

Di questi tempi, è sicuramente un'operazione intelligente e di buon senso rimettere in funzione qualcosa di datato, anziché buttarla e sostituirla con una nuova. Occorre però sempre valutare in maniera oggettiva se esiste la convenienza economica per affrontare un restauro che possa ri-energizzare delle vecchie casse acustiche. Laddove però i costi superano le ragioni del cuore, ci si deve rassegnare.... e passare ad altro.

Klipsch mod. "La Scala" mkII: un revamping pragmatico

In questo caso, appena la coppia di diffusori ci è stata consegnata dall'amico Daniele, conoscendo bene il marchio ed il modello, è subentrato un attimo di soggezione unito ad un qualche timore reverenziale, vuoi per le loro dimensioni (due cubi da 60 cm di lato alti 1 metro, fortunatamente non troppo pesanti), che per la storia che si porta sulle spalle questo specifico affascinante modello *heritage* del marchio Klipsch.

Vuoi infine per le nostre origini meneghine, a cui questi diffusori si accostano nel loro nome col rinomato teatro milanese.

Breve biografia di Paul W. Klipsch

La tecnologia incorporata in tutti i diffusori Klipsch è valida ancora oggi, esattamente come fu concepita nel 1946, quando Paul Wilbur Klipsch costituì la sua società "Klipsch and Associates" con il lancio del suo primo modello (che diventerà anche la sua *flagship*): il diffusore "Klipschorn"®.



Credits: www.klipsch.com

Il fondatore della compagnia è stato definito da più parti come un pioniere e visionario dell'industria audio. L'ing. Klipsch, denominato anche "il colonnello" (evidentemente per i suoi trascorsi militari nella Ila Guerra Mondiale, qui raffigurato in verità con un'espressione un po' truce), ha svolto una carriera impeccabile nel settore audio, la quale lo ha consegnato definitivamente alla storia conferendogli il riconoscimento della "Hall of fame" dall'Accademia di Ingegneria e Scienze nel 1997.

Questa onoreficenza fu consegnata prima di lui soltanto a industriali di compagnie che si sono distinte nel settore industriale quali Thomas Alva Edison, George Washington Carver ed i fratelli Wright, oltre a tanti altri altrettanto famosi.

La vita di Paul Klipsch si sviluppò con notevole distinzione, includendo tra i tanti riconoscimenti anche la menzione "Alma mater" del Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica ricevuta nel 1994 dall'Università di New Mexico, ateneo dove svolse i suoi studi giovanili.

Nel 1978 Paul Klipsch vinse la prestigiosa medaglia d'argento dell'American Engineering Society of America dell'Università di Stato del New Mexico.

Queste sono solo brevi notazioni sull'attività svolta da questo grande ingegnere ed altrettanto grande uomo.

La rivista "High Fidelity", su mr. Klipsch scrisse: *"mr. Klipsch rappresenta l'immagine di un uomo che si è spinto oltre le frontiere tecnologiche e stabilito nuovi standard in qualsiasi settore abbia attraversato"*. Nel numero di novembre 1986 di "Audio Magazine", un articolo elogia Paul W. Klipsch e la sua influenza nell'industria: *"La Klipschorn ed il suo progettista Paul Klipsch, sono vere leggende nel campo dell'Alta Fedeltà"*.



Credits: www.arktimes.com
Credits: Klipsch Museum of Audio History

Nient'altro si potrebbe aggiungere per rendere completa giustizia a quest'ultima citazione. Due veri miti: l'uomo ed il suo strumento.

Il diffusore

Le "La Scala" sono state sviluppate come un diffusore un po' più facilmente trasportabile rispetto alle Klipschorn.

Questi diffusori infatti vennero inizialmente utilizzati per il servizio di Public Address nella campagna elettorale del 1963 per il candidato governatore dell'Arkansas, appoggiata dal governatore di New York Winthrop Rockefeller.

Al caricamento a tromba per le due vie alte e medioalte, si unisce quello della sezione bassi, ottenuto tramite il ripiegamento dello sviluppo per riduzione della geometria emissiva mediante suddivisione delle pareti in due falde.

Come risultato, le La Scala rappresentano un compromesso sonico se comparate alle Klipschorn.

Le caratteristiche salienti delle La Scala sono l'estrema alta efficienza unita ad una lieve minore estensione delle basse frequenze rispetto a quella della sorella maggiore.

Il revamping, questo sconosciuto

L'amico Daniele, affidandoci le sue La Scala ci ha chiesto di controllare un po' tutta la componentistica che le equipaggia; avendole acquistate usate, voleva assicurarsi che tutto funzionasse a dovere e non ci fossero difetti sia all'ascolto che funzionali.

Incredibile a dirsi, chiedendogli quali potessero essere i limiti (soprattutto emotivi) dell'intervento tecnico richiesto, ha risposto serenamente che non gli interessava assolutamente il fatto che sposare l'anzianità dei diffusori con il progresso tecnologico raggiunto nel campo audio avrebbe potuto facilmente stravolgere i parametri elettrici originali, con il conseguente potenziale integrale rifacimento dei circuiti o di altre parti; ha poi affermato che le sue intenzioni sono quelle di utilizzare questi diffusori per molti e molti anni a venire.



Quindi, come ha saggiamente fatto intendere, per lui vale il solo fatto di ascoltarle al massimo delle loro possibilità acustiche e non quello di cercare di riprendersi i soldi spesi nell'acquisto una volta che si è stancato di ascoltarle. Bravo.

Casualmente, iniziando ad organizzare lo spazio in laboratorio in attesa di ospitare questi due colossi, girava da qualche giorno sui tavoli l'edizione 2024 dell'Annuario di Suono.

Sarà un segno del destino?

In ogni caso questo volume cartaceo che ritrae in prima copertina l'ultima nata in casa Klipsch, è sicuramente stato di buon auspicio, tenendole buona compagnia fino alla loro riconsegna ...

Da dove si parte?

Per sapere quale strada intraprendere, occorre sapere da dove si parte.

Daniele ha messo a nostra disposizione un ulteriore set di crossover non originali acquistato in rete, ma comunque contenenti alcune parti della componentistica originale, (circuiti non originali frutto certamente della passione di qualche hobbista avanzato o un *nerd* impallinato del *brand*).

Abbiamo potuto perciò ricavare la basetta ed i connettori che ci sono serviti per il rifacimento del nuovo crossover.

Il riuso in questi casi ha senso, in quanto sia i materiali di base che la componentistica impiegata per questa realizzazione artigianale sono entrambi di buona qualità e fattura.

Le misure di partenza



Fig. 01 - Rilevazione delle misure elettroacustiche effettuate con le due tipologie di crossover che ci sono stati consegnati (a sx quello originale Klipsch, il “Type AA” interessato da un recente *recapping* dal precedente proprietario – a dx quello artigianale “Type AA replica”)

Abbiamo quindi proceduto ad una serie di misure preliminari, tra cui quelle elettriche di impedenza, quelle acustiche sia con *pink-noise* a 6i e 12i di ottava, che in regime semianecoico con *sweep*.

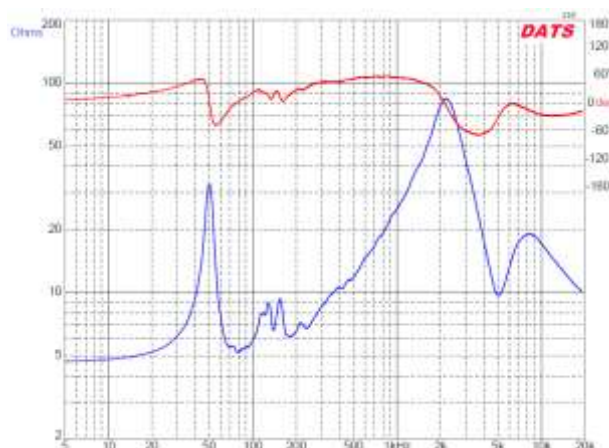


Fig. 02 - Grafico dell'andamento dell'impedenza – Il comportamento è praticamente identico per i due canali e per i due circuiti

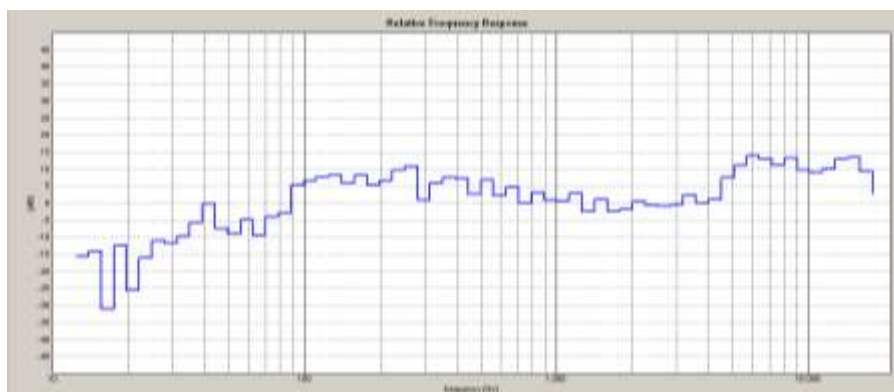


Fig. 03 - Risposta a 6i di ottava crossover originale, con l'enfasi di +10 dB a partire dai 4,50 kHz.

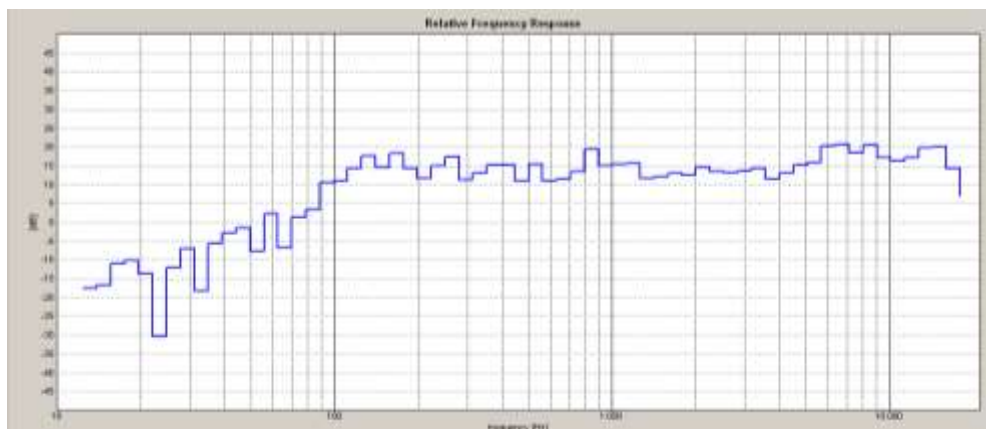


Fig. 04 - Risposta a 6i di ottava crossover replica artigianale – In questo caso le cose vanno un pochino meglio; si nota la stessa enfasi ma di magnitudo inferiore, circa + 5,00 dB, sempre a partire dall'intorno dei 6,00 kHz

Ambedue i circuiti soffrono evidentemente degli stessi problemi sul tweeter, essendo la replica artigianale una identica copia dei valori elettrici dei componenti installati sul crossover originale. Ricordiamo che questo circuito rappresenta la seconda versione (denominata "AA") dei crossover montati sulle Klipsch "La Scala". Anche ai primi ascolti, l'enfasi si sente.

Il circuito originale della seconda versione delle "Scala" (il type AA, come da commento sul cartiglio "circuito AA utilizzato fino a febbraio 1983" che equipaggiava questa versione), era così costituito:

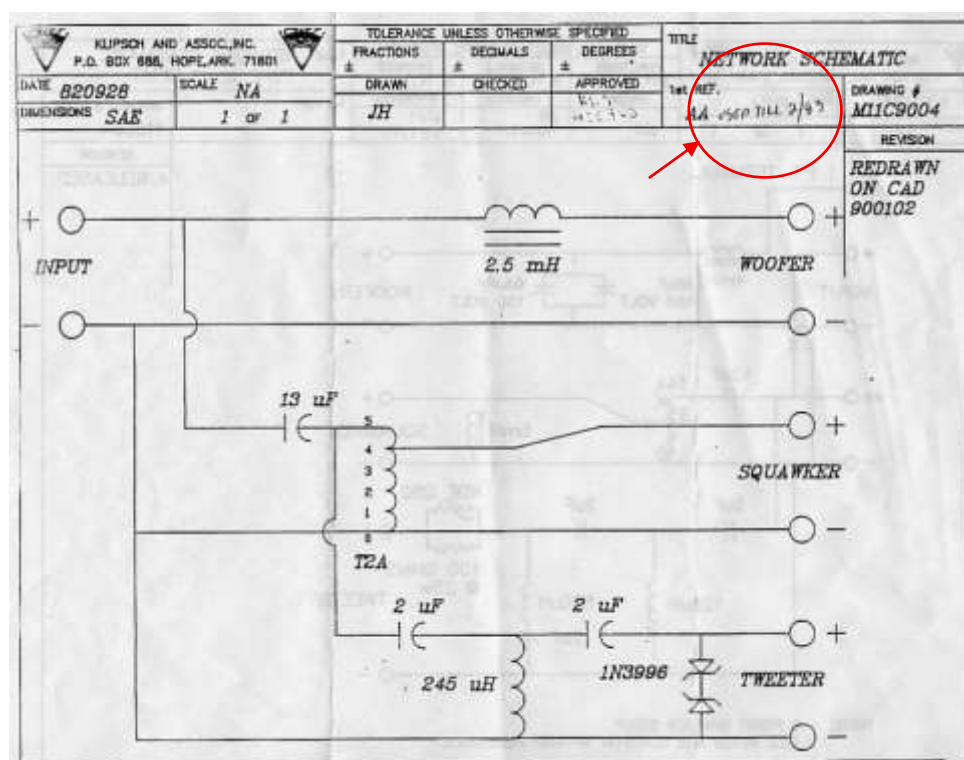


Fig. 05 – Schema originale del filtro denominato "AA" ed impiegato nella versione Mark II delle "La Scala" (fino a febbraio 1983)

Lo schema si presenta con un semplice filtro del 1° ordine sia per il passa basso del woofer che per il passabanda del midrange, ed uno strano 3° ordine per il tweeter avente apparentemente identici valori per due condensatori e senza alcuna inversione di fase ai morsetti del tweeter, dato che anche gli altri circuiti sono di ordine dispari. I due diodi zener contrapposti 1N3996 posti dal progettista a protezione del tweeter, erano già da tempo stati esclusi dal circuito.

A questo punto, non ci siamo sentiti in obbligo di perseguire le stesse indicazioni seguite dal precedente appassionato dei crossover replica, ma siamo ripartiti da zero per riallineare in modo coerente le emissioni.

Alla fine è quello che ci ha chiesto il nostro amico Daniele: riportare i diffusori al corretto funzionamento iniziale, possibilmente migliorando le prestazioni iniziali. Da qui l'inglesismo *revamping* che abbiamo utilizzato per intitolare l'articolo. Andiamo quindi a rinnovare questi splendidi diffusori!

Il woofer K-33-E ed il suo circuito



Fig. 06 - Esecuzione preliminare del test di *rub & buzz* sui due woofer mod. K-33-E, per verificare l'integrità del funzionamento dell'equipaggio mobile, composto dalla bobina mobile, sospensioni, centratore. Tutto OK!

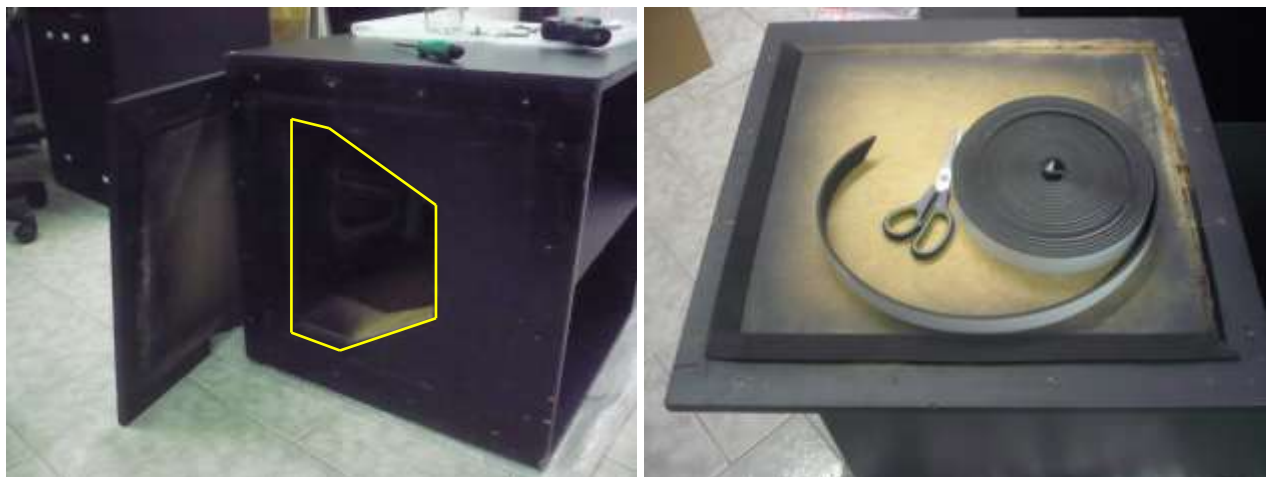
Il test l'abbiamo effettuato nelle tre ... ehm ... posizioni canoniche (orizzontale, verticale posizione iniziale e verticale nuova posizione ruotata di 180°), dato che inizialmente questo test non era stato superato da uno dei due woofer. Il superamento di questo test indica la bontà di funzionamento dell'equipaggio mobile.

Nel caso anche soltanto uno dei due woofer non avesse superato questo test, il proprietario doveva prepararsi ad aggiungere un discreto *budget* da dedicare alla riconatura dei driver originali ... invece, fortunatamente, tutto è andato a buon fine.



Fig. 07 - Abbiamo comunque ruotato di 180° ambo i woofer per compensare un eventuale rilassamento dello *spider* (centratore) e della sospensione, potenziali rilassamenti causati dall'azione delle forze di gravità (la membrana di un 15" ha una discreta forza-peso ...) e garantire nel contempo la corretta posizione in tolleranza della bobina all'interno del traferro; con il passare degli anni questo fenomeno può a volte accadere. Ricordiamo che questi diffusori hanno più di 40 anni di musica sulle spalle, riprodotta in chissà quali condizioni.

Durante lo smontaggio del woofer e dalle misure preliminari di impedenza effettuate in cassa chiusa, ci siamo accorti che la tenuta pneumatica della tavola di fondo che chiude la camera del woofer non era sufficiente a garantirne l'ermeticità. Dato che parecchie viti di fissaggio già in fase di allentamento della tavola giravano a vuoto, abbiamo deciso di ricostruire tutto il sistema di tenuta, oramai deteriorato dal tempo e dall'usura, apponendo un nuovo nastro sigillante adesivo in schiuma poliuretanica a celle chiuse, e ripristinando sia l'ermeticità del sistema che quindi i parametri elettroacustici di progetto:



Figg. 08-09 – Notare lo sviluppo della sagoma del pannello di fondo del cabinet che copia quella della sezione del woofer da 15" posto all'interno del cabinet; quasi una costruzione in stile aeronautico, dove ogni componente deve essere facilmente accessibile, ispezionabile ed eventualmente sostituibile. Questa è una delle doti che dovrebbe sempre offrire il settore dell'audio professionale. Dopo le misurazioni elettriche preliminari, abbiamo proceduto con quelle acustiche:

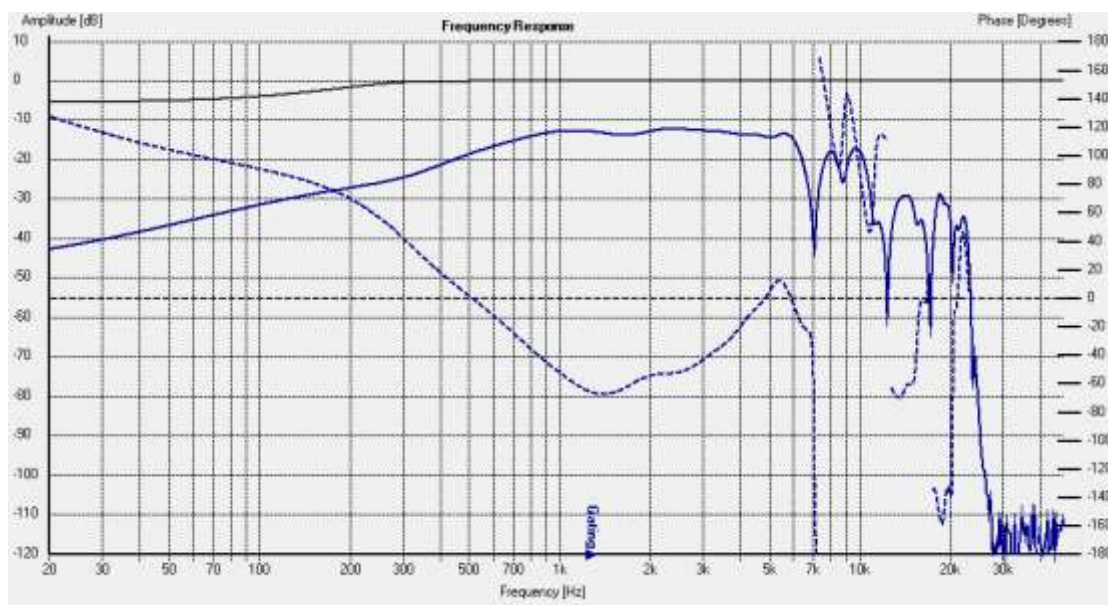


Fig. 10 - Risposta in regime semianecoico (woofer + midrange) - cassa 02 – in asse ad 1 m.
Situazione iniziale – Fase 0° midrange a 5,00 kHz e a 7,00 kHz

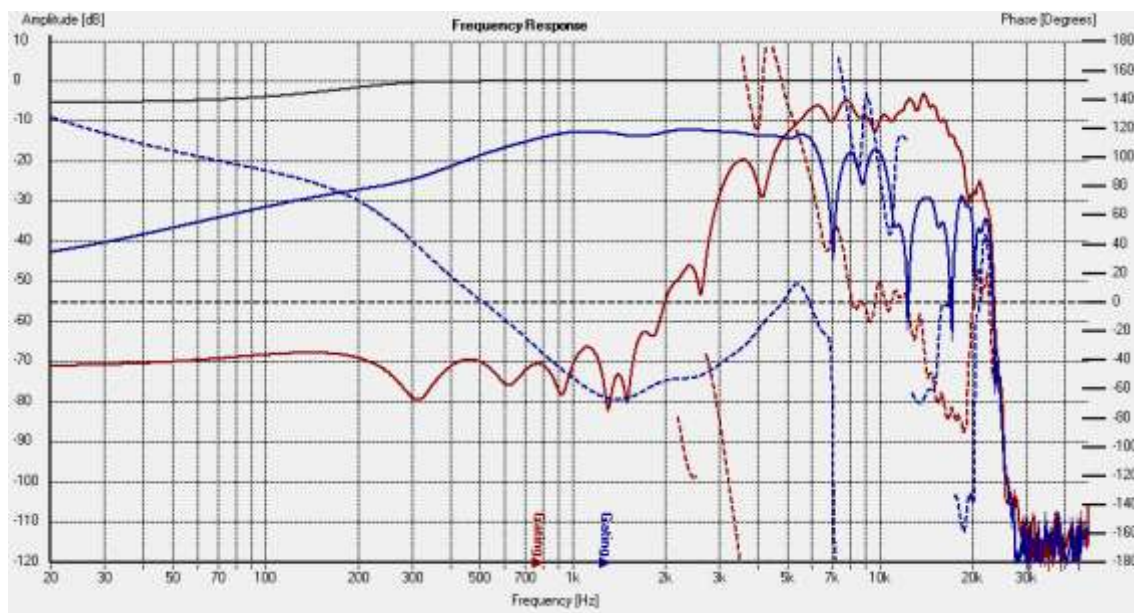


Fig.11 - Risposta in regime semianecoico e fasi woofer + mid (in blu) e tw (in rosso)
Cassa 02 – in asse ad 1 m - Situazione iniziale – Fase 0° a 5,00 kHz e 7,00 kHz per il midrange e
3,50 kHz e 8,20 kHz per il tweeter

Lo sfasamento rilevato tra le due vie potrebbe essere stato causato da una normale deriva dei parametri elettromagnetici dei materiali ferromagnetici che compongono i *drivers*; *drivers* che ricordiamo possono anche essere potenzialmente stati utilizzati per quarant'anni di seguito. Ricordiamo che i midrange ed i tweeter sono stati realizzati dalla Atlas Sound per Klipsch in una lega ferromagnetica denominata Alnico, acronimo che indica una lega composta da, ALluminio, NIchel e CObalto, oltre ovviamente all'acciaio a basso tenore di carbonio (ferroso) e svariati suoi ossidi come base della lega. In natura, infatti, il ferro puro come elemento Fe, praticamente non esiste.

Ricordiamo che all'epoca, oltre alla lega ferromagnetica in Alnico esisteva in commercio praticamente soltanto la ferrite; l'alnico veniva preferita alla ferrite per sue le doti di più elevata densità di flusso del campo elettromagnetico generato, ovvero per la maggiore forza lavoro ($T \times m$) prodotta a parità di peso di materiale impiegato. Quindi per componenti di pregio (come sono questi motori) era una scelta praticamente obbligata. Detti i pregi, occorre anche descrivere i lievi difetti di questa lega, ovvero la maggiore deriva dei parametri elettromagnetici nel tempo, deriva un po' più accentuata rispetto alla ferrite.

Oggi, grazie alla continua ricerca delle migliori prestazioni nel campo dei magneti permanenti (quindi anche della loro permanente tenuta nel tempo), esistono altre due grandi famiglie di materiali che presentano parametri tecnico-fisici con standards di produzione ampiamente superiori ai due precedenti, ed hanno anche nella pratica superato i compromessi posti dalle due precedenti formulazioni. Queste nuove leghe magnetiche sono costituite da elementi a base di SmCo (Samarium e Cobalto) e di NdFeB (Neodimio, Ferro e Boro), l'ultima però maggiormente sensibile alle alte temperature ed utilizzata preferibilmente nel settore criogenico. Secondo la "Tavola periodica degli elementi", il Samario ed il Neodimio (ovvero le materie prime costituenti queste due leghe ferromagnetiche), fanno parte della categoria dei 17 elementi definiti come le cosiddette "Terre

rare”, materie prime queste oggetto di argomenti molto dibattuti ultimamente, a causa della loro scarsità e della conseguente rilevanza di queste *commodities* negli assetti geopolitici mondiali.

Le celle di compensazione alla reattanza induttiva

Abbiamo inizialmente verificato la possibilità di dotare il woofer K-33-E di una apposita cella che agevolasse l'azione del filtro passa basso (che ricordiamo è del 1° ordine) e migliorasse l'emissione all'incrocio con il midrange.

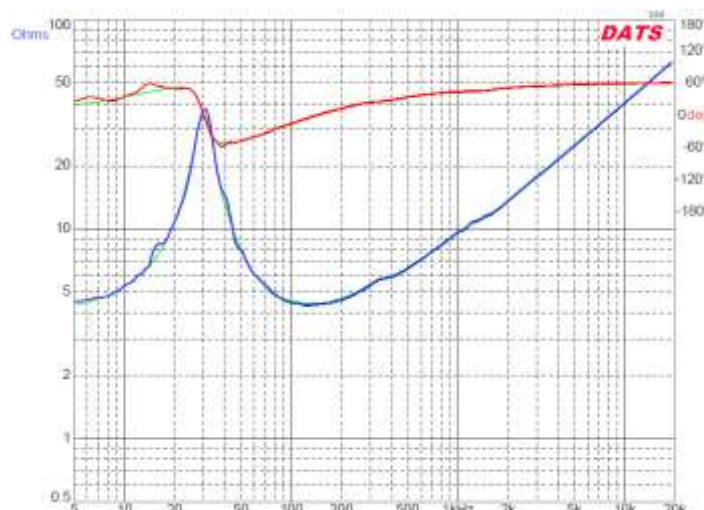


Fig. 12 – Modulo e fase dell'impedenza del woofer, misurati durante i test iniziali

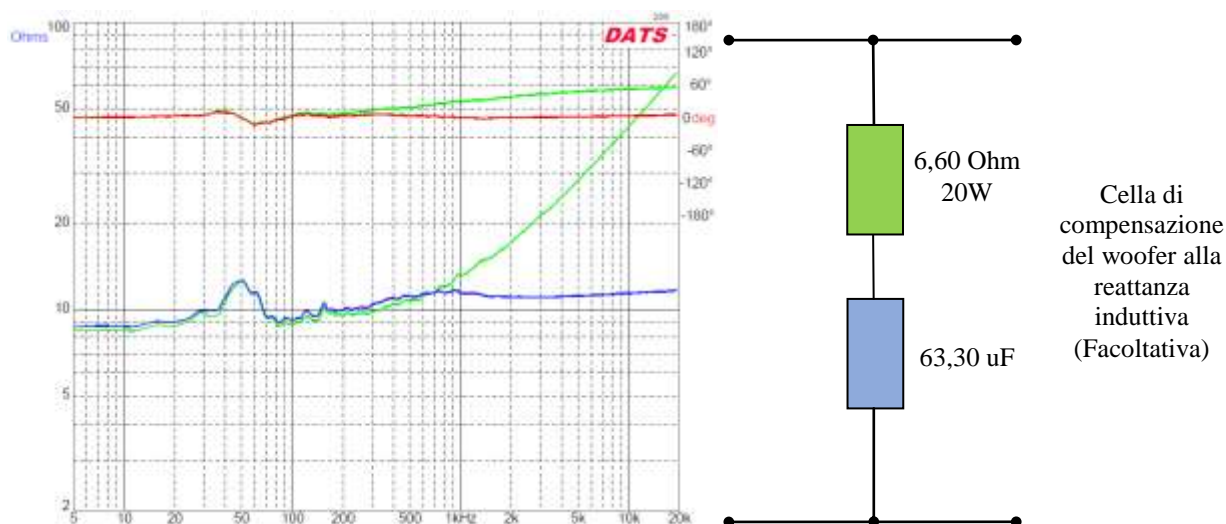


Fig. 13 - Modulo e fase impedenza woofer non filtrato ma compensato alla reattanza induttiva – cassa 1 – Calcolazione e realizzazione nuova cella di compensazione dell'impedenza 11 Ohm +/- 1 Ohm da 300 Hz @ 20 kHz - Frequenza di risonanza a F_s @ 50 Hz

Qui è raffigurato sia il circuito che l'andamento delle impedenze (prima e dopo l'inserzione della cella). Alla fine, per questo progetto di revamping abbiamo deciso di non utilizzarla (ma non è detta l'ultima parola), dato che il woofer emette indirettamente nell'ambiente; l'emissione indiretta

(il woofer è alloggiato all'interno di una cavità schermante), genera già una sorta di ulteriore filtraggio passa basso alle frequenze oltre i 300-400 Hz. Chapeu, mr. Klipsch!

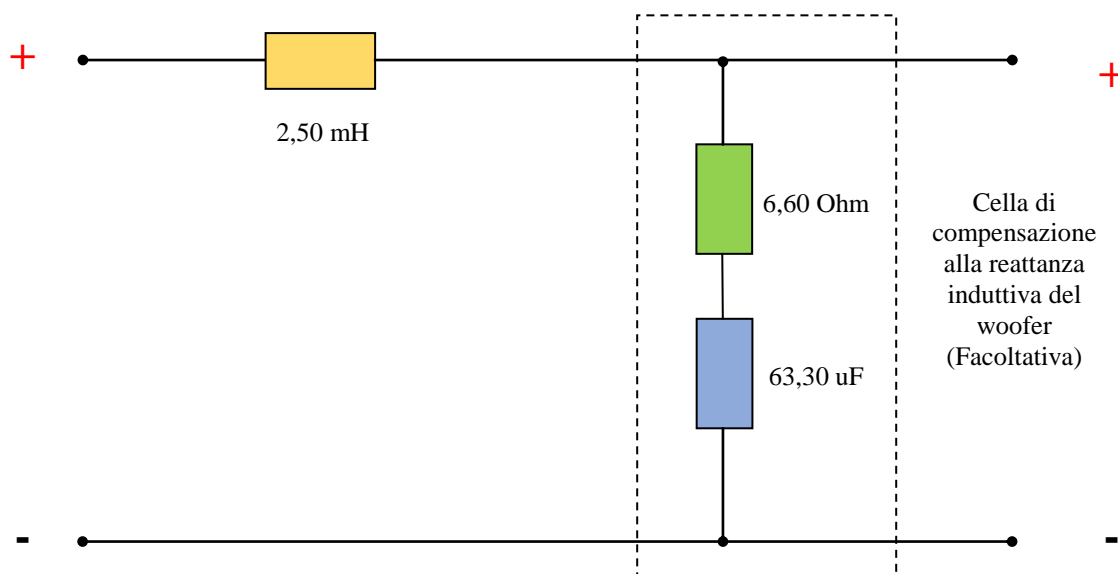


Fig. 14 - Schema elettrico circuito passa basso woofer – Filtraggio BW 1° Ordine @ 500 Hz

Il circuito crossover del tweeter K-77

Passando al tweeter, il nuovo circuito ha visto, oltre all'inserzione di una cella di cortocircuito dell'impedenza alla risonanza, una razionalizzazione del suo layout originale.

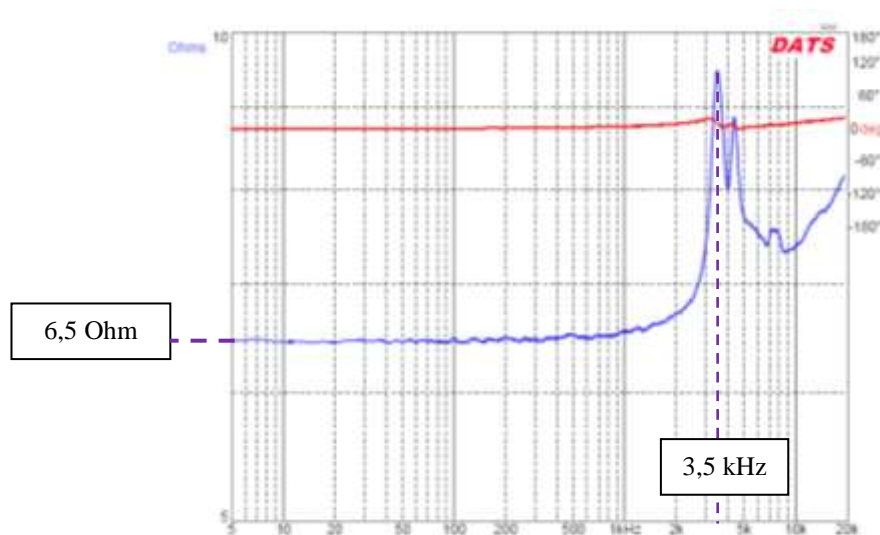


Fig. 15 - Modulo e fase impedenza tweeter – Frequenza di risonanza @ 3,5 kHz
Impedenza nominale del tweeter 6,5 Ohm

Come spesso accade quando si tenta di eseguire un incrocio corretto tra due driver utilizzando le strade canoniche della progettazione elettroacustica, può capitare che il risultato stenti ad arrivare.

Il nostro bel driver a compressione non fa eccezione; nella misurazione dell'impedenza, rileva un robusto e repentino innalzamento del modulo, che passa in un battito di ciglia da 6,5 Ohm a 9,50 Ohm @3,5 kHz con un bel doppio picco di risonanza, per poi raccordarsi altrettanto rapidamente con la reattanza induttiva della sua bobina mobile tra 7,50 e 8,20 Ohm a 20 kHz (vedi Fig. 15).

Ciò significa che tutte le frequenze gestite dal filtro che orbitano nell'intorno della frequenza di risonanza di 3,5 kHz subiscono irrimediabilmente anch'esse delle importanti limitazioni nella loro azione. Regola imporrebbe di raddoppiare la frequenza di taglio ponendo giusto a 7,00 kHz la sua frequenza di taglio.

Ma dato che anche il filtro del terzo ordine così come realizzato originariamente con la sua pendenza non riuscirebbe ad abbattere consistentemente le frequenze sotto i 5,00 kHz (vedi Fig. 11), dobbiamo utilizzare un altro metodo.

Ricordiamo che il filtro originale operava con fase 0° gradi sia a circa 8,20 kHz, che alla risonanza a 3,50 kHz, (vedi Fig. 11):

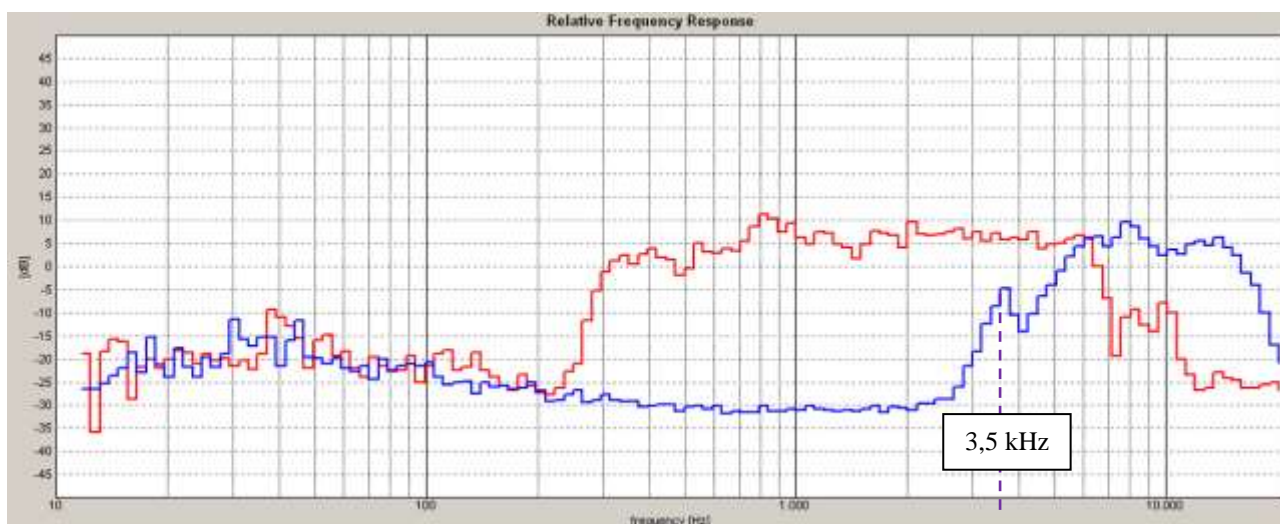


Fig. 16 - Comportamento del filtro del 3° ordine sul tweeter senza cella di corto circuito a 3,50 kHz-
La misurazione è stata effettuata durante le fasi iniziali di studio e progettazione

Si noti in Fig. 16 l'innalzamento del modulo nell'intorno della frequenza di risonanza nella misurazione a 6i di ottava, dovuta al picco di impedenza alla risonanza non compensato. Questo comportamento concorre ad elevare la distorsione di fase nella regione dell'incrocio con il midrange.

Per eliminare questo fenomeno risonante occorre limitare il modulo di impedenza in quella regione. Abbiamo perciò progettato una cella di cortocircuito. Come si suol dire in questi casi, “abbiamo preso il toro per le corna”, mettendo a punto la cella del tweeter, per poi fondere successivamente i risultati conseguiti con quella del midrange. Provocare un cortocircuito alla frequenza di risonanza comporta alla bobina del tweeter il fatto di “inchiodarsi” letteralmente, azionando una freno elettromagnetico progressivo quando il segnale si avvicina a quella frequenza.

La cosa vale ancor di più nel caso (come questo) dove non sia presente ferrofluido nel traferro. Due bei grandi vantaggi. Il driver K77-V infatti, così come anche il suo fratello maggiore K55-V, non

utilizza ferrofluido. Anche il Klipsch K55-V è un driver a compressione (utilizzato oltre alla La Scala come midrange anche in diffusori come le Cornwall), e il design originale non prevedeva anche per lui l'uso di ferrofluido nel traferro. Il K55-V è un midrange a compressione prodotto come il K-77 da Atlas Sound per Klipsch, e noto anche come modello Atlas SD-70 (tra gli altri nomi utilizzati commercialmente), ed è risalente a un'epoca in cui l'uso del ferrofluido nei driver per altoparlanti non era ancora comune. È stato progettato con un traferro denominato "a secco".

L'uso del ferrofluido è diventato più diffuso successivamente, principalmente nei tweeter (e nei driver a compressione per medie e alte frequenze) a partire dagli anni '70, per migliorare la gestione termica (il raffreddamento della bobina mobile) e lo smorzamento delle risonanze indesiderate. Se si tenta di aggiungere ferrofluido a un driver non progettato per utilizzarlo, si rischia di danneggiarlo o alterarne le prestazioni, poiché il fluido potrebbe modificare le caratteristiche del traferro e la sua impedenza meccanica. Quando si esegue una manutenzione su un driver come il K77-V, non è necessario quindi aggiungere o sostituire alcun ferrofluido. Il traferro di questi driver deve invece essere mantenuto pulito e asciutto.

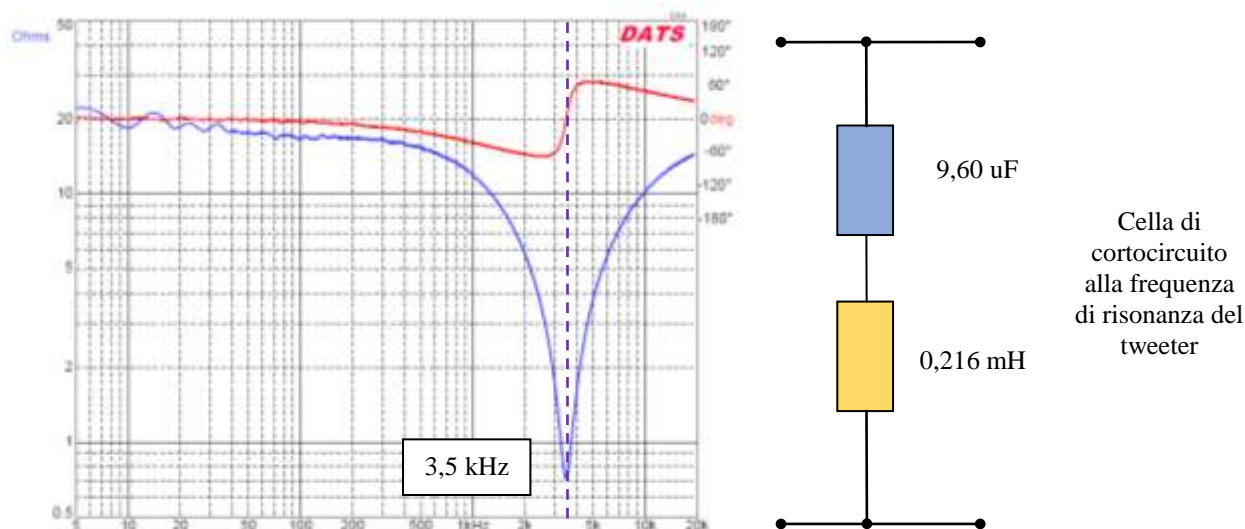


Fig. 17 - Funzione di trasferimento della nuova cella di compensazione dell'impedenza alla risonanza del tweeter: 0,7 Ohm @ 3,5 kHz

Praticamente abbiamo realizzato un bel cortocircuito sul tweeter!

I vantaggi che si conseguono con questa tecnica, corrispondono al fatto sia di ridurre a percentuali infinitesimali il tasso di distorsione del driver nelle prossimità della sua frequenza di risonanza, che la possibilità che si danneggi a causa di una sovraelongazione della corsa della sua bobina mobile in assenza di tale cella.

Qualcuno potrà aggiungere: “guarda che se mandi in cortocircuito il tweeter, ai morsetti dell'amplificatore troverai 0,7 Ohm di impedenza e quindi brucerai i suoi finali!”. Tranquilli, diciamo noi.

Quella curva che è raffigurata nella Fig. 12 è soltanto la funzione di trasferimento della cella non ancora collegata al circuito del tweeter.

Una volta che la cella sarà inserita nel circuito, il cortocircuito non sarà più visibile ai morsetti dell'amplificatore (vedi il grafico di impedenza finale visualizzato in Fig. 32, in cui abbiamo il modulo di impedenza attestato sui 12 Ohm @3,5 kHz), poiché annegherà nel *mare magnum* di tutte le altre funzioni di trasferimento, delle risonanze e delle antirisonanze presenti nel circuito elettrico reale ed in quello equivalente presente all'interno dei vari trasduttori.

Poche altre correzioni hanno interessato il layout originale; si cita il disaccoppiamento elettrico del tweeter dal circuito del midrange, il quale proponeva in serie al primo condensatore da 2,2 uF la capacità da 13,00 uF (quella del passa basso del mid).

La somma dei due valori in serie 13,00 uF e 2,2 uF cuba 1,84 uF, valore trovato accoppiando in parallelo un condensatore da 1,00 uF, uno da 0,47uF ed uno da 0,33 uF. *“Ma la somma non fa esattamente 1,84 uF !”,* potrebbe esclamare qualcuno.

Diciamo allora che nominalmente la somma comporterebbe un valore pari a 1,80 uF; con il gioco delle tolleranze tra i componenti selezionati, e se le misurazioni vengono svolte con un buon ponte RLC su una discreta serie di identici componenti, si riescono ad ottenere anche queste selezioni bislacche. La cosa è stata comunque un po' più complicata del solito, perché i condensatori che sono stati selezionati nella nostra esecuzione con lo standard *“Ultra Grade”* voluta dall'amico Claudio sono tutti in polipropilene (MKP) a strato metallizzato, con l'isolamento del dielettrico di 600 Vdc e tolleranza al 2% ... e quindi i componenti misurati erano già tutti in ristrettezze poco tolleranti!

Qui il layout del circuito passa alto del tweeter:

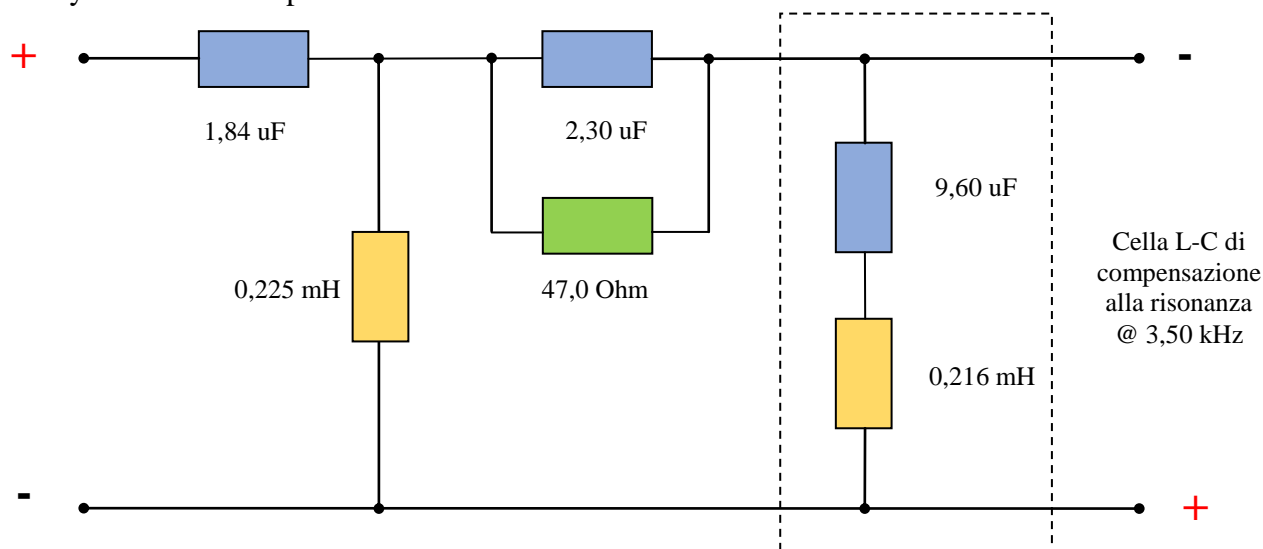


Fig. 18 - Schema elettrico circuito nuovo passa alto tweeter 3° ordine compensato alla risonanza Filtraggio 3° Ordine @ 4,50 kHz – Adesso il circuito è diventato invertente

Certamente non è una regola scritta quella di dovere invertire obbligatoriamente le polarità passando da un filtro di ordine pari (quello del midrange) ad uno dispari (quello del tweeter), ma i casi che ci si sono presentati finora inanta anni di onorato servizio, indicano che questo accade con buone probabilità.

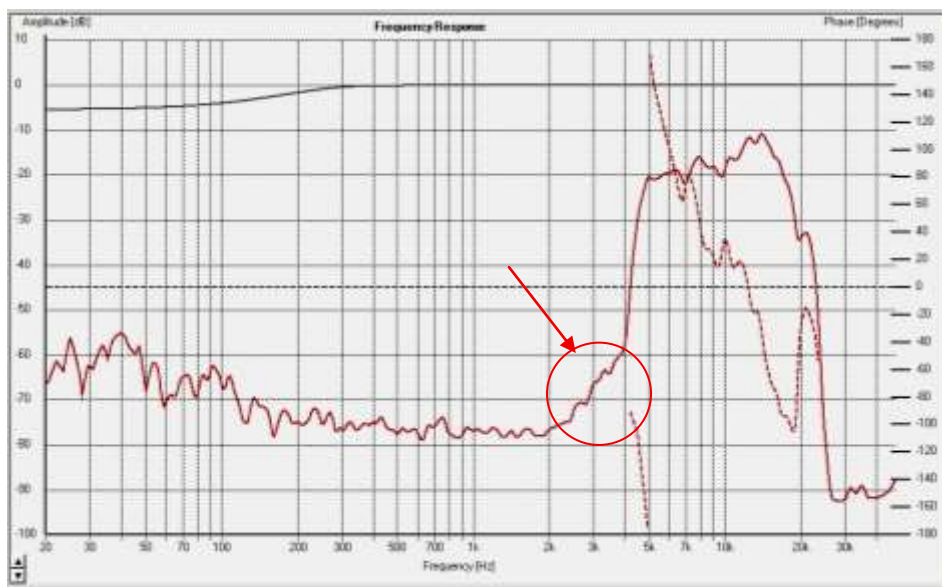


Fig. 19 - Risposta in regime semianecoico del tweeter filtrato e compensato.

La misura non è definitiva, poiché è stata rilevata durante le lavorazioni. Si noti anche la scomparsa del picco a 3,5 kHz.

Circuito passa alto centrato con fase 0° @ 5,00 kHz – Ripresa fuori asse @ 30°.

La circuitazione del midrange (lo squawker K-55-V)

A differenza delle scelte operate sul circuito del woofer e per il tweeter, per il midrange abbiamo deciso di utilizzare una cella di compensazione della reattanza induttiva. Alla reattanza induttiva della bobina mobile opponiamo perciò una reattanza capacitiva, quella offerta dal condensatore da 1,00 uF smorzato da una resistenza da 12 Ohm. Ad una risonanza opponiamo un'antirisonanza. Semplice, no?

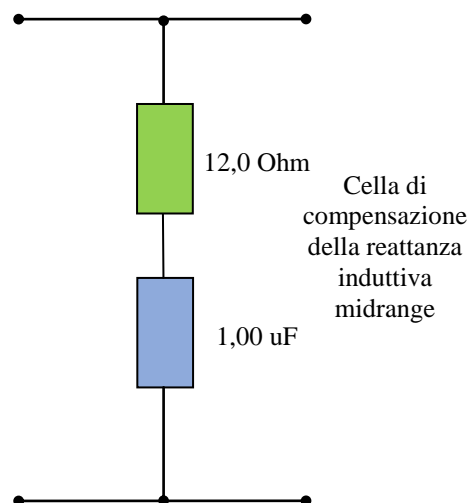
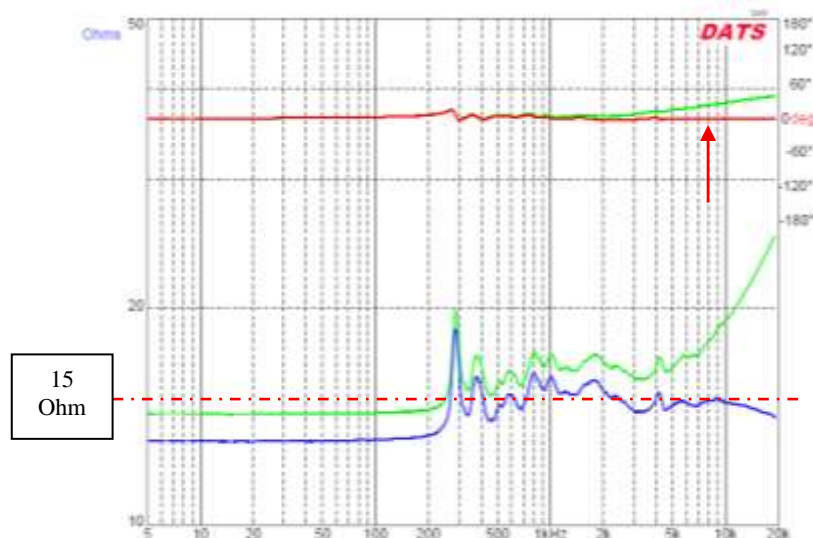


Fig. 20 - Modulo e fase impedenza del midrange non filtrato ma compensato alla reattanza induttiva
Cassa 02 – Situazione iniziale senza compensazione dell'impedenza (in verde chiaro)
Frequenza di risonanza F_s @ 300 Hz – circa 15 Ohm +/- 1 Ohm da 300 Hz a 20,00 kHz
Notare l'andamento della fase, praticamente pari a 0° su tutta la banda

Dopo avere ottenuto questo risultato, abbiamo potuto procedere al calcolo del filtro passa alto del midrange, un Butterworth del 2° ordine con F_c a 500 Hz, che ricopiasse almeno in parte i valori del

filtro originale, in una sorta di ingegneria inversa, al solo scopo di riutilizzare quanta più componentistica esistente che abbiamo in dotazione, perdipiù tutta di ottima fattura e qualità:

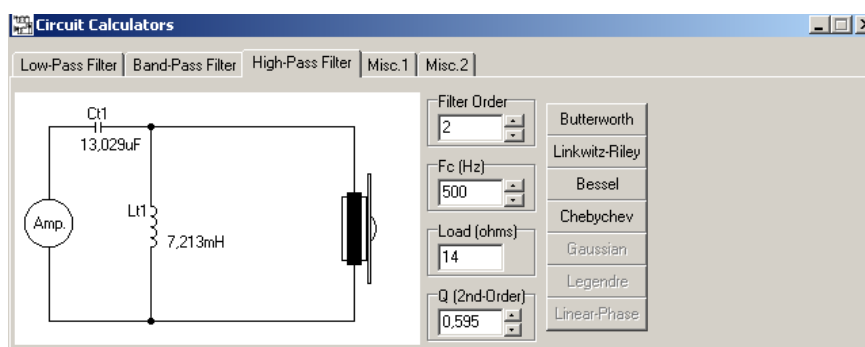


Fig. 21 - Calcolazione filtro passa alto midrange @ 500 Hz

Per agevolare il riuso della componentistica originale, invece di realizzare ex-novo una costosa ed ingombrante induttanza da 7,13 mH, abbiamo voluto riutilizzare quella già presente (la mitica Klipsch "T2A", assemblata dal produttore secondo precisi canoni di avvolgimento, la quale induttanza (denominata anche *autoformer*) prevede la possibilità di scegliere più valori selezionando la giusta combinazione dell'avvolgimento sui pin da 0 a 5.

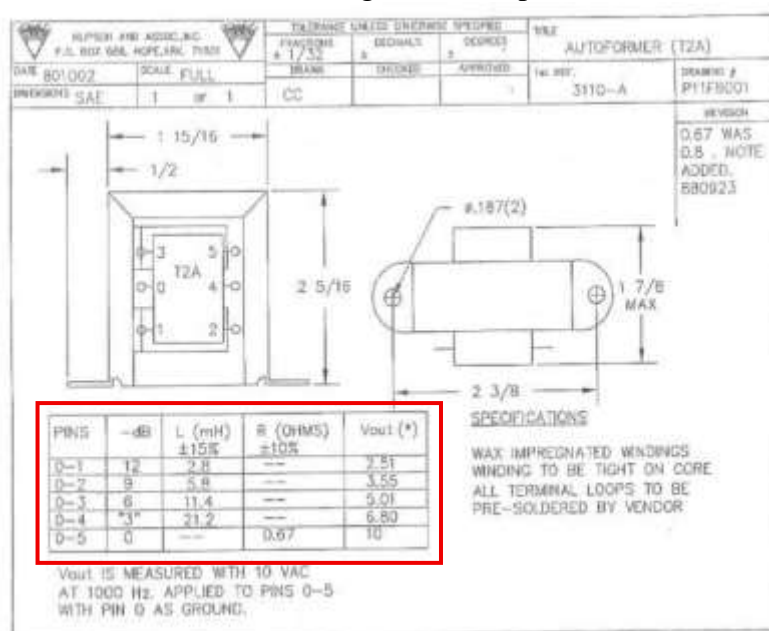


Fig. 22 - La scheda tecnica dell'induttore "T2A" presente sul circuito originale "Type AA"
Il titolo dello schema dichiara il T2A come un autotrasformatore

Nel nostro caso abbiamo selezionato la combinazione 0-4, ovvero quella che prevede un valore di 21,20 mH di induttanza, (così come schedulato dal costruttore), ed una resistenza in c.c. di 0,68 Ohm, così come da layout del crossover originale (vedi Fig. 05).

In realtà, i valori di induttanza (misurati con l'impedenzimetro e il ponte LCR) sui due esemplari in nostro possesso erano un po' diversi, (anche tra loro). Qui le misure rilevate sul primo:

PINS	L (mH)	R (Ohm)
0 – 1	1,621	0,36
0 – 2	3,290	0,47
0 – 3	6,65	0,55
0 – 4	12,41	0,67
0 – 5	59,30	0,95

Queste le misure rilevate sul secondo esemplare:

PINS	L (mH)	R (Ohm)
0 – 1	1,331	0,39
0 – 2	2,720	0,50
0 – 3	5,480	0,58
0 – 4	10,35	0,68
0 – 5	53,20	0,92

Alla posizione dei pin a saldare nn. 0-4 infatti, la combinazione è risultata avere un valore di induttanza pari a 12,41 mH e 10,35 mH, con praticamente la stessa resistenza in c.c. di 0,68 Ohm; i valori di induttanza hanno quindi comportato un leggero abbassamento della frequenza del passa alto, passando da 500 Hz di progetto a circa 350 Hz. Nel caso del calcolo del filtro passa basso impostato a 5,00 kHz, invece, abbiamo faticato un po' di più (ovvero abbiamo impiegato un po' più di tempo), a causa delle difficoltà riscontrate nell'incrocio con il tweeter:

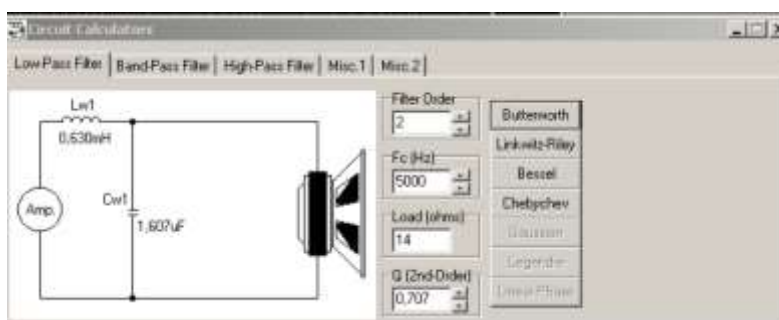


Fig. 23 - Calcolazione filtro passa basso midrange @ 5,00 kHz

Abbiamo voluto elevare le pendenze di filtraggio del midrange semplicemente per evitarci un sacco di noie sul fatto di incrociare i driver blandamente con un 1° ordine a 6 dB/oct, ed aumentare così le distorsioni di fase dovute al mutuo contributo emissivo asincrono prima di raggiungere la sincronica regione di incrocio alto del midrange con il tweeter.

Peraltro, questa tendenza ad incrementare progressivamente le pendenze (alias gli ordini di filtraggio) delle circuitazioni sulle La Scala, è stata poi adottata da Klipsch per tutte le versioni

commercializzate successivamente a questa. Il diffusore è tutt'ora in produzione, magari un po' più attraente dal punto di vista estetico rispetto a quello delle prime versioni. Per l'aspetto sonico, invece, permane fortunatamente il dna del primo esemplare prodotto nel 1963.

Quindi ci adeguiamo volentieri anche noi ai tempi che cambiano con la nuova versione dei circuiti Mark II a pendenza aumentata delle La Scala (ai nostri due esemplari Mark II si potrebbe aggiungere un bis...):

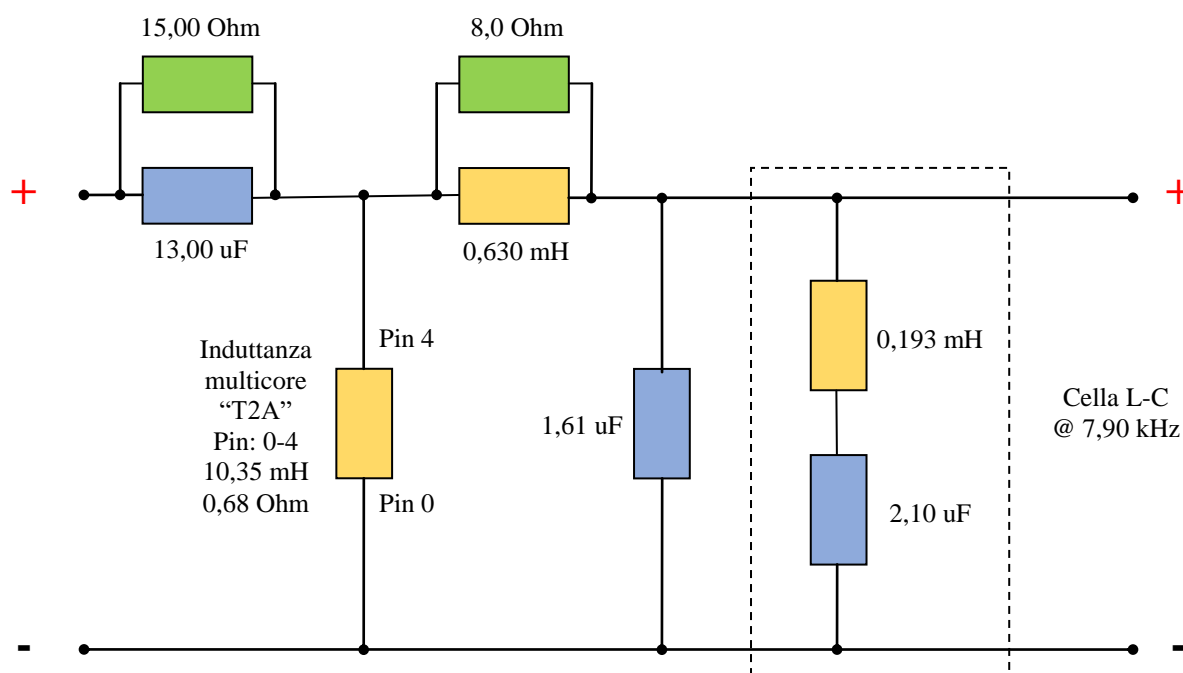


Fig. 24 - Nuovo schema elettrico circuito passa banda midrange
 Filtraggio BW 2° Ordine @ 300 Hz e @ 5,00 kHz

Peraltro, l'incrocio iniziale del passa alto del midrange era un po' più alto. Per questo motivo, come già detto, sia per garantire l'integrità del componente che per evitare problemi di distorsione di intermodulazione delle fasi alle basse pendenze, abbiamo deciso di aumentare la pendenza del filtro con un semplice Butterworth del secondo ordine.

Inizialmente, dalle misure effettuate in asse, (vedi fig.06), il tweeter riscontrava fasi 0° @ 3,5 kHz e @ 8,20 kHz. La fase acustica @ 7,00 kHz vale $+35^\circ$. Quindi diciamo che la situazione iniziale non andava malissimo ma neanche benissimo Dato quindi che siamo un po' pignolazzi, anche 1,20 kHz di differenza con uno sfasamento di 35° a quelle frequenze ci sembra un po' troppo.

Cosa può accadere ascoltando un sistema di diffusori con quelle caratteristiche di sfasamento?

A quelle frequenze. di solito niente di eclatante; ne soffre soltanto un pò l'immagine sonora, che rimane un po' offuscata sia sul piano verticale, che nel dettaglio nella profondità del piano orizzontale, e quindi patiscono perlopiù nella disposizione nello spazio le sorgenti virtuali; insomma (dio e qualche audiofilo patito non ce ne vogliano), è quel che succede in genere un po' a tutti i sistemi a tromba con quegli accentuati offset geometrici. Basta spostarsi un poco di lato, oppure avanti o indietro e ... la magia scompare.

Allora abbiamo voluto giocare proprio sulla distanza dei centri di emissione che ci sono garantiti dalla disposizione dei due driver dei medi e degli alti. Ad occhio e croce e misurando spannometricamente la loro distanza, rileviamo un bell'offset geometrico di circa 50 cm... !

Eh si, perché il fondello del bel driver KT-55 in alnico del midrange rimane a fatica all'interno del filo del pannello posteriore della cassa, mentre il driver KT-77 del tweeter e relativa tromba è quasi a filo del baffle anteriore; senza fare troppe misure, e sapendo che il diffusore è profondo circa 60 centimetri (ed è largo altrettanto, tipo un elettrodomestico da incasso, per intenderci), la misura della distanza dei due centri di emissione è presto così calcolata.

I trasduttori, dopo avere suggerito loro qualche tentativo fuorviante (ed avendoci di conseguenza presi ovviamente a male parole), alla fine, per quanto riguarda l'andamento delle fasi relative, hanno reagito così:

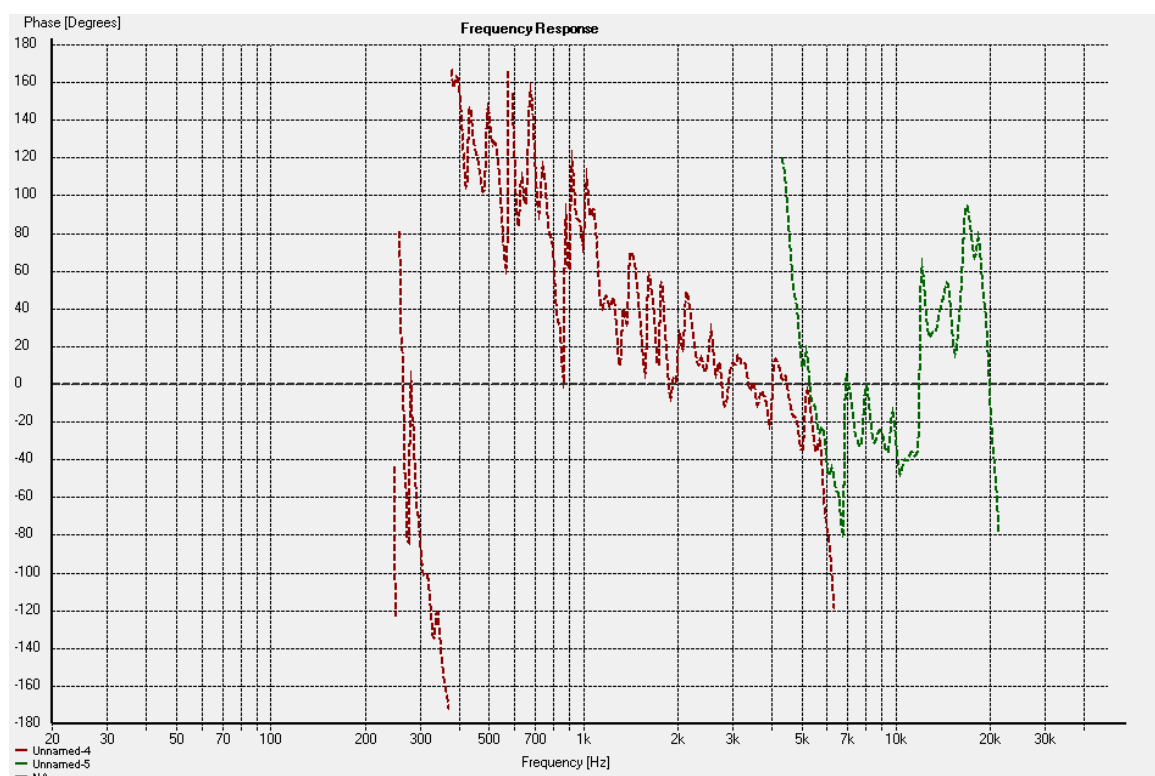


Fig. 25 - Andamento delle fasi acustiche relative del midrange (in rosso) e tweeter (in verde) - Incrocio a fase 0° @ circa 5,00 kHz – Risposta in regime semianecoico - Microfono fuori asse @ 40° - Crediamo di avere svolto un buon lavoro

Questo è il risultato ottenuto anche grazie all'operazione di *fine tuning* che deve sempre occorrere al termine del lavoro, per affinare ulteriormente le prestazioni.

Per questo motivo, ci piace appiccicare qua e là qualche resistenza, condensatore o induttanza in più, ma solamente per decorare ed abbellire un po' di più i nostri circuiti crossover ... (☺).

Per quanto riguarda l'andamento delle pendenze, nel dominio delle ampiezze alla fine abbiamo determinato questi andamenti, con un bel filtro *vari-slope* ad azione progressiva sul passa alto del tweeter (freccia viola):

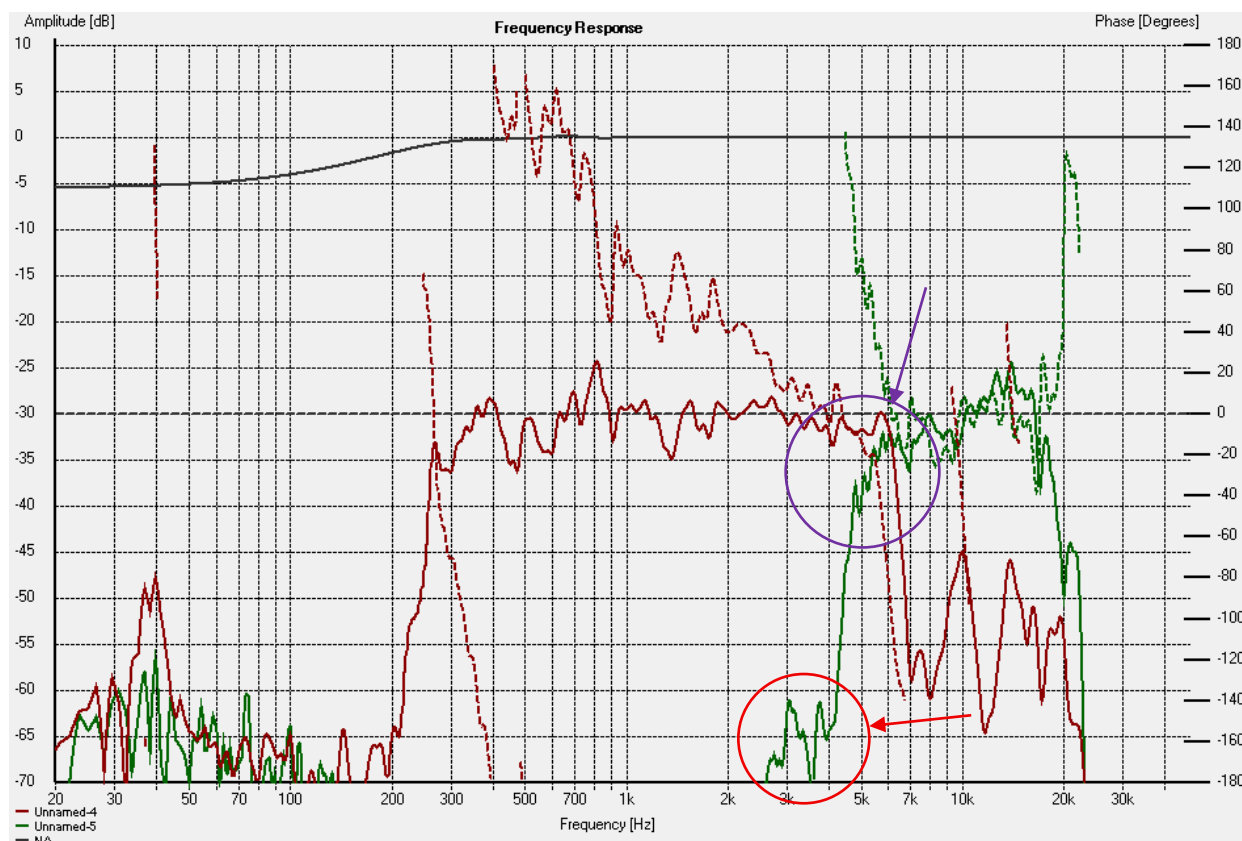


Fig. 26 - Comportamento delle singole fasi acustiche del midrange (rosso) e del tweeter (verde) - Incrocio a fase 0° @ circa 4,50 kHz – Risposta in regime semianecoico
Microfono fuori asse @ 30°

Ricordate quel brutto picco a 3,50 kHz misurato a sesti di ottava?

E' stato eliminato, affondandolo definitivamente sotto la soglia dei - 40,00 dB (freccia rossa, vedi anche Fig. 16).

Sono stati quindi sbrogliati i circuiti elettrici con le nuove tarature ed i nuovi valori.

Sono state avvolte le induttanze occorrenti al completamento dei circuiti ed assemblato *point-to-point* tutti i componenti elettronici sulle belle basette riciclate in compensato marino laccato.

Abbiamo sfruttato i reofori dei componenti laddove possibile, intercalando filo di rame smaltato a spezzoni di cavo isolato:



Fig. 27 - Il layout del nuovo circuito crossover delle La Scala – La componentistica impiegata per questo circuito rappresenta il nostro standard più elevato denominato “*Ultra Grade*”: paralleli di resistenze ad impasto di carbone da 2 Watt al 5%, selezione di paralleli di condensatori in polipropilene metallizzato con tolleranze nominali al 2% - 600 Vdc ed induttanze avvolte a mano. Se elettricamente è tutto ok, avessimo avuto un po' più di tempo, anche il layout del circuito poteva venire un po' più perfettino-precisino... Secondo voi, può bastare così? Noi rispondiamo ... mhh ...

Qui rappresentata la fusione delle due emissioni del midrange e del tweeter:

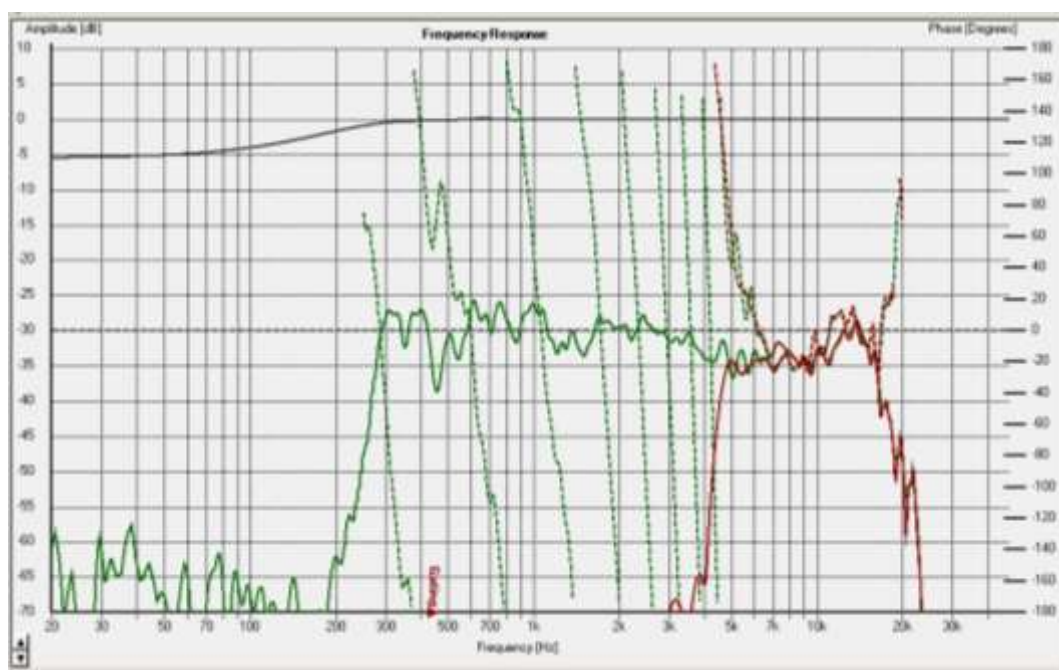


Fig. 28 - Risposta e fase in regime semianecoico midrange + tweeter (linea verde) – Incrocio con il tweeter (linea rossa)

Nella riprogettazione del crossover, abbiamo ottenuto il riallineamento delle fasi di midrange e tweeter @ 0° @ circa 5,00 kHz (linee tratteggiate sovrapposte rossa e verde). La ripresa è misurata fuori asse @ 40°. La polarità del tweeter è risultata invertente.

Giocando con i parametri di frequenza e di fase, alla fine, con un filtro Butterworth del 2° ordine sul midrange (rispettando quello del terzo sul tweeter), abbiamo ottenuto questa risposta in ambiente:



Fig. 29 - Risposta in ambiente Pink-Noise a 6i di ottava
Emissione midrange-tweeter
Ripresa fuori asse @ 30°

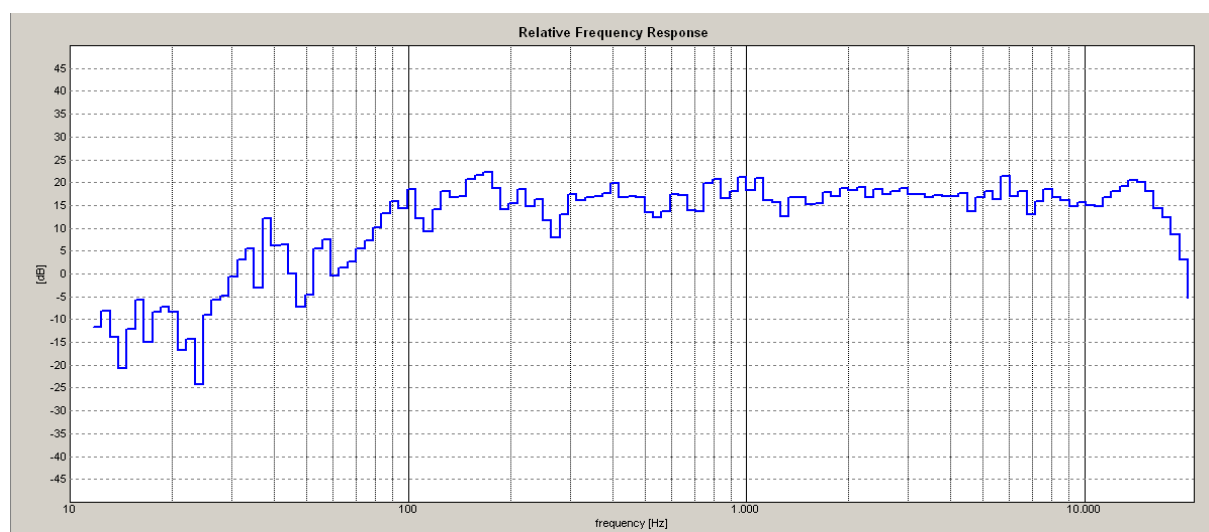


Fig. 30 - Risposta Pink-Noise a 12i di ottava in ambiente
Emissione woofer-midrange-tweeter
Ripresa in asse

L'amico Daniele ha voluto che i circuiti fossero posizionati specularmente all'interno dell'apposita cavità di alloggiamento del midrange; il secondo circuito l'abbiamo realizzato leonardescamente con l'ausilio di uno specchio, eheheh. Ed ecco la forma (quasi) finale della coppia speculare dei crossover:



Fig. 31 - Specularità dei circuiti. Un piccolo grattacapo in più per lo sbroglio del layout ...
Da sx verso dx: morsetti woofer, midrange, tweeter. Sull'altro circuito, rigorosamente tweeter, midrange, woofer ... ovviamente invertendo anche l'ordine delle polarità. Si veda a dx il positivo del ramo del woofer del circuito in costruzione, in totale opposizione con il primo crossover a sx

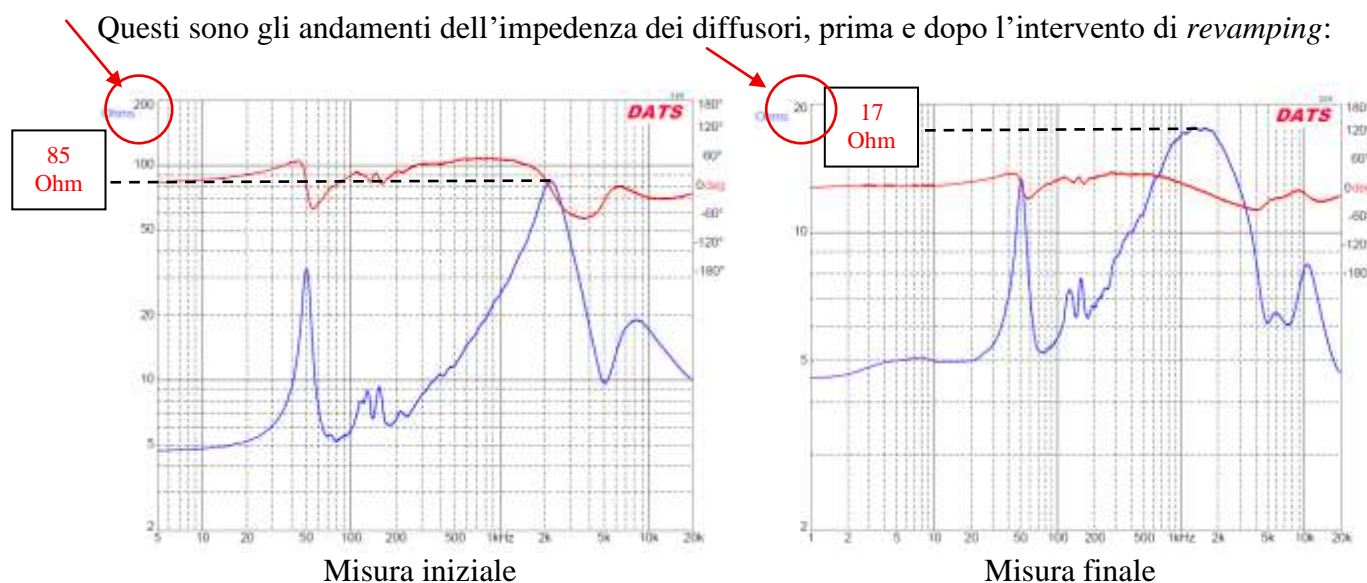


Fig. 32 – Andamento dell'impedenza generale del sistema misurato prima e dopo l'intervento
Attenzione alle scale di misura poste sull'ordinata dei due grafici!
(200 Ohm per il grafico a Sx e 20 Ohm per quello a Dx)

Il picco alla risonanza a causa della reattanza induttiva del woofer (pari a quasi 90 Ohm a circa 2,00 kHz) sulla misura iniziale, è stato ridotto a 17 Ohm in quella finale. Abbiamo conseguito un gran bel risultato! Riteniamo di avere svolto un buon lavoro.

Ma se vogliamo strafare per rendere ancora più *compliance* (ovvero più digeribili) i diffusori “La Scala” con le amplificazioni a vuoto, possiamo migliorare ancora un po' l'andamento dell'impedenza con una cella che avevamo già calcolato in precedenza.

Compensiamo l'impedenza

Per i possessori di amplificatori a stato solido questi grafici possono significare molto poco. Questa misura invece può risultare molto significativa per tutti quelli in possesso di amplificazioni al vetro che dispongono di questi diffusori. Dato il limitato fattore di smorzamento (*damping factor*) di queste elettroniche, fare vedere ai morsetti degli amplificatori queste variazioni può comportare qualche enfattizzazione nella riproduzione di quelle frequenze.

Per non buttare niente del gran lavoro svolto, andiamo allora a recuperare i vecchi (oramai) grafici di Fig. 08 con le misure effettuate su quella cella che avevamo progettato per abbassare la reattanza induttiva del woofer. Dato che il problema della gobba a 1,50 kHz viene prodotto proprio dall'influenza della reattanza induttiva del woofer sul resto del circuito, se ai loro morsetti di uscita applichiamo in parallelo questa cella, anche quella gobba verrà spietatamente spianata:

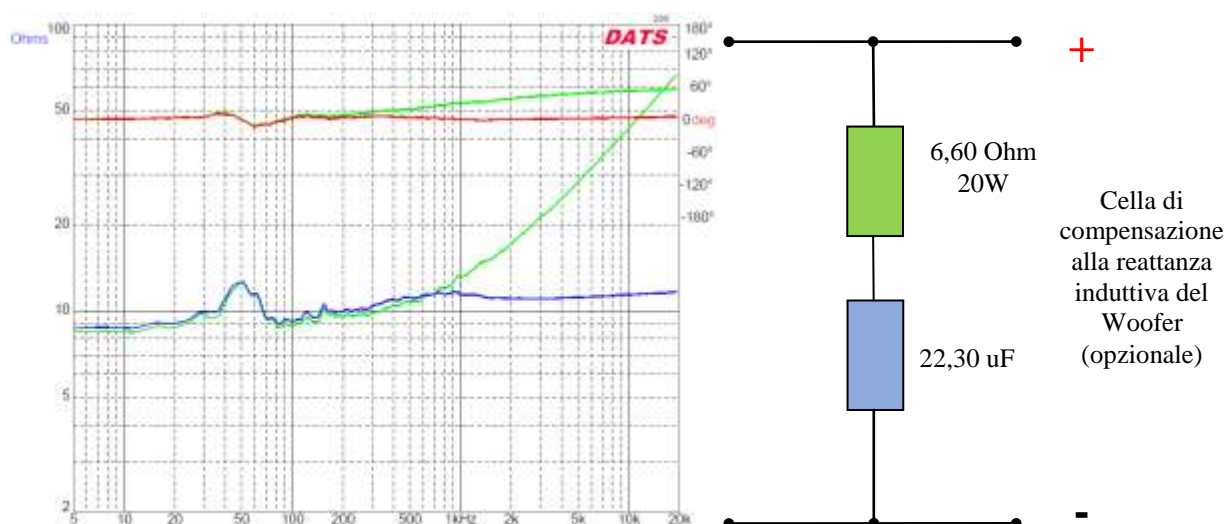


Fig. 08, ma anche Fig. 33 - Modulo e fase impedenza woofer non filtrato ma compensato alla reattanza induttiva della bobina mobile del woofer - Calcolazione e realizzazione nuova cella di compensazione: 11 Ohm +/- 1 Ohm da 300 Hz @ 20 kHz - Frequenza di risonanza a F_s @ 50 Hz

Per ottenere il risultato visibile in Fig. 36, abbiamo dovuto incrementare il valore del condensatore a 63 uF, a causa delle interazioni degli altri circuiti collegati in parallelo a questo.

Per ottenere la semplice linearizzazione della reattanza induttiva del solo woofer sarebbe bastato un condensatore da 22 uF, così come raffigurato qui.

Questo il circuito crossover del woofer con la cella di compensazione alla reattanza induttiva generale del circuito. In realtà questa cella andrebbe posizionata sui morsetti di ingresso del diffusore; l'effetto ottenuto è identico.

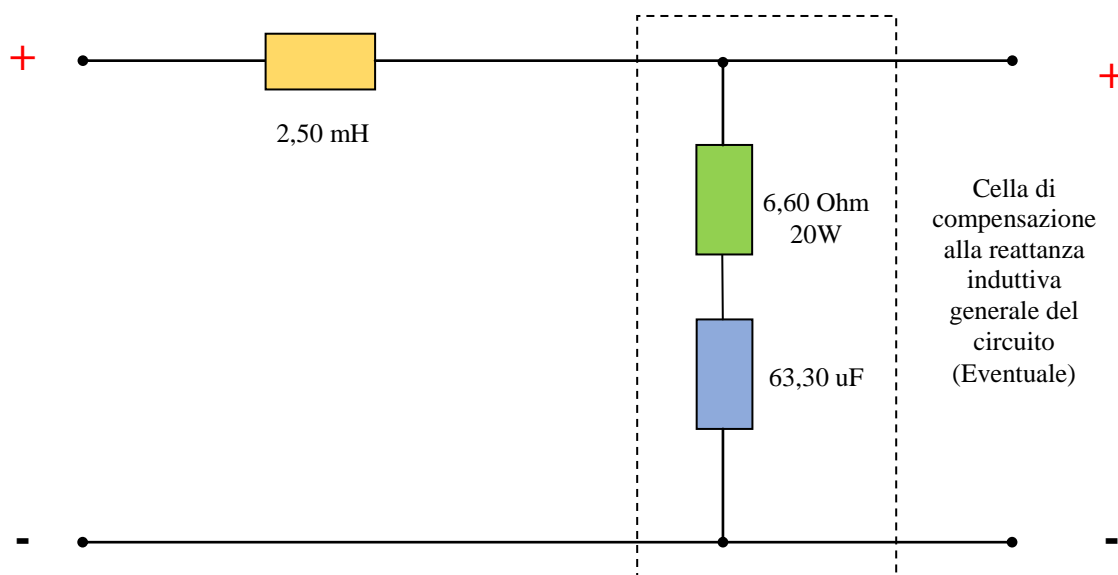


Fig. 34 - Schema elettrico circuito passa basso woofer – Filtraggio BW 1° Ordine @ circa 400 Hz

Questo l'andamento generale del diffusore nel dominio dell'impedenza del woofer, prima e dopo quest'ultimo intervento di linearizzazione della reattanza induttiva: 5,00 Ohm +/- 1,00 Ohm da 70 Hz a 16 kHz è un gran bel risultato:



Fig. 35 - Prima dell'intervento

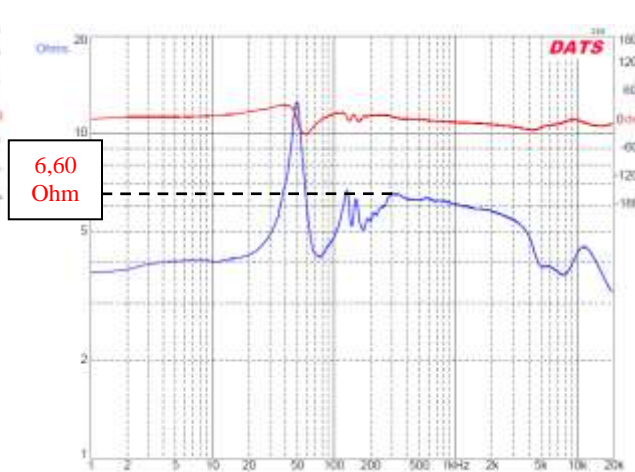


Fig. 36 - Dopo l'intervento

Probabilmente, avessimo avuto un po' più di tempo, sostituendo la resistenza da 6,60 Ohm con una da 4,70 Ohm 20 Watt, avremmo spianato ulteriormente questa gobba. Ma si sa, il tempo è sempre tiranno, ed è arrivato quello di separarci da questi splendidi diffusori.



Fig. 37 - Ultime foto di rito prima del loro imballaggio e spedizione. Si noti comunque il dna per uso *pro* dato dall'essenziale finitura dei mobili (verniciatura in nero opaco). Chissà quali artisti e quanti concerti hanno supportato questi diffusori ...!

Conclusioni

Per principio, ritenendoci ahinoi più tecnici progettisti che mercanti, ci asteniamo sempre nel dare giudizi sui progetti o gli interventi che realizziamo; lasceremo quindi che si esprimano tutti quelli che, in possesso di una coppia di questi splendidi diffusori, si volessero cimentare in questo stimolante esercizio di *revival*.

L'unica incredibile sensazione che vogliamo condividere con il lettore che è arrivato con noi fin qui, è quella riferita alla loro totale trasparenza e profondità di campo, trasmesse nel mezzo aeriforme (valutate un buon metro e mezzo oltre i diffusori), unitamente al fatto che, nonostante la loro mole, scompaiano letteralmente dalla scena sonora.

Lo spirito che occorre adottare affrontando il restauro o la rigenerazione di una vecchia coppia di diffusori, o nella realizzazione di un nuovo sistema di altoparlanti, deve essere sempre quello di avvicinare l'apparato uditivo al nostro cuore.

Per certi versi è come preparare un piatto con una ricetta base presa da un buon libro di cucina, aggiungendo nella giusta misura pochi e sapienti ingredienti che rendano uniche ed irripetibili le sensazioni che incontrano il nostro olfatto e le nostre papille gustative.

Riteniamo sia questa la magia che in fondo si deve andare cercando in tutte le creazioni "*dello humano intelletto*".

Adesso questa cosa qualcuno la chiama *UX*, la famosa *User eXperience* ...

Buoni ascolti a tutti!