



# **Il Calcolatore**

Vincenzo Calabrò



# Il calcolatore

- Il calcolatore (computer) è uno strumento in grado di svolgere i seguenti compiti:
  - memorizzare informazioni → rappresentazione dell'informazione
  - elaborare informazioni → algoritmi
- Nel corso degli anni il calcolatore ha subito una rapida evoluzione tecnologica, pur mantenendo fondamentalmente la stessa architettura di base.

# Ambiti di utilizzo

- Sistemi informativi (di enti, aziende ecc.)
- Sistemi automatizzati (nelle fabbriche)
- Produttività individuale:
  - elaborazione testi (word processing)
  - archiviazione dati
  - Internet (e-mail, navigazione nel WWW ecc.)
  - ...
- Intrattenimento (videogame)
- Elettrodomestici
- Bancomat
- ...

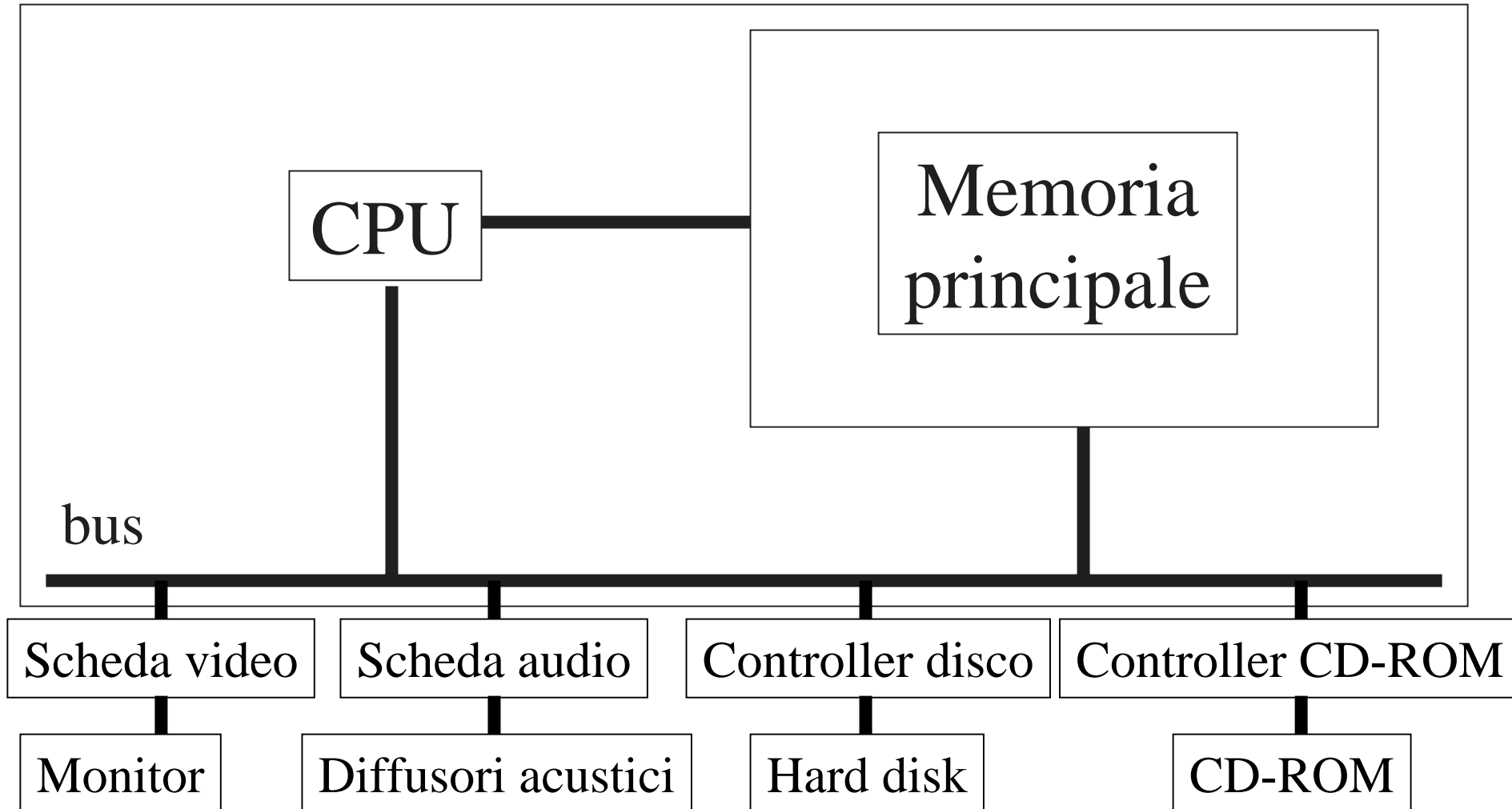
# Architettura del calcolatore

- Per quanto riguarda l'architettura di un calcolatore dobbiamo tener presenti due aspetti:
  - Hardware:
    - Macchina di Von Neumann (risale agli anni '40)
    - Periferiche aggiuntive
  - Software:
    - Sistema operativo
    - Programmi applicativi (applicazioni)

# Architettura del calcolatore

- I vari calcolatori elettronici presenti in commercio possono differire per:
  - risorse disponibili,
  - velocità di funzionamento,
  - qualità dei componenti/costo,
  - applicazioni possibili.
- Tuttavia il modello su cui si basano è sempre lo stesso che può quindi essere studiato in modo generale.
- Nel seguito focalizzeremo la nostra attenzione sul cosiddetto “Personal Computer” (PC).

# Macchina di Von Neumann



# Macchina di Von Neumann

- Componenti principali:
  - Microprocessore (CPU: Central Processing Unit)
  - Memoria principale
  - Bus di sistema
  - Periferiche:
    - Schede audio/video
    - Memoria secondaria (di massa): dischi rigidi, unità CD-ROM/DVD-ROM
    - Dispositivi di input (tastiere, mouse ecc.)
    - Dispositivi di output (monitor, stampanti ecc.)
    - ...

# Componenti di un PC

- Il componente principale di un PC è la scheda madre (motherboard), ovvero, un grande circuito stampato su cui sono predisposti i connettori per i vari dispositivi.
- Tutti i connettori sono collegati ad un canale trasmissivo detto bus che attraversa la scheda madre.
- I vari componenti di un PC sono integrati in schede (plug-in board) che vengono inserite tramite i connettori.

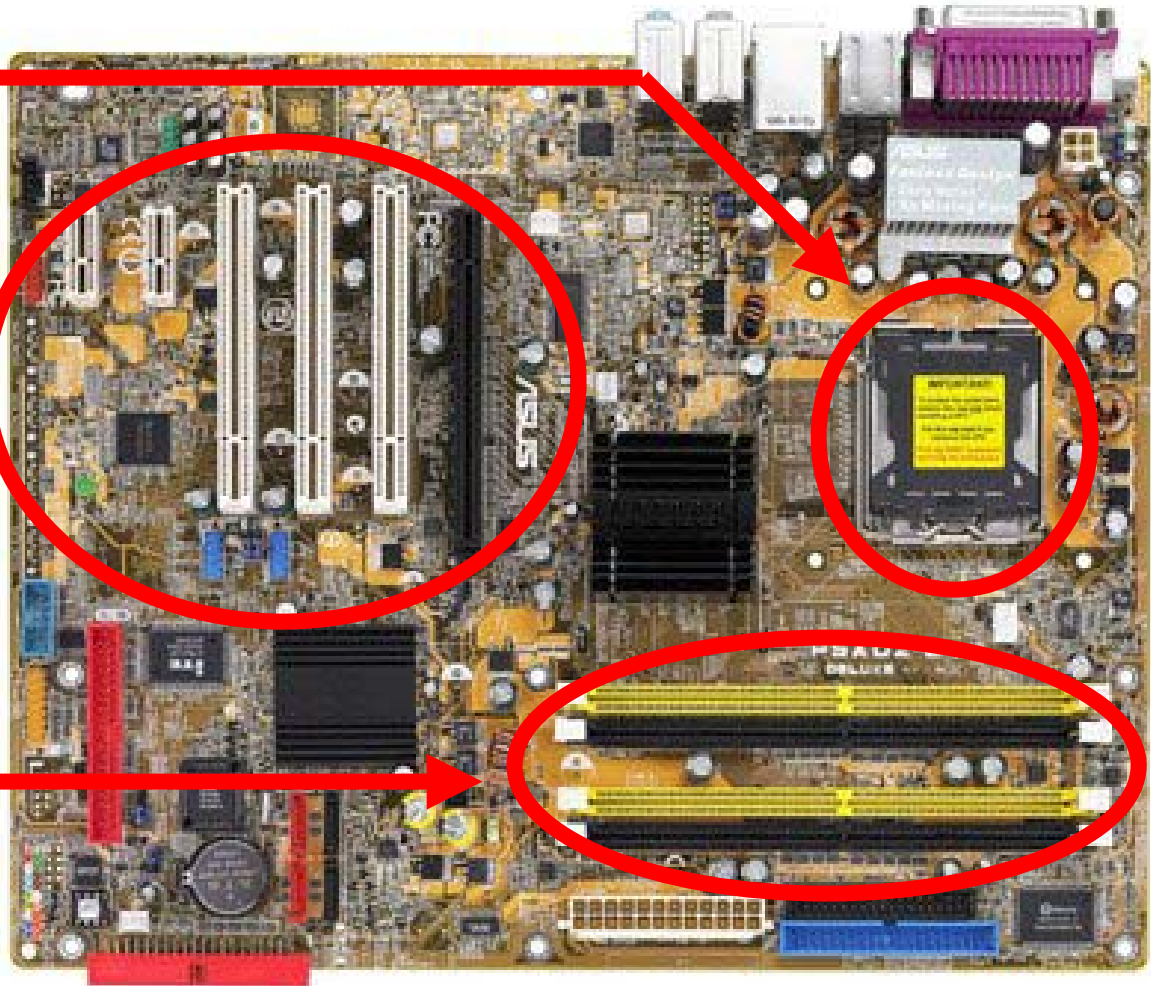


# Scheda madre

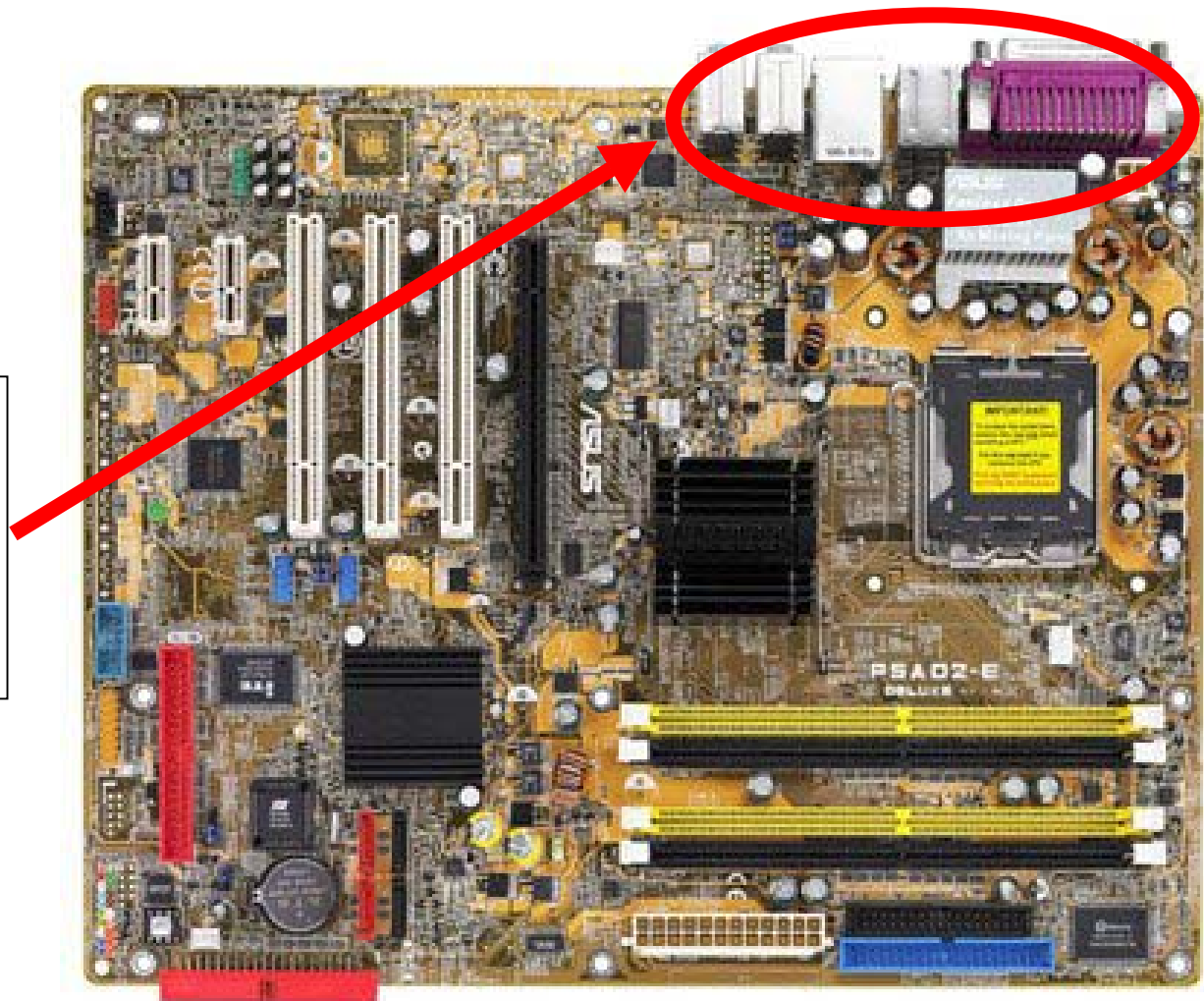
Connettore CPU

Connettori per  
plug-in board

Connettori per  
moduli di memoria



# Scheda madre



Connettori per  
tastiera, mouse,  
periferiche USB,  
porta parallela

# Periferiche

- Le periferiche (ovvero, i dispositivi di input/output) di un PC sono caratterizzate dall'essere costituite da due parti:
  - il dispositivo vero e proprio (mouse, monitor, stampante ecc.),
  - un dispositivo di controllo (integrato in una scheda connessa alla motherboard) che ne gestisce il funzionamento in base ai parametri forniti dal calcolatore.

# Periferiche (esempi)

- Monitor (dispositivo) + scheda video (dispositivo di controllo)
- Disco rigido (dispositivo) + controller del disco rigido (dispositivo di controllo)
- Diffusori acustici (dispositivo) + scheda audio (dispositivo di controllo)

# Vantaggi

- La scelta costruttiva di separare i circuiti della scheda madre da quelli dei singoli componenti ha permesso di avere macchine facilmente **modificabili** e **migliorabili**.
- Infatti è possibile eseguire la sostituzione di ogni singolo componente in modo **indipendente** dagli altri.

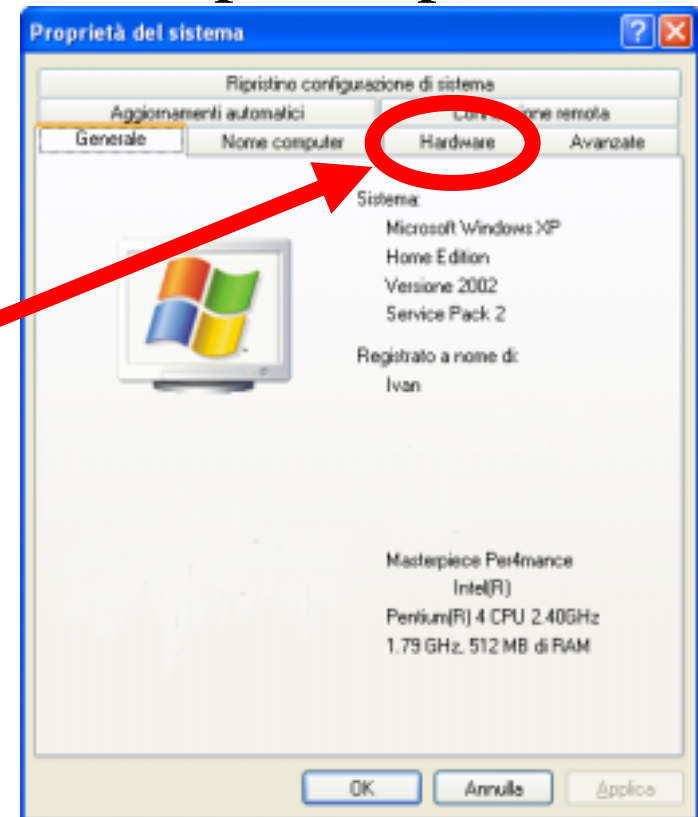
# Tipologie di componenti

- In un PC troviamo le seguenti categorie di componenti:
  - microprocessori (CPU): sono i responsabili dell'esecuzione delle istruzioni dei programmi;
  - memorie: aree per l'archiviazione temporanea o permanente dei dati:
    - memoria primaria (cache e memoria centrale),
    - memoria secondaria o di massa (dischi rigidi, cd-rom ecc.);
  - dispositivi di input/output;
  - bus: canale trasmissivo per il collegamento dei vari componenti.

# Windows Xp

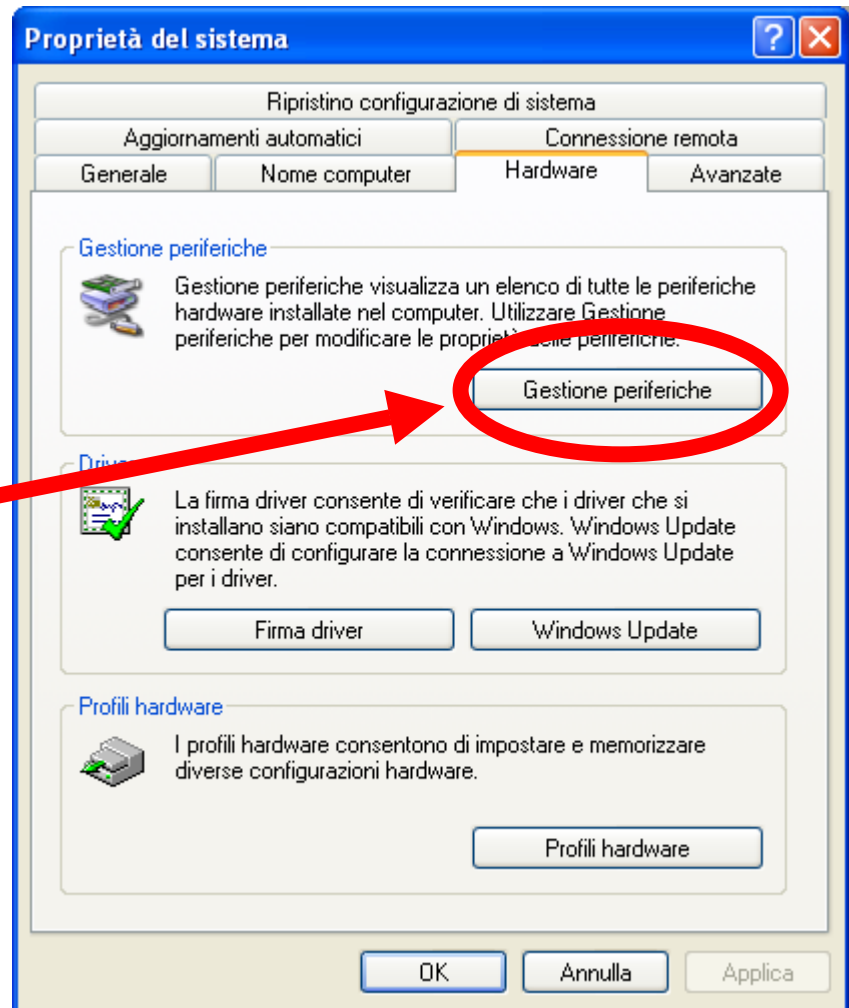
- Selezionando “Sistema” dal Pannello di Controllo (in “visualizzazione classica”) di Windows Xp, compare la seguente finestra:

Cliccando sulla voce “Hardware”, si accede alla sezione dedicata alla gestione dei componenti del PC



# Windows Xp

Questo pulsante consente di accedere al programma di gestione dei dispositivi del PC

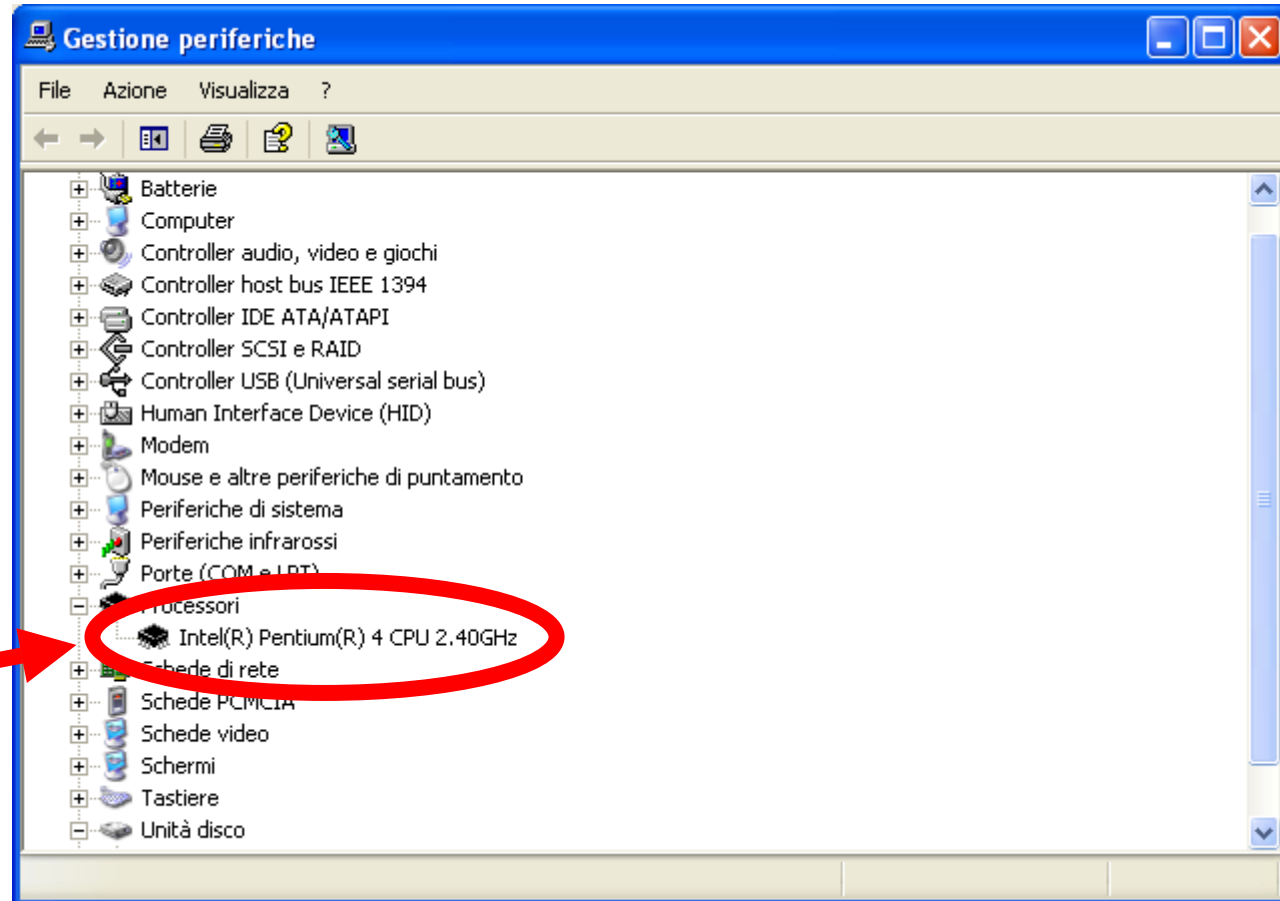




# Windows Xp

Le periferiche sono raggruppate per categorie al fine di facilitare l'utente

CPU



# Microprocessori

- E' il “cervello” del calcolatore.
- Si occupa di eseguire le istruzioni dei programmi.
- Utilizza la memoria primaria come area di memorizzazione temporanea.
- Riceve e invia dati dalle periferiche di input/output.

# Componenti di un microprocessore

- **Registri**: celle di memoria presenti all'interno della CPU ad alta velocità d'accesso.
- **Unità aritmetico-logica (ALU)**: si occupa dell'esecuzione delle operazioni aritmetiche e logiche (valutazioni).
- **Unità di controllo (CU)**: si occupa di recuperare le istruzioni ed i relativi dati per la loro esecuzione.

# Ciclo fetch-decode-execute

- L'unità di controllo si occupa di eseguire continuamente il seguente ciclo di operazioni:
  - recupero (**fetch**) dell'istruzione da eseguire dalla memoria primaria (l'istruzione viene memorizzata nell'Instruction Register);
  - modifica del registro Program Counter in modo che punti all'istruzione successiva;
  - Decodifica (**decode**) dell'istruzione da eseguire: viene determinato il tipo di istruzione:
    - assegnamento,
    - lettura,
    - scrittura,
    - spostamento,
    - operazione aritmetica,
    - valutazione;
  - ... (continua nel lucido successivo)

# Ciclo fetch-decode-execute

- ... (continua dal lucido precedente)
  - recupero dalla memoria primaria dei dati necessari per l'esecuzione dell'istruzione;
  - esecuzione (execute) dell'istruzione;
  - spostamento dei dati in memoria primaria o verso una periferica di output.

# Pipeline

- Per ottenere prestazioni migliori, molti microprocessori contengono tre diverse CU in modo da operare come segue ad ogni dato istante  $t$ :
  - la prima CU esegue l'istruzione  $n$ ;
  - la seconda CU decodifica l'istruzione  $n+1$ ;
  - la terza CU recupera l'istruzione  $n+2$ .
- In questo modo si ottiene un elevato grado di **parallelismo** che aumenta le prestazioni della CPU (e quindi del calcolatore).

# La memoria

- Il tipo di memoria ideale dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:
  - essere veloce quanto la CPU,
  - essere il più capiente possibile,
  - non presentare mai malfunzionamenti.
- Ovviamente nessun tipo di memoria esistente possiede tali requisiti.

# Classificazione delle memorie

Denominazione	Capacità	Tempo d'accesso
Registri	< 1 KB	1 ns
Cache di livello 1	2 KB – 64 KB	1 ns
Cache di livello 2	256 KB – 2 MB	2 ns
RAM	256 MB – 2 GB	10 ns
Hard Disk	40 GB – 160 GB	10 ms



# I prefissi delle unità di misura

<b>Prefisso</b>	<b>Simbolo</b>	<b>fattore</b>
exa	E	$10^{18}$
peta	P	$10^{15}$
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	K	$10^3$
milli	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$
atto	a	$10^{-18}$

# Esempi

- $1 \text{ ms} = 1 \text{ millisecondo} = 10^{-3} \text{ secondi} = 0,001 \text{ secondi}$
- $5 \text{ Kg} = 5 \text{ kilogrammi} = 5 \times 10^3 \text{ grammi} = 5.000 \text{ grammi}$
- $2 \text{ ns} = 2 \text{ nanosecondi} = 2 \times 10^{-9} \text{ secondi} = 0,000000002 \text{ secondi}$

# Considerazioni pratiche

- Il tempo d'accesso di un hard disk (10 ms) è 1.000.000 di volte più alto rispetto a quello della RAM (10 ns).
  - Infatti  $10 \text{ ms} / 10 \text{ ns} = 10 \times 10^{-3} / 10 \times 10^{-9} = 10^{-3} / 10^{-9} = 10^6 = 1.000.000$
- Quindi leggere e scrivere su disco è estremamente più inefficiente che leggere e scrivere nella RAM.

# Memorie - caratteristiche

- Registri e cache di livello 1 funzionano alla stessa velocità del processore:
  - sono memorie costose e di difficile realizzazione tecnica.
- Lo scopo della memoria cache è di memorizzare i dati richiesti più frequentemente, per evitare di dover ogni volta accedere alla memoria principale (RAM) che è molto più lenta del processore.
- Registri, memoria cache (di livello 1 e 2) e memoria RAM sono volatili, ovvero, perdono il proprio contenuto in assenza di alimentazione elettrica.
- I dispositivi di memorizzazione di massa (come i dischi rigidi) invece sono permanenti, ovvero, mantengono i dati anche in assenza di alimentazione elettrica.

# La memoria RAM

- **RAM = Random Access Memory** (letteralmente: memoria ad accesso casuale).
- In realtà la sigla indica che possiamo accedere a qualunque cella di memoria impiegando lo stesso tempo.
- Un bit può essere rappresentato elettronicamente da un **condensatore** (capace di assumere, per mezzo dell'induzione di una corrente, una carica e mantenerla per un certo periodo).
- Un altro componente elettronico, il **transistor**, viene utilizzato per comandare il condensatore.

# La memoria RAM

- Il condensatore entro un certo periodo di tempo tuttavia perde la carica.
- Per far mantenere la carica ad un condensatore è quindi necessario rinfrescarne periodicamente lo stato (**refresh**)
- Da ciò deriva la denominazione di **RAM dinamica** (**DRAM – Dynamic RAM**).
- Esiste anche una **RAM statica** (**SRAM – Static RAM**) che non si serve dei condensatori, ma di 4 o 6 transistor collegati per memorizzare un bit.
- Essendo più costosa (oltre che più veloce), la SRAM viene impiegata per realizzare la cache di livello 2.

# Indici delle prestazioni delle memorie RAM

- Nel corso degli anni sono state introdotte diverse varianti di memorie RAM.
- Quindi per eseguire dei confronti sono stati introdotti due indici di prestazioni:
  - il flusso di dati che la memoria produce nell'unità di tempo (misurato in MB/s – MegaByte per secondo);
  - il numero di letture/scritture che la memoria riesce a compiere nell'unità di tempo (velocità di funzionamento, misurata in MHz – MegaHertz).

# Tipologie di memorie RAM

- EDO DRAM (Extended Data-Out DRAM):
  - Quando si attiva un transistor per un dato bit, invece di aspettare che termini la relativa lettura/scrittura, si procede ad attivare il transistor vicino, risparmiando tempo (dato che letture/scritture operano su insiemi di bit attigui). Flusso di dati: 200/300 MB/s.
- SDRAM (Synchronous DRAM):
  - La temporizzazione dei segnali fra memoria e la CPU è lasciata a quest'ultima in modo da evitare la latenza che normalmente intercorre fra la notifica da parte della RAM che i dati sono pronti e la conseguente azione della CPU. Flusso di dati: 500-600 MB/s. Velocità: 100 o 133 MHz.



# Tipologie di memorie RAM

- DDR DRAM (**Double Data Rate DRAM**):
  - Grazie ad un dispositivo di controllo più sofisticato, riescono ad inviare due dati per ogni singolo dato inviato da una DRAM tradizionale. Flusso di dati: 1.600-3.500 MB/s. Velocità: 100-200 MHz, le ultime immesse sul mercato 400 MHz.
- RDRAM (**Rambus DRAM**):
  - Memorie che sfruttano un bus di collegamento ad alta velocità: 800 MHz (utilizzate nei primi PC dotati di processore Intel Pentium 4, stanno scomparendo dal mercato delle memorie per PC).

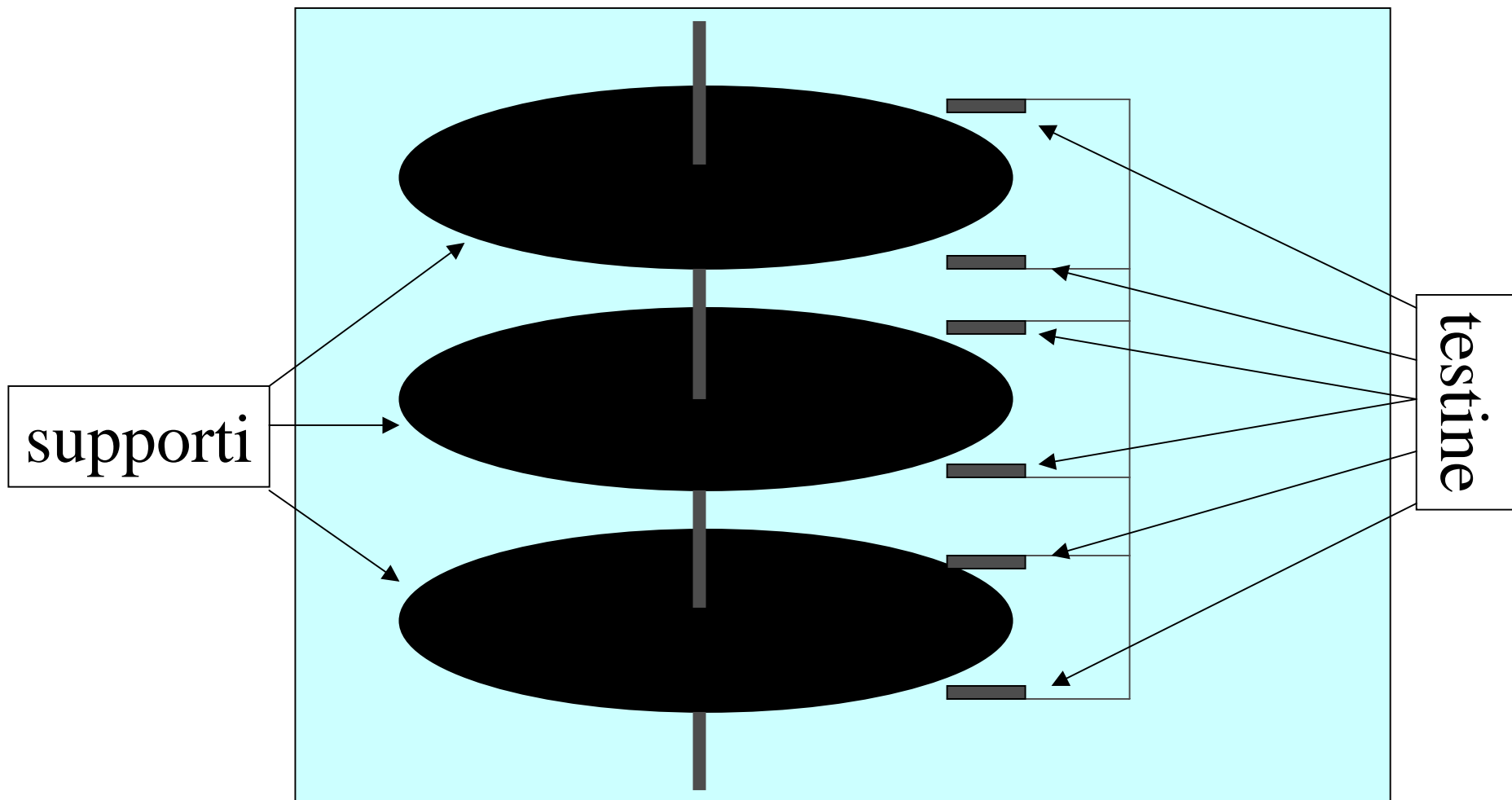
# I dischi rigidi

- Utilizzati fin dagli anni '50 con il nome di fixed disk o Winchester (nome usato dall'IBM), inizialmente avevamo un diametro di mezzo metro e una capienza di pochi MB.
- Nel corso degli anni furono denominati hard disk per contrapporre la rigidità dei supporti ricoperti da sostanze ferromagnetiche, rispetto ai supporti flessibili dei primi floppy disk.
- I supporti rigidi (di alluminio o vetro) sono ricoperti da una sostanza ferromagnetica che possiede la caratteristica di magnetizzarsi in modo permanente se esposta ad un certo campo elettromagnetico.
- Abbiamo quindi la possibilità di codificare i valori 1 e 0 con zone magnetizzate/non magnetizzate rispettivamente.

# Parametri di un disco rigido

- **Capacità**: quantità totale di dati memorizzabile (al giorno d'oggi sono tipici valori come 40 GB o 80 GB).
- **Data rate**: numero di byte trasferibili nell'unità di tempo (valori tipici sono nell'ordine dei 5-40 MB/s).
- **Tempo di accesso**: tempo che intercorre fra la richiesta di un dato e la fornitura del primo byte (valori tipici vanno da 10 a 20 ms).

# Struttura di un disco rigido

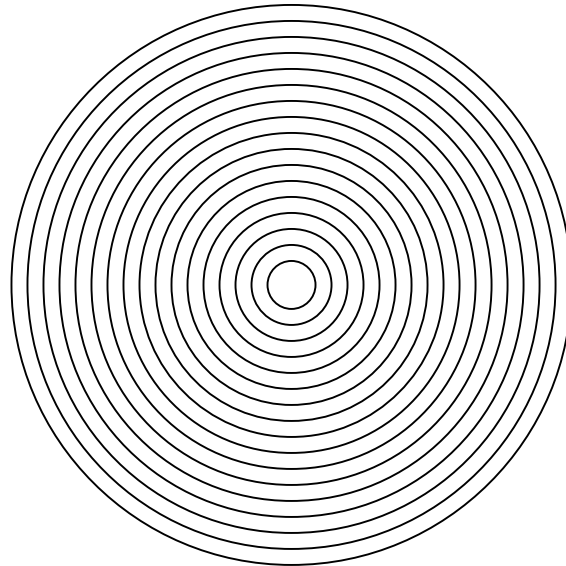


# Struttura di un disco rigido

- Uno o più dischi connessi fra loro da un perno rotante (mosso da un motore ad alta precisione).
- Ogni disco è registrabile su entrambe le facce.
- Per ogni superficie vi è una testina in grado di leggere/scrivere su di essa.
- Tutte le testine sono connesse fra loro da un braccio mobile.

# Le superfici dei dischi

- Ogni superficie registrabile di un disco rigido è suddivisa in tracce, ovvero, in circonferenze concentriche:



# Le tracce

- Ogni traccia di una superficie registrabile di un disco rigido è ulteriormente suddivisa in porzioni chiamate settori.
- Un settore (tipicamente della dimensione in grado di contenere **256-512 byte**) è la porzione di superficie più piccola che una testina può leggere/scrivere con un'unica operazione.
- La **formattazione** di un disco segna fisicamente l'inizio e la fine di ogni settore in modo che le testine li possano localizzare.

# Cilindri di un disco rigido

- Le tracce corrispondenti (ovvero, aventi la stessa distanza dal perno) sulle diverse superfici registrabili di un disco rigido costituiscono un cilindro.
- Quindi per la specifica di un particolare settore, abbiamo bisogno di tre parametri:
  - cilindro su cui è posizionato il settore,
  - superficie del cilindro su cui è posizionato il settore,
  - settore all'interno della traccia.



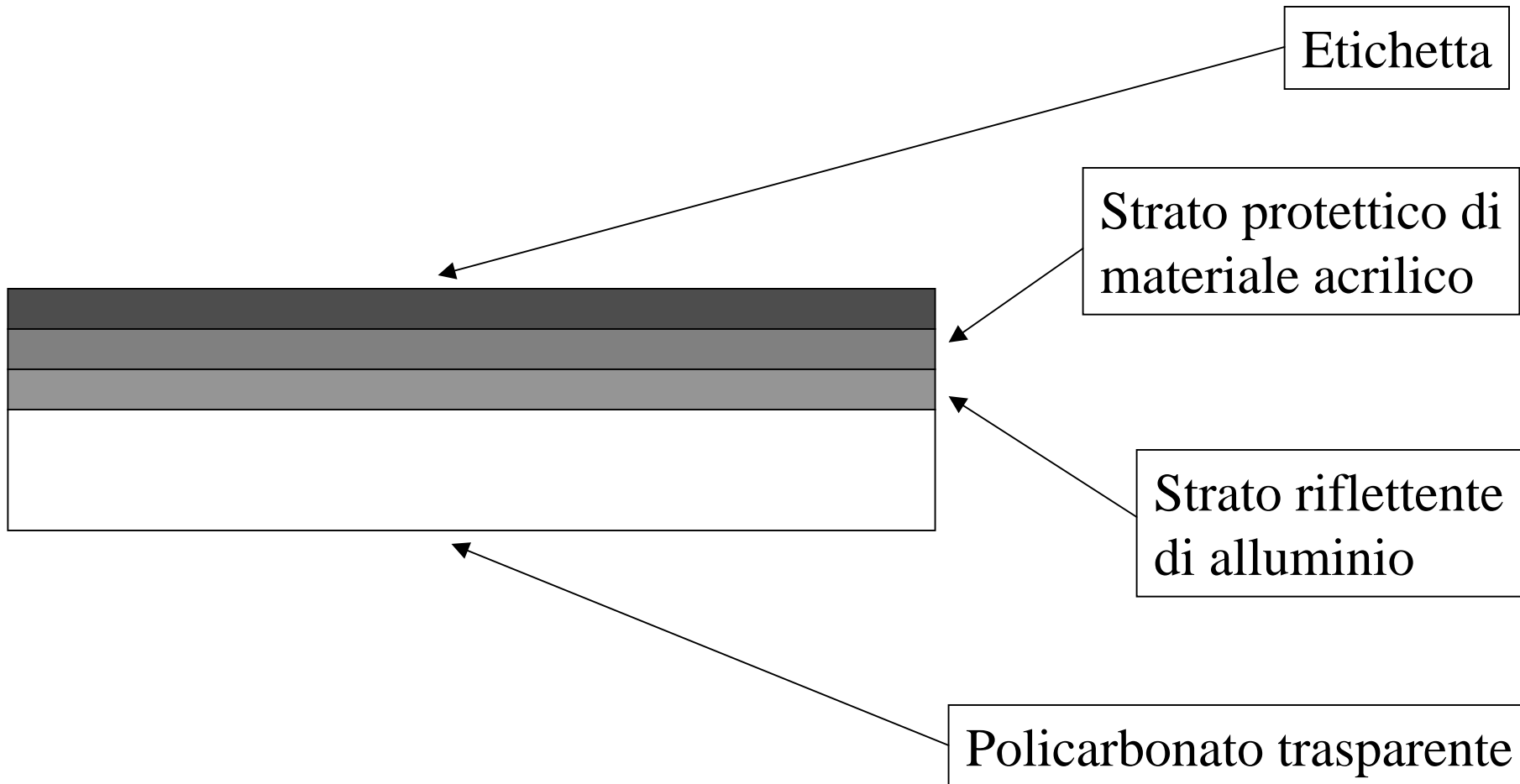
# Letture/scrittura su disco rigido

- Ogni operazione di lettura/scrittura su disco rigido è composta dai seguenti passi:
  - spostamento delle testine sul cilindro corrispondente (il tempo impiegato è noto come **seek time**),
  - attivazione della testina della superficie corretta (quella su cui si trova il settore),
  - rotazione del disco finché il settore corretto non si trovi sotto la testina (il tempo impiegato è noto come **latency time**),
  - trasferimento dei dati dal disco (lettura) oppure verso il disco (scrittura).
- **Tempo di accesso = seek time + latency time.**

# I Compact Disk

- Un compact disk (CD) è un disco dello spessore di 1,2 mm composto dai seguenti strati:
  - uno strato di policarbonato trasparente su cui, lungo una spirale che parte dal centro del disco, vi è una successione di zone piatte e di rientranze (bumps) incise con un procedimento di stampatura,
  - un foglio sottile di alluminio che riflette la luce,
  - uno strato di materiale acrilico di protezione,
  - l'etichetta.

# I Compact Disk



# CD: principio di funzionamento

- Un raggio laser viene proiettato verso lo strato di policarbonato (dal lato opposto all'etichetta) seguendo la spirale.
- Viene misurata la quantità di luce riflessa che varia a seconda se viene colpita una rientranza (interpretata come 0) oppure una zona piatta (interpretata come 1).
- Spesso, per ragioni di affidabilità, un 1 viene codificato come il passaggio da una rientranza ad una zona piatta e lo 0 come la mancanza di tale passaggio.

# CD-ROM

- I Compact Disk realizzati con il procedimento di stampatura descritto vengono detti CD-ROM (**Compact Disk – Read Only Memory**).
- Infatti essi, una volta usciti dalla fabbrica, non sono più modificabili e possono soltanto essere letti tramite la periferica nota come lettore CD-ROM.

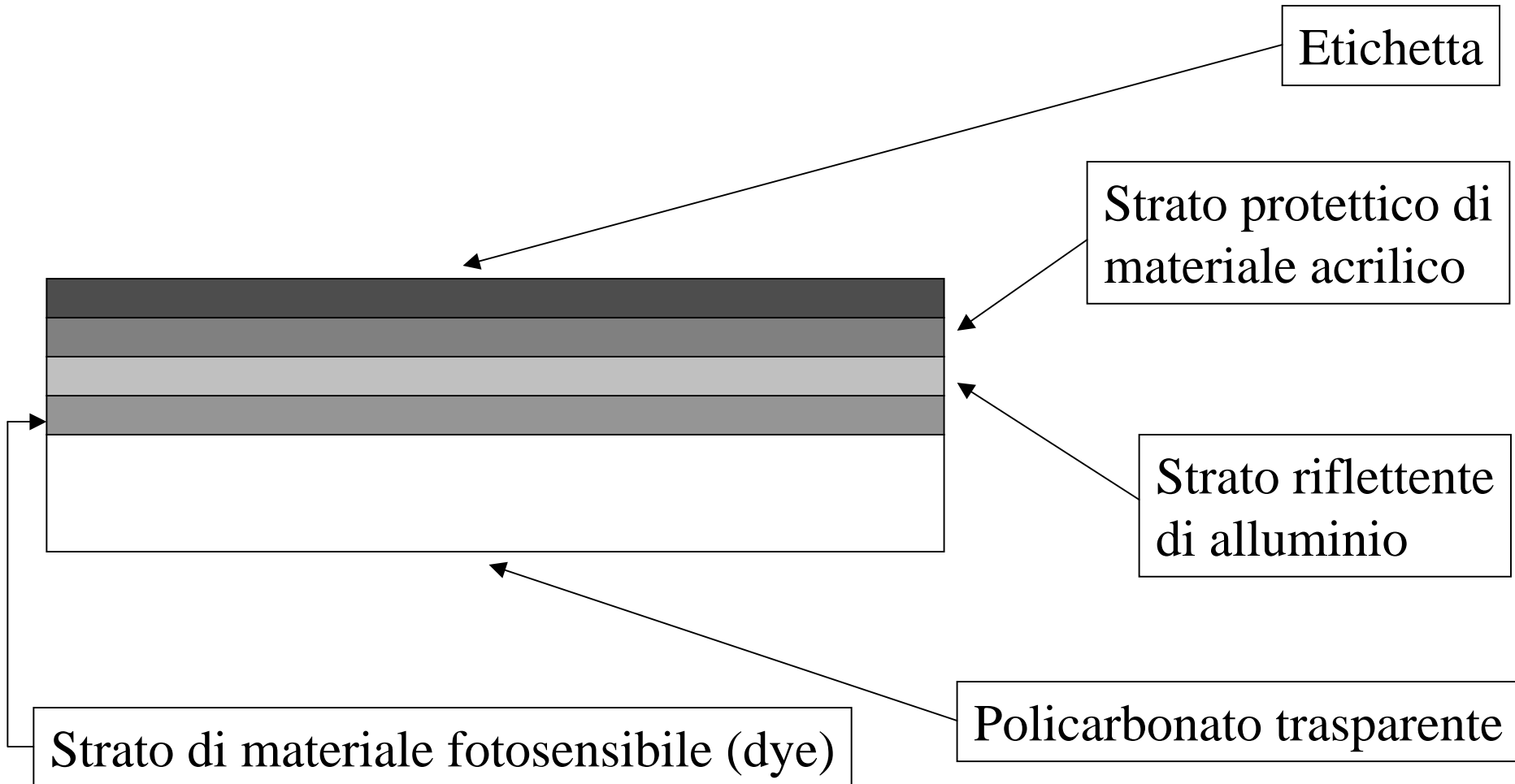
# CD-R

- I CD-R (Compact Disk – Recordable) sono dei CD scrivibili tramite i cosiddetti “masterizzatori”, che sfruttano un procedimento chimico.
- In un CD-R fra lo strato di alluminio e il policarbonato vi è uno strato composto da un materiale fotosensibile (dye).
- Inizialmente lo strato di materiale fotosensibile è trasparente e quindi la luce del laser lo attraversa e viene riflessa dallo strato di alluminio.
- Se un laser di una certa intensità e frequenza colpisce lo strato fotosensibile, la porzione colpita si annerisce permanentemente, divenendo opaca (burned) e non lasciando più passare la luce.
- In questo modo le zone annerite codificano degli 0 e le zone rimaste trasparenti degli 1.

# CD-R

- I masterizzatori hanno **due laser**:
  - uno di bassa potenza per leggere (senza alterare lo strato fotosensibile),
  - uno di maggiore potenza per “bruciare” lo strato fotosensibile.
- Il procedimento di masterizzazione è **irreversibile**: una volta annerita una zona non può tornare allo stato trasparente iniziale.

# CD-R





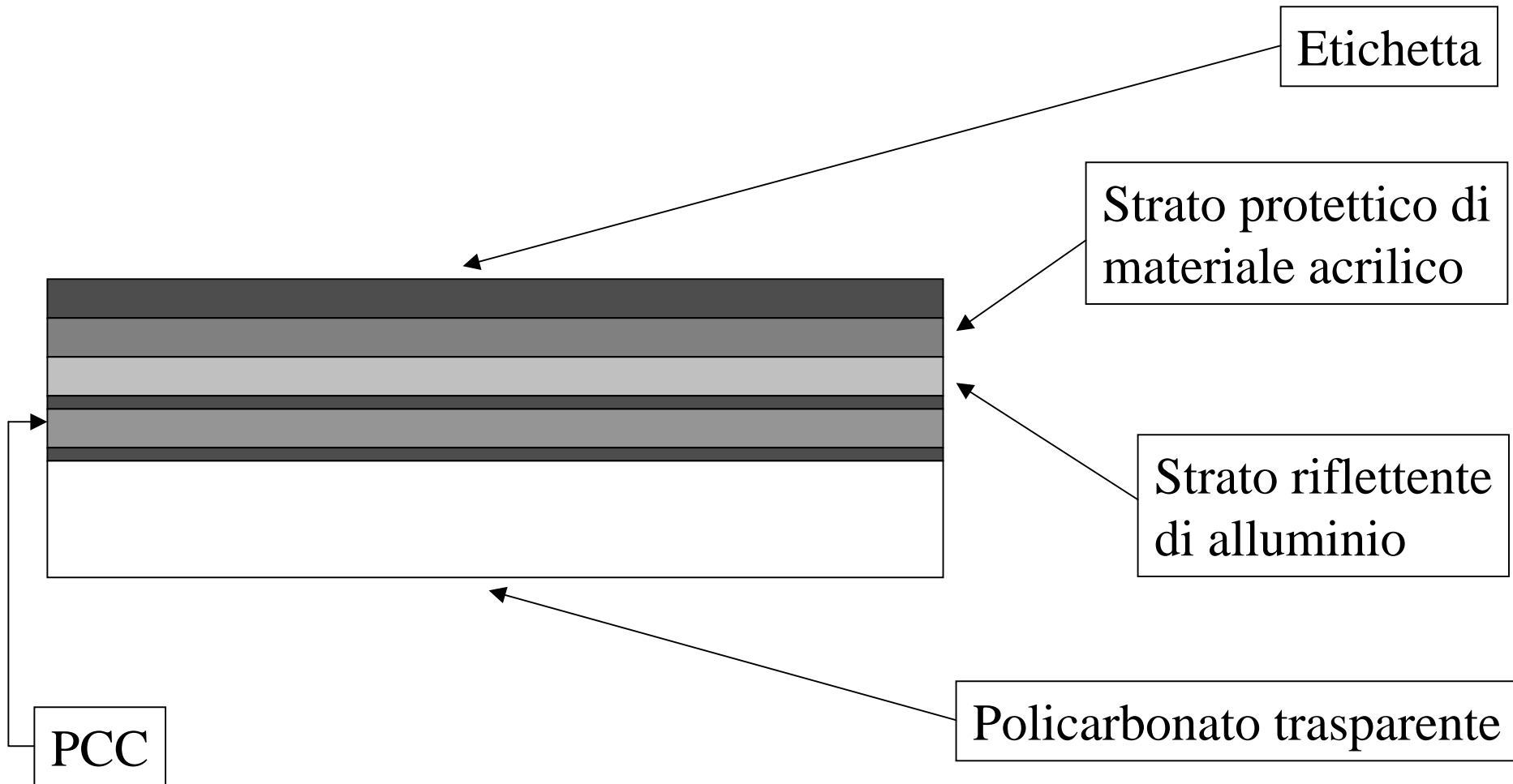
# CD-RW

- Un CD-RW (Compact Disk – ReWritable) consente di usare uno stesso disco per più di una masterizzazione.
- Al posto dello strato di materiale fotosensibile dei CD-R, vi è uno strato di un composto a base di argento, antimonio, tellurio e indio, noto come PCC (Phase Change Compound).
- Il PCC ha la caratteristica di essere trasparente allo stato solido e opaco allo stato liquido.

# CD-RW

- Per cristallizzare (rendere solida) o liquefare una zona dello strato di PCC, è sufficiente portarla alla temperatura di 200 ° C o 600° C rispettivamente per un certo tempo.
- Nei masterizzatori ciò avviene tramite il laser.
- Una volta cristallizzato o liquefatto, il PCC mantiene lo stato anche se viene meno la fonte di calore.
- Dato che per cambiare lo stato di una zona dello strato di PCC ci vuole un certo tempo, il procedimento di scrittura di un CD-RW è più lento rispetto a quello di un normale CD-R.

# CD-RW



# DVD-ROM

- Un DVD (**Digital Versatile Disk**) è costruito impiegando gli stessi materiali dei CD e seguendo lo stesso principio: l'informazione viene codificata mediante un alternarsi di rientranze e zone piatte.
- Tuttavia la spirale in un DVD è più stretta (**740 nm invece di 1.600 nm**) ed è possibile avere più strati di policarbonato, separati da strati metallici riflettenti o parzialmente riflettenti.
- Analogamente a CD-ROM, DVD-ROM significa DVD - Read Only Memory.

# Tipologie di DVD-ROM

- A seconda del numero di strati di policarbonato presenti si hanno i seguenti tipi di DVD-ROM:
  - **single-sided, single layer**: analogo ad un CD-ROM; tuttavia la spirale più stretta consente di memorizzare fino a **4,7 GB** invece di 700 MB;
  - **single-sided, double layer**: 2 strati di policarbonato separati da uno strato di materiale dorato semitrasparente: sono misurabili 4 diverse intensità di luce riflessa (2 per le rientranze e zone piatte dello strato interno e 2 per le rientranze e zone piatte dello strato esterno); consente di memorizzare fino a **8,5 GB**;
  - **double-sided, double layer**: 4 strati di policarbonato (2 per lato); questo tipo di DVD-ROM non ha quindi etichetta e consente di memorizzare fino a **17 GB**.

# Dispositivi di Input/Output (I/O)

- Ogni dispositivo di input/output si suddivide in due unità:
  - il dispositivo vero e proprio,
  - il controller, ovvero, la parte circuitale che serve a pilotare il dispositivo e a dialogare con il computer.
- Il controller può risiedere su una scheda se il dispositivo è esterno oppure essere integrato direttamente in quest'ultimo (es.: hard disk).

# Dispositivi di Input/Output (I/O)

- Funzionalmente possiamo suddividere i dispositivi di input/output in due categorie:
  - dispositivi a blocchi: leggono/scrivono dati in blocchi di dimensione prefissata (da 512 a 32768 byte);
  - dispositivi a caratteri: leggono/scrivono dati sotto forma di flussi di caratteri (byte), un carattere per volta.

# Dispositivi di Input/Output (I/O)

Esempi:

<b>Dispositivo</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Data rate</b>
Tastiera	A carattere	10 byte/s
Mouse	A carattere	100 byte/s
Hard disk SCSI	A blocchi	80 MB/s
CD-ROM 52x	A blocchi	7,5 MB/s
Stampante laser	A carattere	100 KB/s



# Bus

- Un bus è un canale di collegamento elettrico fra dispositivi.
- La scheda madre di un PC è dotata di un system bus per il collegamento dei vari componenti.
- Generalmente in un PC vi sono diversi tipi di bus.

# Master/slave

- Il modello di funzionamento dei dispositivi collegati ad un bus è noto come **master/slave**:
  - alcuni dispositivi sono **attivi** (inviano dati), svolgendo il ruolo di **master**;
  - altri dispositivi sono **passivi** (attendono ordini), svolgendo il ruolo di **slave**.
  - un dispositivo può svolgere ruoli diversi in occasioni diverse.

# Master/slave

- Esempio:
  - quando la CPU richiede dei dati al controller del disco, quest'ultimo funge da slave, mentre la CPU è il master;
  - quando il disco rigido ha recuperato i dati e li invia alla memoria principale affinché siano scritti in una certa area, il disco rigido funge da master e la memoria da slave.

# Bus arbitration

- Ad ogni istante soltanto un dispositivo può avere accesso al bus (altrimenti i dati provenienti da dispositivi diversi si sovrapporrebbero, rendendo impossibile la ricostruzione degli originali).
- Per evitare l'accesso contemporaneo di più dispositivi al bus (conflitto d'accesso), esiste un meccanismo di bus arbitration.
- Tale meccanismo, in base alle priorità assegnate ai vari dispositivi, regola l'accesso al bus, assegnandolo al dispositivo con priorità maggiore in caso di conflitti.

# Tipi di bus

- **ISA (Industry Standard Architecture):** sviluppato dall'IBM, opera a 8,33 MHz trasmettendo 16 bit per volta con un data rate di 16,67 MB/s (soppiantato ormai dal bus PCI).
- **PCI (Peripheral Component Interconnect):** sviluppato dall'Intel negli anni '90, opera con velocità fino a 133 MHz, trasmettendo fino a 64 bit per un data rate massimo di 1 GB/s. Supporta il riconoscimento e la configurazione automatica dei dispositivi (**Plug and Play**).

# Tipi di bus

- **IDE (Integrated Drive Electronics)**: sviluppato inizialmente dall'IBM con il nome di **AT Attachment (ATA)** per standardizzare il collegamento dei dispositivi di memorizzazione di massa (hard disk, floppy disk, CD-ROM ecc.). Le varianti odierne più diffuse sono:
  - **EIDE (Enhanced IDE)**: permette di usare dischi di grandi dimensioni (fino a 137,4 GB);
  - **SMART (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology)**: può tenere sotto controllo il funzionamento dei dischi ed impostare delle password per l'accesso a questi ultimi;
  - **ULTRA-DMA**: data rate di 33 MB/s in modalità **DMA (Direct Memory Access)**;
  - **IDE/ATAPI**: integrazione con il bus IDE dell'interfaccia **ATAPI (AT Attachment Program Interface)** per il collegamento di unità removibili.

# Tipi di bus

- **USB (Universal Serial Bus)**: bus seriale per i dispositivi più lenti (tastiere, mouse ecc.) con data rate fino a 1,5 MB/s.
- **SCSI (Small Computer System Interface)**: bus molto veloce per il collegamento di dischi, scanner, periferiche audio/video. Data rate fino a 160 MB/s.
- **IEEE 1394 (FireWire)**: bus simile per concezione a quello USB, ma con un data rate di 50 MB/s. Adatto per il collegamento di videocamere e periferiche multimediali.