

Sistemi di calcolo

Un calcolatore si basa su 3 operazioni principali:

1. azzerare il contenuto di un registro
2. incrementare il contenuto di un registro
3. confrontare il valore di un registro ed eseguire una istruzione di conseguenza

Di conseguenza anche un calcolatore meccanico si può considerare un “computer”, infatti i computer nascono dalla necessità di semplificare i calcoli matematici.

L’abaco è il sistema meccanico più semplice che si può immaginare, ma la vera esplosione della matematica applicata alla meccanica avviene nel 1600 per lo sviluppo della balistica (militare) e della navigazione transoceanica (capire dove cazzo stavi navigando).

In questo periodo si diffonde l’uso dei numeri float e i numeri negativi.

Nel 1614 John Napier (nepero) inventa i logaritmi che permettono di sviluppare calcoli con numeri molto grandi.

Tramite la formula $\log(a * b) = (\log a) + (\log b)$ è infatti molto facile trasformare una moltiplicazione in una somma, con l’ausilio di Tavole Logaritmiche o di un Regolo.

La prima calcolatrice meccanica (somme e sottrazioni) viene inventata da Blaise Pascal, chiamata Pascalina.

Anche Leibniz crea una sua calcolatrice, ma soprattutto contribuisce all’informatica tramite l’invenzione del sistema binario e la creazione di una base di logica matematica.

Saltando al 1725 Basile Buchon crea il telaio meccanico, che esegue diversi “pattern” di stoffa a seconda di cosa viene scritto su un nastro perforato (successivamente schede forate *Joseph Jacquard*) inserito nella macchina

verso il 1830 Charles Babbage crea l’Analytical Engine, un sistema in grado di calcolare funzioni complesse su un numero qualsiasi di Variabili.

Babbage cerca finanziamenti per questa sua invenzione a lungo presentandosi a differenti conferenze fra cui il “Secondo congresso degli Scienziati Italiani”.

A questo congresso assiste uno studente: Luigi Federico di Menabrea (in futuro sarà un generale di garibaldi) che scrive un articolo a riguardo e lo pubblica in Francia.

Ada Augusta Byron, contessa di Lovelace (personaggio che tornerà) si interessa molto all’articolo e si mette in contatto con Babbage, aggiungendo chiarimenti e note all’articolo di Menabrea e creando il primo “articolo” della storia informatica.

Con un po’ di esagerazione, è ormai tradizione considerare Charles Babbage l’inventore del primo computer moderno, e Ada Lovelace la prima programmatrice nella storia dell’informatica.

Purtroppo l’analytical Engine non verrà mai costruito, ma una intuizione nella sua progettazione cambierà completamente l’informatica: *i cicli*.

Ciò permette di scrivere codice in maniera sintetica, riducendo anche il numero di schede forate (il telaio di Jacquard non poteva farlo).

L’Analytical Engine lavorava su variabili (cilindri metallici su cui venivano impilati dei dischi numerati da 0 a 9). era il primo computer, possedeva una unità di controllo (il mil), un programma

(schede forate), un concetto di memoria (i cilindri), ed un concetto di input output (i dischi metallici)

1854. George Bool illustra i principi dell'algebra booleana

1890 Herman Hollerith sviluppa per gli USA una macchina elettromeccanica in grado di elaborare i dati di un grosso censimento. Il grosso passo avanti é dovuto alle schede forate che adesso contengono dati e non programma. Il funzionamento era semplice. La scheda veniva forata a seconda di cosa il cittadino aveva risposto nel censimento. C'erano una serie di contatori (uno per ogni dato) il cui circuito passava per una macchina simile ad una punzonatrice, con degli aghi che spuntavano. Ogni ago in corrispondenza di un foro chiudeva il circuito del contatore relativo a tale dato ed il contatore veniva incrementato.

Hollerith creerà la Tabulating Machine Corporation dalle cui ceneri nascerà International Business Machine Corporation IBM

Nascono quindi i calcolatori a schede perforate, un programmatore scriveva su schede forate il suo programma avendo cura di includere una scheda speciale all'inizio. Il programma poteva poi essere ri-analizzato tramite un lettore di schede che ne forniva una stampa su carta (piú semplice da debuggare) o mandato al tecnico di sala che si occupava di immetterlo nel computer. I computer ricevevano diversi programmi alla volta e li "accodavano". Era compito del tecnico di sala gestire input ed output

nei primi anni del 1900 nascono i primi calcolatori analogici (grandezze reali, non discreta).

Vannevar Bush ad esempio crea un calcolatore analogico in grado di risolvere eq differenziali di 3 grado. Questi calcolatori erano difficili da programmare, in quanto ad ogni programma bisognava riconfigurare tutta la macchina.

Fra il 1930 ed il 1945 nasce la necessità di sviluppare i primi computer digitali, la cui costruzione fu permessa dall'invenzione di relé e valvole termoioniche (che non so cosa siano).

Dati gli anni é palese che fu il secondo conflitto mondiale a dare un bel boost alla materia, in quanto servivano computer per balistica, spionaggio, comunicazione etc..

Relé, interruttore a comando elettrico, sai cosé e come funziona. Inventato da Joseph Henry
Valvole termoioniche (il primo tipo é il triodo, successivamente nasceranno i diodi), componente in grado di amplificare un segnale elettrico. Si basa su un catodo riscaldato che emette elettroni, questi elettroni si dirigono verso una piastra facente da anodo ma sono obbligati a passare attraverso una griglia anchessa percorsa da tensione. > é la tensione nella griglia piú elettroni raggiungono il catodo. Il rapporto Tensione/elettroni é linearmente dipendente. Le valvole termoioniche hanno dominato l'elettronica per anni, adesso i transistor le hanno sostituite.

I primi computer digitali: il model K.

Nel 1937 George Stibitz sviluppa un circuito digitale boolean con i relé. Nella cucina di casa sua (ecco perché model K, kitchen)

Contemporaneamente a Berlino Konrad Zuse ha la stessa idea, con i relé crea una macchina per svolgere calcoli, la chiama V1 (*versuchmodel* 1) ma poi gli cambia il nome in Z1 (iniziale del suo cognome) per evitare di confonderlo con il razzo V2.

Anche in America succede la stessa cosa. Howard Aiken prova a costruire l'analytical engine di Babbage, si mette in contatto con una neonata IBM e 6 anni dopo viene costruito il Mark 1.

Era enorme e lentissimo, ma potente, poteva memorizzare 72 variabili ciascuna da 23 cifre.

Peró faceva solo 3 somme al secondo e una divisione in 15 secondo.

Ricordiamo questo computer perché implementa l'architettura Harvard (dati ed istruzioni in 2 memorie separate), contrapposta all'architettura Von Neumann. (tipo Arduino funziona con arch Harvard).

Curiosità. Grace Murray Hopper scopre il primo "bug" durante la realizzazione del mark2, una tarma incastrata in un relé.

John Atanasoff e Clifford Berry nel 1941 creano il primo computer completamente a valvole, l'ABC. La cosa interessante di questo computer è però la memoria, in quanto non usava i flip-flop, bensì dei condensatori (carichi 1, scarichi 0); insomma, una primitiva RAM, ma perfettamente uguale.

E qui entra in gioco la guerra, nel 1925 i tedeschi costruiscono Enigma. Nel 1932 i polacchi gliela rendono inutile con una macchina decrittatrice: "bomba". Allora durante il 2° conflitto i tedeschi migliorano enigma aumentando il numero di codifiche e nel 1939 inizia la fantastica storia di Gordon Welchman e Alan Turing, basata sul progetto Bomba dei polacchi.

Storia moderna L' ENIAC. Prima generazione (valvole e relè)

A causa del conflitto e della necessità dell'esercito americano di stabilire la balistica dei colpi vengono redatte molte tavole balistiche (fogli per stabilire dove cadrà il colpo a seconda del cannone e di molti fattori.). Una singola tavola balistica, che conteneva 3000 traiettorie ognuna delle quali, richiedeva circa 750 calcoli per essere computata. ma queste tavole sono calcolate a mano da dei 176 poveracci chiamati "computers". Un delirio.

Questo staff era gestito da un tenente, Goldstine, un matematico. Goldstine conosce John Mauchly, un altro prof nella stessa scuola che si occupa di costruire circuiti elettronici ed è interessato ai calcolatori elettronici.

Mauchly propone a Goldstine di sostituire i dispositivi meccanici ed i poveracci con circuiti elettronici.

Così loro due propongono all'esercito la costruzione dell' ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). L'ENIAC viene costruito nel 1946 (utile cazzo, un anno in ritardo). È in grado di svolgere 5000 calcoli al secondo (somme).

L'eniac rappresentava i numeri in decimale, ogni cifra veniva rappresentata con 9 flip-flop, ma in grado di svolgere salti condizionati e cicli

EDVAC

successore dell'eniac: progettato da Ecker e Mauchly nel 1946 e costruito nel 1949. La sua memoria usa le famigerate MDL (mercury delay line) e lo ricordiamo per ~~quel bastardo~~ Von Neuman: infatti l'edvac lancia gli studi su una nuova architettura a programma memorizzato.

Von Neumann scrisse un famoso/famigerato report dal titolo: First Draft of a Report on the EDVAC, che contiene la prima descrizione pubblicata della struttura logica di un computer che fa uso del concetto di programma memorizzato. Sollevando due problematiche: 1 la pubblicazione di informazioni sull'edvac ne impedisce il brevetto, 2 Von Neumann si prende tutto il merito.

Edvac è anche il primo computer a rappresentare l'informazione in binario.

Il primo computer costruito con programma memorizzato è invece il SSEM (Small scale experiment machine), nel 1948. Il ssem era solo a scopo sperimentale, tanto che non aveva dispositivi di input, il programma veniva scritto in ram tramite 32 switch.

Whirlwind I e la microprogrammazione

Progettato nel 1947 al MIT conteneva 2 importanti innovazioni: elaborazione in parallelo e microprogramma.

Con la nuova elaborazione in parallelo nasce la necessità di avere memorie + veloci dato che la CPU elabora dati più in fretta di quanto velocemente possa accedervi.

Il creatore del Whirlwind (Forrester) progetta quindi delle memorie più rapide: le memorie a nucleo magnetico.

Seconda generazione, transistor

TAOCP (the art of computer programming) 1966 Donald Knut, knut sviluppa anche TeX.

Nace l'idea di bit e byte "Binary digit e boccone", all'inizio un byte era variabile, dai 6 agli 8 bit a seconda del dato.

Nasce la necessità di un nuovo tipo di memoria: nucleo magnetico e tamburo, veloci e non volatili ma piccole. Nastri magnetici memoria lenta ma ampia.

Nascita dell'hard disk, 1956. stessa idea dei quelli attuali

1958 Jack Kilby della Texas instrument realizza il circuito integrato, per quanto primitivo dimostrava che i transistor potevano essere miniaturizzati su un solo wafer di silicio.

Legge di Moore (anni più tardi) ogni 18/24 mesi il numero di transistor inseriti in un circuito integrato raddoppia

primi computer costruiti con i circuiti "ibridi" non veramente integrati, PDP1 (programmed data processor), computer con un text editor, un monitor, un debugger ed il primo videogioco (space war).

Questo pc era grande quanto un armadio, piccolo insomma.

Inizia a crearsi la architettura attuale. 1962 pipeline (fetch decode, execute) e protezione della memoria, 1961 paginazione e memoria virtuale.

(terza generazione, circuiti integrati)

1964, ibm 360

il IBM 360 imposta alcuni standard. BYTE A 8 BIT! Uso esteso del microcodice, Memoria indirizzabile a byte composta da word di 32 bit (multiplo di 2) ed istruzioni di lunghezza variabile.

Seymour Cray ed il supercomputer CDC 6600

Cray inventa il primo supercomputer che ha una potenza di 1MegaFlop. Ma la vera trovata geniale era un processore differente per la gestione della memoria. Così la CPU poteva avere un clock diverso e svolgere operazione più velocemente senza dover stare dietro alla memoria "secondaria". Idea che si usa ancora adesso.

1965, viene proposta l'idea di una memoria intermedia fra RAM e CPU, Maurice Wilkes scrive un articolo in cui ipotizza la cache.

Un altro importante passo avanti è nel 1967 la progettazione da parte di Robert Tomasulo di un datapath che permette alla CPU di eseguire istruzioni out-of-order (cioè permettere alle istruzioni indipendenti di essere svolte slegate dal flusso.)

magari devo svolgere una istruzione di somma, non ha senso attendere la memoria, se questa somma non mi serve subito la faccio girare su un'altra alu, quando gli arrivano i dati lei lo svolgerà.

Intel

Nel 1968 Robert Noyce e Gordon Moore fondano la Intel, con lo scopo di produrre Memoria ram dinamica a semiconduttore (un flip-flop collegato ad un condensatore ci permette di salvare 1 bit).

Nel 1971 viene prodotto l'Intel 1103, un circuito integrato che implementa una RAM da 1MG.

La Intel inizia a parallelamente a sviluppare CPU, una azienda estera (Busicon) le richiede di sviluppare un circuito dato che loro non hanno i mezzi per farlo.

Federico Faggin (che il prof ha incontrato) sviluppa la prima CPU il 4004. Il primo processore completamente integrato in una fetta di silicio, insieme al 4004 escono anche il 4001(ROM), il 4002 (RAM) e il 4003 (Input/output).

Il secondo processore prodotto dalla Intel 8008 (scelta commerciale) che stabilisce una base importante, in quanto viene creato l'Instruction set x86

CTC (Computer Terminal Corporation)

parallelamente alla Intel nasce questa compagnia (1968) che si occupava di produrre telescriventi (macchine da scrivere che inviano i tasti premuti da un "terminale" ad un Mainframe) e stampano su carta quello che viene scritto. La CTC crea un nuovo prototipo di terminale il Datapoint 3300 che al posto di usare una stampa su carta usava un display. Questo prototipo vende un sacco.

La CTC quindi si mette a sviluppare una telescrivente in grado di collegarsi ad ogni tipo di Mainframe (il Datapoint 3300 si poteva collegare solo ad alcuni mainframe IBM).

I due progettisti che si occupano di questo progetto (Harry Pyle e Victor Poor, il creatore del Datapoint) sviluppano un prototipo e convincono Intel a produrre i componenti necessari.

Nasce il Datapoint 2200 con lo scopo di collegarsi ad un Mainframe, ma la verità è che questo terminale era completamente in grado di svolgere tutto da solo, era un computer stand-alone, il primo Personal Computer.

Intel mantiene i diritti intellettuali di questo processore, questo processore sarà quello che diventerà Intel 8008.

anni '70, era dei microprocessori

Si capisce che integrare tutto il circuito su un sola fetta di silicio è la direzione verso cui andare, vengono creati microprocessori sempre più piccoli e veloci. I processori integrano gradualmente memorie cache e sempre gradualmente si passa da registri di 8 (Intel 8008) bit a registri a 64 bit.

1973. nasce Alto, il primo Personal Computer nato con questo scopo e con questo identificativo (PC). Sviluppato dalla Xerox, una azienda poco conosciuta. Vendette poco ma influenzò i successivi progetti.

Nasce la Apple, da Steve Jobs e Steve Wozniak. Lasciano la scuola e Jobs convince Wozniak (che era un genio dell'informatica) ad interessarsi ai PC. Nel 1976 Wozniak inizia la progettazione di un PC per Hobbyismo usando un processore economico. Qui i due si reincontrano e Jobs trova in fretta un acquirente per il progetto di Wozniak, nasce l'Apple I. ne vengono venduti prima 50 (poi 200) ad un negozio di elettronica locale, comprando i pezzi a credito ed assemblandoli a mano, loro due. Il primo aprile 1976 i due ottengono il finanziamento di Mike Markkula (un imprenditore a caso), nasce Apple Computers Inc.

Wozniak progetta subito l'Apple II (processore motorola) che crea l'idea base della Apple, il pc deve funzionare appena uscito dalla scatola, senza dover configurare né collegare nulla.

5 anni dopo (1981) la IBM entra nel mercato dei PC montando processori Intel. Tutte le altre aziende si adattano al colosso producendo Hardware compatibile con i calcolatori IBM.

Apple qui mostra la sua altra idea di base: non essere compatibile con nessuno.

Nel giro di 3 anni il mercato è detenuto al 56% da IBM e al 16% da Apple.

Ma Jobs "ruba" una grande idea, il 22 gennaio 1984 crea il primo PC con una UI, il Macintosh 128k, con finestre, icone e Mouse.

Gli anni '80

gli anni 80 segnano la morte degli instruction-set CISC.

David Patterson e John Hennessy conducono ricerche su un nuovo modello, il RISC (Restricted Instruction Set Computer).

Un instruction set poteva avere ben più di 100 istruzioni e ogni istruzione aveva diversi modi di indirizzare la memoria (offset, diretto, somma fra diversi registri..).

Ma perché si usava CISC (Complex Instruction Set Computer)? L'accesso in memoria era lento, e la memoria poca, quindi era conveniente che gli eseguibili fossero piccoli e quando una istruzione veniva caricata nella CPU facesse più cose possibili.

Oltretutto i compilatori erano primitivi, avendo istruzioni complesse a disposizione era più semplice crearli.

Ma perché istruzioni più complesse dovrebbero essere più lente? In primis la lunghezza variabile è una merda. Quando leggi un blocco di byte non sai quante istruzioni stai per leggere, poi devi finire di leggere l'opcode per sapere dove andare a leggere gli operandi, facendo così si esclude la pipeline.

Oltretutto dovendo svolgere molte operazioni diverse il datapath è complesso, quindi ha più componenti in serie, di conseguenza il clock è più lungo. In ultimo se tutte le istruzioni possono indirizzare in RAM questa diventa un collo di bottiglia esagerato.

RISC invece presenta poche istruzioni, semplici (al massimo una moltiplicazione), e soprattutto regolari, quindi a dimensione fissa (gli operandi stanno sempre nello stesso posto).

Inoltre solo load e store possono indirizzare in ram.

I primi due tipi di Architettura sviluppati (rispettivamente da David e John) sono SPARC e MIPS RISC richiedeva più memoria, sia ram che hd, ma in quegli anni la ram iniziava a non essere troppo più un problema, infatti in quegli anni le memorie stavano molto migliorando.

È vero che una macchina risc richiede più istruzioni di una cisc, ma la macchina risc gira molto più veloce.

La discussione CISC vs RISC prosegue per anni, finché non viene costruito un processore risc comparabile con le ben più diffuse macchine cisc (stesso numero di transistor e stesso clock).

RISC risulta 4 volte più veloce di CISC

anni 90' una lista di feature che puoi leggere dalle slides, miglioramenti di pipeline, prediction e compilazione.

Anni 2000

si tira al limite il parallelismo del singolo programma. nascono Multi-core e multithread.

Nascono anche le prime GPU general Purpose, ma sai cosa sono.