

I S T O R I E

Chris Miller predă istorie internațională la Școala Fletcher din cadrul Universității Tufts. Este, de asemenea, bursier invitat al programului „Jeane Kirkpatrick“ la American Enterprise Institute, director pentru regiunea Eurasia la Foreign Policy Research Institute și director la Greenmantle, o firmă de consultanță macroeconomică și geopolitică cu sedii la New York și Londra. Este licențiat în istorie la Harvard și doctor în istorie la Yale. E autorul volumelor *The Struggle to Save the Soviet Economy* (2016), *Putinomics* (2018) și *We Shall Be Masters* (2021) – și scrie frecvent pentru *The New York Times*, *The Wall Street Journal*, *Foreign Affairs*, *Foreign Policy*, *The American Interest* și alte publicații.

CHRIS MILLER

**RĂZBOIUL
CIPURILOR**

**LUPTA PENTRU
CEA MAI IMPORTANTĂ
TEHNOLOGIE DIN LUME**

Traducere din engleză și note
de Iulian Comănescu

H HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactor: Cristian Negoită
Coperta: Ioana Nedelcu
Corector: Alexandru Anghel
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
DTP: Iuliana Constantinescu, Veronica Dinu

Tipărit la Artprint

Chris Miller
*Chip War. The Fight for the World's Most
Critical Technology*
Copyright © 2022 by Christopher Miller
Originally published by Scribner,
a Division of Simon & Schuster, Inc.

© HUMANITAS, 2023, pentru prezenta versiune în limba română

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Miller, Chris

Războiul cipurilor: lupta pentru cea mai importantă
tehnologie din lume / Chris Miller;

trad. din engleză și note de Iulian Comănescu. –

București: Humanitas, 2023

ISBN 978-973-50-8205-5

I. Comănescu, Iulian (trad.; note)

62

EDITURA HUMANITAS

Piața Presei Libere 1, 013701 București, România

tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51

www.humanitas.ro

Comenzi online: www.libhumanitas.ro

Comenzi prin e-mail: vanzari@libhumanitas.ro

Comenzi telefonice: 0723 684 194

Pentru Liya

Cuprins

Personajele	11
Glosar	13
Introducere	15
PARTEA I	
CIPURILE DIN TIMPUL RĂZBOIULUI RECE	
1. De la oțel la siliciu.	29
2. Întrerupătorul	35
3. Noyce, Kilby și circuitul integrat	39
4. Industria decolează	44
5. Mortiere și producție de masă.	48
6. „Vreau... să... mă... îmbogățesc”	54
PARTEA A II-A	
CIRCUITELE LUMII AMERICANE	
7. Silicon Valley-ul sovietic.	61
8. „Copiază!”	66
9. Vânzătorul de tranzistori	70
10. „Fetele de la tranzistori”	76
11. Lovituri de precizie.	81
12. Lanțurile de aprovizionare ca principiu de politică de stat	86
13. Revoluționarii de la Intel	91
14. Strategia de echilibrare a Pentagonului	97
PARTEA A III-A	
OARE E AMENINȚATĂ POZIȚIA DE LIDER?	
15. „Competiție dură”	105
16. „În război cu Japonia”	109
17. „Livrările de gunoi”	115

18. Țițeiul anilor '80	121
19. Spirala morții.	126
20. Japonia care poate spune nu.	133

PARTEA A IV-A

RENAȘTEREA AMERICII

21. Regele chipsurilor de cartofi	143
22. Disrupția Intel	150
23. „Dușmanul dușmanului meu”: ascensiunea Coreei	155
24. „Acesta e viitorul”	160
25. Direcția T a KGB	166
26. „Arme de distrugere în masă”: impactul strategiei de echilibrare	170
27. Erou de război.	176
28. „Războiul Rece a luat sfârșit, iar voi sunteți câștigătorii”	180

PARTEA A V-A

CIRCUITELE INTEGRATE

DOC CĂTRE O LUME LA FEL DE INTEGRATĂ?

29. „Vrem o industrie a semiconductorilor în Taiwan”.	187
30. „Tot poporul să producă semiconductori”.	194
31. „Să împărțăm iubirea Domnului cu chinezii”.	200
32. Războaiele litografiei	205
33. Dilema inovatorului.	212
34. Să alergăm mai repede?.	219

PARTEA A VI-A

EXTERNALIZAREA INOVAȚIEI?

35. „Bărbații adevărați au fabrici”.	227
36. Revoluția <i>fabless</i>	231
37. Marea coaliție a lui Morris Chang	236
38. Siliciul Apple	243
39. EUV	247
40. „Nu există nici un plan B”	254
41. Cum a uitat Intel să inoveze.	258

PARTEA A VII-A

PROVOCAREA CHINEI

42. Fabricat în China.	267
43. „Să pornim asaltul”	271

44. Transfer de tehnologie	279
45. „Fuziunile sunt inevitabile”	286
46. Ascensiunea Huawei.	292
47. Viitorul 5G	300
48. Următoarea strategie de echilibrare	305

PARTEA A VIII-A

PUNCTELE DE CONTROL

49. „Domeniile în care concurăm”	317
50. Fujian Jinhua	326
51. Asaltul asupra Huawei	332
52. Momentul Sputnik al Chinei?	340
53. Penurie și lanțuri de aprovizionare	347
54. Dilema Taiwanului.	355
Concluzie	365
<i>Mulțumiri</i>	373
<i>Note</i>	377
<i>Notele traducătorului</i>	431

Personajele

MORRIS CHANG Fondatorul Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), cel mai important producător de cipuri din lume; anterior, executiv de rang înalt la Texas Instruments.

ANDY GROVE Fost președinte și director executiv la Intel în anii '80 și '90; cunoscut pentru stilul agresiv și rolul său în redresarea companiei; autorul cărții *Only the Paranoid Survive*.

PAT HAGGERTY Președintele Texas Instruments; a condus compania în perioada în care aceasta s-a specializat în producția de componente electronice, inclusiv pentru armata americană.

JACK KILBY Coinventator al circuitului integrat în 1958; a lucrat mult timp la Texas Instruments; laureat al Premiului Nobel.

JAY LATHROP Coinventator al fotolitografiei, procesul de creare a tranzistorilor cu ajutorul unor substanțe chimice specializate și al luminii; și el a lucrat pentru Texas Instruments.

CARVER MEAD Profesor la Institutul de Tehnologie din California (Caltech); consilier pentru Fairchild Semiconductor și Intel; gânditor vizionar cu privire la viitorul tehnologiei.

GORDON MOORE Cofondator al Fairchild Semiconductor și Intel; în 1965 a creat „Legea lui Moore“, potrivit căreia puterea de calcul a cipurilor se va dubla la fiecare doi ani.

AKIO MORITA Cofondator al Sony; coautor al cărții *The Japan That Can Say No*; a reprezentat businessurile japoneze pe scena economică mondială în anii '70 și '80.

ROBERT NOYCE Cofondator al Fairchild Semiconductor și Intel; coinventator al circuitului integrat în 1959; cunoscut ca „Primarul din Silicon Valley“; primul lider al Sematech.

WILLIAM PERRY Oficial al Pentagonului în perioada 1977–1981; din 1994 până în 1997, secretar al apărării, pledând pentru folosirea cipurilor în producerea armelor de precizie.

JERRY SANDERS Fondator și director executiv al AMD; cel mai extravagant om de afaceri din Silicon Valley; critic agresiv al practicilor comerciale japoneze din anii '80, pe care le considera nedrepte.

CHARLIE SPORCK A supravegheat externalizarea asamblării cipurilor pe când era șef al operațiunilor de producție la Fairchild Semiconductor; ulterior, director executiv al National Semiconductor.

REN ZHENGFEI Fondatorul Huawei, gigantul chinez specializat în telecomunicații și proiectarea cipurilor; fiica sa, Meng Wanzhou, a fost arestată în Canada în 2018, sub acuzația de încălcare a legilor americane și tentativă de a evita sancțiunile SUA.

Glosar

ARM Companie din Marea Britanie care licențiază arhitecturi ale seturilor de instrucțiuni către proiectanții de cipuri – un set de reguli de bază care controlează operarea cipului respectiv; arhitectura Arm deține o poziție dominantă la dispozitivele mobile și câștigă treptat cotă de piață la PC-uri și centrele de date.

CIP (SAU „CIRCUIT INTEGRAT“, SAU „SEMICONDUCTOR“) Mică bucată de material semiconductor (de obicei siliciu), cu milioane sau miliarde de tranzistori microscopici gravați în structura ei.

CIP LOGIC Cip de procesare a datelor.

CIP DE MEMORIE Cip de stocare a datelor.

DRAM Memorie dinamică cu acces aleatoriu; unul dintre cele două tipuri principale de cipuri de memorie, folosit la stocarea temporară a datelor*.

EDA Automatizarea designului electronic; software specializat folosit pentru a proiecta modul în care milioane sau miliarde de tranzistori vor fi aranjați pe un cip și pentru a simula modul lor de operare.

FOTOLITOGRAFIE Cunoscută și sub numele de „litografie“; procesul de fabricație a plăcuțelor de siliciu prin gravarea cu lumină (de frecvențe vizibile sau ultraviolete), în funcție de măștile-tipare prin care trece aceasta: lumina interacționează apoi cu substanțele fotosensibile pentru a crea modele pe plăcile de siliciu.

FINFET Nou tip de structură 3D a tranzistorului, implementată pentru prima dată la începutul anilor 2010 pentru a controla mai bine funcționarea tranzistorilor, pe măsură ce dimensiunea acestora a ajuns de ordinul nanometrilor.

NAND Numit și *flash*, cel de-al doilea tip major de cip de memorie, folosit pentru stocarea pe termen lung a datelor**.

* Notele traducătorului se găsesc la finalul cărții (n. red.).

RISC-V Arhitectură de procesor *open source* foarte populară datorită faptului că poate fi folosită gratuit, spre deosebire de Arm și x86; dezvoltarea RISC-V a fost finanțată parțial de guvernul SUA, dar în prezent procesoarele de acest fel sunt populare în China, fiindcă exportul lor nu poate fi controlat de SUA.*

TRANZISTOR „Comutator“ electric care se poate aprinde (poziția „1“) sau stinge (poziția „0“), generând șirurile de 1 și de 0 care se află la baza tuturor calculelor digitale.

UCP Unitate centrală de procesare; un tip de cip cu utilizare generală, în jurul căruia sunt construite computerele, telefoanele și centrele de date.

UGP Unitate de procesare grafică; un tip de cip capabil de procesare paralelă, util în special pentru grafică și aplicații de inteligență artificială.

PLĂCUȚĂ DE SILICIU Bucată circulară de siliciu foarte pur, de regulă cu diametrul de 20 sau 30 de centimetri, în care sunt gravate cipurile.

x86 Arhitectură a seturilor de instrucțiuni des întâlnită la PC-uri și în centrele de date. Intel și AMD sunt principalele firme care produc astfel de cipuri.

Introducere

Distrugătorul USS *Mustin* și-a făcut apariția în partea de nord a Strâmtorii Taiwan la 18 august 2020, cu tunul lui de calibru 12,7 îndreptat spre sud, având misiunea de a trece prin strâmtoare și a arăta faptul că aceste ape internaționale *nu* sunt controlate de China – cel puțin nu încă. Un vânt puternic dinspre sud-vest mătura puntea pe măsură ce nava se deplasa spre sud. Norii de mare altitudine proiectau umbre pe suprafața apei, care părea să se întindă până la marile orașe-porturi Fuzhou, Xiamen, Hong Kong și la toate celelalte puncte comerciale situate de-a lungul coastelor Mării Chinei de Sud. La est se ivea în depărtare insula Taiwan, dens populată, cu vârfurile ei înalte ascunse în nori. La bordul navei, un marinar cu șapcă de baseball și o mască chirurgicală ridică binoclul și scrutează orizontul. Apele sunt pline de nave comerciale care transportă mărfuri produse în fabricile din Asia către consumatori din întreaga lume.

La bordul USS *Mustin*¹, mai mulți marinari stau aliniați, într-o cameră întunecată, în fața unor ecrane multicolore, pe care sunt afișate date provenind de la avioane, drone, nave și sateliți, monitorizând mișcările din bazinul Indo-Pacific. Pe punte se află un radar care trimite semnale către computerele navei. Tot pe punte se aflau pregătite nouăzeci și șase de celule de lansare, fiecare capabilă să lanseze rachete care puteau lovi cu precizie avioane, nave sau submarine aflate la zeci sau chiar sute de kilometri distanță. În situațiile tensionate din timpul Războiului Rece, armata SUA amenințase că nu va ezita să-și folosească forța nucleară brută pentru a apăra Taiwanul. Astăzi se bazează pe microelectronică și lovituri de precizie.

În timp ce USS *Mustin* înaintează prin strâmtoare înarmată cu arsenal computerizat, Armata de Eliberare a Poporului anunță, ca răspuns, o serie de exerciții de tragere cu muniție reală în zona Taiwanului, în vederea a ceea ce un ziar controlat de Beijing numise „operațiunea de reunificare prin forță”⁴². În această zi însă, liderii chinezi nu sunt îngrijorați de Marina SUA, ci de o reglementare obscură a Departamentului de Comerț al SUA, intitulată Lista Entităților, care limitează transferul tehnologiilor americane în străinătate. În trecut, Lista Entităților fusese folosită în principal pentru limitarea exporturilor de tehnică militară, precum subansamble de rachetă sau materiale nucleare. Între timp însă, guvernul SUA a înăsprit drastic regulile privind cipurile de computer, care au devenit omniprezente nu numai în sistemele militare, ci și în bunurile de consum.

Ținta e Huawei, gigantul tehnologic chinez, care vinde smartphone-uri, echipamente de telecomunicații, servicii de *cloud computing** și alte tehnologii avansate. Statele Unite se tem că produsele Huawei au prețuri atât de atractive, în parte datorită subvențiilor primite de la guvernul chinez, încât nu peste mult timp vor forma coloana vertebrală a următoarei generații de rețele de telecomunicații. Supremația Americii în infrastructura tehnologică mondială ar fi fost astfel amenințată. Și, prin urmare, există riscul ca importanța geopolitică a Chinei să crească. Pentru a lupta cu această amenințare, Statele Unite interzic companiei Huawei să cumpere cipuri de computer avansate, produse cu tehnologii americane.

În scurt timp, expansiunea globală a companiei chineze se oprește. Linii întregi de produse devin imposibil de fabricat. Veniturile scad spectaculos. O corporație gigant e pe punctul de a se asfixia tehnologic. La fel ca toate celelalte companii chineze, Huawei descoperă că este total dependentă de entități străine pentru a produce cipurile pe care se bazează toate dispozitivele electronice moderne.

Statele Unite încă dețin controlul asupra cipurilor de siliciu care au dat numele Silicon Valley, deși poziția lor a slăbit periculos de mult în ultima vreme. În prezent, China alocă mai mulți bani anual pentru a cumpăra cipuri decât pentru a importa petrol. Semiconductorii sunt utilizați în tot felul de dispozitive, de la smartphone-uri la frigidere, atât pentru bunuri de consum

intern, cât și pentru cele destinate exportului. Diverși strategi vorbesc despre o „Dilemă Malacca” – cu trimitere la principalul canal navigabil dintre Pacific și Oceanul Indian – cu care s-ar confrunta China în încercarea ei de a accesa stocuri de petrol și alte materii prime în timpul unei crize. Totuși, Beijingul este mai preocupat de o blocadă măsurată în byți decât în cisterne. China își dedică cei mai buni experți și miliarde de dolari pentru a dezvolta propria tehnologie de semiconductori, în încercarea de a se elibera din „strânsoarea cu cipuri” a Statelor Unite.³

Dacă tactica Beijingului reușește, ea va remodela economia globală și va echilibra balanța de putere militară. Al Doilea Război Mondial a fost decis de oțel și aluminiu, iar Războiul Rece care i-a urmat a fost caracterizat de amenințarea armelor atomice. Rivalitatea dintre Statele Unite și China poate fi tranșată însă de puterea de calcul. Strategii de la Beijing și Washington înțeleg astăzi că toate tehnologiile avansate – de la învățarea automată la sistemele de rachete, de la vehiculele automatizate la dronele înarmate – au nevoie de cipuri de ultimă generație, cunoscute mai formal și sub numele de semiconductori sau circuite integrate. Producția acestora este controlată de un număr foarte mic de companii.

Rareori ne gândim la cipuri. Cu toate acestea, ele au creat lumea modernă. Soarta unei țări a început să depindă de capacitatea ei de a folosi puterea de calcul. Globalizarea așa cum o știm astăzi nu ar exista fără comerțul cu semiconductori și produsele electronice pe care aceștia le fac posibile. Supremația militară a Americii provine în mare măsură din abilitatea ei de a utiliza cipurile în scopuri militare. Iar ascensiunea spectaculoasă a Asiei în ultima jumătate de secol a avut la bază o fundație de siliciu, pentru că economia ei în creștere s-a specializat în fabricarea cipurilor și asamblarea calculatoarelor și smartphone-urilor pe care aceste circuite integrate le fac posibile.

La baza operațiunilor oricărui calculator se află milioane sau miliarde de 1 și 0. Întregul univers digital constă în aceste două numere. Fiecare buton de pe iPhone-ul dumneavoastră, fiecare e-mail, fotografie și videoclip de pe YouTube – toate acestea și multe altele sunt codificate, în ultimă instanță, în șiruri urișe de 1 și 0. Aceste numere nu există însă ca atare.

Ele sunt ipostaze ale curentului electric, care e fie pornit (1), fie oprit (0). Un cip este o grilă formată din milioane sau miliarde de *tranzistori*, mici întrerupătoare electrice care se aprind și se sting pentru a procesa aceste cifre, a le reține și a converti lucruri din lumea reală, precum imaginile, sunetele și undele radio, în milioane și milioane de 1 și 0.

În timp ce USS *Mustin* înainta spre sud, fabricile și facilitățile de asamblare de pe ambele maluri ale strâmtoarei produceau componente pentru iPhone 12, care mai avea doar două luni până la lansarea din octombrie 2020. Aproximativ un sfert din veniturile industriei cipurilor provin de la telefoane⁴; o mare parte din prețul unui telefon nou acoperă costul semiconducătorilor din interior. În ultimul deceniu, fiecare nouă generație de iPhone a fost dotată cu unul dintre cele mai avansate cipuri de procesor din lume. În total, pentru a construi un smartphone îți trebuie peste o duzină de cipuri, care gestionează conexiunile Bluetooth și Wi-Fi, rețeaua celulară, partea audio, camera și altele.

Câte cipuri dintre acestea sunt fabricate de Apple? *Nici unul*. Pe cele mai multe le cumpără din gama de semiconducători disponibili pe piață⁵: pe cele de memorie, de la Kioxia, din Japonia, pe cele de radiofrecvență, de la Skyworks, din California, pe cele audio, de la Cirrus Logic, companie cu sediul în Austin, Texas. Apple își proiectează intern procesoarele ultracomplexe care rulează sistemul de operare al unui iPhone. Dar colosul din Cupertino, California, nu poate produce aceste cipuri. Nici vreo altă companie din Statele Unite, Europa, Japonia sau China. Astăzi, cele mai avansate procesoare utilizate de Apple – care sunt, probabil, și cele mai avansate din lume – pot fi produse doar de o singură companie într-o singură clădire, cea mai scumpă fabrică din istoria omenirii,⁶ care în dimineața zilei de 18 august 2020 era la doar câteva zeci de kilometri distanță de USS *Mustin*.

Fabricarea și miniaturizarea semiconducătorilor este cea mai mare provocare inginerască a timpurilor noastre. Azi, nici o fabrică din lume nu este capabilă să producă cipuri cu mai multă precizie decât Taiwan Semiconductor Manufacturing Company – mai cunoscută sub numele de TSMC. În 2020, în timp ce o lume întreagă avea de îndurat restricțiile impuse de pandemia unui virus cu diametru de aproximativ o sută de nanometri – miliardimi de metru –, în Fab 18, cea mai dezvoltată fabrică a celor de

la TSMC, se gravau labirinturi microscopice de tranzistori mai mici decât jumătate din dimensiunea coronavirusului și de o sută de ori mai mici decât o mitocondrie. TSMC putea repeta acest proces la o scară nemaîntâlnită în istoria omenirii. Apple a vândut în cele din urmă peste 100 de milioane de iPhone 12,⁷ fiecare fiind pus în funcțiune de un procesor A14 cu 11,8 miliarde de tranzistori minusculi, gravați în siliciu. Cu alte cuvinte, în doar câteva luni, pentru un singur cip dintre cele douăsprezece ale unui iPhone, Fab 18 a fabricat mult peste 1 catralion de tranzistori – adică un număr cu optsprezece zerouri. Anul trecut, industria cipurilor a produs mai mulți tranzistori decât cantitatea cumulată de bunuri produse de toate celelalte companii din toate celelalte ramuri industriale, în toată istoria omenirii. Nici o altă cifră nu se apropie de aceasta.

În urmă cu doar șaiszeci de ani, numărul de tranzistori dintr-un cip era nu de 11,8, ci de 4 miliarde⁸. În 1961, undeva la sud de San Francisco, o mică firmă pe nume Fairchild Semiconductor a anunțat un nou produs – Micrologic, un cip de siliciu care conținea patru tranzistori. La scurt timp, compania a descoperit cum poate include în cip doisprezece tranzistori, apoi o sută. Gordon Moore, cofondatorul Fairchild, a remarcat în 1965 că numărul de componente care pot fi integrate în fiecare cip se dubla anual, pe măsură ce inginerii învățau să producă tranzistori tot mai mici. Predicția lui – că puterea de calcul a cipurilor va crește exponențial – a ajuns să fie numită „Legea lui Moore“, acesta profetind invenția unor dispozitive care în 1965 păreau cu totul futuriste, precum „ceasurile de mână electronice“, „calculatoarele personale“ și chiar „echipamente de comunicații portabile personale“. Anticipând ce se va întâmpla dincolo de anul 1965, Moore prevedea cel puțin un deceniu de creștere exponențială – dar această rată incredibilă de progres a continuat vreme de peste jumătate de secol. În 1970, cea de-a doua companie fondată de Moore, Intel, a prezentat un cip de memorie care putea reține 1024 de unități de informație („biți“).^{*} Costa în jur de 20 de dolari, cam doi cenți pe bit.⁹ Astăzi, cu 20 de dolari poți cumpăra o memorie *flash* care poate stoca peste un miliard de biți.

Când ne gândim la Silicon Valley, așa cum arată în ziua de azi, ne vin în minte mai degrabă rețele sociale și companii de

software decât materialul după care a fost numită valea. Și totuși internetul, cloud-ul, social media și întreaga lume digitală există numai și numai pentru că inginerii au învățat să controleze cele mai mici mișcări ale electronilor, pe măsură ce aceștia străbat fragmentele de siliciu. *Big Tech* nu ar exista dacă costul procesării și stocării de 1 și 0 n-ar fi scăzut de un miliard de ori în ultima jumătate de secol.

Această dezvoltare incredibilă se datorează în parte unor oameni de știință sclipitori și unor fizicieni laureați cu Premiul Nobel. Dar nu orice invenție creează un start-up de succes, și nu orice start-up anunță dezvoltarea unei noi industrii care va schimba lumea. Semiconductorii s-au răspândit în întreaga societate pentru că companiile au dezvoltat noi tehnici de a-i fabrica în cantități uriașe, pentru că managerii exigenți au redus neîncetat costurile și pentru că antreprenorii creativi au imaginat noi moduri de a-i utiliza. Apariția Legii lui Moore este în egală măsură meritul specialiștilor în producție, a specialiștilor în lanțul de aprovizionare și a managerilor de marketing pe cât este opera fizicienilor și a specialiștilor în inginerie electrică.

Orașele aflate la sud de San Francisco – care nu au început să fie numite Silicon Valley decât la începutul anilor 1970 – s-au aflat în epicentrul acestei revoluții fiindcă au combinat experiența științifică, *know-how*-ul privind producția și gândirea de business vizionară. California dispunea de o mulțime de ingineri specializați în industria aeronautică sau în cea radio, care absolviseră Stanford sau Berkeley, ambele beneficiind de fonduri importante din partea Departamentului Apărării, pentru că armata SUA încerca să-și consolideze avantajul tehnologic. Cultura californiană a contat însă la fel de mult ca orice altă structură economică. Cei ce-au părăsit Coasta de Est a Americii, Europa sau Asia ca să construiască industria de cipuri vorbesc adesea despre sentimentul unei oportunități fără margini pe care l-au simțit când au luat decizia de a se muta în Silicon Valley. Cei mai inteligenți ingineri și cei mai creativi antreprenori din lume nu-și imaginau, pur și simplu, un loc mai interesant în care s-ar fi putut afla.

Odată ce industria cipurilor s-a conturat, destinul ei s-a dovedit indisolubil legat de Silicon Valley. Lanțul de aprovizionare al semiconductorilor de astăzi are nevoie de multe componente din multe orașe și țări, dar aproape orice cip creat vreodată are