

06. Memorie Esterne

Dischi Magnetici

I dischi magnetici utilizzano un rivestimento di ossido di ferro su substrato di vetro (precedentemente alluminio). Il vetro offre:

- Maggiore uniformità e rigidità della superficie
- Riduzione dei difetti e degli errori di lettura/scrittura
- Minore distanza testina-disco
- Migliore resistenza agli urti

Meccanismo di lettura/scrittura

La testina (bobina conduttiva) può essere unica o separata per lettura e scrittura. Durante le operazioni il disco ruota mentre la testina rimane stazionaria.

Scrittura: la corrente genera campi magnetici con direzione opposta per rappresentare 0 e 1.

Lettura tradizionale: i campi magnetici inducono corrente nella bobina.

Lettura moderna: sensori magneto-resistivi (MR) che variano la resistenza elettrica in base alla direzione del campo magnetico, consentendo operazioni ad alta frequenza e maggiore densità.

Organizzazione dei dati

- Dati disposti su tracce concentriche divise in settori
- Tracce in stessa posizione su piatti multipli costituiscono un cilindro
- Dimensione minima di blocco coincide con un settore

Velocità angolare costante (CAV): stesso numero di bit per traccia, con spreco nelle tracce esterne.

Registrazione a più zone (MZR): più settori nelle tracce esterne, densità lineare approssimativamente uniforme, maggiore capacità complessiva.

Prestazioni

Il tempo di accesso comprende:

- **Seek time:** posizionamento testina sulla traccia (5-20 ms)
- **Latenza rotazionale:** attesa del settore sotto la testina (dipende da RPM)
- **Tempo di trasferimento:** $T = \frac{b}{rN}$, dove b = byte da trasferire, N = byte per traccia, r = rotazioni/secondo

RAID

RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks) presenta 7 livelli non gerarchici (0-6). Più dischi fisici appaiono al sistema operativo come dispositivo logico unico.

RAID 0:

- Nessuna ridondanza
- Dati distribuiti in strisce con striping round-robin
- Aumenta prestazioni tramite parallelismo e riduzione conflitti

RAID 1:

- Mirroring completo su dischi separati
- Recupero semplice da guasto, nessun downtime
- Costoso

RAID 2:

- Dischi sincronizzati con accesso parallelo
- Unità di informazione piccole (byte/word)
- Codici di Hamming per correzione errori
- Non commercializzato per elevata ridondanza

RAID 3:

- Un solo disco di parità indipendentemente dal numero di dischi
- Parità bit-interleaved
- Alta velocità di trasferimento
- Dati ricostruibili in caso di guasto

RAID 4:

- Dischi indipendenti, parità a livello di blocco su disco dedicato
- Ottimo per alte richieste I/O
- Non commercializzato per collo di bottiglia del disco di parità

RAID 5:

- Come RAID 4 ma con parità distribuita su tutti i dischi (round-robin)
- Elimina il collo di bottiglia
- Comune nei server di rete

RAID 6:

- Doppia parità con metodi distinti su dischi differenti
- Richiede N+2 dischi
- Tollera guasto di due dischi
- Scrittura più lenta

Dischi SSD

Gli SSD utilizzano memorie flash NAND basate su circuiti integrati.

Funzionamento del floating gate

- **Inattivo:** non interferisce con il control gate, rappresenta bit 1
- **Attivato:** alto voltaggio intrappola elettroni che permangono senza alimentazione, rappresenta bit 0

L'architettura NAND organizza 16-32 transistor in serie; letture e scritture coinvolgono l'intera parola.

Vantaggi rispetto agli HDD

- Alte prestazioni IOPS
- Maggiore durata e resistenza a urti/vibrazioni
- Assenza di usura meccanica
- Minor consumo energetico
- Funzionamento silenzioso e temperature inferiori

- Tempi di accesso e latenza oltre 10 volte migliori

Architettura

- **Sistema host:** accesso tramite file system e driver I/O
- **Controller:** interfacciamento e firmware
- **Logica di indirizzamento:** selezione tra componenti flash
- **Buffer/cache:** RAM ad alta velocità per compensare velocità e aumentare throughput
- **Correzione errori:** rilevamento e correzione
- **Chip flash NAND**

Problematiche

Decadimento prestazioni con l'uso:

- File in pagine da 4 KB, blocchi flash da 512 KB (128 pagine)
- Scrittura richiede: lettura intero blocco in buffer → cancellazione blocco → riscrittura
- Frammentazione progressiva
- Soluzioni: over-provisioning, cancellazione pagine inattive, comando TRIM

Limite di scritture (~100.000 per cella):

- Soluzioni: cache front-ending, distribuzione scritture, gestione blocchi esauriti, RAID
-

Memorizzazione Ottica

CD-ROM

- Originariamente per audio (650 MB = 70+ minuti)
- Disco di polycarbonato con rivestimento riflettente in alluminio
- Dati memorizzati come pit (pozzetti) letti tramite laser
- Velocità lineare costante ($1.2m/s^{-1}$), traccia a spirale di 5.27 km
- Accesso casuale difficoltoso per necessità di regolare velocità di rotazione

Formato dati:

- Modo 0: campo dati vuoto
- Modo 1: 2048 byte dati + correzione errori
- Modo 2: 2336 byte dati

Pro: capacità, facilità produzione su larga scala, rimovibilità, robustezza.

Contro: costoso per piccole quantità, lento, solo lettura.

CD-R e CD-RW

- **CD-R:** Write Once Read Many, compatibili con lettori CD-ROM
- **CD-RW:** riscrivibili, tecnologia a cambiamento di fase (diverse caratteristiche di riflessione a seconda dello stato)

DVD

- Tecnologia multi-strato
- 4.7 GB per strato, fino a 17 GB totali (doppio lato, doppio strato)

Blu-ray

- Laser blu-viola a lunghezza d'onda ridotta (405 nm vs 650 nm DVD vs 780 nm CD)

- Pit e tracce più piccoli, layer dati più vicino al laser
 - Capacità 25 GB per strato
 - Versioni: BD-ROM (sola lettura), BD-R (registrabile), BD-RE (riscrivibile)
-

Nastro Magnetico

- Accesso seriale
- Lento ma molto economico
- Utilizzato per backup e archiviazione
- Lettura/scrittura a serpentina su tracce multiple parallele