

5 LA MEMORIA CENTRALE

5.1 Caratteristiche della memoria centrale

La memoria centrale (**RAM**, Random Access Memory) è uno degli elementi fondamentali della struttura di un elaboratore (FIGURA 10). È la parte del calcolatore in cui viene temporaneamente conservato il programma durante la sua esecuzione con tutte le informazioni necessarie. Oltre alle istruzioni del programma, sono memorizzati i dati ricevuti in input, i risultati parziali, quelli finali prima di essere mandati in output e tutte le informazioni che servono alla CPU. Le sue caratteristiche, che influenzano le prestazioni complessive dell'elaboratore, sono le seguenti:

- è costituita da milioni di celle, ciascuna contenente lo stato di un bit; la gestione avviene a gruppi di almeno 8 bit (un byte), organizzati in righe e colonne come una gigantesca tabella;
- è ad accesso diretto (#random); si può accedere a ogni byte semplicemente generando l'indirizzo fisico che contiene le coordinate della cella e il suo tempo di accesso non dipende dalla posizione;
- i dati possono essere letti e scritti;
- i dati sono mantenuti solo per il tempo in cui la memoria è alimentata; lo spegnimento dell'elaboratore comporta la perdita dei dati presenti nella memoria.

#techwords

Il termine **Random** viene impropriamente tradotto con casuale, ma non nel senso che il dato viene memorizzato dove capita, ma perché il tempo di accesso non dipende dalla sua posizione.

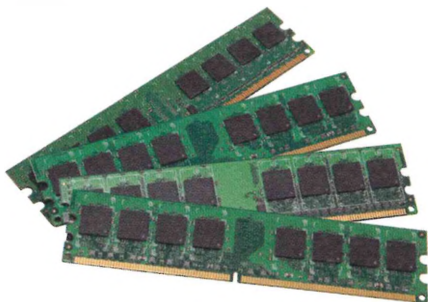


FIGURA 10 Moduli di memoria RAM

5.2 Organizzazione della memoria centrale

Ogni singola cella di memoria ha un determinato **indirizzo**, che indica la posizione che la cella occupa all'interno della memoria stessa e la identifica univocamente. Poiché la memoria è vista come una matrice, l'indirizzo di una cella è dato dalla riga e dalla colonna in corrispondenza della quale essa si trova. Gli indirizzi sono generalmente espressi in esadecimale, così da permettere un maggior numero di indirizzamenti. La prima parte dell'indirizzo indica la riga, mentre la seconda indica la colonna.

Nell'esempio di FIGURA 11, si ipotizza di avere indirizzi formati da 6 bit e, quindi, in grado di indirizzare 64 celle. La prima parte dell'indirizzo (100) indica la colonna 4, mentre la seconda parte (101) indica la riga 5.

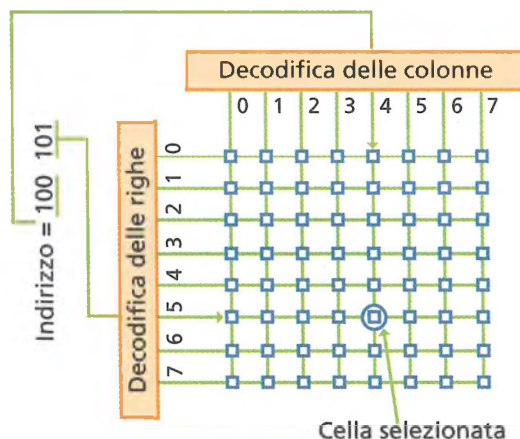


FIGURA 11 Organizzazione della memoria centrale

Tramite queste coordinate il sistema è in grado di individuare quella particolare cella che si trova all'incrocio della colonna 4 e della riga 5. La **capacità** della memoria è data dal numero massimo di byte che possono essere immagazzinati in essa.

Ricordiamo che, nei moderni calcolatori, la memoria ha una capacità dell'ordine di milioni di byte, per cui risulta inadeguato esprimere tale capacità in byte. Si usano per questo i multipli binari del byte: il kibibyte (KiB = 2^{10} B), il mebibyte (MiB = 2^{20} B) e il gibibyte (GiB = 2^{30} B).

Se, andando ad acquistare un personal computer, leggiamo tra le caratteristiche che ha 4 GiB di RAM, vuol dire che la sua memoria centrale è formata da circa 4 miliardi di byte, esattamente $4\,294\,967\,296 = 4 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 1024$.

#prendinota

I prefissi per multipli binari sono stati istituiti nell'informatica per evitare l'uso di quelli decimali dal Sistema Internazionale (SI). Infatti 1 kB nel SI vale 1000 byte, mentre 1 KiB vale 2^{10} B = 1024 byte. Il fatto che 10^3 sia molto vicino a 2^{10} porta spesso a usare il tradizionale prefisso kB al posto di KiB, ma su grandi quantità di byte la differenza è rilevante (1 TB è 92,7 GB in meno di 1 TiB).

5.3 Operazioni della memoria centrale

I dati in memoria possono solo essere letti o scritti. Per farlo vengono seguite le seguenti fasi.

■ LETTURA

1. Il microprocessore genera l'indirizzo della cella da leggere e lo invia alla memoria tramite l'Address bus.
2. Il circuito interno alla memoria decodifica l'indirizzo e attiva la cella interessata.
3. Lo stato dei vari bit della cella è trasferito sul circuito di collegamento tra memoria e Data bus.
4. La memoria immette il dato sul Data bus e invia un segnale sul Control bus per avvertire il microprocessore che il dato è pronto.

■ SCRITTURA

1. Il microprocessore genera l'indirizzo della cella sulla quale scrivere e lo invia alla memoria tramite l'Address bus.
2. Il circuito interno alla memoria decodifica l'indirizzo e attiva la cella interessata, segnalando al microprocessore che è pronta a ricevere il dato.
3. Il microprocessore immette il dato sul Data bus.
4. Il dato è prelevato dal Data bus ed è trasferito nella cella; la memoria comunica al microprocessore che il dato è stato memorizzato.

■ CONTROLLO DEGLI ERRORI

A causa dell'importanza che riveste la memoria centrale, oltre alla gestione di lettura e scrittura, occorre garantire continuamente che non avvengano errori o malfunzionamenti.

In genere, oltre ai bit di dati, sono presenti internamente alcuni bit aggiuntivi (**error bit**) che, con opportuni metodi di controllo, consentono di verificare costantemente lo stato della memoria. Un errore nella RAM viene considerato dai sistemi operativi così grave da bloccare l'esecuzione di un programma o dell'intero Sistema Operativo.

Se l'errore è rilevato in fase di avvio dell'elaboratore, l'operazione si blocca determinando un **Memory Parity Error**, dove *parity* indica il metodo utilizzato per il controllo degli errori (**controllo di parità**). Questa segnalazione spesso indica che il modulo di memoria è danneggiato e occorre sostituirlo.

5.4 Tipologie di memorie

Le memorie si possono classificare come volatili o permanenti a seconda di come conservano l'informazione. Si dicono memorie **volatili** quelle che permettono la memorizzazione delle informazioni solo fino a quando sono alimentate dalla corrente, mentre si dicono **permanent**i quelle che anche in assenza di corrente mantengono memorizzate le informazioni per lungo tempo.

La prestazione di una memoria si misura con due parametri:

- **latenza**: tempo richiesto per trasferire un dato da/verso la memoria;
- **velocità di trasferimento** (bandwidth): numero di byte trasferiti in un secondo.

■ LE MEMORIE VOLATILI

La memoria **RAM** è una memoria volatile e funziona con due tecnologie.

- **DRAM** (Dynamic RAM). Ciascuna cella è costituita da un piccolo condensatore, che mantiene la carica elettrica per un tempo limitato. Nella memoria è presente un circuito (memory refresh) che provvede periodicamente a ricaricare le varie celle prima che perdano completamente la carica. Tale tecnica ha consentito di realizzare memorie con capacità maggiore senza aumentare le dimensioni delle schede, in quanto ogni cella è molto piccola. La gestione però è più complessa per la necessità di ricaricare continuamente le celle senza interferire con le operazioni di lettura e scrittura della memoria. Nel corso degli anni, le DRAM hanno subito una notevole evoluzione con numerosi cambiamenti di standard e conseguenti problemi di compatibilità. Un notevole miglioramento nella velocità si è avuto con l'introduzione della tecnologia DDR (Double Data Rate, doppio flusso dati): i dati sono trasferiti sia durante il fronte di salita dell'impulso di clock, sia durante il fronte di discesa.
- **SRAM** (Static RAM). Per mantenere l'informazione memorizzata, ogni cella è costantemente alimentata. Questo comporta consumi elettrici superiori, ma presenta il vantaggio che i tempi di risposta (latency time) al microprocessore sono piuttosto brevi. Per realizzare ciascuna cella sono necessari più componenti rispetto alla DRAM. Sono utilizzate per realizzare le memorie cache.

■ LE MEMORIE PERMANENTI

Le **ROM** (Read Only Memory) sono memorie non volatili, che però, una volta programmate, possono essere solo lette. La ROM costa meno della RAM, ma ha ovviamente un campo di applicazione più limitato; in genere, sono programmate in fase di fabbricazione e contengono i programmi che permettono l'avvio del sistema (programmi di **bootstrap**).

Esistono anche le **PROM** (Programmable Read Only Memory), che possono essere programmate direttamente dall'utente per mezzo di uno speciale dispositivo. Le **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory) possono essere anche cancellate, mediante vari dispositivi, un certo numero di volte molto limitato e riprogrammate.

#prendinota

L'evoluzione dello standard DDR è arrivata al livello 5 (DDR5). Si tratta di una memoria RAM dinamica sincrona (SDRAM) che lavora con frequenza fino a 9400 MHz.

FISSA LE CONOSCENZE

- Che cos'è la RAM?
- Descrivi le operazioni che si eseguono sulla memoria.
- Che cosa vuol dire che una memoria è volatile?
- In che cosa differiscono SRAM e DRAM?

7 PERIFERICHE E LORO APPLICAZIONI

Le periferiche hanno lo scopo di permettere il dialogo tra l'elaboratore e l'utente. La loro classificazione segue vari criteri, ma il principale, quello normalmente utilizzato, riguarda la direzione del flusso dei dati:

- verso il processore (**input**);
- dal processore (**output**);
- in entrambe le direzioni (**input/output**).

7.1 Le periferiche di input

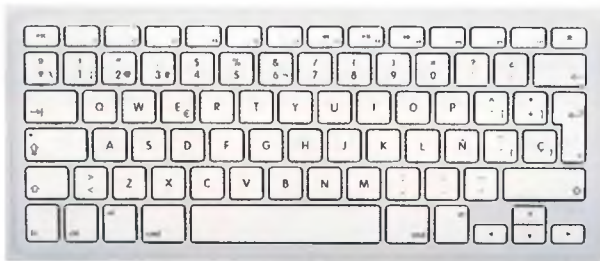
Le periferiche di input sono dispositivi che si occupano di trasformare informazioni, disponibili nei formati più vari, in dati in formato digitale e di inviarli al processore.

LA TASTIERA

La tastiera viene usata per inviare al computer comandi e caratteri digitati dall'uomo. Quando viene premuto un tasto, o una combinazione di tasti, viene generato un codice binario (per esempio ASCII) che viene poi inviato al processore. Il collegamento può avvenire via cavo, attraverso la connessione USB o, nei computer più datati, tramite PS/2, oppure tramite wireless. Nel primo caso la tastiera riceve l'alimentazione tramite il cavo stesso mentre nel secondo avrà bisogno di autoalimentarsi (tramite pile).

Nella tastiera, oltre ai caratteri alfanumerici e a quelli della punteggiatura, esistono alcuni caratteri, detti di controllo, che permettono di segnalare al Sistema Operativo alcune informazioni particolari, come la fine di una riga (^J o *control J* o *line feed*) o l'interruzione di un comando (^C o *control C* o *interrupt*).

Oltre al codice ASCII, nelle tastiere moderne si usano codici estesi come UTF-8, del quale solo un sottoinsieme dei codici aggiunti, quelli di uso più comune, è reso accessibile direttamente dalla tastiera. È così possibile avere tastiere con tasti differenti relativi ai caratteri tipici dei vari idiomi; in **FIGURA 24** sono mostrate una tastiera spagnola e una americana.



Spagna

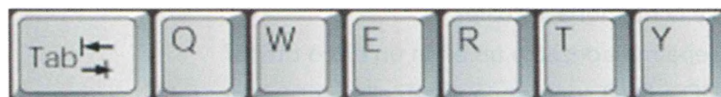


U.S.A.

FIGURA 24 Esempi di tastiere nazionali

La maggior parte delle tastiere per computer usa una configurazione (layout) denominata QWERTY, per via della disposizione dei primi sei tasti della prima riga relativa alle lettere, come mostrato in **FIGURA 25**; ma per altri mercati la disposizione dei tasti può essere differente. Ad esempio esistono anche l'AZERTY francese o il QWERTZ tedesco.

FIGURA 25 Tastiera con layout QWERTY



Oltre all'insieme dei caratteri, esiste anche quello dei **tasti funzione**, cui corrispondono particolari comandi (per esempio, *interrompi esecuzione* oppure *esci dal programma*) e dei tasti di spostamento, come le frecce (*vai alla riga successiva*, *vai al carattere successivo*).

Anche se l'insieme principale di caratteri è simile, esistono alcuni tipi di tastiere con tasti addizionali, in funzione dell'uso che devono avere. In genere questi tasti funzione possono essere il mezzo diretto per comunicare con l'elaboratore. Per esempio, nel caso dei Personal Computer, si fa corrispondere a un tasto uno o più comandi, come esemplificato nella **FIGURA 26**.



FIGURA 26 Esempio di tastiera americana con descrizione dei vari tipi di tasti

LE PERIFERICHE GRAFICHE

Si tratta di quelle periferiche che permettono di far muovere il cursore sul video e interagire con il programma a partire dalla posizione in cui si trova. Vengono genericamente classificate come perigrafiche (**FIGURA 27**).

Il movimento avviene tramite dispositivi gestiti dalle mani e dalle dita di un utente e collegati tramite filo a una porta di input.

Il collegamento può avvenire anche tramite wireless o bluetooth



FIGURA 27 Perigrafiche di input

1. Mouse

Il mouse rileva i movimenti impressi dalla mano e la pressione dei tasti da parte dell'utente trasformandoli in segnali elettrici. Questi verranno poi inviati al processore che li utilizzerà ad esempio per governare il cursore sullo schermo. In passato la rilevazione avveniva misurando i movimenti di rotolamento di una pallina al suo interno. Attualmente si utilizza la rilevazione delle rugosità del piano di appoggio attraverso la radiazione a raggi infrarossi. I vari mouse differiscono per la risoluzione, cioè per il minimo movimento che sono in grado di rilevare. Ricevono l'alimentazione attraverso la connessione USB o, in quelli senza filo, da delle normali pile.

2. Trackball

Il trackball è una periferica nata inizialmente per le esigenze dei primi utilizzatori di PC portatili, usando i quali spesso non si aveva una superficie d'appoggio per il mouse. Sostanzialmente è un mouse con una sferetta o un perno di plastica ribaltato; l'operatore muove la sfera e il dispositivo trasmette i movimenti avendo di fatto le stesse funzionalità del mouse. Per comodità di utilizzo esistono dei mouse in cui viene integrato un trackball, in modo da avere entrambe le funzionalità a disposizione.

3. Touchpad

Il touchpad è un dispositivo sviluppato specificatamente per i dispositivi portatili in grado di sostituire il mouse. Consiste in una piccola superficie rettangolare, sensibile al tocco, posta davanti alla tastiera, in grado di rilevare il movimento del polpastrello.

4. Joystick

Il joystick è una periferica costituita da un perno verticale con uno snodo alla base e alcuni pulsanti attorno alla testa della leva. Trasforma i movimenti di quest'ultima in segnali elettrici per il controllo di giochi, simulatori (di volo in particolare) e di bracci meccanici.

5. Lettore di codici a barre

Il codice a barre è un insieme di linee nere verticali di diverse dimensioni, la cui combinazione permette la codifica delle cifre. I dispositivi di decodifica possono essere penne ottiche che leggono sequenzialmente il codice, oppure lettori paralleli in grado di catturare tutto il codice in contemporanea. I codici a barre bidimensionali (come il QR Code) sono utilizzati per essere letti da apparecchi fotografici e smartphone.

6. Tavoletta grafica

La tavoletta grafica è una tavoletta delle dimensioni di un foglio di carta, in grado di rilevare i movimenti di una penna speciale, che viene fatta strisciare su di essa. Consente di scrivere e disegnare a mano libera e di salvare il lavoro come un'immagine. Alcuni programmi permettono il riconoscimento della scrittura e trasformano le parole scritte in caratteri di stampa. Una sua estensione è la **lavagna interattiva**, che ha grandi dimensioni e consente di svolgere lezioni multimediali.



FIGURA 28 Scanner bidimensionale

■ LO SCANNER

1. Scanner 2D

Lo scanner serve a trasformare testi e disegni su carta in documenti in formato elettronico. È costituito da un piano trasparente (in genere vetro), sul quale si appoggia il foglio con testo o immagini (**FIGURA 28**). Durante la scansione, il foglio è illuminato con una luce molto forte e alcuni sensori rilevano colore e intensità di ciò che è pre-

sente su di esso. A ogni punto (pixel) viene attribuito un valore numerico a seconda delle diverse tonalità di colore (o scala di grigio) riscontrato tramite un convertitore A/D (**analogico/digitale**). L'immagine così ottenuta corrisponde a una **bitmap** (insieme di bit) del documento ed è chiamata **immagine raster**. Nel caso di testi, appositi programmi (**OCR**, Optical Character Recognition) sono in grado di riconoscere la forma dei caratteri e trasformarli in caratteri stampabili.

Un fattore importante per la qualità dello scanner è la risoluzione, cioè quanti punti vengono letti in un pollice quadrato (2,5 cm × 2,5 cm). Questo dato, indicato dal rapporto punti/pollice (**dpi**, dots per inch), definisce di fatto la risoluzione ottenibile nella scansione, che è tanto più alta quanti più sono i punti per pollice letti dallo scanner.

2. Scanner 3D

Gli scanner 3D sono strumenti che permettono di rilevare le dimensioni di un oggetto e crearne il modello tridimensionale. Si tratta in genere di un insieme di fotocamere che riprendono l'oggetto da varie angolazioni, oppure di videocamere che gli scorrono intorno riprendendolo a 360 gradi (**FIGURA 29**). I prodotti professionali sono molto costosi, soprattutto se si desidera un'immagine 3D di qualità. Con l'avvento delle stampanti 3D, si è cercato di realizzare anche degli scanner 3D a basso prezzo, che però acquisiscono modelli non precisissimi. Alcuni prodotti software riescono a creare un modello per oggetti semplici anche partendo dal filmato realizzato con uno smartphone.



FIGURA 29 Scanner 3D

■ ALTRE PERIFERICHE DI INPUT

Esistono molte altre periferiche di input, in particolare quelle che permettono di acquisire immagini e suoni (**FIGURA 30**).

1. Webcam

La webcam è un sensore ottico in grado di rilevare immagini in movimento. La qualità dell'immagine non è eccellente, ma in questo modo è possibile mantenere il flusso dati da trasmettere a velocità compatibili con reti dati non particolarmente veloci.

2. Fotocamera digitale

La fotocamera digitale è una macchina fotografica che utilizza un sensore che converte l'energia luminosa dell'immagine in impulsi elettrici. Questi vengono poi organizzati in un file immagine, archiviato su una scheda di memoria. L'unità di misura della definizione utilizzata per un sensore CCD (Charge-Coupled Device, dispositivo ad accoppiamento di carica) è il megapixel.

3. Microfono

Il microfono è un dispositivo di input usato per l'inserimento di suoni nel computer, con l'ausilio della scheda audio. Esso cattura gli spostamenti d'aria prodotti da un suono o dalla voce e li trasforma in un segnale elettrico, la cui tensione varia nel tempo coerentemente agli spostamenti d'aria captati.



Webcam



Fotocamera digitale



Microfono

FIGURA 30 Altre periferiche di input

7.2 Le periferiche di output

Le periferiche di output sono periferiche che si occupano di trasformare informazioni in formato digitale provenienti dall'elaboratore nei formati più vari utilizzati dagli utenti.

I VIDEO

1. Scheda video

La scheda video si occupa di gestire tutta la parte di visualizzazione dell'elaboratore. Ha, al suo interno, un microprocessore specificatamente studiato per la gestione della grafica (GPU, Graphic Processing Unit). Il microprocessore si limita a dare i comandi principali, ma l'elaborazione grafica è effettuata dalla scheda video. Nei dispositivi portatili, per problemi di spazio e riduzione dei consumi, la parte grafica spesso è integrata nel chip del microprocessore.

2. Monitor

Il monitor (**FIGURA 31**) serve a visualizzare testi, immagini, video. Con i monitor è normalmente possibile gestire ogni singolo punto sullo schermo come un **#pixel** (picture element). Un'immagine viene quindi creata accendendo o spegnendo un singolo pixel. I suoi parametri principali sono le dimensioni (diagonale espressa in pollici, rapporto base altezza), la risoluzione (numero di punti in cui è suddiviso lo schermo), la profondità di colore (numero massimo di colori visualizzabili), il contrasto (rapporto di luminosità tra bianco e nero). Le sue prestazioni sono strettamente legate a quelle della scheda video. Le tecnologie utilizzate per generare l'immagine sono **LCD** (Liquid Crystal Display) e **LED** (Light Emission Diode). Ormai non più in produzione e non più utilizzabili per questioni di sicurezza sono i vecchi monitor a tubi catodici **CRT** (Cathode-Ray Tube).



FIGURA 31 I monitor

LA STAMPANTE

La stampante si occupa di trasferire testi, disegni e immagini su carta o altri supporti. Le stampanti si distinguono per le dimensioni massime del foglio, per la tecnologia utilizzata (aghi, getto di inchiostro, laser) e per la risoluzione (dimensioni minime di un punto sul foglio). Poiché, per sua natura, è una periferica lenta, è stata dotata di una memoria in grado di ricevere rapidamente i dati del documento da stampare, liberando il canale di comunicazione e gestendo poi autonomamente la stampa. Con il passaggio all'interfaccia USB, è stato più semplice realizzare delle funzionalità che consentono il monitoraggio dello stato della stampante (livello degli inchiostri, quantità e tipo di carta utilizzati, manutenzione).

1. Stampante InkJet

Con la **stampante a getto di inchiostro**, l'immagine riportata sul foglio è ottenuta grazie al getto di inchiostro che esce da un ugello microscopico in forma di piccolissime bolle. Il controllo del getto si ottiene per mezzo di un campo elettrostatico (**FIGURA 32**). L'immagine o i caratteri da stampare si creano durante il passaggio della testina da sinistra a destra (e in alcuni casi anche da destra a sinistra durante il

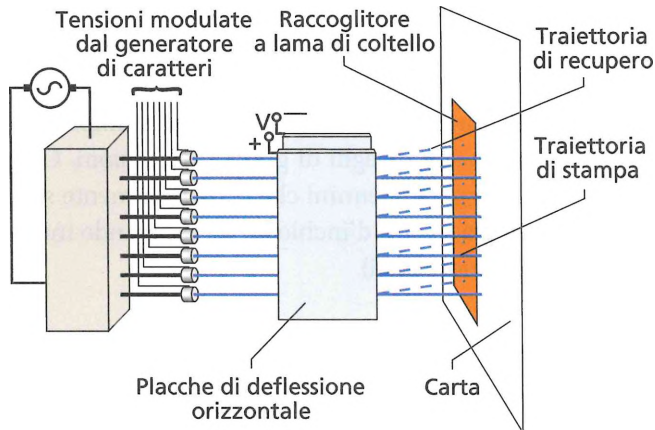


FIGURA 32 Stampante a getto di inchiostro

ritorno della testina), quando le bolle di inchiostro colpiscono dei punti sulla carta. Un carattere, o un'immagine, è così creato come un insieme di punti realizzati in fasi successive (FIGURA 33).

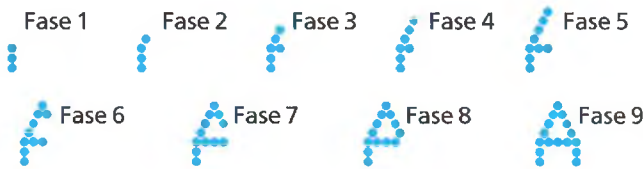


FIGURA 33 Fasi di composizione di un carattere

2. Stampante laser

Nelle stampanti laser invece si sfrutta il meccanismo della riproduzione xerografica (fotocopie) e la stampa avviene per pagine intere. Le stampanti laser sono dei veri e propri elaboratori, dotati di un microprocessore e di memoria RAM e ROM. I dati provenienti dal computer sono elaborati dal microprocessore della stampante e convertiti in un'immagine **bit mapped** (cioè per punti), memorizzata nella RAM della stampante. L'elaborazione dell'immagine può avvenire utilizzando immagini di caratteri memorizzate nella ROM della stampante, oppure, in particolare per disegni e figure, disegnando la pagina in base a sofisticati algoritmi presenti nella RAM. Quando tutta la pagina è stata memorizzata nella RAM, il microprocessore invia i segnali, che compongono l'immagine linea per linea, al modulatore che comanda il raggio laser. Il raggio è riflesso e inviato a un cilindro ricoperto di materiale fotosensibile, in grado di caricarsi elettrostaticamente quando colpito dalla luce. Le cariche positive sul foglio attirano l'inchiostro caricato elettrostaticamente. L'immagine così costruita sarà poi trasferita sul foglio di carta secondo il classico processo della stampa (che consiste nel far passare il cilindro sul foglio) e fissata dopo un processo di riscaldamento (FIGURA 34).

FIGURA 34 Meccanismo di funzionamento di una stampante laser

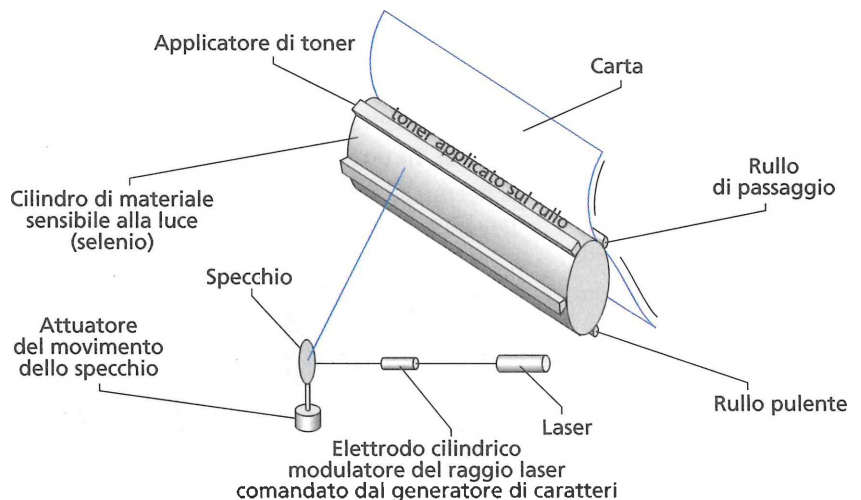




FIGURA 35 Plotter

3. Plotter

Il plotter (FIGURA 35) svolge le stesse funzioni di una stampante, ma anziché utilizzare dei fogli di dimensioni standard, usa un rotolo di carta largo 841 mm (formato A0). Durante la stampa il rotolo scorre ed è possibile realizzare disegni di grandi dimensioni. Originariamente, si utilizzavano appositi pennini che successivamente sono stati sostituiti dalla tecnologia a getto d'inchiostro (assicurando migliore accuratezza del tratto e minori costi).

4. Stampante 3D

La stampante 3D costruisce i suoi oggetti lavorando e depositando strati successivi di materiale, che può essere, a seconda delle necessità, plastica, metallo, ceramica o altro (FIGURA 36). Il processo così descritto prende il nome di stampa additiva. Una volta provvisto dell'"inchiostro" (ovvero del materiale con cui costruisce i prodotti), il microprocessore legato alla stampante legge il file del disegno 3D dell'oggetto e avvia la produzione. Tra le varie tecniche che utilizzano le stampanti, la più semplice ed economica è la FDM (Fused Deposition Modeling): un filamento plastico o di cera è scaldato da un ugello di estrusione, che si muove orizzontalmente e verticalmente su un piano e deposita il materiale strato per strato fino a costruire l'oggetto.

I vantaggi forniti da questo strumento sono molteplici, tra i principali ricordiamo:

- la riduzione degli sprechi negli eccessi di produzione;
- l'utilizzo esclusivamente del materiale necessario per la costruzione degli oggetti;
- la possibilità, sfruttando la produzione additiva per strati, di costruire strutture interne complesse (per esempio, a nido d'ape), scarsamente realizzabili con le tecniche sottrattive o di fusione, che potenzino la robustezza e alleggeriscano il peso degli oggetti.

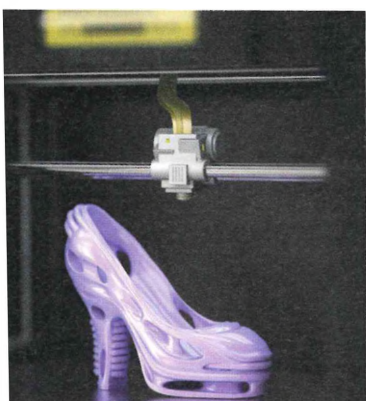


FIGURA 36 Una stampante 3D

■ ALTRE PERIFERICHE DI OUTPUT

Esistono molte altre periferiche di output, in particolare quelle usate in applicazioni multimediali e che permettono di visualizzare immagini e filmati o riprodurre suoni (FIGURA 37).

1. Altoparlanti, cuffie

Al computer si possono collegare, con l'ausilio della scheda audio, le casse acustiche o le cuffie. L'utente può così ascoltare i suoni provenienti dall'elaboratore. Può ascoltare ad esempio brani musicali, una lezione o partecipare a una audio/video conferenza.

2. Videoproiettori

Al computer si possono collegare dei videoproiettori al posto del monitor (o in parallelo). In questo modo ciò che viene visto sul monitor viene duplicato anche sullo schermo su cui proietta il videoproiettore. Ultimamente in alternativa vengono utilizzate le lavagne LIM (Lavagna Interattiva Multimediale).

FIGURA 37 Altre periferiche di output



Altoparlanti/casse



Cuffie



Auricolari



videoproiettore

7.3 Le periferiche di input/output

Sono periferiche che, nel loro funzionamento, hanno un continuo scambio di dati con il processore, e quindi si comportano alternativamente come periferiche di input e di output.

■ LA SCHEDA AUDIO

La scheda audio svolge molteplici funzioni. Trasforma i dati che costituiscono un brano vocale (per esempio musica) nei corrispondenti suoni (output), oppure acquisisce il suono proveniente dal microfono e da altri dispositivi audio collegati e li trasforma in dati (input).

■ LA SCHEDA DI RETE/MODEM

La scheda di rete adatta i dati provenienti dall'elaboratore in un formato compatibile con la rete alla quale è collegata (output), rispettando gli standard di comunicazione. Inoltre, trasforma i dati provenienti dalla rete in un formato compatibile con il microprocessore (input). Quando sulla rete deve viaggiare un segnale di tipo analogico, come sulle linee telefoniche normali (doppino telefonico), è necessario che il segnale digitale venga prima trasformato in segnale analogico tramite un modulatore, e all'arrivo dell'altro apparato, ritrasformato in un segnale digitale tramite un demodulatore. Questo apparato prende il nome di modem (FIGURA 38).

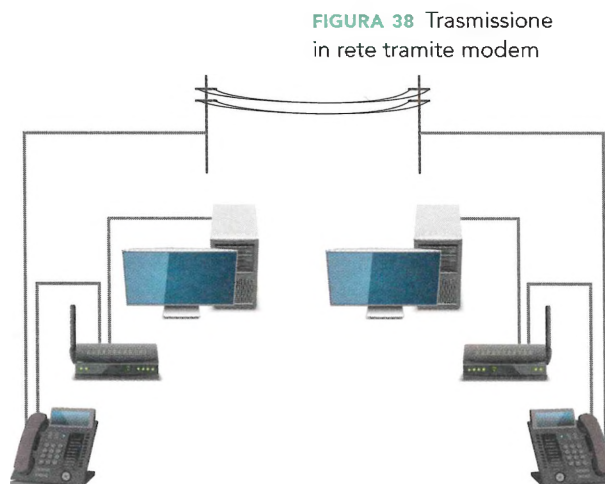


FIGURA 38 Trasmissione in rete tramite modem

■ IL VIDEO TOUCH SCREEN

Il video touch screen è un particolare tipo di monitor, in cui è possibile indicare direttamente il punto di interesse toccando lo schermo (FIGURA 39). Sono molto usati nei terminali per il pubblico di stazioni, agenzie turistiche, fiere e mostre, per facilitare l'interfaccia con gli utenti non esperti (totem). Sono ormai molto diffusi nei tablet e negli smartphone. Gli schermi **multitouch** permettono interazioni con più dita, come la rotazione di oggetti grafici e zoom di videate.

FIGURA 39 Video touch screen per tablet e totem



■ LE LAVAGNE INTERATTIVE (LIM)

Si tratta di schermi molto grandi, delle dimensioni appunto di lavagne, a cui è collegato un videoproiettore che proietta il contenuto del monitor e consente di svolgere lezioni multimediali (FIGURA 40). Lo schermo però è touch screen e ci si può quindi anche scrivere (con apposite penne). Il contenuto di ciò che viene inserito sulla lavagna viene poi riportato in appositi programmi e lo si può salvare su file. Può essere anche vista come estensione della tavoletta grafica.



FIGURA 40 LIM

FISSA LE CONOSCENZE

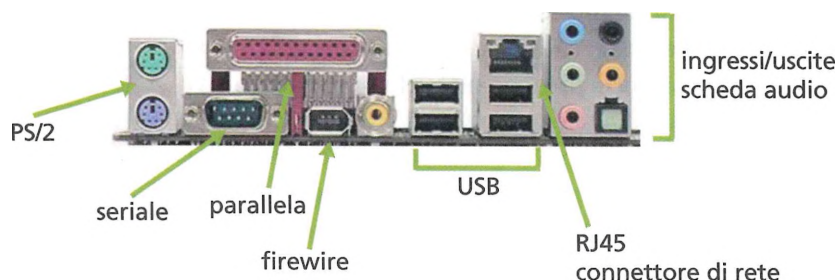
- Secondo quale criterio una periferica si definisce di input o di output?
- Che differenza c'è tra mouse, trackball e touchpad?
- Quali periferiche fanno uso della scheda video?
- Quali tipi di stampanti sono comunemente usate?

8 STANDARD DI INTERFACCIAMENTO DELLE PERIFERICHE

8.1 Interfacciarsi alle periferiche (standard di collegamento)

Nel corso dell'evoluzione degli elaboratori, sono stati sviluppati vari tipi di bus in grado di velocizzare e semplificare le operazioni di collegamento tra microprocessore e periferiche di input, di output o di memorizzazione. Alcuni di questi standard non sono più utilizzati perché sostituiti da altri più moderni. Altri invece, pur se superati da un punto di vista tecnologico, sono rimasti perché possiedono caratteristiche (per esempio, costi o dimensioni ridotte dei connettori) che li rendono ancora vantaggiosi per alcune applicazioni o per permettere di usare vecchi dispositivi (FIGURA 41). Vediamo nel seguito i principali standard attualmente utilizzati.

FIGURA 41 Alcuni dei principali standard di collegamento delle periferiche



8.2 Collegamento con la CPU

Se si vogliono espandere le funzionalità presenti su una scheda madre di un computer occorre uno standard di comunicazione in grado di connettere la CPU con le schede o i componenti che forniscono soluzioni aggiuntive. Il primo standard utilizzato è stato l'AGP, successivamente sostituito da PCI. Attualmente lo standard di riferimento è PCIe.

■ AGP (ACCELERATED GRAPHICS PORT)

AGP è uno standard specifico per le schede video, nella sua ultima versione (la 3.0) e raggiunge una velocità massima di 2133 MB/s. Ormai non è più in commercio.

■ PCI (PERIPHERAL COMPONENT INTERCONNECT)

PCI è uno standard sviluppato per migliorare la velocità di collegamento dati tra scheda madre e schede interne a essa collegate (video, audio, rete). PCI usa un bus parallelo a 32 o 64 bit e raggiunge velocità massime di 533 MB/s. Convive ancora con il più moderno PCIe, anche se quest'ultimo lo ha praticamente sostituito.

■ PCIe (PCI EXPRESS)

È un bus di espansione seriale, sviluppato per sostituire gli standard PCI e AGP, non più in grado di soddisfare le alte prestazioni richieste dai dispositivi più recenti, in particolare dalle nuove schede video.

Generalmente, l'aggiunta di una scheda PCIe avviene con l'inserimento dei piedini della stessa in un connettore (o slot) PCIe. Su uno slot PCIe sono disponibili uno o più

canali seriali (lane, letteralmente corsie) bidirezionali: in questo modo la scheda può trasmettere mentre sta ricevendo dati. Si usa quindi un bus seriale: i dati sono trasferiti come un flusso (stream) di byte, uno dopo l'altro, un bit alla volta, permettendo così di raggiungere velocità maggiori rispetto al PCI che usa un bus parallelo. La maggiore velocità di un bus seriale rispetto a uno parallelo, è che quest'ultimo deve essere sincronizzato con un unico clock. I protocolli seriali ad alta velocità invece si basano su connessioni point-to-point, e il clock è embedded nei segnali scambiati fra le controparti. Le configurazioni disponibili sono: x1, x2, x4, x8, x16 e x32. Uno slot x1 contiene un singolo canale formato da 4 fili: una coppia usata per ricevere i dati e l'altra per inviarli. È possibile avere collegamenti non solo in rame, ma anche di tipo ottico, anche se questo porta a un aumento dei costi. In **FIGURA 42** viene mostrato come si presentano le varie interfacce sulla scheda madre.

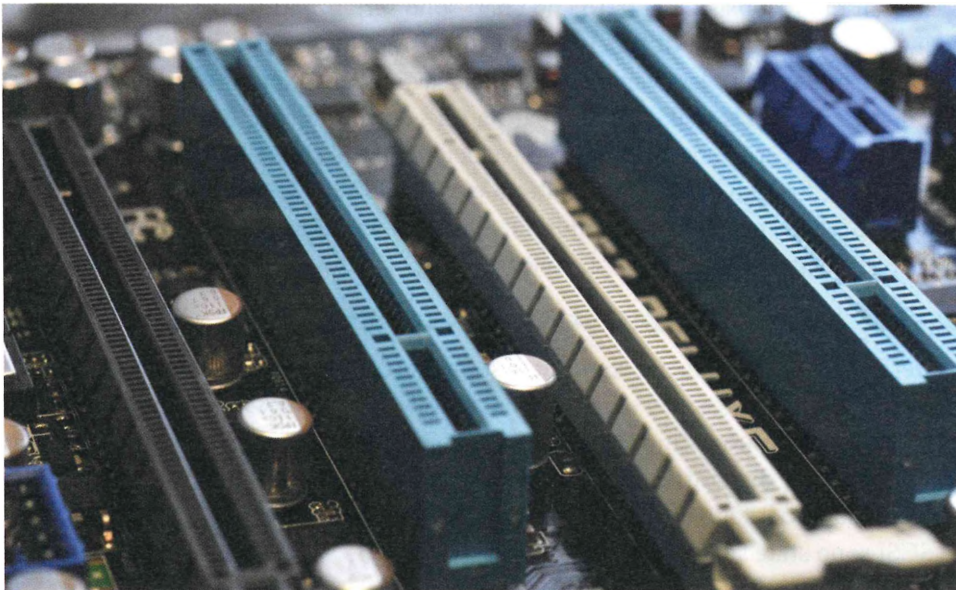


FIGURA 42 Interfacce di collegamento sulla scheda madre

#prendinota

Le specifiche PCIe (come anche le PCI tradizionali) sono definite dall'organizzazione PCI-SIG (<http://pcisig.com>). L'ultima versione di PCI express, la 5.0, è del 2020, per il 2022 è prevista la 6.0 con una larghezza di banda fino a 256 GB/s.

La **TABELLA 4** mette a confronto le varie versioni dello standard PCIe considerando alcuni parametri prestazionali:

- la velocità di trasferimento dati (misurata in GT/s, gigatransfer al secondo: questa misura è stata introdotta in quanto il bus PCIe non usa un clock esterno, essendo la trasmissione seriale);
- l'ampiezza di banda (misurata in GB/s) per un canale (x1);
- la massima ampiezza di banda raggiungibile, considerando uno slot di espansione a 16 canali.

TIPO	VELOCITÀ DI TRASFERIMENTO DATI	AMPIEZZA DI BANDA	BANDA TOTALE ×16
PCIe 1.x	2,5 GT/s	250 MB/s	4 GB/s
PCIe 2.x	5,0 GT/s	500 MB/s	8 GB/s
PCIe 3.x	8,0 GT/s	1 GB/s	16 GB/s
PCIe 4.0	16 GT/s	4 GB/s	64 GB/s
PCIe 5.0	32 GT/s	8 GB/s	128 GB/s

TABELLA 4 I vari tipi di PCIe a confronto

8.3 Collegamento con memorie di massa

■ PATA (PARALLEL ATA)

È uno standard nato per il trasferimento dati con hard disk e lettori/masterizzatori CD/DVD. Utilizza dei cavi piatti (flat cable) a 40 fili (piuttosto ingombranti) di cui 32 per i bit dei dati (FIGURA 43). In passato era denominato EIDE (Enhanced IDE, Integrated Drive Electronics). Può raggiungere una velocità massima di 133 MB/s. È ormai praticamente abbandonata a vantaggio della connessione SATA.

■ SATA

È uno standard sviluppato per migliorare le prestazioni dell'EIDE, riducendo contemporaneamente le dimensioni di cavi e connettori (FIGURA 43). La differenza rispetto all'EIDE consiste nel fatto che i dati sono serializzati (i bit sono trasmessi in sequenza su una coppia di fili), mentre nell'EIDE i dati erano trasferiti in parallelo. Il connettore ha complessivamente 15 pin; il cavo ha una lunghezza massima di 1 m e connette un socket della motherboard a un solo hard drive. Esistono tre versioni con prestazioni crescenti in termini di velocità di banda: SATA (150 MB/s), SATA2 (300 MB/s) e SATA3 (600 MB/s). L'ultima versione (SATA 3.2) ha una velocità massima di 2 GB/s. La periferica è riconosciuta automaticamente (**hot swap**) al momento dell'inserimento dello spinotto di collegamento.

■ SCSI (SMALL COMPUTER SYSTEM INTERFACE)

L'interfaccia SCSI è usata per connettere stampanti, hard drive, ecc. e può supportare fino a 15 periferiche (FIGURA 43). Se su una porta SCSI è connesso un solo dispositivo, il cavo può essere lungo fino a 24,4 metri (80 piedi). Se, invece, sulla porta SCSI sono connessi diversi dispositivi, il cavo può essere lungo fino a 12,2 metri (40 piedi). Le versioni più veloci sono ultra 320 SCSI (20 MB/s). Nei Personal Computer le interfacce SCSI sono state sostituite da quelle USB.

8.4 Collegamenti con video

■ FIREWIRE (IEEE 1394)

È uno standard sviluppato con lo scopo principale di realizzare un collegamento veloce (fino a 400 Mb/s) con periferiche video, quando l'USB non raggiungeva tali velocità (FIGURA 44). Una caratteristica particolare è la possibilità di connettere una periferica, dalla quale prelevare i dati, direttamente con una memoria di massa (hard disk), senza la presenza di un elaboratore, creando così una piccola rete locale. Lo standard IEEE 1394a supporta velocità di trasferimento dati fino a 400 Mb/s e il cavo può avere una lunghezza massima di 4,5 metri (15 piedi). Questo standard utilizza un connettore a 6 pin o a 4 pin. Lo standard IEEE 1394b supporta velocità di trasferimento dati di 800 Mb/s o 3,2 Gb/s, ha un connettore a 9 pin e il cavo ha una lunghezza massima di 100 m.

■ VIDEO

Tipicamente, un'interfaccia video connette un cavo monitor al computer. Esistono diversi tipi di porte e connettori video (FIGURA 45).

- **VGA** (Video Graphics Array): ha un connettore femmina a 15 pin disposti su 3 righe e fornisce al monitor un'uscita analogica.



FIGURA 43 Standard di collegamento per hard disk

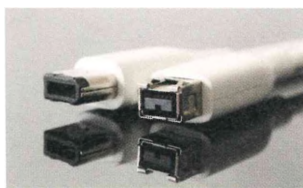
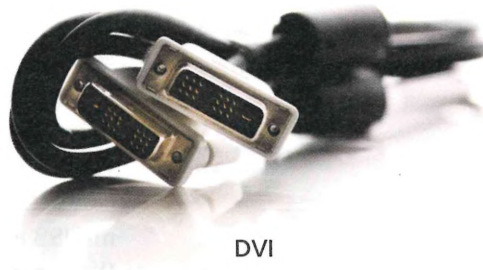


FIGURA 44 Standard FireWire

- **DVI** (Digital Visual Interface): ha un connettore femmina a 24 pin o a 29 pin e fornisce al monitor un'uscita digitale compressa; il DVI-I fornisce sia segnali analogici sia digitali, mentre DVI-D fornisce soltanto segnali digitali.
- **HDMI** (High-Definition Multimedia Interface): ha un connettore a 19 pin e fornisce segnali audio e video digitali.
- **S-Video**: ha un connettore a 4 pin e fornisce segnali video analogici.
- **Component/RGB**: ha tre cavi schermati (rosso, verde, blu) con tre spinotti RCA e fornisce segnali video analogici.



VGA



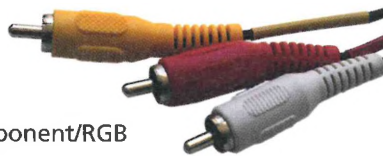
DVI



HDMI



S-Video



Component/RGB

#prendinota

IEEE è l'abbreviazione di Institute of Electrical and Electronics Engineers e si legge con pronuncia inglese "I triple E".

Nata nel 1963, questa associazione internazionale di scienziati si autodefinisce come "la più grande organizzazione professionale tecnica al mondo dedicata al progresso della tecnologia a beneficio dell'umanità".

Tra le altre cose ha definito, e continua a farlo, vari standard internazionali nel settore delle comunicazioni e dell'elettronica.

FIGURA 45 Connettori per il video

8.5 Altri standard

■ PARALLEL PORT (LPT)

È uno standard (IEEE 1284) ormai in disuso, tra i primi a essere usato per migliorare il trasferimento dati con le periferiche. Era utilizzato principalmente per le stampanti. Lo spinotto di collegamento è piuttosto ingombrante e il cavo poco flessibile per l'elevato numero di fili (25). La sua presenza sulle schede madri è dovuta solo alla compatibilità con vecchi apparati. È stato ormai sostituito dall'USB.

■ SERIAL PORT (RS-232)

È uno standard ancora utilizzato per periferiche a bassissima velocità con funzioni particolari (microcontrollori, dispositivi industriali). Se in passato era utilizzato anche un connettore a 25 pin, ormai si usa un connettore a 9 pin. Per i computer che non hanno più l'ingresso seriale, esistono dei semplici adattatori RS-232/USB. La velocità massima raggiungibile è di 115 Kb/s.

■ PS/2

Sono connettori specifici per tastiera e mouse a 6 fili. Nonostante sia uno standard molto vecchio (1987), mantiene la sua funzionalità, in quanto consente di utilizzare tastiere e mouse non recenti, inoltre gli spinotti hanno un ingombro ridotto. Anche per mouse e tastiere la produzione è ormai orientata alla connessione USB.

■ USB (UNIVERSAL SERIAL BUS)

FIGURA 46 Vari tipi di connettori USB



È stato sviluppato per consentire a tutte le periferiche di avere un unico standard di collegamento e un solo tipo di connettore; la periferica, al momento del collegamento, è riconosciuta automaticamente dal Sistema Operativo. Questo standard è utilizzato prevalentemente per le periferiche esterne a basso consumo, in quanto è previsto che il cavo alimenti le periferiche stesse. Non può trasportare segnali video.

La distanza massima a cui può trovarsi la periferica è di 5 metri. Per esigenze di spazio, esistono diverse versioni di connettori adatti al collegamento con periferiche di ridotte dimensioni: A, B, C, mini-USB e micro-USB.

Il connettore di tipo C è stato introdotto con lo standard USB 3.1, ha 12 pin, due dei quali utilizzati per alimentare dispositivi che richiedono più di 25 W. In **FIGURA 46** sono mostrati i principali tipi di connettore USB.

Anche per lo standard USB esistono più versioni differenti per velocità di trasferimento dati (**TABELLA 5**).

TABELLA 5 Tipo di USB e relativa velocità di trasferimento

TIPO	NOME	ANNO DI USCITA	VELOCITÀ MASSIMA
USB 1.0	Low-Speed USB	1996	1,5 Mb/s
USB 1.1	Full-Speed USB	1998	12 Mb/s
USB 2.0	High-Speed USB	2000	480 Mb/s
USB 3.0	SuperSpeed USB	2008	4,8 Gb/s
USB 3.1	SuperSpeedPlus USB	2013	10 Gb/s
USB 3.2	SuperSpeed USB 20 Gbps	2019	20 Gb/s
USB 4.0	Non ancora definito	2021	40 Gb/s

■ RJ45

L'interfaccia RJ45 permette di connettere un computer a una rete (**FIGURA 47**). La velocità della connessione dipende dal tipo della porta di rete. Lo standard Ethernet ha una capacità di trasmissione fino a 10 Mb/s, Fast Ethernet fino a 100 Mb/s e Gigabit Ethernet fino a 1.000 Mb/s. La massima lunghezza ammissibile per un cavo di rete è di 100 metri (328 piedi).



FIGURA 47 Connettore RJ45

FISSA LE CONOSCENZE

- Quali standard di interfacciamento sono usati per gli hard disk?
- Che cosa è cambiato nelle successive versioni dello standard USB?
- Perché un bus seriale risulta più veloce di uno parallelo?
- Che cos'è IEEE?

9 ARCHITETTURE NON VON NEUMANN

9.1 I limiti dell'architettura von Neumann

L'utilizzo del modello di von Neumann ha permesso, agli albori dell'informatica, di definire uno standard organizzativo e costruttivo delle macchine da calcolo e questo approccio continua a essere valido. Ma negli ultimi tempi, con l'evolversi della tecnologia e delle esigenze di calcolo, sono emersi alcuni limiti e aspetti critici. In particolare, due sono i punti più critici:

- la CPU è l'elemento fondamentale dell'intera struttura, anche se alcuni compiti secondari possono essere delegati a periferiche di supporto (#GPU, chipset ecc.), e le prestazioni dell'intera macchina dipendono in modo rilevante dal singolo dispositivo;
- attraverso i bus passano tutte le informazioni e, in alcune situazioni di lavoro particolarmente impegnative, le comunicazioni possono essere rallentate. La creazione di bus dedicati (per esempio, Northbridge e Southbridge) non risolve il problema, anche se migliora le prestazioni, creando dei percorsi preferenziali per flussi dati particolarmente elevati.

In questi ultimi anni, la ricerca su come migliorare le prestazioni degli elaboratori ha seguito varie strade:

- la velocità del clock del microprocessore è arrivata a svariati gigahertz;
- per velocizzare i calcoli in virgola mobile, in molte CPU è presente un processore specializzato, denominato **Floating Point Unit**;
- la maggior parte delle architetture moderne utilizza la tecnica **#pipeline** per aumentare la velocità di elaborazione delle istruzioni (descritta nell'Unità 3);
- la disponibilità di memorie RAM più veloci e delle cache ha consentito di ridurre il ritardo nell'accesso alla memoria;
- l'introduzione del **DMA Controller** (Direct Memory Access) ha permesso di trasferire dati, da e verso la memoria, coinvolgendo la CPU solo nelle fasi iniziale e finale dell'operazione.

Oltre alle tecniche elencate, un altro approccio, già teorizzato parecchi anni fa, propone di utilizzare più computer, sempre costruiti con il modello di von Neumann, che collaborano nell'elaborazione dei dati, rendendola così molto più veloce.

9.2 Architetture di elaborazione parallela

L'approccio del **parallel computing** si è focalizzato sulle tecniche per far svolgere al computer più operazioni in contemporanea. Sono nate così le **architetture di elaborazione parallela**, in cui molte CPU lavorano in modo cooperativo. Una loro classificazione è stata fatta, parecchi anni fa, da M. Flynn, che individuò quattro macro categorie in cui suddividere i sistemi di calcolo in base alla gestione dei flussi di istruzioni e dei flussi di dati. Due di esse risultano particolarmente attuali.

- **SIMD** (Single Instruction/Multiple Data): molti processori lavorano in parallelo, eseguendo la stessa istruzione allo stesso tempo, ciascuno sui propri dati (**FIGURA 48**). Il parallelismo è a livello dei dati: ogni processore ha la propria memoria dati, ci sono una sola memoria con le istruzioni e un solo processore di controllo. In questa categoria rientrano le architetture vettoriali, che prevedono registri speciali

#techwords

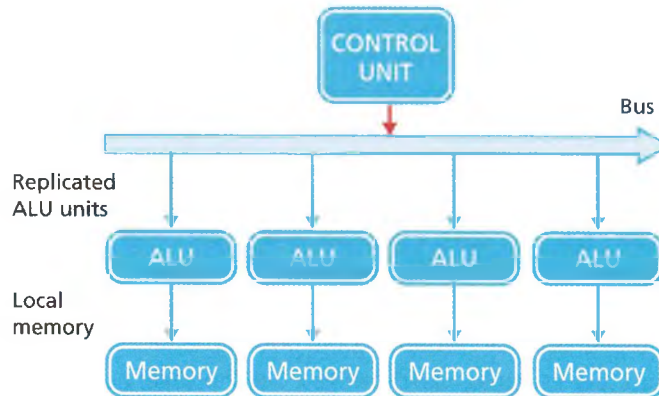
GPU è l'acronimo di Graphics Processing Unit, cioè unità di elaborazione grafica.

#techwords

Con il termine **pipeline** si indica un insieme di componenti collegate tra loro per cui l'input di una è l'output di un'altra.

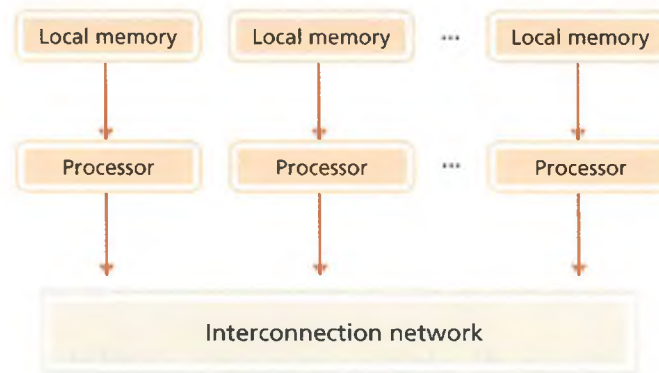
che possono contenere N valori contemporaneamente (un intero array o vettore). Ogni operazione che coinvolge uno di questi registri viene eseguita su tutti i valori presenti. I processori multimediali presentano una forma di parallelismo SIMD; con la crescente importanza delle prestazioni grafiche dell'elaboratore, negli ultimi anni si è assistito a una rinascita delle architetture SIMD.

FIGURA 48 SIMD parallel processing system



- **MIMD** (Multiple Instruction/Multiple Data): molti processori lavorano in parallelo, eseguendo ciascuno le proprie istruzioni sui propri dati. Il parallelismo è a livello di thread, più flessibile del parallelismo a livello di dati di SIMD, che ne permette un'implementazione più diffusa. Infatti, si possono costruire architetture MIMD usando processori commerciali. La **FIGURA 49** mostra una configurazione "multi-processore", in cui la comunicazione tra i processori avviene mediante scambio di messaggi attraverso una rete di interconnessione. Ogni singolo processore ha una memoria privata, non indirizzabile dagli altri processori remoti.

FIGURA 49 MIMD parallel processing system



#prendinota

Il sito web www.top500.org riporta informazioni sulla diffusione delle varie architetture, in particolare pubblica l'elenco dei 500 top supercomputer, aggiornato ogni sei mesi.

In questa classificazione, ricadono due importanti architetture:

- **MPP** (Massively Parallel Processing): sono elaboratori super veloci con molti processori autonomi, interconnessi da reti proprietarie ad altissima velocità;
- **Cluster**: gli elaboratori sono del tutto separati, sempre interconnessi con reti veloci, costruiti con tecnologie commerciali (COTS, Commercial Off-The-Shelf, sigla che fa riferimento a prodotti commerciali disponibili sul mercato).

L'impiego di architetture di elaborazione parallela, in particolare MIMD, offre indubbi vantaggi alle applicazioni che richiedono un uso intensivo della CPU (per esempio quelle di grafica o di simulazione). È importante, però, sottolineare che per raggiungere alte velocità di elaborazione con queste architetture è necessario migliorare anche i compilatori e i sistemi operativi.