

Memoria Esterna (secondaria)

- Dischi magnetici

- RAID
 - Rimovibili



- Dischi SSD

- Ottica

- CD-ROM
 - CD-Recordable (CD-R)
 - CD-R/W
 - DVD



- Nastri magnetici

Dischi Magnetici



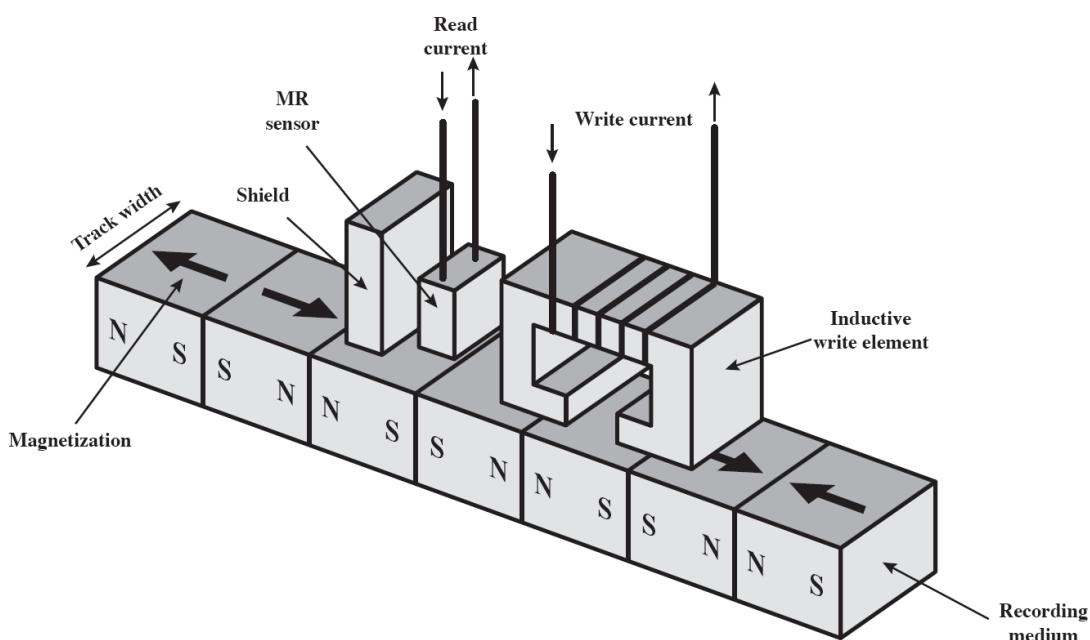
- Disco rivestito con materiale magnetico (ossido di ferro)
- Materiale usato per il disco: era in alluminio
- Ora è di vetro, perché
 - Migliora l'uniformità della superficie
 - aumenta l'affidabilità
 - Riduce i difetti della superficie
 - riduce gli errori di lettura/scrittura
 - Permette di ridurre la distanza della testina dal disco
 - Maggiore rigidità
 - Più resistente agli urti

Meccanismi di lettura e scrittura

- Memorizzazione e recupero dell'informazione tramite bobina conduttriva detta testina (head)
- Unica testina per lettura/scrittura oppure testine separate
- Durante la lettura/scrittura, la testina è stazionaria, mentre [il disco ruota](#)
- Scrittura
 - la corrente che fluisce nella bobina produce un campo magnetico
 - impulsi elettrici inviati alla testina
 - 0 e 1 memorizzati sul disco sotto forma di campi magnetici (con direzione opposta)
- Lettura (tradizionale)
 - i campi magnetici presenti sul disco, muovendosi rispetto alla testina, inducono corrente sulla bobina
 - la bobina è la stessa sia per la scrittura che per la lettura
- Lettura (come avviene ora)
 - testina di lettura separata, ma vicina a quella di scrittura
 - realizzata da sensore magneto-resistivo (MR), parzialmente schermato
 - la resistenza elettrica dipende dalla direzione del campo magnetico
 - operazioni ad alta frequenza
 - alta densità di memorizzazione e velocità



Testina con lettura separata



Caratteristiche



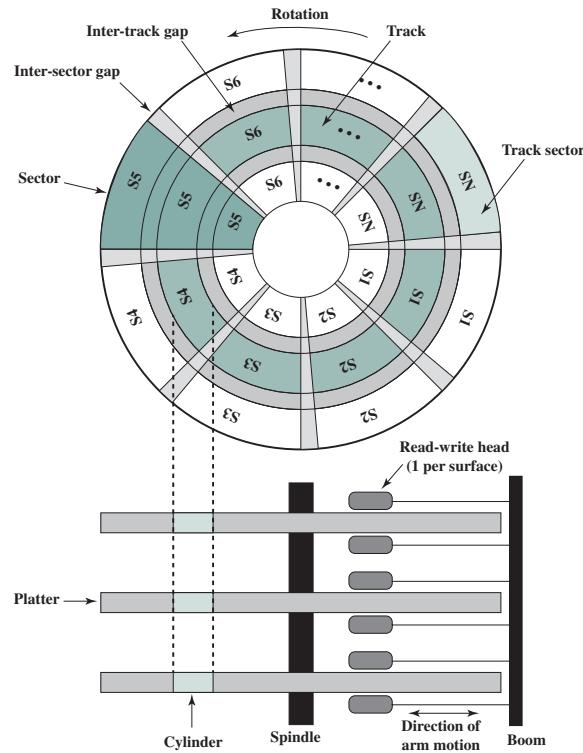
- Testina fissa (raro) o mobile
- Disco rimovibile o fisso
- A faccia singola o doppia (più frequente)
- Piatto singolo o multiplo
- Meccanismo della testina
 - con contatto (Floppy)
 - a distanza fissa
 - Separazione aerodinamica (Winchester)
 - Le testine (foil) planano sulla superficie dei dischi sfruttando la portanza del profilo (come un'ala di aeroplano)
 - Testine vicinissime alla superficie dei dischi:
 - minore interferenze nel leggere la superficie del disco...
 - ... quindi possibilità di aumentare la densità di memorizzazione

Organizzazione e formattazione dei dati



- Anelli o tracce concentriche
 - Spazi tra tracce adiacenti
 - Riducendo gli spazi si aumenta la capacità del disco
 - Stesso numero di bit per traccia ([variable packing density](#))
 - Velocità angolare costante
- Tracce divise in settori
- Dimensione minima di blocco coincide con un settore
- Si può avere più di un settore per blocco
- Più dischi: tracce in stessa posizione costituiscono un [*cilindro*](#)

Schema di disco dati

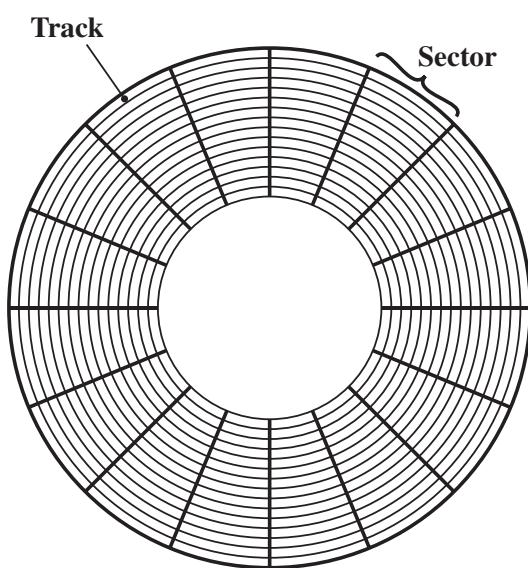
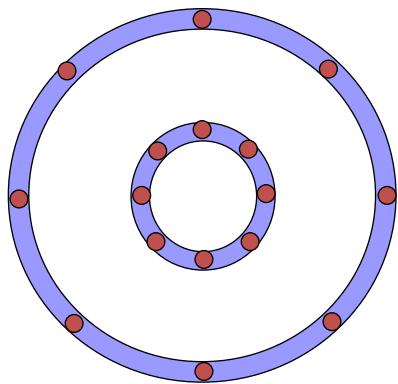


Velocità del disco

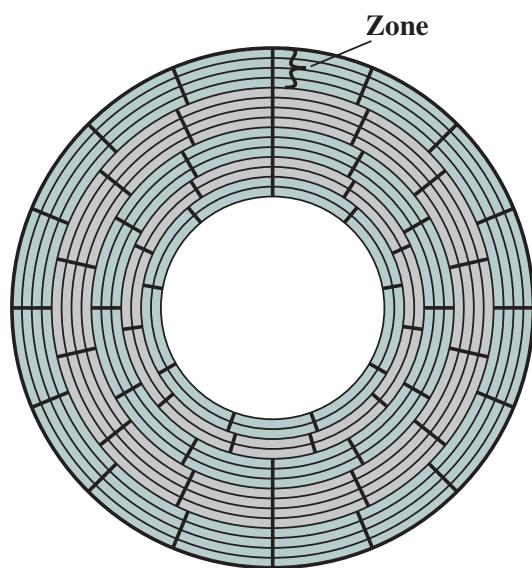


- **Problema:** bit vicini al centro del disco ruotante hanno velocità relativa più bassa di quelli più in periferia
- **Soluzione:** aumentare lo spazio tra i bit in tracce differenti
- Quindi il disco può ruotare con velocità angolare costante
 - Settori a forma di "torta" e tracce concentriche
 - Possibile indirizzare tracce e settori individualmente
 - Si sposta la testina sulla traccia di interesse e si aspetta il settore
 - Spreco di spazio nelle tracce più esterne
 - minore densità di memorizzazione dei dati
- Per aumentare la capacità si adotta registrazione a più zone
 - Ogni zona ha numero fisso di bit per traccia
 - Circuiti più complessi

Velocità angolare costante



(a) Constant angular velocity



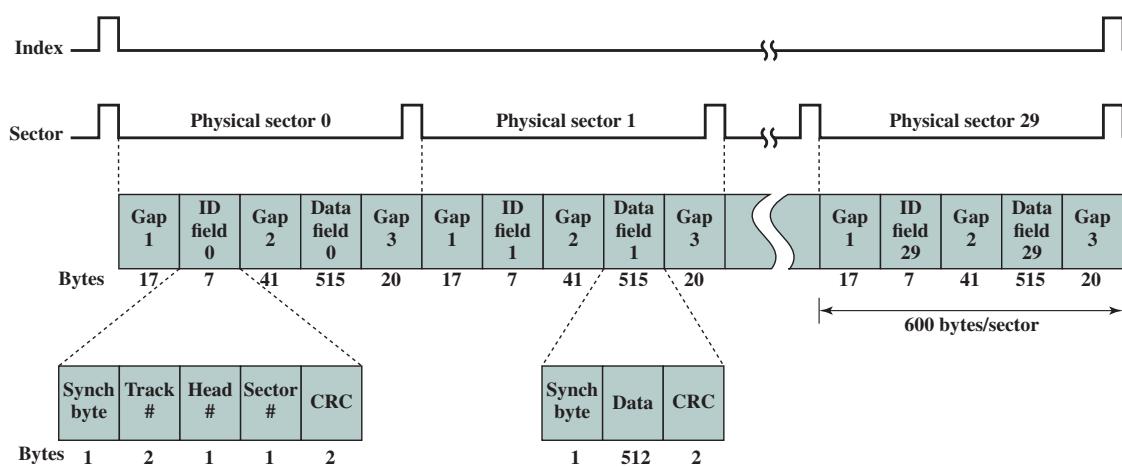
(b) Multiple zone recording

Ricerca Settori



- Bisogna riconoscere l'inizio della traccia e del settore
- Formato disco
 - Informazione aggiuntiva non disponibile all'utente
 - demarca tracce e settori

Formato Disco Winchester Seagate ST506



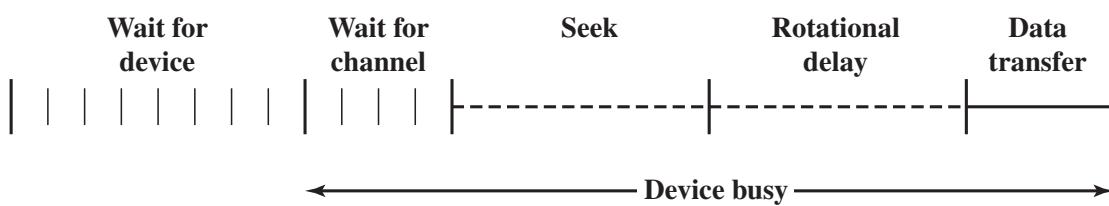
Prestazioni

- Tempo di posizionamento (seek time)
 - spostamento della testina sulla giusta traccia
5-20 ms, difficilmente riducibile
- Latenza [rotazionale] (latency)
 - attesa che il settore di interesse cada sotto la testina
 - dipende dalla velocità di rotazione
- Esempio
 - RPM=3600 \Rightarrow RPS=60 \Rightarrow 1 rotazione \approx 16.7ms \Rightarrow $T_L = 8.35\text{ms}$
- Tempo di accesso = (seek + latency)
- Tempo di trasferimento:

$$T = \frac{b}{rN}$$

*b #byte da trasferire
N #byte per traccia
r velocità rotazione
(in rotazioni per sec.)*

Temporizzazione del trasferimento in I/O per un disco

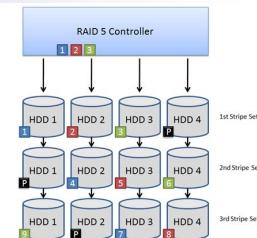


Supporti su disco: esempi

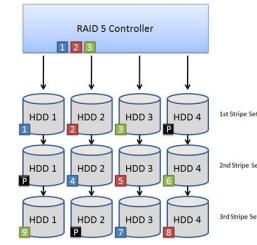
Characteristics	Seagate Enterprise	Seagate Barracuda XT	Seagate Cheetah NS	Seagate Laptop HDD
Application	Enterprise	Desktop	Network-attached storage, application servers	Laptop
Capacity	6 TB	3 TB	600 GB	2 TB
Average seek time	4.16 ms	N/A	3.9 ms read 4.2 ms write	13 ms
Spindle speed	7200 rpm	7200 rpm	10,075 rpm	5400 rpm
Average latency	4.16 ms	4.16 ms	2.98	5.6 ms
Maximum sustained transfer rate	216 MB/sec	149 MB/sec	97 MB/sec	300 MB/sec
Bytes per sector	512/4096	512	512	4096
Tracks per cylinder (number of platter surfaces)	8	10	8	4
Cache	128 MB	64 MB	16 MB	8 MB

RAID

- **Redundant Array of Independent Disks**
- o anche: **Redundant Array of Inexpensive Disks**
- 7 livelli (da 0 a 6)
- Livelli non gerarchici
- Insieme di dischi fisici visti dal sistema operativo come un singolo dispositivo logico
- Dati distribuiti sui dispositivi fisici
- Possono usare capacità di memorizzazione ridondante per memorizzare informazioni sulla parità

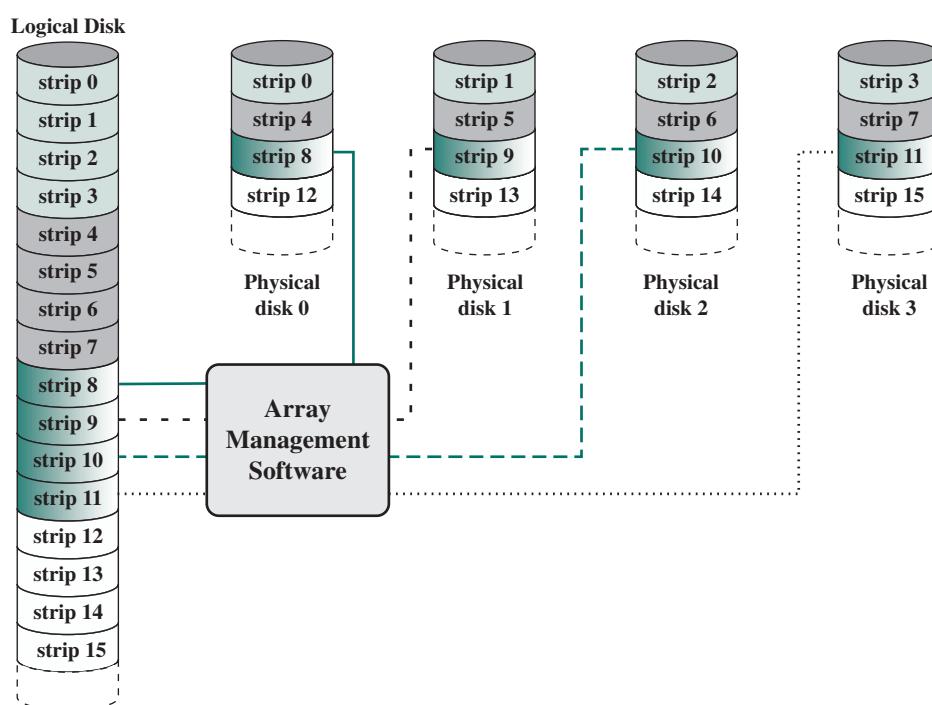


RAID 0

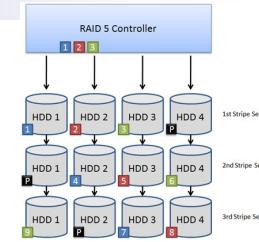


- Nessuna ridondanza, in questo caso
- Dati distribuiti su tutti i dischi in “strisce” (strip)
- “Round Robin striping”
- Velocità accresciuta
 - Richieste multiple di dati hanno bassa probabilità di coinvolgere lo stesso disco (quindi, meno conflitti di risorse...)
 - I dischi eseguono la ricerca dei settori in parallelo
 - Un insieme di dati ha alta probabilità di essere distribuita su più dischi

“Mapping” dei dati per RAID 0



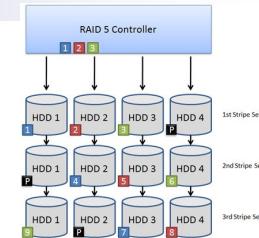
RAID 1



- Contenuto replicato su più dischi (**Mirrored Disks**)
- Dati distribuiti su più dischi
- 2 copie dei dati su dischi separati
- Lettura e scrittura su entrambi i dischi
- Recupero (da guasto) dell'informazione è semplice
 - Sostituire disco malfunzionante & ricopia informazione
 - Nessun tempo di inattività per riparazioni
- Costoso

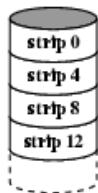
RAID 2

(non commercializzato)

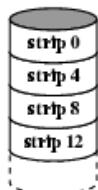


- Dischi sincronizzati (accesso parallelo) in modo che la testina di ciascun disco si trovi nella stessa posizione su ogni disco
- Unità di informazione piccole
 - spesso singolo byte/word
- Codici di correzione degli errori calcolati tra bit corrispondenti sui vari dischi
- Dischi a parità multipla memorizzano codici correttori di Hamming in posizioni corrispondenti
- Molta ridondanza
 - costoso
 - tipicamente non utilizzato

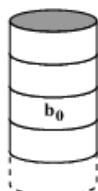
RAID 0, 1, 2



(a) RAID 0 (non-redundant)



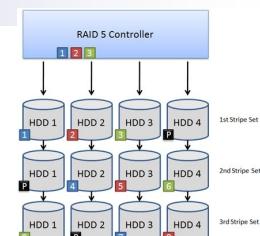
(b) RAID 1 (mirrored)



(c) RAID 2 (redundancy through Hamming code)

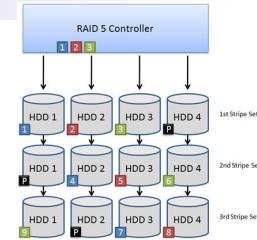
RAID 3

- Simile al RAID 2
- Solo un disco ridondante, indipendentemente dal numero di dischi presenti nell'array
- Semplice bit di parità per ogni insieme corrispondente di bit
- Dati presenti su un disco difettoso possono essere ricostruiti a partire dai dati sui dischi rimanenti e dalle informazioni sulla parità
- Velocità di trasferimento molto alta



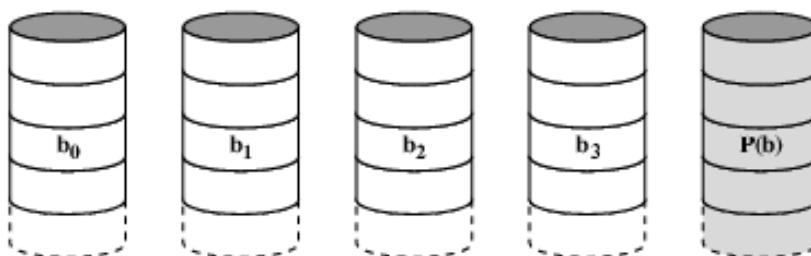
RAID 4

(non commercializzato)

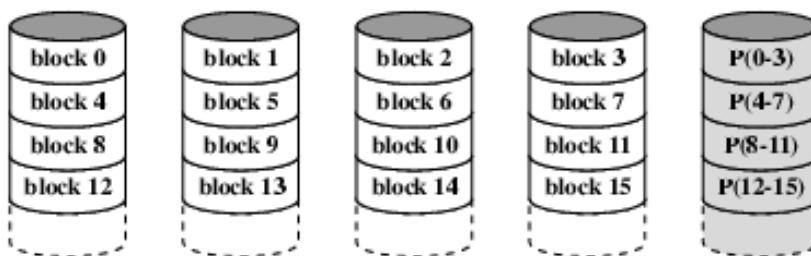


- Ogni disco opera indipendentemente
- Ottimo per alti ritmi di richieste I/O
- Unità di informazione ampia
- Parità bit a bit calcolata tra unità di informazione per ogni disco
- Informazione di parità memorizzata su un disco ad hoc (**parity disk**)

RAID 3 & 4

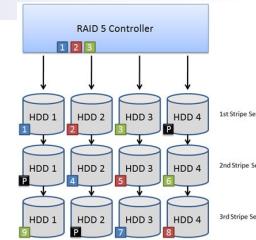


(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)



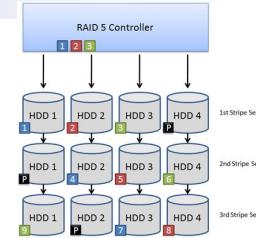
(e) RAID 4 (block-level parity)

RAID 5



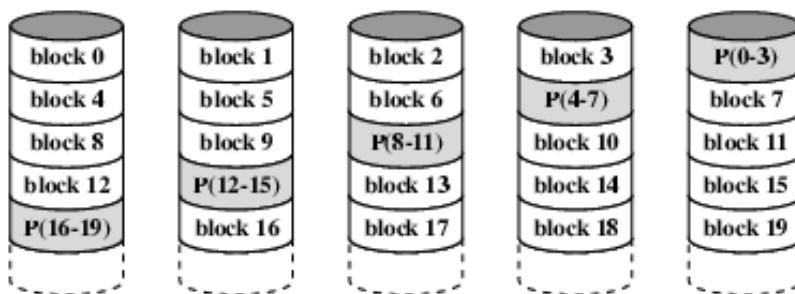
- Come RAID 4
- Parità distribuita su tutti i dischi
- Allocazione round robin per la parità
- Evita il “collo di bottiglia” del disco di parità del RAID 4
- Usato comunemente sui server di rete

RAID 6

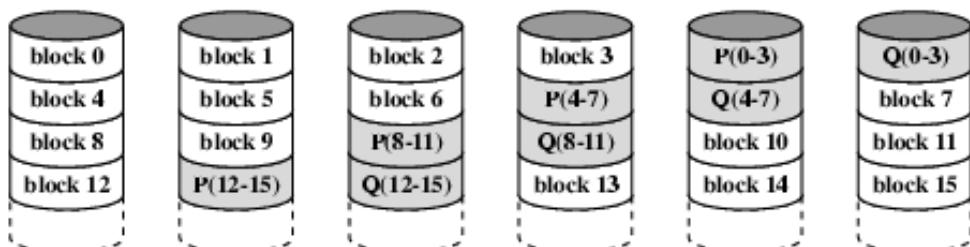


- Calcolo di parità tramite due metodi distinti
- Memorizzata in blocchi separati su dischi differenti
- Se l’utente richiede N dischi, ne occorrono N+2
- Alta affidabilità sui dati
 - per perdere i dati devono guastarsi tre dischi
 - scrittura molto più lenta

RAID 5 & 6



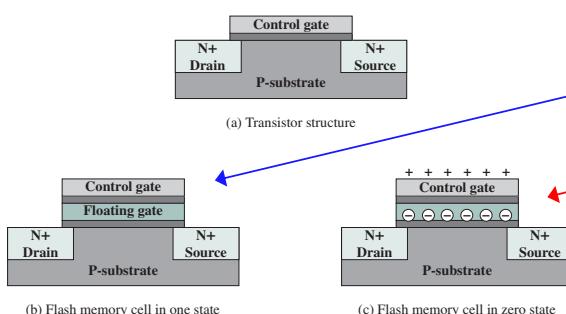
(f) RAID 5 (block-level distributed parity)



(g) RAID 6 (dual redundancy)

Dischi SSD (Solid State Drive)

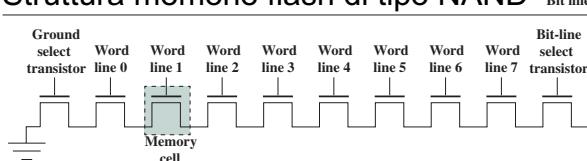
- “Solid”: circuiti integrati (*memorie flash* di tipo NAND)



Floating gate:

- non attivo non interferisce con il control gate; rappresenta bit a 1
- se attivato tramite alto
voltaggio, intrappola elettroni
che rimangono anche in
assenza di alimentazione;
rappresenta bit a 0

Struttura memorie flash di tipo NAND



Organizzata in array da 16 o 32
transistor collegati in serie:

- la *bit line* va a 0 solo se tutti i
transistor delle corrispondenti linee
della parola sono a 1 (attivati)
lettura e scrittura coinvolgono
l'intera parola