



# Lezione 3 - Dati Multimediali: L'audio

<https://www.youtube.com/watch?v=2UMNG6EhOrs>

## Introduzione

L'audio è causato da variazioni nella pressione dell'aria. Le frequenze udibili dall'uomo vanno da 20 a 20mila hz

I descrittori fondamentali del suono sono:

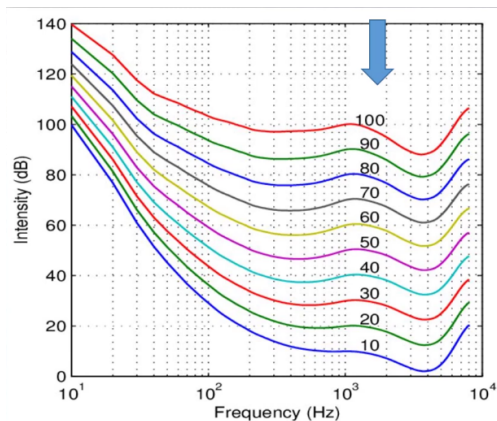
- Ampiezza
- Frequenza

Entrambe queste variabili cambiano nel tempo

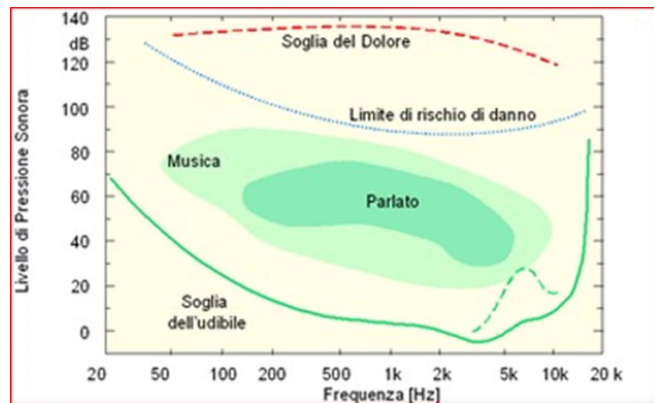
L'orecchio umano non è lineare, e la capacità uditiva non è sempre la stessa. Le capacità umane non sono, quindi, lineari né rispetto all'ampiezza né rispetto alla frequenza

## Curve Isofoniche

Curve che descrivono quali livelli sonori (in dB) percepiamo essere uguali al variare della frequenza, cioè con “ugual volume” (in phon)



Esempio di curva Fletcher e Munson



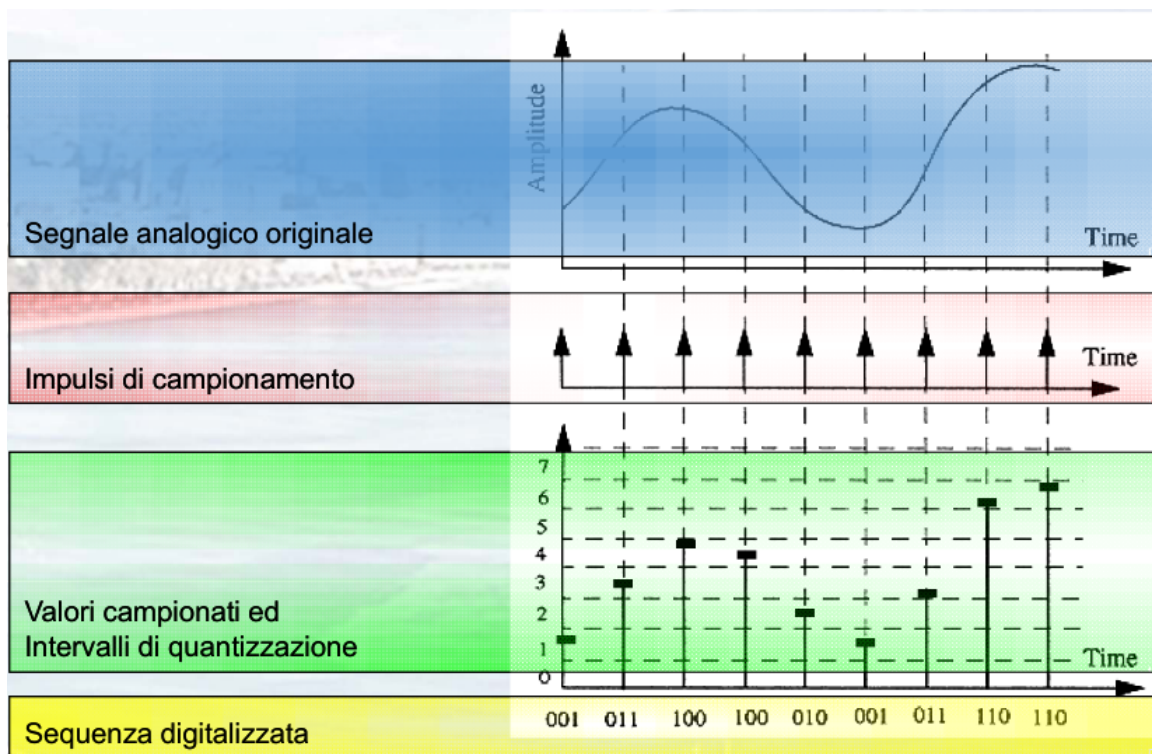
Soglie dell'udito umano

L'energia necessaria per riprodurre una certa frequenza varia in base alla frequenza stessa (frequenze basse → più energia)

## Rappresentazione digitale dell'audio

### Conversione Analogico → Digitale

1. Acquisizione del segnale analogico originale
2. A ogni istante di tempo fissato, dato dagli impulsi di campionamento, prendiamo un punto specifico sul grafico del segnale digitale
3. Trasformiamo il valore letto sulla curva in una grandezza discreta, prendendone il valore
4. Questi valori trovati vanno ulteriormente discretizzati e approssimati a un valore specifico (binario), seguendo i valori delle fasce di quantizzazione



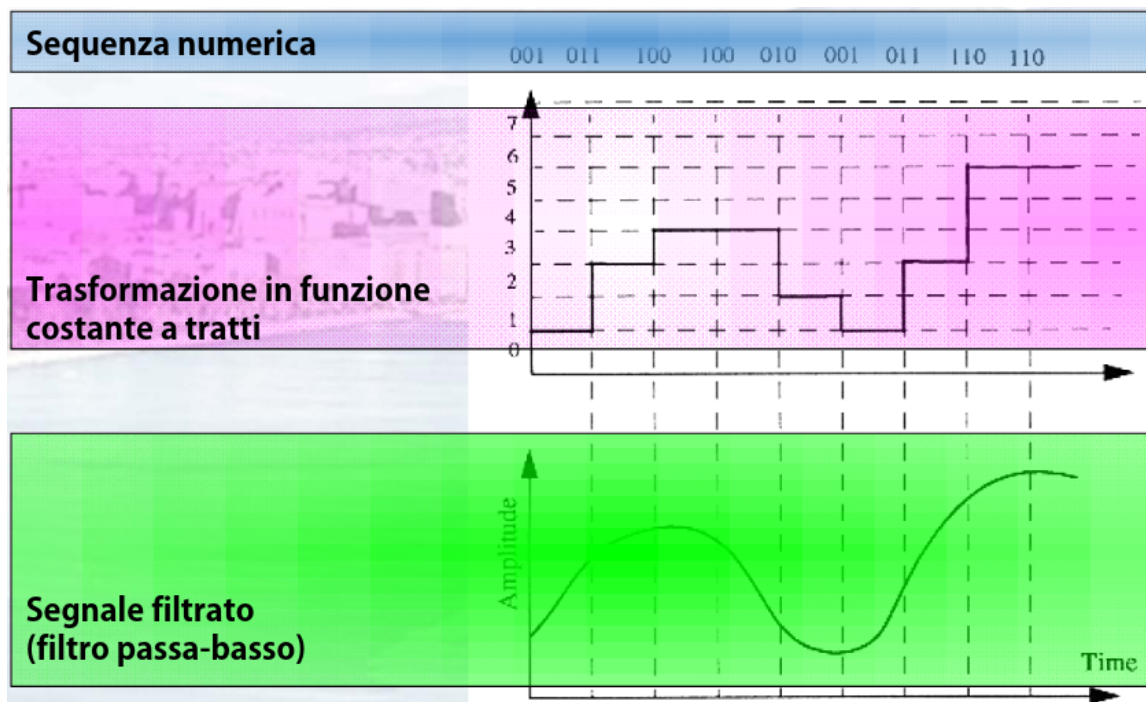
Schema di conversione di un segnale audio

Fasi specifiche della conversione:

1. Campionamento → Prelievo di valori, ancora di tipo analogico, assunti dal segnale in certi intervalli di tempo
2. Quantizzazione → Conversione dei valori continui in valori discreti. L'intervallo del segnale viene suddiviso in un numero fisso di sotto-intervalli di uguale dimensione. La grandezza del sotto-intervallo di quantizzazione è detta **passo di quantizzazione**
3. Codifica → Processo di rappresentazione numerica dei valori quantizzati

## Conversione Digitale → Analogica

1. Il processo parte da una sequenza digitalizzata di valori in binario
2. I valori vengono trasformati in una funzione costante a tratti
3. Si applica un filtro (passa-basso) per trasformare la funzione in un segnale filtrato
  - a. Filtro passa-basso → Impedisce il passaggio alle frequenze elevate



Schema di ri-conversione di un segnale

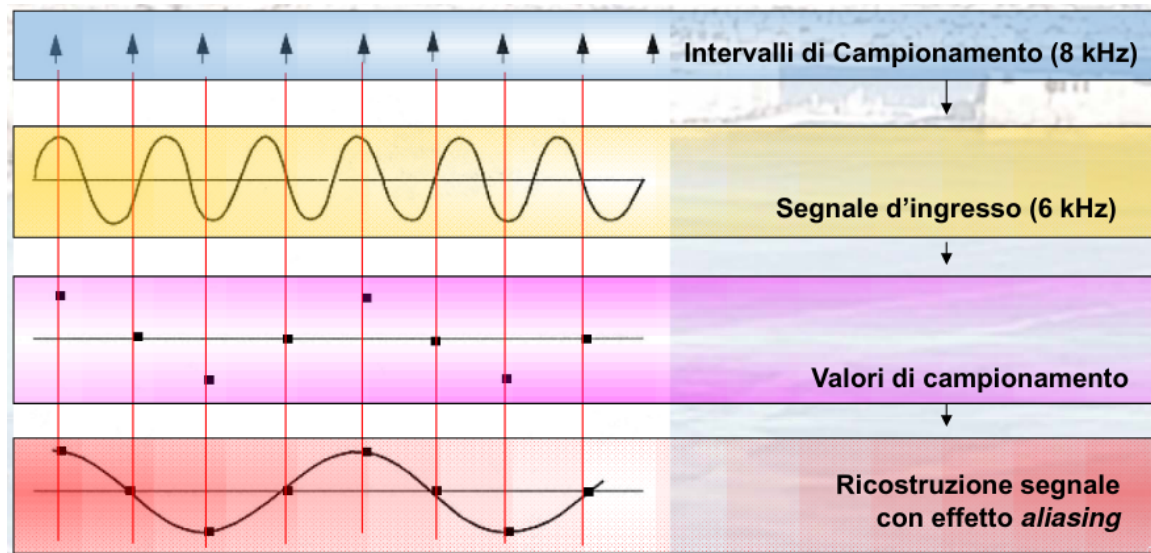
## Teorema di Nyquist

La Frequenza di Campionamento è strettamente dipendente dalla frequenza massima del segnale analogico da convertire

Infatti il teorema di Nysquit afferma che:

Se in un segnale analogico c'è una componente con frequenza fino a  $f$  Hz, allora la frequenza di campionamento dovrebbe essere almeno  $2f$  Hz

Se non si rispetta il teorema di Nyquist si incorre in una ricostruzione errata:



## Errore di quantizzazione

L'errore di quantizzazione si trova attraverso la formula:

$$E = \max(Q_i, A_i)$$

dove  $Q_i$  rappresenta il campione quantizzato, mentre  $A_i$  rappresenta il segnale analogico

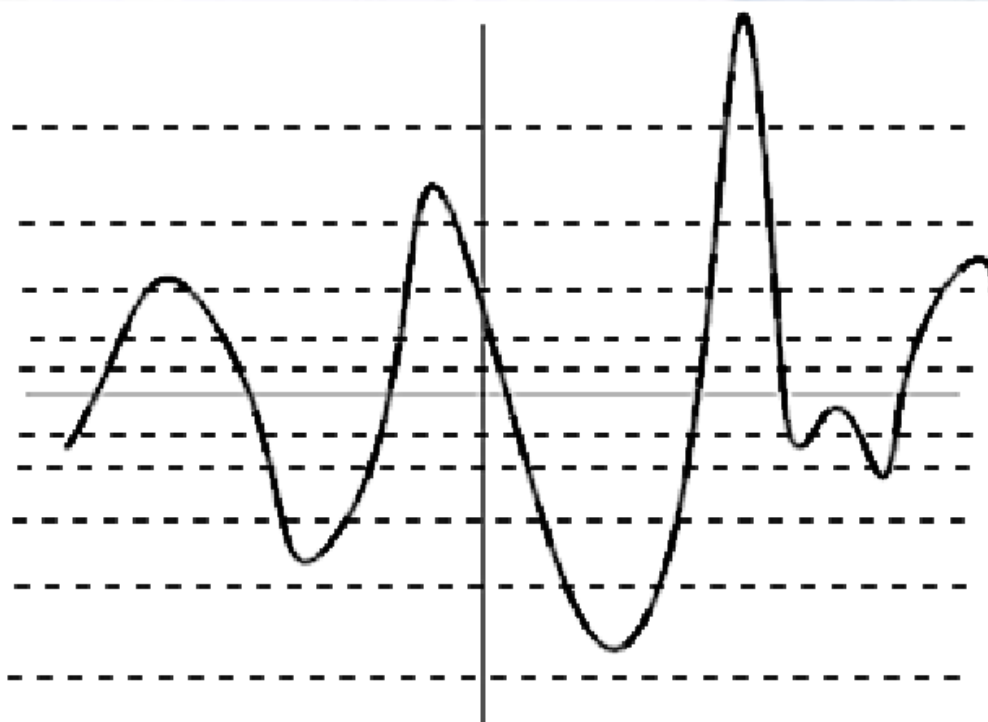
- Il numero  $Q$  dei livelli di quantizzazione determina la quantità  $b$  di bit necessaria per rappresentare ogni campione:  $b = \log_2(Q)$
- La qualità del segnale SNR (Signal Noise Ratio) viene misurata in decibel:

$$SNR = 20 \log_{10}\left(\frac{S}{N}\right) = 20b \log_{10}(2) = 6b$$

## Compressione dell'audio: Companding

Solitamente, per identificare le ordinate, si definiscono delle fasce di quantizzazione. Non è detto, però, che queste fasce devono essere di grandezza uguale

A volte, infatti, conviene avere fasce più strette nelle aree in cui le frequenze sono di maggior significato, per ottenere maggiore fedeltà



Allo stesso modo, si può parlare di campionamento variabile. In una certa zona, nella quale ci sono frequenze più elevate, posso utilizzare degli intervalli di campionamento più piccoli per ottenere massima fedeltà

## Predictive Coding

Quando leggo il valore di un'ordinata e devo leggere il valore successivo, anziché codificare il valore successivo effettivo, vado a codificare la predizione del valore del campione e il valore del campione attuale

Il valore della predizione si ricava dai valori precedenti assunti dal segnale; il valore è quindi noto sia al codificatore che al decodificatore

L'efficacia è data da:

- Campioni vicini sono strettamente correlati
- Per codificare una differenza occorre un numero inferiore di bit

Se le differenze risultino essere molto grandi vengono introdotti degli algoritmi correttivi

## Audio sintetico MIDI

- Musical Instrument Digital Interface

Il formato MIDI non contiene musica preregistrata, ma le direttive e le specifiche per la sua riproduzione (come uno spartito musicale)

Esegui una nota  $N$  con una durata  $T$  e uno strumento  $S$