



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**

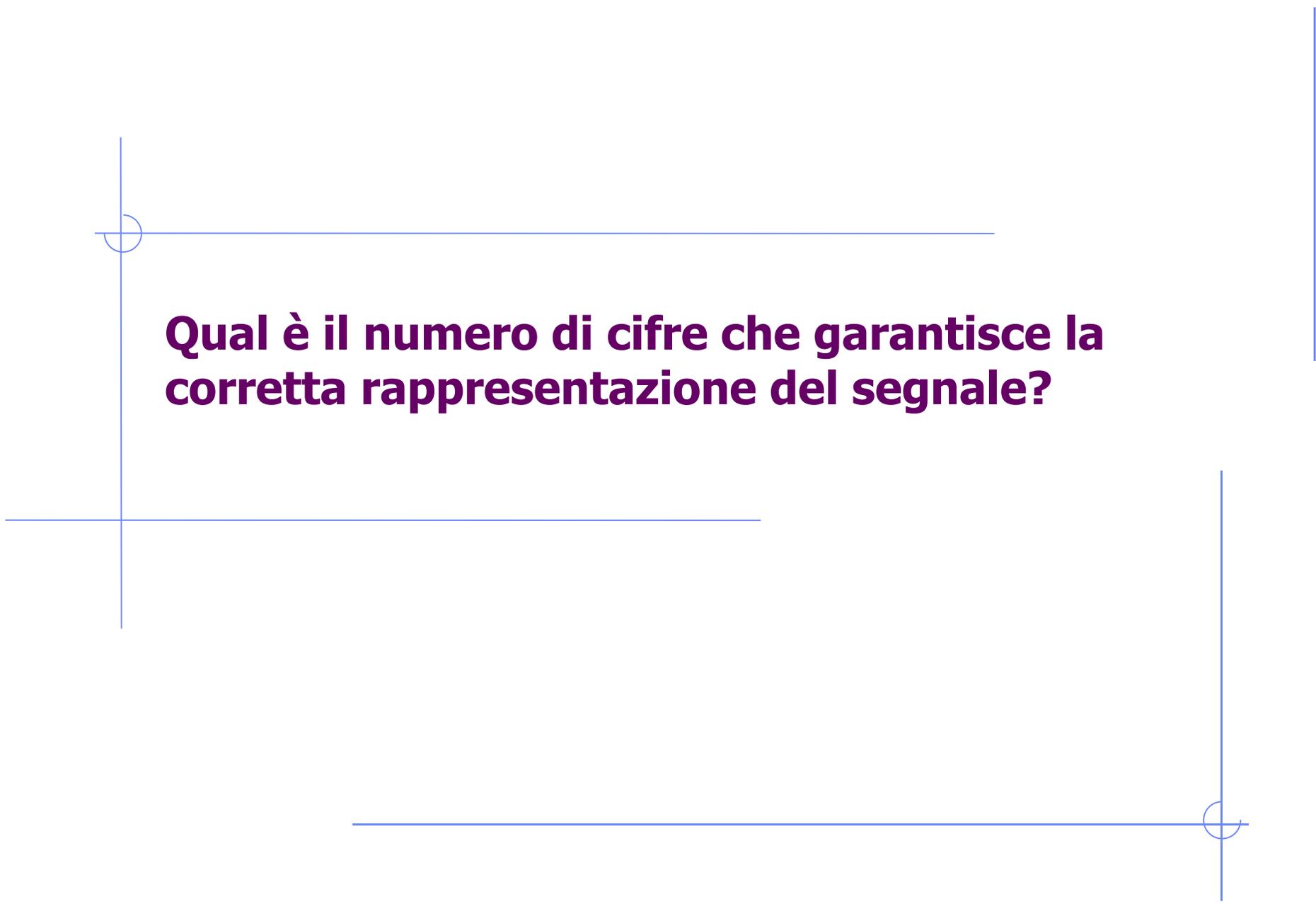
Quantizzazione

## 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, ...)
  - ...



**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:  
 $10 / 2^8 \text{ Volt} = 10 / 256 \text{ Volt} = 0,039 \text{ Volt}$

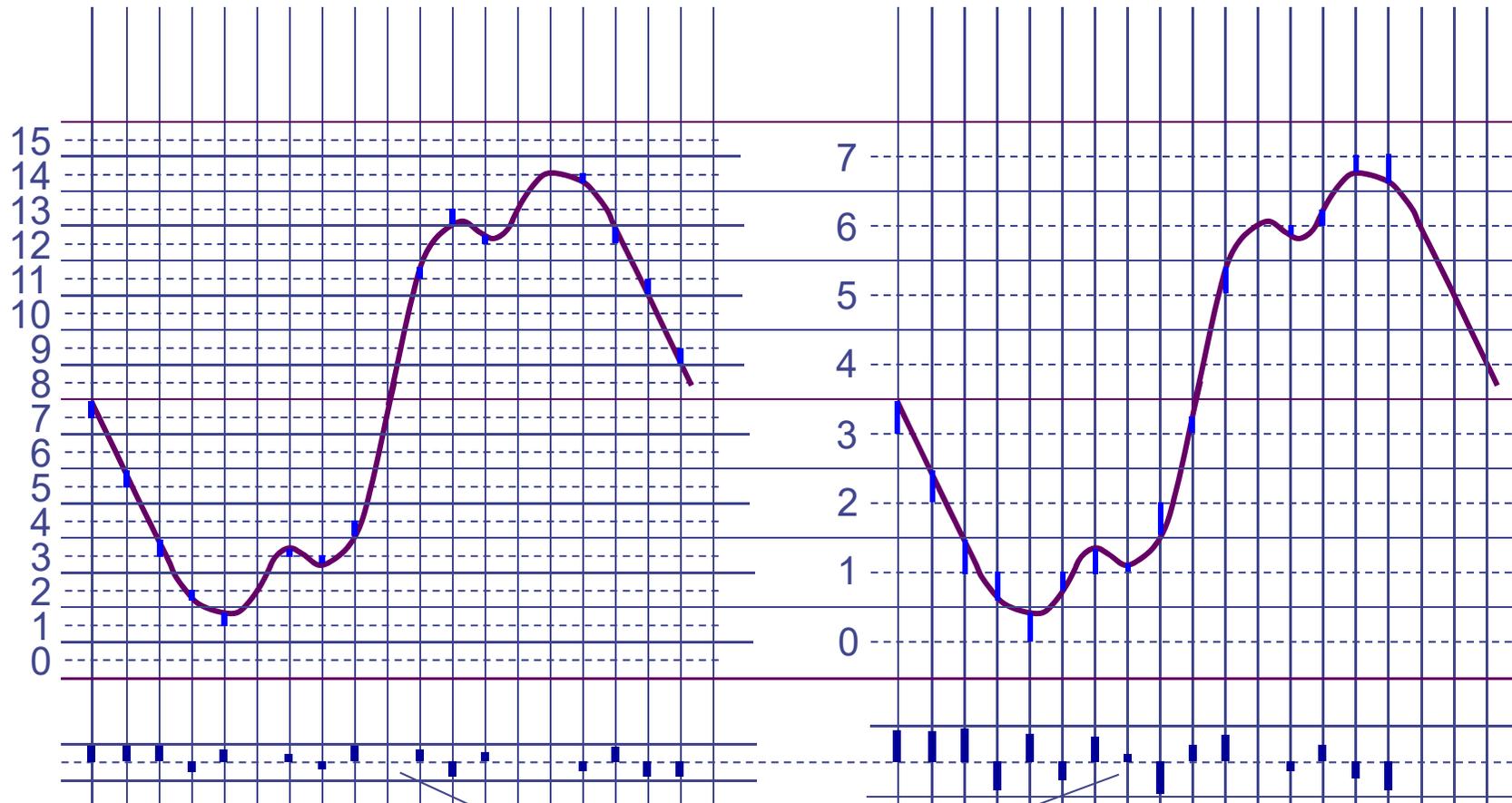
Tutti i valori di tensione di un intervallo ampio 0,039V saranno rappresentati dallo stesso valore (livello di quantizzazione).

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*)

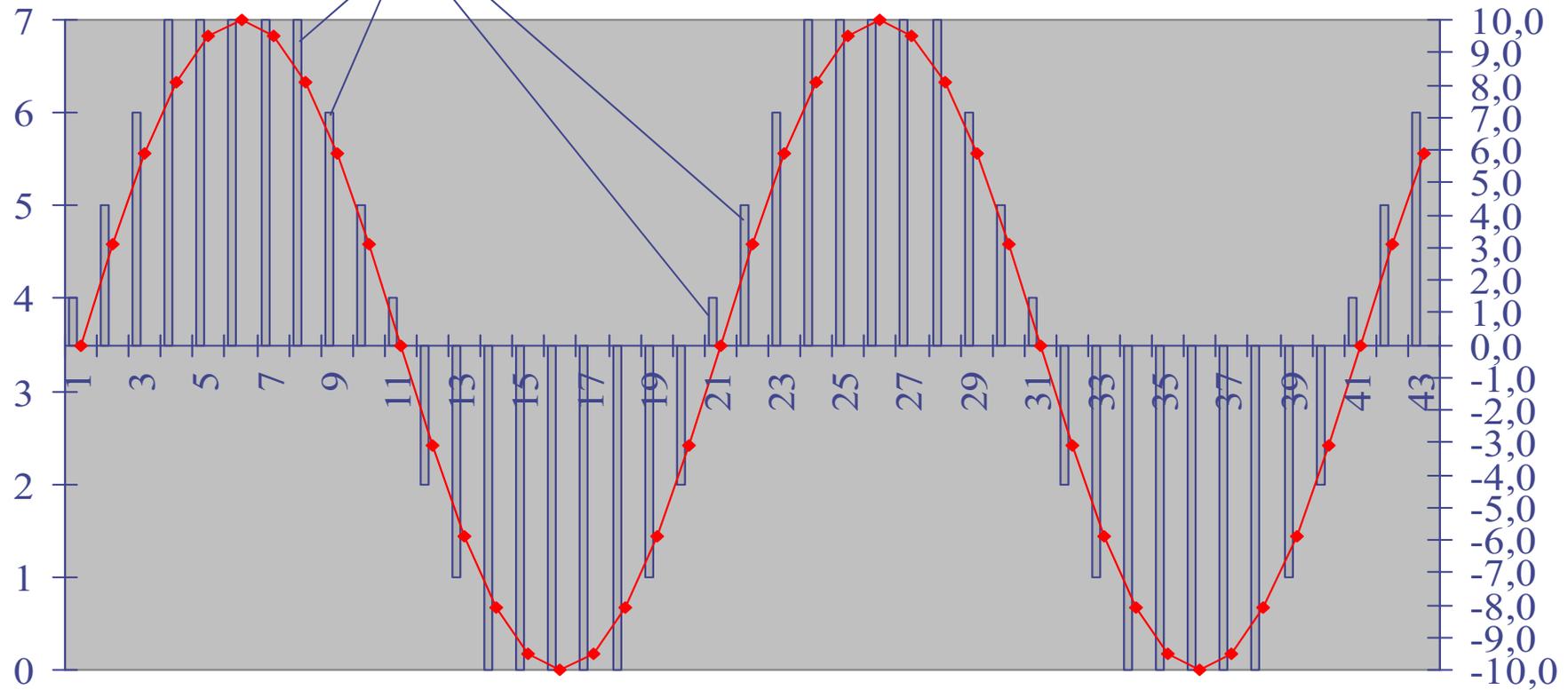
## Quantizzazione con 4 e 3 bit



*Errore di quantizzazione*

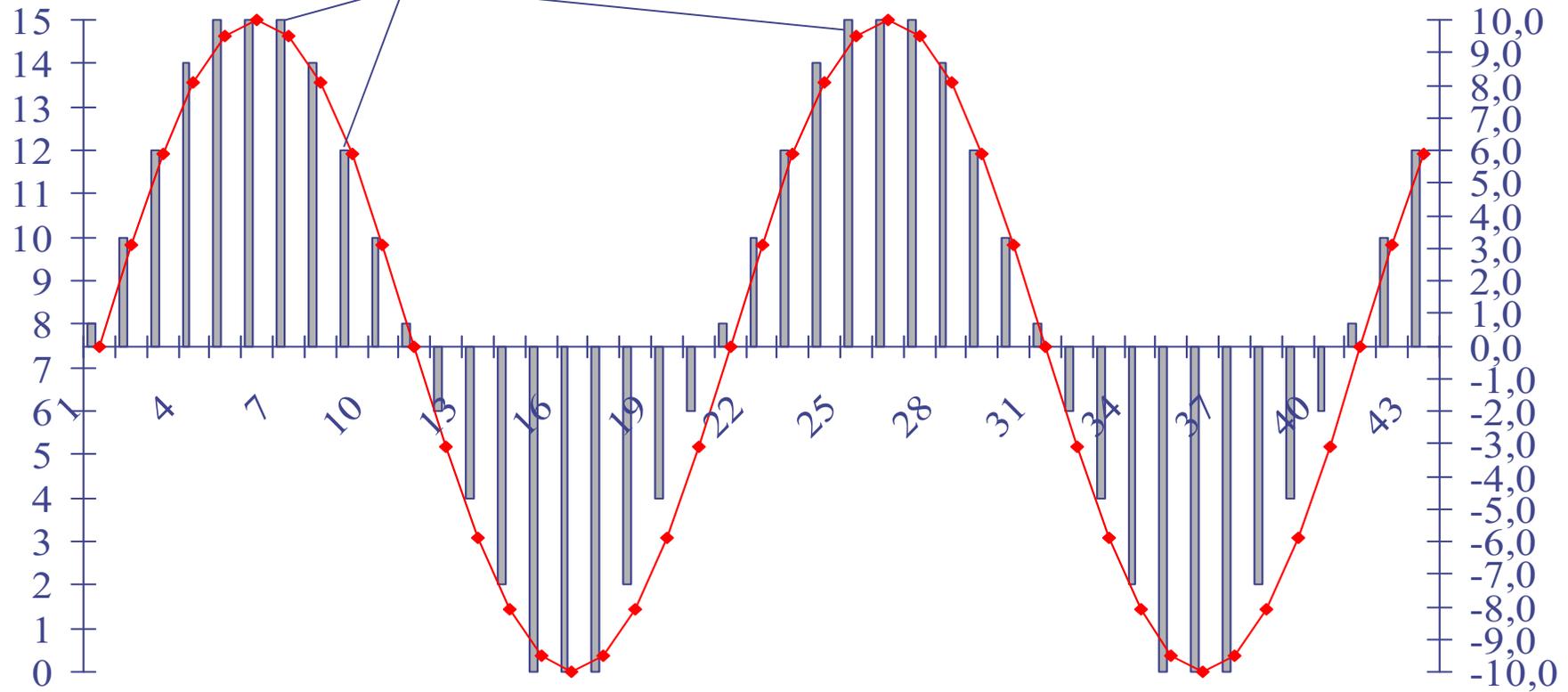
## Quantizzazione con 3 bit

*Errore di quantizzazione*



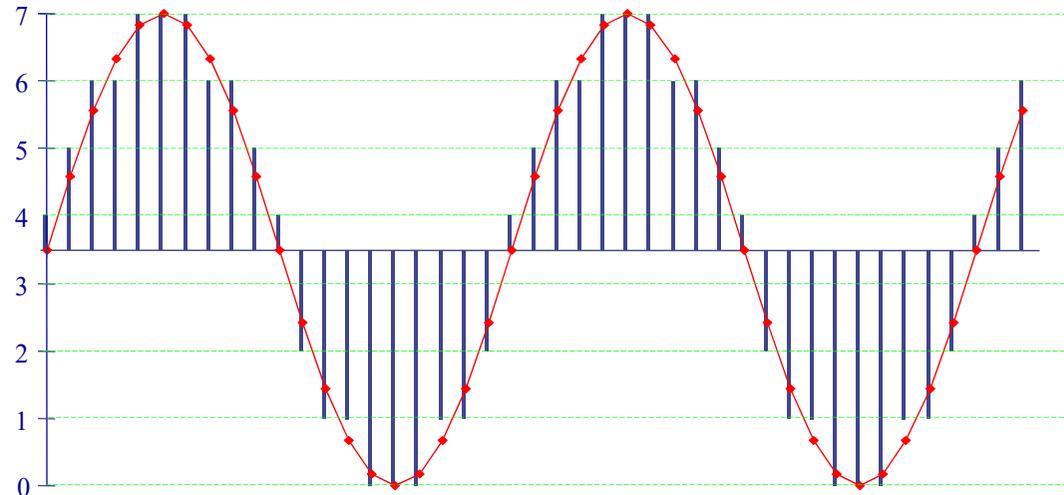
## Quantizzazione con 4 bit

*Errore di quantizzazione*

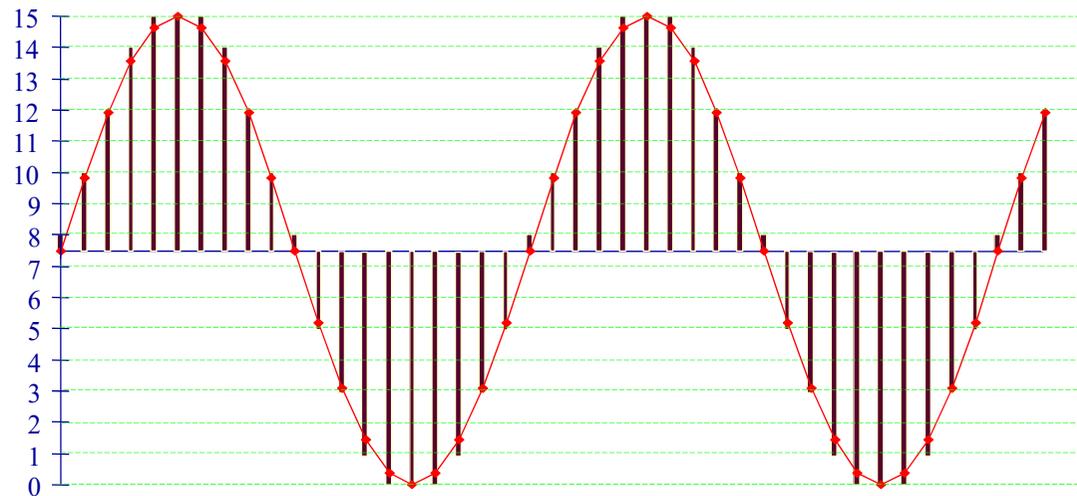


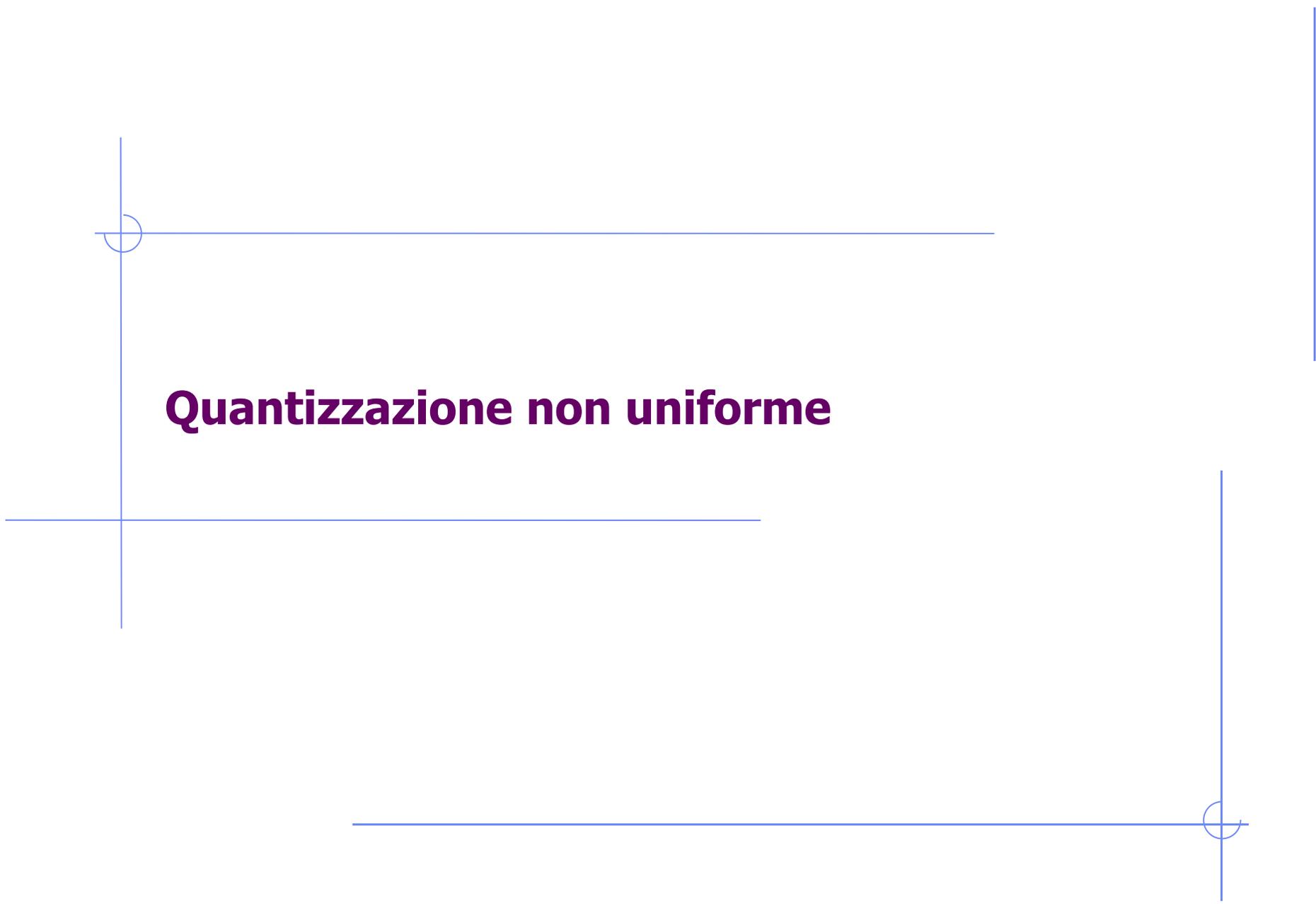
## Confronto

Quantizzazione a 3 bit  
(8 livelli)



Quantizzazione a 4 bit  
(16 livelli)

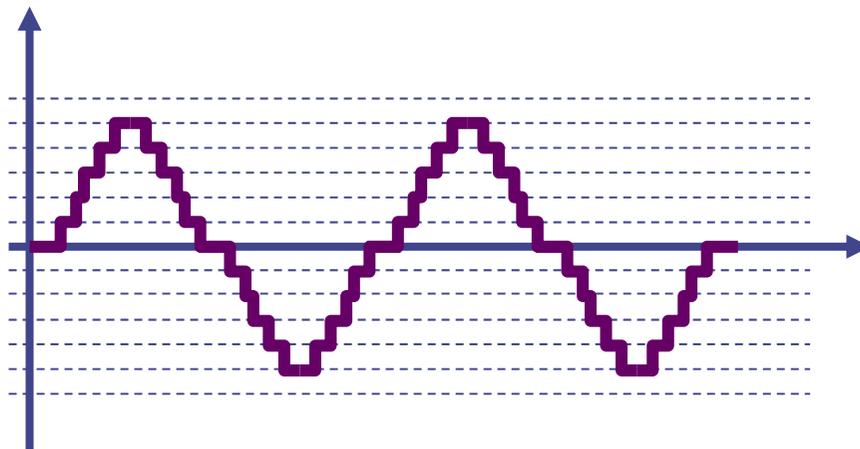


The image features a white background with several thin blue lines. A vertical line on the left and a horizontal line at the top intersect at a small circle in the top-left corner. Another vertical line on the right and a horizontal line at the bottom intersect at a small circle in the bottom-right corner. A horizontal line also crosses the left vertical line. A vertical line on the right side is positioned higher than the bottom-right corner marker.

## **Quantizzazione non uniforme**

## Quantizzazione uniforme

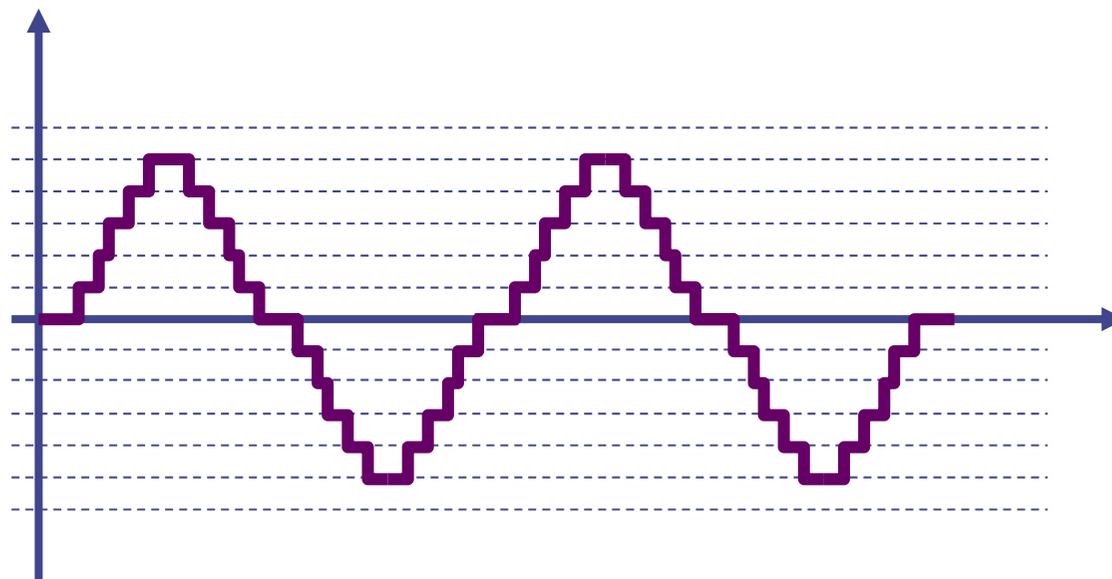
- Gamma continua spezzata in intervalli uguali
- Tecnica standard dei costruttori dei convertitori A/D e D/A



Valore di tensione	Parola binaria
[-5.000, -4.961]	00000000
[-4.961, -4.922]	00000001
[-4.922, -4.883]	00000010
[-4.883, -4.844]	00000011
...	00000100
...	...
...	...
...	11111011
[+4,844, +4,883]	11111100
[+4,883, +4,922]	11111101
[+4,922, +4,961]	11111110
[+4,961, +5,000]	11111111

## Quantizzazione uniforme

- Gamma continua spezzata in intervalli uguali
- Tecnica standard dei costruttori dei convertitori A/D e D/A



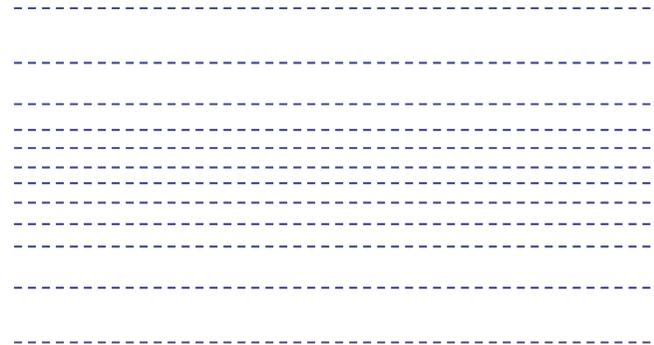
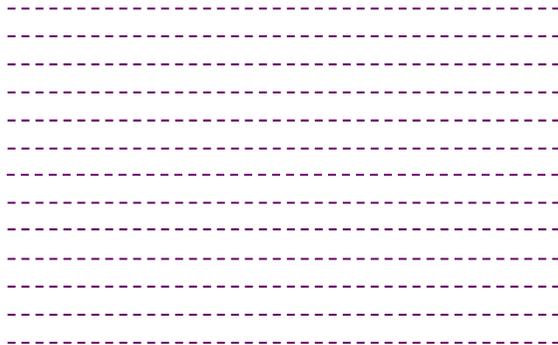
Valore di tensione	Parola binaria
[-5.000, -4.961]	00000000
[-4.961, -4.922]	00000001
[-4.922, -4.883]	00000010
[-4.883, -4.844]	00000011
...	00000100
...	...
...	...
...	11111011
[+4,844, +4,883]	11111100
[+4,883, +4,922]	11111101
[+4,922, +4,961]	11111110
[+4,961, +5,000]	11111111

## Rapporto segnale/rumore (SQNR)

- SQNR = rapporto tra
  - ampiezza max segnale
  - ampiezza media errore di quantizzazione
- Ampiezza media errore di quant.
  - costante e indipendente dall'ampiezza
  - no correlazione segnale/digitalizzazione
- PCM lineare: SQNR diminuisce con l'ampiezza (segnali deboli degradati)

## Quantizzazione uniforme e non

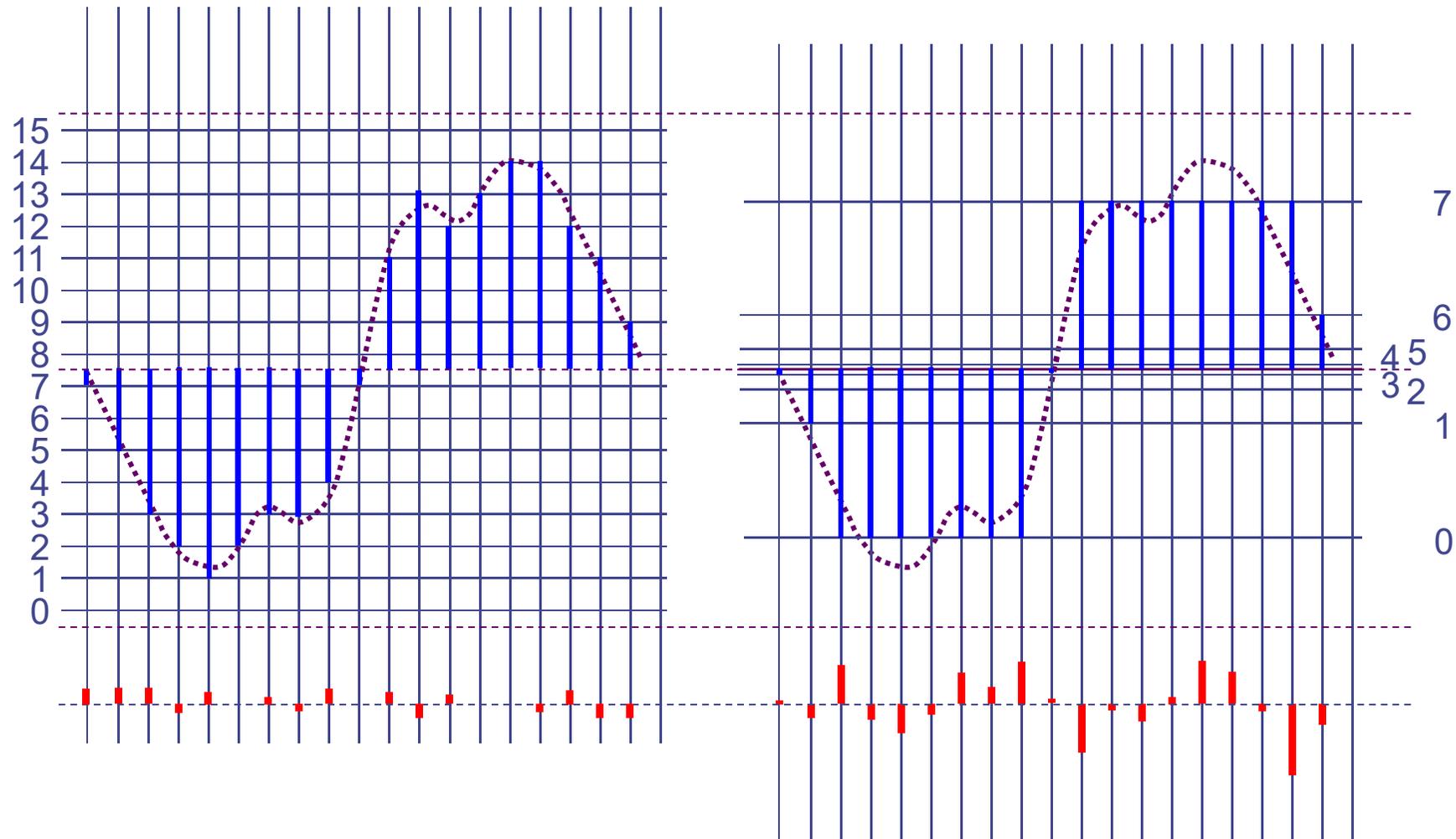
- Regioni date da parola binaria
- Quali regioni data quantizzazione:
  - *uniforme*: intervalli equi-spaziati
  - *non uniforme*: intervalli spaziati differentemente



## Quantizzazione uniforme e ampiezze ridotte

- regioni di quantizzazione ...
  - spaziate di meno per ampiezze deboli
  - spaziate di più per ampiezze elevate (maggiore errore di quantizzazione)
- la quantizzazione non uniforme slega SQNR e gamma dinamica

# Quantizzazione: 4 bit lin e 3 bit log



## Quantizzazione logaritmica

- assegna i valori a regioni uniformi sulla scala logaritmica
- qualità: con 8 bit log si ottiene la gamma dinamica di un quantizzatore lineare a 13-14 bit
- SQNR: un convertitore 8-bit log va meglio di un convertitore 8-bit lin alle ampiezze basse, ma peggio alle ampiezze elevate

## Vantaggi e svantaggi

- produce risparmi di memoria
- in generale, migliore qualità audio a parità di sr
- più complesso applicare le tecniche di elaborazione del segnale (la somma di due segnali corrisponde al prodotto)

## 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.