



UNIVERSITA DEGLI STUDI DI FOGGIA

Dipartimento di Agraria

Cdl in Ingegneria dei Sistemi Logistici per l'Agroalimentare

Corso integrato di Sistemi di Elaborazione

Modulo I

Prof. Crescenzo Gallo

crescenzo.gallo@unifg.it

Memorie di massa

Le memorie di massa

Le memorie secondarie o di massa sono utilizzate per memorizzare grandi quantità di informazioni in modo permanente.

Caratteristiche principali (rispetto alla memoria centrale):

- ▶ non volatilità
- ▶ grande capacità
- ▶ bassi costi
- ▶ bassa velocità di accesso

Tali memorie si caratterizzano inoltre per due elementi:

- il **supporto** di memorizzazione (HD, CD, DVD)
- il **drive** (il dispositivo per funzionare/memorizzare)



Le memorie di massa

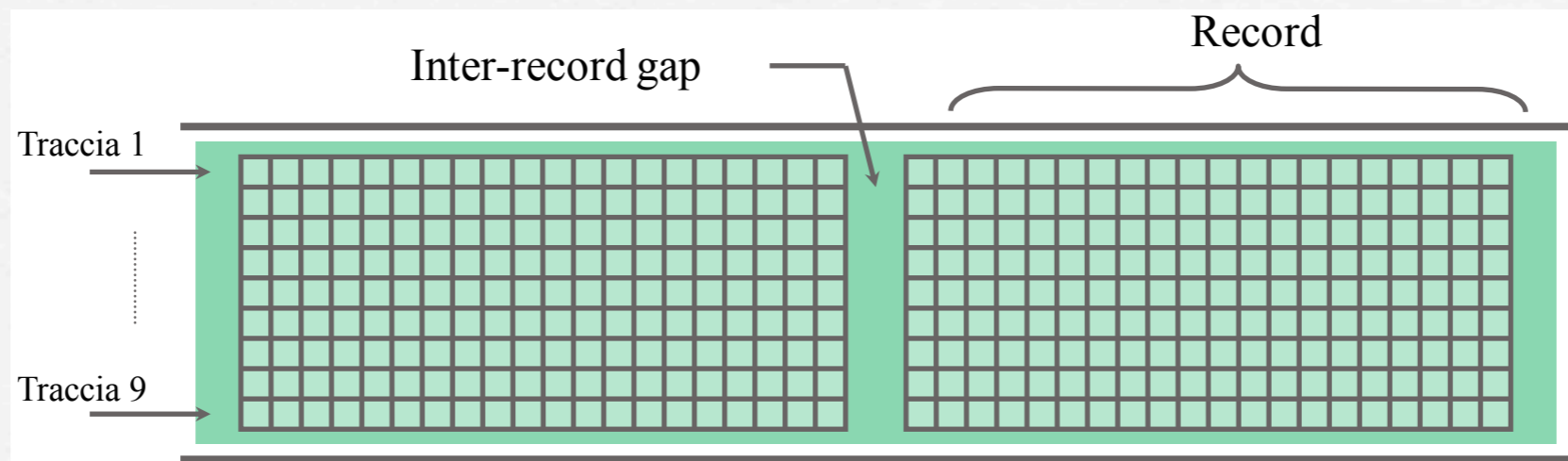


La **tecnologia** utilizzata per la registrazione è di tipo *magnetico*, *ottico* e *a stato solido*.

Il supporto dipende tipicamente dalla tecnologia:

- nastri magnetici
- dischi fissi (HD)
- dischi a stato solido (SSD)

Unità nastro



- ▶ Introdotte nel 1950
- ▶ Capacità di diversi GB (anche centinaia)
- ▶ Accesso sequenziale ai dati
- ▶ Molto lenti
- ▶ Utili solo per operazioni di backup

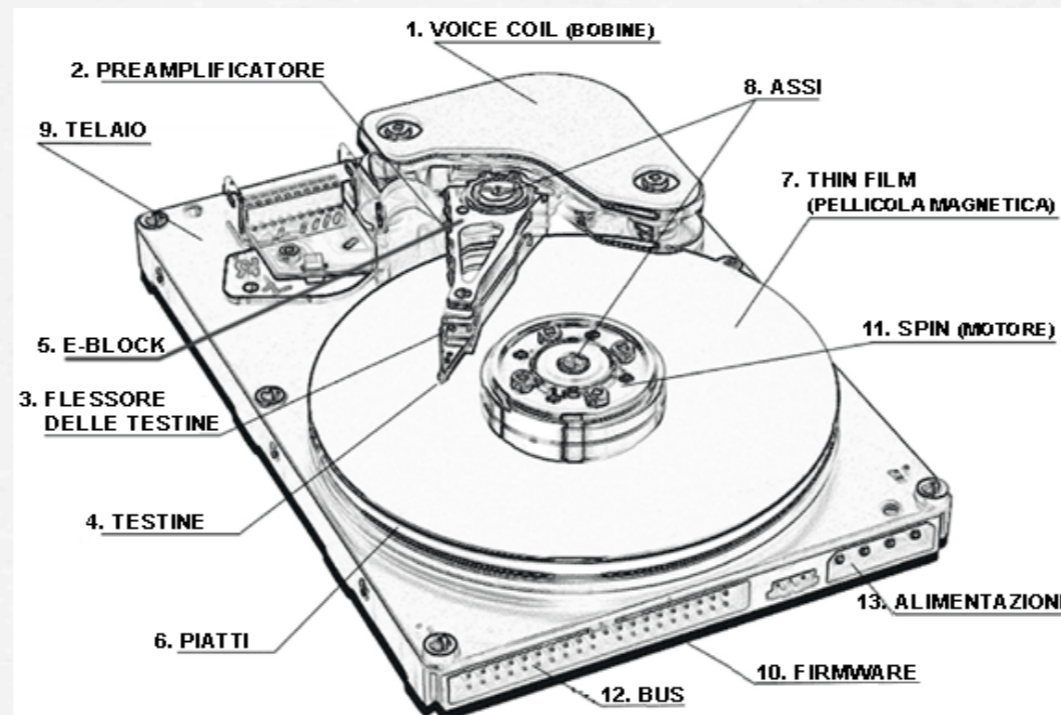
Hard disk

Introdotta da IBM nel 1956.

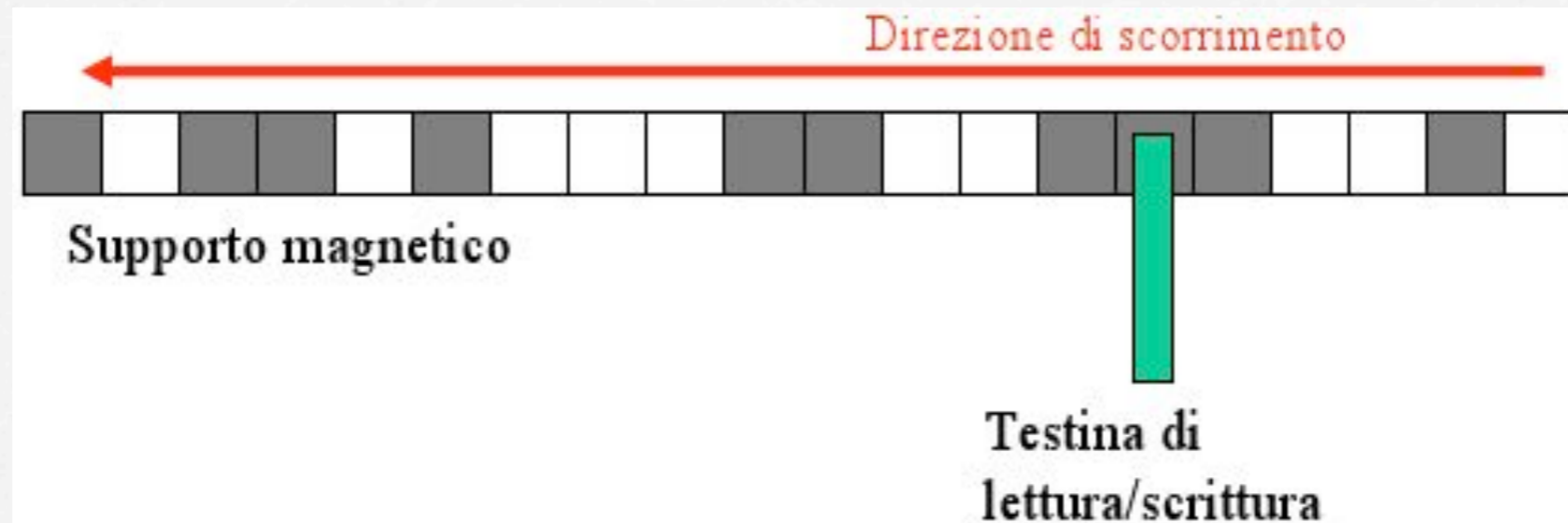
Un disco magnetico (disco fisso) è composto da uno o più piatti rotanti (generalmente di alluminio) ricoperti di materiale magnetico e da un gruppo di testine.

La testina (sospesa appena sopra la superficie magnetica) permette la scrittura e lettura di bit su un disco.

I bit sono memorizzati sotto forma di stati di polarizzazione (positiva e negativa).



Hard disk

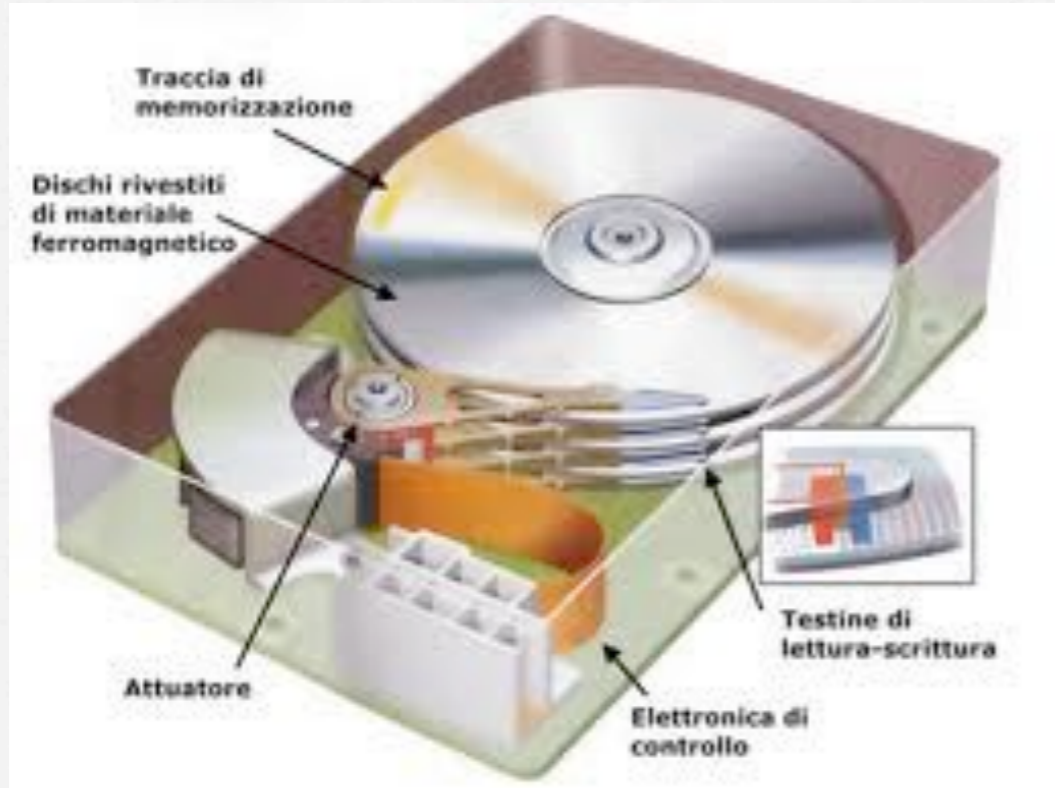


Scrittura: la testina emette impulsi elettrici che polarizzano in uno dei due modi possibili le particelle magnetiche presenti sul supporto.

Lettura: le particelle magnetiche inducono sulla testina una corrente elettrica che è diversa a seconda della polarità della cella in lettura.

NOTA: i dati memorizzati sono in forma binaria, ossia sono interpretabili come sequenze di 0 e 1

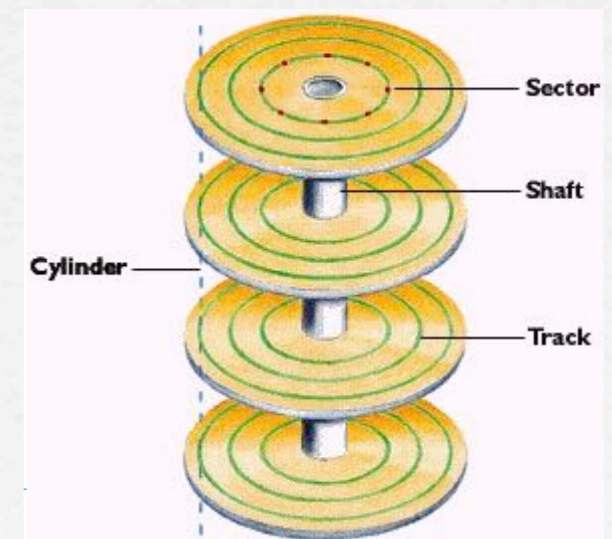
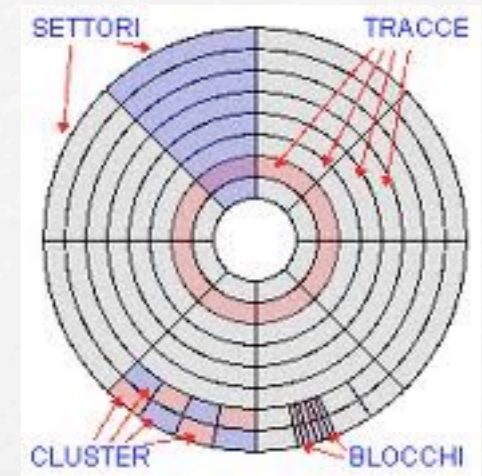
Organizzazione di un hard disk



- ▶ L'unità è in realtà costituita da diversi **dischi** (*disk-pack*).
- ▶ Entrambe le superfici di ogni disco sono rivestite di **materiale ferromagnetico** sul quale vengono memorizzate le informazioni.
- ▶ Le operazioni di lettura e scrittura sono realizzate da **testine**, poste su **bracci** e movimentate da un **attuatore**.

Organizzazione della superficie

- ◆ Tutte le informazioni memorizzate sul disco sono organizzate in **tracce** (corone circolari concentriche disposte sulla superficie del disco).
- ◆ Le tracce sono numerate a partire da zero dal bordo del disco e procedendo verso l'interno.
- ◆ Tutte le circonferenze (tracce) sono a loro volta suddivise in un numero uguale di **settori**, contenenti uno o più **blocchi** (normalmente da 512 byte) che sono le più piccole unità di memorizzazione sul disco.
- ◆ Normalmente il sistema operativo, quando formatta il disco, lo organizza in unità di allocazione dette **cluster**, costituite da più blocchi.
- ◆ Siccome l'unità è formata da più dischi, ad ogni traccia su un disco corrispondono tracce omologhe sugli altri dischi, che, nell'insieme, formano un **cilindro**.
- ◆ Cilindri, tracce e settori costituiscono la cosiddetta **geometria** del disco.



Formattazione di un HD

Formattazione

- ▶ Operazione che predispone tracce e settori per la lettura/scrittura.
- ▶ Circa il 15% dello spazio si perde in gap e codici di correzione errori.

Gap

- ▶ Piccolo spazio separatore tra ogni singola traccia.

Codici correzione errori

- ▶ Lo scambio di informazioni tra sistemi (per esempio CPU e RAM) è un flusso di elettroni ed è quindi soggetto a rumori—tipicamente di natura elettromagnetica—che possono distorcere il segnale (informazione) iniziale.
- ▶ In informatica la correzione di errore avviene arricchendo l'informazione iniziale con altre informazioni ridondanti.

Letture e scrittura su disco

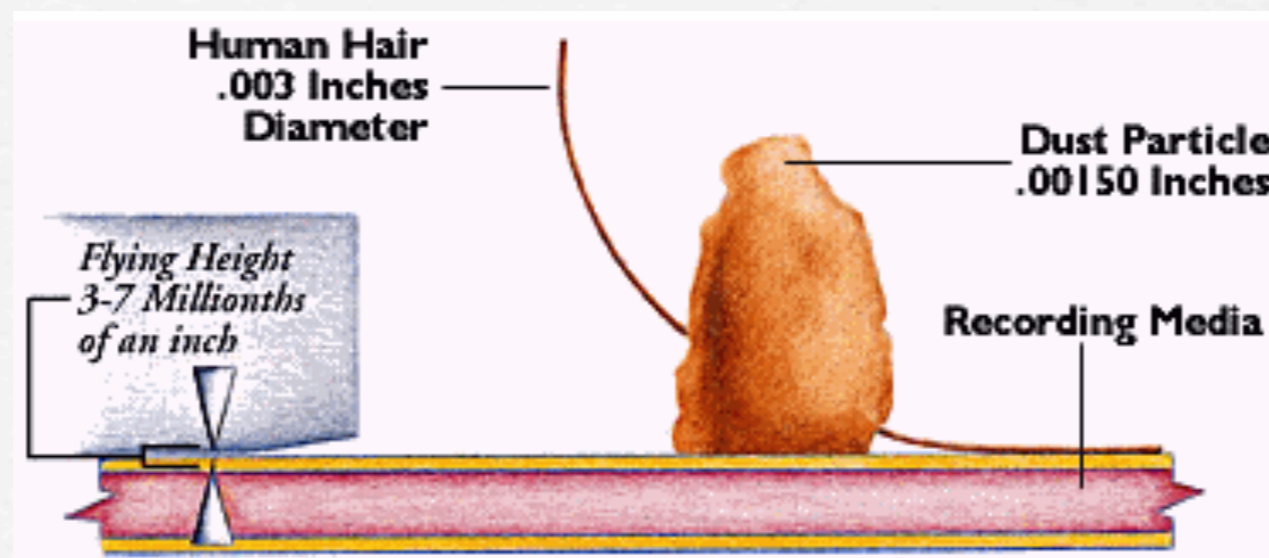
Le informazioni memorizzate sul disco sono codificate sotto forma di stati di memorizzazione di zone del materiale ferromagnetico disposto sulla superficie del disco.

Le operazioni di lettura/scrittura sono realizzate dalle testine tramite le seguenti fasi:

1. Posizionamento della testina sulla traccia (cilindro) di interesse
2. Attesa del passaggio del settore di interesse
3. Lettura o scrittura del dato.

Accesso ai dati di tipo *random*

Date le alte velocità di rotazione, le testine non toccano la superficie del disco, ma "planano" su di essa, mantenendosi ad una distanza dell'ordine di 10^{-4} mm.



Tempo di accesso al disco

- Il *tempo di accesso* al disco (alcuni msec) è influenzato da tre fattori:
 - **Seek** time: è il tempo necessario a spostare la testina sulla traccia; è il fattore più critico poiché si tratta di un movimento meccanico e non di un impulso elettrico.
 - **Latency** time: (anche rotational latency, latenza rotazionale) è il tempo necessario a posizionare il settore desiderato sotto la testina, e dipende dalla velocità di rotazione (~5-10.000 giri/min).
 - **Transfer** time: è il tempo necessario al settore per passare sotto la testina, riguarda la lettura vera e propria.
- Il **tempo di accesso** pertanto è dato dalla somma di questi tre termini:

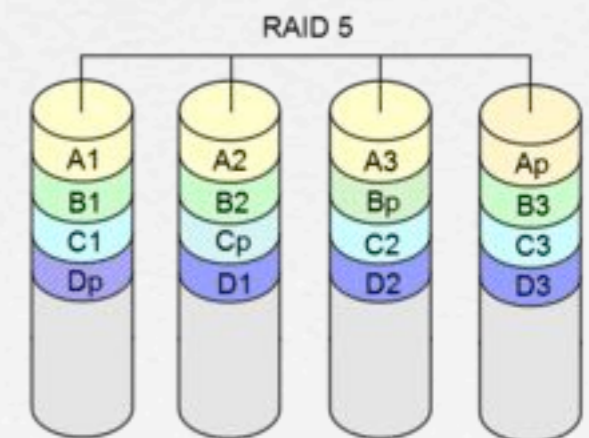
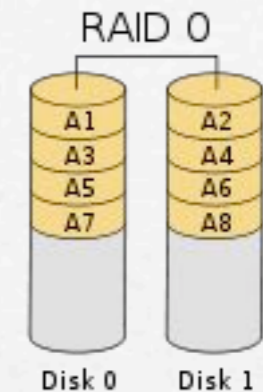
Seek
+
Latency
+
Transfer time



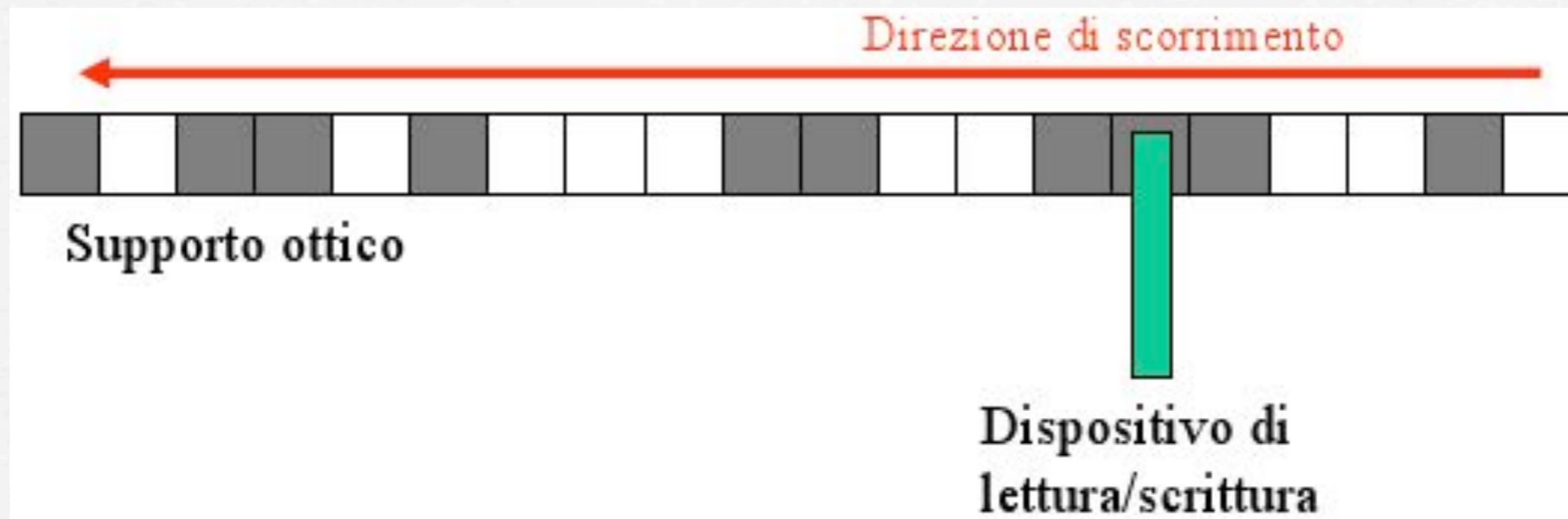
RAID

Redundant Array of Independent Disks

- Tecnologia per migliorare l'efficienza nell'accesso alle memorie di massa e la sicurezza. Sono disponibili sostanzialmente tre tipologie:
 - **RAID 0** (*striping*): consiste nello scrivere in parallelo su più dischi i dati, in modo da ridurre drasticamente i tempi di accesso (permette di combinare un insieme di dischi in una sola unità logica=volume). Sicurezza molto bassa.
 - **RAID 1** (*mirroring*): scrittura contemporanea su due dischi degli stessi dati. Massima sicurezza, ma raddoppio dei tempi di scrittura.
 - **RAID 5** (*striping con parità*): come RAID 0 ma usa una divisione dei dati a livello di blocco con i dati di parità distribuiti tra tutti i dischi appartenenti al RAID, in modo da poter ricostruire i dati memorizzati su un disco guasto, che normalmente può essere sostituito "a caldo" (*hot-swap*).
- Tipicamente si utilizzano anche combinazioni delle tecnologie precedenti (ad es. RAID 0+1).



Memorie ottiche



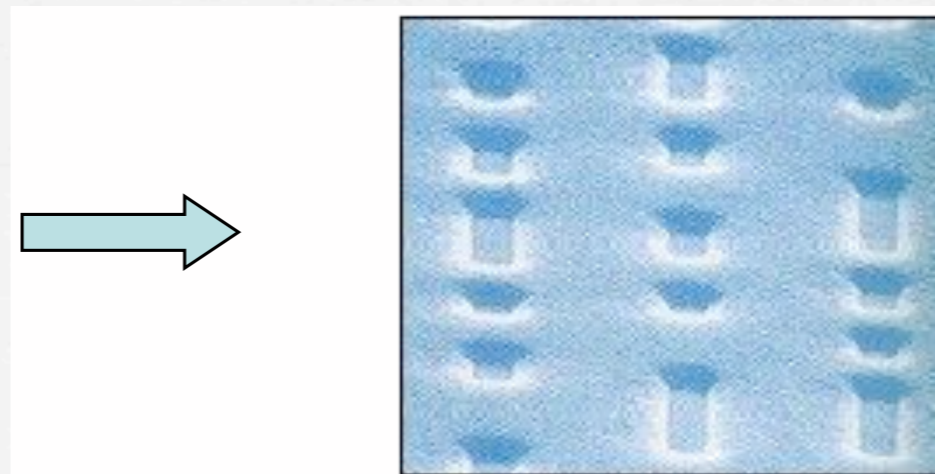
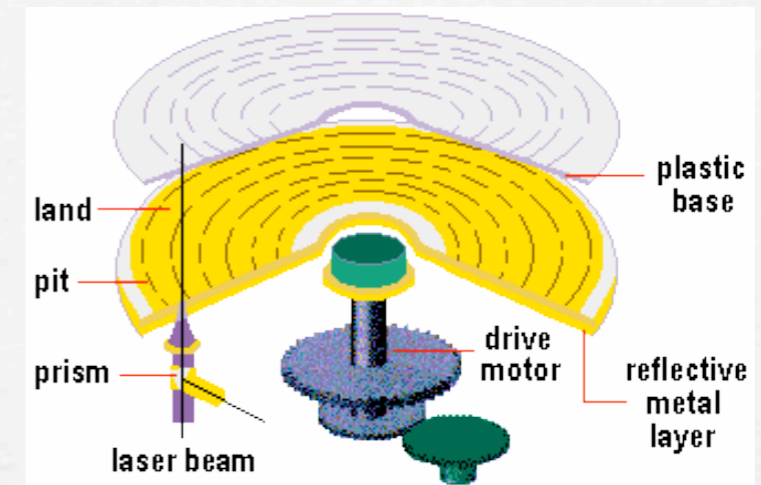
Scrittura: viene emesso un raggio laser che crea sottili scanalature sulla superficie del disco, creando un'alternanza di zone chiare (*intersolchi*) e scure (*scanalature*)

Lettura: il raggio laser colpisce la superficie del disco e la luce viene riflessa in quantità maggiore o minore a seconda della zona colpita. Un rivelatore fotoelettrico misura la differenza di tale intensità e converte i segnali in una sequenza binaria.

NOTA: anche in questo caso i dati sono memorizzati in forma binaria.

Compact disk

- ▶ Realizzato originariamente per l'audio (CD audio, 1980): 650 MB per 74 minuti o 700 MB per 80 minuti di audio
- ▶ Nel 1988 standard CD-R per i dati
- ▶ Disco in policarbonato con un'anima in materiale altamente riflettente, di solito alluminio
- ▶ I dati sono codificati tramite pits e lands



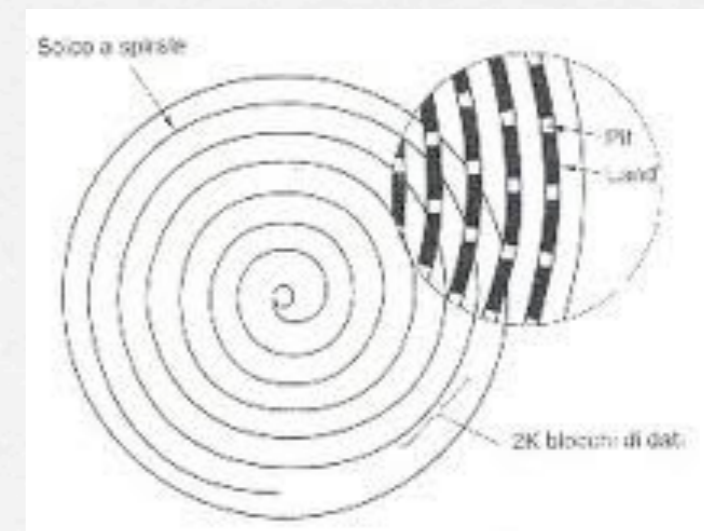
Tutti i supporti ottici (CD, DVD, Blu-Ray, etc.) hanno avallamenti (pits) e zone piane (lands). Queste sono zone microscopiche e rappresentano le informazioni binarie dei dati memorizzati sul disco. Un "land" riflette il laser in un sensore registrandolo come un 1; quando la luce colpisce un "pit", si disperde e non vi è riflessione, e corrisponde ad uno 0.

Organizzazione del CD

- Un CD tipicamente memorizza i dati su un'unica **traccia**, che si avvolge a spirale, per migliorarne l'accesso sequenziale.
- La traccia è divisa in **settori** di dimensione costante in cui i dati sono registrati.
- Le unità CD audio sono "single speed": hanno una **velocità lineare costante** di 1,2 m/sec;
 - la lunghezza della traccia è di circa 5,27 Km, per cui sono necessari circa 4.391 secondi (73,2 minuti) per percorrerla tutta;
 - con questa velocità, l'unità assicura un **transfer rate** di circa 150 Kbyte/sec.
- Le altre velocità sono definite come multipli della velocità "base" audio (es. 40x)

L'operazione di scrittura di un CD viene effettuata ad una data temperatura, in maniera tale da bruciare (burn) lo strato riflettente in quello specifico punto e creare un pit.

Un CD-R, a differenza di un CD audio, riserva un certo numero di settori per la correzione degli errori di scrittura.



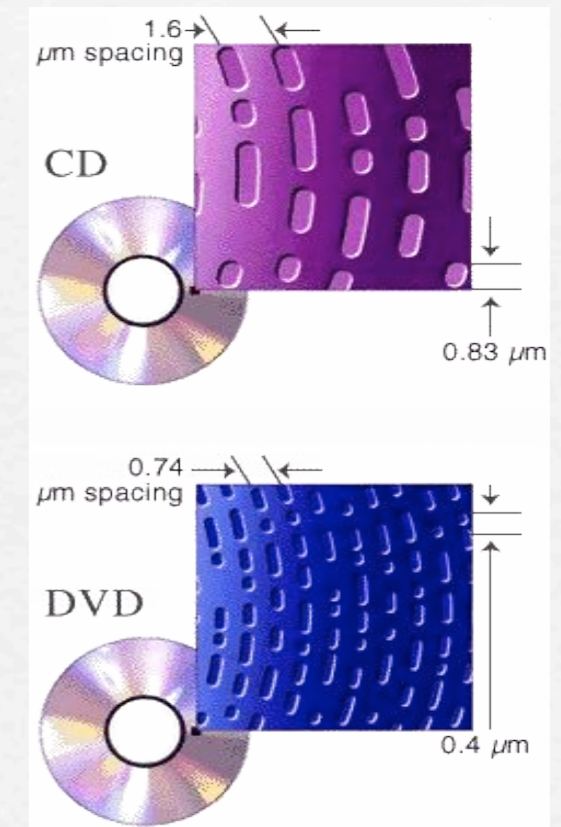
CD-RW

- Sono dischi ottici **riscrivibili** (introdotti nel 1997).
- Lo strato di registrazione utilizza una lega di argento, indio, ammonio e tellurio che ha **due stati stabili**:
 - ▶ lo **stato cristallino**, con elevata capacità di riflessione (land);
 - ▶ lo **stato amorfo**, con ridotta capacità di riflessione (pit).
- Si usa un **laser con tre potenze diverse**:
 - ▶ **alta potenza**: il laser scioglie la lega e un raffreddamento rapido la porta dallo stato cristallino a quello amorfo;
 - ▶ **media potenza**: la lega si scioglie e si raffredda tornando nel suo stato cristallino;
 - ▶ **bassa potenza**: si rileva solo lo stato del materiale.



DVD (Digital Versatile Disk)

- I DVD, a parità di dimensioni, contengono maggiore informazione rispetto ai CD, grazie a:
 - pit più piccoli
 - spirale più serrata
 - utilizzo del laser rosso
- I DVD hanno una capacità di 4,7 GB, pari a 133 minuti di video ad alta risoluzione, con colonna sonora in 8 lingue e sottotitoli in 32 lingue
- Esistono diversi formati di DVD:
 - Lato unico, strato unico (4,7 GB)
 - Lato unico, strato doppio (DL, double layer) (8,5 GB)
 - Due lati, strato unico (9,4 GB)
 - Due lati, strato doppio (DL, double layer) (17 GB)
- Possono anch'essi essere scrivibili una sola volta (DVD-R) o riscrivibili (DVD-RW)
- Standard di scrittura leggermente differente DVD+R, DVD+RW
- Standard DVD-RAM: utilizzabile in lettura e scrittura come un normale hard-disk



Dischi a stato solido (SSD)

- Le memorie a stato solido (SSD = Solid State Drive) utilizzano la tecnologia elettronica (e non meccanica, magnetica e/o ottica) per memorizzare i dati.
- Ne fanno ad es. parte le memorie (volatili) DRAM-based, le memorie (permanenti) flash-based (USB flash drive, compact flash), ed altre memorie a stato solido.



Un SSD PCI-Express-, DRAM- e NAND-based, che utilizza un'alimentazione esterna per rendere la DRAM non volatile.



Un SSD da 2.5", di solito impiegato in computer portatili e desktop.

Dischi a stato solido (SSD)

- Un drive (o anche disco) a stato solido (SSD) in realtà non contiene alcun disco o parte in movimento.
- È un dispositivo di memoria che utilizza circuiti elettronici integrati per memorizzare i dati in forma permanente.
- La tecnologia SSD utilizza normalmente interfacce compatibili con i tradizionali hard-disk che ne consentono il facile rimpiazzo. Comunque, nuove interfacce (come SATA Express ed M.2) sono state progettate per sfruttarne le maggiori performance (velocità di accesso $<1\text{ms}$, throughput di circa 200MB/s).



Un SSD mSATA

Dischi a stato solido (SSD)

- I SSD non hanno alcun componente meccanico; ciò li distingue dai tradizionali dischi magnetici elettromeccanici.
- Rispetto ad essi i SSD sono tipicamente **più resistenti** a sollecitazioni fisiche, sono **silenziosi**, con un **tempo di accesso e latenza notevolmente inferiori** (di almeno 10 volte; tipicamente 0.1ms di tempo di seek).
- In ogni caso, anche se il loro prezzo continua a diminuire, un SSD ha ancora un prezzo per gigabyte di circa 4 volte superiore a quello di un HDD.
- Attualmente (2016) la maggior parte dei SSD usa le memorie MLC NAND flash-based, un tipo di memoria elettronica non volatile.
- Per applicazioni che richiedono un'elevata velocità di accesso — ma non necessariamente persistenza dei dati — vengono utilizzati SSD basati su RAM. Tali dispositivi possono impiegare batterie tampone per alimentare le memorie volatili per un certo tempo dopo lo spegnimento dell'alimentazione elettrica.
- I SSD ibridi (SSHD) combinano le caratteristiche dei SSD e HDD nella stessa unità, contenente un hard-disk ad alta capacità ed una cache SSD per migliorare le performance sui dati di frequente accesso (vedi ad es. il “*Fusion Drive*” di Apple).