



**Corso "Impianti elettroacustici e sistemi
di controllo e limitazione"(cod.825/21)**

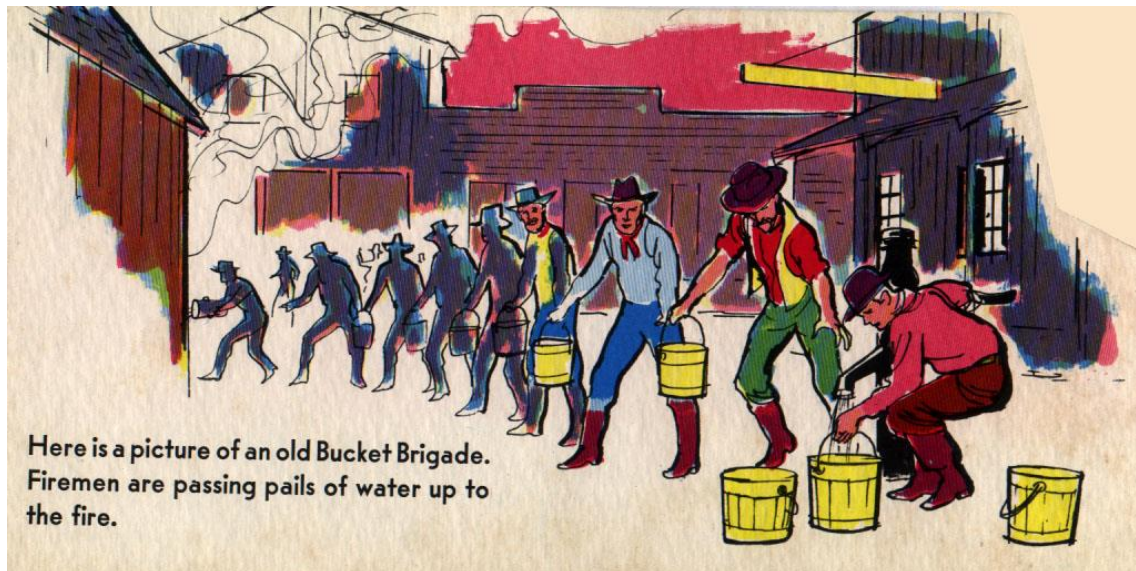
Docente: Dott. Stefano De Stabile

Struttura della lezione

- A. Richiami di Acustica Generale
- B. Elementi base di Elettroacustica
- C. Legislazione e normativa in ambito elettroacustico: il DPCM 215/1999
- D. Valutazione dei livelli generati da un sistema elettroacustico: esempio

1. Richiami di Acustica Generale

Il suono è un fenomeno per cui una certa quota di energia (acustica) si propaga in un mezzo (fluido, solido) senza che però vi sia trasporto di materia. L'onda sonora si propaga da un punto all'altro mediante onde di compressione e rarefazione generate dall'oscillazione di molecole che però non abbandonano mai la loro posizione di equilibrio.



← *Ciò è vero fino a quando
rimaniamo nell'ambito dei
fenomeni «Lineari»*

1. Richiami di Acustica Generale

Nel caso il mezzo si aria, le onde di compressione (o di rarefazione) corrispondono ad un incremento (o ad una diminuzione) della pressione atmosferica «statica» locale: si generà cioè una pressione «dinamica» che si sovrappone a quella «statica». E' questa parte «dinamica» (in quanto variabile nel tempo) che chiamiamo «Pressione Sonora» (o Acustica). La pressione sonora, essendo associata ad un fenomeno oscillatorio, è funzione del tempo: $p = p(t)$.

Poiché $p(t)$ varia continuamente risulta difficile seguire il continuo mutamento dei suoi valori; per questo motivo in acustica applicata si definisce come «pressione sonora» la variazione media di pressione rispetto a quella atmosferica.

1. Richiami di Acustica Generale

In pratica si fa riferimento al **valore efficace** (cioè al valore RMS) della differenza tra pressione totale e pressione atmosferica secondo la seguente relazione:

$$p_e = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} p(t) dt}$$

La scelta di p_e non è casuale: la radice quadratica media della pressione è infatti direttamente proporzionale alla quantità di energia del suono

1. Richiami di Acustica Generale

La pressione , com'è noto, si misura in Pascal [Pa]. Purtroppo (o per fortuna) l'orecchio umano è dotato di una grandissima dinamica e ciò rende poco agevole l'uso del Pascal in quanto l'intervallo di potenza sonora (e anche della pressione sonora) compreso tra il suono più flebile percepibile dall'orecchio umano e il livello oltre il quale si entra nella soglia del dolore e del danno uditivo è oggettivamente enorme dal punto di vista numerico.

Per questo motivo risulta «comodo» comprimere la scala delle potenze sonore (o delle pressioni) mediante l'introduzione del **Livello di Potenza** (o di Pressione), che si ottiene adottando una scala di tipo logaritmico.

Nella slide successiva riportiamo una tabella dove sono riportate le pressioni e i livelli di pressione di alcuni fenomeni sonori.

1. Richiami di Acustica Generale

12 SOUND ANALYSIS AND NOISE CONTROL

Table 1.1. Average Sound Pressure Levels to Be Expected in Some Common Environments.

Sound Pressure (rms), N/m ²	Sound Pressure (rms), psi	Sound Pressure Level, dB	Typical Environment	Average Subjective Description
200	3×10^{-2}	140	30 m from military aircraft at takeoff	Intolerable
63		130	Pneumatic chipping and riveting (operator's position)	
20	3×10^{-3}	120	Ship's engine room (full speed)	_____
6.3		110	Automatic punch press (operator's position); sheet metal shop—hand grinding; textile weaving room	
2	3×10^{-4}	100	Automatic lathe shop; platform of underground station (maximum levels); printing press room	Very Noisy
6.3×10^{-1}		90	Heavy trucks at 6 m; construction site—pneumatic drilling.	
2×10^{-1}	3×10^{-5}	80	Curbside of busy street; office with tabulating machines	_____
6.3×10^{-2}		70	Loud radio (in average domestic room)	
2×10^{-2}	3×10^{-6}	60	Restaurant; department store; conversational speech at 1 m	_____
6.3×10^{-3}		50	General office	
2×10^{-3}	3×10^{-7}	40	Average suburban area at night, bedroom at night	Quiet
6.3×10^{-4}		30		
2×10^{-4}	3×10^{-8}	20	Background in TV and recording studios; leaves rustling	Very Quiet
6.3×10^{-5}		10		
2×10^{-5}	3×10^{-9}	0	Normal threshold of hearing	_____

1. Richiami di Acustica Generale

La definizione di **Livello di Potenza Sonora** L_W è la seguente:

$$L_W = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \text{ dB}, \quad [re W_{ref}]$$

dove

W potenza sonora in watt

W_{ref} potenza sonora di riferimento = 10^{-12} watt

Nel caso del **Livello di Pressione Sonora**, essendo la potenza proporzionale al quadrato della pressione, si ha

$$L_P = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_{ref}^2} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p}{p_{ref}} \right) \text{ dB}, \quad [re p_{ref}]$$

dove

p_{ref} pressione sonora di riferimento = 2×10^{-5} N/m² = 2×10^{-5} Pa

1. Richiami di Acustica Generale

Il decibel non è un'unità di misura «assoluta», ma una unità di livello espressa tramite il logaritmo del rapporto tra due quantità omogenee, una delle quali presa come riferimento.

Per questo motivo la «manipolazione» di livelli espressi in decibel richiede una certa attenzione in quanto anche operazioni semplici come la somma e la sottrazione possono portare a risultati che a un non esperto appaiono paradossali. L'esempio classico è:

Quanto fa $0 \text{ dB} + 0 \text{ dB}$?

1. Richiami di Acustica Generale

La risposta si ottiene riprendendo la definizione di decibel ricordando che ciò che si vanno a sommare sono le quantità fisiche e non i livelli. Pertanto se ad una certa «quantità» fisica «X» (es. la Potenza Sonora) corrisponde un livello pari a «0» espresso in dB, allora la somma di due quantità identiche (0 + 0) va eseguita sommando le variabili fisiche e NON i livelli secondo lo schema seguente:

$$0 \text{ dB} = 10 \cdot \log_{10}(X) \Rightarrow$$

$$0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 10 \cdot \log_{10}(X + X) = 10 \cdot \log_{10}(2X) \Rightarrow$$

$$10 \cdot \log_{10}(2) + 10 \cdot \log_{10}(X) = 3 + 0 = 3 \text{ dB}$$

Cioè, $0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$!

1. Richiami di Acustica Generale

La velocità con cui un suono si propaga in un mezzo dipende esclusivamente dalle caratteristiche fisiche del mezzo stesso ed in particolare dalla sua densità e dalla sua elasticità. Formalmente si ha:

$$c = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}}$$

dove:

c velocità del suono nel mezzo [m/s]

E_v modulo di elasticità del mezzo [N/m²]

ρ massa volumica (densità) del mezzo [kg/m³]

1. Richiami di Acustica Generale

Per i gas ideali la relazione precedente diventa:

$$c = \sqrt{\frac{kRT}{\mu}}$$

dove

$k = c_p/c_V$ è il rapporto tra i calori specifici a pressione e a volume costante

R costante universale dei gas

μ massa molecolare [kg_{moli}]

T temperatura assoluta [K]

Per l'aria si usa normalmente la seguente formula semplificata:

$$c = 331,4 + 0,6 \cdot T'$$

dove T' è la temperatura espressa in gradi centigradi.

1. Richiami di Acustica Generale

A conclusione di questo capitolo introduttivo di seguito richiamiamo le formule che consentono di calcolare il livello sonoro a varie distanze in funzione della tipologia di campo acustico.

1. Richiami di Acustica Generale

Condizione di Campo Libero

Un campo si dice libero quando ci troviamo in prossimità della sorgente, dove prevale il contributo della energia diretta, rispetto alla quale il contributo di tutte le riflessioni risulta trascurabile

Livello di Pressione Sonora in Campo Libero:
$$L_p = L_W + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

dove

L_p Livello di pressione sonora

L_W Livello di potenza sonora

Q Direttività della sorgente sonora

r Distanza tra sorgente e punto di misura

1. Richiami di Acustica Generale

Condizione di Campo Riverberante

Un campo si dice riverberante se il numero delle riflessioni prodotte dalle pareti laterali è tanto elevato da

formare un campo acustico uniforme in tutto l'ambiente (anche in prossimità della sorgente).

Livello Sonoro in Campo Riverberante:
$$L_p = L_W + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{4}{A} \right)$$

dove $A = \alpha \cdot S = \sum_k \alpha_k \cdot S_k$ è l'area equivalente di assorbimento acustico (m²), essendo

α_k coefficiente di assorbimento acustico della k-esima superficie

S_k k-esima superficie interna

1. Richiami di Acustica Generale

Condizione di Campo Semiriverberante

Un campo si dice semiriverberante quando al suo interno sono presenti zone di campo libero (in prossimità della sorgente dove prevale il contributo dell'onda diretta) e zone di campo riverberante (in prossimità delle pareti dove prevalgono le onde riflesse). Si tratta della condizione rilevabile normalmente negli ambienti reali.

$$\text{Livello Sonoro in Campo Semiriverberante: } L_p = L_W + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

dove

$$R \quad \text{costante dell'ambiente} = R = \frac{A}{(1 - \alpha)}$$

1. Richiami di Acustica Generale

Di seguito mostriamo come cambi l'attenuazione per una medesima distanza in funzione della direttività della sorgente

L (m)	W (m)	H (m)	V	S Tot	α medio	A	R
15	12	4	720	576	0.35	201.6	310.2
LW	r (m)	Q sorgente	Campo libero	Campo Riverberante	Campo Semiriverberante		
100	8	1	70.9	83.0	81.5		
100	8	2	74.0	83.0	81.9		
100	8	4	77.0	83.0	82.5		

E come cambi invece in funzione dell'assorbimento acustico dell'ambiente e della distanza

L (m)	W (m)	H (m)	V	S Tot	α medio	A	R
15	12	4	720	576	0.8	460.8	2304.0
LW	r (m)	Q sorgente	Campo libero	Campo Riverberante	Campo Semiriverberante		
100	4	1	77.0	79.4	78.3		
100	8	1	70.9	79.4	74.7		
100	12	1	67.4	79.4	73.6		

1. Richiami di Acustica Generale

Nella propagazione all'aperto oltre alla diminuzione del livello sonoro dovuta all'effetto di divergenza geometrica (ossia con l'allontanamento dalla sorgente), l'onda acustica subisce anche altri effetti dovuti alla presenza di vegetazione, barriere, schermi, superfici riflettenti, gradienti termici, vento.

Quando le distanze diventano rilevanti assume particolare importanza l'effetto di assorbimento dovuto all'atmosfera: si tratta di una attenuazione del livello sonoro che si esprime in dB/Km e dipende dalla temperatura dell'aria e dalla sua umidità (relativa).

Di seguito riportiamo un esempio tratto dalla UNI ISO 9613-2

Coefficiente di attenuazione atmosferico, α_{Atm} (dB/km) – T = 20° C – H = 70%							
Bande frequenziali di ottava (Hz)							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6

2. Elementi base di Elettroacustica

L'elettroacustica è la scienza che si occupa dell'analisi e della riproduzione dei suoni per mezzo di apparecchiature elettriche, elettroniche ed elettromagnetiche.

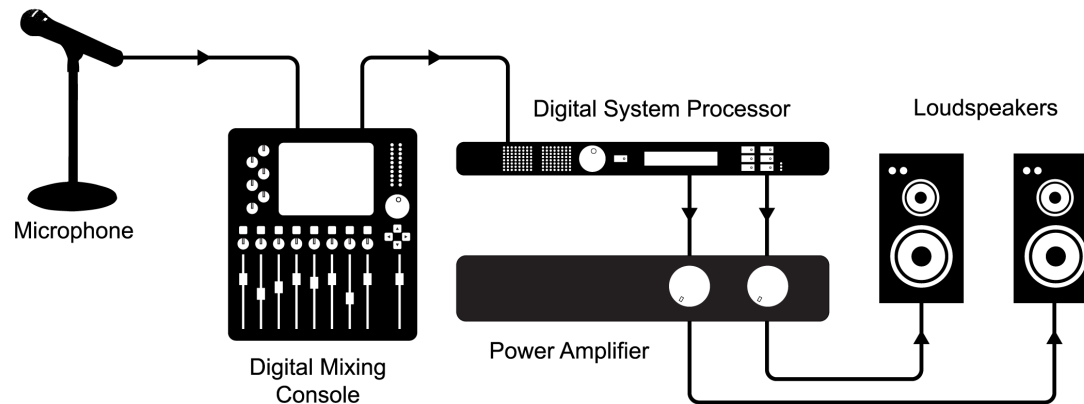
L'elettroacustica come la conosciamo oggi nasce sostanzialmente alla fine degli anni '20 del secolo scorso, con l'avvento del cinema sonoro.

Da allora il panorama generale degli apparecchi e dispositivi elettroacustici è cambiato moltissimo (soprattutto con l'avvento del digitale).

Ciò nonostante gli «estremi» della catena elettroacustica, ossia il microfono e l'altoparlante, sono rimasti concettualmente immutati in oltre 1 secolo.

2. Elementi base di Elettroacustica

Una catena elettroacustica è così sinteticamente schematizzabile:



ed è sostanzialmente composta da 4 «macro-elementi»

- Un «trasduttore» di input (es.: il microfono)
- Una catena di dispositivi preposti al trattamento e alla distribuzione del segnale elettrico
- Uno o più elementi preposti all'amplificazione del segnale elettrico
- Un «trasduttore» di output (tipicamente, l'altoparlante)

2. Elementi base di Elettroacustica

Gli impianti elettroacustici possono essere di tipologie, dimensioni e caratteristiche estremamente difforni in quanto sono progettati sempre per uno scopo preciso e per determinate esigenze di utilizzo.

Prescindendo dagli impianti «domestici» (Hi-Fi, Home-Theatre, ecc.), possiamo dire che la maggior parte degli impianti audio installati in locali aperti al pubblico rientra in una di queste categorie:

A. Impianti P.A. («Public Address» o «Public Announcement»)

B. Impianti EVAC

2. Elementi base di Elettroacustica

Impianto PA

E' un sistema elettroacustico che comprende diversi elementi costituenti (microfoni, amplificatori, casse acustiche, processori di segnale, ecc.) il cui scopo è quello di aumentare il livello di alcune sorgenti (voce, musica, altri effetti sonori) in modo che il loro suono possa essere percepito agevolmente e correttamente anche a grandi distanze e/o in ambienti di grande volumetria, ovviando così alla naturale diminuzione del livello sonoro dovuta al progressivo allontanamento dalla sorgente.

Rientrano in questa categoria gli impianti elettroacustici delle discoteche, degli stadi, dei palasport, delle sale conferenze e quelli usati nei concerti (al chiuso o all'aperto).

2. Elementi base di Elettroacustica

Impianto PA

Genericamente gli impianti PA, pur differendo in modo oltremodo significativo da caso a caso, sono comunque tutti caratterizzati dalla proprietà di poter generare livelli sonori molto elevati, necessari per far giungere il suono anche a grandi distanze.

Per un impianto PA gli obiettivi acustici più significativi sono quelli di garantire una corretta e fedele riproduzione del segnale originale e un'adeguata «copertura» acustica dell'area da sonorizzare, «copertura» da intendersi in termini sia di omogeneità di livello e di spettro che di intensità del segnale sonoro.

2. Elementi base di Elettroacustica

Impianto EVAC

Sono impianti in genere caratterizzati da una complessità meno accentuata e da livelli di pressione sonora erogata inferiori agli impianti PA.

In particolare gli impianti EVAC sono sistemi audio che vengono asserviti ad impianti specifici (es.: gli impianti antincendio) e il cui scopo principale è quello di erogare messaggi vocali specifici, atti a consentire l'evacuazione rapida e ordinata di uno spazio in caso di emergenza.

Per un impianto EVAC l'obiettivo acustico più importante (se non l'unico) è quello di garantire un'adeguata **Intelligibilità del Parlato** in tutti gli spazi serviti.

2. Elementi base di Elettroacustica

Come abbiamo visto in precedenza, un impianto elettroacustico è concettualmente segmentabile in pochi e precisi costituenti essenziali:

- Un «trasduttore» di input (es.: il microfono)
- Una catena di dispositivi preposti al trattamento e alla distribuzione del segnale elettrico (processori di segnale)
- Uno o più elementi preposti all'amplificazione del segnale elettrico
- Un «trasduttore» di output (tipicamente, l'altoparlante)

Nel seguito forniremo una breve descrizione tecnica di questi elementi, soffermandoci su quelli più rilevanti ai fini di questa lezione.

2. Elementi base di Elettroacustica

Trasduttori di Input

Rientrano in questa categoria tutte le cosiddette «sorgenti» che possono essere di numero e tipologie vastissime: segnale radio, segnale telefonico, disco in vinile, nastro magnetico, CD o DVD, Hard Disk, ecc. ecc.

Per i nostri scopi ci concentreremo esclusivamente su quella che comunque rimane la sorgente elettroacustica di input più delicata (e forse la più importante): il microfono.

2. Elementi base di Elettroacustica

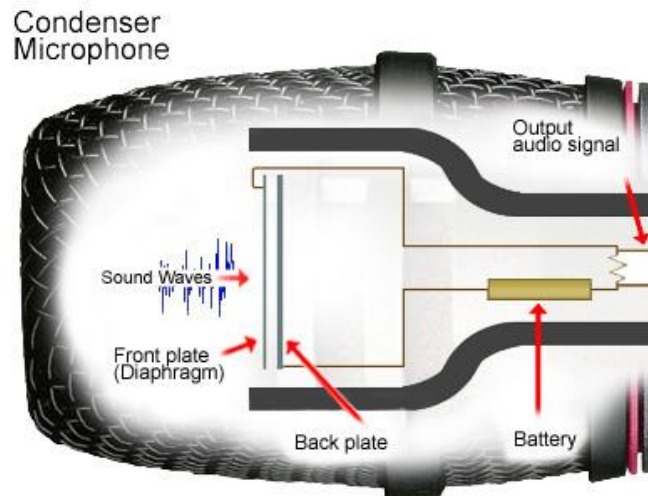
Il microfono è solitamente in cima alla processo di trasmissione poiché converte le onde sonore, prima in vibrazioni meccaniche e poi elettriche.

Ogni microfono ha un diaframma messo in movimento dalle fluttuazioni della pressione dell'aria, causate da un evento sonoro: queste vibrazioni meccaniche sono infine convertite in una frequenza elettrica analogica. Senza entrare nel dettaglio possiamo in linea di massima dire che i microfoni possono essere fatti rientrare in una di queste categorie:

- Piezoelettrici
- A condensatore
- A elettrete

2. Elementi base di Elettroacustica

Il microfono più diffuso è quello a condensatore; senza entrare in un eccesso di dettaglio tecnico ci limitiamo a dire che si tratta di un dispositivo che funziona come un condensatore elettrico in cui una delle due armature, il *diaframma*, è mobile: quando le onde sonore colpiscono il diaframma, questo vibra al ritmo delle stesse: ciò comporta un continuo cambiamento della distanza delle armature e quindi della capacità del condensatore in funzione del segnale acustico incidente. Tale variazione viene poi convertita in un segnale elettrico di ampiezza variabile in funzione del tempo.



2. Elementi base di Elettroacustica

I microfoni utilizzati per gli **strumenti di misura**, dal punto di vista del loro utilizzo si distinguono in:

- Microfoni per campo libero
- Microfoni a incidenza casuale

Microfoni a campo libero

Sono progettati per misurare un suono che proviene principalmente da un'unica direzione e presentano la massima accuratezza per un'incidenza di 0° (quando cioè sono puntati verso la sorgente). Se usati in campo diffuso (riverberante) sottostimano i livelli di pressione alle alte frequenze.

Microfoni a incidenza casuale

Sono progettati per un'elevata accuratezza in campo diffuso o fortemente riverberante. Se lo si utilizza in campo libero allora occorre posizionarlo con un angolo di incidenza di $70-80^\circ$ rispetto alla sorgente (esaltazione delle alte frequenze con sovrastime anche di 2-3 dB).

2. Elementi base di Elettroacustica

Caratteristiche principale dei microfoni

1. Sensibilità a circuito aperto

Rapporto tra la tensione rilevata al terminale di uscita del microfono e la pressione sonora incidente sul diaframma. Unità di misura: mV/Pa

2. Gamma dinamica

Differenza tra il livello di pressione sonora più alto e il più basso misurabile dal microfono.

Limite inferiore: quando il segnale elettrico generato dal microfono uguaglia il rumore di fondo del preamplificatore.

Limite superiore: dipende esclusivamente dalle caratteristiche fisiche (elasticità) del diaframma; superato tale limite entra in gioco la distorsione.

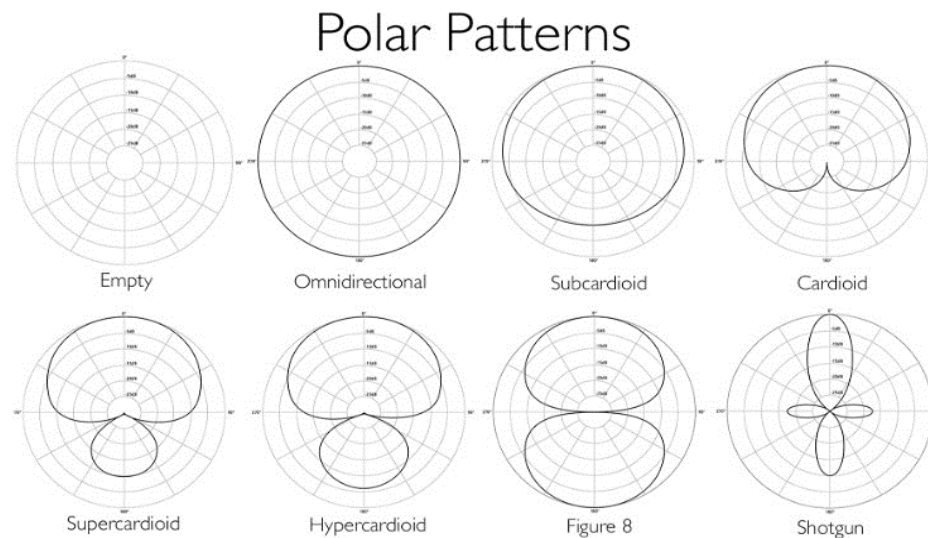
2. Elementi base di Elettroacustica

3. Risposta in frequenza

E' il rapporto tra l'ampiezza della pressione acustica incidente sul diaframma (ad una certa frequenza) e l'ampiezza del segnale elettrico generato.

4. Direzionalità

Caratteristica per cui la risposta del microfono è variabile in funzione dell'angolo di incidenza dell'onda sonora: di seguito mostriamo le caratteristiche di direzionalità delle tipologie più diffuse di microfoni.



2. Elementi base di Elettroacustica

PROCESSORI DI SEGNALE

Di seguito un breve elenco non esaustivo di quelli che sono i principali e più ricorrenti processori di segnale che si trovano in una catena elettroacustica.

Nota Generale: i processori di segnale sono dispositivi estremamente potenti e sofisticati e dovrebbero essere utilizzati ed impostati (“settaggi”) solo ed esclusivamente da tecnici audio (ingegneri del suono, fonici) abilitati e competenti.

2. Elementi base di Elettroacustica

MIXER

Il mixer è un dispositivo hardware o software che, come suggerisce il termine, miscela segnali audio provenienti da sorgenti diverse, creando un nuovo suono che è l'insieme, la fusione, di quelli originali. I mixer (passivi, attivi, digitali, software) possono modificare il suono agendo in vari modi; a puro titolo di esempio:

- aumentare o diminuire il volume
- regolare la posizione nei canali stereo
- abbassare o alzare la tonalità
- modificare il ritmo
- modificare il timbro
- applicare degli effetti, come l'eco e il riverbero.

2. Elementi base di Elettroacustica

EQUALIZZATORE

Si tratta di un dispositivo che agisce sul segnale audio andando a modificarne lo spettro sonoro intervenendo su specifiche bande di frequenza. In pratica l'utilizzatore può decidere se aumentare o diminuire il contenuto energetico di una o più bande frequenziali in modo da ottenere un ascolto finale più omogeneo o comunque più consono alle proprie finalità. Gli equalizzatori possono essere di due tipi: grafico o parametrico.

RIVERBERO

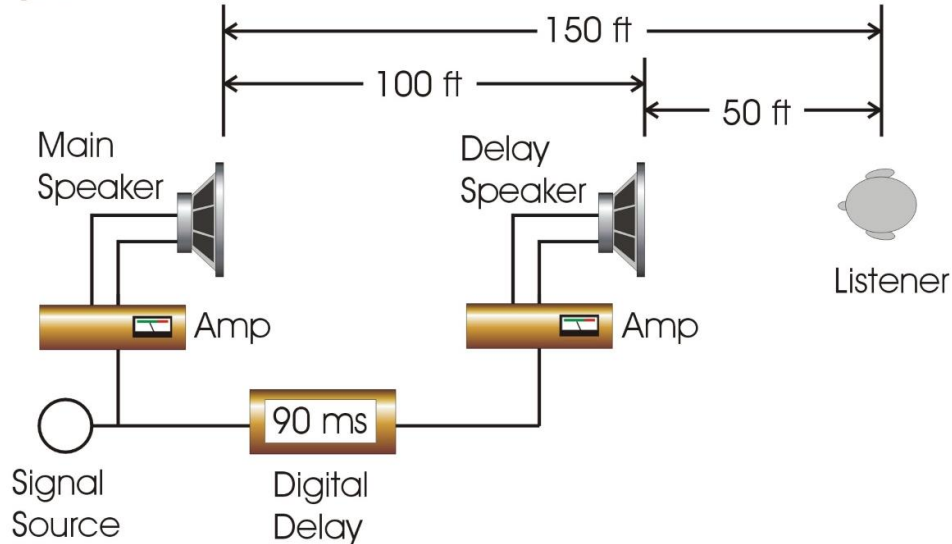
Si tratta di un fenomeno acustico naturale che si ingenera ogni volta che si produce un suono all'interno di un ambiente chiuso (o semi-chiuso). In elettroacustica esistono numerosi dispositivi che possono “aggiungere” ad un determinato segnale audio un effetto di riverbero che può essere modificato mediante un'ampia serie di controlli

2. Elementi base di Elettroacustica

DELAY

Nota anche come unità di ritardo è un processore che consente di far arrivare il segnale audio ad un certo gruppo di altoparlanti con un ritardo temporale variabile e, soprattutto, impostabile dall'utente. E' molto utilizzato quando si usano impianti elettroacustici con più fronti di emissione distanziati in modo da allinearne temporalmente l'emissione; nell'immagine seguente mostriamo il principio di funzionamento.

Figure 1



Distanza tra gli speaker:

100 piedi = 30.5 m

Ritardo Temporale tra gli speaker

$$\Delta t = \frac{30.5 \text{ m}}{c} = \frac{30.5}{340} = 0.09 \text{ s}$$

2. Elementi base di Elettroacustica

PROCESSORI DI DINAMICA

Sono tutti quei processori che agiscono per l'appunto sulla *dinamica* dei segnali audio e, in generale, sono raggruppabili in tre categorie: Compressori (compressor), Limitatori (Limiter), Noise Gates.

Prima di descrivere brevemente le due categorie, occorre illustrare brevemente cosa sia la “dinamica”.

In un brano musicale, l'ampiezza del livello risulta sempre compresa tra un valore massimo e uno minimo; la differenza in dB tra questi due valori è appunto la **dinamica** di quel brano.

2. Elementi base di Elettroacustica

COMPRESSORE

Agisce, come dice il termine stesso, “comprimendo” la gamma dinamica di un brano, ossia riducendola: occorre fare molta attenzione a questa definizione, in quanto la compressione della gamma dinamica NON significa che si avrà un segnale con un livello massimo inferiore a quello del segnale originale, ma semplicemente che la differenza tra massimo e minimo sarà diminuita!

Ad esempio un segnale con ampiezza compresa tra 10 e 80 dB (gamma dinamica 70 dB), può essere compresso a soli 50 dB di dinamica pur portando il livello massimo a 100 dB: il segnale «compresso» si caratterizzerà quindi per un livello minimo di 50 dB e uno massimo di 100 dB (dinamica 50 dB ma un livello massimo superiore all'originale).

Un'impostazione scorretta dei vari controlli (*threshold*, *ratio*, *gain*, *attack*, *release*, *knee*) può tradursi in un drammatico decadimento della qualità audio.

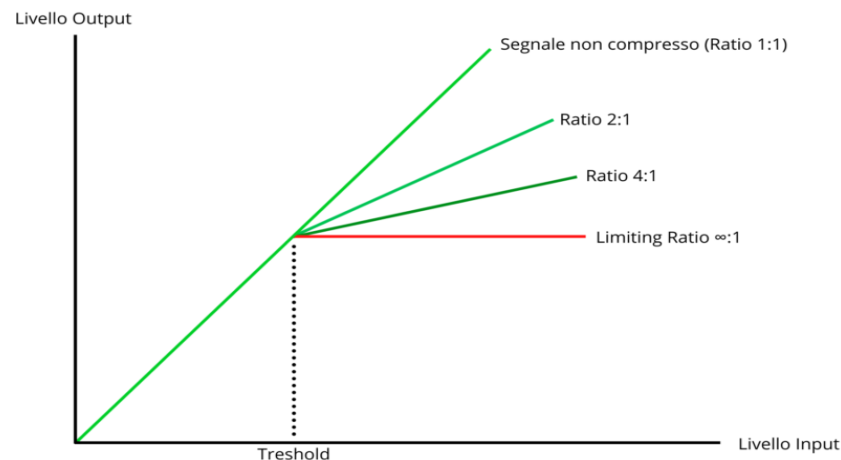
2. Elementi base di Elettroacustica

LIMITER

Questo processore viene utilizzato come una sorta di “protezione” per evitare che picchi molto ampi e improvvisi possano danneggiare attrezzature o che gli altoparlanti superino certe soglie di livello di pressione sonora.

Il Limiter, con una certa approssimazione, può essere visto come un caso estremo di Compressore in cui il rapporto di compressione supera la soglia di 10:1.

In realtà il comportamento di un Compressore e di un Limiter sono differenti : il grafico seguente agevola la comprensione del funzionamento dei due processori



2. Elementi base di Elettroacustica

Il Limiter lavora con principi simili al compressore ma, piuttosto che comprimere il segnale con un rapporto variabile o fisso (generalmente da 1,5:1 a 8:1), esso interviene letteralmente “bloccando” il segnale, non consentendo cioè il superamento di una soglia preimpostata. Ciò significa che, indipendentemente dalla sua ampiezza, il segnale quando approssima la soglia sarà letteralmente “tosato” in modo da non superare la soglia impostata.

Questo funzionamento viene indicato anche come "brick wall", termine inglese che significa letteralmente in italiano "muro di mattoni" e rappresenta un blocco che non si può varcare; poiché questo comportamento può comportare una resa sonora innaturale, alcuni Limiter consentono un leggero aumento del livello oltre la soglia preimpostata, nel tentativo di mantenere un suono più naturale.

2. Elementi base di Elettroacustica

NOISE GATE

Concettualmente è l'opposto di un Compressore o di un Limiter.

Si tratta di un dispositivo che blocca tutti i segnali inferiori ad una certa soglia, impostabile dall'utente; in pratica laddove un compressore attenua un segnale il cui livello supera una determinata soglia, il Noise Gate attenua tutto ciò che sta sotto ad una soglia: lo si usa sostanzialmente per ridurre il rumore di fondo presente in una catena di amplificazione di strumenti musicali o voce.

Al pari del Compressore e del Limiter (e di tutti i processori di segnale in genere), anche il Noise Gate ha diversi controlli (*threshold*, *attack*, *Hold*, *Release*) i cui settaggi richiedono specifiche competenze ed esperienza.

2. Elementi base di Elettroacustica

AMPLIFICATORE

Per quanto il nome stesso ne indichi la funzione, è bene sottolineare che un amplificatore audio non si limita ad incrementare un determinato segnale, ma introduce anche un controllo sul segnale stesso essendo in grado di linearizzarlo e di controllarne ed eventualmente modificarne l'impedenza.

La relazione tra ingresso e uscita dell'amplificatore, usualmente espressa come funzione della frequenza del segnale di ingresso, è detta **funzione di trasferimento** dell'amplificatore e l'ampiezza della funzione di trasferimento è detta **guadagno**.

2. Elementi base di Elettroacustica

ALTOPARLANTE

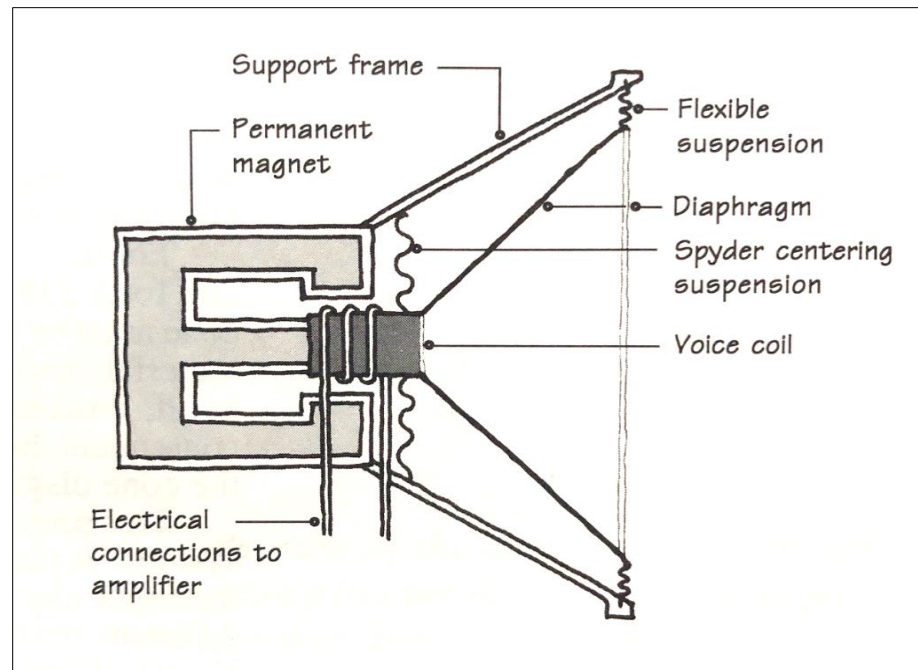
L'altoparlante è un trasduttore “elettro-meccano-acustico” che trasforma un segnale elettrico in una pressione sonora. Esistono diverse tipologie di altoparlanti:

- **Elettrodinamici:** il campo magnetico è generato da un solenoide. Oggi non si utilizzano più.
- **Elettrostatici:** si usa il campo elettrico al posto di quello magnetico. Alta qualità di riproduzione ma bassi livelli di pressione generati.
- **Piezoelettrici:** sfruttano le proprietà del fenomeno piezoelettrico.
- **A Plasma:** il gas viene mantenuto allo stato di plasma da una scarica elettrica continua e l'onda sonora viene generata modulando l'intensità della scarica.
- **Magnetodinamici:** sono i più diffusi e di essi tratteremo nel seguito.

2. Elementi base di Elettroacustica

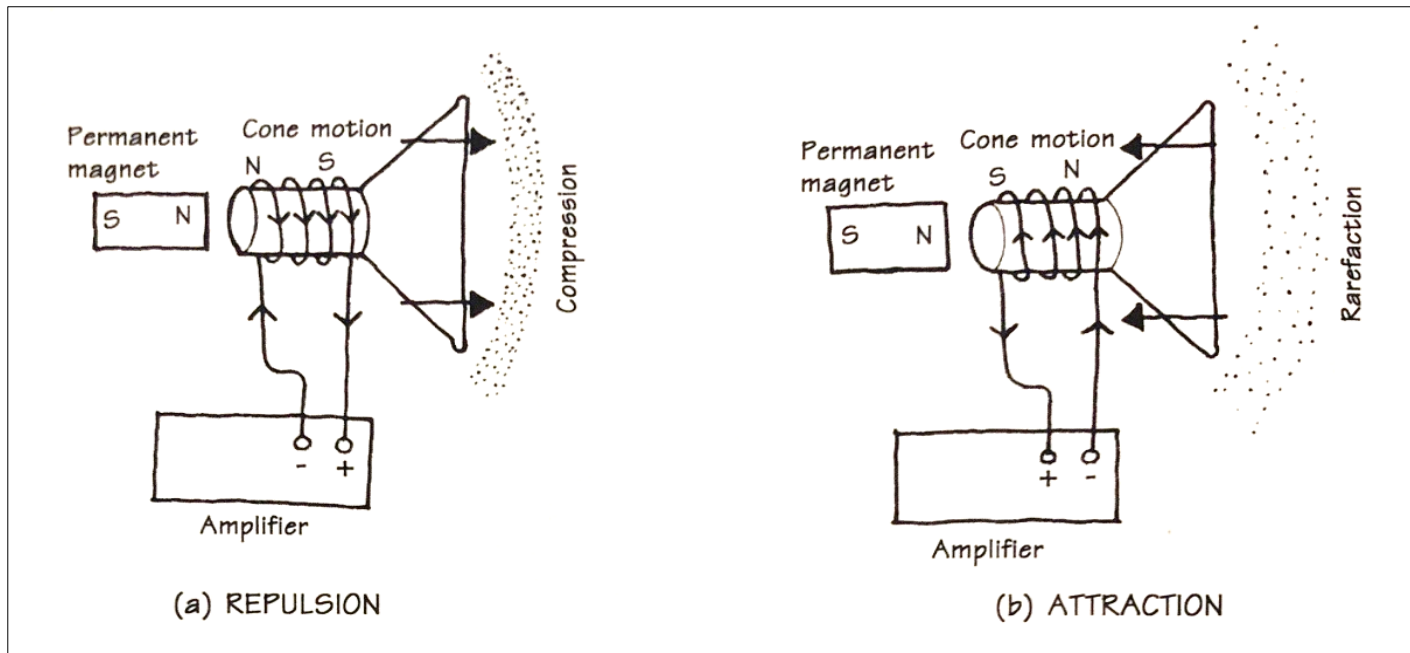
ALTOPARLANTE

Gli altoparlanti magnetodinamici sono composti da un magnete permanente che genera un campo magnetico all'interno del quale è immersa una bobina mobile unita solidalmente ad un cono di cartone o di altro materiale leggero. Nell'immagine seguente mostriamo uno schema semplificato della struttura di uno speaker magnetodinamico.



2. Elementi base di Elettroacustica

Il magnete permanente che genera un campo magnetico molto potente (migliaia di Gauss): il segnale elettrico proveniente dall'amplificatore circola nella bobina generando un'interazione tra campi magnetici e la fa muovere avanti e indietro e con essa il cono dell'altoparlante che così comprime l'aria generando l'onda sonora: l'immagine seguente aiuta a chiarire il concetto.



2. Elementi base di Elettroacustica

Una trattazione sufficientemente esauriente sugli altoparlanti richiederebbe un intero corso didattico, per cui va oltre gli scopi di questa lezione. Di seguito vogliamo solo richiamare quelle che sono le caratteristiche elettro-acustiche più importanti di un altoparlante.

Risposta in frequenza

E' sostanzialmente il “modo” in cui l'altoparlante risponde ad un segnale noto (più precisamente ad un segnale contenente tutte le frequenze audio alla stessa ampiezza). La risposta in frequenza ci dice quanto accuratamente e fedelmente un altoparlante converte le frequenze del segnale elettrico in ingresso. La “*linearità*” della risposta in frequenza di un altoparlante è un indice della sua qualità/fedeltà di riproduzione

2. Elementi base di Elettroacustica

Sensibilità

Può essere definita come il livello di pressione sonora efficace che un altoparlante eroga quando ai suoi morsetti viene applicato un segnale sinusoidale a 1000 Hz di potenza pari a 1 W. In pratica può essere definita come la capacità di un determinato altoparlante di convertire la potenza fornita dall'amplificatore in energia acustica. A seconda della tipologia, delle dimensioni, della configurazione, della destinazione d'uso, ecc., la sensibilità di un altoparlante può variare notevolmente, ad esempio si può andare dagli 80-85 dB 1W/1m di un altoparlante di un impianto Hi-Fi domestico, ai 115 db 1W/1m e oltre per un «driver» di una sistema PA; per inciso, in quest'ultimo caso è immediato constatare come il livello sonoro possa raggiungere valori molto elevati quando tale altoparlante risulta pilotato da un amplificatore di tipo professionale che eroghi, ad esempio, «soli» 100 W di potenza, avendosi:

$$L_{p, 1 m, 100 W} = L_{p, 1 m, 1 W} + 10 \cdot \log_{10}(100) = 115 + 20 = 135 \text{ dB a } 1 \text{ m} !$$

2. Elementi base di Elettroacustica

Potenza acustica

E' un dato molto importante in quanto ci dice per quali scopi può essere usato uno specifico altoparlante (e quale amplificatore può essergli accoppiato). Di solito si considerano tre diverse tipologie di potenza:

Potenza Media: è determinata in base alle letture del valore RMS della tensione

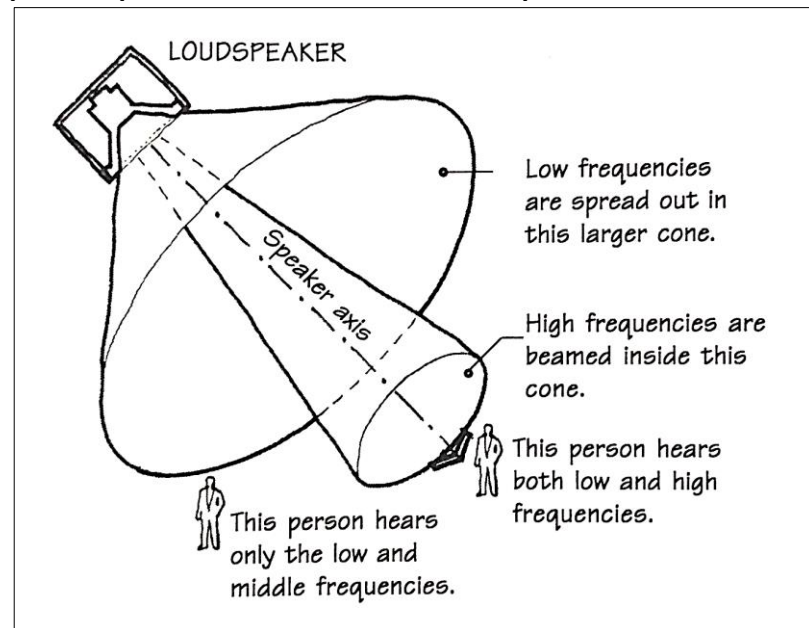
Potenza di Picco: si calcola basandosi sui valori di picco del segnale applicato; di solito corrisponde a circa il doppio della potenza media

Potenza Continua: è la potenza che l'altoparlante può sopportare per un tempo indeterminato

2. Elementi base di Elettroacustica

Direttività

La Direttività misura la direzionalità di una fonte sonora; in campo elettroacustico rappresenta un parametro molto importante perché indica quanto suono viene diretto verso una specifica area rispetto a tutta l'energia acustica prodotta dall'altoparlante. E' bene evidenziare che la direttività di qualsiasi sorgente acustica tende ad aumentare naturalmente al crescere della frequenza; di conseguenza a seconda della distanza e del posizionamento il segnale percepito si caratterizzerà per un contenuto spettrale diverso (vedi figura).



2. Elementi base di Elettroacustica

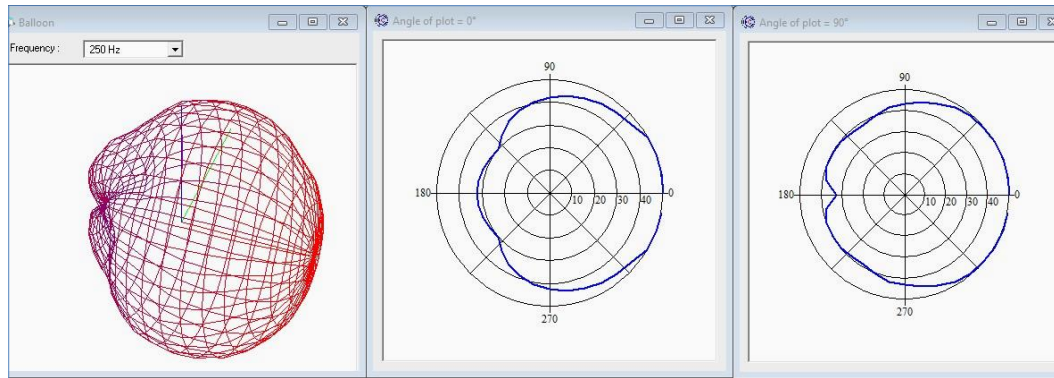
Direttività

In un ambiente riverberante, come le normali sale d'ascolto, il suono che non raggiunge l'area desiderata va ad incrementare la riverberazione; pertanto incrementare la direttività di un altoparlante significa aumentare l'energia sonora che raggiunge l'area d'ascolto e al contempo ridurre quella che va in altra direzione: ciò contribuisce senz'altro ad un ascolto più preciso e nitido.

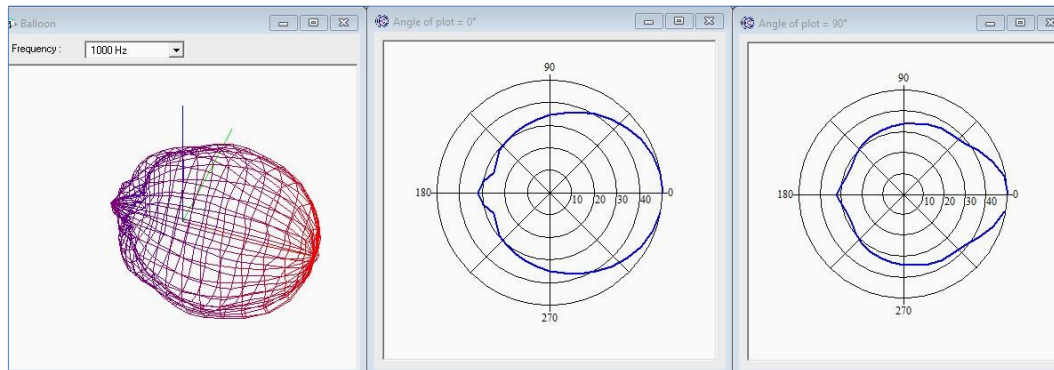
Come abbiamo detto prima la direttività di una sorgente sonora (e quindi di un altoparlante) è legata alla frequenza e in particolare cresce con la frequenza; di seguito riportiamo tre diagrammi polari dello stesso diffusore elettroacustico a 3 frequenze distinte e progressivamente crescenti.

2. Elementi base di Elettroacustica

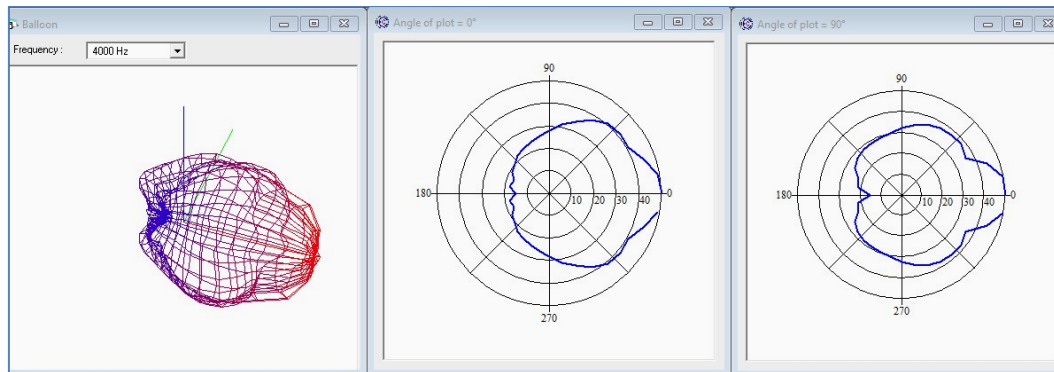
250 Hz



1 kHz



4 kHz



3. Riferimenti normativi

In questo capitolo passeremo in rassegna quelle che sono le principali leggi, disposizioni, regolamenti e norme che disciplinano l'uso e le prestazioni degli impianti elettroacustici. Per ovvi motivi di tempo si tratterà di una rassegna nella quale non potremo addentrarci più di tanto.

La prima cosa che occorre fare è richiamare la distinzione fatta in precedenza tra impianti PA e impianti EVAC in quanto le norme che riguardano queste due tipologie di sistemi sono diverse.

3. Riferimenti normativi

Impianti EVAC

IL DM 27/07/2010 impone che gli spazi commerciali con superficie lorda coperta superiore ai 400 mq devono essere dotati di un sistema audio che in caso di emergenza sia in grado di erogare **segnali** e **avvisi** finalizzati a garantire la rapida, ordinata e corretta evacuazione degli ambienti.

Per questi impianti la normativa di riferimento è a tutt'oggi un po' «confusa»: nel caso però l'impianto EVAC sia asservito ad un impianto antincendio, allora il riferimento tecnico è rappresentato dalla norma UNI EN ISO 7240-19.

3. Riferimenti normativi

Impianti EVAC

La UNI EN ISO 7240-19 è una norma abbastanza articolata e che descrive quale siano la procedura e la metodologia corrette per la progettazione, installazione, messa in funzione, collaudo e verifica periodica di un impianto EVAC. Senza entrare nel dettaglio della norma ci preme qui ricordare quelli che sono i punti salienti della stessa:

- Per ogni zona servita dall'impianto EVAC devono essere garantite le due seguenti condizioni acustiche:

$$\text{STI Medio} \geq 0.50$$

$$\text{STI min} \geq 0.45$$

dove STI rappresenta l'Indice di Trasmissione del Parlato

- La verifica del rispetto delle due condizioni precedenti va effettuata periodicamente ogni 12 mesi.

3. Leggi e Norme

Impianti PA

- **Legge Quadro 25/10/1995 n. 447.** L'articolo 4, comma 1, lettera g) introduce, come competenza delle Regioni, le modalità di rilascio delle autorizzazioni per lo svolgimento delle manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico.

Per queste manifestazioni le Regioni hanno rinviato ai Comuni il compito di definire regolamenti specifici riguardanti, gli intervalli temporali di effettuazione delle stesse, i livelli sonori massimi ammissibili e il numero massimo di manifestazioni all'anno.

A puro titolo di esempio nel seguito riportiamo i punti salienti del regolamento del Comune di Torino; vale la pena però sottolineare come tutti questi limiti siano diversi da Comune a Comune il che non solo complica il quadro generale ma, a parere dello scrivente, rappresenta addirittura un *absurdum* concettuale in quanto introduce di fatto un concetto di «località» del disturbo e dell'inquinamento acustico.

3. Leggi e Norme

Impianti PA

Articolo 14 - Orari e durata delle manifestazioni

1. Lo svolgimento delle attività di cui all'articolo 11 in deroga al rispetto dei limiti vigenti per le sorgenti sonore può essere autorizzato dalle ore 9:00 alle ore 24:00. *[*]*

[] Il numero massimo di giorni complessivi per manifestazioni sono 30 nel caso esse avvengano nei siti previsti dalla zonizzazione acustica mentre per gli altri siti il limite è inferiore*

Articolo 15 - Limiti di immissione sonora

1. Il limite massimo di immissione sonora autorizzabile in deroga è di 70 dB(A), riferito al livello equivalente misurato su un tempo di osservazione di 30 minuti, da verificarsi in facciata al ricettore più esposto secondo le modalità descritte nel D.M. 16 marzo 1998 *[*]*

[] Nel regolamento è prevista la possibilità di elevare il limite a 73 dBA (comma 2) o addirittura a 80 dBA (comma 4) per un massimo di 5 giorni/anno per sito.*

3. Leggi e Norme

Impianti PA

DPCM 16/04/1999 n. 215

Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi

Tale decreto stabilisce i limiti dei livelli di pressione sonora consentiti nei locali e/o ambienti aperti al pubblico e fissa gli obblighi per i gestori in relazione alla verifica di quelli generati dagli impianti elettroacustici in dotazione. Sono altresì precisate le modalità con cui i gestori devono eseguire la verifica, per la quale devono avvalersi di un Tecnico Competente in Acustica (TCA). Nel prosieguo di questa lezione ci limiteremo all'analisi di questo decreto.

3. Leggi e Norme

All'art. 2 del DPCM vengono introdotti due differenti parametri acustici, L_{ASMax} , livello del valore massimo di pressione sonora ponderato in curva "A" con costante di tempo "slow" e L_{Aeq} , livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", così come definiti nel D.M. del 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". Relativamente a questi due parametri il DPCM introduce i seguenti due distinti valori limite:

$$L_{Aeq} \leq 95 \text{ dBA}$$

$$L_{ASMax} \leq 102 \text{ dBA}$$

I valori sono riferiti al tempo di funzionamento dell'impianto elettroacustico nel periodo di apertura al pubblico e in tale ambito sono da intendersi come valori limite da rispettare sempre e in qualunque circostanza

3. Leggi e Norme

Il decreto specifica che il gestore del locale deve verificare i livelli di pressione sonora generati dagli impianti elettroacustici in dotazione e al comma 3 precisa che i soggetti diversi dai gestori, che utilizzano autonomamente gli impianti e che con questi non hanno rapporti di subordinazione o di collaborazione continuata o coordinata (per esempio liberi professionisti), rispondono in solido con i gestori delle violazioni previste dal regolamento.

Entrambe le figure devono rispettare i limiti imposti dalla legge anche durante esecuzioni dal vivo, in cui i gruppi utilizzano autonomamente gli impianti sostituendoli eventualmente, spostandoli o modificandoli con l'introduzione di nuovi elementi. Inoltre, in base al comma 2, il gestore è tenuto a effettuare una nuova verifica dopo ogni modifica o riparazione dell'impianto.

3. Leggi e Norme

Il DPCM distingue sostanzialmente due tipologie di impianti:

(A)
**Impianti non idonei a
superare i valori limite**

(B)
**Impianti idonei a
superare i valori limite**

Di seguito ci occuperemo solo degli impianti di tipo **(B)** e di quali siano le procedure e le operazioni che il TCA (tecnico competente in acustica) deve seguire ed eseguire per determinare e verificare i livelli di pressione sonora

3. Leggi e Norme

Il tecnico competente deve svolgere l'accertamento del non superamento dei limiti imposti dalla normativa secondo le modalità indicate nell'Allegato A del decreto.

Visto che i valori dei due parametri LASMax e LAeq, per uno stesso ambiente, non sono tra loro correlati, ma dipendono dal brano eseguito, nasce l'esigenza da parte del tecnico competente, di eseguire le misure durante la riproduzione di brani con differente dinamica al fine di verificare il più oneroso per i due parametri.

Le rilevazioni fonometriche, in post-elaborazione dei risultati, devono essere depurate del rumore “antropico”: appare dunque evidente l'oggettiva difficoltà di gestire le predette operazioni in presenza di pubblico.

3. Leggi e Norme

Il tecnico competente ha quindi la possibilità di eseguire le operazioni a locale pieno (con le conseguenti difficoltà) o, in alternativa, eseguire le operazioni a locale vuoto. È però fondamentale sottolineare che la verifica finale del rispetto dei limiti, dovrà comunque essere eseguita durante la normale attività e nei momenti di massimo affollamento in quanto sono queste le condizioni più gravose e quelle in cui avvengono i controlli.

A locale vuoto le operazioni da eseguire preliminarmente sono le seguenti:

- 1) si regola l'impianto “nelle condizioni di esercizio più ricorrenti del locale”: il livello dovrà raggiungere un livello congruo senza che intervengano fenomeni di distorsione;
- 2) si scelgono una serie di brani con dinamica musicale diversa e per ognuno di essi si riproduce un pezzo per 3 minuti misurando LASMax nel punto o nei punti del locale di maggior pressione sonora avendo cura di mantenere la capsula microfonica ad un'altezza dal pavimento di $1,6 (\pm 0,1\text{m})$;

3. Leggi e Norme

- 3) contestualmente si misura anche LAeq avendo cura di individuare, tra i brani scelti, quello più gravoso per questo parametro. Tale brano sarà quello con cui si effettuerà la mappatura dei LAeq,j (livelli parziali di cui all'allegato A del decreto) con una durata della misura di almeno 60 secondi in ogni punto. I punti di rilevazione degli LAeq,j dovranno essere omogeneamente distribuiti nella parte del locale accessibile al pubblico; i livelli misurati devono essere “rappresentativi” della complessiva esposizione del pubblico.

Il valore di LAeq si ottiene eseguendo il seguente calcolo:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{T} \cdot \sum_{j=1}^N t_j \cdot 10^{L_{Aeq,j}/10} \right)$$

3. Leggi e Norme

Al termine delle operazioni il TCA procederà alla stesura della relazione che dovrà contenere almeno i seguenti contenuti:

- A. Data, ora, luogo dei rilievi e, se il luogo è all'aperto, descrizione delle condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento
- B. Elenco dettagliato dei componenti dell'impianto (marca, modello e numero di serie) corredato delle impostazioni delle regolazioni usate per le misurazioni. Data la complessità per gli organi di controllo di verificare modelli, numeri di matricola e altri elementi distintivi della catena elettroacustica, è importante che il report sia corredato di foto per identificare i componenti dell'impianto, le loro posizioni e, soprattutto, le regolazioni apportate.

3. Leggi e Norme

- C. Elenco dei brani musicali e/o altre tipologie di segnali acustici utilizzati per la “taratura” dell’impianto.
- D. Numero di persone presenti in occasione della sessione di misura
- E. Elenco della strumentazione e dei certificati di taratura
- F. Elenco dei valori misurati per i parametri LASMax e LAeq,j ed evidenza del calcolo di LAeq
- G. Planimetria del locale con evidenza della posizione degli speaker, delle postazioni di misura e della distribuzione del pubblico
- H. Valutazione dell’esposizione media del pubblico
- I. Elenco nominativo delle persone che hanno presenziato alle operazioni di misura
- J. Conclusioni contenente la dichiarazione che l’impianto è potenzialmente idoneo a superare i limiti consentiti, ma che tali limiti risultano rispettati a seguito delle regolazioni effettuate
- K. Identificativo, qualifica, attestati e firma del TCA

3. Leggi e Norme

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO

Trattasi di tutti quegli interventi sull'impianto che hanno lo scopo di assicurare sempre e in qualunque circostanza il rispetto dei limiti massimi consentiti dal regolamento.

È necessario adottare misure finalizzate a limitare la potenza sonora dell'impianto e a garantire che non siano possibili manomissioni. In genere l'obiettivo viene raggiunto imponendo che in uscita agli amplificatori vengano inseriti uno o più specifici processori di segnale, noti come "*limiter*" (limitatori). Vanno altresì introdotti dei dispositivi di sicurezza che impediscano, come detto sopra, qualsiasi manomissione.

Poiché le impostazioni del *limiter* possono essere agevolmente bypassate e/o modificate da chi ha competenze specifiche, è importante che nella relazione tecnica sia dato il massimo spazio alla documentazione (specialmente fotografica) che attesti in modo chiaro e non ambiguo lo stato di regolazione del/i dispositivo/i di limitazione.

3. Leggi e Norme

TECNICA DI MISURA

- le misurazioni devono essere eseguite a un'altezza di 1.6 (± 0.1) m sul livello del piano di calpestio;
- i microfoni devono essere montati su appositi sostegni e collegati al fonometro con cavi di lunghezza tali da consentire agli operatori di porsi a una distanza non inferiore a 3 m dai microfoni stessi (difficoltà di gestione della misura);
- nel caso più frequente in cui i diffusori sonori siano più di uno, e/o quando l'ambiente in cui si eseguono le misure è confinato (campo riverberante) devono essere usati microfoni a “incidenza casuale”; nel caso meno frequente in cui vi è presenza di un solo diffusore sonoro (unica sorgente) e in ambienti all'aperto possono usarsi microfoni da “campo libero” e diretti verso la sorgente sonora.

3. Leggi e Norme

METODOLOGIA DI CONTROLLO

E' preferibile che i controlli vengano eseguiti mediante l'ausilio di più tecnici (almeno due e in numero variabile a seconda delle dimensioni del locale), in quanto in molti casi la rapidità con cui si esplica l'intervento di controllo garantisce da eventuali interventi di manomissione.

In genere il metodo più efficace di controllo è quello eseguito a sorpresa.

È necessario inoltre che il tecnico competente raggiunga la certezza che l'eventuale superamento del limite sia dovuto all'impianto elettroacustico e non ad altre cause (rumore antropico). A tale proposito si sottolinea l'importanza che il superamento del limite di LASMax risulti, dai controlli, ripetuto nel tempo di misura.

3. Leggi e Norme

ESEMPIO

Il tecnico in fase di “taratura” dell’impianto individua all’interno del locale delle “zone acusticamente omogenee”.

Durante la normale attività del locale, il tecnico procederà poi a stimare come il pubblico si distribuisca nelle suddette “zone omogenee” assegnando ad ognuna di esse un dato di presenza del pubblico espresso in percentuale sull’affluenza complessiva.

Il motivo per cui si adotta questo approccio di calcolo è che, sotto condizioni del tutto generali, la percentuale di persone in una determinata zona acusticamente omogenea è congruente alla percentuale di tempo che un utente medio trascorre in quell’area (una sorta di teorema ergodico applicato all’acustica).

Si procede poi a determinare per ogni zona omogenea lo specifico valore di LAeq avendo cura di effettuare le misure nella fascia centrale della serata, quando cioè è verosimile si verifichi la massima affluenza di pubblico.

3. Leggi e Norme

Di seguito riportiamo un esempio di calcolo.

Pubblico: capienza autorizzata (n. di persone)	800		
Zone acusticamente omogenee	$L_{Aeq, k}$	% _k	% _k · $10^{L_{Aeq, k}/10}$
Pista	98	40% (320)	2.5E+09
Bordo pista	90	20% (160)	2.0E+08
Tavolini e divanetti	87	10% (80)	5.0E+07
Banco bar	84	30% (240)	7.5E+07
Esposizione Media:	$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \left[\sum_{k=1}^4 \%_k \cdot 10^{L_{Aeq, k}/10} \right]$		

Nella slide seguente esplicitiamo il calcolo che porta all'ottenimento del valore di L_{Aeq} riportato in tabella.

3. Leggi e Norme

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \left[\sum_{k=1}^4 \%_k \cdot 10^{L_{Aeq,k}/10} \right]$$

$$= 10 \cdot \log_{10} [0,4 \cdot 10^{9,8} + 0,2 \cdot 10^{9,0} + 0,1 \cdot 10^{8,7} + 0,3 \cdot 10^{8,4}] =$$

$$= 10 \cdot \log_{10} [2,5 \cdot 10^{9,8} + 0,2 \cdot 10^{9,0} + 0,1 \cdot 10^{8,7} + 0,3 \cdot 10^{8,4}] = 94.5 \text{ dBA}$$

Si evidenzia che il TCA consulente del gestore, può benissimo fare ricorso a diverse procedure di valutazione, ma dovrà comunque prevedere il calcolo dei tempi di esposizione dell'avventore medio nelle diverse zone del locale e pertanto dovrà sempre stimare la distribuzione del pubblico.

4. Incertezza di misura

All'epoca in cui fu emanato il DPCM 215 (e la maggior parte dei decreti applicativi della Legge Quadro 447/1995) il concetto di «incertezza di misura» non era ancora sufficientemente introdotto nel panorama legislativo.

Oggi sappiamo che ogni misura acustica va (meglio sarebbe dire «andrebbe») sempre corredata del dato relativo alla sua incertezza.

Il testo che tratta dell'incertezza in ambito acustico a cui conviene fare riferimento è la specifica tecnica UNI/TS 11326-2 (2015) «*Valutazione dell'Incertezza nelle Misurazioni e nei Calcoli di Acustica*»: senza avventurarci in questo complesso e vasto argomento nel seguito cercheremo di fornire alcuni elementi essenziali ai fini della valutazione ed interpretazione delle misure.

4. Incertezza di misura

Il calcolo dell'incertezza presuppone la determinazione dei singoli contributi che la determinano, contributi che variano in funzione del parametro acustico misurato. Nel caso del Livello Equivalente i contributi all'incertezza sono:

- Incertezza associata alla determinazione del livello equivalente
- Incertezza associata alla determinazione delle percentuali di occupazione delle zone omogenee (o, che è lo stesso, dei tempi di permanenza)
- Incertezza associata alla strumentazione
- Incertezza associata alla posizione di misura

Nel caso invece del livello massimo LASmax, essendo sostanzialmente la determinazione di un valore di picco, i contributi di cui occorre tener conto sono:

- Incertezza associata alla strumentazione
- Incertezza associata alla posizione di misura

[cfr. par. E.3.2, UNI/TS 1326-2]

4. Incertezza di misura

Più che il calcolo dell'incertezza – che non differisce da quello che si esegue nel determinare il LEX,8h nella valutazione del livello di esposizione al rumore dei lavoratori e sul quale non ci soffermeremo – in realtà è il criterio con cui utilizzare questo dato nel caso del DPCM 215, criterio che determina le regole di accettazione e rifiuto e conseguentemente «l'uso» del valore di incertezza. A tale riguardo vale la pena ricordare alcuni dei passaggi fondamentali della UNI/TS 11326-2:

- In Acustica esistono valori limiti inferiori e superiori che sono sempre assunti come valori esatti
- Le regole di accettazione o rifiuto semplici sono da evitare (come ad esempio la somma brutale dell'incertezza al dato misurato)
- Le regole decisionali vanno assunte senza ambiguità in quanto spesso i valori misurati sono prossimi ai valori limite
- Le regole vanno assunte e stabilite sempre PRIMA di ogni verifica strumentale

4. Incertezza di misura

Per questo la regola di decisione da adottare può essere solamente una delle due seguenti combinazioni:

A. Accettazione Stretta + Rifiuto Allargato

B. Accettazione Allargata + Rifiuto Stretto

La scelta di A o B dipende dall'obiettivo della valutazione, obiettivo che va sempre esplicitamente dichiarato. Nella pratica si hanno i due seguenti casi:

1. La valutazione è finalizzata ad accertare «**il rispetto**» dei valori limite, cioè si vuole essere certi del rispetto di tali valori. In questo caso la regola decisionale da adottare è la **A = accettazione stretta + rifiuto allargato**
2. La valutazione è finalizzata ad accertare «**il mancato rispetto**» dei valori limite, cioè si vuole essere certi del superamento di tali valori. In questo caso la regola decisionale da adottare è la **B = accettazione allargata + rifiuto stretto**

4. Incertezza di misura

Senza entrare ulteriormente nell'argomento, è comunque parere dello scrivente che, nel caso da misure di controllo finalizzate all'accertamento di quanto previsto dal DPCM 215 dovessero emergere valori di LAeq prossimi alla soglia di 95 dBA e/o di LASMax prossimi a 102 dBA *[cioè nell'intorno di questi valori a meno di ± 1 dB]*, sia consigliabile procedere ad un ulteriore accertamento o, in alternativa, ad un calcolo scrupoloso dell'incertezza associata alla misurazione eseguita.

GRAZIE DELL'ATTENZIONE