



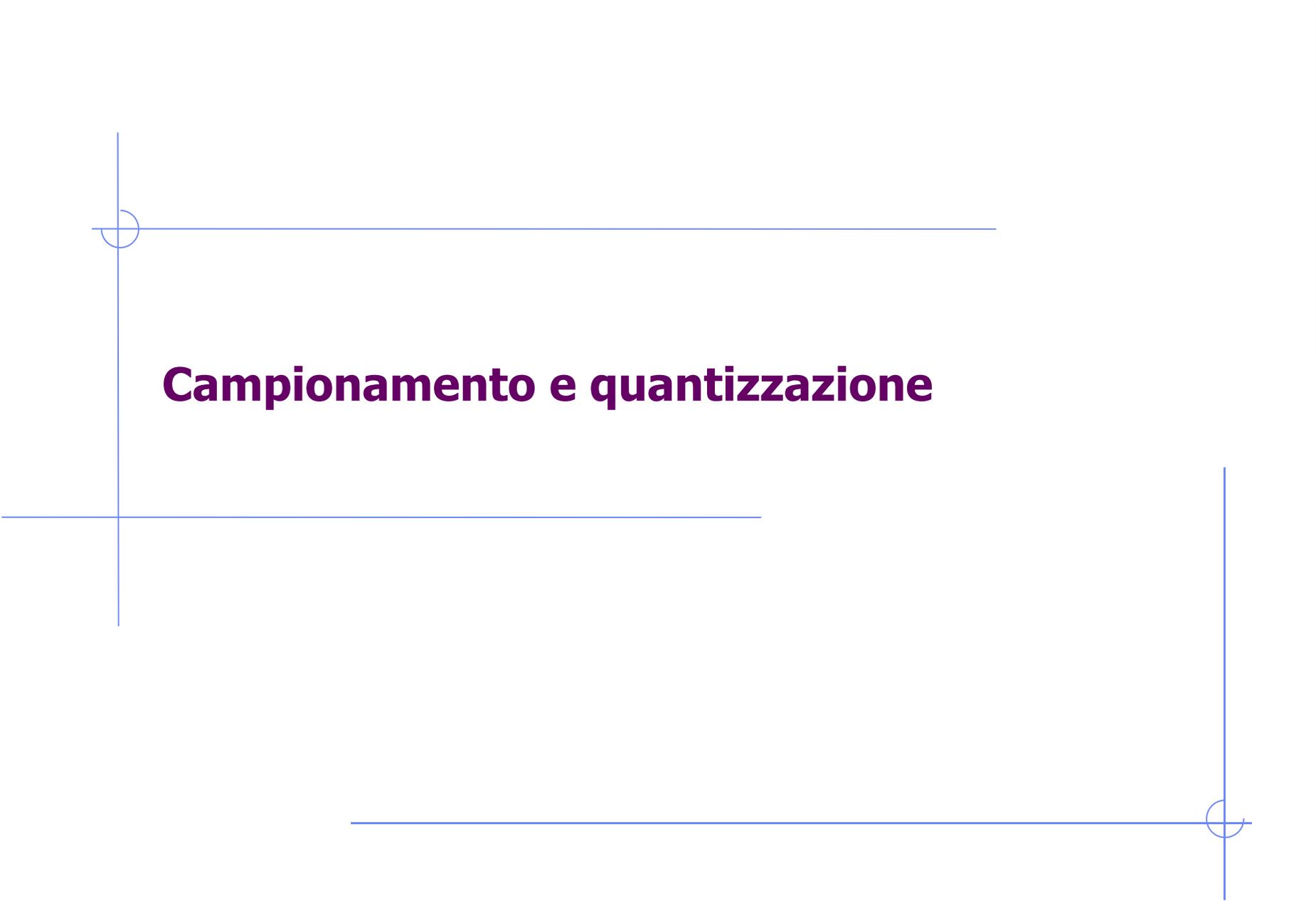
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO DELL'INNOVAZIONE INDUSTRIALE E DIGITALE

Corso di Informatica modulo "Informatica di Base" – 6 CFU

Anno Accademico 2016/2017

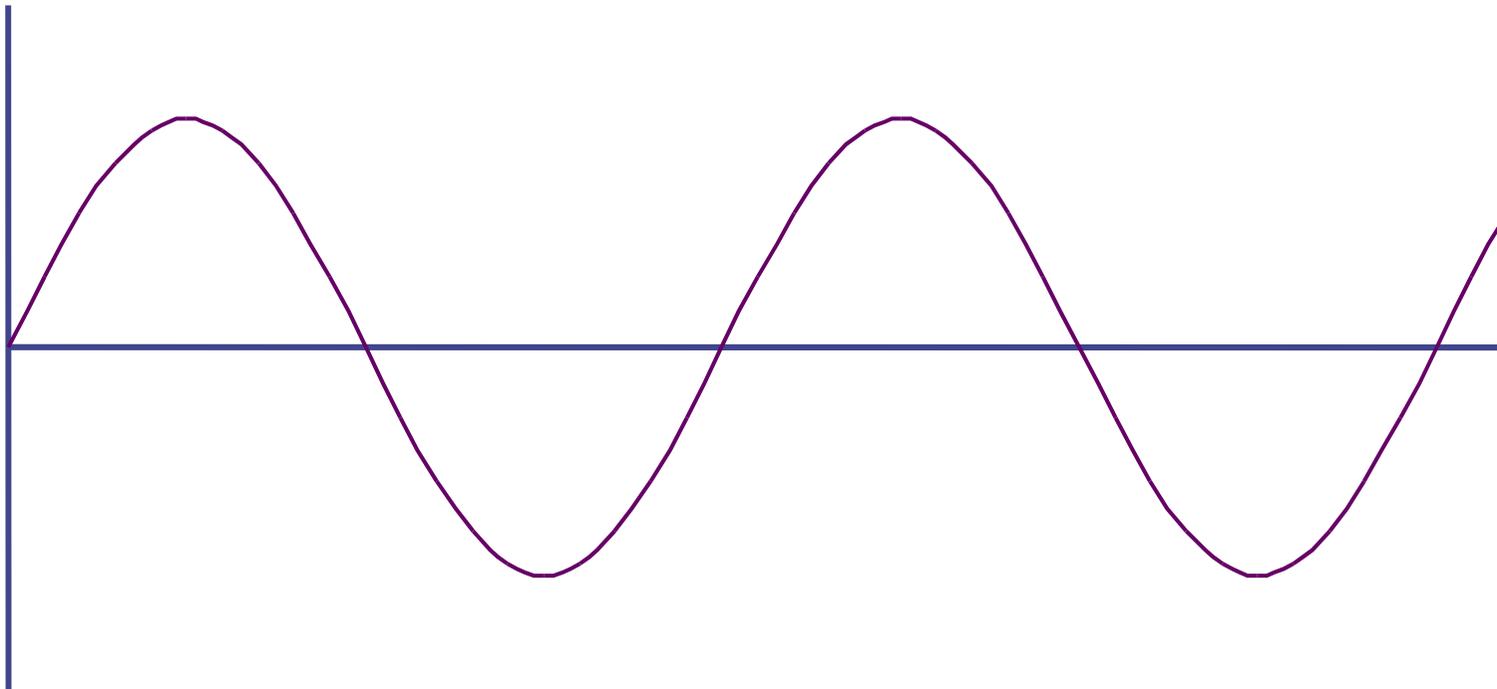
Docente: ing. Salvatore Sorce

I suoni – Rappresentazione digitale

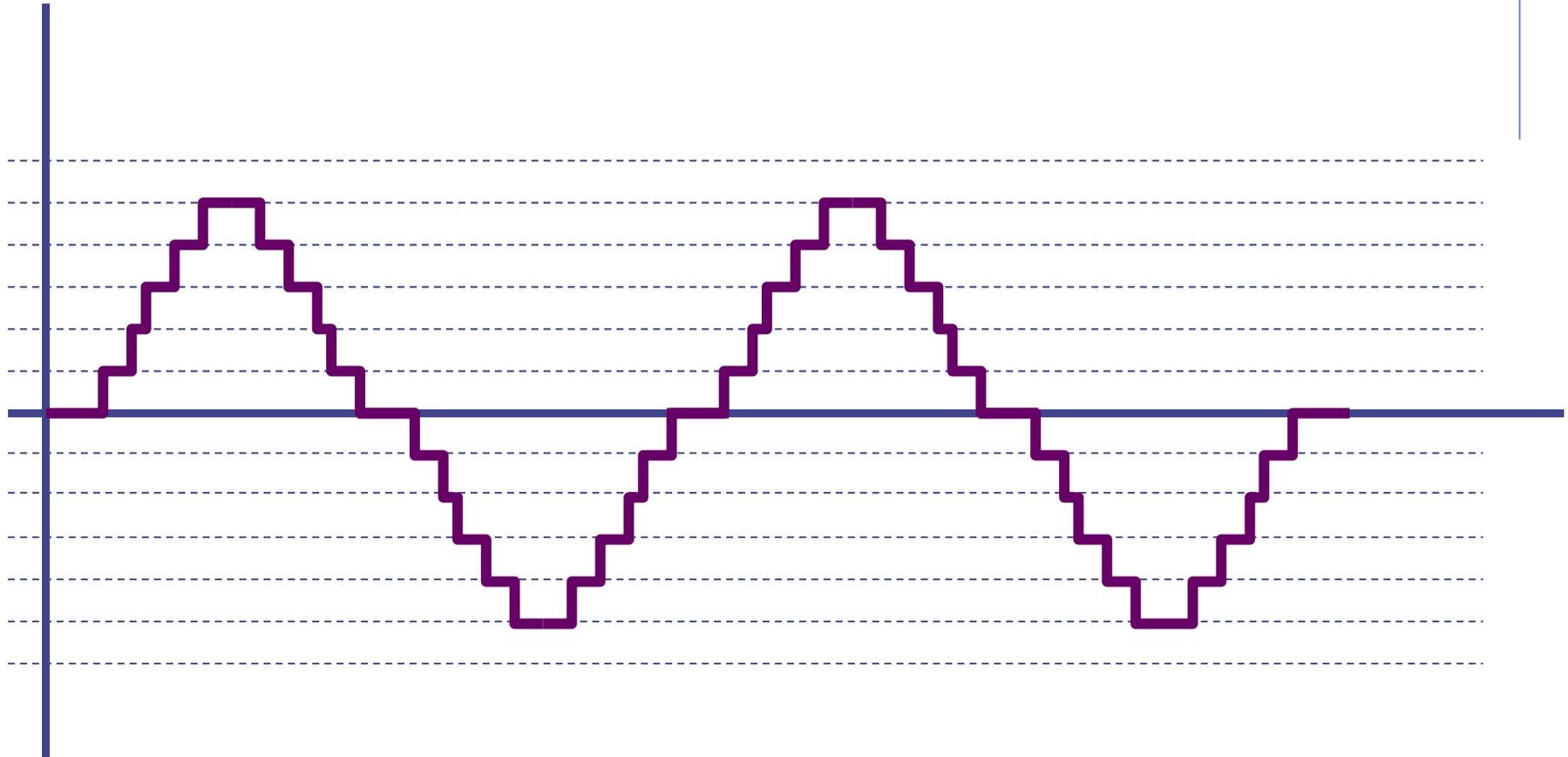
The slide features a decorative layout of thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line at the top intersect at a small circle in the top-left corner. Another horizontal line is positioned below the top one, and a vertical line on the right intersects it at a small circle in the bottom-right corner. A third horizontal line is located at the bottom of the page, and a vertical line on the right intersects it at a small circle in the bottom-right corner. The title is centered between the top and bottom horizontal lines.

Campionamento e quantizzazione

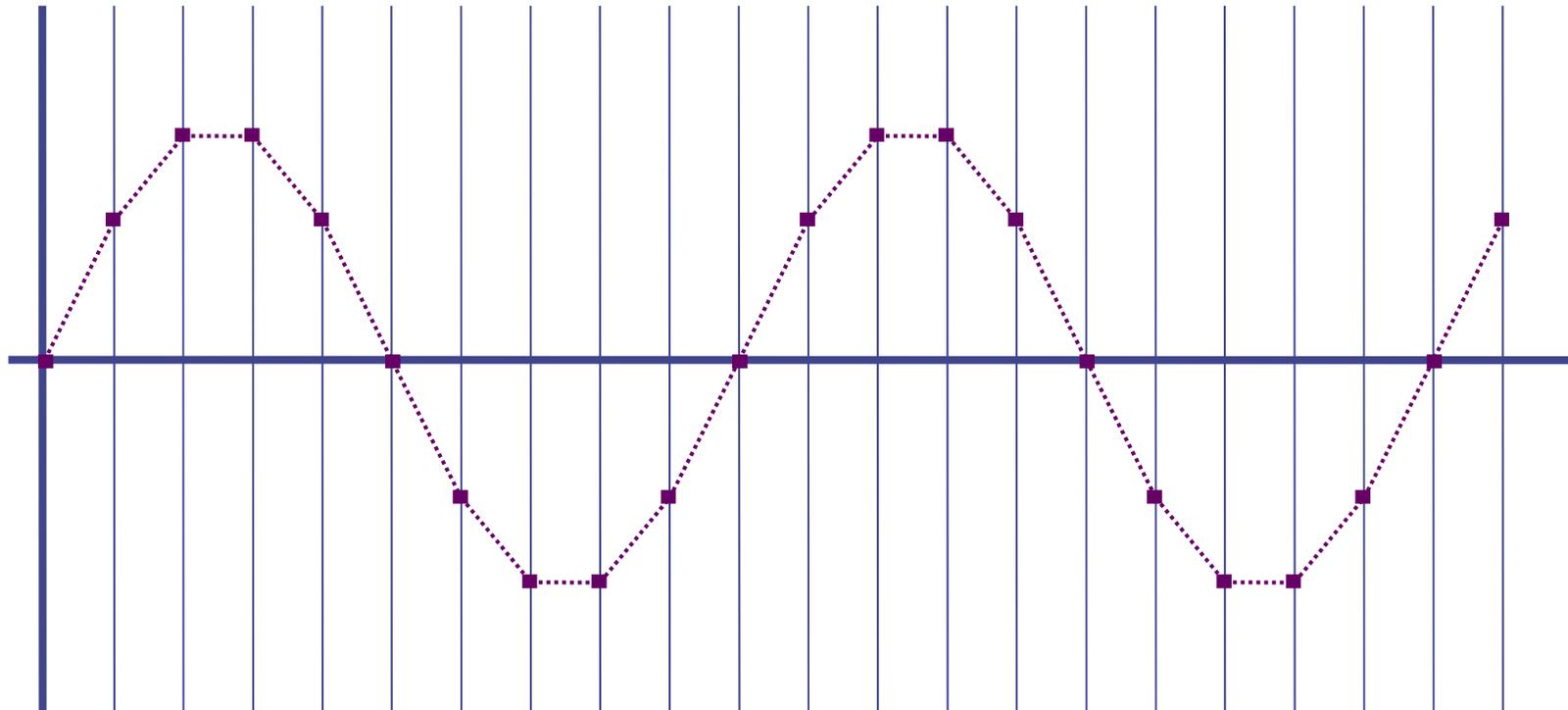
Segnale analogico (continuo nel tempo e in ampiezza)

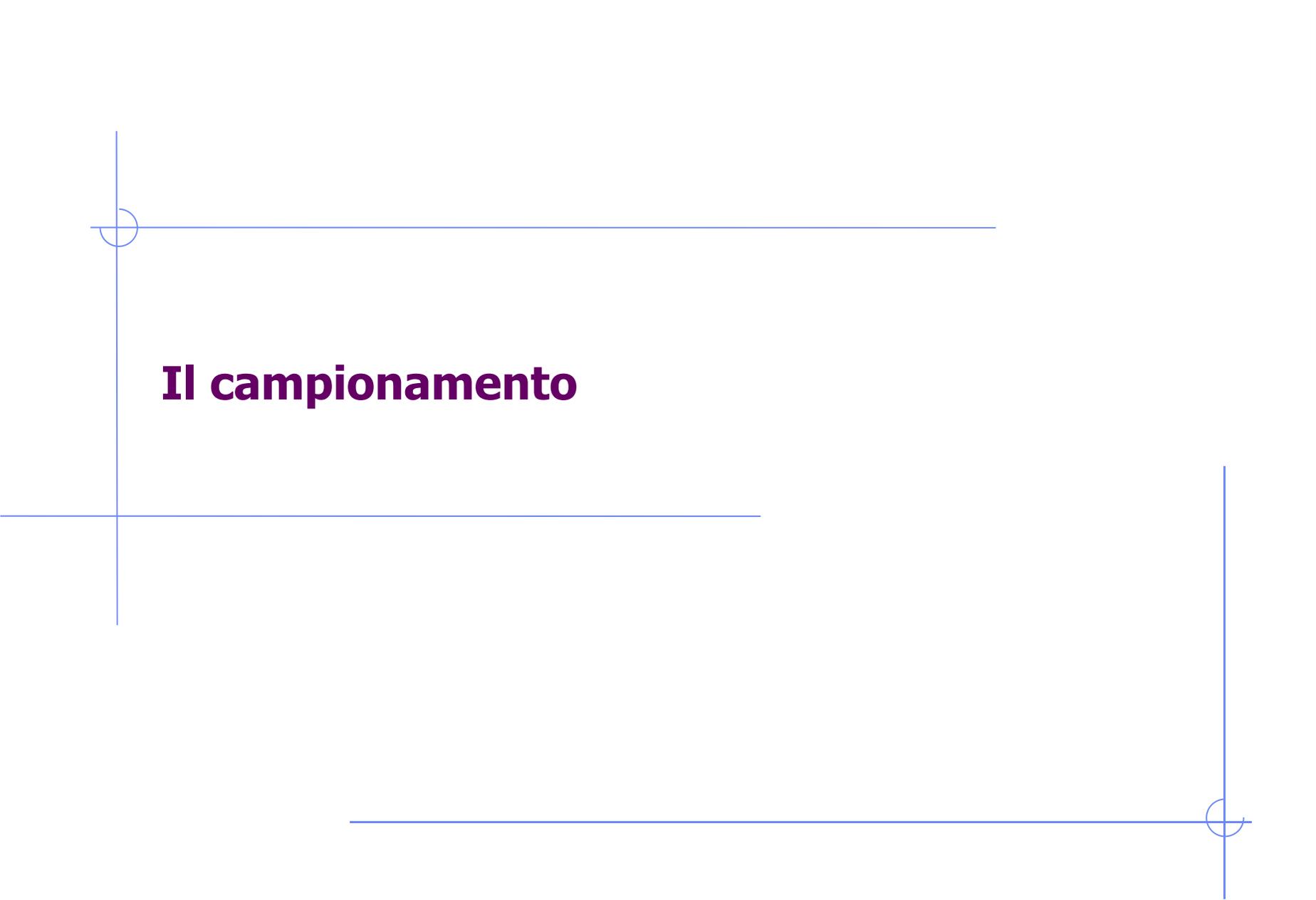


Segnale quantizzato (continuo nel tempo, discreto in ampiezza)



Segnale campionato (discreto nel tempo, continuo in ampiezza)



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 right angle, marked with a small blue circle. Another horizontal line is positioned below the top one, and a vertical line on the right intersects it at a right angle, also marked with a small blue circle. A third horizontal line is located at the bottom, and a vertical line on the right intersects it at a right angle, marked with a small blue circle. The text "Il campionamento" is centered in the upper-left quadrant.

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

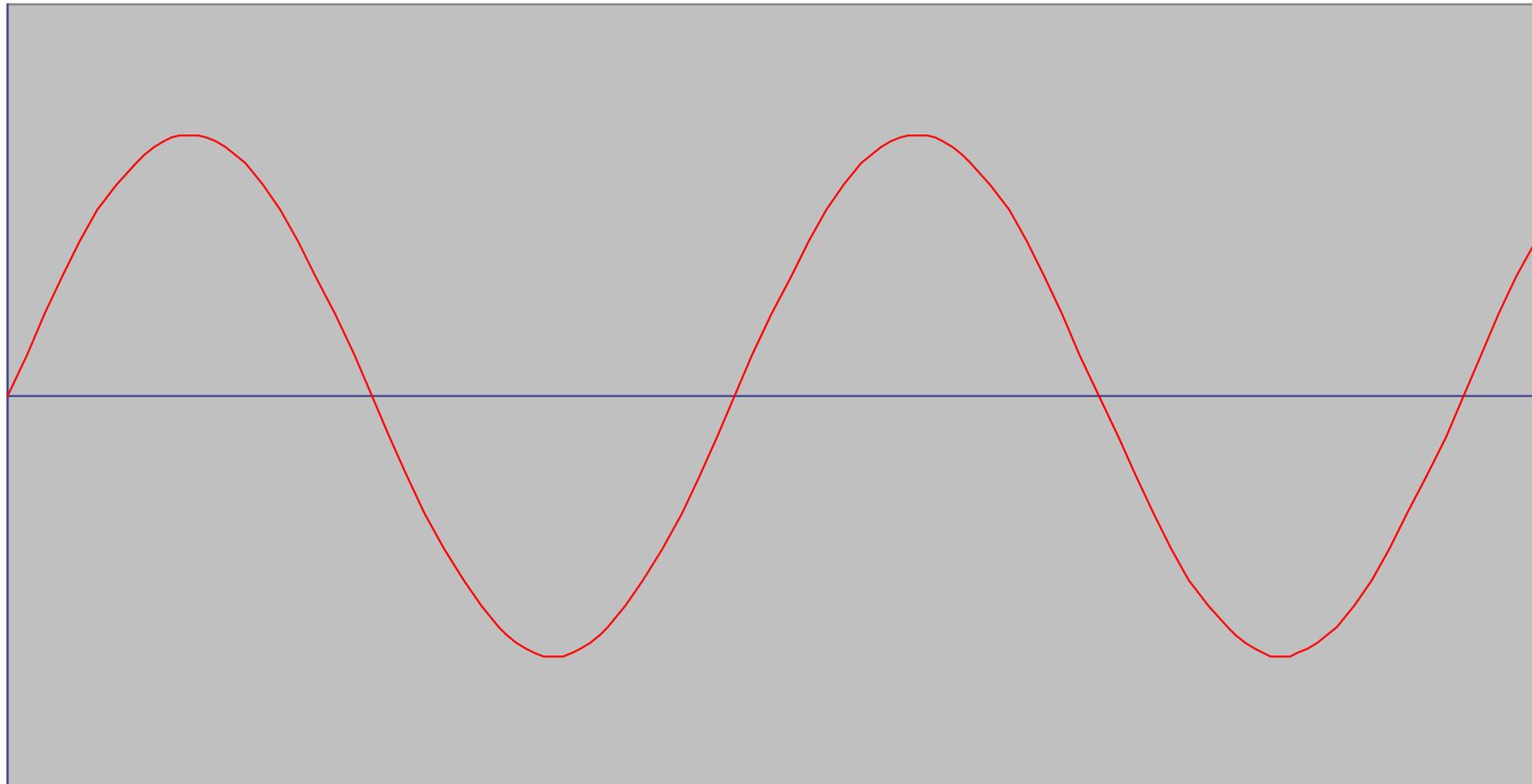
Intuitivamente

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

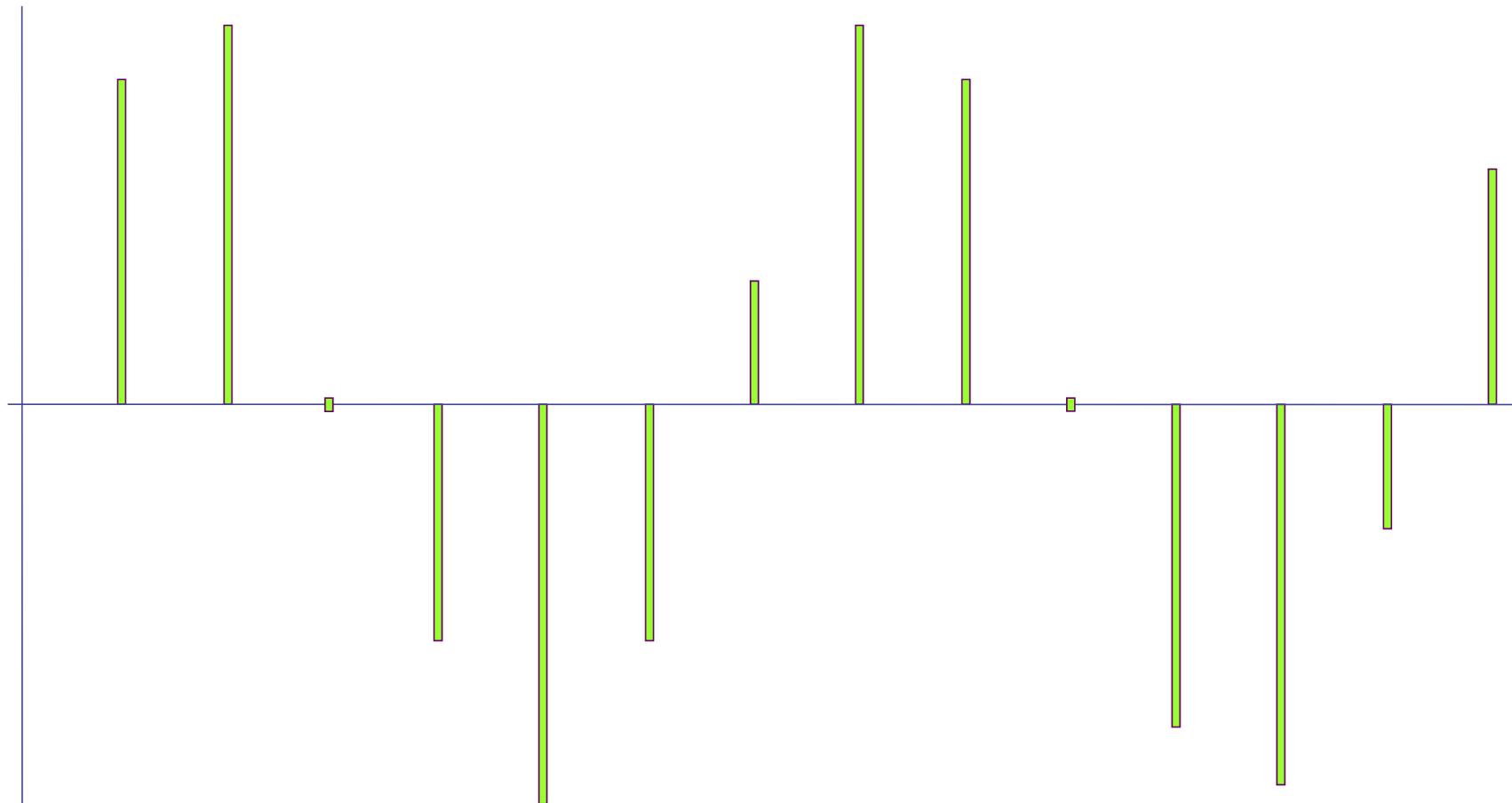
Il campionamento vero e proprio

- 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

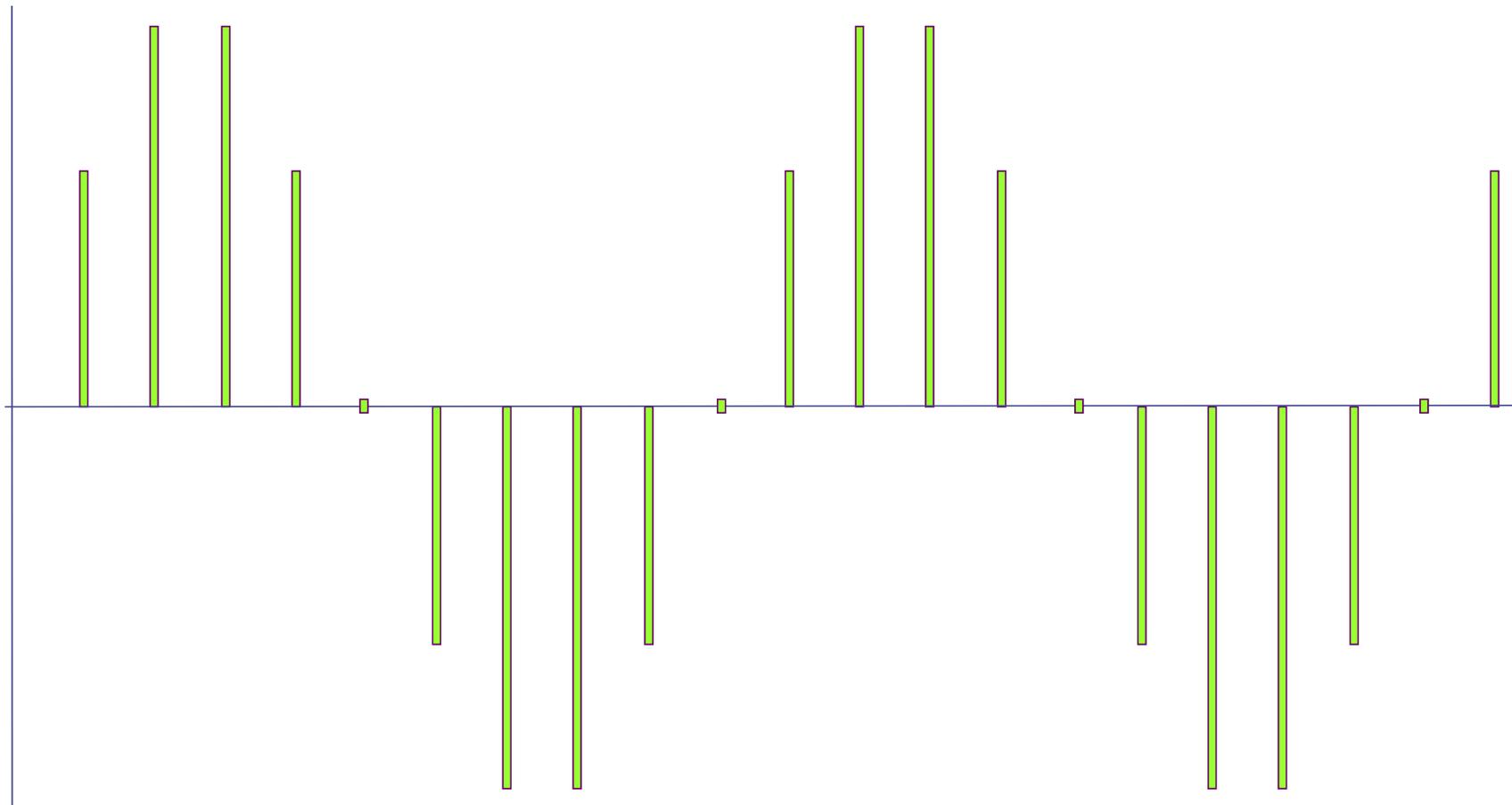
Campionamento: il segnale sorgente (sinusoide a frequenza f)



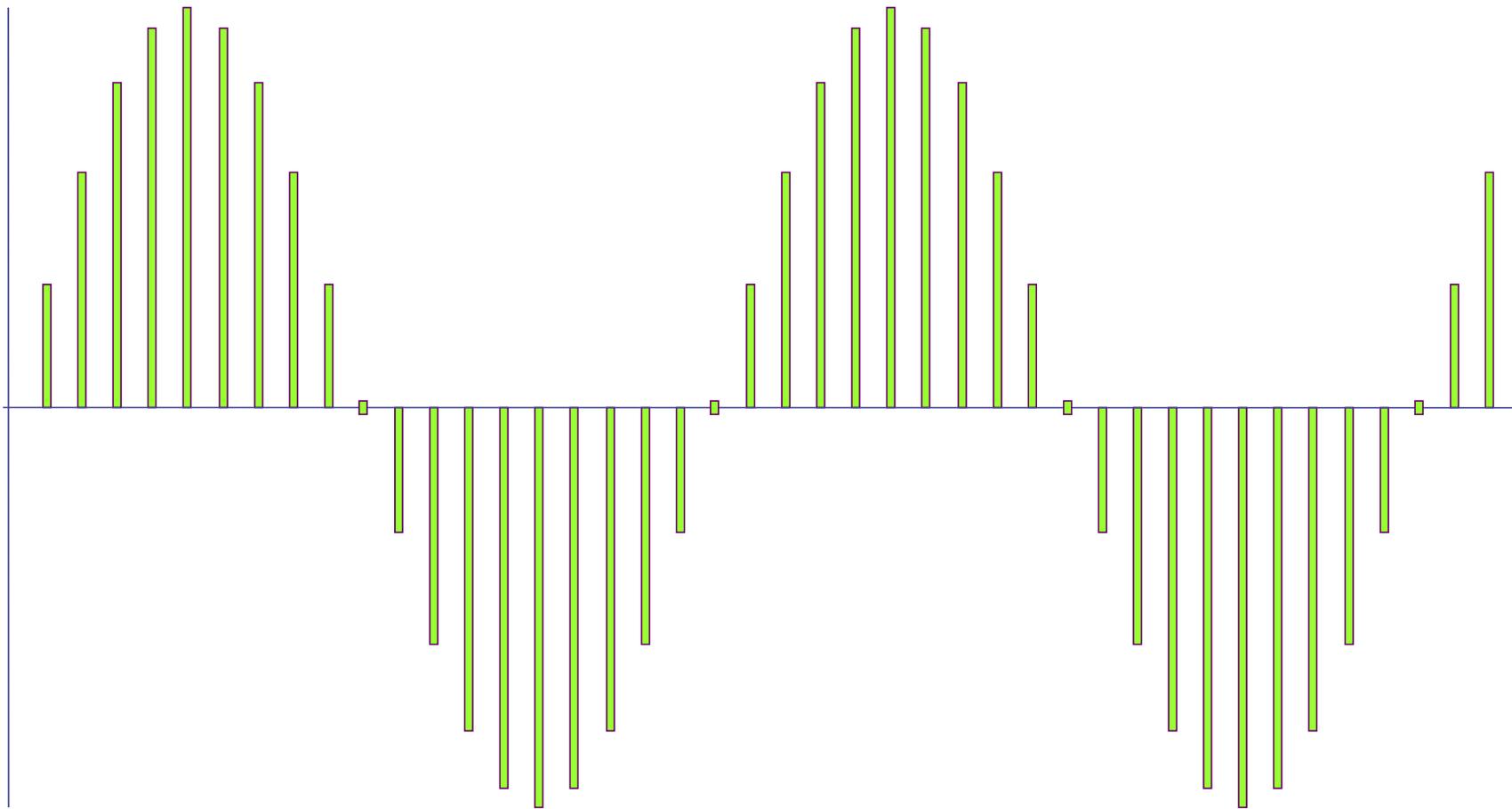
Campionamento con frequenza f



Campionamento con frequenza $2f$



Campionamento con frequenza $3f$

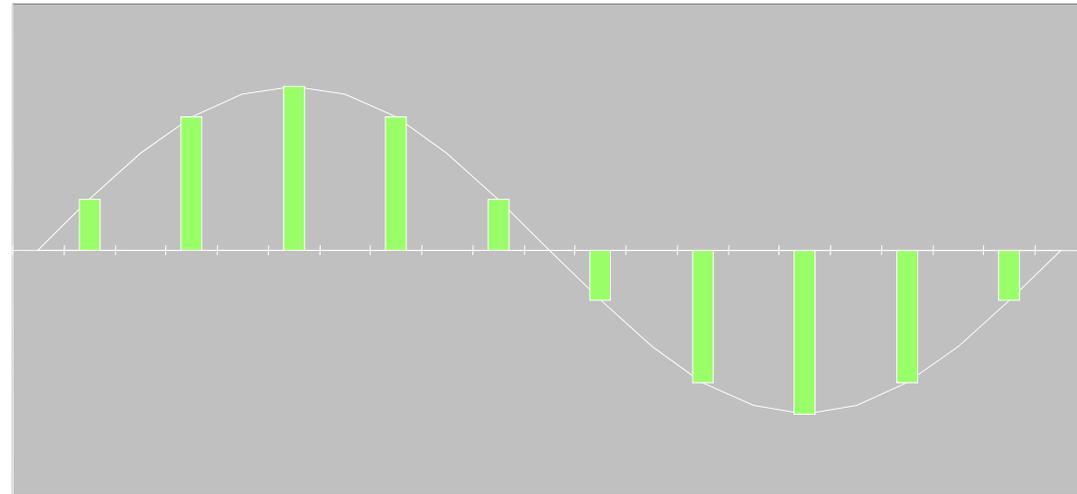


La dimensione degli intervalli

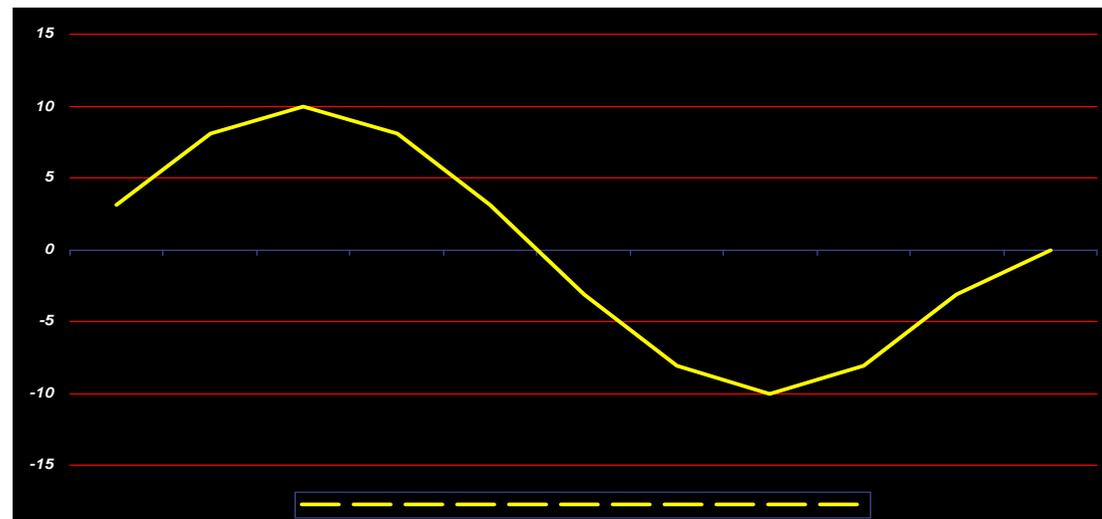
- Maggiore frequenza di campionamento, più accurata descrizione del segnale
- Come si fa a non avere perdita di informazione ?
- Qual è il minimo valore della frequenza di campionamento ?

Un campionamento corretto

Segnale campionato:

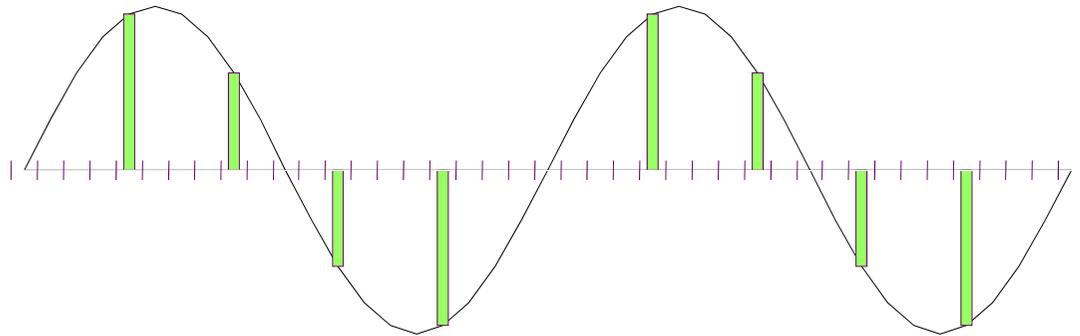


Segnale ricostruito:

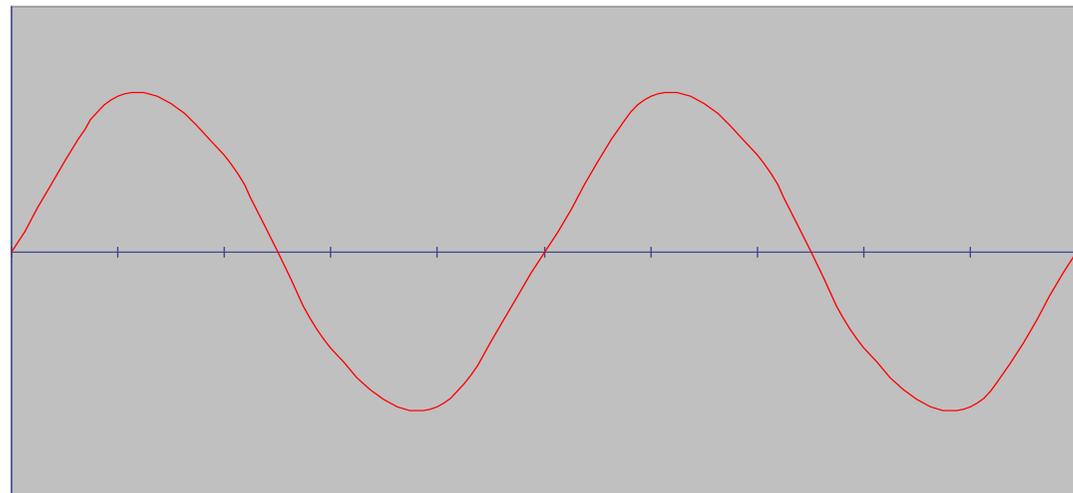


Un campionamento critico

Segnale campionato:

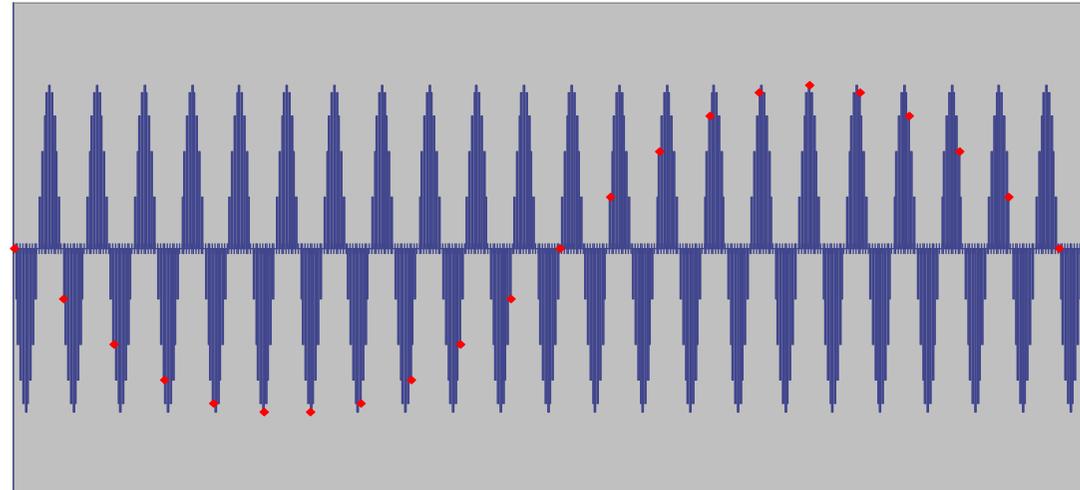


Segnale ricostruito:

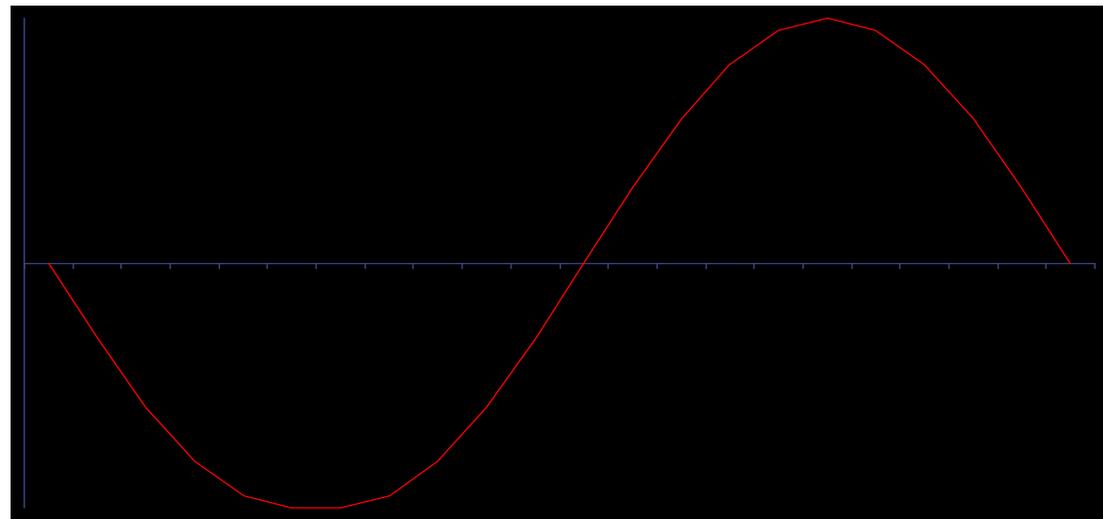


Un campionamento scorretto: aliasing

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

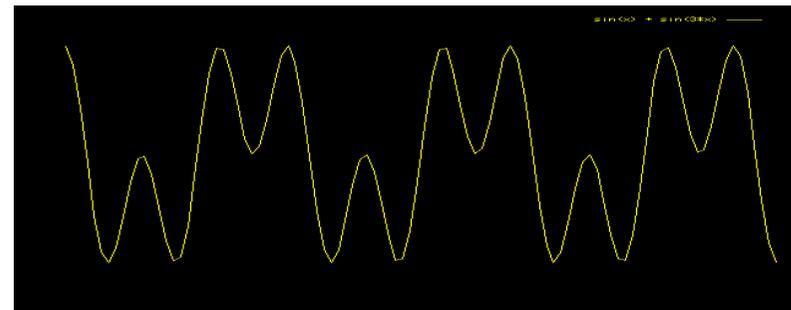
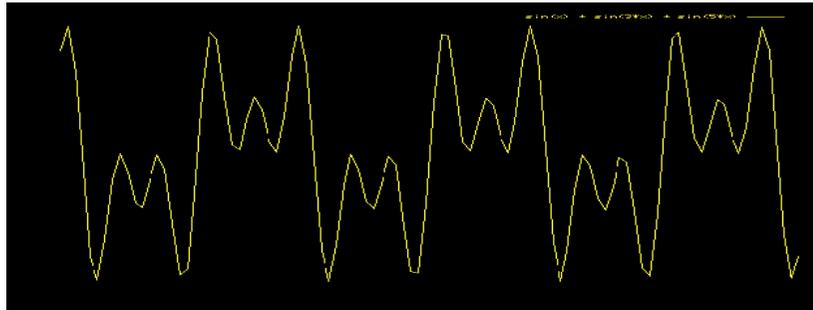
- Sono necessari almeno due campioni per periodo del segnale
- La frequenza di campionamento deve essere almeno il doppio della max frequenza presente nel segnale
- La frequenza di Nyquist

Operativamente si inverte il problema

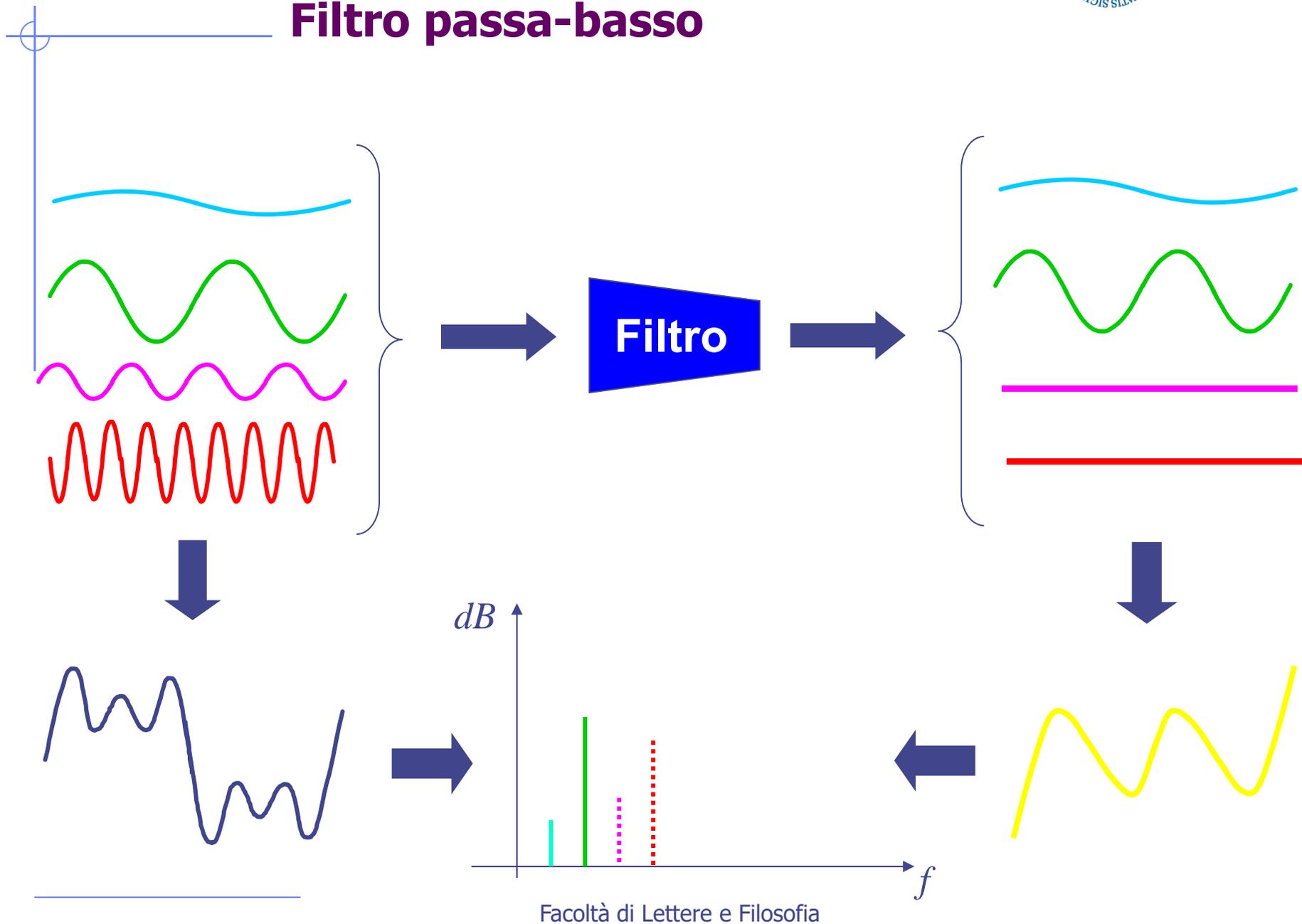
- Si fissa la frequenza di Nyquist
- Si fa in modo che nel segnale in ingresso non vi siano frequenze superiori alla metà della frequenza di Nyquist
- Filtro **PASSA BASSO**

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