

Corso di Informatica

L'architettura di un Calcolatore

Elaboratore elettronico

Un calcolatore o computer è un dispositivo elettronico in grado di ricevere una sequenza di istruzioni (programma) ed eseguirla svolgendo calcoli su dati numerici o elaborando e correlando altri tipi di informazione.

I computer si dividono in:

Computer Digitali: dispositivi elettronici che operano su dati che vengono espressi in formato digitale come combinazioni di singoli bit.

Computer Analogici: dispositivi elettronici progettati per gestire segnali di ingresso costituiti da valori di particolari grandezze fisiche continue, come tensioni elettriche o pressioni di fluidi.

Architettura del computer

Il calcolatore è quindi uno strumento programmabile per la rappresentazione, la memorizzazione e l'elaborazione delle informazioni ed è quindi un sistema costituito da molte componenti che svolgono compiti differenti.

Studiare l'**architettura** di un computer significa:

- individuare ciascun componente del sistema,
- comprendere i principi generali di funzionamento di ciascun componente,
- comprendere come le varie componenti interagiscono.

Architettura del computer

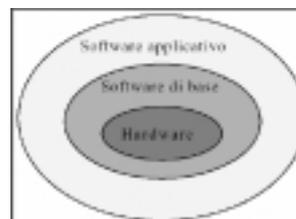
Una prima distinzione va fatta fra:

HARDWARE

Termine con il quale si indicano tutte le componenti elettroniche e meccaniche di un computer

SOFTWARE

Termine con il quale si indicano le componenti non fisiche di un computer



SOFTWARE DI BASE: permette l'avvio della macchina e coordina le attività delle varie componenti hardware del computer (Sistema Operativo)

SOFTWARE APPLICATIVO: insieme di comandi finalizzati alla risoluzione di un problema specifico (Programma)

Hardware del Computer

La macchina di Von Neumann

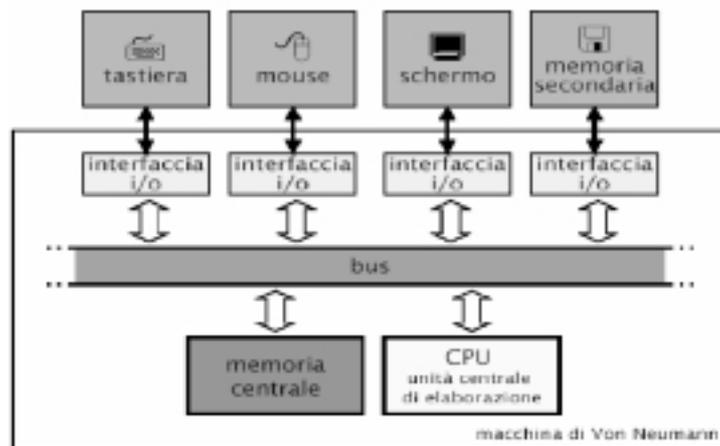
Macchina di Von Neumann

L'architettura dell'hardware di un calcolatore reale è molto complessa. La macchina di Von Neumann rappresenta un modello semplificato dei calcolatori moderni ed è introdotta a scopi didattici per descrivere le unità funzionali principali dei calcolatori moderni.

Von Neumann progettò, verso il 1945, il primo calcolatore con programmi memorizzabili anziché codificati mediante cavi e interruttori



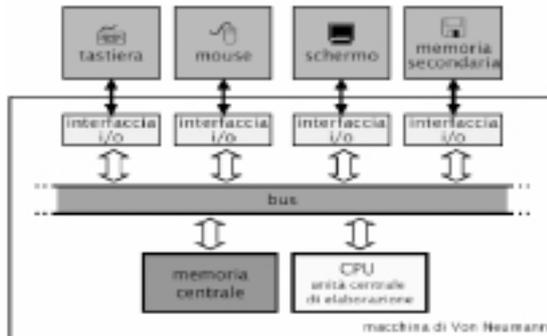
Macchina di Von Neumann



Computer Digitale

In un computer digitale vi sono 4 tipologie principali di componenti funzionali:

1. Unità centrale di elaborazione (CPU, *Central Processing Unit*):
 - Esegue istruzioni per l'elaborazione dei dati,
 - Svolge funzioni di controllo
2. Dispositivi di comunicazione (BUS di Dati, Indirizzi, controllo):
 - svolge la funzionalità di trasferimento dati e di informazioni di controllo tra le varie componenti funzionali
3. Dispositivi di memoria (ROM, RAM, Dischi rigidi, CD):
 - memorizzano e forniscono l'accesso a dati e programmi
4. Interfacce di ingresso/uscita (dispositivi di I/O):
 - componenti di collegamento con le periferiche del calcolatore

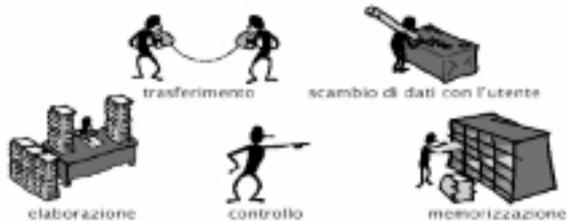


Il funzionamento di un calcolatore è descrivibile in termini di solo 4 unità funzionali:

CPU,
BUS,
MEMORIA,
INTERFACCE I/O

Ogni unità è specializzata nello svolgimento di una tipologia omogenea di funzionalità

Eccezione: la CPU, che svolge sia funzionalità di elaborazione che di controllo



Elaborazione (CPU)

L'elaborazione dei dati viene realizzata eseguendo istruzioni scritte in un linguaggio, detto *linguaggio macchina*, corrispondenti ad un set di operazioni elementari di elaborazione:

- operazioni aritmetiche
- operazioni relazionali (confronto tra dati)
- operazioni su caratteri e valori di verità
- altre operazioni numeriche.

Un calcolatore sa svolgere poche tipologie di operazioni elementari ma in modo **molto efficiente**: infatti esso è in grado di eseguire decine o centinaia di milioni di istruzioni in linguaggio macchina al secondo

Controllo (CPU)

Il coordinamento tra le varie parti del calcolatore è svolto dall'**unità di controllo** che è un componente dell'unità centrale (CPU).

Il controllo consiste nel coordinamento dell'esecuzione temporale delle operazioni:

- sia internamente all'unità di elaborazione
- sia negli altri elementi funzionali

il controllo avviene in modo sincrono rispetto alla scansione temporale imposta dall'orologio di sistema (clock)

Ogni componente del calcolatore esegue solo le azioni che gli vengono richieste dall'unità di controllo

Trasferimento (BUS)

Permette lo scambio di informazioni tra le varie componenti funzionali del calcolatore:

- trasferimento dei dati
- trasferimento delle informazioni di controllo

Tutti i componenti hanno un unico canale (**bus**) di comunicazione: l'utilizzo di un unico bus favorisce la modularità e l'espandibilità del sistema.

Memorizzazione

Un calcolatore memorizza:

- i dati: rappresentano informazioni di interesse
- i programmi: le istruzioni per l'elaborazione dei dati

La **memoria** è l'unità responsabile della memorizzazione dei dati:

- una unità di memoria è organizzata in celle
- a ciascuna cella è associato un indirizzo, che la identifica
- ciascuna cella è in grado di memorizzare un singolo dato

Una unità di memoria fornisce due sole operazioni

- memorizzazione di un valore in una cella (**scrittura**)
- accesso al valore memorizzato in una cella (**lettura**)

Periferiche ed Interfacce di I/O

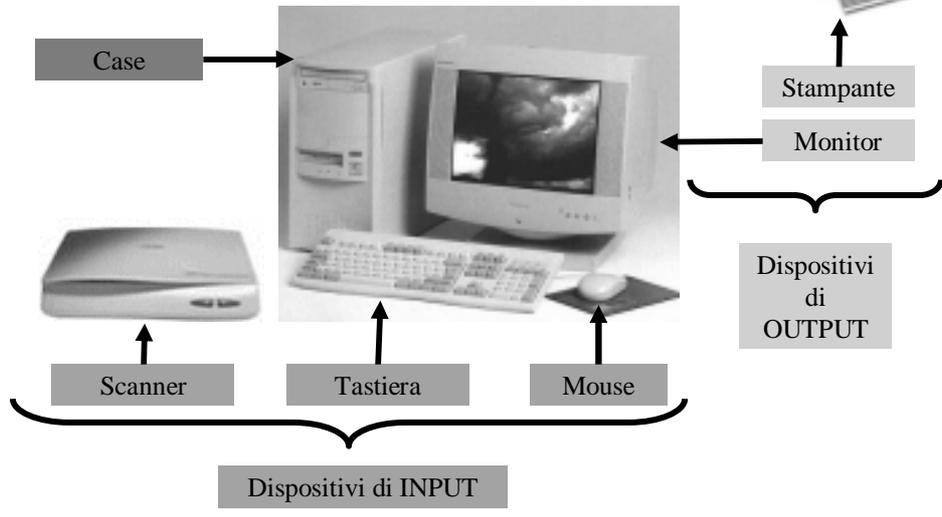
Un calcolatore può essere collegato a vari dispositivi di ingresso e/o uscita (**periferiche**) attraverso schede di interfaccia:

- tastiera,
- mouse,
- monitor,
- stampanti,
- alcuni dispositivi di memorizzazione: HD e CD-ROM

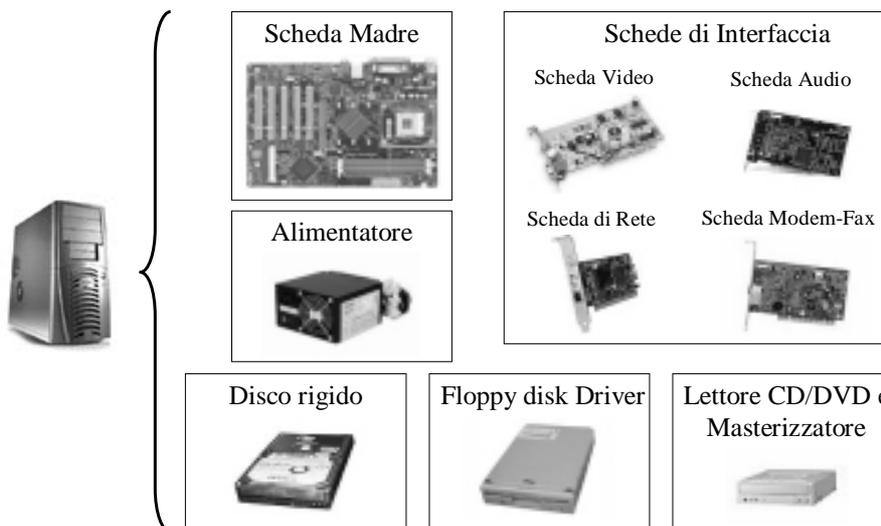
Ogni periferica è controllata con un'opportuna interfaccia:

- un'**interfaccia** ha il compito di tradurre i segnali interni del calcolatore in un formato comprensibile alla periferica stessa, e viceversa

Personal Computer PC



All'interno del Case



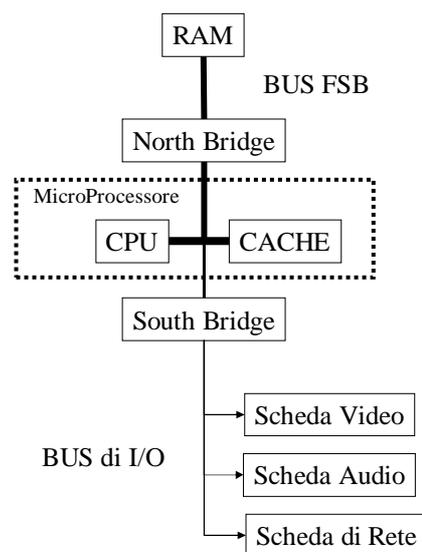
La parte anteriore del Case



Un dischetto non deve essere espulso fino a che il led del driver è acceso altrimenti si rischia il danneggiamento del disco stesso con una possibile perdita dei dati.

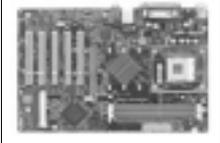
Schema di un PC

In realtà a differenza dello schema di von Neumann in un computer moderno esistono canali di comunicazione (*BUS*) specializzati e si tende ad alleggerire la CPU da compiti specifici quali il controllo delle comunicazioni o delle schede periferiche, e l'elaborazioni grafiche o audio.



La Mother Board

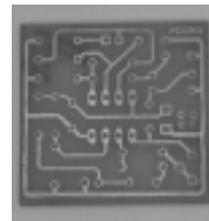
Scheda Madre



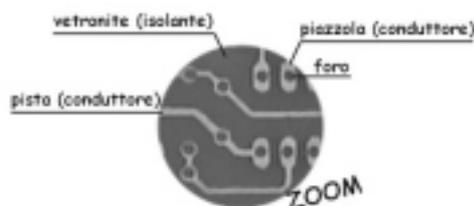
Altrimenti detta *Main Board* o *Mother Board*, la scheda madre è un circuito stampato posto all'interno del computer, ed è di fatto la base su cui poggia la struttura del PC. E' possibile paragonarla alle fondamenta che sostentano un palazzo, determinandone la costruzione. Migliori sono le fondamenta e più stabile e affidabile sarà il palazzo. La scheda viene montata all'interno del computer e su di essa sono alloggiati le varie componenti, fra i quali il processore, la memoria RAM e le varie schede di espansione (scheda video, scheda audio, modem, scheda di rete...). Sono inoltre presenti i connettori per le memorie di massa (come Hard Disk, Floppy Disk e CD-ROM) e le porte di comunicazione, ovvero i connettori a cui vengono attaccate le periferiche esterne. La scheda madre ospita inoltre il Bios (vedi) e il chipset. Quest'ultimo è composto da uno o più circuiti integrati ("chip") che hanno il compito di mettere in comunicazione i componenti presenti sulla scheda madre e di coordinarne le attività.

Circuito Stampato

Un circuito stampato è una basetta costituita da fori, piazzole e piste, come mostra la figura sottostante.



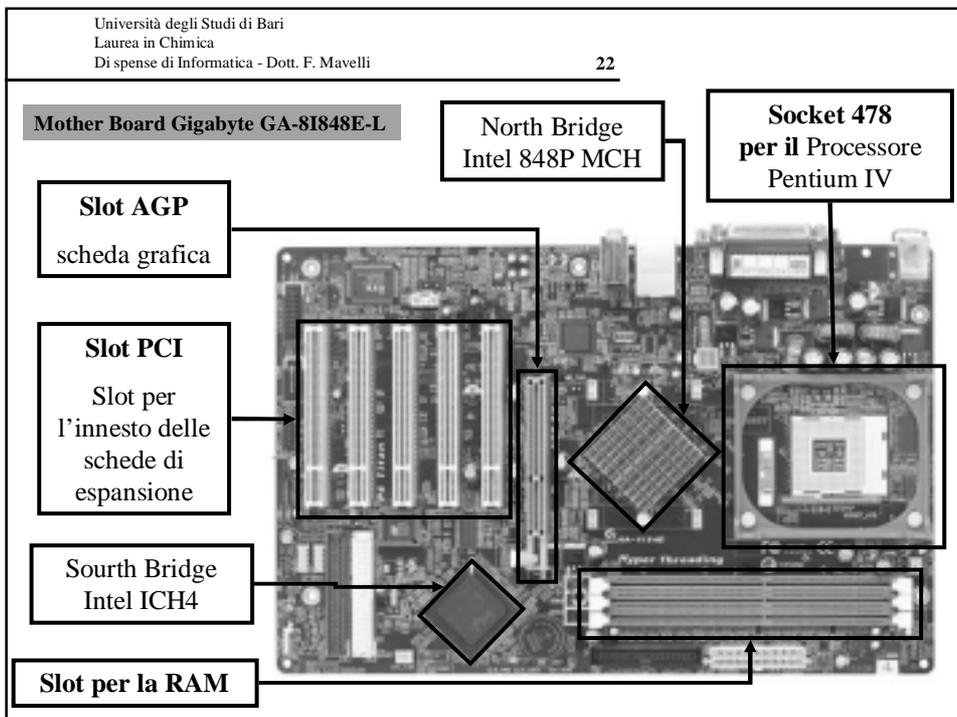
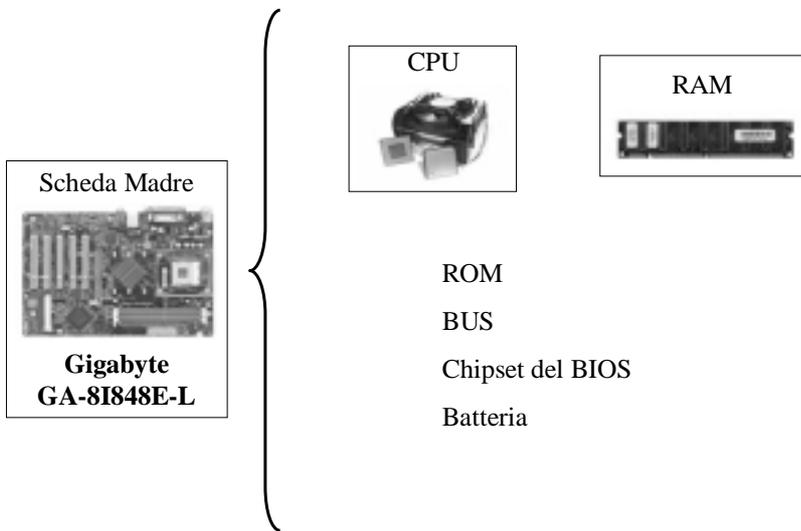
La basetta è fatta generalmente di vetronite, un materiale isolante dello spessore tipico di 1,6mm mentre le piazzole ed i fori sono formati da un sottile strato metallico (conduttore elettrico)

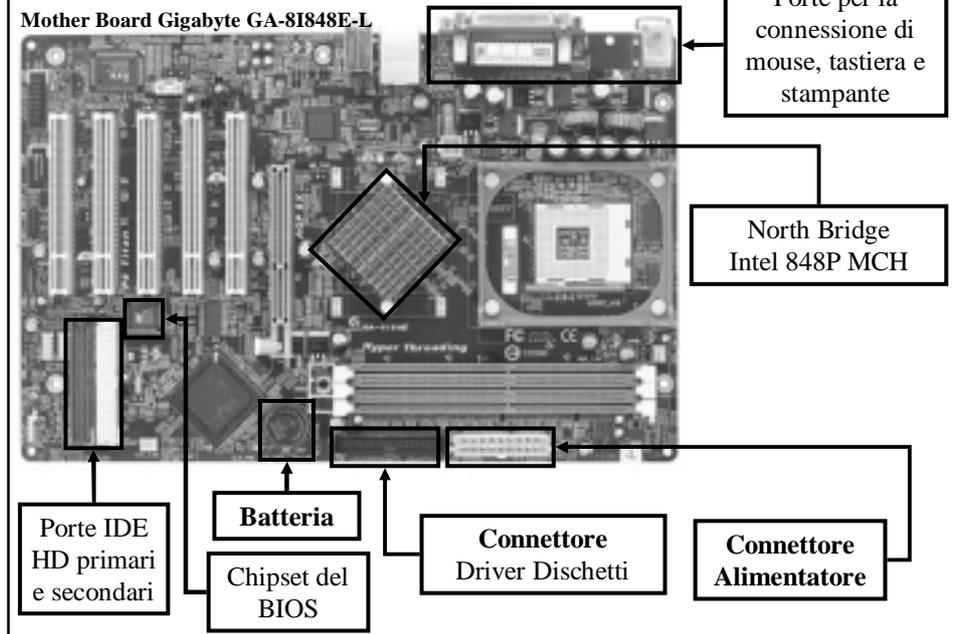


Nei fori saranno inseriti i componenti elettronici (resistenze, condensatori, transistor...). Sulle piazzole saranno effettuate le saldature per unire elettricamente i terminali dei componenti con le piste.

Le piste svolgono la funzione di conduttori, come dei normali fili elettrici.

La Mother Board





I moderni computer si basano sull'avvento dei circuiti integrati o chip la cui produzione ha avuto inizio alla fine degli anni settanta.

Chip

Circuito elettronico realizzato su uno strato di silicio, con tecnologie in grado di costruire componenti delle dimensioni dell'ordine del decimillesimo di millimetro.

Su una piastrina di silicio di pochi centimetri quadrati possono così essere creati circuiti con milioni di componenti con prestazioni di calcolo elevatissime.

Tutti i processori, le memorie RAM e moltissimi altri componenti sono realizzati con questa tecnica.

Chipset

Gruppo di circuiti integrati costruito per assolvere una data funzione.

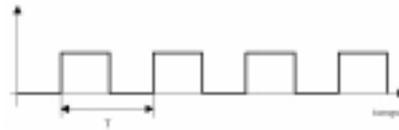
Controller

Circuito elettronico che ha il compito di gestire una o più periferiche connesse ad una determinata porta, coordinandone le attività ed amministrando lo scambio di informazioni con l'unità centrale.

Clock

Segnale periodico che ha il compito di sincronizzare le azioni dei vari componenti di un computer. Consiste in una serie di impulsi elettrici, la cui frequenza si misura in MHz.

In generale il clock é prodotto da un apposito circuito integrato, la cui oscillazione é controllata da un cristallo di quarzo. Il cristallo di quarzo garantisce una elevata stabilita nel tempo e con il variare della temperatura ed una grande precisione nel valore della frequenza prodotta



BUS

BUS

Canale di comunicazione che permette lo scambio dei dati tra due o più componenti del computer, come memoria, processore, schede video, audio e di rete, periferiche esterne.

E' costituito da:

- linee elettriche per il trasporto dei dati,
- un controller per temporizzare l'invio dei segnali elettrici.

E' contraddistinto da:

- ampiezza numero di bit trasportati contemporaneamente,
- frequenza numero di volte in un secondo in cui i dati sono inviati.

Un bus è detto:

- seriale se è composto da una sola linea elettrica capace di trasportare un unico bit alla volta,
- parallelo se composto da più linee elettriche per il trasporto contemporaneo di tanti bit quante sono le linee attive.

ESEMPIO: un *bus* a 8 bit e 10 MHz può trasportare 8 bit alla volta per 10 milioni di volte al secondo, per una banda passante bandwidth di circa 10 MB/sec.

BUS di I/O

Il bus di I/O ha il compito di connettere la CPU alle periferiche di I/O (porte seriali, parallele, etc.).

ISA (*Industry Standard Architecture*) La prima versione del bus ISA era a 8 bit, presente ad esempio negli IBM compatibili AT. Attualmente viene utilizzato un bus ISA a 16 bit. Ha una velocità massima di trasferimento dei dati di 8Mbit/s. Il trasferimento medio è circa un quarto di quello massimo.

PCI (*Peripheral Component Interconnect*). E' caratterizzato da una velocità di trasmissione di 264 Mbit/secondo (bus PCI 2.1, che lavora ad una frequenza di 66 MHz). I dati vengono trasferiti in blocchi di 32 bit (a differenza dell'ISA caratterizzato da trasferimenti a 16 bit).

AGP 2X (*Accelerated Graphic Port*). E' caratterizzato da velocità trasmissiva a 33 Mb/s a 66 MHz viene utilizzato esclusivamente per la connessione a particolari schede video accelerate (ossia dotate di processore interno che elabora informazioni visive).

Il Micro-Processore

Il Micro-Processore (CPU)

È il circuito integrato che esegue le istruzioni dei programmi e le elaborazioni sui dati ed implementa la CPU di un personal computer.

Componenti Fondamentali:

- **Registri**
- **Unità di controllo**
- **Unità logico-aritmetica (ALU)**
- **BUS interno**

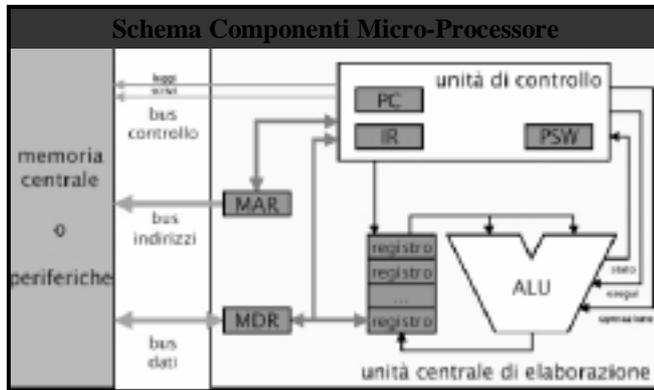
Componenti ausiliari

- **Co-processore Matematico**
- **Memoria cache**

Il processore recupera dalla memoria centrale (RAM) l'istruzione da eseguire (*instruction fetch*) la decodifica (*instruction decode*) e carica dalla RAM i dati da elaborare (*operand fetch*) ponendoli nei registri. Quindi viene eseguita l'istruzione (*execute*) ed il risultato viene scritto nuovamente nei registri o nella memoria centrale (*result store*).

La *cache* è una memoria sita nel processore in cui possono essere pre-caricate le informazioni per accelerare la fase di *fetch*

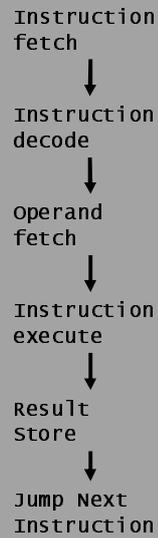
Micro-Processore



Le prestazioni di un computer sono quindi determinate:

- dalla velocità di esecuzioni dei calcoli
- dalla velocità di accesso alla memoria centrale

Ciclo istruzione



Evoluzione Processori Intel®

CPU	Anno	Frequenza (MHz)	Dimensione registri / bus dati	Numero di transistor
8086	1978	4.77 — 12	8 / 16	29 000
80286	1982	8 — 16	16 / 16	134 000
80386	1985	16 — 33	32 / 32	275 000
80386 SX	1988	16 — 33	32 / 16	275 000
80486	1989	33 — 50	32 / 32	1 200 000
Pentium	1993	60 — 200	32 / 64	3 100 000
Pentium II	1997	233 — 400	32 / 64	7 500 000
Pentium III	1999	450 — 1133	32 / 64	24 000 000
Pentium 4	2000	1600 — 2000	32 / 64	42 000 000

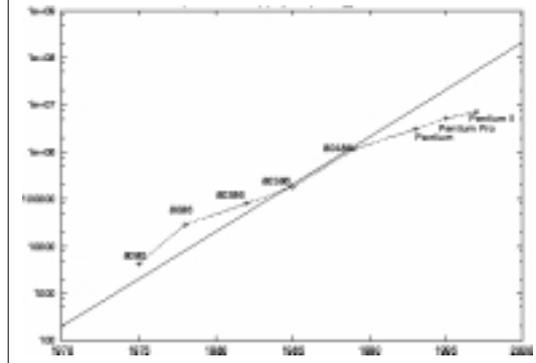
Legge di Moore

La legge di Moore afferma che il numero di componenti che si riesce ad integrare in un singolo chip raddoppia circa ogni 1.5 anni.

Questo equivale a dire che si tratta di una crescita esponenziale descritta dalla formula seguente:

$$N(t) = 20 \cdot 2^{\frac{(t-1965)}{1.5}}$$

Grafico confronto legge di Moore con lo sviluppo dei processori Intel



Dispositivi di Memorizzazione

- RAM
- ROM
- Dischi Magnetici (HD e FD)

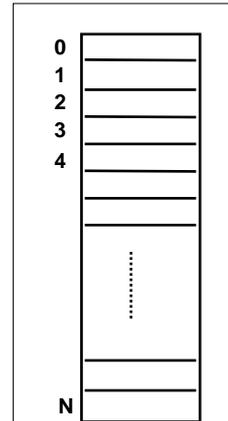
Dispositivi di Memorizzazione

Sono dispositivi elettronici e/o meccanici che permettono la memorizzazione di dati e programmi su circuiti integrati o su supporti magnetici o ottici.

A prescindere dal supporto utilizzato per la memorizzazione un dispositivo di memoria può essere visto come un insieme di celle consecutive in cui è possibile archiviare i dati:

I dispositivi di memorizzazione sono caratterizzati

- Capacità (quantità di informazione archiviabile)
- Velocità di accesso
- Dimensione cella
- *Bandwith*: quantità di informazione al secondo che può essere archiviata



Possono essere classificati in base a:

- persistenza della memorizzazione:

VOLATILI

I dati restano memorizzati fino a quando è garantita l'alimentazione elettrica

- RAM

PERMANENTI

I dati restano memorizzati anche in assenza di alimentazione

- ROM
- HD e FD
- CD e DVD

- operazioni possibili sul supporto:

SCRIVIBILI

I dati possono essere letti e scritti

- ROM
- HD e FD
- CD e DVD

NON SCRIVIBILI

I dati possono solo essere letti

- ROM

- accesso ai dati:

DIRETTO

Il tempo di accesso ad ogni cella di memoria è lo stesso (detto anche casuale)

- RAM
- HD

SEQUENZIALE

L'accesso ai dati è di tipo sequenziale: i dati con l'indirizzo sono letti per ultimi.

- Sistemi a nastro

RAM *Random Access Memory*

Rappresenta la Memoria Centrale del computer e quindi svolge la funzionalità di salvare i dati ed i programmi durante il funzionamento della macchina.

È un dispositivo di memoria:

- scrivibile,
- volatile
- ad accesso diretto

È implementato su appositi circuiti integrati e può essere di tipo:

- **DRAM** (Dynamic RAM): il tipo più diffuso, altamente volatile, deve essere aggiornata continuamente, economica
- **SRAM** (Static RAM): può mantenere i dati finché è alimentata, molto più veloce e costosa della DRAM, viene utilizzata per realizzare la *memoria cache*

RAM *Random Access Memory*

È implementata su appositi circuiti integrati e può essere di tipo:

- **DRAM** (Dynamic RAM): il tipo più diffuso, altamente volatile, deve essere aggiornata continuamente, economica
- **SRAM** (Static RAM): può mantenere i dati finché è alimentata, molto più veloce e costosa della DRAM, viene utilizzata per realizzare la *memoria cache*

Dynamic RAM

Tipi di RAM

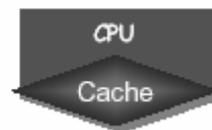
- **SDRAM (Synchronous Dynamic RAM)**
 - Riescono a sincronizzarsi con il processore
- **RDRAM (Rambus DRAM)**
 - Innovative e costose
 - 6 volte più veloci delle SDRAM
- **Installazione fisica**
 - SIMMs: (single) 32-bit data path verso la CPU
 - DIMMs: (dual) 64-bit data path verso la CPU
 - RIMMs: RDRAM chips (+ veloci)



Static RAM

Cache Memory

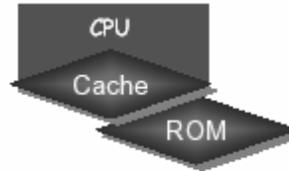
- Velocissima e costosa
 - (molto più della RAM)
- Capacità molto inferiore alla RAM
- Mantiene le prossime istruzioni da eseguire
 - come fa a sapere quali sono?
- Aumenta notevolmente il throughput del sistema di calcolo
 - vedremo come....



ROM (*Read Only Memory*)

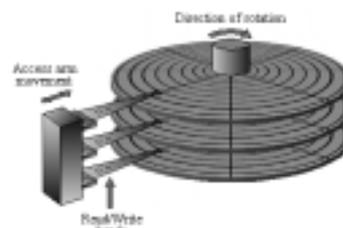
ROM

- ROM: Read Only Memory
- Mantiene permanentemente dati e istruzioni
 - non volatile
 - non programmabile dall'utente
- es. Mantiene istruzioni del sistema operativo nella fase di boot
- PROM: variante della ROM
 - programmabile una volta (non volatile)
 - costosa
- EPROM: variante della ROM
 - (ri-)programmabile e cancellabile (non volatile)
 - costosa

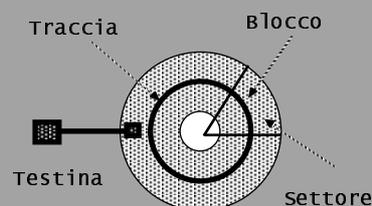


Hard Disk HD

Tecnologia basata sulla magnetizzazione *permanente*: i due diversi stati di polarizzazione corrispondono alle due unità fondamentali di informazione (bit)



I dischi sono suddivisi in tracce concentriche e settori, ogni settore è una “fetta” di disco. I settori suddividono ogni traccia in porzioni di circonferenza dette blocchi (o record fisici)



La suddivisione della superficie di un disco in tracce e settori viene detta **formattazione**

Floppy Disk HD

I floppy disk (*dischetti flessibili*) sono supporti rimovibili

Ogni computer è dotato di almeno una unità di lettura-scrittura detta *drive*, all'interno della quale l'utente può inserire i propri dischetti

I floppy disk sono di materiale plastico e ricoperti da un piccolo strato di sostanza magnetizzabile

I tempi di accesso sono più alti di quelli dei dischi rigidi (c.a. 500 giri al secondo)

Oggi sono comuni floppy disk da 3.5" hanno una capacità di memorizzazione dai 500 KByte ai due Mbyte, a seconda della densità (standard è 1,44MB, 80 tracce e 18 settori)

A differenza degli hard disk i floppy disk sono *mantenuti fermi* fino a quando non si deve accedere ad essi

Prestazioni memoria

TIPO	CAPACITA'	ACCESSO	BANDWIDTH
Registro	< 1KB	< 0,5ns	20 000 ~ 100 000
Cache	< 2MB	< 10ns	5000 ~ 10 000
RAM	< 4GB	< 100ns	1000 ~ 5000
HD	< 50GB	< 10ms	20 ~ 40
CD (DVD)	< 50GB	<100ms	1~5

CD-ROM

Acronimo di *Compact Disc Read Only Memory* (Memoria a sola lettura su Compact Disc). Disco simile a un Compact Disc audio, sul quale possono essere memorizzati dati, suoni, immagini e filmati. Può contenere circa 640 MB di dati. Un normale CD-ROM può essere solamente letto, ma esistono anche supporti registrabili e riscrivibili (CD-R e CD-RW, vedi Masterizzatore).

CD-ROM (drive)

Periferica per la lettura di dischi CD-ROM, in grado di leggere CD-ROM contenenti dati e normali Compact Disc audio. La velocità di trasferimento dati che un drive CD-ROM può raggiungere si esprime in multipli di quella di un normale CD audio (150 Kb/sec). Tale velocità non è costante, ma varia in generale a seconda della porzione del disco a cui il drive accede in un determinato istante (a parità di velocità di rotazione, infatti, le tracce esterne girano con velocità lineare superiore a quelle interne). L'indicazione fornita dal costruttore corrisponde di solito alla massima velocità di trasferimento raggiungibile.