# نبرد تراشه‌ها: جنگ بر سر حیاتی‌ترین فناوری جهان

**نویسنده: کریس میلر**

**مترجم: دکتر موسی موسوی زنوز**

**تایپیست: نسترن موسوی زنوز**

**ویراستار فنی و ادبی: نسترن موسوی زنوز**

**فهرست مطالب**

[نبرد تراشه‌ها: جنگ بر سر حیاتی‌ترین فناوری جهان 1](#_Toc143085161)

[سپاس‌گزاری 4](#_Toc143085162)

[درباره نویسنده 10](#_Toc143085163)

[مقدمه 11](#_Toc143085164)

[بخش اول 18](#_Toc143085165)

[فصل 1 19](#_Toc143085166)

[فصل 2 23](#_Toc143085167)

[فصل ٣ 25](#_Toc143085168)

[فصل 4 28](#_Toc143085169)

[فصل 5 31](#_Toc143085170)

[فصل ۶ 35](#_Toc143085171)

[بخش دوم 38](#_Toc143085172)

[فصل ۷ 39](#_Toc143085173)

[فصل ۸ 42](#_Toc143085174)

[فصل 9 44](#_Toc143085175)

[فصل 10 48](#_Toc143085176)

[فصل 11 51](#_Toc143085177)

[فصل 12 54](#_Toc143085178)

[فصل 13 57](#_Toc143085179)

[فصل ١۴ 60](#_Toc143085180)

[بخش سوم 64](#_Toc143085181)

[فصل 15 65](#_Toc143085182)

[فصل ١۶ 68](#_Toc143085183)

[فصل ١٧ 72](#_Toc143085184)

[فصل 18 76](#_Toc143085185)

[فصل ١٩ 79](#_Toc143085186)

[فصل ٢٠ 83](#_Toc143085187)

[بخش چهارم 87](#_Toc143085188)

[فصل ٢١ 88](#_Toc143085189)

[فصل ٢٢ 92](#_Toc143085190)

[فصل ٢٣ 95](#_Toc143085191)

[فصل ٢۴ 98](#_Toc143085192)

[فصل ٢۵ 102](#_Toc143085193)

[فصل٢۶ 105](#_Toc143085194)

[فصل ٢٧ 108](#_Toc143085195)

[فصل ٢٨ 111](#_Toc143085196)

[بخش پنجم 114](#_Toc143085197)

[فصل ٢٩ 115](#_Toc143085198)

[فصل ٣٠ 119](#_Toc143085199)

[فصل ٣١ 123](#_Toc143085200)

[فصل ٣٢ 127](#_Toc143085201)

[فصل ٣٣ 131](#_Toc143085202)

[فصل ٣۴ 135](#_Toc143085203)

[بخش ششم 139](#_Toc143085204)

[فصل ٣۵ 140](#_Toc143085205)

[فصل ٣۶ 143](#_Toc143085206)

[فصل ٣٧ 147](#_Toc143085207)

[فصل ٣٨ 151](#_Toc143085208)

[فصل ٣٩ 153](#_Toc143085209)

[فصل ۴٠ 157](#_Toc143085210)

[فصل ۴١ 160](#_Toc143085211)

[بخش هشتم 164](#_Toc143085212)

[فصل ۴٢ 165](#_Toc143085213)

[فصل ۴٣ 168](#_Toc143085214)

[فصل ۴۴ 172](#_Toc143085215)

[فصل ۴۵ 176](#_Toc143085216)

[فصل ۴۶ 180](#_Toc143085217)

[فصل ۴٧ 185](#_Toc143085218)

[فصل ۴٨ 188](#_Toc143085219)

[بخش هشتم 194](#_Toc143085220)

[فصل ۴٩ 195](#_Toc143085221)

[فصل ۵٠ 200](#_Toc143085222)

[فصل ۵١ 204](#_Toc143085223)

[فصل ۵٢ 209](#_Toc143085224)

[فصل ۵٣ 213](#_Toc143085225)

[فصل ۵۴ 218](#_Toc143085226)

[نتیجه‌گیری 224](#_Toc143085227)

[منابع 228](#_Toc143085228)

## سپاس‌گزاری

تولید تراشه‌های پیشرفته فرآیندی چندصد مرحله‌ای در زنجیره تأمینی متشکل از چندین کشور است. می‌توانم بگویم نگارش این کتاب، در پیچیدگی، چندان کم از ساخت یک تراشه نداشت. قدردان افراد بسیاری در کشورهای مختلف هستم که در این مسیر دشوار یاری‌ام کردند.

از کتابداران و آرشیوداران در کتابخانه کنگره ایالات متحده، دانشگاه متدیست جنوبی،[[1]](#footnote-1) دانشگاه استنفورد،[[2]](#footnote-2) موسسه هووِر،[[3]](#footnote-3) آکادمی علوم روسیه،[[4]](#footnote-4) و آکادمی سینیکا[[5]](#footnote-5) در تایوان تشکر می‌کنم که حتی با وجود محدودیت‌های ناشی از همه‌گیری بیماری کووید 19، مطالب آرشیوی را در اختیارم گذاشتند.

همچنین قدردان فرصتی هستم که برای انجام بیش از صد مصاحبه با کارشناسان حوزه نیمه‌رسانا در کارخانه‌ها، دانشگاه‌ها و نهادهای دولتی داشتم. ده‌ها تن از مصاحبه‌شوندگان خواستند نامشان در کتاب ذکر نشود تا بتوانند آزادانه درباره کار خود صحبت کنند. در عین حال، مایلم از عزیزانی چون باب آدامز،[[6]](#footnote-6) ریچارد اَندِرسون،[[7]](#footnote-7) سوزی آرمسترانگ،[[8]](#footnote-8) جف آرنولد،[[9]](#footnote-9) دیوید اَتوود،[[10]](#footnote-10) ویوِک باکشی،[[11]](#footnote-11) جون بَثگِیت،[[12]](#footnote-12) پیتر بیلو،[[13]](#footnote-13) داگ بَتینگِر،[[14]](#footnote-14) مایکل بروک،[[15]](#footnote-15) رالف کَلوین،[[16]](#footnote-16) گوردون کَمبِل،[[17]](#footnote-17) والتر کاردوِل،[[18]](#footnote-18) جان کاروتِرز،[[19]](#footnote-19) ریک کَسیدی،[[20]](#footnote-20) آناند چاندراسِکِر،[[21]](#footnote-21) موریس چانگ،[[22]](#footnote-22) شانگ-یی چیانگ،[[23]](#footnote-23) برایان کلارک،[[24]](#footnote-24) لین کانوِی،[[25]](#footnote-25) بَری کوتور،[[26]](#footnote-26) آندریا کومو،[[27]](#footnote-27) آرت دی گیوس،[[28]](#footnote-28) سِت دِیویس،[[29]](#footnote-29) آنیرود دِوگان،[[30]](#footnote-30) استیو دیرِکتور،[[31]](#footnote-31) گرِگ دان،[[32]](#footnote-32) مارک دورکَن،[[33]](#footnote-33) جان ایست،[[34]](#footnote-34) کِنِت فلام،[[35]](#footnote-35) ایگور فومِنکوف،[[36]](#footnote-36) جین فرانتز،[[37]](#footnote-37) آدی فوکس،[[38]](#footnote-38) مایک گِزِلُویتز،[[39]](#footnote-39) لَنس گلَسِر،[[40]](#footnote-40) جِی گُلدبِرگ،[[41]](#footnote-41) پیتر گوردون،[[42]](#footnote-42) جان گودی،[[43]](#footnote-43) داگ گروس،[[44]](#footnote-44) چاک گوین،[[45]](#footnote-45) رِنه هاس،[[46]](#footnote-46) وِسلی هالمَن،[[47]](#footnote-47) دیوید هانکه،[[48]](#footnote-48) بیل هِی،[[49]](#footnote-49) کریس هیل،[[50]](#footnote-50) دیوید هاجِز،[[51]](#footnote-51) سَندِر هافمَن،[[52]](#footnote-52) تریستان هولتَم،[[53]](#footnote-53) اِریک هاسلِر،[[54]](#footnote-54) جین ایریساری،[[55]](#footnote-55) نینا کائو،[[56]](#footnote-56) جان کیباریان،[[57]](#footnote-57) والِری کُتکین،[[58]](#footnote-58) مایکل کرِیمِر،[[59]](#footnote-59) لِو لَپکیس،[[60]](#footnote-60) استیو لیبیگِر،[[61]](#footnote-61) کریس مَک،[[62]](#footnote-62) کریس مالاچوفسکی،[[63]](#footnote-63) دِیو مارکل،[[64]](#footnote-64) کریستوفر مَک‌گوایر،[[65]](#footnote-65) مارشال مَک‌موران،[[66]](#footnote-66) کاروِر مید،[[67]](#footnote-67) برونو موراری،[[68]](#footnote-68) باب نیس،[[69]](#footnote-69) دنیِل نِنی،[[70]](#footnote-70) جیم نِرودا،[[71]](#footnote-71) ران نوریس،[[72]](#footnote-72) تِد اودِل،[[73]](#footnote-73) سِرگِی اوسوکین،[[74]](#footnote-74) وارد پارکیسون،[[75]](#footnote-75) جیم پارتریج،[[76]](#footnote-76) مالکوم پِن،[[77]](#footnote-77) ویلیام پِری،[[78]](#footnote-78) پاسکواله پیستوریو،[[79]](#footnote-79) مِری‌آن پاتِر،[[80]](#footnote-80) استِیسی رَسگون،[[81]](#footnote-81) گریف ریسور،[[82]](#footnote-82) والی راینز،[[83]](#footnote-83) دِیو رابرتسون،[[84]](#footnote-84) استیو رومِرمَن،[[85]](#footnote-85) آلدو رومانو،[[86]](#footnote-86) جین روسِل،[[87]](#footnote-87) راب روتِنبار،[[88]](#footnote-88) زَین سَیدین،[[89]](#footnote-89) آلبرتو سَنجیوانی-وینسِنتِلی،[[90]](#footnote-90) رابین سَکسبی،[[91]](#footnote-91) برایان شِرلی،[[92]](#footnote-92) پیتر سیمونه،[[93]](#footnote-93) مارکو اسلوسارژوک،[[94]](#footnote-94) رَندی استِک،[[95]](#footnote-95) سِرگِی سوجین،[[96]](#footnote-96) ویل سووپ،[[97]](#footnote-97) جان تِیلور،[[98]](#footnote-98) بیل توبی،[[99]](#footnote-99) راجر وَن‌آرت،[[100]](#footnote-100) دیک وَن‌اَتا،[[101]](#footnote-101) جیل وارنِل،[[102]](#footnote-102) مایکل فون بورستِل،[[103]](#footnote-103) استفن وِلبی،[[104]](#footnote-104) لوید ویتمن،[[105]](#footnote-105) پَت ویندَم،[[106]](#footnote-106) آلن وُلف،[[107]](#footnote-107) استفان وُرم،[[108]](#footnote-108) تونی یِن،[[109]](#footnote-109) راس یانگ،[[110]](#footnote-110) ویکتور ژیرنوف[[111]](#footnote-111) و آنی ژو[[112]](#footnote-112) برای ارائه نظراتشان یا هم‌آهنگ کردن مصاحبه‌ها قدردانی کنم. لازم به ذکر است که هیچ یک از این افراد مسئولیتی در قبال نتیجه‌گیری‌های من ندارند.

از آجیت مانوچا،[[113]](#footnote-113) رییس هیات‌مدیره و مدیر‌عامل شرکت سِمی[[114]](#footnote-114) توصیه‌های مفیدی گرفتم. از دیدگاه‌های جان نیوفِر،[[115]](#footnote-115) جیمی گودریچ[[116]](#footnote-116) و مگان بییِرلی[[117]](#footnote-117) از انجمن صنعت نیمه‌رسانا،[[118]](#footnote-118) در مورد صنعت بهره‌مند شدم. از راهنمایی‌های تِری دِیلی،[[119]](#footnote-119) کارشناس با تجربه صنعت نیمه‌رسانا که گشاده‌دستانه وقت خود را در اختیارم گذاشت سپاس‌گزارم. باب لویند[[120]](#footnote-120) و کرِیگ کیست[[121]](#footnote-121) از آزمایشگاه‌های لینکلن در ام‌آی‌تی اجازه دادند از امکانات بخش میکروالکترونیکی آن‌ها دیدن کنم. همچنین یکی از کارشناسان فنی صنعت نیمه‌رسانا که خواست نام او را ذکر نکنم، مطالب دقیقی در مورد فین‌فت‌ها،[[122]](#footnote-122) مواد با کاپای زیاد،[[123]](#footnote-123) و جزئیات بسیار دیگر در خصوص علوم پایه‌ای نیمه‌رسانا به من آموخت.

تفکراتم در مورد رابطه تراشه‌ها و سیاست در نتیجه مصاحبه‌هایی جذاب با دَنی کریچتون[[124]](#footnote-124) و جردن اشنایدر[[125]](#footnote-125) شکل گرفت. جردن و دونگ یان[[126]](#footnote-126) نسخه اولیه کتاب را مطالعه و به تقویت استدلالات آن کمک کردند. کِوین شو[[127]](#footnote-127) و خبرنامه بی‌بدیل او مطالب مهمی در مورد داستان زندگی و کار موریس چانگ در اختیارم گذاشتند. مجموعه مصاحبه‌هایی که با ساهیل ماهتانی،[[128]](#footnote-128) فیلیپ ساندرز[[129]](#footnote-129) و همکاران آن‌ها داشتم به دیدگاهم در مورد چالش‌های صنعت تراشه چین شکل داد.

بخش‌هایی از این تحقیق را پیش‌تر در کلاس‌های درس مطالعات امنیت بین‌المللی در دانشگاه ییل ارائه کرده‌ام. از پل کِنِدی[[130]](#footnote-130) و آرن وستِد[[131]](#footnote-131) سپاس‌گزارم که این فرصت را در اختیارم گذاشتند. همچنین از رِبِکا لیسنِر[[132]](#footnote-132) متشکرم که مرا دعوت کرد نتایج اولیه این تحقیق را در کالج جنگ‌های دریایی[[133]](#footnote-133) ارائه کنم. به علاوه، در کارگاه‌هایی که موسسه هووِر و موسسه امریکن اینتِرپرایز[[134]](#footnote-134) برگزار کردند، با پرسش‌های دشواری مواجه شدم‌ که به تقویت تحلیل‌هایم کمک کرد.

در تهیه این کتاب، از تحقیقات موجود و مطالب رسانه‌ای در خصوص تاریخچه سیلیکون‌ولی و صنعت محاسبه بهره فراوان گرفتم. از دانشمندان و خبرنگارانی که پیش‌تر جنبه‌های مختلف موضوع این کتاب را بررسی کرده‌اند، مطالب بسیاری آموختم و ضمن استفاده از آثار ایشان، در بخش منابع به آن‌ها اشاره کرده‌ام. مایلم به‌طور ویژه از لِزلی بِرلین،[[135]](#footnote-135) جفری کِین،[[136]](#footnote-136) داگ فولِر،[[137]](#footnote-137) سالوا گروویچ،[[138]](#footnote-138) پل گیلِسپی،[[139]](#footnote-139) فیلیپ هَنسن.[[140]](#footnote-140) جیمز لارسن،[[141]](#footnote-141) دیوید لاز،[[142]](#footnote-142) وِن-یی لی،[[143]](#footnote-143) ویلی شیه،[[144]](#footnote-144) دنیس فرِد سایمون،[[145]](#footnote-145) پل اسنِل،[[146]](#footnote-146) دیوید استامپف،[[147]](#footnote-147) دیوید تالبوت،[[148]](#footnote-148) زاکاری واسِرمن[[149]](#footnote-149) و دِبی وو[[150]](#footnote-150) که نتایج تحقیقات و دانش و تجربه‌کارشناسی خود را در اختیارم گذاشتند، تشکر می‌کنم. جرج لئوپولد[[151]](#footnote-151) در آشنایی من با وضعیت کنونی صنعت تراشه و الکترونیک نقش به‌ سزایی داشت. خوزه مورا[[152]](#footnote-152) به من لطف داشت و در مراحل اولیه این تحقیق مرا به همکارانش معرفی کرد. همچنین بار‌ها از ایده‌ها و دلگرمی‌های مورای اسکات[[153]](#footnote-153) بهره گرفتم.

مایلم از دَنی گاتفرید،[[154]](#footnote-154) جِیکوب کلِمِنته،[[155]](#footnote-155) گِرتی رابینسون،[[156]](#footnote-156) بن کوپر،[[157]](#footnote-157) کلاوس سونگ،[[158]](#footnote-158) وِی-تینگ چِن،[[159]](#footnote-159) میندی تو،[[160]](#footnote-160) فرِدی لین،[[161]](#footnote-161) ویل بُمگارتنِر،[[162]](#footnote-162) سویونگ اوه،[[163]](#footnote-163) میینا ماتسویاما،[[164]](#footnote-164) ماتیاس کیسیدای،[[165]](#footnote-165) زُوی هوانگ،[[166]](#footnote-166) چیهیرو آیتا[[167]](#footnote-167) و سارا اَشبا[[168]](#footnote-168) برای جمع‌آوری و ترجمه منابع تشکر کنم. تلاش‌های اشلی تِیس[[169]](#footnote-169) در فرآیند تهیه کتاب بسیار مفید بود. انجام این تحقیق بدون حمایت بنیاد اسمیت ریچاردسون[[170]](#footnote-170) و بنیاد اسلون[[171]](#footnote-171) ممکن نبود.

همکاران و دانشجویانم در آموزشگاه عالی تحصیلات تکمیلی فلِچِر[[172]](#footnote-172) در دانشگاه‌ تافتس،[[173]](#footnote-173) به‌ویژه در جریان برگزاری کارگاهی که دَن درِزنر[[174]](#footnote-174) تحت عنوان «استقلال تسلیحاتی‌شده»[[175]](#footnote-175) در سال ٢٠١١ برگزار کرد، نقش مهمی در اصلاح و ارتقای مطالب کتاب داشتند. رولی فلین،[[176]](#footnote-176) مایا اوتارا‌شویلی[[177]](#footnote-177) و آرون استِین[[178]](#footnote-178) در موسسه تحقیقات سیاست خارجی[[179]](#footnote-179) از همان اولین مراحل این تحقیق، از آن حمایت کردند. پیشتیبانی‌های کُری شِیک،[[180]](#footnote-180) دَنی پلِتکا[[181]](#footnote-181) و هَل برَندز[[182]](#footnote-182) موجب شد در روزهایی که آخرین اصلاحات را در کتاب اعمال می‌کردم، در موسسه امریکن اینترپرایز، چون خانه خود احساس راحتی کنم. همکارانم در موسسه مشاوره گرینمَنتِل[[183]](#footnote-183) محیط انگیزشی مناسبی را جهت مطالعه در خصوص رابطه میان فناوری، تأمین مالی، اقتصاد کلان و سیاست برایم فراهم کردند. از نایل فرگوسن[[184]](#footnote-184) برای تشویق‌هایش هنگام آغاز این تحقیق؛ از پیِرپائولو باربیِری[[185]](#footnote-185) برای معرفی من به افراد مهم؛ از آلیس هَن[[186]](#footnote-186) برای کمک به من در درک سیاست فناوری چین؛ و از استفانی پِترِلا[[187]](#footnote-187) برای انتقاد‌های جدی‌اش در مراحل ابتدایی این پروژه تشکر می‌کنم.

 از همکاری با ریک هورگان[[188]](#footnote-188) و همه کارکنان موسسه انتشاراتی اسکریبنِر[[189]](#footnote-189) لذت بردم. بدون اعتماد اولیه توبی ماندی،[[190]](#footnote-190) این کتاب هرگز منتشر نمی‌شد. از جون هیلمن[[191]](#footnote-191) برای معرفی اولیه این کار که موجب شد پروژه به راه بیفتد، سپاس‌گزارم.

در پایان و البته مهم‌تر از همه این که خانواده‌ام همواره در جریان انجام این پروژه از من حمایت کرد. والدینم تک‌تک فصول کتاب را خواندند و دلسوزانه نقدشان کردند. لوسی[[192]](#footnote-192) و ولاد[[193]](#footnote-193) بسیار مهربان بودند. تهیه این کتاب موجب شد لیا،[[194]](#footnote-194) آنتون[[195]](#footnote-195) و ایوی[[196]](#footnote-196) نتوانند از صبح‌ها و شب‌ها، آخر هفته‌ها و تعطیلات و مرخصی‌ها بهره‌مند شوند. این کتاب را به آن‌ها تقدیم می‌کنم.

## درباره نویسنده

کریس میلر استاد تاریخ بین‌الملل در آموزشگاه عالی تحصیلات تکمیلی فلچر در دانشگاه تافتس است. او همچنین پژوهشگر مدعو موسسه امریکن اینترپرایز، مدیر بخش اورآسیا در موسسه تحقیقات سیاست خارجی، و از مدیران موسسه مشاوره‌ای گرینمنتل در نیو‌یورک - و لندن - است.

## مقدمه

در هجدهم اوت 2020، ناوشکن یو.‌اس‌.اس ماستین[[197]](#footnote-197) در حالی به تنهایی وارد دهانه شمالی تنگه تایوان شد که تفنگ پنج اینچی آن به سمت جنوب نشانه رفته بود. این ماموریت به دنبال آن بود که نشان دهد چین - حداقل هنوز - بر این آب‌راه بین‌المللی تسلط ندارد. در حالی که کشتی به سوی جنوب پیش می‌رفت، نسیم تندی از سمت جنوب‌غربی بر آن می‌وزید. سایه ابرهای بالای سر بر آب‌های تنگه که تا شهرهای بندری بزرگ چین، از جمله فوژو،[[198]](#footnote-198) شیامن[[199]](#footnote-199) و هنگ‌کنگ امتداد می‌یابد، سایه افکنده بود. در شرق، جزیره تایوان در دوردست دیده می‌شد: دشت ساحلی وسیع و پرجمعیتی که تکیه بر قله‌های بلند پنهان در ابرها دارد. در پست دیدبانی کشتی، ملوانی با کلاه نیروی دریایی و ماسک جراحی، دوربین دوچشمی خود را بلند کرد و به افق نظر انداخت. کشتی‌های تجاری که می‌رفتند تا محصولات کارخانه‌های آسیا را به مصرف‌کنندگان سرتاسر جهان برسانند، همه جا دیده می‌شدند.

در داخل ناوشکن ماستین، گروهی از ملوانان در اتاقی تاریک در مقابل ردیفی از نمایشگرهای رنگارنگ نشسته بودند و داده‌های مربوط به هواپیماها، پهپادها، کشتی‌ها و حتی ماهواره‌های ناظر بر رفت‌وآمدها در سرتاسر اقیانوس هند و اقیانوس آرام را بررسی می‌کردند. بالای سر آن‌ها، در کابین کنترل، داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط مجموعه‌ای از رادارها به رایانه‌های کشتی تغذیه می‌شد. روی عرشه، نودوشش سلول پرتابه در حالت آماده‌باش قرار داشتند. هر یک از آن‌ها می‌توانست موشک‌هایی شلیک و ده‌ها یا حتی صدها مایل دورتر، هواپیماها، کشتی‌ها یا زیردریایی‌ها را با دقت بسیار هدف قرار دهد. در بحران‌های دوره جنگ سرد، ارتش ایالات متحده حتی از تهدید کاربرد نیروی بی‌رحم هسته‌ای هم برای دفاع از تایوان دریغ نکرده بود. اما این کشور امروز به ضربه‌زنی دقیق با استفاده از تجهیزات میکروالکترونیک متکی است.

در حالی که ناوشکن یو.‌اس.‌اس ماستین با تسلیحات رایانه‌ای خود از تنگه عبور می‌کرد، ارتش آزادی‌بخش خلق چین اعلام کرد مانورهای تلافی‌جویانه‌ای را در اطراف تایوان به اجرا خواهد گذاشت: مانورهایی که یکی از روزنامه‌های تحت کنترل دولت چین آن را «عملیات اتحاد مجدد قهرآمیز» نامید. اما در آن روز خاص، رهبران چین بیش از نیروی دریایی ایالات متحده، نگران مصوبه مبهم وزارت بازرگانی ایالات متحده تحت عنوان «فهرست اشخاص» بودند که انتقال فناوری آمریکایی را به برخی شرکت‌ها در خارج از آن کشور محدود می‌کند. پیش از این، «فهرست اشخاص» عمدتاً برای جلوگیری از فروش سیستم‌های نظامی مانند قطعات موشک یا مواد هسته‌ای استفاده می‌شد. اما اکنون دولت ایالات متحده سخت‌گیری‌ها را در حوزه تراشه‌های رایانه‌ای که هم در سیستم‌های نظامی و هم در کالاهای مصرفی[[200]](#footnote-200) فراگیر شده بود، به‌شدت افزایش می‌داد.

هدف این بار، هوآوی، غول فناوری چین و عرضه‌کننده گوشی‌های هوشمند، تجهیزات مخابراتی، خدمات رایانش اَبری[[201]](#footnote-201) و دیگر فناوری‌های پیشرفته بود. ایالات متحده در واقع نگران این حقیقت بود که قیمت محصولات هوآوی به برکت عوامل مختلفی چون یارانه‌های دولت چین، اکنون به قدری جذاب شده بود که می‌توانست در آینده‌ای نزدیک به ستون فقرات نسل بعدی شبکه های مخابراتی تبدیل شود. بدین ترتیب، تسلط آمریکا بر زیرساخت‌های فناوری جهان تضعیف می‌شد، و نفوذ ژئوپولیتیک چین بیش از پیش افزایش می‌یافت. برای مقابله با این تهدید، ایالات متحده هواوی را از خرید تراشه‌های رایانه‌ای پیشرفته ساخته‌شده با فناوری ایالات متحده منع کرد.

به زودی، جریان گسترش جهانی این شرکت متوقف شد. خطوط تولید آن، همگی قدرت تولید محصول را از دست دادند. درآمدها کاهش یافت. این غول تجاری عملا دچار خفگی فناورانه شد! هوآوی دریافت که مانند دیگر شرکت‌های چینی، برای ساخت تراشه‌هایی که تمام محصولات الکترونیکی مدرن به آن وابسته هستند، خود شدیدا متکی به خارجی‌ها است.

ایالات متحده همچنان تسلط خود را بر حوزه تراشه‌های سیلیکونی که منطقه تجاری سیلیکون‌وَلی[[202]](#footnote-202) نام خود را از آن گرفته، حفظ کرده است؛ اگرچه این موقعیت به‌طور خطرناکی تضعیف شده است. چین اکنون سالانه بیش از واردات نفت، برای واردات تراشه هزینه می‌کند. این نیمه‌رسانا‌ها در انواع دستگاه‌ها، از گوشی هوشمند گرفته تا یخچال‌‌ که چین، هم در خانه مصرف می‌کند و هم به سرتاسر جهان صادر می‌کند، کاربرد دارند. استراتژیست‌های پشت‌میز‌نشین در مورد معضل چین در منطقه مالاکا[[203]](#footnote-203) - کانال اصلی حمل‌ونقل بین اقیانوس آرام و اقیانوس هند- و توانایی این کشور در دسترسی به نفت و سایر کالاها در بحبوحه یک بحران احتمالی، نظریه‌های متعددی داده‌اند. اما حقیقت این است که پکن امروز بیشتر نگران قطع دسترسی‌اش به محصولی است که نه با بشکه، بلکه با بایت اندازه‌گیری می‌شود. چین اکنون بهترین مغزها و میلیاردها دلار پول خود را صرف توسعه فناوری نیمه‌رسانا می‌کند تا خود را از وابستگی شدید به تراشه‌های آمریکا برهاند.

اگر پکن در این کار موفق شود، ساختار اقتصاد جهانی و توازن قدرت نظامی را تغییر خواهد داد. تکلیف جنگ جهانی دوم را فولاد و آلومینیوم تعیین کرد و سپس در دوره جنگ سرد، سلاح‌های اتمی حرف آخر را می‌زد. اما در رقابت بین ایالات متحده و چین، به احتمال بسیار زیاد «قدرت محاسبه»[[204]](#footnote-204) تعیین‌کننده خواهد بود. استراتژیست‌های پکن و واشنگتن اکنون دریافته‌اند که همه فناوری‌های پیشرفته - از سامانه‌های یادگیری ماشین[[205]](#footnote-205) گرفته تا سیستم‌های موشکی، از وسایط نقلیه خودکار گرفته تا پهپادهای مسلح - به تراشه‌های پیشرفته‌ای نیاز دارند که بیشتر با عنوان رسمی‌تری چون نیمه‌رسانا‌ها یا مدارهای مجتمع شناخته می‌شوند. اما تولید این محصول در سیطره تنها چند شرکت‌ معدود است.

ما به ندرت به تراشه‌ها فکر می‌کنیم، اما دنیای مدرن مخلوق آن‌ها است. سرنوشت کشورها امروز به توانایی آن‌ها در استفاده از صنعت رایانه‌ بستگی دارد. جهانی شدن، آن طور که امروز می‌شناسیمش، بدون تجارت نیمه‌رسانا‌ها و محصولات الکترونیکی ساخته‌شده از آن‌ها، هرگز نمی‌توانست وجود داشته باشد. برتری نظامی آمریکا عمدتاً حاصل توانایی آن کشور در استفاده از تراشه‌ها در مصارف نظامی است. رشد شگرف آسیا در نیم‌قرن گذشته نیز بر صنعت سیلیکون مبتنی است، زیرا اقتصادهای رو‌به‌رشد این منطقه در تولید تراشه‌ها و مونتاژ رایانه‌ها و گوشی‌های هوشمند ساخته‌شده با مدارهای یکپارچه تخصص یافته‌اند.

عملیات رایانه‌ای نیاز به میلیون‌ها 0 و 1 دارد. کل جهان دیجیتال از این دو عدد تشکیل شده است. هر دکمه گوشی همراه شما، هر ایمیل، عکس و ویدیویی در اینترنت، همه این‌ها در نهایت در رشته‌های طولانی متشکل از 0 و 1 کدگذاری شده‌اند. اما این اعداد واقعا وجود ندارند. آن‌ها ابزاری برای بیان وضعیت جریان الکتریکی در حالت خاموش (0) یا روشن (1) هستند. تراشه شبکه‌ای از میلیون‌ها یا میلیاردها ترانزیستور است. ترانزیستور نیز خود کلید الکتریکی کوچکی است که برای پردازش این ارقام، روشن و خاموش می‌شود تا آن‌ها را به خاطر بسپارد و محسوسات دنیای واقعی مانند تصویر، صدا و امواج رادیویی را به میلیون‌ها و میلیون‌ها 0 و 1 تبدیل کند.

در آن صبح هجدهم اوت 2020، در حالی که ناوشکن ماستین به سمت جنوب حرکت می‌کرد، کارخانه‌ها و تاسیسات مونتاژ در هر دو طرف تنگه تایوان در حال تولید قطعات برای آیفون 12 بودند که تنها دو ماه با آغاز عرضه در اکتبر 2020 فاصله داشت. حدود یک‌چهارم درآمد صنعت تراشه از گوشی‌های تلفن حاصل می‌شود. در واقع، بخش بزرگی از قیمت یک گوشی جدید به نیمه‌رسانا‌های داخل آن مربوط می‌شود. طی دهه گذشته، هر یک از نسل‌های متوالی گوشی آیفون به یکی از پیشرفته‌ترین تراشه‌-پردازشگر‌های جهان مجهز بوده‌اند. یک گوشی هوشمند در مجموع، به بیش از ده نیمه‌رسانا نیاز دارد، به‌طوری که برای مدیریت باتری، بلوتوث، وای‌فای، صدا، دوربین، برقراری انواع ارتباط با شبکه تلفن همراه و غیره، تراشه‌های متفاوتی مورد نیاز است.

اگر بخواهیم دقیق صحبت کنیم، باید بگوییم اَپل هیچ یک از این تراشه‌ها را خودش نمی‌سازد. این شرکت بیشتر نیاز خود را با خرید تراشه‌های موجود در بازار، همچون تراشه‌های حافظه از کیوکسیا[[206]](#footnote-206) در ژاپن، تراشه‌های فرکانس رادیویی از اسکای‌وُرکس[[207]](#footnote-207) در کالیفرنیا، و تراشه‌های صوتی از سیروس لاجیک[[208]](#footnote-208) در آستین[[209]](#footnote-209) تگزاس رفع می‌کند. اپل در عین حال، پردازنده‌های فوق‌پیچیده‌ حاوی سیستم عامل آیفون را خود طراحی می‌کند. اما این غول مستقر در شهر کوپرتینو[[210]](#footnote-210) در کالیفرنیا، خودش نمی‌تواند این تراشه‌ها را تولید کند. هیچ شرکت دیگری در ایالات متحده، اروپا، ژاپن یا چین هم قادر به این کار نیست. امروز پیشرفته‌ترین پردازنده‌های اپل - که مسلماً پیشرفته‌ترین نیمه‌رسانا‌های جهان هستند - تنها توسط یک شرکت، آن‌ هم تنها در یک ساختمان تولید می‌شود. این شرکت که گران‌ترین کارخانه تاریخ بشر است، در صبح روز هجدهم اوت 2020، تنها چندده کیلومتر با ناوشکن یو.‌اس.‌اس ماستین فاصله داشت.

به جرأت می‌توان گفت ساختن و کوچک‌سازی نیمه‌رسانا‌ها بزرگ‌ترین چالش مهندسی زمان ما بوده است. امروز هیچ شرکتی نمی‌تواند تراشه‌ها را با دقتی بیش از «شرکت تولید نیمه‌رسانای تایوان» (تی‌اس‌ام‌سی)[[211]](#footnote-211) تولید کند. در سال 2020، در حالی که جهان درگیر قرنطینه‌های ناشی از ویروسی با قطر حدودا صد نانومتر - تنها چند میلیاردم متر - بود، پیشرفته‌ترین تأسیسات شرکت تی‌اس‌ام‌سی، به نام فَب 18،[[212]](#footnote-212) در حال ساخت پیچ‌و‌خم‌های میکروسکوپی ترانزیستورهایی بسیار ریز بود و عملا شکل‌هایی را در اندازه کوچک‌تر از نصف یک ویروس کرونا، و تنها یک‌صدم یک میتوکُندری[[213]](#footnote-213) برش می‌داد. تی‌اس‌ام‌سی این فرآیند را در مقیاسی انجام داد که در طول تاریخ بشر بی‌نظیر بود. اپل بعدا بیش از 100 میلیون دستگاه گوشی آیفون 12 فروخت که هر کدام به یک تراشه پردازنده A14 مجهز بود که 11.8 میلیارد ریزترانزیستور در سیلیکون آن برش داده شده بود. به عبارت دیگر، تنها در عرض چند ماه، تی‌اس‌ام‌سی در تاسیسات فب 18 خود برای فقط یکی از ده‌ها تراشه موجود در یک گوشی آیفون، بیش از یک کویین‌تیلیون[[214]](#footnote-214) (یعنی 1 با هجده صفر در جلوی آن) ترانزیستور ساخت. تعداد ترانزیستورهای تولیدشده در صنعت تراشه در سال گذشته از مجموع همه کالاهای تولیدشده توسط همه شرکت‌های دیگر، در همه صنایع دیگر، در تمام تاریخ بشریت بیشتر بود. در واقع، این صنعت بی‌رقیب است.

تنها شصت سال پیش یک تراشه پیشرفته، نه 11.8 میلیارد، بلکه تنها 4 ترانزیستور داشت. در سال 1961، در جنوب سانفرانسیسکو، شرکت کوچکی به نام فِرچایلد سمیکنداکتر[[215]](#footnote-215) محصول جدیدی به نام میکرولاجیک [[216]](#footnote-216)را تولید کرد که تراشه‌ای سیلیکونی بود با چهار ترانزیستور تعبیه‌شده در آن. به زودی این شرکت راه‌هایی ابداع کرد تا ده‌ها و سپس صدها ترانزیستور را روی یک تراشه قرار دهد. گوردون مور،[[217]](#footnote-217) یکی از بنیان‌گذاران فرچایلد در سال 1965 متوجه شد با پیشرفت مهندسان در ساخت ترانزیستورهای کوچک‌تر و کوچک‌تر، تعداد قطعات روی تراشه‌ها هر سال نسبت به سال قبل دو برابر می‌شود. این پیش‌بینی - که قدرت محاسبه تراشه‌ها به‌طور تصاعدی افزایش خواهد یافت - «قانون مور» نام گرفت و مور را به پیش‌بینی اختراع دستگاه‌هایی مانند «ساعت مچی الکترونیکی»، «رایانه‌های خانگی» و حتی «تجهیزات مخابراتی قابل‌حمل شخصی» رهنمون شد. تولید این دستگاه‌ها در سال 1965 غیرممکن به‌نظر می‌رسید. با چنین امیدی به آینده در سال 1965، مور رشدی تصاعدی را تنها برای یک دهه پیش‌بینی کرد، اما این نرخ خیره‌کننده پیشرفت بیش از نیم قرن ادامه داشته است. در سال 1970 اینتل، دومین شرکتی که مور تأسیس کرد، از تراشه حافظه‌ای رونمایی کرد که می‌توانست 1024 واحد اطلاعات («بیت») را به خاطر بسپارد. قیمت این تراشه حدود 20 دلار بود، یعنی هر بیت تقریباً دو سنت. امروز، ما با 20 دلار می‌توانیم یک حافظه ترابرد (فلش مموری) با بیش از یک میلیارد بیت ظرفیت را بخریم.

وقتی امروز به سیلیکون‌ولی فکر می‌کنیم، بیشتر به یاد شبکه‌های اجتماعی و شرکت‌های نرم‌افزاری می‌افتیم، تا ماده‌ای که این منطقه نام خود را از آن گرفته است. با این حال، پدیده‌هایی چون اینترنت، اَبر، رسانه‌های اجتماعی و اساسا کل جهان دیجیتال تنها به این دلیل وجود دارند که مهندسان یاد گرفته‌اند کوچک‌ترین حرکت الکترون‌ها را در حین جابه‌جایی در میان صفحات سیلیکونی کنترل کنند. در واقع، اگر هزینه پردازش و به خاطر سپردن 0ها و 1ها در نیم‌قرن گذشته یک میلیارد برابر کاهش نمی‌یافت، آنچه که امروز «فناوری بزرگ»[[218]](#footnote-218) خوانده می‌شود، هرگز وجود نداشت.

این رشد باورنکردنی تا حدی مدیون دانشمندان برجسته و فیزیک‌دانان برنده جایزه نوبل است. اما هر اختراعی به شکل‌گیری یک استارت‌آپ موفق منجر نمی‌شود و هر استارت‌آپی هم صنعت جدیدی را راه‌اندازی نمی‌کند که دنیا را متحول سازد. نیمه‌رسانا‌ها در جای‌جای جوامع گسترش یافتند، زیرا شرکت‌ها تکنیک‌های جدیدی را برای تولید میلیونی آن‌ها ابداع کردند؛ زیرا مدیران بااراده و بلندپرواز بی‌وقفه هزینه‌ تولید آن‌ها را کاهش دادند؛ و زیرا کارآفرینان خلاق راه‌های جدیدی را برای استفاده از آن‌ها اندیشیدند. عملکرد قانون مور به همان اندازه که نتیجه زحمات کارشناسان تولید، متخصصان زنجیره تأمین و مدیران بازاریابی است، حاصل کار فیزیک‌دانان و مهندسان برق نیز می‌باشد.

شهرک‌های جنوب سانفرانسیسکو - که تا دهه 1970 سیلیکون وَلی نامیده نمی‌شدند - کانون شکل‌گیری این انقلاب بودند، زیرا تخصص علمی، دانش‌فنی تولید و تفکر دوراندیشانه در کسب‌وکار را با هم ترکیب کردند. کالیفرنیا مهندسان زیادی داشت که در صنایع هوانوردی یا رادیویی و در استنفورد یا برکلی آموزش دیده بودند. هر یک از این دانشگاه‌ها بودجه‌های دفاعی هنگفتی را جذب می‌کردند، زیرا ارتش ایالات متحده به دنبال تقویت برتری خود در فناوری بود. البته فرهنگ کالیفرنیا هم خود به اندازه ساختارهای اقتصادی، در این تحول نقش داشت. احساس برخورداری از فرصت‌های فراوان در سیلیکون‌ولی در تصمیم‌گیری بیشتر افرادی که سواحل شرقی آمریکا، اروپا و آسیا را برای ساختن صنعت تراشه ترک و به این منطقه نقل مکان کردند، موثر بود. برای باهوش‌ترین مهندسان و خلاق‌ترین کارآفرینان جهان، هیچ مکانی هیجان‌انگیزتر از سیلیکون‌ولی نبود.

همین که صنعت تراشه شکل گرفت، خارج شدن از سیلیکون‌ولی برای آن غیرممکن شد. زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌های امروز به اجزایی نیاز دارد که در بشهرها و کشورها متعددی ساخته می‌شوند، اما تقریباً همه تراشه‌های ساخته‌شده در سرتاسر جهان همچنان به طریقی با سیلیکون‌ولی ارتباط دارند یا حداقل با ابزار طراحی و ساخته‌شده در کالیفرنیا تولید می‌شود. ذخایر عظیم تخصصی و علمی آمریکا که توسط بودجه تحقیقاتی دولت تغذیه، و با توانایی این کشور در جذب بهترین دانشمندان از کشورهای دیگر تقویت شده است، بدنه اصلی دانشی را فراهم کرده است که تحولات فناورانه را به پیش می‌راند. شبکه شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر این کشور و بازارهای سهام آن سرمایه‌ای را فراهم کرده‌اند که شرکت‌های جدید برای رشد بدان نیاز دارند - و البته از سوی دیگر به‌طور بی‌رحمانه‌ای شرکت‌های ناموفق را هم مجبور به خروج از این بازار کرده‌اند. در همین حال، بزرگ‌ترین بازار مصرف جهان در ایالات متحده موتور رشدی بوده که طی چندین دهه هزینه‌ تحقیق‌وتوسعه بر روی انواع جدید تراشه‌ها را تأمین کرده است.

کشورهای دیگر هم دریافته‌اند که ماندگاری در این بازار به‌تنهایی غیرممکن است؛ آن‌ها تنها زمانی موفقیت را تجربه کرده‌اند که عمیقاً در زنجیره تأمین سیلیکون‌ولی ادغام شدند. برای نمونه، در اروپا مناطق جزیره‌ای و منفردی برای تولید تخصصی نیمه‌رسانا‌ها وجود دارند که کارشان مشخصا تولید ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت تراشه‌ها و همچنین طراحی و معماری‌ تراشه‌ها است. از سوی دیگر دولت‌های آسیایی در تایوان، کره جنوبی و ژاپن، با یارانه دادن به شرکت‌ها، تأمین مالی برنامه‌های آموزشی، پایین نگه داشتن ارزش پول خود و اخذ تعرفه از واردات تراشه، در صنعت تراشه دخالت کرده‌اند. این راهبرد قابلیت‌های خاصی را به ارمغان آورده است که هیچ کشور دیگری نمی‌تواند آن‌ها را تکرار کند - اما آنچه که همه آن‌ها امروز دارند در واقع نتیجه مشارکت با سیلیکون‌ولی است و آن‌ها همچنان به ابزارها، نرم‌افزارها و مشتریان آمریکایی متکی‌اند. در همین حال، موفق‌ترین شرکت‌های تولید تراشه در آمریکا، زنجیره‌های تأمینی را ایجاد کرده‌اند که در سرتاسر جهان گسترش یافته‌اند و از هزینه‌ها می‌کاهند و تخصص‌هایی را تولید می‌کنند که عملکرد قانون مور را ممکن ساخته است.

امروز به لطف عملکرد قانون مور، نیمه‌رسانا‌ها در هر دستگاهی که به محاسبات رایانه‌ای نیاز دارد تعبیه شده است - و البته در عصر اینترنت اشیا، تقریباً هر دستگاهی این گونه است. اکنون دیگر حتی در محصولاتی مانند خودرو که صدسال از اختراعشان می‌گذرد هم، اغلب تا معادل هزار دلار تراشه نصب شده است. بیشتر تولید ناخالص داخلی جهان با وسایلی تولید می‌شود که به نیمه‌رسانا‌ها متکی‌اند. برای محصولی که هفتادوپنج سال پیش وجود نداشت، این یک تحول فوق‌العاده است.

در زمانی که ناوشکن ماستین در اوت 2020 در تنگه تایوان به سمت جنوب حرکت می‌کرد، جهان تازه کم‌کم متوجه اتکای ما به نیمه‌رسانا‌ها - و همچنین وابستگی ما به تایوان به‌عنوان سازنده تراشه‌های حاوی یک‌سوم قدرت محاسبه جدیدی که هر ساله استفاده می‌کنیم - می‌شد. شرکت تی‌اس‌ام‌سی تایوان تقریباً همه پیشرفته‌ترین تراشه‌‌پردازنده‌های جهان را می‌سازد. هنگامی که بیماری کووید 19 در سال 2020 به جهان هجوم آورد، صنعت تراشه را نیز مختل کرد. برخی از کارخانه‌ها موقتا تعطیل شدند. خرید تراشه برای خودروها به‌شدت کاهش یافت. از سوی دیگر، تقاضا برای رایانه‌های شخصی و تراشه‌های مراکزِداده افزایش یافت، زیرا بسیاری از مردم جهان برای کار از خانه آماده شدند. سپس در سال 2021، مجموعه‌ای از حوادث - آتش‌سوزی در تاسیسات تولید نیمه‌رسانا در ژاپن؛ تخریب مرکز تراشه‌سازی تگزاس در اثر طوفان‌های یخ در ایالات متحده؛ و آغاز دور جدید محدویت‌‌های مرتبط با همه‌گیری بیماری کووید 19 در مالزی، به‌عنوان محل سرهم‌بندی و آزمایش بسیاری از تراشه‌های جهان - این اختلالات را تشدید کرد. ناگهان، بسیاری از صنایع که اصلا هم به سیلیکون‌وَلی نردیک نبودند، با کمبود جدّی تراشه‌ مواجه شدند. خودروسازان بزرگ، از تویوتا گرفته تا جنرال موتورز مجبور شدند کارخانه‌های خود را برای چندین هفته تعطیل کنند، زیرا نمی‌توانستند نیمه‌رسانا‌های مورد نیاز خود را تهیه کنند. کمبود حتی ساده‌ترین تراشه‌ها کارخانه‌ها را در آن سوی جهان به تعطیلی کشاند. تصویر بی‌عیب‌ونقصی که از جهانی‌شدن ترسیم شده بود، اکنون به یک‌باره نادرست از آب در می‌آمد.

رهبران سیاسی در ایالات متحده، اروپا و ژاپن در دهه‌های گذشته زیاد به نیمه‌رسانا‌ها فکر نکرده بودند. مانند بقیه ما، آن‌ها هم فکر می‌کردند «فناوری» یعنی فقط موتورهای جستجو یا رسانه‌های اجتماعی، و نه ویفرهای سیلیکونی. وقتی جو بایدن و آنگِلا مرکل درباره علت تعطیلی کارخانه‌های خودروسازی کشورشان پرس‌وجو می‌کردند، پاسخ را پنهان در پشت زنجیره‌های به‌شدت پیچیده تأمین نیمه‌‌رساناها می‌یافتند. یک تراشه معمولی ممکن است با طرح‌های اولیه شرکت ژاپنی مستقر در بریتانیا به نام آرم[[219]](#footnote-219) و توسط گروهی از مهندسان در کالیفرنیا و اسراییل و با استفاده از نرم‌افزاری از ایالات متحده طراحی شود. طرح کامل‌شده به تاسیساتی در تایوان فرستاده می‌شود که ویفرهای سیلیکونی فوق‌العاده خالص و گازهای تخصصی را از ژاپن خریداری می‌کند. این طرح با استفاده از دقیق‌ترین ماشین‌های جهان که می‌توانند لایه‌هایی از مواد را با ضخامت چند اتم برش بزنند، نهشت یا رسوب‌گذاری کنند و اندازه‌ بگیرند، در سیلیکون حک می‌شود. این ابزارها عمدتاً توسط پنج شرکت تولید می‌شوند: یک شرکت هلندی، یکی ژاپنی و سه شرکت کالیفرنیایی که بدون آن‌ها، اساساً ساخت تراشه‌های پیشرفته غیرممکن است. تراشه آنگاه اغلب در آسیای جنوب شرقی بسته‌بندی و آزمایش می‌شود، و نهایتا برای مونتاژ در گوشی تلفن یا رایانه به چین ارسال می‌شود.

اگر هر یک از مراحل فرآیند تولید نیمه‌رسانا متوقف شود، جریان تأمین قدرت محاسبه جدید در جهان به خطر می‌افتد. غالبا گفته می‌شود داده‌ها نفت عصر هوش مصنوعی هستند. با این حال، محدودیت واقعی ما، نه در دسترس به داده‌ها؛ بلکه در قدرت پردازش آن‌ها است. تعداد محدودی نیمه‌رسانا وجود دارد که می‌توانند داده‌ها را ذخیره و پردازش کنند. تولید آن‌ها به شکل گیج‌کننده‌ای پیچیده و به‌طور سرسام‌آوری گران است. برخلاف نفت، که می‌توان آن را از بسیاری از کشورها خریداری کرد، تولید قدرت محاسبه اساساً به مجموعه‌ای از گلو‌گاه‌ها بستگی دارد: ابزارها، مواد شیمیایی، و نرم‌افزارهایی که اغلب توسط تعداد انگشت‌شماری از شرکت‌ها و حتی گاهی تنها توسط یک شرکت تولید می‌شوند. هیچ بخش دیگری از اقتصاد تا این حد به چنین تعداد کمی از شرکت‌ها وابسته نیست. تراشه‌های ساخت تایوان سالانه 37 درصد قدرت محاسبه جدید جهان را تأمین می‌کنند. تنها دو شرکت کره‌ای 44 درصد تراشه‌های حافظه جهان را تولید می‌کنند. شرکت هلندی اِی‌اس‌ام‌ال[[220]](#footnote-220) صددرصد «ماشین‌های لیتوگرافی فرابنفش فرین»[[221]](#footnote-221) جهان را می‌سازد که به راحتی می‌توان گفت بدون آن، ساخت تراشه‌های پیشرفته غیرممکن است. سهم 40 درصدی اوپک در تولید نفت جهان، در مقایسه با سطح تمرکز در حلقه‌های زنجیره تأمین این صنعت چندان مهم به‌نظر نمی‌رسد.

ایجاد شبکه‌ای جهانی از شرکت‌هایی که سالانه یک تریلیون تراشه در اندازه‌های نانومتری تولید می‌کنند، بی‌شک یک پیروزی در حوزه کارآمدی، و البته همچنین موجبی برای آسیب‌پذیری جدی است. اختلالات ناشی از همه‌گیری بیماری کووید 19 بسیار کوچک‌تر از بلایی است که وقوع زمین‌لرزه‌ای در منطقه‌ای حساس می‌تواند بر سر اقتصاد جهانی بیاورد. تایوان روی خط گسلی قرار دارد که در سال 1999 زمین‌لرزه‌ای به بزرگی 7.3 ریشتر به بار آورد. خوشبختانه، این زمین‌لرزه خط تولید تراشه را تنها برای چند روز متوقف کرد. اما دیر یا زود زمین‌لرزه‌ای قوی‌تر تایوان را خواهد لرزاند. به علاوه، ژاپن که 17 درصد تراشه‌های جهان را تولید می‌کند و همچنین سیلیکون‌ولی که هرچند تراشه‌های زیادی در آن تولید نمی‌شود، اما تاسیسات واقع روی گسل سن‌آندریاس[[222]](#footnote-222) در آنجا محل تولید حساس‌ترین ماشین‌آلات تراشه‌سازی‌اند، هر دو در معرض زمین‌لرزه‌های ویرانگری قرار دارند.

با این وجود باید اذعان داشت لرزه‌هایی که امروز بیش از هر چیز عرضه نیمه‌رسانا‌ها را به خطر می‌اندازد، نه حاصل برخورد صفحات تکتونیکی زمین؛ بلکه نتیجه برخورد قدرت‌های بزرگ جهان است. در حالی که چین و ایالات متحده برای برتری یافتن بر جهان در رقابت‌اند، توجه واشنگتن و پکن، هر دو بر کنترل آینده صنعت رایانه متمرکز است و در این میان، واقعیت نسبتا ترسناک این است که آینده این صنعت به جزیره کوچکی وابسته است که از یک سو پکن آن را بخشی - هرچند یاغی - از سرزمین خود تلقی می‌کند؛ و از سوی دیگر آمریکا خود را متعهد به دفاع از آن - حتی اگر شده، با توسل به زور - می‌داند.

ارتباطات متقابل بین صنایع تراشه در ایالات متحده، چین و تایوان در حد گیج‌کننده‌ای پیچیده است. گویاترین نمونه این وضعیت، چیزی نیست جز این حقیقت که موریس چانگ، موسس تی‌اس‌ام‌سی، شرکتی که تا سال 2020 اپل آمریکا و هوآوی چین را دو مشتری بزرگ خود می‌دانست، در سرزمین اصلی چین متولد شده؛ در هنگ‌کنگ دوران جنگ جهانی دوم بزرگ شده؛ در هاروارد، ام‌آی‌تی و استنفورد تحصیل کرده؛ در زمان کار برای شرکت تگزاس اینسترومنتس (تی‌آی)[[223]](#footnote-223) در دالاس، به شکل‌گیری صنعت نوپای تراشه در آمریکا کمک کرده؛ مجوز امنیتی فوق‌محرمانه دولت ایالات متحده برای توسعه صنعت الکترونیک برای ارتش آمریکا را در اختیار داشته؛ و تایوان را به مرکز تولید نیمه‌رسانای جهان تبدیل کرده است. برخی استراتژیست‌های حوزه سیاست خارجی در پکن و واشنگتن رویای جداسازی بخش‌های فناوری دو کشور را در سر می‌پرورانند، اما شبکه بین‌المللی فوق‌العاده کارآمد متشکل از طراحان تراشه، عرضه‌کنندگان مواد شیمیایی و سازندگان ابزارها و ماشین‌آلات که افرادی مانند چانگ به ساخت آن کمک کرده‌اند، به این سادگی از هم نخواهد پاشید.

پکن همواره آشکارا از رد احتمال حمله به تایوان برای «الحاق مجدد» آن به سرزمین اصلی خودداری کرده است؛ اما مگر در صورت رخداد اتفاقی غیرمترقبه، به‌نظر می رسد این کشور به احتمال بسیار زیاد به هیچ اقدام تندروانه‌ای مثلا از جنس حمله آبی-خاکی به این جزیره که قطعا موجب انتشار سریع امواج شوک ناشی از آسیب صنعت نیمه‌رسانا در اقتصاد جهانی خواهد شد، دست نخواهد یازید. حتی محاصره جزئی تایوان توسط نیروهای چینی هم به ایجاد اختلالاتی ویرانگر خواهد انجامید. تنها یک حمله موشکی به پیشرفته‌ترین تأسیسات ساخت تراشه در شرکت تی‌اس‌ام‌سی به سادگی می‌تواند با ایجاد تأخیر در تولید گوشی‌های تلفن‌ها، مراکز داده، خودروها، شبکه‌های مخابراتی و سایر فناوری‌ها، صدها میلیارد دلار خسارت به بار آورد.

گروگان نگه داشتن اقتصاد جهانی در میانه یکی از خطرناک‌ترین مناقشات سیاسی جهان ممکن است اشتباهی با ابعاد تاریخی به‌نظر برسد. با این حال، تمرکز تولید تراشه‌های پیشرفته در تایوان، کره جنوبی و جاهای دیگر در شرق آسیا اصلا تصادفی نیست. مجموعه‌ای از تصمیمات ارادی مقامات دولتی و مدیران شرکت‌ها موجب شکل‌گیری گسترده‌ترین زنجیره‌های تأمین مورد اتکای ما در جهان شده است. ذخایر بزرگ نیروی‌کار ارزان در آسیا، سازندگان تراشه را به دنبال کارگران ارزان قیمت به این منطقه جذب کرد. دولت‌ها و شرکت‌های این منطقه از تاسیسات مونتاژ تراشه‌ها در خارج از کارخانه مادر برای یادگیری و نهایتا بومی کردن فناوری‌های پیشرفته‌تر استفاده کردند. استراتژیست‌های حوزه سیاست خارجی در واشنگتن از زنجیره‌های پیچیده تأمین نیمه‌رسانا به‌عنوان ابزاری برای ادغام آسیا به دنیای تحت رهبری آمریکا سود جستند. تقاضای اجتناب‌ناپذیر سرمایه‌داری برای کارایی اقتصادی، موجب تلاش مستمر برای کاهش هزینه‌ها و ادغام شرکت‌ها می‌شد. سرعت ثابت نوآوری‌های فناورانه که ضامن عملکرد قانون مور بود، بر نیاز به مواد، ماشین‌آلات و فرآیندهای پیچیده‌تری می‌افزود که تنها در بازارهای جهانی قابل‌تأمین بود. و بدین ترتیب است که تقاضای عظیم ما برای قدرت محاسبه همچنان در حال رشد باقی می‌ماند.

در این کتاب با تکیه بر تحقیق در آرشیوهای تاریخی در سه قاره آمریکا، اروپا و آسیا، از تایپه گرفته تا مسکو، و بیش از صد مصاحبه با دانشمندان، مهندسان، مدیران‌عامل و مقامات دولتی، به این نتیجه رسیده‌ایم که نیمه‌رساناها جهانی که در آن زندگی می‌کنیم را شکل می‌دهند و ساختار سیاست بین‌الملل، اقتصاد جهانی و توازن قدرت نظامی جهان را تعیین می‌کنند. در عین حال، این مدرن‌ترین صنعت جهان تاریخ پیچیده و پرحادثه‌ای دارد. مسیر توسعه آن نه تنها توسط شرکت‌ها و مصرف‌کنندگان، بلکه توسط دولت‌های بلندپرواز شکل گرفته و از الزامات جنگ نیز اثر پذیرفته است. برای درک این که چگونه میلیون‌ها ترانزیستور و معدود شرکت‌های منحصربه‌فرد، جهان ما را شکل داده‌اند، باید به آغاز عصر سیلیکون بازگردیم.

# بخش اول

**تراشه‌های دوران جنگ سرد**

## فصل 1

**از فولاد تا سیلیکون**

سربازان ژاپنی جنگ جهانی دوم را "طوفان فولاد" نامیده بودند. آکیو موریتا،[[224]](#footnote-224) مهندس جوان و سخت‌کوش ژاپنی که از خانواده‌ای تاجرپیشه و مرفه می‌آمد نیز بی‌شک همین احساس را داشت. او با استخدام در آزمایشگاه مهندسی نیروی دریایی ژاپن، چیزی نمانده بود که از خطر حضور در خطوط مقدم جنگ برهد. اما حتی سرزمین مادری موریتا هم از بلایای طوفان فولاد در امان نماند، زیرا بمب‌افکن‌های B-29 آمریکایی به شهرهای ژاپن تاختند و بخش اعظم توکیو و دیگر شهرها را ویران کردند. در این میان، محاصره ژاپن توسط آمریکا بر این فلاکت افزود، گرسنگی گسترده‌ای را ایجاد کرد و کشور را به سمت اقدامات ناامیدکننده سوق داد. برادران موریتا در اواخر جنگ آموزش می‌دیدند تا خلبان کامیکازه شوند.

بخش عمده کودکی موریس چانگ در سرتاسر ساحل دریای چین شرقی، مملو از صدای شلیک گلوله و آژیرهایی بود که هشدار حمله هوایی قریب‌الوقوع را می داد. چانگ سال‌های نوجوانی‌اش را در حال فرار از دست ارتش ژاپن که سراسر چین را تحت سیطره خود گرفته بود، گذراند و در این مسیر، ابتدا به گوانگژو،[[225]](#footnote-225) سپس به هنگ‌کنگ که در آن زمان مستعمره بریتانیا بود، و از آنجا به چونگ‌کینگ[[226]](#footnote-226) پایتخت چین در زمان جنگ رفت؛ و نهایتا پس از شکست ژاپنی‌ها به شانگهای بازگشت. اما حتی در آن زمان هم، جنگ واقعاً به پایان نرسید، زیرا چریک‌های کمونیست مجددا مبارزه با دولت چین را آغاز کردند. خیلی زود، نیروهای مائو تسِدونگ[[227]](#footnote-227) به شانگهای یورش بردند و موریس چانگ مجبور شد برای بار دوم به هنگ‌کنگ فرار کند.

بوداپست در سوی دیگر جهان قرار داشت؛ اما اندی گرُوْ[[228]](#footnote-228) از اهالی این شهر هم قربانی همان طوفان فولادی شد که سرتاسر آسیا را درنوردید. اندی (یا آن‌طور که در آن زمان نامیده می‌شد، آندرس گرُف[[229]](#footnote-229)) از چندین تهاجم دشمن جان سالم به در برد. دولت راست افراطی مجارستان با خانواده گرو هم مانند دیگر یهودیان، همچون شهروندان درجه دو برخورد می‌کرد. اما وقتی آتش جنگ در اروپا شعله‌ور شد، پدر اندی بدون توجه به یهودی بودنش، برای جنگ علیه اتحاد شوروی در کنار متحدان نازی مجارستان به جبهه‌ها فراخوانده، و دست آخر هم در استالینگراد کشته شد. آنگاه در سال ۱۹۴۴، نازی‌ها خود به مجارستان که ظاهرا متحد آلمان بود حمله کردند. ستون‌هایی از تانک‌های آلمانی وارد بوداپست شدند. آلمانی‌ها اعلام کردند یهودیان، از جمله اندی گرو را به اردوگاه‌های مرگ خواهند فرستاد. اندی که هنوز کودکی بیش نبود، ماه‌ها بعد و هنگام ورود سربازان ارتش سرخ به پایتخت مجارستان، بار دیگر صدای توپخانه را شنید. نیروهای ارتش سرخ که برای آزاد کردن مجارستان آمده بودند، به مادر اندی تجاوز کردند و رژیم دست‌نشانده بی‌رحمی را به جای رژیم نازی بر اریکه قدرت نشاندند.

ستون‌های بی‌پایان تانک‌ها؛ امواج هواپیماها؛ هزاران تن بمب که از آسمان فرو می‌ریخت؛ ناوگان‌های متشکل از کشتی‌های حامل کامیون‌ها، خودروهای جنگی، محصولات نفتی، لوکوموتیوها، واگن‌های قطار، توپ‌های جنگی، تسلیحات، زغال‌سنگ و فولاد - جنگ جهانی دوم نبرد میان صنایع بود. ایالات متحده هم می‌خواست که چنین باشد: جنگی صنعتی که آمریکا برنده آن بود. درست در زمانی که ایالات متحده قدرت تولید صنعتی خود را به قدرت نظامی تبدیل می‌کرد، اقتصاددانان حاضر در کمیته تولید برای جنگ[[230]](#footnote-230) تنها میزان تولید مس و آهن، پلاستیک و نفت، آلومینیوم و قلع را معیار اندازه‌گیری پیشرفت کشور می‌دانستند.

ایالات متحده در دوره جنگ جهانی دوم بیش از کل کشورهای گروه محور، کشتی و هواپیما تولید کرد و حتی تعداد توپ‌های جنگی و مسلسل‌های خودکار تولیدی این کشور حدود دو برابر کشورهای گروه محور بود. در این دوره، کشتی‌های آمریکایی بی‌وقفه محصولات صنعتی را از بنادر این کشور به بریتانیا، اتحاد شوروی، چین و سایر اعضای گروه متفقین ارسال می‌کردند. سربازان در جبهه‌های استالینگراد مشغول جنگ بودند، اما قدرت جنگ در آمریکا و در کارخانه‌های کشتی‌سازی، چون کایزر[[231]](#footnote-231) و خطوط مونتاژ، چون ریوِر روژ[[232]](#footnote-232) خلق می‌شد.

بالاخره در سال ۱۹۴۵، ایستگاه‌های رادیویی پایان جنگ را اعلام کردند. در ژاپن، آکیو موریتا مهندس جوان داستان ما لباس فرم خود را پوشید و به سخنرانی تسلیم امپراتور هیروهیتو گوش فرا داد. البته او تنها بود، زیرا نمی‌خواست در کنار دیگر افسران نیروی دریایی مجبور شود، طبق سنت ژاپنی‌ها خودکشی کند. در سوی دیگر دریای چین شرقی، موریس چانگ شکست ژاپن و پایان جنگ را جشن گرفت و بلافاصله به زندگی پر از تفریح دوران نوجوانی خود بازگشت. در مجارستان هم، اندی گرو و مادرش آرام‌آرام از پناهگاه بیرون آمدند، اما آزاری که آن‌ها بعدا در دوران اشغال مجارستان از اتحاد شوروی تحمل کردند، چیزی کم از دوران جنگ نداشت.

نتیجه جنگ جهانی دوم را تولیدات صنعتی تعیین کرد، اما همان موقع هم معلوم بود که فناوری‌های جدید در حال متحول کردن قدرت نظامی است. قدرت‌های بزرگ هزاران هواپیما و تانک تولید کرده بودند، اما آن‌ها همچنین هزاران آزمایشگاه تحقیقاتی تاسیس کرده بودند که محصولشان ابزارهایی چون موشک و رادار بود. دو بمب اتمی که هیروشیما و ناگازاکی را ویران کردند موجب شکل‌گیری این نظریه شدند که عصر اتم به زودی جایگزین عصر زغال‌سنگ و فولاد خواهد شد.

موریس چانگ و اندی گرو در سال ۱۹۴۵ دانش‌آموز بودند و هنوز نمی‌توانستند درک دقیقی از فناوری یا سیاست داشته باشند. اما آکیو موریتا در آن زمان جوانی بیست‌وچندساله با تجربه‌کار در پروژه تولید موشک‌های گرماجو در سال‌های آخر جنگ بود. ژاپن اصلا به تولید موشک‌های هدایت‌شونده نزدیک نبود. اما پروژه‌ای که موریتا روی آن کار کرد، تصویری اجمالی از آینده پیش روی او نمایان کرده بود. کم‌کم می‌شد جنگ‌هایی را تصور کرد که تکلیفشان نه توسط کارگران خطوط مونتاژ، تانک‌ها و خودروهای جنگی؛ بلکه توسط تسلیحاتی تعیین خواهد شد که می‌توانند به‌طور خودکار اهدافشان را شناسایی و تعقیب کنند. این ایده مانند داستان‌های علمی-تخیلی به‌نظر می‌رسید و موریتا از تحولات اخیر در حوزه محاسبات الکترونیکی که به ماشین‌ها امکان می‌داد از طریق حل مسائل ریاضی با اعمالی چون جمع و ضرب و رادیکال‌گیری «فکر کنند»، تا حدودی اطلاع داشت.

البته ایده استفاده از ابزار برای محاسبه چیز جدیدی نبود. هزارها سال قبل، انسان‌های اولیه یاد گرفتتد از انگشتان خود برای شمارش استفاده کنند. بابِلی‌ها در دوران باستان برای ضرب کردن اعداد بزرگ چرتکه را اختراع کردند و از آن پس، مردم در طول قرن‌ها برای ضرب و تقسیم اعداد، مهره‌های چرتکه را جلو و عقب می کشیدند. در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، شکل‌گیری و رشد دیوان‌سالاری در دولت‌ها و بنگاه‌های تجاری، به‌کارگیری خیل عظیم «رایانه‌های انسانی» یعنی کارمندان مسلح به قلم و کاغذ، و حتی بعضا ماشین‌حساب‌های ساده مکانیکی - جعبه دنده‌هایی که می‌توانستند چهار عمل اصلی ریاضی و رادیکال‌گیری‌های ساده را انجام دهند - را ضروری ساخت.

این رایانه‌های زنده قادر بودند فهرست‌های حقوق و دستمزد را تنظیم کنند، نتایج سرشماری را جمع‌آوری کنند، و داده‌های مربوط به آتش‌سوزی‌ها و خشکسالی‌ها را که برای تعیین نرخ بیمه‌ها ضروری بود، غربال کنند. در دوره رکود بزرگ در ایالات متحده، اداره پیشرفت کار[[233]](#footnote-233) که به دنبال استخدام کارمندان دفتری بیکار بود، پروژه‌ای را تحت عنوان «پروژه جداول ریاضی»[[234]](#footnote-234) به اجرا گذاشت که در چهارچوب آن صدها «رایانه انسانی» در ساختمانی اداری در منهتن پشت میز نشستند و مشغول تهیه جداول لگاریتمی و توابع نمایی شدند! نهایتا نتایج پروژه در قالب گزارشی بیست‌وهشت جلدی، شامل خروجی توابع پیچیده، با عناوینی چون جداول متقابل اعداد صحیح از ۱۰۰,۰۰۰ تا ۲۰۰,۰۰۹ منتشر شد که فقط بیش از دویست صفحه آن را جداول اعداد تشکیل می‌داد.

این گروه‌های سازماندهی‌شده متشکل از  ماشین‌حساب‌های انسانی نویدبخش آینده‌ای روشن برای بازار صنعت محاسبات و البته نشانگر محدودیت‌های استفاده از مغز انسان برای انجام محاسبات بود. حتی وقتی ماشین‌حساب‌های مکانیکی به کمک مغز انسان می‌آمدند هم، کار انسان سرعت چندانی نداشت. اگر کسی می‌خواست از نتایج پروژه جداول ریاضی استفاده کند، می‌بایست صفحات تک‌تک مجلدهای بیست‌وهشتگانه گزارش پروژه را ورق به ورق جستجو می‌کرد تا نتیجه محاسبه لگاریتم یا توان خاصی را بیابد. هرچه تعداد نتایج مورد نیاز بیشتر می‌شد، صفحات بیشتری می‌بایست ورق زده می‌شد.

در همین حال، تقاضای بازار برای صنعت محاسبه همچنان رشد می‌کرد. حتی پیش از جنگ جهانی دوم هم مبالغی هنگفت به  پروژه‌هایی تزریق می‌شد که هدفشان تولید رایانه‌های مکانیکی با قابلیت‌های بیشتر بود. اما جنگ، مسابقه برای رسیدن به قدرت محاسبه را تسریع بخشید. نیروی هوایی در چندین کشور اقدام به تولید دستگاه‌های مکانیکی نشانه‌گیری بمب کرد تا به خلبانان هواپیماهای جنگی خود در ضربه زدن به اهدافشان کمک کند. این دستگاه‌ها مجهز به آینه‌های شیشه‌ای متصل به چند اهرم بودند. اهرم‌ها نیز به نوبه خود، به دو پیچ دستی متصل بودند که خدمه بمب‌افکن‌ها بر اساس سرعت و ارتفاع هواپیما آن‌ها را تنظیم می‌کردند. دستگاه با استفاده از این پیچ‌های دستی و اهرم‌ها، بسیار دقیق‌تر از خلبانان، بر اساس ارتفاع و سرعت هواپیما دوربین آن را روی هدف متمرکز، و زمان دقیق پرتاب بمب را تعیین می‌کرد. البته محدودیت‌های این دستگاه‌ها در همان زمان هم آشکار بود. این نشانه‌گیرها تنها چند فاکتور را به‌عنوان داده دریافت می‌کردند و بر اساس آن، تنها یک خروجی بیرون می‌دادند که عبارت بود از زمان رها کردن بمب. در شرایط ایده‌آل آزمایشی، نتیجه عملکرد دستگاه‌های نشانه‌گیر آمریکایی دقیق‌تر از نتیجه حدس و گمان خلبانان بود. با این حال، وقتی این دستگاه‌ها در آسمان آلمان مورد استفاده قرار گرفت، تنها بیست درصد بمب‌های رها‌شده از هواپیماهای آمریکایی در شعاع ۱۰۰ متری هدف به زمین اصابت کرد. حقیقت این است که تکلیف جنگ را تعداد بمب‌های رهاشده و گلوله‌های توپ شلیک‌شده تعیین کرد؛ نه تعداد پیچ‌های دستی نصب‌شده در رایانه‌های مکانیکی که کارشان هدایت بمب‌ها و توپ‌ها بود و البته غالبا در کارشان هم موفق نبودند.

دقت بیشتر مستلزم محاسبات بیشتر بود. به همین علت، مهندسان کم‌کم بارهای الکتریکی را جایگزین چرخ‌دنده‌های مکانیکی رایانه‌های اولیه کردند. در نخستین رایانه‌های الکتریکی در آن زمان، از لامپ‌های خلأ استفاده شد که عبارت بود از رشته‌ای فلزی در حبابی شیشه‌ای، درست مانند لامپ روشنایی. جریان الکتریکی که از این حباب شیشه‌ای عبور می‌کرد، می‌توانست قطع و وصل شود و عملاً کارکردی تقریبا شبیه حرکت مهره‌های چرتکه که روی میله‌های آن جلو و عقب می‌روند داشته باشد. لامپ خلائی که روشن بود به‌عنوان عدد «۱»، و لامپی که خاموش بود به‌عنوان عدد «۰» در نظر گرفته می‌شد. این دو رقم می‌توانستند در چارچوب یک سیستم شمارش «دودویی» هر عددی را بسازند - و بدین ترتیب، به‌طور تئوریک می‌توانستند انواع مختلف محاسبات را انجام دهند.

به علاوه، وجود لامپ‌های خلأ برنامه‌ریزی مجدد این رایانه‌های دیجیتال را میسر می‌کرد. چرخ‌دنده‌های مکانیکی از نوعی که در دستگاه‌های نشانه‌گیر بمب به‌کار گرفته می‌شد، تنها می‌توانستند یک نوع محاسبه را انجام دهند، زیرا هر پیچ دستی در این دستگاه‌ها به شکل فیزیکی به اهرم‌ها و چرخ‌دنده‌های مشخصی متصل بود. مهره‌های چرتکه هم با این محدودیت روبه‌رو بودند که تنها در طول یک میله‌ جلو و عقب می‌رفتند. این در حالی است که نحوه ارتباط لامپ‌های خلأ با هم قابل سازماندهی مجدد بود، و این قابلیت به رایانه الکتریکی اجازه می‌داد انواع محاسبات را انجام دهد.

این جهشی رو به جلو در صنعت محاسبه بود؛ البته اگر شب‌پره‌ها مانع نمی‌شدند! از آنجا که این لامپ‌های خلأ مانند لامپ‌های روشنایی می‌درخشیدند، شب‌پره‌ها را به خود جذب می‌کردند. در نتیجه مهندسان می‌بایست به‌طور منظم عیب آن‌ها را رفع می‌کردند. به علاوه، این لامپ‌ها هم مانند لامپ‌های روشنایی زود‌به‌زود می‌سوختند. یک رایانه پیشرفته در آن زمان به نام اِنیاک[[235]](#footnote-235) که دانشگاه پنسیلوانیا آن را در سال ۱۹۴۵ به منظور محاسبه مسیر پرتابه‌های توپخانه ارتش آمریکا ساخته بود، هجده هزار لامپ خلأ داشت. به‌طور متوسط، در هر دو روز یک لامپ خلاء این دستگاه غول‌پیکر خراب می‌شد و کل دستگاه را از کار می‌انداخت و تکنسین‌ها را مجبور می‌کرد در میان هجده هزار لامپ خلأ، قطعه ازکارافتاده را بیابند و تعویض کنند. انیاک می‌توانست با سرعتی بیشتر از هر ریاضیدانی، در هر ثانیه صدها عدد را در هم ضرب کند؛ اما فضایی به اندازه یک اتاق را اشغال می‌کرد، زیرا هر یک از هجده هزار لامپ خلاء آن به اندازه یک مشت بود. بدین ترتیب، فناوری لامپ خلأ آشکارا بیش از حد پیچیده، کُند و غیرقابل‌اعتماد بود. تا زمانی که رایانه‌ها همچنان هیولاهایی عظیم‌الجثه‌ و در عین حال، در معرض آسیب شب‌پره‌ها می‌ماندند، تنها برای کاربردهای خاصی چون شکستن کدها مناسب بودند؛ مگر آن‌که دانشمندان می‌توانستند کلیدهایی کوچکتر، سریع‌تر و ارزان‌تر بیابند.

## فصل 2

**کلید**

ویلیام شاکلی[[236]](#footnote-236) مدت‌ها پیش گفته بود اگر قرار باشد «کلید» بهتری یافت شود، با کمک ماده‌‌ای به نام نیمه‌رسانا خواهد بود. او تنها فرزند یک مهندس معدنکاری بود که سال‌ها در گوشه و کنار جهان کار و زندگی کرده بود. شاکلی در لندن متولد و در پالو آلتو[[237]](#footnote-237) در کالیفرنیا بزرگ شده بود. او خود را برتر از دیگران می‌شمرد و این روحیه را از دیگران پنهان هم نمی‌کرد. او ابتدا در دانشگاه کَلتک[[238]](#footnote-238) در کالیفرنیای جنوبی تحصیل کرد و سپس دکترای فیزیک را از ام‌آی‌تی گرفت و بلافاصله در شرکت بِل‌لَبز[[239]](#footnote-239) در نیوجرسی که در آن زمان یکی از مراکز پیشرو در حوزه علم و مهندسی بود، آغاز به‌کار کرد. او به‌نظر همه همکارانش، فردی غیر‌قابل‌تحمل اما در عین حال، فیزیک‌دانی برجسته بود. درک او از فیزیک به قدری دقیق بود که یکی از همکارانش گفته بود انگار او واقعا می‌تواند الکترون‌ها را در حالی که به سرعت در داخل فلزات حرکت می‌کنند و اتم‌ها را به هم پیوند می‌دهند، ببیند.

شاکلی متخصص فیزیک نیمه‌رسانا بود که نوعی بی‌مانند از موادند. بیشتر مواد یا (مانند سیم‌های مسی) به جریان الکتریکی اجازه می‌دهند به راحتی در آن‌ها جریان یابد، یا (مانند شیشه) مانع جریان الکتریکی می‌شوند. اما نیمه‌رساناها جزء هیچ‌کدام از این دو دسته نیستند. نیمه‌رساناها از جمله سیلیکون و ژرمانیوم، در شرایط عادی مانند شیشه‌اند و جریان الکتریکی چندانی از آن‌ها عبور نمی‌کند. اما وقتی مواد خاصی به آن‌ها اضافه می‌شود و در میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، الکتریسیته می‌تواند در آن‌ها به جریان بیفتد. برای مثال، اضافه کردن فسفر یا آنتیمونی به مواد نیمه‌رسانا مثل سیلیکون یا ژرمانیوم موجب می‌شود جریان الکتریکی منفی در آن‌ها به حرکت درآید.

آلاییدن مواد نیمه‌رسانا با عناصر دیگر، به مهندسان فرصت داد دستگاه‌های جدیدی بسازند که قادر به ایجاد و کنترل جریان الکتریکی بودند. با این حال، مهار جریان الکترون‌ها در مواد نیمه‌رسانا همچون سیلیکون یا ژرمانیوم، تا وقتی خواص الکتریکی آن‌ها آشکار و توضیح داده نشده بود، رویایی دست‌نیافتنی ماند. تا اواخر دهه ١٩۴٠، با وجود همه مغزهای جمع‌شده در حوزه علم فیزیک در شرکت بل‌لبز، هیچ کس نمی‌توانست در خصوص علت عملکرد عجیب صفحات نیمه‌رسانا توضیحی بدهد.

در سال ١٩۴۵، شاکلی با ترسیم نقشه یک قطعه سیلیکون که به یک باتری ٩٠ ولتی وصل شده بود، برای اولین بار نظریه «شیر حالت جامد»[[240]](#footnote-240) را مطرح کرد. به موجب این نظریه، اگر ماده نیمه‌رسانایی همچون سیلیکون در یک میدان الکتریکی قرار گیرد، «الکترون‌های آزاد» انباشته‌شده در داخل آن نزدیک لبه نیمه‌رسانا جمع خواهند شد. اگر تعداد کافی از الکترون‌ها به وسیله میدان الکتریکی جذب شود، لبه نیمه‌رسانا به ماده‌ای رسانا تبدیل خواهد شد و مانند فلزات که تعداد زیادی الکترون آزاد دارند، عمل خواهد کرد. در این صورت، جریان الکتریکی می‌تواند در ماده‌ای به حرکت درآید که پیش‌تر الکتریسیته را از خود عبور نمي‌داد. شاکلی به زودی چنین دستگاهی را ساخت. او انتظار داشت اضافه کردن و حذف یک میدان الکتریکی در بالای یک قطعه سیلیکون مانند یک شیر عمل، و جریان الکترون‌ها را در قطعه سیلیکون باز و بسته کند. با این حال، وقتی او این آزمایش را انجام داد، نتیجه مورد انتظارش را ملاحظه نکرد. او نتیجه آزمایش را «غیرقابل‌اندازه‌گیری» و «کاملا اسرارآمیز» توصیف کرد. واقعیت این است که ابزارهای ساده موجود در دهه ١٩۴٠، دقت کافی را برای اندازه‌گیری چنان جریان الکتریکی کوچکی نداشتند.

دو سال بعد، دو تن از همکاران شاکلی در بل‌لبز آزمایش مشابهی را روی نوع دیگری از آن دستگاه طراحی و اجرا کردند. یکی از این دو نفر والتر برَتِین،[[241]](#footnote-241) فیزیک‌دان تجربی باهوشی بود که در مزرعه‌ای در منطقه روستایی واشنگتن بزرگ شده بود‌؛ و دیگری جان باردین،[[242]](#footnote-242) دانشمندی تحصیل‌کرده در دانشگاه پرینستون بود که بعدها تنها فردی شد که دو جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرده است. بر خلاف شاکلیِ مغرور و نفرت‌انگیز، آن‌ها افرادی متواضع و متین بودند. برتین و باردین که از نظریه شاکلی الهام گرفته بودند، دستگاهی ساختند که در آن دو فیلامان طلا به‌کار برده شده بود. هر یک از فیلامان‌ها توسط سیم‌هایی به یک منبع تغذیه و به یک قطعه فلز و همچنین به یک بلوک ژرمانیومی متصل شده بود. محل‌های اتصال دو فیلامان طلا به بلوک ژرمانیوم کمتر از یک میلی‌متر از هم فاصله داشتند. برتین و باردین در بعدازظهر روز شانزدهم دسامبر١٩۴٧ در ساختمان اصلی بل‌لبز، منبع تغذیه را روشن کردند و توانستند جریانی که در بلوک ژرمانیوم به راه افتاد را کنترل کنند. بدین ترتیب، نظریه شاکلی در مورد مواد نیمه‌رسانا اثبات شد.

شرکت اِی‌تی اَند تی،[[243]](#footnote-243) مالک بل‌لبز در آن زمان نه در صنعت رایانه، بلکه در صنعت تلفن مشغول بود و این وسیله را - که خیلی زود نام ترانزیستور به خود گرفت - اساساً به‌علت قابلیتش در تقویت سیگنال‌های منتقل‌کننده تماس‌ها در سرتاسر گستره وسیع شبکه تلفنی‌اش مفید دید.

به زودی معلوم شد ترانزیستورها به‌علت قابلیتشان در تقویت جریان‌های الکتریکی می‌توانند در دستگاه‌هایی چون سمعک و رادیو مفید باشند و جای لامپ‌های خلأ که کارشان تقویت سیگنال‌ها بود، اما کمتر قابل‌اعتماد بودند را گرفتند. شرکت بل‌لبز به سرعت برای ثبت حق اختراع این ابزار جدید اقدام کرد.

شاکلی از این که می‌دید همکارانش آزمایشی را طراحی کرده‌اند تا نظریات او را اثبات کنند.، عصبانی شده بود و تصمیم گرفت از آنان پیشی بگیرد. او در تعطیلات کریسمس، خود را برای مدت دو هفته در اتاق هتلی در شیکاگو حبس کرد و با اتکا به درک بی‌نظیری که از فیزیک نیمه‌رساناها داشت، ساختارهای مختلفی را برای ترانزیستور طراحی کرد.

او در ژانویه ١٩۴٨ نوع متفاوتی از ترانزیستور را طراحی کرد که با سه قطعه نیمه‌رسانا ساخته می‌شد. در این ساختار جدید، دو قطعه بیرونی الکترون اضافه داشتند، و قطعه میانی کسری الکترون داشت. اگر جریان کوچکی به قطعه میانی وارد می‌‌شد، جریان بسیار بزرگ‌تری را در کل این وسیله ایجاد می‌کرد. این فرآیند «تبدیل جریانی کوچک به جریانی بزرگ» همان فرآیند تقویتی بود که ترانزیستور برتین و باردین نشان داده بود. البته شاکلی علاوه بر کاربردی که از ابتدا برای این «شیر حالت جامد» در نظر گرفته شده بود، به تدریج مصارف دیگری را هم برای این وسیله پیش‌بینی کرد. برای مثال او می‌توانست با تغییر دادن جریان کوچک وارد‌شده به قطعه میانی ترانزیستور، جریان بزرگ‌تر را قطع و وصل کند. بدین ترتیب، شاکلی یک کلید طراحی کرده بود.

جالب این است که وقتی شرکت بل‌لبز در ژوئن ١٩۴٨ یک کنفرانس خبری برگزار و در آن، خبر اختراع ترانزیستور را اعلام کرد، درک علت اهمیت اعلام اختراع این مجموعه قطعات ژرمانیوم در آن زمان اصلا کار ساده‌ای نبود. نیویورک تایمز با انتشار این خبر در صفحه ۴۶ روزنامه، عملا آن را در نطفه خفه کرد. اما رفتار مجله تایم بهتر بود. آن‌ها این خبر را تحت عنوان «سلول مغزی کوچک»[[244]](#footnote-244) منتشر کردند. از سوی دیگر، حتی شاکلی که خود هرگز اهميت خود و کارهایش را دست‌ کم نمی‌گرفت هم، اصلا تصور نمی‌کرد که به زودی هزاران، میلیون‌ها و میلیارد‌ها ترانزیستور در مقیاسی میکروسکوپی برای جایگزینی مغز انسان در انجام محاسبات به‌کار گرفته خواهند شد.

## فصل ٣

**باب نویس،[[245]](#footnote-245) جک کیلبی،[[246]](#footnote-246) و مدارهای یکپارچه**

ترانزیستور تنها در صورتی می‌توانست جایگزین لامپ خلأ شود که ساده‌سازی و در مقیاس بزرگ فروخته می‌شد. در مسیر دشوار و طولانی تحقق این هدف، نظریه‌پردازی و اختراع ترانزیستور تنها می‌توانست قدم اول محسوب شود؛ از آن پس، چالش اصلی عبارت بود از تولید ترانزیستور در مقیاس هزاران هزار. برتین و باردین علاقه چندانی به تجارت یا تولید انبوه نداشتند. آن‌ها ذاتا پژوهشگر بودند، و پس از دریافت جایزه نوبل، حرفه خود یعنی آموزش و پژوهش را دنبال کردند. در مقابل اما، بلندپروازی‌های شاکلی پس از این موفقیت، حتی بیشتر هم شد. او می‌خواست نه فقط معروف، بلکه ثروتمند هم باشد. او به دوستان خود می‌گفت آرزو دارد نامش را نه تنها در نشریات علمی همچون مجله بررسی فیزیکی،[[247]](#footnote-247) بلکه در نشریاتی چون وال‌استریت جورنال هم ببیند. او در سال ١٩۵۵، شرکت «شاکلی سمیکانداکتر»[[248]](#footnote-248) را در یکی از حومه‌های سانفرانسیسکو به نام مانتِن ویو[[249]](#footnote-249) و در نزدیکی پالو آلتو که همچنان محل زندگی مادر پیرش بود، تأسیس کرد.

شاکلی در نظر داشت بهترین ترانزیستور‌های جهان را بسازد و این امر کاملا امکان‌پذیر بود، زیرا ای‌تی اند تی که صاحب بل‌لبز و در نتیجه حق اختراع ترانزیستور بود، پیشنهاد فروش پروانه ساخت این وسیله را در قبال ٢۵ هزار دلار مطرح کرده بود و این قیمت برای پیشرفته‌ترین فناوری الکترونیکی آن زمان ایده‌آل بود. شاکلی تصور می‌کرد ترانزیستور حداقل به‌عنوان جایگزینی برای لامپ خلأ در دستگاه‌های الکترونیکی موجود آن زمان، بازار خوبی خواهد داشت. با این وجود، اندازه بازار بالقوه ترانزیستور اصلا مشخص نبود. هیچ کس مخالف این نبود که ترانزیستور محصول یک فناوری هوشمندانه مبتنی بر پیشرفته‌ترین نظریات فیزیک است؛ اما ترانزیستور تنها در صورتی می‌توانست بازار را تسخیر کند که کاري بهتر از لامپ خلأ انجام دهد یا آن که هزینه تولیدش کمتر از آن باشد. شاکلی به زودی به خاطر نظریه‌پردازی در حوزه نیمه‌رسانا‌ها جایزه نوبل می‌گرفت، اما این سوال که چگونه می‌توان ترانزیستور را به ابزاری کاربردی و سودمند تبدیل کرد، نه موضوعی مرتبط با فیزیک نظری، بلکه معضلی بود که باید با مهندسی حل می‌شد. چیزی نگذشت که ترانزیستور به تدریج جای لامپ خلأ را در رایانه‌های آن زمان گرفت، اما سیم‌کشی‌های میان هزاران ترانزیستور، جنگلی انبوه از سیم ایجاد می‌کرد. در این میان، جک کیلبی که مهندسی در شرکت تگزاس اینسترومنتس بود، سرتاسر تابستان ١٩۵٨ را در آزمایشگاه خود در تگزاس صرف تلاش برای یافتن راهی برای کاستن از پیچیدگی ناشی از سیم‌کشی‌های مورد نیاز سیستم‌های ترانزیستوری کرد. کیلبی فردی خوش‌صحبت، نرم‌خو، صمیمی، اهل همکاری، کنجکاو، و باهوش اما بی‌ادعا بود. یکی از همکارانش از او چنین یاد می‌کرد: «او اصلا پر توقع نبود. به سادگی می‌توانستیم بفهمیم که او چه می‌خواهد و ما هم تمام تلاشمان را می‌کردیم تا آنچه او می‌خواهد، محقق شود». یکی دیگر از همکارانش که معمولاً با او ناهار می‌خورد، او را «مردی به غایت دوست‌داشتنی» معرفی کرده بود.

کیلبی یکی از اولین کسانی در خارج از بل‌لبز بود که پس از آن که کارفرمایش، شرکت سِنترالَب[[250]](#footnote-250) (مستقر در میلواکی) پروانه فناوری ترانزیستور را از ای‌تی ‌اند ‌تی خرید، از این وسیله استفاده کرد. او در سال ١٩۵٨ سنترالب را ترک کرد تا در واحد ترانزیستور تی‌آی مشغول به‌کار شود. تی‌آی در دالاس تگزاس اساسا برای تولید تجهیزاتی تاسیس شده بود که با استفاده از امواج لرزه‌ای زمین، به شرکت‌های نفتی در شناسایی بهترین مکان‌ها برای حفر چاه کمک می‌کرد. طی جنگ جهانی دوم، نیروی دریایی ایالات متحده این شرکت را مامور تولید دستگاه سونار برای ردیابی و تعقیب زیردریایی‌های دشمن کرد. پس از پایان جنگ، مدیران تی‌آی دریافتند که فناوری ترانزیستور در سایر سامانه‌های نظامی هم قابل‌استفاده است، و به همین علت مهندسانی چون کیلبی را برای ساخت ترانزیستور استخدام کرد.

کیلبی در زمانی وارد تی‌آی شد که همه کارگران و کارمندان آن در مرخصی تابستانی بودند. در نتیجه، او دو هفته‌ای را در آزمایشگاه تنها بود. به تدریج ذهن او درگیر ایده کاهش سیم‌های مورد نیاز برای شبکه‌بندی ترانزیستورهای متعدد شد. او به جای استفاده از قطعات مجزای سیلیکون یا ژرمانیوم برای ساخت هر ترانزیستور، به فکر سر‌هم کردن چندین جزء روی یک قطعه نیمه‌رسانا افتاد. وقتی همکاران کیلبی در تی‌آی از مرخصی بازگشتند، متوجه انقلابی بودن ایده کیلبی شدند. بر اساس این ایده، چندین ترانزیستور را می‌شد روی یک صفحه سیلیکون یا ژرمانیوم ساخت. کیلبی این اختراع خود را «مدار یکپارچه» نامید، اما این محصول بعدا به‌طور غیررسمی با نام «تراشه» معروف شد، زیرا هر مدار یکپارچه از قطعه‌ای سیلیکون ساخته می‌شد که روی یک ویفر گرد سیلیکونی تراش خورده بود.

حدود یک سال پیش از آن، در پالو آلتوی کالیفرنیا گروهی هشت‌نفره از مهندسانی که در استخدام ویلیام شاکلی بودند، به او اعلام کردند قصد دارند شرکت او را ترک کنند. حقیقت این است که شاکلی در کشف استعدادها فوق‌العاده خوب عمل می‌کرد، اما مدیر بسیار بدی بود. او عاشق مجادله بود و چنان فضای مسمومی در شرکت ایجاد کرده بود که مهندسان جوانی که گرد خود جمع کرده بود، از او بیزار شده بودند. بدین ترتیب، این هشت مهندس شرکت شاکلی را ترک، و با استفاده از سرمایه اولیه میلیونری از ساحل شرقی آمریکا، شرکت خود را با نام فرچایلد سمیکانداکتر تاسیس کردند.

امروز این هشت مهندس فراری از شرکت شاکلی، به‌عنوان بنیان‌گذاران سیلیکون‌ولی شناخته می‌شوند. یکی از این هشت نفر، یوجین کلاینر[[251]](#footnote-251) بود که بعدها شرکت کلاینر پرکینز،[[252]](#footnote-252) یکی از قدرتمند‌ترین شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر را تاسیس کرد. گوردون مور،[[253]](#footnote-253) دیگر عضو این گروه هشت‌نفره بود که بعدها مدیریت فرآیند تحقیق و توسعه شرکت فرچایلد را بر عهده گرفت. او بعدها نظریه «قانون مور» را برای توضیح رشد تصاعدی قدرت محاسبه مطرح کرد. در میان این هشت نفر اما، مهم‌تر از همه باب نویس، معروف به رهبر «هشت خائن»[[254]](#footnote-254) بود که علاقه‌ای شیداگونه و توأم با خیالبافی به میکروالکترونیک و البته همچنین حس شهودی بسیار قدرتمندی داشت که در پیشرفت‌های فنی لازم برای ساخت ترانزیستورهای کوچک، ارزان و قابل‌اعتماد در آینده، کاملا موثر بود. همراه کردن اختراعات جدید با فرصت‌های تجاری دقیقا چیزی بود که استارت‌آپی چون فرچایلد برای موفقیت - و همین طور صنعت تراشه برای جهش - نیاز داشت.

تا زمان تاسیس شرکت فرچایلد، دانش انسان در مورد ترانزیستورها به‌طور کلی به سطح قابل‌قبولی رسیده بود؛ اما تولید ترانزیستورهای قابل‌اعتماد، همچنان چالشی بزرگ باقی مانده بود. اولین ترانزیستور تولیدشده در مقیاس تجاری از یک بلوک ژرمانیوم ساخته شده بود که مواد مختلفی همچون لایه‌هایی به شکل تخت‌تپه‌ها یا کَلوت‌های[[255]](#footnote-255) صحرای آریزونا روی آن قرار می‌گرفت. برای ساختن این لایه‌ها، بخش‌هایی از ژرمانیوم را به وسیله قطره‌ای از موم سیاه می‌پوشاندند و سپس با استفاده از ماده شیمیایی خاصی بخش‌هایی از ژرمانیوم که با موم پوشیده نشده بود را می‌کندند یا اصطلاحا می‌تراشیدند. بعدا موم استفاده‌شده برای پوشش بخشی از سطح بلوک ژرمانیوم را از آن جدا می‌کردند و بدین ترتیب، شکل تخت‌تپه‌های صحرای آریزونا روی صفحه ژرمانیوم کامل می‌شد.

نقطه ضعف ساختار تخت‌تپه‌ای در این ترانزیستورها این بود که اجازه می‌داد ناخالصی‌هایی چون غبار یا ذرات دیگر روی ترانزیستور بنشیند و با مواد روی سطح آن واکنش ایجاد کند. بعدها مهندسی به نام جین هوئِرنی،[[256]](#footnote-256) فیزیک‌دان سوییسی که از همکاران نویس بود، دریافت که اگر به جای نصب ترانزیستور روی بلوک ژرمانیوم، ترانزیستور در داخل بلوک ژرمانیوم حک شود، دیگر نیازی به ایجاد ساختار تخت‌تپه‌ای نخواهد بود. بر اساس روش ابداعی او، لایه‌ای از ماده محافظ دی‌اکسید سیلیکون را با روش رسوب‌گذاری روی صفحه سیلیکونی می‌کشیدند. آنگاه در جاهای خاصی از این سطح، سوراخ‌هایی حک می‌شد و مواد اضافی با همان روش رسوب‌گذاری در محل آن سوراخ‌ها قرار می‌گرفت و بدین ترتیب، ترانزیستور قابل‌اعتمادتری ساخته می‌شد. در این روش رسوب‌گذاری، لایه‌های محافظ مانع آن می‌شد که مواد ترانزیستور در معرض هوا یا ناخالصی‌های دیگر قرار گیرد و موجب اِشکال در کارکرد ترانزیستور شود. این پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش قابلیت اعتماد به ترانزیستور بود.

چند ماه بعد، نویس متوجه شد می‌توان از «روش مسطح»[[257]](#footnote-257) هوئرنی برای تولید چندین ترانزیستور روی یک قطعه منفرد سیلیکون بهره گرفت. در حالی که کیلبی بدون این که نویس خبر داشته باشد، با روش تخت‌تپه‌ای ترانزیستورهایی را روی پایه ژرمانیومی تولید، و سپس اجزای آن‌ها را با سیم‌هایی به هم متصل کرده بود؛ نویس از فرآیند ساختار مسطح هوئرنی برای ساخت چندین ترانزیستور روی یک تراشه استفاده کرد. از آنجا که در روش فرآیند ساختار مسطح، ترانزیستورها با استفاده از یک لایه ایزوله‌کننده از دی‌اکسید سیلیکون پوشیده می‌شد، نویس می‌توانست با رسوب‌گذاری خطوط فلزی روی تراشه، عملا سیم‌ها را به‌طور مستقیم روی تراشه قرار دهد و بدین ترتیب، جریان الکتریسیته را میان ترانزیستورهای نصب‌شده در تراشه برقرار کند. در واقع نویس هم، مانند کیلبی یک مدار یکپارچه، یعنی مجموعه‌ای از چندین قطعه الکتریکی روی یک قطعه منفرد نیمه‌رسانا تولید کرده بود؛ با این تفاوت که محصول نویس اصلا سیم نداشت. در این ساختار، همه ترانزیستورها در داخل یک بلوک ساخته شده بودند. به زودی، مدارهای یکپارچه‌ای که کیلبی و نویس تولید کرده بودند، با نام‌هایی چون «نیمه‌رسانا» و به‌طور ساده‌تر، «تراشه» معروف شدند. نویس, مور و دیگر همکارانشان در شرکت فرچایلد سمیکانداکتر می‌دانستند که مدارهای یکپارچه آن‌ها بسیار قابل‌اعتمادتر از وسایل الکترونیکی متکی بر سیم‌کشی‌های پیچیده‌اند. از سوی دیگر، کوچک‌سازی ساختارهای مسطح شرکت فرچایلد بسیار ساده‌تر از ترانزیستورهای مبتنی بر ساختار تخت‌تپه‌ای به‌نظر می‌رسید. به علاوه مدارهای کوچک‌تر برای کار کردن، به برق کمتری نیاز داشتند. نویس و مور به تدریج دریافتند که کوچک‌سازی و افزایش بهره‌وری، ترکیبی قدرتمند را به وجود می‌آورد. کوچک شدن ترانزیستورها و کاهش مصرف برق می‌توانست موارد مصرف جدیدی را برای مدارهای یکپارچه به ارمغان آورد. البته در ابتدا هزینه تولید مدار یکپارچه نویس پنجاه برابر هزینه تولید وسیله مشابهی بود که قطعات مجزای آن با سیم‌کشی به هم متصل می‌شد. همگان می‌پذیرفتند که اختراع نویس هوشمندانه و حتی نبوغ‌آمیز است. تنها چیزی که این محصول بدان نیاز داشت، بازار بود.

## فصل 4

**پرتاب!**

تنها سه روز پس از آن که نویس و مور شرکت فرچایلد را تاسیس کردند، پاسخ به این سوال که هزینه ساخت مدارهای یکپارچه قرار بود از کجا تأمین شود، به طرز غریبی، در ساعت هشت و پنجاه‌وپنج دقیقه و با الهام از آسمان شب کالیفرنیا، به ذهن آن‌ها خطور کرد. در آن لحظه، اولین ماهواره جهان که از اتحاد شوروی به فضا پرتاب شده بود، با سرعتی نزدیک به ۳۰ هزار کیلومتر در ساعت در فضا شروع به گردش به دور زمین کرد. در صفحه اول روزنامه سانفرانسیسکو کرونیکل،[[258]](#footnote-258) تیتر «گردش ماهواره روسی به دور زمین» این نگرانی آمریکایی‌ها را منعکس می‌کرد که پرتاب اسپوتنیک موجب پیشی گرفتن روس‌ها شده است. چهار سال بعد، روس‌ها با فرستادن اولین انسان به فضا، آمریکایی‌ها را با شوک دیگری مواجه کردند.

برنامه فضایی اتحاد شوروی موجب گسترش بحران اعتماد در سرتاسر آمریکا شد. کنترل کیهان می‌توانست پیامدهای نظامی جدی به دنبال داشته باشد. ایالات متحده که همواره تصور می‌کرد قدرت علمی برتر جهان است، ظاهرا امروز از رقیب عقب افتاده بود. آمریکایی‌ها به سرعت برنامه فشرده‌ای را برای جبران عقب‌ماندگی از برنامه‌های موشکی و فضایی اتحاد شوروی آغاز کردند. رییس‌جمهور، جان اف کندی اعلام کرد ایالات متحده قرار است انسان را به فضا بفرستد. اینجا بود که باب نویس به ناگاه بازار جدیدی را برای مدارهای یکپارچه خود یافت؛ و آن چیزی نبود جز موشک.

ناسا که در دهه ۱۹۶۰ بودجه هنگفتی را برای پرتاب انسان به فضا در اختیار داشت، اولین مشتری بزرگ تراشه‌های نویس بود. وقتی آمریکا تصمیم گرفت انسان را به ماه بفرستد، ناسا به آزمایشگاه ابزارسازی ام‌آی‌تی ماموریت داد رایانه هدایت‌کننده سفینه فضایی آپولو را طراحی کند که مطمئنا پیچیده‌ترین رایانه‌ای بود که تا آن زمان ساخته می‌شد. همه موافق بودند که رایانه‌های ترانزیستوری بسیار بهتر از رایانه‌های مجهز به لامپ خلائی بودند که در طول جنگ جهانی دوم کارشان شکستن کدها و محاسبه مسیر توپ‌های جنگی بود. اما سوال این بود که آیا این دستگاه‌ها، صرف نظر از لامپی یا ترانزیستوری بودن، اصولا قادر به هدایت یک فضاپیما به سوی ماه بودند یا خیر. محاسبات یکی از مهندسان ام‌آی‌تی نشان می‌داد رایانه‌ای که پاسخ‌گوی نیازهای ماموریت آپولو باشد، می‌بایست به بزرگی یک یخچال باشد و میزان برق مصرفی آن هم از کل برقی که انتظار می‌رفت فضاپیمای آپولو تولید کند، فراتر می‌رفت.

ام‌آی‌تی اولین مدار یکپارچه خود را که ساخت تی‌آی بود، در سال ۱۹۵۹، یعنی تنها یک سال بعد از اختراع مدار یکپارچه توسط جک کیلبی دریافت کرد. ام‌آی‌تی در اولین سفارش خود، ۶۴ عدد از این تراشه‌ها را با قیمت هر یک، هزار دلار خریداری کرد تا آن‌ها را به‌عنوان بخشی از برنامه موشکی ناسا بیازماید. البته ام‌آی‌تی در نهایت تصمیم گرفت از این تراشه‌ها در موشک استفاده نکند؛ اما ایده مدارهای یکپارچه را بسیار جذاب یافت. تقریبا در همان زمان، شرکت فرچایلد بازاریابی تراشه‌های میکرولوژیک خود را آغاز کرد. جالب این است که در ژانویه ۱۹۶۲، یکی از مهندسان ام‌آی‌تی به همکاران خود چنین دستور داد: «برو بیرون و تعداد زیادی از این چیز را بخر تا ببینیم آنچه در موردش می‌گویند، واقعیت دارد یا خیر».

فرچایلد شرکتی تازه‌تاسیس و تحت مدیریت گروهی از مهندسان حدودا سی‌ساله و فاقد سابقه کاری بود؛ اما تراشه‌های قابل‌اعتمادی را تولید می‌کرد و آن‌ها را به موقع هم تحویل می‌داد. ام‌آی‌تی آزمایش این تراشه‌ها را آغاز کرد و در نوامبر ۱۹۶۲، چارلز استارک درِیپر،[[259]](#footnote-259) مهندس معروفی که مدیریت آزمایشگاه ام‌آی‌تی را بر عهده داشت، تصمیم گرفت شهرت و حرفه خود را روی تراشه‌های فرچایلد شرط‌بندی کند. طبق محاسبات او، وزن و حجم رایانه‌های مجهز به مدارهای یکپارچه نویس یک‌سوم رایانه‌های مجهز به مدارهای ناپیوسته با ترانزیستورهای مجزا از هم بود. این رایانه‌ها مصرف برق کمتری هم داشتند. رایانه‌ای که در نهایت آپولو ۱۱ را به ماه برد، تنها ۷۰ پوند وزن داشت و فضایی به اندازه یک فوت مکعب را اشغال می‌کرد و بدین ترتیب، تقریباً هزار بار کوچک‌تر از رایانه اِنیاک دانشگاه پنسیلوانیا بود که در طول جنگ جهانی دوم، مسیر حرکت توپ‌های جنگی را محاسبه می‌کرد.

ام‌آی‌تی رایانه هدایت‌کننده آپولو را یکی از افتخارآمیزترین دستاوردهای خود می‌دانست؛ اما نویس مطمئن بود که تراشه‌های او موجب موفقیت رایانه آپولو شده بود. او با افتخار ادعا می‌کرد که مدارهای یکپارچه نصب‌شده در رایانه‌های آپولو ۱۱ تا سال ۱۹۶۴، بالغ بر ۱۹ میلیون ساعت کار کرده بودند و در این مدت، تنها دو مورد خرابی داشتند که یکی از آن‌ها ناشی از آسیب فیزیکی وارده به یکی از رایانه‌ها در هنگام جابه‌جایی بود. فروش تراشه‌ها به برنامه آپولو فرچایلد را از استارتاپی کوچک، به شرکت بزرگ با هزار کارگر و کارمند تبدیل کرد. فروش این شرکت که در سال ۱۹۵۸ فقط ۵۰۰ هزار دلار بود، ظرف دو سال به ۲۱ میلیون دلار رسید.

نویس هم‌زمان با افزایش تولید برای ناسا، قیمت‌ها را برای سایر مشتریانش کاهش داد. برای نمونه، مدار یکپارچه‌ای که در دسامبر ۱۹۶۱ به قیمت ۱۲۰ دلار فروخته شده بود، در اکتبر سال بعد تنها ۱۵ دلار قیمت‌گذاری شد. حقیقت این است که اعتماد ناسا به مدارهای یکپارچه برای هدایت فضانوردان به کره ماه مُهر تایید معتبری بر کیفیت و عملکرد آن‌ها محسوب می‌شد. تراشه‌های میکرولوژیک فرچایلد دیگر فناوری آزمون‌نشده‌ای نبودند؛ آن‌ها در بی‌رحم‌ترین و خشن‌ترین محیط‌ها، یعنی در فضای بیرون جو به‌کار گرفته شده بودند.

این همه برای جک کیلبی و تی‌آی هم خبر خوبی بود: هرچند تراشه‌های آن‌ها تنها نقش کوچکی در برنامه آپولو داشتند، موفقیت مدارهای یکپارچه موجب شده بود که کیلبی و پَت هَگِرتی،[[260]](#footnote-260) رییس او در تی‌آی به دنبال مشتری بزرگی برای مدارهای یکپارچه خود باشند. هگرتی پسر یک متصدی تلگراف راه‌آهن در شهری کوچک در داکوتای جنوبی بود که در رشته مهندسی برق تحصیل، و در طول جنگ جهانی دوم در نیروی دریایی ایالات متحده در حوزه الکترونیک کار کرده بود. او از روزی که در سال ۱۹۵۱ وارد تی‌آی شد، تمام تلاش خود را معطوف فروش سامانه‌های الکترونیکی به ارتش کرده بود.

هگرتی حتی بدون دلیلی متقن اطمینان داشت مدارهای یکپارچه جک کیلبی در نهایت خواهد توانست در تمام دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده ارتش ایالات متحده، به‌کار گرفته شود. او سخنوری توانمند بود. سخنرانی‌های او همیشه مسحورکننده بود. یکی از کارکنان پیشکسوت تی‌آی از یکی از سخنرانی‌های عمومی هگرتی در جمع کارکنان تی‌آی چنین یاد می‌کند: «او همچون مسیحایی در حال موعظه از بالای کوه بود. توگویی او قادر بود هر چیزی را پیش‌بینی کند». در حالی که ایالات متحده و اتحاد شوروی در اوایل دهه ۱۹۶۰ چند بار - ابتدا بر سر کنترل برلین تقسیم‌شده و سپس در جریان بحران موشکی کوبا - در آستانه برخورد هسته‌ای قرار گرفته بودند، هگرتی نمی‌توانست مشتری بهتری از پنتاگون بیابد. تنها چند ماه پس از ساخته شدن مدار یکپارچه کیلبی، هگرتی مقامات پنتاگون را در جریان جزئیات این اختراع جدید گذاشت. سال بعد، آزمایشگاه الکترونیک هواپیما در نیروی هوایی پذیرفت از بخش تحقیقات تراشه در تی‌آی حمایت مالی کند. در ادامه، تی‌آی توانست چندین قرارداد کوچک را با ارتش منعقد کند. هگرتی اما، به دنبال ماهی بزرگ بود.

در پاییز ۱۹۶۲، نیروی هوایی در جستجوی رایانه‌ای برای هدایت موشک مینِتمَن ۲[[261]](#footnote-261) بود که برای حمل کلاهک‌های هسته‌ای از طریق فضا جهت حمله به اتحاد شوروی طراحی شده بود. نسخه اول این موشک به تازگی وارد مجموعه تسلیحات آمریکا شده، اما به قدری سنگین بود که به سختی می‌توانست از سایت‌های پرتاب که در سرتاسر غرب آمریکا پراکنده بودند، به مسکو برسد. رایانه هدایت‌کننده این موشک هیولای عظیم‌الجثه‌ای متشکل از مدارهای ناپیوسته شامل ترانزیستور‌های مجزا بود و برنامه هدف‌گیری‌اش هم از طریق نوار پلاستیکی سوراخ‌سوراخی به آن تغذیه می‌شد.

هگرتی به نیروی هوایی اطمینان داد رایانه‌ای با مدارهای یکپارچه کیلبی تنها نصف رایانه نسخه اول موشک مینتمن وزن خواهد داشت و در عین حال، دو برابر محاسبات آن را انجام خواهد داد. او رایانه‌ای را با ۲۲ عدد از انواع مختلف مدار یکپارچه در نظر داشت. در طراحی مورد نظر هگرتی، مدارهای یکپارچه تراشیده‌شده در قطعات سیلیکونی که جمعا قرار بود حدود ۲.۲ اونس وزن داشته باشد، ۹۵ درصد وظایف این رایانه را انجام می‌داد. وزن بقیه سخت‌افزار این رایانه که تنها ۵ درصد وظایف آن را بر عهده داشت و مهندسان تی‌آی هنوز نمی‌دانستند چگونه آن‌ها را در یک تراشه جای دهند، به ۳۶ پوند بالغ می‌شد! باب نیس،[[262]](#footnote-262) یکی از طراحان این رایانه در مورد علت استفاده از مدارهای یکپارچه گفته بود «تنها معیار تعیین‌کننده، اندازه و وزن بود. در حقیقت، ما حق انتخاب چندانی نداشتیم».

برنده شدن در مناقصه موشک مینتمن ۲ موجب تحولی بزرگ در کسب‌وکار تراشه‌های شرکت تی‌آی شد. پیش از آن، تی‌آی هر سال حداکثر تنها چندده عدد مدار یکپارچه به فروش می‌رساند؛ اما کمی پس از امضای این قرارداد و در اوج هراس آمریکایی‌ها از فاصله ایجادشده در مسابقه موشکی این کشور با اتحاد شوروی، این شرکت سالانه هزارها عدد مدار یکپارچه را به فروش می‌رساند. در عرض یک سال، ارزش محموله‌های ارسالی تی‌آی به نیروی هوایی به شصت درصد تمام پولی بالغ شد که تا آن زمان صرف خرید تراشه  شده بود. تا پایان ۱۹۶۴، تگزاس اینسترومنتس یکصدهزار مدار یکپارچه را برای برنامه موشک مینتمن عرضه کرده بود. بیست درصد مدارهای یکپارچه فروخته‌شده در سال ۱۹۶۵، در برنامه موشک مینتمن به‌کار برده شده بود. امروز هگرتی نتیجه شرط‌بندی روی فروش تراشه‌ها به ارتش را می‌گرفت. تنها سوال باقی‌مانده این بود که آیا تی‌آی می‌تواند نحوه تولید انبوه مدارهای یکپارچه را بیاموزد.

## فصل 5

**خمپاره‌انداز و تولید انبوه**

در نخستین روز سپتامبر ۱۹۵۸، در حالی که اولین تابستان حضور سرنوشت‌ساز کیلبی در آزمایشگاه‌های تی‌آی به پایان می‌رسید، جِی لَتروپ[[263]](#footnote-263) با خودرواش وارد پارکینگ این شرکت شد. او پس از پایان دوران تحصیل در ام‌آی‌تی که البته بخشی از آن را همراه با نویس گذرانده بود، در آزمایشگاه‌های دولتی روی طراحی یک فیوز تشخیص‌دهنده فاصله کار کرده بود که می‌توانست گلوله‌های خمپاره را در فاصله ۸۱ میلیمتری هدف منفجر کند. او هم مانند مهندسان شرکت فرچایلد، روی ترانزیستورهای ساخته‌شده با استفاده از روش تخت‌تپه‌ای کار می‌کرد که البته دشواری کوچک‌سازی آن‌ها کم‌کم آشکار می‌شد. بر اساس فرآیندهای مرسوم در آن زمان برای تولید ترانزیستور، بخش‌هایی از سطح یک قطعه نیمه‌رسانا با استفاده از تکه‌های موم در اَشکال مشخص، پوشش داده می‌شد. سپس با استفاده از مواد شیمیایی خاص، بخش‌های پوشیده‌نشده با موم حل و برداشته می‌شد. بدین ترتیب، ساخت ترانزیستورهای کوچک‌تر مستلزم تکه‌های کوچک‌تر موم بود؛ اما تنظیم و حفظ دقیق شکل تکه‌های کوچک‌تر موم در عمل بسیار دشوار از آب درآمد.

بعدها لتروپ و دستیار شیمی‌دان او، جیمز نال،[[264]](#footnote-264) در حالی که با یک میکروسکوپ به ترانزیستور‌های خود نگاه می‌کردند، فکری به سرشان زد. عدسی میکروسکوپ می‌تواند موجب شود اشیای کوچک، بزرگ‌تر به‌نظر برسند. لتروپ و نال فکر کردند اگر بتوانند میکروسکوپ را وارونه کنند، عدسی آن اشیای بزرگ را کوچک‌تر نشان خواهد داد. سوالی که ذهن آن‌ها را مشغول کرد این بود: آیا ممکن است الگوی بزرگی را در یک طرف یک عدسی قرار داد و آن را در اندازه کوچک روی قطعه‌ای از ژرمانیوم چاپ و بدین ترتیب، تخت‌تپه‌های مینیاتوری را روی بلوک‌های ژرمانیوم ایجاد کرد؟ در آن زمان، شرکت دوربین‌سازی کداک انواعی از مواد شیمیایی به نام فتورزیست[[265]](#footnote-265) را تولید می‌کرد که وقتی در معرض نور قرار می‌گرفتند، واکنش‌های مختلفی نشان می‌دادند.

لتروپ سطح یک بلوک ژرمانیوم را با نوعی از ماده شیمیایی فتورزیست پوشاند که در مقابل نور از بین می‌رفت. او میکروسکوپ خود را وارونه کرد و روی عدسی آن را با الگویی پوشاند که تنها اجازه می‌داد نور از روزنه‌ای مستطیل شکل عبور کند. نور وارد الگو شد و به شکل یک مستطیل از عدسی میکروسکوپ وارونه عبور کرد و در اندازه‌ای کوچک‌تر روی سطح ژرمانیوم پوشش داده‌شده با ماده فتورزیست تابید و دقیقا شکل مستطیلی الگو را البته در اندازه مینیاتوری روی سطح ژرمانیوم ایجاد کرد. در واقع هر جایی که نور به لایه ماده فتورزیست می‌تابید‌ ساختار شیمیایی آن را تغییر می‌داد و آن را از بین می‌برد و به جای آن یک سوراخ مستطیلی به مراتب کوچک‌تر و دقیق‌تر از نتیجه استفاده از قطعات موم باقی می‌ماند. لتروپ همچنین به زودی دریافت که با اضافه کردن لایه‌ای بسیار نازک از آلومینیوم برای متصل کردن ژرمانیوم به یک منبع تغذیه بیرونی، حتی می‌تواند سیم‌ها را نیز روی نیمه‌رسانا چاپ کند.

لتروپ این فرآیند را فتولیتوگرافی[[266]](#footnote-266) یا چاپ با نور نامید. او با این روش، ترانزیستورهایی بسیار کوچک‌تر از آنچه پیش از آن ممکن بود را با قطر تنها یک‌دهم اینچ تولید کرد که ارتفاع اجزای آن هم تنها ۰.۰۰۰۵ اینچ بود. فتولیتوگرافی این امکان را ایجاد کرد که مهندسان به تولید انبوه ترانزیستورهای کوچک فکر کنند. لتروپ در سال ۱۹۵۷ حق اختراع این تکنیک را به ثبت رساند. ارتش آمریکا برای این ابداع به لتروپ مدال افتخار و ۲۵ هزار دلار جایزه نقدی داد و او با آن یک استیشن واگن خرید.

پت هگرتی و جک کیلبی بلافاصله متوجه شدند که ارزش فرآیند فتولیتوگرافی لتروپ بسیار بیشتر از جایزه ۲۵ هزار دلاری ارتش است. برنامه مینتمن ۲ به هزاران مدار یکپارچه نیاز داشت. فضاپیمای آپولو هم نیازمند ده‌ها هزار مدار یکپارچه دیگر بود. هگرتی و کیلبی دریافتند که پرتوهای نور و مواد فتورزیست با مکانیزه کردن فرآیند تولید تراشه‌ها و کوچک‌سازی آن‌ها در حدی که با روش سنتی لحیم کردن سیم‌ها با دست هرگز ممکن نبود، می‌توانستند مشکل تولید انبوه تراشه‌ها را حل کنند.

عملیاتی کردن فرآیند فتولیتوگرافی لتروپ در تگزاس اینسترومنتس مستلزم دسترسی به مواد، تجهیزات و فرآیندهای جدیدی بود. درجه خلوص مواد فتورزیست تولیدی کداک در حد لازم برای تولید انبوه مدارهای یکپارچه نبود. به همین علت، تی‌آی دستگاه‌های سانتریفیوژ مورد نظر خود را خریداری و مواد عرضه‌شده توسط کداک را بازفرآوری کرد. لتروپ سراسر آمریکا را در جستجوی صفحات پلاستیکی یا «ماسک‌هایی» زیر پا گذاشت که قرار بود الگوهای تخت‌تپه‌ای مدارهای یکپارچه روی آن‌ها بریده شود و برای تاباندن دقیق نور روی صفحات نیمه‌رسانای پوشش‌داده‌شده با مواد فتورزیست، مورد استفاده قرار گیرد. او نهایتا نتیجه گرفت که هیچ شرکتی در آن زمان، از فناوری دقیق لازم برای تهیه ماسک‌های مورد نظرش برخوردار نیست. لذا تی‌آی تصمیم گرفت ماسک‌ها را هم خود تولید کند. صفحات نیمه‌رسانای مورد نیاز برای مدارهای یکپارچه کیلبی هم می‌بایست کاملا خالص می‌بودند و این بسیار فراتر از توان شرکت‌های فروشنده صفحات نیمه‌رسانا در آن زمان بود. بدین ترتیب، تی‌آی تولید ویفرهای سیلیکون خود را هم آغاز کرد.

تولید انبوه تنها زمانی ممکن است که همه چیز استاندارد شده باشد. برای نمونه، استانداردسازی موجب شده بود جنرال‌موتورز بتواند بسیاری از قطعات خودرو را بدون تغییر در مدل‌های مختلف برند شورولت خود مورد استفاده قرار دهد. اما در صنعت نیمه‌رسانا، شرکت‌هایی چون تی‌آی ابزارهای لازم برای تشخیص این‌که آیا همه اجزای مدارهای  یکپارچه‌شان یکسان بودند یا خیر را در اختیار نداشتند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این صنعت هم ناخالصی هایی داشتند که در آن زمان قابل آزمایش و تشخیص نبود. نوسانات دما و فشار هم موجب واکنش‌های شیمیایی غیرمنتظره‌ای می‌شد. ماسک‌هایی که نور از میان آن‌ها روی صفحات نیمه‌رسانا تابانده می‌شد، ممکن بود به ذرات غبار آلوده شوند. تنها یک ناخالصی می‌توانست کل فرآیند تولید را نابود کند. آزمون و خطا تنها روش بهبود فرآیندها بود. بر این اساس، تی‌آی هزاران آزمایش را برای ارزیابی تاثیر دماهای مختلف، ترکیبات متفاوت مواد شیمیایی، و فرآیندهای گوناگون تولید برنامه‌ریزی می‌کرد. در این میان، همه شنبه‌های جک کیلبی به گردش در سالن‌های تی‌آی و کنترل آزمایش‌های مهندسانش می‌گذشت.

مری آن پاتِر، مهندس تولید تی‌آی ماه‌ها به‌طور خستگی‌ناپذیر مشغول آزمایش بود. او که اولین زن فارغ‌التحصیل در رشته فیزیک از دانشگاه فنی تگزاس[[267]](#footnote-267) بود، به منظور افزایش مقیاس تولید برای پروژه موشک مینتمن به استخدام تی‌آی در آمده بود. او برای اطمینان از این که آزمایش‌هایش طبق برنامه پیش می‌رود، غالبا در شیفت شب و از ساعت ۱۱ شب تا ۸ صبح کار می‌کرد. جمع‌آوری داده‌ها خود بخش قابل‌ملاحظه‌ای از زمان آزمایش‌ها را به خود اختصاص می‌داد. او سپس با استفاده از ماشین‌حساب مکانیکی خود، محاسبات ریاضی را انجام می‌داد، مدل‌های رگرسیونی را روی این داده‌ها اجرا می‌کرد، نتایج را روی نمودارها و منحنی‌ها می‌آورد و نهایتا آن‌ها را تفسیر می‌کرد، و البته همه این مراحل را شخصا و به‌صورت دستی انجام می‌داد. اما اتکا به این «رایانه‌های انسانی» برای انجام این محاسبات، فرآیندی آهسته و پرزحمت بود. بدین ترتیب، آزمون و خطا تنها روشی بود که تگزاس اینسترومنتس در اختیار داشت.

موریس چانگ هم مانند جی لتروپ در سال ۱۹۵۸ به تی‌آی پیوست و مسوولیت خط تولید ترانزیستورها را بر عهده گرفت. او تقریبا ده سال پیش برای فرار از دست ارتش کمونیست چین، ابتدا به  هنگ‌کنگ فرار و از آنجا به بوستون نقل مکان کرد. او بعدا در رشته ادبیات انگلیسی از دانشگاه هاروارد پذیرش گرفت. چانگ پس از یک سال مطالعه آثار شکسپیر، نگران آینده حرفه‌ای خود شد. او در اطراف خود آمریکایی‌های چینی‌تبار زیادی را در مشاغلی چون صاحب خشکشویی و رستوران‌دار دیده بود. در واقع تنها حرفه‌های نسبتا جدی برای طبقه متوسط که یک آمریکایی چینی‌تبار می‌توانست در پنجاه‌سالگی دنبال کند، در رشته‌های فنی بود. بنابراین، او مهندسی مکانیک را برای تأمین آینده‌ای مطمئن، مناسب‌تر از ادبیات انگلیسی یافت و به همین علت برای ادامه تحصیل به ام‌آی‌تی رفت.

پس از فارغ‌التحصیل شدن، چانگ به استخدام شرکت الکترونیکی سیلوِنیا[[268]](#footnote-268) در حومه بوستون درآمد. وظیفه او در سیلونیا افزایش بازده محصول، یعنی افزایش درصد ترانزیستورهای سالم در میان انبوه ترانزیستورهای تولیدی شرکت بود. چانگ روزهای خود را صرف تلاش برای بهبود فرآیندهای تولید سیلونیا می‌کرد و شب‌ها کتاب «الکترون‌ها و سوراخ‌ها در نیمه‌رساناها»،[[269]](#footnote-269) نوشته شاکلی را مطالعه می‌کرد که در آن زمان به‌عنوان کتاب مرجع الکترونیک نیمه‌رسانا شناخته می‌شد. او پس از سه سال کار در سیلونیا، پیشنهاد کاری را از تی‌آی دریافت و به دالاس نقل‌مکان کرد که برای او در آن روزها نماد سرزمین کابوی‌ها و استیک‌های ۹۵ سِنتی بود. اولین مسوولیت او در تی‌آی مدیریت خط تولید ترانزیستورهای مورد استفاده در رایانه‌های آی‌بی‌ام بود؛ ترانزیستورهایی که به قدری غیر‌قابل‌اعتماد بودند که میزان محصول در این خط تولید تقریبا صفر بود. تقریبا تمام ترانزیستورهای تولیدی ایراداتی داشتند که موجب ایجاد اتصال کوتاه یا خرابی در مدارها می‌شد. در واقع، همه آن‌ها باید دور ریخته می‌شدند.

چانگ که در بازی بریج استاد بود، با همان متدولوژی خود در این بازی به موضوع تولید ترانزیستورها نگاه کرد و از همان ابتدا به‌طور سیستماتیک، شرایط دما و فشاری که در آن، مواد شیمیایی مختلف با هم ترکیب می‌شدند را تغییر داد تا بتواند تشخیص دهد کدام ترکیب بهتر از همه کار می‌کند. او بدین ترتیب با اعمال روش شهودی خود در این کار، همکاران خود را متحیر و حتی وحشت‌زده کرد. یکی از همکارانش احساس خود در مورد او را چنین به خاطر می‌آورد: «هنگام کار با او می‌بایست مراقب بودید. او یک جا می‌نشست، پیپش را می‌کشید و از میان دود به شما نگاه می‌کرد. تگزاسی‌هایی که برای او کار می‌کردند، فکر می‌کردند او بودا است. پشت این ستون دود توتون، مغزی منحصربه‌فرد بود». یکی از دیگر همکارانش درباره او می‌گوید «او از فیزیک نیمه‌رسانا به قدر کافی می‌دانست تا به خاطر آن به دیگران فخرفروشی کند». چانگ به‌عنوان رییسی سخت‌گیر معروف شده بود. یکی از کارمندان زیردستش می‌گوید «او با بی‌رحمی، از دیگران ایراد می‌گرفت. امکان نداشت کسی در تی‌آی کار کرده باشد و مورد مواخذه چانگ قرار نگرفته باشد». با این همه، روش‌های چانگ نتایج خوبی داشت. تنها ظرف چند ماه، محصول خط تولید ترانزیستورهای او ۲۵ درصد افزایش یافت. مدیرانی از آی‌بی‌ام، بزرگ‌ترین شرکت فناوری آمریکا برای مطالعه روش‌های او به دالاس آمدند. چیزی نگذشت که مسوولیت کل کسب‌وکار مدارهای یکپارچه شرکت تی‌آی به او سپرده شد.

نویس و مور هم مانند چانگ معتقد بودند اگر راهی برای تولید انبوه تراشه‌ها بیابند، این صنعت بی هیچ محدودیتی رشد خواهد کرد. نویس متوجه شد جی لتروپ، همکلاسی‌اش در ام‌آی‌تی که در دوره فوق‌لیسانس در کوه‌های نیوهمپشر با او پیاده‌روی می‌کرد، تکنیکی ابداع کرده است که می‌تواند موجب تحول فرآیند تولید ترانزیستور شود. نویس به سرعت برای استخدام جیمز نال، همکار شیمی‌دان لتروپ در آزمایشگاه اقدام کرد تا فرآیند فتولیتوگرافی را در فرچایلد توسعه بخشد. او معتقد بود «تا وقتی نتوانیم این کار را انجام دهیم، شرکتی واقعی نخواهیم داشت».

ارتقای فرآیند تولید فرچایلد بر عهده مهندسان تولید آن شرکت از جمله اندی گرو بود. او پس از فرار از دست رژیم کمونیست مجارستان در سال ۱۹۵۶ و نقل ‌مکان به نیویورک به‌عنوان پناهجو، توانست به‌عنوان دانشجوی دکتری وارد دانشگاه برکلی شود. گرو در سال ۱۹۶۲ طی نامه‌ای به شرکت فرچایلد از آن‌ها تقاضای استخدام کرده بود، اما درخواست او رد شده بود. در پاسخ به نام او نوشته بودند: «ما مایلیم جوانان ما پس از این که در مصاحبه استخدامی دیگر شرکت‌ها حضور یافتند، به جلسه مصاحبه استخدامی ما بیایند». گرو بعدها به خاطر می‌آورد که پاسخ فرچایلد را «منزجرکننده و تحقیرآمیز» یافته بود، و این از نشانه‌های اولیه غرور بی‌جایی بود که بعدها به ویژگی اهالی سیلیکون‌ولی تبدیل شد. در هر حال، با افزایش تقاضا برای نیمه‌رساناهای فرچایلد، این شرکت ناگهان شدیدا نیازمند مهندسان شیمی شد. یکی از مدیران فرچایلد با دانشگاه برکلی تماس گرفت و خواستار ارسال فهرست بهترین دانشجویان دانشکده شیمی آن‌ها شد. گرو در صدر فهرست ارسالی بود و از او دعوت شد برای مصاحبه با گوردون مور به پالو آلتو برود. او بعدها از این ملاقات با عبارت «عشق در اولین نگاه» یاد می‌کرد. در هر حال، گرو در سال ۱۹۶۳ به استخدام فرچایلد درآمد و بقیه عمرش را در کنار نویس و مور صرف بنا نهادن صنعت تراشه کرد.

جایزه نوبل برای ساخت ترانزیستور نصیب شاکلی، باردین و برتین شد. بعدها جایزه نوبل برای ساخت اولین مدار یکپارچه هم به کیلبی رسید. البته اگر باب نویس پیش‌تر در ۶۲ سالگی نمی‌مرد، در اخذ این جایزه شریک کیلبی می‌شد. این اختراعات از نظر علمی دستاوردهای مهمی بودند، اما علم هرگز نمی‌توانست به تنهایی صنعت تراشه را بسازد. گسترش نیمه‌رساناها درست به اندازه دانش فیزیک، نتیجه تکنیک‌های هوشمندانه نیز بود. دانشگاه‌هایی چون ام‌آی‌تی و استنفورد نقشی حیاتی در توسعه دانش در مورد نیمه‌رساناها داشتند؛ اما حقیقت این است که رشد صنعت تراشه مدیون آن دسته از فارغ‌التحصیلان این موسسات بود که سال‌ها درگیر فرآیندهای تولید این محصول بودند تا تولید انبوه آن را ممکن سازند. در واقع، این مهندسی و حس شهودی بود که در کنار نظریه‌پردازی علمی، حق اختراع متعلق به شرکت بل‌لبز را به صنعتی تبدیل کرد که جهان را متحول ساخت.

شاکلی که همگان او را یکی از بزرگ‌ترین متخصصان فیزیک نظری نسل خود می‌شناختند، نهایتا تلاش برای ثروت‌اندوزی و ثبت نام خود در وال استریت جورنال را رها کرد. او در نظریه‌پردازی حوزه ترانزیستور نقش بسیار مهمی داشت. اما این مهندسان جوان عضو گروه هشت خائن فراری از شرکت او و همچنین گروهی دیگر از مهندسان در شرکت تگزاس اینسترومنتس بودند که ترانزیستورهای شاکلی را به محصولاتی سودمند - یعنی تراشه‌ها - تبدیل کردند و پس از یادگیری روش تولید انبوهشان، آن‌ها را به ارتش آمریکا فروختند. بدین ترتیب، فرچایلد و تی‌آی در حالی وارد میانه دهه ۱۹۶۰ شدند که مجهز به این قابلیت‌ها بودند.

## فصل ۶

می‌خواهم ... **ثروتمند** ... شوم

رایانه‌های هدایت‌کننده فضاپیمای آپولو و موشک‌های مینتمن ۲ موجب جهش صنعت مدارهای یکپارچه آمریکا شدند. تا اواسط دهه ۱۹۶۰، ارتش ایالات متحده توانسته بود در همه انواع تسلیحات خود، از ماهواره گرفته تا سونار، و از اژدر گرفته تا سامانه‌های اندازه‌گیری از‌راه‌دور[[270]](#footnote-270) از تراشه‌ها بهره بگیرد. باب نویس با توجه به این‌ که بیش از ۹۵ درصد مدارهای یکپارچه تولیدشده در سال ۱۹۶۵ در کاربردهای نظامی و فضایی استفاده شده بودند، دیگر شکی نداشت که برنامه‌های نظامی و فضایی نقشی حیاتی در اولین موفقیت‌های شرکت فرچایلد دارد. در عین حال، او همواره بازار غیرنظامی حتی بزرگ‌تری را برای تراشه‌های خود تصور می‌کرد؛ هرچند در اوایل دهه ۱۹۶۰ چنین بازاری اصلا وجود نداشت. در واقع، این خود او بود که می‌بایست چنین بازاری را ایجاد می‌کرد، و البته برای این کار، او می‌بایست ارتش را طوری از فرآیند سیاست‌گذاری شرکت دور نگاه می‌داشت که خودش - و نه پنتاگون - اولویت‌های تحقیق و توسعه فرچایلد را تعیین کند. نویس با این فرض که فرچایلد هرگز نباید روی وزارت دفاع برای تأمین بیش از ۴ درصد بودجه تحقیق و توسعه خود حساب کند، بیشتر قراردادهای تحقیقاتی نظامی را رد می‌کرد. او در مورد این سیاست خود با اطمینان کامل می‌گفت «در سرتاسر جهان، تعداد مدیران پژوهشی که واقعا در سطحی باشند که کار فرچایلد را ارزیابی کنند، بسیار اندک است و در میان همان تعداد بسیار اندک هم، افسر نظامی به سختی یافت می‌شود.

نویس وقتی کمی پس از اخذ مدرک فوق لیسانس برای کار به شرکت فیلکو،[[271]](#footnote-271) تولیدکننده معظم رادیو در شرق آمریکا که یک واحد وابسته به وزارت دفاع هم داشت رفت، تحقیق و توسعه تحت مدیریت دولتی را تجربه کرد. نویس با گلایه از زمانی که مجبور بود جهت نوشتن گزارش‌های پیشرفت کار برای ارتش تلف کند، می‌گفت «جهت‌گیری تحقیقات توسط افراد نالایق تعیین می‌شد». اما او اکنون مدیر شرکتی بود که با سرمایه شخصی ایجاد شده بود. او چنان اختیار عملی داشت که می‌توانست با ارتش نه به‌عنوان رییس، بلکه به‌عنوان مشتری رفتار کند. او تصمیم گرفت بیشتر فعالیت‌های تحقیق و توسعه فرچایلد را به جای ارتش، برای تأمین نیازهای انبوه بازار هدف‌گذاری کند. او معتقد بود بیشتر تراشه‌های مورد استفاده در موشک‌ها و ماهواره‌ها هم باید مصرف غیرنظامی داشته باشند. نخستین مدار یکپارچه تولیدشده برای بازارهای تجاری که در یک سمعک زِنیت[[272]](#footnote-272) به‌کار گرفته شد، در ابتدا برای یکی از ماهواره‌های ناسا طراحی شده بود. در واقع، چالش اصلی عبارت بود از تولید تراشه‌هایی که غیرنظامیان هم قدرت خریدشان را داشته باشند. ارتش می‌توانست بالاترین قیمت‌ها را پرداخت کند، اما مشتریان غیرنظامی به قیمت حساس بودند. با این حال، موضوعِ همیشه وسوسه‌انگیز این بود که بازار محصولات غیرنظامی بسیار بزرگ‌تر از بودجه‌های متورم از جنگ پنتاگون بود. او می‌گفت «فروش تحقیق و توسعه به دولت مانند این است که سرمایه خطرپذیر خود را در یک حساب سپرده بگذاریم. سرمایه‌گذاری خطرپذیر یعنی قبول خطر به معنای واقعی، و این مستلزم ریسک کردن است».

پالو آلتو، محل فعالیت فرچایلد پر از شرکت‌هایی بود که محصولاتشان، از تجهیزات هوافضا گرفته تا مهمات و از رادیو گرفته تا رادار را به پنتاگون عرضه می‌کردند. هرچند ارتش از فرچایلد تراشه می‌خرید، وزارت دفاع بیشتر تمایل داشت به جای استارت‌آپ‌های کوچک اما چابک، با شرکت‌های دارای تشکیلات اداری بزرگ کار کند. در واقع، پنتاگون سرعت حرکت فرچایلد و دیگر استارت‌آپ‌های فعال در زمینه نیمه‌رساناها در جهت تحول صنعت الکترونیک را دست‌کم گرفته بود. برای نمونه، وزارت دفاع در یکی از ارزیابی‌هایش در اواخر دهه ۱۹۵۰، شرکت آرسی‌اِی،[[273]](#footnote-273) غول صنعت رادیو را به خاطر «اجرای بلندپروازانه‌ترین برنامه کوچک‌سازی محصولات تا مقیاس میکرو» ستوده بود؛ اما حضور تنها دو دانشمند در برنامه کاملا پیشرو مدارهای یکپارچه فرچایلد موجب شده بود در گزارش وزارت دفاع، اعتنای چندانی به این شرکت نشود. از سوی دیگر، همین گزارش بر فعالیت بیش از ۵۰ دانشمند در بخش الکترونیک میکروسیستم‌های مرکز تحقیقات شرکت لاکهید مارتین،[[274]](#footnote-274) یکی از پیمانکاران وزارت دفاع در پالو آلتو تاکید کرده و بدین ترتیب، به‌طور غیرمستقیم لاکهید را بسیار جلوتر از فرچایلد در نظر گرفته بود.

در عین حال، این فرچایلد بود که تحت هدایت گوردون مور نه تنها فناوری جدیدی را ابداع کرد، بلکه بازارهای غیرنظامی جدیدی را هم ایجاد نمود. در سال ۱۹۶۵، مجله الکترونیکس[[275]](#footnote-275) از مور خواست مقاله کوتاهی در مورد آینده مدارهای یکپارچه بنویسد. او در این مقاله پیش‌بینی کرد که حداقل در طول ده سال آینده، فرچایلد هر سال تعداد اجزای قابل‌نصب روی هر تراشه سیلیکونی را تا دو برابر این تعداد در سال گذشته افزایش خواهد داد. با این حساب، قرار بود تا سال ۱۹۷۵، هر مدار یکپارچه شصت‌وپنج هزار ریزترانزیستور را در خود جای دهد. این موجب می‌شد نه فقط قدرت محاسبه افزایش یابد، بلکه از قیمت این محصولات به ازای هر ترانزیستور موجود در آن‌ها هم کاسته شود. کاهش هزینه‌ها نیز به نوبه خود، موجب افزایش تعداد مصرف‌کنندگان می‌شد. خیلی زود این پیش‌بینی افزایش تصاعدی قدرت محاسبه نام «قانون مور» را به خود گرفت. این بزرگ‌ترین پیش‌بینی فناورانه قرن بود.

مور دریافته بود که اگر قدرت محاسبه در هر تراشه همچنان به‌طور تصاعدی افزایش یابد، مدارهای یکپارچه جامعه آمریکا را بسیار بیشتر از موشک‌ها و رادارها متحول خواهند ساخت. در سال ۱۹۶۵، همچنان ۷۲ درصد کل مدارهای یکپارچه تولیدشده در آن سال توسط بخش دفاعی خریداری می‌شد. با این حال آنچه مورد نیاز ارتش بود، در بخش تجاری هم کاربرد داشت. یکی از نشریات حوزه الکترونیک در آن زمان نوشته بود «کوچک و مقاوم‌سازی محصولات، یعنی تجارت». پیمانکاران وزارت دفاع تراشه‌ها را بیشتر محصولی می‌دانستند که می‌توانست جایگزین تجهیزات الکترونیکی قدیمی‌تر در سرتاسر سامانه‌های نظامی شود. در فرچایلد اما، نویس و مور حتی در همان زمان رویای رایانه‌های شخصی و تلفن‌های همراه را در سر می‌پروراندند.

در اوایل دهه ۱۹۶۰، وقتی که رابرت مَک‌نامارا،[[276]](#footnote-276) وزیر دفاع ایالات متحده به سازمان تدارکات ارتش دستور داد هزینه‌ها را کاهش دهد و ایجاد وضعیتی را موجب شد که برخی فعالان صنعت الکترونیک آن را «رکود مک‌نامارا» خواندند، معلوم شد چشم‌انداز فرچایلد در مورد بازار تراشه برای مصرف‌کنندگان غیرنظامی پیش‌گویی دقیقی بوده است. فرچایلد نخستین شرکتی بود که یک خط تولید کامل را به تولید انبوه مدارهای یکپارچه برای مشتریان غیرنظامی اختصاص داد. نویس قیمت‌ها را به‌شدت کاهش داد. او اطمینان داشت این اقدام موجب توسعه قابل‌ملاحظه بازارهای غیرنظامی تراشه خواهد شد. قیمت هر تراشه فرچایلد که زمانی ۲۰ دلار بود، در اواسط دهه ۱۹۶۰، به تنها ۲ دلار کاهش یافت. فرچایلد در برخی موارد، محصولات خود را با قیمتی کمتر از هزینه تولید به فروش می‌رساند تا مشتریان بیشتری را به خرید آن‌ها ترغیب کند.

فرچایلد به لطف کاهش قیمت‌ها توانست کم‌کم قراردادهای بزرگی را با بنگاه‌های بخش خصوصی منعقد کند. بدین ترتیب، فروش سالانه رایانه در ایالات متحده از هزار دستگاه در سال ۱۹۵۷، در فاصله تنها ده سال به هجده‌هزاروهفتصد دستگاه رسید. در اواسط دهه ۱۹۶۰ تقریبا همه این رایانه‌ها به مدارهای یکپارچه متکی بودند. در سال ۱۹۶۶ باروز،[[277]](#footnote-277) شرکتی که کارش تولید رایانه بود ۲۰ میلیون عدد تراشه - بیش از ۲۰ برابر آنچه صرف برنامه آپولو شد - به فرچایلد سفارش داد. تا سال ۱۹۶۸، میزان خرید تراشه توسط صنعت رایانه به سطح خرید تراشه توسط ارتش رسید. در این میان، تراشه‌های فرچایلد ۸۰ درصد نیاز بازار رایانه را تأمین می‌کرد. اکنون ابتکار باب نویس در کاهش قیمت‌ها نتیجه داده بود و بازار جدیدی را برای رایانه‌های غیرنظامی ایجاد کرده بود که فروش تراشه ها را برای چندین دهه تضمین می‌کرد. مور بعدها گفته بود کاهش قیمت‌ها توسط نویس هم، درست به همان اندازه فناوری مدارهای یکپارچه فرچایلد یک نوآوری بزرگ بود.

در پایان دهه ۱۹۶۰، فضاپیمای آپولو ۱۱ که ساخت آن یک دهه طول کشید، بالاخره آماده شده بود که با استفاده از یک رایانه هدایت‌کننده متکی به تراشه‌های فرچایلد، اولین انسان را به ماه ببرد. در این میان، مهندسان حوزه نیمه‌رسانا در دره سانتاکلارای کالیفرنیا از مسابقه فضایی که اولین و البته مهم‌ترین مشتری را برای محصولات آن‌ها به ارمغان آورده بود، بهره فراوانی برده بودند. با این حال، در زمانی که اولین فضاپیما روی کره ماه فرود آمد، وابستگی مهندسان سیلیکون‌ولی به قراردادهای مرتبط با برنامه‌های دفاعی و فضایی بسیار کمتر شده بود. آن‌ها در آن زمان دغدغه‌های زمینی‌تری داشتند! بازار تراشه‌ها در رونق کامل بود. موفقیت فرچایلد موجب شده بود بسیاری از مهندسان توانمند آن به شرکت‌های رقیبی بپیوندند که کارشان تولید تراشه بود. سرمایه‌های خطرپذیر به سوی استارت‌آپ‌هایی سرازیر می‌شد که کارشان نه بر ساخت موشک، بلکه بر تولید رایانه‌های تجاری متمرکز بود.

با این همه، فرچایلد همچنان متعلق به یک مولتی‌میلیونر مقیم شرق آمریکا بود که هرچند دستمزد خوبی به‌کارکنانش می‌پرداخت، حاضر نبود بخشی از سهام شرکت را به آن‌ها بدهد، زیرا ایده انتقال بخشی از سهام را نوعی سوسیالیسم خزنده می‌دانست. نهایتا حتی نویس که یکی از بنیان‌گذاران فرچایلد بود، کم‌کم نگران آینده خود در فرچایلد شده بود. به زودی، همه این مهندسان به فکر ترک فرچایلد افتادند. علت هم روشن بود. در کنار اکتشافات علمی جدید و فرآیندهای تولیدی جدید، قابلیت فرچایلد در کسب منافع مالی سرشار، نیروی محرک اصلی عملکرد قانون مور بود. اما کارکنان شرکت چندان سهمی در این منافع سرشار نداشتند. یکی از کارکنان فرچایلد در فرم استعفای خود، برای اشاره به‌علت این اقدام نوشته بود «می‌خواهم ... ثروتمند ... شوم».

# بخش دوم

**مداربندی جهان آمریکایی**

## فصل ۷

**سیلیکون‌ولی اتحاد شوروی**

تنها یکی دو ماه بعد از اختراع مدار یکپارچه در شرکت فرچایلد سمیکانداکتر، میهمان ناخوانده‌ای وارد پالو آلتو شد. در پاییز سال ۱۹۵۹، دو سال پس از اولین گردش اسپوتنیک به دور زمین، آناتولی تروتکو،[[278]](#footnote-278) مهندس حوزه نیمه‌رسانا از اتحاد شوروی به یکی از خوابگاه‌های دانشگاه استنفورد نقل مکان کرد. هرچند در آن زمان، جنگ سرد فاصله زیادی با اوج خود نداشت، دو ابرقدرت جهان بر سر تبادل دانشجو به توافق رسیده بودند و تروتکو یکی از انگشت‌شمار دانشجویانی بود که برای این برنامه توسط اتحاد شوروی انتخاب، و توسط وزارت امور خارجه ایالات متحده تایید شده بود. او سال اول حضور خود در استنفورد را در کنار دانشمندان برجسته آمریکایی، صرف مطالعه فناوری پیشرفته ایالات متحده کرد. او حتی در کلاس‌های شاکلی که در آن زمان استارت‌آُپ خود را رها کرده و به‌عنوان استاد در دانشگاه مشغول به‌کار شده بود هم شرکت کرد. پس از حضور در اولین جلسه کلاس، تروتکو از این برنده جایزه نوبل خواست کتاب معروف خودش «الکترون‌ها و سوراخ‌ها» را برای او امضا کند. شاکلی کتاب را برای دانشمند جوان امضا کرد، اما سپس در اعتراض به عدم دریافت حق امتیاز برای ترجمه کتاب در اتحاد شوروی، بر سر او فریاد هم کشید.

تصمیم آمریکا برای پذیرش دانشمندان اتحاد شوروی همچون تروتکو جهت تحصیل در حوزه نیمه‌رسانه‌ها در استنفورد، با توجه به نگرانی‌ها در مورد پیشرفت اتحاد شوروی در علم و فناوری بسیار عجیب بود. با این حال، صنعت الکترونیک در همه کشورها به‌طور روزافزونی به سوی مدلی حرکت می‌کرد که در سیلیکون‌ولی پیاده شده و تعیین‌کننده اصلی استاندارد و سرعت نوآوری در این صنعت بود، و بقیه جهان - حتی دشمنان ایالات متحده – گزینه‌ای جز پیروی از سیلیکون‌ولی نداشتند. اتحاد شوروی امتیاز ترجمه کتاب شاکلی را نپرداخته بود، اما ارزش نیمه‌رسانه‌ها را به خوبی می‌دانست، به‌طوری که کتاب شاکلی تنها دو سال پس از انتشار، به زبان روسی ترجمه شد. در همان اوایل دوران رشد صنعت نیمه‌رسانا، دولت آمریکا در سال ۱۹۵۶ به جاسوسان خود دستور داد وسایل ساخته‌شده با نیمه‌رسانه‌ها در اتحاد شوروی را به دست آورند، کیفیت آن‌ها را آزمایش کنند و مسیر توسعه آن‌ها را دنبال کنند. سازمان سیا در سال ۱۹۵۹، در گزارشی اعلام کرد ایالات متحده در کیفیت و کمیت ترانزیستورهای تولید‌شده تنها دو تا چهار سال از اتحاد شوروی پیش است. حداقل چندین نفر از افرادی که در برنامه تبادل دانشجو از اتحاد شوروی به آمریکا آمده بودند، جاسوس کاگ‌ب بودند - البته موضوع هرچند در زمان حضور آن‌ها مورد ظن آمریکا بود، تا چند دهه بعد اثبات نشد - و رابطه بسیار نزدیکی میان دانشجویان میهمان در آمریکا و اهداف نظامی صنعت اتحاد شوروی برقرار کرده بودند.

کرملین هم مانند پنتاگون دریافته بود ترانزیستورها و مدارهای یکپارچه تعیین‌کننده تحولات آتی در بخش تولید، نظامی‌گری و قدرت محاسبه خواهند بود. اتحاد شوروی در اواخر دهه ۱۹۵۰، تاسیسات جدیدی را برای تولید نیمه‌رساناها در سرتاسر کشور ایجاد، و باهوش‌ترین دانشمندان خود را مامور ساختن این صنعت جدید کرد. مهندس جوان بلندپروازی همچون یوری اوسوکین[[279]](#footnote-279) به سختی می‌توانست ماموریتی هیجان‌انگیزتر از این را تصور کند. او بیشتر دوران کودکی خود را در چین گذرانده بود، زیرا پدرش در آن زمان در بیمارستانی متعلق به ارتش اتحاد شوروی در شهر دالیان در ساحل دریای زرد کار می‌کرد. اوسوکین از همان دوران نوجوانی به‌علت یادگیری اطلاعات متعدد جغرافیایی و نیز به‌خاطرسپردن زادروز افراد مشهور، به‌عنوان فردی با حافظه فوق‌العاده‌، از دیگران متمایز شده بود. او پس از مدرسه توانست از یکی از برترین موسسات دانشگاهی در مسکو پذیرش بگیرد و نهایتا در حوزه نیمه‌رسانه‌ها فارغ‌التحصیل شود.

اوسوکین به زودی در یک کارخانه تولید قطعات نیمه‌رسانا در ریگا مشغول به‌کار شد. ماموریت این کارخانه تولید ابزارهای ساخته‌شده با نیمه‌رسانا‌ها برای ارتش و برنامه نظامی اتحاد شوروی بود و کارکنانش فاغ‌التحصیلان بهترین دانشگاه‌های کشور بودند. مدیر کارخانه اوسوکین را مامور ساخت مداری متشکل از اجزای متعدد نصب‌شده روی یک قطعه ژرمانیوم کرد. چنین کاری را تا آن زمان، هیچ کس در اتحاد شوروی انجام نداده بود. او نمونه اولیه مدار یکپارچه خود را در سال ۱۹۶۲ تولید کرد. اوسوکین و همکارانش می‌دانستند که مرزهای دانش و فناوری اتحاد شوروی را فتح کرده‌اند. آن‌ها در طول روز، سخت مشغول کار در آزمایشگاه بودند و شب‌ها را با بحث در خصوص نظریه فیزیک حالت جامد می‌گذراندند. آن‌ها جوان بودند و کارشان هیجان‌انگیز بود. علم در اتحاد شوروی در حال پیشرفت بود، و چند ماهواره اسپوتنیک این کشور در فضای بالای سر آن‌ها در چنان فاصله‌ای از زمین در حال گردش بودند که با چشم غیرمسلح در آسمان شب دیده می‌شدند.

نیکیتا خروشچف،[[280]](#footnote-280) رهبر اتحاد شوروی خود را به پیشی گرفتن از ایالات متحده در همه حوزه‌ها، از تولید ذرت گرفته تا پرتاب ماهواره‌ها متعهد می‌دانست. البته خود خروشچف در مزارع اشتراکی بیشتر احساس راحتی می‌کرد، تا در آزمایشگاه‌های الکترونیک. او چیزی در مورد فناوری نمی‌دانست، اما همان طور که بارها قول داده بود، شدیدا دنبال رفع عقب‌ماندگی ‌‌و سبقت گرفتن از ایالات متحده بود. الکساندر شوکین،[[281]](#footnote-281) معاون اول رییس کمیته دولتی رادیوالکترونیک در اتحاد شوروی دریافته بود که می‌تواند از علاقه شدید خروشچف به رقابت با ایالات متحده در جهت جذب سرمایه در حوزه میکروالکترونیک استفاده کند. او روزی به رهبر اتحاد شوروی گفت «نیکیتا سِرگِیویچ، فقط تصور کن که می‌شود یک تلویزیون را در اندازه یک بسته سیگار ساخت». این وعده‌ای بود که صنعت سیلیکون اتحاد شوروی می‌داد. «رفع عقب‌ماندگی و سبقت گرفتن از ایالات متحده، در واقع ممکن می‌نمود». درست مانند حوزه دیگری - سلاح‌های هسته‌ای - که اتحاد شوروی توانسته بود در آن به ایالات متحده برسد، در حوزه نیمه‌رساناها هم این کار ممکن بود، زیرا این کشور سلاح مخفی دیگری داشت، و آن چیزی نبود جز شبکه‌ای از جاسوسان.

جوئِل بار[[282]](#footnote-282) فرزند دو یهودی روس بود که برای فرار از ظلم تزار به ایالات متحده مهاجرت کرده بودند. او پیش از آن که برای تحصیل در رشته مهندسی برق در سیتی کالج[[283]](#footnote-283) نیویورک پذیرفته شود، دوران کودکی سختی را در فقر گذرانده بود. او در دوره دانشجویی، با گروهی از کمونیست‌ها آشنا و به تدریج طرفدار رویکرد انتقادی آن‌ها نسبت به نظام سرمایه‌داری و همچنین این عقیده آن‌ها شد که اتحاد شوروی بهتر از همه کشورها می‌تواند با نازی‌ها مقابله کند. او از طریق دوستانش در حزب کمونیست، با آلفرد سارانت[[284]](#footnote-284) آشنا شد که مثل خود او مهندس برق و البته عضو اتحادیه کمونیست‌های جوان[[285]](#footnote-285) بود. این دو بقیه عمر خود را صرف همکاری برای پیشبرد اهداف کمونیسم کردند. بار و سارانت در دهه ۱۹۳۰ عضو یک شبکه جاسوسی تحت رهبری جولیوس روزِنبِرگ،[[286]](#footnote-286) جاسوس معروف دوران جنگ سرد بودند. آن‌ها در طول دهه ۱۹۴۰ در وِستِرن الکتریک[[287]](#footnote-287) و اسپِری جایروسکوپ،[[288]](#footnote-288) دو شرکت پیشرو آمریکایی در حوزه فناوری، روی رادارها و دیگر سامانه‌های نظامی محرمانه کار می‌کردند. بر خلاف دیگر اعضای شبکه روزنبرگ، بار و سارانت به اسرار تسلیحات هسته‌ای دسترسی نداشتند؛ بلکه اطلاعات حساسی را در زمینه دانش و فناوری الکترونیکی به‌کاررفته در سامانه‌های تسلیحاتی جدید به دست آورده بودند. در اواخر دهه ۱۹۴۰، پس از آن که اف‌بی‌آی شبکه‌های جاسوسی کاگ‌ب را شناسایی کرد، روزنبرگ همراه با همسرش اِتل[[289]](#footnote-289) محاکمه، و نهایتا‌ با صندلی الکتریکی اعدام شد. اما بار و سارانت توانستند پیش از آن که اف‌بی‌آی دستگیرشان کند، فرار کنند و بالاخره به اتحاد شوروی بروند.

آن‌ها وقتی به اتحاد شوروی رسیدند، به روسای خود در کاگ‌ب گفتند می‌خواهند پیشرفته‌ترین رایانه‌های جهان را بسازند. بار و سارانت متخصص رایانه نبودند؛ اما اتحاد شوروی در آن زمان، متخصص رایانه دیگری هم نداشت. جایگاه این دو، به‌عنوان جاسوس چنان اعتباری به آن‌ها می‌داد که می‌توانستند منابع لازم برای این کار را به دست آوردند. آن‌ها در اواخر دهه ۱۹۵۰ ساخت اولین رایانه‌های خود را به نام آم[[290]](#footnote-290) - معادل روسی واژه ذهن - آغاز کردند. کار آن‌ها مورد توجه شوکین، دولتمرد قدرتمندی که صنعت الکترونیک اتحاد شوروی را مدیریت می‌کرد، قرار گرفت. از آن پس، این سه نفر تلاش‌های خود را یک‌کاسه کردند تا خروشچف را متقاعد سازند اتحاد شوروی باید شهر کاملی، با محققان، مهندسان، آزمایشگاه‌ها و تاسیسات تولیدی متعلق به خود را به تولید نیمه‌رساناها اختصاص دهد. حتی پیش از آن که مجموعه شهرک‌های مستقر در جنوب سانفرانسیسکو با نام سیلیکون‌ولی - واژه‌ای که تا سال ۱۹۷۱ ناشناخته بود - مشهور شود، بار و سارانت توانسته بودند رویای خود را در حومه جنوبی مسکو به واقعیت نزدیک کنند.

شوکین برای متقاعد کردن خروشچف جهت تأمین مالی ساخت این شهر علمی جدید، ترتیبی داد تا رهبر کشور از اداره طراحی ویژه صنعت الکترونیک[[291]](#footnote-291) در لنینگراد دیدار کند. در عین حال، ورای این نام گیج‌کننده و دیوان‌سالارانه -  اتحادشوروی هرگز در بازاریابی خوب عمل نمی‌کرد - موسسه‌ای وجود داشت که مرزهای دانش الکترونیک را در اتحاد شوروی تعیین می‌کرد. اداره طراحی چندین هفته را صرف آماده‌سازی برای دیدار خروشچف کرد و حتی برای اطمینان از این که همه چیز طبق برنامه پیش خواهد رفت، یک روز قبل از مراسم، جلسه‌ای را برای آزمایش لباس حضار برگزار کرد. خروشچف در چهارم می ۱۹۶۲ از این اداره دیدن کرد. برای خوش‌آمد گویی به خروشچف، سارانت کت‌وشلواری سیاه رنگ پوشیده بود که با ابروان پرپشت و سبیل آنکادر‌شده‌اش سازگار بود. اما بار در کنار او، بسیار عصبی بود. این دو جاسوس پیشین دستاوردهای صنعت میکروالکترونیک اتحاد شوروی را به خروشچف نشان دادند. او رادیو کوچکی را آزمود که در گوش جای می‌گرفت، و همچنین با رایانه ساده‌ای بازی کرد که می‌توانست نام او را چاپ کند. سارانت با اعتمادبه‌نفس به خروشچف گفت وسایل مبتنی بر نیمه‌رسانا به زودی در فضاپیماها، هواپیماها، صنعت و  دولت، و حتی در ساخت سپر موشک هسته‌ای به‌کار گرفته خواهد شد. آنگاه او و بار خروشچف را پای تابلویی بردند که روی آن تصاویر آینده‌نگرانه شهری - با آسمان‌خراش بزرگ ۵۲ طبقه‌ای در مرکز آن - نصب شده بود که قرار بود منحصرا به تولید وسایل مبتنی بر نیمه‌رسانا اختصاص یابد.

خروشچف شیفته پروژه‌های عظیم، به‌ویژه آن‌هایی بود که افتخارشان نصیب خود او می‌شد. او با اشتیاق ایده ساخت شهری در اتحاد شوروی برای تولید نیمه‌رساناها را تایید کرد و بار و سارانت را به گرمی در آغوش فشرد و به آن‌ها قول حمایت داد. چند ماه بعد، دولت اتحاد شوروی طرح‌های مربوط به ساخت شهری برای تولید نیمه‌رساناها را در حومه مسکو تصویب کرد. در آن روز، خروشچف به دیگر رهبران اتحاد شوروی گفت «میکروالکترونیک در واقع یک مغز مکانیکی است. آینده ما در میکروالکترونیک است».

اتحاد شوروی به زودی ساخت شهر زِلِنوگراد[[292]](#footnote-292) - معادل روسی «شهر سبز» - را آغاز کرد. این شهر برای آن طراحی شده بود که بهشتی علمی باشد. شوکین می‌خواست زلنوگراد یک شهر علمی کامل باشد و هر آنچه که ممکن است مورد نیاز یک مهندس نیمه‌رسانا باشد، از جمله آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و تاسیسات تولیدی، به علاوه مدارس، مهدکودک‌ها، سینماها و حتی یک بیمارستان را در خود جای دهد. در نزدیکی این مرکز، دانشگاهی به نام موسسه فناوری الکترونیک مسکو[[293]](#footnote-293) قرار داشت که با نمای آجری و با الگوبرداری از پردیس‌های دانشگاهی در انگلستان و آمریکا ساخته شده بود. در کل، این مجموعه درست مانند سیلیکون‌ولی به‌نظر می‌رسید و فقط آفتاب کمتری به خود می‌دید.

## فصل ۸

**کپی کنید!**

تقریبا در همان زمانی که نیکیتا خروشچف حمایت خود از ساخت زلنوگراد را اعلام کرد، بوریس مالین،[[294]](#footnote-294) دانشجوی روس، بعد از یک سال تحصیل در پنسیلوانیا، با وسیله‌ای کوچک در چمدانش - آی‌سی SN-51، یکی از اولین مدارهای یکپارچه تولید‌شده در تگزاس اینسترومنتس آمریکا - به خانه بازگشت. او مردی با موهایی تیره و چشمانی گود، و یکی از برترین متخصصان نیمه‌رسانا در اتحاد شوروی بود. او خود را نه جاسوس، بلکه دانشمند می‌دانست. با این حال، شوکین، دولتمرد مسوول صنعت میکروالکترونیک اتحاد شوروی معتقد بود SN-51 وسیله‌ای است که این کشور باید به هر قیمتی شده به آن دست یابد. او مالین و چند مهندس دیگر را به اتاق خود فراخواند و به آن‌ها چشم دوخت و دستور داد «کپی‌اش کنید، بی هیچ تفاوتی. سه ماه وقت دارید».

دانشمندان اتحاد شوروی با عصبانیت به این پیشنهاد واکنش نشان دادند. این کار به معنی تقلید از پیشرفت‌های خارجیان بود. دانش آن‌ها در علم به همان اندازه شیمی‌دانان و فیزیک‌دانان آمریکایی پیشرفته بود. دانشجویان اتحاد شوروی که به آمریکا رفته بودند، گزارش می‌دادند هر آنچه را که در کلاس‌های ویلیام شاکلی آموختند، می‌توانستند در مسکو هم بیاموزند. در واقع، اتحاد شوروی برخی از برجسته‌ترین متخصصان فیزیک نظری را در کشور داشت. وقتی جک کیلبی بالاخره در سال ۲۰۰۰ جایزه نوبل را در فیزیک برای اختراع مدارهای یکپارچه می‌گرفت (در آن زمان باب نویس، همکار او در کسب این دست‌آورد درگذشته بود)، در این افتخار با ژورِس آلفِروف،[[295]](#footnote-295) دانشمند روسی شریک بود که تحقیقات بنیادینی را در دهه ۱۹۶۰ در مورد راه‌های تولید نور با ابزارهای نیمه‌رسانا انجام داده بود. پرتاب اسپوتنیک در سال ۱۹۵۷، اولین پرواز انسان به فضا در سال ۱۹۶۱، و ساخت مدار یکپارچه اوسوکین در سال ۱۹۶۲ متضمن مدارک غیرقابل‌انکار برای اثبات این حقیقت بود که اتحاد شوروی داشت به ابرقدرتی علمی تبدیل می‌شد. در آن زمان، حتی سیا هم به این نتیجه رسیده بود که صنعت میکروالکترونیک اتحاد شوروی به سرعت در حال پیشرفت بود و دیگر چندان عقب‌تر از آمریکا نبود.

با این حال، راهبرد «کپی‌کاری» شوکین از اساس نادرست بود. کپی‌کاری در ساخت سلاح‌های هسته‌ای موثر بود، زیرا ایالات متحده و اتحاد شوروی در کل دوران جنگ سرد، تنها ده‌ها هزار سلاح هسته‌ای تولید کردند. اما فرچایلد و تگزاس اینسترومنتس در آمریکا، دیگر تا آن زمان روش تولید انبوه تراشه‌ها را آموخته بودند. «قابلیت اتکا» کلید افزایش مقیاس تولید بود، چالشی که سازندگان تراشه‌ها در آمریکا، از جمله موریس چانگ و اندی گرو در دهه ۱۹۶۰ بر آن فائق آمده بودند. آن‌ها برخلاف همتایانشان در اتحاد شوروی، می‌توانستند از تخصص دیگر شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات مرتبط با نور و بینایی، مواد شیمیایی، مواد تخلیص‌شده و ماشین‌آلات تولید بهره‌مند شوند. حتی اگر هیچ شرکت آمریکایی نمی‌توانست به فرچایلد یا تی‌آی کمک کند هم، ابن شرکت‌ها می‌توانستند سراغ آلمان، فرانسه، یا بریتانیا بروند که هر یک صنایع پیشرفته خود را داشتند.

اتحاد شوروی زغال‌سنگ و فولاد را در مقادیر بسیار زیاد تولید می‌کرد، اما در تقریبا همه انواع تولیدات صنعتی پیشرفته عقب بود. عملکرد اتحاد شوروی در کمیت تولید عالی بود؛ اما کیفیت و درجه خلوص محصولات آن اصلا خوب نبود، و این دو ویژگی اخیر در ساخت تراشه‌ها در مقیاس‌های بزرگ نقش اساسی داشتند. به علاوه، متحدان غربی در چارچوب سازمانی به نام کوکوم‌،[[296]](#footnote-296) انتقال بسیاری از فناوری‌های پیشرفته، از جمله اجزای سازنده نیمه‌رساناها را به کشورهای کمونیست ممنوع کرده بودند. شوروی‌ها اغلب می‌توانستند محدودیت‌های کوکوم را با استفاده از شرکت‌های پوششی در کشورهای بی‌طرفی چون اتریش و سوییس دور بزنند، اما استفاده از این مسیر در مقیاس‌های بزرگ دشوار بود. بنابر این، تاسیسات تولید نیمه‌رساناها در اتحاد شوروی معمولا مجبور بودند با ماشین‌آلات دارای فناوری پایین‌تر و مواد دارای درجه خلوص کمتر کار کنند و در نتیجه، تعداد تراشه‌های قابل‌اعتماد تولیدشده توسط آن‌ها بسیار کمتر بود.

جاسوسی هم نمی‌توانست بیش از این کار شوکین و مهندسانش را پیش ببرد. مشکل به‌طور خلاصه این بود که دزدیدن یک تراشه نمی‌توانست به توضیح چگونگی ساخت آن کمکی کند، درست همان طور که با دزدیدن یک کیک، نمی‌توان چگونگی پخت آن را فهمید. فرآیند تولید تراشه‌ها در همان زمان هم فوق‌العاده پیچیده بود. دانشجویان شوروی که در کلاس‌های درس شاکلی در استنفورد تحصیل می‌کردند، فیزیک‌دانان برجسته‌ای می‌شدند، اما این شیمی‌دانانی چون اندی گرو و مری آن پاتر بودند که می‌دانستند مواد شیمیایی خاص باید تا چه درجه‌ای حرارت ببینند، یا مواد فتورزیست باید چه مدت در معرض نور قرار گیرند. هر یک از مراحل فرآیند تولید تراشه‌ها متضمن دانشی تخصصی بود که به ندرت به بیرون شرکت دارنده آن منتقل می‌شد. این نوع دانش فنی حتی روی کاغذ هم نمی‌آمد. جاسوسان شوروی بهترین‌های این حرفه بودند، اما فرآیند تولید نیمه‌رساناها مستلزم برخورداری از اطلاعات و دانشی فراتر از آن بود که حتی توانمندترین جاسوسان هم قادر به سرقت آن نبودند.

به علاوه طبق قانون مور، مرز دانش و فناوری در این حوزه به‌طور مستمر در حال جابه‌جایی بود. حتی اگر شوروی‌ها می‌توانستند طرحی را کپی کنند، به مواد یا ماشین‌آلاتی دست یابند، و فرآیند تولید محصولی را تکرار کنند؛ این کار بسیار زمان‌بر بود. تی‌آی و فرچایلد هر سال طرح‌های جدید با ترانزیستورهای بیشتری را وارد بازار می‌کردند. در اواسط دهه ۱۹۶۰، اولین مدارهای یکپارچه به کالایی قدیمی تبدیل شده بودند و دیگر بیش از آن بزرگ و پرمصرف بودند که ارزش زیادی برای آن‌ها در نظر گرفته شود. در مقایسه با تقریبا همه دیگر فناوری‌ها، فناوری نیمه‌رسانا با سرعت به پیش می‌راند. اندازه ترانزیستورها و میزان مصرف انرژی آن‌ها رو به کاهش داشت، در حالی که قدرت محاسبه هر اینچ مربع سیلیکون، هر دو سال دوبرابر می‌شد. هیچ فناوری دیگری با این سرعت به پیش نمی‌رفت، لذا راهبرد سرقت فناوری در این صنعت، بی‌فایده‌تر از تمام بخش‌های دیگر بود.

رهبران شوروی هرگز متوجه نشدند که راهبرد «کپی‌کاری» چگونه آن‌ها را محکوم به عقب‌ماندگی می‌کرد. کل بخش نیمه‌رسانا در اتحاد شوروی مانند پیمانکاران حوزه دفاعی - پنهان‌کار، درگیر فرآیند تصمیم‌گیری ازبالابه‌پایین، معطوف به سامانه‌های نظامی، و مطیع دستورات با کمترین فرصت برای خلاقیت - عمل می‌کرد. یکی از زیردستان شوکین بعدها می‌گفت فرآیند کپی‌کاری «شدیدا تحت کنترل» وزیر شوکین بود. کپی‌کاری به معنای واقعی کلمه، در تاروپود صنعت نیمه‌رسانای اتحاد شوروی تنیده شده بود، به‌طوری که حتی برخی ماشین‌آلات ساخت تراشه‌ آن‌ها به جای سانتیمتر، با اینچ کار می‌کردند تا بهتر بتوانند طرح‌های آمریکایی را کپی کنند. این در حالی بود که بقیه اتحاد شوروی از مقیاس متریک استفاده می‌کرد! به لطف راهبرد «کپی‌کاری»، اتحاد شوروی سال‌ها بعد از ایالات متحده کار با فناوری ترانزیستور را آغاز کرد، و البته هرگز هم نتوانست به آن کشور برسد.

شاید تنها تفاوت ظاهری زلنوگراد با سیلیکون‌ولی، برخورداری کمتر آن از آفتاب بود. برجسته‌ترین دانشمندان و مهم‌ترین اسرار سرقتی در آنجا جمع شده بودند. اما سامانه‌های نیمه‌رسانای دو کشور کاملا متفاوت بودند. در حالی که بنیان‌گذاران استارت‌آپ‌ها در سیلیکون‌ولی به سادگی شغل عوض می‌کردند و در کف کارخانه‌ها تجربه عملی کسب می‌کردند، شوکین از پشت میز خود در مسکو تصمیم‌گیری می‌کرد. در همین حال، یوری اوسوکین در گمنامی تمام در ریگا زندگی می‌کرد و هرچند مورد احترام بسیار همکارانش بود، نمی‌توانست درباره اختراعش با هیچ فرد فاقد مجوز امنیتی صحبت کند. دانشجویان جوان شوروی به دنبال اخذ مدرک در مهندسی برق نمی‌رفتند، و نمی‌خواستند مانند اوسوکین باشند، زیرا اصلا کسی نمی‌دانست که او وجود دارد. پیشرفت شغلی مستلزم آن بود که افراد کارمند بهتری باشند، نه این که محصولات جدیدی را بسازند یا بازارهای جدیدی را شناسایی کنند. تولید محصولات غیرنظامی تنها نتیجه فکر دومی بود که شاید ضمن تمرکز بر تولیدات نظامی، به سر تولیدکنندگان می‌زد.

از سوی دیگر، رویکرد فکری «کپی‌کاری» متضمن این نتیجه عجیب بود که ایالات متحده مسیر نوآوری در صنعت نیمه‌رسانای اتحاد شوروی را تعیین می‌کرد. بدین ترتیب، یکی از حساسترین و محرمانه‌ترین صنایع در اتحاد شوروی مانند شعبه‌ای از سیلیکون‌ولی عمل می‌کرد که البته تحت مدیریتی ضعیف قرار داشت. در واقع، زلنوگراد تنها یکی از نقاط پیرامونی شبکه در حال جهانی‌شدن صنعت نیمه‌رسانا بود، در حالی که سازندگان آمریکایی تراشه در مرکز این شبکه قرار داشتند.

## فصل 9

**فروشنده ترانزیستور**

در نوامبر ۱۹۶۲، وقتی هایاتو ایکِدا،[[297]](#footnote-297) نخست‌وزیر ژاپن در قصر باشکوه الیزه با شارل دوگل رییس‌جمهور فرانسه ملاقات کرد، رادیوی ترانزیستوری سونی[[298]](#footnote-298) کوچکی را به او هدیه داد. دوگل یک نظامی معتقد به تشریفات و سنت‌ها بود که خود را تجسم دوباره عظمت فرانسه تصور می‌کرد. در مقابل، ایکدا رأی‌دهندگان کشورش را مردمانی صریح و مادی‌گرا می‌دانست و قول داده بود درآمد آن‌ها را ظرف یک دهه دو برابر کند. دوگل در آن روز اظهار داشت ژاپن چیزی جز «یک قدرت اقتصادی» نیست، و پس از جلسه هم به یکی از دستیارانش گفت ایکدا مانند یک «فروشنده ترانزیستور» رفتار کرده است. اما خیلی زود، تمام جهان با حسادت به ژاپن نگاه می‌کردند، زیرا موفقیت آن کشور در فروش نیمه‌رساناها موجب شد بسیار ثروتمندتر و قدرتمندتر از حد تصور دوگل شود.

مدارهای یکپارچه نه فقط قطعات الکترونیکی را با روش‌هایی نوآورانه به هم متصل می‌کرد، بلکه همچنین کشورها را در شبکه‌ای جهانی به هم پیوند می‌داد، در حالی که ایالات‌متحده در مرکز این شبکه قرار داشت. حتی اتحاد شوروی هم با کپی‌کاری محصولات سیلیکون‌ولی، ناخواسته به بخشی از این شبکه جهانی تبدیل شده بود. در مقابل اما، ژاپن عامدانه به صنعت نیمه‌رسانای آمریکا پیوست، و این فرآیندی بود که نخبگان تجارت در ژاپن و دولت ایالات متحده هم از آن حمایت کردند.

پس از پایان جنگ جهانی دوم، برخی آمریکاییان به فکر افتادند برای مجازات ژاپن به‌علت آغاز جنگی بی‌رحمانه، صنایع پیشرفته ژاپن را نابود کنند. اما ظرف یکی دو سال پس از تسلیم ژاپن، مقامات وزارت دفاع در واشنگتن به این نتیجه سیاستی رسیدند که حتی اگر ژاپن خطری برای آمریکا باشد هم، «ژاپن قدرتمند خطری بهتر از ژاپن ضعیف است». صرف نظر از تلاشی کوتاه‌مدت برای متوقف کردن تحقیقات ژاپن در حوزه فیزیک هسته‌ای، دولت ایالات متحده از ظهور مجدد ژاپن به‌عنوان قدرتی در حوزه علم و فناوری حمایت کرد. چالش پیش رو در این میان، این بود که چگونه می‌توان به ژاپن در بازسازی اقتصادش کمک کرد و در عین حال، این کشور را به یک نظام تحت رهبری آمریکا متعهد ساخت. تبدیل کردن ژاپن به فروشنده ترانزیستور، محور اصلی راهبرد جنگ سرد آمریکا را تشکیل می‌داد.

خبر مربوط به اختراع ترانزیستور ابتدا توسط مقامات ارتش ایالات متحده که ژاپن اشغالی را اداره می‌کردند به این کشور رسید. ماکوتو کیکوچی[[299]](#footnote-299) فیزیک‌دان جوانی بود که در آزمایشگاه فناوری الکتروتکنیکی،[[300]](#footnote-300) متعلق به دولت ژاپن در توکیو کار می‌کرد. این موسسه برخی از برجسته‌ترین دانشمندان کشور را به‌کار گرفته بود. یک روز، رییس کیکوچی او را به دفترش فراخواند و خبر جالبی به او داد: دانشمندان آمریکایی توانسته بودند دو سوزن فلزی را به یک کریستال متصل کنند و بدین ترتیب، یک جریان الکتریکی را تقویت کنند. کیکوچی می‌دانست که این اختراعی فوق‌العاده است.

در توکیوی مخروبه از بمباران‌ها، احساس جدایی از فیزیک‌دانان برجسته جهان اصلا چیز عجیبی نبود؛ اما با ابتکار ستاد فرماندهی نیروهای اشغالگر ایالات متحده در توکیو، نشریاتی چون مجله فنی بِل‌سیستم،[[301]](#footnote-301) مجله فیزیک کاربردی،[[302]](#footnote-302) و بررسی فیزیکی،[[303]](#footnote-303) که مقالات باردین، برتین و شاکلی را منتشر می‌کردند، در دسترس دانشمندان ژاپنی قرار می‌گرفت. اگر غیر از این بود، هیچ کس نمی‌توانست در ژاپن به این نشریات دسترسی پیدا کند. کیکوچی بعدا از آن روزها چنین یاد کرد: «محتوای این مجلات را به سرعت جستجو می‌کردم و هر وقت واژه «نیمه‌رسانا» یا «ترانزیستور» را می‌دیدم، قلبم به تپش می‌افتاد. او سال‌ها بعد در سال ۱۹۵۳، جان باردین را هنگامی ملاقات کرد که این دانشمند آمریکایی در میانه سپتامبری گرم و شرجی برای شرکت در اجلاس اتحادیه فیزیک محض و کاربردی[[304]](#footnote-304) به توکیو رفته بود. باردین از این که با او همچون سلبریتی‌ها رفتار می‌شد و بسیاری از افراد می‌خواستند از او عکس بگیرند، متعجب شده بود. او در نامه‌ای که از آنجا به همسرش فرستاد، نوشت «هرگز در زندگی این همه فلاش عکاسی ندیده بودم».

در همان سالی که باردین به توکیو سفر کرد، آکیو موریتا[[305]](#footnote-305) فرودگاه هاندا[[306]](#footnote-306) در توکیو را به مقصد نیویورک ترک کرد. موریتا که پانزدهمین نسل وراث یکی از بزرگ‌ترین کارخانه‌های تولید نوشابه سنتی ژاپن بود، از بدو تولد برای مدیریت کسب‌وکار خانوادگی‌اش تربیت شده بود. پدر موریتا دوست داشت پسرش شانزدهمین عضو خانواده موریتا باشد که مدیریت کارخانه نوشابه‌سازی را بر عهده می‌گیرد. اما عشق کودکی موریتا به مطالعه الکترونیک و کسب مدرک دانشگاهی در فیزیک زندگی او را به سوی دیگری هدایت می‌کرد. شاید بتوان گفت تخصص در فیزیک زندگی او را در دوره جنگ نجات داد، زیرا موجب شد او به جای خط اول جبهه، به یک آزمایشگاه تحقیقاتی فرستاده شود.

مدرک موریتا در رشته فیزیک حتی در ژاپن پس از جنگ نیز به‌کار او آمد. در آوریل سال ۱۹۴۶، در حالی که کشور همچنان مخروبه‌ای بیش نبود، او با یکی از همکاران قبلی‌اش به نام ماسارو ایبوکا[[307]](#footnote-307) شریک شد تا با کمک هم یک شرکت الکترونیکی تاسیس کنند. آن‌ها با الهام گرفتن از واژه لاتین sonus و نام مستعار آمریکایی Sonny، شرکت خود را «سونی» نامیدند. آن‌ها در ساخت اولین محصول خود که یک پلوپز برقی بود، با شکست روبه‌رو شدند؛ اما ضبط‌صوت تولیدی آن‌ها خوب کار می‌کرد و فروش بهتری داشت. موریتا در سال ۱۹۴۸، خبر ساخت ترانزیستور بِل‌لَبز را خواند و بلافاصله متوجه پتانسیل این محصول برای بازار شد. برای موریتا که رویای ایجاد تحولی انقلابی در کالاهای مصرفی را در سر می‌پروراند، ترانزیستور یک «معجزه» به‌نظر می‌رسید.

موریتا همین که در سال ۱۹۵۳ وارد ایالات متحده شد، تحت تاثیر وسعت آمریکا و فواصل طولانی میان شهرهای آن، گستردگی دشت‌ها و ثروت قابل‌ملاحظه مصرف‌کنندگان، به‌ویژه در مقایسه با محرومیت مردم در توکیوی پس از جنگ قرار گرفت. به‌نظر می‌رسید این کشور همه چیز دارد. او در نیویورک با مدیران شرکت ای‌تی اند تی ملاقات کرد و آن‌ها پذیرفتند پروانه تولید ترانزیستور را به او بدهند. البته آن‌ها به او گفتند انتظار تولید چیزی سودمندتر از سمعک را با این ترانزیستور نداشته باشد.

موریتا متوجه چیزی شده بود که شارل دوگل از آن غافل بود: الکترونیک، آینده اقتصاد جهان بود و به زودی ترانزیستورها در تراشه‌های سیلیکونی جای می‌گرفتند و تولید وسایلی را ممکن می‌ساختند که در آن روز تصورش هم غیرممکن بود. او دریافته بود که آنچه ترانزیستور به ارمغان آورده است، یعنی کوچک شدن اندازه‌ها و کاهش مصرف انرژی به زودی کالاهای الکترونیکی مصرفی را متحول خواهد ساخت. او و ایبوکا تصمیم گرفتند آینده شرکتشان را روی فروش این کالاها نه فقط به مشتریان ژاپنی، بلکه همچنین به ثروتمندترین بازار مصرفی جهان، یعنی آمریکا شرط‌بندی کنند.

دولت ژاپن حمایت خود از فناوری پیشرفته را با دیدار ولیعهد این کشور از یک آزمایشگاه تحقیقات رادیویی در آمریکا نشان داد. این دیدار در همان سالی انجام شد که موریتا برای معامله به شرکت بل‌لبز رفت. وزارتخانه قدرتمند تجارت بین‌الملل و صنعت در ژاپن هم تمایل داشت از شرکت‌های فعال در حوزه الکترونیک حمایت کند؛ اما عملکرد این وزارت تأثیرات کاملا متفاوتی بر شرکت‌های مورد ‌نظر می‌گذاشت، زیرا برای نمونه دیوان‌سالاران این وزارت در یک‌ مورد، تایید درخواست سونی برای ثبت مجوزی که این شرکت برای تولید ترانزیستور از بل‌لبز خریده بود را تنها به این علت به تعویق انداختند که امضای قرارداد را با یک شرکت خارجی بدون کسب رضایت آن وزارتخانه «به‌طور غیرقابل‌توجیهی اهانت‌آمیز» قلمداد کرده بودند.

هر‌چند سونی از دستمزدهای پایین‌تر در ژاپن بهره می‌برد، اما نقطه قوتش در این بود که مدل کسب‌وکارش نهايتا بر نوآوری، طراحی‌ محصول و بازاریابی بنا‌ شده‌ بود. بسیاری از شرکت‌های ژاپنی به «تمرکز ظالمانه بر بهره‌وری» معروف بودند. اما برتری سونی در شناسایی بازار‌های جدید و هدف گرفتن آن‌ها با محصولات پرجاذبه با استفاده از جدیدترین فناوری سیلیکون‌ولی در حوزه مدارهای یکپارچه بود. موریتا در این خصوص گفته بود «برنامه ما این است که به جای پرسش از مردم در‌ مورد آنچه می‌خواهند، آن‌ها‌‌ را با محصولات جدیدمان هدایت کنیم. آن‌ها نمی‌دانند چه چیزهایی ممکن است در بازار به فروش برسد، اما ما می‌دانیم».

تولید رادیو، از جمله همان رادیویی که نخست‌وزیر ایکدا به دوگل داد، اولین موفقیت بزرگ سونی بود. چند سال پیش ‌از آن، تگزاس اینتسترومنتس تلاش کرد رادیوهای ترانزیستوری خود‌ را وارد بازار کند، اما علی‌رغم برخورداری از فناوری لازم، با قیمت‌گذاری و بازاریابی ناشیانه، مجبور شد به سرعت این کسب‌وکار را رها کند. همین‌جا بود که موریتا فرصت را مغتنم شمرد و به زودی سطح تولید این محصول را به ده‌ها هزار دستگاه در سال رساند.

در ‌عین ‌حال، شرکت‌های تولیدکننده تراشه، از جمله فرچایلد همچنان به‌تنهایی در مرزهای فناوری تولید تراشه قرار‌ داشتند، و در حوزه تجارت هم به بازار رایانه‌های بزرگ مورد‌ استفاده شرکت‌ها علاقه‌مند بودند. در طول دهه ١٩۶٠، شرکت‌های ژاپنی مبالغ هنگفتی را بابت قیمت حقوق مالکیت‌های فکری پرداختند. این مبالغ از جمله شامل بیش ‌از 4.5 درصد درآمد حاصل از فروش کل تراشه‌ها به فرچایلد، 3.5 درصد به تگزاس اینسترومنتس و ٢ درصد به وسترن‌الکتریک بود. تولید‌کنندگان تراشه در آمریکا با رضایت کامل فناوری‌خود‌ را به ژاپنی‌ها منتقل می‌کردند، زیرا ظاهرا شرکت‌های ژاپنی سال‌ها از آن عقب‌تر بودند.

تخصص سونی نه در طراحی‌ تراشه‌ها، بلکه در ابداع لوازم الکترونیکی برای عموم مصرف‌کنندگان و ساخت قطعات الکترونیکی مورد‌ نیاز این لوازم بود. ماشین‌حساب یکی‌ دیگر از لوازم‌ الکترونیکی مصرفی بود که شرکت‌های ژاپنی با تغییر محصولات شرکت‌های آمریکایی به بازار معرفی کردند. پت ‌هگرتی، مدیرعامل تی‌آی در سال١٩۶٧ از جک ‌کیبلی خواسته ‌بود با استفاده از نیمه‌‌رسانا‌ها، یک ماشین‌حساب دستی بسازد؛ اما بخش بازاریابی تی‌آی فکر نمی‌کرد ماشین‌حساب‌های‌ دستی ارزان‌قیمت بازار خوبی داشته باشند، و به همین علت این پروژه در میانه‌راه کنار گذاشته‌ شد. شرکت شارپ ‌الکترونیکس[[308]](#footnote-308) ژاپن با این‌ نظر مخالف بود و بر این‌ اساس، تراشه‌های تولید‌شده در کالیفرنیا را در ماشین‌حسابی به‌کار گرفت که به‌طور غیر‌قابل‌تصوری ساده و ارزان بود. این موفقیت شارپ موجب شد بیشتر ماشین‌حساب‌های تولید‌شده در دهه ١٩٧٠ ساخت ژاپن باشند. هگرتی از این داستان این‌ گونه اظهار تاسف کرد: «اگر تی‌آی زودتر راهی را برای بازاریابی و فروش لوازم الکترونیکی تولید‌ خود می‌یافت، امروز جایگاه سونی در بازار لوازم الکترونیکی مورد استفاده عموم در اختیار ما بود». در عین‌ حال، واقعیت این است که تکرار نوآوری‌های سونی در تولید محصولات و تخصص آن در بازاریابی، در عمل درست به ‌اندازه تکرار تخصص آمریکاییان در نیمه‌رسانا‌ها دشوار بود.

گونه‌ای از هم‌زیستی که در حوزه نیمه‌رسانا‌ها میان آمریکا و ژاپن شکل گرفته بود، متضمن نوعی اقدام متعادل‌کننده بود. هر یک از این دو کشور برای مواد اولیه و مشتری به دیگری متکی بود. تا سال ١٩۶۴، ژاپن در تولید ترانزیستور‌های منفصل از ایالات‌ متحده پیشی گرفت، در حالی‌ که شرکت‌های آمریکایی پیشرفته‌ترین تراشه‌ها را تولید می‌کردند. از سوی دیگر، شرکت‌های آمریکایی بهترین رایانه‌ها را می‌ساختند، در حالی ‌که تولیدکنندگان لوازم الکترونیکی در ژاپن، مانند سونی‌ و‌ شارپ کالاهای مورد نياز عموم مصرف‌کنندگان را تولید می‌کردند که موتور محرک مصرف در بازار نیمه‌رسانا‌ها بود. ارزش صادرات‌ سالانه محصولات الکترونیکی ژاپن - که ترکیبی از نیمه‌رسانا‌ها و محصولات متکی آن‌ها بود - از ۶٠٠ میلیون دلار در ١٩۶۵، در عرض تنها دو‌ دهه به ۶٠ میلیارد دلار رسید.

البته حفظ و تنظیم این وابستگی متقابل همیشه آسان نبود. در ‌سال ١٩۵٩، اتحادیه صنایع الکترونیک در آمریکا از دولت این ‌کشور درخواست کمک کرد تا مانع لطمه ‌دیدن «امنیت ‌ملی» یا حداقل، منافع خود آن‌ها شود. اما اجازه‌ دادن به ژاپن برای آن که صنعت الکترونیک خود را بنا کند، بخشی از راهبرد جنگ ‌سرد ایالات ‌متحده بود. بنابر این در طول دهه ١٩۶٠، واشنگتن هرگز در این خصوص فشار زیادی بر توکیو نیاورد. حتی نشریاتی چون مجله الکترونیکس - که شاید انتظار می‌رفت در این ‌میان طرف شرکت‌های آمریکایی را بگیرد - بر این نکته تکیه می‌کردند که «ژاپن محور اصلی سیاست آمریکا در منطقه اقیانوس ‌آرام است ... اگر این ‌کشور نتواند با نیم‌کره ‌غربی و اروپا رابطه تجاری سالمی برقرار کند، منافع اقتصادی خود را در جای ‌دیگری، همچون چین ‌کمونیست یا اتحاد ‌‌شوروی خواهد‌ جست. راهبرد ایالات ‌متحده ایجاب می‌کرد به ژاپن اجازه داده شود فناوری‌ پیشرفته را به دست آورد و کسب‌و‌کار‌هایی پیشرو بنا کند. نیکسون، رییس‌جمهور ایالات‌ متحده بعدها گفته بود «ملتی با تاریخ ژاپن، هرگز به ساخت رادیوهای ترانزیستوری بسنده نخواهد کرد». آن‌ها می‌بایست اجازه می‌یافتند، و حتی ترغیب می‌شدند که فناوری پیشرفته‌تری را تولید کنند.

مدیران‌ ژاپنی هم به همان‌اندازه به حفظ هم‌زیستی دو کشور در حوزه نیمه‌رسانا‌ها متعهد بودند. وقتی تگزاس اینسترومنتس در صدد برآمد به‌عنوان اولین تولید‌کننده خارجی تراشه، کارخانه‌ای را در ژاپن تاسیس کند، با انبوهی از موانع‌ قانونی روبه‌رو شد. اینجا بود که موریتا، مدیر سونی پیشنهاد کرد در ازای دریافت سهمی از سود، به تی‌آی کمک کند. او به مدیران تی‌آی گفت به‌طور ناشناس به توکیو بیایند، با نام‌های جعلی در هتل اتاق بگیرند و هرگز از اتاق‌های خود خارج نشوند. موریتا مخفیانه با آن‌ها در هتل دیدار کرد و پیشنهاد ایجاد یک سرمایه‌گذاری مشترک (جونیت‌ونچر) را به آن‌ها داد که در چارچوب آن، تی‌آی تراشه‌ها را در ژاپن تولید می‌کرد و سونی دیوان‌سالاران دولتی را مدیریت می‌کرد. او به مدیران‌ تگزاس اینسترومنتس گفت «ما مراقب شما خواهیم بود». تگزاسی‌ها این اقدام سونی را «یاغی‌گری» خواندند؛ البته منظورشان تمجید سونی بود.

با کمک موریتا و بعد از طی‌کردن تشریفات اداری فراوان، دیوان‌سالاران ژاپن بالاخره مجوز تاسیس یک کارخانه تولید نیمه‌رسانا‌ها را به تی‌آی دادند. برای موریتا این موفقیتی بود که به‌ او کمک کرد مشهور‌ترین تاجر ژاپنی در دو سوی اقیانوس ‌آرام شود. از نظر استراتژيست‌های حوزه سیاست‌ خارجی در واشنگتن، افزایش پیوند‌های تجاری و سرمایه‌گذاری میان دو کشور، توکیو را بیش ‌از ‌پیش در نظام تحت رهبری ایالات ‌متحده ادغام می‌کرد. این ‌تحول برای رهبران ‌ژاپنی چون نخست‌وزیر ایکدا هم پیروزی بزرگی بود. بدین‌ ترتیب، هدف او برای دو برابر کردن درآمد ژاپنی‌ها دو سال زودتر از موعد محقق شد. به ‌لطف کارآفرینان جسور در حوزه الکترونیک همچون موریتا، ژاپن جایگاه جدیدی در جهان به دست آورد. حال دیگر، فروشنده ترانزیستور در چنان موقعیت بانفوذی قرار گرفته بود که شارل ‌دوگل هرگز نمی‌توانست تصور کند.

## فصل 10

**زنان ترانزیستوری**

اولین نیمه‌رسانا‌ها بیشتر توسط مردان طراحی، و توسط زنان مونتاژ می‌شدند. طبق پیش‌بینی قانون‌ مور، «هزینه محاسبه» در آینده کاهش می‌یافت. اما واقعیت بخشیدن به چشم‌انداز مور مستلزم چیزی بیش ‌از کاهش اندازه ترانزیستورهای موجود در هر تراشه بود. برای تحقق این‌ امر، لازم بود نیروی کار بزرگ‌تر و ارزان‌تری جهت مونتاژ نیمه‌رسانا‌ها به‌کار گرفته‌ شود.

بسیاری از کارکنان فرچایلد در جستجوی ثروت یا به عشق‌ مهندسی، به این‌ شرکت پیوسته بودند. چارلی ‌اسپورک[[309]](#footnote-309) پس از آن‌ که از شغل پیشینش اخراج شد، به فرچایلد آمد. او یک نیویورکی سیگاری و پرکار بود که بیش از هر چیز بر بهره‌وری تمرکز داشت. در صنعتی که مملو از دانشمندان برجسته و فناوران رویاپرداز بود، اسپورک متخصص «افزایش بهره‌وری کارگران و ماشین‌آلات به هر ‌قیمت ممکن» بود. در واقع، تحقق برنامه‌ زمانی پیش‌بینی‌شده توسط گوردون مور در خصوص کاهش‌ قیمت محاسبه ، فقط‌ و فقط مدیون مدیران سخت‌گیری چون اسپورک بود.

اسپورک پیش از آن که در اواسط دهه ١٩۵٠ به استخدام جنرال‌الکتریک (جی‌ای)[[310]](#footnote-310) درآید و در کارخانه این شرکت در هودسن فالز[[311]](#footnote-311) نیویورک مشغول به‌کار شود، در دانشگاه کُرنل[[312]](#footnote-312) مهندسی خوانده بود. وظیفه او در جی‌ای بهبود بخشیدن به فرآیند تولید خازن‌ها بود و در این راستا، او پیشنهاد کرد فرآیند عملکرد خط مونتاژ کارخانه تغییر یابد. او معتقد بود تکنیک جدید او بهره‌وری را افزایش خواهد داد؛ اما اتحادیه کارگری که کنترل کارگران خط تولید جی‌ای را در دست داشت، او را تهدیدی علیه کنترل خود بر فرآیند تولید می‌دانست. اتحادیه کارگران را به شورش واداشت. کارگران علیه او تظاهرات کردند و حتی آدمک او را به آتش کشیدند. به دنبال این اتفاق، مدیران کارخانه به وحشتناک افتادند و عقب‌نشینی کردند. آن‌ها به اتحادیه قول دادند تغییرات مورد نظر اسپورک را هرگز اعمال نخواهند کرد.

اسپورک با خود گفت «به جهنم که نمی‌خواهند کارشان بهبود یابد»، و همان شب جستجو برای شغلی دیگر را آغاز کرد. او در اوت ١٩۵٩ آگهی شرکتی کوچک به نام فرچایلد سمیکانداکتر برای استخدام یک مدیر تولید را در وال‌استریت‌جورنال دید و بلافاصله درخواست استخدام خود را به آن شرکت فرستاد. به زودی از او دعوت شد برای مصاحبه به هتلی در خیابان لگزینگتون[[313]](#footnote-313) نیویورک برود. هرچند دو کارمندی که در آن روز از طرف فرچایلد با او مصاحبه کردند، به سادگی او را پذیرفتند؛ این تصمیم آن‌ها یکی از بهترین تصمیمات فرچایلد بود. اسپورک که هرگز در غرب آمریکا زندگی نکرده بود، بلافاصله پیشنهاد کار فرچایلد را پذیرفت و خیلی زود برای کار به مانتن ویو[[314]](#footnote-314) در کالیفرنیا نقل مکان کرد.

اسپورک بعدها به خاطر می‌آورد که وقتی به کالیفرنیا رسید، از ناتوانی شرکت در برخورد با کارگران و اتحادیه آن‌ها متعجب شده بود. او بعدها می‌گفت «من این توانایی را به شرکت آوردم». البته معدود شرکتی را می‌شد یافت که نوعی از راهبرد تنظیم روابط با کارگران را که به سوزانده شدن آدمک مدیران انجامیده باشد را «توانایی» بنامد! در سیلیکون ولی، اتحادیه‌های کارگری ضعیف بودند و اسپورک خود را موظف می‌دانست که اجازه ندهد این وضعیت تغییر کند. او اعلام کرد همراه با همکارانش، «مصمم» به مقابله با اتحادیه‌ها است. البته اسپورک مهندسی واقع‌گرا بود و هرگز با نگرش کلیشه‌ای نسبت به اتحادیه‌ها موضع نمی‌گرفت. او دفترکار خود را چنان سخت‌گیرانه اداره می‌کرد که بسیاری آن را با پادگان ارتش مقایسه می‌کردند. اسپورک به روش خود، یعنی پیشنهاد انتقال بخشی از سهام شرکت به برخی کارکنان افتخار می‌کرد؛ هرچند این رویه در شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات الکترونیکی در شرق آمریکا تقریبا ناشناخته بود. او البته، با بی‌رحمی به‌کارکنانی که از این امتیاز بهره‌مند شده بودند، فشار می‌آورد تا بهره‌وریشان را افزایش دهند.

برخلاف شرکت‌های شرق آمریکا که معمولا بیشتر نیروی کارشان را مردان تشکیل می‌دادند؛ در خطوط مونتاژ اکثر استارت‌آپ‌های توليدکننده تراشه در جنوب سانفرانسیسکو، زنان بیشتر به‌کار گرفته می‌شدند. آن‌ها در طول چند دهه در خطوط مونتاژ کارخانه‌های منطقه سانتاکلارا، از کارخانه‌های تولید کنسرو میوه که در دهه‌های ١٩٢٠ و ١٩٣٠ موتور محرک اقتصاد این منطقه بودند گرفته تا کارخانه‌های هواپیماسازی در دوره جنگ جهانی دوم کار می‌کردند. پس از تصمیم کنگره ایالات متحده برای تسهیل قوانین مهاجرت در سال ١٩۶۵، زنان خارجی بسیاری به نیروی کار این منطقه پیوستند.

تولیدکنندگان تراشه زنان را استخدام می‌کردند، زیرا آن‌ها دستمزد کمتری می‌گرفتند و کمتر از مردان احتمال داشت خواستار شرایط کاری بهتری شوند. همچنین، مدیران تولید معتقد بودند کوچک‌تر بودن دستان زنان موجب می‌شود آن‌ها برای مونتاژ و آزمایش کردن محصولات نیمه‌رسانا مناسب‌تر باشند. در دهه ١٩۶٠، فرآیند متصل کردن تراشه‌های سیلیکونی به قطعات پلاستیکی نگهدارنده آن‌ها مستلزم نگاه‌ کردن از طریق میکروسکوپ برای نصب سیلیکون روی پلاستیک بود. کارگر مونتاژ‌کار آنگاه دو قطعه را در کنار هم نگه می‌داشت تا یک دستگاه با استفاده از حرارت، فشار و لرزش‌های اولتراسونیک، قطعه سیلیکونی را به پایه پلاستیکی متصل کند. سپس سیم‌های طلا که کارشان انتقال جریان برق بود به قطعه متصل می‌شدند، البته باز هم با دست، تا تراشه شکل بگیرد. در نهایت، تراشه‌ها می‌بایست برای آزمایش به یک دستگاه اندازه‌گیری جریان و ولتاژ متصل می‌شدند و البته این مرحله هم در آن زمان تنها با دست انجام می‌شد. هرچه تقاضا برای تراشه‌ها بیشتر می‌شد، تقاضا برای دستانی که باید تراشه‌ها را مونتاژ می‌کردند هم افزایش می‌یافت.

مدیران شرکت‌های تولیدکننده نیمه‌رسانا مانند اسپورک هر چه در کالیفرنیا جستجو می‌کردند، به‌ قدر کفایت کارگر ارزان پیدا نمی‌کردند. فرچایلد سرتاسر ایالات متحده را جستجو کرد و نهایتا کارخانه‌هایی را در ایالت مِین[[315]](#footnote-315) - جایی که به‌نظر اسپورک، کارگران از اتحادیه‌ها متنفر بودند - و در ناواهو[[316]](#footnote-316) در ایالت نیومکزیکو - که مشوق‌های مالیاتی برای شرکت‌ها در نظر گرفته بود - تاسیس کرد. با این حال، حتی در فقیرترین مناطق آمریکا هم، دستمزد‌ها بسیار بالا بود. در آن زمان، باب نویس در هنگ‌کنگ - مستعمره بریتانیا در کنار چین کمونیست - سرمایه‌گذاری شخصی کرده بود. دستمزد‌ها در آنجا یک دهم متوسط دستمزد‌ها در آمریکا - حدود 25 سنت در ساعت - بود. نویس به اسپورک پیشنهاد کرد سری به هنگ‌کنگ بزند و او هم بلافاصله راهی آنجا شد.

اما برخی از همکاران نویس و اسپورک در فرچایلد نگران فکر تولید تراشه در هنگ‌کنگ بودند. یکی از آن‌ها که از استقرار هزاران سرباز ارتش آزادی‌بخش خلق‌ چین در مرز شمالی هنگ‌کنگ بیمناک بود، به نویس و اسپورک هشدار می‌داد که «آنجا کمونیست‌های چین دمِ ِگوش شما هستند». اما مدیران فرچایلد معتقد بودند سرعت کار مونتاژ‌کاران در هنگ‌کنگ دو برابر کارگران آمریکایی است. یکی از مدیران می‌گفت «کارگران هنگ‌کنگی تحمل کار در مشاغل یکنواخت و ملال‌آور را دارند».

در نهایت، فرچایلد ساختمانی را در یک کارخانه تولید صندل در نزدیکی فرودگاه قدیمی هنگ‌کنگ، درست در ساحل خلیج کُلون[[317]](#footnote-317) اجاره کرد. به زودی تابلوی بزرگ فرچایلد به بلندای چند طبقه روی ساختمان نصب شد و نور آن آب‌های اطراف بندرگاه را روشن کرد. فرچایلد تولید ویفر‌های سیلیکونی را در کالیفرنیا ادامه داد، اما حال دیگر این نیمه‌رسانا‌ها را جهت مونتاژ نهایی به هنگ‌کنگ ارسال می‌کرد. کارخانه فرچایلد در هنگ‌کنگ در سال ١٩۶٣، یعنی فقط در اولین سال فعالیتش، ١٢٠ میلیون تراشه را مونتاژ کرد. کیفیت تولید عالی بود، زیرا پایین بودن دستمزد‌ها به فرچایلد اجازه می‌داد مهندسان آموزش‌دیده را برای کار در خطوط مونتاژ استخدام کند؛ کاری که در کالیفرنیا به‌علت گرانی بیش از حد، غیر‌ممکن بود.

فرچایلد اولین شرکت تولیدکننده نیمه‌رسانا بود که در آسیا خطوط مونتاژ راه‌اندازی کرد، اما دیگر شرکت‌ها همچون تگزاس اینسترومنتس و موتورولا[[318]](#footnote-318) هم به سرعت به این شرکت تأسی کردند. ظرف تنها یک دهه، همه تولیدکنندگان آمریکایی تراشه در خارج از کشور خطوط مونتاژ ایجاد کرده بودند. اسپورک کم‌کم به فکر جستجو در جاهایی غیر از هنگ‌کنگ افتاد. هرچند دستمزد‌های ساعتی ٢۵ سنتی در این شهر تنها یک دهم دستمزد‌ها در آمریکا بود، در آسیا جزء بالاترین‌ها بود. در اواسط دهه ١٩۶٠، دستمزد کارگران تایوانی در هر ساعت ١٩ سنت، کارگران مالزیایی ١۵ سنت، کارگران سنگاپوری ١١ سنت و کارگران کره‌جنوبی تنها ده سنت بود.

ایستگاه دوم اسپورک سنگاپور، دولت-شهری با جمعیت چینی‌تبار بود. به گفته یکی مدیران قدیمی فرچایلد، لی‌ کوان ییو،[[319]](#footnote-319) رهبر این کشور تشکیل اتحادیه‌های کارگری را ممنوع کرده بود. تنها کمی بعد از آن، فرچایلد تاسیساتی را در پِنَنگ[[320]](#footnote-320) مالزی راه‌اندازی کرد. صنعت نیمه‌رسانا کم‌کم جهانی می‌شد، و این دهه‌ها پیش از آن بود که کسی حتی واژه جهانی شدن را شنیده باشد. بدین ترتیب، زمینه برای شکل‌گیری زنجیره‌های امروزی تأمین نیمه‌رسانا‌ با مرکزیت آسیا فراهم شد.

واقعیت این است که مدیرانی چون اسپورک هیچ طرح و برنامه‌ای برای پدیده جهانی شدن نداشتند. اگر هزینه‌ها یکسان بود، او با خوشحالی تمام کارخانه‌های فرچایلد را در مِین و کالیفرنیا حفظ می‌کرد. اما دستمزدها در آسیا به لطف وجود میلیون‌ها کشاورز فقیر جویای شغل در کارخانه‌ها پایین بود و مطمئنا تا مدت‌ها پایین هم می‌ماند. از سوی دیگر، در حالی که استراتژیست‌های حوزه سیاست خارجی در واشنگتن کارگران چینی‌تبار را در شهرهایی چون هنگ‌کنگ، سنگاپور و پننگ آماده پیوستن به انقلاب کمونیستی مائو می‌دانستند، به‌نظر اسپورک آن‌ها امید و آرزوی سرمایه‌داران بودند. او می‌گفت «در سیلیکون‌ولی با مشکل اتحادیه‌های کارگری مواجه بودیم؛ اما در مشرق زمین چنین مشکلی هرگز وجود نداشت».

## فصل 11

**ضربه دقیق**

در اوایل دهه ١٩٧٠، اگر کارکنان تگزاس اینسترومنتس در میانه راه سفر میان تاسیسات شرکت در سنگاپور و هنگ‌کنگ، از پنجره هواپیما به پایین نگاه می‌کردند، متوجه ستون‌های دودی می‌شدند که از میادین نبرد در دشت‌های ساحلی ویتنام بر‌می‌خواست. البته ذهن کارکنان تی‌آی در آسیا معطوف تولید تراشه‌ها بود، نه جنگ. با این حال، بسیاری از همکاران آن‌ها در تگزاس، به چیزی غیر از جنگ نمی‌اندیشیدند. اولین قرارداد مهم تی‌آی هم در چندین سال پیش به تولید مدارهای یکپارچه برای موشک‌های عظیم اتمی همچون مینتمن 2 مربوط می‌شد؛ اما جنگ در ویتنام به سلاح‌های متفاوتی نیاز داشت. ایالات متحده در اولین مجموعه بمباران‌هایش در فاصله سال‌های ١٩۶۵ و ١٩۶٨ با نام عملیات غرش‌ تندر،[[321]](#footnote-321) بیشتر از کل بمب‌هایی که در طول جنگ جهانی دوم در سرتاسر منطقه جنگی اقیانوس آرام فرو‌ریخته شد، یعنی بیش از هشتصدهزار تن مواد منفجره را در ویتنام به‌کار برد. اما این آتش‌باری تاثیر چندانی بر ارتش ویتنام شمالی نگذاشت، زیرا بیشتر بمب‌ها به هدف اصابت نمی‌کرد. نیروی‌ هوایی دریافت که باید هوشمندانه‌تر بجنگد. ارتش آمریکا تکنیک‌های مختلفی را برای هدایت موشک‌ها و بمب‌هایش، از کنترل‌ازراه‌دور گرفته تا سامانه‌های دنبال‌کننده منبع نور فروسرخ را آزموده بود. برخی از این تسلیحات، از جمله موشک شرایک[[322]](#footnote-322) که از هواپیما پرتاب می‌شد و از سیستم هدایت‌کننده ساده‌ای استفاده می‌کرد که موشک را به سوی منبع امواج رادیویی رادار‌ها پیش می‌برد، در عمل بسیار موثر از آب در‌آمد.

در عین حال، بسیاری از دیگر سیستم‌های هدایت‌کننده چندان کارآمد نبودند. حتی مدت‌ها بعد از آن دوره، یعنی در سال ١٩٨۵ هم نتایج یک مطالعه وزارت دفاع نشان داد که تنها چهار نوع از موشک‌های هوابه‌هوا توانسته بودند هواپیماهای دشمن را در فراتر از حوزه دید چشم سرنگون کنند. با چنین محدودیت‌هایی، به‌نظر نمی‌رسید تسلیحات هدایت‌شونده بتوانند در تعیین سرنوشت هیچ جنگی موثر افتند.

ارتش نهایتا به این نتیجه رسید که علت مشکل اصلی تسلیحات هدایت‌شونده، در لامپ‌های خلاء آن‌ها نهفته است. برای نمونه، موشک‌های هوا‌به‌هوای اسپرو3[[323]](#footnote-323) که هواپیماهای جنگنده آمریکایی در آسمان ویتنام به‌کار می‌گرفتند، به لامپ‌های خلائی متکی بود که اتصالات آن با دست لحیم‌کاری می‌شد. این در حالی بود که اقلیم شرجی آسیای جنوب‌ شرقی، تکانه‌های شدید حاصل از نشست و برخاست هواپیما، و فشار فراوان ناشی از کشمکش‌های جنگ‌های هوایی، موجب خرابی‌های مکرر این لامپ‌های خلأ می‌شد. سیستم رادار موشک اسپرو به‌طور متوسط در هر پنج تا ده ساعت کار، یک بار خراب می‌شد. مطالعه‌ای که پس از جنگ انجام شد، نشان داد تنها ٩.٢ درصد موشک‌های اسپروی شلیک‌شده در ویتنام به هدف اصابت کرده است، در حالی که ۶۶ درصد آن‌ها درست عمل نکردند و بقیه هم خیلی ساده به هدف برخورد نکردند.

با این وجود، بزرگ‌ترین چالش ارتش در ویتنام ضربه‌ زدن به اهداف‌ زمینی بود. آمار‌های نیروی هوایی آمریکا نشان می‌دهد در آغاز جنگ ویتنام، بمب‌های پرتاب‌شده به‌طور متوسط در فاصله ١٣٠ متری هدف فرود می‌آمدند. بدین‌ ترتیب، حمله به اهداف متحرک اساسا غیرممکن بود. در این میان، وِلدُن ورُد،[[324]](#footnote-324) مهندسی سی‌وچهارساله تصمیم گرفت این مشکل را حل کند. او چشمانی آبی و نافذ و صدایی رسا و اثرگذار داشت. اما مهم‌ترین برتری منحصربه‌فرد او اندیشیدن در مورد آینده جنگ بود. او به تازگی ماموریتی یک‌ساله را روی یک کشتی نیروی دریایی به پایان رسانده بود. در این ماموریت، وظیفه ورد جمع‌آوری داده‌ها برای دستگاه سونار جدید ساخت شرکت تی‌آی بود. این ماموریت هرچند رخوت‌آور و خسته‌کننده بود، به خوبی نشان داد سامانه‌های نظامی در صورت برخورداری از حسگرها و دستگاه‌های مناسب، می‌توانند داده‌های بسیاری جمع‌آوری کنند. خیلی زود، در اواسط دهه ١٩۶٠، ورد به نحوه استفاده از میکروالکترونیک برای متحول ساختن قدرت کشتار ارتش می‌اندیشید. در طرح مورد نظر او، حسگر‌های پیشرفته نصب‌شده در ماهواره‌ها و هواپیماها اهداف را می‌یافتند و ردیابی می‌کردند، موشک‌ها را به سوی آن‌ها هدایت می‌کردند، و حتی نهایتا نابودی آن‌ها را تایید می‌کردند. این شبیه داستان‌های علمی-تخیلی به‌نظر می‌رسید؛ اما حقیقت این است که تی‌آی قبلا قطعات لازم برای چنین سامانه‌ای را در آزمایشگاه‌های خود تولید کرده بود.

درک چالش پیش‌ روی موشک‌های بالستیک قاره‌پیمایی که تی‌آی تراشه‌های آن‌ها را می‌ساخت، چندان دشوار نبود. این موشک‌ها نه از هواپیمایی که با سرعت صد‌ها کیلومتر در ساعت پرواز می‌کند و برای فرار از آتش دشمن، هر لحظه تغییر مسیر می‌دهد؛ بلکه از موضعی ثابت روی زمین شلیک می‌شدند. اهدافشان هم متحرک نبودند. خود این موشک‌ها کمترین تاثیر را از باد و شرایط آب‌وهوایی می‌پذیرفتند، زیرا بخش اعظم مسیر حرکت خود را در فضای خارج از جو طی می‌کردند و آنگاه با زاویه‌ای کم و با سرعتی چند برابر سرعت صوت به سمت زمین سرازیر می‌شدند. کلاهک‌های انفجاری آن‌ها به قدری بزرگ بود که حتی در صورت اشتباهی کوچک در برخورد با هدف، در هر حال تخریبی عظیم را به بار می‌آورد. در حقیقت، ضربه زدن به مسکو از مونتانا بسیار ساده‌تر از پرتاب بمبی به سوی یک کامیون از هواپیمایی در ارتفاع کمتر از هزار متر بود.

یکی از همکاران ورد می‌گفت آنچه او می‌خواست انجام دهد کار پیچیده‌ای بود، اما او دریافته بود که بهترین سلاح‌ها «ارزان و شناخته‌شده‌اند‌»، و این ویژگی‌ها قابلیت استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های آموزشی و در میادین جنگ تضمین می‌کرد. او معتقد بود که وسایل میکروالکترونیکی باید با کمترین پیچیدگی ممکن طراحی شوند. هر اتصالی که با استفاده از لحیم‌کاری ایجاد می‌شد، از قابلیت اعتماد این وسایل می‌کاست. هر چه وسایل الکترونیکی ساده‌تر می‌شدند، سامانه‌هایی که از آن‌ها بهره می‌گرفتند، قابل‌اعتمادتر و کم‌مصرف‌تر می‌شدند.

بسیاری از پیمانکاران وزارت‌ دفاع سعی داشتند موشک‌های گران‌قیمتی را به پنتاگون بفروشند، اما ورد به اعضای گروهش گفته بود سلاح‌هایی به ارزانی یک خودروی خانوادگی بسازند. او در جستجوی وسیله ساده‌ای بود که استفاده از آن هم آسان باشد، به‌طوری که بتوان به سرعت آن را در هر نوع هواپیمایی نصب کرد و در هر نوع ماموریت نظامی به‌کار گرفت، و حتی متحدان ایالات متحده هم به سرعت بتوانند آن را به‌کار بگیرند.

ورد در ژوئن ١٩۶۵ به پایگاه هوایی اِگلین[[325]](#footnote-325) در کالیفرنیا سفر، و در آنجا با سرهنگ جو دِیویس،[[326]](#footnote-326) افسر مسوول برنامه دست‌یابی به تجهیزات جدید برای استفاده در ویتنام دیدار کرد. دیویس پرواز را در پانزده‌سالگی و پیش از آن آموخته بود که به ارتش بپیوندد و با هواپیما‌های جنگنده و بمب‌افکن در جنگ جهانی دوم و در جنگ کره پرواز کند. او سپس فرماندهی واحدهای نیروی هوایی را، هم در اروپا و هم در اقیانوس آرام تجربه کرده بود. او بهتر از هر کسی می‌دانست که چه نوع تسلیحاتی در ماموریت‌های نيروی هوایی کارآیی دارد. نویس در ملاقات با ورد، عکسی را از پل فلزی ١٨٠ متری‌ تان‌هوا[[327]](#footnote-327) در شمال ویتنام به او نشان داد، در حالی که تسلیحات پدافند هوایی آن را احاطه کرده بودند. آن‌ها روی این عکس، هشتصد لکه سیاه را در اطراف پل شمردند که هر یک محل اصابت بمبی بود که به هدف نخورده بود. ده‌ها و شاید صد‌ها بمب هم در داخل رودخانه افتاده بود و اثر قابل‌رویتی باقی نگذاشته بود. آن پل همچنان پابرجا بود. دیویس از ورد پرسید «آیا تگزاس اینسترومنتس می‌تواند در این خصوص کاری کند‌».

ورد معتقد بود تخصص تی‌آی در حوزه الکترونیک نیمه‌رسانا می‌تواند به افزایش دقت بمب‌های نیروی‌ هوایی کمک کند. در تگزاس اینسترومنتس، هیچ‌کس چیزی در مورد طراحی بمب نمی‌دانست. به همین علت، ورد کار را با بمب‌های ساده M-117 شروع کرد که تا آن زمان، ۶٣٨ عدد از آن بی‌هیچ نتیجه‌ای به اطراف پل‌ تان‌هوا اصابت کرده بود. او به این بمب مجموعه‌ای از چند بال را اضافه کرد که می‌توانست پرواز آن را هنگام سقوط از آسمان هدایت کند. او در نهایت، یک سیستم هدایت‌کننده لیزری را روی بمب نصب کرد که قرار بود بال‌های آن را کنترل کند. این سیستم هدایت‌کننده از یک ویفر سیلیکونی کوچک تشکیل شده بود که به چهار قسمت تقسیم و پشت یک عدسی نصب شده بود. در این دستگاه، پرتویی از لیزر به هدف تابانده می‌شد و بازتاب آن از میان عدسی عبور می‌کرد و به قطعه سیلیکونی می‌تابید. اگر بمب در مسیر سقوط خود را از هدف کوچک‌ترین انحرافی می‌یافت، یکی از چهار قسمت آن انرژی بیشتری دریافت می‌کرد و مداربندی آن، بال‌ها را طوری حرکت می‌داد که مسیر بمب اصلاح شود و لیزر بدون انحراف با عبور از عدسی به وسط قطعه سیلیکونی بتابد.

سرهنگ دیویس برای تحویل اولین بمب مجهز به سامانه هدایت‌کننده لیزری که به‌علت طراحی ساده‌اش به سرعت از آزمایش‌های نیروی هوایی سربلند در‌آمد، به تگزاس اینسترومنتس ٩ ماه فرصت و ٩٩ هزار دلار بودجه داد. در ١٣ مه ١٩٧٢، هواپیماهای آمریکایی ٢۴ عدد از این بمب‌ها را روی پل تان‌هوا - که تا آن زمان به‌عنوان مظهر بی‌دقتی بمباران‌های پیشین این کشور، در میان صد‌ها چاله انفجار همچنان پابرجا مانده بود - ریختند. این بار بمب‌ها به هدف اصابت کردند. بعد از آن، ده‌ها پل، تقاطع خطوط راه‌آهن و دیگر اهداف راهبردی با بمب‌های دقیق جدید مورد حمله قرار گرفت. یک حسگر لیزری ساده و چند ترانزیستور توانسته بود سلاحی با عملکرد صفر در ازای ۶٣٨ بار حمله را به ابزاری با قدرت ضربه‌زنی دقیق تبدیل کند.

اما واقعیت تعیین‌کننده این بود که مدل جنگ چریکی که در دشت‌های ویتنام در جریان بود. جنگی نبود که‌ بمباران‌های هوایی بتواند برنده آن را مشخص کند. در حقیقت، ورود بمب‌های مجهز به هدایت‌کننده‌های لیزری تی‌آی با شکست آمریکا در جنگ هم‌زمان شد. در این روز‌ها، وقتی سران ارتش، از جمله ژنرال ویلیام وِستمورلَند[[328]](#footnote-328) پیش‌بینی می‌کردند «مناطق جنگی تحت نظارت مستمر قرار خواهد گرفت و در آن‌ها از سامانه‌های آتش‌ خودکار استفاده خواهد شد، بسیاری از مردم به یاد ادعاهای ناشی از غرور احمقانه‌ای می‌افتادند که در روز اول، پای آمریکا را به این جنگ کشیده بود. بنابراین، به جز گروه کوچکی از نظریه‌پردازان نظامی و مهندسان الکترونیک، هیچ‌کس متوجه نشد که جنگ ویتنام زمینه را برای انجام آزمایش‌های موفقیت‌آمیز روی تسلیحاتی فراهم کرد که دستگاه‌های میکروالکترونیکی و مواد منفجره را به هم پیوند زد و در روش‌های جنگی انقلاب ایجاد کرد و قدرت نظامی آمریکا را متحول ساخت.

## فصل 12

**سیاست زنجیره تأمین**

هر‌چند مارک شِپِرد،[[329]](#footnote-329) مدیر‌عامل تگزاس اینسترومنتس در دوره جنگ جهانی دوم در آسیا خدمت کرده بود، موریس چانگ با طعنه در مورد او می‌گفت تخصصش در آن منطقه چیزی فراتر از «گردش با دوستان در کافه‌ها» نیست. شپرد که فرزند یک افسر پلیس در دالاس بود، در شش‌سالگی توانسته بود اولین لامپ خلاء خود را مونتاژ کند. او در بنا‌ نهادن کسب‌و‌کار نیمه‌رسانا‌ها در تی‌آی نقش محوری ایفا کرده بود و از جمله در زمان اختراع اولین مدار یکپارچه، نظارت بر بخشی را به‌ عهده داشت که جک کیلبی در ‌آن کار می‌کرد. شانه‌های پهن، یقه آهار‌دار، موی روغن‌زده و لبخند کشیده او به خوبی با شخصیتش به‌عنوان یک غول تجاری اهل تگزاس سازگار بود. او اکنون می‌رفت تا پیش‌برد سیاست انتقال بخشی از فرآیند تولید تی‌آی به آسیا را به عهده بگیرد.

چانگ و شپرد در سال ١٩۶٨ و در جریان جستجو در آسیا برای یافتن محلی برای استقرار تاسیساتی جدید برای مونتاژ تراشه‌ها، به تایوان رفتند. این سفر اما، به بدترین نتیجه ممکن انجامید. شپرد در یک‌ مورد، وقتی آشپز یک رستوران استیک او را بر‌خلاف روشی که او در تگزاس به آن عادت داشت، با سس سویا آماده کرد، واکنش‌ تندی از خود نشان داد. به‌ همین‌ ترتیب، اولین دیدار او با کی تی لی[[330]](#footnote-330) وزیر قدرتمند و زیرک اقتصاد تایوان هم بعد از آن‌ که وزیر حقوق مالکیت فکری را «ابزاری برای زورگویی به کشور‌های عقب‌مانده» خواند، پایان شیرینی نداشت.

ظاهرا لی در این که شپرد را مامور امپراطوری آمریکا می‌دید، اشتباه نمی‌کرد. اما بر‌خلاف مردم ویتنام شمالی که تلاش می‌کردند ایالات متحده را از کشور خود بیرون برانند، لی در نهایت به این نتیجه رسید که تایوان از نزدیکی بیشتر به آمریکا منتفع خواهد شد. تایوان و ایالات متحده از سال ١٩۵۵ بدین سو، به‌ موجب معاهده‌ای امنیتی با هم متحد بودند؛ اما در بحبوحه‌ ناکامی‌های آمریکا در ویتنام، وعده‌هایی که این کشور در حوزه امنیت به تایوان داده بود، چندان قابل‌اعتماد به‌نظر نمی‌رسید. در کشور‌های شرق آسیا، از کره‌جنوبی گرفته تا تایوان، از مالزی تا سنگاپور، دولت‌های ضدکمونیسم دنبال تضمینی بودند تا مطمئن شوند عقب‌نشینی‌های آمریکا موجب تنها ماندن آن‌ها نخواهد شد. آن‌ها همچنین به دنبال اشتغال‌زایی و جذب سرمایه‌گذاری بودند تا بتوانند بر نارضایتی اقتصادی که بخشی از مردمشان را به سوی کمونیسم می‌راند، فائق آیند. وزیر لی متوجه شده بود که تگزاس اینسترومنتس می‌تواند به تایوان در حل هم‌زمان هر دوی این مشکلات کمک کند.

از سوی دیگر، استراتژيست‌های ایالات متحده در واشنگتن نگران بودند فروپاشی قریب‌الوقوع ویتنام جنوبیِ تحت حمایت آمریکا به گسترش موج هراس در سرتاسر آسیا بینجامد. استراتژيست‌های حوزه سیاست خارجی جوامع چینی‌تبار در سرتاسر این منطقه را مستعد نفوذ کمونیست‌ها می‌دیدند و تصور می‌کردند ممکن است این کشور‌ها همچون آبشار دومینو، یکی پس از دیگری گرفتار دام کمونیسم شوند. برای نمونه، اقلیت چینی‌تباران مالزی، پشتوانه اصلی حزب کمونیست این کشور بودند. در سنگاپور هم، چینی‌تباران طبقه ناآرام کارگر را تشکیل می‌دادند. به‌ علاوه، چین که به دنبال متحد می‌گشت، بر نقاط ضعف آمریکا تمرکز کرده بود.

دولت تایوان که از قضا ادعای حکومت بر کل چین را هم داشت، بیش از همه نگران پیروزی قریب‌الوقوع کمونیست‌ها در ویتنام بود. دهه ١٩۶٠ هرچند دوره شکوفایی اقتصادی تایوان بود، در حوزه سیاست خارجی چیزی جز فاجعه برای آن نداشت. حاکم دیکتاتور این جزیره، چیانگ کای‌شِک[[331]](#footnote-331) همچنان رویای تسخیر مجدد سرزمین اصلی چین را در سر می‌پروراند، اما کفه‌های ترازوی قدرت نظامی به‌طور تعیین‌کننده‌ای به ضرر او جابه‌جا شده بود. پکن اولین سلاح اتمی خود را در سال ١٩۶۴ آزمایش کرد. کمی بعد از آن هم، این کشور یک سلاح حرارتی-اتمی را آزمایش کرد. در مقابل چین هسته‌‌ای، تایوان بیش از پیش به تضمینات امنیتی آمریکا نیاز داشت. در عین حال، با ادامه جنگ ویتنام، ایالات متحده کمک‌های اقتصادی به دوستانش در آسیا از جمله تایوان را قطع کرد، و این برای کشوری بسیار وابسته به حمایت آمریکا، نشانه‌ای شوم بود.

مقامات تایوان - از جمله خود کی تی لی که در کمبریج فیزیک هسته‌ای خوانده بود و پیش از به دست گرفتن سکان هدایت توسعه اقتصادی تایوان در طول دهه‌های بعد از جنگ، مدیر یک کارخانه فولاد بود - شروع به پیاده‌سازی‌ راهبردی برای ادغام اقتصادی با ایالات متحده کردند. نیمه‌رساناها در این برنامه نقش محوری داشتند. لی می‌دانست که بسیاری از مهندسان آمریکایی تایوانی‌تبار در حوزه نیمه‌رسانا تمایل دارند به این برنامه کمک کنند. در دالاس هم، موریس چانگ همکارانش را در تی‌آی تشویق به ایجاد تاسیساتی در تایوان می‌کرد. وقتی چانگ پس از فرار از چین کمونیست به آمریکا رفت، خیلی‌ها انتظار داشتند او که متولد تایوان بود، به زودی به این جزیره بازگردد. اما او مدت‌ها بعد، يعنی در سال ١٩۶٨ برای اولین بار به تایوان سفر کرد. با این حال، دو نفر از هم‌کلاسان چانگ در دوره دکتری هم اهل تایوان بودند و او را متقاعد کردند در این جزیره، فضای کسب‌و‌کار مناسب است و دستمزد‌ها پایین خواهد ماند.

وزیر لی پس از آن که در ملاقات اول خود با شپرد، او را متهم کرد مامور امپریالیست‌ها است، به سرعت سیاست خود را تغییر داد. او دریافته بود که برقراری رابطه با تگزاس اینسترومنتس می‌تواند صنعت کشورش را توسعه بخشد، به انتقال دانش فنی و حرفه‌ای بینجامد و نهایتا اقتصاد تایوان را متحول سازد. او همچنین معتقد بود مونتاژ دستگاه‌های الکترونیکی می‌تواند به افزايش سرمایه‌گذاری در حوزه‌های دیگر، و تولید کالا‌های دارای ارزش‌افزوده بیشتر در تایوان کمک کند. در حالی که آمریکایی‌ها به تدریج از قبول تعهدات نظامی در آسیا گریزان می‌شدند، تایوان راهی جز متنوع‌سازی پیوند‌های خود با ایالات متحده نداشت. لی با خود فکر می‌کرد آمریکایی‌ها هرچند علاقه‌ای به دفاع نظامی از تایوان ندارند، احتمالا آمادگی دفاع از تگزاس اینسترومنتس را خواهد داشت. به‌نظر او، هرچه تعداد کارخانه‌های نیمه‌رسانا بیشتر باشد، و هرچه پیوند‌های اقتصادی با ایالات متحده بیشتر باشد، تایوان امن‌تر خواهد بود. نهایتا، هیات‌مدیره تی‌آی پس از بهبود روابط با دولت تایوان، در ژوییه ١٩۶٨ ساخت کارخانه‌ای جدید را در این جزیره تصویب کرد. این کارخانه در اوت ١٩۶٩ مونتاژ اولین وسایل الکترونیکی را آغاز، و در سال ١٩٨٠ یک‌میلیاردمین محصول تولیدی خود را صادر کرد.

تایوان تنها کشوری نبود که اعتقاد داشت پیوستن به زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا‌ها می‌تواند موجب رشد اقتصادی شود و ثبات سیاسی را تقویت کند. در سال ١٩٧٣، لی کوان یو،[[332]](#footnote-332) رهبر سنگاپور به ریچارد نیکسون، رییس‌جمهور ایالات متحده گفت برای «کاهش بیکاری» روی صادرات حساب می‌کند. به زودی، دو شرکت آمریکایی تی‌آی و نشنال سمیکانداکتر[[333]](#footnote-333) با حمایت دولت سنگاپور کارخانه‌هایی را برای مونتاژ نیمه‌رسانا‌ها در این دولت-شهر تاسیس کردند. بعدا تراشه‌سازان متعددی به آن‌ها تأسی کردند. تا پایان دهه ١٩٧٠، شرکت‌های آمریکایی تولید‌کننده نیمه‌رسانا‌ ده‌ها هزار کارگر از ملت‌های متفاوت را عمدتا در کره، تایوان و آسیای جنوب شرقی به‌کار گرفته بودند. حال دیگر ائتلاف بین‌المللی جدیدی میان تراشه‌سازان کالیفرنیایی و تگزاسی، دیکتاتورهای آسیایی، و کارگران غالبا چینی‌تباری شکل گرفته بود که در بسیاری از تاسیسات مونتاژ نیمه‌رسانا‌ها در آسیا کار می‌کردند.

صنعت نیمه‌رسانا وضعیت اقتصادی و سیاسی دوستان آمریکا را در منطقه بازسازی کرد. کارگران سخت‌کوش خطوط مونتاژ، خوشحال از این که به جای بیکاری یا زراعت معیشتی، در مشاغل پردرآمد‌تر در کارخانه‌ها مشغول به‌کار بودند، شهرهایی که مدت‌ها مهد رادیکالیسم سیاسی بودند را متحول می‌ساختند. در اوایل دهه ١٩٨٠، صنعت الکترونیک حدود هفت درصد تولید ناخالص ملی سنگاپور و یک‌چهارم مشاغل صنعتی این کشور را به خود اختصاص می‌داد. ۶٠ درصد تولیدات الکترونیکی را وسایل نیمه‌رسانا تشکیل می‌داد و بقیه هم کالاهایی بود که بدون نیمه‌رسانا‌ها کار نمی‌کرد. در‌ هنگ‌کنگ، صنعت الکترونیک بعد از صنعت نساجی، بیشترین مشاغل را ایجاد کرده بود. در مالزی، تولید نیمه‌رسانا‌ها در شهرهایی چون پننگ، کوالالامپور و مِلاکا[[334]](#footnote-334) رونق گرفته و مشاغل تولیدی جدیدی را برای بسیاری از ١۵ درصد جمعیت کارگران مالزیایی ایجاد کرده بود که بین سال‌های ١٩٧٠ و ١٩٨٠ مزارع را رها و به شهر‌ها کوچ کرده بودند. این‌گونه مهاجرت‌های گسترده غالبا موجب بی‌ثباتی سیاسی می‌شود، اما مالزی توانست با ایجاد مشاغل نسبتا پردرآمد در خطوط مونتاژ دستگاه‌های الکترونیکی، نرخ بیکاری را پایین نگه دارد.

اکنون در آسیا، از کره‌جنوبی گرفته تا تایوان و از سنگاپور گرفته تا فیلیپین، نقشه محل استقرار کارخانه‌های تولید نیمه‌رسانا‌ها بسیار شبیه نقشه محل استقرار پایگاه‌های نظامی آمریکا در سرتاسر آسیا بود. این در حالی است که حتی پس از قبول شکست در ویتنام و کاهش حضور نظامی آمریکا در منطقه، این زنجیره‌های تأمین در منطقه اقیانوس آرام پابرجا ماندند. تا پایان دهه ١٩٧٠، به جای این که متحدان آمریکا در آسیا گرفتار آبشار دومینوی سقوط در دام کمونیست‌ها شوند، حتی بیش‌ از پیش به آمریکا نزدیک شده بودند.

مارک شپرد در سال ١٩٧٧، یعنی تقریبا یک دهه پس از ملاقات اول، مجددا در تایوان با کی تی لی دیدار کرد. تایوان همچنان با خطر تهاجم چین روبه‌رو بود، اما شپرد به لی گفت «ما فکر می‌کنیم قدرت و پویایی اقتصاد تایوان به خوبی توانسته است این خطر را جبران کند». او به‌ لی قول‌ داد «تی‌آی در تایوان خواهد ماند و بزرگ‌تر هم خواهد شد‌». امروز، اين شرکت همچنان تاسیسات خود را در تایوان حفظ کرده است. تایوان هم از سوی دیگر، به شریک بی‌بدیلی براي سیلیکون‌ولی تبدیل شده است.

## فصل 13

**انقلابیون اینتل[[335]](#footnote-335)**

سال ١٩۶٨ با ظهور چندین جنبش انقلابی در جهان همراه بود. از پکن گرفته تا برلین و برکلی، تندروها و چپ‌گراها آماده فروریختن نظم جاافتاده موجود بودند. حمله ویتنام شمالی در ژانویه آن سال هم کاستی‌های قدرت ارتش آمریکا را نشان داد. با این حال، خبر انقلابی‌ترین رویداد آن سال را روزنامه محلی پالو آلتو تایمز حتی پیش از بزرگ‌ترین روزنامه‌های آن روز، در گزارشی با عنوان «بنیان‌گذاران فرچایلد این شرکت را ترک می‌کنند و شرکت خود را تشکیل می‌دهند‌‌» منتشر کرد.

سرکشی باب‌ نویس و گوردون مور اصلا به اعتراضات دانشجویان برکلی و اعضای جنبش پلنگ سیاه در منطقه خلیج شرقی کالیفرنیا که با طراحی قیام‌های خشونت‌آمیز، رویای نابودی نظام سرمایه‌داری را در سر می‌پروراند، شباهتی نداشت. نویس و مور در فرچایلد تنها از پیشنهادهایی که صاحبان شرکت در مورد واگذاری سهام به آن‌ها داده بودند و همچنین از دخالت مدیران مستقر در دفتر مرکزی شرکت در نیویورک در کارهای خود ناراضی بودند. در واقع هدف آن‌ها، نه فروریختن نظم موجود؛ بلکه بازسازی آن بود.

نویس و مور با همان سرعتی که یک دهه پیش استارت‌آپ شاکلی را رها کرده بودند، این بار فرچایلد را ترک گفتند و شرکت اینتل را تاسیس کردند که نامش را از حروف ابتدایی اینتگرِتِد الکترونیکس[[336]](#footnote-336) گرفته بود. در چشم‌‌اندازی که آن‌ها از آینده ترسیم کرده بودند، ترانزیستور قرار بود به ارزان‌ترین محصول تولیدشده تا آن زمان تبدیل شود؛ و مصرف جهانی آن به تریلیون‌ها و تریلیون‌ها عدد برسد. قرار بود انسان‌ها به‌طور اساسی به نیمه‌رسانا‌ها وابسته، و البته با کمک‌ آن‌ها قدرتمند شوند. در حالی که جهان در حال متصل شدن به ایالات متحده بود، شبکه‌سازی داخلی در خود آمریکا هم در حال تغییر بود. عصر صنعت رو به پایان بود. تخصص در برش ترانزیستورها در دل قطعات سیلیکون می‌رفت تا به اقتصاد جهان شکل دهد. شهر‌های کوچک در کالیفرنیا همچون پالو آلتو و مانتن ویو آماده بودند به مراکز قدرت جهانی تبدیل شوند.

اینتل دو سال پس از تاسیس، اولین محصول خود را تولید کرد که تراشه‌ای به نام «حافظه دسترسی تصادفی پویا یا درَم»[[337]](#footnote-337) بود. پیش از دهه ١٩٧٠، رایانه‌ها عموما داده‌ها را نه با استفاده تراشه‌های سیلیکونی، بلکه با استفاده از وسیله‌ای به نام هسته مغناطیسی[[338]](#footnote-338) «به خاطر می‌سپردند» که ماتریسی بود از حلقه‌های فلزی بسیار کوچکی که توسط شبکه‌ای از سیم‌ها به هم متصل می‌شدند. طرز کار حافظه مغناطیسی بدین‌ گونه بود که هر حلقه‌ای که مغناطیسی می‌شد عدد «١» را برای رایانه به خاطر می‌سپرد. حلقه غیر‌مغناطیسی هم معرف عدد «٠» بود. جنگل سیم‌هایی که حلقه‌ها را به هم متصل می‌کرد، می‌توانست هر یک از آن‌ها را از نظر مغناطیسی روشن و خاموش کند، و همین طور وضعیت صفر یا یک بودن آن‌ها را تشخیص دهد یا به اصطلاح، «بخواند». در عین حال، تقاضا برای دستگاه‌هایی که توانایی به خاطر سپردن «صفر‌ها» و «یک‌ها» را داشته باشند، به‌طور انفجاری در حال افزایش بود، اما سیم‌ها و حلقه‌ها در آن زمان تا سرحد امکان کوچک شده بودند و کوچک‌تر شدنشان غیرممکن بود. حتی اگر اجزای آن حافظه‌ها کوچک‌تر هم می‌شد، مونتاژ‌‌کاران نمی‌توانستند آن‌ها را با دست به هم «ببافند». در حالی که تقاضا برای حافظه‌های رایانه‌ای به سرعت در حال افزایش بود، هسته‌های مغناطیسی پاسخ‌گوی این تقاضای رو به رشد نبودند.

در دهه ١٩۶٠، مهندسانی همچون رابرت دِنارد[[339]](#footnote-339) از آی‌بی‌ام[[340]](#footnote-340) به تدریج ایده ساخت مدارهای یکپارچه ‌ای را در سر می‌پروراندند که می‌توانستند در به خاطر سپردن داده‌ها بسیار کارآمد‌تر از حلقه‌های فلزی کوچک عمل کنند. دنارد موهای بلند و تیره‌ای داشت که از پشت گوش‌ها به پایین می‌ریخت و سپس با زاویه نود درجه‌ای موازی زمین می‌شد و به او ظاهر نابغه‌ای عجیب و غریب را می‌داد. او پیشنهاد ساخت حافظه کوچک‌ جدیدی را با متصل کردن یک ترانزیستور به یک خازن مطرح کرد که می‌توانست با اِعمال و تخلیه بار الکتریکی، اعداد «١» و  «٠» را به خاطر بسپارد. از آنجا که بار الکتریکی خازن‌ها در طول زمان نشت‌ می‌کند، دنارد در نظر داشت با استفاده از ترانزیستور، خازن را مکررا شارژ کند. این تراشه (به‌علت شارژ مکرر) «حافظه دسترسی تصادفی پویا» یا درم خوانده شد. این تراشه‌ها تا امروز قلب حافظه رایانه‌ها بوده‌اند.

حافظه‌های درم هم مانند حافظه‌های هسته مغناطیسی، اعداد «٠» و «١» را با کمک جریان‌های الکتریکی ذخیره می‌کردند، اما به جای اتکا به سیم‌ها و حلقه‌ها، مدارهای درم در قطعات سیلیکونی کنده‌کاری می‌شد. از آنجا که اجزای این حافظه جدید با دست به هم متصل نمی‌شد، کمتر خراب می‌شد و می‌توانست بسیار کوچک‌تر شود. نویس و مور مطمئن بودند که اینتل، شرکت تازه‌تاسیس آن‌ها می‌تواند از ایده حافظه دنارد بهره بگیرد و آن را روی تراشه‌ای بسیار فشرده‌تر از هسته‌های مغناطیسی نصب کند. آن‌ها تنها با نگاهی به نمودار رسم‌شده بر اساس قانون مور دریافته بودند تا وقتی که سیلیکون‌ولی بتواند کوچک‌سازی‌ ترانزیستورها را ادامه دهد، کسب‌و‌کار حافظه‌های رایانه‌ای تحت سیطره تراشه‌های درم قرار خواهد داشت.

برنامه اینتل تسلط بر کسب‌و‌کار تراشه‌های درم بود. نقطه قوت تراشه‌های حافظه در این است که نیاز به تخصصی شدن ندارند. در نتیجه، این تراشه‌ها که با طراحی ثابت ساخته می‌شوند را می‌توان در انواع مختلف دستگاه‌ها به‌کار گرفت، و این امر تولید انبوه آن‌ها را ممکن می‌سازد. برعکس، دیگر انواع اصلی تراشه‌ها - آن‌هایی که کارشان نه «به خاطر سپردن»، بلکه «محاسبه‌‌» است - باید برای هر دستگاهی به‌طور تخصصی ساخته شوند، زیرا مسائل محاسباتی با هم متفاوت‌اند. برای نمونه، نحوه کار ماشین‌حساب با طرز‌ کار رایانه هدایت‌کننده موشک تفاوت دارد. به همین علت، تا سال‌های ١٩٧٠، در هر یک از این دستگاه‌ها، انواع متفاوتی از تراشه‌های منطقی[[341]](#footnote-341) به‌کار گرفته می‌شد. نتیجه این تخصص‌‌گرایی افزایش هزینه‌ها بود. بنابراین، اینتل تصمیم گرفت روی تولید تراشه‌های حافظه تمرکز کند، زیرا در این صنعت تولید انبوه می‌توانست موجب ایجاد صرفه‌های مقیاس قابل‌ملاحظه‌ای شود.

نویس هرگز نمی‌توانست در برابر وسوسه معماری مهندسی مقاومت کند. او با وجود این که به تازگی میلیون‌ها دلار را تنها با این وعده به دست آورده بود که شرکت جدید‌ش در آینده ترا‌شه حافظه خواهد ساخت، به سرعت به این نتیجه رسید که یک خط تولید جدید به‌کارخانه‌اش اضافه کند. علت این بود که در سال ١٩۶٩، یک شرکت ژاپنی تولید‌کننده ماشین‌حساب به نام بیزیکام[[342]](#footnote-342) از نویس خواسته بود مجموعه مدارهای پیچیده‌‌ای را برای جدید‌ترین ماشین‌حسابش طراحی‌ کند. در آن زمان، ماشین‌حساب‌های دستی در واقع آیفون‌های دهه ‌١٩٧٠ بودند که از پیشرفته‌ترین فناوری‌های محاسبه بهره می‌گرفتند تا قیمت‌ها را کاهش دهند و این قطعات پلاستیکی قدرتمند را تا حدی کوچک‌سازی کنند که در هر جیبی جای گیرد. شرکت‌های ژاپنی متعددی ماشین‌حساب تولید می‌کردند، اما برای طراحی و ساخت تراشه‌هایشان به سیلیکون‌ولی متکی بودند.

نویس به تِد هاف،[[343]](#footnote-343) مهندسی با صدایی آرام که پس از تحصیل در زمینه شبکه‌های عصبی به اینتل پیوسته بود، ماموریت داد به درخواست بیزیکام پاسخ دهد. برخلاف بیشتر کارکنان اینتل که فیزیک‌دان یا شیمی‌دان بودند و بر حرکت الکترون‌ها در تراشه‌ها تمرکز داشتند، پیشینه هاف در زمینه معماری رایانه‌ها به او اجازه می‌داد به نیمه‌رسانا‌ها از منظر سیستم‌هایی بنگرد که از نیروی تراشه‌ها بهره می‌گیرند. مدیران بیزیکام به هاف گفتند به دوازده تراشه متفاوت متشکل از بیست‌و‌چهارهزار ترانزیستور نیاز دارند که همگی باید در یک طرح سفارشی منحصربه‌فرد چیده شوند.

هاف اما، این خواسته را به قدری پیچیده می‌دانست که تحقق آن برای استارت‌آپ کوچکی چون اینتل غیرممکن می‌شد. هاف در حالی که ماشین‌حساب بیزیکام را بررسی می‌کرد، متوجه شد طراحان رایانه‌ها همواره با ضرورت ایجاد توازن میان دو مولفه ظاهرا متعارض «سفارشی کردن مدارهای منطقی» و «سفارشی کردن نرم‌افزار» مواجه بودند: از آنجا که ساخت تراشه‌ها کسب‌وکاری مبتنی بر سفارش بود و برای هر دستگاهی مدارهای یکپارچه خاصی تولید و تحویل می‌شد، مشتریان به شکل چندان جدی به نرم‌افزار توجه نمی‌کردند.

با این حال، پیشرفت اینتل با تراشه‌های حافظه - و احتمال افزایش تصاعدی قدرت این نوع تراشه‌ها با گذشت زمان - بدین معنی بود که ظرفیت حافظه رایانه‌ها به زودی به قدر کافی برای پاسخ‌گویی به قابلیت‌های نرم‌افزار‌های پیچیده افزایش خواهد یافت. هاف اطمینان داشت به زودی طراحی تراشه‌های منطقی استانداردشده ارزان‌تر تمام خواهد شد، زیرا این نوع تراشه‌های منطقی به‌علت متصل ‌شدن به تراشه‌های حافظه‌ قدرتمند و برنامه‌ریزی شده با انواع مختلف نرم‌افزار، می‌توانند انواع مختلف محاسبات را انجام دهند. هر چه باشد، هاف می‌دانست که تراشه‌های حافظه تولیدی هیچ شرکتی قدرتمندتر از تراشه‌های حافظه اینتل نیست.

پیش از اینتل هم شرکت‌های دیگری به فکر تولید تراشه‌های منطقی با مصرف عمومی افتاده بودند. برای نمونه یکی از پیمانکاران وزارت دفاع تراشه‌ای کاملا شبیه تراشه‌های اینتل را برای یکی از رایانه‌های هواپیمای جنگنده اف١۴ تولید کرده بود. البته وجود این تراشه تا دهه ١٩٩٠ مخفی نگاه داشته شده بود. در این میان، اینتل تراشه‌ای به نام ۴٠٠۴ را تولید کرد و آن را در برنامه تبلیغاتی خود به‌عنوان اولین ریزپردازنده[[344]](#footnote-344) - ریزرایانه قابل‌برنامه‌ریزی نصب‌شده روی یک تراشه - جهان معرفی کرد. این وسیله که انقلابی در صنعت محاسبه ایجاد کرد، در انواع مختلف دستگاه‌ها قابل‌استفاده بود. نویس بعدا در میانه جشن پنجاهمین سالگرد ازدواج والدینش در سال ١٩٧٢، حضار را به سکوت دعوت کرد و یک ویفر سیلیکونی را به آن‌ها نشان داد و گفت «این وسیله جهان را متحول خواهد کرد». اکنون دیگر منطقِ عمومی، قابلیت تولید انبوه یافته بود و صنعت محاسبه هم در انتظار انقلاب خود بود، در حالی که اینتل پيشرفته‌ترین خطوط مونتاژ اجزای تشکیل‌دهنده اصلی آن در جهان را در اختیار داشت.

کاروِرمید، استاد دانشگاه کَلتک بهتر از هر کسی دریافته بود که تولید انبوه قدرت محاسبه، انقلابی در جوامع بشری ایجاد خواهد کرد. چشمان نافذ و ریش بزی، او را بیشتر شبیه فیلسوفان دانشگاه برکلی کرده بود تا مهندس برق. دوستی او با گوردون مور درست پس از تاسیس فرچایلد و هنگامی آغار شد که مور خرامان وارد دفتر مید شد و لنگه‌ای جوراب، پر از ترانزیستورهای رِیتیون 2N706[[345]](#footnote-345) را به او داد تا در کلاس‌های درس مهندسی برق خود از آن‌ها استفاده کند. مور به زودی مید را به‌عنوان مشاور استخدام کرد و از آن پس، مرد دوراندیش دانشگاه کلتک هر چهارشنبه خود را در تاسیسات فرچایلد در سیلیکون‌ولی می‌گذراند. هر‌چند گوردون مور برای اولین بار در سال ١٩۶۵، در مقاله خود منحنی افزایش تصاعدی تراکم ترانزیستورها در تراشه‌ها را ترسیم کرده بود، این مید بود که نام «قانون مور» را روی این نظریه نهاد.

مید در سال ١٩٧٢ پیش‌بینی کرد ‌«در ده سال آینده، تمام وجوه زندگی اجتماعی ما کم‌وپيش خودکارسازی خواهد شد». او در ذهن خود حتی «وجود ریزرایانه‌ها را در تلفن‌ها، ماشین‌های لباسشویی و حتی خودرو‌ها» تجسم می‌کرد. او می‌گفت بر اساس محاسباتش، «ما طی دویست سال گذشته توان تولید کالا‌ها و نقل مکان مردم را با ضریب ١٠٠ افزایش داده‌ایم؛ اما در بیست سال اخیر، سرعتمان در پردازش و بازیابی اطلاعات یک میلیون تا ده‌میلیون برابر افزایش یافته است. به زعم مید، انفجاری انقلابی در پردازش داده‌ها در راه بود: «قدرت محاسبه ما دیگر از مغزمان خارج شده است».

مید همچون یک پیش‌گو، از انقلابی با پیامد‌های ژرف اجتماعی و سیاسی خبر می‌داد. به‌نظر او، کسانی می‌توانستند در این جهان نو نفوذ داشته باشند که بتوانند قدرت محاسبه را تولید کنند و با استفاده از نرم‌افزار‌ها آن را ماهرانه به‌کار بندند. مهندسان نیمه‌رسانا در سیلیکون‌ولی به نحوی به دانش تخصصی، شبکه‌ها و گزینه‌های خرید سهام شرکت‌های مختلف دسترسی داشتند که می‌توانستند قوانین آینده را وضع کنند. این قوانین را سایرین مجبور بودند رعایت کنند. جامعه صنعتی جای خود را به جهان دیجیتال می‌داد که در آن صفر‌ها و یک‌ها در میلیون‌ها لایه سیلیکونی پراکنده در سرتاسر شئون جامعه، ذخیره و پردازش می‌شد. عصر غول‌های فناوری در حال ظهور بود. مید در جایی گفته بود «آینده جامعه نامعلوم است‌». آنچه تکلیف این آینده را روشن خواهد کرد، چیزی نیست جز فناوری میکروالکترونیک و توانایی آن در قرار دادن اجزای بیشتر و بیشتر در فضا‌های کوچک‌تر و کوچک‌تر. در بیرون این صنعت درک اندکی از چگونگی تحول جهان وجود داشت، اما رهبران اینتل می‌دانستند اگر بتوانند دسترسی به قدرت محاسبه را به‌طور قابل‌ملاحظه افزایش دهند، تحولات بنیادینی در راه خواهد بود. گوردون مور در سال ١٩٧٣ اعلام کرد «ما انقلابیون واقعی جهان امروزیم، نه جوانان ریش و مو بلندی که چند سال پیش مدارس را ویران می‌کردند».

## فصل ١۴

**راهبرد جبرانی پنتاگون**

هیچ‌ کس به اندازه پنتاگون - که خود یکی از شالوده‌های نظم قدیم بود - از انقلاب نویس و مور بهره‌مند نشد. وقتي ویلیام پِری[[346]](#footnote-346) کارآفرین سابق سیلیکون‌ولی، به‌عنوان معاون وزیر دفاع در امور مهندسی و پژوهش وارد واشنگتن شد، حس‌ کودکی را داشت که وارد فروشگاه شیرینی فروشی شده است. او شغل جدیدش را «بهترین شغل جهان» خواند. پنتاگون بزرگ‌ترین بودجه را برای خرید فناوری داشت. به علاوه، تقریبا هیچ‌ کس در واشنگتن مانند او تصویر روشنی از تاثیرگذاری ریزپردازنده‌ها و تراشه‌های حافظه قدرتمند بر تحول همه سلاح‌ها و سامانه‌های دفاعی مورد استفاده وزارت دفاع نداشت.

بر‌خلاف باب نویس و گوردون مور که با نادیده گرفتن دولت و فروش تراشه‌هایشان در بازار عظیم ماشین‌های‌ حساب و رایانه‌های بزرگ[[347]](#footnote-347) ثروت‌اندوزی می‌کردند، پری رابطه نزدیکی با پنتاگون داشت. او که پسر یک نانوای اهل پنسیلوانیا بود، حرفه خود به‌عنوان یک دانشمند را در سیلیکون‌ولی با کار در آزمایشگاه‌‌های دفاع الکترونیکی سیلوِنیا آغاز کرد. سیلونیا بخشی از همان شرکت الکترونیکی بود که چانگ را پس از فارغ‌التحصیلی از ام‌آی‌تی استخدام کرد. وظیفه پری در سیلونیا طراحی وسایل الکترونیکی فوق‌محرمانه‌ای بود که پرتاب موشک‌های اتحاد شوروی را رصد می‌کرد. در پاییز ١٩۶٣، او یکی از ده کارشناسی بود که با فوریت به واشنگتن فراخوانده شدند تا عکس‌های جدید گرفته‌شده توسط هواپیماهای جاسوسی یو2 از موشک‌های اتحاد شوروی در کوبا را بررسی کنند. این نشان می‌دهد که پری حتی در جوانی، یکی از کارشناسان برتر کشور در امور نظامی محسوب می‌شد.

در واقع، این شغل پری در سیلونیا بود که او را به تشکیلات نظامی آمریکا کشاند. البته او همچنان در مانتن ویوی کالیفرنیا زندگی می‌کرد و در حالی که اطرافش پر بود از استارت‌آپ‌ها، کم‌کم سیلونیا را که شرکتی قدیمی بود، بیش از حد بوروکراتیک و کسالت‌آور دید. به علاوه، فناوری سیلونیا به سرعت در حال منسوخ شدن بود. علی‌رغم گذشت مدت‌ها از آغاز تولید انبوه مدارهای یکپارچه توسط رقبای سیلونیا در سیلیکون‌ولی، هم محصولات مصرفی و هم محصولات دفاعی این شرکت همچنان به لامپ خلأ متکی بود. پری آشنایی کاملی با پیشرفت‌های صورت‌گرفته در اطرافش در زمینه الکترونیک حالت جامد داشت. او و باب نویس در پالو آلتو در یک گروه کُر آواز می‌خواندند. بدین ترتيب، او که وقوع انقلابی قریب‌الوقوع را حس می‌کرد، در سال ١٩۶٣ از سیلونیا جدا شد و در شرکت خود به طراحی دستگاه‌های نظارت و مراقبت برای ارتش پرداخت. او براي تامين قدرت پردازش مورد نیاز دستگاه‌های خود، خرید تراشه از هم‌خوانش در گروه کُر پالو آلتو که اتفاقا مدیر‌عامل اینتل هم بود را آغاز کرد.

او بعد‌ها می‌گفت در سیلیکون‌ولیِ آفتابی «همه چیز جدید و هر چیزی ممکن به‌نظر می‌رسید». او اما در پنتاگون سال ١٩٧٧، دنیا را بسیار تیره‌تر می‌دید. ایالات متحده به تازگی در جنگ ویتنام شکست خورده بود. حتی بدتر از آن، تحلیلگران پنتاگون، همچون اندرو مارشال[[348]](#footnote-348) هشدار می‌دادند که اتحاد شوروی برتری نظامی آمریکا را تقریبا به‌طور کامل از میان برده است. مارشال زاده دیترویت و مردی کوچک‌اندام با سر تاس و بینی عقابی بود که از پشت عینکش با نگاهی راز‌آمیز به جهان می‌نگریست. او پیش از آن که یکی از بانفوذترین مقامات دولتی نیم‌قرن اخیر شود، در طول جنگ جهانی دوم در یک کارخانه ماشین‌افزارسازی کار می‌کرد. مارشال در سال ١٩٧٣ به استخدام پنتاگون درآمده بود تا اداره ارزیابی شبکه[[349]](#footnote-349) را تاسیس کند و به پيش‌بينی آینده جنگ بپردازد.

مارشال به این نتیجه ناخوشایند رسیده بود که پس از چند دهه جنگ بیهوده در آسیای جنوب شرقی، ایالات متحده برتری نظامی خود را از دست داده است. او مصمم بود که این برتری نظامی را به کشور بازگرداند. هر‌چند پرتاب اسپوتنیک و بحران موشکی کوبا بسيار پیش از این واشنگتن را حیرت‌زده کرده بود، تحول مهم در اوایل دهه ١٩٧٠ و هنگامی رخ داد که ذخایر موشک‌های بالستیک قاره‌پیمای شوروی‌ها به قدری بزرگ شد که به آن‌ها اطمینان می‌داد حتی پس از حمله هسته‌‌ای ایالات متحده، به قدر کافی سلاح هسته‌ای دارند تا حمله‌ای ویران‌کننده را به آن کشور به اجرا گذارند. موضوع نگران‌کننده‌‌تر این بود که ارتش شوروی تانک‌ها و هواپیماهای بیشتری هم داشت که حتی از پیش در محل‌هایی در اروپا مستقر شده بودند که می‌توانست در جنگ‌های احتمالی آینده به میدان جنگ تبدیل شود. در مقابل اما، ایالات متحده - که تحت فشار داخلی بود تا از هزینه‌های نظامی بکاهد - اصلا نمی‌توانست در این مسابقه پا‌به‌پای اتحاد شوروی پیش برود.

استراتژيست‌هایی چون مارشال می‌دانستند که تنها پاسخ مناسب به برتری اتحاد شوروی در کمّیت تسلیحات، تولید سلاح‌های برخوردار از کیفیت بالاتر است. اما چگونه؟ او خیلی زود، یعنی در سال ١٩٧٢ به سران ارتش توصیه کرد که ایالات متحده باید از «برتری قابل‌ملاحظه و ماندگار خود» در حوزه رایانه استفاده کند. او نوشت: «راهبرد مناسب این است که این برتری را توسعه ببخشیم و مفاهیم جنگ را به نحوی متحول سازیم که این برتری به مزیت اصلی در جنگ تبدیل شود». در راهبرد مورد نظر او «افزایش سرعت جمع‌آوری اطلاعات»، «افزایش پیچیدگی فرآیند‌های فرمان و کنترل» و «قابلیت هدایت نهایی» برای موشک‌ها از بالا‌ترین اهمیت برخوردار بود. او ایده تسلیحاتی را در سر می‌پروراند که بتواند با دقت تمام به هدف ضربه بزند. او اطمینان داشت که اگر آینده جنگ به رقابت برای رسیدن به دقت عملیات تبدیل شود، شوروی‌ها حتما از ایالات متحده عقب خواهند افتاد.

پری دریافته بود که کوچک شدن ابزار‌های قدرت محاسبه به زودی موجب خواهد شد این چشم‌انداز مارشال رنگ واقعیت به خود گیرد. او که پیش‌تر از تراشه‌های اینتل در دستگاه‌های تولیدی ‌شرکت خود استفاده کرده بود، با نوآوری‌های سیلیکون‌ولی در زمینه نیمه‌رسانا‌ها کاملا آشنا بود. بسیاری از سامانه‌های تسلیحاتی مورد استفاده در جنگ ویتنام همچنان به لامپ‌های خلأ متکی بودند. در عین حال، جدیدترین ماشین‌های حساب دستی که از تراشه‌ها بهره می‌گرفتند، قدرت محاسبه بسیار بالاتری از موشک‌های قدیمی اسپرو٣ داشتند. پری مطمئن بود که اگر این تراشه‌ها در موشک‌ها به‌کار گرفته شوند، ارتش آمریکا به سرعت از شوروی‌ها پيشی خواهد گرفت. او معتقد بود موشک‌های هدایت‌شونده نه تنها برتری کمّی شوروی‌ها را «جبران» خواهد کرد، بلکه آن‌ها را وادار خواهد ساخت در پاسخ به این موشک‌ها، چنان مبالغ هنگفتی را صرف تلاش برای ساخت سامانه‌های ضدموشکی کند که تاثیر ویران‌کننده‌ای بر اقتصاد آن کشور داشته باشد. محاسبات پری نشان می‌داد مسکو برای مقابله با سه‌هزار موشک کروز آمریکایی که پنتاگون در نظر داشت تولید کند، به زمانی حدود پنج تا ده سال و مبالغی حدود ٣٠ تا ۵٠ میلیارد دلار نیاز خواهد داشت - و حتی‌ درآن صورت هم، اگر همه این موشک‌ها به سوی اتحاد شوروی شلیک شود، آن کشور خواهد توانست تنها نیمی از این موشک‌ها را نابود کند.

این دقیقا همان نوع فناوری‌‌ای بود که اندرو مارشال جستجو می‌کرد. پری و مارشال با کمک هارولد براون،[[350]](#footnote-350) وزیر دفاع جیمی کارتر، پنتاگون را وادار کردند در فناوری‌های جدید، شامل نسل جدیدی از موشک‌های هدایت‌شونده که به جای لامپ خلأ، از مدا‌ر‌های یکپارچه بهره می‌گرفتند‌؛ شبکه‌ای از ماهواره‌ها که می‌توانستند مختصات جغرافیایی مکان‌های مورد‌ نظر را به هر نقطه‌ای از زمین ارسال کنند؛ و - مهم‌تر از همه - برنامه جدیدی برای تولید سریع نسل بعدی تراشه‌ها به منظور اطمينان از ادامه برتری فناورانه ایالات متحده، مبالغ هنگفتی را سرمایه‌گذاری کند.

پنتاگون، تحت رهبری پری، این مبالغ را صرف سامانه‌های تسلیحاتی جدیدی کرد که از برتری ایالات متحده در میکروالکترونیک بهره می‌بردند. این سرمایه‌گذاری موجب پیش‌برد برنامه‌های تولید سلاح‌های دقیق، همچون پِیووِی[[351]](#footnote-351) و همه انواع تسلیحات هدایت‌شونده از موشک‌های کروز گرفته تا گلوله‌های توپ شد. استفاده از قدرت محاسبه کوچک‌سازی‌شده در تراشه‌ها همچنین موجب رشد سریع حسگر‌ها و سامانه‌های حوزه ارتباطات شد. برای مثال، شناسایی زیردریایی‌های دشمن عمدتا به تولید حسگر‌های دقیق و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌‌شده توسط آن‌ها در الگوریتم‌های پیچیده‌تر وابسته بود. متخصصان فیزیک صوت در ارتش اطمینان داشتند که در صورت وجود قدرت پردازش کافی، تشخیص نهنگ‌ها از زیردریایی‌ها حتی از فواصل چند کیلومتری ممکن خواهد بود.

به تدریج تسلیحات هدایت‌شونده پیچیده‌تر شدند. امروز دیگر سامانه‌های جدید همچون موشک تاماهاک[[352]](#footnote-352) به سیستم‌های هدایت‌کننده‌ای بسیار پیشرفته‌تر از پیووی متکی بودند و در رادار آن‌ها از ارتفاع‌سنجی استفاده می‌شد که زمین را اسکن و تصویر به‌دست‌آمده را با نقشه‌های از پیش‌بارگذاری‌شده در رایانه موشک مقایسه می‌کرد. بدین ترتیب، موشک می‌توانست در صورت انحراف، مسیر خود را اصلاح کند. ایده ساخت این نوع سامانه‌های هدایت‌کننده دهه‌ها پیش نظریه‌پردازی شده بود، اما اجرایی کردن این ایده‌ها تا امروز طول کشیده بود. زیرا تراشه‌های قدرتمند به تازگی تا حدی کوچک‌سازی شده بودند که در یک موشک کروز جای گیرند.

ساخت سلاح‌های هدایت‌شونده حتی بدون آنکه به هم مرتبط باشند، نوآوری قدرتمندی بود، اما اگر این سلاح‌ها از امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات برخوردار می‌شدند، تاثیرگذاری آن‌ها بیشتر هم می‌شد. پری به سازمان پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی پنتاگون (دارپا)[[353]](#footnote-353) دستور داد طی پروژه ویژه‌ای، تمام این حسگر‌ها، سلاح‌های هدایت‌شونده، و ابزار‌های ارتباطی جدید را یکپارچه، و نتایج این یکپارچه‌سازی را بررسی کند. در این پروژه که «یورش‌شکن»[[354]](#footnote-354) نامیده می‌شد، راداری هوایی طراحی گردید که می‌توانست اهداف دشمن را شناسایی و اطلاعات مکانی آن‌ها را به یک مرکز پردازش زمینی ارسال کند. مرکز نیز اطلاعات دریافتی از رادار را با اطلاعات دریافتی از حسگر‌های دیگر ترکیب می‌کرد. در این سامانه، رادار هوایی با موشک‌های زمین‌پایه در ارتباط بود و آن‌ها را هدایت می‌کرد. این موشک‌ها هنگام سقوط نهایی، چند کلاهک فرعی را رها می‌کردند که هر یک به‌طور مجزا به هدف اصابت می‌کرد.

تسلیحات هدایت‌شونده کم‌کم تصویری از جنگ‌های خودکار را پیش چشم ترسیم می‌کرد که در آن، تک‌تک سامانه‌های جنگی مجزا به‌طور بی‌سابقه‌ای از قدرت محاسبه برخوردار بودند. تحقق این چشم‌انداز تنها بدین علت ممکن ‌شده بود که به گفته پری در مصاحبه‌ای در سال ١٩٨١، «ایالات متحده می‌رفت تا تراکم تراشه‌ها را در تسلیحات خود تا ده یا حتی صد برابر افزایش دهد». او همچنین قول داد قدرت محاسبه در تسلیحات این کشور نیز به همین میزان افزایش یابد. او اعلام کرد «ما قادر خواهیم بود رایانه‌هایی را در تراشه جای دهیم که تنها ده سال پیش تمام فضای این اتاق را اشغال می‌کردند» و بدین ترتیب «از تسلیحات هوشمند در تمام سطوح بهره خواهیم گرفت».

چشم‌انداز پری درست به اندازه تولیدات سیلیکون‌ولی رادیکال بود. اما سوال این بود که آیا پنتاگون واقعا خواهد توانست چنین برنامه مبتنی بر فناوری پیشرفته‌ای را به اجرا گذارد. هنگامی که پری در آخر دوره ریاست‌جمهوری کارتر در سال ١٩٨١ سمت خود را در پنتاگون ترک گفت، خبرنگاران و اعضای کنگره آمریکا قمار او بر سر برنامه «ضربه دقیق»[[355]](#footnote-355) را مورد حمله قرار داده بودند. برای نمونه، یکی از روزنامه‌نگاران در سال ١٩٨٣ در مقاله‌ای تحت عنوان «موشک‌های کروز: سلاح جادویی یا ترقه دروغین؟» این برنامه را به باد انتقاد گرفت. نویسنده دیگری هم با اشاره به معایب مکرر و نرخ نا‌‌امیدکننده موفقیت این سلاح‌های «هوشمند» که تفاوت چندانی با موشک‌های اسپروی مجهز به لامپ‌های خلأ نداشت، فناوری‌های پیشرفته پری را «طبل تو خالی» خوانده بود.

به زعم بسیاری از منتقدان که معتقد بودند فناوری موشک‌های هدایت‌شونده به آهستگی توسعه خواهد یافت، چرا که تانک‌ها و هواپیماها هم به آهستگی متحول می‌شوند، تحقق چشم‌انداز پری مستلزم پیشرفتی در حد داستان‌های علمی-تخیلی در قدرت محاسبه بود. آن‌ها می‌گفتند افزایش‌های تصاعدی پیش‌بینی‌شده در قانون مور در عمل به ندرت دیده می‌شود و به سختی قابل‌درک است. با این حال، پری هم، در پیش‌بینی افزایش ده تا صد برابری تراکم تراشه‌ها و قدرت محاسبه، تنها نبود. اینتل نیز ‌چنين قولی را به مشتریانش می‌داد. پری منتقدان خود در کنگره آمریکا را «پیشرفت‌گریزانی» می‌خواند که اصلا سرعت تحول تراشه‌ها را درک نمی‌کردند.

حتی پس از پایان دوره مسوولیت پری هم، وزارت دفاع تزریق پول به برنامه‌های توسعه تراشه‌های پیشرفته و سامانه‌های نظامی متکی به آن‌ها را ادامه داد. اندرو مارشال نیز همچنان در پنتاگون کار می‌کرد و سودای ساخت سامانه تسلیحاتی جدیدی را در سر می‌پروراند که قرار بود از نسل آینده این تراشه‌ها بهره گیرد. اما آیا مهندسان نیمه‌رسانا‌ می‌توانستند پیشرفتی که پری قول داده بود را محقق سازند؟

بر اساس پیش‌بینی قانون مور، چنین چیزی ممکن بود؛ اما هیچ تضمینی برای تحقق این پیش‌بینی وجود نداشت. به علاوه، برخلاف زمانی که مدارهای یکپارچه به تازگی اختراع شده بودند، صنایع سازنده تراشه‌ها دیگر بر تولیدات نظامی متمرکز نبودند. شرکت‌هایی چون اینتل به جای موشک‌ها؛ رایانه‌های مورد استفاده در شرکت‌ها و کالا‌های مصرفی را هدف گرفته بودند. در واقع، تنها بازار کالا‌های مصرفی می‌توانست هزینه هنگفت برنامه‌های عظیم تحقیق‌و‌توسعه مورد نیاز برای تحقق قانون مور را تأمین کند.

شاید بتوان ادعا کرد که این پنتاگون بود که سیلیکون‌ولی را در اوایل دهه ١٩۶٠ بنا کرد. اما ده سال بعد، شرایط کاملا متفاوت شده بود. ارتش آمریکا در جنگ ویتنام شکست خورده بود؛ اما به دنبال آن، صنعت تراشه با مرتبط کردن آمریکا با بقیه آسیا، از سنگاپور گرفته تا تایوان و ژاپن، از طریق گسترش سریع پیوند‌های سرمایه‌گذاری و زنجیره‌های تأمین، در زمان صلح پیروز شده بود. اکنون تمام جهان با زیرساخت اختراعات آمریکا ارتباط محکم‌تری داشت، و حتی دشمنانی چون اتحاد شوروی هم مشغول کپی کردن تراشه‌ها و ابزارآلات تراشه‌سازی آمریکا بودند. در همین حال، صنعت تراشه به ساخت انواعی از سامانه‌های تسلیحاتی جدید کمک کرده بود که نحوه جنگیدن آمریکا را در جنگ‌های آینده متحول می‌ساخت. قدرت ایالات متحده در حال دگرگونی بود. اکنون دیگر کل کشور به موفقیت سیلیکون‌ولی وابسته بود.

# بخش سوم

**رهبری ازدست‌رفته؟**

## فصل 15

**«این رقابت دشوار است»**

«از وقتی آن مقاله را نوشتی، زندگی من به جهنمی تبدیل شده است». این جمله‌ای است که یکی از فروشندگان تراشه به ریچارد اَندرسون،[[356]](#footnote-356) از مدیران شرکت هیولت‌پاکارد (اچ‌پی)[[357]](#footnote-357) گفت‌. وظیفه اندرسون انتخاب تراشه‌هایی بود که با استانداردهای سخت‌گیرانه اچ‌پی مطابقت داشته باشد. دهه ١٩٨٠، برای کل بخش نیمه‌رسانا‌ در ایالات متحده دهه‌ای جهنمی بود. سیلیکون‌ولی که تصور می‌کرد در قله فناوری جهان ایستاده است، بعد از دو دهه رشد سریع، اکنون با تهدید جدی رقابت شدید ژاپنی‌ها روبه‌رو بود. هنگامی که اندرسون در ٢۵ مارس ١٩٨٠، در کنفرانسی صنعتی در هتل تاریخی مِی‌فلاوِر[[358]](#footnote-358) در واشنگتن دی‌سی پشت میکروفون قرار گرفت، مخاطبان با دقت به سخنان او گوش فرا دادند، زیرا همه آن‌ها تلاش داشتند به او تراشه بفروشند. دیو پاکارد[[359]](#footnote-359) و بیل هیولت،[[360]](#footnote-360) صاحبان شرکتی که او برای آن کار می‌کرد، پیش از تاسیس استارت‌آپ هیولت‌پاکارد، در دهه ١٩٣٠ و در حالی که به تازگی از دانشگاه استنفورد فارغ‌التحصیل شده بودند، کار روی تجهیزات الکترونیکی را در گاراژی در پالو آلتو آغاز کردند. این شرکت اکنون یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های فناوری آمریکا - و یکی از بزرگ‌ترین خریداران نیمه‌رسانا‌ها - بود.

قضاوت اندرسون در مورد تراشه‌ها می‌توانست سرنوشت هر شرکت تولیدکننده نیمه‌رسانایی را رقم بزند، اما فروشندگان سیلیکون‌ولی حق نداشتند با او روابط شخصی برقرار کنند. البته او با شرمندگی می‌پذیرفت که «بعضی اوقات به آن‌ها اجازه می‌دادم مرا به ناهار دعوت کنند». در هر حال، همگان در سیلیکون‌ولی می‌دانستند که او کلیددار دروازه ارتباط با مهم‌ترین مشتری آن‌ها است. شغل او موجب شده‌ بود دیدگاهی جامع در خصوص صنعت نیمه‌رسانا و از جمله نحوه عملکرد هر یک از شرکت‌ها داشته باشد.

علاوه بر شرکت‌های آمریکایی چون اینتل و تی‌آی، اکنون شرکت‌های ژاپنی چون توشیبا[[361]](#footnote-361) و اِن‌ای‌سی[[362]](#footnote-362) هم تراشه حافظه درم تولید می‌کردند؛ البته بیشتر فعالان سیلیکون‌ولی این بازیگران جدید را جدی نمی‌گرفتند. شرکت‌های تولید‌کننده تراشه در آمریکا تحت مديريت کسانی بودند که خودشان این فناوری پیشرفته را اختراع کرده بودند. آن‌ها به مزاح ژاپن را کشور «کلیک، کلیک» می‌خواندند، و در این نام‌گذاری اشاره آن‌ها به صدای دوربین‌هایی بود که‌ مهندسان ژاپنی با خود به کنفرانس‌های معرفی تراشه‌ها می‌آوردند تا با استفاده از آن‌ها، ایده‌های آمریکاییان را بهتر کپی کنند. این واقعیت که تولید‌کنندگان بزرگ تراشه در آمریکا همواره درگیر پرونده‌های شکایت از نقض حقوق مالکیت فکری خود توسط رقبای ژاپنیشان بودند، مدرکی بود که نشان می‌داد سیلیکون‌ولی کاملا جلوتر از ژاپنی‌ها است.

با این همه، اندرسون در اچ‌پی، مانند دیگران بدون سند و مدرک، توشیبا و اِن‌ای‌سی را دست کم نگرفت. او تراشه‌های آن ها را آزمود و متوجه شد کیفیت آن‌ها بسیار بهتر از تراشه‌های رقبای آمریکایی آن‌ها است. به موجب گزارش نهایی او، نرخ خرابی تراشه‌های هیچ یک از سه شرکت ژاپنی در هزار ساعت کار، از ٠.٠٢ درصد تجاوز نمی‌کرد. در عین حال، پایین‌ترین نرخ خرابی تراشه‌های سه شرکت آمریکایی، ٠.٠٩ درصد بود، و این یعنی تعداد تراشه‌های معیوب آمریکایی چهارونیم برابر تراشه‌های معیوب ژاپنی بود.

تعداد نرخ خرابی تراشه‌های ضعیف‌ترین شرکت آمریکایی، ٠.٢۶ درصد، یعنی بیش از ده برابر نرخ خرابی تراشه‌های ژاپنی بود. در واقع، تراشه‌های حافظه درم آمریکایی همان کار را می‌کردند که رقبای ژاپنی آن‌ها می‌کردند، قیمت آن‌ها هم با تراشه‌های ژاپنی یکسان بود؛ اما بسیار بیشتر خراب می‌شدند. پس چرا باید کسی آن‌ها را می‌خرید؟

تراشه‌سازی تنها صنعت آمریکایی نبود که از سوی رقبای باکیفیت و بسیار کارآمد ژاپنی تحت فشار قرار داشت. در سال‌های بلافاصله پس از جنگ جهانی دوم، عبارت «ساخت ژاپن» با واژه «ارزان» مترادف شده بود. اما کارآفرینان ژاپنی، چون آکیو موریتا از شرکت سونی به‌ تدریج شهرت خود برای قیمت‌های پایین را رها کردند تا محصولاتی تولید کنند که از نظر کیفیت، چیزی کم از هيچ رقیب آمریکایی نداشته باشد. رادیو ترانزیستوری موریتا اولین محصول عمده‌ای بود که برتری اقتصادی آمریکا را به چالش کشید و موفقیت آن به موریتا و همتایان ژاپنی‌اش جرات داد اهداف حتی بالاتری را برای خود در نظر بگیرند. حال دیگر، صنایع آمریکایی از خودرو گرفته تا فولاد با رقابت شدید ژاپنی‌ها روبه‌رو بودند.

در دهه ١٩٨٠، ژاپنی‌ها در تولید لوازم الکترونیکی مصرفی تخصص یافته بودند و در این میان، سوني در معرفی کالا‌های جديد و گرفتن سهم رقبای آمریکایی در بازار پیشتاز بود. شرکت‌های ژاپنی در ابتدا با همانندسازی محصولات رقبای آمریکایی و البته تولید آن‌ها با کیفیت بالاتر و قیمت پایین‌تر به موفقیت رسیدند. برخی از ژاپنی‌ها این ایده را مطرح می‌کردند که خودشان در اجرا عالی‌ هستند، در حالی که آمریکا در نوآوری بهتر عمل می‌کند. یکی از روزنامه‌نگاران ژاپنی نوشته بود «ما دکتر نویس یا دکتر شاکلی نداریم»، هرچند آن کشور کم‌کم دانشمندانی را تربیت کرده بود که بتوانند به جایزه‌ نوبل هم دست یابند. با این حال، ژاپنی‌های صاحب‌نام همچنان موفقیت‌های علمی کشورشان را به‌ویژه هنگام صحبت با مخاطبان آمریکایی، کم‌اهمیت جلوه می‌دادند. برای مثال ماکوتو کیکوچی،[[363]](#footnote-363) فیزیک‌دان مشهور و مدیر تحقیقات سونی به یک روزنامه‌نگار آمریکایی گفت ژاپن از آمریکا، این کشور «نخبگان برجسته»، نوابغ کمتری دارد. اما او در ادامه و برای توضیح علت برتری ژاپن در تولید انبوه، به «تعداد زیاد آمریکاییان دارای هوش کمتر از حد معمول» اشاره کرد.

از سوی دیگر، تولیدکنندگان تراشه در آمریکا همچنان بر این باور بودند که گفته کیکوچی در مورد برتری آمریکا در نوآوری درست است؛ هرچند مدارک خلاف این تصور رو به فزونی بود. اتفاقا بهترین مدرک نادرستی این نظر که ژاپن نه «نوآور» خوب، بلکه فقط «مجری» خوبی بود، رییس خود کیکوچی، یعنی آکیو موریتا، مدیر‌عامل سونی بود. موریتا می‌دانست که کپی‌کاری، فقط برای کسب موقعیت‌ها و منافع درجه دو دستورالعمل مناسبی است. او نه تنها مهندسان خود را به تولید بهترین رادیوها و تلویزیون‌ها، بلکه همچنین به ایده‌پردازی در مورد انواعی از محصولات کاملا جدید وامی‌داشت. در سال ١٩٧٩، تنها چند ماه پیش از سخنرانی اندرسون درباره مشکلات کِیفی تراشه‌های آمریکایی، سونی دستگاه پخش موسیقی واکمن[[364]](#footnote-364) را به بازار عرضه کرد که با استفاده از پنج مدار یکپارچه کاملا پیشرفته این شرکت، انقلابی در صنعت موسیقی ایجاد کرد. اکنون نوجوانان و جوانان در سرتاسر جهان می‌توانستند با استفاده از دستگاه‌های پخش موسیقی مجهز به مدار‌های یکپارچه‌ای که برای اولین بار در سیلیکون‌ولی ساخته شده، اما در ژاپن توسعه یافته بودند، موسیقی مورد علاقه خود را در جیبشان حمل کنند. سونی ٣٨۵ میلیون عدد واکمن را در سرتاسر جهان به فروش رساند و بدین ترتیب این دستگاه را به یکی از محبوب‌ترین لوازم الکترونیکی مصرفی تبدیل کرد. این رویداد چیزی نبود جز ناب‌ترین شکل نوآوری، که اتفاقا در ژاپن صورت پذیرفته بود.

ایالات متحده از تبدیل شدن ژاپن به فروشنده ترانزیستور در دوران پس از جنگ جهانی دوم حمایت کرده بود. از یک سو، سران نیرو‌های اشغالگر آمریکایی در ژاپن دانش مرتبط با نوآوری در ترانزیستورها را به فیزیک‌دانان ژاپنی منتقل کردند، و از سوی دیگر سیاست‌گذاران آمریکایی در واشنگتن دسترسی شرکت‌های ژاپنی چون سونی را به بازار‌های آمریکا تضمین کردند. بدین ترتیب، هدف تبدیل کردن ژاپن به کشوری دارای نظام سرمایه‌داری دموکراتیک تحقق یافت. اکنون برخی آمریکاییان این سوال را مطرح می‌کردند که آیا این راهبرد بیش از حد خوب عمل نکرده است؟ چنین به‌نظر می‌رسید که راهبرد توانمند‌سازی‌ بنگاه‌های ژاپنی به برتری اقتصادی و فناورانه آمریکا لطمه می‌زند.

چارلی اسپورک، مدیری که روش مدیریتش در جی‌ای موجب شده بود کارگران آدمک او را به آتش بکشند، بهره‌وری ژاپنی‌ها را جذاب و در عین حال، ترسناک می‌دید. او که کار در صنعت تراشه را در فرچایلد آغاز کرده بود، پس از ترک آن شرکت، مدیریت شرکت نَشنال‌سمیکانداکتر را به عهده گرفت که در آن زمان تولید‌کننده بزرگ تراشه‌های حافظه بود. به‌نظر می‌رسید رقابت ژاپنی‌های بسیار کارآمد نهایتا او را از کسب‌و‌کار تراشه‌ها بیرون خواهد راند. اسپورک، خود با دشواری توانسته بود شهرتی در افزایش بهره‌وری کارگران در خطوط مونتاژ به دست آورد؛ اما سطح بهره‌وری ژاپنی‌ها بسیار فراتر از آن چیزی بود که کارگران اسپورک می‌توانستند به آن برسند.

اسپورک یکی از سرکارگران و گروهی از کارگران خط مونتاژ خود را چند ماهی برای دیدار از تاسیسات تولید نیمه‌رسانا‌ها به ژاپن فرستاد. پس از بازگشت آن‌ها به کالیفرنیا، اسپورک فیلمی در مورد تجربه آن‌ها ساخت. در این فیلم، کارگرانی که از کارخانه‌های ژاپنی دیدن کرده بودند، گفتند کارگران ژاپنی «به‌طور شگفت‌انگیزی طرفدار شرکتشان هستند و سرکارگرها هم شرکت را به خانواده خود ترجیح می‌دهند». مدیران شرکت‌ها در ژاپن لازم نبود نگران به آتش کشیده شدن آدمک‌هایشان باشند. اسپورک اظهار داشت «این داستانی بسیار زیبا است، و همه کارکنان ما، خود به خوبی می‌توانند ببینند که درگیر چه رقابت دشواری هستند».

## فصل ١۶

**در جنگ با ژاپن**

جری سَندرز،[[365]](#footnote-365) مدیرعامل شرکت تراشه‌سازی اَدوَنسدمایکرودیواسِز (اِی‌اِم‌دی)،[[366]](#footnote-366) ناراحتی خود را چنین ابراز داشت «من نمی‌خواهم وانمود کنم که درگیر جنگی منصفانه هستم. جنگ من اصلا منصفانه نیست». سندرز چیزی در مورد جنگ نمی‌دانست. او در هجده سالگی چیزی نمانده بود که پس از نزاعی در منطقه ساوت‌ساید[[367]](#footnote-367) شیکاگو، همان جایی که در آن بزرگ شده بود، جان خود را از دست بدهد. بدن تقریبا بی‌جان او را در ظرف زباله‌ای یافتند، و حتی کشیشی آخرین مراسم نیایش را برای او اجرا کرد؛ اما او سه روز بعد به‌طور معجزه‌آسایی از کما خارج شد. او سرانجام در بخش فروش و بازاریابی فرچایلد استخدام شد و پیش‌ از آن که نویس، مور و اندی‌گرو آنجا را ترک و اینتل را تاسیس کنند، فرصت همکاری با آن‌ها را پیدا کرد. بر‌خلاف همکارانش که مهندسانی متواضع بودند، سندرز با ساعت‌های گران‌‌قیمت خودنمایی می‌کرد و رولزرویس سوار می‌شد. علی‌رغم فاصله زیاد میان سیلیکون‌ولی و محل زندگی او در کالیفرنیای جنوبی، سندرز هر هفته این مسیر طولانی را رانندگی می‌کرد، زیرا به قول یکی از همکارانش، او و همسرش در محله بِل‌اِر[[368]](#footnote-368) لس‌آنجلس زندگی راحتی داشتند. سندرز در سال ١٩۶٩ شرکت تولید تراشه خود به نام اِی‌اِم‌دی را تاسیس کرد و آنگاه بیشتر سی سال بعد را درگیر پرونده‌های حقوقی با اینتل در ارتباط با اختلافات بر سر مالکیت‌های فکری بود. او یک بار به روزنامه‌نگاری گفت «من نمی‌توانم از دعوی دور شوم».

چارلی اسپورک، مدیری که فرآیند انتقال تاسیسات مونتاژ تراشه‌ها به آسیا را هدایت کرد، بعد‌ها گفت «صنعت تراشه، صنعتی بسیار رقابتی است». او برای توضیح منظورش، در حالی که دست‌ها را مشت کرده بود و به هم می‌کوبید، اضافه کرد‌ «رقبا دوست دارند با هم‌ بجنگند، یک‌دیگر را به زمین بکوبند و حتی بکشند». در حالی که غرور و افتخار، حق اختراعات و میلیون‌ها دلار پول رقیبان، موضوع این دعاوی بود، کشمکش‌های تراشه‌سازان آمریکایی اغلب حتی شخصی هم می‌شد؛ اما از سوی دیگر، این اختلافات موجب رشد هم بود. در عین حال، رقابت ژاپنی‌ها چیز دیگری به‌نظر می‌رسید. اسپورک فکر می‌کرد اگر هیتاچی،[[369]](#footnote-369) فوجیتسو،[[370]](#footnote-370) توشیبا، سونی و ان‌ای‌سی موفق شوند، کل صنعت تراشه را به آن سوی اقیانوس آرام منتقل خواهند کرد. او با نگرانی می‌گفت «من خودم به‌طور خاص و در بخش تولید تلویزیون شرکت جی‌ای کار می‌کردم. امروز شما می‌توانید خودتان برويد و ببینید که آن تاسیسات خالی و بیکار مانده است... ما در ای‌ام‌دی خطرات را می‌دانستیم و قرار نبود اجازه دهیم همین بلا سر ما هم بیاید». همه چیز در خطر بود، مشاغل ما، ثروتمان، میراثمان و غرورمان. او تاکید می‌کرد «ما در حال جنگ با ژاپن هستیم: نه جنگی با استفاده از اسلحه و مهمات؛ بلکه یک جنگ الکترونیکی که تسلیحات آن عبارت است از فناوری، بهره‌وری و کیفیت».

اسپورک نبردهای داخلی سیلیکون‌ولی را جنگ‌های منصفانه می‌دانست؛ اما معتقد بود شرکت‌های ژاپنی تولید‌کننده حافظه‌های درم از سرقت مالکیت‌های فکری، بازار‌های تحت حمایت دولت، یارانه‌های دولتی و سرمایه‌های ارزان‌قیمت بهره می‌برند. در مورد جاسوسان صنعتی، اسپورک اصلا اشتباه نمی‌کرد. تنها در یک مورد، در ساعت پنج صبح یک روز سرد در نوامبر سال ١٩٨١ در لابی هتلی در شهر هارتفورد[[371]](#footnote-371) ایالت کانکتیکت، جون‌ ناروسه[[372]](#footnote-372) از کارکنان هیتاچی پاکتی پر از پول نقد را به یکی از کارکنان شرکت مشاوره‌ای گلِنمار[[373]](#footnote-373) تحویل داد که قول داده بود به هیتاچی در به دست آوردن اسرار صنعتی کمک کند. کارتی که ناروسه در این ملاقات از مشاور گلنمار دریافت کرد، به او امکان داد بعدا وارد تاسیسات محرمانه شرکت هواپیماسازی پرَت‌ اَند‌ ویتنی[[374]](#footnote-374) شود و از جدیدترین رایانه آن شرکت عکس‌برداری کند.

پس از این عکس‌برداری، کِنجی هایاشی،[[375]](#footnote-375) همکار ناروسه در شرق آمریکا نامه‌ای را به گلنمار فرستاد و پیشنهاد انعقاد یک «قرارداد خدمات مشاوره» را به آن‌ها داد. مدیران ارشد هیتاچی به مامورانشان در آمریکا اجازه دادند نیم‌ میلیون دلار برای ادامه این رابطه به گلنمار بپردازند. اما گلنمار در واقع تنها یک شرکت پوششی بود که کارکنانش مامور اف‌بی‌آی بودند. پس از دستگیری کارکنان هیتاچی و انتشار خبر این رویداد در روزنامه نیویورک‌تایمز، سخنگوی این شرکت با شرمندگی اعلام کرد «ظاهرا هیتاچی به دام افتاده است».

هیتاچی در انجام این‌ گونه اقدامات تنها نبود. شرکت میتسوبیشی الکتریک[[376]](#footnote-376) هم در موردی دیگر با اتهامات مشابهی روبه‌رو شده بود. اتهامات جاسوسی و حقه‌‌بازی ژاپنی‌ها فقط به حوزه نیمه‌رسانا‌ها و رایانه‌ها محدود نمی‌شد. برای مثال توشیبا، غول صنعتی ژاپن که در اواسط دهه ١٩٨٠ تولید‌کننده پیشرو حافظه‌های درم در جهان بود، سال‌ها درگیر اتهامات مربوط به فروش ماشین‌آلاتی به شوروی‌ها بود که به آن‌ها کمک کرد زیردریایی‌های کم‌صدا‌تری بسازند. این اتهامات بعدا اثبات هم شد. هیچ رابطه مستقیمی میان معامله توشیبا با شوروی‌ها در قضیه زیردریایی‌ها و کسب‌و‌کار این شرکت در حوزه نیمه‌رسانا‌ها وجود نداشت؛ اما بسیاری از آمریکاییان قضیه زیردریایی‌ها را مدرکی دال بر روش‌های تجاری کثیف ژاپنی‌ها در حوزه‌های دیگر از جمله نیمه‌رسانا‌ها می‌دانستند. البته تعداد موارد مستندسازی‌شده جاسوسی صنعتی ژاپنی‌ها اصلا زیاد نبود. اما سوال اصلی در این بود که آیا این تعداد کم، نشانگر پایین بودن نقش سرقت اسرار صنعتی در موفقیت شرکت‌های ژاپنی است یا این که مدرکی است دال بر مهارت ژاپنی‌ها در جاسوسی!

در سیلیکون‌ولی، نفوذ مخفیانه به تاسیسات رقبا غیرقانونی بود، اما رصد کردن اقدامات آن‌ها رویه‌ای کاملا معمول بود. البته متهم کردن رقبا به خریدن کارکنان دیگران و دزدیدن ایده‌ها و مالکیت‌های فکری آن‌ها هم اتفاقی عادی بود. بر همین اساس، تراشه‌سازان آمریکایی به‌طور مستمر از هم‌دیگر شکایت می‌کردند. برای مثال، حل‌وفصل اختلاف میان فرچایلد و تگزاس اینسترومنتس بر سر این که مدار یکپارچه اختراع نویس بود یا کیبلی، تقریبا یک دهه به طول انجامید. به علاوه، تولید‌کنندگان تراشه‌ها مرتبا به دنبال شکار مهندسان برجسته رقبایشان بودند، به این امید که نه فقط از توان این کارکنان باتجربه بهره گیرند، بلکه به فرآیند‌های تولیدی رقبایشان آگاهی یابند. نویس و مور ابتدا شرکت شاکلی سمیکانداکتر را ترک کردند تا فرچایلد را بنیان نهند. آن‌ها سپس فرچایلد را هم رها و اینتل را تاسیس کردند. آ‌ن‌ها آنگاه ده‌ها تن از کارکنان فرچایلد، از جمله اندی گرو را به استخدام اینتل درآوردند. فرچایلد ابتدا تصمیم گرفت از نویس و مور شکایت کند، اما بعد متوجه شد که پیروزی در پرونده‌ای علیه نابغه‌هایی که صنعت تراشه را بنا کرده بودند، بعید است. رصد کردن و تقلید، بخش کلیدی الگوی کسب‌و‌کار در سیلیکون‌ولی بود. پس آیا می‌توان ادعا کرد که راهبرد ژاپنی‌ها تفاوتی با روش معمول در سیلیکون‌ولی داشت؟

اسپورک و سندرز معتقد بودند شرکت‌های ژاپنی از منافع بازار داخلی حمایت‌شده هم بهره می‌برند. شرکت‌های ژاپنی به سادگی محصولاتشان را در ایالات متحده به فروش می‌رساندند؛ اما شرکت‌های سیلیکون‌ولی برای گرفتن سهمی در بازار ژاپن با مشکل رو‌به‌رو بودند. تا سال ١٩٧۴، اعمال سهمیه‌های وارداتی توسط دولت ژاپن، تعداد تراشه‌هایی که شرکت‌های آمریکایی می‌توانستند به آن کشور بفروشند را محدود می‌کرد. حتی پس از لغو این سهمیه‌ها هم، شرکت‌های ژاپنی همچنان تراشه‌های زیادی از سیلیکون‌ولی نمی‌خریدند؛ و این در حالی بود که ژاپن یک‌چهارم نیمه‌رسانا‌های جهان را مصرف می‌کرد و شرکت‌های ژاپنی، چون سونی تلویزیون‌ها و دستگاه‌های ضبط و پخش ویدیو را با این نیمه‌رسانا‌ها می‌ساختند و به سرتاسر جهان می‌فروختند. برخی مصرف‌کنندگان بزرگ تراشه‌ها در ژاپن، از جمله اِن‌تی‌تی[[377]](#footnote-377) (شرکت ملی مخابرات ژاپن) که به‌طور انحصاری بازار مخابرات آن کشور را در اختیار داشت، تقریبا همه نیاز خود به نیمه‌رسانا‌ها را از عرضه‌کنندگان ژاپنی می‌خریدند. این در ظاهر تصمیمی بنگاهی بود، اما از آنجا که ان‌تی‌تی به دولت تعلق داشت، احتمالا ملاحظات سیاسی در اتخاذ آن بی‌تاثیر نبود. پایین بودن سهم سیلیکون‌ولی در بازار ژاپن، به معنی میلیارد‌ها دلار ضرر شرکت‌های آمریکایی به‌علت فروش کمتر محصولاتشان بود.

علاوه بر این، دولت ژاپن به تراشه‌سازان این کشور یارانه هم می‌داد. برخلاف تولید‌کنندگان آمریکایی تراشه که به موجب قانون ضد‌تراست از همکاری با هم منع شده بودند؛ دولت ژاپن با تشکیل کنسرسیومی تحت عنوان برنامه وی‌اِل‌اِس‌آی[[378]](#footnote-378) در سال ١٩٧۶ که حدود نیمی از بودجه آن توسط خود دولت تأمین می‌شد، شرکت‌های ژاپنی را به همکاری با هم ترغیب می‌کرد. تراشه‌سازان آمریکایی این اقدام دولت ژاپن را مدرکی دال بر رقابت غیرمنصفانه از سوی ژاپنی‌ها می‌دانستند، هرچند ٧٢ میلیون دلاری که برنامه وی‌ال‌اس‌آی هر سال هزینه تحقیق و توسعه می‌کرد، تقریبا با بودجه تحقیق و توسعه تگزاس اینسترومنتس برابر و حتی از بودجه تحقیق و توسعه موتورولا[[379]](#footnote-379) کمتر بود. از سوی دیگر اما، خود دولت ایالات متحده هم ید طولایی در حمایت از صنعت نیمه‌رسانا داشت؛ هرچند تأمین مالی واشنگتن به شکل کمک‌های بلاعوض دارپا،[[380]](#footnote-380) اداره‌ای در پنتاگون که وظیفه‌اش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نامطمئن بود، صورت می‌پذیرفت، و البته نقش مهمی در تأمین مالی نوآوری در صنعت تراشه ایفا می‌کرد.

جری سندرز بزرگ‌ترین نقطه ضعف سیلیکون‌ولی را در بالا بودن هزینه سرمایه آن می‌دید. او می‌گفت «در حالی که ژاپنی‌ها برای جذب سرمایه، هزینه‌ای ۶ درصدی یا شاید ٧ درصدی می‌پردازند، من در بهترین وضعیت باید ١٨ درصد هزینه پرداخت کنم». در آن روز‌ها بنا کردن تاسیسات تولیدی پیشرفته به طرز بی‌رحمانه‌ای گران تمام می‌شد. به همین علت، توجه به هزینه اعتبارات اهمیت بسیاری داشت. تولید هر نسل جدید تراشه‌ها تقریبا دو سال طول می‌کشید و این به تاسیسات و ماشین‌آلات جدید هم نیاز داشت. در دهه ١٩٨٠، بانک مرکزی ایالات متحده[[381]](#footnote-381) به منظور مقابله با تورم، نرخ بهره را تا ٢١.۵ درصد افزایش داد.

از سوی دیگر اما، تولید‌کنندگان ژاپنی ترا‌شه به سرمایه ارزان‌تری دسترسی داشتند. تراشه‌سازانی چون هیتاچی و میتسوبیشی بخشی از شرکت‌های بزرگی بودند که پیوند‌های نزدیکی با بانک‌ها داشتند و می‌توانستند از وام‌های هنگفت و بلندمدت بهره‌مند شوند. حتی در مواقعی که فعالیت شرکت‌های ژاپنی سودآور نبود هم، بانک‌های این کشور با اعطای اعتبارات بلندمدت آن‌ها را سرِپا نگه می‌داشتند. این در حالی بود که اگر شرکت‌های آمریکایی با چنین شرایطی مواجه می‌شدند، خیلی زود به ورشکستگی می‌رسیدند. ساختار جامعه ژاپنی به گونه‌ای شکل گرفته بود که پس‌انداز‌های عظیم در آن جمع می‌شد، زیرا رشد نرخ فرزندآوری در سال‌های پس از جنگ و تغییر سریع این روند به سوی تشکیل خانوارهای تک فرزند، جامعه‌ای با تعداد زیادی خانواده میان‌سال و علاقه‌مند به پس‌انداز برای بازنشستگی ایجاد کرده بود. مقررات و رویه‌های سخت‌گیرانه شبکه تأمین‌اجتماعی این کشور هم بر انگیزه مردم برای پس‌انداز می‌افزود. از سوی دیگر، محدودیت‌های شدید در بازار‌های سهام و سایر انواع سرمایه‌گذاری، برای مردم راهی جز جمع کردن پس‌انداز‌هایشان در حساب‌های بانکی باقی نمی‌گذاشت. در نتیجه، بانک‌ها که حسابشان مملو از پس‌انداز‌های مردم بود و به پول زیادی دسترسی داشتند، به راحتی وام‌های کم‌بهره می‌دادند. بدهی‌های شرکت‌های ژاپنی بیشتر از همتایان آمریکایی آن‌ها بود؛ با این وجود در ازای قرض گرفتن پول، بهره کمتری می‌پرداختند.

با دسترسی به این سرمایه ارزان، شرکت‌های ژاپنی تلاش بی‌امانی را برای گرفتن سهمی در بازار جهانی آغاز کردند. البته علی‌رغم تصویری که برخی تحلیلگران آمریکایی از همکاری میان شرکت‌های ژاپنی ترسیم کرده بودند، آن‌ها در رقابت با هم‌دیگر نیز به همان اندازه بی‌رحم بودند. با این همه، شرکت‌های ژاپنی که عملا به وام‌های نامحدود دسترسی داشتند، می‌توانستند ضررهای خود را تحمل کنند و منتظر ورشکسته شدن رقبای خود بمانند. در اوایل دهه ١٩٨٠، شرکت‌های ژاپنی ۶٠ درصد بیشتر از رقبای آمریکایی خود در تولید تجهیزات سرمایه‌گذاری می‌کردند، هرچند همه فعالان این صنعت با رقابت شدید روبه‌رو بودند و هیچ‌کس هم سود چندانی نمی‌برد. بدین ترتیب، تراشه‌سازان ژاپنی به سرمایه‌گذاری و تولید ادامه دادند و سهم بیشتر و بیشتری را از بازار به خود اختصاص دادند. به همین علت، پنج سال پس از آغاز تولید تراشه درم K64، اینتل - که ده سال پیش تراشه‌های درم را به بازار معرفی کرده بود - تنها ١.٧ درصد از بازار جهانی حافظه‌های درم را در اختیار داشت، در حالی که سهم بازار رقبای ژاپنی‌اش به سرعت رو به افزایش داشت.

در حالی که سیلیکون‌ولی از بازار جهانی حافظه‌های درم به بیرون رانده می‌شد، شرکت‌های ژاپنی تولید خود را دو برابر کردند. در سال ١٩٨۴، هیتاچی ٨٠ میلیارد ین را صرف سرمایه‌گذاری در کسب‌و‌کار نیمه‌رسانا‌های خود کرد. این در حالی بود که این شرکت ده سال پیش تنها ١.۵ میلیارد ین در این بخش سرمایه‌گذاری کرده بود. در همین فاصله، سرمایه‌گذاری توشیبا در این بخش از ٣ میلیارد ین به ٧۵ میلیارد ین، و سرمایه‌گذاری ان‌ای‌سی از ٣.۵ میلیارد ین به ١١٠ میلیارد ین رسید. در سال ١٩٨۵، ۴۵ درصد سرمايه‌گذاری در تولید نیمه‌رسانا‌های جهان توسط شرکت‌های ژاپنی انجام شد، در حالی که سهم آمریکاییان تنها ٣۵ درصد بود. فاصله این ارقام تا سال ١٩٩٠ حتی بیشتر هم شد، به‌طوری که نیمی از سرمایه‌گذاری جهانی در تاسیسات و تجهیزات ساخت نیمه‌رسانا‌ متعلق به ژاپنی‌ها بود. تا زمانی که بانک‌های ژاپنی به پرداخت هزینه این سرمایه‌گذاری‌ها ادامه می‌دادند، مدیران شرکت‌های ژاپنی هم می‌توانستند به ساخت تاسیسات جدید ادامه دهند.

در این میان، تراشه‌سازان ژاپنی معتقد بودند که این روش کار آن‌ها اصلا غیرمنصفانه نیست، زیرا تولید‌کنندگان آمریکایی نیمه‌رسانا‌ها هم از طریق انعقاد قرارداد با وزارت دفاع آن کشور، کمک‌های هنگفتی را دریافت می‌کنند. در هر حال، مصرف‌کنندگان آمریکایی ترا‌شه‌ها، از جمله اچ‌پی مدارک غیر‌قابل انکاری داشتند که نشان می‌داد تراشه‌های ژاپنی کیفیت بالاتری دارد. بدین ترتیب در طول دهه ١٩٨٠، سهم تراشه‌سازان ژاپنی در بازار حافظه‌های درم سال به سال افزایش یافت؛ در حالی که از سهم رقبای آمریکایی آن‌ها کم می‌شد. با وجود پیش‌بینی‌های فاجعه‌آمیز تراشه‌سازان آمریکایی، رشد صنعت نیمه‌رسانای ژاپن توقف‌ناپذیر به‌نظر می‌رسید. همان‌طور که سال‌ها پیش، جری سندرز نوجوان، همچون مرده‌ای در ظرف زباله رها شده بود، در صورت ادامه این روند، از سیلیکون‌ولی هم جز لاشه‌ای رهاشده در میان زباله‌ها چیزی باقی نمی‌ماند.

## فصل ١٧

**«آشغال‌فروش»**

در حالی که بلای خانمان‌سوز ژاپنی‌ها طومار صنعت فناوری پیشرفته آمریکا را در هم می‌پیچید، تولیدکنندگان تراشه‌های درم تنها شرکت‌هایی نبودند که برای بقا می‌جنگیدند. حتی بسیاری از عرضه‌کنندگان مواد اولیه آن‌ها هم با مشکل مواجه شده بودند. در سال ١٩٨١، شرکت جی‌سی‌اِی[[382]](#footnote-382) یکی از «مهم‌ترین شرکت‌های دارای فناوری پیشرفته‌» آمریکا شناخته می‌شد و از طریق فروش تجهیزاتی که تحقق قانون مور را ممکن می‌ساخت، به سرعت رشد می‌کرد. اکنون دو دهه از روزی می‌گذشت که جِی لتروپ میکروسکوپ خود را وارونه کرد تا نور را بر مواد شیمیایی فتورزیست بتاباند و الگو‌های مورد نظرش را روی ویفر‌های نیمه‌رسانا «چاپ» کند؛ و فرآیند فتولیتوگرافی پیچیده‌تر از آن روز شده بود. امروز مدت‌ها از روز‌هایی می‌گذشت که باب نویس در خودروی کهنه خود سرتاسر بزرگراه شماره ١١٠ کالیفرنیا را به دنبال عدسی‌های مخصوص دوربین‌های فیلمبرداری جستجو می‌کرد تا دستگاه فتولیتوگرافی ساخت‌ خودش را راه بیندازد. اکنون فتولیتوگرافی به کسب‌وکاری بزرگ تبدیل شده بود و شرکت جی‌سی‌ای در دهه ١٩٨٠ پیشروی این صنعت بود.

هرچند فتولیتوگرافی از روزهایی که جی لتروپ، با میکروسکوپ وارونه‌اش کار می‌کرد، بسیار دقیق‌تر شده بود؛ اصول آن بدون تغییر مانده بود. در این فرآیند هنوز هم نور از میان ماسک‌ها و عدسی‌ها عبور می‌کرد و شکل‌ها به‌طور کاملا دقیق روی ویفر‌های سیلیکونی پوشانده‌شده با مواد فتورزیست حک می‌شد. در جاهایی که نور تابیده می‌شد، مواد شیمیایی به نور واکنش نشان می‌داد و حل می‌شد و فرورفتگی‌هایی را روی سطح ویفر سیلیکونی نمایان می‌ساخت. سپس مواد جدیدی در محل این فرورفتگی‌ها قرار می‌گرفت و بدین ترتیب، مدارهایی را روی قطعه سیلیکونی تشکیل می‌داد. نهایتا بقیه مواد فتورزیست با مواد شیمیایی خاصی شسته می‌شد تا مدار یکپارچه کاملی شکل بگیرد. در مجموع غالبا پنج، ده یا حتی بیست سیکل چاپ، رسوب‌گذاری، حک کردن و صیقل‌کاری برای تولید یک مدار یکپارچه لازم بود و نتیجه پایانی چیزی شبیه یک کیک عروسی چند طبقه، اما در ابعاد و اَشکال هندسی می‌شد. در عین حال، هرچه ترانزیستورها کوچک‌تر می‌شد، هر یک از بخش‌های فرآیند لیتوگرافی - از مواد شیمیایی مورد استفاده گرفته تا لنز‌ها و لیزر‌هایی که ویفر‌های سیلیکونی را به‌طور دقیق با منبع نور تنظیم می‌کرد - نیز حتی دشوارتر از قبل می‌شد.

در آن زمان، دو شرکت کارل‌زایس[[383]](#footnote-383) آلمان و نیکون[[384]](#footnote-384) ژاپن برترین تولید‌کنندگان عدسی در جهان بودند؛ البته آمریکا هم چند تولید‌کننده تخصصی عدسی داشت. برای نمونه، شرکت پِرکین‌اِلمر،[[385]](#footnote-385) تولیدکننده کوچکی در نُرواک[[386]](#footnote-386) کانکتیکت، در جریان جنگ جهانی دوم دستگاه‌های نشانه‌گیری برای پرتاب بمب را برای ارتش آمریکا، و در جریان جنگ سرد عدسی‌هایی را برای نصب روی ماهواره‌ها و هواپیماهای جاسوسی ساخته بود. این شرکت بعدا متوجه شد که می‌تواند از فناوری خود در لیتوگرافی نیمه‌رسانا‌ها بهره گیرد و بدین‌ ترتیب، دستگاه اسکنر تراشه را تولید کرد که می‌توانست ویفر سیلیکونی و منبع نور لیتوگرافی را با چنان دقت بالایی با هم تنظیم کند که نور دقیقا روی نقاط مورد نظر در قطعه سیلیکون تابانده شود. این دستگاه پرتو نور را مانند دستگاه‌های فتوکپی در طول قطعه سیلیکونی حرکت و بدین ترتیب ویفر پوشانده‌شده با مواد فتورزیست را چنان در معرض نور قرار می‌داد که گویا پرتو نور، قلم‌مویی رنگی است و سرتاسر ویفر را رنگ می‌کند. اسکنر پرکین‌المر می‌توانست تراشه‌هایی با عرض یک میکرون - یک میلیونیم متر - تولید کند.

اسکنرهای پرکین‌المر در اواخر دهه ١٩٧٠ بازار لیتوگرافی تراشه را تسخیر کرد؛ اما در دهه ١٩٨٠ جی‌سی‌ای، شرکتی تحت هدایت افسر سابق نیروی هوایی، میلت گرینبِرگ،[[387]](#footnote-387) ژئوفیزیک‌دان نابغه جاه‌طلب، خودرأی و بدزبان جای پرکین‌المر را گرفت. گرینبرگ و یکی از دوستانش در نیروی هوایی، پس از جنگ جهانی دوم، جی‌سی‌ای را با سرمایه اولیه راکفلر‌ها تاسیس کردند. او که به‌عنوان کارشناس هواشناسی ارتش آموزش دیده‌ بود، از دانش خود در خصوص جو و از ارتباطات خود در نیروی هوایی بهره گرفت تا پیمانکار وزارت دفاع شود و دستگاه‌هایی دقیق، از جمله بالن‌هایی را بسازد که قادر به انجام اندازه‌گیری‌های مختلف و عکس‌برداری از خاک اتحاد شوروی در ارتفاع بسیار زیاد بود.

سطح بلندپروازی‌های گرینبرگ به زودی حتی بالاتر رفت. رشد صنعت نیمه‌رسانا نشان داد که سود واقعی نه در قرارداد‌های تخصصی ارتش، بلکه در بازار محصولات با تولید انبوه است. او فکر می‌کرد سامانه‌های بینایی پیشرفته شرکتش - که برای برنامه‌های شناسایی ارتش مفید بود - می‌تواند در تراشه‌های غیرنظامی هم به‌کار گرفته شود. در اواخر دهه ١٩٧٠، هنگامی که جی‌سی‌ای در یک کنفرانس صنعتی شرکت کرده بود تا سیستم‌های تولیدی خود را به تراشه‌سازان نشان دهد، موریس چانگ از تگزاس اینسترومنتس به غرفه این شرکت سری زد و نگاهی به تجهیزات آن انداخت. او از مسوولان غرفه پرسید آیا این تجهیزات می‌تواند به جای اسکن کردن نور در طول یک ویفر، نور را مرحله به مرحله روی آن حرکت دهد و بدین ترتیب در هر مرحله یک تراشه را روی ویفر سیلیکونی در معرض نور قرار دهد. او اعتقاد داشت یک اسکنر «مرحله‌ای»[[388]](#footnote-388) بسیار دقیق‌تر از اسکنرهای موجود خواهد بود. هرچند اسکنر‌ مرحله‌ای تا آن زمان ابداع نشده بود، مهندسان جی‌سی‌ای معتقد بودند می‌توانند آن را تولید کنند و در نتیجه، تابش تصاویر واضح‌تر و تولید ترانزیستورهای کوچک‌تر را ممکن سازند. چند سال بعد در سال ١٩٧٨، جی‌سی‌ای اولین اسکنر مرحله‌ای خود را تولید کرد و سفارش‌های خرید به سوی آن شرکت سرازیر شد. پیش از این، درآمد سالانه جی‌سی‌ای از قرارداد‌های نظامی، هرگز از ۵٠ میلیون دلار تجاوز نکرده بود، اما اکنون این شرکت انحصار یک دستگاه ارزشمند را در اختیار داشت. به زودی درآمد شرکت به ٣٠٠ میلیون دلار در سال رسید و ارزش سهام آن به‌طور ناگهانی افزایش یافت.

در عین حال، با رشد صنعت تراشه در ژاپن، جی‌سی‌‌ای به تدریج این برتری خود را از دست داد. گرینبرگ، مدیرعامل جی‌سی‌ای خود را یک غول تجاری می‌دید، اما به جای کسب‌وکار، بیشتر اوقات خود را به هم‌نشینی با سیاستمداران می‌پرداخت. او در اوایل دهه ١٩٨٠ با قمار بر سر استمرار همیشگی رونق صنعت نیمه‌رسانا، تاسیسات تولیدی معظم جدیدی را راه‌اندازی کرد. اما هزینه‌ها از کنترل خارج شد. مدیران شرکت نیز موجودی محصولات کارخانه را خیلی بد مدیریت کردند. در یک مورد، یکی از کارکنان شرکت تصادفا تعدادی عدسی دقیق که ارزش آن به یک میلیون دلار می‌رسید را در حالی یافت که در گنجه‌ای فراموش و رها شده بود. شایعه شده بود مدیران با استفاده از کارت‌های اعتباری شرکت برای خود شورولت‌کُروِت[[389]](#footnote-389) خریده‌اند. یکی از شرکای بنیان‌گذار جی‌سی‌ای، در مصاحبه‌ای اقرار کرد این شرکت مانند «ملوان‌های مست» پول خرج می‌کند.

جی‌سی‌ای اصلا زمان خوبی را برای این اشتباهات انتخاب نکرده بود. صنعت نیمه‌رسانا از همان ابتدا، همواره جریانی چرخه‌ای داشت، به‌طوری که هنگام بالا بودن تقاضا، صنعت رونق بسیار می‌گرفت و در زمان کاهش تقاضا هم با رکود روبه‌رو می‌شد. برای درک این که صنعت نیمه‌رسانا پس از رونق اوایل دهه ١٩٨٠، ناگزیر با رکود هم مواجه خواهد شد، اصلا لازم نبود شما دانشمند موشکی باشید - البته جی‌سی‌ای دانشمند موشکی هم کم نداشت. اما گوش‌ گرینبرگ شنوا نبود. یکی از کارکنان شرکت آن روز‌ها را چنین به خاطر می‌آورد: «او حاضر نبود به هشدار بخش بازاریابی شرکت در مورد قریب‌الوقوع بودن رکود گوش فرا دهد». به همین علت، جی‌سی‌ای بسیار بیشتر از دیگران تحت‌ تاثیر رکود میانه دهه ١٩٨٠ قرار گرفت. در حالی که در فاصله سال‌های ١٩٨۴ و ١٩٨۶ فروش جهانی تجهیزات لیتوگرافی ۴٠ درصد کاهش یافت، درآمد جی‌سی‌ای به یک‌سوم رسید. یکی از کارکنان شرکت بعد‌ها گفت «اگر یک اقتصاددان باکفایت در شرکت داشتیم، احتمالا می‌توانستیم این وضع را پیش‌بینی کنیم. به جای اقتصاددان، ما میلت ( گرینبرگ) را داشتیم».

درست هم‌زمان با بروز رکود در بازار، جی‌سی‌ای هم موقعیت خود را به‌عنوان تنها شرکت تولید‌کننده اسکنرهای مرحله‌ای از دست داد. نیکون ژاپن در ابتدا همکار جی‌سی‌ای بود و عدسی‌های دقیق اسکنرهای مرحله‌ای آن شرکت را تأمین می‌کرد. اما گرینبرگ تصمیم گرفت با خریدن شرکت ترُپِل[[390]](#footnote-390) که در نیویورک عدسی‌های دقیق مورد استفاده در هواپیمای جاسوسی یو٢ را می‌ساخت، کارخانه عدسی‌سازی خودش را داشته باشد و همکاری با نیکون را پایان دهد. اما این کارخانه نتوانست تعداد مورد نیاز عدسی باکیفیت را برای جی‌سی‌ای بسازد. از سوی دیگر، خدمات مشتریان جی‌سی‌ای هم تضعیف شده بود. یکی از تحلیلگران بازار، رویکرد جی‌سی‌ای در آن زمان را این‌گونه خلاصه کرده بود: «آنچه ما می‌سازیم را بخرید و ما را آزار ندهید»! حتی کارکنان خود شرکت هم به این نتیجه رسیده بودند که «مشتریان، دیگر خسته شده‌اند». این رویکرد مخصوص انحصار‌گران است، اما جی‌سی‌ای دیگر انحصاری در اختیار نداشت. پس از آن که گرینبرگ تصمیم گرفت دیگر از نیکون عدسی نخرد، نیکون تصمیم گرفت خودش اسکنر مرحله‌ای تولید کند. نیکون یک دستگاه اسکنر مرحله‌ای از جی‌سی‌ای خرید و آن را مهندسی معکوس کرد. به زودی سهم نیکون در بازار از سهم جی‌سی‌ای بیشتر ‌شد.

بسیاری از آمریکایی‌ها یارانه‌های صنعتی ژاپن را عامل از دست رفتن برتری جهانی جی‌سی‌ای در لیتوگرافی می‌دانستند. حقیقت این است که برنامه وی‌ال‌اس‌آی ژاپن که موجب تقویت تولیدکنندگان تراشه‌های درم در آن کشور شد، به عرضه‌کنندگان تجهیزات مورد نیاز آن‌ها مانند نیکون نیز کمک کرد. در حالی که شرکت‌های آمریکایی و ژاپنی هم‌دیگر را به برخورداری از کمک‌های غیرمنصفانه دولتی متهم می‌‌کردند، روابط تجاری میان آن‌ها رو به وخامت گذاشت. البته کارکنان جی‌سی‌ای قبول داشتند که هرچند فناوری آن‌ها در بالاترین سطح جهانی است، این شرکت در تولید انبوه مشکل دارد. دقت در تولید ضرورتی انکارناپذیر بود، زیرا لیتوگرافی اکنون به چنان سطحی از دقت رسیده بود که حتی ممکن بود تحت تاثیر تغییر فشار هوا - و در نتیجه زاویه شکست نور – ناشی از غرش یک آذرخش قرار گیرد و در نتیجه شکل‌های حک‌شده روی تراشه‌ها را مخدوش کند. ساختن صدها اسکنر مرحله‌ای در سال مستلزم تمرکز بسیار بر تولید و کنترل کیفیت بود. اما ذهن مدیران جی‌سی‌ای متوجه جای دیگری بود.

بسیاری از صاحب‌نظران افول جی‌سی‌ای را نمادی از ظهور ژاپن و سقوط آمریکا می‌دانستند. برخی تحلیلگران معتقد بودند مدت‌ها قبل مدارکی از آغاز زوال در سطح گسترده‌تر را در صنعت فولاد یافته‌اند که بعدا صنعت خودروسازی را تحت تاثیر قرار داده است و اکنون به سرتاسر صنایع فناوری پیشرفته سرایت می‌کند. در سال ١٩٨٧، رابرت سولو،[[391]](#footnote-391) اقتصاددان برنده جایزه نوبل از ام‌آی‌تی که پیشگام مطالعه در حوزه بهره‌وری و رشد اقتصادی بود، اعلام کرد صنعت تراشه از « ناپایداری ساختاری» رنج می‌برد که موجب می‌شود کارکنان از شرکتی به شرکت دیگر کوچ کنند و شرکت‌ها هم روی کارگران خود سرمایه‌گذاری نکنند. رابرت رایش،[[392]](#footnote-392) اقتصاددان برجسته نیز از آنچه او «کارآفرینی کاغذی» در سیلیکون‌ولی خواند، ابراز تاسف کرد که به‌نظر او موجب می‌شد افراد به جای پیشرفت‌های فنی، بیشتر به دنبال کسب شهرت و ثروت باشند. او در جایی نوشت «علم و برنامه‌های مهندسی در دانشگاه‌های آمریکا رو به نابودی‌اند».

بلایی که سر سازندگان تراشه‌های حافظه درم در آمریکا آمد، تا حدودی با سقوط سهم جی‌سی‌ای در بازار مرتبط بود. شرکت‌های ژاپنی تولید‌کننده تراشه‌های حافظه درم که اکنون در حال پیشی گرفتن از سیلیکون‌ولی بودند، ترجیح می‌دادند ابزار و ماشین‌آلات خود را از تولید‌کنندگان ژاپنی بخرند؛ و این به نفع نیکون و به ضرر جی‌سی‌ای بود. البته بیشتر مشکلات جی‌سی‌ای منشائی داخلی داشت و از غیرقابل‌اتکا بودن تجهیزات و ضعف خدمات ارائه‌شده به مشتریان ناشی می‌شد. دانشگاهیان برای توضیح علت عملکرد تولیدی بهتر شرکت‌های بزرگ ژاپنی در مقایسه با استارت‌‌آپ‌های کوچک آمریکایی، نظریات پیچیده‌ای را مطرح می‌کردند. اما واقعیت خیلی ساده بود: بر خلاف نیکون، جی‌سی‌ای صدای مشتریان را نمی‌شنید. تراشه‌سازانی که با جی‌سی‌ای تعامل داشتند، آن را «متکبر» و «غیرپاسخگو» می‌دانستند؛ در حالی که هیچ‌کس در خصوص رقبای ژاپنی آن شرکت چنین تصوری نداشت.

بدین ترتیب در اواسط دهه ١٩٨٠، سیستم‌های تولید‌شده توسط نیکون - حتی در زمانی که آسمان آبی بود و فشار هوا نوسان نداشت - بسیار بهتر از سیستم‌های تولیدی جی‌سی‌ای عمل می‌کرد. ماشین‌های ساخت نیکون بازده بهتری داشت و بسیار کمتر خراب می‌شد. برای مثال، آی‌بی‌ام پیش از خرید اسکنرهای مرحله‌ای نیکون، تنها امیدوار بود هر اسکنر مرحله‌ای ساخت جی‌سی‌ای، پیش از آن که نیاز به تنظیم مجدد یا حتی تعمیر یابد، به‌طور متوسط حداکثر ٧۵ ساعت کار کند؛ در حالی که مشتریان نیکون می‌توانستند انتظار داشته باشند اسکنرهای آن‌ها به‌طور متوسط حداقل ده برابر آن زمان به‌طور مستمر کار کنند.

گرینبرگ هرگز نمی‌توانست دریابد که چگونه باید مشکل شرکتش را حل کند. او حتی تا روزی که برکنار شد هم، متوجه نشد که چه تعداد از مشکلات شرکتش ریشه داخلی دارد. در حالی که گرینبرگ برای فروش محصولاتش از گوشه‌ای به گوشه دیگر جهان سفر می‌کرد و در پروازهای فِرست‌کلاس از نوشیدنی و خوراکی‌های مختلف لذت می‌برد؛ مشتریانش بر این عقیده بودند که شرکت او «آشغال فروش‌» است. کارکنان شرکت نیز از این شکایت داشتند که گرینبرگ همواره نگران روابط مالی‌اش با وال‌استریت، و توجهش بیشتر معطوف قیمت سهام و مدل کسب‌و‌کار است. شرکت برای آن که در گزار‌ش آخر ‌سال نشان دهد عملکرد مناسبی داشته است، با مشتریان تبانی می‌کرد و مثلا در دسامبر به جای ماشین فروخته‌شده، جعبه‌ای خالی را برای مشتری می‌فرستاد؛ و خودِ ماشین را در سال بعد ارسال می‌کرد! با این وجود، شرکت هرگز نمی‌توانست از دست رفتن سهم خود را در بازار پنهان سازد. در سال ١٩٧٨، شرکت‌های آمریکایی و در راس آن‌ها، جی‌سی‌ای ‌‌٨۵ درصد بازار جهانی تجهیزات لیتوگرافی نیمه‌رسانا را در اختیار داشتند. تنها ده سال بعد، این سهم تا ۵٠ درصد کاهش یافت و جی‌سی‌ای هیچ برنامه‌ای برای تغییر این وضع نداشت.

در این میان، خود گرینبرگ کارکنان شرکت را مقصر می‌دانست. یکی از زیردستانش می‌گوید «او در گفتگو با کارکنان، از الفاظ رکیکی استفاده می‌کرد». یکی دیگر از کارکنان به یاد می‌آورد گرینبرگ پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند را در شرکت ممنوع کرده بود، چرا که فکر می‌کرد موجب تخریب فرش‌های شرکت شده است. با افزایش تنش‌ها در شرکت، یکی از متصدیان پذیرش دفتر شرکت رمزی را برای ارتباط با همکارانش ابداع کرده بود. او هنگامی که گرینبرگ در ساختمان حضور داشت، چراغی را در سقف روشن، و وقتی او از ساختمان خارج می‌شد، چراغ را خاموش می‌کرد. بدین ترتیب، وقتی که‌ گرینبرگ در ساختمان نبود، همه نفس راحتی می‌کشیدند. اما این مانع حرکت سریع این پیشرو صنعت لیتوگرافی آمریکا به سوی بحران نشد.

## فصل 18

**نفت خام دهه 1980**

در یک غروب سرد بهاری در پالو آلتو، باب نویس، جری سندرز و چارلی اسپورک در رستوران چینی مینگ دور هم جمع شدند. اين غول‌های فناوری آمریکا البته تنها برای خوردن سالاد مرغ چینی معروف رستوران مینگ به آنجا نرفته بودند. آن‌ها یک دهه قبل در فرچایلد مشغول به‌کار شده بودند: نویس رویاپرداز فناوری فرچایلد؛ سندرز جادوگر فرچایلد در زمینه بازاریابی و فروش؛ و اسپورک مدیرتولید سخت‌گیر آن شرکت بود که با فریاد از کارکنانش می‌خواست سریع‌تر، ارزان‌تر و بهتر کار کنند. امروز اما، آن‌ها به‌عنوان مدیر‌عامل سه شرکت بزرگ تراشه‌سازی آمریکا، رقیب هم بودند؛ در عین حال با افزایش سهم ژاپن در بازار، آن‌ها به این نتیجه رسیده بودند که وقت اتحاد مجددشان فرا رسیده است، زیرا آینده صنعت نیمه‌رسانای آمریکا در خطر بود. آن در حالی که در یکی از اتاق‌های خصوصی رستوران، دور میز غذاخوری نشسته بودند، راهبرد جدیدی را برای نجات این صنعت طراحی کردند. پس از یک دهه نادیده گرفتن دولت، اکنون آن‌ها به این نتیجه رسیده بودند که باید مجددا از واشنگتن کمک بگیرند.

سندرز اعلام کرد نیمه‌رسانا‌ها «نفت‌ خام دهه ١٩٨٠ هستند و کسانی که نفت خام را کنترل می‌کنند: صنعت الکترونیک را کنترل خواهند کرد». سندرز به‌عنوان مدیرعامل ای‌ام‌دی، یکی از بزرگ‌ترین تراشه‌سازان آمریکا، دلایل شخصی بسیاری داشت برای آن که محصول شرکت خود را دارای اهمیت راهبردی بداند. اما آیا او اشتباه می‌کرد؟ در سرتاسر دهه ١٩٨٠ و در حالی که رایانه‌های شخصی تا حدی کوچک و ارزان شده بودند که برای استفاده شخصی در خانه یا دفترکار مناسب باشند، صنعت رایانه آمریکا به سرعت رشد کرد. کم‌کم همه کسب‌و‌کار‌ها به رایانه‌های شخصی متکی شده بودند. از سوی دیگر، رایانه‌ها بدون مدارهای یکپارچه نمی‌توانستند کار کنند. در واقع در دهه ١٩٨٠، حتی هواپیماها، خودرو‌ها، دوربین‌های ویدیو، اجاق‌های ماکروویو یا دستگاه‌های پخش صوت واکمن هم نمی‌توانستند بدون مدارهای یکپارچه کار کنند. اکنون هر آمریکایی در منزل و خودروی خود چندین نیمه‌رسانا داشت؛ بسیاری از آن‌ها هر روز از ده‌ها تراشه استفاده می‌کردند. مانند نفت، زندگی بدون تراشه‌ها هم غیرممکن شده بود. آیا نمی‌شد ادعا کرد که این وضعیت به نیمه‌رسانا‌ها موقعیتی «راهبردی» داده بود؟ آیا آمریکا حق نداشت نگران تبدیل شدن ژاپن به «عربستان سعودی صنعت نیمه‌رسانا» با‌شد؟

با تحریم‌های نفتی سال‌های ١٩٧٣ و ١٩٧٩، بسیاری از آمریکاییان متوجه خطرات اتکا به تولیدات خارجی شده بودند. وقتی که دولت‌های عرب به منظور مجازات آمریکا به‌علت حمایت از اسراییل، صادرات نفت را به این کشور قطع کردند، اقتصاد آمریکا وارد رکودی دردناک شد. در اثر این وضعیت، آمریکا با یک دهه رکود تورمی و بحران‌های سیاسی روبه‌‌رو شد. به همین علت، سیاست خارجی ایالات متحده بر خلیج فارس و تضمین دسترسی کشور به منابع نفت متمرکز شد. رییس‌جمهور کارتر، آن منطقه را حائز «منافع حیاتی ایالات متحده آمریکا» اعلام کرد. رونالد ریگان از نیروی دریایی آمریکا برای همراهی نفتکش‌ها در مسیر ورود و خروج از خلیج‌ فارس بهره گرفت. آزاد‌سازی میادین نفتی کویت از مهم‌ترین علل ورود جرج‌ اچ‌ دبلیو‌ بوش به جنگ با عراق بود. وقتی ایالات متحده نفت را کالایی «راهبردی» نامید، با نیروی نظامی پشت این دیدگاه ایستاد.

درخواست سندرز از ایالات متحده این نبود که برای تضمین استمرار عرضه نیمه‌رسانا‌ها، نیروی دریایی را به آن سوی جهان گسیل کند. اما آیا دولت نمی‌بایست راهی برای کمک به تولیدکنندگان بحران‌زده نیمه‌رسانا‌ها در این‌ کشور می‌یافت؟ در دهه ١٩٧٠، شرکت‌های سیلیکون‌ولی در حالی که بازار‌های غیرنظامی رایانه و ماشین‌حساب را جایگزین قرارداد‌های نظامی می‌کردند، به تدریج دولت را به بوته فراموشی سپرده بودند. در دهه ١٩٨٠ اما، آن‌ها با شرمندگی به واشنگتن رو کردند. نویس، سندرز و اسپورک در آن شب سرد بهاری پس از صرف شام، تصمیم گرفتند به مدیران عامل دیگر شرکت بپیوندند و اتحادیه صنعت نیمه‌رسانا[[393]](#footnote-393) را تشکیل دهند تا برای کسب حمایت واشنگتن لابیگری کند.

وقتی جری سندرز تراشه را «نفت خام دهه هشتاد» نامید، پنتاگون دقیقا منظور او را می‌فهمید. تراشه در واقع حتی راهبردی‌تر از نفت بود. مقامات پنتاگون به خوبی بر اهمیت نقش نیمه‌رسانا‌ها در برتری نظامی آمریکا واقف بودند. استفاده از فناوری نیمه‌رسانا برای «جبران» برتری سلاح‌های متعارف اتحاد شوروی در دوران جنگ سرد، از اواسط دهه ١٩٧٠ و از زمانی که بیل پری، هم‌خوان باب نویس در گروه موسیقی، مدیریت بخش پژوهش و مهندسی پنتاگون را به عهده گرفت، همواره از مهم‌ترین راهبردهای آمریکا بود. به تولید‌کنندگان تجهیزات دفاعی آمریکا دستور داده شده بود، هواپیماها، تانک‌ها و موشک‌های خود را به بیشترین تعداد ممکن از تراشه‌ها مجهز کنند تا قابلیت ارتباط‌گیری، هدایت، راهبری و کنترل آن‌ها تا سرحد ممکن افزایش یابد. موفقیت این راهبرد از منظر تولید قدرت نظامی، در حدی بود که کسی جز خود بیل پری حصول آن را ممکن نمی‌دانست.

در این میان، تنها یک مشکل وجود داشت. پری چنین فرض کرده بود که نویس و دیگر شرکت‌های سیلیکون‌ولی برای همیشه در صدر صنعت نیمه‌رسانا باقی خواهند ماند. اما تا سال ١٩٨۶، ژاپن در تعداد تراشه‌های تولیدشده، از آمریکا پیشی گرفته بود. در پایان دهه ١٩٨٠، ژاپن به تنهایی ٧٠ درصد تجهیزات لیتوگرافی جهان را تولید می‌کرد. در عین حال، سهم آمریکا در صنعتی که جی لتروپ آن را مدت‌ها پیش در یک آزمایشگاه نظامی آن کشور بنا نهاده بود، تا ٢١ درصد کاهش یافته بود. یکی از مقامات وزارت دفاع آمریکا به نیویورک‌تایمز گفته بود «ما نباید صنعت لیتوگرافی را از دست بدهیم، زیرا اگر چنین شود، ما برای تولید حساس‌ترین تجهیزاتمان، کاملا به تولید‌کنندگان خارجی وابسته خواهیم شد». اما اگر روندهای حاکم در اواسط دهه ١٩٨٠ همچنان ادامه می‌یافت، ژاپن بر صنعت حافظه‌های درم سیطره می‌یافت و تولید‌کنندگان عمده آمریکایی را از این صنعت به بیرون می‌راند. این احتمال وجود داشت که آمریکا حتی در اوج تحریم‌های اعراب، بیش از نفت، به تجهیزات خارجی تولید تراشه‌ها و نیمه‌رساناها وابسته شود. اکنون اعطای یارانه‌های دولت ژاپن به صنعت تراشه آن کشور که بسیاری آن را علت اصلی تضعیف شرکت‌های آمریکایی همچون اینتل و جی‌سی‌ای می‌دانستند، ناگهان به تهدیدی علیه امنیت‌ملی آمریکا تبدیل شده بود.

وزارت دفاع، از جک کیلبی، باب نویس و دیگر بزرگان این صنعت خواست گزارشی در خصوص راه‌های احیای صنعت نیمه‌رسانا‌ی آمریکا تهیه کنند. نویس و کیلبی ساعت‌ها در جلسات توفان فکری با کارشناسان صنایع دفاعی و مقامات پنتاگون کار کردند. با توجه به نقش تگزاس اینسترومنتس به‌عنوان یکی از عرضه‌کنندگان اصلی تجهیزات الکترونیکی برای سامانه‌های تسلیحاتی، کیلبی از مدت‌ها قبل با وزارت دفاع همکاری تنگاتنگی داشت. آی‌بی‌ام و بل‌لبز هم ارتباطات نزدیکی با واشنگتن‌ داشتند. اما مدیران اینتل به قول یکی از مقامات پنتاگون، از مدت‌ها پیش خود را «گاوچران‌های سیلیکون‌ولی و بی‌نیاز به کمک دیگران» معرفی کرده بودند. به همین علت، این حقیقت که نویس پذیرفته بود وقتش را در وزارت دفاع بگذراند، نشانگر جدیت تهدید پیش روی صنعت نیمه‌رسانا و شدت تاثیر آن بر ارتش ایالات متحده بود.

ارتش ایالات متحده بیش از همیشه به تجهیزات الکترونیکی - و در نتیجه به تراشه‌ها - وابسته بود. گزارش مدیران سیلیکون‌ولی و پنتاگون نشان می‌داد در دهه ١٩٨٠، حدود ١٧ درصد هزینه‌های نظامی صرف تجهیزات الکترونیکی می‌شد. این در حالی بود که این رقم در پایان جنگ جهانی دوم تنها ۶ درصد بود. امروز همه چیز، از ماهواره‌ها گرفته تا رادارهای هشدار سریع و موشک‌های خودهدایت‌شونده به تراشه‌های پیشرفته وابسته بود. این گروه نتایج مطالعات خود را در چهار نکته نهایی زیر خلاصه کردند:

- نیرو‌های نظامی ایالات متحده برای پیروزی در جنگ به‌شدت به برتری فناورانه متکی‌اند.

- برای رسیدن به این برتری، الکترونیک مناسب‌ترین فناوری است.

- نیمه‌رسانا‌ها در برتری در فناوری الکترونیکی نقش کلیدی دارند.

- نظام دفاعی ایالات متحده به زودی برای دسترسی به نیمه‌رسانا‌های پیشرفته، به منابع خارجی وابسته خواهد شد.

البته ژاپن - حداقل در آن زمان - رسما متحد آمریکا در جنگ سرد بود. ایالات متحده پس از آن که ژاپن را در پایان جنگ جهانی دوم اشغال کرد، خود قانون اساسی آن کشور را نوشت تا نظامی‌گری را در آن کشور غیرممکن سازد. اما پس از امضای پیمان دفاع مشترک دو کشور در سال ١٩۵١، ایالات متحده که در مقابله با اتحاد شوروی به حمایت نظامی نیاز داشت، با احتیاط ژاپن را تشویق کرد مجددا مسلح شود. توکیو با این پیشنهاد آمریکا موافقت کرد، اما سقف هزینه‌های نظامی را به حدود یک درصد تولید ناخالص داخلی کشور محدود ساخت. دولت ژاپن این محدودیت را در هزینه‌های نظامی اعمال کرد تا به همسایگان خود که توسعه‌طلبی ژاپن در دوران جنگ را به خاطر داشتند، در خصوص مقاصد دفاعی‌اش اطمینان دهد. در عین حال، از آنجا که ژاپن مبالغ هنگفتی صرف تسلیحات نکرد، منابع مالی بیشتری برای سرمایه‌گذاری در جاهای دیگر در اختیار داشت. ایالات متحده با در نظر گرفتن اندازه اقتصاد دو کشور، به نسبت ده برابر ژاپن در امور دفاعی هزینه می‌کرد. در واقع، در حالی که آمریکا هزینه دفاع از ژاپن را به عهده گرفته بود، ژاپن بر رشد اقتصاد خود متمرکز بود.

نتایج این راهبرد ژاپن، چشمگیر‌تر از حد تصور بود. این کشور که روزی به‌عنوان سرزمین فروشندگان ترانزیستور مورد تمسخر قرار می‌گرفت، اکنون به دومین اقتصاد بزرگ جهان تبدیل شده بود. این وضعیت سلطه آمریکا را در حوزه‌هایی که برای قدرت نظامی آن کشور حیاتی بود، به چالش می‌کشید. واشنگتن از سال‌ها پیش، در حالی که به ژاپن اجازه داده بود تجارت خارجی‌ خود را گسترش دهد، کمونیست‌ها‌ را در آن کشور مهار می‌کرد، اما اکنون این تقسیم وظایف برای ایالات متحده چندان مطلوب به‌نظر نمی‌رسید. اقتصاد ژاپن با سرعت بی‌سابقه‌ای رشد کرده بود؛ اما موفقیت توکیو در تولید محصولات دارای فناوری پیشرفته، امروز برتری نظامی آمریکا را به خطر انداخته بود. پیشرفت ژاپن همگان را شگفت‌زده کرده بود. اسپورک به مقامات پنتاگون گفته بود «شما نباید اجازه دهید بلایی که بر سر صنعت تلویزیون و صنعت دوربین آمد، بر سر صنعت نیمه‌رسانا هم نازل شود. بدون نیمه‌رسانا‌ها، شما نابود خواهید شد».

## فصل ١٩

**سراشیب مرگ**

باب نویس در سال ١٩٨۶ به خبرنگاری گفت «ما در سراشیب مرگ افتاده‌ایم. آیا می‌توانید حوزه‌ای را نام ببرید که ایالات متحده در آن در حال عقب افتادن نباشد؟» او وقتی که بیشتر ناامید می‌شد، به این فکر می‌کرد که نکند سیلیکون‌ولی هم فرجامی مانند دیترویت داشته باشد که مهم‌ترین صنعتش یعنی خودروسازی زیر فشار رقابت خارجی، در شرف نابودی بود. سیلیکون‌ولی رابطه‌ای دوگانه با دولت آمریکا داشت، و در حالی که از یک سو خواستار آن بود که دولت رهایش کند، از سوی دیگر از دولت تقاضای کمک می‌کرد. نویس نمونه بارز این تناقض بود. او در روز‌های ابتدایی کار در فرچایلد، از دیوان‌سالاری پنتاگون دوری می‌جست؛ در حالی که در همان زمان از مسابقه فضایی دوران جنگ سرد بهره‌برداری می‌کرد. او امروز هم فکر می‌کرد دولت باید به صنعت نیمه‌رسانا کمک کند، اما همچنان نگران بود که واشنگتن ممکن است مانع نوآوری شود. برخلاف روزهایی که او در برنامه آپولو کار می‌کرد، در دهه ١٩٨٠ بیش از ٩٠ درصد نیمه‌رسانا‌ها نه توسط ارتش، بلکه توسط ‌شرکت‌ها و عموم مصرف‌کنندگان خریداری می‌شد. اکنون پنتاگون نمی‌توانست به سادگی این صنعت را شکل بدهد، زیرا وزارت دفاع دیگر مهم‌ترین مشتری سیلیکون‌ولی نبود.

به علاوه، در میان سیاست‌گذاران در واشنگتن‌ اتفاق نظر چندانی در مورد شایستگی سیلیکون‌ولی برای برخورداری از کمک‌های دولت وجود نداشت. در هر حال، صنعت نیمه‌رسانا تنها صنعتی نبود که از رقابت ژاپنی‌ها آسیب می‌دید و بسیاری از صنایع دیگر از خودروسازی گرفته تا فولاد با همین مشکل مواجه بودند. صنایع تراشه‌سازی و وزارت‌ دفاع معتقد بودند نیمه‌رسانا‌ها اهمیتی راهبردی دارند. اما بسیاری از اقتصاددانان می‌گفتند هیچ تعریف مناسبی از مفهوم «راهبردی» وجود ندارد. برای نمونه، یکی از اقتصاددانان دولت ریگان این سوال را مطرح می‌کرد که آیا نیمه‌رسانا‌ها راهبردی‌تر از موتور‌های جت، یا ربات‌های صنعتی هستند؟ تفاوت میان تراشه‌های سیب‌زمینی و تراشه‌های رایانه در چیست؟ همه این‌ها تراشه‌اند. این که صد دلار خرج این نوع یا آن نوع تراشه کنیم، فرقی نمی‌کند. در هر حال، ما صد دلار خرج کرده‌ایم. البته این اقتصاددان بعدها منکر مقایسه سیلیکون با سیب‌زمینی شد. اما نظر او منطقی بود. اگر شرکت‌های ژاپنی می‌توانستند تراشه‌های حافظه درم را با قیمت کمتر تولید کنند، شاید بهتر این بود که ایالات متحده آن‌ها را بخرد و در هزینه‌های خود صرفه‌جویی کند. در این صورت، رایانه‌های آمریکایی هم ارزان‌تر تمام می‌شد و صنعت رایانه این کشور می‌توانست سریع‌تر پیشرفت کند.

در هر حال، تکلیف تصمیم‌گیری در مورد حمایت از صنعت نیمه‌رسانا نهایتا با لابیگری روشن شد. یکی از موضوعات مورد توافق سیلیکون‌ولی و اقتصاددانان مکتب بازار آزاد، مالیات بود. باب نویس ضمن ارائه گزارش در کنگره ایالات متحده، از کاهش مالیات بر سود سرمایه از ۴٩ درصد به ٢٨ درصد دفاع و پیشنهاد کرد مقررات مالی به نحوی اصلاح شوند که با کاهش سخت‌گیری‌های قانونی، صندوق‌های بازنشستگی اجازه یابند در شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطر‌پذیر سرمایه‌گذاری کنند. پس از اعمال این تغییرات، پول همچون سیل به سوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطر‌پذیر سیلیکون‌ولی سرازیر شد. در مرحله بعد، پس از آن که مدیران سیلیکون‌ولی چون اندی گرو ضمن ارائه گزارش در کنگره اعلام کردند حتی کپی‌کاری‌های قانونی شرکت‌های ژاپنی هم موجب تضعیف موقعیت آمریکا می‌شود، کنگره با تصویب «قانون حمایت از تراشه‌های نیمه‌رسانا»[[394]](#footnote-394)‌ حمایت از مالکیت‌های فکری را افزایش داد.

با این حال، از آنجا که سهم ژاپن در بازار حافظه‌های درم رو به افزایش داشت، کاهش مالیات‌ها و تقویت مقررات حقوق مالکیت فکری کافی به‌نظر نمی‌رسید. پنتاگون هم تمایلی نداشت با اعتماد به تاثیر آتی قوانین حقوق مالکیت فکری، شالوده‌های صنعتی بخش دفاعی کشور را به خطر بیندازد. مدیران سیلیکون‌ولی با لابیگری دنبال کسب کمک‌های بیشتری بودند. نویس بعدها تخمین زد که در دهه ١٩٨٠ نیمی از وقت خود را در واشنگتن گذرانده بود. جری سندرز «یارانه‌ها و سایر اقدامات حمایتی دولت ژاپن، از جمله هدف‌گیری و حفظ بازار‌های شرکت‌های ژاپنی» را آماج حملات خود گرفته بود. او اعلام کرد «یارانه‌های ژاپن سر به میلیارد‌ها دلار می‌زند». حتی پس از آن که ایالات متحده و ژاپن بر سر حذف تعرفه‌های ژاپن بر واردات نیمه‌رسانا‌ها به توافق رسیدند هم، سیلیکون‌ولی نتوانست چندان تراشه بیشتری به ژاپن‌ بفروشد. مذاکره‌کنندگان تجاری مذاکره با ژاپنی‌ها را با پوست کندن پیاز مقایسه می‌کردند. یکی از مذاکره‌کنندگان تجاری آمریکایی در مورد مذاکره با ژاپنی‌ها گفته بود «کل فرآیند مانند تجربه یک مکاشفه معنوی است، تا جایی که مذاکره نهایتا به سوالاتی فلسفی مثلا در مورد چیستی پیاز می‌انجامد»! بدین ترتیب فروش حافظه‌های درم آمریکایی به ژاپن افزایش چندانی نیافت.

دولت ریگان تحت فشارهای پنتاگون و لابیگری‌های صنایع، تصمیم به اقدام گرفت. حتی حامیان تجارت آزاد در دولت، از جمله جرج شولتز، وزیر امور خارجه ریگان هم به این نتیجه رسیده بودند که ژاپن تنها در صورت مواجهه با تهدید آمریکا به وضع تعرفه بر واردات کالا‌های ژاپنی، بازارش را باز خواهد کرد. شرکت‌های تراشه‌سازی آمریکا هم با طرح چندین پرونده در دادگاه، شرکت‌های ژاپنی را رسما به قیمت‌شکنی[[395]](#footnote-395) تراشه‌ها در بازار آمریکا متهم کردند. اثبات این ادعا که شرکت‌های ژاپنی محصولات خود را با قیمتی پایین‌تر از هزینه تولید می‌فروختند، بسیار دشوار بود. شرکت‌های آمریکایی برای اثبات دعوای خود، به پایین بودن هزینه سرمایه رقبای ژاپنی‌شان استناد می‌کردند؛ ژاپنی‌ها در مقابل اعلام می‌کردند نرخ بهره در سرتاسر ژاپن و همه بخش‌های اقتصاد آن پایین است.

بلاخره در سال ١٩٨۶، در حالی که تهدید آمریکا در مورد وضع تعرفه بر واردات از ژاپن جدی به‌نظر می‌رسید، دو کشور به توافق رسیدند. بر این اساس، دولت ژاپن پذیرفت بر صادرات تراشه‌های حافظه درم خود سهمیه وضع کند و در نتیجه تعداد تراشه‌هایی که به آمریکا فروخته ‌می‌شد را کاهش دهد. این توافق اما با کاهش عرضه، موجب افزایش قیمت تراشه‌های درم در خارج از ژاپن شد، و این به ضرر تولید‌کنندگان رایانه در آمریکا تمام شد که بزرگ‌ترین خریداران تراشه‌های ژاپنی بودند. بالا رفتن قیمت‌ها در واقع به نفع تولید‌کنندگان ژاپنی بود که بدین ترتیب همچنان تسلط خود را بر بازار حافظه‌های درم حفظ کردند. بیشتر تولیدکنندگان آمریکایی تراشه‌های حافظه حتی قبل از این توافق هم توانایی ماندن در بازار جهانی را از دست داده بودند. به همین علت، علی‌رغم انعقاد توافق تجاری، تنها تعداد کمی از شرکت‌های آمریکایی توانستند به تولید تراشه‌های حافظه درم ادامه دهند. محدودیت‌های تجاری مورد نظر موجب توزیع مجدد منافع در صنعت نیمه‌رسانا شد، اما نتوانست اکثرِ شرکت‌های آمریکایی توليدکننده تراشه‌های حافظه را نجات دهد.

بدین ترتیب کنگره برای کمک به سیلیکون‌ولی، یک راه‌حل نهایی را آزمود. یکی از موجبات شکایت شرکت‌های آمریکایی این بود که دولت ژاپن به شرکت‌های آن کشور کمک می‌کند در اقدامات تحقیق و توسعه با هم همکاری کنند و بدین منظور به آن‌ها کمک مالی هم می‌کند. بسیاری از فعالان صنایع فناوری پیشرفته در آمریکا معتقد بودند واشنگتن باید این تاکتیک را تقلید کند. در سال ١٩٨٧، گروهی از شرکت‌های پیشرو در صنعت تراشه و وزارت دفاع ایالات متحده کنسرسیومی را به نام سِماتِک[[396]](#footnote-396) تاسیس کردند که نیمی از سرمایه آن را پنتاگون تأمین می‌کرد.

مبنای نظری تشکیل سماتک این عقیده بود که صنعت نیمه‌رسانا برای آن که رقابت‌پذیر بماند، نیاز به تشریک مساعی بیشتری دارد. تراشه‌سازان برای تولید، به تجهیزات بهتری نیاز داشتند، در حالی که تولیدکنندگان تجهیزات ساخت تراشه هم می‌بایست از نیاز‌های تراشه‌سازان اطلاع می‌داشتند. مدیران شرکت‌های تولید‌کننده تجهیزات ساخت تراشه از این ناراحت بودند که «شرکت‌هایی چون تی‌آی، موتورولا، آی‌بی‌ام و‌ ... اطلاعاتی در مورد فناوری خود به آن‌ها نمی‌دهند». آن‌ها معتقد بودند بدون داشتن درکی از فناوری مورد استفاده این شرکت‌ها، فروش تجهیزات به آن‌ها غیرممکن است. در مقابل، تراشه‌سازان از غیرقابل‌اعتماد بودن ماشین‌آلات شکایت داشتند. طبق برآورد یکی‌ از کارکنان اینتل، در اواخر دهه ١٩٨٠ تجهیزات ساخت تراشه در آن شرکت، تنها در ٣٠ درصد از ساعات کاری مشغول به‌کار بودند و در تمام بقیه اوقات، تحت عملیات تعمیر و نگهداری قرار داشتند.

باب نویس برای هدایت سماتک داوطلب شد. او در واقع پس از آن که یک دهه پیش عنان کار را در اینتل به گوردون مور و اندی گرو سپرده بود، خود را عملا بازنشسته کرده بود. او به‌عنوان یکی از مخترعان مدار‌های یکپارچه و بنیان‌گذار دو استارت‌آپی که از موفق‌ترین‌ها در آمریکا بودند، بالاترین شایستگی‌های فنی و تجاری را در صنعت نیمه‌رسانا داشت. هیچ‌کس در سیلیکون‌ولی از نظر جاذبه شخصی و ارتباطات، یارای برابری با او را نداشت. اگر قرار بود صنعت تراشه به زندگی بازگردد، این مهم تنها توسط شخصی ممکن بود جامه عمل به خود بپوشد که بیش از دیگران می‌توانست ادعا کند خالق این صنعت بوده است.

سماتک، تحت رهبری نویس، نه صرفا یک شرکت، یا یک دانشگاه یا یک آزمایشگاه تحقیقاتی، بلکه یک موجود چندوجهی عجیب و غریب بود. هیچ‌کس دقیقا نمی‌دانست سماتک قرار است چه کاری انجام دهد. نویس در ابتدا کارش را با کمک به شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات ساخت تراشه، همچون جی‌سی‌ای آغاز کرد. بسیاری از این شرکت‌ها از نظر فناوری توانمند بودند، اما نمی‌توانستند کسب‌و‌کارهای ماندگار یا فرآیند‌های تولیدی کارآمدی ایجاد کنند. سماتک برای این شرکت‌ها سمینارهایی را در خصوص قابلیت اعتماد و مهارت‌های مدیریت مطلوب برنامه‌ریزی کرد و بدین ترتیب، عملا دوره آموزش ام‌بی‌اِی کوتاه‌مدتی را برای آن‌ها برگزار نمود. سماتک همچنین به تدریج میان تولیدکنندگان تجهیزات و تراشه‌سازان هماهنگی ایجاد کرد تا برنامه‌های تولیدی آن‌ها با هم سازگار شود. اگر تجهیزات لیتوگرافی و رسوب‌گذاری لازم در دسترس تراشه‌سازان نبود، برنامه‌ریزی آن‌ها برای خلق نسل جدیدی از فناوری تراشه‌سازی اصلا منطقی به‌نظر نمی‌رسید. تولیدکنندگان تجهیزات هم تمایلی به تولید ماشین‌آلات جدید نداشتند، مگر آن که تراشه‌سازان آماده استفاده از این ماشین‌آلات بودند. سماتک به این دو گروه کمک کرد در خصوص برنامه‌های تولید خود به توافق برسند. این مدل فعالیت، با بازار آزاد به معنی واقعی آن فاصله بسیار داشت، اما بزرگ‌ترین شرکت‌های ژاپنی با همین نوع همکاری توانسته بودند از دیگران پیشی بگیرند. در هر حال، سیلیکون‌ولی راه دیگری پیش رو نداشت.

البته توجه نویس اساسا معطوف نجات صنعت لیتوگرافی آمریکا بود. بنابراین، ۵١ درصد بودجه سماتک به شرکت‌های لیتوگرافی این کشور اختصاص یافت. نویس، خیلی ساده در خصوص علت این رفتار سماتک چنین توضیح داد: «نیمی از بودجه سماتک نصیب لیتوگرافی شد، زیرا نیمی از مشکلات پیش روی صنعت تراشه در این بخش متمرکز بود». بدون تجهیزات لیتوگرافی، تولید نیمه‌رسانا‌ها غیرممکن بود، و این در حالی بود که معدود تولید‌کنندگان عمده این تجهیزات در آمریکا برای بقا می‌جنگیدند. اصلا بعید نبود که آمریکا به زودی به تجهیزات لیتوگرافی خارجی وابسته شود. نویس در سال ١٩٨٩، وقتی در کنگره گزارش می‌داد، اعلام کرد «اگر روزی عملکرد سماتک مورد ارزیابی قرار گیرد، نتیجه این قضاوت بیش از هر چیز به میزان موفقیت سماتک در نجات سازندگان آمریکایی اسکنرهای مرحله‌ای بستگی خواهد داشت».

این دقیقا همان چیزی بود که کارکنان جی‌سی‌ای، این تولید‌کنندهِ امروز ناتوان تجهیزات لیتوگرافی، امید شنیدنش را داشتند. جی‌سی‌ای که خود مخترع اسکنرهای مرحله‌ای بود، امروز بعد از نیم‌دهه سوء‌مدیریت و البته همچنین بدشانسی، به بازیگری کوچک در بازار تبدیل شده بود که با‌ فاصله‌ای بسیار زیاد از شرکت‌هایی چون نیکون و کانن[[397]](#footnote-397) ژاپن و اِی‌اِس‌اِم‌اِل[[398]](#footnote-398) هلند عقب‌تر بود. اما وقتی پیتر سیمون،[[399]](#footnote-399) مدیر جی‌سی‌ای به نویس تلفن کرد تا با او در مورد امکان کمک سماتک به جی‌سی‌ای صحبت کند، نویس با صراحت به او گفت «کار شما تمام است».

کمتر کسی در صنعت تراشه بهبود وضع جی‌سی‌ای را ممکن می‌دانست. اینتل که خودِ نویس آن را تاسیس کرده بود، به‌شدت به نیکون، رقیب اصلی جی‌سی‌ای متکی بود. سیمون با این امید که خواهد توانست نویس را متقاعد سازد جی‌سی‌ای همچنان می‌تواند ماشین‌آلات پیشرفته تولید کند، از او دعوت کرد دیداری یک‌روزه از تاسیسات جی‌سی‌ای داشته باشد. نویس پذیرفت و همان روز که برای دیدار از جی‌سی‌ای به ماساچوست رفت، تصمیم گرفت در چارچوب برنامه‌ای که برای افزایش استفاده تراشه‌سازان آمریکایی از تجهیزات آمریکایی و تشویق آن‌ها به افزایش خرید ابزارآلات تولید داخل تدوین کرده بود، معادل ١٣ میلیون دلار از جدیدترین تجهیزات ساخت جی‌سی‌ای را خریداری کند.

سماتک با انعقاد چندین قرارداد با جی‌سی‌ای برای تولید «تجهیزات لیتوگرافی عمیق با اشعه فرابنفش»[[400]](#footnote-400) که پیشرفته‌ترین قابلیت صنعت لیتوگرافی در آن روز بود، قمار بزرگی روی این شرکت کرده بود. اتفاقا جی‌سی‌ای هم در حد و اندازه شهرت قدیمش در زمینه فناوری رفتار کرد و محصولاتش حتی بسیار بهتر از انتظارات از آب در آمد. به زودی تحلیلگران مستقل صنعت تراشه، جدیدترین اسکنرهای مرحله‌ای جی‌سی‌ای را «بهترین‌های جهان» توصیف کردند. این شرکت حتی توانست در زمینه ارائه خدمات به مشتریان، به کسب جایزه‌ای نایل آید و سابقه نه‌چندان خوب خود در این حوزه را هم از خاطره‌ها پاک کند. نرم‌افزار مورد استفاده در ماشین‌های جی‌سی‌ای بسیار بهتر از رقبای ژاپنی آن بود. به گفته یکی از متخصصان لیتوگرافی در تگزاس اینسترومنتس که ماشین‌های جدید جی‌سی‌ای را آزمایش کرده بود، «این ماشین‌ها از زمان خود جلوتر بودند».

اما جی‌سی‌ای هنوز یک الگوی تجاری ماندگار برای خود تدوین نکرده بود. «جلوتر از زمان خود» بودن برای دانشمندان خوب است؛ اما ضرورتا برای شرکت‌های تولیدی که به دنبال فروش محصول‌اند، امتیاز محسوب نمی‌شود. مشتریان تجهیزات لیتوگرافی که از مدت‌ها قبل از تولید این ماشین جدید جی‌سی‌ای، به تجهیزات ساخت رقبای آن، از جمله نیکون، کانن و ای‌اس‌ام‌ال عادت کرده بودند، تمایلی نداشتند با خرید تجهیزات جدید و ناشناخته ساخته‌شده توسط شرکتی با آینده‌ای نامعلوم، خود را به خطر بیندازد. اگر جی‌سی‌ای ورشکسته می‌شد، مشتریانش به احتمال زیاد در تهیه لوازم یدکی با مشکل روبه‌رو می‌شدند. جی‌سی‌ای اگر نمی‌توانست مشتری بزرگی را قانع سازد قرارداد قابل‌ملاحظه‌ای را با آن منعقد کند، در سرازیری سقوط قرار می‌گرفت. این شرکت علی‌رغم برخورداری از حمایت ٧٠ میلیون دلاری سماتک، بین سال‌های ١٩٨٨ و ١٩٩٢، چیزی حدود ٣٠ میلیون دلار ضرر کرد. حتی نویس هم هرگز نتوانست اینتل، یعنی شرکتی که خود تاسیس کرده بود را قانع سازد همکاری با نیکون را قطع و رو‌ به سوی جی‌سی‌ای کند.

در سال ١٩٩٠، نویس که بزرگ‌ترین حامی جی‌سی‌ای در سماتک بود، بر اثر سکته قلبی درگذشت. او فرچایلد و اینتل را بنیان نهاد، مدارهای یکپارچه را اختراع کرد و تراشه‌های حافظه درم و ریزپردازنده‌ها را که امروز همه محاسبات مدرن به آن‌ها متکی است را تجاری ساخت. با این حال، جادوی نویس در مورد لیتوگرافی موثر نیفتاد. در سال ١٩٩٣، شرکت جنرال‌سیگنال،[[401]](#footnote-401) مالک جی‌سی‌ای اعلام کرد آن را خواهد فروخت یا تعطیل خواهد کرد. هرچند زمان اجرای این تصمیم نزدیک می‌شد، هیچ خریداری برای جی‌سی‌ای پیدا نشد. سماتک که پیش‌تر میلیون‌ها دلار برای تأمین مالی جی‌سی‌ای پرداخته بود، تصمیم گرفت مانع این کار شود. جی‌سی‌ای برای آخرین بار از دولت کمک خواست. در این حال اما، مقامات ارشد امنیت‌ ملی به این می‌اندیشیدند که آیا ملاحظات سیاست خارجی ایالات متحده نجات جی‌سی‌ای را توجیه می‌کند یا خیر. آن‌ها در نهایت به این نتیجه رسیدند که کاری از دست آن‌ها بر نمی‌آید. بدین ترتیب، در‌های جی‌سی‌ای بسته شد، تجهیزاتش به فروش رسید، و نام این شرکت هم به فهرست بلندبالای شرکت‌هایی اضافه شد که رقابت ژاپنی‌ها نابودشان کرده بود.

## فصل ٢٠

**ژاپنی که می‌تواند نه بگوید**

آکیو موریتا در سونی، پس از چند دهه کسب درآمد‌های میلیونی از طریق فروش لوازم الکترونیکی به آمریکایی‌ها، کم‌کم نوعی شدت عمل را در رفتار دوستان آمریکایی خود حس می‌کرد. در دهه ١٩۵٠، هنگامی که او برای اولین بار مجوز استفاده از فناوری تولید ترانزیستور را دریافت کرد، ایالات متحده پیشرو فناوری جهان بود؛ اما از آن پس، آمریکا با بحران‌های متوالی چون جنگ فاجعه‌بار در ویتنام، کشمکش‌های نژادی، ناآرامی‌های اجتماعی، افتضاح تحقیرآمیز واترگیت، یک دهه رکود تورمی، کسری تجاری قابل‌ملاحظه‌، و حالا ضعف صنایع کشور روبه‌رو شده بود. این تکانه‌ها، هر یک به سهم خود به برتری آمریکا ضربه زدند.

موریتا در اولین سفر خارجی خود در سال ١٩۵٣، حس کرده بود «آمریکا همه چیز دارد». در یک کافه، از او با یک ظرف بستنی پذیرایی کرده بودند که چتر کاغذی کوچکی هم روی آن قرار داشت. پیش‌خدمت با اشاره به چتر کاغذی به او گفته بود «این از ژاپن آمده است». این جمله به‌طور تحقیر‌آمیزی او را به یاد فاصله میان دو کشور انداخته بود.

با این همه، فقط بعد از سه دهه همه چیز عوض شده بود. در آن نخستین سفر موریتا در دهه ١٩۵٠، نیویورک باشکوه و مسحور‌کننده به‌نظر رسیده بود، اما این شهر امروز آلوده، پر از جرم و جنایت، و ورشکسته بود.

در همین دوره زمانی، سونی به برندی جهانی تبدیل شده بود. موریتا تصویر ژاپن را نزد جهانیان باز‌تعریف کرده بود. این کشور، دیگر تولید‌کننده چتر کاغذی برای بستنی‌های مخلوط محسوب نمی‌شد، بلکه به سازنده کالا‌هایی با پیشرفته‌ترین فناوری‌ها تبدیل شده بود. موریتا که خانواده‌اش سهام عمده‌ای در سونی داشت، امروز ثروتمند شده بود. او در وال‌استریت و واشنگتن شبکه‌ای از دوستان قدرتمند داشت. او با تشریفات مرسوم در میهمانی‌های شام نیویورک به همان اندازه آشنا شده بود که هم‌وطنانش با مراسم میهمانی چای ژاپنی آشنا بودند. او هنگامی که به نیویورک می‌آمد، در آپارتمان خود که در تقاطع خیابان‌های هشتادودوم و پنجم و مقابل موزه هنری متروپولیتَن قرار داشت، از ثروتمندان و چهره‌های مشهور پذیرایی می‌کرد. حتی همسر او، یوشیکو[[402]](#footnote-402) هم در کتابی به نام «تاملاتی در خصوص پذیرایی خانگی»[[403]](#footnote-403) آداب‌ و رسوم میهمانی‌های شام آمریکایی را به مخاطبان ژاپنی توضیح داد (برای نمونه، او با این جمله که «هرگاه همگان یک نوع لباس بپوشند، هماهنگی میان آن‌ها تقویت می‌شود»، ژاپنی‌ها را از پوشیدن کیمونو در این میهمانی‌ها برحذر داشت).

موریتا و خانواده‌اش از میهمانی دادن لذت می‌بردند، اما میهمانی‌های شام‌ آن‌ها هدف حرفه‌ای دیگری هم داشت. با افزایش اختلافات تجاری میان ایالات متحده و ژاپن، موریتا به‌عنوان یک سفیر غیررسمی، لابیگران قدرت در آمریکا را با ژاپن آشنا می‌کرد. دیوید راکفلر[[404]](#footnote-404) از دوستان شخصی او بود. هنری کیسینجر،[[405]](#footnote-405) وزیر امورخارجه وقت آمریکا در سفرهای خود به ژاپن، با او شام می‌خورد. وقتی که پیت پیترسون،[[406]](#footnote-406) غول بازار سهام خصوصی موریتا را با خود به باشگاه گلف آگوستا ‌نشنال،[[407]](#footnote-407) پاتوق مدیران ارشد تجاری آمریکا برد، از این که می‌دید او پیش‌تر همه آن‌ها را ملاقات کرده است، کاملا شگفت‌زده شد. این‌گونه روابط موریتا به این اندازه محدود نشد - او در زمان حضور در باشگاه آگوستا، تک‌تک این افراد را به شام دعوت کرد. پیترسون بعدها از آن روز‌ها چنین یاد کرد: «او در مدت اقامتش در اینجا، احتمالا روزی ده وعده غذا می‌خورد».

موریتا در ابتدا مسحور قدرت و ثروت دوستان آمریکایی‌اش شده بود. با این وجود، در حالی که بحران‌ها، یکی پس از دیگری آمریکا را تحت تاثیر قرار می‌داد، قدرت افرادی چون هنری کیسینجر و پیت پیترسون رو به کاهش گذاشت. کشور آن‌ها با مشکلی سیستماتیک مواجه بود، در حالی که در ژاپن سیستم‌ها درست عمل می‌کردند. تا دهه ١٩٨٠، موریتا متوجه شده بود که نظام اقتصادی و اجتماعی آمریکا با مشکلات جدی رو‌به‌رو است. آمریکا مدت‌ها خود را معلم ژاپن می‌دانست، اما اکنون موریتا معتقد بود آن کشور، خود در حوزه‌های متعددی نیاز به یادگیری دارد، چرا که با افزایش کسری تراز تجاری و بحران در صنایع دارای فناوری پیشرفته رو‌به‌رو است. موریتا در یکی از سخنرانی‌هایش گفته‌ بود «ایالات متحده در این مدت در حال تربیت وکلا بود، در حالی که ژاپن مشغول تربیت مهندسان بود». به علاوه، توجه مدیران آمریکایی اساسا معطوف «سودهای سالانه» بود؛ اما مشغله ذهنی مدیران ژاپنی «منافع بلندمدت» بود. روابط نیروی کار در آمریکا سلسله‌مراتبی، مبتنی بر الگو‌های کهنه، و بی‌توجه به لزوم تأمین آموزش کافی یا انگیزه برای کارکنان کف کارگاه‌ها بود. موریتا معتقد بود آمریکاییان باید از شکایت درباره موفقیت ژاپن دست بردارند. حال دیگر وقت آن رسیده بود که او به دوستان آمریکایی‌اش بگوید در ژاپن سیستم‌ها بهتر عمل می‌کنند.

در سال ١٩٨٩، موریتا نظراتش را در مجموعه مقالاتی تحت‌ عنوان «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید: چرا ژاپن از رقبایش پیشی خواهد گرفت» منتشر کرد. او در نوشتن این کتاب از همکاری شینتارو ایشیهارا،[[408]](#footnote-408) سیاستمدار راست افراطی جنجال‌آفرین بهره برد. ایشیهارا سال‌ها پیش در حالی که هنوز یک دانشجو بود، با انتشار داستانی به نام «فصل‌خورشید»[[409]](#footnote-409) به شهرت رسیده بود. این کتاب موجب شده بود او معتبرترین جایزه ادبی مخصوص نویسندگان تازه‌کار در ژاپن را از آن خود کند. او بعد‌ها از این شهرت که اتفاقا با توهین‌های تحقیرآمیز او به خارجیان بیشتر هم شده بود، برای کسب کرسی پارلمان ژاپن به‌عنوان عضو حزب حاکم لیبرال‌دموکرات استفاده کرده بود.

ایشیهارا با ایراد خطابه‌های پرشور دنبال آن بود که ژاپن جایگاه خود را در جهان به‌عنوان عضو جامعه بین‌الملل تقویت کند. او همچنین بر لزوم تغییر قانون اساسی ژاپن که مقامات نیرو‌های اشغالگر ایالات متحده پس از جنگ جهانی دوم به این کشور تحمیل کرده بودند، تاکید می‌کرد تا به توکیو اجازه دهد ارتش قدرتمندی بسازد.

ایشیهارا تندروترین همکاری بود که موریتا می‌توانست برای نوشتن کتابی در مورد بحران‌های داخلی آمریکا بیابد. کتابی که این دو با هم تدوین کردند، مجموعه‌ای از مقالات بود که برخی توسط موریتا و بقیه توسط ایشیهارا نوشته شده بودند. مقالات موریتا عمدتا نظرات قبلی او در مورد شکست رویه‌های تجاری آمریکا را با زبانی نو بیان می‌کرد؛ هرچند عنوان برخی فصول این کتاب، از جمله «آمریکا بهتر است غرور خود را کنار بگذارد»، لحنی تندتر از لحن معمول او در میهمانی‌های شب نیویورک داشت. حتی موریتای همواره متواضع هم به سختی می‌توانست این دیدگاه خود را پنهان سازد که ژاپن با تکیه بر قابلیت‌های فناورانه خود، توانسته است در میان قدرت‌های بزرگ جهانی جای گیرد. او در آن زمان به یکی از همکاران آمریکایی خود گفته بود «ما از نظر نظامی نمی‌توانیم ایالات متحده را شکست دهیم، اما از نظر اقتصادی می‌توانیم بر شما پیروز، و به قدرت اول جهان تبدیل شویم».

ایشیهارا هرگز در ابراز صریح تفکراتش تردید نمی‌کرد. او در اولین کتاب داستان خود، بی‌پرده‌پوشی به غرایز انسانی پرداخته بود. او در حرفه سیاسی‌اش هم بر نا‌خوش‌آیند‌‌ترین تمایلات ملی‌گرایانه تاکید می‌کرد. او در مقالاتش در کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه‌ بگوید‌»، ژاپن را تشویق می‌کرد از آمریکای متکبری که مدت‌ها این کشور را تحت سلطه خود گرفته بود، اعلام استقلال کند. او در یکی از مقالاتش نوشته بود «بیایید تسلیم طبل توخالی آمریکا نشویم». او در مقاله دیگری توصیه کرده بود «آمریکا را مهار کنید».

سیاستمداران جناح راست افراطی ژاپن همواره از این حقیقت که ژاپن در جهان تحت‌ رهبری آمریکا زیردست آن کشور بود، ناراضی بودند. بسیاری از آمریکاییان از این که می‌دیدند موریتا همراه با شخصی مثل ایشیهارا کتابی نوشته است، شوکه شدند و این نشان می‌داد در میان طبقه سرمایه‌داران پرورش‌یافته توسط سیاست‌های واشنگتن، همچنان ملی‌گرایی تهدید‌کننده‌ای پنهان است. راهبرد ایالات متحده از سال ١٩۴۵ بدین سو بر این استوار بود که ژاپن را از طریق تبادلات تجاری و فناورانه به آمریکا پیوند دهد. آکیو‌ موریتا احتمالا بیشترین منافع را از انتقال فناوری آمریکا و بازار باز آن کشور نصیب خود کرده بود. حال اگر قرار بود حتی او هم از پیشرو بودن آمریکا ناراحت باشد، واشنگتن می‌بایست در این برنامه‌های خود تجدیدنظر می‌کرد. آنچه که موجب می‌شد کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید» واقعا آمریکاییان را به وحشت بیندازد، فقط تبیین دیدگاه‌های ملی‌گرایی تند‌روانه ژاپنی در جهت تمرکز بر منافع آن کشور، حتی اگر شده به قیمت آسیب دیدن دیگران نبود؛ بلکه اين واقعيت بود که ایشیهارا در این کتاب راهی را برای اعمال فشار بر آمریکا معرفی می‌کرد. ایشیهارا معتقد بود ژاپن نباید مطیع آمریکا باشد، زیرا آمریکا به نیمه‌رسانا‌های ژاپنی متکی است. او می‌گفت توان نظامی آمریکا به تراشه‌های ژاپنی نیاز دارد. ایشیهارا در بخشی از این کتاب نوشته بود « آنچه دقت عمل تسلیحات - چه سلاح‌های هسته‌ای میان‌برد باشند و چه موشک‌های بالستیک قاره‌پیما - را تضمین می‌کند، چیزی نیست جز رایانه‌های بسیار کوچک و دقیق. بدون نیمه‌رسانا‌های ژاپنی، اصلا نمی‌توان مطمئن بود که چنین دقت عملی دست‌یافتنی است. ایشیهارا حتی این ایده را مطرح کرده بود که ژاپن می‌تواند نیمه‌رسانا‌های پیشرفته‌تری را در اختیار اتحاد جماهیر شوروی قرار دهد، و بدین‌ ترتیب توازن قوای نظامی را در جنگ سرد برهم بزند.

او خاطر نشان شده بود «نیمه‌رسانا‌های یک مگابیتی مورد استفاده در قلب رایانه‌ها که میلیون‌ها مدار را در سطحی به اندازه یک ناخن انگشت کوچک جای می‌دهند، تنها در ژاپن ساخته می‌شوند. سهم ژاپن در بازار این نیمه‌رسانا‌های یک مگابیتی تقریبا صددرصد است. اکنون ژاپن در این حوزه حداقل پنج سال جلوتر از ایالات متحده است و این فاصله حتی در حال بزرگ‌تر شدن است». او در ادامه گفته بود تراشه‌های ژاپنی به‌کار‌گرفته‌شده در رایانه‌ها «در توان نظامی و نتیجتا در قدرت ژاپن نقش محوری دارند ... به همین علت ژاپن امروز به کشوری بسیار مهم تبدیل‌ شده است».

به‌نظر می‌رسید که دیگر رهبران ژاپن هم،‌ چنین رویکرد ملی‌گرایانه مقابله‌جویی دارند. یکی از مقامات ارشد وزارت‌ خارجه ژاپن به خبرنگاران گفته بود «ظاهرا آمریکاییان نمی‌خواهند بپذیرند که ژاپن در مسابقه اقتصادی با غرب پیروز شده است. کیئیچی میازاوا[[410]](#footnote-410) کمی پیش از آن که نخست‌وزیر شود در اظهارنظری عمومی، علنا گفته بود قطع واردات لوازم الکترونیکی از ژاپن «اقتصاد آمریکا را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد». او همچنین پیش‌بینی کرده بود «منطقه اقتصادی آسیا از منطقه آمریکای شمالی پیشی خواهد گرفت». یکی از استادان دانشگاه در ژاپن می‌گفت «با توجه به فروپاشی صنعت و بخش فناوری پیشرفته آمریکا، این کشور در آینده به یک قدرت برتر کشاورزی تبدیل خواهد شد: چیزی شبیه نسخه بسیار بزرگی از دانمارک».

انتشار کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید». خشم فراوانی را در آمریکاییان برانگیخت. سازمان سیا این کتاب را ترجمه و به شکل غیر‌رسمی توزیع کرد. یکی از نمایندگان خشمگین کنگره این کتاب را - در حالی که هنوز ترجمه انگلیسی آن به‌طور رسمی منتشر نشده بود - در سوابق کنگره به ثبت رسانید تا انتشار عمومی یابد. کتا‌ب‌ فروشی‌های واشنگتن گزارش می‌دادند که مشتریان دیوانه‌وار دنبال خرید نسخه‌های قاچاق این کتاب هستند. موریتا با شرمندگی ترجمه رسمی کتاب را تنها با مقالات ایشیهارا و بدون مقالات خودش منتشر کرد. او به خبرنگاران گفت «اکنون از این که در این پروژه مشارکت کردم پشیمانم، زیرا موجب ایجاد این همه سوء‌تفاهم شده است. احساس می‌کنم خوانندگان آمریکایی متوجه نیستند که نظرات من با نظرات ایشیهارا تفاوت دارد. نظرات من در مقالات خودم منعکس شده و مقالات ایشیهارا فقط حاوی نظرات خود او است».

در عین حال، حقیقت این است که کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید» نه به‌علت نظرات مطرح‌شده، بلکه به خاطر واقعیات اشاره‌شده در آن، جنجال‌‌آفرین شده بود: ایالات متحده در تولید تراشه‌های حافظه، به‌طور تعیین‌کننده‌ای از ژاپن عقب افتاده بود. اگر این روند ادامه می‌یافت، ایجاد تحولات ژئوپلتیکی غیرقابل‌اجتناب می‌نمود. برای تشخیص این واقعیت، لازم نبود سیاستمدار راست افراطی تحریک‌گری چون ایشیهارا باشید. رهبران آمریکایی هم، روندهای مشابهی را پیش‌بینی کرده بودند. درست در همان سالی که ایشیهارا و موریتا کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید» را منتشر کردند، هارولد براون، وزیر دفاع سابق ایالات متحده مقاله‌ای تحت عنوان «فناوری پیشرفته سیاست خارجی است» منتشر و در آن، به همین نتایج رسید. او معتقد بود اگر موقعیت آمریکا در حوزه فناوری پیشرفته تضعیف شود، موقعیت آن در حوزه سیاست خارجی هم به خطر می‌افتد. این نتیجه‌گیری‌ها اعترافی شرم‌آور برای براون بود، زیرا خودِ او در سال ١٩٧٧ به‌عنوان رییس پنتاگون بیل‌ پری را استخدام کرده و به او اختیار داده بود در برنامه‌های مربوط به سامانه‌های تسلیحاتی ارتش به نیمه‌رسانا‌ها و قدرت محاسبه نقشی محوری بدهد. براون و پری توانسته بودند ارتش را متقاعد سازند از ریزپردازنده‌ها استفاده کند؛ اما آن‌ها انتظار نداشتند سیلیکون‌ولی بعد‌ها برتری خود را در این حوزه از دست بدهد. راهبرد آن‌ها تا آنجا که به توسعه سامانه‌های تسلیحاتی جدید مربوط می‌شد، نتیجه داده بود؛ اما امروز بسیاری از این سامانه‌ها به ژاپن وابسته بودند.

او در این مقاله اذعان داشته بود «ژاپنی‌ها در حوزه تراشه‌های حافظه که در لوازم الکترونیکی دارای مصارف عمومی نقش محوری دارد، پیشرو هستند و در تولید تراشه‌های منطقی و مدارهای یکپارچه دارای کاربرد ویژه هم به سرعت به آمریکا نزدیک می‌شوند. ژاپن همچنین در تولید انواع خاصی از ابزارآلات مورد نیاز صنعت تراشه، همچون تجهیزات لیتوگرافی از آمریکا پیشی گرفته بود. بهترین آینده‌ای که براون در این مقاله از آینده دو کشور پیش‌بینی می‌کرد. حمایت آمریکا از ژاپن بود، البته با تسلیحات مجهز به فناوری ژاپنی! به‌نظر می‌رسید راهبرد آمریکا در خصوص تبدیل ژاپن به فروشنده ترانزیستور، به طرز وحشتناکی راه به خطا رفته است.

حال سوال این بود که آیا ژاپن به‌عنوان قدرت درجه یک فناوری، راضی می‌شود از نظر وضعیت نظامی در رتبه پایین‌تری قرار گیرد؟ اگر قرار بود موفقیت ژاپن در حوزه تراشه‌های حافظه درم الگوی عملکرد این کشور در سایر حوزه‌ها باشد، می‌شد انتظار داشت این کشور در تقریبا همه صنایع مهم از آمریکا پیشی بگیرد. پس این کشور چرا نمی‌بایست به دنبال تسلط نظامی هم باشد؟ اگر چنین بود، ایالات متحده باید چه می‌کرد؟ سازمان سیا در سال ١٩٨٧، گروهی از تحلیلگران را مامور پیش‌بینی آینده آسیا کرد. آن‌ها غلبه ژاپنی‌ها در حوزه نیمه‌رسانا‌ها را مدرکی دال بر شکل‌گیری پکس‌نیپونیکا[[411]](#footnote-411) - بلوک اقتصادی و سیاسی شرق آسیا تحت رهبری ژاپن - دانستند. قدرت ایالات متحده در آسیا بر پایه تسلط فناورانه، قدرت نظامی و روابط تجاری و سرمايه‌گذاری استوار بود که ژاپن، هنگ‌کنگ، کره‌ جنوبی و کشور‌های آسیای جنوب شرقی را به هم پیوند می‌داد. از زمان تاسیس اولین کارخانه مونتاژ فرچایلد در ساحل خلیج کُلون[[412]](#footnote-412) در هنگ‌کنگ، مدارهای یکپارچه از ویژگی‌های اصلی موقعیت آمریکا در آسیا بود. تراشه‌سازان آمریکایی از تایوان گرفته تا کره‌ جنوبی و سنگاپور تاسیساتی را در آسیا ایجاد کرده بودند. آمریکا نه تنها با نیروی نظامی، بلکه همچنین از طریق ایجاد یکپارچگی اقتصادی، از این سرزمین‌ها در قبال تهاجم کمونیست‌ها دفاع می‌کرد. بدین ترتیب، صنعت الکترونیک کشاورزان فقیر منطقه را از کشتزارها - جایی که فقر الهام‌بخش شکل‌گیری گروه‌های چریکی مخالف دولت می‌شد - به سوی مشاغل مطلوب در کارخانه‌های مونتاژ وسایل الکترونیکی برای مصرف‌کنندگان آمریکایی جذب می‌کرد.

سیاست آمریکا در استفاده از زنجیره تأمین برای مقابله با کمونیست‌ها بسیار عالی عمل کرده بود؛ امروز اما در دهه ١٩٨٠، به‌نظر می‌رسید منتفع اصلی آن ژاپن بوده است. تجارت و سرمایه‌گذاری خارجی این کشور به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای رشد کرده بود. نفوذ اقتصادی و سیاسی ژاپن در آسیا به‌طور مهار نشدنی در حال رشد بود. اگر ژاپن توانسته بود با چنین سرعتی بر صنعت تراشه تسلط یابد، دیگر چه چیزی می‌توانست مانع شود آن کشور جای آمریکا را در راس هرم قدرت ژئوپولتیکی جهان بگیرد؟

# بخش چهارم

**آمریکا احیا می‌شود**

## فصل ٢١

**پادشاه تراشه سیب‌زمینی**

جک سیمپلات[[413]](#footnote-413) همیشه می‌گفت «مایکرون[[414]](#footnote-414) بهترین ابزارک‌های[[415]](#footnote-415) جهان را می‌سازد». این میلیاردر آیداهویی چیز زیادی در مورد نحوه دقیق کارکرد محصول اصلی شرکتش، یعنی تراشه‌های درم نمی‌دانست. صنعت تراشه پر از فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری بود، اما سیمپلات حتی کلاس هشتم را تمام نکرده بود. تخصص او سیب‌زمینی بود و هر کسی هم که در شهر بویز،[[416]](#footnote-416) لینکلن لوکس سفید او را با پلاک خاصش می‌دیدید، این را می‌فهمید. روی پلاک خودروی سیمپلات به جای شماره، فقط عبارت «آقای سیب‌زمینی» حک شده بود! با این همه، درک سیمپلات از تجارت و کسب‌وکار بسیار فراتر از باهوش‌ترین دانشمندان سیلیکون‌ولی بود. در حالی که صنعت تراشه آمریکا به سختی تقلا می‌کرد تا از پس چالش رقابت ژاپنی‌ها برآید، برخی کارآفرینان سنتی این کشور همچون سیمپلات در توقف روندی که باب‌ نویس آن را «سرآشیب مرگ» خوانده بود و معکوس کردن سریع آن، نقش اساسی ایفا کردند. احیای سیلیکون‌ولی نتیجه تلاش استارت‌آپ‌های سخت‌کوش و اعمال تحولات دردناک در ساختار شرکت‌ها بود. ایالات متحده غول‌های تولید‌کننده حافظه درم ژاپنی را نه با تقلید از آن‌ها، بلکه با نوآوری بیشتر و فراتر از آن‌ها پشت‌ سر گذاشت. سیلیکون‌ولی به جای قطع روابط تجاری، تولید را بیش از پیش به تایوان و کره جنوبی منتقل کرد تا مزیت رقابتی خود را باز‌یابد. در همین حال، با احیای صنعت تراشه آمریکا، قمار پنتاگون روی تجهیزات میکرو‌الکترونیکی کم‌کم نتیجه می‌داد و این کشور سامانه‌های تسلیحاتی جدیدی را به‌کار می‌گرفت که هیچ کشوری یارای برابری با آن را نداشت. قدرت بی‌رقیب آمریکا در طول دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ حاصل احیای تسلط این کشور بر صنعت تراشه‌های رایانه‌ای، یعنی مهم‌ترین فناوری این دوره بود.

جک سیمپلات آخرین کسی بود که انتظار می‌رفت به احیای صنعت تراشه آمریکا کمک کند. او سال‌ها پیش با نوآوری در صنعت فرآوری سیب‌زمینی و پیشگام شدن در استفاده از ماشین‌آلات برای جدا کردن سیب‌زمینی‌ها، آب‌گیری و منجمد کردن آن‌ها جهت تهیه سیب‌زمینی سرخ‌کرده، ثروتمند شده بود. این دست‌آورد سیمپلات، نوآوری به سبک سیلیکون‌ولی نبود، اما قرارداد بزرگی را با مک‌دونالد برای او به ارمغان آورد. در یک دوره، او نیمی از سیب‌زمینی‌های مورد استفاده مک‌دونالد برای تهیه سیب‌زمینی سرخ‌کرده را تأمین می‌کرد.

سیمپلات بعدا از شرکت مایکرون که تولید‌کننده حافظه‌های درم بود، حمایت کرد. جالب این است که این شرکت در آن زمان، محکوم به نابودی به‌نظر می‌رسید. سال‌ها پیش از آن، وقتی دو برادر دوقلو، جو و وارد پارکینسون[[417]](#footnote-417) در سال ١٩٧٨ شرکت مایکرون را در طبقه زیر‌زمین یک مطب دندان‌پزشکی در بویز تاسیس کردند، به‌نظر می‌رسید آن‌ها بدترین زمان را برای راه‌اندازی شرکتی در حوزه تراشه‌های حافظه انتخاب کرده‌اند. شرکت‌های ژاپنی در حال افزایش تولید تراشه‌های حافظه با‌ کیفیت بالا و قیمت پایین بودند. مایکرون که در ابتدا کارش تنها طراحی تراشه‌های حافظه‌ درم بود، توانسته بود اولین قرارداد خود را برای طراحی یک حافظه درم 64K با شرکتی در تگزاس به نام مُستک[[418]](#footnote-418) امضا کند، اما آن شرکت هم مثل همه دیگر تولید‌کنندگان آمریکایی حافظه‌های درم، نهایتا در رقابت با فوجیتسو شکست خورده بود. در واقع کمی بعد از انعقاد این قرارداد، مُستک - که تنها مشتری خدمات طراحی تراشه مایکرون بود - ورشکسته شد. اِی‌اِم‌دی، نشنال‌ سمیکانداکتر، اینتل و سایر پیشروان این صنعت هم در بحبوحه رقابت بی‌رحمانه شرکت‌های ژاپنی، تولید حافظه‌های درم را متوقف کردند. با توجه به زیان‌های چندمیلیارد دلاری و ورشکستگی شرکت‌ها، به‌نظر می‌رسید به زودی تمام سیلیکون‌ولی ورشکسته خواهد شد. به‌نظر می‌رسید باهوش‌ترین مهندسان آمریکا به زودی می‌بایست در همبرگرفروشی‌ها دنبال کار می‌گشتند. جای شکرش باقی بود که صنعت فرآوری سیب‌زمینی کشور هنوز سرِ‌پا بود.

در حالی که شرکت‌های ژاپنی بازار را در اختیار می‌گرفتند، مدیران ارشد بزرگ‌ترین شرکت‌های آمریکایی تولید‌کننده تراشه، وقت بیشتر و بیشتری را در واشنگتن صرف لابیگری در کنگره و پنتاگون می‌کردند. آن‌ها وقتی دیدند رقابت ژاپنی‌ها بالا گرفته است، با این ادعا که روش‌های ژاپنی‌ها غیرمنصفانه است، اصرار بر رویکرد بازار آزاد را کنار گذاشتند. از سوی دیگر، سیلیکون‌ولی با عصبانیت این ادعا را رد می‌کرد که تفاوتی میان تراشه‌های سیب‌زمینی و تراشه‌های رایانه‌ای وجود ندارد. آن‌ها اصرار داشتند که تراشه‌های آن‌ها برخلاف سیب‌زمینی اهمیت راهبردی دارد و در نتیجه شایسته برخورداری از کمک دولت است.

برخلاف مدیران سیلیکون‌ولی، جک سیمپلات هیچ مشکلی در سیب‌زمینی نمی‌دید. این استدلال که سیلیکون‌ولی مستحق کمک‌های ویژه است، در ایالات آیداهو که تعداد شرکت‌های فناوری در آن اصلا زیاد نبود، چندان خریدار نداشت. بر این اساس، مایکرون در این ایالت برای جذب سرمایه، راه دشواری پیش‌ رو داشت. وارد پارکینسون، یکی از بنیان‌گذاران مایکرون روزی در حالی که لباس رسمی به تن داشت و برای یافتن یک قطعه الکتریکی معیوب در سامانه آبیاری مزرعه سیب‌زمینی گل‌آلود آلن نوبل[[419]](#footnote-419) به آنجا رفته بود، این تاجر اهل بویز را برای اولین بار ملاقات کرد. برادران پارکینسون بعدا از این رابطه کاری حداکثر استفاده را کردند و سرمایه‌ای به میزان صد هزار دلار را نوبل و چند دوست ثروتمندش در بویز گرفتند تا شرکت مایکرون وارد کسب‌وکار طراحی تراشه شود. اما زمانی که مایکرون قرارداد خود با مسکت برای‌ طراحی تراشه را از دست داد و تصمیم گرفت خود به تولید تراشه بپردازد، برادران پارکینسون به سرمایه بیشتری نیاز داشتند. بنابراین آن‌ها سراغ آقای سیب‌زمینی، ثروتمندترین مرد ایالت رفتند.

برادران پارکینسون سیمپلات را اولین بار در کافه رویال[[420]](#footnote-420) در مرکز بویز ملاقات، و عرق‌ریزان پیشنهاد خود را نزد او مطرح کردند. سیمپلات که کوچک‌ترین شباهتی به سرمایه‌گذاران خطر‌پذیر سیلیکون‌ولی نداشت، از ترانزیستور و خازن هم چیزی نمی‌فهمید. اما او پذیرفت با آن‌ها شریک شود و حتی ریاست جلسات هیات مدیره مایکرون را هم به عهده گرفت. در حالی که همه غول‌های فناوری در سیلیکون‌ولی در بحبوحه هجوم ژاپنی‌ها از کسب‌و‌کار تولید تراشه‌های حافظه درم خارج می‌شدند، سیمپلات بی‌هیچ استدلالی حس‌ می‌کرد جو و وارد پارکینسون دقیقا در بهترین زمان می‌خواهند وارد بازار حافظه‌های رایانه شوند. او به‌عنوان یک کشاورز سیب‌زمینی‌کار آشکارا می‌دید که رقابت ژاپنی‌ها بازار تراشه‌های حافظه را به یک بازار کالا‌های اولیه تبدیل کرده است. او به قدر کافی تجربه حضور در بازار محصولات کشاورزی داشت تا بداند بهترین زمان برای خرید یک بنگاه تجاری تولیدکننده کالا‌های اولیه، وقتی است که قیمت‌ها کاهش یافته و دیگران نیز همگی در حال تعطیل کردن کسب‌وکار خود هستند. سیمپلات تصمیم گرفت با تزریق یک میلیون دلار از مایکرون حمایت کند. او بعد‌ها میلیون‌ها دلار دیگر هم در این شرکت سرمایه‌گذاری کرد.

در این میان، غول‌های فناوری آمریکا تصور می‌کردند روستاییان نادان آیداهو عقلشان را از دست داده‌اند و نمی‌دانند چه می‌کنند. اِل‌جِی سِوین،[[421]](#footnote-421) مهندس سابق تگزاس اینسترومنتس که بعد‌ها یک سرمایه‌گذار خطر‌پذیر قدرتمند شده بود، در مورد وضعیت صنعت تراشه گفت «اصلا دوست ندارم بگویم کسب‌وکار تولید تراشه‌های حافظه محکوم به نابودی است؛ اما واقعا چنین است». در اینتل هم، اندی گرو و گوردون‌‌ مور به همین نتیجه رسیده بودند. تگزاس اینسترومنتس و نشنال سمیکانداکتر هم پس از اعلام زیان‌های قابل‌ملاحظه، کارکنان خود در بخش تولید حافظه را اخراج کردند. نیویورک‌تایمز آینده صنعت تراشه ایالات متحده را «تيره‌وتار» اعلام کرد. در چنین شرایطی بود که سیمپلات بی‌محابا وارد این صنعت شد.

برادران پارکینسون در مذاکرات خود، در مورد اهمیت منطقه آیداهو اغراق، و داستان‌هایی طولانی و پر پیچ‌و‌تاب درباره آن تعریف می‌کردند. در واقع آن‌ها در زیرکی و پیچیدگی رفتار، چیزی کم از بنیان‌گذاران استارت‌آپ‌های سیلیکون‌ولی نداشتند. هر دوی آن‌ها در دانشگاه کلمبیا تحصیل کرده بودند. جو پس از فارغ‌التحصیل شدن، در حوزه امور شرکت‌ها وکالت می‌کرد و وارد در شرکت مستک به طراحی تراشه می‌پرداخت. اما آن‌ها به هر حال، با کارکردن در آیداهو مشکلی نداشتند. مدل کسب‌و‌کار آن‌ها وارد شدن به بازاری بود که بزرگ‌ترین شرکت‌های تولید‌کننده تراشه آمریکا در حال خروج از آن بودند. بدین ترتیب آن‌ها می‌دانستند قرار نیست در سیلیکون‌ولی که هنوز زخم‌های حاصل از جنگ با ژاپنی‌ها بر سر بازار تراشه‌های حافظه را به تن داشت، برای خود دوستی پیدا کنند.

مایکرون در ابتدا، تلاش‌های سیلیکون‌ولی برای جلب کمک‌های دولت در مقابله با ژاپنی‌ها را به باد استهزا گرفت. این شرکت به طرز زاهدمآبانه‌ای از پیوستن به اتحادیه صنعت نیمه‌رسانا، گروه لابیگری ایجادشده توسط باب‌ نویس، جری سندرز و چارلی اسپورک خودداری کرد. جو پارکینسون در خصوص این اتحادیه گفته بود «برای من مثل روز روشن بود که آن‌ها اهداف متفاوتی را دنبال می‌کنند. راهبرد آن‌ها، خیلی ساده این بود که هر جا ژاپنی‌ها وارد شوند، ما خارج می‌شویم. کسانی که اتحادیه تحت سلطه آن‌ها است قصد ندارند با ژاپنی‌ها مقابله کنند. به‌نظر من، این راهبرد به خودی خود محکوم شکست است».

مایکرون تصمیم گرفت سازندگان ژاپنی تراشه‌های حافظه درم را با استفاده از روش‌های بازی خود آن‌ها به چالش بکشد، و البته این کار را با کاهش هزینه‌ها به‌طور تهاجم‌آمیز انجام دهد. به زودی این شرکت دریافت که افزایش تعرفه‌های وارداتی ممکن است در مقابله با ژاپنی‌ها مفید باشد، و با گردشی صدوهشتاد درجه‌ای در رویکرد خود به راهبرد شرکت‌های دیگر، رهبری آن‌ها را در اعمال فشار به دولت برای افزایش تعرفه‌ها بر واردات تراشه‌های درم ژاپنی به عهده گرفت. آن‌ها تولید‌کنندگان ژاپنی را متهم می‌کردند که با استفاده از ابزار قیمت‌شکنی، تراشه‌های خود را با قیمتی پایین‌تر از هزینه تولید در بازار آمریکا می‌فروشند و بدین ترتیب، به تولید‌کنندگان آمریکایی لطمه می‌زنند. سیمپلات هم از سیاست‌های تجاری ژاپن که فروش سیب‌زمینی‌ها و همچنین تراشه‌های درم او را تحت تاثیر قرار می‌داد، عصبانی بود. او با ناراحتی می‌گفت «آن‌ها تعرفه قابل‌توجهی بر سیب‌زمینی‌های ما وضع کرده‌اند. ما مبالغ هنگفتی برای صدور سیب‌زمینی به ژاپن می‌پردازیم. ما می‌توانیم هم در فناوری و هم تولید، آن‌ها را پشت‌ سر بگذاریم. ما حساب آن‌ها را خواهیم رسید. اما آن‌ها عملا تراشه‌هایشان را رایگان می‌فروشند». او به همین علت از دولت می‌خواست بر واردات تراشه تعرفه وضع کند. «می‌پرسید ما چرا سراغ دولت می‌رویم؟ زیرا قانون به آن‌ها اجازه نمی‌دهد خودشان رأسا این کار را انجام دهند».

متهم شدن ژاپنی‌ها به کاهش قیمت‌ها توسط سیمپلات عجیب می‌نمود، زیرا خود او همواره می‌گفت «چه تولیدکننده سیب‌زمینی باشید و چه تولیدکننده نیمه‌رسانا، در هر حال موفقیت در تجارت مستلزم آن است که محصولتان را با بالاترین کیفیت و پایین‌ترین قیمت بفروشید». به هر حال، مایکرون چنان مهارتی در کاهش قیمت‌ها داشت که هیچ یک از رقبایش در سیلیکون‌ولی یا حتی در ژاپن یارای برابری با آن را نداشتند. یکی از کارکنان مایکرون گفته بود «مغز مهندسی آن شرکت، یعنی وارد پارکینسون در طراحی تراشه‌های درم، آن هم با کارآمدترین روش ممکن استعداد بی‌بدیلی داشت. در حالی که توجه اکثر رقبای او معطوف کوچک کردن ترانزیستورها و خازن‌های روی تراشه‌ها بود؛ وارد دریافت که اگر او خودِ تراشه‌ها را کوچک‌تر کند، مایکرون خواهد توانست تراشه‌های بیشتری را روی هر یک از ویفر‌های استوانه‌ای سیلیکون تولیدی خود نصب کند. این روش موجب افزایش قابل‌ملاحظه کارآیی تولید شد. وارد در این خصوص به شوخی می‌گفت «این تراشه با فاصله‌ای بسیار، بدترین محصول در بازار بود؛ اما هزینه تولید آن هم با فاصله‌ای بسیار پایین‌ترین بود».

در مرحله بعدی، وارد پارکینسون و معاونانش فرآیند تولید را ساده‌سازی کردند. هرچه تعداد مراحل تولید بیشتر باشد، زمان صرف‌شده برای ساخت هر یک از تراشه‌ها و احتمال حدوث خطا هم افزایش می‌یابد. در اواسط دهه ١٩٨٠، تعداد مراحل تولید در مایکرون به مراتب کمتر از رقبایش شده بود و همین امر به آن شرکت اجازه می‌داد از تجهیزات کمتری استفاده کند و در نتیجه هزینه‌ها را حتی بیشتر کاهش دهد. آن‌ها همچنین در دستگاه‌های لیتوگرافی خریداری‌شده از پِرکین اِلمر[[422]](#footnote-422) و ای‌اس‌ام‌ال چنان تغییراتی ایجاد کردند که دقت آن‌ها حتی از حد تصور سازندگانشان هم بیشتر شد. کوره‌ها به نحوی اصلاح شدند که در هر نوبت پخت، به جای ١۵٠ عدد  ویفر سیلیکون که استاندارد معمول در سرتاسر این صنعت بود، ٢۵٠ ویفر سیلیکون را در خود جای می‌دادند. افزایش تعداد ویفر‌های مدیریت‌شده در هر مرحله یا کاهش زمان کار روی آن‌ها در هر مرحله، به معنی کاهش قیمت‌ها بود. یکی از کارکنان قدیمی‌تر مایکرون در این خصوص گفته بود «ما هم‌زمان با انجام کار، روی چگونگی انجام آن فکر می‌کردیم. به همین علت برخلاف د‌یگر تراشه‌سازان، آمادگی انجام کارهایی را داشتیم که نحوه انجام آن‌ها پیش‌تر در مقاله‌ای علمی نوشته نشده بود. تخصص و دانش مهندسی کارکنان مایکرون بیش از همه رقبای ژاپنی و آمریکایی آن شرکت، در جهت کاهش هزینه‌ها هدایت شده بود.

مایکرون بی‌رحمانه بر کاهش هزینه‌ها متمرکز شده بود، زیرا چاره دیگری نداشت. حقیقت به‌طور ساده این بود که استارت‌آپ کوچکی در آیداهو همچون مایکرون با هیچ روش دیگری نمی‌توانست مشتری جذب کند. درست است که ارزان‌تر بودن زمین و برق، از جمله به‌علت هزینه پایین تولید انرژی برق آبی در بویز در مقایسه با کالیفرنیا و ژاپن، موقعیت بهتری به مایکرون می‌داد؛ اما مایکرون همچنان مجبور بود برای بقا سخت تلاش کند. برای نمونه در یک مقطع در سال ١٩٨١، موجودی نقدی شرکت به حدی کاهش یافت که تنها برای دستمزد دو هفته کارکنان شرکت کفایت می‌کرد. مایکرون از آن بحران عبور کرد، اما چند سال بعد و در بحبوحه رکودی دیگر مجبور شد نیمی از کارکنانش را اخراج کند و دستمزد بقیه را هم کاهش دهد. جو پارکینسون در همان اولین روز‌های آغاز کسب‌وکار مایکرون به‌کارکنان شرکت تفهیم کرده بود که بقای آن‌ها به‌کارایی وابسته است. اهمیت این موضوع تا حدی بود که در دوره‌ای که قیمت حافظه‌های درم کاهش یافته بود، آن‌ها نور چراغ راهروها را در طول شب کم می‌کردند تا از هزینه برق شرکت بکاهند. کارکنان فکر می‌کردند جو به طرز «دیوانه‌واری» روی هزینه متمرکز است - و آینده نشان داد که آن‌ها درست می‌گفتند.

کارکنان مایکرون چاره‌ای جز این نداشتند که شرکت را زنده نگه دارند. در سیلیکون‌ولی اگر شرکتی ورشکسته می‌شد، کارکنان آن به سادگی می‌توانستند در شرکت دیگری در آن نزدیکی مشغول به همان کار شوند. اما مایکرون در بویز مستقر بود. یکی از کارکنان مایکرون گفته بود «ما نمی‌توانستیم کار دیگری انجام دهیم. اگر قرار بود حافظه درم نسازیم، کارمان تمام بود». یکی دیگر از کارکنان، آن روزها را چنین به یاد می‌آورد: «کار ما در مایکرون دشوار بود و نیاز به وجدان کاری بسیار و روحیه وابستگی به انجام کار جدی داشت». یکی از کارکنان قدیمی‌تر مایکرون که چندین دوره رکود دردناک در بازار حافظه‌های درم را تجربه کرده بود، این‌گونه از آن روزها یاد می‌کرد: «کسب‌و‌کار تراشه‌های حافظه بی‌اندازه بی‌رحم است»‌‌.

جک سیمپلات اما، هرگز ایمان خود را از دست نداد. او در همه کسب‌و‌کار‌های خود چندین بار نوسانات رکودی را تجربه کرده بود. او حاضر نبود مایکرون را به‌علت چند دوره کاهش قیمت کوتاه‌مدت ترک گوید. مایکرون علی‌رغم این که درست زمانی وارد بازار حافظه‌های درم شده بود که رقابت ژاپنی‌ها در اوج خود بود، نه تنها از تمام این سختی‌ها جان به در برد، بلکه حتی نهایتا توانست پیروز شود. این در حالی بود که بیشتر دیگر تولید‌کنندگان آمریکایی حافظه‌های درم در اواخر دهه ١٩٨٠ از بازار بیرون رانده شدند. تی‌آی همچنان به تولید تراشه‌های درم ادامه داد، اما از این کار درآمد چندانی کسب نمی‌کرد و در نهایت این کسب‌و‌کار خود را به مایکرون فروخت. بدین ترتیب، سرمایه‌گذاری اولیه یک میلیون دلاری سیمپلات در مایکرون نهایتا به سهامی چندمیلیارد دلاری تبدیل شد.

مایکرون یاد گرفته بود که چگونه در زمینه ظرفیت نسل‌های مختلف تراشه‌های حافظه درم با رقبای ژاپنی همچون توشیبا و فوجیتسو رقابت کند و البته در کاهش هزینه‌ها حتی از آن‌ها پیشی بگیرد. مهندسان مایکرون هم مانند دیگر مهندسان در سرتاسر صنعت حافظه درم با ساخت تراشه‌های متراکم‌تر، محدودیت‌های قوانین فیزیک را زیر پا می‌گذاشتند و تراشه‌های حافظه مورد‌نیاز در رایانه‌های شخصی را تأمین می‌کردند. اما فناوری پیشرفته به تنهایی برای نجات صنعت حافظه درم آمریکا کافی نبود. اینتل و تی‌آی از فناوری چیزی کم نداشتند، اما نتوانستند در کسب‌و‌کار تولید حافظه درم به جایی برسند. در واقع، این مهندسان مبارزه‌طلب مایکرون در آیداهو بودند که توانستند با تکیه بر خلاقیت خود و نیز مهارتشان در کاهش هزینه‌ها از رقبایشان در دو سوی اقیانوس آرام پیشی بگیرند. اکنون پس از یک دهه درد‌ و رنج، صنعت تراشه ایالات متحده بالاخره یک پیروزی را ثبت کرده بود و این موفقیت تنها نتیجه هوش تجاری بزرگ‌ترین کشاورز سیب‌زمینی‌کار آمریکا بود.

## فصل ٢٢

**تحول در اینتل**

اندی گرو در یکی از اولین ملاقات‌هایش با کِلیتون کریستِنسِن،[[423]](#footnote-423) معروف‌ترین استاد دانشکده کسب‌وکار دانشگاه هاروارد، به او گفته بود «من مردی پر‌مشغله‌ام و وقت خواندن اراجیف علمی را ندارم». چند سال بعد عکس این دو، در حالی که در میان گروهی، کنار هم ایستاده بودند، روی جلد مجله فوربس[[424]](#footnote-424) منتشر شد. در این عکس کوتاهی قد گرو در مقایسه با کریستنسن اصلا موجب پنهان شدن شخصیت قوی‌تر او نشده بود. یکی از همکاران گرو که سال‌ها معاونش هم بود، او را مردی «خرده‌گیر، تند‌خو و پرتوقع» معرفی کرده بود. در هر حال، سرسختی گرو، با وجود آزاردهنده بودن، اینتل را نجات داد و آن را به یکی از سود‌آور‌ترین و قدرتمندترین شرکت‌ها تبدیل کرد.

شهرت پروفسور کریستنسن به خاطر مطرح کردن نظریه «نوآوری مختل‌کننده»[[425]](#footnote-425) بود که می‌گفت خلق فناوری جدید موجب جا‌به‌جا شدن شرکت‌های مسلط بر بازار می‌شود. با رکود کسب‌و‌کار حافظه‌های درم، گرو متوجه شد امروز کار‌ها در اینتل - که روزی نامش مترادف واژه نوآوری بود - دچار اختلال شده است. در اوایل دهه ١٩٨٠، گرو مدیرعامل و مسوول عمليات روزانه اینتل بود؛ هرچند مور همچنان در آن شرکت نقش عمده‌ای داشت. گرو فلسفه مدیریتی‌اش را در کتاب پرفروش خود به نام «تنها همه‌دشمن‌پندارها جان به در می‌برند»،[[426]](#footnote-426) این‌گونه تبیین کرده بود: «ترس از رقابت، ترس از ورشکستگی، ترس از اشتباه کردن و ترس از شکست خوردن، می‌توانند قوی‌ترین انگیزه‌ها باشند». در واقع، تنها ترس موجب می‌شد او که همیشه نگران از دست دادن اخبار مربوط به تأخیر در تحویل محصولات یا نارضایتی مشتریان بود، حتی پس از یک روز کاری طولانی، همچنان در دفتر کارش مشغول‌ بررسی مکاتبات یا گفتگوی تلفنی با زیر‌دستانش باشد. از نگاه بیرونی اما، زندگی او مصداق تحقق رویای آمریکایی بود: زندگی پناهنده فقیری که به یک غول فناوری تبدیل شده است. اما در درون این نمونه داستان موفقیت در سیلیکون‌ولی، چیزی نبود جز روح آزرده یک مجار تبعیدی که همچنان زخم‌نشان‌های دوران پر‌مشقت کودکی‌اش در زير چکمه‌های سربازان آلمان نازی و شوروی سوسیالیستی در خيابان‌های بوداپست را برخود داشت.

گرو دریافته بود که مدل کسب‌وکاری که اینتل برای فروش تراشه‌های درم به‌کار می‌بندد، دیگر راه به جایی نمی‌برد. او می‌دانست قیمت حافظه‌های درم ممکن است دوباره افزایش یابد، اما اینتل دیگر سهم خود در بازار را پس نخواهد گرفت. تولید‌کنندگان ژاپنی بازار اینتل را مختل کرده بودند. حال اینتل می‌بایست خود را متحول می‌کرد یا تن به نابودی می‌داد. خروج از بازار‌ حافظه‌های درم غیرممکن می‌نمود. این شرکت، خود روزی صنعت تراشه‌های حافظه را بنیان نهاده بود، و امروز قبول شکست تحقیرآمیز بود. چنین تصمیمی برای اینتل به قول یکی از کارکنان شرکت مانند آن بود فورد تصمیم بگیرد از صنعت خودرو خارج شود. گرو در برخورد با این وضعیت، با ناراحتی می‌پرسید: «چطور می‌توانیم هویتمان را رها کنیم»؟ او در سال ١٩٨۵، بیشتر اوقاتش را در کنار گوردون مور، در دفترکار او در ساختمان مرکزی اینتل در سانتاکلارا می‌گذراند. آن دو از پنجره اتاق به چرخ‌‌فلک بزرگ فِریس[[427]](#footnote-427) در شهربازی گریت آمریکا[[428]](#footnote-428) در دوردست خیره می‌شدند، به این امید که بازار حافظه‌های درم هم مثل اتاقک‌های چرخ‌‌فلک فِریس، بالاخره روزی پس از رسیدن به نقطه نشیب، دوباره رو به صعود بگذارد.

در عین حال، آمار و ارقام فاجعه‌بار مربوط به عملکرد بازار حافظه درم غیرقابل‌انکار بود. اینتل هرگز نمی‌توانست از فروش حافظه به اندازه‌ای درآمد کسب کند که سرمایه‌گذاری جدید در این حوزه را توجیه کند. اینتل در عین حال، همچنان در بازار ریز‌پردازنده پیشرو بود و ژاپنی‌ها هنوز نتوانسته بودند در این حوزه گوی سبقت را از آن شرکت بربایند. اتفاقا در همین بخش، تحولی روی داده بود که بارقه‌ای از امید را پیش روی اینتل روشن نگاه می‌داشت. در سال ١٩٨٠، اینتل توانسته بود قرارداد کوچکی را برای ساخت تراشه‌هایی برای محصولی جدید به نام رایانه شخصی[[429]](#footnote-429) با آی‌بی‌ام غول رایانه در آمریکا امضا کند. آی‌بی‌ام همچنین قراردادی را با برنامه‌نویس جوانی به نام بیل‌گیتس[[430]](#footnote-430) برای نوشتن نرم‌افزار سیستم‌عامل این رایانه امضا کرده بود. در ١٢ اوت ١٩٨١، آی‌بی‌ام طی مراسمی در تالار بزرگ هتل والدورف آستوریا،[[431]](#footnote-431) رسما آغاز فروش رایانه‌های شخصی خود، شامل یک رایانه حجیم، يک نمایشگر جعبه‌ای بزرگ، یک صفحه کلید، يک چاپگر و دو درایو دیسکت را با قیمت ١۵۶۵ دلار اعلام کرد. این رایانه در قلب خود یک تراشه ساخت اینتل داشت.

ر‌شد بازار ریزپردازنده تقریبا حتمی به‌نظر می‌رسید. اما آن‌طور که یکی از معاونان گرو به یاد می‌آورد، چشم‌انداز پیشی گرفتن بازار ریزپردازنده از بازار حافظه درم - که عمده فروش تراشه‌ها هم به آن مربوط می‌شد - اصلا واقعی به‌نظر نمی‌رسید. در عین حال، گرو چاره دیگری پیش‌ رو نداشت. او از مور که می‌خواست همچنان به تولید تراشه‌های حافظه درم ادامه دهد، پرسید «اگر ما امروز اخراج شویم و هیات‌مدیره مدیر‌عامل دیگری انتخاب کند، فکر می‌کنی او چه خواهد کرد؟» مور با شرمندگی گفت «او شرکت را از کسب‌و‌کار حافظه بیرون خواهد کشید». بدین ترتیب، اینتل سرانجام تصمیم گرفت بازار حافظه‌های درم را برای ژاپنی‌ها واگذارد و با خروج از آن بازار، بر تولید ریزپردازنده برای رایانه‌های شخصی تمرکز کند. این اقدام برای شرکتی که تولید حافظه‌های درم مبنای شکل‌گیری آن بود، در واقع قماری بسیار شجاعانه محسوب می‌شد. «نوآوری مختل‌کننده» به قول گرو، در نظریه کلیتون کریستنسن جذاب به‌نظر می‌رسید، اما در عمل دردناک بود. او بعدها از آن روز‌ها با عباراتی چون دوره «دندان‌قروچه، ستیزه و مشاجره» یاد می‌کرد. اختلال در رویه‌های معمول شرکت آشکارا دیده می‌شد. اصلا معلوم نبود که این نوآوری نتیجه خواهد داد یا خیر، و تازه اگر چنین می‌شد هم، سال‌ها طول می‌کشید تا نتیجه حاصل شود.

در این میان، گرو در حالی که منتظر بود نتیجه قمارش روی رایانه‌های شخصی را ببیند، ترس ناشی از روحیه «همه‌دشمن‌پنداری»[[432]](#footnote-432) را با چنان بی‌رحمی‌ای مبنای کار قرار داد که کمتر کسی در سیلیکون‌ولی مانند آن را دیده بود. برای نمونه، ساعت آغاز کار راس هشت صبح تعیین شده بود و هر کس تأخیر می‌کرد، به‌طور علنی مواخذه می‌شد. اختلافات میان کارکنان هم با روشی حل‌وفصل می‌شد که گرو نام آن را «تقابل سازنده» گذاشته بود. کِریگ بَرِت،[[433]](#footnote-433) معاون گرو در مورد این روش او به کنایه گفته بود «نتیجه مراجعه به مدیریت در صورت بروز اختلاف، چیزی نبود جز آن که سرتان را بگیرند و با پتک به آن بکوبند».

این روش با فرهنگ « اختیار عمل در کار» که از ویژگی‌های شناخته‌شده سیلیکون‌ولی بود، فاصله بسیار داشت؛ اما اینتل، همچون یک گروهان نظامی، به گروهبانی نیاز داشت که پرسنل را به سختی تمرین دهد. تراشه‌های درم اینتل هم مانند تولیدات سایر تراشه‌سازان آمریکایی از نظر کیفی مشکل داشت. در‌ واقع، درآمد این شرکت در کسب‌وکار حافظه درم، نه حاصل پیشرو بودن آن در تولید انبوه، بلکه تنها نتیجه پیشگام بودن آن در ورود به بازار با طرح‌های جدید بود. توجه باب‌ نویس و گوردون مور همواره معطوف این بود که اینتل در فناوری از دیگران جلو باشد. البته نویس می‌پذیرفت که همیشه به «بخشی از کار که به مخاطره کردن نیاز دارد» بیش از «بخشی که نیازمند کنترل است» علاقه دارد. گرو در مقابل، به کنترل اهمیت بسیار می‌داد، و این دقیقا همان چیزی بود که مدت‌ها پیش موجب شده بود گوردون او را در سال ١٩۶٣ به فرچایلد ببرد: حل مشکلات تولید در آن شرکت. بعد‌ها هم، وقتی او به دنبال نویس و مور به اینتل آمد، همین وظیفه به او سپرده شد. از آن پس، گرو تحت تاثیر ترسی آزاردهنده، بقیه عمرش را در حالی گذراند که ذهنش درگیر تک‌تک جزئیات تولید و کسب‌و‌کار اینتل بود.

مرحله اول برنامه‌ای که گرو این‌بار برای اصلاح ساختار اینتل طراحی کرده بود، شامل اخراج بیش از ٢۵ درصد نیروی کار اینتل و تعطیل کردن تاسیسات شرکت در سیلیکون‌ولی، پورتوریکو، اورِگن و باربادوس بود. معاون گرو در آن زمان، رویکرد رییس خود را این‌گونه توصیف می‌کرد: «آه خدای من. این افراد را اخراج کنید، کشتی‌ها را بسوزانید، این کسب‌و‌کار را نابود کنید». گرو بی‌رحم بود، طوری که نویس و مور هرگز نمی‌توانستند باشند. مرحله دوم برنامه گرو، کارآمد کردن تولید بود. او و بَرِت با جدیت روش‌های تولیدی ژاپنی‌ها را کپی می‌کردند. یکی از زیردستان او می‌گفت «روزی برت چوب بیسبال به دست وارد بخش تولید شد و گفت: لعنت! قرار نیست ما از ژاپنی‌ها شکست بخوریم». او مدیران کارخانه را به ژاپن فرستاد و به آن‌ها گفت: «بروید و ببینید که چطور باید کار کنید».

روش جدید تولید در اینتل «کپی کردن دقیق» نامیده می‌شد. در هر مورد، آن‌ها وقتی در می‌یافتند که مجموعه خاصی از فرآیند‌های تولیدی بهترین نتیجه را می‌دهد، آن را در دیگر تاسیسات اینتل هم تکرار می‌کردند. پیش از آن، مهندسان اینتل به این افتخار می‌کردند که خودشان فرآیندها را طراحی و تنظیم می‌کنند. اما اکنون از آن‌ها خواسته شده بود فکر نکنند بلکه تقلید کنند. یکی از این مهندسان می‌گفت «ما با مشکل فرهنگی بزرگی روبه‌رو بودیم، زیرا رویه معمول در سیلیکون‌ولی یعنی اختیار عمل در کار، جای خود را به سخت‌گیری مرسوم در خط تولید داده بود». برت در جایی گفته بود: می‌پذیرم که «مرا به چشم یک دیکتاتور می‌نگریستند». اما کپی‌ کاری نتیجه‌ای عالی داده بود: تولید اینتل به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته بود، در حالی که تجهیزات تولید هم به‌طور کارآمدتری به‌کار گرفته می‌شد و این کاهش هزینه‌ها را به دنبال داشت. بدین‌ ترتیب از آن پس، همه کارخانه‌های این شرکت. کمتر مانند آزمایشگاه، و بیشتر همچون ماشینی عمل می‌کردند که به خوبی تنظیم شده است.

گرو و اینتل هم شانس آوردند. برخی از عوامل ساختاری که در اوایل دهه ١٩٨٠ به نفع ژاپنی‌ها عمل کرده بودند، کم‌کم تغییر جهت می‌دادند. در فاصله سال‌های ١٩٨۵ و ١٩٨٨، ارزش ین در مقابل دلار دو برابر، و در نتیجه صادرات آمریکا ارزان‌تر شد. از سوی دیگر، نرخ بهره هم در دهه ١٩٨٠ به‌شدت پایین آمد و موجب کاهش هزینه سرمایه اینتل شد. در این میان، شرکت کامپک کامپیوتر[[434]](#footnote-434) که در تگزاس مستقر بود، با درک این حقیقت که علی‌رغم دشواری نوشتن نرم‌افزار سیستم‌عامل و ساختن ریزپردازنده، سوارکردن قطعات رایانه شخصی در یک جعبه پلاستیکی کاری نسبتا ساده است، حضور خود در بازار رایانه‌های شخصی را به آی‌بی‌ام تحمیل کرد. کامپک رایانه‌های شخصی خود را که در آن از تراشه‌های اینتل و نرم‌افزار مایکروسافت استفاده شده بود، با قیمتی بسیار کمتر از رایانه‌های شخصی آی‌بی‌ام وارد بازار کرد. در اواسط دهه ١٩٨٠، تعداد رایانه‌های شخصی فروخته‌شده توسط کامپک و دیگر شرکت‌هایی که رایانه‌های شخصی آی‌بی‌ام را شبیه‌سازی می‌کردند، از فروش خود آی‌بی‌ام بیشتر شده بود. با افزایش مصرف رایانه‌های شخصی و حضور آن‌ها در همه بنگاه‌ها و دفاتر کار و همچنین در بسیاری از خانه‌ها، قیمت‌ها به‌شدت کاهش یافت. به جز رایانه‌های شخصی اَپل که ریزپردازنده و سیستم‌عامل مخصوص خود را داشتند، تقریبا همه رایانه‌های شخصی از تراشه‌های اینتل و نرم‌افزارهای مایکروسافت بهره می‌گرفتند، زیرا این دو سامانه طوری طراحی شده بودند که به راحتی با هم کار کنند. بدین ترتیب، اینتل در حالی وارد عصر رایانه‌های شخصی شد که عملا انحصار فروش تراشه‌های مورد استفاده در رایانه‌های شخصی را در اختیار داشت.

تحول ساختاری ایجادشده در اینتل توسط گرو، نمونه تمام‌عیار نحوه عملکرد نظام سرمایه‌داری در سیلیکون‌ولی است. او متوجه شده بود که مدل کسب‌و‌کار اینتل شکست خورده است و تصمیم گرفته بود، شخصا با خارج کردن اینتل از کسب‌و‌کار حافظه‌های درم که روزی علت اصلی تاسیس این شرکت بود، ساختار قدیمی آن را به‌طور بنیادین متحول کند. اینتل بر بازار تراشه‌های مورد استفاده در رایانه‌های شخصی تسلط یافت و در هر دوره یک یا دوساله، نسل جدیدی از تراشه را به بازار معرفی می‌کرد که ترانزیستور‌های کوچک‌تری را در خود جای می‌داد و قدرت محاسبه بیشتری داشت. اندی گرو معتقد بود تنها «همه‌دشمن‌پندار‌ها» جان به در می‌برند. در واقع، «همه‌دشمن‌پندار» بودن او، بیش از تخصص و نوآوری، در نجات اینتل نقش داشت.

## فصل ٢٣

**«دشمنِ دشمن من»: ظهور کره**

لی بیونگ\_چول[[435]](#footnote-435) می‌توانست از فروش هر چیزی پول درآورد. او که در سال ١٩١٠، یعنی تنها یک سال بعد از جک سیمپلات متولد شده بود، کسب‌وکار خود را در سال ١٩٣٨، یعنی زمانی راه انداخته بود که وطنش، کره بخشی از امپراطوری ژاپن و در حال جنگ با چین بود و می‌رفت تا به زودی با ایالات متحده هم وارد جنگ شود. اولین محصولات لی ماهی و سبزیجات خشک‌شده بود که او در کره جمع‌آوری می‌کرد و برای تغذیه ماشین جنگی ژاپن، به شمال چین می‌فرستاد. کره در آن زمان جایی دور افتاده، فقیر و خالی از صنعت و فناوری بود؛ اما لی حتی در همان روز‌ها هم رویای ساختن کسب‌و‌کاری، به قول خودش، «بزرگ، قدرتمند، و ماندگار برای همیشه» را در سر می‌پروراند. او بعد‌ها با کمک دو متحد با نفوذ خود، یعنی صنعت تراشه آمریکا و دولت کره‌ جنوبی، سامسونگ را به ابرقدرت صنعت نیمه‌رسانا تبدیل کرد. یکی از بخش‌های کلیدی راهبرد سیلیکون‌ولی برای پشت سر گذاشتن ژاپن، یافتن منابع عرضه ارزان‌تر در آسیا بود. لی اعتقاد داشت این دقیقا همان نقشی است که سامسونگ می‌تواند به خوبی ایفا کند.

کره جنوبی از قدیم عادت داشت در میان قدرت‌های بزرگ راه خود را بیابد. سامسونگ به سادگی می‌توانست تنها هفت سال پس از تاسیس توسط لی، و به دنبال شکست ژاپن از ایالات متحده نابود شود. با این حال، لی هم به سیاق وطنش، ماهرانه و به موقع تغییر جهت داد و به همان سادگی که ماهی خشک‌شده می‌فروخت، شرکای سیاسی را عوض کرد و بدین ترتیب، خطر سیاستمداران کره جنوبی را که می‌خواستند گروه‌های تجاری بزرگی چون شرکت او را نابود کنند، دفع کرد. او حتی وقتی دولت کمونیست کره شمالی به جنوب تجاوز کرد هم، دارایی‌های خود را حفظ کرد - هرچند در دوره کوتاه اشغال سئول توسط دشمن، یکی از روسای حزب کمونیست شورولت لی را مصادره کرد و با آن در پایتخت اشغالی به گردش پرداخت.

علی‌رغم ادامه جنگ، لی توانست در فضای سیاسی پیچیده کره جنوبی با ظرافت بسیار راه خود را بگشاید و امپراطوری تجاری‌اش را گسترش دهد. وقتی در سال ١٩۶١، یک رژیم نظامی قدرت را در دست گرفت، ژنرال‌ها بانک‌هایش را از او گرفتند، اما شرکت‌های دیگر او آسیب ندیدند. او اصرار می‌کرد که سامسونگ در جهت منافع کشور عمل می‌کند - و این که منافع کشور به این بستگی دارد که سامسونگ به شرکتی در کلاس جهانی تبدیل شود. بخش اول شعار خانواده لی می‌گوید «خدمت به کشور از طریق تجارت». او کسب‌و‌کار خود را از ماهی و سبزیجات به سوی شکر، منسوجات، کود، ساخت‌وساز، بانکداری و بیمه گسترش داد. او رونق اقتصادی کره در دهه‌های ١٩۶٠ و ١٩٧٠ را مدرکی دال بر خدمت خود به کشور می‌دانست. از سوی دیگر اما، منتقدان لی این حقیقت که او در دهه ١٩۶٠ به ثروتمندترین فرد در کشور تبدیل شده بود را مدرکی دال بر خدمت کشور - و سیاستمداران رشوه‌خوار آن - به او می دانستند.

لی از مدت‌ها پیش می‌خواست وارد صنعت نیمه‌رسانا شود و روند گسترش تسلط شرکت‌هایی چون توشیبا و فوجیتسو بر بازار حافظه‌های درم در اواخر دهه ١٩٧٠ و اوایل دهه ١٩٨٠ را زیر نظر گرفته بود. البته کره جنوبی از پیش یکی از مهم‌ترین مراکز عملیات برون‌سپاری‌شده مونتاژ و بسته‌بندی تراشه‌های ساخته‌شده در آمریکا یا ژاپن بود. به علاوه، دولت ایالات متحده به تأمین مالی ایجاد «موسسه علوم و فناوری کره» در سال ١٩۶۶ کمک کرده بود، تعداد روزافزونی از کره‌ای‌ها هم در دانشگاه‌های برتر آمریکا تحصیل می‌کردند یا در خود کره تحت آموزش استادان تحصیل‌کرده در آمریکا قرار می‌گرفتند. با این حال، حتی در صورت برخورداری از نیروی‌کار ماهر هم، حرکت از عملیات ساده مونتاژ به سوی فرآیند‌های پیشرفته تراشه‌سازی، اصلا آسان نبود. سامسونگ پیش‌تر به‌طور نه‌چندان جدی به عملیات ساده با نیمه‌رسانا‌ها پرداخته بود؛ اما نتوانسته بود از این راه درآمدی کسب، یا فناوری پیشرفته‌ای خلق کند.

در عین حال، لی در اوایل دهه ١٩٨٠ تغییر محیط را حس کرد. رقابت بی‌رحمانه در دهه ١٩٨٠، بر سر بازار حافظه‌های درم میان سیلیکون‌ولی و ژاپن فرصتی را در اختیار سامسونگ گذاشته بود. در این میان دولت کره جنوبی هم، صنعت نیمه‌رسانا را اولویت خود اعلام کرده بود. لی در حالی که در اندیشه آینده سامسونگ بود، در بهار ١٩٨٢ به کالیفرنیا سفر، و از تاسیسات هیولت‌پاکارد دیدن کرد و از فناوری این شرکت شگفت‌زده شد. او با خود فکر کرد اگر اچ‌پی توانسته است از گاراژی در پالو آلتو به یک غول فناوری تبدیل شود، یک فروشگاه ماهی و سبزیجات چون سامسونگ هم خواهد توانست چنین کند. یکی از کارکنان اچ‌پی به او گفته بود «ما این همه را مدیون نیمه‌رسانا‌ها هستیم». او همچنین از یکی از کارخانه‌های تولید رایانه شرکت آی‌بی‌ام دیدن کرد و حتی در کمال شگفتی اجازه یافت از آن تاسیسات عکس هم بگیرد. در آنجا، لی به‌کارمندی که کارخانه را نشانش می‌داد و گفت «شما قاعدتا باید اسرار بسیاری در کارخانه‌تان داشته باشید». راهنمای او با اعتمادبه‌نفس پاسخ داد «از این‌ها صرفا با مشاهده نمی‌توان تقلید کرد». با این وجود، تقلید از مدل موفقیت سیلیکون‌ولی دقیقا همان چیزی بود که لی در نظر داشت انجام دهد.

انجام این کار مستلزم هزینه‌کرد سرمایه‌ای چندین میلیون دلاری بود، و هیچ تضمینی هم در نتیجه‌بخش بودن آن وجود نداشت. این کار حتی برای لی هم قمار بزرگی محسوب می‌شد، به‌طوری که او ماه‌ها برای انجام آن در تردید بود. شکست می‌توانست کل امپراطوری تجاری او را نابود کند. با این حال، دولت کره جنوبی نشان داده بود که حاضر است از این کار حمایت مالی‌ کند. دولت قول داده بود ۴٠٠ میلیون دلار در توسعه صنعت نیمه‌رسانا سرمایه‌گذاری کند. بانک‌های کره‌ای هم مطمئنا در مسیر دولت قدم برمی‌داشتند و برای این کار میلیون‌ها دلار وام می‌دادند. بنابراین مانند آنچه در ژاپن رخ داد، شرکت‌های فناوری کره هم نه در گاراژ‌ها، بلکه در دل گروه‌های بزرگ تجاری و با کمک وام‌های بانکی ارزان‌قیمت و پشتیبانی دولت شکل گرفت. سرانجام در صبح یک روز زمستانی در فوریه ١٩٨٣ و پس از گذراندن شبی در ناآرامی و بی‌خوابی، لی گوشی تلفن را برداشت، به رییس بخش الکترونیک زنگ زد و گفت «سامسونگ نیمه‌رسانا‌ خواهد ساخت». او اعلام کرده بود با ورود به صنعت نیمه‌رسانا، بر سر آینده شرکت قمار می‌کند و بدین منظور، آماده است حداقل ١٠٠ میلیون دلار هزینه کند.

لی کارآفرینی زیرک بود و دولت کره جنوبی هم محکم پشت او ایستاده بود. اما این شرط‌بندی تمام‌عیار سامسونگ روی تراشه‌ها، در هر حال، بدون حمایت سیلیکون‌ولی نتیجه نمی‌داد. سیلیکون‌ولی بر این عقیده بود که بهترین راه برای مقابله با رقابت ژاپنی‌ها در بازار جهانی حافظه‌های درم، چیزی نیست جز یافتن منابع ارزان‌تر در کره، و همچنین تمرکز بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه برای تولید محصولات با‌ارزش‌تر در خود آمریکا، به جای تولید حافظه‌های درم که اکنون دیگر به کالایی ساده تبدیل و ارزش آن هم بسیار کم شده بود. بر همین اساس، تراشه‌سازان آمریکایی شرکت‌های تازه‌‌کار کره‌ای را به چشم شرکای بالقوه خود می‌نگریستند. در همین راستا، باب نویس به اندی گرو گفته بود «در صورت حضور کره‌ای در بازار، ژاپنی‌ها نخواهند توانست با راهبرد «قیمت‌‌شکنی با هر هزینه ممکن» تولید جهانی حافظه‌های درم را به انحصار خود در آوردند، زیرا کره‌ای‌ها تولید‌کنندگان ژاپنی را تضعیف خواهند کرد». نویس پیش‌بینی کرده بود حضور کره‌ای‌ها برای تراشه‌سازان ژاپنی «مرگبار» خواهد بود.

بدین ترتیب، اینتل با خوشحالی از ظهور تولید‌کنندگان کره‌ای حافظه‌های درم استقبال کرد. اینتل تنها یکی از چندین شرکت در سیلیکون‌ولی بود که در دهه ١٩٨٠ با سامسونگ قرارداد سرمایه‌گذاری مشترک[[436]](#footnote-436) امضا کردند. اینتل در قرارداد خود با سامسونگ، به آن اجازه داد با نام تجاری اینتل، تراشه تولید کند و بفروشد. اینتل در واقع با این کار عملا روی تاثیر کمک به صنعت تراشه کره بر کاهش تهدید تراشه‌سازان ژاپنی شرط بسته بود. به علاوه، هزینه‌ها و دستمزدها در کره به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از ژاپن بود. بنابراين شرکت‌های کره‌ای چون سامسونگ، حتی اگر فرآیند‌های تولیدیشان به اندازه ژاپنی‌ها کارآمد نبود هم، شانس گرفتن بخشی از بازار از آن‌ها را داشتند.

اختلافات تجاری موجود میان ایالات متحده و ژاپن هم به شرکت‌های کره‌ای کمک کرد. پس از آن که ایالات متحده در سال ١٩٨۶ ژاپن را تهدید کرد در صورت عدم توقف قیمت‌شکنی تراشه‌های درم در بازار آمریکا، بر واردات از ژاپن تعرفه وضع خواهد کرد، توکیو پذیرفت فروش تراشه به آمریکا را محدود کند و همچنین قول داد تراشه‌ها را با قیمت پایین نفروشد. بدین ترتیب، شرکت‌های کره‌ای فرصت یافتند تراشه‌های درم بیشتری را با قیمت بالاتر به آمریکا بفروشند. آمریکاییان اصلا در نظر نداشتند توافقشان با ژاپن به نفع شرکت‌های کره‌ای تمام شود: اما از این که می‌دیدند کسی غیر‌ از ژاپنی‌ها تراشه‌های مورد‌ نیاز آن‌ها را تولید می‌کند، خوشحال بودند.

ایالات متحده فقط بازاری برای تراشه‌های درم کره جنوبی نبود، بلکه فناوری هم در اختیار آن‌ها گذاشت. از آنجا که بیشتر تولید‌کنندگان حافظه‌های درم در سیلیکون‌ولی در مرز نابودی بودند، در انتقال فناوری پیشرفته به کره تردید نمی‌کردند. در این میان، لی پیشنهاد خرید مجوز استفاده از یکی از حافظه‌های 64K را به شرکت مایکرون - که در آن زمان با مشکل مالی جدی روبه‌رو بود - داد. او در جریان این معامله با وارد پارکینسون، یکی از بنیان‌گذاران مایکرون هم رابطه دوستی برقرار کرد. مدیران مایکرون در آیداهو که شدیدا به پول نیاز داشتند، با کمال میل این پیشنهاد را پذیرفتند؛ اگر چه این قرارداد به سامسونگ اجازه می‌داد بیشتر فرآیند‌های مایکرون را یاد بگیرد. پارکینسون که تزریق پول سامسونگ را برای کمک به بقای مایکرون «نه ضرورتا سرنوشت‌ساز؛ اما به هر حال، اثر‌گذار می‌دانست، بعدها از آن قرارداد چنین یاد کرد: « هر آنچه ما انجام می‌دادیم، سامسونگ هم انجام داد». برخی از رهبران صنعت نیمه‌رسانا، از جمله گوردون مور ابراز نگرانی می‌کردند که «بعضی از شرکت‌های تولیدکننده تراشه در چنان وضعیت ناامیدکننده‌ای قرار دارند که به‌طور فزاینده‌ای بخش‌های ارزشمند فناوری خود را به دیگران منتقل می‌کنند». با این وجود، در حالی که بیشتر شرکت‌های آمریکایی تولیدکننده تراشه حافظه تقریبا ورشکسته بودند، به سختی می‌شد ادعا کرد فناوری حافظه‌های درم به‌طور مشخص ارزشمند است. بیشتر شرکت‌ها در سیلیکون‌ولی از همکاری‌ با شرکت‌های کره‌ای خشنود بودند، کاری که موجب تضعیف رقبای ژاپنی شد و به کره جنوبی کمک کرد به یکی از مراکز پیشرو در تولید تراشه‌های حافظه در جهان تبدیل شود. اتخاذ این سیاست علت منطقی ساده‌ای داشت. به قول جری سندرز «دشمنِ دشمن من، دوست من است».

## فصل ٢۴

**«آینده این است»**

باززاد صنعت تراشه آمریکا پس از هجوم تولیدکنندگان ژاپنی حافظه‌های درم تنها به لطف همه‌دشمن‌پنداری اندی گرو، جنگندگی جری سندرز، و رقابت‌پذیری شجاعانه جک سیمپلات ممکن شد. تصویری که از روحیه سرسخت فعالان سیلیکون‌ولی و فضای رقابتی حاصل از رویه اعطای بخشی از سهام شرکت‌ها به‌کارکنان توانمند و کارآمد در ذهن شکل می‌گرفت، کمتر شبیه محیط آزمایشگاهی معرفی‌شده در کتاب‌های درسی اقتصاد و بیشتر یادآور فضای پرتنش عملکرد قاعده «انتخاب اصلح» در نظریه داروین بود. در چنین محیطی بود که بسیاری از شرکت‌ها نابود، و ده‌ها هزار نفر از کارکنان بیکار شدند. اگر شرکت‌هایی چون اینتل و مایکرون از این قربانگاه جان سالم به در بردند، کمتر به‌علت مهارت‌هایشان در مهندسی - که البته به جای خود اهمیت داشتند - و بیشتر به لطف توانایی آن‌ها در بهره‌برداری از استعداد‌های فنی‌شان برای کسب درآمد در محیط بسیار رقابتی و بی‌رحم این صنعت بود.

با این همه، داستان باززاد سیلیکون‌ولی تنها داستان کارآفرینان بی‌باک و تخریب خلاقانه نبود. در کنار ظهور این غول‌های صنعتی جدید، مجموعه‌ای از دانشمندان و مهندسان شرايط را برای جهشی رو به جلو در تراشه‌سازی مهیا، و راه‌های انقلابی جدیدی را برای استفاده از قدرت پردازش ابداع می‌کردند. بسیاری از این تحولات در هماهنگی با اقدامات حمایتی دولت رخ داده بود. البته معمولا نه کنگره و نه کاخ‌ سفید، هیچ‌کدام به‌طور مستقیم به حمایت از صنعت نپرداختند؛ بلکه این سازمان‌های کوچک و چالاکی چون سازمان پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی پنتاگون (دارپا) بودند که اختیار داشتند روی فناوری‌های آینده‌نگر دست به قمار‌های بزرگ بزنند - و زیرساخت‌های تحقیق و توسعه‌ای و آموزشی لازم برای موفقیت این قمار‌ها را بسازند.

رقابت تراشه‌های درم باکیفیت و کم‌هزینه ساخت ژاپن تنها مشکل پیش‌ روی سیلیکون‌ولی در دهه ١٩٨٠ نبود. قانون معروف گوردون مور افزایش تصاعدی تعداد ترانزیستورها در هر تراشه را پیش‌بینی کرده بود؛ اما تحقق این رویا به‌طور فزاینده‌ای دشوارتر می‌شد. در دهه ١٩٧٠، بسیاری از مدارهای یکپارچه با استفاده از همان فرآیندی طراحی می‌شدند که فدریکو فَگین[[437]](#footnote-437) در اینتل برای تولید اولین ریزپردازنده ابداع کرده بود. فگین در سال ١٩٧١، نیمی از کل سال را پشت میز طراحی خود و در حال طراحی با استفاده از پیشرفته‌ترین ابزارآلات اینتل، یعنی یک خط‌کش و چند مدادرنگی گذرانده بود. او نهایتا طرحش را با استفاده از چاقوی قلم‌تراش روی یک تکه فیلم روبیلیت[[438]](#footnote-438) برید. او سپس با استفاده از یک دوربین ویژه، الگوی حک‌شده بر فیلم روبیلیت را روی یک قطعه ماسک - صفحه شیشه‌ای پوشیده‌شده با کروم - تاباند و بدین ترتیب توانست الگوی ابتدایی را دقیقا روی قطعه ماسک تکرار کند. در مرحله نهایی، او نور را از میان قطعه ماسک و مجموعه‌ای از چند لنز روی یک قطعه ویفر سیلیکونی تاباند تا نسخه کوچکی از الگوی مورد نظر را روی ویفر سیلیکونی ایجاد کند. او بدین ترتیب، یک تراشه را خلق کرده بود.

البته در این میان مشکلی هم وجود داشت و آن این که هرچند مداد و موچین برای ساختن مدار یکپارچه‌ای متشکل از هزار جزء، ابزار مناسبی بود؛ برای ساختن تراشه‌ای با یک میلیون ترانزیستور، ابزار‌های پیچیده‌تری مورد نیاز بود. هنگامی که کاروِر مید فیزیک‌دان به لین کانوِی،[[439]](#footnote-439) متخصص معماری کامپیوتر در مرکز تحقیقات زیراکس در پالو آلتو - که اتفاقا در آن زمان، مفهوم رایانه شخصی مجهز به موش‌واره و صفحه‌ کلید، برای اولين بار در همان جا در حال شکل‌گیری بود - معرفی شد، این مساله غامض مشغله ذهنی او بود.

کانوی دانشمند برجسته‌ای در حوزه رایانه بود، اما هر کسی که با او صحبت می‌کرد، متوجه می‌شد که او ذهنی مملو از نظرات درخشان در حوزه‌های مختلف دیگر از ستاره‌شناسی گرفته تا مردم‌شناسی و فلسفه تاریخ دارد. او پس از آن که در سال ١٩۶٨ به‌علت انجام عمل جراحی تغییر جنسیت از آی‌بی‌ام اخراج شده بود، در سال ١٩٧٣ و به قول خودش «مخفیانه» به زیراکس پیوسته بود. او وقتی فهمیده بود تراشه‌سازان در سیلیکون‌ولی بیشتر شبیه هنرمندان بودند تا مهندسان، حیرت‌زده شده بود. برای او عجیب بود که ابزار‌های فناوری پیشرفته در کنار ابزار‌های ساده‌ای چون موچین قرار می‌گیرند. تراشه‌سازان الگو‌های بسیار پیچیده‌ای را روی بلوک‌های سیلیکونی خلق می‌کردند، اما روش کار آن‌ها، روش هنرمندان قرون وسطی بود. کانوی که سال‌ها تحصیل در رشته معماری رایانه به او آموخته بود در قالب دستورالعمل‌های استانداردی عمل کند که برای تولید همه برنامه‌های رایانه‌ای قابل‌استفاده باشد، این روش‌های پراکنده را به‌طور غیرقابل‌قبولی قدیمی می‌دانست.

کانوی دریافته بود انقلاب دیجیتالی که مید از آن خبر داده بود به دقتی در حد الگوریتم نیاز دارد. او و مید پس از آن که توسط همکاری مشترک به هم معرفی شدند، در مورد نحوه استانداردسازی طراحی تراشه به بحث پرداختند. آن‌ها از خود می‌پرسیدند چرا ما نباید بتوانیم ماشینی را برای طراحی مدار‌ها برنامه‌ریزی کنیم. مید گفته بود «همین که شما بتوانید برای انجام کاری، یک برنامه بنویسید، دیگر نیازی به جعبه‌ ابزار دیگران نخواهید داشت».

کانوی و مید در نهایت مجموعه‌ای از قواعد ریاضی را برای طراحی نوشتند و راه را برای تهیه برنامه‌های رایانه‌ای طراحی خودکار تراشه هموار کردند. با روش کانوی و مید، طراحان مجبور نبودند محل تک‌تک ترانزیستورها را ترسیم کنند، بلکه می‌توانستند از انباره‌ای از «بخش‌های قابل‌ جابه‌جایی» استفاده کنند که این تکنیک در اختیارشان می‌گذاشت. مید دوست داشت خود را در حد یوهان گوتنبرگ[[440]](#footnote-440) فرض کند که ماشین چاپش اجازه داده بود نویسندگان بر نوشتن کتاب و چاپخانه‌ها بر چاپ آن تمرکز کنند. به زودی، ام‌آی‌تی از کانوی برای تدریس در دوره‌ای در مورد روش‌شناسی طراحی تراشه دعوت کرد. در پایان این دوره، هر یک از دانشجویان او تراشه‌ای را طراحی کرد و آن را برای تولید به یک مرکز تراشه‌سازی فرستاد. شش هفته بعد، دانشجویان کانوی بدون این که هرگز قدم در آزمایشگاهی گذاشته باشند، تراشه‌های خود که خیلی هم خوب کار می‌کردند را از طریق پست دریافت کردند. اکنون لحظه گوتنبرگ در صنعت تراشه فرارسیده بود.

هیچ‌کس به اندازه پنتاگون به آنچه که به زودی «انقلاب مید-کانوی» نامیده شد، علاقه‌مند نبود. دارپا برنامه‌ای را تأمین مالی کرد که در چارچوب آن پژوهشگران دانشگاهی می‌توانستند طرح تراشه‌های خود را‌ برای تولید به‌کارخانه‌های پیشرفته بفرستند. دارپا علی‌رغم شهرتش در تأمین مالی سامانه‌های تسلیحاتی آینده‌نگر، وقتی نوبت به نیمه‌رسانا‌ها رسید هم، به همان اندازه روی ایجاد زیر‌ساخت‌های آموزشی تمرکز کرد. بر همین اساس، آمریکا به زودی تعداد زیادی طراح تراشه داشت. دارپا همچنین به دانشگاه‌ها کمک کرد رایانه‌های پیشرفته خریداری کنند و کارگاه‌هایی را هم با حضور مدیران صنایع و دانشگاهیان برای بحث در مورد مشکلات پژوهش در این حوزه برگزار کرد. دارپا معتقد بود کمک به شرکت‌ها و استادان دانشگاه در زنده نگه داشتن قانون مور، در حفظ برتری نظامی آمریکا نقش اساسی دارد.

صنایع تراشه‌سازی هم با تاسیس شرکت تحقیقات نیمه‌رسانا (اس‌آرسی)[[441]](#footnote-441) که به محققان دانشگاه‌هایی چون کارنِگی‌مِلون[[442]](#footnote-442) و دانشگاه کالیفرنیا در برکلی بورسیه تحقیقاتی می‌داد، از تحقیقات دانشگاهی در زمینه تکنیک‌های طراحی تراشه حمایت مالی می‌کرد. با تکیه بر همین حمایت‌ها، در دهه ١٩٨٠ مجموعه‌ای از دانشجویان و اعضای هیات‌ علمی این دو دانشگاه استارپ‌هایی را تاسیس کردند که موجب شکل‌گیری صنعتی جدید - ابزار‌های نرم‌افزاری برای طراحی نیمه‌رسانا‌ها - شد که قبلا هرگز وجود نداشت. امروز تمام شرکت‌های تولیدکننده تراشه از ابزار‌های ساخته‌شده توسط سه شرکت تولیدکننده نرم‌افزارهای طراحی تراشه استفاده می‌کنند که توسط دانشگاهیان بهره‌مند از برنامه‌های حمایتی دارپا و اس‌آر‌سی بنیان نهاده شده‌اند.

دارپا از تحقیق در حوزه‌ای دیگر، یعنی «یافتن مصارف جدید برای قدرت پردازش فزاینده تراشه‌ها» نیز حمایت می‌کرد. اِروین جِیکوبس،[[443]](#footnote-443) متخصص ارتباطات بی‌سیم، یکی از کسانی بود که در این حوزه تحقیق می‌کرد. او که فرزند خانواده‌ای رستوران‌دار در ماساچوست بود، بنا داشت حرفه والدینش را در صنعت پذیرایی دنبال کند؛ اما به حکم سرنوشت، عاشق مهندسی برق شد. او سرتاسر دهه ١٩۵٠ را صرف بازی و سرگرمی با لامپ‌های خلأ و ماشین‌حساب‌های آی‌بی‌ام کرد. جیکوبس بعدا هنگام تحصیل در دوره فوق‌لیسانس ام‌آی‌تی، روی آنتن‌ها و نظریه الکترومغناطیس مطالعه کرد و تصمیم گرفت بر تحقیق در حوزه نظریه اطلاعات - مطالعه در مورد چگونگی حفظ و انتقال اطلاعات - تمرکز کند.

در آن زمان ایستگاه‌های رادیویی از دهه‌ها پیش، برنامه‌های خود را بدون استفاده از سیم ارسال می‌کردند، اما تقاضاها برای ارتباطات بی‌سیم رو به افزایش داشت و طیف امواج رادیویی هم محدود بود. اگر کسی می‌خواست ایستگاهی رادیویی در ٩٩.۵ مگاهرتز موج اف‌ام داشته باشد، باید مطمئن می‌شد که ایستگاه دیگری در ٩٩.٧ مگاهرتز وجود ندارد، زیرا در این صورت، تداخل امواج مانع کار می‌شد. همین اصل در مورد سایر اشکال ارتباط رادیویی هم صدق می‌کرد. با افزایش حجم اطلاعات بسته‌بندی شده در برشی از طیف موج رادیویی، امکان تداخل امواج ناخواسته سرگردان در میان ساختمان‌ها و در فضای آزاد با موج ارسال‌شده به سوی گیرنده‌های رادیویی افزایش می‌یافت.

اندرو ویتربی،[[444]](#footnote-444) همکار قدیمی جیکوبس در دانشگاه کالیفرنیا در سن‌دیگو الگوریتم پیچیده‌ای را برای رمزگشایی مجموعه‌ای نامرتب از سیگنال‌های دیجیتال، در میانه امواج رادیویی نویزدار ابداع کرده بود. هرچند دانشمندان این دستاورد را به‌عنوان نظریه‌ای ممتاز ستوده بودند، استفاده از الگوریتم ویتربی در عمل دشوار به‌نظر می‌رسید. در آن روز‌ها، تحقق این ایده که رادیو‌های معمولی روزی قدرت محاسبه خواهند داشت تا الگوریتم‌های پیچیده را اجرا کنند، غیرمحتمل به‌نظر می‌رسید.

در سال ١٩٧١، جیکوبس برای شرکت در کنفرانسی با حضور دانشگاهيانی که روی نظریه ارتباطات کار ‌می‌کردند، به سنت‌پیترزبورگ[[445]](#footnote-445) در فلوریدا سفر کرد. بسیاری از دانشمندان در این همایش با‌ ناراحتی اعلام می‌کردند رشته علمی تخصصی آن‌ها - رمزگذاری داده‌ها روی امواج رادیویی - در عمل به آخر کار رسیده است. علت به زعم آن‌ها این بود که طیف امواج رادیویی ظرفیت تعداد محدودی سیگنال را دارد و با تجاوز از این حد، چینش و تفسیر سیگنال‌ها غیرممکن می‌شود. الگوریتم‌های ویتربی به‌طور نظری راهی را برای بسته‌بندی داده‌های بیشتر در طیف موج رادیویی پیش رو می‌گذاشت؛ اما هیچ‌کس از قدرت محاسبه لازم برای به‌کارگیری این الگوریتم‌ها در مقیاس مناسب برخوردار نبود. به‌نظر می‌رسید فرآیند ارسال داده‌ها از طریق هوا به آخر راه خود رسیده است. یکی از استادان در سخنرانی خود گفت «رمزگذاری دیگر مرده است».

جیکوبس اما، کاملا با این نظر مخالف بود. او در میان یکی از سخنرانی‌ها از جای خود در ردیف‌های عقب برخاست و در حالی که تراشه‌ای را به حضار نشان می‌داد، گفت «آینده این است». او دریافته بود تراشه با چنان سرعتی در حال پیشرفت است که به زودی قادر خواهد بود حجمی بسیار بزرگ‌تر از داده‌ها را روی فضای ثابتی از طیف موج رادیویی رمزگذاری کند. او معتقد بود از آنجا که تعداد ترانزیستورهای نصب‌شده روی هر قطعه سیلیکونی به‌طور تصاعدی در حال افزایش است، مقدار داده‌هایی که می‌توان از طریق طیفی از امواج رادیویی ارسال کرد هم، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت.

نهایتا جیکوبس، ویتربی و چند همکار دیگر آن‌ها شرکت کوالکام[[446]](#footnote-446) را در حوزه ارتباطات بی‌سیم تاسیس کردند و بدین ترتیب، تصمیم گرفتند روی این اعتقادشان قمار کنند که رشد روزافزون قدرت ریزپردازنده‌ها به آن‌ها اجازه خواهد داد سیگنال‌های بیشتری را روی پهنای باند موجود طیف امواج رادیویی سوار کنند. جیکوبس در ابتدا توانست قراردادهایی را برای ساخت سامانه‌های ارتباطات فضایی، با ناسا و دارپا منعقد کند. در اواخر دهه ١٩٨٠، کوالکام با ورود به بازار غیرنظامی، به‌ فعالیت‌های خود تنوع بخشید و یک سامانه ارتباطات فضایی را برای صنعت حمل‌ونقل کامیونی آمریکا راه‌اندازی کرد. با این همه، حتی در اوایل دهه‌ ١٩٩٠ هم، استفاده از تراشه‌ها برای ارسال مقادیر بزرگ داده‌ها از طریق هوا عمومیت نیافته بود.

حمایت مالی و قرارداد‌های وزارت دفاع در سرِ پا نگه داشتن استارت‌آپ‌های متعلق به تاجری با سابقه تدریس در دانشگاه، چون اروین جیکوبس نقش اساسی‌ داشت. اما حقیقت تلخ این بود که تنها برخی از برنامه‌های دولت به موفقیت می‌انجامید. برای نمونه، تلاش‌های سماتک برای نجات جی‌سی‌ای، پیشرو صنعت لیتوگرافی آمریکا به شکستی بزرگ انجامید. در واقع تلاش‌های دولت، نه در جهت نجات شرکت‌های نا‌موفق؛ بلکه زمانی موثر می‌افتادند که از نقاط قوت از‌قبل‌موجود بهره می‌جستند و هزینه لازم را تأمین می‌کردند تا محققان با استفاده از نظریات هوشمندانه، اولین نمونه‌های محصولات جدید را تولید کنند. اعضای کنگره اگر درمی‌یافتند دارپا - که آشکارا نهادی دفاعی بود - تنها استادان علوم رایانه‌ای در دانشگاه‌ها را که کارشان اساسا نظریه‌پردازی در مورد طراحی تراشه است، راضی نگه می‌دارد، مطمئنا عصبانی می‌شدند. اما اتفاقا، همین دست اقدامات بود که به کوچک شدن ترانزیستورها، کشف مصارف جدید برای آن‌ها، تشویق مشتریان جدید به خرید آن‌ها و تأمین مالی تولید نسل بعدی ترانزیستورهای کوچک‌تر انجامید. در نتیجه همین اقدامات، ایالات متحده از بهترین زیست‌بوم برای نوآوری در حوزه طراحی نیمه‌رسانا‌ها برخوردار شده بود. بدین ترتیب، ایده ساخت تراشه‌ای با یک میلیون ترانزیستور - چیزی که در اوایل دهه ١٩٧٠، وقتی لین کانوی برای اولین بار به سیلیکون‌ولی آمد، غیر‌قابل‌تصور بود - در پایان دهه ١٩٨٠ و با ورود ریزپردازنده‌ ۴٨۶ اینتل به بازار، به واقعیت پیوست. این قطعه کوچک سیلیکونی ١.٢ میلیون کلید میکروسکوپی را در خود جای داده بود.

## فصل ٢۵

**اداره تی در کاگ‌ب**

ولادیمیر وِتروف[[447]](#footnote-447) جاسوس کاگ‌ب بود؛ اما زندگی او بیشتر به زندگی شخصیت‌های داستان‌‌های چخوف شباهت داشت، تا به زندگی جیمز ‌باند. کار او در کاگ‌ب کاری دفتری بود، و همسرش با توله‌سگ‌های شیتزوی خود بیشتر از او مهربان بود. در واقع زندگی خانوادگی و حرفه‌ای او مدت‌ها پیش و در اواخر دهه ١٩٧٠ به بن‌بست رسیده بود. خود او از کار دفتری‌اش بیزار بود و رؤسایس هم او را نادیده می‌گرفتند. ولادیمیر از همسرش هم نفرت داشت. او برای تفریح به کلبه چوبی حقیرش در روستایی در شمال مسکو پناه می‌برد، یا در مسکو می‌ماند و به می‌گساری می‌پرداخت.

البته زندگی وتروف همیشه تا این اندازه کسالت‌آور نبود. او اتفاقا در اوایل دهه ١٩۶٠، به سمت جذابی در خارج از کشور گمارده شده بود. او در پاریس تحت پوشش مسوول تجارت خارجی اتحاد شوروی، موظف بود در چارچوب راهبرد «کپی‌کاری» وزیر شوکین، اسرار صنایع دارای فناوری پیشرفته را جمع‌آوری کند. در سال ١٩۶٣، یعنی همان سالی که اتحاد شوروی زلنوگراد، شهر علمی - صنعتی میکروالکترونیک را بنیان نهاد، کاگ‌ب هم اداره جدیدی را به نام اداره «تی» (مخفف واژه فناوری به زبان روسی[[448]](#footnote-448)) تاسیس کرد. آن‌طور که در یکی از گزارش‌های سازمان سیا هشدار داده شده بود، ماموریت این اداره «دست‌یابی به تجهیزات و فناوری غربی و تقویت توانایی اتحاد شوروی در تولید مدارهای یکپارچه» بود.

کاگ‌ب در اوایل ١٩٨٠ حدود هزار نفر را برای سرقت فناوری‌های خارجی استخدام کرد. تقریبا سیصد نفر از این افراد در خارج از کشور مشغول به‌کار بودند، و بقیه اکثرا در طبقه هشتم ساختمان باشکوه ستاد مرکزی کاگ‌ب در میدان لوبیانکا[[449]](#footnote-449) در مسکو و در بالای زندان و اتاق‌های شکنجه دوران استالین کار می‌کردند. دیگر سرویس‌های اطلاعاتی اتحاد شوروی، همچون سازمان گرو[[450]](#footnote-450) هم جاسوسانی داشتند که روی سرقت فناوری متمرکز بودند. گزارش‌ها حاکی از آن بود که کنسولگری اتحاد شوروی در سانفرانسیسکو تیمی متشکل از شصت جاسوس داشت که هدفشان شرکت‌های فناوری سیلیکون‌ولی بود. آن‌ها یا تراشه‌ها را خود مستقیما می‌دزدیدند یا آن‌ها را از بازار سیاه می‌خریدند. البته تراشه‌های بازار سیاه هم توسط سارقانی چون «جک یک چشم»[[451]](#footnote-451) تأمین می‌شد. او در سال ١٩٨٢ در کالیفرنیا دستگیر و متهم شد تراشه‌ها را از یکی از تاسیسات اینتل با مخفی کردن آن‌ها در کت چرمی‌اش سرقت می‌کرد. جاسوسان شوروی همچنین با کسب اطلاعاتدر خصوص زندگی اتباع کشور‌های غربی که به فناوری پیشرفته دسترسی داشتند، از آن‌ها باج‌خواهی می‌کردند. حداقل یکی از کارکنان یک شرکت رایانه‌ای بریتانیایی که در مسکو زندگی می‌کرد، تحت فشار همین باج‌خواهی‌ها از پنجره آپارتمانش در یک ساختمان بلندمرتبه سقوط کرد و جان خود را از دست داد.

بعد‌ها وقتی در پاییز سال ١٩٨٢، گروهی از ماهیگیران اهل رودآیلند[[452]](#footnote-452) جسم شناور عجیبی را در آب‌های اقیانوس اطلس شمالی پیدا کردند، معلوم شد جاسوسی همچنان نقشی اساسی در صنعت نیمه‌رسانای اتحاد شوروی بازی می‌کند. آن‌ها اصلا انتظار نداشتند در این صید عجیب خود، تراشه‌های پیشرفته بیابند؛ اما وقتی جسم مرموز در یک آزمایشگاه نظامی مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد این جسم یک وسیله شنود اتحاد شوروی است که در ساخت آن از کپی دقیق نیمه‌رسانا‌های سری ۵۴٠٠ تگزاس اینسترومنتس استفاده شده است. جالب این است که تقریبا در همان دوره، وقتی اینتل اولین ریزپردازنده را به بازار عرضه کرد، وزیر شوکین مرکز تحقیقاتی که در تلاش برای ساخت وسیله‌ای مشابه بود را تعطیل کرد تا اقدامات شوروی‌ها فقط بر کپی کردن ریزپردازنده‌های آمریکایی متمرکز شود.

با این همه، راهبرد «کپی‌کاری» بسیار کمتر آن که شناورهای نظارتی شوروی نشان می‌دادند، موفقیت‌آمیز بود. سرقت یکی دو نمونه از جدیدترین تراشه‌های اینتل، یا حتی تحویل گرفتن یک محموله تجاری کامل از مدارهای‌یکپارچه در خاک اتحاد شوروی که معمولا از طریق شرکت‌های پوششی در کشور‌های بی‌طرفی چون اتریش یا سوییس انجام می‌شد، کار خیلی دشواری نبود، با این حال، از آنجا که سرویس‌های ضداطلاعات آمریکا هر از چندگاه نقاب‌ از روی جاسوسان شوروی فعال در کشور‌های ثالث برمی‌گرفتند، این روش‌ها هرگز برای شوروی‌ها قابل‌اعتماد نبود.

سرقت طرح‌های تراشه تنها در صورتی مفید بود که آن‌ها می‌توانستند تراشه‌ها را در مقیاس مناسب در اتحاد شوروی تولید کنند. انجام این کار در اوایل دوران جنگ سرد دشوار بود، اما در دهه ١٩٨٠ تقریبا غیرممکن شده بود. هر چه سیلیکون‌ولی با گذشت زمان، ترانزیستورهای بیشتری را در تراشه‌های سیلیکونی جای می‌داد، ساخت آن‌ها هم به‌طور پیوسته دشوارتر می‌شد. کاگ‌ب تصور می‌کرد کارزار سرقتی که به راه انداخته است، اسرار خارق‌العاده‌ای را در اختیار تولید‌کنندگان نیمه‌رسانا‌ در شوروی قرار می‌دهد؛ اما حتی به دست آوردن یک تراشه جدید هم بدین معنی نبود که مهندسان شوروی حتما خواهند توانست آن را تولید کنند. بنابراین، کاگ‌ب سرقت تجهیزات تولید نیمه‌رسانا‌ها را هم آغاز کرد. سازمان سیا در گزارش خود اعلام کرده بود اتحاد شوروی تجهیزات لازم در تقریبا همه بخش‌های فرآیند تولید نیمه‌رسانا‌ها، شامل نهصد ماشین ساخت غرب برای آماده‌سازی مواد مورد نیاز جهت ساخت نیمه‌رسانا‌ها؛ هشتصد ماشین برای چاپ و حک کردن الگوها؛ و سیصد ماشین برای هر یک از فرآیند‌های آلاییدن، بسته‌بندی و آزمایش تراشه‌ها را به دست آورده است.

با این وجود، نباید این حقیقت را از نظر دور داشت که هر کارخانه تولید نیمه‌رسانا در شوروی به مجموعه کاملی از تجهیزات نیاز داشت و ماشین‌ها هم هنگام خرابی، به قطعات یدکی نیاز داشتند. در بعضی موارد این قطعات یدکی را می‌توانستند در داخل اتحاد شوروی تولید کنند، اما این خود بروز نا‌کارآمدی‌ها و عیوب جدیدی را به دنبال داشت. در واقع، سیستم سرقت و تقلید هرگز به قدر کافی خوب عمل نکرد تا رهبران اتحاد شوروی متقاعد شوند منبع مطمئنی برای دسترسی مستمر به تراشه‌های باکیفیت دارند. آن‌ها به همین علت، در سامانه‌های نظامی به‌طور حداقلی از تجهیزات الکترونیکی و رایانه‌ها استفاده می‌کردند.

مدت‌ها طول کشید تا غرب ابعاد این سرقت‌ها را دریابد. زمانی که کا‌گ‌ب وتروف را در سال ١٩۶۵ به پاریس فرستاد، هیچ‌کس حتی از وجود اداره تی اطلاع نداشت. وتروف و همکارانش در خفا و به‌عنوان کارکنان وزارت تجارت خارجی اتحاد شوروی کار می‌کردند. وقتی این جاسوسان شوروی از آزمايشگاه‌های تحقیقاتی خارجی دیدن می‌کردند، با مدیران آن‌ها طرح دوستی می‌ریختند و سعی می‌کردند اسرار صنایع خارجی را از آن‌ها بیرون بکشند، به‌نظر می‌رسید آن‌ها تنها «کار روزانه» خود را به‌عنوان مقامات تجارت خارجی کشورشان انجام می‌دهند.

اگر وتروف پس از پایان ماموریتش در خارج از کشور و بازگشت به مسکو، تصمیم نمی‌گرفت به زندگی اکنون کسل‌کننده‌اش هیجان ببخشد، احتمالا عملیات اداره تی همچنان مخفی می‌ماند. در اوایل دهه ١٩٨٠، حرفه او عملا به بن‌بست رسیده بود، ازدواجش ناموفق بود و زندگی‌اش در حال فروپاشی بود. او اکنون جاسوسی چون جیمزباند بود؛ البته با کار دفتری بیشتر و امکان خوش‌گذرانی کمتر. او تصمیم گرفت به یکی‌ از آشنایانش در پاریس که می‌دانست با سرویس‌های اطلاعاتی فرانسه ارتباط دارد، کارت پستالی بفرستد و بدین ترتیب زندگی‌اش را کمی جذاب‌تر کند.

به زودی وتروف انتقال ده‌ها مدرک را در مورد اداره تی به رابط فرانسوی‌اش در مسکو آغاز کرد. سرویس اطلاعات فرانسه اسم رمز «خداحافظ» را روی او گذاشته بود. در مجموع به‌نظر می‌رسد او هزاران برگ مدرک را از قلب کاگ‌ب دزدیده و به فرانسویان داده است و بدین ترتیب، پرده از روی فعالیت‌های سیستم گسترده‌ای برداشته است که کارش مشخصا سرقت اسرار صنعتی از غرب بود. اسناد وتروف آشکار کرد که «ریزپردازنده‌های پیشرفته» یکی از اولویت کلیدی اداره تی بود، زیرا اتحاد شوروی نه تنها مهندسان برخوردار از مهارت لازم برای این حوزه را نداشت، بلکه همچنین فاقد نرم‌افزارهای لازم برای طراحی ریزپردازنده‌های پیشرفته و نیز تجهیزات لازم برای تولید آن‌ها بود. جاسوسان غربی از این که می‌دیدند شوروی‌ها چقدر از غرب سرقت کرده‌اند، شوکه شده بودند.

وتروف در ملاقات‌های خود با جاسوسان فرانسوی، فعالیت جدیدی پیدا کرده بود، اما به رضایت نرسیده بود. فرانسوی‌ها هدایایی را از خارج برای او می‌آوردند تا او بتواند معشوقه‌اش را راضی نگه دارد، اما وتروف در واقع دنبال آن بود که همسرش به او عشق بورزد. در ٢٢ فوریه ١٩٨٢ وتروف در حالی که به پسرش گفته بود می‌خواهد رابطه با معشوقه‌اش را قطع کند، در داخل خودروی خود با چاقو به او حمله کرد. تنها پس از دستگیری وتروف بود که کاگ‌ب متوجه شد او به کشورش خیانت کرده و اسرار اداره تی را به سرویس‌های اطلاعاتی غربی داده است.

فرانسویان به سرعت اطلاعات دریافتی از وتروف را به ایالات متحده و سایر کشور‌های متحد خود دادند. در آمریکا دولت ریگان در پاسخ، برنامه‌ای را تحت عنوان «عملیات هجرت»[[453]](#footnote-453) به اجرا گذاشت که هدفش تشدید بازرسی‌های گمرکی برای کنترل خروج فناوری‌های پیشرفته بود. اجرای این برنامه تا سال ١٩٨۵، به توقیف کالاهایی به ارزش حدودا ۶٠٠ میلیون دلار و دستگیری حدودا هزار نفر انجامید. با این حال، تا آنجا که به نیمه‌رسانا‌ها مربوط می‌شد، دولت ریگان که حال ادعا می‌کرد مانع انتقال گسترده فناوری آمریکایی به اتحاد شوروی شده است، احتمالا در مورد تاثیر تشدید کنترل‌ها اغراق کرده بود. از سوی دیگر، راهبرد «کپی‌کاری» شوروی‌ها در عمل به نفع ایالات متحده تمام شده بود، زیرا موجب شده بود اتحاد شوروی همواره در فناوری از آن کشور عقب‌تر باشد. در سال ١٩٨۵، سازمان سیا مطالعه‌ای را روی ریزپردازنده‌های شوروی انجام داد و به این نتیجه رسید که آن کشور به‌طور منظم نسخه‌های کپی تراشه‌های اینتل و موتورولا را تولید می‌کند. اما آن‌ها همواره نیم‌دهه عقب بودند.

## فصل٢۶

**«تسلیحات کشتارجمعی»: تاثیر راهبرد جبرانی**

نیکلای اوگارکُف،[[454]](#footnote-454) ارتشبد شوروی در جایی پیش‌بینی کرده بود «سامانه‌های جنگی هدایت‌شونده و بسیار دقیق‌ دوربرد، ماشین‌های پرنده بدون سرنشین، و سامانه‌های کنترلی اساسا نوین الکترونیکی، سلاح‌های متعارف را به تسلیحات کشتارجمعی تبدیل خواهد کرد». او که در فاصله سال‌های ١٩٧٧ و ١٩٨۴ ریاست ستاد مشترک ارتش سرخ را به‌ عهده داشت، در غرب بیشتر به‌علت رهبری حملات رسانه‌ای شوروی‌ها پس از شلیک اتفاقی به هواپیمای مسافربری کره جنوبی در‌ سال ١٩٨٣ شناخته شده بود. او به جای قبول اشتباه کشور خود، اعلام کرده بود خلبان‌های هواپیمای ساقط‌شده «عامدانه در حال انجام ماموریت جاسوسی کاملا برنامه‌ریزی‌شده‌ای بودند»، و این که هواپیمای آن‌ها «استحقاق ساقط شدن را داشت». این پیام احتمالا نمی‌توانست موجب شود اوگارکف برای خود در غرب دوستی بیابد؛ اما در هر حال پیامد منفی چندانی هم برای او نداشت، زیرا او هدف اصلی زندگی‌اش را آماده‌سازی برای جنگ با ایالات متحده قرار داده بود.

اتحاد شوروی تا آن زمان توانسته بود با تولید موشک‌های قدرتمند و ایجاد ذخایر وحشت‌آوری از تسلیحات هسته‌ای، در مسابقه برای توسعه فناوری‌های حیاتی در اوایل دوره جنگ سرد، پا به پای ایالات متحده پیش برود. اما اکنون، مغزهای رایانه‌ای جای نیروی عضلانی را گرفته بود. حال که نوبت به تراشه‌های سیلیکونی به‌عنوان پشتوانه این قدرت جدید نظامی رسیده بود، اتحاد شوروی به‌طور نا‌امید‌کننده‌ای عقب افتاده بود. در یکی از لطیفه‌های معروف شوروی‌ها در دهه ١٩٨٠، به یک مقام کاخ کرملین اشاره شده بود که اعلام می‌کرد «رفیق، ما بزرگ‌ترین ریزپردازنده جهان را ساخته‌ایم»!

با در نظر گرفتن معیار‌های سنتی همچون تعداد تانک‌ها یا لشگریان، اتحاد شوروی در اوایل دهه ١٩٨٠ از مزیت آشکاری برخوردار بود. اما اوگارکف دیدگاه دیگری داشت: او می‌دانست که کیفیت داشت جای کمیت را می‌گرفت. تمام توجه او معطوف سلاح‌های دقیق آمریکا بود. او به هر کسی که گوش شنوایی داشت می‌گفت پیشرفت ابزار‌های نظارتی و ارتباطی همراه با افزایش توان ضربه‌زنی دقیق به اهداف در فواصل صد‌ها یا هزاران کیلومتری، به شکل‌گیری یک «انقلاب نظامی-فنی» انجامیده است. روزهایی که موشک‌های اسپرو توسط لامپ‌ خلأ هدایت می‌شدند و ٩٠ درصد اهدافشان را در آسمان ویتنام از دست می‌دادند، مدت‌ها پیش سپری شده بود. تعداد تانک‌های اتحاد شوروی بسیار بیشتر از ایالات متحده بود؛ اما اوگارکف دریافته بود که تانک‌های او به زودی در جنگ با ایالات متحده بسیار آسیب‌پذیرتر خواهند بود.

«راهبرد جبرانی» بیل پری امروز نتیجه داده بود، و اتحاد شوروی پاسخی برای آن نداشت. آن کشور فاقد ابزار‌های الکترونیکی کوچک‌سازی‌شده و قدرت محاسبه‌ای بود که تراشه‌سازان آمریکایی و ژاپنی تولید می‌کردند. زلنوگراد و دیگر تاسیسات تراشه‌سازی شوروی در این رقابت عقب افتاده بودند. در حالی که پری به پنتاگون فشار می‌آورد از قانون مور بهره‌برداری کند، کاستی‌های صنعت تراشه شوروی طراحان تسلیحات آن کشور را مجبور کرده بود استفاده از تجهیزات پیچیده الکترونیکی را تا حد ممکن محدود کنند. این رویکرد در دهه ١٩۶٠ می‌توانست نتیجه‌بخش باشد؛ اما در دهه ١٩٨٠ و در حالی که سلاح‌های آمریکایی کم‌کم می‌آموختند «فکر کنند»، موجب می‌شد سامانه‌های تسلیحاتی شوروی همچنان غیر‌هوشمند باقی بمانند. ایالات متحده در اوایل دهه ١٩۶٠، یک رایانه هدایت‌کننده مجهز به تراشه‌های تگزاس اینسترومنتس را روی موشک مینتمن ٢ نصب کرده بود؛ در حالی که اتحاد شوروی اولین موشک دارای رایانه هدایت‌کننده مجهز به مدارهای یکپارچه را در سال ١٩٧١ آزمایش کرد.

طراحان موشک در اتحاد شوروی که به پایین بودن کیفیت تجهیزات میکروالکترونیکی عادت داشتند، استادانه راه‌‌حل‌های جایگزینی را ابداع می‌کردند. آن‌ها حتی برای برنامه‌ریزی رایانه‌های هدایت‌کننده موشک عملیات ریاضی ساده‌ای را به‌کار می‌گرفتند تا کمترین فشار بر رایانه وارد شود. بر این اساس، موشک‌های بالستیک شوروی قرار بود مسیر خاصی را به سوی هدف خود طی کنند و در این میان، کار رایانه هدایت‌کننده این بود که در صورت انحراف، موشک را به مسیر اصلی بازگرداند. اما موشک‌های آمریکایی در دهه ١٩٨٠ مسیر خود به سوی هدف را محاسبه می‌کردند.

در اواسط دهه ١٩٨٠، ایالات متحده رسما اعلام کرد موشک جدید ام‌ایکس آمریکا به‌طور متوسط در فاصله ١٢٠ متری هدف فرود می‌آید؛ در حالی که به گفته یکی از مقامات سابق شوروی،  موشک اس‌اس‌٢٠ آن کشور که تقریبا مشابه موشک ام‌ایکس بود، به‌طور متوسط در فاصله ۴٠٠ متری هدف فرود می‌آمد. در منطق بی‌رحم برنامه‌ریزان نظامی در دوران جنگ سرد، چند صد متر فاصله اهمیت بسیاری داشت، تخریب شهر‌ها اصلا برای ابرقدرت‌ها کار دشواری نبود، اما آن‌ها، هر دو می‌خواستند قدرت نابود کردن زرادخانه هسته‌ای دیگری را داشته باشند. حتی کلاهک‌های هسته‌ای هم برای از کار انداختن یک زاغه موشکی با دیواره‌های تقویت‌شده می‌بایست دقت ضربه‌زنی بالایی می‌داشتند. با پیش‌دستی در حمله غافلگیرانه و تعداد ضربات کافی، احتمالا یک طرف می‌توانست نیرو‌های هسته‌ای طرف دیگر را از کار بیندازد، بر اساس بدبینانه‌ترین ارزیابی‌های اتحاد شوروی در دهه ١٩٨٠، ایالات متحده می‌توانست در یک حمله پیش‌دستانه ٩٨ درصد موشک‌های بالستیک قاره‌‌‌‌پیمای شوروی را نابود کند یا از کار بیندازد.

اتحاد شوروی هیچ حاشیه‌ای امنی نداشت، پس نمی‌توانست خطا کند. ارتش شوروی غیر از موشک‌های بالستیک، دو سامانه دیگر هم داشت که می‌توانست از آن‌ها برای حمله هسته‌ای به ایالات متحده استفاده کند: بمب‌افکن‌های دورپرواز و زیردریایی‌های مسلح به موشک. اما همگان می‌دانستند که بمب‌افکن‌های شوروی ضعیف‌ترین سامانه‌های جنگی این کشور بودند. زیرا این امکان وجود داشت که آن‌ها را کمی بعد از بلند شدن به هوا شناسایی، و پیش از پرتاب سلاح‌های هسته‌ای، ساقطشان کرد. برعکس، زیردریایی‌های آمریکایی حامل موشک هسته‌ای عملا غیر‌قابل‌شناسایی و در نتیجه شکست‌ناپذیر بودند. زیردریایی‌های شوروی حتی امنیت کمتری داشتند، زیرا ایالات متحده آموخته بود چگونه قدرت محاسبه را در جهت افزایش هرچه بیشتر دقت سامانه‌های شناسایی زیردریایی به‌کار گیرد.

چالش اصلی در پیدا کردن زیردریایی‌ها در تشخیص امواج صوتی درهم و برهم زیر دریا نهفته است. در زیر آب، صدا از کف دریا در زوایای مختلف منتشر می‌شود و آنگاه بسته به درجه حرارت و حضور دسته‌های ماهی به اشکال مختلف منعکس می‌شود. در اوایل دهه ١٩٨٠، همگان می‌دانستند ایالات متحده در حسگر‌های زیردریایی خود به ایلیاک۴،[[455]](#footnote-455) یکی از قدرتمندترین اَبَررایانه‌های کشور متصل کرده است. ایلیاک ۴ اولین نمونه از نوع خود بود که از تراشه‌های حافظه فرچایلد بهره می‌گرفت. این اَبَررایانه و دیگر مراکز پردازش اطلاعات از طریق ماهواره به مجموعه‌ای از حسگر‌های نصب‌شده روی چندین کشتی، هواپیما و چرخ‌بال مرتبط بودند تا زیردریایی‌های شوروی را شناسایی کنند. بدین ترتیب، زیردریایی‌های آن کشور در مقابل ابزار‌ها و روش‌های شناسایی آمریکا بسیار آسیب‌پذیر شده بودند.

اوگارکف بعد از این که اعداد و ارقام را پیش رو گذاشت و به محاسبه پرداخت، نتیجه گرفت امتیازی که آمریکا به لطف نیمه‌رسانا‌ها از لحاظ دقت موشک‌ها، نبرد با زیردریایی‌ها، نظارت و فرماندهی و کنترل داشت، می‌توانست به آن کشور اجازه دهد با حمله‌ای غافلگیرانه قابلیت بقای زرادخانه هسته‌ای اتحاد شوروی را تهدید کند. به قول یکی از ژنرال‌ها، قرار بود سلاح‌های هسته‌ای امنیت اتحاد شوروی را بیمه کنند؛ اما این کشور اکنون «به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در حوزه تسلیحات راهبردی احساس ضعف می‌کرد».

رهبران نظامی شوروی از جنگ متعارف هم می‌ترسیدند. تحلیلگران نظامی پیش‌تر فکر می‌کردند برتری شوروی‌ها در تعداد تانک‌ها و لشگریان به آن کشور مزیت تعیین‌کننده‌ای در جنگ های متعارف می‌دهد. اما آمریکا بمب پِیووِی که برای اولین بار در ویتنام به‌کار گرفته شده بود را با کمک مجموعه‌ای از سامانه‌های هدایت‌شونده، بهبود بخشیده بود. موشک‌های کروز تاماهاک هم می‌توانستند به عمق خاک شوروی ضربه بزنند. برنامه‌ریزان شوروی حتی نگران بودند که موشک‌های کروز مسلح به مواد منفجره متعارف و بمب‌افکن‌های رادار‌گریز آمریکا می‌توانند سامانه فرماندهی و کنترل شوروی بر نیرو‌های هسته‌ای این کشور را از کار بیندازند. این چالش، اصل بقای اتحاد شوروی را به خطر انداخته بود.

کرملین می‌خواست صنعت میکروالکترونیک خود را احیا کند، اما نمی‌دانست چگونه این کار را انجام دهد. در سال ١٩٨٧، میخاییل گورباچف، رهبر شوروی از زلنوگراد دیدار کرد و خواستار «نظم بیشتر» در کار این شهرک شد. نظم یکی از علل موفقیت سیلیکون‌ولی بود و این، آشکارا در تمرکز چارلی اسپورک بر بهره‌وری و «همه‌دشمن‌پنداری» اندی گرو نمایان بود. با این حال، نظم به تنهایی نمی‌توانست مشکلات بنیادین شوروی‌ها را حل کند.

مشکل دیگر شوروی‌ها مداخلات سیاسی بود. در اواخر دهه ١٩٨٠، یوری اوسوکین از سمت خود در کارخانه نیمه‌رسانا‌ی ریگا برکنار شد. کاگ‌ب از او خواسته بود چند تن از کارکنانش را اخراج کند. یکی از آن‌ها چند نامه را به خانمی در چکسلواکی فرستاده بود؛ دیگری پیشنهاد کار به‌عنوان خبرچین کاگ‌ب را رد کرده بود؛ و سومی یک یهودی بود. وقتی اوسوکین از مجازات این افراد به خاطر «جرائمشان» خودداری کرد، کاگ‌ب او را برکنار و سعی کرد موجبات اخراج همسر او را هم فراهم آورد. طراحی تراشه حتی در شرایط عادی به اندازه کافی کار دشواری بود، اما هنگام نبرد با کاگ‌ب غیرممکن می‌‌شد.

مشکل دوم آن‌ها اتکای بیش از حد به مشتریان نظامی بود. ایالات متحده، اروپا و ژاپن بازارهای مصرف پر‌رونقی داشتند که موتور رشد تقاضا برای تراشه بودند. بازار‌های غیرنظامی نیمه‌رسانا به تأمین مالی تخصص‌گرایی در زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها کمک کرد و موجب شکل‌گیری شرکت‌هایی با تخصص در حوزه‌های مختلف، از ویفر‌های فوق‌العاده خالص سیلیکون گرفته تا ابزار‌های نوری پیشرفته مورد استفاده در تجهیزات لیتوگرافی شد. در مقابل، به سختی می‌شد گفت اتحاد شوروی اصلا بازار مصرفی دارد. به همین علت بسیار کمتر از غرب، تراشه تولید می‌کرد. بنابر ارزیابی یک منبع مستقل، اتحاد شوروی تقریبا یک هشتم ژاپن در میکروالکترونیک سرمایه‌گذاری کرده بود.

آخرین چالش هم این بود که شوروی فاقد یک زنجیره تأمین بین‌المللی بود. سیلیکون‌ولی از طریق همکاری با متحدان آمریکا در دوران جنگ سرد، نوعی تقسیم کار جهانی بسیار کارآمد را ایجاد کرده بود. ژاپن در تولید تراشه‌های حافظه پیشرو بود، ایالات متحده بیشتر ریزپردازنده‌ها را تولید می‌کرد، و شرکت‌های ژاپنی نیکون و کانن و شرکت هلندی ای‌اس‌ام‌ال بازار تجهیزات لیتوگرافی را در دست داشتند. کارگران در آسیای جنوب شرقی بیشتر عملیات مونتاژ نهایی نیمه‌رسانا‌ها را به عهده داشتند. شرکت‌های آمریکایی، ژاپنی و اروپایی بر سر موقعیتشان در این تقسیم کار جهانی با هم در رقابت بودند؛ اما همه آن‌ها از این که به‌علت بزرگی قابل‌ملاحظه‌ بازارشان (در مقایسه با بازار تولیدکنندگان نیمه‌رسانا در شوروی) می‌توانستند از پس هزینه‌های تحقیق و توسعه برآیند، منتفع می‌شدند.

در مقابل، اتحاد شوروی متحدان معدودی داشت که بیشترشان هم نمی‌توانستند کمکش کنند. برای نمونه، آلمان شرقی تحت تسلط شوروی که صنعت تراشه‌اش در سطح زلنوگراد بود، در اواسط دهه ١٩٨٠، با تکیه بر سابقه قدیمی تولید دقیق و در کلاس جهانی تجهیزات نوری توسط شرکت کارل‌زایس در شهر جنا،[[456]](#footnote-456) تلاش نافرجامی در جهت احیای صنعت نیمه‌رسانا به عمل آورد. تولید تراشه‌های آلمان شرقی در اواخر دهه ١٩٨٠ به سرعت افزایش یافت، اما تراشه‌های حافظه آن‌ها به مراتب ضعیف‌تر و در عین حال، گران‌تر از تراشه‌های ژاپنی بود. دسترسی به تجهیزات پیشرفته اروپایی تولید تراشه همچنان دشوار بود؛ و از سوی دیگر این کشور بر‌خلاف سیلیکون‌ولی، به نیروی کار ارزان کشور‌های آسیایی هم دسترسی نداشت.

بدین ترتیب، تلاش اتحاد شوروی برای جان تازه بخشیدن به تراشه‌سازان خود به‌طور کامل شکست خورد. نه اتحاد شوروی و نه متحدان آن کشور، علی‌رغم کارزارهای گسترده جاسوسی و تزریق مبالغ هنگفت به تاسیسات تحقیقاتی، از جمله در زلنوگراد، هرگز نتوانستند به عقب‌افتادگی خود در صنعت نیمه‌رسانا پایان دهند. نهایتا در حالی که پاسخ کرملین به «راهبرد جبرانی» بیل پری هنوز به‌طور کامل آشکار نشده بود، جهان گوشه‌ای از آینده هولناک جنگ را در میدان‌های نبرد در جنگ خلیج فارس مشاهده کرد.

## فصل ٢٧

**قهرمان جنگ**

در ساعات اولیه صبح روز هفدهم ژانویه ١٩٩١، اولین موج بمب‌افکن‌های رادارگریز اف ١١٧ از پایگاه‌های خود در عربستان سعودی به هوا برخاستند. بدنه سیاه‌رنگ آن‌ها به‌ سرعت در تاریکی نا‌پدید شد. هدف آن‌ها بغداد بود. ایالات متحده از زمان پایان جنگ ویتنام بدین سو، در هیچ جنگ عمده‌ای شرکت نکرده بود. اما اکنون صد‌ها هزار نفر از لشگریان این کشور در امتداد مرز‌های شمالی عربستان سعودی آماده حمله بودند، ده‌ها هزار تانک آمریکایی در انتظار دستور یورش به جلو بودند، ده‌ها کشتی در نزدیکی ساحل توپ‌ها و موشک‌هایشان را رو به عراق نشانه گرفته بودند. ژنرال نورمن شوارتسکف[[457]](#footnote-457) که رهبری عملیات را به عهده داشت، خود یک سرباز پیاده آموزش‌دیده، با سابقه خدمت در ویتنام بود. او اما این بار، برای آغاز اولین حمله، به سلاح‌های دوربرد اعتماد کرده بود.

ساختمان دوازده طبقه مرکز تبادلات تلفنی در خیابان الرشید بغداد تنها جایی بود که به قدری مهم تلقی می‌شد تا به‌عنوان هدف دو بمب‌افکن اف ١١٧ انتخاب شود. موفقیت برنامه جنگی ژنرال شوارتسکف به نابودی این مرکز، به‌عنوان بخش مهمی از زیرساخت ارتباطات عراق بستگی داشت. بمب‌افکن‌ها به هدف خود یورش بردند و با استفاده از بمب‌‌های دوهزار تنی هدایت‌‌شونده با لیزر پیووی، آن را منهدم کردند و به آتش کشیدند. بلافاصله بعد از این حمله، گزارش‌های تلویزیونی ارسالی توسط خبرنگاران سی‌ان‌ان در بغداد قطع شد. خلبان‌های شوارتسکف وظیفه خود را به درستی انجام داده بودند. تقریبا در همان زمان، ١١۶ موشک بالستیک تاماهاک که از ناوهای آمریکا در نزدیکی ساحل شلیک شده بودند، به اهداف خود در داخل و اطراف بغداد اصابت کردند. جنگ خلیج فارس آغاز شده بود.

یک برج مخابراتی، یک مقر فرماندهی نظامی، ستاد نیروی هوایی، نیروگاه‌های برق و اقامتگاه تفریحی صدام حسین در خارج از شهر اهداف اولین حملات ایالات متحده بودند. هدف این حملات کشتن رهبران عراق و قطع کردن ارتباط آن‌ها و محدود کردن توانایی آن‌ها در تشخیص مسیر پیشرفت جنگ و برقراری ارتباط با نیروهایشان بود. به زودی ارتش عراق در وضعیت عقب‌نشینی نابسامانی قرار گرفت. سی‌ان‌ان گزارش‌هایی را از اصابت صد‌ها بمب و موشک به تانک‌های عراقی منتشر کرد. این جنگ شبیه یک بازی ویدیویی بود. اما وِلدون وُرد[[458]](#footnote-458) که در تگزاس این گزارش‌ها را تماشا می‌کرد، می‌دانست که سابقه این فناوری آینده‌نگر، در واقع به جنگ ویتنام باز می‌گردد.

بمب‌های هدایت‌شونده با لیزر پیووی که مرکز تبادلات تلفنی بغداد را منهدم کردند، از همان نوع سامانه بنیادین اولین نسل بمب‌های پیووی که پل تان‌هوا را در سال ١٩٧٢ نابود کرده بود، بهره می‌گرفتند. نسل اول بمب‌های هدایت‌شونده پیووی با استفاده از مشتی ترانزیستور، یک سنسور لیزری، و چند بال کوچک نصب‌شده روی بدنه بمب‌های غیر‌هوشمند قدیمی ساخته شده بودند. تا سال ١٩٩١، تگزاس اینسترومنتس چندین بار پیووی را روزآمد کرده بود، به‌طوری که هر بار تجهیزات الکترونیکی پیشرفته‌تری جایگزین مدار‌بندی قبلی شد و با کاستن از تعداد اجزا و قطعات، قابلیت اتکای به سامانه افزایش یافت و ویژگی‌های جدیدی نیز به سامانه هدایت‌شونده موشک اضافه شد. بدین ترتیب در آغاز جنگ خلیج فارس، پیووی درست به همان علت به سلاح منتخب ارتش آمریکا تبدیل شده بود که ریزپردازنده‌های اینتل در سرتاسر صنعت رایانه مورد استفاده قرار می‌گرفت: این سامانه‌ها، هر دو به سادگی قابل‌فهم بودند، استفاده از آن‌ها آسان بود و البته هزینه-کارآمد[[459]](#footnote-459) هم بودند. پیووی همواره ارزان بود، اما طی دهه‌های ١٩٧٠ و ١٩٨٠ حتی ارزان‌تر هم شد. به لطف هزینه پایین، همه خلبانان نظامی آمریکا در جریان تمرین‌های آموزشی خود، این بمب‌ها را پرتاب کرده بودند. این بمب‌ها همچنین تنوع بسیاری داشتند. این بمب‌ها نیازی به گزینش قبلی اهداف نداشتند؛ بلکه حتی در خود میدان‌ جنگ می‌شد اهداف را انتخاب کرد. در این میان، نرخ اصابت بمب‌ها به هدف هم، تقریبا به همان خوبی بود که در تلویزیون دیده می‌شد. مطالعات نیروی هوایی پس از پایان جنگ نشان می‌داد دقت «تسلیحات فاقد ابزار‌های دقیق» بسیار کمتر از آنچه که خلبان‌ها غالبا ادعا می‌کردند بود؛ در حالی که «تسلیحات دارای ابزار‌های دقیق» مانند بمب‌های پیووی در واقع حتی دقیق‌تر از ادعاها عمل می‌کردند. دقت اصابت هواپیما‌هایی که در بمباران‌های خود‌ از سامانه هدایت لیزری استفاده می‌کردند، سیزده برابر دقت هواپیما‌های مشابه، اما فاقد تسلیحات هدایت‌شونده بود.

نیروی هوایی ایالات متحده در واقع با نابودی نیرو‌های عراقی و در عین حال، جلوگیری از افزایش تلفات نیرو‌های آمریکایی، نقش تعیین‌کننده‌ای در جنگ خلیج فارس ایفا کرد. ولدون ورد برای اختراع پیووی، ارتقای تجهیزات الکترونیکی آن و کاستن از هزینه آن - به نحوی که هر بمب پیووی همان‌طور که او در ابتدا قول داده بود، هرگز از یک خودروی فرسوده گران‌تر نشد - جایزه دریافت کرد. البته چندین سال طول کشید تا مردم غیرنظامی دریافتند چگونه پیووی و تسلیحات شبیه آن جنگ را متحول کرده‌اند. اما خلبانانی که از این بمب‌ها استفاده می‌کردند به خوبی می‌دانستند این تسلیحات تا چه اندازه تحول آفرین‌اند. در مراسم اهدای جایزه پنتاگون به ورد، یکی از افسران نیروی هوایی به او گفت «تو و همکارانت مانع کشته شدن حدودا ده‌هزار آمریکایی شدید». تجهیزات پیشرفته الکترونیکی و مجموعه‌ای از چند بال کوچک نصب‌شده روی یک بمب، ماهیت قدرت نظامی را متحول کرده بود.

بیل پری در حالی که روند پیشرفت جنگ خلیج فارس را در تلویزیون تماشا می‌کرد، می‌دانست بمب‌های هدایت‌شونده توسط لیزر تنها یکی از ده‌ها سامانه نظامی است که با استفاده از مدارهای یکپارچه به‌طور بنیادین متحول شده‌اند و به افزایش قدرت نظارت، برقراری ارتباط و محاسبه ارتش ایالات متحده انجامیده‌اند. جنگ خلیج فارس اولین آزمایش جدی عملکرد راهبرد جبرانی پری بود که هرچند پس از جنگ ویتنام تدوین شده بود، تا آن زمان هرگز در یک جنگ بزرگ به‌کار گرفته نشده بود.

در سال‌های پس از جنگ ویتنام، ارتش آمریکا از قابلیت‌های جدید خود خبر‌ می‌داد، اما مردم این اخبار را چندان جدی نمی‌گرفتند. فرماندهان نظامی همچون ژنرال ویلیام وستمورلند که فرماندهی نیرو‌های آمریکایی را در ویتنام به‌ عهده‌ داشت، قول داده بود رزمگاه‌های آینده، میدان نبرد ماشین‌های خودکار خواهد بود. اما واقعیت این است که آمریکا در جریان همان جنگ ویتنام هم، در تمامی حوزه‌ها نسبت به ویتنام شمالی برتری فنی قابل‌ملاحظه‌ای داشت، اما آن جنگ به‌طور فاجعه‌آمیزی به پایان رسیده بود. بنابراین، سوال پیش رو این بود که افزایش قدرت محاسبه چطور می‌توانست اوضاع را متحول کند. نیرو‌های ارتش آمریکا در طول دهه ١٩٨٠، به جز برای انجام چند عملیات کوچک علیه دشمنان درجه سه مثل لیبی و گرنادا، به ندرت از پادگان‌های خود خارج شده بودند. بدین ترتیب، هیچ‌کس در مورد چگونگی عملکرد ابزار‌های پیشرفته پنتاگون در میادین جنگ واقعی، اطمینان نداشت.

در عین حال، تصاویر ویدیویی انهدام ساختمان‌ها، تانک‌ها و فرودگاه‌های عراق توسط تسلیحات دقیق، انکار را غیرممکن می‌ساخت: ماهیت جنگ در حال دگرگونی بود. حتی موشک‌های هوا‌به‌هوای سایدوایندر[[460]](#footnote-460) که مجهز به لامپ خلأ بودند و در بیشتر موارد به اهداف خود در آسمان ویتنام اصابت نمی‌کردند هم، با استفاده از سامانه‌های هدایت‌کننده بسیار قوی‌تر مجهز به نیمه‌رسانا‌ها ارتقا یافته بودند. دقت آن‌ها در جنگ خلیج فارس شش برابر دقتشان در زمان جنگ ویتنام بود.

عملکرد فناوری‌های جدیدی که پری در اواخر دهه ١٩٧٠ پنتاگون را مجبور به توسعه آن کرده بود، حتی از انتظار خود او هم بهتر بود. ارتش عراق - که به برخی از بهترین تجهیزات تولیدشده توسط صنایع دفاعی اتحاد شوروی مجهز بود - در برابر حمله آمریکا درمانده شده بود. پری با افتخار اعلام کرد «فناوری پیشرفته نتیجه‌بخش است». یکی از تحلیلگران نظامی به رسانه‌ها گفت «این همه موفقیت نتیجه عملکرد تسلیحاتی است که به جای حجم قدرت آتش، بر اطلاعات اتکا دارد». نیویورک‌تایمز در تیتر اصلی صفحه اول یکی از شماره‌های خود، چنین نوشته بود: «این پیروزی سیلیکون بر فولاد است». این روزنامه تیتر صفحه اول شماره دیگری را هم این‌گونه تدوین کرده بود: «تراشه رایانه‌ای، کاندید عنوان قهرمان جنگ».

طنین انفجار بمب‌های پیووی و موشک‌های تاماهاک به همان شدت بغداد، در مسکو هم حس می‌شد. یکی از تحلیلگران نظامی شوروی اعلام کرد این جنگ یک «عملیات فناورانه» است. تحلیلگر دیگری هم گفت این جنگ «مبارزه‌ای بر روی امواج رادیویی» است. نتیجه این جنگ - یعنی شکست آسان عراق - دقیقا همان چیزی بود که اوگارکف پیش‌بینی کرده بود. دیمیتری یازوف،[[461]](#footnote-461) وزیر دفاع اتحاد شوروی اقرار کرد جنگ خلیج فارس موجب شده است این کشور نگران قابلیت‌های دفاع هوایی خود شود.

ارتشبد سرگی آخرو‌میِف[[462]](#footnote-462) از این که پیش‌بینی‌اش در مورد طولانی شدن این جنگ، با تسلیم سریع عراق، غلط از آب درآمده بود، احساس شرم می‌کرد. گزارش‌های ویدیویی سی‌ان‌ان از بمب‌های آمریکایی که به‌طور خودکار مسیرشان را در آسمان می‌یافتند و به ساختمان‌های عراقی اصابت می‌کردند، درستی پیش‌بینی‌های اوگارکف را در مورد آینده جنگ اثبات می‌کرد.

## فصل ٢٨

**«جنگ سرد پایان یافت و شما پیروز شدید»**

موریتا آکیوی سونی، دهه ١٩٨٠ را با سفر در سرتاسر جهان گذرانده بود؛ با افرادی چون هنری کیسینجر شام خورده بود؛ در باشگاه آگوستا نشنال،گلف بازی کرده بود؛ و در گروه‌هایی چون تریلترال‌کامیشن[[463]](#footnote-463) با نخبگان به خوشگذرانی پرداخته بود. دیگران او را به‌عنوان پیشگوی دنیای تجارت و نماینده ژاپن - قدرت اقتصادی روبه‌رشد جهان - در صحنه جهانی می‌شناختند. موریتا شعار «ژاپن، شماره یک جهان» را بسیار باورپذیر می‌یافت، زیرا زندگی خود او مصداق عملی آن بود. به لطف واکمن و دیگر محصولات الکترونیکی مصرفی، ژاپن به رفاه رسیده بود و موریتا به ثروت.

آنگاه در سال ١٩٩٠، ژاپن دچار بحران شد. بازار‌های مالی ژاپن سقوط کرد. اقتصاد کشور وارد رکودی عمیق شد. به زودی ارزش بازار سهام توکیو تا نصف ارزش آن در ابتدای سال ١٩٩٠ کاهش یافت. قیمت املاک در توکیو حتی بیشتر پایین آمد. به‌نظر می‌رسید، معجزه اقتصادی ژاپن پایان یافته است. از سوی دیگر، در همین زمان آمریکا در جنگ و تجارت احیا می‌شد. تنها در عرض چند سال، شعار «ژاپن، شماره یک جهان» دیگر چندان درست به‌نظر نمی‌رسید. در این میان، بهترین مصداق بیماری اقتصاد ژاپن، دقیقا همان صنعتی بود که تا آن زمان به‌عنوان پرچمدار قدرت صنعتی ژاپن مورد تقدیر قرار می‌گرفت: صنعت نیمه‌رسانا‌.

موریتا که اکنون شصت‌ونه ساله بود، در حالی که کاری از دستش برنمی‌آمد، شاهد کاهش ثروت ژاپن، همراه با سقوط قیمت سهام سونی بود. او می‌دانست بازار‌های مالی تنها متضرران از مشکلات کشورش نیستند. موریتا دهه گذشته را صرف سخنرانی کردن برای آمریکاییان در مورد ضرورت ارتقای کیفیت تولیدشان، به جای تمرکز بر «بازی با پول» در بازار‌های مالی کرده بود. اما در حالی که بازار بورس ژاپن سقوط کرده بود، تفکر بلند‌مدت این کشور دیگر چندان آرمانگرایانه به‌نظر نمی‌رسید. واقعیت این بود که سیطره ظاهری ژاپن بر بازار نیمه‌رسانا بر بنیانی کاملا ناپایدار، یعنی «بیش‌سرمایه‌گذاری تحت حمایت دولت»[[464]](#footnote-464) شکل گرفته بود. سرمایه ارزانی که در اختیار این صنعت قرار گرفته بود، هزینه ساختن کارخانه‌های جدید نیمه‌رسانا را تأمین کرده، اما از سوی دیگر موجب شده بود تراشه‌سازان ژاپنی کمتر به سود و بیشتر به تولید بیندیشند. بدین ترتیب، علی‌رغم این که تولیدکنندگان کم‌هزینه‌تر مثل مایکرون آمریکا و سامسونگ کره جنوبی رقبای ژاپنی را در بازار پشت‌سر گذاشته بودند، بزرگ‌ترین شرکت‌های تولید نیمه‌رسانا در ژاپن تولید تراشه‌های درم را دو برابر کردند.

رسانه‌های خود ژاپن متوجه این بیش‌سرمایه‌گذاری در صنعت نیمه‌رسانا‌ شده بودند، به‌طوری که برخی روزنامه‌ها با تیترهایی همچون «رقابت در سرمایه‌گذاری بی‌محابا‌» و «سرمایه‌گذاری بدون توقف» در مورد آن هشدار می‌دادند. مدیران ارشد تولید‌کنندگان ژاپنی تراشه‌های حافظه نمی‌توانستند خود را به توقف ساخت‌و‌ساز کارخانه‌های جدید متقاعد کنند. یکی از مدیران هیتاچی اقرار کرده بود «اگر شما نگران بیش‌سرمایه‌گذاری شوید، شب‌ها خوابتان نخواهد برد». تا زمانی که بانک‌ها به وام‌دهی ادامه می‌دادند، تداوم خرج کردن برای مدیران ارشد این شرکت‌ها آسان‌تر از پذیرش این حقیقت بود که دیگر راهی برای رسیدن به سودآوری وجود ندارد. در دهه ١٩٨٠، عملکرد محتاطانه بازار‌های سرمایه آمریکا به هیچ‌ وجه یک مزیت محسوب نمی‌شد، اما ترس از خطر عدم دسترسی به سرمایه - به‌علت همین رفتار محتاطانه بازار‌های سرمایه - موجب می‌شد شرکت‌های آمریکایی همواره هوشیار باشند. به‌نظر می‌رسد تولید‌کنندگان ژاپنی حافظه درم هم به «همه‌دشمن‌پنداری» اندی گرو و بینش عمیق جک سیمپلات در مورد پیش‌بینی‌ناپذیر بودن بازار کالایی نیاز داشتند. به جای اعمال این مراقبت‌ها اما، همه آن‌ها سرمایه‌ها را به یک بازار تزریق کردند و نتیجه این وضع مطمئنا چیزی نبود جز کم شدن درآمد همه آن‌ها.

از سوی دیگر، سونی که در میان شرکت‌های ژاپنی تولید‌کننده نیمه‌رسانا، به‌علت عدم شرط‌بندی بزرگ روی حافظه‌های درم منحصربه‌فرد بود، با تولید محصولات نوآورانه جدید همچون تراشه‌های تخصصی برای حسگر‌های تصویر به موفقیت دست یافت. در این تراشه‌ها، وقتی فوتون‌ها به سیلیکون برخورد می‌کنند، متناسب با شدت نور، بار الکتریکی تولید می‌شود و در نتیجه این واکنش، تراشه می‌تواند تصاویر را به داده‌های دیجیتال تبدیل کند. بدین ترتیب، سونی در موقعیت مطلوبی برای رهبری انقلاب دوربین دیجیتال قرار داشت. حتی امروز هم، تراشه‌های حسگر تصویر این شرکت همچنان در کلاس جهانی هستند. با این وجود اما، این شرکت هم نتوانست سرمایه‌گذاری در بخش‌های زیان‌ده را متوقف کند و در نتیجه، سوددهی آن از اوایل دهه ١٩٩٠ رو به کاهش گذاشت.

با این حال، برخلاف سونی، بیشتر تولید‌کنندگان بزرگ حافظه درم در ژاپن نتوانستند در دهه ١٩٩٠ از نفوذ خود در بازار برای تحریک نوآوری استفاده کنند. برای نمونه در توشیبا که غول حوزه تراشه‌های درم بود، مدیر کارخانه نه‌چندان توانمندی به نام فوجیو ماسو-اُکا[[465]](#footnote-465) در سال ١٩٨١ نوع جدیدی از حافظه‌های درم را تولید کرد که بر‌خلاف حافظه درم می‌توانست حتی پس از خاموش شدن نیز همچنان داده‌ها را به خاطر بسپارد. توشیبا این اختراع را نادیده گرفت، بنابراین اینتل این نوع جدید حافظه - که بعدها «فلَش» یا «نَند»[[466]](#footnote-466) نامیده شد - را وارد بازار کرد.

با این همه، بزرگ‌ترین اشتباه شرکت‌های تراشه‌ساز ژاپنی بی‌توجهی به ظهور رایانه‌های شخصی بود. هیچ یک از غول‌های تراشه‌ساز ژاپنی نتوانستند چرخش اینتل به سمت ریزپردازنده‌ها را تکرار کنند یا به اندازه آن بر زیست‌بوم رایانه‌های شخصی احاطه یابند. تنها یک شرکت ژاپنی، یعنی ان‌ای‌سی واقعا بدین منظور تلاش کرد، اما تنها توانست سهمی بسیار کوچک در بازار ریزپردازنده به دست آورد. برای اندی گرو و اینتل، کسب‌ درآمد از بازار ریزپردازنده‌ها موضوع مرگ و زندگی بود. شرکت‌های ژاپنی تولید‌کننده حافظه درم که بخش اعظم بازار این محصول را در اختیار داشتند و با محدودیت مالی هم روبه‌رو نبودند، چشم بر بازار ریزپردازنده‌ها بستند و تنها زمانی به فکر اهمیت آن افتادند که دیگر خیلی دیر شده بود. در نتيجه، شرکت‌های تراشه‌ساز آمریکایی منتفع اصلی انقلاب رایانه‌های شخصی بودند. در واقع، سیطره ژاپنی‌ها بر بازار نیمه‌رسانا‌ حتی پیش از سقوط بازار سهام این کشور رو به پایان بود. در سال ١٩٩٣، ایالات متحده جایگاه خود را به‌عنوان نخستین صادر‌کننده نیمه‌رسانا‌ در جهان بازپس گرفت. در سال ١٩٩٨، شرکت‌های کره جنوبی جای ژاپن را به‌عنوان بزرگ‌ترین تولید‌کننده حافظه‌های درم گرفت. این در حالی بود که سهم ژاپن در بازار حافظه درم از ٩٠ درصد در اواخر دهه ١٩٨٠، تا ٢٠ درصد در سال ١٩٩٨ کاهش یافته بود.

بلند‌پروازی‌های ژاپنی‌ها در حوزه نیمه‌رسانا‌ها موجب شد آن‌ها به‌طور فزاینده‌ای در خصوص جایگاه جهانی کشورشان احساس غرور کنند. امروز اما، بنیان این غرور، یک‌سره شکننده می‌نمود. ایشیهارا و موریتا در کتاب «ژاپنی که می‌تواند نه بگوید» استدلال کرده بودند ژاپن می‌تواند از سیطره خود بر بازار تراشه‌ها برای اعمال قدرت بر ایالات متحده و اتحاد شوروی استفاده کند. اما وقتی که جنگ به‌طور غیرمترقبه در منطقه خلیج فارس آغاز شد، قدرت نظامی آمریکا بیشتر ناظران را شگفت‌زده کرد. در این اولین جنگ دوران دیجیتال، ژاپن از پیوستن به بیست‌وهشت کشوری که لشگریان خود را برای بیرون راندن نیرو‌های ژاپنی از کویت فرستاده بودند، خودداری کرد. توکیو در عوض، با ارسال چک برای پرداخت هزینه نیرو‌های ائتلاف و حمایت از همسایگان عراق، در این کار مشارکت نمود. در حالی که بمب‌های هدایت‌شونده پیووی ستون‌های متشکل از تانک‌های عراقی را‌ در هم می‌کوبیدند، این دیپلماسی مالی ژاپن چندان موثر به‌نظر نمی‌رسید.

موریتا در سال ١٩٩٣ سکته کرد و سلامتش را از دست داد. او دیگر در انظار عمومی ظاهر نشد و تا زمان مرگش در سال ١٩٩٩، بیشتر عمرش را در هاوایی گذراند. نویسنده همکار او، ایشیهارا اما، همچنان اصرار داشت که ژاپن باید در صحنه جهانی اثر‌گذار باشد. او در سال ١٩٩۴ کتاب «آسیایی که می‌تواند نه بگوید»،[[467]](#footnote-467) و چند سال بعد هم کتاب «ژاپنی که می‌تواند مجددا نه بگوید»[[468]](#footnote-468) را منتشر کرد. البته او در این کتاب‌ها چیز تازه‌ای برای گفتن نداشت. به علاوه، امروز دیگر استدلال ایشیهارا در میان بیشتر ژاپنی‌ها خریداری نداشت. در دهه ١٩٨٠، او به درستی پیش‌بینی کرده بود که تراشه‌ها به توازن نظامی جهان شکل خواهند داد و در آینده فناوری‌ نقش تعیین‌کننده خواهند داشت؛ اما این پیش‌بینی او که تراشه‌ها در ژاپن ساخته خواهند شد، درست از آب در نیامد. در دهه ١٩٩٠، با احیای صنعت نیمه‌رسانا‌ی آمریکا، شرکت‌های ژاپنی تولید‌کننده نیمه‌رسانا تضعیف شدند. بدین ترتیب، آنچه که بنیان فناورانه چالش ژاپن را در مقابل هژمونی آمریکا تشکیل می‌داد، در حال فروپاشی بود.

در همین حال، تنها رقیب جدی دیگر ایالات متحده هم، به سوی فروپاشی حرکت می‌کرد. در سال ١٩٩٠، میخاییل گورباچف با درک این که تلاش برای رفع عقب‌ماندگی در حوزه فناوری از طریق روش‌های دستوری و راهبرد «کپی‌کاری» به جایی نخواهد رسید، برای دیداری رسمی وارد سیلیکون‌ولی شد. غول‌های تجاری سیلیکون‌ولی، از او در ضیافتی باشکوه، همچون یک تزار پذيرايی کردند. سر میز شام، دیوید پارکارد از اچ‌پی و استیو وُزنیاک[[469]](#footnote-469) از اپل در کنار او نشسته بودند. گورباچف به هیچ‌وجه علت دیدارش از منطقه خليج سانفرانسیسکو را پنهان نکرد. او در سخنرانی خود در دانشگاه استنفورد اعلام کرد «ایده‌ها و فناوری‌های فردا در اینجا در کالیفرنیا زاده می‌شوند». این دقیقا همان چیزی بود که ارتشبد اوگارکف برای بیش از یک دهه در مورد آن به رهبران شوروی هشدار داده بود.

گورباچف قول داد با بیرون کشیدن نیرو‌های شوروی از اروپای شرقی، به جنگ سرد پایان دهد. او در مقابل، خواستار دسترسی به فناوری‌های آمریکایی شد. گورباچف در ملاقات با مدیران شرکت‌های فناوری آمریکا، آن‌ها را به سرمایه‌گذاری در اتحاد شوروی تشویق کرد. وقتی او از دانشگاه استنفورد بازدید می‌کرد با افراد بسیاری که برای دیدن او آمده بودند، به گرمی احوال‌پرسی کرد. او در سخنرانی خود در این دانشگاه اعلام کرد «جنگ سرد اکنون پشت‌ سر ما است. بیایید راجع‌ به این که چه کسی پیروز آن بود، مجادله نکنیم».

در عین حال، پاسخ این سوال که چه کسی و چرا پیروز جنگ سرد بود، کاملا روشن بود. اوگارکف یک دهه پیش‌تر این تحول را‌ شناسایی کرده بود؛ هرچند در آن زمان، امیدوار بود که اتحاد شوروی بر این چالش فائق خواهد آمد. اما او هم مانند دیگر رهبران نظامی اتحاد شوروی، با گذشت زمان امیدش را از دست داده بود. او مدت‌ها پیش از گورباچف، در سال ١٩٨۴ به‌طور غیر‌رسمی به لِس گِلب،[[470]](#footnote-470) روزنامه‌نگار آمریکایی گفته بود «جنگ سرد تمام شده است و شما پیروز آن هستید». موشک‌های شوروی مثل همیشه قدرتمند بودند. آن کشور بزرگ‌ترین زرادخانه هسته‌ای جهان را داشت؛ اما صنعت نیمه‌رسانای آن یارای برابری با آمریکا را نداشت، صنعت رایانه آن عقب افتاده بود، فناوری‌های ارتباطی و نظارتی آن درجا می‌زد و پیامد‌های نظامی این همه، فاجعه‌بار بود. اوگارکف به گلب توضیح داد «تمام قابلیت‌های نظامی بر نوآوری اقتصادی، فناوری و قدرت اقتصادی مبتنی است. فناوری نظامی به رایانه متکی است. شما در زمینه رایانه بسیار بسیار جلوتر از ما هستید… در کشور شما هر کودکی از پنج سالگی یک رایانه دارد».

با شکست آسان عراق، آمریکا قدرت جنگی جدید خود را به رخ همگان کشید. این امر موجب ایجاد بحران در ارتش شوروی و کاگ‌ب شد. آن‌ها از این که می‌دیدند تسلیحات آمریکا به‌طور تعیین‌کننده‌ای از تسلیحات کشورشان پیشی گرفته است، شرمنده و البته همچنین وحشت‌زده بودند. فرماندهان نیرو‌های امنیتی در عین نا‌امیدی، علیه گورباچف کودتا کردند. این پایانی حقیرانه برای کشوری بود که زمانی در اوج قدرت قرار داشت، اما نتوانسته بود با زوال دردناک قدرت نظامی‌اش کنار بیاید. صنعت تراشه روسیه هم به سهم خود تحقیر شد، به‌طوری که کار یکی از کارخانه‌های تراشه‌سازی آن در دهه ١٩٩٠، تا حد تولید تراشه‌های کوچک برای اسباب‌بازی‌هایی که رستوران‌های مک‌دونالد به کودکان هدیه می‌داد، تنزل یافت. سیلیکون‌ولی پیروز شده بود.

# بخش پنجم

**مدار‌های یکپارچه، جهان یکپارچه؟**

## فصل ٢٩

**«ما در تایوان صنعت نیمه‌رسانا می‌خواهیم»**

در سال ١٩٨۵، کِی.تی. لی،[[471]](#footnote-471) وزیر قدرتمند تایوانی موریس چانگ را به دفتر خود در تایپه فرا خواند. نزدیک به دو دهه از زمانی می‌گذشت که لی به امتناع تگزاس اینسترومنتس جهت بنا کردن تاسیسات تولید نیمه‌رسانا در این جزیره کمک کرده بود. در دوره بیست ساله پس از آن هم، لی پیوند‌های نزدیکی را با مدیران تگزاس اینسترومنتس برقرار کرد. او در همه سفرهایش به ایالات متحده، با پت هگرتی و موریس چانگ ملاقات می‌کرد و حتی سعی می‌کرد دیگر شرکت‌های تولید‌کننده تجهیزات الکترونیکی را قانع سازد به تی‌آی تأسی، و کارخانه‌هایی را در تایوان تاسیس کنند. در سال ١٩٨۵، او چانگ را‌ استخدام کرد تا صنعت تراشه تایوان را رهبری کند. او به چانگ گفت «ما می‌خواهیم صنعت نیمه‌رسانا‌ را در تایوان توسعه ببخشیم». لی سپس از چانگ پرسید برای این منظور چقدر پول لازم دارد.

هرچند اصطلاح «جهانی‌شدن» در دهه ١٩٩٠ مورد استفاده عمومی قرار گرفت؛ صنعت تراشه بسیار پیش‌تر و از اولین روز‌های آغاز به‌کار شرکت فرچایلد سمیکانداکتر، به تولید و مونتاژ بین‌المللی متکی بود. تایوان در دهه ١٩۶٠، و به منظور ایجاد اشتغال، دستیابی به فناوری پیشرفته و همچنین تقویت رابطه امنیتی خود با ایالات متحده وارد زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا شد. در دهه ١٩٩٠ و در نتیجه ظهور شرکت تولید نیمه‌رسانا‌ ١۶۴ تایوان[[472]](#footnote-472) که تحت حمایت دولت تایوان و توسط چانگ تاسیس شده بود، اهمیت تایوان در این زنجیره حتی بیشتر از گذشته شد.

هنگامی که دولت تایوان در سال ١٩٨۵، چانگ را برای رهبری موسسه برجسته تحقیقات الکترونیکی آن کشور استخدام کرد. تایوان یکی از پیشروان مونتاژ قطعات نیمه‌رسانا‌ - یعنی تحویل گرفتن تراشه‌های ساخته‌شده در خارج، آزمایش، و نصب کردن آن‌ها در بسته‌های پلاستیکی یا سرامیکی - در آسیا بود. دولت تایوان سعی کرده بود با اخذ مجوز استفاده از فناوری تولید نیمه‌رسانا‌ از شرکت آرسی‌اِی[[473]](#footnote-473) در آمریکا و تاسیس یک شرکت تراشه‌سازی به نام یو‌اِم‌سی[[474]](#footnote-474) در سال ١٩٨٠، وارد کسب‌و‌کار تراشه‌سازی شود، اما قابلیت‌های این شرکت بسیار عقب‌تر از شرکت‌های پیشرفته بود. تایوان به‌علت داشتن شاغلان متعدد در صنعت نیمه‌رسانا‌ به خود می‌بالید؛ اما بخش کوچکی از منافع این کسب‌و‌کار نصیبش می‌شد، زیرا در صنعت تراشه، شرکت‌های طراحی‌کننده و تولید‌کننده پیشرفته‌ترین تراشه‌ها، بیشترین درآمد‌ها را کسب می‌کردند. مقاماتی چون وزیر لی می‌دانستند اقتصاد آن کشور تنها در صورتی به رشد خود ادامه خواهد داد که سطح کار خود را از مونتاژ ساده قطعاتی که در جای دیگر طراحی و ساخته شده‌اند، فراتر برد.

در سال ١٩۶٨، هنگامی که موریس چانگ برای اولین بار‌ به تایوان سفر کرد، این جزیره با هنگ‌کنگ، کره جنوبی، سنگاپور و مالزی در رقابت بود؛ اما اکنون در کره جنوبی، سامسونگ و دیگر گروه‌های بزرگ اقتصادی مبالغ هنگفتی را در تولید پیشرفته‌ترین تراشه‌های حافظه سرمایه‌گذاری کرده بودند. سنگاپور و مالزی هم در تلاش بودند تا تغییر مسیر کره جنوبی از مونتاژ نیمه‌رسانا‌ها به سوی تولید آن‌ها را تکرار کنند؛ البته آن‌ها در این کار به اندازه سامسونگ موفق نبودند. حتی اگر قرار بود تایوان جایگاه خود در حلقه‌های پایین زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ را فقط حفظ کند هم، می‌بایست به‌طور مستمر قابلیت‌های خود را ارتقا می‌بخشید.

در این میان، جمهوری خلق چین بزرگ‌ترین تهدید برای تایوان بود. در آن سوی تنگه تایوان، مرگ مائوتسِدونگ در سال ١٩٧٠، از خطر حتمی تجاوز چینی‌ها به تایوان کاسته بود؛ اما چین همچنان از نظر اقتصادی، تهدیدی علیه تایوان محسوب می‌شد. چینِ پَسامائو تحت رهبری جدید، با جذب برخی از مشاغل ساده تولیدی و مونتاژی که اتفاقا تایوان با اتکا به آن‌ها از شر فقر رها شده بود، شروع به ادغام در اقتصاد جهانی کرد. چین با تکیه بر دستمزدهای پایینش و صد‌ها میلیون کشاورز فقیری که مشتاق بودند به جای کشاورزی برای تأمین معیشت حداقلی، در کارخانه‌ها مشغول به‌کار شوند، در صورت ورود به کسب‌و‌کار مونتاژ تجهیزات الکترونیکی می‌توانست تایوان را از این بازار بیرون براند. مقامات تایوانی در یکی از سفر‌های مدیران تگزاس اینسترومنتس، به آن‌ها اعتراض کرده بودند که ورود چین به بازار به مثابه «جنگ اقتصادی» با تایوان است. رقابت با چین بر سر قیمت غیرممکن بود. اکنون تایوان مجبور بود خود به تولید فناوری پیشرفته بپردازد.

برای این کار، کی‌.تی. لی سراغ فردی رفت که در همان ابتدا هم کمک کرده بود کسب‌وکار مونتاژ نیمه‌رسانا‌ها وارد تایوان شود. او کسی نبود، جز موریس چانگ. او در اوایل دهه ١٩٨٠ و علی‌رغم داشتن بیش از دو دهه سابقه همکاری با تگزاس اینسترومنتس، پس از آن که برخلاف انتظارش به‌عنوان مدیر‌عامل منصوب نشده و به قول خودش «رها شده بود تا برای خود بچرد»، آن شرکت را ترک کرده بود. او سپس برای مدت یک سال مدیریت یک شرکت تولید‌کننده تجهیزات الکترونیکی در نیویورک به نام جنرال اینسترومنت[[475]](#footnote-475) را به عهده گرفت، اما خیلی زود به‌علت عدم رضایت، از آن کار هم استعفا داد. او شخصا به شکل‌گیری صنعت نیمه‌رسانا‌ در جهان کمک شایانی کرده بود. در واقع، فرآیند‌های تولیدی فراکارآمد تی‌آی نتیجه تجربه‌گرایی و تخصص او در ارتقای محصولات بود. شغلی که او در تی‌آی خواسته بود - مدیر‌عاملی - او را در کنار باب نویس و گوردون مور، در راس صنعت تراشه قرار می‌داد. بنابراین، وقتی دولت تایوان او را فراخواند و پیشنهاد کرد مسوولیت صنعت تراشه جزیره را به او بسپارد و نیز چک سفیدی برای تأمین مالی برنامه‌هایش به او بدهد، چانگ به سادگی وسوسه شد. او اکنون در پنجاه‌وچهار سالگی به دنبال چالشی جدید بود.

هرچند بیشتر مردم از «بازگشت چانگ به تایوان» صحبت می‌کنند. قوی‌ترین عامل ارتباط او با این جزیره تاسیسات تگزاس اینسترومنتس بود که او خود به ایجاد آن در تایوان کمک کرده بود. حتی اگر این ادعای تایوان که دولت قانونی چین است پذیرفته می‌‌شد هم، این حقیقت که چانگ در سرزمین اصلی چین متولد و بزرگ شده بود، او را‌ اهل تایوان نمی‌کرد. در واقع، او تا اواسط دهه ١٩٨٠، بیشتر عمرش را در تگزاس زندگی کرده بود. او همچنین از مقامات امنیتی دولت آمریکا مجوز کار در امور مرتبط با تجهیزات دفاعی گرفته بود. بدین ترتیب، او مسلما بیشتر تگزاسی بود تا تایوانی. او خود بعد‌ها گفت «تایوان برای من جای عجیبی بود».

با این همه، بناکردن صنعت نیمه‌رسانا‌ی تایوان برای چانگ چالشی هیجان‌انگیز به‌نظر می‌رسید. مدیریت موسسه دولتی تحقیقات فناوری صنعتی تایوان،[[476]](#footnote-476) سمتی که رسما به او پیشنهاد شده بود، او را در صدر برنامه توسعه صنعت تراشه تایوان قرار می‌داد. قول دولت در مورد تأمین مالی پروژه هم بر جذابیت این معامله می‌افزود. چانگ با قرارگرفتن در راس صنعت نیمه‌رسانا‌ی جزیره، خیالش راحت می‌شد که به جز کی‌.تی. لی که به او قول داده بود آزادی عمل گسترده‌ای داشته باشد، در مقابل هیچ‌کس پاسخگو نخواهد بود. تگزاس اینسترومنتس هرگز به کسی چنین چک سفیدی نمی‌داد. چانگ از همان ابتدا می‌دانست به پول زیادی نیاز خواهد داشت، زیرا طرح کسب‌و‌کار[[477]](#footnote-477) مورد نظر او بر اساس ایده‌ای رادیکال شکل گرفته بود. اگر این طرح موفق از آب در می‌آمد، می‌توانست صنعت الکترونیک را متحول کند و مهم‌ترین فناوری جهان را تحت کنترل او - و تایوان - قرار دهد.

چانگ از مدت‌ها پیش، یعنی از اوایل دهه ١٩٧٠، زمانی که هنوز در تی‌آی کار می‌کرد، فکر تاسیس شرکتی برای تولید تراشه‌های طراحی‌شده توسط مشتریانش را در سر می‌پروراند. در آن زمان، شرکت‌های تراشه‌ساز چون تی‌آی، اینتل و موتورولا عمدتا تراشه‌های طراحی‌شده توسط خودشان را تولید می‌کردند. چانگ در مارس ١٩٧۶ این مدل کسب‌وکار جدید را به دیگر مدیران تی‌آی ارائه کرد. او به همکارانش توضیح داد «کاهش هزینه قدرت محاسبه موجب خلق کاربرد‌های متعدد جدیدی برای نیمه‌رسانا‌ها خواهد شد و این خود، ایجاد تقاضاهای جدید برای تراشه‌ها را به دنبال خواهد داشت، به‌طوری که به‌ زودی شاهد استفاده از تراشه‌ها در همه محصولات از تلفن گرفته تا خودرو و ماشین ظرفشویی خواهیم بود. او معتقد بود شرکت‌هایی که این‌گونه کالاها را تولید می‌کنند، فاقد تخصص لازم برای تولید نیمه‌رسانا هستند، بنابراین ترجیح می‌دهند این کار را برون‌سپاری کنند و به متخصصان آن بسپارند. به علاوه، با پیشرفت فناوری و کوچک‌تر شدن ترانزیستورها، تنها شرکت‌هایی که حجم بالایی از تراشه‌ها را تولید کنند، از نظر هزینه‌ها رقابت‌پذیر خواهند بود.

دیگر مدیران تی‌آی اما، متقاعد نشدند. در آن زمان، یعنی در سال ١٩٧۶، هیچ شرکتی وجود نداشت که تراشه طراحی کند، اما کارخانه تولید آن را نداشته باشد؛ البته چانگ پیش‌بینی می‌کرد چنین شرکت‌هایی به زودی ایجاد خواهند شد. در مقابل، همکاران چانگ معتقد بودند تگزاس اینسترومنتس با همان مدل کسب‌وکار موجودش در‌آمد قابل‌ملاحظه‌ای دارد. بنابراین قمار روی بازاری که هنوز وجود نداشت، ریسک نامعقولی به‌نظر می‌رسید. نهایتا، این ایده بی‌سروصدا کنار گذاشته شد.

ایده تاسیس کارخانه‌ای برای تولید تراشه‌های طراحی‌شده توسط دیگران، یا آنچه که اصطلاحا ریخته‌گری تراشه‌ها[[478]](#footnote-478) خوانده می‌شود، هرگز ذهن چانگ را رها نکرد. او اتفاقا فکر می‌کرد با گذشت زمان و به‌ویژه پس از آن که انقلاب لین‌ کانوِی و کاروِر میر در طراحی تراشه، جداسازی فرآیند‌های طراحی تراشه و ساخت آن را بسیار آسان‌تر کرده است، امکان تحقق این ایده حتی بیشتر هم شده است. کانوِی و مید معتقد بودند روش جدید آن‌ها همان نقشی را در صنعت تراشه خواهد داشت که اختراع ماشین‌‌چاپ گوتنبرگ در حوزه نشر کتاب‌ داشت.

برخی مهندسان الکترونیک در تایوان نیز با چانگ هم‌فکر بودند. برای نمونه، چینتای شین،[[479]](#footnote-479) یکی از مدیران ارشد موسسه تحقیقات فناوری صنعتی تایوان در اوسط دهه ١٩٨٠ از مید دعوت کرده بود به آن جزیره سفر کند و از چشم‌انداز خود در مورد این انقلاب گوتنبرگی در صنعت نیمه‌رسانا‌ برای آن‌ها سخن بگوید. بنابراین، ایده جداسازی فرآیند‌های طراحی و تولید تراشه سال‌ها پیش از آن که وزیر کی.تی. لی با تقدیم چک سفید از چانگ بخواهد صنعت تراشه تایوان را بنا کند، در تایوان نضج گرفته بود.

وزیر لی به قول خود در مورد تأمین پول لازم برای اجرای طرح کسب‌و‌کار تهیه‌شده توسط چانگ عمل کرد. دولت تایوان ۴٨ درصد سرمایه اولیه لازم برای تاسیس شرکت تی‌اس‌ام‌سی را در اختیار چانگ گذاشت؛ تنها با این شرط که او شرکت تراشه‌ساز خارجی‌ای را برای عرضه فناوری پیشرفته برای تولید تراشه بیابد. همکاران سابق چانگ در تی‌آی و همچنین مدیران اینتل درخواست چانگ را در این مورد رد کردند. گوردون مور به او گفته بود «موریس، تو در زمان خودت ایده‌های خوب بسیاری داشتی، اما این ایده جدیدت اصلا خوب نیست. چانگ در نهایت توانست شرکت هلندی فیلیپس را قانع کند تا با سرمایه‌گذاری ۵٨ میلیون دلاری، انتقال فناوری تولید، و دادن مجوز استفاده از مالکیت فکری خود در قبال مالکیت ٢٧.۵ درصد از سهام شرکت تی‌اس‌ام‌سی، در این کار به او کمک کند.

بقیه سرمایه شرکت را تایوانی‌های ثروتمندی تأمین کردند که دولت از آن‌ها خواسته بود در این کار سرمایه‌گذاری کنند. چانگ بعد‌ها در این خصوص گفت «در بیشتر موارد، یکی از وزیران با تاجری در تایوان تماس می‌گرفت تا او را به سرمایه‌گذاری ترغیب کند». دولت از بسیاری از ثروتمندترین خانواده‌های جزیره که شرکت‌هایشان به‌طور تخصصی در زمینه‌هایی چون پلاستیک، منسوجات و مواد شیمیایی فعال بودند، خواست به این پروژه پول تزریق کنند. در یک مورد، وقتی تاجری پس از سه جلسه ملاقات با چانگ، از سرمایه‌گذاری در این کار خودداری کرد، نخست‌وزیر تایوان شخصا با او تماس گرفت و به او یادآوری کرد «دولت در بیست سال گذشته، با شما بسیار مهربان بوده است. بهتر است شما هم امروز برای دولت کاری انجام دهید». همین کافی بود برای آن که تاجر مورد نظر ظرف چند روز چکی را برای تأمین بخشی از هزینه‌های کارخانه تراشه‌سازی چانگ ارسال کند. دولت همچنین مزایای مالیاتی سخاوتمندانه‌ای را برای تی‌اس‌ام‌سی در نظر گرفت و بدین ترتیب به آن شرکت اجازه داد مبالغ هنگفتی را برای سرمایه‌گذاری در اختیار داشته باشد. در واقع، تی‌‌اس‌ام‌سی از همان روز اول، نه یک شرکت خصوصی؛ بلکه یکی از مهم‌ترین پروژه‌های دولت تایوان بود.

یکی از کلیدی‌ترین عوامل موثر بر موفقیت تی‌‌اس‌ام‌سی در همان ابتدای کار، روابط عمیق آن با صنعت تراشه ایالات متحده بود. بیشتر مشتریان این شرکت، شرکت‌‌های طراحی تراشه در آمریکا بودند و بسیاری از کارکنانش هم پیش‌تر در سیلیکون‌ولی کار کرده بودند. برای نمونه، دان بروکس،[[480]](#footnote-480) یکی دیگر از مدیران سابق تگزاس اینسترومنتس، در فاصله سال‌های ١٩٩١ تا ١٩٩٧ ریاست تی‌‌اس‌ام‌سی را به‌ عهده داشت. او از آن روز‌ها چنین یاد می‌کند: «بیشتر افرادی که در تی‌اس‌ام‌سی تا دو رده مدیریتی پایین‌تر از من کار می‌کردند، تجربه‌کار در آمریکا را داشتند. همه آن‌ها پیش‌تر در موتورولا، اینتل و تی‌آی کار کرده بودند». از سوی دیگر، در بیشتر دهه ١٩٩٠، نیمی از تولیدات تی‌اس‌ام‌سی به شرکت‌های آمریکایی فروخته ‌شد. به علاوه، بیشتر مدیران شرکت فارغ‌التحصیل مقطع دکتری دانشگاه‌های آمریکایی بودند.

تایوان و سیلیکون‌ولی، هر دو از این هم‌زیستی منتفع می‌شدند. پیش از تاسیس تی‌اس‌ام‌سی، تنها چند شرکت کوچک که بیشتر هم در سیلیکون‌ولی مستقر بودند، تلاش کرده بودند کسب‌وکاری را در حوزه طراحی تراشه‌ها ایجاد کنند و با برون‌سپاری تولید تراشه، از هزینه‌های ایجاد کارخانه تراشه‌سازی دوری جویند. این شرکت‌های فاقد کارخانه در برخی موارد توانسته بودند شرکت‌های تراشه‌سازی بزرگ‌تر دارای ظرفیت‌های خالی را قانع کنند تا تراشه‌های آن‌ها را تولید کنند. با این همه، تراشه‌سازان بزرگ همواره در برنامه‌ریزی‌های خود، اولویت را به تولید تراشه‌های خودشان می‌دادند. حتی بدتر آن که شرکت‌های فاقد کارخانه همواره با خطر سرقت ایده‌هایشان توسط شرکت‌های تراشه‌ساز روبه‌رو بودند. آن‌ها به علاوه، با مشکل تفاوت فرآیند‌های تولید در میان شرکت‌های بزرگ تراشه‌سازی هم مواجه بودند. در هر حال، رهایی از ضرورت ایجاد کارخانه‌ تراشه‌سازی، موجب کاهش قابل‌ملاحظه هزینه‌های تاسیس شرکت‌های جدید می‌شد؛ اما سپردن فرآیند ساخت تراشه به رقبا همواره یک مدل کسب‌وکار پرریسک بود.

تی‌اس‌ام‌سی اما، شریکی قابل‌اعتماد برای همه شرکت‌های طراحی تراشه بود. چانگ قول داده بود تنها تراشه بسازد و هرگز به طراحی تراشه اقدام نکند. تی‌اس‌ام‌سی با مشتریانش رقابت نمی‌کرد؛ در واقع موفقیت این شرکت، در رقابت میان مشتریانش نهفته بود. یک دهه پیش‌تر، کارور مید پیش‌بینی کرده بود با جداسازی فرآیند‌های طراحی و ساخت تراشه‌ها، همان نوع انقلاب در صنعت تراشه رخ خواهد داد که صنعت نشر بعد از ظهور ماشین‌ چاپ گوتنبرگ شاهد آن بود. اما در این میان تفاوتی کلیدی وجود داشت. گوتنبرگ، این صنعتگر قدیمی آلمانی حوزه چاپ، تلاش کرده بود در صنعت نشر به موقعیت انحصاری دست یابد، اما در این کار موفق نشده بود. او نتوانسته بود مانع گسترش سریع فناوری‌اش در سرتاسر اروپا و در نتیجه برابر شدن منافع نویسندگان کتاب‌ها و چاپخانه‌ها شود.

در صنعت تراشه، مدل کسب‌وکار چانگ، یعنی ساخت تراشه‌های طراحی‌شده توسط دیگران، با کاستن از هزینه‌های تاسیس شرکت‌ها، به ایجاد ده‌ها شرکت طراحی تراشه فاقد کارخانه - معادل نویسندگان کتاب در صنعت چاپ - کمک کرد و این خود موجب شد بخش فناوری با نفوذ قدرت محاسبه به تمام انواع لوازم و دستگاه‌ها متحول شود. با این حال، درست در زمانی که بازار نویسندگی رو به باز شدن داشت، صنعت چاپ دیجیتال در حال انحصاری شدن بود. اقتصاد تولید تراشه، مستلزم انسجام هر چه بیشتر بود. هر شرکتی که بیشترین تراشه‌ها را تولید می‌کرد، از مزیتی ذاتی برخوردار بود و می‌توانست تولید خود را بهبود بخشد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را میان مشتریان بیشتری سر‌شکن کند. کسب‌وکار تی‌اس‌ام‌سی در طول دهه ١٩٩٠ رونق گرفت و فرآیند‌های تولیدش بی‌وقفه بهبود یافت. چانگ دوست داشت به گوتنبرگ عصر دیجیتال تبدیل شود. او در نهایت بسیار قدرتمندتر شد. در آن زمان‌ کمتر کسی متوجه شده بود؛ اما چانگ، تی‌اس‌ام‌سی و تایوان به سوی تسلط بر بازار تولید پیشرفته‌ترین تراشه‌های جهان پیش می‌رفتند.

## فصل ٣٠

**«همه مردم باید نیمه‌رسانا بسازند»**

در سال ١٩٨٧، یعنی در همان سالی که موریس چانگ شرکت تی‌اس‌ام‌سی را در تایوان تاسیس کرد، رِن ژِنگفِی[[481]](#footnote-481) در فاصله‌ای چندصد کیلومتری، شرکت تجاری هوآوی را در زمینه تجهیزات الکترونیکی راه‌اندازی کرد. تایوان جزیره‌ای کوچک، اما با آرزو‌های بزرگ بود و نه فقط با پیشرفته‌ترین شرکت‌های تراشه‌ساز جهان، بلکه همچنین با هزاران مهندس فارغ‌التحصیل دانشگاه‌هایی چون استنفورد و برکلی ارتباطات عمیقی داشت. در مقابل، چین جمعیتی بسیار بزرگ داشت، اما هم فقیر، و هم از نظر فناوری عقب‌مانده بود. البته اتخاذ سیاست‌های جدید و باز کردن اقتصاد کشور موجب رونق تجارت، به‌ویژه از طریق هنگ‌کنگ شده بود: کالا‌ها به سادگی از طریق این بندر به‌طور قانونی و غیر‌قانونی وارد کشور می‌شد. شنزن،[[482]](#footnote-482) محل تاسیس هوآوی در چین، به تایوان بسیار نزدیک بود.

در تایوان، موریس چانگ در نظر داشت برخی از پیشرفته‌ترین تراشه‌های جهان را بسازد و غول‌های سیلیکون‌ولی را به مشتریان خود تبدیل کند. در شنزن، رن ژنگفی تجهیزات مخابراتی را از هنگ‌کنگ می‌خرید و با قیمتی بالا‌تر در سرتاسر چین می‌فروخت. تجهیزاتی که او خریدوفروش می‌کرد از مدارهای یکپارچه بهره می‌گرفت؛ اما رن ایده تولید‌ تراشه برای خود را چندان منطقی نمی‌دید. در دهه ١٩٨٠، دولت چین تحت هدایت جیانگ زِمین،[[483]](#footnote-483) وزیر صنایع الکترونیکی وقت (که بعدا رییس‌جمهور چین هم شد) صنعت الکترونیک را به‌عنوان اولویت خود مشخص کرده بود. در آن زمان، پیشرفته‌ترین و پرکاربردترین تراشه‌ای که در داخل چین تولید می‌شد، حافظه درمی بود با ظرفیتی تقریبا معادل اولین حافظه درمی که اینتل در اوایل دهه ١٩٧٠ وارد بازار کرد. بدین ترتیب، چین در آن زمان حدودا یک دهه با مرز‌های این صنعت فاصله داشت.

اگر کمونیست‌ها حاکم چین نمی‌شدند، این کشور احتمالا می‌توانست نقش بسیار مهم‌تری را در صنعت نیمه‌رسانا‌ی جهان ایفا کند. در زمان اختراع مدارهای یکپارچه، بسیاری از عواملی که به ژاپن، تایوان و کره جنوبی کمک کرد سرمایه‌گذاران آمریکایی حوزه نیمه‌رسانا را به خود جذب کنند، در چین هم وجود داشت. این عوامل، از جمله شامل نیروی کار بسیار بزرگ و ارزان و همچنین نخبگان علمی تحصیل‌کرده در سطوح عالی بود. اما کمونیست‌های این کشور، پس از به دست گرفتن قدرت در سال ١٩۴٩، به ارتباطات خارجی با سوءظن می‌نگریستند. برای کسی مانند موریس چانگ، بازگشت به چین پس از فارغ‌التحصیل شدن از استنفورد می‌توانست به معنی فقر، زندان و حتی مرگ باشد، زیرا بسیاری از باهوش‌ترین کسانی که پیش از انقلاب در دانشگاه‌های چین تحصیل کرده بودند، نهایتا در تایوان یا کالیفرنیا مشغول به‌کار شده و در واقع، در تقویت قابلیت‌های الکترونیکی رقبای اصلی جمهوری خلق چین مشارکت جسته بودند.

در این میان، دولت کمونیست چین همان اشتباهات اتحاد شوروی را، البته به شکلی افراطی‌تر تکرار کرد. پکن در همان اوایل دهه ١٩۵٠، نیمه‌رسانا‌ها را به‌عنوان اولویت علمی خود شناسایی کرده بود. آن‌ها به زودی درصدد برآمدند تا از مهارت‌های پژوهشگران دانشگاه پکن و دیگر مراکز علمی - از جمله برخی دانشمندان که پیش از انقلاب در برکلی، ام‌آی‌تی، هاروارد یا پوردو[[484]](#footnote-484) تحصیل کرده بودند - بهره بگیرند.

بدین ترتیب، چین اولین موسسه پژوهشی خود در حوزه نیمه‌رسانا‌ها را پیش از پایان دهه ١٩۵٠ تاسیس کرد. این کشور تقریبا در همان زمان، تولید رادیوهای ترانزیستوری ساده را هم آغاز کرده بود. مهندسان چینی در سال ١٩۶۵، یعنی نیم‌دهه پس از باب‌ نویس و جک کیلبی، اولین مدار یکپارچه خود را ساختند.

با این همه، رادیکالیسم مائو مانع جذب سرمایه‌گذاری خارجی و پیشرفت علمی جدی شد. یک سال پس از تولید اولین مدار یکپارچه در چین، مائو با این استدلال که تخصص علمی موجب ایجاد امتیازاتی می‌شود که برابری سوسیالیستی را تضعیف می‌کند، کشور را درگیر انقلاب فرهنگی کرد. طرفداران مائو جنگی را علیه نظام آموزش آغاز کردند. هزاران دانشمند و متخصص برای کار چون کشاورزان، به روستاهای دورافتاده فرستاده شدند. بسیاری از آن‌ها به سادگی کشته شدند. «دستورالعمل هوشمندانه مورخ ٢١ ژوییه ١٩۶٨ رییس‌مائو» بر این نکته تاکید داشت که «ضروری است دوره تحصیل در مدارس کاهش یابد، نظام آموزش انقلابی شود، سیاست‌های طبقه کارگر (پرولتاریا) در صدر امور قرار گیرد… دانشجویان باید از میان کارگران و کشاورزان دارای تجربه علمی انتخاب شوند و پس از چند سال تحصیل، به بخش تولید بازگردند».

ایده ایجاد صنایع پیشرفته با کارکنان آموزش‌ندیده به خودی خود نامعقول بود؛ اما تلاش مائو برای دور نگهداشتن فناوری‌ها و ایده‌های خارجی وضع را حتی وخیم‌تر هم می‌کرد. اعمال محدودیت‌ها از سوی ایالات متحده مانع خرید تجهیزات نیمه‌رسانا‌ی پیشرفته توسط چین می‌شد؛ اما مائو هم در این میان تحریم‌های خود را اعمال می‌کرد. او به دنبال خودکفایی کامل بود و رقبای سیاسی‌اش را به تلاش در جهت آلودن صنعت تراشه چین به قطعات خارجی متهم می‌کرد؛ هرچند خود چین توان تولید قطعات پیشرفته را به تنهایی نداشت. ماشین تبلیغات مائو به دنبال جلب حمایت مردم از «حرکت عمومی زلزله‌وار برای توسعه مستقل و خود‌کفای صنعت الکترونیک» بود.

مائو تنها به تراشه‌های خارجی بدبین نبود. او حتی گاهی ابراز نگرانی می‌کرد که همه کالا‌های الکترونیکی ذاتا ضد سوسیالیسم‌اند. لیو شائوکی،[[485]](#footnote-485) رقیب سیاسی او حامی این ایده بود که «فناوری نوین الکترونیک می‌تواند جهش بزرگ روبه‌جلویی را برای صنعت ما به ارمغان آورد و چین را به اولین قدرت صنعتی سوسیالیست جهان با فناوری الکترونیکی درجه یک تبدیل کند». مائو که همواره سوسیالیسم را با صنایع سنگین مرتبط می‌دید، به این ایده حمله می‌کرد. یکی از حامیان مائو، اعتقاد به الکترونیک به‌عنوان آینده صنعت را «وا‌پسگرایانه» می‌دانست، زیرا به‌ زعم او روشن بود که «تنها صنعت آهن و فولاد باید در بنا کردن آرمان‌شهر سوسیالیسم در چین، نقش اصلی را ایفا کند».

در دهه ١٩۶٠، مائو در مبارزه سیاسی بر سر صنعت نیمه‌رسانای چین پیروز شد و با کم‌اهمیت جلوه دادن آن، روابط این صنعت را با فناوری خارجی قطع کرد. بیشتر دانشمندان چینی از رییس مائو به‌علت فرستادن آن‌ها به مزارع برای زندگی و مطالعه در علوم سیاسی پرولتاریایی به جای مهندسی نیمه‌رسانا‌ و بدین ترتیب، نابود کردن تحقیقات - و زندگی - آن‌ها متنفر بودند. یکی از متخصصان برجسته حوزه فیزیک نور[[486]](#footnote-486) که به مناطق روستایی فرستاده شده، و توانسته بود با رژیم غذایی غلات خشن،[[487]](#footnote-487) کلم آب‌پز و هر از چندگاه، مار کباب‌شده دوام آورد و دوره‌های آموزش مجدد روستایی را پشت‌سر بگذارد، همچنان منتظر بود رادیکالیسم مائو فروکش کند. در حالی که همان معدود مهندسان نیمه‌رسانا‌ی چین هم مشغول بیل زدن در مزارع بودند، مائوییست‌ها کارگران کشور را تشویق می‌کردند که «همه مردم باید نیمه‌رسانا بسازند»، توگویی همه اعضای پرولتاریای چین می‌توانست در خانه تراشه بسازند.

در آن زمان قطعه کوچکی از خاک چین توانست با جدا شدن از کشور، از وحشت انقلاب فرهنگی رهایی یابد. از سوی دیگر، به لطف دوران استعمار، هنگ‌کنگ همچنان به‌طور موقت توسط بریتانیا اداره می‌شد. در حالی که بیشتر چینی‌ها با دقت تمام سخنان رهبر دیوانه خود را به خاطر می‌سپردند؛ در هنگ‌کنگ، کارگران تاسیسات فرچایلد در ساحل خلیج کُلون با جدیت قطعات سیلیکونی را مونتاژ می‌کردند. در این حال، تنها چندصد کیلومتر دورتر، چندین شرکت تراشه‌سازی آمریکایی تاسیساتی را در تایوان راه‌اندازی و هزاران کارگر را با دستمزد‌هایی پایین‌تر از استانداردهای کالیفرنیا، اما بسیار بهتر از درآمد‌های معیشتی دهقانان به‌کار گمارده بودند. در واقع، درست در زمانی که مائو همان معدود کارگران ماهر خود را برای دیدن آموزش‌های سوسیالیستی به روستا‌ها می‌فرستاد، صنعت تراشه در تایوان، کره جنوبی و در سرتاسر آسیای جنوب شرقی دهقانان را از روستاها بیرون می‌کشید و مشاغل خوبی را در کارخانه به آن‌ها می‌داد.

در اوایل دهه ١٩٧٠، با وخامت حال مائو، انقلاب فرهنگی کم‌‌کم به بوته فراموشی سپرده شد. رهبران حزب کمونيست سرانجام دانشمندان را از روستا‌ها فراخواندند. دانشمندان هم سعی کردند کار‌های رها‌‌شده خود را در آزمایشگاه از سر بگیرند. اما صنعت تراشه چین که پیش از انقلاب فرهنگی بسیار عقب‌تر از سیلیکون‌ولی بود، اکنون از همسایگان این کشور هم عقب‌تر بود. در طول ده سالی که چین درگیر آشفتگی‌های ناشی از انقلاب بود، اینتل ریزپردازنده را اختراع کرده بود، و ژاپن سهم بزرگی را در بازار حافظه درم به دست آورده بود. در عین حال، تنها دست‌آورد چین در این دوره آزار باهوش‌ترین اتباع کشور بود. بنابراین در اواسط دهه ١٩٧٠، صنعت تراشه چین در وضعیت فاجعه‌باری قرار داشت. در سال ١٩٧۵، یکی از رهبران حزب در این خصوص با ناراحتی گفته بود «از هر هزار نیمه‌رسانا‌ که در کشور تولید می‌شود، تنها یکی در حد استاندارد است. هدررفت منابع ما بسیار زیاد است».

جان باردین در دوم سپتامبر ١٩٧۵، یعنی دو دهه پس از دریافت جایزه نوبل به همراه شاکلی و برتین برای اختراع ترانزیستور، به پکن سفر کرد. او در سال ١٩٧٢ اولین فردی شد که دو بار جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرده است. جایزه دوم او برای کارهایش در زمینه اَبَررسانا‌ها بود. هیچ‌کس در دنیای فیزیک از باردین مشهور‌تر نبود، اما او علی‌رغم پیشی گرفتن غیرمنصفانه شهرت شاکلی از او در اواخر دهه ١٩۴٠، همچنان انسانی متواضع بود. باردین با نزدیک شدن به دوران بازنشستگی، زمان بیشتری را صرف برقرار کردن ارتباط میان دانشگاه‌های آمریکا و کشور‌های دیگر کرد. در سال ١٩٧۵، وقتی که قرار شد گروهی از فیزیک‌دانان برجسته آمریکایی به چین سفر کنند، از باردین دعوت شد به این جمع بپیوندد.

با فروکش کردن طوفان انقلاب فرهنگی، رهبران چین تلاش می‌کردند شور انقلابی خود را کنار بگذارند و با آمریکاییان دوستی کنند. در زمان سفر باردین به چین، مائو بیمار بود و به زودی چشم بر جهان می‌بست. گروه فیزیک‌دانان آمریکایی به چینی‌ها یادآور شدند دوستی با آمریکا می‌تواند فناوری را برای آن‌ها به ارمغان آورد. این سفر نشان داد که از زمان اوج انقلاب فرهنگی بدین سو، خیلی چیز‌ها در چین تغییر کرده است. بیست سال پیش، این برنده جایزه نوبل به‌عنوان عامل ضد انقلاب مورد تقبيح قرار می‌گرفت و ممکن نبود مورد استقبال پیشروترین موسسات پژوهشی چین در پکن، شانگهای، نانجینگ[[488]](#footnote-488) و ژیان[[489]](#footnote-489) قرار گیرد. با این وجود، حتی در سال ١٩٧۵ هم بخش اعظم میراث مائوییسم همچنان باقی مانده بود. به دانشمندان آمریکایی گفته شده بود، دانشمندان چینی نتایج تحقیقات خود را منتشر نمی‌کنند، زیرا مخالف تفاخرند.

باردین به‌علت داشتن تجربه همکاری با شاکلی که به‌طور غیرمنصفانه‌ای تمام اعتبار حاصل از اختراع ترانزیستور را مال خود کرده بود، با مفهوم تفاخر ناآشنا نبود. تجربه شاکلی - به‌عنوان دانشمندی برجسته، اما تاجری ناموفق - نشان داده بود که میان نظام سرمایه‌داری و تفاخر چنان پیوند مستقیمی که دکترین مائوییسم تبلیغ می‌کرد، وجود ندارد. باردین پس از این سفر به همسرش گفت علی‌رغم ادعای برابری در جامعه چین، به زعم او این جامعه اتفاقا جامعه‌ای دسته‌بندی شده و سلسله‌مراتبی بود. به علاوه، برخلاف سیلیکون‌ولی، دانشمندان حوزه نیمه‌رسانا‌ در چین همواره تحت نظارت سیاستمداران قرار داشتند.

باردین و همکارانش در حالی چین را ترک کردند که تحت تاثیر قابلیت‌های دانشمندان چینی قرار گرفته بودند؛ آن‌ها اما آرزوهای چین برای تولید نیمه‌رسانا را غیر‌قابل‌تحقق می‌دیدند. در واقع نسیم انقلا‌ب الکترونیکی آسیا، هرگز در سرزمین اصلی چین وزیدن نگرفته بود. شرکت‌های تراشه‌ساز سیلیکون‌ولی هزاران کارگر غالبا چینی‌تبار را در کارخانه‌های خود از هنگ‌کنگ گرفته تا تایوان، پننگ،[[490]](#footnote-490) و سنگاپور به‌کار می‌گماردند، اما حکومت جمهوری خلق چین سرتاسر دهه ١٩۶٠ را صرف تقبیح کردن سرمایه‌داران کرده بود؛ در حالی که همسایگان این کشور سخت در تلاش بودند تا سرمایه‌داران را به سرزمین خود جذب کنند. مطالعه‌ای در سال ١٩٧٩ به این نتیجه رسیده بود که چین در آن زمان تقریبا هیچ یک از واحدهای تولید‌کننده نیمه‌رسانای چین‌ قابلیت ماندگاری نداشتند و روی‌هم‌رفته تنها هزاروپانصد رایانه در کل این کشور وجود داشت.

مائو یک سال پس از سفر باردین به چین درگذشت و پس از چند سال دِنگ ژیائوپینگ[[491]](#footnote-491) جای دیکتاتور پیر را گرفت. او برای متحول کردن چین قول داد در چهار حوزه دست به نوین‌سازی بزند. به زودی دولت چین اعلام کرد «علم و فناوری» مهم‌ترین بخش این برنامه «نوین‌سازی در چهار حوزه» است. در حالی که بقیه جهان با انقلاب فناوری در حال تحول بود، دانشمندان چینی متوجه شده بودند که تراشه‌ها در این تحول نقش محوری دارند. «کنفرانس ملی علم»[[492]](#footnote-492) که در مارس ١٩٧٨ و دقیقا در دوره تحکیم قدرت دنگ ژیائوپینگ برگزار شد، نیمه‌رسانا‌ها را در صدر دستورکار خود قرار داد، به این امید که از پیشرفت‌های صورت‌گرفته در نیمه‌رسانا‌ها برای توسعه سامانه‌های تسلیحاتی جدید و کالاهای الکترونیکی مصرفی و رایانه‌ها بهره گیرد.

در این میان، هدف سیاسی چین آشکار بود: چین می‌بایست نیمه‌رسانا‌های خودش را تولید می‌کرد و نمی‌توانست به تولیدات خارجیان اتکا کند. روزنامه گوانگمینگ ریبائو[[493]](#footnote-493) افکار عمومی را در همین راستا هدایت می‌کرد. این روزنامه در سال ١٩٨۵ از خوانندگان خود خواست «فرمول ماشین اول وارداتی، ماشین دوم وارداتی، و ماشین سوم وارداتی» را کنار بگذارند و به جای آن ایده «ماشین اول وارداتی، ماشین دوم ساخت چین، و ماشین سوم صادراتی» را دنبال کنند. بدین ترتیب، شعار افراطی «ساخت چین» در اعماق جهان‌بینی حزب کمونیست چین تنیده شد؛ اما کشور در حوزه فناوری نیمه‌رسانا‌ به‌طور نا‌امید‌کننده‌ای عقب بود - و این مشکلی بود که نه مدل بسیج عمومی مائو و نه مدل حکمرانی دستوری دنگ نمی‌توانست به سادگی آن را حل کند.

پکن خواستار تحقیقات بیشتر در زمینه نیمه‌رسانا‌ شد، اما فرامین دولتی به تنهایی نمی‌توانست اختراعات علمی و صنایع ماندگار را خلق کند. اصرار دولت بر اهمیت راهبردی تراشه‌ها موجب شد مقامات چینی تلاش کنند کنترل صنعت تراشه را در دست خود بگیرند و بدین ترتیب، این صنعت در ورطه دیوان‌سالاری گرفتار شد. وقتی که کارآفرینان درحال‌رشدی چون رن ژنگفی از شرکت هواوی در اواخر دهه ١٩٨٠ شروع به تاسیس شرکت‌های الکترونیکی کردند، آن‌ها چاره‌ای جز اتکا به تراشه‌های خارجی نداشتند. در واقع، صنعت مونتاژ لوازم الکترونیکی چین بر شالوده نیمه‌رسانا‌های خارجی وارداتی از ایالات متحده، ژاپن، و البته به‌طور فزاینده‌ای تایوان - که حزب کمونیست همچنان آن را جزئی از سرزمین چین می‌دانست - بنا شده بود و این کشور اساسا خود کنترلی بر آن نداشت.

## فصل ٣١

**«مشارکت با چینی‌ها در عشق به خدا»**

ریچارد چانگ[[494]](#footnote-494) تنها می‌خواست در عشق به خدا شریک چینی‌ها باشد، انجیل چیزی در مورد نیمه‌رسانا‌ها نمی‌گوید، اما چانگ با همان اشتیاق مبلغان دینی تلاش می‌کرد فناوری تراشه‌سازی پیشرفته را به چین بیاورد. او که یک مسیحی معتقدِ زاده نانجینگ چین و بزرگ‌شده در تایوان و مهندس نیمه‌رسانای آموزش‌دیده در تگزاس بود، در سال ٢٠٠٠ حاکمان پکن را متقاعد کرد برای تاسیس یک کارخانه ساخت نیمه‌رسانا‌های طراحی‌شده توسط دیگران (ریخته‌گری تراشه) در شانگهای، یارانه‌های هنگفتی را به او بدهند. این تاسیسات دقیقا با ویژگی‌های مورد‌ نظر او طراحی شد، به‌طوری که به لطف مجوز ویژه دولت غیر‌مذهبی چین، حتی ساخت کلیسایی در آن پیش‌بینی شد. رهبران کمونیست کشور حاضر بودند در صورت موفقیت چانگ در آوردن صنعت نوین ساخت نیمه‌رسانا به چین، مخالفت با مذهب را کنار بگذارند. با این حال، حتی با وجود حمایت همه‌‌جانبه دولت چین، چانگ خود را همچون حضرت داود در مقابل جالوت‌های صنعت نیمه‌رسانا‌ به‌ویژه شرکت تی‌اس‌ام‌سی تایوان می‌دید.

جغرافیای صنعت تراشه در دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر یافت. در سال ١٩٩٠، کارخانه‌های ایالات متحده ٣٧ درصد تراشه‌های جهان را تولید می‌کردند، اما این سهم در سال ٢٠٠٠ به ١٩ درصد و در سال ٢٠١٠ به ١٣ درصد کاهش یافت. در این دوره، سهم ژاپن در تولید تراشه‌ها هم سقوط کرد. در این میان، کره جنوبی، سنگاپور و تایوان هر یک مبالغ هنگفتی را به صنعت تراشه خود تزریق کردند و به سرعت تولید را افزایش دادند. برای مثال، دولت سنگاپور در مشارکت با شرکت‌های تگزاس اینسترومنتس، هیولت\_پاکارد و هیتاچی، ساخت تاسیسات تولید و مراکز طراحی تراشه‌ها را تأمین مالی کرد و بدین ترتیب، بخش نیمه‌رسانای پویایی را در این شهر-دولت ایجاد کرد. دولت سنگاپور همچنین تلاش کرد با تاسیس شرکت ریخته‌گری نیمه‌رسانا به نام چارترد سمیکانداکتر،[[495]](#footnote-495) از شرکت تی‌اس‌ام‌سی تقلید کند؛ هرچند شرکت سنگاپوری هرگز نتوانست به‌ خوبی رقیب تایوانی خود عمل کند.

عملکرد صنعت نیمه‌رسانای کره جنوبی حتی بهتر هم بود. پس از تضعیف تولید‌کنندگان ژاپنی حافظه‌ درم، سامسونگ در سال ١٩٩٢ به تراشه‌ساز اول جهان تبدیل شد و در ادامه آن دهه نیز به‌ سرعت رشد کرد. سامسونگ با بهره‌گیری از حمایت‌های رسمی دولت و همچنین فشار‌های غیر‌رسمی دولت بر بانک‌های کره جنوبی در جهت تأمین اعتبار برای آن شرکت، توانست بر رقابت تایوان و سنگاپور در بازار حافظه درم فائق آید. تأمین مالی از این نظر اهمیت داشت که سامسونگ برای نگه داشتن محصول اصلی خود، یعنی حافظه درم در مرز‌های فناوری به توان مالی بسیاری نیاز داشت - این هزینه‌کرد حتی در زمان رکود صنعت نیمه‌رسانا‌ هم ضروری بود. یکی از مدیران سامسونگ وضعیت بازار حافظه‌ درم را با بازی جوجه‌ترسو[[496]](#footnote-496) قابل‌مقایسه می‌دانست. او در توضیح این مقایسه می‌گفت، وقتی اوضاع بازار خوب است، رقبای حاضر در بازار جهانی حافظه درم به‌کارخانه‌های خود پول تزریق می‌کنند و در نتیجه بازار را به سوی تولید بیش از نیاز و کاهش قیمت‌ها سوق می‌دهند. از این پس، ادامه هزینه‌کرد در تولید به‌طور ویران‌کننده‌ای گران تمام می‌شود، اما توقف سرمایه‌گذاری هم، حتی برای یک سال، رقبا را با خطر از دست دادن سهم بازار روبه‌رو می‌سازد. بر این اساس، هیچ یک از آن‌ها دوست ندارد اولین کسی باشد که از خود ترس نشان می‌دهد و سرمایه‌گذاری را متوقف می‌کند. در چنین وضعیتی، سامسونگ از پشتوانه مالی لازم برخوردار بود تا بتواند پس از آن که رقبا مجبور به کاهش سرمایه‌گذاری شدند، همچنان در تولید حافظه سرمایه‌گذاری کند. بدین ترتیب، سهم این شرکت در بازار تراشه‌های حافظه به‌طور غیر‌قابل‌اجتناب افزایش یافت.

از سوی دیگر، چین با توجه به نقش فزاینده‌اش در بازار مونتاژ لوازم الکترونیکی - که بزرگ‌ترین سهم را در مصرف تراشه‌های جهان داشت - به‌طور بالقوه از بیشترین امکان برای متحول کردن صنعت نیمه‌رسانا برخوردار بود. به علاوه در دهه ١٩٩٠، چندده سال از زمانی می‌گذشت که رادیکالیسم مائوییست‌ها موجب شکست اولین تلاش‌های نافرجام این کشور برای تولید نیمه‌رسانا‌ شد. امروز چین به‌کارخانه جهان تبدیل شده بود و شهرهایی چون شانگهای و شنزن مرکز مونتاژ لوازم الکترونیکی بودند. این فعالیت همان صنعتی بود که چند دهه قبل اقتصاد تایوان را به پیش رانده بود. با این همه، رهبران چین می‌دانستند که پول واقعی از تولید قطعاتی کسب می‌شود که لوازم الکترونیکی به آن‌ها وابسته بودند و نیمه‌رسانا‌ها مهم‌ترین این قطعات بودند.

در دهه ١٩٩٠، توانایی‌های چین در تولید تراشه بسیار عقب‌تر از تایوان و کره جنوبی، و به طریق اولی ایالات متحده بود. هرچند اصلاحات اقتصادی چین با جدیت در جریان بود، قاچاقچیان همچنان از واردات چمدانی غیر‌قانونی تراشه‌ها از طریق مرز هنگ‌کنگ منافع قابل‌توجهی به چنگ می‌آورند. اما با رشد صنعت الکترونیک در چین، تولید تراشه‌ها جذاب‌تر از قاچاق آن‌ها شد.

ریچارد چانگ آوردن صنعت تراشه به چین را رسالت اصلی خود در زندگی می‌دانست. او در سال ١٩۴٨ در نانجینگ، پایتخت سابق چین و در خانواده‌ای نظامی متولد شد. در حالی که ریچارد تنها یک سال داشت، خانواده او پس از به قدرت رسیدن کمونیست‌ها چین را ترک و به تایوان نقل مکان کرد. او در ميان جامعه‌ای از اهالی سرزمین اصلی چین بزرگ شد که تصور می‌کردند به‌طور موقت در این جزیره اقامت خواهند داشت. آنچه این مهاجران انتظار داشتند، یعنی فروپاشی جمهوری خلق چین هرگز رخ نداد، و این موجب شد افرادی چون چانگ در وضعیت بحران شخصیتی دائم قرار گیرند و مجبور باشند در حالی که خود را چینی می‌دانند، در جزیره‌ای زندگی کنند که از نظر سیاسی به‌طور فزاینده‌ای از سرزمین مادری آن‌ها دورتر می‌شود. چانگ پس از اخذ مدرک لیسانس در تایوان، به ایالات متحده نقل مکان، و در آنجا مدرک فوق لیسانس خود را از دانشگاه بوفالو در‌ نیویورک دریافت کرد و سپس به استخدام تگزاس اینسترومنتس درآمد و همکار جک کیلبی شد. او در مدیریت کارخانه تخصص یافت و اداره تاسیسات آن شرکت را در سرتاسر جهان، از ایالات متحده گرفته تا ژاپن، سنگاپور و ایتالیا به عهده گرفت.

برنامه‌های دولت چین برای اعطای یارانه به ایجاد صنعت نیمه‌رسانای داخلی در این کشور، در ابتدا نتایج چندان چشمگیری نداشت. در نتیجه این اقدامات، چند کارخانه از جمله کارخانه‌ای در شانگهای با مشارکت مدنی شرکت چینی هواهونگ[[497]](#footnote-497) و ان‌ای‌سی ژاپن ساخته شد. ان‌ای‌سی در ازای تعهد به آوردن فناوری خود به چین، منافع مالی جذابی را کسب کرد. البته ان‌ای‌سی در قرارداد خود، مراقبت لازم را به عمل آورده بود تا مطمئن شود متخصصان ژاپنی مسوولیت امور را به عهده خواهند داشت. بر این اساس، کارکنان چینی تنها مجاز بودند در فعالیت‌های ساده مداخله کنند. تحلیلگری در خصوص این قرارداد گفته بود «نمی‌توانیم بگوییم این صنعت، صنعتی چینی است». این صنعت چیزی بیش از «یک کارخانه ویفر‌سازی مستقر در چین» نبود. واقعیت این است که چین در چارچوب این قرارداد مشارکت مدنی، دانش تخصصی چندانی را کسب نمی‌کرد.

گریس سمیکانداکتر،[[498]](#footnote-498) دیگر شرکت تولیدکننده تراشه که در سال ٢٠٠٠ در شانگهای تاسیس شد، نمونه دیگری از ترکیب سرمایه‌گذاری خارجی، یارانه‌های دولتی و البته همچنین شکست در انتقال فناوری بود. گریس نتیجه سرمایه‌گذاری مشترک جیانگ میانهِنگ،[[499]](#footnote-499) فرزند جیانگ زمین، رییس‌جمهور چین، و وینستون وانگ،[[500]](#footnote-500) فرزند یکی از غول‌های صنعت پلاستیک تایوان بود. ایده جذب مشارکت تایوانی‌ها به صنعت تراشه چین با توجه به موفقیت این جزیره در زمینه نیمه‌رسانا‌ها کاملا منطقی به‌نظر می‌رسید، و حضور فرزند رییس‌جمهور چین هم می‌توانست به کسب حمایت‌های دولتی کمک کند. این شرکت حتی نیل بوش،[[501]](#footnote-501) برادر جرج دبلیو بوش، رییس‌جمهور ایالات متحده را به‌عنوان مشاور در «راهبرد‌های کسب‌و‌کار» استخدام کرده بود و سالانه چهارصد هزار دلار به او دستمزد می‌داد. این گروه پرستاره مدیریت، گریس را از مشکلات سیاسی مصون نگه می‌داشت. این شرکت هم فناوری پیشرفته‌ای نداشت و نتوانست مشتری چندانی را برای خود دست‌وپا کند و هرگز بیش از سهم کوچکی در کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه چین که خود بخش بسیار کوچکی از کل بازار جهانی را در اختیار داشت، به دست نیاورد.

در چنین شرایطی، ریچارد چانگ تنها کسی بود که می‌توانست به ایجاد صنعت تراشه در چین کمک کند. او به خویشاوند‌گرایی یا کمک‌های خارجی اتکا نمی‌کرد. او تمام دانش مورد نیاز برای تاسیس کارخانه‌ای در کلاس جهانی را در ذهن خود داشت. او در دوره کار برای تگزاس اینسترومنتس، تاسیسات جدیدی را در سرتاسر جهان برای آن شرکت بنا کرده بود. پس چرا نباید بتواند همین کار را در شانگهای انجام دهد؟ او با جذب بیش از ١.۵ میلیارد دلار از سرمایه‌گذاران خارجی چون گُلدمَن سَکس،[[502]](#footnote-502) موتورولا و توشیبا، شرکت بین‌المللی تولید نیمه‌رسانا‌ (اس‌ام‌آی‌سی‌‌‌)[[503]](#footnote-503) را در سال ٢٠٠٠ تاسیس کرد. برای اساس تخمین‌های یکی از تحلیلگران، نیمی از سرمایه اولیه برای تاسیس اس‌ام‌آی‌سی توسط سرمایه‌گذاران آمریکایی تأمین شده بود. چانگ از این مبالغ برای استخدام صدها خارجی، از جمله حداقل چهارصد نفر از تایوان برای راه‌اندازی کارخانه اس‌ام‌آی‌سی استفاده کرد.

چانگ راهبرد ساده‌ای داشت: تکرار همان کارهایی که شرکت تی‌اس‌ام‌سی انجام داده بود. تی‌اس‌ام‌سی در تایوان بهترین مهندسانی را که می‌توانست بیابد - ترجیحا با تجربه‌کار در شرکت‌های تراشه‌سازی پیشرفته آمریکایی یا غیر آن - استخدام می‌کرد. آن شرکت در حد توان مالی‌اش بهترین ابزار‌آلات و تجهیزات را می‌خرید. تی‌اس‌ام‌سی همچنین به‌طور مستمر بهترین شیوه‌های عملکرد موجود در صنعت تراشه را به‌کارکنانش آموزش می‌داد. آن شرکت به علاوه، از همه حمایت‌های مالیاتی و یارانه‌ای که دولت تایوان آمادگی اعطای آن را داشت، بهره می‌گرفت.

اس‌ام‌آی‌سی این نقشه‌راه را با جدیت و دقت دنبال کرد. این شرکت حتی به شکلی تهاجمی نیرو‌هایش را از میان کارکنان شرکت‌های تراشه‌ساز خارجی، به‌ویژه در تایوان استخدام می‌کرد. در بخش اعظم دهه اول فعالیت اس‌ام‌آی‌سی، یک سوم مهندسان آن از خارج کشور استخدام می‌شدند. داگ فولر،[[504]](#footnote-504) تحلیلگر صنعت تراشه اعلام کرده بود در سال ٢٠٠١، اس‌ام‌آی‌سی در مقابل استخدام ۶۵٠ مهندس چینی، ٣٩٣ مهندس را از خارج کشور و اکثرا از تایوان و ایالات متحده جذب کرد. تا پایان دهه ٢٠٠٠، تقریبا یک‌سوم مهندسان شرکت از خارج کشور جذب شده بودند. اس‌ام‌آی‌سی حتی شعاری داشت که می‌گفت «یک نیروی کار قدیمی می‌تواند دو نیروی کار جدید را به شرکت بیاورد». این شعار در واقع موید ضرورت جذب نیرو‌های مجرب آموزش‌دیده در خارج کشور به منظور کمک به یادگیری مهندسان چینی بود. مهندسان چینی اس‌ام‌آی‌سی به سرعت یاد می‌گرفتند و به زودی چنان توانمند شده بودند که کم‌کم از شرکت‌های تراشه‌سازی خارجی هم پیشنهاد کار دریافت می‌کردند. موفقیت این شرکت در بومی‌سازی‌ فناوری تنها مدیون حضور این نیروی کار آموزش‌دیده در خارج کشور بود.

اس‌ام‌آی‌سی هم مانند دیگر استارت‌آپ‌های حوزه تراشه‌سازی چین، از حمایت‌های گسترده دولت چین مانند معافیت پنج‌ساله از پرداخت مالیات شرکتی و تخفیف در مالیات بر فروش تراشه‌ها در داخل چین بهره‌مند شد. اس‌ام‌آی‌سی از این امتیازات استفاده کرد، اما ابتدائا به آن‌ها وابسته نبود. برخلاف رقبایش که بیشتر بر استخدام فرزندان سیاستمداران تمرکز داشتند تا تولید کیفیت؛ چانگ ظرفیت تولید را افزایش داد و در حد امکان از پیشرفته‌ترین فناوری‌ها استفاده‌ کرد. در پایان دهه ٢٠٠٠، اس‌ام‌آی‌سی تنها چند سال از پیشروان فناوری جهان عقب بود. به‌نظر می‌رسید این شرکت در مسیر تبدیل شدن به یک کارخانه درجه یک ریخته‌گری تراشه قرار دارد و احتمالا در نهایت خواهد توانست حتی تی‌اس‌ام‌سی را تهدید کند. ریچارد چانگ به زودی توانست قراردادهایی را با پیشروان صنعت از جمله کارفرمای سابق خودش، یعنی تگزاس اینسترومنتس معتقد کند. اس‌ام‌آی‌سی تا آنجا پیش رفت که در سال ٢٠٠۴ وارد بازار بورس نیویورک شد.

اکنون تی‌اس‌ام‌سی، با رقابت چندین شرکت ریخته‌گری تراشه در کشور‌های مختلف شرق آسیا روبه‌رو بود. شرکت چارترد سمیکانداکتر سنگاپور، شرکت‌های یو‌ام‌سی[[505]](#footnote-505) و ونگارد سمیکانداکتر[[506]](#footnote-506) تایوان، و شرکت سامسونگ کره جنوبی - که در سال ٢٠٠۵ وارد کسب‌وکار ریخته‌گری تراشه شده بود - نیز در تولید تراشه‌های طراحی‌شده توسط دیگران با تی‌اس‌ام‌سی رقابت می‌کردند. بیشتر این شرکت‌ها از یارانه‌های دولتی بهره‌مند بودند، اما این همه موجب ارزان‌تر شدن تراشه‌سازی شد، و نهایتا به نفع شرکت‌های آمریکایی طراحی تراشه که فاقد کارخانه تراشه‌سازی بودند، تمام شد. در همین حال، شرکت‌های فاقد کارخانه تراشه‌سازی در اولین مراحل تولید محصولی جدید، انقلابی و پیشرفته، و البته به‌شدت نیازمند به تعداد زیادی تراشه‌های پیچیده بودند. برون‌سپاری فرامرزی موجب کاهش هزینه‌های تولید، و افزایش رقابت شده بود. مصرف‌کنندگان هم از کاهش قیمت‌ها منتفع می‌شدند و به کالاهایی دسترسی می‌یافتند که پیش‌تر غیر‌قابل‌تصور بودند. آیا این جهانی شدن به معنای دقیق کلمه نبود؟

## فصل ٣٢

**جنگ در صنعت لیتوگرافی**

وقتی که جان کاروترز[[507]](#footnote-507) در سال‌ ١٩٩٢ در اتاق جلسات ساختمان مرکزی اینتل در سانتاکلارای کالیفرنیا پشت میز نشست، اصلا فکر نمی‌کرد درخواست دویست میلیون دلار از اندی گرو، مدیرعامل اینتل کار ساده‌ای خواهد بود. او به‌عنوان رهبر برنامه‌های تحقیق و توسعه اینتل، به قبول ریسک‌های بزرگ عادت داشت. برخی از این قمار‌ها نتیجه می‌داد و برخی هم به شکست می‌انجامید؛ اما در هر حال، آمار موفقیت ریسک‌های مهندسان اینتل اصلا بدتر از متوسط صنعت نیمه‌رسانا‌ نبود. در سال ١٩٩٢، اینتل به لطف تصمیم گرو در خصوص تمرکز تلاش‌های این شرکت بر تولید ریزپردازنده برای رایانه‌های شخصی، مجددا در صدر بزرگ‌ترین تراشه‌سازان جهان قرار گرفت. اکنون اینتل پول پارو می‌کرد و بیش از هر زمان دیگری در تحقق قانون مور نقش داشت.

البته درخواست کاروترز بسیار فراتر از حد معمول برای پروژه‌های تحقیق و توسعه بود. او هم مانند هر شخص دیگری در این صنعت می‌دانست روش‌های موجود لیتوگرافی به زودی قادر نخواهند بود مدارهایی را تولید کنند که بر اساس نیاز نسل آینده نیمه‌رسانا‌ها، روز به روز کوچک‌تر می‌شوند. در آن روز‌ها، شرکت‌های لیتوگرافی دستگاه‌هایی را رونمایی می‌کردند که از‌ اشعه فرابنفش در طول موج‌های ٢۴٨ تا ١٩٣ نانومتر در طیف نور‌های غیرقابل‌رویت برای چشم انسان استفاده می‌کردند. اما شکی نبود که به زودی تراشه‌سازان خواستار دقت بیشتری در لیتوگرافی تراشه‌ها خواهند شد. کاروترز به دنبال استفاده از امواج نوری «اشعه فرابنفش فرین»[[508]](#footnote-508) با طول موج ١٣.۵ نانومتر بود، زیرا هر چه طول موج مورد استفاده در دستگاه لیتوگرافی کمتر می‌شد، امکان حک کردن طرح‌های کوچک‌تر روی تراشه‌ها بیشتر می‌شد. در این میان، تنها یک مشکل وجود داشت: بیشتر صاحب‌نظران معتقد بودند تولید انبوه اشعه فرابنفش فرین غیرممکن است.

گرو با شک و تردید از کاروترز پرسید «منظورت این است که می‌خواهی پول شرکت را صرف چیزی کنی که حتی نمی‌دانیم کار خواهد کرد یا خیر». کاروترز با زیرکی پاسخ داد «بله اندی، تحقیق یعنی همین»! گرو رو به گوردون مور که در آن زمان فقط مشاور شرکت بود، کرد و پرسید «گوردون اگر تو جای من بودی، چه می‌کردی»؟ مور در پاسخ، از او پرسید «گزینه‌های دیگرمان چیست». پاسخ این سوال روشن بود: هیچ. صنعت تراشه می‌بایست یا استفاده از طول موج‌های کوتاه‌تر امواج نوری را در لیتوگرافی می‌آموخت، یا با توقف روند کوچک شدن ترانزیستورها - و عملکرد قانونی که با نام مور شناخته می‌شد - کنار می‌آمد. چنین نتیجه‌ای برای کسب‌و‌کار اینتل ویران‌کننده و برای گرو تحقیرآمیز بود. او برای توسعه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین دویست میلیون دلار به‌کاروترز داد. او در آن لحظه نمی‌دانست که اینتل نهایتا میلیارد‌ها دلار صرف تحقیق و توسعه روی لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین و میلیاردها دلار دیگر هم صرف یادگیری نحوه حک طرح‌های مدارهای یکپارچه روی تراشه با استفاده از لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین خواهد کرد. اینتل برنامه‌ای برای ساخت تجهیزات لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین برای خود نداشت، اما می‌بایست مطمئن می‌شد که حداقل یکی از شرکت‌های پیشرفته تولید‌کننده تجهیزات لیتوگرافی در جهان ماشین‌های اشعه فرابنفش فرین را وارد بازار خواهد کرد تا اینتل ابزار‌های مورد نیاز برای حک مدارهای هرچه کوچک‌تر روی تراشه‌ها را در اختیار داشته باشد.

حیات صنعت لیتوگرافی تراشه‌ از زمانی آغاز شد که جی لتروپ در آزمایشگاه ارتش ایالات متحده، میکروسکوپش را وارونه کرد. از آن زمان تا دهه ١٩٩٠، آینده این صنعت هرگز به این اندازه به خطر نیفتاده بود. این خطر اکنون در سه حوزه مهندسی، کسب‌و‌کار و جغرافیای سیاسی، ادامه حیات صنعت لیتوگرافی تراشه را تهدید می‌کرد. در روز‌های ابتدایی شکل‌گیری صنعت تراشه، ترانزیستورها به قدری بزرگ بودند که طول موج نوری که در تجهیزات لیتوگرافی تراشه‌ها به‌کار گرفته می‌شد، اهمیت چندانی نداشت. اما در دهه ١٩٩٠، قانون مور تا جایی پیش رفته بود که اندازه امواج نور - که بسته به رنگ نور مورد استفاده، در محدود چندصد نانومتر (یعنی در حد چند میلیاردم متر) متغیر بود - بر دقت برش مدارها روی تراشه اثر می‌گذاشت. در این زمان، اندازه پیشرفته‌ترین ترانزیستورها در محدود چندصد نانومتر قرار می‌گرفت. با این حال، حتی در آن سطح هم، ساخت ترانزیستورهای کوچک‌تر در محدوده ده نانومتر قابل‌تصور بود.

بیشتر پژوهشگران معتقد بودند تولید تراشه در چنین ابعادی مستلزم تجهیزات لیتوگرافی دقیق‌تری برای تاباندن نور بر مواد شیمیایی فتورزیست و برش طرح‌های مورد نظر روی سیلیکون است. برخی پژوهشگران در فکر استفاده از اشعه‌های الکترونی برای حک کردن طرح‌ها روی تراشه بودند، اما لیتوگرافی با اشعه الکترونی سرعت لازم را برای تولید انبوه تراشه‌ها نداشت. برخی دیگر هم روی اشعه ایکس یا اشعه فرابنفش فرین شرط بسته بودند که البته هر یک با نوع خاصی از مواد شیمیایی فتورزیست واکنش می‌داد. در کنفرانس بین‌المللی سالانه کارشناسی لیتوگرافی، دانشمندان در مورد این که کدام یک از این روش‌ها موفق خواهد بود، به بحث می‌پرداختند. به قول یکی از شرکت‌کنندگان در کنفرانس، زمان زمان «جنگ بر سر روش‌های لیتوگرافی» میان مهندسان رقیب بود.

«جنگ» به منظور یافتن بهترین نوع اشعه برای تاباندن روی ویفر‌های سیلیکون، تنها یکی از سه رقابتی بود که بر سر آینده صنعت لیتوگرافی تراشه‌ها جریان داشت. نبرد دوم، نبردی تجاری بود، بر سر آن که کدام شرکت نسل آینده تجهیزات لیتوگرافی را خواهد ساخت. هزینه هنگفت توسعه تجهیزات لیتوگرافی جدید، این صنعت را به سوی تمرکز سوق می‌داد. بدین ترتیب، انتظار می‌رفت که در نهایت یک یا دو شرکت بازار را تحت سیطره خود در آوردند. در ایالات متحده، شرکت جی‌سی‌ای منحل شده بود، و شرکت سیلیکون‌ولی گروپ (اس‌وی‌جی)،[[509]](#footnote-509) از زیرمجموعه‌های جدا شده از پرکین المر هم بسیار عقب‌تر از پیشروان بازار، یعنی کانن و نیکون بود. در واقع، تراشه‌سازان آمریکایی توانسته بودند در دهه ١٩٨٠ رقبای ژاپنی را پشت سر بگذارند؛ اما سازندگان آمریکایی تجهیزات لیتوگرافی هرگز نتوانسته بودند چنین کنند.

تنها رقیب واقعی کانن و نیکون شرکت هلندی کوچک، اما در حال رشد اِی‌اس‌ام‌ال[[510]](#footnote-510) بود. در سال ١٩٨۴، شرکت الکترونیکی فیلیپس هلند بخش لیتوگرافی خود را مجزا کرد و شرکت جدیدی را با نام ای‌اس‌ا‌م‌ال تاسیس نمود. فیلیپس برای این کار زمان خوبی را انتخاب نکرده بود، زیرا تاسیس ای‌اس‌ا‌م‌ال با سقوط قیمت تراشه‌ها هم زمان شد. بد نیست بدانیم که همین سقوط قیمت تراشه‌ها موجب نابودی جی‌سی‌ای شد. علاوه بر این، محل استقرار ای‌اس‌ا‌م‌ال، یعنی شهر کوچک وِلدهُوِن[[511]](#footnote-511) در نزدیکی مرز هلند با بلژیک، برای فعالیت شرکتی در کلاس جهانی صنعت نیمه‌رسانا‌ چندان مناسب به‌نظر نمی‌رسید. اروپا سهم قابل‌ملاحظه‌ای در تولید تراشه‌های جهان داشت، اما آشکارا از سیلیکون‌ولی و ژاپن عقب‌تر بود.

وقتی مهندس هلندی، فریتس ون‌هوت[[512]](#footnote-512) در سال ١٩٨۴ و بلافاصله پس از اخذ مدرک فوق‌لیسانس، به ای‌اس‌ا‌م‌ال پیوست، دیگر کارکنان آن شرکت با تعجب از او پرسیدند که آیا داوطلبانه به آن‌ها پیوسته است یا این شغل را از روی اجبار اختیار کرده است. ون‌هوت بعد‌ها به خاطر می‌آورد که صرف نظر از پیوند ای‌اس‌ا‌م‌ال با فیلیپس، این شرکت در آن زمان، نه تاسیسات داشت و نه پول». بدین ترتیب، راه‌اندازی فرآیندهای پیچیده و گسترده تولید تجهیزات لیتوگرافی در خود شرکت غیرممکن بود. به جای این کار، شرکت تصمیم گرفت قطعات و اجزای لازم را با دقت بسیار از منابع موجود در سرتاسر جهان تهیه و تجهیزات لیتوگرافی را مونتاژ کند. اتکا به شرکت‌های دیگر برای تهیه اجزای کلیدی تجهیزات لیتوگرافی آشکارا خطرات بسیاری را همراه داشت؛ اما ای‌اس‌ا‌م‌ال یاد گرفت این خطرات را مدیریت کند. بدین ترتیب، در حالی که رقبای ژاپنی سعی داشتند همه تجهیزات لیتوگرافی را خودشان تولید کنند، ای‌اس‌ا‌م‌ال می‌توانست بهترین اجزای لازم برای ساخت تجهیزات لیتوگرافی را در بازار تهیه کند. در واقع، هنگامی که این شرکت شروع به تولید تجهیزات لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین کرد، توانایی‌اش در سرهم‌بندی اجزای تهیه‌شده از منابع مختلف به بزرگ‌ترین نقطه قوتش تبدیل شده بود.

دومین نقطه قوت ای‌اس‌ا‌م‌ال به‌طور غیرمنتظره‌ای به محل استقرار آن در هلند مربوط می‌شد. در دهه ١٩٨٠ و ١٩٩٠ به‌نظر می‌رسید این شرکت‌ در اختلافات میان ژاپن و ایالات متحده بی‌طرف است. شرکت‌های آمریکایی با ای‌اس‌ا‌م‌ال به‌عنوان جایگزین قابل‌اعتماد نیکون و کانن برخورد می‌کردند. برای مثال، وقتی که مایکرون، استارت‌آپ آمریکایی توليدکننده حافظه‌های درم می‌خواست تجهیزات لیتوگرافی بخرد، به جای اتکا به یکی از این دو تأمین‌کننده اصلی ژاپنی که هر کدام پیوند‌های عمیقی با رقبای ژاپنی مایکرون در تولید حافظه درم داشتند، به ای‌اس‌ا‌م‌ال روی آورد.

تاریخچه شکل‌گیری ای‌اس‌ا‌م‌ال به‌عنوان بنگاهی برآمده از دل فیلیپس هم به طرز شگفت‌آوری به آن شرکت کمک کرد و موجب تسهیل برقراری رابطه‌ای عمیق با شرکت تی‌اس‌ام‌سی تایوان شد. فیلیپس سرمایه‌گذار موثر تی‌اس‌ام‌سی بود و حتی فناوری فرآیند تولید و همچنین حقوق مالکیت فکری خود را به آن شرکت جوان فعال در حوزه ریخته‌گری تراشه منتقل کرده بود. این سابقه عملا یک بازار از‌قبل‌آماده داخل‌شرکتی را در اختیار ای‌اس‌ا‌م‌ال قرار می‌داد، زیرا کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی بر اساس فرآیندهای تولیدی فیلیپس طراحی شده بودند. یک آتش‌سوزی تصادفی در کارخانه تی‌اس‌ام‌سی در سال ١٩٨٩ هم به ای‌اس‌ا‌م‌ال کمک کرد، زیرا موجب شد شرکت تایوانی با پولی که از شرکت بیمه گرفته بود، نوزده دستگاه لیتوگرافی جدید دیگر هم از ای‌اس‌ا‌م‌ال بخرد.

مشارکت میان ای‌اس‌ام‌ال و تی‌اس‌ام‌سی نشان از وجود جبهه سوم «جنگ لیتوگرافی» در دهه ١٩٩٠ داشت. این جنگ در عرصه سیاسی جریان داشت؛ هرچند کمتر کسی در صنعت و دولت دوست داشت از این منظر به موضوع بنگرد. در آن زمان، ایالات متحده سرخوش از پایان جنگ سرد بود و از سهم خود در منافع صلح بهره می‌برد. از نظر فناوری، نظامی و قدرت اقتصادی، ایالات متحده از بقیه جهان - چه متحد و چه دشمن - بالاتر بود. یکی از تحلیلگران بانفوذ اعلام کرده بود دهه ١٩٩٠ «دوران تک‌قطبی شدن جهان» تحت سلطه غیرقابل‌تردید آمریکا است. جنگ خلیج فارس قدرت وحشت‌زای آمریکا را در زمینه‌های فناوری و نظامی به رخ جهان کشیده بود.

هنگامی که اندی گرو در سال ١٩٩٢ آماده می‌شد تا اولین سرمایه‌گذاری عمده اینتل را در لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین تصویب کند، به سادگی می‌شد فهمید که چرا حتی صنعت تراشه که ظهورش حاصل تعامل ارتش و صنعت در دوران جنگ سرد بود، به این نتیجه رسیده بود که سیاست دیگر اهمیت ندارد. استادان مدیریت با اطمینان نوید «جهانی خالی از مرز» را در آینده می‌دادند که در آن، نه قدرت؛ بلکه سود تعیین‌کننده چشم‌انداز کسب‌و‌کار جهانی خواهد بود. اقتصاددانان از شتاب گرفتن فرآیند جهانی‌شدن سخن می‌گفتند. هر دو گروه مدیران تجاری و سیاستمداران از این خط فکری جدید با اشتیاق استقبال می‌کردند. در این میان، اینتل بار دیگر در صدر صنعت نیمه‌رسانا قرار گرفته بود. این شرکت رقبای ژاپنی خود را از میدان به‌در کرده، و اکنون بازار جهانی تراشه‌هایی که قلب رایانه‌های شخصی بودند را به انحصار خود درآورده بود. اینتل از سال ١٩٨۶ بدین سو، هر سال را با سوددهی به پایان رسانده بود. پس چرا می‌بایست نگران سیاست باشد؟

در سال ١٩٩۶، اینتل با چندین آزمایشگاه تحت مدیریت وزارت انرژی ایالات متحده که در زمینه فیزیک نور و دیگر حوزه‌های مورد نیاز برای راه‌اندازی لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین تخصص داشتند، توافق‌نامه مشارکت امضا کرد. این شرکت همچنین چند شرکت‌ تراشه‌ساز دیگر را در جلسه‌ای دور هم جمع، و از آن‌ها دعوت کرد به این کنسرسیوم بپیوندند. البته آن‌طور که یکی از شرکت‌کنندگان در این جلسه بعد‌ها به خاطر می‌آورد، اینتل تقریبا ٩۵ درصد هزینه تشکیل این کنسرسیوم را خودش پرداخت کرد. اینتل می‌دانست که پژوهشگران آزمایشگاه‌های لارنس‌لیور‌مور[[513]](#footnote-513) و سندیانشنال[[514]](#footnote-514) از تخصص لازم برای ساخت نمونه اولیه دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین برخوردارند، اما تمرکز آن‌ها نه بر تولید انبوه، بلکه بر جنبه‌های علمی این کار است.

در این جلسه، کاروترز به حضار توضیح داد که «هدف اینتل فقط اندازه‌گرفتن نیست، بلکه ساختن است». به همین علت، اینتل به دنبال شرکتی بود تا تجهیزات اشعه فرابنفش فرین را تجاری‌سازی کند و به تولید انبوه برساند. اینتل به این نتیجه رسید که هیچ شرکت آمریکایی نمی‌تواند این کار را انجام دهد. جی‌سی‌ای مدت‌ها پیش تعطیل شده بود. اکنون بزرگ‌ترین شرکت لیتوگرافی آمریکا سیلیکون‌ولی‌گروپ (اس‌وی‌جی) بود که فناوری پیشرفته‌ای نداشت. دولت ایالات متحده که جنگ‌های تجاری دهه ١٩٨٠ بسیار حساسش کرده بود، نمی‌خواست آزمایشگاه‌های ملی این کشور با شرکت‌های ژاپنی نیکون و کانن کار کنند؛ البته حتی خود نیکون هم فکر نمی‌کرد که فناوری اشعه فرابنفش فرین روزی کار کند. بدین ترتیب، شرکت ای‌اس‌ام‌ال هلند تنها گزینه باقی‌مانده بود.

ایده قراردادن نتایج پیشرفته‌ترین پژوهش‌های آزمایشگاه‌های ملی آمریکا در اختیار یک شرکت خارجی، تردیدهایی را در ذهن مقامات واشنگتن برانگیخت. فناوری اشعه فرابنفش فرین هیچ کاربرد نظامی مستقیمی نداشت و اصلا هنوز معلوم نبود که این فناوری کار خواهد کرد یا خیر. در هر حال، با ترتیباتی که اینتل در نظر داشت، کار کردن این فناوری به قیمت وابستگی ایالات متحده به ای‌اس‌ام‌ال برای دسترسی به یکی از ابزار‌های ضروری در همه عملیات محاسباتی تمام می‌شد. اما حقیقت این بود که به جز تعداد اندکی از مقامات وزارت دفاع، تقریبا هیچ‌کس در واشنگتن نگران این موضوع نبود. بیشتر افراد ای‌اس‌ام‌ال و دولت هلند را به چشم متحدی قابل‌اعتماد می‌نگریستند. برای رهبران سیاسی، تاثیر عملکرد این کنسرسیوم بر ایجاد اشتغال مهم‌تر از نگرانی‌های ژئوپولیتیکی ناشی از آن بود. بدین ترتیب، دولت ایالات متحده ای‌اس‌ام‌ال را تنها ملزم کرد تاسیساتی را برای تولید اجزای تجهیزات لیتوگرافی خود در خاک آمریکا بنا سازد، نیاز مشتریان آمریکایی به این تجهیزات را تأمین کند و کارکنان آمریکایی را به‌کار بگمارد. با این همه، فعالیت‌های اصلی تحقیق و توسعه ای‌اس‌ام‌ال قرار بود همچنان در هلند انجام شود. تصمیم‌گیران اصلی در وزارت بازرگانی، آزمایشگاه‌های ملی و شرکت‌های دخیل در این کنسرسیوم می‌گویند به خاطر نمی‌آورند در تصمیم دولت ایالات متحده در صدور مجوز اجرای این ترتیبات، ملاحظات سیاسی نقش چندانی داشته باشد.

در هر حال، علی‌رغم تأخیرهای طولانی و افزایش شدید هزینه‌ها، کار‌ها در کنسرسیوم اشعه فرابنفش فرین به آرامی پیش می‌رفت. نیکون و کانن که از مشارکت در تحقیقات آزمایشگاه‌های ملی ایالات متحده محروم شده بودند، تصمیم گرفتند برای تولید تجهیزات اشعه فرابنفش فرین اقدام نکنند. بدین ترتیب، ای‌اس‌ام‌ال تنها تولید‌کننده این تجهیزات در جهان شد. در این میان، ای‌اس‌ام‌ال در سال ٢٠٠١ آخرین تولید‌کننده عمده تجهیزات لیتوگرافی آمریکا، یعنی سیلیکون‌ولی‌گروپ را هم خرید. هرچند سیلیکون‌ولی‌گروپ از مدت‌ها پیش عقب‌تر از پیشگامان صنعت بود، نگرانی‌هایی در مورد تاثیر منفی این معامله بر منافع امنیتی آمریکا مطرح شد. در دارپا و وزارت دفاع که طی چند دهه گذشته صنعت لیتوگرافی تراشه این کشور را تأمین مالی کرده بودند، برخی مقامات مخالف این معامله بودند. کنگره هم تردیدهایی را در این خصوص مطرح کرد و حتی سه نفر از سناتور‌ها در نامه‌ای خطاب به رییس‌جمهور، جرج دبلیو بوش نوشتند «ای‌اس‌ام‌ال نهایتا کل فناوری دولت ایالات متحده در حوزه اشعه فرابنفش فرین را در اختیار خود خواهد گرفت‌».

این نگرانی به‌طور غیر‌قابل‌انکاری درست بود؛ اما قدرت ایالات متحده هم در اوج خود قرار داشت. بیشتر مقامات واشنگتن جهانی‌شدن را امری مطلوب می‌شمردند. عقیده غالب در دولت ایالات متحده این بود که گسترش تجارت و ارتباطات در زنجیره تأمین جهانی می‌تواند با ترغیب قدرت‌هایی چون روسیه و چین به تمرکز بر کسب ثروت به جای قدرت ژئوپولیتیکی، به تقویت صلح کمک کند. این ادعاها که افول صنعت لیتوگرافی آمریکا امنیت کشور را به خطر خواهد افکند، در این دوره جدید جهانی‌شدن و افزایش ارتباطات میان کشور‌ها چندان درست به‌نظر نمی‌رسید. در این میان، صنایع تراشه‌سازی تنها دنبال آن بودند که به‌کارآمدترین شکل ممکن، نیمه‌رسانا تولید کنند. در حالی که هیچ شرکت لیتوگرافی بزرگ آمریکایی در میدان باقی‌ نمانده بود، آن‌ها چاره‌ای جز قمار روی ای‌اس‌ام‌ال نداشتند.

در واقع، اینتل و سایر تراشه‌سازان بزرگ آمریکا معتقد بودند فروش سیلیکون‌ولی‌گروپ به ای‌اس‌ام‌ال برای توسعه فناوری فرابنفش فرین ضروری است - و بنابراین در آینده صنعت محاسبه نقش بنیادین دارد. کرِیگ بَرِت،[[515]](#footnote-515) مدیرعامل جدید اینتل در سال ٢٠٠١ گفت «بدون این ادغام، روند توسعه ابزار‌های جدید در ایالات متحده به تأخیر خواهد افتاد». حال که جنگ سرد پایان یافته بود، دولت بوش که تازه به قدرت رسیده بود، می‌خواست کنترل‌ها را بر صادرات فناوری همه کالا‌ها، به جز کالا‌های دارای کاربرد مستقیم نظامی کاهش دهد. دولت این راهبرد را «بنا کردن دیوار‌های بلند به دور فناوری‌های دارای بالاترین حساسیت» نامید. در این میان، فناوری اشعه فرابنفش فرین در فهرست فناوری‌های مشمول این راهبرد قرار نگرفت.

با این ترتیبات، نسل بعدی دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین عمدتا در خارج از ایالات متحده مونتاژ می‌شد، هرچند برخی از اجزای آن همچنان در تاسیسات مستقر در کانکتیکت ساخته می‌شد. هر کسی که در خصوص تضمین دسترسی ایالات متحده به تجهیزات اشعه فرابنفش فرین ابراز تردید می‌کرد، به اصرار بر حفظ ذهنیت جنگ سرد در دنیای جهانی‌شده متهم می‌شد. با این حال، صاحب‌‌نظران حوزه کسب‌وکار که در مورد گسترش فناوری در جهان قلم می‌زدند، در مورد چگونگی وضعیت بازار فناوری اشعه فرابنفش فرین راه به خطا رفته بودند. هرچند شبکه‌های علمی که روی تولید نمونه‌های علمی و تجربی فناوری کار می‌کردند، در سرتاسر جهان پراکنده بودند و دانشمندان را از کشور‌های مختلف چون آمریکا، ژاپن، اسلوونی و یونان در این کار به هم مرتبط ساخته بودند؛ تولید صنعتی و کارخانه‌ای اشعه فرابنفش فرین نه تنها به هیچ‌وجه جهانی نشده بود، بلکه کاملا انحصاری بود. واقعیت این بود که تنها یک زنجیره تأمین و تحت مدیریت یک شرکت منفرد می‌توانست آینده صنعت لیتوگرافی را کنترل کند.

## فصل ٣٣

**معضل نوآور[[516]](#footnote-516)**

استیو جابز[[517]](#footnote-517) در حالی که شلوار جین آبی همیشگی‌اش و یک بلوز یقه‌اسکی مشکی را به تن داشت، در کنفرانس مَک وُرلد[[518]](#footnote-518) ٢٠٠۶ به تنهایی روی صحنه ایستاده بود. در سالن، جمعیتی چند‌صد نفری از علاقه‌مندان فناوری منتظر شنیدن سخنان این پیامبر سیلیکون‌ولی بودند. جابز رو به سمت چپ خود کرد. در همان لحظه دود آبی رنگی در آن گوشه صحنه به هوا برخاست. مردی در لباس‌کار یک‌سره سفید - از نوعی که کارگران در کارخانه‌های نیمه‌رسانا می‌پوشند تا محل کارشان فوق‌ پاکیزه بماند - از میان دود وارد صحنه شد و در حالی که سربندش را از سر برمی‌داشت و لبخند می‌زد، مستقیم به سوی جابز رفت. او کسی نبود جز پل اُتِلینی،[[519]](#footnote-519) مدیر‌عامل وقت اینتل. پل ویفر سیلیکونی بزرگی را به جابز داد و به او گفت «استیو، می‌خواهم گزارش دهم که اینتل آماده است».

این رویداد، نمایش ماندگار استیو جابز و البته از جمله روش‌های معمول اینتل برای نمایش دادن شاهکار‌هایش بود. تا سال ٢٠٠۶، اینتل تأمین‌کننده اصلی پردازنده‌های مورد استفاده در رایانه‌های شخصی بود و طی ده سال گذشته توانسته بود شرکت اِی‌ام‌دی،[[520]](#footnote-520) تنها تولید‌کننده دیگر تراشه بر اساس معماری مندرج در دستورالعمل اِکس٨۶[[521]](#footnote-521) - مجموعه قواعد بنیادین ناظر بر نحوه انجام عملیات محاسبه در تراشه‌ها که استاندارد صنعت نیمه‌رسانا در زمینه تولید رایانه‌های شخصی است - را از میدان به در کند. اپل، تنها تولید‌کننده عمده رایانه بود که از تراشه‌های تولیدشده بر اساس استاندارد اکس٨۶ استفاده نمی‌کرد. اکنون جابز و اتلینی اعلام می‌کردند که این رویه از این پس تغییر خواهد کرد. بدین ترتیب، رایانه‌های مک[[522]](#footnote-522) به تراشه‌های اینتل مجهز می‌شدند. این تحول به گسترش امپراطوری اینتل و تقویت سیطره‌اش بر صنعت رایانه شخصی‌ می‌انجامید.

جابز مدت‌ها پیش از این کنفرانس، به‌علت اختراع رایانه‌های شخصی مکینتاش[[523]](#footnote-523) و پیشگام شدن در طرح این عقیده که رایانه‌ها می‌توانند قدرت ادراک داشته باشند و استفاده از آن‌ها ساده باشد، به یکی از معروف‌ترین نماد‌های سیلیکون‌ولی تبدیل شده بود. اپل در سال ٢٠٠١ آی‌پاد،[[524]](#footnote-524) این محصول رویایی را به بازار عرضه کرد که نشان می‌داد چگونه فناوری دیجیتال می‌تواند همه انواع لوازم مصرفی را متحول سازد. اتلینی، مدیر‌عامل اینتل اصلا شبیه جابز نبود. اینتل او را نه برای رویاپردازی، بلکه برای‌ مدیریت استخدام کرده بود. برخلاف سَلَف‌هایش در اینتل - باب نویس، گوردون مور، اندی گرو و کریگ بَرِت - اتلینی نه در رشته‌های مهندسی یا فیزیک، بلکه در علوم اقتصادی تحصیل کرده بود، و مدرکش هم نه دکتری، بلکه فوق‌لیسانس مدیریت کسب‌وکار (اِم‌بی‌اِی)[[525]](#footnote-525) بود. او در زمانی به سمت مدیریت عاملی اینتل گمارده شده بود که نفوذ شیمی‌دانان و فیزیک‌دانان در اینتل کاهش یافته بود و مدیران و حسابداران جای آن‌ها را گرفته بودند. این تحول اما، در ابتدا به سادگی قابل درک نبود؛ هرچند کارکنان به‌طور مستمر شاهد بودند که کم‌کم تعداد بیشتری از مدیران شرکت پیراهن سفید می‌پوشند و کراوات می‌زنند. اتلینی مدیریت شرکتی بسیار سودآور را به دست گرفته بود. او وظیفه اصلی خود را بالا نگه داشتن حاشیه سود تا سرحد امکان، از طریق بهره‌برداری از انحصار عملی اینتل در بازار تراشه‌های ساخته‌شده بر اساس استاندارد اکس٨۶ می‌دانست و بدین منظور، شیوه‌های مدیریتی استاندارد مندرج در کتاب‌های درسی این رشته را به‌کار می‌بست.

معماری اکس٨۶، نه به این علت که بهترین استاندارد موجود بود، بلکه به این علت بر صنعت رایانه‌های شخصی استیلا یافته بود که آی‌بی‌ام اتفاقا اولین رایانه شخصی را بر اساس آن ساخته بود. مانند مایکروسافت که تأمین‌کننده سیستم عامل رایانه‌های شخصی بود، اینتل هم کنترل مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده زیست‌بوم رایانه‌های شخصی، یعنی صنعت پردازنده را در دست داشت. این موفقیت تا حدودی مرهون بخت و اقبال بود - زیرا آی‌بی‌ام می‌توانست پردازنده‌های موتورولا را برای استفاده در اولین رایانه‌های شخصی خود برگزیند؛ البته دوراندیشی راهبردی اندی گرو هم تا حدودی در این امر موثر بود. او در جلسات کارکنان شرکت در اوایل دهه ١٩٩٠، با ترسیم قلعه‌ای احاطه‌شده با یک خندق، دیدگاه خود را در مورد آینده صنعت محاسبه به همکارانش منتقل می‌کرد. در این تمثیل، قلعه نشانگر سودآوری اینتل، و منظور از خندق هم استاندارد اکس٨۶ بود.

چند سال‌ پس‌ از طراحی معماری اکس٨۶ توسط اینتل، دانشمندان حوزه رایانه در دانشگاه برکلی استاندارد جدید‌تری به نام ریسک[[526]](#footnote-526) را برای معماری تراشه‌ها طراحی کردند که متضمن افزایش کارآیی محاسبه و در نتیجه کاهش مصرف برق می‌شد. معماری اکس٨۶ پیچیده‌تر و حجیم‌تر از ریسک بود. در دهه ١٩٩٠، اندی گرو با جدیت در فکر تغییر معماری تراشه‌های اصلی اینتل از اکس٨۶ به ریسک بود؛ اما در نهایت این فکر را کنار گذاشت. درست است که ریسک کارآمدتر بود، اما هزینه این تغییر بالا بود و به علاوه با انتخاب آن، تهدیدها علیه انحصار عملی اینتل در بازار بسیار زیاد می‌شد. بدین ترتیب، صنعت رایانه بر اساس اکس٨۶ ‌شکل گرفت و اینتل بر این زیست‌بوم سلطه یافت. به همین علت است که استاندارد اکس٨۶ تاکنون تعیین‌کننده نوع معماری بیشتر رایانه‌های شخصی بوده است.

هنگامی که بازار سرور‌ها با روی آوردن شرکت‌ها به ساخت مراکز داده هر چه بزرگ‌تر در دهه ٢٠٠٠ رونق گرفت و همچنین پس‌ از آن، یعنی زمانی که بنگاه‌هایی چون خدمات شبکه آمازون،[[527]](#footnote-527) مایکروسافت آزور[[528]](#footnote-528) و گوگل کلاود[[529]](#footnote-529) انبارهای بزرگی از سرور‌ها را بنا کردند تا خدمات ابر را جهت نگهداری داده‌ها و اجرای برنامه‌ها به افراد حقیقی و شرکت‌ها ارائه کنند، معماری تراشه‌ها بر اساس مجموعه دستور‌العمل‌های اکس٨۶ بازار سرور‌ها را هم تحت سیطره خود درآورد. در دهه ١٩٩٠ و اوایل دهه ٢٠٠٠، اینتل تنها بخش کوچکی از بازار تولید تراشه برای سرور‌ها را در اختیار داشت و پشت‌ سر شرکت‌هایی چون آی‌بی‌ام و اچ‌پی قرار می‌گرفت. اما این شرکت از توانایی خود در طراحی و تولید پردازنده‌های بسیار پیشرفته در جهت افزایش سهم خود در بازار مراکز داده و جا انداختن اکس‌٨۶ به‌عنوان استاندارد آن صنعت هم استفاده کرد. در اواسط دهه ٢٠٠٠، درست هم‌زمان با ظهور فناوری رایانش ابری،[[530]](#footnote-530) اینتل در بازار تراشه‌های مراکز داده هم تقریبا به انحصار دست یافته بود و تنها رقیبش شرکت ای‌ام‌دی بود. امروز تقریبا همه مراکز عمده داده به تراشه‌های اکس٨۶ ساخت اینتل یا ای‌ام‌دی مجهزند. در واقع فناوری ابر، بدون پردازنده‌های این دو شرکت قادر به عملکرد نخواهد بود.

برخی شرکت‌ها تلاش کردند جایگاه معماری اکس٨۶، به‌عنوان استاندارد صنعت رایانه‌های شخصی را به چالش بکشند. در سال ١٩٩٠، اپل و دو شرکت همکارش جونیت‌ونچری تحت عنوان آرم[[531]](#footnote-531) را در کمبریج انگلستان تشکیل دادند. هدف آن‌ها از تشکیل این بنگاه جدید طراحی تراشه‌های پردازنده با استفاده از دستورالعمل جدیدی برای معماری آن‌ها بر اساس اصول ساده‌تر استاندارد ریسک بود که البته اینتل هم پیش‌تر انجام این کار را در نظر گرفته، اما بعدا کنار گذاشته بود. برخلاف اینتل اما، کنار گذاشتن معماری اکس٨۶ هزینه‌ای برای آرم به‌عنوان یک استارت‌آپ همراه نداشت، زیرا این شرکت هنوز نه کسب‌وکار داشت و نه مشتری. این شرکت در عوض قصد داشت جایگاه اکس٨۶ در قلب زیست‌بوم صنعت محاسبه را از آن بگیرد. رابین سَکسبی،[[532]](#footnote-532) اولین مدیرعامل آرم، آرزو‌های بزرگی برای این استارت‌آپ کوچک دوازده نفره داشت. او به همکارانش گفته بود «استاندارد ما باید به استاندارد جهانی تبدیل شود. این تنها راه موفقیت ما است».

سکسبی پیش‌تر در شعبه‌های اروپایی موتورولا از پله‌های پیشرفت بالا رفته بود و سپس در یک استارت‌آپ اروپایی تولید تراشه مشغول به‌کار شده بود. البته شرکت دوم به‌علت عملکرد ضعیف پردازنده‌هایش، نهایتا شکست خورده بود. او محدودیت‌های تولید تراشه در کارخانه‌های متعلق به خود شرکت را درک می‌کرد. او در مباحث اولیه‌اش در آرم، در خصوص راهبرد این شرکت گفته بود «سیلیکون هم مانند فولاد یک کالا است… من هرگز نخواهم گذاشت تراشه تولید کنیم‌‌‌». بدین ترتیب آرم به جای این کار، الگوی کسب‌وکار دیگری را انتخاب کرد و تصمیم گرفت حق استفاده از معماری خود را بفروشد و به دیگر طراحان تراشه اجازه دهد آن را بخرند. این الگوی کسب‌وکار چشم‌انداز جدیدی از یک صنعت تراشه غیرمتمرکز را پیش روی جهان می‌گشود. اینتل معماری خود (اکس٨۶) را در طراحی و تولید انواع مختلف تراشه به‌کار می‌بست. اما سکسبی قصد داشت معماری آرم را به شرکت‌های طراحی‌کننده و فاقد کارخانه تراشه بفروشد و آن‌ها می‌توانستند معماری آرم را با توجه به نیاز‌ها و اهداف خاص خود تغییر دهند و سپس تولید تراشه‌ها را به شرکت‌های ریخته‌گری تراشه چون تی‌اس‌ام‌سی بسپارند.

سکسبی فقط به فکر رقابت با اینتل نبود، بلکه رویای مختل کردن الگوی کسب‌و‌کار آن را نیز در سر می‌پروراند. با این همه، آرم نتوانست در دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ سهم قابل‌ملاحظه‌ای در بازار رایانه‌های شخصی به دست آورد، زیرا مشارکت اینتل با سیستم عامل ویندوز مایکروسافت عمیق‌تر از آن بود که به چالش کشیده شود. در عین حال، معماری ساده‌سازی‌شده و کم‌مصرف آرم به سرعت در میان تولید‌کنندگان لوازم کوچک و قابل‌حملی که صرفه‌جویی در مصرف باتری آن‌ها اهمیت بسیار داشت، محبوبیت یافت. برای مثال، نینتندو[[533]](#footnote-533) تراشه‌های تولید‌شده بر اساس معماری آرم را برای دستگاه‌های بازی ویدیویی دستی خود انتخاب کرد. این بازار کوچکی بود که اینتل هرگز توجه چندانی به آن نمی‌کرد. بازار پردازنده‌های رایانه‌ای که در انحصار چند شرکت معدود، به‌ویژه اینتل قرار داشت، به قدری برای این شرکت سودآور بود که توجه به بازار‌های خاص را برای آن غیرموجه می‌کرد. البته اینتل خیلی دیر متوجه شد که اتفاقا می‌بایست در بازار ظاهرا خاص محصول قابل‌حمل دیگری، یعنی تلفن همراه رقابت می‌کرد.

این عقیده که دستگاه‌‌های همراه صنعت محاسبه را متحول خواهند کرد، اصلا جدید نبود. کاروِر مید، استاد آینده‌نگر دانشگاه کَلتِک همین تحول را در اوایل دهه ١٩٧٠ پیش‌بینی کرده بود. اینتل هم، خود می‌دانست که رایانه‌های شخصی مرحله آخر تکامل صنعت محاسبه نخواهند بود. این شرکت در طول دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ روی مجموعه‌ای از محصولات جدید، از جمله یک سامانه کنفرانس ویدیویی شبیه سامانه زوم[[534]](#footnote-534) که دو دهه از زمان خود جلوتر بود، سرمایه‌گذاری کرد. اما تعداد کمی از این محصولات جدید در بازار متداول شدند. علت این شکست‌ها هم بیش از آن که فنی باشد، به سودآوری کمتر آن‌ها در مقایسه با کسب‌و‌کار اصلی اینتل، یعنی ساخت تراشه برای رایانه‌های شخصی بود. در واقع، این محصولات هرگز نتوانستند در داخل اینتل حمایت لازم را کسب کنند.

دستگاه‌های همراه از همان اوایل دهه ١٩٩٠، یعنی زمانی که اندی گرو هنوز مدیرعامل اینتل بود، همیشه در آن شرکت موضوع بحث بود. در یکی از جلساتی که در اوایل دهه ١٩٩٠ در دفتر مرکزی اینتل در سانتاکلارا برگزار شد، یکی از مدیران شرکت در حالی که رایانه دستی ساده پالم پایلوت[[535]](#footnote-535) خود را در هوا تکان می‌داد، اعلام کرد «این دستگاه‌ها رشد خواهند کرد و جای رایانه شخصی را خواهند گرفت. اما در زمانی که اینتل می‌توانست درآمد بسیار بیشتری را از فروش پردازنده برای استفاده در رایانه‌های شخصی کسب کند، پیشنهاد تزریق پول به کسب‌وکار دستگاه‌های همراه قماری خطرناک به‌نظر می‌رسید. بدین ترتیب، وقتی که اینتل تصمیم گرفت وارد کسب‌و‌کار دستگاه‌های همراه شود، دیگر خیلی دیر شده بود.

اگر کلِیتون کریستِنسن،[[536]](#footnote-536) استاد دانشگاه هاروارد که سال‌ها پیش به اندی گرو مشاوره می‌داد، در جریان معضل پیش روی اینتل قرار می‌گرفت، به سادگی می‌توانست این وضعیت را تحلیل کند. در اینتل، همگان با کریستنسن و نظریه «معضل نوآور» او آشنا بودند. با این حال، در آن زمان به‌نظر می‌رسید کسب‌و‌کار پردازنده‌های رایانه شخصی برای مدتی بسیار طولانی نقش ماشین‌چاپ پول را برای اینتل ایفا خواهد کرد. برخلاف دهه ١٩٨٠، یعنی زمانی که اندی گرو در اوج زیان‌دهی شرکت، کسب‌وکار تراشه‌های درم را رها کرد و مسیر شرکت را تغییر داد، اینتل در دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ یکی از سودآورترین شرکت‌های آمریکا بود. در واقع، مساله این نبود که هیچ‌کس متوجه نشده بود اینتل باید به تولید محصولات دیگری فکر کند؛ بلکه مشکل این بود که وضعیت موجود برای اینتل بیش از حد سود‌آور بود. اگر اینتل هیچ کاری نمی‌کرد هم، در هر حال دو قلعه ارزشمند جهان - یعنی تراشه‌های مورد استفاده در رایانه‌های شخصی و در سرور‌ها - را در اختیار داشت که با خندقی عمیق به نام اکس٨۶ محافظت می‌شدند.

کمی پس از معامله اینتل و اپل در مورد استفاده از تراشه‌های اینتل در رایانه‌های مک، جابز با پیشنهاد جدیدی به سراغ اتلینی رفت. پیشنهاد او ساخت تراشه‌ای برای جدیدترین محصول اپل، یعنی یک گوشی همراه رایانه‌ای بود. در آن زمان همه گوشی‌های همراه برای کارکرد سیستم عاملشان و همچنین برای مدیریت ارتباط با شبکه تلفن همراه از تراشه‌ بهره می‌گرفتند؛ اما اپل قصد داشت گوشی همراهی بسازد که مانند رایانه کار کند. بدین ترتیب، این دستگاه می‌بایست به پردازنده‌ای قدرتمند از نوع پردازنده‌های رایانه مجهز می‌شد. اتلینی بعدا به آلکسیس مادریگال[[537]](#footnote-537) خبرنگار گفت «آن‌ها برای انجام این کار بهای مقطوعی را پیشنهاد کردند و حاضر نبودند حتی یک سنت اضافه بر آن بپردازند... من علت اتخاذ این موضع را نمی‌فهمیدم. محصولی که آن‌ها می‌خواستند بخرند، از نوعی نبود که بتوان با بالا بردن حجم تولید، پایین بودن قیمت آن را جبران کرد. به علاوه، حتی امروز که به گذشته می‌نگرم، می‌بینم هزینه‌ای که در ابتدا برای این کار پیش‌بینی شد هم نادرست بود. در واقع، هزینه‌ها صد برابر بالاترین پیش‌بینی ممکن از آب درآمد». بدین ترتیب، اینتل پیشنهاد قرارداد آیفون[[538]](#footnote-538) را رد کرد.

در هر حال، اپل در جای دیگری به دنبال تراشه برای گوشی همراه خود گشت. بدین ترتیب، جابز به معماری آرم روی آورد که اتفاقا برخلاف اکس٨۶، به‌طور ویژه برای دستگاه‌های همراه که نیاز به صرفه‌جویی در مصرف انرژی داشتند، بهینه‌سازی شده بود. پردازنده‌های نسل‌های ابتدایی آیفون ساخت سامسونگ بود که به دنبال تی‌اس‌ام‌سی وارد کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه شده بود. این پیش‌بینی اتلینی که آیفون محصولی خاص با بازاری محدود خواهد ماند، به طرز وحشتناکی نادرست از آب در آمد. اما او وقتی متوجه اشتباه خود شد که برای جبران خیلی دیر شده بود. اینتل بعد‌ها تلاش کرد در بازار گوشی‌های هوشمند سهمی به دست آورد. اما علی‌رغم سرمایه‌گذاری چندمیلیارد دلاری اینتل برای تولید محصولات مورد استفاده در گوشی‌های هوشمند، تلاش‌های این شرکت در این صنعت هرگز به نتیجه مطلوبی نرسید. در واقع پیش از آن که اتلینی و اینتل متوجه شوند چه اتفاقی در حال رخ دادن است، اپل خندق عمیقی را دور قلعه به‌شدت سودآور خود حفر کرده بود.

تنها چند سال پس از آن که اینتل قرارداد آیفون را رد کرد، درآمد اپل در فروش گوشی‌های هوشمند، از درآمد اینتل در فروش پردازنده‌های رایانه شخصی بیشتر شد. اینتل چندین بار تلاش کرد برج و باروی قلعه اپل را فرو ریزد، اما اینتل مدت‌ها پیش امتیاز حرکت نخست را از دست داده بود. از سوی دیگر، کسب جایگاه دوم در این بازار به قیمت صرف کردن میلیارد‌ها دلار هم، برایش چندان جذاب به‌نظر نمی‌رسید؛ به‌ویژه به این علت که کسب‌وکار رایانه‌های شخصی اینتل همچنان بسیار سودآور بود و کسب‌وکار مراکز داده هم به سرعت در حال رشد بود. بدین ترتیب، اینتل هرگز راهی برای کسب جایگاهی در بازار دستگاه‌های همراه که امروز تقریبا یک سوم تراشه‌های فروخته‌شده در جهان را جذب خود می‌کند، نیافت و هنوز هم نیافته است.

همه فرصت‌های ازدست‌رفته اینتل در سال‌های پس از خروج گرو از صحنه، یک علت مشترک داشتند. از اواخر دهه ١٩٨٠ بدین سو، و حتی بدون اعمال تعدیل لازم برای در نظر گرفتن تاثیر تورم، اینتل ٢۵٠ میلیارد دلار سود کسب کرده است. کمتر شرکتی توانسته است با این رکورد برابری کند. اینتل در واقع، با قیمت‌گذاری بالای تراشه‌های رایانه شخصی و سرور، توانسته است چنین درآمدی کسب کند. حفظ این قیمت‌های بالا در همه این سال‌ها هم، مرهون فرآیند‌های بهینه‌شده طراحی و تولید پیشرفته‌ای بوده است که اندی گرو با سخت‌گیری‌هایش توانست در میان جانشینان خود به میراث بگذارد. رهبران شرکت، همگی اولویت را به تولید تراشه با بالاترین حاشیه سود ‌می‌دادند.

این راهبردی منطقی بود - هیچ‌کس دوست ندارد روی محصولی با حاشیه سود پایین کار کند - اما موجب شد اینتل هرگز تولید محصول دیگری را نیازماید. البته توجه بیش‌ از حد به اهداف کوتاه‌مدت در مورد حاشیه سود، به تدریج جای رهبری بلندمدت در فناوری را گرفت. انتقال قدرت در اینتل از مهندسان به مدیران این فرآیند را تسریع کرد. اتلینی، مدیرعامل اینتل از ٢٠٠۵ تا ٢٠١٣، خودش پذیرفته بود که قرارداد ساخت تراشه‌های آیفون را به‌علت نگرانی از پیامد‌های مالی آن رد کرده بود. تمرکز بر حاشیه سود عمیقا در شرکت ریشه دوانده بود، و بر تصمیم‌گیری شرکت در مورد استخدام افراد، نقشه‌راه‌های آن در مورد تولید محصولات، و فرآیند‌های تحقیق و توسعه‌اش تاثیر می‌گذاشت. در واقع، توجه رهبران شرکت بیشتر معطوف وضعیت ترازنامه شرکت بود، تا ترانزیستورهای آن. یکی از مدیران مالی سابق اینتل در این خصوص گفته‌ بود «شرکت فناوری داشت، پرسنل هم داشت؛ شرکت فقط نمی‌خواست سود کند».

## فصل ٣۴

**سریع‌تر بدویم؟**

در یکی از روز‌های سال ٢٠١٠، اندی گرو وقتی مشغول صرف شام در رستورانی در پالو آلتو بود، با سه چینی آشنا شد که در حال دیدار از سیلیکون‌ولی بودند. او در سال ٢٠٠۵ از ریاست اینتل کناره گرفته بود و امروز بازنشسته‌ای ساده بود. شرکتی که او ساخته و بعدا نجات داده بود، همچنان بسیار سودآور بود. این شرکت حتی در سال‌های ٢٠٠٨ و ٢٠٠٩ هم، علی‌رغم رشد شدید نرخ بیکاری در سیلیکون‌ولی تا ٩ درصد، به کسب‌ درآمد ادامه داده بود. با این حال، گرو موفقیت دیروز اینتل را بهانه‌ای برای رضایت خاطر امروز نمی‌دانست. او هنوز هم «همه‌دشمن‌پندار» بود. دیدن سرمایه‌گذاران خطر‌پذیر چینی در حال سرمایه‌گذاری در پالو آلتو موجب شد او از خود بپرسد: آیا سیلیکون‌ولی چنان هوشمند شده است که در دوره بیکاری شدید، تولید را برون‌سپاری کند؟

گرو به‌عنوان یک پناهنده یهودی فراری از دست نازی‌ها و شوروی‌ها، خود اصلا بومی‌گرا[[539]](#footnote-539) نبود. اینتل مهندسان را از سرتاسر جهان استخدام می‌کرد. این شرکت در قاره‌های مختلف تاسیسات داشت. با این حال، برون‌سپاری عملیات پیشرفته تولید گرو را نگران می‌کرد. آیفون که تنها سه سال پیش وارد بازار شده بود، نمونه بارز این روند برون‌سپاری‌ها بود. اکنون تعداد اندکی از اجزای آیفون در خود ایالات متحده ساخته می‌شد. هرچند برون‌‌سپاری تولید آیفون با مشاغل کم‌مهارت آغاز شده بود، گرو معتقد بود این روند، چه در صنعت نیمه‌رسانا و چه در صنایع دیگر، به مشاغل کم‌مهارت محدود نخواهد ماند. برای مثال، وضعیت بازار باتری لیتیومی مورد استفاده در خودرو‌های برقی او را بسیار نگران کرده بود، زیرا علی‌رغم این که بخش عمده فناوری اصلی این محصول در ایالات متحده اختراع شده بود، این کشور امروز سهم کوچکی در بازار آن داشت. راه‌حل گرو برای توقف این روند «وضع مالیات اضافه بر محصولات ساخته‌شده با نیروی کار خارج از کشور بود». او می‌گفت «اگر قرار است نتیجه ادامه این روند یک جنگ تجاری باشد، باید در آن، مانند جنگ‌های دیگر رفتار کرد: جنگیدن تا پیروزی».

در هر حال، افراد بسیاری تصمیم گرفتند گرو را به‌عنوان نماینده دوران گذشته از صحنه حذف کنند. او یک‌ نسل پیش‌تر و در زمانی که هنوز اینترنت وجود نداشت، اینتل را بنا کرده بود. شرکت او بازار گوشی همراه را از دست داده بود و تنها از مزایای انحصار خود در معماری اکس٨۶ ارتزاق می‌کرد. در اوایل دهه ٢٠١٠، اینتل پیشرفته‌ترین فناوری تولید نیمه‌رسانا‌ را در اختیار داشت و توانسته بود با همان آهنگ منظمی که از زمان گوردون مور وجه معرف اینتل بود، پیش از همه رقبا ترانزیستورهای کوچک‌‌تری را به بازار عرضه کند. با این همه، شکاف موجود میان اینتل و رقبایی چون تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ رو به کاهش گذاشته بود.

به علاوه، کسب‌و‌کار اینتل اکنون تحت‌الشعاع دیگر شرکت‌های فناوری با الگو‌های کسب‌و‌کار متفاوت قرار گرفته بود. در اوایل دهه ٢٠٠٠، اینتل يکی از با ارزش‌ترین شرکت‌های جهان بود، اما اکنون اپل که زیست‌بوم جدید دستگاه‌های همراهش به تراشه‌های اینتل متکی نبود، جای اینتل را گرفته بود. اینتل نتوانسته بود از رشد اقتصاد اینترنت بهره‌مند شود. فیسبوک که در سال ٢٠٠٠ تاسیس شده بود، ارزشش در سال ٢٠١٠ تقریبا نصف اینتل شده بود و به زودی حتی چندین برابر آن می‌شد. اینتل، به‌عنوان بزرگ‌ترین تراشه‌ساز سیلیکون‌ولی می‌توانست ادعا کند داده‌های اینترنت توسط تراشه‌های مخصوص سرور تولیدی آن فرآوری می‌شود و در رایانه‌های شخصی متکی به پردازنده‌های آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، سود تولید تراشه کمتر از سود فروش آگهی در اپلیکیشن‌ها بود. گرو «نوآوری مختل‌کننده» را در حد پرستش تحسین می‌کرد، اما در دهه ٢٠١٠، این کسب‌وکار اینتل بود که مختل می‌شد. هیچ‌کس به نگرانی‌های او در مورد تاسیسات مونتاژ اپل در خارج کشور توجه نمی‌کرد.

حتی‌ در صنعت نیمه‌رسانا هم کسی به پیش‌گویی‌های گرو از فرجام بد این صنعت گوش نداد. آن‌ها می‌گفتند درست است که شرکت‌های ریخته‌گری تراشه، چون تی‌اس‌ام‌سی عمدتا در خارج ایالات متحده مستقر بودند؛ اما این شرکت‌های ریخته‌گری عمدتا تراشه‌های طراحی‌‌شده توسط شرکت‌های آمریکایی فاقد کارخانه را تولید می‌کردند. به علاوه، تجهیزات تولید تراشه موجود در کارخانه‌های این شرکت‌های خارجی هم ساخت آمریکا بودند. در واقع، از زمانی که شرکت فرچایلد سمیکانداکتر - اولین کارفرمای اندی گرو - نخستین کارخانه مونتاژ خود را در هنگ‌کنگ افتتاح کرد، انتقال قسمتی از تولید به آسیای جنوب شرقی در الگوی کسب‌وکار صنعت تراشه نقش محوری داشت.

گرو اما، متقاعد نشد. او با اشاره به وضعیت صنعت باتری خودرو‌های برقی، اعلام کرد «کنار گذاشتن کسب‌و‌کار تولید کالای امروز، می‌تواند مانع حضور شما در صنعت در حال ظهور فردا شود». او در جایی نوشت «ایالات متحده سی سال پیش، هنگامی پیشگامی خود را در صنعت باتری از دست داد که تولید لوازم الکتریکی مصرفی را متوقف ساخت». این کشور سپس صنعت باتری‌های رایانه شخصی را از دست داد، و امروز هم در تولید باتری خودروهای برقی بسیار عقب‌تر از رقبایش بود. گرو در سال ٢٠١٠ پیش‌بینی کرد «بعید می‌دانم ایالات متحده بتواند این عقب‌ماندگی را جبران کند».

البته حتی در داخل صنعت نیمه‌رسانا، یافتن واقعیات نقیض بدبینی‌های گرو در خصوص برون‌سپاری کار‌های تخصصی اصلا دشوار نبود. در مقایسه با وضعیت موجود در اواخر دهه ١٩٨٠، یعنی زمانی که ژاپنی‌ها سیلیکون‌ولی را در طراحی و تولید حافظه‌های درم پشت‌ سر گذاشته بودند؛ امروز زیست‌بوم تراشه‌سازی در آمریکا سالم‌تر به‌نظر می‌رسید. اینتل تنها شرکتی نبود که سودهای سرشار به دست می‌آورد، و بسیاری از شرکت‌های آمریکایی طراحی‌کننده تراشه که خود کارخانه تولیدی نداشتند هم، مثل اینتل در اوج سودآوری بودند. صرف نظر از شکست در عرصه فناوری پیشرفته تجهیزات لیتوگرافی، شرکت‌های آمریکایی عرضه‌کننده تجهیزات تولید تراشه‌ عموما در دهه ٢٠٠٠ موفق بودند. شرکت اَپلاید مَتِریالز[[540]](#footnote-540) همچنان بزرگ‌ترین سازنده تجهیزات تولید تراشه‌سازی بود و از جمله دستگاه‌های نصب لایه‌های نازک مواد شیمیایی فتورزیست روی ویفر‌های سیلیکونی را به فروش می‌رساند. شرکت لَم ریسِرچ[[541]](#footnote-541) در سیلیکون‌ولی هم بهترین تجهیزات را برای یافتن خطاهای نانومتری در ویفر‌ها و ماسک‌های لیتوگرافی تولید می‌کرد. این سه تولید‌کننده آمریکایی نسل‌های جدید تجهیزاتی را رونمایی می‌کردند که عملیات رسوب‌گذاری مواد شیمیایی، حک مدارها و اندازه‌گیری آن‌ها را در ابعاد اتمی انجام می‌دادند. این عملیات در ساخت نسل بعدی تراشه‌ها نقش حیاتی داشتند. البته توانایی‌های چند شرکت ژاپنی - به‌ویژه توکیو الکترون[[542]](#footnote-542) - با توانایی‌های تولید‌کنندگان آمریکایی تجهیزات قابل‌مقایسه بود. با این وجود، ساختن یک تراشه پیشرفته، بدون هیچ تجهیزات آمریکایی اساسا غیر‌ممکن بود.

همین واقعیت در مورد طراحی تراشه‌ها هم صدق می‌کرد. در اوایل دهه ٢٠١٠، پیشرفته‌ترین ریزپردازنده‌ها حدودا یک میلیارد ترانزیستور در هر تراشه داشتند. نرم‌افزار‌های لازم برای نصب این تعداد ترانزیستور روی تراشه‌ها توسط سه شرکت کَدِنس،[[543]](#footnote-543) سیناپسیس،[[544]](#footnote-544) و مِنتور[[545]](#footnote-545) عرضه می‌شد که سه‌چهارم بازار طراحی تراشه را در اختیار داشتند. طراحی تراشه بدون استفاده از نرم‌افزار حداقل یکی از این سه شرکت غیرممکن بود. به علاوه، اکثر ‌شرکت‌های کوچک‌تر عرضه‌کننده نرم‌افزارهای طراحی تراشه هم در ایالات متحده مستقر بودند. در حقیقت، هیچ کشوری در این حوزه حتی نزدیک آمریکا هم نبود.

تحلیلگران در وال‌استریت و در واشنگتن وقتی به سیلیکون‌ولی می‌نگریستند، صنعت تراشه‌ای سودآور و از نظر فناوری در حال پیشرفت را می‌دیدند. البته آن‌ها می‌دانستند که اتکای شدید به چند کارخانه در تایوان برای تولید بخش اعظم تراشه‌های جهان خطراتی را به همراه دارد. در سال ١٩٩٩، زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ٧.٣ ریشتر تایوان را لرزاند و برق بیشتر مناطق جزیره، از جمله برق تولیدی دو نیروگاه هسته‌ای آن را قطع کرد. برق کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی هم در اثر این زمین‌لرزه قطع شد و تولید شرکت و جریان عرضه بسیاری از تراشه‌های جهان را مورد تهدید قرار داد.

موریس چانگ بلافاصله پس از این حادثه با مقامات تایوان تماس گرفت تا اطمینان یابد شرکت را در اولویت وصل مجدد برق قرار می‌دهند. یک هفته طول کشید تا خط تولید چهار کارخانه شرکت مجددا به‌کار بیفتد. راه‌اندازی مجدد کارخانه پنجم حتی بیشتر طول کشید. با این حال، اختلالات محدود بود و بازار لوازم الکترونیکی مصرفی، ظرف یک ماه به وضعیت عادی بازگشت‌. اما این حقیقت را هم نباید فراموش کرد که تایوان در قرن بیستم دو زلزله قوی‌تر از زلزله سال ١٩٩٩ را هم تجربه کرده بود. بدین ترتیب، وقوع زمین‌لرزه‌های قوی‌تر دور از انتظار نبود. البته به مشتریان تی‌اس‌ام‌سی گفته شده بود که تاسیسات این شرکت توان تحمل زمین‌لرزه‌هایی تا ٩ ریشتر را - که اتفاقا از ابتدای قرن بیستم، سه بار در جهان روی داده بود - دارد. این ادعایی نبود که کسی دوست داشته باشد به آزمون بگذارد. در عین حال، تی‌اس‌ام‌سی هم همواره می‌توانست به این نکته اشاره کند که خود سیلیکون‌ولی هم روی گسل سن‌آنتونیو قرار دارد، بنابراین بازگرداندن عملیات تولید تراشه‌ها به کالیفرنیا ایمنی جریان عرضه تراشه‌ها را چندان بیشتر نمی‌کرد.

پرسش دشوارتر این بود که دولت ایالات متحده به چه نحو باید کنترل خود بر فروش‌ فناوری نیمه‌رسانا را تنظیم کند تا پاسخگوی زنجیره تأمینی باشد که به‌طور روزافزون بین‌المللی‌تر می‌شود. به جز چند شرکت تراشه‌سازی کوچک که نیمه‌رسانا‌های تخصصی برای ارتش تولید می‌کردند، غول‌های سیلیکون‌ولی طی دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ رابطه خود را با پنتاگون کاهش داده بودند. در دهه ١٩٨٠، یعنی وقتی این شرکت‌ها با رقابت ژاپنی‌ها روبه‌رو شده بودند، مدیران ارشد آن‌ها زمان بسیاری را برای جلب کمک‌های دولتی در کنگره صرف کرده بودند. اما امروز آن‌ها فکر نمی‌کردند به کمک دولت نیاز داشته باشند. اکنون خواسته اصلی آن‌ها این بود که دولت با امضای موافقت‌نامه تجاری با کشور‌های دیگر و حذف محدودیت‌ها بر صادرات، از سر راهشان کنار برود. در واشنگتن هم، بسیاری از مقامات از درخواست صنایع برای کاهش محدودیت‌ها حمایت می‌کردند. چین هم شرکت‌های جاه‌طلبی چون اس‌ام‌آی‌سی داشت، اما به قول دیپلمات تجاری با نفوذ، رابرت زولیک،[[546]](#footnote-546) مقامات واشنگتن متفق‌القول بودند که تجارت و سرمایه‌گذاری، چین را تشویق خواهد کرد در نظام بین‌الملل رفتاری مسوولانه داشته باشد.

به علاوه، رواج نظریات مربوط به جهانی‌شدن موجب شده بود اعمال محدودیت‌های سخت‌گیرانه غیرممکن به‌نظر برسد. اعمال محدودیت‌ها توسط ایالات متحده در دوران جنگ سرد به اندازه کافی دشوار بود و همواره موجب ایجاد اختلاف میان ایالات متحده و متحدانش در مورد تجهیزات قابل‌فروش به شوروی‌ها می‌شد. برخلاف اتحاد شوروی، چین در دهه ٢٠٠٠ بسیار بیشتر در اقتصاد جهانی ادغام شده بود. واشنگتن هم به این نتیجه رسیده بود که اعمال محدودیت بر صادرات می‌تواند بیش‌ از آن که فایده داشته باشد، زیان به بار آورد، و در حالی که مانع خرید چین از سایر کشور‌ها نمی‌شود، تنها به صنایع آمریکایی آسیب بزند. ژاپن و اروپا با اشتیاق، آماده فروش تقریبا هر چیزی به چین بودند. هیچ یک از مقامات واشنگتن تمایل نداشت کشور با متحدانش بر سر محدودیت‌های صادراتی درگیر مبارزه شود. در این میان، توجه رهبران ایالات متحده هم معطوف دوستی با چینی‌ها بود.

در این میان، اجماع فکری جدیدی در بین مقامات واشنگتن شکل گرفته بود که بهترین سیاست برای آمریکا را «سریع‌تر از رقبا دویدن» می‌دانست. یکی از کارشناسان آمریکایی پیش‌بینی کرده بود با اتخاذ این سیاست، احتمال این که ایالات متحده در آینده برای دسترسی‌ به هر کالایی به‌ویژه نیمه‌رسانا‌ها به هر کشور دیگری وابسته شود، به‌طور فزاینده‌ای کم خواهد شد، و این احتمال در مورد چین از همه کشور‌های دیگر‌ کمتر خواهد بود. ایالات متحده در اعمال سیاست «سریع‌تر بدویم» تا آنجا پیش رفت که شرکت اس‌ام‌آی‌سی چین را به‌عنوان «مصرف‌کننده نهایی معتبر» شناسایی کرد و بدین ترتیب تایید نمود این شرکت محصولاتش را به ارتش چین نخواهد فروخت و در نتیجه این شرکت‌ را از محدودیت‌های صادراتی معاف کرد. در واشنگتن، به جز تعداد انگشت‌شماری از اعضای کنگره - که بيشتر جمهوری‌خواهان اهل ایالت‌های جنوبی آمریکا بودند و هنوز هم، طوری به چین می‌نگریستند که گویا جنگ سرد پایان نیافته است - تقریبا همگان در واشنگتن حامی سیاست «سریع‌تر از رقبا بدویم» بودند.

«سریع‌تر بدویم» راهبردی بسیار جذاب بود، اما تنها یک مشکل داشت: از منظر برخی سنجه‌های کلیدی، ایالات متحده نه تنها سریع‌تر نمی‌دوید، بلکه در حال عقب ماندن از رقبا هم بود. کمتر کسی در دولت زحمت تجزیه و تحلیل را به خود می‌داد، اما بخشی از پیش‌بینی‌های اندی گرو در مورد پیامد‌های منفی برون‌سپاری کار‌های تخصصی به کشور‌های دیگر در حال تحقق بود. در سال ٢٠٠٧، وزارت دفاع انجام مطالعه‌ای را جهت ارزیابی تاثیر جهانی‌شدن صنعت نیمه‌رسانا بر زنجیره‌های تأمین نیاز‌های ارتش به ریچارد وَن‌اَتا،[[547]](#footnote-547) از مقامات سابق پنتاگون و چندین همکار او سفارش داد. ون‌اتا چندین دهه روی تجهیزات دفاعی میکروالکترونیکی کار کرده بود و در دوره کارش شاهد ظهور و افول صنعت تراشه در ژاپن بود. او اهل واکنش‌های شدید نبود و متوجه بود که چگونه یک زنجیره تأمین چندملیتی موجب کارآمدتر شدن صنعت می‌شود. این سیستم در زمان صلح به خوبی عمل می‌کرد. با این حال، پنتاگون می‌بایست به بدترین سناریوها فکر می‌کرد. ون‌اتا در گزارش پژوهش خود اعلام کرد وزارت دفاع به زودی برای دسترسی به تراشه‌های پیشرفته به کشور‌های دیگر وابسته خواهد شد، زیرا بخش عمده‌ای از فرآیند‌های تولیدی تراشه‌ها در حال انتقال به خارج از کشور است.

در حالی که آمریکا غرق غرور ناشی از تسلط انحصاری آن زمان خود بر صنعت تراشه بود، تقریبا هیچ‌کس تمایلی نداشت به هشدارهای ون‌اتا توجه کند. بیشتر مقامات واشنگتن بدون آن که حتی نگاهی گذرا بر شواهد بیفکنند، به سادگی نتیجه گرفته بودند که ایالات متحده «سریع‌تر از همه می‌دود». با این حال، تاریخچه صنعت نیمه‌رسانا نشان می‌داد رهبری ایالات متحده در این صنعت به هیچ‌ وجه تضمین‌شده نیست. برای نمونه، آمریکایی‌هایی که در دهه ١٩٨٠ آهسته‌تر از ژاپنی‌ها می‌دویدند، توانسته بودند در دهه ١٩٩٠ از آن سریع‌تر بدوند. جی‌سی‌ای نتوانسته بود در صنعت لیتوگرافی از نیکون یا ای‌سی‌ام‌ال سریع‌تر بدود. شرکت مایکرون تنها تولید‌کننده حافظه درم بود که توانسته بود پا‌به‌پای رقبایش در آسیای شرقی بدود، در حالی که بسیاری از دیگر توليدکنندگان آمریکایی حافظه درم نهایتا ورشکسته شده بودند. در سال‌های پایانی دهه ٢٠٠٠، اینتل برتری خود بر سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی را در زمینه تولید ترانزیستورهای کوچک‌شده حفظ کرده بود، اما شکاف میان آن‌ها کوچک‌تر شده بود. در واقع، اینتل آهسته‌تر می‌دوید، هرچند به‌علت برخورداری از آوانتاژی در خط شروع مسابقه، همچنان از رقبایش پیش بود. ایالات متحده در طراحی بیشتر انواع تراشه پیشگام بود، هرچند شرکت مِدیاتِک[[548]](#footnote-548) تایوان نشان داده بود که دیگر کشور‌ها هم می‌توانند به طراحی تراشه بپردازند. ون‌اتا دلایل چندانی برای اطمینان و هیچ دلیلی برای رضایت خاطر نمی‌دید. او در سال ٢٠٠٧ هشدار داده بود «موقعیت برتر ایالات متحده احتمالا طی ده سال آینده به‌طور جدی خدشه خواهد دید». اما گوش هیچ‌کس شنوا نبود.

# بخش ششم

**برون‌سپاری فرامرزی؟**

## فصل ٣۵

**«مردان واقعی کارخانه دارند»**

جری سندرز، مرد اهل مبارزه، عاشق ساعت رولکس و رولزرویس سواری که شرکت ای‌ام‌دی را بنیان نهاده بود، غالبا داشتن کارخانه تولید نیمه‌رسانا را با نگه‌داشتن کوسه‌ای به‌عنوان حیوان خانگی در استخر شنای منزل مقایسه می‌کرد. او می‌گفت تغذیه کوسه هزینه زیادی دارد، و نگهداری آن صَرف وقت و انرژی بسیاری را می‌طلبد و حتی می‌تواند در نهایت به کشته شدن انسان بینجامد. با این همه، او مطمئن بود که هرگز کارخانه‌هایش را رها نخواهد کرد. جری اما، علی‌رغم تحصیل در رشته مهندسی الکترونیک دانشگاه ایلینویز، هرگز مرد تولید نبود. او در بخش فروش و بازاریابی فرچایلد سمیکانداکتر، پله‌های پیشرفت را طی کرده، و به‌عنوان خودنماترین و در عین حال، موفق‌ترین فروشنده آن شرکت معروف شده بود.

سندرز متخصص فروش بود، اما حتی در زمانی که ظهور شرکت‌های ریخته‌گری چون تی‌اس‌ام‌سی به شرکت‌های بزرگ تراشه‌سازی اجازه می‌داد در مورد توقف عملیات تولیدی و برون‌سپاری آن به‌کارخانه‌های ریخته‌گری تراشه در آسیا فکر کنند هم، او هرگز فکر رها کردن تاسیسات تولیدی اِی‌ام‌دی را به سرش راه نمی‌داد. او پس از جدال با ژاپنی‌ها بر سر سهم در بازار حافظه‌های درم در دهه ١٩٨٠، و همچنین با اینتل بر سر بازار رایانه‌های شخصی در دهه ١٩٩٠، خود را متعهد به حفظ کارخانه‌هایش می‌دانست. سندرز معتقد بود این کارخانه‌ها در موفقیت ای‌ام‌دی نقش اساسی دارند.

البته او حتی می‌پذیرفت که کسب‌ درآمد همراه با حفظ و اداره کارخانه روزبه‌روز سخت‌تر می‌شود. مشکل پیش روی کارخانه‌داری اصلا موضوع پیچیده‌ای نبود: ارتقای هر نسل جدید فناوری موجب افزایش هزینه کارخانه‌ها می‌شد. موریس چانگ چند دهه پیش‌تر به همین نتیجه رسیده بود، و به همین علت فکر می‌کرد تی‌اس‌ام‌سی برترین الگوی کسب‌و‌کار را دارد. در این الگو، کارخانه ریخته‌گری تراشه‌ای چون تی‌اس‌ام‌سی می‌توانست تراشه‌های شرکت‌های طراحی‌کننده متعددی را تولید کند و از حجم بالای تولید‌ش - که دست‌یابی به آن برای شرکت‌های دیگر دشوار بود - در جهت افزایش کارآیی بهره بگیرد.

اگر نه همه، بیشتر بخش‌های صنعت‌ تراشه همین شرایط را پیش‌ رو‌ داشتند. در دهه ٢٠٠٠، صنایع نیمه‌رسانا معمولا به سه گروه تقسیم می‌شدند. منظور از تراشه‌های «منطقی»، تراشه‌هایی است که گوشی‌های هوشمند، رایانه‌ها و سرور‌ها را به‌کار می‌اندازند. منظور از تراشه‌های «حافظه»، همان تراشه‌های درم است. این تراشه‌ها شامل حافظه کوتاه‌مدتی است که رایانه‌ها برای عملکرد به آن نیاز دارند. منظور از تراشه‌های فلش یا «نند» هم، حافظه‌هایی است که داده‌ها را در بلندمدت حفظ می‌کنند. دسته سوم تراشه‌ها متنوع‌ترند و عبارت‌اند از: تراشه‌های آنالوگ، مانند حسگر‌هایی که سیگنال‌های صوتی یا تصویری را به داده‌های دیجیتال تبدیل می‌کنند؛ تراشه‌های فرکانس رادیویی که با شبکه‌های تلفن همراه ارتباط برقرار می‌کنند؛ و تراشه‌هایی که نحوه مصرف انرژی توسط دستگاه‌ها را مدیریت می‌کنند.

تولید این گروه سوم تراشه‌ها اساسا برای اثرگذاری بر بهبود عملکرد دستگاه‌ها به قانون مور وابسته نبوده است. در این گروه، طراحی هوشمندانه، بیش از کوچک‌سازی ترانزیستورها اهمیت دارد. امروز تقریبا سه‌چهارم تراشه‌های این گروه، روی پردازنده‌هایی در اندازه‌های ١٨٠ نانومتری یا بزرگ‌تر ساخته می‌شوند. این فناوری چندان جدید نیست و برای اولین بار در اواخر دهه ١٩٩٠ به‌کار گرفته شده است. بنابراین، ملاحظه می‌کنیم که اقتصاد این دسته از تراشه‌ها با اقتصاد تراشه‌های منطقی و حافظه که برای ماندگاری در مرز‌های فناوری نیاز به کوچک‌سازی بی‌وقفه ترانزیستورها دارند، کاملا متفاوت است. کارخانه‌های تولید‌کننده این نوع تراشه‌ها نیاز ندارند برای کوچک‌سازی ترانزیستورها همواره با هم مسابقه دهند. بنابراین، این تراشه‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ارزان‌ترند و سرمایه لازم برای تاسیس کارخانه تولید آن‌ها هم به‌طور متوسط، یک‌چهارم سرمایه لازم برای تاسیس کارخانه تولید تراشه‌های منطقی و حافظه است. امروز بزرگ‌ترین شرکت‌های سازنده تراشه‌های آنالوگ، آمریکایی، اروپایی و ژاپنی‌اند. بیشتر عملیات تولیدی این شرکت‌ها هم در همین مناطق انجام می‌گیرد، و تنها بخش کوچکی از آن به شرکت‌های مستقر در تایوان و کره جنوبی سپرده شده است. اکنون بزرگ‌ترین تولید‌کننده تراشه‌های آنالوگ تگزاس اینسترومنتس است که هرچند نتوانسته است مانند اینتل و اپل در زمینه‌ رایانه‌های شخصی، مراکز داده، یا زیست‌بوم‌های تلفن‌ همراه جایگاهی انحصاری کسب‌ کند؛ همچنان تراشه‌سازی متوسط و البته بسیار سودآور است که محصولاتش فهرست بلندبالایی از تراشه‌ها و حسگر‌های آنالوگ را ‌شامل می‌شود. در حال حاضر، شرکت‌های تولید‌کننده تراشه آنالوگ متعددی چون اُنسمی،[[549]](#footnote-549) اسکای‌وُرکس، و آنالوگ‌دیوایسز[[550]](#footnote-550) در آمریکا و شرکت‌های مشابهی در اروپا و ژاپن مشغول به‌کارند.

در مقابل، بازار تراشه‌های حافظه تحت تاثیر تلاش‌های بی‌وقفه برای برون‌سپاری فرامرزی تولید به تعداد انگشت‌شماری کارخانه عمدتا مستقر در شرق آسیا قرار داشته است. بر این اساس، هر دو نوع اصلی تراشه‌های حافظه - درم و نند - به جای مجموعه‌ای پراکنده از عرضه‌کنندگان مستقر در کشور‌های پیشرفته، توسط تنها چند شرکت معدود تولید می‌شود. در مورد تراشه‌های حافظه درم که موضوع اصلی درگیری‌های سیلیکون‌ولی با ژاپن در دهه ١٩٨٠ بود، بناکردن یک کارخانه پیشرفته می‌تواند بیست میلیارد دلار هزینه در برداشته باشد. در گذشته، ده‌ها تولیدکننده حافظه درم وجود داشت، اما امروز تنها سه تولیدکننده عمده مشغول تولید حافظه‌های درم در جهان هستند. در اواخر دهه ‌١٩٩٠، چندین تولید‌کننده ناموفق ژاپنی، در قالب تنها یک شرکت به نام اِلپیدا،[[551]](#footnote-551) با هم ادغام شدند. این شرکت به دنبال آن بود که با مایکرون در ایالت آیداهو و سامسونگ و اِس‌کِی‌هاینیکس[[552]](#footnote-552) در کره رقابت کند. تا پایان دهه ٢٠٠٠، این چهار شرکت ٨۵ درصد بازار را در اختیار گرفته بودند. با این همه، الپیدا در این رقابت ناموفق بود و سرانجام در سال ٢٠١٣ به مایکرون فروخته شد. برخلاف سامسونگ و هاینیکس که بیشتر حافظه‌های درم خود را در کره جنوبی تولید می‌کردند، فهرست بلندبالای شرکت‌های خریداری‌شده توسط مایکرون موجب شده بود این شرکت نه فقط در ایالات متحده، بلکه همچنین در ژاپن، تایوان و سنگاپور کارخانه داشته باشد. یارانه‌های دولتی در سنگاپور مایکرون را تشویق کرده بود ظرفیت تولید کارخانه‌ای خود را در آن کشور حفظ کند و حتی توسعه بخشد. بنابراین، هرچند یکی از سه شرکت بزرگ تولید‌کننده حافظه درم در جهان آمریکایی است، بیشتر حافظه‌های درم جهان در شرق آسیا تولید می‌شود.

بازار تراشه‌های حافظه نند هم در آسیا متمرکز است. سامسونگ به‌عنوان بزرگ‌ترین بازیگر، ٣۵ درصد نیاز این بازار را تأمین می‌کند و بقیه بازار در اختیار شرکت کره‌ای هاینیکس، شرکت ژاپنی کیوکسیا و دو شرکت آمریکایی مایکرون و وسترن دیجیتال[[553]](#footnote-553) است. شرکت‌های کره‌ای تقریبا همه تراشه‌های خود را فقط در کره یا چین تولید می‌کنند؛ اما شرکت‌های مایکرون و وسترن دیجیتال تنها بخشی از حافظه‌های نند را در ایالات متحده و بقیه را در سنگاپور و ژاپن تولید می‌کنند. مانند بازار حافظه درم، در حالی که شرکت‌های آمریکایی نقش عمده‌ای در تولید حافظه‌های نند دارند؛ سهم کارخانه‌های مستقر در خاک این کشور در تولید این محصول به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کوچک‌تر است.

با این حال، موقعیت درجه دوم آمریکا در تولید تراشه‌های حافظه اصلا چیز جدیدی نیست. سابقه این وضعیت به اواخر دهه ١٩٨٠ و زمانی بازمی‌گردد که ژاپن برای اولین بار در تولید حافظه درم از ایالات متحده پیشی گرفت. در سال‌های اخیر هم بزرگ‌ترین تحول موثر بر این وضعیت، به سقوط سهم تراشه‌های منطقی تولیدشده در خاک ایالات متحده مربوط می‌شود. امروز بناکردن یک کارخانه پیشرفته تولید حافظه منطقی بیست میلیارد دلار هزینه دارد و روشن است که هر شرکتی نمی‌تواند از پس آن برآید. مانند بازار تراشه‌های حافظه، در اینجا هم میان تعداد تراشه‌های تولیدشده توسط یک شرکت و بازده عملی آن - یعنی تعداد تراشه‌هایی که واقعا کار می‌کنند - رابطه مستقیمی وجود دارد. با توجه به مزایای حاصل از افزایش مقیاس تولید، تعداد شرکت‌های تولید‌کننده تراشه‌های منطقی به‌طور مستمر رو به کاهش داشته است.

به جز استثنای بزرگی به نام اینتل، تعداد زیادی از توليدکنندگان آمریکایی تراشه منطقی کارخانه‌های خود را رها، و تولید را برون‌سپاری کرده‌اند. سایر بازیگران سابق عمده این بازار، مانند موتورولا و نشنال‌ سمیکانداکتر هم ورشکسته شدند، توسط شرکت‌های دیگر خریداری شدند، یا در بازار ماندند و شاهد کوچک شدن سهمشان در بازار بودند. این شرکت‌ها جای خود را به شرکت‌های طراحی‌کننده تراشه فاقد کارخانه‌ای دادند که غالبا طراحان تراشه شرکت‌های قدیمی تولید‌کننده نیمه‌رساناها را استخدام می‌کردند، اما تولید تراشه‌ها را به تی‌اس‌ام‌سی یا دیگر شرکت‌های ریخته‌گری تراشه در آسیا می‌سپردند. این روش به شرکت‌های فاقد کارخانه اجازه می‌داد بر نقطه قوت خود - یعنی طراحی تراشه - تمرکز کنند، بدون آن که در همان زمان به قابلیت‌های تخصصی تولید نیمه‌رساناها نیاز داشته باشند.

تا زمانی که سندرز مدیرعامل ای‌ام‌دی بود، این شرکت که خودِ او تاسیسش کرده بود، در کسب‌و‌کار تولید تراشه‌های منطقی چون پردازنده‌های مورد استفاده در رایانه‌های شخصی باقی ماند. نسل قدیم مدیران عامل در سیلیکون‌ولی بر این نکته اصرار می‌ورزیدند که جداکردن فرآیند تولید نیمه‌رسانا‌ از طراحی آن‌ها موجب ناکارآمدی کل فرآیند می‌شود. اما رویکرد حفظ یکپارچگی فرآیند‌های طراحی تراشه و تولید تراشه تا آن زمان، نه نتیجه استدلال تجاری؛ بلکه معلول فرهنگ غالب آن دوره بود. سندرز همچنان روزهایی را به خاطر داشت که باب نویس در آزمایشگاه فرچایلد سخت کار می‌کرد. امروز هم اصرار او بر حفظ فرآیند تولید تراشه در ‌ای‌ام‌دی، از روحیه مردانه‌ای نشات می‌گرفت که اکنون در حال منسوخ شدن بود. او وقتی در دهه ١٩٩٠، این جمله را از خبرنگاری شنید که «مردان واقعی کارخانه دارند»، آن را شعار خود قرار داد و بعدا در کنفرانسی که با حضور صنایع نیمه‌رسانا‌ برگزار شده بود، اعلام کرد «حال این جمله مرا بشنوید و آن را آویزه گوش کنید: مردان واقعی کارخانه دارند».

## فصل ٣۶

**«انقلاب شرکت‌های فاقد کارخانه»**

«مردان واقعی» شاید کارخانه داشته باشند، اما موج جدید کارآفرینان سیلیکون‌ولی در حوزه نیمه‌رسانا اصلا چنین نبودند. از اواخر دهه ١٩٨٠ بدین سو، تعداد شرکت‌های فعال در زمینه تراشه‌سازی اما فاقد کارخانه‌ای که خود به طراحی نیمه‌رسانا‌ها می‌پرداختند، اما تولید آن‌ها را برون‌سپاری می‌کردند و برای انجام این خدمت هم معمولا به تی‌اس‌ام‌سی متکی بودند، رشدی انفجارآمیز داشته است. هنگامی که گوردون کمبل[[554]](#footnote-554) و دادو باناتو[[555]](#footnote-555) شرکت چیپس‌اَند‌تِکنا‌لوجیز[[556]](#footnote-556) که عموما به‌عنوان اولین شرکت تراشه‌ای فاقد کارخانه شناخته می‌شود را در سال ١٩٨۴ بنا نهادند، یکی از دوستانشان ادعا کرد شرکت آن‌ها «یک شرکت نیمه‌رسانا‌ی واقعی نیست»، چرا که تراشه‌های خود را نمی‌سازد. با این همه، تراشه‌های گرافیکی که این شرکت برای رایانه‌های شخصی طراحی کرد، در عمل با استقبال عموم روبه‌رو و رقیب محصولات برخی از بزرگ‌ترین بازیگران این صنعت شد. البته این شرکت بعدها توسط اینتل خریداری شد؛ اما به هر حال ثابت کرد «الگوی کسب‌و‌کار شرکت طراحی‌کننده تراشه، اما فاقد کارخانه تولید تراشه» می‌تواند موفق باشد و تنها به یک ایده خوب و چند میلیون دلار سرمایه اولیه برای تشکیل یک استارت‌آپ - سرمایه‌ای بسیار کمتر از آنچه برای بنا کردن یک کارخانه تولید تراشه لازم است - نیاز دارد.

طراحی تراشه‌های گرافیکی رایانه‌ها تنها کسب‌وکار جذاب برای استارت‌آپ‌های حوزه نیمه‌رسانا باقی‌مانده بود، زیرا برخلاف ریزپردازنده‌های رایانه شخصی، اینتل در بخش گرافیک رایانه‌ای انحصاری نداشت. تمام تولید‌کنندگان رایانه شخصی، از آی‌بی‌ام گرفته تا کامپک[[557]](#footnote-557) مجبور بودند برای پردازنده اصلی خود از تراشه‌های اینتل یا ای‌ام‌دی استفاده کنند، زیرا این دو شرکت عملا انحصار دستورالعمل معماری اکس٨۶ را که رایانه‌های شخصی بر اساس آن ساخته می‌شد، در اختیار داشتند. در عین حال، برای کسب سهمی در بازار تراشه‌هایی که تصاویر را روی صفحه نمایش رایانه‌ها ظاهر می‌کردند، رقابت بسیار بیشتری در جریان بود. ظهور شرکت‌های ریخته‌گری نیمه‌رسانا‌ و کاهش هزینه‌های تاسیس استارت‌آپ‌، بدین معنی بود که دیگر فقط بزرگان سیلیکون‌ولی نبودند که می‌توانستند برای ساخت بهترین پردازنده‌های گرافیکی وارد این رقابت شوند. به هر حال، شرکتی که در نهایت توانست بر بازار تراشه‌های گرافیکی تسلط یابد، اِنویدیا[[558]](#footnote-558) بود که نطفه آن نه طبق‌ معمول پالو آلتو در یک کافی‌شاپ، بلکه در یکی از رستوران‌های زنجیره‌ای دِنیز[[559]](#footnote-559) در سن‌خوزه بسته شده بود.

انویدیا توسط کریس مالا‌چوفسکی،[[560]](#footnote-560) کِرتیس پریم،[[561]](#footnote-561) و جِنسِن هوانگ[[562]](#footnote-562) بنیان نهاده شد و نفر سوم اين جمع امروز هم مدیرعامل این شرکت است. پریم پیش‌تر در آی‌بی‌ام کارهای بنیادینی در مورد چگونگی محاسبات در تراشه‌های گرافیکی انجام داده، و سپس همراه با مالاچوفسکی در شرکت سان‌مایکروسیستمز[[563]](#footnote-563) کار کرده بود. هوانگ که اصالتا اهل تایوان بود و در کودکی همراه با خانواده‌اش به کنتاکی نقل مکان کرده بود، پیش‌تر در شرکت تراشه‌سازی ال‌اس‌آی[[564]](#footnote-564) در سیلیکون‌ولی کار می‌کرد. او مدیرعامل انویدیا شد و در حالی که همیشه شلوار جین تیره، پیراهن مشکی و کت چرمی مشکی به تن می‌کرد و شبیه استیو جابز به‌نظر می‌رسید - توگویی او هم مانند جابز از آینده صنعت محاسبه خبر دارد - عملا مسوولیت روابط عمومی انویدیا را هم به عهده گرفت.

شاید اولین مشتریان انویدیا - شرکت‌های تولید‌کننده بازی‌های ویدیویی و رایانه‌ای - خیلی پیشرفته به‌نظر نمی‌رسیدند، اما این شرکت بر سر این باور خود شرط‌بندی کرده بود که آینده گرافیک رایانه‌ای در تولید تصاویر پیچیده سه‌‌بعدی است. رایانه‌های شخصی اولیه، تنها جهانی دوبعدی، یکنواخت و کسل‌کننده را به نمایش می‌گذاشتند. زیرا نمایش دادن تصاویر سه‌بعدی به محاسبات بسیار حجیم و پیچیده‌ای نیاز داشت. در دهه ١٩٩٠، مایکروسافت با معرفی شخصیت کارتونی جدیدی به شکل گیره کاغذ، به نام کلیپی[[565]](#footnote-565) که در گوشه‌ای از صفحه نمایش می‌نشست و به‌کاربران توصیه‌هایی ارائه می‌کرد - و البته غالبا موجب هنگ کردن رایانه هم می‌شد - جهشی بزرگ را در صنعت گرافیک به ثبت رساند.

انویدیا نه تنها تراشه‌هایی را به نام واحد پردازش گرافیک (جی‌پی‌یو)[[566]](#footnote-566) طراحی می‌کرد که قادر به انجام عملیات گرافیکی سه‌‌بعدی بود، بلکه همچنین زیست‌بومی نرم‌افزاری برای آن‌ها ابداع نموده بود. تولید تصاویر واقعی مستلزم استفاده از برنامه‌هایی به نام «سایه‌زن»[[567]](#footnote-567) است که میزان تیرگی رنگ تک‌تک پیکسل‌های هر تصویر را تعیین می‌کند. جی‌پی‌یو‌های انویدیا می‌توانند به سرعت تصاویر را ایجاد کنند، زیرا برخلاف ریزپردازنده‌های اینتل و یا سایر واحد‌های پردازش مرکزی (سی‌پی‌یو)[[568]](#footnote-568) دارای کاربردهای عمومی، ساختار آن‌ها به نحوی طراحی شده است که تعداد زیادی محاسبه ساده - مانند تعیین میزان تیرگی رنگ پیکسل‌ها - را در آن واحد انجام می‌دهند.

در سال ٢٠٠۶، انویدیا با درک این نکته که از محاسبات پرسرعت موازی می‌توان برای اهدافی غیر از گرافيک رایانه‌ای هم بهره گرفت، نرم‌افزار کیودا[[569]](#footnote-569) را معرفی کرد که برنامه‌ریزی تراشه‌های جی‌پی‌یو را با زبان‌های معمول برنامه‌ریزی، برای انجام کار‌هایی کاملا بی‌ربط با امور گرافیکی میسر می‌کند. بدین ترتیب، حتی در زمانی که انویدیا تراشه‌های گرافیکی درجه‌ یک را به‌عنوان محصول اصلی خود در مقیاس انبوه تولید می‌کرد، هوانگ گشاده‌دستانه مبالغ هنگفتی - از جمله، مبلغی بالغ بر ١٠ میلیارد دلار، بر اساس ارزیابی شرکت در سال ٢٠١٧ - را صرف این نرم‌افزار می‌کرد تا همه برنامه‌نویسان - و نه فقط متخصصان حوزه گرافیک - با تراشه‌های انویدیا کار کنند. هوانگ برنامه کیودا را رایگان در اختیار همگان گذاشت، اما نکته مهم این بود که این نرم‌افزار تنها با تراشه‌های انویدیا کار می‌کرد. انویدیا با افزودن موارد کاربرد دیگری غیر از صنعت گرافیک برای تراشه‌هایش، توانست بازار بسیار بزرگ جدیدی را جهت پردازش‌های موازی، از انجام محاسبات حوزه شیمی گرفته تا پیش‌بینی وضع هوا کشف کند. در آن زمان، انویدیا هرگز نمی‌توانست تصور دقیقی از زمینه‌ای که قرار بود بعدها به بزرگ‌ترین کاربرد جدید تراشه‌هایش در حوزه پردازش موازی تبدیل شود، یعنی هوش‌ مصنوعی داشته باشد.

امروز تراشه‌های انویدیا که عمدتا توسط تی‌اس‌ام‌سی تولید می‌شوند، در بیشتر مراکز داده پیشرفته به‌کار گرفته می‌شوند. البته این که انویدیا مجبور نبود کارخانه تولید تراشه خود را بنا کند، نقطه قوت مهمی برای آن بود، زیرا در غیر این صورت، احتمالا جمع‌آوری مبالغ لازم در همان مرحله تاسیس شرکت غيرممکن می‌شد. به علاوه، دادن تنها یکی دو میلیون دلار به طراحان تراشه هم به خودی خود قمار بود. بدین ترتیب، صرف کردن مبلغی بیش از صد میلیون دلار - هزینه بنا کردن یک کارخانه تراشه‌سازی جدید در آن زمان - حتی برای جسورترین سرمایه‌گذاران سیلیکون‌ولی هم قماری بس دشوار و خطرناک محسوب می‌شد. علاوه بر این، همان‌طور که جری سندرز به درستی متوجه شده بود، اداره کارخانه امری پرهزینه است و صرف زمان زیادی را می‌طلبد. از سوی دیگر، طراحی تراشه‌های درجه یک، آن‌طور که انویدیا انجام می‌دهد، به قدر کافی دشوار است. حال اگر قرار بود این شرکت فرآیند‌های تولید تراشه‌های خود را هم مدیریت کند، احتمالا منابع یا فرصت لازم را جهت تزریق پول برای بنا کردن یک زیست‌بوم نرم‌افزاری جدید در اختیار نمی‌داشت.

انویدیا تنها شرکت فاقد کارخانه نبود که کاربرد‌های جدیدی را برای تراشه‌های منطقی تخصصی معرفی می‌کرد. اِروین جِیکوبس، همان استاد نظریه‌های ارتباطات که روزی در اوایل دهه ١٩٧٠ در یک همایش علمی، ریزپردازنده‌‌ای را در دست گرفته و اعلام کرده بود «آینده این است!» اکنون معتقد بود آینده فرا رسیده است. اولین گوشی‌های همراه - قطعه‌های پلاستیکی سیاه‌رنگ بزرگی که می‌بایست به داشبورد یا کف خوردو متصل می‌شدند تا کار کنند - کم‌کم جای خود را به نسل دوم فناوری موبایل (2G) می‌دادند. شرکت‌های تولید‌کننده گوشی‌های همراه‌ - در تلاش بودند در مورد نوعی از استاندارد ناظر بر فناوری ارتباطات به توافق برسند تا گوشی‌های همراهشان در چارچوب این استاندارد، با هم ارتباط برقرار کنند. بیشتر شرکت‌ها به دنبال سیستمی به نام «دسترسی چندگانه مبتنی بر تقسیم زمان»[[570]](#footnote-570) بودند که در آن، داده‌های چند تماس تلفنی روی تنها یک فرکانس موج رادیویی منتقل می‌شدند. روش کار این سیستم بدین گونه بود که داده‌های یک‌ تماس تلفنی در زمان سکوت تماس تلفنی دیگر، روی موج رادیویی مورد استفاده آن سوار می‌شد.

جیکوبس که باورش به قانون مور مثل همیشه محکم بود، فکر می‌کرد یک سیستم «پرش در میان فرکانس‌ها»[[571]](#footnote-571) بهتر عمل خواهد کرد. او پیشنهاد کرده بود به جای نگه داشتن یک تماس تلفنی روی یک فرکانس مشخص، داده‌های تماس تلفنی در میان چند فرکانس مختلف جابه‌جا شود و بدین ترتیب، تعداد بیشتری از تماس‌های تلفنی در فضای طیف امواج موجود جای بگیرند. بسیاری معتقد بودند جیکوبس از نظر تئوریک درست می‌گوید، اما چنین سیستمی هرگز در عمل کار نخواهد کرد، زیرا در این سیستم کیفیت صدا پایین خواهد آمد و تماس‌ها مکررا قطع خواهند شد. به زعم آن‌ها، انتقال داده‌های ارسال‌شده از گوشی همراه یک‌ سوی هر تماس تلفنی، در میان فرکانس‌های مختلف و تفسیر آن‌ها توسط گوشی همراه سوی دیگر تماس مورد نظر به مقادیر بسیار زیادی از عملیات پردازش نیاز دارد.

جیکوبس با آن‌ها موافق نبود و برای اثبات درستی نظریه‌اش، شرکت کوالکام[[572]](#footnote-572) - مخفف کوالیتی کامیو‌نیکیشنز[[573]](#footnote-573) - را در سال ١٩٨۵ بنیان نهاد. او برای این که ثابت کند سیستم مورد نظرش کار می‌کند، شبکه تلفن همراه کوچکی را با تنها چند دکل مخابراتی تلفن همراه به راه انداخت. به زودی کل صنعت دریافت که سیستم کوالکام با اتکا به قانون مور و اجرای الگوریتم‌هایی که قادرند امواج رادیویی جابه‌جاشده در این سیستم را تفسیر کنند، این امکان را ایجاد خواهد کرد که تعداد بسیار بیشتری از تماس‌های تلفن همراه در فضای طیف امواج موجود جای گیرند.

در هر یک از نسل‌های بعد از 2G، کوالکام ایده‌های جدیدی را برای انتقال حجم بیشتری از داده‌ها از طریق طیف امواج رادیویی مطرح کرد و تراشه‌های تخصصی‌ای را به فروش رساند که از قدرت‌ محاسبه لازم برای رمزگشایی این مجموعه آشفته امواج برخوردار بودند. کوالکام همچنین به زودی فعالیتش را به سوی کسب‌و‌کار جدیدی گسترش داد و علاوه بر تراشه‌های مدرن گوشی همراه که وظیفه برقراری ارتباط با شبکه را به عهده دارند، دسته‌ای از پردازنده‌های کاربردی را به محصولاتش اضافه کرد که برخی از سامانه‌های اصلی گوشی‌های هوشمند را مدیریت می‌کنند. این طرح‌های جدید تراشه دست‌آوردهای چشمگیر مهندسی‌، و هر یک شامل ده‌ها میلیون خط کدنویسی‌اند. در این مدت، کوالکام از فروش تراشه‌ها و صدور مجوز بهره‌برداری از حقوق مالکیت‌های فکری خود میلیارد‌ها دلار درآمد کسب کرده است. این شرکت اما، خودش هیچ تراشه‌ای را تولید نکرده است: تمام این تراشه‌ها در کوالکام طراحی، و توسط شرکت‌هایی چون سامسونگ یا تی‌اس‌ام‌سی تولید می‌شوند.

شکایت از برون‌سپاری فرامرزی تولید نیمه‌رسانا‌ها اصلا دشوار نیست. اما شرکت‌هایی چون کوالکام اگر قرار بود هر سال میلیارد‌ها دلار صرف بنا کردن کارخانه‌های تولید تراشه کنند، احتمالا هرگز دوام نمی‌آوردند. جیکوبس و مهندسانش در کار جای‌دادن داده‌ها در طیف امواج رادیویی و ابداع تراشه‌های هرچه هوشمند‌تر برای رمزگشایی این سیگنال‌ها، همچون جادوگران عمل می‌کردند. درست مانند اندیویا، نقطه قوت کوالکام این بود که مجبور نبود تلاش کند در تولید نیمه‌رسانا‌ هم تخصص یابد. البته کوالکام بارها به تاسیس کارخانه تراشه‌سازی خود فکر کرد، اما هر بار با توجه به هزینه‌ها و پیچیدگی‌های این کار، ایده تاسیس کارخانه را کنار نهاد. در واقع به لطف تی‌اس‌ام‌سی، سامسونگ و دیگر شرکت‌هایی که تمایل به تولید تراشه‌های کوالکام داشتند، مهندسان این شرکت می‌توانستند بر نقاط قوت اصلی خود در زمینه مدیریت طیف امواج رادیویی و همچنین در طراحی نیمه‌رساناها تمرکز کنند.

بسیاری دیگر از شرکت‌های آمریکایی طراحی‌کننده تراشه اما‌ فاقد کارخانه تولید تراشه هم از الگوی کسب‌و‌کار بدون کارخانه منتفع شدند. این الگو به آن‌ها اجازه می‌داد طرح‌های جدید تراشه را تولید کنند، بدون آن که مجبور باشند میلیارد‌ها دلار صرف تاسیس کارخانه تراشه‌سازی خود کنند. گسترش این الگوی کسب‌وکار به ظهور انواع مختلفی از تراشه انجامید که نه در خود شرکت‌های طراحی‌کننده، بلکه در شرکت‌های ریخته‌گری تراشه‌ چون تی‌اس‌ام‌سی تولید شده بودند. آرایه‌های دروازه‌ای قابل برنامه‌ریزی میدانی[[574]](#footnote-574) یا به زبان دیگر، تراشه‌هایی که پس از تولید، قابل‌برنامه‌ریزی برای کاربرد‌های مختلف‌اند هم، از جمله محصولاتی‌اند که در قالب الگوی کسب‌وکار بدون کارخانه و توسط شرکت‌هایی چون زیلینکس[[575]](#footnote-575) و آلتِرا[[576]](#footnote-576) - که هر دو از ابتدای تشکیل، تولید را برون‌سپاری می‌کردند - به بازار معرفی شدند. البته تحول بزرگی که این الگو به همراه آورد، فقط تولید انواع جدید تراشه نبود. شرکت‌های فاقد کارخانه با ممکن ساختن تحقق ایده‌های نوآورانه‌ای چون گوشی‌های همراه، گرافیک پیشرفته و پردازش موازی، اساسا نوع جدیدی از محاسبه را خلق کردند.

## فصل ٣٧

**ائتلاف بزرگ موریس چانگ**

درست است که جری‌ سندرز قول داده بود هرگز کارخانه‌های خود را رها نکند، اما نسل مهندسانی که با طراحی تراشه به وسیله چاقوی جیبی و موچین رشد کرده بودند، کم‌کم صحنه را ترک می‌کردند. جانشینان آن‌ها در رشته‌های جدید علوم رایانه آموزش‌ دیده بودند و بیشترشان نیمه‌رسانا‌ها را اساسا از طریق برنامه‌های نرم‌افزاری جدید طراحی تراشه می‌شناختند که در دهه‌های ١٩٨٠ و ١٩٩٠ ظهور کرده بودند. در سیلیکون‌ولی، بسیاری از فعالان و کارشناسان تعلق خاطر عاشقانه سندرز به‌کارخانه‌های تراشه‌سازی را درست مانند خودستایی مردسالارانه او، نامعقول می‌دانستند. نسل جدید مدیران عاملی که در دهه‌های ٢٠٠٠ و ٢٠٠١ در راس شرکت‌های نیمه‌رسانای آمریکایی نشستند، بیشتر مایل بودند در تماس‌هایی که برای گفتگوی غیررسمی در خصوص درآمد‌های سه‌ماهه، هزینه‌های سرمایه و حاشیه‌های سود با تحلیلگران وال‌استریت داشتند، با زبان فارغ‌التحصیلان دوره‌های ام‌بی‌ای و دکتری سخن بگویند. با در نظر گرفتن بیشتر معیار‌ها، این نسل جدید مدیران بااستعداد، بسیار حرفه‌ای‌تر از شیمی‌دانان و فیزیک‌دانانی بودند که سیلیکون‌ولی را بنیان نهاده بودند. در عین حال، این مدیران جدید در مقایسه با غول‌های سَلَفشان چندان نواندیش به‌نظر نمی‌رسیدند.

در واقع، دوره قمار‌های مخاطره‌آمیز روی فناوری‌هایی با کمترین بخت موفقیت، جای خود را به رویه‌هایی سازمان‌یافته‌تر، حرفه‌ای‌تر و منطقی‌تر می‌داد. شرط‌بندی‌هایی که در صورت شکست موجب نابودی کل شرکت می‌شدند، امروز به مدیریت حساب‌شده ریسک تبدیل شده بود. اکنون از میان بنیان‌گذاران صنعت نیمه‌رسانا، تنها موریس چانگ باقی مانده بود که هنوز هم در دفتر کارش در تایوان پیپ می‌کشید، عادتی که او همچنان معتقد بود برای حفظ سلامتش یا حداقل برای حفظ حوصله‌اش مفید است. البته در دهه ٢٠٠٠، حتی چانگ هم به فکر افتاد جهت تعیین جانشینی برای خود برنامه‌ریزی‌ کند. او در سال ٢٠٠۵، در هفتاد‌و‌پنج سالگی از سمت مدیر‌عاملی تی‌اس‌ام‌سی کناره گرفت، هر‌چند او همچنان رییس هیات‌مدیره آن شرکت باقی ماند. به زودی دیگر کسی در این صنعت باقی نماند که تجربه همکاری با جک کیلبی در آزمایشگاه یا هم‌نشینی با باب نویس برای چند دقیقه استراحت یا خوش‌گذرانی را به خاطر داشته باشد.

با تغییر نسل مدیران ارشد در صنعت تراشه که خط مقدم نگهبانان الگوی قدیم کسب‌و‌کار در این صنعت را تشکیل می‌دادند، روند جداسازی فرآیند‌های طراحی تراشه و تولید تراشه سرعت گرفت، و بیشتر عملیات تولید تراشه به خارج از ایالات متحده منتقل ‌شد. تنها پنج سال پس از بازنشسته شدن سندرز در ای‌ام‌دی، این شرکت اعلام کرد کسب‌وکار‌های طراحی و تولید تراشه خود را از هم جدا می‌کند. وال‌استریت با این پیش‌بینی که ای‌ام‌دی بدون کارخانه‌های سرمایه‌بر خود سودآورتر خواهد شد، از این تحول استقبال کرد. بدین ترتیب، تاسیسات تولید تراشه ای‌ام‌دی، در قالب یک شرکت مستقل از آن جدا شد تا از آن پس، مانند تی‌اس‌ام‌سی به‌عنوان یک شرکت ریخته‌گری تراشه فعالیت کند و نه فقط برای ای‌ام‌دی، بلکه همچنین برای مشتریان دیگر تراشه تولید کند. شرکت مبادله،[[577]](#footnote-577) بازوی سرمایه‌گذاری دولت امارات متحده عربی به‌طور غیرمنتظره و برخلاف رویه معمول شرکت‌های دولتی این کشور که بیشتر در صنعت هیدروکربن سرمایه‌گذاری می‌کردند تا در فناوری پیشرفته، به‌عنوان سرمایه‌گذار اصلی وارد این شرکت جدید ریخته‌گری تراشه شد. کمیته ناظر بر سرمایه‌گذاری خارجی در ایالات متحده (سی‌اف‌آی‌یو‌اس)،[[578]](#footnote-578) نهاد دولتی کنترل‌کننده معاملات مربوط به دارایی‌های راهبردی در ایالات متحده، این معامله را فاقد پیامد‌های منفی برای امنیت ملی کشور تشخیص داد و به سرعت مجوز انجام معامله را صادر کرد. در عین حال، این سرانجام تاسیسات تولیدی ای‌ام‌دی بود که آینده صنعت تراشه را شکل داد - و نهایتا تضمین کرد که پیشرفته‌ترین عملیات تراشه‌سازی در خارج ایالات متحده صورت خواهد پذیرفت.

شرکت تازه‌جدا‌شده از ای‌ام‌دی که گلوبال‌فاندریز[[579]](#footnote-579) نام گرفته بود، وارد صنعتی به‌شدت رقابتی و بی‌رحم شد. قانون مور در دهه ٢٠٠٠ و اوایل دهه ٢٠١٠ همچنان به عملکرد خود ادامه داد و تولید‌کنندگان تراشه‌های پیشرفته را مجبور کرد در فواصل حدودا دو ساله، مبالغ هرچه‌ بیشتری را صرف ابداع فرآیند‌های جدیدتر و پیشرفته‌تر تولید تراشه کنند. فرآیند‌های تولید تراشه‌های گوشی هوشمند، رایانه شخصی و سرور به سرعت در شبکه جهانی عرضه تراشه‌ها به «گره‌های»[[580]](#footnote-580) جدیدی منتقل و از افزایش تراکم آن‌ها در تراشه‌ها بهره‌مند می‌شدند. البته هر مورد، انتقال این فرآیندها از یک گره به گره دیگر - یا از یک نسل به نسل دیگر - مستلزم تولید ماشین‌آلات گران‌تری بود.

طی‌ سال‌‌های متمادی، هر یک از نسل‌های فناوری تولید تراشه بر اساس طول گِیت[[581]](#footnote-581) ترانزیستور، یعنی بخشی از تراشه سیلیکون که قطع و وصل شدن جریان الکترون‌ها در آن، موجب می‌شود جریان الکتریکی در کل مدار قطع و یا وصل شود، نام‌گذاری شده است. نسل ١٨٠ نانومتری در سال ١٩٩٠ وارد بازار شد و به دنبال آن، نسل‌های ١٣٠ نانومتری، ٩٠ نانومتری، ۶۵ نانومتری و ۴۵ نانومتری به بازار آمدند و هر نسلی ترانزیستورها را کوچک‌تر کرد و در نتیجه تعداد ترانزیستورهای قابل‌نصب در سطحی مشخص از قطعه سیلیکون را در مقایسه با نسل قبلی‌اش به دو برابر افزایش داد. این امر موجب شد مصرف برق به ازای هر ترانزیستور کاهش یابد، زیرا ترانزیستورهای کوچک‌تر برای آن که کار کنند به عبور تعداد کمتری از الکترون‌ها از میان خود نیاز داشتند.

در اوایل دهه ٢٠10، افزایش تراکم ترانزیستورهای نصب‌شده روی تراشه‌ها از طریق کوچک‌تر کردن دوبعدی ترانزیستورها غیرممکن شد، زیرا از آنجا که ترانزیستور‌ها بر اساس قانون مور کوچک شده بودند، باریک بودن بیش از حد کانال کنداکتور بعضا موجب «نشتی» جریان الکتریکی در مدار، حتی در زمانی می‌شد که کلید آن هم در حالت خاموش بود. از آن مهم‌تر، با ادامه این کوچک‌سازی‌‌ها، لایه دی‌اکسید سیلیکون روی ترانزیستور‌ها به قدری نازک شده بود که اثرات کوانتومی چون «نقب‌زنی»[[582]](#footnote-582) - جهش الکترون‌ها از موانعی که طبق قوانین فیزیک کلاسیک باید غیر‌قابل‌عبور باشند - کم‌کم عملکرد تراشه‌ها را به‌طور جدی تحت تاثیر قرار می‌داد. تا اوایل دهه ٢٠٠٠، لایه دی‌اکسید‌ سیلیکون بر روی هر ترانزیستور به ضخامت تنها یکی دو اتم رسیده بود و بدین ترتیب، به قدری نازک شده بود که نمی‌توانست پوشش مناسبی برای حفظ همه الکترون‌های مستقر روی قطعه سیلیکون باشد.

برای کنترل بهتر حرکت الکترون‌ها، مواد و طرح‌های ترانزیستوری جدیدی مورد نیاز بود. برخلاف طرح ترانزیستور دوبعدی که از دهه ١٩۶٠ بدین سو مورد استفاده قرار می‌گرفت، نسل ٢٢ نانومتری، ترانزیستور سه‌بعدی جدیدی را به نام فین‌فِت[[583]](#footnote-583) (ترانزیستور تاثیر میدانی باله‌ای) به بازار معرفی کرد که در آن، دو انتهای مدار، و کانال ساخته‌شده از ماده نیمه‌رسانا که آن‌ها را به هم متصل می‌کند، مانند باله‌‌ای که بر پشت نهنگ است، در بالای قطعه سیلیکون قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، کانال متصل‌کننده دو سر مدار می‌تواند یک میدان الکتریکی داشته باشد که تاثیر آن نه تنها از بالا، بلکه همچنین از کناره‌های این باله اعمال، و در نتیجه موجب می‌شود امکان کنترل الکترون‌ها افزایش یابد و نشتی جریان الکتریکی که عملکرد نسل‌های جدید ترانزیستورهای کوچک‌ را به خطر می‌انداخت، حذف شود. این ساختار‌های سه‌بعدی در مقیاس نانومتری برای بقای قانون مور ضروری بودند، اما ساخت آن‌ها به‌شدت دشوار بود، زیرا رسوب‌گذاری مواد شیمیایی، حک کردن طرح‌ها و لیتوگرافی آن‌ها در این ترانزیستورها حتی به دقت بیشتری نیاز داشت. این مشکل موجب افزایش نگرانی‌ها در مورد عدم قابلیت همه تراشه‌سازان بزرگ در تغییر بی‌عیب و نقص فرآیند‌های پیشین تولید تراشه به معماری فین‌فت، و احتمال عقب ماندن برخی از آن‌ها از این تحول شده بود.

وقتی گلوبال فاند‌ریز در سال ٢٠٠٩، به‌عنوان شرکتی مستقل تاسیس شد، تحلیلگران صنعت نیمه‌رسانا فکر می‌کردند این شرکت برای کسب سهم بازار در بحبوحه این مسابقه جهت دست‌یابی به فناوری ترانزیستورهای سه‌بعدی، در موقعیت خوبی قرار دارد. این موضوع حتی تی‌اس‌ام‌سی را هم به اعتراف مدیران سابقش نگران کرده بود. گلوبال فاند‌ریز کارخانه بسیار بزرگی را در آلمان از ای‌ام‌دی به ارث برده بود و به علاوه مشغول ساخت تاسیسات بسیار پیشرفته جدیدی در نیویورک بود. این شرکت برخلاف رقبایش، قرار بود پیشرفته‌ترین امکانات تولیدی خود را نه در آسیا، بلکه در کشور‌های پیشرفته مستقر کند. این شرکت با آی‌بی‌ام و سامسونگ وارد مشارکتی شده بود تا به‌طور مشترک برای توسعه فناوری اقدام کنند و بدین ترتیب، مشتریان هم به سادگی می‌توانستند برای تولید تراشه‌های خود‌ با گلوبال فاند‌ریز یا با سامسونگ قرارداد منعقد کنند. به علاوه، شرکت‌های طراحی‌کننده تراشه اما فاقد کارخانه مشتاق یافتن رقیبی معتبر برای تی‌اس‌ام‌سی بودند، زیرا این غول تایوانی در آن زمان نیمی از بازار ریخته‌گری تراشه جهان را در اختیار داشت.

تنها رقیب عمده دیگر گلوبال فاندریز، سامسونگ بود که فناوری کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه‌اش تقریبا قابل‌مقایسه با تی‌اس‌ام‌سی بود، هرچند ظرفیت تولیدی بسیار کوچک‌تری داشت. با این حال، رقابت سامسونگ پیچیدگی‌هایی هم داشت، زیرا این شرکت به‌عنوان بخشی از فعالیتش، تراشه‌های طراحی‌شده توسط خودش را هم تولید می‌کرد. در حالی که شرکتی چون تی‌اس‌ام‌سی برای ده‌ها مشتری تراشه می‌ساخت و توجهش تنها معطوف راضی کردن آن‌ها بود، سامسونگ علاوه بر ریخته‌گری تراشه‌های طراحی‌شده توسط مشتریان، خط تولید گوشی هوشمند و سایر لوازم الکترونیکی مصرفی را هم داشت، لذا این شرکت با بسیاری از مشتریان خود در رقابت بود. این مشتری‌ها نگران آن بودند که با سپردن کار تولید تراشه‌هایشان به سامسونگ، این شرکت از ایده‌های موجود در‌ این تراشه‌ها برای تولید محصولات دیگر خود استفاده کند. این در حالی بود که تی‌اس‌ام‌سی و گلوبال فاندریز چنین تعارض منافعی را با مشتریان خود نداشتند.

حرکت به سوی فناوری ترانزیستورهای فین‌فت تنها شوک وارد‌شده به صنعت تراشه، هم‌زمان با تاسیس گلوبال فاندریز نبود. تی‌اس‌ام‌سی در فرآیند تولید ترانزیستورهای ۴٠ نانومتری با مشکلات قابل‌ملاحظه‌ای مواجه بود، و این امر به گلوبال فاندریز فرصتی می‌داد تا خود را از رقیب بزرگش جدا کند. علاوه بر این، بحران مالی سال‌های ٢٠٠٨ و ٢٠٠٩ برقراری نظم جدید در صنعت تراشه را با خطر روبه‌رو کرد. مصرف‌کنندگان، دیگر لوازم الکترونیکی مصرفی نمی‌خریدند. به همین علت، شرکت‌ها هم سفارش تراشه‌ها را متوقف کردند. بدین ترتیب، خرید نیمه‌رسانا‌ها به‌شدت کاهش یافت. به قول یکی از مدیران تی‌اس‌ام‌سی، وضع شرکت مانند آسانسوری بود که به سرعت در چاهی خالی پایین می‌رفت‌. بحران مالی تنها چیزی بود که می‌توانست صنعت تراشه را مختل کند و این اتفاق اکنون رخ داده بود.

با این همه، موریس چانگ قصد نداشت تسلط بر کسب‌و‌کار جهانی ریخته‌گری تراشه را از دست بدهد. او از زمانی که همکار قدیمی‌اش، جک کیلبی مدار‌ یکپارچه را اختراع کرد، از تمام چرخه‌های صنعت تراشه به سلامت عبور کرده بود. او مطمئن بود که این رکود هم روزی پایان خواهد یافت، شرکت‌هایی که بیش از حد گسترش یافته‌اند از این کسب‌و‌کار حذف خواهند شد، و تنها شرکت‌هایی باقی خواهند ماند که در دوران رکود برای کسب سهم در بازار سرمایه‌گذاری کرده‌اند. به علاوه، چانگ پیش‌ از دیگران متوجه شده بود که گوشی‌های هوشمند صنعت محاسبه - و در نتیجه، صنعت تراشه - را متحول خواهند کرد. در حالی که توجه رسانه‌ها معطوف سرمایه‌داران بزرگ جوانی چون مارک زاکربرگ،[[584]](#footnote-584) مدیر فیسبوک بود، کمتر کسی دیدگاه چانگ هفتادوهفت ساله را در مورد این صنعت داشت. او با درک این که تحولات حاصل از ورود دستگاه‌های همراه به بازار در حد تحولات حاصل از ورود رایانه‌های شخصی خواهد بود، به نشریه فوربس[[585]](#footnote-585) گفت دستگاه‌های همراه «قواعد بازی صنعت تراشه را متحول خواهند کرد». چانگ مصمم بود به هر قیمت ممکن، بزرگ‌ترین سهم در بازار را به دست آورد.

چانگ متوجه شده بود که تی‌اس‌ام‌سی به‌علت بی‌طرف بودن در میان شرکت‌های طراحی‌کننده تراشه، می‌تواند به لحاظ فناوری از رقبای خود پیشی گیرد. او این مدل تعامل را «ائتلاف بزرگ» نامیده بود: مشارکتی میان ده‌ها شرکت که تراشه طراحی می‌کنند؛ با صدور مجوز استفاده از دانش فنی و فناوری، حقوق مالکیت‌های فکری را به فروش می‌رسانند؛ مواد اولیه تولید می‌کنند؛ و ماشین‌آلات می‌سازند. بسیاری از این شرکت‌ها با هم در رقابت هستند، اما هیچ‌کدام رقیب تی‌اس‌ام‌سی نیستند، زیرا ویفر سیلیکونی تولید نمی‌کنند. بنابراین، تی‌اس‌ام‌سی می‌توانست با وضع استانداردهایی که بیشتر شرکت‌های دیگر در صنعت تراشه موافقت خواهند کرد از آن‌ها استفاده کنند، میان آن‌ها هماهنگی ایجاد کند. در واقع این شرکت‌های دیگر چاره‌ای جز این نداشتند، زیرا ‌سازگاری با فرآیندهای به‌کارگرفته‌شده در تی‌اس‌ام‌سی تقریبا برای همه شرکت‌ها ضروری بود. برای شرکت‌های فاقد کارخانه، تی‌اس‌ام‌سی عرضه‌کننده رقابت‌پذیرترین خدمات تولید بود. برای شرکت‌های تولید‌کننده تجهیزات و مواد اولیه تراشه‌سازی، تی‌اس‌ام‌سی بزرگ‌ترین مشتری بود. بدین ترتیب، وقتی کسب‌و‌کار گوشی‌های هوشمند شروع به رشد کرد و موجب افزایش تقاضا برای تراشه‌های سیلیکونی شد، موریس چانگ در مرکز این بازار جدید نشسته بود. او اعلام کرد «تی‌اس‌ام‌سی بر این نکته واقف است که در این بازار، نوآوری همه بازیگران اعم از خود ما، سازندگان تجهیزات و مواد اولیه مورد نیاز ما، مشتریان ما، و عرضه‌کنندگان دانش و فناوری (حقوق مالکیت‌های فکری) بسیار ضروری و مورد نیاز است. قدرت ائتلاف بزرگ در همین است». پیامدهای مالی این ائتلاف بسیار قابل‌ملاحظه‌ بود. او در جایی با غرور گفت «هزینه‌کرد مشترک تی‌اس‌ام‌سی و ده مشتری بزرگ آن در تحقیق و توسعه بیش از مجموع هزینه‌کرد سامسونگ و اینتل در این امر است. بدین ترتیب، در حالی که بخش قابل‌توجهی از بازار حول محور تی‌اس‌ام‌سی ائتلاف کرده بودند، صنایعی که همچنان بر حفظ الگوی کسب‌وکار «ادغام عملیات طراحی و تولید تراشه‌» اصرار می‌ورزیدند، توان رقابت را از دست دادند.

حفظ موقعیت تی‌اس‌ام‌سی در مرکز بازار جهانی نیمه‌رسانا‌ مستلزم آن بود که این شرکت ظرفیت تولید تراشه برای همه مشتریان بزرگ خود را داشته باشد. اما تحقق این مهم مستلزم صرف هزینه‌ای هنگفت بود. در بحبوحه بحران مالی، ریک سای،[[586]](#footnote-586) جانشینی که چانگ برای خود انتخاب کرده بود، مانند تقریبا همه مدیران دیگر رفتار کرد. او برخی کارکنانش را اخراج کرد و هزینه‌ها را کاهش داد. اما چانگ می‌خواست دقیقا خلاف این عمل کند. به زعم او، بازگرداندن کسب‌و‌کار تولید تراشه‌های ۴٠ نانومتری به وضع سابق مستلزم سرمایه‌گذاری در نیروی کار و فناوری بود. تلاش برای کسب سهم بزرگ‌تری در بازار گوشی هوشمند - به‌ویژه آیفون اپل که در سال ٢٠٠٧ وارد بازار شد و در ابتدا تراشه‌های کلیدی آن از رقیب اصلی تی‌اس‌ام‌سی، یعنی سامسونگ خریداری می‌شد - به سرمایه‌گذاری عظیمی در ظرفیت تراشه‌سازی نیاز داشت. چانگ معتقد بود سیاست کاهش هزینه‌های سای شکست خواهد خورد. او بعدها به خبرنگاران گفت «حجم سرمایه‌گذاری بسیار بسیار کم بود. من همیشه فکر می‌کردم شرکت می‌تواند بیشتر سرمایه‌گذاری کند… اما این امر هرگز رخ نداد. ما دچار ایستایی شده بودیم».

بنابراین، چانگ جانشین خود را اخراج کرد و خود مجددا هدایت مستقیم تی‌اس‌ام‌سی را به دست گرفت. در آن روز، ارزش سهام شرکت سقوط کرد، زیرا سرمایه‌گذاران نگران بودند که او برنامه هزینه‌کرد مخاطره‌آمیزی را، بدون تعیین دقیق نتایج آن به اجرا خواهد گذاشت. اما چانگ معتقد بود خطر واقعی در پذیرش وضعیت موجود است. او نمی‌خواست اجازه دهد بحران مالی تی‌اس‌ام‌سی را در مسابقه برای رهبری صنعت تراشه به خطر اندازد. او با نیم‌ قرن سابقه در تراشه‌سازی، عملا از اواسط دهه ١٩۵٠ بدین سو، برای خود اعتباری در این صنعت کسب کرده بود. بدین ترتیب، چانگ در اوج بحران، کارکنان اخراج‌شده توسط مدیرعامل پیشین را مجددا استخدام کرد و سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید برای تولید و همچنین در تحقیق و توسعه را دو برابر کرد. او علی‌رغم ادامه بحران، از افزایش چندین میلیارد دلاری هزینه‌کردهای سرمایه‌ای[[587]](#footnote-587) شرکت در سال‌های ٢٠٠٩ و ٢٠١٠ خبر داد. او می‌گفت داشتن ظرفیت اضافی برای تولید، بهتر از نداشتن ظرفیت کافی است. بدین ترتیب، هر کسی که می‌خواست وارد کسب‌وکار ریخته‌گری تراشه شود، با رقابت تمام‌عیار تی‌اس‌ام‌سی رو‌به‌رو می‌شد که به سرعت به سوی تسلط کامل بر بازار پررونق تراشه‌های گوشی هوشمند پیش‌ می‌رفت. چانگ در سال ٢٠١٢ و در حالی که وارد دهه ششم‌ حضورش در قله صنعت نیمه‌رسانا شده بود، اعلام کرد «ما تازه در اول راهیم».

## فصل ٣٨

**سیلیکون اپل**

بزرگ‌ترین شرکتی که از ظهور شرکت‌های ریخته‌گری تراشه چون تی‌اس‌ام‌سی منتفع شد، اپل بود که البته بیشتر مردم حتی نمی‌دانند تراشه هم تولید می‌کند. این شرکت که توسط استیو جابز تاسیس شده است، همواره به‌طور تخصصی سخت‌افزار تولید می‌کرد. بنابراین، جای تعجب ندارد که علاقه اپل به ارتقای کیفیت و قابلیت‌های دستگاه‌های خود، امکان کنترل سیلیکون‌های داخل آن‌ها را نیز دربرگیرد. استیو جابز از همان اولین روز‌های پس از تاسیس اپل، عمیقا به رابطه میان نرم‌افزار و سخت‌افزار فکر می‌کرد. او در سال ١٩٨٠، وقتی در اوج جوانی بود و موهایش روی شانه می‌ریخت و سبیلش لب بالایی او را می‌پوشاند، در یک سخنرانی این پرسش را مطرح کرد که «نرم‌افزار چیست». او در ادامه گفت «تنها پاسخی که برای این پرسش به ذهنم می‌رسد این است که نرم‌افزار چیزی به سرعت در حال تغییر است، به‌طوری که شما هرگز دقیقا نمی‌فهمید از آن چه می‌خواهید، یا اصلا وقت نمی‌کنید آن را در یک سخت‌افزار قرار دهید».

خود جابز هم وقت آن‌ را نیافته بود که تمام ایده‌های خود را در سخت‌افزار اولین نسل آیفون - که از سیستم‌عامل خود اپل به نام آی‌او‌اس[[588]](#footnote-588) استفاده می‌کرد، اما طراحی و تولید تراشه‌هایش به سامسونگ سپرده شده بود - قرار دهد. این گوشی جدید که انقلابی در صنعت موبایل به‌ پا کرده بود، تراشه‌های متعدد دیگری داشت که یک تراشه حافظه اینتل؛ یک پردازنده صدای طراحی‌شده توسط وُلفسن؛[[589]](#footnote-589) یک مودم ساخت اینفینیون[[590]](#footnote-590) آلمان برای برقراری ارتباط با شبکه تلفن همراه؛ یک تراشه بلوتوث که توسط سی‌اس‌آر[[591]](#footnote-591) طراحی شده بود؛ و یک آمپلیفایر ساخت اسکای‌وُرکس از جمله آن‌ها بودند. همه این قطعات توسط شرکت‌های دیگر طراحی شده بودند.

جابز در حالی که مدل‌های جدید آیفون را به بازار عرضه می‌کرد، از سوی دیگر در این فکر بود که ایده‌هایش در مورد گوشی هوشمند را در تراشه‌های ساخت خود شرکت اپل عملی سازد. یک سال پس از معرفی آیفون به بازار، اپل یک شرکت کوچک طراحی تراشه مستقر در سیلیکون‌ولی به نام پی‌اِی‌سِمی[[592]](#footnote-592) را خرید که در طراحی‌ پردازنده‌های کم‌مصرف تخصص داشت. به زودی، اپل شروع به استخدام برخی از بهترین طراحان تراشه کرد که در این صنعت مشغول به‌کار بودند. دو سال بعد، این شرکت اعلام کرد پردازنده کاربردی خود به نام اِی۴[[593]](#footnote-593) را طراحی کرده است و از آن در محصول جدیدش، آی‌پَد[[594]](#footnote-594) و همچنین در گوشی آیفون۴ استفاده کرد. طراحی تراشه‌هایی به پیچیدگی پردازنده‌هایی که قلب گوشی‌های هوشمند را تشکیل می‌دهند، بسیار گران تمام می‌شود. به همین علت است که بیشتر شرکت‌های تولید‌کننده گوشی‌های هوشمند درجه سه‌ و‌‌ دو بدین‌ منظور، پردازنده‌های از پیش‌آماده را از شرکت‌هایی چون‌ کوالکام می‌خرند. با این حال، اپل مبالغ هنگفتی را در تحقیق‌ و توسعه و طراحی تراشه، نه تنها در سیلیکون‌ولی، بلکه همچنین در باواریا و اسراییل سرمایه‌گذاری کرده است و مهندسان جدیدترین تراشه‌های آن را در این تاسیسات طراحی می‌کنند. اکنون اپل نه تنها پردازنده‌های اصلی بیشتر دستگاه‌های خود، بلکه تراشه‌های دیگری که در لوازمی چون اِرپاد[[595]](#footnote-595) به‌کار گرفته می‌شوند را نیز خود طراحی می‌کند. این سرمایه‌گذاری در نیمه‌رسانا‌های تخصصی، علت اصلی عملکرد عالی‌ محصولات اپل است. اپل ظرف چهار سال پس از معرفی آیفون به بازار، با کسب بیش از ۶٠ درصد سود حاصل از گوشی‌های هوشمند در جهان، رقبایی چون نوکیا[[596]](#footnote-596) و بلک‌بِری[[597]](#footnote-597) را شکست داد و تولید‌کنندگان گوشی هوشمند در شرق آسیا را مجبور کرد تنها در بازار کم‌سود گوشی‌های ارزان رقابت کنند.

در عین حال، اپل هم مانند کوالکام و دیگر شرکت‌های نیمه‌رسانا‌ که موتور محرک انقلاب تلفن همراه بودند، علی‌رغم طراحی تراشه‌های بیشتر و بیشتر، هیچ یک از این تراشه‌ها را خود تولید نمی‌کنند. اپل به خاطر برون‌سپاری عملیات سرهم‌بندی گوشی‌ها، تبلت‌ها و سایر محصولاتش به هزاران کارگر خطوط مونتاژ در چین که وظیفه‌ای جز متصل کردن و چسباندن قطعات کوچک این محصولات ندارند، معروف است. زیست‌بوم تاسیسات مونتاژ در چین بهترین محل در جهان برای ساخت لوازم الکترونیکی است. شرکت‌های تایوانی چون فاکسکان[[598]](#footnote-598) و ویستران[[599]](#footnote-599) که این تاسیسات را برای اپل اداره می‌کنند، قابلیت‌های منحصربه‌ فردی در تولید انبوه تلفن، رایانه شخصی و دیگر لوازم الکترونیکی دارند. با این همه، هرچند تاسیسات مونتاژ لوازم الکترونیکی در شهر‌هایی چون دُنگوان[[600]](#footnote-600) و ژِنگژائو[[601]](#footnote-601) در چین کارآمدترین‌های جهان‌اند؛ جایگزین‌ناپذیر نیستند. هنوز هم میلیون‌ها دهقان فقیر در جهان زندگی می‌کنند که با خوشحالی آماده‌اند در ازای ساعتی یک دلار دستمزد، قطعات آیفون را مونتاژ کنند. برای نمونه، فاکسکان بیشتر محصولات اپل را در چین مونتاژ، و برخی را هم در ویتنام و هند تولید می‌کند.

برخلاف کارگران خطوط مونتاژ، به سختی بتوان جایگزینی برای تراشه‌های به‌کارگرفته‌شده در گوشی‌های هوشمند یافت. با کوچک شدن ترانزیستورها، تولید آن‌ها به‌طور فزاینده‌ای دشوار شده است. بر همین اساس، تعداد شرکت‌های نیمه‌رسانا‌یی که می‌توانند تراشه‌های پیشرفته تولید کنند، کاهش یافته است. تا سال ٢٠١٠، یعنی زمانی که اپل اولین تراشه خود را وارد بازار کرد، تنها تعداد انگشت‌شماری شرکت ریخته‌گری تراشه در جهان باقی مانده بود: تی‌اس‌ام‌سی تایوان، سامسونگ کره جنوبی، و - شاید - گلوبال فاندریز، البته در صورتی که می‌توانست سهمی در بازار به دست آورد. از سوی دیگر، اینتل که همچنان پیشرو کوچک‌سازی ترانزیستورها در جهان بود، به جای تولید پردازنده برای تلفن‌های شرکت‌های دیگر، بر ساخت تراشه‌های خود برای رایانه‌های شخصی و سرور تمرکز کرده بود. در این میان، شرکت‌های چینی ریخته‌گری تراشه مثل اس‌ام‌آی‌سی، علی‌رغم تلاش در جهت رسیدن به پیشگامان این صنعت، سال‌ها با آن‌ها فاصله داشتند.

به همین علت، زنجیره تأمین گوشی‌های هوشمند با زنجیره تأمین رایانه‌های شخصی تفاوت بسیار دارد. گوشی‌های هوشمند و رایانه‌های شخصی هر دو عمدتا در چین مونتاژ می‌شوند، در حالی که ارزشمندترین قطعات آن‌ها بیشتر در ایالات متحده، اروپا، ژاپن یا کره طراحی می‌شوند. در مورد رایانه‌های شخصی، بیشتر پردازنده‌ها متعلق به اینتل هستند و در کارخانه‌های این شرکت در ایالات متحده، ایرلند و اسراییل تولید می‌شوند. اما موضوع در مورد گوشی‌های هوشمند متفاوت است. گوشی‌های هوشمند از تعداد زیادی رایانه تشکیل شده‌اند که نه فقط پردازنده اصلی (که توسط خود اپل طراحی می‌شوند)، بلکه تراشه‌های مودم و فرکانس رادیویی برای برقراری ارتباط با شبکه‌های تلفن همراه، تراشه‌های برقرار‌کننده ارتباطات وای‌فای و بلوتوث، تراشه حسگر تصویر برای دوربین، حداقل دو تراشه حافظه، تراشه‌هایی برای مدیریت باتری، صدا و شارژ بی‌سیم تلفن را نیز شامل می‌شود. بخش عمده هزینه ساخت گوشی‌های هوشمند به این تراشه‌ها مربوط می‌شود.

با انتقال ظرفیت‌های تولید نیمه‌رسانا‌ به تایوان و کره جنوبی، قابلیت‌های تولیدی بسیاری از این تراشه‌ها نیز به این دو کشور منتقل شده است. پردازنده‌های کاربردی که مغز الکترونیکی گوشی‌های هوشمند را تشکیل می‌دهند، عمدتا در تایوان و کره جنوبی تولید، و سپس برای مونتاژ نهایی در بدنه گوشی‌های هوشمند، به چین ارسال می‌شوند. در این میان، پردازنده‌های آیفون فقط در تایوان تولید می‌شوند. امروز، هیچ شرکتی به جز تی‌اس‌ام‌سی مهارت و ظرفیت تولید لازم برای ساخت تراشه‌های مورد نیاز اپل را ندارد. به همین علت، عبارت «طراحی‌شده در اپل کالیفرنیا، مونتاژشده در چین» که در پشت گوشی‌های آیفون حک می‌شود، بسیار گمراه‌کننده است. درست است که جایگزین‌ناپذیرترین قطعات‌ آیفون در کالیفرنیا طراحی، و در چين مونتاژ می‌شوند؛ اما این نکته نیز نباید فراموش شود که تولید آن‌ها تنها در تایوان ممکن است.

## فصل ٣٩

**اشعه فرابنفش فرین[[602]](#footnote-602)**

در کسب‌و‌کار نیمه‌رسانا، اپل تنها شرکتی نیست که زنجیره تأمین آن به‌طور گیج‌کننده‌ای پیچیده است. در اواخر دهه ٢٠١٠، شرکت لیتوگرافی هلندی ای‌اس‌ام‌ال سابقه‌ای حدودا بیست‌‌ساله در تلاش برای بهره‌برداری از فناوری اشعه فرابنفش فرین داشت. انجام این کار مستلزم جست‌وجویی بی‌امان در سرتاسر جهان به دنبال پیشرفته‌ترین قطعات، خالص‌ترین مواد، قدرتمندترین لیزرها و دقیق‌ترین حسگر‌ها است. کار روی اشعه فرابنفش فرین یکی از بزرگ‌ترین قمار‌های دوران ما در زمینه فناوری بود. در سال ٢٠١٠، سال‌ها پیش‌ از آن که ای‌اس‌ام‌ال دستگاهی با فناوری اشعه فرابنفش فرین بسازد، اینتل، سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی به‌طور مستقیم در ای‌اس‌ام‌ال سرمایه‌گذاری کردند تا مطمئن شوند این شرکت بودجه لازم را برای ادامه تلاش جهت ساخت و دستگاه‌های مجهز به فناوری اشعه فرابنفش فرین - که در آینده مورد نیاز تاسیسات تراشه‌سازی آن‌ها خواهد بود - در اختیار دارد. اینتل در سال ٢٠١٠، به تنهایی چهار میلیارد دلار در ای‌اس‌ام‌ال سرمایه‌گذاری کرد. این مبلغ بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری این شرکت در شرکت‌های دیگر، تا آن زمان بود. البته اینتل پیش‌تر، یعنی در دوره اندی گرو هم میلیارد‌ها دلار به‌صورت سرمایه‌گذاری یا اعطای وام بلاعوض صرف تلاش‌ها در جهت توسعه فناوری اشعه فرابنفش فرین کرده بود.

روش کلی کار در دستگاه‌های لیتوگرافی مجهز به فناوری اشعه فرابنفش فرین نسبت به زمانی که اینتل و کنسرسیومی از سایر شرکت‌های تراشه‌سازی، به قول یکی از دانشمندان حاضر در این پروژه «منابع بی‌پایانی را در اختیار تعدادی از آزمایشگاه‌های ملی گذاشتند تا مشکلی لاینحل را از پیش‌ روی آن‌ها بردارند»، تغییر چندانی نکرده بود. روش کار همچنان تقريبا مشابه روش کار جِی‌ لتروپ با میکروسکوپ وارونه‌اش بود: نور توسط یک منبع نور تولید می‌شود؛ صفحه‌ای که طرح خاصی روی آن بریده شده است (ماسک)، جلوی منبع نور نصب می‌شود؛ نور از میان صفحه، طرح مورد نظر را روی لایه‌ای از مواد شیمیایی فتورزیست می‌تاباند که روی یک ویفر سیلیکونی کشیده شده است؛ لایه مواد فتورزیست در اثر واکنش این مواد در محل‌های تابش نور از بین می‌رود و طرح‌های مورد نظر به‌طور کاملا دقیق‌ روی ویفر سیلیکونی چاپ می‌شود. در ادامه می‌توان در آن محل‌ها مواد دیگری را رسوب‌گذاری کرد با بخشی از خود ویفر سیلیکونی را تراشید و بدین ترتیب تراشه‌ای تولید کرد که کاری که برای آن ساخته می‌شود را به‌طور کاملا دقیق انجام می‌دهد.

لتروپ از نور مرئی ساده و مواد فتورزیست معمولی تولیدشده توسط کداک که به‌صورت آماده در فروشگاه‌ها به فروش می‌رفت، استفاده کرده بود. با گذشت زمان و با به‌کارگیری لنز‌ها و مواد پیچیده‌تر، سرانجام چاپ طرح‌های کوچک‌تری در مقیاس چندصد نانومتری روی ویفر‌های سیلیکونی امکان‌پذیر شد‌. اما این حقیقت که طول موج همه نورهای مرئی حداقل چندصد نانومتر است، روند هرچه کوچک‌تر شدن ترانزیستورها را با مانعی جدی رو‌به‌رو کرد. صنعت تراشه سپس به طیف اشعه‌های فرابنفش روی آورد که طول موجشان از 248 تا 193 نانومتر است. این طول موج‌ها در مقایسه با نورهای مرئی، طرح‌های دقیق‌تری را روی ویفر سیلیکونی حک می‌کردند اما به هر حال، محدودیت خاص خود را داشتند. بدین ترتیب، صنعت تراشه به اشعه فرابنفش فرین با طول موجی در حد ١٣.۵ نانومتر امید بست.

استفاده از اشعه فرابنفش فرین مشکلات جدیدی را به همراه آورد که حل آن در عمل غیرممکن از آب درآمد: در حالی که لتروپ از یک میکروسکوپ، نورهای مرئی و مواد فتورزیست معمولی تولیدشده توسط کداک استفاده می‌کرد، تمامی اجزای کلیدی فناوری اشعه فرابنفش فرین باید به‌طور ویژه برای این منظور تولید شوند. واقعیت این است که خرید لامپ اشعه فرابنفش فرین از بازار غیرممکن است. به علاوه، تولید اشعه فرابنفش فرین به اندازه‌ای که برای لیتوگرافی تراشه کافی باشد، مستلزم منفجر کردن یک توپ کوچک ساخته‌شده از قلع با استفاده از اشعه لیزر است. شرکت سایمِر[[603]](#footnote-603) که توسط دو متخصص لیزر از دانشگاه‌ کالیفرنیا تاسیس شده بود، از دهه ١٩٨٠ بدین سو، از بازیگران مهم بازار تأمین منابع نور برای صنعت‌ لیتوگرافی بود. مهندسان این شرکت دریافته بودند بهترین رویکرد برای انجام این کار شلیک اشعه لیزر به توپ کوچکی از قلع با قطری حدود سی میلیونیوم متر است که با سرعتی حدود سیصدوبیست کیلومتر در ساعت در خلا حرکت می‌کند. در این روش، به قطعه ساخته‌شده از قلع دو بار با لیزر شلیک می‌کنند. شلیک اول برای اصطلاحا گرم کردن قطعه قلع انجام می‌شود. با شلیک دوم، قطعه قلع منفجر و به حالت پلاسمایی با درجه حرارتی حدود ٢٨٠ هزار درجه سانتیگراد، یعنی به دفعات داغ‌تر از سطح خورشید در می‌آید. سپس این فرآیند انفجار قطعه قلع با تواتر ۵٠ هزار بار در ثانیه تکرار می‌شود تا اشعه فرابنفش فرین در مقادیر لازم برای ساخت تراشه تولید شود. این در حالی است که فرآیند لیتوگرافی جی لتروپ به یک لامپ ساده به‌عنوان منبع نور متکی بود. بنابراین، ملاحظه می‌شود که میزان افزایش پیچیدگی‌ها در این فرآیند باورنکردنی است.

کارآمد بودن منبع نور تولید‌شده توسط سایمر مدیون لیزر دی‌اکسید‌کربنی جدیدی بود که می‌توانست با قدرت کافی و البته بی‌سابقه، قطرات قلع را منفجر و به ذرات بسیار ریز تبدیل کند. در تابستان ٢٠٠۵، دو مهندس در سایمر از یک شرکت آلمانی تولید‌کننده ابزارآلات دقیق به نام ترامپف[[604]](#footnote-604) خواستند برای آن‌ها چنین لیزری بسازد. ترامپف در همان زمان هم بهترین لیزرهای دی‌اکسید‌کربنی را برای کاربرد‌های صنعتی، مثل برش دقیق تولید می‌کرد. این لیزرها بهترین نماد ماشین‌کاری در صنعت پیشرفته آلمان بودند. از آنجا که ٨٠ درصد انرژی تولیدشده توسط لیزر دی‌اکسید‌کربنی حرارت‌ و تنها ٢٠ درصد آن نور است، بیرون کشیدن حرارت از این دستگاه چالشی بسیار کلیدی است. ترامپف پیش‌تر سامانه‌ای متشکل از دمنده‌ها را ابداع کرده بود که هواکش‌های آن با سرعت هزار دور در ثانیه می‌چرخیدند. این سرعت بسیار بالاتر از آن بود که یاتاقان‌های مکانیکی پاسخگوی آن باشد. بدین ترتیب، شرکت یاد گرفت به جای یاتاقان، از آهن‌ربا استفاده کند. بر این اساس، هواکش‌ها در هوا شناور بودند و بدون سایش با قطعات دیگر و به خطر انداختن قابلیت اتکای کل دستگاه، حرارت را از آن بیرون می‌کشیدند.

ترامپف در دقت و قابلیت اعتماد در سطحی که مورد نیاز سایمر بود، شهرت و سابقه‌ای درخشان داشت. اما در این مورد، سوال این بود که آیا ترامپف می‌تواند دستگاهی را با قدرت مورد نیاز سایمر بسازد یا خیر. لیزرهای اشعه فرابنفش فرین می‌بایست به‌طور قابل‌ملاحظه‌ قدرتمندتر از لیزر‌هایی می‌بودند که ترامپف تا آن زمان تولید می‌کرد. به علاوه، سطح دقت مورد نیاز سایمر هم بسیار بالاتر از دقت کار‌های پیشین ترامپف بود. این شرکت پیشنهاد کرد برای رفع نیاز سایمر دستگاه لیزری متشکل از چهار جزء بسازد: دو پیش‌لیزر[[605]](#footnote-605) که قدرت کمی دارند، اما هر یک از شلیک‌ها را به دقت زمان‌بندی می‌کنند تا دستگاه بتواند در هر ثانیه ۵٠ میلیون بار به قطرات قلع شلیک کند؛ چهار تشدیدکننده[[606]](#footnote-606) که قدرت اشعه را افزایش می‌دهند؛ یک سامانه فوق‌دقیق «انتقال اشعه»[[607]](#footnote-607) که اشعه را در طول مسافتی سی‌متری به سوی اتاقک حاوی قطرات قلع هدایت می‌کند؛ و یک دستگاه تمرکز نهایی برای اطمینان از این که اشعه لیزر با تواتر ۵٠ میلیون بار در ثانیه به هدف برخورد می‌کند.

هر یک از این مراحل به نوآوری‌های جدیدی نیاز داشت. چگالی گاز‌های خاص مورد استفاده در اتاقک لیزر می‌بایست همواره ثابت نگه داشته می‌شد. خود قطرات قلع نور را منعکس می‌کردند و این خطر وجود داشت که نور منعکس‌شده به داخل دستگاه بازتابیده شود و با عملکرد دستگاه تداخل ایجاد کند؛ به منظور جلوگیری از این اتفاق، ابزار‌های نوری خاصی مورد نیاز بود. ترامپف همچنین به الماس‌های صنعتی خاصی نیاز داشت تا با آن‌ها پنجره‌های لازم را برای خروج اشعه لیزر از اتاقک بسازد، و برای ساخت این الماس‌های جدید فوق‌خالص مجبور بود با شرکت‌های دیگر همکاری کند. ترامپف یک دهه وقت صرف کرد تا بر این چالش‌ها فائق آید و لیزر‌هایی با قدرت و قابلیت اتکای کافی تولید‌ کند. هر یک از این دستگاه‌های لیزر جدید دقیقا از 457,329 قطعه تشکیل می‌شد.

پس از آن که سایمر و ترامپف راهی برای منفجر کردن قلع یافتند، به‌طوری که به قدر کافی اشعه فرابنفش فرین ساطع کند، گام بعدی ساختن آیینه‌هایی بود که این اشعه‌ها را در یک جا جمع، و به سوی تراشه سیلیکونی هدایت کنند. شرکت آلمانی زایس، تولید‌کننده پیشرفته‌ترین دستگاه‌های نوری جهان، از زمانی که پِرکین اِلمر و جی‌سی‌اِی وارد کسب‌و‌کار لیتوگرافی شدند، برای دستگاه‌های آن‌ها آیینه و عدسی می‌ساخت. اما تفاوت‌ میان قطعات نوری مورد استفاده در دستگاه‌های لیتوگرافی قدیمی و دستگاه‌های مجهز به اشعه فرابنفش فرین تقریبا به بزرگی تفاوت میان لامپ حبابی جی‌ لتروپ و سامانه انفجار قطرات قلع در دستگاه‌های سایمر بود.

مهم‌ترین چالش پیش‌ روی زایس در راه تولید این قطعات نوری این بود که اشعه فرابنفش فرین به سادگی بازتابیده نمی‌شود. واقعیت این است که طول موج ١٣.۵ نانومتری اشعه فرابنفش فرین به اشعه اِکس نزدیک‌تر است، تا به نور مرئی. به علاوه، اشعه فرابنفش فرین هم مانند اشعه اکس پس از برخورد با بسیاری از مواد، به جای بازتابش، جذب آن‌ها می‌شود. زایس ‌شروع به ساختن آیینه‌هایی کرد که از یکصد لایه مولیبدن و سیلیکون با ضخامت تنها چند نانومتر تشکیل می‌شد که به‌طور متناوب روی هم قرار می‌گرفتند. پژوهشگران آزمایشگاه ملی لارِنس لیوِرمور در مقاله‌ای که در سال ١٩٩٨ منتشر کرده بودند، چنین آیینه‌ای را به‌عنوان بهترین آیینه برای اشعه فرابنفش فرین معرفی کرده بودند؛ اما ساختن این آیینه با دقتی در مقیاس نانومتر در عمل تقریبا غیرممکن از آب درآمد. در نهایت، زایس توانست آیینه‌ای بسازد که صیقلی‌ترین جسم ساخته‌شده تا آن زمان با کمترین ناخالصی ممکن بود. این شرکت ادعا می‌کرد اگر این آیینه به بزرگی مساحت آلمان ساخته شود، بزرگ‌ترین بی‌نظمی روی سطح آن به اندازه یک‌دهم میلیمتر خواهد بود. این آیینه‌ها برای آن که اشعه فرابنفش فرین را با دقت هدایت کنند، می‌بایست کاملا ثابت نگه داشته می‌شدند و برای این کار از قطعات مکانیکی و حسگر‌هایی دقیقی استفاده شده بود که به ادعای زایس، می‌توانستند برای شلیک لیزر به یک توپ گلف در مسافتی به اندازه فاصله کره ماه از زمین به‌کار گرفته شوند.

برای فریتس ون‌هاوتس[[608]](#footnote-608) که مدیریت‌ کسب‌و‌کار لیتوگرافی اشعه فرابنفش فرین شرکت ای‌اس‌ام‌ال را در سال ٢٠١٣ به عهده گرفت، مهم‌ترین نهاده دستگاه‌های لیتوگرافی اشعه فرابنفش فرین، نه هر یک از قطعات خاص آن، بلکه مهارت خود این شرکت در مدیریت زنجیره تأمین بود. ون‌هاوتس در توضیح اعلام کرد ای‌اس‌ام‌ال این شبکه متشکل از روابط تجاری را «مانند یک ماشین» مدیریت می‌کند و بدین ترتیب، سیستمی شامل چندین هزار شرکت را ایجاد کرده است که می‌توانند الزامات سخت‌گیرانه ای‌اس‌ام‌ال را برآورده کنند. طبق تخمین‌های او، خود ای‌اس‌ام‌ال تنها ١۵ درصد اجزای دستگاه‌های لیتوگرافی اشعه فرابنفش فرین را تولید می‌کرد و بقیه را از دیگر شرکت‌ها می‌خرید. این سیستم به ای‌اس‌ام‌ال اجازه می‌داد به دقیق‌ترین محصولات مهندسی جهان دسترسی داشته باشد؛ اما در عین حال، مستلزم نظارت مستمر هم بود.

با این همه، این شرکت برای تهیه اجزای کلیدی دستگاه اشعه فرابنفش فرین، گزینه‌ای جز اتکا به تنها یک منبع نداشت. برای مدیریت این وضعیت، ای‌اس‌ام‌ال به بررسی وضعیت عرضه‌کنندگانِ عرضه‌کنندگانِ خود پرداخت تا خطرات موجود در این بازار را شناسایی کند. این شرکت برای کاهش این خطرات، حتی در برخی عرضه‌کنندگان سرمایه‌گذاری کرد. از جمله این سرمایه‌گذاری‌ها، می‌توان به پرداخت یک میلیارد دلار به زایس در سال ٢٠١۶ به منظور تأمین مالی فرآیند تحقیق و توسعه آن شرکت اشاره کرد. البته ای‌اس‌ام‌ال در هر حال، همه عرضه‌کنندگان را مجبور به رعایت معیار‌های سخت‌گیرانه خود می‌کرد. در همین راستا، پیتر وِنیک،[[609]](#footnote-609) مدیرعامل ای‌اس‌ام‌ال به یکی از عرضه‌کنندگان گفته بود «اگر طبق خواسته ما عمل نکنید، شرکت شما را خواهیم خرید». او شوخی نمی‌کرد: ای‌اس‌ام‌ال در نهایت چندین عرضه‌کننده خود، از جمله سایمر را خرید، زیرا به این نتیجه رسیده بود که بدین ترتیب، خود بهتر می‌تواند آن‌ها را مدیریت کند.

نتیجه این اقدامات، دستگاهی بود با صدها هزار قطعه که برای ساخت آن میلیارد‌ها دلار هزینه و چندین دهه وقت صرف شده بود. در این میان، معجزه نه صرفا در کار کردن این دستگاه؛ بلکه در قابلیت اتکای به عملکرد آن نهفته است که می‌تواند تراشه‌ها را به‌صورت هزینه-کارآمد تولید کند. در فرآیند تولید این دستگاه، قابلیت اتکای بسیار بالا در انتخاب تک‌تک اجزائی که قرار بود در این دستگاه به‌کار گرفته شوند، نقش‌ کلیدی داشت. ای‌اس‌ام‌ال برای تایید تک‌تک اجزای دستگاه این شرط را گذاشته بود که پیش از آن که نیاز به تعمیر پیدا کنند، باید به‌طور متوسط حداقل سی‌‌هزار ساعت - تقریبا چهار سال - کار کنند. البته دستگاه عملا در فواصل کوتاه‌تری به تعمیر نیاز پیدا می‌کرد، زیرا قطعات مختلف هم‌زمان خراب نمی‌شدند. هر یک از دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین بیش از صدمیلیون دلار قیمت دارد. بنابراین، هر ساعت توقف یکی از آن‌ها، ضرری هزاران دلاری به‌علت عدم تولید را برای تراشه‌سازان به همراه دارد.

کارآیی دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین تا حدی نتیجه کارآیی نرم‌افزار‌های آن‌ها هم هست. ای‌اس‌ام‌ال از الگوریتم‌های تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌کننده استفاده می‌کند تا بتواند زمان تعویض قطعات و اجزا را پیش‌ از خرابی آن‌ها حدس بزند. این شرکت همچنین از نرم‌افزاری خاص برای مدیریت فرآیندی به نام لیتوگرافی محاسباتی[[610]](#footnote-610) به منظور چاپ دقیق‌تر طرح‌ها روی ویفر‌های سیلیکونی بهره می‌گیرد. غیر‌قابل‌پیش‌بینی بودن چگونگی واکنش امواج اشعه فرابنفش فرین با مواد شیمیایی فتورزیست مشکلاتی را ایجاد کرد که معمولا در لیتوگرافی با نورهای دارای طول موج بالاتر دیده نمی‌شد. برای اصلاح این ناهنجاری‌ها در نحوه شکست نور، دستگاه‌های لیتوگرافی ای‌اس‌ام‌ال نور را با طرح‌هایی غیر از آنچه تراشه‌سازان در نظر داشتند روی تراشه حک شود، بر آن می‌تابانند. برای نمونه، چاپ کردن شکل x روی تراشه مستلزم آن است که نور با طرحی کاملا متفاوت بر تراشه تابانده شود، اما نهایتا شکل x روی ویفر سیلیکونی حک خواهد شد.

علت عملکرد بسیار قابل‌اتکای محصولات نهایی - تراشه‌ها - این است که تنها از یک جزء منفرد تشکیل شده‌اند: یک بلوک سیلیکونی که روی آن فلزات دیگری قرار گرفته است. هیچ قطعه متحرکی در تراشه وجود ندارد؛ مگر این که بخواهیم الکترون‌هایی که به سرعت در داخل آن حرکت می‌کنند را قطعه متحرک محسوب کنیم. با این حال، تولید این پیشرفته‌ترین نیمه‌رساناها به برخی از پیچیده‌ترین ماشین‌آلاتی متکی است که تاکنون ساخته شده‌اند. دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین ای‌اس‌ام‌ال گران‌ترین ماشینی است که در طول تاریخ در سطح انبوه تولید شده است. این دستگاه به قدری پیچیده است که استفاده از آن بدون کسب آموزش‌های پیشرفته از خود پرسنل ای‌اس‌ام‌ال - که در سرتاسر طول عمر دستگاه در کنار آن حضور دارند - ممکن نیست. اما ای‌اس‌ام‌ال خود مشتاقانه می‌پذیرد که تخصص اصلی این شرکت، در توانایی آن در سازمان‌دهی شبکه‌ای بسیار گسترده از متخصصان علوم و فنون نور، طراحان نرم‌افزار، شرکت‌های تولید‌کننده دستگاه‌های لیزر و شرکت‌های متعدد دیگری نهفته است که قابلیت‌های آن‌ها برای محقق ساختن رویای لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین ضروری است.

اظهار تاسف از برون‌سپاری فرامرزی تولید تراشه، همان‌طور که اندی گرو در آخرین سال‌های عمرش می‌کرد، اصلا دشوار نیست. اگر هر کدام از اقتصاددانان ملی‌گرای آمریکایی از تاریخچه لیتوگرافی تراشه یا فناوری اشعه فرابنفش فرین اطلاع می‌یافتند، بی‌شک از آشنایی با این حقیقت که ای‌اس‌ام‌ال، به‌عنوان شرکتی هلندی فناوری‌ای را تجاری‌سازی کرده است که آزمایشگاه‌های ملی آمریکایی پیشگام خلق آن بودند و شرکت آمریکایی اینتل تأمین‌کننده اصلی منابع مالی آن بود، رنجیده خاطر می‌شدند. با این همه، دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین ای‌اس‌ام‌ال واقعا هلندی نبودند؛ هرچند عمدتا در این کشور مونتاژ می‌شدند. مهم‌ترین اجزای این دستگاه‌ها ساخت شرکت سایمر در کالیفرنیا و شرکت‌های زایس و ترامپف در آلمان بودند. حتی‌ این دو شرکت آلمانی هم خود به برخی تجهیزات مهم آمریکایی متکی بودند. نکته مهم در مورد فرآیند تولید دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین این بود که تنها یک کشور نمی‌تواند ادعا کند مالک این دستگاه معجزه‌آسا است؛ بلکه این دستگاه محصول چندین کشور است. در واقع، این دستگاه که از صدها هزار قطعه تشکیل شده است، خود پدر‌های متعددی دارد.

اندی گرو پیش از آن که ٢٠٠ میلیون دلار در پروژه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین جان کاروترز سرمایه‌گذاری کند، از او پرسیده بود «آیا واقعا کار خواهد کرد». پس از سه دهه سرمایه‌گذاری، هزینه‌کرد میلیارد‌ها دلار پول، مجموعه‌ای از نوآوری‌های فناورانه، و ایجاد یکی از پیچیده‌ترین زنجیره‌های تأمین در جهان، اکنون در اواسط دهه ٢٠١٠، دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین ای‌اس‌ام‌ال سرانجام آماده به‌کارگیری در پیشرفته‌ترین کارخانه‌های تولید تراشه جهان بودند.

## فصل ۴٠

**«برنامه جایگزینی وجود ندارد‌»**

در سال ٢٠١٠، تونی یِن[[611]](#footnote-611) با این پرسش روبه‌رو شد که اگر دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین که ای‌اس‌ام‌ال در حال ساخت آن است کار کند، چه می‌شود. ین طی بیست‌و‌پنج سال گذشته در پیشرفته‌ترین سطوح فناوری لیتوگرافی کار کرده بود. او در سال ١٩٩١، در حالی که به تازگی از ام‌آی‌تی فارغ‌التحصیل شده بود، به استخدام تگزاس اینسترومنتس درآمد و در آنجا روی یکی از آخرین دستگاه‌های لیتوگرافی که جی‌سی‌ای پیش از ورشکستگی تولید کرده بود، کار کرد. او سپس در اواخر دهه ١٩٩٠ و درست هم‌زمان با معرفی دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش عمیق‌[[612]](#footnote-612) به بازار - که امواج نوری با طول موج ١٩٣ نانومتر تولید می‌کرد - به تی‌اس‌ام‌سی پیوست. برای نزدیک به دو دهه، صنعت تراشه برای تولید ترانزیستورهای هرچه کوچک‌تر به این دستگاه‌ها متکی بود. این دستگاه‌ها از مجموعه‌ای از ترفندهای نوری مانند تاباندن نور از میان آب یا از میان چند ماسک استفاده می‌کردند تا امواج نوری با طول موج ١٩٣ نانومتر بتواند طرح‌های بسیار کوچک‌تر از این مقیاس را تولید کند. این ترفندها قانون مور را زنده نگه داشت، زیرا صنعت تراشه را قادر ساخت در اواخر دهه ١٩٩٠ ترانزیستور‌هایی کوچک‌تر از نسل ١٨٠ نانومتری تولید کند و به اولین مراحل ساخت تراشه فین‌فت سه‌بعدی برسد. این نسل جدید تراشه‌ها در اواسط دهه ٢٠١٠ آماده تولید انبوه شد.

در عین حال، همه این ترفندها تنها توانسته بود کمک کند امواج نوری با طول موج ١٩٣ نانومتری طرح‌هایی کوچک‌تر از این مقیاس را روی تراشه حک کند. از سوی دیگر، هر ترفند جدیدی متضمن صرف وقت و هزینه بیشتری بود. تا اواسط دهه ٢٠١٠، شاید این امکان وجود داشت که با کمک چند ترفند جدید، صنعت تراشه تحولاتی را شاهد باشد؛ اما حفظ قانون مور مستلزم تولید دستگاه‌های لیتوگرافی بهتر برای حک کردن طرح‌های کوچک‌تر روی تراشه‌ها بود. در این میان، تنها امید صنعت این بود که دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین که پروژه ساخت آن در اوایل دهه ١٩٩٠ آغاز شده بود، سرانجام در مقیاس تجاری به‌کار بیفتد. اما اگر چنین نمی‌شد، جایگزین این راه‌حل چه بود؟ ین می‌دانست که «برنامه جایگزینی وجود ندارد».

موریس چانگ بیش از هر کس دیگری در صنعت نیمه‌رسانا، روی لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین قمار کرد. تیم لیتوگرافی تی‌اس‌ام‌ال در مورد آمادگی دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین برای ورود به عرصه تولید انبوه اصلا اتفاق نظر نداشتند. در عین حال، شانگ-یی چیانگ،[[613]](#footnote-613) مهندس خوش اخلاقی که ریاست بخش تحقیق و توسعه تی‌اس‌ام‌ال را به عهده داشت و عموم صاحب‌نظران فناوری درجه یک تولیدشده توسط این شرکت را نتیجه تلاش‌های او می‌دانستند، اطمینان داشت لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین تنها راه پیشرفت است. چیانگ که زاده شهر چُنگکینگ[[614]](#footnote-614) چین بود، مانند موریس در دوران کودکی به همراه خانواده‌اش از تهاجم ژاپنی‌ها فرار کرده بود. او در تایوان بزرگ شده بود و پس از مهاجرت به آمریکا در استنفورد تحصیل کرده و آنگاه در تی‌آی در تگزاس و اچ‌پی در سیلیکون‌ولی مشغول به‌کار شده بود. او در سال ١٩٩٧، پس از آن که تی‌اس‌ام‌سی بدون هیچ مقدمه‌ای با او تماس گرفت و - با وعده مزایایی قابل‌ملاحظه‌ - به او پیشنهاد کار داد، به تایوان بازگشت تا در بنا کردن این شرکت سهیم باشد. در سال ٢٠٠۶، او تصمیم گرفت بازنشسته شود و به کالیفرنیا بازگردد؛ اما وقتی تی‌اس‌ام‌سی در سال ‌٢٠٠٩ در فرآیند تولید تراشه‌های نسل ۴٠ نانومتری خود با مشکل روبه‌رو شد، موریس که از همه جا نا‌امید شده بود، از چیانگ خواست به تایوان بازگردد و مجددا مدیریت بخش تحقیق و توسعه شرکت را به عهده بگیرد.

چیانگ که تجربه‌کار در تگزاس، کالیفرنیا و تایوان را داشت، همواره تحت تاثیر بلندپروازی و اخلاق‌کاری حاکم بر تی‌اس‌ام‌سی قرار داشت. این بلندپروازی از چشم‌انداز موریس چانگ در مورد فناوری برتر جهان نشأت می‌گرفت که در آمادگی او برای هزینه‌کرد مبالغ هنگفت برای توسعه تیم تحقیق و توسعه تی‌اس‌ام‌سی از ١٢٠ نفر در سال ١٩٩٧، به ٧٠٠٠ نفر در سال ٢٠١٣ مشهود بود. این اشتیاق موریس به کل شرکت سرایت کرده بود. چیانگ در این خصوص گفته بود «مردم در تایوان بسیار سخت کار می‌کردند». در عین حال، از آنجا که در صنعت تراشه، تجهیزات تولید بخش اعظم هزینه یک کارخانه پیشرفته را به خود اختصاص می‌دهد، حفظ تجهیزات در وضعیت عملیاتی برای سودآوری شرکت ضروری است. در این خصوص، چیانگ گفته بود در ایالات متحده اگر چیزی در ساعت ١ صبح خراب می‌شد، مهندسان صبح همان روز تعمیرش می‌کردند؛ اما در تی‌اس‌ام‌سی، چیزی که ساعت ١ صبح خراب می‌شود، تا ساعت ٢ صبح تعمیر شده است. «مهندسان تایوانی اهل اعتراض نیستند، و همسران آن‌ها اعتراض نمی‌کنند». با بازگشت چیانگ به ریاست تیم تحقیق و توسعه تی‌اس‌ام‌سی، این شرکت با سرعت به سوی فناوری اشعه فرابنفش فرین حرکت کرد. او در یافتن کارکنانی که آماده کار در سرتاسر شب بودند، هیچ مشکلی نداشت. او درخواست کرد سه اسکنر اشعه فرابنفش فرین برای آزمایش در یکی از بزرگ‌ترین تاسیسات تولیدی شرکت نصب شود. او همچنین در قالب مشارکت تی‌اس‌ام‌سی با ای‌اس‌ام‌ال، از صرف هیچ هزینه‌ای در آزمایش و ارتقای دستگاه‌های اشعه فرابنفش فرین دریغ نکرد.

گلوبال فاندریز هم درست مانند تی‌اس‌ام‌سی، سامسونگ و اینتل، در حالی که برای راه‌اندازی نسل تراشه‌های ٧ نانومتری خود آماده می‌شد، امکان استفاده از فناوری اشعه فرابنفش فرین را نیز بررسی‌ می‌کرد. این شرکت از همان زمان تاسیس می‌دانست برای باقی ماندن باید توسعه یابد. گلوبال فاندریز کارخانه‌های ای‌ام‌دی را به ارث برده بود؛ با این همه، بسیار کوچک‌تر از رقبایش بود. این شرکت برای توسعه، در سال ٢٠١٠ اقدام به خرید یک شرکت ریخته‌گری تراشه مستقر در سنگاپور به نام چارترد سمیکانداکتر کرده بود. گلوبال فاندریز سال‌ها بعد در سال ٢٠١۴ کسب‌وکار تولید تجهیزات میکروالکترونیکی آی‌بی‌ام - که اکنون با همان استدلال ای‌ام‌دی تصمیم گرفته بود کارخانه‌های تراشه‌سازی‌اش را بفروشد - را خرید و قول داد تراشه‌های مورد نیاز آن را تولید کند. مدیران آی‌بی‌ام در آن زمان زیست‌بوم صنعت محاسبه را با استفاده از یک تصویر خاص به نمایش می‌گذاشتند: هرمی وارونه که نیمه‌رسانا‌ها در بخش تحتانی آن قرار داشت و تمام انواع عملیات محاسباتی به آن وابسته بود. با این حال، هرچند آی‌بی‌ام در رشد صنعت نیمه‌رسانا نقشی اساسی ایفا کرده بود، رهبرانش امروز به این نتیجه رسیده بودند که تراشه‌سازی از نظر مالی توجیهی ندارد. آن‌ها که بر سر دوراهی هزینه‌کرد میلیارد‌ها دلار برای ساختن یک کارخانه پیشرفته جدید یا برای تولید نرم‌افزاری پیشرفته با فاصله بسیار از نرم‌افزارهای دیگر مانده بودند، سرانجام راه دوم را برگزیدند و بخش تولید تراشه خود را به گلوبال فاندریز فروختند.

گلوبال فاندریز به لطف این خرید‌ها تا سال ٢٠١۵ با فاصله‌ای قابل‌توجه با رقبا، به بزرگ‌ترین شرکت ریخته‌گری تراشه در آمریکا و یکی از بزرگ‌ترین‌ها در جهان تبدیل شده بود؛ اما در مقایسه با تی‌اس‌ام‌سی، همچنان بسیار کوچک بود. در واقع، گلوبال فاندریز برای کسب جایگاه دومین شرکت بزرگ ریخته‌گری تراشه در جهان با شرکت یو‌ام‌سی تایوان در رقابت بود، زیرا هر یک از این دو حدودا ١٠ درصد بازار جهانی ریخته‌گری تراشه را در اختیار داشتند. این در حالی بود که تی‌اس‌ام‌سی بیش از ۵٠ درصد بازار جهانی را در اختیار داشت. سامسونگ هم در سال ٢٠١۵، تنها ۵ درصد بازار ریخته‌گری را در اختیار داشت؛ اما اگر تولید گسترده تراشه‌های طراحی‌شده توسط خود سامسونگ (از جمله تراشه‌های حافظه و تراشه‌های مورد استفاده در پردازنده‌های گوشی هوشمند) را به تراشه‌های ریخته‌گری‌شده توسط آن اضافه کنیم، متوجه می‌شویم که این شرکت بیشترین تعداد ویفرهای سیلیکونی را در جهان تولید می‌کرد. با توجه به این که استاندارد تولید در کارخانه‌های تراشه‌سازی جهان در حد هزاران تراشه در ماه است؛ جالب خواهد بود بدانیم ظرفیت تولید ماهانه تی‌اس‌ام‌سی ١.٨ میلیون تراشه بود، در حالی که سامسونگ هر ماه ٢.۵ میلیون تراشه تولید می‌کرد. در این میان، گلوبال فاندریز هر ماه تنها هفتصدهزار تراشه تولید می‌کرد.

تی‌اس‌ام‌سی، اینتل و سامسونگ در استفاده از فناوری اشعه فرابنفش فرین مصمم بودند، اما راهبردهای آن‌ها در مورد زمان و نحوه بهره‌گیری از این فناوری متفاوت بود. در این میان اما، گلوبال فاندریز هنوز به تصمیمی قطعی نرسیده بود. این شرکت حتی در تولید تراشه‌های نسل ٢٨ نانومتر با مشکل روبه‌رو بود. این شرکت نهایتا برای کاهش ریسک تأخیر در تحویل سفارش‌ها، تصمیم گرفت به جای توسعه نسل جدید تراشه‌های خود، مجوز بهره‌برداری از فناوری تراشه‌های نسل ١۴ نانومتر را از سامسونگ بخرد. این تصمیم نشان می‌داد گلوبال فاندریز اعتماد چندانی به اقدامات بخش تحقیق و توسعه خود ندارد.

تا سال ٢٠١٨، گلوبال فاندریز چندین دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین را خریداری کرده، و در حال نصب آن‌ها در پیشرفته‌ترین کارخانه تراشه‌سازی خود بود که مدیران شرکت دستور توقف عملیات را صادر کردند. ظاهرا برنامه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین در حال لغو شدن بود. گلوبال فاندریز در حال کنار گذاشتن جدیدترین و پیشرفته‌ترین نسل‌های تراشه بود. این شرکت دیگر قرار نبود فرآیند تولید تراشه‌های ٧ نانومتر با استفاده از فناوری اشعه فرابنفش فرین را - که تا آن زمان ١.۵ میلیارد دلار برای توسعه آن هزینه کرده بود و ادامه آن تا راه‌اندازی خط تولید تراشه‌ها هم مستلزم تقریبا همین مقدار سرمایه‌گذاری بود - دنبال کند. در مقابل، تی‌اس‌ام‌سی، اینتل و سامسونگ از نظر مالی در موقعیتی بودند که می‌توانستند وارد این قمار شوند و امیدوار باشند بالاخره فناوری لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین را به‌کار خواهند گرفت. گلوبال فاندریز اما، به این نتیجه رسیده بود که به‌عنوان یک شرکت متوسط ریخته‌گری تراشه، هرگز نمی‌تواند فرآیند تولید تراشه‌های نسل ٧ نانومتر را در مقیاسی به‌کار بگیرد که از نظر مالی قابل‌توجیه باشد. این شرکت با اعلام این که دیگر برای کوچک‌سازی‌ هرچه بیشتر ترانزیستورها تلاش نخواهد کرد. بودجه بخش تحقیق و توسعه خود را به یک‌سوم کاهش داد و بدین ترتیب پس از سال‌ها زیان‌دهی، سریعا به سودآوری رسید. واقعیت این است که ساخت پردازنده‌های پیشرفته در مرز‌های فناوری پرهزینه‌تر از آن بود که کسی به جز بزرگ‌ترین تراشه‌سازان جهان از پس آن برآید. حتی جیب‌های پر از پول شیوخ حاشیه جنوبی خلیج فارس که مالک گلوبال فاندریز بودند هم برای این کار به قدر کافی پول نداشت. بدین ترتیب، تعداد شرکت‌هایی که توان تولید تراشه‌های منطقی بسیار پیشرفته در مرز‌های فناوری را داشتند از چهار به سه کاهش یافت.

## فصل ۴١

**چگونه اینتل نوآوری را فراموش کرد**

ایالات متحده حداقل می‌توانست روي اینتل حساب کند. این شرکت در صنعت نیمه‌رسانا جایگاهی بی‌نظیر داشت؛ با این حال پیشگامی چند‌ده‌ساله آن مدت‌ها پیش از بین رفته بود - اندی گرو در سال ٢٠١۶ درگذشته بود و گوردون مور هم بازنشسته شده و به هاوایی نقل مکان کرده بود - اما شهرت حاصل از تجاری‌سازی حافظه درم و اختراع ریزپردازنده همچنان برای اینتل باقی مانده بود. سابقه اینتل در تلفیق نوآوری در طراحی تراشه با تخصص و مهارت در تولید آن منحصربه‌فرد بود. معماری اکس٨۶ اینتل، همچنان معماری استاندارد مورد استفاده در صنایع برای تولید رایانه‌های شخصی و مراکز داده بود. بازار رایانه‌های شخصی راکد شده بود، زیرا ظاهرا هر کسی یک رایانه شخصی داشت؛ اما این بازار همچنان برای اینتل بسیار سودآور بود و میلیارد‌ها دلاری که در این کسب‌وکار نصیب اینتل می‌شد، قابل سرمایه‌گذاری مجدد در تحقیق و توسعه بود. این شرکت طی دهه ٢٠١٠، ١٠ میلیارد دلار صرف تحقیق و توسعه کرد. این مبلغ چهار برابر بودجه تحقیق و توسعه تی‌اس‌ام‌سی و سه برابر کل بودجه دارپا بود. در همین دوره، تنها یکی دو شرکت در سرتاسر جهان بیش‌ از اینتل صرف تحقیق و توسعه کرده بودند.

در حالی که صنعت نیمه‌رسانا وارد عصر فناوری اشعه فرابنفش فرین می‌شد، به‌نظر می‌رسید اینتل خود را برای تسلط بر بازار این فناوری آماده کرده است. این شرکت به لطف شرط‌بندی ٢٠٠ میلیون دلاری اندی گرو در نخستین مراحل توسعه این فناوری در اوایل ١٩٩٠، نقشی اساسی در ظهور آن ایفا کرده بود. اکنون پس از سرمایه‌گذاری میلیارد‌ها دلار - که بخش قابل‌ملاحظه‌ای از آن را اینتل تأمین کرده بود - سرانجام شرکت هلندی ای‌اس‌ام‌ال این فناوری را به مرحله عملیاتی رسانده بود. با این همه، اینتل به جای بهره‌برداری حداکثری از پیشگامی خود در صنعت نیمه‌رسانا در این عصر جدید کوچک‌سازی ترانزیستورها، از تحولات عمده ایجادشده در معماری نیمه‌رسانا‌ها به منظور رفع نیاز‌های فناوری هوش مصنوعی عقب ماند، و آنگاه عملا تنها به دستکاری ناشیانه فرآیند‌های تولیدش پرداخت و بدین ترتیب نتوانست پا‌به‌پای قانون مور پیش رود.

امروز اینتل همچنان شرکتی بسیار سودآور است. این شرکت همچنان بزرگ‌ترین و پیشرفته‌ترین تراشه‌ساز آمریکا است. با این حال، آینده آن از دهه ١٩٨٠ بدین سو که اندی گرو تصمیم گرفت کسب‌وکار حافظه را رها کند و دار‌ و ندارش را روی ریزپردازنده‌ها قمار کند، هرگز به اندازه امروز نامعلوم نبوده است. اینتل همچنان شانس دارد که جایگاه پیشگامی خود را ظرف نیم‌ دهه آتی بازپس بگیرد؛ اما این امکان هم وجود دارد که این شرکت ورشکسته شود. اما واقعیت این است که امروز نه فقط آینده یک شرکت، بلکه آینده کل صنعت تراشه آمریکا در خطر نابودی است. بدون اینتل، دیگر حتی یک شرکت آمریکایی - یا به عبارت بهتر، یک کارخانه در خارج از تایوان و کره جنوبی - وجود نخواهد داشت که قابلیت تولید پردازنده‌های پیشرفته در مرز‌های فناوری را داشته باشد.

اینتل همچون بیگانه‌ای متفاوت با بقیه بازیگران سیلیکون‌ولی به استقبال دهه ٢٠١٠ رفته بود. اکثر بزرگ‌ترین شرکت‌های آمریکایی فعال در بازار تراشه‌های منطقی، از جمله ای‌ام‌دی، رقیب اصلی اینتل، کارخانه‌های خود را فروخته و فعالیتشان را تنها بر طراحی تراشه متمرکز کرده بودند. اینتل اما، سرسختانه بر حفظ الگوی کسب‌وکار یکپارچه خود - تلفیق فرآیند‌های طراحی و تولید نیمه‌رسانا‌ها در یک شرکت - اصرار داشت، زیرا مدیران آن معتقد بودند این روش همچنان برای تولید تراشه‌ها به‌طور مستمر و در مقیاس بزرگ بهترین راه است. آن‌ها می‌گفتند فرآیند‌های طراحی و تولید اینتل به نحوی سازمان‌دهی شده‌اند که در صورت به‌کار گرفته شدن با هم، بهترین عملکرد را خواهند داشت. در مقابل، تی‌اس‌ام‌سی برای نمونه چاره‌ای نداشت جز آن که فرآیند‌های تولیدی عمومی‌ای را به‌کار گیرند که هم برای تولید پردازنده‌های گوشی هوشمند کوالکام، و هم برای تولید تراشه سرور‌های ای‌ام‌دی قابل‌استفاده باشد.

اینتل در سودمند دانستن مدل «طراحی و تولید‌ یکپارچه تراشه» اشتباه نمی‌کرد، اما این‌ مدل کسب‌وکار ایرادات قابل‌ ملاحظه‌ای هم داشت: برخلاف اینتل که فقط تراشه‌های مورد نیاز خود را تولید می‌کند، تی‌اس‌ام‌سی برای شرکت‌های متعددی تراشه می‌سازد و به همین علت، تعداد ویفر‌های تولیدی توسط این ‌شرکت تقریبا سه برابر ویفر‌های تولیدی اینتل است و در نتیجه، تی‌اس‌ام‌سی شانس بیشتری برای ارتقای فرآیند‌هایش دارد. بنابراین، در حالی که اینتل استارت‌آپ‌های طراحی‌کننده تراشه را تهدیدی علیه خود می‌دید، این شرکت‌ها به‌طور بالقوه مشتری خدمات تولیدی تی‌اس‌ام‌سی بودند. از آنجا که تی‌اس‌ام‌سی تنها یک محصول برای ارائه به مشتریانش داشت، مدیرانش همواره بر تولید نیمه‌رساناهای هر چه پیشرفته‌تر با قیمت‌ کمتر متمرکز بودند؛ اما مدیران اینتل مجبور بودند هم بر طراحی تراشه و هم بر تولید آن تمرکز کنند. در نهایت هم، آن‌ها هر دو کار را خراب کردند.

اولین مشکل اینتل در این دوره جدید، هوش مصنوعی بود. تا اوایل دهه ٢٠١٠، محصول اصلی این شرکت، یعنی پردازنده‌های رایانه شخصی به‌شدت راکد شده بود. امروز دیگر به جز علاقه‌مندان به بازی‌های رایانه‌ای، معمولا کسی با ورود مدل جدیدی از رایانه‌های شخصی به بازار، رایانه شخصی خود را ارتقا نمی‌بخشد و به علاوه، کمتر کسی به این فکر می‌کند که رایانه شخصی‌اش به چه نوع پردازنده‌ای مجهز است. در عین حال، بازار دیگر محصول مهم اینتل - پردازنده‌های مراکز داده - طی دهه ٢٠١٠ رونق گرفت. شرکت‌هایی چون خدمات شبکه‌ای آمازون،[[615]](#footnote-615) مایکروسافت آزور،[[616]](#footnote-616) و گوگل‌کلاود[[617]](#footnote-617) در این دوره شبکه‌ای گسترده از مراکز داده را ایجاد کردند که نتیجه آن «قدرت محاسباتی» قابل‌ملاحظه‌ای بود که راه‌اندازی سامانه خدمات اینترنتی «ابر»[[618]](#footnote-618) را ممکن ساخت. بیشتر داده‌هایی که در اینترنت استفاده می‌کنیم، در مراکز داده یکی از این شرکت‌ها پردازش می‌شود که هر یک پر از تراشه‌های اینتل‌اند. اما در اوایل دهه ٢٠١٠، درست زمانی که اینتل تسلط بر بازار تراشه‌های مراکز داده‌ها را کامل کرد، تقاضا برای پردازنده‌ها متحول شد. روند تقاضا اکنون به سوی هوش مصنوعی متمایل شده بود - حوزه‌ای که طراحی تراشه‌های اصلی‌ اینتل چندان برای آن مناسب نبود.

از دهه ١٩٨٠ بدین سو، اینتل به‌طور تخصصی به تولید نوعی از تراشه به نام واحد پردازش مرکزی (سی‌پی‌یو) پرداخت که ریزپردازنده رایانه شخصی تنها یکی از نمونه‌های آن است. این تراشه‌ها در واقع نقش «مغز» رایانه‌ها یا مراکز داده را ایفا می‌کنند. این تراشه‌ها مانند اسب‌های بارکش از پس هر کاری بر می‌آیند، به‌طوری که هم می‌توانند یک مرورگر اینترنت را باز کنند، و هم قادرند برنامه اکسل مایکروسافت را اجرا کنند. این تراشه‌ها می‌توانند انواع مختلف محاسبات را انجام دهند و این موجب می‌شود بتوانیم بگوییم آن‌ها همه‌کاره‌اند؛ اما به هر حال، آن‌ها همه این عملیات را پشت سر هم، یکی پس از دیگری انجام می‌دهند.

این سی‌پی‌یو‌های دارای کاربرد‌های عمومی قادرند هر یک از الگوریتم‌های هوش مصنوعی را اجرا کنند، اما مقیاس محاسبات لازم برای هوش مصنوعی به قدری بزرگ است که استفاده از سی‌پی‌یو‌ها برای آن، بیش از حد گران تمام می‌شود. هزینه آموزش رایانه برای اجرای تنها یک الگوی هوش مصنوعی - شامل تراشه‌های مورد استفاده و برق مصرفی آن‌ها - می‌تواند سر به میلیون‌‌ها دلار بزند (برای یاد دادن چگونگی شناسایی یک گربه به يک رایانه، باید تعداد زیادی گربه و سگ را به آن نشان دهیم تا یاد بگیرد این دو را از هم تشخیص دهد. هرچه تعداد حیوانات این الگوریتم بیشتر شود، تعداد ترانزیستورهای مورد نیاز در تراشه‌ها هم بیشتر خواهد شد).

برای آن که تراشه‌های مورد استفاده در هوش مصنوعی مقرون به صرفه باشند. لازم است راهی پیدا شود تا تراشه‌ها مشخصا به منظور اجرای الگوریتم‌های هوش مصنوعی سفارشی‌سازی شوند. شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه محاسبات ابر، از جمله آمازون و مایکروسافت که مدیریت مراکز داده‌ای را در دست دارند که الگوریتم‌های بیشتر شرکت‌ها در آن‌ها اجرا می‌شود، هر سال ده‌ها میلیارد دلار صرف خرید تراشه و سرور می‌کنند. آن‌ها همچنین مبالغ هنگفتی خرج تأمین برق این مراکز داده می‌کنند. این شرکت‌ها که برای فروش فضا در سامانه ابری خود در رقابت‌اند، ناچارند تراشه‌هایشان را تا سر حد ممکن کارآمد سازند. در این راستا، تراشه‌هایی که به‌طور خاص برای هوش مصنوعی بهینه‌سازی شده‌اند، می‌توانند در مقایسه با سی‌پی‌یو‌های عمومی، سریع‌تر کار کنند، فضای کمتری را در مراکز داده اشغال کنند، و برق کمتری نیز مصرف کنند.

در اوایل دهه ٢٠١٠، انویدیا - شرکت طراحی‌کننده تراشه‌های گرافیک - شایعاتی را شنید، مبنی بر این که دانشجویان دوره‌های دکتری در دانشگاه استنفورد از واحد‌های پردازش گرافیکی (جی‌پی‌یو) برای انجام کارهایی غیر از گرافیک استفاده می‌کنند‌. جی‌پی‌یو‌ها طوری طراحی شده بودند که روش کارشان با سی‌پی‌یو‌های استاندارد اینتل و ای‌ام‌دی کاملا متفاوت بود. سی‌پی‌یو‌ها بسیار منعطف‌اند و هر کاری را انجام می‌دهند، اما قادر نیستند چندین محاسبه را به‌طور هم‌زمان انجام دهند، یعنی محاسبات آن‌ها باید پشت‌سر هم انجام شود. در مقابل، جی‌پی‌یو‌ها طوری طراحی شده‌اند که می‌توانند مجموعه‌ای تکراری از یک محاسبه را به‌طور هم‌زمان انجام دهند. دانشمندان خیلی زود متوجه شدند که این نوع «پردازش موازی» کاربرد‌هایی فراتر از کنترل پیکسل‌های تصاویر در بازی‌های رایانه‌ای دارد. این نوع تراشه‌ها، می‌توانند علاوه بر کار اصلی خود، در آموزش سامانه‌های هوش مصنوعی نیز کارآمد باشند. در حالی که هر سی‌پی‌یو‌ می‌تواند داده‌های متعددی را، البته یکی پس از دیگری، به یک الگوریتم بخوراند؛ هر جی‌پی‌یو می‌تواند چند داده را به‌طور هم‌زمان پردازش کند. به زبان ساده، یک سی‌پی‌یو برای آن که بیاموزد تصاویر گربه‌ها را تشخیص دهد، باید پیکسل‌ها را یکی پس از دیگری پردازش کند؛ در حالی که یک جی‌پی‌یو می‌تواند در آن واحد به چندین تصویر بنگرد. بدین ترتیب، استفاده از جی‌پی‌یو موجب شد زمان مورد نیاز برای آموزش نحوه تشخیص گربه‌ها به یک رایانه به‌طور چشمگیری کاهش یابد.

از آن پس، انویدیا آینده خود را روی هوش مصنوعی شرط‌بندی کرد. این شرکت از همان زمان تاسیس، تولید تراشه‌های خود را برون‌سپاری می‌کرد و عمده تراشه‌هایش توسط تی‌اس‌ام‌سی تولید می‌شد. انویدیا بدین ترتیب، به‌طور بی‌وقفه تلاش‌های خود را صرف طراحی نسل‌های جدید جی‌پی‌یو و اعمال اصلاحات منظم برای ارتقای مستمر زبان برنامه‌ریزی خود تحت عنوان کودا[[619]](#footnote-619) می‌کرد. زبان برنامه‌ریزی کودا طراحی برنامه‌هایی را تسهیل می‌کند که از تراشه‌های انویدیا استفاده می‌کنند. در حالی که سرمایه‌گذاران روی این پیش‌بینی شرط‌بندی می‌کنند که مراکز داده به جی‌پی‌یو‌های هر چه بیشتری نیاز خواهند داشت، انویدیا به ارزشمندترین شرکت نیمه‌رسانای آمریکا تبدیل شده است.

با این حال، ادامه این روند صعودی انویدیا اصلا تضمین‌شده نیست، زیرا شرکت‌های بزرگ فعال در زمینه سامانه ابر - گوگل، آمازون، مایکروسافت، فیسبوک،[[620]](#footnote-620) تِنسِنت،[[621]](#footnote-621) علی‌بابا[[622]](#footnote-622) و مانند این‌ها - خود شروع به طراحی تراشه‌هایشان کرده‌اند که با تمرکز بر هوش مصنوعی، آموزش رایانه و یادگیری ماشین به‌طور تخصصی نیاز‌های آن‌ها را مرتفع می‌سازند. برای مثال، گوگل تراشه‌های خاص خود را تحت عنوان واحد پردازش تنسور (تی‌پی‌یو)[[623]](#footnote-623) طراحی کرده است که برای استفاده با «کتابخانه نرم‌افزار تنسور فلو»[[624]](#footnote-624) متعلق به گوگل بهینه‌سازی شده است. شما می‌توانید ساده‌ترین تی‌پی‌یو گوگل را در مرکز داده آیُوا را با ٣٠٠٠ دلار در ماه اجاره و از آن استفاده کنید، اما اجاره تی‌پی‌یو‌های قدرتمند‌تر می‌تواند تا ١٠٠.٠٠٠ دلار در ماه هم هزینه داشته باشد. سامانه ابر ممکن است پدیده‌ای فرازمینی به‌نظر برسد، اما قطعه‌ سیلیکونی که تمام داده‌های ما در این سامانه را حفظ می‌کند، کاملا واقعی - و البته کاملا گران – است.

در هر حال، پیروز نهایی میدان رقابت با اینتل، انویدیا باشد یا شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه سامانه ابر، آنچه مسلم است این که انحصار عملی اینتل در بازار فروش پردازنده‌های سرور رو به پایان است. اگر اینتل بازار‌های دیگری پیدا می‌کرد، از دست رفتن این موقعیت مسلط در بازار، احتمال آسیب کمتری به آن می‌زد. با این وجود، ورود ناگهانی این شرکت به کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه در اواسط دهه ٢٠١٠ و تلاش آن برای رقابت با تی‌اس‌ام‌سی اشتباهی بزرگ بود که نهایتا به شکست انجامید. اینتل در آن دوره تلاش کرد خطوط تولید خود را در اختیار هر مشتری‌ای که به دنبال خدمات تراشه‌سازی بود، قرار دهد و بدین ترتیب، بی‌سروصدا این حقیقت را پذیرفت که مدل طراحی و تولید یکپارچه تراشه آن‌قدرها که مدیران این شرکت ادعا می‌کردند، موفق نبوده است. اینتل تمام عناصر لازم برای تبدیل شدن به بازیگر مهمی در کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه، از جمله فناوری پیشرفته و ظرفیت تولید انبوه را داشت، اما موفقیت در این حوزه مستلزم تحولی اساسی در فرهنگ این شرکت بود. برای نمونه، در حالی که تی‌اس‌ام‌سی رویکردی کاملا باز به مالکیت‌های فکری داشت؛ اینتل در این‌ زمینه کاملا بسته و حتی پنهان‌کارانه عمل می‌کرد. تی‌اس‌ام‌سی تنها بر فروش خدمات به مشتریانش متمرکز بود؛ در حالی که اینتل فکر می‌کرد مشتریانش باید مقررات آن را رعایت کنند. تی‌اس‌ام‌سی با مشتریانش رقابت نمی‌کرد، زیرا خود هیچ تراشه‌ای را طراحی نمی‌کرد؛ اینتل اما، غول صنعت نیمه‌رسانا بود که تراشه‌هایش تقریبا با محصولات همه شرکت‌های دیگر در رقابت بود.

برایان کرزانیچ،[[625]](#footnote-625) مدیر‌عامل اینتل در فاصله سال‌های ٢٠١٣ و ٢٠١٨ علنا تاکید می‌کرد که «من اساسا طی چند سال گذشته اداره کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه شرکت را به عهده داشته‌ام». او این بخش از وظایف‌ خود را «از نظر راهبردی حائز اهمیت» توصیف می‌کرد. اما مشتریان اینتل وضعیت را طور دیگری می‌دیدند.: از دیدگاه آن‌ها، اینتل مشتریان کسب‌و‌کار ریخته‌گری خود را در درجه اول اهمیت قرار نمی‌داد. واقعیت این بود که در داخل اینتل، کسب‌وکار ریخته‌گری تراشه، اولویت محسوب نمی‌شد. در مقایسه با تولید تراشه‌های رایانه شخصی و سرور - که همچنان کسب‌وکار‌هایی بسیار سودآور بودند - مدیران شرکت از ماجراجویی جدید اینتل در کسب‌وکار‌ ریخته‌گری تراشه چندان حمایت نمی‌کردند. بدین ترتیب، کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه اینتل در دوره فعالیتش در دهه ٢٠١٠، تنها توانست یک مشتری مهم را جذب کند، و در نهایت هم بعد از چند سال برچیده شد.

روند زوال اینتل در سال ٢٠١٨ و درست هنگامی آغاز شد که این شرکت به پنجاهمین سالگرد تاسیس خود نزدیک می‌شد. سهم این شرکت در بازار رو به کاهش گذاشته بود. دیوان‌سالاری در داخل شرکت، موجب تضعیف آن شده بود. اینتل از نوآوری دور مانده بود. آخرین مشکل هم در روند حرکت اینتل در مسیر قانون مور پیش آمد، زیرا این شرکت در چندین نوبت از روند برنامه‌ریزی شده خود برای ارتقای فرآیند تولید تراشه‌هایش عقب ماند. اینتل هنوز هم نتوانسته است این تأخیر‌ها را جبران کند. از سال ٢٠١۵ بدین سو، اینتل بار‌ها اعلام کرده است راه‌اندازی فرآیند‌های تولید تراشه‌های نسل ١٠ نانومتر و ٧ نانومتر خود را به تأخیر می‌اندازد. این در حالی بود که تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ پیش‌تر در این کار موفق شده بودند.

در این میان، اینتل تلاش چندانی برای توضیح علت این شکست‌ها نکرده است. اینتل در نیم دهه گذشته بار‌ها خبر از تأخیر در فرآیند‌های تولیدی خود داده بود، اما قرارداد‌های عدم افشای اسرار که این شرکت با کارکنانش امضا می‌کرد، چنان پنهان‌کاری عمیقی را در کار‌های این شرکت پدید آورده بود که جزئیات فنی این تأخیر‌ها هرگز آشکار نمی‌شد. بیشتر فعالان صنعت نیمه‌رسانا معتقدند بسیاری از مشکلات این شرکت معلول تأخیر اینتل در استفاده از دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین است. واقعیت این است که تا سال ٢٠٢٠، نیمی از همه دستگاه‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین که با سرمایه اینتل ساخته شده و توسعه یافته بودند، در کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی نصب شده بودند. در مقابل، اینتل در این سال به تازگی استفاده از اشعه فرابنفش فرین را در فرآیند‌های تولید خود آغاز کرده بود.

در پایان دهه ٢٠١٠، تنها دو شرکت تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ قادر بودند پیشرفته‌ترین پردازنده‌ها را در مرز فناوری تولید کنند؛ و ایالات متحده تنها به یک علت با این هر دو شرکت مشکل داشت. این علت چیزی نبود جز محل استقرار این شرکت‌ها: اکنون همه پردازنده‌های پیشرفته جهان در تایوان و کره - دقیقا در نزدیکی سواحل مهم‌ترین رقیب راهبردی آمریکا، یعنی جمهوری خلق چین - تولید می‌شد.

# بخش هشتم

**چالش پیش روی چین**

## فصل ۴٢

**ساخت چین**

شی جینپینگ،[[626]](#footnote-626) دبیر‌کل حزب کمونيست چین در سال ٢٠١۴ اعلام کرد «بدون امنیت سایبری، امنیت ملی نخواهیم داشت؛ و بدون گسترش نظام‌های فناوری اطلاعات در همه امور، مدرنیزاسیون بی‌معنی خواهد بود». شی که فرزند یکی از اولین رهبران حزب کمونیست چین است، به لطف قابلیت فوق‌العاده‌اش در تغییر رنگ به فراخور سلیقه مخاطبان، پس از اخذ مدرک مهندسی به سرعت بالا رفتن از نردبان قدرت سیاسی چین را آغاز کرده بود. امروز برنامه او تحت عنوان «رویای چین»[[627]](#footnote-627) امید بازیابی قدرت ملی و حتی کسب جایگاه قدرت جهانی را در قلب ملی‌گرایان چین زنده می‌کرد. شی به بنگاه‌های تجاری، اصلاحات اقتصادی را نوید می‌داد. برخی خارجیان او را «دموکراتی در خفا» می‌دانستند و حتی روزنامه نیویورکر[[628]](#footnote-628) بلافاصله پس از رسیدن شی به قدرت، او را رهبری معرفی کرد که «دریافته است چین باید اصلاحات سیاسی واقعی را به موقع اجرا بگذارد». با این حال، تنها واقعیت قطعی در مورد او، استعدادش به‌عنوان یک سیاستمدار بود. عقاید واقعی او اما، پشت لبان غنچه شده و لبخند مصنوعی‌اش پنهان می‌ماند.

در پس این لبخند، احساس ناامنی آزاردهنده‌ای وجود دارد که انگیزه اصلی سیاست‌های شی در طول یک دهه رهبری شی بر چین بوده است. به ‌زعم او، خطر اصلی در جهان دیجیتال نهفته بود. بیشتر ناظران فکر می‌کردند شی نگرانی چندانی در زمینه تضمین امنیت دیجیتالی خود ندارد. در واقع، رهبران چین کارآمدترین سامانه کنترل اینترنت را دارند و از جمله، هزاران مامور سانسور را برای نظارت بر این حوزه استخدام کرده‌اند. شی در یکی از سخنرانی‌هایش، ضمن نادیده گرفتن این حقیقت که بسیاری از محبوب‌ترین وب‌سایت‌های جهان مانند گوگل و فیسبوک در چین ممنوع شده‌اند، اعلام کرده است «اینترنت جهان را به دهکده‌ای بزرگ تبدیل کرده است». البته شبکه جهانی مورد نظر او - شبکه‌ای که دولت چین می‌تواند از آن برای اعمال قدرت استفاده کند - با آنچه آرمان‌گرایان اوایل عصر اینترنت در ذهن می‌پروراندند، تفاوت داشت. او در جایی دیگر، با اشاره به برنامه‌اش برای ایجاد شبکه‌ای جهانی مبتنی بر زیر‌ساخت‌های چینی که نه تنها جاده‌ها و پل‌ها، بلکه همچنین تجهیزات شبکه و ابزار‌های سانسور را هم شامل می‌شود، اعلام کرد «ما باید به پیش برویم، تبادلات و همکاری‌ها را در اینترنت توسعه و تعمیق بخشیم و با قوت هرچه تمام‌تر در ساخت پروژه «یک کمربند، یک جاده» مشارکت کنیم».

هیچ کشوری به اندازه چین در بهره‌برداری از جهان‌ دیجیتال در جهت اهداف اقتدار‌گرایانه خود موفق نبوده است. در همین راستا، گوگل و فیسبوک از حضور در چین ممنوع شده‌اند و شرکت‌های داخلی چون بایدو[[629]](#footnote-629) و تِنسِنت که از نظر فناوری چیز زیادی از رقبای آمریکایی‌شان کم ندارند، جای آن‌ها را گرفته‌اند. غول‌های فناوری آمریکایی چون اپل و مایکروسافت هم تنها پس از قبول همکاری با برنامه‌های سانسوری پکن، مجوز دسترسی به بازار چین را گرفتند. اینترنت در چین بیش از هر کشور دیگری، تابع مطامع رهبران سیاسی است. بدین ترتیب، شرکت‌های اینترنتی و نرم‌افزاری خارجی یا به تمام مقررات سانسوری حزب کمونیست تن در داده‌اند، یا از دسترسی به بازاری بسیار بزرگ محروم شده‌اند.

پس چرا شی جینپینگ نگران امنیت دیجیتالی بود؟ واقعیت این است که هرچه رهبران چین قابلیت‌های فناورانه کشور را بررسی می‌کنند، بیشتر در می‌یابند که شرکت‌های اینترنتی‌اش چندان قدرتی ندارند. در واقع، جهان دیجیتال در چین با ارقام صفر و یکی کار می‌کند که عمدتا در نیمه‌رسانا‌های وارداتی پردازش و ذخیره می‌شوند. غول‌های فناوری چین به مراکز داده‌ای وابسته‌اند که میلیون‌ها تراشه تولیدشده در کشور‌های دیگر و حتی عمدتا آمریکا را در خود جای داده‌اند. اسناد افشاشده توسط ادوارد اسنودِن[[630]](#footnote-630) در سال ٢٠١٣ نشان داد آمریکا چنان قابلیت‌هایی در شنود شبکه‌ای دارد که حتی در مخیله کارآگاهان سایبری چین نمی‌گنجید. شرکت‌های چینی از تخصص سیلیکون‌ولی در تولید نرم‌افزارهایی برای تجارت الکترونیکی، جستجوی برخط و پرداخت‌های دیجیتال تقلید کردند. اما تمام این نرم‌افزارها به سخت‌افزارهای خارجی متکی‌اند. حقیقت این است که وقتی نوبت به فناوری‌های بنیادینی می‌رسد که مبنای صنعت محاسبه را تشکیل می‌دهند، چین به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به محصولات خارجی‌ای وابسته است که بیشترشان در سیلیکون‌ولی طراحی می‌شوند و تقریبا همگی توسط شرکت‌های مستقر در ایالات متحده یا یکی از متحدان آن کشور تولید می‌شوند.

شی معتقد بود این وضعیت متضمن خطری جدی برای چین است. او در سال ٢٠١۶ اعلام کرد «یک شرکت اینترنتی، هر اندازه که بزرگ باشد و هر اندازه که ارزش سهامش بالا باشد، در صورت وابستگی به خارجیان در مورد تجهیزات اصلی، عملا حلقه‌های کلیدی زنجیره تأمین را به دیگران واگذار کرده است». اما سوال این است که وابستگی در کدام تجهیزات یا فناوری‌های اصلی شی را چنین نگران می‌کند. یکی از این فناوری‌ها، بی‌شک محصولی نرم‌افزاری، یعنی ویندوز مایکروسافت است که بیشتر رایانه‌های شخصی در چین از آن استفاده می‌کنند. این در حالی است که چین بار‌ها تلاش کرده است سیستم‌های عاملی را تولید کند که قابلیت رقابت با ویندوز را داشته باشند. شی البته بیش از سیستم عامل، نگران تراشه‌هایی است که قلب تپنده رایانه‌ها، گوشی‌های هوشمند و مراکز داده هستند. شی هم به این نکته توجه کرده است که «سیستم عامل ویندوز مایکروسافت تنها با تراشه‌های اینتل کار می‌کند». به همین علت، بیشتر رایانه‌ها در چین برای عملکرد، الزاما به تراشه‌های آمریکایی نیاز دارند. در اکثر سال‌های دو دهه ٢٠٠٠ و ٢٠١٠، پولی که چین برای واردات نیمه‌رسانا‌ها پرداخت، از هزینه واردات نفت بیشتر بود. حقیقت این است که تراشه‌های قدرتمند درست به اندازه محصولات هیدروکربنی برای رشد اقتصادی چین اهمیت دارند؛ اما برخلاف نفت، عرضه تراشه‌ها به‌طور انحصاری در اختیار رقبای ژئوپولتیکی چین قرار دارد.

بسیاری از خارجیان علت این نگرانی چین را درک نمی‌کردند. آنچه آن‌ها می‌دیدند این بود که شرکت‌های معظم فناوری این کشور صد‌ها میلیارد دلار ارزش دارند. چین همواره در روزنامه‌های جهان به‌عنوان یکی از قدرت‌های برتر فناوری معرفی می‌شود. آن‌طور که کای-فو لی،[[631]](#footnote-631) رییس سابق گوکل چین در کتاب معتبر خود مطرح کرده بود، این کشور یکی از دو ابرقدرت حوزه هوش مصنوعی است. پکن اقتدارگرایی و هوش مصنوعی را به شکل کاملا پیشرفته‌ای ترکیب کرده است و بدین ترتیب از فناوری نظارت بیشترین بهره را می‌گیرد. اما حقیقت این است که حتی سامانه‌های نظارتی چین که مخالفان سیاسی و اقلیت‌های قومی را ردیابی می‌کنند هم، به تراشه‌های ساخت شرکت‌های آمریکایی چون اینتل و انویدیا متکی‌اند. در واقع، کل این مهم‌ترین فناوری چین بر مبنایی کاملا شکننده و متشکل از سیلیکون‌‌های وارداتی بنا شده است.

رهبران چین برای آن که فکر کنند کشورشان باید تراشه‌های بیشتری بسازد، اصلا لازم نبود «همه‌دشمن‌پندار» باشند. هدف این رویکرد تنها این نبود که زنجیره تأمین این کشور از آسیب‌پذیری رهایی یابد. واقعیت مهم دیگر این است که چین هم مانند همسایگانش، تنها در صورتی می‌تواند وارد کسب‌وکار‌های ارزشمندتر شود که فناوری‌های به قول رهبرانش «اصلی» - محصولاتی که زندگی بقیه جهان به آن‌ها وابسته است - را خود‌ش تولید کند. در غیر این صورت، این خطر وجود دارد که چین همچنان همان الگوی رفتاری را ادامه خواهد داد که با مشارکت در حلقه‌های کم‌سود‌تر تولید گوشی‌های آیفون رخ داده است. در حال حاضر، میلیون‌ها چینی مشغول مونتاژ این گوشی‌ها هستند، اما بیشترین سود حاصل از فروش این محصولات به مصرف‌کنندگان نهایی، نصیب اپل می‌شود و بخش اعظم بقیه سود را هم سازندگان تراشه‌های مورد استفاده در این گوشی‌ها از آن خود می‌کنند.

مهم‌ترین سوال پیش روی رهبران چین این بود که این کشور چگونه باید به سوی تولید انواعی از تراشه حرکت کند که جهان شدیدا به آن‌ها نیاز دارد. هنگامی که ژاپن، تایوان و کره جنوبی تصمیم گرفتند وارد بخش‌های پیچیده و باارزش صنعت تراشه شوند، ابتدا با سازمان‌دهی سرمایه‌گذاری‌های دولتی و البته همچنین اعمال فشار بر بانک‌ها برای وام‌دهی به این فعالیت‌ها، سرمایه‌های هنگفتی را به شرکت‌های تولیدکننده نیمه‌رسانای خود تزریق کردند. آن‌ها سپس تلاش کردند دانشمندان و مهندسان خود که در دانشگاه‌های آمریکا آموزش دیده و اکنون در سیلیکون‌ولی مشغول به‌کار بودند را به خانه بازگردانند. آن‌ها در قدم سوم، نظر شرکت‌های خارجی را به مشارکت با شرکت‌های داخلی جلب کردند؛ البته با شرط انتقال فناوری یا آموزش کارکنان محلی. در مرحله بعدی، آن‌ها با ایجاد رقابت میان خارجیان، از رقابت میان شرکت‌های سیلیکون‌ولی - و بعدا میان شرکت‌های آمریکایی و ژاپنی - بهره‌برداری کردند تا بهترین قرارداد‌ها را با آن‌ها منعقد کنند. کی تی لی، وزیر قدرتمند تایوانی، در زمان تاسیس تی‌اس‌ام‌سی به موریس چانگ گفته بود «ما می‌خواهیم صنعت نیمه‌رسانا را در تایوان توسعه بخشیم». امروز اصلا تعجب‌آور نبود که شی جینپینگ هم می‌خواست صنعت نیمه‌رسانا داشته باشد.

## فصل ۴٣

**«صدور فرمان حمله»**

در‌ ژانویه ٢٠١٧، سه روز پیش از مراسم تحلیف ترامپ به‌عنوان رییس‌جمهور ایالات متحده، شی جینپینگ در اجلاس مجمع جهانی اقتصاد در داوُس[[632]](#footnote-632) سوییس پشت میکروفن قرار گرفت تا خطوط کلی چشم‌انداز اقتصاد چین را برای جهان ترسیم کند. در حالی که شی با معرفی «مدل رشد پویا و مبتنی بر نوآوری» قول نتایج برد-برد برای همگان را می‌داد، مخاطبان او که بیشتر، مدیران عامل ‌شرکت‌ها و میلیارد‌رها بودند، مودبانه او را تشویق می‌کردند. رییس‌جمهور چین با حمله‌ای نه چندان غیر‌مستقیم به رویکردهای هم‌تای آمریکایی آتی‌ خود، اعلام کرد «جنگ تجاری پیروز نخواهد داشت». سه روز بعد در واشنگتن، ترامپ در مراسم تحلیف خود با سخنانی به‌شدت مبارزه‌طلبانه «کشور‌های دیگری که محصولات آمریکایی را تولید می‌کنند، شرکت‌های آمریکایی را مال خود می‌کنند و مشاغل آمریکاییان را نابود می‌کنند» را محکوم کرد. او به جای استقبال از توسعه تجارت، اعلام کرد «حمایت موجب ارتقای رفاه و قدرت ما خواهد شد».

سخنرانی شی در واقع جملاتی بی‌ارزش اما خوش‌آیند بود که معمولا انتظار می‌رود رهبران جهانی هنگام صحبت با غول‌های تجاری بر زبان برانند. دفاع ظاهری او از باز کردن اقتصاد و جهانی شدن در مقابل رفتار‌های شوک‌آور پوپولیست‌هایی چون ترامپ و حامیان برگزیت در بریتانیا، رسانه‌ها را بر سر شوق آورده بود. برای نمونه آیان برمر،[[633]](#footnote-633) کارشناس رسانه‌ای معروف در توییتر نوشت «شی بیش از ترامپ در سطح روسای جمهور صحبت می‌کند». روزنامه فایننشال‌تایمز در تیتر صفحه اول خود نوشت «شی جینپینگ با قدرت از جهانی شدن دفاع می‌کند». واشنگتن‌پست اعلام کرد «با وجود طغیان پوپولیست‌ها، رهبران جهان در داوس به جهانی شدن امید بسته‌اند». کلاوس شاب،[[634]](#footnote-634) رییس مجمع جهانی اقتصاد هم گفت «جامعه جهانی چشم به چین دوخته است».

شی ماه‌ها پیش‌ از اولین حضور بین‌المللی‌اش در داوس، در کنفرانسی تحت عنوان «امنیت سایبری و گسترش نظام فناوری اطلاعات»، با لحنی متفاوت برای غول‌های فناوری چین و رهبران حزب کمونیست در پکن سخن گفته بود. او به مخاطبانش که از جمله شامل رِن ژِنگِفی، بنیان‌گذار هواوی، جک ما،[[635]](#footnote-635) مدیرعامل علی‌بابا، پژوهشگران ارشد ارتش آزادی‌بخش خلق و بیشتر نخبگان سیاسی کشور اعلام کرد چین باید «بر دست‌یابی به پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری‌های اصلی در اسرع وقت» تمرکز کند. منظور او از فناوری‌های اصلی بیش از هر چیز دیگر، صنعت نیمه‌رسانا بود. شی در این سخنرانی خواستار جنگ تجاری نشد، اما رویکرد او اصلا شبیه صلح تجاری هم به‌نظر نمی‌رسید. او در ادامه گفت «ما باید ائتلاف‌های محکم را ترویج کنیم و به شیوه‌ای هماهنگ به گلوگاه‌های راهبردی هجوم ببریم. ما باید به استحکامات فناوری‌های اصلی تحقیق و توسعه حمله کنیم… ما نه تنها باید فرمان حمله صادر کنیم، بلکه همچنین باید شیپور جمع را به صدا در آوریم و این یعنی ما باید قدرتمندترین نیرو‌ها را برای اقدام یکپارچه متمرکز سازیم و تیپ‌های ویژه را برای عملیات برق‌آسا و حمله به گلوگاه‌ها تشکیل دهیم». بدین ترتیب، ظاهرا دونالد ترامپ تنها رهبری در جهان نبود که استعاره‌های نظامی را با سیاست اقتصادی در هم می‌آمیخت. صنعت تراشه با حمله سازمان‌یافته دومین قدرت بزرگ اقتصادی جهان و دولت تک‌حزبی حاکم بر آن روبه‌رو بود.

رهبران چین برای تولید تراشه‌های پیشرفته در کشور، روی ترکیبی از روش‌های تجاری و نظامی حساب کرده بودند. اگرچه شی رقبای خود را زندانی کرده و خود به قدرتمندترین رهبر چین پس از مائو تبدیل شده بود، تسلطش بر چین اصلا مطلق نبود. او می‌توانست مخالفان را محبوس کند و حتی غیر‌مستقیم‌ترین انتقاد‌ها در اینترنت را سانسور کند؛ اما جنبه‌های متعددی از برنامه اقتصادی او، از بازسازی صنعتی گرفته تا اصلاح بازار‌های مالی به‌علت مخالفت دیوان‌سالاران حزب کمونیست و مقامات دولت‌های محلی که ترجیح می‌دادند وضعیت موجود حفظ شود، به جایی نرسیدند. مقامات غالبا در برخورد با دستورهایی از پکن که با امیال آن‌ها سازگار نبود، کار‌ها را به تأخیر می‌انداختند.

با این حال، لفاظی‌های شی با استفاده از واژگان نظامی صرفا تاکتیکی برای بسیج دیوان‌سالاران تن‌پرور نبود. موقعیت خطرناک فناوری چین سال به سال، بیشتر آشکار می‌‌شد. واردات نیمه‌رسانا‌ها به چین هر سال افزایش می‌یافت. روند تحول صنعت تراشه جهان کاملا به ضرر چین پیش می‌رفت. شورای دولتی چین طی گزارشی در خصوص سیاست فناورانه اعلام کرد «مقیاس سرمایه‌گذاری در صنعت تراشه به سرعت رشد کرده است و روند تغییر سهم شرکت‌ها در بازار نشان از تمرکز بیشتر شرکت‌های مسلط بر بازار دارد». گرفتن جای این شرکت‌های مسلط - که تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ در صدر آن‌ها قرار داشتند - بسیار دشوار بود. با این حال، رهبران چین دریافته بودند که تقاضا برای تراشه‌ها به‌علت توسعه فناوری‌‌هایی چون « رایانش ابری، اینترنت اشیا،[[636]](#footnote-636) و داده‌های بزرگ[[637]](#footnote-637)» تا حد انفجار افزایش یافته بود. این روندها خطرناک بودند: تراشه‌ها حتی مهم‌تر از پیش شده بودند؛ اما طراحی و تولید پیشرفته‌ترین تراشه‌ها در انحصار تعداد انگشت‌شماری از شرکت‌ها قرار داشت که همگی در خارج از چین مستقر بودند.

مشکلات چین تنها به تولید تراشه در کارخانه‌ها محدود نمی‌شود. این کشور تقریبا در همه مراحل ساخت نیمه‌رسانا‌ها به‌شدت به فناوری خارجی وابسته است و اتفاقا همه این مراحل تحت کنترل رقبای ژئوپلیتیکی چین - تایوان، ژاپن، کره جنوبی یا ایالات متحده - قرار دارد. بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط پژوهشگران مرکز امنیت و فناوری‌های در حال ظهور دانشگاه جرج‌تاون،[[638]](#footnote-638) بازار جهانی ابزار‌های نرم‌افزاری مورد استفاده در طراحی تراشه‌ها تحت سلطه شرکت‌های آمریکایی است؛ در حالی که چین کمتر از ١ درصد این بازار را در اختیار دارد. در بازار مالکیت‌های فکری فناوری‌های اصلی مرتبط با بلوک‌های تشکیل‌دهنده الگو‌های ترانزیستوری که مبنای طراحی بسیاری از تراشه‌ها هستند هم، سهم چین تنها ٢ درصد است؛ بقیه این بازار عمدتا در اختیار ایالات متحده و بریتانیا است. چین ۴ درصد ویفر‌های سیلیکونی و سایر مواد اولیه تراشه‌سازی و ١ درصد ابزار‌ها و تجهیزات لازم برای تولید تراشه در کارخانه‌ها را عرضه می‌کند. ۵ درصد بازار طراحی تراشه در اختیار این کشور است. سهم چین در بازار کسب‌وکار‌های تولید کارخانه‌ای تراشه‌ هم تنها ٧ درصد است؛ و البته هیچ بخشی از ظرفیت تولید تراشه چین شامل فناوری‌های با ارزش بالا و پیشرفته نیست.

نتایج تحقیقات دانشگاه جرج تاون نشان می‌دهد که اگر در سرتاسر زنجیره تأمین نیمه‌رسانا، عملکرد همه مراحل از طراحی تراشه و مالکیت‌های فکری گرفته تا ابزار‌ها و تجهیزات تولید تراشه در کارخانه و غیره را با هم در نظر بگیریم، سهم شرکت‌های چینی در بازار ۶ درصد خواهد بود؛ در حالی که سهم آمریکا ٣٩، کره‌ جنوبی ١۶ و تایوان ١٢ درصد می‌باشد. تقریبا همه انواع تراشه‌های تولیدشده در چین را دیگران هم می‌توانند تولید کنند؛ در عین حال، چین در مورد تراشه‌های پیشرفته منطقی، حافظه و آنالوگ به‌شدت به نرم‌افزار‌ها و طرح‌های آمریکا؛ ماشین‌آلات آمریکا، هلند و ژاپن؛ و کارخانه‌های تولید تراشه کره جنوبی و تایوان وابسته است. بدین ترتیب، نگرانی شی جینپینگ اصلا تعجب‌آور نیست.

با افزایش ورود شرکت‌های فناوری چینی به حوزه‌هایی چون رایانش ابری، وسایل نقلیه خودران و هوش مصنوعی، افزایش تقاضای آن‌ها برای نیمه‌رسانا‌ها قطعی بود. در این میان، بازار تراشه‌های سرور مبتنی بر معماری اکس٨۶ که همچنان قلب تپنده مراکز داده هستند، در سیطره اینتل و ای‌ام‌دی باقی مانده است. هیچ یک از جی‌پی‌یو‌های تولیدشده توسط شرکت‌های چینی، از نظر تجاری رقابت‌پذیر نیستند، و این موجب شده است چین برای دسترسی به این تراشه‌ها هم به انویدیا و ای‌ام‌دی متکی باشند. هرچه جایگاه چین - آن طور که حامیان چین قول می‌دهند و دولت این کشور امیدوار است - به‌عنوان ابرقدرت حوزه هوش مصنوعی تقویت شود، اتکای این کشور به تراشه‌های خارجی بیشتر خواهد شد، مگر آن که چین راهی برای طراحی و تولید تراشه‌های خود بیابد. فراخوان شی جهت «تشکیل تیپ‌های ویژه برای حمله برق‌آسا به گلوگاه‌ها» کاملا جدی و فوری به‌نظر می‌رسید. بر این اساس، دولت چین برنامه‌ای را تحت عنوان «ساخت چین ٢٠٢۵»[[639]](#footnote-639) به اجرا گذاشت که هدفش کاهش سهم تراشه‌های وارداتی مورد استفاده در چین از ٨۵ درصد در سال ٢٠١۵، به ٣٠ درصد در سال ٢٠٢۵ بود.

شکی نیست که همه رهبران چین از همان ابتدای تشکیل رژیم جمهوری خلق‌ می‌خواستند کشورشان صنعت نیمه‌رسانا داشته باشد. در عین حال، این رویای مائو در بحبوحه انقلاب فرهنگی که هر کارگری بتواند برای خود ترانزیستور تولید کند، به شکستی تحقیرآمیز انجامید. چندین دهه بعد از آن، رهبران چین از ریچارد چانگ کمک گرفتند تا شرکت اس‌ام‌آی‌سی را تاسیس کند و «عشق به خدا را با مردم چین به اشتراک بگذارد». او کارخانه ریخته‌گری تراشه توانمندی را راه‌اندازی کرد، اما در درآمدزایی موفق نبود و در چندین پرونده مرتبط با نقض حقوق مالکیت‌های فکری تی‌اس‌ام‌سی هم شکست خورد. چانگ نهایتا کنار گذاشته شد و دولت چین هم جای سرمایه‌گذاران خصوصی را در اس‌ام‌آی‌سی گرفت. تا سال ٢٠١۵، معرفی یکی از مقامات سابق وزارت صنعت و اطلاعات چین به‌عنوان رییس اس‌ام‌آی‌سی، به تقویت رابطه میان اس‌ام‌آی‌سی و دولت چین انجامید. اما این شرکت همچنان در مهارت‌های تولیدی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای از تی‌اس‌ام‌سی عقب بود.

در عین حال، اس‌ام‌آی‌سی نمونه موفقیت نسبی صنعت تولید تراشه چین هم بود. برخلاف این شرکت، هواهونگ[[640]](#footnote-640) و گرِیس،[[641]](#footnote-641) دو شرکت دیگر ریخته‌گری تراشه چینی، سهم چندانی در بازار به دست نیاوردند، زیرا شرکت‌های دولتی و مقامات محلی که کنترل این دو شرکت را در دست داشتند، بی‌هیچ ضرورتی در تصمیمات تجاری آن‌ها دخالت می‌کردند. یکی از مدیران عامل سابق یک شرکت ریخته‌گری تراشه در این خصوص می‌گفت هر یک از استانداران می‌خواستند یک کارخانه تراشه‌سازی در استان خود داشته باشند و برای اطمینان از تحقق این خواسته خود، از ترکیبی از‌ یارانه‌ها و تهدیدات غیر‌مستقیم بهره می‌گرفتند. بدین ترتیب، صنعت ریخته‌گری چین نهایتا چیزی نشد، جز مجموعه‌ای ناکارآمد از تاسیسات کوچک پراکنده در سرتاسر کشور. خارجیان پتانسيل قابل‌ملاحظه‌ای را در صنعت تراشه چین می‌دیدند، البته تنها به این شرط که روش‌های فاجعه‌بار مدیریت شرکت‌ها و فرآیند‌های تجاری به نحوی اصلاح می‌شد. مدیر یکی از شرکت‌های نیمه‌رسانای اروپایی در این خصوص گفته بود «وقتی یک شرکت چینی پیشنهاد می‌کرد بیایید با هم یک جونیت‌ونچر تاسیس کنیم، به‌نظر می‌رسید منظورش این است که بیایید با هم پول از دست بدهیم». در واقع، جونیت‌ونچر‌هایی که از مشارکت با شرکت‌های چینی ایجاد می‌شدند، عموما به یارانه‌های دولتی معتاد بودند و به ندرت فناوری جدیدی خلق می‌کردند.

راهبرد رایانه‌ای چین در دهه ٢٠٠٠ نتوانسته بود به ایجاد صنعت تراشه داخلی پیشرفته‌ای در این کشور بینجامد. با این حال، بی‌عملی - و تحمل ادامه وابستگی به نیمه‌رساناهای خارجی - از منظر سیاسی اصلا قابل‌قبول نبود. بنابراین، پکن در سال ٢٠١۴ تصمیم گرفت یارانه‌های صنعت نیمه‌رسانا را دو برابر کند و در این راستا، به منظور پشتیبانی جهش جدیدی در حوزه‌ نیمه‌رسانا، صندوقی را تحت عنوان «صندوق بزرگ»[[642]](#footnote-642) تاسیس کرد. سرمایه‌گذاران کلیدی این صندوق عبارت بودند از وزارت دارایی چین، بانک دولتی توسعه چین و چندین شرکت دولتی دیگر از جمله شرکت دخانیات چین، و شرکت های سرمايه‌گذاری خودرو متعلق به دولت‌های محلی پکن، شانگهای و ووهان. برخی تحلیلگران از این برنامه به‌عنوان مدل جدیدی از حمایت دولت در قالب «سرمایه‌گذاری خطرپذیر» استقبال کردند؛ اما وادار کردن شرکت دولتی دخانیات چین به تأمین مالی صنعت مدارهای یکپارچه، از مدل معمول سرمایه‌گذاری خطر‌پذیر در سیلیکون‌ولی کاملا دور بود.

پکن به درستی به این نتیجه رسیده بود که صنعت تراشه کشور به پول بیشتری نیاز دارد. در سال ٢٠١۴، یعنی‌ در زمان تشکیل «صندوق بزرگ»، هزینه بنا کردن کارخانه‌های تراشه‌سازی پیشرفته بیش از ده میلیارد دلار بود. در این میان، در سرتاسر دهه ٢٠١٠، اس‌ام‌آی‌اس در گزارش مالی هر سال خود درآمدی یکی دو میلیارد دلاری، یعنی کمتر از یک‌‌دهم درآمدهای تی‌اس‌ام‌سی ثبت کرده بود. در واقع، تقلید از برنامه‌های سرمایه‌گذاری تی‌اس‌ام‌سی، تنها با سرمایه‌های بخش خصوصی برای اس‌ام‌آی‌سی غیرممکن می‌نمود. فقط دولت می‌توانست دست به چنین قمارهایی بزند. تعیین مقدار دقیق پولی که دولت چین صرف اعطای یارانه به صنعت تراشه و سرمایه‌گذاری در آن کرد، دشوار است، زیرا بیشتر این مبالغ توسط دولت‌های محلی و بانک‌های دولتی غیرشفاف پرداخت شده است؛ اما عموما تصور می‌شود مبالغ صرف‌شده سر به ده‌ها میلیارد دلار می‌زند.

البته صنعت نیمه‌رسانای چین با این مشکل جدی روبه‌رو بود که دولت این کشور نه فقط علاقه‌ای به برقراری پیوند با سیلیکون‌ولی نداشت، بلکه حتی به دنبال قطع هر نوع ارتباطی با آن بود. این در حالی بود که ژاپن، کره جنوبی، هلند و تایوان تنها از طریق ادغام کامل با صنعت تراشه ایالات متحده توانسته بودند بخش‌های مهمی از فرآیند تولید نیمه‌رسانا‌ها را تحت سیطره خود درآورند. رشد صنعت ریخته‌گری تراشه در تایوان مدیون شرکت‌های طراحی‌کننده فاقد کارخانه بود، و پیشرفته‌ترین تجهیزات لیتوگرافی تراشه ای‌اس‌ام‌ال هم هرگز نمی‌توانستند بدون منابع نوری تخصصی تولیدشده توسط شعبه این شرکت در سن‌دیگو کار کنند. صرف نظر از اختلافات تجاری گاه و بی‌گاه، این شرکت‌ها همگی منافع و دیدگاه‌های یکسان دارند. به همین علت، اتکای متقابل بر یک‌دیگر در‌ طراحی تراشه‌ها، تولید تجهیزات و ابزار‌ها و خدمات تولیدی، هزینه معقولی بود که این کشور‌ها برای کارآیی تولید جهانی‌شده نیمه‌رسانا‌ها می‌پرداختند.

اگر چین تنها به دنبال کسب نقش مهم‌تری در این زیست‌بوم بود، آرزو‌هایش می‌توانست به واقعیت بپیوندد؛ اما چین اصلا به دنبال رسیدن به جایگاه بهتری در نظامی تحت‌ سیطره آمریکا و دوستانش نبود. فراخوان شی برای «یورش به استحکامات» تنها درخواستی برای کسب سهم کمی بزرگ‌تر در بازار نبود. موضوع این دستور، نه ادغام در صنعت نیمه‌رسانای جهان، بلکه تغییر ساختار آن بود. برخی سیاست‌گذاران اقتصادی و مدیران صنایع نیمه‌رسانا در چین ترجیح می‌دادند چین در صنعت جهانی نیمه‌رسانا بیشتر ادغام شود؛ اما رهبران سیاسی در پکن که بیشتر به امنیت فکر می‌کردند تا کارآیی، وابستگی متقابل را منبعی برای تهدید می‌دانستند. برنامه «ساخت چین ٢٠٢۵» هم، نه تنها از ادغام اقتصادی حمایت نمی‌کرد؛ بلکه دقیقا خلاف آن عمل می‌کرد. این برنامه به دنبال قطع وابستگی به واردات تراشه بود. هدف اصلی برنامه «ساخت چین ٢٠٢۵» کاهش سهم تراشه‌های خارجی مورد استفاده در چین است.

این چشم‌انداز اقتصادی می‌توانست جریان‌های تجاری و اقتصاد جهانی را تهدید کند. از زمان تاسیس اولین کارخانه ریخته‌گری تراشه شرکت فرچایلد سمیکانداکتر در هنگ‌کنگ بدین سو، تجارت تراشه به تحقق پدیده جهانی شدن کمک کرد. واردات تراشه چین - که در سال ٢٠١٧، یعنی همان سالی که شی اولین حضور بین‌المللی خود را در داوس تجربه کرد، به ٢۶٠ میلیارد دلار بالغ می‌شد - بسیار بزرگ‌تر از صادرات نفت عربستان سعودی یا صادرات خودرو آلمان بود. چین هر سال بیش از ارزش کل تجارت جهانی هواپیما، تراشه وارد می‌کند. از سوی دیگر، نیمه‌رسانا‌ها مهم‌ترین جایگاه را در تجارت بین‌الملل دارند.

این رویکرد چین تنها منافع سیلیکون‌ولی را به خطر نمی‌انداخت. اگر کارزار چین برای خودکفایی در صنعت نیمه‌رسانا موفق می‌شد، همسایگان این کشور که بیشترشان اقتصادی وابسته به صادرات دارند، حتی بیشتر آسیب می‌دیدند. در سال ٢٠١٧، مدارهای یکپارچه ١۵ درصد صادرات کره جنوبی، ١٧ درصد صادرات سنگاپور، ١٩ درصد صادرات مالزی، ٢١ درصد صادرات فیلیپین، و ٣۶ درصد صادرات تایوان را تشکیل می‌داد. برنامه «ساخت چین ٢٠٢۵» صادرات همه این کشور‌ها را تهدید می‌کرد. در واقع، این برنامه متراکم‌ترین شبکه متشکل از زنجیره‌های تأمین و جریان‌های تجاری، و صنایع الکترونیکی که مبنای رشد اقتصادی و ثبات سیاسی آسیا در نیم‌قرن گذشته بودند را به خطر می‌انداخت.

با این همه، «ساخت چین ٢٠٢۵» تنها یک برنامه بود. دولت‌ها در اغلب موارد برنامه‌هایی را به موقع اجرا می‌گذارند که نتیجه آن‌ها چیزی جز شکست تحقیرآمیز نیست. سابقه چین در تولید تراشه‌های پیشرفته اصلا چشمگیر نبود. در عین حال، ابزارهایی که دولت چین می‌توانست برای تحقق این برنامه به‌کار بگیرد - یارانه‌های هنگفت دولتی، حمایت دولت از سرقت اسرار تجاری دیگران، و بهره‌برداری از چشم‌انداز دسترسی به دومین بازار مصرفی بزرگ جهان برای وادار کردن شرکت‌های خارجی به پیروی از دستورهای دولت - قدرت بی‌همتایی را برای شکل دادن به آینده صنعت تراشه به آن می‌داد. اگر قرار بود تنها یک کشور بتواند جریان‌های تجاری را بدین‌ گونه متحول سازد، این کشور بی‌‌شک چین بود. بسیاری‌ از کشور‌های منطقه فکر می‌کنند پکن ممکن است در این کار موفق شود. صنایع فناوری تایوان به تدریج نگران شکل‌گیری چیزی شدند که در تایوان «زنجیره تأمین سرخ» نامیده می‌شد. بعد از ورود شرکت‌های سرزمین اصلی چین به بازار قطعات الکترونیکی دارای ارزش بالا که پیش‌تر در سیطره تایوان قرار داشت، تصور همین رویداد در بازار نیمه‌رسانا اصلا دشوار نبود.

بازتاب فراخوان شی جینپینگ برای اقدام دولت و شرکت‌های چین در جهت «یورش به استحکامات فرآیند تحقیق در فناوری‌های اصلی» در غرب، مدت‌ها پس از شرق آسیا بروز کرد. اظهارات دونالد ترامپ در مورد حمایت‌گرایی میلیون‌ها بار در توییتر بازنشر می‌شد، اما پکن صرف نظر از هر نوع لفاظی، برای این هدف برنامه‌ای مشخص، ابزارهایی قدرتمند و سابقه‌ای چهل‌ساله در شگفت‌زده کردن جهان با قابلیت‌های اقتصادی و فناورانه چین داشت. این چشم‌انداز استقلال صنعت نیمه‌رسانای چین، می‌توانست با متحول کردن فرآیند‌های تولید یکی از پرمصرف‌ترین و باارزش‌ترین کالا‌های جهان، روند جهانی شدن را تحت تاثیر بگذارد. هنگامی که شی در سال ٢٠١٧ در داوس سخنرانی می‌کرد، هیچ یک از مخاطبانش متوجه‌ نشد که در پس اظهارات بی‌معنی او چه خطراتی نهفته است، اما حتی پوپولیستی چون ترامپ هم نمی‌توانست مانند شی چنین تحولات رادیکالی را در اقتصاد جهانی تصور کند.

## فصل ۴۴

**انتقال فناوری**

جینی رومتی،[[643]](#footnote-643) مدیرعامل آی‌بی‌ام در اجلاس سال ٢٠١۵ مجمع توسعه چین[[644]](#footnote-644) که هر سال توسط دولت چین برگزار می‌شود، خطاب به مخاطبانش گفت «هر کشوری که مثل چین، ١.٣ میلیارد نفر جمعیت داشته باشد، قاعدتا خواهد خواست صنعت فناوری داشته باشد. فکر می‌کنم برخی شرکت‌ها احتمالا از این وضعیت احساس خطر خواهند کرد؛ با این حال ما در آی‌بی‌ام… این را فرصتی بزرگ می‌دانیم». در‌ میان شرکت‌های آمریکایی، آی‌بی‌ام نزدیک‌ترین رابطه را با دولت آمریکا داشت. طی نزدیک به یک قرن، این شرکت سامانه‌های رایانه‌ای پیشرفته‌ای را برای رفع حساس‌ترین نیاز‌های امنیت ملی تولید کرده بود. پرسنل آی‌بی‌ام روابط شخصی نزدیکی با مقامات پنتاگون و سازمان‌های اطلاعاتی ایالات متحده داشتند. هنگامی که ادوارد اسنودن مدارکی را در مورد عملیات اطلاعاتی ایالات متحده در خارج از کشور سرقت و افشا کرد، هیچ‌کس از متهم شدن آی‌بی‌ام به همکاری با ماموران سایبری آمریکا متعجب نشد.

پس از ماجرای اسنودن، میزان فروش آی‌بی‌ام در چین ٢٠ درصد کاهش یافت، زیرا شرکت‌های چینی برای خرید سرور‌ها و تجهیزات شبکه خود سراغ عرضه‌کنندگان دیگر رفتند. مارتین شروتر،[[645]](#footnote-645) مدیرمالی آی‌بی‌ام در این خصوص به سرمایه‌گذاران گفته بود «چین در حال اعمال مجموعه‌ای از اصلاحات قابل‌ملاحظه‌ اقتصادی است». او با این روش سخنورانه، در واقع به آن‌ها توضیح داد که دولت چین با محدود کردن فروش آی‌بی‌ام در این کشور، در حال تنبیه آن است. در این میان، رومتی تصمیم گرفت با پیشنهاد انتقال فناوری، در پی آشتی با چینی‌ها برآید. او در سال‌های پس از ٢٠١۴، چند بار به چین سفر و با مقامات ارشد این کشور، از جمله لی کِگیانگ،[[646]](#footnote-646) نخست‌وزیر، وانگ آنشون،[[647]](#footnote-647) شهردار پکن، و همچنین ما کای،[[648]](#footnote-648) معاون نخست‌وزیر که شخصا مسوول اقدامات چین برای ارتقای صنعت تراشه این کشور بود، ملاقات کرد. به گزارش رویترز، آی‌بی‌ام به رسانه‌های چین اعلام کرده بود هدف رومتی از این سفرها «تاکید بر تعهد این غول فناوری به مشارکت با شرکت‌های چینی، همکاری‌های آتی، و امنیت اطلاعات» است. خبرگزاری دولتی شینهوا[[649]](#footnote-649) اما، با صراحت بیشتری به تعامل آی‌بی‌ام و چین پرداخت و گزارش داد رومتی و ما «در خصوص تقویت همکاری‌ها در زمینه مدارهای یکپارچه» صحبت کرده‌اند.

تراشه‌های سرور، یکی از حوزه‌های تمرکز کارزار چین برای خودکفایی در نیمه‌رسانا‌ها بود. در اواسط دهه ٢٠١٠ هم مانند امروز، مراکز داده در جهان عمدتا به تراشه‌های مبتنی بر مجموعه دستورالعمل‌های معماری اکس٨۶ متکی بودند، هرچند جی‌پی‌یو‌های انویدیا به تدریج در حال گرفتن سهم بیشتری در بازار بودند. تنها سه شرکت حقوق مالکیت فکری لازم برای‌ تولید تراشه‌های اکس٨۶ را در اختیار داشتند: ای‌ام‌دی و اینتل در آمریکا و شرکت کوچکی به نام ویا[[650]](#footnote-650) در تایوان. البته اینتل در عمل بازار را تحت سیطره خود داشت. در گذشته، معماری تراشه‌های آی‌بی‌ام تحت عنوان «پاور»[[651]](#footnote-651) نقش مهمی در تولید سرور‌های مورد استفاده در شرکت‌ها داشت، اما جایگاه خود را در دهه ٢٠١٠ از دست داد. برخی پژوهشگران فکر می‌کردند معماری شرکت آرم - که به‌طور عموم در دستگاه‌های همراه به‌کار گرفته می‌شد - هم می‌تواند بعد‌ها در بازار مراکز داده ایفای نقش کند، هرچند در آن زمان تراشه‌های مبتنی بر معماری آرم سهم چندانی در بازار مراکز داده نداشتند. صرف‌ نظر از معماری تراشه‌های مراکز داده، چین به هیچ‌ وجه توانایی تولید داخلی تراشه‌های رقابت‌پذیر برای مراکز داده را نداشت؛ اما چین تصمیم گرفت با اعمال فشار بر شرکت‌های آمریکایی برای انتقال فناوری به شرکای چینی‌شان، این فناوری را به دست آورد.

اینتل که بر بازار تراشه‌های سرور تسلط داشت، انگیزه چندانی برای کاهش معاملات با پکن در مورد پردازنده‌های مراکز داده نداشت (اگرچه این شرکت که جایگاه ضعیف‌تری در بازار تراشه‌های گوشی موبایل و تراشه‌های حافظه نند داشت، در این بازار به‌طور مجزا با شرکت‌های تحت حمایت چین و دولت محلی معامله می‌کرد). با این حال، تراشه‌سازان آمریکایی که اینتل سهم آن‌ها در بازار مراکز داده را از آن خود کرده بود، به دنبال کسب مجدد مزیت رقابتی در این حوزه بودند. در آی‌بی‌ام، رومتی اعلام کرد راهبرد جدیدی را اتخاذ می‌کند که می‌تواند نظر پکن را جلب کند. او در توضیح این راهبرد جدید گفت آی‌بی‌ام به جای تلاش برای فروش تراشه‌ها و سرور‌ها به مشتریان چینی، فناوری تراشه‌سازی خود را در اختیار شرکای چینی‌اش خواهد گذاشت تا آن‌ها را قادر سازد «زیست‌بوم جدید و پویایی از شرکت‌های چینی تولید‌کننده سامانه‌های رایانه‌ای داخلی برای بازار‌های محلی و بین‌المللی ایجاد کنند». این تصمیم آی‌بی‌ام در مورد مبادله فناوری با دسترسی به بازار، از نظر تجاری کاملا معقول به‌نظر می‌رسید، زیرا فناوری این شرکت در سطح جهانی درجه دوم محسوب می‌شد و جبران کاهش فروش محصولات این شرکت در چین پس از ماجرای اسنودن هم، بدون واگذاری مجوز بهره‌برداری از این فناوری به پکن اصلا محتمل نبود. آی‌بی‌ام به‌طور هم‌زمان تلاش می‌کرد کسب‌وکار جهانی خود را از فروش سخت‌افزار به فروش خدمات تبدیل کند. به همین علت، به اشتراک گذاشتن طرح‌های تراشه شرکت با دیگران راهبردی منطقی به‌نظر می‌رسید.

در سوی دیگر این تعامل اما، هدف چین از مشارکت با آی‌بی‌ام، تنها کسب منافع تجاری نبود. به گزارش نیویورک‌تایمز، یکی از کسانی که با این فناوری آی‌بی‌ام که به تازگی در دسترس چینی‌ها قرار گرفته بود، کار می‌کردند، شن چانگشیانگ،[[652]](#footnote-652) رییس سابق بخش امنیت زرادخانه‌ موشک‌های هسته‌ای چین بود. تنها یک سال پیش از آن، شن به روسای خود در مورد «خطرات امنیتی بزرگ» موجود در همکاری با شرکت‌های آمریکایی اخطار می‌داد. اما اکنون او ظاهرا به این نتیجه رسیده بود که پیشنهاد آی‌بی‌ام در مورد انتقال فناوری تراشه‌سازی خود، به تحقق اهداف راهبردی پکن در حوزه نیمه‌رسانا و حفظ منافع ملی چین کمک می‌کند.

آی‌بی‌ام تنها شرکتی نبود که تمایل داشت در تولید تراشه برای مراکز داده به شرکت‌های چینی کمک کند. تقریبا در همان زمان، کوالکام که در تولید تراشه برای گوشی‌های هوشمند تخصص داشت، تلاش می‌کرد با استفاده از معماری آرم وارد بازار تراشه‌های مراکز داده شود. کوالکام هم‌زمان در حال مبارزه با گروهی از قانون‌گذاران چینی بود که می‌خواستند مبالغی را که این شرکت در قبال فروش مجوز بهره‌برداری از فناوری تراشه‌های گوشی هوشمند از شرکت‌های چینی دریافت می‌کرد را کاهش دهند. این مبالغ یکی از منابع کلیدی درآمد کوالکام بود. چین به‌عنوان بزرگ‌ترین مشتری تراشه‌های کوامکام، می‌توانست فشار قابل‌ملاحظه‌ای بر آن وارد کند. به همین علت، بسیاری از تحلیلگران میان توافق کوالکام و شرکت چینی هواشینتونگ[[653]](#footnote-653) در مورد تاسیس جونیت‌ونچری برای تولید تراشه سرور از یک طرف، و حل اختلاف کوالکام با پکن بر سر قیمت مجوزهای بهره‌برداری از فناوری این شرکت، آن هم تنها کمی پس از توافق اول از طرف دیگر، رابطه‌ای می‌دیدند. تحلیلگران صنعت تراشه به این نکته توجه کرده بودند که هوا‌شینتونگ شاید سابقه‌ای در طراحی تراشه‌های پیشرفته نداشت، اما در استان گوییژو[[654]](#footnote-654) مستقر بود که استاندارش چِن‌مین-اِر،[[655]](#footnote-655) یکی از اعضای قدرتمند حزب کمونیست بود.

البته جونیت‌ونچر کوالکام-هوا‌شینتونگ عمری طولانی نداشت. این مشارکت نتوانست ارزش چندانی خلق کند و نهایتا در سال ٢٠١٩ برچیده شد. در عین حال، به‌نظر می‌رسد بخشی از تخصص ایجادشده در آن به سایر شرکت‌های چینی تولید‌کننده تراشه‌های مبتنی بر معماری آرم برای مراکز داده منتقل شده است. برای نمونه، هوا‌شینتونگ در سال ٢٠١٩ برای تولید تراشه‌های کم‌مصرف، وارد کنسرسیومی با حضور شرکت فایتیوم[[656]](#footnote-656) شد. ایالات متحده بعدها ادعا کرد فایتیوم در طراحی سامانه‌های تسلیحاتی پیشرفته، مانند موشک‌های فراصوت[[657]](#footnote-657) به ارتش چین کمک کرده است.

بحث برانگیزترین نمونه نتایج انتقال فناوری به چین، به رقیب اصلی اینتل، یعنی ای‌ام‌دی مربوط می‌شود. این شرکت در اوایل دهه ٢٠١٠ به‌علت از دست دادن سهم خود در بازار تراشه رایانه‌های شخصی و مراکز داده در رقابت با اینتل، با مشکلات مالی دست‌و‌پنجه نرم می‌کرد. هرچند ای‌ام‌دی در شرف ورشکستگی نبود؛ فاصله زیادی هم با آن نداشت. این شرکت به دنبال به دست آوردن پول بود تا برای معرفی محصولات جدید خود به بازار زمان بخرد. در همین راستا، این شرکت از جمله در سال ٢٠١٣ دفتر مرکزی خود در آستین تگزاس را هم فروخته بود تا پول نقد به دست آورد. ای‌ام‌دی همچنین در سال ٢٠١۶، ٨۵ درصد سهام تاسیسات مونتاژ، آزمایش و بسته‌بندی نیمه‌رسانا‌های متعلق به خود در پِننگ[[658]](#footnote-658) در مالزی و سوژو[[659]](#footnote-659) در چین را به قیمت ٣٧١ میلیون دلار به فروش رساند. ای‌ام‌دی مدعی بود این تاسیسات «در کلاس جهانی‌اند».

در همان سال، ای‌ام‌دی با کنسرسیومی از شرکت‌های چینی و نهاد‌های دولتی آن کشور قراردادی منعقد کرد و مجوز تولید تراشه‌های مبتنی بر معماری اکس٨۶ اصلاح‌شده را برای فروش در بازار چین به آن‌ها داد. این قرارداد که مناقشات بسیاری را هم در صنعت تراشه و هم در واشنگتن برانگیخت، به نحوی طراحی شده بود که نیازی به تایید کمیته ناظر بر سرمایه‌گذاری خارجی در ایالات متحده (سی‌اف‌آی‌یو‌اس) در دولت ایالات متحده - که وظیفه‌اش بررسی معاملات مرتبط با خرید دارایی‌های حساس آمریکاییان است - نداشته باشد. به قول یکی از آگاهان صنعت تراشه، ای‌ام‌دی با این ترفند، این قرارداد را برای تایید، به مقامات مربوط در وزارت بازرگانی ارائه کرد که «چیزی در مورد ریزپردازنده‌ها، یا نیمه‌رسانا‌ها، یا حتی چین» نمی‌دانستند. گفته می‌شود اینتل با اعلام این که این قرارداد به منافع ایالات متحده لطمه وارد می‌کند و می‌تواند کسب‌وکار اینتل را به خطر بیندازد، در مورد آن به دولت ایالات متحده هشدار داد. با این همه، دولت رویه مشخصی برای جلوگیری از این قرارداد نداشت. به همین علت، قرارداد نهایتا تایید شد و خشم بسیاری را در کنگره و پنتاگون برانگیخت.

هم‌زمان با نهایی شدن این قرارداد، سری جدید پردازنده‌های ای‌ام‌دی، به نام «زن»[[660]](#footnote-660) وارد بازار شد و این شرکت را از شکست نجات داد، به‌طوری که وابستگی ای‌ام‌دی به قرارداد‌های اعطای مجوز را پایان داد. قرارداد جونیت‌ونچر با شرکت‌های چینی اما، پیش از آن امضا و فناوری ای‌ام‌دی به آن‌ها منتقل شده بود. روزنامه وال‌استریت‌جورنال در چندین مقاله اعلام کرد ای‌ام‌دی برای نجات خود «باارزش‌ترین دارایی خود» را به چین فروخته و این قرارداد بدین منظور منعقد شده است‌ که‌ به‌ شرکت‌های چینی اجازه دهد به دولت چین بگویند در داخل کشور ریزپردازنده پیشرفته طراحی می‌کنند؛ در حالی که آن‌ها در واقع تنها طرح‌های ای‌ام‌دی را کمی تغییر می‌دهند. رسانه‌های انگلیسی‌زبان این قرارداد را تنها یک معامله فروش مجوز کوچک معرفی می‌کردند؛ در حالی که کارشناسان ارشد چینی به رسانه‌های دولتی این کشور می‌گفتند این قرارداد تلاش‌های چین برای بومی‌سازی «فناوری اصلی» در صنعت تراشه را تقویت می‌کند تا از این پس، «اختیار ما در دست دیگران نباشد». مقامات پنتاگون که مخالف این قرارداد بودند، می‌پذیرفتند که قرارداد دقیقا بر اساس قانون نوشته شده است؛ اما آن‌ها متقاعد نشده بودند که قرارداد به اندازه‌ای که حامیان آن ادعا می‌کنند، بی‌ضرر است. یکی از مقامات سابق پنتاگون در این خصوص می‌گوید «من همچنان شک دارم ای‌ام‌دی همه چیز را در مورد این قرارداد به ما گفته باشد». به گزارش وال‌استریت‌جورنال، یکی از شرکت‌های حاضر در جونیت‌ونچر، یک شرکت فعال در حوزه ابر رایانه به نام سوگُن[[661]](#footnote-661) بود که «کمک به اهداف دفاعی و امنیت ملی چین» را به‌عنوان «ماموریت بنیادین» خود اعلام کرده بود. ای‌ام‌دی در گزارش‌های رسانه‌ای خود در سال ٢٠١٧، سوگن را «شریک راهبردی» جونیت‌ونچر معرفی کرد و این موجب تعجب بسیار مقامات واشنگتن شد.

جینا رِیموندو،[[662]](#footnote-662) وزیر بازرگانی ایالات متحده در سال ٢٠٢١ به رسانه‌ها گفت آنچه مسلم است این که سوگن برای ساخت برخی از پیشرفته‌ترین اَبَررایانه‌های مورد استفاده در تولید «تسلیحات هسته‌ای و تسلیحات فراصوت» به کمک‌ نیاز داشت. به گفته السا کنیا،[[663]](#footnote-663) کارشناس برجسته آمریکایی آشنا با ارتش چین، خودِ سوگن هم در مورد پیوند‌هایش با ارتش چین تبلیغ کرده است. حتی پس از آن که دولت ترامپ سوگن را در فهرست سیاه قرار داد و در نتیجه رابطه این شرکت با ای‌ام‌دی قطع شد، آنتون شیلوف،[[664]](#footnote-664) تحلیلگر ارشد صنعت تراشه به برخی مدارهای تولیدی توسط سوگن دست یافت. در این مدارها از برخی تراشه‌های ساخت ای‌ام‌دی استفاده شده بود که قاعدتا سوگن نمی‌بایست به آن‌ها دسترسی می‌داشت. در ادامه این ماجرا، ای‌ام‌دی به خبرنگاران اعلام کرد در ساخت این دستگاه به هیچ‌ وجه از سوگن پشتیبانی نکرده است و نمی‌داند سوگن چگونه این تراشه‌ها را به دست آورده است.

بازار چین به قدری جذاب بود که مخالفت با انتقال فناوری به قیمت از دست دادن این بازار، برای شرکت‌ها تقریبا غیرممکن بود. برخی شرکت‌ها حتی مجبور شدند برای ورود به این بازار، کنترل کل شعب خود را در این کشور به چینی‌ها واگذار کنند. شرکت بریتانیایی آرم که کارش طراحی تراشه است، در سال ٢٠١٨ با فروش ۵١ درصد سهام شعبه‌اش در چین به نام «آرم چاینا»[[665]](#footnote-665) به گروهی از سرمایه‌گذاران و نگه داشتن تنها ۴٩ درصد مالکیت آن برای خود، عملا کنترل این شعبه را از دست داد. خود آرم در سال پیش از آن توسط شرکت ژاپنی سافتبَنک[[666]](#footnote-666) خریداری شده بود. سافتبنک میلیارد‌ها دلار در استارت‌آپ‌های چینی فعال در حوزه فناوری سرمایه‌گذاری کرده بود. بدین ترتیب، این شرکت برای موفقیت سرمایه‌گذاری‌هایش به رفتار مساعد سازمان‌های نظارتی چین وابسته بود. به هر حال، سازمان‌های نظارتی ایالات متحده که نگران بودند وابستگی سافتبنک با دولت چین، این شرکت را نسبت به فشار‌های سیاسی پکن آسیب‌پذیر سازد، رفتار‌های آن را زیر نظر گرفته بودند. سافتبنک آرم را در سال ٢٠١۶ به قیمت ۴٠ میلیارد دلار خریده بود، اما ۵١ درصد سهام شعبه آن در چین را - که به زعم سافتبنک به اندازه یک‌پنجم فروش جهانی آرم ارزش داشت - به قیمت ٧٧۵ میلیون دلار فروخت.

اما سوال اینجا است که سافتبنک چرا کنترل آرم چاینا را رها کرد. واقعیت این است که هیچ مدرک مطمئنی وجود ندارد که نشان دهد سافتبنک برای فروش شعبه‌اش در چین، تحت فشار مقامات چینی بوده است. در هر حال، مدیران آرم، خود با کمال میل علت این کارشان را توضیح دادند. یکی از مدیران آرم به روزنامه نیکِی آسیا[[667]](#footnote-667) گفت «اگر قرار باشد کسی برای ارتش چین یا سازمان‌های نظارتی چین [سیستمی روی یک تراشه] بسازد، دولت چین ترجیح می‌دهد این کار منحصرا در داخل چین انجام شود. با این شکل جدید مشارکت، آرم می‌تواند این کار را برای چین انجام دهد. ما در گذشته نمی‌توانستیم این کار را انجام دهیم». او در ادامه اعلام کرد «چین می‌خواهد امنیت داشته باشد و کنترل امور را در دست خود نگه دارد. خلاصه این که آن‌ها می‌خواهند کنترل فناوری‌شان در اختیار خودشان باشد… حال اگر فناوری آن‌ها بر فناوری ما مبتنی باشد، ما هم می‌توانیم از آن منتفع شویم». در هر حال، نه مقامات ژاپنی که سافتبنک تحت صلاحیت قانونی آن‌ها است، نه مقامات بریتانیایی که آرم تحت صلاحیت قانونی آن‌ها است، و نه مقامات آمریکایی که بخش عمده حقوق مالکیت فکری آرم تحت صلاحیت قانونی آن‌ها است، برای بررسی پیامدهای این معامله اقدامی نکردند.

شرکت‌های تولید‌کننده تراشه نمی‌توانند به سادگی چشم بر بزرگ‌ترین بازار نیمه‌رسانا‌ها ببندند. تراشه‌سازان همچنین با جدیت از فناوری‌های حساس خود مراقبت می‌کنند. در عین حال، تقریبا همه شرکت‌های تراشه‌ساز در برخی بخش‌های فرعی‌تر کسب‌وکار خود فناوری‌های فرعی و غیر‌حساسی هم دارند که با کمال میل آماده‌اند آن‌ها را در قبال قیمتی مناسب با دیگران به اشتراک بگذارند. به علاوه، شرکت‌ها وقتی سهم بازارشان را از دست می‌دهند یا از نظر مالی با مشکل روبه‌رو می‌شوند، دیگر نمی‌توانند بر موضوعات و نگرانی‌های بلندمدت که نسبت به مشکلات آنی آن‌ها اهمیت کمتری دارند، تمرکز کنند. این واقعیت اهرم فشار مناسبی را در اختیار چین می‌گذارد تا این‌گونه شرکت‌های تراشه‌ساز خارجی را وادار کند فناوری‌شان را به چین منتقل کنند، تاسیسات تولیدی در چین راه‌اندازی کنند، یا مجوز بهره‌برداری از حقوق مالکیت فکری‌شان را به شرکت‌های چینی بدهند؛ با وجود این که می‌دانند بدین ترتیب به توسعه رقیبان کمک می‌کنند. برای شرکت‌های تراشه‌ساز، به دست آوردن پول در چین غالبا آسان‌تر از انجام این کار در وال‌استریت است. در برخی موارد ممکن است قبول سرمایه چینی، شرط ضمنی فعالیت تجاری در این کشور باشد.

اگر به قرارداد‌هایی که آی‌بی‌ام، ای‌ام‌دی و آرم با چینی‌ها منعقد کردند از منظر خود این شرکت‌ها نگاه کنیم، بی‌شک خواهیم دید این قرارداد‌ها به علل مختلف موجه بوده‌اند. اما وقتی که این قرارداد‌ها را به‌صورت یک مجموعه بررسی کنیم، متوجه نقش آن‌ها در افزایش خطر نشت فناوری خواهیم شد. در واقع، شکی نیست که طرح‌ها و معماری‌های آمریکایی و بریتانیایی تراشه، و همچنین شرکت‌های تایوانی ریخته‌گری تراشه در توسعه برنامه‌های اَبَررایانه چین نقش محوری داشته‌اند. در هر حال، در مقایسه با ده سال پیش، هرچند توانایی‌های چین همچنان به‌طور معناداری با مرز‌های فناوری فاصله دارد؛ این کشور اساسا برای طراحی و تولید تراشه‌های مورد استفاده در مراکز داده از نیروی کار خارجی کمتری بهره می‌گیرد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد جینی رومتی، مدیرعامل آی‌بی‌ام به درستی‌ «فرصت بسیار مناسبی» را در انعقاد قرارداد‌های انتقال فناوری با چین ملاحظه کرده بود. تنها اشتباه او اما، در این بود که تصور کرده بود شرکت خودش از این فرصت منتفع خواهد شد.

## فصل ۴۵

**«ادغام شرکت‌ها امری ناگزیر است»**

ژائو وِیگو[[668]](#footnote-668) که رسانه‌ها از او به‌عنوان میلیارد‌ر تراشه‌ای یاد می‌کنند، از دوران کودکی و پرورش گوسفند و خوک در مناطق مرزی غرب چین تا امروز، راهی طولانی پیموده بود. او پس از تبعید شدن پدرش به‌علت سرودن اشعاری در مخالفت با انقلاب فرهنگی، همراه او به مناطق روستایی چین کوچ کرد؛ اما هرگز نپذیرفت زندگی‌اش به دامداری در روستا محدود شود. او بعد‌ها توانست وارد دانشگاه چینگهوا،[[669]](#footnote-669) یکی از بهترین دانشگاه‌های چین شد و در رشته مهندسی برق تحصیل کرد. این دانشگاه از همان ابتدای شکل‌گیری صنعت نیمه‌رسانا در چین، پیشرو تلاش‌های این کشور در این حوزه بود، اما معلوم نیست ژائو به‌عنوان دانشجوی این دانشگاه چه میزان دانش و تخصص در زمینه ترانزیستورها و خازن‌ها کسب کرده است. او پس از اخذ مدرک لیسانس، در یک شرکت فناوری مشغول به‌کار شد و سپس با تغییر مسیر به سوی سرمایه‌گذاری، معاون مدیر شرکت چینگهوا یونیگروپ[[670]](#footnote-670) شد. این شرکت توسط دانشگاه چینگهوا تاسیس شد تا پژوهش‌های علمی دانشگاه را به کسب‌وکار‌هایی سودآور تبدیل کند؛ البته به‌نظر می‌رسد این شرکت سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی روی املاک و مستغلات انجام داده است. در هر حال، ژائو به‌عنوان معامله‌گری موفق، شهرتی دست‌وپا کرد و در مسیر کسب ثروتی چند میلیارد دلاری قرار گرفت.

در سال ٢٠٠۴، ژائو با تاسیس صندوق سرمایه‌گذاری خود تحت عنوان بیجینگ‌جیانکون‌گروپ،[[671]](#footnote-671) در املاک و معادن و دیگر بخش‌هایی که ارتباط با مقامات ارشد سیاسی در موفقیت نقش‌ اساسی دارد، سرمایه‌گذاری کرد. این فعالیت او عواید چشمگیری برایش به ارمغان آورد، به‌طوری که گفته می‌شود سرمایه اولیه یک میلیون یوانی او تا ۴.۵ میلیارد دلار افزایش یافت. ژائو در سال ٢٠٠١ این ثروت را صرف خرید ۴٩ درصد سهام کارفرمای سابق خود، چینگهوا یونیگروپ کرد. البته دانشگاه همچنان مالکیت ۵١ درصد دیگر سهام یونیگروپ را برای خود حفظ کرد. این معامله کاملا نامتعارف بود، زیرا یک بنگاه سرمایه‌گذاری در حوزه املاک، با این معامله مالک تقریبا نیمی از شرکتی شده بود که قرار بود فناوری‌های تولیدشده توسط برترین دانشگاه و مرکز پژوهشی چین را تجاری‌سازی کند. البته چینگهوا هم هرگز یک شرکت «معمولی» نبود. فرزند رییس‌جمهور سابق چین، هو جینتائو[[672]](#footnote-672) - که گفته می‌شود «دوست نزدیک» ژائو است - نماینده حزب کمونیست در هلدینگ مالک یونیگروپ بود. از سوی دیگر، رییس دانشگاه چینگهوا در سرتاسر دهه ٢٠٠٠، هم‌اتاقی ‌شی جینپینگ در خوابگاه دانشگاه بود.

ژائو در سال ٢٠١٣، یعنی چهار سال پس از خرید سهام چینگهوا و درست پیش از اعلام برنامه‌های جدید حزب کمونیست چین برای اعطای یارانه‌های هنگفت به شرکت‌های نیمه‌رسانای کشور، متوجه شد وقت سرمایه‌گذاری در صنعت تراشه رسیده است! البته او نمی‌پذیرد که راهبرد جدید چینگهوا در زمینه تراشه‌سازی رابطه‌ای با برنامه‌های دولت داشته است. او در سال ٢٠١۵ به فوربس گفت «همه تصور می‌کنند دولت برای توسعه بخش تراشه‌سازی فشار می‌آورد، اما چنین نیست». اتفاقا برعکس، او افتخار جلب توجه دولت به این بخش را از آن خود می‌داند و مدعی است «در واقع ابتدا شرکت‌ها در این زمینه اقدام کردند و آنگاه دولت به تدریج به این بخش توجه کرد… تمام معاملات ما بازارمحور[[673]](#footnote-673) است».

اما بیشتر تحلیلگران راهبرد ژائو را اصلا «بازار محور» نمی‌دانند. او به جای سرمایه‌گذاری در بهترین شرکت‌های تراشه‌سازی، سعی می‌کرد تقریبا هر آنچه در بازار هست را بخرد. توضیحی که او در مورد راهبرد سرمایه‌گذاری‌اش می‌داد، به هیچ‌وجه نکات ظریف یا پیچیده‌ای نداشت. او در جایی گفته بود «ما برای شکار با اسلحه به بالای کوه می‌رویم، اما نمی‌دانیم آنجا چه‌ خبر است. شاید آنجا یک آهو با یک بز کوهی را بزنید، هیچ‌کس نمی‌داند». با این همه، او یک شکارچی بااعتماد‌به‌نفس بود و شرکت‌های تراشه‌سازی جهان شکارهای او بودند.

حتی با در نظر گرفتن ثروت ژائو که در حدود دو میلیارد دلار تخمین زده می‌شد، مبالغی که او صرف بنا کردن امپراطوری خود در حوزه تراشه‌سازی کرد، باورنکردنی بود. چینگهوا یونیگروپ در سال ٢٠١٣ دیوانه‌وار شروع به خرید شرکت‌های چینی کرد و با هزینه‌کرد میلیارد‌ها دلار، دو شرکت موفق طراحی تراشه به نام اسپرِدترُم‌کامیونیکیشنز[[674]](#footnote-674) و آر‌دی‌‌اِی‌میکروالکترونیکس[[675]](#footnote-675) را خرید. این دو شرکت تراشه‌های ارزان‌قیمتی را برای گوشی‌های هوشمند طراحی می‌کردند. ژائو اعلام کرد این ادغام‌ها «هم‌افزایی‌های قابل‌ملاحظه‌ای را چه در چین و چه در خارج کشور ایجاد خواهد کرد»؛ هرچند بعد از گذشت یک دهه، شواهد چندانی برای اثبات وقوع این هم‌افزایی‌ها وجود ندارد.

یک سال بعد از آن، یعنی در سال ٢٠١۴، چینگهوا یونیگروپ به منظور سازگار کردن تراشه‌های مخصوص مودم بی‌سیم اینتل با پردازنده‌های مخصوص گوشی‌های هوشمند خود، قراردادی را با آن شرکت منعقد کرد. اینتل امیدوار بود این قرارداد به افزایش فروش این شرکت در بازار گوشی‌های هوشمند چین خواهد انجامید. در عین حال، ژائو دنبال آن بود که شرکت‌هایش از اینتل دانش و تخصص طراحی تراشه را بیاموزند. او با صراحت در مورد اهداف چینگهوا یونیگروپ گفته بود نیمه‌رسانا‌ها «اولویت ملی» چین هستند. همکاری با اینتل «توسعه فناورانه را تسریع خواهد کرد و به تقویت رقابت‌پذیری و ارتقای موقعیت شرکت‌های نیمه‌رسانای چینی در بازار خواهد انجامید».

مشارکت ژائو با اینتل توجیهات اقتصادی قابل‌دفاعی داشت؛ اما به‌نظر نمی‌رسید بسیاری از دیگر تصمیمات او به منظور کسب سود اتخاذ شده باشد. برای مثال، چینگهوا یونیگروپ پیشنهاد تأمین مالی شرکت چينی اِکس‌ام‌سی[[676]](#footnote-676) (که بعد‌ها توسط وای‌ام‌تی‌سی[[677]](#footnote-677) خریداری شد) را مطرح کرد. این شرکت تلاش می‌کرد وارد بازار تراشه‌های حافظه نند شود. مدیرعامل اِکس‌ام‌سی در یک رویداد عمومی پذیرفت برای ساختن یک کارخانه تراشه‌سازی جدید، ابتدائا ١۵ میلیارد دلار درخواست کرده بود، اما «با این استدلال که اگر شرکت ما با جدیت به دنبال پیشگامی در بازار است، باید خود را به سطح سرمایه‌گذاری پیشگامان برساند»، به او گفته شده بود برای این کار می‌تواند به جای 15 میلیارد، ٢۴ میلیارد دلار دریافت کند. حتی چوپانانی که ژائو کودکی‌اش را در غرب چین در کنار آن‌ها گذرانده بود، می‌توانستند متوجه شوند که او با بی‌خیالی تمام، میلیارد‌ها دلار پول را خرج می‌کرد. وقتی بعدها آشکار شد چینگهوا یونیگروپ همچنین در املاک و قمار آنلاین سرمایه‌گذاری می‌کند، تقریبا هیچ‌کس شگفت‌زده نشد.

در همین حال، «صندوق بزرگ» که تحت حمایت دولت بود، اعلام کرد در نظر دارد مبلغ یک میلیارد دلار را به تدریج در چینگهوا یونیگروپ سرمایه‌گذاری کند. اعلام این برنامه، در واقع به معنی تایید راهبرد این شرکت توسط دولت بود. ژائو اکنون تلاش‌هایش را متوجه خارج کشور کرد. به زعم او، مالکیت شرکت‌های طراحی تراشه چینی یا جذب شرکت‌های خارجی برای سرمایه‌گذاری در چین اصلا کافی نبود. او به دنبال فرمانروایی در بالاترین سطوح صنعت تراشه جهان بود. او چندین مدیر برجسته تایوانی در حوزه نیمه‌رسانا، از جمله مدیرعامل سابق شرکت یو‌ام‌سی، دومین شرکت بزرگ ریخته‌گری تراشه در تایوان را استخدام کرد. ژائو در سال ٢٠١۵، شخصا به تایوان رفت و بر مقامات این جزیره فشار آورد تا محدودیت‌های اعمال‌شده بر سرمایه‌گذاری چینی‌ها در بخش‌هایی چون طراحی و تولید تراشه را لغو کنند. او ٢۵ درصد سهام شرکت تایوانی پاوِرتِک‌تکنالوجی[[678]](#footnote-678) که کارش مونتاژ و آزمایش تراشه است را خریداری کرد. این قرارداد به موجب مقررات تایوان مجاز شمرده شد. او به علاوه، برای خرید سهام و تشکیل جونیت‌ونچری با چندین شرکت بزرگ مونتاژ‌کننده تراشه در تایوان اقدام کرد.

با این همه، آرزوی واقعی ژائو خریدن گل‌های سرسبد صنعت تراشه این جزیره - مدیاتک، یکی از پیشگامان طراحی تراشه در خارج از ایالات متحده، و شرکت ریخته‌گری تی‌اس‌ام‌سی که تقریبا تمام شرکت‌های طراحی تراشه جهان برای تولید‌ تراشه به آن متکی‌اند - بود. او پیشنهاد خرید ٢۵ درصد سهام تی‌اس‌ام‌سی و ادغام مدیاتک با کسب‌وکار‌های طراحی تراشه چینگهوا یونیگروپ را مطرح کرد. هیچ یک از این قرارداد‌ها به موجب مقررات جاری تایوان در زمینه سرمایه‌گذاری خارجی مجاز نبودند؛ اما ژائو در بازگشت از تایوان، در کنفرانسی عمومی در پکن پیشنهاد کرد اگر تایپه این محدودیت‌های قانونی را لغو نکند، چین واردات تراشه از تایوان را ممنوع سازد.

این کارزار اعمال فشار بر تایوان، تی‌اس‌ام‌سی و مدیاتک را در تنگنا قرار داد. هر دو شرکت شدیدا به بازار چین وابسته بودند. بیشتر تراشه‌های تولیدشده توسط تی‌اس‌ام‌سی در لوازم الکترونیکی تولیدشده در کارگاه‌های پراکنده در سرتاسر چین به‌کار می‌رفت. اما ایده فروش گل‌های سرسبد فناوری تایوان به یک سرمایه‌گذار تحت حمایت دولت در سرزمین اصلی چین به هیچ‌وجه منطقی نبود. نتیجه این کار بی‌شک وابسته شدن جزیره تایوان به پکن بود. نابود کردن ارتش تایوان و استقبال از اشغال جزیره توسط ارتش آزادی‌بخش خلق تنها اقداماتی بودند که می‌شد گفت بیش از این معامله به خودمختاری تایوان آسیب می‌زند.

تی‌اس‌ام‌سی و مدیاتک، هر دو با صدور بیانیه‌هایی به‌طور ضمنی نسبت به پیشنهاد سرمایه‌گذاری چینی‌ها ابراز تمایل کردند. موریس چانگ اعلام کرد تنها شرط او برای این معامله «مناسب بودن قیمت و منتفع شدن سهامداران شرکت از آن» است. این واکنش به‌ پیشنهاد معامله‌ای که می‌توانست استقلال اقتصادی تایوان را تضعیف کند، کاملا غیرمنتظره بود. البته چانگ این هشدار را داده بود که اگر قرار باشد سرمایه‌گذاران چینی بتوانند اعضای هیات‌مدیره شرکت‌های تایوانی را انتخاب کنند، «حفظ حقوق مالکیت‌های فکری شرکت چندان آسان نخواهد بود». مدیاتک اعلام کرد از تلاش‌ها برای «ائتلاف و ارتقای جایگاه و تقویت رقابت‌پذیری بنگاه‌های چینی و تایوانی در صنعت جهانی تراشه‌سازی» حمایت می‌کند؛ البته تنها به این شرط که دولت تایوان اجازه این کار را بدهد. با این حال در تایپه، دولت مردد به‌نظر می‌رسید. جان دِنگ،[[679]](#footnote-679) وزیر اقتصاد جزیره پیشنهاد کرد محدودیت‌های اعمال‌شده بر سرمایه‌گذاری چینی‌ها در بخش تراشه‌سازی کاهش یابد. او معتقد بود با وجود فشار چینی‌ها، افزایش کنترل آن‌ها بر بخش تراشه‌سازی تایوان اجتناب‌ناپذیر است. دنگ به خبرنگاران گفت «فرار از این موضوع غیر‌ممکن است». اما نهایتا در جریان انتخابات جنجالی ریاست‌جمهوری تایوان، دولت هر گونه تغییر در سیاست‌ها را به بعد موکول کرد.

بدین ترتیب، توجه ژائو به سرعت معطوف صنعت نیمه‌رسانا در آمریکا شد. در ژوییه ٢٠١۵، چینگهوا یونیگروپ پیشنهاد خرید مایکرون، تولیدکننده آمریکایی تراشه‌های حافظه را به قیمت ٢٣ میلیارد دلار مطرح کرد. این معامله می‌توانست بزرگ‌ترین نمونه خرید یک شرکت آمریکایی توسط چینی‌ها در میان همه صنایع این کشور باشد. برخلاف غول‌های فناوری تایوان و تکنوکرات‌های آن جزیره، مایکرون با جدیت تمام پیشنهاد چینگهوا برای خرید این شرکت‌ را رد کرد. مایکرون اعلام کرد با توجه به نگرانی‌های امنیتی دولت ایالات متحده، این پیشنهاد را واقع‌گرایانه نمی‌بیند. تنها کمی بعد از آن در سپتامبر ٢٠١۵، چینگهوا یونیگروپ در تلاشی دیگر، با پیشنهادی ٣.٧ میلیارد دلاری برای خرید ١۵ درصد سهام یک شرکت دیگر تولید‌کننده تراشه حافظه نند در آمریکا اقدام کرد. نهاد دولتی کمیته ناظر بر سرمایه‌گذاری خارجی در ایالات متحده (سی‌اف‌آی‌یو‌اس) که سرمایه‌گذاری‌های خارجی در این کشور را ارزیابی می‌کند اما، به دلایل امنیتی این پیشنهاد را رد کرد.

چینگهوا آنگاه در بهار ٢٠١۶، بی‌سروصدا ۶ درصد سهام یک شرکت تراشه‌سازی دیگر آمریکایی به نام لَتیس‌سمیکانداکتر[[680]](#footnote-680) را خرید. ژائو در این خصوص به وال‌استریت‌جورنال گفت «این معامله صرفا یک سرمایه‌گذاری مالی است. ما به هیچ وجه قصد نداریم برای خرید لتیس اقدام کنیم». تنها چند هفته بعد از انتشار عمومی خبر این سرمایه‌گذاری، چینگهوا یونیگروپ شروع به فروش سهامش در لتیس کرد. کمی پس از آن، لتیس پیشنهاد خرید کل سهامش را از یک شرکت سرمایه‌گذاری مستقر در کالیفرنیا به نام کَنیون‌بریج[[681]](#footnote-681) دریافت کرد. البته خبرنگاران رویترز بعدا فاش کردند کنیون‌بریج با تأمین مالی دولت چین تاسیس شده است. نهایتا دولت ایالات متحده قاطعانه این معامله را رد کرد.

همان صندوق سرمایه‌گذاری به‌طور هم‌زمان، شرکت بریتانیایی طراحی تراشه ایمَجینیشن[[682]](#footnote-682) را خرید که در مضیقه مالی قرار داشت. قرارداد این معامله با دقت به نحوی تنظیم شده بود که شامل دارایی آمریکایی ایمجینیشن نشود. در نتیجه، واشنگتن مانع آن نشد. مقامات بریتانیایی هم که این قرارداد را رد نکردند، تنها سه سال بعد و هنگامی از این تصمیمشان پشیمان شدند‌ که دریافتند مالکان جدید شرکت با انتخاب اعضای معرفی‌شده از سوی یک صندوق سرمایه‌گذاری متعلق به دولت چین، اقدام به تغییر ساختار هیات‌مدیره کرده‌اند.

مشکل صرفا این نبود که صندوق‌های سرمایه‌گذاری مرتبط با دولت چین در حال خرید شرکت‌های تراشه‌سازی خارجی بودند. آن‌ها این کار را به نحوی انجام می‌دادند که قوانین ناظر بر دخالت در بازار و معاملات ذنیفعان داخلی شرکت را نقض می‌کرد. به‌عنوان مثال، در حالی کنیون‌بریج از هر ترفندی برای خریدن لتیس‌سمیکانداکتر استفاده می‌کرد، یکی از بنیان‌گذاران کنیون‌بریج همکار خود در پکن را در جریان این امر گذاشت و از طریق سامانه وی‌چت[[683]](#footnote-683) و در ملاقات‌های حضوری در کافی‌شاپ‌های استارباکس در پکن، جزئیات مربوط به معامله را در اختیار او گذاشت. همکار او با استفاده از این اطلاعات، سهام این شرکت را خریداری کرد. بدین ترتیب، مدیر‌عامل کنیون‌بریج متقاعد شد که این یک معامله ذنیفعان داخلی شرکت است.

ژائو خود را صرفا کارآفرینی متعهد می‌دانست. او اعلام کرد «ادغام شرکت‌های بزرگ آمریکایی و چین امری ناگزیر است. این ادغام‌ها را نه با رویکردهای ملی‌گرایانه یا سیاسی، بلکه باید از منظر اقتصادی مورد بررسی قرار داد». اما واقعیت این است که درک فعالیت‌های شرکت چینگهوا یونیگروپ تنها از منظر منطق اقتصادی غیر‌ممکن بود. اگر بخواهیم این رفتار‌ها را چیزی غیر از تلاش‌های هدایت‌شده توسط دولت برای تصاحب شرکت‌های تراشه‌سازی خارجی توصیف کنیم، باید بگوییم در این فرآیند تعداد بسیار زیادی از شرکت‌های سرمایه‌گذاری خصوصی متعلق به دولت یا تحت حمایت مالی دولت حضور داشتند که شرکت‌های نیمه‌رسانای جهان را محاصره کرده بودند. شی جینپینگ به آن‌ها گفته بود «فرمان‌ حمله را صادر کنید». ژائو، چینگهوا یونیگروپ و سایر واسطه‌هایی که دولت از آن‌ها برای سرمایه‌گذاری حمایت می‌کرد، تنها همین دستور‌العمل‌ها را دنبال می‌کردند که بدون هیچ تعارف و به‌طور کاملا علنی صادر شده بودند. در میان این روند دیوانه‌وار معاملات، چینگهوا یونیگروپ در سال ٢٠١٧ اعلام کرد اخیرا دو سرمایه ١۵ و ٧ میلیارد دلاری را به ترتیب از بانک توسعه چین[[684]](#footnote-684) و صندوق سرمایه‌گذاری صنعت مدار‌های یکپارچه[[685]](#footnote-685) - که هر دو در مالکیت‌ و تحت کنترل دولت چین بودند - دریافت کرده است.

## فصل ۴۶

**ظهور هواوی**

وقتی رِن ژِنگفِی در دفتر مرکزی هواوی، شرکت فناوری چینی که خود آن را بنیان نهاده است با رسانه‌ها مصاحبه می‌کند، کت و شلوار نیمه‌رسمی سفارشی‌دوز او، یقه باز پیراهنش و لبخند ملیحش موجب می‌شود مانند مدیران سیلیکون‌ولی به‌نظر برسد. البته می‌توان گفت او جزء مدیران سیلیکون‌ولی هم هست. تجهیزات مخابراتی تولیدشده در شرکت او - گیرنده‌ها و فرستنده‌های نصب‌شده روی برج‌های آنتن تلفن همراه که تماس‌های تلفنی، و ارسال تصاویر و ایمیل را میان گوشی‌های هوشمند میسر می‌کنند - ستون فقرات اینترنت همراه را در جهان تشکیل می‌دهد. از سوی دیگر، واحد تولید گوشی‌های هوشمند هواوی تا همین اواخر، یکی از بزرگ‌ترین‌های جهان بود و در تعداد گوشی‌های فروخته‌شده با اپل و سامسونگ رقابت می‌کرد. این شرکت همچنین انواع دیگری از زیر‌ساخت‌های فناوری از کابل‌های فیبر نوری زیر‌دریایی گرفته تا سامانه‌های رایانش ابری را عرضه می‌کند. در بسیاری از کشورها، استفاده از تلفن بدون استفاده از تجهیزات هواوی غیرممکن است - همان‌طور که استفاده از رایانه‌های شخصی بدون محصولات مایکروسافت، و جستجو در اینترنت‌ (البته در خارج از چین) بدون گوگل دشوار است. با این حال، هواوی از یک جهت بسیار مهم با سایر شرکت‌های فناوری بزرگ جهان تفاوت دارد: این شرکت در طول دو دهه گذشته، درگیر مبارزه‌ای طولانی با مقامات امنیتی آمریکا بوده است.

با خواندن عناوین روزنامه‌های آمریکایی درباره نقش هواوی در جاسوسی دولت چین، به سادگی می‌شد نتیجه گرفت این شرکت با سازمان‌های امنيتی چین ارتباطی نزدیک دارد. پیوند‌های میان هواوی و دولت چین کاملا مستندسازی شده است؛ اما این اسناد چیزی در مورد این که هواوی چگونه کسب‌وکاری به گستره سرتاسر جهان ساخته است، نمی‌گوید. برای درک میزان گستردگی این شرکت، بهتر است مسیر پیشرفت آن را با شرکت فناوری دیگری مثل سامسونگ کره‌ جنوبی مقایسه کنیم. رن یک نسل با لی بیونگ\_چول، بنیان‌گذار سامسونگ فاصله دارد. اما هر دوی آن‌ها مدل‌های رفتاری یکسانی دارند. لی سامسونگ را از شرکتی که کارش تجارت ماهی خشک‌شده بود، به یک شرکت فناوری تبدیل کرد که با اتکا به سه راهبرد اساسی، برخی از پیشرفته‌ترین پردازنده‌ها و تراشه‌های حافظه جهان را تولید می‌کند. راهبرد اول سامسونگ عبارت بود از تلاش جدی برای ایجاد رابطه با سیاستمداران، به منظور کسب حمایت‌های قانونی و سرمایه‌های ارزان‌قیمت. راهبرد دوم شناسایی محصولاتی که برای اولین بار در غرب‌ و ژاپن وارد بازار می‌شوند و یادگیری تولید آن‌ها با همان کیفیت و هزینه کمتر بود. راهبرد سوم سامسونگ جهانی‌سازی فعالیت خود به‌طور بی‌وقفه، نه فقط برای یافتن مشتری جدید، بلکه همچنین به منظور یادگیری از طریق رقابت با بهترین شرکت‌های جهان بود. اجرای این راهبردها، سامسونگ را به یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های جهان با درآمدی معادل ١٠ درصد کل تولید ناخالص داخلی کره جنوبی تبدیل کرد.

اما آیا یک شرکت چینی هم می‌توانست همین مجموعه راهبردها را به اجرا بگذارد؟ بیشتر شرکت‌های چینی رویکردی متفاوت را اتخاذ کردند که تمرکز کمتری بر بازار جهانی داشت. علی‌رغم توان صادراتی بسیار بالای چین، شرکت‌های اینترنتی این کشور تقریبا تمام درآمد خود را در بازار داخلی و به لطف حمایت‌های قانونی و سانسورهای دولتی کسب می‌کنند. شرکت‌هایی چون تنسنت، علی‌بابا، پیندوئودوئو[[686]](#footnote-686) و مِیتوان[[687]](#footnote-687) بدون تسلط بر بازار داخلی، شرکت‌هایی کوچک و بی‌اهمیت می‌ماندند و هرگز چنین رشد نمی‌کردند. آن دسته از شرکت‌های چینی که وارد بازار جهانی شده‌اند، در رقابت شکست خورده‌اند.

در مقابل، هواوی از همان روز‌های ابتدایی فعالیت خود، با خارجیان در رقابت بوده است. الگوی کسب‌و‌کار رن ژنگفی با الگوی کسب‌و‌کار علی‌بابا و تنسنت تفاوت بنیادین دارد. او ایده‌هایی که برای اولین بار در خارج از کشور تولید شده‌اند را گرفته و خود نسخه‌های با کیفیت آن‌ها را با قیمت‌های پایین‌تر تولید کرده و در جهان به فروش رسانده و بدین ترتیب، بخشی از سهم رقیبان بین‌المللی را در بازار جهانی را از آن خود کرده است. این همان الگوی کسب‌وکاری است که بنیان‌گذاران سامسونگ را ثروتمند کرده و این شرکت را در مرکز زیست‌بوم فناوری جهان قرار داده است. تا همین اواخر، به‌نظر می‌رسید هواوی هم در همین مسیر قرار دارد.

جهت‌گیری بین‌المللی این شرکت از زمان تاسیس در سال ١٩٨٧ آشکار بود. رن در خانواده‌ای از معلمان دبیرستان در مناطق روستایی استان گوییژو در جنوب چین بزرگ شده بود. او از دانشگاهی در شهر چنگکینگ، مرکز استان سیچوان[[688]](#footnote-688) مدرک مهندسی‌ گرفت و سپس به ارتش چین پیوست و در آنجا به گفته خودش، در کارخانه تولید پارچه‌های مصنوعی برای پوشاک مشغول به‌کار شد. گفته می‌شود او پس از خروج از ارتش (البته برخی نسبت به شرایط این خروج بد‌بین‌اند و معتقدند شاید او عملا پیوند‌های خود با ارتش را قطع نکرده باشد) به شنزن نقل‌ مکان کرد که‌ در آن زمان شهر کوچکی در مرز چین با هنگ‌کنگ بود. هنگ‌کنگ هم در آن زمان تحت حاکمیت بریتانیا و در مقایسه با مناطق فقیر همسایه‌اش در سواحل جنوبی چین، سرزمینی مرفه بود. رهبران چین در حدود یک دهه پیش از آن اجرای اصطلاحات اقتصادی را آغاز کرده بودند و کم‌کم به مدیران شرکت‌های خصوصی هم اجازه می‌دادند در رشد اقتصادی کشور نقش ایفا کنند. در همین راستا، شنزن هم یکی از شهرهایی بود که به‌عنوان «منطقه ویژه اقتصادی» انتخاب و قوانین محدود‌کننده در آن لغو شده بود و به علاوه سرمایه‌گذاری خارجی در آن تشویق می‌شد. در نتیجه این اقدامات، سرازیر شدن پول از هنگ‌کنگ، و همچنین کوچ کارآفرینان چینی با هدف بهره‌برداری از آزادی‌های حاصل از لغو محدودیت‌های قانونی، شنزن به سرعت ترقی کرد.

در این میان، رن فرصت را برای واردات سوییچ‌های مخابراتی - تجهیزاتی که دو سوی تماس‌های تلفنی را به هم مرتبط می‌سازد - مغتنم شمرد. او با یک سرمایه اولیه ۵٠٠٠ دلاری، واردات این تجهیزات را از هنگ‌کنگ آغاز کرد. اما وقتی طرف‌های تجاری‌ او در آن سوی مرز دریافتند او از فروش مجدد تجهیزات آن‌ها درآمد خوبی کسب می‌کند، رابطه خود را با او قطع کردند. بنابراین، رن تصمیم گرفت خود به تولید این تجهیزات اقدام کند. در اوایل دهه ١٩٨٠، چند صد نفر در بخش تحقیق و توسعه هواوی مشغول بودند و کار آن‌ها عمدتا بر ساخت تجهیزات سوییچینگ متمرکز بود. از آن روز‌ها تاکنون، زیر‌ساخت‌های دیجیتال یکپارچه شده‌اند، امروز همان آنتن‌های تلفن همراه که تماس‌های تلفنی را برقرار می‌کنند، دیگر انواع داده‌ها را هم ارسال می‌کنند. بدین ترتیب در حال حاضر، تجهیزات هواوی در انتقال داده‌ها در جهان نقشی مهم - و در برخی کشور‌ها نقشی اساسی - ایفا می‌کند. این شرکت، در کنار نوکیای فنلاند و اریکسون[[689]](#footnote-689) سوئد اکنون یکی از سه عرضه‌کننده بزرگ تجهیزات آنتن‌های مخابراتی جهان است.

منتقدان هواوی غالبا ادعا می‌کنند موفقیت این شرکت مدیون سرقت حقوق مالکیت‌های فکری است. البته این ادعا تنها تا حدودی درست است. هواوی تاکنون به مواردی از نقض حقوق مالکیت‌های فکری در گذشته اعتراف کرده و البته به نقض تعداد بسیار بیشتری از این‌گونه حقوق دیگر شرکت‌ها هم متهم شده است. برای مثال‌ در سال ٢٠٠٣، هواوی پذیرفت دو درصد از کدهای مورد استفاده در یکی از مسیر‌یاب‌هایش[[690]](#footnote-690) مستقیما از یکی از رقبای آمریکایی این شرکت به نام سیسکو[[691]](#footnote-691) کپی‌برداری شده است. در همین حال، به گزارش روزنامه‌های کانادایی، سازمان‌های جاسوسی این کشور معتقدند شرکت نورتل[[692]](#footnote-692) غول مخابراتی کانادایی در دهه ٢٠٠٠ هدف کارزار هک و جاسوسی تحت حمایت دولت چین قرار گرفته است و ظاهرا هواوی از این اقدام منتفع شده است.

سرقت حقوق مالکیت‌های فکری شاید منافعی به هواوی رسانده باشد، اما بی‌تردید علت اصلی موفقیت آن نبوده است. هیچ مقیاسی از حقوق مالکیت فکری یا اسرار تجاری برای بنا کردن بنگاهی به بزرگی هواوی کافی نیست. این شرکت فرآیند‌های تولیدی کارآمدی را ایجاد کرده است که موجب کاهش هزینه‌ها و تولید محصولاتی شده است که به زعم مشتریان از کیفیت بالایی برخوردارند. در این میان، هزینه‌کرد هواوی در تحقیق و توسعه هم جزء بیشترین‌ها در جهان است. این شرکت چندین برابر دیگر شرکت‌های فناوری چینی در تحقیق و توسعه هزینه می‌کند. بودجه تحقیق و توسعه تعداد انگشت‌شماری از شرکت‌ها در جهان، از جمله شرکت‌های فناوری گوگل و آمازون، شرکت داروسازی مِرک،[[693]](#footnote-693) و شرکت‌های خودروسازی دایملر[[694]](#footnote-694) و فولکس‌واگن[[695]](#footnote-695) با بودجه تقریبا ١۵ میلیارد دلاری هواوی در تحقیق و توسعه برابری می‌کند.

حتی هنگامی که سابقه هواوی در سرقت حقوق مالکیت‌های فکری را در نظر می‌گیریم هم، هزینه‌کرد چندین میلیارد دلاری این شرکت در تحقیق و توسعه نشان می‌دهد که روحیه هواوی با ذهنیت شوروی‌ها در اعمال سیاست «کپی‌کاری» در زلنوگراد یا رویکرد بسیاری از شرکت‌های چینی دیگر که سعی کرده‌اند با کمترین هزینه‌ها وارد صنعت تراشه شوند، تفاوتی بنیادین دارد.

مدیران هواوی می‌گویند در تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری می‌کنند، زیرا این کار را از سیلیکون‌ولی آموخته‌اند. گفته می‌شود رن در سال ١٩٩٧ گروهی از مدیران هواوی را برای دیدار از شرکت‌های چون اچ‌پی، آی‌بی‌ام و بِل‌لَبز به ایالات متحده برده است. آن‌ها در حالی آمریکا را ترک کردند که نسبت به اهمیت تحقیق و توسعه و البته همچنین فرآیند‌های مدیریت کارآمد متقاعد شده بودند. بعدا هواوی در سال ١٩٩٩ با بازوی مشاوره آی‌بی‌ام قرارداد بست تا از آن بیاموزد چگونه مانند شرکتی در کلاس جهانی عمل کند. به گفته یکی از مشاوران سابق آی‌بی‌ام، هواوی در سال ١٩٩٩ پنجاه میلیون دلار صرف دریافت خدمات مشاوره کرد، در حالی که در آن زمان کل درآمدش کمتر از یک میلیارد دلار بود. هواوی در یک مقطع، صد نفر از کارکنان آی‌بی‌ام را استخدام کرد تا فرآیندهای تجاری‌اش را اصلاح کنند. به گفته مشاور سابق آی‌بی‌ام، «آن‌ها از انجام وظايف دشوار مهندسی واهمه‌ای نداشتند؛ اما وقتی نوبت به دانش اقتصادی و دانش کسب‌وکار می‌رسید، احساس می‌کردند صد سال عقب مانده‌اند». به لطف مشاوران آی‌بی‌ام و سایر مشاوران غربی، هواوی یاد گرفت زنجیره تأمین خود را مدیریت کند، تقاضای مشتریان را پیش‌بینی کند، بخش بازاریابی پیشرفته‌ای را ایجاد کند و محصولاتش را در سرتاسر جهان به فروش برساند.

هواوی این روش کار را با روحیه‌ای نظامی‌گرانه درآمیخته بود که در این شرکت «فرهنگ گرگ»[[696]](#footnote-696) نامیده می‌شد. به گزارش نيويورک‌تایمز، بر روی دیوار یکی از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی این شرکت با خطی خوش نوشته شده است «فداکاری برترین هدف یک سرباز و پیروزی بزرگ‌ترین دست‌آورد او است». البته روحیه نظامی‌گری رن ژنگفی در صنعت تراشه با توجه به شرایط حاکم بر آن، چندان منحصر‌به‌فرد هم نبود. برای نمونه، اندی گرو در کتابی که اتفاقا پرفروش‌ترین کتاب سال هم شد، به فوائد «همه‌دشمن‌پنداری» پرداخت. موریس چانگ هم در جایی گفته بود از مطالعه در مورد خونین‌ترین نبرد جنگ جهانی دوم، یعنی نبرد استالینگراد، درس‌هایی برای تجارت برگرفته است.

هواوی علاوه بر شرکت‌های مشاوره غربی، از یک نهاد قدرتمند دیگر، یعنی دولت چین هم کمک می‌گرفت. این شرکت در تمام مراحل توسعه خود از حمایت‌های دولت محلی شنزن، بانک‌های دولتی و همچنین دولت مرکزی در پکن برخوردار بود. بر اساس گزارش وال‌استریت‌جورنال، ارزش کل رایانه‌های اعطاشده توسط دولت چین به هواوی، شامل فروش‌ زمین‌های ارزان‌قیمت، اعطای اعتبارات دولتی و تخفیف‌های مالیاتی به حدود ٧۵ میلیارد دلار بالغ می‌شد و این فراتر از آن چیزی بود که اکثر شرکت‌های غربی از دولت‌هایشان دریافت می‌کردند. در عین حال، این کمک‌های اعطاشده به هواوی احتمالا با کمک‌هایی که دیگر دولت‌ها در شرق آسیا به شرکت‌های اولویت‌دارشان اعطا می‌کنند، تفاوت چندانی ندارد.

مقیاس این حمایت‌های دولتی اعطاشده به یک شرکت ظاهرا خصوصی، نگرانی‌‌هایی جدی‌ را به‌ویژه در ایالات متحده به بار آورده است. رهبران چین بی‌شک از توسعه جهانی این شرکت حمایت کرده‌اند. حتی در اواسط دهه ١٩٩٠ که هواوی هنوز شرکتی کوچک بود، مقامات ارشد چین از جمله وو بانگوئو،[[697]](#footnote-697) معاون نخست‌وزیر از این شرکت بازدید کردند و قول حمایت از آن را دادند. وو بانگوئو حتی همراه رن ژنگفی به آفریقا سفر کرد تا به هواوی در فروش تجهیزات مخابراتی در این قاره کمک کند. با این همه به سادگی نمی‌توان تشخيص داد این اقدامات متضمن حمایت ویژه از هواوی بوده است یا آن که با توجه به رویکرد مرکانتیلیستی چین به تجارت بین‌الملل و فقدان مرز‌های دقیق میان اموال عمومی و خصوصی، رویه‌ای عادی بوده است.

در هر حال، ابهامات حول و حوش خروج رن از ارتش آزادی‌بخش خلق و ورود او به فعالیت تجاری در هواوی همچنان ادامه دارد. پیچیدگی و عدم شفافیت ساختار مالکیت هواوی هم تردید‌های موجهی را در مورد این شرکت برانگیخته است. کن هو،[[698]](#footnote-698) یکی از مدیران هواوی در پاسخ به سوال کمیته تحقیق کنگره توضیح داده بود عضویت رن ژنگفی در حزب کمونیست چین درست مانند «دموکرات یا جمهوری‌خواه بودن برخی تجار آمریکایی» است؛ اما تحلیلگران آمریکایی این توضیحات را پنهان‌سازی عامدانه نقش حزب کمونیست در مدیریت این شرکت تلقی کرده‌اند. با این وجود، این نظریه که هواوی توسط دولت چین و برای انجام ماموریتی ویژه بنا شده، هرگز شواهد محکمی نداشته است.

البته این حقیقت را هم نمی‌توان کتمان کرد که ظهور هواوی به نفع دولت چین تمام شده است، زیرا این شرکت توانسته است سهم قابل‌ملاحظه‌ای در بازار به دست آورد و شبکه‌های مخابراتی جهان را به تجهیزات خود وابسته کند. به هر حال، هواوی طی چندین سال و علی‌رغم هشدار سازمان‌های جاسوسی آمریکا، به‌ سرعت سیطره خود را در سرتاسر جهان گسترش داد. در حالی که هواوی رشد می‌کرد، شرکت‌های غربی فعال در بازار تجهیزات مخابراتی مجبور به ادغام با هم، یا اساسا از بازار به بیرون رانده می‌شدند. برای نمونه، شرکت کانادایی نورتل ورشکسته شد. شرکت آلکاتل\_لوسنت[[699]](#footnote-699) که بل‌لبز را پس از تجزیه اِی‌تی اَند تی خریده بود، کل دارایی‌ها و فعالیت‌هایش را به نوکیای فنلاند فروخت.

در این شرایط، بلندپروازی‌های هواوی همچنان بیشتر می‌شد. این شرکت، اکنون که زیرساخت‌های لازم برای تماس‌های تلفنی را تأمین کرده بود، تصمیم گرفت گوشی تلفن هم بفروشد. به زودی، گوش‌های هوشمند هواوی در میان پرفروش‌ترین‌های جهان قرار گرفت. تا سال ٢٠١٩، این شرکت از نظر تعداد گوشی‌های فروخته‌شده تنها از سامسونگ عقب‌تر بود. البته درآمد هواوی در ازای فروش هر گوشی همچنان از سامسونگ و اپل کمتر بود. در این میان، اپل از چنان زیست‌بومی برخوردار بود و چنان قابلیت‌هایی در بازاریابی داشت که می‌توانست قیمت‌های بسیار بالاتری بر محصولات خود بگذارد. با این همه، توانایی هواوی در ورود به بازار گوشی‌های هوشمند و به دست آوردن جایگاهی برجسته در آن، اپل و سامسونگ را نگران کرده بود.

به علاوه، هواوی کم‌کم در طراحی برخی تراشه‌های کلیدی در گوشی‌های خود پیشرفت می‌کرد. برخی آگاهان مسائل داخلی هواوی می‌گویند بلندپروازی‌های این شرکت در طراحی تراشه در مارس ٢٠١١، هنگامی که زلزله‌ای در نزدیکی سواحل ژاپن موجب شد سونامی سواحل این کشور را در هم بکوبد، بیشتر شد. در آن زمان توجه‌ جهانیان معطوف تخریب نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما دایچی[[700]](#footnote-700) شد؛ اما در هواوی، مدیران نگران به خطر افتادن زنجیره تأمین شرکت بودند. هواوی هم، مانند همه دیگر تولید‌کنندگان تجهیزات الکترونیکی شدیدا به عرضه‌کنندگان ژاپنی قطعات حیاتی مورد استفاده در تجهیزات مخابراتی و گوشی‌های هوشمند متکی بود و نگران از این که فاجعه سونامی در ژاپن موجب تأخیر در تحویل این قطعات شود. البته بخت با هواوی یار بود و عرضه‌کنندگان قطعات مورد نیاز این شرکت، عمدتا برای مدت طولانی با قطع تولید مواجه نشدند. با این همه، هواوی از مشاوران خود خواست میزان ریسک زنجیره تأمین شرکت را تعیین کنند. طبق گزارش مشاوران، هواوی در دو حوزه کلیدی آسیب‌پذیر بود: اول، دسترسی به نرم‌افزار اصلی گوشی‌های غیر اپل، یعنی سیستم‌ عامل اندروید گوگل؛ و دوم‌، عرضه نیمه‌رساناهای مورد نیاز در همه گوشی‌های هوشمند.

هواوی ٢۵٠ تا از مهم‌ترین نیمه‌رساناهای مورد نیاز در محصولات خود را شناسایی، و شروع به طراحی آن‌ها تا حد امکان کرد. بیشتر این تراشه‌ها به کسب‌وکار ایستگاه‌های مخابراتی هواوی مربوط می‌شدند. در عین حال، برخی از پردازنده‌هایی که برای کاربرد‌های خاص در گوشی‌های هوشمند این شرکت نصب می‌شدند هم جزء تراشه‌هایی بودند‌ که هواوی توانست آن‌ها را طراحی کند. این تراشه‌ها نیمه‌رسانا‌هایی بسیار پیچیده بودند و تولیدشان مستلزم پیشرفته‌ترین فناوری تراشه‌سازی بود. لذا هواوی هم مانند اپل و بیشتر دیگر ‌شرکت‌های تراشه‌سازی پیشرو، تصمیم گرفت تولید آن را برون‌سپاری کند، زیرا این کار به فرآیند‌های تولیدی‌ای نیاز داشت که حداکثر یکی دو شرکت قابلیت عرضه آن را داشتند. بدین ترتیب، تی‌اس‌ام‌سی تایوان، طبعا بهترین جایی بود که هواوی می‌توانست برای این کار به آن مراجعه کند.

تا پایان دهه ٢٠١٠، واحد هایسیلیکون[[701]](#footnote-701) هواوی توانسته بود برخی از پیچیده‌ترین تراشه‌های جهان برای گوشی‌های هوشمند را طراحی کند و به دومین مشتری بزرگ تی‌اس‌ام‌سی تبدیل شود. البته گوشی‌های هواوی همچنان به تراشه‌هایی چون تراشه‌های حافظه و انواع مختلف پردازنده‌های سیگنال نیاز داشت که توسط شرکت‌های دیگر تولید می‌شدند. در عین حال، کسب توانایی تولید پردازنده‌های گوشی همراه هم خود، دست‌آوردی چشمگیر بود. بدین ‌‌ترتیب، انحصار تقریبا کامل آمریکا در سود‌آورترین کسب‌وکار‌های طراحی تراشه در جهان به خطر افتاده بود. این نگرانی آمریکایی‌ها مدرک دیگری بود، دال بر موفقیت هواوی در تکرار آنچه سامسونگ کره جنوبی و سونی ژاپن چند دهه پیش‌تر انجام داده بودند: یادگیری خلق فناوری پیشرفته؛ ورود به بازار‌های جهانی؛ سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه؛ و به چالش کشیدن شرکت‌های آمریکایی پیشگام در فناوری. علاوه بر این، به‌نظر می‌رسید هواوی برای ورود به عصر جدید محاسبات فراگیر که قرار بود به زودی نسل جدید زیر‌ساخت‌های مخابراتی، یعنی 5G را به ارمغان بیاورد، به تنهایی در مناسب‌ترین موقعیت قرار دارد.

## فصل ۴٧

**آینده 5G**

زمانی که رِن ژِنگفِی واردات سوییچ‌های تلفن را از هنگ‌کنگ آغاز کرد، تجهیزات شبکه تلفن کاری فراتر از برقراری ارتباط میان یک تلفن و تلفن دیگر انجام نمی‌دادند. در اولین روز‌های عصر تلفن، عمل سوییچینگ به‌صورت دستی و توسط بانوانی انجام می‌شد که در چندین ردیف مقابل دیواری پوشیده از چندین پریز نشسته بودند و این پریز‌ها را بسته به این که چه‌ کسی با چه کسی تماس می‌گیرد، به هم متصل می‌کردند. در دهه ١٩٨٠، سوییچ‌های الکترونیکی جای انسان را در این کار گرفت. این سوییچ‌های الکترونیکی غالبا از نیمه‌رسانا‌ها بهره می‌گرفتند. البته شبکه سوییچینگ حتی با این تجهیزات هم، برای این که بتواند خطوط تلفن را تنها در یک ساختمان مدیریت کند، به فضایی به اندازه یک گنجه نیاز داشت. امروز عرضه‌کنندگان خدمات مخابراتی بیش از پیش به نیمه‌رسانا‌ها متکی‌اند، و شبکه‌های سوییچینگ می‌توانند علاوه بر برقراری تماس‌های تلفنی، متون، عکس‌ها و ویدئو‌ها را از طریق شبکه‌های رادیویی پردازش و ارسال کنند.

هواوی توانسته است بر آخرین نسل تجهیزات ارسال تماس‌ها و داده‌ها از طریق شبکه‌های تلفن همراه، یعنی 5G تسلط یابد. البته 5G واقعا به ارتباطات تلفنی مربوط نمی‌شود - این نسل از تجهیزات مخابراتی بیشتر به آینده صنعت محاسبه و در نتیجه نیمه‌رسانا‌ها مربوط می‌شود. منظور از 5G، نسل پنجم تجهیزات مخابراتی است. ما پیش‌تر چهار نسل از استاندارد‌های شبکه تلفن همراه را استفاده کرده‌ایم که یکی پس از دیگری به سخت‌افزار‌های جدیدی در گوشی‌ها و آنتن‌های تلفن همراه نیاز داشته‌اند. همان‌طور که قانون مور به ما اجازه می‌دهد ترانزیستورهای بیشتر را روی تراشه‌ها نصب کنیم، با ظهور هر یک از نسل‌های جدید شبکه‌های تلفن همراه، تعداد ٠ها و ١هایی که سوار بر امواج رادیویی در میان آنتن‌های تلفن همراه پرواز می‌کنند نیز به‌طور مستمر افزایش یافته است. گوشی‌های 2G می‌توانستند پیام‌های متنی ارسال کنند. گوشی‌های 3G به سایت‌های اینترنتی دسترسی داشتند. گوشی‌های 4G امکان پخش ویدئو را از هر مکانی در جهان به‌صورت استریم و از طریق اینترنت فراهم کردند. شبکه 5G هم قرار است پیشرفت‌های دیگری را در گوشی‌های همراه رقم بزند.

امروز بیشتر مردم قابلیت‌های گوشی همراه خود را امری عادی تلقی می‌کنند، اما باید اذعان کرد تنها به لطف افزایش هرچه بیشتر قدرت نیمه‌رسانا‌ها است‌ که دیگر قطع جریان پخش ویدئو در گوشی همراهمان را تحمل نمی‌کنیم. تراشه‌های مودم که ارتباط گوشی‌ها را با شبکه‌های تلفن همراه مدیریت‌ می‌کنند، امکان ارسال تعداد بسیار بیشتری از ٠ها و ١ها را از طریق آنتن‌های تلفن فراهم کرده‌اند.

شبیه همین تحول در تراشه‌های نصب‌شده در تجهیزات شبکه و بر فراز دکل‌های مخابراتی تلفن همراه رخ داده است. واقعیت این است که ارسال ٠ها و ١ها از طریق هوا از یک سو، و به حداقل رساندن قطعی تماس‌ها و تأخیر در استریم ویدئو‌ها از سوی دیگر، کاری بسیار پیچیده است. اولا حجم‌ فضای موجود در طیف امواج رادیویی محدود است. ثانیا علی‌رغم تعداد بسیار زیاد فرکانس‌های امواج رادیویی، بیشتر آن‌ها برای ارسال داده‌های متعدد یا انتقال آن‌ها در فواصل طولانی مناسب نیستند. بدین ترتیب، شرکت‌های مخابراتی برای جای دادن داده‌های هرچه بیشتر در فضای موجود در طیف امواج رادیویی، از نیمه‌رسانا‌ها بهره گرفتند. دِیو رابرتسون،[[702]](#footnote-702) متخصص تراشه در شرکت آنالوگ دیوایسز[[703]](#footnote-703) که در نیمه‌رسانا‌های مدیریت انتقال امواج رادیویی تخصص دارد، در این خصوص می‌گوید «طیف امواج رادیویی بسیار گران‌تر از سیلیکون است‌». به همین علت، نیمه‌رسانا‌ها در افزایش حجم داده‌های قابل‌ارسال از طریق امواج، نقش محوری داشته‌اند. شرکت‌های طراحی تراشه مانند کوالکام راه‌های جدیدی را برای انتقال داده‌ها از طریق طیف امواج رادیویی پیدا کرده‌اند، و شرکت‌های تراشه‌سازی مانند آنالوگ دیوایسز نیمه‌رساناهایی به نام فرستنده-گیرنده فرکانس رادیویی[[704]](#footnote-704) تولید کرده‌اند که می‌توانند امواج رادیویی را با دقت بیشتر ارسال و دریافت، و البته در همان حال انرژی کمتری مصرف کنند.

نسل آینده فناوری شبکه، یعنی 5G ارسال حجم بیشتری از داده‌ها را از طریق امواج رادیویی میسر خواهد کرد. بخشی از این کار با استفاده از روش‌های پیچیده‌تر اشتراک‌گذاری فضای طیف امواج رادیویی انجام خواهد شد که مستلزم الگوریتم‌های پیچیده‌تر و قدرت محاسباتی بیشتر در گوشی‌های همراه و در دکل‌های مخابراتی تلفن همراه است، به‌طوری که خواهیم توانست ١ها و ٠ها را در کوچک‌ترین فضای آزاد در طیف امواج رادیویی جای دهیم. بخشی دیگر از این کار هم با ارسال داده‌های بیشتر با استفاده از طیف جدید و بلااستفاده‌ای از فرکانس رادیویی انجام خواهد شد که پیش از این تصور می‌شد غیر‌قابل‌استفاده است. نیمه‌رساناهای پیشرفته این امکان را فراهم می‌کنند که نه تنها تعداد بیشتری از ١ها و ٠ها در فرکانس خاصی از امواج رادیویی جای داده شوند، بلکه همچنین امواج رادیویی در فواصل دورتر و با دقتی بی‌سابقه به سوی هدف ارسال شوند. بدین ترتیب، شبکه‌های تلفن همراه با استفاده از تکنیکی به نام شکل‌دهی به پرتو،[[705]](#footnote-705) جای گوشی همراه را تشخیص خواهند داد و امواج رادیویی را مستقیما به سوی آن ارسال خواهند کرد. امواج رادیویی معمولی، از جمله موجی که موسیقی را به رادیوی خودروی ما می‌فرستد، سیگنال‌ها را در همه جهات ارسال می‌کنند، زیرا نمی‌دانند خودروی ما کجا است. این موجب هدر رفتن انرژی و تولید امواج بیشتر و در نتیجه تداخل بیشتر آن‌ها می‌شود. با روش شکل‌دهی به پرتو، دکل مخابراتی تلفن همراه جای گوشی همراه را تشخیص می‌دهد و سیگنال مورد نیاز آن را مستقیما به همان گوشی ارسال می‌کند. نتیجه این روش عبارت است از تداخل کمتر امواج و قدرت بیشتر سیگنال‌های ارسالی به تک‌تک گوشی‌ها.

افزایش ظرفیت و سرعت شبکه‌ها در انتقال داده‌ها تنها موجب ارتقای عملکرد گوشی‌های همراه موجود نخواهد ‌شد، بلکه همچنین نحوه تفکر ما را در خصوص محاسبه در گوشی‌های همراه متحول خواهد ساخت. در دوره شبکه‌های 1G، گوشی‌های همراه به قدری گران بودند که بیشتر مردم قدرت خرید آن‌ها را نداشتند. با معرفی شبکه‌های 2G، توانستیم از گوشی‌هایی بهره بگیریم که علاوه بر برقراری تماس تلفنی، می‌توانستند پیام‌های متنی را مبادله کنند. امروز از گوشی همراهمان انتظار داریم تقریبا همه قابلیت‌های رایانه‌های شخصی را داشته باشد. با افزایش حجم داده‌های قابل‌انتقال در شبکه‌های تلفن همراه، دستگاه‌های بیشتر و بیشتری را به این شبکه‌ها متصل خواهیم کرد. هرچه تعداد دستگاه‌ها در شبکه‌ها افزایش یابد، حجم داده‌های تولیدشده توسط این دستگاه‌ها بیشتر خواهد شد و این یعنی قدرت پردازش بیشتری برای تفسیر و مدیریت این داده‌ها مورد نیاز خواهد بود.

وعده اتصال دستگاه‌های بیشتر به شبکه‌های تلفن همراه و بهره‌برداری از داده‌های آن‌ها شاید چندان انقلابی به‌نظر نرسد. شاید انتظار نداشته باشید شبکه 5G موجب ارتقای کیفیت قهوه تهیه‌شده در منزل شما شود؛ اما طولی نخواهد کشید که قهوه‌ساز ‌شما داده‌های مربوط به دما و کیفیت هر فنجان قهوه‌ای که می‌سازد را جمع‌آوری و پردازش کند. در صنعت و تجارت هم، افزایش داده‌ها و افزایش تعداد دستگاه‌های متصل‌شده به شبکه‌های تلفن همراه به طرق مختلف موجب افزایش کیفیت محصولات و خدمات، و کاهش هزینه‌ها خواهد شد. در میان این دست‌آوردها، می‌توان به بهینه‌سازی حرکت تراکتورها در کشتزارها و هماهنگ‌سازی ربات‌ها در خطوط تولید کارخانه‌ها اشاره کرد. دستگاه‌ها و حسگرهای پزشکی خواهند توانست بیماری‌های بیشتری را ردیابی و شناسایی کنند. حجم‌ اطلاعات‌ حسی[[706]](#footnote-706) موجود در جهان بسیار بیشتر از توانایی کنونی ما در دیجیتالی کردن، انتقال و پردازش آن است.

تسلا،[[707]](#footnote-707) شرکت خودروسازی متعلق به ایلان ماسک[[708]](#footnote-708) بهترین مورد برای مطالعه تاثیر افزایش ارتباطات و قدرت محاسبه بر تبدیل محصولات قدیمی به «ماشین‌های دیجیتالی‌شده» است. در حالی که رشد قیمت سهام تسلا در بازار بورس بیشترین توجهات را به خود جلب می‌کند، کمتر کسی به این نکته توجه می‌کند که تسلا در طراحی تراشه هم پیشرو است. این شرکت طراحان برجسته تراشه، مانند جیم کِلِر[[709]](#footnote-709) را جهت ساخت تراشه‌های تخصصی برای هدایت خودرو‌های خودران به وسیله تجهیزات فوق‌پیشرفته استخدام کرده بود. برخی تحلیلگران خیلی زود، یعنی در سال ٢٠١۴ گفتند خودروی تسلا «شبیه گوشی‌های همراه» است. خود تسلا هم غالبا با اپل مقایسه می‌شود. جالب توجه این که اپل هم نیمه‌رسانا‌هایش را خود طراحی می‌کند. درست مانند اپل، تسلا هم تنها به لطف تراشه‌های طراحی‌شده برای منظورهای خاص توانسته است به تجربه مصرف‌کنندگان دقیقا توجه کند و از فناوری محاسبه پیشرفته در یک محصول قرن بیست‌و‌یکمی - خودروی خودران - بهره بگیرد. البته خودرو‌ها از دهه ١٩٧٠ بدین سو، به تراشه‌های ساده. مجهز بوده‌اند. با این حال، نظر به گسترش استفاده از وسایط نقلیه برقی که برای مدیریت منبع تغذیه خود به نیمه‌رساناهای تخصصی نیاز دارند، همراه با افزایش تقاضا برای قابلیت خودرانی در این خودرو‌ها، انتظار می‌رود تعداد و قیمت تراشه‌های مورد استفاده در خودرو‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یابد.

در داخل تجهیزات دکل‌های مخابراتی تلفن همراه هواوی هم، مانند رقیبان این شرکت، تعداد زیادی قطعات نیمه‌رسانا به‌کار رفته است. روزنامه ژاپنی نیکِی آسیا در مطالعه‌ای در خصوص تجهیزات ارسال و دریافت امواج رادیویی هواوی، به این نتیجه رسید که این تجهیزات شدیدا به تراشه‌های ساخت ایالات متحده، آرایه‌های دروازه‌ای قابل‌برنامه‌ریزی میدانی ساخت لَتیس‌سمیکانداکتر - همان شرکت مستقر در ایالت اورگن که چینگهوا یونیگروپ خرید و بعدا بخشی از سهام آن را فروخت - وابسته بود. تجهیزات رادیویی هواوی همچنین به تراشه‌های ساخت شرکت‌های دیگری شامل تگزاس اینسترومنتس، آنالوگ‌دیوایسز، برادکام،[[710]](#footnote-710) و سایپرس‌سمیکانداکتر[[711]](#footnote-711) متکی بود. بر اساس نتایج‌ این مطالعه، تقریبا ٣٠ درصد ارزش‌ سامانه‌های ساخت هواوی به تراشه‌ها و سایر قطعات ساخت آمریکا مربوط می‌شود. البته تراشه پردازنده اصلی گوشی‌های همراه هواوی، در خود این شرکت و در واحد هایسیلیکون آن طراحی، و در تی‌اس‌ام‌سی تولید می‌شد. در واقع، هواوی به خودکفایی فناورانه نرسیده بود. این شرکت برای تولید نیمه‌رسانا‌های تخصصی به چندین شرکت تراشه‌سازی خارجی، و برای ریخته‌گری تراشه‌های طراحی‌شده توسط خود هم به تی‌اس‌ام‌سی وابسته بود. با این وجود، هواوی برخی از پیچیده‌ترین تجهیزات الکترونیکی مورد استفاده در همه سامانه‌های رادیویی را تولید می‌کرد و بر دانش فنی نحوه ادغام این قطعات با هم نیز احاطه کامل داشت.

در حالی که واحد طراحی تراشه هواوی نشان داده بود در کلاس جهانی کار می‌کند، تصور آینده‌ای که در آن شرکت‌های طراحی تراشه چینی، مانند غول‌های سیلیکون‌ولی به مشتریان مهم تی‌اس‌ام‌سی تبدیل شده باشند، اصلا دشوار نبود. اگر روندهای جاری در دهه ٢٠١٠ در سال‌های بعد هم به همان ترتیب ادامه می‌یافت، صنعت تراشه چین می‌توانست تا سال ٢٠٣٠ از نظر نفوذ در بازار به رقیب سیلیکون‌ولی تبدیل شود. این تحول نه تنها بر کسب‌وکار شرکت‌های فناوری و جریان‌های تجاری تاثیر می‌گذاشت، بلکه همچنین توازن قدرت نظامی جهان را برهم می‌زد.

## فصل ۴٨

**آخرین راه‌حل جبرانی**

از انبوه پهپاد‌های خودران گرفته تا نبردهای نامرئی در فضای مجازی و در سرتاسر طیف امواج الکترومغناطیسی، قدرت محاسبه تعیین‌کننده آینده جنگ خواهد بود. ایالات متحده امروز برتری مطلق خود را از دست داده است. اکنون از روزهایی که این کشور به لطف دقت موشک‌های خود و حسگرهایی که همه چیز را در همه جا زیر نظر داشتند، فرمانروای بی‌رقیب آسمان‌ها و دریاها بود، مدت‌ها می‌گذرد.

گزارش‌ها نشان می‌دهد شوکی که بعد از جنگ خلیج فارس در سال ١٩٩١، مقامات دفاعی همه کشور‌ها در سرتاسر جهان دچار آن شده بودند -  و این وحشت که حملات فوق‌العاده دقیقی که ارتش صدام را نابود کرده بود، می‌توانست علیه هر ارتشی در جهان صورت پذیرد - در پکن تاثیری شبیه یک «حمله هسته‌ای روانی» گذاشته بود. در سی سالی که از آن درگیری می‌گذرد، چین با کنار گذاشتن دکترین رایج در دوران مائو، یعنی «بهره‌گیری از خیل مردم و اعتماد به فناوری‌های پایین در جنگ‌ها» و پذیرش این ایده که جنگ‌های آینده به حسگر‌ها، ارتباطات و محاسبات پیشرفته متکی خواهد بود، مبالغ هنگفتی را صرف توسعه تسلیحات دارای فناوری پیشرفته خود کرده است. در‌ حال حاضر، چین در حال توسعه زیرساخت محاسباتی مورد نیاز نیرو‌های رزمی پیشرفته است.

هدف‌ پکن برابری با ایالات متحده در تک‌تک سامانه‌ها نیست؛ بلکه این کشور با یادگیری از الگوی پنتاگون در دهه ١٩٧٠و استفاده از آن علیه خود ایالات متحده، به دنبال دست‌یابی به قابلیت‌هایی است که بتواند عقب‌ماندگی کشور از آمریکا را جبران کند. چین انواع تسلیحاتی را به‌کار گرفته است که برتری‌های ایالات متحده را از میان می‌برند. موشک‌های ضد‌کشتی دقیق چین حضور در تنگه تایوان را در زمان جنگ برای کشتی‌های آمریکایی به‌شدت خطرناک، و بدین ترتیب قدرت دریایی آمریکا را بی‌فایده می‌سازد. سامانه‌های جدید پدافند هوایی این کشور توانایی آمریکا در تسلط بر آسمان در زمان جنگ را به چالش می‌کشد. موشک‌های زمین‌به‌زمین دوربرد چین شبکه پایگاه‌های نظامی آمریکا در منطقه، از ژاپن گرفته یا گوام را تهدید می‌کند. سلاح‌های ضدماهواره این کشور می‌توانند شبکه‌های ارتباطات و جی‌پی‌اس آمریکا را از کار بیندازند. قابلیت‌های چین در جنگ‌های سایبری هرگز در زمان جنگ به آزمون کشیده نشده‌اند، اما شکی نیست که چینی‌ها تلاش خواهند کرد از این طریق، کل سیستم‌های نظامی ایالات متحده را از کار بیندازند. در این میان، در حوزه امواج الکترومغناطیسی هم، چین احتمالا تلاش خواهد کرد ارتباطات آمریکاییان را مختل سازد و سامانه‌های نظارتی آن‌ها را کور کند و بدین ترتیب، مانع آن شود که ارتش ایالات متحده دشمنان را زیر نظر بگیرد و با متحدان ارتباط برقرار کند.

پشتوانه نظری این قابلیت‌ها، باور مقامات نظامی چین به این عقیده است که جنگ نه تنها مبتنی بر اطلاعات، بلکه همچنین مبتنی بر هوش - هوش مصنوعی - شده است. البته در نیم‌قرن گذشته، قدرت محاسبه نقش محوری را در جنگ‌ داشته است؛ هرچند کیفیت ٠ها و ١هایی که اکنون برای پشتیبانی سامانه‌های نظامی به‌کار گرفته می‌شوند، میلیون‌ها بار بالاتر از چند دهه پیش است. اما تحول جدید این است که آمریکا امروز رقیبی قدرتمند دارد. اتحاد شوروی می‌توانست از نظر قدرت موشکی با ایالات متحده برابری کند، اما در قدرت محاسبه به گرد آن هم نمی‌رسید. چین در عین حال، فکر می‌کند از این هر دو نظر، توانایی رقابت با آمریکا را دارد. در واقع سرنوشت صنعت نیمه‌رسانای چین فقط موضوعی مرتبط با تجارت نیست. هر کشوری که بتواند ٠ها و ١های بیشتری تولید کند، از نظر نظامی نیز برتری تعیین‌کننده‌ای خواهد داشت.

سوال این است که چه عواملی تعیین‌کننده نتیجه این مسابقه محاسباتی است. در سال ٢٠٢١، گروهی از نخبگان فناوری و سیاست خارجی آمریکا تحت ریاست اریک اشمیت،[[712]](#footnote-712) مدیرعامل سابق گوگل در گزارشی پیش‌بینی کردند «چین ممکن است در حوزه هوش مصنوعی از ایالات متحده پیشی بگیرد». به‌نظر می‌رسد رهبران چین هم با این پیش‌بینی موافق‌اند. به گفته اِلسا کانیا،[[713]](#footnote-713) کارشناس مسائل ارتش چین، ارتش آزادی‌بخش خلق حداقل طی یک دهه گذشته، هر بار که به سامانه‌هایی اشاره کرده است که از «هوش مصنوعی برای تعقیب، شناسایی و نابودی اهداف دشمن به‌طور خودکار» استفاده می‌کنند، در واقع از «تسلیحات مجهز به هوش مصنوعی»[[714]](#footnote-714) یاد کرده است. در این میان، شی جینپینگ شخصا از ارتش آزادی‌بخش خلق خواسته است «مجهز کردن سامانه‌های نظامی به هوش مصنوعی را به‌عنوان یک اولویت دفاعی تسریع کنند».

ایده هوش مصنوعی نظامی، تصویر ربات‌های قاتل را در ذهن تداعی می‌کند؛ اما در حوزه نظامی‌گری، حوزه‌های بسیاری را می‌توان نام برد که به‌کارگیری فرآیند «یادگیری ماشین» در آن‌ها می‌تواند موجب ارتقای سامانه‌های نظامی شود. برای نمونه، فرآیند تعمیر و نگهداری پیشگیرانه[[715]](#footnote-715) - این که ماشین‌ها یاد بگیرند پیش‌بینی کنند چه زمانی نیاز به تعمیر خواهند داشت - حتی هم‌اکنون توانسته است در جلوگیری از معیوب شدن و در نتیجه، از کار افتادن هواپیماها و کشتی‌ها مفید باشد. به علاوه، سونار‌های زیردریایی و سامانه‌های تصویر‌برداری ماهواره‌ای مجهز به هوش مصنوعی تهدید‌ها را با دقت بیشتری شناسایی می‌کنند. در صورت استفاده از هوش مصنوعی، سامانه‌های تسلیحاتی را می‌توان با سرعت بیشتری طراحی کرد. با هوش مصنوعی، دقت نشانه‌گیری بمب‌ها و موشک‌ها روی اهداف، به‌ویژه اهداف متحرک افزایش می‌یابد. همین حالا هم، وسایط نقلیه خودران یاد می‌گیرند در هوا، زیر آب و روی زمین جابه‌جا ‌شوند، دشمنان را تشخیص دهند و آن‌ها را نابود کنند. البته شاید همه این تسلیحات به آن اندازه که از خودِ عبارت هوش مصنوعی برمی‌آید، انقلابی نباشند. برای مثال، از دهه‌ها پیش موشک‌های خود هدایت‌شونده و موشک‌های معروف به «شلیک‌کن و رها‌کن»[[716]](#footnote-716) مورد استفاده بوده‌اند. در عین حال، با هوشمندتر شدن و خودکارتر شدن سلاح‌ها، نیاز آن‌ها به قدرت محاسبه افزایش می‌یابد.

البته اصلا معلوم نیست چین حتما در مسابقه برای تولید و استفاده از سامانه‌های مجهز به هوش مصنوعی پیروز خواهد شد. بخشی از علت این امر هم این است که «مسابقه» در واقع به تنها یک فناوری محدود نمی‌شود، بلکه مجموعه‌ای از سامانه‌های پیچیده را شامل می‌شود. لازم به یادآوری است کشوری که اولین ماهواره را به فضا فرستاد، در مسابقه تسلیحاتی دوران جنگ سرد پیروز نشد. با این حال، باید اذعان کنیم توانایی‌های چین در حوزه هوش مصنوعی به‌طور غیر‌قابل‌انکاری تحسین‌برانگیز است. بن بوکِنان،[[717]](#footnote-717) استاد دانشگاه جرج‌تاون معتقد است برای احاطه بر دانش و فناوری هوش مصنوعی، تسلط بر هر سه حوزه «داده‌ها» «الگوریتم‌ها»، و «قدرت محاسبه» ضروری است. امروز به استثنای قدرت محاسبه، توانایی‌های چین ممکن است در دو حوزه دیگر با ایالات متحده برابری کند.

برای نمونه، در حوزه دسترسی به داده‌هایی که به‌عنوان نهاده به الگوریتم‌های هوش مصنوعی داده می‌شود، نه چین و نه ایالات متحده، هیچ یک برتری آشکاری ندارند. حامیان پکن معتقدند وضعیت نظام نظارتی کشور و بزرگی جمعیت آن به دولت اجازه می‌دهد داده‌های بیشتری را جمع‌آوری کند؛ هرچند توان جمع‌آوری داده‌ها در مورد جمعیت چین احتمالا کمکی به حوزه نظامی نخواهد کرد. برای مثال، هیچ مقداری از داده‌های مربوط به عادات خرید یا ساختار صورت همه ١.٣ میلیارد شهروند چین نمی‌تواند به رایانه بیاموزد صداهای یک زیردریایی در حال حرکت در تنگه تایوان را تشخیص دهد. در هر حال، چین هیچ‌ برتری ذاتی‌ای در جمع‌آوری داده‌ها در خصوص سامانه‌های نظامی ندارد.

به طریق اولی، نمی‌توان گفت کدام یک از این دو کشور در طراحی الگوریتم‌های هوشمند بر دیگری برتری دارد. البته از نظر تعداد متخصصان هوش مصنوعی، ظاهرا وضعیت چین و آمریکا یکسان است. موسسه ماکروپولو،[[718]](#footnote-718) اندیشکده‌ای که بر مسائل چین متمرکز است، در مطالعه‌ای دریافته است ٢٩ درصد برجسته‌ترین پژوهشگران جهان در حوزه هوش مصنوعی چینی هستند؛ در حالی که ٢٠ درصد آن‌ها آمریکایی و ١٨ درصد اروپایی‌اند. با این همه، بیشتر این متخصصان چینی در نهایت برای کار به آمریکا می‌روند. در واقع ۵٩ درصد برترین پژوهشگران جهان در حوزه هوش مصنوعی در آمریکا مشغول به‌کارند. البته به‌نظر می‌رسد اعمال محدودیت‌های جدید بر صدور ویزا و سفر، همراه با تلاش‌های چین برای حفظ پژوهشگران بیشتر در کشور می‌تواند قابلیت تاریخی آمریکا در محروم کردن رقیبان ژئوپولیتیک خود از باهوش‌ترین مغزهایشان را بی‌اثر سازد.

و اما در آخرین مورد از مبانی سه‌گانه مد نظر بوکنان برای هوش مصنوعی یعنی «قدرت محاسبه»، ایالات متحده همچنان برتری قابل‌ملاحظه‌ای دارد؛ هرچند این برتری در سال‌های اخیر رو به کاهش داشته است. در این میان، چین برای انجام محاسبات پیچیده همچنان شدیدا به فناوری نیمه‌رسانای خارجی - به‌ویژه، پردازنده‌های طراحی‌شده در ایالات متحده و تولیدشده در تایوان - وابسته است. به علاوه، تنها گوشی‌های هوشمند و رایانه‌های شخصی چینی به تراشه‌های خارجی وابسته نیستند؛ بلکه بیشتر مراکز داده چینی نیز همین وضعیت را دارند - و به همین علت که این کشور با جدیت در تلاش بوده است این فناوری را از شرکت‌هایی چون آی‌بی‌ام و ای‌ام‌دی کسب کند. برای مثال، پژوهشگران چینی تخمین زده‌اند ٩۵ درصد جی‌پی‌یو‌های به‌کاررفته در سرور‌های چینی فعال در حوزه هوش مصنوعی توسط شرکت انویدیا طراحی شده‌اند. تراشه‌های اینتل، اکسلینکس،[[719]](#footnote-719) ای‌ام‌دی و شرکت‌های دیگر در مراکز داده چین نقش حیاتی دارند. حتی در خوشبینانه‌ترین پیش‌بینی‌ها، نیم‌دهه طول خواهد کشید تا چین بتواند تراشه‌ها و زیست‌بوم نرم‌افزاری پیرامون آن‌ها را به‌طور رقابت‌پذیر طراحی کند و البته بسیار بیشتر طول خواهد کشید تا چین این تراشه‌ها را خود تولید کند.

با این همه، به دست آوردن تراشه‌های طراحی‌شده در آمریکا و تولیدشده در تایوان چندان برای ارتش چین دشوار نبوده است. پژوهشگران دانشگاه جرج‌تاون اخیرا در مطالعه‌ای در خصوص ٣۴٣ قرارداد خرید غیر‌محرمانه ارتش آزادی‌بخش خلق در حوزه هوش مصنوعی به این نتیجه رسیدند که تنها کمتر از ٢٠ درصد این قرارداد‌ها با شرکت‌های مشمول نظارت‌های صادراتی دولت ایالات متحده امضا شده است. به عبارت دیگر، ارتش چین در خرید تراشه‌های پیشرفته و استفاده از آن‌ها در سامانه‌های نظامی مشکل چندانی نداشته است. این پژوهشگران حتی دریافتند تأمین‌کنندگان آمریکایی این نیاز‌های ارتش چین، حتی در وب‌سایت‌های خود در خصوص بهره‌برداری ارتش چین از تراشه‌های آن‌ها تبلیغ هم می‌کنند. به‌نظر می‌رسد سیاست بحث‌برانگیز دولت چین در مورد «تلفیق نیاز‌های نظامی و غیرنظامی» در جهت استفاده از فناوری پیشرفته غیرنظامی در سامانه‌های نظامی موفق بوده است. بدین ترتیب، بدون تغییر اساسی محدودیت‌های صادراتی ایالات متحده، ارتش آزادی‌بخش خلق به سادگی بخش عمده قدرت محاسبه مورد نیاز خود را با خرید از سیلیکون‌ولی به دست خواهد آورد.

البته ارتش آزادی‌بخش خلق چین بی‌تردید تنها ارتش جهان نیست که تلاش می‌کند در سامانه‌های تسلیحاتی خود از قدرت محاسبه بهره بگیرد. با افزایش قدرت جنگی ارتش چین، پنتاگون متوجه شده است که به راهبرد جدیدی نیاز دارد. در اواسط دهه ٢٠١٠، مقاماتی چون چاک هیگل،[[720]](#footnote-720) وزیر دفاع با یادآوری تلاش‌های بیل پری، هارولد براون و اندرو مارشال در دهه ١٩٧٠ برای مقابله با برتری اتحاد شوروی از نظر تعداد تسلیحات، کم‌کم از ضرورت یافتن «راه‌حل جبرانی» جدیدی برای این وضعیت صحبت کردند. ایالات متحده امروز با همان معضل بنیادین روبه‌رو است: چین می‌تواند به‌ویژه در نقاط حساس‌تر جهان مثل تنگه تایوان، از کشتی‌ها و هواپیماهای بیشتری استفاده کند. باب وُرک،[[721]](#footnote-721) معاون سابق وزیر دفاع ایالات متحده که مبدع و حامی نظری این راه‌حل جبرانی جدید است، با ذکر جمله‌ای که آشکارا تکرار رویکرد مقامات آمریکا در اواخر دهه ١٩٧٠ بود، اعلام کرد «ما هرگز تلاش نخواهیم کرد با دشمنان و رقبای خود در تعداد تانک‌ها، تعداد هواپیماها یا تعداد نظامیان برابری کنیم». به عبارت دیگر، ارتش ایالات متحده تنها در صورتی موفق خواهد بود که در فناوری، برتری تعيين‌کننده‌ای داشته باشد.

اما سوال این است که این برتری فناورانه چگونه خواهد بود. ورک می‌گوید در دهه ١٩٧٠، راه‌حل جبرانی ما بر «ریزپردازنده‌های دیجیتال، فناوری‌های اطلاعات، حسگر‌های جدید و پنهان‌کاری» مبتنی بود. این بار را‌ه‌حل جبرانی ما عبارت خواهد بود از «پیشرفت در‌ هوش مصنوعی و خودکار شدن تجهیزات». ارتش ایالات متحده حتی هم‌اکنون نیز در حال به‌کارگیری اولین نسل وسایط نقلیه خودران جدید است. از جمله این نوع وسایط نقلیه خودران می‌توان به «صمهپادها»،[[722]](#footnote-722) یا صفحه‌های موج‌سواری بادبان‌دار بدون‌سوار اشاره کرد که می‌توانند ماه‌ها در سطح اقیانوس‌ها در حرکت باشند و زیردریایی‌ها را ردیابی و ارتباطات دشمنان را شنود کنند. هزینه این دستگاه‌ها بسیار کمتر از ناوهای معمول در نیروی دریایی است و به همین علت، ارتش می‌تواند تعداد زیادی از آن‌ها را به‌کار بگیرد و بدین ترتیب، سامانه‌های متشکل از حسگر‌ها و وسایل ارتباطی را در سرتاسر پهنه اقیانوس‌های جهان در اختیار داشته باشد. کشتی‌ها، هواپیماها و زیردریایی‌های خودران نیز هم‌اکنون تولید و به‌کار گرفته می‌شوند. این سامانه‌های خودران به هوش مصنوعی نیاز خواهند داشت تا آن‌ها را هدایت و برایشان تصمیم‌گیری کند. هر چه قدرت محاسبه در این سامانه‌ها بیشتر باشد، تصمیمات آن‌ها هوشمندانه‌تر خواهد بود.

فناوری‌ای که راه‌حل جبرانی دهه ١٩٧٠ بر آن مبتنی بود، توسط‌ دارپا تولید شد. این سازمان امروز در حال ابداع سامانه‌هایی با چنان قدرت محاسبه‌ای است که گفته می‌شود ساختار جنگ را متحول خواهند ساخت. مقامات ارشد دارپا «به‌کارگیری رایانه‌هایی را در سر می‌پرورانند که در انواع تجهیزات نظامی از بزرگ‌ترین کشتی‌ها گرفته تا کوچک‌ترین پهپاد‌های پراکنده در سرتاسر میادین جنگی نصب شده و با هم در هماهنگی کامل قرار دارند». بدین ترتیب، چالش پیش‌ روی آن‌ها فقط به تعبیه قدرت محاسبه در یک دستگاه منفرد چون یک موشک هدایت شونده محدود نمی‌شود، بلکه چالش همچنین ایجاد شبکه‌ای متشکل از هزاران دستگاه در گوشه و کنار یک میدان جنگ است که به آن‌ها اجازه می‌دهد داده‌ها را با هم به اشتراک بگذارند و ماشین‌ها را در چنان موقعیتی قرار می‌دهد که بتوانند تصمیمات بیشتری بگیرند. دارپا برنامه‌هایی پژوهشی را برای «تیم‌سازی میان انسان و ماشین» تأمین مالی کرده است. این برنامه‌ها دنبال آن هستند که برای مثال یک جنگنده سرنشین‌دار در کنار چندین پهپاد خودران پرواز کند، در حالی که این پهپاد‌ها نقش چشم‌ها و گوش‌های اضافی را برای خلبان انسانی‌ ایفا می‌کنند.

درست همان‌طور که تکلیف جنگ سرد به وسیله الکترون‌های در حال حرکت در رایانه‌های هدایت‌کننده موشک‌های آمریکایی تعیین شد، نتیجه جنگ‌های آینده در «طیف امواج الکترومغناطیسی» تعیین خواهد شد. هرچه اتکای ارتش‌های جهان به حسگر‌ها و ارتباطات الکترونیکی بیشتر می‌شود، نبرد میان آن‌ها برای دسترسی بیشتر به فضای لازم در طیف امواج الکترومغناطیسی جهت ارسال پیام‌ها یا شناسایی و ردیابی دشمنان شدید‌تر می‌شود. ما اکنون تنها تصویری اجمالی از عملیات مبتنی بر طیف امواج الکترومغناطیسی در ذهن داریم. برای مثال، روسیه در جنگ علیه اوکراین از انواع رادارها و مختل‌کننده‌های سیگنال استفاده کرده است. همچنین گزارش‌ها حاکی است روسیه به‌عنوان اقدامی امنیتی، در سفر‌های رسمی ولادیمیر پوتین، رییس‌جمهور این کشور، سیگنال‌های جی‌پی‌اس را در اطراف محل حضور او مسدود می‌کند. بدین ترتیب، اصلا تصادفی نیست که می‌بینیم دارپا در خصوص سامانه‌های ناوبری جایگزینی پژوهش می‌کند که به سیگنال‌های جی‌پی‌اس و به ماهواره‌ها متکی نباشند، تا موشک‌های آمریکایی حتی در صورت قطع سیگنال‌های جی‌پی‌اس هم به اهداف خود اصابت کنند.

جنگ بر سر طیف امواج الکترومغناطیسی نبردی نامرئی، و نیمه‌رسانا‌ها تسلیحات آن خواهد بود. رادارها، فرستنده‌های پارازیت و وسایل ارتباطی همگی با تراشه‌های فرکانس رادیویی و مبدل‌های دیجیتال-آنالوگ پیچیده‌ای کار می‌کنند که سیگنال‌ها را در فضای خالی موجود در طیف امواج سوار آن می‌کنند، سیگنال‌ها را در جهتی خاص ارسال می‌کنند، و تلاش می‌کنند حسگر‌های دشمنان را گمراه سازند. از سوی دیگر، تراشه‌های دیجیتال قدرتمند، با اجرای الگوریتم‌های پیچیده در رادارها و فرستنده‌های پارازیت، آن‌ها را قادر می‌سازند در عرض چند میکروثانیه، سیگنال‌های دریافتی را ارزیابی کنند و تصمیم بگیرند چه سیگنال‌هایی را ارسال کنند. در این میان، موضوع این کارزار توانایی ارتش در دیده‌بانی و برقراری ارتباطات است. پهپاد‌های خودران اگر نتوانند تعیین کنند کجا هستند و به کجا می‌روند، ارزش چندانی نخواهند داشت.

جنگ‌های آینده بیش از هر زمانی در گذشته به تراشه‌ها - پردازنده‌های قدرتمند برای اجرای الگوریتم‌های هوش مصنوعی، تراشه‌های حافظه پرظرفیت برای جای دادن داده‌ها در فضا‌های کوچک، و تراشه‌های آنالوگ سفارشی‌سازی شده برای حسگری و تولید امواج رادیویی - متکی خواهند بود. در سال ٢٠١٧، دارپا پروژه جدیدی‌ را تحت عنوان «برنامه تجدید حیات تجهیزات الکترونیکی»[[723]](#footnote-723) به منظور کمک به تولید نسل جدید فناوری تراشه‌های مرتبط با نیاز‌های ارتش راه‌اندازی کرد. از برخی جهات، علاقه جدید دارپا به تراشه‌ها ریشه در سابقه عملکرد آن دارد. این نهاد پیش‌تر با تأمین مالی اقدامات دانشمندان برجسته‌ای چون کارور مید از دانشگاه کَلتک، به پژوهش‌های مرتبط با نرم‌افزارهای طراحی تراشه، تکنیک‌های جدید لیتوگرافی تراشه و ساختار ترانزیستورها کمک کرده بود.

با این حال، دارپا و دولت ایالات متحده اصلا به سادگی گذشته نمی‌توانند در شکل‌گیری آینده صنعت تراشه نقش داشته باشند. بودجه دارپا تنها دو سه میلیارد دلار، یعنی کمتر از بودجه تحقیق و توسعه بیشتر شرکت‌های بزرگ فعال در این صنعت است. البته دارپا منابع بسیار بیشتری را صرف پژوهش در زمینه ایده‌های کاملا نوآورانه می‌کند؛ در حالی که شرکت‌هایی چون اینتل و کوالکام بیشتر پول‌هایشان را صرف پروژه‌هایی می‌کنند که ظرف دو‌ سه سال به بار خواهد نشست. از سوی دیگر اما، امروز دولت ایالات متحده در مقایسه با گذشته، عموما سهم کوچک‌تری از تراشه‌های جهان را می‌خرد. در اوایل دهه ١٩۶٠، دولت ایالات متحده به تنهایی تقریبا همه مدارهای یکپارچه تولیدشده توسط فرچایلد و تگزاس اینسترومنتس را می‌خرید. در دهه ١٩٧٠، خرید‌های دولت‌ ایالات متحده ١٠ تا ١۵ درصد بازار تراشه آمریکا را جذب می‌کرد. امروز این رقم به حدود دو درصد بازار تراشه آمریکا رسیده است. حقیقت این است که در حال حاضر تیم کوک،[[724]](#footnote-724) مدیرعامل اپل در مقایسه با مقامات پنتاگون، نفوذ بیشتری بر این صنعت دارد.

ساخت نیمه‌رساناها به قدری پرهزینه است که حتی پنتاگون هم توان انجام آن را ندارد. سازمان امنیت ملی[[725]](#footnote-725) سابقا در محل ستاد مرکزی خود در فورت مید ایالات مریلند،[[726]](#footnote-726) یک کارخانه تراشه‌سازی داشت. با این حال در دهه ٢٠٠٠، دولت به این نتیجه رسید که ارتقای مستمر این کارخانه، آن‌طور که قانون مور طلب می‌کند، بیش از حد گران تمام می‌شود. امروز حتی طراحی یک تراشه پیشرفته - که می‌تواند هزینه‌ای چندصد میلیون دلاری داشته باشد - هم برای بیشتر پروژه‌های خاص دولتی‌ بیش‌ از حد گران محسوب می‌شود و تنها ممکن است برای برخی از آن‌ها موجه به‌نظر برسد.

هم ارتش ایالات متحده و هم سازمان‌های جاسوسی وابسته به دولت این کشور تولید تراشه‌های خود‌ را به «شرکت‌های ریخته‌گری مورد اعتماد» می‌سپارند. این روش در مورد بیشتر انواع تراشه‌های آنالوگ و فرکانس رادیویی که قابلیت‌های آمریکا در تولید آن‌ها در کلاس جهانی قرار دارد، به سادگی انجام می‌شود. اما وقتی نوبت به تراشه‌های منطقی می‌رسد، این روش مشکل‌ساز می‌شود. هرچند اینتل عمدتا خودش تراشه‌های مورد نیاز برای کسب‌وکار رایانه شخصی و سرورش را تولید می‌کند، قابلیت تولید تراشه این شرکت با مرز‌های فناوری‌ فاصله دارد. در این میان، تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ پیشرفته‌ترین امکانات تولید تراشه‌شان را در تایوان و کره جنوبی نگه داشته‌اند. به علاوه، بخش‌ عمده عملیات مونتاژ و بسته‌بندی تراشه‌ها هم در آسیا صورت‌ می‌پذیرد. در حالی که وزارت دفاع ایالات متحده تلاش می‌کند بیشتر از تراشه‌های غیر‌سفارشی استفاده کند و بدین ترتیب از هزینه‌ها بکاهد، خرید‌هایش از شرکت‌های خارجی حتی‌ بیشتر هم خواهد شد.

ارتش نگران ان است که تراشه‌های تولید‌ یا مونتاژشده در خارج از کشور بیشتر در معرض دست‌کاری هستند‌ و ممکن است در آن‌ها حفره‌های امنیتی یا خطا‌های برنامه‌نویسی گذاشته‌ شود. در سال ٢٠١٨، پژوهشگران دو خطای اساسی اسپکتر[[727]](#footnote-727) و ملت داون[[728]](#footnote-728) را در معماری ریزپردازنده‌های پرمصرف اینتل کشف کردند که کپی‌برداری از داده‌هایی چون گذرواژه‌ها را ممکن می‌ساخت. این یک ایراد امنیتی جدی بود. به گزارش وال‌استریت‌جورنال، اینتل ابتدا این ایراد را به مشتریانش، از جمله شرکت‌های فناوری چینی اطلاع داد و سپس دولت ایالات متحده را در جریان این موضوع گذاشت. این اتفاق موجب نگرانی حتی‌ بیشتر مقامات پنتاگون در مورد کاهش نفوذشان در‌ صنعت تراشه شد.

دارپا در حال تحقیق در مورد فناوری‌ای است که می‌تواند تضمين کند تراشه‌ها دست‌کاری نمی‌شوند یا ممیزی کند که تراشه‌ها طبق برنامه تولید شده‌اند. امروز از زمانی که ارتش ایالات متحده می‌توانست برای تولید، طراحی و مونتاژ تجهیزات الکترونیکی پیشرفته آنالوگ و دیجیتال داخل کشور، روی شرکت‌هایی چون تی‌آی حساب کند، مدت‌ها گذشته است. حقیقت غیر‌قابل‌انکار این است که امروز ارتش آمریکا به هیچ ترتیب نمی‌تواند از خرید برخی اقلام از خارج کشور - و البته از خرید بسیاری از اقلام از تایوان - اجتناب ورزد. دقیقا به همین علت، دارپا روی فناوری‌ای شرط‌بندی کرده است که تحقق رویکرد «اعتماد صفر»[[729]](#footnote-729) در مورد تجهیزات میکروالکترونیکی را ممکن سازد. در این رویکرد به هیچ چیز اعتماد نمی‌شود، و با استفاده از فناوری‌هایی مانند حسگر‌های ریز کاشته‌شده در تراشه‌ها که می‌توانند هر اقدامی برای ایجاد تغییر در آن‌ها را تشخیص دهند، همه چیز ممیزی می‌شود.

در هر حال، با توجه به تمام این تلاش‌ها برای استفاده از تجهیزات میکروالکترونیکی جهت دست‌یابی به یک «راه‌حل جبرانی» جدید و کسب مجدد برتری قاطع نظامی در مقابل چین و روسیه، باید چنین فرض کنیم که ایالات متحده پیشتازی خود در زمینه تراشه‌ها را حفظ خواهد کرد. اما این کار امروز قماری خطرناک به‌نظر می‌رسد. ایالات متحده در دوره اجرای راهبرد «سریع‌تر بدویم»، در برخی بخش‌های فرآیند تراشه‌سازی، پیشتازی خود را از دست داد و از همه مهم‌تر، در ساخت تراشه‌های منطقی پیشرفته به‌طور فزاینده‌ای به تایوان وابسته شد. در نتیجه برای نمونه، اینتل که طی چندین دهه قهرمان تراشه‌سازی آمریکا بود، امروز آشکارا تضعیف شده است، به‌طوری که بسیاری از صاحب‌نظران صنعت تراشه معتقدند این شرکت به‌طور غیر‌قابل‌جبرانی عقب افتاده است. در این میان، چین مشغول تزریق میلیارد‌ها دلار به صنعت تراشه خود از یک طرف، و اعمال فشار بر شرکت‌های خارجی برای انتقال فناوری حساس خود به چین از طرف دیگر است. برای تک‌تک شرکت‌های بزرگ تراشه‌سازی، بازار مصرف چین به‌عنوان یک مشتری، بسیار بیشتر از دولت ایالات متحده اهمیت دارد.

تلاش‌های پکن برای کسب فناوری پیشرفته، پیوند‌های متقابل عمیق میان شرکت‌های الکترونیکی آمریکایی و چینی، و اتکای هر‌ دو کشور به تراشه‌های تولیدشده در تایوان، همگی سوالاتی را در ذهن ایجاد می‌کند. آمریکا که حتی پیش‌ از این شرایط هم «آهسته می‌دوید»، اکنون آینده ارتش خود را بر سر فناوری‌ای قمار می‌کند که این کشور در حال از دست دادن تسلطش بر آن است. مَت تورپین،[[730]](#footnote-730) یکی از مقامات پنتاگون که روی این موضوع کار کرده‌اند، معتقد است «اگر قرار باشد چین همه جا همراه ما باشد، استفاده از راه‌حلی جبرانی غیرممکن خواهد بود.

شی جینپینگ گفت «فرمان حمله را صادر کنید». رهبران چین اتکای کشور به تراشه‌سازان خارجی را به‌عنوان نقطه ضعفی حساس شناسایی کرده‌اند. آن‌ها برنامه‌ای برای تغییر ساختار صنعت تراشه جهان از طریق خرید شرکت‌های تراشه‌‌سازی خارجی، سرقت فناوری آن‌ها، و اعطای میلیارد‌ها دلار یارانه به شرکت‌های تراشه‌‌سازی چین طراحی کرده‌اند. ارتش آزادی‌بخش خلق اکنون برای دور زدن محدودیت‌های اعمال‌شده توسط ایالات متحده روی این تلاش‌ها حساب می‌کند، هرچند همچنان می‌تواند در راستای اقدامات خود برای «هوشمند‌سازی ارتش» ضمن رعایت قانون، بسیاری از تراشه‌های آمریکایی را خریداری کند. از طرف دیگر، پنتاگون هم پس از قبول این که نوین‌سازی ارتش چین موجب کاهش شکاف میان ارتش‌های دو ابرقدرت، به‌ویژه در آب‌های مورد مناقشه در نزدیکی سواحل چین شده است، راه‌حل جبرانی خود را به‌کار گرفته است. تایوان فقط تأمین‌‌کننده تراشه‌های پیشرفته‌ای که ارتش‌های هر دو کشور روی آن‌ها شرط‌بندی کرده‌اند نیست؛ این جزیره به احتمال بسیار زیاد در آینده میدان جنگ خواهد بود.

# بخش هشتم

**کمبود تراشه**

## فصل ۴٩

**«هر آنچه که موضوع رقابت ما است»**

برایان کرزانیچ، مدیرعامل اینتل نمی‌توانست نگرانی خود را از تلاش چین برای تصاحب سهم بزرگ‌تری در صنعت تراشه جهان پنهان کند. او در سال ٢٠١۵ به‌عنوان رییس مهم‌ترین سندیکای تجاری صنایع تراشه‌سازی، یعنی اتحادیه صنعت نیمه‌رسانا ماموریت یافت با مقامات دولت ایالات متحده روابط خوبی برقرار کند. هدف این‌گونه روابط معمولا کسب معافیت‌های مالیاتی یا کاهش مقررات محدودکننده است؛ اما این بار، موضوع چیز دیگری بود: کرزانیچ می‌بایست دولت ایالات متحده را قانع می‌ساخت برای مقابله با رایانه‌های هنگفت چین در صنعت نیمه‌رسانا اقدام کند. همه شرکت‌های تراشه‌سازی با یک مشکل مواجه بودند. چین از دو نظر برای تقریبا همه شرکت‌های نیمه‌رسانای آمریکایی بازاری حیاتی بود: برخی از این شرکت‌ها محصولاتشان را مستقیما به مشتریان چینی می‌فروختند و برخی دیگر تراشه‌های خود را برای مونتاژ در گوشی‌های همراه یا رایانه‌ها به چین می‌فرستادند. روش‌های قلدرمآبانه چین، شرکت‌های تراشه‌سازی آمریکایی را مجبور به سکوت در مورد یارانه‌های این کشور می‌کرد، هرچند سیاست رسمی دولت چین حذف آن‌ها از زنجیره تأمین صنعت تراشه آن کشور بود.

مقامات دولت اوباما به اعتراضات صنایعی چون فولاد و پانل‌های خورشیدی در مورد رفتار‌های چین عادت داشتند. اما بخش فناوری پیشرفته، حوزه تخصصی آمریکا و مزیت رقابتی آن کشور محسوب می‌شد. به همین علت وقتی مقامات ارشد دولت در ملاقات با کرزانیچ، «ترس را در چشمان او دیدند»، واقعا نگران شدند. البته مدیران عامل اینتل از گذشته «همه‌دشمن‌پندار» بودند. اما امروز نه تنها این شرکت، بلکه کل صنعت تراشه دلایل متعددی برای نگرانی داشت. چین توانسته بود تولید‌کنندگان آمریکایی پانل‌های خورشیدی را از بازار بیرون براند. آیا این احتمال وجود نداشت که این کشور بتواند همین کار را در بخش نیمه‌رسانا‌ها انجام دهد؟ یکی از مقامات دولت اوباما با نگرانی از یارانه‌هایی که دولت‌های مرکزی و محلی قول اعطای آن را برای حمایت از تراشه‌سازی داخلی داده بودند، اظهار کرد «این مبلغ عظیم‌ ٢۵٠ میلیارد دلاری ما را دفن خواهد کرد».

از حدود سال ٢٠١۵ به تدریج دیدگاه کل دولت ایالات متحده تغییر کرد. مذاکره‌کنندگان تجاری دولت یارانه‌های اعطاشده توسط دولت چین به صنعت رایانه را آشکارا ناقض موافقت‌نامه‌های تجاری می‌دیدند. پنتاگون با نگرانی بسیار ناظر تلاش‌های دولت چین در جهت استفاده از قدرت محاسبه در سامانه‌های تسلیحاتی بود. سازمان‌های جاسوسی و وزارت دادگستری مدارک بیشتری را در خصوص وجود تبانی میان دولت چین و صنایع این کشور برای بیرون راندن شرکت‌های تراشه‌سازی آمریکایی از بازار چین به دست آوردند. با این حال، دو محور اصلی سیاست فناوری آمریکا - استقبال از جهانی شدن، و «سریع‌تر بدویم» - نه تنها به‌علت لابیگری صنایع، بلکه همچنین به‌علت اتفاق‌نظر مقامات در واشنگتن، در اعماق ذهن مقامات دولت آمریکا ریشه دوانده بود. به علاوه، بیشتر مقامات در واشنگتن اصلا نمی‌دانستند نیمه‌رسانا چیست. آن‌طور که یکی از افراد دخیل در این قضیه به یاد می‌آورد، دولت اوباما در خصوص نیمه‌رسانا‌ها بسیار کند عمل می‌کرد، زیرا بسیاری از مقامات ارشد مشکل صنعت تراشه را مساله مهمی نمی‌دانستند.

بدین ترتیب، دولت تنها در آخرین روز‌های ریاست‌جمهوری اوباما در این خصوص شروع به اقدام کرد. در اواخر سال ٢٠١۶، شش روز پیش از انتخابات ریاست‌جمهوری آن سال، پنی ‌پریتزکر،[[731]](#footnote-731) وزیر بازرگانی ضمن یک سخنرانی در واشنگتن در مورد نیمه‌رسانا‌ها، اعلام کرد «فناوری نیمه‌رسانا باید همچنان یکی از نماد‌های اصلی نبوغ آمریکایی و موتور محرک رشد اقتصادی کشور ما باقی بماند. ما نباید پیشگامی خود را در این صنعت از دست بدهیم». او با شناسایی چین به‌عنوان تهدید اصلی در این بخش، «رویه‌های تجاری غیرمنصفانه و مداخله گسترده دولت این کشور در بازار بر اساس ملاحظات غیراقتصادی» را محکوم‌ کرد و «هدف تلاش‌های چین در خرید شرکت‌ها و فناوری را نه کسب منافع تجاری؛ بلکه تنها تحقق منافع دولت این کشور» معرفی کرد. علت این اتهام، اقدامات لگام‌گسیخته چینگهوایونیگروپ برای خرید شرکت‌های آمریکایی بود.

البته پریتزکر با توجه به کوتاهی زمانی که تا پایان دوره ریاست‌جمهوری اوباما در اختیار داشت، نمی‌توانست کار زیادی انجام دهد. در واقع، هدف نه‌چندان بزرگ دولت اوباما این بود که گفتمانی را آغاز کند که - اگر آن‌طور که او امیدوار بود، هیلاری کلینتون در انتخابات ریاست‌جمهوری پیروز می‌شد - دولت آینده در مورد آن اقدامی عملی اتخاذ کند. پریتزکر همچنین دستور داد مطالعه‌ای در مورد زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها صورت گیرد و قول داد «در هر فرصت ممکن، به رهبران چین تفهیم کند آمریکا با سیاست صنعتی ٢۵٠میلیارد دلاری آن کشور به منظور تصاحب صنعت نیمه‌رسانا مقابله خواهد کرد». البته هرچند محکوم کردن یارانه‌های چین آسان بود؛ متوقف کردن آن‌ها بسار دشوار بود.

تقریبا در همان زمان، کاخ سفید به گروهی از مدیران صنایع نیمه‌رسانا و دانشگاهیان متخصص در این بخش ماموریت داد در مورد آینده این صنعت مطالعه کنند. آن‌ها چند روز پیش از آنکه اوباما کاخ سفید را ترک کند، گزارشی را منتشر و در آن توصیه کردند ایالات متحده بیش از پیش به راهبرد موجود خود در این بخش متعهد باشد. اولین توصیه این گروه عبارت بود از «تلاش برای پیروز شدن در مسابقه از طریق سریع‌تر دویدن» - این توصیه در واقع، چیزی جز تکرار سیاست‌های دهه ١٩٩٠ نبود. در این میان، «استمرار در نوآوری» آشکارا ضرورتی بسیار مهم بود. تلاش برای تداوم عملکرد قانون مور برای حفظ رقابت‌پذیری صنایع نیمه‌رسانای کشور ضروری بود. اما در طول دهه‌هایی که ایالات متحده تصور می‌کرد در حال سریع‌تر دویدن است، دشمنان این کشور سهم خود را در بازار افزایش داده بودند و کل جهان به‌طور وحشتناکی به تعداد انگشت‌شماری گلوگاه آسیب‌پذیر، به‌ویژه تایوان وابسته شده بود.

مقامات واشنگتن و مدیران صنایع تراشه‌سازی، تقریبا همگی به جهانی‌شدن باور داشتند. هم روزنامه‌ها و هم دانشمندان معتقد بودند جهانی شدن در واقع پدیده‌ای «فراگیر در سطح جهان» است؛ روند گسترش فناوری در جهان غیر‌قابل‌توقف است؛ و پیشرفت دیگر کشور‌ها از نظر قابلیت‌های فناورانه در جهت منافع ایالات متحده است، و حتی اگر چنین نباشد هم، هیچ چیزی نمی‌تواند مانع پیشرفت‌های فناورانه آن‌ها شود. در گزارشی که پژوهشگران به سفارش دولت اوباما در مورد نیمه‌رسانا‌ها منتشر کردند، اعلام شد «در حالی که صنعت نیمه‌رسانا کاملا جهانی شده است، اقدامات یکجانبه به‌طور فزاینده‌ای بی‌اثر شده است. سیاست می‌تواند از سرعت گسترش فناوری بکاهد، اما نمی‌تواند مانع آن شود». البته برای اثبات هیچ یک از ادعا‌ها، مدرکی وجود ندارد. در واقع، همگان فقط فرض را بر صحت آن‌ها گذاشته بودند. اما حداقل می‌توان گفت تولید تراشه نه «جهانی»، بلکه تنها «تایوانی شده» بود. این فناوری در سطح جهان گسترش نیافته بود؛ بلکه به انحصار معدود شرکت‌های جایگزین‌نا‌پذیر درآمده بود. سیاست فناوری آمریکا درگیر موضوعاتی فرعی و مبتذل در مورد جهانی شدن بود که نادرست بودنشان به سادگی قابل‌مشاهده بود.

پیشگامی فناورانه آمریکا در تولید، لیتوگرافی و سایر بخش‌های تراشه‌سازی از میان رفته بود، زیرا واشنگتن خود را متقاعد ساخته بود که شرکت‌ها باید رقابت کنند و دولت‌ها باید فقط زمین بازی همواری را برای آن‌ها فراهم سازند. اما واقعیت این است که سیاست «عدم مداخله دولت در اقتصاد»[[732]](#footnote-732) تنها در صورتی موثر خواهد بود که همه کشور‌ها به آن عمل کنند. اما حقیقت این است که بسیاری از دولت‌ها، به‌ویژه در آسیا، به‌شدت از صنایع تراشه‌سازی خود حمایت می‌کردند. با این حال، مقامات ایالات متحده ترجیح می‌دادند چشم بر تلاش‌های دیگر کشور‌ها برای دسترسی به بخش‌های ارزشمند صنعت تراشه ببندند و طوطی‌وار شعار‌های تکراری و پیش‌پاافتاده در مورد تجارت آزاد و رقابت‌ باز را بر زبان برانند. در‌ این میان، موقعیت آمریکا در صنعت تراشه جهان از دست می‌رفت.

در جلسات مملو از تشریفات مودبانه‌ای که در واشنگتن و سیلیکون‌ولی تشکیل می‌شد، تکرار واژگانی چون چند‌جانبه‌گرایی، جهانی شدن و نوآوری که به قدری توخالی بودند که هیچ صاحب قدرتی را نمی‌رنجاندند، بسیار آسان بود. خود صنایع تراشه آمریکا هم - که عمیقا از عصبانی کردن چین و تی‌اس‌ام‌سی وحشت داشتند - از قدرت قابل‌توجه خود در لابیگری برای تکرار تبلیغات توخالی در مورد جهانی شدن این صنعت بهره می‌گرفتند. این مفاهیم ماهیتا با روحیه لیبرال‌انترناسیولیستی حاکم بر ذهن مقامات هر دو حزب آمریکا در آن زمان تطابق داشت. در این میان، جلسات تشکیل‌شده با نمایندگان شرکت‌ها و دولت‌های خارجی، به‌ویژه وقتی همه طرف‌ها وانمود می‌کردند همکاری یک بازی برد\_برد است، حتی خوشایندتر بود. بنابراین واشنگتن همچنان به خود می‌گفت ایالات متحده سریع‌تر می‌دود و چنان تضعیف موقعیت کشور، ارتقای قابلیت‌های چین، و وابستگی شدید به تایوان و کره جنوبی - که همگی هر سال آشکارتر هم می‌شدند - را نادیده می‌گرفت که توگویی اساسا کور است.

با این همه، در لایه‌های زیرین دولت ایالات متحده، دیدگاه نهاد‌های امنیت ملی در این خصوص کم‌کم متحول می‌شد. این بخش از دولت اساسا حقوق می‌گیرد که «همه‌دشمن‌پندار‌» باشد، پس جای تعجبی ندارد ببینیم مقامات امنیتی به صنعت فناوری چین شکاکانه‌تر و به دولت آن کشور بد‌بینانه‌تر بنگرند. بسیاری از این مقامات نگران افزایش قدرت اهرم‌های فشار چین در سامانه‌های فناوری حساس جهان بودند. آن‌ها همچنین معتقد بودند چین از موقعیت‌ خود به‌عنوان تولید‌کننده اصلی لوازم الکترونیکی جهان برای ایجاد حفره‌های امنیتی و در نتیجه، افزایش کارآمدی عملیات جاسوسی خود بهره خواهد گرفت؛ درست همان‌ طور که خود ایالات متحده سال‌ها چنین کرده بود. آن دسته از مقامات پنتاگون که کارشان ابداع سلاح‌هایی برای آینده بود، کم‌کم متوجه وابستگی جدی این سلاح‌ها به نیمه‌رسانا‌ها می‌شدند. در این میان، مقاماتی که کارشان بر زیرساخت‌های مخابراتی متمرکز بود، نگران آن بودند که متحدان ایالات متحده تجهیزات مخابراتی مورد نیازشان را کمتر از اروپا و آمریکا و بیشتر از شرکت‌های چینی، چون زی‌تی‌ای[[733]](#footnote-733) و هواوی می‌خرند.

سازمان‌های امنیتی ایالات متحده از سال‌ها پیش در مورد پیوند‌های هواوی با دولت چین ابراز نگرانی کرده بودند؛ هرچند این شرکت و هم‌تای کوچک‌ترش، زی‌تی‌ای تنها در اواسط دهه ٢٠١٠ به تدریج توجه عمومی را به خود جلب کردند. این دو شرکت در فروش تجهیزات مخابراتی با هم رقابت داشتند. زی‌تی‌ای متعلق به دولت بود؛ در حالی که هواوی شرکتی خصوصی بود که مقامات ایالات متحده متهمش می‌کردند پیوند‌های نزدیکی با دولت چین دارد. هر دو شرکت در چند دهه گذشته در تلاش بوده‌اند با اتهامات مربوط به رشوه‌دهی به مقامات کشور‌های مختلف به منظور برنده شدن در‌ مناقصات قرارداد‌های دولتی مقابله کنند. آن‌ها هر دو همچنین در سال ٢٠١۶، یعنی آخرین سال ریاست‌جمهوری اوباما به نقض تحریم‌های ایالات متحده در مورد عرضه کالا به ایران و کره شمالی متهم شده بودند.

دولت اوباما اعمال تحریم‌های مالی علیه زی‌تی‌ای را مد ‌نظر قرار داد. این تحریم می‌توانست مانع دسترسی زی‌تی‌ای به نظام بانکی بین‌المللی شود. دولت اما نهایتا در سال ٢٠١۶، به جای این کار تصمیم گرفت برای تنبیه زی‌تی‌ای، به شرکت‌های آمریکایی دستور دهد چیزی به آن نفروشند. محدودیت‌های صادراتی از این دست پیش‌تر عمدتا علیه اهداف نظامی، و از جمله برای توقف انتقال فناوری به شرکت‌های عرضه‌کننده قطعات مورد استفاده در برنامه موشکی ایران به‌کار گرفته شده بودند.

اما وزارت بازرگانی اختیارات گسترده‌ای، حتی برای منع کردن صادرات فناوری‌های غیرنظامی هم داشت. محصولات زی‌تی‌ای به‌شدت به قطعات - و بیش از همه به تراشه‌های - آمریکایی متکی بود. با این حال، در مارس ٢٠١٧ و پیش از اعمال محدودیت‌های صادراتی اعلام‌شده، این شرکت و دولت اوباما به توافقی رسیدند که به موجب آن، زی‌تی‌ای مبلغی را به‌عنوان جریمه پرداخت و دولت محدودیت‌های صادراتی علیه آن را قبل از اجرا، لغو کرد. در آن زمان احتمالا هیچ‌کس نمی‌دانست منع کردن یک شرکت بزرگ فناوری چینی از خرید تراشه‌های آمریکایی چه تاثیراتی دارد.

قرارداد زی‌تی‌ای و دولت ایالات متحده درست در زمان انتقال قدرت به ترامپ و وزیرانش امضا شد. ترامپ بار‌ها چین را متهم به تقلب کرد؛ اما او چندان علاقه‌ای به جزئیات سیاست‌ها، و اساسا هیچ علاقه‌ای به فناوری‌ها نداشت. توجه او تنها معطوف تجارت و تعرفه‌ها بود؛ اما در این حوزه هم، مقامات دولت او، از جمله پیتر ناوارو[[734]](#footnote-734) و رابرت لایتزیگر[[735]](#footnote-735) علی‌رغم تلاش بسیار، عمدتا نتوانستند از میزان کسری تجاری کشور در مقابل چین، و از سرعت برون‌سپاری تولید تراشه‌ها بکاهند. با این وجود، دور از همه هیاهوهای سیاسی، در داخل شورای امنیت ملی، گروهی از مقامات محافظه‌کار، تحت رهبری مت پاتینگر،[[736]](#footnote-736) روزنامه‌نگار و تفنگدار دریایی سابق که توانسته بود مشاور امنیت ملی ترامپ شود، کم‌کم سیاست‌های ایالات متحده در مورد چین را متحول می‌کردند و در این فرآیند، سیاست فناوری چند‌ده‌ساله دولت را هم کنار گذاشتند. توجه این اعضای ستیزه‌جوی شورای امنیت ملی، به جای تعرفه‌ها، معطوف برنامه ژئوپولیتیکی چین و شالوده فناورانه آن بود. آن‌ها معتقد بودند موقعیت آمریکا به‌طور خطرناکی تضعیف شده و انفعال واشنگتن مسبب این وضع بود. یکی از منصوبان ترامپ برای همکاری با دولت اوباما در جریان انتقال قدرت به دولت جدید، در خصوص پیشرفت‌های فناورانه چین، به یکی از مقامات‌ دولت اوباما گفته بود «موضوع واقعا مهم است، اما کاری در مورد آن نمی‌توان کرد».

با این حال در دولت جدید آمریکا، گروهی که روی چین کار می‌کردند با این دیدگاه موافق نبودند. به گفته یکی از مقامات ارشد، آن‌ها به این نتیجه رسیده بودند که «هر آنچه که موضوع رقابت ما در قرن بیست‌ویکم است... کاملا مبتنی بر تسلط بر صنعت نیمه‌رسانا است». آن‌ها معتقد بودند انفعال، گزینه مناسبی برای آمریکا نیست؛ آن‌ها سیاست «سریع‌تر بدویم» که به زعم آن‌ها اسم رمز انفعال بود را هم مناسب نمی‌دانستند. یکی از مقامات شورای امنیت ملی گفته بود «اگر بتوانیم سریع‌تر بدویم، عالی خواهد بود، اما به‌علت قدرت بسیار اهرم‌های فشار چین برای انتقال فناوری، این راهبرد ناموفق بود». شورای امنیت ملی جدید در خصوص سیاست فناوری رویکردی بسیار ستیزه‌جویانه‌تر و مبتنی بر برد و باخت اتخاذ کرد. عوامل اصلی دولت، از واحد بررسی سرمایه‌گذاری‌ها در خزانه‌داری گرفته تا مقامات ناظر بر زنجیر‌ه‌های تأمین پنتاگون برای تولید سامانه‌های نظامی، به‌عنوان بخشی از راهبرد خود در برخورد با چین، بر نیمه‌رسانا‌ها تمرکز کردند.

این رویکرد پیشگامان صنعت نیمه‌رسانا را به‌شدت ناراحت می‌کرد. آن‌ها کمک دولت را می‌خواستند، اما از تلافی چینی‌ها هم می‌ترسیدند. صنعت نیمه‌رسانا با خوشحالی از کاهش مالیات‌ها و لغو مقررات دست‌وپاگیر دولتی که موجب جذابیت بیشتر کسب‌و‌کار در ایالات متحده می‌شد. استقبال می‌کرد، اما تمایلی به تغییر الگوی کسب‌وکار چندملیتی خود نداشت. به علاوه، بسیاری از فعالان سیلیکون‌ولی هم از ترامپ متنفر بودند. در یک مورد، برایان کرزانیچ، مدیرعامل اینتل وقتی که در دوره نامزدی ترامپ برای ریاست‌جمهوری، توافق کرد برای کمک به پیروزی او پول جمع‌آوری کند، با واکنش شدیدی رو‌به‌رو شد. او همچنین مدت کوتاهی پس از آن که در دوره ریاست‌جمهوری ترامپ به عضویت یک شورای مشورتی در کاخ سفید درآمد، مجبور شد از آن خارج شود. حتی وقتی که مدیران صنعت نیمه‌رسانا چشم بر سیاست‌های داخلیِ به زعم آن‌ها نادرست ترامپ بستند، عدم ثباتش اجازه نمی‌داد او را متحد مناسبی ببینند. برای نمونه، اعلام تعرفه‌های جدید در توییتر به هیچ‌وجه تاکتیکی نبود که آن‌ها بپسندند.

با این همه، پیام‌هایی که از صنعت تراشه می‌رسید هم اصلا از اطلاعات ضدونقیضی که از کاخ سفید به بیرون درز می‌کرد، منسجم‌تر نبود. مدیران عامل شرکت‌های نیمه‌رسانا و لابیگران آن‌ها به‌طور علنی به دولت جدید توصیه می‌کردند با چین همکاری و تشویقش کند مقررات موافقت‌نامه‌های تجاری را رعایت نماید. آن‌ها اما در جلسات خصوصی می‌پذیرفتند که این راهبرد راه به جایی نخواهد برد و نگران بودند که رقبای چینی‌شان سهم آن‌ها را در بازار از آن خود خواهند کرد. کل صنعت تراشه - از تراشه‌سازانی چون اینتل گرفته تا طراحان فاقد کارخانه تراشه چون کوالکام و تولیدکنندگان تجهیزات تراشه‌سازی مانند اپلاید متریالز - به خرید‌های چین وابسته بود. یکی از مدیران صنعت نیمه‌رسانا با ناراحتی وضعیت صنعت را بدین‌گونه برای یکی از مقامات کاخ سفید خلاصه کرد: «مشکل بنیادین ما این است که مشتری شماره یک ما رقیب شماره یک ما است».

مخالفان چین در شورای امنیت ملی به این نتیجه رسیدند که در واقع، صنعت نیمه‌رسانای آمریکا دشمن اصلی خودش است. شرکت‌های تراشه‌سازی که از سلایق سرمایه‌گذاران خود و نیرو‌های بازار تاثیر می‌پذیرفتند، احتمالا تا آنجا به انتقال تدریجی پرسنل، فناوری و حقوق مالکیت‌های فکری خود به چین ادامه می‌دادند که سیلیکون‌ولی دیگر چیزی برای عرضه نداشته باشد. مخالفان چین معتقد بودند ایالات متحده به نظام جدیدی از محدودیت‌های صادراتی نیاز دارد. آن‌ها فکر می‌کردند صنایع نیمه‌رسانا‌ گفتمان واشنگتن درباره محدودیت‌های صادراتی را به سرقت برده و بدین ترتیب، به شرکت‌های چینی فرصت داده‌اند طرح‌ها و ماشین‌آلات تراشه‌سازی پیشرفته بسیاری را به دست آوردند. مقامات دولت ترامپ به جابه‌جایی مستمر کارکنان وزارت بازرگانی و کارکنان موسسات حقوقی که برای صنایع تراشه‌سازی کار می‌کردند و علیه محدودیت‌های صادراتی به لابیگری می‌پرداختند، اشاره می‌کردند؛ هرچند این مقامات هم در میان معدود افرادی در دولت بودند که پیچیدگی زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا را درک می‌کردند. مقامات دولت ترامپ معتقد بودند به‌علت وجود این جابه‌جایی‌ها، مقررات به نحوی تنظیم می‌شود که با ایجاد امکان وقوع نشتی‌های بسیار زیاد فناوری، موقعیت آمریکا را در مقابل چین تضعیف می‌کند.

با وجود پیام‌های توییتری پرهیاهوی رییس‌جمهور ترامپ، کمتر کسی متوجه می‌شد که بخش‌های مختلف دولت - از کنگره گرفته تا وزارت بازرگانی، و از کاخ سفید گرفته تا پنتاگون - با چنان رویکرد جدیدی بر نیمه‌رسانا‌ها متمرکز شده‌اند که از اواخر دهه ١٩٨٠ بدین سو در واشنگتن دیده نشده است. توجه رسانه‌ها معطوف «جنگ تجاری» ترامپ با پکن و افزایش تعرفه‌ها توسط او بود که با چنان دقتی اعلام می‌شد که بیشترین توجه رسانه‌ها را به خود جلب کند. تراشه‌ها از جمله محصولاتی بودند که ترامپ تعرفه آن‌ها را افزایش داد؛ و این موجب شد برخی تحلیلگران مشکل صنعت نیمه‌رسانا را هم مشکلی عمدتا تجاری بدانند. با این حال، در نهاد‌های امنیت ملی دولت آمریکا، افزایش تعرفه‌ها توسط ترامپ و جنگ تجاری او، متضمن انحراف از مبارزه‌ای محسوب می‌شد که بر سر فناوری‌های حساس میان دو کشور جریان داشت.

در آوریل ٢٠١٨، همراه با تشدید مناقشات تجاری ترامپ با چین، دولت ایالات متحده به این نتیجه رسید که زی‌تی‌ای با دادن اطلاعات نادرست به مقامات این کشور، قرارداد خود با دولت ایالات متحده را زیر پا گذاشته است. به گفته یکی از دستیاران ویلبر راس،[[737]](#footnote-737) وزیر بازرگانی ترامپ، او با این موضوع «برخوردی کاملا شخصی» کرد، زیرا خودش در مذاکرات مربوط به امضای این قرارداد با زی‌تی‌ای در سال گذشته نقش داشت. وزارت بازرگانی بلافاصله اقدام به اعمال مجدد محدودیت بر فروش محصولات شرکت‌های آمریکایی به زی‌تی‌ای کرد. یکی از آگاهان در این مورد گفت «این تصمیم بدون این که کسی در سرتاسر دولت متوجه شود، به اجرا درآمد». با بازگشت این مقررات، زی‌تی‌ای مجددا امکان خرید محصولات آمریکایی، از جمله نیمه‌رسانا‌ها را از دست داد. اگر ایالات متحده این سیاست را تغییر نمی‌داد، این شرکت بی‌شک رو ‌به نابودی می‌گذاشت.

البته ترامپ شخصا به تجارت بیش از فناوری علاقه داشت. او به سادگی احتمال نابودی زی‌تی‌ای را اهرمی برای فشار آوردن بر شی جینپینگ می‌دانست. بنابراین وقتی رهبر چین پیشنهاد کرد دو کشور برای حل مشکل به توافقی برسند، ترامپ مشتاقانه این پیشنهاد را پذیرفت و در توییتر پیام داد از آنجا که نگران است نابودی زی‌تی‌ای موجب «از دست رفتن مشاغل بسیاری در چین» شود، راهی برای حفظ این شرکت خواهد یافت. به زودی، زی‌تی‌ای پذیرفت در قبال کسب دسترسی مجدد به عرضه‌کنندگان آمریکایی، جریمه دیگری را بپردازد. ترامپ فکر می‌کرد در جنگ تجاری، یک اهرم فشار به دست آورده است، اما بعدا معلوم شد او اشتباه می‌کند. مخالفان چین در واشنگتن معتقد بودند مقاماتی چون استیون منوچین،[[738]](#footnote-738) وزیر خزانه‌داری که همواره به ترامپ توصیه می‌کرد امتیازاتی به چین بدهد، او را فریب داده‌اند. در واقع، ماجرای زی‌تی‌ای بیش‌ از هر چیز نشان داد شرکت‌های بزرگ فناوری جهان شدیدا به تراشه‌های آمریکا متکی‌اند. به قول یکی از مقامات دولت ترامپ، «نیمه‌رسانا‌ها فقط‌ مبنای اصلی هر آنچه که موضوع رقابت ما است را تشکیل نمی‌دهند، بلکه می‌توانند سلاحی بسیار قدرتمند باشند».

## فصل ۵٠

**جینهوا[[739]](#footnote-739) در فوجیا**ن[[740]](#footnote-740)

کنی وانگ[[741]](#footnote-741) پس از دانلود کردن فایل‌های محرمانه از شبکه شرکت‌ مایکرون، برای یافتن برنامه‌ای جهت نابود کردن ردپای خود در این کار، عبارت «پاک کردن داده‌های رایانه‌ای» را در گوگل جستجو کرد. نتایج این جستجو او را راضی نکرد، لذا او این بار عبارت «پاک کردن سوابق استفاده از رایانه» را امتحان کرد. او در نهایت برنامه‌ای به نام سی‌کلینِر[[742]](#footnote-742) را پیدا و اجرا کرد تا فایل‌ها را از لپ‌تاپی که کارفرمایش یعنی شرکت مایکرون، این پیشتاز صنعت تراشه‌های حافظه آمریکا در اختیارش گذاشته بود، پاک کند. این همه اما، مانع آن نشد که بازرسان متوجه شوند او نهصد فایل را از شبکه مایکرون دانلود و سپس‌ در گوگل درایو آپلود کرده است. تمام این فایل‌ها برچسب «محرمانه مایکرون/ کپی نکنید» را بر خود داشتند. وانگ هر فایلی را کپی نمی‌کرد؛ او قصد داشت دستورالعمل‌های محرمانه مایکرون برای تولید تراشه‌های حافظه درم پیشرفته‌ را کپی کند. او بدین منظور فایل‌های حاوی جزئیات طرح‌های داخلی تراشه‌های مایکرون، جزئیات مربوط به نحوه ساخت ماسک‌های مورد استفاده در فرآیند‌های لیتوگرافی و جزئیات مربوط به آزمایش تراشه‌ها - اسراری که طبق تخمین‌های مایکرون، اگر قرار بود رقبایش، خودشان آن‌ها را تولید کنند، می‌بایست چندین سال وقت و صد‌ها میلیون دلار هزینه صرف می‌کردند - را دانلود می‌کرد.

امروز تنها سه شرکت، یعنی مایکرون آمریکا و دو رقیب کره‌ای آن، سامسونگ و اس‌کی‌ هاینیکس بر بازار جهانی تراشه‌های حافظه درم تسلط دارند. شرکت‌های تایوانی در دهه‌های ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ با هزینه کردن میلیارد‌ها دلار سعی کردند وارد صنعت حافظه درم شوند، اما هرگز نتوانستند کسب‌وکار سودآوری در این بخش ایجاد کنند. بازار حافظه درم به صرفه‌های مقیاس بزرگ نیاز دارد. بنابراین تولید‌کنندگان کوچک نمی‌توانند در این بازار رقابت کنند. برخلاف تایوان که هرگز نتوانست صنعت ترا‌شه حافظه ماندگاری بنا کند، هم ژاپن و هم کره جنوبی از همان اولین روز‌هایی که به ترتیب در دهه‌های ١٩٧٠ و ١٩٨٠ وارد صنعت تراشه شدند، روی تراشه‌های حافظه درم تمرکز کردند. تولید حافظه درم به دانش فنی تخصصی، تجهیزات پیشرفته و سرمایه‌ای هنگفت نیاز دارد. تجهیزات پیشرفته را معمولا می‌توان از میان محصولات عمومی تولید‌کنندگان بزرگ تجهیزات در آمریکا، ژاپن و هلند خریداری کرد. در این میان دسترسی به دانش فنی، بخش دشوار کار است. هنگامی که سامسونگ در اواخر دهه ١٩٨٠ وارد این بازار شد، فناوری را از مایکرون خرید، تاسیساتی را برای تحقیق و توسعه در سیلیکون‌ولی راه‌اندازی کرد و ده‌ها فارغ‌التحصیل دوره‌های دکتری از دانشگاه‌های آمریکایی را استخدام کرد. البته راه سریع‌تری هم برای کسب دانش فنی‌ وجود دارد: جذب کارکنان شرکت‌های دیگر و سرقت فایل‌های آن‌ها.

استان فوجیان چین درست در ساحل تنگه تایوان قرار دارد. جزیره کینمِن[[743]](#footnote-743) که علی‌رغم بمباران‌های مکرر توسط ارتش مائوتسِدونگ در پرتنش‌ترین لحظات جنگ سرد، اکنون تحت کنترل تایوان است، در نزدیکی بندر تاریخی شیامِن[[744]](#footnote-744) در استان فوجیان قرار دارد. تایوان و استان فوجیان روابط نزدیکی دارند؛ اگرچه هر از گاهی فراز و نشیب‌هایی هم در این میان وجود دارد. در هر حال، پس از آن که دولت محلی در استان فوجیان با صرف سرمایه‌ای ۵ میلیارد دلاری، کارخانه تولید تراشه‌های حافظه درم جینهوا را تاسیس کرد، این شرکت بهترین راه برای رسیدن به موفقیت را در مشارکت با تایوان دید. البته تایوان شرکت‌ پیشگامی در زمینه تولید تراشه‌های حافظه نداشت، اما یک کارخانه تولید حافظه درم در جزیره وجود داشت که مایکرون در سال ٢٠١٣ آن را خریده بود.

مایکرون که جینهوا را رقیب خود می‌دید، نمی‌خواست به آن کمک کند. مایکرون می‌دانست اگر جینهوا روزی بر فناوری تولید حافظه درم تسلط یابد، با بهره‌گیری از یارانه‌های هنگفتی که از دولت دریافت می‌کند، مزیت رقابتی قابل‌ملاحظه‌ای به دست خواهد آورد، به‌طوری که این شرکت خواهد توانست بازار جهانی حافظه درم را با تراشه‌های ارزان‌ قیمت خود پر کند و از حاشیه سود شرکت‌هایی چون مایکرون، سامسونگ و هاینیکس بکاهد. این سه شرکت بزرگ صنعت حافظه درم از چندین دهه پیش در فرآیندهای خلق فناوری‌های فوق‌تخصصی سرمایه‌گذاری کرده بودند و نه تنها پیشرفته‌ترین تراشه‌‌های حافظه جهان را تولید کرده بودند، بلکه به‌طور مستمر این فناوری‌ها را ارتقا بخشیده و از هزینه‌ها کاسته بودند. فناوری‌های تخصصی آن‌ها با حق اختراع حفاظت می‌شد. اما شاید بتوان گفت دانش فنی مهندسان آن‌ها حتی‌ مهم‌تر از این حق اختراع‌ها بود.

جینهوا برای رقابت با این شرکت‌ها مجبور بود دانش فنی تولید تراشه‌ها را به هر طریق ممکن، منصفانه یا غیرمنصفانه، به دست آورد. در صنعت تراشه، تلاش برای دست‌یابی به فناوری‌ رقبا تاریخچه‌ای طولانی دارد و اولین مصادیق آن به طرح سلسله اتهاماتی در خصوص سرقت حقوق مالکیت فکری ژاپنی‌ها در دهه ١٩٨٠ مربوط می‌شود. البته روشی که جینهوا برای این کار استفاده می‌کرد، بیشتر شبیه تکنیک مورد استفاده توسط اداره تی در کاگ‌ب بود. جینهوا ابتدا قراردادی را با شرکت یو‌ام‌سی تایوان، تولید‌کننده تراشه منطقی (و نه حافظه) امضا کرد که به موجب آن، یو‌ام‌سی در قبال دریافت ٧٠٠ میلیون دلار، تخصص خود در تولید حافظه درم را در اختیار جینهوا قرار می‌داد. موافقت‌نامه‌های اعطای مجوز بهره‌برداری از تخصص و فناوری در صنعت نیمه‌رسانا کاملا متداول‌اند، اما این قرارداد پیچیدگی خاصی داشت. یو‌ام‌سی در حالی قول داده بود فناوری تولید حافظه درم را در اختیار جینهوا قرار دهد که خود اصلا در کسب‌و‌کار حافظه درم فعالیتی نداشت. به همین علت، یو‌ام‌سی در سپتامبر ٢٠١۵، چندتن از کارکنان تاسیسات مایکرون در تایوان، از جمله استیون چِن،[[745]](#footnote-745) رییس آن تاسیسات را به استخدام‌ خود درآورد. در این میان، مسوولیت توسعه فناوری تولید حافظه درم در یو‌ام‌سی و مدیریت رابطه این شرکت با جینهوا به استیون چن سپرده شد. یک ماه بعد، یو‌ام‌سی یکی از مدیران فرآیند تاسیسات مایکرون در تایوان، به نام جی‌تی هو[[746]](#footnote-746) را استخدام کرد. هو در طول یک سال‌ آینده مجموعه‌ای از اسناد را از همکار سابق خود در مایکرون، یعنی کنی وانگ - که همچنان در تاسیسات مایکرون در تایوان کار می‌کرد - گرفت. وانگ نهایتا مایکرون را ترک کرد و به یو‌ام‌سی پیوست و نهصد فایلی را هم که از شبکه مایکرون در گوگل درایو آپلود کرده بود، همراه خود آورد.

دادستان‌های تایوان از این تبانی مطلع شدند و با شنود تلفن وانگ، شروع به جمع‌آوری مدارک جرم کردند. آن‌ها مدارک کافی برای اعلام جرم علیه یو‌ام‌سی - که تا آن زمان برای برخی از فناوری‌های سرقت‌شده درخواست ثبت اختراع هم داده بود - جمع‌آوری کردند. وقتی مایکرون علیه یو‌ام‌سی و جینهوا به‌علت نقض حق اختراع‌هایش شکایت‌ کرد، آن‌ها نیز متقابلا در استان فوجیان چین علیه مایکرون شکایت کردند. دادگاهی در فوجیان مایکرون را در قبال نقض حق اختراع‌های یو‌ام‌سی و جینهوا - همان حق اختراع‌هایی که با استفاده از اسناد مسروقه از مایکرون ثبت شده بودند - مسوول شناخت. در مرحله بالاتر این رسیدگی، دادگاه استان در فوژو[[747]](#footnote-747) (مرکز استان فوجیان) مایکرون را از فروش بیست‌و‌شش محصول خود در چین، یعنی بزرگ‌ترین بازار این شرکت منع کرد.

این نمونه‌ای تمام عیار از سرقت حقوق مالکیت‌های فکری تحت حمایت دولت چین بود که شرکت‌های خارجی فعال در آن کشور از مدت‌ها پیش به آن اعتراض داشتند. البته تایوانی‌ها امروز خیلی خوب می‌فهمیدند که چرا چینی‌ها علاقه‌ای به رعایت حقوق مالکیت‌های فکری ندارند. در دهه ١٩۶٠، هنگامی که تگزاس اینسترومنتس برای اولين بار در بازار تایوان حضور یافت، وزیر کی تی لی با لحنی تمسخرآمیز گفته بود «حقوق مالکیت‌های فکری ابزار زورگویی امپریالیست‌ها به کشور‌های عقب‌مانده است». با این حال، تایوان بعد‌ها و به‌ویژه پس از آن که شرکت‌های جزیره شروع به خلق فناوری‌های خود کردند و دیگر می‌بایست از حق اختراع‌های خود دفاع می‌کردند، کم‌کم متوجه ‌شد بهتر است قواعد حقوق مالکیت‌های فکری را رعایت کند. بسیاری از کارشناسان حوزه حقوق مالکیت‌های فکری پیش‌بینی می‌کردند چین در آینده‌ای نزدیک کمتر به سرقت حقوق مالکیت‌های فکری دیگران خواهد پرداخت، زیرا شرکت‌های این کشور کم‌کم محصولات پیچیده‌تری را تولید خواهند کرد. البته تنها بخشی از شواهد موجود این نظریه را تایید می‌کرد. از سوی دیگر، توافق‌نامه منعقده میان دولت اوباما و سازمان‌های جاسوسی چین که به موجب آن، این سازمان‌ها پذیرفتند مانع استفاده شرکت‌های چینی از اسرار صنعتی و تجاری سرقتی شوند‌ هم، چنان عمر کوتاهی داشت که آمریکایی‌ها اساسا وجود آن‌ را فراموش کردند و بلافاصله بعد از آن هم عملیات هک کردن سامانه‌های شرکت‌های آمریکایی از سر گرفته شد.

مایکرون منطقأ نمی‌توانست انتظار محاکمه‌ای عادلانه را در چین داشته باشد. در حالی که دادگاه‌های نمایشی چین می‌توانستند دست این شرکت را از بزرگ‌ترین بازارش کوتاه کنند، پیروزی در پرونده‌های مطروح در دادگاه‌های تایوان یا کالیفرنیا، دیگر معنای چندانی نمی‌یافت. تقریبا در همان زمان، شرکت ویکو،[[748]](#footnote-748) تولید‌کننده تجهیزات تولید نیمه‌رسانا با ادعای نقض حقوق مالکیت‌های فکری، از شرکت اِی‌اِم‌ای‌سی،[[749]](#footnote-749) یکی از رقبای چینی خود در ایالات متحده شکایت کرد. شرکت چینی هم متقابلا در دادگاهی در فوجیان از ویکو شکایت کرد. در این میان، قاضی دادگاه نیویورک به نفع‌ ویکو یک قرار مقدماتی صادر کرد. دادگاه فوجیان هم این اقدام را با صدور یک قرار مقدماتی مبنی بر ممنوعیت واردات ماشین‌آلات ویکو به چین تلافی کرد؛ اقدامی که طبق تحقیقات مارک کوهن،[[750]](#footnote-750) استاد دانشگاه برکلی و کارشناس قوانین و مقررات چین، تنها در ٠.٠١ درصد پرونده‌های مرتبط با حقوق مالکیت‌های فکری در چین رخ می‌دهد. در حالی که رسیدگی به پرونده در دادگاه آمریکایی‌ ماه‌ها طول کشید، دادگاه فوجیان این تصمیم را تنها ظرف ٩ روز کاری گرفت. البته حکم نهایی این پرونده همچنان محرمانه مانده است.

به‌نظر می‌رسید مایکرون هم سرنوشت مشابهی را پیش‌ رو دارد. در حالی که اسرار صنعتی مایکرون در اختیار جینهوا بود، برخی تحلیلگران معتقد بودند ظرف تنها چند سال، جینهوا تولید تراشه‌های درم را در مقیاس بزرگ آغاز خواهد کرد - که در این صورت، دیگر اصلا مهم نخواهد بود مایکرون اجازه بازگشت به بازار چین را می‌گیرد یا خیر، زیرا جینهوا با استفاده از فناوری مایکرون، و با بهره‌گیری از یارانه‌های دولتی، تراشه‌ها را با قیمتی پایین‌تر به بازار عرضه خواهد کرد. اگر این اتفاق در دوران ریاست‌جمهوری اوباما رخ می‌داد، دولت به احتمال بسیار زیاد به صدور چند بیانیه تند اکتفا می‌کرد. به همین علت، مدیران شرکت‌های آمریکایی هم احتمالا سعی می‌کردند با انعقاد قراردادهایی با دولت چین، در قبال دسترسی به بازار چین، از حقوق مالکیت‌های فکری خود بگذرند. جینهوا که می‌دانست حداکثر با عصبانیت رسانه‌ها روبه‌رو خواهد شد، احتمالا مایکرون را حتی بیشتر تحت فشار قرار می‌داد. دیگر شرکت‌های آمریکایی هم احتمالا در قبال این اتفاق سکوت می‌کردند، هرچند می‌دانستند که ممکن است خودشان قربانی بعدی این نوع رفتار‌ها باشند.

اما امروز، مخالفان چین در شورای امنیت ملی ایالت متحده مصمم بودند وضعیت را تغییر دهند. آن‌ها قضیه مایکرون را نمونه تجارت غیرمنصفانه‌ای می‌دانستند که ترامپ قول داده بود مانع آن خواهد شد، هرچند رییس‌جمهور شخصا علاقه خاصی به مایکرون از خود نشان نمی‌داد. برخی مقامات دولت ترامپ با استناد به اختیارات حاصل از مصوبه قوه‌ مجریه در خصوص جاسوسی سایبری که در سال ٢٠١۵ به امضای رییس‌جمهور وقت، اوباما رسیده بود، به دنبال اعمال تحریم‌های مالی علیه جینهوا بودند. هرچند تا آن زمان، این مصوبه علیه هیچ شرکت بزرگ چینی به‌کار گرفته نشده بود. دولت ترامپ پس از رایزنی‌های بسیار، با این استدلال که منطقی‌تر این است که اختلافات تجاری را با ابزار‌های تجاری حل کند، تصمیم گرفت در این قضیه هم از همان ابزاری بهره جوید که در مورد زی‌تی‌ای از آن استفاده کرده بود. بدین ترتیب، جینهوا حق خرید تجهیزات آمریکایی تولید تراشه را از دست داد.

در حال حاضر، چند شرکت آمریکایی چون اپلاید‌متریالز، لم‌ریسرچ[[751]](#footnote-751) و کی‌ال‌ای[[752]](#footnote-752) گروه کوچکی را تشکیل می‌دهند که با هم انحصار تولید برخی ماشین‌آلات جایگزین‌نا‌پذیر تولید تراشه را در دست دارند. این ماشین‌آلات جایگزین‌نا‌پذیر از جمله عبارت‌اند از ابزارهایی که لایه‌هایی در ضخامت‌های میکروسکوپی از مواد شیمیایی را روی ویفر‌های سیلیکون می‌نشانند و ابزارهای تشخیص ایرادهایی که ممکن است در جریان تولید - در ابعاد نانومتری - در نیمه‌رسانا‌ها ایجاد شود. بدون این ماشین‌آلات - که همچنان بیشترشان در خاک آمریکا تولید می‌شوند -  تولید نیمه‌رسانا‌های پیشرفته غیرممکن است. تنها ژاپن شرکت‌هایی دارد که برخی ماشین‌آلات مشابه ماشین‌آلات آمریکایی را تولید می‌کنند. بنابراین، اگر توکیو و واشنگتن توافق کنند، می‌توانند مانع تولید تراشه‌های پیشرفته توسط هر شرکتی در هر کشوری شوند. دولت ترامپ پس از رایزنی‌هایی دقیق با مقامات وزارتخانه قدرتمند اقتصاد، تجارت و صنعت در ژاپن، اطمینان حاصل کرد که توکیو حامی اقدامی جدی علیه جینهوا است و تضمین می‌کند شرکت‌های ژاپنی با رفتار خود محدودیت‌های اعمال‌شده توسط آمریکا علیه جینهوا را بی‌اثر نخواهند کرد. این توافق ابزار قدرتمند جدیدی را در اختیار ایالات متحده می‌گذاشت تا بتواند هر تراشه‌سازی را در هر جای جهان که باشد، از این صنعت بیرون براند. در این میان، برخی مصالحه‌جویان در دولت ترامپ، از جمله منوچین، وزیر خزانه‌داری از این اقدام خشنود نبودند. اما ویلبر راس، وزیر بازرگانی که اختیار اعمال محدودیت‌های صادراتی را در دست داشت، به گفته یکی از دستیارانش معتقد بود «ما باید از این ابزار استفاده کنیم». بدین ترتیب، در حالی که جینهوا حتی پول سفارش‌های خود به شرکت‌های آمریکایی عرضه‌کننده ابزار‌های مورد نیازش برای تراشه‌سازی را پرداخته بود، دولت ایالات متحده صدور آن‌ها را ممنوع کرد. ظرف چند ماه تولید جینهوا متوقف، و بدین ترتیب پیشرفته‌ترین شرکت تولید‌کننده تراشه‌های درم در چین نابود شد.

## فصل ۵١

**حمله به هواوی**

رییس‌جمهور ترامپ در پاسخ به پرسش مجریان برنامه تلویزیونی محبوبش، فاکس اَند ‌فرِندز[[753]](#footnote-753) در خصوص هواوی، گفت «من این شرکت را ابزار جاسوسی می‌دانم. ما در ایالات متحده به تجهیزات آن‌ها نیازی نداریم، چون آن‌ها از ما جاسوسی می‌کنند… آن‌ها همه چیز را می‌دانند». البته این سخن که می‌توان از زیر‌ساخت فناوری برای سرقت اطلاعات محرمانه استفاده کرد، نظریه جدیدی نبود. وقتی که ادوارد اسنودن، کارمند سابق سازمان امنیت ملی ایالات متحده پس از انتشار بسیاری از اسناد محرمانه این سازمان، در سال ٢٠١٣ به روسیه پناهنده شد، توانایی‌های کارآگاهان سایبری آمریکا مورد توجه روزنامه‌های جهان قرار گرفت. پس از انتشار اخبار مربوط به افشای مجموعه‌ای از داده‌های محرمانه بسیار مهم دولت ایالات متحده توسط دولت چین، توانایی چینی‌ها در هک کردن سامانه‌های اطلاعاتی دیگر کشور‌ها هم توجه عمومی را به خود جلب کرد.

هرچند مقامات دولت ایالات متحده تقریبا مطمئن بودند که هواوی به برنامه‌های جاسوسی دولت چین کمک می‌کند، پنتاگون و سازمان امنیت ملی این شرکت‌ را بیشتر حریفی جدی در نبردی طولانی برای کسب تسلط در حوزه فناوری می‌دیدند، تا دشمنی در عرصه جاسوسی. مت تورپین، یکی از مقامات پنتاگون که روی راهبرد جدید ارتش، تحت عنوان «راه‌حل جبرانی» کار کرده بود، هواوی را نشانه‌ای از مشکل بزرگ‌تر پیش روی صنعت فناوری ایالات متحده می‌دانست: شرکت‌های چینی «عملا در نظام ایالات متحده ادغام شده بودند»، زیرا این شرکت‌ها با نرم‌افزارهای آمریکایی، تراشه‌ها را طراحی می‌کردند؛ با ماشین‌آلات آمریکایی، تراشه‌ها را تولید می‌کردند؛ و غالبا آن‌ها را در دستگاه‌هایی نصب می‌کردند که برای مصرف‌کنندگان آمریکایی تولید می‌شدند. در این شرایط، آمریکا هرگز نمی‌توانست در نوآوری چین را پشت سر بگذارد و به سادگی‌ مانع بهره‌برداری آن‌ها از این نوآوری‌ها شود. در زیربخش‌هایی از فناوری که ایالات متحده فکر می‌کرد باید بر آن‌ها تسلط داشته باشد تا برتری نظامی و راهبردی خود را بر چین حفظ کند، هواوی و دیگر شرکت‌های چینی نقشی محوری می‌یافتند. به قول یکی دیگر از مقامات ارشد دولت ترامپ، «پیشرفت هواوی در واقع نشانگر همه اشتباهات ما در رقابت با چین است».

نگرانی در خصوص هواوی به دولت ترامپ و ایالات متحده محدود نمی‌شد. استرالیا پس از آن که سازمان‌های امنیتی کشور به این نتیجه رسیدند که حتی اگر هواوی دسترسی به کدهای همه نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای خود را در اختیار آن‌ها بگذارد هم، خطرات ناشی از فعالیت‌های این شرکت کاهش نخواهد یافت، هواوی را از حضور در شبکه‌های 5G کشور منع کرد. ملکوم تِرنبُل،[[754]](#footnote-754) نخست‌وزیر استرالیا در ابتدا نسبت به اعمال ممنوعیت کامل علیه هواوی تردید داشت. به گفته پیتر هَچِر،[[755]](#footnote-755) روزنامه‌نگار استرالیایی، ترنبل برای آن که بتواند در خصوص این موضوع مطالعه‌ کند و پرسش‌های دقیق‌تری را از کارشناسان فناوری بپرسد، کتابی ۴٧۴ صفحه‌ای تحت عنوان «راهنمای جامع امنیت در شبکه 5G»[[756]](#footnote-756) خریده بود. او در نهایت به این نتیجه رسید که چاره‌ای جز ممنوعیت کامل این شرکت ندارد. بدین ترتیب، استرالیا اولین کشوری بود که رسما استفاده از تجهیزات هواوی را در شبکه 5G خود ممنوع کرد. به زودی ژاپن، نیوزیلند و چند کشور دیگر هم به استرالیا تاسی کردند.

البته ارزیابی همه کشورها در مورد تهدید‌های هواوی یکسان نبود. بسیاری از همسایگان چین به این شرکت شک داشتند و مایل نبودند در خصوص امنیت شبکه‌های مخابراتی خود ریسک کنند. در مقابل اما، برخی متحدان سنتی آمریکا در اروپا، به‌کارزار اعمال فشار دولت ترامپ برای قانع ساختن آن‌ها به تحریم هواوی، با دیده احتیاط می‌نگریستند. البته برخی متحدان آمریکا در اروپای شرقی علنا اعلام کردند این شرکت را تحریم می‌کنند. در این میان، لهستان حتی در سال ٢٠١٩ یکی از مدیران هواوی را به جرم جاسوسی دستگیر کرد. فرانسه نیز بی‌سروصدا محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌ای را بر فعالیت‌های این شرکت اعمال کرد. اما دیگر کشورهای بزرگ اروپایی سعی‌ کردند راهکار میانه‌ای را در این خصوص اتخاذ کنند. برای مثال، آلمان تعداد بسیار زیادی خودرو و ماشین‌آلات را به چین صادر می‌کرد و سفیر چین در برلین با استفاده از این وابستگی آلمان به بازار چین، هشدار داد در صورت تحریم هواوی، آلمان با واکنش این کشور روبه‌رو خواهد شد. او اعلام کرد «دولت چین ساکت نخواهد ماند».

در هر حال، دولت ترامپ که آلمان را به سواری مجانی گرفتن از آمریکا در بسیاری از مسائل متهم می‌کرد، انتظار داشت این کشور در مقابل درخواست آمریکا برای تحریم هواوی ایستادگی کند. در این میان اما، رفتار بریتانیا آمریکا را بیشتر شگفت‌زده کرد. این کشور علی‌رغم «روابط ویژه» خود با ایالات متحده، درخواست این کشور برای جلوگیری از ورود هواوی به شبکه‌های 5G خود و به جای آن، خرید تجهیزات مربوط از عرضه‌کنندگان دیگری چون اریکسون سوئد و نوکیای فنلاند را نادیده می‌گرفت. در سال ٢٠١٩، مرکز ملی امنیت سایبری[[757]](#footnote-757) دولت بریتانیا به این نتیجه رسید که ریسک استفاده از سامانه‌های هواوی، بدون تحریم این شرکت هم، قابل‌مدیریت است.

اما چرا کارشناسان امنیت سایبری بریتانیا و استرالیا در ارزیابی خود از خطرات ناشی از حضور هواوی به نتایج متفاوتی رسیدند؟ واقعیت این است که هیچ مدرکی دال بر اختلاف‌نظر آن‌ها از لحاظ فنی وجود ندارد. برای مثال، مقامات بریتانیا هم از کاستی‌های موجود در رویه‌های هواوی در حوزه امنیت سایبری کاملا ناراضی بودند. در واقع، اختلاف اصلی در این بود که آیا این کشور‌ها می‌بایست مانع افزایش مستمر نقش چین در زیرساخت فناوری جهان می‌شدند یا خیر. رابرت هنیگن،[[758]](#footnote-758) رییس سابق سازمان اطلاعات سیگنال‌های بریتانیا معتقد بود ما باید بپذیریم که چین در آینده یک قدرت فناوری جهانی خواهد بود؛ و به جای این که وانمود کنیم غرب می‌تواند پیشرفت فناورانه چین را نادیده بگیرد، از هم‌اکنون مدیریت ریسک این تحول را شروع کنیم. بسیاری از اروپاییان هم فکر می‌کردند پیشرفت فناورانه چین امری اجتناب‌ناپذیر است و در نتیجه، ارزش مقابله را ندارد.

ایالات متحده اما، با این رویکرد موافق نبود. به زعم این کشور، مساله هواوی بسیار فراتر از کمک این شرکت به شنود تلفن‌ها یا سرقت داده‌ها بود. اعتراف مدیران هواوی به نقض تحریم‌های ایران، بسیاری از مقامات واشنگتن را عصبانی کرده بود؛ اما نهایتا معلوم شد این اقدام هم، چیزی بیش از نمایشی فرعی نبود. مساله اصلی این بود که چگونه شرکتی در جمهوری خلق چین که در اواخر دهه ١٩٨٠ سوییچ‌های ساده مراکز تلفن را تولید می‌کرد، توانسته است چنان از پله‌های نردبان فناوری بالا رود که در اواخر دهه ٢٠١٠ پیشرفته‌ترین تجهیزات شبکه و مخابرات را تولید کند. بودجه سالانه تحقیق و توسعه این شرکت اکنون با بودجه تحقیق و توسعه غول‌های فناوری آمریکا چون مایکروسافت، گوگل و اینتل برابری می‌کرد. هواوی در امر صادرات از همه شرکت‌های فناوری چینی موفق‌تر بود و به همین علت، دانش دقیقی در خصوص بازارهای خارجی داشت. این شرکت فقط تولید‌کننده سخت‌افزار دکل‌های مخابراتی تلفن همراه نبود، بلکه تراشه‌های پیشرفته گوشی‌های هوشمند را نیز طراحی می‌کرد. هواوی بعد از اپل، بزرگ‌ترین مشتری تی‌اس‌ام‌سی بود. پرسش جدی پیش رو این بود که آیا ایالات متحده می‌تواند به شرکتی چینی با این شرایط اجازه پیشرفت و موفقیت بدهد.

سوالاتی از این دست ذهن بسیاری از مقامات واشنگتن را به خود مشغول کرده بود. نخبگان آمریکا از نسل گذشته تاکنون از پیشرفت اقتصادی چین استقبال کرده بودند. ایالات متحده خود به رشد شرکت‌های فناوری در سرتاسر آسیا کمک کرده بود، و برای نمونه در سال‌هایی که ژاپن به سرعت در حال رشد بود، بازار خود را به روی شرکت‌های این کشور، از جمله سونی گشوده بود و چند دهه بعد، همین کار را برای کره جنوبی کرده بود. الگوی کسب‌وکار هواوی چندان تفاوتی با الگوی کسب‌وکار سونی و سامسونگ برای کسب جایگاهی عمده در زیست‌بوم فناوری جهان نداشت. پس کمی رقابت بیشتر در بازار قاعدتا امر نامطلوبی نبود.

با این همه، مقامات شورای امنیت ملی آمریکا رقابت با چین را اساسا یک بازی برد-برد نمی‌دیدند. آن‌ها فعالیت هواوی را نه چالشی تجاری، بلکه مشکلی راهبردی می‌دانستند. سونی و سامسونگ شرکت‌های فناوری مستقر در کشور‌های متحد ایالات متحده بودند؛ در حالی که هواوی قهرمان ملی مهم‌ترين رقیب ژئوپولیتیکی آمریکا بود. از این دیدگاه، گسترش هواوی تنها یک تهدید به شمار می‌آمد. در این میان، کنگره آمریکا هم خواهان اتخاذ سیاستی سخت‌گیرانه‌تر و ستیزه‌جویانه‌تر در قبال هواوی بود. بن سَس،[[759]](#footnote-759) سناتور جمهوری‌خواه در سال ٢٠٢٠ در این خصوص گفت «ایالات متحده باید هواوی را خفه کند. نیمه‌رسانا‌ها جنگ‌افزار دولت‌ها در جنگ‌های مدرن‌اند و ما تا کنون اجازه داده‌ایم هواوی از طرح‌های ما استفاده کند».

برای مقامات ایالات متحده، نکته نگران‌کننده اصلی در رفتار هواوی حتی بیش از آن که به حمایت مستقیم این شرکت از ارتش چین مربوط باشد، با نقش آن در ارتقای سطح کلی دانش فنی چین در حوزه میکروالکترونیک و طراحی تراشه مرتبط بود. هر چه این کشور لوازم الکترونیکی پیشرفته‌تری تولید می‌کرد، تراشه‌های پیشرفته‌تری می‌خرید و وابستگی زیست‌بوم نیمه‌رسانای جهان به این کشور بیشتر، و در نتیجه، به آمریکا کمتر می‌شد. به علاوه، حمله به مهم‌ترین شرکت فناوری چین متضمن ارسال پیامی هشدارآمیز به سرتاسر جهان بود تا کشور‌های دیگر موضع خود را در این میان مشخص کنند. جلوگیری از رشد هواوی به وسواس ذهنی دولت ترامپ تبدیل شده بود.

وقتی دولت ترامپ تصمیم گرفت فشار بر هواوی را افزایش دهد، پیش از هر چیز فروش‌ تراشه‌های ساخت آمریکا را به این شرکت ممنوع کرد. این محدودیت به خودی خود نابودکننده بود، زیرا تراشه‌های اینتل در سرتاسر جهان به فروش می‌رسند و بسیاری از تراشه‌های آنالوگ جایگزین‌نا‌پذیر هم توسط شرکت‌های آمریکایی تولید می‌شوند. با این حال، بعد از چندین دهه برون‌سپاری ساخت تراشه‌ها، امروز بخش بسیار کوچک‌تری از فرآیند تولید نیمه‌رسانا‌ها در خاک ایالات متحده صورت می‌پذیرفت. برای مثال، هواوی ساخت تراشه‌های طراحی‌شده توسط خود را به ایالات متحده نمی‌سپرد - زیرا این کشور فاقد تاسیسات لازم برای‌ ساخت پردازنده‌های پیشرفته برای گوشی‌های هوشمند بود - بلکه این کار را به تی‌اس‌ام‌سی در تایوان می‌سپرد. بدین ترتیب، محدود کردن صادرات کالاهای ساخت آمریکا به هواوی نمی‌توانست مانع ساخت تراشه‌های پیشرفته هواوی توسط تی‌اس‌ام‌سی شود.

ممکن است تصور کنیم برون‌سپاری عملیات ساخت تراشه موجب کاهش توانایی دولت ایالات متحده در محدود کردن دسترسی دیگران به بازار ساخت تراشه‌های پیشرفته شده است. شکی نیست که اگر همه فرآیند‌های تولید تراشه‌های پیشرفته همچنان در خاک ایالات متحده مستقر بود، قطع دسترسی هواوی به این صنعت ساده‌تر بود. با این حال، حتی در وضع موجود هم، ایالات متحده همچنان ابزارهایی را برای این کار در اختیار داشت. برای مثال، هم‌زمان با پیشرفت فرآیند برون‌سپاری تراشه‌سازی، بخش‌هایی بسیار حیاتی از صنعت تراشه به تولید‌کنندگان منحصربه‌فرد وابسته شده بود. برای نمونه، تقریبا همه تراشه‌ها در جهان از نرم‌افزارهای حداقل یکی از سه شرکت مستقر در آمریکا استفاده می‌کنند. این سه شرکت عبارت‌اند از کدنس، سیناپسیس و منتور (البته این شرکت سوم متعلق به زیمنس آلمان، اما در ایالت اورگون مستقر است). همچنین به جز تراشه‌هایی که اینتل در کارخانه‌های خود می‌سازد، پیشرفته‌ترین تراشه‌های منطقی جهان تنها توسط دو شرکت سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی ساخته می‌شوند. این هر دو شرکت در کشور‌هایی مستقرند که برای امنیت خود به ارتش ایالات متحده متکی‌اند. به علاوه، ساخت پردازنده‌های پیشرفته مستلزم ماشین‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش‌ فرین است که توسط تنها یک شرکت، یعنی ای‌اس‌ام‌ال هلند تولید می‌شود. البته این شرکت نیز خود برای دسترسی به منبع نور جایگزین‌نا‌پذیر دستگاه‌های لیتوگرافی اشعه فرابنفش فرین به شرکت سایمر، شعبه فرعی‌ خود در سن‌دیگو وابسته است (ای‌اس‌ام‌ال این شرکت را در سال ٢٠١٣ خریده بود). وقتی بسیاری از مراحل تراشه‌سازی به ابزار‌ها، مواد اولیه و نرم‌افزارهای تولیدی در چند شرکت انگشت‌شمار نیاز دارند، کنترل کل فرآیند تراشه‌سازی از طریق این گلوگاه‌های حیاتی آن بسیار ساده‌تر است. بسیاری از این گلوگاه‌های حیاتی همچنان در اختیار آمریکا، و بقیه هم اکثرا در اختیار متحدان نزدیک این کشور بود.

تقریبا در همان زمان، دو پژوهشگر دانشگاهی به نام‌های هنری فَرِل[[760]](#footnote-760) و آبراهام نیومن[[761]](#footnote-761) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که روابط سیاسی و اقتصادی بین‌‌المللی به‌طور فزاینده‌ای تحت تاثیر رویه‌ای قرار گرفته است که آن‌ها آن را «تبدیل شدن وابستگی متقابل به سلاح»[[762]](#footnote-762) نامیده بودند. آن‌ها معتقد بودند کشور‌ها بیش از هر زمانی در گذشته به هم پیوند خورده‌اند، اما این وابستگی متقابل به جای آن که صرفا بر کاهش مناقشات و تشویق همکاری‌ها متمرکز باشد، فرصت‌های جدیدی را برای رقابت میان آن‌ها خلق کرده است. شبکه‌هایی که کشور‌ها را به هم پیوند می‌زند، به محل مناقشه تبدیل شده است. برای مثال، در حوزه مالی، ایالات متحده از وابستگی کشور‌های دیگر به نظام بانکی خود، به‌عنوان سلاحی برای مجازات ایران استفاده کرده است. این پژوهشگران نگران آن بودند که استفاده دولت ایالات متحده از جریان‌های سرمایه و تجارت به‌عنوان سلاح‌های سیاسی، فرآیند جهانی شدن را به خطر بیندازد و عواقب ناخواسته خطرناکی در پی داشته باشد. دولت ترامپ در مقابل، به این نتیجه رسیده بود که قدرت منحصربه‌فردی در تبدیل زنجيره‌های عرضه نیمه‌رسانا به سلاح دارد.

در ماه مه ٢٠٢٠، دولت ترامپ محدودیت‌های اعمال شده بر هواوی را تشدید کرد. این بار، وزارت بازرگانی اعلام کرد «با محدود کردن توانایی هواوی در استفاده از فناوری‌ها و نرم‌افزارهای آمریکایی برای طراحی و ساخت نیمه‌رسانا‌های خود در خارج از ایالات متحده، از امنیت ملی کشور محافظت خواهد کرد». بدین ترتیب، مقررات جدید وزارت بازرگانی فقط فروش محصولات تولیدشده در آمریکا را به هواوی هدف نمی‌گرفت؛ بلکه همچنین فروش هر محصول تولیدشده با استفاده از فناوری آمریکایی را به هواوی ممنوع می‌کرد. با توجه به این که در صنعت تراشه‌سازی، تعداد زیادی گلوگاه حیاتی وابسته به فناوری آمریکایی وجود دارد، این مقرره عملا فروش همه تراشه‌ها را به هواوی ممنوع می‌کرد. آشکار بود که تی‌اس‌ام‌سی بدون استفاده از تجهیزات آمريکايی ساخت تراشه، نمی‌تواند برای هواوی تراشه پیشرفته بسازد. خود هواوی هم نمی‌تواند بدون استفاده از نرم‌افزارهای آمریکایی، تراشه طراحی کند. حتی اس‌ام‌آی‌سی، پیشرفته‌ترین شرکت ریخته‌گری چینی هم کاملا متکی به ابزار‌های آمریکایی است. بدین ترتیب، ارتباط هواوی با کل زیرساخت تراشه‌سازی جهان قطع شد و این شرکت تنها به تراشه‌هایی دسترسی داشت که وزارت بازرگانی ایالات متحده مشخصا مجوز فروش آن‌ها را به هواوی می‌داد.

صنعت تراشه‌سازی جهان سریعا به مقررات جدید ایالات متحده گردن نهاد. برای نمونه مارک لیو،[[763]](#footnote-763) مدیرعامل تی‌اس‌ام‌سی علی‌رغم آن که می‌دید ایالات متحده در تلاش است دومین مشتری بزرگ این شرکت را نابود کند، قول داد نه تنها متن این مقررات را رعایت خواهد کرد، بلکه حتی به روح آن نیز پایبند خواهد بود. او به خبرنگاران گفت «حل این مشکل فقط با عمل به خود مقررات میسر نخواهد شد، بلکه درک دقیق مقاصد دولت ایالات متحده را نیز می‌طلبد». از آن پس، هواوی مجبور شده است سرمایه‌اش را از کسب‌وکار تولید گوشی هوشمند و سرور بیرون بکشد، زیرا نمی‌تواند تراشه‌های لازم برای آن‌ها را تهیه کند. حتی راه‌اندازی شبکه مخابراتی 5G چین هم که روزی یکی از مهم‌ترین اولویت‌های دولت این کشور بود، به‌علت کمبود تراشه به تعویق افتاده است. پس از عملیاتی شدن محدودیت‌های ایالات متحده، کشورهای دیگر، از جمله بریتانیا با این استدلال که با فقدان تراشه‌های آمریکایی، هواوی نخواهد توانست به محصولاتش خدمات‌رسانی کند، تصمیم گرفتند بازارشان را به روی این شرکت ببندند.

به دنبال حمله به هواوی، ایالات متحده نام چند شرکت فناوری دیگر چینی را هم در فهرست سیاه قرار داد. هلند پس از مذاکره با ایالات متحده، تصمیم گرفت قراردادهای فروش ماشین‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین به شرکت‌های چینی را تایید نکند. شرکت ابررایانه‌ای سوگن که ای‌ام‌دی در سال ٢٠١٧ آن را «شریک راهبردی» خود خوانده بود، در سال ٢٠١٩ توسط ایالات متحده تحریم شد. به گزارش واشنگتن‌پست، شرکت فایتیوم که مقامات ایالات متحده معتقدند برای ابررایانه‌های مورد استفاده جهت آزمایش موشک‌های فراصوت چین تراشه طراحی می‌کند نیز با همین رفتار روبه‌رو شد. در واقع، فایتیوم به‌علت دسترسی به زیست‌بوم نیمه‌رسانای آمریکا و متحدانش امکان چنین رشدی را یافته بود. با این حال، اتکای این شرکت به نرم‌افزار‌ها و فرآیندهای تولیدی خارجی موجب آسیب‌پذیری شدید آن در قبال محدودیت‌های اعمال‌شده از سوی ایالات متحده شده بود.

با این همه، باید پذیرفت که حمله آمریکا به شرکت‌های فناوری چین ضربه‌ای تمام‌عیار نبوده است. بسیاری از بزرگ‌ترین شرکت‌های فناوری چین مانند تنسنت و علی‌بابا همچنان هیچ محدودیت خاصی در خرید تراشه‌های آمریکایی یا در سفارش ساخت نیمه‌رسانا‌ها به تی‌اس‌ام‌سی پیش رو ندارند. اس‌ام‌آی‌سی، پیشرفته‌ترین تولیدکننده تراشه‌های منطقی چینی در خرید ماشین‌آلات پیشرفته تراشه‌سازی با محدودیت‌هایی روبه‌رو شده است؛ اما به هر حال، از این بازار بیرون رانده نشده است. حتی خود هواوی نیز همچنان اجازه دارد نیمه‌رسانا‌های قدیمی‌تر، مانند تراشه‌های مورد استفاده برای برقراری ارتباط با شبکه‌های 4G را خریداری کند.

در عین حال، نکته تعجب‌آور این است که چین برای تلافی اقدامات صورت گرفته برای فلج کردن جهانی‌ترین شرکت فناوری‌اش کاری نکرده است. این کشور بار‌ها تهدید کرد شرکت‌های فناوری آمریکایی را مجازات خواهد کرد، اما هرگز برای این کار قدمی برنداشت. پکن اعلام کرد فهرستی از اسامی شرکت‌های خارجی «غیر‌قابل‌اعتماد» که امنیت چین را به خطر می‌اندازند، تهیه می‌کند؛ اما ظاهرا نام هیچ شرکتی در این فهرست قرار نگرفته است. به‌نظر می‌رسد چین پس از بررسی شرایط، به این نتیجه رسیده که بهتر است به جای حمله متقابل به ایالات متحده، بپذیرد هواوی به بازیگری درجه دو در حوزه فناوری تبدیل شود. ظاهرا چین متوجه شده است که اگر بنابر قطع زنجيره‌های عرضه باشد، دست‌ بالا با ایالات متحده خواهد بود که می‌تواند این تقابل را هر چه بیشتر تشدید کند. یکی از مقامات سابق دولت ایالات متحده، پس از حمله به هواوی گفته بود «تبدیل وابستگی متقابل به سلاح چیز جالبی است».

## فصل ۵٢

**لحظه مهم تصمیم‌گیری برای چین**

وقتی شهر ووهان چین در تاریخ ٢٣ ژانویه ٢٠٢٠ در اوج همه‌گیری کووید ١٩ قرنطینه شد، مشمول سخت‌گیرانه‌ترین و طولانی‌ترین محدودیت‌ها در کل دوران این همه‌گیری در سرتاسر جهان قرار گرفت. در آن زمان، ویروس کووید ١٩ و بیماری ناشی از آن هنوز چندان شناخته‌شده نبود. دولت چین در واقع، تنها زمانی صحبت در مورد کووید ١٩ را اجازه داد که ویروس ووهان را درنوردیده و در حال گسترش در سرتاسر چین و جهان بود. دولت با تأخیر، سفرها از مبدا و به مقصد ووهان را متوقف کرد، در اطراف شهر ایستگاه‌های بازرسی مستقر ساخت، کسب‌و‌کار‌ها را تعطیل نمود و به تقریبا ده میلیون نفر جمعیت شهر دستور داد تا پایان قرنطینه از منازل خود خارج نشوند. تا آن زمان، هیچ کلان‌شهر بزرگی در این اندازه با چنین محدودیت‌هایی روبه‌رو نشده بود. بزرگراه‌ها خالی از رفت‌و‌آمد، پیاده‌روها متروک، و فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های قطار تعطیل شده بودند. به جز بیمارستان‌ها و خواربارفروشی‌ها، تقریبا همه جا تعطیل بود.

در این میان تنها یک کارخانه، یعنی شرکت فناوری‌های حافظه یانگتسه (وای‌ام‌تی‌سی)[[764]](#footnote-764) که در ووهان مستقر و در تولید حافظه نند در چین پیشگام بود، همچنان به‌کار خود ادامه می‌داد. حافظه‌های نند در همه لوازم مصرفی از گوشی هوشمند گرفته تا حافظه‌های یو‌اس‌بی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حال حاضر، از پنج شرکتی که در سطح جهان حافظه‌های نند رقابت‌پذیر تولید می‌کنند، هیچ یک در چین مستقر نیست. با این حال، بسیاری از کارشناسان صنعت تراشه‌سازی معتقدند در میان همه انواع تراشه‌ها، چین در مورد حافظه نند بیشترین شانس را برای کسب قابلیت‌های تولید در کلاس جهانی را دارد. چینگهوا یونیگروپ که در شرکت‌های تراشه‌سازی سرتاسر جهان سرمایه‌گذاری می‌کند، همراه با صندوق ملی تراشه چین و دولت محلی ووهان حداقل ٢۴ میلیارد دلار سرمایه در اختیار وای‌ام‌تی‌سی قرار داده است. روزنامه ژاپنی نیکِی آسیا که برخی از مهم‌ترين گزارش‌ها را در خصوص صنعت تراشه‌سازی چین منتشر کرده است. در مورد این شرکت نوشت حمایت دولت چین از وای‌ام‌تی‌سی به حدی است که حتی در طول قرنطینه کووید، این شرکت اجازه فعالیت گرفته بود. در قطارهای مسافربری عبوری از ووهان، واگن‌های مخصوصی برای کارکنان وای‌ام‌تی‌سی در نظر گرفته شده بود تا آن‌ها بتوانند علی‌رغم قرنطینه وارد شهر شوند. این شرکت حتی در اواخر فوریه و اوایل مارس ٢٠٢٠ و در حالی که بقیه کشور در تعطیلی به سر می‌برد، اقدام به استخدام نیرو جهت کار در ووهان کرد. رهبران چین آماده بودند برای مبارزه با ویروس کرونا هر کاری بکنند، اما تلاش برای توسعه صنعت نیمه‌رسانا اولویت بالاتری بود.

بسیاری از تحلیلگران معتقدند دولت چین بلاخره روزی به این لحظه مهم تصميم‌گيری خواهد رسید که در حوزه فناوری وارد رقابت جدی با ایالات متحده شود. در این استدلال، معمولا از تجربه آمریکا در زمانی یاد می‌شود که پس از پرتاب موشک اسپوتنیک توسط اتحاد شوروی در سال ١٩۵٧، این کشور به‌شدت نگران عقب افتادن از رقیب شده بود و در نتیجه واشنگتن شروع به سرمایه‌گذاری مبالغی هنگفت در علم و فناوری کرد.

این وضعیت بعد‌ها در ادبیات اقتصاد فناوری به «لحظه اسپوتنیک»[[765]](#footnote-765) معروف شد. حال پس از آن که ایالات متحده فروش تراشه را به شرکت‌هایی چون هواوی ممنوع کرد، چین با همان شرایط روبه‌رو بود. دَن وانگ،[[766]](#footnote-766) یکی از برجسته‌ترین تحلیلگران سیاست فناوری چین معتقد است محدودیت‌های اعمال‌شده توسط آمریکا موجب تقویت تلاش‌های چین در جستجو برای کسب تسلط بر فناوری شد و اتخاذ سیاست‌های جدید دولت برای حمایت از صنعت تراشه کشور را تسریع کرد. به‌نظر او، اگر آمریکا محدودیت‌های صادراتی جدید خود را اعمال نمی‌کرد، برنامه «ساخت چین ٢٠٢۵» هم مثل سیاست‌های فناوری قبلی این کشور، فقط به اتلاف مبالغی قابل‌ملاحظه‌ توسط دولت می‌انجامید. امروز اما به لطف فشار‌های آمریکا، دولت چین ممکن است از تراسه‌سازان چینی حتی بیشتر حمایت کند.

از سوی دیگر، در ایالات متحده بحث بر سر این است آیا این کشور باید تلاش کند زیست‌بوم در حال رشد تراشه‌سازی چین را از میان ببرد و بدین ترتیب موجب شود چین دست به اقدامات متقابل بزند - یا اقدام هوشمندانه‌تر این است که ایالات متحده فقط به سرمایه‌گذاری در کشور خود بپردازد و امیدوار باشد این کارزار دولت چین کم‌کم به خودی خود تضعیف و به بوته فراموشی سپرده شود. محدودیت‌های اعمال‌شده توسط ایالات متحده بی‌شک موج جدیدی از حمایت‌های دولت از تراشه‌سازان چینی را برانگیخته است. شی جینپینگ اخیرا لیو هه[[767]](#footnote-767) را به‌عنوان دستیار ارشد اقتصادی خود منصوب کرد تا همچون «تزار تراشه‌ها» فعالیت‌های کشور را در حوزه نیمه‌رسانا‌ها مدیریت کند. شکی نیست که چین میلیارد‌ها دلار را صرف اعطای یارانه به شرکت‌های تراشه‌سازی می‌کند. البته هنوز معلوم نیست که این مبالغ به خلق فناوری جدید خواهد انجامید یا خیر. برای نمونه، شهر ووهان نه تنها محل استقرار وای‌ام‌تی‌سی، بزرگ‌ترین امید آینده چین در صنعت حافظه نند است، بلکه در همین اواخر محل وقوع بزرگ‌ترین کلاهبرداری کشور در حوزه نیمه‌رسانا‌ها نیز بوده است.

تجربه شرکت ووهان هُنگشین (اچ‌اس‌ام‌سی)[[768]](#footnote-768) به خوبی ریسک تزریق بی‌حساب پول به صنعت نیمه‌رسانا بدون انجام بررسی کافی را نشان می‌دهد. بر اساس گزارش رسانه‌های چین که البته بعدا از اینترنت حذف شد، اچ‌اس‌ام‌سی توسط گروهی از کلاهبرداران تاسیس شده بود که همگی خود را «نایب‌رییس تی‌اس‌ام‌سی» معرفی و این شایعه را منتشر می‌کردند که از اقوام مقامات ارشد حزب کمونیست هستند. آن‌ها دولت محلی را فریب دادند تا در شرکت آن‌ها سرمایه‌گذاری کند. آن‌ها سپس از این سرمایه برای استخدام مدیر‌عامل سابق تی‌اس‌ام‌سی به‌عنوان مدیر بخش تحقیق و توسعه شرکت خود استفاده کردند. با ورود مدیرعامل‌ سابق تی‌اس‌ام‌سی، آن‌ها توانستند یک دستگاه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش عمیق[[769]](#footnote-769) را از ای‌اس‌ام‌ال بخرند. کارخانه آن‌ها در ووهان اما، تنها کپی نامرغوبی از تاسیسات تی‌اس‌ام‌سی بود. در واقع، اچ‌اس‌ام‌سی هنوز اولین تراشه خود را هم تولید نکرده بود که ورشکسته شد.

البته این فقط تجربیات استانی چین نبودند که به شکست انجامیدند. چینگهوا یونیگروپ اخیرا پس از خرید‌های لگام‌‌گسیخته سهام شرکت‌ها در سطح جهان، با کمبود جدی نقدینگی روبه‌رو شد و نتوانست بخشی از اوراق قرضه خود را در سررسید بازخرید کند. حتی ارتباطات سیاسی سطح بالای ژائو ویگو، مدیرعامل چینگهوا هم نتوانست این شرکت را نجات دهد؛ البته به احتمال زیاد، شرکت‌های تراشه‌سازی متعلق به آن عمدتا این مشکل را به سلامت پشت سر خواهند گذاشت. وضع چنان بد بود که یکی از مقامات سازمان برنامه‌ریزی دولت چین با ناراحتی اعلام کرد صنعت تراشه‌سازی این کشور «هیچ تجربه، فناوری‌ و استعدادی ندارد». البته این گفته اغراق‌آمیز بود، اما مسلم است که در چین میلیارد‌ها دلار پول در پروژه‌های نیمه‌رسانایی هدر رفته است که یا به‌طور نا‌امید‌کننده‌ای خیال‌پردازانه بوده‌اند، یا مثل اچ‌اس‌ام‌سی چیزی جز کلاهبرداری نبوده‌اند. اگر قرار باشد «لحظه اسپوتنیک» چین تنها موجب اجرای برنامه‌های بیشتری از این دست در حوزه نیمه‌رسانا شود، این کشور بی‌تردید در فناوری به استقلال نخواهد رسید.

در صنعتی که زنجیره تأمینش تا این حد بین‌المللی شد‌ه است، استقلال در فناوری حتی برای ایالات متحده که همچنان بزرگ‌ترین بازیگر بازار نیمه‌رسانا است، هرگز چیزی بیش از رویایی خوش نبوده است. بنابراین، استقلال در فناوری برای چین که در بسیاری از بخش‌های زنجیره تأمین نیمه‌رسانا از ماشین‌آلات گرفته تا نرم‌افزار، هیچ شرکت رقابت‌پذیری ندارد، به مراتب دشوارتر است. برای رسیدن به استقلال کامل، چین مجبور خواهد بود از جمله، نرم‌افزارهای پیشرفته طراحی، قابلیت‌های فنی طراحی، مواد اولیه باکیفیت، ماشین‌آلات پیشرفته و دانش فنی تولید را به دست آورد. شکی نیست که چین در برخی از این حوزه‌ها پیشرفت خواهد کرد؛ با این حال، کپی کردن قابلیت‌ها در برخی دیگر برای این کشور بیش از‌ حد گران و دشوار خواهد بود.

برای نمونه، فقط در نظر بگیرید کپی کردن یکی از ماشین‌های ای‌اس‌ام‌ال که توسعه و تجاری‌سازی آن‌ها نزدیک به سه دهه طول کشیده است، مستلزم چه کار‌هایی خواهد بود. ماشین‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین از چنان اجزای پیچیده‌ای تشکیل شده‌اند که تولید هر یک از آن‌ها، خود متضمن چالش‌های مهندسی بسیار پیچیده‌ای است. تنها کپی کردن دستگاه لیزری که در سامانه لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین نصب می‌شود، مستلزم شناسایی و مونتاژ دقیق 457,329 قطعه مجزا است. تنها یک ایراد می‌تواند موجب ایجاد چنان تأخیرهایی در کار شود که یا کل فرآیند کار متوقف شود و یا دستگاه‌ تولیدشده دیگر قابل اتکا نباشد. تردیدی نیست که دولت چین برخی از بهترین جاسوسان خود را مامور مطالعه در خصوص فرآیند‌های تولیدی ای‌اس‌ام‌‌ال  کرده است. با این حال، حتی اگر آن‌ها تاکنون سامانه‌های مربوط در این شرکت را هک، و جزئیات طراحی دستگاه‌های آن را دانلود کرده باشند هم، مسلما ماشین‌آلاتی به این پیچیدگی را نمی‌توان به سادگی کپی کرد. حتی اگر جاسوسان بتوانند به اطلاعات تخصصی دست یابند هم، درک این اطلاعات به دانشی در سطح دکتری رشته‌های نور و لیزر نیاز خواهد داشت، و حتی در صورت برخورداری مهندسان چینی از چنین دانشی هم، نباید فراموش کنیم که آن‌ها فاقد تجربه سی‌ساله مهندسانی‌اند که فناوری اشعه فرابنفش فرین را خلق کرده‌اند.

شاید چین بتواند بعد از ده سال اسکنر اشعه فرابنفش فرین خود را تولید کند. اگر چنین شود، این کار ده‌ها میلیارد دلار هزینه برای این کشور خواهد داشت. البته این نکته دلسرد‌کننده را هم باید مد‌نظر داشت که این دستگاه در آن زمان دیگر پیشرفته محسوب نخواهد شد. ای‌اس‌ام‌ال حتما تا آن موقع نسل جدید ماشین‌های خود، به نام اشعه فرابنفش فرین با روزنه بزرگ[[770]](#footnote-770) را معرفی کرده است. این ماشین قرار است تا اواسط دهه ٢٠٢٠ آماده ‌شود و هزینه ساخت آن برای هر دستگاه، ٣٠٠ میلیون دلار، یعنی دو برابر هزینه ساخت اولین نسل اسکنرهای ا‌شعه فرابنفش فرین خواهد بود. به علاوه، حتی اگر اسکنر اشعه فرابنفش فرین ساخت چین در دهه ٢٠٣٠ به همان خوبی تجهیزات امروزی ای‌اس‌ام‌ال کار کند - فرضی که با توجه به حتمی بودن اعمال محدودیت از سوی آمریکا بر دسترسی چین به قطعات و اجزای لازم در دیگر کشور‌ها، تحقق آن دشوار به‌نظر می‌رسد - تراشه‌سازان چینی نخواهند توانست با استفاده از آن و در رقابت با شرکت‌هایی چون تی‌اس‌ام‌ال، سامسونگ و اینتل فعالیت سودآوری داشته باشند، زیرا این شرکت‌ها تجربه چندین دهه کار با اسکنرهای خود را دارند و تا آن زمان با رفع ایرادات موجود، هزینه استفاده از آن‌ها را حتی کمتر خواهند کرد. بدین ترتیب، آن‌ها قادر خواهند بود تراشه‌های خود را با قیمتی بسیار پایین‌تر از تراشه‌های تولیدشده در شرکت‌های چینی با دستگاه‌های فرابنفش فرین چینی به فروش برسانند.

از سوی دیگر، ماشین‌های اشعه فرابنفش فرین تنها یکی از ابزارآلات متعددی هستند که با استفاده از زنجیره‌های تأمین چندملیتی تولید می‌شوند. واقعیت این است که بومی‌ کردن هر یک از بخش‌های این زنجیره تأمین، بسیار گران و در نتیجه، عملا غیرممکن خواهد بود. صنایع تراشه‌سازی جهان سالانه ١٠٠ میلیارد دلار صرف هزینه‌کرد‌های سرمایه‌ای می‌کنند. بدین ترتیب چین علاوه بر هزینه‌هایی که باید صرف ایجاد شالوده‌های تخصصی و فیزیکی صنعت نیمه‌رسانا (که در حال حاضر فاقد آن است) کند، مجبور خواهد بود این هزینه‌های سرمایه‌ای را هم بپردازد. ایجاد یک زنجیره تأمین کاملا بومی و در عین حال، پیشرفته بیش از یک دهه به طول خواهد انجامید و فقط در همین دوره بیش از یک تریلیون دلار هزینه در بر خواهد داشت.

به همین علت است که علی‌رغم همه تبلیغات و لفاظی‌ها، چین در عمل ایده ایجاد زنجیره تأمین کاملا بومی نیمه‌رسانا‌ها را دنبال نمی‌کند. پکن متوجه است که این کار غیرممکن است. چین یک زنجیره تأمین غیرآمریکایی می‌خواهد، اما با توجه به اهمیت جایگاه آمریکا در صنعت تراشه و قدرت فرا‌سرزمینی مقررات صادراتی این کشور، حتما ایده ایجاد زنجیره تأمین غیرآمریکایی هم، به جز در آینده‌ای دور، واقع‌بینانه نیست. به‌نظر می‌رسد راه‌حل منطقی برای چین عبارت است از کاهش اتکا به ایالات متحده در برخی حوزه‌ها و افزایش اهمیت کلی جایگاه خود در صنعت تراشه جهان، به‌طوری که از وابستگی این کشور به گلوگاه‌های حیاتی فناوری تا حد ممکن کاسته شود.

در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌ روی چین این واقعیت است که بسیاری از تراشه‌ها از معماری اکس ٨۶ (برای رایانه‌های شخصی و سرور‌ها) یا معماری آرم (برای دستگاه‌های همراه) استفاده می‌کنند. معماری اکس ٨۶ تحت‌ سیطره دو شرکت اینتل و ای‌ام‌دی، و معماری آرم متعلق به شرکت آرم در بریتانیا است که مجوز استفاده از آن را به تراشه‌سازان می‌فروشد.

با این همه، مجموعه دستور‌العمل جدیدی نیز برای معماری تراشه تحت عنوان ریسک-وی[[771]](#footnote-771) که منبع-باز است و در نتیجه استفاده از آن هزینه‌ای ندارد، در دسترس عموم می‌باشد. بدین ترتیب، هر شرکتی که امروز باید برای اخذ مجوز استفاده از معماری آرم پول پرداخت کند، ترجیح خواهد داد از این جایگزین رایگان استفاده کند. به علاوه، خطر ایرادات امنیتی هم احتمالا در این معماری کمتر است، زیرا منبع-باز بودن این معماری جدید به مهندسان امکان می‌دهد جزئیات آن را بررسی و خطاهایش را شناسایی می‌کنند. به همین علت، سرعت نو‌آوری در این معماری احتمالا بیشتر نیز خواهد بود. این دو عامل موجب شده است دارپا چندین پروژه را برای توسعه ریسک-وی تعریف و تأمین مالی کند. شرکت‌های چینی هم از معماری ریسک-وی استقبال کرده‌اند، زیرا آن را از منظر ژئوپولیتیکی بی‌طرف می‌دانند. بنیاد ریسک-وی که مدیریت این معماری را برعهده دارد، دقیقا با همین رویکرد، در سال ٢٠١٩ از ایالات متحده به سوییس نقل‌مکان کرد. شرکت‌هایی چون علی‌بابا با نظر داشتن همین نکته، پردازنده‌های خود را بر مبنای معماری ریسک-وی طراحی می‌کنند.

چین علاوه بر کار با معماری‌های نوظهور، برای تولید تراشه‌های منطقی، بر فناوری‌های فرآیند قدیمی‌تر تمرکز کرده است، گوشی‌های هوشمند و مراکز داده به پیشرفته‌ترین تراشه‌ها نیاز دارند، اما خودرو‌ها و سایر لوازم مصرفی غالبا از فناوری‌های فرآیند قدیمی‌تر استفاده می‌کنند که برای این منظور به قدر کافی توانمند و در عین حال ارزان‌ترند. بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها در کارخانه‌های جدید در چین، از جمله در کارخانه‌هایی چون اس‌ام‌آی‌سی صرف‌ توسعه ظرفیت تولید با فناوری‌های غیرپیشرفته می‌شود. اس‌ام‌آی‌سی پیش از این نشان داده است از نیروی کار متخصص لازم برای تولید تراشه‌های منطقی غیرپیشرفته برخوردار است. حتی اگر محدودیت‌های صادراتی ایالات متحده تشدید شود، احتمالا صدور تجهیزات چندین‌ده‌ساله تولید تراشه ممنوع نخواهد شد. چین همچنین مبالغ قابل‌ملاحظه‌ای را در تهیه مواد نیمه‌رسانای نوظهوری چون سیلیکون کار‌بید[[772]](#footnote-772) و گالیوم نیترید[[773]](#footnote-773)\* سرمایه‌گذاری می‌کند که هرچند بعید است در تولید بیشتر تراشه‌ها جایگزین سیلیکون شوند، احتمالا در تراشه‌هایی که مدیریت قدرت را در خودرو‌های برقی به عهده دارند، نقش بزرگ‌تری ایفا خواهند کرد. در این مورد نیز، چین احتمالا فناوری لازم را در اختیار دارد، لذا یارانه‌های دولتی می‌تواند در کاهش قیمت‌ها و جذب مشتری مفید باشد.

کشور‌های دیگر نگران‌اند که یارانه‌های هنگفت دولت چین به این کشور کمک خواهد کرد در بخش‌های مختلفی از زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها، به‌ویژه در بخش‌هایی که نیاز به پیشرفته‌ترین فناوری‌ها ندارند، موفق به کسب سهم در بازار شود. چین با جلوگیری از تشدید محدودیت‌های وضع‌شده از سوی آمریکا در خصوص دسترسی به نرم‌افزارها و ماشین‌آلات خارجی، احتمالا نقش بسیار مهم‌تری در تولید تراشه‌های منطقی غیر‌پیشرفته ایفا خواهد کرد. این کشور به علاوه، مبالغ هنگفتی را صرف تهیه مواد مورد نیاز برای تولید تراشه‌های مورد استفاده در سامانه‌های مدیریت قدرت در خودرو‌های برقی می‌کند. در این میان، شرکت وای‌ام‌تی‌سی چین هم شانسی جدی برای گرفتن سهمی قابل‌ملاحظه‌ در بازار حافظه نند دارد. برآوردها حاکی از آن است که سهم تولیدات چین در سرتاسر صنعت تراشه، از ١۵ درصد ظرفیت جهانی در ابتدای دهه کنونی، به ٢۴ درصد در سال ٢٠٣٠ خواهد رسید و بدین ترتیب این کشور جای‌ تایوان و کره جنوبی را از نظر حجم تولید خواهد گرفت. البته چین به‌طور قطع همچنان از نظر فناوری عقب خواهد بود. اما حقیقت این است که اگر بخش‌های بیشتری از صنعت ترا‌شه به چین منتقل شود، این کشور اهرم قوی‌تری برای درخواست انتقال فناوری در اختیار خواهد داشت. بدین ترتیب، اعمال محدودیت‌های صادراتی بر این کشور، هزینه بیشتری برای ایالات متحده و دیگر کشور‌ها خواهد داشت. چین همچنین نیروی کار بزرگ‌تری را در اختیار خواهد داشت. تقریبا همه شرکت‌های تراشه‌سازی چین به حمایت‌های دولتی وابسته‌اند و به همین علت، همان‌قدر که اقداماتشان با اهداف اقتصادی صورت می‌پذیرد، اهداف ملی را هم مدنظر قرار می‌دهند. یکی از مدیران روزنامه نیکی آسیا در همین رابطه گفته است «در وای‌ام‌تی‌اس، سودآوری و وارد بورس شدن ... جزء اولویت‌ها نیست». به جای این کار، توجه این شرکت معطوف «ساخت تراشه‌های کشور و محقق کردن رویای چین» است.

## فصل ۵٣

**کمبودها و زنجیره‌های تأمین‌**

رییس‌جمهور بایدن در جلسه‌ای مجازی با مدیران عامل شرکت‌های نیمه‌رسانا اعلام کرد «برای مدتی بس طولانی، به‌عنوان یک ملت هیچ سرمایه‌گذاری بزرگ‌ و جسورانه‌ای برای پشت سر گذاشتن رقبا نکرده‌ایم». او در حالی که در کاخ سفید زیر تابلوی نقاشی تئودور روزولت نشسته و یک ویفر سیلیکون سی‌سانتیمتری را جلوی دوربین فیلم‌برداری نگه داشته بود، مدیران شرکت‌های آمریکایی را به خاطر «عقب افتادن در تحقیق و توسعه و در تولید» زیر باد انتقاد گرفت. بایدن به آن‌ها گفت «ما باید جدی‌تر کار کنیم». بیشتر مدیران حاضر در جلسه با او موافق بودند. بایدن از شرکت‌های خارجی چون تی‌اس‌ام‌سی، تراشه‌سازان آمریکایی چون اینتل، و همچنین مصرف‌کنندگان عمده نیمه‌رسانا‌ها که از کمبود شدید این محصول آسیب می‌دیدند، دعوت کرد با هم برای حل این مشکل گفتگو و همکاری کنند. مدیران عامل فورد و جی‌ام معمولا به جلسات‌ سطح بالا درباره تراشه دعوت نمی‌شدند، و البته معمولا علاقه‌ای هم این موضوع نداشتند. اما در طول سال ٢٠٢١، در حالی که اقتصاد جهانی و زنجیره‌‌های تأمین آن در اثر اختلالات متوالی ناشی از همه‌گیری بیماری کووید ١٩ متشنج بودند، همگان به تدریج متوجه وابستگی جدی زندگی و معیشتشان به نیمه‌رسانا‌ها شدند.

در سال ٢٠٢٠، درست در همان زمان که ایالات متحده با اعمال محدودیت‌هایی بر صادرات تراشه به چین، دسترسی برخی شرکت‌های فناوری پیشگام چینی به فناوری تراشه این کشور را قطع کرد، اقتصاد جهان از جهت دیگری هم با محدودیت عرضه تراشه روبه‌رو شد. برخی انواع تراشه، به‌ویژه انواعی از تراشه‌های منطقی ساده مورد استفاده در عموم خودرو‌ها کمیاب شد. این دو موج کمبود تراشه از برخی جهات با هم مرتبط بودند. شرکت‌های چینی، مانند هواوی حداقل از سال ٢٠١٩ بدین سو به منظور آمادگی برای تحریم‌های احتمالی ایالات متحده در آینده، مشغول ذخیره‌سازی تراشه‌ها بودند، در حالی که کارخانه‌های تراشه‌سازی چيني هم که نگران بودند ایالات متحده محدودیت‌های صادراتی بر تجهیزات تراشه‌سازی را تشدید کند، تا حد امکان به خرید ابزار‌ها و ماشین‌آلات تولید تراشه می‌پرداختند.

با این حال، ذخیره‌سازی‌های چینی‌ها فقط یکی از علل کمبود تراشه در دوران همه‌گیری کووید ١٩ بود. علت مهم‌تر این وضعیت، نوسانات متعدد در سفارش‌های شرکت‌ها برای خرید تراشه بود که تلاش می‌کردند تقاضاهایشان برای کالا‌های مختلف را بر اساس شرایط موجود تنظیم کنند. در سال ٢٠٢٠، تقاضا برای رایانه‌های شخصی به‌شدت افزایش یافت، زیرا میلیون‌ها نفر در تلاش بودند رایانه‌های خود را ارتقا بخشند تا بتوانند در خانه کار کنند. افزایش نقش اینترنت در زندگی مردم هم موجب شد تقاضای مراکز داده برای خرید سرور افزایش یابد. از سوی دیگر، خودرو‌سازان که انتظار داشتند فروش خودرو به‌شدت کاهش یابد. سفارش کمتری برای خرید تراشه دادند. البته تقاضا برای خودرو سریعا به وضع سابق بازگشت؛ اما خودرو‌سازان متوجه شدند تراشه‌سازان پیش‌تر ظرفیت تولید خود را به رفع نیاز‌های مشتریان دیگرشان اختصاص داده‌اند. به گزارش شورای سیاست‌های خودرو‌سازی آمریکا[[774]](#footnote-774) که یکی از انجمن‌های مهم صنعت خودروسازی این کشور است، بزرگ‌ترین شرکت‌های خودروسازی احتمالا در هر خودرو از بیش از هزار تراشه استفاده می‌کنند، و در این میان اگر حتی تنها یک تراشه کم باشد، خودرو قابل‌فروش نخواهد بود. حقیقت این است که خودرو‌سازان در سرتاسر سال ٢٠٢١ سعی می‌کردند برای محصولاتشان تراشه پیدا کنند و غالبا در این کار ناموفق بودند. برآوردها حاکی از آن است که در سال ٢٠٢١، این شرکت‌ها ٧.٧ میلیون دلار کمتر از شرایط عدم کمبود تراشه، خودرو فروختند، و بدین ترتیب جمعا ٢١٠ میلیون دلار درآمد کمتر نصیبشان شد.

دولت بایدن و بیشتر رسانه‌ها کمبود تراشه‌ها را نتیجه وجود مشکلاتی در زنجیره‌های تأمین می‌دانستند. به همین علت، کاخ سفید دستور داد پژوهشی در خصوص آسیب‌پذیری زنجیره‌های تأمین با تمرکز بر نیمه‌رسانا‌ انجام شود. البته کمبود نیمه‌رسانا اساسا معلول مشکلات موجود در زنجیره‌های تأمین نبود. درست است که عرضه تراشه با اختلال‌هایی، از جمله اعلام قرنطینه در مالزی مواجه شده بود که بر فعالیت‌های بسته‌بندی نیمه‌رسانا‌ها در این کشور اثر گذاشت؛ اما این حقیقت را نباید فراموش کرد که تولید جهانی تراشه در سال ٢٠٢١ اتفاقا از هر زمانی در گذشته بیشتر، یعنی بیش از ١.١ تریلیون قطعه نیمه‌رسانا - به گزارش موسسه پژوهشی آی‌سی اینسایتس[[775]](#footnote-775) - بود. این رقم نشانگر افزایش ١٣ درصدی نسبت به سال ٢٠٢٠ است. بدین ترتیب، باید گفت کمبود نیمه‌رسانا ناشی از افزایش تقاضا بوده است؛ نه وجود مشکلاتی در زنجیره تأمین. این افزایش تقاضا حاصل تولید رايانه‌های شخصی، گوشی‌های نسل 5G، مراکز داده مجهز به هوش مصنوعی و به‌طور خلاصه، حاصل تقاضای بی‌پایان ما به قدرت محاسبه است.

بنابراین روشن است که سیاست‌مداران در سرتاسر جهان علت معضل زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها را به درستی شناسایی نکرده‌اند. مشکل پیش‌ رو اصلا این نیست که فرآیندهای صنعت تراشه که در گوشه و کنار جهان پراکنده‌اند، نتوانستند به خوبی از پس محدودیت‌های ناشی از قرنطینه‌های مرتبط با همه‌گیری ویروس کرونا و محدودیت‌های صادراتی اعمال‌شده در این صنعت برآیند. در واقع، صنعت تراشه از معدود صنایعی است که با کمترین اختلال‌ها، از دوره همه‌گیری بیماری کووید عبور کردند. مشکلات ایجادشده در این صنعت، به‌ویژه کمبود تراشه‌های مورد استفاده در خودرو، بیشتر نتیجه اشتباه خودرو‌سازان و اقدام سراسیمه و نابخردانه نسبت به لغو سفارش‌های خرید تراشه در روز‌های ابتدایی همه‌گیری، همراه با رویه «تولید به هنگام»[[776]](#footnote-776) در کارخانه‌های آن‌ها بود که موجب می‌شد جایی برای اشتباه نداشته باشند. امروز صنایع خودروسازی که در آن دوره، کاهش چندصد میلیارد دلاری درآمد‌ها را تجربه کردند، دلایل بسیاری برای بررسی مجدد نحوه مدیریت زنجیره‌های تأمین خود دارند. در مقابل، ٢٠٢١ سالی سرشار از موفقیت برای صنعت نیمه‌رسانا بود. به جز وقوع یک زلزله قدرتمند - خطری که احتمال وقوع آن هرچند کم است، به هر حال صفر نیست - به سختی می‌توان تصور کرد زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا در زمان صلح با شوکی شدیدتر از آنچه این صنعت از اوایل سال ‌٢٠٢٠ بدین سو، تجربه و به سلامت از آن عبور کرد، روبه‌رو شوند. افزایش قابل‌ملاحظه‌ تولید تراشه در هر دو سال ٢٠٢٠ و ٢٠٢١ نه تنها نشانگر شکسته شدن زنجیره‌های تأمین نیست؛ بلکه اتفاقا نتیجه عملکرد خوب آن‌ها است.

با این همه، دولت‌ها باید جدی‌تر از گذشته به وضعیت زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا فکر کنند. به هر حال، درسی که تجربه چند سال اخیر زنجیره تأمین برای یادگیری دارد، نه آسیب‌پذیری و شکنندگی، بلکه درس سودآوری و قدرت است. موفقیت فوق‌العاده تایوان نشان می‌دهد چگونه یک شرکت - که چشم‌اندازی مشخص دارد و از حمایت مالی دولت برخوردار است - می‌تواند ساختار کل یک صنعت را متحول کند. در این میان، محدودیت‌های اعمال‌شده توسط ایالات متحده بر دسترسی چین به فناوری تراشه به خوبی نشانگر قدرت گاوگاه‌های حیاتی در صنعت تراشه است. با این حال، رشد صنعت نیمه‌رسانای چین طی یک دهه گذشته هم این نکته را خاطر‌نشان می‌سازد که این گذرلوگاه‌های حیاتی برای همیشه ماندگار نیستند. کشور‌ها و دولت‌ها همواره می‌توانند راه‌هایی برای دور زدن گلوگاه‌های حیاتی بیابند، هرچند این کار زمان‌بر و پرهزینه، و حتی در بعضی موارد فوق‌العاده پرهزینه‌اند. به علاوه، تحولات فناورانه هم از کارآیی گلوگاه‌های حیاتی می‌کاهند.

این گلوگاه‌های حیاتی تنها در صورتی موثر خواهند بود که تحت کنترل دو سه شرکت و حتی در حالت ایده‌آل تنها یک شرکت باشد. هرچند دولت بایدن قول داده است «با صنايع، متحدان و شرکا» همکاری کند، وقتی نوبت به آینده صنعت تراشه می‌رسد، ایالات متحده و متحدانش به‌طور کامل با هم هماهنگ نیستند. ایالات متحده می‌خواهد روند کاهش سهم خود در تولید تراشه‌ها را معکوس کند و جایگاه مسلط خود را در حوزه طراحی و ماشین‌آلات نیمه‌رسانا حفظ کند. در عین حال، کشور‌های اروپایی و آسیایی تمایل ندارند پیشگامی خود را در بازار تولید تراشه‌های منطقی و حافظه پیشرفته از دست بدهند. از سوی دیگر، در حالی که چین توسعه ظرفیت تولید تراشه خود را ضرورتی امنیتی می‌بیند، بازار تولید تراشه در آینده چنان بزرگ‌تر از امروز نخواهد بود که ایالات متحده، اروپا و آسیا همگی از سهم خود در آن راضی باشند. بدین ترتیب، اگر ایالات متحده می‌خواهد سهم خود را در بازار افزایش دهد، باید سهم کشور دیگری در بازار کاهش یابد. ایالات متحده به‌طور ضمنی امیدوار است با ایجاد تاسیسات مدرن تراشه‌سازی، در این بازار سهمی به دست آورد. چین هم این را می‌داند که تمام کارخانه‌های پیشرفته تراشه‌سازی در کشور‌هایی مستقرند که یا متحد یا دوست نزدیک ایالات متحده‌اند.

کره جنوبی قصد دارد جایگاه پیشرو خود را در ساخت تراشه‌های حافظه حفظ کند و در عین حال، در تلاش است نقش خود را در صنعت ساخت تراشه‌های منطقی ارتقا بخشد. مون‌جائه‌-این،[[777]](#footnote-777) رییس‌جمهور کره جنوبی گفته است «اکنون دولت‌ها هم درگیر رقابت میان بنگاه‌های نیمه‌رسانا شده‌اند. دولت من با بنگاه‌ها در قالب یک تیم همکاری خواهد کرد تا کره جایگاه خود را به‌عنوان قدرتی در صنعت نیمه‌رسانا حفظ کند». دولت کره بدین منظور، مبالغی را در شهری به نام پایونتِک[[778]](#footnote-778) سرمایه‌گذاری کرده است. این شهر پیش‌تر محل استقرار یکی از پایگاه‌های ارتش آمریکا بود، اما امروز یکی از تاسیسات اصلی سامسونگ را در خود جای داده است. همه شرکت‌های عمده تولید‌کننده تجهیزات تراشه‌سازی، از اپلاید‌متریالز گرفته تا توکیو الکترون هم دفاتری را در این شهر تاسیس کرده‌اند. سامسونگ اعلام کرده است در نظر دارد تا سال ٢٠٣٠، بیش‌ از ١٠٠ میلیارد دلار در کسب‌و‌کار تراشه‌های منطقی خود هزینه کند و به علاوه، معادل همین مبلغ را در تولید تراشه‌های حافظه سرمایه‌گذاری نماید. لی‌جِی-یونگ،[[779]](#footnote-779) نوه بنیان‌گذار سامسونگ که به جرم رشوه دادن در زندان بود، در سال ٢٠٢١ عفو، و از زندان آزاد شد. وزارت دادگستری کره برای توجیه آزادی او به «عوامل اقتصادی اشاره کرد و رسانه‌های آن کشور مشخصا اعلام کردند انتظار می‌رود او به تصمیم‌گیری‌های مهم شرکت برای سرمایه‌گذاری در نیمه‌رسانا‌ها کمک کند.

سامسونگ و رقیب کره‌ای کوچک‌ترش اس‌کی هاینیکس از حمایت دولت کره برخوردارند، اما میان چین و ایالات متحده گیر افتاده‌اند، زیرا هر یک از این دو کشور سعی می‌کنند این دو غول تراشه‌سازی کره جنوبی را وادار سازند تاسیسات جدیدی را در سرزمین آن‌ها بنا کند. برای مثال، سامسونگ اخیرا اعلام کرده است قصد دارد تاسیسات خود در آستین‌ تگزاس را برای تولید تراشه‌های منطقی پیشرفته توسعه و ارتقا بخشد. برآورد می‌شود این سرمایه‌گذاری ١٧ میلیارد دلار هزینه داشته باشد. از سوی دیگر، برنامه‌های هر دو شرکت برای ارتقای تاسیساتشان در چین مشمول بررسی‌های‌ دولت ایالات متحده خواهد بود. برای نمونه، گزارش‌ها حاکی است فشار‌های ایالات متحده برای محدود کردن انتقال ماشین‌آلات لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین به تاسیسات اس‌کی هاینیکس در ووشی[[780]](#footnote-780) چین، مدرن‌سازی این تاسیسات را به تأخیر انداخته است - و احتمالا هزینه‌های قابل‌ملاحظه‌ای را برای این شرکت به بار آورده است.

کره جنوبی تنها کشوری نیست که در آن، شرکت‌های تراشه‌سازی و دولت با هم به قول رییس‌جمهور مون، مانند اعضای یک «تیم» کار می‌کردند. دولت تایوان نیز که صنعت تراشه‌اش را قدرتمندترین اهرم خود در صحنه جهانی می‌داند، به‌شدت از آن حمایت می‌کند. موریس چانگ که ظاهرا به‌طور کامل از تی‌اس‌ام‌سی بازنشسته شده است، به‌عنوان فرستاده تجاری تایوان عمل می‌کند. مهم‌ترین دغدغه او - و البته‌ تایوان - همچنان تضمین جایگاه محوری تی‌اس‌ام‌سی در صنعت تراشه جهان است. تی‌اس‌ام‌سی خود در نظر دارد در فاصله سال‌های ٢٠٢٢ و ٢٠٢۴، بیش از ١٠٠ میلیارد دلار برای ارتقای فناوری و توسعه ظرفیت تراشه‌سازی‌اش سرمایه‌گذاری کند. بخش اعظم این مبلغ در تایوان سرمایه‌گذاری خواهد شد؛ هرچند شرکت در نظر دارد همچنین تاسیسات خود در نانجینگ چین را ارتقا بخشد و کارخانه جدیدی را در ایالت آریزونای آمریکا بنا کند. البته هیچ یک از این دو کارخانه جدید در مرز فناوری تراشه تولید نخواهند کرد. بدین ترتیب، پیشرفته‌ترین فناوری تی‌اس‌ام‌سی در تایوان باقی خواهد ماند. چانگ همچنان خواستار رعایت قواعد «تجارت آزاد» در صنعت نیمه‌رسانا است و هشدار می‌دهد که در غیر این صورت، «هزینه‌ها بالا خواهد رفت و سرعت توسعه فناوری کاهش خواهد یافت». در این میان، دولت تایوان مرتبا از طریق اقداماتی چون پایین نگه داشتن نرخ پول کشور و در نتیجه، افزایش رقابت‌پذیری صادرات جزیره، در بازار دخالت و از تی‌اس‌ام‌سی حمایت می‌کند. اروپا، ژاپن و سنگاپور هم به دنبال سرمایه‌گذاری جدید در بخش نیمه‌رسانا هستند. برخی رهبران اتحادیه اروپا معتقدند کشور‌های این قاره می‌توانند «با سرمایه‌گذاری قابل‌ملاحظه‌» در نیمه‌رسانا‌ها و تولید تراشه‌های ٣ نانومتری و ٢ نانومتری، کارخانه‌های خود را به نزدیکی مرز‌های فناوری برسانند. در عین حال، با توجه به سهم کوچک اروپا در بازار تراشه‌های منطقی، احتمال تحقق این هدف چندان زیاد نیست. در واقع، محتمل‌تر این است که اروپا یکی از شرکت‌های بزرگ تراشه‌سازی، مانند اینتل را متقاعد خواهد ساخت با بنا کردن تاسیساتی جدید، منبع عرضه باثباتی را برای تأمین تراشه‌های مورد نیاز خودرو‌سازان اروپایی ایجاد کند. سنگاپور همچنان به اعطای مشوق‌های قابل‌ملاحظه‌ در صنعت تراشه ادامه می‌دهد و بر همین اساس، اخیرا شرکت آمریکایی گلوبال‌ فاندریز را قانع ساخته است برای ساخت یک کارخانه تراشه‌سازی جدید در این کشور، ۴ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری کند. از سوی دیگر، ژاپن در‌ حال اعطای یارانه‌ای قابل‌ملاحظه‌ به تی‌اس‌ام‌سی است تا با مشارکت سونی تاسیسات جدیدی را برای تراشه‌سازی در این کشور بنا کند. ژاپن بخش اعظم قابلیت‌های تراشه‌سازی خود را در دهه‌های پس از خروج مدیرانی چون آکیو موریتا از صحنه از دست داده است؛ با این حال، سونی همچنان در‌ ساخت نیمه‌رسانا‌های حساس به تصاویر و مورد استفاده در دوربین‌های بسیاری از لوازم مصرفی، کسب‌وکاری بزرگ و سودآوری دارد. البته هدف تصمیم ژاپن در خصوص اعطای یارانه برای ساخت تاسیسات جدید تی‌اس‌ام‌سی، از ابتدا کمک به سونی نبود. دولت ژاپن نگران بود که اگر فرآیند برون‌سپاری عملیات تولید تراشه همچنان ادامه یابد، بخش‌هایی از زنجیره تأمین نیمه‌رسانا، چون ماشین‌افزار‌ها و مواد پیشرفته که ژاپن همچنان در آن‌ها جایگاه قدرتمندی دارد نیز به خارج از این کشور منتقل خواهد شد.

در حالی که ژاپن از فقدان شخصی چون آکیو موریتا رنج می‌برد، ایالات متحده هم به شخصی چون اندی گرو نیاز دارد. ایالات متحده همچنان جایگاهی منحصر‌به‌فرد در زنجیره تأمین تراشه دارد. کنترل این کشور بر بسیاری از گلوگاه‌های حیاتی صنعت تراشه، از جمله نرم‌افزار و ماشین‌آلات، در مقایسه با گذشته اصلا تضعیف نشده است. به‌نظر می‌رسد شرکت‌هایی چون انویدیا احتمالا در روندهای آینده صنعت محاسبه، از جمله در هوش مصنوعی، نقشی بنیادین خواهد داشت. به علاوه، بعد از یک دهه‌ عدم حضور جدی استارت‌آپ‌ها در صنعت تراشه، سیلیکون‌ولی در چند سال اخیر در شرکت‌های طراحی‌کننده تراشه اما فاقد کارخانه، آن هم غالبا در زمینه طراحی معماری‌های جدید بهینه‌سازی‌شده برای کاربرد‌های مختلف هوش مصنوعی، سرمایه‌گذاری قابل‌ملاحظه‌ای کرده است.

با این حال، وقتی نوبت به ساخت این تراشه‌ها می‌رسد، ایالات متحده در حال حاضر عقب‌تر از دیگران است. در واقع، اینتل امید اول ایالات متحده در تولید تراشه است. این شرکت پس از سال‌ها بلاتکلیفی، در سال ٢٠٢١ پت گِلسینگِر[[781]](#footnote-781) را به سمت مدیر‌عاملی برگزید. او که زاده شهر کوچکی در ایالت پنسیلوانیا است، زندگی حرفه‌ای خود را در اینتل شروع کرد و تحت آموزش اندی گرو قرار گرفت. او بعدا اینتل را ترک کرد تا در دو شرکت رایانش ابری در سطوح مدیریت ارشد مشغول به‌کار شود، اما در نهایت به درخواست اینتل به آن شرکت بازگشت تا به‌عنوان مدیر‌عامل، متحولش کند. او برای این کار، راهبرد بلند‌پروازانه‌ و پرهزینه‌ای را طراحی کرده است که از سه بخش تشکیل می‌شود. اولین بخش این راهبرد بازپس‌گیری جایگاه اینتل به‌عنوان پیشگام تولید تراشه و پیشی‌ گرفتن از سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی است. بدین منظور، گلسینگر طی قراردادی، اولین محصول نسل جدید ماشین‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین که انتظار می‌رود تا سال ٢٠٢۵ آماده تحویل شود‌ را از ای‌اس‌ام‌ال خریداری کرده است. اگر اینتل بتواند پیش از رقبا استفاده‌ از این ماشین را یاد بگیرد، مطمئنا از برتری فناورانه مهمی برخوردار خواهد شد.

دومین بخش راهبرد گلسینگر عبارت است از راه‌اندازی کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه در اینتل، برای رقابت مستقیم با سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی از طریق تولید تراشه برای شرکت‌های فاقد کارخانه و در نتیجه کمک به اینتل در کسب سهم بزرگ‌تری در بازار. در همین راستا، اینتل مبالغ هنگفتی را صرف تاسیس کارخانجات جدید در ایالات متحده و اروپا می‌کند تا ظرفیت لازم را برای رفع نیاز مشتریان آینده صنعت ریخته‌گری تراشه ایجاد کند. البته برای آن که کسب‌و‌کار ریخته‌گری اینتل از نظر مالی ماندگار باشد، این شرکت باید مشتریانی را جذب کند که محصولاتشان در مرز‌های فناوری است - یعنی کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه اینتل تنها در صورتی موفق خواهد بود که این شرکت بتواند به عقب‌ماندگی فناورانه خود از سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی پایان دهد. ایجاد کسب‌و‌کار ریخته‌گری تراشه از این نظر برای اینتل اهمیت دارد که سهم آن در بازار تراشه‌های مراکز داده به‌طور مستمر در حال کاهش است، زیرا از یک سو ای‌ام‌دی و انویدیا در این بازار با اینتل رقابتی سخت دارند و از سوی ديگر، شرکت‌های فعال در حوزه رایانش ابری، چون آمازون وب سرویسز[[782]](#footnote-782) و گوگل تراشه‌هایشان را خود طراحی می‌کنند.

موفقیت و شکست اینتل به توانایی این شرکت در اجرای راهبرد گلسینگر و به اشتباهات سامسونگ و تی‌اس‌ام‌سی بستگی دارد. بر اساس قانون مور، اگر این دو شرکت بخواهند همچنان موفق باشند، باید هر چند سال یک بار فناوری جدیدی را به‌کار بگیرند. پس این احتمال وجود دارد که یک یا هر دو رقیب اینتل در این مسیر با تأخیر قابل‌ملاحظه‌ای مواجه شوند. از این گذشته، راهبرد گلسینگر یک بخش دشوار سوم هم دارد که عبارت است از کمک گرفتن از تی‌اس‌ام‌سی. اینتل علنا موج جدیدی از ملی‌گرایی و نگرانی از وابستگی به تولید در آسیا را در میان صنایع تراشه‌سازی به راه انداخته است. این شرکت در تلاش است دولت ایالات متحده و دولت‌های اروپایی را بر آن دارد که برای ساختن کارخانه‌های تراشه‌سازی در این کشور‌ها یارانه بپردازند. گلسینگر معتقد است «جهان به زنجیره تأمین متوازن‌تری نیاز دارد. درست است که خداوند محل ذخایر نفتی جهان را تعیین کرده است؛ اما این ما هستیم که باید تعیین کنیم کارخانه‌ها در کجا مستقر باشند». با این همه، در حالی که اینتل در تلاش است فرآیندهای تولید تراشه خود را سازمان‌دهی کند، همچنان تولید تعداد رو به رشدی از تراشه‌های پیشرفته طراحی‌شده توسط خود را به پیشرفته‌ترین تاسیسات تولیدی تی‌اس‌ام‌سی در تایوان می‌سپارد.

دولت ایالات متحده وقتی کم‌کم نگران تمرکز فرآیندهای پیشرفته تراشه‌سازی در شرق آسیا شد، تی‌اس‌ام‌سی و سامسونگ را متقاعد ساخت تاسیسات جدیدی را در خاک ایالات متحده بنا کنند. بر این اساس، تی‌اس‌ام‌سی قصد دارد کارخانه جدیدی را در آریزونا تاسیس کند و سامسونگ تاسیسات خود در نزديکی آستین تگزاس را توسعه خواهد بخشید. هرچند هدف از توسعه این تاسیسات تا حدودی خشنود کردن سیاستمداران آمریکایی است؛ برخی از تراشه‌های مورد استفاده در سامانه‌های دفاعی و سایر زیرساخت‌های حساس که ایالات متحده ترجیح می‌دهد در داخل کشور تولید شود هم، در این تاسیسات تولید خواهد شد. در عین حال، این شرکت‌ها، هر دو تصمیم دارند بخش اعظم ظرفیت تولید - و پیشرفته‌ترین فناوری‌هایشان - را در کشور‌های خود نگه دارند، و حتی قول اعطای یارانه از سوی دولت ایالات متحده هم بعید است موجب تغییر این تصمیم آن‌ها شود.

امروز در میان مقامات امنیت ملی آمریکا، در خصوص بهره‌گیری از تهدید اعمال محدودیت بر صادرات نرم‌افزارهای طراحی و تجهیزات تولید تراشه جهت اعمال فشار بر تی‌اس‌ام‌سی برای راه‌اندازی هم‌زمان جدید‌ترین فرآیندهای فناوری خود در ایالات متحده و تایوان، اختلاف‌نظر فزاینده‌ای شکل گرفته است. برخی معتقدند به جای این کار، می‌توان به تایوان فشار آورد تا برای مثال در قبال هر یک دلار سرمایه‌گذاری در تایوان، یک دلار در تاسیسات خود در ژاپن، آریزونا یا سنگاپور سرمایه‌گذاری کند. البته ایالات متحده فعلا علاقه چندانی به اعمال این‌گونه فشار‌ها ندارد. بنابراین، وابستگی کل جهان به تایوان همچنان افزایش خواهد یافت.

## فصل ۵۴

**معضل تایوان**

یکی از تحلیلگران مالی از مارک لیو، رییس هیات‌مدیره تی‌اس‌ام‌سی پرسیده بود «آیا وقتی چین هر از چند گاه تایوان را تهدید به جنگ می‌کند، مشتریان شما نگران می‌شوند». مدیران عامل اساسا به شنیدن پرسش‌های دشوار در جلسات بررسی درآمد شرکت عادت دارند، اما این پرسش‌ها معمولا به اهداف تحقق‌نیافته در مورد کسب سود یا تولید محصولات جدید مربوط می‌شوند. وقتی این جلسه خاص هیات‌مدیره تی‌اس‌ام‌سی در ١۵ ژوییه ٢٠٢١ از طریق کنفرانس تلفنی برگزار شد، گزارش عملکرد مالی شرکت مطلوب به‌نظر می‌رسید. تحریم دومین مشتری بزرگ این شرکت، یعنی هواوی توسط آمریکا تاثیر منفی چندانی بر عملکردش نگذاشته بود. قیمت سهام تی‌اس‌ام‌سی به بالاترین سطح ثبت‌شده در طول دوره فعالیتش نزدیک شده بود. کمبود جهانی نیمه‌رسانا‌ها کسب‌و‌کار این‌ شرکت را حتی سودآورتر کرده بود. در بخشی از سال ٢٠٢١، در میان شرکت‌هایی که سهامشان در بورس معامله می‌شد، تی‌اس‌ام‌سی به ارزشمندترین شرکت در آسیا و یکی از ده شرکت ارزشمند جهان تبدیل شده بود.

در عین حال، با افزایش نیاز جهان به تی‌اس‌ام‌سی، این شرکت با خطرات بیشتری - البته نه علیه منافع مالی شرکت، بلکه علیه وجود فیزیکی تاسیسات آن - نیز مواجه می‌شود. امروز، حتی سرمایه‌گذارانی که سال‌های سال خصومت شدید ایالات متحده و چین را نادیده می‌گرفتند، وقتی به نقشه محل استقرار کارخانه‌های تراشه‌سازی تی‌اس‌ام‌سی می‌نگریستند که در امتداد ساحل غربی تنگه تایوان چیده شده بودند، احساس نگرانی می‌کردند. رییس هیات‌مدیره تی‌اس‌ام‌سی اما، اصرار داشت که دلیلی برای نگرانی وجود ندارد. او اعلام کرد «اگر نگران تهاجم چین هستید، اجازه دهید بگویم هیچ‌کس خواستار جنگ در تنگه تایوان نیست». لیو که زاده تایوان، تحصیل‌کرده برکلی و کارآزموده بِل‌لَبز است، سابقه‌ای بی‌عیب‌ و نقص در تراشه‌سازی دارد. با این حال، مهارت او در ارزیابی خطر جنگ هرگز به بوته آزمون سپرده نشده است. او معتقد است «صلح در تنگه تایوان به نفع همه کشورها است. با توجه به اتکای جهان به زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ در تایوان، هیچ‌کس نمی‌خواهد این زنجیره از هم گسسته شود».

فردای آن روز، در ١۶ ژوییه ده‌ها خودروی زرهی آبی‌خاکی ارتش آزادی‌بخش خلق از ساحل چین راهی اقیانوس شدند. این خودرو‌ها که شبیه تانک به‌نظر می‌رسند، می‌توانند هم در خشکی و هم در آب حرکت کنند. آن‌ها در هر گونه تهاجم ارتش آزادی‌بخش خلق نقشی محوری خواهند داشت. به گزارش رسانه‌های چین، این خودرو‌های رزمی آبی‌خاکی ظرف چند دقیقه وارد ناوهای آبخاکی[[783]](#footnote-783) مستقر در فاصله کمی از ساحل شدند و خود را برای سفری طولانی در اقیانوس آماده کردند. ناوهای آبخاکی سپس به سوی مقصد رهسپار شدند. به محض رسیدن به مقصد و باز شدن در‌های عریض جلوی ناوهای آبخاکی، خودرو‌های زرهی آبی‌خاکی به آب زدند و در حالی که به سوی ساحل می‌راندند، به جلو شلیک می‌کردند.

البته این عملیات تنها برای تمرین بود. طی چند روز آینده، ارتش آزادی‌بخش خلق مانورهای دیگری را در نزدیکی دهانه‌های شمالی و جنوبی تنگه تایوان اجرا کرد. روزنامه گلوبال تایمز[[784]](#footnote-784) چین از قول یکی از فرماندهان ارتش در این مانورها نوشت «ما باید نیروهایمان را با آزمودن سناریوهایی کاملا شبیه نبردهای واقعی، با جدیت آموزش دهیم. ما باید همواره آماده رزم باشیم و قاطعانه از حاکمیت ملی و تمامیت ارضی کشور خود دفاع کنیم». این روزنامه با صراحت تام به این نکته اشاره کرد که این مانورها در فاصله تنها سیصد کیلومتری جزیره پراتاس[[785]](#footnote-785) - جزیره مرجانی کوچکی در دریای چین جنوبی، در فاصله‌ای تقریبا برابر با هنگ‌کنگ و تایوان، و تحت حاکمیت تایوان - انجام می‌شود.

راه‌های متعددی برای آغاز جنگ بر سر تایوان وجود دارد، اما برخی از برنامه‌ریزان امور دفاعی معتقدند تشدید تنش‌ها بر سر جزیره پراتاس محتمل‌ترین این راه‌ها است. در یکی از مانورهای نظامی سازمان‌دهی‌شده توسط کارشناسان دفاعی آمریکایی، سناریوی پیاده شدن لشگریان چین در این جزیره و تصرف پادگان کوچک تایوان در آن جزیره، بدون شلیک حتی یک گلوله در نظر گرفته شده بود. به‌نظر می‌رسد در این صورت، تایوان و ایالات متحده در دوراهی بسیار دشواری قرار خواهند گرفت و یا باید بر سر این جزیره بی‌فایده وارد جنگ شوند، و یا با چشم بستن بر این واقعه، اجازه دهند این رویه جا بیفتد که چین مانند جدا کردن برش‌هایی از یک قطعه گوشت، به تدریج بخش‌هایی از سرزمین تایوان را تصاحب کند. با این حال، به جز این دو واکنش، پاسخ‌های میانه‌روانه‌تری چون استقرار تعداد زیادی از نیرو‌های ایالات متحده در تایوان و انجام حملات سایبری علیه چین نیز پیش روی آن‌ها قرار دارد که البته، هر دو می‌توانند به درگیری تمام‌عیار منجر شوند.

در گزارش‌های منتشرشده توسط پنتاگون در خصوص قدرت نظامی چین، به راه‌هایی متعددی اشاره شده است که چین می‌تواند از طریق آن‌ها علیه تایوان از زور استفاده کند. ساده‌ترین - و البته‌ غیر‌محتمل‌ترین - راه، حمله‌ای به سبک تهاجم ناگهانی و سرتاسری نیرو‌های آمریکایی به سواحل نرماندی در جنگ جهانی دوم است. در چنین حمله‌ای، صد‌ها ناو چینی از تنگه تایوان عبور، و هزاران سرباز پیاده‌نظام ارتش آزادی‌بخش خلق را در سواحل تایوان پیاده خواهند کرد. با این حال، تاریخ تهاجمات آبی‌خاکی مملو از فاجعه است و پنتاگون معتقد است این‌گونه عملیات قابلیت‌های ارتش آزادی‌بخش خلق را به چالش خواهد کشید. چین با کمترین مشکل قادر خواهد بود پیش از هر حمله‌ای، فرودگاه‌ها، تاسیسات نیروی دریایی و همچنین نیروگاه‌های برق و دیگر زيرساخت‌های حیاتی تایوان را نابود کند؛ اما حتی در این صورت هم، جنگ سختی را پیش رو خواهد داشت.

به‌ زغم پنتاگون، عمل به گزینه‌های دیگر برای ارتش آزادی‌بخش خلق آسان‌تر خواهد بود. محاصره هوایی و دریایی ناقص به تنهایی نمی‌تواند به شکست تایوان بینجامد. از سوی دیگر، حتی اگر ارتش‌های ایالات متحده و ژاپن برای شکستن محاصره به تایوان بپیوندند هم، انجام این کار دشوار خواهد بود. چین تسلیحات قدرتمندی را در امتداد سواحل خود مستقر کرده است. به علاوه، محاصره حتی اگر کامل نباشد هم می‌تواند تجارت جزیره را مختل کند. پایان دادن به محاصره مستلزم آن خواهد بود که تایوان و دوستانش -  یعنی عمدتا ایالات متحده - هزاران سامانه تسلیحاتی ارتش چین را در سرزمین آن کشور از کار بیندازند. به علاوه، انجام عملیاتی برای شکستن محاصره می‌تواند به جنگی خونین میان قدرت‌های بزرگ بینجامد.

حتی بدون محاصره هم، حملات هوایی و موشکی چین به تنهایی می‌تواند ارتش تایوان را از کار بیندازد و بدون آن که حتی یک سرباز چینی قدم در جزیره بگذارد، اقتصاد آن را نابود کند. در صورت عدم مداخله فوری ایالات متحده و ژاپن، نیرو‌های هوایی و موشکی چین احتمالا خواهند توانست بدون وارد کردن آسیب جدی به ظرفیت‌های تولیدی جزیره، ظرف دو سه روز تاسیسات نظامی مهم تایوان - فرودگاه‌ها، سامانه‌های راداری، مراکز ارتباطات و مانند این‌ها - را از کار بیندازند.

این گفته رییس هیات‌مدیره تی‌اس‌ام‌سی که هیچ‌کس نمی‌خواهد زنجیره‌های تأمین نیمه‌رسانا که دو سوی تنگه تایوان را به هم متصل کرده‌اند، از هم گسسته شوند، مطمئنا درست است. اما هم واشنگتن و هم پکن خواهان کنترل بیشتر بر این زنجیره‌های تأمین‌اند. این که چین به سادگی از روی کینه کارخانه‌های تراشه‌سازی تی‌اس‌ام‌سی را نابود خواهد کرد، اصلا منطقی به‌نظر نمی‌رسد، زیرا در این صورت خود چین هم مانند دیگران از این واقعه لطمه خواهد دید، به‌ویژه به این علت که ایالات متحده و دوستانش همچنان به‌کارخانه‌های تراشه‌سازی اینتل و سامسونگ دسترسی خواهند داشت. این پیشنهاد که نیرو‌های چین می‌توانند مستقیما تاسیسات تی‌اس‌ام‌سی را تصرف کنند نیز اصلا واقع‌بینانه نیست. در صورت انجام این کار، آن‌ها به زودی درخواهندیافت که مواد و نرم‌افزارهای مورد نیاز برای ابزار‌های جایگزین‌نا‌پذیر این کارخانه‌ها باید از ایالات متحده، ژاپن و دیگر کشور‌ها خریداری شود. به علاوه چین در صورت حمله، بعید است همه کارکنان تی‌اس‌ام‌سی را به اسارت بگیرد؛ و حتی اگر بتواند چنین کند هم، تنها تعداد انگشت‌شماری از مهندسان عصبانی به سادگی می‌توانند در کل عملیات کارخانه‌ها خرابکاری کنند. ارتش آزادی‌بخش خلق نشان داده است می‌تواند قله‌های هیمالیا در مرز‌های مورد اختلاف چین و هندوستان را از آن کشور بگیرد؛ اما در اختیار گرفتن پیچیده‌ترین کارخانه‌های جهان در حالی که گاز‌های قابل‌انفجار، مواد شیمیایی خطرناک و دقیق‌ترین ماشین‌آلات جهان را در خود جای داده‌اند، امری کاملا متفاوت است.

در عین حال، می‌توان راه دیگری را هم برای آغاز جنگ در این منطقه تصور کرد، و آن عبارت است از وقوع حادثه‌ای مانند یک تصادف هوایی یا دریایی که ممکن است برخلاف خواست طرف‌ها به وقوع جنگی فاجعه‌بار بینجامد. همچنین، منطقأ می‌توان انتظار داشت چین به این نتیجه برسد که اعمال فشار نظامی بدون تهاجم تمام‌عیار می‌تواند حمایت‌های امنیتی ضمنی ایالات متحده را تضعیف و روحیه تایوان را تخریب کند. پکن می‌داند راهبرد تایوان عبارت است از جنگیدن تا زمانی که ایالات متحده و ژاپن به کمک بیایند. این جزیره به قدری در مقایسه با همسایه خود در آن سوی تنگه تایوان کوچک است که در مقابله با آن، جز حساب کردن روی دوستان هیچ گزینه امیدوارکننده‌ای ندارد. تصور کنید اگر چین بخواهد تنها برخی از کشتی‌هایی که به تایپه رفت‌وآمد می‌کنند را مورد بازرسی قرار دهد، واکنش ایالات متحده چه خواهد بود. محاصره اقدامی جنگی است که می‌تواند بدون شلیک حتی یک گلوله انجام شود. در عین حال، هیچ‌کس نمی‌خواهد اولین گلوله را شلیک کند. سکوت ایالات متحده در مقابل این اقدام چین تاثیر بسیار بدی بر اراده تایوان برای مبارزه خواهد گذاشت. اگر چین بعد از این کار، خواستار آن شود که تی‌اس‌ام‌سی تولید تراشه برای هواوی و دیگر شرکت‌های چینی را از سر بگیرد یا حتی پرسنل و دانش فنی کلیدی خود را به سرزمین اصلی چین منتقل کند، آیا تایوان قادر خواهد بود این خواسته را رد کند؟

این مجموعه اقدامات برای چین خطرناک خواهند بود، اما در هر حال انجام آن‌ها توسط این کشور غیر‌قابل‌تصور نیست. حزب حاکم چین هدفی بالاتر از تحت کنترل درآوردن تایوان ندارد. رهبران حزبی به‌طور مستمر قول انجام این کار را می‌دهند. دولت چین با تصویب «قانون ضدجدایی»[[786]](#footnote-786) استفاده از آنچه خود «استفاده از ابزار‌های غیر‌صلح‌آمیز» می‌خواند را در تنگه تایوان پیش‌بینی کرده است. این کشور در انواعی از سامانه‌های نظامی، مانند خودرو‌های تهاجمی آبی‌خاکی که برای تهاجم به آن سوی تنگه تایوان ضروری‌اند، سرمایه‌گذاری هنگفتی کرده است. چین این قابلیت‌های خود را به‌طور منظم در مانورهای نظامی به‌کار می‌گیرد. همه تحلیلگران معتقدند توازن نظامی در تنگه تایوان به‌طور تعیین‌کننده‌ای به نفع چین تغییر کرده است. امروز از زمانی که ایالات متحده می‌توانست مانند آنچه در جریان بحران تنگه تایوان در سال ١٩٩۶ رخ داد، به سادگی گروه جنگی کامل ناو‌های هواپیما‌بر خود را به تنگه تایوان بفرستد و بدین ترتیب چین را وادار به عقب‌نشینی کند، مدت‌ها می‌گذرد. اکنون ناو‌های جنگی آمریکا احتمالا در این گونه عملیات با خطراتی جدی مواجه خواهند شد. امروز موشک‌های چینی کشتی‌های آمریکایی را نه تنها در اطراف تایوان، بلکه همچنین در پایگاه‌هایی به دوری ژاپن و گوام تهدید می‌کنند. هر چه ارتش آزادی‌بخش خلق قوی‌تر می‌شود، احتمال خطر کردن ایالات متحده برای ورود به جنگ جهت دفاع از تایوان کمتر می‌شود. اکنون اگر چین بخواهد از کارزار اعمال فشار نظامی محدود بر تایوان استفاده کند، این احتمال بیشتر از هر زمانی در گذشته وجود دارد که ایالات متحده با در نظر گرفتن «رابطه متقابل نیرو‌های درگیر[[787]](#footnote-787) به این نتیجه برسد که مقابله با چین ارزش خطر کردن را ندارد.

اگر اقدام چین در اعمال فشار بر تایوان برای دادن محصولات کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی به پکن، با شرایط برابر با - یا حتی با شرایطی بهتر از - دیگران موفقیت‌آمیز باشد، ایالات متحده و ژاپن مطمئنا بر صادرات ماشین‌آلات و مواد پیشرفته که عمدتا در خاک این دو کشور و متحدان اروپایی آن‌ها تولید می‌شوند، محدودیت‌های جدیدی را اعمال خواهند کرد. اما حقیقت این است که ایجاد ظرفیت تراشه‌سازی تایوان در کشور‌های دیگر سال‌ها طول خواهد کشید و در این مدت، جهان همچنان به تایوان وابسته خواهد بود. در این صورت، آمریکا نه تنها در مونتاژ آیفون‌های خود به چین متکی خواهد بود، بلکه پکن همچنین این امکان را خواهد داشت که به تنها کارخانه‌های دارای قابلیت‌های فناورانه و ظرفیت تولیدی لازم برای تولید تراشه‌های مورد نیاز جدی آن کشور نفوذ کند، یا آن‌ها را تحت کنترل خود بگیرد.

این سناریو تاثیری فاجعه‌بار بر موقعیت اقتصادی و ژئوپولیتیکی ایالات متحده خواهد گذاشت. در این میان اگر جنگ راه بیفتد و موجب نابودی کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی شود، نتیجه حتی بدتر هم خواهد بود. اقتصاد جهانی و زنجیره‌های تأمین که آسیا و تایوان را به هم پیوند داده‌اند، به این صلح شکننده وابسته‌اند. هر شرکتی که در سواحل دو سوی تنگه تایوان سرمایه‌گذاری کرده است، از اپل گرفته تا هواوی و تی‌اس‌ام‌سی، در واقع روی ادامه این صلح قمار کرده است. در حال حاضر، تریلیون‌ها دلار در شرکت‌ها و تاسیساتی سرمایه‌گذاری می‌شود که به سادگی در برد موشک‌های شلیک‌شده از هنگ‌کنگ یا شینچو[[788]](#footnote-788) قرار دارند. حقیقت این است که صنعت تراشه جهان و همچنین صنعت مونتاژ همه لوازم الکترونیکی وابسته به تراشه، بعد از سیلیکون‌ولی، بیش از هر نقطه‌ای در جهان به تنگه تایوان و سواحل دریای چین جنوبی وابسته‌اند.

البته در سیلیکون‌ولی، این مرکز اصلی فناوری جهان در کالیفرنیا، کسب‌وکار بنگاه‌ها هرگز به اندازه تایوان در خطر نیست. حتی در صورت وقوع زمین‌لرزه، بخش اعظم دانش سیلیکون‌ولی را به سادگی می‌توان به جای دیگری منتقل کرد. این قابلیت در جریان همه‌گیری کووید و هنگامی که از تقریبا همه کارکنان در منطقه خواسته شده بود در خانه بمانند، به خوبی آزموده شد. در آن دوره، سود شرکت‌های فناوری بزرگ حتی بیشتر شد. در آن روز‌ها، حتی اگر کل ساختمان مرکزی لوکس فیسبوک در گسل سن‌آندریاس فرو می‌رفت هم، این شرکت احتمالا متوجه نمی‌شد.

اما اگر قرار باشد کارخانه‌های تی‌اس‌ام‌سی در گسل چیلونگبو[[789]](#footnote-789) - که حرکت آن زمین‌لرزه بزرگ سال ١٩٩٩ را به بار آورد - دفن شوند، پیامد‌های این اتفاق کل اقتصاد جهانی را متاثر خواهد کرد. حتی چند انفجار عمدی یا تصادفی هم می‌تواند خساراتی در همین حد به بار آورد. چند محاسبه سرانگشتی به خوبی نشان می‌دهد این خطرات تا چه حد بزرگ‌اند. تایوان ١١ درصد تراشه‌های حافظه جهان و از آن مهم‌تر، ٣٧ درصد تراشه‌های منطقی جهان را تولید می‌کند. خیلی ساده می‌توان گفت رایانه‌ها، تلفن‌ها، مراکز داده و همچنین بیشتر دستگاه‌های الکترونیکی بدون این تراشه‌ها کار نخواهند کرد. بنابراین، اگر کارخانه‌های تراشه‌سازی تایوان از مدار خارج شوند، جهان در سال بعد ٣٧ درصد قدرت محاسبه کمتر تولید خواهد کرد.

تاثیر این وضعیت بر اقتصاد جهانی فاجعه‌بار خواهد بود. بحران کمبود نیمه‌رسانا‌ها پس از همه‌گیری کووید نشان داد وجود تراشه‌ها فقط برای تلفن‌ها و رایانه‌ها ضروری نیست. در صورت ایجاد چنین وضعیتی، تولید هواپیماها، خودرو‌ها، اجاق‌های مایکروویو و تجهیزات تولیدی - و به‌طور خلاصه، تولید همه انواع محصولات با تأخیرهای فلج‌کننده‌ای مواجه خواهد شد. تا زمانی که کارخانه‌های تراشه‌سازی جدید در جای دیگری ساخته شوند، تولید حدودا یک‌سوم پردازنده‌های رایانه‌های شخصی، شامل تراشه‌های طراحی‌‌شده توسط اپل و ای‌ام‌دی متوقف خواهد شد. سرعت رشد مراکز داده، به‌ویژه مراکز داده متمرکز بر الگوریتم‌های هوش مصنوعی که بیشتر به تراشه‌های طراحی‌شده توسط نوکیا و ای‌ام‌دی و ساخته‌شده در تایوان وابسته‌اند، به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. دیگر زيرساخت‌های مرتبط با داده‌ها حتی بیشتر لطمه خواهند خورد. برای مثال، واحد‌های رادیویی 5G به تراشه‌های طراحی‌شده توسط چندین شرکت نیاز دارند که البته بسیاری از آن‌ها در تایوان ساخته می‌شوند. بدین ترتیب، می‌توان گفت راه‌اندازی شبکه‌های 5G تقریبا به‌طور کامل متوقف خواهد شد.

از آنجا که ساخت گوشی‌های همراه جدید بسیار دشوار خواهد شد، ارتقای شبکه‌های تلفن همراه هم دیگر توجیهی نخواهد داشت. بیشتر پردازنده‌های گوشی هوشمند و همچنین بیشتر تراشه‌های مورد استفاده در گوشی‌های معمولی در تایوان ساخته می‌شوند. کارکرد خودرو‌ها غالبا به صد‌ها تراشه وابسته است. بنابراین، بازار‌های خودرو در جهان احتمالا تأخیر‌هایی طولانی‌تر از آنچه در سال ٢٠٢١ رخ داد را تجربه خواهند کرد. البته روشن است که اگر جنگ در این منطقه شروع شود، تراشه‌ها کمترین سهم را در نگرانی‌های جهانی خواهند داشت. صنعت عظیم مونتاژ لوازم الکترونیکی در چین تعطیل خواهد شد. صرف نظر از کمبود قطعات، جهان به علاوه برای سرهم‌بندی کردن آن‌ها در گوشی‌های تلفن و رایانه‌ها، باید در جای دیگری به دنبال کارگر باشد.

البته پیدا کردن کارگران مونتاژ کار جدید - در عین دشوار بودن - بسیار ساده‌تر از ساختن تاسیساتی شبیه تاسیسات تراشه‌سازی تایوان خواهد بود. چالش اصلی اساسا بنا کردن کارخانه‌های جدید نخواهد بود؛ تاسیساتی که به تازگی ساخته می‌شوند به پرسنل آموزش‌دیده نیاز خواهند داشت، مگر آن که به هر طریق بتوان بسیاری از کارکنان تی‌اس‌ام‌سی را از تایوان خارج کرد. حتی در این صورت هم، این کارخانه‌های جدید باید به ماشین‌آلات، از جمله تجهیزات ساخت ای‌اس‌ام‌ال و اپلاید‌متریالز مجهز شوند. در جریان بحران کمبود تراشه در سال‌های ٢٠٢١ و ٢٠٢٢، ای‌اس‌ام‌ال و اپلاید‌متریالز، هر دو اعلام کردند به‌علت عدم دسترسی به نیمه‌رسانا‌های کافی، در تولید ماشین‌آلات خود تأخیر خواهند داشت. امروز هم در صورت بروز بحران در تایوان، آن‌ها در دریافت تراشه‌های مورد نیاز در ماشين‌آلاتشان با تأخیر مواجه خواهند شد.

به عبارت دیگر، هزینه‌های وقوع چنین فاجعه‌ای در تایوان سر به تریلیون‌ها دلار خواهد زد. در واقع، خسارات از دست دادن سالانه ٣٧ درصد قدرت محاسبه جهان می‌تواند بسیار بیشتر از خسارات همه‌گیری کووید و قرنطینه‌های از نظر اقتصادی فاجعه‌بار ناشی از آن باشد. بازسازی ظرفیت‌های ازدست‌‌رفته تراشه‌سازی حداقل نیم‌دهه به طول خواهد انجامید. این روز‌ها، وقتی به پنج سال آینده فکر می‌کنیم، امیدواریم شبکه‌های 5G و فراجهان‌ها[[790]](#footnote-790) را بسازیم؛ اما اگر تایوان را از این چشم‌انداز حذف کنیم، حتی شاید نتوانیم در آینده ماشین ظرفشویی تهیه کنیم.

سای اینگ-ون،[[791]](#footnote-791) رییس‌جمهور تایوان اخیرا در مصاحبه‌ای با نشریه فارین اَفِرز[[792]](#footnote-792) اعلام کرد صنعت تراشه این جزیره «سپری سیلیکونی»[[793]](#footnote-793) است‌ که‌ به‌ تایوان امکان می‌دهد از خود و دیگران در مقابل اقدامات ستیزه‌جویانه حکومت‌های خودکامه در جهت ایجاد اختلال در زنجیره‌های تأمین جهانی‌ محافظت کند. البته این رویکردی بسیار خوشبینانه به وضعیت موجود است. صنعت تراشه تایوان مطمئنا ایالات متحده را مجبور می‌کند دفاع از این جزیره را جدی‌تر بگیرد. در عین حال، اگر «سپر سیلیکونی» نتواند مانع چین شود، تمرکز تولید نیمه‌رسانا‌ها در تایوان نه تنها به‌عنوان عامل بازدارنده عمل نکرده است، بلکه اتفاقا اقتصاد جهانی را در معرض خطر قرار داده است.

بیشتر تایوانی‌ها در نظرسنجی‌ای که در سال ٢٠٢١ انجام شد، اظهار کردند معتقدند وقوع جنگی میان چین و تایوان غیرمحتمل (۴۵ درصد) یا غیرممکن (١٧ درصد) است. با این حال، از تجاوز روسیه به اوکراین می‌توان درس گرفت این واقعیت که محیط تنگه تایوان در چند دهه گذشته عمدتا صلح‌آمیز بوده، به خودی خود نمی‌تواند ما را مطمئن سازد که وقوع جنگی با هدف کشورگشایی در این منطقه غیر‌قابل‌تصور است. جنگ روسیه و اوکراین همچنین نشانگر میزان تاثیرگذاری جایگاه طرف‌های متخاصم در زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها و نتیجتا توانایی آن‌ها در اعمال قدرت نظامی و اقتصادی بر سرانجام جنگ‌های بزرگ است.

صنعت تراشه روسیه که از همان زمان وزارت الکساندر شوکین در اتحاد شوروی و تاسیس شهرک فناوری زلنوگراد از سیلیکون‌ولی عقب‌تر بود، پس از پایان جنگ سرد اساسا نابود شده بود، زیرا بیشتر مشتریان روس تصمیم گرفته بودند دیگر از تراشه‌سازان داخلی خرید نکنند و تولید تراشه‌های مورد نیاز خود را به تی‌اس‌ام‌سی سپرده بودند. تنها مشتریان باقی‌مانده برای صنعت تراشه روسیه، صنایع دفاعی و فضایی این کشور بودند که خرید‌های آن‌ها هم در چنان مقیاسی نبود که بتواند منابع مالی تراشه‌سازی پیشرفته در داخل کشور را تأمین کند. در نتیجه، حتی پروژه‌های دفاعی دارای اولویت بالا در روسیه هم در تهیه تراشه‌های مورد نیاز خود با مشکل روبه‌رو بودند. به همین علت برای مثال، پروژه‌های ساخت ماهواره‌های روسی مجهز به فناوری هم‌تای جی‌پی‌اس در‌ تحقق اهدافشان با تأخیرهای فلج‌کننده‌ای روبه‌رو بوده‌اند، زیرا در یافتن منبعی برای تهیه نیمه‌رسانا‌های مورد نیازشان مشکل داشته‌اند.

تداوم مشکلات روسیه در ساخت و خرید تراشه‌ها را به خوبی می‌توان از این حقیقت دریافت که پهپاد‌های سرنگون‌شده این کشور در اوکراین پر از نیمه‌رسانا‌های خارجی‌اند. دقیقا به همین علت، ارتش روسیه همچنان شدیدا به تسلیحاتی متکی است که با تجهیزات غیردقیق هدایت می‌شوند. تحلیلی که اخیرا در خصوص حضور نظامی روسیه در سوریه صورت گرفته نشان داده است تا ٩۵ درصد بمب‌ها و موشک‌های مورد استفاده روسیه هدایت‌شده نبوده است. این واقعیت که روسیه ظرف چند هفته پس از حمله به اوکراین، با کمبود موشک‌های کروز هدایت‌شونده مواجه شد نیز، تا حدودی معلول‌ وضعیت اسف‌بار صنعت نیمه‌رسانای این کشور است. در این میان، اوکراین ذخایر عظیمی از تسلیحات هدایت‌شونده را از غرب دریافت کرده است. از جمله این تسلیحات هدایت‌شونده، می‌توان به موشک‌های ضدتانک جَولین[[794]](#footnote-794) اشاره کرد که با اتکا به بیش از ٢٠٠ قطعه نیمه‌رسانای خود، تانک‌های دشمن را هدف قرار می‌دهند.

وابستگی رو‌سیه به فناوری نیمه‌رسانای خارجی اهرم فشار قدرتمندی را علیه این کشور در اختیار ایالات متحده و متحدانش قرار داده است. پس از تجاوز روسیه، ایالات متحده ضمن هماهنگی با شرکایش در اروپا، ژاپن، کره جنوبی و تایوان، محدودیت‌های گسترده‌ای را بر فروش برخی انواع تراشه به بخش‌های فناوری، دفاعی و مخابراتی روسیه اعمال کرد. اکنون تراشه‌سازان بزرگ جهان، از اینتل در آمریکا گرفته تا تی‌اس‌ام‌سی در تایوان رابطه خود را با کرملین قطع کرده‌اند. بخش تولید در روسیه با اختلالات فلج‌کننده‌ای مواجه شده است و برای نمونه، بخش عمده تولید خودرو در این کشور متوقف شده است. به گزارش سازمان‌های اطلاعاتی ایالات متحده، وضعیت چنان بد است که حتی در حوزه‌های حساسی چون بخش دفاعی، کارخانه‌های روسیه برای فرار از این محدودیت‌ها، از تراشه‌هایی در سامانه‌های موشکی استفاده می‌کنند که اساسا برای ماشین‌های ظرفشویی ساخته شده‌اند. در واقع، روسیه راهی جز کاهش مصرف تراشه‌ها ندارد، زیرا قابلیت‌های آن در تراشه‌سازی حتی ضعیف‌تر از دوران اوج مسابقه فضایی است.

در عین حال، با توجه به سرمایه‌گذاری پکن در صنعت نیمه‌رسانا و همچنین نظر به این که بخش اعظم ظرفیت تراشه‌سازی که آمریکا به آن متکی است، به سادگی در برد موشک‌های ارتش آزادی‌بخش خلق قرار دارد، جنگ سردی که امروز در حال شکل‌گیری میان ایالات متحده و چین است، احتمالا متوازن‌تر خواهد بود. ساده‌انگارانه خواهد بود اگر فکر کنیم آنچه در اوکراین رخ داده است، نمی‌تواند در شرق آسیا هم رخ دهد. تحلیلگران دولت چین، با در نظر گرفتن نقش نیمه‌رسانا‌ها در جنگ روسیه و اوکراین، علنا اعلام کرده‌اند در صورت تشدید تنش‌ها میان ایالات متحده و چین، «این کشور باید تی‌اس‌ام‌سی را تصرف کند».

تایوان در دوران جنگ سرد اول هم، یک بار در سال ١٩۵۴ و بار دیگر در سال ١٩۵٨، پس از آن که توپخانه ارتش مائوتسدونگ جزایر تحت کنترل تایوانی‌ها را زیر آتش گرفت، به محل رویارویی شرق و غرب تبدیل شده بود. امروز اما، تایوان در برد تسلیحاتی بسیار مخرب‌تر - نه تنها انواع موشک‌های کوتاه‌برد و میان‌برد، بلکه همچنین هواپیماهایی که می‌توانند ظرف تنها هفت دقیقه از پایگاه‌های هوایی لانگتیان[[795]](#footnote-795) و هوییان[[796]](#footnote-796) چین در آن سوی تنگه، به جزیره تایوان برسند - قرار دارد. اصلا تصادفی نیست که می‌بینیم این پایگاه‌ها در سال ٢٠٢١ با ساخت زاغه‌های زیرزمینی جدید، افزایش طول باندهای فرودگاه و ارتقای سامانه‌های دفاع موشکی، تقویت شدند. بدین ترتیب، بروز بحران جدیدی در تنگه تایوان بسیار خطرناک‌تر از بحران‌های دهه ١٩۵٠ خواهد بود. به‌ویژه، با توجه به رشد مستمر زرادخانه هسته‌ای چین، این بحران می‌تواند حتی خطر جنگ هسته‌ای را همراه داشته باشد. البته این بار، جنگ در تایوان نه بر سر جزیره‌ای فقیر، بلکه برای تسلط بر قلب تپنده جهان دیجیتال خواهد بود. بدتر از همه این که برخلاف دهه ١٩۵٠، اکنون اصلا نمی‌توان مطمئن بود ارتش آزادی‌بخش خلق این بار نهایتا عقب‌نشینی خواهد کرد. این بار ممکن است پکن همه توانش را پای پیروزی در این جنگ بگذارد.

## نتیجه‌گیری

در حالی که تنها پنج روز از آغاز آتش‌باری جزیره کویموی[[797]](#footnote-797) توسط نیرو‌های ارتش آزادی‌بخش خلق در تابستان داغ سال ١٩۵٨ گذشته بود، جک کیلبی در دالاس تگزاس، ضمن معرفی مدار یکپارچه، به همکارانش در تگزاس اینسترومنتس نشان داد تمام اجزای یک مدار الکترونیکی - شامل ترانزیستورها، مقاومت‌ها و خازن‌ها - را می‌توان با مواد نیمه‌رسانا ساخت. چهار روز بعد، جی لتروپ برای اولین بار وارد تگزاس اینسترومنتس شد. او پیش‌تر برای طراحی فرآیند ساخت ترانزیستور از طریق لیتوگرافی درخواست ثبت اختراع کرده بود؛ البته او در آن زمان، هنوز جایزه ارتش که به او امکان داد یک خودرو استیشن واگن بخرد را دریافت نکرده بود. چند ماه پیش از آن، موریس چانگ شغل خود در یک شرکت تجهیزات الکترونیکی در ایالات ماساچوست را رها کرده، و به تگزاس اینسترومنتس پیوسته بود. او ظرف مدتی کوتاه در تی‌آی به خاطر توانایی جادویی‌اش در حذف اشکالات موجود در فرآیند‌های ساخت نیمه‌رسانا‌ها مشهور شد. در همان سال، پت هگرتی به‌عنوان مدیرعامل تگزاس اینسترومنتس انتخاب شد. بدین ترتیب، هیات‌مدیره شرکت روی‌ این عقیده او قمار می‌کرد که ساخت تجهیزات الکترونیکی برای ارتش کسب‌وکاری بهتر از تولید ابزارآلات اکتشاف نفت - که این شرکت ابتدائا بدان منظور تاسیس شده بود - است. هگرتی حتی پیش از این انتصاب، گروهی از مهندسان با استعداد، از جمله ولدون ورد را گرد هم آورده بود تا تجهیزات الکترونیکی مورد نیاز در تسلیحات «هوشمند» و حسگر‌های دقیق را بسازند.

تگزاس و تایوان هزاران کیلومتر با هم فاصله دارند؛ اما هم‌زمانی اختراع مدار یکپارچه توسط کیلبی و وقوع بحران میان ایالات متحده و چین در تایوان اصلا تصادفی نبود. در آن روز‌ها، شرکت‌های تولید‌کننده تجهیزات الکترونیکی بخش اعظم بودجه‌های دفاعی دولت ایالات متحده را به خود جذب می‌کردند. ارتش این کشور برای حفظ برتری خود به فناوری اتکا داشت. در حالی که اتحاد شوروی و چین کمونیست ارتش‌های بسیار بزرگ و مجهزی را تشکیل داده بودند، ایالات متحده نمی‌توانست روی افزایش اندازه لشکر‌هایش یا تعداد تانک‌هایش حساب کند. این کشور اما، می‌توانست ترانزیستورهای بیشتر، حسگر‌های دقیق‌تر و تجهیزات مخابراتی کارآمدتری تولید کند، زیرا این همه موجب افزایش توانایی تسلیحاتی آمریکا می‌شد.

این که موریس چانگ در آن زمان به جای تیانجین[[798]](#footnote-798) در چین، در تگزاس به دنبال کار می‌گشت هم تصادفی نبود. برای فرزند بلندپرواز خانواده‌ای از طبقات زبر‌دست جامعه، ماندن در چین خطر آزار و اذیت یا حتی مرگ را در پی داشت. در بحبوحه آشفتگی‌های جنگ سرد و اختلالات ناشی از امواج استعمارزدایی که سرتاسر جهان را فرا گرفته بود، توانمند‌ترین و باهوش‌ترین افراد در بسیاری از کشورها سعی می‌کردند راهی به آمریکا بگشایند. جان باردین و والتر برتین اولین ترانزیستور را اختراع کردند، اما این محمد عطاالله[[799]](#footnote-799) و داوُن کانگ،[[800]](#footnote-800) همکاران آن‌ها در بل‌لبز بودند که ساختاری را برای ترانزیستور ابداع کردند که تولید انبوه آن را ممکن ساخت. از هشت مهندسی که با ترک شرکت شاکلی و تاسیس فرچایلد سمیکانداکتر به «هشت خائن» معروف شده بودند، دو نفر زاده خارج از ایالات متحده بودند. چند سال بعد، یک مهاجر مجار که قبلا آندراس گرف نامیده می‌شد، به فرچایلد کمک کرد نحوه استفاده از مواد شیمیایی را در فرآیند تراشه‌سازی بهبود بخشد و خود نیز در مسیر انتصاب به‌عنوان مدیرعامل این شرکت قرار گرفت.

در زمانی که افراد معدودی در جهان نام تراشه سیلیکونی را شنیده بودند، و حتی تعداد کمتری از نحوه کارکرد آن اطلاع داشتند، مراکز تولید نیمه‌رسانا در آمریکا برجسته‌ترین مغزهای جهان را به تگزاس، ماساچوست و بالاتر از همه کالیفرنیا جذب می‌کردند. انگیزه همه این مهندسان و فیزیک‌دانان این عقیده بود کوچک کردن ترانزیستورها می‌تواند آینده را به معنای واقعی متحول سازد. زمان نشان داد آن‌ها حتی بیش‌ از آنچه خود تصور می‌کردند، درست می‌گفتند. رویا‌پردازانی چون گوردون مور و کارور مید چند ده سال جلوتر از زمان خود را می‌دیدند؛ اما حتی پیش‌بینی‌های گوردون مور در سال ١٩۶۵ در مورد «رایانه‌های خانگی» و «تجهیزات مخابراتی قابل‌حمل شخصی» هم، نمی‌تواند نشان دهد او نقش محوری تراشه‌ها در زندگی امروز ما را پیش‌بینی می‌کرد. بنیان‌گذاران سیلیکون‌ولی هرگز تصور نمی‌کردند صنعت نیمه‌رسانا به جایی خواهد رسید که تعداد ترانزیستورهای تولیدشده در عرض یک روز از تعداد سلول‌های بدن انسان بیشتر باشد.

امروز که صنعت نیمه‌رسانا تا این حد بزرگ شده است و ترانزیستورها تا این حد کوچک شده‌اند، نیاز به بازار‌های بزرگ جهانی بیش از هر زمانی در گذشته احساس می‌شود. اکنون حتی بودجه ٧٠٠ میلیارد دلاری پنتاگون هم تا آن اندازه بزرگ نیست که برای تأمین هزینه ایجاد تاسیسات ساخت تراشه‌های پیشرفته مورد نیاز سامانه‌های دفاعی کشور در خاک آمریکا کفایت کند. وزارت دفاع ایالات متحده میلیارد‌ها دلار برای ساخت زیردریایی‌ها و ده‌ها میلیارد دلار برای ساخت ناوهای هواپیمابر در آمریکا هزینه می‌کند، اما بسیاری از تراشه‌های مورد نیاز خود را از شرکت‌های تجاری می‌خرد که غالبا در تایوان هستند. امروز حتی هزینه طراحی یک تراشه پیشرفته که می‌تواند از صد میلیون دلار هم تجاوز کند، برای پنتاگون بیش از حد گران است. در حالی که هزینه ساخت تاسیسات تولید پیشرفته‌ترین تراشه‌ها دو برابر هزینه ساخت یک ناو هواپیمابر است، این تاسیسات تنها بعد از دو سه سال، دیگر پیشرفته محسوب نخواهد شد.

پیچیدگی شدید تولید قدرت محاسبه موید این است که داستان سیلیکون‌ولی فقط به علم و مهندسی محدود نمی‌شود. فناوری تنها زمانی پیشرفت می‌کند که بازار داشته باشد. تاریخ نیمه‌رسانا‌ها هم سرتاسر، داستان فروش، بازاریابی، زنجیره تأمین و کاهش هزینه‌ها است. سیلیکون‌ولی بدون کارآفرینانی که آن را بنا کردند، نمی‌توانست وجود داشته باشد. باب نویس یک فیزیک‌دان فارغ‌التحصیل ام‌آی‌تی بود، اما او اساسا به‌عنوان تاجری معروف شد که توانسته بود تصور بازار محصولی را در سر بپروراند که هنوز وجود نداشت. توانایی فرچایلد سمیکانداکتر در «جای دادن اجزای بیشتر در مدارهای یکپارچه» - طبق فرمولی که گوردون مور در مقاله معروف خود در سال ١٩۶۵ مطرح کرده بود - نه فقط به فیزیک‌دان‌ها و شیمی‌دان‌های شرکت، بلکه به مدیران تولید سخت‌کوشی چون چارلی اسپورک بستگی داشت. دور نگه داشتن کارخانه‌های تراشه‌سازی از فشارهای اتحادیه‌های کارگری و پیشنهاد بخشی از سهام شرکت به بیشتر کارکنان موجب افزايش مستمر بهره‌وری شده بود. امروز، به لطف روحیه حاکم در میان کارکنان فرچایلد که یکی از آنان هنگام ترک شرکت، برای ذکر علت این کارش با عبارت «می‌خواهم ... ثروتمند ... شوم» به آن اشاره کرده بود، قیمت ترانزیستور بسیار کمتر از یک میلیونیم قیمت آن در سال ١٩۵٨ است.

البته با کمی تامل متوجه می‌شویم این عقیده که «تراشه جهان مدرن را ساخته است»: بیش از حد ساده‌انگارانه است، زیرا در واقع جامعه و سیاست تعیین‌کننده اصلی چگونگی تحقیق در مورد تراشه‌ها و طراحی، تولید، مونتاژ و استفاده از آن‌ها بوده است. برای مثال دارپا، واحد تحقیق و توسعه پنتاگون با تأمین مالی پروژه‌های مهم تحقیقاتی در زمینه ساختار‌های سه‌بعدی ترانزیستور، تحت عنوان فین‌فت که امروز در بیشتر تراشه‌های منطقی پیشرفته استفاده می‌شود، نیمه‌رسانا‌ها را به معنی واقعی کلمه شکل داده است. در آینده هم، صرف‌نظر از این که اهداف چین در نیل به برتری در حوزه نیمه‌رسانا محقق شود یا خیر، سیل یارانه‌های دولت چین موجب تغییر اساسی ساختار زنجیره تأمین نیمه‌رسانا‌ها خواهد شد.

البته هیچ تضمینی وجود ندارد که تراشه‌ها همچنان مانند گذشته مهم باقی خواهند ماند. بعید است تقاضای ما برای قدرت محاسبه کاهش یابد، اما این احتمال وجود دارد که در آینده به جایی برسیم که محصولی برای عرضه وجود نداشته باشد. قانون معروف گوردون مور، نه یک واقعیت فیزیکی؛ بلکه فقط یک پیش‌بینی است. هم‌اکنون نیز برخی بزرگان صنعت نیمه‌رسانا از جنسن هوانگ، مدیر‌عامل انویدیا گرفته تا جان هنسی،[[801]](#footnote-801) رییس سابق دانشگاه استنفورد و رییس هیات‌مدیره آلفابت،[[802]](#footnote-802) معتقدند قانون مور مرده است. به‌نظر می‌رسد در نهایت به جایی خواهیم رسید که قوانین فیزیک اجازه کوچک‌تر شدن ترانزیستورها را نخواهد داد. حتی پیش از آن هم، ممکن است هزینه تولید ترانزیستورهای کوچک‌تر بیش از حد افزایش یابد. هم‌اكنون می‌بینیم که سرعت کاهش هزینه‌های تولید نیمه‌رسانا‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کم شده است. ابزارآلات لازم برای تولید تراشه‌های هر‌چه کوچک‌تر شدیدا گران‌اند، و این امر در مورد ماشین‌های لیتوگرافی با اشعه فرابنفش فرین که هر یک بیش از ١٠٠ میلیون دلار ارزش دارند، بیش از همه صدق می‌کند.

پایان عمر قانون مور برای صنعت نیمه‌رسانا - و برای جهان - فاجعه‌بار خواهد بود. اگر امروز هر ساله ترانزیستورهای بیشتری تولید می‌کنیم، به این علت است که این کار از نظر اقتصادی برای ما مقرون به صرفه است. البته پیش از این هم برخی اعلام کرده بودند قانون مور در حال احتضار است. در سال ١٩٨٨، اریش بلوخ،[[803]](#footnote-803) کارشناس برجسته شرکت آی‌بی‌ام که بعد‌ها به‌عنوان رییس بنیاد ملی علوم[[804]](#footnote-804) در آمریکا انتخاب شد، اعلام کرد وقتی اندازه ترانزیستور به یک‌چهارم میکرون برسد، قانون مور دیگر عمل نخواهد کرد. با این وجود، صنعت نیمه‌رسانا یک دهه بعد، از این سد عبور کرد. حتی گوردون مور هم در یکی از سخنرانی‌هایش در سال ٢٠٠٣ اعلام کرد «کسب‌و‌کار نیمه‌رسانا مطمئنا طبق معمول، ظرف حدودا ده سال آینده به موانع جدیدی‌ خواهد رسید»؛ اما صنعت نیمه‌رسانا این موانع جدید را هم پشت‌سر گذاشت. در آن زمان، مور ایجاد ساختار سه‌بعدی برای ترانزیستورها را «ایده‌ای رادیکال» می‌دانست؛ اما امروز پس از کمتر از بیست سال، ما تریلیون‌ها عدد از این ترانزیستورهای سه‌بعدی فین‌فت را ساخته‌ایم. کارور مید، استاد دانشگاه کلتک که عبارت «قانون مور» را ابداع کرد، پنجاه سال پیش با این پیش‌بینی که تراشه‌ها ممکن است نهایتا در هر سانتیمتر مربع صد میلیون ترانزیستور داشته باشند، دانشمندان حوزه نیمه‌رسانا را در جهان شوکه کرد. امروز، تعداد ترانزیستورهایی که پیشرفته‌ترین کارخانه‌های تراشه‌سازی می‌توانند در یک تراشه جای دهند، بیش از صد برابر تعدادی است که مید هرگز می‌توانست حدس بزند.

به عبارت دیگر، بقای قانون مور حتی کسی را که آن را ابداع کرده بود و کسی که نامش انگیزه‌ نام‌گذاری آن بود را هم شگفت‌زده کرده است. حتی امروز هم، احتمالا بدبینان از ماندگاری این قانون در تعجب‌اند. جیم کلر، طراح برجسته نیمه‌رسانا که به خاطر کار‌های تحول‌آفرینش در حوزه تراشه‌ها در اپل، تسلا، ای‌ام‌دی و اینتل مورد‌ احترام همگان است، می‌گوید مسیر روشنی را به سوی افزایش پنجاه برابری تراکم ترانزیستورهای نصب‌شده روی تراشه‌ها در آینده می‌بیند. او معتقد است اولا، ضخامت ترانزیستوری باله‌ای شکل[[805]](#footnote-805) را می‌توان کاهش داد و بدین ترتیب تعداد ترانزیستورهای قابل‌نصب روی تراشه را تا سه برابر افزایش داد. در مرحله بعدی، ترانزیستورهای باله‌ای جای خود را به ترانزیستورهای لوله‌ای،[[806]](#footnote-806) معروف به «گیت سرتاسری»[[807]](#footnote-807) یا «جی‌ای‌ای‌فت»[[808]](#footnote-808) می‌دهند. این ترانزیستورها در واقع، لوله‌هایی به شکل سیم‌اند که اِعمال میدان الکتریکی را از همه جهات - بالا، اطراف و پایین - ممکن می‌سازد تا «سوییچ» ترانزیستور به بهترین نحو کنترل، و چالش‌های به وجود آمده در اثر کوچک شدن ترانزیستور حل شود. کلر معتقد است این سیم‌های بسیار کوچک، تراکم ترانزیستورها را در تراشه دو برابر خواهد کرد. او همچنین پیش‌بینی می‌کند با روی هم قرار دادن این سیم‌ها نیز می‌توان تراکم را هشت برابر افزایش داد. بدین ترتیب، با انجام این سه مرحله، می‌توان تعداد ترانزیستورهای قابل‌نصب روی هر تراشه را تا حدودا پنجاه برابر افزایش داد. کلر می‌گوید «اتم‌های ما تمام‌شدنی نیست. ما می‌دانیم چطور حتی لایه‌هایی به ضمامت تنها یک اتم را چاپ کنیم».

با وجود همه حرف‌وحدیث‌ها در مورد پایان قانون مور، امروز بیش از هر زمانی در گذشته، پول به صنعت تراشه تزریق می‌شود. استارت‌آپ‌هایی که تراشه‌های بهینه‌سازی‌شده را برای هوش مصنوعی طراحی می‌کنند، ظرف همین چند سال اخیر میلیارد‌ها دلار پول به دست آورده‌اند و هر یک امیدوارند اندویدیای بعدی صنعت تراشه باشند. شرکت‌های بزرگ فناوری - گوگل، آمازون، مایکروسافت، اپل، فیسبوک، علی‌بابا و مانند این‌ها - اکنون مبالغ هنگفتی را صرف طراحی تراشه‌های خود می‌کنند. بدین ترتیب، روشن است که این صنعت با کمبود نوآوری مواجه نیست.

بهترین استدلال در جهت تایید نظریه «رو به پایان بودن عمر قانون مور» این است که تمام این فعالیت‌های جدید در خصوص تراشه‌های ساخته‌شده برای منظورهای خاص، یا حتی برای شرکت‌های خاص، به تدریج جای اقدامات منظم اینتل برای ارتقای «قدرت محاسبه عمومی» ریزپردازنده‌های قدرتمندش در پنجاه سال اخیر را می‌گیرد. در همین راستا، دو پژوهشگر به نام‌های نیل تامپسون[[809]](#footnote-809) و اسوِنیا اسپانوت[[810]](#footnote-810) حتی استدلال کرده‌اند امروز جهان شاهد «زوال جایگاه رایانه‌ها به‌عنوان مظهر فناوری محاسبه عمومی» است. آن‌ها معتقدند در آینده، صنعت محاسبه به دو بخش تقسیم خواهد شد: کاربرد‌های «خط تندرو»[[811]](#footnote-811) که تراشه‌های سفارشی‌سازی‌شده قدرتمند را جذب خواهند کرد؛ و کاربرد‌های «خط کندرو»[[812]](#footnote-812) که تنها منبع قدرت محاسبه‌شان تراشه‌های عمومی است که دیگر پیشرفت چندانی هم نخواهند داشت.

در هر حال، این نکته غیر‌قابل‌انکار است که ریزپردازنده به‌عنوان نیروی محرکه صنعت محاسبه مدرن، کم‌کم در برخی کارکرد‌ها جای خود را به تراشه‌های ساخته‌شده برای منظورهای خاص می‌دهد. البته در این میان، هنوز معلوم نیست که این تحول جدید مشکل‌زا خواهد بود یا خیر. جی‌پی‌یو‌های انویدیا برخلاف ریزپردازنده‌های اینتل برای اهداف عمومی ساخته نمی‌شوند، بلکه به‌طور خاص برای انجام کار‌های گرافیکی و اخیرا به‌طور فزاینده‌ای برای هوش مصنوعی طراحی می‌شوند. در عین حال، انویدیا و دیگر شرکت‌های عرضه‌کننده تراشه‌های بهینه‌سازی‌شده برای هوش مصنوعی توانسته‌اند از هزینه‌های کاربرد هوش مصنوعی بکاهند، و در نتیجه دسترسی مشتریان به آن را گسترش دهند. در حال حاضر، هوش مصنوعی به لطف تراشه‌های جدیدتر و قدرتمندتر، بسیار بیشتر از آنچه ده سال پیش قابل‌تصور بود، کاربرد‌ عمومی یافته است.

شکل‌گیری روند اخیر در میان شرکت‌های بزرگ فناوری چون آمازون و گوگل در طراحی تراشه‌های خود، تحول دیگری نسبت به دهه‌های گذشته است. هم آمازون و هم گوگل به منظور ارتقای کارآیی سرورهایی که مدیریت سامانه‌های ابری آن‌ها را به عهده دارند، وارد کسب‌و‌کار طراحی تراشه شده‌اند. امروز همگان می‌توانند در سامانه ابری گوگل در قبال پرداخت مبلغی مشخص، به تراشه‌های تی‌پی‌یو این شرکت دسترسی داشته باشند. از دیدگاهی بدبینانه، این کار روشی برای تقسیم قدرت محاسبه به دو بخش «خط تندرو» و «خط کندرو» است. در عین حال، نکته شگفت‌آور این است که تقریبا هر کسی به آسانی می‌تواند با پرداخت مبلغی برای خرید یک تراشه انویدیا یا اجاره آن در یک سامانه ابری بهینه‌سازی‌شده برای هوش مصنوعی، به خط تندرو دسترسی داشته باشد.

به علاوه، ترکیب انواع مختلف تراشه‌ها امروز آسان‌تر از هر زمانی در گذشته شده است. در گذشته، هر وسیله‌ای غالبا تنها یک تراشه پردازنده داشت. اما امروز یک وسیله می‌تواند چند پردازنده داشته باشد، به‌طوری که برخی از آن‌ها کارهای عمومی را انجام دهند و برخی دیگر بخش‌های ویژه‌ای از آن، مانند دوربین را مدیریت کنند. این قابلیت، امروز به لطف فناوری‌های بسته‌بندی جدیدی ممکن شده است که اتصال تراشه‌ها را به نحو کارآمد میسر کرده‌اند و به شرکت‌ها امکان داده‌اند به سادگی بر اساس نوع پردازش‌های مورد نیاز یا ملاحظات مرتبط با هزینه و قیمت، تراشه‌های خاصی را در وسیله مورد نظرشان نصب یا از آن حذف کنند. در واقع، امروز تراشه‌سازان بزرگ بیش از هر زمانی در گذشته در خصوص سامانه‌هایی فکر می‌کنند که قرار است تراشه‌هایشان در آن‌ها کار کند، بنابراین سوال مهم پیش روی ما این نیست که آیا سرانجام به پایان عمر قانون مور - افزایش تصاعدی تعداد ترانزیستورها در هر تراشه - نزدیک شده‌ایم. سوال این است که آیا به نقطه‌ای رسیده‌ایم که از این پس، افزایش مقدار قدرت محاسبه تولیدشده توسط تراشه‌ها هزینه-کارآمد نخواهد بود. آنچه مسلم است این که عملکرد چندین هزار مهندس و سرمايه‌گذاری‌های چندین میلیارد دلاری شرکت‌ها نشان می‌دهد صنعت نیمه‌رسانا روی پاسخ منفی به این سوال شرط‌بندی کرده است.

در دسامبر ١٩۵٨ - همان سالی که موریس چانگ، پث هگرتی، ولدون ورد، جی لتروپ و جک کیلبی در تگزاس اینسترومنتس گردهم آمدند - کنفرانسی در زمینه لوازم الکترونیکی در واشنگتن‌دی‌سی برگزار شد. موریس چانگ، گوردون مور و باب نویس از شرکت‌کنندگان در این کنفرانس بودند و پس از آن هم، شاد و هیجان‌زده به هتل خود بازگشتند. در آن روز، هیچ‌کس حدس نمی‌زد که آن‌ها در آینده به غول‌های فناوری تبدیل خواهند شد. با این حال آن‌ها امروز، نه فقط بر میلیارد‌ها ویفر سیلیکونی، بلکه همچنین بر زندگی همه ما اثری ماندگار گذاشته‌اند. تراشه‌هایی که آن‌ها اختراع کردند و صنعتی که آن‌ها بنا نهادند، مداربندی پنهانی است که ساختار تاریخ ما را تعیین کرده است و آینده ما را نیز شکل خواهد داد.

## منابع

مقدمه

1. [**On board the USS *Mustin*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note1) “USS Mustin Transits the Taiwan Strait,” *Navy Press Releases*, August 19, 2020, <https://www.navy.mil/Press-Office/Press-Releases/display-pressreleases/Article/2317449/uss-mustin-transits-the-taiwan-strait/#images-3>; Sam LaGrone, “Destroyer USS Mustin Transits Taiwan Strait Following Operations with Japanese Warship,” *USNI News*, August 18, 2020, <https://news.usni.org/2020/08/18/destroyer-uss-mustin-transits-taiwan-strait-following-operations-with-japanese-warship>.
2. [**“reunification-by-force”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note2) “China Says Latest US Navy Sailing Near Taiwan ‘Extremely Dangerous,’ ” *Straits Times*, August 20, 2020, <https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/china-says-latest-us-navy-sailing-near-taiwan-extremely-dangerous>; Liu Xuanzun, “PLA Holds Concentrated Military Drills to Deter Taiwan Secessionists, US,” *Global Times*, August 23, 2020, <https://www.globaltimes.cn/page/202008/1198593.shtml>.
3. [**chip choke:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note3) This phrase was coined by Murray Scott, whose *Zen on Tech* newsletter shaped my thinking about the geopolitics of semiconductors.
4. [**a quarter of the chip industry’s revenue:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note4) Antonio Varas, Raj Varadarajan, Jimmy Goodrich, and Falan Yinug, “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era,” *Semiconductor Industry Association*, April 2021, exhibit 2, <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf>; Phones are 26 percent of semiconductor sales by dollar value.
5. [**It buys most off-the-shelf:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note5) “iPhone 12 and 12 Pro Teardown,” *IFixit*, October 20, 2020, <https://www.ifixit.com/Teardown/iPhone+12+and+12+Pro+Teardown/137669>.
6. [**most expensive factory in human history:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note6) “A Look Inside the Factory Around Which the Modern World Turns,” *Economist*, December 21, 2019.
7. [**sold over 100 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note7) Angelique Chatman, “Apple iPhone 12 Has Reached 100 Million Sales, Analyst Says,” CNET, June 30, 2021; Omar Sohail, “Apple A14 Bionic Gets Highlighted with 11.8 Billion Transistors,” *WCCFTech*, September 15, 2020.
8. [**wasn’t 11.8 billion, but 4:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note8) Isy Haas, Jay Last, Lionel Kattner, and Bob Norman moderated by David Laws, “Oral History of Panel on the Development and Promotion of Fairchild Micrologic Integrated Circuits,” Computer History Museum, October 6, 2007, <https://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2013/05/102658200-05-01-acc.pdf>; interview with David Laws, 2022.
9. [**two cents per bit:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note9) Gordon E. Moore, “Cramming More Components onto Integrated Circuits,” *Electronics* 38, No. 8 (April 19, 1965), <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf>; Intel 1103 data from “Memory Lane,” *Nature Electronics* 1 (June 13, 2018), <https://www.nature.com/articles/s41928-018-0098-9>.
10. [**a third of the new computing power we use each year:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note10) Per Semiconductor Industry Association data, 37 percent of logic chips were produced in Taiwan in 2019; Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era.”
11. [**almost all the world’s most advanced processor chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note11) Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era,” p. 35.
12. [**General Motors had to shut factories:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note12) Mark Fulthorpe and Phil Amsrud, “Global Light Vehicle Production Impacts Now Expected Well into 2022,” *IHS Market*, August 19, 2021, <https://ihsmarkit.com/research-analysis/global-light-vehicle-production-impacts-now-expected-well-into.html>.
13. [**44 percent of the world’s memory chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note13) Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era.”
14. [**security clearance:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\intro.xhtml#note14) Interview with Morris Chang, 2022.

فصل 1

1. [**a studious young engineer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note15) Details on Morita’s life are from Akio Morita, *Made in Japan: Akio Morita and Sony* (HarperCollins, 1987).
2. [**Morris Chang’s childhood:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note16) Morris C. M. Chang, *The Autobiography of Morris C. M. Chang* (Commonwealth Publishing, 2018). Thanks to Mindy Tu for help with translation.
3. [**Andy Grove lived through the same typhoon of steel:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note17) Andrew Grove, *Swimming Across* (Warner Books, 2002), p. 52.
4. [**ritual suicide:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note18) John Nathan, *Sony: A Private Life* (Houghton Mifflin, 2001), p. 16.
5. [**leisurely teenaged life:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note19) Chang, *Autobiography of Morris C. M. Chang.*
6. [**heat-seeking missiles:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note20) Morita, *Made in Japan*, p. 1.
7. [**human “computers”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note21) David Alan Grier, *When Computers Were Human* (Princeton University Press, 2005), ch. 13; Mathematical Tables Project, *Table of Reciprocals of the Integers from 100,000 through 200,009* (Columbia University Press, 1943).
8. [**within one thousand feet of their target:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note22) Robert P. Patterson, *The United States Strategic Bombing Survey: Summary Report* (United States Department of War, 1945), p. 15, in *The United States Strategic Bombing Surveys* (Air University Press, 1987), <https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/AUPress/Books/B_0020_SPANGRUD_STRATEGIC_BOMBING_SURVEYS.pdf>.
9. [**“debugging”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note23) T. R. Reid, *The Chip* (Random House, 2001), p. 11.
10. [**eighteen thousand tubes:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch01.xhtml#note24) Derek Cheung and Eric Brach, *Conquering the Electron: The Geniuses, Visionaries, Egomaniacs, and Scoundrels Who Built Our Electronic Age* (Roman & Littlefield, 2011), p. 173.

فصل 2

1. [**William Shockley had long assumed:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note25) Joel Shurkin, *Broken Genius: The Rise and Fall of William Shockley, Creator of the Electronic Age* (Macmillan, 2006) is the best account of Shockley. See also Michael Riordan and Lillian Hoddeson, *Crystal Fire: The Birth of the Information Age* (Norton, 1997).
2. [**he could actually**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note26) ***see* electrons:** Gino Del Guercio and Ira Flatow, “Transistorized!” PBS, 1999, <https://www.pbs.org/transistor/tv/script1.html>.
3. [**“solid state valve”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note27) Riordan and Hoddeson, *Crystal Fire*, esp. pp. 112−114.
4. [**surging across the germanium:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note28) This account of the transistor draws heavily on Riordan and Hoddeson, *Crystal Fire*, and Cheung and Brach, *Conquering the Electron.*
5. [**Shockley had designed a switch:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note29) Cheung and Brach, *Conquering the Electron*, pp. 206−207.
6. [**replace human brains:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch02.xhtml#note30) Riordan and Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 165; “SCIENCE 1948: Little Brain Cell,” *Time*, 1948, <http://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,952095,00.html>.

فصل ٣

1. [**in the *Wall Street Journal*, too:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note31) Cheung and Brach, *Conquering the Electron*, p. 228.
2. [**$25,000:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note32) Ibid., p. 214.
3. [**Jack Kilby… spent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note33) Interview with Ralph Calvin, 2021; Jay W. Lathrop, an oral history conducted in 1996 by David Morton, IEEE History Center, Piscataway, NJ, USA.
4. [**licensed the technology from AT&T:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note34) Jack Kilby interview by Arthur L. Norberg, Charles Babbage Institute, June 21, 1984, pp. 11−19, <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/r107410/oh074jk.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
5. [**track enemy submarines:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note35) Caleb III Pirtle, *Engineering the World: Stories from the First 75 Years of Texas Instruments* (Southern Methodist University Press, 2005), p. 29.
6. [**on the same piece of semiconductor material:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note36) David Brock and David Laws, “The Early History of Microcircuitry,” *IEEE Annals of the History of Computing* 34, No. 1 (January 2012), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6109206>; T. R. Reid, *The Chip* (Random House, 2001).
7. [**Fairchild Semiconductor:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note37) Shurkin, *Broken Genius*, p. 173; “Gordon Moore,” PBS, 1999, <https://www.pbs.org/transistor/album1/moore/index.html>; other important books on Fairchild include Arnold Thackray, David C. Brock, and Rachel Jones, *Moore’s Law: The Life of Gordon Moore, Silicon Valley’s Quiet Revolutionary* (Basic, 2015), and Leslie Berlin, *The Man Behind the Microchip: Robert Noyce and the Invention of Silicon Valley* (Oxford University Press, 2005).
8. [**Noyce realized Hoerni’s “planar method”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note38) “1959: Practical Monolithic Integrated Circuit Concept Patented,” Computer History Museum, <https://www.computerhistory.org/siliconengine/practical-monolithic-integrated-circuit-concept-patented/>; Christophe Lecuyer and David Brock, *Makers of the Microchip* (MIT Press, 2010); Robert N. Noyce, Semiconductor Device-and-Lead Structure, USA, 2981877, filed Jul 30, 1959 and issued Apr 25, 1961, <https://patentimages.storage.googleapis.com/e1/73/1e/7404cd5ad6325c/US2981877.pdf>; Michael Riordan, “The Silicon Dioxide Solution,” *IEEE Spectrum*, December 1, 2007, <https://spectrum.ieee.org/the-silicon-dioxide-solution>; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, pp. 53–81.
9. [**fifty times as much to make:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch03.xhtml#note39) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 112.

فصل 4

1. [**“Russ ‘Moon’ Circling Globe”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note40) “Satellite Reported Seen over S.F.,” *San Francisco Chronicle*, October 5, 1957, p. 1.
2. [**the Soviet space program caused a crisis of confidence:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note41) Robert Divine, *The Sputnik Challenge* (Oxford, 1993). My thinking on the impact of the Cold War on American science was shaped by Margaret O’Mara, *Cities of Knowledge: Cold War Science and the Search for the Next Silicon Valley* (Princeton University Press, 2015); Audra J. Wolfe, *Competing with the Soviets: Science, Technology, and the State in Cold War America* (Johns Hopkins University Press, 2013); and Steve Blank, “Secret History of Silicon Valley,” Lecture at the Computer History Museum, November 20, 2008, <https://www.youtube.com/watch?v=ZTC_RxWN_xo>.
3. [**consume more electricity:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note42) Eldon C. Hall, *Journey to the Moon: The History of the Apollo Guidance Computer* (American Institute of Aeronautics, 1996), pp. xxi, 2; Paul Cerruzi, “The Other Side of Moore’s Law: The Apollo Guidance Computer, the Integrated Circuit, and the Microelectronics Revolution, 1962–1975,” in R. Lanius and H. McCurdy, *NASA Spaceflight* (Palgrave Macmillan, 2018).
4. [**“see if they are real”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note43) Hall, *Journey to the Moon*, p. 80.
5. [**a computer using Noyce’s integrated circuits:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note44) Hall, *Journey to the Moon*, pp. xxi, 2, 4, 19, 80, 82; Tom Wolfe, “The Tinkerings of Robert Noyce,” *Esquire*, December 1983.
6. [**$21 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note45) Robert N. Noyce, “Integrated Circuits in Military Equipment,” *Institute of Electrical and Electronics Engineers Spectrum*, June 1964; Christophe Lecuyer, “Silicon for Industry: Component Design, Mass Production, and the Move to Commercial Markets at Fairchild Semiconductor, 1960−1967,” *History and Technology* 16 (1999): 183; Michael Riordan, “The Silicon Dioxide Solution,” *IEEE Spectrum*, December 1, 2007, <https://spectrum.ieee.org/the-silicon-dioxide-solution>.
7. [**discounted to $15:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note46) Hall, *Journey to the Moon*, p. 83.
8. [**selling electronic systems to the military:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note47) Charles Phipps, “The Early History of ICs at Texas Instruments: A Personal View,” *IEEE Annals of the History of Computing* 34, No. 1 (January 2012): 37−47.
9. [**every piece of electronics the U.S. military used:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note48) Norman J. Asher and Leland D. Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” *Institute for Defense Analyses*, May 1, 1977, p. 54.
10. [**“like a messiah”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note49) Interview with Bill Heye, 2021; Interview with Morris Chang, 2022.
11. [**Air Force began looking for a new computer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note50) Patrick E. Haggerty, “Strategies, Tactics, and Research,” *Research Management* 9, No. 3 (May 1966): 152−153.
12. [**Mylar tape:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note51) Marshall William McMurran, *Achieving Accuracy: A Legacy of Computers and Missiles* (Xlibris US, 2008), p. 281.
13. [**“There was really not much of a choice”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note52) Interviews with Bob Nease, Marshall McMurran, and Steve Roemerman, 2021; David K. Stumpf, *Minuteman: A Technical History of the Missile That Defined American Nuclear Warfare* (University of Arkansas Press, 2020), p. 214; Patrick E. Haggerty, “Strategies, Tactics, and Research,” *Research Management* 9, No. 3 (May 1966): 152−153; see also Bob Nease and D. C. Hendrickson, *A Brief History of Minuteman Guidance and Control* (Rockwell Autonetics Defense Electronics, 1995); McMurran, *Achieving Accuracy*, ch. 12. I am grateful to David Stumpf for sharing Nease and Henderson’s paper with me.
14. [**20 percent of all integrated circuits sold:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch04.xhtml#note53) Asher and Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” p. 83; Hall, *Journey to the Moon*, p. 19; “Minuteman Is Top Semiconductor User,” *Aviation Week & Space Technology*, July 26, 1965, p. 83.

فصل 5

1. [**Jay Lathrop pulled into:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note54) Correspondence with Jay Lathrop, 2021; Interview with Walter Cardwell, 2021; Interview with John Gowdy, 2021; Jay Lathrop and James R. Nall, Semiconductor Construction, USA, 2890395A, filed October 31, 1957, and issued June 9, 1959, <https://patentimages.storage.googleapis.com/e2/4d/4b/8d90caa48db31b/US2890395.pdf>; Jay Lathrop, “The Diamond Ordinance Fuze Laboratory’s Photolithographic Approach to Microcircuits,” *IEEE Annals of the History of Computing* 35, No. 1 (2013): 48-55.
2. [**Jack Kilby spent each Saturday pacing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note55) Correspondence with Jay Lathrop, 2021; Interview with Mary Anne Potter, 2021.
3. [**Mary Anne Potter spent months:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note56) Interview with Mary Anne Potter, 2021; Mary Anne Potter, “Oral History,” *Transistor Museum*, September 2001, <http://www.semiconductormuseum.com/Transistors/TexasInstruments/OralHistories/Potter/Potter_Page2.htm>.
4. [**Morris Chang arrived at TI in 1958:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note57) Chang, *Autobiography of Morris Chang*; “Stanford Engineering Hero Lecture: Morris Chang in Conversation with President John L. Hennessy,” Stanford Online, YouTube Video, April 25, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=wEh3ZgbvBrE>.
5. [**tossed out:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note58) Oral History of Morris Chang, interviewed by Alan Patterson, Computer History Museum, August 24, 2007; Interview with Morris Chang, 2022.
6. [**“If you hadn’t ever been chewed out by Morris”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note59) Interviews with Bill Heye and Gil Varnell, 2021.
7. [**the yield on his production line:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note60) Oral History of Morris Chang, interviewed by Alan Patterson, Computer History Museum, August 24, 2007.
8. [**Executives from IBM:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note61) Tekla S. Perry, “Morris Chang: Foundry Father,” *Institute of Electrical and Electronics Engineers Spectrum*, April 19, 2011, <https://spectrum.ieee.org/at-work/tech-careers/morris-chang-foundry-father>.
9. [**“Unless we could make it work”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note62) David Laws, “A Company of Legend: The Legacy of Fairchild Semiconductor,” *IEEE Annals of the History of Computing* 32, No. 1 (January 2010): 64.
10. [**“It was love at first sight”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch05.xhtml#note63) Charles E. Sporck and Richard Molay, *Spinoff: A Personal History of the Industry That Changed the World* (Saranac Lake Publishing, 2001), pp. 71−72; Christophe Lecuyer, “Silicon for Industry”: 45.

فصل ۶

1. [**torpedoes to telemetry:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note64) Asher and Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” p. 74.
2. [**use “over 95% of the circuits”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note65) Robert Noyce, “Integrated Circuits in Military Equipment,” *IEEE Spectrum* (June 1964): 71.
3. [**“not often career officers”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note66) Thomas Heinrich, “Cold War Armory: Military Contracting in Silicon Valley,” *Enterprise & Society* 3, No. 2 (June 2002): 269; Lecuyer, “Silicon for Industry”: 186.
4. [**a Zenith hearing aid:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note67) Reid, *The Chip*, p. 151.
5. [**“Venturing is venturing”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note68) Dirk Hanson, *The New Alchemists: Silicon Valley and the Microelectronics Revolution* (Avon Books, 1983), p. 93.
6. [**Lockheed was far ahead:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note69) US Government Armed Services Technical Information Agency, *Survey of Microminiaturization of Electronic Equipment*, P. V. Horton and T. D. Smith, AD269 300, Arlington, VA: Air Force Ballistic Missile Division Air Research Development Command, United States Air Force, 1961, pp. 23, 37, 39, <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0269300>.
7. [**came to be known as Moore’s Law:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note70) Moore, “Cramming More Computers onto Integrated Circuits.”
8. [**“means good business”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note71) Asher and Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” p. 73; Herbert Kleiman, *The Integrated Circuit: A Case Study of Product Innovation in the Electronics Industry* (George Washington University Press, 1966), p. 57.
9. [**Fairchild even sold products below manufacturing cost:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note72) Lecuyer, “Silicon for Industry”: esp. 189, 194, 222; Kleiman, *The Integrated Circuit*, p. 212; Ernest Braun and Stuart Macdonald, *Revolution in Miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics* (Cambridge University Press, 1982), p. 114.
10. [**Fairchild chips served 80 percent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note73) Asher and Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” p. 64; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 138; Lecuyer, “Silicon for Industry”: 180, 188.
11. [**Noyce’s price cuts:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note74) “Oral History of Charlie Sporck,” Computer History Museum, YouTube Video, March 2, 2017, 1:11:48, <https://www.youtube.com/watch?v=duMUvoKP-pk>; Asher and Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” p. 73; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 138.
12. [**“creeping socialism”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note75) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 120.
13. [**“I… WANT… TO… GET… RICH”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch06.xhtml#note76) Michael Malone, *The Intel Trinity* (Michael Collins, 2014), p. 31.

فصل ۷

1. [**an unexpected visitor arrived in Palo Alto:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note77) Y. Nosov, “*Tranzistor—Nashe Vse. K Istorii Velikogo Otkrytiya*,” *Elektronika*, 2008, <https://www.electronics.ru/journal/article/363>; A. F. Trutko, IREX Papers, Library of Congress, Washington, D.C.; for “Crothers Memorial Hall,” see the Stanford 1960 Yearbook.
2. [**A CIA report in 1959 found:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note78) CIA, “Production of Semiconductor Devices in the USSR,” CIA*/RR*, November 1959, 59-44.
3. [**For an ambitious young engineer like Yuri Osokin:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note79) Interviews with Lev Lapkis, Valery Kotkin, Sergei Osokin, and Sergey Sudjin, 2021; on Soviet study of US publications: N. S. Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolyutsiya* (Universitet Dmitriya Pozharskogo, 2013), pp. 206−207; “Automate the Boss’ Office,” *Business Week*, April 1956, p. 59; A. A. Vasenkov, “*Nekotorye Sobytiya iz Istorii Mikroelekroniki*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2010, <https://computer-museum.ru/books/vasenkov/vasenkov_3-1.htm>; B. Malashevich, “*Pervie Integralnie Skhemi*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2008, <https://www.computer-museum.ru/histekb/integral_1.htm>.
4. [**whenever Osokin put down his guitar:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note80) Interviews with Lev Lapkis, Valery Kotkin, and Sergey Sudjin.
5. [**“the size of a cigarette box”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note81) A. A. Shokin, *Ocherki Istorii Rossiiskoi Elektroniki,* v. 6 (Tehnosfera, 2014), p. 520.
6. [**Joel Barr was the son of:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note82) In the Soviet Union, Sarant went by the name Philip Staros, while Barr was known as Joseph Berg; details of their work draws heavily from Steven T. Usdin, *Engineering Communism* (Yale University Press, 2005).
7. [**Barr and Sarant had dreamt up their own version in a Moscow suburb:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note83) Usdin, *Engineering Communism*, p. 175; Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolyutsiya*, p. 212. There’s some debate among Russian microelectronics experts about the scale of Barr and Sarant’s impact. They didn’t single-handedly create the Soviet computer industry, but they clearly played an important role.
8. [**On May 4, 1962:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note84) Usdin, *Engineering Communism*, pp. 203−209.
9. [**“It is our future”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch07.xhtml#note85) Shokin, *Ocherki Istorii Rossiiskoi Elektroniki,* v. 6, pp. 522−523, 531.

فصل ۸

1. [**“Copy it”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch08.xhtml#note86) Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolyutsiya*, p. 210; see also A. A. Vasenkov, “*Nekotorye Sobytiya iz Istorii Mikroelekroniki*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2010, <https://computer-museum.ru/books/vasenkov/vasenkov_3-1.htm>; Boris Malin file, IREX Papers, Library of Congress, Washington, D.C; Shokin, *Ocherki Istorii Rossiiskoi Elektroniki* v. 6, p. 543.
2. [**Soviet exchange students… reported learning little:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch08.xhtml#note87) B. Malashevich, “*Pervie Integralnie Shemi*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2008, <https://www.computer-museum.ru/histekb/integral_1.htm>; Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolyutsiya*, p. 65; Oral History of Yury R. Nosov, interviewed by Rosemary Remackle, Computer History Museum, May 17, 2012, pp. 22−23.
3. [**lagged in nearly every type of advanced manufacturing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch08.xhtml#note88) Ronald Amann et al., *The Technological Level of Soviet Industry* (Yale University Press, 1977).
4. [**some chipmaking machinery using inches:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch08.xhtml#note89) A. A. Vasenkov, “*Nekotorye Sobytiya iz Istorii Mikroelekroniki*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2010, <https://computer-museum.ru/books/vasenkov/vasenkov_3-1.htm>; B. V. Malin, “*Sozdanie Pervoi Otechestvennoi Mikroshemy*,” *Virtualnyi Kompyuternyi Muzei*, 2000, <https://www.computer-museum.ru/technlgy/su_chip.htm>.
5. [**unable to speak about his invention:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch08.xhtml#note90) Interview with Sergei Osokin, 2021.

فصل 9

1. [**Ikeda behaved like a “transistor salesman”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note91) This account of Ikeda’s visit derives from Japanese sources translated by Miina Matsuyama; see Nick Kapur, *Japan at the Crossroads After Anpo* (Harvard University Press, 2018), p. 84; Shiota Ushio, *Tokyo Wa Moetaka* (Kodansha, 1988); Shintaro Ikeda, “The Ikeda Administration’s Diplomacy Toward Europe and the ‘Three-Pillar’ Theory,” *Hiroshima Journal of International Studies* 13 (2007); Kawamura Kazuhiko, *Recollections of Postwar Japan, S25* (History Study Group, 2020).
2. [**“a strong Japan is a better risk”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note92) Office of the Historian, U.S. Department of State, “National Security Council Report,” in David W. Mabon, ed., *Foreign Relations of the United States, 1955−1957, Japan, Volume XXIII, Part 1* (United States Government Printing Office, 1991), <https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1955-57v23p1/d28>; Office of the Historian, U.S. Department of State, “No. 588 Note by the Executive Secretary (Lay) to the National Security Council,” in David W. Mabon and Harriet D. Schwar, eds., *Foreign Relations of the United States, 1952−1954, China and Japan, Volume XIV, Part 2* (United States Government Printing Office, 1985), <https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1952-54v14p2/d588>.
3. [**the U.S. government supported Japan’s rebirth:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note93) Office of the Historian, U.S. Department of State, “National Security Council Report.”
4. [**called him into his office with interesting news:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note94) Bob Johnstone, *We Were Burning: Japanese Entrepreneurs and the Forging of the Electronic Age* (Basic Books, 1999), p. 16; Makoto Kikuchi, an oral history conducted in 1994 by William Aspray, IEEE History Center, Piscataway, NJ, USA.
5. [**“my heart would start to pound”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note95) Makoto Kikuchi, “How a Physicist Fell in Love with Silicon in the Early Years of Japanese R&D,” in H. R. Huff, H. Tsuya, and U. Gosele, eds., *Silicon Materials Science and Technology,* v. 1 (The Electrochemical Society, Inc., 1998), p. 126; Makoto Kikuchi, an oral history conducted in 1994 by William Aspray, IEEE History Center, Piscataway, NJ, USA; Johnstone, *We Were Burning*, p. 15.
6. [**“I’ve never seen so many flashbulbs”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note96) Vicki Daitch and Lillian Hoddeson, *True Genius: The Life and Science of John Bardeen: The Only Winner of Two Nobel Prizes in Physics* (Joseph Henry Press, 2002), pp. 173−174.
7. [**It seemed “miraculous”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note97) Nathan, *Sony*, p. 13; Morita, *Made in Japan*, pp. 70−71.
8. [***This country seems to have everything*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note98) Morita, *Made in Japan*, p. 1.
9. [**“inexcusably outrageous”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note99) Hyungsub Choi, “Manufacturing Knowledge in Transit: Technical Practice, Organizational Change, and the Rise of the Semiconductor Industry in the United States and Japan, 1948−1960,” PhD dissertation, Johns Hopkins University, 2007, p. 113; Johnstone, *We Were Burning*, p. xv.
10. [**“The public does not know what is possible”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note100) Simon Christopher Partner, “Manufacturing Desire: The Japanese Electrical Goods Industry in the 1950s,” PhD dissertation, Columbia University, 1997, p. 296; Andrew Pollack, “Akio Morita, Co-Founder of Sony and Japanese Business Leader, Dies at 78,” *New York Times*, October 4, 1999.
11. [**Texas Instruments had tried to market transistor radios:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note101) Pirtle, *Engineering the World*, pp. 73−74; Robert J. Simcoe, “The Revolution in Your Pocket,” *American Heritage* 20, No. 2 (Fall 2004).
12. [**handing over 4.5 percent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note102) John E. Tilton, *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors* (Brookings Institution, 1971), pp. 57, 141, 148; “Leo Esaki Facts,” The Nobel Foundation, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1973/esaki/facts/>.
13. [**TI “would have been the Sony of computer electronics”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note103) Johnstone, *We Were Burning*, ch. 1 and pp. 40−41.
14. [**$60 billion:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note103a) Kenneth Flamm, “Internationalization in the Semiconductor Industry,” in Joseph Grunwald and Kenneth Flamm, eds., *The Global Factory: Foreign Assembly in International Trade* (Brookings Institution, 1985), p. 70; Bundo Yamada, “Internationalization Strategies of Japanese Electronics Companies: Implications for Asian Newly Industrializing Economies (NIEs),” OECD Development Centre, October 1990, <https://www.oecd.org/japan/33750058.pdf>.
15. [**appealed to the U.S. government for help:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note104) Choi, *Manufacturing Knowledge in Transit*, pp. 191−192.
16. [**“Japan is a keystone”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note105) “Marketing and Export: Status of Electronics Business,” *Electronics*, May 27, 1960, p. 95.
17. [**“A people with their history”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note106) Henry Kissinger, “Memorandum of Conversation, Washington, April 10, 1973, 11:13 a.m.−12:18 p.m.,” in Bradley Lynn Coleman, David Goldman, and David Nickles, eds., *Foreign Relations of the United States, 1969–1976, Volume E–12, Documents on East and Southeast Asia, 1973–1976* (Government Printing Office, 2010), <https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1969-76ve12/d293>.
18. [**“We will cover for you”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note107) Interview with Bill Heye, 2021; interview with Morris Chang, 2022; J. Fred Bucy, *Dodging Elephants: The Autobiography of J. Fred Bucy* (Dog Ear Publishing, 2014), pp. 92−93.
19. [**ahead of schedule:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch09.xhtml#note108) Johnstone, *We Were Burning*, p. 364.

فصل 10

1. [***Transistor Girls*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note109) Paul Daniels, *The Transistor Girls* (Stag, 1964).
2. [**Sporck was fixated on efficiency:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note110) Eugene J. Flath interview by David C. Brock, Science History Institute, February 28, 2007.
3. [***To hell with this*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note111) Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum; Sporck and Molay, *Spinoff: A Personal History of the Industry That Changed the World*.
4. [**maximizing their productivity:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note112) Andrew Pollack, “In the Trenches of the Chip Wars, a Struggle for Survival,” *New York Times*, July 2, 1989; Sporck and Molay, *Spinoff*, p. 63; Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.
5. [**staffed their assembly lines with women:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note113) Glenna Matthew, *Silicon Valley, Women, and the California Dream: Gender, Class, and Opportunity in the Twentieth Century* (Stanford University Press, 2002), ch. 1−3.
6. [**another step that at the time could only be done by hand:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note114) Sporck and Molay, *Spinoff*, pp. 87−88.
7. [**soon on a plane:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note115) Sporck and Molay, *Spinoff*, pp. 91−93; William F. Finan, *Matching Japan in Quality: How the Leading U.S. Semiconductor Firms Caught Up with the Best in Japan* (MIT Japan Program, 1993), p. 61; Julius Blank interview by David C. Brock, Science History Institute, March 20, 2006, p. 10; Oral History of Julius Blank, interviewed by Craig Addison, Computer History Museum, January 25, 2008.
8. [**“willing to tolerate monotonous work”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note116) John Henderson, *The Globalisation of High Technology Production* (Routledge, 1989), p. 110; Sporck and Molay, *Spinoff*, p. 94; Harry Sello Oral History interview by Craig Addison, SEMI, April 2, 2004.
9. [**prohibitively expensive in California:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note117) Sporck and Molay, *Spinoff*, p. 95; Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.
10. [**only a dime:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note118) William F. Finan, “The International Transfer of Semiconductor Technology Through U.S.-Based Firms,” NBER Working Paper no. 118, December 1975, pp. 61−62.
11. [**“pretty much outlawed”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note119) Craig Addison, Oral History Interview with Clements E. Pausa, June 17, 2004.
12. [**“We never had any union problems in the Orient”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch10.xhtml#note120) Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum; see also the extensive discussion of unionization, wage negotiations, and International Labor Organization regulations in Computer History Museum, “Fairchild Oral History Panel: Manufacturing and Support Services,” October 5, 2007.

فصل 11

1. [**halfway on the flight:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note121) Interview with Bill Heye, 2021.
2. [**eight hundred thousand tons:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note122) Samuel J. Cox, “H-017-2: Rolling Thunder—A Short Overview,” Naval History and Heritage Command, March 27, 2018, <https://www.history.navy.mil/about-us/leadership/director/directors-corner/h-grams/h-gram-017/h-017-2.html#:~:text=These%20U.S.%20strikes%20dropped%20864%2C000,years%20of%20World%20War%20II>.
3. [**only four examples:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note123) Barry Watts, *Six Decades of Guided Munitions and Battle Networks: Progress and Prospects* (Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2007), p. 133.
4. [**the rest simply missed:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note124) US Government Naval Air Systems Command, “Report of the Air-to-Air Missile System Capability Review July−November 1968,” AD-A955-143, Naval History and Heritage Command, April 23, 2021, <https://www.history.navy.mil/research/histories/naval-aviation-history/ault-report.html>; Watts, *Six Decades of Guided Munitions*, p. 140.
5. [**within 420 feet of their target:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note125) James E. Hickey, *Precision-Guided Munitions and Human Suffering in War* (Routledge, 2016), p. 98.
6. [**TI already produced the necessary components:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note126) Interview with Steve Roemerman, 2021; Paul G. Gillespie, “Precision Guided Munitions: Constructing a Bomb More Potent Than the A-Bomb,” PhD dissertation, Lehigh University, 2002.
7. [**“cheap and familiar”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note127) Interview with Steve Roemerman, 2021.
8. [**priced like an inexpensive family sedan:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note128) Interview with Steve Roemerman, 2021.
9. [**Could Texas Instruments do anything to help?:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note129) “Obituary of Colonel Joseph Davis Jr.,” *Northwest Florida Daily News*, August 24−26, 2014; Gillespie, “Precision Guided Munitions,” pp. 117−118; Walter J. Boyne, “Breaking the Dragon’s Jaw,” *Air Force Magazine*, August 2011, pp. 58−60, <https://www.airforcemag.com/PDF/MagazineArchive/Documents/2011/August%202011⁄0811jaw.pdf>; Vernon Loeb, “Bursts of Brilliance,” *Washington Post*, December 15, 2002.
10. [**Word started with a standard-issue bomb:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note130) Gillespie, “Precision Guided Munitions,” p. 116.
11. [**a tool of precision destruction:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note131) Ibid., pp. 125, 172.
12. [**“automated fire control”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch11.xhtml#note132) William Beecher, “Automated Warfare Is Foreseen by Westmoreland After Vietnam,” *New York Times*, October 14, 1969. Defense theorists, however, had already realized that precision munitions would transform warfare; see James F. Digby, *Precision-Guided Munitions: Capabilities and Consequences*, RAND Paper P-5257, June 1974, and *The Technology of Precision Guidance: Changing Weapon Priorities, New Risks, New Opportunities*, RAND Paper P-5537, November 1975.

فصل 12

1. [**“bars and dancing girls”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note133) “Taiwan’s Development of Semiconductors Was Not Smooth Sailing,” tr. Claus Soong, *Storm Media*, June 5, 2019, <https://www.storm.mg/article/1358975?mode=whole.000>.
2. [**son of a Dallas police officer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note134) “Mark Shepherd Jr. Obituary,” *Dallas Morning News*, February 6−8, 2009; Ashlee Vance, “Mark Shepherd, a Force in Electronics, Dies at 86,” *New York Times*, February 9, 2009.
3. [**“bully less-advanced countries”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note135) “Taiwan’s Development of Semiconductors was not Smooth Sailing”; Interview with Morris Chang, 2022.
4. [**the U.S. cut economic aid:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note136) David W. Chang, “U.S. Aid and Economic Progress in Taiwan,” *Asian Survey* 5, No. 3 (March 1965): 156; Nick Cullather, “ ‘Fuel for the Good Dragon’: The United States and Industrial Policy in Taiwan, 1950−1960,” *Diplomatic History* 20, No. 1 (Winter 1996): 1.
5. [**officials like K. T. Li:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note137) Wolfgang Saxon, “Li Kwoh-ting, 91, of Taiwan Dies; Led Effort to Transform Economy,” *New York Times*, June 2, 2001.
6. [**Two of Chang’s PhD classmates:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note138) “Taiwan’s Development of Semiconductors was not Smooth Sailing.”
7. [**shipped its billionth unit:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note139) L. Sophia Wang, *K.T. LI and the Taiwan Experience* (National Tsing Hua University Press, 2006), p. 216; “TI Taiwan Chronology,” in *Far East Briefing Book*, Texas Instruments Papers, Southern Methodist University Library, October 18, 1989.
8. [**“sop up unemployment”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note140) Henry Kissinger, “Memorandum of Conversation, Washington, April 10, 1973, 11:13 a.m.−12:18 p.m.,” in Bradley Lynn Coleman, David Goldman, and David Nickles, eds., *Foreign Relations of the United States, 1969–1976, Volume E–12, Documents on East and Southeast Asia, 1973–1976* (Government Printing Office, 2010), <https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1969-76ve12/d293>; Linda Lim and Pang Eng Fong, *Trade, Employment and Industrialisation in Singapore* (International Labour Office, 1986), p. 156.
9. [**employed tens of thousands of workers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note141) Joseph Grunwald and Kenneth Flamm, *The Global Factory: Foreign Assembly in International Trade* (Brookings Institution Press, 1994), p. 100.
10. [**well-paid electronics assembly jobs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note142) Kenneth Flamm, “Internationalization in the Semiconductor Industry,” in Grunwald and Flamm, *The Global Factory*, p. 110; Lim and Pang Eng Fong, *Trade, Employment and Industrialisation in Singapore*, p. 156; *Hong Kong Annual Digest of Statistics* (Census and Statistics Department, 1984), table 3.12, <https://www.censtatd.gov.hk/en/data/stat_report/product/B1010003/att/B10100031984AN84E0100.pdf>; G. T. Harris and Tai Shzee Yew, “Unemployment Trends in Peninsular Malaysia During the 1970s,” *ASEAN Economic Bulletin* 2, No. 2 (November 1985): 118−132.
11. [**“TI will stay and continue to grow in Taiwan”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch12.xhtml#note143) *Meeting with Prime Minister Li, Taipei, September 23, 1977*, and *Reception/Buffett—Taipei. September 23, 1977. Mark Shepherd Remarks*, in Mark Shepherd Papers, Correspondence, Reports, Speeches, 1977, Southern Methodist University Library, folder 90-69; Associated Press, “Mark Shepherd Jr.; led Texas Instruments,” *Boston Globe*, February 9, 2009.

فصل 13

1. [**“Founders Leave Fairchild”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note144) Marge Scandling, “2 of Founders Leave Fairchild; Form Own Electronics Firm,” *Palo Alto Times*, August 2, 1968.
2. [**magnetic cores couldn’t keep up:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note145) Lucien V. Auletta, Herbert J. Hallstead, and Denis J. Sullivan, “Ferrite Core Planes and Arrays: IBM’s Manufacturing Evolution,” *IEEE Transactions on Magnetics* 5, No. 4 (December 1969); John Markoff, “IBM’s Robert H. Dennard and the Chip That Changed the World,” IBM, November 7, 2019, <https://www.ibm.com/blogs/think/2019/11/ibms-robert-h-dennard-and-the-chip-that-changed-the-world/>.
3. [**Hoff’s background in computer architectures:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note146) Emma Neiman, “A Look at Stanford Computer Science, Part I: Past and Present,” *Stanford Daily*, April 15, 2015; “Interview with Marcian E. Hoff, Jr., 1995 March 03,” Stanford Libraries, March 3, 1995, <https://exhibits.stanford.edu/silicongenesis/catalog/jj158jn5943>.
4. [**no one was building memory chips more powerful than Intel’s:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note147) Robert N. Noyce and Marcian E. Hoff, “A History of Microprocessor Development at Intel,” *IEEE Micro* 1, No. 1 (February 1981); Ted Hoff and Stan Mazor interview by David Laws, Computer History Museum, September 20, 2006; “Ted Hoff: The Birth of the Microprocessor and Beyond,” *Stanford Engineering*, November 2006.
5. [**set off a revolution in computing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note148) Sarah Fallon, “The Secret History of the First Microprocessor,” *Wired*, December 23, 2020; Ken Shirriff, “The Surprising Story of the First Microprocessors,” *IEEE Spectrum*, August 30, 2016.
6. [**“This is going to change the world”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note149) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 205; Gordon Moore, “On Microprocessors,” *IEEE*, 1976; Ross Knox Bassett, *To the Digital Age* (Johns Hopkins University Press, 2002), p. 281; Malone, *The Intel Trinity*, pp. 177−178; Gene Bylinsky, “How Intel Won Its Bet on Memory Chips,” *Fortune*, November 1973; Fallon, “The Secret History of the First Microprocessor.”
7. [**pulled out a sock:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note150) Interview with Carver Mead, 2021.
8. [**“coming out of our ears”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note151) Carver Mead, “Computers That Put the Power Where It Belongs,” *Engineering and Science* XXXVI, No. 4 (February 1972).
9. [**“We are really the revolutionaries in the world today”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch13.xhtml#note152) Gene Bylinsky, “How Intel Won Its Bet on Memory Chips.”

فصل ١۴

1. [**one of the country’s top experts on military affairs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note153) William Perry interview by Russell Riley, University of Virginia’s The Miller Center, February 21, 2006; William J. Perry, *My Journey at the Nuclear Brink* (Stanford Security Studies, 2015), ch. 1−2.
2. [**bought chips from his singing partner:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note154) Interview with William Perry, 2021; Zachary Wasserman, “Inventing Startup Capitalism,” PhD dissertation, Yale University, 2015.
3. [**machine tools factory:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note155) Andrew Krepinevich and Barry Watts, *The Last Warrior: Andrew Marshall and the Shaping of Modern American Defense Strategy* (Basic Books, 2015), pp. 4, 9, 95.
4. [**“substantial and durable lead” in computers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note156) A. W. Marshall, “Long-Term Competition with the Soviets: A Framework for Strategic Analysis,” Rand Corporation, R-862-PR, April 1972, <https://www.rand.org/pubs/reports/R862.html>.
5. [**$30 to $50 billion:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note157) Testimony of William Perry, Senate Committee on Armed Services, Department of Defense, Authorization for Appropriations for FY 79, Part 8: Research and Development, 96th United States Congress, 1979, pp. 5506−5937; Kenneth P. Werrell, *The Evolution of the Cruise Missile* (Air University Press, 1985), p. 180.
6. [**distinguish a whale from a submarine:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note158) Richard H. Van Atta, Sidney Reed, and Seymour J. Deitchman, DARPA *Technical Accomplishments Volume II* (Institute for Defense Analyses, 1991), p. “12-2.”
7. [**New systems like the Tomahawk:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note159) Werrell, *Evolution of the Cruise Missile*, p. 136.
8. [**“Assault Breaker”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note160) Van Atta et al., DARPA *Technical Accomplishments Volume II*, pp. 5−10.
9. [**“ ‘smart’ weapons at all levels”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note161) Interview with Steve Roemerman, 2021; William J. Perry interview by Alfred Goldberg, Office of the Secretary of Defense, January 9, 1981.
10. [**“bells and whistles”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note162) Fred Kaplan, “Cruise Missiles: Wonder Weapon or Dud?” *High Technology*, February 1983; James Fallows, *National Defense* (Random House, 1981), p. 55; William Perry, “Fallows’ Fallacies: A Review Essay,” *International Security* 6, No. 4 (Spring 1982): 179.
11. [**“Luddites”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch14.xhtml#note163) William Perry interview by Russell Riley, University of Virginia’s The Miller Center, February 21, 2006.

فصل 15

1. [**“my life has been hell”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note164) Interview with Richard Anderson, 2021; Michael Malone, *Bill and Dave: How Hewlett and Packard Built the World’s Greatest Company* (Portfolio Hardcover, 2006); “Market Conditions and International Trade in Semiconductors,” Field Hearing Before the Subcommittee on Trade of the Committee of Ways and Means, House of Representatives, 96th Congress, April 28, 1980.
2. [**“click, click”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note165) Michael Malone, *The Big Score* (Stripe Press, 2021), p. 248; Jorge Contreras, Laura Handley, and Terrence Yang, “Breaking New Ground in the Law of Copyright,” *Harvard Law Journal of Technology* 3 (Spring 1990).
3. [***ten* times as bad:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note166) Rosen Electronics Newsletter, March 31, 1980.
4. [**“long tail”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note167) Malone, *The Intel Trinity*, p. 284; Fred Warshofsky, *Chip War: The Battle for the World of Tomorrow* (Scribner, 1989), p. 101.
5. [**five of the company’s cutting-edge integrated circuits:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note168) *TPS-L2: User Manual* (Sony Corporation, 1981), p. 24.
6. [**385 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note169) “Vol. 20: Walkman Finds Its Way into the Global Vocabulary,” Sony, <https://www.sony.com/en/SonyInfo/CorporateInfo/History/capsule/20/>.
7. [**“that competition is tough”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch15.xhtml#note170) Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.

فصل ١۶

1. [**“I can’t walk away from a fight”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note171) Mark Simon, “Jerry Sanders/Silicon Valley’s Tough Guy,” *San Francisco Chronicle*, October 4, 2001; Thomas Skornia, *A Case Study in Realizing the American Dream: Sanders and Advanced Micro Devices: The First Fifteen Years, 1969−1984* (1984), <https://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2019/01/102721657-05-01-acc.pdf>.
2. [**“Knock ’em down, fight ’em, kill ’em”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note172) Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.
3. [**“an economic war”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note173) Michael S. Malone, “Tokyo, Calif,” *New York Times*, November 1, 1981; Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.
4. [**Hitachi’s employees were arrested:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note174) Thomas C. Hayes, “American Posts Bail as Details of Operation by F.B.I. Unfold,” *New York Times*, June 25, 1982.
5. [**quieter submarines:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note175) Wende A. Wrubel, “The Toshiba-Kongsberg Incident: Shortcomings of Cocom, and Recommendations for Increased Effectiveness of Export Controls to the East Bloc,” *American University International Law Review* 4, No. 1 (2011).
6. [**dirty dealing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note176) Stuart Auerbach, “CIA Says Toshiba Sold More to Soviet Bloc,” *Washington Post*, March 15, 1988.
7. [**low market share in Japan:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note177) Michael E. Porter and Mariko Sakakibara, “Competition in Japan,” *Journal of Economic Perspectives* 18, No. 1 (Winter 2004): 36; *The Effect of Government Targeting on World Semiconductor Competition* (Semiconductor Industry Association, 1983), pp. 69−74.
8. [**half the budget:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note178) Kiyonari Sakakibara, “From Imitation to Innovation: The Very Large Scale Integrated (VLSI) Semiconductor Project in Japan,” Working Paper, MIT Sloan School of Management, October 1983, <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/47985>.
9. [**“18 percent on a good day”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note179) Reid, *The Chip*, p. 224.
10. [**driven them to bankruptcy:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note180) *The Effect of Government Targeting on World Semiconductor Competition*, p. 67.
11. [**paid lower rates to borrow:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note181) Jeffrey A. Frankel, “Japanese Finance in the 1980s: A Survey,” National Bureau of Economic Research, 1991; data on household savings, household consumption, and bank lending as percent of GDP from data.worldbank.org.
12. [**1.7 percent of the global DRAM market:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note182) P. R. Morris, *A History of the World Semiconductor Industry* (Institute of Electrical Engineers, 1990), p. 104; Robert Burgelman and Andrew S. Grove, *Strategy Is Destiny: How Strategy-Making Shapes a Company’s Future* (Free Press, 2002), p. 35.
13. [**happy to foot the bill:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch16.xhtml#note183) Scott Callan, “Japan, Disincorporated: Competition and Conflict, Success and Failure in Japanese High-Technology Consortia,” PhD dissertation, Stanford University, 1993, p. 188, Table 7.14; Clair Brown and Greg Linden, *Chips and Change: How Crisis Reshapes the Semiconductor Industry* (MIT Press, 2009).

فصل ١٧

1. [**“hottest high-technology corporations”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note184) Clayton Jones, “Computerized Laser Swiftly Carves Circuits for Microchips,” *Christian Science Monitor*, March 10, 1981; David E. Sanger, “Big Worries Over Small GCA,” *New York Times*, January 19, 1987.
2. [**Bob Noyce driving up and down:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note185) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, pp. 94, 119. Thanks to Chris Mack for pointing me to this.
3. [**Perkin Elmer’s scanner:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note186) Interview with Chris Mack, 2021; interview with Dave Markle, 2021; Perkin Elmer, “Micralign Projection Mask Alignment System,” The Chip History Center, <https://www.chiphistory.org/154-perkin-elmer-micralign-projection-mask-alignment-system>; Daniel P. Burbank, “The Near Impossibility of Making a Microchip,” *Invention and Technology* (Fall 1999); Alexis C. Madrigal, “TOP SECRET: Your Briefing on the CIA’s Cold-War Spy Satellite, ‘Big Bird,’ ” *Atlantic*, December 29, 2011; Chris Mack, “Milestones in Optical Lithography Tool Suppliers,” <http://www.lithoguru.com/scientist/litho_history/milestones_tools.pdf>.
4. [**photographs of the Soviet Union:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note187) James E. Gallagher interview by Craig Addison, SEMI, March 9, 2005; Arthur W. Zafiropoulo interview by Craig Addison, SEMI, May 25, 2006; Geophysics Corporation of America, “About Our Corporation Members,” *Bulletin American Meteorological Society*, December 12, 1962; Jones, “Computerized Laser Swiftly Carves Circuits for Microchips.”
5. [**Morris Chang walked up:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note188) Interview with Griff Resor, 2021; “Griff Resor on Photolithography,” Semi-History, YouTube video, January 30, 2009, 2:30, <https://www.youtube.com/watch?v=OKfdHZCEfmY>.
6. [**GCA introduced its first stepper:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note189) “Griff Resor on Photolithography,” SemiHistory, YouTube video, January 30, 2009, 2:30, <https://www.youtube.com/watch?v=OKfdHZCEfmY>; Chris Mack, “Milestones in Optical Lithography Tool Suppliers,” <http://www.lithoguru.com/scientist/litho_history/milestones_tools.pdf>; “GCA Burlington Division Shipment History of All 4800 DSW’s as of September 1980,” p. 1, in the possession of the author.
7. [**stock price surged:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note190) Sales data from Rebecca Marta Henderson, “The Failure of Established Firms in the Face of Technical Change,” PhD dissertation, Harvard University, 1988, p. 217; Jones, “Computerized Laser Swiftly Carves Circuits for Microchips.”
8. [**“drunken sailor”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note191) Interviews with Peter Bealo, Ross Young, and Bill Tobey, 2021; James E. Gallagher interview by Craig Addison, SEMI, March 9, 2005.
9. [**“We had Milt”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note192) Interviews with Bill Tobey, Jim Neroda, and Peter Bealo, 2021; Ross Young, *Silicon Sumo* (Semiconductor Services, 1994), p. 279; Charles N. Pieczulewski, “Benchmarking Semiconductor Lithography Equipment Development & Sourcing Practices Among Leading Edge Manufacturers,” Master’s thesis, MIT, 1995, p. 54.
10. [**“customers got fed up”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note193) Interviews with Griff Resor, Bill Tobey, Jim Neroda, and Peter Bealo, 2021; Young, *Silicon Sumo*, p. 279.
11. [**thunderstorm rolling through:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note194) Interview with Griff Resor, 2021.
12. [**“paper entrepreneurialism”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note195) Robert Reich, *The Next American Frontier* (Crown, 1983), p. 159.
13. [**“arrogant” and “not responsive”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note196) Interview with Gil Varnell, 2021; Rebecca Marta Henderson, “The Failure of Established Firms in the Face of Technical Change,” p. 225; U.S. Department of Commerce, Bureau of Export Administration, Office of Strategic Industries and Economic Security, Strategic Analysis Division, *National Security Assessment of the U.S. Semiconductor Wafer Processing Industry Equipment* (1991), pp. 4−10.
14. [**ten times that duration:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note197) Henderson, “The Failure of Established Firms in the Face of Technical Change,” pp. 220−222, 227; interview with former AMD executive, 2021.
15. [**no plan to turn things around:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note198) Interviews with Pete Bealo and Bill Tobey, 2021; Henderson, “The Failure of Established Firms in the Face of Technical Change,” pp. 222−225; Jay Stowsky, “The Weakest Link: Semiconductor Production Equipment, Linkages, and the Limits to International Trade,” working paper, University of California, Berkeley, September 1987, p. 2.
16. [**Everyone could breathe a bit easier:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch17.xhtml#note199) Arthur W. Zafiropoulo interview by Craig Addison, SEMI, May 25, 2006; interviews with Peter Bealo and Jim Neroda, 2021.

فصل 18

1. [**under a sloping, pagoda-style roof:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note200) Skornia, *Sanders and Advanced Micro Devices*, p. 138; Daryl Savage, “Palo Alto: Ming’s Restaurant to Close Dec. 28,” Palo Alto Online, December 18, 2014, <https://www.paloaltoonline.com/news/2014/12/18/mings-restaurant-to-close-dec-28>.
2. [**“crude oil of the 1980s”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note201) Arthur L. Robinson, “Perilous Times for U.S. Microcircuit Makers,” *Science* 208, No. 4444 (May 9, 1980): 582; Skornia, *Sanders and Advanced Micro Devices*, p. 140.
3. [**“Saudi Arabia of semiconductors”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note202) Marvin J. Wolf, *The Japanese Conspiracy: The Plot to Dominate Industry Worldwide* (New English Library, 1984), p. 83.
4. [**“simply something we can’t lose”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note203) David E. Sanger, “Big Worries Over Small GCA,” *New York Times*, January 19, 1987.
5. [**“Silicon Valley cowboys”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note204) Interview with Richard Van Atta, 2021.
6. [**The Pentagon’s task force:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note205) Defense Science Board, *Report on Defense Semiconductor Dependency—February 1987*, pp. 1−2.
7. [**“you’re in nowheresville”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch18.xhtml#note206) Oral History of Charlie Sporck, Computer History Museum.

فصل ١٩

1. [**“We’re in a death spiral”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note207) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 264.
2. [**over 90 percent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note208) Richard Langlois and Edward Steinmueller, “Strategy and Circumstance,” working paper, University of Connecticut, 1999, p. 1166.
3. [**Potato chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note209) Clyde V. Prestowitz, Jr., “Beyond Laissez Faire,” *Foreign Policy*, No. 87 (Summer 1992): 71; email exchange with Michael Boskin, 2021; though this quote is repeated in many articles, I’ve found no evidence he actually said this.
4. [**testified to Congress:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note210) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 262; John G. Rauch, “The Realities of Our Times,” *Fordham Intellectual Property, Media and Entertainment Law Journal* 3, No. 2 (1993): 412.
5. [**DRAM sales into Japan barely budged:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note211) Wolf, *The Japanese Conspiracy*, pp. 5, 91; interview with Alan Wolff, 2021; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 270.
6. [**Higher prices actually benefitted Japan’s producers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note212) Doug Irwin, “Trade Politics and the Semiconductor Industry,” NBER working paper W4745, May 1994.
7. [**created a consortium:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note213) Young, *Silicon Sumo*, pp. 262−263.
8. [**one employee estimated:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note214) Ibid., pp. 268−269; interview with Intel employee seconded to Sematech, 2021; Larry D. Browning and Judy C. Shetler, *Sematech: Saving the U.S. Semiconductor Industry* (Texas A&M Press, 2000).
9. [**Sematech organized seminars:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note215) Interview with Intel employee seconded to Sematech, 2021.
10. [**“half the problem”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note216) Robert Noyce, testifying before a Congressional committee, November 8, 1989; Peter N. Dunn, “GCA: A Lesson in Industrial Policy,” *Solid State Technology* 36, No. 2 (December 1993); Young, *Silicon Sumo*, pp. 270−276.
11. [**“You’re done”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note217) Interview with Peter Simone, 2021.
12. [**he decided that day to buy:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note218) Interview with Peter Simone, 2021.
13. [**“They were ahead of their time”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note219) Interview with Tony Yen, 2021; interview with Peter Simone, 2021; Young, *Silicon Sumo*, pp. 262, 285.
14. [**switch its allegiance from Nikon:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note220) Young, *Silicon Sumo*, p. 286.
15. [**nothing could be done:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch19.xhtml#note221) Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 304; Young, *Silicon Sumo*, pp. 294−295; Jonathan Weber, “Chip Making Pioneer GCA Corp. Closes Factory: Technology: $60 Million in Government Funds Has Failed to Restore Massachusetts Firm to Financial Health,” *Los Angeles Times*, May 22, 1993.

فصل ٢٠

1. [**Akio Morita began to detect:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note222) Morita, *Made in Japan*, pp. 73, 110−120, 134.
2. [**ten meals a day:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note223) Nathan, *Sony*, p. 73.
3. [**Japan’s system simply worked better:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note224) Morita, *Made in Japan*, pp. 193, 199, 205.
4. [***Season of the Sun*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note225) Ann Sherif, “The Aesthetics of Speed and the Illogicality of Politics: Ishihara Shintaro’s Literary Debut,” *Japan Forum* 17, No. 2 (2005): 185−211.
5. [**“economically we can overcome”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note226) Wolf, *The Japanese Conspiracy*, p. 16.
6. [**“Japan has become a very important country”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note227) Akio Morita and Shintaro Ishihara, *The Japan That Can Say No* (Konbusha Publishing Ltd., 1996).
7. [**“giant version of Denmark”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note228) Samuel Huntington, “Why International Primacy Matters,” *International Security* (January 2009): 75−76.
8. [**“going absolutely bananas”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note229) Steven L. Herman, “Bootleg Translation of Japanese Book Hot Item in Congress,” Associated Press, November 11, 1989.
9. [**“I don’t feel U.S. readers understand”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note230) James Flanigan, “U.S. Bashing Book by Sony’s Chief Costs Him Credibility,” *Los Angeles Times*, October 11, 1989.
10. [**“High Tech Is Foreign Policy”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note231) Harold Brown, “The United States and Japan: High Tech Is Foreign Policy,” *SAIS Review* 9, No. 2 (Fall 1989).
11. [**the CIA tasked:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch20.xhtml#note232) Central Intelligence Agency, “East Asia’s Economic Potential for the 1990s: A Speculative Essay,” CREST Database, 1987.

فصل ٢١

1. [**“Mr. Spud”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note233) Interview with Micron employee, 2021; George Anders, “At Potato Empire, an Heir Peels Away Years of Tradition,” *Wall Street Journal*, October 7, 2004; Laurence Zuckerman, “From Mr. Spud to Mr. Chips; The Potato Tycoon Who Is the Force Behind Micron,” *New York Times*, February 8, 1996; Andrew E. Serwer, “The Simplot Saga: How America’s French Fry King Made Billions More in Semiconductors,” *Fortune*, February 12, 2012.
2. [**So they turned to Mr. Spud:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note234) Interview with Ward Parkinson, 2021; Luc Olivier Bauer and E. Marshall Wilder, *Microchip Revolution* (Independently published, 2020), pp. 279−280.
3. [**a local greasy spoon:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note235) Interview with Elmer’s staff member, 2021; interview with Ward Parkinson, 2021.
4. [**pour in millions more:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note236) Donald Woutat, “Maverick Chip Maker Shifts Stance: Micron Backs Protectionism After Launching Price War,” *Los Angeles Times*, December 16, 1985; Peter Burrows, “Micron’s Comeback Kid,” *Business Week*, June 14, 1997.
5. [**losses and layoffs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note237) David E. Sanger, “Prospects Appear Grim for U.S. Chip Makers,” *New York Times*, October 29, 1985.
6. [**they embraced their Idaho outsider image:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note238) David Staats, “How an Executive’s Hair Dryer Saved the Memory Chips—Tales of Micron’s 40 Years,” *Idaho Statesman*, July 21, 2021.
7. [**“a self-defeating strategy”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note239) Woutat, “Maverick Chip Maker Shifts Stance.”
8. [**“the law says they can’t do that”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note240) David E. Sanger, “Japan Chip ‘Dumping’ Is Found,” *New York Times*, August 3, 1985.
9. [**“by far the least expensive to produce”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note241) Interviews with Ward Parkinson, Brian Shirley, and Mark Durcan, 2021; Woutat, “Maverick Chip Maker Shifts Stance.”
10. [**“hadn’t been written in a paper before”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note242) Interviews with Brian Shirley and Mark Durcan, 2021; Yoshitaka Okada, “Decline of the Japanese Semiconductor Industry,” *Development of Japanese Semiconductor Industry* (January 2006): 41; Bauer and Wilder, *The Microchip Revolution*, pp. 301−302.
11. [**cut salaries for the remainder:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note243) Bauer and Wilder, *The Microchip Revolution*, pp. 286, 302.
12. [**“Memory chips is a brutal, brutal business”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch21.xhtml#note244) Interviews with Mark Durcan, Ward Parkinson, and Brian Shirley, 2021.

فصل ٢٢

1. [**“I’m a busy man”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note245) James Allworth, “Intel’s Disruption Is Now Complete,” *Medium*, November 11, 2020, <https://jamesallworth.medium.com/intels-disruption-is-now-complete-d4fa771f0f2c>.
2. [**“butt-kicking Hungarian”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note246) Craig R. Barrett, interviews by Arnold Thackray and David C. Brock at Santa Clara, California, December 14, 2005 and March 23, 2006 (Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, Oral History Transcript 0324).
3. [**worried he’d missed news:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note247) Andrew S. Grove, *Only the Paranoid Survive: How to Exploit the Crisis Points That Challenge Every Company* (Currency Press, 1999), pp. 117−118.
4. [**like one of the cabins on the Ferris wheel:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note248) Grove, *Only the Paranoid Survive*, pp. 88−90; Robert A. Burgelman, “Fading Memories: A Process Theory of Strategic Business Exist in Dynamic Environments,” *Administrative Science Quarterly* 39, No. 1 (March 1994): 41.
5. [**Intel had won a small contract with IBM:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note249) Gerry Parker, “Intel’s IBM PC Design Win,” *Gerry Parker’s Word Press Blog*, July 20, 2014, <https://gerrythetravelhund.wordpress.com/tag/ibm-pc/>; Jimmy Maher, “The Complete History of the IBM PC, Part One: The Deal of the Century,” *ars TECHNICA*, June 30, 2017, <https://arstechnica.com/gadgets/2017/06/ibm-pc-history-part-1/>.
6. [**IBM announced the launch of its personal computer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note250) “The Birth of the IBM PC,” IBM Debut Reference Room, <https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_birth.html>; “IBM Personal Computer Launch,” Waldorf Astoria, January 23, 2019.
7. [**mind-boggling:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note251) Craig R. Barrett, interviews by Arnold Thackray and David C. Brock at Santa Clara, California, December 14, 2005 and March 23, 2006.
8. [**“bickering and arguments”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note252) Grove, *Only the Paranoid Survive*, pp. 88−92.
9. [**“constructive confrontation”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note253) Elizabeth Corcoran, “Intel CEO Andy Grove Steps Aside,” *Washington Post*, March 27, 1998; interview with former Intel employee, 2021.
10. [**“the control part”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note254) Christophe Lecuyer, “Confronting the Japanese Challenge: The Revival of Manufacturing at Intel,” *Business History Review* (July 2019); Berlin, *The Man Behind the Microchip*, p. 180.
11. [**“This is how you are supposed to do it”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note255) Lecuyer, “Confronting the Japanese Challenge,” pp. 363−364; Craig R. Barrett, interviews by Arnold Thackray and David C. Brock at Santa Clara, California, December 14, 2005 and March 23, 2006. Richard S. Tedlow, *Andy Grove: The Life and Times of an American Business Icon* (Penguin, 2007), p. 203.
12. [**more like a finely tuned machine:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note256) Lecuyer, “Confronting the Japanese Challenge,” pp. 363, 364, 369, 370; Craig R. Barrett, interviews by Arnold Thackray and David C. Brock at Santa Clara, California, December 14, 2005 and March 23, 2006. pp. 65, 79.
13. [**sold more units than IBM itself:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch22.xhtml#note257) Therese Poletti, “Crucial Mistakes: IBM’s Stumbles Opened Door for Microsoft, Intel,” *Chicago Tribune*, August 13, 2001.

فصل ٢٣

1. [**“big, strong, and eternal”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note258) Geoffrey Cain, *Samsung Rising* (Currency Press, 2020), p. 33.
2. [**drove it around the occupied capital:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note259) Cain, *Samsung Rising*, pp. 33−41.
3. [**“Serving the nation through business”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note260) Dong-Sung Cho and John A. Mathews, *Tiger Technology* (Cambridge University Press, 2007), pp. 105−106; Cain, *Samsung Rising*, pp. 40, 41, 46; on Lee’s wealth, “Half a Century of Rise and Fall of the Korean Chaebol in Terms of Income and Stock Price,” Yohap News Agency, November 7, 2006, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20110708154800008>.
4. [**struggled to make money:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note261) Si-on Park, *Like Lee Byung-chul*, p. 71; Cho and Mathews, *Tiger Technology*, p. 112; Daniel Nenni and Don Dingee, *Mobile Unleashed* (Semi Wiki, 2015); Kim Dong-Won and Stuart W. Leslie, “Winning Markets or Winning Nobel Prizes? KAIST and the Challenges of Late Industrialization,” *Osiris* 13 (1998): 167−170; Donald L. Benedict, KunMo Chung, Franklin A. Long, Thomas L. Martin, and Frederick E. Terman, “Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science,” prepared for US Agency for International Development, December 1970, <http://large.stanford.edu/history/kaist/docs/terman/summary/>. On Samsung’s early difficulties, see Hankook semiconductor; eg. Samsung Newsroom, “Semiconductor Will Be My Last Business,” *Samsung*, March 30, 2010, <https://news.samsung.com/kr/91>.
5. [**“can’t be replicated by mere observation”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note262) Park Si-on, *Like Lee Byung-chul*, pp. 399, 436.
6. [**at least $100 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note263) Myung Oh and James F. Larson, *Digital Development in Korea: Building an Information Society* (Routledge, 2011), p. 54; Park Si-on, *Like Lee Byung-chul*, p. 386; Cho and Mathews, *Tiger Technology*, pp. 105, 119, 125; Lee Jae-goo, “Why Should We Do the Semiconductor Industry,” tr. Soyoung Oh, *ZDNET Korea*, Mar 15, 1983, <https://zdnet.co.kr/view/?no=20110328005714>.
7. [**the result would be “deadly”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note264) Tedlow, *Andy Grove*, p. 218; Robert W. Crandall and Kenneth Flamm, *Changing the Rules* (Brookings Institution Press, 1989), p. 315; Susan Chira, “Korea’s Chip Makers Race to Catch Up,” *New York Times*, July 15, 1985; “Company News: Intel Chip Pact,” *New York Times*, June 26, 1987.
8. [**trade tension helped Korean companies, too:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note265) Richard E. Baldwin, “The Impact of the 1986 US-Japan Semiconductor Agreement,” *Japan and the World Economy* 6, No. 2 (June 1994): 136−137; Douglas A. Irwin, “Trade Policies and the Semiconductor Industry,” in Anne O. Krueger, ed., *The Political Economy of American Trade Policy* (University of Chicago Press, 1994), pp. 46−47.
9. [**“my enemy’s enemy is my friend”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch23.xhtml#note266) Linsu Kim, “Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea’s Technological Learning,” Columbia University East Asian Center, 1997, p. 89, cites the example of Zyrtek transferring advanced production knowledge for a $2.1 million fee; interview with Ward Parkinson, 2021; Andrew Pollack, “U.S.-Korea Chip Ties Grow,” *New York Times*, July 15, 1985.

فصل ٢۴

1. [**Faggin had created a chip:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note267) Federico Faggin, “The Making of the First Microprocessor,” IEEE, 2009; Federico Faggin, *Silicon* (Waterline, 2021), esp. ch. 3.
2. [**was puzzling over this dilemma:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note268) B. Hoeneisen and C. A. Mead, “Fundamental Limitations in Microelectronics—I. MOS Technology,” *Solid State Electronics* 15, No. 7 (July 1972), <https://authors.library.caltech.edu/54798/>.
3. [**a brilliant computer scientist:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note269) Interview with Lynn Conway, 2021, where she surprised me by wanting to discuss the nuances of John Gaddis, *The Landscape of History* (Oxford University Press, 2004).
4. [**“stealth mode”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note270) Dianne Lynch, “Wired Women: Engineer Lynn Conway’s Secret,” ABC News, January 7, 2006.
5. [**bizarrely backward:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note271) Interview with Lynn Conway, 2021.
6. [**“you write your own”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note272) “Lambda Magazine Lights the Way for VLSI Design,” IEEE Silicon Valley History Videos, YouTube Video, July 27, 2015, 00:01:40, <https://www.youtube.com/watch?v=DEYbQiXvbnc>; “History of VLSI – C. Mead – 2/1/2011,” California Institute of Technology, YouTube Video, May 29, 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=okZBhJ-KvaY>.
7. [**The Gutenberg moment had arrived:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note273) “1981 *Electronics* AWARD FOR ACHIEVEMENT,” University of Michigan, <https://ai.eecs.umich.edu/people/conway/Awards/Electronics/ElectAchiev.html>; Interviews with Lynn Conway and Carver Mead, 2021.
8. [**ample supply of chip designers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note274) Van Atta et al., DARPA *Technical Accomplishments: An Historical Review of Selected* DARPA *Projects II*, February 1990, AD-A239 925, p. 17-5.
9. [**Helping companies and professors keep Moore’s Law alive:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note275) Interview with Paul Losleben, 2021; Van Atta et al., DARPA *Technical Accomplishments*, p. 17-1.
10. [**founded and built by alumni:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note276) Interviews with David Hodges, Steve Director, Aart de Geus, Alberto Sangiovanni-Vincentelli, and Rob Rutenbar; “1984 Annual Report,” Semiconductor Research Corporation, 1984, <https://www.src.org/src/story/timeline>.
11. [**how information can be stored and communicated:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note277) Irwin Jacobs interview by David Morton, IEEE History Center, October 29, 1999.
12. [**“This is the future”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch24.xhtml#note278) Daniel J. Costello, Jr., and David Forney, Jr., “Channel Coding: The Road to Channel Capacity,” Proceedings of the IEEE 95, No. 6 (June 2007); O. Aftab, P. Cheung, A. Kim, S. Thakkar, and N. Yeddanapudi, “Information Theory and the Digital Age,” 6.933 Project History, MIT, <https://web.mit.edu/6.933/www/Fall2001/Shannon2.pdf>; David Forney Jr. interview by Andrew Goldstein, Center for the History of Electrical Engineering, May 10, 1995; Daniel Nenni, “A Detailed History of Qualcomm,” *SemiWiki*, March 19, 2018, <https://semiwiki.com/general/7353-a-detailed-history-of-qualcomm/>.

فصل ٢۵

1. [**stay in Moscow and get drunk:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note279) Details of Vetrov’s life draw heavily from Sergei Kostin and Eric Raynaud, *Farewell: The Greatest Spy Story of the Twentieth Century* (Amazon Crossing, 2011).
2. [**“improve its ability to produce integrated circuits”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note280) CIA, “The Technology Acquisition Efforts of the Soviet Intelligence Services,” June 18, 1982, p. 15, <https://www.cia.gov/readingroom/docs/DOC_0000261337.pdf>; Philip Hanson, *Soviet Industrial Espionage* (Royal Institute of International Affairs, 1987).
3. [**died after “falling”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note281) Sergey Chertoprud, *Naucho-Tekhnicheskaia Razvedka* (Olma Press, 2002), p. 283; Daniela Iacono, “A British Banker Who Plunged to His Death,” United Press International, May 15, 1984; Michael S. Malone, “Going Underground in Silicon Valley,” *New York Times*, May 30, 1982.
4. [**shut down a Soviet research unit:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note282) Jay Tuck, *High-Tech Espionage* (St. Martin’s Press, 1986), p. 107; Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolyutsiya*, p. 34.
5. [**via shell companies:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note283) Edgar Ulsamer, “Moscow’s Technology Parasites,” *Air Force Magazine*, December 1, 1984.
6. [**doping, packaging, and testing chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note284) Central Intelligence Agency, “Soviet Acquisition of Militarily Significant Western Technology: An Update,” September 1985, p. 25, <http://insidethecoldwar.org/sites/default/files/documents/CIA%20Report%20on%20Soviet%20Acquisition%20of%20Militarily%20Significant%20Western%20Technology%20September%201985.pdf>.
7. [**connected with the French intelligence services:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note285) Kostin and Raynaud, *Farewell*.
8. [**how much the Soviets stole:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note286) Hanson, *Soviet Industrial Espionage*; Central Intelligence Agency, “Soviet Acquisition of Militarily Significant Western Technology: An Update”; Kostin and Raynaud, *Farewell*; Thierry Wolton, *Le KGB en France* (Club Express, 1986).
9. [**always half a decade behind:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch25.xhtml#note287) Central Intelligence Agency, “Soviet Computer Technology: Little Prospect of Catching Up,” National Security Archive, March 1985, p. 4, <https://nsarchive.gwu.edu/document/22579-document-02-central-intelligence-agency-soviet>; Bruce B. Weyrauch, “Operation Exodus,” *Computer/Law Journal* 7, No. 2 (Fall 1986); Hanson, *Soviet Industrial Espionage*; Jon Zonderman, “Policing High-Tech Exports,” *New York Times*, November 27, 1983.

فصل ٢۶

1. [**“weapons of mass destruction”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note288) Dale Roy Herspring, *The Soviet High Command, 1967−1989* (Princeton University Press, 2016), p. 175.
2. [**“asking for it”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note289) Christopher Andrew and Oleg Gordievsky, “1983 Downing of KAL Flight Showed Soviets Lacked Skill of the Fictional 007,” *Los Angeles Times*, November 11, 1990.
3. [**had a clear advantage:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note290) Brian A Davenport, “The Ogarkov Ouster,” *Journal of Strategic Studies* 14, No. 2 (1991): 133; CIA and Defense Department, “US and Soviet Strategic Forces: Joint Net Assessment,” Secretary of Defense, November 14, 1983, <https://nsarchive2.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB428/docs/1.US%20and%20Soviet%20Strategic%20Forces%20Joint%20Net%20Assessment.pdf>.
4. [**“military-technical revolution”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note291) Center for Naval Analyses, *Marshal Ogarkov on Modern War: 1977−1985*, AD-A176 138, p. 27; Dima P. Adamsky, “Through the Looking Glass: The Soviet Military-Technical Revolution and the American Revolution in Military Affairs,” *Journal of Strategic Studies* 31, No. 2 (2008).
5. [**Perry’s “offset strategy” was working:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note292) An excellent overview of the technologies of the offset, all of which rely fundamentally on semiconductors, is in David Burbach, Brendan Rittenhouse Green, and Benjamin Friedman, “The Technology of the Revolution in Military Affairs,” in Harvey Sapolsky, Benjamin Friedman, and Brendan Green, eds., *U.S. Military Innovation Since the Cold War: Creation Without Destruction* (Routledge, 2012), pp. 14−42; CIA, “Soviet Defense Industry: Coping with the Military-Technological Challenge,” CIA Historical Review Program, July 1987, p. 17, <https://www.cia.gov/readingroom/docs/DOC_0000499526.pdf>; Adamsky, “Through the Looking Glass,” p. 260.
6. [**the Soviets’ first missile guidance computer using integrated circuits:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note293) Anatoly Krivonosov, “Khartron: Computers for Rocket Guidance Systems,” in Boris Malinovsky, “History of Computer Science and Technology in Ukraine,” tr. Slava Gerovitch, *Computing in the Soviet Space Program*, December 16, 2002, <https://web.mit.edu/slava/space/essays/essay-krivonosov.htm>; Donald MacKenzie, “The Soviet Union and Strategic Missile Guidance,” *International Security* 13, No. 2 (Fall 1988); Georgii Priss interview by Slava Gerovitch, *Computing in the Soviet Space Program*, May 23, 2002, <https://web.mit.edu/slava/space/interview/interview-priss.htm#q3>.
7. [**calculated their own path to the target:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note294) MacKenzie, “The Soviet Union and Strategic Missile Guidance,” pp. 30−32, 35.
8. [**destroyed 98 percent of Soviet ICBMs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note295) MacKenzie, “The Soviet Union and Strategic Missile Guidance,” p. 52, citing a CEP of .06 nautical miles; Pavel Podvig, “The Window of Opportunity That Wasn’t: Soviet Military Buildup in the 1970s,” *International Security* (Summer 2008): 129, cites a CEP of 0.35−0.43 kilometers. There are other variables on which missiles could be compared, including the size and number of warheads they carry and the speed at which they can be launched or retargeted. But the basic trend of America’s accuracy advantage holds; the 98 percent figure is from John G. Hines, Ellis M. Mishulovich, and John F. Shull, *Soviet Intentions, 1965−1985*, Vol. 2 (BDM Federal, Inc., 1995), pp. 46, 90. Note that this 98 percent likely substantially overstated U.S. capabilities, but is nevertheless evidence of Soviet fears. Cf. Brendan R. Green and Austin Long, “The MAD Who Wasn’t There: Soviet Reactions to Late Cold War Nuclear Balance,” *Security Studies* 26, No. 4 (July 7, 2017).
9. [**track Soviet subs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note296) Owen R. Cote, Jr., “The Third Battle: Innovation in the U.S. Navy’s Silent Cold War Struggle with Soviet Submarines,” Newport Papers, Naval War College, 2003; Joel S. Wit, “Advances in Antisubmarine Warfare,” *Scientific* *American* 244, No. 2 (February 1981): 31–41; D. L. Slotnick, “The Conception and Development of Parallel Processors: A Personal Memoir,” *Annals of the History of Computing* 4, No. 1 (January−March 1982); Van Atta et al., DARPA *Technical Accomplishments II*; Christopher A. Ford and David A. Rosenberg, “The Naval Intelligence Underpinnings of Reagan’s Maritime Strategy,” *Journal of Strategic Studies* 28, No. 2 (April 2005): 398; John G. Hines, Ellis M. Mishulovich, and John F. Shull, *Soviet Intentions 1965−1985*, Vol. 1 (BDM Federal, Inc., 1995), p. 75; Green and Long, “The MAD Who Wasn’t There,” pp. 607, 639. There were also substantial problems with reliability of Soviet SSBN missiles in the 1980s; see Steven J. Zaloga, *The Kremlin’s Nuclear Sword: The Rise and Fall of Russia’s Strategic Nuclear Forces 1945−2000* (Smithsonian Books, 2014), p. 188.
10. [**“substantially inferior in strategic weapons”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note297) Green and Long, “The MAD Who Wasn’t There,” p. 617.
11. [**the very survival of the Soviet state:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note298) Danilevich quoted in Hines, Mishulovich, and Shull, *Soviet Intentions 1965−1985,* Vol. 1, p. 57; Dale R. Herspring, “Nikolay Ogarkov and the Scientific‐Technical Revolution in Soviet Military Affairs,” *Comparative Strategy* 6, No. 1 (1987); Mary C. Fitzgerald, “Soviet Views on Future War: The Impact of New Technologies,” *Defense Analysis* 7, Nos. 2-3 (1991). Soviet officials expressed deep concern over the survivability of command and control and communications systems; see Hines, Mishulovich, and Shull, *Soviet Intentions 1965−1985*, Vol. 1, p. 90; Marshal Vasili Petrov, quoted in 1983 as perceiving a NATO plan to “create and make use of the potential for a ‘disarming’ first [conventional] strike,” in Thomas M. Nichols, *The Sacred Cause: Civil-Military Conflict over Soviet National Security, 1917−1992* (NCROL, 1993), p. 117; Mary C. Fitzgerald, “Marshal Ogarkov on the Modern Theater Operation,” *Naval War College Review* 39, No. 4 (1986); Mary C. Fitzgerald, “Marshal Ogarkov and the New Revolution in Soviet Military Affairs,” *Defense Analysis* 3, No. 1 (1987).
12. [**“more discipline”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note299) Mikhail Gorbachev, “*Zasedanie Politbyuro Tsk Kpss 30 Iiulia Goda*,” in *Sobranie Sochinenii*, Book 9 (Ves’ Mir, 2008), pp. 339–343. I’ve translated liberally here.
13. [**Osokin was removed:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note300) Interview with Sergei Osokin, 2021.
14. [**eight times as much on capital investment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note301) Simonov, *Nesostoyavshayasya Informatsionnaya Revolutsiya*, p. 70; Seymour Goodman and William K. McHenry, “The Soviet Computer Industry: A Tale of Two Sectors,” *Communications of the ACM* (January 1991): 32.
15. [**lacked an international supply chain:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note302) V. V. Zhurkin, “*Ispolzovanie Ssha Noveishhikh Dostizhenii Nauki i Tekhniki v Sfere Vneshnei Politiki*,” Academy of Sciences Archive, August 7, 1987.
16. [**East German chip output:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch26.xhtml#note303) Charles S. Maier, *Dissolution* (Princeton University Press, 1999), pp. 74−75.

فصل ٢٧

1. [**Norman Schwarzkopf:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note304) Robert D. McFadden, “Gen. H. Norman Schwarzkopf, U.S. Commander in Gulf War, Dies at 78,” *New York Times*, December 27, 2012.
2. [**The Persian Gulf War had begun:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note305) Rick Aktinson, *Crusade: The Untold Story of the Persian Gulf War* (Mariner Books, 1994), pp. 35−37.
3. [**U.S. airstrikes sought to decapitate:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note306) “The Theater’s Opening Act,” *Washington Post*, 1998; Aktinson, *Crusade*, p. 37.
4. [**The Paveway laser-guided bombs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note307) Details on Paveway electronics from interview with Steve Roemerman, 2021.
5. [**thirteen times:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note308) Stephen P. Rosen, “The Impact of the Office of Net Assessment on the American Military in the Matter of the Revolution of Military Affairs,” *Journal of Strategic Studies* 33, No. 4 (2010): 480.
6. [**“ten thousand Americans”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note309) Interview with Steve Roemerman, 2021.
7. [**“High-tech works”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note310) Bobby R. Inman, Joseph S. Nye Jr., William J. Perry, and Roger K. Smith, “Lessons from the Gulf War,” *Washington Quarterly* 15, No. 1 (1992): 68; Benjamin S. Lambeth, *Desert Storm and Its Meaning* (RAND Corporation, 1992).
8. [**“War Hero Status”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note311) William J. Broad, “War in the Gulf: High Tech; War Hero Status Possible for the Computer Chip,” *New York Times*, January 21, 1991; Barry D. Watts, *Six Decades of Guided Munitions and Battle Networks: Progress and Prospects* (Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2007), p. 146; interview with Steve Roemerman.
9. [**Iraq’s speedy surrender:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch27.xhtml#note312) Mary C. Fitzgerald, “The Soviet Military and the New ‘Technological Operation’ in the Gulf,” *Naval War College Review* 44, No. 4 (Fall 1991): 16−43, <https://www.jstor.org/stable/44638558>; Stuart Kaufman, “Lessons from the 1991 Gulf War and Military Doctrine,” *Journal of Slavic Military Studies* 6, No. 3 (1993); Graham E. Fuller, “Moscow and the Gulf War,” *Foreign Affairs* (Summer 1991); Gilberto Villahermosa, “Desert Storm: The Soviet View,” Foreign Military Studies Office, May 25, 2005, p. 4.

فصل ٢٨

1. [**government-backed overinvestment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note313) Michael Pettis, *The Great Rebalancing* (Princeton University Press, 2013).
2. [**Samsung undercut Japanese rivals:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note314) Yoshitaka Okada, “Decline of the Japanese Semiconductor Industry,” in Yoshitaka Okada, ed., *Struggles for Survival* (Springer, 2006), p. 72.
3. [**“you can’t sleep at night”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note315) Marie Anchordoguy, *Reprogramming Japan* (Cornell University Press, 2005), p. 192.
4. [**the company failed to cut investment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note316) Sumio Saruyama and Peng Xu, *Excess Capacity and the Difficulty of Exit: Evidence from Japan’s Electronics Industry* (Springer Singapore, 2021); “Determination Drove the Development of the CCD ‘Electric Eye,’ ” Sony, <https://www.sony.com/en/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-11.html>.
5. [**this new type of memory chip:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note317) Kenji Hall, “Fujio Masuoka: Thanks for the Memory,” *Bloomberg*, April 3, 2006; Falan Yinung, “The Rise of the Flash Memory Market: Its Impact on Firm Behavior and Global Semiconductor Trade Patterns,” *Journal of International Commerce and Economics* (July 2007).
6. [**20 percent by 1998:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note318) Andrew Pollack, “U.S. Chips’ Gain Is Japan’s Loss,” *New York Times*, January 3, 1991; Okada, “Decline of the Japanese Semiconductor Industry,” p. 41; “Trends in the Semiconductor Industry,” Semiconductor History Museum of Japan, <https://www.shmj.or.jp/english/trends/trd90s.html>.
7. [**support Iraq’s neighbors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note319) Japan Ministry of Foreign Affairs, “How the Gulf Crisis Began and Ended,” in *Diplomatic Bluebook 1991*, <https://www.mofa.go.jp/policy/other/bluebook/1991/1991-2-1.htm>; Japan Ministry of Foreign Affairs, “Japan’s Response to the Gulf Crisis,” in *Diplomatic Bluebook 1991*, <https://www.mofa.go.jp/policy/other/bluebook/1991/1991-2-2.htm>*;* Kent E. Calder, “The United States, Japan, and the Gulf Region,” The Sasakawa Peace Foundation, August 2015, p. 31; T. R. Reid, “Japan’s New Frustration,” *Washington Post*, March 17, 1991.
8. [**“Let’s not wrangle over who won it”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note320) “G-Day: Soviet President Gorbachev Visits Stanford Business School,” Stanford Graduate School of Business, September 1990, <https://www.gsb.stanford.edu/experience/news-history/history/g-day-soviet-president-gorbachev-visits-stanford-business-school>; David Remnick, “In U.S., Gorbachev Tried to Sell a Dream,” *Washington Post*, June 6, 1990.
9. [**“has a computer from age 5”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note321) Gelb first recounted this story in 1992; I quote from his 2011 article on the topic; Leslie H. Gelb, “Foreign Affairs; Who Won the Cold War?” *New York Times*, August 20, 1992; Leslie H. Gelb, “The Forgotten Cold War: 20 Years Later, Myths About U.S. Victory Persist,” *Daily Beast*, July 14, 2017.
10. [**Happy Meal toys:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch28.xhtml#note322) Interview with Peter Gordon, 2021.

فصل ٢٩

1. [**“how much money you need”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note323) Wang, *K.T. Li and the Taiwan Experience*, p. 217; Oral History of Morris Chang, taken by Alan Patterson, August 24, 2007, Computer History Museum.
2. [**the company’s capabilities lagged:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note324) Tekla S. Perry, “Morris Chang: Foundry Father,” *IEEE Spectrum*, April 19, 2011; “Stanford Engineering Hero Lecture: Morris Chang in conversation with President John L. Hennessy,” Stanford Online, YouTube Video, April 25, 2004, around minute 36, <https://www.youtube.com/watch?v=wEh3ZgbvBrE>.
3. [**economic “warfare”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note325) “TI Board Visit to Taiwan 1978,” Texas Instruments Special Collection, 90-69 TI Board Visit to Taiwan, DeGolyer Library, Southern Methodist University.
4. [**“put out to pasture”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note326) Oral History of Morris Chang, Computer History Museum.
5. [**“a strange place to me”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note327) “Morris Chang’s Last Speech,” tr. Kevin Xu, *Interconnected Newsletter*, September 12, 2021, <https://interconnected.blog/morris-changs-last-speech>; on turning down a job offer, see L. Sophia Wang, ed., *K. T. Li Oral History* (2nd edition, 2001), pp. 239‒40, with thanks to Mindy Tu for translating; “Stanford Engineering Hero Lecture: Morris Chang in conversation with President John L. Hennessy,” around minute 34, <https://www.youtube.com/watch?v=wEh3ZgbvBrE>. On Chang’s Texan identity: Interview with Morris Chang, 2022.
6. [**wide leeway:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note328) Oral History of Morris Chang, Computer History Museum.
7. [**“a wealth of applications”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note329) “1976 Morris Chang Planning Doc,” Texas Instruments Special Collection, Fred Bucy Papers, DeGolyer Library, Southern Methodist University.
8. [**already been percolating in Taiwan:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note330) Chintay Shih interview by Ling-Fei Lin, Computer History Museum, February 21, 2011; National Research Council, “Appendix A3: Taiwan’s Industrial Technology Research Institute,” in *21st Century Manufacturing* (The National Academies Press, 2013); Oral History of Morris Chang, Computer History Museum.
9. [**“This isn’t one of them”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note331) Douglas B. Fuller, “Globalization for Nation Building: Industrial Policy for High-Technology Products in Taiwan,” working paper, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
10. [**27.5 percent stake:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note332) Rene Raaijmakers, *ASML’s Architects* (Techwatch Books, 2018), ch. 57. On Philips’ transfer of IP, see John A. Mathews, “A Silicon Valley of the East,” *California Management Review* (1997): 36; Daniel Nenni, “A Brief History of TSMC,” *SemiWiki*, August 2, 2012.
11. [**a project of the Taiwanese state:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note333) “Stanford Engineering Hero Lecture: Morris Chang in conversation with President John L. Hennessy”; Donald Brooks interview by Rob Walker, Stanford University Libraries, February 8, 2000, 1:45, <https://exhibits.stanford.edu/silicongenesis/catalog/cj789gh7170>.
12. [**deep ties with the U.S. chip industry:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note334) “TSMC Announces Resignation of Don Brooks,” *EE Times*, March 7, 1997; Donald Brooks interview by Rob Walker, 1:44; “1995 Annual Report,” Taiwan Semiconductor Manufacturing, Ltd, 1995; on educational links, see Douglas B. Fuller, “The Increasing Irrelevance of Industrial Policy in Taiwan, 2016−2020,” in Gunter Schubert and Chun-Yi Lee, eds., *Taiwan During the First Administration of Tsai Ing-wen: Navigating Stormy Waters* (Routledge, 2020), p. 15.
13. [**benefitted Taiwan and Silicon Valley:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch29.xhtml#note335) AnnaLee Saxenian, *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128* (Harvard University Press, 1994); AnnaLee Saxenian, *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy* (Harvard University Press, 2006).

فصل ٣٠

1. [**the same storage capacity:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note336) Jonathan Pollack, “The Chinese Electronics Industry in Transition,” Rand Corporation, N-2306, May 1985; David Dorman, “The Military Imperative in Chinese Economic Reform: The Politics of Electronics, 1949−1999,” PhD dissertation, University of Maryland, College Park, 2002; on the 1KB DRAM, see Richard Baum, “DOS ex Machina,” in Denis Fred Simon and Merle Goldman, eds., *Science and Technology in Post-Mao China* (Harvard University Asia Center, 1989), p. 357.
2. [**Chinese engineers forged their first integrated circuit:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note337) Yiwei Zhu, *Essays on China’s IC Industry Development*, tr. Zoe Huang (2006), pp. 140–144.
3. [**“after a few years study”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note338) National Research Council, “Solid State Physics in the People’s Republic of China: A Trip Report of the American Solid State Physics Delegation,” 1976, p. 89.
4. [**“earth-shaking mass movement”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note339) “Shanghai Workers Vigorously Develop Electronics Industry,” October 9, 1969, translation of *Renmin Ribao* article in *Survey of the Chinese Mainland Press*, No. 4520, October 21, 1969, pp. 11−13.
5. [**socialist utopia in China:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note340) Denis Fred Simon and Detlef Rehn, *Technological Innovation in China: The Case of Shanghai Semiconductor Industry* (Ballinger Publishing Company, 1988), pp. 47, 50; Lowell Dittmer, “Death and Transfiguration,” *Journal of Asian Studies* 40, No. 3 (May 1981): 463.
6. [**“all people must make semiconductors”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note341) Lan You Hang, “The Construction of Commercial Electron Microscopes in China,” *Advances in Imaging and Electron Physics* 96 (1996): 821; Sungho Rho, Keun Lee, and Seong Hee Kim, “Limited Catch Up in China’s Semiconductor Industry: A Sectoral Innovation System Perspective,” *Millennial Asia* (August 19, 2015): 159.
7. [**“So much is being wasted”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note342) Hua Guafeng, September 26, 1975, quoted in Roderick MacFarquhar and Michael Schoenhals, *Mao’s Last Revolution* (Belknap Press, 2008), pp. 400−401.
8. [**“self-glorification”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note343) National Research Council, “Solid State Physics in the People’s Republic of China,” p. 151.
9. [**political minders:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note344) Hoddeson and Daitch, *True Genius*, p. 277.
10. [**fifteen hundred computers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note345) Baum, “DOS ex Machina,” pp. 347−348; National Research Council, “Solid State Physics in the People’s Republic of China,” pp. 52−53.
11. [**weapons systems, consumer electronics, and computers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note346) Simon and Rehn, *Technological Innovation in China*, pp. 15, 59, 66; Baum, “DOS ex Machina,” pp. 347−348.
12. [**“ ‘the third machine exported’ ”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch30.xhtml#note347) Simon and Rehn, *Technological Innovation in China*, pp. 17, 27, 48.

فصل ٣١

1. [**“share God’s love with the Chinese”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note348) Evelyn Iritani, “China’s Next Challenge: Mastering the Microchip,” *Los Angeles Times*, October 22, 2002.
2. [**including a church:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note349) Andrew Ross, *Fast Boat to China* (Vintage Books, 2007), p. 250.
3. [**13 percent by 2010:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note350) Antonio Varas, Raj Varadarajan, Jimmy Goodrich, and Falan Yinug, “Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing,” Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association (September 2020), p. 7.
4. [**Chartered Semiconductor:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note351) John A. Matthews, “A Silicon Valley of the East,” *California Management Review* (1997).
5. [**like a game of chicken:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note352) Interview with Samsung executive, 2021.
6. [**Samsung had the capital to keep investing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note353) On credit subsidies, see S. Ran Kim, “The Korean System of Innovation and the Semiconductor Industry,” *Industrial and Corporate Change* 7, No. 2 (June 1, 1998): 297−298.
7. [**stuffing suitcases:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note354) Interview with China technology analyst, 2021.
8. [**running TI’s facilities around the world:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note355) Peter Clarke, “ST Process Technology Is Base for Chang’s Next Chinese Foundry,” tr. Claus Soong, *EE News Analog*, February 24, 2020; “Business Figures Weekly: the Father of Chinese Semiconductors—Richard Chang,” CCTV, YouTube Video, April 29, 2010, <https://www.youtube.com/watch?v=NVHAyrGRM2E>; <http://magazine.sina.com/bg/southernpeopleweekly/2009045/2009-12-09/ba80442.html>; <https://www.coolloud.org.tw/node/6695>.
9. [**Most of the early results:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note356) Douglas B. Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons* (Oxford University Press, 2016), pp. 122−126; John VerWey, “Chinese Semiconductor Industrial Policy: Past and Present,” *United States International Trade Commission Journal of International Commerce and Economics* (July 2019): 11.
10. [**sweet financial deal:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note357) This is the judgment of Doug Fuller, a leading expert on China’s chip industry, in *Paper Tigers, Hidden Dragons*, p. 122.
11. [**a “wafer fab located in China”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note358) Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons*, p. 125; Yin Li, “From Classic Failures to Global Competitors: Business Organization and Economic Development in the Chinese Semiconductor Industry,” Master’s thesis, University of Massachusetts, Lowell, pp. 32−33.
12. [**Taiwanese plastics dynasty:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note359) Lee Chyen Yee and David Lin, “Hua Hong NEC, Grace Close to Merger,” Reuters, December 1, 2011.
13. [**Neil Bush:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note360) “China’s Shanghai Grace Semiconductor Breaks Ground on New Fab, Report Says,” *EE Times*, November 20, 2000; Warren Vieth and Lianne Hart, “Bush’s Brother Has Contract to Help Chinese Chip Maker,” *Los Angeles Times*, November 27, 2003.
14. [**struggled to acquire customers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note361) Ming-chin Monique Chu, *The East Asian Computer Chip War* (Routledge, 2013), pp. 212−213; “Fast-Track Success of Jiang Zemin’s Eldest Son, Jiang Mianheng, Questioned by Chinese Academics for Years,” *South China Morning Post*, January 9, 2015. On the difficulties of Grace, see Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons*, ch. 5; Michael S. Chase, Kevin L. Pollpeter, and James C. Mulvenon, “Shanghaied: The Economic and Political Implications for the Flow of Information Technology and Investment Across the Taiwan Strait (Technical Report),” RAND Corporation, July 26, 2004, pp. 127−135.
15. [**Goldman Sachs, Motorola, and Toshiba:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note362) “Richard Chang: Taiwan’s Silicon Invasion,” *Bloomberg Businessweek*, December 9, 2002; Ross, *Fast Boat to China*, p. 250.
16. [**half of SMIC’s startup capital:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note363) Chase et al., “Shanghaied,” p. 149.
17. [**four hundred from Taiwan:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note364) “Richard Chang and His SMIC Team,” *Cheers Magazine*, April 1, 2000, <https://www.cheers.com.tw/article/article.action?id=5053843>.
18. [**foreign-trained workforce:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note365) Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons*, pp. 132, 134−135; VerWey, “Chinese Semiconductor Industrial Policy,” pp. 11−12; Yin Li, “From Classic Failures to Global Competitors,” pp. 45−48; Er Hao Lu, *The Developmental Model of China’s Semiconductor Industry, 2000–2005* (Zhongguo bandaoti chanye fazhan moshi), Doctoral dissertation, National Chengchi University, Taipei, Taiwan, 2008, pp. 33–35, with thanks to Claus Soong for translating; Ross, *Fast Boat to China*, p. 248.
19. [**reduced sales tax:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note366) Yin-Yin Chen, “The Political Economy of the Development of the Semiconductor Industry in Shanghai,1956–2006,” Thesis, National Taiwan University, 2007, pp. 71–72; Lu, *The Developmental Model of China’s* *Semiconductor Industry*, pp. 75−77. Thanks to Claus Soong for translating these sources.
20. [**near the cutting edge:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note367) Yin Li, “From Classic Failures to Global Competitors,” pp. 45−48.
21. [**on track to become a top-notch foundry:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch31.xhtml#note368) Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons*, pp. 132, 136; “Semiconductor Manufacturing International Corporation Announces Proposed Dual Listing on SEHK and NYSE,” SMIC, March 7, 2004, <https://www.smics.com/en/site/news_read/4212>; “Chip maker SMIC falls on debut,” CNN, Mar 18, 2004.

فصل ٣٢

1. [**He gave Carruthers $200 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note369) Interview with John Carruthers, 2021; this chapter benefitted from interviews with Vivek Bakshi, Chris Mack, Chuck Gwyn, David Attwood, Frits van Houts, John Taylor, John Carruthers, Bill Siegle, Stefan Wurm, Tony Yen, Shang-yi Chiang, and other lithography experts who asked not to be named, none of whom are responsible for the conclusions.
2. [**“lithography wars”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note370) Mark L. Schattenburg, “History of the ‘Three Beams’ Conference, the Birth of the Information and the Era of Lithography Wars,” <https://eipbn.org/2020/wp-content/uploads/2015/01/EIPBN_history.pdf>.
3. [**joined voluntarily:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note371) Peter Van Den Hurk, “Farewell to a ‘Big Family of Top Class People,’ ” ASML, April 23, 2021, <https://www.asml.com/en/news/stories/2021/frits-van-hout-retires-from-asml>.
4. [**“no facilities and no money”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note372) Interview with Frits van Hout, 2021.
5. [**competitors in Japan:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note373) Rene Raiijmakers, “Technology Ownership Is No Birthright,” *Bits & Chips*, June 24, 2021.
6. [**forming a partnership:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note374) Interview with Fritz van Hout, 2021; “Lithography Wars (Middle): How Did TSMC’s Fire Save the Lithography Giant ASML?” *iNews*, February 5, 2022, <https://inf.news/en/news/5620365e89323be681610733c6a32d22.html>.
7. [**“unipolar moment”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note375) Charles Krauthammer, “The Unipolar Moment,” *Foreign Affairs*, September 18, 1990.
8. [**“borderless world”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note376) Kenichi Ohmae, “Managing in a Borderless World,” *Harvard Business Review* (May–June 1989).
9. [**made a profit every year:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note377) According to Bloomberg data.
10. [**“95 percent gorilla”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note378) Interview with John Taylor, 2021.
11. [**ASML was the only lithography firm left:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note379) Chuck Gwyn and Stefan Wurm, “EUV LLC: A Historical Perspective,” in Bakshi, ed., EUV *Lithography* (SPIE, 2008); interviews with John Carruthers and John Taylor, 2021.
12. [**hardly anyone in Washington was concerned:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note380) Interviews with Kenneth Flamm and Richard Van Atta, 2021.
13. [**jobs, not geopolitics:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note381) David Lammers, “U.S. Gives Ok to ASML on EUV,” *EE Times*, February 24, 1999; this media report cites a deal with the U.S. government whereby ASML promised to produce a portion of its machines in the U.S. I was unable to verify the existence of such a promise via interviews with U.S. officials or ASML, though multiple former officials said the deal sounded plausible and that it could have been informal rather than formal. ASML today produces a portion of each EUV tool in a manufacturing facility in Connecticut so appears to be upholding its side of the deal, if in fact it made such a promise.
14. [**government’s decision to let this arrangement proceed:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note382) None of my interview subjects thought that foreign policy considerations were crucial to this decision, and many said they could not recall any discussion of the topic.
15. [**“all of the U.S. government’s EUV technology”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note383) Don Clark and Glenn Simpson, “Opponents of SVG Sale to Dutch Worry About Foreign Competition,” *Wall Street Journal*, April 26, 2001; interview with lithography industry expert, 2021; interview with Dick Van Atta, 2021; interview with former Commerce Department official, 2021.
16. [**EUV didn’t make the list:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note384) Clark and Simpson, “Opponents of SVG Sale to Dutch Worry About Foreign Competition.”
17. [**America, Japan, Slovenia, and Greece:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch32.xhtml#note385) Interview with John Taylor, 2021.

فصل ٣٣

1. [**“Intel is ready”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note386) “First Intel Mac (10 Jan 2006),” all about Steve [Jobs.com](http://jobs.com), YouTube Video, September 18, 2009, <https://www.youtube.com/watch?v=cp49Tmmtmf8>.
2. [**wore ties more often:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note387) Interview with veteran Intel executive, 2021.
3. [**milking Intel’s de facto monopoly on x86 chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note388) Alexis C. Madrigal, “Paul Otellini’s Intel: Can the Company That Built the Future Survive It?” *Atlantic*, May 16, 2013; interviews with four former Intel executives, 2021.
4. [**the moat, defending the castle, was x86:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note389) Interview with Michael Bruck, 2021.
5. [**won a near monopoly:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note390) Kurt Shuler, “Semiconductor Slowdown? Invest!” *Semiconductor Engineering*, January 26, 2012.
6. [**“the only chance we’ve got”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note391) Interview with Robin Saxby, 2021; “Sir Robin Saxby: The ARM Architecture Was Invented Inside Acorn Computers,” Anu Partha, YouTube Video, June 1, 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=jxUT3wE5Kwg>; Don Dingee and Daniel Nenni, *Mobile Unleashed: The Origin and Evolution of ARM Processors in Our Devices* (SemiWiki LLC, 2015), esp. p. 42; “Alumnus Receives Top Honour from Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE),” University of Liverpool, May 17, 2019.
7. [**Zoom-esque video conferencing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note392) Interview with former Intel executive, 2021.
8. [**mobile devices seemed like a wild gamble:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note393) Interview with Ted Odell, 2020, and Will Swope, 2021.
9. [**“the volume was 100× what anyone thought”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note394) Alexis C. Madrigal, “Paul Otellini’s Intel.”
10. [**Intel never found a way to win a foothold in mobile:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note395) Joel Hruska, “How Intel Lost the Mobile Market, Part 2: The Rise and Neglect of Atom,” *Extreme Tech*, December 3, 2020; Joel Hruska, “How Intel Lost $10 Billion and the Mobile Market,” *Extreme Tech*, December 3, 2020; Mark Lipacis et al., “Semiconductors: The 4th Tectonic Shift in Computing: To a Parallel Processing / IoT Model,” *Jeffries* *Research Note*, July 10, 2017; conversations with Michael Bruck and Will Swope helped crystalize this point; Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Area.”
11. [**“didn’t want to take the margin hit”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch33.xhtml#note396) Interview with former Intel executive, 2021.

فصل ٣۴

1. [**“fight to win”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note397) Andy Grove, “Andy Grove: How America Can Create Jobs,” *Businessweek*, July 1, 2010.
2. [**“I doubt they will ever catch up”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note398) Ibid.
3. [**a billion transistors on each chip:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note399) Jon Stokes, “Two Billion-Transistor Beasts: POWER7 and Niagara 3,” *Ars Technica*, February 8, 2010.
4. [**controlled around three-quarters of the market:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note400) Wally Rhines, “Competitive Dynamics in the Electronic Design Automation Industry,” *SemiWiki*, August 23, 2019.
5. [**an earthquake measuring 7.3:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note401) Mark Veverka, “Taiwan Quake Sends a Wakeup Call, But Effects May Be Short Lived,” *Barron’s*, September 27, 1999.
6. [**the fifth took even longer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note402) Jonathan Moore, “Fast Chips, Faster Cleanup,” *BusinessWeek*, October 11, 1999.
7. [**disruptions were limited:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note403) Baker Li, Dow Jones Newswires, “Shortage in Parts Appears to Fade Following Earthquake in Taiwan,” *Wall Street Journal*, November 9, 1999.
8. [**five since 1900:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note404) Interview with fabless company executive, 2021; “20 Largest Earthquakes in the World,” USGS, <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>.
9. [**“responsible stakeholder”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note405) Robert Zoellick speech, September 21, 2005, “Whither China? From Membership to Responsibility,” National Committee on U.S. China Relations.
10. [**“exceedingly small”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note406) Adam Segal, “Practical Engagement: Drawing a Fine Line for U.S.-China Trade,” *Washington Quarterly* 27, No. 3 (January 7, 2010): 162.
11. [**“validated end-user”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note407) “SMIC Attains Validated End-User Status for U.S. Government,” SMIC, October 19, 2007, <https://www.smics.com/en/site/news_read/4294>.
12. [**“running faster” than rivals:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note408) The best history of the emergence of this consensus is Hugo Meijer, *Trading with the Enemy* (Oxford University Press, 2016).
13. [**No one was listening:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch34.xhtml#note409) Van Atta et al., “Globalization and the US Semiconductor Industry,” Institute for Defense Analyses, November 20, 2007, pp. 2−3.

فصل ٣۵

1. [**could end up killing you:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note410) Craig Addison, *Silicon Shield* (Fusion PR, 2001), p. 77.
2. [**flamboyant and successful salesman:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note411) Peter J. Schuyten, “The Metamorphosis of a Salesman,” *New York Times*, February 25, 1979.
3. [**180 nanometers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note412) Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era,” p. 18.
4. [**requiring a quarter the capital investment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note413) Ibid., p. 17.
5. [**the biggest analog chipmakers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note414) Peter Clarke, “Top Ten Analog Chip Makers in 2020,” *eeNews*, June 3, 2021.
6. [**these four companies controlled around 85 percent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note415) Joonkyu Kang, “A Study of the DRAM Industry,” Master’s thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2010, p. 13.
7. [**Elpida struggled to survive:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note416) Hiroko Tabuchi, “In Japan, Bankruptcy for a Builder of PC Chips,” *New York Times*, February 27, 2012.
8. [**Government subsidies in countries like Singapore:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note417) Varas et al., “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era,” p. 18.
9. [**supplies 35 percent of the market:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note418) Ken Koyanagi, “SK-Intel NAND Deal Points to Wider Shake-Up of Chip Sector,” *Nikkei Asia*, October 23, 2020; “Samsung Electronics Adds NAND Flash Memory Line in Pyeongtaek,” *Pulse*, June 1, 2020.
10. [**“Now hear me and hear me well”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch35.xhtml#note419) John East, “Real Men Have Fabs. Jerry Sanders, TJ Rodgers, and AMD,” *SemiWiki*, July 29, 2019.

فصل ٣۶

1. [**“wasn’t a real semiconductor company”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note420) Paul McLellan, “A Brief History of Chips and Technologies,” *SemiWiki*, March 19, 2013, <https://semiwiki.com/eda/2152-a-brief-history-of-chips-and-technologies/>; Interview with Gordon Campbell, 2021.
2. [**Nvidia, had its humble beginnings:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note421) Interview with Chris Malachowsky, 2021.
3. [**as a child:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note422) Steve Henn, “Tech Pioneer Channels Hard Lessons into Silicon Valley Success,” NPR, February 20, 2012, <https://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2012/02/20/147162496/tech-pioneer-channels-hard-lessons-into-silicon-valley-success>.
4. [**the future of graphics:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note423) “Jen-Hsun Huang,” StanfordOnline, YouTube Video, June 23, 2011, <https://www.youtube.com/watch?v=Xn1EsFe7snQ>.
5. [**spent lavishly on this software effort:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note424) Ian Buck, “The Evolution of GPUs for General Purpose Computing,” September 20−23, 2010, <https://www.nvidia.com/content/GTC-2010/pdfs/2275_GTC2010.pdf>; Don Clark, “Why a 24-Year-Old Chipmaker Is One of Tech’s Hot Prospects,” *New York Times*, September 1, 2017; Pradeep Gupta, “CUDA Refresher: Reviewing the Origins of GPU Computing,” Nvidia, April 23, 2020, <https://developer.nvidia.com/blog/cuda-refresher-reviewing-the-origins-of-gpu-computing/>.
6. [**discovered a vast new market for parallel processing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note425) Ben Thompson, “Apple to Build Own GPU, the Evolution of GPUs, Apple and the General-Purpose GPU,” *Stratechery Newsletter*, April 12, 2017; Ben Thompson, “Nvidia’s Integration Dreams,” Stratechery Newsletter, September 15, 2020.
7. [**impossible to make a cell phone without them:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note426) Hsiao-Wen Wang, “TSMC Takes on Samsung,” *CommonWealth*, May 9, 2013; Timothy B. Lee, “How Qualcomm Shook Down the Cell Phone Industry for Almost 20 years,” *Ars Technica*, May 30, 2019.
8. [**tens of millions of lines of code:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note427) Interview with Susie Armstrong, 2021.
9. [**hasn’t fabricated any chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note428) Daniel Nenni, “A Detailed History of Qualcomm,” *SemiWiki*, March 9, 2018; Joel West, “Before Qualcomm: Linkabit and the Origins of San Diego’s Telecom Industry,” *Journal of San Diego History*, <https://sandiegohistory.org/journal/v55-1/pdf/v55-1west.pdf>.
10. [**focus on their core strengths in managing spectrum and in semiconductor design:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch36.xhtml#note429) Interview with two Qualcomm executives, 2021.

فصل ٣٧

1. [**the company announced it was dividing its chip design and fabrication businesses:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note430) Michael Kanellos, “End of Era as AMD’s Sanders Steps Aside,” CNET, April 24, 2002; Peter Bright, “AMD Completes Exit from Chip Manufacturing Biz,” *Wired*, March 5, 2012.
2. [**Even TSMC was worried:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note431) Interview with Shang-yi Chiang, 2021.
3. [**already had around half of the world’s foundry market:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note432) Mark LaPedus, “Will GlobalFoundries Succeed or Fail?” *EE Times*, September 21, 2010, <https://www.eetimes.com/will-globalfoundries-succeed-or-fail/>.
4. [**a chance to distinguish itself from its large rival:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note433) Claire Sung and Jessie Shen, “TSMC 40nm Yield Issues Resurface, CEO Promises Fix by Year-End,” *Digitimes*, October 30, 2009; Mark LaPedus, “TSMC Confirms 40-nm Yield Issues, Gives Predictions,” *EE Times*, April 30, 2009.
5. [**felt like an elevator:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note434) Interview with Rick Cassidy, 2022.
6. [**whatever the cost:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note435) Russell Flannery, “Ageless and Peerless in an Era of Fabless,” *Forbes*, December 9, 2012; Hsiao-Wen Wang, “TSMC Takes on Samsung,” *CommonWealth*, May 9, 2013.
7. [**coalescing around TSMC:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note436) Wang, “TSMC Takes on Samsung.”
8. [**“There was stagnation”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note437) Flannery, “Ageless and Peerless in an Era of Fabless.”
9. [**retook direct control:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note438) Lisa Wang, “TSMC Reshuffle Stuns Analysts,” *Taipei Times*, June 12, 2009; Yin-chuen Wu and Jimmy Hsiung, “I’m Willing to Start from Scratch,” *CommonWealth*, June 18, 2009.
10. [**“too much capacity”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note439) Robin Kwong, “Too Much Capacity Better Than Too Little for TSMC,” *Financial Times*, June 24, 2010.
11. [**“We’re just at the start”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch37.xhtml#note440) Flannery, “Ageless and Peerless in an Era of Fabless.”

فصل ٣٨

1. [**“What is software?”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note441) Dag Spicer, “Steve Jobs: From Garage to World’s Most Valuable Company,” Computer History Museum, December 2, 2011; I was directed to this by Steve Cheney, “1980: Steve Jobs on Hardware and Software Convergence,” *Steve Cheney—Technology, Business, and Strategy*, August 18, 2013.
2. [**The revolutionary new phone had many other chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note442) For details from these iPhone 1 teardowns, see Jonathan Zdziarski, “Chapter 2. Understanding the iPhone,” O’Reilly, <https://www.oreilly.com/library/view/iphone-forensics/9780596153588/ch02.html>; “iPhone 1st Generation Teardown,” *IFIXIT*, June 29, 2007.
3. [**the new iPad and the iPhone 4:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note443) Bryan Gardiner, “Four Reasons Apple Bought PA Semi,” *Wired*, April 23, 2000; Brad Stone, Adam Satariano, and Gwen Ackerman, “The Most Important Apple Executive You’ve Never Heard Of,” *Bloomberg*, February 18, 2016.
4. [**why Apple’s products work so smoothly:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note444) Ben Thompson, “Apple’s Shifting Differentiation,” *Stratechery*, November 11, 2020; Andrei Frumusanu, “Apple Announces the Apple Silicon M1: Ditching x86—What to Expect, Based on A14,” *AnandTech*, November 10, 2020.
5. [**60 percent of all the world’s profits:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note445) Harald Bauer, Felix Grawert, and Sebastian Schink, “Semiconductors for Wireless Communications: Growth Engine of the Industry,” McKinsey & Company (Autumn 2012): Exhibit 2.
6. [**assembly line workers in China:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note446) Harrison Jacobs, “Inside ‘iPhone City,’ the Massive Chinese Factory Town Where Half of the World’s iPhones Are Produced,” *Business Insider*, May 7, 2018.
7. [**Vietnam and India, too:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch38.xhtml#note447) Yu Nakamura, “Foxconn Set to Make iPhone 12 in India, Shifting from China,” *Nikkei Asia*, March 11, 2021.

فصل ٣٩

1. [**invested $4 billion in ASML in 2012:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note448) Dylan McGrath, “Intel Again Cuts Stake in ASML,” *EE Times*, October 12, 2018.
2. [**“solving an impossible problem”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note449) Interview with John Taylor, 2021.
3. [**sucking heat out of the laser system:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note450) Interview with two Trumpf executives, 2021.
4. [**millions of times a second:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note451) “TRUMPF Laser Amplifier,” Trumpf, <https://www.trumpf.com/en_US/products/laser/euv-drive-laser/>.
5. [**457,329 component parts:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note452) Interview with two Trumpf executives, 2021; Mark Lourie, “II-VI Incorporated Expands Manufacturing Capacity of Diamond Windows for TRUMPF High Power CO2 Lasers in EUV Lithography,” GlobeNewswire, December 19, 2018, <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/12/19/1669962/11543/en/II-VI-Incorporated-Expands-Manufacturing-Capacity-of-Diamond-Windows-for-TRUMPF-High-Power-CO2-Lasers-in-EUV-Lithography.html>.
6. [**Researchers in Lawrence Livermore National Lab:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note453) C. Montcalm, “Multilayer Reflective Coatings for Extreme-Ultraviolet Lithography,” Department of Energy Office of Scientific and Technical Information, March 10, 1998, <https://www.osti.gov/servlets/purl/310916>.
7. [**hit a golf ball as far away as the moon:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note454) “Interview with Dr. Peter Kurz: ‘Hitting a Golf Ball on the Moon,’ ” *World of Photonics*, <https://world-of-photonics.com/en/newsroom/photonics-industry-portal/photonics-interview/dr-peter-kuerz/>; “ZEISS—Breaking New Ground for the Microchips of Tomorrow,” ZEISS Group, YouTube Video, August 2, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=XeDCrlxBtTw>.
8. [**“like a machine”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note455) “Responsible Supply Chain: Setting the Bar Higher for the High-Tech Industry,” ASML, <https://www.asml.com/en/company/sustainability/responsible-supply-chain>; interview with Frits van Houts, 2021.
9. [**$1 billion it paid Zeiss:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note456) “Press Release: ZEISS and ASML Strengthen Partnership for Next Generation of EUV Lithography Due in Early 2020s,” ASML, November 3, 2016, <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2016/zeiss-and-asml-strengthen-partnership-for-next-generation-of-euv-lithography>.
10. [**“If you don’t behave”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note457) Interview with executive at ASML supplier, 2021.
11. [**thirty thousand hours:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note458) Igor Fomenkov et al., “Light Sources for High-Volume Manufacturing EUV Lithography: Technology, Performance, and Power Scaling,” *Advanced Optical Technologies* 6, Issue 3-4 (June 8, 2017).
12. [**Printing an “x”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note459) This description of computational lithography draws on Jim Keller, “Moore’s Law Is Not Dead,” UC Berkeley EECS Events, YouTube Video, September 18, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=oIG9ztQw2Gc>.
13. [**critical pieces of U.S.-produced equipment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch39.xhtml#note460) “Trumpf Consolidates EUV Lithography Supply Chain with Access Laser Deal,” Optics.org, October 4, 2017, <https://optics.org/news/8/10/6>.

فصل ۴٠

1. [**“There is no Plan B”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note461) Anthony Yen, “Developing EUV Lithography for High Volume Manufacturing—A Personal Journey,” *IEEE Technical Briefs*, <https://www.ieee.org/ns/periodicals/EDS/EDS-APRIL-2021-HTML-V2/InnerFiles/LandPage.html>.
2. [**“their spouse does not complain”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note462) Interview with Shang-yi Chiang, 2021.
3. [**spared no expense in testing and improving EUV tools:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note463) Lisa Wang, “TSMC Stalwart Takes SMIC Role,” *Taipei Times*, December 22, 2016; Jimmy Hsiung, “Shang-yi Chiang: Rallying the Troops,” *CommonWealth*, December 5, 2007; interviews with Shang-yi Chiang and Tony Yen, 2021.
4. [**bought Chartered Semiconductor:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note464) Timothy Prickett Morgan, “AMD’s GlobalFoundries Consumes Chartered Semi Rival,” *Register*, January 14, 2010.
5. [**an upside-down pyramid:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note465) Interview with former IBM executive, 2021.
6. [**selling their chip division:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note466) Interviews with two semiconductor executives, 2021.
7. [**10 percent of the foundry marketplace:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note467) “Apple Drove Entire Foundry Sales Increase at TSMC in 2015,” *IC Insights*, April 26, 2016.
8. [**700,000:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note468) “Samsung, TSMC Remain Tops in Available Wafer Fab Capacity,” *IC Insights*, January 6, 2016. This number calculates wafers-per-month as 200mm wafers. At the time the industry’s cutting edge was shifting to 300mm wafers, which could accommodate roughly twice as many chips per wafer. Wafer-per-month calculations on a 300mm wafer basis are therefore lower.
9. [**license its 14nm process from Samsung:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note469) Peter Bright, “AMD Completes Exit from Chip Manufacturing Biz,” *Wired*, March 5, 2012.
10. [**The EUV program was being canceled:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch40.xhtml#note470) Interviews with three former GlobalFoundries executives, one of whom focused on EUV, 2021; on R&D spending, see GlobalFoundries’ IPO prospectus, Security and Exchange Commission, October 4, 2021, p. 81, <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001709048/000119312521290644/d192411df1.htm>. See also Mark Gilbert, “Q4 Hiring Remains Strong Outlook for Q1 2019,” *SemiWiki*, November 4, 2018, <https://semiwiki.com/semiconductor-manufacturers/globalfoundries/7749-globalfoundries-pivot-explained/q>.

فصل ۴١

1. [**more chance to hone its process:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note471) Nick Flaherty, “Top Five Chip Makers Dominate Global Wafer Capacity,” *eeNews*, February 11, 2021.
2. [**can stretch into the millions of dollars:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note472) Or Sharir, Barak Peleg, and Yoav Shoham, “The Cost of Training NLP Models: A Concise Overview,” *AI21 Labs*, April 2020.
3. [**America’s most valuable semiconductor company:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note473) Wallace Witkowski, “Nvidia Surpasses Intel as Largest U.S. Chip Maker by Market Cap,” *MarketWatch*, July 8, 2020.
4. [**prices for more powerful TPUs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note474) “Cloud TPU Pricing,” Google Cloud, <https://cloud.google.com/tpu/pricing>; prices as of November 5, 2021.
5. [**“I’ve been basically running our foundry business”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note475) Chris Nuttall, “Chip Off the Old Block Takes Helm at Intel,” *Financial Times*, May 2, 2013.
6. [**little internal support:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note476) Interview with former Intel foundry executive, 2021.
7. [**shuttered after just several years:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note477) Dylan McGrath, “Intel Confirmed as Foundry for Second FPGA Startup,” *EE Times*, February 21, 2012.
8. [**done little to explain what went wrong:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note478) Joel Hruska, “Intel Acknowledges It Was ‘Too Aggressive’ with Its 10nm Plans,” *Extreme Tech*, July 18, 2019.
9. [**delayed adoption of EUV tools:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note479) Interview with Pat Gelsinger, *Bloomberg*, January 19, 2021, <https://www.bloomberg.com/news/videos/2022-01-19/intel-ceo-gelsinger-on-year-ahead-for-global-business-video>.
10. [**installed at TSMC:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch41.xhtml#note480) Ian Cutress, “TSMC: We Have 50% of All EUV Installations, 60% Wafer Capacity,” *AnandTech*, August 27, 2020.

فصل ۴٢

1. [**“without informatization, there is no modernization”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note481) Rogier Creemers, ed., “Central Leading Group for Internet Security and Informatization Established,” *China Copyright and Media*, March 1, 2014, <https://chinacopyrightandmedia.wordpress.com/2014/03/01/central-leading-group-for-internet-security-and-informatization-established/>.
2. [**“undertake real political reform”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note482) Evan Osnos, “Xi’s American Journey,” *New Yorker*, February 15, 2012.
3. [**many thousands of censors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note483) Katie Hunt and CY Xu, “China Employs 2 Million to Police Internet,’ ” CNN, October 7, 2013.
4. [**“global village”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note484) Rogier Creemers, ed., Xi Jinping, “Speech at the Work Conference for Cybersecurity and Informatization,” *China Copyright and Media*, April 19, 2016, <https://chinacopyrightandmedia.wordpress.com/2016/04/19/speech-at-the-work-conference-for-cybersecurity-and-informatization/>, translation adjusted.
5. [**“the ‘vital gate’ of the supply chain”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note485) Ibid.
6. [**“paired with Intel chips”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note486) Ibid.
7. [**most computers in China:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note487) Almost all CPU chips in PCs are designed by America’s Intel or AMD, though both firms manufacture their chips in other countries.
8. [**more money importing semiconductors than oil:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note488) See U.N. Comtrade data for integrated circuits (8542) and petroleum (2709).
9. [**surveillance technology:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note489) Drew Harwell and Eva Dou, “Huawei Tested AI Software That Could Recognize Uighur Minorities and Alert Police, Report Says,” *Washington Post*, December 8, 2020.
10. [**rely on chips from American companies:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note490) Paul Mozur and Don Clark, “China’s Surveillance State Sucks Up Data. U.S. Tech Is Key to Sorting It,” *New York Times*, November 22, 2020.
11. [**K. T. Li:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch42.xhtml#note491) Oral History of Morris Chang, Computer History Museum.

فصل ۴٣

1. [**“No one will emerge as a winner in a trade war”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note492) Anna Bruce-Lockhart, “Top Quotes by China President Xi Jinping at Davos 2017,” World Economic Forum, January 17, 2017, <https://www.weforum.org/agenda/2017/01/chinas-xi-jinping-at-davos-2017-top-quotes/>.
2. [**“protection will lead to great prosperity and strength”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note493) “Full Text: 2017 Donald Trump Inauguration Speech Transcript,” *Politico*, January 20, 2017.
3. [**“Xi sounding rather more presidential”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note494) Ian Bremmer, “Xi sounding rather more presidential than US president-elect. #Davos,” Twitter, January 17, 2017, <https://twitter.com/ianbremmer/status/821304485226119169>.
4. [**“Robust Defence of Globalisation”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note495) Jamil Anderlini, Wang Feng, and Tom Mitchell, “Xi Jinping Delivers Robust Defence of Globalisation at Davos,” *Financial Times*, January 17, 2017; Xi Jinping, “Full Text of Xi Jinping Keynote at the World Economic Forum,” CGTN, January 17, 2017, <https://america.cgtn.com/2017/01/17/full-text-of-xi-jinping-keynote-at-the-world-economic-forum>.
5. [**“Hope for Globalization”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note496) Max Ehrenfreund, “World Leaders Find Hope for Globalization in Davos Amid Populist Revolt,” *Washington Post*, January 17, 2017.
6. [**“The international community is looking to China”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note497) Isaac Stone Fish, “A Communist Party Man at Davos,” *Atlantic*, January 18, 2017.
7. [**“storm the passes”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note498) <http://politics.people.com.cn/n1/2016/0420/c1001-28291806.html>; Creemers, ed., Xi Jinping, “Speech at the Work Conference for Cybersecurity and Informatization.”
8. [**government officials who preferred the status quo:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note499) On Xi’s impotence versus the status quo, see Daniel H. Rosen, “China’s Economic Reckoning,” *Foreign Affairs*, July–August 2021.
9. [**“The scale of investment has risen rapidly”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note500) China’s State Council report, “Outline for Promoting the Development of the National Integrated Circuit Industry,” <http://www.csia.net.cn/Article/ShowInfo.asp?InfoID=88343>.
10. [**data aggregated by scholars at Georgetown University’s:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note501) Saif M. Khan, Alexander Mann, and Dahlia Peterson, “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness,” Center for Security and Emerging Technology, January 2021, p. 8, <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/The-Semiconductor-Supply-Chain-Issue-Brief.pdf>.
11. [**leaving China reliant on Nvidia and AMD:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note502) Saif M. Khan and Alexander Mann, “AI Chips: What They Are and Why They Matter,” Center for Security and Emerging Technology, April 2020, pp. 29−31, <https://cset.georgetown.edu/publication/ai-chips-what-they-are-and-why-they-matter/>.
12. [**30 percent by 2025:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note503) “China Forecast to Fall Far Short of Its ‘Made in China 2025’ Goals for ICs,” *IC Insights*, January 6, 2021, <https://www.icinsights.com/news/bulletins/China-Forecast-To-Fall-Far-Short-Of-Its-Made-In-China-2025-Goals-For-ICs/>.
13. [**private-sector investors were displaced:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note504) “Dr. Zixue Zhou Appointed as Chairman of SMIC,” press release, SMIC, March 6, 2015, <http://www.smics.com/en/site/news_read/4539>; Doug Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons* (Oxford University Press, 2016) charts the early stages of the increase in government influence.
14. [**small facilities spread across the country:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note505) Interview with former CEO of a Chinese foundry, 2021; Fuller, *Paper Tigers, Hidden Dragons*.
15. [**“ ‘Let’s lose money’ ”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note506) Interview with European semiconductor executive, 2020.
16. [**Key “investors” in the fund:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note507) Barry Naughton, *Rise of China’s Industrial Policy, 1978 to 2020* (Academic Network of Latin America and the Caribbean on China, 2021), p. 114.
17. [**a new “venture capital” model:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note508) Arthur Kroeber, “The Venture Capitalist State,” *GaveKal Dragonomics*, March 2021.
18. [**Only a government could take such a gamble:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note509) Dieter Ernest, *From Catching Up to Forging Ahead: China’s Policies for Semiconductors* (East West Center, 2015), p 19.
19. [**reduce the share of foreign chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note510) Luffy Liu, “Countdown: How Close Is China to 40% Chip Self-Sufficiency?” *EE Times*, April 11, 2019.
20. [**the “red supply chain”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch43.xhtml#note511) <https://www.cw.com.tw/article/5053334>; <https://www.twse.com.tw/ch/products/publication/download/0003000156.pdf>. Thanks to Wei-Ting Chen for help translating these documents.

فصل ۴۴

1. [**“a great opportunity”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note512) David Wolf, “Why Buy the Hardware When China Is Getting the IP for Free?” *Foreign Policy*, April 24, 2015.
2. [**collaborating with American cyber sleuths:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note513) IBM denied giving the National Security Agency any client data; Claire Cain Miller, “Revelations of N.S.A. Spying Cost U.S. Tech Companies,” *New York Times*, March 21, 2014; Sam Gustin, “IBM: We Haven’t Given the NSA Any Client Data,” *Time*, March 14, 2014.
3. [**“a very significant economic set of reforms”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note514) Matthew Miller, “IBM’s CEO Visits China for Trust-Building Talks with Govt Leaders: Sources,” Reuters, February 12, 2014.
4. [**meeting with top Chinese officials:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note515) See July 2014 meeting with Beijing mayor, IBM News, “Today, #IBM CEO Ginni Rometty met with Beijing Mayor Wang Anshun at the Beijing Convention Center in #China.[PHOTO],” Twitter, July 9, 2014, <https://mobile.twitter.com/ibmnews/status/486873143911669760>; 2016 meeting with Li Keqiang, “Ginni Rometty of IBM Meets Chinese Premier Li Keqiang,” *Forbes*, October 22, 2016.
5. [**a report by the Reuters:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note516) Miller, “IBM’s CEO Visits China for Trust-Building Talks with Govt Leaders: Sources.”
6. [**“enhancing cooperation in integrated circuit”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note517) “Chinese Vice Premier Meets IBM President,” English.People.CN, November 13, 2014, <http://en.people.cn/n/2014/1113/c90883-8808371.html>.
7. [**little server market share:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note518) Timothy Prickett Morgan, “X86 Servers Dominate the Datacenter—for Now,” *Next Platform*, June 4, 2015.
8. [**“create a new and vibrant ecosystem”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note519) Paul Mozur, “IBM Venture with China Stirs Concerns,” *New York Times*, April 19, 2015.
9. [**“huge security risks”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note520) Ibid.
10. [**a key source of Qualcomm’s revenue:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note521) “China Deal Squeezes Royalty Cuts from Qualcomm,” *EE Times*, February 10, 2015.
11. [**Huaxintong didn’t have a track record:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note522) Chen Qingqing, “Qualcomm’s Failed JV Reveals Poor Chipset Strategy Amid Rising Competition: Insiders,” *Global Times*, April 22, 2019; Aaron Tilley, Wayne Ma, and Juro Osawa, “Qualcomm’s China Venture Shows Risks of Beijing’s Tech Ambition,” *Information*, April 3, 2019; Li Tao, “Qualcomm Said to End Chip Partnership with Local Government in China’s Rural Guizhou Province,” *South China Morning Post*, April 19, 2019.
12. [**included Phytium:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note523) “Server and Cloud Leaders Collaborate to Create China-Based Green Computing Consortium,” *Arm*, April 15, 2016, <https://www.arm.com/company/news/2016/04/server-and-cloud-leaders-collaborate-to-create-china-based-green-computing-consortium>.
13. [**work for Phytium:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note524) See “Wei Li,” LinkedIn, <https://www.linkedin.com/in/wei-li-8b0490b/?originalSubdomain=cn>; Ellen Nakashima and Gerry Shih, “China Builds Advanced Weapons Systems Using American Chip Technology,” *Washington Post*, April 9, 2021.
14. [**“world-class”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note525) “AMD and Nantong Fujitsu Microelectronics Co., Ltd. Close on Semiconductor Assembly and Test Joint Venture,” AMD, April 29, 2016,
15. [**Chinese firms and government bodies:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note526) One of the investors in this joint venture with AMD is the Chinese Academy of Sciences, part of the Chinese state; see Ian Cutress and Wendell Wilson, “Testing a Chinese x86 CPU: A Deep Dive into Zen-Based Hygon Dhyana Processors,” *AnandTech*, February 27, 2020.
16. [**“know anything about microprocessors, or semiconductors, or China”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note527) Interview with chip industry insider, 2021.
17. [**ended up not depending on the money:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note528) Interview with Stacy Rasgon, 2021.
18. [**simply tweaking AMD designs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note529) Interviews with one industry insider and one former U.S. official, 2021; Don Clark, “AMD to License Chip Technology to China Chip Venture,” *Wall Street Journal*, April 21, 2016; Usman Pirzada, “No, AMD Did Not Sell the Keys to the x86 Kingdom—Here’s How the Chinese Joint Venture Works,” *Wccftech*, June 29, 2019; Cutress and Wilson, “Testing a Chinese x86 CPU”; Stewart Randall, “Did AMD Really Give Away ‘Keys to the Kingdom’?” *TechNode*, July 10, 2019.
19. [**The**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note530) ***Wall Street Journal* reported:** Kate O’Keeffe and Brian Spegele, “How a Big U.S. Chip Maker Gave China the ‘Keys to the Kingdom,’ ” *Wall Street Journal*, June 27, 2019.
20. [**raise eyebrows in Washington:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note531) “AMD EPYC Momentum Grows with Datacenter Commitments from Tencent and [JD.com](http://jd.com), New Product Details from Sugon and Lenovo,” press release, AMD, August 23, 2017, <https://ir.amd.com/news-events/press-releases/detail/788/amd-epyc-momentum-grows-with-datacenter-commitments-from>; interview with former U.S. official, 2021.
21. [**“nuclear weapons and hypersonic weapons”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note532) Craig Timberg and Ellen Nakashima, “Supercomputing Is Latest Front in U.S.-China High-Tech Battle,” *Washington Post*, June 21, 2019; Industry and Security Bureau, “Addition of Entities to the Entity List and Revision of an Entry on the Entity List,” Federal Register, June 24, 2019, <https://www.federalregister.gov/documents/2019/06/24/2019-13245/addition-of-entities-to-the-entity-list-and-revision-of-an-entry-on-the-entity-list>; Michael Kan, “US Tries to Thwart China’s Work on Exascale Supercomputer by Blocking Exports,” *PC Mag*, April 8, 2021.
22. [**advertised its links to the Chinese military:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note533) “Statement of Elsa Kania,” in “Hearing on Technology, Trade, and Military-Civil Fusion: China’s Pursuit of Artificial Intelligence, New Materials, and New Energy,” U.S.-China Economic and Security Review Commission, June 7, 2019, p. 69, <https://www.uscc.gov/sites/default/files/2019-10/June%207,%202019%20Hearing%20Transcript.pdf>.
23. [**wasn’t sure how Sugon acquired the chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note534) Anton Shilov, “Chinese Server Maker Sugon Has Its Own Radeon Instinct MI50 Compute Cards (Updated),” *Tom’s Hardware*, October 15, 2020, <https://www.tomshardware.com/news/chinese-server-maker-sugon-has-its-own-radeon-instinct-mi50-compute-cards>. An AMD representative did not respond to my request for information about its relationship with Sugon.
24. [**vulnerable to political pressure from Beijing:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note535) Alexandra Alper and Greg Roumeliotis, “Exclusive: U.S. Clears SoftBank’s $2.25 Billion Investment in GM-Backed Cruise,” Reuters, July 5, 2019; Dan Primack, “SoftBank’s CFIUS Workaround,” *Axios*, November 29, 2018; Heather Somerville, “SoftBank Picking Its Battles with U.S. National Security Committee,” Reuters, April 11, 2019.
25. [**only $775 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note536) Cheng Ting-Fang, Lauly Li, and Michelle Chan, “How SoftBank’s Sale of Arm China Sowed the Seeds of Discord,” *Nikkei Asia*, June 16, 2020; “Inside the Battle for Arm China,” *Financial Times*, June 26, 2020.
26. [**one Arm executive told *Nikkei Asia*:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch44.xhtml#note537) Cheng Ting-Fang and Debby Wu, “ARM in China Joint Venture to Help Foster ‘Secure’ Chip Technology,” *Nikkei Asia*, May 30, 2017.

فصل ۴۵

1. [**celebrated as a chip billionaire:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note538) Nobutaka Hirooka, “Inside Tsinghua Unigroup, a Key Player in China’s Chip Strategy,” *Nikkei Asia*, November 12, 2020; “University’s Deal Spree Exposes Zhao as Chip Billionaire,” *China Daily*, March 25, 2015.
2. [**a path toward a billion-dollar fortune:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note539) Hirooka, “Inside Tsinghua Unigroup”; Yue Wang, “Meet Tsinghua’s Zhao Weiguo, the Man Spearheading China’s Chip Ambition,” *Forbes*, July 29, 2015.
3. [**“personal friend”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note540) Kenji Kawase, “Was Tsinghua Unigroup’s Bond Default a Surprise?” *Nikkei Asia*, December 4, 2020; Eva Dou, “China’s Biggest Chip Maker’s Possible Tie-Up with H-P Values Unit at Up to $5 Billion,” *Wall Street Journal*, April 15, 2015; Wang, “Meet Tsinghua’s Zhao Weiguo”; Yue Wang, “Tsinghua Spearheads China’s Chip Drive,” *Nikkei Asia*, July 29, 2015.
4. [**college roommate of Xi Jinping:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note541) Dieter Ernst, “China’s Bold Strategy for Semiconductors—Zero-Sum Game or Catalyst for Cooperation?” East-West Center, September 2016; Willy Wo-Lap Lam, “Members of the Xi Jinping Clique Revealed,” The Jamestown Foundation, February 7, 2014; Chen Xi stepped down as Tsinghua University president at the end of 2008.
5. [**“All our deals are market-oriented”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note542) Wang, “Meet Tsinghua’s Zhao Weiguo.”
6. [**“Maybe you’ll catch a deer”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note543) Dou, “China’s Biggest Chip Maker’s Possible Tie-Up with H-P Values Unit at Up to $5 Billion.”
7. [**the sums Zhao spent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note544) Zijing Wu and Jonathan Browning, “China University Deal Spree Exposes Zhao as Chip Billionaire,” *Bloomberg*, March 23, 2015.
8. [**“enormous synergies”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note545) Saabira Chaudhuri, “Spreadtrum Communications Agrees to $1.78 Billion Takeover,” *Wall Street Journal*, July 12, 2013.
9. [**Zhao cut a deal with Intel:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note546) “Intel and Tsinghua Unigroup Collaborate to Accelerate Development and Adoption of Intel-Based Mobile Devices,” news release, Intel Newsroom, September 25, 2014, <https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-and-tsinghua-unigroup-collaborate-to-accelerate-development-and-adoption-of-intel-based-mobile-devices/#gs.7y1hjm>.
10. [**“national priority”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note547) Eva Dou and Wayne Ma, “Intel Invests $1.5 Billion for State in Chinese Chip Maker,” *Wall Street Journal*, September 26, 2014; Cheng Ting-Fang, “Intel’s 5G Modem Alliance with Beijing-Backed Chipmaker Ends,” *Nikkei Asia*, February 26, 2019.
11. [**take $24 billion instead:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note548) Paul McLellan, “Memory in China: XMC,” *Cadence*, April 15, 2016, <https://community.cadence.com/cadence_blogs_8/b/breakfast-bytes/posts/china-memory-2>; “China’s Tsinghua Unigroup to Build $30 Billion Nanjing Chip Plant,” Reuters, January 19, 2017; Eva Dou, “Tsinghua Unigroup Acquires Control of XMC in Chinese-Chip Deal,” *Wall Street Journal*, July 26, 2016.
12. [**real estate and online gambling:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note549) Josh Horwitz, “Analysis: China’s Would-Be Chip Darling Tsinghua Unigroup Bedevilled by Debt and Bad Bets,” Reuters, January 19, 2021.
13. [**announced plans to invest:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note550) Dou, “China’s Biggest Chip Maker’s Possible Tie-Up with H-P Values Unit at Up to $5 Billion.”
14. [**hired several leading Taiwanese semiconductor executives:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note551) Josephine Lien and Jessie Shen, “Former UMC CEO to Join Tsinghua Unigroup,” *Digitimes Asia*, January 10, 2017; Matthew Fulco, “Taiwan Chipmakers Eye China Market,” *Taiwan Business Topics*, February 8, 2017, <https://topics.amcham.com.tw/2017/02/taiwan-chipmakers-eye-china-market/>.
15. [**pursued stakes and joint ventures:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note552) Debby Wu and Cheng Ting-Fang, “Tsinghua Unigroup-SPIL Deal Axed on Policy Worries,” *Nikkei Asia*, April 28, 2016.
16. [**buying the island’s crown jewels:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note553) Peter Clarke, “China’s Tsinghua Interested in MediaTek,” *EE News*, November 3, 2015.
17. [**suggested China should ban imports of Taiwanese chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note554) Simon Mundy, “Taiwan’s Chipmakers Push for China Thaw,” *Financial Times*, December 6, 2015; Zou Chi, TNL Media Group, November 3, 2015, <https://www.thenewslens.com/article/30138>.
18. [**“if the price is right”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note555) Cheng Ting-Fang, “Chipmaker Would Sell Stake to China ‘If the Price Is Right,’ ” *Nikkei Asia*, November 7, 2015.
19. [**“it will not be that easy to protect intellectual property”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note556) J. R. Wu, “Chinese Investors Should Not Get Board Seats on Taiwan Chip Firms—TSMC Chief,” Reuters, June 7, 2016.
20. [**“join hands and raise the status”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note557) J. R. Wu, “Taiwan’s Mediatek Says Open to Cooperation with China in Chip Sector,” Reuters, November 2, 2015.
21. [**“You cannot escape from this issue”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note558) Ben Bland and Simon Mundy, “Taiwan Considers Lifting China Semiconductor Ban,” *Financial Times*, November 22, 2015.
22. [**floated the idea of buying Micron:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note559) Eva Dou and Don Clark, “State-Owned Chinese Chip Maker Tsinghua Unigroup Makes $23 Billion Bid for Micron,” *Wall Street Journal*, July 14, 2015.
23. [**the U.S. government’s security concerns:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note560) Interviews with two former senior officials, 2021.
24. [**extending a $3.7 billion offer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note561) Eva Dou and Don Clark, “Arm of China-Controlled Tsinghua to Buy 15% Stake in Western Digital,” *Wall Street Journal*, September 30, 2015.
25. [**“This is purely a financial investment”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note562) Eva Dou and Robert McMillan, “China’s Tsinghua Unigroup Buys Small Stake in U.S. Chip Maker Lattice,” *Wall Street Journal*, April 14, 2016.
26. [**weeks after the investment was publicized:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note563) Ed Lin, “China Inc. Retreats from Lattice Semiconductor,” *Barron’s*, October 7, 2016.
27. [**discreetly funded by the Chinese government:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note564) Liana Baker, Koh Gui Qing, and Julie Zhu, “Chinese Government Money Backs Buyout Firm’s Deal for U.S. Chipmaker,” Reuters, November 28, 2016. China Reform Holding, an investment fund owned by the Chinese government, is a key investor in Canyon Bridge; see Junko Yoshida, “Does China Have Imagination? *EE Times*, April 14, 2020.
28. [**simultaneously bought Imagination:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note565) Nick Fletcher, “Imagination Technologies Jumps 13% as Chinese Firm Takes 3% Stake,” *Guardian*, May 9, 2016.
29. [**so that Washington didn’t block it, too:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note566) “Canyon Bridge Confident Imagination Deal Satisfies UK Government,” *Financial Times*, September 25, 2017; Turner et al., “Canyon Bridge Is Said to Ready Imagination Bid Minus U.S. Unit,” *Bloomberg*, September 7, 2017.
30. [**restructure the board of directors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note567) Nic Fides, “Chinese Move to Take Control of Imagination Technologies Stalls,” *Financial Times*, April 7, 2020.
31. [**insider trading:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note568) “USA v. Chow,” <https://www.corporatedefensedisputes.com/wp-content/uploads/sites/19/2021/04/United-States-v.-Chow-2d-Cir.-Apr.-6-2021.pdf>; “United States of America v. Benjamin Chow,” <https://www.justice.gov/usao-sdny/press-release/file/1007536/download>; Jennifer Bennett, “Canyon Bridge Founder’s Insider Trading Conviction Upheld,” *Bloomberg Law*, April 6, 2021.
32. [**“bound to happen”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note569) Wang, “Meet Tsinghua’s Zhao Weiguo.”
33. [**received new “investment”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch45.xhtml#note570) Sijia Jang, “China’s Tsinghua Unigroup Signs Financing Deal for Up to 150 Bln Yuan,” Reuters, March 28, 2017.

فصل ۴۶

1. [**ties between Huawei and the Chinese state:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note571) Chairman Mike Rogers and Ranking Member C. A. Dutch Ruppersberger, “Investigative Report on the U.S. National Security Issues Posed by Chinese Telecommunications Companies Huawei and ZTE,” Permanent Select Committee on Intelligence, U.S. House of Representatives, October 8, 2012, <https://republicans-intelligence.house.gov/sites/intelligence.house.gov/files/documents/huawei-zte%20investigative%20report%20(final).pdf>, pp. 11–25.
2. [**synthetic fiber:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note572) William Kirby et al., “Huawei: A Global Tech Giant in the Crossfire of a Digital Cold War,” Harvard Business School Case N-1-320-089, p. 2.
3. [**building switching equipment:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note573) Kirby et al., “Huawei”; Jeff Black, Allen Wan, and Zhu Lin, “Xi Jinping’s Tech Wonderland Runs into Headwinds,” *Bloomberg*, September 29, 2020.
4. [**copied directly:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note574) Scott Thurm, “Huawei Admits Copying Code from Cisco in Router Software,” *Wall Street Journal*, March 24, 2003.
5. [**the country’s spy agencies believe:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note575) Tom Blackwell, “Exclusive: Did Huawei Bring Down Nortel? Corporate Espionage, Theft, and the Parallel Rise and Fall of Two Telecom Giants,” *National Post*, February 20, 2020.
6. [**$15 billion annual R&D budget:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note576) Nathaniel Ahrens, “China’s Competitiveness,” Center for Strategic and International Studies, February 2013, <https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/legacy_files/files/publication/130215_competitiveness_Huawei_casestudy_Web.pdf>.
7. [**tour the U.S.:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note577) Tian Tao and Wu Chunbo, *The Huawei Story* (Sage Publications Pvt. Ltd., 2016), p. 53.
8. [**“they felt they were a hundred years behind”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note578) Interview with former IBM consultant and later Huawei employee, 2021.
9. [**“Sacrifice is a soldier’s highest cause”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note579) Raymond Zhong, “Huawei’s ‘Wolf Culture’ Helped It Grow, and Got It into Trouble,” *New York Times*, December 18, 2018.
10. [**studied Stalingrad:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note580) “Stanford Engineering Hero Lecture: Morris Chang in Conversation with President John L. Hennessy,” Stanford Online, YouTube Video, April 25, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=wEh3ZgbvBrE>.
11. [**$75 billion:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note581) Chuin-Wei Yap, “State Support Helped Fuel Huawei’s Global Rise,” *Wall Street Journal*, December 25, 2019.
12. [**top Chinese officials:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note582) Ahrens, “China’s Competitiveness.”
13. [**“Democrat or Republican”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note583) Tao and Chunbo, *The Huawei Story*, p. 58; Mike Rogers and Dutch Ruppersberger, “Investigative Report on the U.S. National Security Issues Posed by Chinese Telecommunications Companies Huawei and ZTE,” U.S. House of Representatives, October 8, 2012, <https://stacks.stanford.edu/file/druid:rm226yb7473/Huawei-ZTE%20Investigative%20Report%20(FINAL).pdf>.
14. [**designing as many as possible in-house:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note584) Interview with former IBM consultant and Huawei employee, 2021.
15. [**TSMC’s second-largest customer:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch46.xhtml#note585) Cheng Ting-Fang and Lauly Li, “TSMC Halts New Huawei Orders After US Tightens Restrictions,” *Nikkei Asia*, May 18, 2020.

فصل ۴٧

1. [**switching gear the size of a closet:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch47.xhtml#note586) Interview with Ken Hunkler, 2021.
2. [**more precision while using less power:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch47.xhtml#note587) Interview with Dave Robertson, 2021.
3. [**“resemble a smartphone”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch47.xhtml#note588) Spencer Chin, “Teardown Reveals the Tesla S Resembles a Smartphone,” *Power Electronics*, October 28, 2014.
4. [**high-quality and competitively priced:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch47.xhtml#note589) Ray Le Maistre, “BT’s McRae: Huawei Is ‘the Only True 5G Supplier Right Now,’ ” *Light Reading*, November 21, 2018.
5. [**one study of Huawei’s radio units:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch47.xhtml#note590) Norio Matsumoto and Naoki Watanabe, “Huawei’s Base Station Teardown Shows Dependence on US-Made Parts,” *Nikkei Asia*, October 12, 2020.

فصل ۴٨

1. [**“psychological nuclear attack”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note591) Liu Zhen, “China-US Rivalry: How the Gulf War Sparked Beijing’s Military Revolution,” *South China Morning Post*, January 18, 2021; see also Harlan W. Jencks, “Chinese Evaluations of ‘Desert Storm’: Implications for PRC Security,” *Journal of East Asian Affairs* 6, No. 2 (Summer/Fall 1992): 447−477.
2. [**“China could surpass the United States”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note592) “Final Report,” National Security Commission on Artificial Intelligence, p. 25.
3. [**“AI weapons”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note593) Elsa B. Kania, “ ‘AI Weapons’ in China’s Military Innovation,” Global China, Brookings Institution, April 2020.
4. [**a “triad”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note594) Ben Buchanan, “The AI Triad and What It Means for National Security Strategy,” Center for Security and Emerging Technology, August 2020.
5. [**China doesn’t have any built-in advantages in gathering data:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note595) Matt Sheehan, “Much Ado About Data: How America and China Stack Up,” MacroPolo, July 16, 2019, <https://macropolo.org/ai-data-us-china/?rp=e>.
6. [**59 percent of the world’s top** AI **researchers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note596) “The Global AI Talent Tracker,” MacroPolo, <https://macropolo.org/digital-projects/the-global-ai-talent-tracker/>.
7. [**95 percent of GPUs:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note597) “White Paper on China’s Computing Power Development Index,” tr. Jeffrey Ding, China Academy of Information and Communications Technology, September 2021, [https://docs.google.com/document/d/1Mq5vpZQe7nrKgkYJA2-yZNV1Eo8swh\_w36TUEzFWIWs/edit#](https://docs.google.com/document/d/1Mq5vpZQe7nrKgkYJA2-yZNV1Eo8swh_w36TUEzFWIWs/edit), original Chinese source: <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202109/t20210918_390058.htm>.
8. [**researchers at Georgetown University:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note598) Ryan Fedasiuk, Jennifer Melot, and Ben Murphy, “Harnessed Lightning: How the Chinese Military Is Adopting Artificial Intelligence,” CSET, October 2021, <https://cset.georgetown.edu/publication/harnessed-lightning/>, esp. fn 84; on civil military fusion, see Elsa B. Kania and Lorand Laskai, “Myths and Realities of China’s Military-Civil Fusion Strategy,” Center for a New American Security, January 28, 2021.
9. [**a decisive technological advantage:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note599) Gian Gentile, Michael Shurkin, Alexandra T. Evans, Michelle Grise, Mark Hvizda, and Rebecca Jensen, “A History of the Third Offset, 2014–2018,” Rand Corporation, 2021; “Remarks by Deputy Secretary Work on Third Offset Strategy,” U.S. Department of Defense, April 28, 2016.
10. [**“computers distributed across the battlespace”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note600) “DARPA Tiles Together a Vision of Mosaic Warfare,” Defense Advanced Research Projects Agency, <https://www.darpa.mil/work-with-us/darpa-tiles-together-a-vision-of-mosiac-warfare>.
11. [**“human-machine teaming”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note601) “Designing Agile Human-Machine Teams,” Defense Advanced Research Projects Agency, November 28, 2016, <https://www.darpa.mil/program/2016-11-28>.
12. [**The Russian government also reportedly obstructs GPS signals:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note602) Roger N. McDermott, “Russia’s Electronic Warfare Capabilities to 2025,” International Centre for Defence and Security, September 2017; “Study Maps ‘Extensive Russian GPS Spoofing,’ ” BBC News, April 2, 2019.
13. [**alternative navigation systems:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note603) “Adaptable Navigation Systems (ANS) (Archived),” Defense Advanced Research Projects Agency, <https://www.darpa.mil/program/adaptable-navigation-systems>.
14. [**a military’s ability to see and to communicate:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note604) Bryan Clark and Dan Patt, “The US Needs a Strategy to Secure Microelectronics—Not Just Funding,” Hudson Institute, March 15, 2021.
15. [**Electronics Resurgence Initiative:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note605) “DARPA Electronics Resurgence Initiative,” Defense Advanced Research Projects Agency, June 28, 2021, <https://www.darpa.mil/work-with-us/electronics-resurgence-initiative>.
16. [**transistor structures:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note606) On FinFET, see Tekla S. Perry, “How the Father of FinFETs Helped Save Moore’s Law,” *IEEE Spectrum*, April 21, 2020.
17. [**10−15 percent:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note607) Norman J. Asher and Leland D. Strom, “The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits,” *Institute for Defense Analyses*, May 1977, p. 74.
18. [**several hundred million dollars:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note608) Ed Sperling, “How Much Will That Chip Cost?” *Semiconductor Engineering*, March 27, 2014.
19. [**Spectre and Meltdown:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note609) Cade Metz and Nicole Perlroth, “Researchers Discover Two Major Flaws in the World’s Computers,” *New York Times*, January 3, 2018.
20. [**before notifying the U.S. government:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note610) Robert McMillan and Liza Lin, “Intel Warned Chinese Companies of Chip Flaws Before U.S. Government,” *Wall Street Journal*, January 28, 2018.
21. [**“zero trust”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note611) Serge Leef, “Supply Chain Hardware Integrity for Electronics Defense (SHIELD) (Archived),” Defense Advanced Research Projects Agency, <https://www.darpa.mil/program/supply-chain-hardware-integrity-for-electronics-defense#:~:text=The%20goal%20of%20DARPA’s%20SHIELD,consuming%20to%20be%20cost%20effective>; “A DARPA Approach to Trusted Microelectronics,” <https://www.darpa.mil/attachments/ATrustthroughTechnologyApproach_FINAL.PDF>.
22. [**now betting the future:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note612) “Remarks by Deputy Secretary Work on Third Offset Strategy.”
23. [**“in the car with us”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch48.xhtml#note613) Interview with former U.S. official, 2021; Gian Gentile, Michael Shurkin, Alexandra T. Evans, Michelle Grise, Mark Hvizda, and Rebecca Jensen, “A History of the Third Offset, 2014–2018.”

فصل ۴٩

1. [**“palpable sense of fear”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note614) Interview with former senior U.S. official, 2021.
2. [**“going to bury us”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note615) Ibid.
3. [**didn’t see chips as an important issue:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note616) Ibid.
4. [**Pritzker gave a high-profile address:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note617) “U.S. Secretary of Commerce Penny Pritzker Delivers Major Policy Address on Semiconductors at Center for Strategic and International Studies,” speech by Penny Pritzker, U.S. Department of Commerce, November 2, 2016.
5. [**issued a report:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note618) “Ensuring Long-Term U.S. Leadership in Semiconductors,” report to the president, President’s Council of Advisors on Science and Technology, January 2017.
6. [**spent decades fighting allegations:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note619) Mike Rogers and Dutch Ruppersberger, “Investigative Report on the U.S. National Security Issues Posed by Chinese Telecommunications Companies Huawei and ZTE,” U.S. House of Representatives, October 8, 2012; Kenji Kawase, “ZTE’s Less-Known Roots: Chinese Tech Company Falls from Grace,” *Nikkei Asia*, April 27, 2018; Nick McKenzie and Angus Grigg, “China’s ZTE Was Built to Spy and Bribe, Court Documents Allege,” *Sydney Morning Herald*, May 31, 2018; Nick McKenzie and Angus Grigg, “Corrupt Chinese Company on Telstra Shortlist,” *Sydney Morning Herald*, May 13, 2018; “ZTE Tops 2006 International CDMA Market,” CIOL Bureau, [https://web.archive.org/web/20070927230100/http://www.ciol.com/ciol-techportal/Content/Mobility/News/2007/20703081355.asp](https://web.archive.org/web/20070927230100/http:/www.ciol.com/ciol-techportal/Content/Mobility/News/2007/20703081355.asp).
7. [**accused of violating:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note620) Juro Osawa and Eva Dou, “U.S. to Place Trade Restrictions on China’s ZTE,” *Wall Street Journal*, March 7, 2016; Paul Mozur, “U.S. Subpoenas Huawei Over Its Dealings in Iran and North Korea,” *New York Times*, June 2, 2016.
8. [**opted to punish the company:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note621) Interviews with two Obama administration officials, 2021; Osawa and Dou, “U.S. to Place Trade Restrictions on China’s ZTE.”
9. [**before they’d taken force:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note622) Industry and Security Bureau, “Removal of Certain Persons from the Entity List; Addition of a Person to the Entity List; and EAR Conforming Change,” Federal Register, March 29, 2017, <https://www.federalregister.gov/documents/2017/03/29/2017-06227/removal-of-certain-persons-from-the-entity-list-addition-of-a-person-to-the-entity-list-and-ear>; Brian Heater, “ZTE Pleads Guilty to Violating Iran Sanctions, Agrees to $892 Million Fine,” *TechCrunch*, March 7, 2017.
10. [**Trump repeatedly attacked China for “ripping us off”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note623) Veronica Stracqualursi, “10 Times Trump Attacked China and Its Trade Relations with the US,” ABC News, November 9, 2017.
11. [**“there’s nothing you can do”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note624) Interviews with four former senior officials, 2021.
12. [**“everything we’re competing on in the twenty-first century”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note625) Interview with former senior official, 2021.
13. [**the government began focusing on semiconductors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note626) Ibid.
14. [**Krzanich faced a backlash:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note627) Lucinda Shen, “Donald Trump’s Tweets Triggered Intel CEO’s Exit from Business Council,” *Fortune*, November 9, 2017; Dawn Chmielewski and Ina Fried, “Intel’s CEO Planned, Then Scrapped, a Donald Trump Fundraiser,” CNBC, June 1, 2016.
15. [**“our number one competitor”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note628) Interview with former senior administration official, 2021.
16. [**too much technological leakage:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note629) Interview with three former senior officials, 2021.
17. [**mostly a trade issue:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note630) Chad Bown, Euijin Jung, and Zhiyao Lu, “Trump, China, and Tariffs: From Soybeans to Semiconductors,” *Vox EU*, June 19, 2018.
18. [**violated the terms of its plea agreement:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note631) Steve Stecklow, Karen Freifeld, and Sijia Jiang, “U.S. Ban on Sales to China’s ZTE Opens Fresh Front as Tensions Escalate,” Reuters, April 16, 2018.
19. [**“almost without anyone knowing”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note632) Interview with senior administration official, 2021.
20. [**“losing too many jobs in China”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch49.xhtml#note633) Dan Strumpf and John D. McKinnon, “Trump Extends Lifeline to Sanctioned Tech Company ZTE,” *Wall Street Journal*, May 13, 2018; Scott Horsley and Scott Neuman, “President Trump Puts ‘America First’ on Hold to Save Chinese Jobs,” NPR, May 14, 2018.

فصل ۵٠

1. [**“Clear computer data”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note634) This account is drawn from “United States of America v. United Microelectronics Corporation, et al., Defendant(s),” United States District Court for the Northern District of California, September 27, 2018, <https://www.justice.gov/opa/press-release/file/1107251/download> and “MICRON TECHNOLOGY, INC.’S COMPLAINT.” UMC pled guilty to these charges as part of a settlement with the U.S. government. The UMC employees in question were convicted on criminal charges, fined, and sentenced to prison by a Taiwanese court; Office of Public Affairs, “Taiwan Company Pleads Guilty to Trade Secret Theft in Criminal Case Involving PRC State-Owned Company,” U.S. Department of Justice, October 28, 2020, <https://www.justice.gov/opa/pr/taiwan-company-pleads-guilty-trade-secret-theft-criminal-case-involving-prc-state-owned>.
2. [**over $5 billion:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note635) Chuin-Wei Yap and Yoko Kubota, “U.S. Ban Threatens Beijing’s Ambitions as Tech Power,” *Wall Street Journal*, October 30, 2018.
3. [**receive around $700 million:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note636) Chuin-Wei Yap, “Micron Barred from Selling Some Products in China,” *Wall Street Journal*, July 4, 2018.
4. [**wasn’t in the DRAM business:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note637) In its defense in the Fujian Jinhua case, UMC emphasized its prior memory chip expertise, but its 2016 Annual Report stated emphatically that “we… do not intend to enter the DRAM industry.” See UMC Form 20-F, filed with the U.S. Securities and Exchanges Commission, 2016, p. 27.
5. [**nine hundred files:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note638) Paul Mozur, “Inside a Heist of American Chip Designs, as China Bids for Tech Power,” *New York Times*, June 22, 2018.
6. [**tapping Wang’s phone:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note639) Ibid.
7. [**banned Micron from selling:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note640) Yap, “Micron Barred from Selling Some Products in China.”
8. [**“bully backward countries”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note641) <https://www.storm.mg/article/1358975?mode=whole>, tr. Wei-Ting Chen.
9. [**promptly restarted:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note642) David E. Sanger and Steven Lee Meyers, “After a Hiatus, China Accelerates Cyberspying Efforts to Obtain U.S. Technology,” *New York Times*, November 29, 2018.
10. [**still secret:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note643) Advanced Micro-Fabrication Equipment Inc., “AMEC Wins Injunction in Patent Infringement Dispute Involving Veeco Instruments (Shanghai) Co. Ltd.,” *PR Newswire*, December 8, 2017, <https://www.prnewswire.com/news-releases/amec-wins-injunction-in-patent-infringement-dispute-involving-veeco-instruments-shanghai-co-ltd-300569295.html>; Mark Cohen, “Semiconductor Patent Litigation Part 2: Nationalism, Transparency and Rule of Law,” *China IPR*, July 4, 2018, <https://chinaipr.com/2018/07/04/semiconductor-patent-litigation-part-2-nationalism-transparency-and-rule-of-law/>; “Veeco Instruments Inc., Plaintiff, against SGL Carbon, LLC, and SGL Group SE, Defendants,” United States District Court Eastern District of New York, <https://chinaipr2.files.wordpress.com/2018/07/uscourts-nyed-1_17-cv-02217-0.pdf>.
11. [**advocated imposing financial sanctions:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note644) Kate O’Keeffe, “U.S. Adopts New Battle Plan to Fight China’s Theft of Trade Secrets,” *Wall Street Journal*, November 12, 2018.
12. [**the Trump administration was confident Tokyo supported a tough move:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note645) Interviews with five government officials in Washington and Tokyo, 2019–2021.
13. [**“why the fuck wouldn’t we use this?”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note646) Interview with former senior official, 2021.
14. [**ground to a halt:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch50.xhtml#note647) James Politi, Emily Feng, and Kathrin Hille, “US Targets China Chipmaker over Security Concerns,” *Financial Times*, October 30, 2018.

فصل ۵١

1. [**“They know everything”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note648) Dan Strumpf and Katy Stech Ferek, “U.S. Tightens Restrictions on Huawei’s Access to Chips,” *Wall Street Journal*, August 17, 2020.
2. [**“deny them the fruits”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note649) Turpin quoted in Elizabeth C. Economy, *The World According to China* (Wiley, 2021).
3. [**“a proxy for everything we had done wrong”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note650) Interview with two senior Trump administration officials, 2021.
4. [**Turnbull bought himself a 474-page-book:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note651) Peter Hartcher, *Red Zone: China’s Challenge and Australia’s Future* (Black Inc., 2021), pp. 18−19.
5. [**arrested a former company executive:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note652) Alicja Ptak and Justyna Pawlak, “Polish Trial Begins in Huawei-Linked China Espionage Case,” Reuters, June 1, 2021.
6. [**quietly imposed strict restrictions:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note653) Mathieu Rosemain and Gwenaelle Barzic, “Exclusive: French Limits on Huawei 5G Equipment Amount to De Facto Ban by 2028,” Reuters, July 22, 2020.
7. [**“consequences”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note654) Katrin Bennhold and Jack Ewing, “In Huawei Battle, China Threatens Germany ‘Where It Hurts’: Automakers,” *New York Times*, January 16, 2020.
8. [**deficiencies in Huawei’s cybersecurity practices:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note655) Gordon Corera, “Huawei ‘Failed to Improve UK Security Standards,’ ” BBC News, October 1, 2020.
9. [**“China will be a global tech power”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note656) Robert Hannigan, “Blanket Bans on Chinese Tech Companies like Huawei Make No Sense,” *Financial Times*, February 12, 2019.
10. [**violated U.S. sanctions on Iran:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note657) Shayna Jacobs and Amanda Coletta, “Meng Wanzhou Can Return to China, Admits Helping Huawei Conceal Dealings in Iran,” *Washington Post*, September 24, 2021.
11. [**“strangle Huawei”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note658) James Politi and Kiran Stacey, “US Escalates China Tensions with Tighter Huawei Controls,” *Financial Times*, May 15, 2020.
12. [**“weaponized interdependence”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note659) Henry Farrell and Abraham L. Newman, “Weaponized Interdependence: How Global Economic Networks Shape State Coercion,” *International Security* 44, No. 1 (2019): 42−79.
13. [**tightened restrictions on Huawei further:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note660) “Commerce Addresses Huawei’s Efforts to Undermine Entity List, Restricts Products Designed and Produced with U.S. Technologies,” U.S. Department of Commerce, May 15, 2020, [https:/2017-2021.commerce.gov/news/press-releases/2020/05/commerce-addresses-huaweis-efforts-undermine-entity-list-restricts.html](https://2017-2021.commerce.gov/news/press-releases/2020/05/commerce-addresses-huaweis-efforts-undermine-entity-list-restricts.html).
14. [**also its spirit:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note661) Kathrin Hille and Kiran Stacey, “TSMC Falls into Line with US Export Controls on Huawei,” *Financial Times*, June 9, 2020.
15. [**Huawei’s been forced to divest:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note662) “Huawei Said to Sell Key Server Division Due to U.S. Blacklisting,” *Bloomberg*, November 2, 2021.
16. [**can’t get the necessary chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note663) Craig S. Smith, “How the Huawei Fight Is Changing the Face of 5G,” *IEEE Spectrum*, September 29, 2021.
17. [**delayed due to chip shortages:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note664) Lauly Li and Kenji Kawase, “Huawei and ZTE Slow Down China 5G Rollout as US Curbs Start to Bite,” *Nikkei Asia*, August 19, 2020.
18. [**ASML’s EUV machines to Chinese firms:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note665) Alexandra Alper, Toby Sterling, and Stephen Nellis, “Trump Administration Pressed Dutch Hard to Cancel China Chip-Equipment Sale: Sources,” Reuters, January 6, 2020.
19. [**Sugon:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note666) Industry and Security Bureau, “Addition of Entities to the Entity List and Revision of an Entry on the Entity List,” Federal Register, June 24, 2019, <https://www.federalregister.gov/documents/2019/06/24/2019-13245/addition-of-entities-to-the-entity-list-and-revision-of-an-entry-on-the-entity-list>.
20. [**Phytium:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note667) Ellen Nakashima and Gerry Shih, “China Builds Advanced Weapons Systems Using American Chip Technology,” *Washington Post*, April 9, 2021.
21. [**“unreliable entity list”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note668) Zhong Shan, “MOFCOM Order No. 4 of 2020 on Provisions on the Unreliable Entity List,” Order of the Ministry of Commerce of the People’s Republic of China, September 19, 2020, <http://english.mofcom.gov.cn/article/policyrelease/questions/202009/20200903002580.shtml>.
22. [**“a beautiful thing”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch51.xhtml#note669) Interview with former senior US official, 2021.

فصل ۵٢

1. [**as the rest of the country remained frozen:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note670) Cheng Ting-Fang and Lauly Li, “How China’s Chip Industry Defied the Coronavirus Lockdown,” *Nikkei Asia*, March 18, 2020.
2. [**“boosted Beijing’s quest for tech dominance”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note671) Dan Wang, “China’s Sputnik Moment?” *Foreign Affairs*, July 29, 2021.
3. [**“chip czar”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note672) “Xi Jinping Picks Top Lieutenant to Lead China’s Chip Battle Against U.S.,” *Bloomberg*, June 16, 2021.
4. [**spending billions to subsidize:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note673) News headlines that suggest China’s ready to spend as much as $1.4 trillion to subsidize technology shouldn’t be taken seriously. Beijing has approved industrial “guidance funds” with a nominal value of around $1.5 trillion, mostly to be raised and spent by local authorities. These aren’t solely focused on technology, however; official guidelines allow these funds to be spent not only on “strategic emerging industries” but also infrastructure and social housing. So, like many investment projects in China, there’s a good chance a portion of this money ends up simply subsidizing yet more real estate development rather than supporting semiconductors. Tianlei Huang, “Government-Guided Funds in China: Financing Vehicles for State Industrial Policy,” *PIIE*, June 17, 2019, <https://www.piie.com/blogs/china-economic-watch/government-guided-funds-china-financing-vehicles-state-industrial-policy>; Tang Ziyi and Xue Xiaoli, “Four Things to Know About China’s $670 Billion Government Guidance Funds,” *Caixin Global*, February 25, 2020.
5. [**“no experience, no technology, no talent”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note674) HSMC investigation by Qiu Xiaofen and Su Jianxun, Yang Xuan, ed., tr. Alexander Boyd, in Jordan Schneider, “Billion Dollar Heist: How Scammers Rode China’s Chip Boom to Riches,” *ChinaTalk*, March 30, 2021, <https://chinatalk.substack.com/p/billion-dollar-heist-how-scammers>; Luo Guoping and Mo Yelin, “Wuhan’s Troubled $18.5 Billion Chipmaking Project Isn’t as Special as Local Officials Claimed,” *Caixin Global*, September 4, 2020.
6. [**cost $300 million per machine:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note675) Toby Sterling, “Intel Orders ASML System for Well Over $340 mln in Quest for Chipmaking Edge,” Reuters, January 19, 2022.
7. [**moved from the U.S. to Switzerland:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note676) David Manners, “RISC-V Foundation Moves to Switzerland,” *Electronics Weekly*, November 26, 2019.
8. [**government subsidies may help it win business:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note677) Dylan Patel, “China Has Built the World’s Most Expensive Silicon Carbide Fab, but Numbers Don’t Add Up,” *SemiAnalysis*, September 30, 2021, <https://semianalysis.com/china-has-built-the-worlds-most-expensive-silicon-carbide-fab-but-numbers-dont-add-up/>.
9. [**estimates suggest that China’s share of fabrication will increase:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note678) Varas et al., “Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing.”
10. [**“realizing the Chinese dream”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch52.xhtml#note679) Cheng Ting-Fang and Lauly Li, “How China’s Chip Industry Defied the Coronavirus Lockdown,” *Nikkei Asia*, March 18, 2020.

فصل ۵٣

1. [**“We have to step up our game”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note680) “Remarks by President Biden at a Virtual CEO Summit on Semiconductor and Supply Chain Resilience,” The White House, April 12, 2021; Alex Fang and Yifan Yu, “US to Lead World Again, Biden Tells CEOs at Semiconductor Summit,” *Nikkei Asia*, April 13, 2021.
2. [**$210 billion:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note681) AAPC Submission to the BIS Commerce Department Semiconductor Supply Chain Review, April 5, 2021; Michael Wayland, “Chip Shortage Expected to Cost Auto Industry $210 Billion in Revenue in 2021,” CNBC, September 23, 2021.
3. [**13 percent increase:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note682) “Semiconductor Units Forecast to Exceed 1 Trillion Devices Again in 2021,” *IC Insights*, April 7, 2021, <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Semiconductor-Units-Forecast-To-Exceed-1-Trillion-Devices-Again-In-2021/>.
4. [**“with industry, allies, and partners”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note683) “Fact Sheet: Biden-Harris Administration Announces Supply Chain Disruptions Task Force,” June 8, 2021, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/06/08/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-supply-chain-disruptions-task-force-to-address-short-term-supply-chain-discontinuities/>.
5. [**“work with business as one team”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note684) Kotaro Hosokawa, “Samsung Turns South Korea Garrison City into Chipmaking Boom Town,” *Nikkei Asia*, June 20, 2021.
6. [**“economic factors”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note685) Jiyoung Sohn, “Samsung to Invest $205 Billion in Chip, Biotech Expansion,” *Wall Street Journal*, August 24, 2021; Song Jung-a and Edward White, “South Korean PM Backs Early Return to Work for Paroled Samsung Chief Lee Jae-yong,” *Financial Times*, August 30, 2021.
7. [**restrict the transfer of EUV tools:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note686) Stephen Nellis, Joyce Lee, and Toby Sterling, “Exclusive: U.S.-China Tech War Clouds SK Hynix’s Plans for a Key Chip Factory,” Reuters, November 17, 2021.
8. [**make Taiwanese exports more competitive:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note687) Brad W. Setser, “Shadow FX Intervention in Taiwan: Solving a 100+ Billion Dollar Enigma (Part 1),” Council on Foreign Relations, October 3, 2019.
9. [**European Union leaders have suggested:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note688) “Speech by Commissioner Thierry Breton at Hannover Messe Digital Days,” European Commission, July 15, 2020.
10. [**in partnership with Sony:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note689) Cheng Ting-Fang and Lauly Li, “TSMC Says It Will Build First Japan Chip Plant with Sony,” *Nikkei Asia*, November 9, 2021.
11. [**“we get to decide where the fabs are”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch53.xhtml#note690) Christiaan Hetzner, “Intel CEO Says ‘Big, Honkin’ Fab’ Planned for Europe Will Be World’s Most Advanced,” *Fortune*, September 10, 2021; Leo Kelion, “Intel Chief Pat Gelsinger: Too Many Chips Made in Asia,” BBC News, March 24, 2021.

فصل ۵۴

1. [**“Are your customers concerned”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note691) “Edited Transcript: 2330.TW - Q2 2021 Taiwan Semiconductor Manufacturing Co Ltd Earnings Call,” *Refinitiv*, July 15, 2021, <https://investor.tsmc.com/english/encrypt/files/encrypt_file/reports/2021-10/44ec4960f6771366a2b992ace4ae47566d7206a6/TSMC%202Q21%20transcript.pdf>.
2. [**firing their guns as they went:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note692) Liu Xuanzun, “PLA Holds Beach Assault Drills After US Military Aircraft’s Taiwan Island Landing,” *Global Times*, July 18, 2021.
3. [**“resolutely safeguard national sovereignty”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note693) Liu Xuanzun, “PLA Holds Drills in All Major Chinese Sea Areas Amid Consecutive US Military Provocations,” *Global Times*, July 20, 2021.
4. [**pieces of soft salami:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note694) Chris Dougherty, Jennie Matuschak, and Ripley Hunter, “The Poison Frog Strategy,” Center for a New American Security, October 26, 2021.
5. [**tough fight:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note695) “Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China,” Annual Report to Congress, Office of the Secretary of Defense, 2020, p. 114.
6. [**systems sitting on Chinese territory:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note696) Lonnie Henley, “PLA Operational Concepts and Centers of Gravity in a Taiwan Conflict,” testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission Hearing on Cross-Strait Deterrence, February 18, 2021.
7. [**“non-peaceful means”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note697) Michael J. Green, “What Is the U.S. ‘One China’ Policy, and Why Does it Matter?” Center for Strategic and International Studies, January 13, 2017.
8. [**couldn’t acquire enough semiconductors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note698) Debby Wu, “Chip Linchpin ASML Joins Carmakers Warning of Vicious Cycle,” *Bloomberg*, January 19, 2022.
9. [**Tsai Ing-wen recently argued:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note699) Tsai Ing-wen, “Taiwan and the Fight for Democracy,” *Foreign Affairs*, November–December 2021.
10. [**most Taiwanese reported thinking:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note700) Sherry Hsiao, “Most Say Cross-Strait War Unlikely: Poll,” *Taipei Times*, October 21, 2020.
11. [**wrenching delays due to problems sourcing semiconductors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note701) Ivan Cheberko, “Kosmicheskii Mashtab Importozameshcheniia,” *Vedomosti*, September 27, 2020.
12. [**full of foreign microelectronics:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note702) Jack Watling and Nick Reynolds, “Operation Z: The Death Throes of an Imperial Delusion,” Royal United Services Institute, April 22, 2022, pp. 10–12.
13. [**up to 95 percent of Russian munitions:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note703) Michael Simpson et al., “Road to Damascus: The Russian Air Campaign in Syria,” Rand Corporation, RR-A1170-1, 2022, p. 80.
14. [**over 200 semiconductors each:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note704) Rebecca Shabad, “Biden Emphasizes the Need to Keep Arming Ukraine in Tour of Alabama Weapons Plant,” CNBC, May 3, 2022.
15. [**cut off the Kremlin:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note705) Sebastian Moss, “Intel and AMD Halt Chip Sales to Russia, TSMC Joins in on Sanctions,” Data Center Dynamics, February 28, 2022, <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/intel-and-amd-halt-chip-sales-to-russia-tsmc-joins-in-on-sanctions/>.
16. [**chips intended for dishwashers:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note706) Jeanne Whalen, “Sanctions Forcing Russia to Use Appliance Parts in Military Gear,” *Washington Post*, May 11, 2022.
17. [**“we must seize TSMC”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note707) “Top Economist Urges China to Seize TSMC if US Ramps Up Sanctions,” *Bloomberg News*, June 7, 2022.
18. [**in 2021 these airbases were upgraded:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\ch54.xhtml#note708) Keoni Everington, “China Expands Its 2 Air Force Bases Closest to Taiwan,” *Taiwan News*, March 8, 2021; Minnie Chan, “Upgrades for Chinese Military Airbases Facing Taiwan Hint at War Plans,” *South China Morning Post*, October 15, 2021; “Major Construction Underway at Three of China’s Airbases Closest to Taiwan,” *Drive*, October 13, 2021.

نتیجه‌گیری

1. [**made from semiconductor materials:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note709) Jack Kilby, “Invention of the Integrated Circuit,” *IEEE Transactions on Electron Devices* 23, No. 7 (July 1976): 650.
2. [**engineers like Weldon Word:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note710) Paul G. Gillespie, “Precision Guided Munitions: Constructing a Bomb More Potent Than the A-Bomb,” PhD dissertation, Lehigh University, p. 115. Word appears to have started work at TI in 1953, according to his posthumously available LinkedIn page. I was unable to confirm this.
3. [**“home computers”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note711) Gordon E. Moore, “Cramming More Components onto Integrated Circuits,” *Electronics* 38, No. 8 (April 19, 1965).
4. [**than there are cells in the human body:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note712) Dan Hutcheson, “Graphic: Transistor Production Has Reached Astronomical Scales,” *IEEE Spectrum*, April 2, 2015.
5. [**“I… WANT… TO… GET… RICH”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note713) Michael Malone, *The Intel Trinity* (Michael Collins, 2014), p. 31.
6. [**declared Moore’s Law dead:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note714) John Hennessy, “The End of Moore’s Law and Faster General-Purpose Processors, and a New Path Forward,” National Science Foundation, CISE Distinguished Lecture, November 22, 2019, <https://www.nsf.gov/events/event_summ.jsp?cntn_id=299531&org=NSF>.
7. [**bashed through a decade later:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note715) Andrey Ovsyannikov, “Update from Intel: Insights into Intel Innovations for HPC and AI,” Intel, September 26, 2019, <https://www2.cisl.ucar.edu/sites/default/files/Ovsyannikov%20-%20MC9%20-%20Presentation%20Slides.pdf>.
8. [**“radical idea”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note716) Gordon E. Moore, “No Exponential Is Forever: But ‘Forever’ Can Be Delayed!” IEEE International Solid-State Circuits Conference, 2003.
9. [**a hundred times as many transistors:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note717) Hoeneisen and Mead, “Fundamental Limitations on Microelectronics,” pp. 819−829; Scotten Jones, “TSMC and Samsung 5nm Comparison,” *SemiWiki*, May 3, 2019, <https://semiwiki.com/semiconductor-manufacturers/samsung-foundry/8157-tsmc-and-samsung-5nm-comparison/>.
10. [**a clear path toward a fifty times increase in the density:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note718) “Jim Keller: Moore’s Law Is Not Dead,” UC Berkeley EECS Events, YouTube Video, September 18, 2019, 22:00, <https://www.youtube.com/watch?v=oIG9ztQw2Gc>.
11. [**“slow lane”:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note719) Neil C. Thompson and Svenja Spanuth, “The Decline of Computers as a General Purpose Technology: Why Deep Learning and the End of Moore’s Law Are Fragmenting Computing,” working paper, MIT, November 2018, <https://ide.mit.edu/wp-content/uploads/2018/11/SSRN-id3287769.pdf>.
12. [**combine different types of chips:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note720) “Heterogeneous Compute: The Paradigm Shift No One Is Talking About,” *Fabricated Knowledge*, February 19, 2020, <https://www.fabricatedknowledge.com/p/heterogeneous-compute-the-paradigm>.
13. [**singing amid the snowdrifts:**](file:///D:\%D8%AC%D9%86%DA%AF%20%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B4%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7\Chris%20Miller%20-%20Chip%20War_%20The%20Fight%20for%20the%20World's%20Most%20Critical%20Technology-Scribner%20(2022).epub\e9781982172022\xhtml\bm01.xhtml#note721) Kevin Xu, “Morris Chang’s Last Speech,” *Interconnected*, September 12, 2021, [https://interconnected.blog/morris-](https://interconnected.blog/morris-changs-last-speech/)

1. Southern Methodist University. [↑](#footnote-ref-1)
2. Stanford University. [↑](#footnote-ref-2)
3. Hoover Institution. [↑](#footnote-ref-3)
4. Russian Academy of Sciences. [↑](#footnote-ref-4)
5. Academica Sinica. [↑](#footnote-ref-5)
6. Bob Adams. [↑](#footnote-ref-6)
7. Richard Anderson. [↑](#footnote-ref-7)
8. Susie Armstrong. [↑](#footnote-ref-8)
9. Jeff Arnold. [↑](#footnote-ref-9)
10. David Attwood. [↑](#footnote-ref-10)
11. Vivek Bakshi. [↑](#footnote-ref-11)
12. Jon Bathgate. [↑](#footnote-ref-12)
13. Peter Bealo. [↑](#footnote-ref-13)
14. Doug Bettinger. [↑](#footnote-ref-14)
15. Michael Bruck. [↑](#footnote-ref-15)
16. Ralph Calvin. [↑](#footnote-ref-16)
17. Gordon Campbell. [↑](#footnote-ref-17)
18. Walter Cardwell. [↑](#footnote-ref-18)
19. John Carruthers. [↑](#footnote-ref-19)
20. Rick Cassidy. [↑](#footnote-ref-20)
21. Anand Chandrasekher. [↑](#footnote-ref-21)
22. Morris Chang. [↑](#footnote-ref-22)
23. Shang-yi Chiang. [↑](#footnote-ref-23)
24. Bryan Clark. [↑](#footnote-ref-24)
25. Lynn Conway. [↑](#footnote-ref-25)
26. Barry Couture. [↑](#footnote-ref-26)
27. Andrea Cuomo. [↑](#footnote-ref-27)
28. Aart de Geus. [↑](#footnote-ref-28)
29. Seth Davis. [↑](#footnote-ref-29)
30. Anirudh Devgan. [↑](#footnote-ref-30)
31. Steve Director. [↑](#footnote-ref-31)
32. Greg Dunn. [↑](#footnote-ref-32)
33. Mark Durcan. [↑](#footnote-ref-33)
34. John East. [↑](#footnote-ref-34)
35. Kenneth Flamm. [↑](#footnote-ref-35)
36. Igor Fomenkov. [↑](#footnote-ref-36)
37. Gene Frantz. [↑](#footnote-ref-37)
38. Adi Fuchs. [↑](#footnote-ref-38)
39. Mike Geselowitz. [↑](#footnote-ref-39)
40. Lance Glasser. [↑](#footnote-ref-40)
41. Jay Goldberg. [↑](#footnote-ref-41)
42. Peter Gordon. [↑](#footnote-ref-42)
43. John Gowdy. [↑](#footnote-ref-43)
44. Doug Grouse. [↑](#footnote-ref-44)
45. Chuck Gwyn. [↑](#footnote-ref-45)
46. Rene Haas. [↑](#footnote-ref-46)
47. Wesley Hallman. [↑](#footnote-ref-47)
48. David Hanke. [↑](#footnote-ref-48)
49. Bill Heye. [↑](#footnote-ref-49)
50. Chris Hill. [↑](#footnote-ref-50)
51. David Hodges. [↑](#footnote-ref-51)
52. Sander Hofman. [↑](#footnote-ref-52)
53. Tristan Holtam. [↑](#footnote-ref-53)
54. Eric Hosler. [↑](#footnote-ref-54)
55. Gene Irisari. [↑](#footnote-ref-55)
56. Nina Kao. [↑](#footnote-ref-56)
57. John Kibarian. [↑](#footnote-ref-57)
58. Valery Kotkin. [↑](#footnote-ref-58)
59. Michael Kramer. [↑](#footnote-ref-59)
60. Lev Lapkis. [↑](#footnote-ref-60)
61. Steve Leibiger. [↑](#footnote-ref-61)
62. Chris Mack. [↑](#footnote-ref-62)
63. Chris Malachowsky. [↑](#footnote-ref-63)
64. Dave Markle. [↑](#footnote-ref-64)
65. Christopher McGuire. [↑](#footnote-ref-65)
66. Marshall McMurran. [↑](#footnote-ref-66)
67. Carver Mead. [↑](#footnote-ref-67)
68. Bruno Murari. [↑](#footnote-ref-68)
69. Bob Nease. [↑](#footnote-ref-69)
70. Daniel Nenni. [↑](#footnote-ref-70)
71. Jim Neroda. [↑](#footnote-ref-71)
72. Ron Norris. [↑](#footnote-ref-72)
73. Ted Odell. [↑](#footnote-ref-73)
74. Sergei Osokin. [↑](#footnote-ref-74)
75. Ward Parkison. [↑](#footnote-ref-75)
76. Jim Partridge. [↑](#footnote-ref-76)
77. Malcolm Penn. [↑](#footnote-ref-77)
78. William Perry. [↑](#footnote-ref-78)
79. Pasquale Pistorio. [↑](#footnote-ref-79)
80. Mary Anne Potter. [↑](#footnote-ref-80)
81. Stacy Rasgon. [↑](#footnote-ref-81)
82. Griff Resor. [↑](#footnote-ref-82)
83. Wally Rhines. [↑](#footnote-ref-83)
84. Dave Robertson. [↑](#footnote-ref-84)
85. Steve Roemerman. [↑](#footnote-ref-85)
86. Aldo Romano. [↑](#footnote-ref-86)
87. Jeanne Roussel. [↑](#footnote-ref-87)
88. Rob Rutenbar. [↑](#footnote-ref-88)
89. Zain Saidin. [↑](#footnote-ref-89)
90. Alberto Sangiovanni-Vincentelli. [↑](#footnote-ref-90)
91. Robin Saxby. [↑](#footnote-ref-91)
92. Brian Shirley. [↑](#footnote-ref-92)
93. Peter Simone. [↑](#footnote-ref-93)
94. Marko Slusarczuk. [↑](#footnote-ref-94)
95. Randy Steck. [↑](#footnote-ref-95)
96. Sergey Sudjin. [↑](#footnote-ref-96)
97. Will Swope. [↑](#footnote-ref-97)
98. John Taylor. [↑](#footnote-ref-98)
99. Bill Tobey. [↑](#footnote-ref-99)
100. Roger Van Art. [↑](#footnote-ref-100)
101. Dick Van Atta. [↑](#footnote-ref-101)
102. Gil Varnell. [↑](#footnote-ref-102)
103. Michael von Borstel. [↑](#footnote-ref-103)
104. Stephen Welby. [↑](#footnote-ref-104)
105. Lloyd Whitman. [↑](#footnote-ref-105)
106. Pat Windham. [↑](#footnote-ref-106)
107. Alan Wolff. [↑](#footnote-ref-107)
108. Stefan Wurm. [↑](#footnote-ref-108)
109. Tony Yen. [↑](#footnote-ref-109)
110. Ross Young. [↑](#footnote-ref-110)
111. Victor Zhirnov. [↑](#footnote-ref-111)
112. Annie Zhou. [↑](#footnote-ref-112)
113. Ajit Manocha. [↑](#footnote-ref-113)
114. SEMI. [↑](#footnote-ref-114)
115. John Neuffer. [↑](#footnote-ref-115)
116. Jimmy Goodrich. [↑](#footnote-ref-116)
117. Meghan Biery. [↑](#footnote-ref-117)
118. Semiconductor Industry Association. [↑](#footnote-ref-118)
119. Terry Daly. [↑](#footnote-ref-119)
120. Bob Loynd. [↑](#footnote-ref-120)
121. Craig Keast. [↑](#footnote-ref-121)
122. FinFETs. [↑](#footnote-ref-122)
123. High-k materials. [↑](#footnote-ref-123)
124. Danny Crichton. [↑](#footnote-ref-124)
125. Jordan Schneider. [↑](#footnote-ref-125)
126. Dong Yan. [↑](#footnote-ref-126)
127. Kevin Xu. [↑](#footnote-ref-127)
128. Sahil Mahtani. [↑](#footnote-ref-128)
129. Philip Saunders. [↑](#footnote-ref-129)
130. Paul Kennedy. [↑](#footnote-ref-130)
131. Arne Westad. [↑](#footnote-ref-131)
132. Rebecca Lissner. [↑](#footnote-ref-132)
133. Naval War College. [↑](#footnote-ref-133)
134. American Enterprise Institute. [↑](#footnote-ref-134)
135. Leslie Berlin. [↑](#footnote-ref-135)
136. Geoffrey Cain. [↑](#footnote-ref-136)
137. Doug Fuller. [↑](#footnote-ref-137)
138. Slava Gerovitch. [↑](#footnote-ref-138)
139. Paul Gillespie. [↑](#footnote-ref-139)
140. Philip Hanson. [↑](#footnote-ref-140)
141. James Larson. [↑](#footnote-ref-141)
142. David Laws. [↑](#footnote-ref-142)
143. Wen-Yee Lee. [↑](#footnote-ref-143)
144. Willy Shih. [↑](#footnote-ref-144)
145. Denis Fred Simon. [↑](#footnote-ref-145)
146. Paul Snell. [↑](#footnote-ref-146)
147. David Stumpf. [↑](#footnote-ref-147)
148. David Talbot. [↑](#footnote-ref-148)
149. Zachary Wasserman. [↑](#footnote-ref-149)
150. Debby Wu. [↑](#footnote-ref-150)
151. George Leopold. [↑](#footnote-ref-151)
152. Jose Moura. [↑](#footnote-ref-152)
153. Murray Scott. [↑](#footnote-ref-153)
154. Danny Gottfried. [↑](#footnote-ref-154)
155. Jacob Clemente. [↑](#footnote-ref-155)
156. Gertie Robinson. [↑](#footnote-ref-156)
157. Ben Cooper. [↑](#footnote-ref-157)
158. Claus Soong. [↑](#footnote-ref-158)
159. Wei-Ting Chen. [↑](#footnote-ref-159)
160. Mindy Tu. [↑](#footnote-ref-160)
161. Freddy Lin. [↑](#footnote-ref-161)
162. Will Baumgartner. [↑](#footnote-ref-162)
163. Soyoung Oh. [↑](#footnote-ref-163)
164. Miina Matsuyama. [↑](#footnote-ref-164)
165. Matyas Kisiday. [↑](#footnote-ref-165)
166. Zoe Huang. [↑](#footnote-ref-166)
167. Chihiro Aita. [↑](#footnote-ref-167)
168. Sara Ashbaugh. [↑](#footnote-ref-168)
169. Ashley Theis. [↑](#footnote-ref-169)
170. Smith Richardson Foundation. [↑](#footnote-ref-170)
171. Sloan Foundation. [↑](#footnote-ref-171)
172. Fletcher School. [↑](#footnote-ref-172)
173. Tufts University. [↑](#footnote-ref-173)
174. Dan Drezner. [↑](#footnote-ref-174)
175. Weaponized independence. [↑](#footnote-ref-175)
176. Rollie Flynn. [↑](#footnote-ref-176)
177. Maia Otarashvili. [↑](#footnote-ref-177)
178. Aaron Stein. [↑](#footnote-ref-178)
179. Foreign Policy Research Institute (FPRI). [↑](#footnote-ref-179)
180. Kori Schake. [↑](#footnote-ref-180)
181. Dany Pletka, and Hal Brads. [↑](#footnote-ref-181)
182. Hal Brands. [↑](#footnote-ref-182)
183. Greenmantle. [↑](#footnote-ref-183)
184. Niall Ferguson. [↑](#footnote-ref-184)
185. Pierpaolo Barbieri. [↑](#footnote-ref-185)
186. Alice Han. [↑](#footnote-ref-186)
187. Stephanie Petrella. [↑](#footnote-ref-187)
188. Rick Horgan. [↑](#footnote-ref-188)
189. Scribner. [↑](#footnote-ref-189)
190. Toby Mundy. [↑](#footnote-ref-190)
191. Jon Hillman. [↑](#footnote-ref-191)
192. Lucy. [↑](#footnote-ref-192)
193. Vlad. [↑](#footnote-ref-193)
194. Liya. [↑](#footnote-ref-194)
195. Anton. [↑](#footnote-ref-195)
196. Evie. [↑](#footnote-ref-196)
197. USS Mustin. [↑](#footnote-ref-197)
198. Fuzhou. [↑](#footnote-ref-198)
199. Xiamen. [↑](#footnote-ref-199)
200. Consumer goods.

     کالاها، محصولات و لوازمی که در بازار عرضه می‌شوند تا توسط مصرف‌کنندگان نهایی خریداری شوند و معمولا استفاده خانگی یا شخصی دارند، و از جمله شامل لوازم خانگی و آشپزخانه، مبلمان، اسبا‌ب‌بازی‌ها، پوشاک، وسایل آموزشی و حتی دفتری و اداری می‌شوند. البته باید مراقب بود که اصطلاح کالاها،‌ محصولات و لوازم مصرفی که معکولا ماندگارند، با اصطلاح مواد مصرفی (consumables) که معمولا در اثر استفاده تمام می‌شوند یا از بین می‌روند (و البته موضوع این کتاب نیستند) اشتباه نشود. مترجم. [↑](#footnote-ref-200)
201. Cloud computing. [↑](#footnote-ref-201)
202. Silicon Valley. [↑](#footnote-ref-202)
203. Malacca Dilemma. [↑](#footnote-ref-203)
204. Computing power. [↑](#footnote-ref-204)
205. Machine learning.

     ایجاد و استفاده از سامانه‌های رایانه‌ای که قادرند بدون ضرورت عمل بر اساس دستورالعمل‌های مشخص، از الگوریتم‌ها و مدل‌های آماری تجزیه و تحلیل و استنتاج از الگو‌های موجود در داده‌ها استفاده کنند تا یاد بگیرند و خود را با شرایط جدید تطبیق دهند. مترجم. [↑](#footnote-ref-205)
206. Kioxia. [↑](#footnote-ref-206)
207. Skyworks. [↑](#footnote-ref-207)
208. Cirrus Logic. [↑](#footnote-ref-208)
209. Austin. [↑](#footnote-ref-209)
210. Cupertino. [↑](#footnote-ref-210)
211. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC). [↑](#footnote-ref-211)
212. Fab 18. [↑](#footnote-ref-212)
213. Mitochondria.

     بخش کوچکی از سلول. مترجم. [↑](#footnote-ref-213)
214. Quintillion. [↑](#footnote-ref-214)
215. Fairchild Semiconductor. [↑](#footnote-ref-215)
216. Micrologic. [↑](#footnote-ref-216)
217. Gordon Moore. [↑](#footnote-ref-217)
218. Big tech. [↑](#footnote-ref-218)
219. Arm. [↑](#footnote-ref-219)
220. ASML. [↑](#footnote-ref-220)
221. Extreme ultraviolet (EUV) lithography machines. [↑](#footnote-ref-221)
222. San Andreas. [↑](#footnote-ref-222)
223. Texas Instruments (TI). [↑](#footnote-ref-223)
224. Akio Morita. [↑](#footnote-ref-224)
225. Guangzhou. [↑](#footnote-ref-225)
226. Chongqing. [↑](#footnote-ref-226)
227. Mao Zedong. [↑](#footnote-ref-227)
228. Andy Grove. [↑](#footnote-ref-228)
229. Andres Grof. [↑](#footnote-ref-229)
230. The War Production Board. [↑](#footnote-ref-230)
231. Kaiser. [↑](#footnote-ref-231)
232. River Rouge. [↑](#footnote-ref-232)
233. Work Progress Administration. [↑](#footnote-ref-233)
234. Mathematical Tables Project. [↑](#footnote-ref-234)
235. ENIAC. [↑](#footnote-ref-235)
236. William Shockley. [↑](#footnote-ref-236)
237. Palo Alto. [↑](#footnote-ref-237)
238. Caltech. [↑](#footnote-ref-238)
239. Bell Labs. [↑](#footnote-ref-239)
240. solid state valve. [↑](#footnote-ref-240)
241. Walter Brattain. [↑](#footnote-ref-241)
242. John Bardeen. [↑](#footnote-ref-242)
243. AT&T. [↑](#footnote-ref-243)
244. Little Brain Cell. [↑](#footnote-ref-244)
245. Bob Noyce. [↑](#footnote-ref-245)
246. Jack Kilby. [↑](#footnote-ref-246)
247. Physical Review. [↑](#footnote-ref-247)
248. Shockley Semiconductor. [↑](#footnote-ref-248)
249. Mountain View. [↑](#footnote-ref-249)
250. Centralab. [↑](#footnote-ref-250)
251. Eugene Kleiner. [↑](#footnote-ref-251)
252. Kleiner Perkins. [↑](#footnote-ref-252)
253. Gordon Moore. [↑](#footnote-ref-253)
254. Traitorous Eight. [↑](#footnote-ref-254)
255. Mesa. [↑](#footnote-ref-255)
256. Jean Hoerni. [↑](#footnote-ref-256)
257. planar method. [↑](#footnote-ref-257)
258. San Francisco Chronicle. [↑](#footnote-ref-258)
259. Charles Stark Draper. [↑](#footnote-ref-259)
260. Pat Haggerty. [↑](#footnote-ref-260)
261. Minuteman II. [↑](#footnote-ref-261)
262. Bob Nease. [↑](#footnote-ref-262)
263. Jay Lathrop. [↑](#footnote-ref-263)
264. James Nall. [↑](#footnote-ref-264)
265. Photoresist.

     مقاوم در مقابل نور. مترجم. [↑](#footnote-ref-265)
266. Photolithography. [↑](#footnote-ref-266)
267. Texas Tech. [↑](#footnote-ref-267)
268. Sylvania. [↑](#footnote-ref-268)
269. Electrons and Holes in Semiconductors. [↑](#footnote-ref-269)
270. Telemetry. [↑](#footnote-ref-270)
271. Philco. [↑](#footnote-ref-271)
272. Zenith. [↑](#footnote-ref-272)
273. RCA. [↑](#footnote-ref-273)
274. Lockheed Martin. [↑](#footnote-ref-274)
275. Electronics. [↑](#footnote-ref-275)
276. Robert McNamara. [↑](#footnote-ref-276)
277. Burroughs. [↑](#footnote-ref-277)
278. Anatoly Trutko. [↑](#footnote-ref-278)
279. Yuri Osokin. [↑](#footnote-ref-279)
280. Nikita Khrushchev. [↑](#footnote-ref-280)
281. Alexander Shokin. [↑](#footnote-ref-281)
282. Joel Barr. [↑](#footnote-ref-282)
283. City College. [↑](#footnote-ref-283)
284. Alfred Sarant. [↑](#footnote-ref-284)
285. Young Communist League. [↑](#footnote-ref-285)
286. Julius Rosenberg. [↑](#footnote-ref-286)
287. Western Electric. [↑](#footnote-ref-287)
288. Sperry Gyroscope. [↑](#footnote-ref-288)
289. Ethel. [↑](#footnote-ref-289)
290. UM. [↑](#footnote-ref-290)
291. Special Design Bureau of the Electronics Industry. [↑](#footnote-ref-291)
292. Zelenograd. [↑](#footnote-ref-292)
293. Moscow Institute of Electronic Technology. [↑](#footnote-ref-293)
294. Boris Malin. [↑](#footnote-ref-294)
295. Zhores Alferov. [↑](#footnote-ref-295)
296. COCOM (Coordinating Committee for Multilateral Controls). [↑](#footnote-ref-296)
297. Hayato Ikeda. [↑](#footnote-ref-297)
298. Sony. [↑](#footnote-ref-298)
299. Makoto Kikuchi. [↑](#footnote-ref-299)
300. Electrotechnical Laboratory. [↑](#footnote-ref-300)
301. Bell System Technical Journal. [↑](#footnote-ref-301)
302. Journal of Applied Physics. [↑](#footnote-ref-302)
303. Physical Review. [↑](#footnote-ref-303)
304. International Union of Pure and Applied Physics. [↑](#footnote-ref-304)
305. Akio Morita. [↑](#footnote-ref-305)
306. Haneda. [↑](#footnote-ref-306)
307. Masaru Ibuka. [↑](#footnote-ref-307)
308. Sharp Electronics. [↑](#footnote-ref-308)
309. Charlie Sporck. [↑](#footnote-ref-309)
310. General Electric (GE). [↑](#footnote-ref-310)
311. Hudson Falls. [↑](#footnote-ref-311)
312. Cornell. [↑](#footnote-ref-312)
313. Lexington. [↑](#footnote-ref-313)
314. Mountain View. [↑](#footnote-ref-314)
315. Maine. [↑](#footnote-ref-315)
316. Navajo. [↑](#footnote-ref-316)
317. Kowloon. [↑](#footnote-ref-317)
318. Motorola. [↑](#footnote-ref-318)
319. Lee Kuan Yew. [↑](#footnote-ref-319)
320. Penang. [↑](#footnote-ref-320)
321. Operation Rolling Thunder. [↑](#footnote-ref-321)
322. Shrike. [↑](#footnote-ref-322)
323. Sparrow III. [↑](#footnote-ref-323)
324. Weldon Word. [↑](#footnote-ref-324)
325. Eglin. [↑](#footnote-ref-325)
326. Joe Davis. [↑](#footnote-ref-326)
327. Thanh Hoa. [↑](#footnote-ref-327)
328. William Westmoreland. [↑](#footnote-ref-328)
329. Mark Shepherd. [↑](#footnote-ref-329)
330. K. T. Li. [↑](#footnote-ref-330)
331. Chiang Kai-shek. [↑](#footnote-ref-331)
332. Lee Kuan Yew. [↑](#footnote-ref-332)
333. National Semiconductor. [↑](#footnote-ref-333)
334. Melaka. [↑](#footnote-ref-334)
335. Intel. [↑](#footnote-ref-335)
336. Integrated Electronics. [↑](#footnote-ref-336)
337. Dynamic Random Access Memory (DRAM). [↑](#footnote-ref-337)
338. Magnetic core. [↑](#footnote-ref-338)
339. Robert Dennard. [↑](#footnote-ref-339)
340. IBM. [↑](#footnote-ref-340)
341. وظیفه تراشه‌های منطقی، محاسبه یا پردازش اطلاعات است؛ در حالی که کار تراشه‌های حافظه به خاطر سپردن داده‌ها است. مترجم [↑](#footnote-ref-341)
342. Busicom. [↑](#footnote-ref-342)
343. Ted Hoff. [↑](#footnote-ref-343)
344. Microprocessor. [↑](#footnote-ref-344)
345. Raytheon 2N706. [↑](#footnote-ref-345)
346. William Perry. [↑](#footnote-ref-346)
347. Mainframe computers. [↑](#footnote-ref-347)
348. Andrew Marshall. [↑](#footnote-ref-348)
349. Office of Net Assessment. [↑](#footnote-ref-349)
350. Harold Brown. [↑](#footnote-ref-350)
351. Paveway. [↑](#footnote-ref-351)
352. Tomahawk. [↑](#footnote-ref-352)
353. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). [↑](#footnote-ref-353)
354. Assault Breaker. [↑](#footnote-ref-354)
355. Precision Strike. [↑](#footnote-ref-355)
356. Richard Anderson. [↑](#footnote-ref-356)
357. Hewlett-Packard (HP). [↑](#footnote-ref-357)
358. Mayflower. [↑](#footnote-ref-358)
359. Dave Packard. [↑](#footnote-ref-359)
360. Bill Hewlett. [↑](#footnote-ref-360)
361. Toshiba. [↑](#footnote-ref-361)
362. NEC. [↑](#footnote-ref-362)
363. Makoto Kikuchi. [↑](#footnote-ref-363)
364. Walkman. [↑](#footnote-ref-364)
365. Jerry Sanders. [↑](#footnote-ref-365)
366. Advanced Micro Devices (AMD). [↑](#footnote-ref-366)
367. South Side. [↑](#footnote-ref-367)
368. Bel Air. [↑](#footnote-ref-368)
369. Hitachi. [↑](#footnote-ref-369)
370. Fujitsu. [↑](#footnote-ref-370)
371. Hartford. [↑](#footnote-ref-371)
372. Jun Naruse. [↑](#footnote-ref-372)
373. Glenmar. [↑](#footnote-ref-373)
374. Pratt & Whitney. [↑](#footnote-ref-374)
375. Kenji Hayashi. [↑](#footnote-ref-375)
376. Mitsubishi Electric. [↑](#footnote-ref-376)
377. NTT. [↑](#footnote-ref-377)
378. VLSI. [↑](#footnote-ref-378)
379. Motorola. [↑](#footnote-ref-379)
380. DARPA. [↑](#footnote-ref-380)
381. Federal Reserve. [↑](#footnote-ref-381)
382. GCA. [↑](#footnote-ref-382)
383. Carl Zeiss. [↑](#footnote-ref-383)
384. Nikon. [↑](#footnote-ref-384)
385. Perkin Elmer. [↑](#footnote-ref-385)
386. Norwalk. [↑](#footnote-ref-386)
387. Milt Greenberg. [↑](#footnote-ref-387)
388. Stepper. [↑](#footnote-ref-388)
389. Corvette. [↑](#footnote-ref-389)
390. Tropel. [↑](#footnote-ref-390)
391. Robert Solow. [↑](#footnote-ref-391)
392. Robert Reich. [↑](#footnote-ref-392)
393. Semiconductor Industry Association. [↑](#footnote-ref-393)
394. Semiconductor Chip Protection Act. [↑](#footnote-ref-394)
395. Dumping. [↑](#footnote-ref-395)
396. Sematech. [↑](#footnote-ref-396)
397. Canon. [↑](#footnote-ref-397)
398. ASML. [↑](#footnote-ref-398)
399. Peter Simone. [↑](#footnote-ref-399)
400. Deep-ultraviolet lithography equipment. [↑](#footnote-ref-400)
401. General Signal. [↑](#footnote-ref-401)
402. Yoshiko. [↑](#footnote-ref-402)
403. My Thoughts on Home Entertaining. [↑](#footnote-ref-403)
404. David Rockefeller. [↑](#footnote-ref-404)
405. Henry Kissinger. [↑](#footnote-ref-405)
406. Pete Peterson. [↑](#footnote-ref-406)
407. Augusta National. [↑](#footnote-ref-407)
408. Shintaro Ishihara. [↑](#footnote-ref-408)
409. Season of the Sun. [↑](#footnote-ref-409)
410. Kiichi Miyazawa. [↑](#footnote-ref-410)
411. Pax Niponica. [↑](#footnote-ref-411)
412. Kowloon Bay. [↑](#footnote-ref-412)
413. Jack Simplot. [↑](#footnote-ref-413)
414. Micron. [↑](#footnote-ref-414)
415. Widget. [↑](#footnote-ref-415)
416. Boise. [↑](#footnote-ref-416)
417. Joe and Ward Parkinson. [↑](#footnote-ref-417)
418. Mostek. [↑](#footnote-ref-418)
419. Allen Noble. [↑](#footnote-ref-419)
420. Royal Café. [↑](#footnote-ref-420)
421. L. J. Sevin. [↑](#footnote-ref-421)
422. Perkin Elmer. [↑](#footnote-ref-422)
423. Clayton Christensen. [↑](#footnote-ref-423)
424. Forbes. [↑](#footnote-ref-424)
425. Disruptive innovation. [↑](#footnote-ref-425)
426. Only the Paranoid Survive. [↑](#footnote-ref-426)
427. Ferris. [↑](#footnote-ref-427)
428. Great America. [↑](#footnote-ref-428)
429. Personal computer. [↑](#footnote-ref-429)
430. Bill Gates. [↑](#footnote-ref-430)
431. Waldorf Astoria. [↑](#footnote-ref-431)
432. Paranoia. [↑](#footnote-ref-432)
433. Craig Barrett. [↑](#footnote-ref-433)
434. Compaq Computer. [↑](#footnote-ref-434)
435. Lee Byung-Chul. [↑](#footnote-ref-435)
436. Joint venture. [↑](#footnote-ref-436)
437. Federico Faggin. [↑](#footnote-ref-437)
438. Rubylith.

     روبیلیت فیلم دولایه‌ای متشکل از یک لایه پلی‌استری شفاف در زیر و یک لایه نیمه‌شفاف سرخ رنگ در بالا است که در صنعت چاپ و لیتوگرافی استفاده می‌شود. (مترجم) [↑](#footnote-ref-438)
439. Lynn Conway. [↑](#footnote-ref-439)
440. Johannes Gutenberg. [↑](#footnote-ref-440)
441. Semiconductor Research Corporation (SRC). [↑](#footnote-ref-441)
442. Carnegie Mellon. [↑](#footnote-ref-442)
443. Irwin Jacobs. [↑](#footnote-ref-443)
444. Andrew Viterbi. [↑](#footnote-ref-444)
445. St. Petersburg. [↑](#footnote-ref-445)
446. Qualcomm. [↑](#footnote-ref-446)
447. Vladimir Vetrov. [↑](#footnote-ref-447)
448. Teknologia. [↑](#footnote-ref-448)
449. Lubyanka. [↑](#footnote-ref-449)
450. GRU. [↑](#footnote-ref-450)
451. One Eyed Jack. [↑](#footnote-ref-451)
452. Rhode Island. [↑](#footnote-ref-452)
453. Operation Exodus. [↑](#footnote-ref-453)
454. Nikolai Ogarkov. [↑](#footnote-ref-454)
455. Illiac IV. [↑](#footnote-ref-455)
456. Jena. [↑](#footnote-ref-456)
457. Norman Schwarzkopf. [↑](#footnote-ref-457)
458. Weldon Word. [↑](#footnote-ref-458)
459. cost-effective. [↑](#footnote-ref-459)
460. Sidewinder. [↑](#footnote-ref-460)
461. Dmitri Yazov. [↑](#footnote-ref-461)
462. Sergey Akhromeyev. [↑](#footnote-ref-462)
463. Trilateral Commission. [↑](#footnote-ref-463)
464. government-backed overinvestment. [↑](#footnote-ref-464)
465. Fujio Masuoka. [↑](#footnote-ref-465)
466. NAND. [↑](#footnote-ref-466)
467. The Asia That Can Say No. [↑](#footnote-ref-467)
468. The Japan That Can Say No Again. [↑](#footnote-ref-468)
469. Steve Wozniak. [↑](#footnote-ref-469)
470. Les Gelb. [↑](#footnote-ref-470)
471. K. T. Li. [↑](#footnote-ref-471)
472. Taiwan Semiconductor 164Manufacturing Company. [↑](#footnote-ref-472)
473. RCA. [↑](#footnote-ref-473)
474. UMC. [↑](#footnote-ref-474)
475. General Instrument. [↑](#footnote-ref-475)
476. Industrial Technology Research Institute. [↑](#footnote-ref-476)
477. Business plan. [↑](#footnote-ref-477)
478. Foundry concept. [↑](#footnote-ref-478)
479. Chintay Shih. [↑](#footnote-ref-479)
480. Don Brooks. [↑](#footnote-ref-480)
481. Ren Zhengfei. [↑](#footnote-ref-481)
482. Shenzhen. [↑](#footnote-ref-482)
483. Jiang Zemin. [↑](#footnote-ref-483)
484. Purdue. [↑](#footnote-ref-484)
485. Liu Shaoqi. [↑](#footnote-ref-485)
486. Optic. [↑](#footnote-ref-486)
487. Rough grains.

     منظور از غلات خشن، غلاتی است غیر از گندم و برنج که معمولا به عنوان خوراک حیوان استفاده می‌شود. مترجم. [↑](#footnote-ref-487)
488. Nanjing. [↑](#footnote-ref-488)
489. Xian. [↑](#footnote-ref-489)
490. Penang. [↑](#footnote-ref-490)
491. Deng Xiaoping. [↑](#footnote-ref-491)
492. The National Science Conference. [↑](#footnote-ref-492)
493. Guangming Ribao. [↑](#footnote-ref-493)
494. Richard Chang. [↑](#footnote-ref-494)
495. Chartered Semiconductor. [↑](#footnote-ref-495)
496. Game of chicken.

     بازی جوجه، بازی جوجه‌ترسو یا بازی ترسوها یکی از کاربردی‌ترین بازی‌ها در نظریه بازی‌ها است. در این مدل فرض می شود دو راننده در حال حرکت در جهت خلاف هم بر روی یک پل هستند. اولین راننده‌ای که بترسد و خودروی خود را منحرف کند، بازنده خواهد بود و اگر هیچ یک از راننده‌ها نترسد، نتیجه تصادف شدید و مرگ هر دو راننده خواهد بود. مترجم. [↑](#footnote-ref-496)
497. Huahong. [↑](#footnote-ref-497)
498. Grace Semiconductor. [↑](#footnote-ref-498)
499. Jiang Mianheng. [↑](#footnote-ref-499)
500. Winston Wang. [↑](#footnote-ref-500)
501. Neil Bush. [↑](#footnote-ref-501)
502. Goldman Sachs. [↑](#footnote-ref-502)
503. Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC). [↑](#footnote-ref-503)
504. Doug Fuller. [↑](#footnote-ref-504)
505. UMC. [↑](#footnote-ref-505)
506. Vanguard Semiconductor. [↑](#footnote-ref-506)
507. John Carruthers. [↑](#footnote-ref-507)
508. Extreme ultraviolet (EUV). [↑](#footnote-ref-508)
509. Silicon Valley Group (SVG). [↑](#footnote-ref-509)
510. ASML. [↑](#footnote-ref-510)
511. Veldhoven. [↑](#footnote-ref-511)
512. Frits van Hout. [↑](#footnote-ref-512)
513. Lawrence Livermore. [↑](#footnote-ref-513)
514. Sandia National. [↑](#footnote-ref-514)
515. Craig Barrett. [↑](#footnote-ref-515)
516. The innovator's dilemma. [↑](#footnote-ref-516)
517. Steve Jobs. [↑](#footnote-ref-517)
518. Macworld. [↑](#footnote-ref-518)
519. Paul Otellini. [↑](#footnote-ref-519)
520. AMD. [↑](#footnote-ref-520)
521. x86. [↑](#footnote-ref-521)
522. Mac. [↑](#footnote-ref-522)
523. Macintosh. [↑](#footnote-ref-523)
524. IPod. [↑](#footnote-ref-524)
525. MBA. [↑](#footnote-ref-525)
526. RISC. [↑](#footnote-ref-526)
527. Amazon Web Services. [↑](#footnote-ref-527)
528. Microsoft Azure. [↑](#footnote-ref-528)
529. Google Cloud. [↑](#footnote-ref-529)
530. Cloud computing. [↑](#footnote-ref-530)
531. Arm. [↑](#footnote-ref-531)
532. Robin Saxby. [↑](#footnote-ref-532)
533. Nintendo. [↑](#footnote-ref-533)
534. Zoom. [↑](#footnote-ref-534)
535. Palm Pilot. [↑](#footnote-ref-535)
536. Clayton Christensen. [↑](#footnote-ref-536)
537. Alexis Madrigal. [↑](#footnote-ref-537)
538. IPhone. [↑](#footnote-ref-538)
539. Nativist. [↑](#footnote-ref-539)
540. Applied Materials. [↑](#footnote-ref-540)
541. Lam Research. [↑](#footnote-ref-541)
542. Tokyo Electron. [↑](#footnote-ref-542)
543. Cadence. [↑](#footnote-ref-543)
544. Synopsys. [↑](#footnote-ref-544)
545. Mentor. [↑](#footnote-ref-545)
546. Robert Zoellick. [↑](#footnote-ref-546)
547. Richard Van Atta. [↑](#footnote-ref-547)
548. MediaTek. [↑](#footnote-ref-548)
549. Onsemi. [↑](#footnote-ref-549)
550. Analog Devices. [↑](#footnote-ref-550)
551. Elpida. [↑](#footnote-ref-551)
552. SK Hynix. [↑](#footnote-ref-552)
553. Western Digital. [↑](#footnote-ref-553)
554. Gordon Campbell. [↑](#footnote-ref-554)
555. Dado Banatao. [↑](#footnote-ref-555)
556. Chips and Technologies. [↑](#footnote-ref-556)
557. Compaq. [↑](#footnote-ref-557)
558. Nvidia. [↑](#footnote-ref-558)
559. Denny’s. [↑](#footnote-ref-559)
560. Malachowsky. [↑](#footnote-ref-560)
561. Curtis Priem. [↑](#footnote-ref-561)
562. Jensen Huang. [↑](#footnote-ref-562)
563. Sun Microsystems. [↑](#footnote-ref-563)
564. LSI. [↑](#footnote-ref-564)
565. Clippy. [↑](#footnote-ref-565)
566. Graphics processor unit (GPU). [↑](#footnote-ref-566)
567. Shader. [↑](#footnote-ref-567)
568. Central processing unit (CPU). [↑](#footnote-ref-568)
569. CUDA. [↑](#footnote-ref-569)
570. Time-division multiple access. [↑](#footnote-ref-570)
571. Frequency-hopping. [↑](#footnote-ref-571)
572. Qualcomm. [↑](#footnote-ref-572)
573. Quality Communications. [↑](#footnote-ref-573)
574. Field-programmable gate arrays. [↑](#footnote-ref-574)
575. Xilinx. [↑](#footnote-ref-575)
576. Altera. [↑](#footnote-ref-576)
577. Mubadala. [↑](#footnote-ref-577)
578. The Committee on Foreign Investment in the United States (CFIUS). [↑](#footnote-ref-578)
579. Global Foundries. [↑](#footnote-ref-579)
580. Node. [↑](#footnote-ref-580)
581. Gate. [↑](#footnote-ref-581)
582. Tunneling. [↑](#footnote-ref-582)
583. FinFET. [↑](#footnote-ref-583)
584. Mark Zuckerberg. [↑](#footnote-ref-584)
585. Forbes. [↑](#footnote-ref-585)
586. Rick Tsai. [↑](#footnote-ref-586)
587. Capital spending.

     هزینه‌کردهای سرمایه‌ای مبالغی است که با هدف سودآوری در آینده، صرف خرید دارایی‌های ثابت و مولد جدید یا افزودن ارزش دارایی‌های ثابت و مولد موجود می‌شود. مترجم. [↑](#footnote-ref-587)
588. iOS. [↑](#footnote-ref-588)
589. Wolfson. [↑](#footnote-ref-589)
590. Infineon. [↑](#footnote-ref-590)
591. CSR. [↑](#footnote-ref-591)
592. PA Semi. [↑](#footnote-ref-592)
593. A4. [↑](#footnote-ref-593)
594. iPad. [↑](#footnote-ref-594)
595. AirPod. [↑](#footnote-ref-595)
596. Nokia. [↑](#footnote-ref-596)
597. BlackBerry. [↑](#footnote-ref-597)
598. Foxconn. [↑](#footnote-ref-598)
599. Wistron. [↑](#footnote-ref-599)
600. Dongguan. [↑](#footnote-ref-600)
601. Zhengzhou. [↑](#footnote-ref-601)
602. Extreme-ultraviolet. [↑](#footnote-ref-602)
603. Cymer. [↑](#footnote-ref-603)
604. Trumpf. [↑](#footnote-ref-604)
605. Seed laser.

     برای این عبارت در متون تخصصی‌ ترجمه مناسبی یافت نشد. در برخی سایت‌ها آن را «لیزر جامد» ترجمه کرده‌اند، اما این ترجمه هم با کارکرد این نوع لیزر مناسبتی ندارد. در هر حال با توجه به این که سیدلیزر لیزری است که خروجی آن وارد یک تقویت‌کننده یا یک لیزر دیگر می‌شود، و با توجه به کارکرد واژه سید در عبارات مشابه در حوزه‌های دیگر، از عبارت «پیش‌لیزر» به عنوان ترجمه آن استفاده شد. مترجم. [↑](#footnote-ref-605)
606. Resonator. [↑](#footnote-ref-606)
607. Beam transport system. [↑](#footnote-ref-607)
608. Frits van Houts. [↑](#footnote-ref-608)
609. Peter Wennink. [↑](#footnote-ref-609)
610. Computational lithography. [↑](#footnote-ref-610)
611. Tony Yen. [↑](#footnote-ref-611)
612. Deep-ultraviolet. [↑](#footnote-ref-612)
613. Shang-yi Chiang. [↑](#footnote-ref-613)
614. Chongqing. [↑](#footnote-ref-614)
615. Amazon Web Services. [↑](#footnote-ref-615)
616. Microsoft Azure. [↑](#footnote-ref-616)
617. Google Cloud. [↑](#footnote-ref-617)
618. Cloud. [↑](#footnote-ref-618)
619. CUDA. [↑](#footnote-ref-619)
620. Facebook. [↑](#footnote-ref-620)
621. Tencent. [↑](#footnote-ref-621)
622. Alibaba. [↑](#footnote-ref-622)
623. Tensor processing unit (TPU). [↑](#footnote-ref-623)
624. TensorFlow software library. [↑](#footnote-ref-624)
625. Brian Krzanich. [↑](#footnote-ref-625)
626. Xi Jinping. [↑](#footnote-ref-626)
627. Chinese Dream. [↑](#footnote-ref-627)
628. New Yorker. [↑](#footnote-ref-628)
629. Baidu. [↑](#footnote-ref-629)
630. Edward Snowden. [↑](#footnote-ref-630)
631. Kai-Fu Lee. [↑](#footnote-ref-631)
632. Davos. [↑](#footnote-ref-632)
633. Ian Bremmer. [↑](#footnote-ref-633)
634. Klaus Schwab. [↑](#footnote-ref-634)
635. Jack Ma. [↑](#footnote-ref-635)
636. Internet of Things. [↑](#footnote-ref-636)
637. Big data. [↑](#footnote-ref-637)
638. Georgetown University’s Center for Security and Emerging Technology. [↑](#footnote-ref-638)
639. Made in China 2025. [↑](#footnote-ref-639)
640. Huahong. [↑](#footnote-ref-640)
641. Grace. [↑](#footnote-ref-641)
642. Big Fund. [↑](#footnote-ref-642)
643. Ginni Rometty. [↑](#footnote-ref-643)
644. 2015 China Development Forum. [↑](#footnote-ref-644)
645. Martin Schroeter. [↑](#footnote-ref-645)
646. Li Keqiang. [↑](#footnote-ref-646)
647. Wang Anshun. [↑](#footnote-ref-647)
648. Ma Kai. [↑](#footnote-ref-648)
649. Xinhua. [↑](#footnote-ref-649)
650. Via. [↑](#footnote-ref-650)
651. Power. [↑](#footnote-ref-651)
652. Shen Changxiang. [↑](#footnote-ref-652)
653. Huaxintong. [↑](#footnote-ref-653)
654. Guizhou. [↑](#footnote-ref-654)
655. Chen Min’er. [↑](#footnote-ref-655)
656. Phytium. [↑](#footnote-ref-656)
657. Hypersonic missiles. [↑](#footnote-ref-657)
658. Penang. [↑](#footnote-ref-658)
659. Suzhou. [↑](#footnote-ref-659)
660. Zen. [↑](#footnote-ref-660)
661. Sugon. [↑](#footnote-ref-661)
662. Gina Raimondo. [↑](#footnote-ref-662)
663. Elsa Kania. [↑](#footnote-ref-663)
664. Anton Shilov. [↑](#footnote-ref-664)
665. Arm China. [↑](#footnote-ref-665)
666. Softbank. [↑](#footnote-ref-666)
667. Nikkei Asia. [↑](#footnote-ref-667)
668. Zhao Weiguo. [↑](#footnote-ref-668)
669. Tsinghua. [↑](#footnote-ref-669)
670. Tsinghua Unigroup. [↑](#footnote-ref-670)
671. Beijing Jiankun Group. [↑](#footnote-ref-671)
672. Hu Jintao. [↑](#footnote-ref-672)
673. مبتنی بر ملاحظات اقتصادی بازار. [↑](#footnote-ref-673)
674. Spreadtrum Communications. [↑](#footnote-ref-674)
675. RDA Microelectronics. [↑](#footnote-ref-675)
676. XMC. [↑](#footnote-ref-676)
677. YMTC. [↑](#footnote-ref-677)
678. Powertech Technology. [↑](#footnote-ref-678)
679. John Deng. [↑](#footnote-ref-679)
680. Lattice Semiconductor. [↑](#footnote-ref-680)
681. Canyon Bridge. [↑](#footnote-ref-681)
682. Imagination. [↑](#footnote-ref-682)
683. WeChat. [↑](#footnote-ref-683)
684. China Development Bank. [↑](#footnote-ref-684)
685. Integrated Circuit Industry Investment Fund. [↑](#footnote-ref-685)
686. Pinduoduo. [↑](#footnote-ref-686)
687. Meituan. [↑](#footnote-ref-687)
688. Sichuan. [↑](#footnote-ref-688)
689. Ericsson. [↑](#footnote-ref-689)
690. Router. [↑](#footnote-ref-690)
691. Cisco. [↑](#footnote-ref-691)
692. Cisco. [↑](#footnote-ref-692)
693. Merck. [↑](#footnote-ref-693)
694. Daimler. [↑](#footnote-ref-694)
695. Volkswagen. [↑](#footnote-ref-695)
696. Wolf-culture. [↑](#footnote-ref-696)
697. Wu Bangguo. [↑](#footnote-ref-697)
698. Ken Hu. [↑](#footnote-ref-698)
699. Alcatel-Lucent. [↑](#footnote-ref-699)
700. Fukushima Daiichi. [↑](#footnote-ref-700)
701. HiSilicon. [↑](#footnote-ref-701)
702. Dave Robertson. [↑](#footnote-ref-702)
703. Analog Devices. [↑](#footnote-ref-703)
704. Radio frequency transceivers. [↑](#footnote-ref-704)
705. Beamforming. [↑](#footnote-ref-705)
706. Sensory information.

     اطلاعاتی که مغز ما از طریق حواس مختلفمان در مورد جهان پیرامون کسب می‌کند. مترجم. [↑](#footnote-ref-706)
707. Tesla. [↑](#footnote-ref-707)
708. Elon Musk. [↑](#footnote-ref-708)
709. Jim Keller. [↑](#footnote-ref-709)
710. Broadcom. [↑](#footnote-ref-710)
711. Cypress Semiconductor. [↑](#footnote-ref-711)
712. Eric Schmidt. [↑](#footnote-ref-712)
713. Elsa Kania. [↑](#footnote-ref-713)
714. AI weapons. [↑](#footnote-ref-714)
715. Predictive maintenance. [↑](#footnote-ref-715)
716. fire-and-forget. [↑](#footnote-ref-716)
717. Ben Buchanan. [↑](#footnote-ref-717)
718. MacroPolo. [↑](#footnote-ref-718)
719. Xilinx. [↑](#footnote-ref-719)
720. Chuck Hagel. [↑](#footnote-ref-720)
721. Bob Work. [↑](#footnote-ref-721)
722. Saildrone.

     صفحه موج‌سواری هدایت پذیر از دور. مترجم. [↑](#footnote-ref-722)
723. Electronics Resurgence Initiative. [↑](#footnote-ref-723)
724. Tim Cook. [↑](#footnote-ref-724)
725. National Security Agency. [↑](#footnote-ref-725)
726. Fort Meade, Maryland. [↑](#footnote-ref-726)
727. Spectre. [↑](#footnote-ref-727)
728. Meltdown. [↑](#footnote-ref-728)
729. Zero trust. [↑](#footnote-ref-729)
730. Matt Turpin. [↑](#footnote-ref-730)
731. Penny Pritzker. [↑](#footnote-ref-731)
732. laissez-faire.

     این عبارت در زبان فرانسه یعنی «بگذار بگذرد»، و منظور از آن در اقتصاد سیاسی «عدم مداخله دولت در اقتصاد» و «اقتصاد آزاد» است. [↑](#footnote-ref-732)
733. ZTE. [↑](#footnote-ref-733)
734. Peter Navarro. [↑](#footnote-ref-734)
735. Robert Lighthizer. [↑](#footnote-ref-735)
736. Matt Pottinger. [↑](#footnote-ref-736)
737. Wilbur Ross. [↑](#footnote-ref-737)
738. Steven Mnuchin. [↑](#footnote-ref-738)
739. **Fujian**. [↑](#footnote-ref-739)
740. **Jinhua**. [↑](#footnote-ref-740)
741. Kenny Wang. [↑](#footnote-ref-741)
742. CCleaner. [↑](#footnote-ref-742)
743. Kinmen. [↑](#footnote-ref-743)
744. Xiamen. [↑](#footnote-ref-744)
745. Steven Chen. [↑](#footnote-ref-745)
746. J. T. Ho. [↑](#footnote-ref-746)
747. Fuzhou. [↑](#footnote-ref-747)
748. Veeco. [↑](#footnote-ref-748)
749. AMEC. [↑](#footnote-ref-749)
750. Mark Cohen. [↑](#footnote-ref-750)
751. Lam Research. [↑](#footnote-ref-751)
752. KLA. [↑](#footnote-ref-752)
753. Fox & Friends. [↑](#footnote-ref-753)
754. Malcolm Turnbull. [↑](#footnote-ref-754)
755. Peter Hartcher. [↑](#footnote-ref-755)
756. A Comprehensive Guide to 5G Security. [↑](#footnote-ref-756)
757. National Cyber Security Centre. [↑](#footnote-ref-757)
758. Robert Hannigan. [↑](#footnote-ref-758)
759. Ben Sasse. [↑](#footnote-ref-759)
760. Henry Farrell. [↑](#footnote-ref-760)
761. Abraham Newman. [↑](#footnote-ref-761)
762. Weaponized interdependence. [↑](#footnote-ref-762)
763. Mark Liu. [↑](#footnote-ref-763)
764. Yangzte Memory Technologies Corporation (YMTC). [↑](#footnote-ref-764)
765. Sputnik moment. [↑](#footnote-ref-765)
766. Dan Wang. [↑](#footnote-ref-766)
767. Liu He. [↑](#footnote-ref-767)
768. Wuhan Hongxin (HSMC). [↑](#footnote-ref-768)
769. Deep ultraviolet. [↑](#footnote-ref-769)
770. High-aperture EUV. [↑](#footnote-ref-770)
771. RISC-V. [↑](#footnote-ref-771)
772. Silicon carbide. [↑](#footnote-ref-772)
773. Gallium nitride. [↑](#footnote-ref-773)
774. American Automotive Policy Council. [↑](#footnote-ref-774)
775. IC Insights. [↑](#footnote-ref-775)
776. just-in-time manufacturing.

     در این رویه، تولید با تقاضا هماهنگ، و مثلا فقط کالایی وارد فرآیند تولید می‌شود که سفارش خرید آن واصل شده باشد. مترجم. [↑](#footnote-ref-776)
777. Moon Jae-in. [↑](#footnote-ref-777)
778. Pyeongtaek. [↑](#footnote-ref-778)
779. Lee Jay-yong. [↑](#footnote-ref-779)
780. Wuxi. [↑](#footnote-ref-780)
781. Pat Gelsinger. [↑](#footnote-ref-781)
782. Amazon Web Services. [↑](#footnote-ref-782)
783. landing ship.

     کشتی جنگی طراحی‌شده برای حمل نیروها و خودرو‌های رزمی در فواصل طولانی و تخلیه سریع و مستقیم آن‌ها در ساحل. [↑](#footnote-ref-783)
784. Global Times. [↑](#footnote-ref-784)
785. Pratas. [↑](#footnote-ref-785)
786. Anti-Secession Law. [↑](#footnote-ref-786)
787. correlation of forces.

     منظور از رابطه متقابل نیرو‌ها یا به عبارت کامل‌تر، «رابطه متقابل نیرو‌ها و ابزار‌ها» توازن موجود میان طرف‌های متخاصم در سطح جهانی، منطقه‌ای یا محلی است. مترجم. [↑](#footnote-ref-787)
788. Hsinchu. [↑](#footnote-ref-788)
789. Chelungpu. [↑](#footnote-ref-789)
790. Metaverse.

     فراجهان یا متاورس، جهان مجازی فراگیری است که انتظار می‌رود در نسخه‌های آینده اینترنت، با استفاده از محیط‌های مجازی سه‌بعدی و غیرمتمرکز تشکیل شود. کاربرد‌هایی چون واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و هوش مصنوعی جلوه‌های امروزی جهان مجازی آینده‌اند. مترجم. [↑](#footnote-ref-790)
791. Tsai Ing-wen. [↑](#footnote-ref-791)
792. Foreign Affairs. [↑](#footnote-ref-792)
793. silicon shield. [↑](#footnote-ref-793)
794. Javelin. [↑](#footnote-ref-794)
795. Longtian. [↑](#footnote-ref-795)
796. Huian. [↑](#footnote-ref-796)
797. Quemoy. [↑](#footnote-ref-797)
798. Tianjin. [↑](#footnote-ref-798)
799. Mohamed Atalla. [↑](#footnote-ref-799)
800. Dawon Kahng. [↑](#footnote-ref-800)
801. John Hennessy. [↑](#footnote-ref-801)
802. Alphabet. [↑](#footnote-ref-802)
803. Erich Bloch. [↑](#footnote-ref-803)
804. National Science Foundation. [↑](#footnote-ref-804)
805. Fin-shaped transistor. [↑](#footnote-ref-805)
806. Tube-shaped transistor. [↑](#footnote-ref-806)
807. Gate-all-around. [↑](#footnote-ref-807)
808. GAA FET. [↑](#footnote-ref-808)
809. Neil Thompson. [↑](#footnote-ref-809)
810. Svenja Spanuth. [↑](#footnote-ref-810)
811. Fast lane applications. [↑](#footnote-ref-811)
812. Slow lane applications. [↑](#footnote-ref-812)