



**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

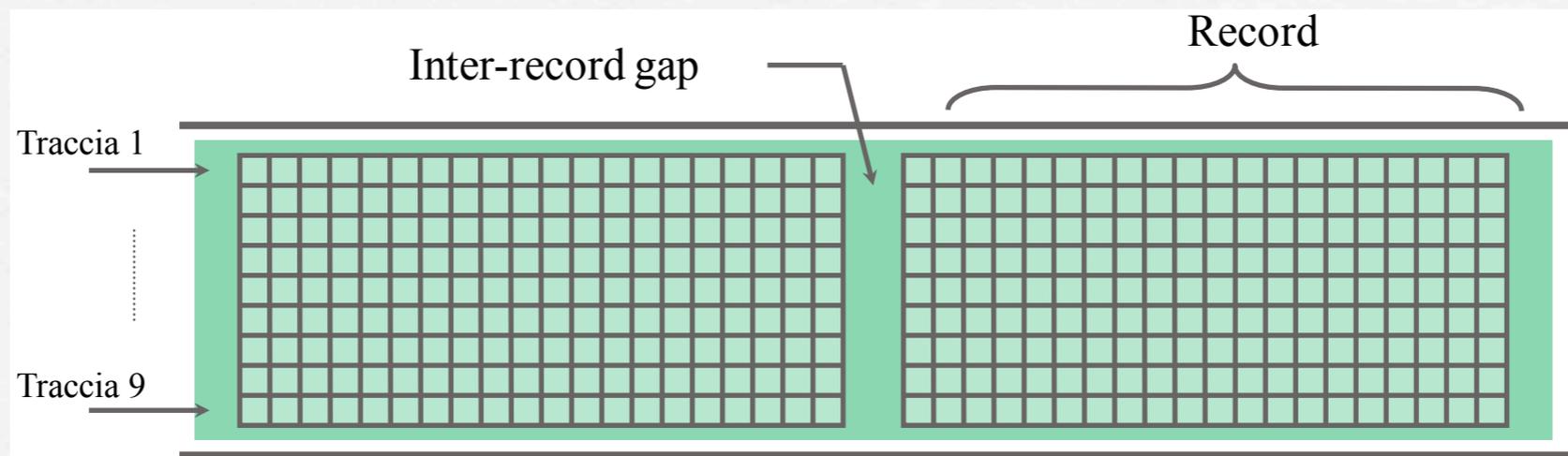


La **tecnologia** utilizzata per la registrazione è di tipo *magnetico*, *ottico* e *a stato solido*.

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

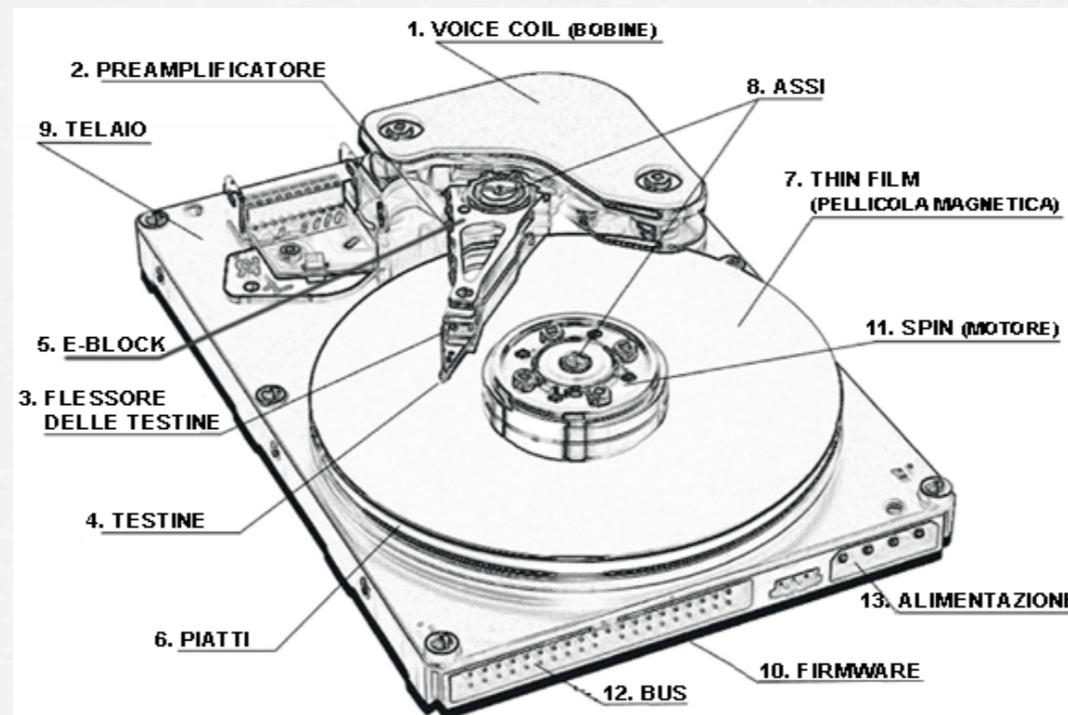
# Hard disk

Introdotta da IBM nel 1956.

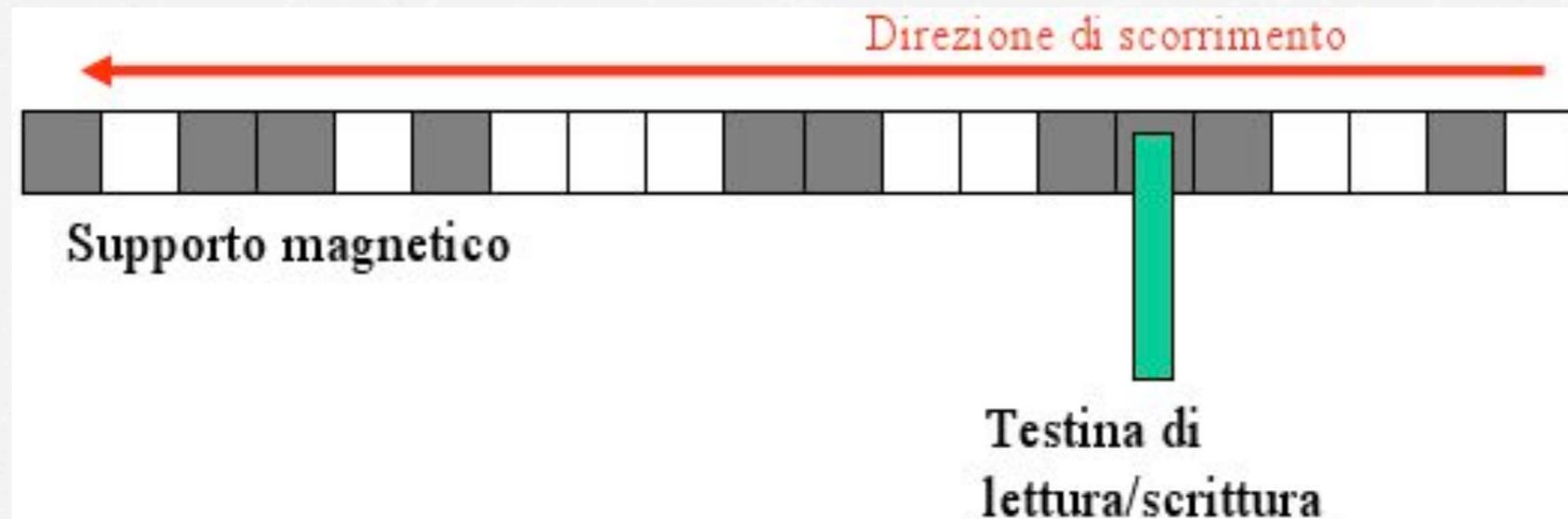
Un disco magnetico (disco fisso) è composto da uno o più piatti rotanti (generalmente di alluminio) ricoperti di materiale magnetico e da un gruppo di testine.

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

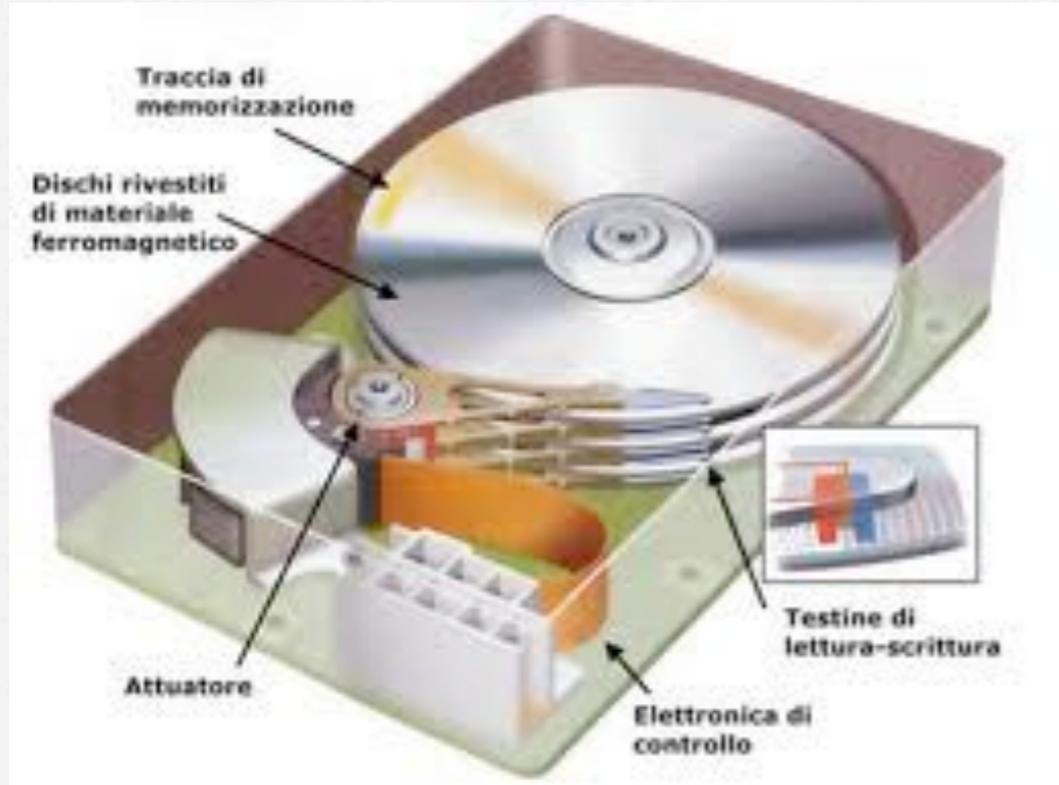


**Scrittura:** la testina emette impulsi elettrici che polarizzano in uno dei due modi possibili le particelle magnetiche presenti sul supporto.

**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

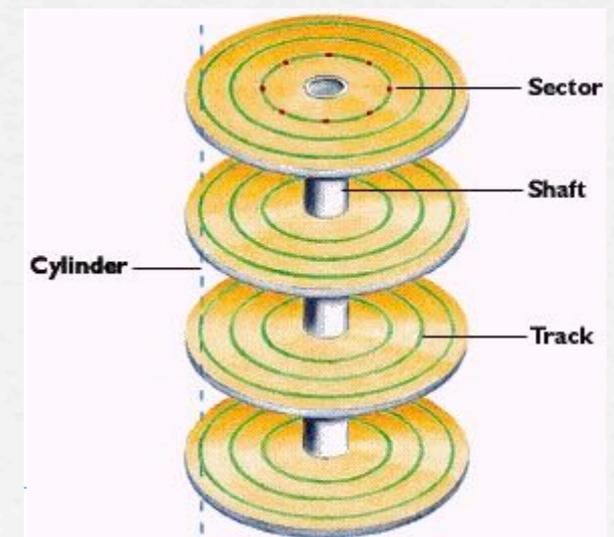
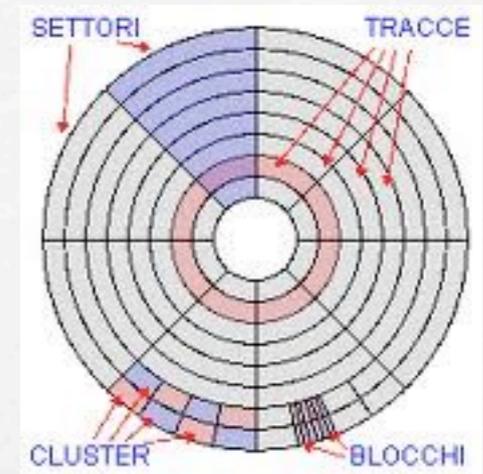
# Organizzazione di un hard disk



- ▶ 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

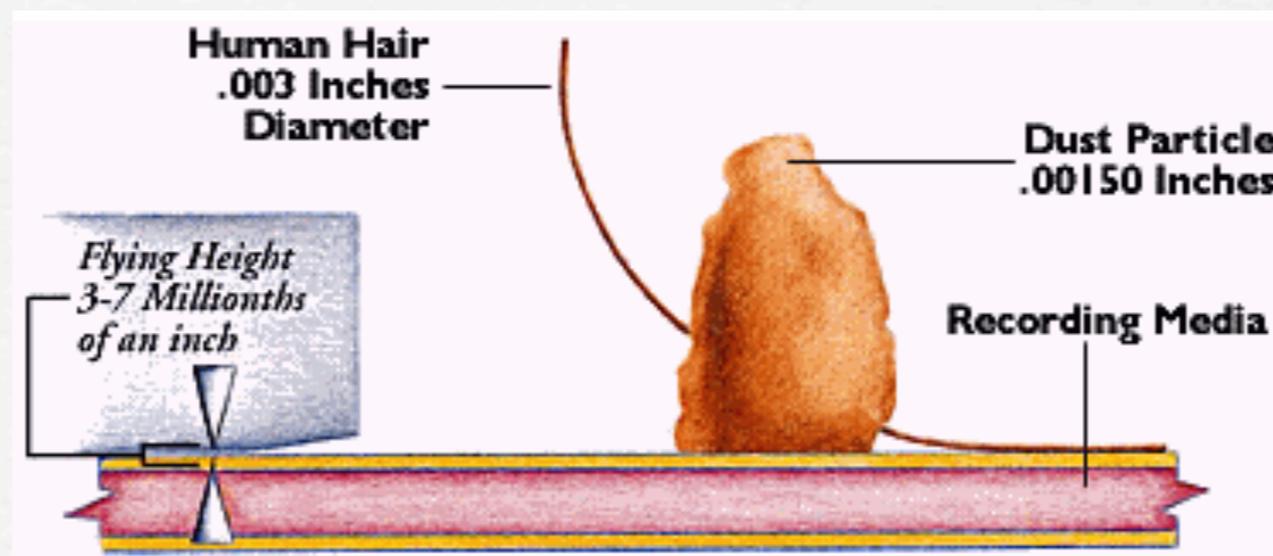
Le informazioni memorizzate sul disco sono codificate sotto forma di stati di memorizzazione di zone del materiale ferromagnetico disposto sulla superficie del disco.

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:

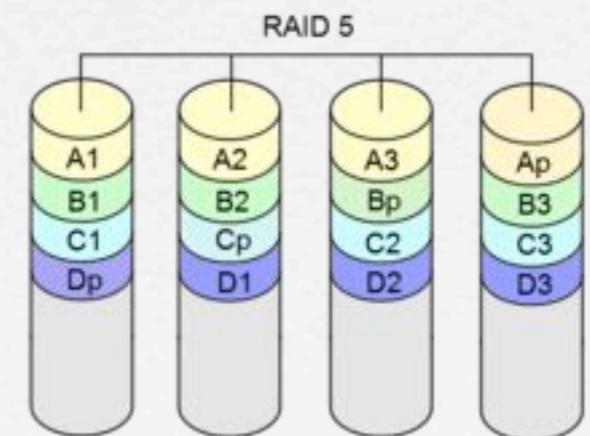
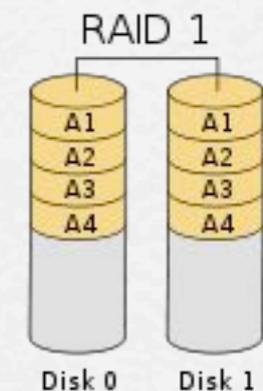
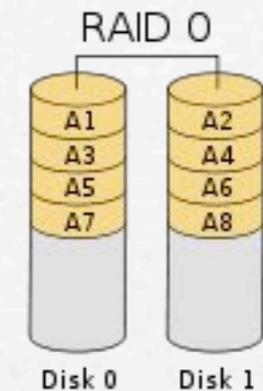
**Seek**  
+  
**Latency**  
+  
**Transfer time**



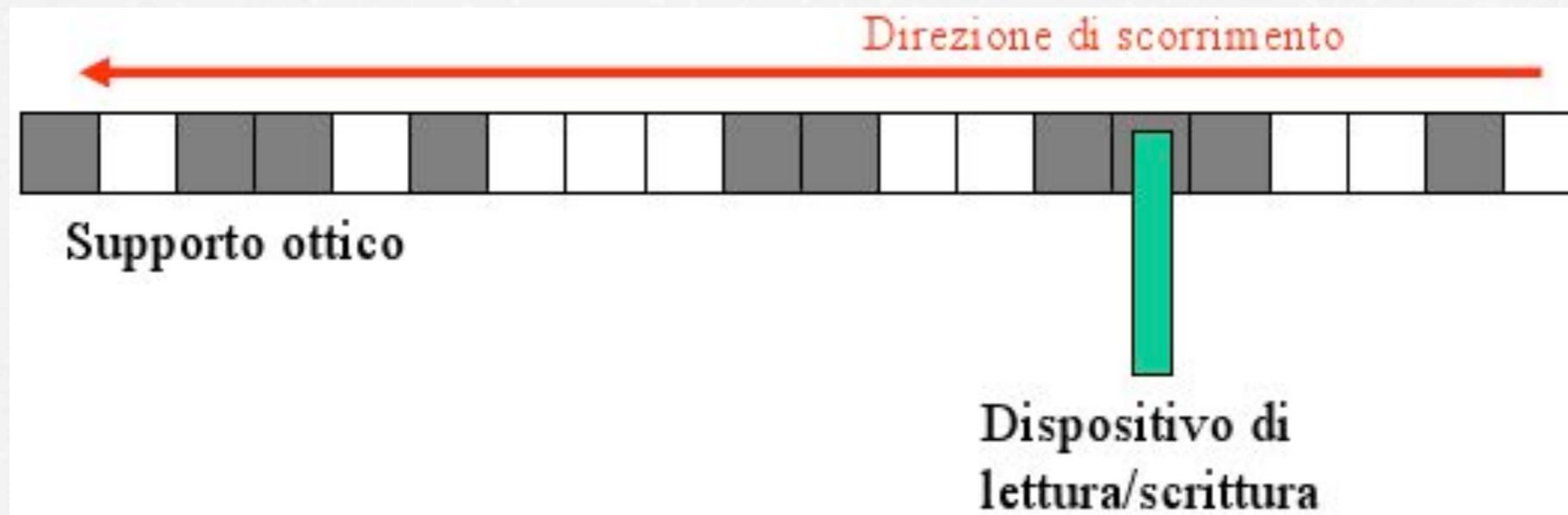
# RAID

## 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



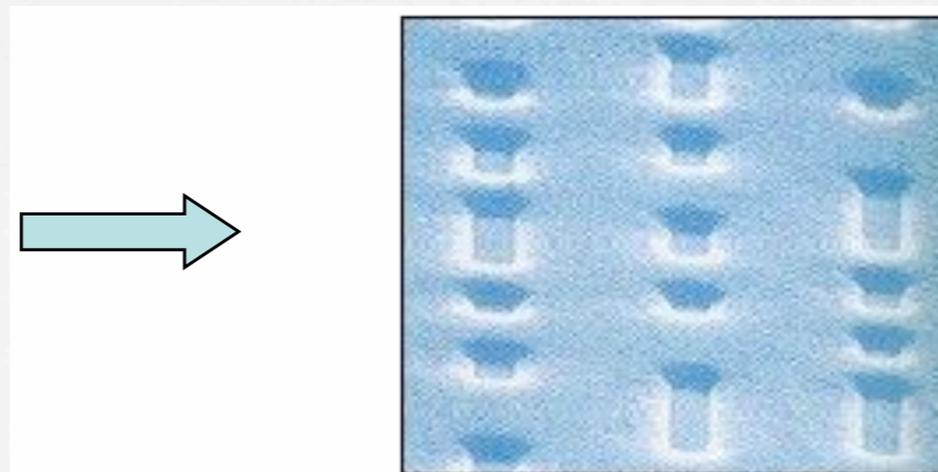
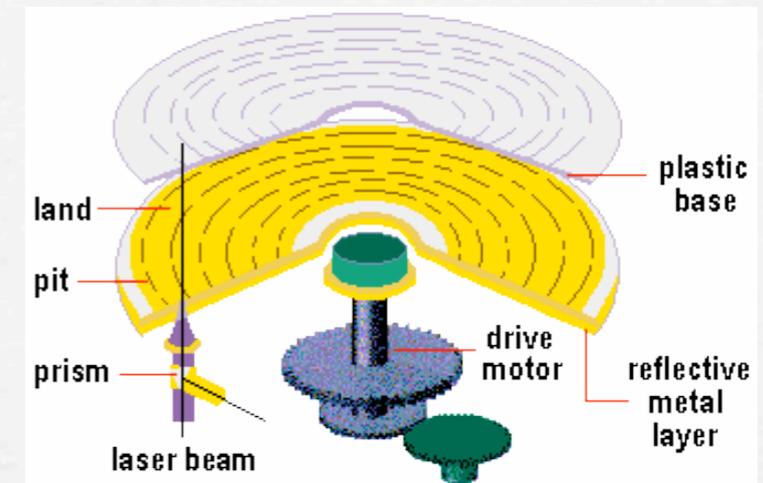
**Scrittura:** viene emesso un raggio laser che crea sottili scanalature sulla superficie del disco, creando un'alternanza di zone chiare (*intersolchi*) e scure (*scanalature*)

**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



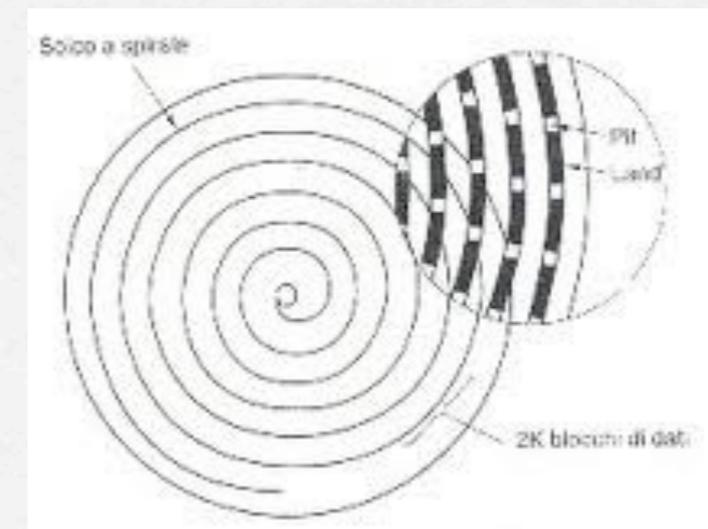
Tutti i supporti ottici (CD, DVD, Blu-Ray, etc.) hanno avallamenti (pits) e zone piane (lands). Queste sono zone microscopiche e rappresentano le informazioni binarie dei dati memorizzati sul disco. Un "land" riflette il laser in un sensore registrandolo come un 1; quando la luce colpisce un "pit", si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

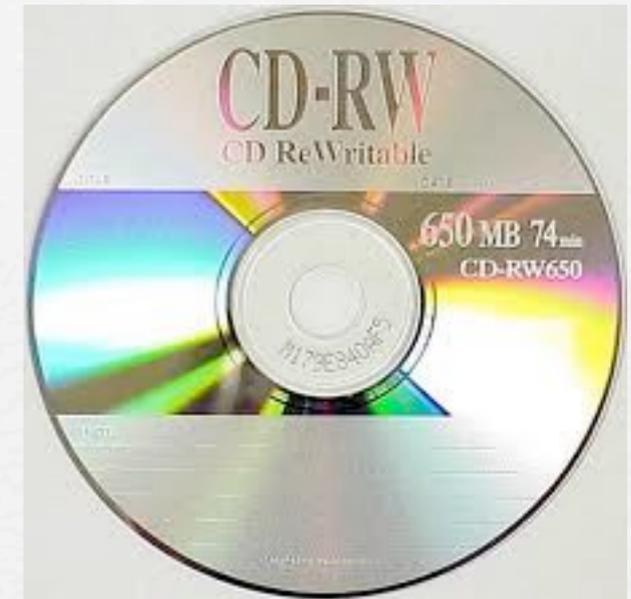
*L'operazione di scrittura di un CD viene effettuata ad una data temperatura, in maniera tale da bruciare (burn) lo strato riflettente in quello specifico punto e creare un pit.*

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



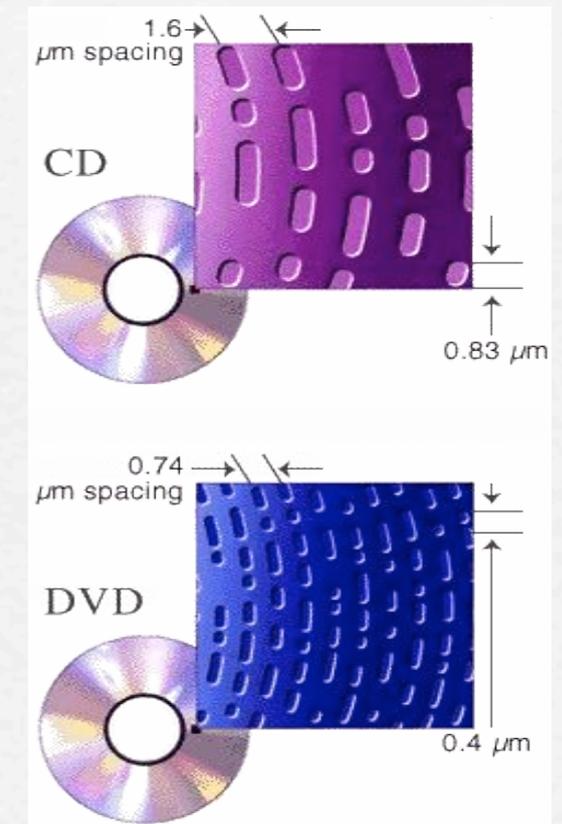
# CD-RW

- 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  $200\text{MB/s}$ ).



*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).