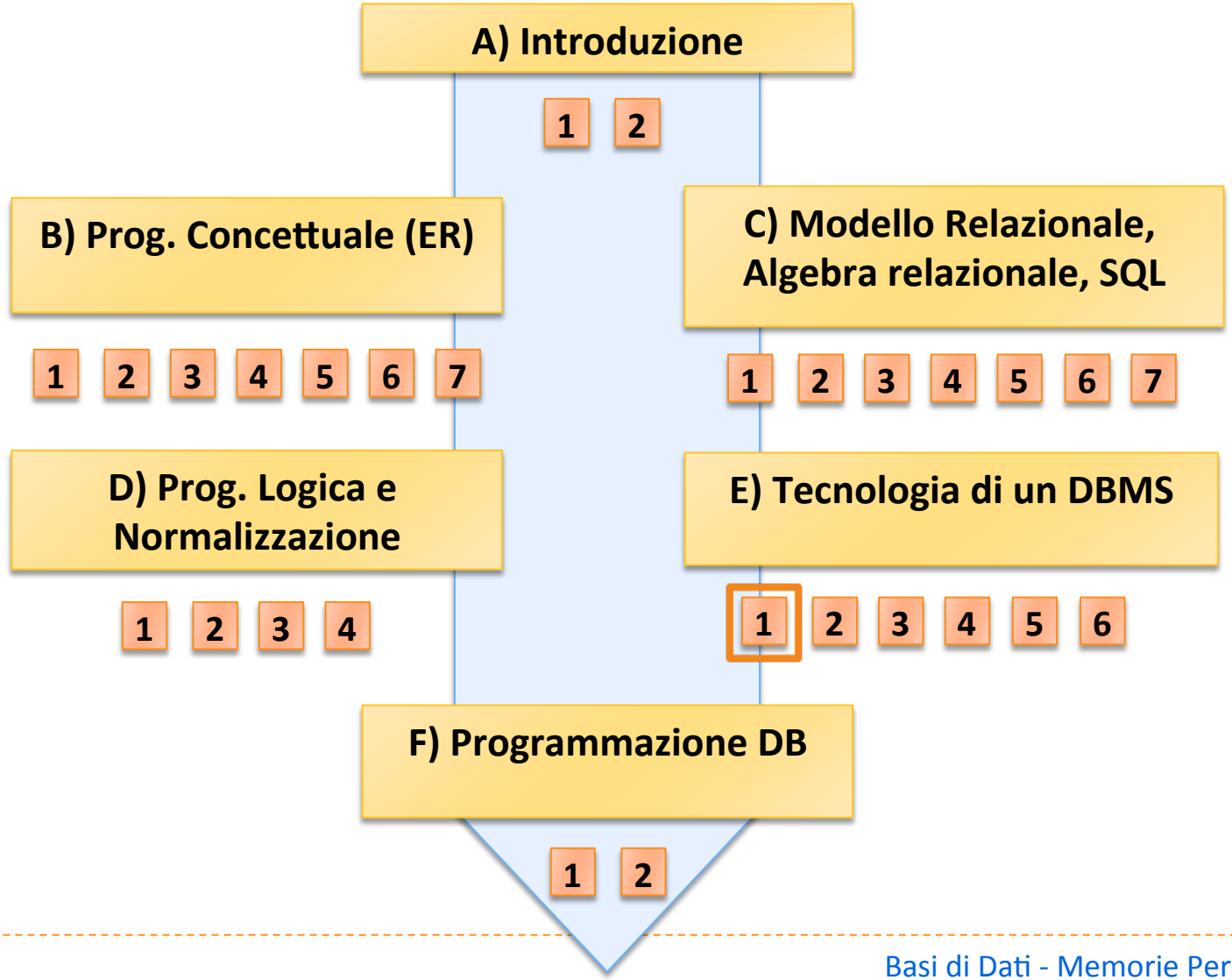
Basi di Dati

Memorie Permanenti

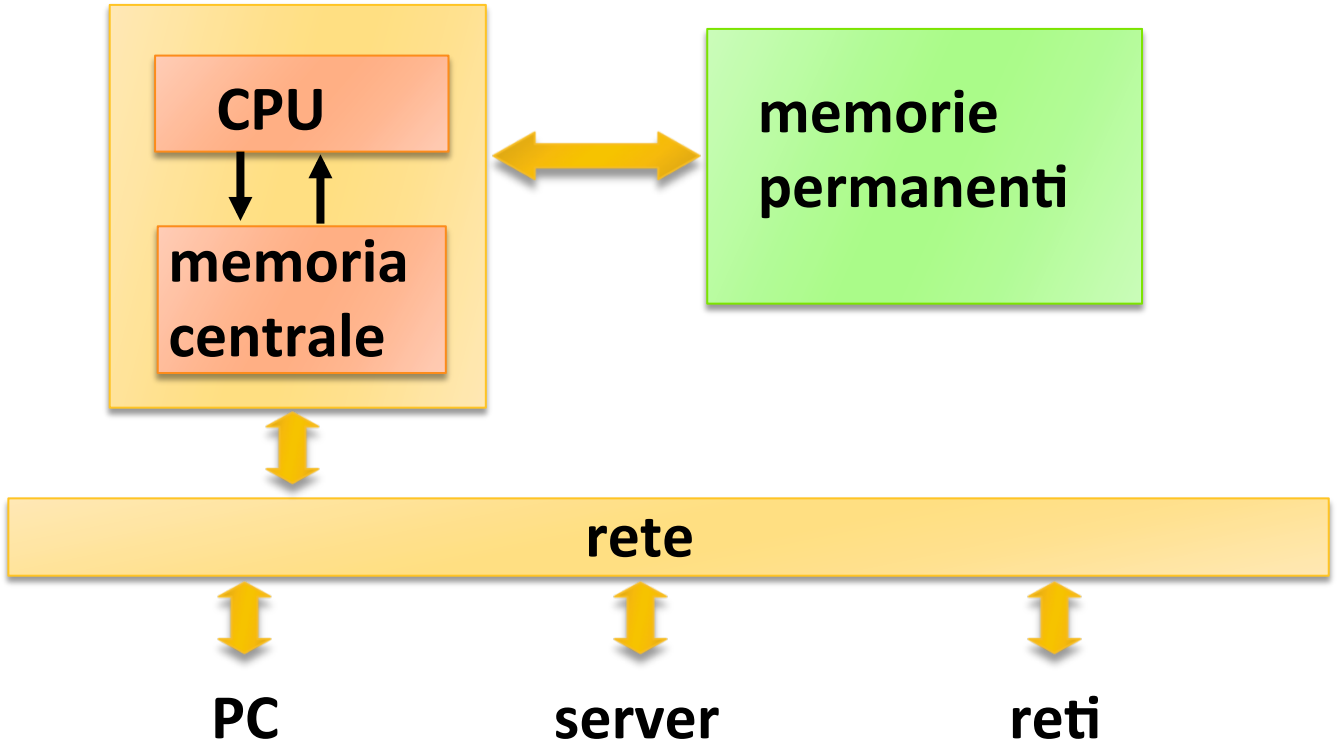
Basi di Dati – Dove ci troviamo?



In questa lezione

- **Presenteremo:**
  - **le unità di memoria permanente**
  - **il loro funzionamento**
  - **le caratteristiche principali**
  - **l'affidabilità**

Struttura di un data server



Qualità di un data server

- velocità della CPU
- capacità e velocità della memoria centrale (…o memoria di sevizio…)
- capacità e velocità delle memorie permanenti (…o memorie secondarie…)

  si tende ad enfatizzare le prime due mentre la più importante è la terza!

  perché condiziona la velocità del servizio nelle applicazioni gestionali

Qualità di un data server

- La **qualità della CPU, a parità di tecnologia** elettronica costruttiva, si misura in numero di **Mhz** del clock e in **numero di bit** dei registri (32-64)
- le **prestazioni** generali tendono e migliorare di circa 1.5 volte ogni anno (negli ultimi anni)
- i **costi** sono in forte calo (a parità di prestazioni)

Qualità di un data server

- secondo la legge di Amdahl, tenendo ferma la tecnologia delle memorie permanenti ed aumentando la velocità della CPU di un fattore 10, si avrebbe un miglioramento delle prestazioni del server di un fattore 5; aumentando di un fattore 100 si avrebbe un miglioramento di solamente 10
- ciò giustifica lo sforzo dell'industria per adeguare le prestazioni delle memorie permanenti

Legge di Amdahl (dei rendimenti decrescenti):

il miglioramento di una delle componenti di una macchina non produce un aumento delle prestazioni proporzionale al miglioramento. Il possibile incremento delle prestazioni è limitato dall'ammontare dell'utilizzo del componente.

UNITA' STANDARD

grandezza	nome	abbreviazione
$10^{15} \div 2^{50}$	peta	p, P
$10^{12} \div 2^{40}$	tera	t, T
$10^{9} \div 2^{30}$	giga	g, G
$10^{6} \div 2^{20}$	mega	m, M
$10^{3} \div 2^{10}$	kilo	k, K
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p

UNITA' STANDARD

hertz (1 ciclo al sec.)	Hz,hz
bit	b
byte (8 bit)	B
bits(bytes) per second	bps (Bps)
instructions per sec.	ips
I/O operations per sec.	I/Ops
transactions per sec.	tps
bits per inch (2.5 cm)	bpi
rounds per minute	rpm

Capacità presente e futura dei sistemi di memoria

Presenti:
alcuni Giga(10^9)
Terabytes (10^{12})
Petabytes (10^{15})

vicine:
Exabytes (10^{18})
Zettabytes (10^{21})

future:
Yottabytes(10^{24})

Un'idea sull'hardware

PC di oggi: 3 Ghz multi-core, 4096 MB RAM,
2 TB di disco, velocita' massima: fino a 100 Gigaflops

Tianhe-1 (NSC, 2010): 2,507 Petaflops, 14336 processori,
262 Terabyte RAM, 2 PetaByte di disco (88M $ + 20M $/anno)

Cray Jaguar (Cray, 2009): 1,75 Petaflops, 224256 processori,
360 Terabyte RAM, 10 PetaByte di disco (104M $)

IBM RoadRunner (IBM, 2008): 1,7 Petaflops, 12960+6480
processori, 103,6 Terabyte RAM, (133M $)

Ordini di grandezza

TESTI:

- **1 byte: 1 carattere**
- **1 pag. di libro : 50 righe per 80 caratteri → 4 kB**
- **1 libro di 500 pag.: 2MB (senza figure)**
- **1 pag. di vocabolario: 2×60×80 caratteri → 9.6 kB**
- **1 vocabolario di circa 2000 pag. → 20 MB**
- **att.: l'occupazione di memoria è superiore se le pagine ed i caratteri sono "strutturati"**
- **in 500MB di 1 CD vanno 250 libri o 25 vocabolari**
- **in un BD-ROM da 50 GB: 25000 libri o 2500 vocabolari**
- **Nota: con tecniche di compressione è possibile incrementare anche di molto queste cifre**

Ordini di grandezza

IMMAGINI:

- **Immagini di 1000×1000 pixel a seconda dei livelli di grigio o dei livelli dei tre colori base : da 1 a 4MB**
- **Immagini ad alta definizione (pixel di 25 μm di lato): 100MB**
- **Le immagini possono essere compresse.**
- **Da una foto aerea si può ottenere una carta come immagine (immagine "raster") e successivamente una rappresentazione "vettoriale" cioè per linee e punti riducendola a circa 100kB.**

Tipi di memorie permanenti

- memorie elettroniche
  - memorie flash
- memorie magnetiche
  - dischi rigidi
    - disco singolo
    - RAID (dischi paralleli)
- memorie ottiche
  - CD-ROM, CD-R, CD-RW
  - DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW
  - BD-ROM, HD-DVD
  - magneto-ottiche riscrivibili

Memorie elettroniche - flash

- **Esistono vari tipi di memorie elettroniche permanenti. Molto comuni sono le Flash Memory, usate per memorizzare informazioni in modo veloce e semplice, come dei piccoli hard disk.**

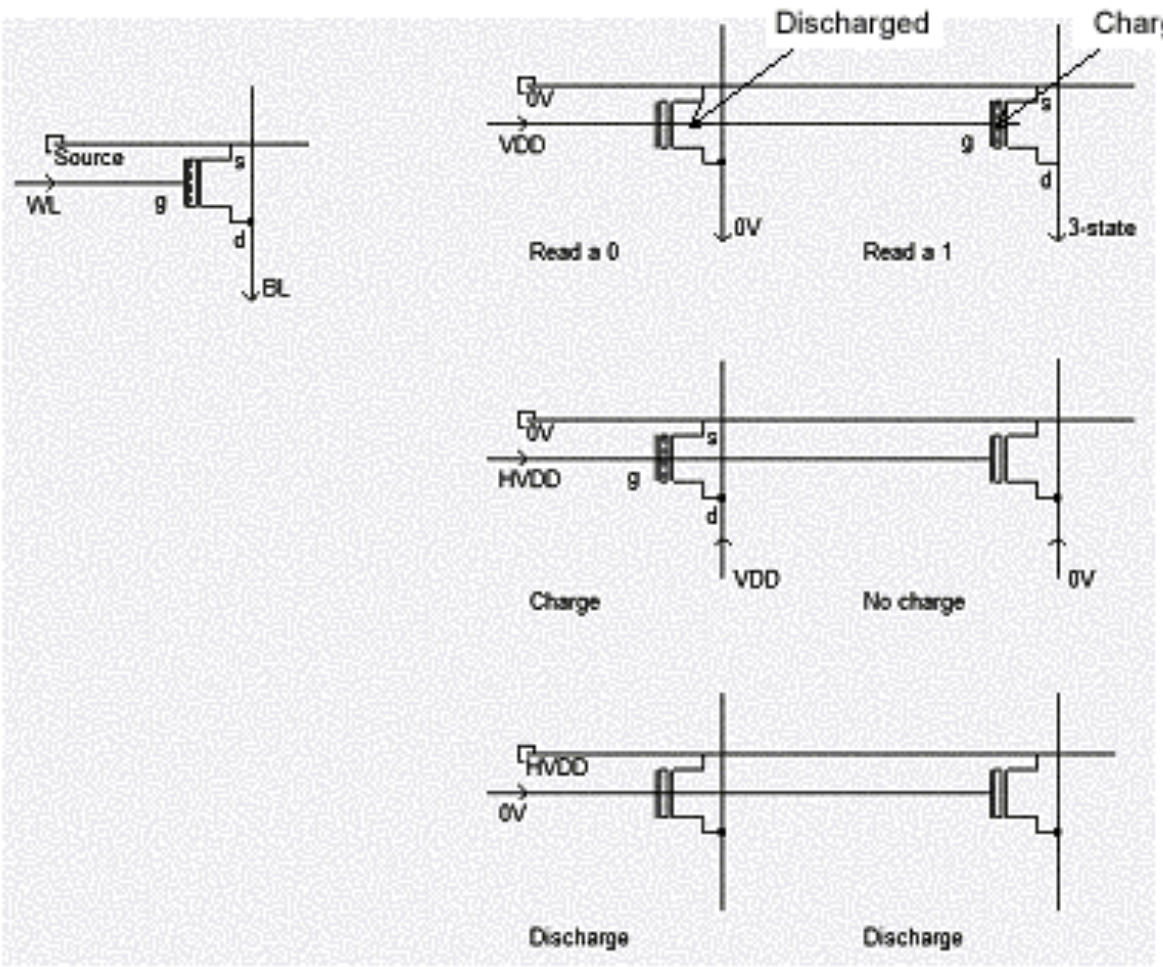
- **Alcuni esempi di Flash Memory:**
  - **Il BIOS del computer**
  - **"Chiavi" USB**
  - **Schede CompactFlash, Memory Stick, SD (fotocamere digitali)**
  - **Dischi SSD (Solid State Drive)**
  - **Memory card usate nelle console**

Memorie flash

- **Le memorie Flash sono ROM di tipo EEPROM che hanno una griglia formata da righe (word line WL) e colonne (bit line BL). Le celle ad ogni intersezione hanno un transistor con doppio gate. I gate sono separati da un finissimo strado di ossido. Tra i due gate può venire immagazzinata della carica, che determina il valore della cella.**

- **Uno dei gate viene definito Control Gate mentre l'altro Floating Gate. Il Floating Gate è collegato alle righe attraverso il Control Gate.**

Memorie flash



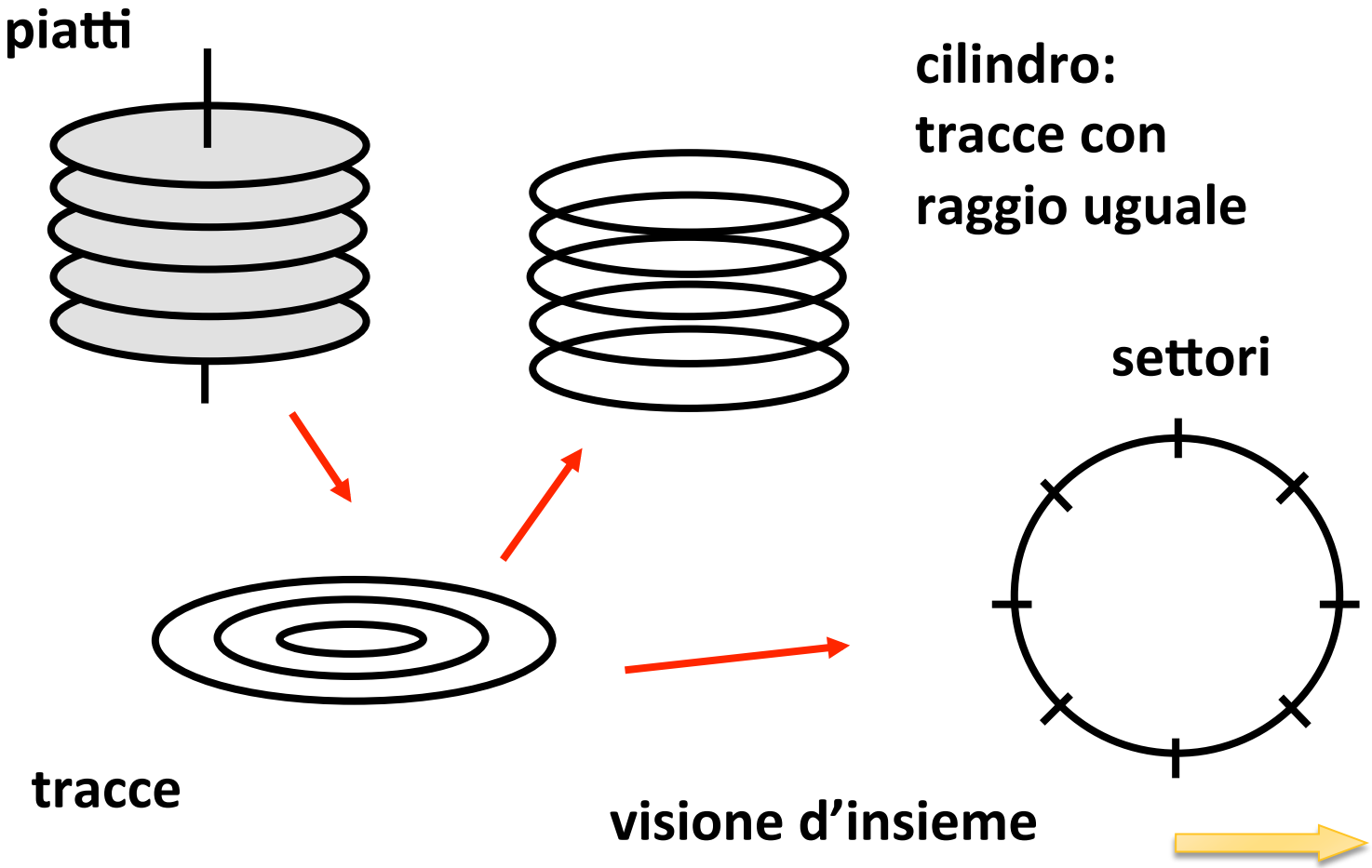
Memorie flash

- **Carica:**
  - Operazione selettiva (dipende dall'informazione sulla bit line)
  - Sovratensione HVDD applicata sui gate
  - Tensione VDD sulla bit line: iniezione di carica (scrivo 1)
  - Tensione 0 sulla bit line: nessuna iniezione di carica (mantengo 0)

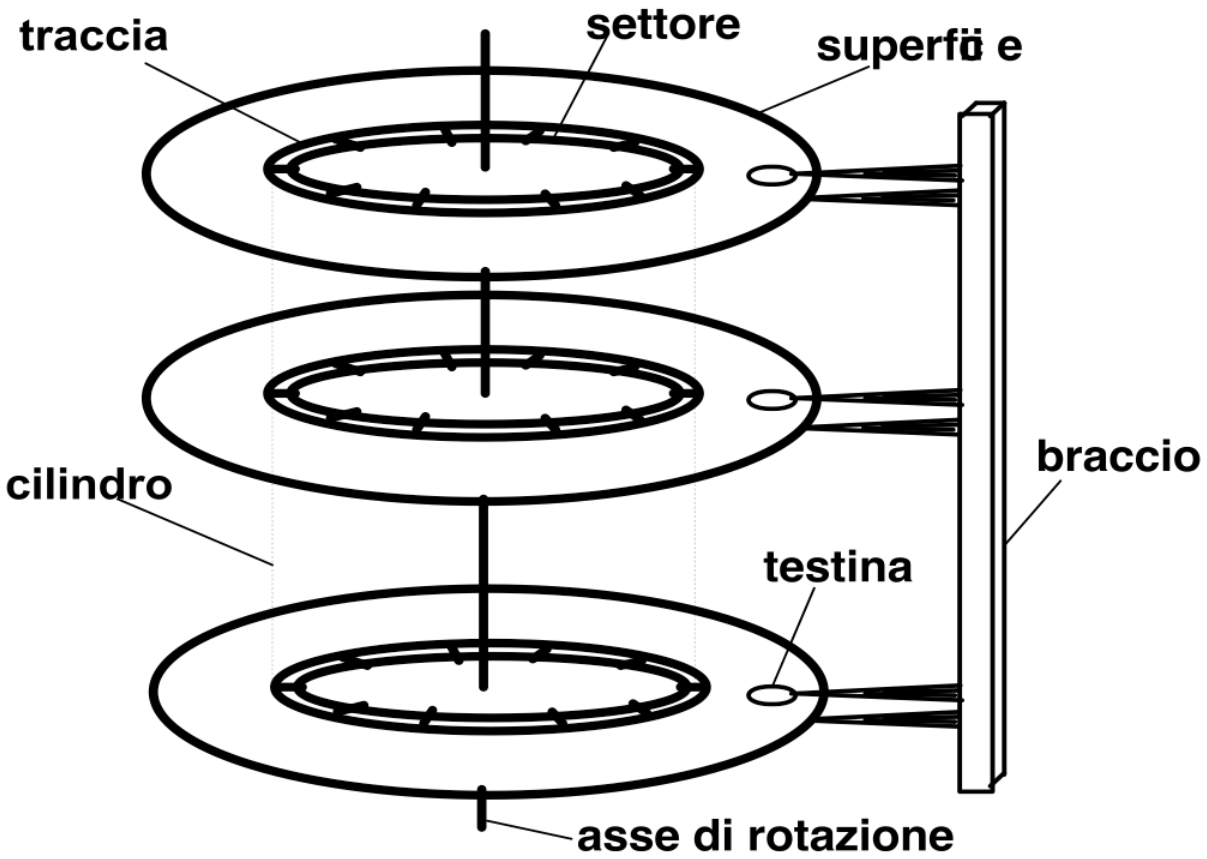
- **Scarica:**
  - Operazione non selettiva (si scaricano tutte le celle di una WL)
  - Sovratensione HVDD applicata sui source
  - Tensione nulla sui gate

- **Lettura:**
  - Si applica una tensione di alimentazione VDD al control gate e si mette a massa la WL
  - Sulla bit line si legge 0 / 1

Memorie magnetiche – il disco



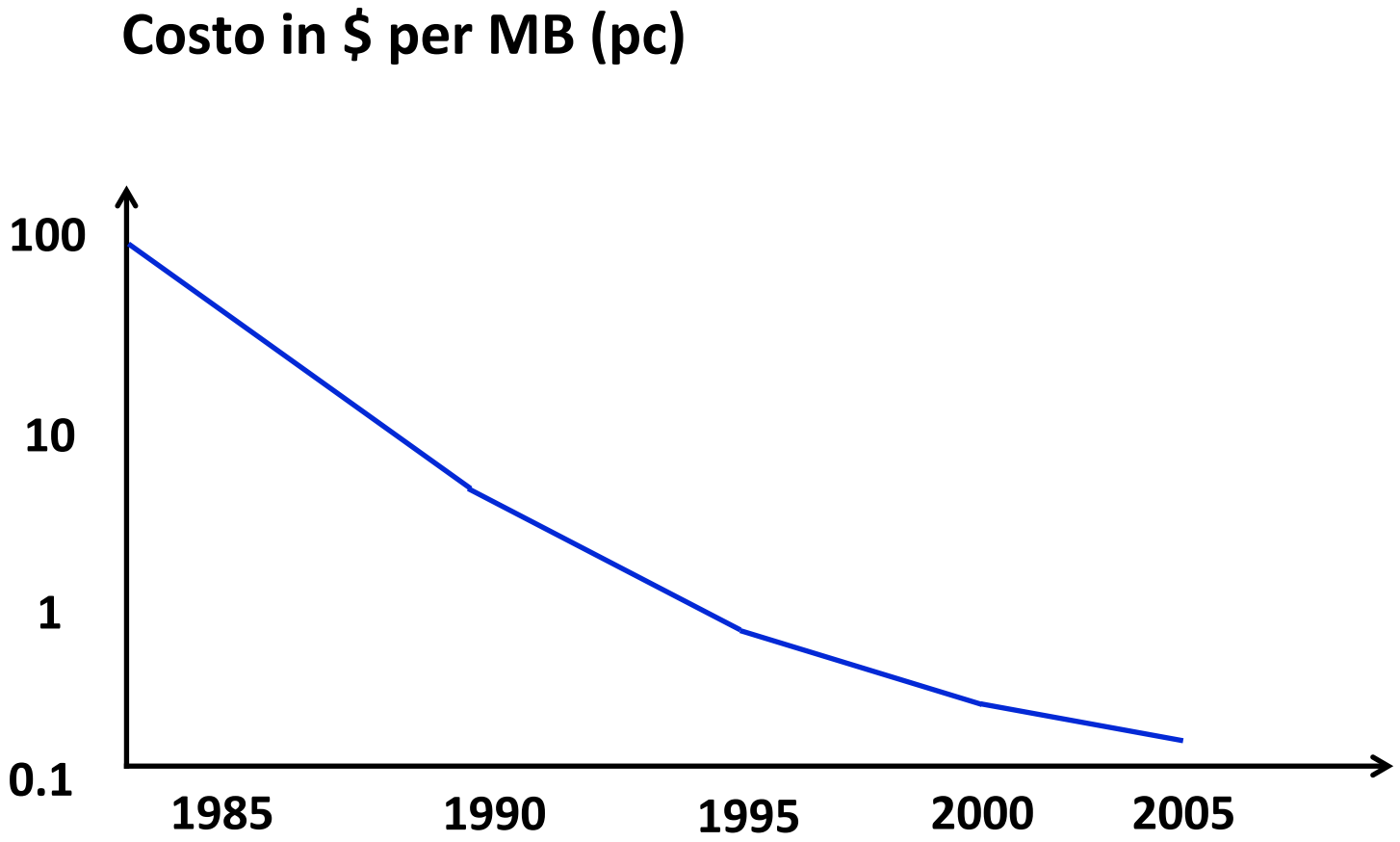
Memorie magnetiche – il disco



Grandezze

- **velocità** di rotazione (rpm): 5400 → 10000 ed oltre
- **no. piatti**: 1 → 20 ed oltre
- **tracce** per piatto (quindi cilindri) 3000 → 20000 ed oltre
- **diametro** disco 1 → 8 inch
- **densità:** n Giga bit per inch ^{2}
- **dimensione del settore:** 4k ed oltre
- **settori per traccia**: (2^n ad es. 64) da circa alcune decine ed oltre

Grandezze

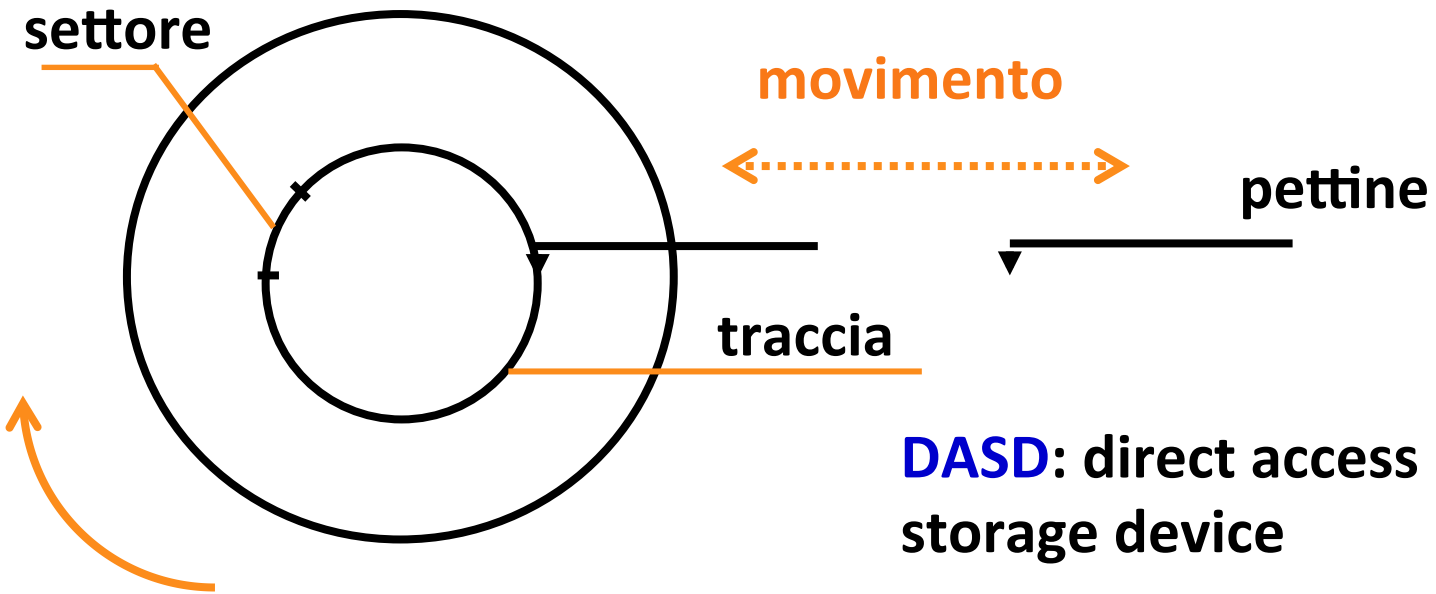


Dimensione del settore

- Ad esempio, con i file system in Windows:
  - NTFS (Windows NT, 2000, XP, 2003, Vista…)
    - 4K block size per dischi più grandi di 2GB
  - FAT-32 (Windows 95, 98, ME)
    - 4K per dischi fino a 8GB
    - 8K fino a 16GB
    - 16K fino a 32GB
    - 32K oltre 32GB.

Meccanica del disco

Funzionamento: movimento del pettine, raggiungimento del cilindro richiesto, attivazione della testa relativa alla traccia, attesa del settore , lettura/scrittura



DASD: direct access storage device

Meccanica del disco

- Il settore è l'unità minima di trasferimento, i settori possono essere raggruppati in blocchi (pagine)
- l'indirizzo di un settore (blocco) è :
  - num. cilindro, num. traccia, num. settore.
- il tempo di servizio è:
  - tempo di posizionamento (seek time) : Ts
  - tempo di latenza rotazionale : Tr
  - tempo di lettura (scrittura) : Tb
  - per la scrittura si usa anche il metodo read after write che ricontrolla dopo un giro
  - tempo impiegato dal controller (elettr.):Tc

Meccanica del disco

- il tempo di posizionamento (seek time) : Ts viene indicato dal costruttore come tempo medio di spostamento tra due possibili tracce, vengono anche indicati il Tmax ed il Tmin.
- il tempo di latenza rotazionale : Tr è mediamente la metà del tempo di rotazione
- il tempo di lettura (scrittura) : Tb dipende dalla dimensione del blocco
- il metodo read after write richiede un ulteriore 2×Tr
- il tempo impiegato dal controller (elettr.):Tc è generalmente indicato dal costruttore
- transfer rate misurato in MB/sec.

Meccanica del disco

- **Esempio:**

  Ts = 9ms, transfer rate = 30 MB/sec ,

  blocco = 4096 bytes, Tc = 1 ms.

  rotazione 7200 rpm

- **tempo di accesso:**

  Ts + Tr + Tb + Tc=

  9 ms + 0.5 / 7200rpm + 4KB / 30MB/sec +1 ms = 9 + 4.15 + 0.1 + 1 = 14.3 ms

- **con read after write :**

  14.3 + 2×4.15 = 22.6 ms

  l'ordine di grandezza è di molto superiore a quello delle operazioni elettroniche

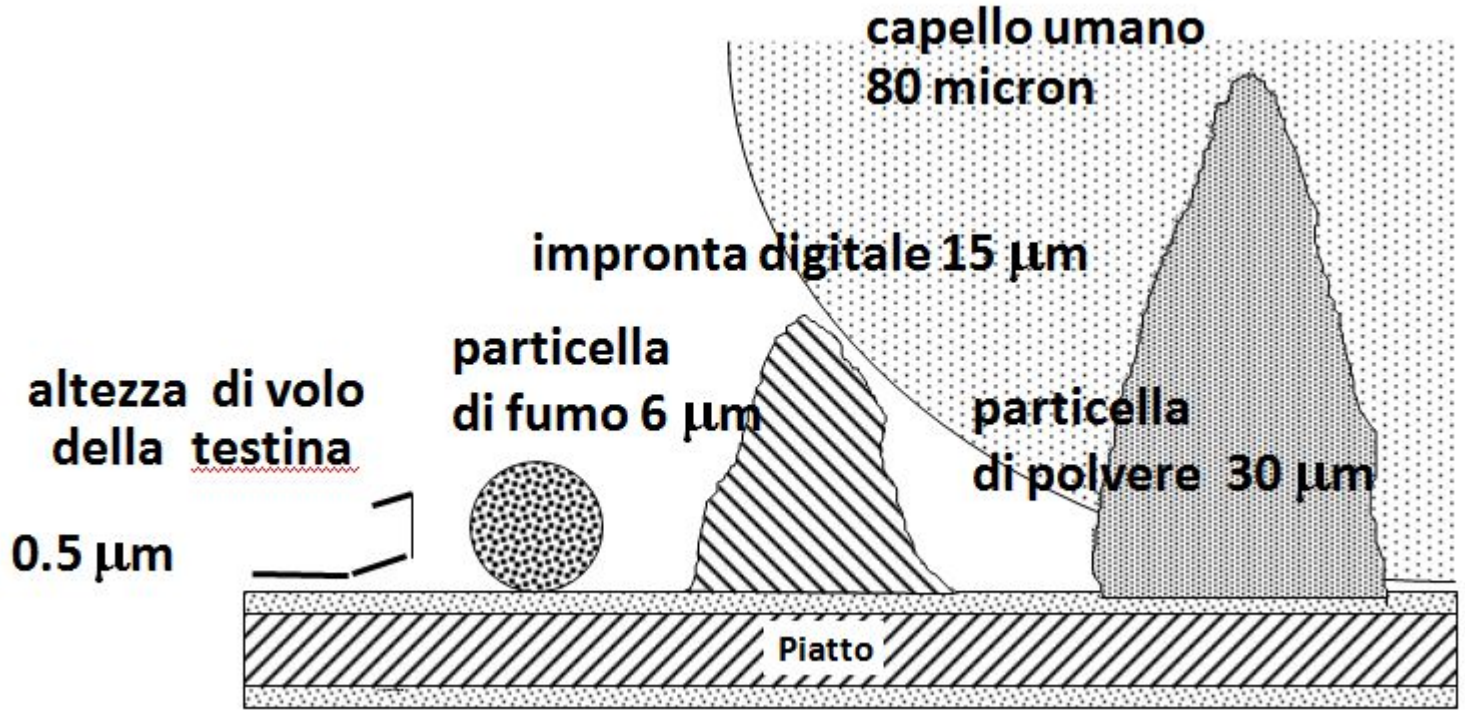
Meccanica del disco

- Le memorie elettroniche avrebbero un tempo di accesso di circa 100000 volte inferiore … ma un costo di circa 100 volte superiore
- i tempi di seek e di latenza sono da ridurre:
  - costruttivamente, riducendo i diametri, aumentando la velocità del pettine e di rotazione, aumentando la densità dei bit sulla superficie e riducendo di conseguenza l'altezza di volo delle testine sui piatti……..

    l'altezza di volo è inferiore a 0.5 micron (si pensi che un capello ha un diametro di circa 80, la polvere da 6 a 30 ed un'impronta digitale di 15 micron)

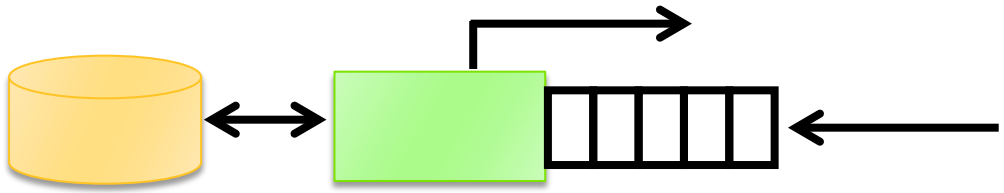
Meccanica del disco

L'*altezza di volo della testina* è strettamente connessa alla densità di registrazione: minore è la distanza, migliore è la possibilità di rilevare le variazioni di campo magnetico, maggiore è la densità possibile.



Meccanica del disco

- riducendo l'ampiezza degli spostamenti del pettine organizzando la coda delle richieste dell'utenza:



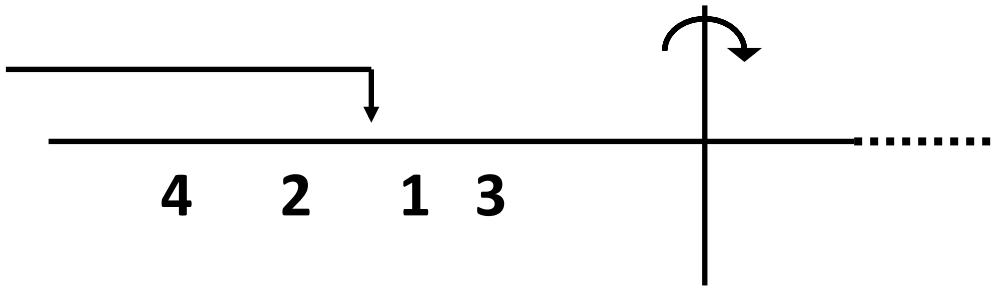
disco gestore coda di richieste

I criteri più noti per soddisfare le richieste sono i seguenti (o varianti e combinazioni degli stessi):

Meccanica del disco

- selezione dipendente dal richiedente:
  - FIFO : First In First Out
  - PRI : priorita' dipendente dal processo
  - PRI/FIFO : combinazione delle due;
- selezione dipendente dall'oggetto richiesto:
  - SSTF : Shortest Seek Time First,
  - SCAN: SSTF in una sola direzione, in avanti e poi indietro sul disco,
  - C-SCAN: SSTF in avanti con ritorno veloce,
  - N-STEP_SCAN: SCAN di solo N settori per volta (tecnica di Disk Sharing).

Meccanica del disco



FIFO : 1, 2, 3, 4 imparziale ma lenta

SSTF : 2, 4, 1, 3 sfavorisce le richieste lontane dalla testa

SCAN : 1, 3, 2, 4 buona

C-SCAN: 1, 3, 4, 2 buona

Memorie ottiche

- La più nota è il CD-ROM:
- funzionamento start-stop
- accesso diretto (n × 100 ms
  con data rate n × 100 KB/sec)
- molta memoria (600 MB → oltre)
- unità di sola lettura
- trasporto archivi medio/grandi
- costituiscono una memoria di terzo livello
- cabinet di tipo juke-box con memoria da n × 100 GB → n × TB

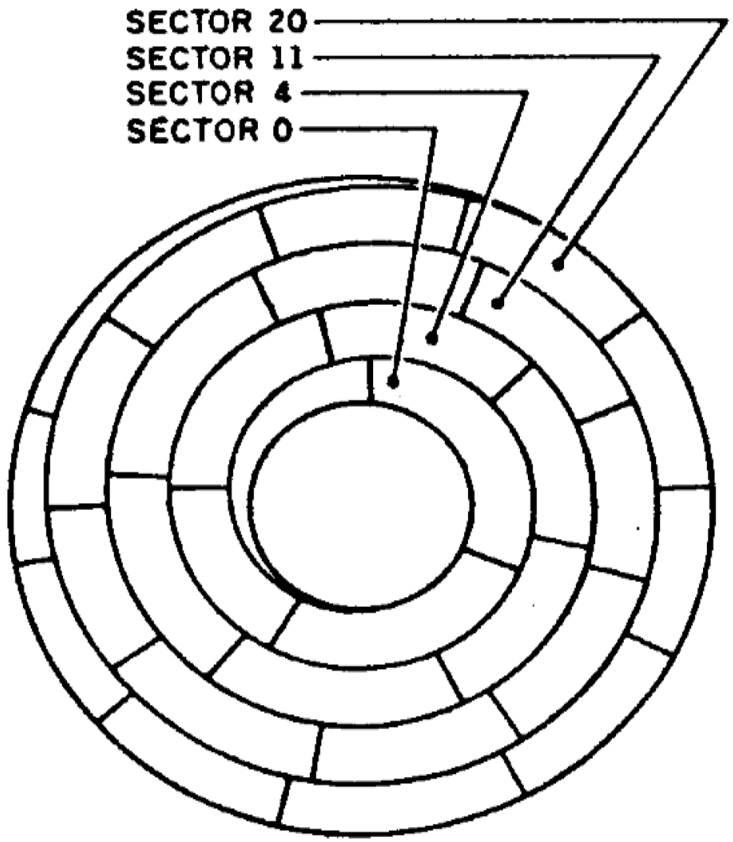
Memorie ottiche

dischi magnetici
sono CAV: constant
angular velocity

i CD-ROM sono CLV:
constant linear velocity

un laser legge su una
superficie riflettente
la presenza di fori
(∅<1μm) provocati
da un laser di potenza

unica traccia a spirale
(n×km per un diam. di 12cm)



Memorie ottiche

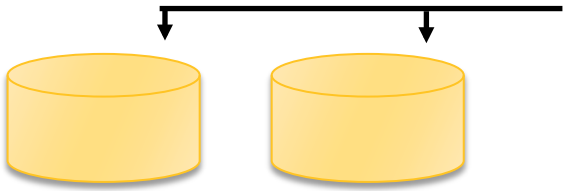
- Simile al CD-ROM è il DVD-ROM
- Tecnologia di lettura / scrittura simile a quella dei CD
- Maggiore quantità di dati contenibile, grazie a…
  - alta densità dei dati (distanza tra le spire di 740 nanometri, contro i 1600 dei CD)
  - tecnologia multi-layer, che consente di raggiungere 15.9GB per DVD doppio lato e doppio strato
  - Migliori algoritmi di error correction, che consentono un minore spazio sprecato da informazioni duplicate

Memorie ottiche

- L'ultima generazione di memorie ottiche prevede:
  - HD-DVD
  - Blu-Ray Disk - BD
- HD-DVD
  - laser a luce blu (405 nm) per una maggiore densità dei dati
  - tecnologia multi-layer, che consente di raggiungere 60GB per HD-DVD doppio strato e doppio lato
- Blu-Ray Disk
  - laser a luce blu (405 nm) per una maggiore densità dei dati
  - tecnologia multi-layer, che consente di raggiungere 50GB per BD doppio strato (BD-50)

Parallelismo e sicurezza

Disk Mirroring : dischi con dati replicati



letture indipendenti
scritture su entrambi

- **aumentando il numero di dischi aumenta la probabilità di averne uno guasto**
- **diminuisce la probabilità di perdita dei dati dovuta al guasto contemporaneo**
- **ridondanza eccessiva**

la ridondanza è utile!

Dischi RAID

Redundant Array of Inexpensive Disks

- architettura che migliora le prestazioni e l'affidabilità del sistema di mem. permanente
- l'uso di N dischi consente di suddividere i dati in piccoli blocchi da scrivere e leggere in parallelo
- informazioni ridondanti consentono la correzione di errori dovuti a guasti

Dischi RAID

- servizio parallelo indipendente per letture brevi per più utenti (parallelismo inter-query)
- servizio parallelo per letture lunghe per lo stesso utente (parallelismo intra-query)
- RAID 0 : striping, nessuna ridondanza (es. 8 dischi)
- RAID 1 : mirroring (es. 16 dischi)
- RAID 2-3: striping, unico movimento parallelo delle testine
- RAID 4: striping, prevede un disco in più per l'informazione ridondante : la parità

Dischi RAID

Concetto di parità:

- dati 8 bit c'è un nono bit che contiene la somma modulo 2 (è 0 se il numero di 1 nel byte è pari altrimenti è 1)

  0 0 1 0 1 1 0 1 → 0

  1 0 1 1 0 1 1 0 → 1

- se un bit si inverte la parità non torna quindi c'è un bit errato (però non si sa quale)

- nel RAID 4 tutti bit di parità stanno sul nono disco

Dischi RAID

- Se un disco si guasta il controller se ne accorge e l'informazione viene ricostruita con la parità:

0 0 1 0 x 1 0 1 → 0 poiché la parità è 0 il bit era 1

1 0 x 1 0 1 1 0 → 1 poiché la parità è 1 il bit era 1

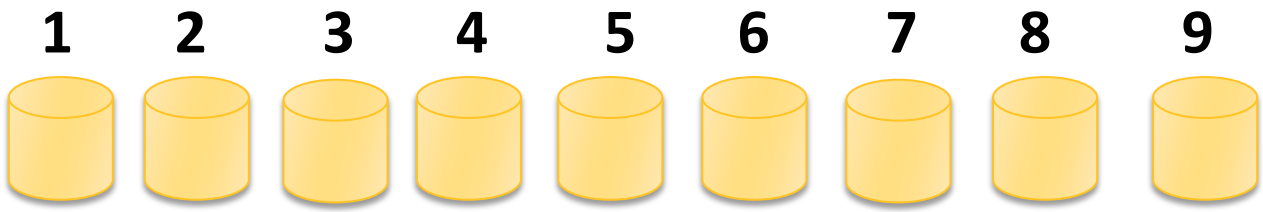
Il RAID 4 ha un eccesso di letture sul nono disco

Dischi RAID

Il RAID 5 ha 1 solo disco in più ma parità e dati sono distribuiti ciclicamente su tutti: un blocco di dati viene memorizzato sui dischi da 1 a 8 e la parità sul 9, un secondo blocco dati viene memorizzato sui dischi da 9 a 7 e la parità sul 8 ….

Il RAID 6 ha 2 dischi in più ma l'informazione è codificata con il codice Reed Solomon e riesce a correggere due guasti

RAID 5



a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	pa
b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	pb	b1
c3	c4	c5	c6	c7	c8	pc	c1	c2
d4	d5	d6	d7	d8	pd	d1	d2	d3

disposizione Left Symmetric

Alcuni concetti sulla probabilità

- **Sia P(A) la probabilità che un evento A accada in un dato periodo di tempo**
- **P(A) è tra 0 e 1 e 1- P(A) è la probabilità che l'evento A non accada nel periodo**
- **Due eventi A e B sono indipendenti se l'occorrenza di uno non influenza l'occorrenza dell'altro, allora:**

P(A and B)= P(A) x P(B) ***(entrambi accadono)***

P(A or B)= P(A)+ (1- P(A)) x P(B) ***(uno solo accade)***

= P(A) + P(B) – P(A)xP(B) ≈ P(A) + P(B)

Alcuni concetti sulla probabilità

- **Poiché le P sono troppo piccole si usa al loro posto il MT(A) cioè il tempo medio di occorrenza dell'evento *(mean time to event)* : MT(A) =1/P(A)**

- **Attenzione, se i tre componenti lavorano insieme MT (almeno uno) è il MT globale! Quindi per alzare il MT globale bisogna alzare la qualità di tutti.**

  MT(G) = 1/(P(A)+P(B)+P(C)) =

  1/(1/MT(A)+1/MT(B)+1/MT(C))

  se gli MT di N componenti sono uguali allora:

  MT(G)= MT(A)/N

Analisi della affidabilità

- Ipotesi:
  - i guasti nei vari dischi sono indipendenti
  - la possibilità di guasto è invariabile nel tempo
- le grandezze di interesse sono :
  - MTTF: mean time to failure
  - MTTR: mean time to repair
  - MTTDL: mean time to data loss

Analisi della affidabilità

- **RAID 0 (poco affidabili):**

  $MTTF_{RAID0} = MTTF_{DISCO} / N = MTTDL$

- **Es.:**

  $MTTF_{DISCO} = 30000$ h > 3 anni

  con 100 dischi:

  $MTTF_{RAID0} = 30000 / 100 = 300$ h ≈ 2 sett.

  con 8 dischi : 3759 h ≈ 22 sett.

Analisi della affidabilità

- **RAID 1 (molto affidabili):**

  $MTTF_{RAID1} = MTTF_{DISCO} / (2 \times N)$

- **Es.:**

  con 16 dischi : ≈ 11 sett.

Però!

MTTDL (mean time to data loss) è elevatissimo: si dovrebbero guastare contemporaneamente un disco e la sua copia

Analisi della affidabilità

- **RAID 5 (molto affidabili):**

  $MTTDL_{RAID5} =$

  $(MTTF_{DISCO})^2 / (N \times (N-1) \times MTTR)$

- **Es.:**

  con 9 dischi e MTTR = 24 h : ≈ 60 anni

  molto inferiore al RAID 6 ma molto superiore ai dischi SLED (single large expensive disk)