

Claudio Gandolfi

MDD

Multi Delays Diffraction

Diffrazione a ritardi multipli

L'immagine in copertina riporta i grafici dell'andamento della risposta in frequenza e dell'impedenza.

L'immagine in quarta di copertina è una rappresentazione semplificata delle onde primaria e secondarie emesse dalle casse acustiche con la tecnologia MDD.

Questa pubblicazione è protetta dalla legge sul diritto d'autore, è vietata la duplicazione anche parziale, senza esplicita autorizzazione del contenuto.

È consentito l'uso dei contenuti per la realizzazione di copie di casse acustiche per uso personale.

Ulteriori aggiornamenti saranno pubblicati sul sito:
<https://www.claudiogandolfi.it>

INDICE

Premessa
MDD: Multi Delays Diffraction (Diffrazione a ritardi multipli)
Sviluppo
Progetti MDD
439h costruzione - misure
419h costruzione - misure
227h costruzione - misure
Acustica dei diffusori MDD
Psicoacustica dei diffusori MDD - riflessioni ambiente d'ascolto
Psicoacustica dei diffusori MDD - riconoscimento dei suoni
Diffusori omnidirezionali MDD e ambiente d'ascolto
Cavi 662g e impianto

PREMESSA

Ho scritto questo libro per me, passo molto tempo ad ascoltare musica e dal 2013 utilizzo diffusori acustici autocostruiti non convenzionali. La stesura di documentazione rivolta ad altre persone mi aiuta ad approfondire i meccanismi di riproduzione e fino ad oggi ha contribuito ad un miglioramento progressivo della qualità sonora.

Uso la sigla MDD: Multi Delays Diffraction (Diffrazione a ritardi multipli) per descrivere la tecnologia delle prime casse acustiche progettate sulla base del principio di Huygens. La diffrazione acustica è massimizzata anziché minimizzata come avviene nella casse tradizionali.

Tutti i progetti descritti sono monovia con altoparlanti 3FE25 della Faital-Pro, omnidirezionali sul piano orizzontale e non hanno superfici interne in grado di generare riflessioni sonore.

MDD: MULTI DELAYS DIFFRACTION

(DIFFRAZIONE A RITARDI MULTIPLI)



Una prima guida d'onda in legno è fissata in verticale a una base da pavimento con una staffa a risonanza subsonica.

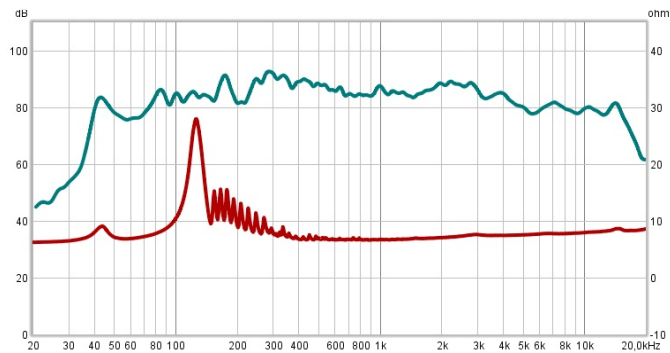
Sul lato basso della guida è fissato l'altoparlante rivolto verso l'interno, sul lato superiore è fissata la serie di guide d'onda affiancate in alluminio con lunghezza crescente. Il suono prodotto dall'altoparlante attraversa le guide d'onda ed emette per diffrazione onde sonore secondarie coerenti in punti diversi e con ritardi diversi rispetto all'emissione primaria prodotta dal lato posteriore dell'altoparlante.

Per il principio di Huygens ogni punto di un fronte d'onda è origine di un ulteriore fronte d'onda sferico. I fronti d'onda piani che percorrono le guide d'onda in corrispondenza dei bordi dei fori di uscita danno origine a una serie di fronti d'onda sferici coerenti e ritardati che distribuiscono l'energia acustica a 360 gradi sul piano orizzontale.

Le guide d'onda non alterano i fronti che le attraversano quindi con la tecnologia MDD non si hanno superfici interne in grado di generare riflessioni sonore.

La presenza delle onde secondarie coerenti, ritardate e omnidirezionali emesse in punti diversi facilita il riconoscimento dei suoni riducendo il tempo necessario alla loro decodifica e migliora l'esperienza d'ascolto. I percorsi interni compresi tra 1 e 2 metri producono ritardi da 3 a 6 millisecondi circa.

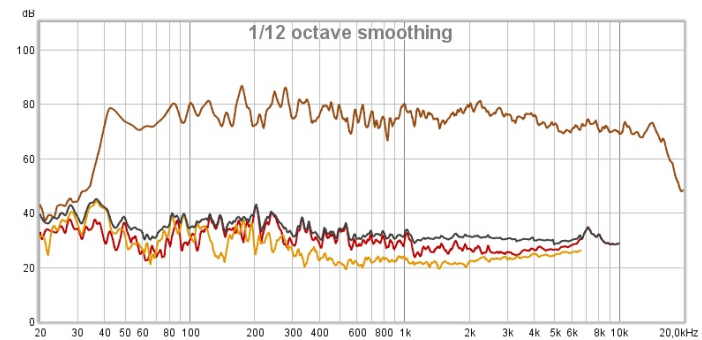
Le lunghezze delle guide d'onda affiancate sono ricavate da una serie logaritmica così anche le differenze di lunghezza fra le possibili coppie di guide sono distribuite in modo logaritmico e si evitano picchi nella risposta alle medio-alte frequenze che generano suoni sibilanti.



La misura dell'impedenza nel dominio delle frequenze mostra risonanze a $\lambda/4$ e $\lambda/2$.

La lunghezza massima è in relazione al picco a $\lambda/4$ tipico delle guide d'onda con un lato chiuso, con 1,8 metri si ha una frequenza di circa 45 Hz. I percorsi sonori interni di lunghezza diversa contribuiscono a rendere più regolare la risposta alle basse frequenze rispetto a configurazioni con un'unica guida d'onda senza ricorrere a materiale smorzante.

La lunghezza crescente delle guide d'onda in alluminio affiancate è in relazione ai picchi a $\lambda/2$ tipici delle guide d'onda con entrambi i lati aperti. Con lunghezza comprese fra 0,5 e 1 metro si ha una serie di picchi fra 150 e 300 Hz circa.



Le casse acustiche MDD sono ottime. La frequenza riproducibile più bassa dipende dalla lunghezza delle guide d'onda, con una lunghezza massima di circa 1,8 metri si riproducono i 40 Hz in ambiente. L'emissione sulle alte frequenze è omnidirezionale e arriva a circa 15 KHz. La distorsione è ridotta e prevale quella di seconda armonica (linea rossa). La tecnologia MDD è l'unica che emette onde secondarie coerenti e ritardate, non esistono misure in grado di descriverla e non ci sono alternative ad una valutazione con ascolto dal vivo; nel paragrafo psicoacustica sono descritte le ipotesi di lavoro utilizzate durante la progettazione.

SVILUPPO



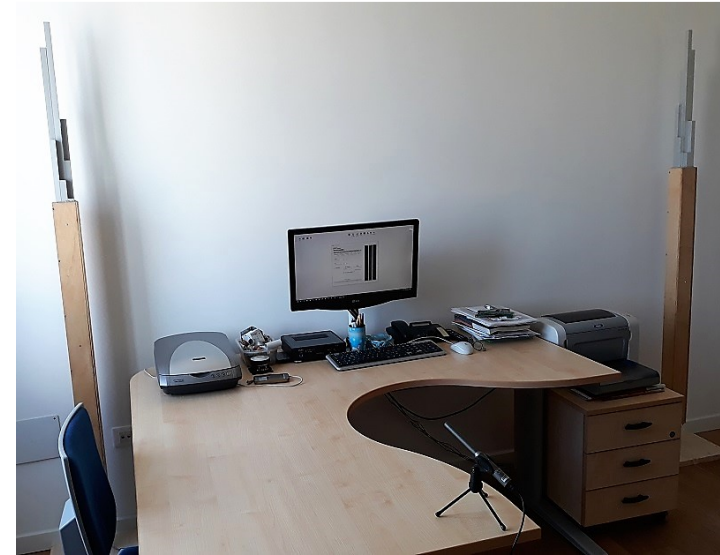
Lo sviluppo della tecnologia MDD ha origine con Integra001 (2013), il primo progetto di cassa acustica con emissione di onde sonore secondarie coerenti e ritardate. La deformazione radiale della guida d'onda in cartoncino (trasformatore acustico a guida d'onda) genera onde sonore secondarie coerenti e ritardate nella gamma medio-bassa. La gamma alta è inviata verso l'ascoltatore per riflessione acustica con un deflettore in legno.



Il progetto 665g (2016 - 2017) sposta la guida d'onda sul frontale dell'altoparlante, oltre alla deformazione della guida d'onda si sfrutta anche la diffrazione per la generazione di onde secondarie coerenti e ritardate (diffrattore acustico a guida d'onda). Si introduce un supporto a risonanza subsonica per isolare la cassa acustica dal piano della scrivania.



Nei progetti 667g e 669g (2018) si utilizzano una serie di guide d'onda deformabili (carta) in grado di aumentare anche la diffrazione all'uscita e la generazione delle onde secondarie coerenti e ritardate. Si migliora il supporto a risonanza subsonica per isolare la cassa acustica dal pavimento.



Nei progetti MDD (2019) si elimina la deformabilità delle guide d'onda e si emettono in punti diversi onde secondarie, coerenti e ritardate solo per diffrazione. Con la sola diffrazione si eliminano i problemi di non linearità della deformazione che genera distorsione e limita la massima pressione acustica.

PROGETTI MDD (ABNH)

Ho classificato i progetti MDD con la sigla (ABNh):

A indica il materiale della prima guida d'onda alla cui base è montato l'altoparlante.

B indica il materiale della serie di guide d'onda a lunghezza progressiva.

N indica il numero delle guide d'onda a lunghezza progressiva.

h indica che i progetti usano la diffrazione acustica descritta dal principio di Huygens.

I codici dei materiali utilizzati fino ad ora sono:

1 - pvc trasparente 0,25 mm

2 - pvc rigido 80 x 2,5 mm e 25 x 1 mm

3 - alluminio 20 x 20 x 1,5 mm

4 - legno multistrato 10 mm

In questa pubblicazione sono descritti i seguenti progetti:

439h - La prima guida d'onda quadrata è in legno, le guide d'onda a lunghezza progressiva sono in alluminio, quadrate e 9 in tutto.

419h - La prima guida d'onda quadrata è in legno, le guide d'onda a lunghezza progressiva sono in PVC trasparente, quadrate e 9 in tutto.

227h - La prima guida d'onda è cilindrica in PVC rigido, le guide d'onda a lunghezza progressiva sono in PVC rigido, circolari e 7 in tutto.

Tutti i progetti sono monovia e utilizzano un altoparlante 3FE25 prodotto da Faisal-Pro.



Per i collegamenti dell'altoparlante si usano fili di lunghezza leggermente diversa, 2 - 3 cm.

Si salda un connettore a banana rosso allo spezzone di filo più corto e poi l'altro capo del filo al polo positivo dell'altoparlante.

Si salda un connettore a banana nero allo spezzone di filo più lungo e l'altro capo del filo al polo negativo facendolo passare dietro il raggio del cestello dell'altoparlante, in questo modo si evita di creare una spira con all'interno materiale ferromagnetico. Si deve evitare che il filo tocchi la membrana o lo spider dell'altoparlante, si produrrebbero vibrazioni molto fastidiose alle basse frequenze.

Attorcigliando i fili e mantenendo i connettori a banana affiancati si minimizzano le interferenze elettromagnetiche.



439H COSTRUZIONE

Il progetto 439h è l'ultimo realizzato e quello con la migliore qualità audio.



La prima guida d'onda è in legno multistrato da 10 mm, la lunghezza è di 1200 mm e la sezione interna è di 65 x 65 mm. Si tratta della stessa guida d'onda già utilizzata nel progetto 669g.

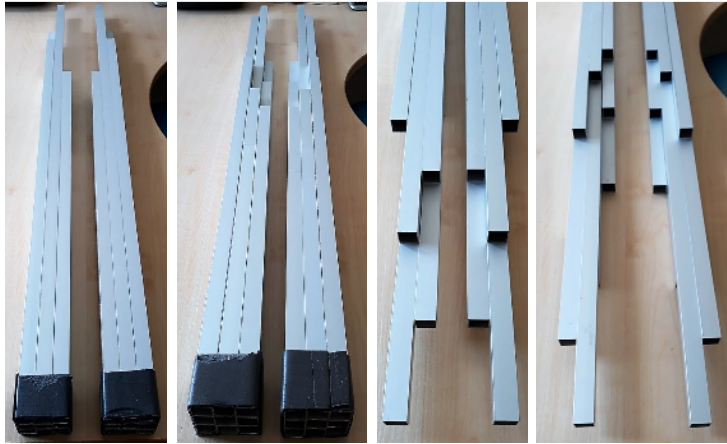


La guida in legno è fissata a una base (sempre in legno 300 x 400 x 30 mm) da pavimento con una staffa a L di circa 100 x 150 mm utilizzata per mensola. La coppia di viti superiore permette la regolazione dell'inclinazione verticale in avanti e lateralmente. La risonanza subsonica può essere verificata spostando la cassa acustica completa dalla verticale per circa 10 mm e controllando che oscilli per una decina di secondi, deve essere possibile contare a occhio nudo le oscillazioni.

Una frequenza di oscillazione di 1 - 5 Hz impedisce alle frequenze audio, superiori a 20 Hz, emesse dall'altoparlante di interagire con il pavimento creando interferenze che peggiorano la riproduzione audio.



Sul lato inferiore è fissato l'altoparlante rivolto verso l'interno della guida in legno.

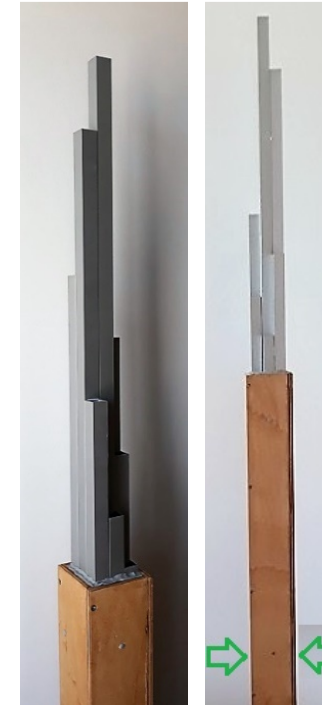


Una matrice 3 x 3 di guide d'onda in alluminio con sezione 20 x 20 mm e 1 mm di spessore è realizzata affiancando guide di lunghezza crescente. Le guide sono unite usando nastro biadesivo. La base è ricoperta con spugna poliuretanicca per compensare la differenza di sezione fra le guide d'alluminio (60 x 60 mm) e l'interno della guida in legno (65 x 65 mm).

La serie logaritmica delle lunghezze deriva dal recupero di guide usate in precedenti prototipi ed è la seguente:

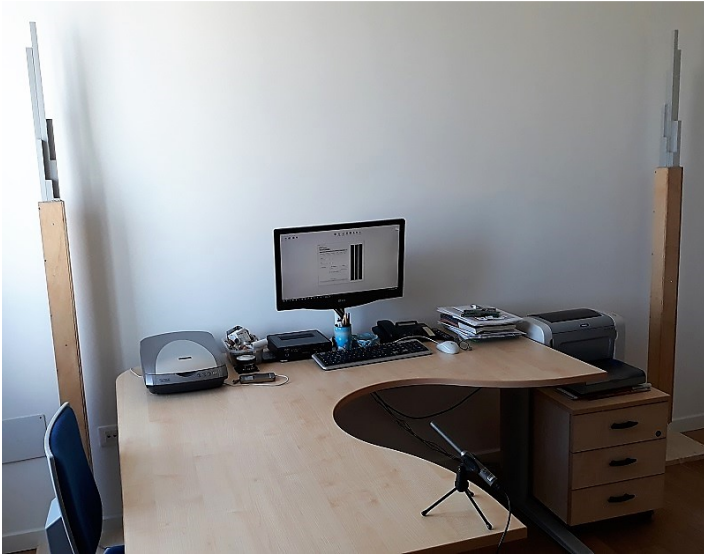
522, 586, 653, 722, 794, 869, 946, 1027, 1111 mm in cui le differenze fra copie variano da 64 a 84 mm.

I valori possono essere adattati aumentandoli o riducendoli in scala.



La serie di guide in alluminio si infila nella guida in legno e poggia su un fermo realizzato con una vite passante da 20 mm a circa 500 mm dal bordo superiore (freccie verdi). La fessura in corrispondenza del bordo superiore è riempita con sigillante per lavandini a incasso che resta malleabile e può essere facilmente rimosso e riutilizzato.

439H MISURE

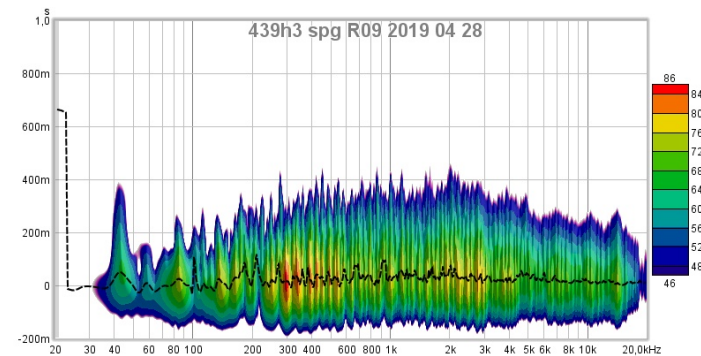
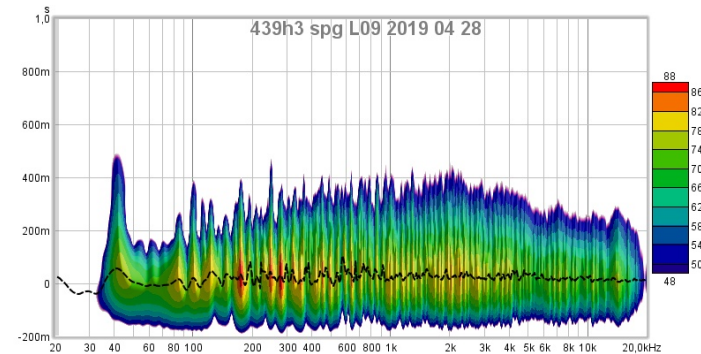


Le misure sono state effettuate in ambiente domestico con il microfono Minidsp UMIK-1 posizionato sul tavolo e sono da considerare solo indicative.



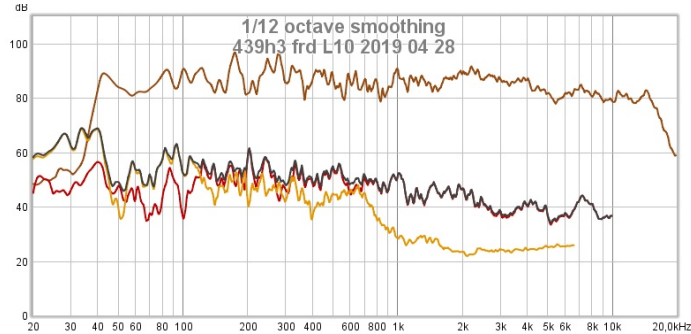
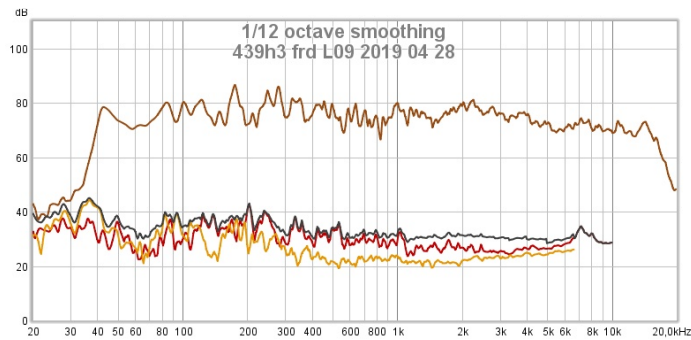
21

Confrontando la risposta in frequenza dei canali destro (blu) e sinistro (rosso) si vedono gli effetti delle pareti e dei mobili sulla risposta dei due canali stereo. Le maggiori differenze sono alle basse frequenze sotto i 300 Hz.



Anche negli spettrogrammi le maggiori differenze sono alle basse frequenze sotto i 300 Hz.

22

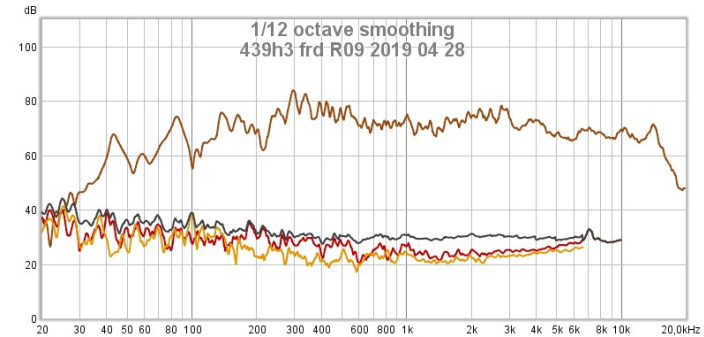


I grafici della risposta in frequenza e distorsione sono rilevati sul canale sinistro a livelli acustici diversi.

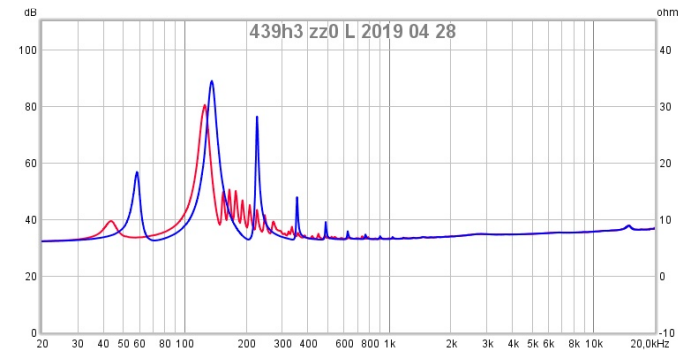
Con il volume a ore 9 (circa 80 dB) la distorsione THD (linea nera) si mantiene a - 40 dB (1 - 2%) con prevalenza della distorsione di seconda armonica (linea rossa). La terza armonica è la linea arancio.

Con il volume a ore 10 (circa 90 dB) la distorsione THD aumenta rapidamente (10%) soprattutto alle basse frequenze. Utilizzando come altoparlante il 3FE25, il più

piccolo ed economico prodotto dalla Faital-Pro, non si può ottenere di meglio. La qualità sonora è comunque superiore a quella dell'elettronica di consumo alla stessa pressione sonora, maggiore dettaglio e ampiezza nella risposta in frequenza.



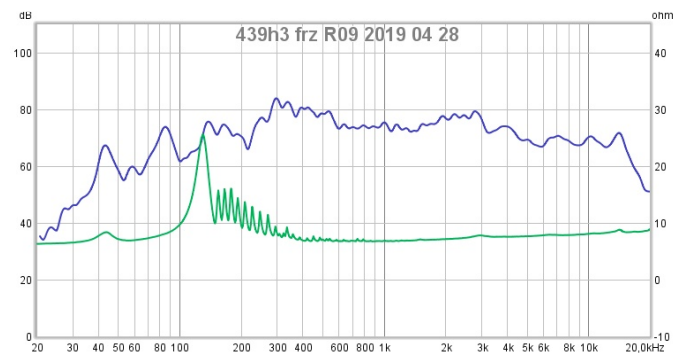
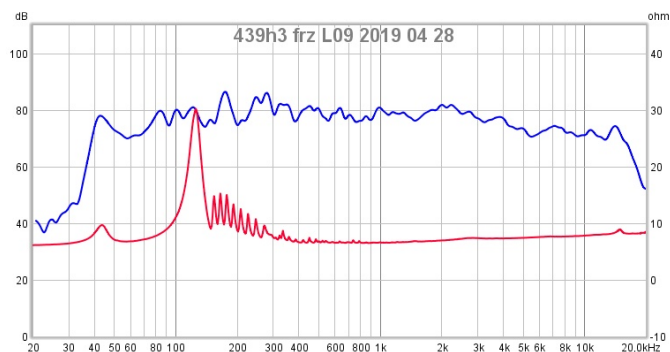
Il grafico della risposta in frequenza e distorsione del canale destro con il volume a ore 9 mostra la stessa distorsione THD del canale sinistro mentre si riduce anche di 20 dB la risposta ad alcune frequenze.



La linea blu è la misura dell'impedenza nel dominio delle frequenze utilizzando la sola guida d'onda in legno lunga 1200 mm, ha le risonanze caratteristiche di una guida chiusa a un lato che iniziano a circa $\lambda/4$.

La serie di 9 guide d'onda in alluminio crea percorsi sonori interni che vanno da circa 1200 mm a 1800 mm e la prima risonanza (linea rossa) si riduce spostandosi a circa 45 Hz.

Le guide d'onda in alluminio sono aperte da entrambi i lati hanno una prima risonanza a $\lambda/2$ con una lunghezza compresa fra 540 e 1110 mm. Ogni guida crea una propria risonanza compresa fra 150 e 300 Hz circa. Le risonanze della guida in legno sono ridotte o eliminate senza ricorrere a materiale smorzante.

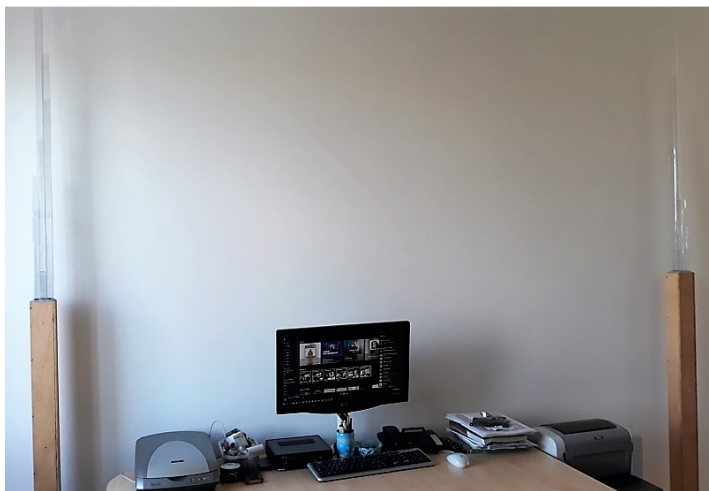


Confrontando la risposta in frequenza con l'andamento dell'impedenza si nota che il primo picco a circa 45 Hz corrisponde al limite inferiore della risposta. Il picco a 15 KHz corrisponde invece al limite superiore della risposta in frequenza. In entrambi i canali è evidente l'effetto delle 9 guide d'onda in alluminio sull'impedenza.

Resta da provare l'utilizzo di guide in alluminio più lunghe di 500 mm per spostare il primo picco a $\lambda/2$ a 100 Hz.

419H COSTRUZIONE

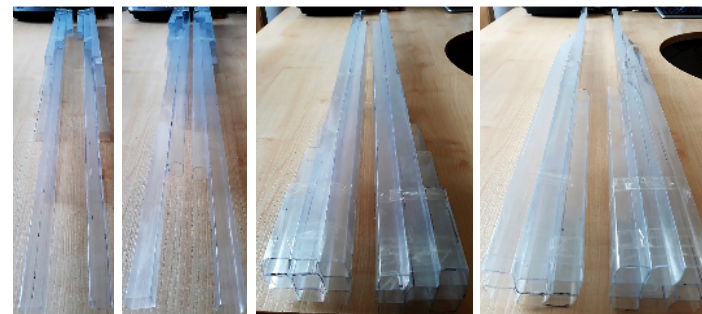
Il progetto 419h precede e fa da studio per il 439h. La qualità audio è leggermente inferiore al 439h ma è più economico da costruire con il pvc trasparente al posto dell'alluminio.



La prima guida d'onda è in legno multistrato da 10 mm, la lunghezza è di 1200 mm e la sezione interna è di 65 x 65 mm. Si tratta della stessa guida d'onda utilizzata nei progetti 669g e 439h.

La guida in legno è fissata a una base da pavimento (la stessa del progetto 439h) in legno, anche la staffa a L non cambia.

Sul lato inferiore è fissato l'altoparlante rivolto verso l'interno della guida in legno.



Una matrice 3 x 3 di guide d'onda in PVC trasparente con sezione 21 x 21 mm e 0,25 mm di spessore è realizzata affiancando guide di lunghezza crescente. Le guide sono unite usando nastro adesivo trasparente.

La serie logaritmica delle lunghezze è la seguente:

96, 200, 312, 433, 564, 705, 857, 1022, 1200 mm.

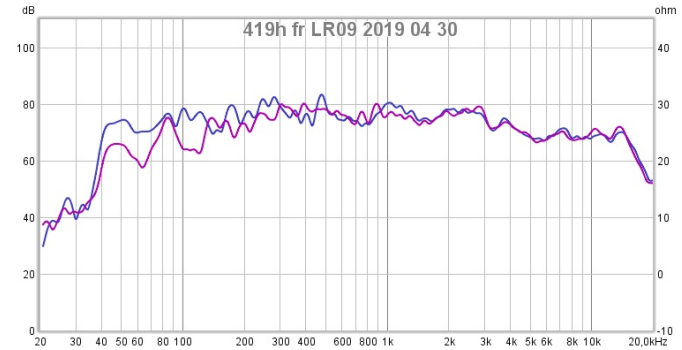
I valori possono essere adattati aumentandoli o riducendoli in scala.



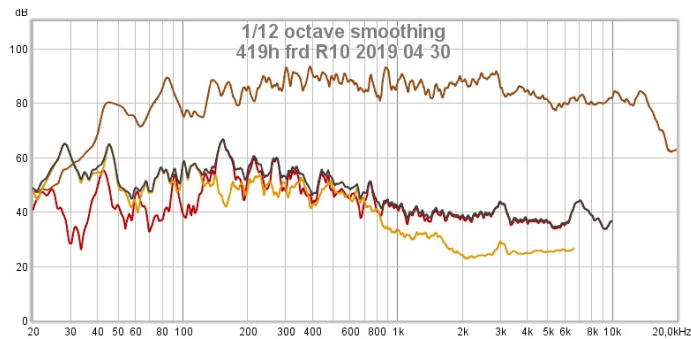
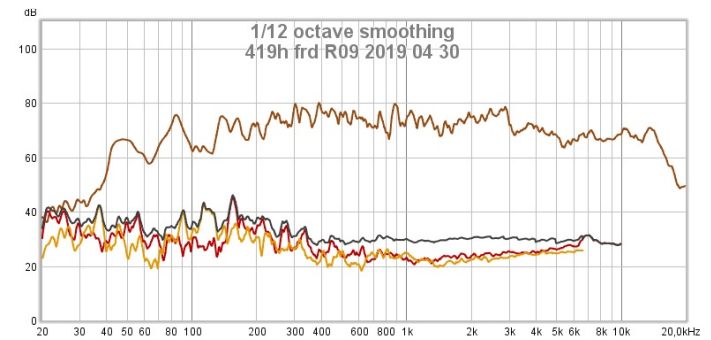
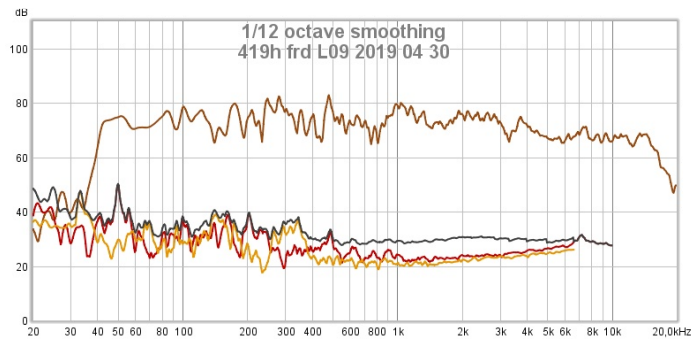
La serie di guide in PVC trasparente è fissata in corrispondenza del bordo superiore con sigillante per lavandini che resta malleabile e può essere facilmente rimosso e riutilizzato.

419H MISURE

Le misure sono state effettuate in ambiente domestico con il microfono Minidsp UMIK-1 posizionato sul tavolo come per il progetto 439h.



Confrontando la risposta in frequenza dei canali destro (blu) e sinistro (rosso) si vedono gli effetti delle pareti e dei mobili sulla risposta dei due canali stereo. Le maggiori differenze sono alle basse frequenze sotto i 300 Hz.



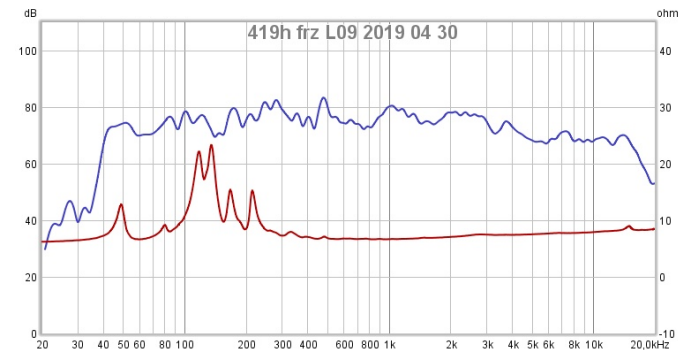
Il grafico della risposta in frequenza e distorsione del canale destro con il volume a ore 9 mostra la stessa distorsione THD del canale sinistro mentre si riduce anche di 20 dB la risposta ad alcune frequenze.

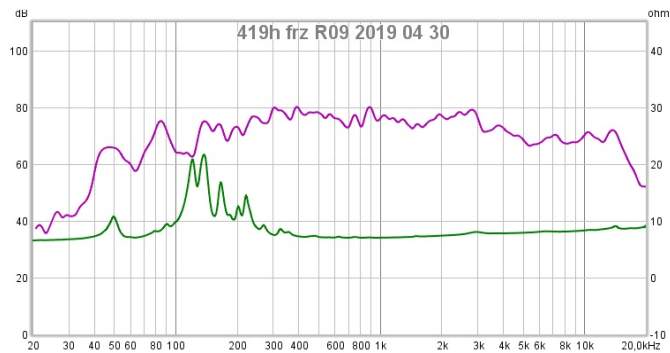
La distorsione è superiore al progetto 439 per la residua deformabilità del PVC trasparente rispetto all'alluminio.

I grafici della risposta in frequenza e distorsione sono rilevati sul canale sinistro a livelli acustici diversi.

Con il volume a ore 9 (circa 75 dB) la distorsione THD (linea nera) si mantiene a tra -30 e -40 dB (1 - 5%) con prevalenza della distorsione di seconda armonica (linea rossa). La terza armonica è la linea arancio.

Con il volume a ore 10 (circa 85 dB) la distorsione THD aumenta rapidamente al 10%, soprattutto alle basse frequenze.





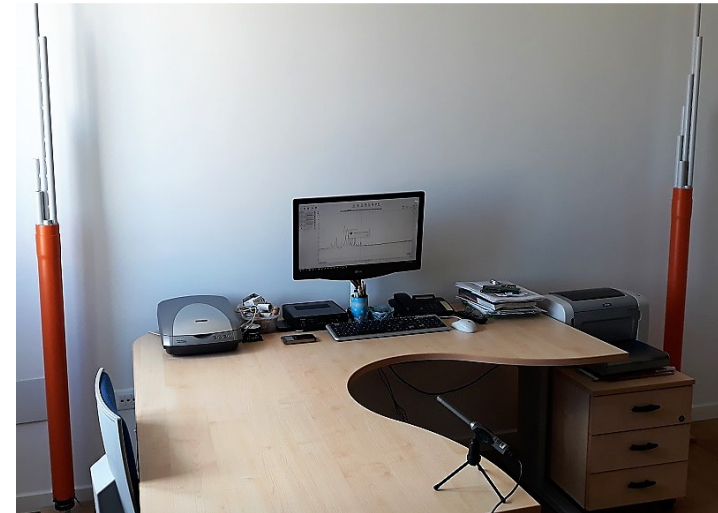
Confrontando la risposta in frequenza con l'andamento dell'impedenza si nota che il primo picco a circa 50 Hz corrisponde al limite inferiore della risposta. Risulta superiore ai 45 Hz del progetto 439h per la minor efficacia come schermo acustico del PVC trasparente rispetto all'alluminio.

Il picco a 15 KHz corrisponde al limite superiore della risposta in frequenza.

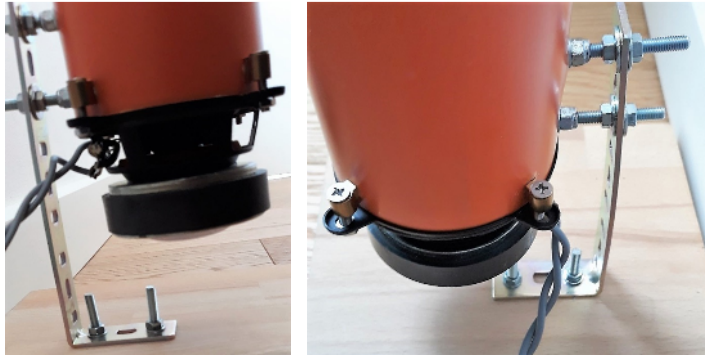
In entrambi i canali l'effetto a $\lambda/2$ sull'impedenza delle 9 guide d'onda in PVC trasparente è visibile solo per le più lunghe. I picchi sono più distanziati per le maggiori differenze fra le lunghezze delle guide.

227H COSTRUZIONE

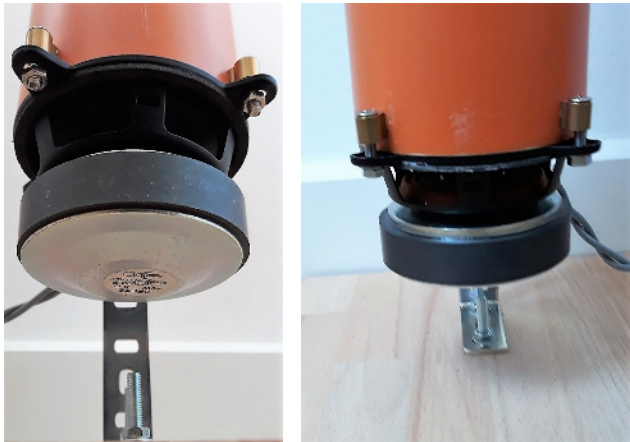
Il progetto 227h è il primo della serie MDD. La qualità audio è leggermente inferiore al 439h ma è più economico da costruire con pvc rigido per edilizia e impiantistica.



La prima guida d'onda è realizzata con un tubo in PVC rigido utilizzato anche per pluviali, la lunghezza è di 1000 mm e 80 mm di diametro, il diametro interno è di 75 mm e ha uno spessore di 2,5 mm. Si tratta della stessa guida d'onda utilizzata nel progetto 667g.



La guida in PVC rigido è fissata a una base da pavimento (la stessa del progetto 667g) in legno, anche la staffa a L non cambia (acciaio 150 x 50 x 20 spessa 3 mm). La coppia di viti superiore permette la regolazione dell'inclinazione verticale compensando la curvatura dovuta al peso delle guide d'onda.



Sul lato inferiore è fissato l'altoparlante rivolto verso l'interno della guida in PVC rigido. Il diametro si adatta perfettamente al montaggio dell'altoparlante 3FE25 garantendo la tenuta d'aria anche senza sigillanti.



Una serie di 7 guide d'onda in PVC rigido utilizzato negli impianti elettrici con diametro di 25mm e 1 mm di spessore è realizzata affiancando guide di lunghezza crescente. Le guide sono unite a un anello ricavato da spezzoni del tubo in PVC rigido da 80 mm usando colla a caldo. La colla a caldo è usata anche per sigillare a tenuta d'aria gli interstizi fra le varie guide circolari e l'anello di tenuta.

La serie logaritmica delle lunghezze è la seguente:

201, 312, 436, 571, 722, 887, 1070 mm.

I valori possono essere adattati aumentandoli o riducendoli in scala



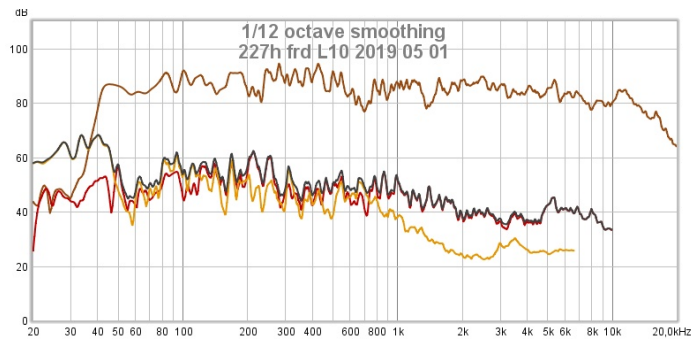
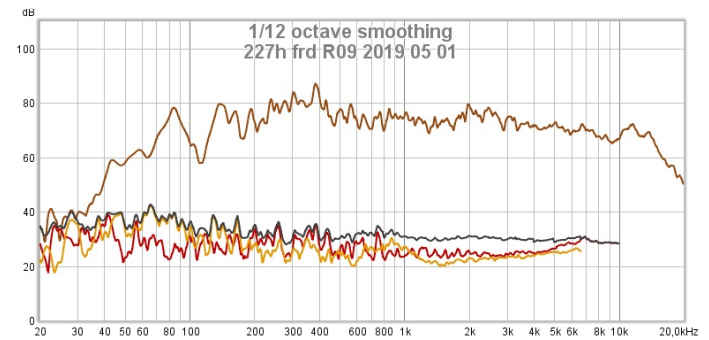
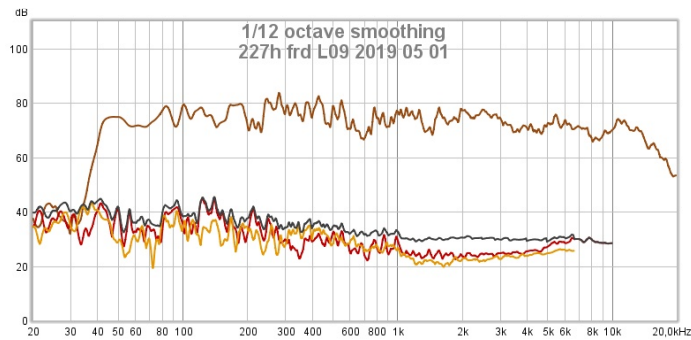
La serie di guide in PVC rigido è appoggiata nello svaso in corrispondenza del bordo superiore senza sigillante e può essere facilmente rimossa sfilandola.

227H MISURE

Le misure sono state effettuate in ambiente domestico con il microfono Minidsp UMIK-1 posizionato sul tavolo come per il progetto 439h.



Confrontando la risposta in frequenza dei canali destro (blu) e sinistro (rosso) si vedono gli effetti delle pareti e dei mobili sulla risposta dei due canali stereo. Le maggiori differenze sono alle basse frequenze sotto i 300 Hz.

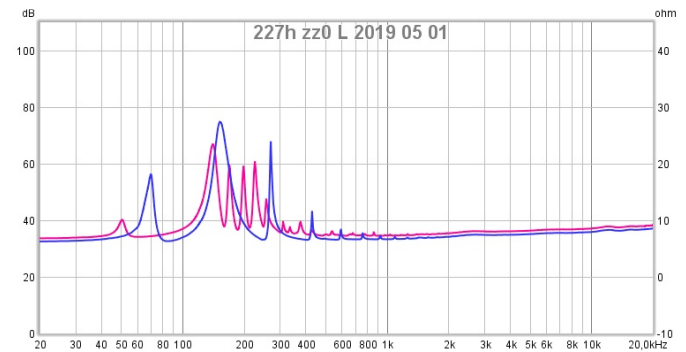


Il grafico della risposta in frequenza e distorsione del canale destro con il volume a ore 9 mostra la stessa distorsione THD del canale sinistro mentre si riduce anche di 20 dB la risposta ad alcune frequenze.

I grafici della risposta in frequenza e distorsione sono rilevati sul canale sinistro a livelli acustici diversi.

Con il volume a ore 9 (circa 75 dB) la distorsione THD (linea nera) si mantiene a tra -30 e -40 dB (1 - 5%) con prevalenza della distorsione di seconda armonica (linea rossa). La terza armonica è la linea arancio.

Con il volume a ore 10 (circa 85 dB) la distorsione THD aumenta rapidamente al 10%, soprattutto alle basse frequenze.

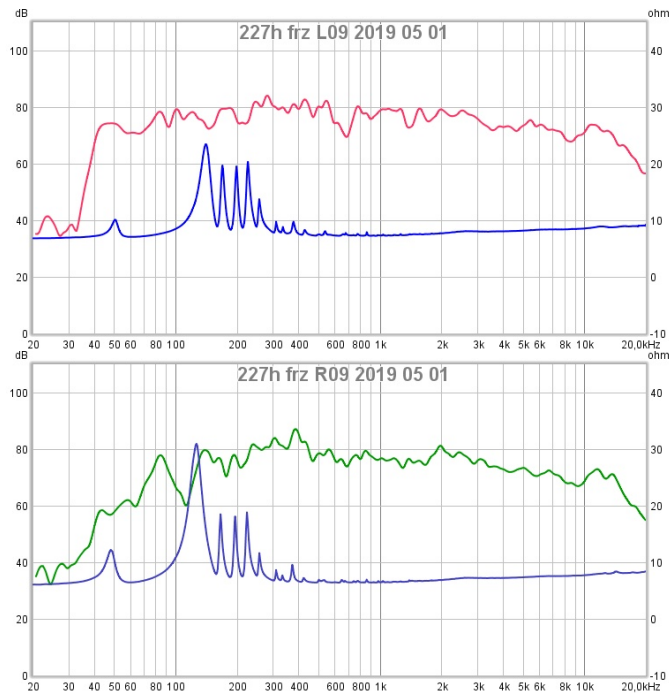


La linea blu è la misura dell'impedenza nel dominio delle frequenze utilizzando la sola guida d'onda in PVC lunga 1000 mm, ha le risonanze caratteristiche di una guida chiusa a un lato che iniziano a circa $\lambda/4$.

La serie di 7 guide d'onda in PVC rigido da 25 mm crea percorsi sonori interni che tra 1000 e 2000 mm e la prima risonanza (linea rossa) si riduce spostandosi a circa 50 Hz.

Le guide d'onda in PVC rigido da 25 mm sono aperte da entrambi i lati hanno una prima risonanza a $\lambda/2$. Con le lunghezze comprese fra 201 e 1070 mm, lei guide creano proprie risonanze a partire da 125 Hz circa.

Le risonanze della guida in PVC da 80 mm sono ridotte o eliminate senza ricorrere a materiale smorzante.

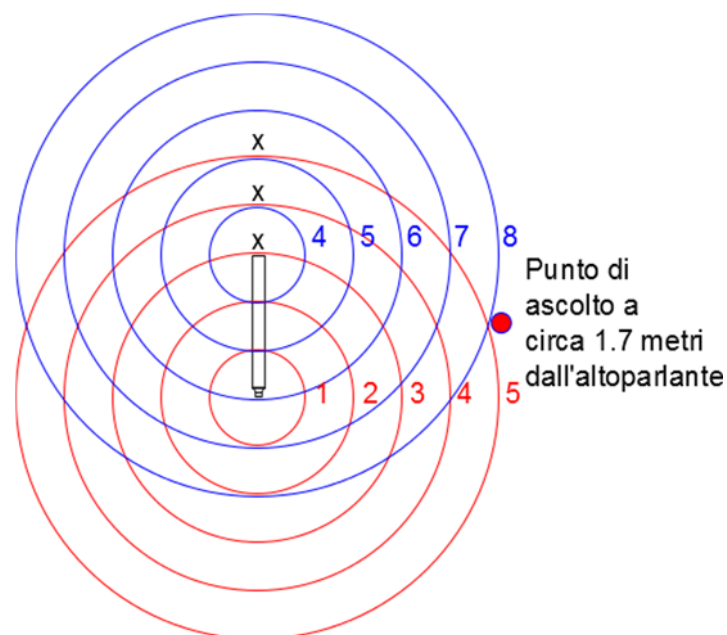


Confrontando la risposta in frequenza con l'andamento dell'impedenza si nota che il primo picco a circa 50 Hz corrisponde al limite inferiore della risposta. Risulta superiore ai 45 Hz del progetto 439h per la minor efficacia come schermo acustico del PVC rispetto all'alluminio.

Il picco a 15 KHz corrisponde al limite superiore della risposta in frequenza.

In entrambi i canali l'effetto a $\lambda/2$ sull'impedenza delle 7 guide d'onda in PVC trasparente è visibile solo per le più lunghe. I picchi sono più distanziati per le maggiori differenze fra le lunghezze delle guide.

ACUSTICA DEI DIFFUSORI MDD



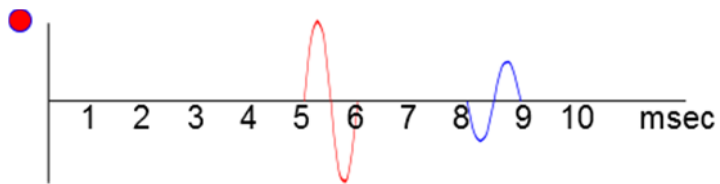
Il lato posteriore dell'altoparlante emette l'onda primaria (rossa) mentre il lato anteriore invia l'energia acustica (in controfase) all'interno della guida d'onda che la emette all'esterno in corrispondenza del suo lato superiore come onda secondaria ritardata, attenuata e coerente (blu).

Sono rappresentate solo le onde secondarie emesse alla fine della guida d'onda più corta, nella realtà ogni guida d'onda emette onde secondarie attenuate, ritardate e coerenti a cui si applicano le stesse considerazioni.

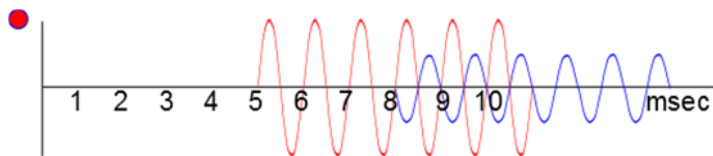
In figura è schematizzata la propagazione dei fronti sonori generati da un impulso: un segnale a 1 KHz della durata di 1 msec (un periodo). I numeri rappresentano i ritardi in millisecondi necessari ai fronti per propagarsi e raggiungere il punto d'ascolto, 5 millisecondi per l'onda primaria e 8 millisecondi per l'onda secondaria. La guida d'onda è considerata lunga circa un metro ed è percorsa dal suono in 3 millisecondi.

Si ragiona in termini qualitativi e non quantitativi. Per semplificare:

- si considerano l'altoparlante e l'impianto ideali;
- sono trascurate le riflessioni dell'ambiente d'ascolto;
- sono considerati sferici sia il fronte emesso dal lato inferiore dell'altoparlante che quello emesso dal lato superiore della guida d'onda;
- sono trascurate le variazioni d'ampiezza, rappresentate dimezzando l'altezza dell'onda secondaria rispetto alla primaria;
- non sono considerate le differenze fra i fronti percepiti dai due orecchi che si trovano in punti diversi.



La risposta all'impulso può essere assimilata al comportamento della riproduzione delle fasi transitorie dell'involuppo di un suono: attacco, decadimento e rilascio. Dal grafico si vede che a una frequenza di 1 KHz l'onda primaria e la secondaria sono nettamente separate e possono trasportare informazioni sulla dimensione di una sorgente sonora che emette energia nello stesso istante da punti diversi.



La risposta a una serie di impulsi (6 per esigenze grafiche) può essere assimilata al comportamento stazionario della riproduzione della fase di mantenimento dell'involuppo di un suono. Dal secondo grafico si vede che a una frequenza di 1 KHz l'onda primaria e la secondaria interagiscono con tre modalità distinte: solo primaria, primaria più secondaria, solo secondaria e possono trasportare anche in questo caso informazioni sulla dimensione virtuale della sorgente sonora.

L'effetto della tridimensionalità della sorgente sonora si percepisce a 360 gradi sul piano orizzontale e si annulla sulla verticale del diffusore. In tutti i punti della verticale l'onda primaria e quella secondaria arrivano nello stesso istante. Nel disegno alcuni di questi punti sono indicati con la lettera X.

Le considerazioni fatte per il punto d'ascolto valgono per ogni oggetto riflettente che si trova sul piano orizzontale che diventa a sua volta origine di onde riflesse che contengono informazioni coerenti sulla dimensione virtuale della sorgente audio riprodotta.

La mancanza di riflessioni interne al diffusore permette una gestione ottimale dei fronti d'onda secondari ritardati, attenuati e coerenti con l'emissione primaria dell'altoparlante.

Al momento non sono note metodologie di misura standardizzate per questo tipo di effetto acustico.

PSICOACUSTICA DEI DIFFUSORI MDD

RIFLESSIONI AMBIENTE D'ASCOLTO

Le ipotesi di lavoro che seguono sono state utilizzate per lo sviluppo dei progetti MDD e si sono evolute di pari passo all'evoluzione dei diffusori. Sono da considerare una base di discussione per gli effetti sull'ascolto delle onde secondarie e soggette a ulteriori variazioni.

Dopo l'emissione primaria dell'altoparlante che arriva alle orecchie dell'ascoltatore percorrendo il percorso rettilineo più breve, le guide d'onda emettono per diffrazione in punti diversi una serie di onde secondarie ritardate attenuate e coerenti con l'emissione primaria. Le onde secondarie coerenti arrivano nel punto d'ascolto prima delle riflessioni generate dagli oggetti e dalle pareti dell'ambiente; il risultato è un maggiore realismo della riproduzione e un facile riconoscimento dei suoni registrati.

Le stesse onde secondarie ritardate e coerenti potrebbero essere generate elettronicamente o con altoparlanti multipli. Sono in commercio vari tipi di dispositivi di condizionamento del segnale che hanno lo scopo di migliorare la percezione dei suoni riprodotti con algoritmi specifici. Anche un array di altoparlanti, diffusori planari con dimensione superiore al metro o la configurazione D'Appolito generano fronti sonori coerenti e ritardati.

La presenza di onde secondarie ritardate e coerenti aumenta il realismo della riproduzione in quanto simula la presenza di fronti sonori emessi nello stesso istante da punti diversi della sorgente sonora registrata. Negli strumenti musicali, nelle persone, negli animali non è mai un unico punto ad emettere energia sonora, ritardi di 2–5 millisecondi simulano l'effetto prodotto da strumenti o corpi di 70–170 centimetri. Le onde secondarie coerenti prodotte dai diffusori MDD non hanno solo i ritardi adatti ma provengono effettivamente da punti diversi nello spazio, nessuna sorgente puntiforme può ricreare questo effetto senza una complessa rielaborazione del segnale stereo registrato che resta valida in zone limitate dell'ambiente d'ascolto.

Il senso dell'udito si è evoluto per riconoscere la sorgente sonora e l'ambiente che la circonda, la sorgente è un termine di paragone per avere informazioni sull'ambiente d'ascolto e le riflessioni dell'ambiente possono complicare il riconoscimento del suono. Uno stereo può riprodurre alla perfezione le riflessioni registrate di un ambiente con caratteristiche acustiche totalmente diverso da quello in cui si ascolta. Può capitare che il locale d'ascolto aggiunga riflessioni che confondono il cervello con segnali in contrasto con i segnali registrati.

Usando uno stereo con sorgenti puntiformi all'ascoltatore arriva prima il suono diretto della sorgente registrata che contiene segnali emessi in posizioni diverse nello stesso istante, i ritardi sono corretti ma risultano riprodotti su una linea monodimensionale che unisce i due diffusori. Se la

stanza d'ascolto è più piccola del locale della registrazione successivamente arrivano le riflessioni introdotte dalla stanza e infine le riflessioni presenti nel locale in cui è avvenuta la registrazione. L'ascoltatore deve decodificare tre informazioni in contrasto fra di loro: la sorgente sonora tridimensionale riprodotta come sorgente monodimensionale, l'ambiente d'ascolto che riflette le onde sonore di una sorgente monodimensionale, le riflessioni dell'ambiente della registrazione che può essere molto diverso. Non è detto che sia un'esperienza gradevole.

Per migliorare le cose si può eliminare la sorgente puntiforme con un array di altoparlanti, diffusori planari o una configurazione D'Appolito e trattare la stanza d'ascolto per minimizzare le riflessioni tipiche del locale. Il risultato è la riproduzione più fedele possibile all'esecuzione originale, chiudendo gli occhi si può avere l'impressione di assistere all'evento. Gli occhi è meglio tenerli chiusi in quanto quello che si sente non corrisponde a quello che circonda l'ascoltatore. Spesso l'area d'ascolto ottimale si riduce ad una zona limitata in corrispondenza del vertice del triangolo con alla base la linea che unisce i due diffusori.

Le emozioni prodotte dall'ascolto della musica registrata si possono ottenere anche senza trattare acusticamente il locale e con un economico altoparlante larga-banda utilizzando uno dei progetti MDD.

I diffrattori acustici a guida d'onda aggiungono onde secondarie ritardate e coerenti a tutte le sorgenti anche se la registrazione è stata fatta con microfoni posizionati in punti non ideali. L'effetto potrebbe modificare la percezione delle dimensioni della sorgente registrata ma in nessun caso può farla ridiventare monodimensionale. Successivamente l'onda primaria e quelle secondarie sono riflesse dall'ambiente e arrivano all'ascoltatore che le percepisce come compatibili con una sorgente tridimensionale presente nella stanza. L'emissione omnidirezionale in un ambiente riflettente aumenta l'effetto delle onde riflesse dal locale d'ascolto. Quando si riproducono le riflessioni della sala di registrazione per l'effetto Haas il cervello percepisce queste ultime come una prosecuzione dei segnali precedenti. La successione: onda primaria, onde secondarie coerenti e ritardate, riflessioni del locale d'ascolto, riflessioni della sala di registrazione diventano per il cervello un unico suono più facile da interpretare e piacevole da ascoltare. Diminuisce il tempo necessario alla memoria per la decodifica dei suoni e aumenta il tempo a disposizione della fantasia.

La riproduzione è simile all'ascolto dal vivo degli strumenti nella propria stanza. Non sono le condizioni di massima fedeltà alla registrazione originale ma può essere molto divertente. Tenendo gli occhi aperti c'è l'inconveniente che non si vedono gli strumenti che si stanno ascoltando. La zona d'ascolto è ampia e si può seguire al meglio la musica in ogni punto della stanza.

PSICOACUSTICA DEI DIFFUSORI MDD

RICONOSCIMENTO DEI SUONI

Nel sito mangeraudio è possibile leggere un interessante articolo sul riconoscimento dei suoni, in particolare si distinguono tre fasi:

- nella prima, molto breve, si localizza la provenienza del suono;
- nella seconda più lunga si individua la dimensione dell'oggetto o del corpo che ha generato il suono;
- nella terza si riconosce il suono generato dall'oggetto o da una persona.

Il tutto è fatto con il senso dell'udito (orecchio e cervello) in alcune decine di millisecondi. Se le persone hanno sviluppato una simile abilità è perché dava un vantaggio evolutivo. La visione stereoscopica tridimensionale è solo anteriore mentre il senso dell'udito da informazioni anche su quello che avviene alle spalle di una persona.

Immaginando un gruppo di persone in lotta con un animale o altre persone nella confusione un suono deve essere innanzitutto localizzato per sapere dove rivolgere la propria attenzione. Successivamente si stabiliscono le dimensioni che sono collegate al tipo di pericolo, oggetti grandi cadendo possono ferire oppure versi di animali

predatori di solito hanno toni bassi. Una volta individuata la direzione e la dimensione della sorgente sonora si passa al riconoscimento del suono. Una persona che parla alle spalle può essere sia localizzata che riconosciuta senza la necessità di voltare la testa, sapere dove si trova qualcuno che può essere di aiuto è vantaggioso.

Ascoltare musica è meno pericoloso anche se alcuni riescono a farsi danni irreversibili all'udito utilizzando volumi troppo elevati. In generale l'ascolto della musica è piacevole soprattutto se l'udito non deve affaticarsi per localizzare, individuare le dimensioni delle sorgenti e riconoscere i suoni.

Considerando l'involuppo di una nota, la localizzazione è in relazione alla risposta ai transienti (attacco, decadimento e rilascio) mentre il riconoscimento è in relazione al mantenimento del tono assimilabile in prima approssimazione ad un regime stazionario.

Nei diffusori MDD i transienti sono particolarmente nitidi per la totale assenza di superfici interne che possano generare riflessioni. L'emissione posteriore dell'altoparlante, primaria, è inviata direttamente nell'ambiente d'ascolto. L'emissione frontale dell'altoparlante percorre le guide d'onda, con l'interno liscio, e all'uscita per diffrazione genera le onde di emissione secondarie coerenti e ritardate. Per l'udito queste onde secondarie hanno lo stesso effetto che avrebbero pannelli acusticamente riflettenti posti a circa un metro dietro la sorgente.

Il riconoscimento dei toni deriva dall'analisi del loro spettro. Nei diffusori MDD il percorso di 1 - 2 metri delle onde secondarie all'interno delle guide d'onda ne ritarda l'emissione frontale di circa 3 - 6 millisecondi rispetto a quella posteriore. L'udito ha quindi a disposizione un ulteriore intervallo di tempo in cui all'orecchio arrivano onde sonore coerenti con l'emissione primaria dell'altoparlante.

Ritengo che l'analisi spettrale sia un processo sempre attivo ma che risulta mascherato da transienti di livello elevato prodotti in particolare a bassa frequenza. Il periodo di mascheramento può essere utilizzato per rilevare le dimensioni della sorgente sonora.

Per realizzare un software per il riconoscimento dei suoni si può iniziare da un algoritmo in grado di analizzare lo spettro in tempo reale per riconoscere il timbro del suono in base alle armoniche contenute. Un algoritmo di questo tipo è adatto al funzionamento nella fase di mantenimento dell'involuppo di un suono.

L'attacco, il decadimento dell'involuppo aumentano il livello sonoro e si può fare in modo che portino in saturazione l'analizzatore di spettro. Un secondo algoritmo può mettere in relazione la durata dalla saturazione con le dimensioni della sorgente sonora. Il rilascio dell'involuppo arresterebbe anch'esso l'analizzatore di spettro per mancanza di segnale.

Due microfoni di una testa artificiale collegati a una coppia di analizzatori di spettro permettono di misurare i ritardi relativi con cui attacco, decadimento e rilascio interrompono e/o riattivano l'analizzatore. Un terzo algoritmo elaborando i ritardi può fornire indicazioni per localizzare la sorgente.

DIFFUSORI OMNIDIREZIONALI MDD E AMBIENTE D'ASCOLTO

Con la musica registrata si percepisce sempre il risultato dell'interazione della catena di riproduzione con l'ambiente d'ascolto, con un'acustica non adatta può suonare male anche lo strumento dal vivo.

L'ascolto con i diffusori MDD può essere favorito o penalizzato dall'interazione con l'ambiente d'ascolto, in particolare l'emissione a 360 gradi delle alte frequenze è adatta anche in ambienti riflettenti non trattati acusticamente. L'emissione omnidirezionale redistribuisce l'energia delle alte frequenze, normalmente concentrata in un lobo frontale. In un ambiente con molto materiale acusticamente assorbente: tende, tappeti, scaffali di libreria aperti, ecc., si sono verificati livelli di riproduzione sugli alti ridotti. Anche in questo caso l'ascolto può risultare comunque gradevole per la presenza delle onde secondarie. La presenza di oggetti che possano funzionare da specchi acustici migliora la riproduzione. Si possono sistemare gli altoparlanti e la fine delle guida d'onda vicino a copertine di libri, ante di mobili, superfici vetrate, etc..

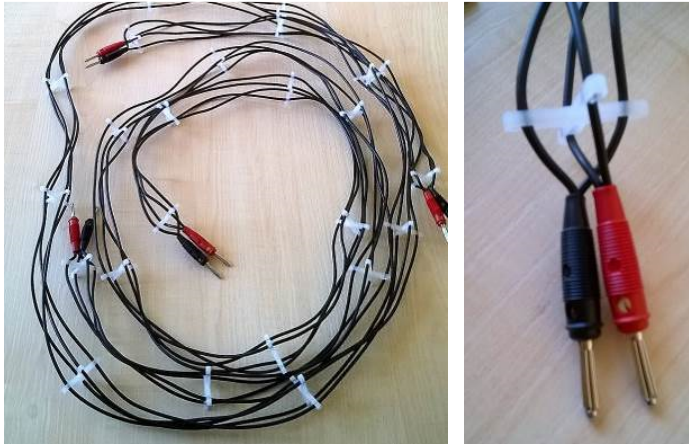
Sui bassi si possono verificare situazioni sfavorevoli con effetto rimbombo o attenuazioni nella risposta legati alla geometria del locale, in questo caso va ricercato un migliore posizionamento dei diffusori.

CAVI 662G E IMPIANTO

L'impianto utilizzato per lo sviluppo dei diffusori MDD è composto da:

- Sorgente di musica liquida: PC + TIDAL;
- Amplificatore-DAC: TEAC A-H01;
- Cavi diffusori 662g autocostruiti in configurazione quadripolare.





La scelta di TIDAL in un Pc con Internet mette a disposizione milioni di titoli in qualità CD.

L'amplificatore con DAC integrato semplifica il cablaggio dell'impianto.

Nei cavi dei diffusori le perdite legate ai parametri elettrici (resistenza, capacità e induttanza) ci sono e vanno minimizzate inoltre non è da sottovalutare il fatto che passa un segnale di potenza e il cavo stesso è di fatto un'antenna che genera disturbi elettromagnetici e interagendo con il resto dell'impianto peggiora la riproduzione.

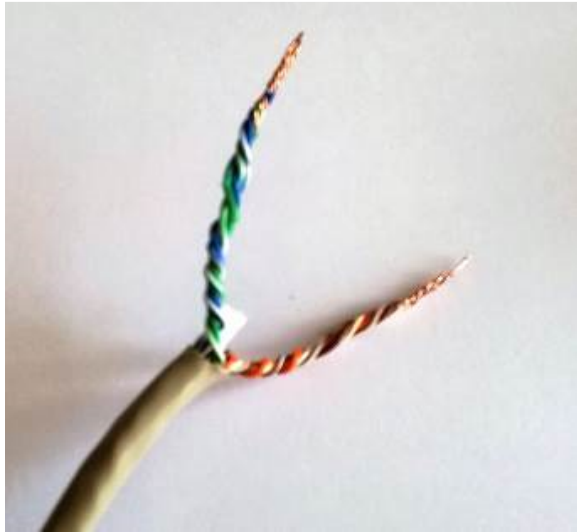
La configurazione quadripolare adottata presenta diversi vantaggi.

Per ogni fase i conduttori raddoppiano e di conseguenza si riduce la resistenza e l'eventuale comparsa dell'effetto pelle.

La riduzione della capacità parassita è ottenuta utilizzando come supporti i distanziatori a croce in plastica per la posa delle piastrelle di ceramica. I conduttori hanno una distanza relativa di alcuni cm e una capacità di un ordine di grandezza inferiore alla configurazione con gli stessi conduttori alla distanza di 1-2 mm all'interno di una guaina. Il fatto che in vari punti i cavi piegandosi arrivino a toccarsi non ha molta influenza sulla capacità totale che si mantiene sui 30 pF/m.

Un'onda sonora con una frequenza di 10 KHz ha una lunghezza d'onda di soli 3,4 cm.

Un'onda elettromagnetica a 10 KHz ha una lunghezza d'onda di 30 Km per cui il campo magnetico alternato generato dall'induttanza del cavo dei diffusori, se abbastanza intenso, può influenzare contemporaneamente tutti gli apparati dell'impianto generando interferenze. Posizionando in diagonale i due fili dello stesso polo elettrico, lateralmente al cavo si avrà sempre l'effetto di spire che generano campi magnetici opposti riducendo le possibili interferenze sugli apparati audio e mantenendo ridotta l'induttanza parassita.



Nel caso in cui i cavi 662g siano troppo ingombranti o scomodi una valida alternativa è utilizzare un cavo UTP cat6 per reti dati Ethernet in rame. Vanno collegati assieme i colori:

- bianco-arancio, arancio, bianco-marone, marrone
- bianco-verde, verde, bianco-blu, blu.

La capacità aumenta a circa 100 pF/m ma sono più comodi da usare. La configurazione elettrica è sempre quadripolare con un separatore plastico interno che mantiene in posizione diagonale le coppie di fili. Resta minimizzata l'emissione di disturbi elettromagnetici.