

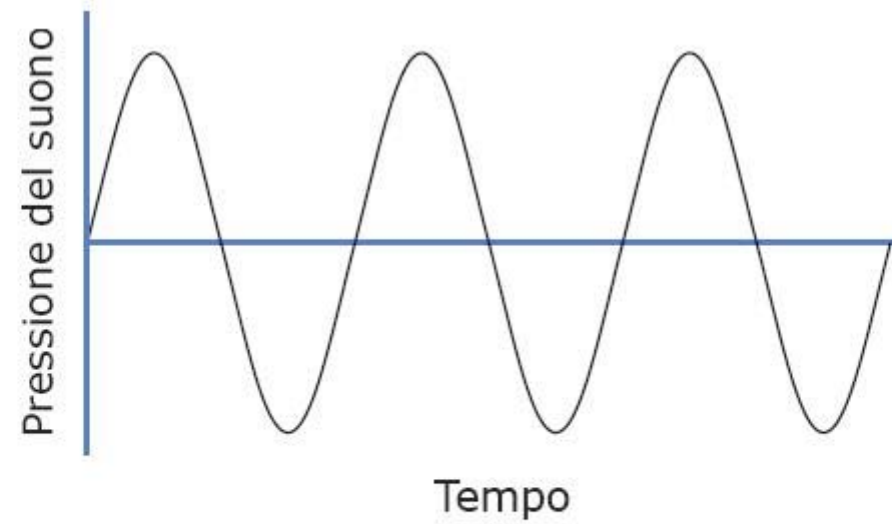


Digitalizzare il suono

- Un oggetto produce suono vibrando all'interno di un mezzo come l'aria
 - Le vibrazioni si trasmettono nell'aria
 - Le onde di pressione sono emanate dall'oggetto e fanno vibrare i nostri timpani
 - La *forza* o intensità della pressione determina il volume
 - La *frequenza* (numero di oscillazioni al secondo) è l'altezza (tonalità)



Digitalizzare il suono



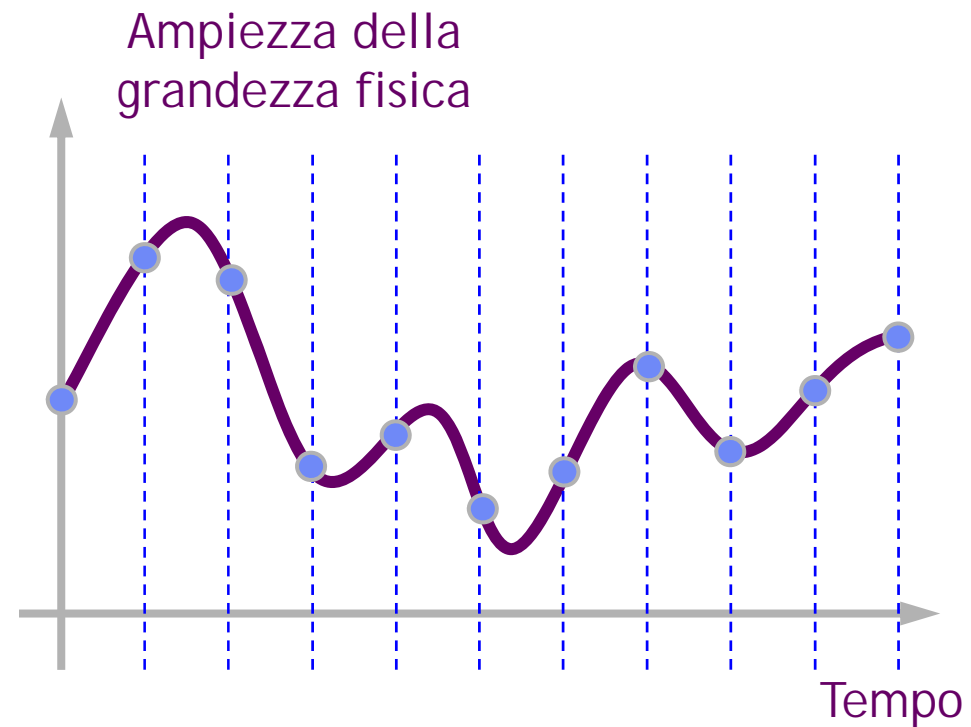


Digitalizzare il suono

- Per digitalizzare informazioni continue bisogna convertirle in bit
- È possibile esprimere con un numero binario la distanza dell'onda dall'asse (la quantità di pressione positiva o negativa)
- Quando dobbiamo eseguire le misure? Non possiamo registrare ogni punto dell'onda

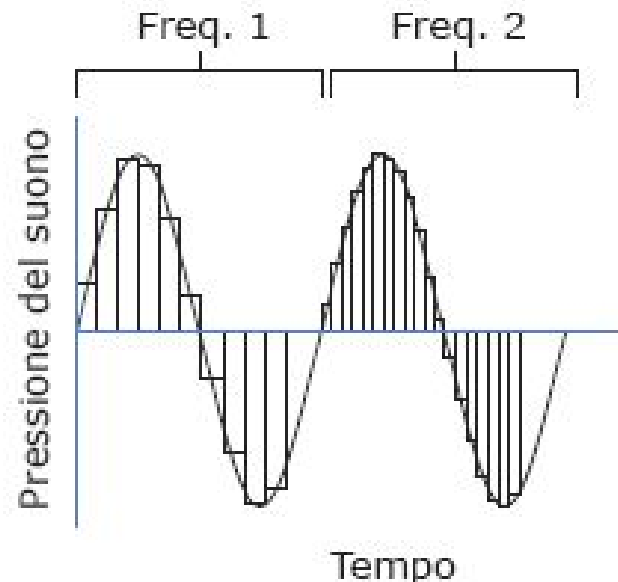
Digitalizzare il suono: Campionamento

- La grandezza varia nel tempo e non può essere rappresentata da un solo valore.
- I valori di riferimento debbono essere rilevati in diversi istanti di tempo (frequenza di campionamento).



Digitalizzare il suono: Campionamento

- Si prendono le misure a intervalli regolari
- Il numero di misurazioni al secondo è la *frequenza di campionamento*
 - maggiore è la frequenza, più accurata sarà la registrazione



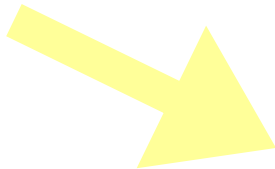
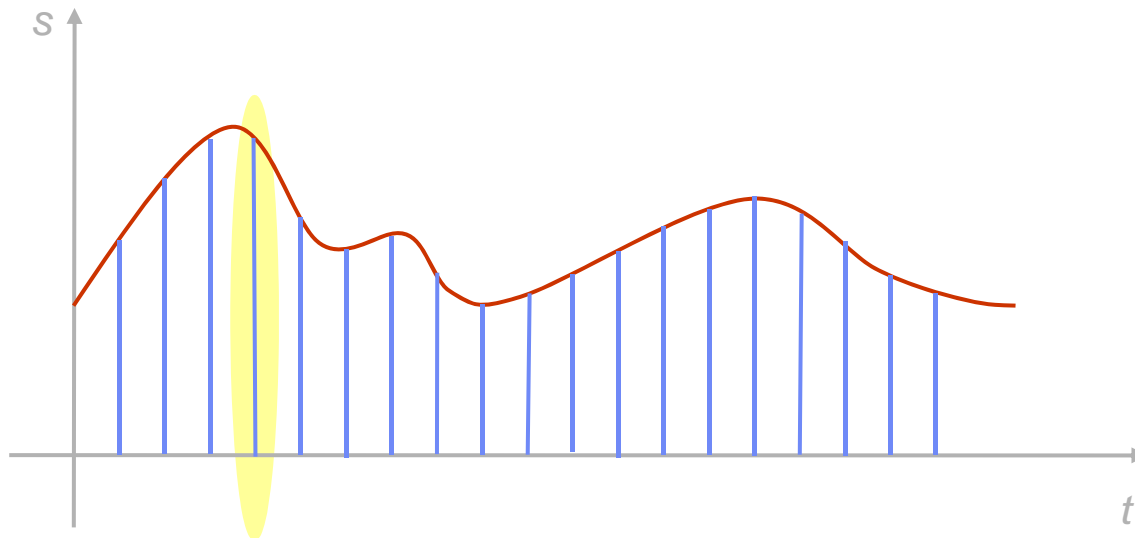


Digitalizzare il suono: Campionamento

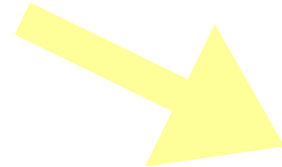
- La frequenza di campionamento dovrebbe essere legata alla frequenza dell'onda
 - una frequenza troppo bassa potrebbe perdere dettagli che "si infilano" tra un campione e l'altro
 - ***regola di Nyquist*: la frequenza di campionamento deve essere almeno il doppio di quella massima contenuta nel segnale audio da registrare**
 - ◆ dato che l'uomo può percepire suoni fino a 20.000 Hz, un campionamento di 40.000 Hz è sufficiente
 - ◆ la frequenza standard è 44.100 Hz (44,1 KHz)



Digitalizzare il suono: Quantizzazione



$$s(t_i) = 64.7478132412561726$$



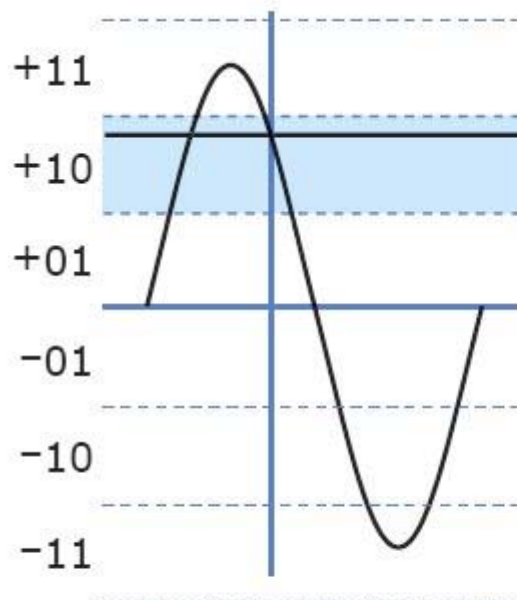
$$S_i = 64.75 = 0100000011000011$$



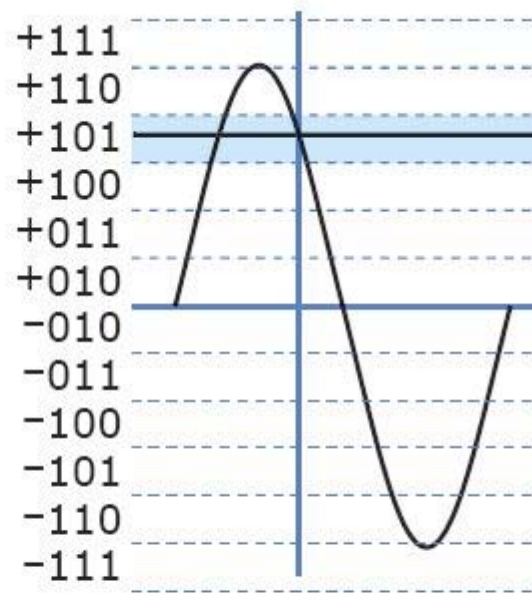
Digitalizzare il suono: Quantizzazione

- Quanto deve essere accurato un campione?
 - i bit devono rappresentare i valori sia positivi che negativi
 - più bit ci sono, più è accurato il campione
 - la rappresentazione digitale dei CD audio utilizza 16 bit (registra 65.536 livelli, la metà per i valori positivi e altrettanti per quelli negativi)

Digitalizzare il suono: Quantizzazione



(a)

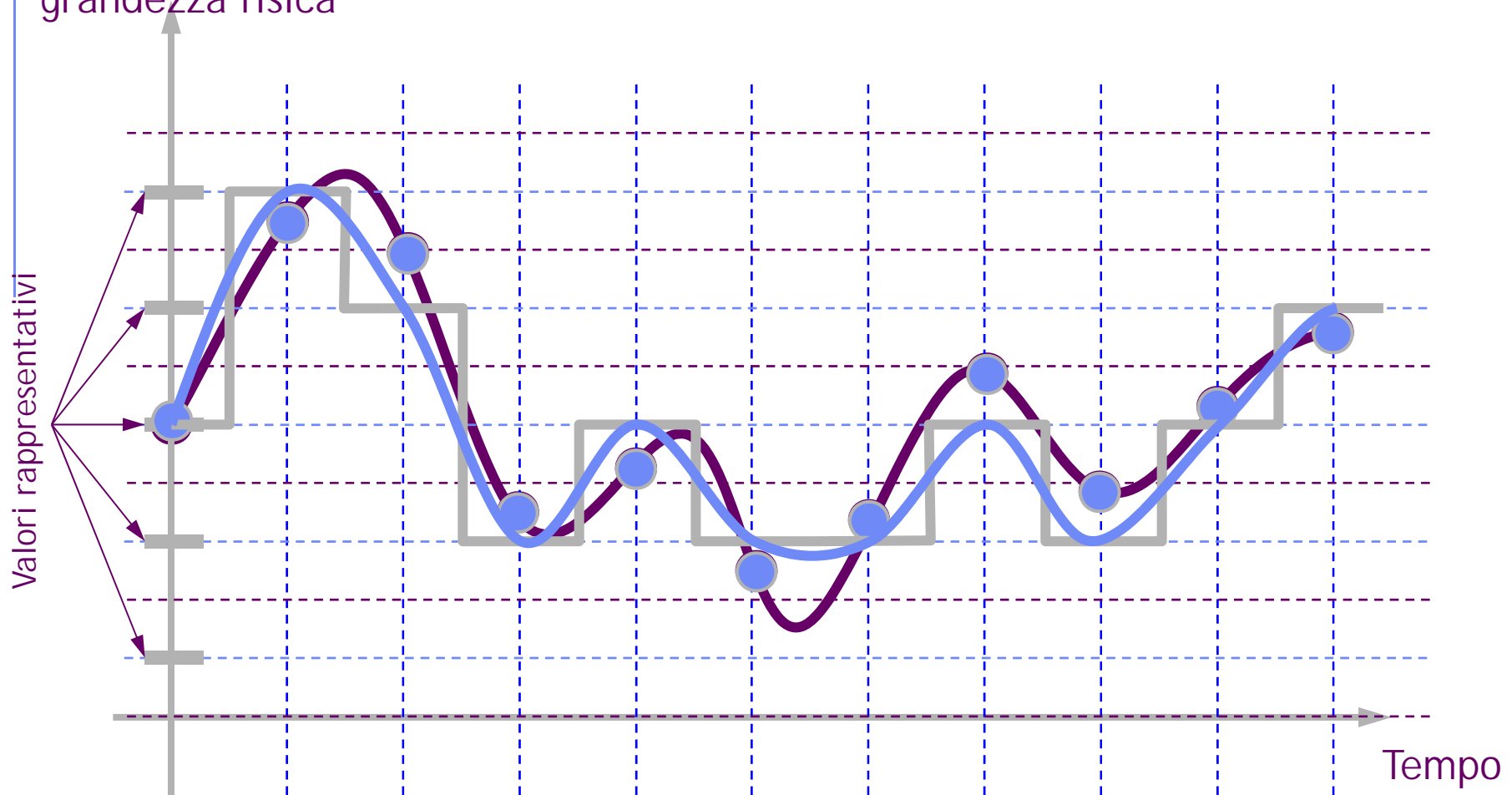


(b)

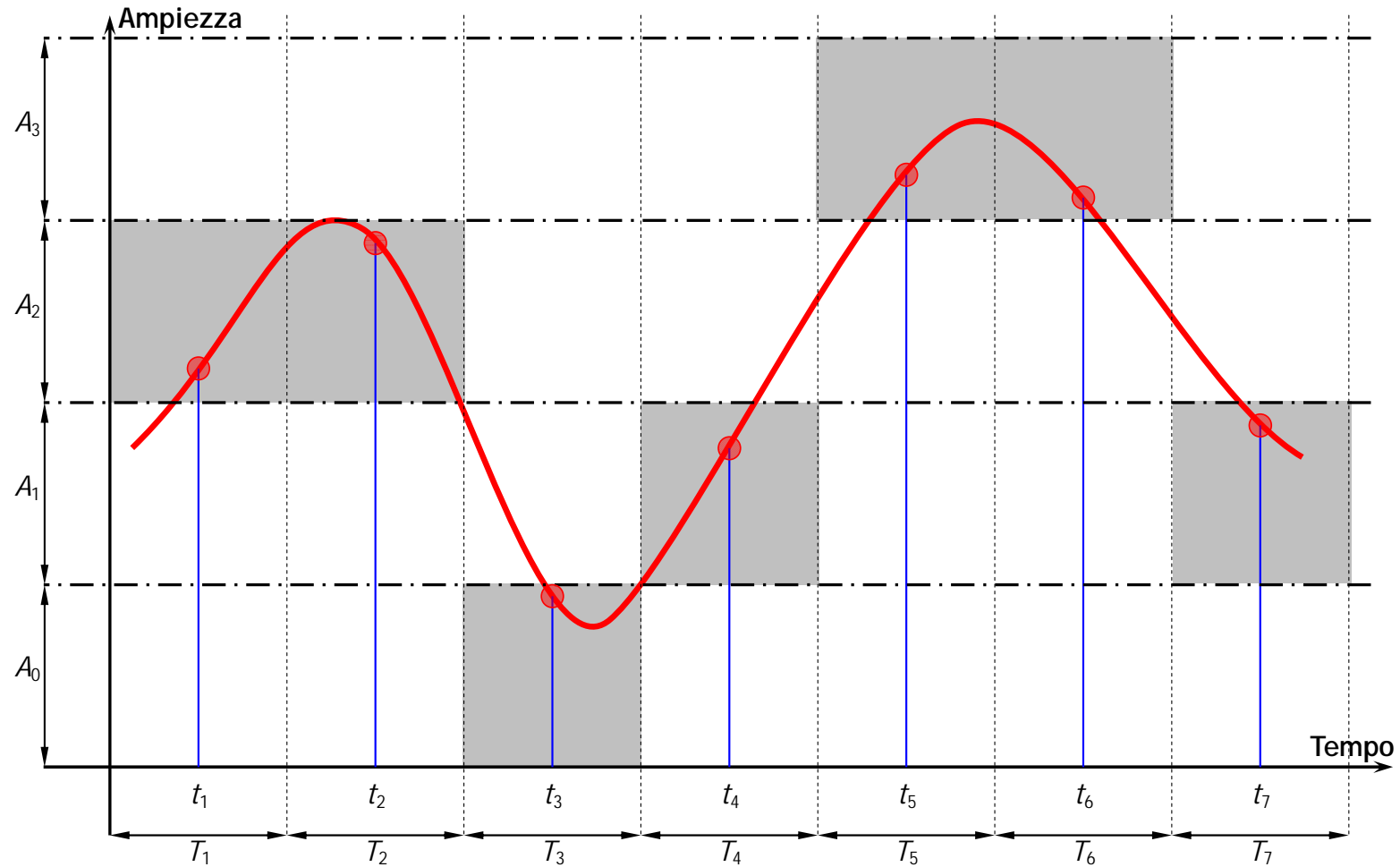
- (a) Usando campioni a tre bit il valore letto sarà approssimato come +10.
(b) Aggiungere un altro bit raddoppia l'accuratezza del campione.

Campionamento e quantizzazione

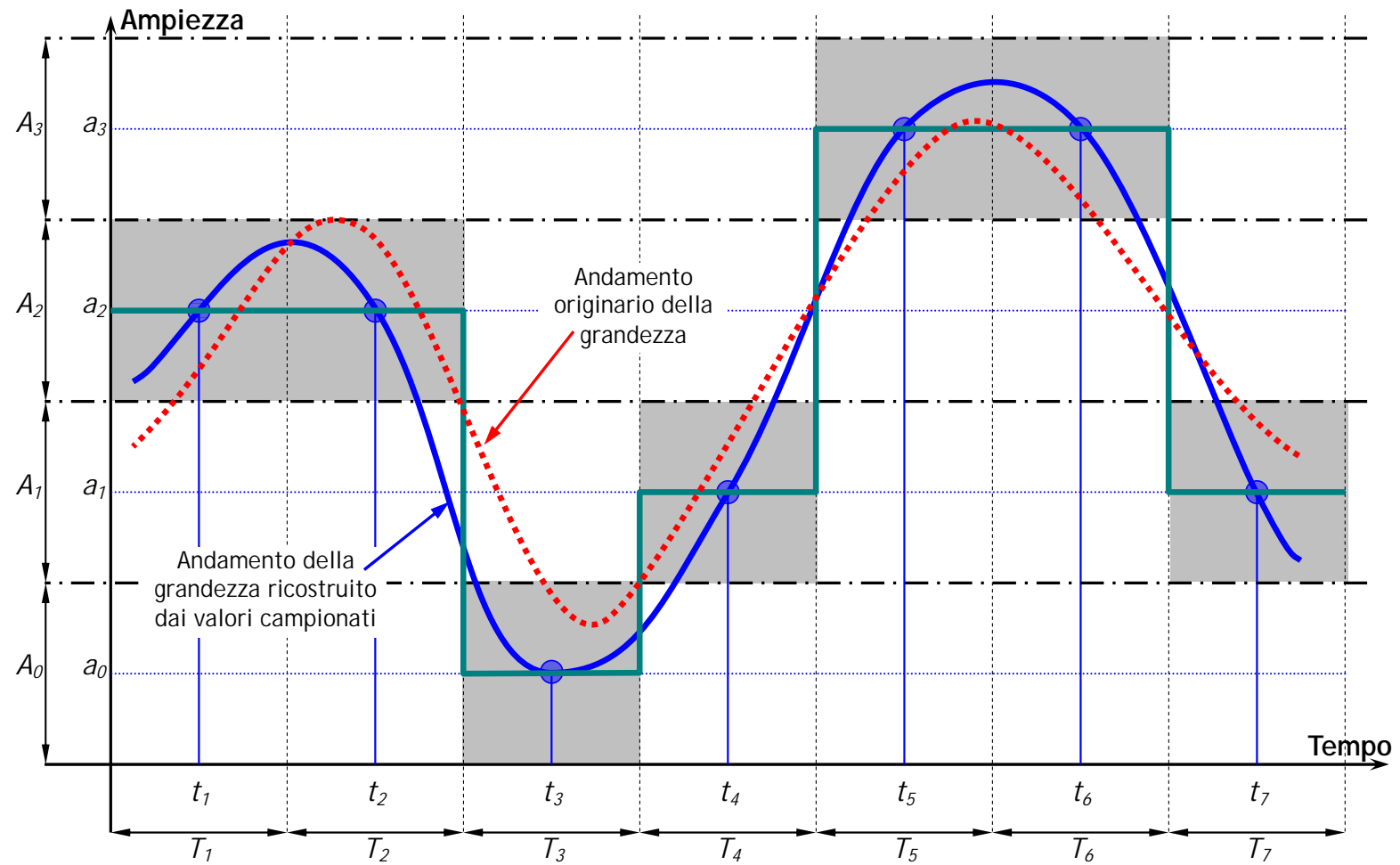
Ampiezza della
grandezza fisica



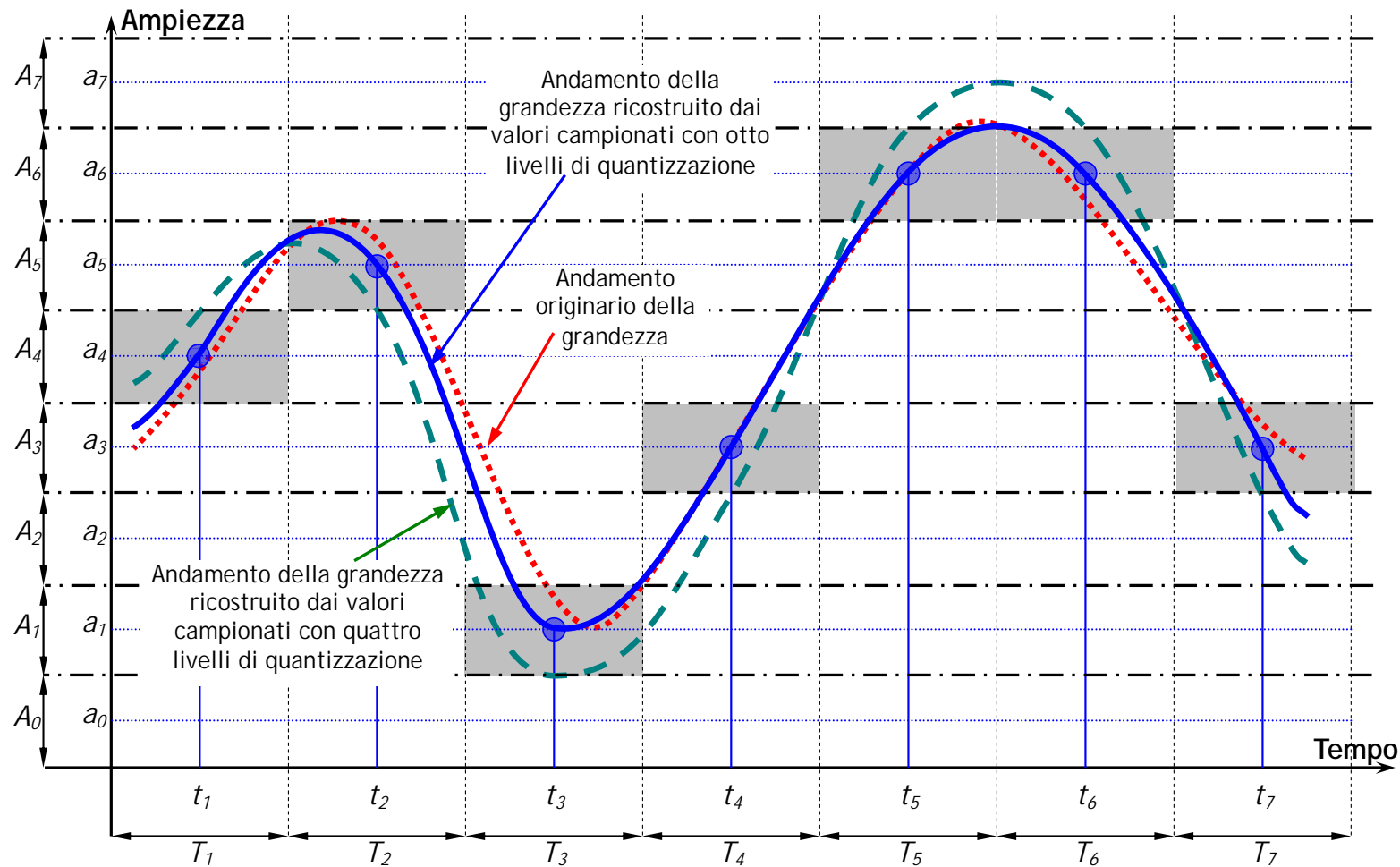
Campionamento e quantizzazione



Ricostruzione

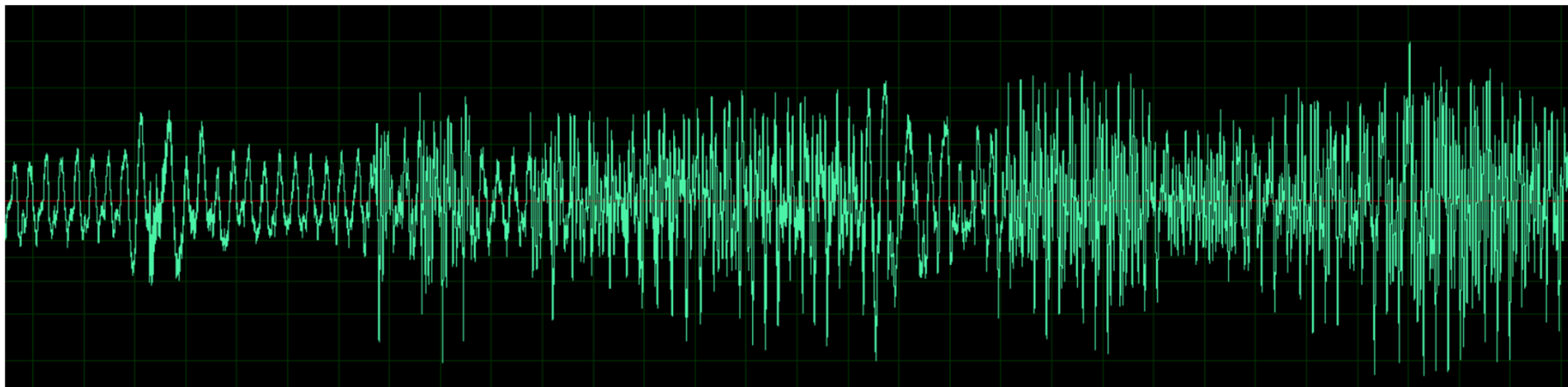


Quantizzazione su più livelli



Suono digitale

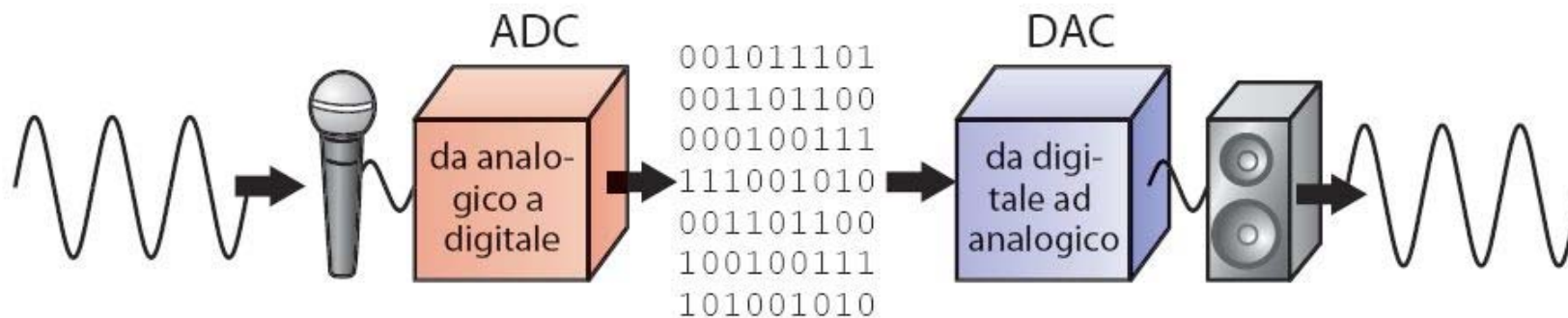
- Formato standard per i CD audio
 - frequenza di campionamento di 44'100 Hz
 - quantizzazione su 65'536 livelli
(un campione viene codificato su 16 bit)
- Un secondo di musica stereo richiede 44'100 campioni di 16 bit (2 byte) ciascuno per due canali, quindi 176'400 byte.
- L'errore che si commette nella ricostruzione del segnale sonoro è difficilmente rilevabile da parte di un orecchio umano.



Processo analogico-digitale-analogico

- Processo di digitalizzazione:
 - il suono è convertito dal microfono (*trasduttore*)
 - Il segnale entra in un *convertitore analogico-digitale* (ADC), che campiona l'onda a intervalli regolari e la passa alla memoria sotto forma di numeri binari

- Riproduzione del suono:
 - I numeri passano dalla memoria a un *convertitore digitale-analogico* (DAC), che ricrea l'onda elettrica più semplice che "passa" per tutti i punti rappresentati dal valore dei campioni
 - Il segnale entra poi in un altoparlante che lo converte in onda sonora



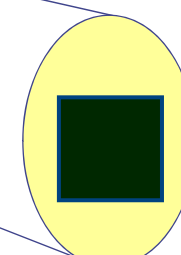
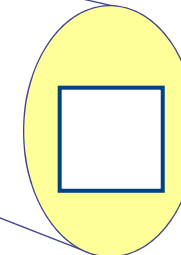
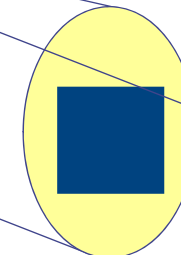
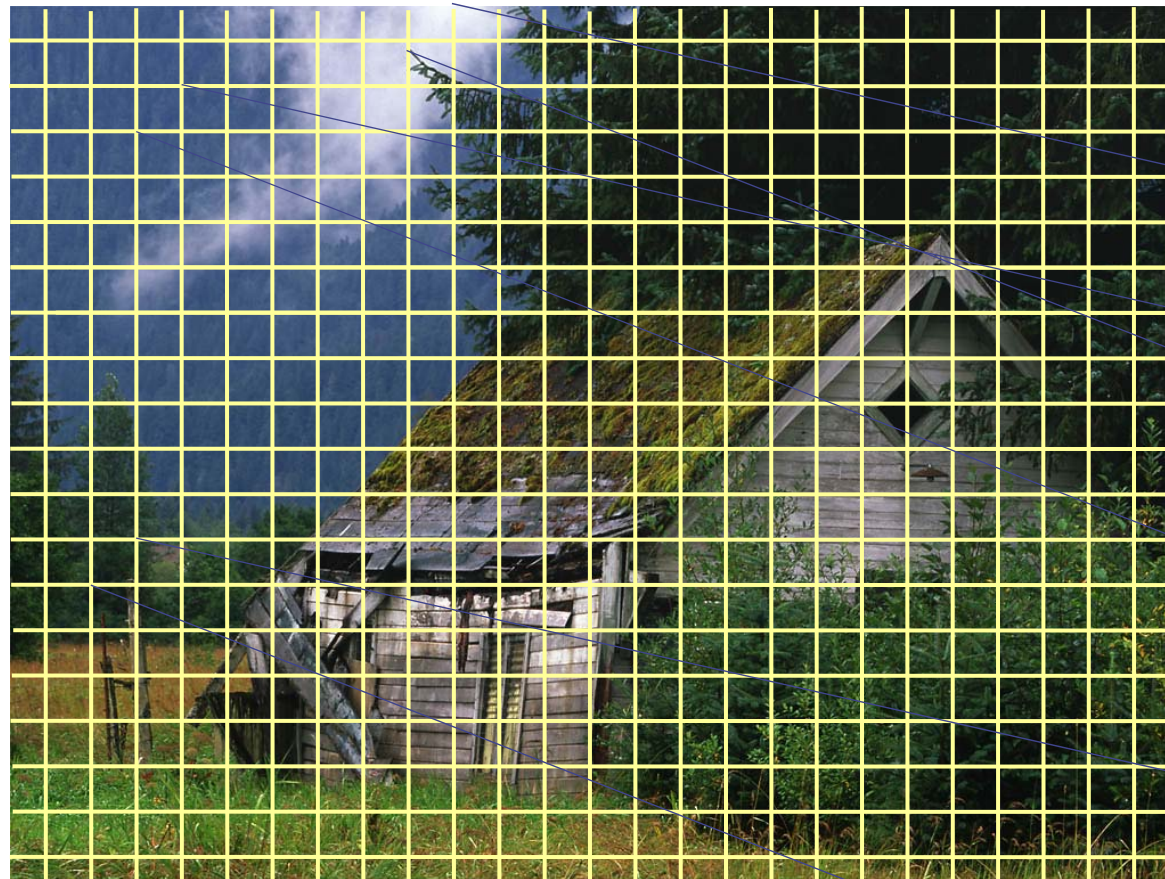


Vantaggi del suono digitale

- Possiamo eseguire facilmente elaborazioni
- Compressione
 - un'applicazione è la compressione dell'audio digitale (riduzione del numero di bit necessari alla rappresentazione)
 - le frequenze che l'orecchio umano non può udire sono rimosse
 - un file MP3 in generale arriva a un fattore di compressione di 10:1
- Riprodurre una registrazione
 - i bit possono essere copiati senza perdere informazioni
 - l'originale e la copia sono esattamente uguali



Digitalizzazione delle immagini



Digitalizzazione delle immagini

- Rappresentazione binaria dei colori RGB
 - un colore sul monitor è specificato da tre componenti: rosso, verde e blu
 - l'intensità di ogni colore è rappresentata da una quantità (da 0 a 255)
 - Ogni intensità RGB è rappresentata da un byte (8 bit)
 - l'intensità più bassa è 0000 0000, la più alta è 1111 1111

- Alcuni esempi:
 - **Rosso** -> R 1111 1111 G 0000 0000 B 0000 0000 (0xFF0000)
 - **Verde** -> R 0000 0000 G 1111 1111 B 0000 0000 (0x00FF00)
 - **Blu** -> R 0000 0000 G 0000 0000 B 1111 1111 (0x0000FF)
 - -> R 1111 1111 G 1111 1111 B 1111 1111 (0xFFFFFFFF)
 - **Nero** -> R 0000 0000 G 0000 0000 B 0000 0000 (0x000000)
 - **Giallo** -> R 1111 1111 G 1111 1111 B 0000 0000 (0xFFFF00)
 - **Magenta** -> R 1111 1111 G 0000 0000 B 1111 1111 (0xFF00FF)
 - **Ciano** -> R 0000 0000 G 1111 1111 B 1111 1111 (0x00FFFF)
 - **Grigio** -> R 0100 1010 G 0100 1010 B 0100 1010 (0x4A4A4A)