SECONDA PUNTATA

LS3/5A, REALIZZIAMO UNA RIPRODUZIONE CONFORME

di Mauro Bigi e Maurizio Jacchia

C'era bisogno, in una rivista nuova e reale piuttosto che virtuale, di parlare di un oggetto progettato oltre 40 anni fa ed uscito di produzione da 15?

Riprendiamo, con qualche problema di memoria non solo dovuto all'età, questa passeggiata attraverso il progetto delle Rogers LS3/5A. La decisione, condivisibile, del Direttore e della redazione di presentare AUDIOcostruzione al Top Audio ha fatto sì che siano passati diversi mesi da quando avevamo scritto la prima parte. Questo ha permesso di rileggere il tutto dopo averlo in parte dimenticato; nonostante l'ottima impaginazione non lo abbiamo trovato facilissimo da seguire. Ci applicheremo per migliorare, cercando di esprimere in maniera semplice concetti abbastanza complessi. Con un po' di esperienza ed anche con i vostri consigli riteniamo di avere buone probabilità di riuscirci. Tuttavia il tipo di autocostruzione che da sempre ci appassiona e che ha visto, da parte nostra, più di qualche sforzo per sostenerlo, è quello che non rifugge dalle formule, dalla teoria e, ovviamente, dalle misure. Sono tre cose spesso poco digeribili. Ad aggravare la nostra posizione - della serie, lo sanno ed insistono... - in molti anni abbiamo constatato che queste ultime non generano, da sole, un buon suono. Aggiungiamo che quando contribuimmo, nei primi anni Novanta, alla diffusione degli strumenti di misura per autocostruttori, questi passarono spesso per un peggioramento qualitativo delle loro realizzazioni proprio per colpa delle misure. Ma pur rimanendo una questione di gusti, cercare di dare una spiegazione ad un buon suono con riscontri oggettivi per noi è parte fondamentale del divertimento che una passione deve dare. Torniamo alle Nostre. La volta scorsa avevamo parlato dell'equalizzazione spinta che il crossover opera sul woofer ma ci eravamo dimenticati il grafico. In **Figura 1** potete vedere le risposte elettriche di entrambe le vie, in rosso per il woofer, verde per il tweeter.

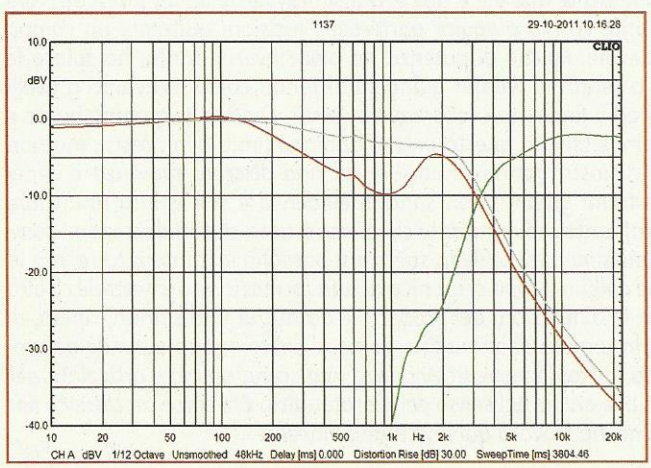


Figura 1

Il crossover

Lo schema del crossover appare in **Figura 2**. Considerando che si tratta di un due vie, non ci sentiremmo di definirlo essenziale, non fosse altro per il numero di componenti. Crediamo che senza un quadro storico della situazione si possa avere il dubbio che cotanta complicazione avesse dietro poca sostanza. Di nuovo, questo crossover è del 1976. *The Application of Digital Techniques to the Measurement of Loudspeakers* di Berman e Fincham è del 1977. Si tratta del primo esempio, a nostra conoscenza, di applicazione dei concetti sopra i quali si basano i moderni strumenti di misura per sistemi di altoparlanti. I due signori lavoravano per la KEF. La BBC era un gigante anche per la KEF e con questa in stretto contatto. In sostanza è più che probabile che le LS3/A abbiano potuto beneficiare o soffrire, dipende dai punti di vista, della più colossale potenza di fuoco che le tecniche di misura e di calcolo mettevano allora a disposizione. E concettualmente poco è cambiato fino ai giorni nostri. Non si tratta quindi

senz'altro di improvvisata complessità come capita di vedere oggi. Non per questo ci troviamo di fronte alla perfezione, qualche perplessità la manifesteremo e, comunque, nella LS3/5A KEF più recente ci sono tornati largamente sopra.
Tornando allo schema, se gli altoparlanti in sostituzione saranno simili agli originali, sarà opportuno mantenere la stessa struttura con ritocchi ai valori. Quindi capire, a grandi linee, come funziona questo ordigno diventa indispensabile. Cominciamo dal passa-basso del woofer; i quasi 11 dB ad 1 kHz che vediamo nel grafico 1 se li mangia in gran parte la rete RCL composta da C3 R2 ed L2 accordata a 1200 Hz. Questa al di sopra di detta frequenza si toglie gradualmente di torno (diventa un corto) lasciando la pendenza di un tradizionale passa-basso a 12 dB ottava. La curva in grigio mostra la risposta rilevata con la RCL messa in corto con un ponticello a dimostrazione di quanto detto e del fatto che L1 sia di valore esuberante iniziando la propria azione già a 300 Hz. R1, di valore alto per un filtro da altoparlanti, ha il duplice effetto di smorzare il Q del picco a 2 kHz e di ridurre la pendenza del filtro sopra i 4 kHz dove comincia il taglio naturale dell'altoparlante. Tra i 10 e i 20 kHz la pendenza è più vicina ai 6 dB/ottava perché all'effetto R1 si aggiunge l'induttanza, semi-induttanza della bobina mobile del woofer. Come si vede in **Figura 3**

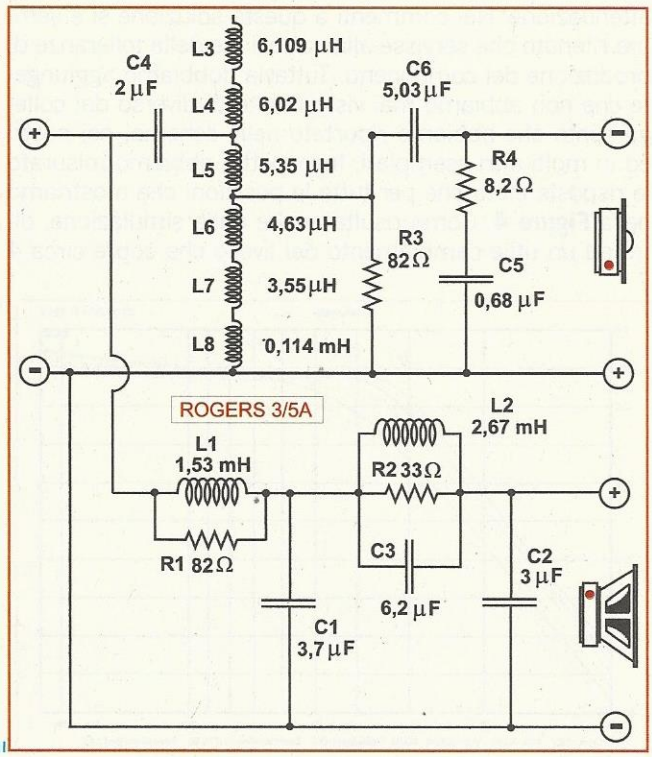


Figura 2

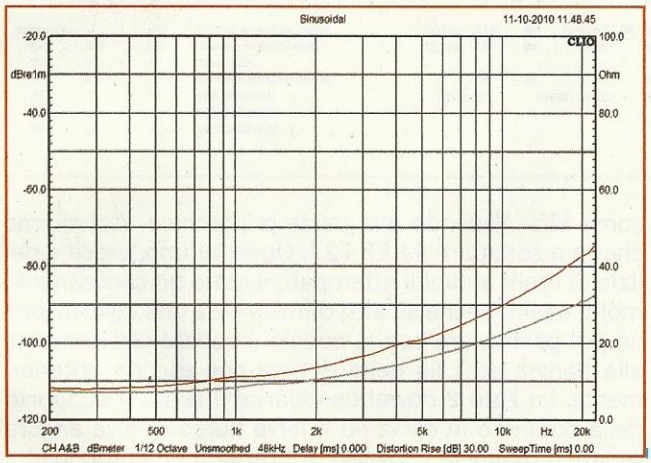


Figura 3

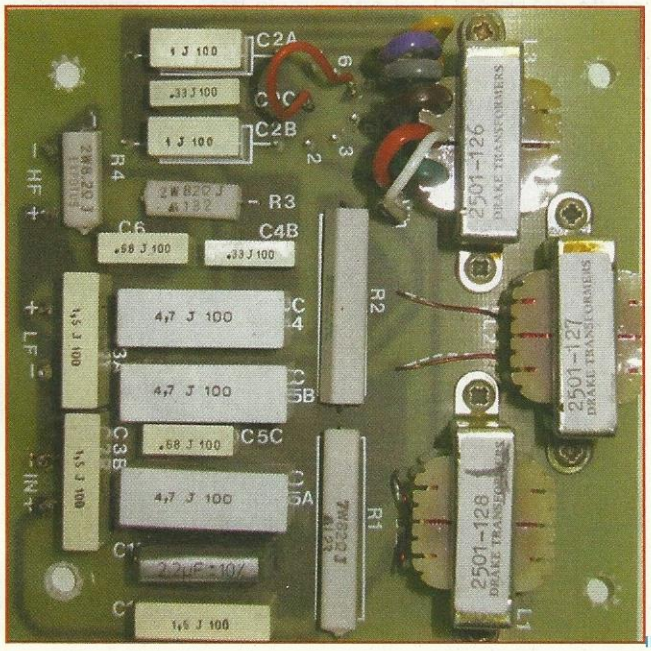


Foto 1

l'andamento delle due semi-induttanze, che è un segno dei tempi, è alquanto diversa e il crossover del clone dovrà tenerne conto. Veniamo ora alla rete passa-alto del tweeter: si tratta di un terzo ordine classico. Cosa ha di classico un filtro che si può fare con tre componenti e che ne conta undici, vi chiederete. Non avevamo mai trovato uno schema del filtro che fosse rispondente alla realtà e con un po' di pazienza ce lo siamo ricavato. Come si intuisce, l'aspetto laborioso sono state le induttanze da L3 a L8 che fisicamente sono un unico componente, sostanzialmente un autotrasformatore ed induttanza insieme.
Senza la deprecabile distruzione del componente, il modo per ricavare i valori delle induttanze da fornire ad un simulatore che gestisca questa roba (il nostro preferito è il gratuito LTSpice), è indiretto e consiste nell'alimentare la serie dagli estremi (ingresso da L3 in alto, ed in basso da L8 a massa) con un segnale ad una frequenza non troppo bassa (1 kHz va benissimo, 1 V semplifica molto i calcoli) e misurare il rapporto di spire ad ogni presa. L'altro dato essenziale è l'induttanza totale misurata tra gli estremi, con lo stesso collegamento usato per il segnale. Sapendo il rapporto di spira ad ogni presa attraverso la prima misura e sapendo che l'induttanza è proporzionale al quadrato delle spire, data l'induttanza totale si conoscono anche tutte le altre. Un foglio di calcolo aiuta parecchio. Riprenderemo il discorso perché, in versione semplificata, useremo questa soluzione anche nel clone. Per adesso non fate l'errore di sommare il valore delle singole induttanze come se fossero normalmente in serie. Quello che dallo schema non si vede ma dalla **Foto 1** si vede benissimo, è che il segnale dopo il condensatore C4 entra fra le prese di L4 ed L5 senza alternative.
Mentre in uscita, C6 ed R3 possono essere collegati tramite un ponticello a ben sei punti diversi, che fondamentalmente hanno ampiezza crescente. È quindi tranquillamente possibile ottenere un guadagno oltre che una

attenuazione. Nei commenti a questa soluzione si è sempre ritenuto che servisse alla correzione delle tolleranze di produzione dei componenti. Tuttavia dobbiamo aggiungere che non abbiamo mai visto niente di diverso dal collegamento che abbiamo riportato nello schema, nei nostri ed in molti altri esemplari. Insospettiti abbiamo misurato le risposte elettriche per tutte le posizioni che mostriamo nella **Figura 4**. Come risulta anche dalla simulazione, oltre ad un utile cambiamento del livello che copre circa 4

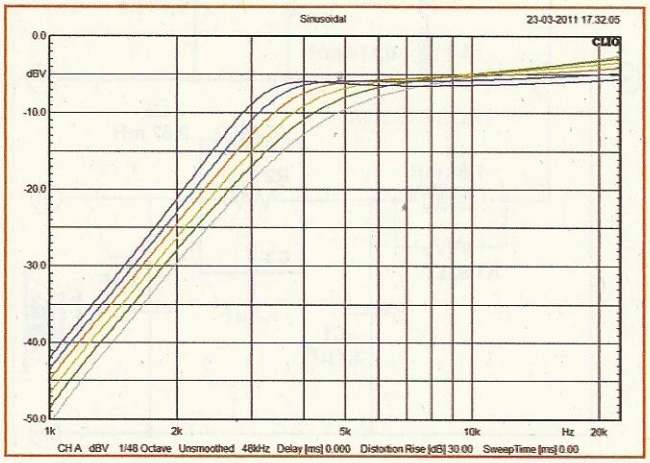


Figura 4

dB l'effetto eclatante è che la frequenza di taglio cambia di diverse ottave ed anche lo smorzamento del filtro varia in modo rilevante. Se ci pensate questo è conseguenza di quanto detto prima, il livello che cambia con il rapporto di spire, l'induttanza che determina il taglio con il quadrato di questo. Francamente non ci è sembrata una gran soluzione e non ha retto le revisioni successive. Per il resto, come detto all'inizio, si tratta di un filtro del terz'ordine con valori abbastanza nella norma. R4 e C5 sembrano lì come atto di simpatia verso gli amplificatori dell'epoca non avendo effetti apprezzabili sulla risposta.

Gli altoparlanti

La volta scorsa eravamo arrivati alla scelta del woofer. Il più adatto si è rivelato quello indicato come B. Si tratta del 5W430-8 della 18Sound con i dati del costruttore in **Figura 5**. Oltre ad avere un cestello, in alluminio, di

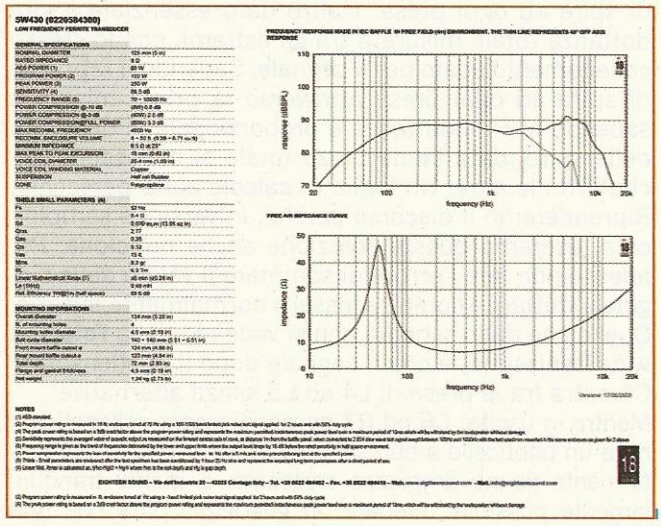


Figura 5

struttura sobria, non "Pininfarinosimile" per intendersi, perfettamente compatibile con le risicatissime dimensioni del pannello anteriore, ha anche una bobina da un pollice come il B110. Si tratta di un componente eccellente sia sulla carta che dopo le verifiche. Infine la 18Sound è alle porte di Reggio Emilia e questo, una volta presa la decisione su basi oggettive, fa piacere. Non solo per amor di Patria ma anche perché le probabilità che il primo esemplare che vi toccherà sia simile al secondo è molto elevata. I criteri per la scelta del tweeter sono assai simili a quelli della scorsa puntata utilizzati per il woofer, anche se in questo caso ci muoviamo in atmosfere più rilassate e meno impegnative. Cinque mesi fa avevamo messo gli occhi sul Vifa OX20SC00-04. Adesso, nel sito della Tymphany il glorioso marchio Vifa ha perso visibilità, per non dire che è sparito. Dopo qualche apprensione abbiamo ritrovato il Nostro che ora si chiama Peerless OX20SC00-04, con le specifiche in **Figura 6**. Contenti loro... Dai principali fornitori di altoparlanti online, comunque, ad oggi lo trovate ancora

Specifications:

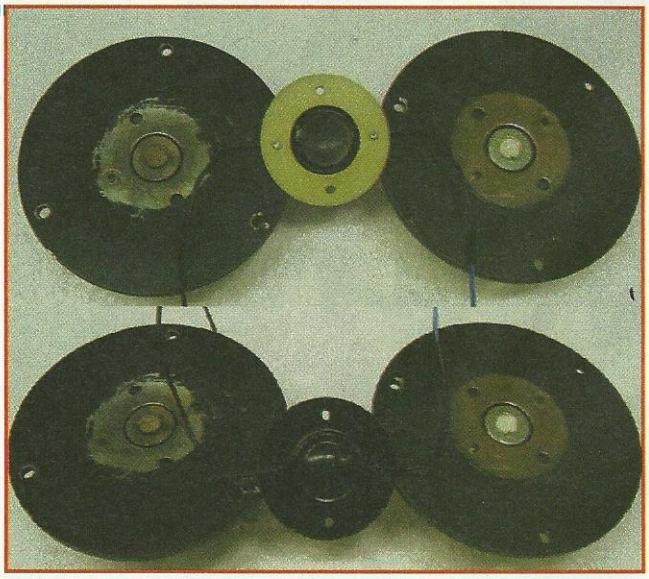
DC Resistance	R_{evc}	Ω	3.2	5.0%	Energy Bandwidth Product	EBP	$(1/Q_{es})f_s$	630
Minimum Impedance	Z_{min}	Ω	3.7	7.5%	Moving Mass	M_{mes}	g	0.21
Voice Coil Inductance	L_e	mH	0.01		Suspension Compliance	C_{mes}	um/N	99.3
Resonant Frequency	f_s	Hz	1110	15.0%	Effective Cone Diameter	D	cm	2.5
Mechanical Q Factor	Q_{ms}	-	7.2		Effective Piston Area	S_D	cm^2	4.9
Electrical Q Factor	Q_{es}	-	1.76		Equivalent Volume	V_{as}	L	0.00
Total Q Factor	Q_{ts}	-	1.41		Motor Force Factor	BL	T·m	1.62
Ratio f_s / Q_{ts}	F	f_s / Q_{ts}	785		Motor Efficiency Factor	β	$(T \cdot m)^2/\Omega$	0.62
Half Space Sensitivity @ 2.83V	dB@2.83V/1m	dB	91.0	+/-1.0 [1]	Voice Coil Former Material	VC_{fm}	-	Aluminium
Sensitivity @ 1W/1m	1W/1m	dB	86.0	+/-1.0 [1]	Voice Coil Inner Diameter	VC_{id}	mm	19.3
					Gap Height	Gh	mm	2.0
Rated Noise Power (IEC 2685 18.1)	P	W	80		Maximum Linear Excursion	X_{max}	mm	0.10
Test Spectrum Bandwidth	2.5kHz - 20kHz		12 dB/Oct		Ferrofluid Type	FF		N/A
					Transducer Size	-	inch	0.75
					Transducer Mass	-	kg	0.041

1 - Piston Band Sensitivity Tolerance

Figura 6

come Vifa. Venendo alla parte più tecnica, ricordiamo che va a sostituire il KEF T27. Quest'ultimo, croce e delizia di molti audiofili attempati, è stato un componente molto usato, anche su altri diffusori. Ha una costruzione un po' particolare con la cupola incollata direttamente alla flangia ed i fili della bobina che escono anteriormente. La **Foto 2** dovrebbe chiarire il tutto. Il supporto della bobina è in carta ed il ferro fluido doveva ancora venire. Il magnete è grosso. Si tratta di un componente molto delicato e il gruppo cupola-bobina veniva vendu-

Foto 2



to come ricambio che, visto il tipo di costruzione, era alla portata di chiunque avesse un po' di manualità ed intraprendenza. I nemici più acerrimi del T27 erano gli amplificatori sotto i 100 W, allora quasi tutti, uniti alla bassissima sensibilità delle Nostre. La frequenza di risonanza del T27 normalmente si attesta sui 1200 Hz, non bassa quindi. A dispetto dell'immagine del costruttore la costanza di produzione non è mai stata un punto di forza di questo tweeter e ciò ha creato qualche difficoltà nello scegliere un rappresentante valido e credibile per le misure da scegliere come riferimento. Per non farlo soffrire, né lui né le orecchie, andava usato lontano dalla risonanza, cosa che nel nostro caso avviene. Ma contro un ampli in clipping il filtro nulla può. L'OX20SC00-04 come il T27 è un 3/4", con un Qts piuttosto elevato, con la cupola in tessuto montata senza flangia, senza adattamento acustico, senza ottimizzazioni di dispersione oppure della risposta. Il sistema di radiazione, una volta inserito nello spessore di un pannello forato a misura, è quindi il più simile possibile all'originale. Non ha ferro fluido e, con il magnete in neodimio, è più piccolo della sola cupola del T27, pesando meno di un decimo. Il supporto della bobina dovrebbe essere in alluminio e quindi l'affidabilità immensamente superiore al T27. Guardando, con un segnale a bassa frequenza, dove si incerniera la sospensione il diametro di radiazione è poco meno di 1", appena superiore al tweeter KEF.
Nella **Tabella 1** potete vedere i parametri a confronto. Questi sono stati misurati sia con laser che con un volume noto (di 0.018 litri) per il Vifa con risultati consistenti. I fili anteriori del KEF hanno ostacolato pervicacemente la misura in volume noto impedendo la tenuta della cupola affacciata al volume di carico. La Re e la risposta in frequenza sono state rivelate, senza sorprese, simili a quelle fornite dal costruttore. Il fattore BxL è circa la metà del dichiarato. La Mms, fortunatamente, vale un quarto. La misura dei parametri TS dei tweeter è piena di insidie che diventano barriere insormontabili in presenza di fluidi. Ma in questo caso abbiamo andamenti perfettamente congruenti con il modello base assimilabile ad un sistema massa-molla. Siccome comunque la nostra lenticchia di tweeter ci incuriosiva ed eventuali errori di misura ancora di più, vi rimandiamo alla **Foto 3** che vi suggerisce cosa senza esitazione abbiamo fatto. Questo è uno dei vantaggi di esercitarsi su cose dal costo contenuto. Isolato l'equipaggio mobile l'abbiamo pesato. La bilancia usata ha una risoluzione di 0.1 g, funziona perfettamente ed è rimasta sullo zero confermando che gli 0.21 grammi sono un parto dell'immaginazione di qualcuno, come il BxL, purtroppo. Terminiamo questa parte giustificando la scelta di una Re così più bassa dell'originale.

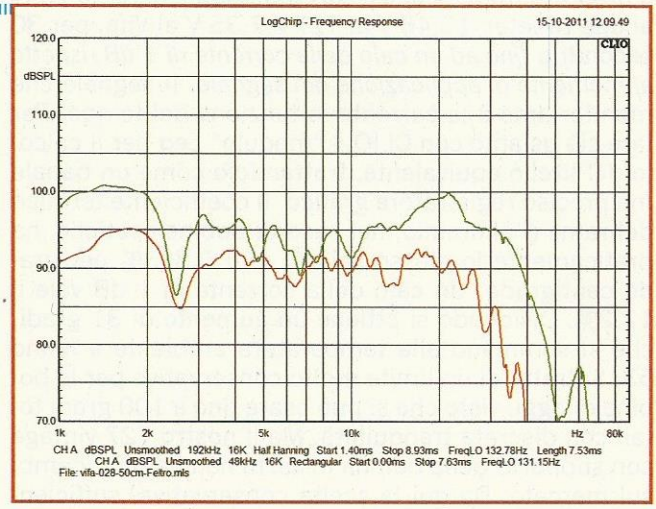
Tabella 1

	KEF T27	VIFA OX20SC00-04	
Bl	1,4000	0,7800	–44,29%
Re	6,5000	3,3000	–49,23%
Mms	0,0760	0,0500	–34,21%
Fs	1178,0000	1090,0000	–7,47%
Qts	1,2200	1,4500	+18,85%

Foto 3

L'offerta dei tweeter da 4 ohm nominali nella fascia del prezzo conveniente è molto maggiore. E questo ci permette di usare con profitto l'induttanza-autotrasformatore che abbiamo descritto. L'attenuazione sarà purtroppo molto meno di quella che era ipotizzabile sulla carta. Le risposte sovrapposte dei due tweeter, montati nelle rispettive casse, senza filtro illustrano bene il concetto (**Fig. 7**). Anche il Vifa ha beneficiato della famosa cornice in feltro dalla quale il T27 è circondato, non ininfluente (**Foto 4**).

Foto 7



Qualche misura estemporanea

Ci sono molte pubblicazioni circa la potenza applicabile ad un altoparlante. E anche diversi standard di misura, quasi tutti abbastanza noiosi concettualmente nonché insostenibili in ambienti abitativi (ed anche industriali se non progettati appositamente). Qui proponiamo un confronto veloce tra i due tweeter.
Lo spunto nasce anche da quanti T27 abbiamo visto andare a fuoco e quindi ci consente di capire se gli anni trascorsi abbiano suggerito qualcosa ai costruttori di altoparlanti. La sollecitazione che imporremo sarà essenzialmente termica. Ci vorrà qualche calcolo per avere speranza di non rompere niente. Con un singolo tono di test, di frequenza molto sopra la

Foto 4

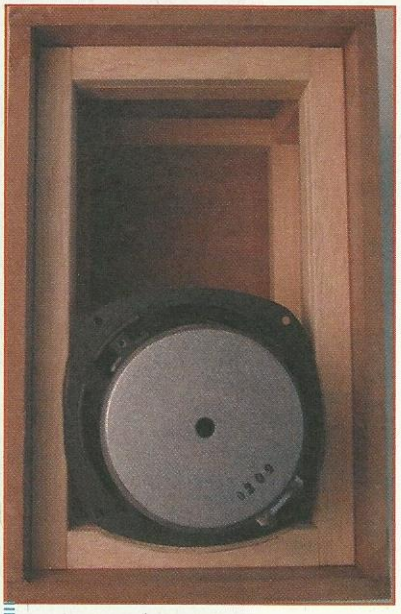


Foto 5

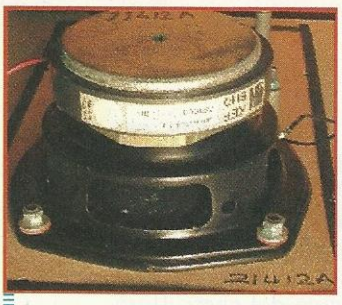


Foto 6

risonanza, avremo la certezza, visto che l'escursione scende con il quadrato della frequenza, di non determinare stress meccanici. Perché il paragone sia corretto la potenza dovrà essere la stessa nei due casi. Per semplificare i calcoli scegliamo come frequenza quella del passaggio per lo 0 della fase dell'impedenza al di sopra della risonanza. 2700 Hz e 7.3 ohm per il KEF, 3700 Hz e 3.6 ohm per il Vifa. Così la potenza effettivamente dissipata dal carico sarà esattamente il prodotto fra tensione e corrente. Applicheremo 15 W ai due tweeter, 10.46 V al T27 e 7.35 V al Vifa, per 30 secondi o *fino ad un calo della corrente di 1 dB rispetto al momento di applicazione del segnale*. Il segnale che monitoriamo è la corrente in funzione del tempo. Per fare ciò usiamo con CLIO il "modulo" Leq per il calcolo del livello equivalente, trattandolo come un banale ma preciso registratore grafico. Il coefficiente termico del rame (l'alluminio, nel caso di bobine esotiche, ha praticamente lo stesso valore) è di 0.393% per grado centigrado. Un calo della corrente di 1 dB vale il 12.2%. Dividendo si ottiene un aumento di 31 gradi, che si sommano alla temperatura ambiente e fanno 53. Si tratta di un limite molto conservativo per le bobine di oggi, visto che si può osare fino a 100 gradi totali con discreta tranquillità. Ma il nostro T27 vintage con supporto della bobina in carta non ha più ricambi sul mercato. Da qui la scelta conservativa, sufficiente comunque per mostrare nelle **Figure 8** e **9** l'enorme differenza tra i due componenti. Il T27 raggiunge la temperatura limite dopo 9 secondi, l'OX20SC00 neanche dopo 30.

Approccio circospetto al mobile ed alla costruzione

Per chi le conosce è cosa risaputa, per chi allora non era ancora nato meno: le LS3/5A si caratterizzano per avere il woofer montato da dietro il pannello. C'è sempre sembrata una scelta bizzarra, per diverse ragioni. Si cominciava a parlare di allineamento temporale e normalmente questo si otteneva facendo esattamente il contrario, cioè arretrando il tweeter. Inoltre lo scalino del pannello, ancorché di 10 mm, poteva essere fonte di problemi. Per inciso, problemi ne abbiamo sicuramente avuti noi realizzando i mobili con i listelli di rinforzo da 20 mm, che abbiamo sempre usato. È stata necessaria una fresatura particolare per montare da dietro il 5W430 come mostrato in **Foto 5**. In compenso però la flangia del Nostro è piatta e non si oppone minimamente a questo tipo di montaggio aderendo perfettamente al pannello. Il B110 con il profilo ad U rende quest'ultimo, il montaggio da dietro, a dir poco inelegante come si evince dalla **Foto 6**: insomma, i progettisti dovevano essere proprio sicuri del

Figura 9

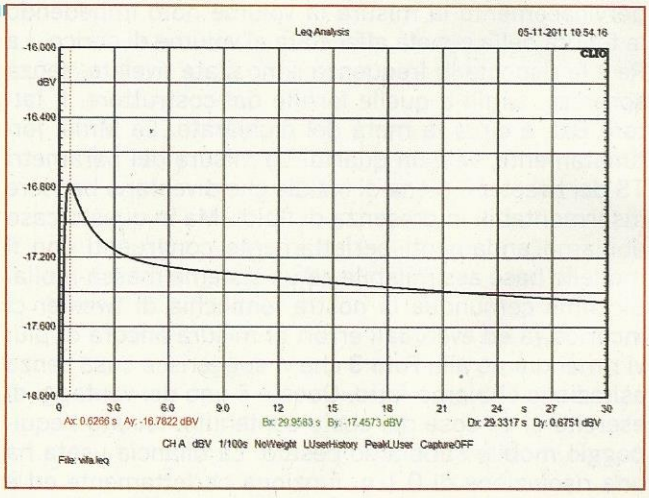


Figura 8

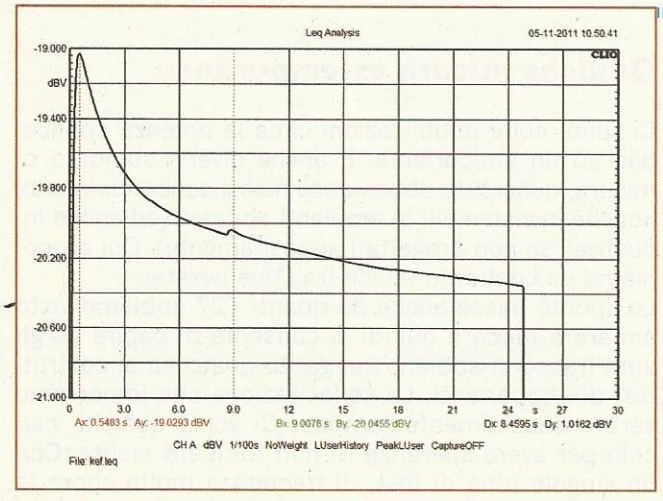
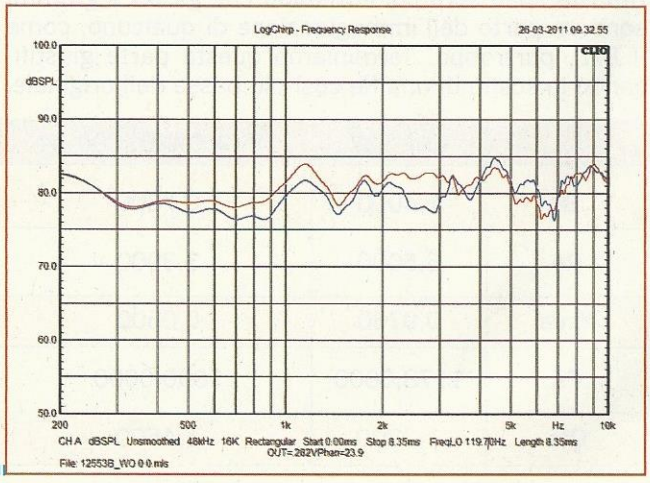


Figura 10



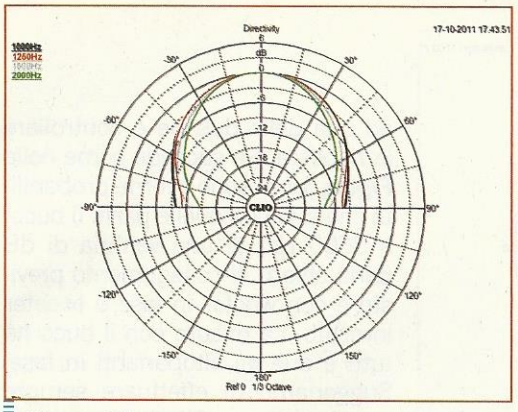


Figura 11

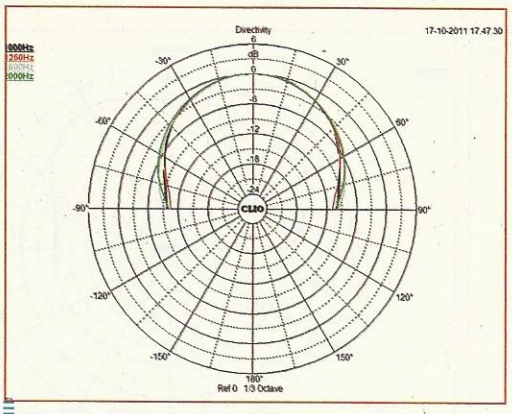


Figura 12

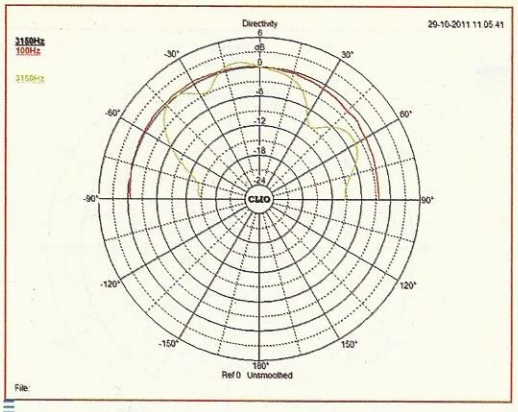


Figura 13

fatto loro per complicarsi così la vita. Noi che potevamo fare se non adeguarci? Fare misure all'impazzata per capire di che morte morire (tolta la griglia il risultato estetico è, a nostro avviso, modesto). Anche perché, negli anni, sopra questa circostanza abbiamo sentito i commenti più suggestivi da parte degli appassionati che "se ne intendono". Il termine che si sentiva più spesso era "riallineamento". Escludendo si trattasse di riallineamento estetico, rimangono quello temporale e in fase che non sono la stessa cosa. Cominciamo ad inquadrare l'ordine delle grandezze. Il pannello degli altoparlanti delle 3/5A è spesso 10 mm. Per ragioni imponderabili è quindi un po' più sottile del multistrato di betulla da 1/2" (12,8 mm) usato per tutte le altre pareti del mobile. Un arretramento siffatto comporta un ritardo temporale di circa 0.01/344=0.0000029 secondi. Lo 0.01 è 1 cm nel S.I. (Sistema Internazionale) mentre 344 m/s è la velocità del suono stimata per una temperatura ambientale adatta ad ascoltare, senza sudare o rabbrividire. Il risultato è la differenza espressa in secondi. Liberandoci di un po' di zeri rimane un dato di 0.029 ms. Applicando il buon senso si può ritenere che se un congiunto, per dire una persona che riconosciamo tra un milione, si allontana da noi di 0.029 ms, 1 cm, non percepiamo differenza alcuna. Conveniamo anche noi. Se fosse ad 1 metro da noi, perfettamente frontale e si spostasse a destra, quindi sul piano orizzontale, di 5 gradi, nell'arco di una circonferenza, la differenza di arrivo alle due orecchie del suono sarebbe di 0.044 ms, circa 1.5 cm. C'è un ragionevole accordo nel ritenere che la differenza minima percepibile (dall'uomo) sia 10 µs o 0.010 ms che nel caso di prima corrispondono ad 1 grado e 3.4 mm. Cosa c'entra la differenza di arrivo interaurale, relativa per definizione, con una distanza assoluta? Poco se non fosse che il tweeter, che emette lo stesso segnale, mantiene invariata la sua posizione. Esiste anche in questo caso quindi una differenza di tempi di arrivo. Che naturalmente è facilmente misurabile per via diretta e indiretta. Di fatto, comunque, il fenomeno è minimo, più piccolo, in questo caso di un decimo all'incrocio, delle alterazioni temporali introdotte dal crossover e, seppur non liquidabile come inesistente, non dà ragione della scelta, oltretutto peggiorativa. Sui ritardi torneremo comunque in seguito soffermandoci sul come misurarli. Andiamo oltre e paragoniamo la risposta in frequenza tra woofer dentro, in rosso, e in configurazione "tradizionale", fuori, in blu in **Figura 10**. Qui il discorso si è fatto più consistente. Il woofer montato all'interno guadagna 2 dB per oltre tre ottave. Per contro la regolarità della risposta non ne risente come si poteva temere. Sostanzialmente si beneficia di un adattamento di impedenza acustica senza effetti collaterali. Le discontinuità del mobile aumentano i propri effetti, negativi o meno, con l'aumento sia della frequenza che della dispersione della sorgente. Fortunatamente la dispersione del woofer diminuisce con la frequenza e questo gioca a nostro favore. Infine, un pannello di solo 1 cm di spessore aiuta. A proposito di dispersione, cominciando da quella orizzontale, più semplice da interpretare con casse a sviluppo verticale, un guadagno di livello, siccome nulla viene regalato, dovrebbe avere una propria controparte in una riduzione di dispersione.

Le **Figure 11** e **12** mostrano i diagrammi polari da 1 kHz a 2 kHz, a terzi d'ottava, rispettivamente con woofer dentro e fuori e la nostra ipotesi risulta confermata. Volendo dare a questo aspetto una valenza più generale riscontriamo che l'utilizzo preventivato dal progettista per questo diffusore era da minimonitor per studi mobili e quindi per un ascolto ravvicinato. Ravvicinato vuol dire con grande prevalenza del campo diretto. In questo caso il guadagno in dB rimane quello che abbiamo visto nella risposta in frequenza in regime anecoico. Per quanto abbiamo detto sin qui, riteniamo che a distanza da salotto, oltre tre metri, in ambiente un po' riverberante le differenze tra le due condizioni si ridurrebbero. Passiamo ad esaminare la dispersione verticale. Questa ha di solito un comportamento prevedibile e analogo a quello visto per la dispersione orizzontale circa le frequenza emesse in esclusiva da un solo altoparlante. Quando invece si passa alla zona di incrocio essa tende ad imbizzarrirsi, dipendendo da molte variabili: la disposizione reciproca dei componenti, la loro dispersione da soli, dipendente dal diametro, la frequenza, la differenza di distanza dall'ascoltatore e, ultimo ma non per importanza, dal filtro crossover che ricordiamo agisce sempre in aggiunta alla risposta naturale dei singoli altoparlanti. Dalla **Figura 1**, per quanto si tratti solo della risposta elettrica, traiamo l'evidenza che l'incrocio

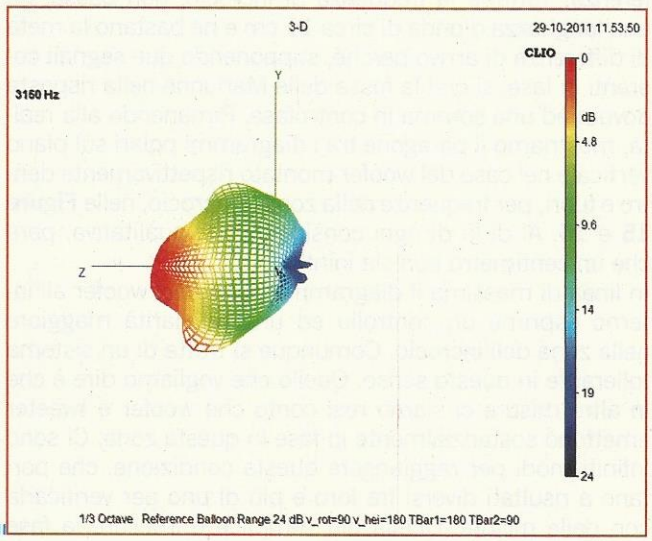


Figura 14.

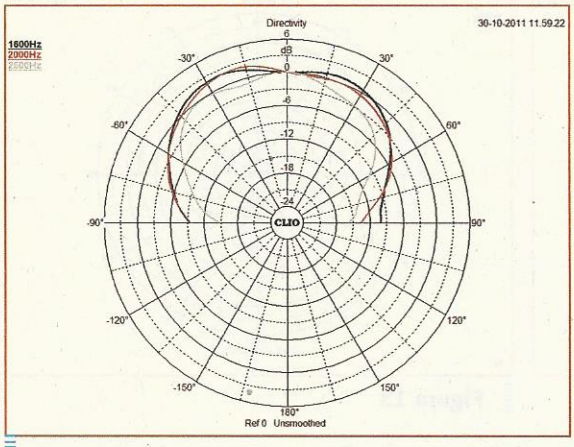


Figura 15

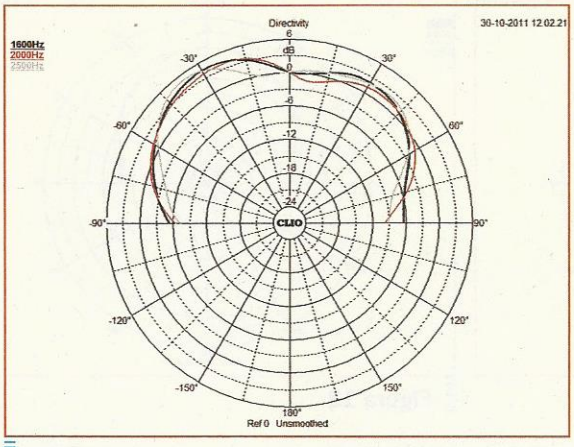


Figura 16

scelto sia di poco superiore a 3 kHz. Il terzo d'ottava standard passa a 3.15 kHz e a questa frequenza mostriamo la dispersione verticale della Nostra in **Figura 13** che per paragone mostra anche il comportamento, sempre sul piano verticale, a 100 Hz.
Purtroppo per prassi l'emissione è rivolta verso l'alto mentre sarebbe più intuitivo fosse rivolta su un lato visto che si parla di piano verticale. Comunque, basta dire che i gradi negativi sono quelli verso il pavimento. Inoltre aggiungiamo la **Figura 14** che è una rappresentazione più moderna della stessa misura, in versione 3D, dove la pressione sonora è espressa con il colore. Si può osservare che l'emissione maggiore è rivolta verso il basso con una discreta regolarità tra 0 e –40 gradi con oscillazioni inferiori a 3 dB. Certo che la differenza con i 100 Hz, in rosso per riferimento, è sostanziale. Di nuovo si può affermare che le Nostre sono in grado di mantenere una risposta in frequenza omogenea all'incrocio su un asse variabile per una trentina di gradi verso il basso. Vuol dire che basta trovarci con le orecchie da quelle parti? Sì e no, dipende dal rapporto tra il campo diretto e quello riverberato. Se quest'ultimo cominciasse ad avere parecchia voce in capitolo ci restituirebbe molta più energia a 100 Hz che non all'incrocio. Certamente un ambiente d'ascolto comune è molto più assorbente a 3 kHz che non a 100 Hz. Comunque, se osservate la risposta in ambiente di molti diffusori noterete un avvallamento all'incrocio che manca nella risposta in campo diretto. La spiegazione è in quello che abbiamo appena visto. Ma torniamo al woofer montato dentro o fuori dal pannello e proviamo ad immaginare cosa potrebbe succedere al diagramma polare verticale nei due casi. In fondo siamo di fronte allo stesso misero centimetro di differenza. Tuttavia la frequenza di incrocio, non bassa, ha una lunghezza d'onda di circa 11 cm e ne bastano la metà di differenza di arrivo perché, supponendo due segnali coerenti in fase, si crei la fossa delle Marianne nella risposta dovuta ad una somma in controfase. Rimanendo alla realtà, mostriamo il paragone tra i diagrammi polari sul piano verticale nel caso del woofer montato rispettivamente dentro e fuori, per frequenze nella zona d'incrocio, nelle **Figure 15** e **16**. Al di là di ogni considerazione qualitativa, pare che un centimetro non sia ininfluente.
In linea di massima il diagramma polare col woofer all'interno esprime un controllo ed una regolarità maggiore nella zona dell'incrocio. Comunque si tratta di un sistema tollerante in questo senso. Quello che vogliamo dire è che in altre misure ci siamo resi conto che woofer e tweeter emettono sostanzialmente in fase in questa zona. Ci sono infiniti modi per raggiungere questa condizione, che portano a risultati diversi fra loro e più di uno per verificarla con delle misure. Quella più semplice è invertire la fase ad una delle due vie e controllare la risposta. Se succede come nella **Figura 17** ci sono ottime probabilità che si sia da quelle parti. Il buco, a 3600 Hz, di una ventina di dB parla chiaro. Il collegamento previsto è con woofer in fase e tweeter invertito. La misura con il buco ha tutti e due gli altoparlanti in fase. Suggeriamo di effettuare sempre questa misura. Oltretutto permette di rimanere stupefatti di fronte alla verifica di quanto sia estesa la zona dove due vie interferiscono tra loro e devono essere quindi in qualche modo messe d'accordo. Attenzione, noi suggeriamo di fare la misura, non di raggiungere la situazione di fase uguale all'incrocio. Questo è lo stato di fatto che abbiamo trovato e che ripristineremo pedissequamente. Osserviamo che si tratta di una condizione che rende il sistema meno sensibile ai cambiamenti di un centimetro. Abbiamo indugiato molto sui diagrammi polari ma riteniamo ci fossero delle buone ragioni. In termini generali si tratta di un modo sintetico, anche se non semplice da interpretare, di valutare la relazione di fase dei singoli componenti all'incrocio. Per quello che abbiamo visto si tratta di qualcosa di poco praticato dagli autocostruttori e anche le riviste ne hanno bandito totalmente la pubblicazione.
I programmi di simulazione, fortunatamente, li gestiscono accuratamente, e la corrispondenza tra misure e simulazione in questo caso è ben più che una prova del nove. Il piano importante sul quale indagare è quello in cui si sviluppano gli altoparlanti, il verticale nel nostro caso. La risoluzione con cui effettuare le misure deve essere non inferiore ai 5 gradi e coprire almeno i 180 gradi anteriori. In fondo sono solo 34 misure. Non c'è bisogno della base rotante motorizzata, bastano goniometro, braccia e pazienza. Infine, mantenete una distanza di misura maggiore di 1 metro e finestrate senza pietà. A bassa frequenza difficilmente succede qualcosa di significativo. Nel nostro caso specifico poi la copia, per avere qualche speranza di essere conforme all'originale, inserita in ambienti di caratteristiche diverse, deve mantenere una risposta più simile possibile nelle tre dimensioni.
Ci fermiamo qui. La prossima volta, insieme con il crossover del nostro clone ci occuperemo di misure di risposta in frequenza, fase e tempo.

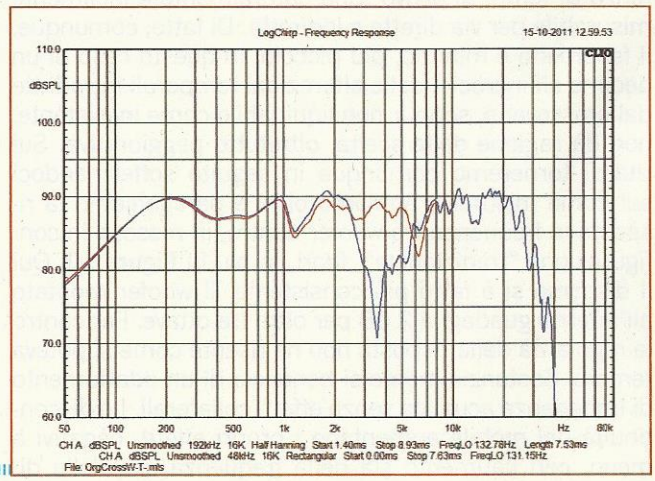


Figura 17