

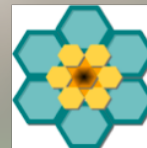
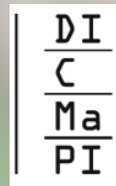
Corso di Laurea triennale in Ingegneria Chimica
in condivisione con
Corso di Laurea triennale in
Ingegneria Navale e Scienze dei Materiali

Elementi di Informatica

A.A. 2016/17

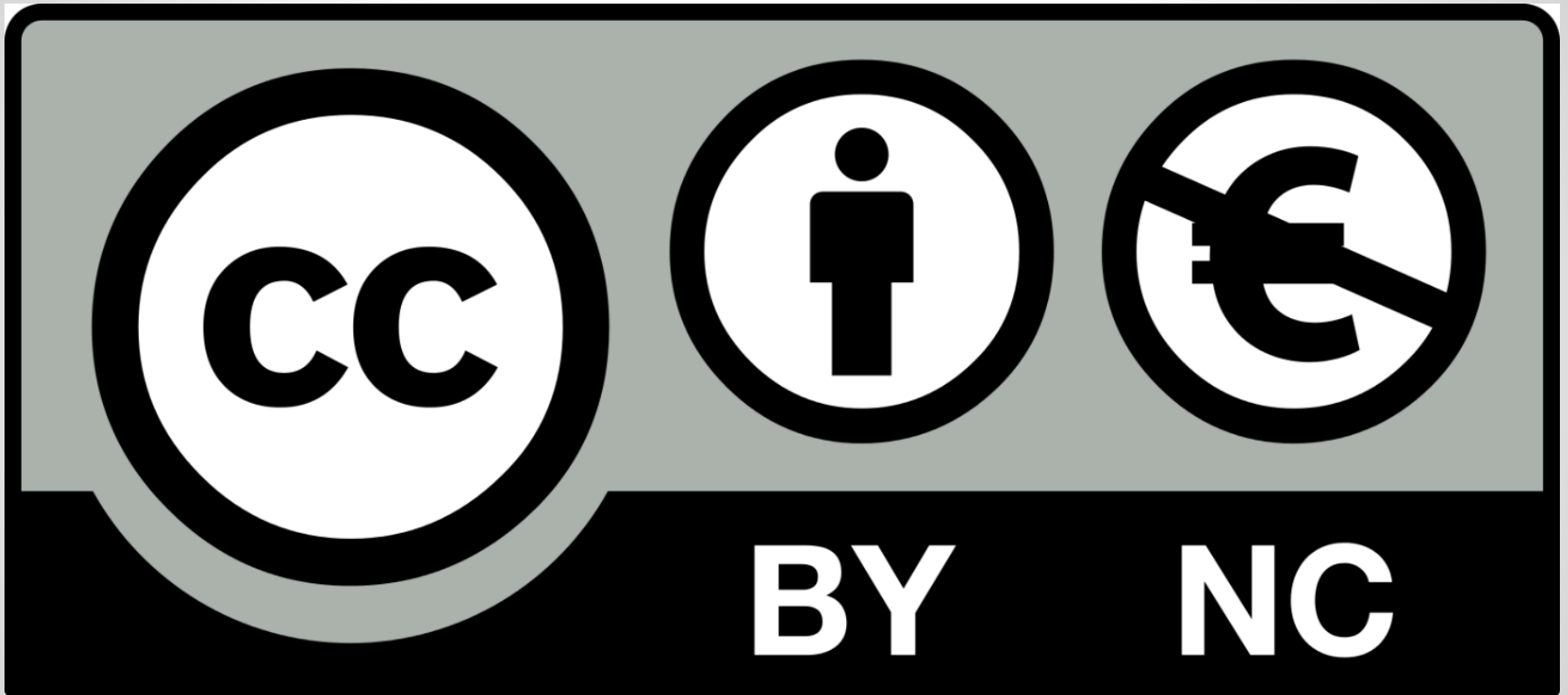
prof. Mario Barbareschi

Rappresentazione e codifica delle informazioni – Parte Terza



Informazioni di Licenza

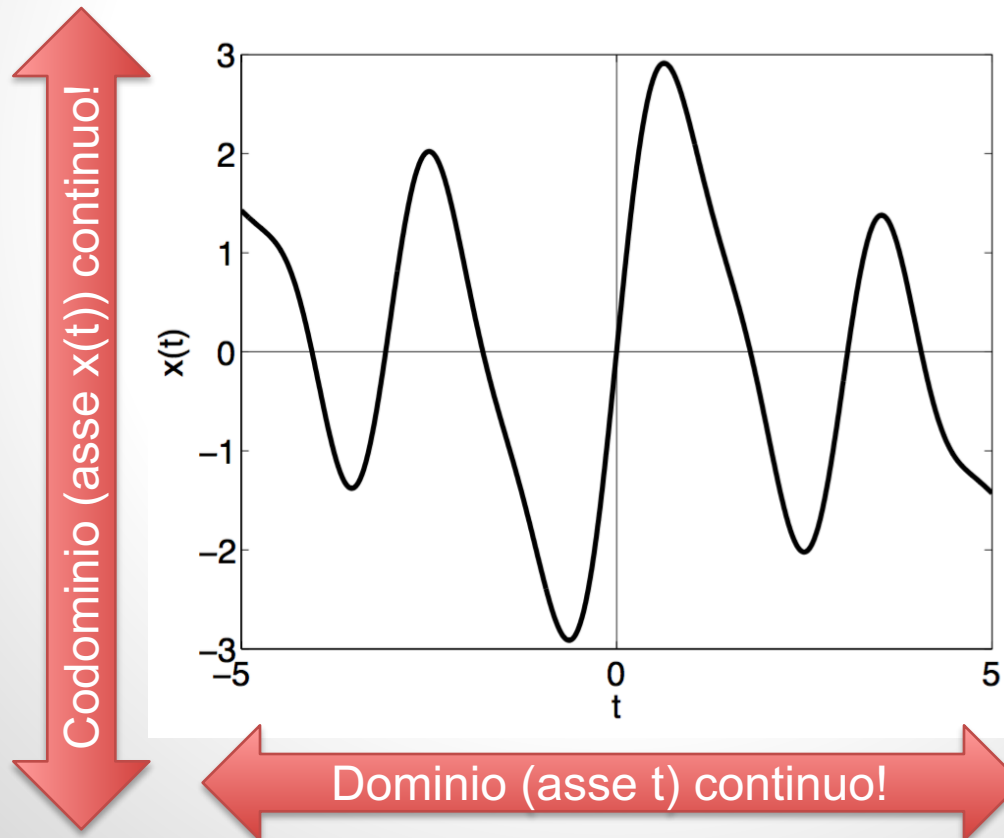
- Questo lavoro è licenziato con la licenza Creative Commons BY-NC



- Per consultare una copia della licenza visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/legalcode>

La conversione analogico-digitale

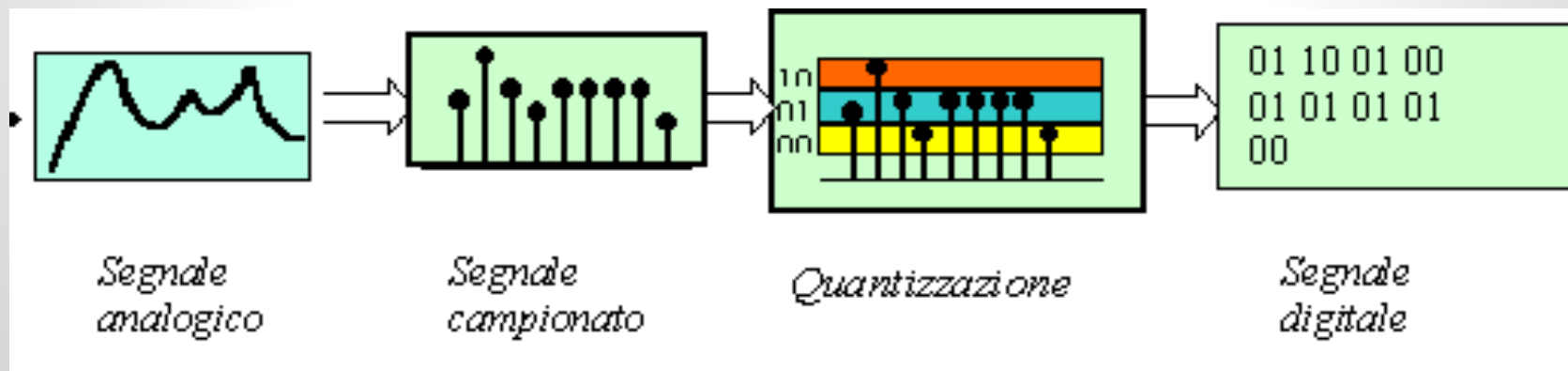
- Una **sorgente di informazioni analogiche** (un suono, un video, una grandezza fisica, etc.) può essere modellata matematicamente come una **funzione (segnale) (1) continua del tempo e (2) a valori su un insieme continuo**, mentre una sua **rappresentazione digitale** deve essere necessariamente **discreta**!



Per rappresentare il segnale in maniera digitale è necessario "discretizzare" i due assi!

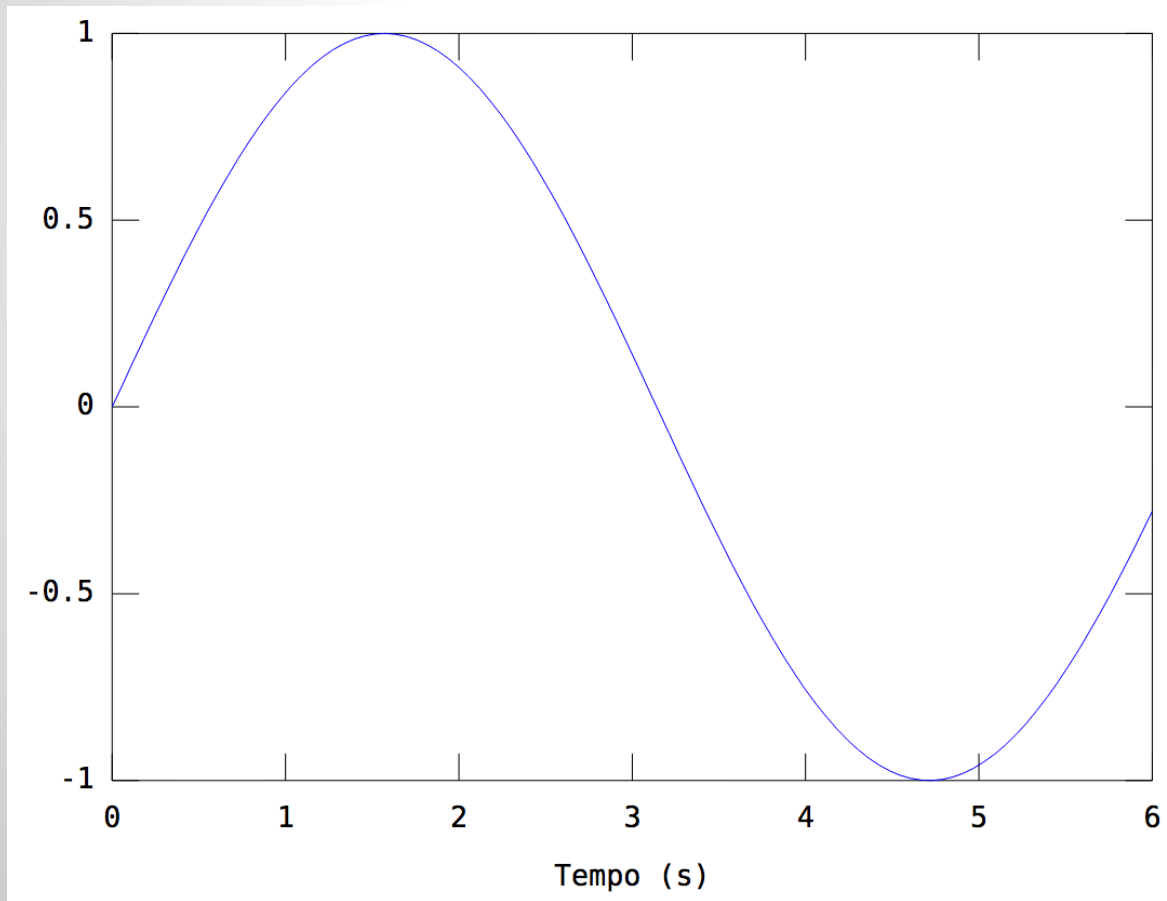
Convertitori Analogici-Digitali

- La **digitalizzazione di un segnale** analogico si realizza per mezzo una operazione di **campionamento** ed una di **quantizzazione**:
 - Il **campionamento** discretizza l'asse del tempo, conservando solo i valori del segnale ad intervalli regolari (i **campioni**).
 - La **quantizzazione** discretizza l'asse dei valori, approssimando il valore dei campioni ad un certo numero prefissato di valori.
- I dispositivi che effettuano la digitalizzazione dei segnali si chiamano ADC (analogue to digital converter).



Il campionamento (1/3)

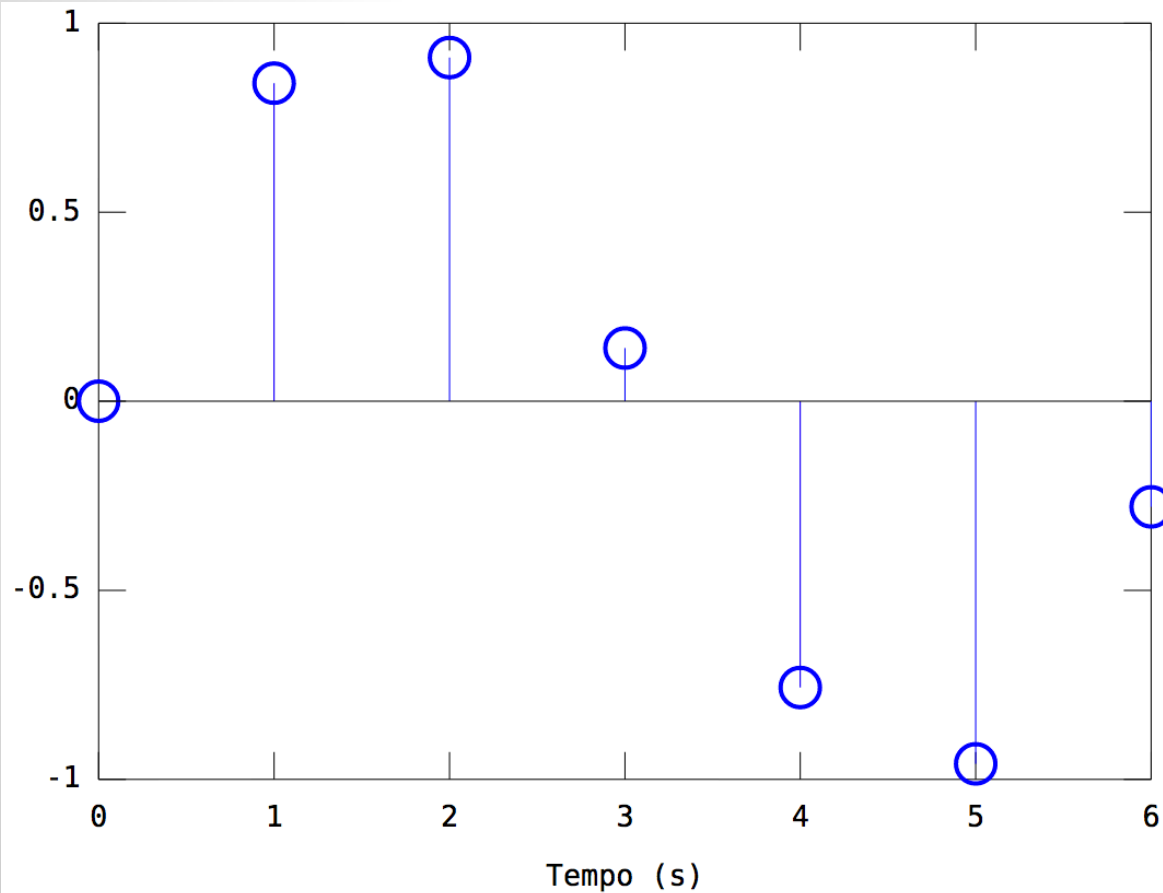
- Il **campionamento** discretizza l'asse temporale di un segnale (in generale, la sua variabile indipendente) offrendo un numero finito di valori di esso, presi ad intervalli regolari (i **campioni**).



Un segnale analogico è continuo (1) nel tempo, e (2) nella sua ampiezza. Nell'esempio, un segnale analogico che varia tra [0; 6] secondi.

Il campionamento (2/3)

- Il **campionamento** discretizza l'asse temporale di un segnale (in generale, la sua variabile indipendente) offrendo un numero finito di valori di esso, presi ad intervalli regolari (i **campioni**).



Segnale campionato

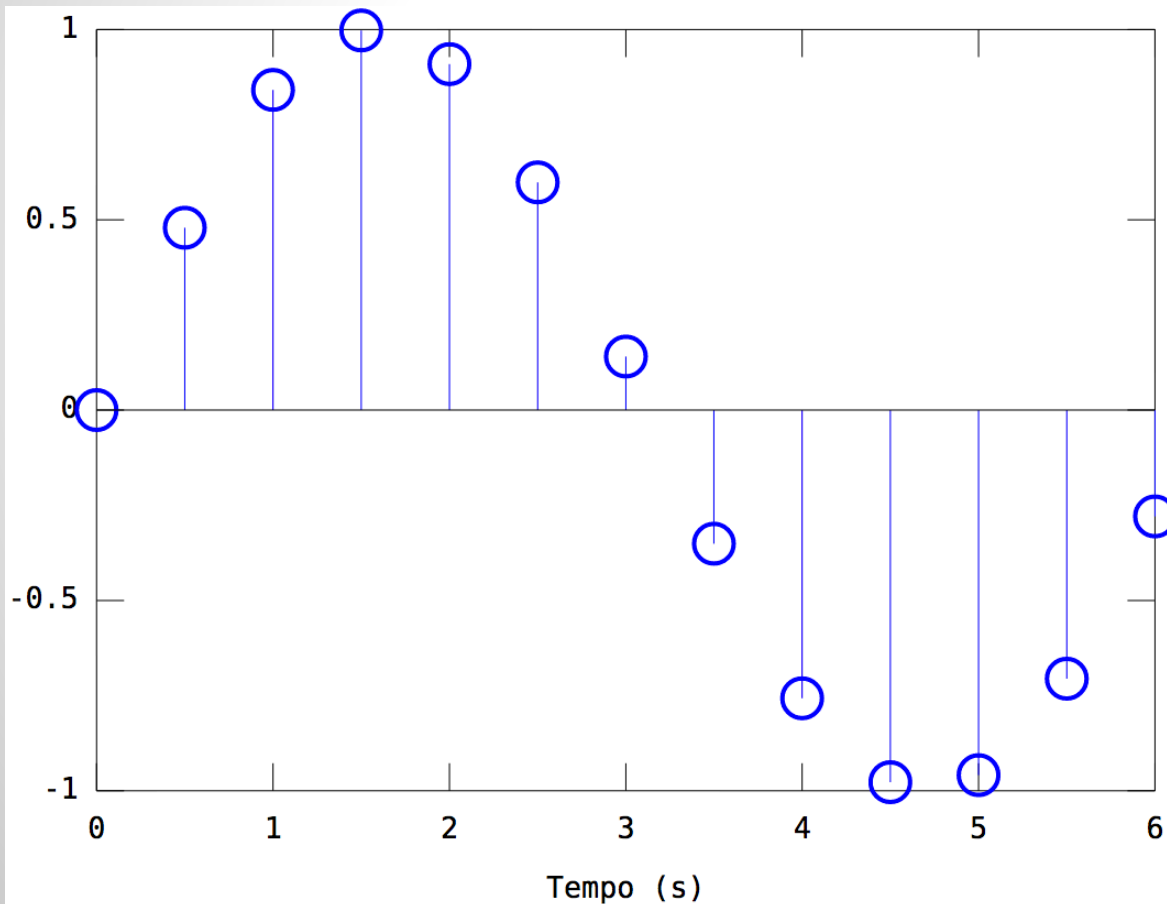
$$f = 1 \text{ Hz}$$

$$T = 1 \text{ s}$$

(6 campioni)

Il campionamento (3/3)

- Il **campionamento** discretizza l'asse temporale di un segnale (in generale, la sua variabile indipendente) offrendo un numero finito di valori di esso, presi ad intervalli regolari (i **campioni**).



Segnale campionato

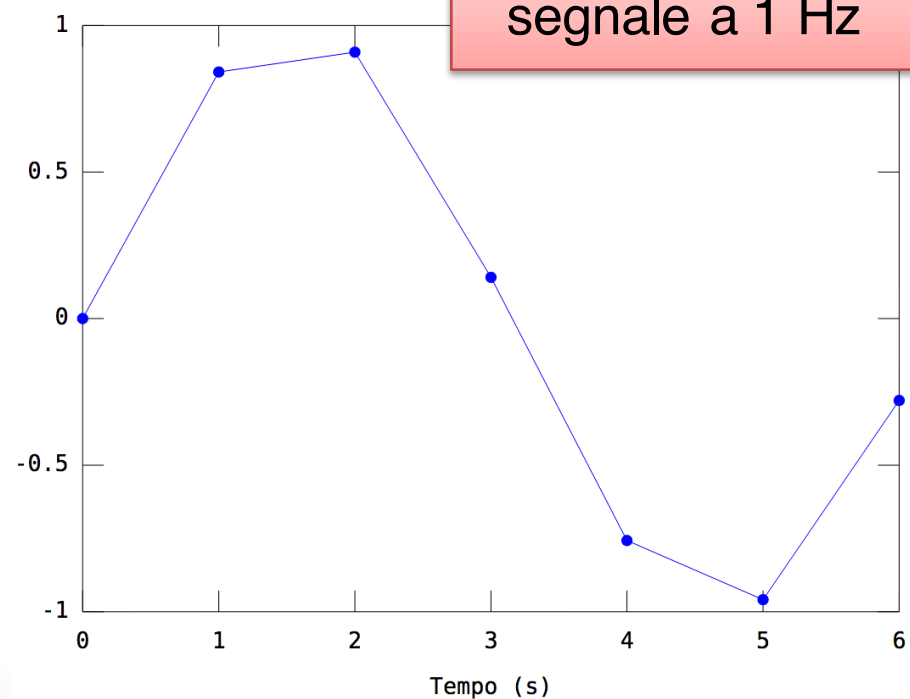
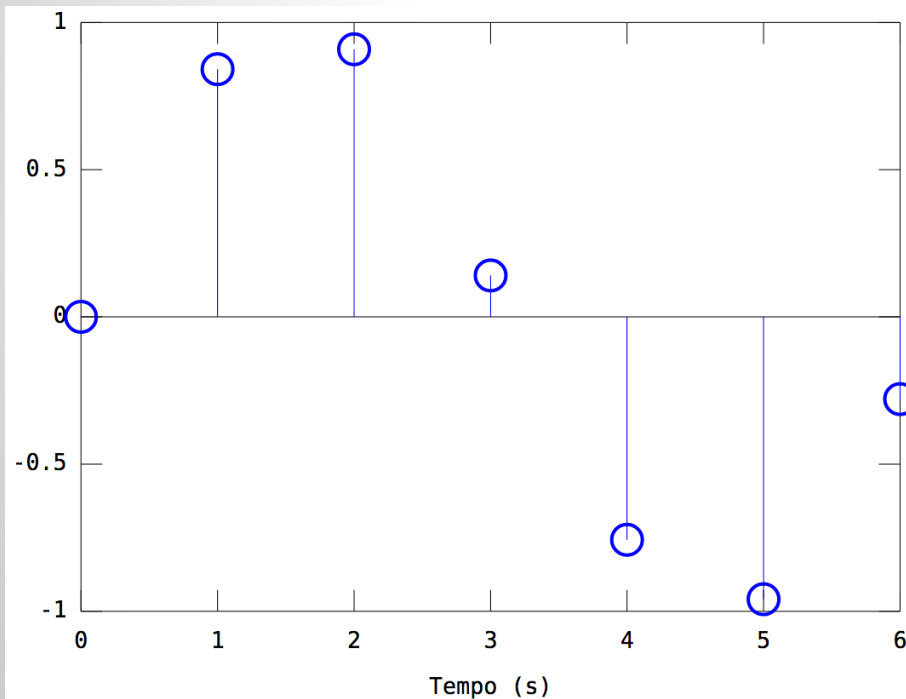
$$f = 2 \text{ Hz}$$

$$T = 0.5 \text{ s}$$

(6 campioni)

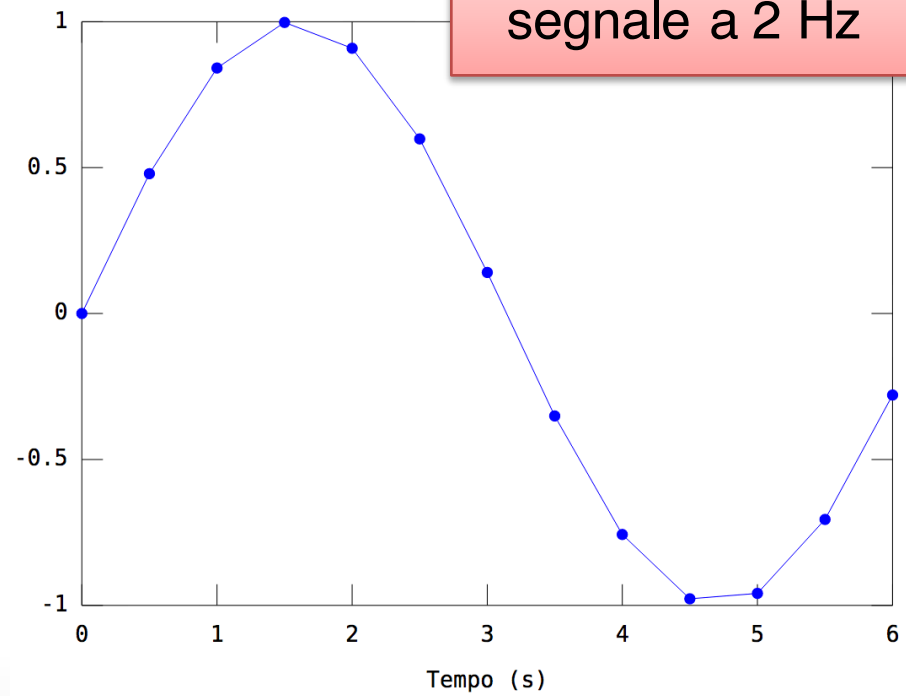
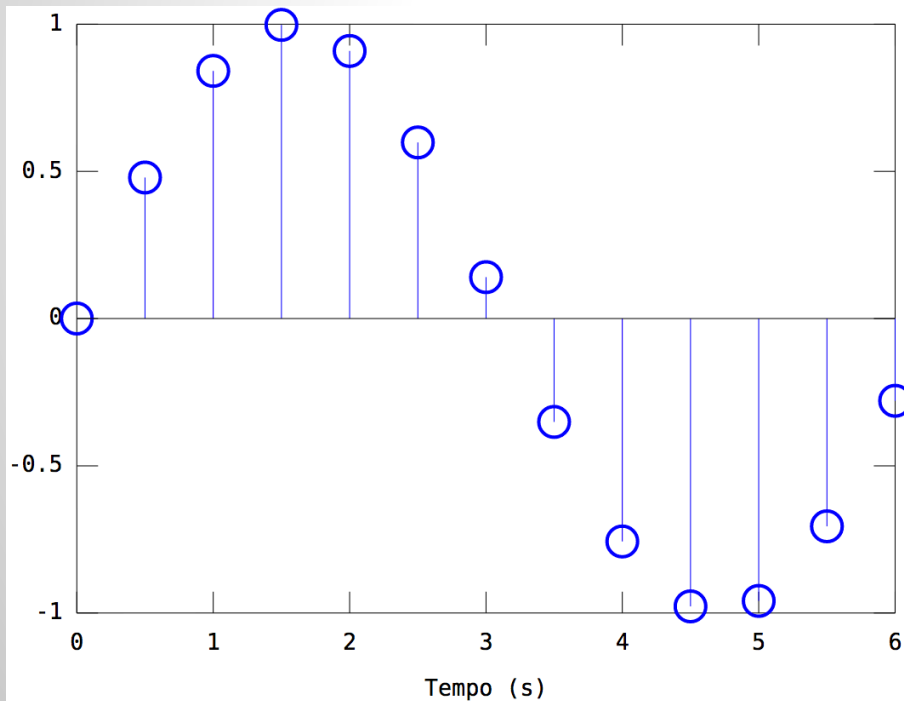
Interpolazione (1/2)

- L'operazione inversa al campionamento è chiamata **interpolazione**
 - Teoricamente è possibile **ricostruire perfettamente** il segnale analogico se la frequenza di campionamento è **adeguatamente elevata** (tale valore dipende dalla natura del segnale).



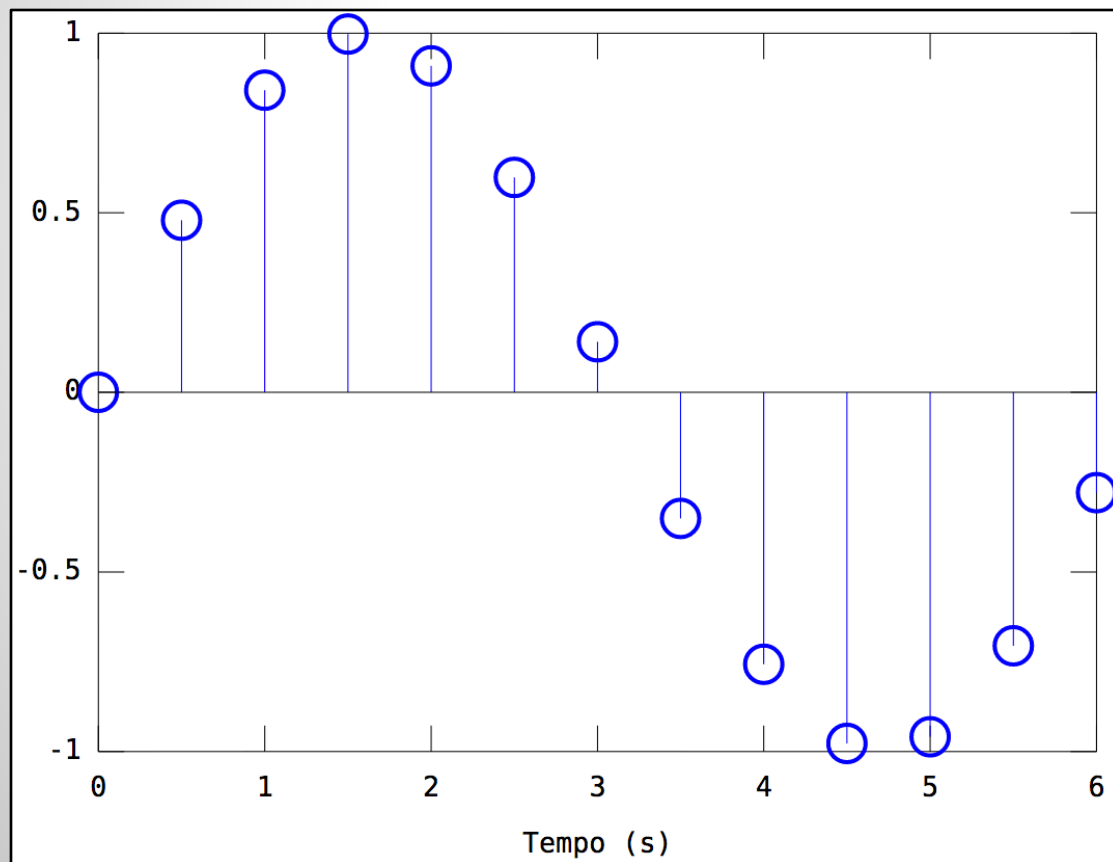
Interpolazione (2/2)

- L'operazione inversa al campionamento è chiamata **interpolazione**
 - Teoricamente è possibile **ricostruire perfettamente** il segnale analogico se la frequenza di campionamento è **adeguatamente elevata** (tale valore dipende dalla natura del segnale).



La quantizzazione (1/2)

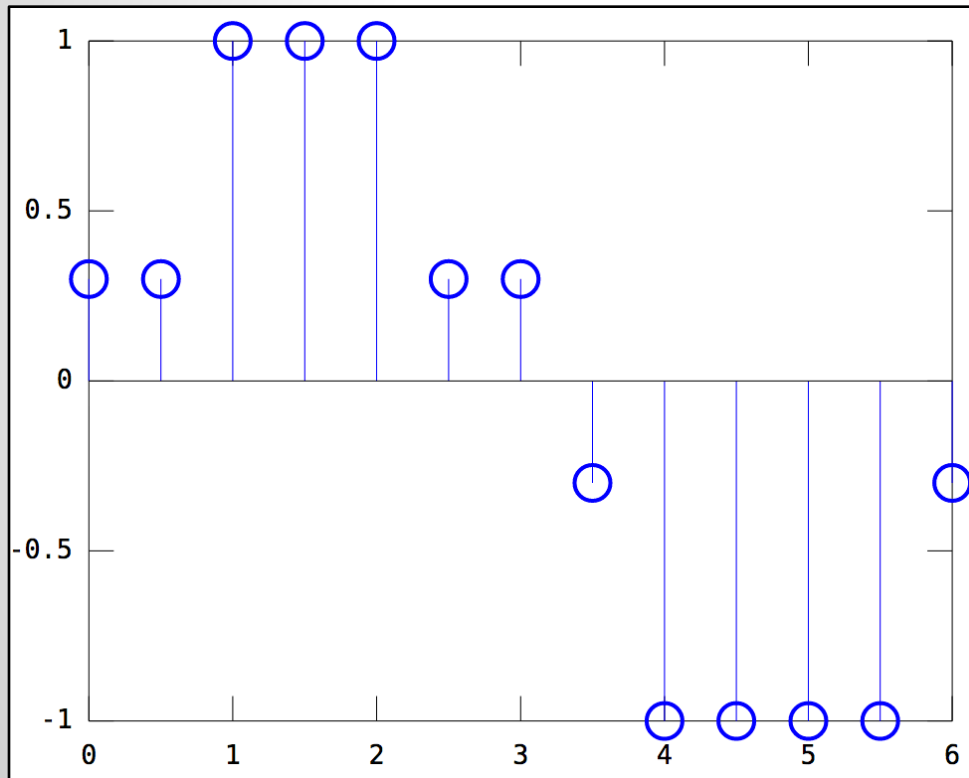
- La quantizzazione **discretizza l'ampiezza del segnale**, approssimando **il valore dei campioni** ad un certo **numero prefissato di valori**.
 - La quantizzazione **rende finito l'insieme dei valori** che sono assunti dai **campioni**, e **permette di codificare il segnale!**



Un segnale campionato è a **tempo discreto**, ma continua ad essere ad **ampiezza continua!**

La quantizzazione (2/2)

- La quantizzazione **discretizza l'ampiezza del segnale**, approssimando **il valore dei campioni** ad un certo **numero prefissato di valori**.
 - La quantizzazione **rende finito l'insieme dei valori** che sono assunti dai **campioni**, e **permette di codificare il segnale!**

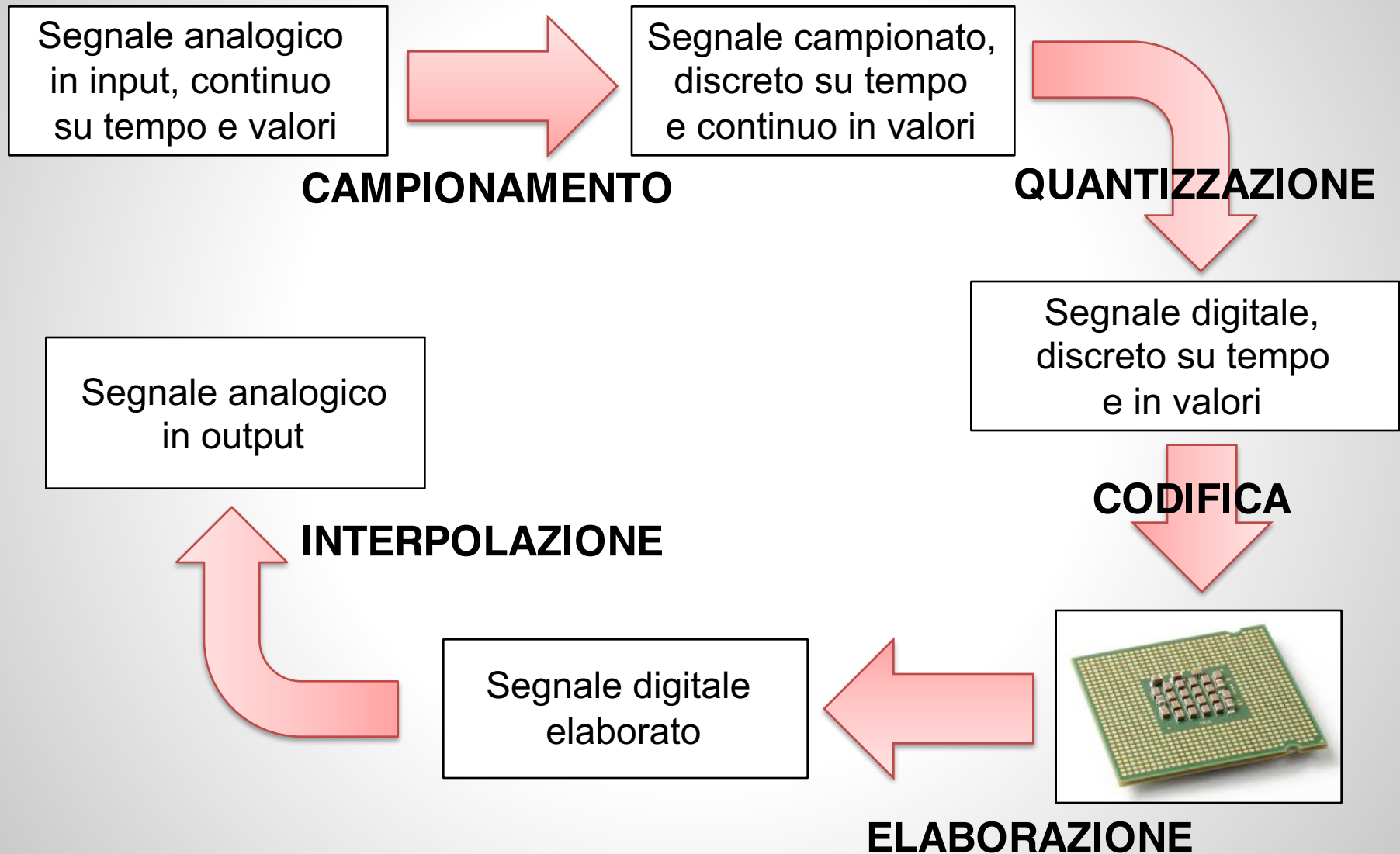


Segnale **campionato e quantizzato su 4 valori** (codificabile su 2 bit)!

	00	01	10	11
-1.00	•			
-0.33		•		
0.33			•	
1.00				•

10 10 11 11 11 10 10 01 00 00 00 00 01

Elaborazione digitale di segnali analogici (1/2)



Elaborazione digitale di segnali analogici (2/2)

- Se il **campionamento** e la **quantizzazione** sono **calibrati adeguatamente alla natura del segnale**, è possibile **digitalizzare, elaborare, e ricostruire** segnali analogici con **alta fedeltà** (alta accuratezza, poco errore).
Ad esempio:
 - I CD Audio usano un campionamento di 44.1 kHz e una quantizzazione di 16 bit. È dimostrabile che l'orecchio umano percepisce minimi miglioramenti con frequenze di campionamento maggiori.
 - I video hanno un campionamento di 24-30 immagini al secondo, che sono sufficienti per percepire un movimento fluido e continuo delle immagini nella maggior parte delle visualizzazioni.
- Rispetto ai segnali analogici, **i segnali digitali possono essere economicamente memorizzati, trasmessi ed elaborati a distanza**, nonché corretti da errori.

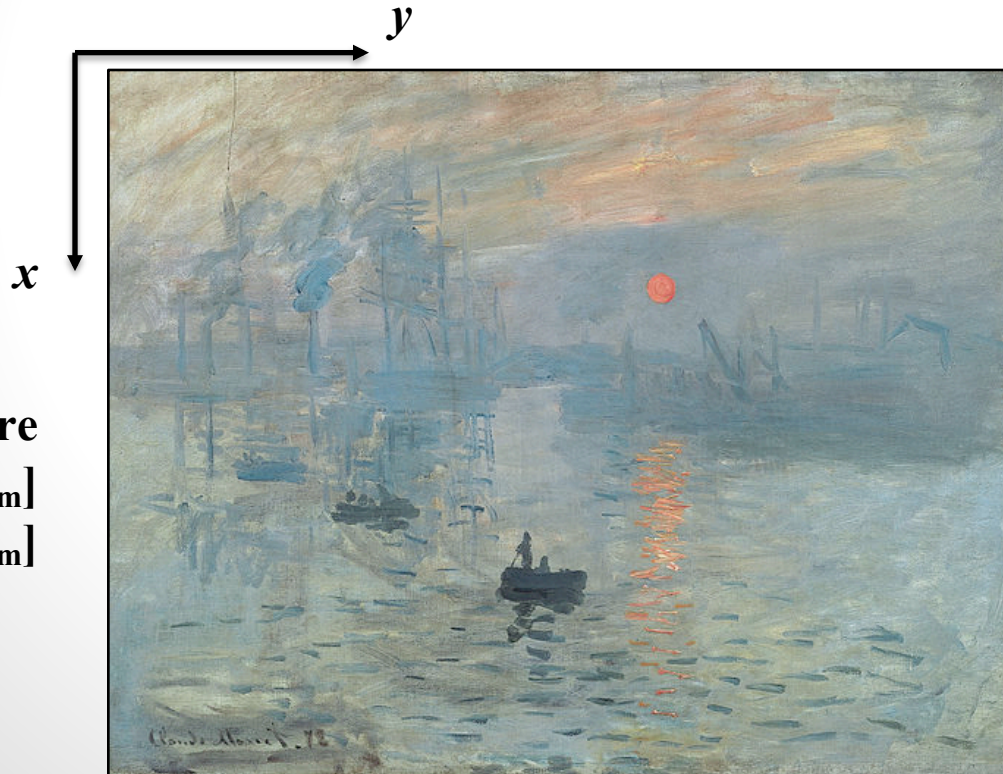
Esempi di tecnologie analogiche e digitali



L'elaborazione digitale può usare gli stessi supporti per forme eterogenee di segnali (es.: suoni, immagini, video)

Codifica delle immagini

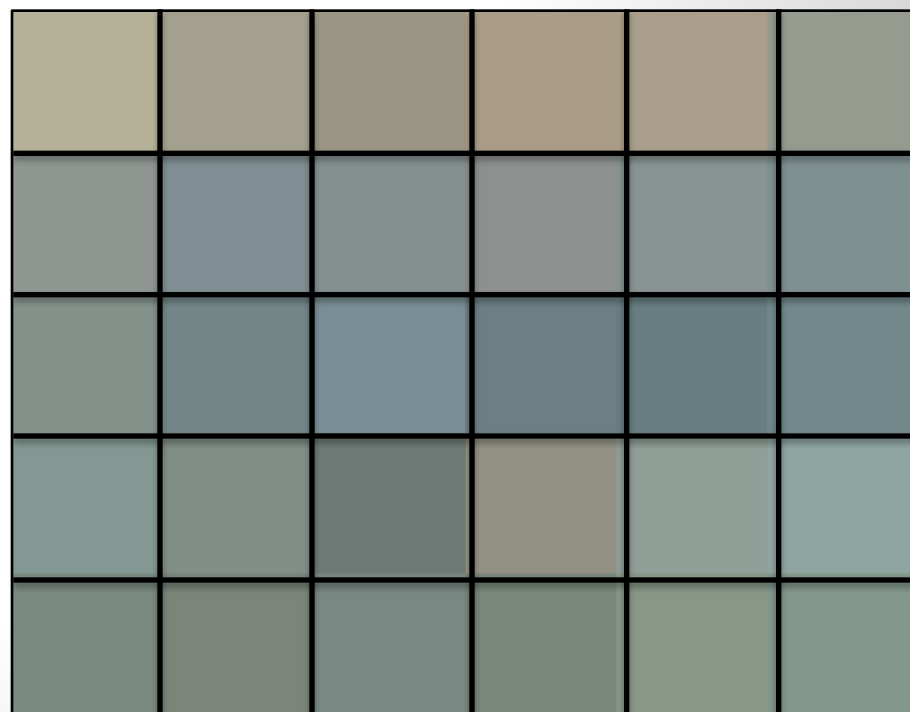
- Una **immagine** è anche essa un segnale analogico: il colore (ovvero, il valore del segnale) varia in maniera continua su uno spazio continuo, che è il punto (x, y) della tela.
 - Come tutti i segnali analogici, deve essere oggetto di **campionamento e quantizzazione**.



$f(x, y) \rightarrow$ colore
 $x \in [0; H_m]$
 $y \in [0; W_m]$

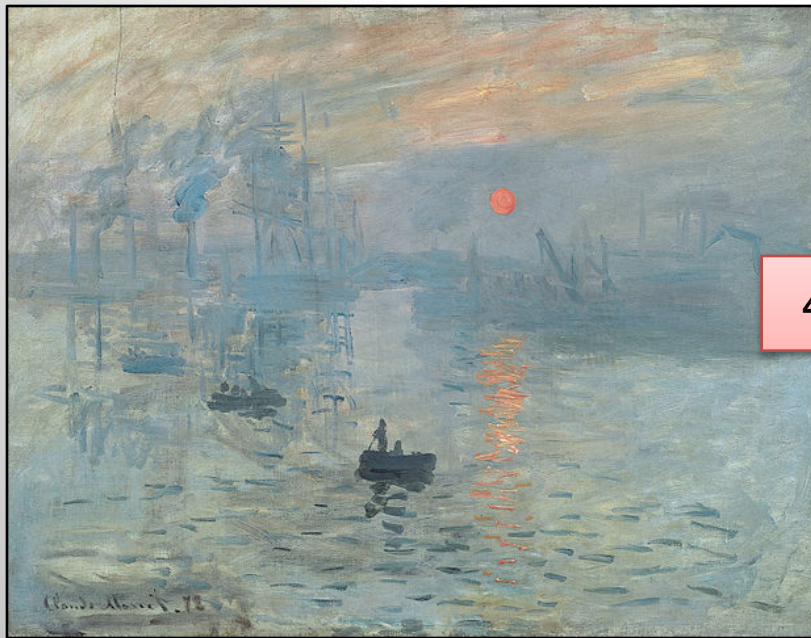
Campionamento di una immagine

- Il campionamento di una immagine si traduce nel suddividere l'immagine in un reticolo di punti (campioni) detti **pixel** (**picture element**).
 - Il reticolo di punti è detto **bitmap**. A parità di grandezza del reticolo, il numero di pixel da indicazioni sul **risoluzione** dell'immagine, ovvero sulla frequenza di campionamento spaziale applicata.



Quantizzazione di una immagine

- L'immagine è poi quantizzata per poterla codificare:
 - Immagini B/N sono quantizzate con 1 bit/pixel
 - Immagini in grigio si quantizzano tipicamente su 256 livelli (1 byte/pixel)
 - Le immagini a colori si scompongono in più canali (RGB, CMYB, etc.) e ogni canale è quantizzato separatamente (raggiungendo 3/4 byte per pixel).
 - A volte si definisce anche una palette predefinita di colori e si usa quella per la quantizzazione.



Sorgenti digitali di immagini

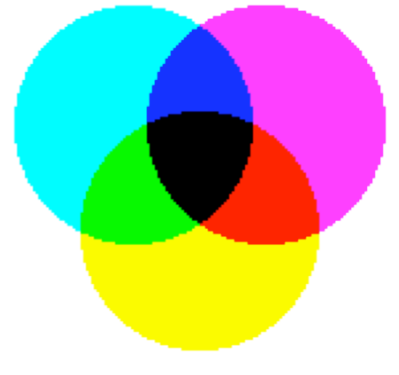
- Le **immagini bitmap** possono essere generate direttamente da **sensori digitali di immagine** (es: dispositivi ad accoppiamento di carica) che acquisiscono una “areola” del mondo (ovvero, un pixel), registrandone le caratteristiche di colore, luminosità, etc.
 - Più fine è l’areola di acquisizione più vicine sono tra loro, più numerose sono, e migliore è la “qualità” dell’immagine acquisita.
 - Il concetto di **risoluzione** è legato al campionamento: maggiore è la risoluzione, maggiore è la possibilità di distinguere dettagli presenti nell’immagine (i pixel sono “più fitti”).
- I pixel contenuti in una stessa immagine digitale hanno dimensioni identiche, ma pixel di due immagini possono avere dimensioni differenti.
 - La **dimensione di un pixel** è data dalla risoluzione alla quale l’immagine è stata digitalizzata (es.: la risoluzione di 600 dpi indica che ciascun pixel nell’immagine misura 1/600 di pollice).
 - La **dimensione dell’intera immagine** è data perciò dal rapporto tra il **numero di pixel** e la sua **risoluzione**.

Codifica della bitmap

- L'immagine digitalizzata (la bitmap) viene poi memorizzata secondo diversi formati, alcuni dei quali prevedono forme di compressione.
- Tra i formati più comuni:
 - Joint Photographers Expert Group File Interchange Format (JPEG)
 - Portable Network Graphics File Format (PNG)
 - Tagged Image File Format (TIFF)
 - Graphics Interchange Format (GIF)
 - Windows Bitmap File Format (BMP)

Le immagini a colori

- La **colorimetria** spiega che un colore può essere ottenuto tramite combinazione di almeno tre colori base detti primari.
- Se i tre colori base sono il **Rosso**, il **Verde** ed il **Blu** si ha lo spazio **RGB**
Color = a R + b G + c B
- Con 8 bit/colore base, per ogni colore si useranno 24 bit, ovvero circa 16 milioni di colori diversi



Esempio di Immagini Digitali



256 colori



64 colori



16 colori



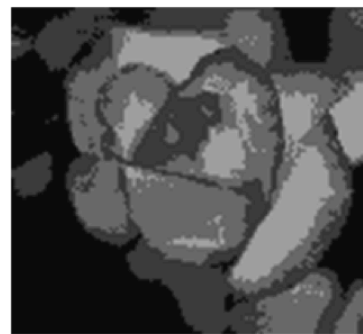
4 colori



256 livelli grigio



16 livelli grigio



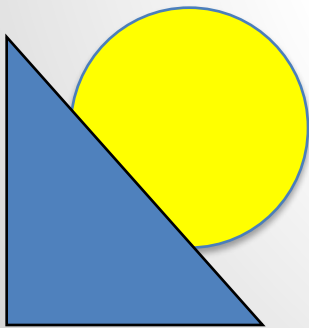
4 livelli grigio



bianco/nero

Immagini vettoriali

- Le **immagini digitali** possono anche essere **descritte come composizione di primitive geometriche**, quali punti, linee, poligoni e curve, ai quali sono assegnati colori, sfumature e trasparenze.
- Questa forma di rappresentazione delle immagini va sotto il nome di **grafica vettoriale** ed è differente dalla grafica bitmap.
 - Le immagini acquisite dalla realtà devono essere digitalizzate in bitmap, mentre immagini create direttamente al computer possono essere rappresentate vettorialmente.

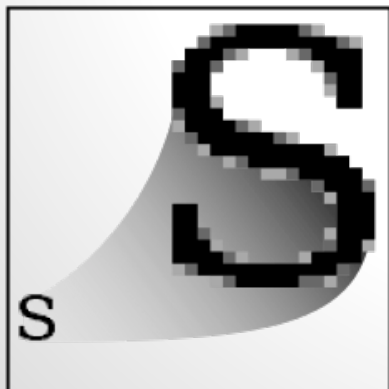


Triangle 0, 0, 0, 100, 100, 100, blue, black border

Circle 80, 80, 30, yellow, blue border

Caratteristiche della Grafica Vettoriale

- Ogni figura è codificata tramite una primitiva grafica e da parametri che definiscono il suo rendering (posizione, punti, colore, effetti grafici, ...):
 - La grafica vettoriale può essere generata a qualsiasi risoluzione (non è composta da pixel, ma i pixel vengono generati nel rendering!)
 - Data la natura descrittiva dell'immagine, la grafica vettoriale occupa molto meno spazio comparata ad una immagine bitmap.
 - Gli elementi grafici delle immagini (es.: elementi testuali) sono facilmente modificabili.
- È quasi impossibile vettorializzare una immagine reale (ovvero descriverla come una composizione di primitive grafiche), e per queste ultime si usa la grafica bitmap.



Esempio di ingrandimenti
tra img. Bitmap e Vettoriale

By Yug, CC BY-SA 2.5

Formati di File Vettoriali

- Tra i formati grafici più diffusi per immagini vettoriali (ma non solo), vanno ricordati:
 - PostScript (PS/EPS)
 - Portable Document Format (PDF)
 - Scalable Vector Graphics (SVG)

Le immagini in Movimento

- L'occhio umano **ricostruisce l'informazione di movimento** se riceve una **successione sufficientemente rapida di immagini fisse**



- Cinema: 24 fotogrammi/sec
- TV: 25 o 30 fotogrammi/sec
- La **sequenza continua di immagini della realtà viene quindi discretizzata** ottenendo una serie di immagini (detti **frame**, ovvero i **campioni**) che variano velocemente, ma a intervalli stabili.
 - Il **frame-rate** è il numero di **frame** mostrati per secondo (**fps**).

Compressione

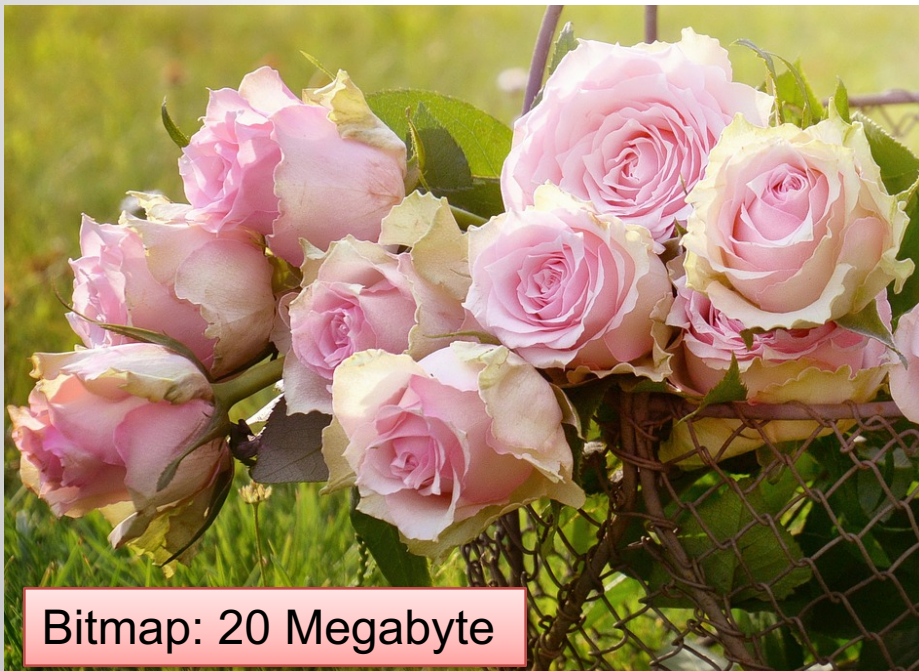
- Per risolvere i problemi connessi con le **dimensioni elevate** delle immagini e dei video sono stati introdotti **processi di compressione**.
 - Alcune compressioni **migliorano solamente le codifiche**, riducendo i bit necessari per rappresentare le informazioni.
 - Altre compressioni riducono le **informazioni da memorizzare o trasmettere**, a valle di un processo di elaborazione che le trasforma.
- La compressione **può conservare integralmente o no** il contenuto della rappresentazione originale secondo due tecniche principali.
 - la **compressione senza perdita di informazione (lossless, reversibile)** può ricostruire perfettamente l'informazione originale, e sfrutta principalmente codifiche più efficienti.
 - la **compressione con perdita di informazione (lossy, irreversibile)** non è capace di ricostruire perfettamente l'informazione originale, ma ciò è spesso impercettibile o irrilevante negli usi pratici.

Compressione Lossless

- La compressione lossless usa algoritmi che possono ricostruire l'informazione iniziale da quella compressa. Essi utilizzano solamente codifiche più efficienti per la natura dei dati.
- Non sempre garantiscono buoni livelli di compressione.
- Ad esempio, la **Run-length encoding (RLE)** codifica sequenze di valori uguali premettendo un indicatore di ripetizioni al valore codificato:
AAAAAAABBBBBBCCCCAAAAAAAB Informazione originale
7A5B3C11A1B Informazione compressa

Compressione Lossy

- I metodi lossy comportano riduzioni notevoli delle dimensioni, ma la ricostruzione dell'informazione da quella compressa non è però identica a quella iniziale.
- Tali metodi sfruttano l'incapacità dei sensi umani (nelle applicazioni che lo consentono) di percepire degradazioni di immagini, video e suoni.
 - la *compressione immagini JPEG*, video *MPEG* e audio *MP3* si basano sulle proprietà psicofisiche dell'uomo sopprimere informazioni poco percepite.



Codifica dell'Audio

- Il suono è un segnale analogico funzione del tempo consistente in vibrazioni che formano un'onda, la cui ampiezza misura l'altezza dell'onda e il periodo è la distanza tra due onde.
- Anche il suono deve essere campionato e discretizzato per poter essere digitalizzato.
- L'operazione di campionamento discretizza il segnale con una frequenza dell'ordine delle decine di KHz (migliaia di campioni al secondo) perché è dimostrato che **l'orecchio umano percepisce fedelmente il suono originale se il suo campionamento è non inferiore a 30KHz.**