

1. Architettura dell'elaboratore

1.1 Concetti iniziali

1.1.1 Distinzione fra Hardware e Software

Un sistema informatico è l'insieme di molte parti che cooperano per memorizzare e manipolare l'informazione. Studiare l'architettura di un sistema informatico significa individuarne le varie parti, comprenderne il principio generale di funzionamento ed intuire come le singole parti interagiscono fra di loro.

Una prima, iniziale suddivisione del sistema informatico viene fatta distinguendo due componenti separate ma mutuamente dipendenti: l'hardware e il software.

Con il termine **hardware** si intende l'insieme delle componenti fisiche, in particolare circuiti elettronici che eseguono elementari operazioni, mentre il **software** è l'insieme dei programmi che vengono eseguiti dal sistema.

Viene detta **Information Technology (IT)** l'insieme di tutte le tecnologie usate per creare, memorizzare, elaborare e trasmettere l'informazione nelle sue varie forme (dati numerici, audio, immagini, filmati, etc.). Sinonimo del termine è telematica, la fusione cioè di telefonia ed informatica.

1.1.2 Tipologia di elaboratori

Con il termine **elaboratore elettronico** si designano sistemi informatici con un medesimo modello teorico, ma caratteristiche ed utilizzi molto diversi. Vengono quindi definite alcune categorie, dai confini non sempre ben definiti, in cui trovano posto i vari computer, dai più semplici ai più complessi.

Un **laptop** o **notebook computer** è un sistema ad utente singolo di ridotte dimensioni; i primi posti in commercio avevano la dimensione di una valigetta, mentre adesso sono grandi quanto un'agenda e hanno un peso di pochi chili. Il loro processo di riduzione ha quasi raggiunto il limite inferiore perché ulteriori diminuzioni non consentirebbero una tastiera ed uno schermo funzionali ed efficaci.

Un **personal computer (PC)** è un piccolo sistema indipendente in termini di risorse e dedicato ad un unico utente. Normalmente è formato da un corpo centrale (che contiene il processore e la memoria), da un monitor, da un mouse e da una tastiera.

Quando i PC hanno la possibilità, attraverso una rete, di collegarsi ad una moltitudine di altri elaboratori di vario tipo prendono il nome di **network computer**.

Simile al personal è la **workstation**, che ne mantiene la struttura base, ma è potenziata in tutte le sue componenti; il monitor risulta essere di notevoli dimensioni per visualizzare anche immagini ad alta definizione, mentre uno o più processori consentono di trattare una grossa mole di dati (di solito di natura grafica). Negli ultimi tempi, grazie al continuo progresso, risulta difficile distinguere un PC di fascia alta da una workstation.

Quando le persone che accedono al sistema informatico sono dell'ordine delle decine si passa ai **minicomputer**; la notevole potenza di calcolo viene messa a disposizione dei singoli utenti che colloquiano con il processore tramite *terminali stupidi* (che non possiedono un proprio processore) e lavorano come se fossero gli unici fruitori delle risorse.

In realtà, questo tipo di sistemi va scomparendo, o meglio si sta trasformando in **server**, una macchina, cioè, a cui gli utenti si collegano non tramite terminali, ma attraverso Personal Computer dotati di una scheda di comunicazione che in tal caso assumono il nome di *terminali intelligenti*.

Un sistema di più grandi dimensioni che controlla, in modo interattivo, diverse centinaia di terminali si definisce, invece, **mainframe**. Per soddisfare le esigenze dei suoi molti utenti mette a disposizione le sue enormi memorie di massa e i suoi molti processori. Anche questa tipologia di sistema informativo è messa in discussione dall'avvento delle reti che consentono di ottenere gli stessi risultati a costi enormemente inferiori.

In testa alla classificazione stanno i **supercomputer**, sistemi che sfruttano le tecnologie più moderne e costose (ad esempio la superconduttività) per poter elaborare in modo veloce dati molto complessi come quelli necessari ad una simulazione di volo o ad una previsione meteorologica.

Gli utenti sono costretti ad utilizzare dei minicomputer per poter comunicare in modo efficiente con i supercomputer; il loro possesso è talmente strategico che le loro tecnologie sono coperte da copyright militari.

Categoria	Impieghi tipici	Costo
Personal Computer	Sistema di videoscrittura, Giochi, Attività di programmazione	3000 \$
Notebook	Gestione clienti di un commesso viaggiatore, Presentazioni multimediali	1000 \$
Workstation	CAD (Computer Aided Design) Elaborazione di immagini e filmati	3000 \$
Minicomputer	Gestione completa di una azienda di piccola-media grandezza	50.000 \$
Mainframe	Gestione completa di una azienda di grandi dimensioni	200.000 \$
Supercomputer	Simulatore di volo, Simulazione di processi nucleari, Calcolo di numeri primi	3.000.000 \$

1.1.3 Componenti di base di un personal computer

La parte hardware di un Personal Computer è composta da alcuni elementi funzionali interagenti e cooperanti che colloquiano tramite linee dedicate dette *bus*.

Il **processore** o **CPU** (*Central Processing Unit*) è il modulo che svolge effettivamente le elaborazioni e coordina il flusso dei dati all'interno del computer. Compito principale di questa unità di elaborazione è quello di *far girare i programmi*, interpretando ed eseguendo le singole istruzioni che li compongono.

La **memoria centrale** è utilizzata per memorizzare il programma (o i programmi) in esecuzione sulla macchina e i dati utili al loro funzionamento. La sua capacità di memorizzazione è relativamente limitata e, normalmente, è *volatile* (le informazioni

vengono perse in caso di mancata alimentazione del PC). La sua caratteristica principale è quella di poter accedere molto velocemente alle informazioni in essa contenute (tempi di accesso minimi).

La **memoria secondaria** (o **di massa**) consente, invece, lo stoccaggio di enormi quantità di dati in modo permanente sfruttando fenomeni magnetici od ottici; lo svantaggio dell'utilizzo di tali tecnologie di realizzazione risiede nel tempo di accesso, notevolmente maggiore rispetto a quello della memoria centrale.

In un Personal Computer tutte le componenti sopra elencate trovano normalmente posto in un unico contenitore detto *box* o *case*.

Le **unità periferiche** sono dispositivi utilizzati per fornire i dati da elaborare al computer e per ottenere da esso i risultati; esse fungono quindi da interfaccia fisica tra l'elaboratore e l'utilizzatore. Si dividono in periferiche d'ingresso, come *tastiera* e *mouse*, e periferiche d'uscita, come *monitor* e *stampante*.

1.1.4 Macchina di Von Neumann

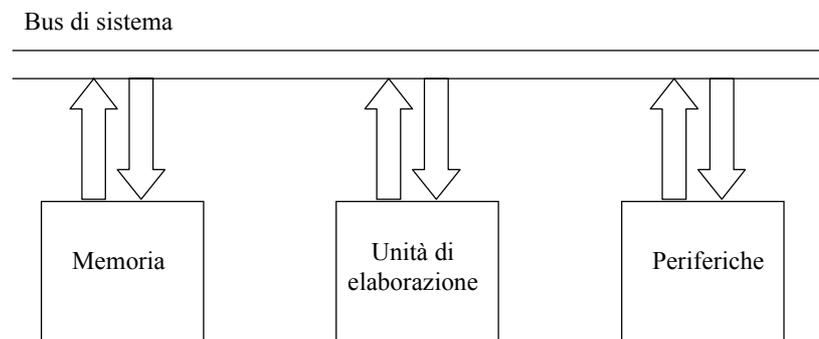
L'architettura della maggior parte dei moderni elaboratori è basata sul modello della **macchina di von Neumann**, ricercatore ungherese che per primo individuò una struttura regolare comune per gli elaboratori elettronici.

Un tipico sistema di calcolo è costituito da quattro elementi base: l'*unità di elaborazione*, la *memoria*, le *periferiche* e il *bus di sistema*.

La memoria contiene le istruzioni e i dati necessari per eseguire un programma; l'unità di elaborazione è formata dai dispositivi elettronici che consentono di acquisire, interpretare ed eseguire le singole istruzioni.

Le varie periferiche consentono lo scambio di informazioni tra l'elaboratore e l'esterno, mentre il bus di sistema funge da collegamento fra i vari elementi funzionali.

Lo schema della macchina di von Neumann è il seguente:



Nella macchina di von Neumann, le fasi di elaborazione si susseguono in modo sincrono con una scansione temporale dettata da un **orologio di sistema** (*clock*).

Durante ciascun intervallo di tempo l'unità di controllo (che fa parte dell'unità di elaborazione) decide quali operazioni svolgere: l'acquisizione di istruzioni o dati dalla memoria, la decodifica e l'esecuzione delle stesse, la manipolazione dei dati o il trasferimento delle informazioni.

I trasferimenti fra i vari elementi funzionali avvengono attraverso il bus di sistema che si occupa del collegamento logico fra le parti coinvolte, mentre il collegamento fisico è sempre presente.

Il limite dell'impostazione di von Neumann (che è stata formulata 50 anni fa) è la stretta sequenzialità con cui vengono eseguite le varie operazioni.

Per ovviare a ciò sono state proposte alcune estensioni che rispecchiano le più recenti evoluzioni dell'hardware soprattutto relativamente alla presenza di più unità di elaborazione e alla gestione, quindi, di un calcolo parallelo.

La prima concerne l'uso di processori dedicati che sgravano il processore centrale di alcuni compiti specifici; si parla in pratica dei *coprocessori matematici* e dei *processori grafici* che aiutano il sistema nella gestione dei calcoli numerici e nella presentazione grafica su video.

Una seconda estensione riguarda la possibilità di dotare il sistema di più processori che cooperano nell'eseguire le singole istruzioni.

Un'ultima estensione prevede la possibilità di usare diversi tipi di memoria, caratterizzate da prestazioni e costi diversi (memoria centrale, memoria secondaria e la memoria cache).

In tempi recenti sono state presentate anche architetture alternative a quella di von Neumann sempre per consentire un elevato grado di parallelismo nell'esecuzione delle istruzioni. Tra queste ricordiamo le macchine *dataflow*, in cui l'esecuzione delle varie istruzioni è guidata dal flusso dei dati derivanti dalle operazioni precedenti.

1.2 Processore

1.2.1 Struttura generale

Come già visto nel precedente paragrafo, il **processore** è la “mente” del sistema informatico, la parte cioè che controlla il flusso dei programmi ed esegue le singole istruzioni.

A livello fisico la CPU è un circuito elettronico formato da alcuni milioni di transistor che attualmente trovano posto in un singolo chip (circuito integrato) delle dimensioni di pochi centimetri quadrati. Si parla in questo caso di *microprocessore*.

Compiti del processore sono lo spostamento dei dati (dalla periferia alla memoria centrale e viceversa e tra zone diverse della memoria centrale), le operazioni di tipo aritmetico e logico e il controllo del flusso delle istruzioni.

Si individuano, all'interno del processore, alcune parti che sono funzionali agli scopi sopra descritti; in particolare avremo una **Unità di Controllo (CU, Control Unit)**, una **Unità Aritmetico-Logica (ALU, Arithmetic and Logic Unit)**, una serie di **registri** ed un segnale di **clock**.

L'unità di controllo cura l'acquisizione delle istruzioni dalla memoria (*fetch*), la loro successiva interpretazione e coordina il lavoro della unità aritmetico-logico; compito di quest'ultimo elemento è la mera esecuzione di semplici operazioni aritmetiche (addizione, sottrazione, etc.) o logiche (confronti, comparazioni, etc.).

I registri vengono utilizzati nel processore per memorizzare temporaneamente istruzioni, informazioni di controllo e risultati parziali delle operazioni; la loro funzione è equivalente a quella di una memoria molto veloce.

Il periodo o ciclo di clock indica il tempo massimo di esecuzione di un'operazione e serve a sincronizzare fra di loro le varie parti del processore in modo che tutte abbiano terminato il loro compito prima di passare alla gestione dell'istruzione successiva.

1.2.2 Prestazioni

Le caratteristiche prestazionali di una CPU dipendono da molti fattori tra cui:

- **Insieme delle istruzioni** (Instruction set) **eseguite**; le istruzioni semplici (addizione) vengono eseguite in breve tempo a differenza di quelle complesse (moltiplicazione) che richiedono tempi di esecuzione più lunghi.
I processori **CISC** (Complex Instruction Set Computer) possiedono istruzioni che vengono eseguite in molti cicli di clock, mentre i processori **RISC** (Reduced Instruction Set Computer) svolgono solo semplici istruzioni che terminano in un ciclo di clock.
- **Dimensione dei registri**; più grandi sono i registri maggiori sono le quantità su cui si può operare con una singola istruzione.
- **Frequenza di clock**; la frequenza di clock è direttamente proporzionale al numero di istruzioni che possono essere svolte nell'unità di tempo e quindi alla velocità di esecuzione dei programmi. Tale frequenza dipende dalle caratteristiche fisiche dei processori e non può essere aumentata a piacere. Si misura in Hz (cicli al secondo) e i microprocessori attuali possiedono frequenze dell'ordine dei GHz (un miliardo di cicli al secondo).

In passato, per misurare la velocità di un processore si usavano come indicatori i **MIPS** (*Millions of Instructions Per Second*), cioè quante operazioni logiche o fra interi vengono eseguite mediamente in un secondo, e i **MFLOPS** (*Millions of Floating point Operations Per Second*), che invece sono relativi alle operazioni tra numeri decimali.

Entrambi gli indicatori, come del resto la semplice frequenza di clock, hanno il difetto di non considerare gli altri parametri relativi all'architettura del sistema e all'effettivo utilizzo dell'elaboratore.

Per ovviare a tale problema sono stati ideati dei programmi che eseguono una serie di test molto approfonditi sulla macchina simulando un certo gruppo di operazioni di alto livello; questi test vengono chiamati **benchmark**.

Si deve comunque ricordare che la velocità computazionale del processore è soltanto uno degli aspetti da considerare per la valutazione complessiva delle prestazioni di un sistema informatico; ad esempio la velocità e la quantità di memoria centrale oppure la struttura del bus di sistema possono modificare sensibilmente le prestazioni di due elaboratori dotati dello stesso processore.

1.2.3 Processori commerciali

Un processore è un circuito elettronico formato da alcuni milioni di transistor che trovano posto in uno spazio di qualche centimetro quadrato. Il costo del materiale primo per costruire un processore è irrisorio, ma la tecnologia per sviluppare questa meraviglia della miniaturizzazione deve essere supportata da ingentissimi investimenti per la progettazione dei microcircuiti e per la realizzazione degli impianti di produzione.

A causa di ciò, esistono al mondo meno di una decina di produttori in grado di fornire i processori ai costruttori di sistemi informatici.

Il più importante produttore al mondo di processori destinati a PC è Intel, che ha equipaggiato il primo Personal prodotto dall'IBM nel "lontano" 1981 con il suo microprocessore 8086. Da allora, a ritmo frenetico, si sono susseguiti tutta una serie di processori compatibili con il precedente e dalle prestazioni sempre più elevate fino ad arrivare al P4 attuale.

Nome Processore	Anno di produzione	Numero di Transistor	Frequenza massima
4004	1971	2300	1 MHz
8080	1974	6000	2 MHz
8086	1978	29000	4,77 MHz
80286	1982	134000	20 MHz
386DX	1985	275000	33 MHz
486	1989	1,2 M	100 MHz
Pentium	1993	3,1 M	266 MHz
Pentium II	1997	7,5 M	566 MHz
Pentium III	1999	16 M	866 MHz
Pentium 4	2001	35 M	1,7 GHz

Dalla nascita del primo personal computer si sono avute molte migliorie all'architettura dei processori che hanno consentito, in prima battuta, l'aumento della frequenza di elaborazione del processore e, successivamente, la creazione di processori che forniscono funzionalità sempre più complesse, fino ad arrivare alla possibilità di integrare su di una stessa struttura fisica (circuito integrato o chip), oltre all'unità di calcolo vera e propria, un coprocessore matematico, memoria e strutture per l'elaborazione del suono e delle immagini.

Tutti i processori della famiglia Intel sono CISC, mentre altri produttori, come AMD, hanno scelto l'architettura RISC per le CPU destinate a Personal Computer; i processori per sistemi di categoria superiore (workstation, server, mini, etc.) sono tutti RISC.

1.2.4 Multiprocessori

La storia dei sistemi di elaborazione che sfruttano più processori che lavorano in parallelo è molto recente. Gli studi per modificare l'architettura da mono a multiprocessore sono iniziati negli anni '80 per ricercare prestazioni sempre più spinte; solo nella seconda metà degli anni '90 sono comparsi i primi personal computer multiprocessore.

Gli utilizzi tipici a livello di PC e workstation riguardano le applicazioni grafiche, di CAD, di calcolo intensivo o di gestione di database, mentre nei grandi elaboratori l'architettura si rivela indispensabile, ad esempio, per i sistemi di prenotazione in tempo reale o per i sistemi bancari integrati.

I vari sistemi multiprocessore si differenziano fra loro soprattutto per il grado di specializzazione di ogni processore (che può eseguire qualsiasi operazione o solo un certo tipo di istruzione) e per il metodo con cui condividono la memoria e le altre risorse del sistema (che possono essere proprie di ogni CPU o raggiungibili solo attraverso il bus di sistema).

1.3 **Memoria**

1.3.1 Memorizzazione dei dati

Lo schema della macchina di von Neumann prevede un unico tipo di memoria da cui il processore preleva istruzioni e dati e dove deposita i risultati delle elaborazioni.

In effetti esistono diverse tecniche per far “ricordare” ad un mezzo fisico un’informazione di tipo binario (uno 0 o un 1) che producono memorie molto diverse tra di loro in termini di velocità (tempo medio necessario per recuperare l’informazione) e di costo.

Per il fenomeno fisico alla base del processo di memorizzazione, vengono distinte diverse categorie di memorie:

- *Memorie a semiconduttore*: il metodo è elettronico e si fonda sulla conservazione di una carica elettrica all’interno di un piccolo conduttore. Si tratta di una memoria di piccole dimensioni fisiche e molto veloce; per contro il costo è elevato e si tratta di memoria volatile (il contenuto viene perso se cessa l’alimentazione del sistema)
- *Memorie magnetiche*: la tecnica utilizza la caratteristica di alcuni materiali (le sostanze ferromagnetiche) di assumere e mantenere una direzione di magnetizzazione. Il costo non è elevato e la memorizzazione è permanente (fino ad una successiva sovrascrittura), mentre la velocità non è notevole e viene richiesto un dispositivo di lettura elettro-meccanico (con conseguente possibilità di usura).
- *Memorie ottiche*: il principio usato è la possibilità di un raggio laser di causare e poi riconoscere modifiche nella struttura della materia (riflettività, polarizzazione). I vantaggi e gli svantaggi sono simili a quelli delle memorie magnetiche, ma vengono migliorati i parametri costo e velocità; per questa ragione, fra breve, le memorie di tipo ottico sostituiranno quelle magnetiche.
- *Memorie spaziali*: sfruttano il movimento di un’onda in un mezzo fisico. Attualmente sono in fase di studio ed hanno prodotto solo alcuni tipi di memorie (a bolle e molecolari) che possono essere usati solo in situazioni molto particolari, ma si attendono notevoli sviluppi.

Vista la disponibilità di memorie con caratteristiche diverse che si rivelano ottimali per alcuni scopi, anche se l’architettura di von Neumann non lo prevede, i moderni elaboratori utilizzano memorie anche funzionalmente e logicamente distinte.

In pratica, anche in un semplice personal computer possiamo notare la presenza di 3 tipi di memoria: la *memoria centrale*, la *memoria secondaria* e quella *di transito (o cache)*.

1.3.2 Gerarchie di memorie

L’uso di **gerarchie di memoria** dalla velocità e dai costi via via crescenti serve ad ottimizzare la memoria disponibile in termini di prestazioni e spesa relativa.

L’ideale dal punto di vista delle prestazioni sarebbe implementare tutta la memoria come registri interni del processore o con tecnologie a semiconduttore consentendo un accesso quasi istantaneo alle informazioni; d’altra parte, per aver memorie in grado di contenere una elevata quantità di dati, senza spendere cifre astronomiche, sarebbe opportuno scegliere memorie dal basso costo per unità di memoria.

Il compromesso fra le due esigenze ha fatto nascere una gerarchia a tre livelli (i registri interni del processore non vengono considerati memoria vera e propria):

1. **Memoria cache** (memoria molto veloce, di piccole dimensioni e costosa)
2. **Memoria centrale** (memoria veloce, di medie dimensioni e abbastanza costosa)
3. **Memoria secondaria** (memoria lenta, di notevoli dimensioni ed economica).

Come già ricordato il programma in esecuzione e i dati relativi si trovano in memoria centrale; il sottinsieme di queste informazioni che il processore sta effettivamente elaborando e quelle che probabilmente saranno elaborate a breve vengono sistemate anche nella memoria cache.

La memoria cache si trova tra il processore e la memoria centrale; quando il processore richiede un dato, questo viene prima ricercato nella memoria cache (dove con più probabilità si trova) e, in caso positivo, caricato in modo quasi istantaneo nei registri del processore; in caso negativo, l'informazione viene recuperata dalla memoria centrale e, in parallelo, vengono aggiornati i contenuti della memoria cache in modo che i dati residenti siano sempre i più richiesti in termini probabilistici.

Nei sistemi informatici esistono anche altre memorie, dette **buffer**, che servono a gestire la comunicazione di dati fra dispositivi di diversa velocità.

Un esempio tipico di buffer (o memoria tampone) è quello sistemato su ogni stampante che permette un efficiente trasferimento dei dati dal processore alla stampante. In pratica, il processore invia in modo veloce una serie di dati al buffer; la memoria tampone si occupa di fornirli alla corretta velocità agli organi di stampa, mentre il processore è libero di compiere altre operazioni; quando il buffer è vuoto altri dati vengono inviati dal processore e così via fino ad esaurire il processo di stampa.

1.3.3 Memoria centrale

Caratteristica fondamentale della **memoria centrale** è la capacità di permettere l'accesso alle informazioni in modo "diretto" e in tempi molto brevi. A tale scopo la memoria centrale è del tipo a semiconduttore.

Dal punto di vista logico può essere vista come una grande matrice monodimensionale formata da *celle* o *locazioni* caratterizzate da un indirizzo e da un contenuto.

Il processore accede al contenuto (in lettura o in scrittura) della cella fornendo il suo indirizzo; la lunghezza dell'indirizzo è strettamente legato al numero di celle che si possono distinguere e quindi è indice dello spazio di indirizzamento del processore (equivalente alla grandezza della memoria).

Il *tempo di accesso* è il tempo necessario per leggere un dato in una qualsiasi locazione di memoria; attualmente i tempi di accesso alla memoria centrale sono dell'ordine delle decine di nanosecondi (1 ns = 1 miliardesimo di secondo).

Per il loro uso e le loro caratteristiche distinguiamo due tipologie di memoria centrale:

ROM (*Read Only Memory*): Memoria non cancellabile che contiene le informazioni necessarie per *inizializzare* l'elaboratore, cioè per compiere le operazioni iniziali che consentono di impostare le condizioni ottimali di funzionamento della macchina ed effettuare i vari test di controllo.

RAM (*Random Access Memory*): Memoria cancellabile e riscrivibile che contiene il/i programma/i in esecuzione e tutti i dati necessari al suo funzionamento. Le caratteristiche di tale tipo di memoria influenzano pesantemente la tipologia dei programmi che possono essere fatti *girare* sulla macchina.

1.3.4 Memoria di massa

Come già spiegato la memoria secondaria o di massa è una memoria di supporto che contiene programmi e dati che possono essere sfruttati solo indirettamente dal processore visto che l'unica memoria con cui il processore è collegato è quella centrale.

I vari dispositivi di memorizzazione attualmente in uso si differenziano per la quantità di dati memorizzabili, per la loro velocità di fornirli alla memoria interna e per il loro costo per unità di memoria.

Date le caratteristiche richieste, si utilizzano allo scopo memorie di tipo magnetico e ottico che coniugano in maniera ottimale i tre parametri sopra descritti.

Per le caratteristiche costruttive e per il metodo di memorizzazione dei dati sono venute a crearsi numerose famiglie di dispositivi per lo stoccaggio dei dati.

I dispositivi più importanti attualmente in commercio sono il *floppy disk*, l'*hard disk*, lo *zip disk*, il *data cartridge*, il *CD-RW* e il *DVD*.

Un **Floppy Disk** è un disco di materiale magnetizzato sulle due superfici protetto da una custodia di plastica che serve per trasferire informazioni tra computer non collegati fisicamente. La capacità di memorizzazione è piccola ed il tempo di accesso è notevole, ma possono essere facilmente trasportati da un sistema ad un altro.

Per eseguire le operazioni di memorizzazione è necessario un dispositivo che contiene la testina di lettura/scrittura detto *Floppy Disk Drive (FDD)*.

L'**Hard Disk** è un dispositivo formato da una serie di dischi magnetici che ruotano attorno ad un perno centrale; ogni superficie dei dischi è dotata di una propria testina per leggere e scrivere. Per consentire alte velocità di rotazione (tempi d'accesso più brevi), i dischi si trovano in un contenitore sottovuoto e non è quindi possibile *vedere* il supporto magnetico.

Lo **Zip Disk** è un piccolo hard disk portatile che può trasportare una fetta consistente di informazione tra due sistemi dotati di un lettore per tale supporto.

I **CD-RW** (CD riscrivibili) sono simili ai normali CD audio, ma possono essere scritti, oltre che letti, tramite un adeguato lettore. A differenza dei precedenti dispositivi usano una tecnologia ottica che consente velocità e capacità considerevoli a basso prezzo.

L'evoluzione naturale dei CD-RW sono i **DVD** che utilizzando una tecnologia più raffinata consentono di migliorare le prestazioni in termini di velocità e capacità.

Criteri costruttivi più datati stanno invece alla base dei **data-cartridge**, delle cassette con un lungo nastro magnetico, che rappresentano l'evoluzione delle vecchie bobine. Lo svantaggio dell'accesso sequenziale è bilanciato dal basso costo; questo li rende ideali in operazioni particolari quali il *back-up* (salvataggio completo di tutti i dati).

Le loro caratteristiche sono desumibili dalla seguente tabella dove, come unità di memoria, si usa il byte (equivalente di un carattere):

Nome	Dimensione	Velocità	Costo/MB	Tecnica
Floppy Disk	360 kB - 2.88 MB	100-200 ms	500 lire	Magnetica
Hard Disk	100 MB - 40 GB	8-20 ms	500 lire	Magnetica
Data cartridge	200 MB - 16 GB	Lineare	50 lire	Magnetica
Zip disk	100 MB - 400 MB	20-40 ms	500 lire	Magnetica
CD-RW	650 MB	10-30 ms	50 lire	Ottica
DVD	4.7 GB - 17 GB	5-10 ms	100 lire	Ottica

La velocità del data cartridge non è paragonabile alle altre perché, come in tutti i dispositivi a nastro, il tempo di lettura dipende fortemente dal punto in cui tale dato si trova (il primo dato è subito disponibile, mentre per l'ultimo è necessario scorrere tutto il nastro).

1.3.5 Relazioni fra memoria e prestazioni dei computer

Le prestazioni di un sistema informatico sono fortemente influenzate dalla gerarchia delle memorie di tale sistema; essendo infatti il sistema formato da più parti cooperanti, la sua *velocità* viene stabilita dalla componente più debole.

Un sistema con un processore dotato di enorme potenza di calcolo risulterà molto rallentato da una memoria non correttamente dimensionata: l'esecuzione delle istruzioni è infatti preceduta e seguita da operazioni di lettura e scrittura sulla memoria centrale.

Molti dei programmi da eseguire sono talmente grandi che solo una parte di essi si trova realmente in memoria centrale mentre il resto risiede nella memoria secondaria. L'operazione di scambio dati fra le memorie è particolarmente onerosa in termini di tempo e quindi la dimensione della memoria centrale diventa un parametro che influisce sulle prestazioni generali del sistema.

Per simili motivi, e visto che molti programmi ne fanno pesantemente uso, anche la velocità della memoria secondaria, e in particolare dell'hard disk, costituiscono un parametro critico da valutare per il corretto dimensionamento di un sistema informatico.

1.4 Periferiche

1.4.1 Bus

Le varie componenti funzionali che formano un sistema di elaborazione sono collegate fra loro, nella semplificazione di von Neumann, dal bus di sistema sotto il controllo del processore. In realtà, il bus di sistema è costituito da una serie di connessioni elementari lungo le quali viene trasferita l'informazione, che collegano l'unità di elaborazione alla memoria o all'interfaccia di una specifica periferica.

A seconda del tipo di informazione trasportata individuiamo 3 tipi di bus: un *bus dati*, un *bus indirizzi* e un *bus controlli*.

Il **bus dati** trasferisce informazioni generiche in modo bidirezionale; serve ad esempio a trasferire il contenuto di una cella di memoria in un registro del processore o, viceversa, per scrivere il contenuto di un registro in una locazione di memoria.

Il **bus indirizzi** è unidirezionale e trasmette indirizzi dal processore alla memoria e serve per selezionare la cella dove effettuare le operazioni di lettura o scrittura.

Il **bus controlli** è bidirezionale: trasferisce all'unità stabilita l'istruzione da eseguire e poi trasmette all'unità di elaborazione il segnale dell'avvenuto espletamento dell'operazione.

Le caratteristiche principali di un bus sono la *capacità* della linea e la *velocità di trasmissione*; la prima indica la quantità di dati elementari (binari) che possono essere trasmessi in ogni operazione, mentre la seconda è legata al tempo medio impiegato da due unità per scambiarsi un dato.

1.4.2 Interfacce

Le **interfacce di ingresso/uscita** sono i dispositivi circuitali che consentono il collegamento fisico e logico dell'elaboratore con le varie periferiche. Tali unità sono molto diverse fra loro a seconda del dispositivo esterno a cui sono dedicati.

Alcune interfacce possono essere *intelligenti*, dotate cioè di un proprio processore capace di convertire ed elaborare dati e di gestire il colloquio tra il processore principale e la periferica.

Tutte le interfacce contengono comunque un *registro dati*, un *registro comandi* e informazioni sullo *stato della periferica*.

Il **registro dati** viene collegato al bus dati e serve a trasferire le informazioni dalla periferia all'elaboratore (i caratteri digitati sulla tastiera) e viceversa (i caratteri che compaiono sullo schermo).

Il **registro comandi** è collegato al bus controlli e contiene il comando che la periferica dovrà eseguire; lo **stato della periferica** viene comunicato o attraverso il bus comandi o tramite linee dedicate (*interrupt*) ed è relativo alla situazione momentanea del dispositivo (per una stampante lo stato può essere *pronta*, *occupata* oppure in una condizione di *errore*).

1.4.3 Dispositivi di ingresso

Le **periferiche d'ingresso** sono quei dispositivi che consentono all'elaboratore di acquisire informazioni dal mondo esterno ed in particolare dall'operatore che interagisce con la macchina.

La loro suddivisione è per tipologia di dati da raccogliere; non esistendo un dispositivo che consenta il facile inserimento, ad esempio, sia di testo che di suoni, ogni elaboratore sarà normalmente dotato di più di un dispositivo d'ingresso in modo che l'utente possa scegliere in ogni momento la periferica più adatta allo scopo contingente.

Le principali periferiche d'ingresso normalmente usate sono:

- **Tastiera** (inserimento alfanumerico)

Le tastiere si differenziano per la disposizione dei tasti (che è legata al paese di utilizzo) e per il numero di tasti di cui dispongono (attualmente le tastiere per Windows 9x dispongono di 105 tasti)

- **Mouse** (inserimento posizioni)

I mouse possono essere dotati di due o tre tasti; la funzionalità di ogni singolo tasto dipende dal programma, ricordando comunque che il tasto più importante è il pulsante sinistro e che per Windows 9x il tasto destro mette a disposizione un menù contestuale legato alla posizione del puntatore sullo schermo; il pulsante centrale viene utilizzato attualmente solo nei programmi di grafica avanzata.

Il costo di un mouse è legato alla sua sensibilità e precisione.

- **Trackball** (inserimento posizioni)

La trackball è un dispositivo simile al mouse in cui il movimento del cursore è legato al movimento di una piccola sfera; fisicamente è un mouse girato con la *pancia* verso l'alto.

Altri dispositivi simili e con analoghe funzioni sono il **touch-pad** e il **joystick**, usato quest'ultimo soprattutto per i giochi.

- **Tavoletta grafica** (inserimento posizioni)

La tavoletta grafica è un rettangolo di materiale elettricamente sensibile in cui possiamo segnalare delle posizioni utilizzando una particolare penna o un dispositivo simile al mouse.

Viene utilizzata, ad esempio, per inserire mappe geografiche o per memorizzare nel computer disegni già eseguiti su carta.

- **Scanner** (inserimento immagini)

Lo scanner consente di acquisire immagini in bianco e nero o a colori. L'acquisizione viene effettuata punto a punto e quindi la memorizzazione richiede un notevole spazio: non è infrequente trovare immagini che occupano decine di MB. Gli scanner disponibili sono essenzialmente di tre tipi:

- **Manuale:** il dispositivo viene fatto scorrere sopra l'immagine da acquisire memorizzandola così per *strisce* di circa 10 cm che potranno essere poi *incollate* con appositi programmi software.
- **Flat :** il foglio viene inserito nel dispositivo che, similmente ad un fax lo fa scorrere al suo interno per visualizzarlo. Con questo tipo di scanner si possono acquisire immagini di dimensioni paragonabili ad un foglio A0.
- **Piano:** il foglio viene inserito nel dispositivo che con funzionamento analogo ad una fotocopiatrice, muove il rilevatore di immagine lungo la superficie dell'immagine da acquisire. Esistono scanner piani che consentono di ottenere immagini fino al formato A3.
- **Modem** (inserimento dati)

Il modem (*MOdulatore-DEModulatore*) è un dispositivo attualmente in auge grazie al suo utilizzo in ambiente Internet. Consente di trasformare impulsi elettrici provenienti dalla linea telefonica o da altre linee dedicate in dati memorizzabili sul calcolatore. La sua caratteristica principale è la velocità di trasmissione che va dai 2400 baud (byte per secondo) dei vecchi dispositivi ai 128 Kbaud (standard attuale).
- **Microfono** (suoni)

Un normale microfono può essere collegato, con l'ausilio di una speciale scheda detta *scheda audio*, ad un Personal Computer; si rende così possibile l'acquisizione di dati sonori che consentono, ad esempio, di far funzionare il PC tramite comandi vocali.
- **Fotocamere e telecamere digitale** (immagini e filmati)

Particolari macchine fotografiche digitali o telecamere possono essere collegate direttamente ad un sistema di elaborazione per acquisire semplici immagini o filmati. La potenza di calcolo necessaria per elaborare tali dati e la notevole memoria necessaria per gestirli, rende possibile l'utilizzo proficuo di tali strumenti solo su macchine di livello superiore (workstation).

1.4.4 Dispositivi di uscita

Le **periferiche d'uscita** sono tutti quei dispositivi che consentono di ottenere i risultati delle elaborazioni effettuate dal calcolatore. Analogamente al caso dei dispositivi d'ingresso, queste periferiche si suddividono in base al supporto fisico con cui vengono fornite le elaborazioni.

I principali dispositivi attualmente in uso sono:

- **Monitor** (visualizzazione)

E' una periferica fondamentale ed è indispensabile per il funzionamento dell'intero calcolatore. I dati vengono forniti all'utente in forma di immagini visualizzate su di uno schermo televisivo.

Esistono anche particolari monitor detti *touch screen* che consentono, tramite il tocco di aree particolari della loro superficie, di acquisire informazioni.

I parametri fondamentali di un monitor sono la sua *dimensione* (da 12 a 22 pollici), la sua *risoluzione* intesa come punti distinti che possono essere attivati sulla superficie (da 200x320 a 1280x1024) e la sua *precisione* misurata con un indice che varia da 0.23 (migliore) a 0.38 (peggiore).

Si vanno ora diffondendo gli schermi LCD che, grazie alle nuove tecnologie, sono in grado di fornire prestazioni simili o migliori di quelle dei monitor tradizionali con una minore emissione di onde elettromagnetiche e un minore ingombro. Attualmente l'unico

inconveniente è il costo che risulta essere dalle 5 alle 10 volte superiore ad un monitor tubo catodico.

- **Stampanti** (trasferimento su carta)

Consentono di trasferire su carta i risultati delle elaborazione per poi poterli utilizzare come strumenti di verifica o di memorizzazione. Esistono essenzialmente tre tipi di stampanti che si distinguono per la loro tecnica di trasferimento su carta:

- **ad impatto**: il trasferimento avviene in maniera meccanica premendo un intero carattere od una serie di aghi su di un nastro inchiostro che, a sua volta, va a contatto con la carta lasciando l'immagine desiderata. E' un metodo di stampa vecchio ma economico; l'inconveniente del rumore prodotto dall'impatto è ripagato dal fatto che è l'unica tecnologia che consente di ottenere copie multiple simultanee.

- **a getto d'inchiostro**: in questo caso l'inchiostro viene *sparato* attraverso una serie di fori calibrati sulla carta per ottenere le forme desiderate. La definizione è migliore delle stampanti ad impatto ed anche il rumore è ridotto a quello causato dal movimento della carta; per contro il costo per copia è più elevato, non si possono ottenere copie multiple e il funzionamento cessa improvvisamente al termine della cartuccia d'inchiostro.

- **Laser**: il funzionamento è simile a quello di una fotocopiatrice solo che l'immagine da riprodurre viene fornita direttamente dall'elaboratore. La qualità di stampa è ottima, ma il costo del dispositivo e della sua manutenzione sono elevati.

- **Plotter** (disegni e grafici)

A questo dispositivo è demandato il compito di trasferire su carta immagini e grafici di dimensioni elevate, normalmente per disegno tecnico o meccanico. La tecnologia attuale è quella a getto d'inchiostro del tutto simile a quella della stampanti, anche se esistono ancora dei plotter a penna, in cui la macchina simula il funzionamento del braccio umano con più precisione e velocità. I plotter possono fornire disegni fino alla dimensione di un foglio A0 utilizzando anche la tecnologia a colori. Vi sono inoltre dei plotter in cui la testina lancia inchiostro o la penna sono sostituiti da strumenti quali lame o punte laser; tali plotter sono detti *da taglio* e consentono di sezionare, sotto il controllo del computer, superfici più consistenti della carta, dal semplice cartoncino alle lastre d'acciaio.

- **Modem** (dati)

Lo stesso strumento che consente di acquisire dati dalla linea telefonica può essere utilizzato per lo scopo inverso e cioè per trasformare dati memorizzati nel calcolatore in impulsi elettrici trasmissibili tramite linee dedicate.

- **Casse acustiche** (suoni)

Una coppia di normali casse acustiche possono venire collegate, con l'ausilio della scheda audio, ad un Personal Computer; vengono così rese esplicite le capacità multimediali del PC, consentendo di ascoltare musica, un corso di lingua straniera o una teleconferenza.

- **Macchine a controllo numerico**

Un elaboratore può avere come periferica d'uscita a diretto contatto anche una macchina operatrice a controllo numerico; in tale caso i *dati* in uscita dal computer sono i manufatti realizzati dalla macchina stessa.