

Introduzione

Il software PerfectBox da me ideato e realizzato, si affianca ad uno noto programma di misura dell'americana Sound Technology; SpectraLab. Con un'opportuna sonda è possibile tramite SpectraLab, eseguire e salvare su file delle misure di impedenza da cui si ricavano i così detti parametri di Thiele & Small che permettono di calcolare il box più adatto al trasduttore in questione.

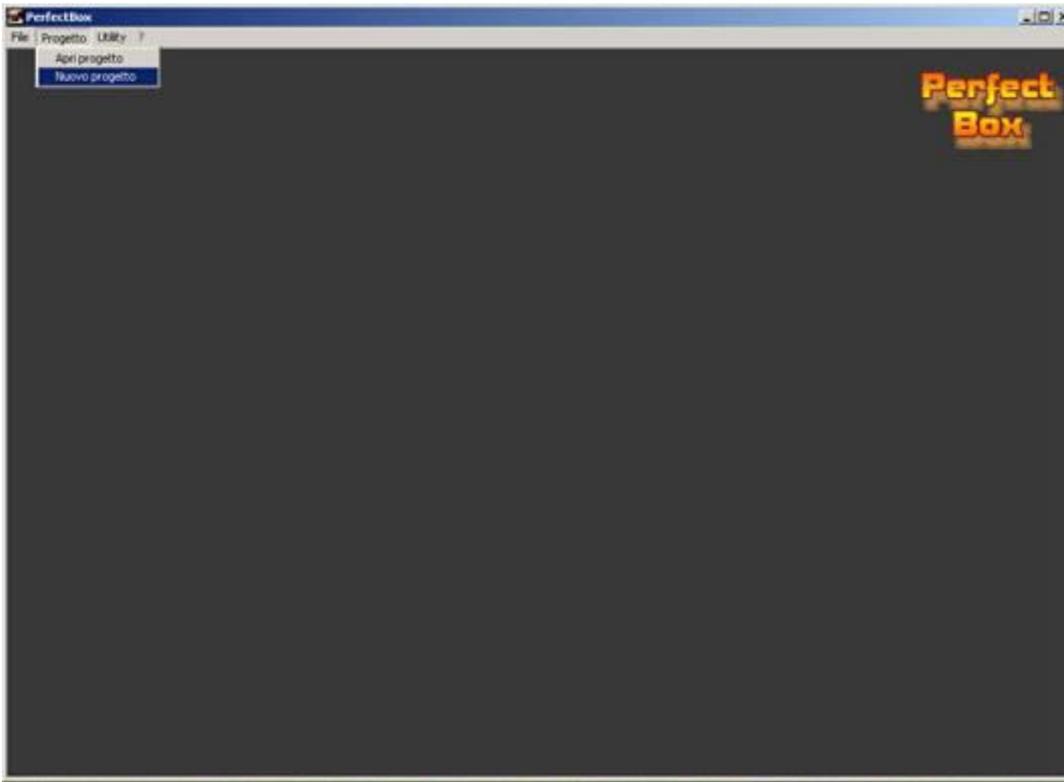
Il programma PerfectBox include già al proprio interno una piccola libreria di misure da me effettuate su trasduttori delle più note marche italiane come: B&C Speakers, Eighteen Sound e Ciare. Il programma si presenta molto semplice da utilizzare, basta creare un nuovo progetto, importare la misura di impedenza, aprire un file dati contenente le caratteristiche generali e le dimensioni proprie del trasduttore, per avere già a video visualizzata la funzione di trasferimento massimamente piatta del diffusore così realizzato. Non è l'utente che deve decidere se la configurazione più adatta può essere un box reflex o una sospensione acustica, ma è il software stesso che in base a dei calcoli suggerisce il tipo di cassa da utilizzare. Le numerose informazioni fornite dal software sono suddivise in diverse schede contenenti altri riquadri per una immediata individuazione. Esse sono:

1. Caratteristiche generati;
2. Parametri Thiele & Small;
3. Dimensioni;
4. Impostazioni;
5. Grafico Spl @ 1W/1m;
6. Grafico Spl con la massima potenza applicabile ad un metro;
7. Grafico funzione di trasferimento sia in modulo che in fase;
8. Grafico Escursione;
9. Dimensioni interne del box sia di forma prismatica che trapezoidale;
10. Dimensioni dei condotti di accordo sia di sezione circolare, quadrata o rettangolare;
11. Volumi di ingombro del trasduttore e di altri elementi;
12. Effetto sul volume apparente della cassa dovuto all'inserimento di materiale fonoassorbente;
13. Possibilità di simulare con l'inserimento di filtri di tipo Low-Pass, Band-Pass, Hi-Pass, Shelving, Peaking la risposta complessiva del diffusore.

Il programma suggerisce anche per il box delle proporzioni tra i lati che evitano l'instaurarsi di accentuate risonanze. Rapporti tra Volume box e Vas per la realizzazione di allineamenti particolari oltre a permettere all'utente di modificare manualmente tutti questi dati lasciando quindi la possibilità di personalizzare il progetto a proprio piacimento.

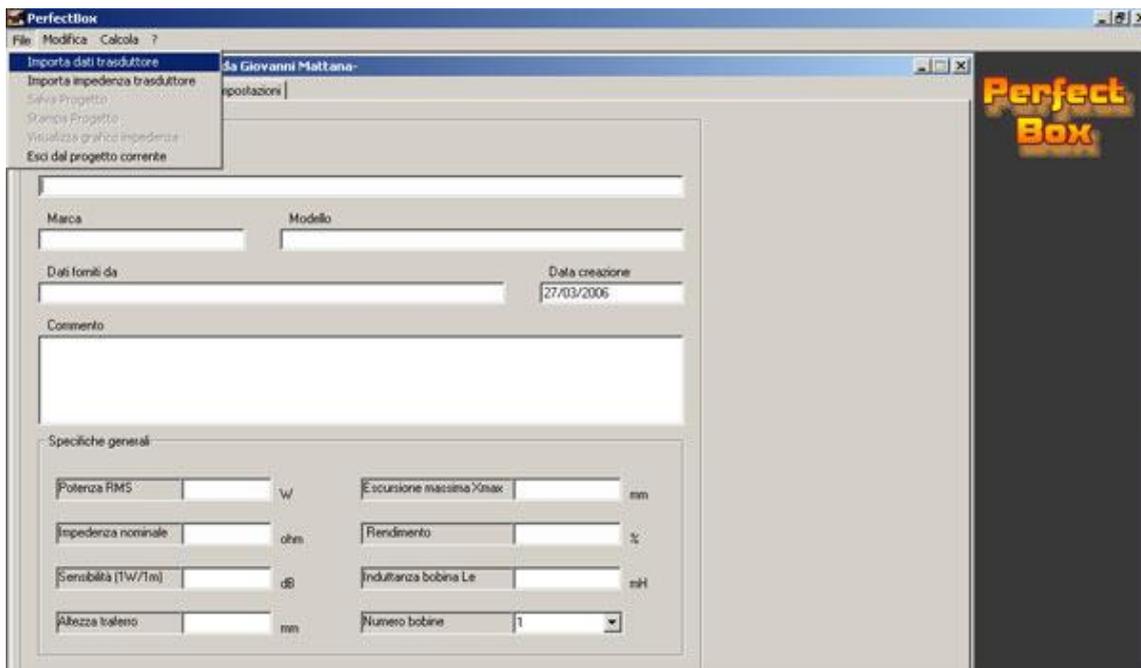
Il software è già stato ampiamente sperimentato e le simulazioni confrontate con le misure reali.

Creazione di un nuovo progetto



Una volta installato il programma e averlo mandato in esecuzione, dalla barra dei menu selezionare “Progetto” quindi “Nuovo progetto”. Il passo successivo prevede l’importazione dei dati del trasduttore.

Importazione dei dati del trasduttore

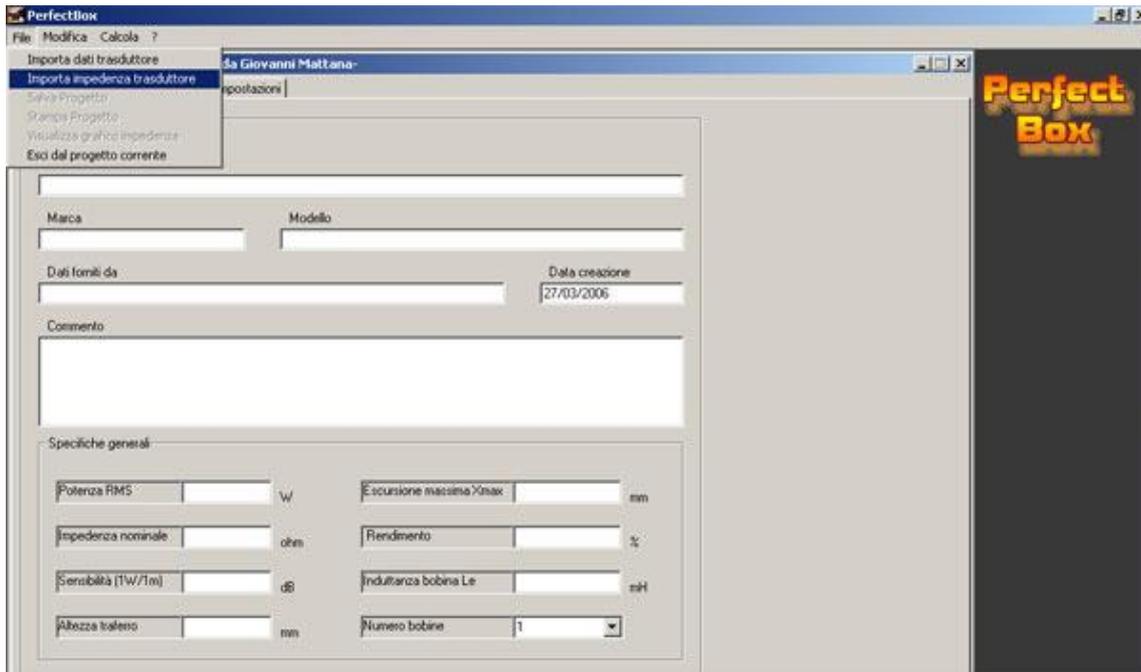


Dalla barra dei menu selezionare “File” quindi sul menu a tendina cliccare su “Importa dati trasduttore”.



Dalla nuova finestra visualizzata aprire la cartella desiderata e selezionare il file di interesse. Successivamente importare l'impedenza del trasduttore.

Importazione dell'impedenza del trasduttore



Dalla barra dei menu selezionare “File” quindi sul menu a tendina cliccare su “Importa impedenza trasduttore”. Dalla solita finestra “Apri”, esplorare la cartella scelta precedentemente ed **accertarsi di selezionare il file con lo stesso nome**. Una volta terminato il procedimento di importazione, cliccare una prima volta sul tasto “Calcola” per elaborare i parametri di Thiele & Small ed una seconda per il calcolo del box.

Sempre dal menu a tendina “Apri” è possibile visualizzare il grafico dell'impedenza così importata, selezionando la voce “Visualizza grafico impedenza”.

Avvio del processo di calcolo

PerfectBox - Progetto calcolo box - Scritto da Giovanni Mattana

Generale Parametri Dimensioni Impostazioni

Componente: 12HPL76-4

Zmax 62.1555 Ohm Lces 42.5421 mH Cms 162.788E-06 m/N

Zmin 4.97818 Ohm Cmes 233.130 µF Mms 0.06092 Kg

Fs 50.5371 Hz Rmes 58.2555 Ohm Rms 4.48598 Kg/s

Fl 44.3115 Hz Qms 4.31248 Cas 0.44356E-06 m⁵/N

Fh 56.0303 Hz Qes 0.28870 Mas 22.3574 Kg/m⁴

Rvc 3.9 Ohm Qts 0.27059 Ras 1646.33 Kg x s / m⁵

Qms in 4.31248 Vas 0.06295 m³

Bw 11.7188 Hz

B x l 16.1658 Wb/m - T x m

D 257.804 mm

Sd 0.05219 m²

Calcola Reset

EBP= 175.047

Per questo woofer è necessario un box reflex.

OK

Parte elettrica Parte meccanica Parte acustica

Cliccare una prima volta per avere a video i parametri di Thiele & Small. Nuovamente per il calcolo del box, passando alla schermata successiva qui sotto riporta che mostra tutti i dati così calcolati.

PerfectBox - Progetto calcolo box - Scritto da Giovanni Mattana

Generale Parametri Dimensioni Box Reflex Impostazioni

Componente: 12HPL76-4

Fattore di perdita del sistema

QL 7 Perdita

Misure interne box

Forma Prismatico Rapporti 1.62 1 0.62

Larghezza L 26.6 Cm

Altezza H 43 Cm

Profondità P 16.5 Cm

Lato dietro LD Cm

Gradi inclin. 15 Gradi

Volume box 18.7521 l

Condotto d'accordo

N° Condotto 1 Forma condotto

Lunghezza effettiva 23.2771 Cm

Lunghezza appar. 33.1632 Cm

Diametro interno 11.6463 Cm

Area sez. 1 cond. 106.540 Cm²

Area sezione totale 106.54 Cm²

Area sez. minima 106.540 Cm²

Dati progetto

Numero trasduttori 1 Vol. trasduttori 1.90008 Frequenza box 76.0389 Hz

Vol. netto box 16.8521 K=Cp/Cv 1.40 Fs trasduttore 50.5371 Hz

Vol. ingombro 0 Vol. apparente 16.8521 Frequenza polo 61.9902 Hz

Funzione di trasferimento

-3dB @ Hz Grafico Frequenza - dB

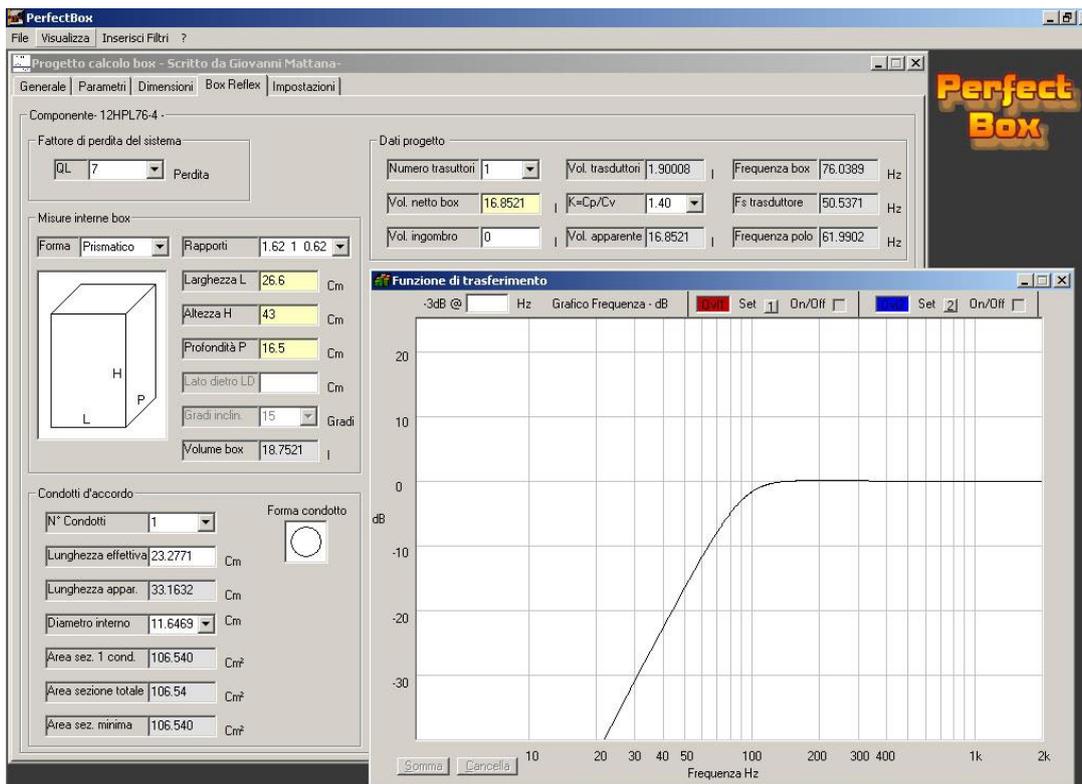
Set 1 On/Off

Set 2 On/Off

Somma Cancella

Frequenza Hz

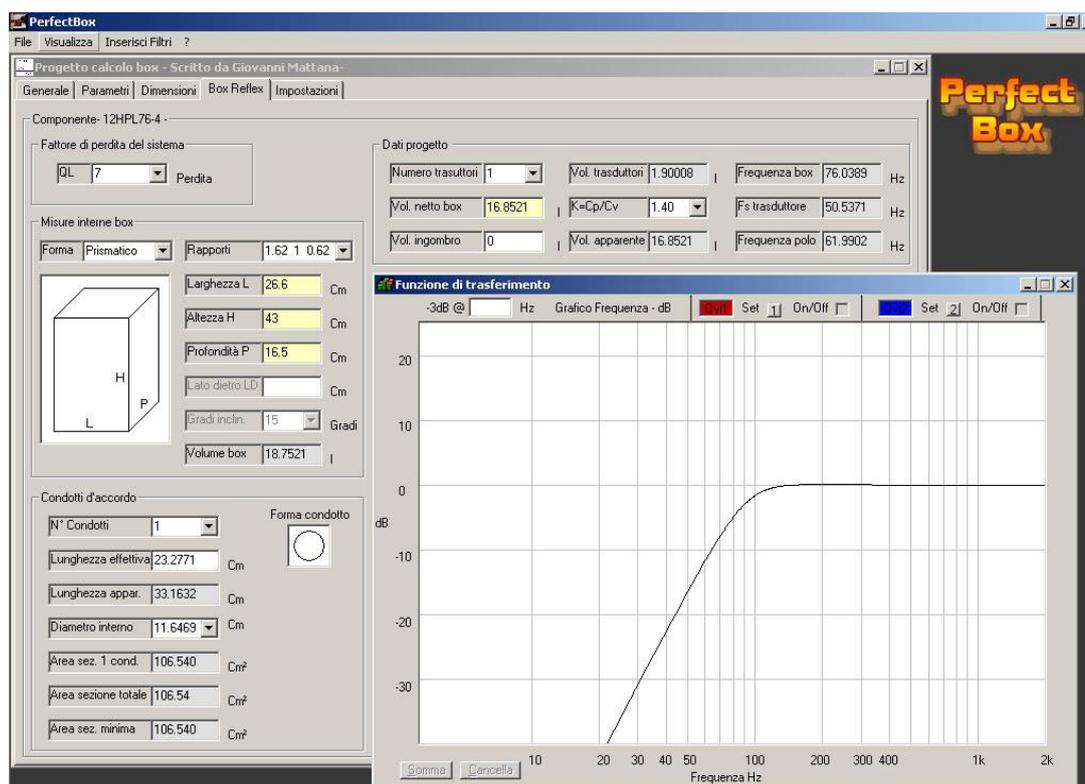
Modifica del numero dei trasduttori da utilizzare



Dal riquadro "Dati progetto" portarsi sulla casella "Numero trasduttori" e modificare, scegliendolo dalla tendina o digitandolo, il numero dei trasduttori desiderati.

Verrà chiesto se si vuole modificare il volume del box, per adattarlo al nuovo numero di trasduttori specificato.

Adattamento del volume del box



Dal riquadro "Dati progetto" portarsi sulla casella di testo "Vol. netto box". Cliccando su con il tasto destro è possibile scegliere un valore per il volume, in relazione con il V_{AS} del trasduttore, per ognuno dei diversi allineamenti proposti, oppure, digitarne il valore manualmente.

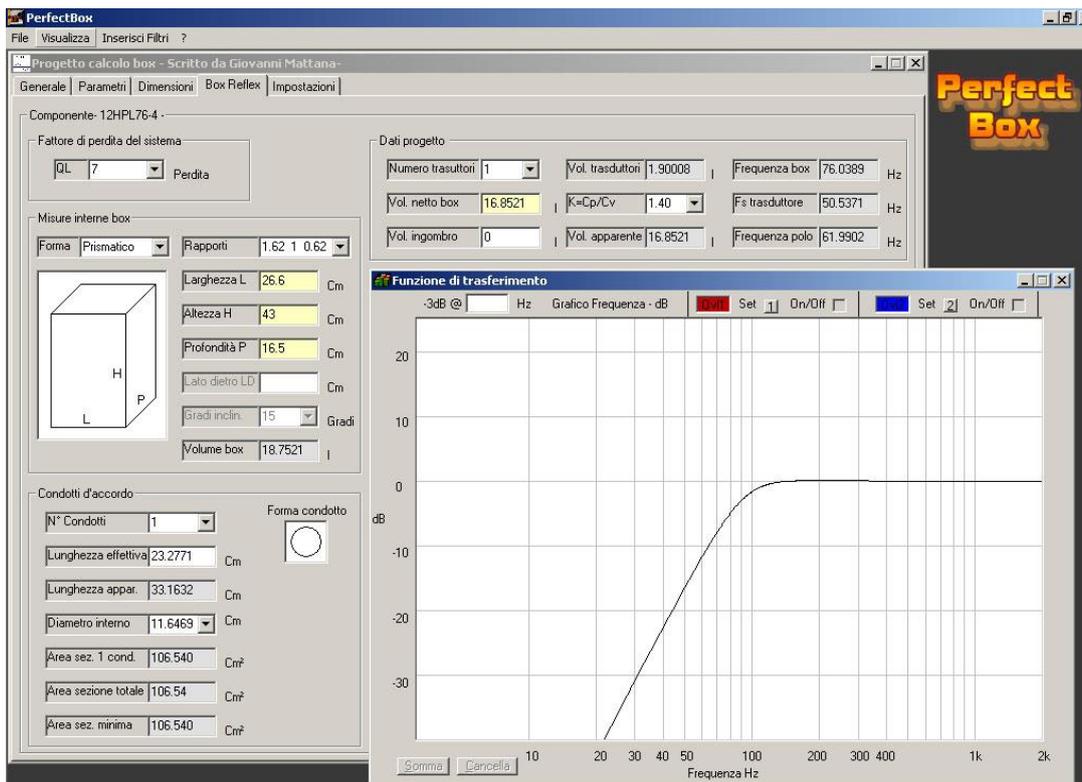
Per tener conto di eventuali volumi di ingombro all'interno del box inserire un valore nella casella di testo "Vol. ingombro". (Tromba, drive, amplificatore, ecc.)

#Se viene inserito del materiale fonoassorbente all'interno del box, selezionare un valore dalla casella di testo "K=Cp/Cv". I valori possibili sono:

1. 1.40 nessun materiale all'interno;
2. 1.12 riempimento per circa il 20% con lana di roccia o spugna;
3. 1.05 riempimento per circa il 25% con lana di roccia o spugna;

Scelto il valore per K, nella casella di testo "Vol. apparente" si può leggere il valore del volume apparente che il box acusticamente sembra avere.

Variazione della sezione e della lunghezza dei condotti di accordo



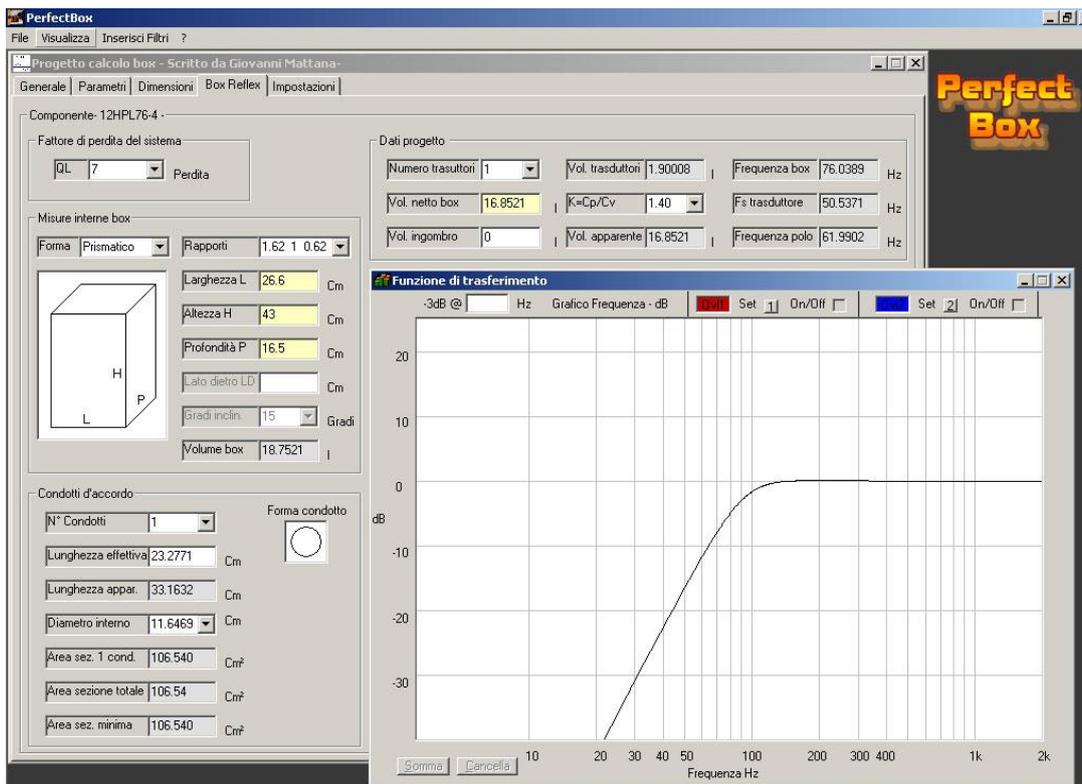
Nel riquadro "Condotti d'accordo" selezionare il numero di condotti dalla casella "N° Condotti", quindi la forma, cliccando sulla figura "Forma Condotta" ed infine, nel caso di condotto/i circolare scegliere un diametro interno, o eventualmente nel caso di condotti di forma quadrangolare, specificare le misure dei lati interni del condotto/i.

Una volta inseriti i dati per il numero di condotti e la loro forma, il programma propone automaticamente un'area minima per la sezione del condotto atta a non produrre fenomeni di turbolenze all'imbocco del condotto/i.

Propone altresì una lunghezza apparente del condotto che produce assieme al volume scelto la risposta mostrata a fianco.

Tutti questi valori possono sempre essere modificati manualmente a proprio piacimento.

Scelta delle proporzioni tra i lati del box

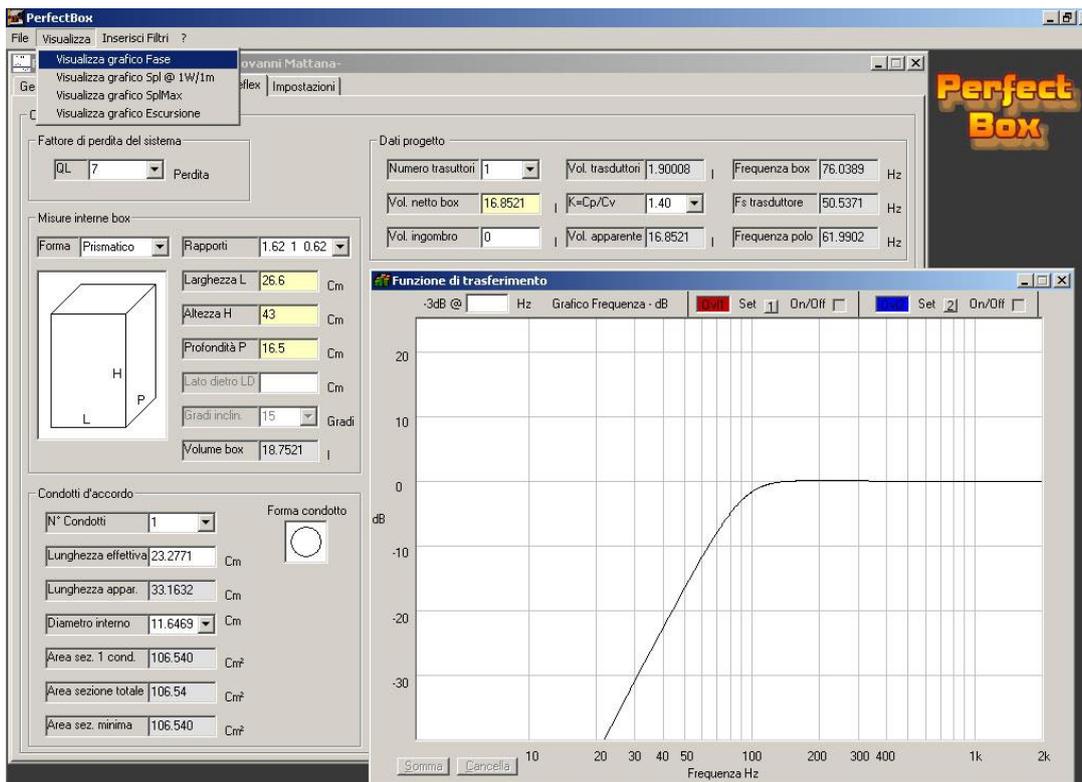


Una volta terminata la fase di progetto del volume del box e dei condotti si passa alla progettazione delle dimensioni interne della cassa acustica.

Dal riquadro "Misure interne box" selezionare dalla casella "Rapporti" le proporzioni tra i lati desiderate e successivamente la forma voluta per il box, dalla casella "Forma".

Con un doppio clic in una delle caselle con sfondo giallo viene presentata una finestra per mezzo della quale è possibile impostare indifferentemente e contemporaneamente e a proprio piacimento, il valore per due delle tre dimensioni riportate, in modo da non modificare il volume prima calcolato.

Visualizzazione dei diversi grafici

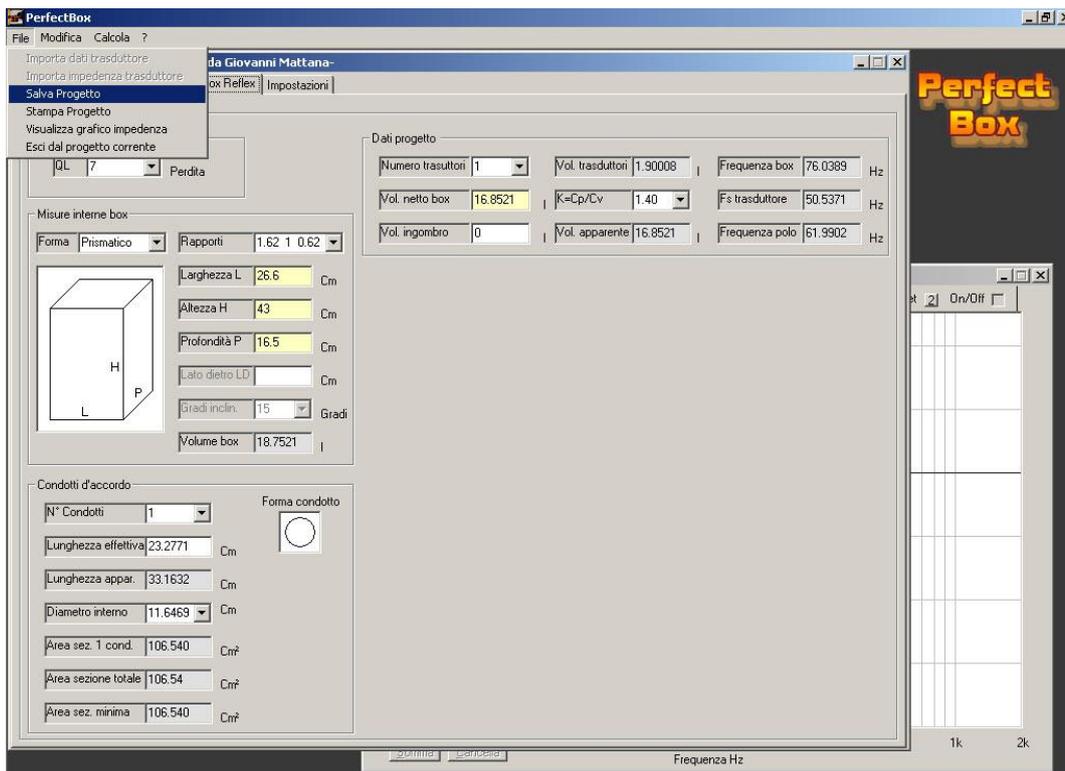


Con PerfectBox si possono visualizzare contemporaneamente 6 grafici diversi.

1. Funzione di trasferimento;
2. Grafico della fase. Se vengono inseriti dei filtri o delle equalizzazioni, sul grafico verrà visualizzata, la fase del diffusore, quella dei filtri ed anche la loro somma;
3. Grafico del livello della pressione sonora (Spl) con un watt ad un metro;
4. Grafico del livello massimo della pressione sonora ad un metro, applicando la potenza massima sopportabile dal drive;
5. Grafico della massima escursione della membrana;
6. Grafico della velocità dell'aria che fluisce nei condotti.

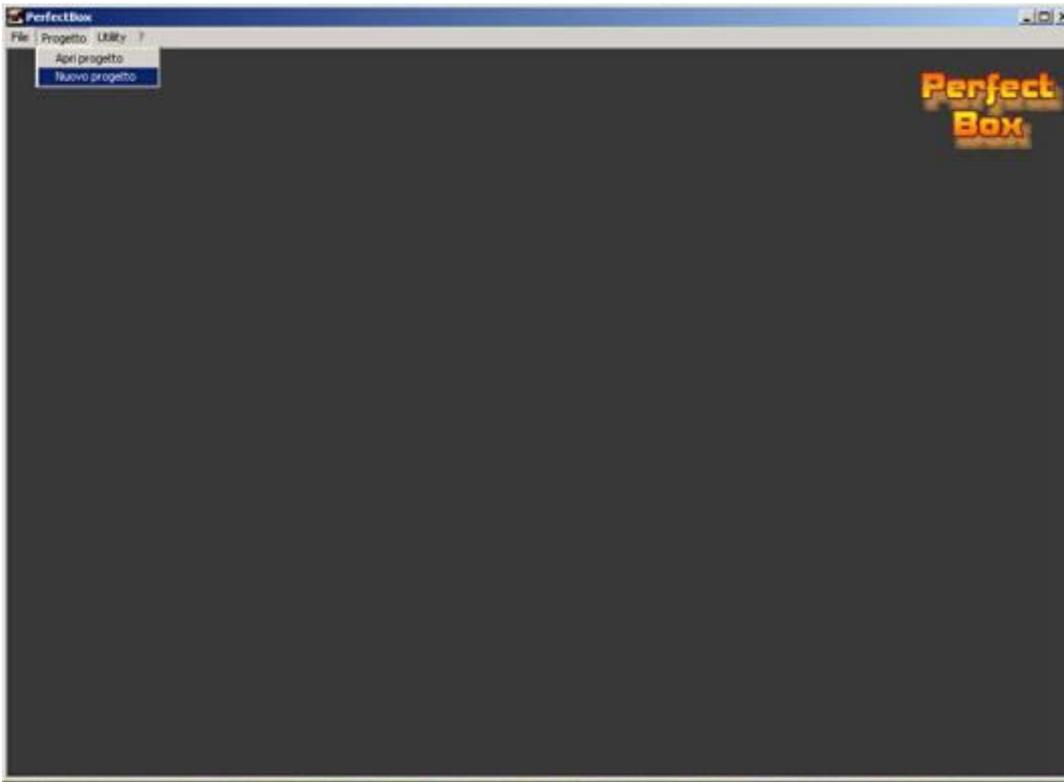
Rendere attiva, se non lo è già la finestra "Funzione di trasferimento", quindi dal menu "Visualizza" scegliere la voce desiderata.

Salvare e/o stampare il progetto creato



Per salvare o stampare il progetto realizzato bisogna prima rendere attiva la finestra “Progetto calcolo box” così come mostrato in figura, quindi dal menu file, cliccare sulla voce desiderata.

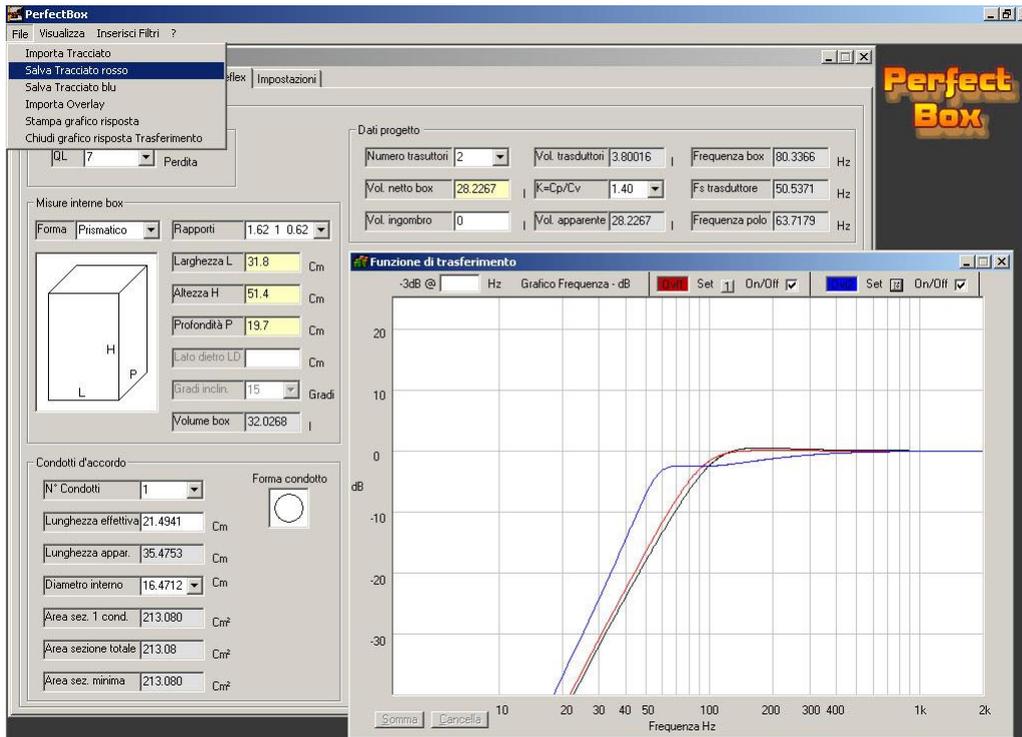
Apertura di un progetto esistente



Lanciare il programma, portarsi e cliccare sulla voce di menu “Progetto” quindi selezionare “Apri progetto”.

Il programma è stato ideato in modo da salvare i progetti realizzati in una cartella prestabilita così che, quando successivamente si cerca di aprirne uno, venga proposta la cartella opportuna.

Salvataggio e riapertura degli “Overlay”



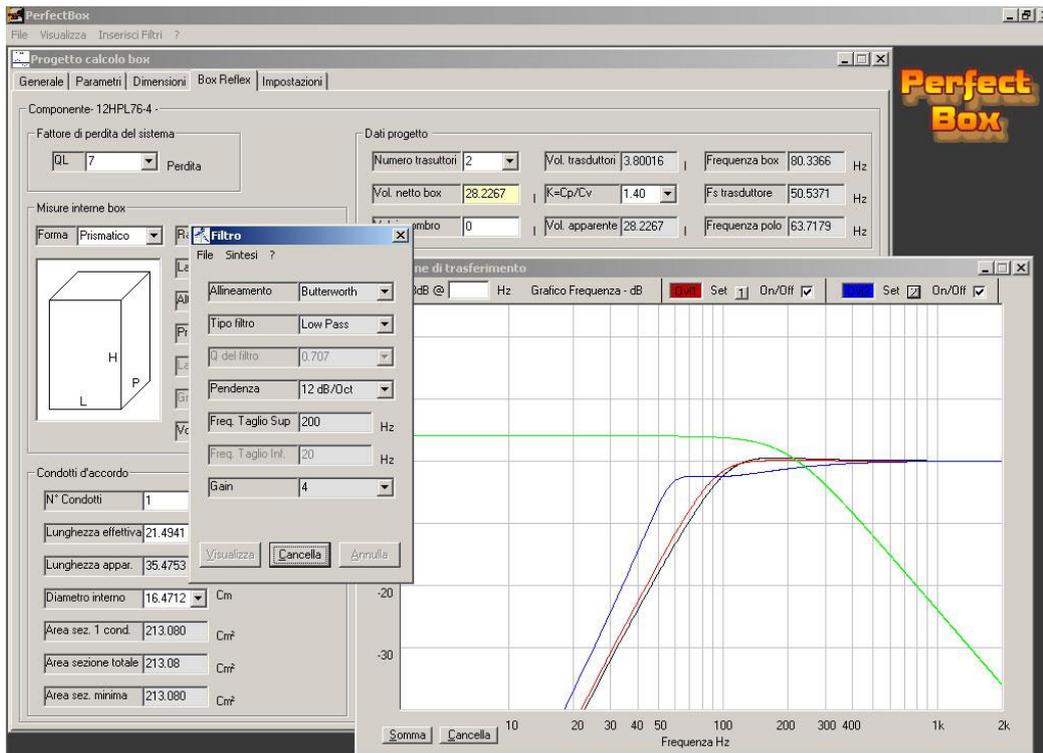
Il programma prevede sia per la finestra “Funzione di trasferimento”, sia per “Grafico fase”, la possibilità di settare degli overlay, in modo da rendersi conto meglio delle modifiche che mano a mano si vanno apportando al progetto durante il suo sviluppo.

Per settare un overlay basta cliccare, nella finestra “Funzione di trasferimento” o “Grafico fase”, sul tastino “1” per settare l’overlay rosso o/e sul tastino “2” per settare l’overlay blu.

Gli overlay possono essere resi visibili oppure no, mettendo rispettivamente la spunta nella casella “On/Off” corrispondente.

Una volta settati, gli overlay possono essere salvati e quindi richiamati in qualsiasi momento. A questo scopo basta, rendendo attiva la finestra opportuna, selezionare dal menu “File” “Salva tracciato” o “importa tracciato” in base all’esigenza.

Inserimento di filtri o equalizzazioni.



Rendendo attiva la finestra “Funzione di trasferimento” è possibile, selezionando “Inserisci filtri” dalla barra dei menu, inserire un filtro o una qualsiasi equalizzazione tra le seguenti:

- Butterworth con gain variabile LowPass, HiPass, BandPass;
- Bessel con gain variabile LowPass, HiPass, BandPass;
- Shelving con Q e gain variabile LowPass HiPass ;
- Peaking con Q e gain variabile.

Appendice

Procedura adottata per le misure di impedenza.

Parametri di Thiele e Small

Da una misura d'impedenza, come quella di figura 1, è possibile ricavare alcuni dei parametri propri del trasduttore. A tal fine si possono utilizzare diversi metodi; uno dei più semplici che prevede l'uso di un analizzatore di spettro a due ingressi capace di operare il rapporto complesso tra i segnali presenti su di essi, si basa sullo schema di principio di figura 2.

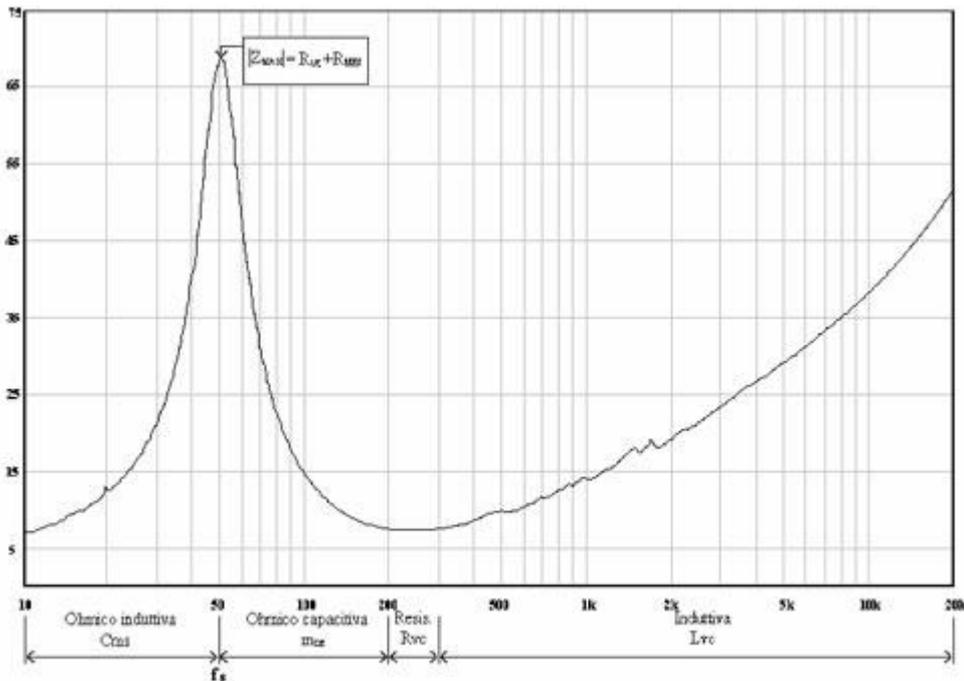


Fig. 1

In figura 2 e_s è un generatore di rumore rosa, i resistori utilizzati devono avere tolleranza dell'1% e il rapporto complesso verrà effettuato tra il segnale presente in B e quello in A, ottenendo la funzione di trasferimento $T(j\omega) = B(j\omega)/A(j\omega)$ il cui modulo in funzione della frequenza darà la curva d'impedenza.

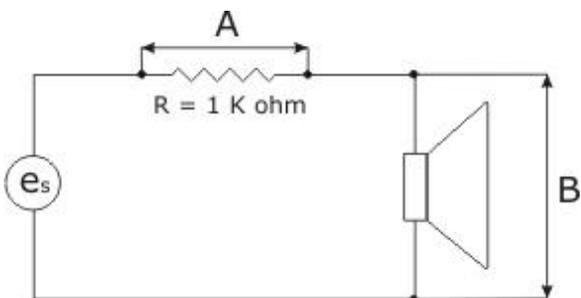


Fig. 2

Il procedimento da seguire prevede come primo passo la sostituzione, nel circuito di Fig. 2, del trasduttore con un resistore da 10 ohm necessario per poter calibrare l'analizzatore. Eseguendo la misura, infatti, in questo caso sul grafico frequenza ampiezza dovrà essere presente una linea parallela all'asse delle

frequenze e di ampiezza corrispondente al valore del resistore. Successivamente è possibile reinserire il trasduttore per eseguire la misura vera e propria.

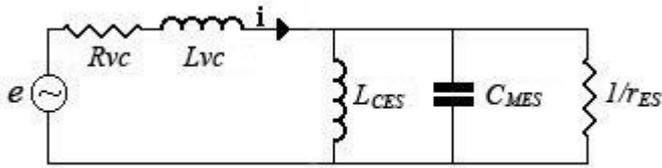


Fig. 3

I parametri che si intendono ricavare dall'ispezione della curva d'impedenza sono chiamati parametri di Thiele e Small dai nomi dei due studiosi che li introdussero per l'analisi di sistemi elettromeccanici. Come ormai è ben chiaro, l'andamento iniziale della curva di figura 1, compreso fra frequenza zero e circa 200 Hz, caratterizza una risonanza, dovuta, osservando la figura 3, al parallelo tra L_{CES} , C_{MES} e r_{ES} . E' quindi possibile tramite il rapporto tra la frequenza di risonanza f_s e la larghezza di banda B (B è uguale alla differenza tra f_h ed f_l dove $f_l < f_s < f_h$ sono le frequenze per le quali il valore dell'impedenza è $1/\sqrt{2}$ volte il valore che essa assume alla risonanza) calcolare il fattore di merito elettromeccanico Q_{MES} .

$$Q_{MES} = \frac{f_s}{B} = \frac{f_s}{f_h - f_l}$$

Ricordando poi che

$$r_{ES} = |Z_{MAX}| - R_{VC}$$

si possono calcolare gli altri parametri nel modo seguente:

$$L_{CES} = \frac{r_{ES}}{2\pi f_s \cdot Q_{MES}} \quad C_{MES} = \frac{Q_{MES}}{2\pi f_s \cdot r_{ES}}$$

E' importante osservare che il fattore di merito Q_{MES} , introdotto solo per ragioni di linearità di discorso e non perché esso venga realmente utilizzato, si constata essere uguale al fattore di merito meccanico Q_{MS} , infatti ricordando, dalla teoria dei circuiti risonanti paralleli, una delle espressioni ricavate per il Q , si può scrivere:

$$Q = \omega RC \Rightarrow Q_{MES} = \omega r_{ES} C_{MES} = \omega \frac{B^2 l^2}{r_{MS}} \cdot \frac{M_{MS}}{B^2 l^2}$$

da cui segue:

$$Q_{MS} = \omega M_{MS} \cdot \frac{1}{r_{MS}}$$

che è esattamente una delle espressioni ottenibili per il Q .

Dato che,

$$L_{CES} = C_{MS} B^2 l^2; \quad C_{MES} = \frac{M_{MS}}{B^2 l^2}; \quad r_{ES} = \frac{B^2 l^2}{r_{MS}}$$

si intuisce che, una volta misurato il fattore di forza Bl , è possibile ricavare i parametri di Thiele e Small anche per il lato meccanico. Esiste una metodologia molto semplice per la misura del Bl . Essa consiste nell'aggiungere al diaframma del trasduttore, in maniera solidale, una cerata massa di peso noto (pesata con bilancia da orafino) che è causa di un abbassamento della frequenza di risonanza. Tale frequenza verrà indicata con fs_1 . (Figura 4 e 5)

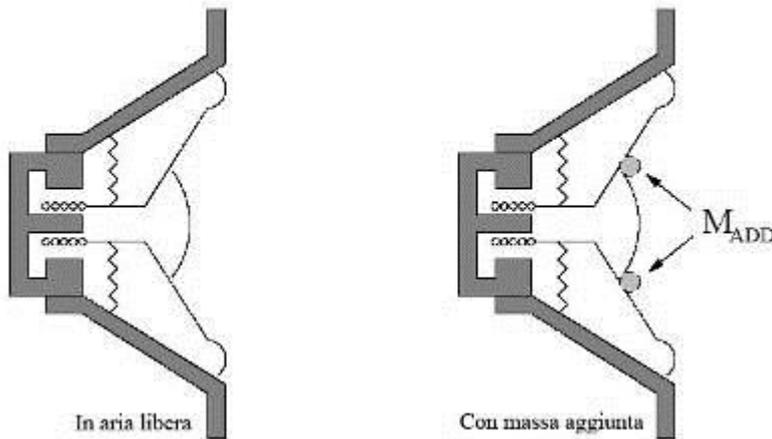


Fig. 4



Fig. 5

Dalla nuova curva di impedenza così misurata si ricavano, in maniera del tutto analoga, altri valori di C_{MES} , L_{CES} ed r_{ES} che relazionati con i precedenti ci permettono, tramite semplici considerazioni e con l'ausilio della seguente formula, di ottenere il valore del fattore di forza Bl .

$$Bl = \sqrt{\frac{Ma}{C_{MES1} - C_{MES}}}$$

Dove M_a è il peso della massa aggiunta, C_{MES1} il valore della cedevolezza elettromeccanica alla frequenza f_{S1} e C_{MES} alla frequenza f_s .

Un altro valore indispensabile da dover calcolare, necessario per il giusto dimensionamento del volume del box, che andrà ad ospitare il nostro trasduttore, è il V_{AS} . Esso si ricava dalla seguente relazione:

$$V_{AS} = \rho_0 c^2 C_{MS} S_D^2$$

Come si osserva dalla precedente equazione, l'unica incognita presente è il valore di S_D , che rappresenta l'effettiva area del diaframma e non la misura geometrica della proiezione della sua superficie. Per la misura di S_D si adotta la tecnica del box-chiuso. Il trasduttore in esame viene montato su un box di volume V_B noto (come riportato in figura 6 e 7) e successivamente si effettua un'ulteriore misura di impedenza.

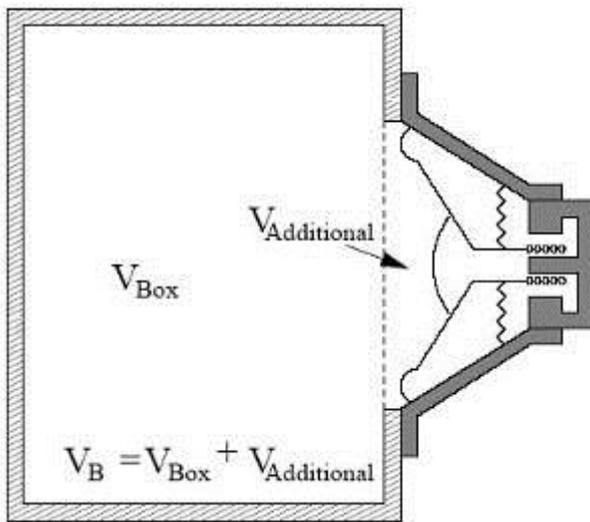


Fig. 6



Fig. 7

La cedevolezza C_{AB} dell'aria presente all'interno del box risulta essere in serie con la cedevolezza delle sospensioni; il risultato dà luogo ad una cedevolezza totale inferiore che è causa di un innalzamento della frequenza di risonanza del sistema box-trasduttore e che indicheremo con f_{S2} . I nuovi valori ricavati,

comparati con quelli del trasduttore in aria libera permettono, per mezzo della seguente formula di ottenere il valore di S_D .

$$S_D = \sqrt{C_{AB} \left(\frac{1}{C_{MS2}} - \frac{1}{C_{MS}} \right)}$$

Dove con C_{AB} abbiamo indicato il valore della cedevolezza del volume d'aria complessivo racchiuso tra la membrana e box, con C_{MS2} il valore della cedevolezza totale, sul lato meccanico, alla frequenza f_{S2} e con C_{MS} il valore della cedevolezza meccanica alla frequenza f_S .

GLOSSARIO DEI ^k SIMBOLI

B	Densità del flusso del campo magnetico tra le espansioni polari.
Bl	Fattore di forza. Prodotto tra B e la lunghezza l della bobina immersa nel campo magnetico.
c	Velocità del suono in aria (344 <i>m al sec</i>).
C_{MS}	Cedevolezza meccanica delle sospensioni del trasduttore.
f	Frequenza, in Hz.
f_s	Frequenza di risonanza in aria libera del trasduttore.
fl	Frequenza posta a sinistra di f_s per la quale il modulo dell'impedenza vale $\frac{ Z_{MAX} }{\sqrt{2}}$
fh	Frequenza posta a sinistra di f_s per la quale il modulo dell'impedenza vale $\frac{ Z_{MAX} }{\sqrt{2}}$
BW	Larghezza di banda. Differenza tra fh e fl .
j	Numero immaginario $j = \sqrt{-1}$.
l	Lunghezza della bobina mobile immersa nel campo magnetico.
L_{VC}	Induttanza della bobina mobile.
M_{AR}	Massa acustica effettiva ai due lati della membrana.
M_{MD}	Massa effettiva di tutto l'apparato mobile.
M_{MS}	Massa dell'apparato mobile compresa la massa d'aria.
Q_{ES}	Fattore di merito elettrico.
Q_{MS}	Fattore di merito meccanico.
Q_{TS}	Fattore di merito totale.
$ Z_{MAX} $	Valore del modulo dell'impedenza elettrica alla frequenza di risonanza.
R_{MS}	Resistenza meccanica delle sospensioni del trasduttore.
R_{VC}	Resistenza in continua della bobina mobile.
S_D	Superficie effettiva radiante del trasduttore.
D	Diametro effettivo delle superficie radiante.
V_{AS}	Volume d'aria avente la stessa cedevolezza delle sospensioni del trasduttore.
C_{AS}	Cedevolezza acustica delle sospensioni del trasduttore. $C_{AS} = C_{MS} S_D^2$
M_{AS}	Massa acustica delle parti in movimento del trasduttore, compresa l'aria spostata. $M_{AS} = \frac{M_{MS}}{S_D^2}$
R_{AS}	Resistenza acustica dovuta agli attriti nelle sospensioni del trasduttore. $R_{AS} = \frac{R_{MS}}{S_D^2}$
α	Rapporto tra il volume della cassa acustica e il V_{AS} del trasduttore. (Nel caso di un solo drive)
ρ_0	Densità dell'aria (1.213 <i>kg/m³</i>)
ω	Frequenza angolare $\omega=2\pi f$, in rad/s

appendiceb

^k Glossario dei simboli