

1 IL MODELLO FUNZIONALE

1.1 Il modello di von Neumann

FIGURA 1 Struttura di un elaboratore secondo l'architettura di von Neumann

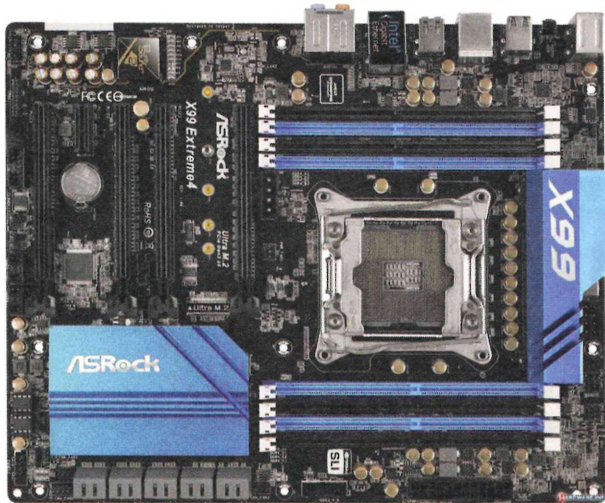
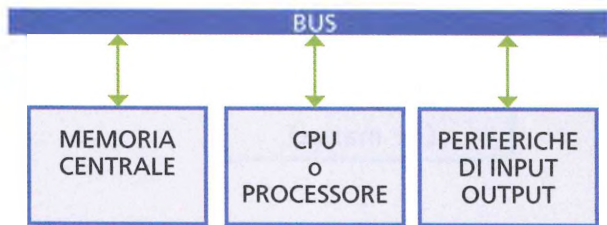


FIGURA 2 Una scheda madre

Nel 1945 il matematico John von Neumann propose un modello di architettura per elaborare e gestire i dati. Questo modello è tuttora utilizzato in tutti gli elaboratori. L'evoluzione ha riguardato i singoli componenti e l'ottimizzazione del funzionamento dei vari elementi tra loro. Si possono essenzialmente individuare tre grosse componenti: l'unità centrale di elaborazione, generalmente chiamata **CPU** (Central Processing Unit), la **memoria centrale** (RAM) e il **sistema di input/output** (**FIGURA 1**).

Queste componenti, per comunicare tra loro (in pratica, per scambiarsi dati e messaggi), usano dei cavi multipli, chiamati **bus**, su cui viaggiano i segnali.

Il sistema di input/output è composto dalle periferiche di input, dalle periferiche di output, dalle memorie ausiliarie e può essere più o meno complesso. Le periferiche sono normalmente collegate in via diretta alle altre due componenti (memoria e CPU) tramite delle **porte** che permettono di collegare i bus interni con i cavi delle periferiche. Fisicamente gli elementi che compongono l'elaboratore si trovano sulla **scheda madre** (motherboard) (**FIGURA 2**). Su tale scheda sono realizzati tutti i collegamenti elettrici e sono montati i connettori necessari per i vari dispositivi. Esterni alla scheda madre sono l'alimentatore, che fornisce l'energia elettrica per il funzionamento di tutti i dispositivi, e le periferiche di massa (hard disk, lettori/masterizzatori di supporti ottici CD/DVD). Su un lato della scheda madre sono presenti tutti i connettori che saranno utilizzati per i collegamenti con l'esterno.

1.2 La CPU

La CPU è l'elemento principale di elaborazione di una macchina di von Neumann. Si occupa di ricevere comandi e dati da elaborare e di gestire la funzionalità delle periferiche e della memoria in base alle esigenze di elaborazione. È molto complessa e al suo interno possiamo identificare tre componenti principali:

- la memoria cache e i registri, cioè memorie velocissime utilizzate per le esecuzioni delle operazioni;
- l'unità aritmetico-logica (ALU - Arithmetic Logic Unit), componente velocissima nell'eseguire le operazioni aritmetiche e i confronti logici;
- l'unità di controllo (Central Unit o Controller), componente che coordina tutte le attività della CPU.

Con il termine microprocessore si intende il dispositivo fisico che realizza le funzioni della CPU.

1.3 Le memorie

La memoria centrale conserva al proprio interno i dati e i comandi che il processore deve subito elaborare o che ha appena finito di elaborare.

Si tratta di una memoria interna a capacità ridotta e costo elevato per byte memorizzato. Contiene, oltre alle istruzioni del programma, i dati ricevuti in input, i risultati parziali, quelli finali prima di essere inviati in output e tutte le informazioni che servono alla CPU per l'elaborazione. Il numero massimo di byte che possono essere immagazzinati viene chiamato **capacità della memoria**.

Si tratta di una memoria di tipo "volatile", poiché quando manca l'alimentazione, cioè viene spento il computer, il contenuto della memoria centrale viene perso.

L'altra categoria di memorie è quella delle memorie di massa o secondarie, più lente di quella centrale ma di elevata capacità e costo più basso per byte memorizzato. Sono chiamate **memorie permanenti** perché consentono di conservare i dati per un tempo indefinito, cioè fino a quando non vengono cancellate. Un esempio di questo tipo di memorie sono i dischi magnetici o hard disk.

1.4 Le periferiche di input e output

Le periferiche sono dispositivi che consentono al processore di dialogare con l'utente, ossia di ricevere informazioni dall'esterno e di fornire i risultati delle elaborazioni in modo comprensibile.

Per definire se una periferica è di input o di output bisogna fare riferimento al verso del flusso dei dati rispetto al processore. Le periferiche che inviano dati al processore sono dette di **input** (ingresso), mentre quelle a cui il processore invia i dati sono dette periferiche di **output** (uscita).

Se pensiamo a un classico computer Desktop (**FIGURA 3**) la tastiera è un dispositivo di input perché i dati digitati vanno dall'esterno verso il processore, mentre il monitor è di output perché visualizza i dati che arrivano dal processore.

#prendinota

Input: il processore riceve i dati dalla periferica.

Output: il processore trasferisce i dati verso l'esterno.

1.5 I bus

Con il termine **bus** si identifica l'insieme di collegamenti che consente al processore, alle memorie e alle periferiche di dialogare tra loro.

La parte che si occupa di permettere lo scambio di dati viene chiamato **Data bus** (bus dati), quella che fornisce informazioni sulla posizione dei dati prende il nome di **Address bus** (bus indirizzi) mentre quella che gestisce il loro stato di funzionamento **Control bus** (bus di controllo).

L'insieme dei tre bus costituisce il **System bus** (bus di sistema).

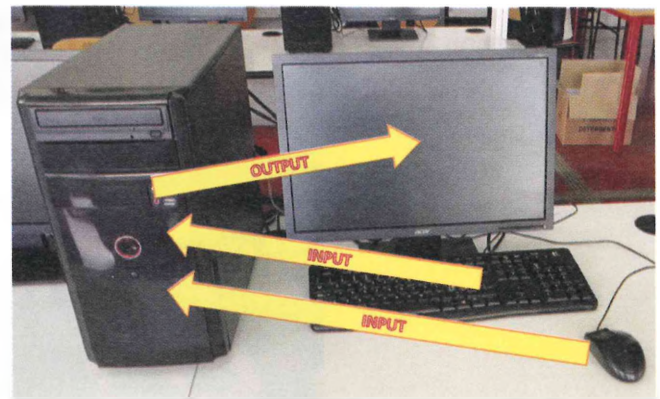


FIGURA 3 Flusso di dati da e verso le periferiche

FISSA LE CONOSCENZE

- Che cos'è la CPU?
- A che cosa serve la scheda madre?
- Che legame c'è tra CPU e microprocessore?

2 LA CPU

2.1 Il processore

#prendinota

I termini CPU e processore sono spesso usati in maniera intercambiabile perché solo in elaboratori recenti la CPU è costituita da più microprocessori distinti.

Il processore, chiamato anche **CPU** (Central Processing Unit), è l'elemento fondamentale di un elaboratore, in quanto elabora i dati provenienti dalle varie unità in base ai comandi che gli sono impartiti.

La CPU (**FIGURA 4**) è composta da tre parti principali:

- l'**unità di controllo** (CU) che preleva ed esegue le istruzioni dalla memoria;
- l'**unità aritmetico-logico** (ALU) che esegue le operazioni di tipo logico-matematico;
- i **registri interni**, memorie molto veloci a cui CU e ALU possono accedere più facilmente e velocemente.

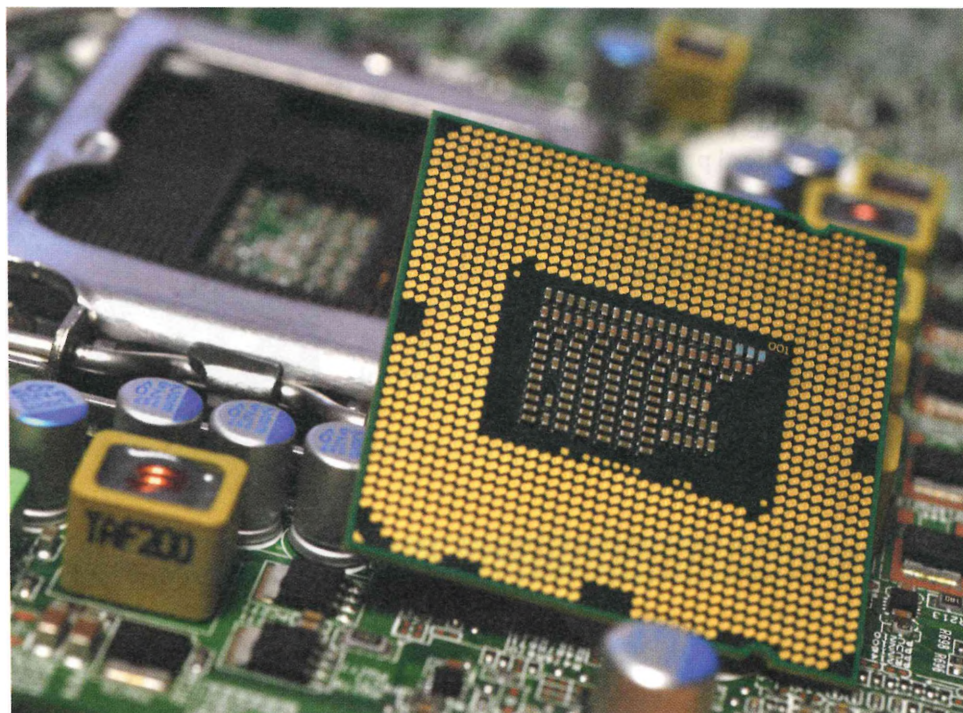
La sua capacità di processare grandi quantità di dati deriva principalmente dalla velocità con cui esegue operazioni relativamente semplici realizzate con circuiti molto piccoli e veloci (il circuito completo di un microprocessore ha dimensioni di un cubo di silicio di qualche millimetro di lato).

Oggi esistono microprocessori che assolvono tutti i compiti di una CPU e hanno al loro interno unità di controllo, unità di elaborazione dati e registri. Quindi microprocessore e CPU da un punto di vista teorico sono differenti, ma di fatto sono diventati la stessa cosa.

Le operazioni che il microprocessore può compiere sono sostanzialmente le seguenti:

- somma (le altre operazioni sono trasformate in somme con alcuni accorgimenti matematici grazie alle proprietà dei numeri binari);
- spostamento dati;
- controllo delle memorie e delle periferiche collegate attraverso il bus.

FIGURA 4 Un processore



2.2 Il clock

Per poter comunicare con gli altri dispositivi il processore ha la necessità che essi eseguano delle operazioni e comunichino con lui in istanti ben precisi. La sincronizzazione di tutte le operazioni effettuate è regolata da un orologio (**clock**) interno al sistema. A ogni scatto del clock viene inviato un segnale. Poiché l'informazione trasmessa ha un certo tempo di percorrenza sui bus, solo dopo un certo intervallo di tempo i segnali in arrivo sono significativi. Questo tempo è appunto determinato dalla velocità del clock, che è misurata in gigahertz (GHz, miliardi di cicli al secondo). Alcune operazioni richiedono un solo ciclo di clock, altre più di uno: in media, ci saranno più cicli di clock che istruzioni eseguite. Tanto maggiore è la frequenza del clock, tante più istruzioni possono essere effettuate nell'unità di tempo. Se un dispositivo termina l'esecuzione di un'operazione nell'intervallo di tempo tra un impulso e l'altro, potrà fornire i risultati agli altri dispositivi solo quando giungerà l'impulso successivo.

2.3 I registri

Nell'architettura degli elaboratori un ruolo importante hanno i registri, memorie ausiliarie in grado di memorizzare più bit alla volta e restituire l'informazione memorizzata per un suo successivo utilizzo. Vi sono moltissimi tipi di registri che si differenziano tra loro in base all'uso e alla capacità di memoria. Li esamineremo nel dettaglio quando li incontreremo nelle Unità successive. Qui ricordiamo solamente che, tra i vari tipi di registri, particolare importanza hanno quelli presenti all'interno della CPU, grazie ai quali possiamo memorizzare i dati e le istruzioni necessarie al processore per effettuare le elaborazioni.

Dal punto di vista tecnologico, un registro è un insieme di elementi fisici bistabili, detti **#bit**. Poiché ciascun elemento ha due configurazioni stabili possibili, cui per convenzione sono associati i simboli 0 e 1, un registro formato da n bit è in grado di assumere 2^n configurazioni di stato diverse (FIGURA 5).

#techwords

Il termine **bit** è la contrazione di **B**inary **d**igit e rappresenta la più piccola unità di memorizzazione in un elaboratore che può assumere solo due valori (in genere 0 e 1).

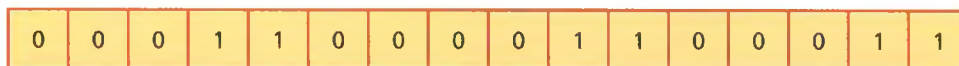


FIGURA 5 Registro a 16 bit

Lo stato del registro, cioè la configurazione dei suoi bit, rappresenta l'informazione che vi è memorizzata; essa è conservata fino a quando non la si altera.

Su un registro si può effettuare l'operazione di scrittura, che consente di depositare i bit che compongono l'informazione, e l'operazione di lettura, che permette di acquisire dall'esterno il valore dei bit memorizzati. Entrambe le operazioni possono interessare tutti i bit contemporaneamente (si dice che il registro è parallelo) oppure un bit alla volta (il registro è seriale).

All'interno dell'architettura di un elaboratore sono presenti diversi registri. Ognuno è associato a una ben precisa funzione ed è usato in un particolare momento dell'elaborazione e da una particolare componente del sistema.

2.4 La velocità di elaborazione

La velocità di elaborazione della CPU dipende prevalentemente da cinque fattori:

- numero di bit che è in grado di processare simultaneamente (**parallelismo dati**);
- frequenza del clock;

- struttura interna;
- numero di core (unità di elaborazione) integrati;
- velocità delle periferiche collegate.

■ NUMERO DI BIT

Il processore può effettuare le sue elaborazioni usando simultaneamente un certo numero di bit (normalmente 32 o 64). In un'architettura a 64 bit si può, quindi, elaborare con una sola operazione cifre anche complesse (che necessitano appunto di essere rappresentate con 64 bit), le quali, con un'architettura a 32 bit, sarebbero state processate con due operazioni.

■ FREQUENZA DI CLOCK

Maggiore è la frequenza di clock, più velocemente saranno eseguite le operazioni. L'aumento della frequenza è limitato però dalle disposizioni interna ed esterna dei collegamenti e degli elementi che costituiscono il processore. Un'elevata frequenza può portare al surriscaldamento della CPU, che quindi deve essere raffreddata.

■ STRUTTURA INTERNA

Nel corso dell'evoluzione del microprocessore sono stati sviluppati circuiti che riescono a eseguire più operazioni contemporaneamente, velocizzando il funzionamento complessivo. Inoltre, i collegamenti interni sono stati ottimizzati rendendo più rapida la connessione tra i vari circuiti.

■ NUMERO DI CORE

Dal 2005 la corsa all'aumento della frequenza di clock si è fermata, a causa dei notevoli problemi di raffreddamento. Si è preferito integrare su un unico dispositivo più microprocessori (o **#core**) che si suddividono il compito di elaborare i dati, mentre esternamente si ha un'unica CPU che lavora molto più velocemente.

■ VELOCITÀ DELLE PERIFERICHE

C'è notevole differenza di velocità tra la CPU e le periferiche. Ad esempio, la memoria interna è più lenta della CPU e quest'ultima dovrà attendere che essa legga o scriva i dati, rallentando il proprio funzionamento. Questo perché le periferiche esterne usano elementi meccanici o hanno esigenze circuitali che ne limitano fisicamente il funzionamento.

Per ovviare al problema della differente velocità di elaborazione tra le componenti, all'interno del microprocessore è stata inserita una piccola memoria estremamente veloce (**cache interna**). L'unica controindicazione è che la cache è in genere molto costosa e dispendiosa in termini di spazio occupato all'interno del granello di silicio che costituisce il microprocessore.

#techwords

Con il termine **core** si intende il nucleo elaborativo di un microprocessore.

FISSA LE CONOSCENZE

- Quali operazioni svolge il microprocessore?
- Che cos'è il clock?
- Quali fattori influenzano la velocità di elaborazione della CPU?
- A che cosa serve la cache?

3 IL BUS

3.1 L'organizzazione dei bus

I TIPI DI BUS

Le componenti dell'elaboratore sono collegate e comunicano tra loro per mezzo di cavi multipli chiamati bus. Un bus serve a collegare elettricamente il processore con la memoria centrale e le periferiche per lo scambio di informazioni e comandi.

L'insieme dei collegamenti è chiamato **bus di sistema (System bus)** (FIGURA 6) ed è costituito da un centinaio di fili disposti opportunamente sulla scheda madre. Poiché le varie parti svolgono compiti ben differenziati, si preferisce parlare di:

- bus dati;
- bus indirizzi;
- bus di controllo.

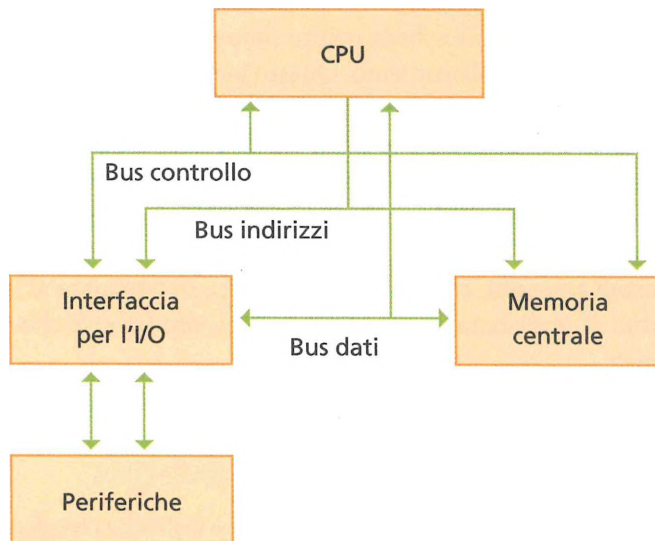


FIGURA 6 Organizzazione dei bus

1. Bus dati (Data bus)

Su di esso viaggiano i dati (sia le istruzioni dei programmi sia i dati veri e propri) che le varie componenti si scambiano. Il numero di fili che lo compongono dipende dal parallelismo dati del microprocessore, cioè dal numero di bit che può essere trattato come unico blocco, in genere 32 o 64 bit. Per esempio, con un Data bus a 32 bit è possibile trasferire 4 byte con una sola operazione (ogni byte è formato da 8 bit), mentre sarebbero necessarie 4 operazioni usando un Data bus a 1 byte. Il bus è bidirezionale, in quanto i dati possono viaggiare da e verso il microprocessore.

2. Bus indirizzi (Address bus)

A ogni cella di memoria e a ogni periferica è associato un indirizzo, cioè un codice binario che il microprocessore genera e gestisce direttamente. Su questo bus viaggiano quindi gli indirizzi delle locazioni di memoria interessate oppure l'indirizzo della periferica che si vuole utilizzare. Il bus è monodirezionale in quanto i segnali su di esso sono generati dal microprocessore. Il numero di fili dipende anch'esso dal parallelismo dati, ma sono applicati degli accorgimenti che consentono di genera-

re una quantità di indirizzi superiore a quella ottenibile solo dalla combinazione di n bit, pari a 2^n indirizzi. Con 16 bit è possibile ad esempio indirizzare 2^{16} (= 65 536 ossia 64 kB) locazioni.

3. Bus di controllo (Control bus)

È il bus che permette alla CPU di inviare alla memoria e all'interfaccia di I/O dei segnali per dire che cosa fare in un dato momento. È un bus meno omogeneo rispetto ai due precedenti (solo dati o solo indirizzi), in quanto le funzionalità dei fili che lo compongono dipendono dalle periferiche interessate. Inoltre, per ottimizzare il trasferimento dei dati sono presenti varie modalità di connessione (standard di comunicazione) tra periferiche e bus di controllo. I segnali trasportati sul bus di controllo sono in parte unidirezionali e in parte bidirezionali. Tuttavia, ciascuna singola linea è unidirezionale.

■ IL BUS CONTROLLER

Per ridurre i consumi elettrici del microprocessore, tra i suoi connettori e i vari fili di bus è presente un particolare dispositivo chiamato **Bus controller**. Questo si occupa di fornire tensioni e correnti adeguate per gestire tutti i segnali elettrici da e verso il microprocessore. Poiché le periferiche (scheda video, hard disk ecc.) hanno esigenze e collegamenti diversi, sulla scheda madre sono presenti più Control bus specifici per le diverse tipologie di collegamento. Questo permette di adattare le informazioni presenti sui bus gestiti dal microprocessore alle esigenze delle varie periferiche. Tra i vari collegamenti che compongono il bus di controllo, quelli fondamentali per le comunicazioni tra ciascuna periferica e il microprocessore sono:

- **BUSY (occupato)**: indica se la periferica è già impegnata in altre operazioni oppure è libera;
- **IRQ (interrupt request)**: consente alla periferica di segnalare al microprocessore la necessità di un'elaborazione in base a un evento (mouse che si muove, tasto premuto ecc.);
- **IORD/IOWR**: indica se la periferica si trova in fase di lettura (RD) o di scrittura (WR).

3.2 Ottimizzare le prestazioni dei bus

Analizzando le modalità di trasmissione dei dati, si è visto che i trasferimenti che non richiedono operazioni di elaborazione (da RAM ad hard disk e viceversa, per esempio) possono essere eseguiti senza far intervenire la CPU, che si limita ad attivare le periferiche coinvolte nel trasferimento e a generare gli indirizzi di inizio. Tali tecniche sono chiamate **Bus mastering** (controllo del bus) e sono realizzate utilizzando dispositivi appositi che, dopo aver acquisito le informazioni su sorgente e destinatario del trasferimento, si occupano della sua gestione, consentendo alla CPU di occuparsi di altre operazioni. L'esempio più noto è il **DMA** (Direct Memory Access) che si occupa del trasferimento di dati da e verso la memoria senza coinvolgere il microprocessore.

Un altro miglioramento delle prestazioni è stato ottenuto suddividendo il bus di comunicazione in più bus distinti per dispositivi veloci o lenti e utilizzando un circuito integrato apposito, il **#chipset**, che si occupa di gestire le varie tipologie di bus. Nella **FIGURA 7** viene mostrato come, in base alla disposizione dei vari dispositivi, si parla di **Northbridge** (ponte settentrionale) e **Southbridge** (ponte meridionale). Il microprocessore si limita a comunicare con le periferiche attraverso il **Front-Side Bus** (FSB). Nelle Lezioni successive verranno descritte le diverse architetture di chipset delle CPU Intel®.

#techwords

Il **chipset** è l'insieme di circuiti integrati che si occupano di smistare i dati tra le varie componenti di una scheda madre.

Northbridge (Memory Controller Hub, MCH): si occupa di gestire le comunicazioni con le periferiche più veloci, come la RAM o una scheda video esterna. Spesso infatti si utilizza una scheda video esterna per avere prestazioni migliori rispetto alla scheda video interna normalmente presente sulla scheda madre.

All'interno dei Northbridge più recenti sono integrate anche le interfacce per gestire gli hard disk. Per migliorare ulteriormente le prestazioni e ridurre i costi, nei sistemi recenti molte delle funzionalità associate all'MCH sono state integrate nel processore.

Southbridge (I/O Controller Hub, ICH): si occupa di gestire le comunicazioni con le periferiche relativamente più lente. Inoltre, trasforma i segnali provenienti dal microprocessore in segnali adatti alle varie periferiche che adottano standard differenti in base alle diverse esigenze di funzionamento.

Un apposito bus, detto **Back Side Bus (BSB)**, permette di collegare la CPU con una memoria più veloce (cache esterna), esterna alla CPU, che viene inserita sulla scheda madre. Tale memoria contiene i dati di immediata elaborazione da parte del microprocessore e risulta utile quando la cache interna non è sufficiente. In questo modo si migliorano le prestazioni della CPU.

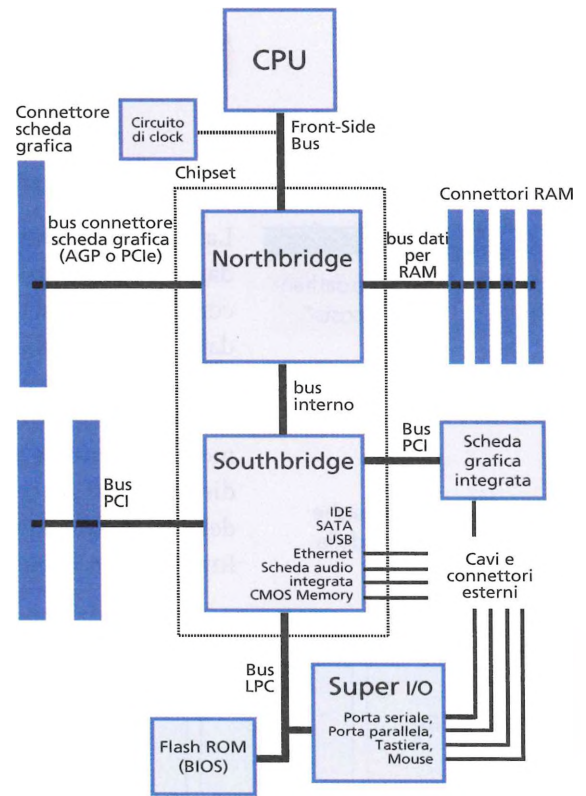


FIGURA 7 Architettura dei bus secondo il modello Northbridge/Southbridge

esempio

Vediamo i passi che vengono compiuti quando bisogna effettuare il trasferimento di dati da RAM ad hard disk.

- 1) Il microprocessore memorizza l'indirizzo della prima cella della memoria da cui prelevare i dati.
- 2) Il microprocessore genera l'indirizzo dell'hard disk per inviare una richiesta di scrittura dei dati.
- 3) L'hard disk, tramite il Control bus, comunica che è pronto a ricevere i dati.
- 4) Il microprocessore memorizza l'indirizzo dell'hard disk e calcola la quantità di dati da trasferire.
- 5) Il microprocessore comunica al DMA controller le informazioni su indirizzi e quantità di dati da trasferire.
- 6) Il DMA controller provvede al trasferimento e il microprocessore riprende a svolgere altre funzioni.
- 7) Terminato il trasferimento, l'hard disk comunica al DMA controller, tramite il Control bus, l'avvenuto completamento, che viene a sua volta trasmesso dal DMA controller al microprocessore.

FISSA LE CONOSCENZE

- Quali bus compongono il System bus?
- Che cos'è il DMA?
- Quali periferiche sono collegate al Northbridge?
- Che cos'è il Back Side Bus?

6 LE MEMORIE SECONDARIE

6.1 L'evoluzione dell'archiviazione digitale

Le memorie secondarie sono le cosiddette **memorie aggiuntive** o **ausiliarie**, che non fanno parte integrante della macchina stessa. A differenza della RAM, esse sono in grado di conservare le informazioni e i dati in modo permanente, hanno una capacità di memoria molto superiore, ma tempi di accesso più lunghi. Queste memorie vengono anche chiamate **memorie di massa**, in quanto sono usate per scrivere e salvare grandi quantità di dati e reperirli successivamente.

I tradizionali supporti utilizzati come memorie secondarie sono i dischi magnetici e quelli ottici. Nel seguito esamineremo brevemente le loro caratteristiche, anche se la tendenza degli ultimi anni è quella di offrire nuove soluzioni di archiviazione (**storage**). Un primo importante cambiamento si è avuto grazie alla enorme diffusione di contenuti audio. Il mondo della musica da tempo ha sostituito i CD con lettori Mp3 e smartphone, generando così un'importante richiesta di memorie di tipo **#flash**. Grazie agli investimenti di molte case produttrici di storage, in questo ambito sono state sviluppate nuove soluzioni che hanno garantito l'aumento della capacità di memorizzazione e la diminuzione dei costi.

Un altro cambiamento significativo si è avuto con la diffusione di servizi di **#cloud storage**. Inizialmente utilizzati soprattutto per condividere file di grandi dimensioni tra utenti (**file sharing**), sono diventati un'importante modalità di archiviazione, alternativa all'uso di dispositivi locali. Oltre all'aumento dello spazio di memoria e la garanzia del backup, il cloud storage offre il vantaggio di avere i dati a disposizione ovunque ci si trovi, perché è sufficiente connettersi alla rete Internet.

Per contro, ci sono ancora problemi non risolti riguardanti soprattutto la proprietà dei contenuti archiviati sui database dei fornitori di servizi cloud e le necessarie garanzie di privacy e sicurezza.

#techwords

Flash memory è una memoria permanente riscrivibile formata da un circuito elettronico semiconduttore.

#techwords

Con **cloud storage** si intende la possibilità di conservare dati su molteplici server virtuali in rete.

6.2 Le memorie magnetiche

■ IL FUNZIONAMENTO

Le memorie magnetiche sfruttano il fenomeno fisico della polarizzazione per la memorizzazione dei dati. Il supporto è fatto (o rivestito) di materiale magnetizzabile, ogni bit è memorizzato magnetizzando in un senso o nell'altro la cella corrispondente. Ai due diversi tipi di magnetizzazione corrispondono le unità elementari di informazione (0 e 1).

La lettura/scrittura dei dati avviene per mezzo di una testina, che viene posta a poca distanza dal supporto (**FIGURA 12**). La testina può essere anche sdoppiata e le due funzionalità di lettura e scrittura divise.

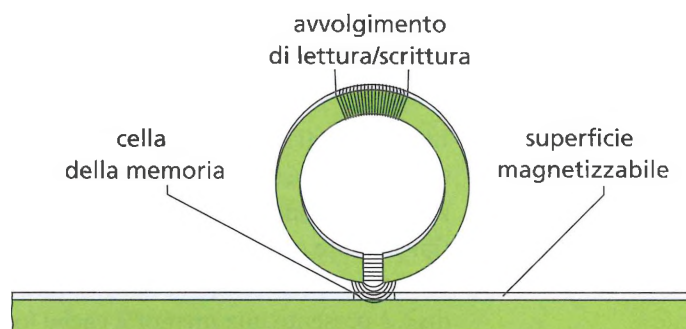


FIGURA 12 Testina di lettura e scrittura

■ L'HARD DISK

Il disco magnetico (**hard disk**) è una memoria ad accesso diretto (FIGURA 13). È costituito da una serie di piatti rigidi, in vetro o alluminio, posti uno sull'altro distanziati, sui quali è depositato del materiale ferromagnetico (FIGURA 14). Il disco viene suddiviso logicamente in tanti anelli concentrici di dimensione minima, chiamati **tracce** o piste.

FIGURA 13 Un hard disk

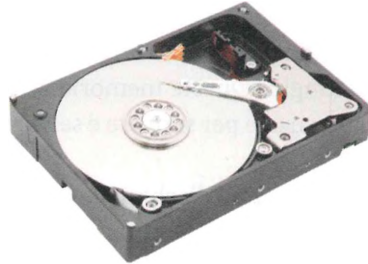


FIGURA 14 Struttura interna di un hard disk

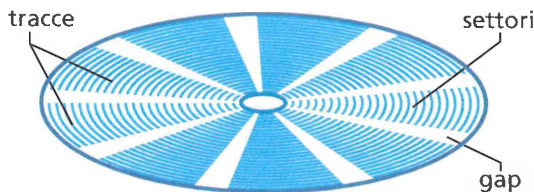
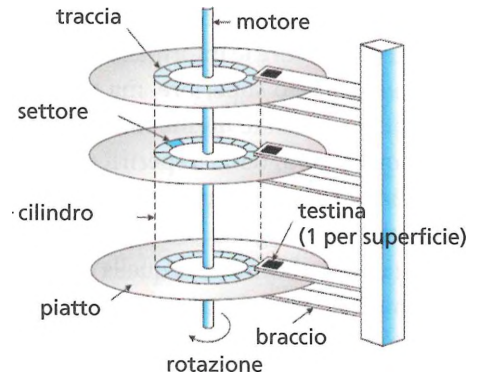


FIGURA 15 Organizzazione in tracce e settori di un disco magnetico

L'insieme di tracce poste alla stessa distanza dal centro, e relative a tutti i dischi, si chiama **cilindro**. Ogni traccia viene poi suddivisa in **settori**, generalmente di lunghezza fissa: tra questi esistono dei **gap** (vuoti), che servono per dividere i settori tra loro e agevolare la lettura (FIGURA 15).

I settori e le tracce formano una griglia di blocchi, al cui interno vengono memorizzate le informazioni. Ogni blocco contiene lo

stesso numero di byte; poiché le dimensioni dei settori diminuiscono andando dall'esterno all'interno, nei blocchi più interni c'è una maggiore compressione delle informazioni. Per la sua struttura, il disco magnetico è facilmente indirizzabile a livello di traccia e di settore e quindi è possibile effettuare un accesso diretto.

Per essere utilizzati, i dischi necessitano di essere formattati, cioè di essere divisi logicamente in tracce e settori: le varie parti del disco vengono etichettate in modo da potere poi essere indirizzate.

Il disco viene letto per mezzo di una **testina** mobile che si sposta da una traccia all'altra, con distanza minima, mentre il disco viene fatto ruotare a una velocità costante, in modo da poter coprire tutti i settori. La velocità di accesso a un dato dipende, quindi, dalla posizione in cui si trova la testina rispetto al blocco da leggere. Il tempo totale di accesso sarà dato dalla somma del tempo di spostamento della testina verso la traccia desiderata (seek time) più il tempo necessario al disco a fare giungere il settore desiderato sotto la testina (rotational latency). Per questo motivo, a differenza di quanto avviene nella memoria centrale, l'accesso, pur essendo diretto, avrà un tempo differente a seconda della posizione del dato richiesto.

La velocità di accesso ai dati dipende anche dalle caratteristiche meccaniche dei motorini che spostano la testina e dalla velocità di rotazione dei dischi, misurata in rotazioni per minuto (**rpm** o **RPM**, revolutions per minute). I Personal Computer desktop tipicamente usano hard disk con RPM = 5400 o RPM = 7200.

Per velocizzare i tempi di accesso ai dati sul circuito elettronico di controllo dell'hard disk, è presente una memoria cache (o buffer), da 32 MB a 128 MB, dove rimangono

conservati gli ultimi dati letti. In questo modo, una successiva richiesta di lettura dei dati stessi verrà soddisfatta molto rapidamente, poiché non sarà necessario reperirli dal disco magnetico, ma basterà leggerli dalla cache che è una memoria ad accesso diretto. Il collegamento con il System bus avviene principalmente con due standard: EIDE (in fase di abbandono) e SATA. Per collegare gli hard disk esterni si utilizzano gli standard SATA e USB. Questi standard verranno descritti dettagliatamente nella Lezione 8.

6.3 Le memorie flash

COME FUNZIONANO

Una **memoria flash**, o flash memory, è una memoria permanente riscrivibile formata da un circuito elettronico semiconduttore, su cui è possibile mantenere i dati memorizzati anche in assenza di alimentazione. Estremamente leggero e di piccole dimensioni, non presenta alcuna parte mobile ed è piuttosto resistente. Per questo motivo, è molto usato come memoria mobile in numerosi dispositivi portatili, quali lettori musicali, smartphone, palmari e fotocamere digitali.

Le memorie flash, del tipo **SSD** (Solid State Drive), sono molto diffuse grazie alle alte velocità per il trasferimento dati, alle migliori prestazioni rispetto agli hard disk (tempi di accesso e di latenza più bassi) e alla buona affidabilità.

GLI SSD (SOLID STATE DRIVE)

Gli SSD (FIGURA 16) sono costituiti da particolari memorie flash (tecnologia #NAND) che conservano il loro stato anche in assenza di alimentazione. Rispetto agli hard disk non hanno parti in movimento, quindi i tempi di accesso ai dati in lettura/scrittura sono ridottissimi, dell'ordine di 100 ns. I principali vantaggi sono due: minore durata e costo al byte più elevato rispetto a un hard disk, ma entrambi questi "difetti" si stanno rapidamente riducendo. Esternamente il contenitore ha le stesse dimensioni di un hard disk, dal quale eredita anche le interfacce (SATA o SCSI) per consentirne la sostituzione senza problemi di montaggio e collegamento. Di recente sono comparsi nuovi SSD con connettore PCI-Express, che superano la soglia dei 550 MB/s tipica dell'interfaccia SATA.

LE PEN DRIVE

Le **Pen drive** (FIGURA 17) sono periferiche di ridotte capacità che hanno il notevole vantaggio della estrema robustezza, facilità di trasporto grazie alle ridotte dimensioni e costo decisamente basso. Sono comunemente chiamate **chiavette USB** (USB key) poiché la connessione è di tipo USB, come vedremo nel dettaglio nella successiva Lezione 8. Da alcuni anni, i sistemi operativi prevedono la possibilità di utilizzarle come memorie secondarie aggiuntive o addirittura di usarle per avviare il Sistema Operativo. Il difetto principale è la limitata durata causata dall'uso: queste memorie, in particolare durante le fasi di scrittura, lentamente perdono le proprie caratteristiche elettriche (il costruttore garantisce qualche milione di scritture) e alla fine è impossibile recuperare i dati depositati su di esse.



IN ENGLISH PLEASE

HDD Form Factor

The two most common form factors for modern HDDs are **3.5-inch**, for desktop computers, and **2.5-inch**, primarily for laptops.



FIGURA 16 Memoria SSD

#techwords

NAND flash

Negli anni Ottanta, presso i laboratori Toshiba, fu inventata la tecnologia NOR flash per creare memorie riscrivibili e permanenti adatte a sostituire i vecchi chip ROM. Successivamente, in collaborazione con Samsung, fu inventata la tecnologia NAND flash che permise di ridurre notevolmente i tempi di scrittura e cancellazione, rendendola così una valida alternativa agli hard disk.

FIGURA 17 Pen drive

■ LA SMART CARD



FIGURA 18 Smart card

La **smart card** (FIGURA 18), letteralmente scheda (o carta) intelligente, è una piccola scheda di plastica, delle dimensioni di una carta di credito, con inserito un microprocessore e una memoria flash. Le smart card hanno molteplici usi. Le più diffuse e meno costose funzionano solo come schede di memoria, contengono pochi dati essenziali (da 1 a 4 kB) e vengono usate per esempio come schede telefoniche per memorizzare il credito, chiavi per porte negli hotel, schede per biblioteche e badge per identificare le persone. Il circuito logico comprende un meccanismo di protezione che salvaguarda l'accesso ai dati memorizzati, basato tipicamente su un insieme di permessi di accesso per evitare la modifica fraudolenta dei dati (per esempio, per incrementare il proprio credito telefonico).

Con la presenza di un microchip, la smart card diventa un vero e proprio computer in grado di dialogare con altri terminali e computer. Vengono usate quando le applicazioni richieste sono più complesse o richiedono un maggior grado di sicurezza (per esempio, la sim card dei cellulari).

6.4 Le memorie ottiche

■ I DISCHI OTTICI

IN ENGLISH PLEASE

Disk vs Disc

When referring to hard disk drives, the correct spelling is *disk*, with a *k*. When referring to optical disc drives and optical discs, the correct spelling is *disc*, with a *c*.

Le memorie ottiche sfruttano la proprietà che ha la luce del laser di riflettersi in modo differente attraverso i materiali, così da individuare i due stati 0 e 1. Tramite un raggio laser è possibile scrivere e leggere informazioni contenute su un disco, giocando sul differente grado di riflettività che si può raggiungere.

Le memorie ottiche non sono quindi soggette ai rischi di alterazione dei dati dovuti a interferenze di campi elettromagnetici e, rispetto a quelle magnetiche e flash, offrono alcuni vantaggi: alta stabilità dei dati, vita media più lunga e protezione delle informazioni dall'essere sovrascritte (usando dischi di tipo ROM o WORM, come vedremo nel seguito).

In base alla possibilità di lettura/scrittura dei dati possiamo dividere i dischi ottici digitali in tre classi.

- **ROM** (Read Only Memory): non permettono di alterare le informazioni memorizzate. Infatti, i dati vengono inseriti nel disco al momento della produzione e possono essere solo letti. Sono memorie utilizzabili soprattutto per la creazione di archivi di rapida consultazione, che non richiedono frequenti aggiornamenti.
- **WORM** (Write Once Read Many): sono dischi registrabili una sola volta. Quando i dati sono scritti, vengono segnati come non modificabili e un eventuale aggiornamento sarà scritto in una nuova zona di memoria, così si riduce il rischio di modifica delle informazioni memorizzate; l'utente può scrivere sul disco fino al suo riempimento. La cancellazione può avvenire solo logicamente e non vi è quindi la possibilità di recuperare lo spazio sul disco.
- **ERASABLE**: sono dischi riscrivibili più volte. Possono utilizzare varie tecniche come quella delle "bolle" che verrà spiegata più avanti, o tecniche che prevedono l'uso di particolari metalli in grado di cambiare la propria riflettività tramite il laser.

I primi dischi ottici avevano dimensioni notevoli (le stesse dei dischi in vinile a 33 giri) e venivano chiamati Laserdisc. Servivano fondamentalmente come archivi statici e come back up dei dischi magnetici. Il vero successo e la diffusione a tutti i livelli avvennero

negli anni Ottanta con la riduzione delle dimensioni (le stesse dei dischi magnetici da 5^{1/4} pollici) e la nascita dei Compact Disc (**CD**). A metà degli anni Novanta fu sviluppata una seconda generazione di dischi ottici: Digital Versatile Disc (**DVD**). La terza generazione arrivò agli inizi degli anni Duemila: Blu-ray Disc (**BD**).

La **TABELLA 2** mostra i tipi di dischi ottici in commercio e le loro principali caratteristiche.

CARATTERISTICA	CD	DVD (*)	BD (*)
Lunghezza d'onda del laser in lettura e scrittura	780-830 nm (vicino a luce infrarossa)	635-650 nm (luce rossa)	405 nm (luce blu)
Capacità	700 MB	4,7 GB	25 GB
Ampiezza dei fori (pit) sulla superficie	1,6 µm	0,74 µm	0,13 µm
Velocità di lettura dei dati (valori approssimati)	150 kB/s	1,39 MB/s	4,5 MB/s

TABELLA 2 Tipi di dischi ottici

(*) single-side single-layer

■ FUNZIONAMENTO DI UN DISCO OTTICO

Un disco ottico è formato da un supporto in polycarbonato (**substrato**) che fornisce la profondità necessaria a mantenere il focus del laser e dà robustezza al disco per rimanere piatto. Questo viene rivestito da un sottile strato di alluminio (**riflettore**), racchiuso tra due strati di materiale plastico trasparente protettivo. Per memorizzare le informazioni, un raggio laser crea dei piccoli fori (**pit**), mentre dove il raggio non incide la superficie rimane liscia (**land**). Tali variazioni vengono interpretate come 0 (pit) e 1 (land). La lettura avviene sempre con un raggio laser, meno potente di quello usato per la scrittura, che quando incontra una zona piatta (land) viene riflesso e intercettato da un diodo rivelatore. Tale segnale è interpretato come 1. Quando, invece, il raggio incontra un avvallamento (pit), non sarà riflesso (o avrà una intensità di riflessione differente) e, quindi, viene interpretato come 0 (**FIGURA 19**).

Con questa tecnologia è possibile posizionare i fori molto vicini tra di loro e avere una densità di dati molto elevata, decisamente superiore a quella dei dischi magnetici. In questi ultimi, infatti, i bit non possono essere memorizzati troppo vicini poiché si rischierebbe di alterare la loro carica magnetica.

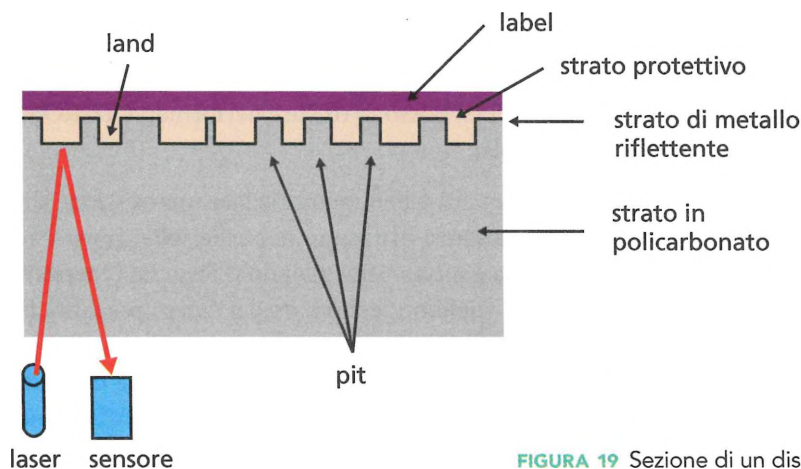


FIGURA 19 Sezione di un disco ottico

Con la tecnica mostrata, una volta che viene inciso il disco con il laser, il bit inserito non potrà più essere modificato. Per rendere riscrivibile un disco ottico sono stati studiati vari sistemi e materiali; il più diffuso è il **metodo delle bolle**. Questa tecnica prevede che lo strato di materiale sottile, che ricopre la superficie riflettente, non sia più forato, ma, tramite il calore generato dal laser di scrittura, sia “gonfiato”, creando una sorta di bolla che modifica la riflettività. In base al grado di riflettività vengono individuati gli 1 e gli 0. Un raggio laser di particolare intensità è in grado poi di far “sgonfiare” la bolla facendo tornare disponibile l’area per nuove scritture (FIGURA 20).

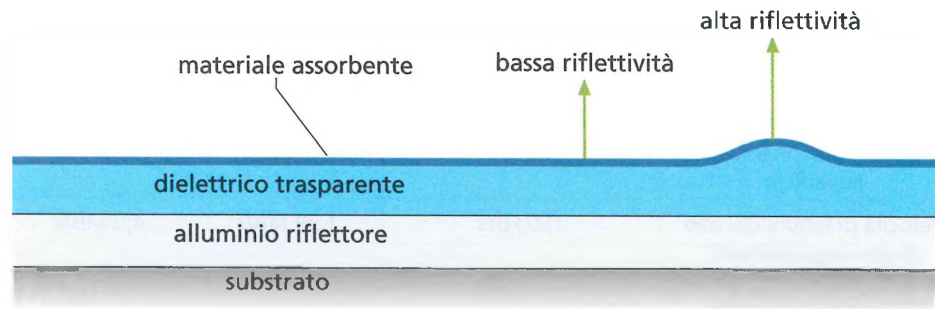


FIGURA 20 Disco ottico riscrivibile con il metodo delle “bolle”

IL CD

I **Compact Disc** (CD) hanno una dimensione compatta (12 cm di diametro) e i dati sono ordinati lungo un’unica traccia a forma di spirale, che parte dal centro e procede verso l’esterno. In questo modo è anche possibile avere CD più piccoli dello standard (per esempio i mini-CD da 3^{1/2} pollici). I CD vengono utilizzati sia per la memorizzazione dei suoni (musica) sia per i dati.

#prendinota

Il CD è nato per la riproduzione audio e, quindi, è ottimizzato per questa funzione; nell’uso come memoria per i dati presenta lo svantaggio di essere particolarmente lento, sia nel tempo di accesso, sia nella velocità di trasferimento.

I **CD audio** sono caratterizzati dall’aver la velocità di lettura costante (**CLV**, Constant Linear Velocity). Il principio stabilisce che il laser deve leggere i dati a velocità uniforme, sia della parte esterna sia di quella interna del disco. Questa uniformità nella lettura si ottiene variando la velocità di rotazione del disco, che passa da 500 giri al minuto al centro a 200 giri al minuto all’esterno.

I **CD dati** invece possono essere letti anche a velocità variabile. Per ottenere prestazioni di lettura elevate il disco viene pertanto fatto girare a velocità costanti ed elevate (in modalità **CAV**, Constant Angular Velocity).

La velocità di lettura dati è una caratteristica fondamentale di un CD: essa viene contrassegnata da un numero standard seguito da una “x”, equivalente a 153,6 kB/s, la velocità di lettura in origine di un CD audio (per esempio, 4x = 614,4 kB/s).

Come tutti i dischi ottici, anche i CD si possono trovare nei formati **CD-ROM** (ROM), **CD-R** (WORM), **CD-RW** (erasable).

Viene chiamato **LiveCD** un CD su cui viene memorizzata una versione di Sistema Operativo in grado di funzionare senza utilizzare le periferiche di massa presenti nell’elaboratore. Tale caratteristica è molto utile quando il Sistema Operativo installato è gravemente danneggiato e si vogliono recuperare dei dati importanti. Il LiveCD si avvia utilizzando solo la RAM e il microprocessore e consente di svolgere molte operazioni sui file presenti nelle memorie di massa consentendone il trasferimento su altri supporti. Attualmente la stessa funzione viene svolta dai DVD o anche dalle Pen drive, anche se il termine è rimasto lo stesso.