

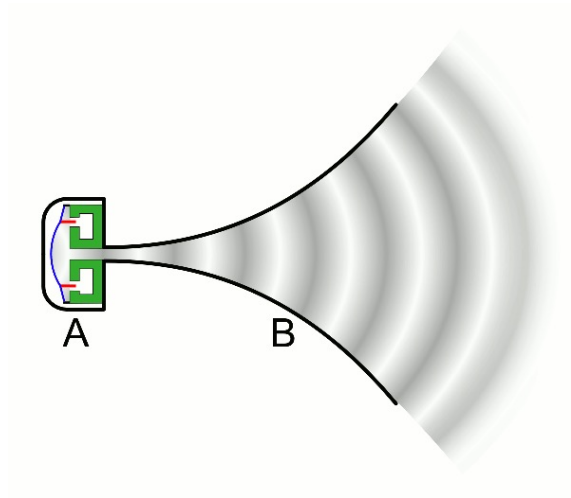
# Sound processing

Fondamenti Elaborazione dei Segnali e Immagini  
(FESI)

Francesca Odone [francesca.odone@unige.it](mailto:francesca.odone@unige.it)

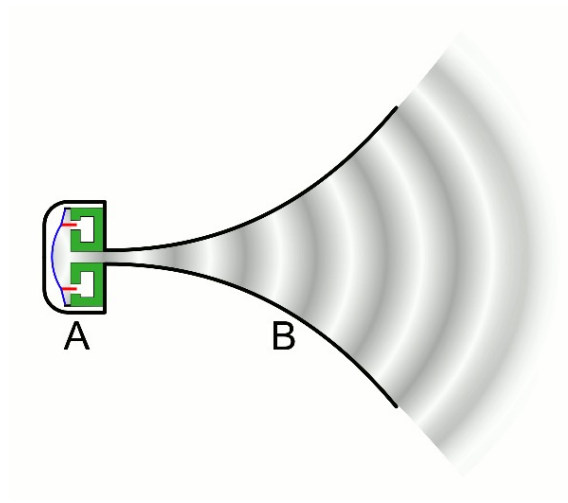
# Introduzione: il suono

- Il suono che percepiamo corrisponde ad un complesso fenomeno fisico di variazione della pressione dell'aria vicino all'apparato uditivo
  - Variazioni ampie sono suoni forti
  - Variazioni rapide rappresentano suoni toni alti



# Introduzione: il suono

- La sorgente emette un suono, che si propaga nel mezzo di trasmissione (di solito, l'aria)



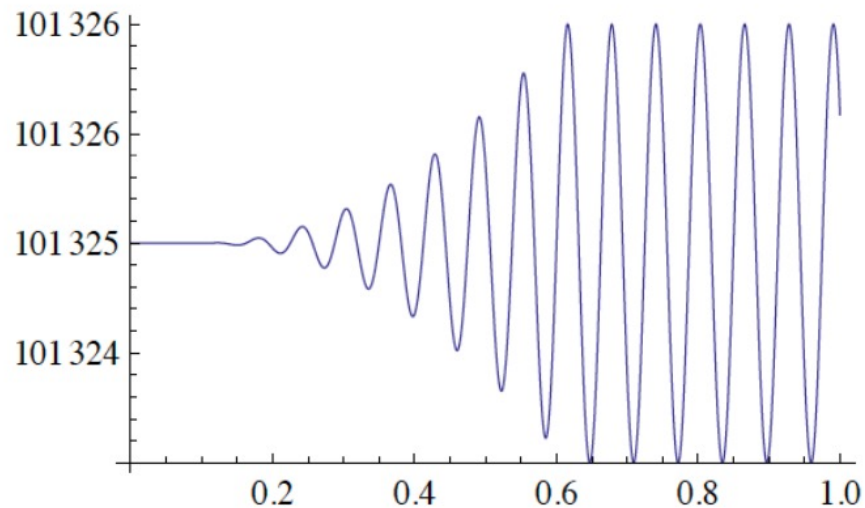
Se siamo fermi in un punto, osserviamo l'aria spostarsi nel tempo in questo modo:



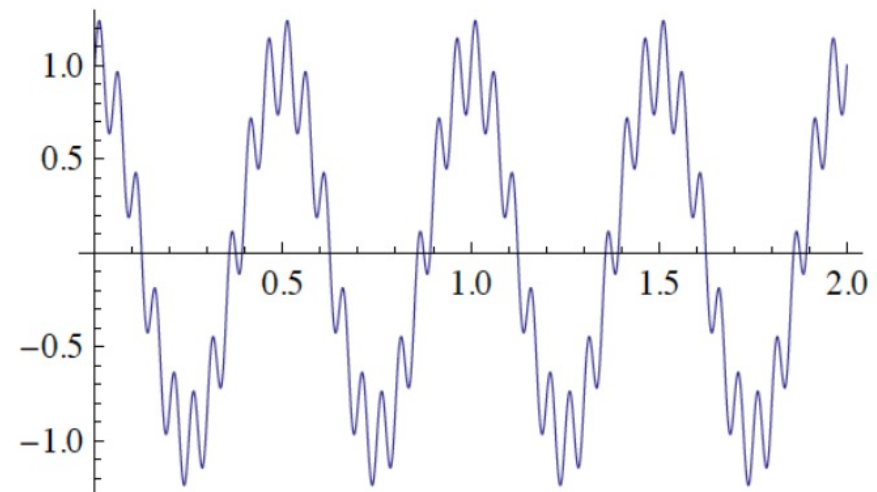
è una funzione matematica del tempo  
(segnale unidimensionale del tempo)

# Pressione e decibel

Il suono può anche essere descritto in termini della deviazione dalla pressione dell'aria media



(a) A sound shown in terms of air pressure

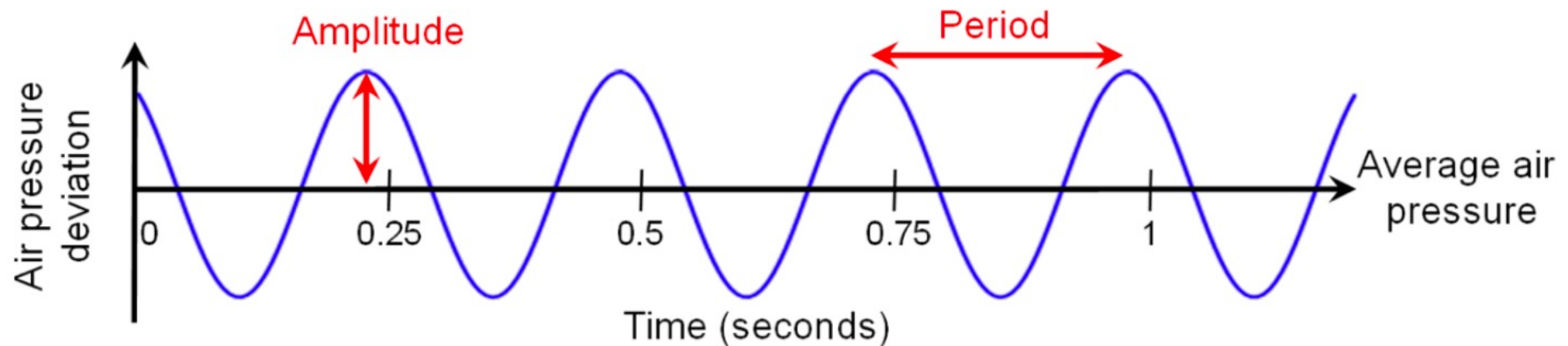


(b) A sound shown in terms of the difference from the ambient air pressure

# Frequenza del suono

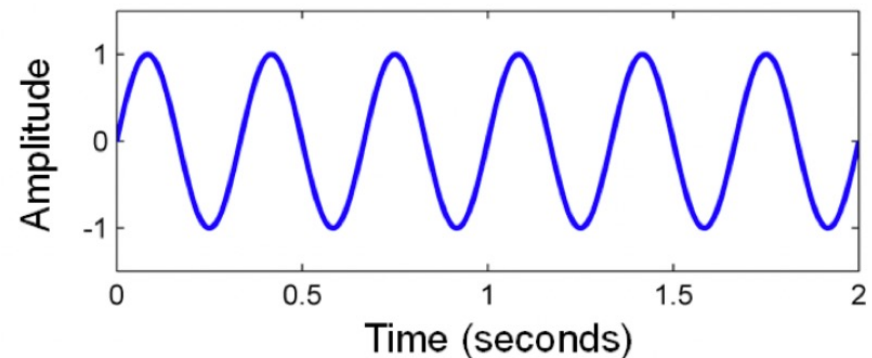
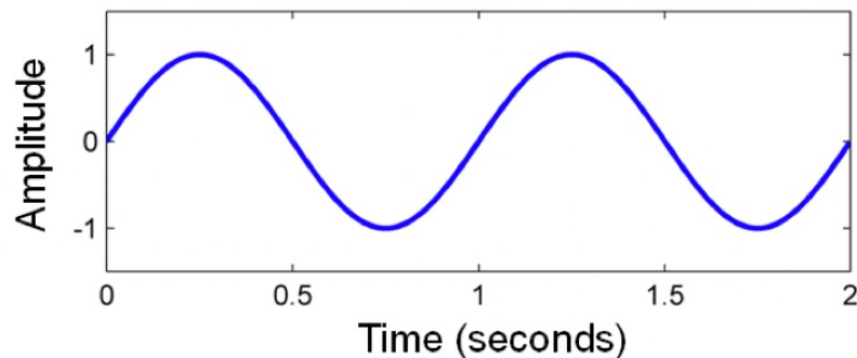
Frequenza:

- numero di vibrazioni al secondo (raddoppiando il numero di vibrazioni salgo di un'ottava)
- Unità di misura: Hertz, numero di vibrazioni al secondo
- Frequenze alte (suono acuto) frequenze basse (suono grave)



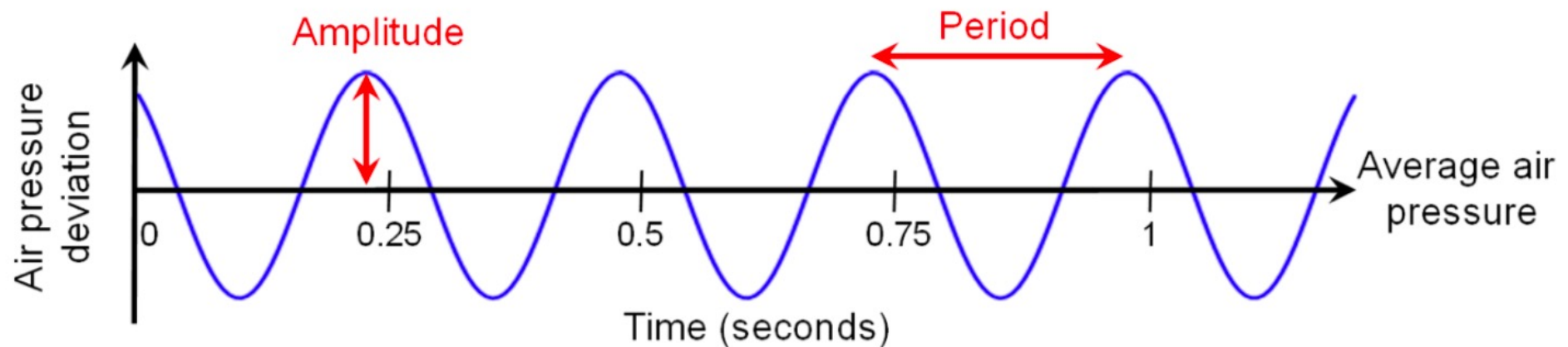
# Frequenza del suono

- Per essere percepite come suono, le vibrazioni devono cadere all'interno di un intervallo predefinito:
  - per un essere umano con un buon udito, il numero di variazioni al secondo deve essere nel range [20Hz-20KHz]
  - Sopra ai 20KHz ultrasuoni
  - Sotto i 20 Hz Infrasuoni



# Intensità del suono

- L'intensità del suono è legata all'ampiezza della vibrazione
- Più è ampia la vibrazione più il suono è forte
- L'intensità si misura in decibel
- L'intensità ha un range di “accettabilità” compreso tra
  - Soglia di udibilità
  - Soglia del dolore (130 DB)

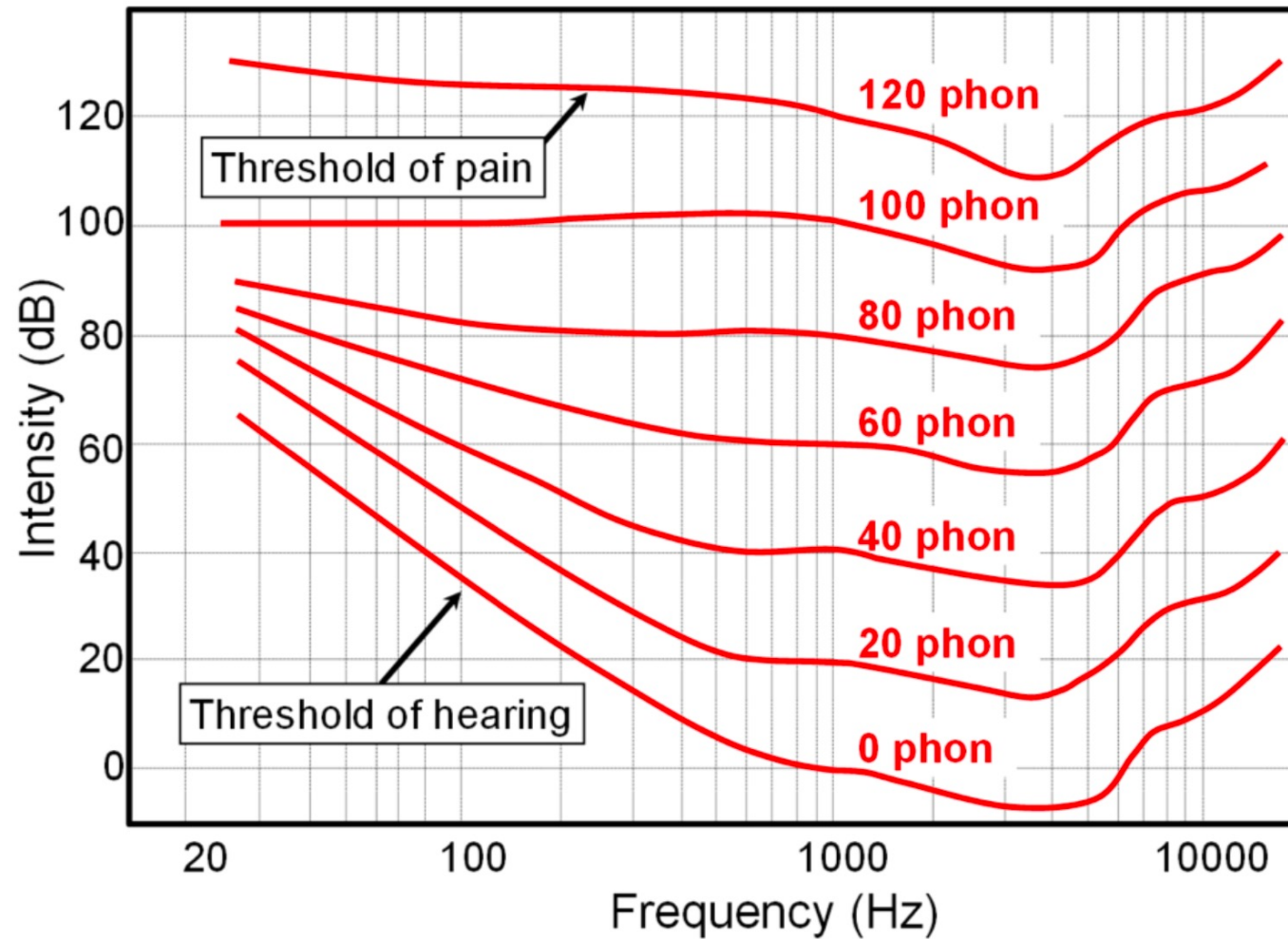


# Intensità del suono

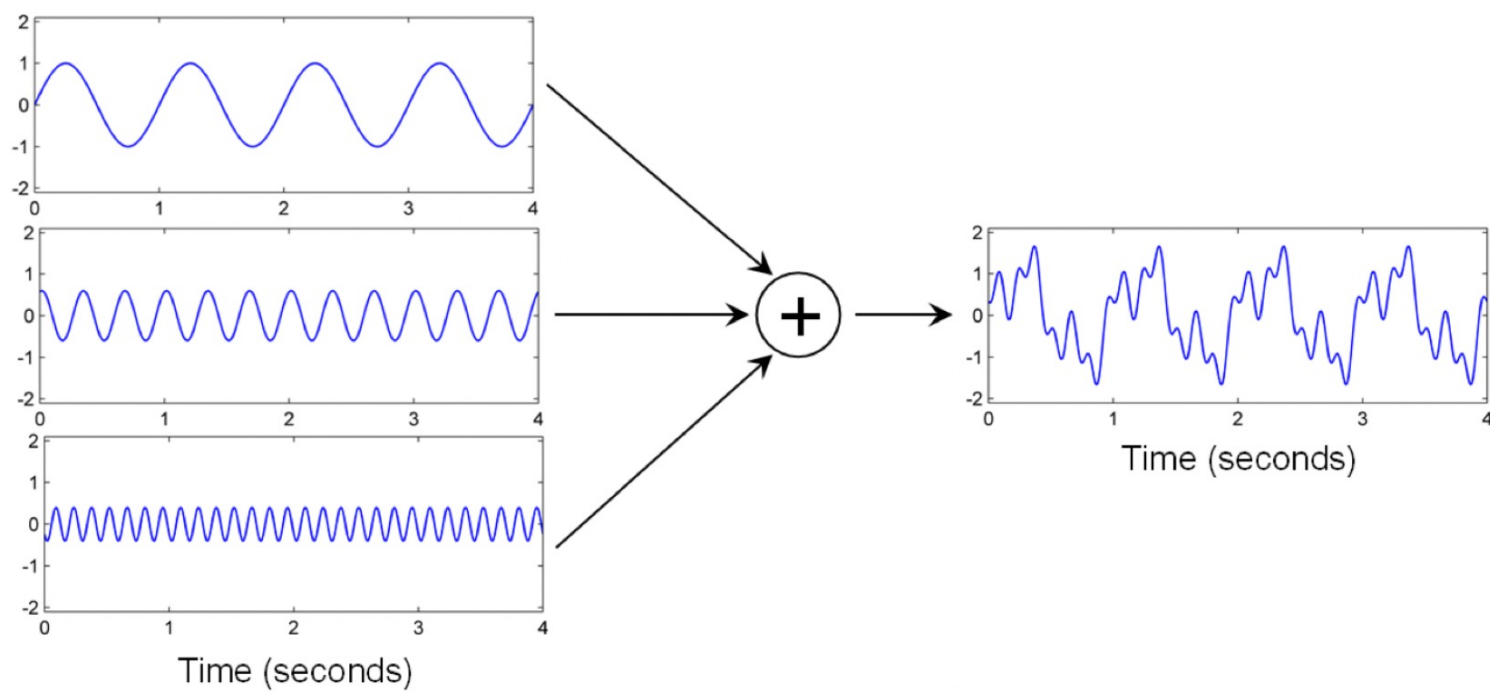
Source	Intensity	Intensity level	× TOH
Threshold of hearing (TOH)	$10^{-12}$	0 dB	1
Whisper	$10^{-10}$	20 dB	$10^2$
Pianissimo	$10^{-8}$	40 dB	$10^4$
Normal conversation	$10^{-6}$	60 dB	$10^6$
Fortissimo	$10^{-2}$	100 dB	$10^{10}$
Threshold of pain	10	130 dB	$10^{13}$
Jet take-off	$10^2$	140 dB	$10^{14}$
Instant perforation of eardrum	$10^4$	160 dB	$10^{16}$



# Frequenza e intensità del suono

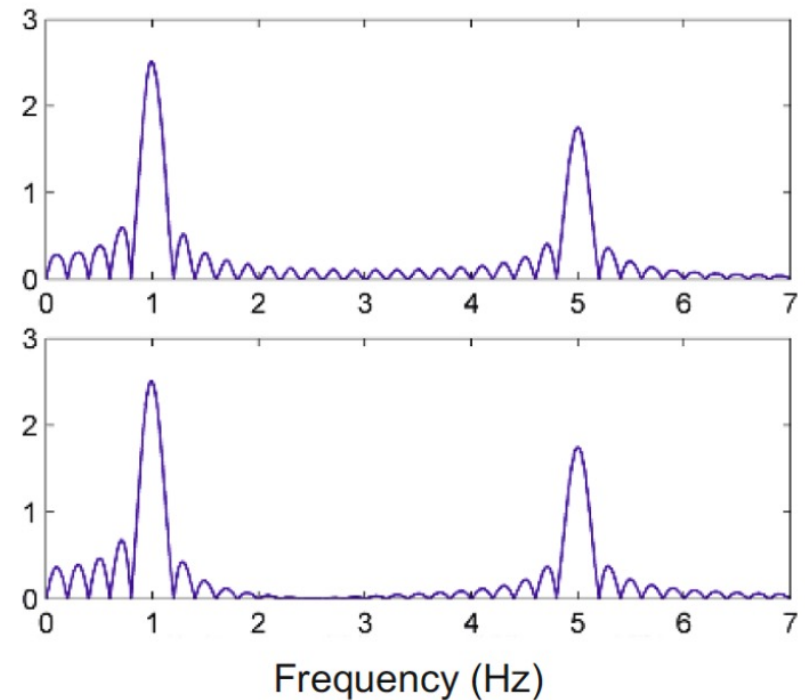
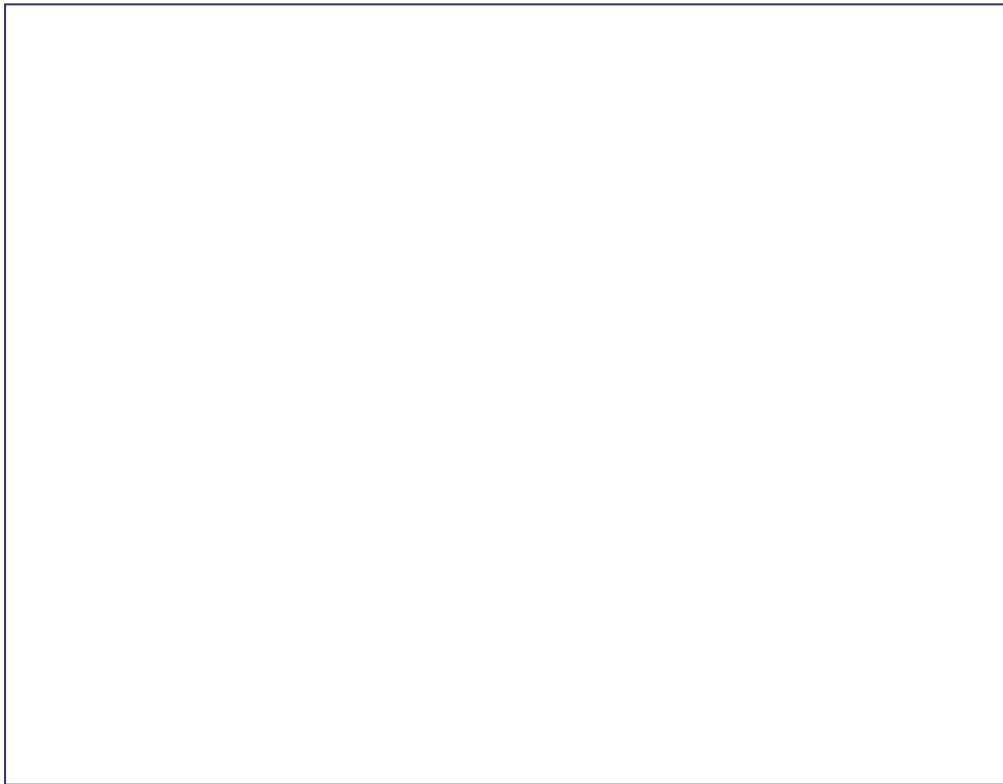


# Suoni complessi



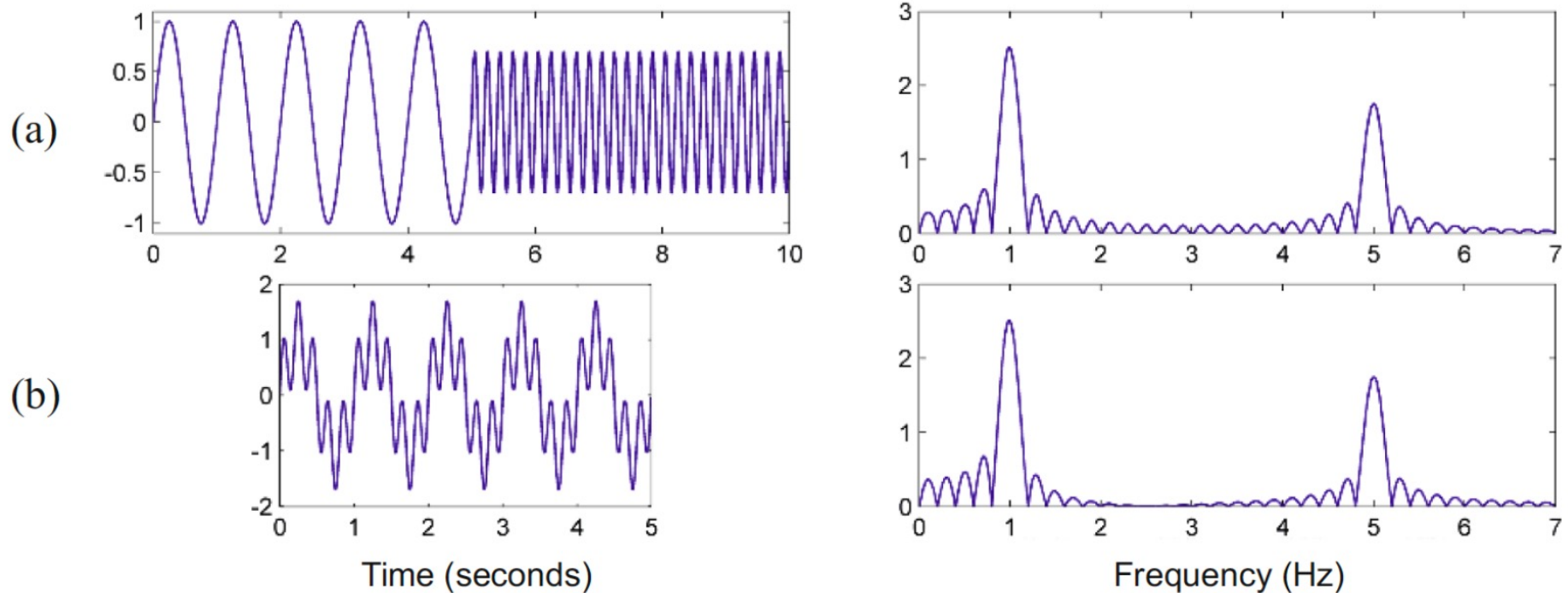
# Un limite della Trasformata di Fourier

La FT descrive il contenuto “globale” del segnale in termini di frequenza, ma non ci permette di localizzare un fenomeno all'interno del segnale



# Un limite della Trasformata di Fourier

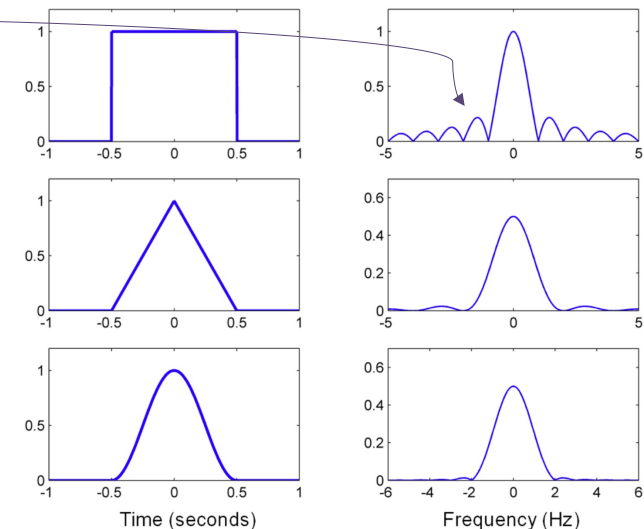
La FT descrive il contenuto “globale” del segnale in termini di frequenza, ma non ci permette di localizzare un fenomeno all'interno del segnale



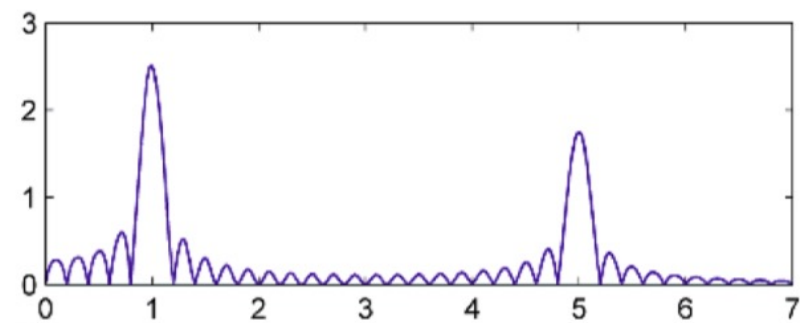
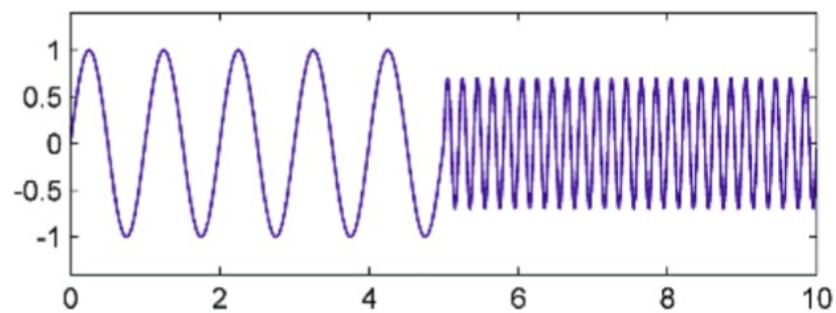
Stessa FT diversi segnali

# Short Time Fourier Transform (STFT)

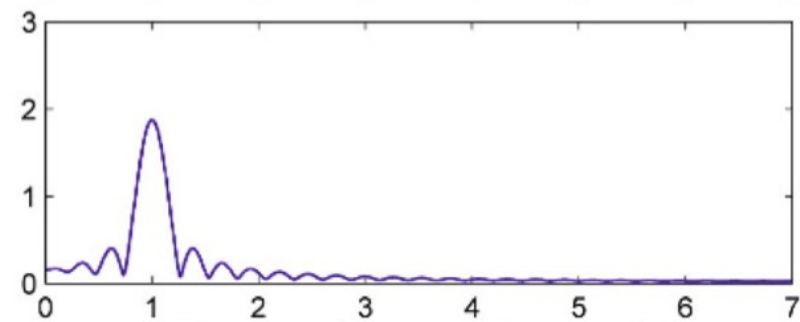
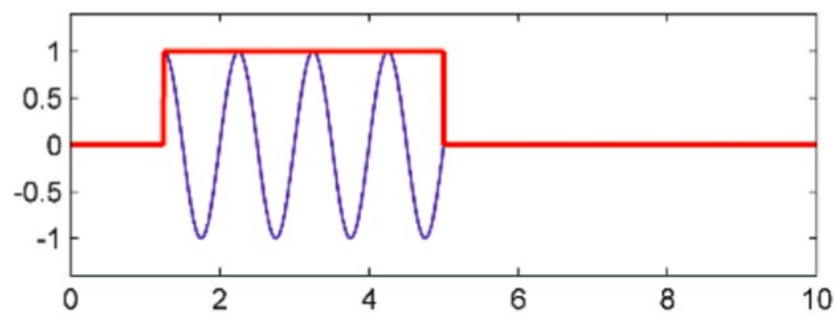
- Invece di considerare l'intero segnale, consideriamo porzioni del segnale (controllate da segnali “finestre”)
- I risultati ottenuti dipendono dalla dimensione della finestra
- Dipendono anche dalla forma (tagli bruschi introducono artefatti)
- La STFT può essere invertita, ma non ce ne occuperemo!



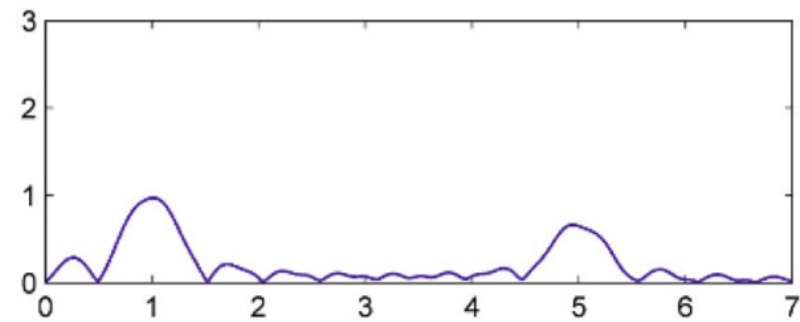
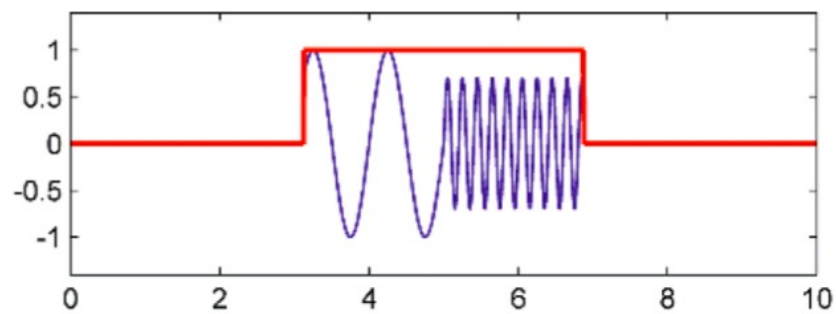
(a)



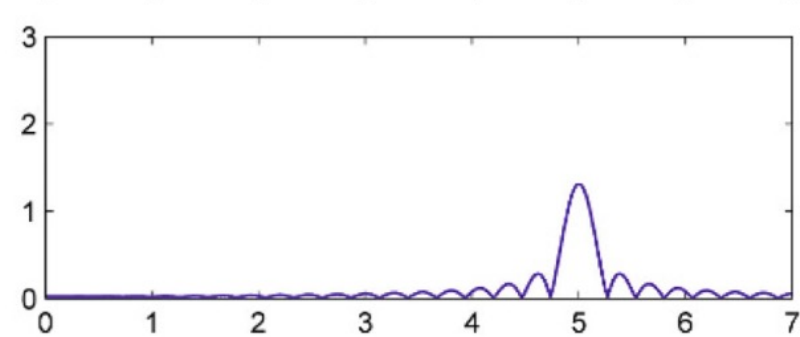
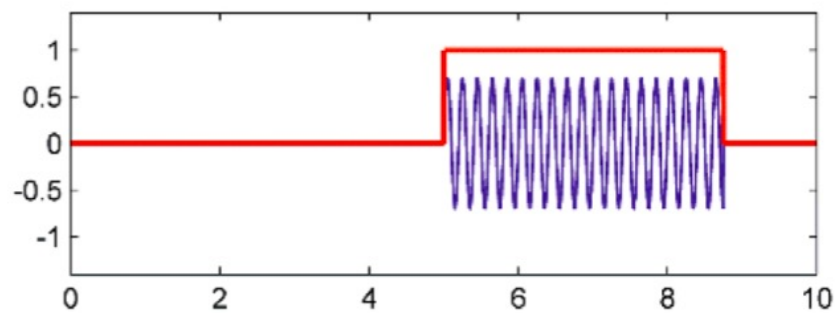
(b)



(c)



(d)

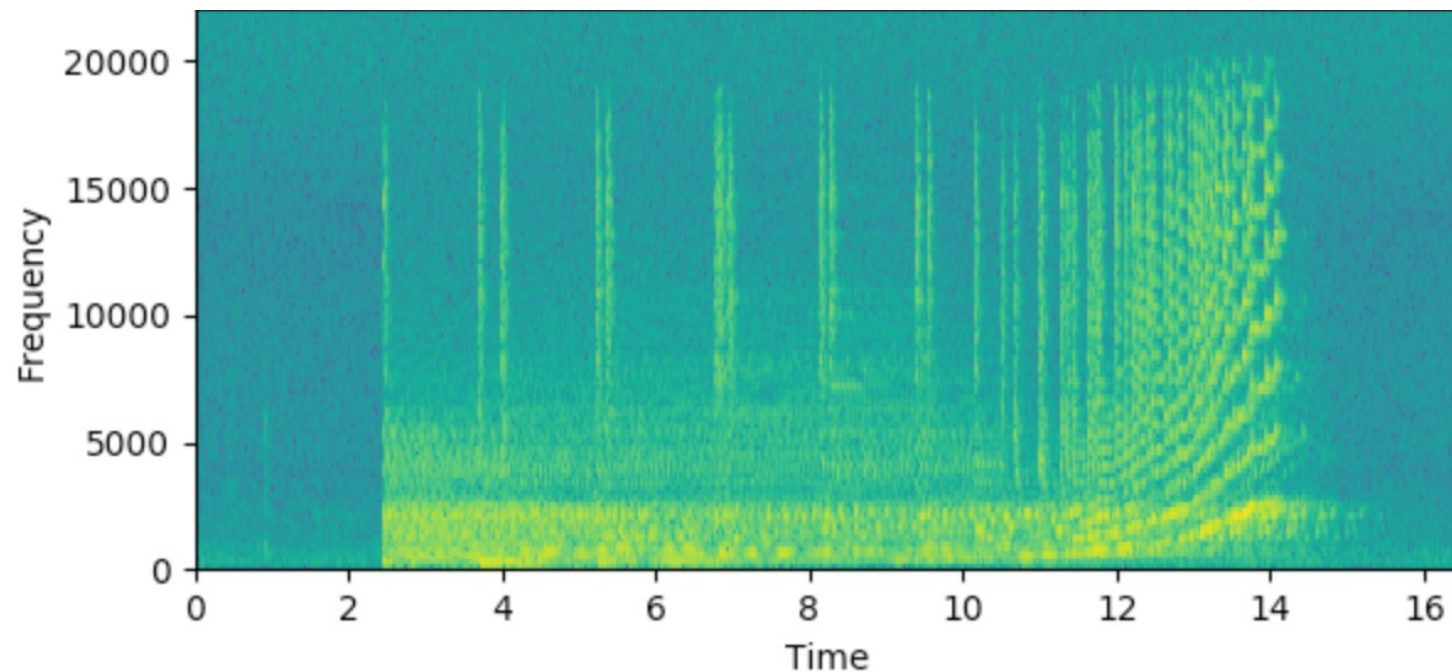


Time (seconds)

Frequency (Hz)

# Spettrogramma

- E' una rappresentazione bidimensionale del modulo della STFT
- Può essere visualizzato come un'immagine
  - L'asse orizzontale è il tempo
  - L'asse verticale le frequenze
  - Il colore l'intensità



# UniGe

---

