

MEMORIE

Le memorie possono essere classificate secondo diversi criteri.

1° Criterio : tipo di supporto fisico. Possiamo indicare tre diversi tipi :

1. Supporto magnetico.

Si tratta di un nastro sottile oppure di un dischetto di materiale plastico, ricoperti di uno strato sottilissimo di ossidi di materiali ferromagnetici (Fe , Ni , Co) , sensibili perciò all'azione di campi magnetici .

Esempi commerciali sono le audio e le video cassette , i floppy disk , i mini disk , gli hard disk .

L'informazione viene registrata in forma analogica nelle cassette , in forma digitale nei dischetti .

(Sono esistite per alcuni anni anche le cassette digitali, poi soppiantate dai CD .)

In fase di **registrazione o scrittura** , nella testina di scrittura una corrente elettrica proporzionale al segnale sonoro o visivo ,corrente creata da opportuni trasduttori (**microfoni o telecamere o fotocamere**) , crea un campo magnetico che magnetizza , cioè **orienta** in un determinato modo le micro particelle ferrose deposte sul nastro .

In fase di **lettura** , il nastro registrato, passando sotto la testina di lettura , **vi induce**, cioè vi fa nascere una corrente assai simile a quella di scrittura e tale corrente , opportunamente amplificata ed elaborata , inviata a degli attuatori (**altoparlanti o schermi LCD o televisori**) , ricreerà il suono o il video originali .

2. Supporto plastico (per memorie ottiche)

Un disco di materiale plastico di una decina di cm di diametro e spesso circa un mm, il CD o il DVD, viene inciso in fase di scrittura da un raggio laser abbastanza intenso da fondere il supporto per alcune decine di micron e realizzare così piccolissimi pozzi, fino a raggiungere lo strato più interno, altamente riflettente.

I buchi rappresentano gli **uni**, mentre i non buchi, cioè le zone **non** incise dal laser, rappresentano gli **zeri** ; **0 e 1** sono incisi lungo una spirale, dall'esterno verso l'interno del disco . Ovviamente l'informazione originale **analogica** (testi , suoni , immagini) deve essere **digitalizzata** , prima di essere registrata .

In fase di lettura , un diodo laser posto sotto il cd emette un raggio luminoso che va a colpire il CD e, se incontra un pozzo, viene riflesso totalmente, a differenza del raggio che incontra la superficie non incisa e viene disperso lungo di essa.

I raggi riflessi vengono captati da un fotodiodo che reagisce alla illuminazione fornendo una corrente (**1**) ; la luce non riflessa non va ad illuminare il fotodiodo che perciò non emette corrente (**0**) .

3. Supporto semiconduttore .

E' il caso delle memorie integrate , cioè realizzate con le tecnologie di miniaturizzazione , drogaggio , etc, nei sottili chip di Silicio . La **singola cella di memoria** è un **latch** o un **flip-flop** , la locazione standard è costituita invece da **8 FF** , per memorizzare **1 byte** .Ovviamente l'informazione è esclusivamente digitale.

2° Criterio : mantenimento dei dati .

1. Memorie non volatili :

L'informazione permane per " sempre " sul supporto .

E' il caso delle memorie magnetiche, ottiche e , nel campo di quelle a semiconduttore , delle **ROM , PROM , EPROM** .

2. Memorie volatili :

L'informazione viene mantenuta solo finchè c'è l'alimentazione.

E' il caso delle **RAM** . Queste si suddividono a loro volta in **Statiche e Dinamiche**.

Le **statiche** , finchè c'è l'alimentazione , mantengono perfettamente i dati , mentre le **dinamiche** , anche se alimentate , li perdono rapidamente .

Affinchè ciò non accada devono essere ciclicamente "rinfrescate", cioè i dati devono essere riconfermati (ogni **2 [ms]** , tipicamente) .

Altri criteri di classificazione possono essere :

- la **velocità di accesso ai dati**
- il **tipo di accesso (casuale o sequenziale)**
- il **tipo di segnale usato per la scrittura e la lettura (elettrico o ottico)**
- le **dimensioni fisiche**
- la **riscrivibilità**
- il **costo...**

SISTEMA A MICROPROCESSORE

I blocchi **fondamentali** di un sistema a microprocessore comprendono :

- la memoria
- il microprocessore
- le unità input / output (**I / O**)

I collegamenti tra i blocchi avvengono grazie a collegamenti chiamati **bus**, realizzati generalmente come piste di rame sulle quali viaggiano segnali di natura **elettrica**.

Sui bus viaggiano **4 tipi di informazioni** il cui controllo è sempre a carico del microprocessore:

- dati
- istruzioni di programmi
- indirizzi
- comandi e segnalazioni varie.

I **programmi** risiedono nella **memoria** della macchina e servono a dare indicazioni sui compiti da svolgere e sulle operazioni da eseguire sui **dati**, con i dati anch'essi residenti in memoria.

Gli **indirizzi** servono a identificare e recuperare in modo univoco le **informazioni** richieste dal lavoro in corso, oppure per attivare e richiamare un'unità di **ingresso** o di **uscita**.

Il microprocessore ha **sempre e comunque** una posizione di **predominio** e di **controllo** su tutte le altre parti del sistema.

Il microprocessore, infatti, si fa carico anche di gestire **tutti gli altri blocchi**, ovvero richiamare, **attivare** e fermare le **unità periferiche**, sincronizzare le **operazioni** tra i vari blocchi e controllare le situazioni di **emergenza (interrupt non mascherabili)**.

Per fare tutto questo ci sono delle **linee speciali** che mettono in comunicazione i singoli **blocchi** con il **microprocessore**, in modo che il microprocessore stesso possa fornire **comandi** e ricevere **segnalazioni** in modo **veloce** e **chiaro**.

La distinzione di cui sopra comporta la successiva suddivisione delle linee che compongono il bus.

Si distinguono cioè i **4 successivi bus** :

- bus dati → DATA BUS
- bus indirizzi → ADDRESS “
- bus di controllo → CONTROL “
- bus di alimentazione → SUPPLY “

Il **bus dati** è composto da **8 linee bidirezionali**, con ognuna delle 8 linee che può essere usata sia in **entrata** che in **uscita** dal microprocessore, a seconda dell'istruzione in esecuzione.

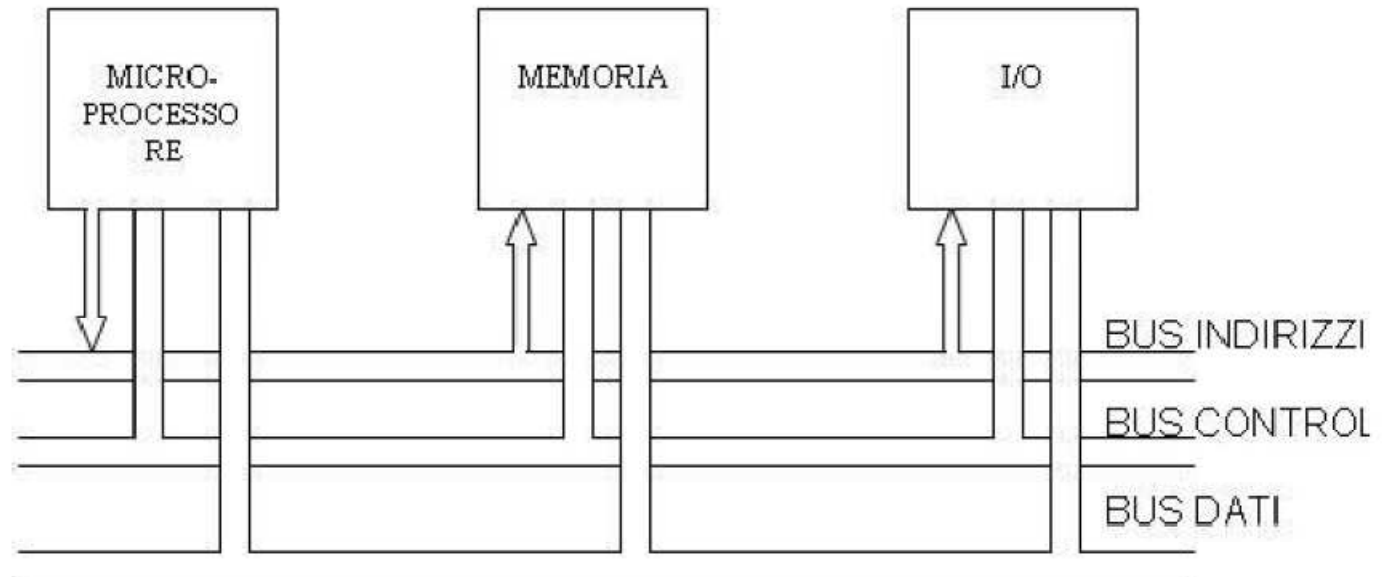
Il **bus indirizzi** è composto da **16 linee unidirezionali** solo in **uscita** dal microprocessore.

Il **bus controllo** è composto da un numero variabile di linee unidirezionali in **ingresso** e da un numero variabile di linee unidirezionali in **uscita**.

Il **bus di alimentazione** è composto da 3 linee : **GND**, ovvero il collegamento di massa, **VCC** , ovvero l'alimentazione, e il **CLOCK**.

Il **CLOCK** è un segnale di sincronizzazione e di temporizzazione che **scandisce** le operazioni del microprocessore.

Nella figura successiva sono illustrati i **blocchi fondamentali di un sistema a microprocessore** con i relativi **bus**.



(negli schemi viene solitamente sottinteso il bus di alimentazione)

Il **microprocessore** si incarica di **gestire il programma** e i suoi **dati** e di **eseguire i calcoli** richiesti.

Le azioni appena elencate rendono necessario che il microprocessore abbia da qualche parte, al suo interno, qualcosa che gli consenta di **prendere nota** di ciò che sta **facendo** e di trascrivere i **risultati parziali** dei suoi **calcoli**.

Ed infatti all'interno del microprocessore c'è una serie di **registri**, appunto impiegati per tutta quella serie di operazioni che devono essere svolte con **velocità**, dati i **frequenti accessi** richiesti, oppure che servono alla definizione dello **stato** del microprocessore stesso.

Tali registri sono collocati all'interno del microprocessore, e ciò **per risparmiare il tempo** che sarebbe richiesto se si impiegassero i 3 bus già esaminati.

I registri si dividono in due categorie :

- i **registri generali**
- i **registri speciali**

I **registri generali** non hanno uno scopo specifico, ma **servono per mantenere traccia del lavoro in corso**.

I **registri speciali**, invece, **servono a prendere nota di un particolare aspetto o evento relativo allo stato complessivo del microprocessore**.

Per evitare **conflitti sui BUS**, cioè per impedire che sul **DATA BUS / ADDRESS BUS** ci siano i **dati / indirizzi** di più dispositivi (Memorie o Periferiche), rendendo così impossibile la corretta gestione del flusso di informazioni, **tutti i dispositivi sono normalmente mantenuti nello STATO DI ALTA IMPEDENZA (HZ)**, cioè di **disconnessione elettrica** (NON fisica), dai BUS.

L' **IMPEDENZA** è la grandezza elettrica che indica come varia con la frequenza la **RESISTENZA** di un certo componente elettrico, cioè **l'opposizione che esso offre al passaggio della corrente**.

Questo significa che tutti i dispositivi di un sistema a μP sono in **STAND BY**, cioè non possono accedere ai BUS né essere raggiunti dai segnali elettrici emessi dalla CPU, finché non vengono **ABILITATI**.

La CPU, quando vuole **LEGGERE / SCRIVERE** in un dato dispositivo di **MEMORIA / PERIFERICA, avente un dato indirizzo**, lo abilita, cioè lo toglie dallo stato di **HZ** inviandogli un apposito segnale di controllo generato da una serie di **DECODER**, che elaborano l'indirizzo del dispositivo stesso.

Contemporaneamente gli invia anche altri segnali di controllo che permettono di scegliere tra **MEMORIE** o **PERIFERICHE** e tra l' operazione di **SCRITTURA** o **LETTURA**.

Es :

- **MREQ / IORQ** segnale per lavorare in **MEMORIA / PERIFERICA**
- **WR / RD** “ “ “ in **SCRITTURA / LETTURA**

Inoltre, due dispositivi non possono scambiarsi dati tra loro, senza passare attraverso la CPU.

SISTEMA A MICROPROCESSORE

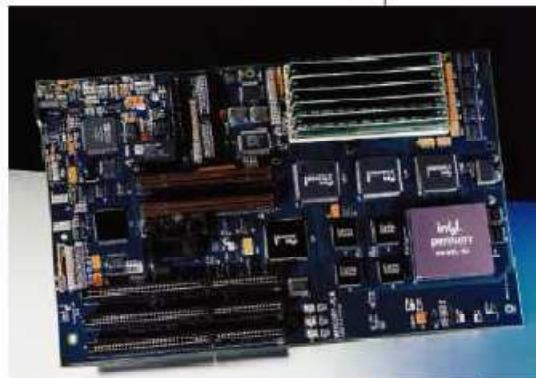
I blocchi **fondamentali** di un sistema a microprocessore comprendono :

- la memoria (principale e secondaria)
- il microprocessore
- le unità input / output (I / O)

La memoria principale

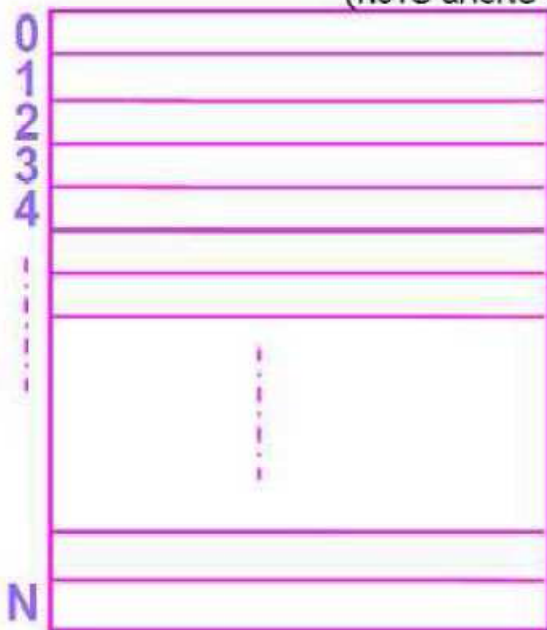
- Fornisce la capacità di "memorizzare" le informazioni
- Può essere vista come una lunga sequenza di componenti elementari, ognuna delle quali può contenere un'unità di informazione (un bit)

RAM (memoria principale) montata su chip nei moduli (schede)



Microprocessore (con CPU)

La Memoria RAM è organizzata come una sequenza di **LOCAZIONI** (note anche come **parole di memoria**)



- Ciascuna locazione è caratterizzata da un **indirizzo**
- Gli indirizzi corrispondono all'ordinamento delle **locazioni** nella sequenza
- Gli indirizzi sono numeri interi (partono da 0)

- Un altro nome con cui viene indicata la memoria principale è memoria **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory)
- Questa definizione indica che il tempo di accesso ad una locazione è lo stesso, indipendentemente dalla posizione della locazione all'interno della RAM.
- Le operazioni che un processore può effettuare sulla memoria sono le operazioni di lettura e scrittura di informazioni nelle **LOCAZIONI**.
- **Una locazione può contenere un dato o un'istruzione**

[N.B. con **locazione** o **cella** di memoria si intende, in genere, un insieme di **8 Flip-Flop** :

ciascun FF memorizza 1 bit]

- Per eseguire queste operazioni si deve specificare l'indirizzo della cella su cui si vuole operare
- L'indirizzo di una cella è un numero intero e quindi lo si può codificare in binario
- È necessario stabilire quanti bit devono essere utilizzati per rappresentare l'indirizzo
- Maggiore è il numero di bit utilizzati, maggiore sarà il numero di celle indirizzabili

Spazio di indirizzamento

- Ad esempio, se l'elaboratore utilizza 32 bit per l'indirizzo, la memoria potrà contenere fino a 4.294.967.296 celle. Se una cella contiene 1 byte allora abbiamo una memoria di 4 GB
- Le dimensioni della memoria principale variano a seconda del tipo di computer e vengono espresse mediante le seguenti unità di misura:
 - 1 Kilobyte (KByte) corrisponde a 1024 byte
 - 1 Megabyte (MByte) corrisponde a 1024 Kbyte
 - 1 Gigabyte (GByte) corrisponde a 1024 Mbyte
 - 1 Terabyte (TByte) corrisponde a 1024 Gbyte
- Nei computer attuali le dimensioni tipiche della memoria principale vanno dai 256Mbyte a 4 Gbyte

- Una **parola di memoria** è, a seconda del tipo di computer, un aggregato di due, quattro o addirittura otto byte, sul quale si può operare come su un blocco unico
- Nei computer attuali le dimensioni tipiche delle parole di memoria vanno dai 32 bit (4 byte) ai 64 bit (8 byte)
- Un altro aspetto che caratterizza la memoria è il **tempo di accesso** (tempo necessario per leggere o scrivere un'informazione in una parola)
- Le memorie principali dei computer attuali sono molto veloci e i loro tempi di accesso sono di pochi nanosecondi (un milionesimo di secondo)
- La memoria principale perde ogni suo contenuto quando si interrompe l'alimentazione elettrica. Questa caratteristica viene chiamata **volatilità**
- È quindi necessario per conservare le informazioni (programmi e dati) avere altri tipi di memoria che preservano il contenuto anche senza alimentazione elettrica



Tecnologie per memorie RAM

- DRAM (Dynamic RAM) il contenuto viene memorizzato per pochissimo tempo per cui deve essere aggiornato centinaia di volte al secondo
- SRAM (Static RAM) veloce e costosa, non deve essere aggiornata come le DRAM. Viene usata per le memorie cache (che vedremo più tardi)
- VRAM (Video RAM) usata per la memorizzazione di oggetti grafici sullo schermo

La memoria secondaria

- La memoria principale non può essere troppo grande a causa del suo costo elevato
- Non consente la memorizzazione permanente dei dati (volatilità)
- Per questi motivi sono stati introdotti due tipi di memoria:
 - Memoria principale veloce, volatile, di dimensioni relativamente piccole;
 - Memoria secondaria, più lenta e meno costosa, con capacità di memorizzazione maggiore ed in grado di memorizzare i dati in forma permanente
- La memoria secondaria viene utilizzata per mantenere tutti i programmi e tutti i dati che possono essere utilizzati dal computer
- La memoria secondaria viene anche detta **memoria di massa o memoria periferica**
- Quando si vuole eseguire un certo programma, questo dovrà essere copiato dalla memoria di massa a quella principale (**caricamento**)

La memoria secondaria - il magnetismo

- La memoria secondaria deve avere capacità di memorizzazione permanente e quindi per la sua realizzazione si utilizzano tecnologie basate sul magnetismo (dischi e nastri magnetici) o tecnologie basate sull'uso dei raggi laser (dischi ottici)
- Nel primo caso si sfrutta l'esistenza di sostanze che possono essere magnetizzate.
- La magnetizzazione è permanente fino a quando non viene modificata per effetto di un agente esterno
- La magnetizzazione può essere di due tipi (positiva e negativa)
- I due diversi tipi di magnetizzazione corrispondono ai due valori dell'unità fondamentali di informazione (bit)

La memoria secondaria - l'ottica

- Le tecnologie dei dischi ottici sono completamente differenti e sono basate sull'uso di raggi laser
- Il raggio laser è un particolare tipo di raggio luminoso estremamente focalizzato che può essere emesso in fasci di dimensioni molto ridotte
- La riflessione, o meno, del fascio luminoso può essere riconosciuta e corrisponde ai due valori dell'unità fondamentali di informazione (bit)

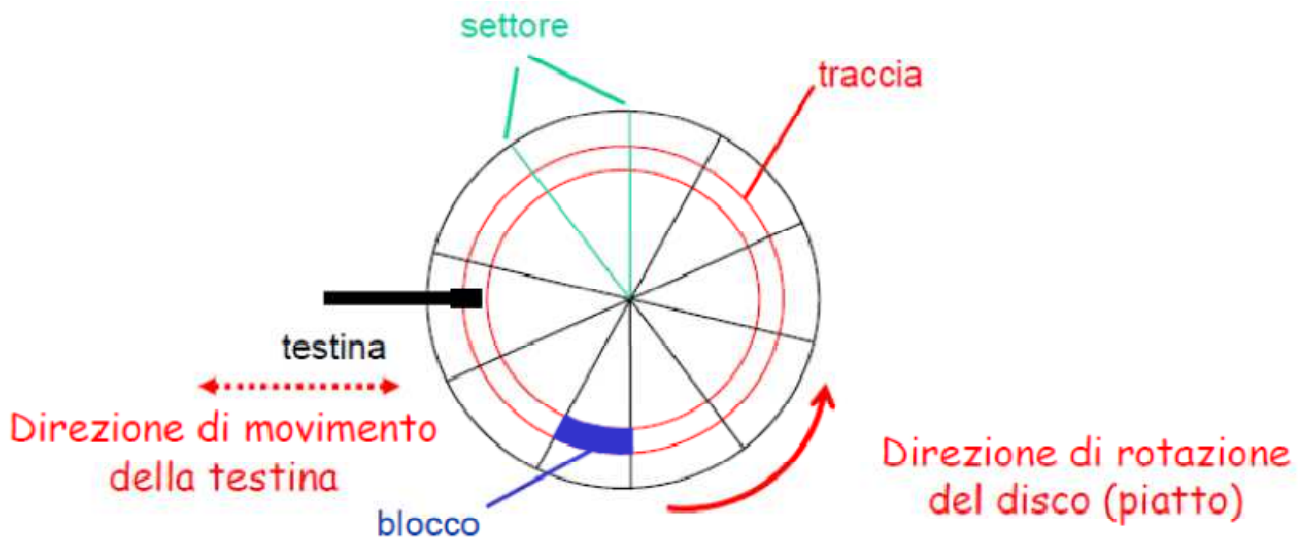
Caratteristiche della memoria secondaria

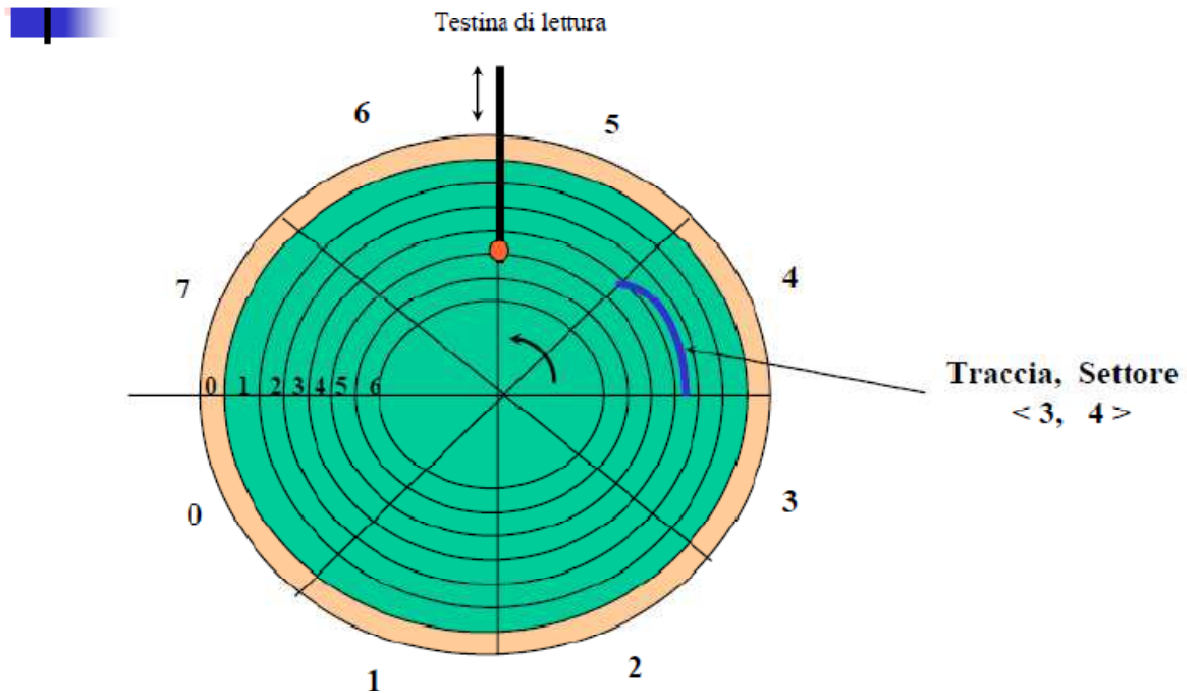
- I supporti di memoria di massa sono molto più lenti rispetto alla memoria principale (presenza di dispositivi meccanici)
- Le memorie di massa hanno capacità di memorizzazione (dimensioni) molto maggiori di quelle delle tipiche memorie principali
- Il processore non può utilizzare direttamente la memoria di massa per l'elaborazione dei dati
- Il programma in esecuzione deve essere in memoria principale e quindi le informazioni devono essere trasferite dalla memoria secondaria a quella principale ogni volta che servono
- Nel caso della memoria principale si ha sempre l'accesso diretto ai dati, nel caso della memoria secondaria solo alcuni supporti consentono l'accesso diretto mentre altri supporti permettono solo l'accesso sequenziale
- Nelle memorie di massa le informazioni sono organizzate in blocchi di dimensioni più grandi, di solito da 1 KByte in su

I dischi magnetici

- I dischi magnetici sono i dispositivi di memoria secondaria più diffusi
- Sono dei supporti di plastica, vinile o metallo, su cui è depositato del materiale magnetizzabile
- Nel corso delle operazioni i dischi vengono mantenuti in rotazione a velocità costante e le informazioni vengono lette e scritte da testine del tutto simili a quelle utilizzate nelle cassette audio/video
- Entrambi i lati di un disco possono essere sfruttati per memorizzare le informazioni

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)

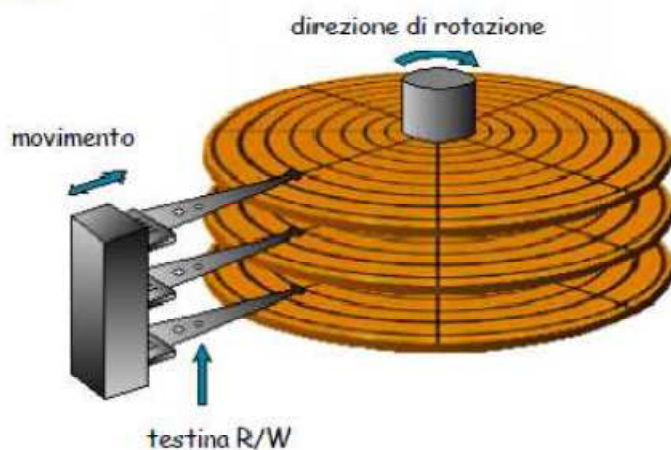


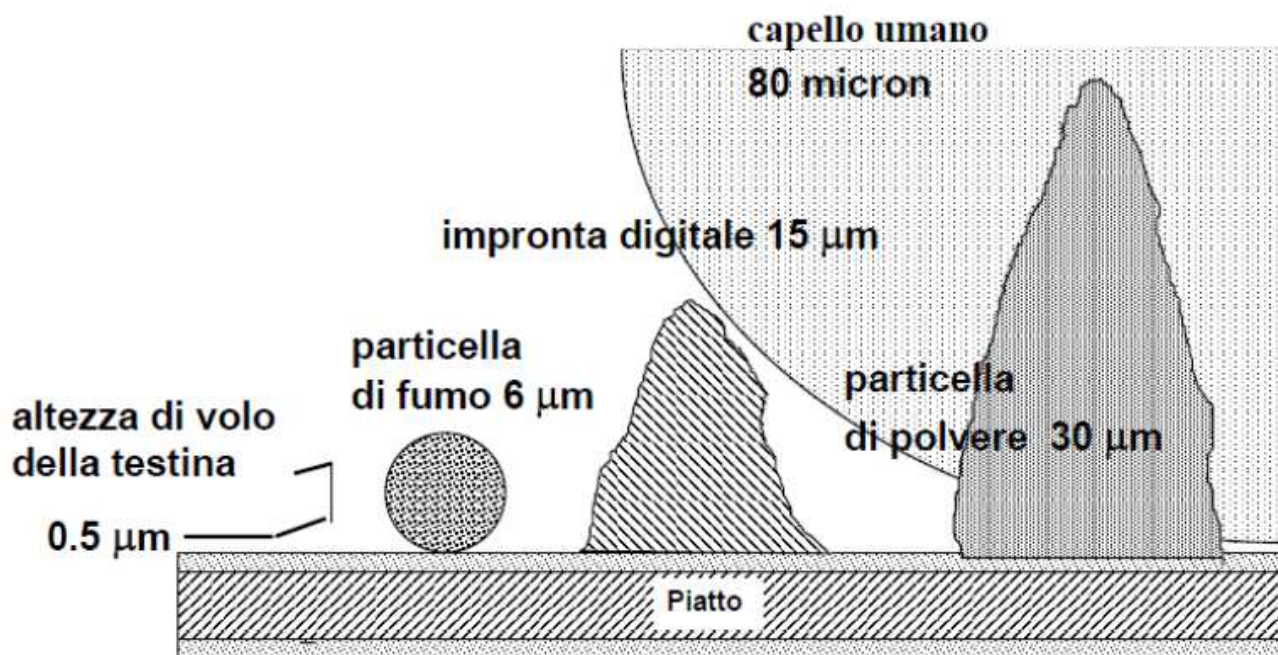


- La suddivisione della superficie di un disco in tracce e settori viene detta **formattazione**
- Il blocco è dunque la minima unità indirizzabile in un disco magnetico e il suo indirizzo è dato da una coppia di numeri che rappresentano il numero della traccia e il numero del settore
- I dischi magnetici consentono **l'accesso diretto** in quanto è possibile posizionare direttamente la testina su un qualunque blocco senza dover leggere quelli precedenti
- Per effettuare un'operazione di lettura (scrittura) su un blocco è necessario che la testina si posizioni in corrispondenza dell'indirizzo desiderato
- Il tempo di accesso alle informazioni sul disco è dato dalla somma di tre tempi dovuti a:
 - spostamento della testina in senso radiale fino a raggiungere la traccia desiderata (*seek time*);
 - attesa che il settore desiderato si trovi a passare sotto la testina; tale tempo dipende dalla velocità di rotazione del disco (*latency time*);
 - tempo di lettura vero e proprio dell'informazione

I dischi magnetici - hard disk

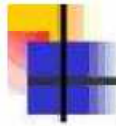
- Una classificazione dei dischi magnetici è quella che distingue tra hard disk e floppy disk
- Gli hard disk sono dei dischi che vengono utilizzati come supporto di memoria secondaria fisso all'interno dell'elaboratore
- Supporto di metallo rivestito da una sostanza magnetizzabile
- Sono generalmente racchiusi in contenitori sigillati in modo da evitare qualunque contatto con la polvere
- Si usano più dischi con più testine
- I dischi rigidi hanno capacità di memorizzazione elevata, si va fino a dischi di alcune centinaia di Gbyte
- I dischi rigidi hanno velocità di rotazione elevata, si va fino a dischi con 15000 RPM (Round Per Minute)
- I dischi rigidi hanno tempi di seek medi bassi, si va fino a dischi con 3-4 ms di tempo medio di accesso





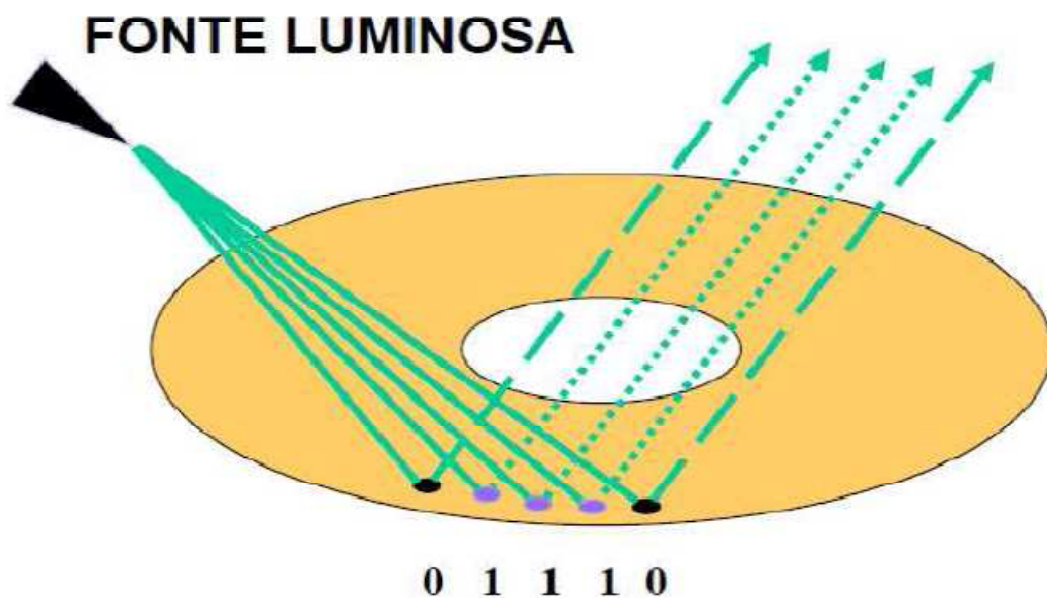
I dischi magnetici - floppy disk

- I floppy disk (dischetti flessibili) sono supporti rimovibili
- Ogni elaboratore (PC fisso) è dotato di almeno una unità di lettura-scrittura detta drive, all'interno della quale l'utente può inserire i propri dischetti
- I drive per la gestione dei floppy sono scomparsi nei portatili
- I floppy disk sono di materiale plastico (mylar) e ricoperti da un piccolo strato di sostanza magnetizzabile
- Sono protetti da un involucro in materiale plastico duro
- I tempi di accesso sono più alti di quelli dei dischi rigidi
- Oggi sono comuni floppy disk da 3.5" con capacità di memorizzazione di 1,44 MByte (una volta esistevano quelli da 5.25" e 1.2MByte)
- I floppy disk hanno velocità di rotazione bassa, si va fino a dischi con 360 RPM (Round Per Minute)

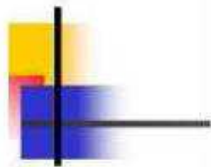


I dischi ottici (CD , DVD, BLUE RAY DISK)

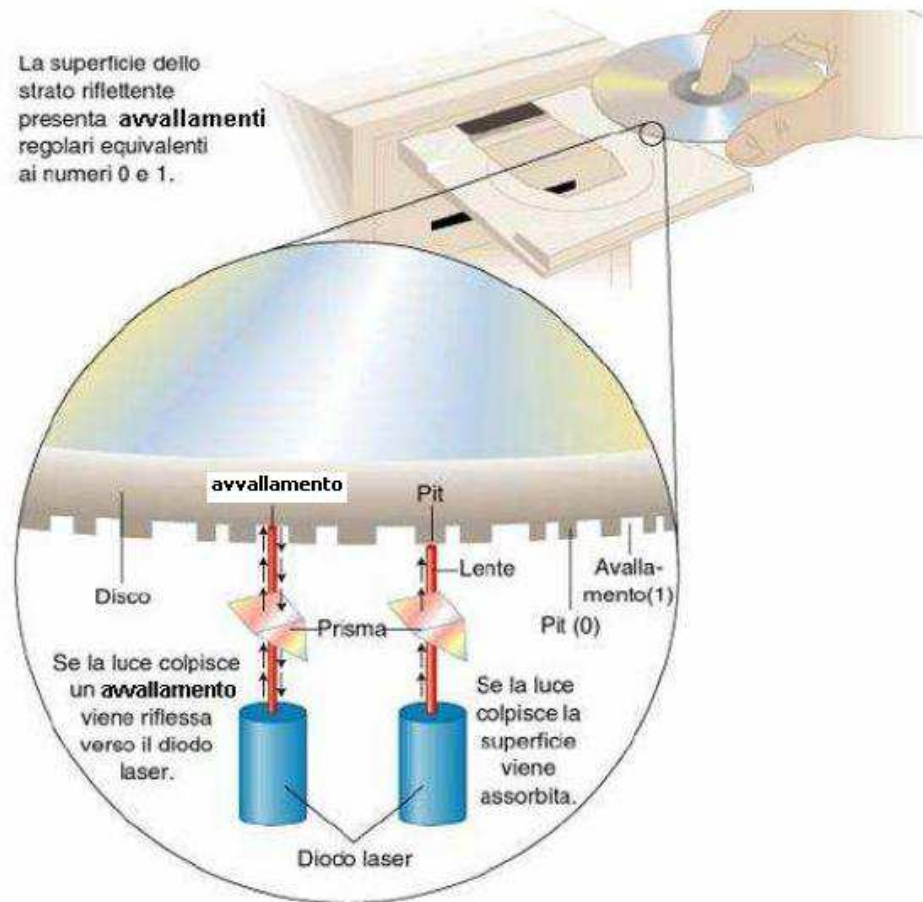
- Le tecnologie dei dischi ottici sono completamente differenti e sono basate sull'uso di raggi laser
- Il raggio laser è un particolare tipo di raggio luminoso estremamente focalizzato che può essere emesso in fasci di dimensioni molto ridotte
- Il raggio laser viene riflesso in modo diverso da superfici diverse, e si può pensare di utilizzare delle superfici con dei piccolissimi "pozzi" (PIT o avvallamenti)



- Ogni unità di superficie può essere "forata" o "non forata" e questo corrisponde ai due diversi valori dell'unità di informazione elementare (bit)
- L'informazione contenuta su un'unità di superficie può essere letta guardando la riflessione del raggio laser proiettato sulla superficie stessa
- Aggregazioni di informazioni possono essere ottenute dividendo una superficie di grandi dimensioni in molte unità elementari, ognuna delle quali rappresenta un singolo bit



La superficie dello strato riflettente presenta **avvallamenti** regolari equivalenti ai numeri 0 e 1.

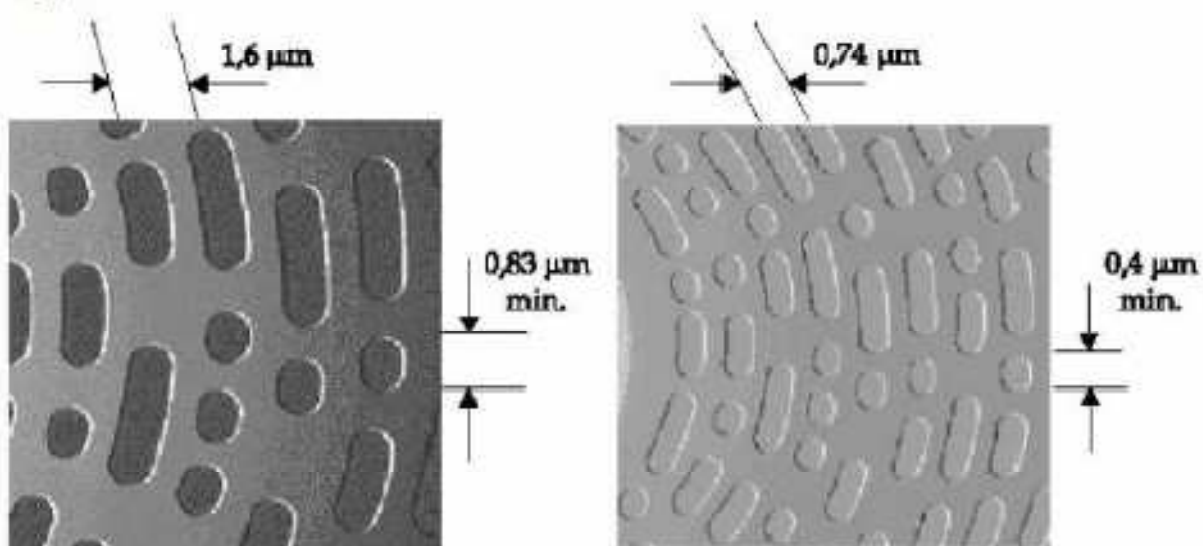


- I dischi ottici vengono usati solitamente per la distribuzione dei programmi e come archivi di informazioni
- I dischi ottici hanno una capacità di memorizzazione (ad oggi) inferiore rispetto ai dischi magnetici
- Le dimensioni tipiche per i dischi ottici utilizzati oggi vanno dai 650 MByte in su, fino a uno o più GByte
- I dischi ottici hanno costo inferiore e sono molto più affidabili e difficili da rovinare
- **CD - Compact Disk**
 - Capacità di 650-700 MB
 - **CD-ROM**
 - **CD-R**
 - **CD-RW**
- la scrittura è un'operazione complicata, che richiede delle modifiche fisiche del disco
- si usa un masterizzatore

I dischi ottici - CD ROM - DVD

- ha una sola traccia a forma di spirale, la lettura dei dati avviene in modo sequenziale;
- i lettori di CD-ROM imprimono velocità di rotazione diverse che dipendono della tecnologia costruttiva
- la velocità di lettura si denota come multiplo della velocità dei primi lettori (150 kB/sec) per cui con 2X si denota una velocità di 300 kB/sec, con 48X si denota una velocità di 7,2 MB/sec, etc
- la velocità di rotazione arriva anche a 12.000 RPM
- DVD (Digital Versatile Disc) o (Digital Video Disc)
- Capacità di 4,7 - 17 GB (in continuo aumento)
- Il lettore DVD costa poco più di un lettore CD e legge anche i CD
 - DVD-ROM a sola lettura
 - DVD-R scrivibili solo una volta
 - DVD-RAM leggibili e scrivibili
 - DVD-RW leggibili e scrivibili

Differenze tra CD e DVD



- Tra poco verranno presentati i dischi **HD-DVD** (High Density Digital Versatile Disc) o (High Density Digital Video Disc) e **Blu-ray Disc**
- Capacità di 30-60-90 GB (HD DVD singolo, doppio, triplo strato)
- Capacità di 27-54-100 GB (Blu-ray Disc singolo, doppio, quadruplo strato)
- I lettori HD DVD e Blu-ray Disc sono appena usciti

Collegamento al sistema

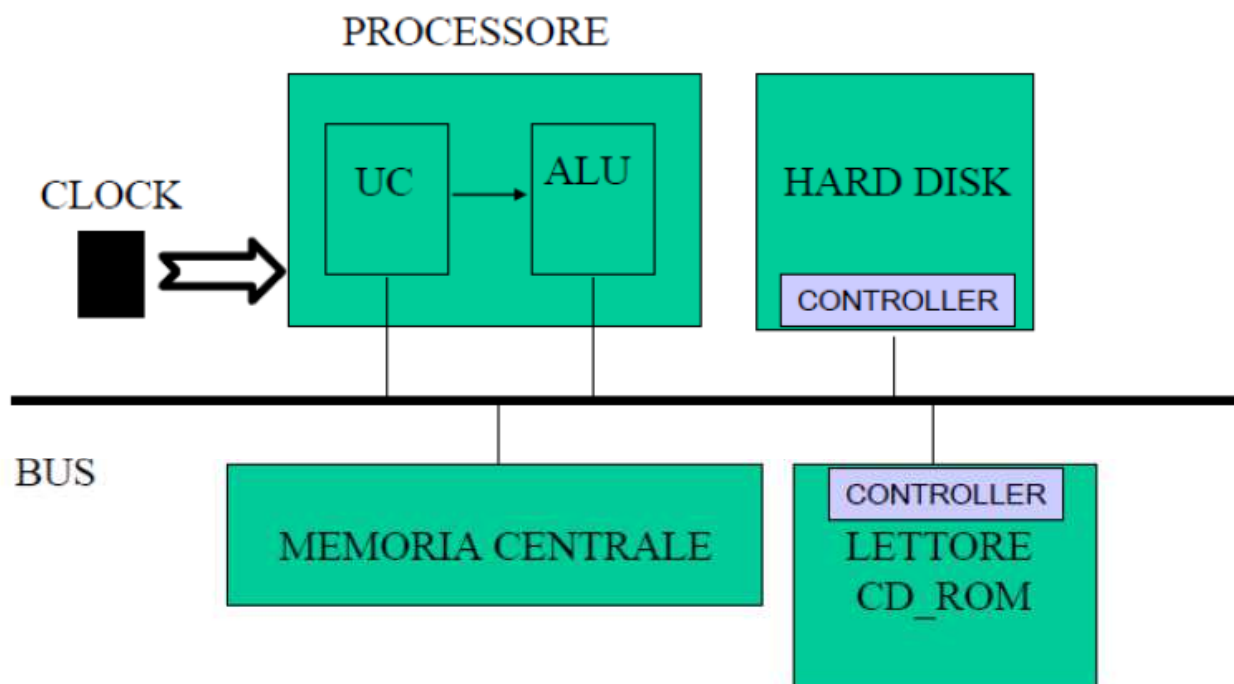
- Chi comanda il movimento della testina?
- Chi comanda la generazione del raggio laser?
- Chi si occupa di trasferire i dati letti in memoria centrale?
- Chi comanda la rotazione dei dischi?
- **IL PROCESSORE? NO!**

Controller dei dispositivi di memoria secondaria

- La CPU è liberata da questi compiti ed emette solo dei comandi verso questi dispositivi. Ad esempio:
 - l'indirizzo sul disco
 - l'indirizzo in memoria centrale
 - il numero di blocchi consecutivi
 - il tipo dell'operazione: lettura, scrittura
- Ogni dispositivo di memoria secondaria è collegato ad un insieme di circuiti elettronici (detto **CONTROLLER**) che gestisce il coordinamento tra processore, memoria centrale e dispositivo in modo da garantire il corretto trasferimento di dati.
- Ogni controller è collegato al bus del sistema
 - Ultra ATA (EIDE - Enhanced Integrated Drive Technology)
 - SCSI (Small Computer System Interface)
 - Serial ATA (SATA)

- Il controller gestisce il coordinamento tra processore, memoria centrale e dispositivo in modo da garantire il corretto trasferimento di dati.
- Ogni controller (che è hardware) è gestito da particolare software chiamato driver che è parte del **Sistema Operativo** del computer

Interazione tra processore e memorie



Altri dispositivi di memoria secondaria

- Nastri magnetici
- Carte
 - di credito
 - Smart-card
 - ottiche
- Pen drive



I dispositivi di input/output

- I dispositivi di input/output (anche detti periferiche), permettono di realizzare l'interazione tra l'uomo e la macchina
- La loro funzione primaria è quella di consentire l'immissione dei dati all'interno dell'elaboratore (input), o l'uscita dei dati dall'elaboratore (output)
- Solitamente hanno limitata autonomia rispetto al processore centrale il processore concorre alla loro gestione



Il controller

- Anche ogni dispositivo di ingresso uscita è collegato ad un insieme di circuiti elettronici (detto **CONTROLLER**) che gestisce il coordinamento tra processore, memoria e dispositivo in modo da garantire il corretto trasferimento di dati.
- Riceve gli ordini dal microprocessore e li trasferisce al dispositivo fisico
- Risiede su un circuito stampato ed è solitamente esterno all'unità periferica ed all'interno del case
- Il collegamento tra il controller e la periferica avviene attraverso opportuni connettori



Il driver

- Componente software necessaria per la gestione della periferica
- Ogni periferica ha un proprio **driver** che viene consegnato su un disco all'atto dell'acquisto della periferica
- Prima di utilizzare la periferica è necessario **installare il driver** corrispondente