



INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2019/20
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 0D

TITOLO PROGETTO: Cuffie con active noise cancelling

AUTORE 1: Astrino Valentina

AUTORE 2: Bannò Gaetano

AUTORE 3: Costa Ausilia

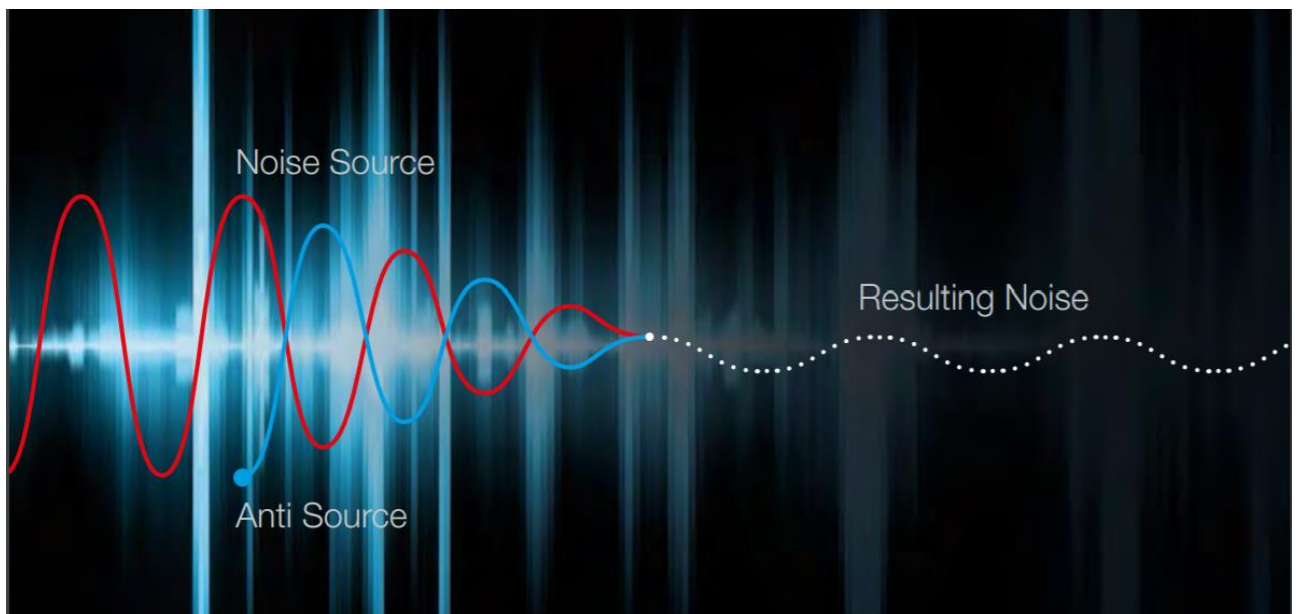
Sommario

1. Obiettivi del progetto	2
2. Riferimenti Bibliografici	5
3. Argomenti Teorici Trattati	6

1. Obiettivi del progetto

1.1 Spiegazione dell'active noise control(ANC)

ACN è una tecnologia basata sulla teoria che un suono indesiderato può essere annullato da un secondo suono opposto e complementare. Il suono è un'onda di pressione, che si suddivide in due fasi: una di compressione e una di rarefazione. Dato un suono, un altoparlante di controllo del rumore emette un'onda sonora con la stessa ampiezza ma con fase invertita al suono di partenza. Queste due onde si combinano per formarne una nuova, in un processo noto come interferenza. In tal modo le due onde di partenza si fondono in una sola annullandosi a vicenda, un effetto noto anche come cancellazione di fase. Suoni periodici, anche complessi, sono più facili da cancellare rispetto a suoni casuali, poiché i primi ripetono periodicamente la loro forma d'onda.



La tecnologia appena introdotta fu oggetto di studio per la prima volta in ambito aeronautico negli anni '50 per aumentare il benessere dei piloti e la qualità di ascolto in cuffie. Negli ultimi anni è sempre più utilizzata. Per esempio l' A.N.C. è stato brevettato all'interno delle cabine di uno yacht, creando una bolla virtuale insonorizzata di 2 metri di raggio. All'interno di questa bolla insonorizzata il rumore può essere ridotto fino a 10 dB ed è in grado di ridurre il rumore meccanico ed il rumore generato da riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria. Un'altra applicazione è stata brevettata per le auto, in pratica tre microfoni percepiscono i rumori prodotti dall'auto nei punti più rumorosi: motore, trasmissione e attrito dell'aria. Le casse dell'auto produrranno delle onde analoghe che andranno ad interferire con le onde sonore dei rumori e le annulleranno, producendo, appunto, il silenzio. Inoltre, si sta pensando come poter applicare questa tecnologia nel quotidiano. L'azienda Ford ha pensato

bene di concretizzare le proprie conoscenze nell'ambito automobilistico in qualcosa che potrebbe essere utile per gli animali domestici; ha creato, infatti, un prototipo che potrebbe proteggere la sensibilità dell'udito canino. Tenendo conto che rispetto alle persone i cani riescono a sentire i rumori ad una distanza quattro volte superiore e con frequenze molto più ampie, questo sistema potrebbe davvero essere d'aiuto. Questo prototipo andrebbe impiantato in una nuova cuccia che risulterà essere super tecnologica.

2.2 Applicazione dell'ANC nelle cuffie:

Negli ultimi anni sono molti i modelli di cuffie che oltre ad offrire una buona qualità audio offrono isolamento acustico nei luoghi più rumorosi; queste cuffie sono infatti in grado di ridurre suoni ambientali indesiderati.

Il principio di funzionamento è molto semplice, in ogni cuffia con cancellazione attiva di rumore sono presenti tre elementi fondamentali:

1. un microfono (ossia un trasduttore che è in grado di

convertire un suono in un segnale elettrico)

posto all'interno della coppa auricolare della

cuffia, vicino all'elemento auricolare e il più vicino

possibile al condotto uditivo,

è in grado di rilevare i rumori che giungono all'orecchio esterno.

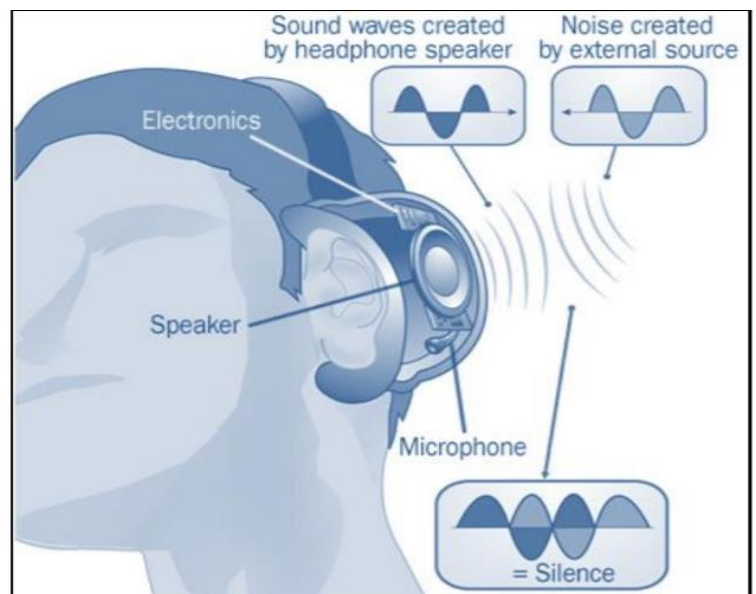
Il segnale sviluppato dal microfono rappresenta il rumore

che ha superato il materiale di riempimento dei padiglioni, ed è composto prevalentemente da basse frequenze.

2. un circuito elettronico abbastanza piccolo per adattarsi all'interno auricolari della cuffia genera un segnale acustico inverso, quasi in tempo reale, esattamente speculare a quello del rumore.

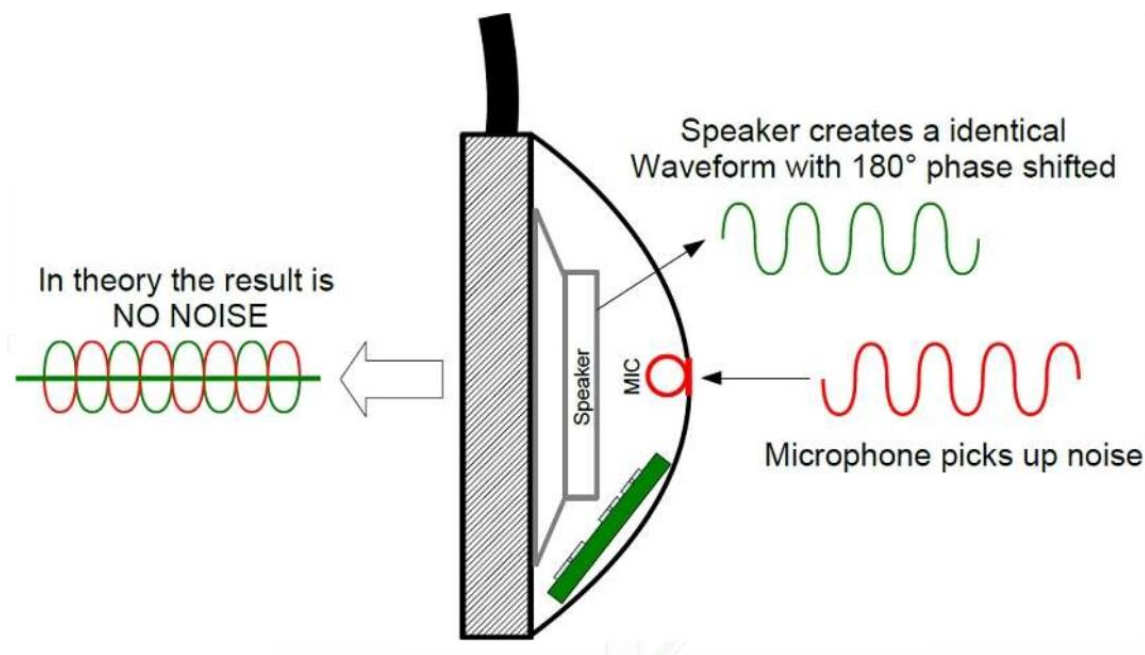
Il circuito ha bisogno di una fonte di alimentazione

esterna, quale una batteria ricaricabile, integrata negli auricolari.



3.altoparlante delle cuffie riceve il suono purificato cioè senza interferenze e rumore esterno senza pregiudicare le onde sonore desiderate

All'orecchio giungono contemporaneamente sovrapposti i suoni provenienti dall'esterno e le onde opposte generate per la cancellazione del rumore, di conseguenza i due segnali acustici si sovrappongono generando così un silenzio assoluto.



Usando questi componenti le cuffie sono in grado di fornire una riduzione del rumore di 20dB; ciò significa che il 70% del rumore ambientale è bloccato.

Un limite di questa tecnologia sta nell'impossibilità di eliminare definitivamente tutti i rumori infatti risulta efficace per la sola cancellazione del rumore a bassa e a media frequenza, si utilizza solitamente una frequenza di campionamento di circa 8000 Hz. La sua applicazione è ideale per funzionare, ad esempio, sui mezzi di trasporto o nei luoghi dove è presente un rumore costante.

Le cuffie a Riduzione del Rumore sono quindi la migliore soluzione per una chiara comunicazione in ambienti rumorosi. Esse presentano vantaggi e svantaggi :

potrebbero essere pericolose nel caso di utilizzo in strada, camminando o alla guida del veicolo ma se fanno un ottimo lavoro nel distinguere l'audio che si desidera ascoltare dal rumore di fondo che si vuole cancellare, alcuni sostengono che la qualità del suono ne risulta compromessa. Con alcuni modelli, si avverte un cambiamento nella pressione dell'aria; tuttavia i materiali utilizzati e gli speciali fori incorporati sono appositamente costruiti per liberare l'aria intrappolata dietro gli altoparlanti; tra i vantaggi ricordiamo che molte volte il rumore esterno rende difficile sentire cosa viene trasmesso, di conseguenza si tende ad aumentare il

volume ma con questa tecnologia ciò può essere evitato riducendo rischi all'udito, inoltre, tali cuffie oltre a ridurre il rumore, contribuiscono a ridurre l'affaticamento durante l'ascolto, che può derivare dall'esposizione a rumori a bassa frequenza per un lungo periodo di tempo. È anche possibile utilizzare queste cuffie anche senza ascoltare la musica ma semplicemente cancellare il rumore di fondo.

2. Metodo Proposto / Riferimenti Bibliografici

Abbiamo scelto questi riferimenti perché sono stati abbastanza esaustivi per le nostre aspettative, in particolare i seguenti sono stati utili per la descrizione generale della tecnica dell'ACN e varie applicazioni di quest'ultimo

- https://en.m.wikipedia.org/wiki/Active_noise_control
- <https://www.ford.it/guida-allacquisto/ricerca/tecnologie/tecnologia-intelligente/active-noise-control>
- <https://www.tonifontana.it/active-noise-control-lesperienza-sonora-in-auto/>

I seguenti invece sono stati interessanti per la descrizione e il funzionamento delle cuffie con ANC

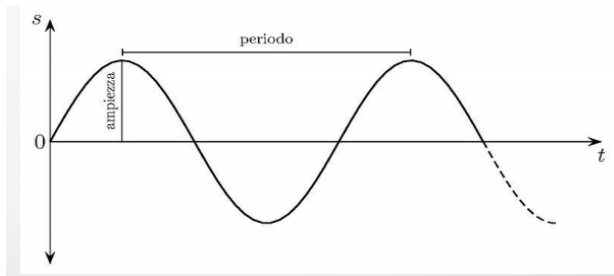
- <https://www.punto-informatico.it/cancellazione-del-rumore-silenzio-perfetto/>
- https://en.m.wikipedia.org/wiki/Noise-cancelling_headphones
- <https://techboom.it/cuffie-noise-cancelling-funzionamento-guida-allacquisto/>
- <https://urbanpost.it/spiegata-la-tecnologia-noise-cancelling-nelle-cuffie/>

3. Argomenti Teorici Trattati

3.1 Il Suono:

Il suono è l'effetto del passaggio di onde meccaniche attraverso un corpo vibrante (per esempio l'aria). La forma più semplice di suono ipotizzabile è prodotta da una singola onda sinusoidale di equazione:

$$y = A \sin \omega x + \phi$$



- A ampiezza
- ω pulsazione ($2\pi/T$)
- ϕ fase
- T periodo

Le proprietà più importanti di un suono sono:

- Frequenza
- Lunghezza d'onda
- Volume
- Timbro

- La frequenza è il numero di oscillazioni al secondo, si misura in Hertz (oscillazioni al secondo) e caratterizza l'altezza, cioè l'acutezza e la gravità del suono

- La lunghezza d'onda è la distanza tra due punti corrispondenti. Se fosse visibile si potrebbe misurare con un metro. Inversamente proporzionale alla frequenza.

- Il volume è caratterizzato dalla pressione dell'onda sonora sul nostro timpano. È legato sia dall'intensità (e quindi all'ampiezza) che alla distanza tra sorgente e ascoltatore.

- Il timbro è legata alla forma dell'onda e ci consente di distinguere, per esempio, tra un La4 suonato da un pianoforte o da un flauto dolce, a parità di volume.

Il suono non ci raggiunge solo in maniera diretta poiché durante il suo viaggio subisce delle alterazioni dovute all'ambiente circostante.

Tra i fenomeni più importanti abbiamo:

- Riflessione: il suono rimbalza contro un ostacolo;
- Diffrazione: se la lunghezza d'onda del suono è confrontabile con quella dell'ostacolo, al momento dell'impatto si generano delle onde dalla parte opposta;
- Rifrazione: quando attraversa materiali con densità diverse, il suono cambia direzione;
- Assorbimento: quando attraversa materiali con densità diverse, il suono cambia direzione;
- Interferenza: se due onde sonore hanno la stessa frequenza, si sommano le loro ampiezze. Se sono in fase opposta (controfase), si annullano a vicenda.
- Eco: delle onde vengono riflesse e vengono a loro volta nuovamente percepite dall'emettitore più o meno immutate ma con un certo ritardo rispetto al suono diretto

3.2 Filtri

Si definisce filtro un circuito (reale o implementato con un software) che elimina dal segnale alcune frequenze indesiderate. A seconda del criterio di selezione adottato avremo:

- Filtro passa-basso: data una frequenza di taglio f_c , le frequenze superiori vengono tagliate.
- Filtro passa-alto: dato f_c , le frequenze inferiori vengono tagliate.
- Filtro passabanda: dato f_c e un range (calcolato come la distanza in ascissa tra due punti la cui ordinata si trova esattamente a 3db sotto il valore dell'ampiezza massima) elimina le frequenze al di fuori della banda stessa. Il suo opposto è l'elimina-banda.

Le caratteristiche di un filtro possono essere descritte per mezzo della sua risposta in frequenza (frequency response), che viene determinata sperimentalmente applicando un'onda sinusoidale all'ingresso del filtro e misurando le caratteristiche dell'onda sinusoidale in uscita. La risposta in frequenza di un filtro consiste di due parti:

- la risposta in ampiezza (o amplitude response): varia con la frequenza ed è data dal rapporto tra l'ampiezza dell'onda sinusoidale in uscita e l'ampiezza dell'onda sinusoidale in ingresso;

- la risposta in fase (phase response): descrive l'ammontare di variazione di fase in un'onda sinusoidale mentre essa passa attraverso il filtro: si tenga presente che la quantità di variazione di fase, cambia anch'essa con la frequenza dell'onda sinusoidale.

In genere i filtri vengono distinti analizzando la loro risposta in ampiezza, esaminando la forma dell'onda risultante.

3.3 Rumore

Il **rumore** è un segnale di disturbo rispetto all'informazione trasmessa in un sistema, un segnale non desiderato che sommandosi ad altri li distorce in maniera più o meno grave; poiché nella maggior parte dei casi non è voluto, si cerca di attenuarlo il più possibile.

Essi possono essere distinti sia per la fonte di origine che dalla banda di frequenze che occupano. Mediante quest'ultimo criterio avremo:

- Rumori a banda stretta: occupano una banda limitata di frequenze e in genere vengono filtrati. Esempi: HVAC, emissioni elettromagnetiche, interferenze e vibrazioni.
- Rumori a banda larga: occupano l'intera banda delle frequenze. Per esempio: rumore termico, rumore colorato (bianco, rosa, marrone), rumore distorsivo, rumore ambientale e digitale.

Rumore HVAC:

- Fonti di questo rumore sono gli elettrodomestici come riscaldamenti, condizionatori, ventilatori e monitor CRT che introducono ronzii e dei click vistosi nelle registrazioni.
- Questi apparecchi non hanno un assorbimento di corrente costante ma oscillatorio.
- Questa variazione costante introduce delle frequenze indesiderate.

Interferenze:

Diverse cause di interferenza, tra cui:

- Mutua influenza di cavi vicini tra loro a causa dei campi magnetici generati dalle correnti che scorrono nei canali.

– Due conduttori possono subire interferenze di tipo capacitivo quando diventano simili alle piastre di un condensatore, accumulando una carica al loro interno.

Un effetto noto si ha nel caso di cavi microfonici in cui la resistenza del microfono si accoppia con la capacità indotta, creando un circuito RC che funge da filtro passa-basso privando il segnale audio delle alte frequenze.

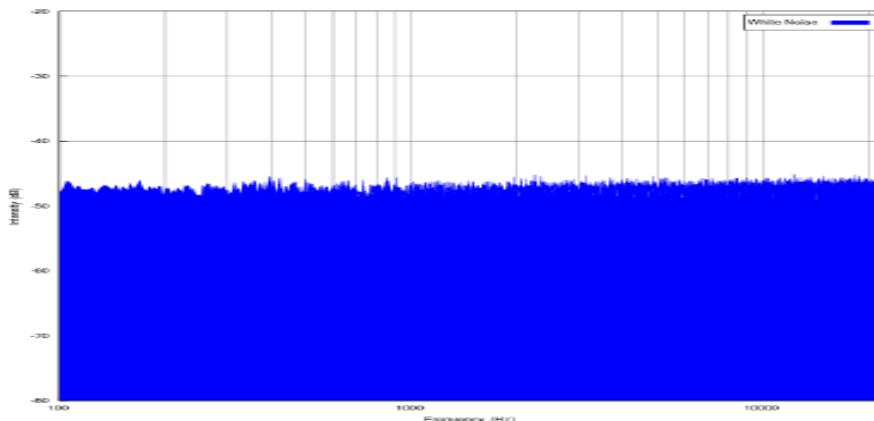
Rumore termico:

- Generato dal calore insito in qualsiasi componente elettronico durante il funzionamento.
- Il calore fa sì che all'interno del componente si verifichino delle collisioni di elettroni in tutte le direzioni e a tutte le velocità, generando delle correnti a tutte le frequenze.
- Le intensità di queste correnti, sono mediamente costanti in quanto la direzione delle collisioni è assolutamente casuale.
- Il rumore termico aumenta con la temperatura in quanto aumenta con essa l'energia cinetica associata alle particelle.
- I rumori colorati sono dei tipi particolari di rumori termici.

Rumore bianco:

È un rumore caratterizzato da valori di ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenza. I valori di ampiezza, che sono del tutto casuali rispetto al tempo, seguono una legge di probabilità uniforme.

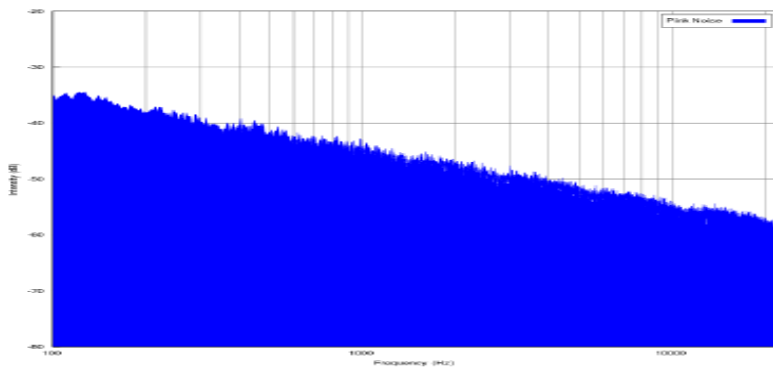
È un rumore che esiste solo teoricamente, ma può essere approssimato digitalmente o osservando fenomeni naturali aleatori.



Rumore rosa:

Lo spettro presenta una relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza. In particolare l'intensità si dimezza quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un decremento di 3dB per ottava

E' un rumore generato da fenomeni naturali, a livello acustico ricorda il suono della pioggia.



Rumore marrone:

Ha un andamento simile al rumore rosa salvo per il fatto che si ha una caduta di 6 dB (invece di 3 dB) per ogni raddoppio di frequenza. E' un genere di rumore che sta a metà tra il rumore bianco e quello rosa, contiene una grande quantità di basse frequenze ed è il suono tipico, ad esempio, di un tuono.

