SUONO ELETTRONICO

MANUALE PER STUDENTI
DI TECNOLOGIE MUSICALI
E ALTRI ESPLORATORI DI SUONI.

TOMMASO ROSATI

Sommario 1

Premesse 4

Come funziona questo libro 5
I tipi di software audio 8
Software di notazione musicale 8
DAW 9
VST e AU 10
Linguaggi di programmazione 10
Cosa si può fare con la Musica Elettronica 11
Produzione 12
Esecuzione e Performance 13

Acustica e Psicoacustica 18

Produzione e propagazione del suono 19
La sorgente 20
Velocità del suono 21
Rappresentazione dell'onda sonora 22
Periodo 22
Lunghezza d'onda 23
Onda periodica - Onda aperiodica 23
Frequenza 24
Ampiezza 30
Fase 34
Il Timbro 37

Catena Elettroacustica 45

Analogico o Digitale? 46
Analogico 46
Cavi 47
Input 50
Livelli 51
Impedenza 52
DI-Box 53
Microfoni 53
Tipologie di microfoni 53
Risposta in frequenza 58
Pattern polare 59
Tecniche di microfonazione stereofonica 62
Pickup magnetici 69
Elaborazione 73
Mixer 73
Output 76
Casse 76
Cuffie 78
Digitale 78
Computer 78
Software 81

Files 82
Interfaccia audio 83
Output 85
Monitor e Cuffie 85
Campionamento e quantizzazione 86
Campionamento - Quantizzazione (ADC) 86
Ricostruzione (DAC) 89
Problematiche del processo di campionamento-ricostruzione 90

Protocolli di comunicazione 92

MIDI 93
Tipi di connessione 94
Tipi di messaggi 95
Channel Voice Message 95
System Message 97
I controller MIDI (collegamento e mappatura) 98
I file .mid 99
MPE 100
OSC 101

Elaborazione del suono 103

Filtri audio, EQ ed effetti derivati 105
Low-pass e High-pass 105
Band-pass e Notch 107
Low-shelf, High-shelf, filtri Bell ed EQ 108
L'ordine dei filtri 109
Q 110
All-pass 111
Wah-wah 112
Phaser 113
Delay ed effetti derivati 114
Delay time fissi 114
Eco 114
Eco multipla 116
Filtro Comb 117
Multitap delay 118
Multitap Multiband delay 120
Ping pong delay 121
Delay time variabili 122
Flanger 122
Chorus 123
Riverberi 125
Riverbero naturale 125
Impulso di risposta 128
Tempo di riverberazione: RT60 128
Riverberi artificiali acustici 129
Riverberi elettromeccanici 130
Riverberi digitali classici 130

Riverberi digitali a convoluzione 135
Processori di dinamica 139
Envelope follower 139
Compressore 140
Compressori in parallelo 143
De-esser 144
Limiter 144
Espansore 145
Gate 146
Distorsori 147
Overdrive 148
Fuzz 149
Resampling 150
Bit Crushing 151
Waveshaping 152
Spazializzazione 153
Psicoacustica della percezione dello spazio 154
Sistemi di spazializzazione 156
Ambisonics 156
Sistemi di diffusione della spazializzazione 158
Controllare la spazializzazione 159
Panning 160
Spazio come parametro compositivo-performativo 161

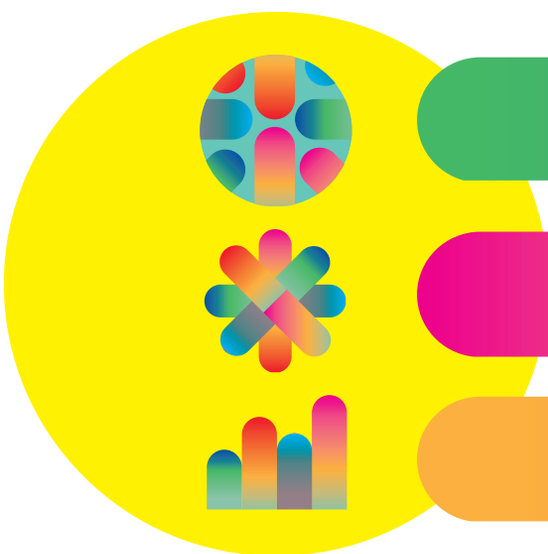
Sintesi Sonora 163

Concetti preliminari 164
Filtri 165
Inviluppo dinamico 165
LFO 166
CV (Control Voltage) 166
Hardware/Software, Analogici/Digitali, Integrati/Modulari/Semi-Modulari 167
Algoritmi di sintesi Lineari e Non Lineari 168
Sintesi additiva 168
Sintesi sottrattiva 170
Sintesi AM-RM 172
Sintesi FM 174
Waveshaping 179
Phase distortion 181
Modelli fisici 183
Sintesi granulare 185
Sintesi per campioni 188
Sintesi wavetable 192
Sintesi vettoriale 193

Software 195
Risorse gratuite 197
Bibliografia 198
Grazie a 199
Indice 200

COME FUNZIONA QUESTO LIBRO

I capitoli di questo libro sono pensati per essere affrontati nell'ordine che si preferisce, come se si trattasse di un'opera aperta in pieno stile ***Umberto Eco***.
Ogni modulo contiene teoria, approfondimenti ed esercizi pratici pensati per vivere di vita propria e far approcciare al suono e alla musica elettronica nel modo più intuitivo e creativo possibile.
A corredo del libro troverai **slide** riassuntive in PDF, **grafiche interattive** da "giocare" direttamente su browser e suoni da scaricare e usare nelle tue composizioni.



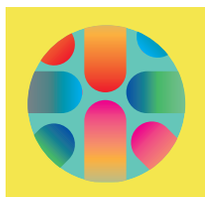
CONOSCI

APPROFONDISCI

SPERIMENTA

SLIDE

A completamento del libro, sono disponibili delle **slide** riassuntive consultabili gratuitamente online. Gli studenti le possono usare per ripassare i concetti principali e i docenti per supportare le spiegazioni durante le lezioni.



www.suonoelettronico.it
SLIDE

GRAFICHE INTERATTIVE

Sono inoltre disponibili online molte **grafiche interattive** con le quali si può "giocare" per scoprire come il suono si genera o viene processato muovendo i vari parametri. Le **grafiche interattive** sono gratuite e accessibili direttamente dal browser, anche su smartphone. Inquadra i QRcode quando li incontri nei capitoli o inizia subito da qui.

www.suonoelettronico.it
GRAFICHE INTERATTIVE

CAPITOLI	SLIDE
PREMESSE Come funziona questo libro I tipi di software audio Cosa si può fare con la Musica Elettronica	LEZIONE 0 MUSICA e COMPUTER COMPOSIZIONE ELETTROACUSTICA SEQUENZA MIXATA e MASHUP
ACUSTICA E PSICOACUSTICA Produzione e propagazione del suono Rappresentazione dell'onda sonora Il Timbro	IL SUONO 1 ONDA E PERIODO IL SUONO 2 FREQUENZA IL SUONO 3 AMPIEZZA IL SUONO 4 FASE IL SUONO 5 TIMBRO APPARATO UDITIVO
CATENA ELETTROACUSTICA Analogico o Digitale? Analogico Digitale Campionamento e quantizzazione	CATENA ELETTROACUSTICA ANALOGICA MICROFONI e PICKUP CATENA DIGITALE CAMPIONAMENTO
PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE MIDI OSC	PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE
ELABORAZIONE DEL SUONO Filtri audio ed effetti derivati Delay ed effetti derivati Riverberi Processori di dinamica Distorsori Spazializzazione	I FILTRI DELAY PROCESSORI DI DINAMICA DISTORSORI RIVERBERI SPAZIALIZZAZIONE
SINTESI SONORA Sintesi Additiva Sintesi Sottrattiva Sintesi AM-RM Sintesi FM Waveshaping Phase Distortion Modelli Fisici Granulare Sintesi per campioni Sintesi wavetable Sintesi vettoriale	SINTESI SONORA

SLIDE

www.suonoelettronico.it

KEYWORDS

Verranno proposti ascolti, video, software da provare, artisti da approfondire, il tutto sotto forma di **keyword**. Le ricerche online di queste parole possono portare ad articoli, audio o video. Il suggerimento è quello di consultare almeno un elemento per ogni keyword proposta. Il docente ovviamente può proporne di nuove, basandosi sulla propria esperienza e sul proprio gusto.

Quando non c'è un ciclo riconoscibile la nostra onda prende il nome di **onda aperiodica**. Questo tipo di onda non è intonabile ed è prodotta da strumenti come il rullante o il piatto d'orchestra. L'onda aperiodica per eccellenza si chiama rumore bianco e, come vedremo in seguito, si tratta dell'onda più complessa di tutte perché è formata da campioni totalmente casuali e (spoiler alert!) contiene in sé tutte le frequenze.

.genera una sinusoide a una frequenza a scelta e un rumore bianco. Taglia piccoli frammenti delle due onde e crea un ritmo usando solo i frammenti creati, ripetendoli a piacere. Durata 20 secondi

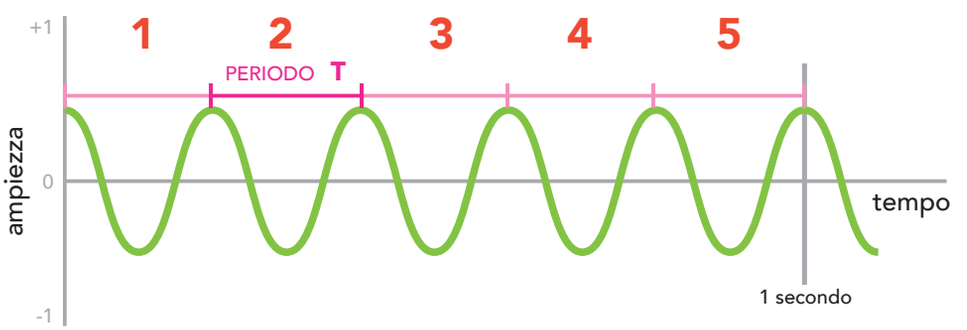
Frequenza

L'intonazione di quel RE sul violino, la scala strana che devi suonare in unisono con il tuo compagno, l'estensione impossibile che aveva la voce di *Demetrio Stratos*, la corda scordata del tuo nuovo basso a 5 corde... queste e tante altre cose hanno a che fare con la frequenza.

La **frequenza** è il parametro responsabile dell'altezza dei suoni. Suoni a differenti frequenze equivalgono, all'ascolto, a note diverse.

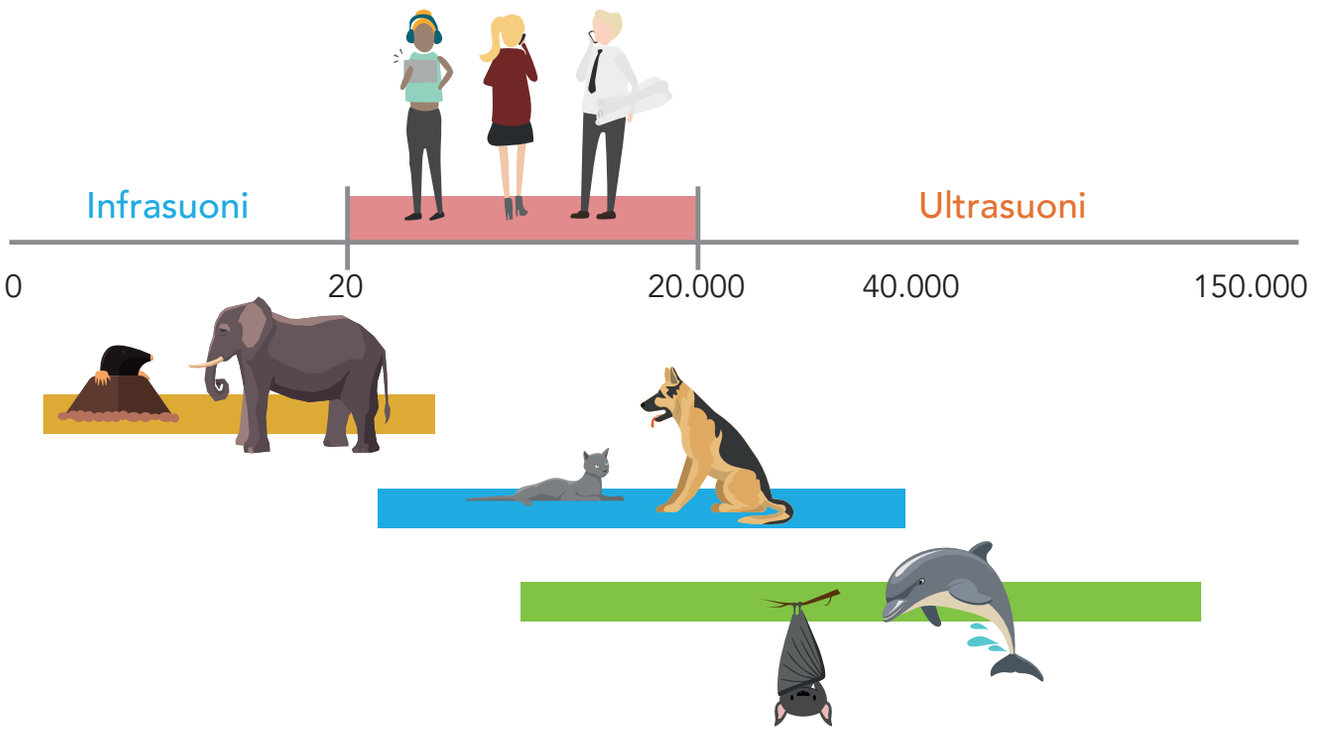
A livello di fisica acustica la frequenza è il numero di volte in cui un ciclo di onda si ripete in un secondo e si esprime in hertz (Hz). Per esempio 440 Hz sono 440 oscillazioni al secondo ed equivalgono alla nota LA dell'ottava centrale. La frequenza quindi è il numero di periodi (T) che ho in un secondo. Si può dedurre quindi che la frequenza è il reciproco del periodo e si può esprimere con la formula matematica **f = 1 / T**.

Naturalmente vale anche il contrario, cioè che il periodo è il reciproco della frequenza: **T = 1 / f**

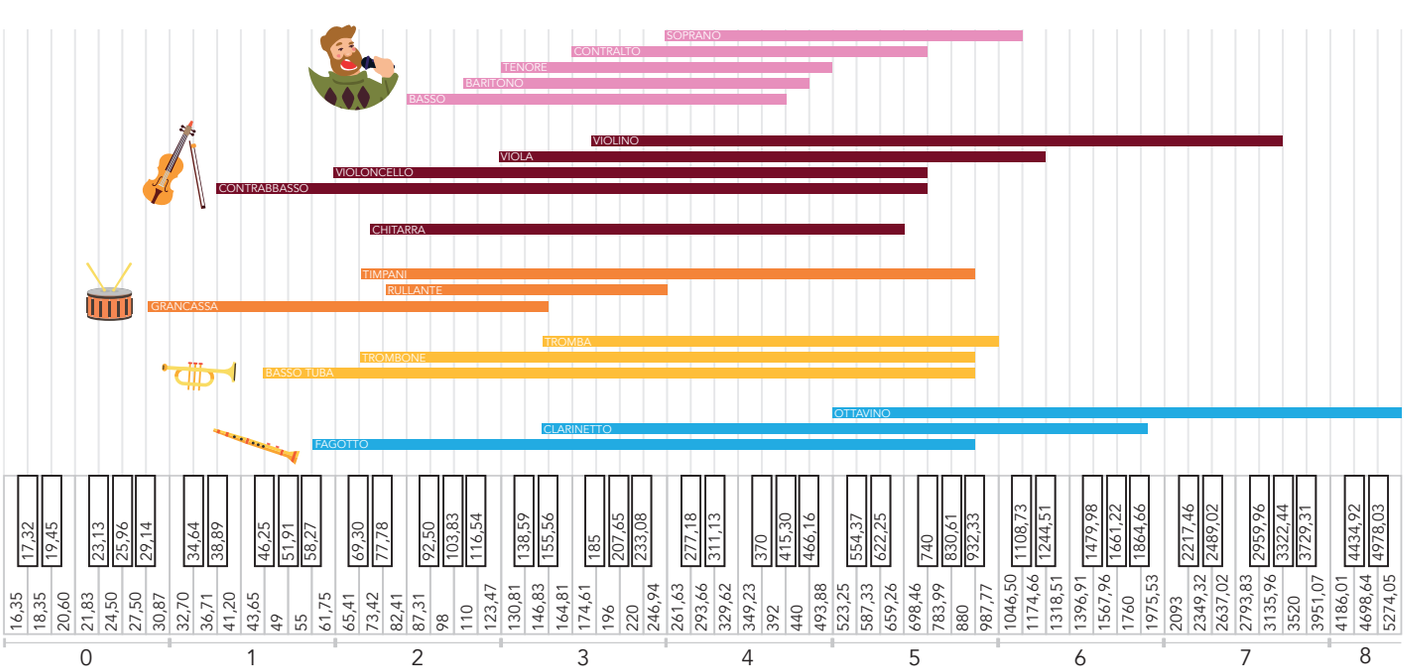


frequenza $f = \frac{1}{T}$ 1 sta per 1 secondo di tempo; T periodo dell'onda

L'essere umano non percepisce tutte le frequenze ma solo una porzione di esse: **da 20 a 20.000 Hz**. Le frequenze al di sotto del range udibile prendono il nome di **infrasuoni** e quelle al di sopra, **ultrasuoni**. Altri animali hanno *range* diversi e possono per esempio percepire quelli che per noi sono infrasuoni o ultrasuoni. Tutta quella che chiamiamo musica, ma anche tutti i suoni che ascoltiamo ogni giorno, sono quindi compresi tra i 20 e i 20.000 Hz.

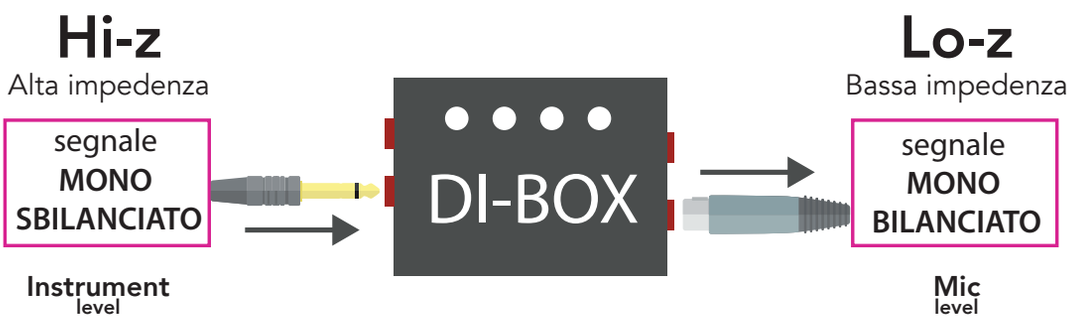


Ogni strumento che conosciamo ha una sua estensione cioè un certo numero di note e quindi di frequenze che può suonare. Ci sono strumenti come il contrabbasso o il fagotto che concentrano le proprie possibilità su frequenze basse (40-600 Hz), altri, come il violino o l'ottavino, su frequenze alte (200-5000 Hz).



DI-Box

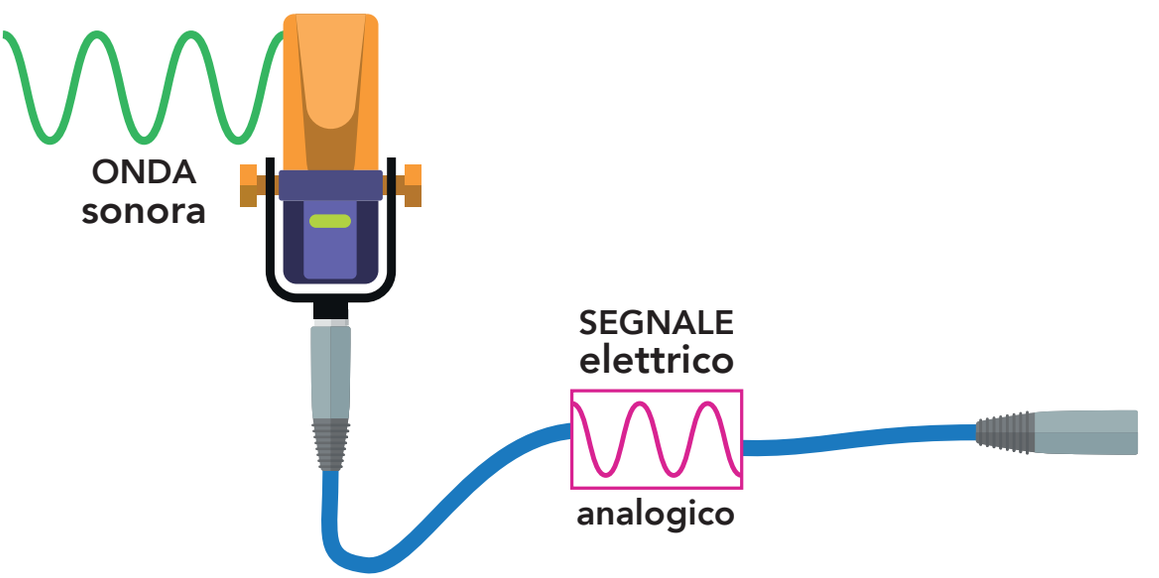
La **DI-Box (Direct Inject Box)** è una piccola “scatola” che permette di trasformare un segnale ad alta impedenza sbilanciato in un segnale a bassa impedenza bilanciato. Come già visto, questo permette al nostro segnale di fare lunghi tratti senza perdita di qualità. Esistono DI-Box attive, dotate quindi di una piccola preamplificazione, e passive, prive di preamplificazione. Possono inoltre essere mono o stereo, a seconda che gestiscano uno o due segnali. Si utilizzano per esempio nei concerti per trasformare il segnale di uno strumento, come un sintetizzatore, da sbilanciato a bilanciato e trasmetterlo via XLR con un lungo cavo al mixer che magari si trova a una decina di metri dal palco. Questo passaggio assicura un segnale più pulito da interferenze e degradazioni, dovute al tragitto che il segnale deve percorrere.



Microfoni

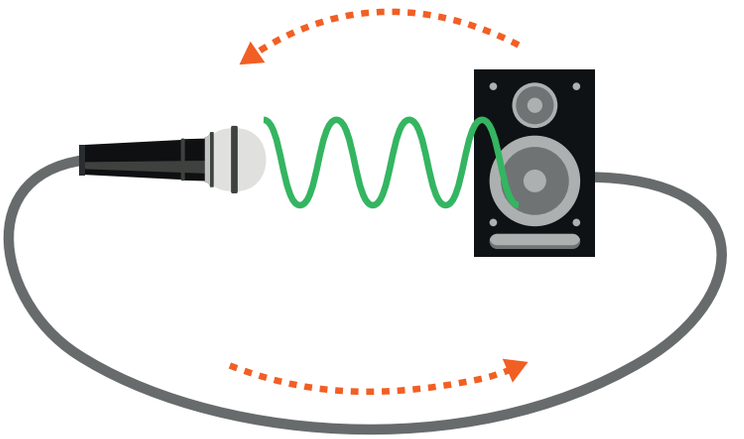
Tipologie di microfoni

Il microfono è un trasduttore, cioè un dispositivo che trasforma l’onda sonora che si propaga nel mezzo elastico (per esempio l’aria) in segnale elettrico di tipo analogico. Esistono tre tipologie principali di microfoni che si differenziano per la modalità con cui si attua la trasduzione da onda a tensione elettrica.



Segnale bilanciato: come abbiamo già chiarito nei capitoli precedenti, i microfoni generano un segnale bilanciato. Per farlo hanno un piccolo trasformatore che prende il segnale originale e ne crea due versioni: una in fase e una invertita di polarità (e quindi fase) che passano sui poli positivo e negativo del cavo a tre poli.

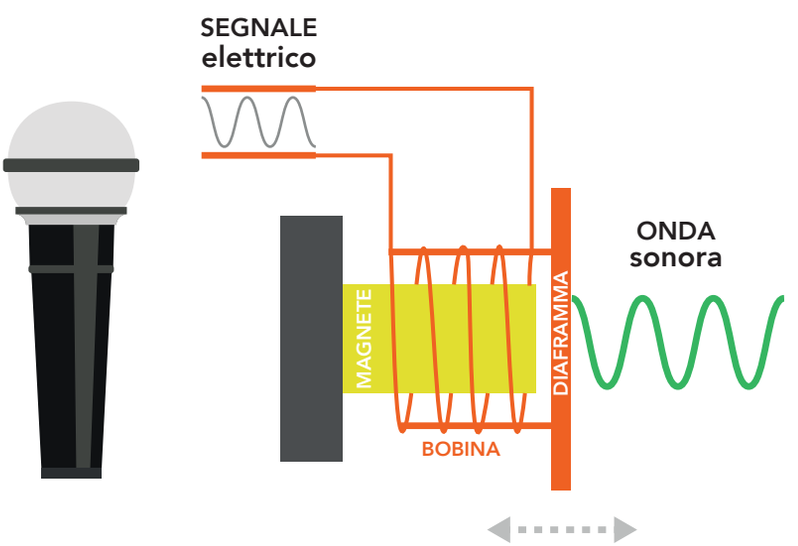
Effetto Larsen: Prima di procedere oltre è opportuno definire L'Effetto Larsen (o feedback acustico). A causa di questo effetto si può produrre il tipico fischio, spesso non voluto, che si sviluppa quando il suono di un altoparlante viene ripreso da un microfono o da un pickup e da questo rimandato al medesimo altoparlante, creando un loop di suono che può essere interrotto solo se si interrompe il segnale che circola. Talvolta, soprattutto nelle chitarre elettriche, viene innescato e controllato dal musicista che lo utilizza così in modo artistico.



MICROFONO DINAMICO

Il microfono dinamico (o a bobina mobile) è mediamente meno sensibile se confrontato con i microfoni a condensatore, è spesso usato nei concerti dal vivo perché più "selettivo" nel suono da catturare e di conseguenza meno soggetto a effetto Larsen. È un microfono quindi più "duro", meno sensibile agli shock meccanici e non necessita di energia ausiliaria (***phantom power***) per funzionare.

Funzionamento I microfoni dinamici sono costituiti da un diaframma collegato rigidamente a una bobina mobile che circonda un magnete fisso. La legge di Faraday* è un concetto elettromagnetico che afferma che quando una bobina si muove intorno a un magnete, il campo magnetico cambia, inducendo così una variazione di tensione. Questo spiega esattamente la meccanica di un microfono dinamico. Quando l'onda acustica colpisce il diaframma, la bobina si muove intorno al magnete fisso, inducendo una variazione di tensione. La tensione indotta, che si forma alle estremità della bobina, è proporzionale all'onda sonora che fa muovere il diaframma. Un altro modo di considerare i microfoni dinamici è l'inverso degli altoparlanti dinamici. Entrambi utilizzano la legge di Faraday ma mentre un altoparlante utilizza una tensione variabile per spostare una bobina, il microfono dinamico utilizza una bobina in movimento per generare una tensione.



* La **legge di Faraday** sull'induzione elettromagnetica è il principio che ci permette di trasformare il movimento in elettricità. Un altro esempio di questa legge è il funzionamento della dinamo della bicicletta, costituita da un magnete e da una bobina di filo di rame. Quando il magnete e la bobina si muovono l'uno intorno all'altro, si genera una tensione elettrica per induzione.