

Fonica: Scheda 4

(a cura di Pietro Di Mascolo)

L'altoparlante

L'altoparlante è quel dispositivo elettro meccanico che ha il compito di generare suoni corrispondenti ai segnali audio che si applicano ai suoi morsetti. Dal punto di vista strettamente fisico può essere considerato come un *doppio trasduttore di energia*: da elettrica a meccanica e da meccanica a sonora. L'altoparlante effettua questa trasduzione con un'efficienza piuttosto bassa: possiamo dire che solo una piccola parte dell'energia elettrica viene trasformata in energia sonora, gran parte viene invece dispersa sotto forma di calore.

Esistono diversi tipi di altoparlanti: elettrostatici, piezoelettrici e dinamici.

Nell'altoparlante elettrostatico il segnale viene applicato su due *armature metalliche polarizzate*, una delle quali è meccanicamente collegata ad una membrana. Le due armature variano la loro posizione variando per effetto del segnale l'intensità del campo elettrico. La membrana viene posta in vibrazione e genera il suono.

Gli altoparlanti elettrostatici sono caratterizzati da buone prestazioni acustiche, ma da una scarsa efficienza, una costruzione complessa e un costo elevato per cui il loro uso è limitato ad alcune realizzazioni di prestigio per alta fedeltà.

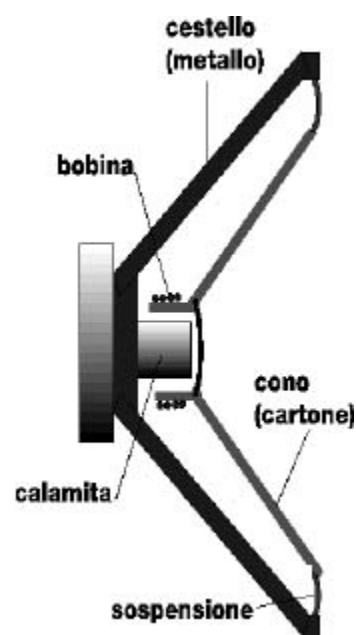
Gli altoparlanti piezoelettrici sfruttano la proprietà di alcuni materiali, come il cristallo di quarzo, di entrare in vibrazione quando a loro viene applicata una corrente elettrica.

Si tratta di dispositivi poco costosi, molto robusti, molto efficienti, caratterizzati da una altissima impedenza, che consente di collegare facilmente un gran numero di tali altoparlanti. Possono riprodurre frequenze altissime, ben oltre il limite di udibilità, per questo motivo sono utilizzati soprattutto come *tweeter*. Tuttavia hanno una elevata distorsione ed una riproduzione tutt'altro che lineare, per cui non sono adatti a riproduzioni di qualità. In pratica sono usati solo in alcuni impianti da discoteca.

L'altoparlante dinamico è il più usato. Da quando fu ideato, questo componente non si è molto evoluto, e le realizzazioni attuali non differiscono molto da quelle originarie.

Un grosso magnete permanente crea un campo magnetico nel quale si trova una bobina nella quale circola il segnale da riprodurre, e che produce a sua volta un campo magnetico di intensità proporzionale a quella del segnale. Dall'interazione fra questi due campi magnetici si genera un movimento longitudinale della bobina mobile (trasduzione elettro-meccanica). Il supporto che porta la bobina è solidale con un cono di cartone, che quindi si muoverà insieme alla bobina. Il movimento del cono genererà nell'aria delle onde di pressione, quindi un suono avente caratteristiche *analoghe* al segnale in ingresso (trasduzione meccanico-sonora).

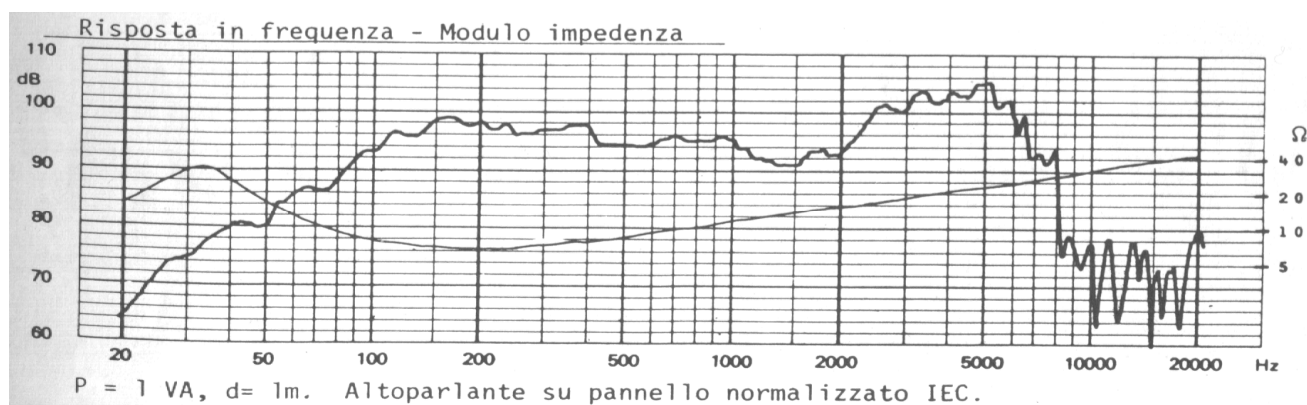
Si osserva quindi che l'altoparlante è composto in realtà di due dispositivi: il complesso magnete - bobina trasforma il segnale in movimento, il cono trasforma il movimento in suono. Ognuno di questi due dispositivi è caratterizzato da differenti parametri fisici funzionali.



L'intero altoparlante avrà invece due parametri fondamentali: **l'impedenza** e la **potenza** .

In elettrotecnica l'impedenza si definisce come la resistenza elettrica opposta al passaggio di correnti alternate. Questa differisce dalla semplice resistenza elettrica perché quando una corrente alternata passa in un circuito dove sono presenti particolari componenti quali bobine o condensatori, un altro fattore ostacola la sua circolazione. Questo fattore prende il nome di **reattanza** ed è, in poche parole, l'effetto che la corrente alternata ha su se stessa.

La reattanza, e quindi globalmente l'impedenza, oltre a variare da circuito a circuito, quindi da altoparlante a altoparlante, varia grandemente con la frequenza della corrente alternata, ossia del segnale che percorre il circuito. Sulle specifiche tecniche di ogni altoparlante viene indicato, oltre alla *risposta in frequenza*, ossia la capacità di riprodurre le diverse frequenze, il diagramma del *modulo dell'impedenza*.



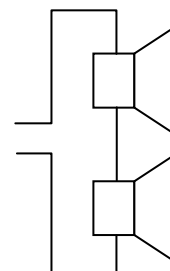
Il diagramma raffigurato si riferisce all'altoparlante CIARE M.320.50 C/Fx – WT. Accanto a questo diagramma, la cui interpretazione è alquanto laboriosa, viene fornito, secondo certe regole, un valore di impedenza nominale, che può essere utile nella maggior parte dei calcoli. Per gli usi professionali e Hi – Fi si impiegano componenti con una impedenza nominale di 8 o 4 Ω . Il diagramma sopra riportato si riferisce ad un altoparlante con impedenza nominale di 8 Ω .

L'impedenza gioca un ruolo importante nell'accoppiamento finale di potenza – altoparlante. Ai morsetti del finale troviamo una tensione alternata che ha nel tempo un andamento analogo a quello del suono da riprodurre. Applicando tale tensione al circuito formato dalla bobina dell'altoparlante, si genera una corrente elettrica che, in ottemperanza alla prima legge di Ohm, sarà maggiore quanto più bassa sarà l'impedenza del circuito. È quindi evidente che se l'impedenza scendesse al di sotto di un certo limite, la corrente elettrica che scorre nel circuito, del quale fanno parte anche i transistor finali dell'amplificatore, crescerebbe fino a fondere proprio questi transistor. Per questo fra le caratteristiche di un finale di potenza è sempre specificata *l'impedenza minima applicabile*.

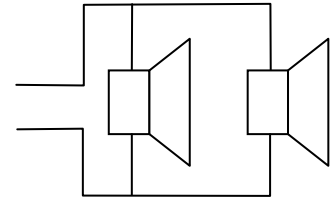
D'altro canto al crescere dell'impedenza, diminuendo la corrente, diminuisce conseguentemente la potenza, quindi la pressione sonora irradiata dall'altoparlante, per cui al fine di sfruttare al meglio la potenza che l'amplificatore può fornire, è preferibile che l'impedenza non sia molto alta.

È opportuno ricordare le regole che legano il tipo di collegamento di due o più altoparlanti, al variare dell'impedenza nominale complessiva:

- nel collegamento in serie il morsetto positivo del primo altoparlante è connesso all'uscita positiva dell'amplificatore, il morsetto negativo del primo al positivo del secondo, il negativo del secondo al negativo dell'amplificatore. In questo caso l'impedenza nominale complessiva del sistema è data dalla somma delle singole impedenze nominali degli altoparlanti. Ad esempio l'impedenza nominale complessiva di due altoparlanti da 8 Ω collegati in serie è di 16 Ω .



- nel collegamento in parallelo i morsetti positivi dei due altoparlanti sono connessi insieme all'uscita positiva dell'amplificatore, i negativi all'uscita negativa. In questo caso l'inverso dell'impedenza nominale complessiva è pari alla somma degli inversi delle singole impedenze nominali degli altoparlanti.



$$1/Z_c = 1/Z_1 + 1/Z_2$$

Nel caso ad esempio del collegamento in parallelo di due altoparlanti da 8 Ω , l'impedenza nominale complessiva sarà di 4 Ω .

Parlare di potenza di un altoparlante, che è un componente che non genera potenza potrebbe sembrare un argomento senza senso. In effetti, come vedremo questa grandezza può assumere i valori più vari, giungendo al limite dell'arbitrarietà.

Lessicalmente definiamo potenza di un altoparlante, la massima potenza che ad esso può essere applicata prima che il componente si rompa.

Il problema è che ogni fabbricante usa per misurare la potenza dei propri prodotti, il metodo che più gli aggrada:

- innanzitutto, con che tipo di segnale effettuare la prova? Con un segnale sinusoidale? Con un segnale musicale? Con un segnale appositamente creato?
- Come misurare la potenza? Con valori RMS? Con valori di picco?
- Per quanto tempo deve essere applicato il segnale di prova?

Ogni tanto si riunisce in qualche parte del mondo una conferenza per definire condizioni comuni per esprimere questa misura, poi puntualmente quello che è stabilito rimane lettera morta dal momento che va contro gli interessi dei fabbricanti.

Il parametro "potenza" esercita un grande fascino su chi deve acquistare gli altoparlanti, in particolare se costui è a digiuno di conoscenze tecniche. Per una casa costruttrice poter proporre sul mercato un altoparlante che, magari a parità di prezzo, vanta una potenza maggiore di quello di una casa concorrente, può portare il prodotto al successo.

Volendo guardare il problema "potenza di un altoparlante" con un minimo di cognizioni tecniche, possiamo osservare che la potenza massima sopportabile è dovuta essenzialmente a due fattori:

- Quanto fisicamente l'equipaggiamento mobile può spostarsi senza venire in contatto con elementi fissi che potrebbero danneggiarlo (limite di potenza meccanico).
- Quanto calore può essere smaltito dalla bobina mobile prima di arrivare al surriscaldamento, e quindi al suo danneggiamento (limite di potenza termico).

In linea di massima il limite di potenza termico viene raggiunto prima di quello meccanico. Il limite di potenza termico dipende dal diametro della bobina mobile, che è uno dei parametri fondamentali con cui è costruito un altoparlante, dal materiale con cui è costruito il supporto della bobina, o meglio dalla sua capacità di smaltire il calore, dall'uso di appositi accorgimenti tecnici.

Fra tali accorgimenti vogliamo ricordare l'uso del ferrofluido. La bobina mobile è immersa in un liquido buon conduttore di calore, che lo convoglia verso l'esterno.

Giova ricordare che nel caso di più altoparlanti collegati in serie o in parallelo, la potenza complessiva erogata dall'amplificatore si suddivide sui vari componenti in ragione inversamente proporzionale alla loro impedenza.

Un altoparlante solo non è in grado di riprodurre perfettamente tutte le frequenze: per le basse frequenze trasferiamo una grande quantità di energia, abbiamo quindi bisogno di un cono di grandi dimensioni, alle alte frequenze invece il cono deve essere soprattutto leggero, per potersi muovere velocemente. Per questo motivo abitualmente la gamma udibile è riprodotta dall'azione combinata di diversi altoparlanti *specializzati*. Il numero di altoparlanti diversi in cui si divide la gamma sonora prende il nome di **numero di vie**.

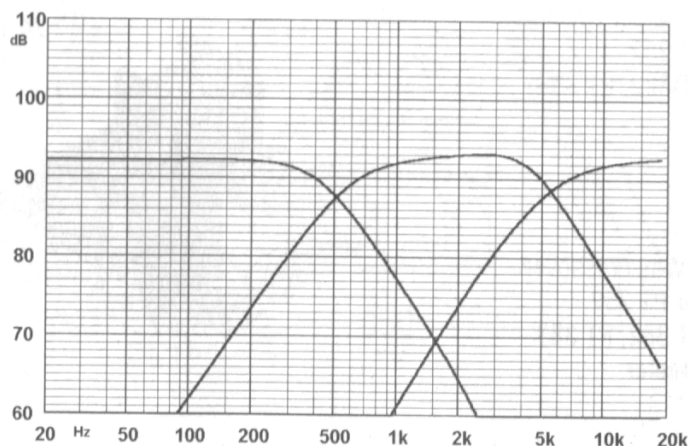
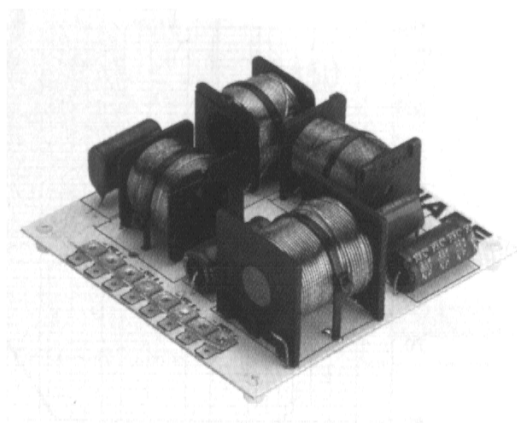
Quindi, ad esempio, un sistema a tre vie avrà:

- Uno o più **woofer** per la riproduzione delle basse frequenze
- Uno o più **mid range** per la riproduzione delle frequenze medie
- Uno o più **tweeter** per la riproduzione delle alte frequenze

Un sistema a due vie avrà:

- Uno o più **woofer** per la riproduzione delle basse frequenze
- Uno o più **tweeter** per la riproduzione delle alte frequenze

Un apposito dispositivo, denominato **filtro crossover** ha il compito di inviare al singolo componente unicamente segnali con frequenze per le quali l'altoparlante è previsto.



Nella figura possiamo vedere un crossover a tre vie e il relativo grafico funzionale.

Le tre curve rappresentano la gamma di frequenze che verrà inviata sulle tre uscite. Le frequenze in cui tali curve si incontrano sono dette **frequenze d'incrocio**. In questo caso sono 500 Hz e 5.500 Hz. La pendenza con cui tali curve decadono a zero nella zona oltre le frequenze d'incrocio è detta **pendenza del filtro** e si misura in decibel/ottava. Nel caso rappresentato tutte le pendenze sono di 12 dB/oct.

Un filtro crossover è composto da diversi filtri elementari. Ad esempio un crossover a due vie avrà un filtro passa basso e un filtro passa alto, uno a tre vie avrà in più un filtro passa banda per l'uscita midrange. Tali filtri sono costruiti con bobine e condensatori.

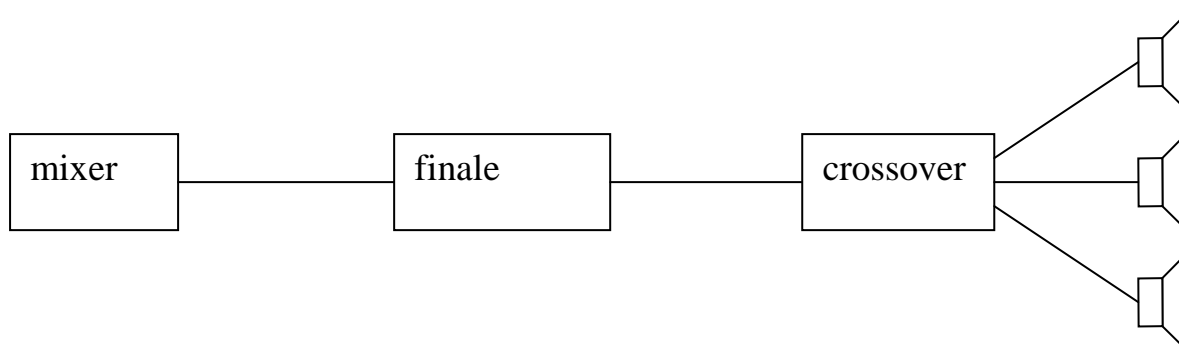
Si dividono in:

- filtri del primo ordine, che producono una pendenza di 6 dB/oct
- filtri del secondo ordine, che producono una pendenza di 12 dB/oct
- filtri del terzo ordine, che producono una pendenza di 18 dB/oct
- ecc.

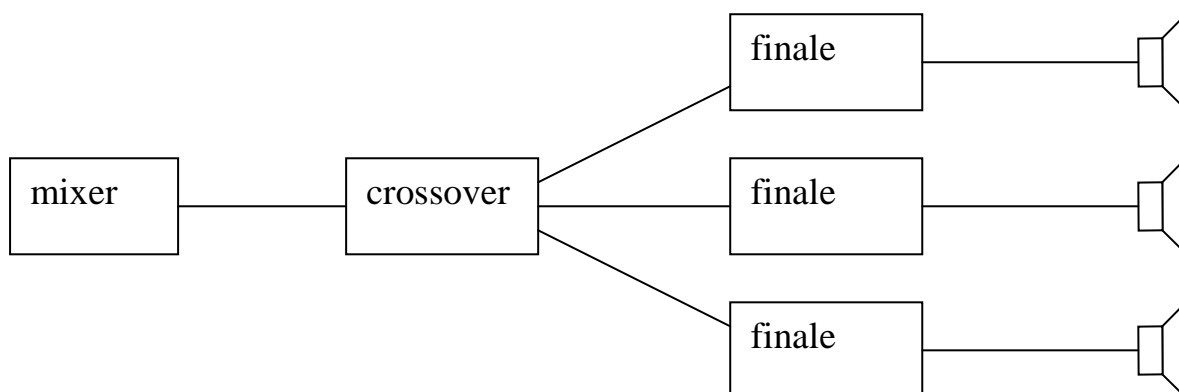
I filtri *crossover* fin qui visti si dicono **passivi**, così come i diffusori a più vie che li utilizzano si dicono **sistemi multivia passivi**. In tali sistemi un unico amplificatore fornisce un segnale a gamma intera, che sarà suddiviso in più vie dal crossover ed inviato ai rispettivi altoparlanti.

Esiste un'altro modo per operare tale suddivisione: la *multiamplificazione*.

Nella **multiamplificazione** il *crossover* suddivide i segnali a monte degli amplificatori di potenza, che saranno uno per ogni via, ed alle uscite de quali saranno connessi direttamente gli altoparlanti.



Schema funzionale di un impianto a 3 vie passivo



Schema funzionale di un impianto a tre vie attivo (triamplificazione)

La multiamplificazione, impiegata negli impianti di maggiori dimensioni, a fronte di un maggior numero di componenti e quindi di un costo ben maggiore, presenta numerosi vantaggi:

- Maggiore potenza: la potenza del sistema è la somma della potenza dei singoli amplificatori.
- Potenza dove serve: a seconda del contenuto energetico è possibile usare per ogni via l'amplificatore della potenza più opportuna.
- Assenza di rotazione di fase: il crossover passivo introduce questo effetto che riduce la potenza.
- Distorsione controllata: se uno degli amplificatori va in distorsione l'effetto perviene solo all'altoparlante ad esso connesso

Il crossover *attivo* impiegato nella multiplificazione oltre a dividere il segnale nelle bande di frequenza, opera una preamplificazione del segnale compensando le perdite che si hanno nei filtri. Può essere con frequenze fisse o regolabili. È un componente molto delicato nella definizione del suono di un impianto. Spesso vi è associato un **limiter**, ossia un circuito che non consente al segnale di oltrepassare una certa ampiezza, limitando di conseguenza la potenza dei finali per non danneggiare gli altoparlanti.



Diffusori acustici

Il diffusore acustico, o cassa acustica, è il complesso degli altoparlanti che costituiscono un dato sistema e dell'involucro che li contiene e che ha una grande parte nella definizione delle caratteristiche sonore. Il diffusore acustico definisce un volume d'aria che esercitando una certa pressione sulla parte posteriore degli altoparlanti a cono, ne condiziona la resa sonora. Inoltre il diffusore può comprendere elementi posti davanti alle membrane degli altoparlanti (caricamento) allo scopo di migliorare la diffusione del suono.



Se un altoparlante fosse fatto suonare in aria libera, emetterebbe contemporaneamente delle onde di pressione sia dalla parte anteriore che da quella posteriore del cono, anche se naturalmente queste due emissioni sarebbero in controfase fra di loro e tenderebbero ad eliminarsi.

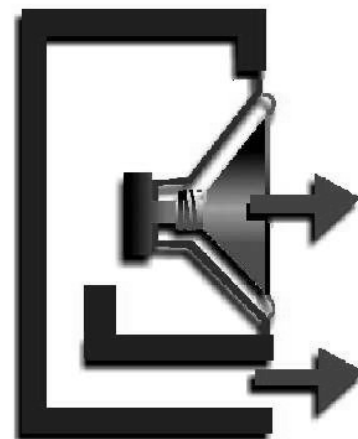
Fissando l'altoparlante su una cassa ermeticamente chiusa, impedisco alle emissioni della parte posteriore di raggiungere e di annullare quelle della parte anteriore. Questo sistema, molto utilizzato in campo Hi-Fi, riesce a dare buone prestazioni. Tuttavia l'aria contenuta all'interno della cassa è soggetta a comprimersi e ad espandersi a seconda dello spostamento del cono, e ad opporsi a tale moto. Possiamo dire che l'aria esercita una *sospensione pneumatica* sul cono, per questo motivo il diffusore è detto anche a *sospensione pneumatica*. L'effetto di tale sospensione è più rilevante sulle basse frequenze, in cui vi è maggiore spostamento del cono. D'altra parte maggiore sarà il volume della cassa, tanto minore sarà questo effetto, per cui una cassa a sospensione pneumatica potrà riprodurre le basse frequenze tanto maggiore sarà il suo volume.



Nei diffusori a sospensione pneumatica l'emissione posteriore del cono dell'altoparlante non viene utilizzata, va, per così dire, sprecata. Se noi riuscissimo a "rimettere in fase" tale emissione, potremmo sommarla a quella anteriore ed ottenere un suono più intenso.

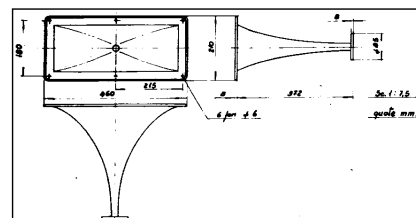
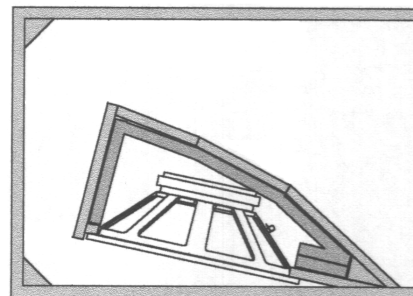
Secondo questo principio funzionano i diffusori **bass reflex**: l'interno della cassa è posto in comunicazione con l'esterno tramite un condotto, denominato **tubo d'accordo**, avente sezione e lunghezza determinate. Dalla determinazione di tale condotto si stabilisce a quale frequenza è accordato il reflex, ossia per quale frequenza si ha il massimo contributo sull'emissione sonora.

Il diffusore bass reflex riesce quindi ad avere, rispetto ad uno a sospensione pneumatica, una maggiore efficienza, ossia a parità di potenza applicata genererà un suono più intenso, e questo in particolare alle basse frequenze, dove la cassa chiusa manifestava i maggiori problemi. Per contro i suoni di bassa frequenza emessi da un diffusore bass reflex sembrano più "sporchi", meno "controllabili", questo è dovuto al fatto che in quelle frequenze in cui lavora il tubo d'accordo, la pressione all'interno della cassa diminuisce, e con essa l'effetto sospensione dell'aria sul cono. I diffusori bass reflex sono molto usati in campo professionale.

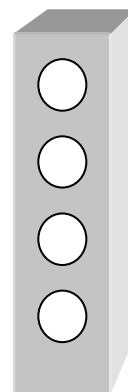


Un altro tipo di diffusore molto usato in campo professionale è il tipo cosiddetto **a tromba**. Si tratta dell'applicazione di un *caricamento*. L'altoparlante non emette il suono direttamente nell'ambiente, bensì in un *condotto a sezione crescente*. Questo ha la funzione di *adattatore di impedenza acustica*. In pratica facilita il trasferimento di energia dal cono dell'altoparlante all'aria, migliorandone il rendimento complessivo. I diffusori a tromba sono caratterizzati da una grossa efficienza.

Caratteristica del diffusore a tromba è l'accentuata direzionalità. Tale caratteristica è molto utile nell'audio professionale dal momento che ci permette di delimitare la zona interessata dall'emissione sonora limitando eventuali effetti indesiderati. Fra i difetti dei diffusori a tromba vogliamo ricordare la limitazione della banda di frequenze riproducibili, limitata in basso in funzione dell'ampiezza della bocca, ed una certa coloritura (distorsione) del suono.



Esistono poi molti altri tipi di diffusore acustico, come ad esempio le **linee di suono**, impiegate per la riproduzione del parlato, ad esempio nelle chiese. Sono composti da un certo numero di altoparlanti sovrapposti verticalmente, allo scopo di accentuare la direzionalità. Vi sono poi delle soluzioni che sono la combinazione dei vari sistemi. In ogni caso sulla realizzazione di diffusori acustici sempre più innovativi, con prestazioni sempre migliori, si gioca la grande concorrenza delle ditte produttrici. Nel corso dei vari anni abbiamo visto di volta in volta imporsi i più diversi sistemi, diffondersi ed essere adottati da gran parte degli artisti, per venire poi puntualmente rimpiazzati alla prima novità.



Parametri fondamentali dei diffusori acustici sono:

- La **risposta in frequenza**. Indica in che modo vengono riprodotte le diverse frequenze della gamma udibile. Può essere espressa con un grafico, come quello che abbiamo visto a proposito delle caratteristiche di un altoparlante, oppure in maniera semplificata indicando un intervallo di frequenze ed un valore in decibel indicante di quanto al massimo varia la resa del diffusore in quell' intervallo. Ad esempio se indichiamo come risposta in frequenza di un diffusore $80 - 12.000 \text{ Hz } -3\text{dB}$ vuol dire che nell'intervallo indicato, posto uguale a 0dB il massimo livello, il minimo sarà a -3dB . Naturalmente per fare questa misurazione occorre inviare al diffusore un segnale che contenga in egual misura tutte le frequenze della gamma udibile. Questo segnale prende il nome di **rumore rosa (pink noise)**.
- La **direzionalità**. Esprime fino a quale angolazione, orizzontale e verticale è possibile udire l'emissione acustica con una certa qualità. Tale valore in linea di massima non è costante ma varia con la frequenza riprodotta. La direzionalità può essere espressa indicando gli angoli (orizzontale e verticale) oppure tramite un apposito *diagramma polare*.
- La **sensibilità**. Esprime quale pressione sonora, misurata alla distanza di un metro, emette il diffusore nel momento in cui al suo ingresso viene applicata la potenza di 1 watt, ed è quindi indice dell'efficienza generale del diffusore. In campo professionale, malgrado la sempre maggiore potenza degli amplificatori, si utilizzano sempre diffusori con alta sensibilità. Ricordiamo che, ad esempio per avere la stessa intensità sonora di un diffusore con sensibilità $101 \text{ dB/w}\cdot\text{m}$ con un diffusore avente sensibilità $98 \text{ dB/w}\cdot\text{m}$ occorre impiegare una potenza doppia.

Esistono particolari sistemi di diffusori acustici che per dare il massimo delle prestazioni abbisognano di un dispositivo da collocare prima del finale, che ha lo scopo di condizionare il segnale, agendo sull'equalizzazione o sulla dinamica. Parliamo in questo caso di **diffusori processati**.

Fra i diffusori adibiti a particolari usi vogliamo ricordare i **sub woofer**. Si tratta di diffusori aventi una risposta in frequenza molto limitata, in genere un'ottava e spostata verso le bassissime frequenze. Servono ad aggiungere ad un sistema di diffusori quelle frequenze particolarmente basse che non è in grado di riprodurre.

Sono costruiti da particolari altoparlanti montati in diffusori costruiti secondo schemi particolari (carico simmetrico, guida d'onda) o semplicemente in bass reflex.