

Sistemi RAID

Sommario

- Motivazioni
- Concetti di base
- Livelli RAID

Motivazione

- L'evoluzione tecnologica ha permesso di avere dischi sempre più piccoli e meno costosi
 - E' facile equipaggiare un sistema con molti dischi
- La presenza di più dischi consente:
 - maggiori prestazioni: letture/scritture in parallelo
 - maggior affidabilità: tramite ridondanza

RAID – definizione e obiettivi

- Redundant Array of Independent (Inexpensive) Disks.
- Obiettivi:
 - Migliorare l'affidabilità
 - Incrementare le prestazioni

Struttura dei dispositivi RAID

- **Struttura SW**
 - Più dischi indipendenti collegati al bus
 - Funzionalità RAID implementata dal sistema operativo
- **Struttura HW**
 - Controllore intelligente gestisce diversi dischi collegati alla macchina
- **Batteria RAID**
 - Unità a se stante composta da controllore, cache, e dischi autonomi collegati a una macchina

Concetti base

- Le strutture RAID si basano su:
 - Copiatura speculare dei dati (mirroring)
 - Sezionamento dei dati (data striping)per implementare una sorta di parallelismo che garantisce aumento di:
 - affidabilità
 - prestazioni

Affidabilità

- Un guasto a un disco comporta la perdita di dati
- Per migliorare l'affidabilità si deve ricorrere alla *ridondanza*:
 - Memorizzare informazioni non strettamente necessarie, ma utili per ricostruire le informazioni perse in caso di guasto

Copiatura speculare

- Il modo più semplice per implementare la ridondanza è il *mirroring* (o *shadowing*)
 - Un disco logico corrisponde a due dischi fisici
 - Ogni scrittura avviene su entrambi i dischi
 - I dati si perdono solo se si guastano entrambi i dischi
- Tempo medio di perdita dei dati in caso di mirroring dipende da:
 - Tempo medio di guasto di ogni singolo disco
 - Tempo medio di riparazione

Esempio

- Supponendo che:
 - Possibili guasti sui dischi siano indipendenti
 - Tempo medio di guasto sul singolo disco = 100.000 ore
 - Tempo di riparazione = 10 ore
- Si ha il seguente tempo medio di perdita dei dati su un sistema con mirroring:
 - $100.000^2 / (2 \cdot 10) = 57.000$ anni!

Guasti indipendenti?

- Non sempre i guasti su dischi sono indipendenti
- Ad esempio in caso di:
 - disastro
 - calo di tensione
 - difetti di fabbricazione in una partita di dischi
 - ...

i guasti potrebbero verificarsi contemporaneamente

Prestazioni

- Con mirroring:
 - la frequenza di gestione delle letture raddoppia perché si può leggere da uno qualunque dei due dischi
 - il tempo di trasferimento rimane inalterato

Sezionamento dei dati

- Usando più dischi è possibile migliorare la *capacità di trasferimento* distribuendo i dati in sezioni su più dischi
- Tale tecnica si chiama *data striping*

Sezionamento dei dati

- Sezionamento a livello di bit
 - Distribuzione dei bit di ciascun byte su più dischi
 - Es. con 8 dischi, il bit i -esimo di un byte è memorizzato nel disco i -esimo
- Sezionamento a livello di blocco
 - Distribuzione dei blocchi di un file su più dischi
 - Es. con n dischi, il blocco i -esimo di un file è memorizzato nel disco $(i \bmod n)$ -esimo

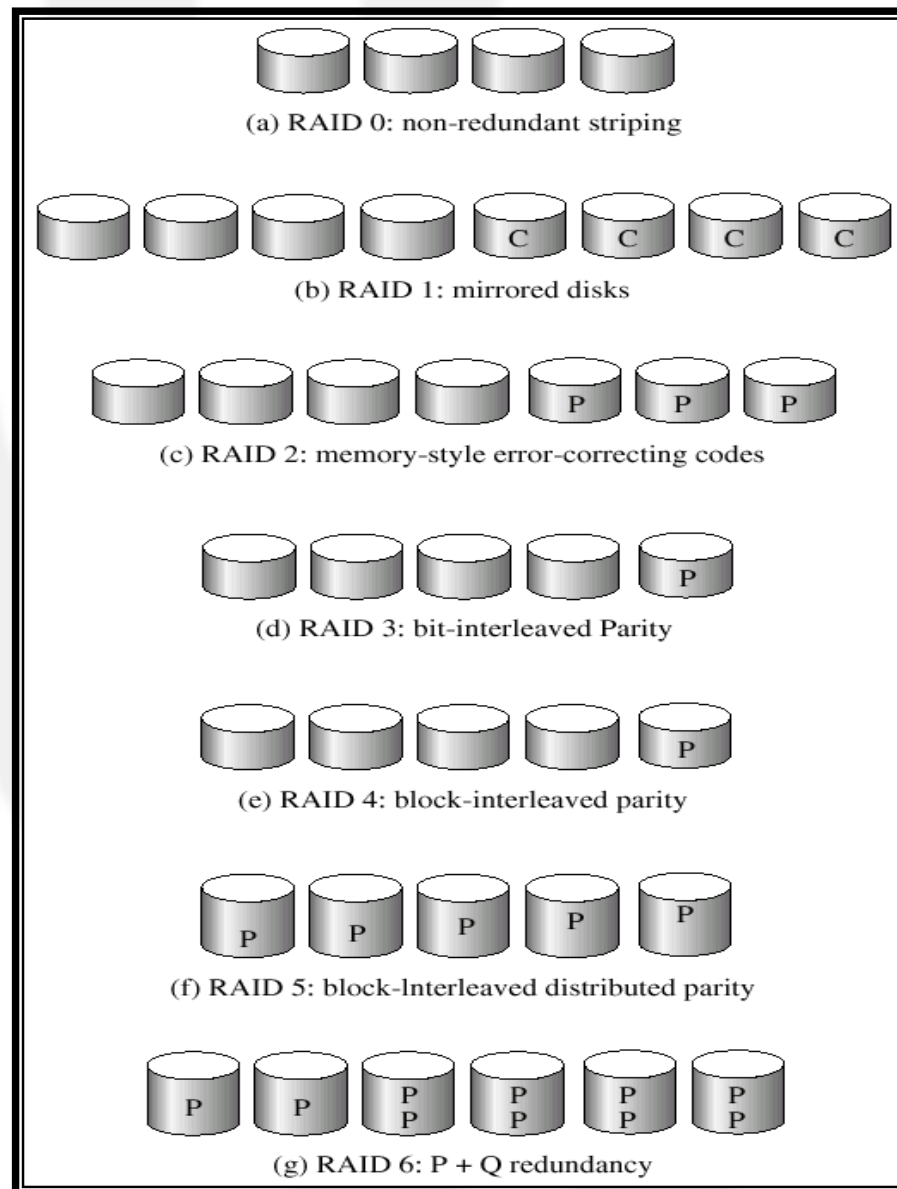
Effetti del parallelismo

- Aumento, tramite *bilanciamento del carico*, della produttività per *accessi multipli* a piccole porzioni di dati
- *Riduzione del tempo di risposta* relativo agli accessi a grandi quantità di dati

Livelli RAID

- Mirroring:
 - alta affidabilità ma costoso
- Data striping:
 - alta capacità di trasferimento dati, ma non migliora l'affidabilità
- Spesso si usano tecniche basate sui bit di parità
- Utilizzo combinato di queste tecniche è stato schematizzato in 6 livelli RAID

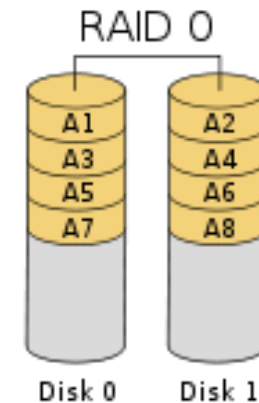
Livelli RAID



- C = mirroring
- P = bit di correzione degli errori
- Es.: 4 dischi dati, gli altri servono per ridondanza

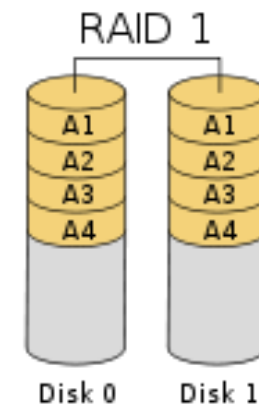
Livello RAID 0

- Caratteristiche:
 - Sezionamento a livello di blocco
 - Senza ridondanza
- Vantaggi:
 - Economico
 - Alte prestazioni grazie al parallelismo delle operazioni di lettura/scrittura
- Svantaggi:
 - Non ha ridondanza
 - L'affidabilità cala all'aumentare del numero di dischi impiegati (es.: l'affidabilità di un sistema con 2 dischi è la metà rispetto a quella con un disco solo)



Livello RAID 1

- Caratteristiche:
 - Mirroring senza sezionamento di blocco
- Vantaggi:
 - Affidabilità aumenta linearmente con il numero di copie (dischi)
 - Aumento delle prestazioni in lettura
 - Se un disco è occupato posso leggere dall'altro
- Svantaggi:
 - Alto costo
 - Bassa scalabilità



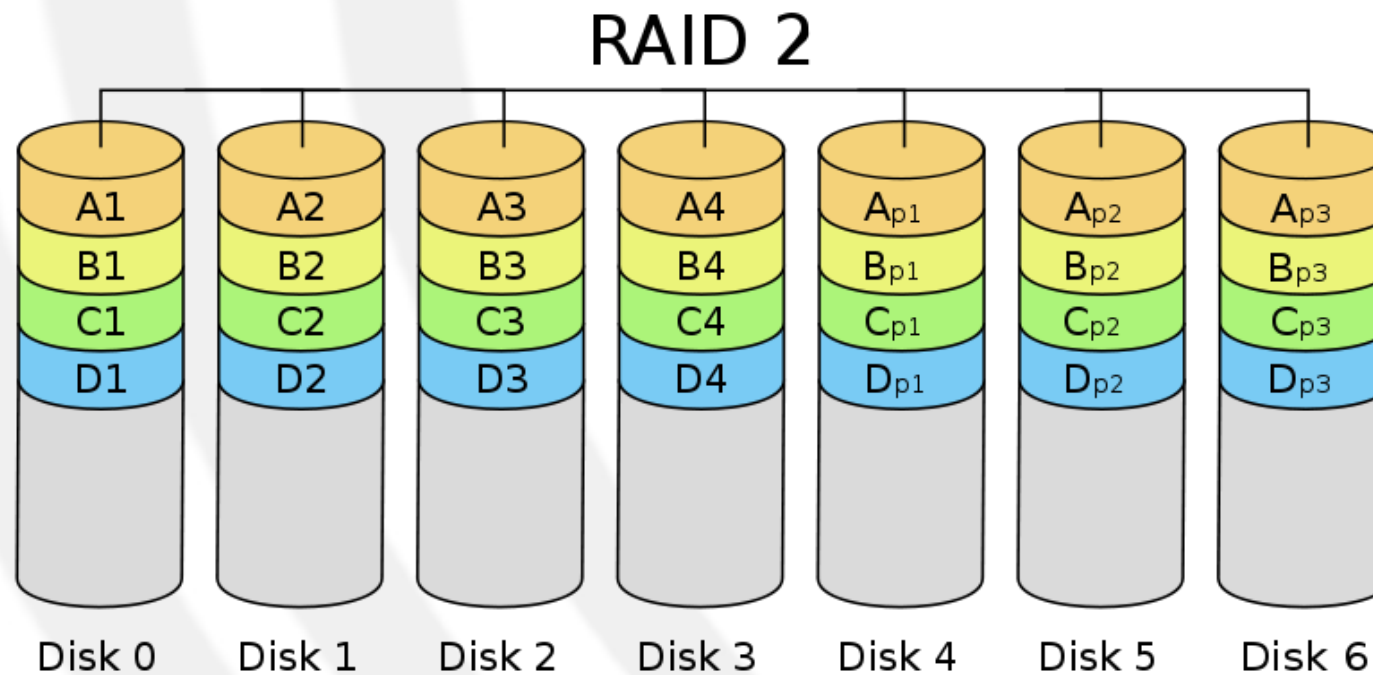
Codici per la correzione degli errori

- Bit di parità
 - Ad ogni byte è associato un bit che indica se gli 1 presenti nel byte sono in numero pari (parità 0) o dispari (parità 1)
 - identificano tutti gli errori su un singolo bit
- Usando più bit supplementari si riescono a individuare/correggere un maggior numero di bit

Livello RAID 2

- Caratteristiche:
 - Sezionamento a livello di byte
 - Utilizza i codici per la correzione degli errori (ECC)
 - Primo bit di ogni byte memorizzato nel disco 1, il secondo nel disco 2, ecc.
 - I bit di correzione sono memorizzati singolarmente in dischi separati differenti rispetto a quelli usati per i dati
 - Se un disco si guasta, i bit rimanenti del byte dati e i bit di correzione associati vengono usati per ricostruire il dato danneggiato
 - Il RAID 2 richiede solo 3 dischi in più per 4 dischi dati, contro i 4 richiesti dal RAID 1

Livello RAID 2



Livello RAID 2

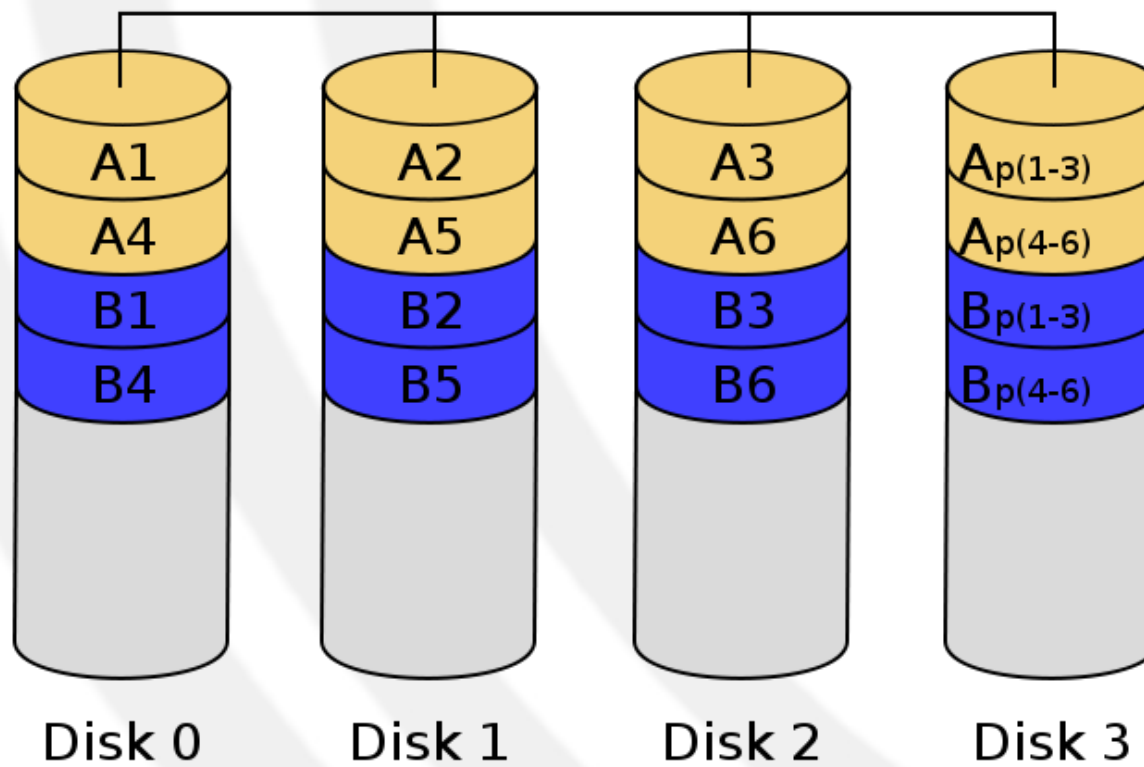
- Vantaggi
 - E' un RAID 0 con maggior affidabilità
- Svantaggi
 - Costoso

Livello RAID 3

- Caratteristiche:
 - Sezionamento a livello di byte con un disco dedicato al bit di parità
 - Noto come organizzazione con bit di parità intercalati
 - I controllori dei dischi sono in grado di rilevare se un settore è stato letto correttamente
 - Se un settore è danneggiato, per ogni bit del settore è possibile determinare se deve valere 0 oppure 1 calcolando la parità dei bit corrispondenti dai settori degli altri dischi.
 - Se la parità dei rimanenti bit è uguale a quella memorizzata, allora il bit mancante è 0, altrimenti è 1

Livello RAID 3

RAID 3



Livello RAID 3

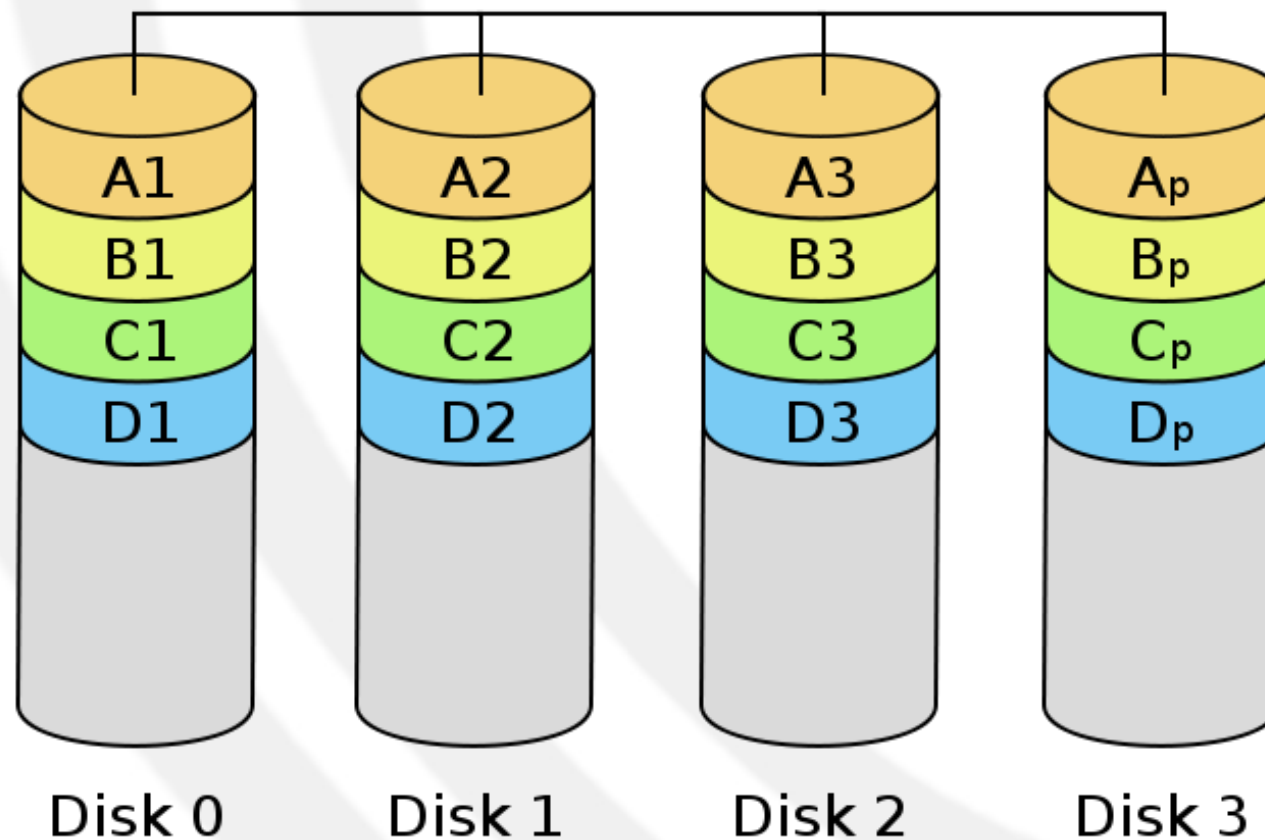
- Vantaggi:
 - Stessa efficienza del RAID 2, ma usa un solo disco per i bit di parità
 - Velocità di trasferimento pari a n volte quella del RAID 1, grazie al data striping
- Svantaggi (rispetto al RAID 1):
 - Meno operazioni di I/O al secondo perché ogni disco è coinvolto da tutte le richieste
 - Tempo più lungo per scritture perché è necessario calcolare il bit di parità
 - Soluzione: controllore RAID è capace di gestire il calcolo della parità, sollevando la CPU dall'incarico

Livello RAID 4

- Caratteristiche:
 - Sezionamento a livello di blocco con disco dedicato alla parità
 - Noto come organizzazione con blocchi di parità intercalati
 - Come RAID 0, più un blocco di parità in un disco separato

Livello RAID 4

RAID 4



Livello RAID 4

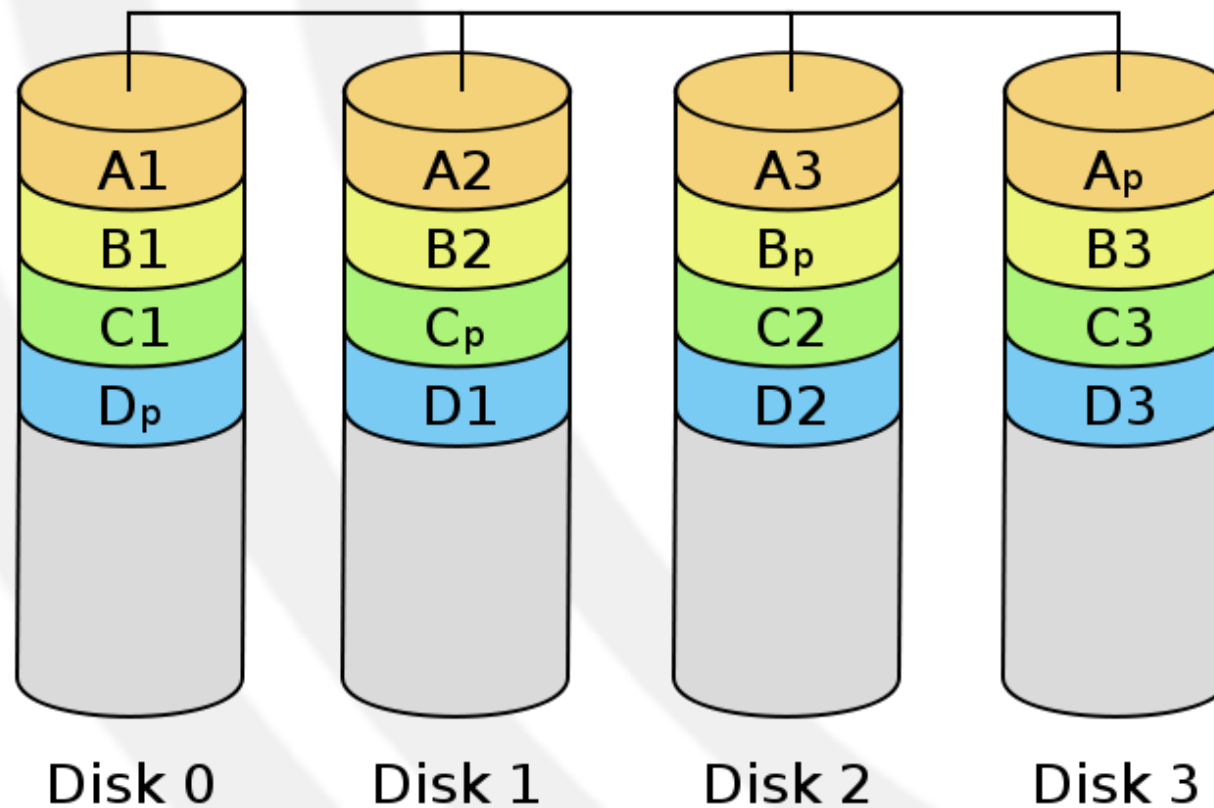
- Vantaggi:
 - Tolleranza ai guasti
 - Letture più veloci grazie al parallelismo
- Svantaggi:
 - Il disco usato per la parità può essere collo di bottiglia
 - Scritture lente a causa del calcolo della parità

Livello RAID 5

- Caratteristiche:
 - Sezionamento a livello di blocco con bit di parità distribuiti tra tutti i dischi del RAID
 - Noto come organizzazione con blocchi intercalati a parità distribuita
 - Un blocco di parità non può contenere informazioni di parità per blocchi che risiedono nello stesso disco
 - Altrimenti un guasto al disco farebbe perdere i dati
 - E' un implementazione molto popolare

Livello RAID 5

RAID 5



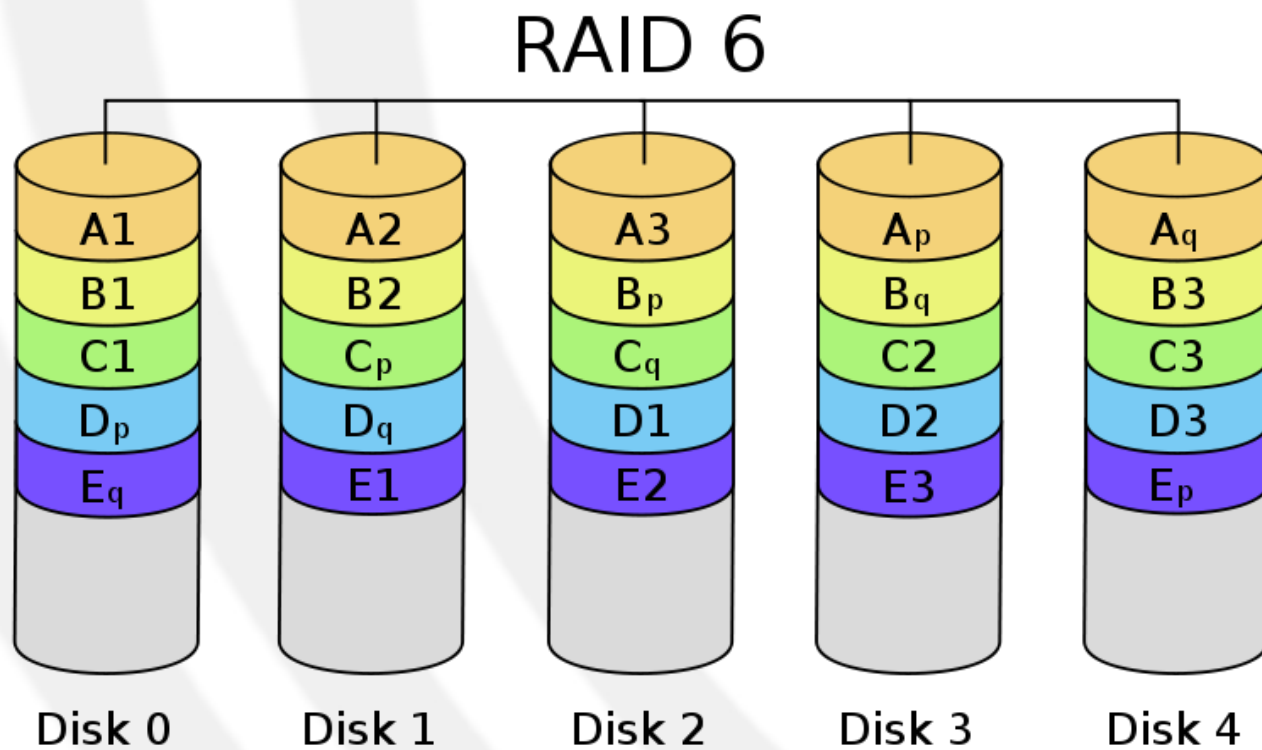
Livello RAID 5

- Vantaggi
 - Come per il RAID 4 ma senza avere il collo di bottiglia del disco di parità
- Svantaggi
 - Scritture lente come per il RAID 4

Livello RAID 6

- Caratteristiche:
 - Simile al RAID 5, ma con maggiori informazioni di ridondanza per gestire guasti contemporanei su più dischi.
 - Al posto della parità usa altri codici per la correzione dell'errore (Reed-Solomon)

Livello RAID 6

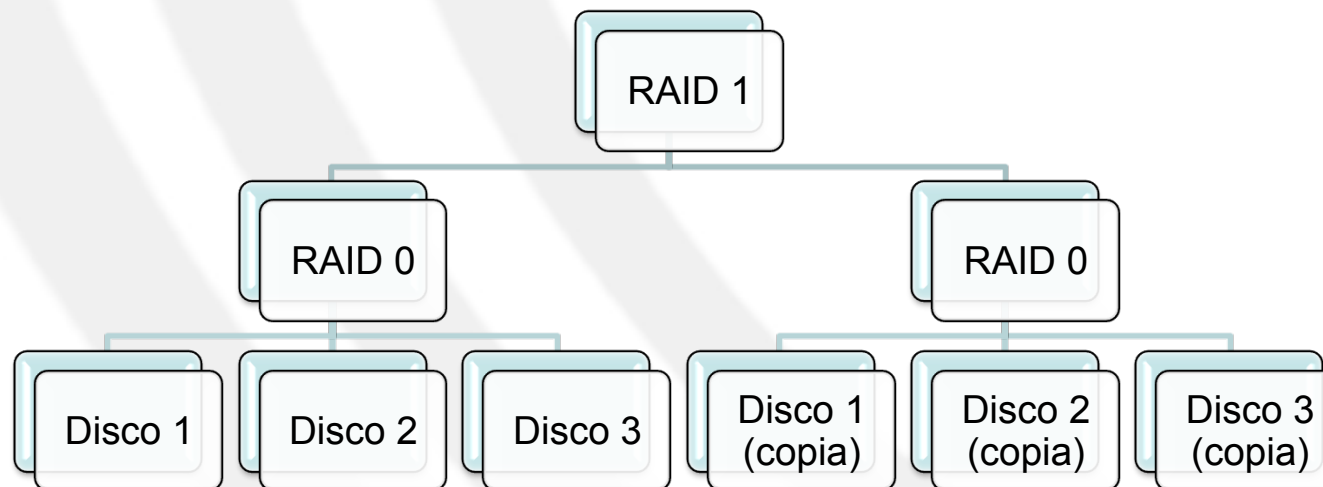


Livello RAID 6

- Vantaggi:
 - Altissima ridondanza
- Svantaggi:
 - Molto costosi
 - Scritture molto lente per la gestione dei codici per la correzione degli errori

RAID di livello 0+1

- Caratteristiche
 - Combinazione di 0 e 1 per fornire affidabilità e alte prestazioni

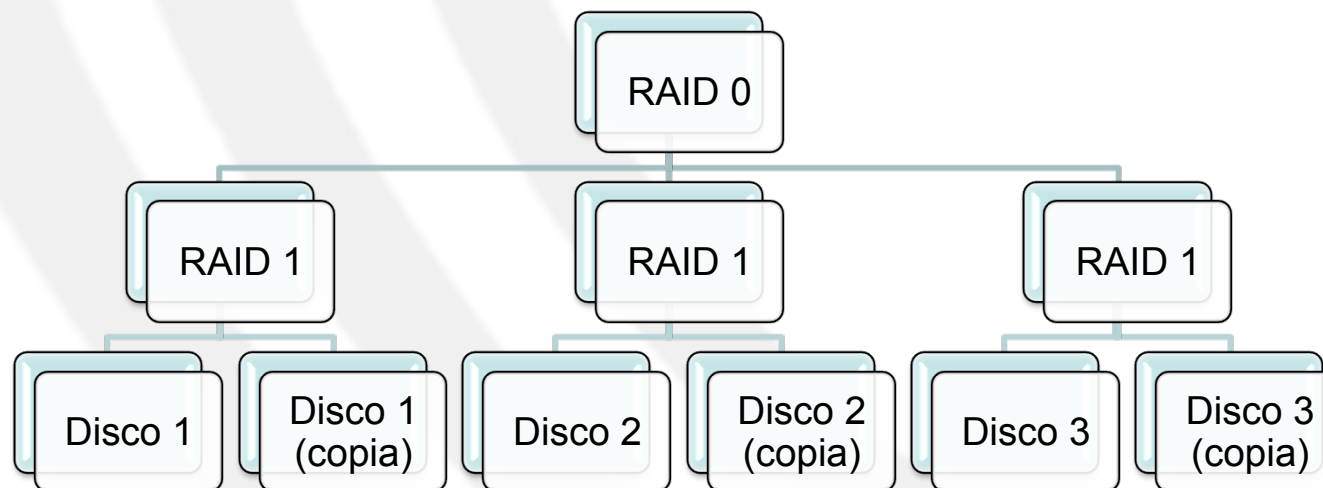


RAID di livello 0+1

- Vantaggi:
 - Prestazioni migliori rispetto al RAID 5
- Svantaggi:
 - Richiede il raddoppio del numero di dischi necessari per memorizzare i dati
 - Più costoso del RAID 5
 - Non supporta la rottura simultanea di 2 dischi se non appartengono allo stesso stripe

RAID di livello 1+0

- Caratteristiche
 - Combinazione di 1 e 0 per fornire affidabilità e alte prestazioni



RAID di livello 1+0

- Vantaggi:
 - Più robusto del RAID 0+1
 - Ogni disco di ogni stripe può guastarsi senza far perdere dati al sistema
- Svantaggi:
 - Costoso

Riassunto

- RAID 0: aumento delle prestazioni in lettura e scrittura
- RAID 1: tollera il guasto di un disco, con ricostruzione automatica
- RAID 2: prevede codici a correzione d'errore
- RAID 3: oltre ad avere codici a correzione d'errore, comporta minor sovraccarico
- RAID 4: consente l'esecuzione di letture contemporanee
- RAID 5: letture e scritture contemporanee, parità distribuita tra i dischi
- RAID 6: doppia parità, tollera il guasto di 2 dischi
- RAID 0+1: sfrutta velocità del livello 0, implementando la sicurezza come nel livello 1
- RAID 1+0: Tollera il guasto di 2 dischi