



Università degli Studi di Palermo

***Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Gestionale, Informatica, Meccanica***

Informatica per la Storia dell'Arte

Anno Accademico 2013/2014

Docente: ing. Salvatore Sorce

I suoni – Rappresentazione digitale

Approfondimenti



Sull'uso dell'e-mail...

- **SUBJECT:** <*testo significativo*>
- Testo chiaro e conciso
- Usare l'italiano *esteso* e grammaticalmente corretto
- Inserire i dati utili per ottenere l'informazione desiderata
- **Firmare** sempre il messaggio
 - In mancanza di **subject** e di **firma**, il messaggio rimarrà **senza risposta!!**
- Altri dettagli nella **sezione F.A.Q.** del mio sito

Notizie

- Docente:
- Ing. Salvatore Sorce, Ph.D.
- salvatore.sorce@unipa.it, 09123862609

- Lezioni:
- Mar e Mer, 15-17, aula Multimediale A del Polo Didattico

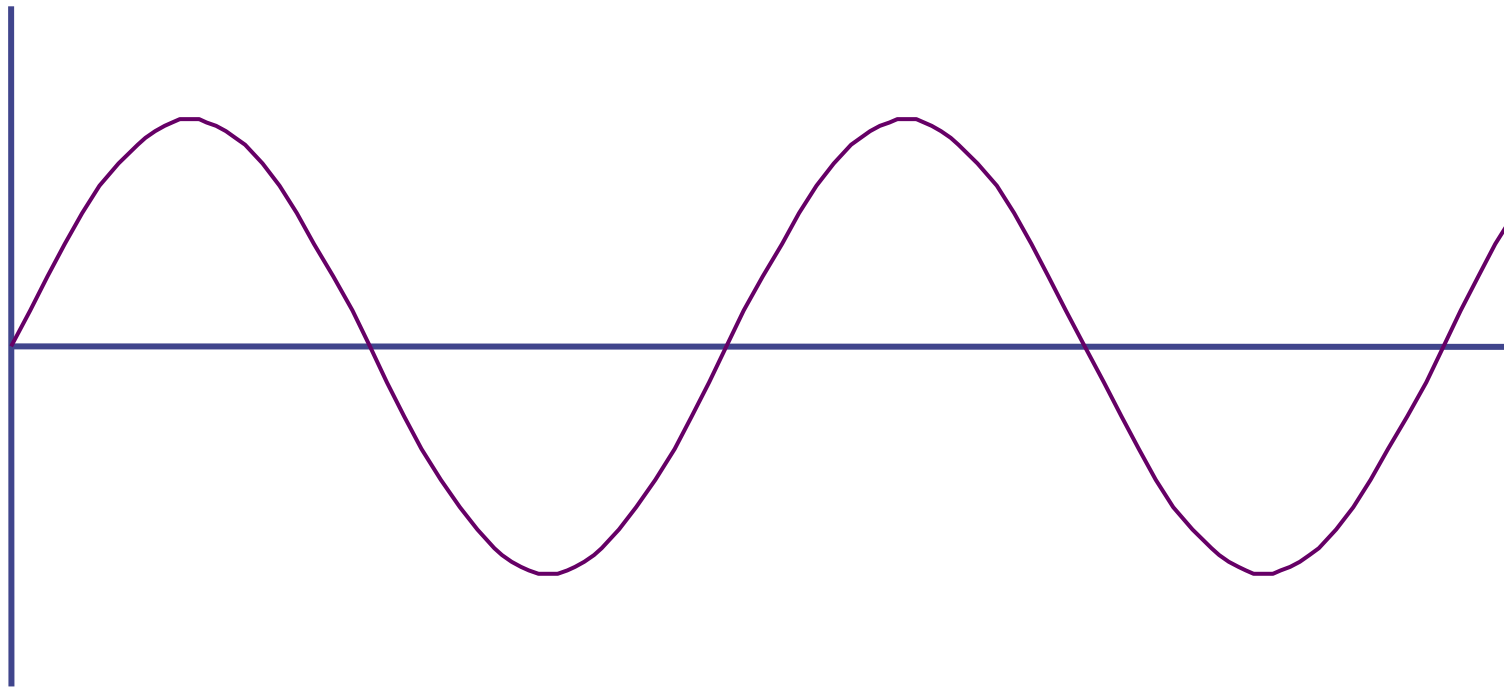
- Ricevimento:
- Martedì, 11-12, @ ex-Dip. Ing. Nucleare, edificio 6, II piano
- *Dopo il corso: per appuntamento*

- Sito web:
- <http://www.unipa.it/sorce> (LEGGERE LA SEZIONE F.A.Q.)

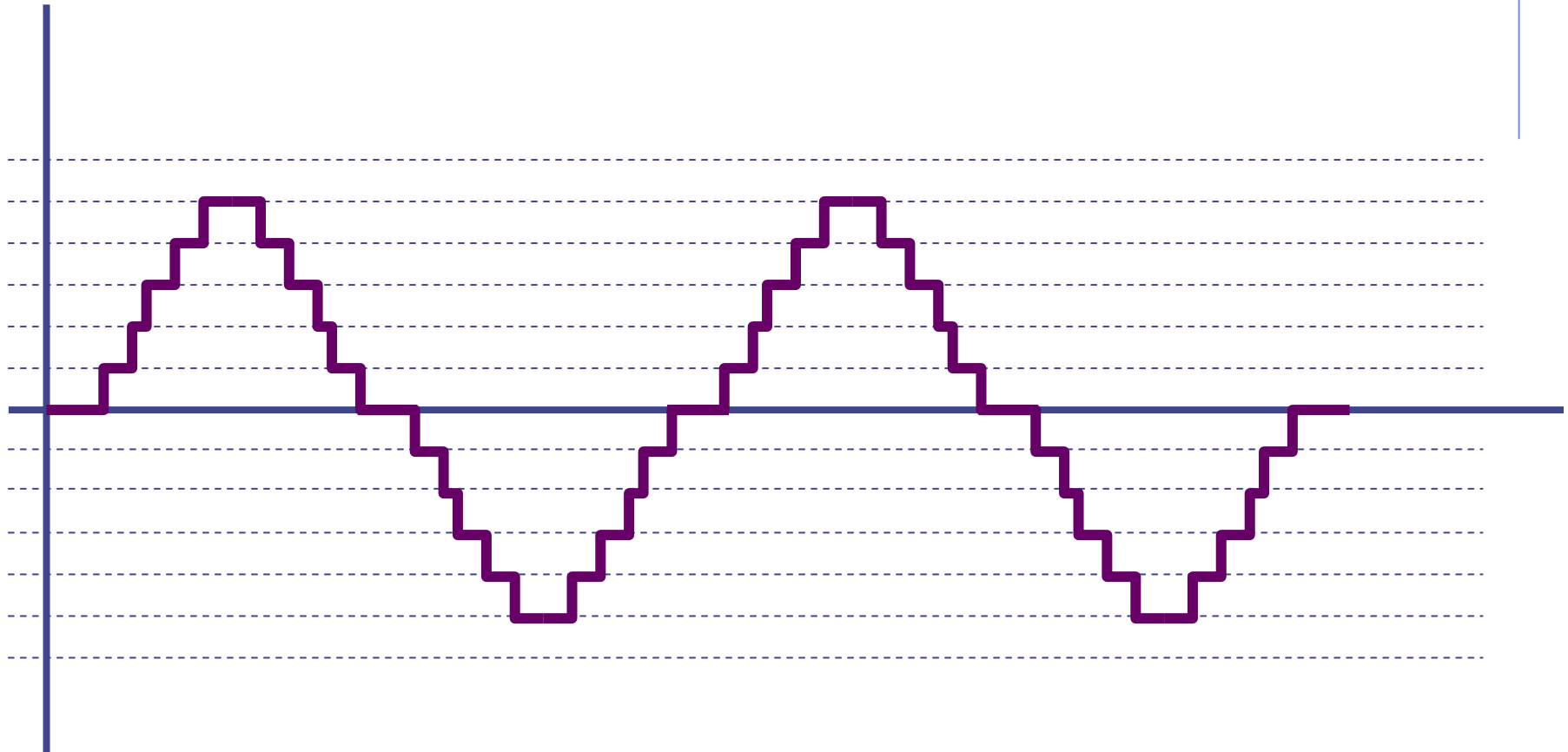
The slide features a decorative layout of thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line at the top intersect at a small circle in the top-left corner. Another vertical line on the right and a horizontal line at the bottom intersect at a small circle in the bottom-right corner. A horizontal line also crosses the left vertical line in the lower half of the page. The title is centered in the upper-left quadrant.

Campionamento e quantizzazione

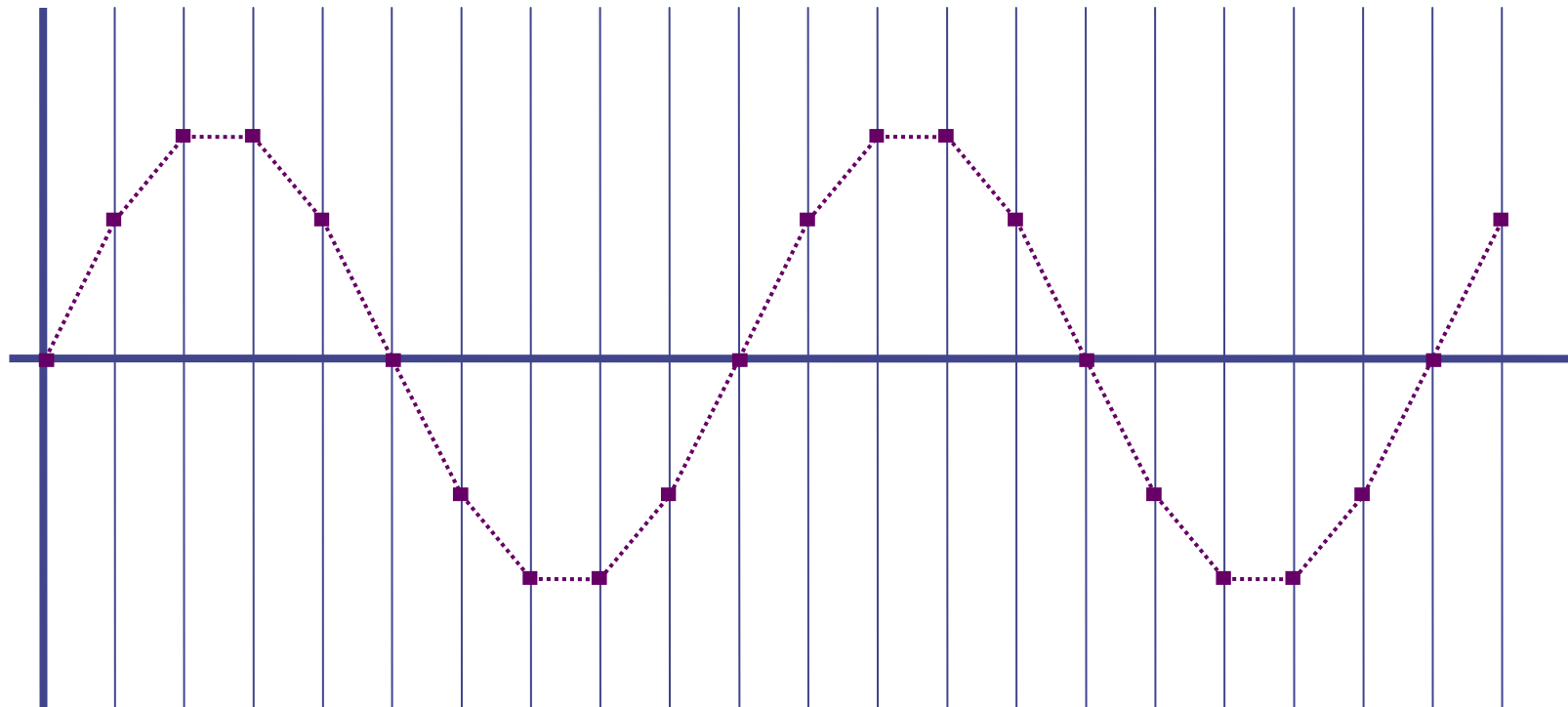
Segnale analogico (continuo nel tempo e in ampiezza)



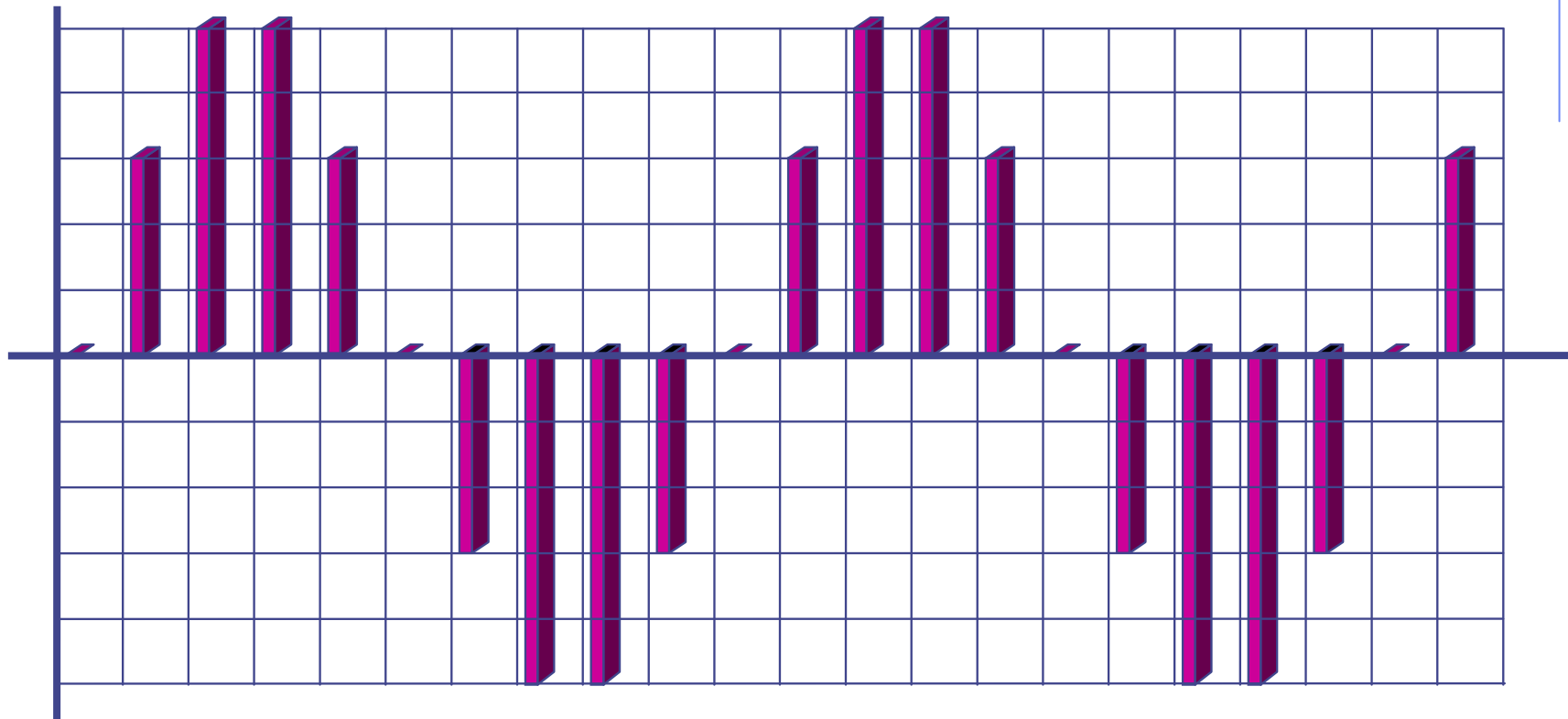
Segnale quantizzato (continuo nel tempo, discreto in ampiezza)



Segnale campionato (discreto nel tempo, continuo in ampiezza)



Segnale numerico (digitale) (discreto nel tempo e in ampiezza)



The image features a white background with several thin blue lines and two small blue circles. One circle is at the top-left intersection of a vertical and a horizontal line. Another circle is at the bottom-right intersection of a vertical and a horizontal line. There are also several other horizontal and vertical lines scattered across the page, some of which do not intersect at a circle.

Il campionamento



Il problema

- Occorre discretizzare il tempo
- Segnali audio variano rapidamente nel tempo
 - i campioni devono essere prelevati con velocità dipendente dalla variazione del segnale
 - tale velocità dipende dalla componente armonica con frequenza più alta
- La frequenza massima contenuta nel segnale determina il periodo (tasso, frequenza) di campionamento



Intuitivamente

- Periodo di campionamento più piccolo, segnale digitale più simile all'originale
- Al limite (periodo infinitamente piccolo) il segnale analogico e quello campionato coincidono
- Periodo di campionamento VS Frequenza di campionamento ($sr = \textit{sample rate}$)

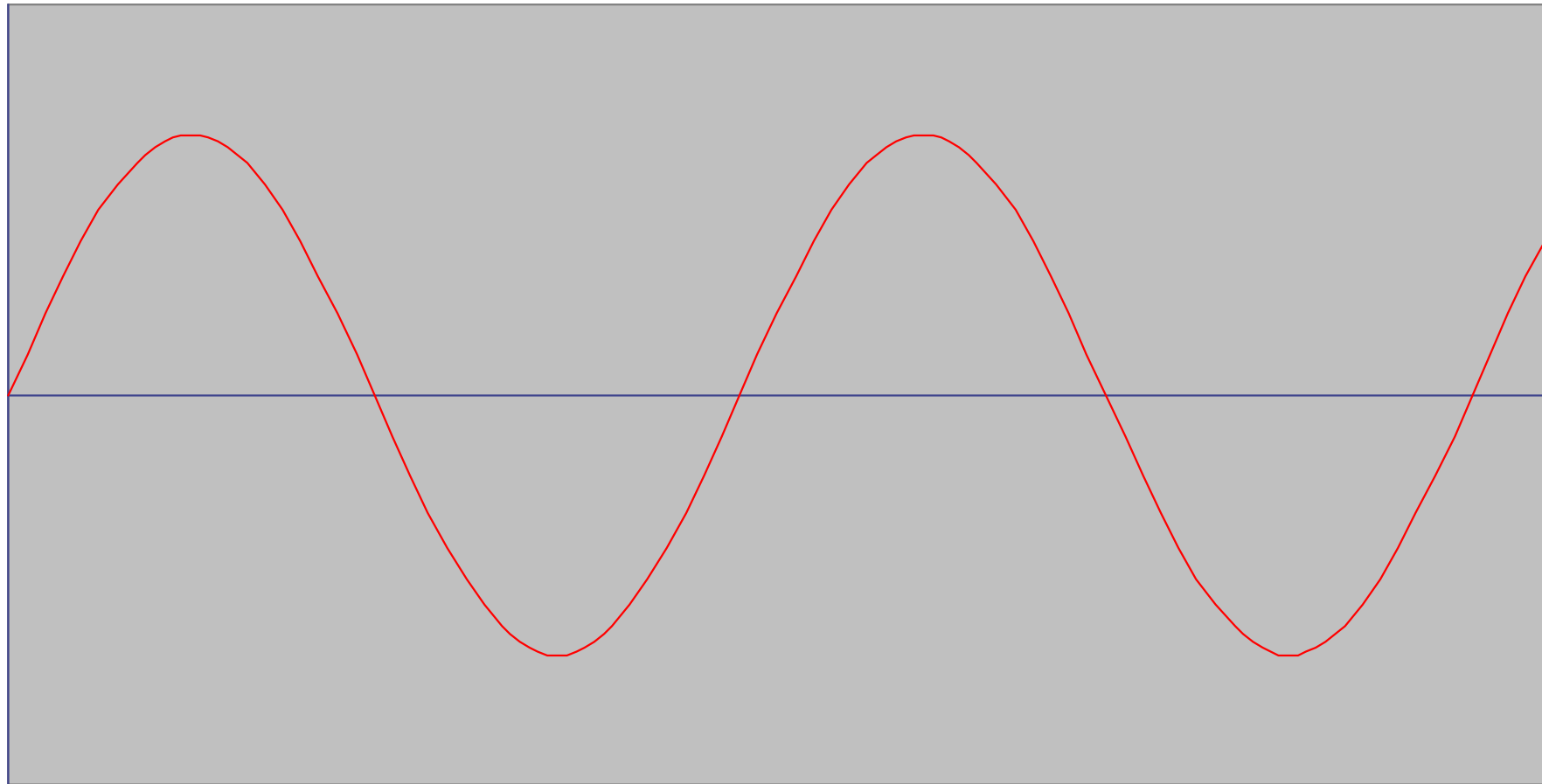


Il campionamento vero e proprio

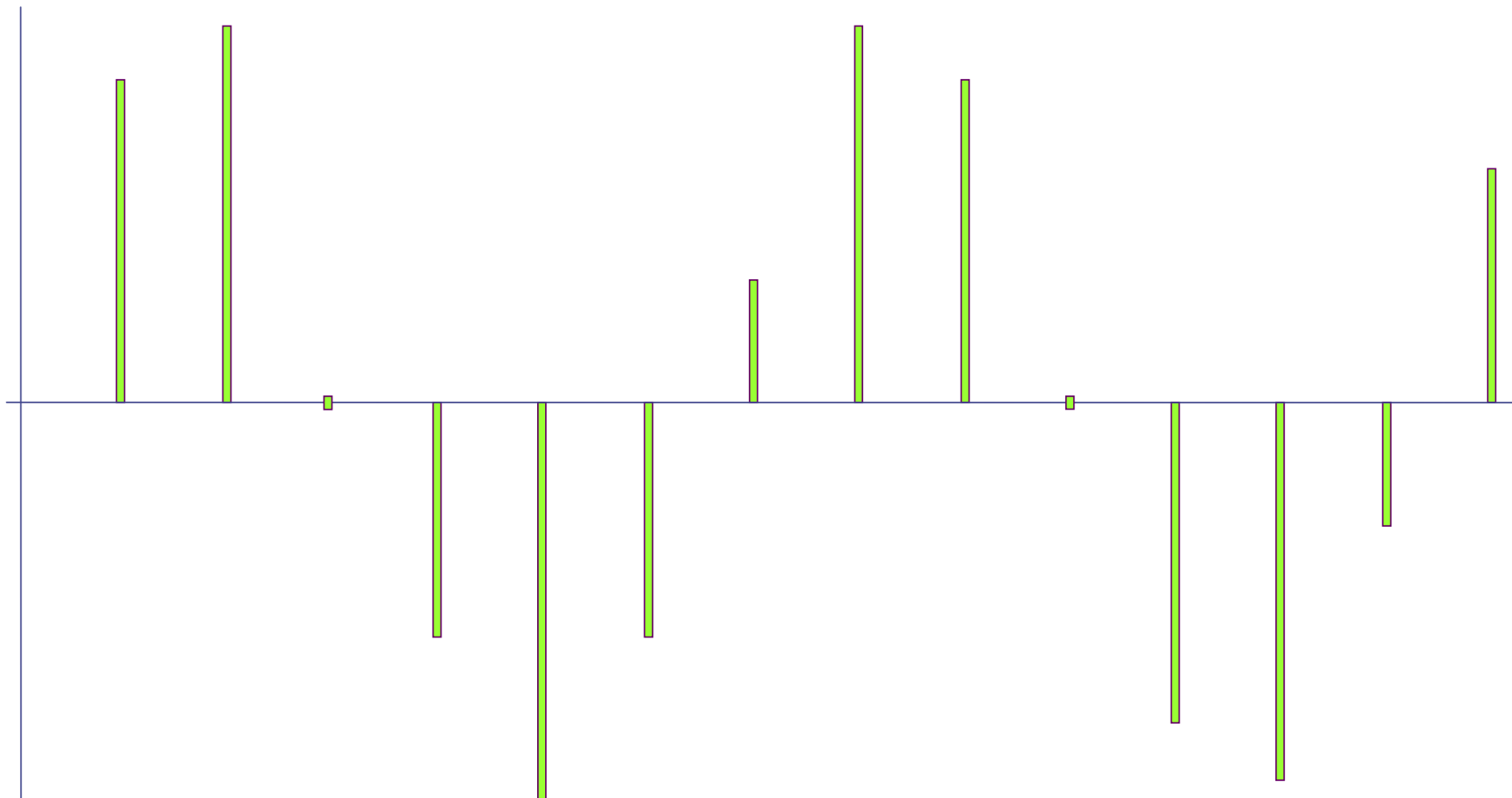
- Dopo ogni periodo di campionamento si preleva un campione
- Si quantizza il segnale analogico in quell'istante
- Si produce una sequenza di parole binarie che corrispondono all'andamento del segnale



Campionamento: il segnale sorgente (sinusoide a frequenza f)

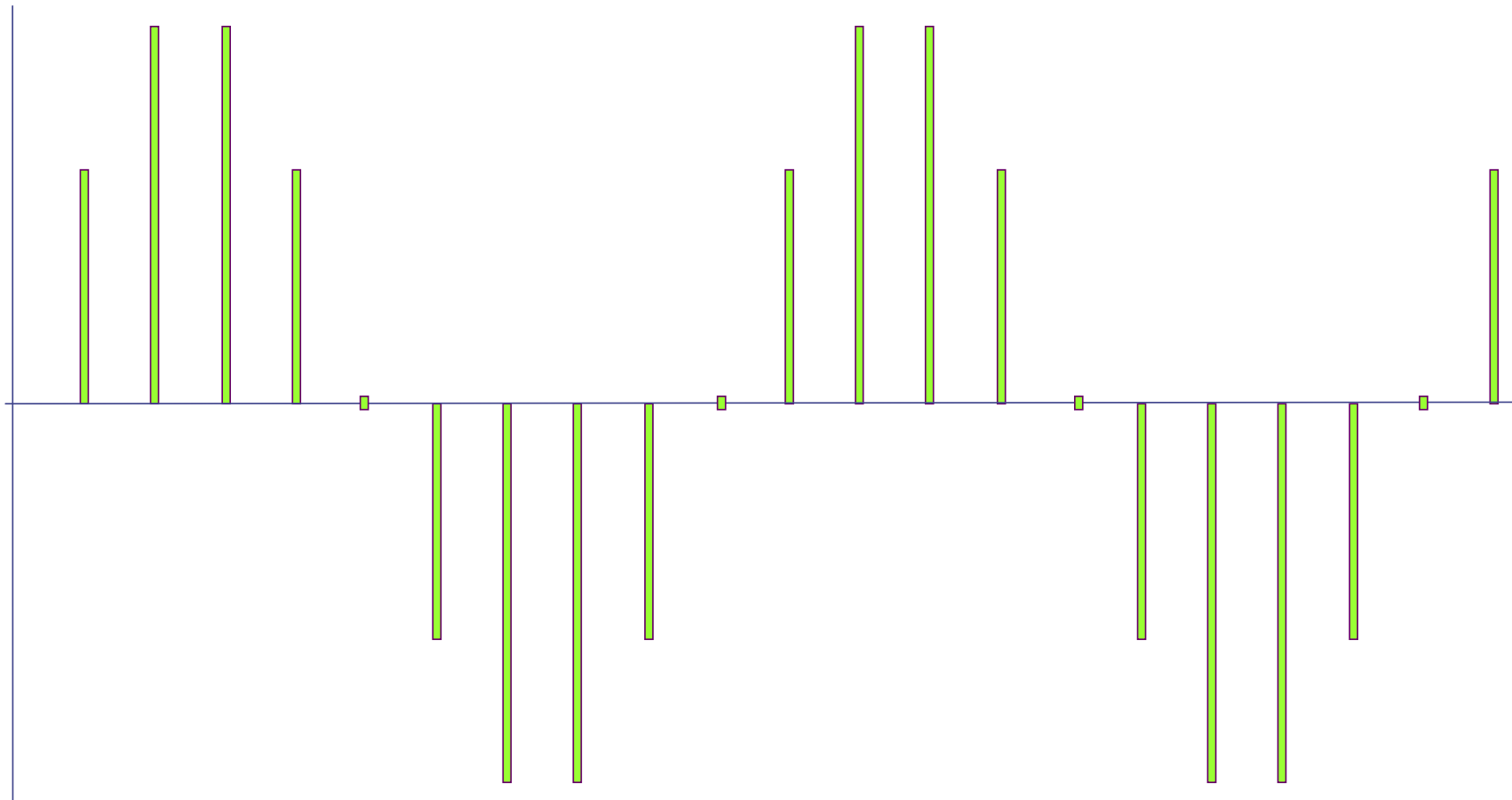


Campionamento con frequenza f

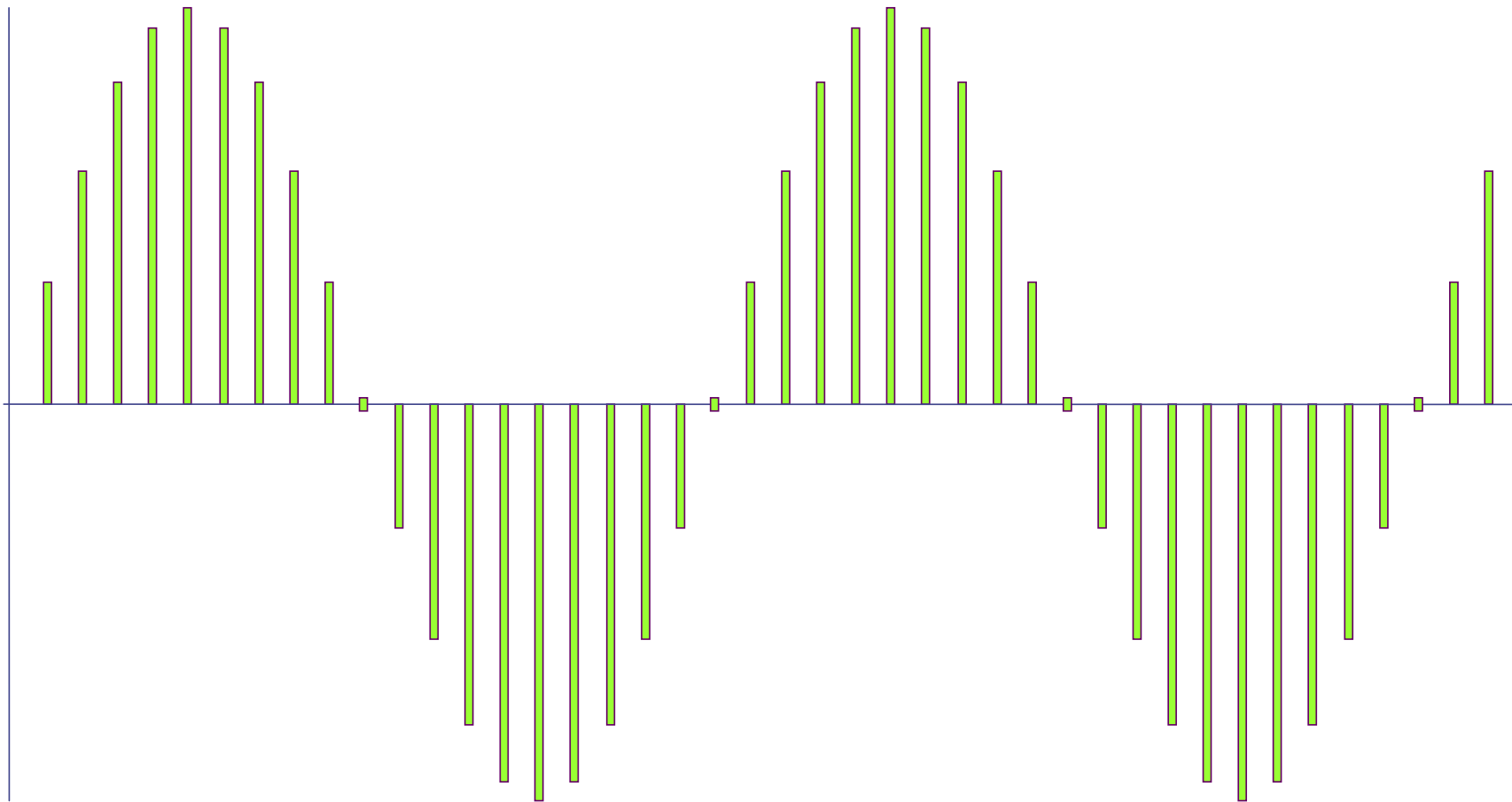




Campionamento con frequenza $2f$



Campionamento con frequenza 3f



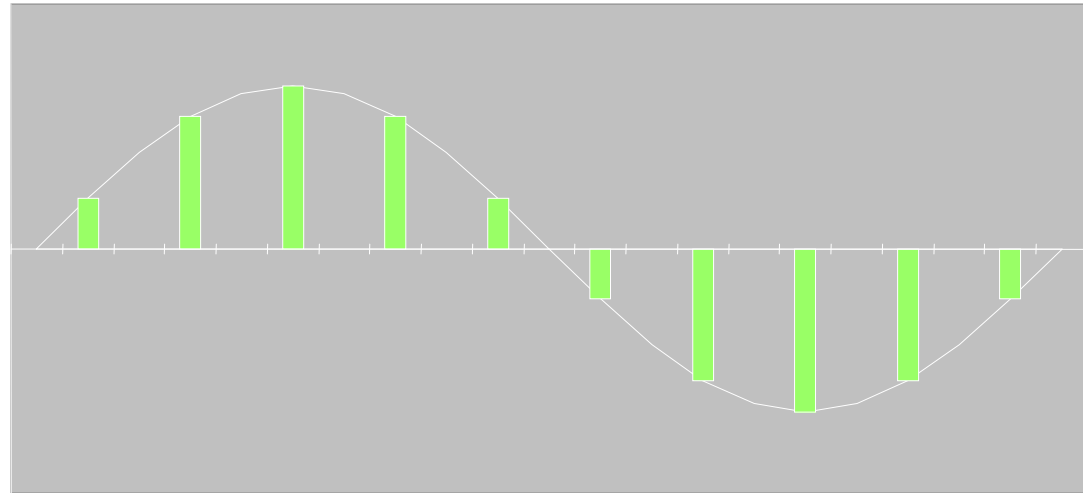


La dimensione degli intervalli

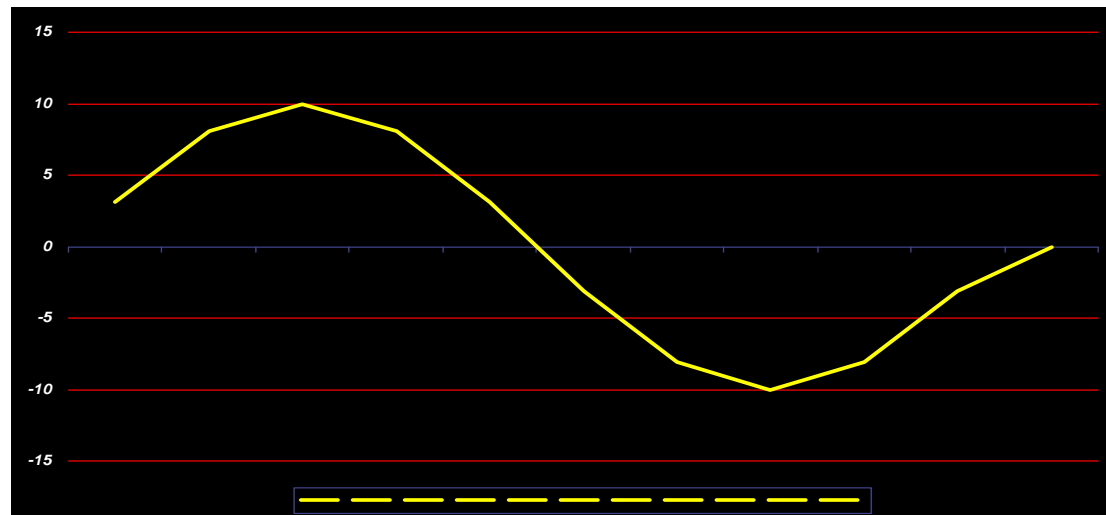
- Maggiore frequenza di campionamento, più accurata descrizione del segnale
- Come si fa a non avere perdita di informazione ?
- Qual è il minimo valore della frequenza di campionamento ?

Un campionamento corretto

Segnale campionato:

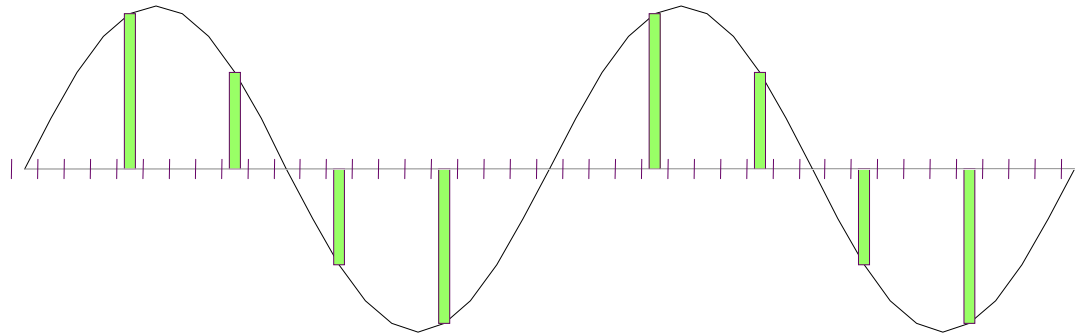


Segnale ricostruito:

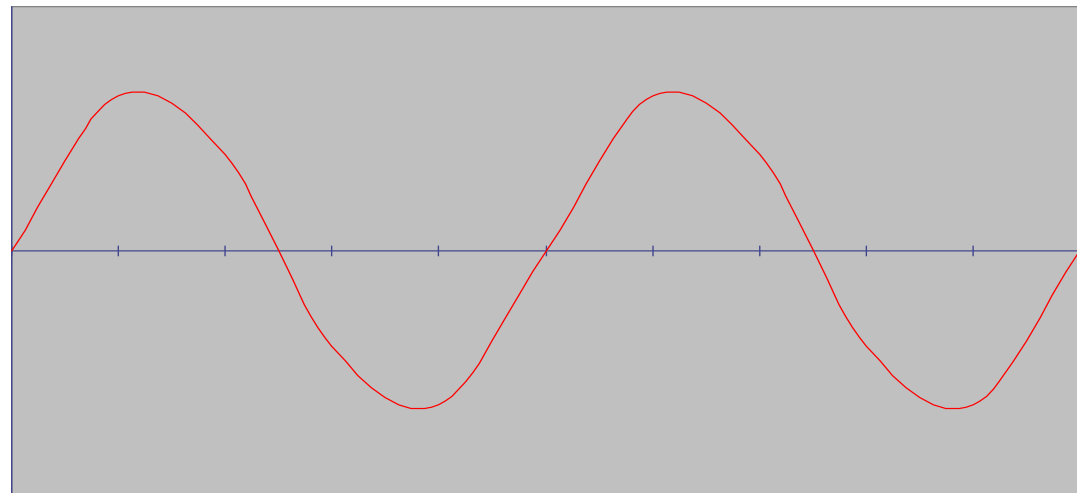


Un campionamento critico

Segnale campionato:

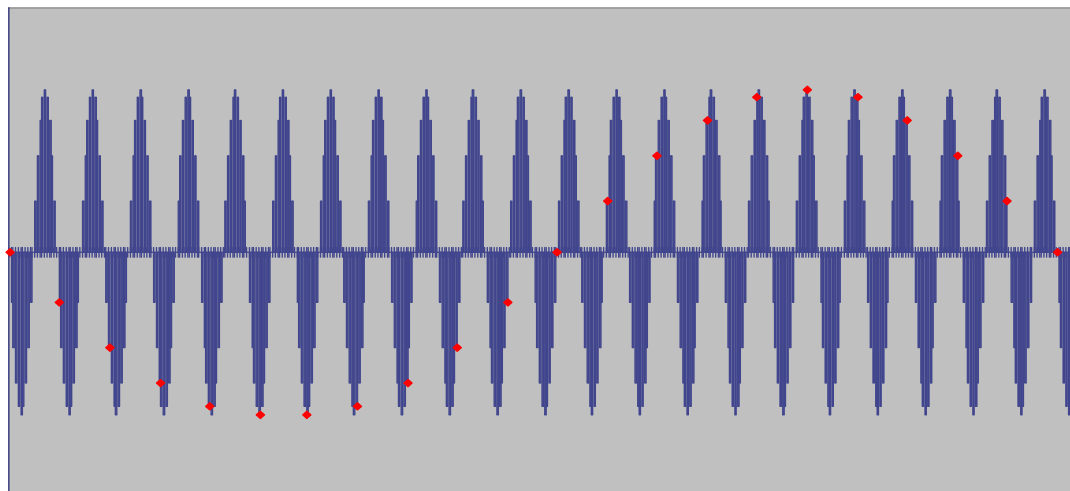


Segnale ricostruito:

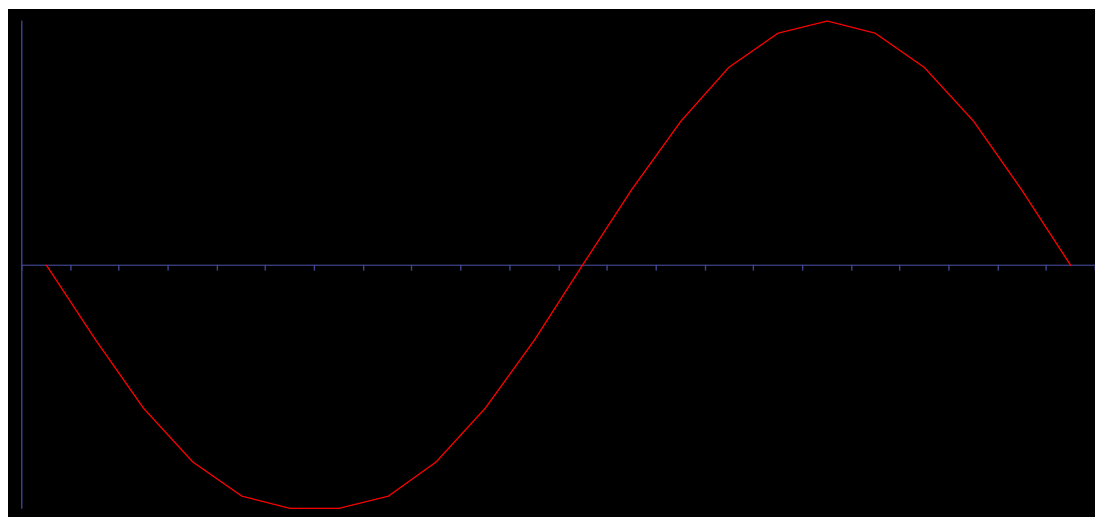


Un campionamento scorretto: aliasing

Segnale campionato (frequenza di campionamento leggermente più bassa della frequenza del segnale):



Segnale ricostruito, compare una frequenza che non esiste nel segnale di partenza:





Generalizziamo dall'esempio

- Sono necessari almeno due campioni per periodo del segnale
- La frequenza di campionamento deve essere almeno il doppio della max frequenza presente nel segnale
- La frequenza di Nyquist

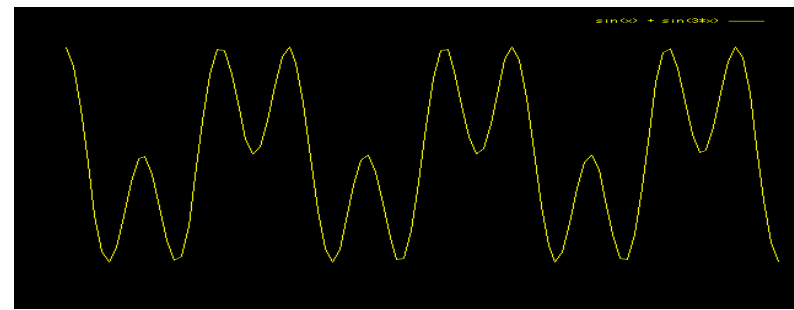
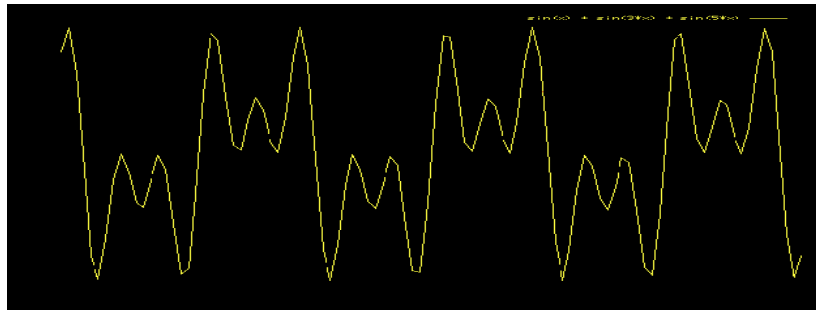


Operativamente si inverte il problema

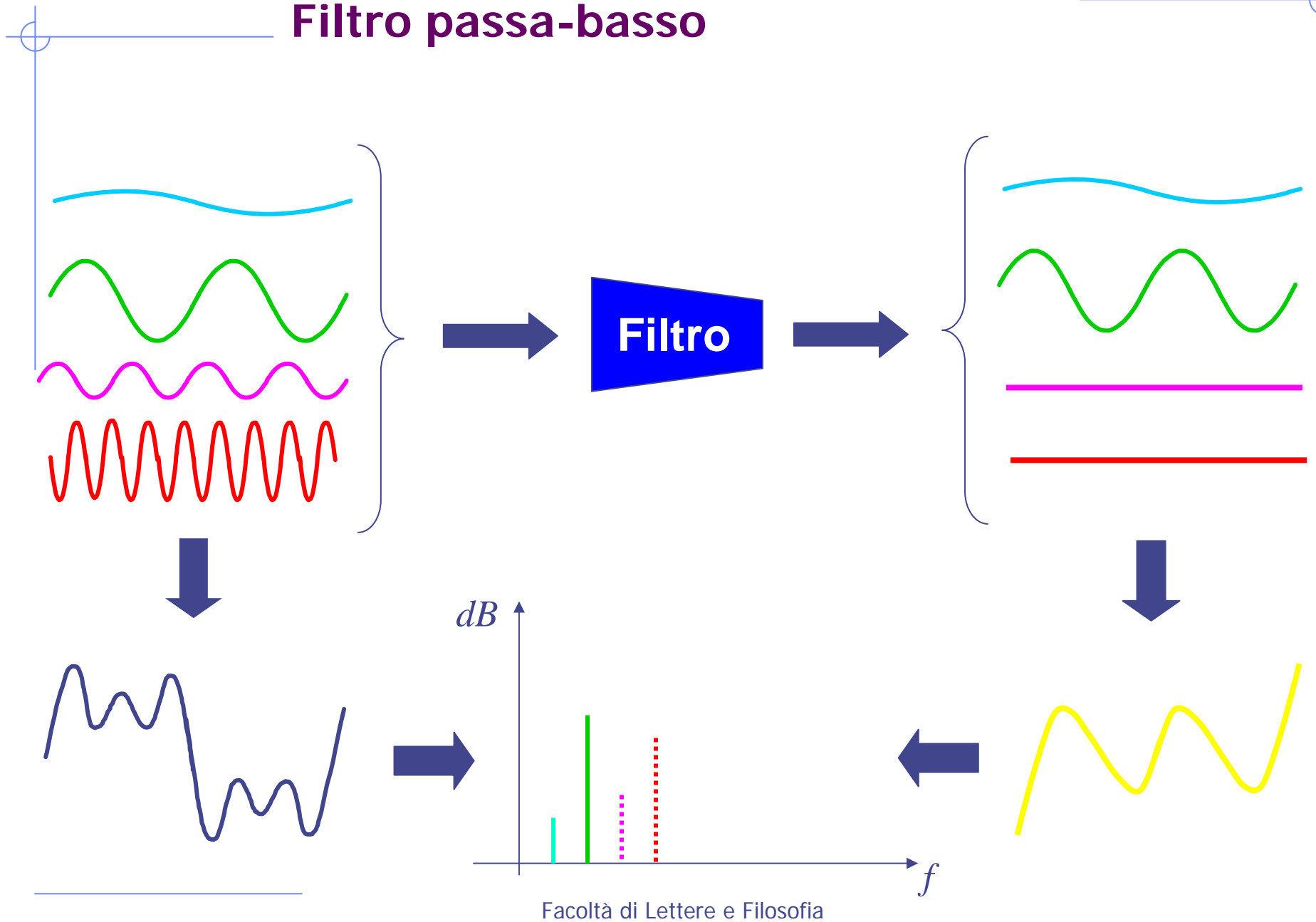
- Si fissa la frequenza di Nyquist
- Si fa in modo che nel segnale in ingresso non vi siano frequenze superiori alla metà della frequenza di Nyquist
- Filtro **PASSA BASSO**

Filtro passa-basso

- Elimina tutte le frequenze superiori a un certo valore (la metà della frequenza di campionamento)
- Il valore è detto frequenza di *cut-off*



Filtro passa-basso





Dati pratici

- Max frequenza udibile 20 KHz
 - campionamento oltre i 40 KHz
 - 44,1 KHz (CD) è “esagerata” per una ricostruzione adeguata del segnale

The image features a white background with several thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line at the top intersect at a small circle. Another horizontal line is positioned below the top one, and a vertical line on the right intersects it at another small circle. A third horizontal line is at the bottom, and a vertical line on the right intersects it at a third small circle. The text 'La quantizzazione' is centered in the upper-left quadrant.

La quantizzazione



Il problema

- si passa da tensione elettrica (continuo) a un dato numerico (discreto)
 - i valori di tensione variano con continuità su un certo intervallo
 - il dato numerico esprime il valore della tensione in un certo istante
- di quante cifre è composto il dato numerico?

Le parole binarie

- Sequenze di bit (lunghezza n)
 - può assumere 2^n configurazioni diverse
 - cioè 2^n valori diversi
- Esempi:
 - $n=2$, $2^2=4$ valori (00, 01, 10, 11)
 - $n=3$, $2^3=8$ (000, 001, 010, 011, 100, ...)
 - ...

The image features a white background with several thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line at the top intersect at a small blue circle. Another horizontal line is positioned below the top one, and a vertical line on the right intersects it at another small blue circle. A third horizontal line is located at the bottom of the page, and a vertical line on the right intersects it at a third small blue circle. The text is centered in the upper-middle part of the page.

Qual è il numero di cifre che garantisce la corretta rappresentazione del segnale?



Il limite in precisione

- Segnale rappresentato = segnale effettivo + rumore
- Segnale analogico:
 - differenze con il segnale effettivo = “rumore” (fruscio)
- Segnale digitale:
 - “rumore” di quantizzazione

Esempio:

segnale analogico tra -5V e +5V, parole binarie di 8 bit

Precisione di descrizione del segnale:
 $10 / 2^8 \text{ Volt} = 10 / 256 \text{ Volt} = 0,039 \text{ Volt}$

Tutti i valori di tensione di un intervallo ampio 0,039V saranno rappresentati dallo stesso valore (livello di quantizzazione).

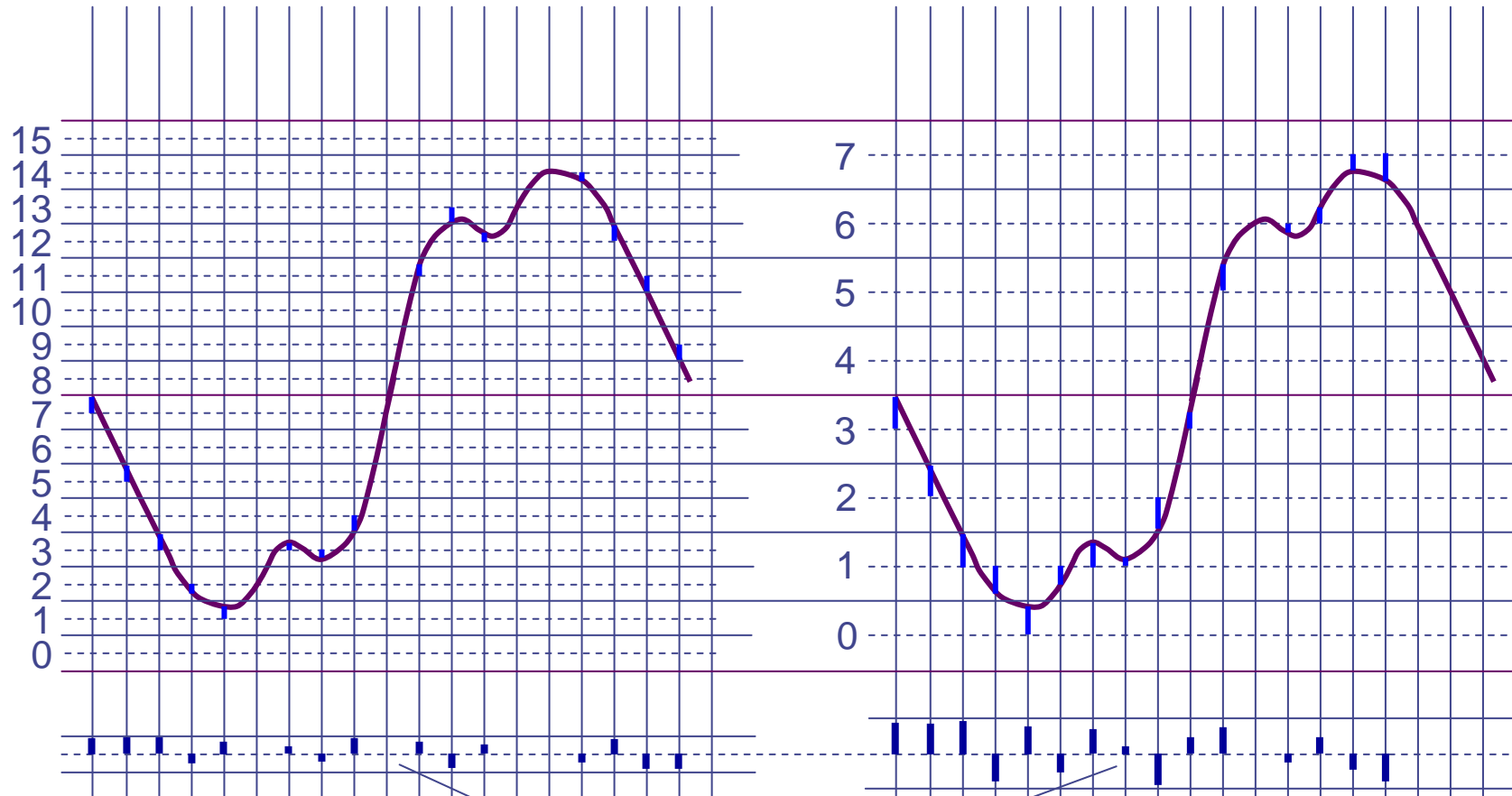
Valore di tensione	Parola binaria
-5	00000000
-4,961	00000001
-4,922	00000010
-4,883	00000011
-4,844	00000100
...	...
...	...
+4,844	11111011
+4,883	11111100
+4,922	11111101
+4,961	11111110
+5	11111111



La quantizzazione vera e propria

- Assegna una sequenza di valori discreti per la descrizione di un segnale continuo
- Tanti più bit vengono usati, tanto più è accurata la descrizione
- Più sono i gradini, minore sarà l'*errore* di quantizzazione (o *rumore*)

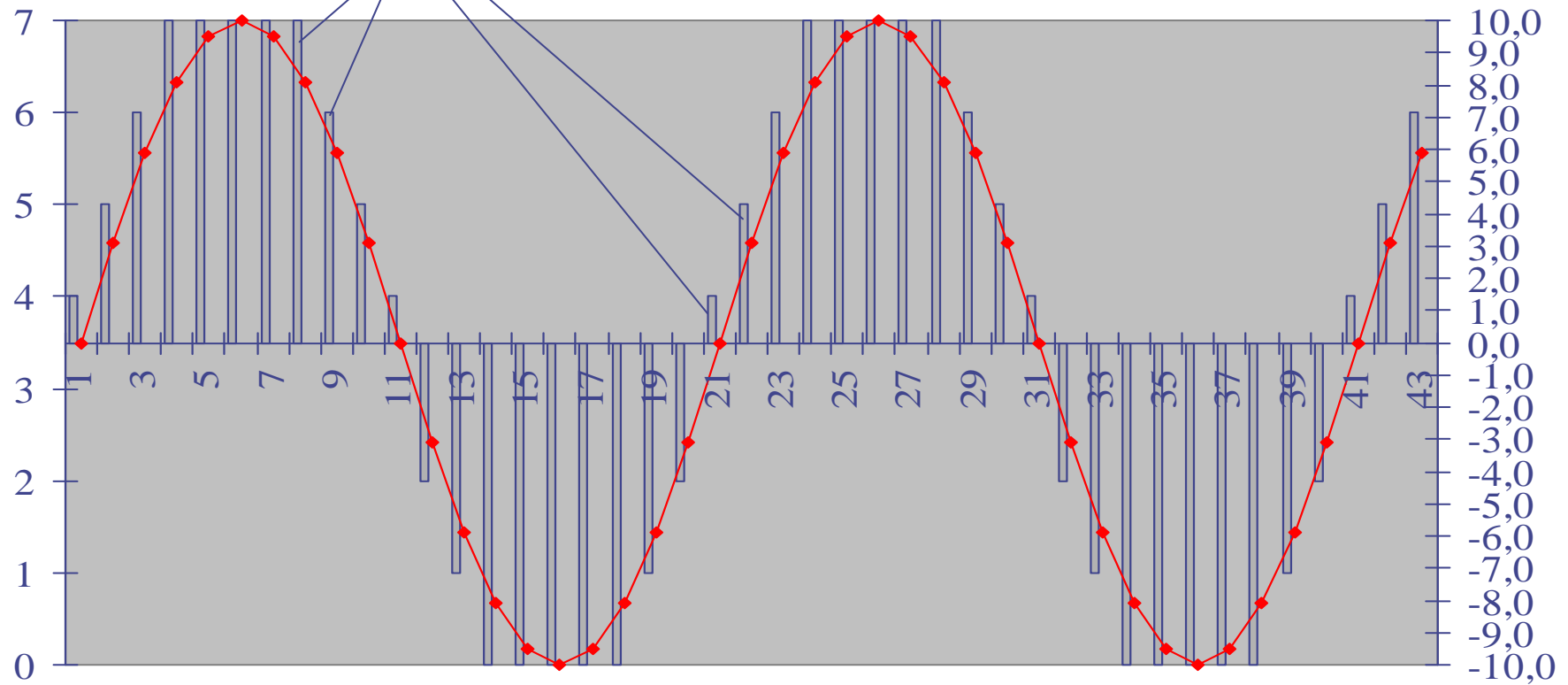
Quantizzazione con 4 e 3 bit



Errore di quantizzazione

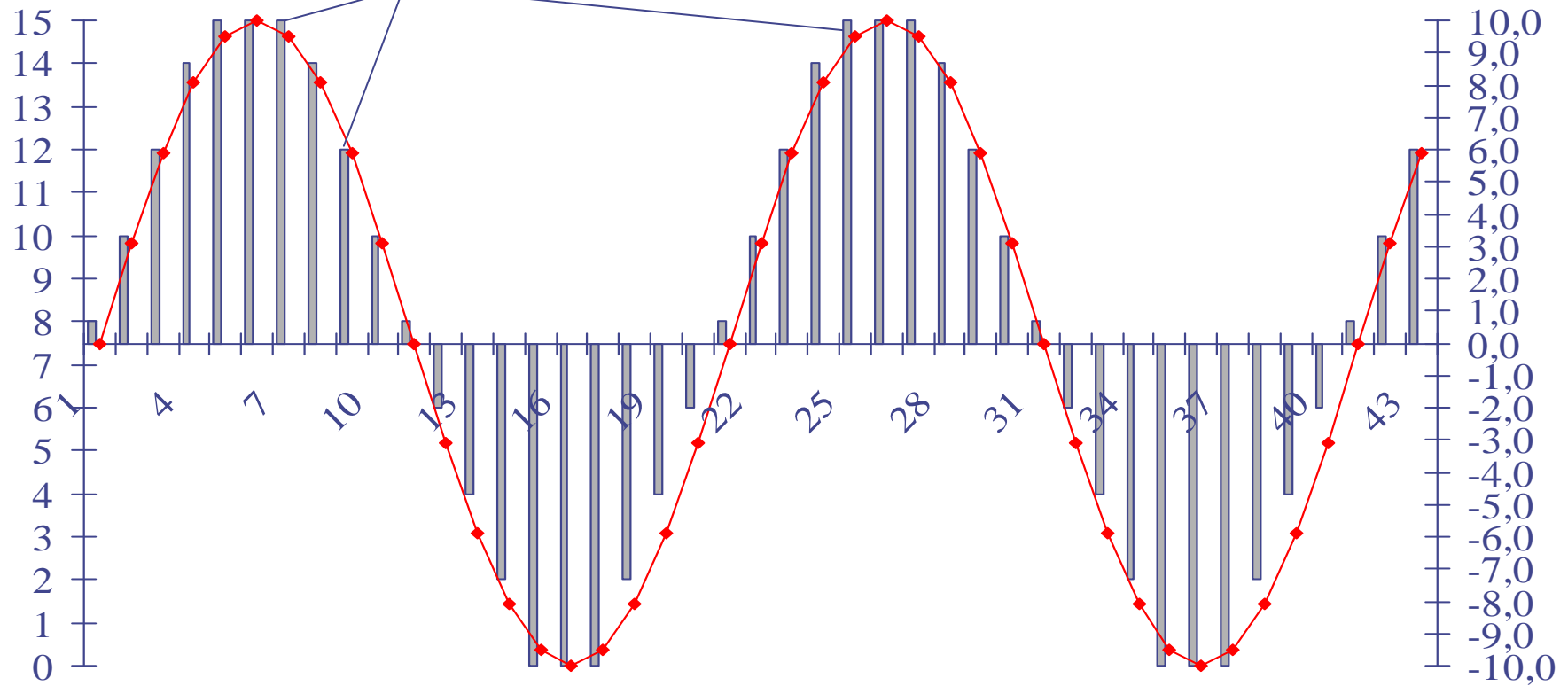
Quantizzazione con 3 bit

Errore di quantizzazione



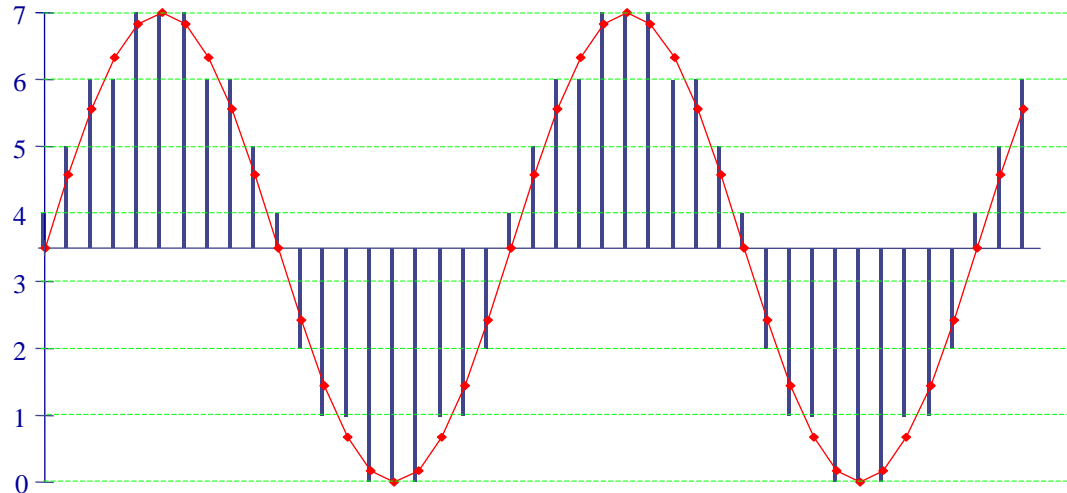
Quantizzazione con 4 bit

Errore di quantizzazione

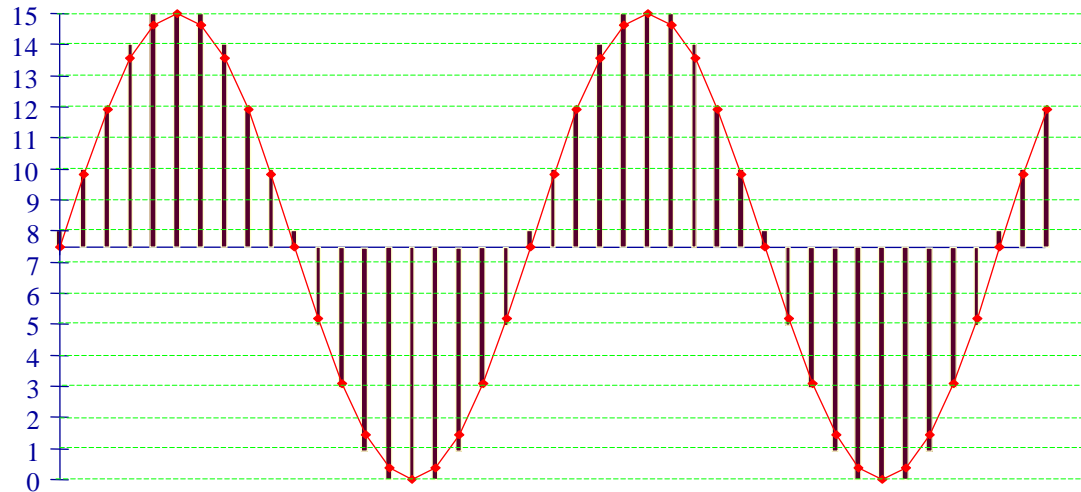


Confronto

Quantizzazione a 3 bit
(8 livelli)



Quantizzazione a 4 bit
(16 livelli)





I parametri dei dati audio

- Frequenza campionamento (sample rate, sr)
 - Campioni/secondo (o Hz): es. 8000, 44100
 - Misurata per canale
- Quantizzazione
 - numero di bit per campione: es. 8 oppure 16
- Numero di canali
 - 1 per mono, 2 per stereo, etc.