

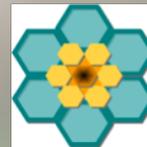
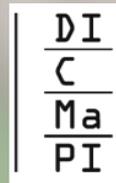
Corso di Laurea triennale in Ingegneria Chimica  
in condivisione con  
Corso di Laurea triennale in  
Ingegneria Navale e Scienze dei Materiali

# Elementi di Informatica

A.A. 2016/17

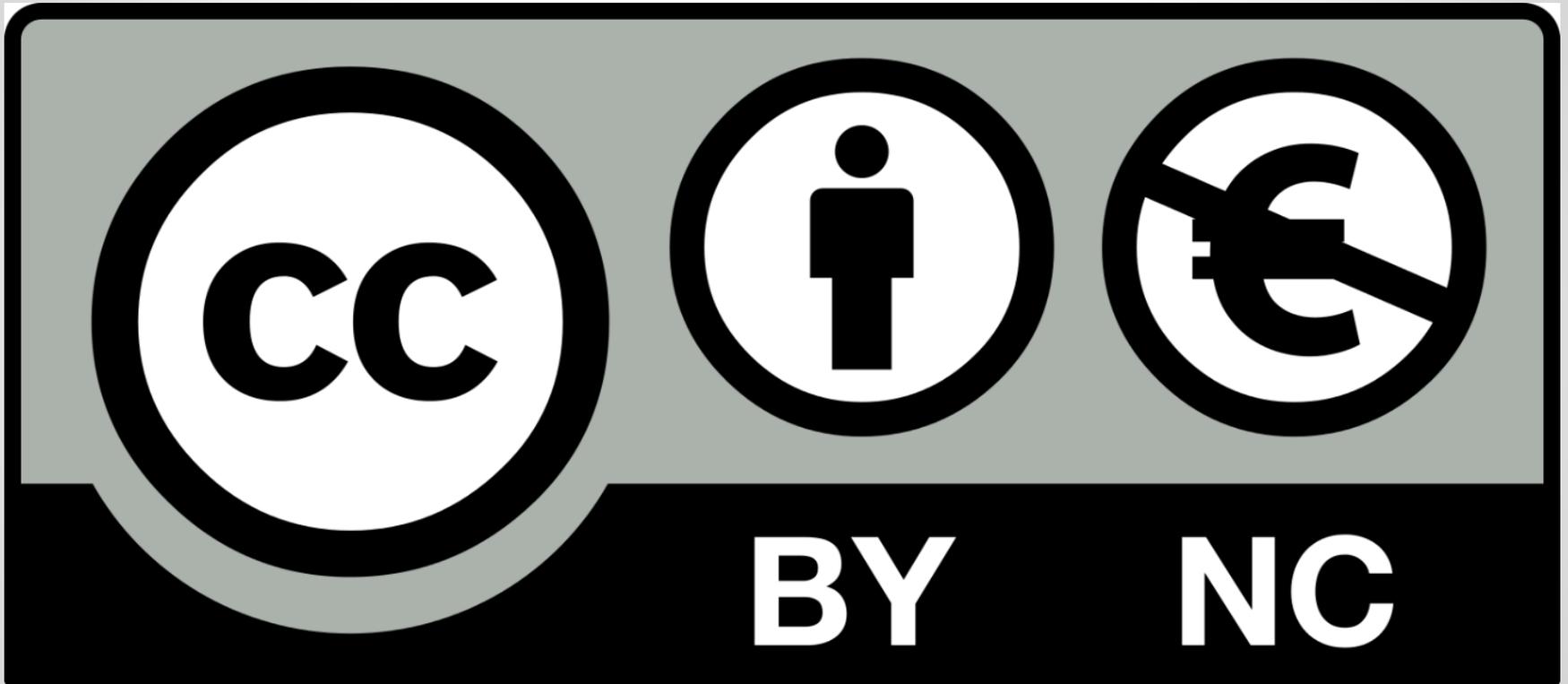
prof. Mario Barbareschi

Rappresentazione e codifica delle informazioni – Parte Terza



# Informazioni di Licenza

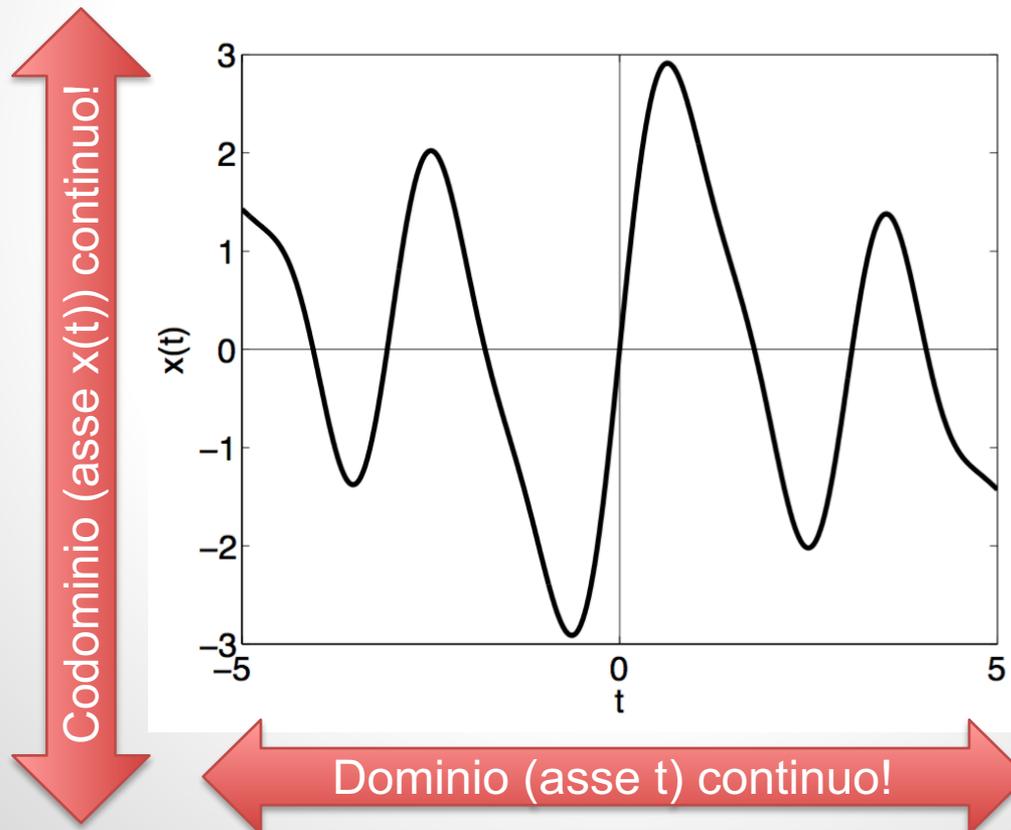
- Questo lavoro è licenziato con la licenza Creative Commons BY-NC



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

# La conversione analogico-digitale

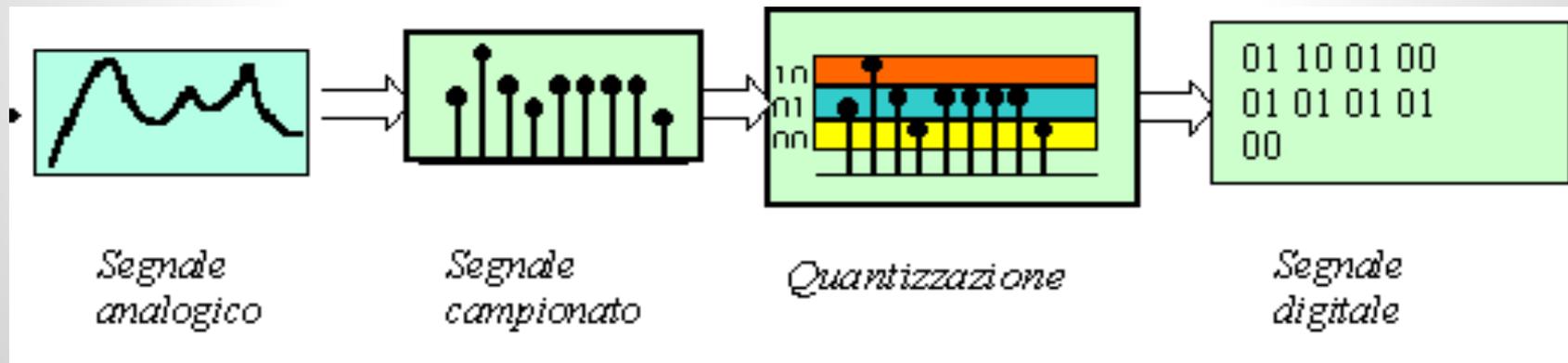
- Una **sorgente di informazioni analogiche** (un suono, un video, una grandezza fisica, etc.) può essere modellata matematicamente come una **funzione (segnale) (1) continua del tempo e (2) a valori su un insieme continuo**, mentre una sua **rappresentazione digitale** deve essere necessariamente **discreta**!



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

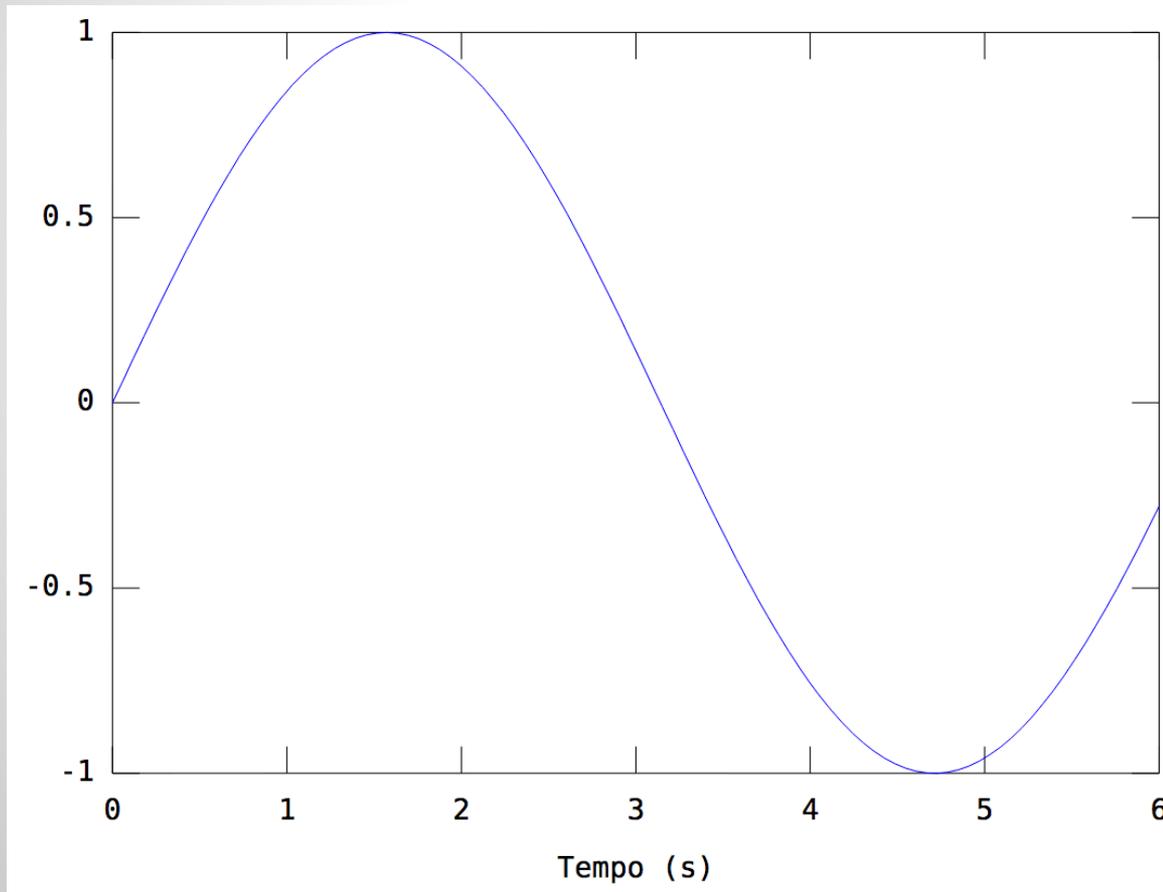
# Convertitori Analogici-Digitali

- 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)

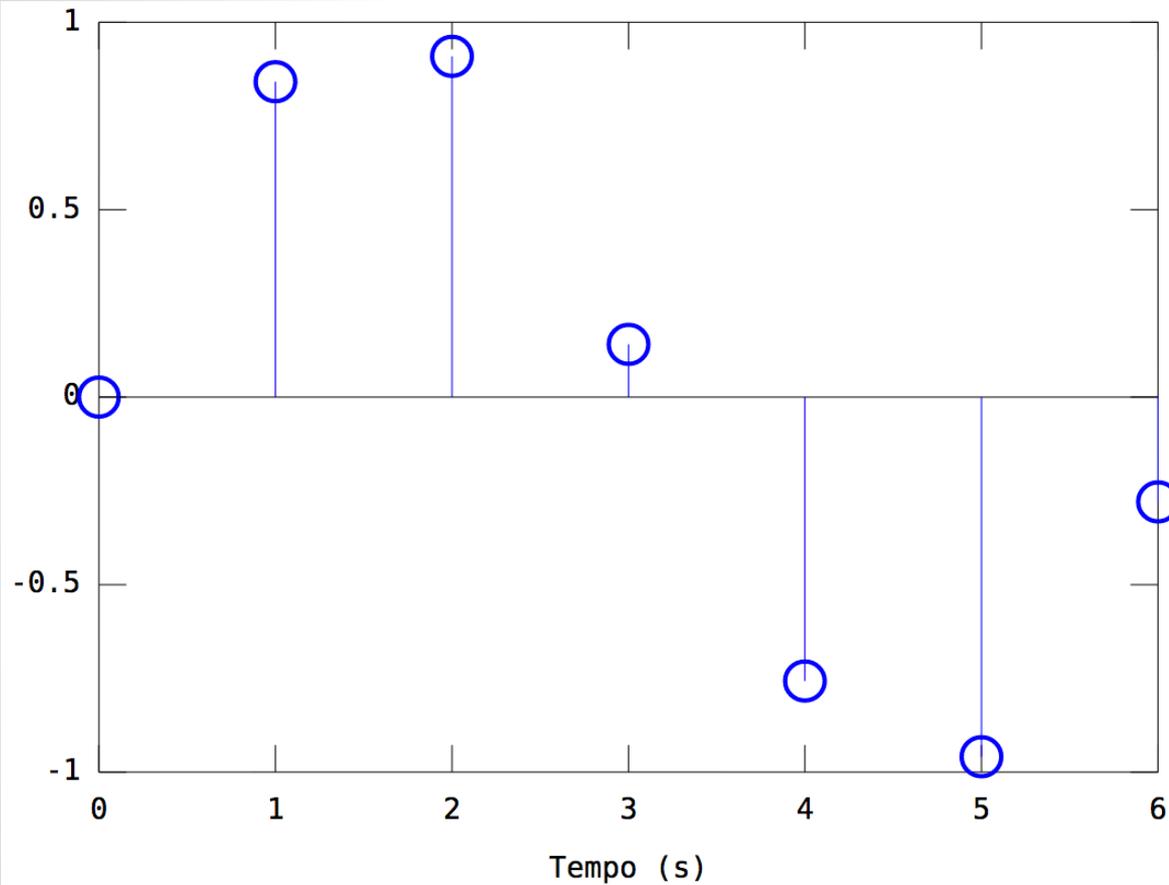
- Il **campionamento** discretizza l'asse temporale di un segnale (in generale, la sua variabile indipendente) offrendo un numero finito di valori di esso, presi ad intervalli regolari (i **campioni**).



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

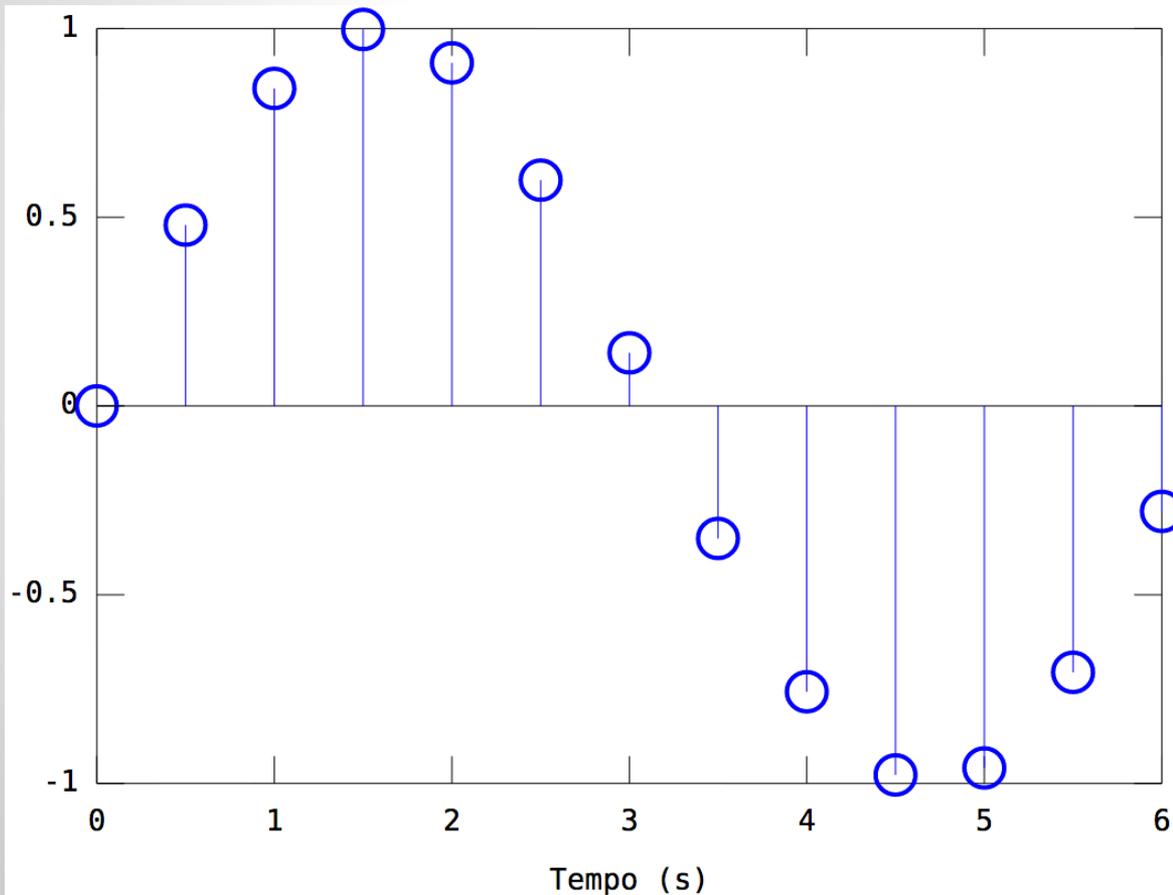
$$f = 1 \text{ Hz}$$

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

(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

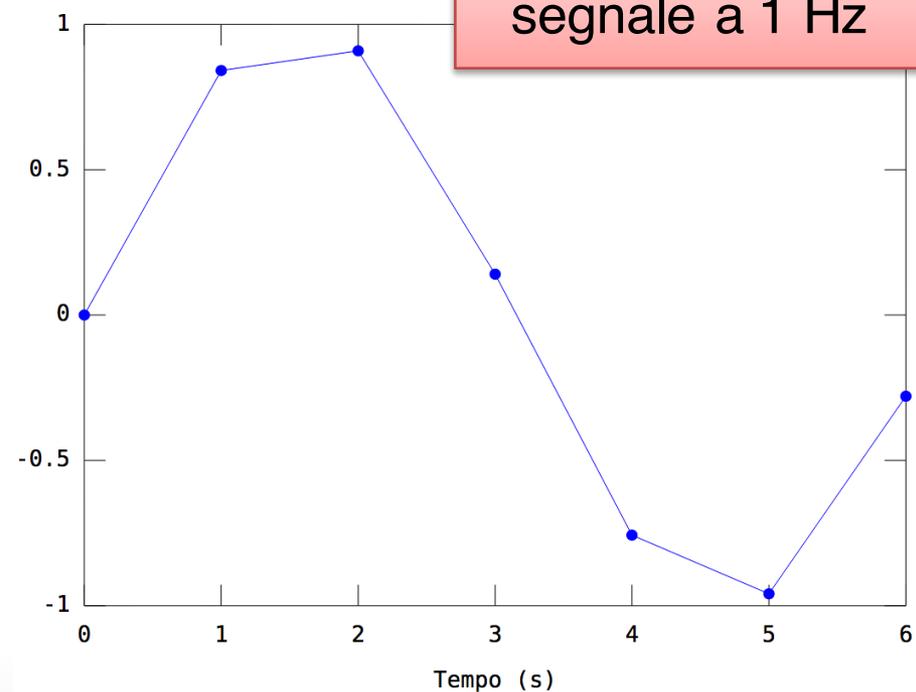
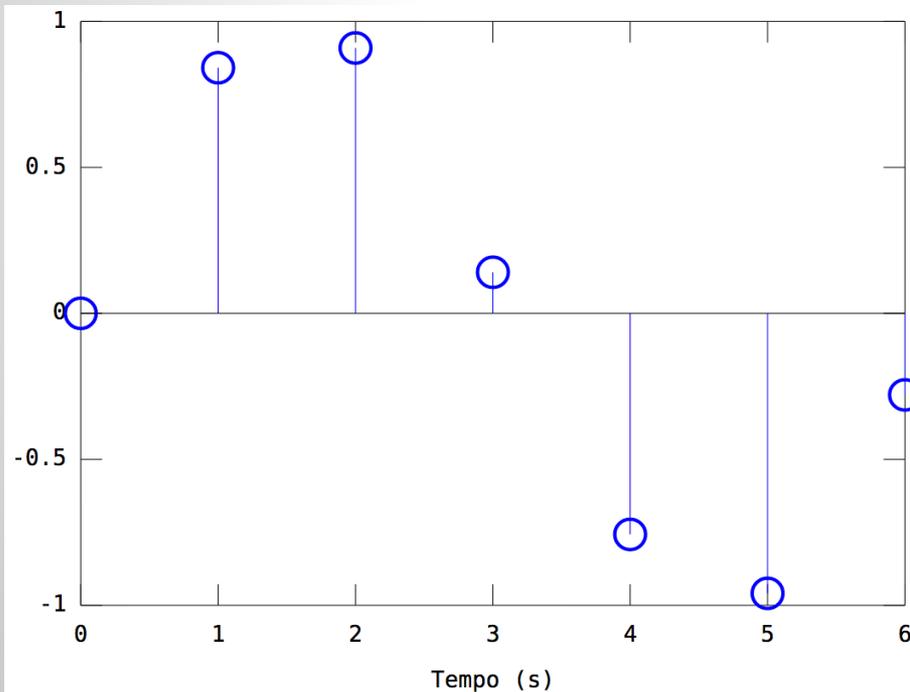
$$f = 2 \text{ Hz}$$

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

(6 campioni)

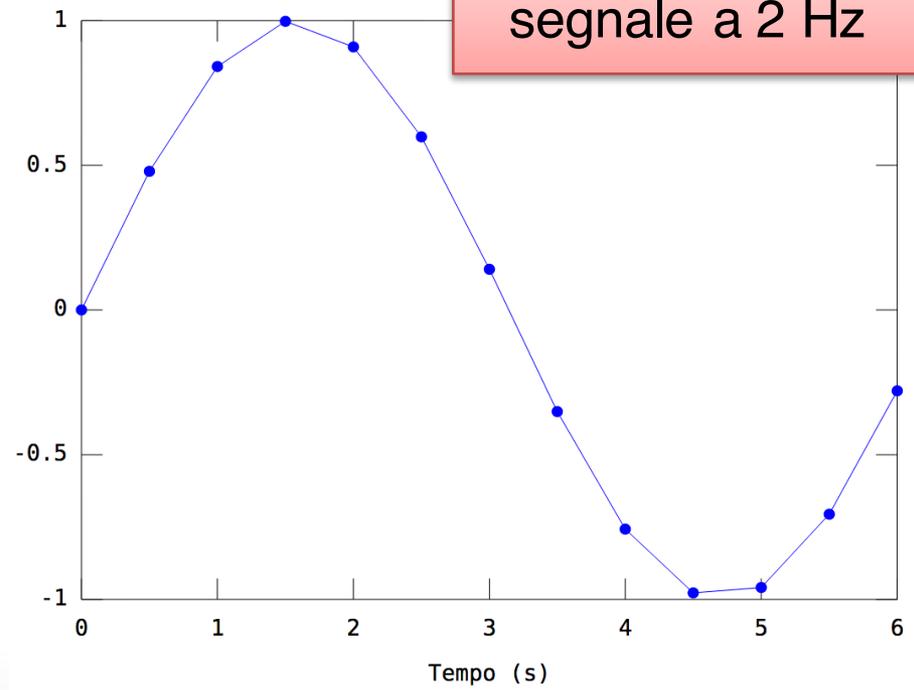
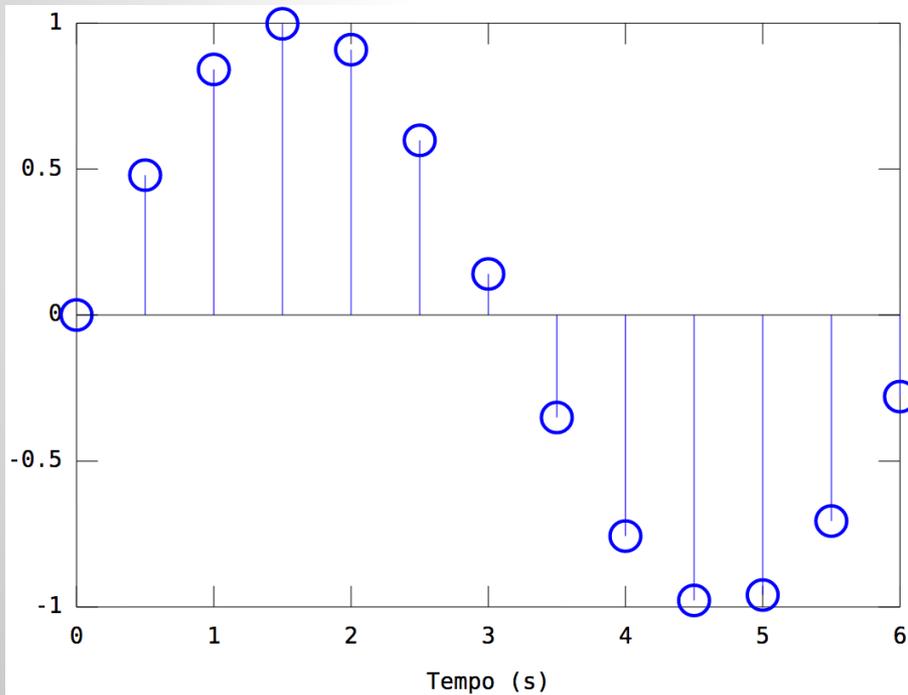
# Interpolazione (1/2)

- 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).



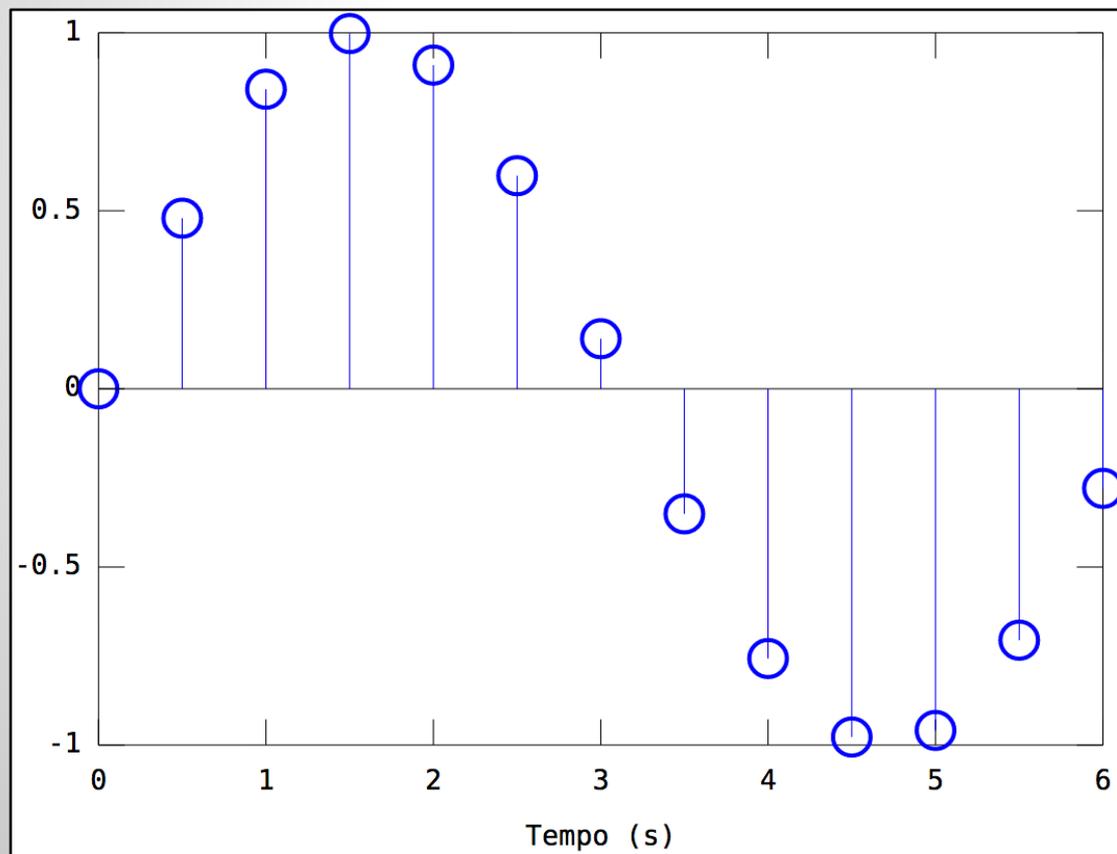
# Interpolazione (2/2)

- 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)

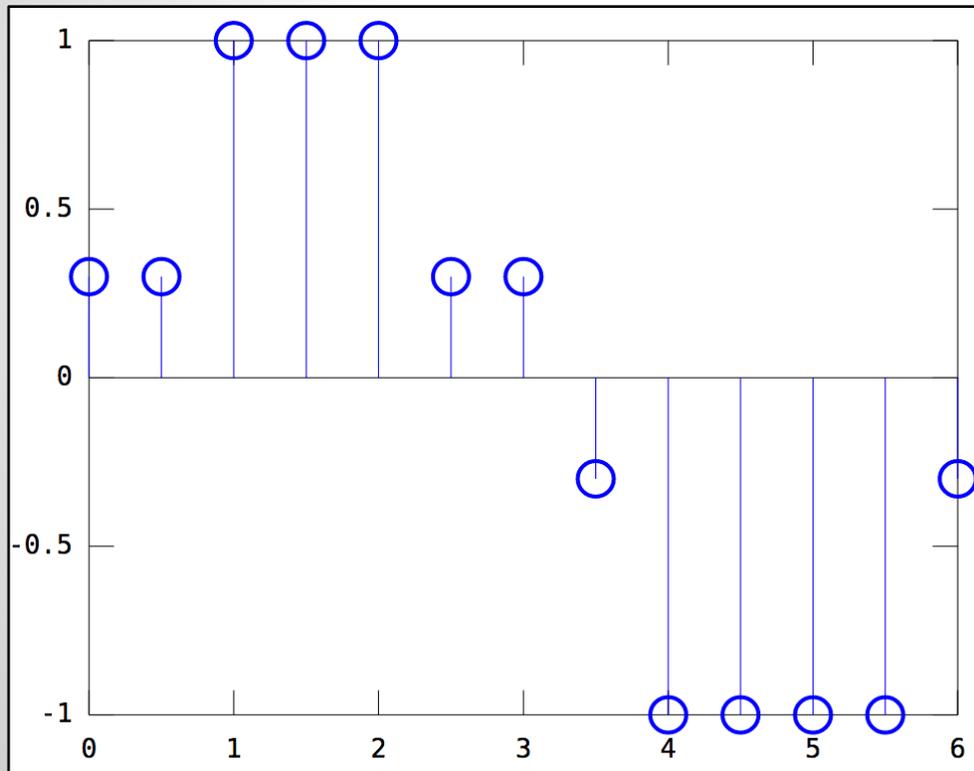
- La quantizzazione **discretizza l'ampiezza del segnale**, approssimando **il valore dei campioni** ad un certo **numero prefissato di valori**.
  - La quantizzazione **rende finito l'insieme dei valori** che sono assunti dai **campioni**, e **permette di codificare il segnale!**



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 dei **campioni**, e **permette di codificare il segnale!**

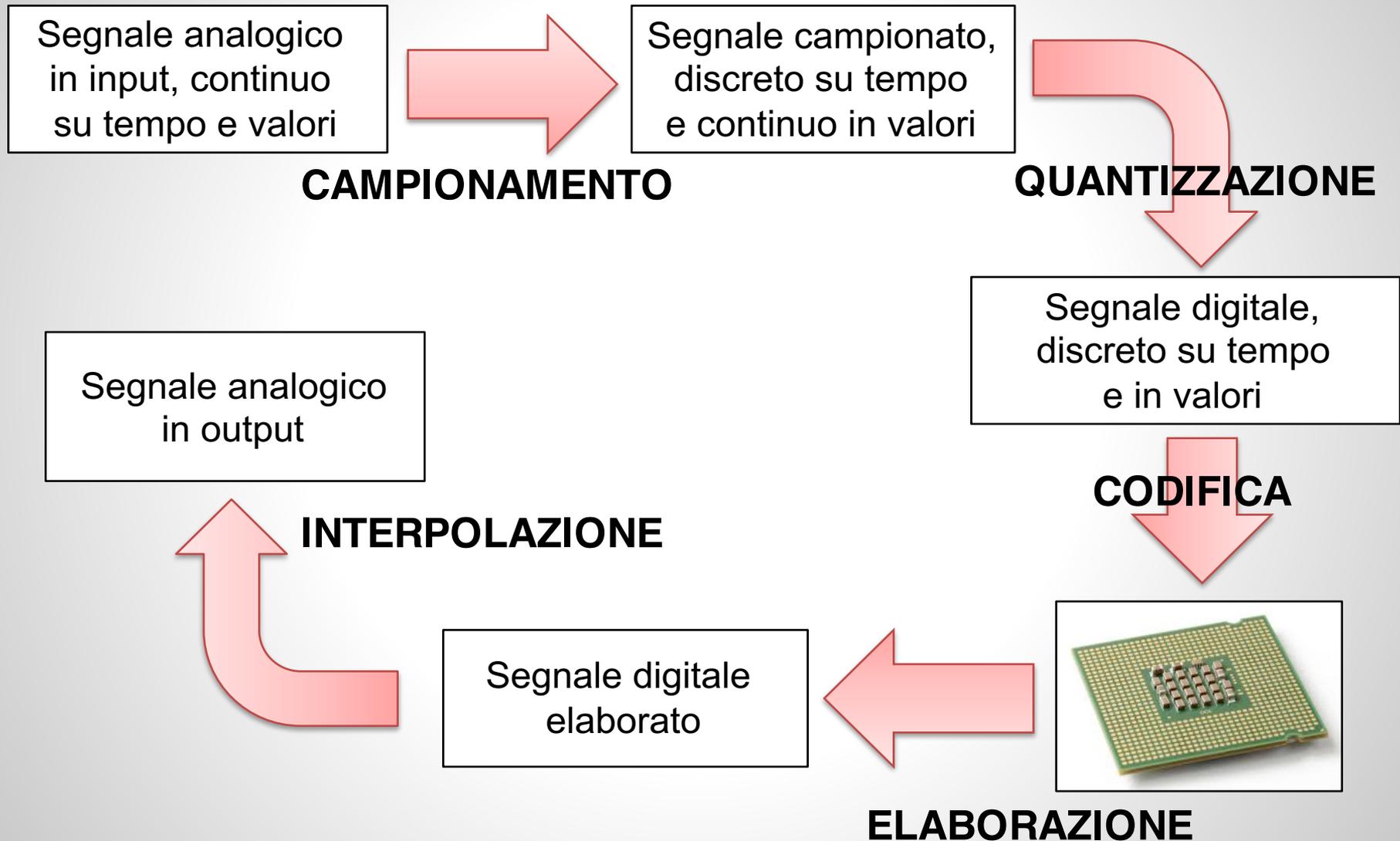


Segnale **campionato e quantizzato su 4 valori** (codificabile su 2 bit)!

	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

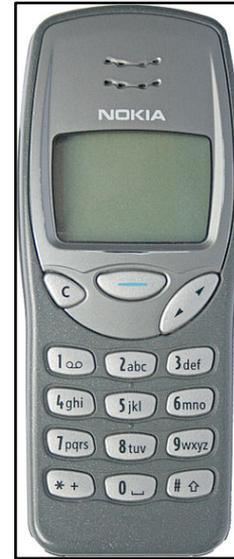
# Elaborazione digitale di segnali analogici (1/2)



# 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.

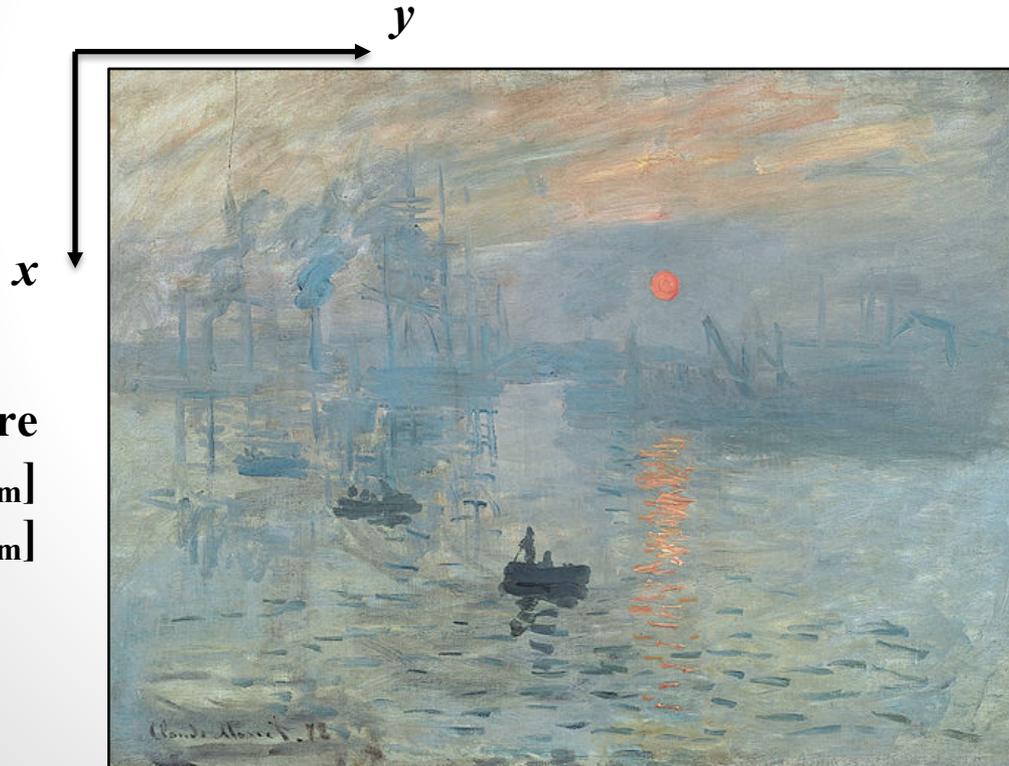
# Esempi di tecnologie analogiche e digitali



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

# Codifica delle immagini

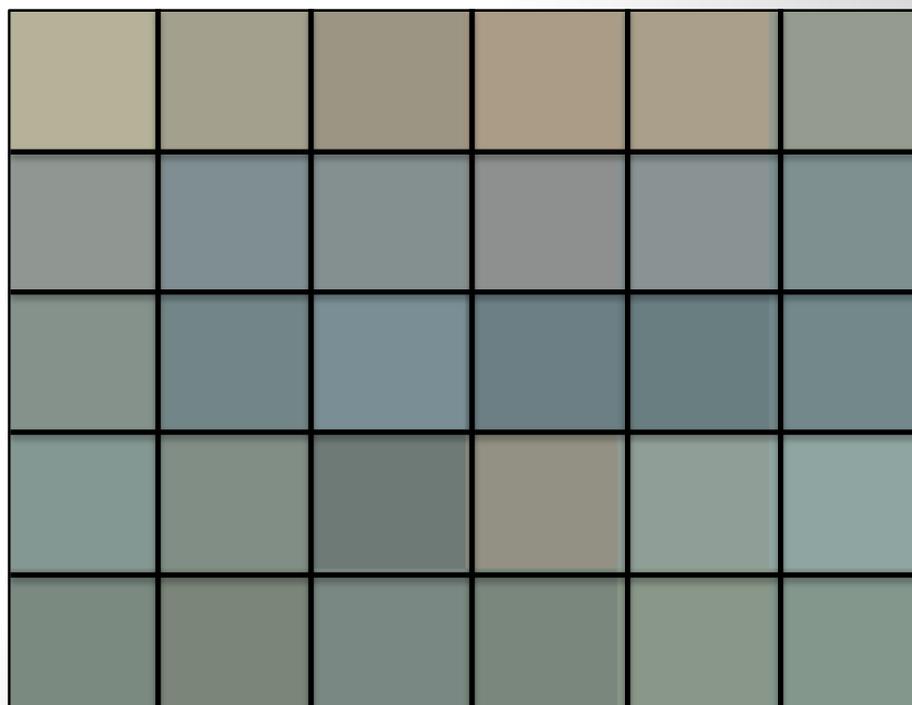
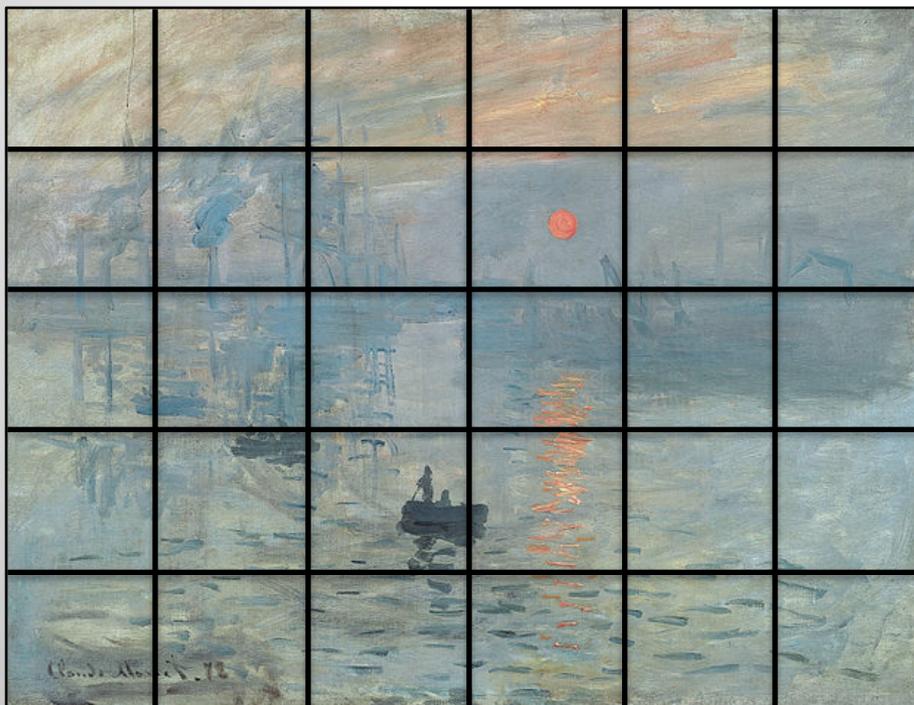
- Una **immagine** è anche essa un segnale analogico: il colore (ovvero, il valore del segnale) varia in maniera continua su uno spazio continuo, che è il punto  $(x, y)$  della tela.
  - Come tutti i segnali analogici, deve essere oggetto di **campionamento e quantizzazione**.



$f(x, y) \rightarrow$  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.

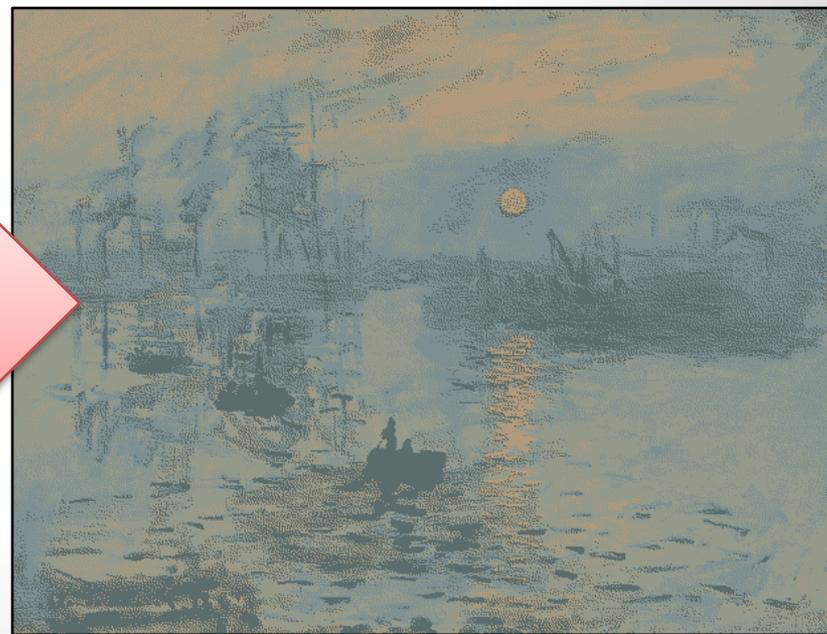


# Quantizzazione di una immagine

- 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.



4 colori



# Sorgenti digitali di immagini

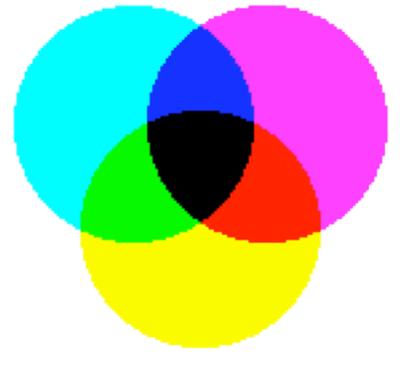
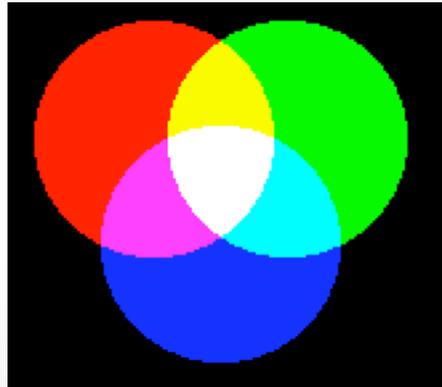
- Le **immagini bitmap** possono essere generate direttamente da **sensori digitali di immagine** (es: dispositivi ad accoppiamento di carica) che acquisiscono una “areola” del mondo (ovvero, un pixel), registrandone le caratteristiche di colore, luminosità, etc.
  - Più fine è l’areola di acquisizione 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



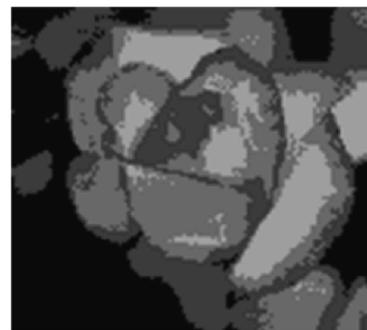
4 colori



256 livelli grigio



16 livelli grigio



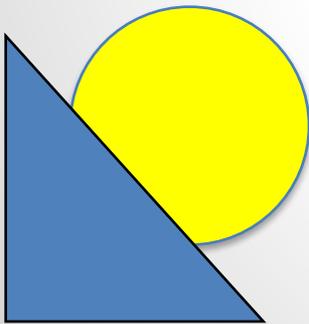
4 livelli grigio



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.

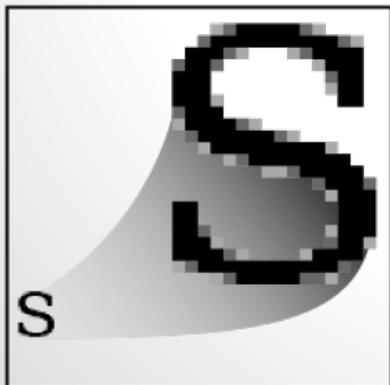


**Triangle** 0, 0, 0, 100, 100, 100, blue, black border

**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.**