

Speaker Workshop

misure acustiche in casa

parte III

di Claudio Negro

Premetto che eseguire la misura acustica di un diffusore non è cosa facile e richiede molta esperienza e studio. Quanto troverete scritto a riguardo in questa terza parte va inteso quindi come esempio dell'uso di Speaker Workshop.

Assumendo che nessuno di noi disponga di una camera anecoica, per effettuare le misure acustiche useremo la tecnica della risposta in ambiente semi-riverberante. Detto sistema prevede la misura in tre fasi: la prima, chiamata in *campo vicino* (near field), si occupa della parte bassa della risposta e avviene posizionando il microfono vicinissimo all'altoparlante in modo da rendere ininfluenti le diffrazioni ai bordi del cabinet e le riflessioni della stanza. La seconda fase è la risposta in *campo lontano* (far field), dove il microfono viene collocato a circa un metro dall'altoparlante e, con la tecnica del *gating*, viene usata solo la parte di risposta priva delle riflessioni ambientali; tale misura, quindi, tiene nel conto le diffrazioni ai bordi del baffle ma non misura a bassa frequenza. Infine la terza fase unisce le due risposte, campo vicino e lontano, per darci la risposta totale (a banda intera) dell'altoparlante sull'asse di misura prescelto.

La parte hardware necessaria per le misure acustiche usando Speaker Workshop (SW) è differente da quella usata nella misurazione dell'impedenza: avremo bisogno di un microfono e relativo pre-amplificatore, di un amplificatore e vari metri di cavi. Anche qui, come nelle misure d'impedenza, abbiamo diverse possibilità di collegamento (Wallin Jig, Super Jig, solo cavi con e senza partitore resistivo) ognuna con i suoi pregi e difetti; qui vi illustrerò le due più immediate: iniziamo a vedere quella che uso personalmente (Fig. 1). In pratica il segnale uscendo dal

canale sinistro della scheda audio, **Line Out**, arriva sia all'ingresso sinistro della stessa, **Line In Sinistro**, che all'ingresso dell'amplificatore, tutto tramite un cavo a Y (ricordiamoci che SW usa il canale sinistro come riferimento). L'uscita dell'amplificatore è collegata all'altoparlante; il microfono capta il segnale emesso dall'altoparlante e lo manda all'ingresso del pre-mic dove viene amplificato; l'uscita del pre, infine, è collegata all'ingresso destro della scheda audio, **Line In Destro** (Speaker Workshop usa il canale destro come *Dati*). Il pregio di questa configurazione è che il segnale in ingresso alla scheda è solo preamplificato, quindi difficilmente si rischia di bruciarla a meno di non strafare con il volume del pre-mic; per contro il difetto è che non viene usata la risposta dell'amplificatore come riferimento durante le misurazioni acustiche: il segnale esce dalla scheda audio e arriva all'amplificatore dal quale ne viene alterato agli estremi di banda; se però Speaker Workshop conoscesse la risposta in frequenza ne trarrebbe in debito conto al momento delle misurazioni. Questa limitazione è a mio parere un male minore; se si usa un buon ampli (preferibilmente a stato solido) si presuppone che comunque la sua risposta sia piatta da 20 a 20.000 Hz. Se poi detto ampli ha una impedenza di uscita bassa, che si traduce in alta linearità in frequenza su carichi reattivi come quello presentato dall'altoparlante, e usiamo dei cavi con bassa impedenza, possiamo stare tranquilli che i risultati saranno veritieri; qualche problema si potrebbe avere sulla fase agli estremi di banda, che può risultare falsata,

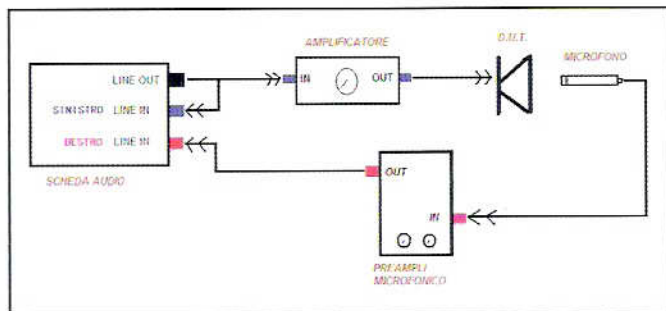


Fig. 1 - Collegamenti con il Line Out come riferimento.

ma è un compromesso che accetto di buon grado, visto che siamo in genere lontani dalle regioni di crossover.

La seconda opzione di collegamento (Fig. 2) prevede il **Line In Sinistro** collegato all'uscita dell'amplificatore invece che al **Line Out**, ovviamente previa interposizione di un partitore resistivo tipo quello visto nella prima puntata della serie, che aveva un rapporto di riduzione di 1:5 e che potete agilmente incrementare a 1:10 usando resistenze da 1.000 e 100 ohm. Prestate la massima attenzione al volume dell'amplificatore, tenendo sempre sott'occhio la tensione in uscita, anche se usate un partitore 1:10! Ricordate che un partitore di tensione 1:10 dividerà la tensione in uscita dall'amplificatore, appunto per un fattore 10, dun-

que tensioni superiori a 10 Vrms (misurate col tester in CA facendo riprodurre ad SW una sinusoide a 1k Hz) sono potenzialmente pericolose per la scheda audio.

Il grosso pregio di questa configurazione è che ci permette di usare la risposta in frequenza dell'amplificatore che Speaker Workshop userà come riferimento durante le misurazioni: per misurare la risposta dell'amplificatore si collega il **Line out** della scheda audio all'ingresso dell'amplificatore e la sua uscita al **Line in** destro e sinistro della scheda audio; poi si regola il volume dell'amplificatore (prestate la massima attenzione alla tensione in uscita) per ottenere con un segnale MLS circa 15 - 20k letti nel VuMeter di SW; poi click su OPZIONI/ CALIBRAZIONE/

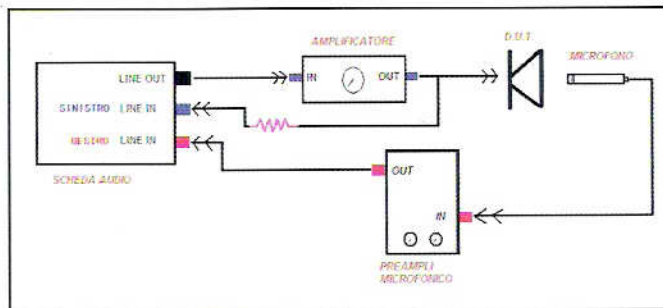


Fig. 2 - Collegamenti con l'amplificatore come riferimento.

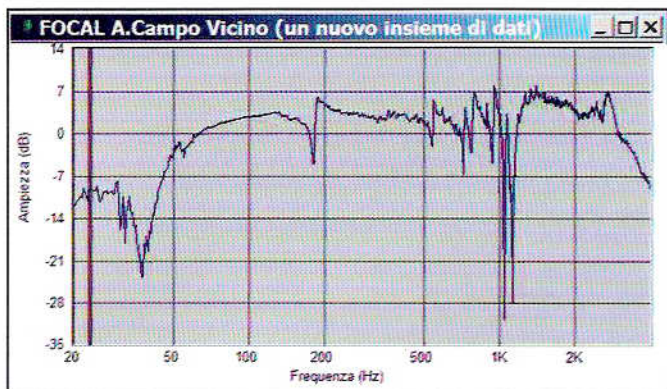


Fig. 3 - Risposta in campo vicino senza condotti.

PROVA nel riquadro *Risposta Amplificatore di Misura*. Poi click su SFOGLIA e scegliete il file "Measurement.Impulso" nella cartella "System" e chiudete la finestra. Per vedere la risposta dell'ampli, andate nella struttura ad albero e aprite il file "Measurement.Impulso" nella cartella "System", poi click su CALCOLA/ RISPOSTA IN FREQUENZA e un nuovo file verrà creato:

"Measurement.Impulso.Frequenza", doppio click per aprirlo e vedere il grafico della risposta dell'ampli. Ricordate, ancora una volta, che state lavorando con un amplificatore, quindi attenti al suo volume, o la vostra scheda audio subirà grossi danni!

Altro componente indispensabile per le misure acustiche è il microfono. Bisogna usarne uno omnidirezionale a condensatore; la mia scelta è caduta sull'economico Behringer ECM8000, che costa circa 50 euro, che ha il vantaggio di avere l'uscita bilanciata che consente di usare cavi molto lunghi.

Altre alternative microfoniche sono quella dell'Audiomatica, che ha il grande pregio di essere fornito con file di calibrazione individuale, oppure quella di costruirvelo partendo dalla capsula Panasonic WM60A, che costa pochi euro: la Monacor la distribuisce con il codice MCE2000 e informazioni su come costruirsi un microfono le trovate a questo indirizzo: <http://sound.westhost.com/project93.htm>. È importante sottolineare che il microfono introduce qualcosa di suo

nella misurazione, ragion per cui è meglio fornire a Speaker Workshop il suo file di calibrazione, se possediamo un microfono calibrato, oppure un file di calibrazione generico: prima importiamo il file con estensione *frd* cliccando su RISORSE/ IMPORTA, poi diciamo a SW di usare detto file di calibrazione del mic andando su OPZIONI/ CALIBRAZIONE/ RISPOSTA MICROFONO, e immettiamo il file che abbiamo importato. Nella mia home page (1) potete scaricare il file relativo al Panasonic e al Behringer: naturalmente sono calibrazioni generiche, l'ideale sarebbe farsi calibrare il proprio microfono (una volta l'anno), ma questo dipende dal proprio budget di spesa e dalla precisione desiderata.

Ultimo componente hardware necessario è il preamplificatore microfonico: qui le opzioni sono tante e dipendono in parte anche dal microfono scelto. Nel caso si usi il Behringer ECM8000, bisogna abbinargli un pre con ingresso bilanciato e phantom power, e il mio consiglio cade su di un altro prodotto della casa tedesca: il mixer UB802 (circa 50 euro). Ricordatevi che il pre deve essere di buon livello dato che lavorerà con segnali molto bassi.

La scheda audio può anche non avere una risposta perfettamente lineare in tutto lo spettro di frequenza, dato che ci pensa SW a compensarla, ma è utile, soprattutto ai fini della risoluzione dei grafici, che supporti il campionamento a 96k Hz.

La regolazione dei volumi

dipende dai componenti usati, dall'efficienza del driver, dal guadagno del microfono, ma è importante seguire alcune regole generali: cercate sempre di mantenere uguali i valori relativi al canale destro e sinistro che leggete nel VuMeter di Speaker Workshop; il valore da leggere deve essere nella fascia compresa tra i 20 - 25k, ed in ogni istante sempre inferiore al livello di clipping della nostra scheda audio; ricordatevi sempre di abbassare i volumi al termine delle misurazioni e quando passate dalle misure in campo vicino a quelle in campo lontano. Personalmente lanciai un segnale sinusoidale a 1k Hz in PLAY (vi ricordate come si fa?) e regolo il volume software in modo da misurare in ingresso all'amplificatore, tramite il multimetro, 0,7 Vrms; poi collego i terminali del multimetro all'uscita dell'ampli, con una resistenza da 8 ohm collegata, e regolo il volume dell'ampli per leggere 2,83 Vrms. Infine regolo il pre-mic, durante la misurazione, per ottenere valori simili nel VuMeter di SW. Comunque sia, SW non misura l'SPL assoluto, ma solo il rapporto fra la tensione sul canale *data* e quella sul canale *reference*, e con alcuni calcoli si può risalire al valore di SPL: rimando al mio sito. L'alternativa è usare un fonometro: una volta conosciuto l'SPL reale ad almeno una frequenza potete poi scalare il grafico al livello giusto (menù TRASFORMA/ SCALA). Le misure che presento si riferiscono ad un sistema bass reflex senza crossover,

ossia ad altoparlanti montati in cassa, ma la procedura è identica nel caso vogliate misurare i driver in aria libera, ossia montati su pannello.

MISURE ACUSTICHE: IL CAMPO VICINO

La misurazione in campo vicino viene usata in quanto non risente sia degli effetti delle diffrazioni ai bordi del cabinet che delle riflessioni della stanza; alle basse frequenze, inoltre, il diaframma dell'altoparlante si comporta come un pistone rigido e la risposta in campo vicino è direttamente proporzionale a quella in campo lontano. Questa tecnica (2), però, è valida fino ad una certa frequenza, calcolata a partire dal diametro effettivo del driver in uso: $F_{max} = 10950/D$ dove D è in centimetri. Per conoscere D si può guardare sulle specifiche fornite dal costruttore dell'altoparlante, o calcolarlo dalla S_d usando la formula $D = 2 * (S_d / 3,14)^{1/2}$, oppure, in ultimo, si può misurare il diametro dell'altoparlante con un righello considerando solo metà della sospensione. Nel caso del woofer Focal, $D=15$ quindi $F_{max} = 730$ Hz, cioè il range di frequenza attendibile misurato con la risposta in campo vicino si estende fino a 730 Hz. Quanto finora detto vale per il driver montato su pannello infinito (2π str), mentre se la misura in campo vicino viene eseguita con il driver montato in cassa, ossia su pannello finito, la F_{max} diminuisce a causa degli effetti del baffle: studi in merito (3) hanno defini-

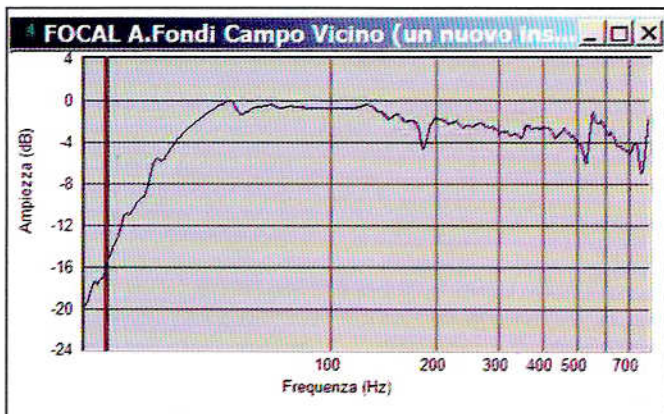


Fig. 4 - Risposta in campo vicino con i condotti.

1) <http://planeta.terra.com.br/educacao/claudioenegra/>

2) D.B. Keele Jr. "Low frequency loudspeaker assessment by nearfield sound pressure measurement", JAES vol. 22.

3) C. J. Struck & S. F. Temme "Simulated free field measurements", 93rd AES Convention, Ottobre 1992. Preprint #3397.

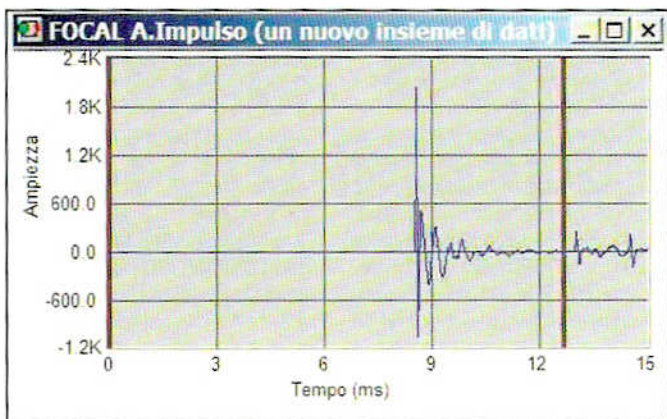


Fig. 5 - Risposta dell'impulso.

to che la risposta in campo vicino può essere usata con errori inferiori a 1 dB (rispetto alla misura in camera anecoica) a frequenze la cui lunghezza d'onda è maggiore della dimensione del pannello (di solito la larghezza) moltiplicata per 3, che pressappoco corrisponde a sostituire, nella formula vista, il diametro del driver con la dimensione del pannello: nel nostro caso, essendo il pannello largo 22 cm, $F_{max} = 498$ Hz.

Il microfono deve essere posizionato vicinissimo al centro dell'altoparlante, ma ovviamente non in contatto con lo stesso; la massima distanza accettabile tra i due è data dalla moltiplicazione $0,055 \cdot D$ come riportato da D.B.Keele (2), cosicché il centro del cono del Focal dovrà essere il più possibile vicino al microfono ad una distanza mai superiore a 0,8 cm. Data l'elevata vicinanza, bisogna assicurarsi che la pressione dell'altoparlante e il guadagno del premic non siano elevati, pena saturazione che ovviamente invaliderebbe la misura. Per questo motivo, nelle misure in campo vicino, è conveniente pilotare il DUT con tensioni inferiori ai classici 2,83 V.

Torniamo a SW, scegliamo il Campionamento e Dimensioni massimi che la nostra scheda meglio supporta (tenendo a mente che è inutile esagerare con la frequenza di campionamento visto che misuriamo a bassa frequenza), un Numero ripetizioni di 5 (in OPZIONI/PREFERENZE/ MISURAZIONI) o più, dipendendo dal rumore della vostra sala-test e dalla risoluzione scelta. Poi doppio click sul file "FOCAL A" e poi MISURAZIONE IN FREQUENZA/

CAMPO VICINO; controlliamo i VuMeter per leggere dei valori quasi uguali per i due canali e comunque nella fascia 20-25K; un nuovo file sarà creato: "Focal A.CampoVicino", che si riferisce allo stesso sistema bass reflex visto nelle misure d'impedenza (Fig. 3).

Vi ricordate del picco a 180 Hz visto nella misurazione dell'impedenza del diffusore completo (nella II parte dell'articolo)? Qui lo ritroviamo, come avvallamento, a riprova dell'attendibilità delle misurazioni fatte; l'altro avvallamento, a circa 38 Hz, indica la frequenza di accordo della cassa (Fb) poiché è a questa frequenza che il diaframma del woofer riceve il massimo carico dall'accordo cassa-porta. Come controprova andate a riguardare il grafico dell'impedenza del woofer montato in cassa e il valore della Fb (cioè dove la fase è uguale a zero tra i due picchi d'impedenza). Si può notare un altro piccolo buco, a poco più di 50 Hz, anch'esso presente nella risposta dell'impedenza, che ci dimostra come già la lettura dell'impedenza ci fornisca utili informazioni per capire cosa ci attende nella risposta in frequenza.

Poiché i sistemi reflex usano una o più porte di accordo, dovremo misurarle e sommarle per ottenere la risposta in campo vicino complessiva; per meglio chiarire i vari passi, procedete con i seguenti punti:

- 1) Misurare l'altoparlante in campo vicino.
- 2) Misurare la prima porta con gli stessi settaggi di volume usati al punto 1.
- 3) (opzionale) Misurare la seconda porta con gli stessi settaggi di volume usati al punto 1.

4) (opzionale) Combinare le misurazioni delle due porte per ottenerne una sola.

5) Fondere la misura al punto 1 con la 4, nel caso ci siano due porte, o la 1 con la 2, nel caso si usi solo una porta.

Quindi dopo aver fatto la misurazione in campo vicino del driver, e senza modificare i volumi, posizioniamo il microfono al centro della porta e a filo della stessa (non dentro il condotto). Poi click su MISURAZIONE IN FREQUENZA/ RISPOSTA CONDOTTO; verrà creato un nuovo file, "FOCAL A.CONDOTTO". Nel caso ci sia una seconda porta rinominiamo il nuovo file in "FOCAL A.Condotto high" e posizioniamo il microfono sulla seconda porta; ripetiamo la misurazione, sempre senza variare i volumi usati in precedenza, e rinominiamo il nuovo file che verrà creato in "FOCAL A.Condotto low". Se invece esiste solo un condotto, passate direttamente al punto 4.

Al punto 3 dobbiamo sommare le risposte delle due porte: evidenziamo il grafico della primo condotto "FOCAL A.Condotto high", poi click su CALCOLA/ COMBINA e scegliamo SOMMA; immettiamo il nome del file della seconda porta "FOCAL A.Condotto low" e clicchiamo su OK. Il grafico "FOCAL A.Condotto high" cambierà mostrandoci la somma totale: per non incorrere in errori è bene rinominare il file in "FOCAL A.Condotto total", per esempio.

Eccoci arrivati al punto 4 dove dobbiamo fondere le due risposte in campo vicino misurate: quella del driver e quella del

condotto. Doppio click su "FOCAL A" poi ALTOPARLANTE/ FONDI RISPOSTA CONDOTTO; apparirà una nuova finestra, dove immettiamo i file delle risposte in campo vicino dell'altoparlante e del condotto; cliccando sul PUNTO INTERROGATIVO sarà possibile selezionare il file dalla struttura ad albero. Nel nostro caso i due file sono quello dell'altoparlante (Focal A.Campo Vicino) e quello della porta(e) (FOCAL A.Condotto total); nella casella Area pistone vedremo il valore di Sd come risulta nelle proprietà dell'altoparlante (a scanso di equivoci controllate che siano uguali); nell'ultima casella, Area porta, dobbiamo scrivere l'area della porta usata: $R^2 \cdot 3.14$ dove R è il raggio della porta; ricordiamoci di raddoppiare l'area nel caso si usino due porte. Click su OK e un nuovo file apparirà ai nostri occhi, "FOCAL A.Fondi campo Vicino" (Fig. 4). Abbiamo così ottenuto la risposta in campo vicino dell'altoparlante in cassa preso in esame, ma ricordate che detta risposta è valida fino a 498 Hz e non tiene conto delle diffrazioni ai bordi della cassa, né del baffle step.

MISURE ACUSTICHE: IL CAMPO LONTANO GATED

Un piccolo preambolo: quando il microfono non è più così vicino all'altoparlante, come visto per la misura in campo vicino, diventa rilevante il rumore ambientale e la geometria della nostra stanza. Il nostro scopo è fare in modo che la misura sia ad un livello sufficientemente elevato al di sopra del rumore di fondo e, soprattutto, che non

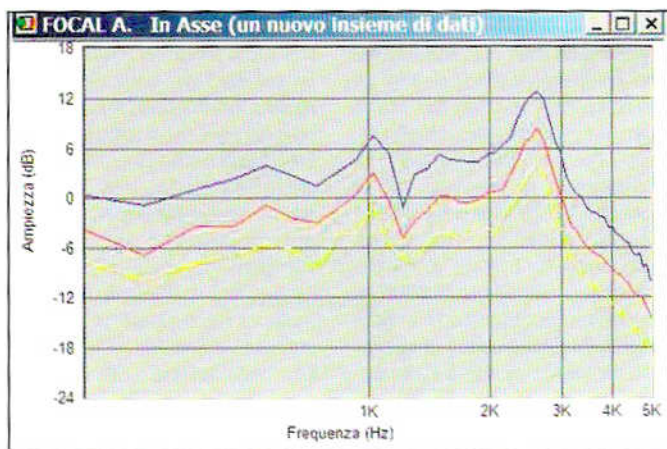


Fig. 6 - Risposta in campo lontano a 60 - 80 - 100 cm.

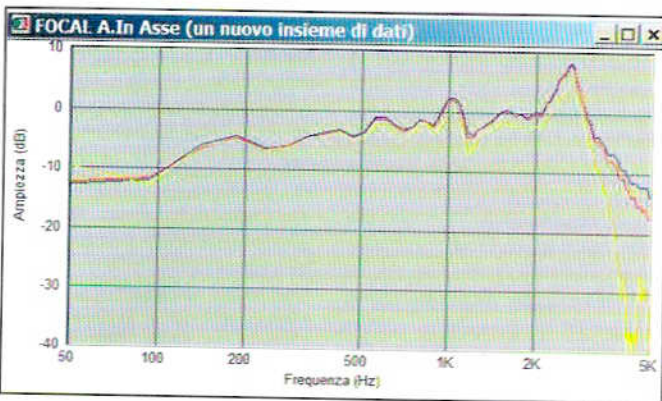


Fig. 7 - Risposta in asse e fuori asse a 30° e 60°.

rechi traccia delle riflessioni dell'ambiente, catturando solo ciò che viene emesso direttamente dall'altoparlante, in linea retta e senza riflessioni (campo diretto). Il punto di partenza è la **risposta all'impulso**, ovvero la variazione di pressione sonora nel tempo, dalla quale dovremo selezionare solo quella parte relativa al campo diretto: dovremo quindi escludere tutto quanto succede alla prima riflessione e lasciare che poi Speaker Workshop calcoli, attraverso un'operazione matematica detta *trasformata di Fourier*, la risposta in frequenza. Tale misura si dice *gated* (finestrata), e la *finestra* ci permette proprio di selezionare, attraverso i cosiddetti *marcatori*, solo quella parte di risposta all'impulso che ci serve. La distanza baffle-mic deve essere tale che il driver assomigli, per quanto possibile, ad una sorgente puntiforme ed il relativo livello di pressione sonora sia inversamente proporzionale alla distanza dal microfono (caduta di 6 dB per ogni raddoppiarsi della distanza); lo standard regola questa distanza ad 1 metro per permettere (quando si misura un diffusore completo) l'integrazione dei vari driver presenti, ossia solitamente ad 1 metro la risposta del woofer e del tweeter (in un sistema a due vie) si sono fuse in modo che con una singola misurazione si ottiene la risposta complessiva della cassa. Tuttavia, quando si esaminano diffusori che fanno uso di sorgenti lineari, come i driver in array o a nastro, o con molti altoparlanti per via, o semplicemente con altoparlanti abbastanza lontani tra loro, la distanza mic-altoparlante è meglio che sia aumentata a 2 metri. Se state esaminando i drivers singo-

lamente, allora potete usare una distanza inferiore al metro, ricordandosi però che se è vero che una riduzione della distanza aumenta il rapporto segnale/rumore e massimizza la differenza fra il tempo di volo (il tempo necessario affinché il suono emesso dall'altoparlante giunga al microfono) e quello di arrivo della prima riflessione, generalmente dal pavimento, è anche vero che una distanza troppo ridotta induce il driver a non funzionare da sorgente puntiforme, cosicché la misura non può essere considerata in campo lontano. È comune usare una distanza uguale a 4 - 5 volte il diametro del diaframma del driver, ma senza eccedere oltre 1 m; vi suggerisco di misurare il DUT a varie distanze, per esempio a 60 - 80 - 90 - 100 cm e confrontare le risposte: quando la forma delle curve è simile, significa che siete nel campo lontano, cioè la distanza mic-baffle è quella giusta. Ora, quando procederete alla misura, il microfono capterà per primo ciò che gli arriva direttamente dall'altoparlante (campo diretto), poi le prime riflessioni, quelle più forti, dalle superfici riflettenti più vicine ed infine il suono che ha subito più riflessioni (campo riverberato). Per ritardare al massimo i suoni riflessi che giungono al microfono, è bene disporre il DUT al centro della stanza, di modo che tutte le pareti siano ugualmente lontane da esso; io uso collocare la cassa sopra un tavolino per centrarla fra il pavimento ed il soffitto, e porre dell'assorbente acustico sul pavimento, fra il microfono e la cassa, come pure sull'asta microfonica. La risposta in frequenza gated può essere divisa in due

famiglie, a seconda dell'asse scelto tra microfono e altoparlante: in asse al driver (IA-D), ed in asse acustico (IA-A).

La prima, IA-D, si ottiene disponendo il microfono in linea con il centro dell'altoparlante in prova, ad una distanza, misurata dal pannello anteriore, che varia da 0,5 a 1 metro a seconda del driver. Nel misurare l'altoparlante, tutti gli altri devono essere scollegati elettricamente cosicché soltanto il DUT sia alimentato dal segnale, a meno che questo non condivida il volume di lavoro insieme ad un altro: in tal caso è bene misurare entrambi i driver contemporaneamente. Ogni altoparlante di una stessa cassa è misurato usando questa tecnica, mantenendo uguale la distanza mic-baffle per tutti i driver; di conse-

guenza otterremo le risposte in frequenza di tutti gli altoparlanti al loro angolo di dispersione migliore (in asse). Il prossimo passo è misurare ogni driver **Fuori Asse Orizzontale a 30° - 45° - 60°**: io lascio il microfono sempre nella stessa posizione, mentre oriento la cassa per raggiungere l'angolo voluto. Queste misure dovrebbero essere effettuate per ogni driver, dandoci la risposta in frequenza ai loro angoli di dispersione peggiori, ed è di fondamentale importanza nella scelta della frequenza di incrocio. È anche utile fare le misurazioni fuori asse verticale, per avere una visione completa degli altoparlanti, mentre è buona norma procedere con le misure fuori asse verticale per la misura del diffusore completo, quest'ultima

JENSEN Capacitors

Aluminium and Copper Foil Paper in Oil



Condensatori con armature in Alluminio carta e olio da 1 μ F a 10 μ F 100/200 Volt e da 0,01 μ F a 2,2 μ F 630 Volt, con armature in Rame carta e olio da 0,01 μ F a 2,2 μ F 630 Volt

Audio Grade Electrolytic Capacitors



Condensatori elettrolitici dual section e single section da 47 μ F a 1.000 μ F 500 Volt

CONSULTATE IL NOSTRO CATALOGO SU INTERNET, OPPURE RICHIEDETELO INVIANDO 8,00 EURO IN FRANCOBOLLI

www.digitex.it

digitex Elettronica Hi-Fi Speaker Center

Via O. da Pordenone 17/19, 50127 Firenze
Tel 055 351291 - Fax 055 333767 - E-mail info@digitex.it

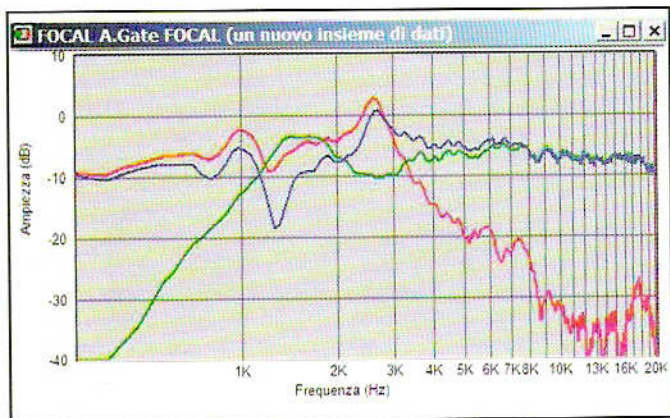


Fig. 8 - Risposta in asse acustico woofer, tweeter ed entrambi.

eseguita però in asse acustico. Nelle risposte in frequenza gated in asse acustico (IA-A), il microfono è disposto ad altezza dell'orecchio, per un ascoltatore seduto; poiché il tweeter si trova solitamente a questa altezza, è d'uso comune assegnare il centro acustico al centro del tweeter. Naturalmente questa è una regola generica che funziona bene in quasi tutti i sistemi a 2-3 vie, ma esistono varie possibilità per cui bisogna analizzarle caso per caso. Anche la distanza mic-baffle deve essere scelta saggiamente perché l'integrazione dei driver dipende da essa; una distanza di 1 metro funziona bene nei sistemi a 2 vie, o per i 3 vie con gli altoparlanti non lontani tra loro, ma, ancora, bisogna studiare ogni progetto singolarmente. La risposta IA-A è effettuata con tutti i drivers funzionanti, dandoci la risposta del diffusore completo, come pure può essere eseguita per ogni singolo driver per poterne comparare le fasi, lasciando il microfono sempre nella stessa posizione, come pure i marcatori del gate, per aiutarci nella scelta del crossover.

MA INCOMINCIAMO

Incominciamo dunque a misurare la risposta in asse al driver usando Speaker Workshop. Useremo gli stessi cavi-hardware visti nella misura in campo vicino, con la differenza che sarà necessaria una più alta regolazione del volume del preamplificatore microfonico a causa della aumentata distanza mic-baffle. Con tutto collegato settiamo i volumi in modo da leggere 20 - 25k (dipende dal livello di clipping della scheda audio) in entrambi i canali del

VuMeter di Speaker Workshop; accertiamoci che i Marcatori siano visibili, OPZIONI/ PREFERENZE/ MARCATORI, poi doppio click su "FOCAL A" e dopo MISURA/ RISPOSTA IMPULSIVA e dopo aver controllato che i valori nel VuMeter siano quelli corretti, apriamo il nuovo file creato: "Focal A.Impulso" (Fig. 5). Come possiamo vedere il primo impulso comincia a circa 8,5 ms e va diminuendo in ampiezza fino a circa 12,5 ms dove un secondo impulso fa la sua comparsa: è l'impulso riflesso da una superficie (pavimento, parete, soffitto) che raggiunge il microfono, la cui distanza è uguale alla lunghezza temporale del secondo impulso diviso per 3 (espresso in metri) ossia 12,5 (secondo impulso) - 8,5 (primo impulso) = 4, che diviso per 3 = 1,33 metri. Così dobbiamo regolare i marcatori (le 2 linee verticali marrone) per delimitare appena il primo impulso; il primo marcatore dovrebbe essere posizionato appena prima del primo impulso a 8,5 ms ma suggerisco di lasciarlo a 0 ms, come vi spiegherò più avanti; il secondo marcatore deve essere posizionato appena prima dell'inizio del secondo impulso, a 12,5 ms in questo caso. Per muovere i marcatori, posizionate il cursore del mouse sopra il marcatore e, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse, spostatelo nella posizione voluta; usate lo zoom per vedere meglio il grafico. Nell'impulso in esame avremo 12,5 - 8,5 = 4 ms di dati utili, che corrispondono a 1000/4 = 250 Hz che è la minima frequenza utilizzabile nella risposta in frequenza che andremo a misurare; tuttavia questo non è

un problema poiché abbiamo la risposta in campo vicino che si cura delle basse frequenze. Una stanza più grande con una distanza pareti-pavimento-mic maggiore, avrebbe fatto ritardare l'inizio del secondo impulso e quindi abbassare la frequenza minima utile. Nel mio sito trovate un file in formato Excel che permette di calcolare quando la riflessione del pavimento avviene, conoscendo le distanze dal microfono; inoltre computa la lunghezza utile dell'impulso e la minima frequenza utile.

Circa il primo marcatore: a rigore, tale marcatore andrebbe posizionato all'inizio del primo impulso, quando cioè iniziano i dati utili. Tale impulso dovrebbe arrivare al microfono dopo un tempo (di volo) in secondi pari a $dist / 344$, dove $dist$ è la distanza in metri fra l'origine del suono (più o meno corrispondente al punto più profondo del cono dell'altoparlante) e il microfono. Con quest'ultimo a 1 metro dall'altoparlante dovremo vedere comparire l'impulso a circa 2,9 ms. Nel grafico invece tale impulso arriva dopo 8,5ms. Il perché ha due ragioni: la prima è che SW è incapace di esprimere correttamente il tempo di volo, ovvero non si può fare affidamento sull'origine dei tempi; la seconda è che è stata aggiunta una certa latenza, ovvero un ritardo. SW infatti limita la risoluzione dei dati in base alla frequenza di campionamento ed alla lunghezza temporale dell'impulso, limitando a 128 punti per un tempo di 9 ms (per un S/R di 48k), per passare a 256, 512, 1024 con approssimativamente ogni raddoppiarsi della lunghezza temporale; l'unico modo di aumentare il numero dei punti è incrementare la lunghezza temporale della misura gated e la frequenza di campionamento. Quindi aiuta

molto spostare il primo marcatore vicino a zero, in modo da aumentare la finestra temporale, come anche aumentare la latenza della scheda audio (come vi ho spiegato nella prima parte del tutorial), oltre che usare un campionamento di 96k Hz; come contropartita la fase risulterà di più difficile lettura, visto che non abbiamo escluso il tempo di volo e la latenza, ed inoltre aumenta il rumore. Potete controllare il Numero di Punti (risoluzione) cliccando con il tasto destro del mouse dentro il grafico, poi PROPRIETA'/ SPECIFICO e potete aumentare il numero in modo da rendere di più facile lettura il grafico; una volta che ripeterete una misurazione verrà però ripristinato il numero di punti stabilito dall'algorithm di Speaker Workshop. Effettuate alcune prove spostando il primo marcatore per avere un'idea di come funziona. Una volta posizionati i marcatori, doppio click su "FOCAL A" e poi MISURA/ RISPOSTA IN FREQUENZA/ IN ASSE; controlliamo i VuMeter per leggere dei valori quasi uguali per i due canali e comunque nella fascia 20-25k; adesso apriamo "Focal A.In Asse" (Fig. 6). Nel grafico potete vedere tre risposte del woofer Focal fatte a distanze differenti (60 - 80 - 100 cm); notate che le curve con andamento simile sono la rossa e la blu, che corrispondono ad una distanza mic-baffle di 80 e 100 centimetri, cioè possiamo dire che da 80 centimetri siamo nella misurazione in campo lontano per questo driver. Ricordatevi che ogni qualvolta cambia la distanza mic-baffle, bisogna rifare la risposta impulsiva come pure il posizionamento dei marcatori! Quando ripetete la procedura per gli altri altoparlanti, cercate di non cambiare i volumi e di mantenere

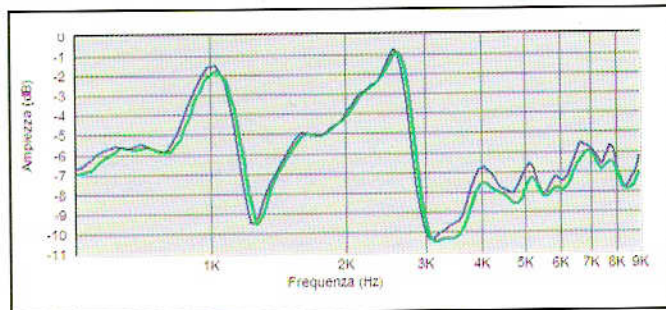


Fig. 9 - Risposta con filtro misurata (verde) e simulata (blu).

uguale la distanza mic-baffle, cosicché le ampiezze delle risposte siano comparabili. Occupiamoci ora della **misurazione fuori asse**: lasciando il microfono nella stessa posizione usata per la misura in asse, ruotiamo la cassa fino a formare un angolo di 30° orizzontali tra il baffle del driver e il microfono; lasciando invariati i marcatori e i volumi usati nelle misurazione *in asse*, click due volte su "FOCAL A" poi su MISURA/RISPOSTA IN FREQUENZA/30 GRADI e un nuovo file sarà creato: "Focal A.f30". Ripetiamo la procedura ruotando lo speaker per ottenere un angolo di 60° e, nuovamente, senza variare marcatori e volumi, click su MISURA/RISPOSTA IN FREQUENZA/60 GRADI e un nuovo file sarà creato: "Focal A.f60". Volendo approfondire ulteriormente, possiamo effettuare la misurazione anche a 45° anche se SW non ha questa opzione: posizionate la cassa per formare un angolo di 45° e click su MISURA/RISPOSTA IN FREQUENZA/GATED e rinominiamo il file "Focal A.Gate" in "Focal A.f45". Ora apriamo "Focal A.In Asse" e aggiungiamo i due grafici fuori asse testé creati per avere una visione completa dell'altoparlante ai vari angoli (Fig. 7) e poter scegliere la frequenza e la pendenza del crossover. Passiamo alla misurazione **In Asse Acustico**. Misurando il diffusore completo con il suo crossover, otterremo la risposta della cassa, che unita a quella in campo vicino ci darà la risposta totale, come quelle che leggete sulle riviste. Ciò che invece voglio descrivere, è una procedura, che si basa sulla tecnica descritta da David Ralph (4), per misurare la risposta dei singoli altoparlanti allo scopo di importarla correttamente nei programmi di simulazione, con i quali possiamo prevedere il risultato con filtro crossover. Collocate il microfono come già descritto per una misura IA-A, ad una distanza di un metro; collegate tutti gli altoparlanti in parallelo stando attenti al volume dell'amplificatore dato che il tweeter non ha nessun filtro! Doppio click su "FOCAL A" e poi MISURA/RISPOSTA IMPULSIVA;

controlliamo i VuMeter per leggere dei valori quasi uguali per i due canali e comunque nella fascia 20 - 25 k; apriamo "Focal A.Impulso" e posizionare i marcatori come avete già visto; doppio click "FOCAL A" e su MISURA/RISPOSTA IN FREQUENZA/GATED; apparirà un nuovo file: "Focal A.Gate". Poiché tutti gli altoparlanti erano in funzione, rinominiamo il file in "Focal A.Gate Totale". Ora lasciamo solo un driver alla volta connesso e senza muovere il microfono dalla sua posizione né cambiare i volumi e i marcatori, ripetiamo la procedura per ciascun altoparlante, ricordandoci di rinominare ogni file per meglio riconoscerlo; così facendo otteniamo 3 file, dato che il sistema in esame è un due vie (Fig. 8). Importiamo le misure dei singoli altoparlanti nel programma di simulazione insieme alla risposta totale della cassa (ad esempio importandola in un altoparlante virtuale, oppure come risposta di riferimento, ciò dipende dal simulatore utilizzato). **Apro una parentesi sull'offset**: esso è la distanza tra i centri acustici dei driver, sui tre assi dello spazio. Quindi se prendiamo come riferimento il tweeter (dove X, Y, e Z =0) possiamo facilmente misurare con un righello l'offset tra woofer e tweeter sia sull'asse orizzontale X che su quello verticale Y; è invece materialmente difficile da misurare con il righello l'offset di profondità Z, e comunque conoscere il suo valore reale è di poca importanza per la simulazione, a meno che non si voglia costruire un diffusore a zero offset, evenienza particolare per cui bisogna usare altre procedure, a meno di non accettare un risultato approssimato: quello che invece ci preme, è rispettare correttamente lo sfasamento relativo fra gli altoparlanti, che dipende appunto dall'offset di profondità, ovvero correggere opportunamente la risposta in fase, pena errori anche macroscopici nella definizione e simulazione del crossover. E' bene chiarire fin da ora che l'offset (sull'asse Z) cui si perverrà con la procedura che spiegherò, non è detto abbia riscontro fisico, questo per alcune limitazioni di SW. Tuttavia la

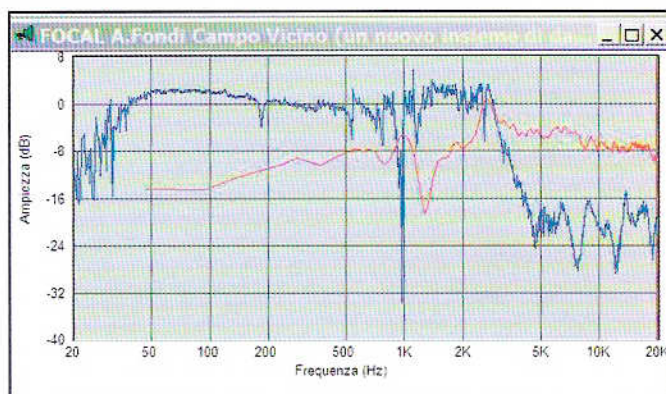


Fig. 10 - Risposta in campo lontano e campo vicino.

fase relativa fra gli altoparlanti sarà rispettata! Chiusa parentesi. Ritorniamo al programma di simulazione, e immettiamo per il tweeter, che è il riferimento, un offset=0 sui tre assi; poi informiamo il programma della distanza mic-baffle usata e che il microfono era in asse al tweeter. Adesso lavoriamoci il woofer: gli offset degli assi X e Y li conosciamo e possiamo darli al programma, mentre quello dell'asse Z lo troveremo per tentativi confrontando la risposta totale misurata (tutti i drivers in funzione) e quella totale calcolata dal programma. Variamo il valore dell'offset Z fino a quando le due curve coincidono, specialmente nella banda del possibile incrocio (normalmente nei programmi di simulazione a valori positivi di Z corrisponde una maggior distanza dal microfono). Ottenuto ciò, possiamo iniziare a simulare. Per confermare l'attendibilità della procedura, ho comparato la risposta misurata e quella simulata dal programma di un diffusore con crossover del II° ordine elettrico su ambo i drivers e incrocio a 3.000 Hz (Fig. 9): il risultato è, a mio parere, positivo (l'attendibilità della misura, s'intende, il crossover era un esempio!). Nel caso il diffusore sia un tre vie, bisognerà lavorare a coppie: prima woofer + midrange, con mic in asse al midrange (che sarà il riferimento) e regolare gli offset del woofer; poi midrange + tweeter con mic in asse al tweeter (che diventa il nuovo riferimento) e regolare gli offset del midrange.

LA FASE

Ma torniamo a SW, per parlare

di un limite: la fase. Può essere un limite visto che si possono avere variazioni di latenza, e quindi di inizio della risposta impulsiva, anche molto grandi: per farvene un'idea, basta che ripetete più volte una risposta impulsiva e guardate se il punto d'inizio del primo impulso è costante nel tempo. Questa è una limitazione che dipende anche dalla scheda audio usata e dalla stabilità dei driver: vi consiglio infatti schede audio che supportino drivers WDM. Con la Terratec DMX le variazioni sono nell'ordine di centesimi di millisecondo, in alcune Sound Blaster nell'ordine di mezzo ms (vi ricordo che 0,1 ms corrispondono a 3 cm). Per ridurre, ma non eliminare, il problema vi consiglio di usare un *Numero Ripetizioni* alto (20), in modo che una latenza ballerina sia in parte compensata. Dai test che ho condotto con la mia scheda audio, la risposta di fase varia di circa 1°, nella banda utile, ripetendo più volte la misurazione dello stesso DUT. Ma cosa significa tutto ciò? Semplicemente che non potrete conoscere con precisione la fase reale, né il tempo di volo o l'offset reale tra i driver. Se le variazioni di latenza sono piccole, come nel mio caso, comunque si ottengono simulazioni attendibili, come ho mostrato; e se le variazioni sono grandi? Esiste una soluzione: insieme a Bruno Dalla Carbonare e Valerio Russo abbiamo studiato una procedura per calcolare la fase minima di ogni altoparlante: in questo modo si superano i problemi inerenti latenze ballerine, visto che la fase minima di un alto-

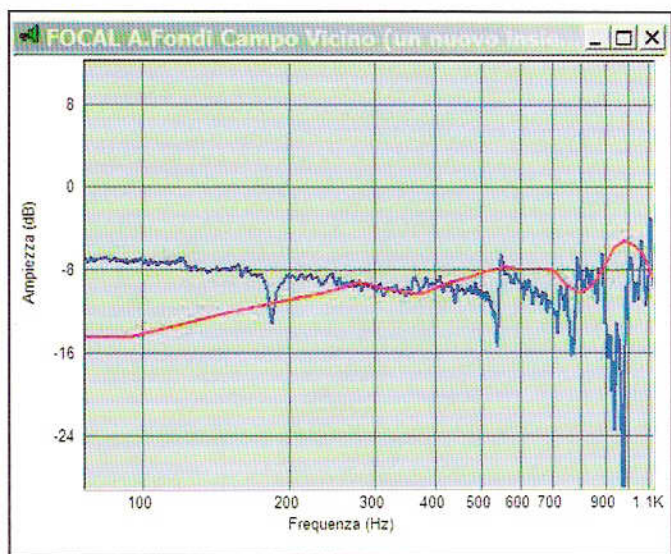


Fig. 11 - Zoom della risposta in campo lontano e campo vicino.

parlante viene calcolata partendo dalla sua risposta in frequenza attraverso la cosiddetta *trasformata di Hilbert*. La procedura prevede la conversione in scala logaritmica della risposta in frequenza misurata da SW, la quale viene importata in FR

Combiner (freeware) che calcola la fase minima ed esporta il nuovo file. L'affidabilità del risultato dipende molto dalla estensione in frequenza della risposta e dalla *tail correction*, come evidenziato da D. Ralph (5), quindi non è esente da erro-

ri: se volete approfondire l'argomento, vi rimando al mio sito. **Altra cosa che non funziona bene in SW** è la possibilità di sottrarre il *tempo di volo* in automatico per avere la fase correttamente priva del *ritardo di gruppo* in eccesso. Potreste sottrarlo in manuale ma è una operazione che comporta non pochi rischi, quindi non la descrivo! Eccoci, infine, al punto in cui **giunteremo insieme la risposta in campo vicino con quella in campo lontano gated totale**, per ottenere la risposta completa del sistema come quella che potete leggere sulle riviste specializzate. E' ovvio che si può anche unire la risposta in *campo vicino* a quella in *asse del solo woofer*, per ottenere la risposta completa in *asse al woofer*: la procedura è la stessa, cambia solo il file da unire a quello in *campo vicino*. Poiché le due risposte hanno livelli differenti dobbiamo ridurre quella in *campo vicino*; apriamola e diamo un doppio click in essa, poi scegliamo AGGIUNGI e

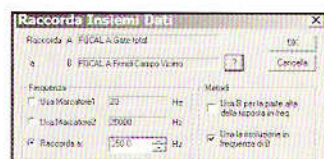


Fig. 12 - La finestra per unire la risposta in campo vicino e lontano.

selezioniamo la risposta in *campo lontano gated* (Fig. 10), ossia quella misurata in *asse con il centro acustico* e con tutti gli altoparlanti in funzione (*Focal A.Gate Totale*). Prima di ridurla (scalare), dobbiamo decidere la frequenza di giuntura, sapendo che deve accadere nella gamma delimitata dal limite basso del *campo lontano* (250 Hz) e dal limite alto del *campo vicino* (498 Hz). Così dando un'occhiata alla risposta blu, vediamo che la regione 200 - 500 Hz è piatta, quindi ideale per il nostro scopo; la risposta rossa mostra un punto possibile nella zona dei 300 - 400 Hz, cosicché decido per una frequenza di raccordo tra le due risposte

5) David L. Ralph "Hilbert Transform Generated Minimum Phase & Errors" e "Driver Model Accuracy and its Impact on Phase".

PROMOSSO E ORGANIZZATO DA



associazione

la promozione dell'alta fedeltà

SEGRETERIA GENERALE

VIA RONCAGLIA 14 - MILANO

TEL 02 / 48.01.41.11

FAX 02 / 49.87.115

E-MAIL:

segreteria@topaudio.it

WEB SITE:

www.topaudio.it

CON IL PATROCINIO

Milano



Comune di Milano

Eventi - Moda - Turismo

Vedi la Musica... Senti le Immagini

4 GIORNI DA NON PERDERE
TOP AUDIO & VIDEO show
15-18 SETTEMBRE 2005

QUARK HOTEL VIA LAMPEDUSA 11 A - MILANO

orario: 9.30 - 19.00

INGRESSO GRATUITO

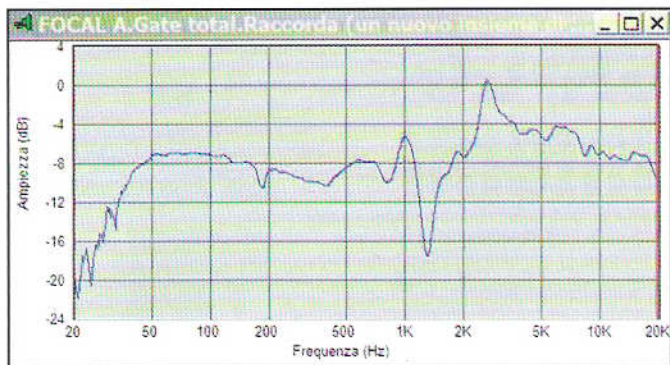


Fig. 13 - Risposta completa del diffusore.

uguale a 350 Hz. Una volta decisa la frequenza, possiamo scalare: click sopra TRANSFORMA/SCALA. Dato che la risposta in *campo vicino* ha una ampiezza maggiore di quella in *campo lontano*, scegliamo SOTTRAI e nella finestra dB immettiamo un valore di 10 per iniziare, cioè la risposta in *campo vicino* verrà ridotta di 10 dB in ampiezza. Click su APPLY per vedere immediatamente il risultato; continuate a cambiare il valore dei dB fino a quando non siete soddisfatti con

il risultato; usate la funzione ZOOM di SW per delimitare l'area d'interesse ed avere una visione migliore. Una volta terminato, click su OK per rendere permanente la riduzione (Fig. 11). Ora togliamo la risposta in *campo lontano* dal grafico della risposta in *campo vicino* (con la stessa procedura usata per aggiungerla) e chiudiamolo. Apriamo invece il grafico relativo al *campo lontano* gated "Focal A.Gate Total" e click su CALCOLA/UNISCI (Fig. 12).

A è il file di partenza, quello attualmente aperto e non è editabile.

B è il file della risposta in *campo vicino*, click su PUNTO INTERROGATIVO e selezionate il file giusto. **Frequenza:** selezionate la frequenza alla quale le due curve si devono raccordare, giuntare.

Metodi: sia A che B possono essere scelti per occuparsi delle frequenze alte. Anche la risoluzione può essere scelta tra quella di A o B. Nel nostro caso A contiene le frequenze alte, mentre B ha la risoluzione migliore. Click su OK per effettuare il raccordo, e un nuovo file con suffisso *Raccorda* sarà creato: "Focal A.Gate Total.Raccorda" (Fig. 13). Per migliorare l'aspetto, possiamo *smussare* la risposta (le risposte che vediamo sulle riviste sono, di solito, smussate a 1/12 d'ottava): click su TRASFORMA/SMUSSA e provate con 1/10 d'ottava, dovrebbe essere sufficiente; click su APPLY per vedere il risultato che non sarà permanente fino a quando non cliccate su OK. Speaker Workshop

permette anche di fare misure in campo lontano non gated, ossia **la risposta in ambiente:** basta cliccare su MISURA/ RISPOSTA IN FREQUENZA/ CAMPO LONTANO, e ricordarsi di smussare a 1/3 d'ottava la risposta che altrimenti non sarà molto leggibile. Non mi dilungo oltre su questa misurazione, anche perché trovo i programmi RTA, come il freeware True RTA (6), più adatti alle risposte in ambiente. Abbiamo concluso questo lungo viaggio con Speaker Workshop, ma ci sono altre misure che vi potrebbero interessare e che trovate nella mia home page: come misurare la *funzione di trasferimento del filtro parallelo sul carico reale* (per quello serie stiamo studiando come fare), grazie alla metodologia creata da *Guglielmo Caioli*, come importare nel programma *Audio per Windows* le impedenze e risposte in frequenza misurate con SW, grazie ad un programma di *Bruno Dalle Carbonare*, calcolare la Waterfall partendo dalla risposta all'impulso.

6) <http://www.trueaudio.com/>

50 SALE D'ASCOLTO
HOME CINEMA E
AUDIO MULTICANALE



40 SALE D'ASCOLTO
ESCLUSIVAMENTE
HI END 2 CANALI



HOME AUTOMATION
CASA TECNOLOGICA

MIGLIAIA DI
PRODOTTI PER
PROVE E CONFRONTI



CENTINAIA DI
MARCHE DA
TUTTO IL MONDO



CENTINAIA DI
DVD - SACD
DVDA - CD - VINILE



TOP AWARD
TOP DESIGN
CONCERTI LIVE
SEMINARI
CONFERENZE
CD TOP AUDIO
SELECTION



INVITO PER L'INGRESSO GRATUITO DA CONSEGNARE COMPILATO ALLA RECEPTION

I dati personali inseriti nel presente tagliando sono finalizzati all'invio di materiale informativo relativo alla mostra e potranno essere comunicati agli espositori e ad operatori del settore e utilizzati da questi a fini promozionali. Lei potrà in ogni momento esercitare tutti i diritti di cui all'art. 13 L. 675/96, ed in particolare chiedere la cancellazione dei suoi dati ed opporsi al loro trattamento scrivendo ad APAF: Via Roncaglia 14 - 20146 Milano

Cognome _____ anno di nascita _____

Nome _____ 19 _____

IMPRENDITORE PROFESSIONISTA

DIRIGENTE DIPENDENTE

STUDENTE PENSIONATO

ALTRO (precisare) _____

Indirizzo _____

CAP _____ Città _____ Pr _____

Regione _____ Tel. _____

e-mail _____

Firma _____

È la prima volta che visita il Top Audio & Video Show?

SÌ

NO

Acconsento al trattamento dei miei dati personali ed alla loro comunicazione secondo le modalità sopra indicate

SÌ

NO

➤ Per i portatori di handicap
ingresso dalla hall dell'hotel

➤ Navezza gratuita da MM2
Famagosta al Quark Hotel

➤ Parcheggio custodito
a pagamento

➤ Scopri tutte le novità e gli
aggiornamenti su www.topaudio.it