



---

# Architettura di un elaboratore



# Hardware e Software

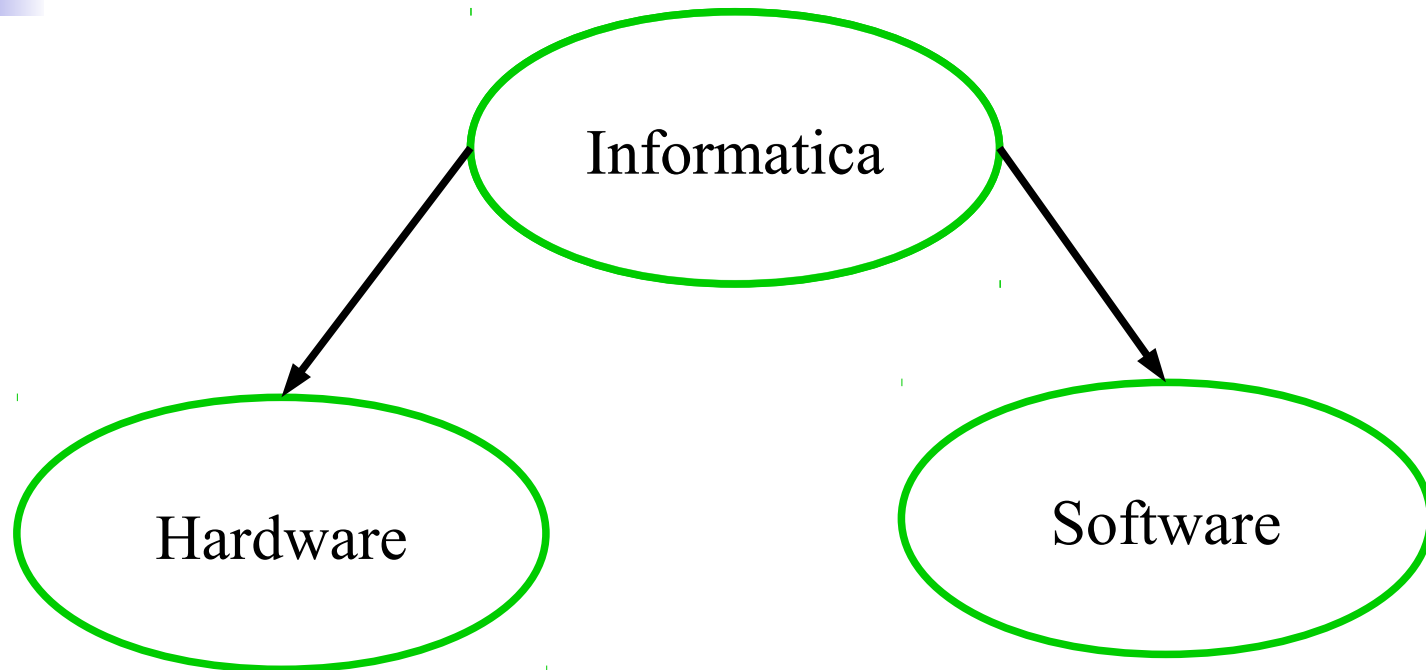
---

Hardware (componente fisica): è l'insieme delle componenti fisiche del sistema

Software (componente logica): è l'insieme dei programmi che vengono eseguiti dal sistema.

- i programmi e i dati sono organizzati in file
- un file è un archivio organizzato secondo un certo criterio e residente in memoria
- i file di dati contengono informazioni (testi, numeri, immagini, suoni)
- i file di programmi contengono sequenze di istruzioni

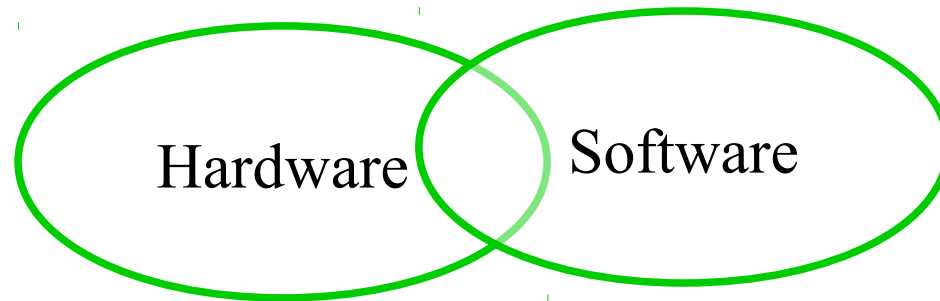
...continua...



insieme dei componenti fisici

insieme dei programmi che consentono al calcolatore di operare e di elaborare dati

...continua...



Firmware: circuiti programmati

# Cenni storici

Mani, Abaco, Pallottoliere

**Azionate a manovella**

1623-1662: Blaise Pascal

dispositivo meccanico per l'esecuzione di somme e sottrazioni

1646-1716: Gottfried Wilhelm von Leibniz  
moltiplicazioni e divisioni

1792-1871: Charles Babbage  
"difference engine" per il calcolo di polinomi



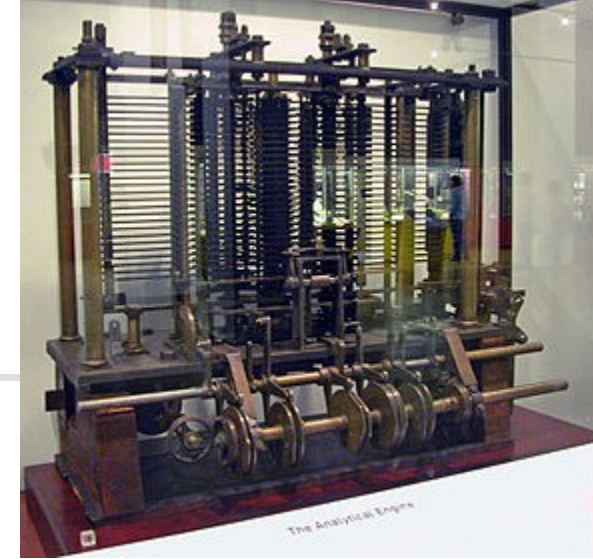
...continua...

1792-1871: Charles Babbage  
"analytical engine" per calcoli generici

anni '30 e '40: Konrad Zuse (Germania)  
macchine calcolatrici automatiche basate su relè elettromagnetici

anni '30: John Atanasoff  
aritmetica binaria, memoria su condensatori rinfrescati periodicamente

anni '40: Howard Aiken (USA)  
implementa il lavoro di Babbage sfruttando i relè elettromagnetici: Mark I





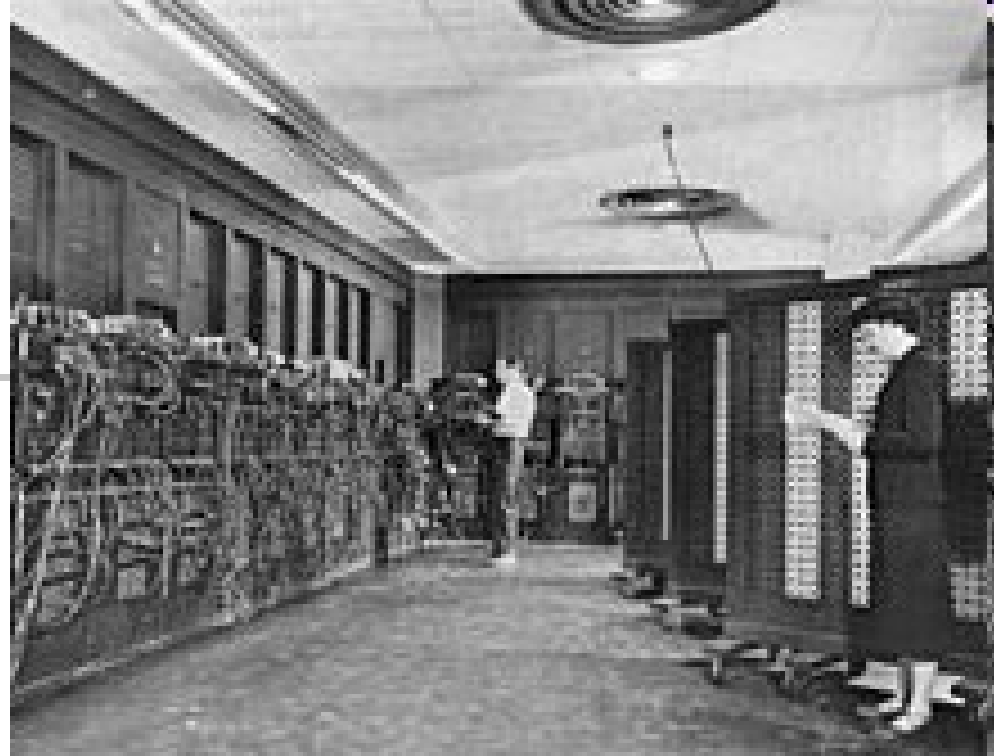
...continua...

---

1943: COLOSSUS (Inghilterra)  
a valvole termoioniche

1946: ENIAC  
18 000 valvole, 1500 relè e 30 tonnellate, superficie 180 mq

John von Neumann  
programmi e dati in forma binaria nella stessa memoria





...continua...

---

1948: John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley  
transistor

Sviluppo della tecnologia d'integrazione

360 di IBM

PDP-11 di DEC

VLSI

$10^5$ – $10^7$  transistor integrati per chip

Apple (CPU Motorola)

IBM e compatibili (CPU Intel)





# Caratteristiche dell'architettura

---

*flessibilità di uso:* non specializzata

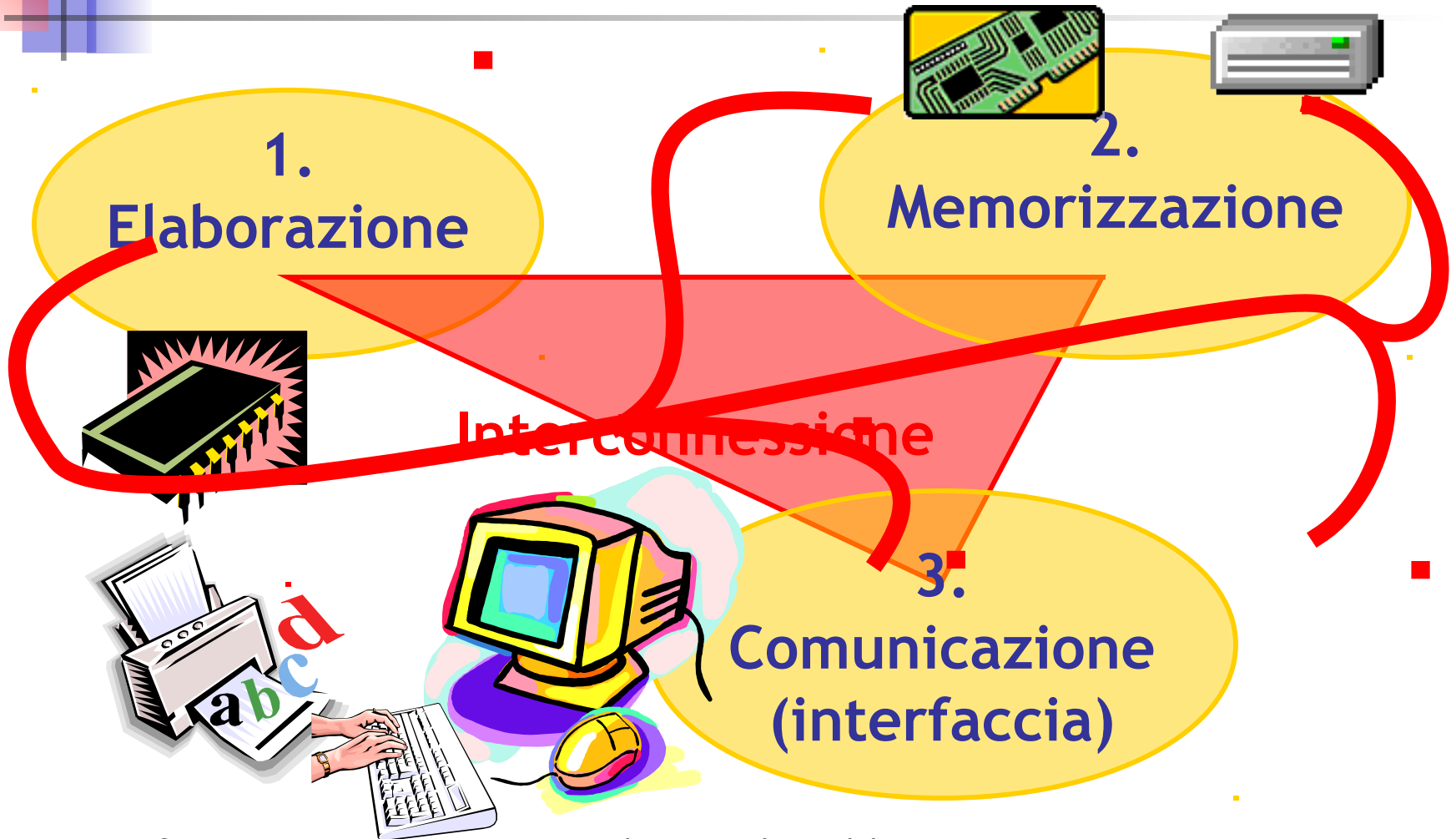
*modularità della struttura:* a ogni componente viene demandato lo svolgimento di una funzione specifica del sistema complessivo

*standardizzazione dei componenti:* interfaccia

***modularità + standardizzazione*** = upgrade e estendibilità

*semplicità ed economicità*

# Modello concettuale



# La macchina di Von Neumann



---

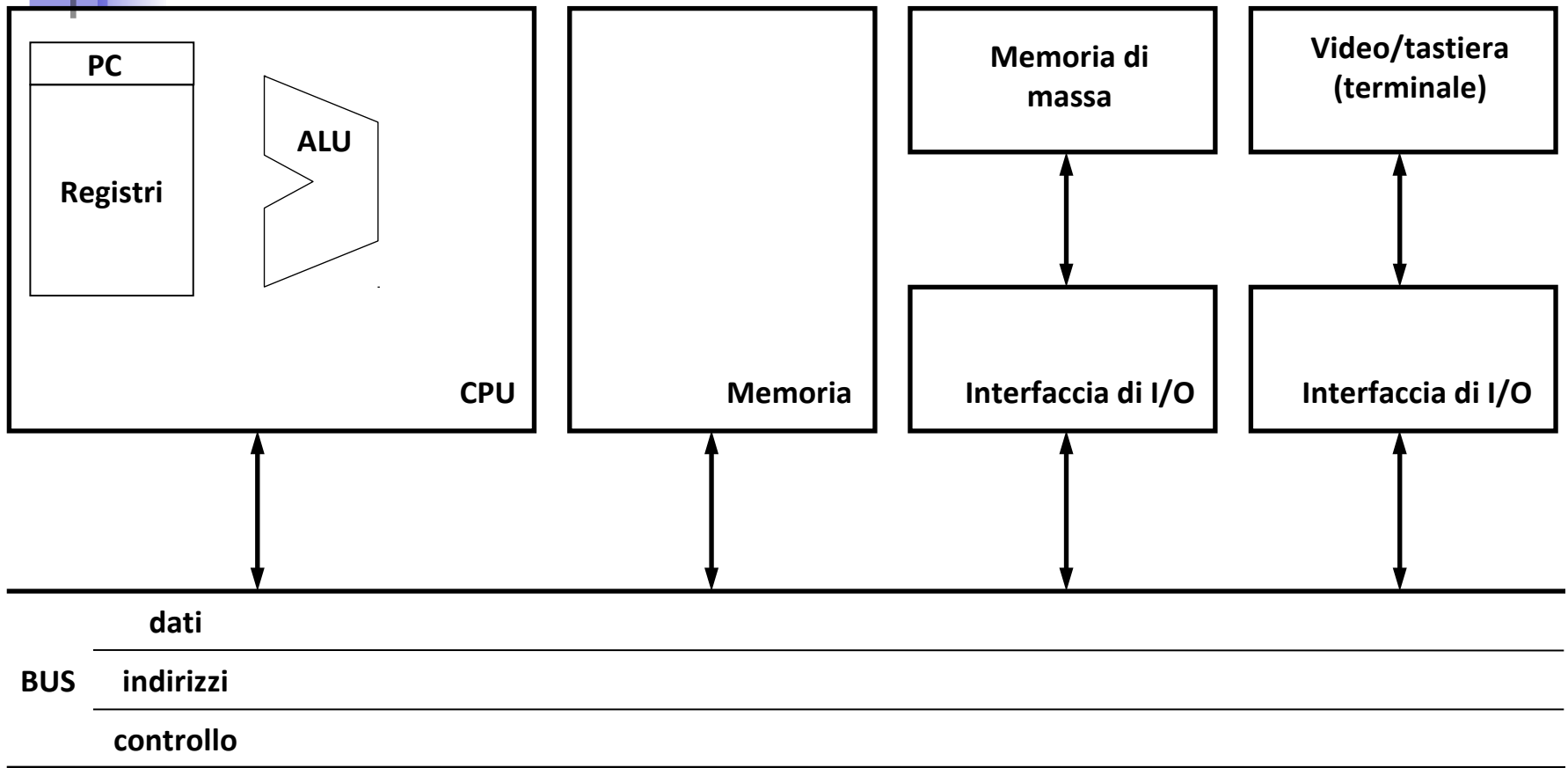
- L'architettura dell'hardware di un calcolatore reale è molto complessa: la macchina di Von Neumann è un modello semplificato dei calcolatori moderni
- Von Neumann progettò, verso il 1947, il primo calcolatore con programmi memorizzabili anziché codificati mediante cavi e interruttori
  - Unità centrale di elaborazione (CPU)
  - Memoria Centrale
  - Memoria di Massa
  - Dispositivi di Ingresso Uscita (I/O)
  - Dispositivi di collegamento (Bus)

# ...continua...

5 tipi di componenti funzionali della macchina di Von Neumann:

- unità centrale di elaborazione (CPU – Central Processing Unit): esegue istruzioni per l'elaborazione dei dati e svolge anche funzioni di controllo
- memoria centrale: memorizza e fornisce l'accesso a dati e programmi in esecuzione
- memoria di massa: memorizza permanentemente i dati ed i programmi. Prevede accessi in lettura e scrittura
- interfacce di ingresso e uscita: componenti di collegamento con le periferiche del calcolatore
- bus: svolgono funzioni di trasferimento di dati, indirizzi e di informazioni di controllo tra le varie componenti funzionali

...graficamente...





# CPU (Central Processing Unit)

---

Il processore fornisce la capacità di elaborazione delle informazioni contenute nella memoria principale

- l'elaborazione avviene in accordo a sequenze di istruzioni
- il linguaggio in cui sono scritte queste istruzioni è chiamato linguaggio macchina

**Programma:** specifica univoca di una serie di operazioni che l'elaboratore deve svolgere ed è costituito da una sequenza ordinata di istruzioni macchina.

Il ruolo del processore è quello di eseguire programmi in linguaggio macchina



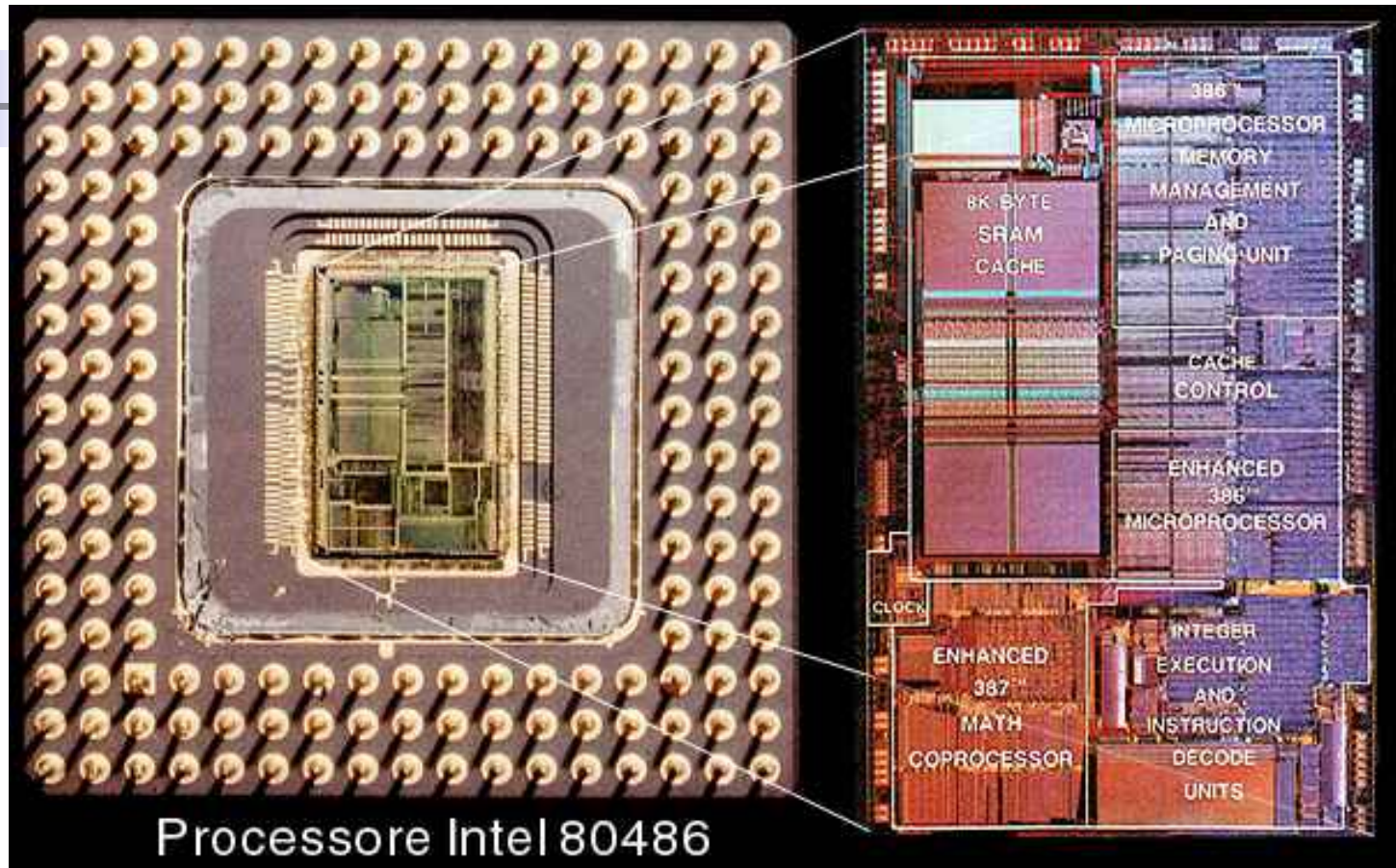
## ...continua...

---

Le successioni di istruzioni che la CPU è in grado di interpretare, scritte in linguaggio macchina, sono eseguite in base ai seguenti principi:

- dati e istruzioni sono memorizzati in una memoria *unica* che permette sia la scrittura che la lettura;
- i contenuti della memoria sono indirizzati in base alla loro posizione, indipendentemente dal tipo di dato o istruzione contenuto;
- le istruzioni vengono eseguite in modo sequenziale.

...continua...



Processore Intel 80486

La CPU o microprocessore è un chip integrato costituito da una piccola piastra di silicio sulla cui superficie sono inseriti milioni di transistor miniaturizzati.





# Parti della CPU

---

**REGISTRI:** celle interne alla CPU che devono contenere l'istruzione da eseguire, i dati da elaborare, e informazioni accessorie (es. eventuali anomalie generate dall'esecuzione) sullo stato della CPU.

## *Data path*

1. si occupa dell'effettiva elaborazione dei dati contenuti nei registri
  - ☞ una o più ALU
  - ☞ registri

**Unità di controllo:** esegue operazioni finalizzate al trasferimento dati o al controllo dell'esecuzione dei programmi.

1. coordina le operazioni di tutto il processore
2. regola il flusso dei dati e indica quali registri debbano essere collegati agli ingressi e all'uscita dell'ALU
3. invia all'ALU il codice dell'operazione da eseguire
4. riceve indicazioni sull'esito dell'operazione appena eseguita dall'ALU e gestisce opportunamente queste informazioni
  - ☞ registri di uso specifico



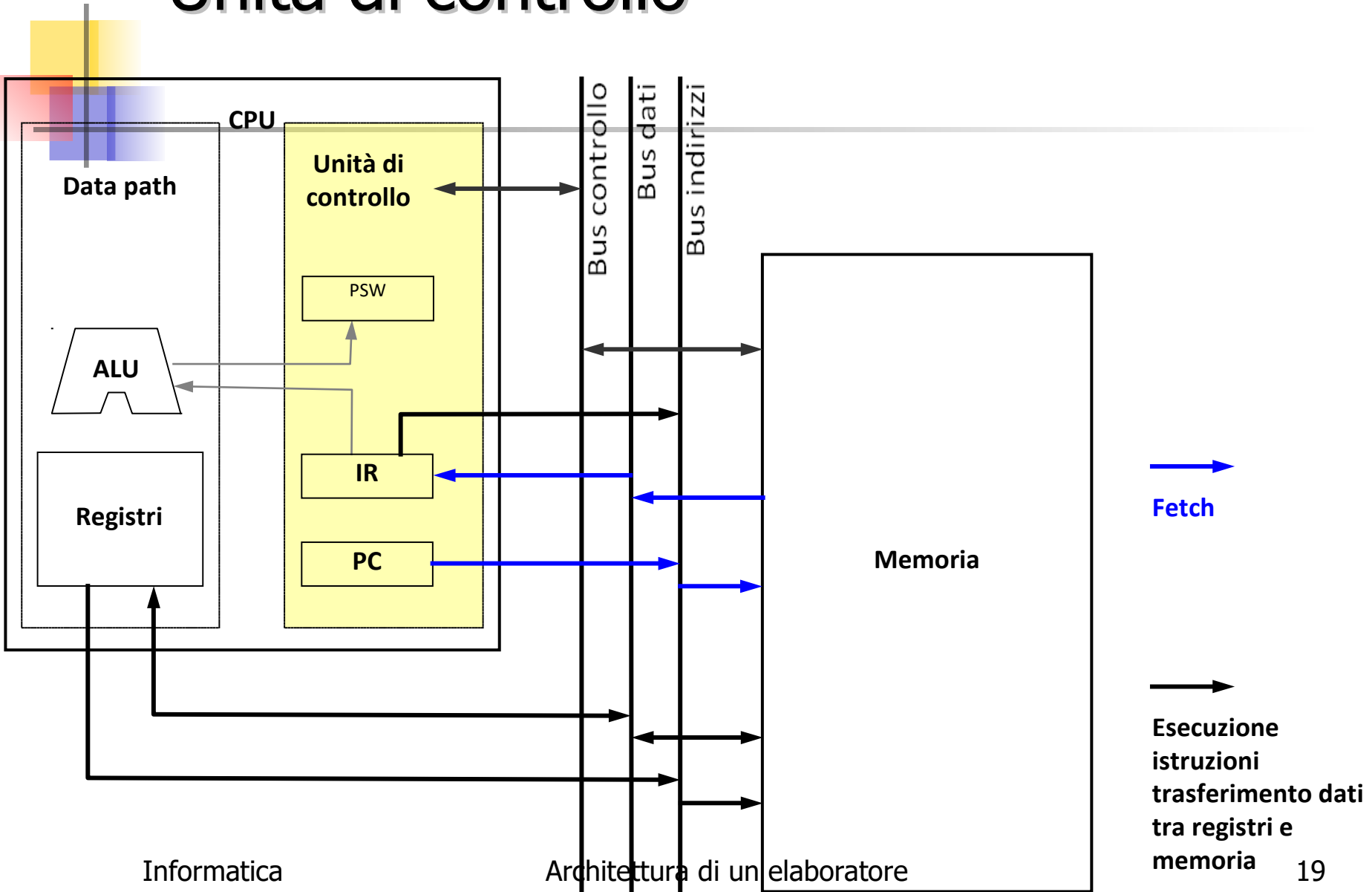
# L'unità di controllo UC

---

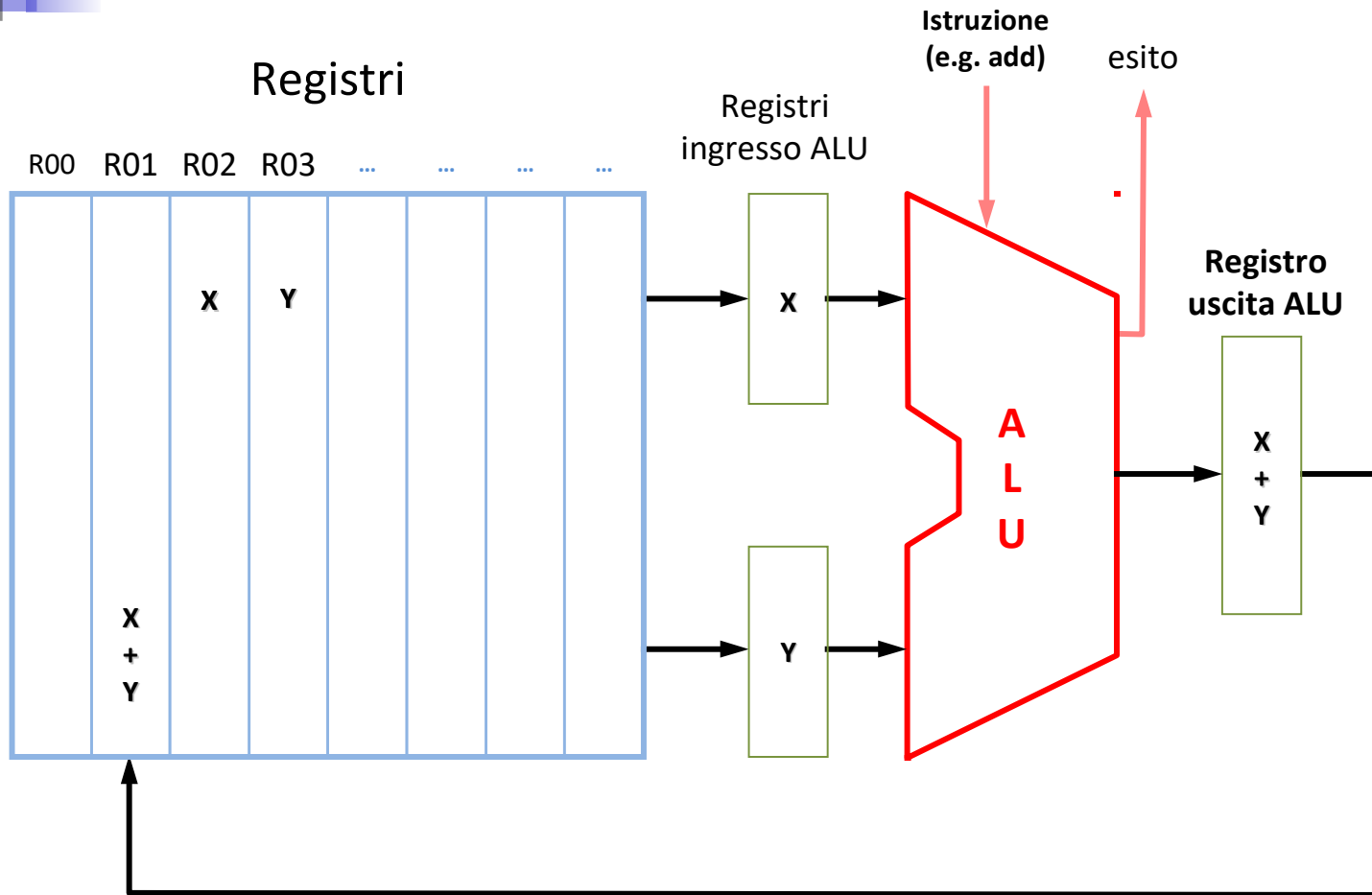
L'Unità di Controllo (CU) si occupa di coordinare le diverse attività che vengono svolte all'interno del processore

- Il processore svolge la sua attività in modo ciclico: ad ogni ciclo corrisponde l'esecuzione di una istruzione macchina
- Ad ogni ciclo vengono svolte diverse attività controllate e coordinate dalla CU chiamate fetch-decode-execute:
  - si legge, cioè si carica, dalla memoria principale la prossima istruzione da eseguire (fetch);
  - si decodifica l'istruzione e si caricano eventuali dati dalla memoria (decode)
  - si esegue l'istruzione (execute)
  - si memorizza un eventuale risultato (informazione elaborata) in memoria

# Unità di controllo



# Data path



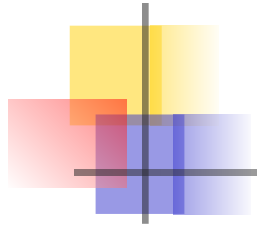


# Unità Logico Aritmetica (ALU)

---

- L'Unità Logico Aritmetica (ALU) è costituita da un insieme di circuiti in grado di svolgere le operazioni di tipo aritmetico e logico
- La ALU legge i dati contenuti all'interno dei registri generali, esegue le operazioni e memorizza il risultato in uno dei registri generali
- Vi sono circuiti in grado di eseguire la somma di due numeri binari contenuti in due registri e di depositare il risultato in un registro e circuiti in grado di eseguire il confronto tra due numeri
  - Sempre più spesso alla ALU si affianca un processore specializzato per effettuare operazioni matematiche particolari, il coprocessore matematico

# Clock



La frequenza dell'impulso di sincronizzazione determina la velocità con cui le varie fasi delle operazioni di controllo ed esecuzione effettuate dalla CPU sono svolte



# Parametri CPU

---

- Frequenza clock (multipli Hz)
- Dimensione registri e bus dati (bit)
- Frequenza bus (MT/s)

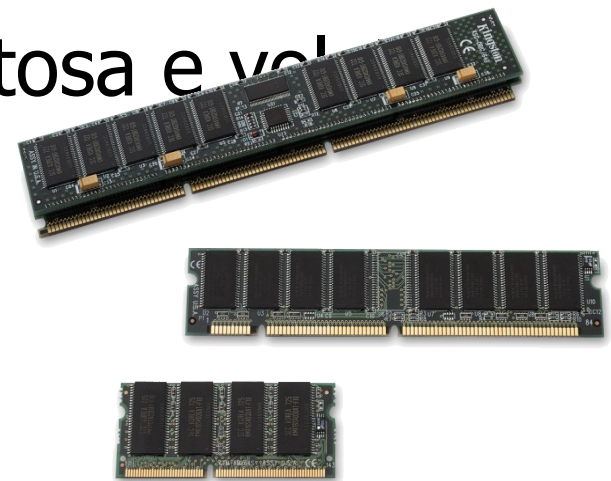
# Memorie: classificazione

## Funzione:

### 1. Supporto alla CPU

deve fornire alla CPU dati e istruzioni il più rapidamente possibile

- elettronica: veloce, ma costosa e vol





# ...continua...

## 2. Archivio

deve consentire di archiviare dati e programmi garantendone la conservazione e la reperibilità anche dopo elevati periodi di tempo

- magnetica, ottica, elettronica: non volatile ed economica, ma lenta



Informatica



Architettura di un elaboratore



# ...continua...

---

## Legge fisica

## Volatilità

## Velocità

- ☞ **access time:** intervallo di tempo tra il momento in cui una richiesta di accesso dalla CPU arriva alla memoria e l'istante in cui la memoria termina il proprio compito
- ☞ **tempo di ciclo:** tempo di accesso + tempo che deve trascorrere prima che possa iniziare un successivo accesso alla memoria
- ☞ **transfer rate:** quantità di dati trasferiti nell'unità di tempo



# ...continua

---

Capacità (multipli byte)

Costo (per bit)

Modalità di accesso

- diretta
- sequenziale
- mista



# La memoria centrale (RAM)

---

Mantiene al proprio interno i dati e le istruzioni dei programmi in esecuzione

Caratteristiche: volatile, riscrivibile, veloce, *meno* capace, costosa, ad accesso diretto

- DRAM
- SRAM



# ...continua...

---

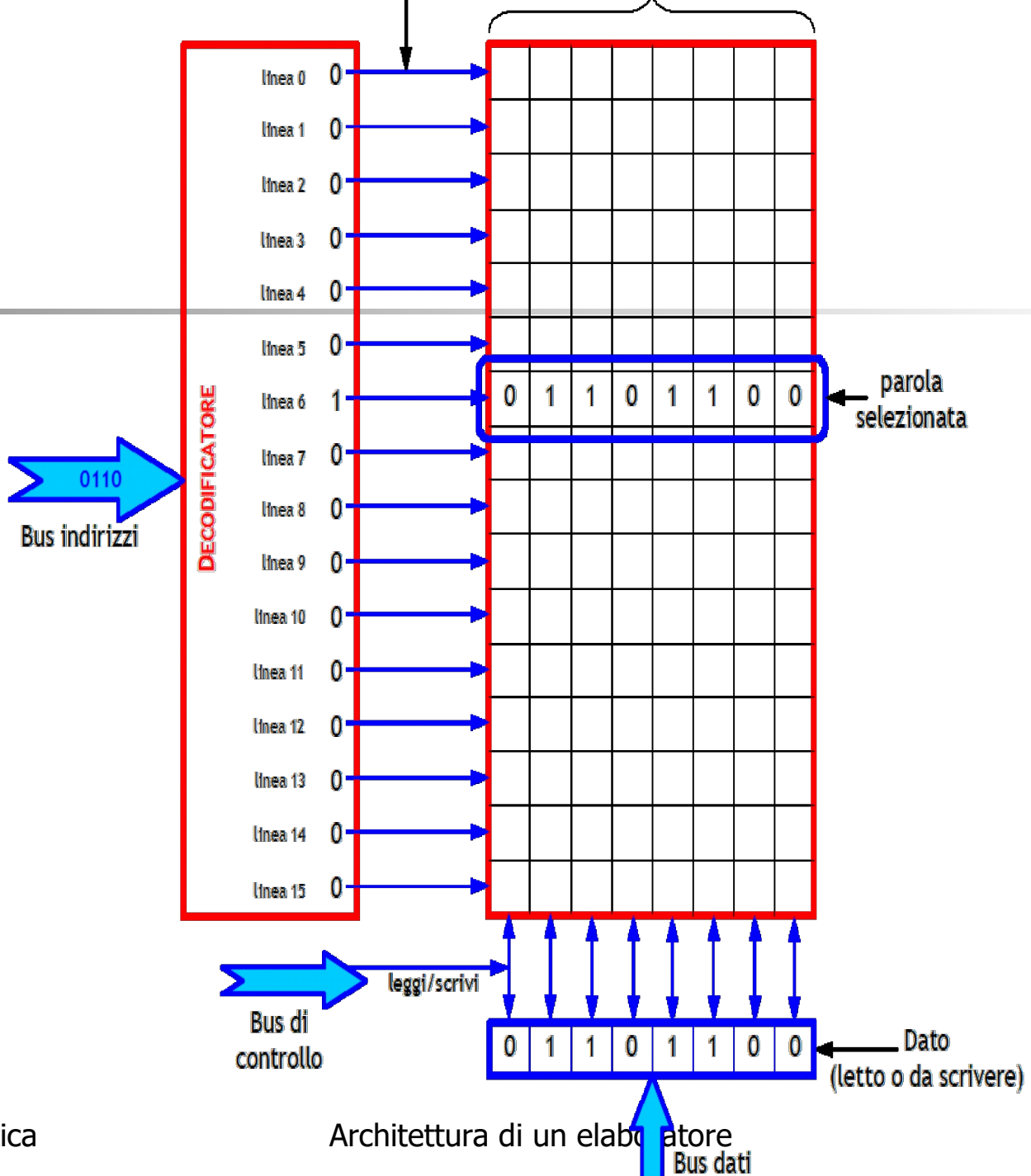
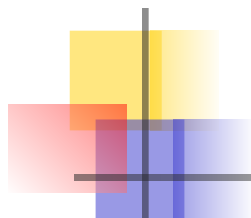
- La memoria centrale è detta RAM (Random Access Memory), cioè "Memoria ad accesso casuale". Non significa che i dati sono sparpagliati a caso. Vuol dire che al processore occorre sempre lo stesso tempo per accedere a una qualsiasi, casuale, parte della memoria
- La RAM è una memoria veloce e i dati rimangono finché il computer è in funzione. Quando si spegne la RAM si svuota



...continua...

---

Costituita da una successione di elementi bistabili raggruppati in celle di uguale lunghezza, ciascuna dotata di un indirizzo univoco (posizione all'interno della sequenza)





# Memoria vs CPU

---

Le CPU sono sempre state più veloci delle memorie

- ☞ l'aumento di integrazione ha consentito di realizzare CPU pipeline e super scalari, molto efficienti e veloci;
- ☞ nelle memorie è aumentata la capacità più che la velocità.

L'accesso alla memoria passa attraverso il bus

- ☞ la frequenza di funzionamento del bus è molto più bassa di quella della CPU;
- ☞ il bus può essere impegnato ad effettuare trasferimenti controllati da dispositivi di I/O "autonomi" (e.g. DMA).

È difficile riordinare le istruzioni in modo da poter sfruttare i tempi di attesa della memoria.

È possibile fare memorie molto veloci se stanno nel chip della CPU, ma sono piccole e costose.



# Memoria Cache



---

- Nello schema di funzionamento di un calcolatore il processore continuamente preleva informazioni ed istruzioni dalla memoria centrale e scrive in essa informazioni
- La memoria centrale, il bus ed il processore lavorano a velocità diverse. La velocità complessiva del sistema è determinata dal componente più lento
- Per accelerare questa interazione si impiega una memoria ad alta velocità localizzata tra processore e memoria centrale detta CACHE

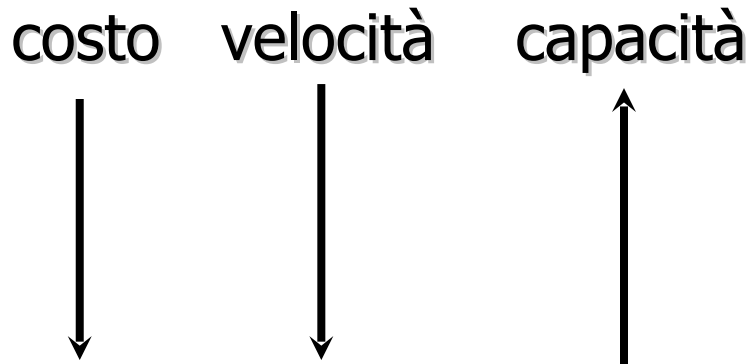
# ...continua...



---

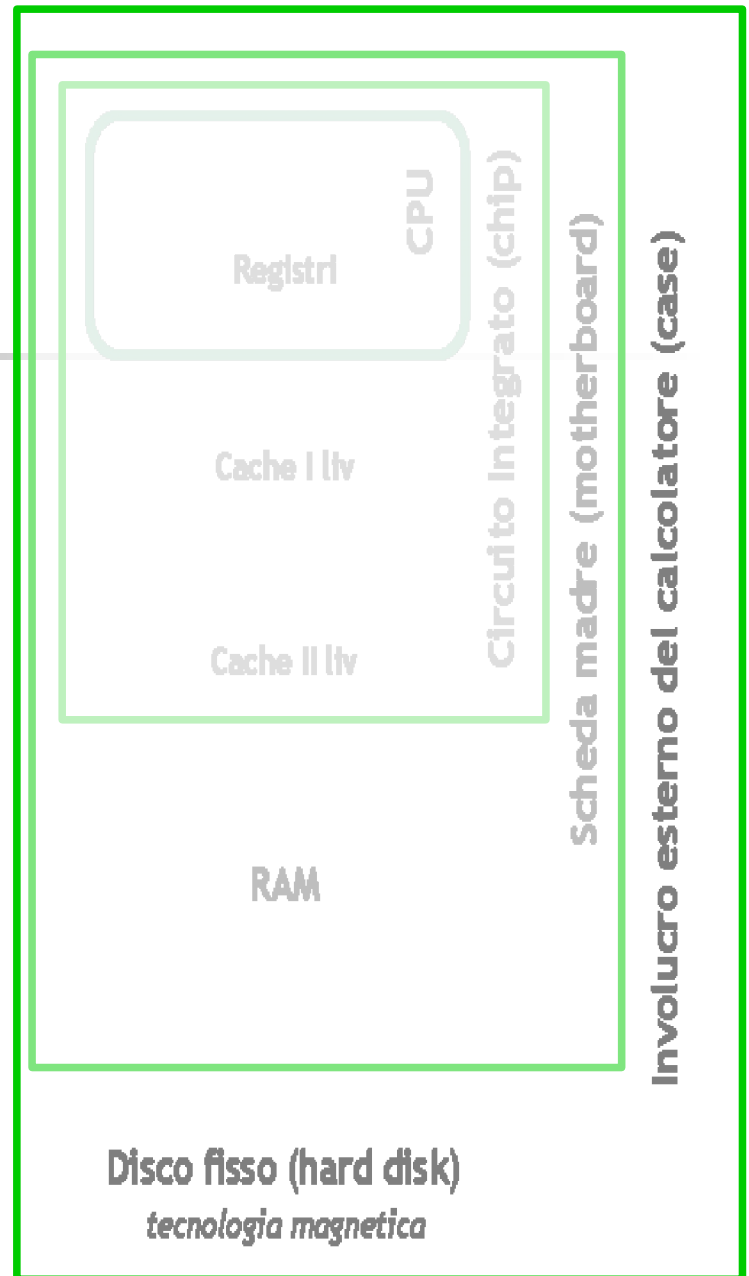
- Se il processore ha bisogno di leggere un dato o un'istruzione dalla memoria centrale la cerca prima nella cache che è molto più veloce
- Se il dato o l'istruzione non si trovano memorizzati nella cache allora il processore chiede alla memoria centrale di fornire l'elemento richiesto
- Ci sono alcune politiche (località spaziale + località temporale) per decidere cosa memorizzare nella cache
- Se dati ed istruzioni più frequentemente usati dal processore si trovano nella cache allora si ha una grande velocizzazione delle operazioni (si evita il tempo che è necessario per accedere alla RAM tramite il bus)

# Gerarchia



## Supporti esterni

<i>tecnologia magnetica (HD esterni)</i>	<i>tecnologia ottica (CD, DVD)</i>	<i>tecnologia elettronica (flash disk)</i>
--	--	--



# La Memoria ROM



---

ROM (Read Only Memory): ogni volta che viene acceso il computer esegue un piccolo programma contenuto nella ROM che:

- identifica il processore
- controlla la quantità di RAM verificandone il funzionamento
  - esamina l'hard disk e le periferiche collegate effettuando test diagnostici di base che controllano lo stato delle periferiche stesse
- legge il settore dell'hard disk in cui sono contenute le istruzioni per l'avvio del sistema (carica nella memoria principale la parte principale del sistema operativo (kernel))



# ...continua...

---

- ☞ **ROM:** elettronica, permanente e di sola lettura
- ☞ **PROM:** elettronica, permanente, programmabile un'unica volta tramite impulsi elettrici
- ☞ **EPROM:** elettronica, permanente, cancellabile tramite raggi ultravioletti e riprogrammabile con attrezzatura specifica
- ☞ **EEPROM:** elettronica, permanente, riprogrammabile tramite impulsi elettrici
  - **Flash:** elettronica, permanente, riprogrammabile



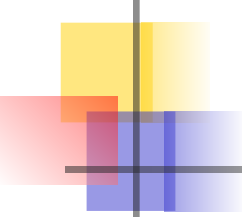
# Le periferiche

---

dispositivo che si trova alla "periferia" del calcolatore

dedicato a svolgere le operazioni di raccolta dei dati o di presentazione dei risultati

collegato al calcolatore attraverso un'interfaccia connessa al bus di sistema



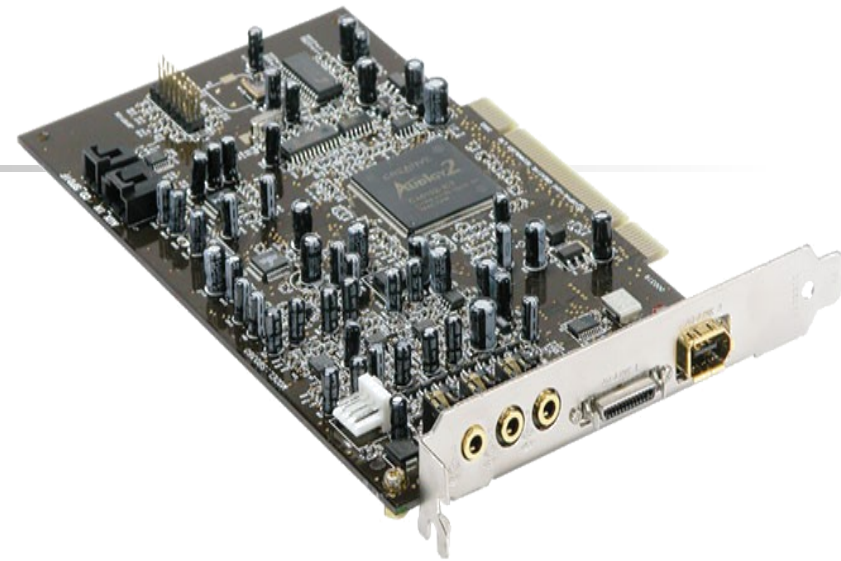
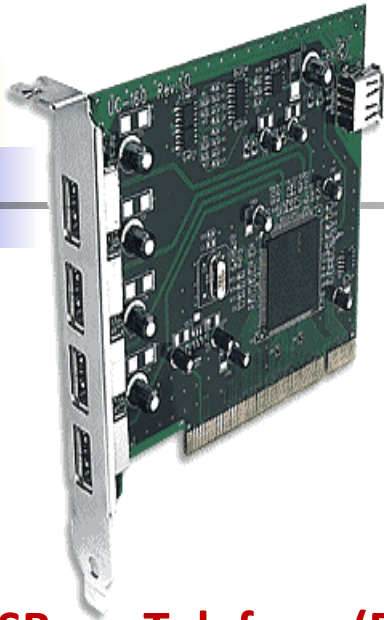
# Periferica $\leftrightarrow$ Calcolatore

---

Ogni periferica è controllata da un'interfaccia

- ☞ traduce i segnali del calcolatore in un formato appropriato per la periferica stessa
- ☞ realizzata tramite una scheda inserita nel case del calcolatore e connessa al bus mediante opportuni connettori
- ☞ il collegamento con le periferiche avviene attraverso porte di ingresso/uscita predisposte sulla scheda stessa e accessibili dall'esterno

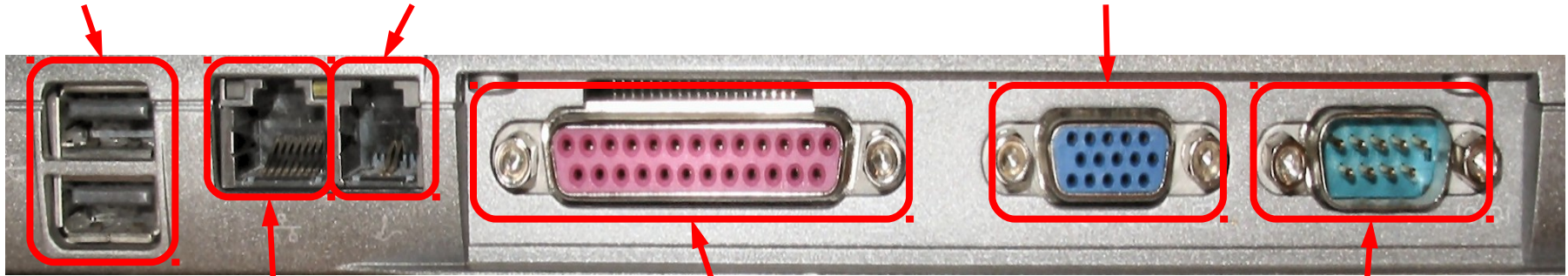
...continua...



Porte USB

Telefono (RJ11)

Video (VGA)



Rete (RJ45)

Parallela (Centronics/DB-25)

Seriale (RS-232)



# Collegamento a bus: pro e contro



---

## Semplicità

un'unica linea di connessione

## Estendibilità

aggiunta di nuovi dispositivi molto semplice

## Standardizzazione

regole per la comunicazione da parte di dispositivi diversi

## Lentezza

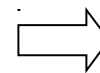
utilizzo in mutua esclusione del bus

## Limitata capacità

al crescere del numero di dispositivi collegati

## Sovraccarico del processore

perchè funge da *master* sul controllo del bus



Bus dedicati

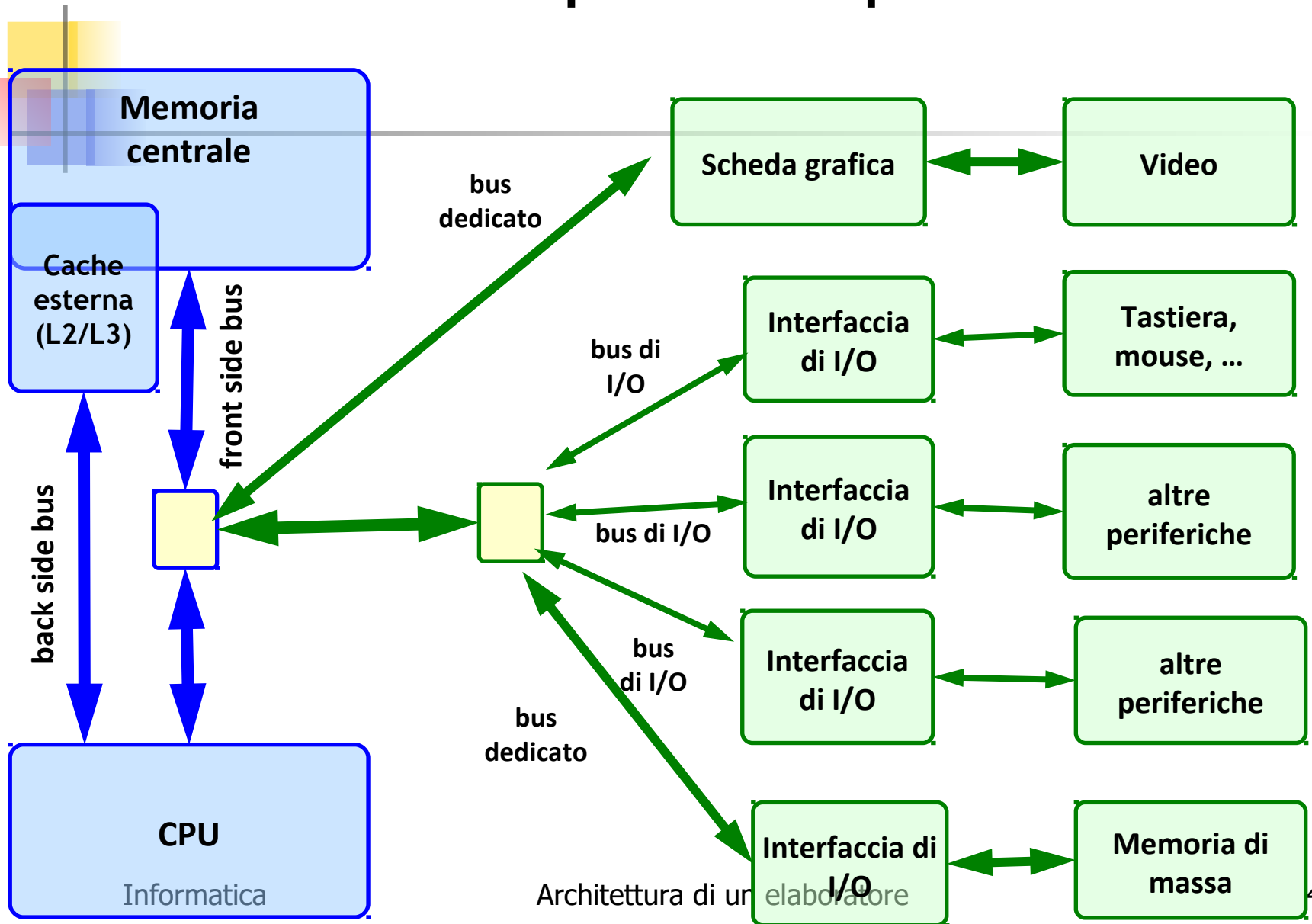
# I bus



---

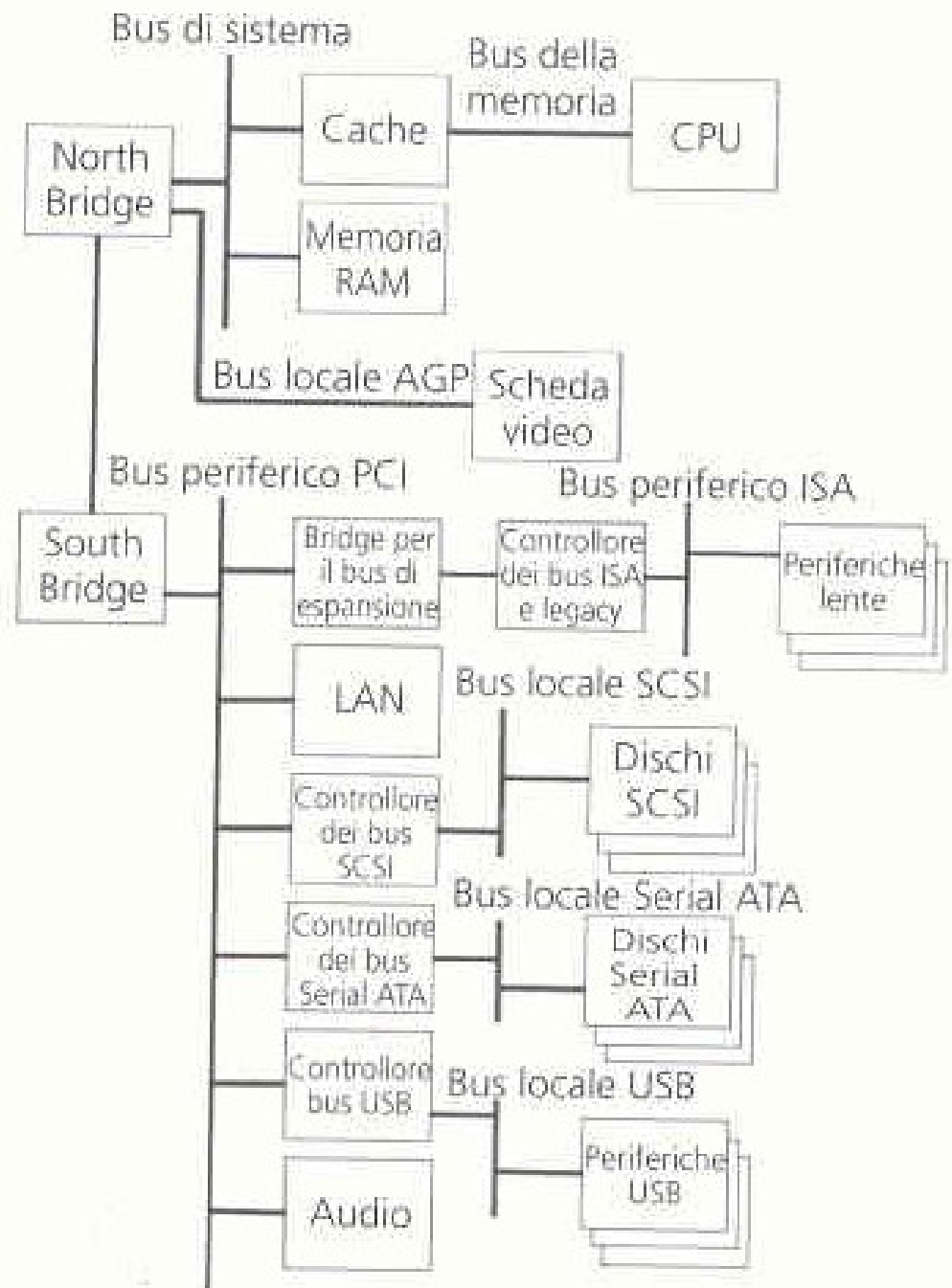
- Il processore e gli altri componenti elettronici comunicano per mezzo di impulsi elettrici
- Questi impulsi viaggiano attraverso piste di rame tracciate sulla scheda madre, dette **bus**. Il numero di linee determina l'ampiezza del bus: oggi i bus possono essere a 32 o 64 bit
- Il bus che collega la CPU agli altri dispositivi del computer, fra cui la memoria centrale, si chiama system bus. In ogni istante di tempo il bus collega due unità funzionali: una trasmette i dati e l'altra li riceve, questo processo viene controllato dall'unità centrale di elaborazione

# Connessione punto a punto



# Architettura monoprocessore

Gerarchia di bus





# Tipi di bus

---

Esistono diversi bus per le diverse esigenze di collegamento:

Bus veloci, con un grossa banda per collegare le componenti più vicine al processore (costosi e con restrizioni fisiche):

- Bus locale (Front side bus)
- Bus di memoria
- Bus della cache: back-side bus

Bus più lenti connettono le periferiche esterne:

- Bus di sistema PCI, PCIe: bus per la connessione dei controllori.
- Bus per la connessione di specifici controllori: ISA, ATA, SCSI.
- Bus per dispositivi esterni: SCSI, USB, FireWire.
- Connessione scheda video con AGP (Accelerated Graphics Port)



# ...continua...

---

Le linee del bus vengono suddivise in tre categorie:

Bus dati: trasferisce dati

Bus indirizzi: trasferisce indirizzi; per esempio contenuto del registro indirizzi dall'unità di elaborazione centrale alla memoria.

Bus controlli: trasferisce un codice corrispondente all'istruzione da eseguire.

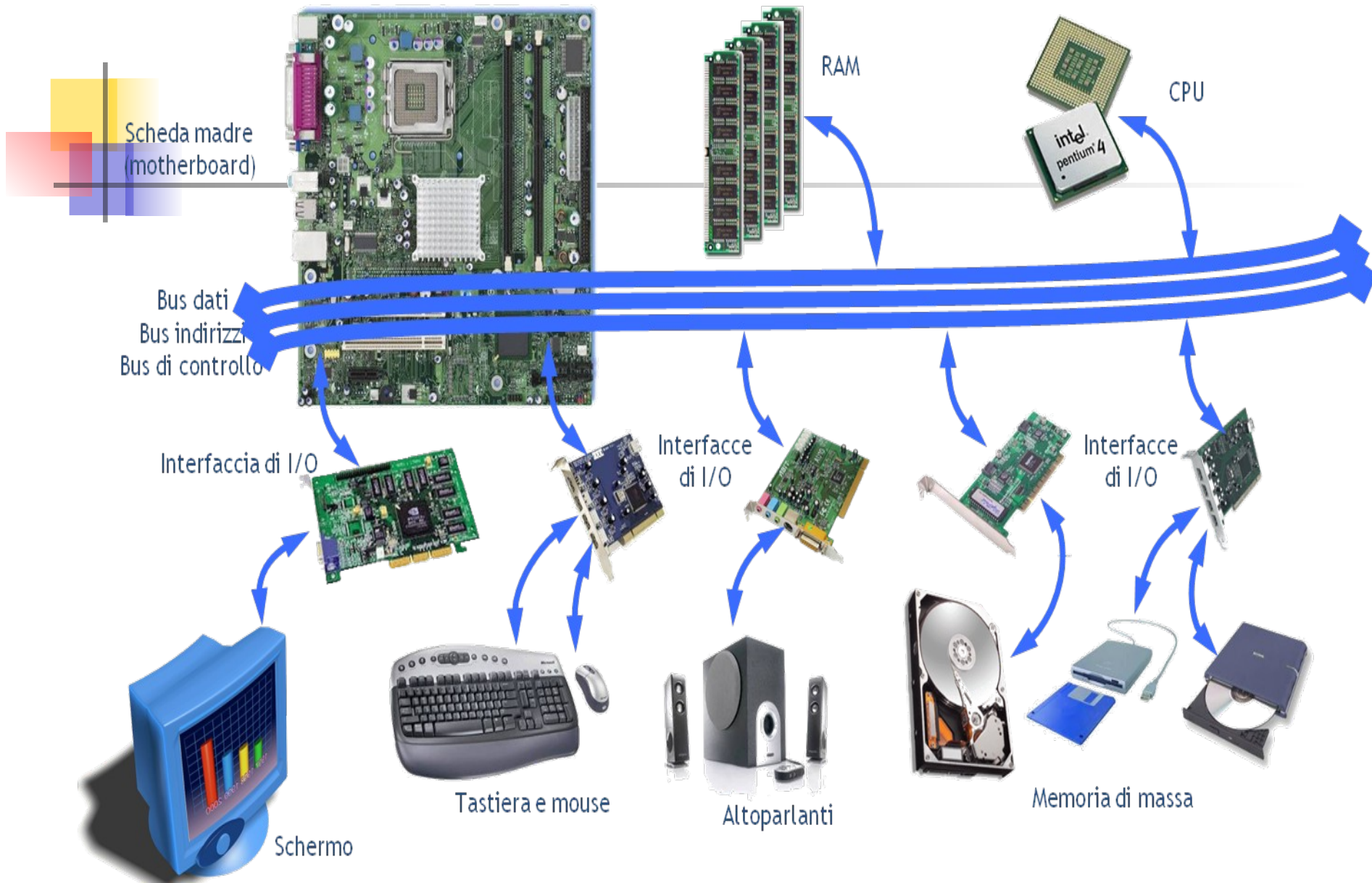
# Scheda Madre



---

La scheda madre (motherboard) è il supporto per la connessione di tutti i componenti interni del computer e contiene inoltre una serie di circuiti (chipset, cache, BIOS) adibiti al controllo delle varie parti.

Come indicato dal suo nome, la scheda madre è una scheda master, a forma di un grande circuito stampato che ha soprattutto dei connettori per le schede d'estensione, per la RAM, il processore, ecc. vi si trovano inoltre le prese per il collegamento dell'hard disk e dei drive per i dischi mobili.





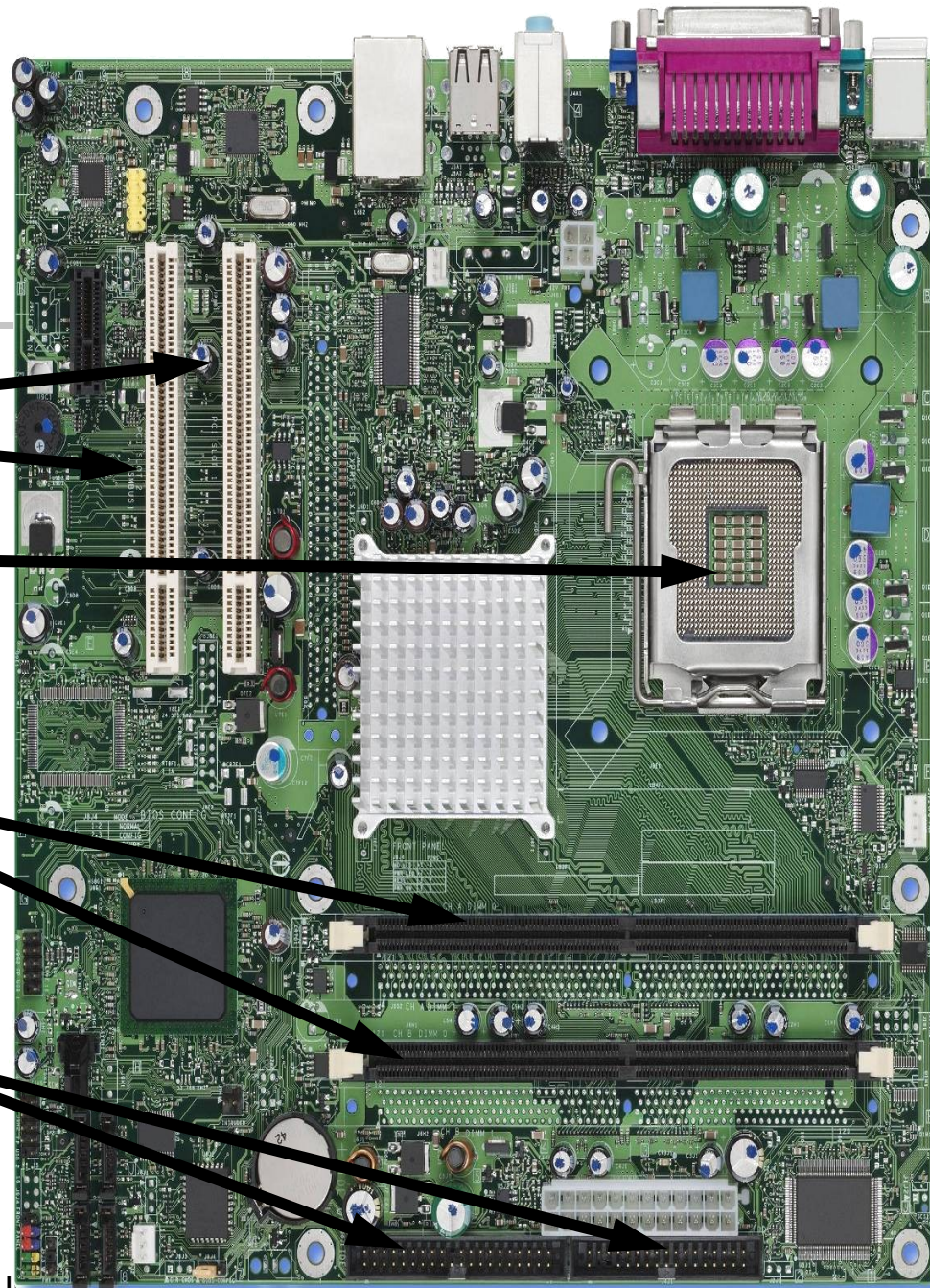
# Scheda madre

Connettori per schede  
di I/O aggiuntive

Zoccolo per CPU

Connettori per la memoria

Connettori per dischi fissi





# Componenti Scheda Madre

---

**Socket** per la CPU, è una parte fondamentale della MB che accoglie la CPU. Nelle schede embedded (o in quelle vecchie e molto economiche) è assente, e il processore è saldato direttamente sullo stampato. Il socket ha una serie di piedini (pin) che permettono il passaggio dati tra CPU e MB.

**Slot** per la RAM che possono essere di diversi tipi quanti sono i tipi di RAM.

**Chipset:** l'insieme di chip che si occupano di smistare e dirigere il traffico di informazioni passante attraverso il Bus di sistema, fra CPU, RAM e controller delle periferiche di input/output (come Hard disk ecc.).

# ...continua...



---

**ROM** *Read Only Memory*, è la piccola memoria presente su tutti i personal computer, che in alcuni casi può essere riprogrammata, (può essere PROM, EEPROM, flash o altro).

**Il bus di espansione.** Si tratta di un collegamento dati generico punto-multipunto, progettato per permettere di collegare alla scheda madre delle altre *schede di espansione* alloggiare su connettori (*slot*), che ne estendono le capacità. In linea di principio ad un bus può essere collegato hardware di ogni tipo: schede video aggiuntive, schede audio professionali, schede acquisizione dati, unità di calcolo specializzate, scheda video, ecc...



# Tipi di periferiche

---

- ☞ dispositivi per memoria di massa e archiviazione non volatile
- ☞ dispositivi di ingresso
- ☞ dispositivi di uscita
- ☞ dispositivi per collegamento a rete



# Dischi magnetici

---

Piatti rigidi d'alluminio ricoperti di materiale ferromagnetico la cui variazione di stato permette la memorizzazione

## Testina

- è sospesa appena sopra la superficie magnetica
- scrittura: il passaggio di corrente positiva o negativa attraverso la testina magnetizza la superficie
- lettura: il passaggio sopra un'area magnetizzata induce una corrente positiva o negativa nella testina



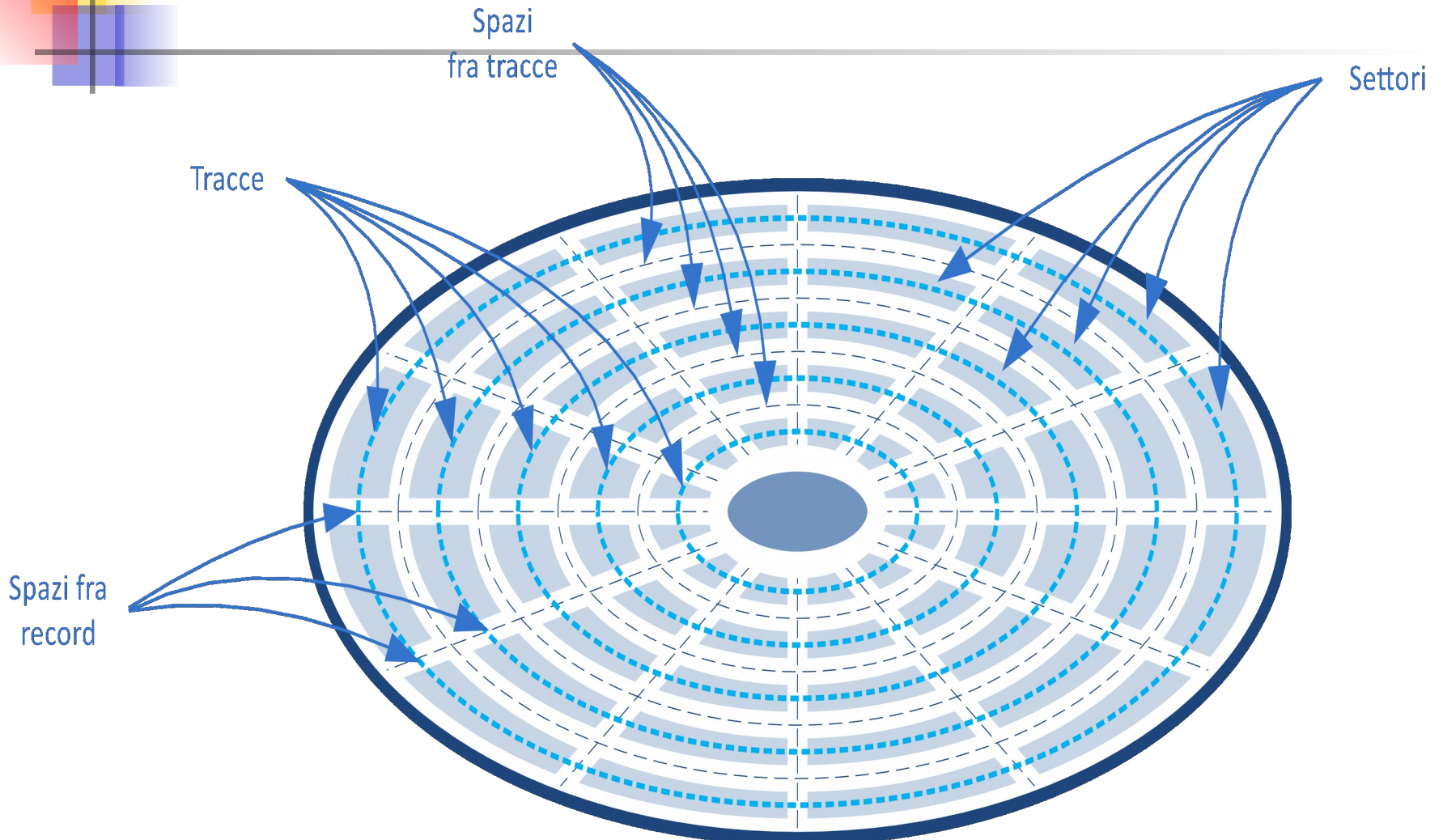


# ...continua...

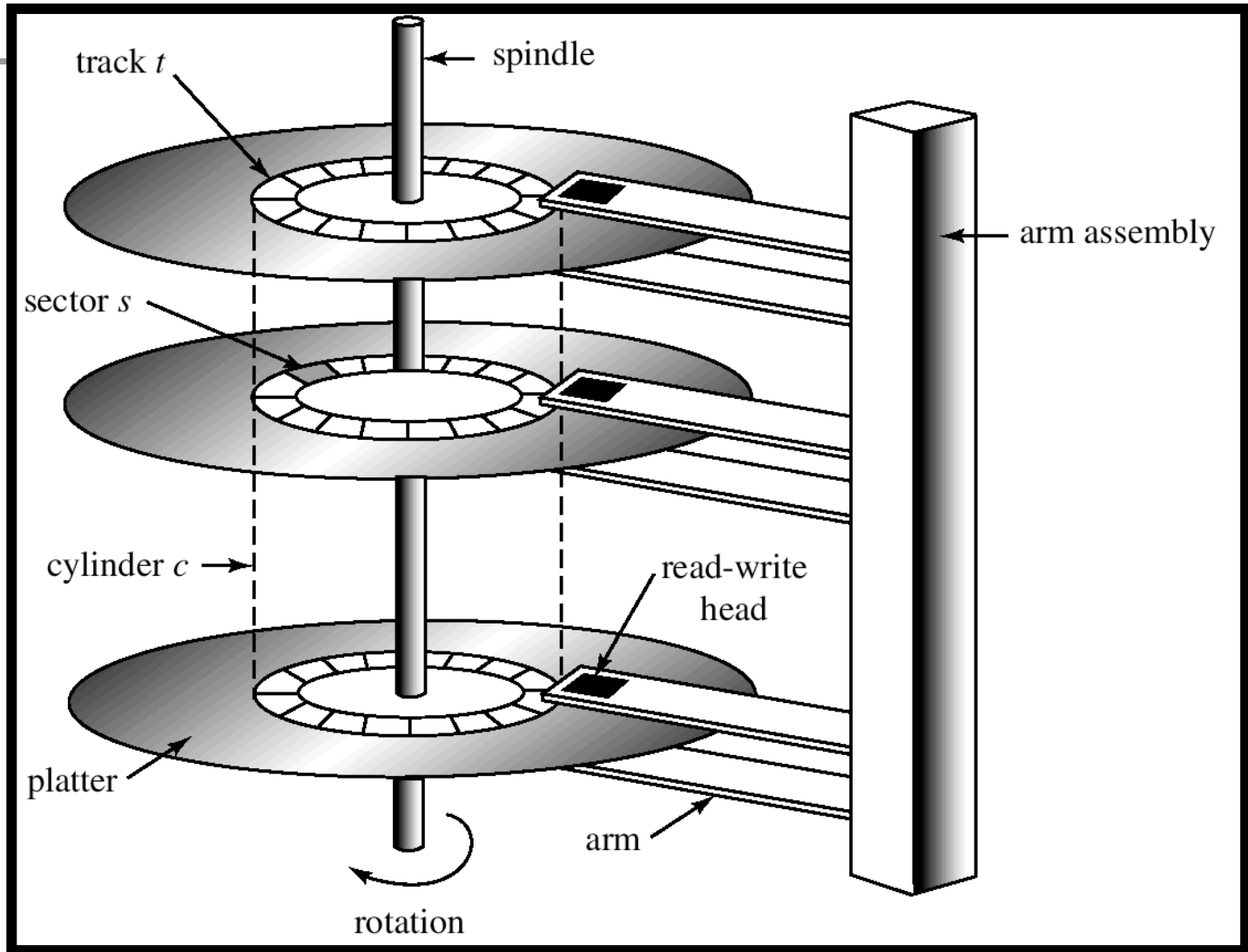
---

- La formattazione consiste nella suddivisione del rivestimento magnetico del disco in settori e tracce concentriche
- I primi hard disk avevano capacità di 10MB, attualmente possiamo trovare hard disk in commercio da alcuni TeraByte

...continua...



# Il disco rigido (hard disk)







# ...continua...

---

## Performance: parametri

Tempo di accesso =

☞ Seek time: tempo per il posizionamento della testina sulla traccia

+

☞ Latency: tempo per il posizionamento della testina sul settore

## Transfer Rate (MBps)

☞ Velocità di trasferimento del disco

☞ Velocità di trasferimento del sistema di controllo (SCSI vs. SATA)

# Memorie flash

## Memorie elettroniche riscrivibili non volatili

- ☞ trasferimento dati
- ☞ archiviazione dati "sensibili"

### Pro

- ☞ assenza di parti meccaniche
- ☞ bassi consumi
- ☞ piccole dimensioni
- ☞ minore sensibilità ai disturbi elettromagnetici
- ☞ interfacce standard

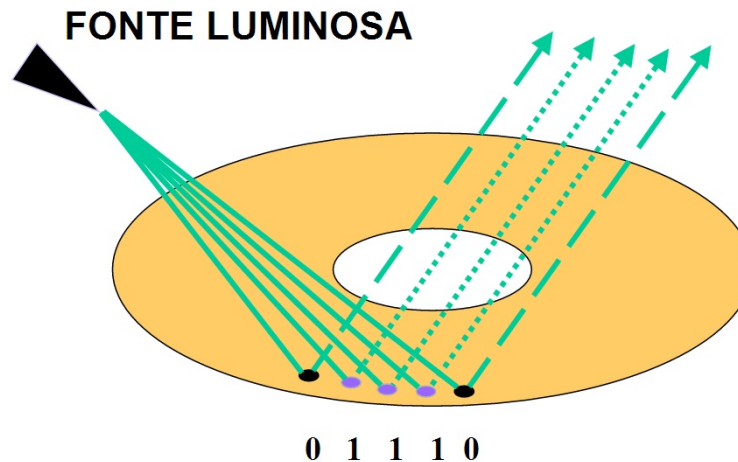
### Contro

- ☞ limite nelle operazioni di scrittura



# Dischi ottici

- basati sul raggio laser che è un particolare tipo di raggio luminoso estremamente focalizzato che può essere emesso in fasci di dimensioni molto ridotte
- il raggio laser viene riflesso in modo diverso da superfici diverse, e si può pensare di utilizzare delle superfici con dei piccolissimi forellini



...continua...

DVD-ROM single side, single layer

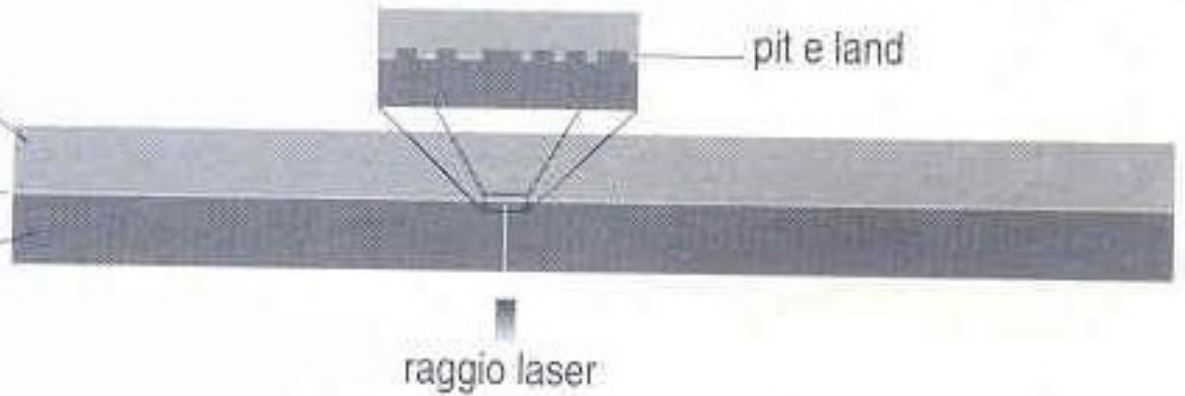
substrato di supporto con etichetta

strato riflettente

substrato di policarbonato

pit e land

raggio laser





# CD

---

## 1980: Philips e Sony

sostituzione dischi in vinile per la musica

☞ diametro di 12 cm, spessore di 1.2 mm

☞ produzione:

1. laser ad alta potenza brucia fori di  $0,8 \mu\text{m}$  in un disco master (le depressioni si chiamano **pit** e le aree fra pit si chiamano **land**)
2. dal master si ricava uno stampo
3. nello stampo viene iniettata una resina liquida di policarbonato che forma un CD con la stessa sequenza di fori del master
4. sul policarbonato viene depositato uno strato molto sottile di alluminio riflettente
5. copertura con uno strato protettivo e infine con un'etichetta



## ....continua...

---

Lettura:

Un laser a bassa potenza manda una luce infrarossa (lunghezza d'onda di  $0,78 \mu\text{m}$ ) sul disco

I pit appaiono come cunette su una superficie piatta:

- un pit è alto circa un quarto della lunghezza d'onda del laser
- la luce riflessa da un pit è sfasata di mezza lunghezza d'onda rispetto alla luce riflessa dalla superficie circostante
- l'interferenza negativa riduce l'intensità della luce riflessa

I passaggi pit/land o land/pit indicano un 1, la loro assenza indica uno 0

Pit e land sono scritti in una spirale unica

Velocità lineare costante (maggiore all'interno rispetto all'esterno)



# CD-WORM

---

- ☞ utilizzati per backup, per produzioni in piccole serie, per generazione di master, ...
- ☞ CD-ROM XA (CD-R scritti in modo incrementale)

La riflettività di pit e land è simulata

- ☞ c'è uno strato di colore fra il policarbonato e lo strato riflettente d'argento: nello stato iniziale questo strato è trasparente
- ☞ per scrivere, un laser ad alta potenza colpisce un punto nello strato della superficie colorata, rompe un legame chimico e crea una macchia scura (pit)



# CD-RW

---

Lo strato di registrazione utilizza una lega di argento, indio, antimonio e tellurio che ha due stati stabili:

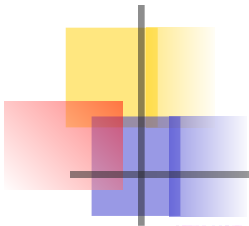
- lo stato cristallino con elevata capacità di riflessione (land)
- lo stato amorfo con ridotta capacità di riflessione (pit)

Si usa un laser con tre potenze diverse:

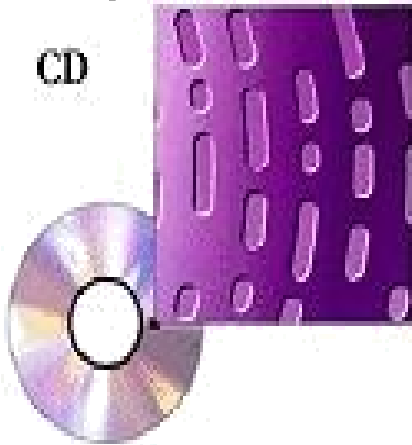
- ad alta potenza il laser scioglie la lega e un raffreddamento rapido la porta dallo stato cristallino allo stato amorfo
- a potenza media la lega si scioglie e si raffredda tornando nel suo stato cristallino
- a bassa potenza si rileva solo lo stato del materiale



# Digital Versatile (Video) Disk DVD

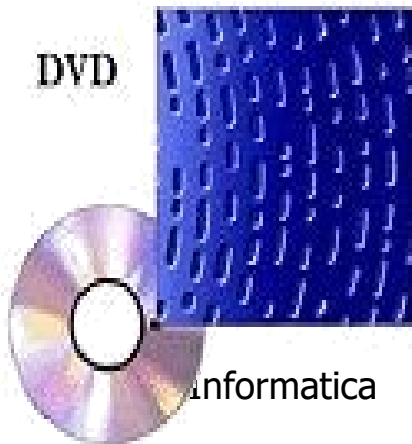


CD



- ☞ pit più piccoli (0.4 vs. 0.8  $\mu\text{m}$ )
- ☞ spirale più serrata (0.74 vs. 1.6  $\mu\text{m}$ )

DVD



- ☞ laser rosso (0.65 vs. 0.78  $\mu\text{m}$ )



# ...continua...

---

## Formati DVD:

- ☞ lato unico, strato unico
- ☞ lato unico, strato doppio
- ☞ due lati, strato unico
- ☞ due lati, strato doppio

## Tecnologia dual layer:

- ☞ uno strato riflettente sul fondo coperto da uno strato semiriflettente; a seconda di dove viene indirizzato il laser, il raggio viene riflesso da uno strato o dall'altro
- ☞ lo strato inferiore ha pit e land leggermente più grandi, per cui la sua capacità è leggermente inferiore