

ЗМІСТ

<i>Дійові особи</i>	11
<i>Словник термінів</i>	13
<i>Вступ</i>	15
ЧАСТИНА ПЕРША	
Чипи Холодної війни	
<i>Розділ 1</i> Від сталі до кремнію	29
<i>Розділ 2</i> Перемикач	35
<i>Розділ 3</i> Нойс, Кілбі та інтегральна схема	39
<i>Розділ 4</i> Злет	44
<i>Розділ 5</i> Міномети і масове виробництво	48
<i>Розділ 6</i> «Я... хочу... стати... багатим»	54
ЧАСТИНА ДРУГА	
СХЕМА АМЕРИКАНСЬКОГО СВІТУ	
<i>Розділ 7</i> Радянська кремнієва долина	61
<i>Розділ 8</i> «Скопійте це»	66
<i>Розділ 9</i> Продавець транзисторів	70
<i>Розділ 10</i> «Транзисторні дівчата»	77
<i>Розділ 11</i> Високоточний удар	82
<i>Розділ 12</i> Державне управління ланцюгами постачання	87
<i>Розділ 13</i> Революціонери з Intel	92
<i>Розділ 14</i> Стратегія компенсації Пентагону	98
ЧАСТИНА ТРЕТЯ	
ЛІДЕРСТВО ВТРАЧЕНО?	
<i>Розділ 15</i> «Конкуренція жорстка»	107
<i>Розділ 16</i> «У стані війни з Японією»	111
<i>Розділ 17</i> «Відправка мотлоху»	117

<i>Розділ 18</i>	Нафта 1980-х років	124
<i>Розділ 19</i>	Спіраль смерті	129
<i>Розділ 20</i>	Японія, яка може сказати «ні»	136

ЧАСТИНА ЧЕТВЕРТА
АМЕРИКА ВІДРОДЖУЄТЬСЯ

<i>Розділ 21</i>	Король картопляних чипсів	145
<i>Розділ 22</i>	Підірвати Intel	152
<i>Розділ 23</i>	«Ворог мого ворога»: піднесення Кореї	157
<i>Розділ 24</i>	«Ось майбутнє»	162
<i>Розділ 25</i>	Управління «Т» КДБ	168
<i>Розділ 26</i>	«Зброя масового ураження»: вплив стратегії компенсації	173
<i>Розділ 27</i>	Герой війни	179
<i>Розділ 28</i>	«Холодна війна скінчилася, і ви перемогли»	183

ЧАСТИНА П'ЯТА
ІНТЕГРОВАНІ СХЕМИ, ІНТЕГРОВАНИЙ СВІТ?

<i>Розділ 29</i>	«Ми хочемо розвивати напівпровідникову промисловість на Тайвані»	191
<i>Розділ 30</i>	«Усі повинні виготовляти напівпровідники»	198
<i>Розділ 31</i>	«Поділитися Божою любов'ю з китайцями»	205
<i>Розділ 32</i>	Літографічні війни	211
<i>Розділ 33</i>	Дилема інноватора	219
<i>Розділ 34</i>	Бігти швидше?	226

ЧАСТИНА ШОСТА
ОФШОРИНГ ІННОВАЦІЙ?

<i>Розділ 35</i>	«Справжні чоловіки мають власні фабрики»	235
<i>Розділ 36</i>	Революція без власних виробничих потужностей	240
<i>Розділ 37</i>	Великий альянс Морріса Чанга	246
<i>Розділ 38</i>	«Кремній» в Apple	253
<i>Розділ 39</i>	EUV	257
<i>Розділ 40</i>	«Плану "Б" немає»	264
<i>Розділ 41</i>	Як Intel забула про інновації	267

ЧАСТИНА СЬОМА

КИТАЙСЬКИЙ ВИКЛИК

<i>Розділ 42</i>	Зроблено в Китаї	277
<i>Розділ 43</i>	«Починайте наступ»	282
<i>Розділ 44</i>	Передавання технологій	290
<i>Розділ 45</i>	«Злиття неминучі»	297
<i>Розділ 46</i>	Становлення Huawei	304
<i>Розділ 47</i>	Майбутнє 5G	312
<i>Розділ 48</i>	Наступна стратегія компенсації	317

ЧАСТИНА ВОСЬМА

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ЗАШМОРГ

<i>Розділ 49</i>	«Усе, у чому ми конкуруємо»	329
<i>Розділ 50</i>	Linhua з Фуцзяню	338
<i>Розділ 51</i>	Атака на Huawei	344
<i>Розділ 52</i>	«Момент супутника» для Китаю?	352
<i>Розділ 53</i>	Дефіцит і ланцюги постачання	359
<i>Розділ 54</i>	Тайванська дилема	368

<i>Епілог</i>	378
<i>Подяки</i>	385
<i>Примітки</i>	389

ДІЙОВІ ОСОБИ

- ПЕТ ГАГГЕРТІ — голова Texas Instruments; керував компанією, коли вона спеціалізувалася на створенні мікроелектроніки, зокрема й для армії США.
- ЕНДІ ГРОУВ — колишній президент і генеральний директор Intel у 1980-х і 1990-х роках, відомий своїм агресивним стилем і успіхом у відродженні Intel; автор книжки «Вживають тільки параноїки» (Only the Paranoid Survive).
- ДЖЕК КІЛБІ — разом з іншими в 1958 році винайшов інтегральну схему; багаторічний працівник Texas Instruments; лауреат Нобелівської премії.
- ДЖЕЙ ЛЕТРОП — один із винахідників фотолітографії, процесу формування структури транзистора за допомогою спеціальних хімікатів і світла; колишній працівник Texas Instruments.
- КАРВЕР МІД — професор Каліфорнійського технологічного інституту (Калтех); радник Fairchild Semiconductor та Intel; мислитель-візіонер, що спеціалізується на темі майбутнього технологій.
- АКІО МОРІТА — співзасновник Sony; співавтор книжки «Японія, яка може сказати "ні"» (The Japan That Can Say No); представляв японський бізнес на світовій арені протягом 1970-1980-х років.
- ГОРДОН МУР — співзасновник Fairchild Semiconductor та Intel; у 1965 році сформулював закон Мура, який передбачив, що обчислювальна потужність чипа подвоюватиметься кожні два роки.

- РОБЕРТ НОЙС — співзасновник Fairchild Semiconductor та Intel; разом з іншими в 1958 році винайшов інтегральну мікросхему; відомий як «мер Кремнієвої долини»; перший керівник Sematech.
- ВІЛЬЯМ ПЕРРІ — чиновник Пентагону з 1977 до 1981 року, а пізніше, з 1994 до 1997 року, — міністр оборони, який виступав за використання чипів для виробництва високоточної зброї.
- ДЖЕРРІ САНДЕРС — засновник і генеральний директор AMD; найяскравіший продавець у Кремнієвій долині; агресивний критик того, що в 1980-х роках він вважав несправедливою японською торговою практикою.
- ЧАРЛІ СПОРК — керував переведенням процесу збирання мікросхем за кордон, коли очолював виробничі операції у Fairchild Semiconductor; пізніше — генеральний директор National Semiconductor.
- МОРРИС ЧАНГ — засновник Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), найважливішого у світі виробника мікросхем; до того — керівник вищої ланки в Texas Instruments.
- РЕН ЧЖЕНФЕЙ — засновник Huawei, китайського гіганта в галузі телекомунікацій і проектування мікросхем; його дочку Мен Ваньчжоу заарештували в Канаді у 2018 році за звинуваченням у порушенні законодавства США та спробі обійти американські санкції.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Кремнієва пластина — круглий тонкий шматок надчистого кремнію, зазвичай 200 або 300 міліметрів (8 або 12 дюймів) у діаметрі, з якого вирізають чипи.

Логічна мікросхема — чип, що обробляє дані.

Мікросхема пам'яті — чип, що запам'ятовує дані.

Транзистор — крихітний електронний «перемикач», який умикається (утворюючи 1) або вимикається (0), створюючи одиниці та нулі, що є основою всіх цифрових обчислень.

Фотолітографія (також відома як «літографія») — процес пропускання видимого або ультрафіолетового світла через трафарети з візерунками, після чого світло взаємодіє зі світлочутливими хімічними речовинами і дає змогу вирізати візерунки на кремнієвих пластинах.

ЦП (CPU) — центральний процесор; тип «універсального» чипа, що виконує основні обчислення в ПК, телефонах і центрах обробки даних.

Чип (також «інтегральна схема» або «напівпровідник») — невеличка пластина з напівпровідникового матеріалу, зазвичай кремнію, з розміщеними на ній мільйонами чи мільярдами мікроскопічних транзисторів.

ARM — британська компанія, що надає розробникам чипів ліцензію на використання архітектури набору команд, тобто основних правил, що регулюють роботу чипа. Архітектура Arm домінує в мобільних пристроях і повільно завойовує частку ринку ПК і центрів обробки даних.

- DRAM (dynamic random access memory) — динамічна оперативна пам'ять із довільним доступом; один із двох основних типів чипів пам'яті, що використовують для тимчасового зберігання даних.
- EDA (ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION) — програми проектування електронних пристроїв; спеціалізоване програмне забезпечення, яке використовують для проектування розміщення мільйонів або мільярдів транзисторів на кристалі і для моделювання їхньої роботи.
- FINFET (FIN FIELD-EFFECT TRANSISTOR) — польовий транзистор з вертикальним затвором; нова 3D-структура транзистора, вперше реалізована на початку 2010-х років для кращого контролю роботи транзистора, оскільки розмір транзисторів зменшився до нанометрових масштабів.
- GPU (GRAPHIC PROCESSING UNIT) — графічний процесор; чип, здатний виконувати паралельну обробку даних, що робить його корисним для графіки та програм штучного інтелекту.
- NAND — флешпам'ять, другий основний тип чипів пам'яті, що використовують для довгострокового зберігання даних.
- RISC-V — відкрита архітектура, яка набуває популярності, оскільки її можна використовувати безплатно, на відміну від Arm і x86. Розробку RISC-V частково фінансував уряд США, але зараз вона популярна в Китаї, оскільки на неї не поширюється експортний контроль Сполучених Штатів.
- x86 — архітектура набору команд, яка домінує в ПК та центрах обробки даних. Intel і AMD є двома основними фірмами, що виробляють такі чипи.

ВСТУП

До північного краю Тайванської протоки 18 серпня 2020 року підійшов есмінець USS Mustin. Його 127-міліметрова гармата була спрямована на південь, і він розпочав свою одиночну місію, метою якої було перетнути протоку та підтвердити, що цих міжнародних вод *не* контролює Китай (принаймні зараз). Поки він плив на південь, його палубу обвівав сильний південно-західний вітер. Високі хмари кидали на воду тіні, що, здавалося, простягалися аж до самих великих портових міст Фучжоу, Сяменя, Гонконгу та інших гаваней, якими всіяне узбережжя Південного Китаю. На сході вдалині височів острів Тайвань — широка густонаселена прибережна рівнина, що переходить у високі гори, вершини яких ховаються в хмарах. На борту корабля моряк у бейсболці та медичній масці підняв бінокль і поглянув на горизонт. Води були заповнені комерційними вантажними суднами, які доставляли товари з азійських фабрик споживачам у всьому світі.

У темній кімнаті на борту USS Mustin моряки сиділи перед низкою яскравих екранів, на яких відображалися дані з літаків, безпілотників, кораблів і супутників, які відстежували рух в Індо-Тихоокеанському районі¹. Інформацію на корабельні комп'ютери передавали й радары, розташовані над містком судна. На палубі напоготові стояли дев'яносто шість пускових установок, кожна з яких могла запускати ракети, здатні точно вражати літаки, кораблі чи підводні човни на відстані десятків або навіть сотень кілометрів. Під час криз, що траплялися протягом Холодної війни, американська армія неодноразово

погрожувала застосувати грубу силу ядерної зброї для захисту Тайваню. Сьогодні вона покладається на мікроелектроніку та високоточні удари.

У той час, коли USS Mustin плив протокою, переповнений комп'ютеризованою зброєю, Народно-визвольна армія Китаю у відповідь оголосила про серію бойових навчань навколо Тайваню, відпрацьовуючи те, що одна контрольована Пекіном газета назвала «операцією силового возз'єднання»². Однак того дня керівників Китаю хвилював не так флот США, як маловідома постанова Міністерства торгівлі США під назвою Entity List, що обмежує передання американських технологій за кордон. Раніше цей список використовували в основному для запобігання продажу військових систем, як-от деталей для ракет або ядерних матеріалів. Однак тепер уряд США різко посилив правила стосовно комп'ютерних чипів, що стали повсюдними як у військових системах, так і в споживчих товарах.

Ціллю був Huawei, китайський технологічний гігант, який продає смартфони, телекомунікаційне обладнання, послуги хмарних обчислень та інші передові технології. США побоювалися, що ціни на продукцію Huawei настільки привабливі, частково завдяки державним субсидіям Китаю, що незабаром вона стане основою телекомунікаційних мереж наступного покоління. Домінування Америки у світовій технологічній інфраструктурі буде підірвано. Геополітичний вплив Китаю зростає. Щоб протистояти цій загрозі, США заборонили Huawei купувати передові комп'ютерні чипи, виготовлені за американськими технологіями.

Незабаром глобальна експансія компанії зупинилася. Стало неможливо виробляти цілі лінійки продуктів. Доходи впали. Корпоративний гігант зіткнувся з технологічною асфіксією. Huawei виявила, що, як і решта китайських компаній, вона повністю залежить від іноземців у плані виробництва мікросхем, які використовують у всій сучасній електроніці.

Сполучені Штати *продовжують* домінувати у сфері кремнієвих чипів, від яких походить назва Кремнієвої долини, хоча їхні позиції небезпечно ослабли. Зараз Китай щороку витрачає більше грошей на імпорт мікросхем, ніж на нафту.

Ці напівпровідники використовують у різноманітних пристроях, від смартфонів до холодильників, які Китай споживає сам або експортує по всьому світу. Диванні стратеги розмірковують про «Малаккську дилему» Китаю (згадуючи головний судноплавний канал між Тихим та Індійським океанами) і здатність країни отримувати постачання нафти й інших сировинних товарів під час кризи. Проте Пекін більше турбує блокада, яка вимірюється в байтах, а не в барелях. Китай спрямовує найкращі уми та мільярди доларів на розроблення власних напівпровідникових технологій, намагаючись звільнитися від чипового зашморгу Америки³.

Якщо Пекіну це вдасться, він змінить світову економіку та баланс військових сил. Долю Другої світової війни вирішували сталь і алюміній, а розпочату невдовзі після неї Холодну війну визначала атомна зброя. Суперництво між Сполученими Штатами та Китаєм цілком може визначитися обчислювальною потужністю. Стратеги в Пекіні та Вашингтоні тепер розуміють, що всі передові технології — від машинного навчання до ракетних систем, від автоматизованих транспортних засобів до ударних безпілотників — потребують передових чипів, які формальніше називають напівпровідниками або інтегральними схемами. Їх виробництво контролює дуже мала кількість компаній.

Ми рідко думаємо про чипи, але вони створили сучасний світ. Доля країн залежить від їхньої здатності використовувати обчислювальні потужності. Глобалізації, якою ми її знаємо, не існувало б без торгівлі напівпровідниками та створених завдяки їм електронних товарів. Військова першість Америки здебільшого пов'язана з її здатністю використовувати чипи у військових цілях. Надзвичайне зростання Азії впродовж останнього півстоліття ґрунтувалося на кремнії, оскільки її економіки, що зростають, почали спеціалізуватися на виготовленні чипів і збиранні комп'ютерів та смартфонів, що існують завдяки цим інтегральним схемам.

В основі обчислень лежить потреба в багатьох мільйонах одиниць і нулів. Увесь цифровий всесвіт складається з цих