



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

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

Anno Accademico 2016/2017

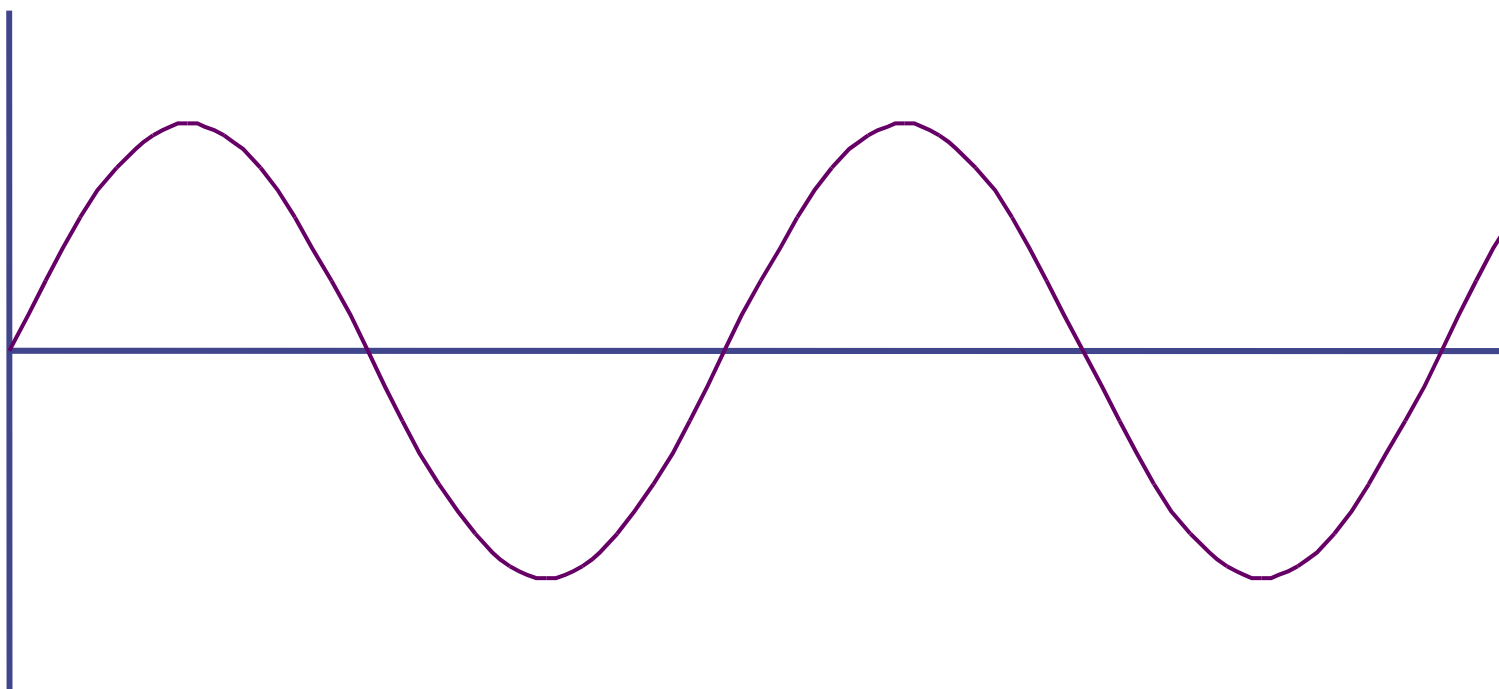
Docente: ing. Salvatore Sorce

## **I suoni – Rappresentazione digitale**

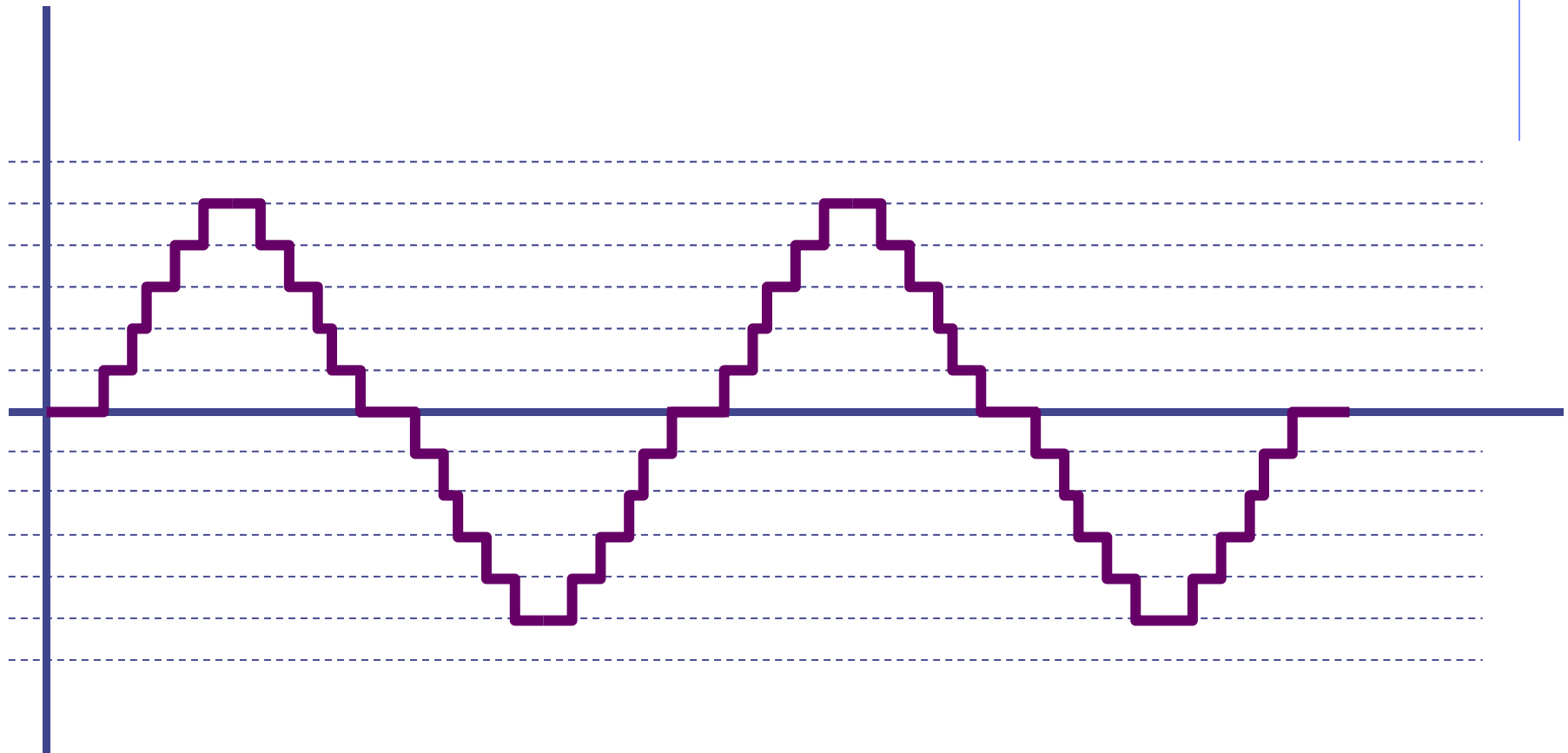
The slide features a minimalist design with several thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line intersect, with a small blue circle at the intersection point. Another horizontal line is positioned above the title. A vertical line on the right side of the slide is also present. At the bottom right, another horizontal and vertical line intersect, with a small blue circle at the intersection point.

# **Campionamento e quantizzazione**

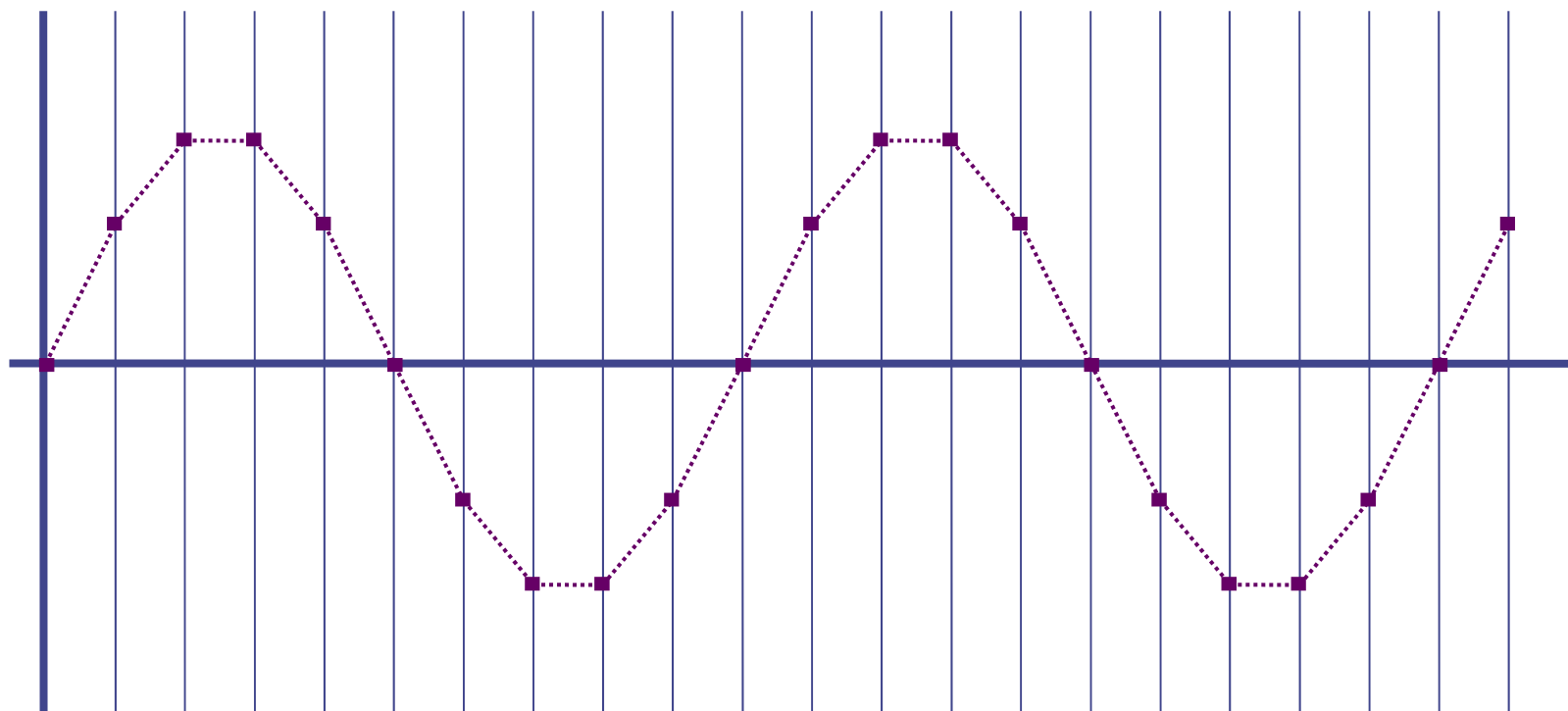
## Segnale analogico (continuo nel tempo e in ampiezza)



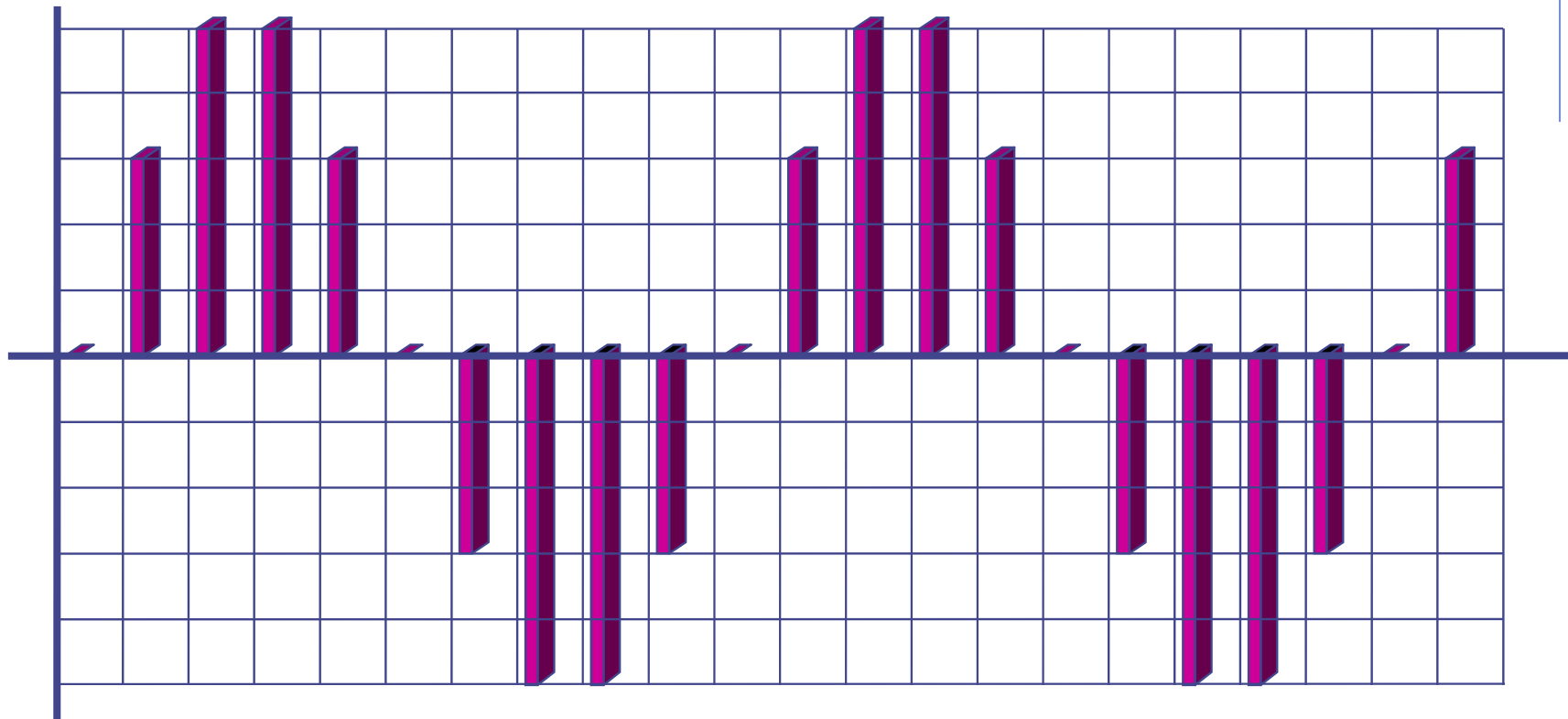
## Segnale quantizzato (continuo nel tempo, discreto in ampiezza)



## Segnale campionato (discreto nel tempo, continuo in ampiezza)



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



The slide features a minimalist design with several thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line intersect, with a small blue circle at the intersection. Another horizontal line is positioned above it. A vertical line on the right and a horizontal line intersect, also with a small blue circle at the intersection. A third horizontal line is positioned below the intersection. The title 'Il campionamento' is centered in the upper half of the slide.

# **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



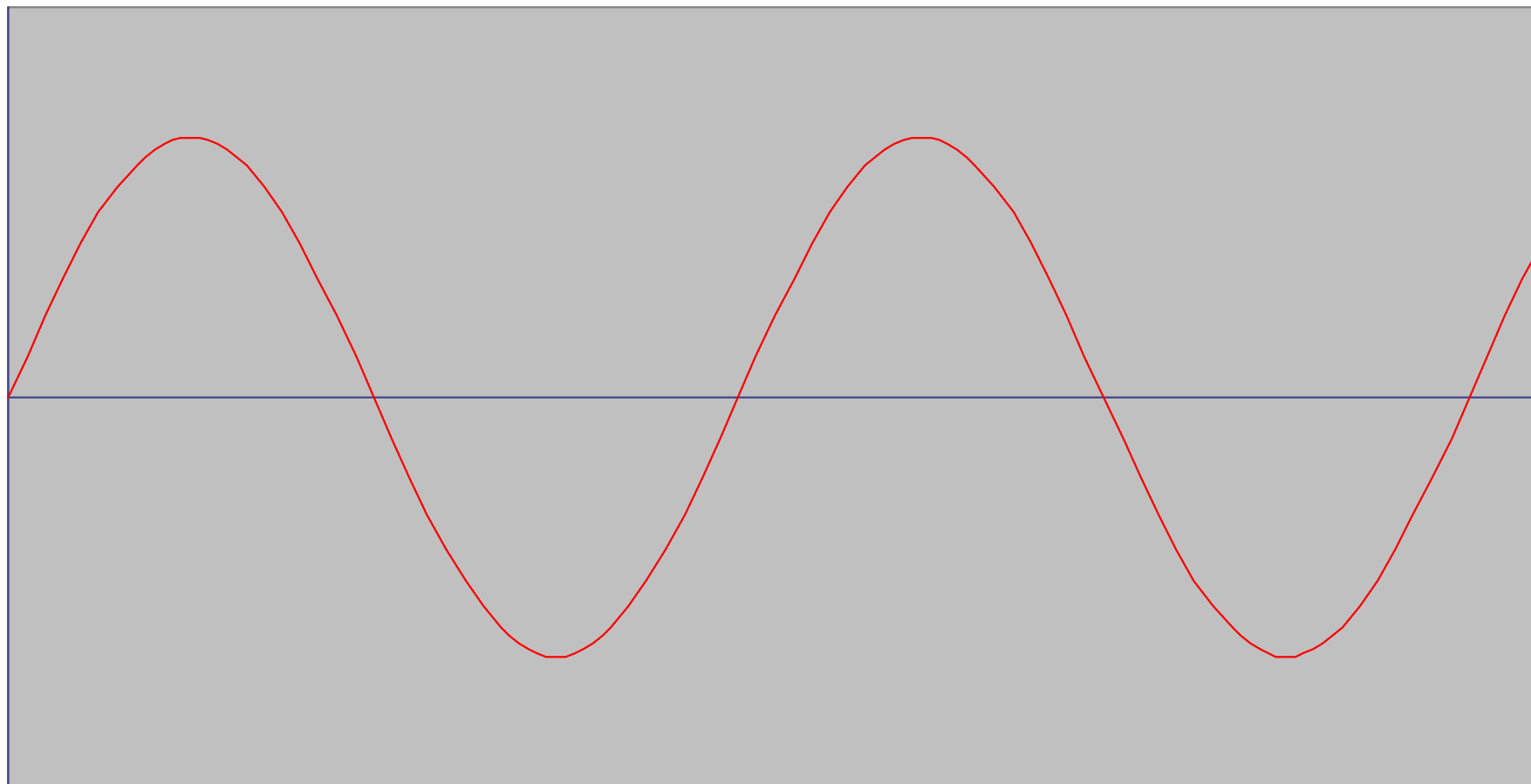
## Intuitivamente

- 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 ( $sr = \textit{sample rate}$ )

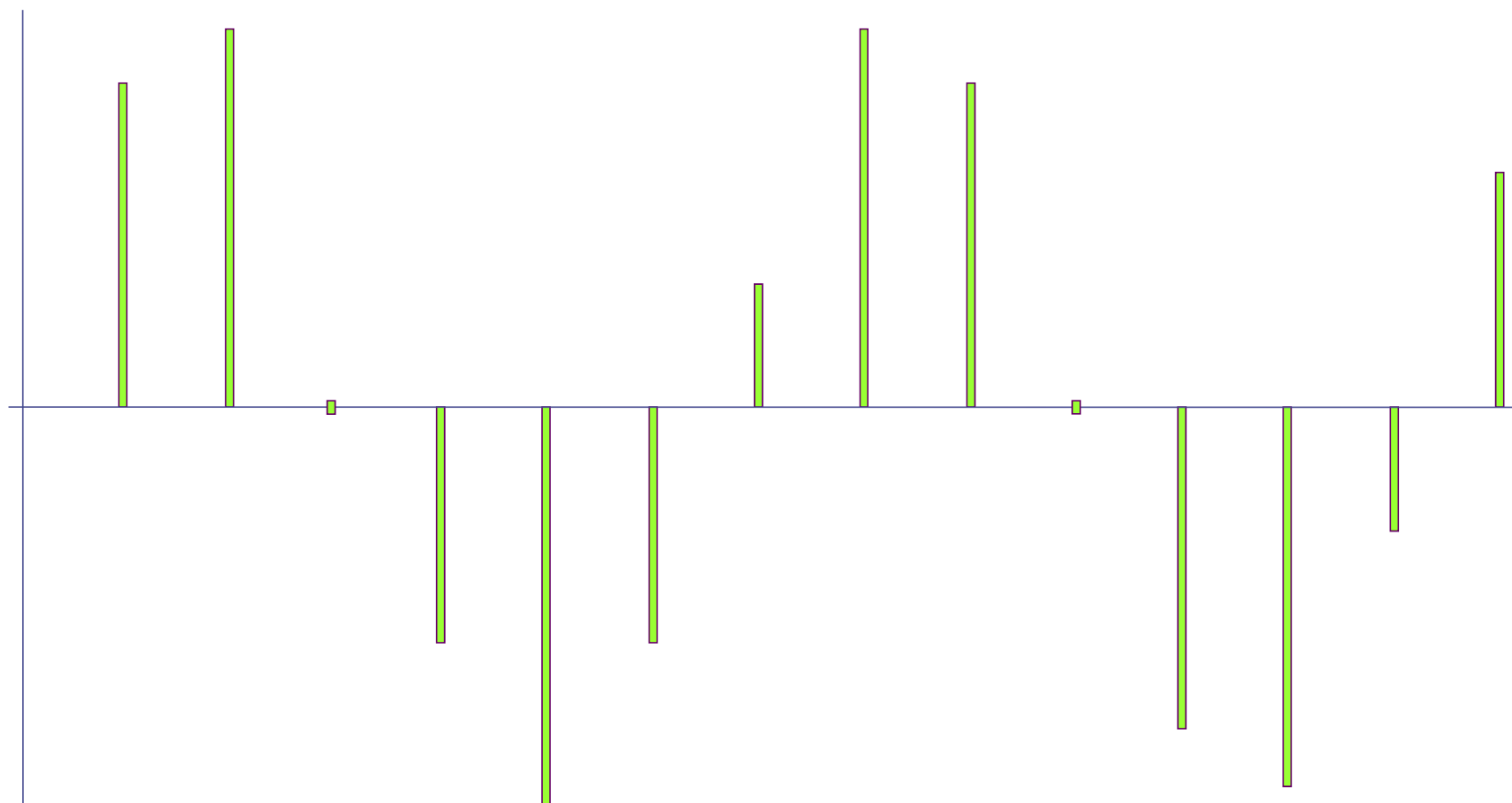
## Il campionamento vero e proprio

- 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

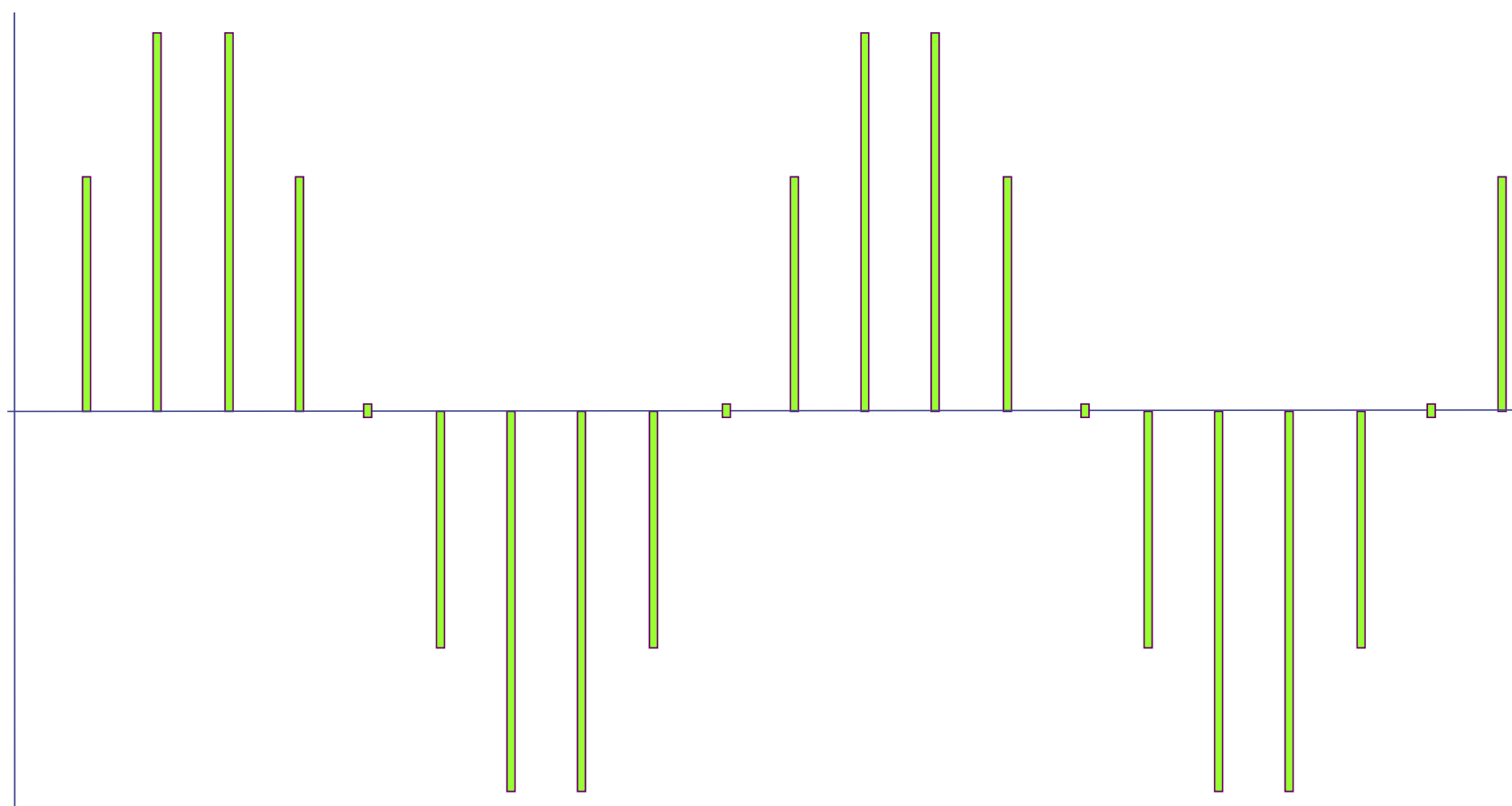
## Campionamento: il segnale sorgente (sinusoide a frequenza $f$ )



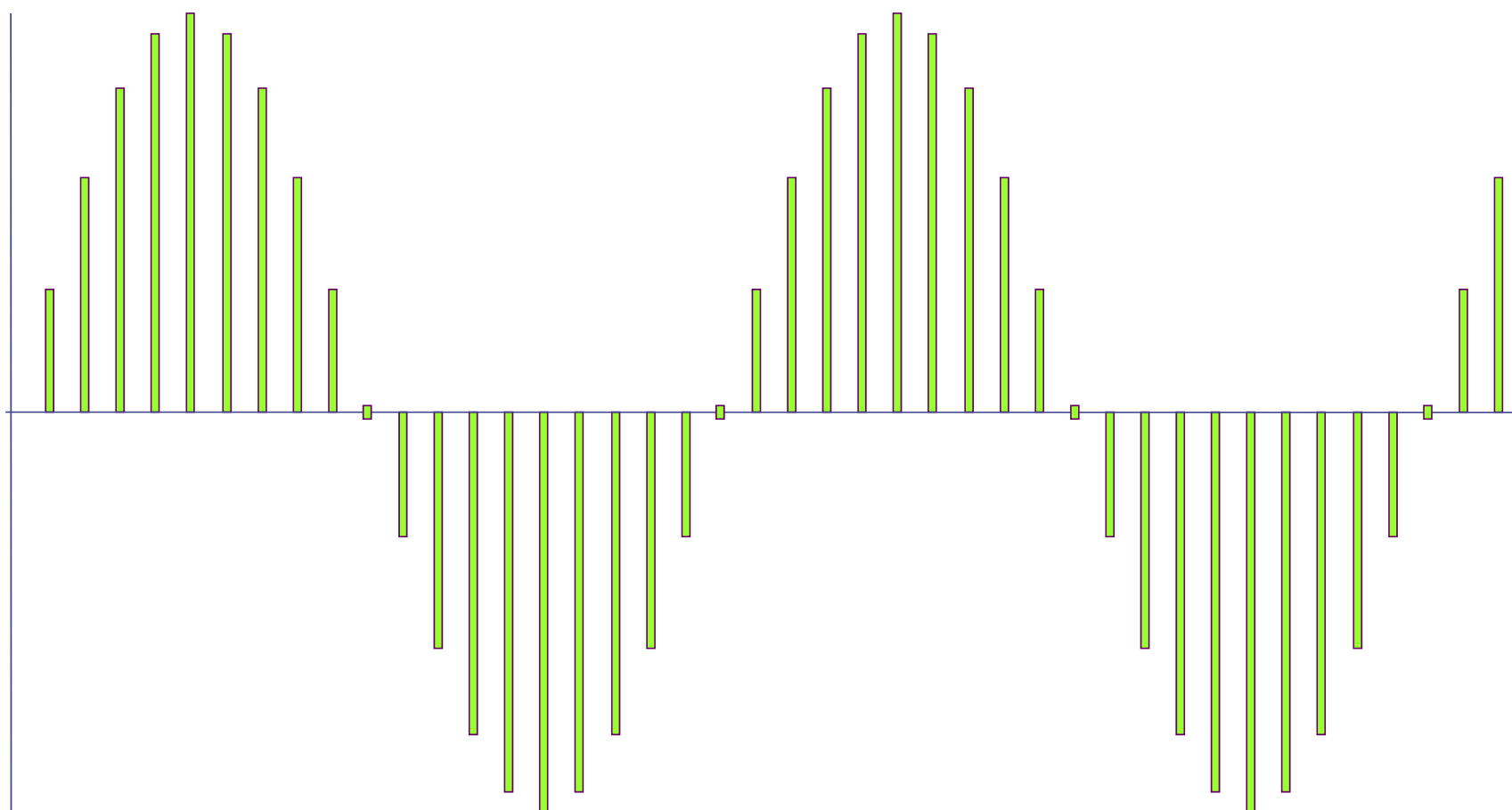
## Campionamento con frequenza $f$



## Campionamento con frequenza $2f$



## Campionamento con frequenza $3f$

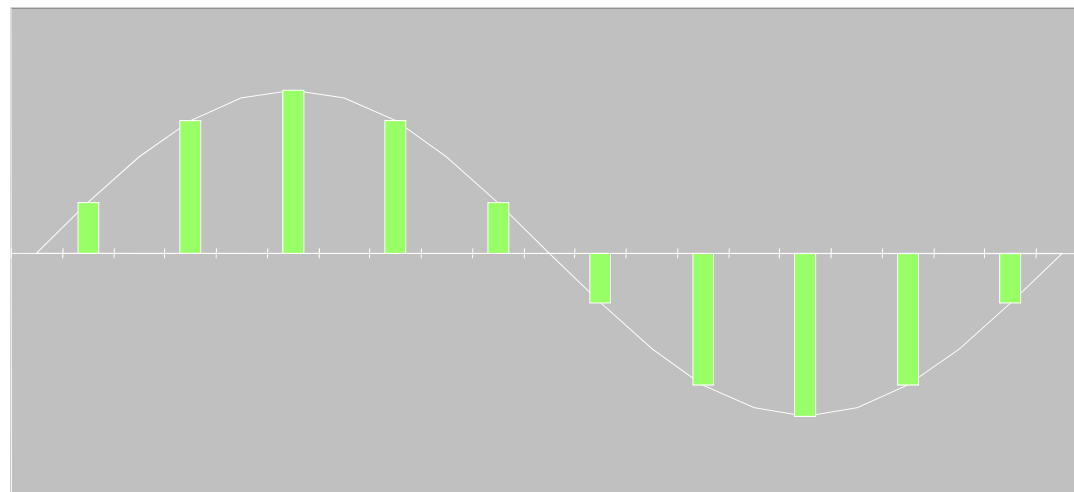


## La dimensione degli intervalli

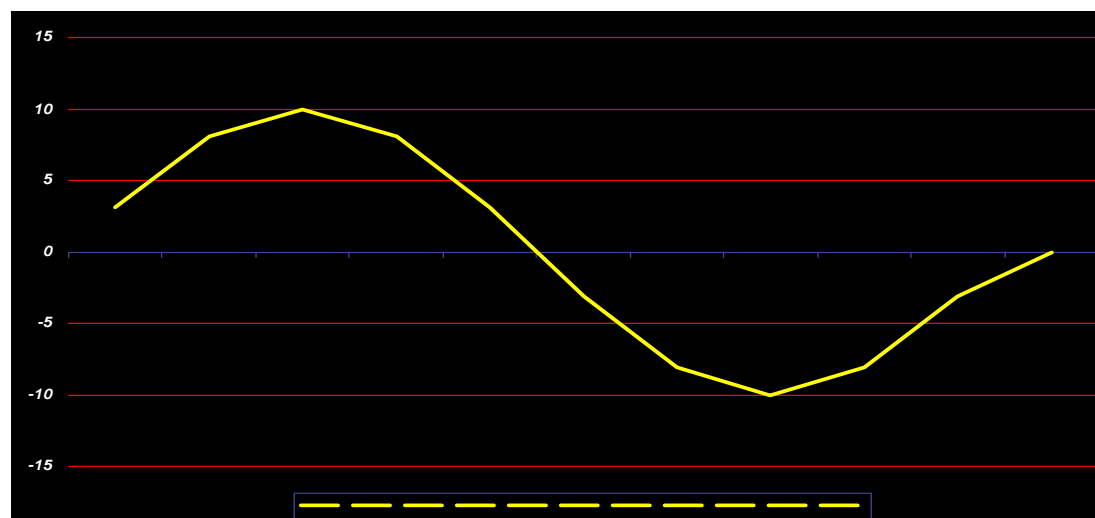
- Maggiore frequenza di campionamento, più accurata descrizione del segnale
- Come si fa a non avere perdita di informazione ?
- Qual è il minimo valore della frequenza di campionamento ?

## Un campionamento corretto

Segnale campionato:



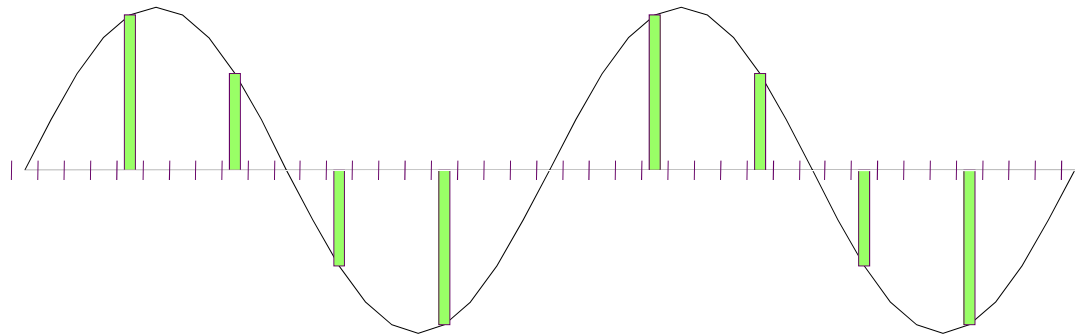
Segnale ricostruito:



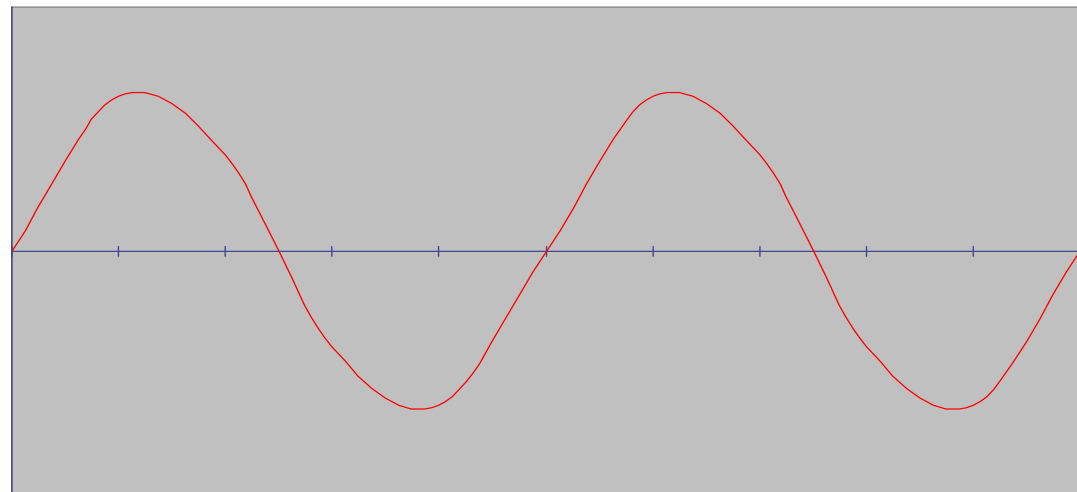


## Un campionamento critico

Segnale campionato:

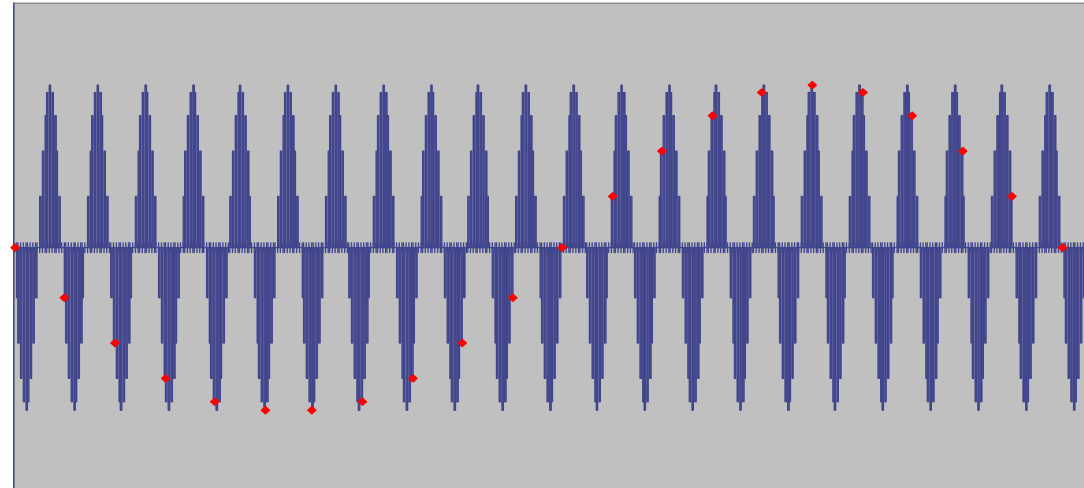


Segnale ricostruito:

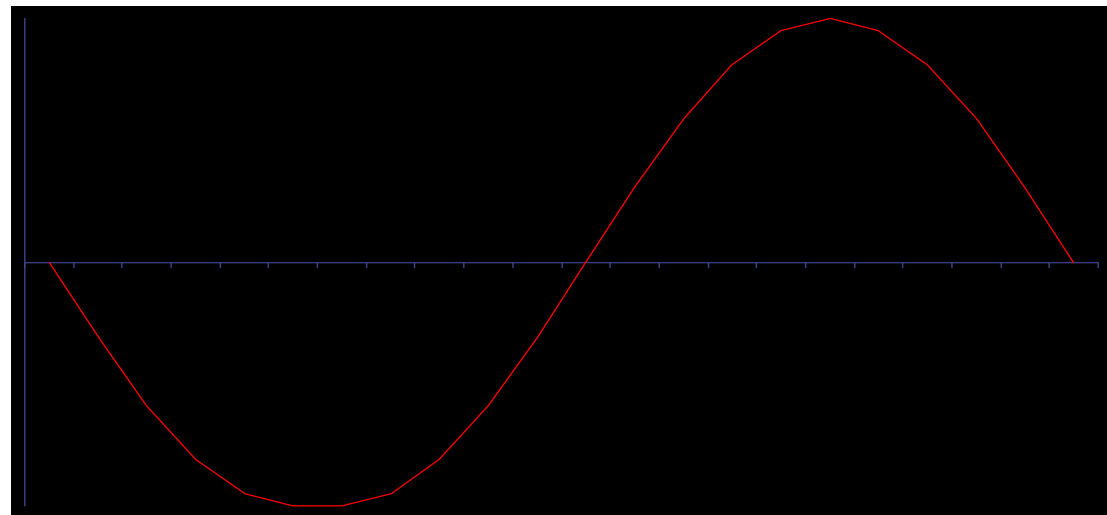


## Un campionamento scorretto: aliasing

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

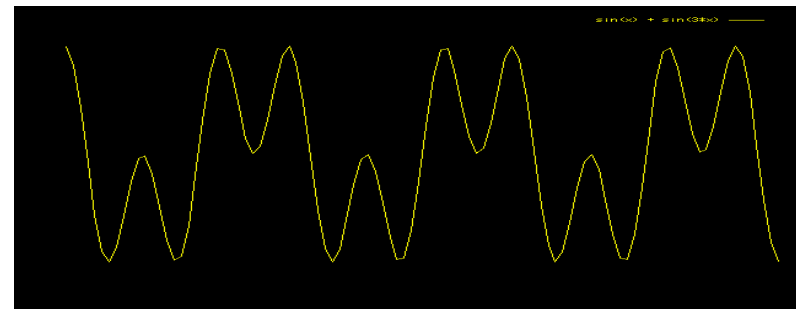
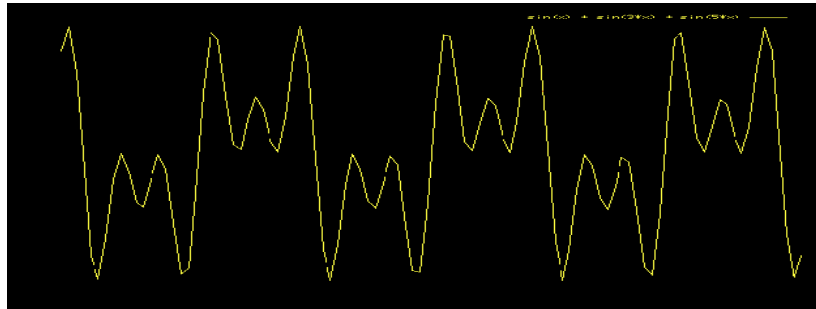
- Sono necessari almeno due campioni per periodo del segnale
- La frequenza di campionamento deve essere almeno il doppio della max frequenza presente nel segnale
- La frequenza di Nyquist

## Operativamente si inverte il problema

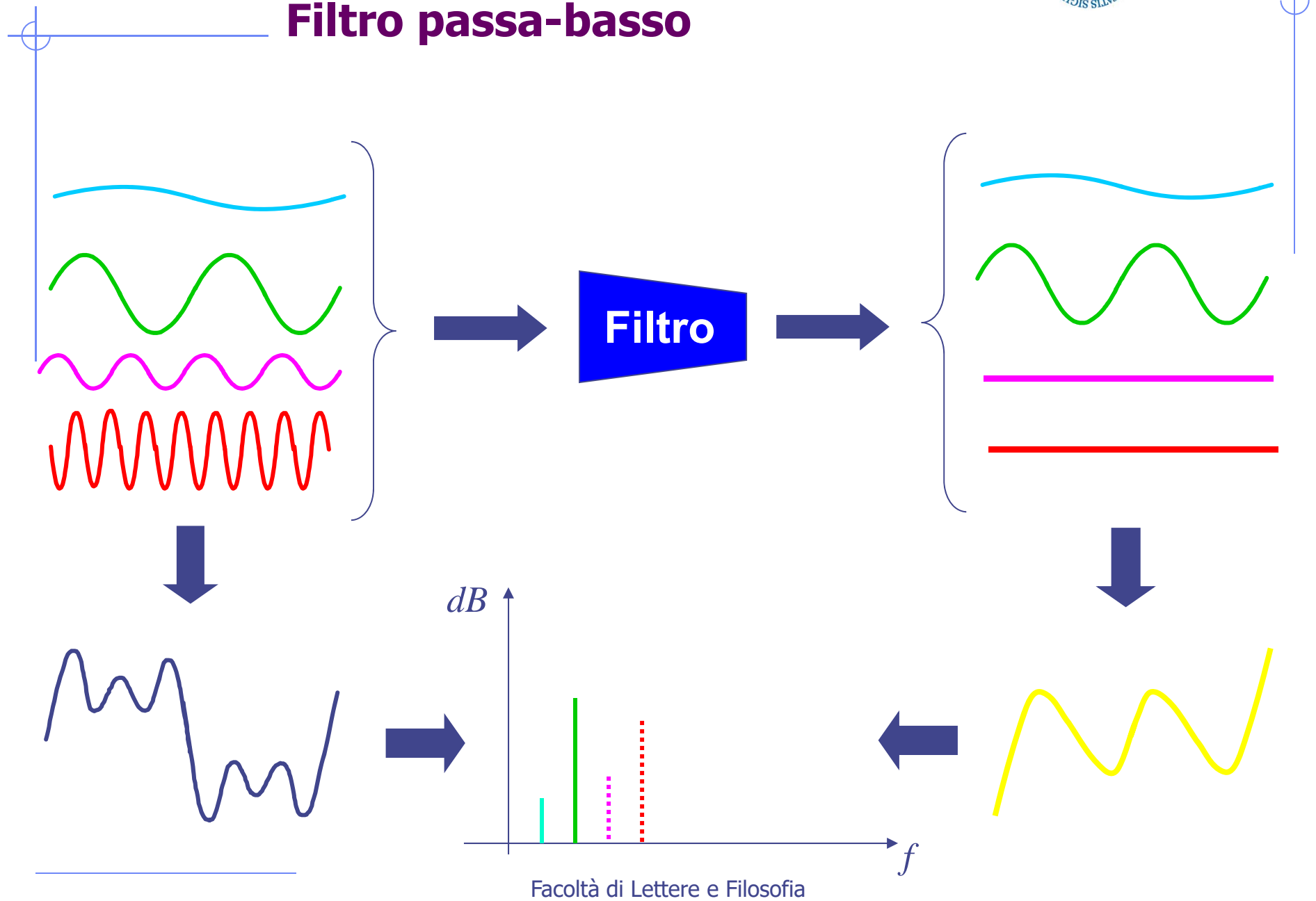
- Si fissa la frequenza di Nyquist
- Si fa in modo che nel segnale in ingresso non vi siano frequenze superiori alla metà della frequenza di Nyquist
- Filtro **PASSA BASSO**

## 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