

## ВІД СТАЛІ ДО КРЕМНІЮ

**Я**понські солдати описували Другу світову війну як «сталевий тайфун». Такою її, напевне, відчував і Акіо Моріта, старанний молодий інженер із родини заможних торговців sake<sup>15</sup>. Моріта ледве уникнув відправки на передову, отримавши призначення в інженерну лабораторію японського флоту. Але сталевий тайфун налетів і на батьківщину Моріти, коли американські бомбардувальники B-29 Superfortress сильно обстріляли японські міста, зруйнувавши більшу частину Токіо й інших міст. До цього знищення додалася американська блокада, що спричинила масовий голод і спонукала країну вдатися до відчайдушних заходів. Коли війна закінчилася, брати Моріти проходили тренування, щоб стати пілотами-камікадзе.

По той бік Східнокитайського моря дитинство Морріса Чанга означили звуки стрілянини та повітряних тривог, які попереджали про небезпеку обстрілу<sup>16</sup>. У підліткові роки Чанг тікав від японських армій, що крокували Китаєм: спершу він переїхав до Гуанчжоу, потім — до британського Гонконгу, далі — до столиці Китаю часів війни Чунціну, а після поразки японців — назад до Шанхаю. Навіть тоді війна насправді не закінчилася, тому що партизани-комуністи відновили боротьбу проти китайського уряду. Незабаром війська Мао Цзедуна рушили на Шанхай. Морріс Чанг знову став біженцем і був змушений удруге тікати до Гонконгу.

Будапешт був на протилежному кінці світу, але Енді Гроув пережив той самий сталевий тайфун, який пронісся Азією<sup>17</sup>. Енді (або Андраш Гроф, як його тоді звали) пережив численні

вторгнення в Будапешт. Ультраправий уряд Угорщини ставився до євреїв, таких як Гроув, як до громадян другого сорту. Але коли в Європі почалася війна, його батька все ж призвали в армію та відправили воювати разом з нацистськими союзниками Угорщини проти Радянського Союзу, і він, як повідомлялося, зник безвісти під Сталінградом. Пізніше, у 1944 році, нацисти вторглися до Угорщини, свого формального союзника, скерувавши танкові колони через Будапешт і оголосивши про плани відправити євреїв, таких як Гроув, у табори смерті, де їх знищували в промислових масштабах. Гроув усе ще був дитиною, коли через кілька місяців знову почув гуркіт артилерії: тоді війська Червоної армії увійшли до столиці Угорщини, «звільнивши» країну, згвалтувавши матір Гроува і встановивши жорстокий маріонетковий режим замість нацистського.

Нескінченні колони танків; хвилі літаків; тисячі тонн скинутих із неба бомб; конвої суден, що доставляли вантажівки, бойові машини, нафтопродукти, локомотиви, залізничні вагони, артилерію, боєприпаси, вугілля та сталь — Друга світова війна була конфліктом на виснаження промисловості. Сполучені Штати хотіли саме цього: у війні промисловостей Америка мала би вибороти перемогу. У Вашингтоні економісти Ради з військового виробництва вимірювали успіх кількістю міді й заліза, каучуку й нафти, алюмінію і олова, тоді як Америка перетворювала виробничу міць на військову силу.

Сполучені Штати побудували більше танків, більше кораблів, більше літаків і вдвічі більше артилерії та кулеметів, ніж усі держави Осі разом узяті. Конвої промислових товарів ішли з американських портів через Атлантичний і Тихий океани, забезпечуючи Велику Британію, Радянський Союз, Китай та інших союзників основними матеріально-технічними ресурсами. Війну вели солдати під Сталінградом і моряки під Мідвеєм. Але бойову потужність створили американські верфі Кайзера та складальні конвеєри Рівер-Руж.

У 1945 році по радіо на весь світ оголосили, що війна нарешті закінчилася. За межами Токіо молодий інженер Акіо Моріта одягнув повний комплект уніформи, щоб почути звернення

імператора Хірохіто про капітуляцію. Однак він слухав промову сам, а не в компанії інших офіцерів військово-морських сил, щоб його не примушували вчинити ритуальне самогубство<sup>18</sup>. На іншому боці Східнокитайського моря Морріс Чанг відсвяткував закінчення війни й поразку Японії швидким поверненням до неквапливого підліткового життя з тенісом, фільмами та грою в карти в компанії друзів<sup>19</sup>. В Угорщині Енді Гроув з матір'ю повільно виповзли з бомбосховища, хоча під час радянської окупації вони страждали не менше, ніж під час самої війни.

Результати Другої світової війни визначив обсяг промислового виробництва, але вже було ясно, що нові технології трансформують військову міць. Великі держави виготовляли тисячі літаків і танків, але вони також будували дослідницькі лабораторії, що розробляли нові пристрої, такі як ракети та радари. Дві атомні бомби, які знищили Хіросіму та Нагасакі, породили багато припущень про те, що на зміну ері вугілля й сталі може прийти нова атомна ера.

У 1945 році Морріс Чанг й Енді Гроув були школярами, надто малими, щоб серйозно думати про технології чи політику. Натомість Акіо Моріті було трохи більше ніж двадцять, і в останні місяці війни він брав участь у розробці ракет із тепловим самонаведенням<sup>20</sup>. Японія була далека від створення придатних до використання керованих ракет, але цей проєкт дав Моріті змогу заглянути в майбутнє. Стало можливим уявити війни, які виграють не клепальники на конвеєрах, а зброя, що може визначати цілі та самостійно автоматично маневрувати. Ця ідея здавалася науковою фантастикою, але Моріті було трохи відомо про нові розробки в галузі електронних обчислень, які могли б навчити машини «думати», розв'язуючи математичні задачі, як-от додавання, множення або знаходження квадратного кореня.

Звичайно, ідея використання пристроїв для обчислень не була новою. Люди загинали й розгинали пальці відтоді, як *Homo sapiens* уперше навчився лічби. Стародавні вавилоняни винайшли рахівницю, щоб працювати з великими числами, і впродовж століть люди множили та ділили, пересуваючи

дерев'яні кісточки вліво-вправо на дерев'яних паличках. Наприкінці 1800-х і на початку 1900-х років збільшення бюрократії в державних та бізнесових структурах потребувало армій людських «комп'ютерів»<sup>21</sup>, клерків, озброєних ручкою, папером й іноді простими механічними калькуляторами — коробками з коліщатами, які могли додавати, віднімати, множити, ділити та обчислювати прості квадратні корені.

Ці живі, здатні дихати комп'ютери могли складати таблиці заробітної плати, відстежувати продажі, збирати результати переписів населення та опрацьовувати дані про пожежі й посухи, необхідні для встановлення цін страхових полісів. Під час Великої депресії Управління промислово-будівельними роботами громадського призначення США, прагнучи працевлаштувати безробітних канцелярських працівників, започаткувало проект «Математичні таблиці». Кількасот людей-комп'ютерів сиділи за довгими столами в офісній будівлі на Мангеттені й зводили в таблиці логарифми та експоненційні функції. Проект опублікував двадцять вісім томів результатів складних функцій із такими назвами, як «Таблиці зворотних величин цілих чисел від 100 000 до 200 009», що склалися з 201 сторінки таблиць чисел.

Організовані групи людей-калькуляторів продемонстрували перспективність обчислень, а також обмеження використання мозку для обчислень. Навіть коли мозку допомагали механічні калькулятори, люди працювали повільно. Тому, хто бажав використати результати проекту «Математичні таблиці», доводилося погортати сторінки одного з двадцяти восьми томів, щоб знайти результат певного логарифма чи експоненти. Що більше результатів обчислень було потрібно отримати, то більше сторінок доводилося прогорнути.

Тим часом попит на обчислення зростав. Ще до Другої світової війни у проекти з виробництва потужніших механічних комп'ютерів вкладали чималі гроші, але війна прискорила гонитву за обчислювальними потужностями. Військово-повітряні сили кількох країн розробили механічні бомбові приціли, щоб допомогти льотчикам вражати цілі. Екіпажі бомбардувальників

вводили швидкість вітру і висоту літака над рівнем моря, повертаючи ручки, які рухали металеві важелі, що регулювали скляні дзеркала. Ці ручки та важелі «обчислювали» висоту й кути точніше, ніж будь-який пілот, фокусуючи приціл, коли літак наводився на ціль. Однак у таких бомбових прицілів були також очевидні обмеження. Вони враховували лише кілька вхідних даних і видавали один результат: коли скинути бомбу. В ідеальних умовах випробувань американські бомбові приціли виявилися точнішими, ніж здогадки пілотів. Проте лише 20 % американських бомб, скинутих з неба над Німеччиною, впали в радіусі до 300 метрів від цілі<sup>22</sup>. Долю війни вирішила кількість скинутих бомб і випущених артилерійських снарядів, а не ручки на механічних комп'ютерах, які намагалися правильно скеровувати їх, але зазвичай невдало.

Більша точність потребувала більшої кількості обчислень. Згодом інженери почали замінювати механічні коліщата, встановлені в ранніх комп'ютерах, електричними зарядами. Перші електронні комп'ютери використовували вакуумну лампу, що була схожа на лампу розжарювання й складалася з металевої нитки, поміщеної у скляну колбу. Електричний струм, що протікав через трубку, можна було вмикати та вимикати, виконуючи функцію, як-от у кісточки рахівниці, що рухається вліво-вправо по дерев'яній паличці. Увімкнена лампа кодувалася як 1, а вимкнена — як 0. Ці дві цифри могли створювати будь-яке число за допомогою двійкової системи числення — а отже, теоретично могли виконувати багато видів обчислень.

Крім того, вакуумні лампи давали змогу перепрограмувати такі цифрові комп'ютери. Механічні коліщата — такі, як у бомбовому прицілі — могли виконувати лише один тип обчислень, оскільки кожна ручка була фізично прикріплена до важелів і коліщат. Кісточки на рахівницях були обмежені паличками, по яких вони рухалися. Однак з'єднання між вакуумними лампами можна було змінити й дати комп'ютеру можливість виконувати інші обчислення.

То був стрибок у розвитку обчислювальної техніки — або він міг би статися, якби не метелики. Оскільки вакуумні лампи

світилися, як лампи розжарювання, вони приваблювали комах, й інженерам доводилося їх регулярно звідти вичищати<sup>23</sup>. Як і лампочки, вакуумні лампи часто перегорали. Передовий комп'ютер під назвою ENIAC, створений для армії США в Університеті Пенсильванії в 1945 році, щоб обчислювати траєкторію для артилерії, мав вісімнадцять тисяч вакуумних ламп<sup>24</sup>. У середньому одна лампа виходила з ладу що два дні, і це призводило до зупинки всієї машини та змушувало техніків шукати й міняти поламану деталь. ENIAC міг множити сотні чисел за секунду швидше, ніж будь-який математик. Але він займав цілу кімнату, тому що кожна з його вісімнадцяти тисяч ламп була розміром з кулак. Очевидно, що технологія вакуумних ламп була надто громіздка, надто повільна й надто ненадійна. Допоки комп'ютери залишалися набитими метеликами монстрами, вони могли бути корисні лише для вузькоспеціалізованого використання, як-от зламу коду — хіба що вченим вдалося б знайти менший, швидший і дешевший перемикач.

## РОЗДІЛ 2

### ПЕРЕМИКАЧ

**В**ільям Шоклі давно припускав: якщо кращий «перемикач» і буде знайдено, то за допомогою такого типу матеріалів, які називаються напівпровідниками<sup>25</sup>. Шоклі народився в Лондоні в сім'ї гірничого інженера, що багато мандрував світом, і виріс серед фруктових дерев маленького каліфорнійського містечка Пало-Альто. Він, єдина дитина в сім'ї, був абсолютно впевнений у своїй вищості над усіма, хто його оточував, — і всім давав це зрозуміти. Шоклі вступив до коледжу Каліфорнійського технологічного інституту в Південній Каліфорнії, а потім здобув докторський ступінь із фізики в MIT та почав працювати в Bell Labs у Нью-Джерсі, що на той час була одним із провідних світових центрів науки та інженерії. Усі колеги вважали Шоклі дуже неприємним, та водночас визнавали, що він був блискучим фізиком-теоретиком. Інтуїція Шоклі була настільки точною, що один з його колег сказав, що, здавалося, він справді бачив, як електрони мчать у металах або зв'язують атоми<sup>26</sup>.

Напівпровідники, галузь спеціалізації Шоклі, є унікальним класом матеріалів. Більшість матеріалів або безперешкодно проводять електричний струм (як-от мідні дроти), або його блокує (як-от скло). Напівпровідники відрізняються від них. Самі собою такі напівпровідникові матеріали, як кремній і германій, схожі на скло, яке майже не проводить електрики. Але якщо додати певні матеріали та дію електричного поля, струм починає проходити. Наприклад, додавання фосфору або сурми до таких напівпровідникових матеріалів, як кремній або германій, дає змогу проводити струм.