

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

di D. Ponteggia – dp@audiomatica.com

INTRODUZIONE

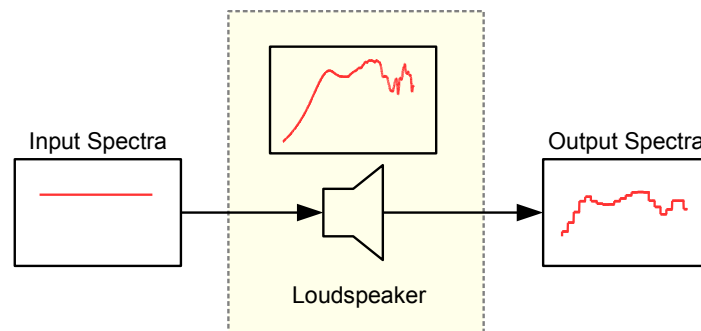
A partire dalla versione 11.40 del software CLIO sono stati introdotti due strumenti per l'equalizzazione dei file audio wav.

Nel menù Acoustical Parameters è disponibile il bottone STIPA EQ, mentre nel menu MLS&LogChirp è presente all'interno degli strumenti di post-processing MLS Processing Tools un bottone "wav file Equalizer".

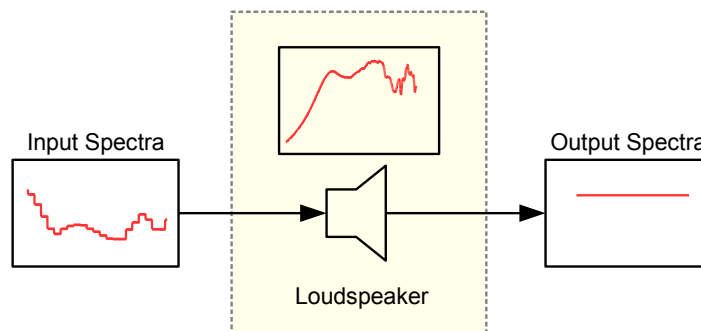
STIPA EQ

La necessità di avere a disposizione questo tipo di strumenti per il processamento è nata inizialmente a seguito della lettura dello standard per la misurazione dell'indice STI[1]. Esistono comunque diverse situazioni di test audio dove c'è la necessità di avere un segnale acustico con un certo spettro in frequenza.

Dato che la trasduzione da segnale elettrico a pressione acustica è attuata da altoparlanti, la cui risposta è notoriamente a banda limitata e non-lineare, l'informazione spettrale associata al segnale elettrico in ingresso viene distorta dal trasduttore.



Questo richiede la necessità di una pre-distorsione (distorsione lineare) che è anche possibile definire pre-equalizzazione.

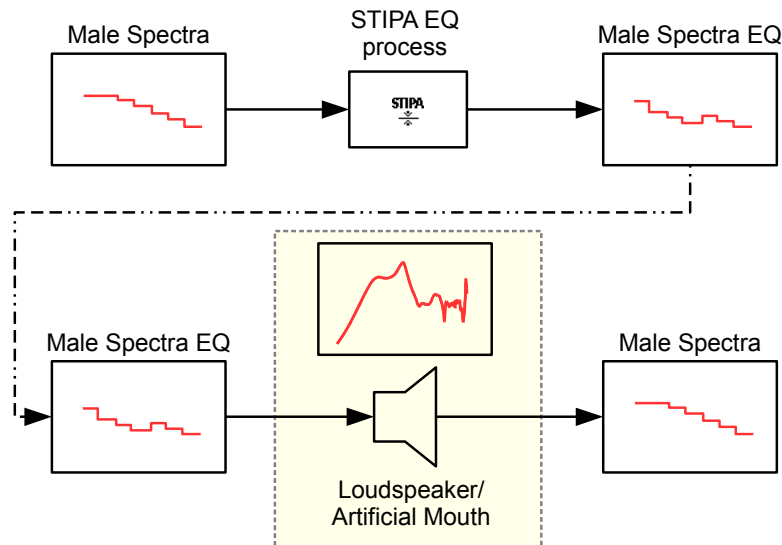


In effetti nello standard STI viene richiesto di riprodurre un particolare spettro attraverso una bocca artificiale. Si necessita dunque di una risposta in frequenza molto lineare per il trasduttore, cosa che risulta impossibile senza ricorrere ad una equalizzazione del trasduttore.

Questo ha portato all'idea di misurare la risposta della bocca artificiale e poi pre-equalizzare il segnale elettrico che deve essere riprodotto dalla sorgente.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

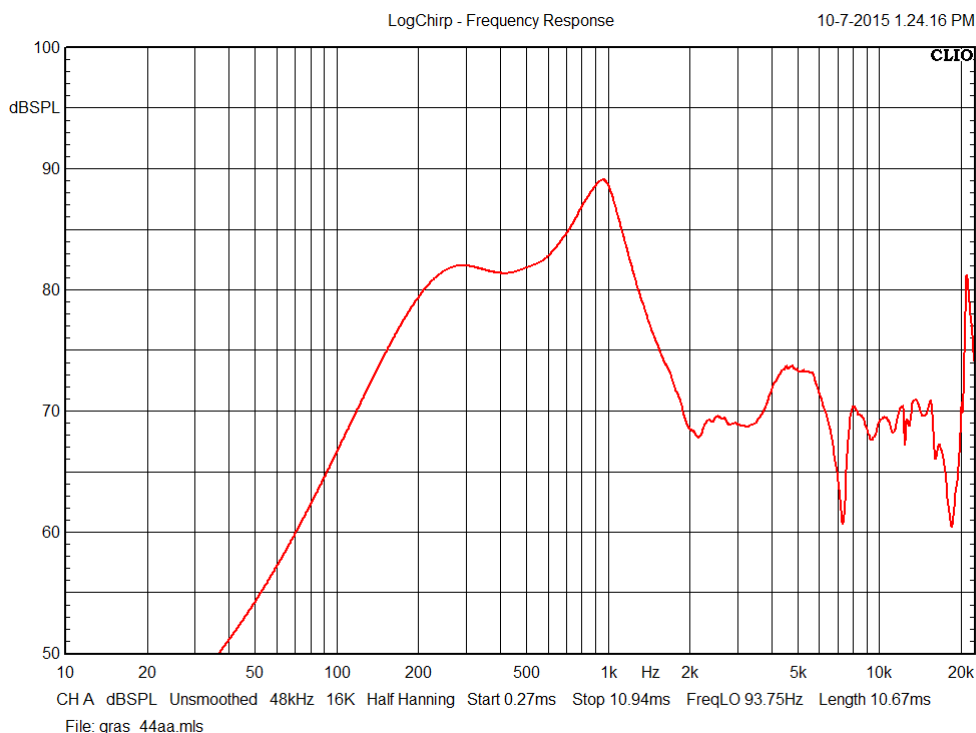
In questo modo è possibile compensare la risposta non ideale del trasduttore equalizzando il file audio wav che deve essere riprodotto.



Per cui è stato introdotto nel menu dei parametri acustici (Acoustical Parameters menu) il bottone STIPA EQ, attraverso il quale è possibile pre-equalizzare un file audio da poter poi essere riprodotto dalla bocca artificiale o altoparlante di caratteristiche simili.

Il processo STIPA EQ funziona invertendo la risposta misurata della bocca artificiale o di un dato altoparlante e poi convolvendo il filtro calcolato con un dato file wav. Nel caso delle misurazioni STI/STIPA il file che deve essere riprodotto è un rumore rosa con un dato spettro.

Anche se il processo di inversione sopra descritto ha una interpretazione semplice ed intuitiva, in realtà è molto più articolato di quello che appare. Si parta da un esempio, data la risposta in frequenza $H_{am}(f)$ della bocca artificiale che abbiamo utilizzato anche in una precedente application note sulle misurazioni STI:



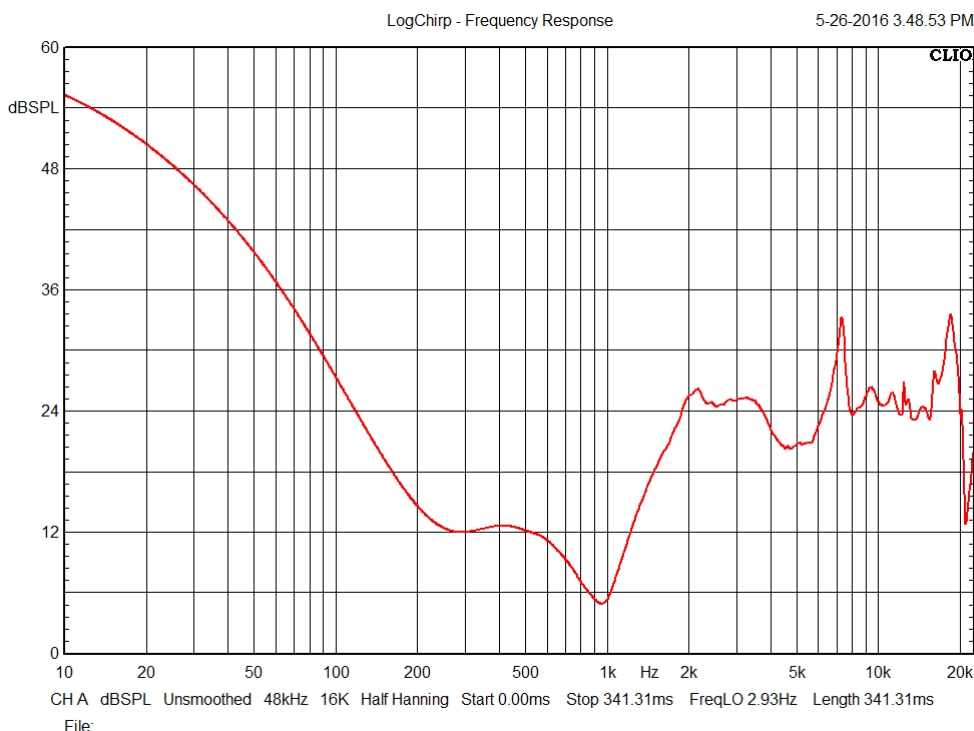
EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

E' possibile invertire matematicamente la risposta, attraverso la semplice formula:

$$H_{inv}(f) = \frac{1}{H_{am}(f)}$$

E' però possibile notare immediatamente che l'inversione matematica della risposta può generare dei livelli molto elevati al di fuori della banda passante del trasduttore.

La semplice inversione della risposta della bocca artificiale provoca un guadagno molto elevato del filtro inverso sotto i 100 Hz.

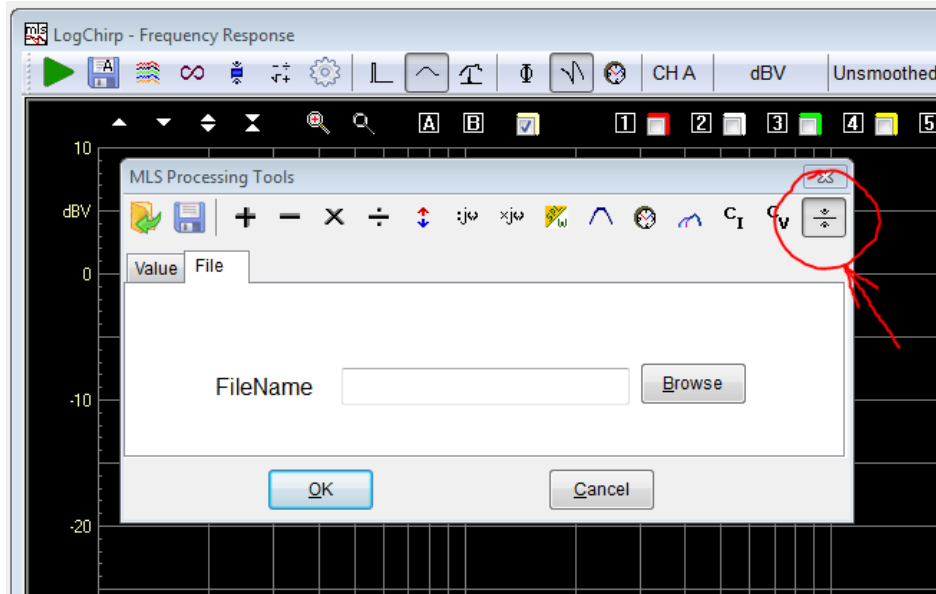


Al fine di generare una risposta all'impulso utilizzabile, il processo di inversione deve essere ristretto ad una data banda passante.

Nel caso del processamento STIPA EQ, questo è gestito direttamente dal software CLIO che inverte la funzione solo nell'intervallo da 88 Hz a 11.3 kHz, che in effetti sono i limiti delle bande di ottava 125 Hz e 8 kHz utilizzate nei calcoli STI/STIPA.

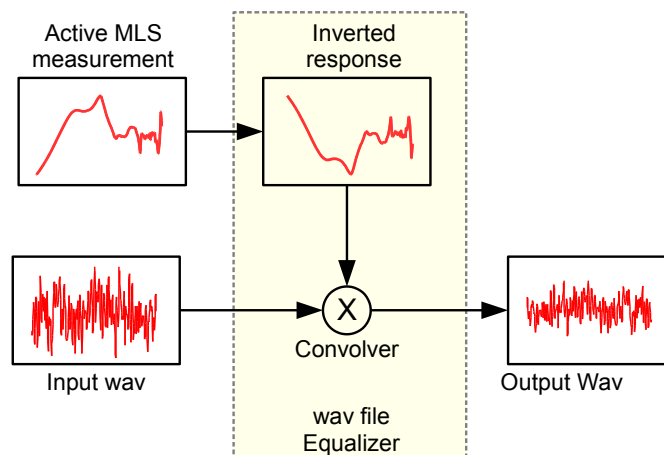
EQUALIZZATORE FILE WAV IN MLS&LOGCHIRP

Il processo di inversione ed equalizzazione di un file audio wav può comunque essere utile in altre applicazioni al di fuori della misurazione STI/STIPA. Per questo uno strumento generico di equalizzazione è stato implementato nel menu di post-processing di MLS&LogChirp:



Il funzionamento è leggermente più complicato del caso precedente, dato che vedremo che è necessario definire, oltre alla risposta del sistema da linearizzare, anche una opportuna funzione obiettivo.

Lo strumento inverte la misurazione attiva nel menu MLS&LogChirp e poi convolve il file wav in ingresso con la risposta invertita.



La finestratura temporale ed eventuali ulteriori processamenti vengono considerati, dato che la misura attiva è il risultato di tutte le funzioni di finestratura e dei successivi processing sulla risposta all'impulso misurata.

Occorre notare inoltre che il file wav da convolvere deve essere **mono**, con la **stessa frequenza di campionamento** e **lunghezza** della risposta MLS&LogChirp.

Il guadagno della risposta invertita è scalato in modo di evitare la saturazione all'uscita del calcolo di convoluzione.

Se si applica direttamente il post-processing di equalizzazione alla risposta del trasduttore, è molto probabile che si ottengano dei livelli di segnale molto bassi nel file audio convoluto in uscita. Questo accade perché, come visto in precedenza per

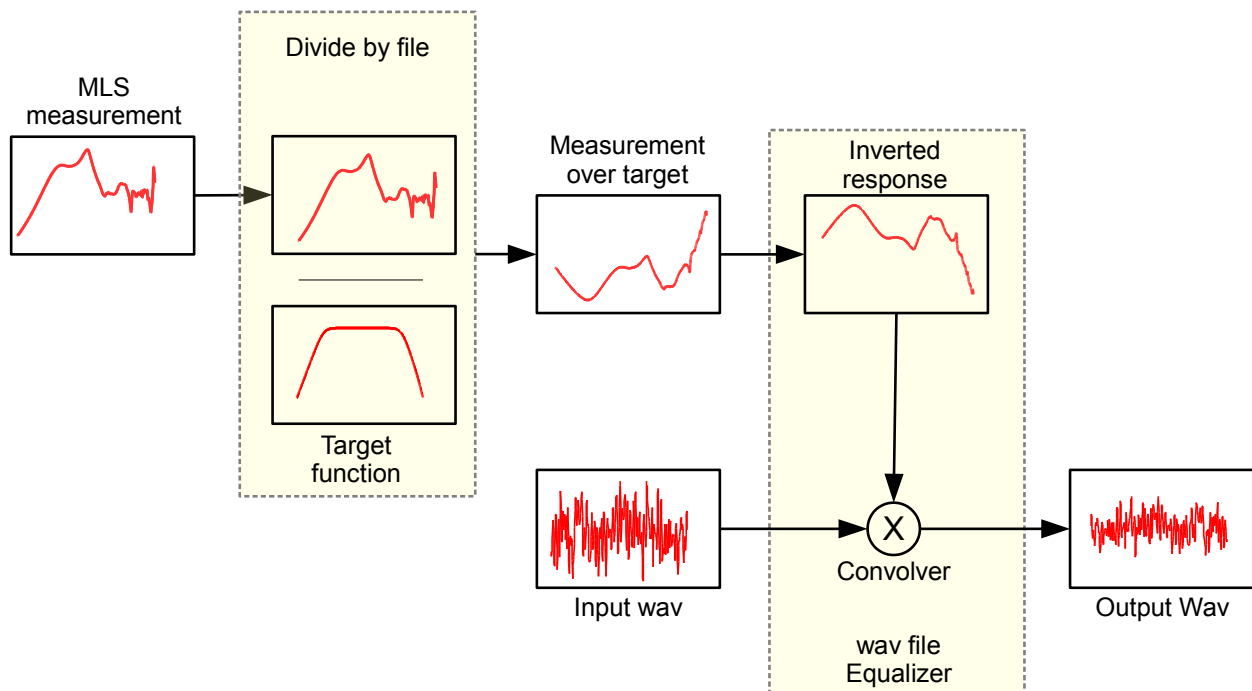
EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

il caso STIPA EQ, il processo di inversione avviene sull'intero dominio della frequenza, dal primo punto fino alla frequenza di Nyquist.

Per evitare questo fenomeno occorre quindi:

- generare una funzione obiettivo a banda limitata¹
- dividere la risposta del trasduttore per la funzione obiettivo
- finalmente la risposta così ottenuta potrà essere invertita ed il file audio convoluto con la risposta invertita

La figura seguente mostra schematicamente l'intero procedimento:

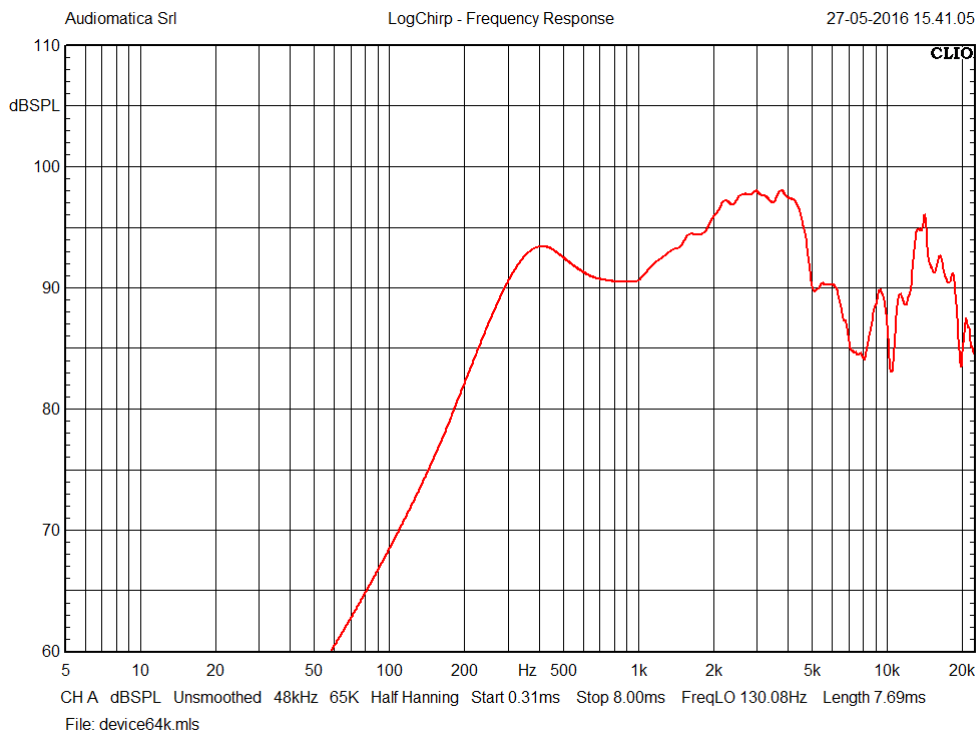


1 In teoria la funzione obiettivo può essere una qualsiasi funzione di trasferimento che si voglia ottenere tramite il processo di inversione.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

Si procede con un esempio pratico dove si vuole pre-equalizzare un file audio per ottenere una risposta piatta da un altoparlante da 2 pollici in box (nella sua banda passante utile).

La risposta quasi-anecoica dell'altoparlante è illustrata nella figura seguente:

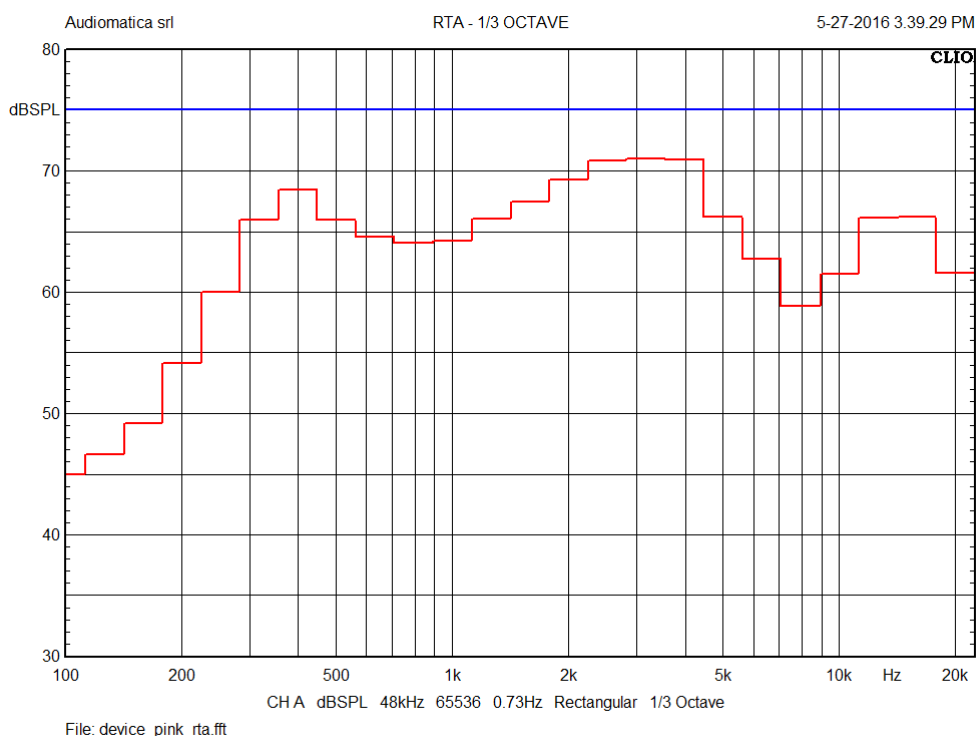


Come ci si aspetta da un altoparlante così piccolo è presente un comportamento passa alto a 300 Hz, la risposta poi comunque ha un andamento non piatto nella gamma media ed alta.

Si supponga che si voglia riprodurre un file audio wav con rumore rosa. E' possibile scegliere e salvare un file audio wav con rumore rosa di dimensione 64k campioni (pink noise 64k, che è la stessa dimensione della misurazione MLS&LogChirp effettuata) dal generatore di CLIO.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

La figura seguente mostra (curva rossa) il rumore rosa riprodotto dall'altoparlante come analisi RTA a terzi di ottava messo a confronto con (curva blu) lo spettro del rumore rosa inviato all'altoparlante, che naturalmente ha spettro piatto in frazioni di ottava.



Se si tenta di applicare il procedimento di equalizzazione sulla risposta misurata dell'altoparlante, si ottiene un file audio wav con un livello molto basso, dato che la risposta invertita dell'altoparlante tenta di compensare per il comportamento passa-alto del dispositivo².

Occorre quindi definire una funzione obiettivo che non includa la parte bassa dello spettro, sotto circa 300 Hz. Al fine di ottenere questo risultato è necessario un passaggio ulteriore.

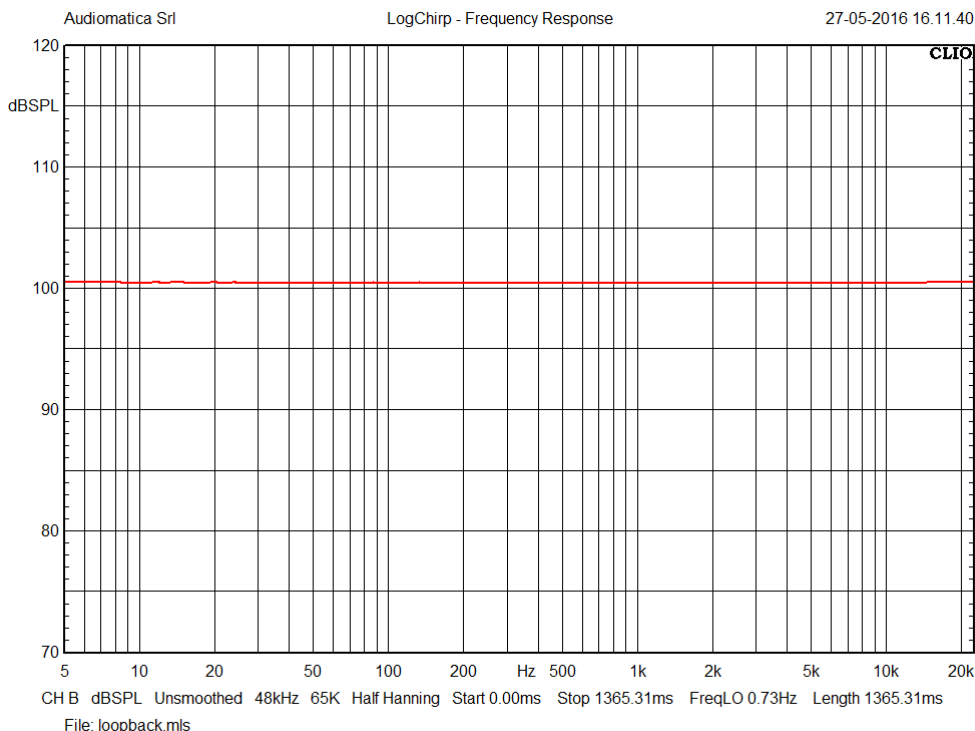
Prima di tutto occorre mettere il sistema CLIO in loop e misurare la risposta MLS&LogChirp in frequenza (piatta) del sistema di misura. La misurazione deve essere effettuata con le stesse impostazioni e nella **stessa unità di misura** della misurazione della risposta dell'altoparlante, in questo caso dB SPL.

La risposta dovrebbe apparire come una linea piatta ad un certo livello di SPL, il livello assoluto in questo momento non è importante, è sufficiente che la risposta sia acquisita con il giusto rapporto segnale/rumore. Ovvero occorre selezionare con attenzione il corretto guadagno di ingresso di CLIO.

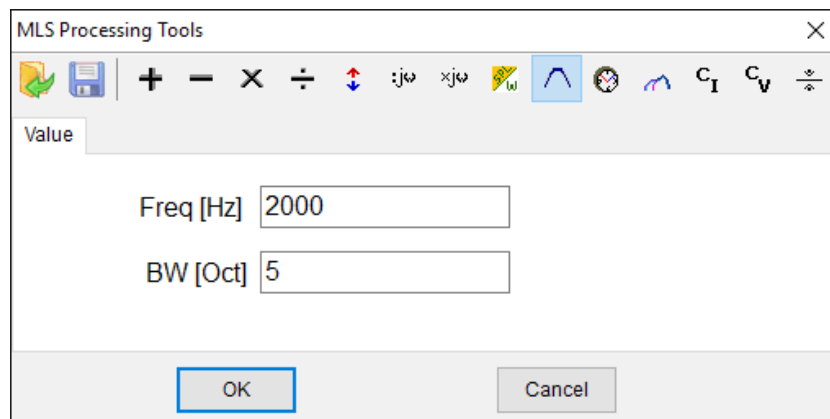
2 Nonostante la procedura di inversione sia teoricamente corretta, l'altoparlante comunque non è in grado di riprodurre le basse frequenze.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

Questa è la risposta in loop di CLIO in dB SPL:



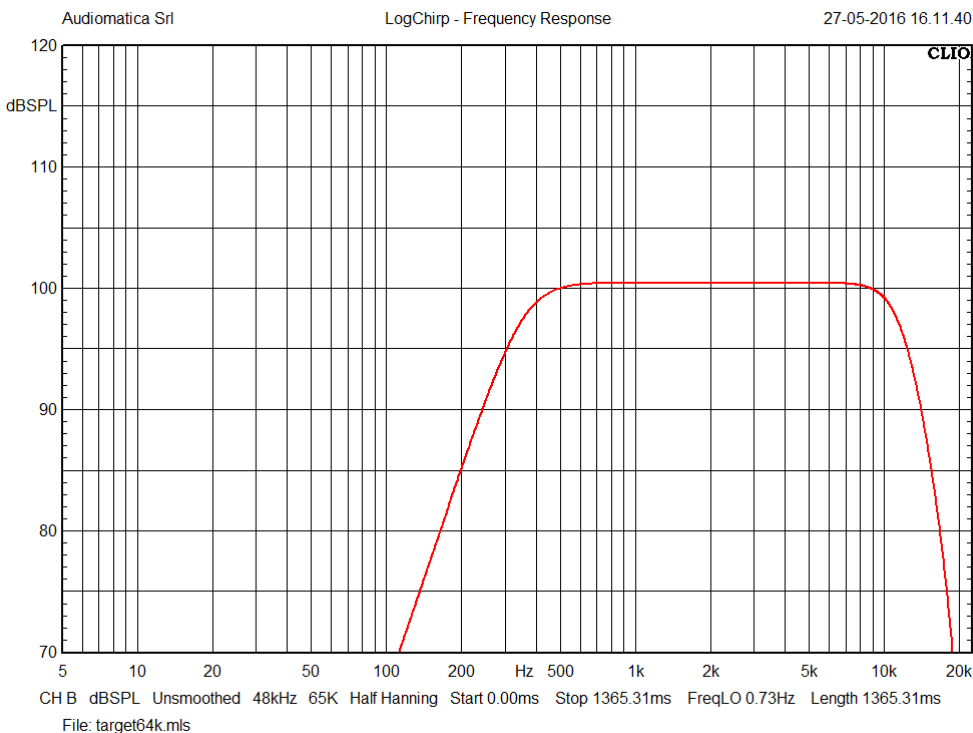
Per creare la funzione obiettivo occorre limitare la banda della risposta in loop di CLIO, questo può essere ottenuto tramite il post-processing "octave filter":



Scegliendo opportunamente la frequenza centrale e la banda del filtro è possibile ottenere una risposta utile per gran parte dei casi reali.

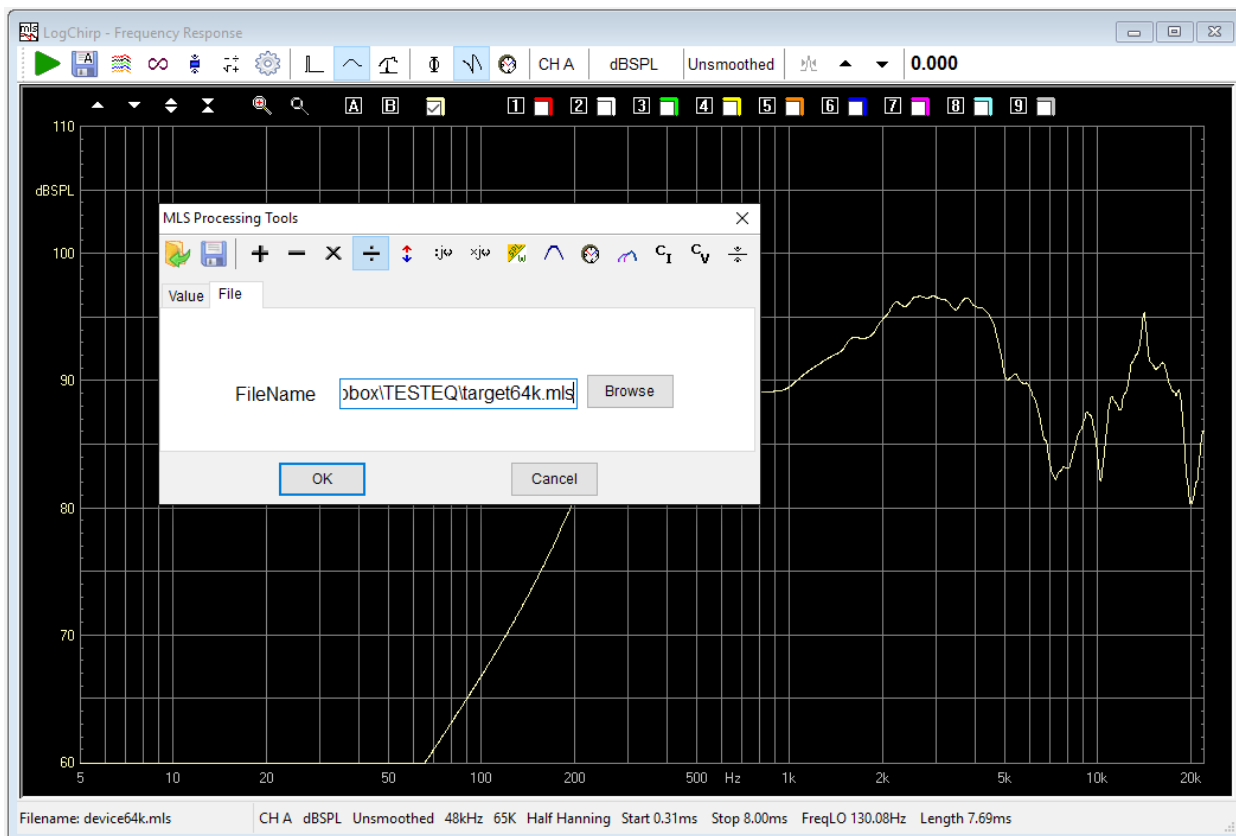
Mediante l'applicazione del filtro si ottiene la funzione obiettivo desiderata, il file può essere salvato con un nome come target.mls, dato che poi occorrerà utilizzare questa misura nel passo successivo.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11



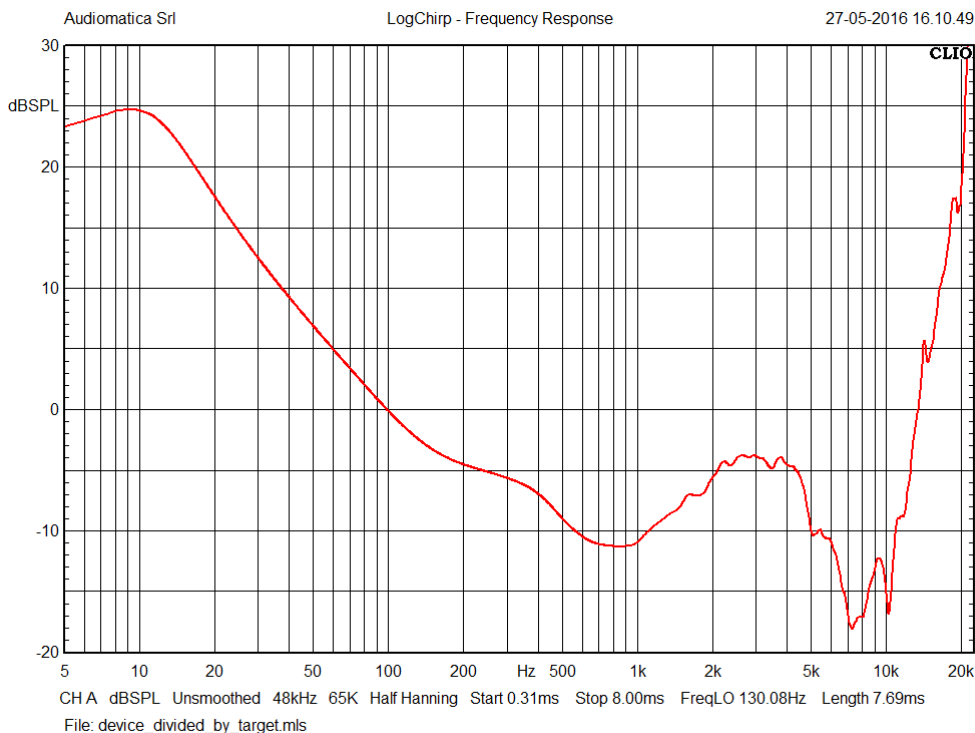
Ora che la risposta obiettivo è pronta, è possibile applicarla alla risposta dell'altoparlante che si desidera invertire.

Per questo occorre riaprire la risposta dell'altoparlante, poi occorre applicare il post-processing "divide by file" selezionando la target.mls come file con cui dividere la risposta.



EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

La risposta risultante dovrebbe apparire simile a questa:



Si noti come nella banda passante della funzione obiettivo la risposta sia esattamente quella dell'altoparlante, mentre al di fuori, a causa del processo di divisione, la risposta abbia un incremento.

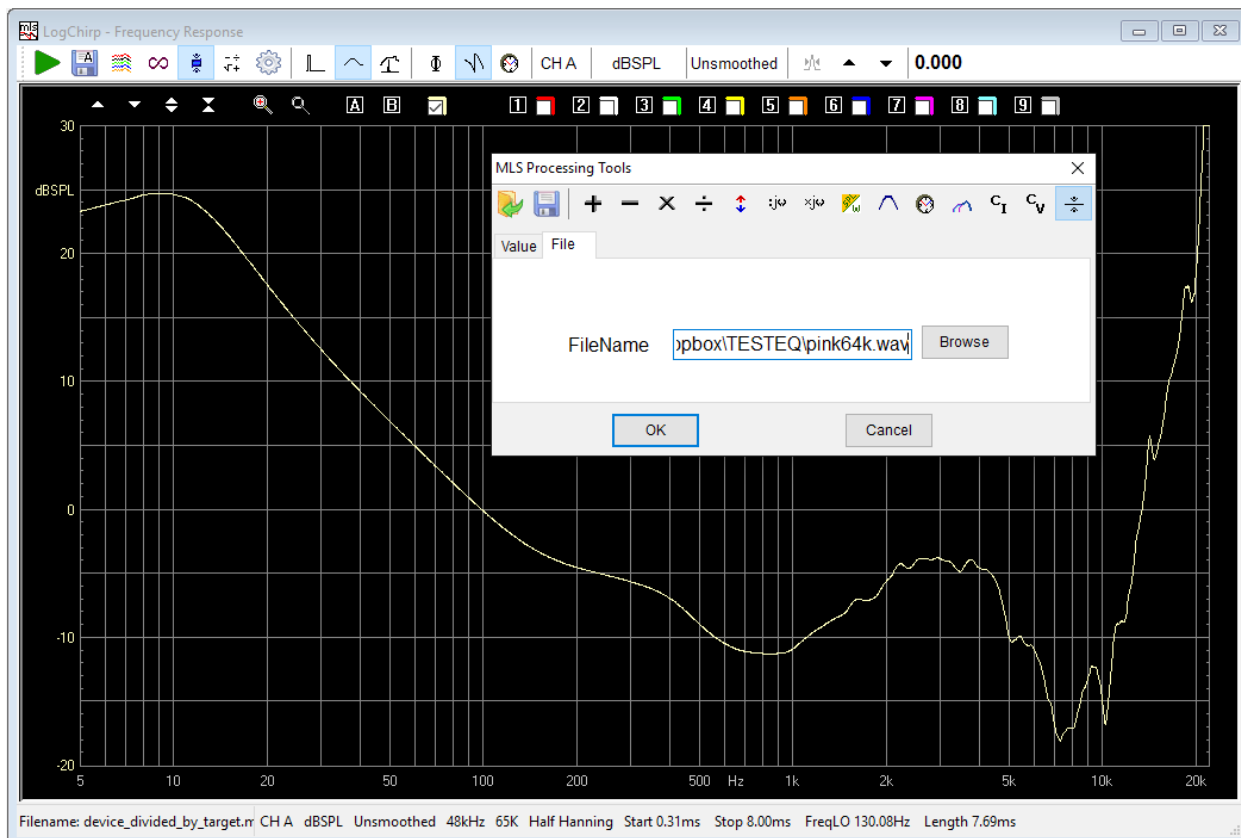
Come risultato finale, invertendo questa funzione modificata, si risolve il problema descritto in precedenza della attenuazione del file audio wav fuori dalla banda passante dell'altoparlante.

A questo punto il post-processing "wav file Equalizer" può essere applicato.

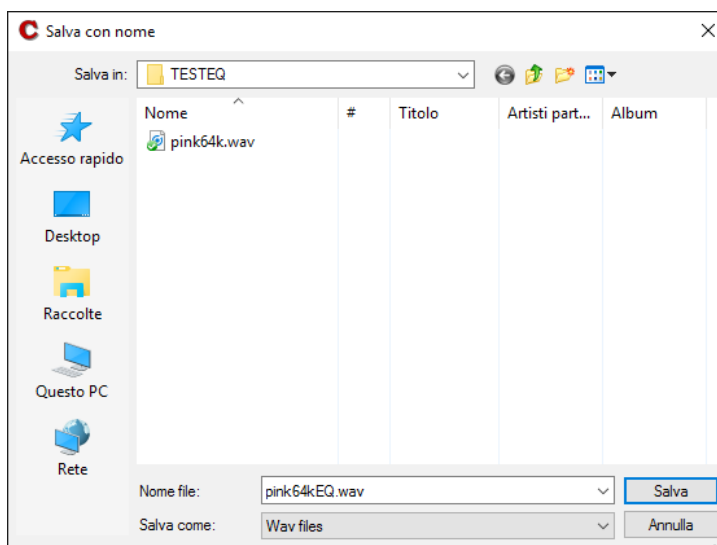
Per fare questo selezionare i tools di post-processing ed il bottone "wav file Equalizer", scegliere come file audio wav da convolvere utilizzando il bottone "Browse".

In questo esempio si tratta del file audio contenente rumore rosa da 64k campioni che è stato salvato in precedenza dal generatore di segnale di CLIO.

EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11



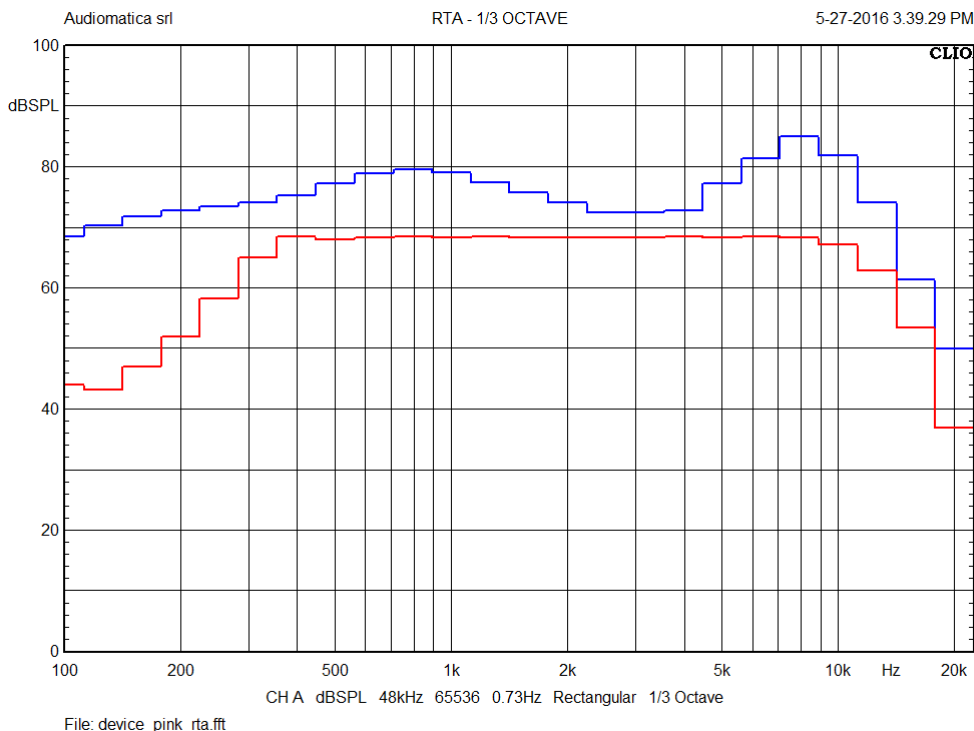
Premendo il bottone OK il software richiede il nome del file audio equalizzato da salvare.



EQUALIZZAZIONE FILE WAV CON CLIO 11

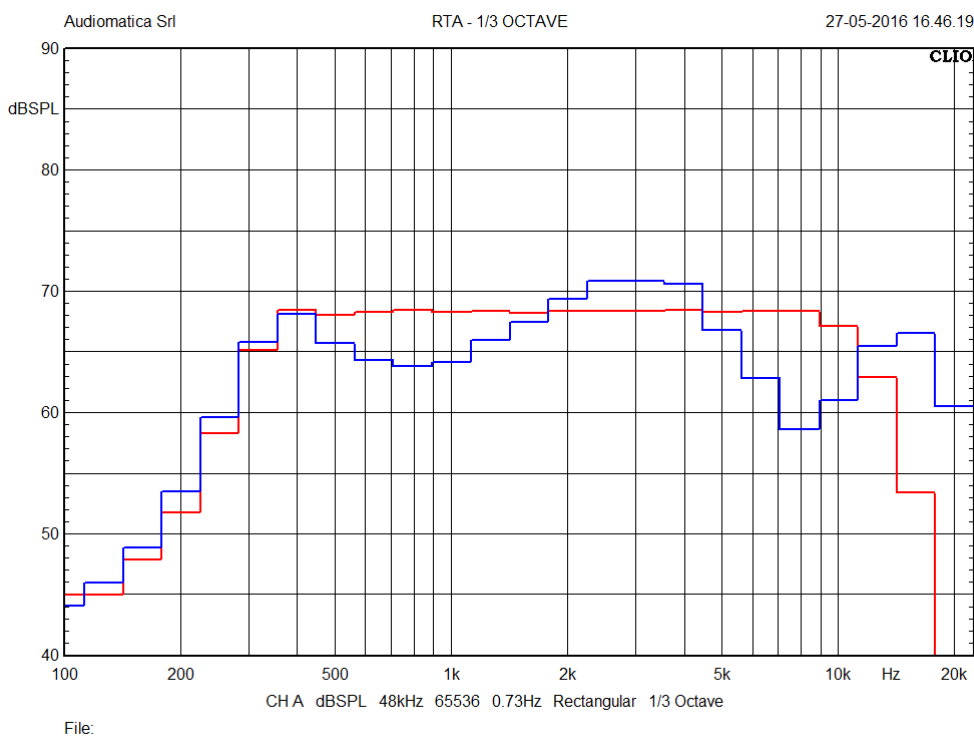
Il risultato finale della procedura è mostrato nella prossima figura.

La curva rossa è la RTA dell'altoparlante pilotato con il rumore equalizzato, mentre la curva blu mostra lo spettro del rumore iniettato in ingresso all'altoparlante.



Si noti come la risposta dell'altoparlante al rumore rosa sia stata modificata sul modello della funzione obiettivo.

Infine è possibile mostrare la risposta dell'altoparlante sempre come RTA a terzi di ottava ad un ingresso rumore rosa (curva blu) a confronto con il rumore rosa equalizzato (curva rossa).



CONCLUSIONI

La possibilità di equalizzare la risposta di un dispositivo elettro-acustico pilotato da un file audio wav su una funzione obiettivo rappresenta uno strumento utile in diversi contesti di misurazione.

E' stato mostrato come con gli strumenti di post-processing di CLIO sia possibile equalizzare un file wav sulla base di una certa funzione obiettivo.

Non occorre comunque dimenticare che il procedimento di inversione di una risposta acustica è comunque normalmente valido solo nel punto in cui la risposta è stata misurata.

REFERENCES

[1] Audiomatica, "*Application Note 13 - Speech Intelligibility Assessment Using CLIO 11*", http://www.audiomatica.com/wp/wp-content/uploads/APPNOTE_013.pdf