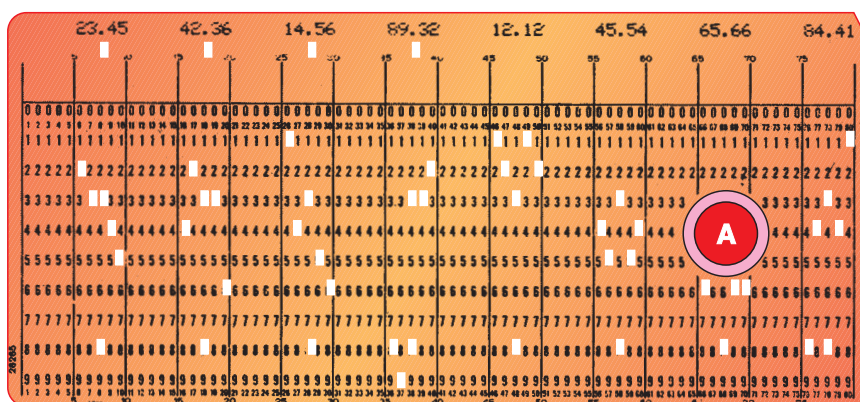


Le memorie di massa e i dispositivi di memorizzazione

Le memorie di massa

Per molti anni, ai tempi delle prime applicazioni gestionali dell'informatica moderna, la **scheda perforata** è stata il più diffuso supporto per la registrazione dei dati.

La scheda era un cartoncino di forma rettangolare, avente le dimensioni della banconota di un dollaro, diviso in 12 righe e 80 colonne.



Ogni carattere memorizzato occupava una colonna e la registrazione veniva fatta perforando (valore simbolico 1) oppure no (valore simbolico 0) le caselle della colonna secondo il *codice Hollerith*, codice binario a 12 bit, così chiamato dal nome del suo ideatore. Questo codice venne usato per la prima volta per registrare i dati raccolti durante il censimento effettuato negli Stati Uniti nel 1890. I dati, registrati con il perforatore di schede, potevano essere letti da un'altra periferica, il lettore di schede, che per ogni colonna era in grado di riconoscere la sequenza di bit memorizzati: infatti una casella perforata permetteva il passaggio della luce, mentre ciò non avveniva per le caselle non perforate.

La scheda è stata un supporto fondamentale nella storia dell'elaborazione automatica dei dati, ma ormai è completamente abbandonata per svariati motivi: la bassa velocità nelle operazioni di trasferimento, lettura e scrittura dei dati, il volume eccessivo occupato dai supporti di memorizzazione in rapporto al numero di informazioni registrate: in ogni scheda potevano essere memorizzati al massimo 80 caratteri e quindi erano necessarie migliaia di schede anche per archivi di medie dimensioni. Inoltre occorre periferiche ingombranti per la perforazione e la lettura delle schede.

Gli inconvenienti delle schede perforate sono stati superati con l'avvento dei nastri e dei dischi magnetici. La loro adozione ha portato all'uso sempre più esteso di supporti di grandi capacità, che prendono il nome di **memorie di massa** perché possono contenere notevoli quantità di dati. Si chiamano anche **memorie ausiliarie**, perché costituiscono un'estensione della memoria centrale di un computer, e consentono, a differenza della memoria centrale che è una *memoria volatile*, la permanenza delle registrazioni nel tempo.

Le unità periferiche che contengono i supporti vengono gestite da apparecchiature hardware, dette **drive**, che sono collegate al computer tramite opportune schede di controllo (**controller**) e che consentono la registrazione o l'accesso ai dati già registrati. Il termine **driver** viene invece usato in informatica per indicare il software di gestione della periferica.

Sulle memorie di massa possono essere effettuate operazioni di lettura (*input*) o di scrittura (*output*): esse sono quindi **unità di I/O** (*Input/Output*). Da questo punto di vista le memorie di massa sono unità di I/O atipiche: quando si parla di unità di I/O si pensa a dispositivi per il trasferimento dei dati tra il mondo esterno alla macchina e la macchina stessa.

Più in particolare si pensa a dispositivi che permettono agli essere umani di comunicare con l'elaboratore. Le memorie di massa non sono pensate per questo, non sono in grado di dialogare direttamente con gli utenti, ma permettono solo il dialogo tra parti della macchina allo scopo di fornire una memoria aggiuntiva, molto capiente e permanente, in ausilio alla memoria centrale.

Come la tastiera è diventata da anni il principale strumento di input, il disco magnetico è ormai il supporto di memorizzazione principale dei sistemi di elaborazione.

Rispetto ai nastri magnetici che permettono solo l'accesso **sequenziale** alle informazioni (la lettura di un record implica la lettura di tutti i record che lo precedono), il disco permette l'accesso diretto (**random**) al singolo blocco di dati.

Sono di uso corrente anche dischi che utilizzano, per la registrazione dei dati, procedimenti di tipo ottico (CD-ROM, DVD, ...), mettendo a disposizione dispositivi rimovibili di discreta capacità, a basso costo e con la possibilità di accedere ai file in modo diretto. Di notevole interesse per molte applicazioni è la caratteristica di non permettere di cancellare o modificare i dati registrati su queste memorie.

Le memorie di massa sono caratterizzate da alcuni parametri fondamentali che vengono di solito utilizzati per illustrarne le prestazioni:

- il **tipo di accesso** ai dati che può essere diretto o random come nei dischi, oppure sequenziale, come nei nastri;
- la **capacità**, in pratica la quantità di dati che il supporto è in grado di contenere; si misura in Megabyte (1 MB significa 1 milione di byte circa, più precisamente 1024 KB), in Gigabyte (1 GB corrisponde a 1024 MB), e in Terabyte (1TB equivale a 1024 GB);
- il tempo medio di accesso (**access time**) misurato in millisecondi (*ms*), costituito dal tempo medio necessario per ritrovare i dati e per trasferirli nell'unità centrale;
- la velocità di trasferimento dei dati (**transfer rate**) dalla memoria di massa alla memoria centrale misurata in KB/sec o MB/sec, in altre parole il numero di byte trasferiti dal supporto alla memoria del computer in un secondo.

Ci sono poi alcune caratteristiche delle memorie di massa che vanno tenute in considerazione perché consentono di precisarne le funzioni, definire criteri di scelta ed effettuare confronti tra modelli diversi:

- la **compatibilità**, cioè la possibilità di utilizzare i drive e i supporti su un determinato sistema di elaborazione, rendendo disponibili i dati in esso contenuti alle altre unità del sistema;
- la gestione del **fault tolerance** (tolleranza del guasto), con la quale si prevede la possibilità di duplicare i sistemi di memorizzazione o parti di essi, per consentire di continuare il lavoro di elaborazione dei dati, anche se uno dei due si rovina;
- la garanzia della **sicurezza** e dell'**integrità** dei dati, nei confronti dei rischi di cancellazioni accidentali da parte degli utenti, della modifica indesiderata dei dati registrati, di effetti dannosi provocati da fenomeni fisici (per esempio, radiazioni) o ambientali, di interventi distruttivi esterni (virus o pirati dell'informatica);
- l'**operatività**, cioè la facilità d'uso da parte dell'operatore e la diminuzione dei tempi dovuti alla sostituzione di dischi e nastri;

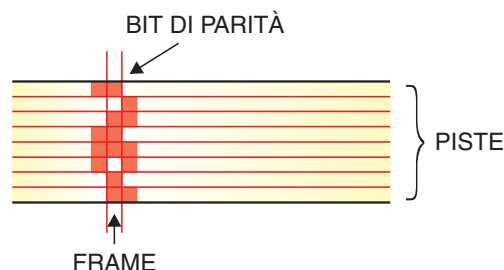
- la **durata** delle registrazioni sui supporti nel tempo;
- l'utilizzo di **memorie di tipo diverso** (dischi, nastri e dischi ottici) nello stesso sistema di elaborazione, integrando diverse tecnologie di memorizzazione per le registrazioni e per le operazioni di salvataggio;
- il **trasferimento** dei dati, organizzati nei file e memorizzati sui supporti, da un sistema di elaborazione a un altro, avente anche un sistema operativo diverso dal primo;
- l'**espansione** delle unità di memorie di massa, con l'aggiunta di nuove unità o con l'uso di supporti di maggiori capacità;
- il **costo** dei drive, dei supporti e del software di gestione.

Nei moderni sistemi di elaborazione sono presenti molti dispositivi di memorizzazione esterna: i nastri e i dischi magnetici, i CD-ROM, i DVD, le flash memory.

Il nastro magnetico e l'unità a nastri

Il nastro magnetico (detto anche **streaming tape**) è simile al supporto utilizzato in una comune cassetta audio o in una videocassetta e, come in queste, è formato da una lunga striscia di materiale plastico, ricoperta da materiale ferromagnetico. La superficie del nastro è suddivisa in nove piste longitudinali: otto piste servono per memorizzare i bit di un byte e una pista per memorizzare il bit di parità.

La superficie è inoltre suddivisa in moltissime colonne, ciascuna detta **frame**. Un frame è quindi formato da 8 +1 caselle che possono essere magnetizzate in modo N-S o S-N, permettendo in questo modo la memorizzazione permanente dei bit 1 oppure 0.



La capacità di memorizzazione del singolo nastro è dell'ordine di alcuni GB, ma può raggiungere anche valori dell'ordine di diverse centinaia di Gigabyte. La capacità dipende dalla quantità di bit che possono essere registrati in un pezzo di nastro: si usa la misura americana **bpi** (*bits per inch*), cioè bit per pollice (1 inch = 2,54 cm). Le unità a nastro hanno velocità di trasferimento dei dati dello stesso ordine di grandezza di quello delle unità a disco e arrivano sino a decine o centinaia di MB al secondo.

Una bobina di nastro magnetico viene chiamata **volume** e può contenere un solo file oppure più di uno; può anche accadere che un file, per la sua dimensione, occupi più bobine e in tal caso viene detto **file multivolume**.

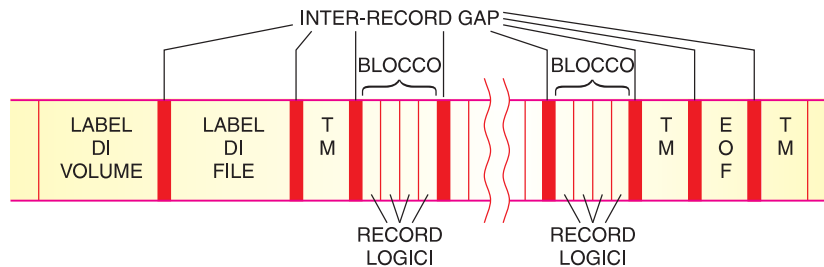
Le informazioni, che permettono l'identificazione e il controllo di un nastro e dei file in esso registrati, sono contenute in particolari gruppi di caratteri, registrati su nastro, detti **label** (etichette). Queste informazioni hanno di solito formati standard e vengono gestite dal sistema operativo del computer.

Le label più significative sono:

- la **label di volume**, che è il primo blocco registrato sul nastro, contiene informazioni atte a identificare la bobina, tra cui, per esempio, il nome del proprietario;

- la *label di file*, che è posta prima dell'inizio di un file, contiene informazioni sul nome e il codice del file, la data di registrazione e il periodo di conservazione del file stesso, oltre al numero d'ordine della bobina, nel caso che il file sia multivolume;
- la *label di fine file* (in inglese *End Of File* o *EOF*) è il blocco contenente il gruppo di caratteri che chiude ogni file; ne esiste uno solo per ogni file, anche per quelli multivolume;
- la *label di fine volume* (in inglese *End Of Volume* o *EOV*) è posta alla fine di un nastro per indicare che è terminata la bobina, ma non il file.

Oltre a questi blocchi informativi, sul nastro vengono registrati blocchi di un solo carattere, detti **tape mark (TM)**, per il controllo del nastro. Esistono tratti non registrati che separano un blocco dall'altro o una label dall'altra, detti **gap**.



L'uso dei nastri come supporto per la memorizzazione delle informazioni, è conveniente per l'alto numero di informazioni immagazzinate con scarso ingombro e per il basso costo delle bobine stesse che sono anche riutilizzabili, anche se lo sfregamento delle testine di lettura e scrittura sulla superficie del nastro ne comporta il deterioramento nel tempo.

Svantaggi sono invece le probabili alterazioni della magnetizzazione, se le bobine non vengono conservate in un ambiente adatto, e soprattutto l'accesso obbligatoriamente sequenziale alle informazioni.

Infatti la registrazione o la consultazione dei dati avvengono mentre il nastro, svolgendosi da una bobina e avvolgendosi sull'altra, scorre a velocità costante sotto le testine delle unità a nastri, quindi per reperire un'informazione è necessario rileggere il nastro fino a ritrovare quella che interessa.

Modelli recenti di unità a nastri consentono tuttavia lo scorrimento del nastro in modo bidirezionale; questo significa che non è necessario riavvolgere il nastro in modo completo per effettuare operazioni di lettura o scrittura, rendendo complessivamente più veloci gli accessi.



Conviene utilizzare i nastri per memorizzare i file da consultare non frequentemente (archivi storici), per le copie di sicurezza dei dischi (copie di **backup**), oppure per i file le cui informazioni devono essere elaborate una dopo l'altra (cioè sequenzialmente) nel corso del medesimo programma.

I nastri possono avere la forma di una bobina avvolta su un supporto circolare, oppure di una cassetta di piccole dimensioni, detta cartuccia o **cartridge**.

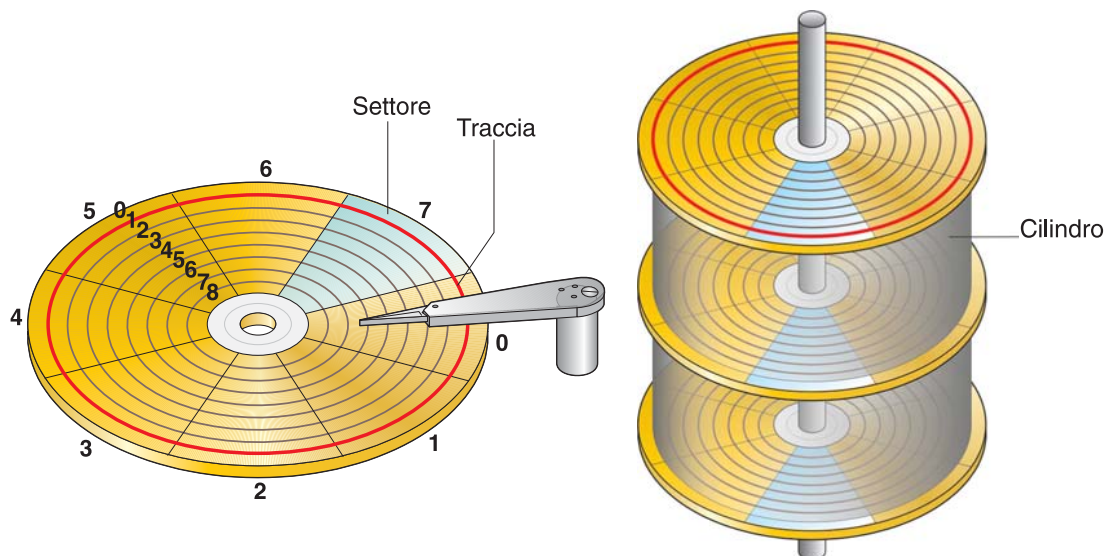
Nelle operazioni di backup in sistemi medio/grandi o per la gestione di archivi molto grandi (di diversi terabyte), si impiegano sistemi **robotizzati** in grado di ritrovare, tra le decine o centinaia di nastri che il sistema è in grado di contenere, uno specifico *cartridge* da collocare nel drive per le operazioni di lettura e scrittura. terminate le operazioni di I/O il robot preleva il nastro dal drive e lo ripone nella libreria.

Il disco magnetico e l'unità a dischi

Il **disco magnetico** è costituito da un sottile disco metallico con le facce ricoperte da materiale magnetizzabile. Più dischi possono essere montati su un medesimo asse centrale intorno al quale ruotano con velocità uniforme: si parla allora più precisamente di pacchetti di dischi o **disk-pack**.

Le due facce del disco (**superfici**) sono suddivise in **piste** (o **tracce**, in inglese *tracks*) concentriche, le quali a loro volta sono suddivise in **settori** (tipicamente della dimensione di 512 byte). I settori sono separati da **gap**. L'insieme delle piste a uguale distanza dal centro viene detto **cilindro**.

Un gruppo di settori di un disco si chiama **blocco** e costituisce la quantità di dati che viene effettivamente trasferita in un'operazione di I/O da disco.



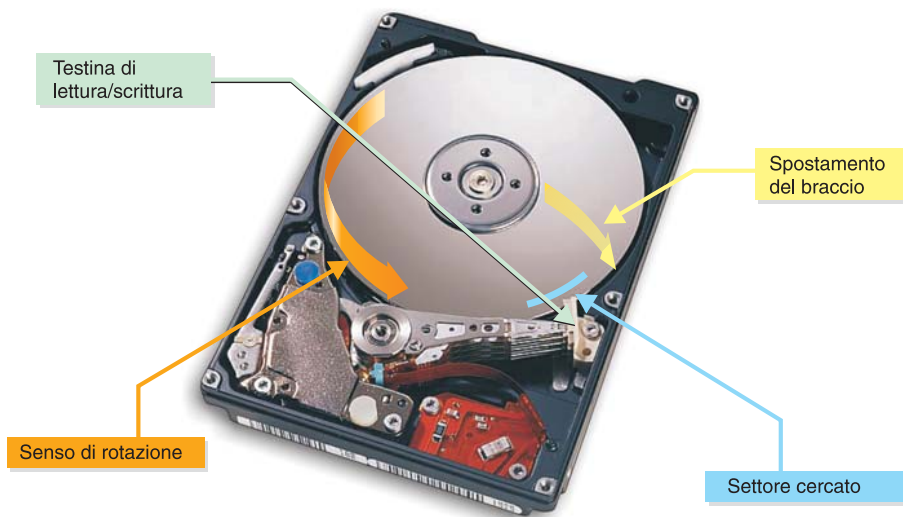
La figura mostra un dispositivo con 3 dischi, 6 superfici, 9 cilindri (da 0 a 8) e 8 settori (da 0 a 7) per traccia. Su ogni faccia di un disco ci sono allora 72 settori e l'intero volume ne contiene $72 \times 6 = 432$.

Le testine di lettura e scrittura delle unità a dischi, una per ogni superficie, sono montate su un unico braccio meccanico, che consente il movimento radiale tra i dischi. Quindi la traccia è la parte della superficie del disco che passa sotto la testina di lettura/scrittura quando il braccio non si sposta; il cilindro rappresenta l'insieme di tracce dei dischi alle quali si può accedere senza spostamento della testina di lettura/scrittura.

Contrariamente alle testine delle unità a nastro, le testine delle unità a dischi non sono a diretto contatto con la superficie del disco bensì a una distanza inferiore al millesimo di millimetro; questo fatto permette velocità di rotazione dell'ordine delle migliaia di giri al minuto ed evita fenomeni di usura.

In ogni settore, oltre ai dati accessibili dall'utente sono presenti ulteriori byte per individuare le tracce, le posizioni dei settori all'interno delle tracce e altre informazioni necessarie alla gestione del drive. La loro definizione varia da sistema a sistema ma, di norma, in ogni settore sono presenti: informazioni per identificare il settore, informazioni per dichiarare il settore difettoso e non più utilizzabile, i dati accessibili dall'utente, codici di controllo per garantire l'integrità dei dati, gap di separazione tra i settori.

Tali informazioni sono memorizzate sul disco nel corso della sua formattazione a **basso livello**, operazione che, nei sistemi attuali, viene di norma effettuata direttamente dal costruttore del disco. La formattazione a basso livello definisce la struttura fisica e la geometria del disco. Vi è anche una formattazione ad **alto livello**, effettuata dall'utente, che prepara il disco per essere utilizzato secondo le richieste del *file system* del sistema operativo.



Nei dischi magnetici si parla di **accesso diretto** alle informazioni in quanto l'accesso a un blocco è indipendente dalla posizione degli altri, e il tempo di accesso è indipendente dalla posizione del blocco sul disco: per poter accedere in lettura o scrittura al blocco contenente il record desiderato occorre specificare il numero del cilindro (che determina la posizione del braccio), il numero della testina (per individuare la pista nel cilindro) e il numero del settore che identifica una posizione nell'ambito di una specifica traccia.

Il tempo di ritrovamento dei dati, cioè il tempo che intercorre tra l'interpretazione dell'indirizzo del blocco e il posizionamento della testina all'inizio del blocco stesso, risulta quindi formato dal:

- tempo di **posizionamento** del braccio (*seek time*). Varia in funzione del numero di tracce che devono essere attraversate per posizionarsi sul cilindro desiderato. Nei dischi attualmente in uso assume valori di 0,2 - 0,6 millesimi di secondo (ms) per traccia attraversata;
- tempo di **latenza rotazionale**, cioè il tempo occorrente perché il settore cercato passi sotto la testina. Mediamente è pari al tempo necessario per compiere mezza rotazione del disco e dipende dalla sua velocità di rotazione. Considerando le velocità di rotazione maggiormente diffuse nei personal computer attuali (comprese tra 3600 e 7200 giri al minuto) il tempo di latenza assume valori compresi tra 8 e 4 ms mentre scende sino a 3 e 2 ms per i dischi ad alte prestazioni, di impiego diffuso nei *server*, che ruotano a 10.000 e sino a 15.000 giri al minuto.

La somma dei due tempi costituisce il *tempo di accesso* e assume mediamente valori compresi tra 8 e 21 ms a seconda dei dispositivi considerati. La velocità di trasferimento dei dati (*transfer rate*) dipende ovviamente dall'unità adottata, ma comunque assume valori superiori ai 10 Mbyte/sec e raggiunge punte di alcune centinaia di Mbyte/sec.

Con questi valori del *transfer rate* il trasferimento di un settore di 512 byte avviene in 0,0015 – 0,05 ms. Ne discende che il tempo per trasferire un settore, o un *blocco* formato da alcuni settori contigui, risulta trascurabile rispetto al tempo di accesso e non influisce significativamente sulle prestazioni del disco.

La capacità dei dischi attuali varia da alcune decine a diverse centinaia di gigabyte per singolo drive. La capacità di un disco è in funzione di quanto stretti possono essere registrati i bit su una stessa traccia (**densità lineare**) e di come possono essere messe vicine le tracce sulla superficie di un disco (**densità delle tracce**). I dischi moderni hanno una densità lineare superiore a 800.000 bit per inch (*bpi*) e una densità di traccia superiore a 130.000 tracce per inch (*tpi*).

Le due densità e la loro combinazione, detta **densità di area**, dipendono dai materiali con cui viene realizzato il disco.

Ogni progresso nella densità di registrazione, risultante dall'uso di nuovi materiali richiede un aumento contemporaneo nella precisione delle testine di lettura e scrittura e dei meccanismi che le controllano.

Per esempio, il disco fisso di un personal computer può avere le seguenti caratteristiche: 6720 cilindri, 8 testine, 512 byte per settore e 2000 settori per traccia. Moltiplicando tra loro questi valori si ottiene una capacità di circa 54 Gigabyte:

$$\begin{aligned} & (6720 \times 8) \text{ tracce} \times 2000 \text{ settori/traccia} \times 512 \text{ byte/settore} = \\ & = 6720 \times 8 \times 2000 \times 512 / 1024 \text{ KByte} = \\ & = 6720 \times 8 \times 1000 \text{ KByte} = 53.760.000 \text{ KByte} \end{aligned}$$

Sono entrati nell'uso comune dispositivi detti **flashdisk** o **memory stick** o **pendisk**, che sfruttano la tecnologia delle *memorie flash* e appartengono alla categoria dei *solid state disk* (dischi a stato solido) in quanto sfruttano quel tipo di tecnologia invece della magnetizzazione e non hanno parti meccaniche in movimento. Come i dischi le memorie flash sono riscrivibili e non volatili, sono ad accesso diretto e con esse è possibile realizzare forme di memorizzazione con le caratteristiche richieste per le memorie di massa. Sono dispositivi *Plug and Play* collegabili a un computer tramite la porta USB dalla quale ricevono anche l'alimentazione necessaria al funzionamento della memoria. Sono in commercio dispositivi di capacità compresa tra 1 e 256 GB, con *transfer rate* fino a 5 MB/sec. Sono commercializzati in forme che ne evidenziano la trasportabilità quali, per esempio, il cappuccio di una penna o un portachiavi. Hanno limitate dimensioni e pesano pochi grammi.

Sono la naturale evoluzione del dischetto per il trasferimento dei file tra sistemi e sono un ottimo dispositivo per il salvataggio dei dati nelle applicazioni di tipo personale.

I vantaggi nell'uso dei dischi sono evidenti: possibilità di accesso diretto, alta velocità di trasferimento (fino ad alcune centinaia di Megabyte al secondo), capacità di memorizzazione molto alte e lunga durata del supporto, poco soggetto a fenomeni di usura in quanto le testine non toccano la superficie magnetizzata. L'unico svantaggio nei confronti delle unità a nastro è implicito nel nome stesso del dispositivo (si parla di *dischi fissi*) che, di norma, non è rimovibile: non può essere sostituito con un altro disco e non può essere trasferito da un sistema a un altro o archiviato fuori linea.

Le tendenze in atto e alcune conseguenze pratiche

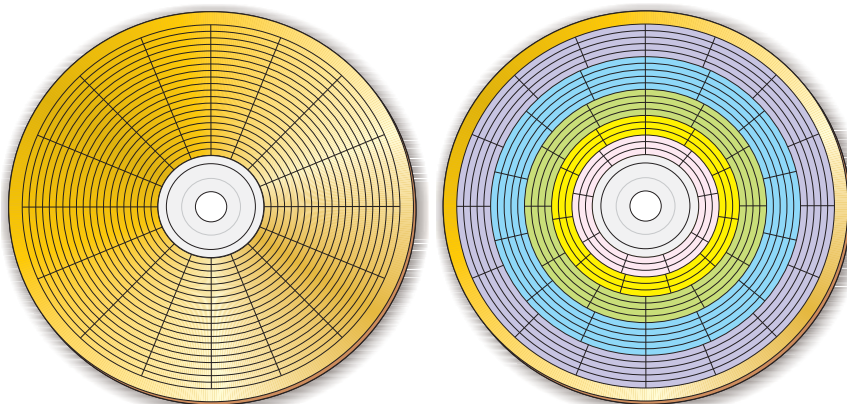
Nel loro disegno di base i dischi attuali non sono significativamente differenti dai dischi di 20 o 30 anni fa, anche se la velocità di rotazione è più elevata e la capacità è incredibilmente aumentata. Esaminando le tendenze in atto in questi ultimi anni emergono come fattori significativi: l'aumento della *velocità di rotazione* dei dischi, il grande incremento della *densità di area*, che ha permesso di aumentarne in modo inaspettato la capacità nonostante la *riduzione delle loro dimensioni*, che è un altro fattore caratteristico.

Poiché la riduzione delle dimensioni dei dischi sembra essere esattamente il contrario di quello che si dovrebbe fare per costruire dischi più capienti, vale la pena di esaminare le ragioni che hanno spinto i progettisti a passare dai dischi di diametro superiore ai 50 cm del passato agli attuali dischi da 3,5", 2,5" e anche meno, dei computer moderni.

1. Se il diametro del disco è minore, allora il disco è più rigido e ha minore massa. Di conseguenza è più facile costruire dischi che girano ad alta velocità e che raggiungono rapidamente la velocità di rotazione. Maggior velocità di rotazione significa poi maggior *transfer rate* di picco e minor tempo di *latenza rotazionale*: se la velocità di rotazione raddoppia, si raddoppia la quantità di settori adiacenti che possono essere trasferiti dal disco in un secondo, mentre si dimezza il tempo per fare mezzo giro.
2. Per effetto della riduzione della massa i costruttori possono realizzare dischi che consumano meno, sono più silenziosi e producono meno calore.
3. La riduzione del diametro rende più semplice il processo di fabbricazione della superficie del disco, che deve essere il più possibile liscia e uniforme, migliorandone l'affidabilità. Le testine di lettura/scrittura, potendo volare più vicine alla superficie del disco, permettono di avvicinare le tracce aumentando la densità di traccia e quindi la capacità del disco.
4. La riduzione del diametro del disco diminuisce il tempo medio di posizionamento del braccio sulla singola traccia per effetto della minor distanza coperta dal braccio negli spostamenti tra zone diverse del disco.

La riduzione delle dimensioni del disco permette insomma di migliorare sia *seek time* che tempo di *latenza rotazionale* e, avvicinando tra loro le tracce, aumenta la densità di area. Se poi, per effetto dei miglioramenti tecnologici, si possono mettere più bit in un centimetro si comprende come la riduzione della superficie a disposizione sia stata compensata.

Un altro modo di aumentare la capacità dei dischi è stato quello di utilizzare la tecnica di registrazione dei dati su disco che prende il nome di *multiple zone recording* o, semplicemente **zone recording**, che consiste nell'aumentare il numero di settori per traccia passando dalle tracce interne alle tracce esterne.



Tradizionalmente tutte le tracce dei dischi hanno il medesimo numero di settori, trascurando in tal modo la possibilità di mettere un maggior numero di settori sulle tracce più esterne che sono più lunghe di quelle poste vicino al centro del disco. Si dice infatti che i bit sono scritti con *densità angolare costante* (e di conseguenza con densità lineare variabile). Adottando questa tecnica, il numero di settori per traccia è però limitato dal numero di settori che si riescono a mettere sulla traccia più interna: il numero è determinato dalla densità lineare permessa dalla tecnologia adottata.

Questa scelta ha il vantaggio di avere un disco dalla geometria semplice e facilita il lavoro del drive che deve tradurre il numero di blocco da trasferire negli opportuni valori di cilindro, superficie e settore che identificano la sua posizione fisica su disco. Lo svantaggio è però dato dalla riduzione della capacità del disco che potrebbe contenere molti più settori di quelli che ci sono effettivamente.

Come esempio di *zone recording* consideriamo un disco reale, prodotto con questa tecnica, nel quale le 34.327 tracce di una superficie sono suddivise in 15 zone di differente ampiezza. Le 624 tracce della zona più esterna sono formattate a 792 settori/traccia, mentre la zona più vicina al centro del disco è composta da 1.815 tracce a 370 settori/traccia. Per effetto di questa strategia, una superficie del disco può contenere 20.114.718 settori da 512 byte, per una capacità complessiva di 9.822 MB.

Lo stesso disco trattato nel modo tradizionale sarebbe formattato con 34.327 tracce con 370 settori l'una per un totale di 12.700.990 settori. La tecnica del *zone recording* ha permesso quindi di aumentare del 58% la capacità del disco, naturalmente al prezzo di una maggior complessità nella gestione del disco.

Il *bit zone recording* migliora non solo la capacità del disco, ma anche il suo *transfer rate*: più settori ci sono in una traccia, maggiore sarà il numero di settori che possono essere trasferiti in un secondo. Per esempio, nel disco considerato, il *transfer rate* varia da 173,8 a 372 Mbit/sec nel passare dalla zona più interna a quella più esterna.

Terminiamo queste considerazioni con un'osservazione riguardante alcuni possibili effetti del **partizionamento** di un disco, ossia di quell'operazione che permette di suddividere un unico disco fisico in due o più dischi logici, visti dal sistema operativo come dischi differenti.

Poiché, per effetto del partizionamento, a ogni disco logico vengono assegnati un certo numero di cilindri contigui, nel caso di un moderno disco che adotta la tecnica del *bit zone recording*, il disco logico al quale sono attribuiti i cilindri più esterni ha un *transfer rate* più elevato degli altri dischi logici. Ne segue che, costruendo una partizione del disco di limitate dimensioni collocata nei cilindri vicini al bordo esterno del disco, si ottiene un disco logico ad alte prestazioni, sia per il più elevato *transfer rate*, sia per il minor *seek time*, in quanto viene minimizzato il numero di spostamenti del braccio.

I dischi ottici

I **CD** (*Compact Disk*) musicali sono presenti sul mercato da molti anni. Il successo commerciale dei CD ha portato allo sviluppo degli attuali **CD-ROM**, basati sulla medesima tecnologia dei CD musicali e prodotti con le medesime attrezzature. I CD-ROM sono pertanto compatibili sia meccanicamente che otticamente con i compact disk musicali. Lo standard del CD-ROM (*Compact disk – Read Only Memory*) è stato definito nel 1984 e ha portato allo sviluppo di una serie di dischi ottici per realizzare memorie di massa rimovibili, di sola lettura, a basso costo e di facile duplicabilità, di notevole interesse per diversi campi di applicazione. I CD sono prodotti a partire da un *disco master* nel quale un raggio laser ad alta potenza produce sulla superficie dei fori del diametro di 0,8 *micron* (1 *micron* = 10^{-6} m). Dal disco master si ricava uno stampo che viene usato per la vera e propria produzione dei CD mediante iniezione di una resina di policarbonato.

La superficie di policarbonato del disco, che riproduce l'esatta sequenza di depressioni del disco master, viene ricoperta con uno strato di materiale riflettente (alluminio) e da un ulteriore strato protettivo. In lettura un raggio laser a bassa potenza invia un raggio che viene riflesso dalla superficie del disco in modo differente, a seconda della sequenza di depressioni presenti sulla superficie, permettendo il riconoscimento di due stati distinti. Il passaggio da uno stato all'altro viene riconosciuto come un 1, l'assenza di cambiamento è associata invece allo 0.

Le informazioni sono disposte sul disco, con *densità lineare costante*, su un'unica traccia a forma di spirale che parte dal centro del disco verso l'esterno. Se il numero di bit per cm è lo stesso nelle tracce interne e nelle tracce esterne, il disco deve ridurre la velocità angolare (da 530 a 200 giri/minuto) nel passare dalle tracce più interne della spirale a quelle più esterne per permettere lo scorrimento delle informazioni alla velocità costante di 1,2 m/sec adottata per la riproduzione dei suoni.

Il **CD-ROM** viene prodotto con le medesime modalità dei CD musicali e, come in questi, i dati sono distribuiti in un'unica traccia che contiene 333.000 settori di 2352 byte l'uno scritti a densità lineare costante.

Ogni settore inizia con un preambolo di 16 byte che serve a riconoscere l'inizio di un nuovo settore e la sua identificazione. Da qui in poi CD audio e CD-ROM differiscono: nei primi tutti i 2336 byte rimanenti contengono informazioni, mentre nei CD-ROM 2024 byte sono utilizzati per i dati e i rimanenti 288 byte contengono un codice a correzione d'errore per garantire la correttezza dei dati memorizzati. I motivi alla base di questa scelta sono piuttosto naturali: mentre è accettabile un bit errato in una sequenza audio o in un'immagine, un solo bit fuori posto nel codice di un programma lo può rendere completamente inutilizzabile.

La capacità di un CD-ROM così formattato è di $333.000 \times 2048 = 681.984.000$ byte = 650 MB circa, essendo $1\text{MB} = 1024 \times 1024$ byte. Nel caso dei CD i byte utili sono invece $333.000 \times 2332 = 777.888.000$ byte corrispondenti a circa a 742 MB. Usando invece il tempo come unità di misura della capacità del CD audio, occorre partire dal fatto che 1 secondo di registrazione richiede l'occupazione di 75 settori. Quindi la capacità totale in termini di tempo di registrazione è $333.000 : 75 = 4440$ secondi che corrispondono esattamente a 74 minuti.

A causa della geometria del CD, il raggiungimento di uno specifico settore è un'operazione più complicata rispetto al disco magnetico. Il disco stima la posizione del settore rispetto al centro del disco, si posiziona sulla traccia corrispondente, controlla su quali settori si è posizionato e "aggiusta il tiro" per arrivare al settore cercato. Di conseguenza il tempo di posizionamento su un settore richiede tempi dell'ordine delle centinaia di millisecondi.

I lettori di CD-ROM sono caratterizzati dalla velocità che determina la *transfer rate* dei dati dalla periferica alla memoria centrale. I primi lettori operavano alla velocità di 150 KBps (Kilobytes per secondo) indicata con la sigla **1X**; le velocità dei lettori prodotti successivamente sono indicate con i multipli di quella velocità: 2X (300Kbps), 4X, ... e così via sino agli attuali 52X.

La velocità del lettore è importante nelle applicazioni multimediali per la riproduzione senza inceppamenti di video e suoni.

Avendo capacità inferiori al GB e tempo di accesso ai dati dell'ordine delle centinaia di millisecondi, i CD-ROM non sono sicuramente memorie di massa della stessa categoria dei dischi magnetici attuali. Le loro caratteristiche più interessanti, che ne identificano i possibili impieghi, sono date dalla non modificabilità delle informazioni memorizzate, dalla rimovibilità del supporto e dalla loro duplicabilità a basso costo per elevati volumi di copiatura.

Fino a qualche anno fa la preparazione di un CD era un'operazione complessa che richiedeva apparecchiature costose disponibili in società di servizi specializzate: oggi l'apparecchiatura per scrivere su CD (**masterizzatore**) è disponibile a costi bassi anche su personal computer. Quindi i dischi ottici sono disponibili, oltre che nel formato di sola lettura dei CD-ROM, anche in versioni che ne consentono la scrittura e la riscrittura.

I **CD-R** (*recordable*) sono dischi registrabili che superano la limitazione dei CD-ROM caratterizzati dalla sola lettura. Possono essere utilizzati come supporti di memorizzazione rimovibile per file di grandi dimensioni, per presentazioni multimediali di prodotti e per cataloghi o archivi anagrafici di medie dimensioni. Un CD-R originale poi può essere creato come disco *master* per la duplicazione e la distribuzione in numero elevato di copie sfruttando il basso costo di duplicazione.

I CD-R sono un esempio di dischi **WORM** (*Write Once Read Many*), cioè memorie sulle quali è possibile registrare una sola volta e leggere più volte.

Questa caratteristica, che può sembrare una limitazione, in realtà risulta adatta alle situazioni molto comuni nelle quali si ha la necessità di archiviare grandi quantità di documenti che non possono essere alterati da interventi successivi, se non con appositi ulteriori documenti di rettifica. Si pensi ai documenti legali, alle transazioni finanziarie, alla documentazione di Enti e uffici della Pubblica Amministrazione.

Il disco CD-R si presenta con uno strato dorato in profondità, e uno strato blu/verde superficiale. La tecnica di registrazione dei dati utilizza il riscaldamento prodotto da un raggio laser ad alta potenza e consiste nello scolorimento di punti della superficie colorata del disco che vengono così resi opachi e nello sfruttamento delle proprietà riflettenti dello strato dorato sottostante. La lettura avviene come nei CD-ROM mediante laser a bassa potenza.

I CD-R hanno capacità e caratteristiche identiche a quelle dei CD-ROM. I CD-R possono essere letti da un drive CD-ROM, ma possono essere scritti solo da un drive CD-R. Le velocità dei drive per CD-R sono ormai identiche a quelle dei drive per CD-ROM.

È possibile fare registrazioni in *multisessione* aggiungendo dati in momenti successivi. Ovviamente non si possono effettuare modifiche sui dati già registrati mentre possono essere simulate le cancellazioni dei file. Nella definizione del *file system* del CD-R, infatti, per permettere le scritture incrementali, è stata introdotta in ogni traccia una directory con l'elenco di tutti i file memorizzati nel disco (a differenza dello standard dei CD-ROM che prevede una sola directory di volume). Ad ogni nuova scrittura l'elenco dei file su disco viene aggiornato e scritto su una nuova traccia. Il *file manager*, scandendo tutte le tracce, è in grado di identificare la directory con l'elenco più recente che potrebbe escludere alcuni file cancellati logicamente.

I dischi **CD-RW** (*Rewritable*) consentono di effettuare registrazioni, modifiche e cancellazioni successive. Velocità tipiche del dispositivo sono di 16X in scrittura e 24X in lettura. Non tutti i CD-RW sono leggibili con un normale lettore di CD-ROM, ma soltanto con l'apposito drive per CD-RW, in quanto utilizzano una tecnica di registrazione che richiede un drive con la capacità di modulare un raggio laser con tre diverse potenze.

I dischi CD-RW utilizzano un diverso tipo di pellicola sulla quale l'opacità, prodotta dal raggio laser ad alta potenza, non è permanente, ma scompare con un passaggio del laser stesso a media potenza. La superficie del disco esposta al laser può quindi passare da uno stato amorfo (opaco) a uno stato cristallino (trasparente) e viceversa. Il raggio laser a bassa potenza non modifica lo stato della pellicola ed è usato in lettura.

I dati contenuti nel disco possono essere quindi cancellati e lo spazio riutilizzato per nuove registrazioni.

Negli anni più recenti la tecnologia ha creato i nuovi lettori e i nuovi supporti per la tecnologia **DVD** (*Digital Versatile Disc*).

Gli appositi lettori di dischi DVD possono leggere anche i normali CD-ROM, ma sono stati progettati per trattare le informazioni multimediali in formato digitale con qualità di riproduzione delle immagini e dei suoni notevolmente più elevata rispetto alle cassette VHS.

I video seguono lo standard *MPEG*, per la compressione delle informazioni video; la qualità di riproduzione dei suoni è di tipo stereo o *Dolby Digitale*, che consente un suono nitido su canali multipli e in modalità surround, come nei moderni impianti Hi-Fi.

La tecnica di registrazione è simile a quella dei CD, ma le incisioni sono più compatte e le tracce della spirale sono più vicine, fornendo una capacità sette volte superiore.

La capacità di memorizzazione di un disco DVD può essere di 4,7 Gigabyte su uno dei suoi due lati, corrispondenti a circa 133 minuti di filmato. Alcuni dischi DVD poi sono non solo a doppia faccia (con una capacità di 9,4 GB), ma anche a doppia densità di registrazione (8,5 GB su un solo lato), quindi possono potenzialmente contenere circa 17 GB di video, audio o altri dati.

Le case costruttrici che hanno sviluppato la tecnica DVD-R e DVD-RW si sono accordate sullo standard da adottare all'interno di un'associazione che si è data il nome di *DVD-Forum*. In seguito è stato sviluppato un nuovo standard promosso da un gruppo di costruttori che si riconosce nel nome *DVD+RW Alliance*. I DVD che seguono il nuovo standard sono indicati con la sigla DVD+R e DVD+RW, per indicare dischi DVD scrivibili e, rispettivamente, riscrivibili.

Gli standard adottati dai due gruppi sono simili e la principale differenza consiste, in pratica, nella possibilità di scrivere su più strati della singola faccia del disco nel caso della tecnologia DVD+R, mentre la tecnologia DVD-R prevede la scrittura su un solo strato per superficie. Ne segue che, mentre i DVD-R/-RW hanno capacità di 4,7 GB (o 9,4 GB nel caso di DVD a doppia faccia), i DVD+R/+RW possono immagazzinare sino a 8,5 GB per superficie. Ci sono poi drive DVD+R/+RW che possono leggere anche dischi registrati nel formato DVD-R, ma questa caratteristica non è garantita dagli standard adottati dai due gruppi. I due standard sono poi supportati dalla maggior parte dei riproduttori DVD e dai DVD-ROM.

Ci sono infine drive indicati con la sigla DVD±R e DVD±RW. Questi drive non operano secondo un formato ancora differente, ma sono dispositivi in grado di funzionare sia in modalità -R/-RW che in modalità +R/+RW, garantendo quindi la completa compatibilità dei supporti.

A partire dal 2002 la Sony ha immesso sul mercato i **Blu-ray Disc** (BD) che rappresentano una evoluzione dei DVD. Sfruttando un raggio un laser a luce blu (da cui il nome) riesce a contenere fino a 54 GB, più di 11 volte la capacità di un DVD a singola faccia e singolo strato. Un BD è in grado di contenere sino a 4 ore di filmato ad alta definizione.

I dischi ottici presentano come vantaggi:

- l'accesso random che li rende preferibili ai nastri, per i quali l'accesso è solo sequenziale,
- le discrete capacità che li rendono particolarmente adatti nelle applicazioni che prevedono l'uso di archivi di grandi dimensioni aggiornati raramente,
- l'affidabilità, anche con frequenti operazioni di accesso.

Tra l'altro vengono eliminati i rischi di crash delle testine, possibili nei drive per dischi magnetici. Inoltre i buchi realizzati sulla superficie dei dischi ottici sono registrazioni fisiche anziché stati magnetici, quindi questi supporti non possono essere danneggiati da campi magnetici.

D'altra parte, l'alto tempo d'accesso, dell'ordine di diverse centinaia di millisecondi, e il *transfer rate* massimo di 7,6 MB/sec, spinge a collocare queste memorie di massa in una categoria differente rispetto a quella dei dischi magnetici che evidenziano tempi di accesso attorno ai 10 ms e *transfer rate* dell'ordine delle centinaia di MB/sec.

Elementi caratterizzanti di CD-ROM e DVD, considerando lo stato attuale della tecnologia delle memorie di massa, sono invece da considerarsi i seguenti:

- l'essere memorie stabili, a sola lettura, molto affidabili;
- l'essere memorie rimovibili e, di conseguenza, trasportabili e immagazzinabili;
- la possibilità di duplicare i contenuti di un disco ottico in centinaia o migliaia di copie a basso costo e a grande velocità;
- la discreta capacità e il basso costo del volume.

Di conseguenza i dischi ottici risultano particolarmente adatti nelle seguenti applicazioni:

- registrazione di documenti originali e ritrovamento in modo facile (*document retrieval*),
- costruzione di grandi archivi integrati,
- versione elettronica di manuali tecnici,
- distribuzione di programmi didattici per l'apprendimento delle discipline,
- distribuzione di programmi tutoriali per l'addestramento all'uso di prodotti software,
- archiviazione di dati storici: per esempio analisi mediche, bilanci, posta in arrivo,
- applicazioni editoriali quali: versione elettroniche di dizionari, enciclopedie, atlanti stradali,
- distribuzione di software e relativi manuali.

I dischi ottici trovano sicuramente spazio e grande sviluppo nelle applicazioni multimediali, perché offrono la possibilità di registrare informazioni di tipo diverso (immagini, fotografie, filmati, suoni), e il vantaggio della lettura continua, che risulta molto importante nelle animazioni e nei filmati.



La tendenza e l'aspirazione degli operatori dell'*office automation* all'eliminazione della carta (*paperless office*) può trovare nei dischi ottici di grandi capacità una buona soluzione, offrendo una valida alternativa agli archivi su carta o su microfilm.

Le innovazioni nel settore delle memorie di massa, sia nelle unità periferiche sia nei supporti, insieme alle elevate capacità di memorizzazione, offrono oggi soluzioni convincenti per soddisfare la richiesta di informazioni da parte delle aziende che è in continua crescita:

- possibilità di avere sempre in linea una grande quantità di dati per applicazioni diverse;
- maggiore controllo della disponibilità di informazioni, per gli utenti che si trovano anche a grandi distanze, su supporti di grandi capacità;
- operazioni di ritrovamento dei dati svolte in tempi molto brevi e in modo concorrente sugli stessi dati da parte di più utenti contemporaneamente;
- riduzione progressiva dello spazio fisico destinato alle unità periferiche che gestiscono le memorie di massa e del volume dei supporti che contengono i dati; i dischi ottici possono contenere ciascuno l'equivalente di informazione di milioni di pagine;
- possibilità di espansione delle dimensioni complessive degli archivi sulle memorie di massa nel tempo, garantendo la compatibilità con il nuovo hardware e il software applicativo e la trasportabilità dei dati su altri sistemi;
- maggiore durata nel tempo dell'integrità delle informazioni sui supporti rispetto ai documenti cartacei o ai microfilm.