

Acquisizione, memorizzazione e visualizzazione delle informazioni

Davide Quaglia

Sommario

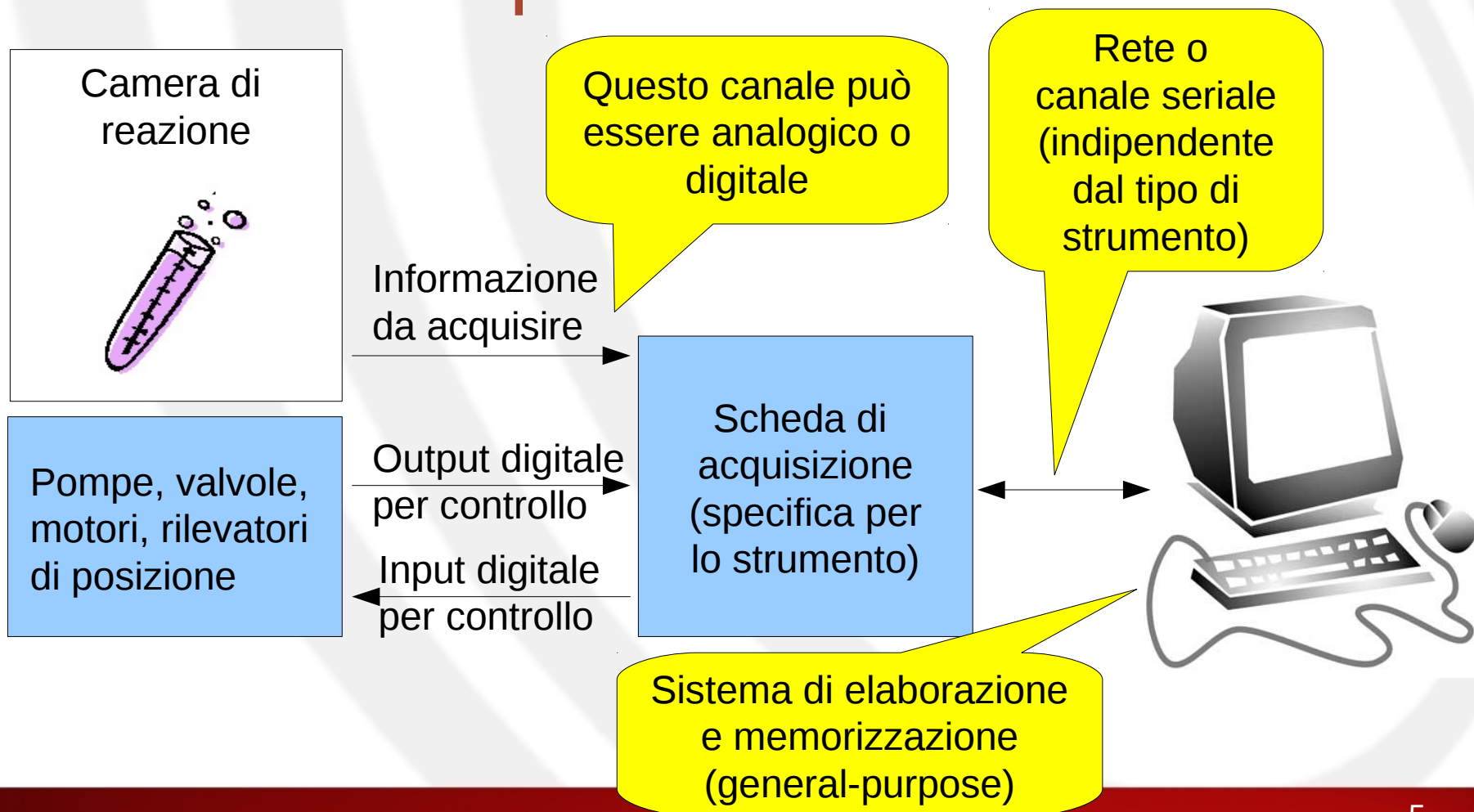
- Acquisizione da sensori
- Cenni sulla compressione
- Memorizzazione su supporti di massa
- Alcuni formati di memorizzazione

Acquisizione da sensori

Obiettivo

- Rilevazione/misurazione di un fenomeno bio/chimico/fisico
- Molti strumenti di laboratorio sono oggi automatizzati
 - Occorre trasformare la rilevazione/misurazione in una **sequenza di numeri binari** per essere elaborati e memorizzati da un calcolatore
- Lab-on-chip

Struttura di una interfaccia computer-strumento



Natura dell'informazione da acquisire

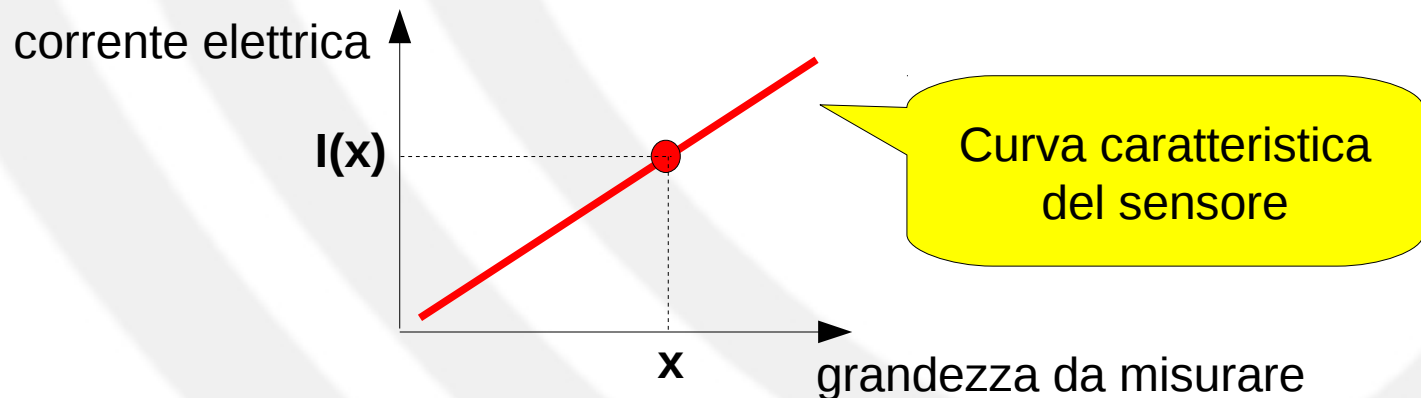
- Caso 1. La rilevazione/misura del fenomeno bio/chimico/fisico consistere nel **conteggio di eventi**
 - l'informazione acquisita è già costituita da numeri
 - Es. il contatore Geiger per la radioattività conta degli impulsi generati da certe particelle nell'unità di tempo
- Caso 2. La rilevazione/misura del fenomeno consiste nella misura di una **grandezza elettrica (tensione o corrente) che varia con continuità** ed è proporzionale all'intensità del fenomeno fisico considerato

Misura attraverso segnale elettrico

- il sistema di acquisizione misura una **grandezza elettrica** (corrente o tensione)
- occorre una **relazione matematica nota** tra il fenomeno fisico e la sua manifestazione elettrica (curva caratteristica)
- si ottiene un **valore continuo a precisione infinita** che occorre trasformare in un numero attraverso campionamento e quantizzazione (vedi dopo)

Curva caratteristica

- **Funzione invertibile** che lega la grandezza bio/chimico/fisica da misurare con la grandezza elettrica che viene misurata
- Misura == inversione della funzione



Fenomeni fisici con manifestazione elettrica

- Intensità luminosa
 - Luce emessa dalla fenomeno stesso
 - Luce trasmessa in trasparenza da una sostanza in funzione del suo grado di torbidità
- Caratteristiche elettriche di atomi o molecole da rilevare/misurare

Misura di intensità luminosa

- Certi atomi, molecole, microrganismi, se eccitati da energia sotto forma di luce o calore possono emettere luce di una lunghezza d'onda ben precisa (luminescenza, fluorescenza, fosforescenza)
 - Spettroscopia
 - Spettrografia

Misura di intensità luminosa (2)

- Una soluzione può avere un certo **grado di trasparenza** in funzione della presenza e concentrazione di sostanze o organismi
- Una soluzione può avere un certo **colore** che significa trasparenza selettiva su certe frequenze di luce
- Un reticolo cristallino o una struttura molecolare **regolare** può creare **diffrazione di una luce incidente** (raggi ultravioletti, raggi X)
 - **Diffrattografia**

Misura di intensità luminosa (3)

- La misura di intensità luminosa può rivelare tali sostanze o determinarne la concentrazione
- I misuratori di intensità luminosa
 - convertono la luce in un segnale elettrico
 - contano eventi luminosi (uscita numerica diretta)
- Spesso le caratteristiche costruttive di tali misuratori li rendono sensibili ad una specifica frequenza dello spettro luminoso
 - Tale selettività si può ottenere anche antepponendo un filtro ottico davanti al misuratore

Caratteristiche elettriche di atomi o molecole da rilevare/misurare

- Conducibilità elettrica o resistenza elettrica
- Capacità elettrica
- Differenza di potenziale elettrico
- Caratteristiche magnetiche che inducono un campo elettrico

Conducibilità elettrica

- Legge di Ohm: $V = R * I$
- R dipendente da:
 - Presenza di ioni → concentrazione ionica
 - Variazione della resistenza in funzione delle caratteristiche fisiche da misurare
 - Termoresistenza: solido metallico la cui resistenza elettrica è proporzionale alla temperatura (Es. PT100 = sonda di platino)

Misura di concentrazione ionica

- Uno ione è una molecola dotata di carica elettrica
- Il movimento di uno ione e il suo urto contro un metallo genera
 - una corrente elettrica (misurazione di intensità)
 - un impulso elettrico (conteggio)
 - una emissione di luce (misurazione di intensità luminosa)
- Intensità di corrente, numero di impulsi di corrente oppure intensità luminosa sono proporzionali alla concentrazione della sostanza da analizzare
- I dispositivi di misura possono avere un meccanismo di moltiplicazione del flusso di ioni per amplificare l'effetto e facilitarne la rilevazione

Misura di capacità

- Una soluzione chimica da analizzare posta tra due conduttori crea un condensatore (= una piccola batteria)
 - La capacità può essere valutata misurando il tempo che una corrente elettrica nota impiega a riempire il condensatore
 - Se la capacità del condensatore dipende dalla concentrazione della sostanza cercata allora la misura della capacità permette di risalire alla concentrazione della sostanza

Differenza di potenziale elettrico

- E' una misura di tensione (si misura in Volt)
- **Termocoppia**: saldatura di due metalli che assume una differenza di potenziale (tensione) proporzionale alla temperatura
- **Sensore piezoelettrico** per misure di pressione e forza: la pressione meccanica su un cristallo crea tra certe sue facce un potenziale elettrico proporzionale alla pressione o forza e misurabile da uno strumento

Caratteristiche magnetiche

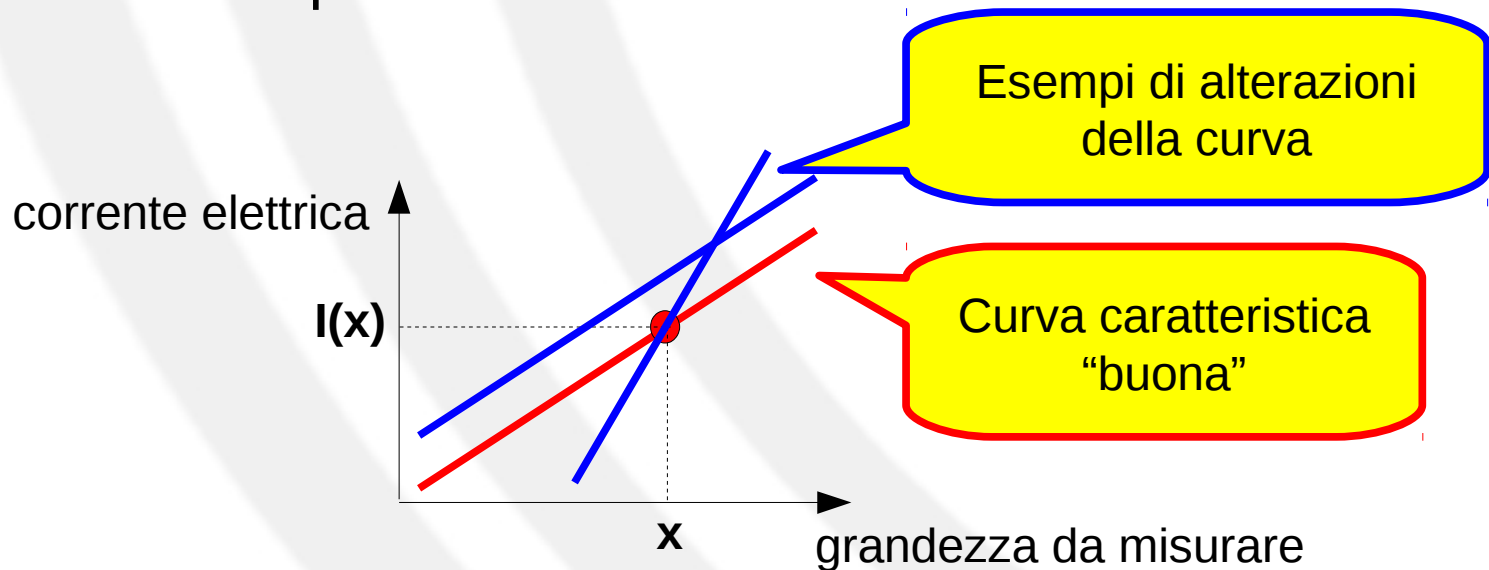
- Certi atomi hanno particolari caratteristiche magnetiche (come fossero tante piccole calamite) e si **caricano di energia** se immersi contemporaneamente
 - in un campo magnetico costante esterno
 - in un'onda radio a frequenza particolare (caratteristica di ogni atomo)
- La rilevazione dell'energia assorbita ad una certa frequenza è proporzionale alla concentrazione dell'atomo corrispondente
- Risonanza magnetica nucleare (NMR)

Misura indiretta di un fenomeno

- Il fenomeno bio/chimico/fisico da rilevare/misurare si deve sempre manifestare attraverso i meccanismi elencati
- In caso contrario occorre una **misura indiretta**
- Ad es. una molecola senza proprietà luminose/elettriche può essere rilevata da una molecola avente tali proprietà che si lega ad essa (**marcatore**)
 - Micro array, sequenziatore di DNA

Calibrazione

- La curva caratteristica dei sensori può subire variazioni dovute a fattori ambientali o usura
- Spesso la curva subisce solo una translazione o una variazione di pendenza o di scala

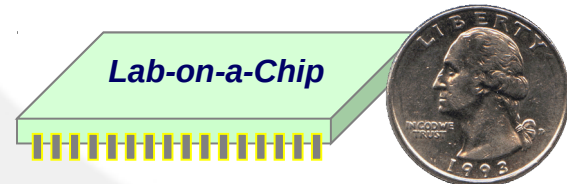


Calibrazione (2)

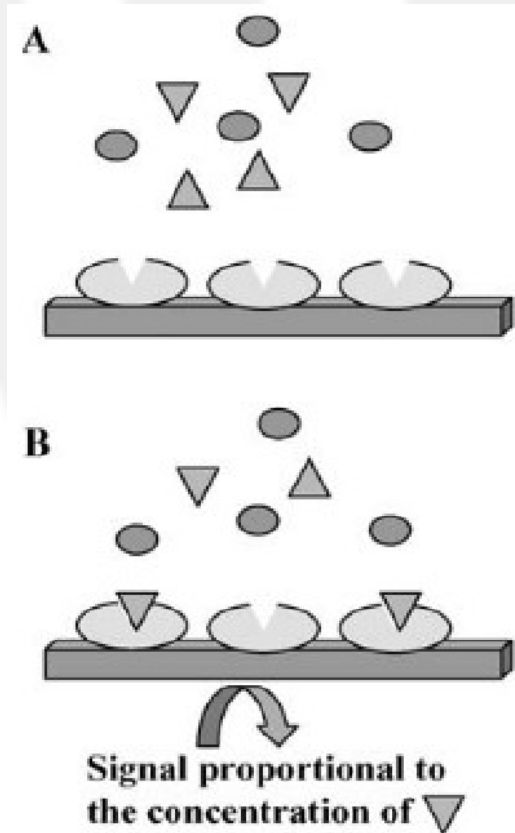
- Prima di iniziare una acquisizione occorre fare una calibrazione
 - si verifica la presenza di una variazione misurando vari campioni di valore noto
 - si compensano le variazioni della curva nel sistema di misurazione (ad es. aggiunta di un costante, moltiplicazione per un fattore correttivo)
 - si lancia un segnale di allarme in caso di compensazione impossibile

Biosensori e lab-on-a-chip

- Miniaturizzazione del processo di analisi biochimica
- Creare dispositivi economici e veloci, per analisi “vicino al paziente” oppure per monitorare elementi tossici nell'ambiente, nell'acqua e nei cibi
- Consumo di piccole quantità di reagenti e analita; funzionamento automatico, elevata sensibilità



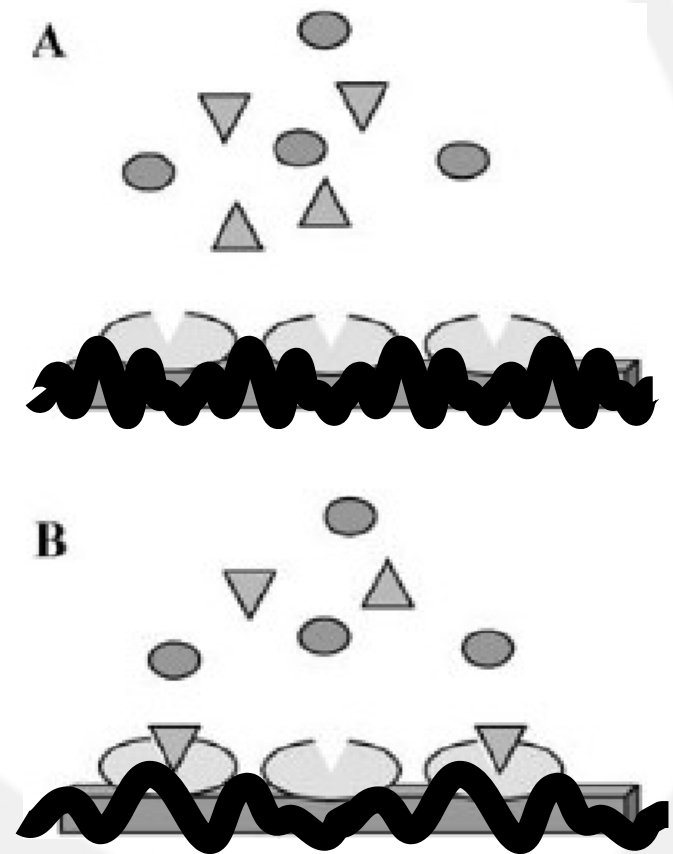
Biosensori amperometrici



- Prevedono la rilevazione di una variazione di corrente elettrica generata da reazioni di ossidoriduzione catalizzate da enzimi di ossidoreduttasi
- Opportuni nanomateriali forniscono supporto stabile agli enzimi e facilitano la conduzione elettrica

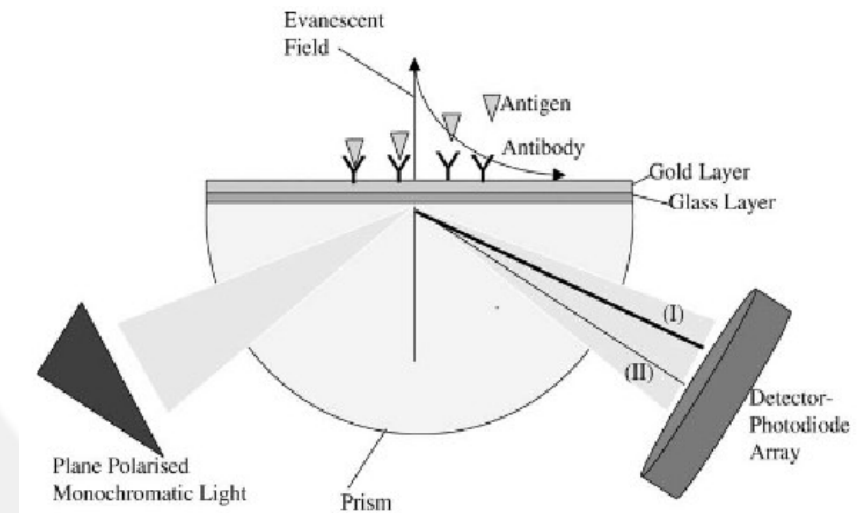
Biosensori acustici

- Il substrato ricevente contiene molecole in grado di combinarsi con la molecola da rilevare
- Durante l'analisi il sistema substrato+analita ha una massa maggiore e proporzionale alla concentrazione dell'analita
- Il sistema viene fatto oscillare
- La variazione di massa provoca una variazione della frequenza di risonanza

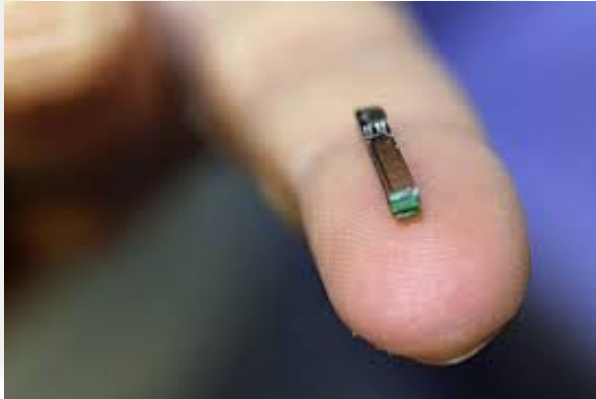


Biosensori ottici

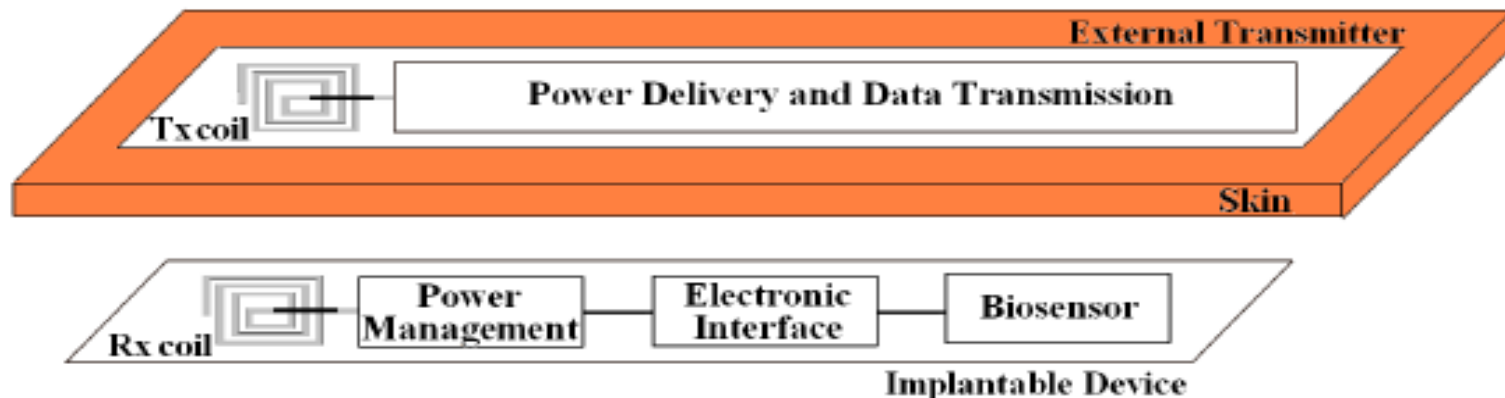
- La combinazione dell'analita col substrato crea una variazione dell'angolo di riflessione della luce polarizzata incidente
- Tale variazione viene rilevata con una matrice di rilevatori di luce (la stessa di una fotocamera digitale)



Biosensori impiantabili



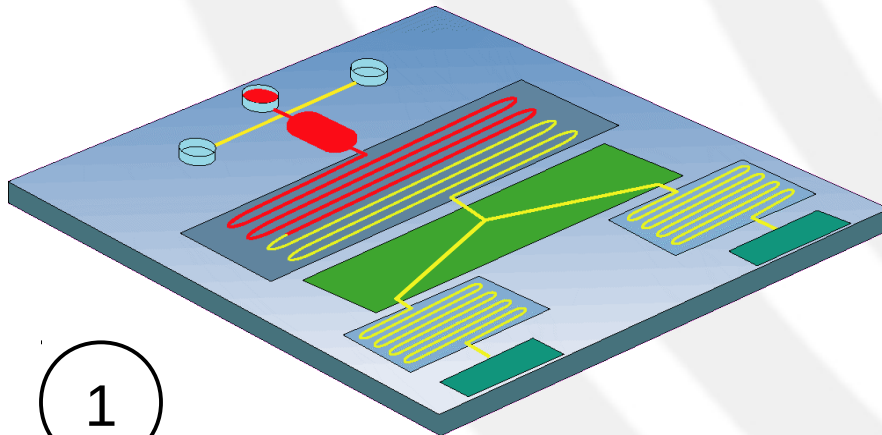
- Due parti:
 - Parte esterna alimentata a batteria per alimentare la parte interna e ritrasmettere info verso la rete locale
 - Parte interna alimentata mediante campo elettromagnetico, dotata di sensore/i, CPU
- Biosensore di tipo amperometrico
- La parte interna deve essere contenuta in un involucro bio-compatibile



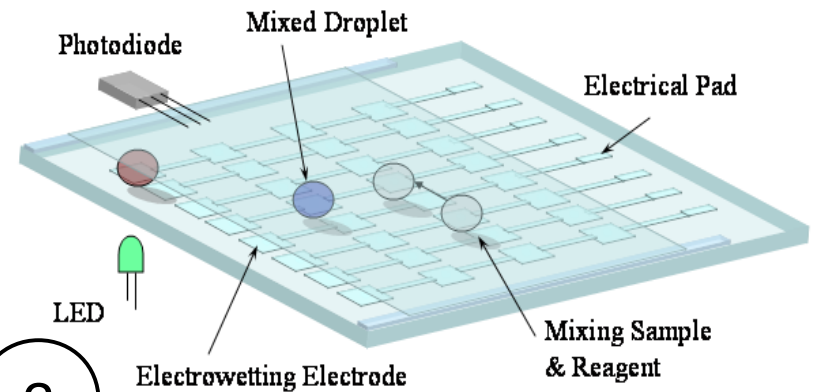
Microfluidica

Microtubi che movimentano nanolitri di analita, solvente e reagente

- 1) **Continuous-flow lab-on-chip**: micropompe e microcanali
- 2) **Digital microfluidic lab-on-chip**: creazione di gocce (droplets) e loro spostamento/miscelazione tramite impulsi elettrici



1



2

Segnale analogico e segnale digitale

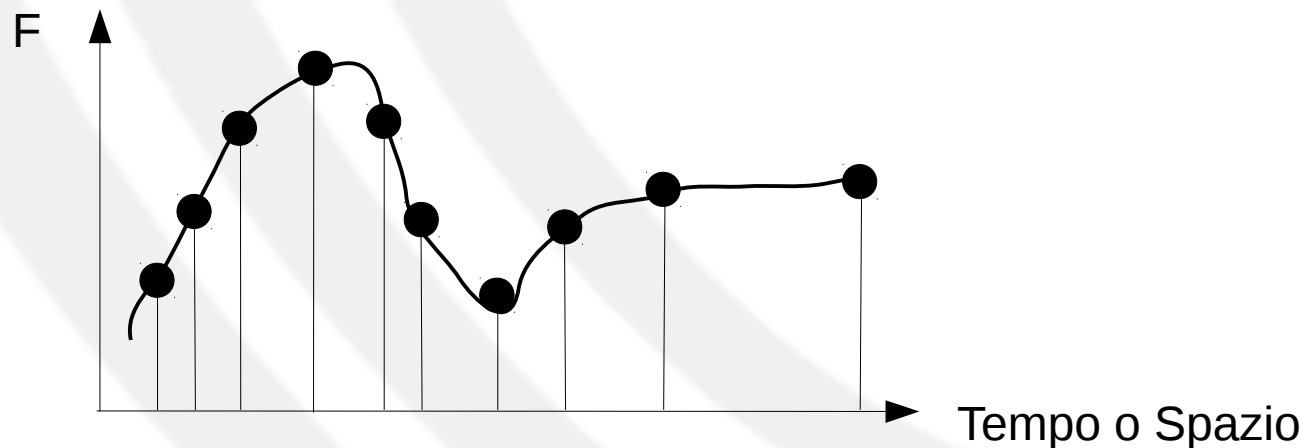
- Un **segnale analogico** consiste di **valori continui** esprimibili solo mediante **numeri reali**
- Un **segnale digitale** consiste in una **sequenza discreta** di numeri interi con **precisione finita**
 - i calcolatori sanno elaborare solo segnali digitali e, in particolare, rappresentati in base 2

Conversione analogico/digitale

- La conversione analogico/digitale consiste in due azioni **indipendenti**:
 - campionamento
 - quantizzazione

Campionamento di un segnale

- Per catturare la variazione di un segnale nel suo dominio (es. tempo o spazio) occorre ripetere la **misura** in punti ad intervalli regolari di tale dominio (es. istanti di tempo o punti dello spazio).
- Intuitivamente più il segnale varia velocemente (ad es. nel tempo o nello spazio) e maggiormente vicini devono essere tali punti cioè maggiore deve essere la **frequenza di campionamento**.



Quanti campioni ?



16 x 21 pixel

Quanti campioni ?



64 x 85 pixel

Quanti campioni ?



128 x 171 pixel

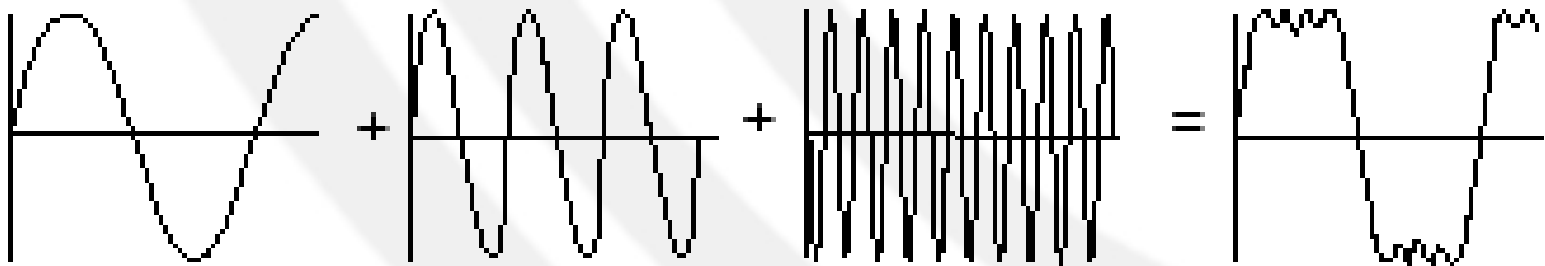
Quanti campioni ?



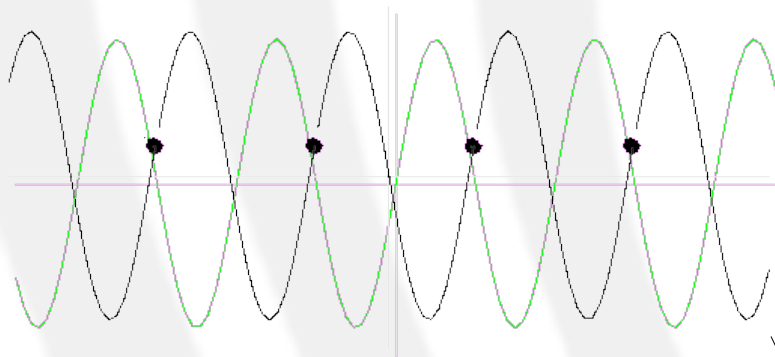
512 x 683 pixel

Teorema del campionamento

- Un segnale può sempre essere rappresentato come **somma di sinusoidi** (rappresentazione in frequenza).
- Per ricreare fedelmente un segnale occorre ricreare fedelmente **tutte** le sinusoidi che lo compongono.



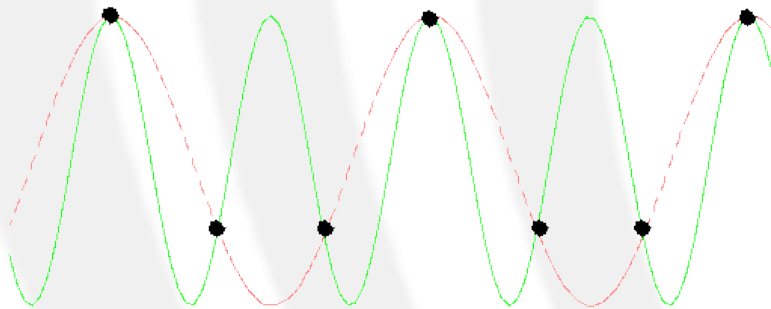
Teorema del campionamento (2)



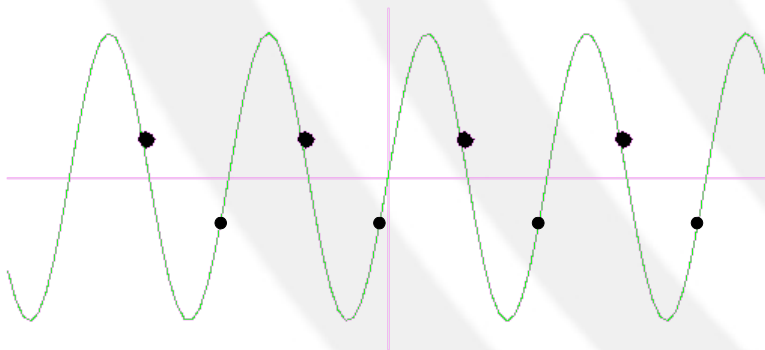
1 campione per periodo

aliasing

Teorema del campionamento (3)



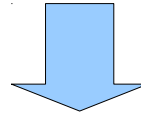
1.5 campioni per periodo



2 campioni per periodo

Teorema del campionamento (4)

- Per riprodurre fedelmente una sinusoide occorrono **2 campioni per periodo.**



- **La frequenza di campionamento deve essere doppia della frequenza della sinusoide.**
- Se una certa frequenza di campionamento mi permette di rappresentare fedelmente la sinusoide con frequenza f allora la stessa frequenza di campionamento rappresenta fedelmente tutte le sinusoidi con frequenza minore di f .

Teorema del campionamento (5)

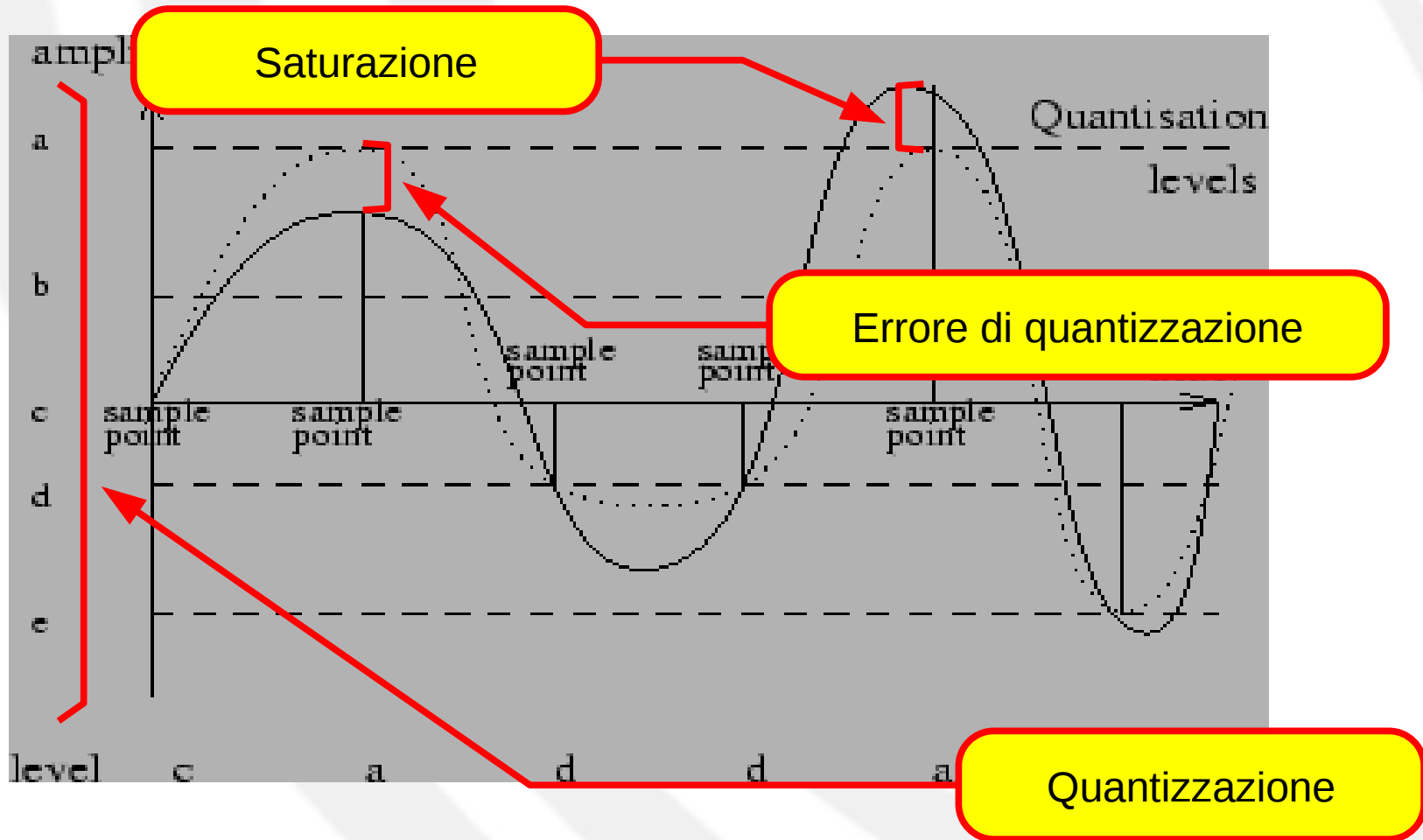
- Tutti i segnali continui naturali possono considerarsi composti da un numero finito di sinusoidi
- Se la sinusoide a frequenza più alta ha frequenza f allora si dice che il segnale ha **larghezza di banda f**
- Quindi la frequenza di campionamento di tale segnale deve essere **doppia della larghezza di banda del segnale (Teorema di Nyquist)**.

Quantizzazione di una misura

Assegnazione di una misura a precisione infinita ad un numero avente precisione finita.

- 1) Determinazione di un range di variazione (detta **dinamica del segnale**).
- 2) Individuazione di un **insieme finito** di livelli all'interno di tale range.
- 3) Assegnamento di **un numero intero** a ciascun livello.
- 4) Misurazione del segnale analogico e rappresentazione della misura con il numero corrispondente al livello più vicino.

Quantizzazione: modalità e problemi



Effetto della quantizzazione sulle immagini



256 livelli (8 bit)



8 livelli (3 bit)

Effetto della quantizzazione sulle immagini



256 livelli (8 bit)



8 livelli (3 bit)

L'effetto osservato non ha nulla a che vedere con la frequenza di campionamento che è uguale nei 2 casi !

Effetto della quantizzazione

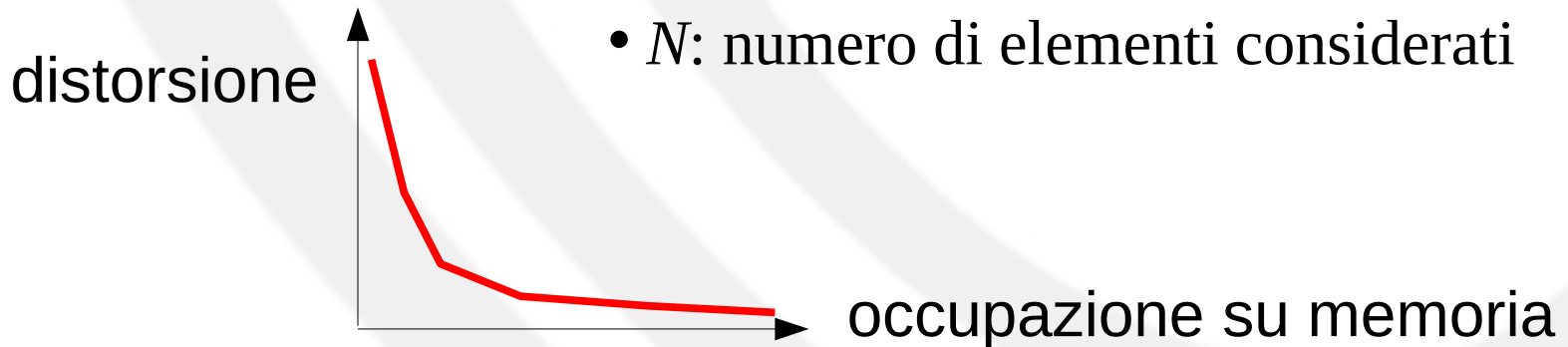
- La quantizzazione implica sempre un errore di arrotondamento detto di **errore di quantizzazione**.
 - Maggiore è il numero di livelli (e quindi di bit) su cui si rappresenta la misura e minore è l'errore di quantizzazione.
 - Tale errore è irreversibile.
 - Quando un procedimento di acquisizione/memorizzazione dati prevede uno o più fasi di quantizzazione allora non è possibile ritornare perfettamente alla rappresentazione originale.
- ↓
- **Codifica dell'informazione con perdita (lossy)**

Distorsione di quantizzazione

- Una possibile misura dell'errore di quantizzazione è detta **distorsione**
- Una possibile misura della distorsione su una sequenza $\{v_i\}$ è data da:

$$MSE = \frac{\sum_1^N (v_i - v'_i)^2}{N}$$

- v_i : simbolo prima della quantizzazione
- v'_i : simbolo dopo la decodifica
- N : numero di elementi considerati



Cenni sulla compressione delle informazioni

Premessa

- Quanto si dirà in questi lucidi si applica a sorgenti di informazioni che producono **serie di dati discreti a precisione finita**:
 - dati digitali su file (es., eseguibili, database)
 - sorgenti naturali dopo campionamento e quantizzazione
- Le tecniche che verranno presentate **non** provocano una perdita irreversibile di informazione.

Definizioni

- Una **sorgente** di informazione emette una **serie ordinata di dati**
- Tale serie di dati si può rappresentare come una **sequenza di simboli** dove ciascun simbolo appartiene ad certo **alfabeto** dipendente dal tipo di applicazione
 - Es: campioni di temperatura quantizzati su 16 bit con segno
 - l'alfabeto è costituito dai numeri interi nell'intervallo $[-32768, 32767]$
 - Es: mappa di fluorescenza con pixel su 256 livelli di grigio
 - l'alfabeto è costituito dai numeri interi nell'intervallo $[0,255]$

Cosa vuol dire compressione ?

- Premesso che ogni simbolo deve essere codificato con dei bit per essere elaborato o trasmesso
- Definizione teorica di compressione

Cambio reversibile di alfabeto tale che la rappresentazione binaria della sequenza di simboli, tradotta nei simboli del nuovo alfabeto, richiede meno bit per essere memorizzata.

Eliminazione della correlazione statistica

Correlazione statistica

- Sia data una sequenza ordinata di simboli s_0, s_1, \dots, s_n di un certo alfabeto emessa da una sorgente di informazione.
- C'è correlazione quando la probabilità che s_i assuma un certo valore **dipende** dal valore assunto dagli elementi precedenti della sequenza.
- Se c'è correlazione statistica, si dice che l'informazione contenuta nella sequenza è **ridondante** e si può cambiare alfabeto in modo da usare meno bit.

Esempio di correlazione nei testi

- 33% di lettere eliminate
- quante parole si riesce a ricostruire ?

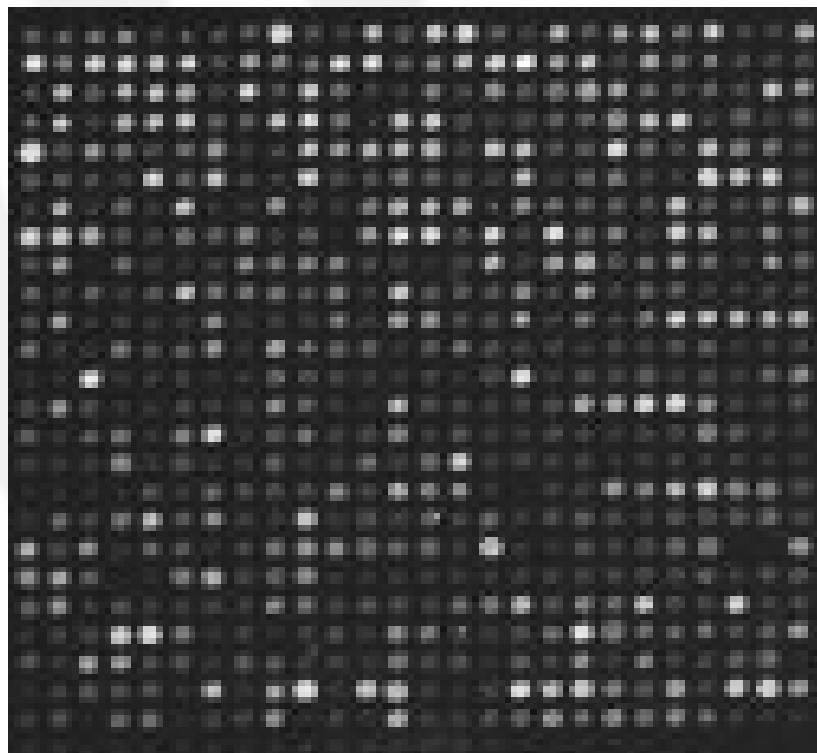
Il mio cognome è Gallo e il
 mio animale domestico
 preferito è il gallo. Puoi
 chiamarmi al numero
 telefonico 0580781

Esempio di correlazione nei testi

Il mio cognome è Gatto e il
mio animale domestico
preferito è il gatto. Puoi
chiamarmi al numero di
telefono 0858027821

Esempio di correlazione nelle immagini

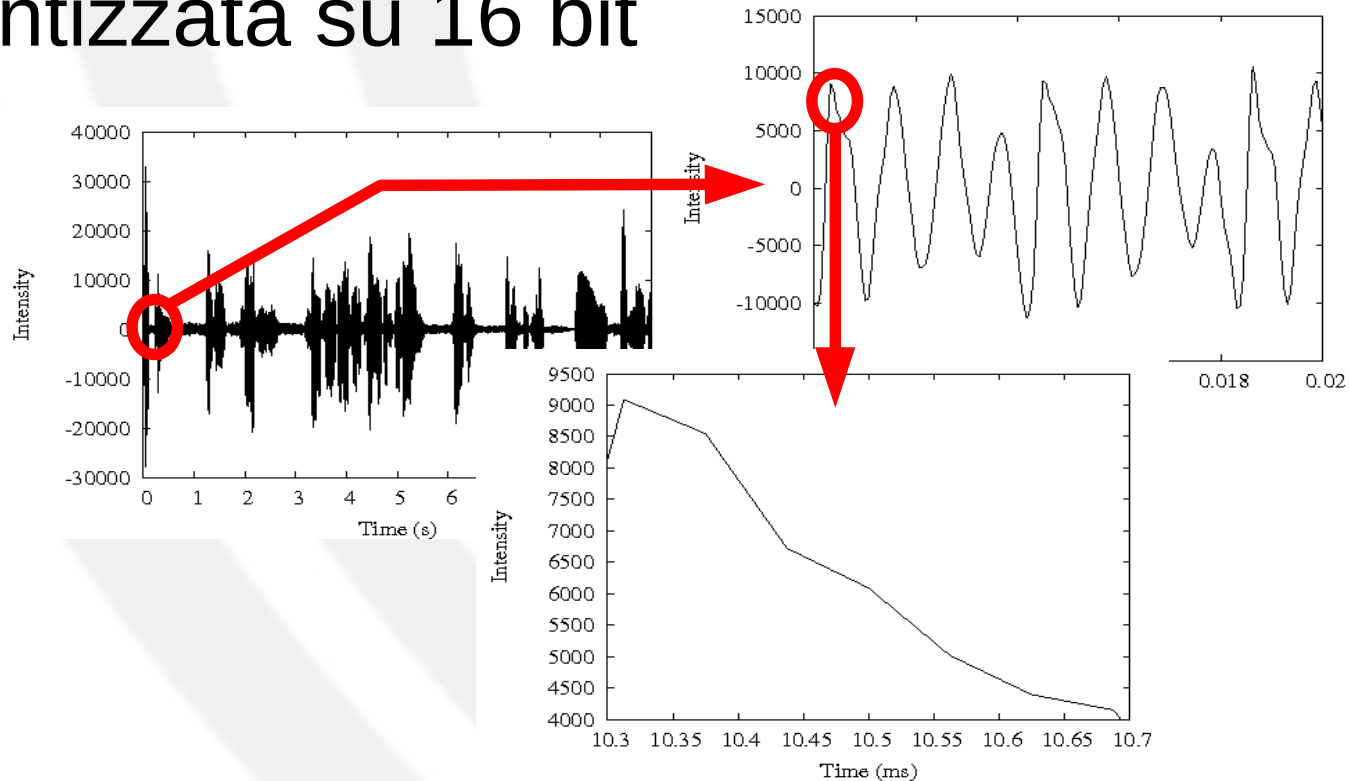
Immagine b/n da scansione di micro array



← Spazi tra un pozzetto e l'altro

Esempio di correlazione in una sequenza temporale

- Andamento nel tempo della temperatura quantizzata su 16 bit



Eliminazione della correlazione

- **Si cambia alfabeto di rappresentazione**

- Codifica run-length

- Es in una immagine b/n a due livelli

1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1 --> 4,6,5 (assumendo di iniziare sempre col nero)

- Codifica differenziale

- Es. della temperatura (vedi lucido precedente)

$s_0 s_1 s_2 \dots s_n \rightarrow (s_1 - s_0), (s_2 - s_1), \dots, (s_n - s_{n-1})$

- Trasformata

- Es. della temperatura (vedi lucido precedente)

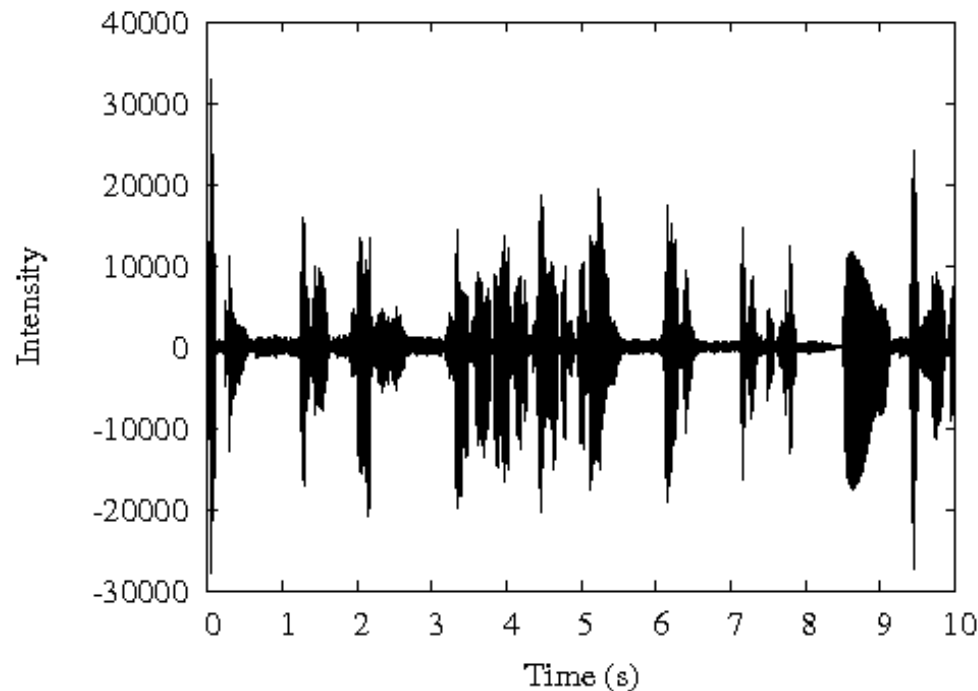
Sviluppo in serie di Fourier: ampiezza delle componenti sinusoidali

$s_0 s_1 s_2 \dots s_n \rightarrow a_0, a_1, \dots, a_n$

Codifica entropica

Frequenza dei simboli: esempio

- Sequenza temporale su 16 bit: alfabeto = interi su $[-32768, 32767]$



Quanti bit/simbolo ?

- Dato un certo alfabeto A contenente N simboli, quanti bit/simbolo?
- Al 1° anno è stato detto $\lceil \log_2 N \rceil$
- In realtà se in una sequenza S rappresentassi con meno bit i simboli più frequenti e con più bit quelli meno frequenti la lunghezza in bit della sequenza sarebbe minore (grazie Morse!).
- Allora esiste un numero medio ottimale di bit/simbolo che però dipende dalla statistica della sorgente S considerata

Quanti bit/simbolo ? (2)

- Dato un alfabeto A di simboli, il numero medio ottimale di bit/simbolo per rappresentare la sorgente s è:

$$H(s) = \sum_{k \in \text{alfabeto } A} p_k \log_2 \frac{1}{p_k}$$

- p_k è la frequenza di apparizione del simbolo k -esimo in s
- **$H(s)$ è l'entropia della sorgente s (Shannon)**
- Se usassi tale valore, la lunghezza in bit della sequenza sarebbe minima senza perdere informazione

Esempio di calcolo dell'entropia

- Una sorgente emette 100 simboli appartenenti ad un alfabeto di 4 simboli $\{a, b, c, d\}$
- Frequenze di apparizione dei 4 simboli sono:
 - $1/2, 1/4, 1/8, 1/8$ (NB: somma delle frequenze = 1)
- Entropia della sorgente:

$$H(s) = \frac{1}{2} \log_2(2) + \frac{1}{4} \log_2(4) + \frac{1}{8} \log_2(8) + \frac{1}{8} \log_2(8)$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{3}{8} + \frac{3}{8} = 1.75 \text{ bit / simbolo} \leq \lceil \log_2(4) \rceil \text{ bit / simbolo}$$

- Dimensione con approccio 1° anno: $100 \cdot 2 = 200$ bit
- Dimensione con approccio nuovo: 175 bit

Codifica entropica

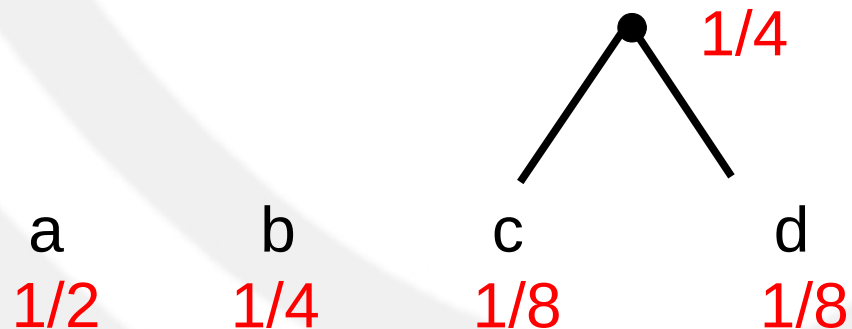
- Per ottenere una lunghezza media dell'alfabeto uguale o vicina al valore dell'entropia occorre rappresentare i simboli su un numero variabile di bit
- Problema 1: come si fa a costruire la rappresentazione binaria ottima ?
- Problema 2: come si fa a sapere quando inizia/finisce un simbolo ?

Algoritmo di Huffman

- Metodo di assegnamento bit ai simboli che garantisce la corretta decodifica
- Si costruisce un albero binario dove le foglie rappresentano i simboli
- Ad ogni biforcazione la somma delle frequenze dei simboli del sotto-albero di destra deve essere il più possibile vicina alla somma delle frequenze dei simboli del sotto-albero di sinistra.
- Ciascun arco di una biforcazione è etichettato con 0 e 1 rispettivamente

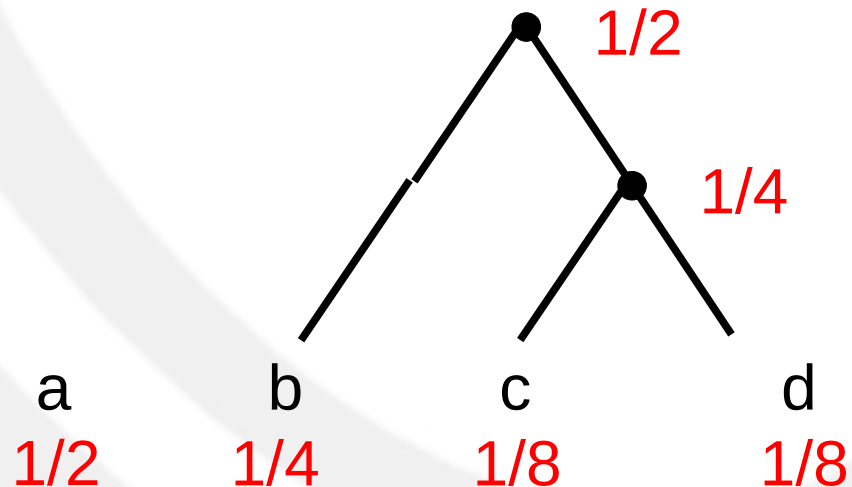
Creazione codice di Huffman

- Alfabeto di 4 simboli a, b, c, d con frequenze rispettivamente di $1/2, 1/4, 1/8, 1/8$
- Primo passo: a, b, c, d
 $1/2 \quad 1/4 \quad 1/8 \quad 1/8$



Creazione codice di Huffman

- Alfabeto di 4 simboli a, b, c, d con frequenze rispettivamente di $1/2, 1/4, 1/8, 1/8$
- Secondo passo: a, b, c, d
 $1/2 \quad 1/4 \quad 1/4$

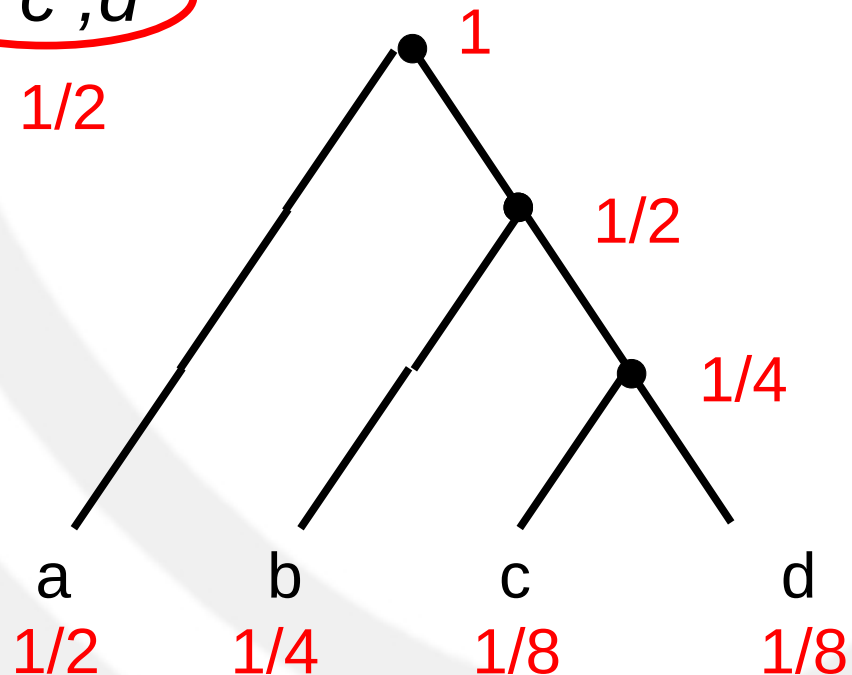


Creazione codice di Huffman

- Alfabeto di 4 simboli a, b, c, d con frequenze rispettivamente di $1/2, 1/4, 1/8, 1/8$
- Terzo passo: $a,$ b, c, d

$1/2$

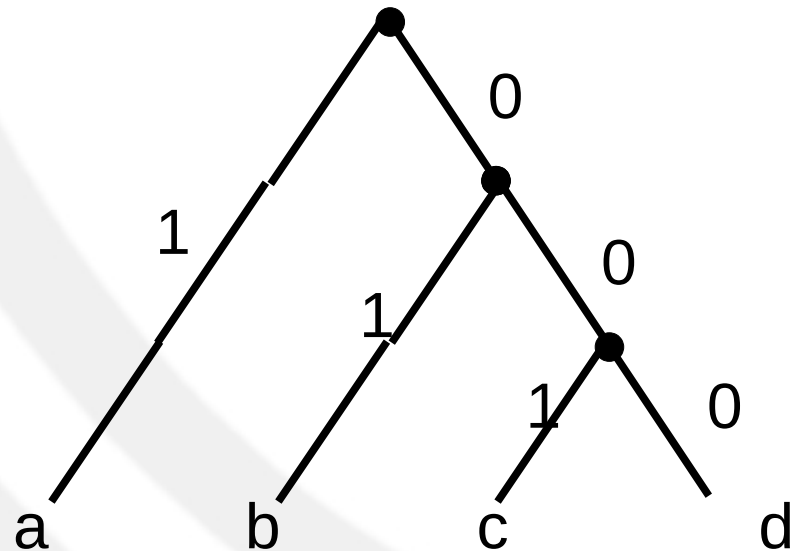
$1/2$



Creazione codice di Huffman

- Alfabeto di 4 simboli a, b, c, d con frequenze rispettivamente di $1/2, 1/4, 1/8, 1/8$
- Creazione del codice:

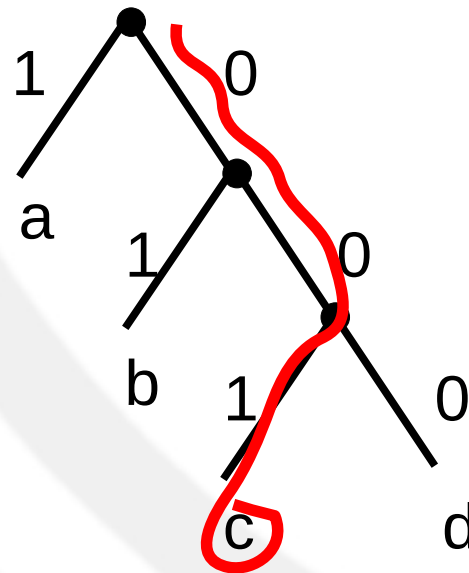
$a \rightarrow 1$
 $b \rightarrow 01$
 $c \rightarrow 001$
 $d \rightarrow 000$



Decodifica codice di Huffman

- In ricezione per decodificare i simboli si visita l'albero binario in base ai bit in arrivo

Es: 001 ---> c



Huffman: considerazioni

- L'algoritmo di Huffman è ottimo (rispetto all'entropia) se le frequenze sono potenze di 2.
- Per distribuzioni di frequenze più complicate esistono algoritmi più sofisticati
 - Codifica aritmetica
 - Codici di Golomb

Codifica entropica: altri problemi

- Stima delle frequenze p_k
 - Migliore è la stima e maggiore è la compressione
 - Siccome la statistica dipende dalla sorgente bisognerebbe progettare una codifica ad-hoc per ogni sorgente
 - Poco pratico
 - Occorre fare ipotesi vincolanti sul tipo di sorgente oppure considerare un elevato numero di esempi

Considerazioni sulla complessità

In generale se si vuole comprimere di più si devono usare **algoritmi più complessi** che impiegano più tempo oppure necessitano di una **CPU più potente** e comunque portano sempre ad un **maggiore consumo di energia**.

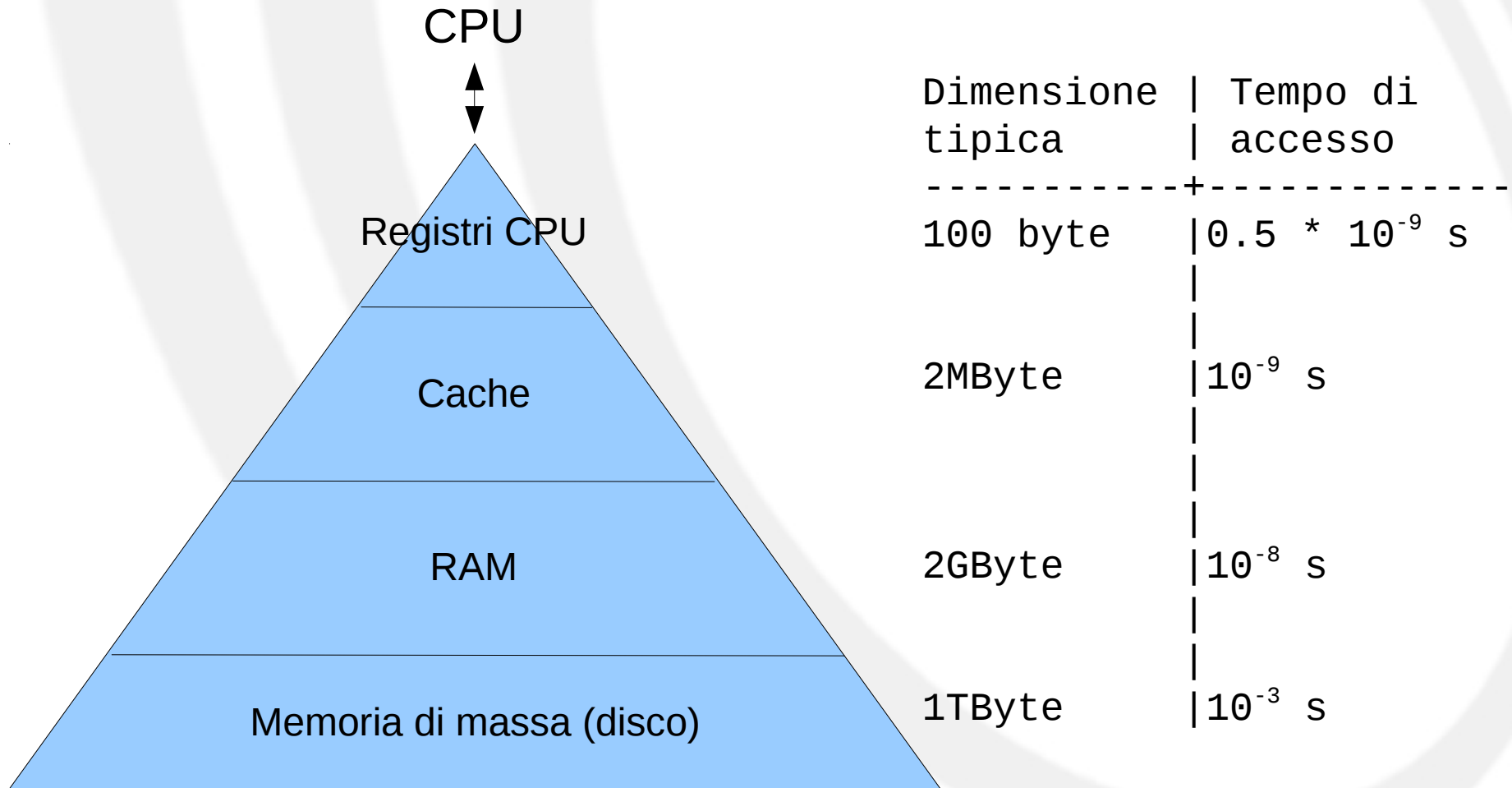


Memorizzazione su supporti di massa

Metriche di prestazioni

- Capacità:
 - $1\text{ K} = 2^{10}$ $1\text{ M} = 2^{20}$ $1\text{ G} = 2^{30}$ $1\text{ T} = 2^{40}$
- Tempo di accesso: tempo che intercorre tra la richiesta di un dato da parte della CPU e l'arrivo del dato alla CPU

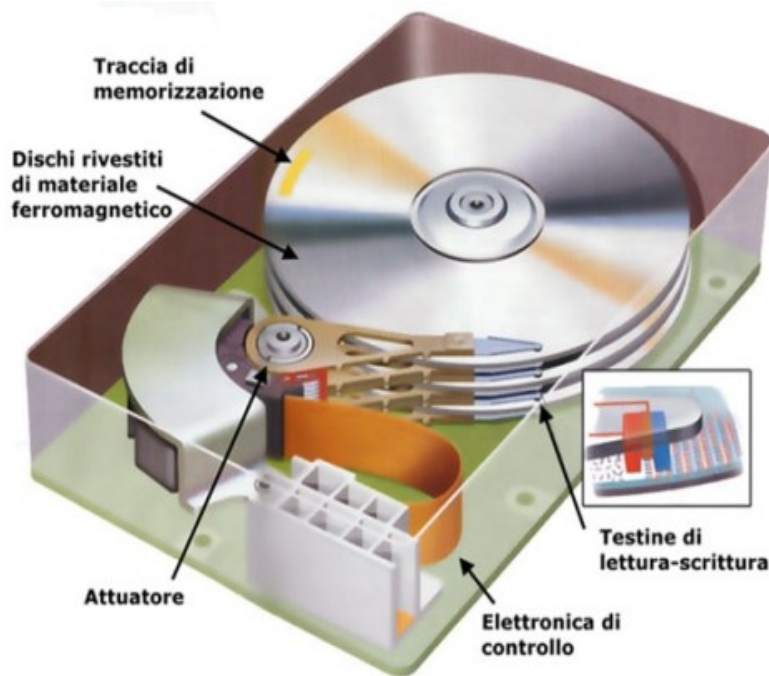
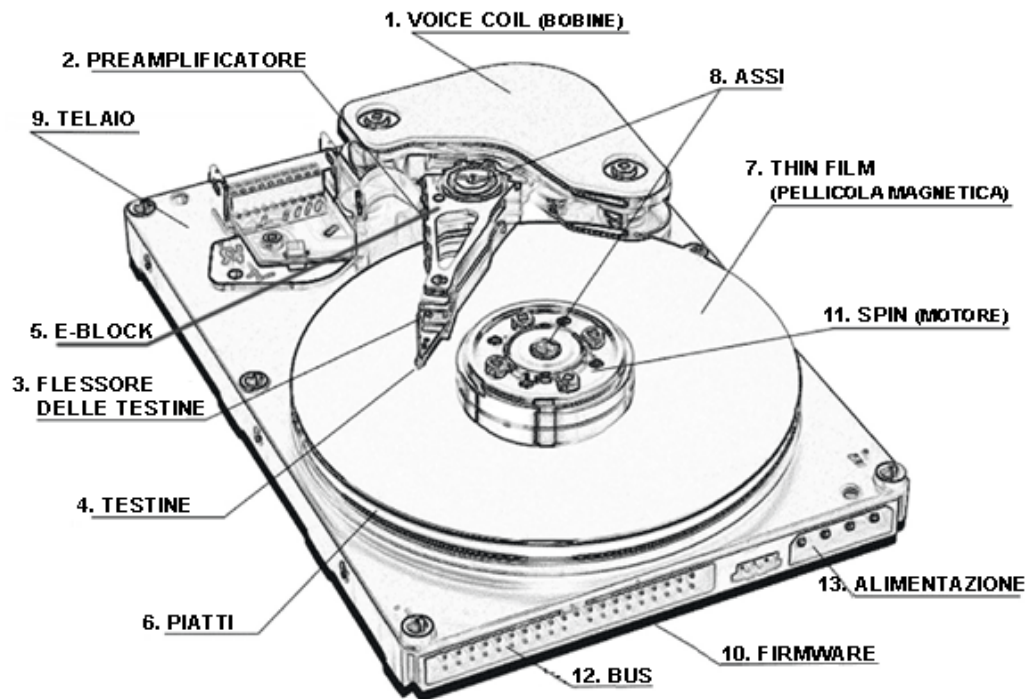
Gerarchia di memoria



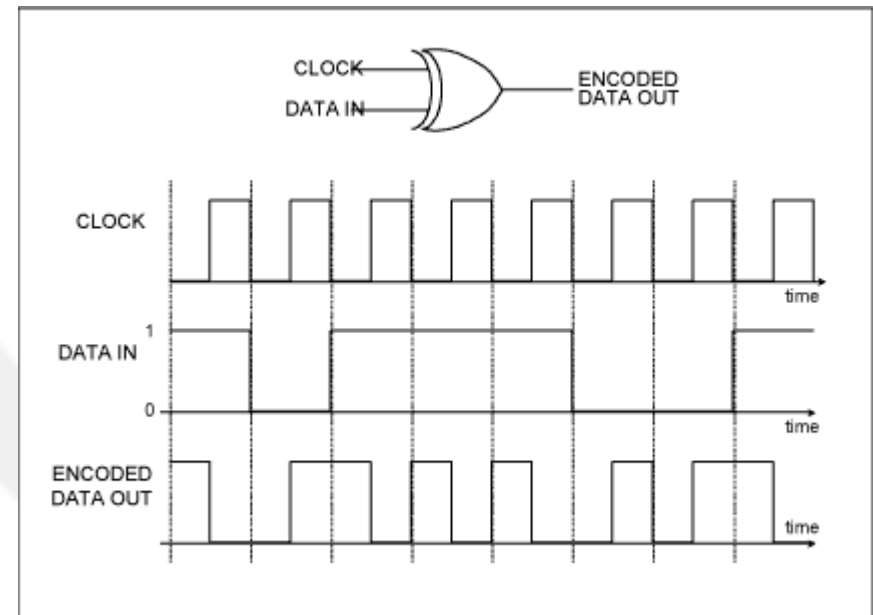
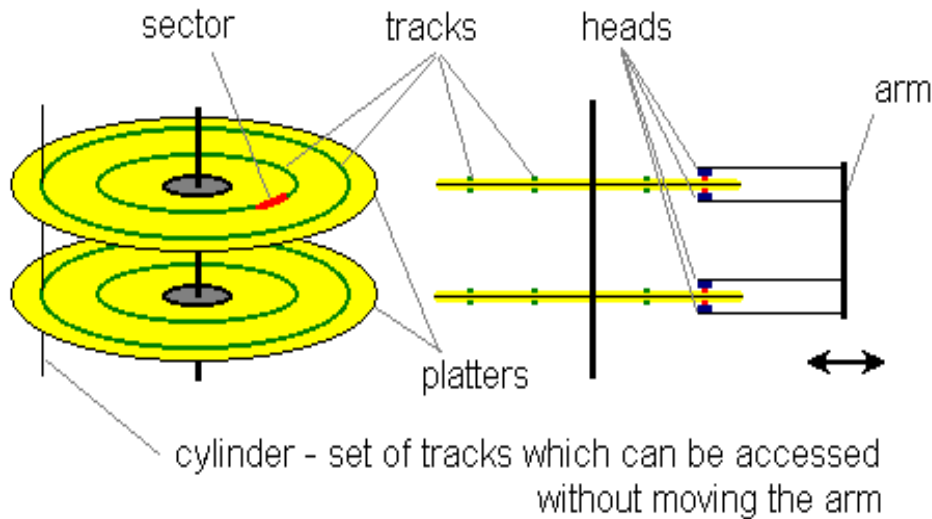
Memoria di massa

- **Funzione:**
 - ospitare dati e programmi in modo permanente
 - serbatoio per la memoria virtuale
- **Tecnologie**
 - disco magnetico: il più diffuso
 - disco ottico
 - memoria flash (a stato solido): si sta diffondendo

Disco magnetico



Principio di funzionamento



Organizzazione dei dati

- Il **settore** è l'unità minima di lettura/scrittura
 - **identificato univocamente da**
 - numero di faccia
 - numero di traccia
 - numero di settore all'interno della traccia
 - **contiene 512 o 1024 byte**
- Il sistema operativo si occupa di creare la *metafora* del File System (file, cartelle, link) mentre comanda al disco **letture e scritture a quantità intere di settori**

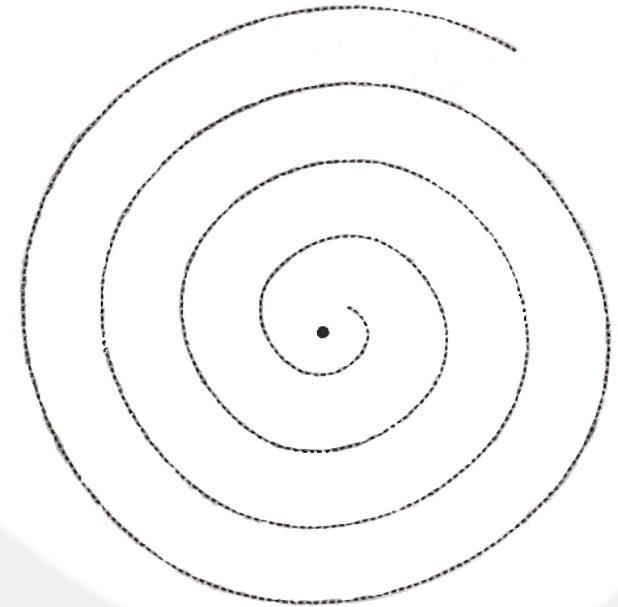
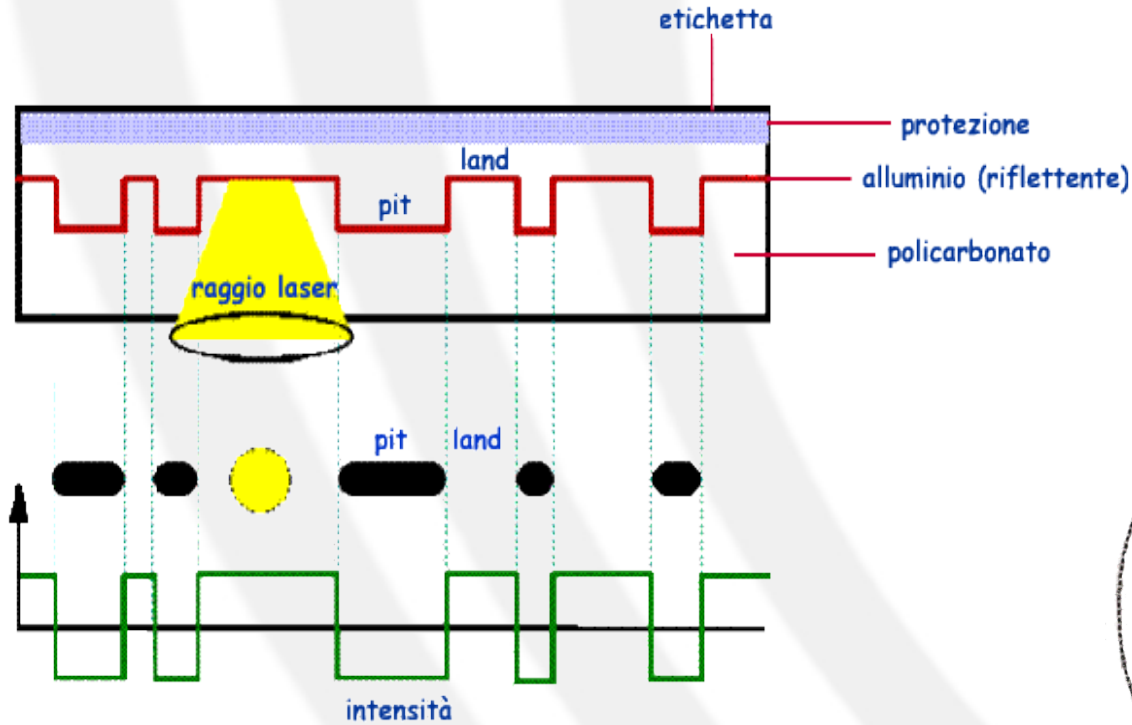
Componenti del tempo di accesso

- Tempo di seek = tempo per posizionare il braccio meccanico sulla traccia (in media 5-10 ms)
- Latenza rotazionale = tempo di attesa prima che il settore scelto passi sotto le testine di lettura/scrittura
 - In media $1/2 * 1/V_{\text{rotazione}}$
 - A 10000 giri/minuto $1/2 * 60/10000 = 3 \text{ ms}$
- Tempo di trasferimento del settore
 - Se la velocità di trasferimento è 20-40 MB/s per trasferire un settore di 512 byte ci vogliono $512/V_{\text{transfer}} = 12-24 \mu\text{s}$
- Il tempo di seek è dominante

Evoluzione dei dischi magnetici



Dischi ottici



Dischi ottici

- CD
 - 700 MB
- DVD
 - Singolo lato, singolo strato (4.7 GB)
 - Singolo lato, doppio strato (8.5 GB)
 - Doppio lato, singolo strato (9.4 GB)
 - Doppio lato, doppio strato (17 GB)
- Blu-ray
 - Minore lunghezza d'onda del laser e quindi maggiore densita'
 - 25 GB per lato

Memoria a stato solido o flash

- Memoria a semiconduttore come la RAM
- I bit vengono memorizzati sotto forma di carica elettrica in microscopici condensatori
- Non perde l'informazione quando si toglie l'alimentazione (a differenza della RAM)
- Usata per chiavette USB, memorie per fotocamere, dischi a stato solido, apparati di laboratorio (subito pronti all'accensione)

Dischi a stato solido

- Vantaggi
 - rumorosità assente
 - minore possibilità di rottura
 - minori consumi
 - tempo di accesso ridotto: decimi di ms
 - maggiore resistenza agli urti
 - minore produzione di calore
- Svantaggi
 - un maggiore costo per bit rispetto a quelli magnetici
 - minore durata del disco a causa del limite di riscritture delle memorie flash.

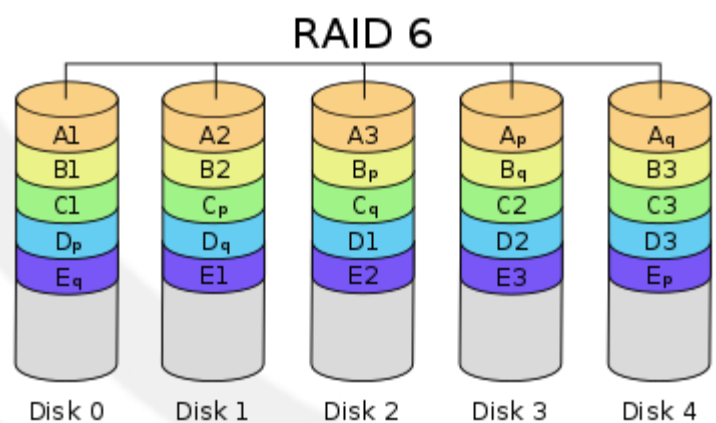
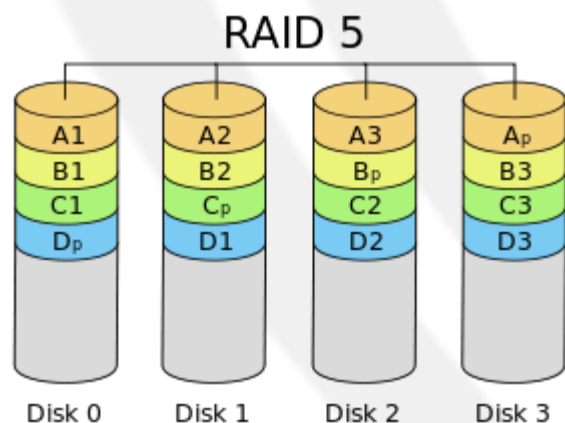
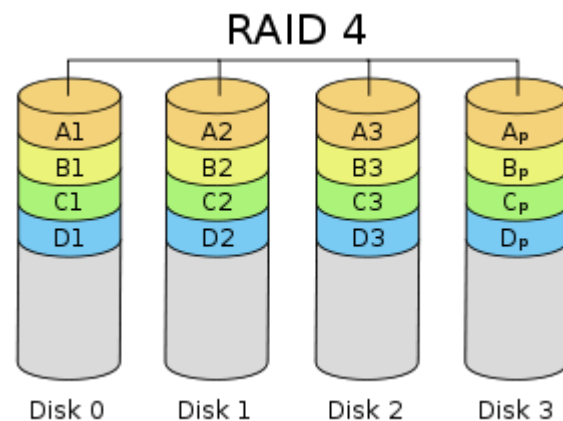
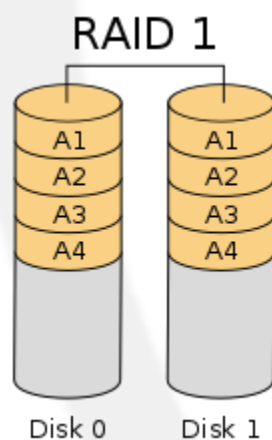
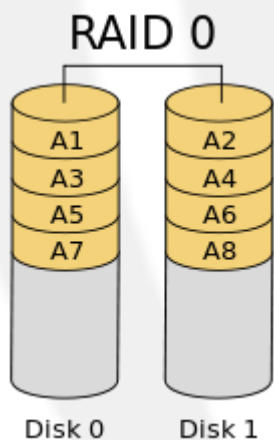
Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks (RAID)

- Motivazione
 - CPU veloce ma dispositivi di I/O lenti
 - Il costo dei dischi è relativamente basso
- Soluzione: utilizzare in maniera coordinata un **insieme di dischi fissi** che però vengono visti dalla CPU come un unico disco
 - Si può aumentare la velocità di I/O parallelizzando le operazioni
 - Si può aumentare l'affidabilità del sistema introducendo ridondanza nella memorizzazione

RAID: architettura

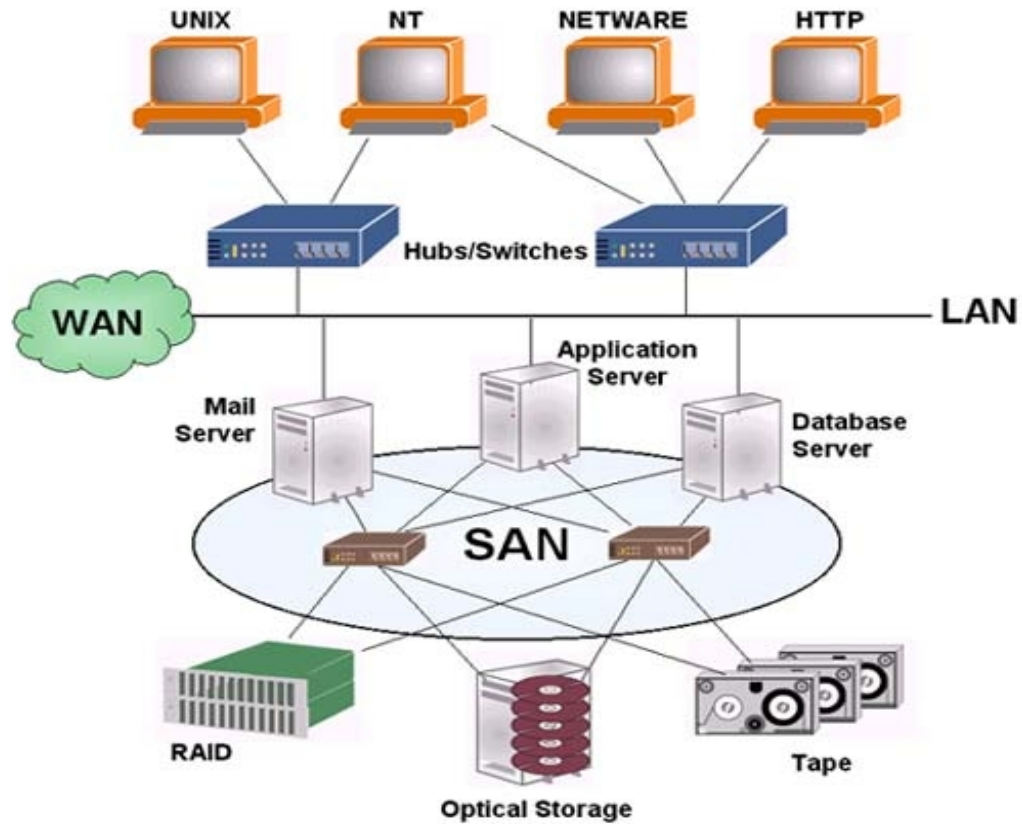
- Insieme dei dischi
- Un controllore RAID viene installato tra la CPU e il sistema di dischi per mascherarne la molteplicità alla CPU
- Il controllore può essere implementato
 - in HW (maggiori prestazioni)
 - In SW come driver del sistema operativo

RAID: possibili configurazioni



Storage Area Network (SAN)

Storage Area Networks



Source: allSAN Report 2001

Copyright © 2000 allSAN.com Inc



Ruolo del File System

- Il sistema operativo astrae dalle caratteristiche fisiche dei supporti di memorizzazione...
 - Tecnologia di memorizzazione
 - Lettura/scrittura di blocchi di byte
- ... fornendone una visione logica
 - File, collegamenti, cartelle
- File = spazio virtuale di memoria continuo identificato da un nome e atto a contenere un insieme di informazioni sequenziali
 - Tipi di file
 - Dati: testuali, binari
 - Programmi

Attributi di un file

- Attributi sono memorizzati su disco nella struttura della cartella che lo contiene
 - **Nome del file**
 - **Tipo**
 - **Posizione**
 - Puntatore allo spazio fisico sul dispositivo di memoria
 - **Dimensione**
 - **Protezione**
 - Diritti di lettura/scrittura/esecuzione
 - **Tempo, data e identificazione dell'utente/gruppo possessore del file**

Operazioni su file

- **Creazione**
 - Cercare spazio su disco, nuovo elemento nella cartella contenente per attributi
- **Scrittura**
 - System call che specifica nome file e dati da scrivere
 - Occorre creare il file oppure cercare nuovo spazio fisico per un file esistente
- **Lettura**
 - System call che specifica nome file e dove mettere dati letti in memoria
 - Occorre scandire il contenuto del file in maniera appropriata
- **Riposizionamento all'interno di file**
 - Aggiornamento puntatore posizione corrente
- **Cancellazione**
 - Libera spazio associato al file e l'elemento corrispondente nella cartella
- **Troncamento**
 - Mantiene inalterati gli attributi ma cancella contenuto del file

Operazioni su file (2)

- **Apertura**

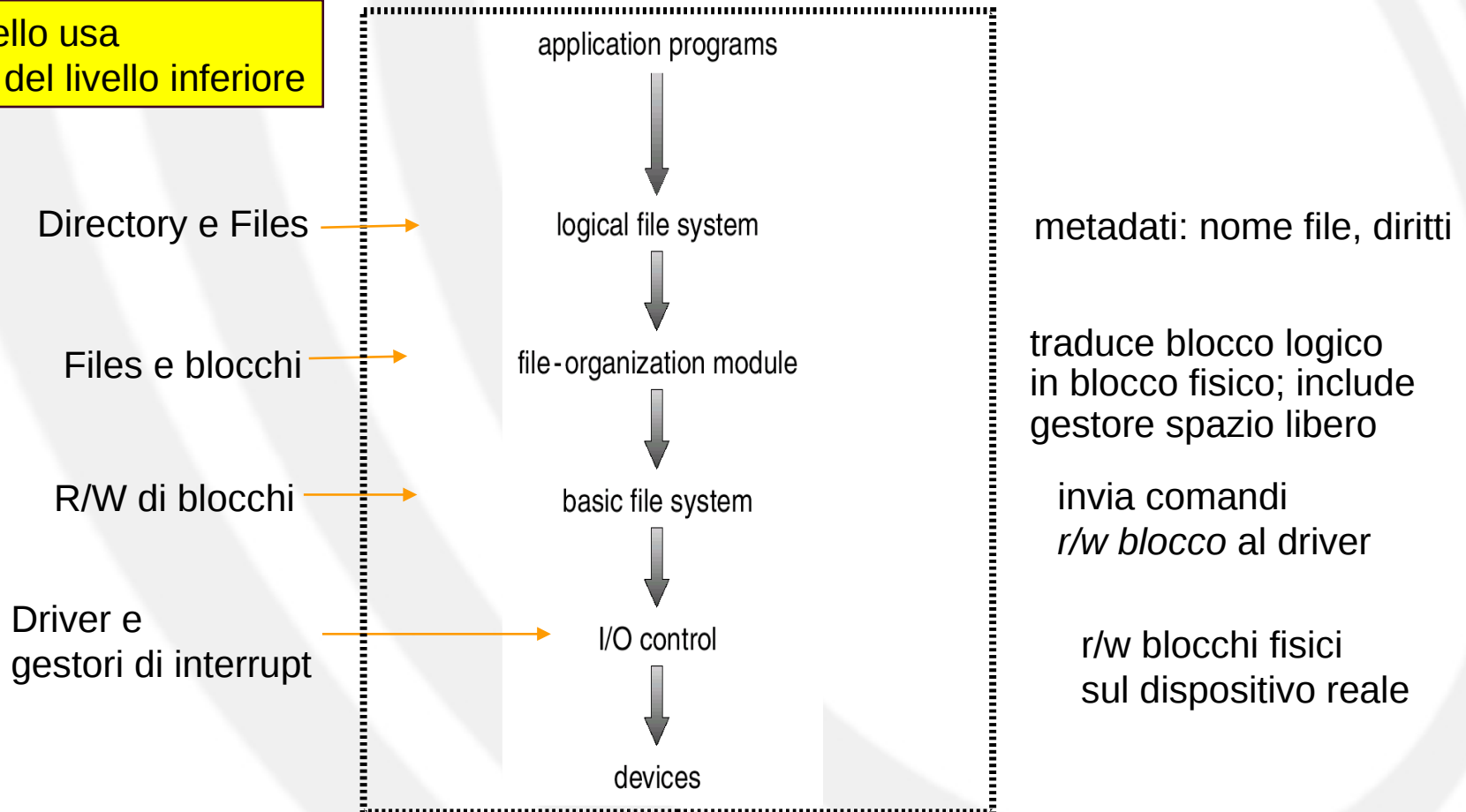
- Ricerca del file nella struttura della directory su disco, copia del file in memoria RAM e inserimento di un riferimento nella tabella dei file aperti
 - In sistemi multiutente ci sono 2 tabelle per gestire i file aperti
 - Una tabella per ogni processo contiene riferimenti per file aperti relativi al processo (es.: puntatore alla locazione di lettura/scrittura)
 - Una tabella per tutti i file aperti da tutti i processi contiene i dati indipendenti dal processo (es.: posizione sul disco, dimensione file, data accessi, n° di processi che hanno aperto il file)

- **Chiusura**

- Copia del file dalla memoria RAM nel disco

File System a livelli

Ogni livello usa funzioni del livello inferiore



Implementazione del file system

- Per gestire un file system si usano diverse strutture dati
 - Parte sulla memoria di massa in questione
 - Parte in memoria RAM
- Caratteristiche fortemente dipendenti dal sistema operativo e dal tipo di file system
 - Esistono caratteristiche comuni a tutte le tipologie

Strutture su memoria di massa

- **Blocco di boot**
 - Informazioni necessarie per l'avviamento del S.O.
- **Blocco di controllo delle partizioni**
 - Dettagli riguardanti la partizione
 - Numero e dimensione dei blocchi, lista blocchi liberi, lista descrittori liberi, ...
- **Strutture di directory**
 - Descrivono l'organizzazione dei file
- **Descrittori di file (inode)**
 - Vari dettagli sui file e puntatori ai blocchi dati

Strutture in RAM

- **Tabella delle partizioni**
 - Informazioni sulle partizioni *montate*
- **Strutture di directory**
 - Copia in memoria delle directory a cui si è fatto accesso di recente
- **Tabella globale dei file aperti**
 - Copie dei descrittori di file
- **Tabella dei file aperti per ogni processo**
 - Puntatore alla tabella precedente ed informazioni di accesso

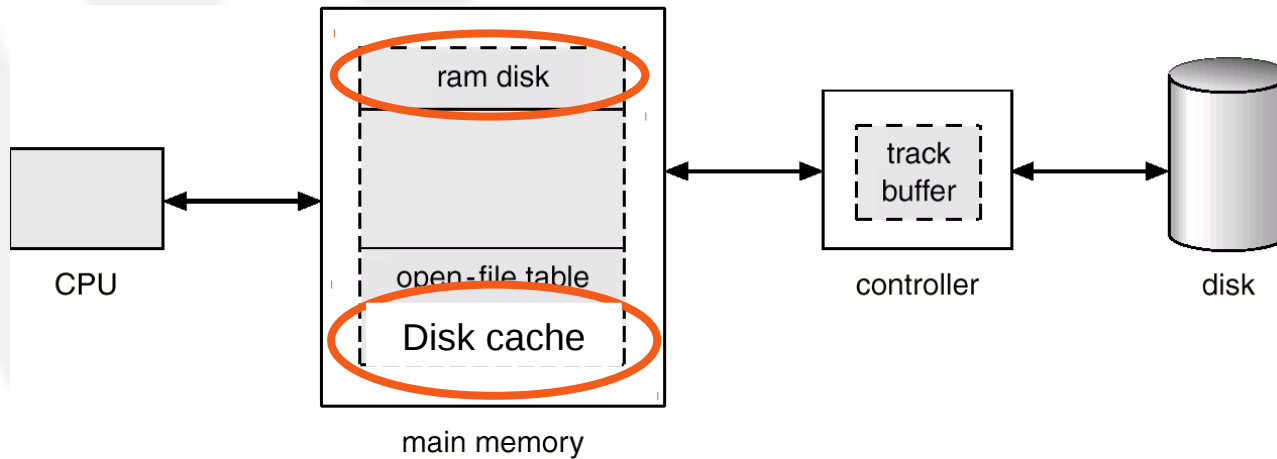
Efficienza e prestazioni

- La memoria di massa è il collo di bottiglia per le prestazioni del sistema
- Efficienza dipende da
 - Tempo di seek, vel. rotazione, vel. trasferimento dati verso la CPU
 - Algoritmo di allocazione dello spazio su disco
 - Distribuzione dei blocchi di un file sulla superficie del disco
 - continui zig-zag del braccio meccanico fanno perdere tempo

Efficienza e Prestazioni (2)

- Il controller del disco possiede una piccola cache che è in grado di contenere un'intera traccia ma...
- ... non basta per garantire prestazioni elevate, quindi
 - Dischi virtuali (RAM disk)
 - Cache del disco (detta anche buffer cache)

Efficienza e Prestazioni (3)



RAM disk

- Non ha nulla a che vedere con i concetti di **memoria virtuale** e **virtualizzazione**
- **Definizione: parte della memoria RAM viene fatta vedere alle applicazioni come se fosse un disco**
- Il driver di un RAM disk accetta tutte le operazioni standard dei dischi eseguendole però in memoria RAM
 - Veloce
 - Ha senso solo per file temporanei: se spengo perdo tutto!
- L'applicazione decide se scrivere sul RAM disk invece che sul disco vero e proprio nel momento in cui sceglie una ben precisa directory (es. /tmp/)
 - Comportamento diverso dal caso della cache (vedi dopo) che è totalmente trasparente all'applicazione

Cache del disco

- Porzione di memoria RAM che memorizza blocchi usati di frequente
 - Simile alla cache tra memoria e CPU
 - Gestita dal S.O. e trasparente alle applicazioni
- Sfrutta principio della località
 - Spaziale
 - uso di dati “vicini” a quelli appena usati
 - Temporale
 - uso a breve tempo degli stessi dati
- Le operazioni di read/write su file del processo utente non richiedono uno spostamento di byte sul disco fisico
 - Diminuzione dei tempi di attesa

Cache del disco: problematiche

- Politica di rimpiazzamento: cosa fare in caso di necessità di eliminare un settore dalla RAM?
 - Least Recently Used, Least Frequently Used, random, ecc...
- Politica di scrittura: se l'operazione è una scrittura, come aggiornare il contenuto su disco?
 - Write-back: scrivo solo quando devo rimuovere il settore dalla cache
 - Problemi di affidabilità in caso di crash
 - Write-through: scrivo sempre
 - Meno efficiente, la cache fa risparmiare tempo solo in lettura

Problemi di file system in caso di guasto

- Crash del sistema: possibile inconsistenza tra disco e cache
- Guasto del disco: possibile inconsistenza su disco tra i dati nella directory e i dati relativi ai file
 - utilizzo di RAID
 - utilizzo di file system con log (journaled file system)
 - *backup* periodico del disco su memoria di massa ad alta capacità (nastri)
 - recupero di file persi tramite *restore* dei dati dai backup
 - si perde tutto ciò che è stato fatto dopo l'ultimo backup
 - utilizzo di tool di riparazione
 - scandisk (Windows), fsck (Unix)
 - Va fatto appena avviene il guasto altrimenti potrebbe essere troppo tardi !

Journalled file system

- Registra ogni cambiamento del file system come una *transazione*
 - Tutte le transazioni sono scritte su un *file di log (giornale o diario)*
 - Le transazioni sul log sono scritte in un secondo tempo su disco a causa della cache
 - Quando il contenuto del disco è modificato concordemente alla transazione, questa viene cancellata dal log
 - Se il sistema va in crash, le transizioni non avvenute sono quelle presenti sul log
- Vantaggio
 - Tolleranza ai guasti di sistema
 - Ottimizzazione dell'accesso al disco
- Esempio: file system ext3 di Linux

Alcuni formati di memorizzazione

Formati per immagini

- Modi standard di memorizzare e trasmettere immagini digitali
 - Entertainment
 - Immagini mediche
 - Risultati di esperimenti
- Tali formati possono essere
 - basati su pixel o vettoriali
 - lossy o lossless

Formati basati su pixel (raster o bitmap)

- Si basano su una descrizione dell'immagine come matrice bidimensionale di valori di colori (picture element = pixel)
- Risoluzione (spaziale) = numero di righe x numero di colonne rapportato alle dim reali (es. cm o pollici) sul supporto di visualizzazione o stampa
- Profondità di colore = numero di bit per ciascun pixel per rappresentare il suo colore:
 - Spazi di colore
 - RGB
 - YUV, YCbCr

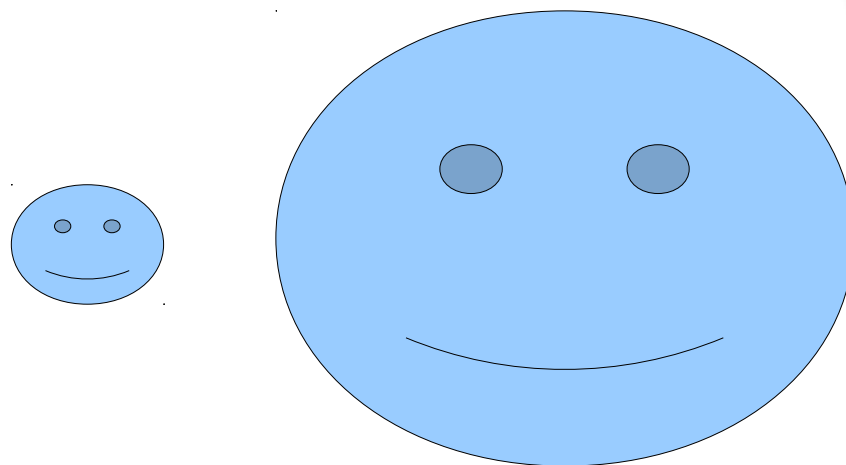
Formati vettoriali

- L'immagine è descritta come composizione di elementi grafici di base (primitive grafiche)
 - Segmenti, curve
 - Punti
 - Cerchi, ellissi
 - Poligoni
- Per ogni elemento è definita posizione e colore

Formati raster vs. vettoriali



Raster



Vettoriale

Formati lossless e lossy

- Spesso la rappresentazione dell'immagine prevede una fase di compressione
- Compressione lossless
 - la fase di compressione non pregiudica la qualità dell'immagine (risoluzione, colore) quando verrà de-compressa
 - utilizza tecniche di rimozione della ridondanza statistica e codifica entropica
 - usata per archiviazione e per applicazioni mediche
- Compressione lossy
 - la fase di compressione pregiudica irreversibilmente la qualità dell'immagine (risoluzione, colore)
 - utilizza anche tecniche di rimozione di dettagli poco percepibili
 - usata per applicazione di entertainment
- A parità di immagine di partenza, le tecniche lossy comprimono di più di quelle lossless

Formati più comuni

- Raster
 - JPEG
 - TIFF
 - GIF
 - PNG
- Vettoriale
 - SVG
 - Postscript
 - PDF
 - SWF
 - Windows Metafile

Joint Photographic Experts Group (JPEG)

- Tecnica lossy basata sulla trasformata coseno discreta (DCT) per separare le frequenze spaziali
 - eliminazione della ridondanza statistica
 - eliminazione delle frequenze più alte (→ tecnica lossy)
- Profondità di colore: YUV 8 bit per componente
- Se la qualità è scadente compare il fenomeno della blockingness (blocchettizzazione)
- Utilizzato in fotocamere digitali e per codificare le immagini nei documenti pdf

Tagged Image File Format (TIFF)

- Permette sia compressione lossless sia lossy
- Profondità di colore: 8 o 16 bit per componente
 - Scale di grigio
 - RGB
 - CMYK
 - CIELab
- Utilizzato
 - dagli scanner (es. fotografie di microarray)
 - frequentemente nel mondo tipografico
 - da alcune fotocamere per evitare il degrado del jpeg

Graphics Interchange Format (GIF)

- Lossless
- Palette indicizzata a 8 bit (256 colori contemporaneamente nell'immagine)
 - In caso di sfumature si usa il dithering
- Formato adatto a memorizzare immagini sintetiche con larghe zone di colore uniforme come grafici, loghi, ecc...
- Memorizza più immagini in sequenza permettendo animazioni

Portable Network Graphics (PNG)

- Nato da progetto open source come successore del GIF
- Lossless e lossy
- Diverse tecniche di codifica del colore
 - Indicizzata
 - Livelli di grigio
 - Colore a 24 bit (16 milioni di colori)
- I pixel sono memorizzati in modo da permettere una veloce preview senza aspettare di aver scaricato tutto il file

Scalable Vector Graphics (SVG)

- Formato vettoriale
- Sintassi XML eventualmente compressa con tecniche usate per file testuali (zip, gzip)
- Standard del World Wide Web Consortium

Formati per applicazioni mediche

- Health Level 7
- Clinical Document Architecture (CDA)
- CDISC
- DICOM

Health Level 7 (HL7)

- Formato per scambiare, memorizzare, condividere e recuperare informazioni mediche
- Alla base della fornitura, gestione e valutazione di servizi medici
- Il numero 7 ricorda che HL7 si pone a livello 7 della pila ISO/OSI

Ambito di impiego di HL7

- Gli ospedali hanno diversi sistemi automatici (hospital information systems)
 - Accettazione pazienti
 - Cartelle cliniche
 - Analisi di laboratorio
- HL7 fornisce interfacce standard, tipi di messaggi e linee guida per far parlare tra loro questi sistemi
- Reference Information Model (RIM) è una parte fondamentale di HL7 e uno standard ISO
 - Esprime il contenuto informativo dei processi ospedalieri
 - Connessioni semantiche e lessicali tra i messaggi previsti da HL7