

1. CONCETTI INTRODUTTIVI E FONDAMENTI DEI SISTEMI OPERATIVI

1.1. Architettura di base di un calcolatore

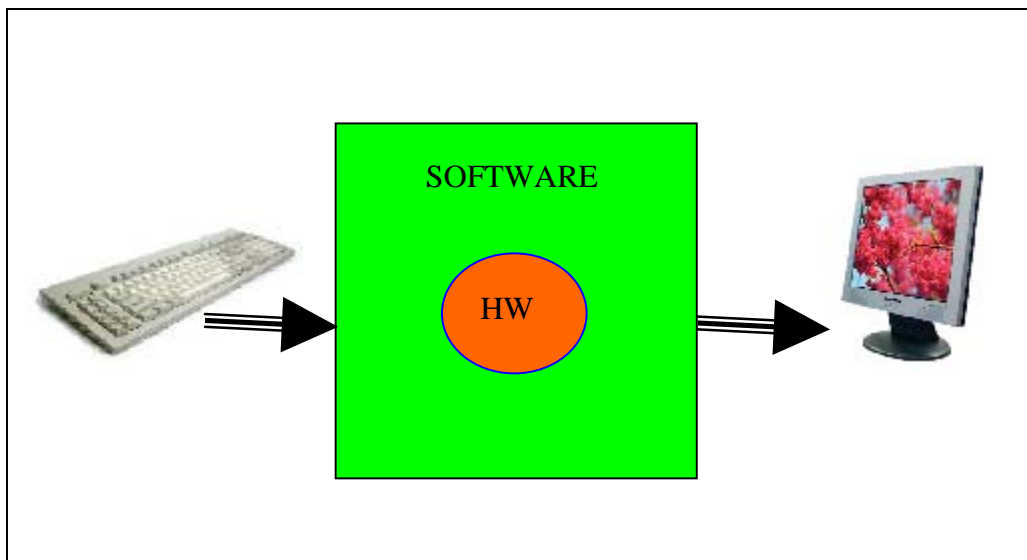
1.1.1. Hardware e software

In un qualsiasi calcolatore si possono individuare due componenti fondamentali:

- **Hardware** (in inglese “*ferramenta*”), cioè la parte “materiale” del computer, comprendente in particolare i circuiti elettronici; questi oggi sono prodotti come “circuiti integrati” nella forma di *chip* (letteralmente, scheggia) di *silicio*, contenenti ciascuno milioni di transistor.
- **Software** (in inglese “*cosa morbida*”), cioè la parte “immateriale” del computer, costituita dai programmi, fisicamente intangibili ma indispensabili per poter utilizzare l’hardware. È la componente ove risiede la logica del computer, tanto che in francese è detto il “*logiciel*”, il logico.

Queste componenti, cooperano fra loro e consentono l’elaborazione dei dati in ingresso (*input*) per generare risultati in uscita (*output*) attraverso un procedimento di elaborazione (*algoritmo*).

La figura rappresenta schematicamente quanto sopra detto, ponendo anche in evidenza, sul piano concettuale, il contributo che l’hardware (rappresentato come un piccolo ma forte nucleo centrale della macchina) e il software (un componente molto più ampio e diffuso) forniscono al comportamento del computer.



1.1.1.1. Il firmware (approfondimento)

In realtà, oltre ad hardware e software, esistono anche componenti *firmware*, vale a dire componenti hardware ma preprogrammate per svolgere compiti specifici. Questi componenti si frappongono fra l’hardware e il software e costituiscono una tecnologia usata per dare all’hardware le sue capacità logiche.

Queste componenti, tuttavia, restano opache per l’utente e interessano soltanto lo specialista.

1.1.2. **Algoritmo, programma e modello di Von Neumann**

Questo non è un corso per informatici né per elettronici e quindi non ha la pretesa di spiegare tecnicamente come funziona l'hardware del computer, ma non si rifiuta di spiegarlo dal punto di vista del suo comportamento.

Il modello fondamentale al quale si ispirano ancora i moderni calcolatori è quello di **Von Neumann**, che fornisce anche una chiave di lettura del funzionamento logico del computer, anche se il modello originario è oggi notevolmente evoluto. Esso nacque nel 1945, in una proposta per la realizzazione di un calcolatore pioniere chiamato EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer) e trovò nel 1946 la pratica attuazione nel computer IAS nell'Istituto per gli Studi Avanzati di Princeton (USA).

I concetti fondamentali introdotti dal modello (oggi sembrano banali, ma allora fu una invenzione) sono:

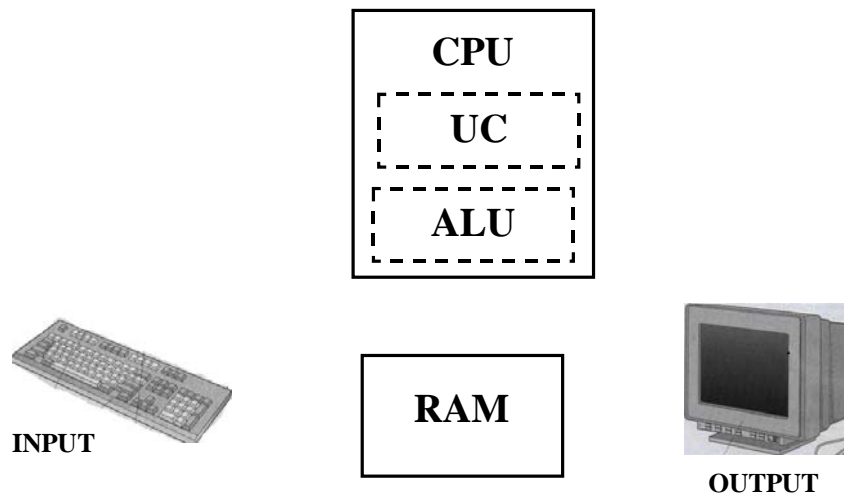
- nel calcolatore vi è un *programma registrato* in memoria: il medesimo calcolatore, attrezzato con differenti programmi è in grado di risolvere i problemi più disparati;
- il programma rappresenta, in un *linguaggio di programmazione*, un *algoritmo*, cioè una sequenza di operazioni attraverso le quali si risolve un problema;
- ogni istruzione di un programma richiede al computer di eseguire una operazione molto elementare, quale:
 - input verso la memoria o output da questa,
 - semplici operazioni aritmetiche o logiche su dati che stanno in memoria, con deposito dei risultati ancora in memoria,
 - determinazione della prossima istruzione da eseguire.

1.1.3. **Unità del computer nel modello di Von Neumann**

Un calcolatore si può vedere costituito, secondo il modello di Von Neumann, dalle seguenti unità (vedi figura):

- *L'unità di ingresso (INPUT, p.e. la tastiera)*, che consente l'immissione di dati nella memoria in fase di *esecuzione del programma* e del programma stesso in una fase preliminare detta di *caricamento del programma*.
- *L'unità di memoria centrale o principale (RAM)*, nella quale vengono registrate tutte le informazioni, cioè le istruzioni del programma e i dati originari, intermedi e finali;
- *Il processore centrale (CPU, Central Processor Unit)*, che presiede tutte le operazioni del calcolatore ed esegue le operazioni aritmetiche e logiche richieste (vedremo in seguito che la CPU è a sua volta composta di due componenti principali, UC ed ALU in figura).
- *L'unità di uscita (OUTPUT, p.e. il video)*, per la presentazione dei risultati dell'elaborazione all'utente.

NOTA: Nel modello originario, la memoria centrale è solo "la" memoria; oggi è, in effetti, una memoria RAM (vedi in seguito) mentre nel passato è stata anche un "tamburo magnetico"



1.1.4. Flusso di dati e controllo nel modello di Von Neumann

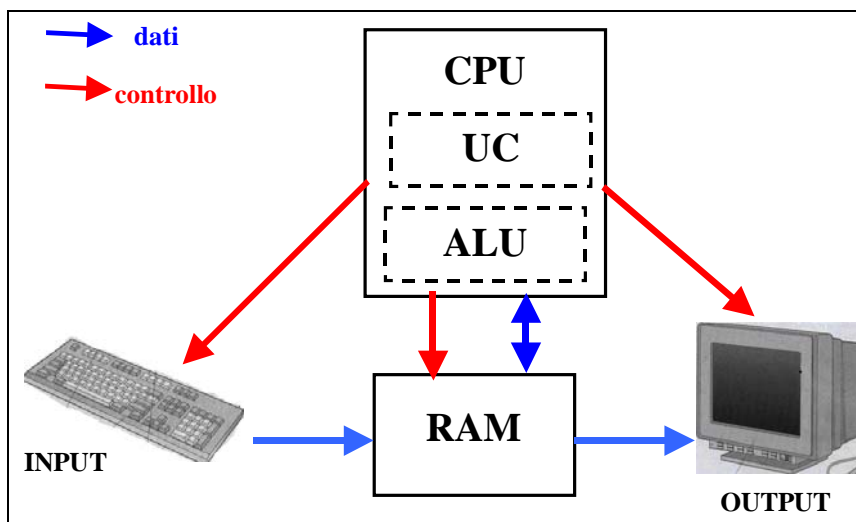
Una volta che il programma sia stato caricato nella *RAM* (vedi RICHIAMO), il processore centrale (la *CPU*) effettua le seguenti operazioni:

- legge, una alla volta, le istruzioni del programma dalla memoria,
- interpreta l'istruzione letta,
- esegue l'istruzione e quindi, a seconda dei casi,
 - sposta un dato dall'unità di INPUT alla RAM,
 - sposta uno o due dati dalla memoria al proprio interno per effettuare con essi un'operazione aritmetica o logica semplice (p.e. $A+B$, $X-Y$,...),
 - sposta dal proprio interno alla memoria il risultato dell'operazione di cui sopra,
 - sposta un dato dalla memoria all'unità di uscita per comunicarlo all'operatore,
 - determina la prossima istruzione da eseguire.

Nella figura sono posti in evidenza con linee blu lo spostamento dei dati fra le diverse unità e, con le linee rosse, la funzione di supervisione esercitata dalla CPU. È in questo modo che il computer esegue i programmi, realizzando gli algoritmi programmati dall'Uomo e caricati in memoria centrale (vedi RICHIAMO).

Lo schema di cui sopra è necessariamente semplificato, ma le linee essenziali rappresentano il reale comportamento del computer. Sembra incredibile, ma mettendo insieme miriadi di istruzioni semplici come quelle illustrate, si ottengono gli strabilianti risultati delle applicazioni al computer.

RICHIAMO: § 1.1.2 Algoritmo, programma e..



1.1.4.1. Una vista pratica dello schema di Von Neumann (approfondimento)

La figura A mostra uno schema tratto dalla realtà costruttiva di un PC delle unità costituenti il computer e di qualche unità aggiuntiva che si ritrova nella realizzazione circuitale contemporanea: le diverse unità sono fra loro collegate attraverso un "bus", una sorta di autostrada delle informazioni (oltre alle unità fondamentali in figura, si vede, altresì, una "memoria di massa", di cui si dirà in seguito).

In figura B è mostrato uno schema di dettaglio dell'assemblaggio di un computer: sono visibili i collegamenti tra CPU, RAM e dischi e si mostra anche una memoria "cache" non essenziale per la comprensione del meccanismo fondamentale di funzionamento del computer, ma essenziale per renderlo veloce come i computer moderni.

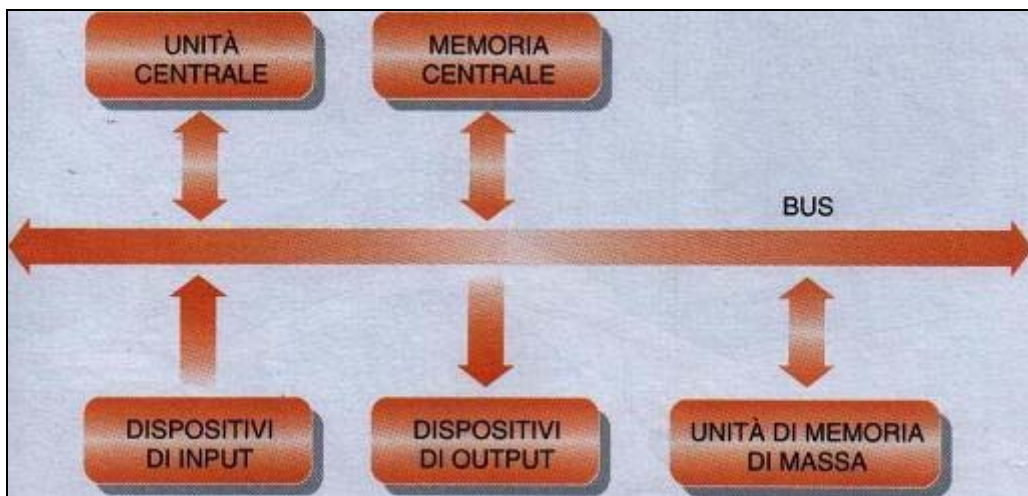


Figura A

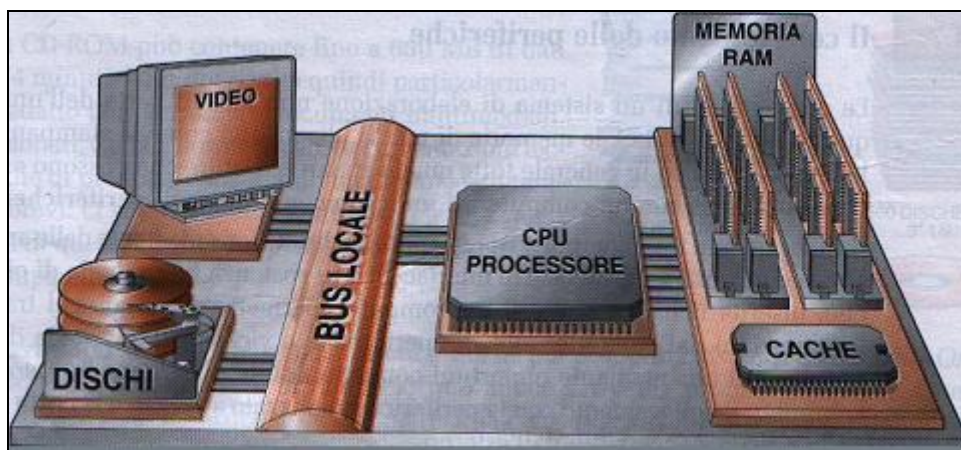


Figura B

1.1.5. Le unità di input e di output (I/O)

Lo scambio di dati tra memoria e mondo esterno avviene per mezzo di dispositivi detti di I/O (input/output), o anche *unità periferiche*.

Le unità di input (p.e. tastiera, mouse, scanner, lettore di codici a barre, telecamera, microfono) traducono i dati esterni in una forma comprensibile all'elaboratore, cioè li codificano in bit, trasformando ogni dato in una sequenza di bit.

Le unità di output (p.e. video, stampanti, altoparlanti), viceversa, ricevono i dati come sequenze di bit e li decodificano rendendoli intelligibili all'operatore umano.

Esistono anche unità che sono sia di input sia di output (p.e. il modem da e verso la linea telefonica e le memorie di massa, vedi in seguito) che svolgono entrambe le funzioni.

1.1.5.1. Le unità di input e di output (I/O) (approfondimento)

Le unità di I/O sono collegate al calcolatore mediante appositi *bus*, da intendere come "autostrade" ove transitano i dati con determinate regole dette anche *protocolli* (p.e. bus ATA, bus USB, bus SCSI). Il collegamento fra il bus e l'unità di I/O non sempre è diretto, ma avviene talora attraverso una *interfaccia di I/O*, cioè una scheda contenente circuiti elettronici che adatta le caratteristiche logico-elettroniche delle unità di I/O a quelle del computer (p.e. scheda audio, scheda video, scheda Ethernet per il collegamento alla rete, interfaccia seriale, interfaccia parallela).

1.1.6. Il processore (la CPU)

La *C.P.U.* è la parte "intelligente" del calcolatore, quella che sovrintende e regola l'esecuzione di tutte le sue operazioni. In realtà (si veda la figura nel RICHIAMO), al suo interno si distinguono due diverse unità:

- *L'unità di controllo* o di governo, che presiede tutte le operazioni del calcolatore, interpretando ed eseguendo le istruzioni che essa stessa preleva dalla memoria ed inviando alle specifiche unità i segnali per l'esecuzione delle singole operazioni (le linee rosse della figura).
- *L'unità aritmetico-logica* o di elaborazione (Arithmetic-Logic Unit - *ALU*), in grado di eseguire, a richiesta dell'unità di controllo, le operazioni aritmetiche e logiche.

E' questa l'unità che viene di solito detta *il processore* e della quale si legge sui depliant e i comunicati commerciali. Nella figura è posto in evidenza che la UC invia i segnali di controllo all'*ALU*, la quale riceve dati i da elaborare (in ingresso) dalla stessa UC e restituisce i risultati (in uscita), che, ancora la UC, provvede ad inviare in memoria.

La CPU funziona espletando le operazioni successive a ritmo di un segnale periodico che sincronizza il funzionamento di tutti i circuiti del calcolatore, detto *Clock*.

Un parametro usato per indicare la velocità del processore è la *frequenza del clock*, che indica il numero di operazioni che il processore esegue nell'unità di tempo e si misura in Hertz (1 operazione al secondo) e suoi multipli: un processore a 3 GigaHertz è un processore che esegue 3 miliardi di operazioni al secondo.

NOTA: *Una operazione nel senso detto sopra è in generale ancora più elementare di una operazione nel senso detto in precedenza e viene talora detta microoperazione.*

RICHIAMO: 1.1.3 Unità del computer nel modello di Von Neumann



1.1.7. La memoria RAM

L'unità di memoria centrale o principale (vedi RICHIAMO) è, nei calcolatori moderni, una *RAM*, cioè una *Random Access Memory*, una memoria ad accesso casuale, così detta perché comunque si scelga a caso una sua cella, il tempo di accesso è sempre lo stesso, diversamente da quanto accade per altri tipi di memoria (per un nastro magnetico, ad esempio, il tempo è molto diverso se bisogna accedere al suo inizio oppure alla sua fine: in tal caso, la memoria si dice *sequenziale*).

La RAM, dunque, rispecchia le funzionalità previste dal modello di Von Neumann (vedi RICHIAMO):

- contiene il programma in esecuzione;
- contiene i dati in elaborazione del programma.

Per rispecchiare tali funzionalità, la RAM è strutturata in *celle o locazioni*, ciascuna delle quali contiene una singola istruzione o un dato semplice (ad esempio, un numero) ed è caratterizzata da un *indirizzo* che la identifica univocamente. Le celle sono singolarmente indirizzabili, nel senso che si legge o si scrive in memoria una cella per volta (ciò non avviene, ad esempio, per i dischi) ed in tal modo si realizza il modello citato: la CPU accede ad *una* istruzione o ad *un* dato per volta.

La RAM è una memoria elettronica, basata su circuiti in grado di conservare uno stato elettrico a due valori (p.e. due valori di tensione o due valori di carica elettrica) rappresentativi di un bit. Due sono i parametri che caratterizzano una RAM (come le altre memorie):

- la *capacità*, cioè la quantità di dati che può contenere; si misura in byte (aggregazione di 8 bit) e suoi multipli: una memoria di 1 Gigabyte contiene un miliardo di byte, cioè 8 miliardi di bit;
- il *tempo di accesso*, cioè il tempo necessario alla CPU per prelevare o immettere un dato in memoria, ad esempio, una memoria con 10 nanosecondi di tempo di accesso impiega 10 miliardesimi di secondo per accedere ad un dato.

La RAM è una memoria *volatile* (al contrario dei dischi), nel senso che, in assenza di alimentazione elettrica, perde tutte le informazioni in essa contenute; ciò dipende dalla sua tecnologia costruttiva.

RICHIAMO 1.1.3 Unità del computer

1.1.7.1. La memoria ROM (approfondimento)

Una piccola parte della memoria centrale è spesso realizzata con una *ROM* (*Read Only Memory*, memorie a sola lettura), non volatile, che viene scritta un'unica volta, all'atto della sua costruzione e mai più riscritta.

Essa è impiegata per disporre di dati e programmi in memoria già all'accensione del calcolatore e contiene programmi necessari alla partenza del sistema, programmi che consentono la copia dalla memoria di massa del kernel del sistema operativo all'atto dell'accensione (*bootstrap*), programmi per la gestione della grafica dello schermo ecc.

Memorie ROM sono anche impiegate per realizzare il firmware o in generale circuiti logici.

1.1.8. Memoria di massa

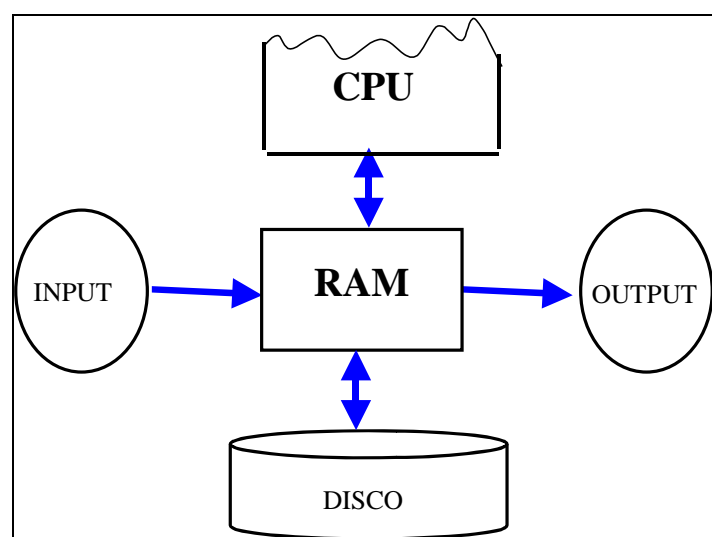
La memoria centrale, primaria o RAM, è soltanto una delle memorie collegate ad un computer. Ad essa è sempre affiancata una *memoria di massa* (si pensi ai dischi e ai dischetti, per fissare le idee) che funge da deposito di dati e programmi.

La memoria di massa è collegata al computer secondo uno schema diverso da quello della memoria primaria (vedi figura): non comunica direttamente con la CPU, ma solo con la memoria centrale così come l'input e l'output. Viene dunque anche considerata una unità di I/O e detta *memoria secondaria*.

La memoria di massa è inoltre caratterizzata, rispetto alla RAM, dai seguenti aspetti:

- è una *memoria permanente*, cioè conserva le informazioni anche in mancanza di alimentazione (si pensi al dischetto e al CD), al contrario della RAM che è volatile (vedi RICHIAMO);
- ha un costo per bit relativamente basso, il che consente di raggiungere, a costi relativamente contenuti, anche capacità notevoli (centinaia o migliaia di Gigabyte), a fronte di soltanto (si fa per dire) qualche Gigabyte delle RAM;
- è relativamente lenta: ha tempi di accesso dell'ordine dei millisecondi a fronte dei nanosecondi delle RAM;
- il trasferimento di dati da e per la memoria di massa e quindi l'indirizzamento dei dati non avviene per dato singolo come nella RAM, ma per blocchi di dati detti *record*.

In definitiva, le memorie di massa costituiscono grandi serbatoi di dati e programmi, che sono trasferiti nella RAM quando devono essere operati. Con la RAM la memoria di massa costituisce una *gerarchia di memorie* ordinata da quelle di grande capacità ma lente a quelle piccole e veloci (la RAM); di questa gerarchia fanno parte anche altri tipi di memoria che interessano gli esperti.



RICHIAMO: 1.1.7 RAM

1.1.8.1. La gerarchia di memorie (approfondimento)

Per completezza, si accenna ad una gerarchia di memorie più completa di quella dei due soli gradini già illustrata. La gerarchia è ordinata dalla più veloce (e meno capace), che è anche la più vicina alla CPU:

- **Registri di macchina**, una piccola memoria all'interno della CPU;
- **Memoria cache**, interna o esterna alla CPU, dove vengono spostati programmi e dati dalla RAM, in procinto di essere adoperati dalla CPU;
- **Memoria RAM**, volatile come tutte quelle dei livelli più bassi;
- **Memoria a dischi** (magnetici, ottici o simulati su circuiti elettronici), permanente come tutte quelle dei livelli più alti, serbatoio in linea di programmi e dati;
- **Memoria a nastri** (magnetici), per operazioni di salvataggio delle memorie in linea (operazione di "backup", vedi in seguito).

A fianco a questa gerarchia vanno considerati i supporti di memoria utilizzati per trasportare dati da un computer ad un altro (dischetti floppy, penne elettroniche, etc.).

1.1.9. Le memorie di massa di un PC

Le memorie di massa sono realizzate con dischi magnetici oppure ottici (recentemente anche con tecnologie elettroniche che simulano un disco), oltre che con nastri magnetici per funzioni di backup (salvataggio, per motivi di sicurezza, del contenuto delle memorie in linea del computer, attuato dai grossi sistemi).

Le unità a disco possono essere:

- a *disco fisso*: il disco è bloccato all'interno della carrozzeria che lo contiene;
- a *disco rimovibile*: il supporto è asportabile e facilmente usabile da un altro computer.

In particolare, nelle installazioni dei PC attuali si ritrovano tipicamente:

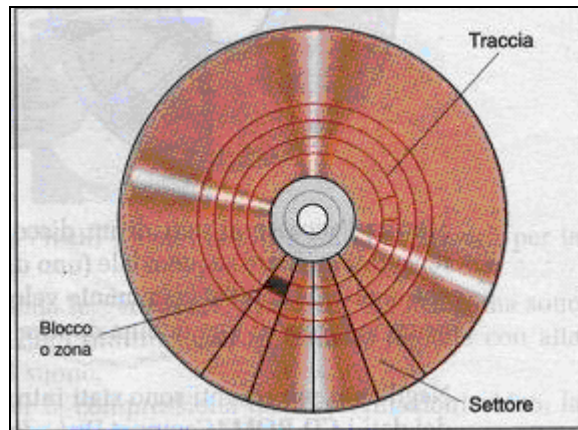
- un **hard disk** o "disco rigido", "disco locale", presente in qualsiasi elaboratore, un tempo talora posto all'esterno, ma oggi in pratica sempre all'interno del computer, oggi di qualche decina di Gigabyte;
- un **floppy disk** rimovibile, la storica memoria "di massa" del PC (oggi tende ad essere superata dalle memorie a penna), 1,44 Mbyte per dischetto;
- un lettore di **CD-DVD**, memoria ottica, con capacità variabile a seconda degli standard intorno ai Gigabyte; il lettore può anche scrivere su supporti ad hoc e si dice allora *masterizzatore*;
- una porta di I/O ove si può immettere una **Memory pen**, dispositivo elettronico che simula un disco, con capacità di centinaia di Megabyte.

1.1.10. I dischi magnetici. La formattazione

La superficie dei dischi magnetici è suddivisa in *tracce* e *settori* (vedi figura); è questo il sistema usato per l'indirizzamento e la ricerca dei *record* ivi registrati (vedi RICHIAMO): essi vengono infatti individuati attraverso la traccia e il settore cui appartengono.

Un disco, per essere usato, deve, dunque, essere preparato o *formattato* come si dice in gergo, tracciando sulla superficie tracce e settori. La formattazione deve essere eseguita almeno una volta su ciascun disco e, se eseguita su un disco già usato, ne distrugge i dati ivi contenuti.

Questa operazione è una operazione affidata alla fabbrica dei dischi, ma anche all'utente finale, che la esegue sul proprio computer preparando o rigenerando i supporti magnetici che deve utilizzare.



RICHIAMO: 1.1.8 Memoria di massa

1.1.11. Circuiti digitali e bit

Tutte le unità del computer (CPU, memorie, input, output, vedi RICHIAMO) sono realizzate con circuiti digitali, cioè con circuiti elettronici che trattano segnali a due soli valori, detti convenzionalmente "0" e "1" o **bit (binary digit)**. Alcuni esempi di realizzazione del bit sono:

- un transistor (dispositivo elettronico) che conduce corrente o non,
- un segnale di 5 Volt oppure di 0 Volt,
- una carica elettrica esistente o non su un determinato punto,
- etc.

I bit vanno elaborati nella CPU ed in particolare nella Unità di controllo (UC) e in quella Logico-Aritmetica (ALU), memorizzati nelle memorie di vario tipo, ma anche trasmessi fra le unità (linee blu dei disegni del RICHIAMO) e all'interno delle stesse unità; a tale scopo si usano appositi fasci di conduttori detti *bus interni*, per distinguerli da quelli esterni che riguardano l'I/O (vedi RICHIAMO).

RICHIAMO: 1.1.4 Flusso di dati

RICHIAMO: 1.1.5 Le unità di Input e di output (I/O)

1.1.11.1. Le tecnologie delle memorie (approfondimento)

Tutte le memorie sono realizzate con materiali o componenti elementari che hanno la caratteristica di poter assumere due diversi stati fisici ai quali associare i valori di ciascun bit.

- Le memorie magnetiche sfruttano le due opposte direzioni di magnetizzazione delle sostanze ferromagnetiche per memorizzare il bit di informazione. Nella loro struttura a dischi dispongono di un disco (o di una pila di dischi) con materiale ferromagnetico deposto su entrambe le superfici;
- le memorie ottiche utilizzano le modifiche nella struttura della materia, polarizzazione e riflettività, che sono rilevate da un raggio laser;

- le memorie a tecnologia elettronica sfruttano la proprietà dei transistori di condurre o non condurre corrente elettrica;
- altre memorie a tecnologia elettronica sfruttano la presenza o l'assenza di carica elettrica su altri tipi di transistori.