

nato). Ad esempio, un'istruzione di salto condizionato potrebbe essere: "Vai a eseguire l'istruzione 200 se il dato nella posizione di memoria x è positivo";

- **istruzioni per lo spostamento dei dati:** con queste istruzioni si spostano i dati all'interno della memoria centrale. Ad esempio: "Sposta il dato contenuto nella posizione di memoria 4500 alla posizione 5000" (*assegnazione*);
- **istruzioni di riordino o di controllo macchina:** con queste istruzioni non si opera direttamente per l'esecuzione di un programma, ma per ripristinare le condizioni del computer. Ad esempio "Riavvolgi il nastro n° 3".

La lunghezza di un'istruzione macchina può variare da computer a computer, in quanto ognuno ha il proprio linguaggio macchina. In generale, ogni istruzione macchina può avere una lunghezza pari a un multiplo della parola di memoria. Per quanto riguarda la forma, ogni istruzione macchina si può suddividere in due campi (Fig. 21):

- un campo **codice operativo**, che identifica il tipo di operazione da eseguire;
- un campo **operandi**, che contiene i dati o gli indirizzi dei dati o, ancora, riferimenti a registri sui quali sarà eseguita l'operazione descritta dal codice operativo. Il campo *operandi* può essere composto da più campi (Fig. 22) ma, generalmente, non sono mai più di tre.

Figura 21

Lo schema generale di un'istruzione macchina

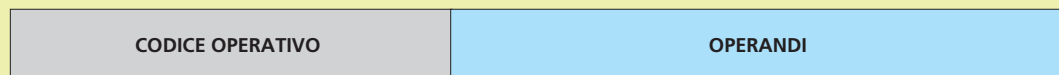
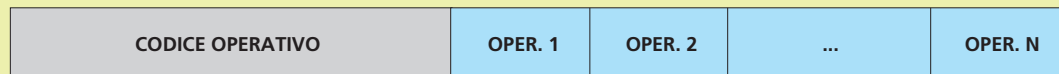


Figura 22

Lo schema dettagliato di un'istruzione macchina



Molto spesso sono soltanto uno o due o, addirittura, nessuno. In assenza di operandi, l'istruzione sarà composta, naturalmente, dal solo codice operativo. Nel caso di tre operandi, invece, il terzo indica, normalmente, dove porre il risultato.

ESEMPIO

Riportiamo un esempio di istruzione a tre operandi. Supponiamo che l'istruzione da eseguire, scritta in pseudolinguaggio, sia la seguente:

$$C \longleftarrow A + B$$

Naturalmente, i dati contenuti nelle variabili *A* e *B* sono contenuti in memoria centrale in apposite celle. Supponiamo che l'indirizzo della cella contenente la variabile *A* sia 1010 e quello della variabile *B* sia 1011. Un esempio di istruzione macchina che realizza tale istruzione potrebbe essere la seguente:

"Somma il dato contenuto nella cella di memoria avente indirizzo 1010 al dato contenuto nella cella di indirizzo 1011 e poni il risultato nella cella di memoria di indirizzo 1101"

dove 1101 è l'indirizzo della cella di memoria che ospiterà il contenuto della variabile *C*. Se immaginiamo che il codice operativo dell'operazione somma sia 0101, l'istruzione macchina potrebbe essere così rappresentata:

Figura 23



Dall'esempio si evince che, spesso, per eseguire un'istruzione macchina, la CU è costretta a eseguire un insieme di passi elementari: nella nostra somma, infatti, la CU ha dovuto dapprima prelevare i due dati, poi effettuare la somma, poi, ancora, memorizzare il risultato. Quindi, per eseguire un'istruzione in linguaggio macchina occorre eseguire un determinato numero di operazioni, che devono essere necessariamente descritte per mezzo di istruzioni elementari direttamente eseguibili dai componenti hardware del computer.

In passato, l'esecuzione di un'istruzione veniva svolta dalla CU per mezzo di una **rete di circuiti logici**. In particolare, veniva assegnata a ogni istruzione macchina una rete di circuiti logici, che eseguivano e controllavano tutte le operazioni elementari necessarie per eseguire l'istruzione a essa assegnata. In questi casi si parlava di elaboratori a **logica cablata**.

Questi elaboratori erano contraddistinti da una comprensibile rigidità e da una notevole limitazione delle prestazioni. Con l'evolversi della tecnologia e con l'attenta osservazione che la maggior parte delle operazioni elementari erano comuni a molte istruzioni macchina, nacque una nuova logica di esecuzione delle istruzioni, basata sulla tecnica di **microprogrammazione**. Secondo questa tecnica, le istruzioni macchina non sono più le istruzioni di livello più basso. Ne esistono infatti altre di livello ancora più basso (le istruzioni elementari), dette **microistruzioni**, che vengono registrate all'interno di una memoria ROM. In questo caso, l'esecuzione di un'istruzione sarà effettuata attivando il **microprogramma** (cioè un gruppo di microistruzioni) appositamente predisposto. I microprogrammi memorizzati permanentemente in una ROM costituiscono, come già sappiamo, il **firmware** della macchina. I computer che eseguono le istruzioni, sfruttando tale tecnica prendono il nome di computer a **logica programmata**. I nostri computer sono a logica programmata e risultano, evidentemente, più potenti e dotati di maggiore flessibilità.

APPROFONDIMENTO

12 L'esecuzione delle istruzioni

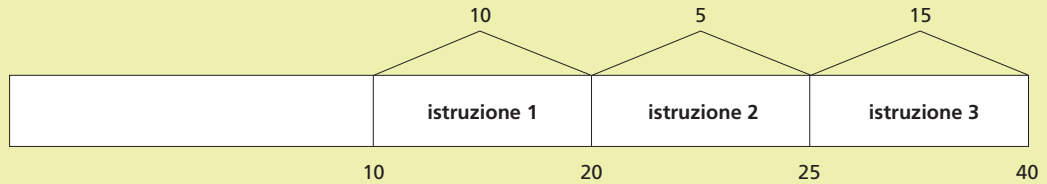
È ormai chiaro che l'elaborazione delle istruzioni di un programma consiste nell'esecuzione, da parte della CU, di una precisa successione di passi elementari:

- prelevamento dalla memoria centrale dell'istruzione che deve essere eseguita (**fase di fetch**);
- interpretazione dell'istruzione, ossia determinazione del "cosa deve svolgere l'istruzione" (**fase di decode**);
- esecuzione dell'istruzione (**fase di execute**). A tal proposito:
 - se l'istruzione è di *input*, la CU comanda ai dispositivi preposti di introdurre i dati in memoria centrale;
 - se l'istruzione è di *output*, la CU comanda alle unità di output di inviare all'esterno i dati registrati nella memoria centrale;
 - se l'istruzione è di *elaborazione*, la CU comanda il prelevamento dei dati dalla memoria centrale e li invia all'ALU, alla quale impartisce compiti per l'elaborazione. Poi provvederà a registrare il risultato ottenuto nella memoria centrale.

Vediamo come avviene l'esecuzione del programma e quali sono le risorse coinvolte:

1. *l'esecuzione del programma* inizia sempre con l'assegnazione al registro PC dell'indirizzo della prima istruzione in memoria centrale;
2. *l'indirizzo di memoria* contenuto nel registro PC viene trasferito nel registro MAR e inviato alla memoria tramite il bus degli indirizzi;
3. *la memoria preleva l'istruzione*, il cui indirizzo è specificato nel MAR, e carica il registro MDR. Può succedere che, a causa della lunghezza dell'istruzione, ne venga prelevata solo una parte. Essa deve contenere il codice operativo, per poter risalire all'istruzione e poterne prelevare la parte rimanente;
4. *il contenuto del registro MDR* viene inviato alla CPU per mezzo del bus dei dati e, giunto a destinazione, viene depositato nel registro IR;
5. *il decodificatore* provvede a interpretare il codice operativo dell'istruzione presente nel registro IR per "capire" il tipo di operazione richiesta e identificare il microprogramma necessario per eseguirla. Successivamente, incrementa il registro PC in modo da aver pronto l'indirizzo della successiva istruzione da eseguire. Poiché le istruzioni che compongono il programma vengono memorizzate una dopo l'altra in celle di memoria con-

Figura 24
Il calcolo
dell'indirizzo di
un'istruzione



6. terminate tutte le operazioni preliminari, la *CU*, in base al tipo di operazione, *attiva il microprogramma* preposto a eseguirla. Se l'istruzione prevede dei calcoli, viene richiesto l'intervento dell'ALU, che provvederà anche a prelevare dalla memoria centrale gli operandi e a depositarli nei registri accumulatori;
7. terminata l'esecuzione, i *risultati* presenti nei registri accumulatori vengono *trasferiti* in memoria centrale;
8. e ora si ricomincia con la *successiva istruzione!* Si riparte dal punto 2.

L'intero procedimento viene chiamato **ciclo di istruzione** ed è realizzato attraverso più microoperazioni. L'esecuzione delle microoperazioni avviene per passi detti **cicli macchina**, costituiti da una sequenza di operazioni elementari che la CU deve eseguire ogni volta che deve accedere in memoria o alle unità di I/O.

Ogni singolo ciclo macchina deve avvenire in modo regolare. Per questo tutti i segnali inviati dalla CU per l'attivazione di qualunque dispositivo vengono impartiti in sincrono con un orologio interno alla macchina: il **clock**. A ogni colpo di clock, viene inviato un segnale e quindi viene compiuta una microistruzione. Per questo motivo il ciclo macchina viene anche chiamato **ciclo di clock**. Utilizzando una metafora possiamo affermare che se la CPU rappresenta il "cervello" del computer, il clock ne è, sicuramente, il "cuore". Il clock è un orologio molto veloce: non può essere paragonato ai nostri orologi da polso! La sua frequenza, infatti, è dell'ordine dei *megahertz*, ossia di *milionimiliardi di cicli di clock*.

ESEMPIO

La frase "Un computer lavora a 3 GHz" ci dice che in un secondo vengono eseguite *3 miliardi di cicli di clock*.



Questa frequenza è un importantissimo **indice della velocità** del computer. Mediamente, però, per poter eseguire alcuni tipi di operazioni sono necessari più colpi di clock: per questo motivo, possiamo anche misurare la velocità del computer in MIPS (Millions of

Instructions Per Second = "milioni di istruzioni per secondo"). È evidente che il numero di colpi di clock è quasi sempre superiore al numero di istruzioni da eseguire e, per questo motivo, la velocità espressa in MIPS è sempre inferiore a quella espressa in GHz.

13 Le porte e le periferiche

Finora ci siamo occupati della componente centrale del computer, ossia della memoria centrale e della CPU. Ma secondo il modello di von Neumann, il computer è composto anche da altre unità, dette **unità di I/O**. Queste unità vengono dette **periferiche**, in quanto *sono dei dispositivi (device) esterni all'unità centrale*. Il loro compito è di fungere da collegamento tra il computer (inteso come memoria e CPU) e il mondo esterno (l'utente). Un computer usa, generalmente, più periferiche di diverso tipo. Ognuna di esse ha un suo compito particolare: alcune si preoccupano dell'*introduzione delle informazioni (input)*,

altre permettono la *visualizzazione dei risultati dell'elaborazione (output)*, altre ancora permettono di trasmettere o di *memorizzare permanentemente dati e programmi*.



Ogni periferica necessita di un'interfaccia per gestire il colloquio (*scambio di dati*) con la CPU. L'interfaccia è composta da dispositivi hardware e software.

I dispositivi hardware sono le **interfacce di I/O** e i **controller**. Il dispositivo software viene detto **driver di periferica**.

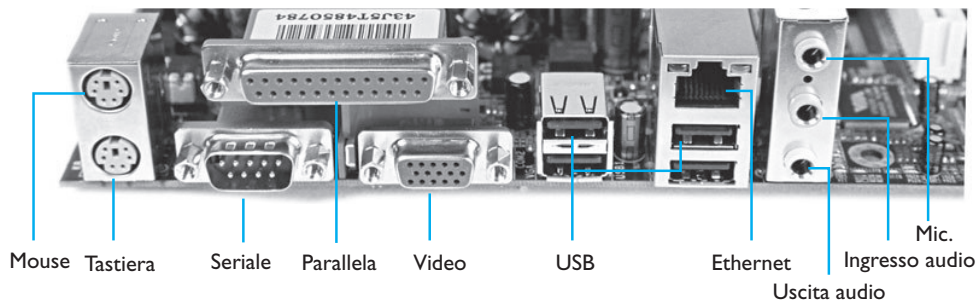
Le **interfacce di I/O** sono una serie di circuiti specifici per ogni dispositivo periferico che consentono di interconnettere quest'ultimo con il modulo base. Permettono, quindi, di instaurare un "dialogo" tra la periferica e la CPU.

Il collegamento delle periferiche avviene tramite cavi connettori che si inseriscono per mezzo di apposite prese, dette **porte**. Dal punto di vista della modalità di trasmissione, le porte si distinguono in **seriali** e **parallele**. Nelle *porte seriali* i dati viaggiano, come dice la parola stessa, in serie, uno dopo l'altro. Nelle *porte parallele* i dati viaggiano in gruppi. Conseguentemente, anche i cavi connettori sono seriali o paralleli e sono fisicamente diversi tra loro, in modo da non consentire il collegamento di un cavo parallelo a una porta seriale e viceversa.

Un particolare tipo di porta parallela è la **porta SCSI** (*Small Computer System Interface*), che consente di collegare più dispositivi insieme, ad esempio dischi rigidi e periferiche ad alta velocità. Un particolare tipo di porta seriale, invece, è la **porta MIDI** (*Musical Instrument Digital Interface*), che permette di collegare al computer vari tipi di strumenti musicali.

La porta **FireWire** è una porta di comunicazione molto veloce solitamente utilizzata per trasferire dati dalle fotocamere e dalle videocamere digitali. Questa interfaccia, che consente il collegamento delle periferiche anche quando il computer è già acceso (*hotplug*), è presente sui PC di nuova generazione.

Figura 25
Vari tipi di porte



La **PCMCIA** (*Personal Computer Memory Card International Association*), un'associazione commerciale che comprende più di quattrocento società produttrici di materiale hardware e software, ha sviluppato lo standard per le **PC card**. Si tratta di speciali adattatori, del formato di una carta di credito, per PC e altri sistemi elettronici. Lo speciale tipo di connettore studiato per i PC portatili è rappresentato dalla porta **PCMCIA**.

Le **schede PCMCIA** possono contenere modem, espansioni di memoria, porte, hard disk e altro. Gli obiettivi di questo tipo di schede includono l'interscambiabilità tra le PC card e altri sistemi, come, ad esempio, distributori automatici o macchine fotografiche digitali.

Figura 26
Una PC card inserita in una porta PCMCIA



Attualmente sono comuni le periferiche con formato di connessione **USB** (*Universal Serial Bus*). Questo formato è progettato per sostituire le porte seriali più lente e supporta un *collegamento a cascata* di numerose periferiche, fino a 127 dispositivi in sequenza sulla stessa porta. Ciò consente di evitare l'utilizzo di slot interni al PC.

L'USB è un formato di connessione che supporta l'hotplug. Una caratteristica interfaccia di I/O, che merita un accenno, è la **scheda video**. La scheda video è un vero e proprio processore dedicato alla gestione del video. La **qualità** di questi dispositivi dipende dalla quantità di pixel che riescono a visualizzare all'interno del video e dalla velocità di elaborazione delle immagini.

I moduli di interfaccia contengono in genere una particolare memoria, detta **buffer** (o *memoria di transito*) sulla quale transitano i dati in ingresso e in uscita. Il buffer viene utilizzato per rendere *asincrona* la comunicazione tra CPU e periferiche. Chiariamo quest'ultimo concetto: la CPU in genere è il dispositivo più veloce presente in un sistema di elaborazione; se la CPU, ad esempio, dovesse trasferire i dati a una periferica e aspettare che questa termini l'operazione, avremmo un notevolissimo incremento di tempi morti e un conseguente *calo delle prestazioni* del computer. Con l'ausilio dei buffer, il problema viene risolto. Quando, ad esempio, la CPU invia i dati di output a una stampante, li memorizza nel suo buffer, in modo da svincolarsi da questa operazione e continuare il suo lavoro. Se il buffer si riempie e restano ancora dei dati da trasferire, allora la CPU è costretta ad arrestare il suo lavoro e attendere che si svuoti la parte di buffer necessaria a contenere i dati non ancora inviati (in seguito vedremo anche come la CPU risolve questo problema).

Nei moduli di interfaccia, inoltre, sono presenti **porte di I/O** che permettono il collegamento fisico con il sistema dei bus attraverso gli slot. In sintesi, quindi, l'interfaccia ha il compito di collegare il sistema dei bus al buffer, per poter realizzare il trasferimento dei dati.

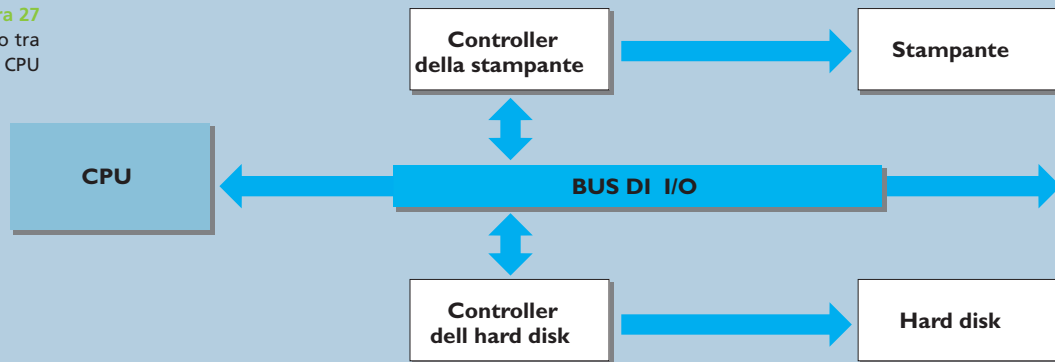


Il **controller** (**controllore** della periferica), come si evince già dal nome, ha il compito di eseguire tutte le funzioni di controllo del dispositivo: guida i movimenti meccanici del dispositivo (come vedremo nelle memorie di massa). Funge inoltre da **interprete** tra CPU e periferica, in modo

da tradurre i messaggi scambiati (Fig. 27).

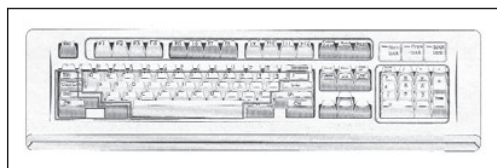
Il **driver di periferica**, infine, è un particolare programma che gestisce i segnali di comunicazione tra CPU e periferica.

Figura 27
Il collegamento tra periferiche e CPU



14 Le unità (o periferiche) di input

Figura 28
La tastiera



La **tastiera** (*keyboard*) è il più tradizionale e diffuso dispositivo per l'*immissione dei dati*. È quasi simile a una macchina da scrivere, dalla quale differisce per la presenza di un maggior numero di tasti e la diversa disposizione di alcune lettere (Fig. 28). Che cosa succede quando

premiamo un tasto? Il carattere o la funzione corrispondente a esso viene subito codificata in binario e l'interfaccia provvede ad accumulare tutti i caratteri battuti in un'apposita area della memoria centrale, detta **buffer per l'input**. I dati digitati saranno inviati all'unità centrale.



La tastiera, inoltre, è provvista di un proprio buffer, detto **buffer di tastiera**, generalmente poco capiente (dell'ordine di una decina di caratteri), nel quale

vengono accumulati i caratteri battuti troppo velocemente o, comunque, prima che possano essere accettati dall'elaboratore.

Figura 29
Il mouse



Il **mouse** (Fig. 29) è composto da una scatoletta con due o tre pulsanti. Il suo movimento su un piano permette di muovere un **puntatore** sullo schermo.

Il mouse fa parte di una particolare tipologia di periferiche, detta **dispositivi di puntamento**. Generalmente, il puntatore ha la forma di una freccia ma, durante le varie attività, può assumere forme diverse.



Attenzione: il puntatore non deve essere confuso con il **cursore** che, invece,

compare in quelle applicazioni in cui è richiesta la scrittura da parte dell'utente.

Sempre più comuni sono i **mouse a infrarossi**, senza cavo di collegamento al computer. Analoga al mouse è la **track-ball** (Fig. 30): in questo dispositivo la scatoletta è fissa e il puntatore sullo schermo viene spostato ruotando direttamente una sfera.

Lo **scanner** (Fig. 31) è un dispositivo simile alla fotocopiatrice: permette di leggere fogli cartacei che contengono testi o disegni, nonché immagini su qualsiasi tipo di supporto fotografico, trasformandoli in formato digitale. Una volta memorizzate, le immagini digitali possono essere elaborate.

Esistono programmi di tipo OCR (*Optical Character Recognition*) che possono trasformare l'immagine digitale di un testo in un vero e proprio file di testo.

La **penna ottica** (Fig. 32) è un dispositivo che sfrutta le potenzialità del **laser** (fascio di luce) per leggere codici come, ad esempio, quelli a barre. Viene utilizzata, ormai, in quasi tutte le attività commerciali: pensate al supermercato o alla farmacia.



Figura 30
La track-ball



Figura 31
Lo scanner



Figura 32
La penna ottica

La **tavoletta grafica** (*digitizer*) è composta da un piano di lavoro e da una penna (Fig. 33). Il disegno fatto sul piano viene riprodotto, automaticamente, sullo schermo. Può anche essere usata con un mouse.

Lo **schermo tattile** (*touch screen*) (Fig. 34) è un dispositivo usato in molti posti pubblici come le stazioni ferroviarie e gli aeroporti, per realizzare postazioni informative o presentazioni interattive. Permette di instaurare un dialogo diretto con l'utente. Sulla superficie dello schermo c'è una fitta rete di **raggi infrarossi**. Quando l'utente tocca un punto del video interrompe un raggio. Questa interruzione permette di individuare il punto sullo schermo e di attivare la funzione selezionata. Si tratta quindi di un dispositivo sia di input che di output.

Per concludere la carrellata sulle periferiche di input, un cenno meritano i sistemi per il **riconoscimento della voce**. I prodotti disponibili hanno "l'abilità di capire" alcune parole o alcune frasi pronunciate da un utente "tipo", che il computer ha imparato a riconoscere grazie alla memorizzazione di alcune caratteristiche della sua voce e di alcune parole contenute in un dizionario. Per compiere la **sintesi vocale**, invece, il computer si serve di alcuni suoni chiave che sono memorizzati al suo interno. La voce risultante, però, avrà sempre un suono metallico e non certamente un timbro umano. L'hardware di un "computer parlante" deve essere corredato di un microfono, di un altoparlante e di opportuno software. Questo tipo di applicazioni sono molto utili anche per i portatori di handicap. Sempre più diffuse sono le **macchine fotografiche digitali** (Fig. 35) e le **videocamere digitali**, che offrono la possibilità di memorizzare foto e filmati in formato digitale.

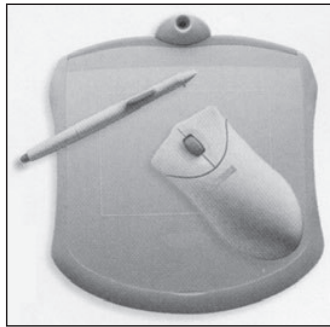


Figura 33
La tavoletta grafica



Figura 34
Lo schermo tattile
(touch screen)



Figura 35
Una macchina
fotografica digitale

15 Le unità (o periferiche) di output

Figura 36
Il monitor



Il **monitor** (o display o video) (Fig. 36) è il principale **dispositivo di output**. Praticamente identico a un normale schermo televisivo (anche la sua dimensione si misura in pollici), il monitor è costituito da un tubo a raggi catodici (detto *video CRT: Cathode Ray Tube*) e da uno schermo trasparente trattato con fosforo che è elettroluminescente.

Opportunamente guidato, il tubo colpisce lo schermo con degli elettroni, illuminando i punti colpiti. Tali punti vengono detti **pixel** (**picture element**) e costituiscono una caratteristica fondamentale dei monitor, in quanto definiscono la

loro **risoluzione**: maggiore è il numero di pixel visualizzabili, maggiore è la definizione del video (e quindi del suo contenuto). Qualsiasi oggetto visualizzabile, infatti (*caratteri, disegni, immagini, grafici*), è ottenuto da un'opportuna disposizione di pixel: quanti più pixel ci sono, tanto più nitida sarà l'immagine. Se la risoluzione del video è 800 x 600, sul monitor ci sono **800 colonne verticali**. Ognuna di queste è composta da 600 pixel e ha la larghezza di un pixel. La distanza tra i pixel visualizzati sullo schermo è detta **dot pitch** ed è espressa in *frazioni di millimetro*. Varia a seconda della qualità del video: un dot pitch di 0,26 mm è ritenuto buono per un monitor da 17". Più piccola è la distanza, più nitida risulta l'immagine.

Quanto più è sofisticata l'immagine, maggiori saranno la quantità di memoria necessaria per elaborarla e il tempo di elaborazione. Nella memoria centrale è presente un buffer, chiamato **mappa video**, all'interno del quale le istruzioni di output memorizzano i codici dei caratteri da visualizzare e la corrispondente posizione su video.

Per evitare rallentamenti, eccessiva occupazione di memoria e conseguenti decrementi delle prestazioni del sistema, sulla scheda video viene aggiunta memoria (la cosiddetta **memoria video**) in grado di gestire e visualizzare le immagini. Si svincola così il sistema da quest'altro compito.

L'architettura dei monitor CRT non permette di visualizzare un'intera immagine contemporaneamente su tutta la superficie dello schermo. L'immagine viene disegnata gradualmente, procedendo dall'alto verso il basso e da sinistra verso destra. Così facendo, il computer può costantemente aggiornare l'immagine visibile a video. Il numero di volte in cui il monitor viene aggiornato in un secondo prende il nome di **frequenza di refresh**: maggiore è la frequenza di refresh, maggiore risulta essere la nitidezza e la stabilità dell'immagine.

Figura 37
Il monitor LCD



I monitor a **crystalli liquidi (LCD)** (Fig. 37), analoghi a quelli dei computer portatili, non avendo il tubo catodico, non emanano radiazioni e occupano minor spazio. Sono disponibili nuovi monitor a cristalli liquidi, che garantiscono una qualità di immagine (in termini di risoluzione, numero di colori, nitidezza e luminosità) analoga a quella consentita dai tubi a raggi catodici.

Le **stampanti** (Fig. 38) costituiscono l'altro **dispositivo di output** per eccellenza. Il loro compito è quello di provvedere alla stampa su carta a fogli singoli o a modulo continuo. Possono stampare immagini, testi, grafici e risultati dell'elaborazione. Le attuali stampanti sono di piccole dimensioni, veloci e acquistabili a prezzi relativamente bassi.

La qualità dei documenti prodotti dipende dalla **risoluzione di stampa**, che viene misurata in **DPI (Dots Per Inch, cioè punti per pollice)**. Una stampante che ha una risoluzione di 600 x 600 dpi, stampa in ogni pollice quadrato fino a 360 000 (= 600 x 600) punti. In base alla tecnica di stampa utilizzata, invece, le stampanti si classificano in stampanti a impatto e non.

Figura 38
Le stampanti



- Le **stampanti a impatto** sono le stampanti che imprimono il carattere sulla carta in modo meccanico, attraverso la pressione del mezzo di scrittura sul nastro inchiostro.
- Le stampanti **non a impatto** producono la stampa utilizzando tecnologie più sofisticate e avanzate, a carattere *chimico, magnetico, elettrico e ottico*. Sono molto più silenziose di quelle a impatto e raggiungono prestazioni elevatissime. Analizziamo le caratteristiche delle principali stampanti che sfruttano queste tecnologie:

– stampanti **ink-jet (a getto d'inchiostro)**. Con questo tipo di stampante, la stampa viene realizzata proiettando l'inchiostro sulla carta per mezzo di un microscopico ugello, che spruzza l'inchiostro in piccolissime particelle caricate elettrostaticamente, in modo da formare un carattere a *matrice di punti*. Sono dotate di alta capacità grafica e consentono la stampa a colori producendo una svariata gamma delle diverse gradazioni. Combinano gli inchiostri di colore diverso contenuti in un'apposita cartuccia. La risoluzione raggiunta da queste stampanti è molto elevata, come anche la velocità: riescono, infatti, a stampare fino a 40 000 LPM.

A questa categoria appartengono le stampanti **bubble-jet (a bolle d'inchiostro)**. Si tratta di un tipo speciale di stampante ink-jet, in cui l'inchiostro viene riscaldato nell'ugello fino al punto di ebollizione, così da formare una bolla. L'espansione della bolla comprime l'inchiostro contenuto nell'ugello, proiettandolo sulla carta e formando così il carattere;

– stampanti **laser**. Sono le stampanti più potenti attualmente esistenti e sfruttano la tecnologia ottica. Appartengono alla categoria delle *stampanti xerografiche*, basate sull'utiliz-

zo della metodologia delle fotocopiatrici. Sommarientemente, il funzionamento si basa sulla rotazione di un cilindro rivestito di materiale conduttore. Il cilindro viene colpito, durante la stampa, da un raggio laser deviato da uno specchio. I punti illuminati trattengono l'inchiostro secco (**toner**) che, dopo una fase di compressione e riscaldamento, viene proiettato sulla carta formando il carattere.

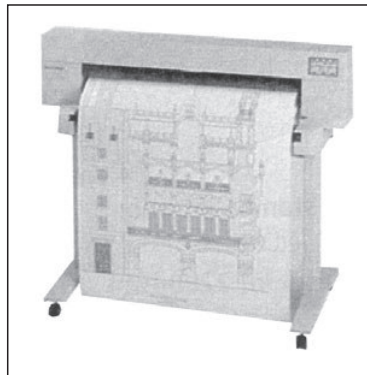
Figura 39
Una famiglia di font



Concludiamo il discorso sulle stampanti con un ultimo concetto: tutti i caratteri che possono essere stampati (ognuno con una propria forma e un proprio stile) vengono raggruppati in famiglie (proprio come accade nelle tipografie), chiamate **font** (Fig. 39). Ogni font dovrebbe essere gestito sia dal video che dalla stampante, in modo da ottenere sulla carta l'esatta immagine del carattere visualizzato. Molto spesso ciò non accade, in quanto i due dispositivi hanno risoluzioni molto diverse (le stampanti hanno una risoluzione superiore al video). Questo problema viene risolto grazie a linguaggi di descrizione della pagina, come lo standard PostScript di Adobe. L'uso del PostScript permette di ottenere una visualizzazione **WYSIWYG** (acronimo di *What You See Is What You Get*, cioè "ciò che vedi è ciò che ottieni").

Il **plotter** (Fig. 40) è un dispositivo di output utilizzato particolarmente per applicazioni di carattere tecnico-progettuale. Si usa infatti per la *produzione di grafici*, anche molto complessi, con un elevatissimo grado di precisione e con una dimensione spesso rilevante. È composto da una serie di pennini, collegati a un braccio meccanico, che si muovono orizzontalmente al piano di lavoro e da un rullo di carta, che può muoversi verticalmente nei due sensi. Così la carta si arrotola e si srotola in base alle esigenze del grafico da realizzare.

Figura 40
Il plotter



Attualmente esistono in commercio plotter che realizzano il grafico a *matrice di punti*, utilizzando tecnologie elettrostatiche o ink-jet.

Figura 41
Le casse acustiche



Le **casse acustiche** (*speakers*) (Fig. 41) sono composte da un insieme di altoparlanti che permettono l'ascolto dei suoni. La scelta delle casse deve avvenire in funzione della scheda audio presente sul PC: se la scheda audio comprende solo le funzioni di base si useranno casse economiche, se invece è capace di riproduzioni

audio di alta qualità, effetti audio particolari come il Dolby surround ecc., si potranno usare casse di qualità superiore e impianti audio sofisticati. È inutile usare casse di alta qualità con una scheda audio scadente, o viceversa. Ricordiamo che la **scheda audio** si occupa di gestire ed "elaborare" il suono in entrata e in uscita (cioè verso le casse) dal PC.

Figura 42
Il masterizzatore



Il **masterizzatore** (Fig. 42) è il dispositivo usati per la scrittura su CD (il disco deve essere tale da consentire la scrittura, altrimenti il masterizzatore non funziona). Funzionano anche come normali lettori di CD. Tipicamente sono inseriti all'interno del computer e presentano uno sportello come i lettori CD, ma esistono anche dei modelli esterni che si collegano al computer con un cavo, attraverso la porta FireWire o USB.



Esistono dispositivi che sono sia di input che di output come i modem (modulatori/demodulatori) che servono a

collegare computer attraverso le linee telefoniche e i già citati touchscreen.

16 Le memorie di massa

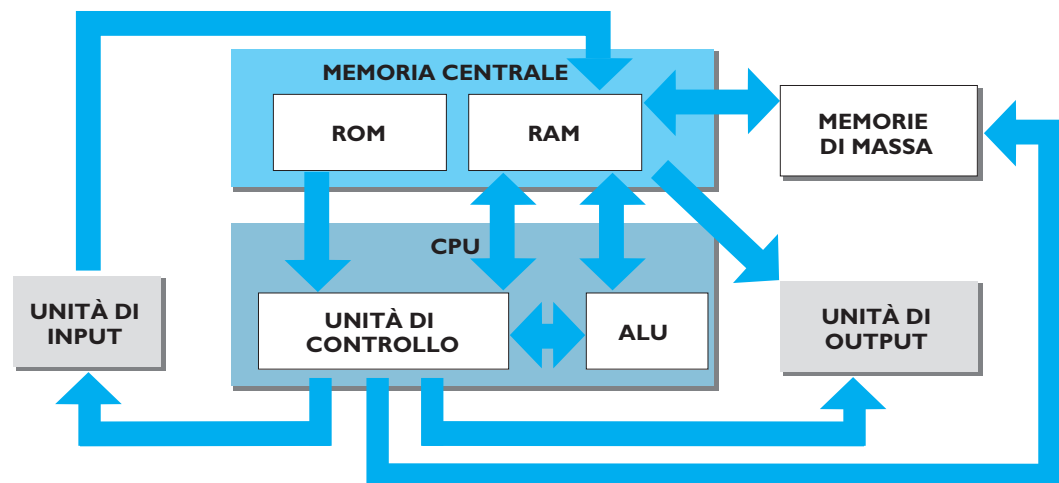
Le **memorie di massa** o **memorie ausiliarie** sono quelle sulle quali è solo possibile conservare dati e programmi: da esse però non può dipendere alcun tipo di elaborazione. Quindi, per poter elaborare dei dati o per poter eseguire programmi registrati su una memoria di massa occorre dapprima trasferire dati o programmi nella memoria centrale, unica memoria sulla quale la CPU è in grado di operare. Alla luce di quanto detto, siamo ora in grado di completare il modello di von Neumann (Fig. 43).

Queste memorie presentano le seguenti caratteristiche:

- conservano **permanentemente** i dati;
- possono contenere **grandissime quantità** di informazioni;
- sono memorie **trasportabili**;
- sono **meno costose** della memoria centrale;
- sono **più lente** della memoria centrale.

I dispositivi di memoria di massa più comuni sono: le **memorie magnetiche** e le **memorie ottiche**. I **dispositivi magnetici** sono costituiti da un supporto piano ricoperto di materiale ferromagnetico, sul quale è possibile memorizzare le informazioni magnetizzando apposite **areole** (l'equivalente delle *celle di memoria*). Queste ben si prestano alla memorizzazione di segnali digitali, in quanto possono assumere **due stati** in base alla direzione del campo magnetico: pertanto, uno stato rappresenterà l'1, l'altro lo 0.

Figura 43
La struttura completa di un elaboratore elettronico



La registrazione avviene mediante una *testina* composta da un *traferro*, sul quale è avvolto a spirale un *filo conduttore*. A seconda del verso con cui passa la corrente, il percorso a spirale genera un campo magnetico, effettuando in questa maniera una memorizzazione permanente.

Il passaggio delle areole sotto la testina avviene mediante un movimento meccanico a velocità costante del supporto di memorizzazione. La stessa testina si preoccupa anche di leggere i dati memorizzati: per questo motivo la chiameremo **testina di lettura/scrittura**.

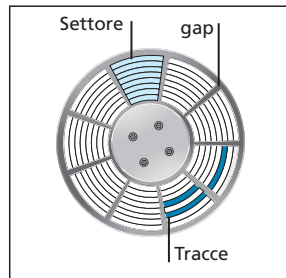
Tutte le memorie di massa magnetiche hanno in comune i seguenti parametri:

- **velocità di movimento** del supporto di memorizzazione misurata in *pollici/sec*;
- **densità di memorizzazione** misurata in *bit/pollice*;
- **velocità di trasferimento** misurata in *bit/sec*, pari al prodotto dei due parametri precedenti.

Tipici supporti magnetici di memorizzazione di massa sono i nastri e i dischi.

Il **disco** è un supporto di memorizzazione di massa costituito da un piatto accuratamente levigato, le cui facce sono ricoperte di sostanza magnetica.

Figura 44
Tracce e settori



L'**unità di memorizzazione**, invece, è composta da un dispositivo dotato di testine, all'interno del quale il disco ruota velocemente attorno a un asse. Tale dispositivo è chiamato **drive** e comunica con l'unità centrale grazie al proprio controller. La superficie del disco è composta da tantissime areole magnetizzabili, nelle quali vengono memorizzate le informazioni binarie per mezzo dell'apposita testina di lettura/scrittura. Quanto più piccole sono le areole, tanto più grande sarà la capacità del disco. Le areole si trovano su apposite piste circolari concentriche, denominate **tracce**, su cui i dati vengono memorizzati sequenzialmente. Ogni traccia è suddivisa in un numero fisso di **settori** separati da zone neutre, dette **gap** (Fig. 44).

I settori diventano sempre più piccoli andando dall'esterno verso l'interno. Pur essendo più piccoli, però, la quantità di informazioni memorizzabili è sempre la stessa: cambia solo la densità di memorizzazione.

I dischi si classificano in:

I dischi si classificano in:

- **fissi** (hard disk);
- **rimovibili** (floppy disk, flash disk ecc).

Figura 45
L'interno
di un hard disk



L'**hard disk** (Fig. 45) è costituito da una pila di dischi di alluminio (**disk-pack**), disposti uno sopra l'altro a un'opportuna distanza, che ruotano intorno a uno stesso asse verticale con velocità uniforme (dell'ordine di circa 7200 giri al minuto). Sono rinchiusi all'interno di un contenitore ermetico, nel quale è presente un braccio a forma di pettine, sulle cui estremità si trovano le testine di lettura/scrittura.

L'insieme di tutte le tracce a una fissata distanza dall'asse viene detto **cilindro**.

Ogni singolo braccio meccanico è mobile, ossia ogni braccio contiene una testina di lettura/scrittura per ogni faccia del disco, parleremo quindi di hard disk a **testine mobili**.

Il tempo necessario per poter accedere a un settore, ossia l'*unità minima di memoria che può essere letta o scritta*, viene chiamato **tempo di accesso**, si misura in millisecondi (msec) ed è dato dalla somma di:

- **tempo di posizionamento** (o **tempo di seek**), ossia il tempo necessario affinché la testina si posizioni sulla traccia contenente il settore interessato. Il tempo impiegato dipende anche dall'ampiezza dello spostamento (il tempo aumenta man mano che ci avviciniamo alle tracce più interne: 1-20 msec);
- **tempo di latenza**, ossia il tempo di attesa necessario affinché il settore interessato passi sotto la testina di lettura/scrittura. Tale tempo dipende dalla velocità di rotazione dei dischi e, in media, è uguale al semiperiodo di rotazione dei dischi (0,2-0,6 msec).

La **velocità di trasferimento** è la quantità di byte trasferiti da o verso la memoria di massa misurata in MB/sec.

I dischi magnetici sono supporti di memorizzazione di massa detti **ad accesso diretto** o **casuale**, in quanto è possibile posizionarsi direttamente su una singola informazione. Si prescinde quindi dalla sua posizione fisica e da tutte quelle che la precedono. È sufficiente conoscere numero di faccia, traccia e settore.



Più concretamente, in questo tipo di memoria il tempo di accesso è *quasi* indipendente dalla posizione in cui si trova l'informazione desiderata. Per questo motivo, spesso si parla di memorie **ad accesso semicasuale**: infatti

si può accedere direttamente alla traccia che contiene l'informazione che interessa. L'accesso al settore è però di tipo sequenziale, dovendo infatti attendere che il settore passi sotto la testina di lettura/scrittura.

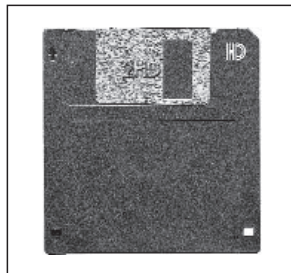
Per migliorare le prestazioni del sistema e in particolare per accelerare l'accesso ai dati, la CPU sfrutta la cosiddetta **cache di disco**, ossia un'area dell'hard disk all'interno della quale vengono memorizzati i dati che la CPU sta per utilizzare.

Quando viene letto un settore, i dati contenuti nei settori vicini vengono trasferiti nella cache: in questo modo si evita di rimettere in funzione il disco fisso per reperire questi dati che, presumibilmente, saranno letti successivamente.

Il disco rigido può essere inoltre utilizzato dalla CPU per simulare la memoria RAM. La CPU sfrutta parte del disco come memoria centrale, quando devono essere tenuti aperti più programmi contemporaneamente o devono essere manipolate grandi quantità di dati che la RAM non è sufficiente ad accogliere. Quest'area dell'hard disk viene detta **memoria virtuale**.

I **floppy disk** (Fig. 46) possiedono due facce e le informazioni sono generalmente organizzate su 40 o 80 tracce per faccia, suddivise in 9 settori. A differenza degli hard disk, però, i floppy disk:

Figura 46
Il floppy disk



- sono molto **economici**;
- sono costituiti da un **singolo piatto** di materiale plastico;
- sono **mobili**, cioè possono essere inseriti e rimossi dal drive, permettendo così la trasportabilità e lo scambio delle informazioni tra sistemi diversi;
- hanno una capacità di **memorizzazione** dell'ordine di 1,44 e 2,88 MB.

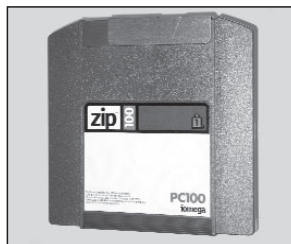
I floppy disk sono ormai in lento declino e molti dei computer più recenti (soprattutto notebook) sono privi di drive per floppy disk.

Figura 47
Il flash disk



La mania degli **USB Flash Disk**, detti anche *pen drive* (Fig. 47), i sostituti dei floppy disk, ha contagiato davvero tutti: sono piccoli e pratici dispositivi dotati di connettore USB che permettono di archiviare dati e programmi. I sistemi operativi più recenti possono leggere e scrivere queste memorie senza installare i driver. Inizialmente poco più piccoli di un evidenziatore e con capienza variabile fra gli 8 e i 16 MB, la nuova generazione si è evoluta moltissimo, e in uno spazio poco più grande di due fiammiferi permette di archiviare da 64 MB a oltre 1 GB di dati, più che sufficienti per avere con sé tutto il materiale che si desidera.

Figura 48
I dischi Zip



I dischi **Zip** (Fig. 48) somigliano ai floppy disk ma sono un po' più grandi e caratterizzati da una forma un po' diversa. Esistono da 100 e 250 MB e necessitano di un drive apposito. Sia i dischi che i drive Zip sono prodotti esclusivamente dalla Iomega.

Figura 49
I dischi LS-120

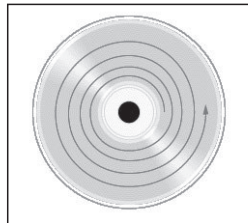


I dischi **LS-120** sono stati introdotti da pochi anni. Simili agli Zip, usano un drive che è in grado di leggere anche i normali floppy. Contengono fino a 120 MByte. Non sono molto diffusi.

17 I supporti ottici

Un ultimo gruppo di dispositivi fisici dedicati all'archiviazione delle informazioni sfrutta le cosiddette **tecnologie ottiche**.

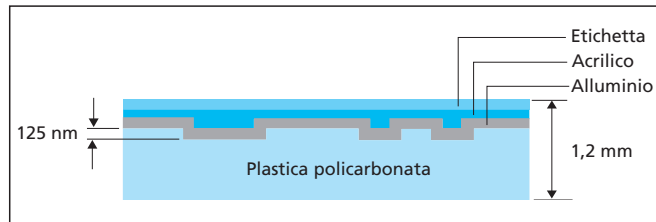
Figura 50
La traccia a spirale
di un CD



Un CD è un semplice pezzo di **plastica policarbonata** largo circa 12 cm ed alto circa 1,2 millimetri. Su di esso è incisa una lunga traccia a spirale (Fig. 50) che parte dal centro e arriva all'esterno del disco ed è formata da una sequenza di aree piane (**land**). Durante la creazione di un CD, la traccia viene deformata con piccolissimi buchi (**bump**) creati sulle aree piane. Creando i bump sulla spirale non si fa altro che scrivere i singoli bit di ogni byte, 0 (land) e 1 (bump). Una volta che il pezzo di policarbonato è stato inciso con

milioni di bump, uno strato di alluminio riflettente viene stampato per coprirli e proteggerli. Uno strato di acrilico e infine l'etichetta completano il tutto (Fig. 51).

Figura 51
Sezione di un CD
prestampato



Per quanto riguarda la lettura, i bit "ottici" sono letti da una testina che emette un fascio di luce (**laser**) che, durante la rotazione, colpisce le singole aree. Il bump si comporta come uno specchio per cui la luce incidente viene riflessa e rac-

colta da un dispositivo sensibile alla luce (**diodo fotorilevatore**). Il land, invece, cioè l'area piana, non si comporta come uno specchio e, quindi, la luce incidente è diffusa dai rilievi in tutte le direzioni e, pertanto, non viene rilevato alcun segnale riflesso.

- **CD-ROM** (*Compact Disc Read Only Memory*). Sono dischi ottici a sola lettura e, come tali, non riscrivibili. Possono memorizzare grandissime quantità di informazioni (anche 2 GB). Per questo motivo vengono utilizzati per contenere intere enciclopedie, film, disegni, prodotti **multimediali**, che permettono all'utente di chiedere e ricevere informazioni sotto forma di immagini, testi, suoni, animazioni.
- **CD-WORM** (*Write Once Read Many*). Su questi dischi è possibile effettuare l'operazione di scrittura, ma soltanto nelle parti vuote, servendosi di un particolare dispositivo, detto **masterizzatore**. È possibile, quindi, memorizzare sequenzialmente e non è possibile alcuna operazione di modifica o cancellazione. Per tali motivi vengono utilizzati soltanto per catalogare e archiviare informazioni non soggette a modifiche.
- **CD-WMRA** (*Write Many Read Always*). Sono dischi ottici utilizzati come un normale disco magnetico, in grado, quindi, di consentire la scrittura e l'aggiornamento delle informazioni presenti. A causa però di alcuni problemi tecnici (minore riflessività del supporto, facile deterioramento se non utilizzato correttamente, lentezza in fase di ricerca ecc.) non sono ancora molto diffusi.
- **DVD** (*Digital Versatile Disc*). Sono utilizzati per le correnti applicazioni multimediali (immagini fisse, animate, film ecc.) aventi una capacità oscillante dai 4,7 ai 17 GB, hanno quasi del tutto sostituito le videocassette. Per leggere questi supporti è necessario un apposito lettore. Un lettore per DVD legge anche i normali CD.

La **velocità di trasferimento dati** di un lettore ottico è espressa in byte/carattere al secondo. I primi lettori avevano una velocità di 150 KB al secondo e questa grandezza è divenuta il riferimento per rappresentare quelle successive. Le velocità sono indicate con i simboli 2x, 8x, 50x ecc. e indicano il multiplo di quella di riferimento e corrispondono, rispettivamente, a 300, 1200, 7500 KB al secondo. Essendo i CD supporti ad accesso sequenziale, il tempo di accesso dipende dal punto su cui sono memorizzati i dati.

Figura 52
Il disco MOD



Un ultimo supporto di memorizzazione a tecnologia ottica è il **MOD (Magneto Optical Disk)**, o semplicemente "MO". Ne esistono di tre misure: 3,5" (come i floppy), 5,25" e 12". La capacità cresce con le dimensioni. L'uso di questi dischetti estraibili è piuttosto raro, in genere i dischi magneto-ottici vengono impiegati in batterie di dischi interni (tipo hard disk), che possono arrivare a sfiorare la capacità di 1 TeraByte.

APPROFONDIMENTO

18 La classificazione dei computer

Tecnicamente, i computer vengono classificati in **categorie** a seconda delle funzioni, delle prestazioni, delle dimensioni, del costo e della velocità di elaborazione.

Figura 53
Un supercomputer



I **supercomputer** (Fig. 53) sono i più potenti, costosi e veloci computer disponibili attualmente (raggiungono una velocità di *1000 miliardi di operazioni al secondo*). Sono utilizzati particolarmente nelle università e nei centri di ricerca per simulare modelli, verificare teorie scientifiche e risolvere problemi che richiedono un esorbitante numero di calcoli.

Figura 54
Un mainframe



I **mainframe** (Fig. 54) hanno costituito la grande potenza di riserva di calcolo dagli anni '60 agli anni '80. Lavoravano in modalità multiutenza. Al loro posto oggi si trovano i potenti server che lavorano in modalità client/server e sono spesso organizzati in **Cluster**, cioè in gruppi di computer che appaiono all'utente come una sola macchina.

Attualmente sono diffusi i moderni *sistemi di elaborazione in rete (reti di computer o networking)* composti da computer di diverso tipo connessi tra loro (*nodi della rete*).

I **minicomputer** (Fig. 55) sono elaboratori un po' più piccoli (in termini di potenza) dei mainframe, ma anch'essi in grado di gestire grosse quantità di dati in multiutenza. Per questo sono utilizzati dalle organizzazioni di medie dimensioni.

I **microcomputer** o **personal computer** (Fig. 56) non meritano ulteriori dettagli. Ricordiamo solo che con questo termine ci si riferisce a macchine usate in ambito lavorativo e domestico da un solo utente alla volta.

I **palmasi** (palmtop) (Fig. 57) sono computer di dimensioni estremamente ridotte, in grado di stare sul palmo della mano (da cui il nome). Sono computer che uniscono alle funzionalità di calcolatrici e agende alcune funzioni tipiche dei calcolatori come la connessione a Internet, l'elaborazione di testi e di fogli elettronici. Possono essere usati anche come telefoni cellulari.

Un fenomeno in crescita è quello del **grid computing**. I grandi server di Internet vengono resi disponibili in rete per le elaborazioni da parte degli utenti. Il carico elaborativo viene suddiviso su più computer in modo da ridurre il tempo complessivo di elaborazione (si pensi ai calcoli di natura astronomica).



Figura 55
Un minicomputer



Figura 56
Un personal computer



Figura 57
Un palmare

IN SINTESI

- ♦ Il **computer** è una macchina costituita da un insieme di dispositivi di diversa natura (meccanici, elettrici, ottici ecc.) in grado di elaborare dati in modo automatico, veloce, sicuro ed efficiente.
- ♦ Il computer tratta **dati**. L'uomo tratta **informazioni**.
- ♦ L'**hardware** rappresenta la parte fisica del computer, mentre il **software** è la parte logica, ossia l'insieme di tutti i **programmi**.
- ♦ La **memoria centrale** è un dispositivo elettronico in grado di contenere tutte le informazioni necessarie per l'elaborazione, cioè dati, istruzioni del programma da eseguire, risultati intermedi e finali.
- ♦ La **scheda madre** è la componente che ha il ruolo di gestire la comunicazione fra tutte le componenti di un computer.
- ♦ Il **bit** è una cifra binaria (0, 1) mentre il **byte** è una configurazione di otto bit.
- ♦ Le celle di memoria sono numerate progressivamente. Il numero che le contraddistingue prende il nome di **indirizzo**.
- ♦ Il **bus** è costituito da un insieme di collegamenti hardware (fili) su cui viaggiano i dati che vengono scambiati tra unità centrale, memorie e unità di I/O.
- ♦ I **registri** sono piccole e veloci memorie che vengono utilizzati in specifiche fasi dell'elaborazione dei dati.
- ♦ La memoria centrale è costituita dalla memoria **RAM**, dalla memoria

ROM e dalla memoria **CACHE**.

- ♦ La memoria **RAM** è una memoria volatile, accessibile in lettura/scrittura e ad accesso casuale.
- ♦ La memoria **ROM** è una memoria permanente e accessibile solo in lettura.
- ♦ La memoria **CACHE** è una memoria velocissima che viene utilizzata per aumentare le prestazioni del computer.
- ♦ La **CPU** (*Central Processing Unit*) è la componente fondamentale di un computer e si occupa dell'esecuzione e del controllo dei processi. È composta dalla **CU** (*Control Unit*) e dall'**ALU** (*Arithmetic Logic Unit*).
- ♦ L'**interfaccia** è un qualunque elemento hardware o software che consente il collegamento fisico e/o logico tra dispositivi diversi di un computer.
- ♦ Il **linguaggio macchina** è composto da una serie di istruzioni macchina espresse in codice binario che svolgono ciascuna una funzione elementare direttamente eseguibile dalla CPU.
- ♦ Un'**istruzione macchina** è composta da un codice operativo e dagli operandi.
- ♦ Le **fasi di esecuzione** di un'istruzione sono: la fase di **fetch** (prelevamento dell'istruzione dalla memoria centrale), la fase di **decode** (interpretazione dell'istruzione) e la fase di **execute** (esecuzione dell'istruzione).
- ♦ Le **periferiche di I/O** sono le componenti esterne del computer

attraverso le quali è possibile introdurre i dati nel computer, memorizzarli e visualizzarli e/o stamparli.

- ♦ Il collegamento delle periferiche avviene grazie ai **cavi connettori** che si inseriscono per mezzo di apposite **porte**.
- ♦ Per valutare le prestazioni di un **monitor** occorre tener presente la **risoluzione** (la quantità di pixel riproducibili sull'intero schermo) e i **dot pitch** (la distanza tra i pixel). Per le prestazioni deve essere anche impostata una buona **frequenza di refresh** (numero di volte che un monitor viene aggiornato in un secondo).
- ♦ Le **memorie di massa** si distinguono in **magnetiche** (hard disk, floppy disk, flash disk ecc.) e **ottiche** (CD, DVD).
- ♦ I dischi magnetici sono organizzati in **tracce, settori e gap**.
- ♦ Il tempo necessario per accedere a un dato su un disco magnetico dipende dal **tempo di seek** (tempo necessario affinché la testina si posizioni sulla traccia contenente il settore interessato) e dal **tempo di latenza** (tempo necessario affinché il settore passi sotto la testina).
- ♦ I **dischi ottici** non sono organizzati in tracce e settori, bensì sono caratterizzati dalla presenza di un'unica traccia a spirale e la memorizzazione dei dati avviene bruciando con un raggio laser lo strato sensibile di cui è composta.