



L'evoluzione dei calcolatori



Cosa ha influito sull'evoluzione dei calcolatori

- Processori sempre più veloci
- Componenti sempre più piccoli → più vicini → elaborazione più veloce
 - Ma la velocità è derivata anche da nuove tecniche (pipeline, parallelismo, ecc.) che tengono occupato il processore il più possibile
- Memoria sempre più grande
- Capacità e velocità di I/O sempre maggiore
- Tecniche per bilanciare velocità diverse di processore e memoria
 - Memoria cache, ecc.

A cosa servono i calcolatori?

- Ad eseguire compiti ripetitivi o complessi al posto dell'uomo
- Prime idee in campi anche diversi, dove c'era un lavoro ripetitivo che si voleva automatizzare

La “preistoria”

1801, Joseph Marie Jacquard:
telaio con schede perforate



1822, Charles Babbage:
Analytic Engine: schede
perforate per programmare
e anche per immagazzinare
dati; motore a vapore

1890, Hollerith desk:
censimento USA; 3 anni invece di 7
previsti; bucare schede basandosi
sui buchi di altre schede

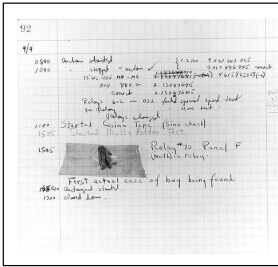


Prima di *Von Neumann*

- 1911, Hollerith creò l'IBM (International Business Machines): schede perforate per molti utilizzi; calcolatori per inventari e conti economici (+ e - ; no moltiplicazioni; no numeri negativi)
- 1944, IBM e Harvard costruirono Mark I (calcoli balistici):



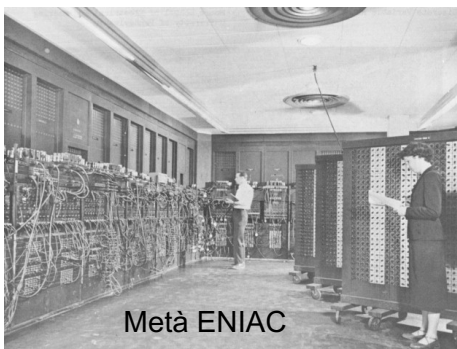
- programmabile, digitale, 5 tonnellate, 500 miglia di cavo, motore elettrico



Grace Hooper, programmatrice per Mark I: trovò un insetto (bug) dentro Mark I e inventò la parola "debugging"

Prima di *Von Neumann*

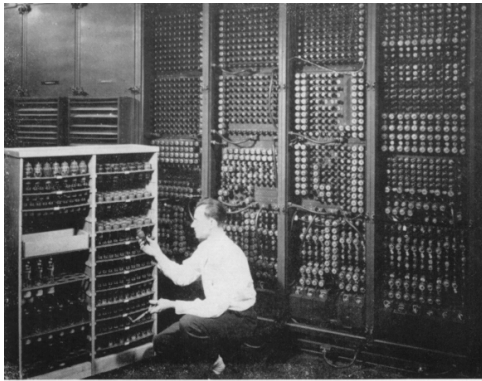
1941, Zuse machine: general purpose, programmabile, **numeri binari**, **unità aritmetica per fare i calcoli**, **memoria per immagazzinare numeri**, **sistema di controllo delle operazioni**, **dispositivi di input-output**



Metà ENIAC

1943, ENIAC (Prof. Mauchly e Prof. Eckert, Univ. Pennsylvania): soluzione di equazioni balistiche; tubi a vuoto; 30 tonnellate, 450 mq, 140 Kilowatt, 18000 tubi a vuoto, 5000 addizioni al secondo; numeri di 10 cifre, ogni cifra in un anello di 10 tubi a vuoto

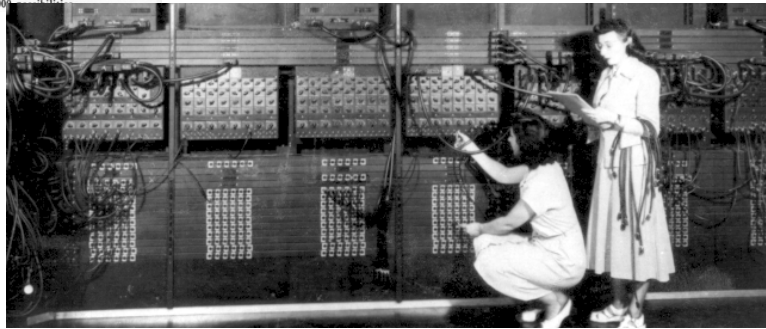
Tubi a vuoto dell'ENIAC



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 vacuum tubes

Programmare l'ENIAC

- Programmazione manuale: connettere e disconnettere cavi, impostare interruttori
- Giorni per riprogrammare



Capacità di Mark I

- Numeri da 23 cifre
 - Somma, sottrazione in 3/10 di sec
 - Divisione in 10 sec
 - Nel 2000: somma in 1 bilionesimo di secondo!
- Solo 72 numeri memorizzati
- Oggi: decine di GB in una RAM e vari TB in un disco rigido
 - Calcolatori meccanici non potevano avere queste velocità

Capacità ENIAC

- 20 numeri alla volta
- Molto più veloce di Mark I
 - Moltiplicazione: 6 sec su Mark I, 2.8/100 di sec su ENIAC
- Primo test ENIAC: 20 sec per un problema che richiedeva 40 ore su un calcolatore meccanico
- Primo lavoro: decidere se la bomba ad idrogeno era fattibile (6 settimane)

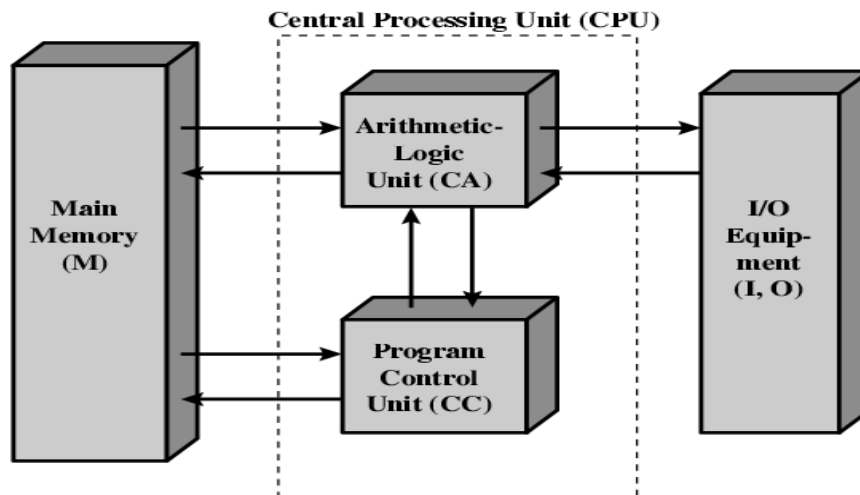
Macchina di Von Neumann

- **Programma memorizzabile come i dati**
- Istruzioni in memoria: decidere il programma specificando una porzione di memoria
- Idea di John von Neumann (consulente ENIAC)
 - Insieme a Mauchly e Eckert
- Proposta di nuovo calcolatore (1945): EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer)
- Nuovo elaboratore completo nel 1952 (IAS, presso Institute for Advanced Studies, Princeton)

Struttura della macchina di von Neumann

- Memoria, contiene dati e istruzioni
- Molte operazioni di aritmetica, quindi dispositivi specializzati per eseguirle → unità aritmetico-logica (dati binari)
- Organo centrale per il controllo della sequenza delle operazioni, generico → unità di controllo
- Organi di ingresso e uscita

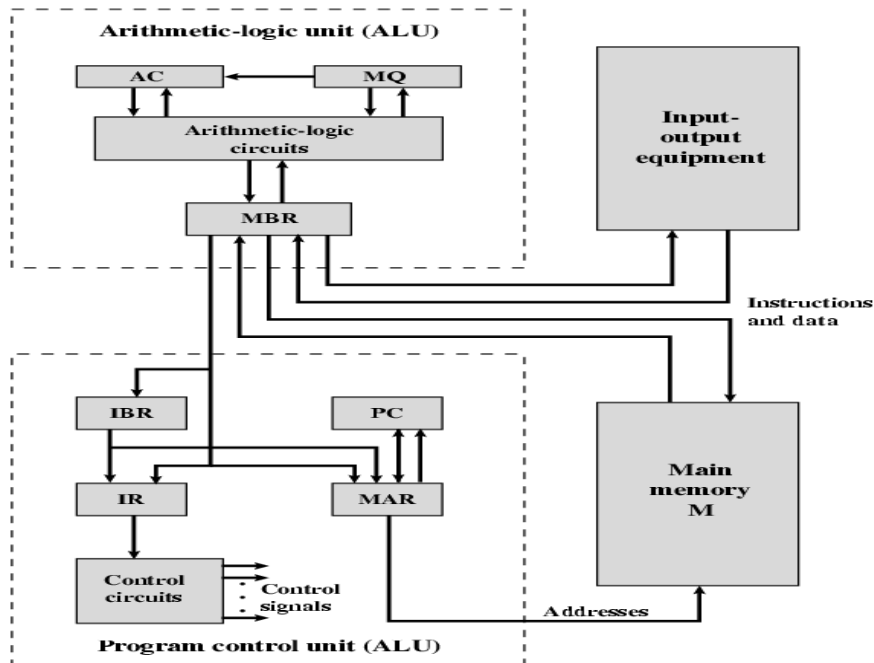
Struttura della macchina di von Neumann



IAS

- Memoria:
 - 1000 locazioni (parole), numerate da 0 a 999 (indirizzo)
 - Ogni parola: 40 cifre binarie (0 o 1, bit)
- Dati e istruzioni in memoria:
 - numeri in forma binaria: bit di segno + 39 bit per il numero
 - istruzioni con codice binario:
 - due in ogni parola
 - 8 bit per codice istruzione, 12 bit per indirizzo parola di memoria
- Unità di controllo: preleva le istruzioni dalla memoria e le esegue una alla volta

Struttura IAS



Registri IAS

- MBR (memory buffer register)
 - Contiene una parola da immagazzinare in memoria, o da leggere dalla memoria
- MAR (memory address register)
 - Contiene un indirizzo di una parola di memoria (dove scrivere il contenuto di MBR o da trasferire in MBR)
- IR (instruction register)
 - Contiene 8 bit per il codice operativo dell'istruzione in corso
- IBR (instruction buffer register)
 - Contiene temporaneamente l'istruzione destra di una parola
- PC (program counter)
 - Indirizzo della prossima coppia di istruzioni da prendere dalla memoria
- AC (accumulator) e MQ (multiplier quotient)
 - Temporaneamente, operandi e risultati parziali delle operazioni della ALU



Ciclo della CPU

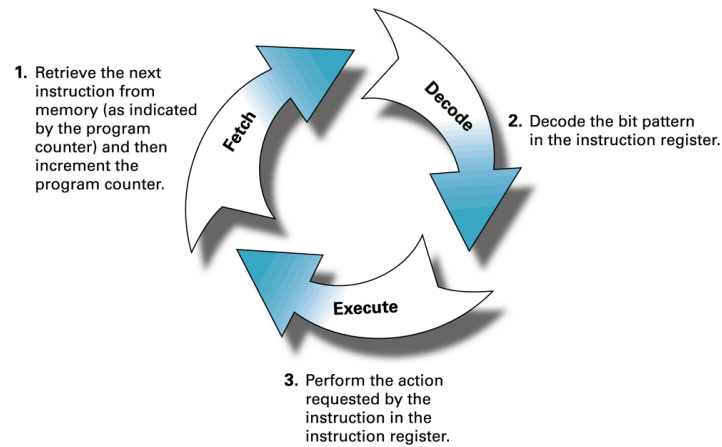
- La CPU esegue un programma memorizzato in memoria prendendo ad una ad una le istruzioni
- Ordine: quello in cui sono memorizzate



Ciclo della CPU

- Prelievo dell'istruzione (fetch):
 - Istruzione letta da IBR o dalla memoria tramite MBR, IBR, IR e MAR
 - Carica il codice dell'istruzione successiva nell'IR e indirizzo in MAR
- Esecuzione dell'istruzione:
 - Attiva i circuiti necessari per l'operazione da eseguire

Ciclo della CPU



Istruzioni IAS

- 21 in totale
 - Trasferimento dati (dalla M ai registri ALU, o viceversa, o tra due registri ALU)
 - Salto incondizionato
 - Salto condizionato
 - Aritmetiche
 - Modifica di indirizzo
 - Inserisce indirizzi in istruzioni da mettere in M
- Primi 8 bit: uno dei 21 codici
- Successivi 12 bit: quale delle 1000 celle di M è coinvolta nell'istruzione

Esempi di istruzioni IAS

- **LOAD MQ, M(X)**
 - Trasferisce il contenuto della cella di memoria di indirizzo X in MQ
- **STOR M(X)**
 - Trasferisce il contenuto dell'accumulatore nella locazione X della memoria
- **JUMP M(X,0:19)**
 - Carica l'istruzione dalla metà sinistra di M(X)
- **ADD M(X)**
 - Somma M(X) ad AC e mette il risultato in AC