

RICONOSCIMENTO AUDIO



SCOPO DELL'ESPERIMENTO

L'esperimento consiste nell'analisi di un segnale audio per estrarre e identificare una conversazione nascosta all'interno di un segnale una registrazione sonora. L'esperimento è diviso in due parti: nel primo caso la conversazione è nascosta da una canzone, mentre nel secondo caso la conversazione è nascosta dal suono di una sirena.

MATERIALI E STRUMENTI

- Il reperto: un file audio contenente una registrazione nascosta
- PC con software gratuito *Audacity* per analizzare la registrazione audio
- Smartphone o tablet con app per il riconoscimento di brani musicali musica (*Shazam*, *SoundHound*,...)

PRIMA PARTE. LA REGISTRAZIONE SONORA È NASCOSTA DA UNA CANZONE

Breve richiamo teorico

L'*interferenza* è un fenomeno che interessa due onde che si propagano nella stessa zona dello spazio generando una sovrapposizione. Si possono avere due casi:

- *interferenza costruttiva* → l'ampiezza dell'onda risultante è la somma delle ampiezze delle onde che interferiscono (cresta + cresta o gola + gola); le *onde sono in fase*.
- *interferenza distruttiva* → l'ampiezza dell'onda risultante è la differenza delle ampiezze delle onde che interferiscono (cresta + gola o gola + cresta); le *onde sono in opposizione di fase*.

La figura sottostante mostra due onde sonore che sono in opposizione di fase: si osserva che ad ogni cresta del primo suono corrisponde ad una gola del secondo e viceversa. Riproducendoli contemporaneamente si genera il fenomeno dell'interferenza distruttiva, in cui i due suoni si annullano: non si sente nulla!!

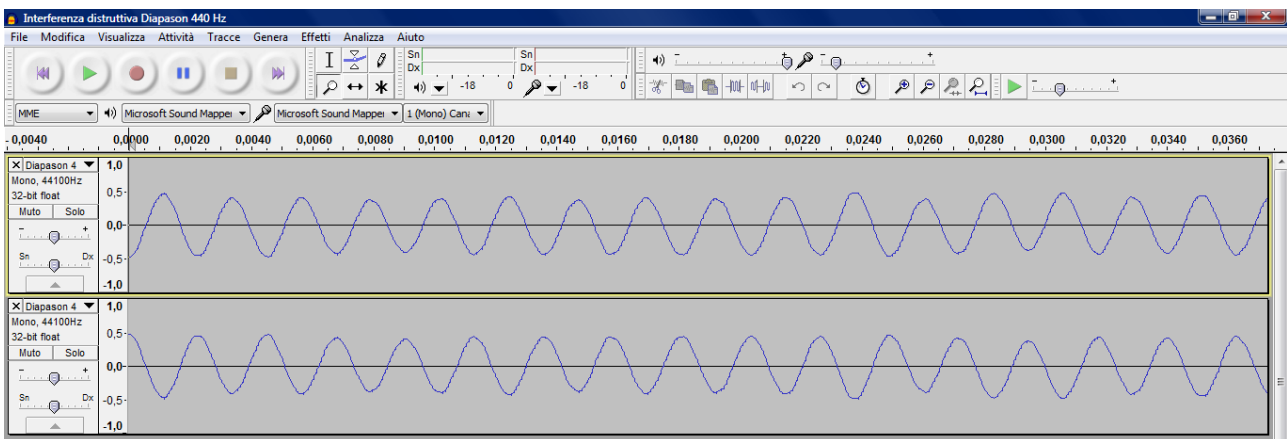


Fig. 1 Onde sonore in opposizione di fase

ESECUZIONE DELL'ESPERIMENTO E ANALISI DATI

- Ascoltare la registrazione audio e identificare la canzone (titolo e artista) mediante uno smartphone o tablet e l'uso di una specifica app per il riconoscimento di brani musicali musica (*Shazam*, *SoundHound*,...)
- Trovare la canzone nel database musicale fornito (questo per evitare di scaricare illegalmente la canzone da internet!!)

- Aprire il programma *Audacity* e importare in due tracce separate la registrazione sonora e la canzone (menù *File --> Importa --> Audio*).
- Selezionare la traccia della canzone e convertirla da stereo a mono (menù *Tracce --> Da traccia stereo a mono*).
- Selezionare la traccia della canzone e invertire la forma d'onda (menù *Effetti --> Inverti*), quindi ascoltare le due tracce contemporaneamente in modo da sfruttare il fenomeno dell'interferenza distruttiva per far risaltare la conversazione nascosta, che è stata mascherata mediante una manipolazione audio.
- Per svelare l'enigma, miscela i due segnali (menù *Tracce --> Miscela e renderizza*) in modo da isolare la conversazione nascosta (la canzone sarà annullata per interferenza distruttiva), quindi usare gli *Effetti* presenti nel programma per correggere l'alterazione del suono (rovesciamento, cambiamento di tono, cambiamento di velocità) e poter ascoltare chiaramente la conversazione nascosta.
- Risolvere il quesito contenuto nell'enigma, la lettera riferita alla risposta giusta costituisce l'indizio cercato!!!

SECONDA PARTE: LA REGISTRAZIONE SONORA È NASCOSTA DAL SUONO DI UNA SIRENA

Breve richiamo teorico

Il suono percepito dal nostro apparato uditivo è un'onda longitudinale di pressione che si propaga in nell'aria. Un'onda sonora è *pura* se ha un andamento perfettamente sinusoidale ed è possibile individuare in modo univoco una frequenza ed una ampiezza. Al contrario, i suoni prodotti in natura sono quasi sempre sovrapposizioni di più onde sinusoidali aventi ampiezze e frequenze diverse. E' proprio questo mix che genera le differenze di *timbro* nella voce umana e negli strumenti musicali.

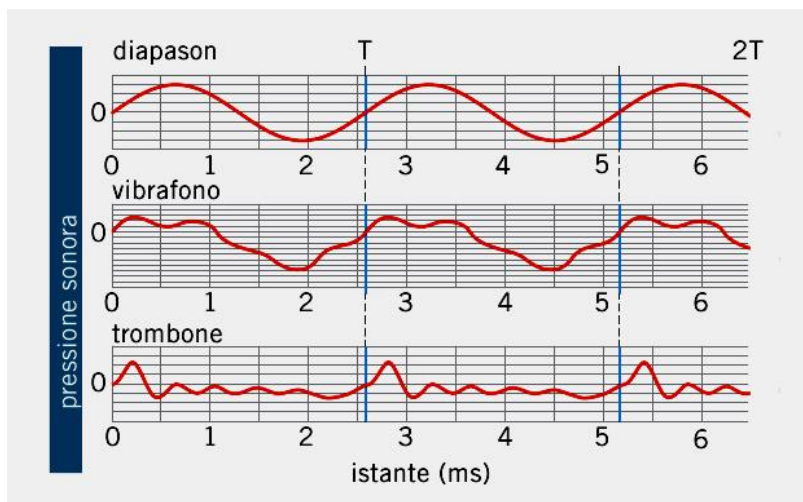


Fig. 2 La stessa nota musicale suonata da tre strumenti diversi.
Le onde hanno lo stesso periodo ma forme d'onda diverse

L'analisi di Fourier ci permette di scomporre un segnale periodico in modo da ricostruire lo spettro delle frequenze (*armoniche*) che lo compongono e il peso (ampiezza) che esse hanno nel formare il suono complessivo. Il matematico francese Joseph Fourier nei primi anni dell'800 dimostrò che una funzione continua periodica $f(t)$ può essere espressa come una somma di infinite funzioni periodiche sinusoidali, cioè una serie, di questo tipo:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(2\pi f_n t) + b_n \sin(2\pi f_n t)]$$

dove $a_0/2$ è il valore medio della funzione in un periodo, a_n e b_n sono le ampiezze delle diverse armoniche, che hanno frequenze f_n multiple dell'*armonica fondamentale* f_1 :

$$f_n = n f_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

ESECUZIONE DELL'ESPERIMENTO E ANALISI DATI

- Aprire il programma Audacity e importare il file contenente la registrazione audio
- Ascoltarlo e provare a capire la frase nascosta dal suono della sirena, che è bimodale cioè composta da due diversi toni!!
- Selezionare una porzione del segnale in cui si sente un tono della sirena e fare lo spettro (menù *Analizza* → *Mostra Spettro*) scegliendo i seguenti parametri per eseguire l'analisi di Fourier: *Algoritmo* → *Spettro*; *Dimensione* → *4096*; *Funzione* → *Gaussian (a=2,5) finestra*; *Asse* → *Frequenza logaritmica*.
- Posizionarsi col mouse sui picchi più alti e stretti, e annotare le frequenze (compaiono sotto lo spettro vicino la scritta *Picco*) delle prime 4-5 armoniche fino a circa 3500 Hz.
- Ripetere lo stesso procedimento per la porzione di segnale in cui si sente l'altro tono.

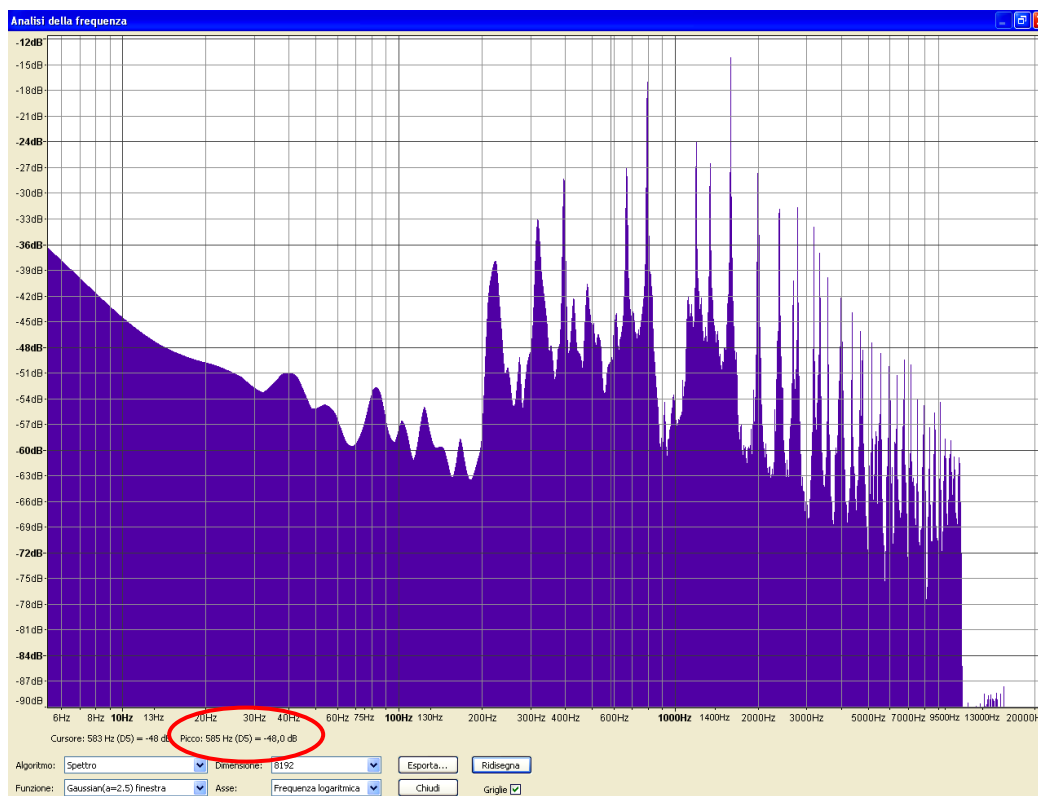


Fig. 3 Spettro di frequenza realizzato con Audacity del segnale sonoro

- Applicare la seguente procedura per ridurre il suono della sirena mediante un filtro in frequenza
 - Menù *Effetti* -> *Equalizzazione*
 - Settare *Ampiezza filtro al massimo valore (8191)*
 - Controllare che sia impostata l'opzione *Disegna curve*
 - Controllare che non sia selezionata l'opzione *Scala lineare frequenza* (in modo che sia impostata per default la scala logaritmica)
 - Impostare delle finestre rettangolari di filtro intorno alle frequenze delle armoniche della sirena prima determinate (vedi figura seguente); selezionare le coordinate dei punti mediante il mouse (cliccare sull'asse delle ascisse per selezionare la frequenza e trascinare il punto in basso per impostare l'ampiezza a -40 dB).
 - Riascoltare la registrazione audio filtrata e provare ad identificare la frase nascosta.

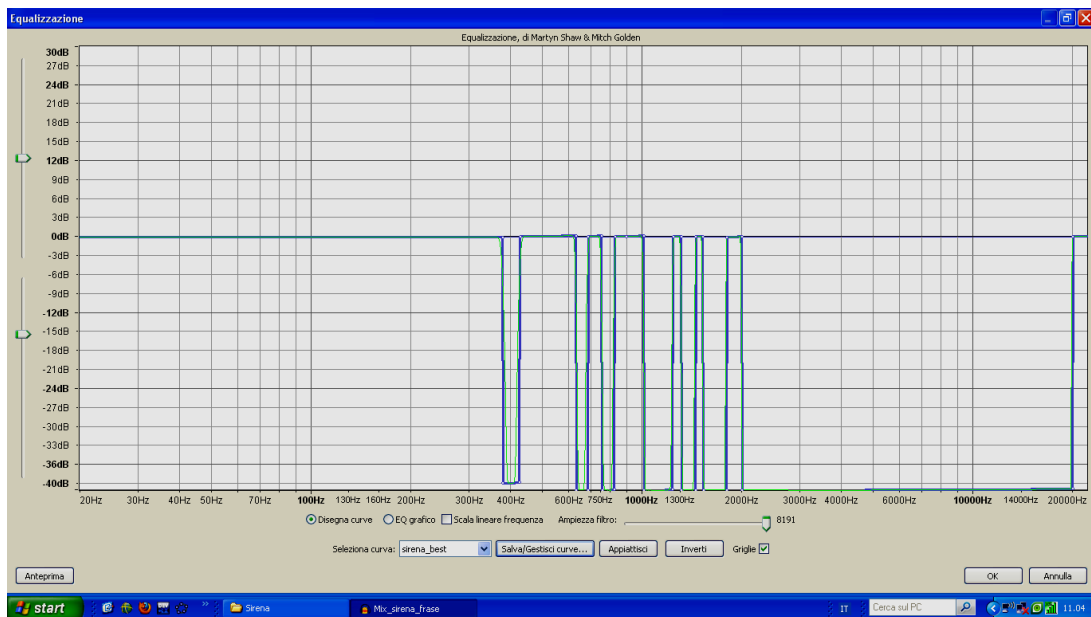


Figura 4 Filtro in frequenza eseguito col software Audacity mediante l'effetto di equalizzazione

- La frase nascosta contiene un codice letterale in *Alfabeto fonetico NATO*.

Lettera	Fonetico NATO	Lettera	Fonetico NATO	Lettera	Fonetico NATO
A	Alfa	J	Juliet	S	Sierra
B	Bravo	K	Kilo	T	Tango
C	Charlie	L	Lima	U	Uniform
D	Delta	M	Mike	V	Victor
E	Echo	N	November	W	Whiskey
F	Foxtrot	O	Oscar	X	X-ray
G	Golf	P	Papa	Y	Yankee
H	Hotel	Q	Quebec	Z	Zulu
I	India	R	Romeo		

Figura 5 Alfabeto fonetico NATO

CONCLUSIONI

Individuare i due indizi cercati e trascriverli nel report dell'esperimento:

1. la lettera che identifica la soluzione dell'enigma, svelato nella prima parte dell'esperimento;
2. i caratteri corrispondenti al codice nascosto, svelato nella seconda parte dell'esperimento.