



# INFORMATICA MUSICALE

*UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA  
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA  
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA  
A.A. 2020/21  
Prof. Filippo L.M. Milotta*

**ID PROGETTO:** 08

**TITOLO PROGETTO:** Questione di sound

**AUTORE:** Di Bartolo Antonio

---





# DIPARTIMENTO di MATEMATICA e INFORMATICA

---

## Indice

<b>1. Obiettivi del progetto .....</b>	3
1.1 Analizzare come viene prodotto il suono del motore e la sua percezione.....	3
1.2 Auto con suono artificiale.....	4
1.3 Mostrare e analizzare esempi di suoni arificiali riprodotti nelle automobili .....	5
<b>2. Metodo Proposto .....</b>	6
2.1 Produzione del suono e percezione.....	6
2.2 Analisi e spiegazione di auto con suono artificiale.....	7
2.3 Esempi e analisi rumore finto di una Golf VII GTI e di una Golf VII GTD.....	8
<b>3. Risultati Ottenuti.....</b>	9
3.1 Conclusioni sugli argomenti trattati.....	9

## 1. Obiettivi del progetto

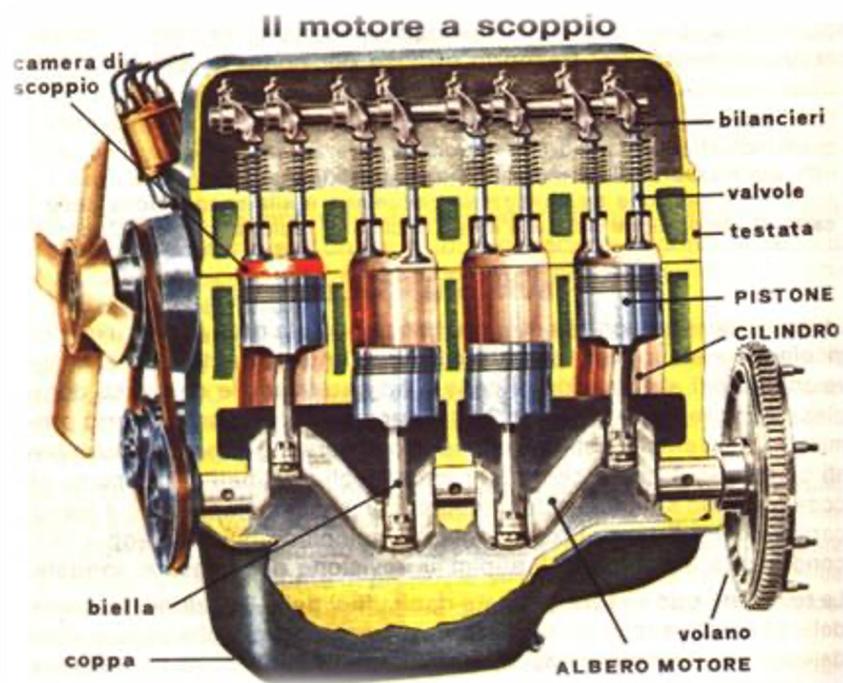
### 1.1 Analizzare come viene prodotto il suono del motore e la sua percezione

Fin dalla loro creazione, le automobili hanno suscitato grande fascino: per la loro utilità, la loro bellezza, la velocità, per le sensazioni che riescono a suscitare al guidatore, ai passeggeri o chi di passaggio, grazie ai più variegati sound che questi mezzi possono creare.

Il sound di un'automobile è una parte integrante nell'esperienza di guida poiché riesce non solo a creare un grande soddisfazione del guidatore, ma inoltre, fa capire quando sia più giusto cambiare marcia, se sta sopraggiungendo un problema alla vettura e fa percepire ai pedoni la presenza della stessa. Tra gli elementi distintivi delle automobili, c'è da sempre quello acustico; non bisogna essere degli appassionati del settore per riconoscere "a orecchio" che una Ferrari suona in modo diverso rispetto a un trattore o a un'utilitaria. Queste differenze derivano dai movimenti delle parti meccaniche che compongono il motore, semplificabili nei tipici quattro tempi: aspirazione, compressione, scoppio e scarico.

Sintetizzando, un motore a scoppio funziona così:

1. l'aria esterna e il carburante del serbatoio sono immessi all'interno del cilindro;
2. il pistone, che si muove in verticale all'interno del cilindro, sale e comprime l'aria e il carburante fino a provocare l'esplosione della loro miscela;
3. la miscela di aria e carburante esplode e l'energia che si sviluppa spinge il pistone verso il basso;
4. il pistone arriva alla fine del suo percorso e risale spingendo fuori dal cilindro i gas di scarico che sono il residuo della combustione.



Tutte e quattro queste fasi insieme contribuiscono a creare il suono del motore, ma ciascuna di esse ha un timbro specifico che può variare secondo la configurazione della diversa forma e lunghezza dei condotti d'aspirazione dell'aria, dal numero, dall'ordine di scoppio, dalle dimensioni e dalla disposizione dei cilindri (esempio: tre, quattro, sei, otto, dodici cilindri disposti in linea, contrapposti o a V), dal tipo di carburante usato (benzina o gasolio) e dalla forma e lunghezza dello scarico che contribuiscono a determinare il rumore di ciascun motore.

Alcuni timbri sono così comuni da essere entrati a far parte dell'immaginario collettivo; proprio per questo è diventato facile riconoscere il gorgoglio baritonale dei tipici V8 americani e l'urlo acuto dei motori di Formula 1 (utilizzati negli anni passati) o dei potenti motori Ferrari 12 cilindri aspirati.

I costruttori automobilistici hanno sempre cercato di rendere piacevole e coinvolgente il rumore delle proprie automobili sportive: la casa giapponese Lexus, per esempio per ottimizzare la parte acustica della super-car LFA presentata nel 2010 collaborò addirittura con i tecnici dello Yamaha Center for Advanced Sound Technologies (divisione impianti stereo e strumenti musicali) allo scopo di far arrivare alle orecchie del pilota ogni dettaglio acustico significativo e appagante del motore benzina V10.

La pratica di “accordare” i motori come fossero strumenti musicali richiede tempo e risorse, e non sempre può essere portata avanti: per questo alcune case automobilistiche hanno deciso di risolvere il problema ricorrendo a qualche escamotage.



Lexus LFA

## 1.2 Auto con suono artificiale

Alcune case automobilistiche, visti i costi di porgettazione e di accordatura dei motori, stanno ricorrendo sempre più spesso a qualche “trucco” per dare un miglior sound alle proprie vetture. Quindi le vetture (prevalentemente sportive) sono sempre più spesso dotate di sistemi che aumentano, in modo forzato, il volume del motore dentro l'abitacolo per rendere l'esperienza di guida più coinvolgente. Le soluzioni tecniche adottate più spesso sono: o l'inserimento di tubi rivolti di proposito verso l'interno dell'auto, che hanno il solo compito di amplificare e dirigere verso chi guida i suoni provenienti dal motore; oppure l'installazione di veri e propri altoparlanti dedicati che riproducono file audio preregistrati.

La scelta di ricorrere a sistemi artificiali per portare il rumore della meccanica alle orecchie del guidatore è la paradossale conseguenza dell'evoluzione tecnica, che ha reso i motori sempre più silenziosi e i telai delle automobili sempre più efficienti nell'isolare l'abitacolo dai suoni provenienti dall'esterno.



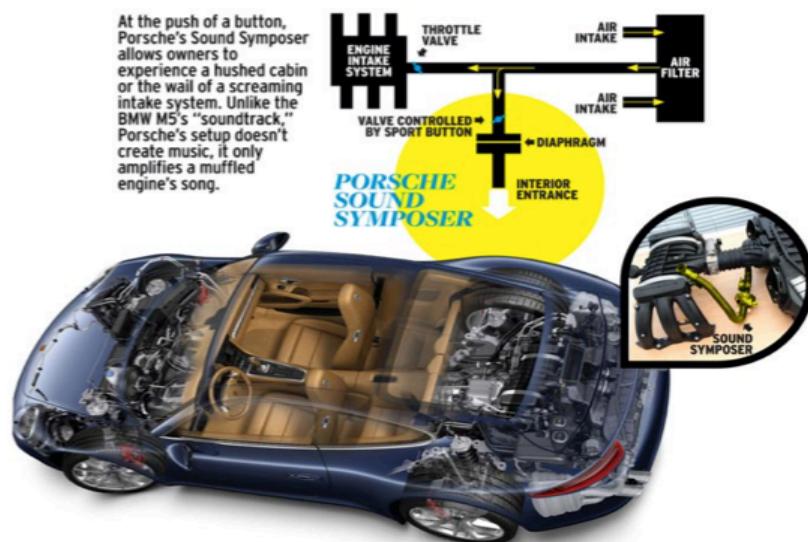
La necessità di adeguarsi ai limiti d'inquinamento ambientale e acustico costringe le case costruttrici a sviluppare motori e sistemi di aspirazione e scarico sempre più raffinati che però, oltre a limitare le emissioni inquinanti, finiscono per zittire anche il tipico sound che una macchina sportiva dovrebbe esprimere.

Molte case automobilistiche che producono auto elettriche stanno sempre più cercando di riprodurre con maggior attendibilità il sound di diversi tipi di auto sportive, che potrebbero rendere il rumore di una semplice utilitaria sempre più simile a quello di una vettura sportiva. Addirittura si pensa a soluzioni intercambiabili in base alle preferenze del guidatore che potrà decidere se immedesimarsi alla guida di un'auto sportiva, di una formula 1 o godersi semplicemente il suono del proprio stereo durante un lungo viaggio senza un fastidioso rombo di motore.

### 1.3 Mostrare e analizzare esempi di suoni artificiali riprodotti nelle automobili

Esempi recenti di automobili che utilizzano suoni artificiali sono:

1. **Porsche 911** con il Sound Symposer, un dispositivo meccanico che tramite un tubo, un diaframma e una valvola azionabile da un pulsante, ha l'unica funzione di dirigere il suono dell'aria che entra nel motore verso l'abitacolo. Il pilota della 911 può decidere di guidare accompagnato da un sottofondo discreto, oppure può premere il pulsante "Sport" sul tunnel centrale e scatenare il vero sound della propria vettura.



2. **BMW M5**, il telaio della vettura isolava fin troppo il rumore del motore da 560 CV. Per offrire al guidatore un maggiore coinvolgimento e aiutarlo a cambiare marcia "a orecchio" senza andare fuori giri, i tecnici della BMW hanno realizzato un sistema che riproduce tramite gli altoparlanti dell'impianto stereo il suono esterno del motore. Chiaramente alcuni rumori meccanici prodotti sotto il cofano arrivano all'interno dell'auto, ma questi sono accompagnati da un sottofondo registrato che varia di tonalità e volume secondo il numero di giri del motore e la pressione dell'acceleratore, come una base d'accompagnamento che riempie e amplifica le frequenze.



**3. Renault Clio**, che offre tramite il suo sistema multimediale R-Link la possibilità di scegliere tra sei rumori diversi del motore. La funzione di “personalizzazione sonora” (come da definizione della stessa casa costruttrice) si chiama R-Sound Effect e permette di guidare la propria tranquilla utilitaria francese, accompagnati tra le altre dalle sonorità di un’auto d’epoca o di una motocicletta del MotoGP.



## 2. Metodo proposto

### 2.1 Produzione del suono e percezione

Quando pensiamo ai suoni artificiali, che le case automobilistiche stanno implementando nelle loro autovetture, non dobbiamo cadere nell’errore di pensare che vengano “semplicemente” riprodotti i soliti rumori dei motori.

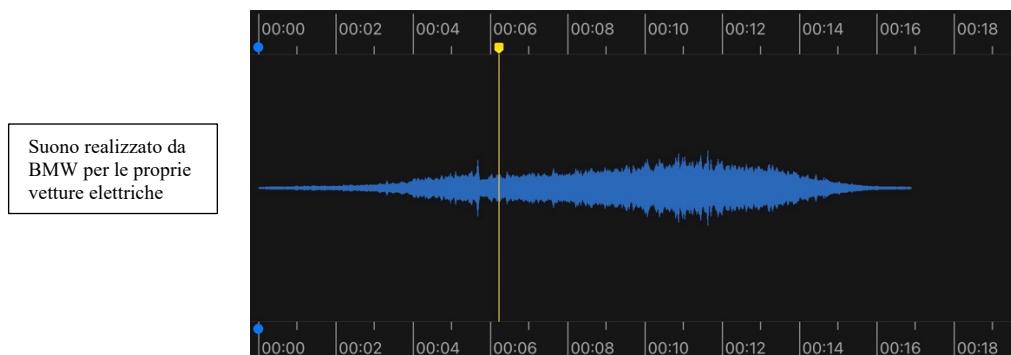
Molte case automobilistiche stanno dotando le automobili elettriche di suoni innovativi, come sta facendo, ad esempio, BMW che ha assunto un ingegnere del suono, Renzo Vitale, coadiuvato dalla consulenza del musicista Hans Zimmer (nella foto) per comporre il suono delle BMW elettriche del futuro. Quindi la produzione dei sound delle varie autovetture sta raggiungendo livelli sempre più elevati, possiamo affermare, infatti, che si sta impiegando la stessa cura di produzione della musica di altissimo livello. Altre case automobilistiche, come citato in precedenza, stanno invece cercando di realizzare quanto più fedelmente possibile suoni di auto di qualsiasi genere non solo da abbinare unicamente alle auto elettriche ma anche per dare un “boost” a vetture con motore termico. I suoni che si vogliono poi riprodurre devono quindi essere acquisiti nel seguente modo: vengono rilevati da un trasduttore che trasforma le onde di pressione in onde elettriche. Il segnale così ottenuto viene pretrattato e mandato ad un convertitore Analogico-Digitale (ADC). In uscita dall’ ADC si ottiene un segnale a tempo discreto e a valori discreti, ossia digitale. Il segnale digitale viene, infine, rappresentato in un formato specifico e migliorato con programmi appositi per eliminare disturbi e



imperfezioni, per poi essere archiviato in una memoria di massa, pronto per essere riprodotto dall' impianto audio della vettura.

## 2.2 Analisi e spiegazione di auto con suono artificiale

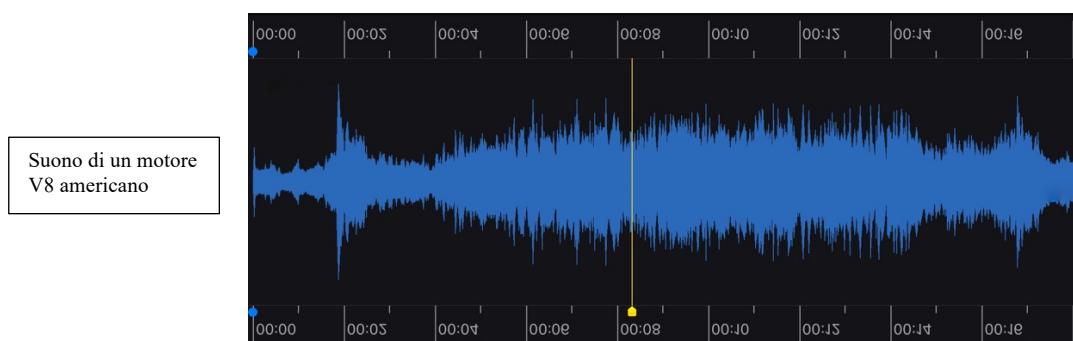
La necessità di avere un suono artificiale nasce, anche, per un motivo di sicurezza per le persone poiché a velocità basse le automobili elettriche non emettono rumore e rappresentano, dunque, un pericolo per i pedoni che non le sentono arrivare. Quando aumenta la velocità, subentrano i rumori di rotolamento e dello spostamento d'aria, udibili anche dal pedone. Quindi, effettivamente, il suono che emette una qualsiasi vettura sportiva o meno, riscopre una parte fondamentale per il guidatore. Nelle automobili elettriche/ibride non viene prodotto rumore per via della parziale o totale assenza di componenti meccaniche tradizionali, infatti le automobili di questa nuova generazione sono dotate di batterie e motori elettrici che non emettono alcun rumore se non qualche sibilo al momento dell'accelerazione. Fatte queste premesse andiamo ad analizzare i vari suoni che vengono prodotti da auto con suono artificiale.



Dall'1 luglio 2019, a seguito di una norma del legislatore europeo tutti i nuovi modelli di auto elettriche e ibride venduti nell' Unione Europea (l'obbligatorietà per le auto già in commercio, scatterà nel 2021) devono essere dotati di un sistema denominato AVAS (Audible Vehicle Alert System) in grado di riprodurre un suono artificiale; l'avvisatore acustico montato a bordo delle vetture, dovrà essere in grado di produrre un suono con una tonalità decisa (una sorta di beep) e un'intensità di almeno 56 decibel fino a un massimo di 75 decibel quando la vettura si sta spostando a una velocità tra gli 0 km/h e i 20 km/h (un'auto con motore termico emette una media di circa 75 decibel).

Frusci aerodinamici: rumori creati dal flusso dell'aria all'esterno dell'auto. Rumori che creano fastidio sulle lunghe percorrenze poiché costanti.

“Sound artificiale”: Che può sfruttare suoni “rubati” da altre vetture o suoni del tutto nuovi creati da veri e propri musicisti.



## 2.3 Esempi e analisi del rumore finto di una Golf VII GTI e di una Golf VII GTD

Nelle auto che usano un “boost” per migliorare il proprio sound con suoni finti, ovviamente la sonorità è perfettamente sincronizzata al regime motore istante per istante, quindi il sistema si interfaccia con la centralina del motore.

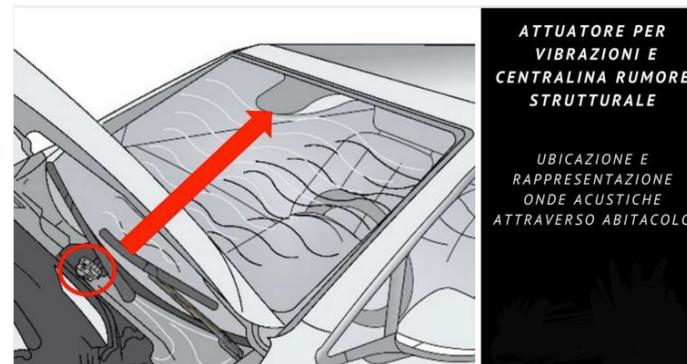
Esistono vetture in cui la sonorità sportiva “artificiale” viene prodotta per mezzo di elementi vibratori o per mezzo di altoparlanti. Prendiamo in esame il caso della Golf, nelle versioni GTI e GTD.

Analizziamo per prima la versione a benzina, la GTI:  
in questa vettura il sistema si compone di:

- un attuatore per le vibrazioni;
- una relativa centralina di gestione denominata “rumore strutturale”.

Questi sono collocati alla base del parabrezza, in posizione centrale.

Tali componenti amplificano il suono del motore diffondendolo nell’abitacolo. In funzione del regime



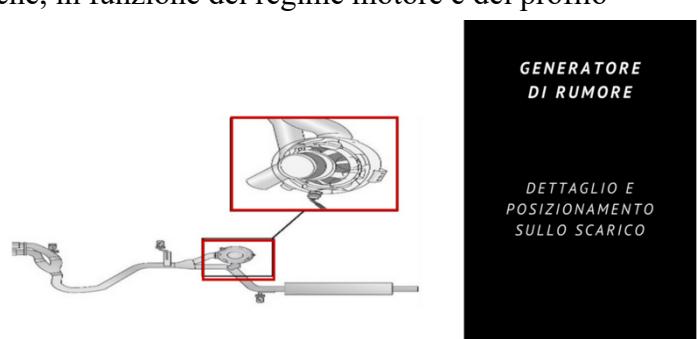
motore l’attuatore vibra trasmettendo le proprie vibrazioni al parabrezza, il quale funge da membrana acustica. Il principio di funzionamento è del tutto simile a quello di un altoparlante. Il lavoro dell’attuatore per le vibrazioni è governato dalla centralina per il rumore strutturale. La centralina a sua volta raccoglie le informazioni necessarie (regime motore in primis) direttamente sul gateway del veicolo.

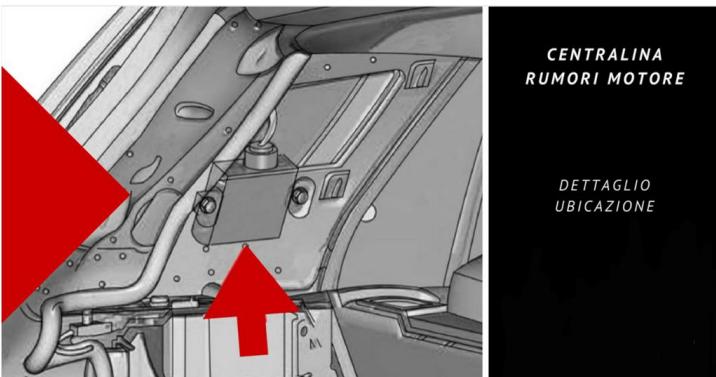
Diversamente dalla versione GTI, la versione GTD (versione diesel) dotata del pacchetto “Sport & Sound” è provvista di un sistema acustico optional che, in funzione del regime motore e del profilo di guida selezionato, riproduce un suono standard oppure sportivo.

La sonorità del motore viene amplificata da un altoparlante posto nel circuito di scarico, dentro una derivazione in parallelo.

All’aumentare della velocità del veicolo la rumorosità diminuisce, in modo da non compromettere il comfort durante lunghe percorrenze. I componenti del sistema sono:

- la centralina per i rumori del motore;
- il “generatore di rumori”, un vero e proprio altoparlante posto nel circuito di scarico.

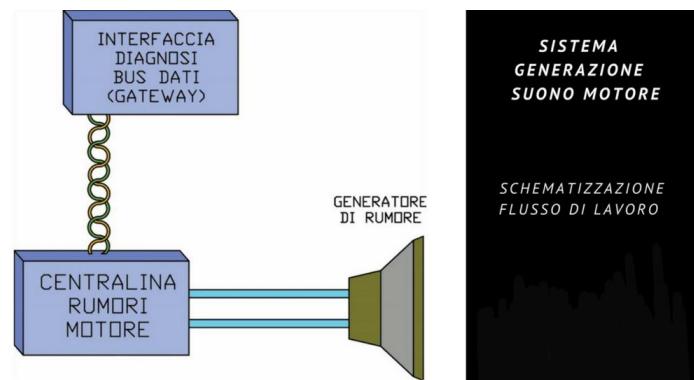




Il generatore di rumore è posizionato nello scarico, mentre la centralina per i rumori del motore è collocata nel montante posteriore sinistro.

La potenza acustica del generatore di rumore è gestita e dosata dalla centralina dei rumori del motore.

Nei due sistemi di riproduzione di suoni artificiali troviamo una sostanziale differenza cioè, che nella GTI il suono viene amplificato e riprodotto all'interno dell'abitacolo, mentre nella GTD il suono viene generato e diffuso dallo scarico verso l'ambiente esterno.



### 3. Risultati Ottenuti

#### 3.1 Conclusioni sugli argomenti trattati

Durante lo svolgimento del progetto sono stati analizzati i più disparati sistemi di riproduzione sonora, che vanno a sostituire totalmente o in parte determinate componenti che sono presenti in un'auto di “vecchia” concezione. A seguito del loro studio ci si può render conto che il suono in un'automobile è una parte integrante della guida, può emozionare, aiutare il guidatore, segnalare la presenza della vettura a un pedone, dare un’identità al mezzo che si sta guidando.

Il progresso tecnologico delle automobili viene inesorabilmente accompagnato da un cambiamento delle proprie abitudini, che riguarda le sfere più importanti e i canoni delle vetture classiche.

Il suono è sempre stato la parte più fascinosa nelle automobili poiché colonna sonora di appassionati e non.

Come ogni cambiamento deve essere affrontato, e migliorato fino a sostituire ciò che prima era la normalità.

Da un punto di vista della tolleranza del rumore, queste soluzioni sonore innovative stanno apportando miglioramenti, poiché permettono una regolazione del rumore. Come ben sappiamo, il nostro apparato uditivo non è infinitamente resistente. Infatti, l'esposizione prolungata a rumori inferiori a 80dB non compromette l'udito, ma per esposizioni maggiori di 80dB si possono arrecare danni permanenti all'orecchio (per questo motivo vediamo i meccanici ai box di formula 1 indossare i DPI come previsto anche da D.Lgs 81/2008 che prevede l'utilizzo obbligatorio per esposizioni >85dB).