

# THE AUDIO SPEAKER

di Renato Giussani

**Il** mese scorso abbiamo annunciato la scelta dei tre altoparlanti che avremmo provato ad usare per il progetto del «the audio speaker».

Il woofer è l'RCF L10P10, il midrange è il SEAS P17RCY ed il tweeter è lo Scan-Speak D 2008 (8512).

Hanno già cominciato a pervenire in redazione telefonate di lettori per i quali le scelte effettuate non sono le migliori in assoluto, o che semplicemente preferiscono altri componenti. Mi sembra quindi necessario confermare che lo scopo dichiarato di questa serie di articoli non è la realizzazione di un sistema di massime prestazioni, ma semplicemente di fornire un esempio di progettazione con Bass 64 e Cross-64. Come già detto, la scelta è stata motivata fra l'altro dalle seguenti considerazioni:

**RCF L10P10** — Caratteristiche dichiarate adatte al montaggio in 42 litri. Inoltre, la RCF costruiva i woofer delle Audiolab Delta 4, cui il «the audio speaker» si ispira.

**SEAS P17RCY** — Le prove di casse commerciali effettuate in questi ultimi tempi mi hanno convinto che il polipropilene sia ormai maturo per una sperimentazione hobbistica. Per di più il SEAS in questione ha una risposta in frequenza dichiarata estremamente regolare, presupposto che lo rende particolarmente adatto alla simulazione con Cross-64.

**SCAN-SPEAK D2008** — Il costruttore dichiara una risposta estremamente lineare, una efficienza molto alta ed una potenza rilevante.



## La simulazione dei componenti

Mantenendo la promessa fatta il mese scorso, effettueremo il progetto basandoci esclusivamente sui dati dichiarati dai rispettivi costruttori.

Solo a progetto ultimato controlleremo i risultati ottenuti ed apporteremo le eventuali correzioni del caso.

### Il woofer

I dati dichiarati sono stati già pubblicati il mese scorso, sia pure, per un errore tipografico, a pag. 62 invece che 61, dove potete invece trovare i dati del Seas.

La RCF non pubblica sul suo catalogo i grafici di risposta in frequenza e di impedenza degli altoparlanti, né dichiara il dato di induttanza della bobina mobile (ovviamente montata nel traferro), per cui abbiamo provato a richiedere questi dati al suo ufficio tecnico. I woofer ci sono stati quindi forniti corredati di risposta in frequenza, rilevata in camera anecoica per montaggio in un volume di 53 litri, ma era ancora latitante la curva di impedenza; il dato di induttanza della bobina ad 1 kHz (1,4 mH) è stato misurato appositamente per noi dall'Ing. Mazzacurati dell'ufficio tecnico RCF che ce lo ha comunicato telefonicamente, grazie.

Sia il grafico di risposta in frequenza, sia i dati pubblicati sul catalogo RCF sono riportati in fig. 1.

L'uso di BASS-64 ha fornito i dati di fig. 2, da cui si ricava una frequenza di risonanza minima (con la cassa piena di lana di vetro) di 43,02 Hz ed un  $Q_{tc}$  corrispondente di 0,62. Con la cassa vuota i dati sono  $f_c = 53,08$  Hz e  $Q_{tc} = 0,9$ . Gli stessi dati avrebbero potuto essere calcolati con le formule pubblicate su AUDIOREVIEW n. 36 in uno degli articoli della serie «BASS», e si riferiscono ad un valore di  $R_a = 0$ , cioè alla cassa senza filtro: i dati richiesti da CROSS-64 (e CROSS-PC) sono questi.

L'esame del grafico di risposta in frequenza mostra un andamento crescente dai 200 ai 1.000 Hz ed una attenuazione delle frequenze superiori. Cross-64 consente di approssimare la risposta naturale del woofer mediante due andamenti del second'ordine, un passa-alto ed un passa-basso, e una pendenza della risposta attribuibile all'intervallo compreso fra la frequenza pari a 2,5 volte  $F_s$  (o, se inferiore, i 200 Hz) e la frequenza  $F_a$ , taglio del passa-basso naturale del componente.

Nel caso dell'L10P10 ho ritenuto che i dati che approssimavano al meglio delle possibilità di Cross-64 l'andamento della risposta sull'asse fossero:

$f_a = 1100$  Hz (fr. passa-basso nat.)  
 $Q_a = 1$  (fatt. mer. p-b nat.)  
 $dB = 85,5$  (liv. per 2,83 V/1m)  
 $dB/ott = 2$  (pend. risp. 200-1100 Hz)

Quanto alla  $f_c$  ed al  $Q_{tc}$  ho per il momento adottato quelli calcolati da Bass-64 per il montaggio in 42 litri e cassa piena di lana di vetro, ovvero:

$Q_{tc} = 0,62$   
 $f_c = 43$

Il valore di  $R_e$  (5 ohm) è quello risultante dal catalogo e  $L_e$  (1,4 mH) è quello comunicato dalla RCF.

La curva calcolata da CROSS-64 con questi dati è riportata in fig. 3 e va confrontata con il grafico di fig. 1. La curva di impedenza dell'L10P10 in 42 litri, calcolata, è

## CARATTERISTICHE L10P10

### Caratteristiche elettriche

Impedenza nominale	Ohm	8**
Potenza nominale continua	Watt	40
Potenza di programma musicale	Watt	75
Sensibilità (1W/1m)	dB	90
Risposta in frequenza	Hz	20 ÷ 3000
Densità di flusso	Tesla	0,91
Flusso totale	Weber	0,87
		$10^3$

### Parametri di Small

Frequenza di risonanza	(fs)	Hz	20
Fattore di merito meccanico	(Qms)		11,7
Fattore di merito elettrico	(Qes)		0,35
Fattore di merito totale	(Qts)		0,34
Massa mobile	(Mms)	Kg	0,028
Complanza meccanica	(Cms)	m/N	$2,2 \cdot 10^3$
Diametro di emissione membrana (D)	m		0,19
Volume acustico equivalente (Vas)	m <sup>3</sup>		0,25
Resistenza della bobina (Re)	ohm		5

\*\* a richiesta possono essere forniti con impedenze nominali di 4 ohm

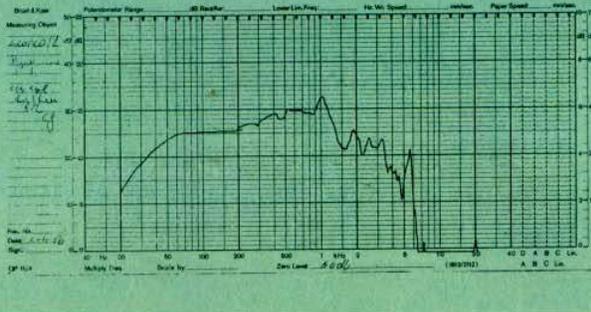


Figura 1  
Dati dichiarati woofer RCF L10P10.

DATI ALTOP. RCF L10P10		DATI CASSA CHIUSSA	
DIAMETRO EQUIV. (CM) D =	1,90	VOLUME (DM3) V =	42
FREQ. DI RISONANZA (HZ) FS =	20	VOL. CON ASS. ALI. (DM3) VEP =	42
RESIST. BOB. MOB. (OHMS) RE =	5	FREQ. DI RISONANZA (HZ) FC =	53,08
MASSA EQUIV. MOBILE (KG) MS =	28	FREQ. RIS. CON ASS. (HZ) FCP =	43,02
MASSA AGGIUNTA (KG) MA =	0	RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA =	0
VOLUME EQUIV. (DM3) VAS =	253,07	FATTORE DI MERITO TOT. (TC) =	0,62
CEDEVOL. SOSP. (CM/NI) CS =	2,26	FATT. MERITO CON ASS. (OTC) =	0,62
FATTORE DI MERITO TOT. (QTS) =	0,34	POT. INST. QUANT. (W) PMAK =	100
FATTORE DI MERITO MECC. (QMS) =	11,7	LIN. INF. PROR. (HZ) FLH =	40
FATTORE DI MERITO ELET. (QES) =	0,35	FREQ. MAX. ESCURS. (HZ) FPM =	40
FATTORE DI FORZA (EBS/NI) BL =	7,00	MAX. ESCURSIONE (CM) XPM =	13,26
LIV. CON 2,83 V/1M (DB SPL) =	91,63	FREQ. 2000 CON ASS. (HZ) F2K =	40
		MAX. ESC. CON ASS. (CM) XPF =	16,35
		LIV. CON 2,83 V/1M (DB SPL) =	91,63

Figura 2  
Dati relativi al montaggio del woofer L10P10 in un volume di 42 litri (calcolati con BASS-64).

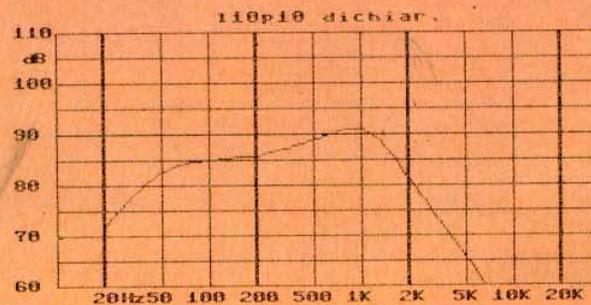
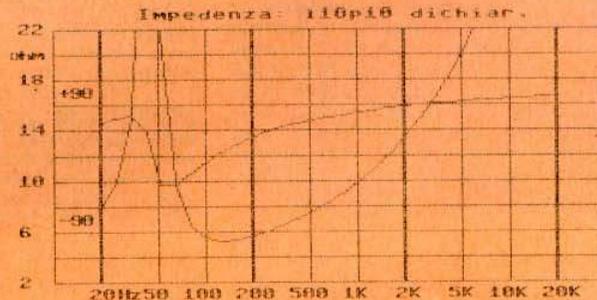


Figura 3  
Risposta in frequenza calcolata da CROSS-64 con i dati di figura 13 per simulare la risposta naturale del woofer L10P10.

Figura 4  
Curva di impedenza del woofer L10P10 calcolata da CROSS-64 con i dati indicati in fig. 13.



```

0 rem ***r. Giussani 86 ***
10 Poke53200,0:Poke53201,0
20 Printchr$(14)chr$(147)chr$(5)
30 Input"fs":fs
40 Input"Qts":qts
50 Input"Qms":qms
60 Input"fc":fc
70 qe=1/(1/qts+1/qm)
80 aa=(fc/fs)*(2-1)*.6:ff=fs*aa*(aa+1)
90 qa=4e*ff/fs
100 qz=1/(1/(qm*(ff/fs))+1/4)
110 qf=1/(1/qz+1/4z)
120 qmqq=(fc/fs)
130 qhqq=(fc/fs)
140 qcm=1/(1/qm+1/qh)
150 rem open3,4,7,cmd3
160 Printchr$(147):Print"fs =":fs
170 Print"Qts =":qts
180 Print"Qms =":qms
190 Print"fc =":fc
200 Print"Qec =":qec
210 Print"Qmc =":qmc
220 Print"Qecf =":qecf
230 Print"Qmcf =":qmcf
240 Print"Qecf =":qecf
250 Print"Qecf =":qecf
260 Print"Qmcf =":qmcf
270 rem Print#3:close2
280 end

```

Noti:  $f_s, Q_{TS}, Q_{MS}, f_c$

$$Q_{ES} = \frac{1}{1/Q_{TS} + 1/Q_{MS}}$$

$$a = \left(\frac{f_c}{f_s}\right)^2 - 1$$

$$a_f = a \times 0.6$$

$$f_{CF} = f_s \times \sqrt{a_f + 1}$$

$$Q_{EC} = Q_{ES} \times \frac{f_c}{f_s}$$

$$Q_{MC} = Q_{MS} \times \frac{f_c}{f_s}$$

$$Q_{ECF} = Q_{ES} \times \frac{f_{CF}}{f_s}$$

$$Q_{MCF} = \frac{1}{1/\left(Q_{MS} \times \frac{f_{CF}}{f_s}\right) + 1/4}$$

Figura 5 - Formule di calcolo dei fattori di merito meccanico ed elettrico di un altoparlante montato in cassa (con e senza lana di vetro), noti  $f_s, Q_{ts}, Q_{ms}, f_c$ .

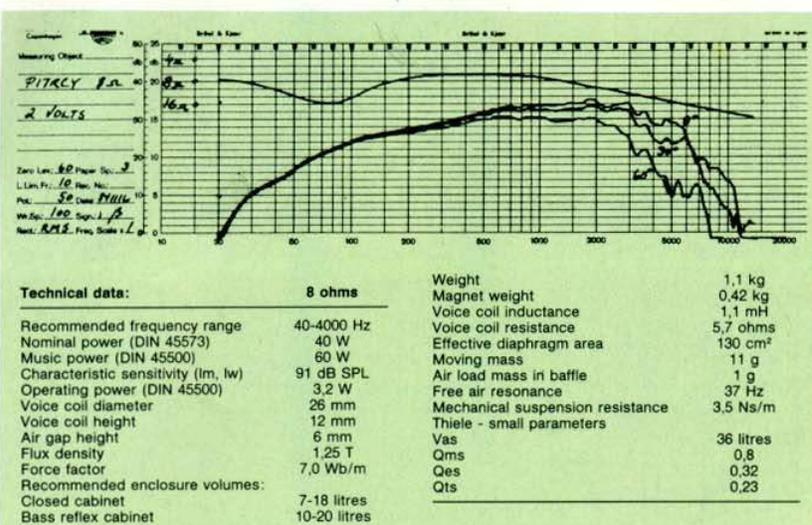


Figura 6 - Dati dichiarati woofer-midrange SEAS P17RCY.

DATI ALTOP.	SEAS P 17 RCY	DATI CASSA CHIUSA	
DIAMETRO EQUIV. [MM]	D = 128.66	VOLUME [DMC]	VB = 2.24
FREQ. DI RISONANZA [HZ]	FS = 37	VOL. CON ASS. AC. [DMC]	VEF = 1.35
RESIST. BOB. MOB. [OHMS]	RE = 5.7	FREQ. DI RISONANZA [HZ]	FC = 160
MASSA EQUIP. MOBILE [G]	MS = 11	FREQ. RIS. CON ASS. [HZ]	FCF = 160
MASSA AGGIUNTA [G]	MA = 0	RESIST. AGGIUNT. [OHMS]	RA = 0
VOLUME EQUIV. [DMC]	VAS = 39.7	FATTORE DI MERITO TOT.	QTC = .99
CEDEVOL. SOSP. [MM/N]	CMS = 1.68	FATT. MERITO CON ASS.	QTCF = .8
FATTORE DI MERITO TOT.	QTS = .23	POT. INST. [WATT/8 OHMS]	PMAX = 100
FATTORE DI MERITO MECC.	QMS = .8	LIM. INF. PROCR. MUS. [HZ]	FLM = 400
FATTORE DI MERITO ELET.	QES = .32	FREQ. MAX ESCURS. [HZ]	FMAX = 400
FATTORE DI FORZA [NB/M]	BL = 6.72	MAX ESCURSIONE [MM]	XMAX = .73
LIV. CON 2.83 V/1M [DB SPL]	= 91.37	FREQ. MAX CON ASS. [HZ]	FMAXF = 400
		MAX ESC. CON ASS. [MM]	XMAXF = .69
		[LIV. CON 2.83 V/1M [DB SPL]	= 91.37

Figura 7 - Stampa di Bass-64, relativa al P17RCY, alla richiesta di una frequenza di risonanza in cassa chiusa di 160 Hz.

invece riportata in fig. 4. Da notare, che Cross-64 non prevede la immissione del dato di  $Q_{mc}$ , ovvero il fattore di merito meccanico del woofer montato in cassa, che viene assunto sempre pari a 5. Nel caso di cassa riempita al massimo di lana di vetro, il  $Q_{mc}$  diventa più basso e quindi l'andamento della curva di impedenza al di sotto dei 100 Hz in questo caso non è attendibile; la cosa tuttavia non vi deve preoccupare minimamente, dato che le ripercussioni sull'andamento del taglio del filtro di cross-over sono pressoché nulle.

Chi volesse verificarlo potrebbe provare a inserire i dati del woofer al posto del midrange, per il quale è invece possibile scegliere il valore del  $Q_m$ , e vedere cosa cambia con un filtro che tagli adeguatamente a 400 Hz. Per il progetto e la verifica di un filtro per subwoofer passivo, questa tecnica potrebbe essere preferibile, ma ricordate che il valore di  $Q_m$  da utilizzare non è quello del woofer in aria libera ( $Q_{ms}$ ), bensì quello montato in cassa ( $Q_{mc}$  o  $Q_{mcf}$ ) e sfortunatamente BASS-64 non lo fornisce. Ecco quindi, in fig. 5, le formule ed un programmino per Commodore per sveltarne il calcolo.

Ricordate che il programma CROSS-64 presuppone che il valore di  $L_e$  che gli fornite sia stato misurato ad 1 kHz se l'altoparlante è il woofer, ma a 10 kHz se è il midrange o il tweeter; se volete inserire un woofer al posto del midrange, il valore della induttanza della bobina mobile che dovrete comunicare al computer sarà quello misurato ad 1 kHz diviso per 3,16. Viceversa, per trasformare un dato misurato a 10 kHz (midrange o tweeter) in modo da poter inserire i dati dell'altoparlante relativo al posto del woofer si dovrà moltiplicare  $L_e$  per 3,16.

Nel caso del progetto del «the audio speaker» non serve nulla di tutto ciò, dato che la simulazione viene effettuata con ciascun altoparlante al suo posto.

**Il midrange**

Utilizzando i dati dichiarati (fig. 6) e il programma BASS-64 (o le solite formule del n. 36) si può decidere il volume in cui conviene montare l'altoparlante. Avendo deciso di filtrarlo passa-alto a 400 Hz, è bene che la frequenza di risonanza del midrange montato nel suo volume sia inferiore ai 200 Hz, ovvero almeno un'ottava al di sotto della frequenza di taglio.

Per i nostri calcoli abbiamo scelto la frequenza di 160 Hz, ottenendo un volume senza lana di vetro di 2,24 litri e con lana di vetro di 1,35 litri (fig. 7). Verificata la possibilità di montarlo senza problemi in un volume di 2 litri, abbiamo ricalcolato le frequenze di risonanza ed i  $Q_{tc}$  per le due condizioni in questo volume, ottenendo:  
 $f_c = 168,95$  Hz (fr. ris. senza ass.)  
 $f_{cf} = 132,94$  Hz (fr. ris. con ass.)  
 $Q_{tc} = 1,05$  (fatt. mer. senza ass.)  
 $Q_{tcf} = 0,68$  (fatt. mer. con ass.)

Dovendo conoscere anche il dato di  $Q_{mc}$ , da comunicare a Cross-64, abbiamo utilizzato anche il programmino di fig. 5 che ci ha fornito i dati di fig. 8; avendo scelto di riempire il volume al massimo di lana di vetro per eliminare i rimbombi, il dato di  $Q_m$  richiesto diventa  $Q_{mcf} = 1,67$ , approssimabile ad 1,7.

Per il mobiletto di 2 litri su cui montare il SEAS è stata scelta una forma che minimiz-

zasse la larghezza del pannello frontale. La riduzione del ritardo dei segnali diffratti ai bordi ottenuta in questo modo è stata spesso ritenuta un vantaggio sul piano della qualità soggettiva del campo diretto percepito. Come dire che l'ascolto dovrebbe essere caratterizzato da una naturalezza ed una precisione molto maggiore che non se il pannello avesse una larghezza maggiore.

Tornando ai dati necessari per far «girare» Cross-64, questa volta fra i dati dichiarati troviamo anche Le. Viene fornita anche la curva di impedenza dell'altoparlante, montato in 20 litri.

Dato che la impedenza a 10 kHz non è in-

$f_s = 37$   
 $QTS = .23$   
 $QMS = .8$   
  
 $f_c = 169$   
 $QTC = 1.05054054$   
 $QEC = 1.47444206$   
 $QMC = 3.65405406$   
  
 $f_{cf} = 132.981954$   
 $QTCF = .685067702$   
 $QECF = 1.16020292$   
 $QMCF = 1.67282391$

Figura 8 - Dati forniti dal programma di fig. 5, necessari per comunicare a Cross-64 il valore del Qmc del P17RCY in cassa chiusa piena di lana di vetro (Qmcf).

fluenzata dal volume di montaggio, la curva è utilizzabile senza controindicazioni per effettuare una verifica del dato dichiarato.

Purtroppo, il nostro compito è un poco complicato dal fatto che la curva di impedenza è stata tracciata con la scala degli ohm logaritmica e per di più invertita. Leggendo con cura si trae che a 10 kHz la impedenza è circa 8 dB più alta degli 8 ohm (attenzione alla scala doppia). Utilizzando le indicazioni fornite sul n. 49 di AUDIO-REVIEW si ricava che ciò corrisponda ad una  $Z = 8 \times 101(8/20)$ , cioè  $Z = 8 \times 2,51 = 20,1$  ohm.

Utilizzando la formula di pag. 106, n. 49, si ha:

$$L_e = \sqrt{(20,1^2 - 5,7^2)} / (2 \times 3,14 \times \sqrt{10000}) \times 1000 \text{ [mH]}$$

da cui  $L_e = 0,31$  mH

Il dato dichiarato dalla SEAS è invece 1,1 mH; se supponiamo che questo sia stato misurato ad 1 kHz, per renderlo congruente con quello calcolato da noi dovremmo dividerlo per 3,16 da cui  $L_e = 1/3,16 = 0,316$ , che è molto simile al dato ricavato dalla curva di impedenza. Come già detto in altra occasione, questo è il dato da considerare più attendibile e quindi, arrotondando, comunicheremo a Cross-64 una  $L_e$  del midrange pari a 0,3 mH.

La curva di impedenza calcolata con questi dati è riportata in fig. 9.

Quanto alla simulazione della risposta in frequenza, il lavoro è un po' lungo.

La SEAS dichiara (sul suo depliant) che la curva pubblicata il mese scorso è rilevata con il microfono a 0,5 metri di distanza dall'altoparlante (montato in 20 litri) e con una tensione di 5 volt; lo Zero Level del

Figura 9  
Grafico dell'impedenza del P17RCY, calcolato da Cross-64 con i dati relativi al montaggio in 2 litri con lana di vetro.

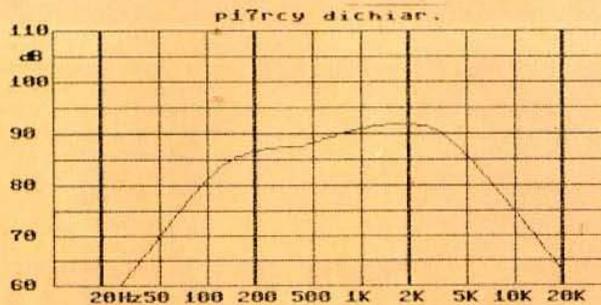
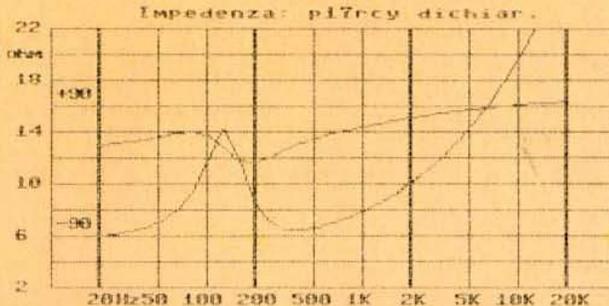


Figura 10  
Risposta in frequenza del SEAS P17RCY montato nel volume di 2 litri con lana di vetro.

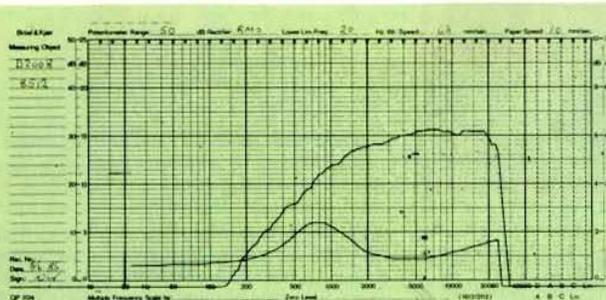


Figura 11  
Dati dichiarati del tweeter Scan-Speak D2008 (8512).

Diametro esterno: 92 mm  
 Profondità: 41 mm  
 Diametro foratura: 69 mm  
 Frequenza limite superiore: 20 KHz  
 Sensibilità: 90 db/W/m  
 Tenuta in Potenza: 200 W RMS/3 KHz (cross-over)  
 Potenza impulsiva: 1000 W RMS (10 ms)

Diametro bobina mobile: 20 mm  
 Impedenza: 8 Ohm  
 Resistenza in continua: 5,8 Ohm  
 Induzione nel traferro: 1,45 Tesla  
 Fattore Forza (BL): 1,8 Tesla x m  
 Frequenza di risonanza (FS): 1500 Hz  
 Massa dinamica (MMD): 0.18 g.

grafico è 60 dB spl, la scala è 50 dB. In queste condizioni il P17RCY emette a 1000 Hz esattamente 102 dB spl.

Il programma Cross vuole però che i dati di sensibilità dei vari altoparlanti siano stati rilevati nelle stesse condizioni, da cui, dato che sia la risposta dell'RCF che quella dello SCAN-SPEAK sono relative ad una misura effettuata con 2,83 volt (1W su 8 ohm) ad 1 metro, conviene convertire la scala della risposta del SEAS.

I 5 volt di alimentazione corrispondono a  $20 \times \log(5/2,83) = 4,94$  dB in più rispetto ai 2,83 volt e il mezzo metro comporta un aumento del livello di  $20 \times \log(1/0,5) = 6,02$  dB rispetto al metro, per cui, ai livelli della scala SEAS vanno sottratti 10,96 dB, che è come dire 11 dB.

Il livello ad 1 kHz diventa quindi 91 dB. Per facilitare la scelta dei dati da comunicare a Cross-64, conviene compilare una tabellina con i valori della emissione in dB

spl per 2,83 volt/1m a diverse frequenze:

- 500 Hz → 88 dB spl
- 1 kHz → 91 dB spl
- 1-2 kHz → 92 dB spl
- 3 kHz → 89 dB spl
- 5 kHz → 86 dB spl

La frequenza di risonanza calcolata per montaggio in 2 litri e cassa piena di lana di vetro è di 133 Hz, abbastanza lontana dai 500 Hz per ritenere che il livello di emissione del midrange non cambi passando dal montaggio in 20 litri dichiarato dalla SEAS a quello in 2 litri prescelto per il «the audio speaker». La curva di risposta più simile a quella dichiarata, a partire dai 500 Hz in su, è stata ottenuta con i dati seguenti:

- $f_a = 2900$  Hz
- $Q_a = .55$
- dB = 87,5 dB spl
- dB/ott = 3

Il grafico tracciato da Cross-64 e riportato in fig. 10.

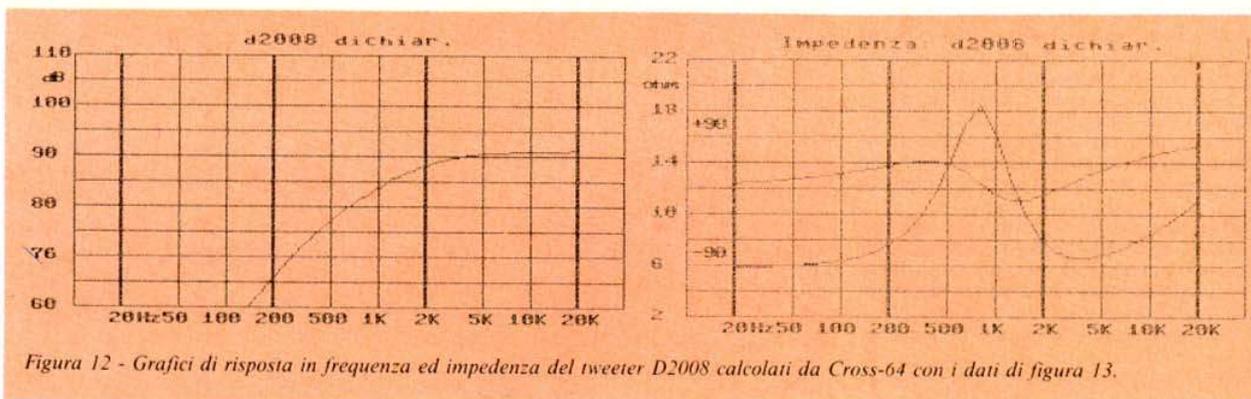


Figura 12 - Grafici di risposta in frequenza ed impedenza del tweeter D2008 calcolati da Cross-64 con i dati di figura 13.

Dati altoparlanti: altop. audio sp.

	Woofers	Tweeter	Midrange
Re	5	3,6	5,7
Le	1,4	0,11	0,3
Fa	43	900	130
Qt	0,62	0,35	0,69
Qm	5	1,1	1,7
Fa	1100	2900	
Pa	1	0,55	
dB	85,5	91	87,5

Frequenza risposta woofers = 2 dB/ott  
 Frequenza risposta tweeter = 0 dB/ott  
 Frequenza risposta midr. = 3 dB/ott

Figura 13 - Dati altoparlanti del «the audio speaker» stampati da Cross-64.

### Il tweeter

Anche il compito di ricavare i dati necessari per la simulazione dello SCAN-SPEAK si è rivelato non facilissimo. Fra i dati dichiarati (fig. 11) abbiamo fra l'altro una frequenza di risonanza che non corrisponde affatto con il picco della curva di impedenza fornita, che riteniamo come al solito più attendibile.

In pratica l'unico dato utilizzabile è quello della resistenza elettrica in continua; per il resto dobbiamo affidarci ai grafici. Lo Zero Level del grafico non è indicato, mentre la scala è 50 dB; il dato dichiarato per la sensibilità è di 90 dB W/m per cui supponiamo che lo Zero Level sia il classico 60 dB spl e che quindi la emissione per 2,83 V/1m raggiunga in effetti dai 5 kHz in su i 91 dB spl.

La frequenza del massimo della curva di impedenza è a circa 800 Hz e questo è il dato che assumeremo per la frequenza di risonanza. Quanto al Qt è ricavabile direttamente dalla curva di risposta sapendo che il livello di emissione alla frequenza di risonanza è inferiore a quello asintotico (nel nostro caso i 91 dB) di un numero di dB pari a  $\text{dB} = 20 \times \log(\text{Qt})$ , da cui  $\text{Qt} = 10^{(\text{dB}/20)}$ . Il livello ad 800 Hz è circa 88 dB spl, ovvero 9 dB più basso dei 91 dB: da ciò si può calcolare  $\text{Qt} = 20 \times \log(-9/20) = 0,35$  e questo è il dato che utilizzeremo.

Quanto al Qm, è stato determinato per tentativi successivi fino a far sì che il picco

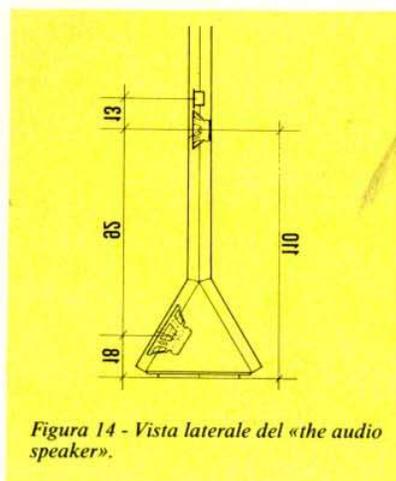


Figura 14 - Vista laterale del «the audio speaker».

della impedenza alla risonanza calcolato da Cross-64 avesse lo stesso valore di quello del grafico di impedenza dichiarato, ovvero (assumendo che il livello dei 65 dB corrisponda agli 8 ohm)

$$Z_{\text{max}} = 8 \times 10^1 (7/20) = 18 \text{ ohm.}$$

La induttanza Le è stata ricavata con lo stesso metodo e la stessa formula visti per il caso del midrange, ovvero:

$$Le = \text{sqr}(8,98 \uparrow 2 - 5,8 \uparrow 2) / (2 \times 3,14 \times 10000) \times 1000 \text{ [mH]}$$

Dove 8,98 è la impedenza a 10 kHz calcolata leggendo sul grafico un valore superiore di 1 dB agli 8 ohm.

Da cui  $Le = 0,11 \text{ mH.}$

I grafici di risposta in frequenza e di impedenza calcolati da Cross-64 sono riportati in fig. 12.

Nella tabella di fig. 13 sono riassunti tutti i dati relativi agli altoparlanti utilizzati da Cross-64 per le simulazioni dei componenti.

### Il montaggio di midrange e tweeter

La risposta in frequenza del SEAS P17RCY è dichiarata, come abbiamo visto, per montaggio su un mobile di 20 litri. Per i volumi di prova vengono a volte scelte delle proporzioni interne di 1:1,25:1,6 (che minimizzano le onde stazionarie) e per midrange e tweeter si preferiscono pannelli frontali di larghezza ridotta. Per un volume di 20 litri si potrebbero ad esempio ipotizzare misure interne di 34,5 x 21,5 x 27

(H x L x P) cm; le dimensioni esterne, con uno spessore dei pannelli di 20 mm, diventerebbero 38,5 x 26,5 x 31 cm. Per il nostro gruppo medio-alti abbiamo deciso di ridurre al minimo la larghezza del pannello frontale e di smussarne gli spigoli; con la profondità massima consentita dalla forma scelta per il pannello estetico del mobile e per un volume interno di 2 litri, ciò conduce alle dimensioni esterne di 28 x 23 x 8,3 (H x L x P) cm. Per conseguire condizioni di carico non troppo dissimili da quelle ipotizzate per la risposta dichiarata, invece di montare il tweeter nello spazio rimasto libero nel volume del midrange, lo abbiamo montato su una prolunga esterna del pannello frontale che porta le dimensioni complessive della superficie di carico del midrange a 38 x 23 cm.

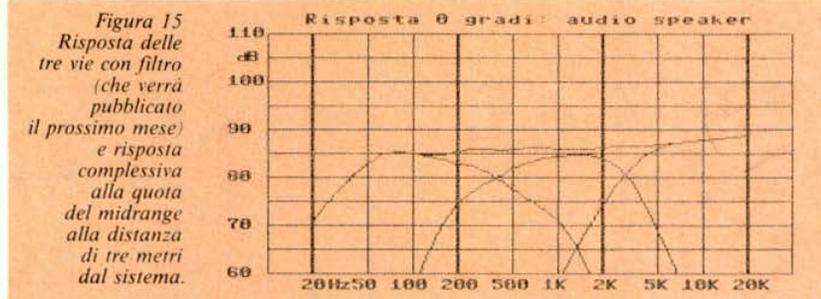
Abbiamo visto il mese scorso che era bene scegliere un'altezza da terra del woofer ridotta, mentre una quota di midrange e tweeter rilevante poteva per certi versi essere preferibile; sulla base di queste considerazioni e tenendo nel debito conto la necessità di usufruire della massima dispersione orizzontale di midrange e tweeter, ho stabilito una quota dal pavimento del P17RCY di 110 cm, equivalente alla altezza media da terra delle orecchie di un ascoltatore seduto (misurare per credere). Quanto al tweeter, poi ottimizzare la dispersione verticale alla frequenza di incrocio, è accostato al midrange alla minima distanza consentita dalle loro dimensioni geometriche esterne; i centri di emissione risultano in questo modo a 13 cm di distanza l'uno dall'altro. Il centro del woofer è posto invece a 18 cm dal pavimento, per una distanza woofer/tweeter di 105 cm e woofer/midrange di 92 cm, pari alla lunghezza d'onda corrispondente ai 374 Hz (fig. 14). Per applicare esattamente la regola empirica dello spettro distribuito verticale, questa dovrebbe essere anche la frequenza di incrocio woofer/midrange, mentre l'incrocio midrange/tweeter dovrebbe essere posto a  $344/0,13 = 2650 \text{ Hz.}$  In effetti, le frequenze di incrocio di 400 e 3000 Hz già comunicate, scelte in base ad una valutazione iniziale di massima, sono molto vicine ai valori appena calcolati e possono quindi considerarsi adeguate ad ottenere una corretta estensione verticale della scena acustica virtuale.

### La risposta in frequenza ottimale

Abbiamo visto il mese scorso che per una cassa con il woofer molto vicino al pavi-

mento è lecito ipotizzare la necessità di utilizzare midrange e tweeter di sensibilità più alta del woofer. Infatti, il rinforzo del campo diretto prodotto dal woofer nella posizione di ascolto contribuisce ad innalzare il livello acustico complessivo percepito, somma del campo diretto più il campo riverberato.

Confermo quindi la necessità di prevedere un margine di sensibilità adeguato per non vedersi costretti a sostituire midrange e tweeter in un secondo tempo con modelli più efficienti. Peraltro, l'andamento della risposta misurabile in campo libero che ha dimostrato in passato in più occasioni di fornire i migliori risultati nel caso di casse con il woofer molto vicino al pavimento non si discosta molto dall'andamento orizzontale, raggiungendo nei casi limite una pendenza di 2 dB/decade (ad es.: Delta 3 e Delta 4). L'andamento deve cioè avere uno sviluppo sostanzialmente «piatto», ma crescere fino ad un massimo di 2 dB ogni decuplicazione del valore della frequenza: esempio: 100 Hz 85 dB, 1000 Hz 87 dB, 10000 Hz 89 dB.



#### Il crossover

Il prossimo mese vedremo come sia possibile prevedere per i componenti prescelti e nelle ipotesi di simulazione presentate, una rete di crossover a tre vie che ne effettui i corretti incroci, compensando tutti gli effetti della impedenza reale dei componenti e dei loro offset rispetto alla posizione di ascolto, fino ad ottenere una risposta in fre-

quenza avente l'andamento prescelto (fig. 15).

Anticipiamo, per i più impazienti, che un «the audio speaker» dotato di una rete progettata con Cross-64 è già stato montato ed ascoltato. Pur non avendo ancora effettuato nessuna verifica strumentale, né alcuna ottimizzazione conseguente a misure acustiche, i primi test di ascolto stanno fornendo risultati estremamente soddisfacenti.

# LA COSTRUZIONE DEL MOBILE

di Mauro Neri

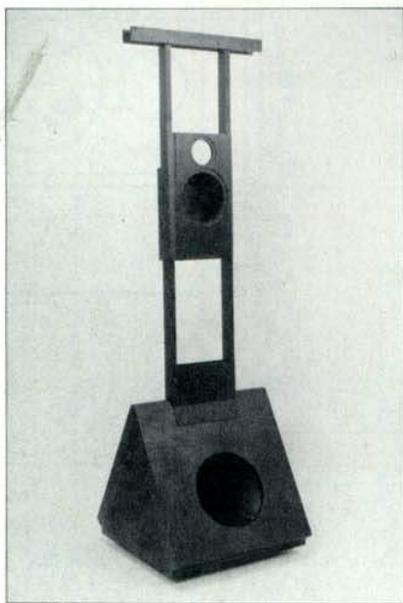
Il «the audio speaker» non è ancora completamente definito ma, sulla base dei dati fin qui noti, è già possibile dare il via alla realizzazione del mobile. Da questo punto di vista l'obiettivo che ci si propone è quello ormai noto di adattare la veste estetica e la particolare impostazione costruttiva dell'Audiolab Delta 4 per un nuovo sistema a tre vie da autoconstruire.

Per eseguire i disegni costruttivi ho potuto basarmi sia sulle indicazioni già esposte dal progettista sia su quelle che ho desunto dall'esame di uno dei pochissimi esemplari esistenti di Delta 4. Il diffusore infatti non è stato mai commercializzato e sembra che in tutto ne siano state realizzate solo 5 o 6 coppie comprese quelle di alcuni amatori che già allora decisero di ricorrere all'auto-costruzione pur di possederle.

La struttura del mobile del «the audio speaker» può considerarsi divisa in tre sezioni principali: il box del woofer, il gruppo medio-alte e la sezione «esterna», ossia le griglie protettive e le fiancature estetiche triangolari poste ai lati della base.

La realizzazione del box per il woofer è un po' più laboriosa del solito per la necessità di eseguire alcuni tagli fuori squadra (a 30 e 60 gradi). I pannelli laterali si ricavano da semplici triangoli equilateri, asportando i vertici come da disegno. Questa operazione può essere eseguita anche dopo aver assemblato i legni garantendosi così la possibilità di modificare leggermente il taglio per compensare eventuali imperfezioni di allineamento tra i pannelli. Questi saranno in truciolare da 20 mm, o per una più facile lavorazione, in legno multistrato di pari spessore. La presenza di un puntello di rinforzo all'interno del mobile dovrebbe assicurare in entrambi i casi un adeguato smorzamento delle vibrazioni. Il rinforzo è costituito da un pezzo sagomato ricavabile direttamente dagli sfridi dei pannelli triangolari.

Il box è completato da uno zoccolo che preferibilmente sarà in legno massello piuttosto duro (tiglio). La particolare soluzione adottata per la base del mobile, composta da tre pezzi uniti a formare una specie di conca, è la stessa già adottata dalla Delta 4 e consente di lasciare un sufficiente spazio al telaio delle griglie di protezione rispettando il volume interno del mobile e l'ingombro stabiliti. In quella zona andrebbe normalmente predisposto anche l'allog-



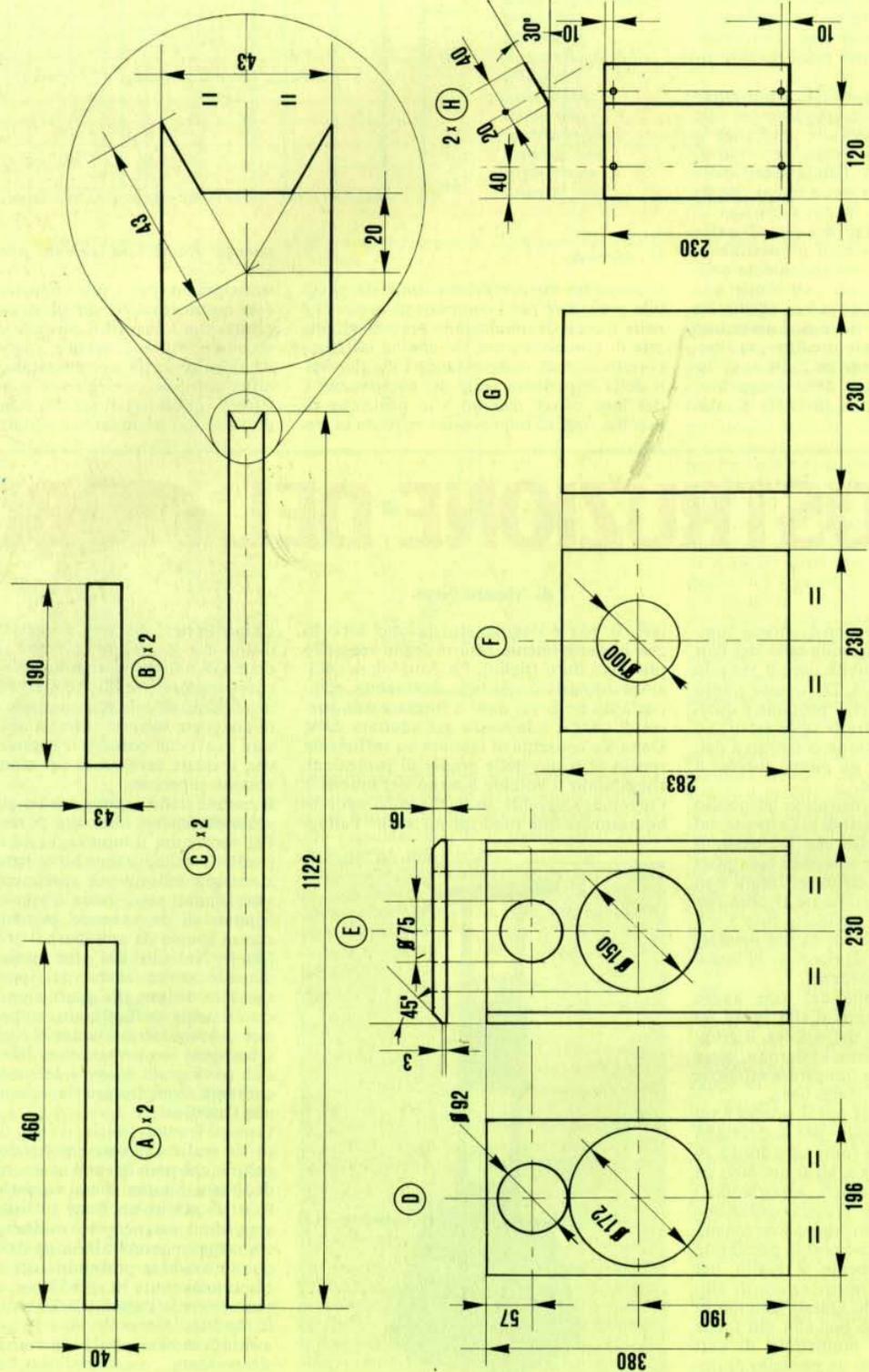
Il mobile del «the audio speaker» segue la stessa impostazione costruttiva dell'Audiolab Delta 4 progettata da R. Giussani nel '77.

giamento per i morsetti d'ingresso, secondo il tipo che si intende utilizzare. Noi prevediamo di adottare una soluzione più inconsueta, ma non per questo meno funzionale: inserire nel mobile una canna da elettricista di adeguata sezione entro la quale far passare i cavi che portano il segnale al crossover, il quale sarà posto sui montanti della sezione superiore.

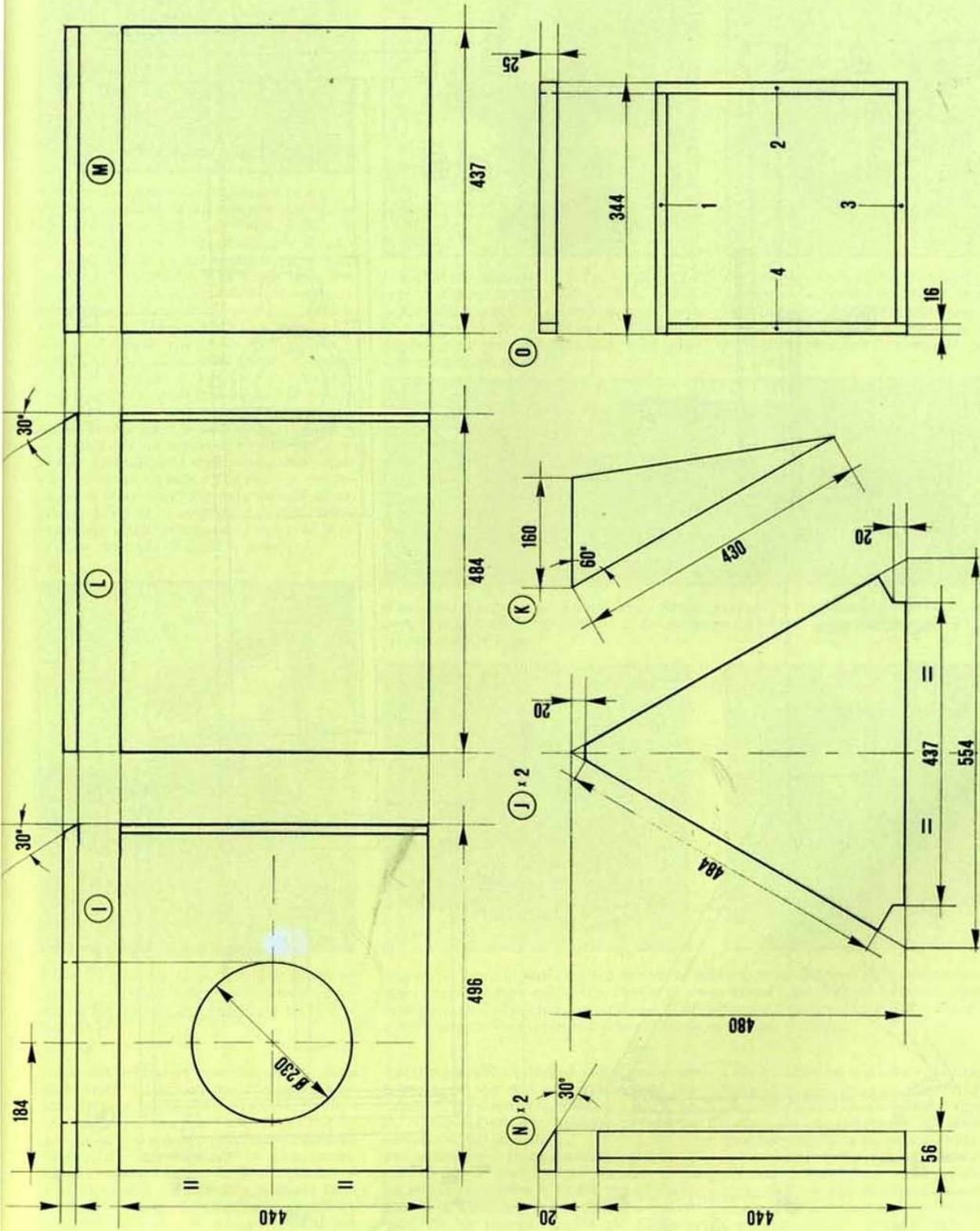
Il mobile della sezione medio-alti non presenta particolari difficoltà di realizzazione. Per consentire il montaggio ad incasso del tweeter e del midrange ho utilizzato la soluzione già felicemente sperimentata per il «the audio sat», ossia l'apposizione sul frontale di un secondo pannellino abbastanza spesso da annullare il gradino delle flange. Nel caso del «the audio speaker», tenendo conto anche dell'incremento di spessore dovuto alla guarnizione di tenuta, è sufficiente un foglio di compensato da 4 mm di spessore. Sui pannelli così accoppiati conviene inoltre praticare dei tagli di scarico a 45 gradi lungo i lati maggiori, ciò consente di migliorare sia il carico acustico che l'estetica.

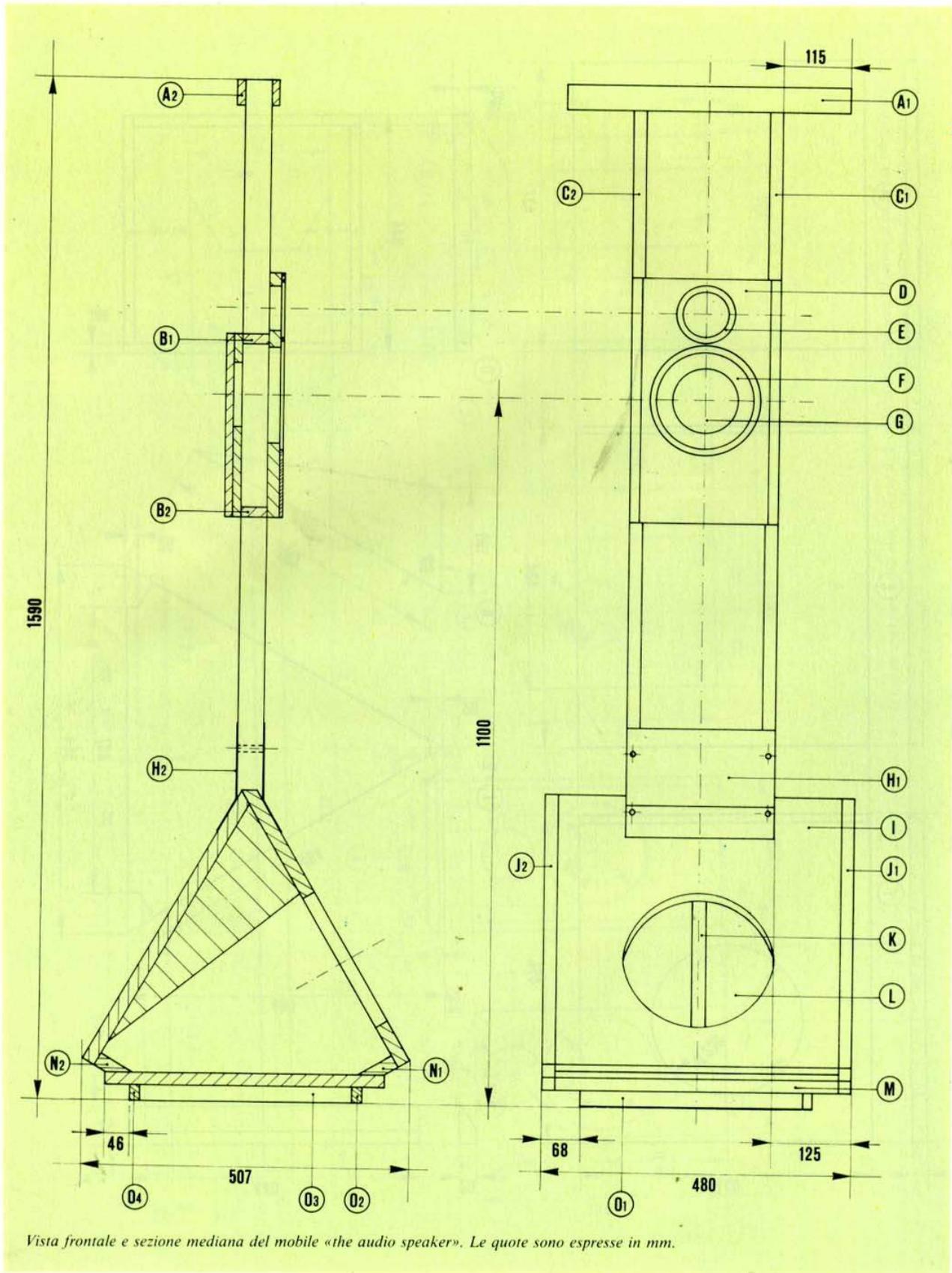
Come il frontale, anche il retro del mobile va realizzato sovrapponendo due pannellini, che però devono avere uno spessore di 10 mm. Su uno di essi va preventivamente praticata un'apertura sufficiente ad alloggiare il magnete del midrange, là dove esso raggiungerebbe il fondo della cassa. In questo modo la profondità del mobile può essere contenuta in soli 83 mm senza compromettere lo spessore delle pareti e quindi la rigidità del mobile. Anzi, è possibile addirittura incrementarla utilizzando lo stesso altoparlante come puntello, basta predisporre nella zona interessata un disco di gomma morbida o di neoprene spesso quanto basta da risultare pressato contro il magnete.

I legni che chiudono lateralmente il casso-

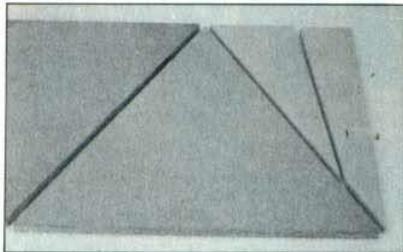


Le dimensioni sono espresse in mm. Le parti A (supporti per le griglie protettive) F e G hanno spessore di 10 mm. I legni B, E ed O sono da 16 mm. Il pannello D è in compensato da 4 mm. H è in lamiera di ferro da 12-15 decimi di mm. Tutte le altre parti, compresi i montanti C, hanno spessore di 20 mm. Il diametro dei fori sulla lamiera dipende dal tipo di viti e di bulloni utilizzati (tipicamente 6 mm).

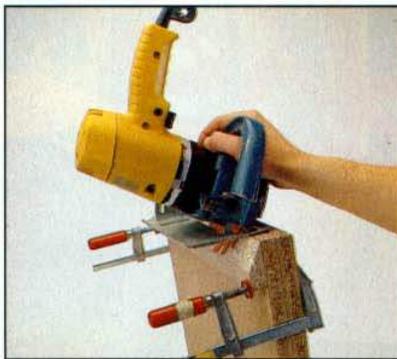




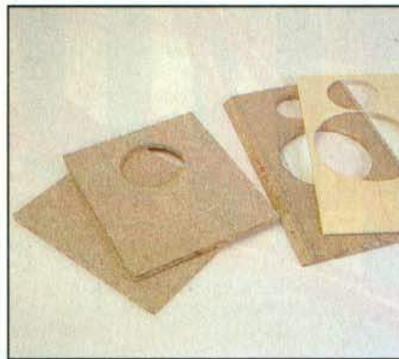
Vista frontale e sezione mediana del mobile «the audio speaker». Le quote sono espresse in mm.



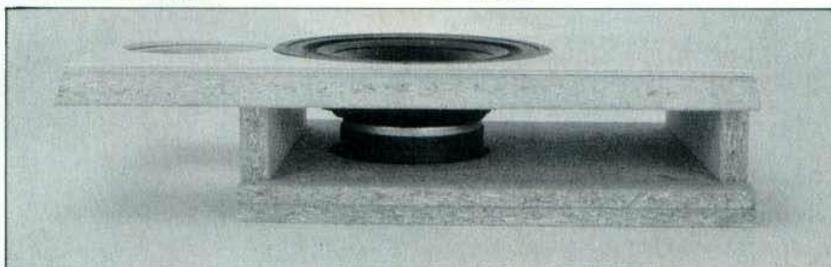
Il taglio dei pannelli triangolari non è tanto difficile. Si parte da un pannello squadrato alto 480 mm e lungo 2230 mm, sufficiente per ricavare i 4 pezzi per una coppia di casse (il taglio della lama può essere largo anche 6 mm, se manca qualcosa ad uno spigolo non fa niente, andranno asportati). Si segna su un margine il punto a 554 mm dallo spigolo e, sul margine opposto, si segna il punto a 277 mm dallo spigolo più vicino. Si traccia la linea che unisce i due punti (che sarà lunga 554 mm) e quella tra il punto a 277 mm e lo spigolo opposto (anch'essa lunga 554 mm): il triangolo equilatero è fatto. Per ottenere un taglio netto e privo di sbavature si consiglia di predisporre un regolo di battuta per il seghetto. Le linee per i tagli successivi si ottengono segnando la base a 554 mm o sovrappo-  
nendo il primo triangolo sul pannello da tagliare. Alla fine rimangono due sfridi triangolari dai quali, asportando una parte, si ricavano i pannelli di rinforzo interni (K).



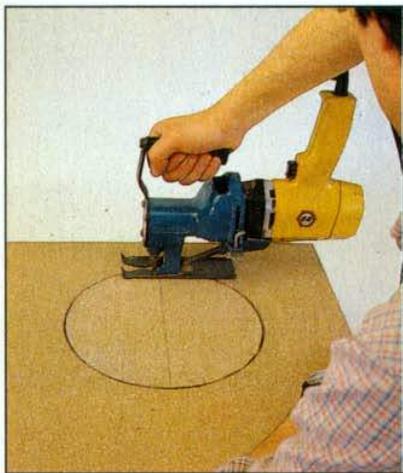
Il taglio più laborioso è quello obliquo dei pezzi N, che per la sua angolazione va eseguito facendo scorrere il seghetto lungo lo spessore del pezzo. Per aumentare la superficie d'appoggio si possono affiancare altri pannelli a quello da tagliare.



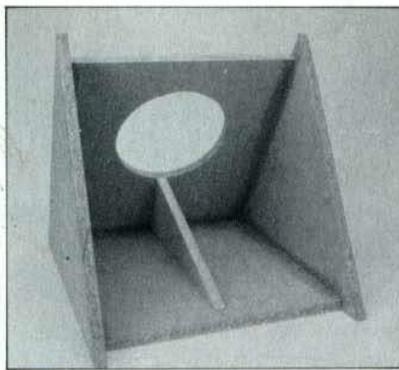
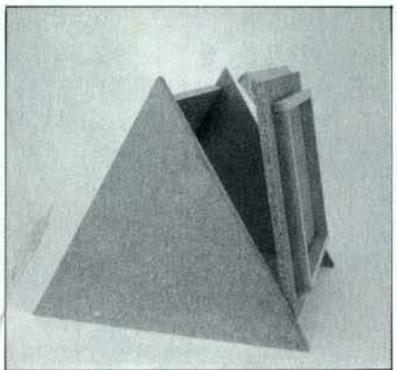
Per ricavare i bassofondi necessari agli altoparlanti della sezione medio-alti, in alternativa all'impiego della fresa consigliamo di accoppiare dei pannelli di adeguato spessore, preventivamente forati secondo le indicazioni dei disegni.



Il pannello posteriore del mobile del midrange presenta un bassofondo per il magnete, per permettere così di ridurre la profondità del cassonetto a 83 mm senza compromettere lo spessore dei pannelli (20 mm).



I fori per gli altoparlanti si eseguono con un seghetto alternativo, introdotto previa trapanatura del frontale con una punta da 10 millimetri.



Dopo aver tagliato tutti i legni a misura ed eseguito le forature per gli altoparlanti si può iniziare l'assemblaggio del mobile. Per garantire la tenuta è più che mai necessario ripassare tutte le giunture dall'interno con sigillante ai siliconi o con il tradizionale impasto di segatura fine e colla vinilica (eventualmente resa più fluida con un po' d'acqua).

netto del midrange sono costituiti dagli stessi montanti di sostegno. Per questi è bene utilizzare del massello piuttosto rigido e ben stagionato ma, fatto ancora più importante, essi non devono presentare deformazioni quali imbarcamenti o accartocciamenti altrimenti si rischia di compromettere la verticalità o addirittura la stessa fattibilità del sistema. In alternativa si può ricorrere all'impiego di tubi o scatolati metallici che, per evitare risonanze, vanno riempiti con sabbia o altro materiale smorzante. Le fiancine della sezione medio-alti saranno allora realizzate con appositi listellini di legno. La cavità dei montanti in

metallo potrebbe essere sfruttata anche per il passaggio dei cavi o, con le dovute precauzioni, gli stessi tubi di metallo potrebbero essere utilizzati in qualche caso come conduttori del segnale. Per assicurare il fissaggio tra la sezione superiore ed il mobile del woofer si ha un'ampia possibilità di scelta, ma in ultima analisi la soluzione più semplice e funzionale, risulta proprio quella già proposta dallo Delta 4 ossia l'impiego di pannellini di lamiera (lo spessore di 12 decimi di millimetro è già sufficiente) piegati di 30 gradi a circa un terzo della loro altezza ed avvitati sulle due sezioni. Essi assicurano un'ec-

cellente stabilità alla struttura poiché lavorano in opposizione sui due versanti della cassa e si oppongono ad ogni tipo di flessione. Per incrementare la solidità della struttura conviene anche sagomare a forcella l'estremo inferiore dei montanti in modo da poterli accavallare sulla sommità della cassa del woofer. Si consiglia inoltre l'impiego di bulloni passanti per serrare le piastre ai montanti e di viti a legno corte, ma non troppo sottili, per il fissaggio sul mobile del woofer. Sul prossimo numero la finitura, le griglie di protezione, ecc...



*I metodi adottati dai costruttori specializzati più evoluti per progettare sistemi di altoparlanti prevedono tutti l'utilizzazione di almeno un computer.*

*Le tecniche ed i programmi impiegati vanno dalle semplici routine di calcolo di supporto ad un estensivo lavoro sperimentale, effettuato da tecnici esperti, alle più moderne simulazioni e procedure di ottimizzazione automatiche, messe a punto da pochi.*

*I programmi di AUDIOREVIEW CROSS-64 e BASS-64, consentono all'hobbista autoconstruttore di casse acustiche di effettuare i suoi progetti ad un livello di sofisticazione intermedio, certamente superiore a quello di molti costruttori specializzati anche molto noti.*

di Renato Giussani

**C**on questa puntata termina la serie di articoli dedicati all'esempio d'uso del programma CROSS-64 cui abbiamo dato il nome di «the audio speaker». Raccomandiamo però agli interessati di non procedere ancora all'acquisto degli altoparlanti o dei componenti per il filtro di crossover, perché ci vorremmo riservare la possibilità di apportare delle varianti, che verranno eventualmente presentate sul numero di settembre.

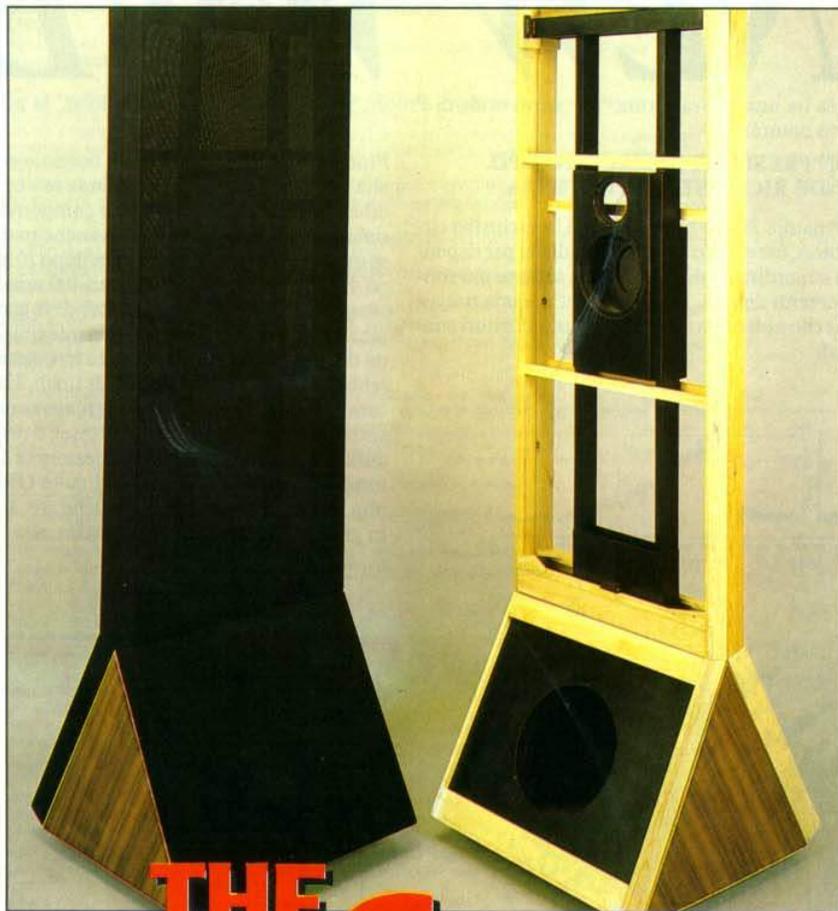
Il programma CROSS-64 è stato presentato da AUDIOREVIEW nel corso della serie di articoli dedicati alle reti di crossover ed è stato messo a punto per poter presentare tutti gli esempi relativi al progetto di sistemi di altoparlanti.

Ne è derivato uno strumento molto utile a scopo didattico, che ha dimostrato di presentare anche interessanti potenzialità quale sussidio al progetto di sistemi reali.

Ricordiamo agli interessati che presso la redazione sono disponibili, già registrati su supporto magnetico, sia il programma CROSS-64 che la versione CROSS-PC adatta ai computer IBM-PC e compatibili.

La procedura completa seguita per simulare gli altoparlanti del «the audio speaker» con CROSS-64 è stata presentata sullo scorso numero di AUDIOREVIEW (n. 51).

I risultati cui siamo giunti sono riassunti nella tabella di fig. 1, nella quale compaiono tutti i numeri necessari alla simulazione, ma non tutti i parametri usati per ottenerli. A questo proposito, dobbiamo scusarci con i lettori che hanno provato ad usare le formule pubblicate e si sono trovati in difficoltà di fronte alla notazione «SQR», è una



## THE AUDIO SPEAKER

notazione usata normalmente dai linguaggi dei computer che sta per «Square Root», ovvero «Radice Quadrata», di tutto ciò che segue fra parentesi tonde.

Ricordiamo che i componenti scelti sono: Woofer RCF L10P10, woofer-midrange SEAS P17RCY, tweeter SCAN-SPEAK D2000 (8512). I dati di cui abbiamo parlato fin'ora, e che vengono richiesti da CROSS-64 quando viene selezionata la opzione di introduzione dei dati «Altoparlanti» si riferiscono esclusivamente ai singoli trasduttori e nulla hanno a che vedere con la rete di crossover, che deve pilotarli.

CROSS-64 prevede una opzione denominata «Progetto», con la quale si possono pro-

vello di calcolo teorico, cambiano non poco.

Abbiamo già chiarito in diverse occasioni che le caratteristiche degli altoparlanti reali sono ben diverse da quelle delle resistenze, ed in particolare:

— la impedenza di un altoparlante magnetodinamico non è una resistenza;

— la risposta in frequenza di un altoparlante non è quella di una resistenza, cioè piatta da 0 Hz all'infinito.

Al primo «inconveniente» possiamo ovviare collegando in parallelo ai morsetti dell'altoparlante una rete che ne compensi l'impedenza; tale rete può essere calcolata direttamente con CROSS-64 o con le for-

gettare i crossover calcolabili anche con le formule pubblicate sul numero 47 di AUDIOREVIEW, ovvero adatti a funzionare con carico resistivo (attenzione anche agli errata corrette del n. 49). Chi non ha avuto l'accortezza di seguirci con attenzione tutti i mesi, potrebbe non ricordare che tali formule consentono di realizzare delle reti perfette solo se tutti i componenti sono ideali. Viceversa ormai sappiamo che un filtro calcolato e costruito senza tenere conto delle caratteristiche reali dei componenti (impedenza e risposta in frequenza naturali) ha ben poche probabilità di funzionare.

I grafici dello stesso n. 47 dimostrano che le risposte in frequenza ottenibili dai filtri calcolati, se funzionanti con carico resistivo (parliamo quindi di risposte elettriche misurabili ai capi della resistenza di carico), sono perfette, ma se invece di resistenze usiamo altoparlanti, le cose, anche a li-

mule di pag. 95 del n. 48 di AUDIOREVIEW. Una volta collegata la rete di compensazione in parallelo all'altoparlante, il filtro lo «vedrà» come una resistenza di valore pari alla sua Re. Per fare calcolare a CROSS-64 le risposte in frequenza, i diagrammi polari e le curve di impedenza in questa condizione basterà rispondere «N» alla domanda «Impedenza altoparlanti?» che viene presentata prima del tracciamento dei rispettivi grafici.

Certo che, come già detto in altra occasione, il fatto che il filtro ora presenti ai morsetti degli altoparlanti delle curve uguali a quelle ideali del n. 47, non ci garantisce che le risposte «acustiche» emesse dai componenti abbiano lo stesso andamento. Infatti, all'andamento della risposta filtrata con cui gli altoparlanti vengono ora alimentati, verrà sommata la loro propria risposta in frequenza acustica, ed è ben difficile che questa sia piatta da 0 Hz all'infinito! CROSS-64 ci consente comunque di vedere cosa succede, semplicemente rispondendo «S» alla domanda «Risposta altoparlanti?»; se i dati relativi agli altoparlanti sono corretti, avremo una idea abbastanza precisa della situazione reale, altrimenti vedremo semplicemente la risposta degli altoparlanti «sbagliati».

È bene puntualizzare ancora una volta che un sistema costituito da un filtro calcolato dallo stesso CROSS-64 con la opzione di «Progetto» ed altoparlanti dotati di risposte in frequenza naturali non piatte, sia pure con l'impedenza compensata, ha poche probabilità di funzionare correttamente.

In questo caso, un programma più evoluto potrebbe provare da solo, mediante delle routine automatiche di ottimizzazione della rete, a variare i filtri fino ad ottenere delle risposte acustiche filtro + altoparlanti che ricalchino al meglio gli andamenti ideali. Se la simulazione delle risposte dei componenti è attuata con andamenti rappresentabili da funzioni matematiche, il programma potrebbe anche calcolare abbastanza facilmente i valori della rete in modo da ottenere una risposta acustica complessiva uguale ad un andamento comunicatogli a priori. In questo caso dovrebbe però essere in grado di selezionare anche la configurazione della rete più adatta ad ottenere gli andamenti complessivi desiderati e quindi sia il programma che il computer necessari (oltre che il tempo di calcolo) eccederebbero le possibilità di un utente non professionale (ed anche le capacità di programmazione di molti utenti professionali...). Fra i costruttori che sono dotati già da diversi anni di computer, strumenti e programmi in grado di attuare procedure simili (ed anche più evolute) vi sono ad esempio la Kef, la B&W, la Matsushita.

Con CROSS-64 la fase di scelta ed ottimizzazione della rete potrà essere espletata da un computer molto più potente (anche se molto meno veloce...) di quello in dotazione a qualsiasi centro di calcolo di costruttori di casse acustiche: il vostro cervello.

Aiutati dal vostro intuito, dalla vostra fantasia e dalla esperienza che via via maturerete, dovrete alterare la rete ed i valori dei componenti fino a che la risposta acustica complessiva fornita dal sistema non sarà quella desiderata.

Se sarete riusciti ad ottenere da tutti gli altoparlanti filtrati (compensate o no che siano le loro impedenze) delle risposte in frequenza uguali a quelle delle celle di uno

Dati altoparlanti , altop. audio sp

	Woofers	Tweeters	Midrange
Re	5	5.8	5.7
Le	1.4	.11	.3
fs	43	800	133
Qt	.62	.35	.69
Qm	5	1.1	1.7
fa	1100		2900
Qa	1	.55	
dB	85.5	91	87.5
Pendenza risposta woofer = 2 dB/ott.			
Pendenza risposta twee. = 0 dB/ott.			
Pendenza risposta midr. = 3 dB/ott.			

Figura 1 - Valori dei parametri necessari a CROSS-64 per la simulazione degli altoparlanti del 'the audio speaker'.

dei crossover ideali del n. 47, non è detto che la risposta complessiva del vostro sistema risulti corretta. Infatti, la somma delle emissioni dei vari altoparlanti collegati si sommerà con modalità dipendenti dalle differenze di distanza fra i loro centri acustici di emissione e il punto di ascolto.

Se avete filtrato i componenti simulati in modo che la loro risposta acustica ricalchi quella di un filtro ideale, per avere una risposta complessiva corretta basterà che tutti gli altoparlanti siano equidistanti dal punto di ascolto, ovvero che gli «Offset» utilizzati da CROSS-64 nei suoi calcoli siano impostati a zero.

Nella realtà ciò equivale all'incirca a montare gli altoparlanti in modo che le loro bobine mobili (normalmente quasi coincidenti con i centri acustici di emissione) siano

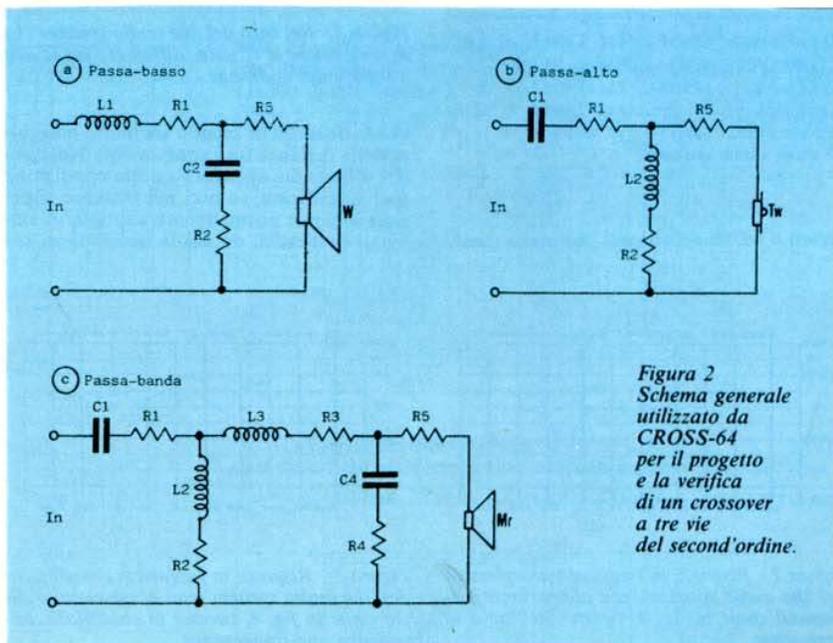


Figura 2 Schema generale utilizzato da CROSS-64 per il progetto e la verifica di un crossover a tre vie del second'ordine.

Crossover : audio speaker

Filtro Passa-BASSO:					
L1	[mH]	= 4.03	R1	[ohm]	= 0
C2	[uF]	= 39.32	R2	[ohm]	= 0
L3	[mH]	= 0	R3	[ohm]	= 0
C4	[uF]	= 0	R4	[ohm]	= 0
Re	[ohm]	= 5	R5	[ohm]	= 0
Filtro Passa-ALTO:					
C1	[uF]	= 4.52	R1	[ohm]	= 0
L2	[mH]	= .62	R2	[ohm]	= 0
C3	[uF]	= 0	R3	[ohm]	= 0
L4	[mH]	= 0	R4	[ohm]	= 0
Re	[ohm]	= 5.8	R5	[ohm]	= 0
Filtro Passa-BANDA:					
C1	[uF]	= 35.78	R1	[ohm]	= 0
L2	[mH]	= 6.33	R2	[ohm]	= 0
L3	[mH]	= .65	R3	[ohm]	= 0
C4	[uF]	= 3.02	R4	[ohm]	= 0
Re	[ohm]	= 5.7	R5	[ohm]	= 1.95

Figura 3 - Valori dei componenti di una rete di crossover del second'ordine APC calcolati da CROSS-64 per resistenze di carico uguali alle Re degli altoparlanti del 'the audio speaker'.

equidistanti dal punto di ascolto.

Nel caso di offset diversi da zero, potrà rendersi necessario qualche ritocco alla rete o qualche inversione della fase di collegamento, comunicabile al computer impostando il segno «-» (meno) come risposta alle domande «Fase mid/woofer?» o «Fase tw./woofer?». Il segno degli offset è positivo quando l'altoparlante relativo si trova più distante del tweeter dal punto di ascolto e negativo nel caso opposto. Se gli andamenti delle risposte degli altoparlanti filtrati sono corrette e gli offset non sono nulli, sarà quasi sempre possibile rilevare una risposta in frequenza complessiva con incroci corretti per le angolazioni verticali rispetto al pannello della cassa che rendono equidistanti i componenti considerati dal punto di ascolto. Per conoscere l'angolo al quale avviene la somma corretta basta chiedere a CROSS-64 di calcolare il diagramma polare di emissione in corrispondenza alla frequenza di incrocio che interessa, rilevare l'angolo corrispondente al massimo del lobo principale di emissione e quindi calcolare la risposta in frequenza «complessiva» per quello stesso valore dell'angolo (verticale) di emissione.

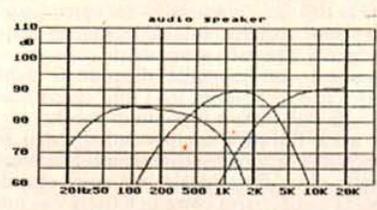


Figura 4 - Risposta in frequenza degli altoparlanti del 'the audio speaker' filtrati come da fig. 3, impedenza compensata.

Dati sistema: audio speaker

Distanza woof./tw [cm] = 105  
 Distanza midr./tw [cm] = 13  
 Offset woof./tw [cm] = 8  
 Offset midr./tw [cm] = 2  
 Fase tw./woof. (+/-) = -  
 Fase mid./woof. (+/-) = -

Figura 6 - Dati del sistema 'the audio speaker'.

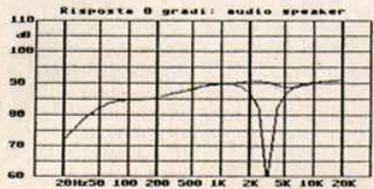


Figura 7 - Risposta in frequenza complessiva del 'the audio speaker', con altoparlanti funzionanti come in fig. 4, tweeter in fase e in controfase.

Vediamo ora quali passi si possono compiere per determinare i valori di una rete capace di ottimizzare le prestazioni del «the audio speaker», con gli altoparlanti di cui abbiamo pubblicato il mese scorso le simulazioni.

Per prima cosa si deve scegliere la configurazione base del filtro: tre vie, con celle tutte del second'ordine; in fig. 2 è riportato lo schema generico di un crossover di questo tipo. Poi le frequenze di incrocio: 400 e 3000 Hz. Selezionando la opzione di «Progetto» di CROSS-64 e chiedendo il calcolo dei componenti della rete, per valori delle resistenze di carico uguali alle Re degli altoparlanti, si ottengono i risultati della tabella di fig. 3.

Le risposte in frequenza degli altoparlanti simulati, filtrati con la rete di fig. 3 in condizioni di impedenza compensata, sono riportate nel grafico di fig. 4. Perché il computer possa calcolare la risposta complessiva, somma delle emissioni dei tre altoparlanti filtrati, si devono immettere anche i dati relativi alla geometria del sistema.

Le formule utilizzate da CROSS-64 per il calcolo degli sfasamenti causati dagli offset, sono ricavate nell'ipotesi semplificativa

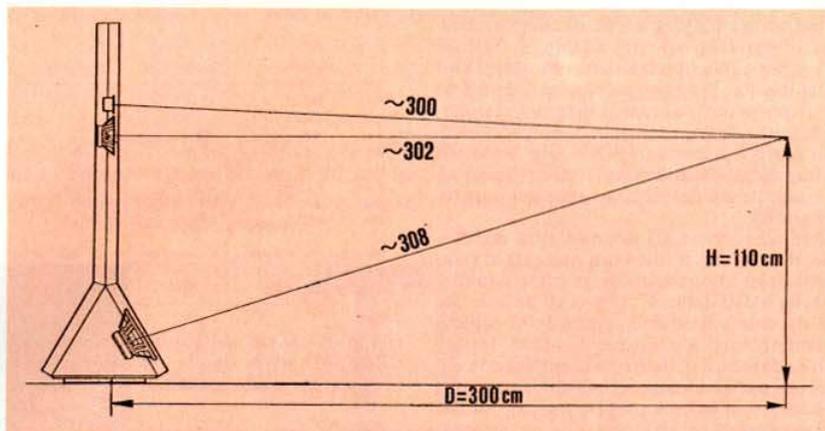


Figura 5 - Nel caso del 'the audio speaker', i valori degli «Offset» da comunicare a CROSS-64 devono essere le effettive differenze fra la distanza dal punto di ascolto del tweeter e quelle del woofer e del midrange.

che la distanza di ascolto sia molto maggiore delle distanze fra i componenti. Nel caso del «the audio speaker» questa condizione non è verificata, se non per distanze superiori a quelle normalmente adottate in ambienti domestici, da cui la necessità di co-

municare a CROSS-64 gli effettivi dati di offset dei componenti «visti dalla posizione di ascolto reale». In fig. 5 potete vedere il disegno adatto a rilevare le differenze fra le distanze che separano il punto di ascolto dai centri acustici dei tre altoparlanti. In fig. 6 è riportata la tabellina dei valori rilevati, adottati per tutte le risposte complessive ed i diagrammi polari calcolati da CROSS-64. Il calcolo della risposta complessiva del sistema così definito (altoparlanti e filtro come in fig. 4) presenta un «buco» all'incrocio midrange-tweeter, che invertendo la fase del tweeter sparisce. In fig. 7 sono riportate le due risposte in frequenza complessive nelle condizioni appena viste, di cui quella che non presenta il buco ha le fasi di collegamento del midrange e del tweeter entrambe invertite rispetto a quella del woofer.

Proviamo ora a calcolare la risposta del sistema terminando il filtro di crossover sulla effettiva impedenza degli altoparlanti. Con CROSS-64, basterà richiedere la risposta complessiva. Premendo il tasto RETURN ad ogni richiesta senza alterare nessuna delle risposte già date in precedenza tranne che la «N» alla domanda «Impedenza altoparlanti?», che dovrà diventare una «S».

Il risultato è riportato nel grafico di fig. 8, da cui si vede che il livello emesso presenta una notevole esaltazione in corrispondenza delle frequenze di incrocio. Tenete presente poi, che la rete calcolata dal CROSS ed utilizzata fin'ora ha tutte le resistenze impostate a zero, cosa ovviamente impossibile nella situazione reale. Prendiamo ad esempio la rete del woofer: la bobina L1 nella realtà non presenterà solo una induttanza pura, ma sarà caratterizzata anche da un valore resistivo non nullo, che si dovrà considerare in serie alla induttanza. La simulazione corretta della L1 presenterà quindi anche una resistenza R1 diversa da zero, tipicamente un valore compreso fra 0,5 ed 1,0 ohm.

Inoltre, il livello di emissione della gamma medio-alta, nella simulazione è appena troppo alto rispetto a quello del woofer e perciò sarà il caso di inserire delle resistenze aggiuntive nei punti più adatti del circuito per ottenere il giusto livello, sia pure mantenendo una corretta risposta del filtro. È il momento di passare alla fase di varia-

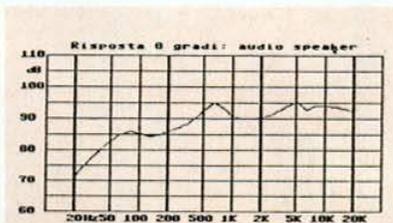


Figura 8 - Risposta in frequenza complessiva del 'the audio speaker' con altoparlanti e filtro come in fig. 4, tweeter in controfase, impedenza non compensata.

Crossover : audio speaker

Filtro Passa-BASSO:  
 L1 [mH] = 3.2 R1 [ohm] = .6  
 C2 [uF] = 190 R2 [ohm] = 1.8  
 L3 [mH] = 0 R3 [ohm] = 0  
 C4 [uF] = 0 R4 [ohm] = 0  
 Re [ohm] = 5 R5 [ohm] = 0

Filtro Passa-ALTO:  
 C1 [uF] = 6.8 R1 [ohm] = 3.3  
 L2 [mH] = .22 R2 [ohm] = .3  
 C3 [uF] = 0 R3 [ohm] = 0  
 L4 [mH] = 0 R4 [ohm] = 0  
 Re [ohm] = 5.8 R5 [ohm] = 2.7

Filtro Passa-BANDA:  
 C1 [uF] = 80 R1 [ohm] = 4.4  
 L2 [mH] = 2.3 R2 [ohm] = .6  
 L3 [mH] = 1.6 R3 [ohm] = 1.4  
 C4 [uF] = 6.8 R4 [ohm] = 5.6  
 Re [ohm] = 5.7 R5 [ohm] = 0

Figura 9 - Componenti della rete di crossover del 'the audio speaker' versione 1.0, progettata utilizzando esclusivamente dati dichiarati ed il cui prototipo ha fornito le misure riportate.

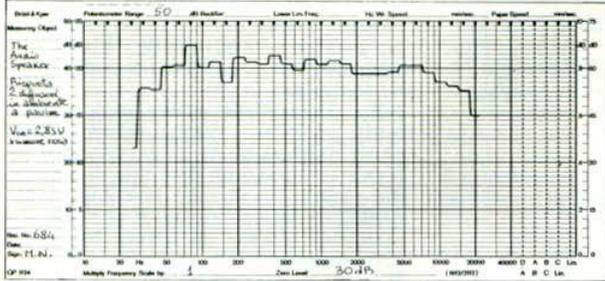
## CARATTERISTICHE RILEVATE

Sensibilità: 1 diffusore, 2,83 V/1 m: 86,3 dB SPL

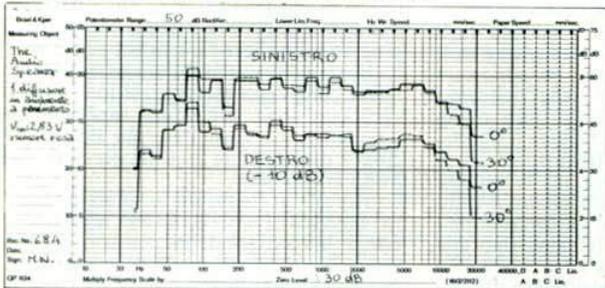
2 diffusori, 2,83 V, ambiente: 85,4 dB SPL

Elevazione da terra: da pavimento.

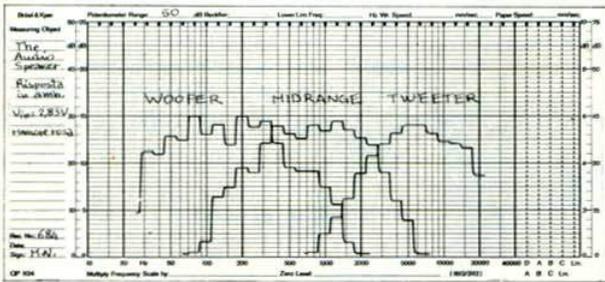
Risposta in ambiente, due diffusori in funzione:



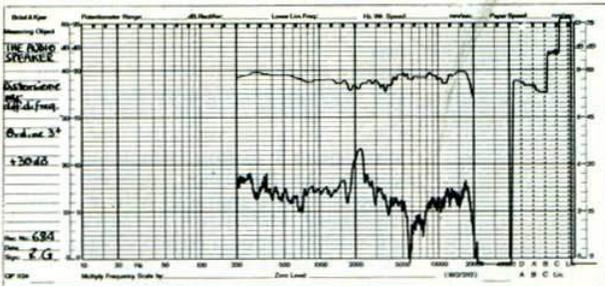
Risposta in ambiente, un diffusore in funzione:



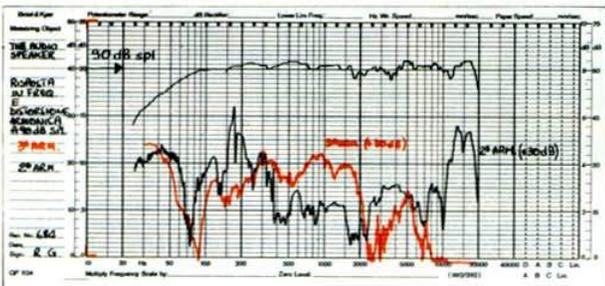
Componenti:



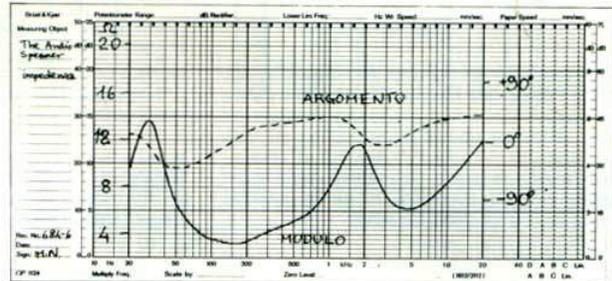
Distorsione per differenza di frequenze:



Distorsione di 2a e 3a armonica:



Modulo ed argomento dell'impedenza:



MIL - Livello massimo d'ingresso

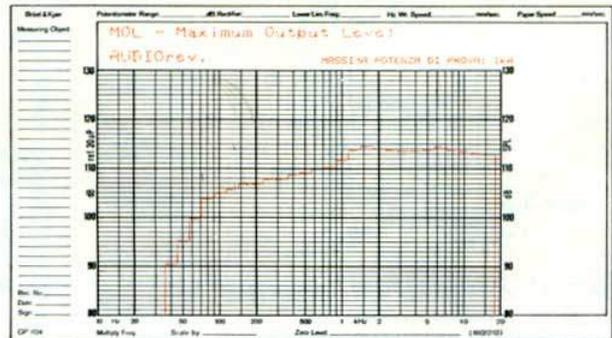
(per distorsione di intermodulazione totale non superiore al 5%).

Livello di riferimento 2.83V

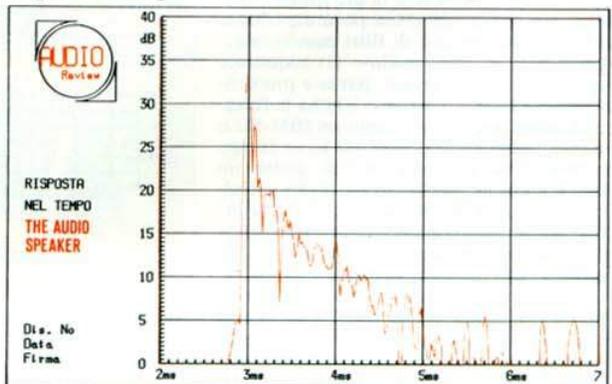


MOL - Livello massimo d'uscita in dB SPL

(per distorsione d'intermodulazione totale non superiore al 5%)



Risposta nel tempo:



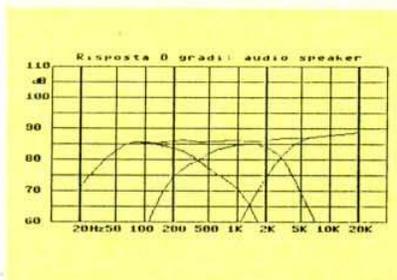


Figura 10 - Risposte, dei singoli componenti filtrati e complessiva, del 'the audio speaker', con il crossover della figura 9.

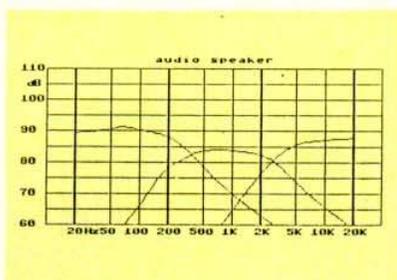


Figura 11 - Risposte in frequenza delle celle del filtro di crossover di fig. 9, ai morsetti dei singoli altoparlanti.

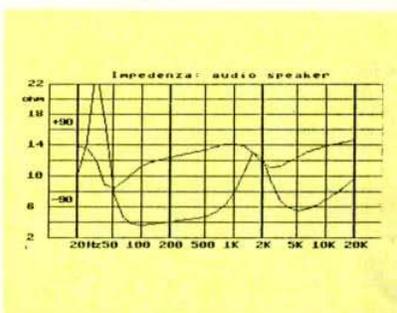


Figura 12 - Modulo e fase dell'impedenza del 'the audio speaker' calcolati da CROSS-64.

in serie delle resistenze non nulle; inoltre il valore di tutti i condensatori e delle induttanze sono stati alterati fino ad ottenere un andamento della tensione ai morsetti degli altoparlanti che tende ad equalizzarne la risposta in frequenza naturale. Per conoscere l'andamento in funzione della frequenza della tensione consegnata dal filtro ai singoli altoparlanti, basta richiedere il tracciamento delle risposte in frequenza, con la impedenza reale impostata, ma la risposta naturale esclusa. In questo modo, a filtro costruito, è possibile fare un controllo minimo della simulazione (almeno fino alla risposta acustica esclusa), effettuando solo una serie di rilevazioni «elettriche» di livello in funzione della frequenza ai morsetti

degli altoparlanti. La risposta dei singoli altoparlanti filtrati e quella complessiva previste da CROSS-64 per il sistema «the audio speaker» dotato della rete di crossover appena vista sono riportate in fig. 10. Di seguito, in fig. 11 la risposta ai morsetti, in fig. 12 la impedenza complessiva prevista (modulo e fase), in fig. 13 i diagrammi polari a 400 ed a 3000 Hz, in fig. 14 la risposta complessiva a  $-5$ , zero e  $+5$  gradi sul piano verticale.

Nella pagina delle misure sono riportati tutti i grafici ed i risultati relativi ad una prova standard di AUDIOREVIEW, cui abbiamo sottoposto un prototipo di «the audio speaker» realizzato utilizzando i dati pubblicati fin'ora e seguendo alla lettera le indicazioni fornite da Mauro Neri nella parte dedicata alla costruzione.

Ricordiamo che tutte le valutazioni, i calcoli e le simulazioni effettuate fin'ora si sono basate «esclusivamente» su dati «dichiarati dai costruttori» e sui risultati forniti dai programmi BASS-64 e CROSS-64.

Le prestazioni reali misurate sono estremamente congruenti con le previsioni, e in diversi casi sono addirittura superiori alle aspettative. La sensibilità, pur essendo di circa 1 dB superiore a quella prevista, è su livelli medio-bassi.

La risposta in frequenza misurata in camera anecoica è estremamente regolare ed estesa: la corrispondenza con la curva prevista è molto buona, ma l'andamento misurato è praticamente orizzontale. Le curve di risposta in ambiente sono ben regolari e la

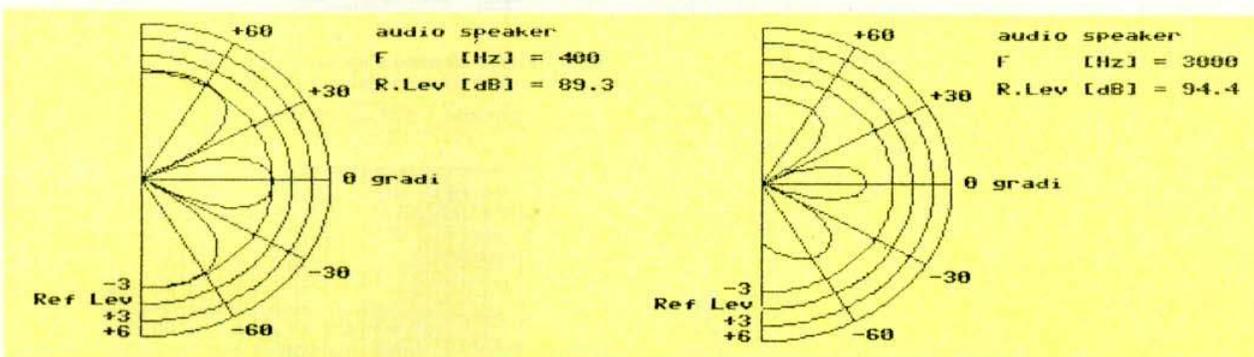


Figura 13 - Diagrammi polari in funzione dell'angolo di emissione sul piano verticale, calcolati alle frequenze di incrocio di 400 e 3000 Hz.

zione dei valori dei componenti e di ottimizzazione della rete basata sulle vostre conoscenze e sulla vostra buona volontà. Questa fase del lavoro è la più lunga e faticosa, specie per chi abbia poca esperienza di circuiti analogici e di filtri passivi, ma... «provando e riprovando» si acquisisce esperienza e più il tempo passa e più il risultato ottimale si avvicina. Chi ha la fortuna di possedere o poter usare un IBM-PC o un compatibile potrà cavarsela in un tempo enormemente inferiore di chi userà un Commodore 64, ma ricordatevi che i risultati forniti da CROSS-64 e da CROSS-PC sono identici e che quindi se la vostra cassa funzionerà più o meno bene questo non dipenderà dal computer che avrete usato. Nel nostro caso, i valori dei componenti cui siamo pervenuti, da inserire nella rete di cui alla fig. 2, sono riportati nella tabella di fig. 9.

Come si vede, tutte le induttanze hanno ora

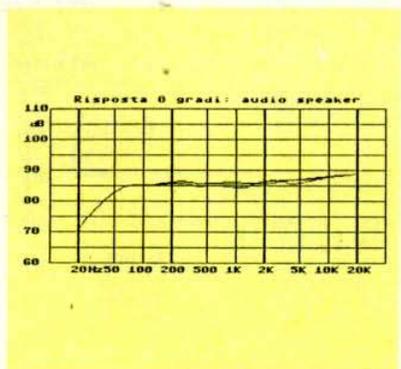


Figura 14 - Andamenti delle risposte in frequenza complessive del 'the audio speaker' calcolate per angoli di emissione verticale di  $-5$ , zero e  $+5$  gradi.

dispersione è piuttosto ampia su tutta la gamma. Le distorsioni sono tutte molto contenute ed i grafici di MIL e di MOL esprimono ottimi livelli. La curva del modulo dell'impedenza scende su valori abbastanza bassi (comunque congruenti con il grafico calcolato), l'argomento è molto simile al previsto. La time-energy è buona. L'uso dei programmi CROSS-64 e BASS-64 con i soli parametri dichiarati dai costruttori degli altoparlanti prescelti, ha condotto alla realizzazione di un sistema di buone prestazioni e di caratteristiche estremamente simili a quelle previste.

Il prossimo mese, in considerazione delle misure effettuate e dopo avere condotto opportune prove di ascolto, saranno eventualmente comunicate le varianti migliorative che potrebbero essere ritenute necessarie, soprattutto in vista della sua realizzazione da parte degli interessati.

R.G.

# LA COSTRUZIONE DEL MOBILE

di Mauro Neri

seconda parte

Sul numero scorso abbiamo visto come costruire il mobile del «the audio speaker» allo stato grezzo. Dobbiamo ora provvedere alla sua rifinitura, alla realizzazione dei telai di protezione ed alla costruzione del circuito crossover. Poi resterà solo da assemblare i componenti e potremo finalmente goderci anni di musica riprodotta da un sistema di pregio (tanto più perché autocostuito).

## La finitura

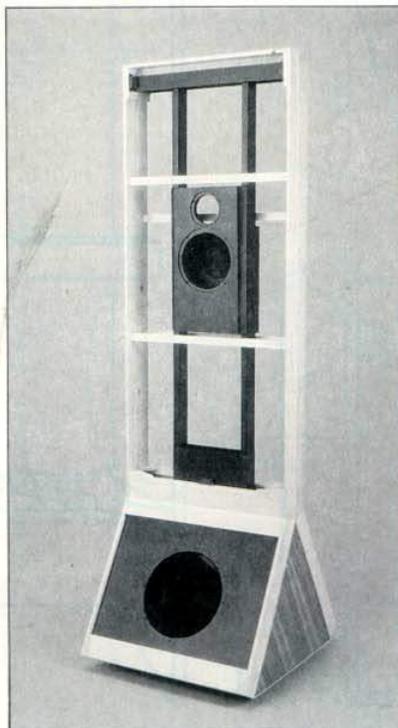
I lavori di finitura consistono essenzialmente nel verniciare il corpo del diffusore, nel realizzare e montare le fiancantine estetiche e nel costruire le quattro griglie asportabili che gli conferiscono la caratteristica forma slanciata.

La verniciatura va preceduta dalle consuete fasi di stuccatura e carteggiatura del mobile. È necessario anche passare una mano di cementite o almeno due di turapori per uniformare la superficie e dare un fondo adeguato allo smalto. Prima della rifinitura va anche eseguita la messa in posa della canna nel box del woofer, per il passaggio del cavo di collegamento all'amplificatore. Sul numero scorso abbiamo già preannunciato la scelta di questa soluzione, che consente di disporre i morsetti d'ingresso direttamente sul circuito crossover, nella sezione superiore del mobile. I fori d'inserimento della canna si ricavano uno alla base della cassa, in prossimità del pannello posteriore, ed uno in alto, tra le piastre metalliche di sostegno. La sua posizione è quindi nell'angolo interno formato dal rinforzo e dal pannello posteriore. Una normale canna da elettricista con diametro di 16-20 mm va benissimo e consente anche il passaggio di cavi con notevole sezione. Essa va tagliata a 60-70 cm ed incurvata di 30 gradi poco sotto l'imboccatura superiore per poi fissarla con sigillante dall'interno del mobile su entrambe le estremità. La canna rigida si modella abbastanza facilmente dopo aver riscaldato a tutto tondo la zona da incurvare. Per non deformare la sezione è bene non lavorare troppo vicino al margine dell'imboccatura e modellare la canna poco alla volta, aiutandosi con un panno bagnato per non scottarsi. La parte eccedente verrà poi tagliata con un seghetto. La stuccatura del mobile grezzo riguarda principalmente i tagli a vista del truciolare, che presentano sempre delle cavità da livellare, come pure le giunzioni dei pannelli ed i punti di inserimento dei chiodi. Nel passare lo stucco a legno è sempre meglio abbondare un po' poiché asciugandosi lo stucco si ritira e potrebbe quindi risultare insufficiente. L'impiego della cementite come fondo prima della verniciatura contribuisce a livellare le piccole cavità del legno e consente di ottenere una superficie assai regolare, purché si operi anche su di essa un'ulteriore lisciatura con carta abrasiva fine (grana 220 e più). È importante non lasciar scoperte parti di legno o di stucco, altrimenti saranno riconoscibili anche a cassa finita per il lo-

ro diverso assorbimento della vernice rispetto al fondo, sia esso cementite o turapori. Con il mobile ben stuccato e liscio verniciare è un gioco da ragazzi. Si può avere un ottimo risultato sia a pennello che a spruzzo; l'importante è dare delle mani piuttosto leggere e non avere fretta. La vernice deve avere tutto il tempo necessario per asciugarsi. Questo vale in special modo per le piastre metalliche di sostegno, le quali vanno preventivamente sgrassate con diluente alla nitro e non più toccate fin quando la vernice non sia perfettamente asciutta.

## Le fiancantine

Ai lati del box del woofer vanno montate delle fiancantine triangolari che hanno la funzione di rifinire esteticamente il mobile e servono anche da appoggio per i telai. Si tratta di pannelli spessi 10 mm, a forma di triangolo equilatero (altezza 400 mm, lato 462 mm). Le fiancantine andrebbero realizzate in legno massello ben stagionato, sia per un fattore di pregio che per semplicità di realizzazione. Comunque nulla impedisce di ricorrere al solito multistrato o truciolare impiallacciati. Per i nostri diffusori campione ho utilizzato un comune foglio di compensato da 4 mm rivestito in noce, ac-



Al momento di fissare le fiancantine estetiche conviene sfruttare i telai come dime di montaggio. I punti di attacco magnetici sono 3 per ciascun telaio superiore.

coppiandolo con un pannello di compensato da 6 mm per ottenere i 10 mm di spessore richiesti. Anche i bordi vanno rivestiti con impiallacciatura o con listelli di massello da 2-3 mm di spessore. In questo caso le dimensioni delle parti triangolari vanno ridotte per compensare l'incremento d'ingombro dovuto ai riporti di massello. Con un bordino da 2 mm, ad esempio, i lati del triangolo devono essere portati a 454 mm (ben 8 mm meno) affinché il pezzo finito risulti dei previsti 462 mm per lato. Le fiancantine vanno poi trattate con il solito turapori (almeno due mani precedute da una leggera carteggiatura con abrasiva finissima) e fissate ai lati del box del woofer. La posizione delle fiancantine è determinante per il corretto assetto dei telai, due dei quali poggiano direttamente su di esse; nel montaggio conviene quindi usare le griglie stesse come dime.

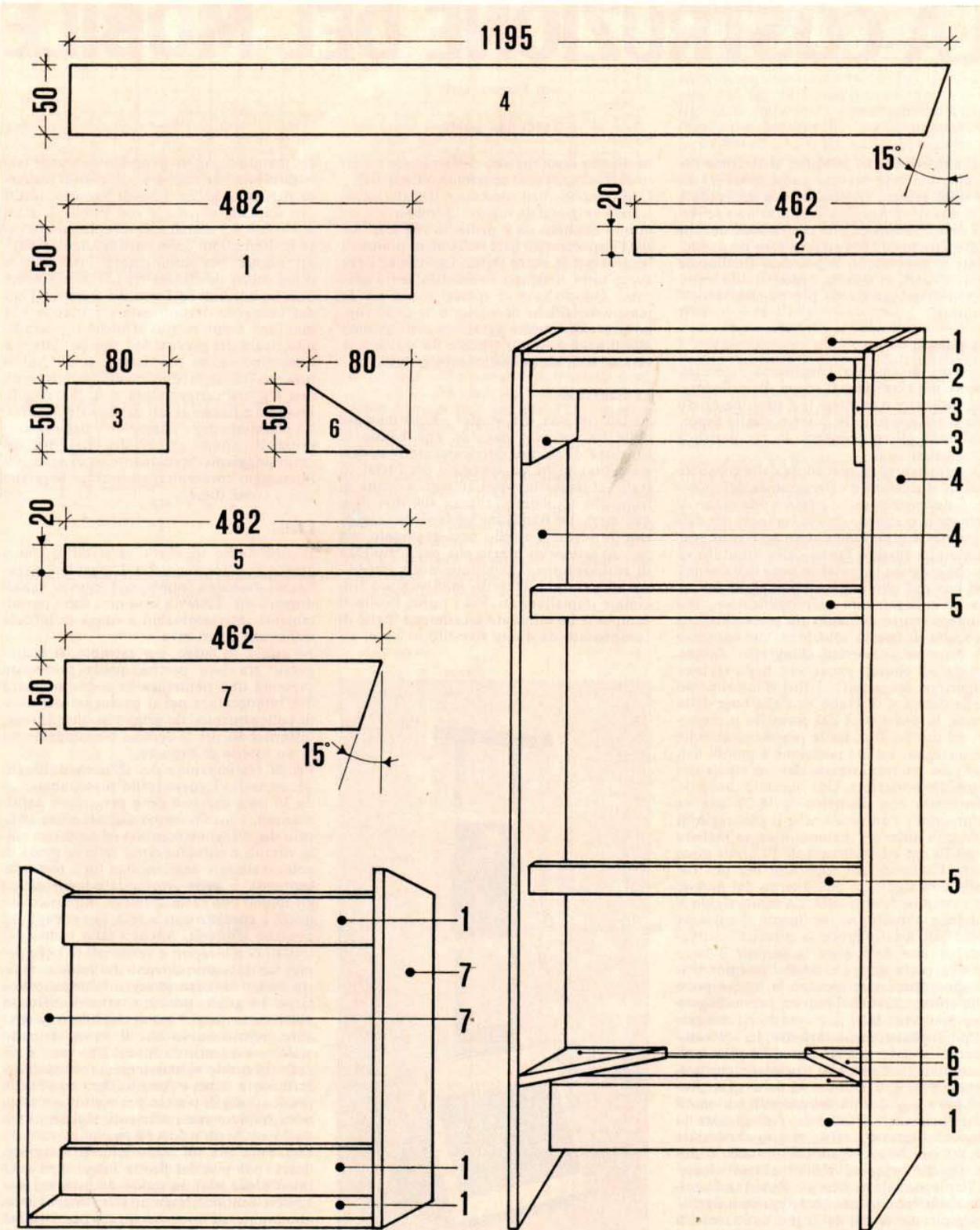
## I telai

Il «the audio speaker» va rivestito con 4 griglie di protezione, 2 a 2 speculari e realizzate, ciascuna coppia, con legni di uguali dimensioni. Tuttavia esse non sono perfettamente intercambiabili a causa di piccole differenze costruttive.

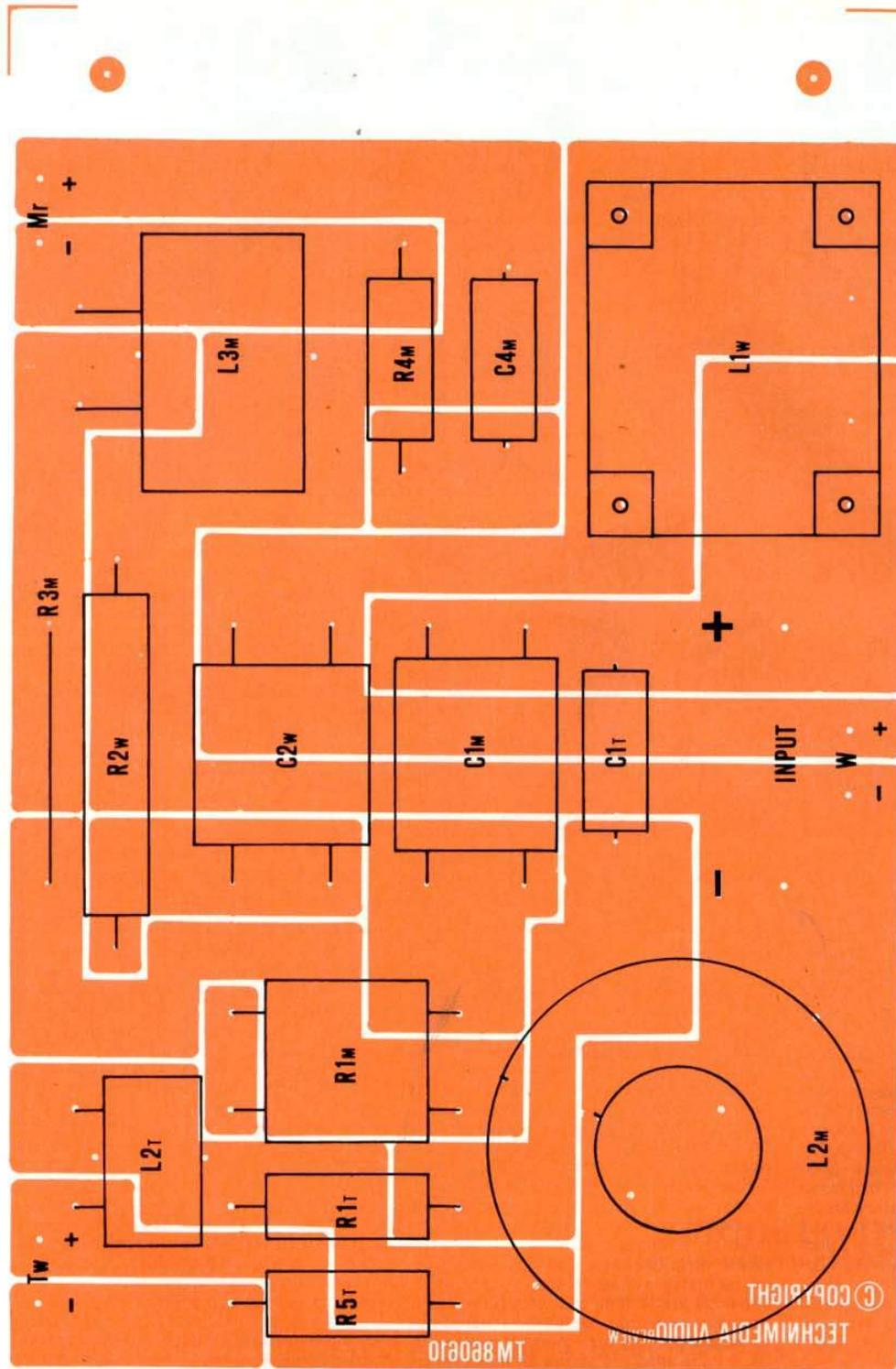
Le griglie in basso, per esempio, si distinguono tra loro poiché quella posteriore presenta una rientranza in corrispondenza dell'imboccatura per il passaggio del cavo di collegamento. Le griglie in alto, invece, differiscono per il diverso posizionamento di un listello di rinforzo.

Per la realizzazione dei telai va utilizzato del massello leggero (pino russo, abete, ...) da 10 mm, che non deve presentare deformazioni. I listelli vanno tagliati come indicato dai disegni costruttivi ed uniti con colla vinilica e chiodini senza testa (a meno di voler realizzare degli incastrati da provetti falegnami). È bene arrotondare leggermente gli spigoli con carta abrasiva, in particolare quelli a contatto con la tela, per evitare che possano sfibrarla. Anche i telai vanno poi trattati con turapori e verniciati di nero per non far trasparire il legno dal tessuto. Questo sarà il classico jersey sintetico a trama larga. Le griglie per una coppia di diffusori presentano quasi 5 mq di superficie da rivestire, considerando che il jersey è molto elastico e estende di oltre il 20% (non è necessario tirarlo al massimo, si rischia di deformare la trama e forse anche i telai) nella pratica 2 mq di tessuto per ogni cassa risultano ampiamente sufficienti, tagliati in teli da 55 x 125 cm e 55 x 50 cm.

Fissare la tela sul legno è molto semplice, basta spalmare del Bostik lungo il risvolto interno dei telai, in modo da ottenere una striscia continua larga un paio di cm vicino al margine. Si lascia asciugare per 5-10 minuti poi, cominciando da un lato, si fa aderire la tela pressandola con un martelletto di gomma. L'adesivo fa presa ottimamente e resiste senza problemi alla trazione necessaria per mantenere il tessuto ben teso. In corrispondenza dei vertici non vanno fatte



Disegni costruttivi e di montaggio dei telai. Lo spessore di tutti i pezzi è di 10 mm. I listelli di rinforzo al centro dei telai maggiori vanno posizionati facendo riferimento al cassonetto del midrange, a circa 1 cm da esso, come altezza, e centrato tra tela e montanti come profondità. Poiché il cassonetto è più alto sul davanti di 10 cm per la presenza del tweeter, anche il rinforzo corrispondente viene a trovarsi più in alto nella griglia frontale che in quella posteriore.



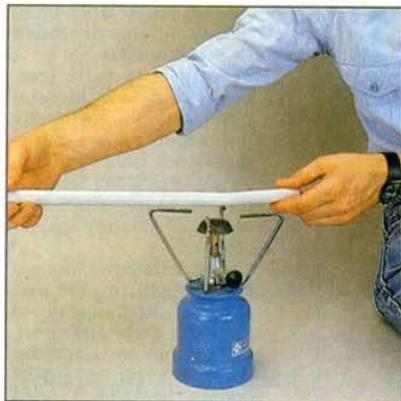
Piano di montaggio e circuito stampato (scala 1:1) per il «the audio speaker». La sigla dei componenti fa riferimento allo schema generale del «Cross-64» con l'aggiunta delle lettere W, M e T che stanno per woofer, midrange e tweeter.

pieghe, ma si deve tirare il tessuto fino a distenderlo perfettamente.

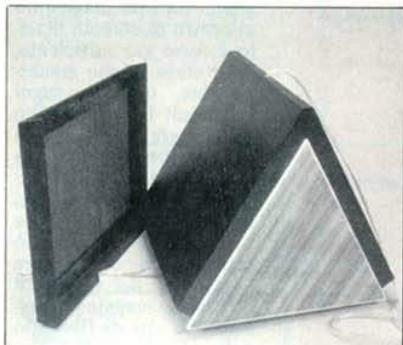
Per rifilare la parte eccedente dei risvolti interni si può usare un taglierino, ma meglio ancora è passare con la punta calda di un saldatore, che fonde il tessuto ed impedisce successive sfilettature o smagliature.

I telai della parte alta sono disegnati in modo da poggiare direttamente sui montanti della cassa e sono tenuti in posizione con degli attacchi magnetici (vanno benissimo quelli per sportelli, facilmente reperibili nei negozi di ferramenta). I listelli orizzontali della cassa, in alto, si prestano ottimamente ad accogliere le placchette di battuta per i magneti. Un solo magnetino al centro di ciascun listello è forse già sufficiente, ma è certo meglio metterne due, uno per ogni estremità. In questo caso può essere utile inserire dei blocchetti di legno tra il listello di battuta anteriore e quello posteriore, in corrispondenza delle placchette di metallo. Ciò consente di consolidare l'appoggio del telaio ed offrire un maggiore spessore alle viti di fissaggio delle placchette di battuta. Questi blocchetti, che avranno dimensioni  $4 \times 4,3 \times 2$  cm, possono essere facilmente tagliati dagli scarti dei montanti. Un terzo attacco magnetico va messo al centro del listello inferiore del telaio, dove farà presa direttamente sulla piastra metallica di sostegno della cassa. Una striscetta di nastro adesivo morbido o telato applicata sul magnete eviterà graffi alla vernice della piastra.

Nel disegnare i telai superiori si è prevista anche la possibilità di inserire dei pannelli di materiale fonoassorbente per il controllo dell'emissione riflessa dalla parete dietro la cassa, che potrebbe influire negativamente sulla resa acustica del sistema. Non è difficile inserire dei pannelli di spugna fonoassorbente (scura) entro la cornice della griglia posteriore, sostenuti dalle pareti laterali e dai listelli di rinforzo del telaio, tutt'intorno al mobiletto del midrange. Praticamente bastano 4 pannelli da 2-3 cm di spessore, 2 piccoli



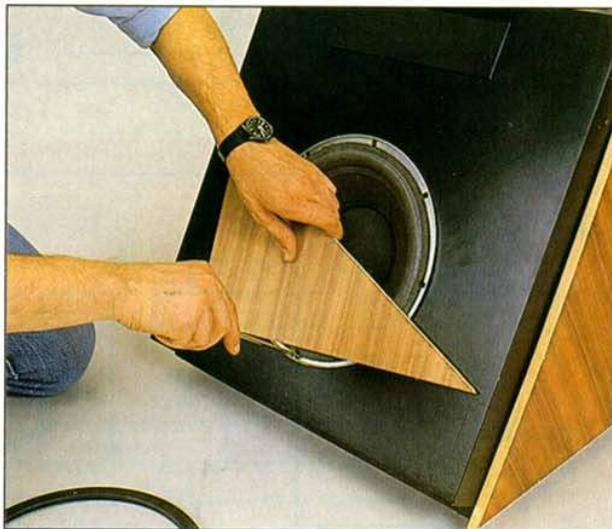
Il tubo da inserire nel box del woofer va incurvato facendolo ruotare sopra una fiamma o con un essiccatore ad aria calda (anche un potente asciugacapelli è in grado di ammorbidirne la plastica), e modellandolo poi con un panno bagnato.



Il listello posteriore del box deve presentare un'incavatura per consentire il passaggio del cavo di collegamento all'impianto.

(28 x 12 cm) ai lati del cassonetto e 2 grandi (circa 35 x 48 cm) in alto ed in basso. Un certo assorbimento si può ottenere anche montando del tessuto acusticamente non trasparente sul pannello posteriore, in aggiunta o in vece del jersey. In ogni caso Giussani consiglia di disporre almeno un rivestimento di 2 cm di spugna sintetica lungo la cornice dei telai, per limitare le riflessioni, e di verificare con prove d'ascolto la eventuale necessità di ulteriore assorbimento. Le griglie inferiori offrono poco spazio per montare degli attacchi magnetici o con pernetto di plastica, i quali richiederebbero entrambi la foratura del box del woofer e dei telai, per predisporre gli appositi alloggiamenti. Più facile è invece l'impiego di attacchi velcro o simili. La 3M ne commercializza un tipo in materiale plastico già utilizzato da costruttori di casse acustiche e che può essere impiegato senza difficoltà anche nel nostro caso. Come attacco fa presa assai bene e non richiede lavorazioni particolari, salvo un incasso di 2-3 mm sulla griglia, nei punti di applicazione, per compensare il leggero incremento della distanza telaio-cassa. Sul listello alto delle griglie inferiori va eseguito un ulteriore minimo incasso (poco più di 1 mm) anche in corrispondenza delle piastre metalliche di sostegno, che altrimenti terrebbero il telaio un po' sollevato.

Forare un altoparlante con il cacciavite proprio quando il diffusore è quasi completo sarebbe un grosso peccato. Per evitare ogni rischio è bene proteggere il cono con un pannellino di cartone o di legno.



Gli attacchi magnetici, facilmente reperibili nei negozi di ferramenta, devono avere una profondità massima di 18 mm.

#### Il crossover

Prescindendo dai valori esatti dei componenti del crossover, non ancora definitivi, possiamo già disegnare e realizzare la scheda del circuito stampato, essendo già nota la sua configurazione e facilmente valutabile l'ingombro di massima dei componenti. Una basetta di vetronite da 23 x 14 cm è già sufficiente. Essa sarà installata all'esterno, tra i montanti della cassa, appena sopra le piastre metalliche. Per fissarla sono previsti 4 fori per lato, piuttosto larghi, dove andranno inseriti dei gommini morbidi tipo passacavo, con vite. In questo modo si ottiene un montaggio elastico e lo smorzamento delle risonanze della scheda. I morsetti d'ingresso sono del tipo a boccia per banane da 4 mm, ma accettano anche semplici capicorda, serrando a mano. La posizione prevista per i morsetti, sulla scheda, è nella zona più vicina all'imboccatura superiore per il cavo di collegamento, ossia al centro della parte bassa della scheda. In basso ci sono anche i terminali per saldare i conduttori d'uscita del woofer, i quali fanno capo ad una coppia di morsetti avvitati sulla sommità del box, poco sotto il circuito stampato e realizzati con bulloni passati in ottone (possibilmente nichelato per prevenire l'ossidazione).

I conduttori d'uscita per il midrange ed il

tweeter partono invece dalla zona alta della scheda e possono essere 3 in tutto giacché hanno i positivi in comune (in realtà si tratta del negativo del circuito poiché questi altoparlanti sono collegati in controfase). Essi fanno capo ad altrettanti morsetti posti nella parte bassa del mobiletto del midrange. All'interno di questo si fanno passare anche i conduttori per il tweeter, i quali fuoriscono in alto mediante altri due morsetti, sempre realizzati con bulloni d'ottone passanti.

#### Assemblaggio finale

Sia la cassa del woofer che quella del midrange vanno riempite completamente di assorbente acustico, senza pressarlo, lasciando solo lo spazio per gli altoparlanti. È sufficiente un foglio di lana di vetro da 120 x 120 x 3 cm (peso complessivo 900 g), per ciascun diffusore. Per riempire il cassonetto del midrange bastano poche strisce impilate nella parte bassa ed alcune tutt'intorno all'altoparlante avendo cura di non lasciare nessuno spazio vuoto. Tutto il resto va nella cassa del woofer, preferibilmente in pezzi da 10-20 cm di lato, che consentono una più facile ed uniforme distribuzione. Conviene anche lasciare un foglio più grande, da inserire per ultimo dietro il woofer, per impedire che qualche pezzo piccolo si infili nel cestello dell'altoparlante ed ostacoli il regolare movimento della membrana.

Il woofer RCF è corredato da una flangetta di plastica che va montata rispettando una certa procedura. Prima si mette il solo altoparlante con le 4 viti corrispondenti ai punti cardinali, poi si sovrappone la flangia, facendola aderire con precisione, e si inseriscono le altre 4 viti.

Per garantire la tenuta è necessario, come sempre, mettere delle guarnizioni tra la cassa e l'altoparlante (ovviamente solo per il woofer ed il midrange). Ottime per questo impiego sono le strisce di neoprene autoadesive per infissi, normalmente usate contro gli spifferi d'aria. Esse possono essere montate sul bordo del cestello o direttamente sulla cassa, dopo aver pulito la superficie per farle ben aderire.

**C**on la serie di articoli sulle reti di crossover e la messa a punto dei programmi CROSS-64 e CROSS-PC, abbiamo concluso la fase di presentazione delle tecniche utilizzabili dagli auto-costruttori per il progetto teorico di sistemi di altoparlanti multivia. Per dimostrare che, seguendo i metodi indicati ed utilizzando i programmi di AUDIOREVIEW, anche un auto-costruttore è oggi, finalmente, in grado di progettare e costruire sistemi perfettamente funzionanti, abbiamo quindi proceduto alla presentazione di un sistema a tre vie originale cui abbiamo dato il nome di «the audio speaker».

Il numero scorso abbiamo dimostrato, con una serie di misure acustiche, che i risultati ottenuti sono perfettamente congruenti con quelli previsti da CROSS-64 (o CROSS-PC) utilizzando i dati dichiarati dai costruttori degli altoparlanti. Ciò non vuol dire che, arrivati a questo punto, il progetto del the audio speaker possa dirsi definitivamente concluso.

Innanzitutto, il riferimento principale per la ottimizzazione è stato fin'ora la linearità della risposta in frequenza sull'asse e, come abbiamo visto nelle prime puntate, questo non è sufficiente a garantire una timbrica corretta in tutte le condizioni.

Ad esempio, tornando a un momento alla puntata n. 1 della serie sulle Reti di Crossover, a pag. 67 del numero 45 di AUDIOREVIEW (dicembre 1985), «scopriamo» che il segnale complessivo responsabile della timbrica di un sistema di altoparlanti è dato dalla somma della emissione del sistema sull'asse di ascolto più l'energia acustica riflessa e riverberata dall'ambiente. Nello stesso articolo si diceva anche che è possibile «equalizzare» la risposta sull'asse dell'altoparlante per compensarne variazioni di dispersione, al fine di ottenere una risposta complessiva in ambiente più regolare possibile. Questo tipo di intervento può essere attuato «a priori» durante la fase di



# THE AUDIO SPEAKER

di Renato Giussani

progetto o «a posteriori» durante la fase di verifica.

Nel nostro caso, avendo deciso di effettuare il progetto basandoci esclusivamente sui dati dichiarati dai costruttori e non essendo certi al 100% degli effetti secondari del montaggio dei componenti nella configurazione non convenzionale del «the audio speaker», abbiamo deciso di apportare le varianti di «rifinitura» dopo avere effettuato le opportune prove di ascolto; come vedremo, le decisioni prese potevano derivare anche esclusivamente dalla analisi delle misure acustiche effettuate. Viceversa, nel caso dell'auto-costruttore, simili decisioni potevano essere prese seguendo una procedura di valutazione soggettiva basata solo sull'ascolto e sull'uso di un equalizzatore a terzi di ottava, vedremo poi come.

**Tutta la storia passo per passo**

Riassumendo, gli obiettivi della serie di

articoli sulle Reti di Crossover e dell'annesso progetto «the audio speaker» erano molteplici:

— descrivere le problematiche di progetto delle reti di crossover per sistemi di altoparlanti hi-fi e relative possibili soluzioni;

— presentare i programmi originali di progetto CROSS-64 e CROSS-PC e fornire esempi d'uso in abbinamento a Bass-64;

— verificare il grado di affidabilità dei risultati raggiungibili da un auto-costruttore utilizzando i programmi citati ed i dati dichiarati dai costruttori di altoparlanti;

— completare un progetto di un sistema auto-costruibile e fornire tutte le indicazioni pratiche necessarie;

— invitarvi ad esercitarvi sul tema delle «varianti» ad un progetto originale ben documentato, per esercitare le vostre conoscenze ed accrescere la vostra esperienza.

La serie di articoli sui crossover è iniziata sul n. 45 di AUDIOREVIEW (dicembre 1985) e, nonostante le buone intenzioni, forse non è ancora finita.

Questo l'elenco degli argomenti trattati: 1) (n. 45) - Risposta in frequenza e in potenza. Segnali audio. Spettro e fase. Perché i filtri di crossover. Frequenza e dispersione. Campo riverberato. Numero di vie e freq. di incrocio.

2) (n. 46) - Risposta e dispersione degli altoparlanti. Risposta in ambiente. La potenza (limiti meccanici e termici). Distribuzione della potenza del segnale musicale sulle diverse vie.

3) (n. 47) - I filtri passivi. Formule di progetto di filtri a due vie di ordine da 1 a 4 ed a tre vie di ordine 1 e 2. Grafici di risposta e dispersione ideali.

4) (n. 48) - Crossover ed altoparlanti reali. Il circuito elettrico equivalente all'altoparlante. La rete di compensazione dell'impedenza. Le risposte acustiche degli altoparlanti reali.

5) (n. 49) - Correzioni e precisazioni. CROSS-64 e CROSS-PC. Come funziona Cross-64? Progetto e verifica. La simulazio-

ne degli altoparlanti reali. Esempio reale a due vie. Un filtro del second'ordine.

6) (n. 50) - Parametri e «buon senso». Progetto del «the audio speaker». Il mobile. Il carico acustico. La riflessione dal pavimento. Due woofer? La gamma medio-alta. Scelta dei componenti.

7) (n. 51) - La simulazione dei componenti. Il woofer. Il midrange. Il tweeter. Il montaggio dei midrange e tweeter. La risposta in frequenza ottimale. Il crossover. La costruzione del mobile (prima parte). Disegni costruttivi.

8) (n. 52) - Progetto del crossover (versione 1.0). La costruzione del mobile (seconda parte). La finitura. Le fiancature. I telai. Il crossover (versione 1.0). Disegni costruttivi. Assemblaggio finale.

#### the audio speaker

Il progetto è iniziato nel momento in cui abbiamo deciso che per dimostrare le potenzialità di Cross-64 conveniva effettuare un esempio di progettazione di un sistema che prevedesse il massimo numero di vie e la massima complessità di filtro prevista dal programma. La risposta è stata: tre vie di ordine due.

È vero che un filtro a due vie del quart'ordine che comprenda anche le reti di compensazione dell'impedenza dei due altoparlanti è molto più complicato, ma è anche vero che non è utile essere masochisti del tutto gratuitamente.

Avevamo già dimostrato nella quinta puntata che è possibile alterare i valori dei componenti di un filtro ideale a due vie fino a renderlo capace di «crossoverare» due altoparlanti in modo tale che, magari con una opportuna ed arbitraria scelta delle fasi di collegamento, la risposta complessiva risulti molto prossima a quella desiderata. L'intenzione era poi di presentare un sistema costruibile, di costo non eccessivo e che rappresentasse un compromesso di prestazioni, prezzo e complessità tale da non far rimpiangere l'acquisto di un analogo sistema commerciale. Se andate a verificare i prezzi di vendita dei sistemi di marca, «scoprirete» che più aumenta il numero di altoparlanti e la dimensione del mobile e più aumenta la cifra richiesta, da cui: autocostruire un piccolo sistema a due vie può essere ancora conveniente, ma il grosso risparmio lo si ha con i grossi sistemi. Per allontanare il più possibile la tentazione di confronti diretti, sempre molto opinabili, con sistemi commerciali, abbiamo scelto di realizzarne uno che presentasse delle notevoli caratteristiche di originalità. Il mobile doveva avere un aspetto importante, ma non essere troppo pesante o troppo complicato da costruire e rifinire; l'estetica doveva essere accattivante, ma non fare il verso a nessun sistema esistente; le filosofie di progetto dovevano avere un fondamento teorico e di esperienza pratica, ma anche un pizzico di originalità.

Per nostra fortuna un sistema che rispondesse a tutte queste condizioni e che praticamente non era mai stato commercializzato esisteva già e presentava il non trascurabile vantaggio di essere stato progettato proprio dal sottoscritto, in collaborazione con G. Lojodice, responsabile del particolarissimo design ancora così attuale a distanza di ben dieci anni (fig. 1). Ovviamente, scelto il mobile, l'interno andava cambiato di sana pianta, dato che un progetto a

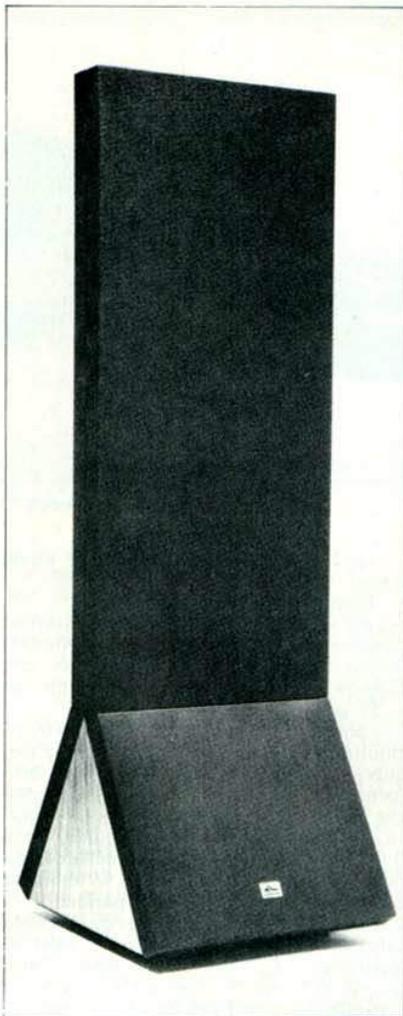


Figura 1 - Il mobile del «the audio speaker» riprende la linea dell'Audiolab Delta 4.

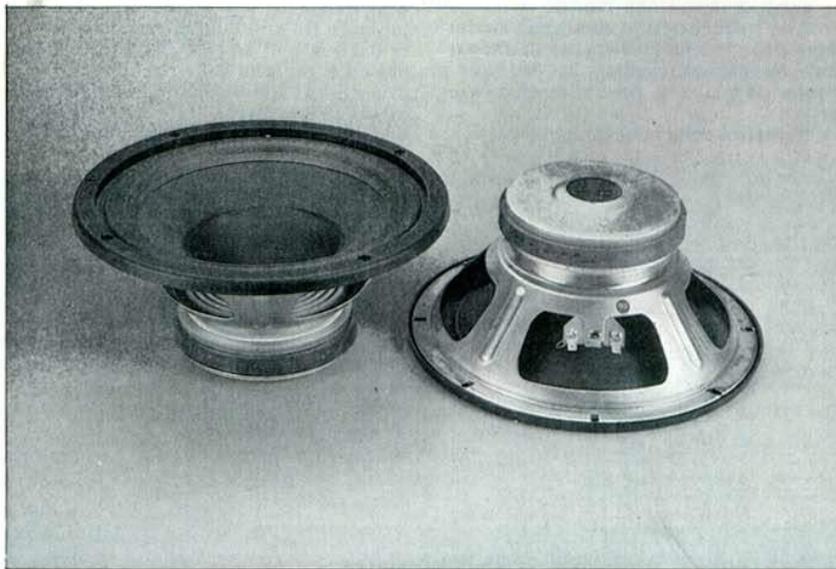


Figura 2 - Woofer RCF L10p10 (8 ohm).

quattro vie dal filtro ampiamente condizionato dalle particolarità dei tre trasduttori a cupola impiegati (oggi non più prodotti) non poteva avere nessuna utilità ai fini dell'esempio d'uso di Cross-64.

Eccoci dunque con un bel mobile da riempire con un sistema a tre vie. Le motivazioni alla base della scelta dei tre altoparlanti da utilizzare sono state elencate a più riprese negli ultimi articoli; qui ricorderemo solo che il volume della sezione bassi è di 42 litri lordi e che, desiderando una buona estensione della risposta ad un costo non eccessivo, abbiamo deciso che il woofer RCF L10P10 rappresentava una soluzione molto interessante (fig. 2).

Quanto al midrange, avrebbe dovuto essere in grado di funzionare bene già dai 400 Hz (o meno), ma avrebbe dovuto avere una risposta ben estesa anche verso le alte frequenze. Molto importante anche la regolarità della risposta, per facilitarne la simulazione con Cross-64 ed il tipo di materiale della membrana, per garantire a priori una buona neutralità. Abbiamo trovato tutte queste caratteristiche nel woofer-midrange in polipropilene Seas P17-RCY, che godeva anche della non trascurabile qualità di poter essere chiuso in un volume molto piccolo e di poter essere attenuato (grazie alla alta sensibilità) quel tanto che bastava per stare tranquilli lato potenza applicabile (fig. 3). Considerazioni simili, per quello che può competere ad un tweeter, hanno condotto alla scelta dello Scan-speak D2008 (8512) (fig. 4). Per tutti i componenti le alternative non mancano; se possedete le specifiche tecniche complete di trasduttori a voi ben noti per averli usati in altre occasioni potete usare quelli, ma ricordatevi di ricalcolare i volumi, le impedenze e le risposte anche per la parte relativa a Bass-64, ricordatevi poi di progettare il filtro e non pretendete che noi possiamo confermare tutte le vostre scelte per telefono!

Le frequenze di incrocio sono state scelte tenendo conto soprattutto delle esigenze particolari imposte dalla configurazione «vertical» della cassa, con il woofer a terra molto distante dal midrange ed il desiderio



Figura 3 - Midrange SEAS P 17 RCY.

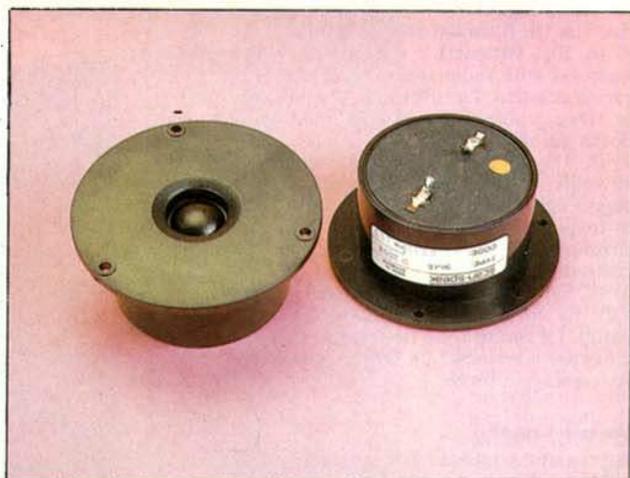


Figura 4 - Tweeter Scan-speak D 2008 (8512).

di consentire un ascolto accettabile anche ad ascoltatori in piedi. Dunque, l'incrocio woofer-midrange doveva essere inferiore alla frequenza del primo buco causato dalla riflessione sul pavimento (superiore ai 1000 Hz) e possibilmente prossima ai 374 Hz ricavati dalla regola empirica dello spettro distribuito verticale ( $f = 344 / (\text{dist. w/n})$ ); abbiamo scelto 400 Hz. La frequenza di incrocio midrange/tweeter doveva essere più bassa possibile, ma congruente con i dati dichiarati dal costruttore del tweeter; abbiamo scelto 3000 Hz.

Per poter richiedere a Cross-64 di calcolare la risposta acustica complessiva di tutto il sistema completo di filtro, gli abbiamo dovuto comunicare i valori dei componenti del filtro, quelli dei parametri che gli servono per simulare la risposta in frequenza acustica naturale degli altoparlanti non filtrati e la geometria di montaggio dei componenti sul mobile.

Per prima cosa abbiamo reperito tutti i parametri tecnici degli altoparlanti.

Dovevamo conoscere:

- risposta in frequenza in campo libero;
- curva di impedenza (modulo in funzione della frequenza) o in alternativa l'induttanza della bobina mobile ( $L_e$ ) ad altoparlante assemblato (misurata a 1 kHz per i woofer ed a 10 kHz per midrange e tweeter);
- resistenza della bobina mobile ( $R_e$ );

— fattori di merito meccanico e totale (Qms) (Qts);

— frequenza di risonanza ( $F_s$ );

— per il woofer i parametri necessari al calcolo della risonanza e dei vari fattori di merito (Q) in cassa (eventualmente con Bass-64 ed il programma o le formule del n. 51, pag. 94).

Poi abbiamo immesso tutti i parametri richiesti da Cross-64, determinando per tentativi i valori di «fa», «Qa», «dB/ott» (pendenza risposta naturale) e «dB spl» che hanno fatto calcolare a Cross-64 la curva di risposta di ciascun altoparlante, senza filtro, il più simile possibile a quella dichiarata. Un ulteriore affinamento lo abbiamo effettuato verificando la corrispondenza fra la curva di impedenza dichiarata e quella calcolata da Cross-64, sempre per ogni altoparlante singolarmente e senza filtro. Quindi abbiamo determinato le distanze in verticale dei centri dei tre altoparlanti fra loro e dal punto di ascolto.

Finita la fase di immissione di tutti i dati che rappresentano al meglio le caratteristiche degli altoparlanti (risposta ed impedenza) e quelle del loro montaggio sul mobile (distanze fra loro e differenze delle distanze dal punto di ascolto, cioè offset) siamo passati al progetto della rete di filtro.

Come prima approssimazione abbiamo calcolato un crossover a tre vie per carichi resistivi pari alle  $R_e$  degli altoparlanti. Per

vedere la risposta elettrica del filtro ai capi delle resistenze abbiamo chiesto a Cross-64 di tracciare le risposte delle tre celle rispondendo «N» sia alla domanda «Risposta altoparlanti?» che a quella «Impedenza altoparlanti?». Poi, per tenere conto della effettiva risposta acustica degli altoparlanti, abbiamo richiesto il calcolo della risposta delle tre vie rispondendo «S» alla domanda «Risposta altoparlanti?»; quindi abbiamo cominciato ad alterare i componenti e ad introdurre delle resistenze per fare assomigliare questo secondo gruppo di risposte al primo, quelle elettriche ai capi delle resistenze, che è il riferimento ideale. Successivamente abbiamo risposto «S» anche alla domanda «Impedenza altoparlanti?» ed abbiamo apportato ulteriori correzioni ai valori dei componenti della rete per migliorare l'andamento della risposta delle singole celle. Ormai a buon punto, abbiamo richiesto la risposta complessiva e determinato le fasi che fornivano i risultati migliori, quindi, per approssimazioni successive, siamo giunti al filtro già pubblicato il mese scorso.

Come abbiamo visto, con questo procedimento si possono ottenere delle prestazioni di tutto rispetto, ma la verifica di ascolto ci ha spinto a riconsiderare i risultati di alcune delle misure effettuate per esaminare la possibilità di alcuni affinamenti. La risposta in frequenza in ambiente (fig. 5) mostra

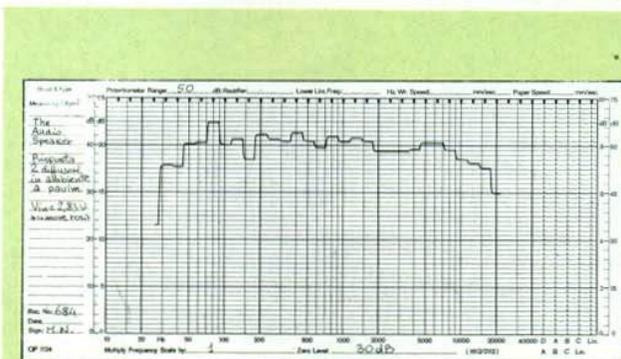


Figura 5 - Risposta 2 diffusori in ambiente.

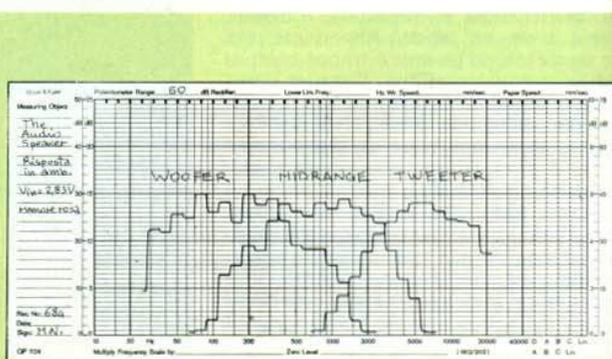


Figura 6 - Risposta dei componenti in ambiente.

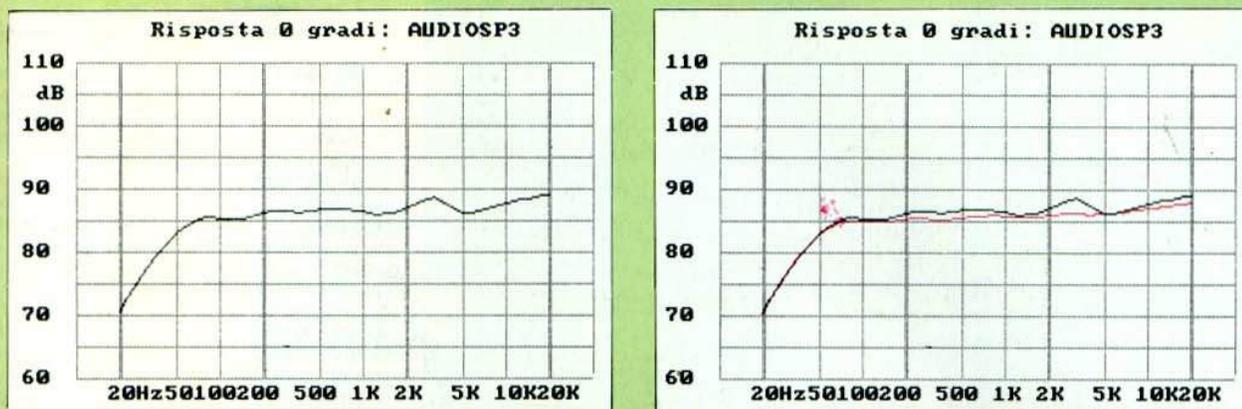


Figura 7 - Risposta calcolata del «the audio speaker» in versione definitiva 1.1 e confronto con la precedente 1.0.

un andamento sostanzialmente lineare, ma denuncia una attenuazione del livello fra i 2 ed i 4 kHz, ovvero nella zona attorno all'incrocio midrange/tweeter, attribuibile alla diminuzione di dispersione del midrange.

Inoltre, la risposta del tweeter, sempre in ambiente, ha una «preferenza» per i 5 kHz, mentre le frequenze superiori tendono ad attenuarsi piuttosto rapidamente.

Esaminando poi sia la risposta del grafico di fig. 5 che quello di fig. 6 (risposta dei singoli componenti in ambiente), si nota una tendenza a porre l'ottava fra i 1000 ed i 2000 Hz in leggera maggiore evidenza. Dato che questo esame tecnico forniva indicazioni ben congruenti con le impressioni di ascolto, abbiamo deciso di operare delle varianti al filtro tali da cercare di correggere il tiro.

Il risultato da ottenere doveva essere tale da diminuire un poco il livello relativo dei 1500 Hz e dei 5000 Hz rispetto al resto della gamma ed esaltare di un paio di dB l'ottava fra i 2 ed i 4 kHz.

Operando come di consueto per approssimazioni successive abbiamo alterato i valori di alcuni componenti della rete ed eliminato una resistenza della cella del tweeter fino a raggiungere il risultato di fig. 7, nella quale potete vedere la nuova curva di risposta complessiva calcolata ed il confronto con la precedente. Nella parte dedicata

alla costruzione del filtro, troverete la nuova rete di crossover (versione 1.1) con i valori di tutti i componenti. Vista la esiguità degli interventi effettuati, non abbiamo ritenuto di dover sottoporre l'audio speaker ad una nuova serie di misure, ma è evidente che la risposta in frequenza risulterebbe più lineare, sia in camera anecoica che in ambiente. In fig. 8 il confronto fra i grafici delle risposte ai morsetti calcolate e quelle misurate con strumentazione Bruel & Kjaer, sul prototipo dotato di filtro definitivo 1.1.

Le prove di ascolto hanno confermato la validità degli interventi attuati, anche se siete liberi di lavorare quanto volete ad ulteriori miglioramenti: se volete teneteci informati dei risultati che avrete ottenuto.

Rimane da chiarire come avreste potuto decidere gli interventi migliorativi senza avere a disposizione un completo set di strumentazione B&K. Abbiamo in precedenza accennato alla possibilità di individuare le gamme di frequenza da correggere usando le orecchie ed un equalizzatore a «terzi di ottava». Il procedimento (soggettivo) consiste nell'effettuare un ascolto a confronto fra il prototipo in via di sviluppo ed un diffusore a voi ben noto e dalla risposta accettabile.

L'ascolto va effettuato operando via via leggere equalizzazioni del prototipo ed escludendo l'equalizzatore quando si com-

muta sul riferimento. Quando si saranno raggiunte le prestazioni desiderate si potrà rilevare la risposta in frequenza all'uscita dell'amplificatore con l'equalizzatore inserito.

A questo punto dovrete variare il filtro della vostra cassa (nella simulazione al computer!) fino a che la curva che esprime le differenze fra la nuova e la vecchia curva di risposta calcolate da Cross-64 sia uguale a quella rilevata a valle dell'equalizzatore.

Se non disponete della possibilità di misurare la risposta in frequenza elettrica dell'equalizzatore, potete provare a valutare la correzione dalla posizione dei controlli dell'equalizzatore.

Se non disponete neanche del computer e di Cross-64 potete ascoltare a confronto due prototipi, correggere con l'equalizzatore uno dei due e poi variare il filtro dell'altro fino a che otterrete lo stesso suono: quello sarà il filtro che avrete scelto.

Potete capire facilmente che l'uso di Cross-64 e di uno strumento che vi consenta di misurare risposte in frequenza è molto più semplice e sicuro.

Questo è uno dei motivi che ci ha spinto a presentarvi il prossimo kit di AUDIOREVIEW: the audio analyzer.

Troverete la prima puntata su questo stesso numero.

R.G.

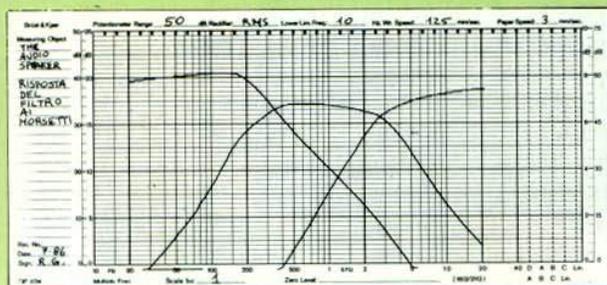
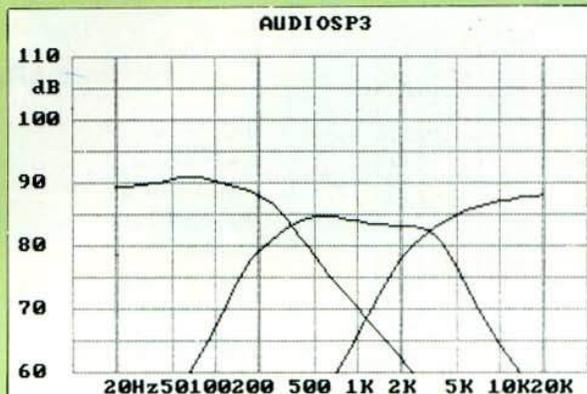
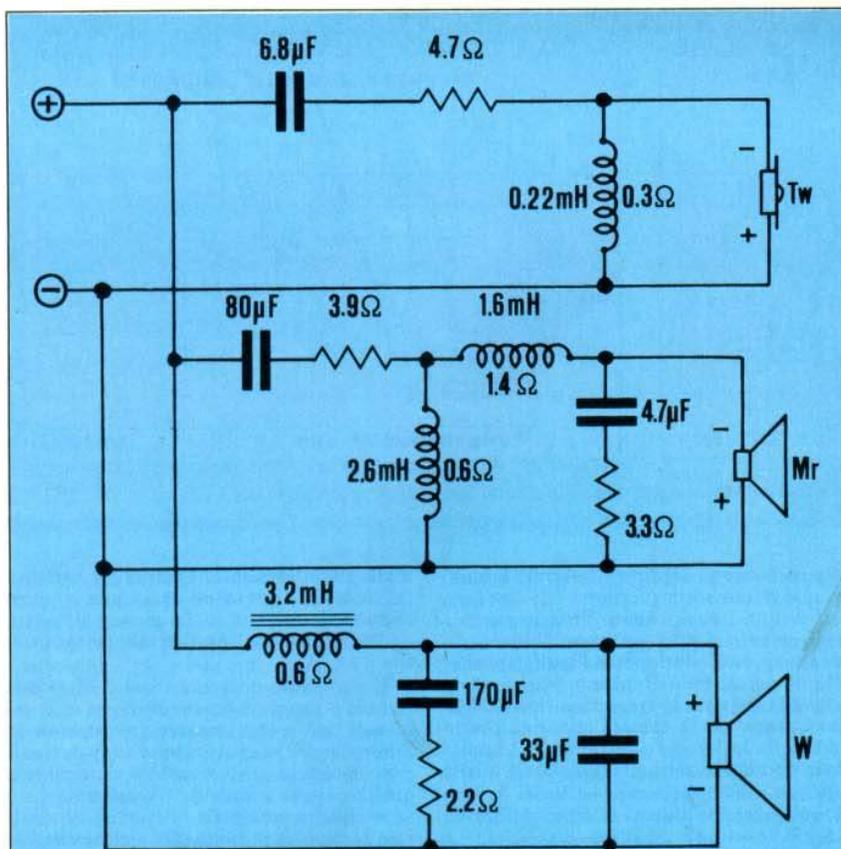


Figura 8 - Risposta di crossover 1.1. ai morsetti dei componenti: confronto tra quella calcolata e quella misurata con strumentazione B&K.





◀ Schema elettrico del circuito crossover del «the audio speaker» 1.1.

# LA COSTRUZIONE DEL CROSSOVER

di Mauro Neri

Sui numeri 51 e 52 di AUDIOREVIEW abbiamo visto come realizzare il mobile del «the audio speaker» e dato alcune anticipazioni sulla costruzione della sezione elettronica compreso il disegno del master del

circuito stampato per il montaggio dei componenti del filtro crossover. La sua configurazione di base era infatti già nota, come pure i valori provvisori della rete di partizione elaborata con il programma

«CROSS». Ora che l'ing. Giussani ci ha comunicato i valori definitivi dei componenti non resta che passare alla realizzazione pratica del crossover e finalmente avremo completato il nostro diffusore.

Il circuito definitivo rispetta nella sostanza la configurazione originaria. Esso comporta solo modeste varianti come l'inserimento di un altro condensatore in parallelo al woofer e l'eliminazione della seconda resistenza in serie al tweeter (la R5t dello schema pubblicato su AR 52). Al posto della resistenza si monterà un semplice ponticello di filo conduttore oppure, facendo di necessità virtù, un portafusibile da circuito stampato con annesso fusibile rapido da 0,63 A. La posizione che questo dispositivo viene ad occupare all'interno della rete non è proprio quella ottimale; di regola il fusibile va messo a monte di tutta la cella interessata in modo che il suo intervento consenta di escluderla interamente. In questo caso, invece, l'anello formato dai componenti C1-R1-L2-R2 continua a caricare l'amplificatore anche dopo l'intervento della protezione. La presenza del fusibile consente comunque di salvaguardare il tweeter da eccessi di corrente e quindi contribuisce positivamente ad aumentare l'affidabilità del sistema. La variante relativa al gruppo RC in parallelo al woofer consiste nell'aggiunta di un condensatore in una posizione non utilizzata nello schema originario, ossia al di fuori del ramo con la resistenza di smorzamento. L'ampio spazio disponibile sulla basetta consente comunque di inserire senza problemi anche questo componente, come si può vedere dalle figure.

Nello schema di montaggio si è tenuto conto della necessità di distanziare le bobine tra loro e di disporle su piani diversi per limitare gli effetti della mutua induttanza. Per alcuni componenti si è prevista la possibilità di realizzarli abbinando più elementi per ottenere il valore richiesto. È il caso della capacità da 80 µF in serie al midrange che, in mancanza del poco diffuso condensatore da 82 µF, può essere ottenuta mettendo in parallelo un elemento da 47 µF con uno da 33 µF, oppure un 68 µF con un 12 µF. Similmente, i 170 µF della cella del woofer si ricavano accoppiando un condensatore da 100 µF con uno da 68 µF (gli autostruttori più meticolosi non mancheranno di aggiungere un condensatore polie-

		CARATTERISTICHE DEGLI INDUTTORI			
	Induttanza	0,22 mH	1,6 mH	2,6 mH	3,2 mH
	Diametro filo	0,71 mm	0,71 mm	1,12 mm	0,85 mm
	Numero spire	128	275	305	142
	Resistenza DC	0,33 ohm	1,26 ohm	0,68 ohm	0,42 ohm
	Nucleo	in aria	in aria	in aria	lamierini ad E
	Dimensione A	14 mm	25 mm	25 mm	con colonna
	Dimensione B	15 mm	25 mm	25 mm	centrale da
Dimensione C	26 mm	42 mm	60 mm	16 x 20 mm	

## ELENCO DEI COMPONENTI PER UN CROSSOVER

### Induttori

0,22 mH/0,3 ohm  
1,6 mH/1,4 ohm  
2,6 mH/0,6 ohm  
3,2 mH/0,6 ohm

### Condensatori

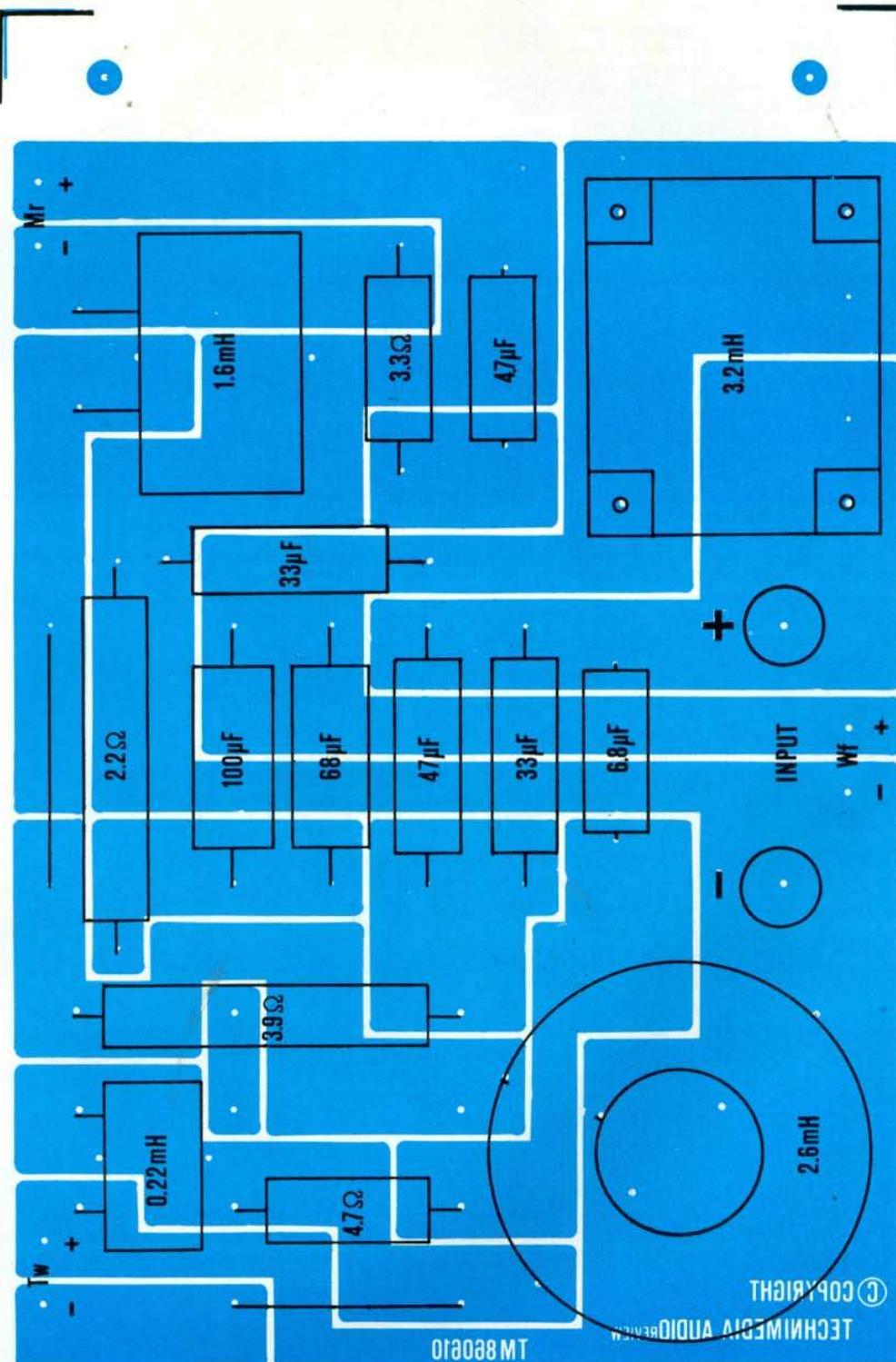
4,7  $\mu$ F poliestere  
6,8  $\mu$ F poliestere  
33  $\mu$ F/50 VDC NP  
80  $\mu$ F (47 + 33  $\mu$ F)  
/50 VDC NP  
170  $\mu$ F (100 + 68  $\mu$ F)  
/50 VDC NP

### Resistori

2,2 ohm/10 W  
3,9 ohm/10 W  
3,3 ohm/4 W  
4,7 ohm/4 W

### Vari

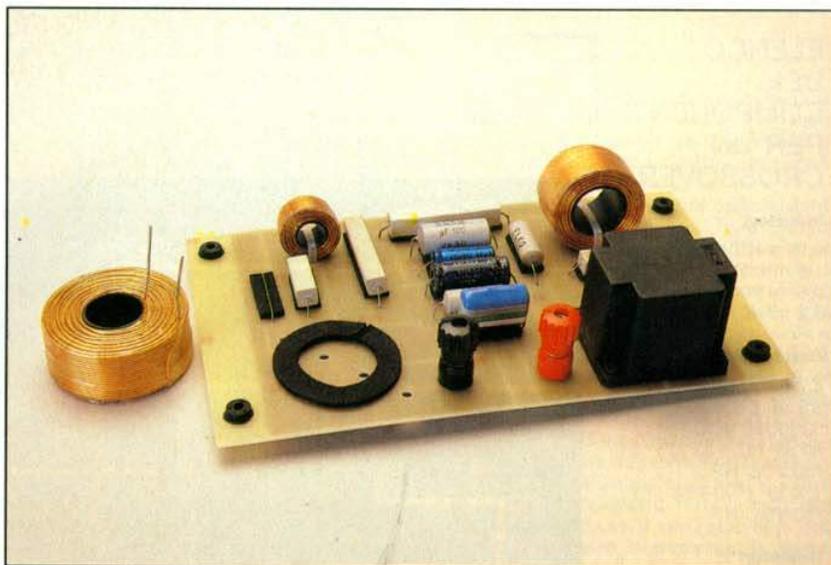
2 boccole banana  
(1 rossa, 1 nera)  
4 passacavo in gomma  
morbida dia. 7 mm  
2 fascette da 10 cm  
2 fascette da 14 cm  
4 viti da 3 mm con dadi  
e rondelle  
1 circuito stampato  
TM860610



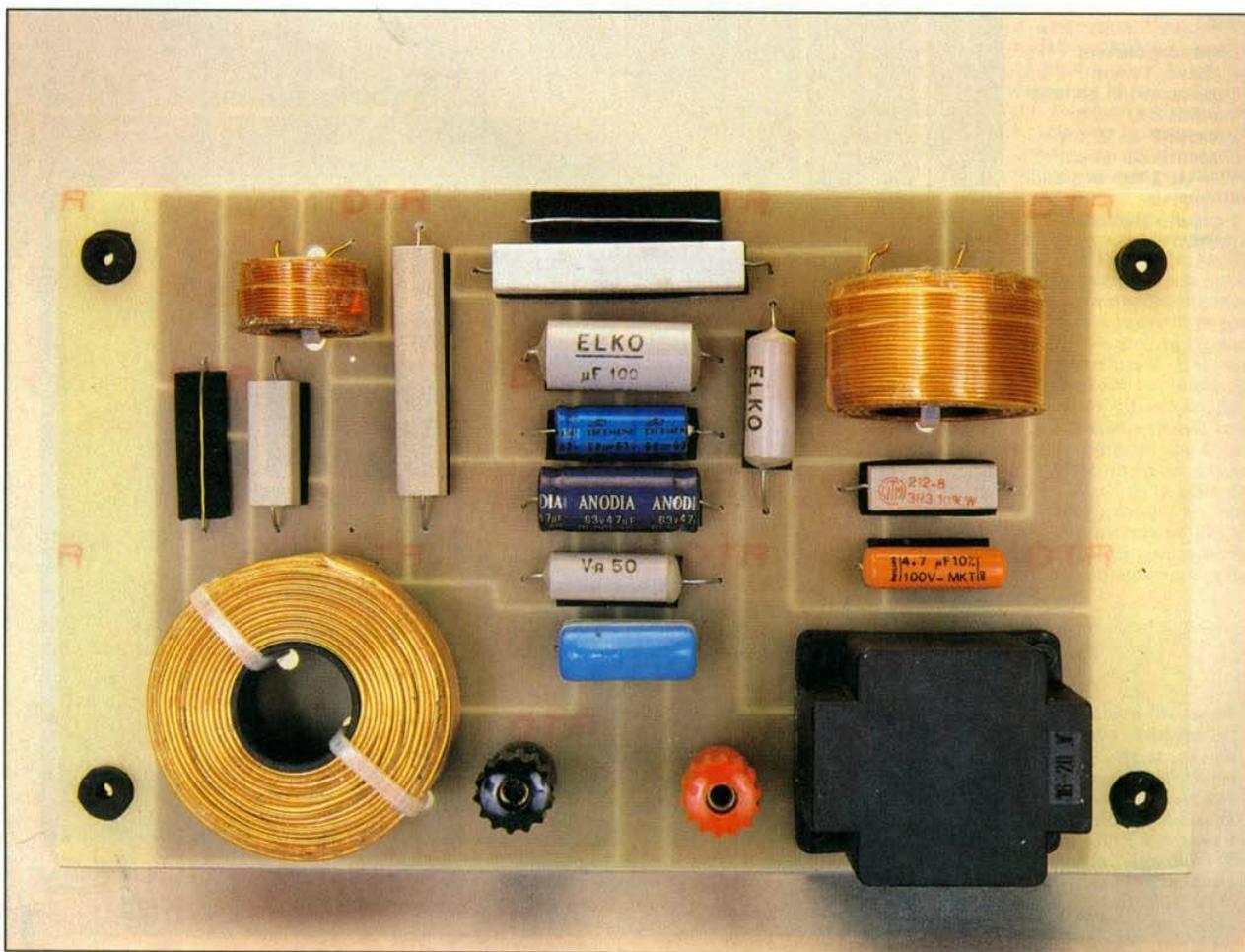
*Piano di montaggio  
del crossover «the au-  
dio speaker» 1.1. I  
ponticelli possono es-  
sere sostituiti con por-  
tafusibili (F0,63A per  
il tweeter e F1,6A per  
il midrange) oppure  
eliminati cablando il  
- Tw sull'altra pista  
adiacente il + Tw e  
saldando quello del  
midrange sul lato ra-  
me.*

stere da 2,2  $\mu\text{F}$  in parallelo al gruppo o, meglio ancora, selezioneranno i componenti in modo da sfruttare i loro scarti di tolleranza per raggiungere precisamente il valore richiesto). Lo spazio previsto sulla basetta per questi condensatori è abbastanza ampio da consentire anche l'abbinamento di tre elementi. Per esempio, tutti da 56  $\mu\text{F}$  oppure due da 68  $\mu\text{F}$  ed uno da 33  $\mu\text{F}$ . Non ci sono comunque controindicazioni al fatto di mettere un condensatore sopra gli altri se dovessero risultare particolarmente ingombranti.

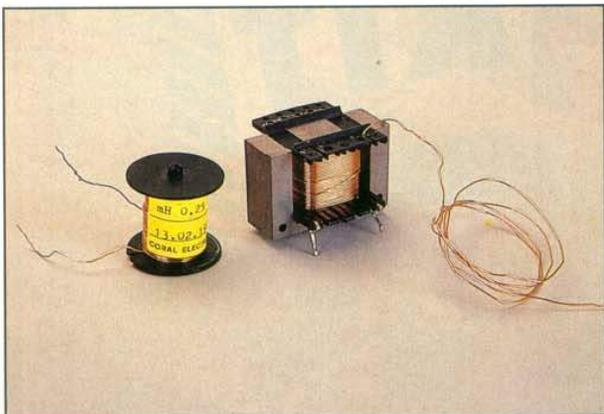
In questo modo è possibile far fronte alla questione sempre assillante della reperibilità dei componenti. Fortunatamente negli ultimi anni sono comparsi sul mercato degli operatori specializzati che offrono componenti ed accessori di ogni tipo, disegnati espressamente per l'autocostruzione hi-fi. Il catalogo Visaton, ad esempio, include tutti i condensatori di valore standard fino a 100  $\mu\text{F}$  e quindi anche quelli necessari per il «the audio speaker». Tra i prodotti della CE-Coral Electronic ci sono invece alcuni induttori che possono essere facilmente adattati per il «the audio speaker». La bobina da 3,2 mH in serie al woofer, per esempio, si può ricavare togliendo 5 spire all'induttore CE da 3,4 mH. Anch'esso è avvolto su nucleo di lamierini e presenta



Tra la basetta ed i componenti conviene disporre dei tamponcini di neoprene o uno strato di gomma morbida che consenta di smorzare le risonanze.

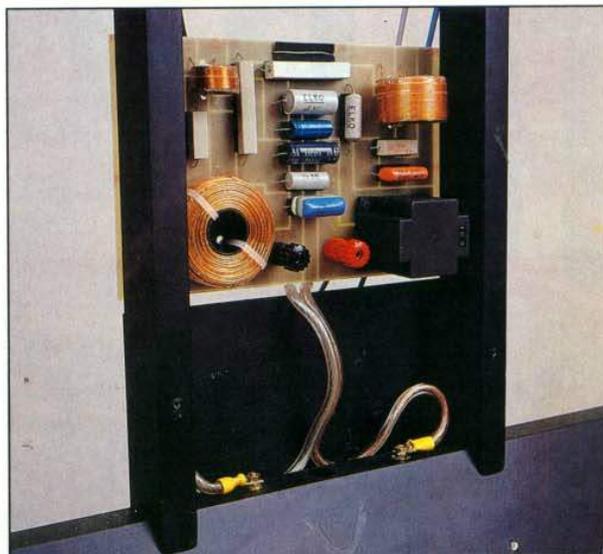


La bobina del woofer, in contenitore plastico, è montata con 4 viti da 3 cm e relativi dadi; gli altri induttori sono fissati con fascette per le quali è prevista un'apposita foratura nella basetta.



Gli induttori si possono facilmente ricavare adattando, come indicato nel testo, i componenti CE normalmente in commercio.

L'impiego di conduttori di grossa sezione è particolarmente consigliato per la sezione bassi.



una resistenza sufficientemente ridotta (0,7 ohm). Partendo dallo stesso induttore Coral si possono ottenere anche i 2,6 mH necessari per il passa-alto del midrange togliendo 20 spire (la resistenza risulterà di circa 0,6 ohm). Tra gli induttori CE c'è anche una bobina da 1,9 mH che può essere ridotta a 1,6 mH, sempre per la cella del midrange, svolgendo solo nove spire (la resistenza in continua è di 0,5 ohm). Lo 0,22 mH per il tweeter si può invece ricavare dalla bobina CE da 0,25 mH togliendo 6 spire (resistenza 0,5 ohm).

La basetta del circuito stampato offre uno spazio sufficiente anche per l'impiego di questi induttori equivalenti. In base alle caratteristiche riportate nella tabella B è comunque facilissimo per qualsiasi avvolgitore specializzato (ce ne sono in tutti i grossi centri) realizzare quelle stesse bobine. Il loro costo non dovrebbe essere particolarmente alto considerando che non è richiesto alcuno studio, ma la sola esecuzione. La reperibilità dei resistori non è mai stata problematica e tanto meno dovrebbe esserlo per quelli del «the audio speaker» giacché tutti i valori richiesti corrispondono a componenti standardizzati.

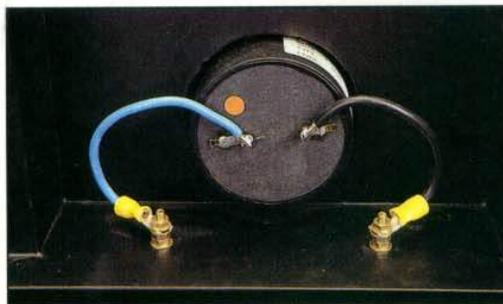
Una nota particolare riguarda la resistenza da 3,9 ohm in serie al midrange. Al suo posto, nello schema non ancora definitivo, era previsto un valore di 4,4 ohm che, essendo fuori standard, si sarebbe ottenuto abbinando due resistori da 2,2 ohm in serie. In questo modo anche la loro tenuta in potenza sarebbe raddoppiata consentendo l'impiego di comuni resistori da 5 W. Passando al valore di 3,9 ohm, resistenza standard facilmente reperibile, non è più necessario utilizzare due componenti in serie, si deve tuttavia aumentare la sua potenza passando a 10 W. Volendo mantenere la scomposizione in due elementi da montare nelle posizioni originariamente previste, si possono impiegare due resistori da 2 ohm/5 W (eventualmente selezionati per ottenere precisamente 3,9 ohm) oppure un resistore da 1,2 ohm ed uno da 2,7 ohm; in questo caso però la potenza non si distribuisce equamente tra i due e mentre il primo può essere tranquillamente da 4 W il secondo

deve poter sopportare una potenza di oltre 6 W.

In serie alla cella del midrange è prevista una seconda resistenza di valore piuttosto basso (1,4 ohm) il quale può essere ottenuto sfruttando la componente resistiva della bobina da 1,6 mH sullo stesso ramo del circuito. Dapprima abbiamo provato ad impiegare del filo di rame da 0,8 mm ed abbiamo ottenuto un valore resistivo di 0,96 ohm. Siamo allora passati al rame da 0,75 mm, ma la resistenza in continua è risultata ancora un po' bassa (1,12 ohm). Con filo da 0,71 mm abbiamo invece ottenuto 1,26 ohm, valore che può considerarsi abbastanza prossimo a quello desiderato da non richiedere l'impiego di un resistore aggiuntivo. In sua vece, sul circuito stampato, va inserito un ponticello conduttore oppure, come per il tweeter, un fusibile per la protezione dell'altoparlante. Anche qui restano valide le riserve già esposte a proposito della posizione non ottimale all'interno del circuito. Stando a metodi empirici per la determinazione della corrente di sovraccarico si può impiegare un fusibile rapido da

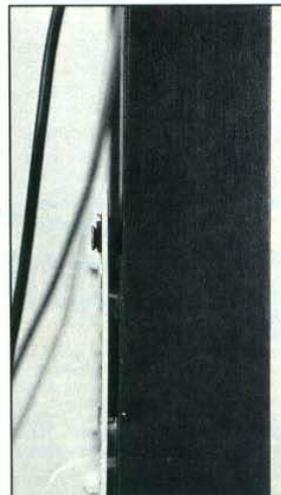
1,6 A. Va anche aggiunto che qualora si decida di dotare di fusibile la cella del midrange è bene mantenersi bassi con la componente resistiva della bobina senza pignoleggiare troppo sui decimi di ohm giacché la resistenza dei comuni fusibili di basso amperaggio è di per sé dell'ordine dei decimi di ohm (non mancano neppure fusibili con resistenza superiore a 1 ohm!).

Ulteriori indicazioni sulla reperibilità dei componenti e sulla realizzazione delle bobine sono pubblicati su AR n. 29 nell'articolo «Tanti accessori per autocostruire». Il circuito stampato può essere richiesto alla Technimedia con le consuete procedure. Altrettanto dicasi per gli altoparlanti SEAS e Scan-Speak, la cui distribuzione non è ancora capillare come quella del woofer RCF, che certamente non darà problemi di reperibilità. Chi dovesse intraprendere questa impegnativa autocostruzione può contare sulla nostra disponibilità a dare informazioni e consigli utili per portarla a termine nel migliore dei modi.



Il passaggio dei cavi attraverso le pareti del mobile si realizza con bulloni in ottone o altro buon conduttore (preferibilmente nichelati per prevenire l'ossidazione) sporgenti su entrambi i lati dove con dadi e rondelle si serrano i capocorda dei cavi.

Il crossover può essere montato elasticamente utilizzando semplici passacavo in gomma morbida messi nei 4 fori previsti per la sua installazione.



# THE AUDIO SPEAKER 1.2

di Mauro Neri

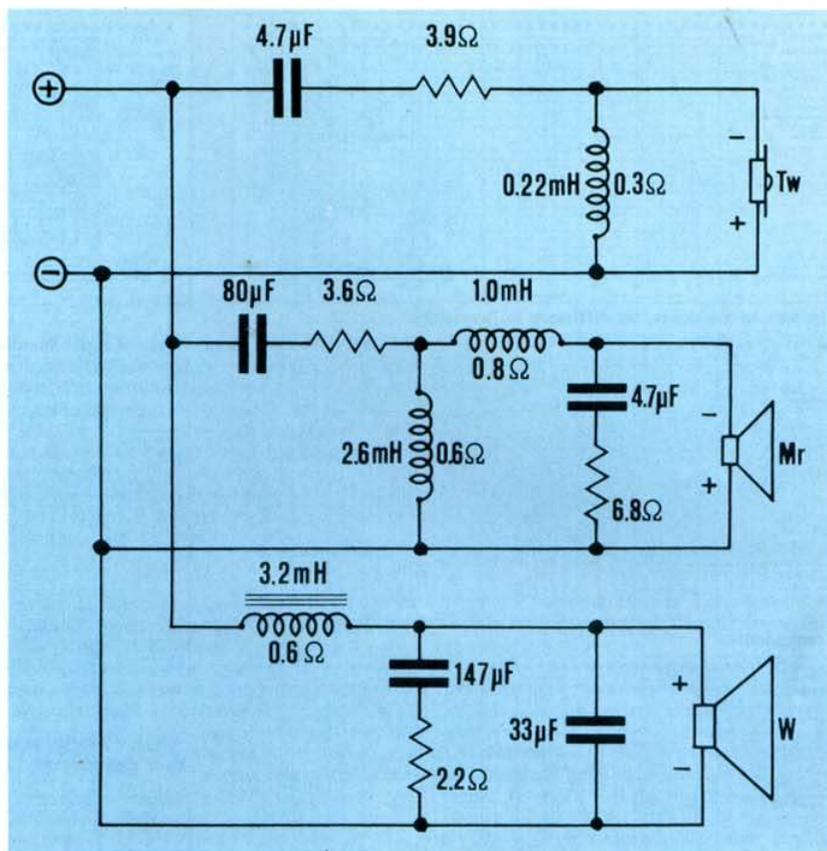
*Il filtro di crossover del "the audio speaker" ha subito ulteriori affinamenti allo scopo di migliorare la presenza e la neutralità della gamma media e di incrementare la sensibilità del sistema.*

**L**a nuova versione, che è stata denominata 1.2 per distinguerla dalle precedenti 1.0 ed 1.1, consente di ottenere un livello di emissione di circa 87,2 dB SPL/1 m in camera anecoica con 2,83 V RMS di rumore rosa ed 87,6 dB SPL in ambiente (2 diffusori, microfono a 2,5 m) contro i corrispondenti valori di 86,3 ed 85,4 dB SPL della prima versione.

In un primo tempo, sulla base di scelte effettuate con il programma «CROSS» sono state apportate alcune modifiche che consistevano nella diminuzione della capacità in parallelo al woofer (il cui primo gruppo di condensatori è passato da 170  $\mu$ F a 147  $\mu$ F), nella riduzione della bobina in serie al midrange, che è scesa sia come induttanza (da 1,6 mH a 1,0 mH) sia come resistenza (0,5 ohm contro l'1,4 ohm della precedente versione). Un ulteriore incremento del livello di emissione delle vie superiori è stato ottenuto riducendo le resistenze di attenuazione in serie al midrange (da 3,9 a 3,0 ohm) ed al tweeter (da 4,7 a 3,9 ohm). Nella cella del midrange si è prevista inoltre una più alta resistenza di smorzamento sul ramo del condensatore parallelo (dai 3,3 ohm originali si è passati a 6,8 ohm). Tutti gli altri componenti erano invece confermati come nella precedente versione.

Per un riscontro oggettivo del comportamento del «the audio speaker 1.2» abbiamo quindi effettuato le consuete rilevazioni di laboratorio ottenendo risultati confortanti ed ancora una volta estremamente coerenti con le indicazioni del «CROSS». Questa versione ha esibito, oltre al già detto guadagno di sensibilità, una risposta in frequenza un po' più piena in gamma media, conservando un andamento comunque molto regolare nelle varie condizioni di misura. In particolare sono venuti meno il rialzo a 5 kHz e la leggera «rientranza» a 2-4 kHz denunciati dalle misure della prima versione 1.0 (AR n. 52 pag. 83). Le frequenze di incrocio acustico non hanno subito variazioni significative, lo stesso si può dire per il modulo e la fase dell'impedenza. A questo proposito osserviamo che è possibile incrementare il minimo a 160 Hz e portarlo oltre i 3,2 ohm semplicemente togliendo un po' di assorbente acustico dal box del woofer (100-150 g dei 900 previsti). In questo modo si ottiene anche un leggero rinforzo delle frequenze sotto ai 150 Hz (circa 2 dB) che in certe condizioni può giovare alla resa del sistema.

Le misure di distorsione hanno dato valori ben contenuti come nella prima versione ed anche l'andamento è conforme, specialmente nella misura per differenza di fre-



Schema elettrico del circuito crossover del «the audio speaker 1.2».

quenze. Il picco di 2<sup>a</sup> armonica sugli alti, già rilevato nella precedente misurazione, è caratteristico del tweeter, può risultare più o meno evidente secondo l'esemplare utilizzato. È invece venuto meno il picco di 2<sup>a</sup> armonica intorno ai 170 Hz causato a suo tempo da risonanze meccaniche del mobile e dei componenti del filtro; risonanze che in seguito sono state eliminate con gli accorgimenti descritti su AR nn. 52 e 53 (montaggio elastico della scheda crossover, smorzamento accurato delle vibrazioni dei singoli componenti del filtro). A questo proposito giova anche disporre delle guarnizioni relativamente morbide (vanno benissimo le solite striscioline autoadesive di neoprene) dietro le piastre metalliche, su tutta la zona di contatto con il mobile.

Un ulteriore accorgimento che differenzia i primi prototipi 1.0 dall'attuale «the audio speaker 1.2» consiste nell'impiego di blocchetti di spugna sintetica (poliuretano fofoassorbente) inseriti sia tra i listelli orizzontali alla sommità del mobile sia lungo tutta la cornice interna dei telai.

Proseguendo nel confronto delle caratteristiche rilevate si osserva un ulteriore miglioramento dei grafici di MIL e MOL in gamma media, mentre sul resto della banda i risultati sono molto simili, con qualche calo in corrispondenza dei massimi di di-

storsione di 2<sup>a</sup> armonica. Differenze superiori alle aspettative si riscontrano nella risposta nel tempo, dove l'impulso è seguito da un decadimento dell'energia più rapido nella nuova versione, che pertanto può dirsi migliore anche da questo punto di vista. Resta comunque difficile motivarne con precisione le cause, che certamente vanno ricercate non solo nei nuovi parametri elettrici del crossover ma soprattutto nei già citati affinamenti costruttivi del mobile.

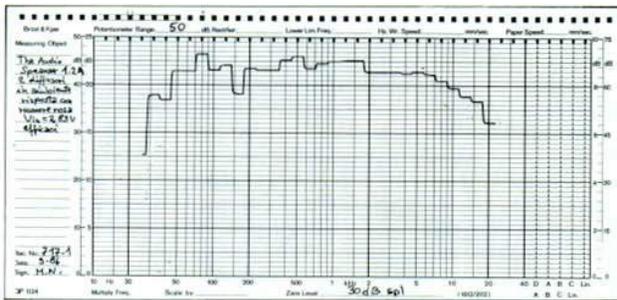
## Il crossover 1.2

Successivamente all'esecuzione delle misure abbiamo condotto ulteriori prove d'ascolto che ci hanno permesso di apportare altri miglioramenti. In particolare, è stata attenuata leggermente la gamma tra i 300 ed i 1.000 Hz e sono stati variati un poco il livello e la risposta del tweeter. I componenti ritoccati sono: la resistenza da 3,0 ohm in serie al midrange, che è stata portata a 3,6 ohm, ed il condensatore da 6,8  $\mu$ F del tweeter, che è stato ridotto a 4,7  $\mu$ F.

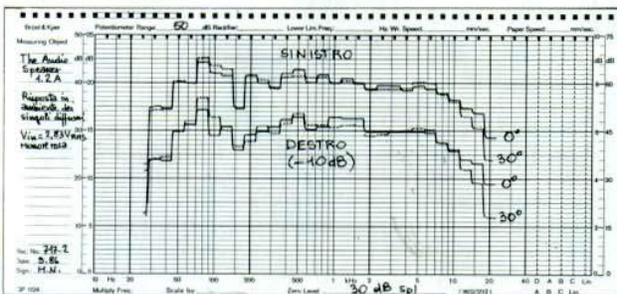
Per la realizzazione del nuovo crossover restano valide le indicazioni già espresse su AR n. 53 per la versione 1.1, rispetto alla quale vanno semplicemente variati i valori di 6 componenti. Nessuna modifica è richiesta al circuito stampato, che mantiene

## CARATTERISTICHE RILEVATE

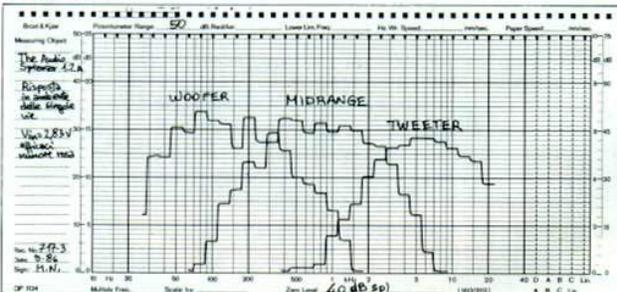
Sensibilità: 1 diffusore, 2,83 V/1 m: 87,2 dB SPL  
 2 diffusori, 2,83 V, ambiente: 87,6 dB SPL.  
 Elevazione da terra: da pavimento.  
 Risposta in ambiente, due diffusori in funzione:



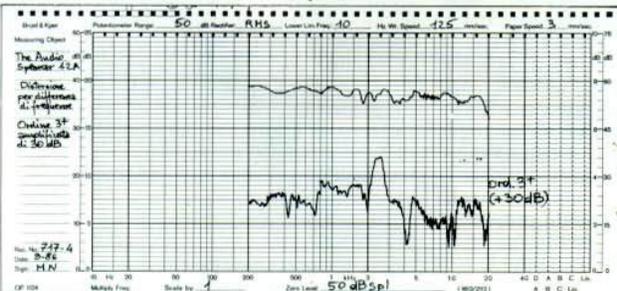
Risposta in ambiente, un diffusore in funzione:



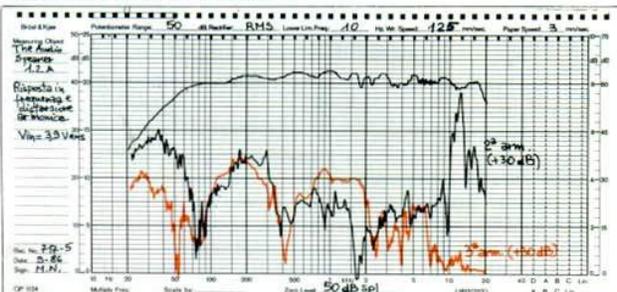
Componenti:



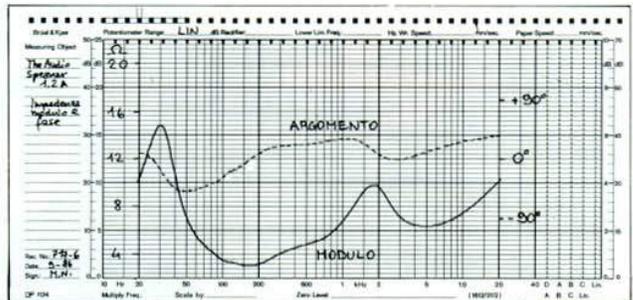
Distorsione per differenza di frequenze:



Distorsione di 2a e 3a armonica:

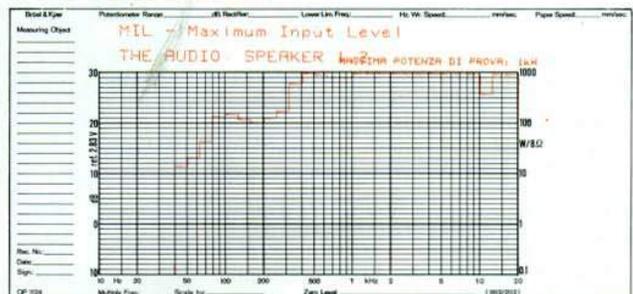


Modulo ed argomento dell'impedenza:



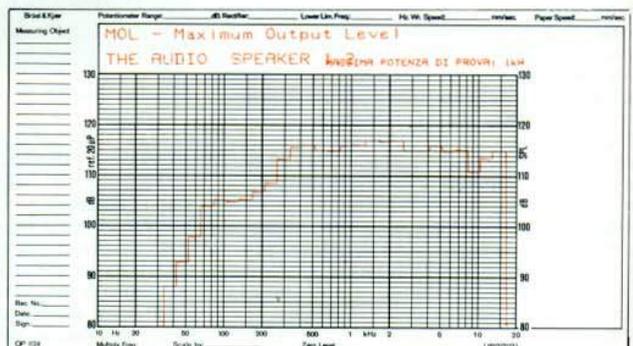
MIL - Livello massimo d'ingresso

(per distorsione di intermodulazione totale non superiore al 5%).  
 Livello di riferimento 2.83V

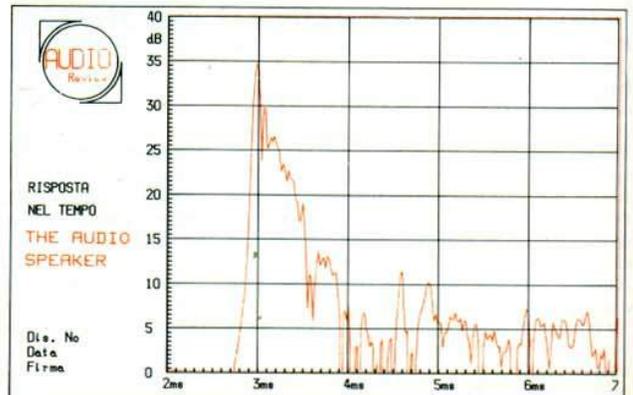


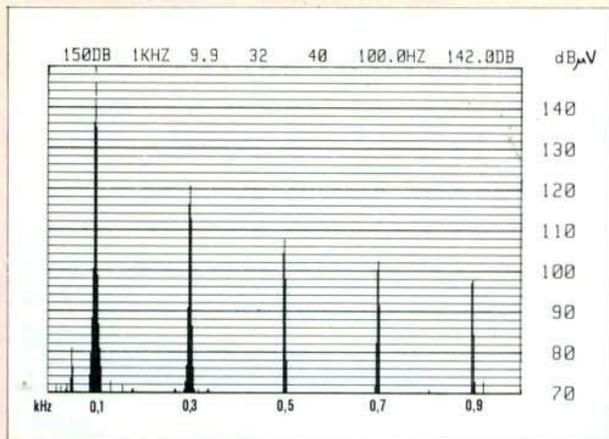
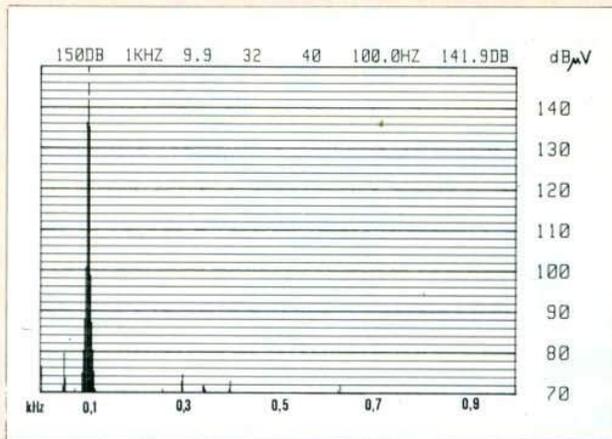
MOL - Livello massimo d'uscita in dB SPL

(per distorsione d'intermodulazione totale non superiore al 5%)

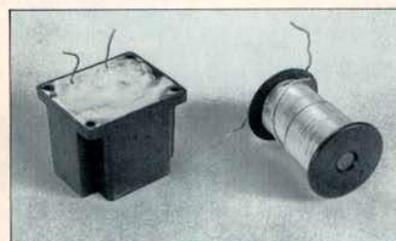


Risposta nel tempo:





Per valutare il comportamento di alcuni induttori abbiamo esaminato lo spettro di frequenze ai capi di una resistenza di 4 ohm collegata in serie a ciascun induttore in esame e facendo scorrere un segnale sinusoidale alla frequenza di 100 Hz. Il primo spettro si riferisce alla bobina da 3,2 mH/0,4 ohm con nucleo di lamierini utilizzata per il nostro crossover. Il livello di prova è di 12,7 V RMS (corrispondenti a 40 W RMS, la potenza nominale del woofer) e non si riscontrano segni evidenti di distorsione. Il secondo spettro si riferisce ad una bobina di pari induttanza e resistenza ma avvolta su rocchetto di plastica con nucleo di ferrite lungo 50 mm e con diametro di 10 mm. Allo stesso livello di prova emergono evidentissime armoniche di distorsione che raggiungono e superano il 10%. Con questa bobina per far saturare il nucleo e distorcere il segnale di oltre il 3% sono già sufficienti 6 V RMS, corrispondenti a 9 W su 4 ohm.



pertanto la configurazione pubblicata su quello stesso numero a pag. 130.

Del tutto banale è la sostituzione del resistore da 4,7 ohm in serie al tweeter con uno da 3,9 ohm di pari potenza (4 W), così come la sostituzione del 3,3 ohm in parallelo al midrange con un 6,8 ohm, sempre da 4W.

La terza resistenza da variare è il 3,9 ohm in serie al midrange, che deve diventare 3,6 ohm. Il nuovo valore è fuori standard ma si può facilmente ottenere abbinando in serie due resistori da 1,8 ohm; il circuito stampato è già predisposto per questa operazione che pertanto non comporta particolari difficoltà. I due resistori possono essere tranquillamente da 5W ciascuno giacché a questa potenza corrisponde una corrente supportata anche superiore a quella dell'originale 3,9 ohm/10 W.

Piuttosto banale è anche la realizzazione del 147 μF richiesto dalla cella del woofer e che si ricava abbinando in parallelo al già previsto 100 μF un condensatore da 47 μF/50 VDC NP, in sostituzione del 68 μF. C'è

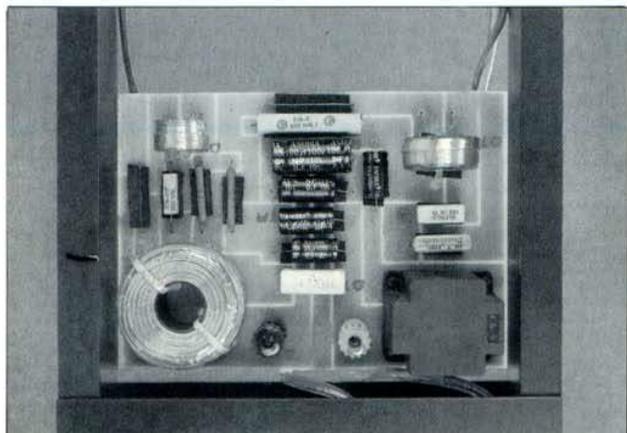
poi il condensatore poliestere da 6,8 μF in serie al tweeter, che deve essere rimpiazzato con uno dello stesso tipo ma da 4,7 μF. L'ultima variazione riguarda la bobina da 1,6 mH/1,4 ohm in serie al midrange che nel crossover 1.2 diventa di 1,0 mH/0,5-0,8 ohm. Una bobina con queste caratteristiche è già stata impiegata nel «the audio sat» (AR n. 39 pag. 80) e può essere realizzata avvolgendo 250 spire di filo di rame da 0,71 mm su rocchetto con diametro di 14 mm ed altezza di 15 mm (peso della bobina 75 g, diametro esterno 36 mm). In alternativa è possibile reperire in commercio una bobina di adeguate caratteristiche tra i componenti Visaton distribuiti dalla ditta Mircom di Roma (tel. 06/5242023). A proposito degli induttori, cogliamo l'occasione per sconsigliare l'impiego di bobine con nucleo in ferrite di scadente qualità (quella molto fragile e porosa) o di sezione modesta; ciò vale soprattutto per la bobina da 3,2 mH in serie al woofer. Abbiamo infatti constatato che induttori con nucleo mal dimensionato raggiungono la saturazione molto precoce-

mente, a potenze di pochi watt, introducendo armoniche di ordine dispari ampiamente superiori al 5%.

Un po' meno rigorosi si può essere, invece, nel rispetto dei valori resistivi delle bobine, i quali possono variare anche di  $\pm 0,3$  ohm senza incidere troppo sul comportamento del diffusore. Un caso a parte è quello della bobina in serie al woofer, la cui componente resistiva influisce sensibilmente sul livello di emissione dell'altoparlante ed è bene che non superi lo 0,6 ohm previsto (meglio ancora se può scendere).

#### Una taratura personalizzata

Volendo adattare il comportamento del diffusore ai vostri gusti o alle caratteristiche acustiche dell'ambiente d'ascolto non è difficile intervenire sull'emissione del tweeter e del midrange. Nel primo caso basta variare la sola resistenza serie (un'ulteriore riduzione a 3,3 ohm è consigliata in ambienti dove la gamma alta tende a scomparire o per compensare un eccessivo assorbimento della tela frontale). Volendo intervenire sulla gamma del midrange in modo uniforme si deve invece agire sia sulla resistenza in parallelo (quella da 6,8 ohm della nuova versione) sia sulla componente resistiva della bobina serie (ricordo che il circuito stampato prevede l'inserimento di un secondo resistore in serie alla cella del midrange e che normalmente sarà ponticellato). Ad esempio, volendo ridurre di un paio di decibel (che non è poco) il livello della gamma media si inserirà una resistenza da 2 ohm al posto del ponticello ed una da 10 ohm al posto del 6,8 ohm. Per chi dispone del programma «CROSS» è facile simulare le varie possibilità e valutarne l'incidenza sulla risposta e sull'impedenza del diffusore.



Grazie al montaggio «a giorno» il crossover del the audio speaker si presta ottimamente ad interventi e modifiche.



**S**ul numero 50 di AUDIOREVIEW fu presentato quello che è probabilmente il kit più ambizioso fra quanti sono stati presentati sulle pagine di questa rivista, stiamo parlando del «the audio speaker».

Esaminiamone per grandi linee i vari aspetti, sia per rinfrescarci le idee sia per informare i nuovi lettori, che sono tanti.

Dal punto di vista estetico il diffusore si ispira all'Audiolab Delta 4 un prodotto «storico» per l'hi-fi italiana, sia per gli elevati presupposti tecnici posti alla base di tale progetto (nel 1978) dal nostro Renato Giussani, sia per il bellissimo design dovuto alla felice mano di G. Lojodice ispirato dal monolite di «2001 Odissea nello spazio», un modello matematico, visto che in questo caso i rapporti delle dimensioni erano 1:4:9.

Costruttivamente parlando, il kit presuppone un certo impegno da parte dell'autocostruttore che normalmente si limita al solito parallelepipedo, al più con gli altoparlanti a filo, i bordi smussati ed il frontale minimizzato nelle realizzazioni più impegnative.

L'uso di componenti affidabili e di sicura qualità completa il progetto. Presupposti buoni ma, se vogliamo nulla di particolarmente ricercato, poiché oggi si possono realizzare abbastanza facilmente autocostruzioni di bell'a-



Finora si è esclusivamente lavorato sul crossover, cosa del resto poco dispendiosa e piuttosto veloce a farsi. In questa fase l'autocostruttore può vantaggiosamente utilizzare un equalizzatore unitamente al programma Cross per correggere e migliorare comunque il proprio sistema. Un tale lavoro di lima è sempre auspicabile poiché anche se si riesce a progettare un diffusore estremamente lineare non è assolutamente detto che questo sia il migliore possibile per qualsiasi ambiente di ascolto.

Le modifiche che suggeriamo oggi riguardano la componentistica usata, vi assicuriamo che le scelte operate non hanno nulla di improvvisato, ma sono state vagliate tra diverse soluzioni provate sin dall'estate scorsa, possiamo presentarvi perciò il «the audio speaker» nella sua nuova versione 1.3, aggiornata al 20 febbraio 1988.

La scelta del woofer, come detto precedentemente era legata al volume di 42 litri del basamento, la scelta dell'RCF L10/P10 ben si sposava con tale vincolo, tuttavia, specie nella versione 1.2, la gamma bassa rimaneva leggermente indietro ed anche l'immagine verticale, non particolarmente espansa, ne risentiva un tantino, l'estensione della risposta era comunque buona ma non profondissima come quella di certi diffusori commerciali «concorrenti».

# The Audio Speaker 1.3

spetto che utilizzino componenti di pregio e che si ispirino a famose realizzazioni industriali. In effetti, la vera sfida lanciata da questo kit è soprattutto nella sua progettazione. Pensate: il diffusore è stato completamente sviluppato con i dati dichiarati dai costruttori degli altoparlanti unitamente ai programmi di progetto di AUDIOREVIEW (il Bass ed il Cross), fatti girare su quella macchinetta di vocazione ludica che è il Commodore 64. Per risultato si è ottenuto un diffusore di elevate prestazioni tale da poter essere confrontato senza problemi a blasonate realizzazioni industriali o semiartigianali che siano.

Nell'articolo di presentazione si fece riferimento al fatto che in primo luogo la scelta dei componenti era stata fatta con un occhio di riguardo alla regolarità delle curve di risposta, per una facile e sicura simulazione con il Cross e tenendo presente il vincolo dei volumi per il basso ed il medio imposti dal particolare disegno: 42 litri per il primo e il più piccolo possibile per l'altro.

In secondo luogo il «the audio speaker» non è stato presentato come «sistema di riferimento», ma piuttosto come «muletto», nella accezione che tale termine ha nella Formula 1, quindi qualcosa su cui sperimentare, imparando, al fine di migliorare con piccole modifiche successive le prestazioni iniziali. Cosa che si è soliti fare anche nelle realizzazioni industriali.

Questi aspetti non furono ben chiari a tutti ed alcuni lettori hanno chiesto il perché dell'uso di tale componente o di tal'altro. Alcuni poi rimasero perplessi per le variazioni al circuito crossover che hanno condotto dalla versione iniziale, la 1.0 in AUDIOREVIEW numero 52, alla 1.1, in AUDIOREVIEW numero 53 al fine di compensare una lieve attenuazione del livello tra i 2 e i 4 KHz rilevata dalla misura di risposta in ambiente dovuta ad una minore dispersione del medio. Si è infine passati alla versione 1.2, AUDIOREVIEW numero 55, onde ottenere un ulteriore miglioramento ed una efficienza più elevata, cosa sempre gradita.

Alcuni autocostruttori hanno poi avuto notevole difficoltà nel reperire il tweeter negli ultimi mesi, cosa questa dipendente da un incendio occorso alla fabbrica Scan-Speak, attualmente però la situazione si è normalizzata e procurarsi una coppia dei famosi D-2008 non costituisce più un problema, tuttavia il fatto ci spinse a cercare un sostituto al nostro.

Una possibile alternativa è data dai D-2010 un nuovissimo tweeter da poco in produzione, tale componente è una versione migliorata del più famoso fratello, la frequenza di risonanza è solamente di 700 Hz (si tratta di un 3/4 di pollice!), i primi ascolti sono stati più che positivi, ma probabilmente ne riparleremo in futuro.

Scartata l'ipotesi di un bass-reflex, per rimanere fedeli allo spirito del progetto originale, si è tentato di sostituire il woofer con altri colleghi da 25 cm. Tutte le soluzioni ipotizzate non erano compatibili con il volume scelto o portavano a risultati equivalenti, tranne una che vale la pena di citare anche se non è stata scelta. Utilizzando il CIARE M. 250.38.C/Fx-SW, che è un 10 pollici a doppia bobina, con le due bobine connesse in parallelo si sono ottenute delle prestazioni davvero notevoli sia per estensione che per la sensibilità, ma soprattutto per l'incredibile dinamica e l'ottimo basso. Contro tale ipotesi vi era la necessità di una profonda revisione del crossover, ma soprattutto la curva di impedenza che toccava i 2 ohm, valore sconsigliato, a meno di possedere un amplificatore particolarmente robusto.

La scelta si è quindi rivolta verso i componenti da 12 pollici: una scelta naturale visto che il woofer delle famose Audiolab era di tale diametro, in effetti nell'articolo di presentazione, AUDIOREVIEW n. 50 pag. 60 fig. 9, era stata già prevista la simulazione di 4 woofer di buona qualità in cassa di 42 litri, dalle curve si evince che solo woofer di massa relativamente grande possono essere utilizzati con soddisfazione. L'RCF L12/P48 con molta coibentazione sembra fatto apposta per sostituire il fratello minore, con un fattore di merito di 0.75 e fc di 43 Hz ed una frequen-

za a meno 3 dB intorno ai 40 Hz. Alternative possono essere ricercate con l'aiuto del Bass appesantendo l'equipaggio mobile di un altro woofer da 12 pollici più leggero. Il fatto però che un simile «trattamento» influisce sulla risposta in frequenza in maniera non quantificabile, se non con opportune misure sfiorate dalla portata dell'autocostruttore e comunque diverse da esemplare ad esemplare, ci ha consigliato di percorrere questa via.

Dicevano che l'RCF sembra fatto apposta, ma tale ipotesi era stata accantonata poiché sembrava «sulla carta» avere una sensibilità minore dell'altro. Invece, dalla risposta fornita dal costruttore si evince che si ha a che fare con un componente più efficiente di circa 2 dB. La curva di risposta sale oltre i 200 Hz con la stessa pendenza del 25 cm, i fenomeni di break-up si manifestano però già da 500 Hz, ma tale cosa non ci preoccupa più di tanto poiché l'attenuazione operata dal filtro a tale frequenza è già abbastanza vistosa. Il valore di  $R_e$  è lo stesso, mentre quello di  $L_e$  è leggermente più basso. Non ci crederete ma è possibile cambiare il woofer senza pericoli di risonanze del filtro e grosse alterazioni della risposta in frequenza, il fatto che il 12 pollici sia leggermente più efficiente aporrà probabilmente una certa enfasi nella zona di incrocio con il medio, ma tale incremento non sarà comunque troppo marcato (e non è detto che non sia desiderabile...) per via della somiglianza dei due altoparlanti.

Dai disegni si può notare che la distanza del woofer da terra è rimasta identica alla precedente versione per cui il suo centro sarà, ovviamente più vicino agli altri due componenti. L'allargamento del foro potrà essere praticato con un seghetto dopo aver disegnato sul mobile il nuovo foro usando la mascherina di plastica fornita con l'altoparlante come «maschera di foratura», ovviamente andrà disegnata la circonferenza interna! Va detto che questo RCF ha un cestello in pressofusione di alluminio e tale fatto comporta il dover operare una fresatura, come in figura, per poter mettere a filo la mascherina. Dovendo realizzare il diffusore ex novo la soluzione più semplice per l'autocostruttore meno attrezzato è quella di incollare sul pannello frontale un secondo pannellino di multistrato di spessore opportuno.

Ovvero la stessa soluzione utilizzata a suo tempo per il gruppo medioalto, per quanto riguarda il woofer però non ci sentiamo di consigliare questa soluzione non perché non sia proficua, ma perché porta un sensibile aumento del lavoro di falegnameria senza che il suono ne sia migliorato in modo sensibile. Se invece disponete di una fresa allora la cosa è senz'altro consigliabile e in tal caso potete seguire la procedura seguente.

Un foro praticato con una fresa risulta essere perfetto se si usa il compasso, ovvero un accessorio formato da una guida che va fissata da un lato alla fresa mentre lo «spillone» che è posizionato all'altra estremità va ben piantato al centro della circonferenza da praticare. Si usa poi l'utensile proprio come un compasso fresando la superficie piano piano, uno o due millimetri al massimo per volta altrimenti si rischia di rompere la punta, fino ad arrivare alla profondità desiderata. Un procedimento più facile a farsi che a dirsi che potrà essere facilmente utilizzato da chi non ha ancora realizzato l'«audio speaker», nel nostro caso invece, sostituzione del woofer, questa procedura è complicata dal fatto che non disponiamo più del centro della cerchio! Il sistema descritto può essere comunque

```

DATI ALTOP. - RCF L12P48
DIAMETRO EQUIV. (DIN) D = 248
FREQ. DI RISONANZA (Hz) FS = 19,5
RESIST. BOB. MOB. (OHMS) RE = 5
MAGN. EQUIV. MOBILE (G) ME = 90
MAGN. AGGIUNTA (G) MA = 0
VOLUME EQUIV. (DM3) VAS = 271,31
CEDEVOL. SOSP. (MM/MS) CMS = 0,83
FATTORE DI MERITO TOT. QTS = 42
FATTORE DI MERITO MECC. QMS = 10
FATTORE DI MERITO ELET. QES = 44
FATTORE DI FORZA (GMS/MS) SL = 10,55
LIV. CON 2,83 V/1M CDB SPL1 = 90,6

DATI CASSA CHIUSA
VOLUME (DM3) VB = 42
VOL. CON ASS. RC (DM3) VEF = 42
FREQ. DI RISONANZA (Hz) FC = 53,26
FREQ. RIS. CON ASS. (Hz) FCF = 43,06
RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA = 0
FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,15
FATT. MERITO CON ASS. QTCF = 0,75
POT. INST. (WATT/8 OHMS) PMS = 100
LIV. INF. PROSP. (dB) FLN = 40
FREQ. MAX ESCLUS. (Hz) FMS = 42,00
MAX ESCLUSIONE (dB) MMS = 12,04
FREQ. MAX CON ASS. (Hz) FMSA = 40
MAX ESC. CON ASS. (dB) MMSA = 11,65
LIV. CON 2,83 V/1M CDB SPL1 = 90,6

```

*Parametri calcolati da Bass 64 per montaggio del woofer RCF L12P48 in 42 litri, a partire dai dati dichiarati dal costruttore.*

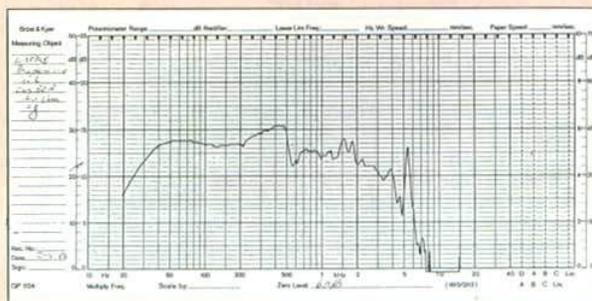
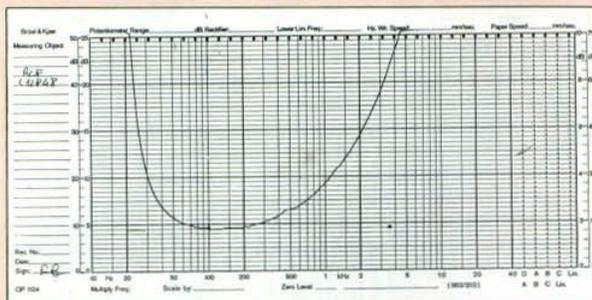
adattato: basta porre entro il foro, lungo il diametro, un pezzo di legno ben fissato alle estremità (mi raccomando). In tal modo avremo nuovamente il centro su cui apporre lo «spillone». Spero di essere stato abbastanza chiaro, in ogni caso le istruzioni annesse alla fresa sono più che sufficienti onde chiarire ogni dubbio, nelle foto potete tra l'altro ammirare la curiosa figura che si è ottenuta dal taglio.

È stata anche presa in considerazione la sostituzione del midrange, tuttavia ci siamo resi conto che non esistevano sul mercato componenti adatti allo scopo che potessero portare sensibili vantaggi. In effetti se si considera: la notevole linearità della risposta in frequenza, la bassa distorsione, il suono particolarmente pulito e se aggiungiamo l'elevato standard di produzione ed il fatto che tale componente viene sempre più spesso utilizzato in sistemi di un certo livello, non resta altro da fare che rallegrarsi della oculata scelta fatta a suo tempo.

La sostituzione di un tweeter è in genere un problema piuttosto semplice dal punto di vista del crossover poiché si può scegliere tra una infinità di componenti che si somigliano



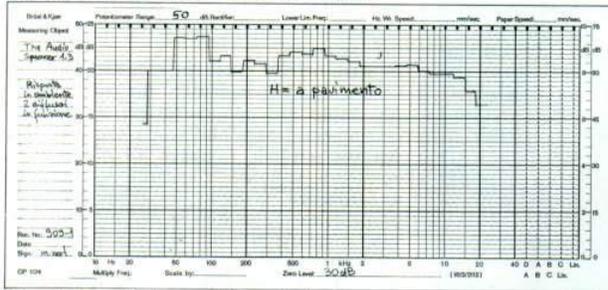
*Per una completa simulazione degli altoparlanti i grafici di risposta in frequenza e di impedenza sono indispensabili. Alla misura dell'impedenza dell'L12P48 abbiamo provveduto noi, mentre la risposta ci è stata gentilmente fornita dal costruttore. Le misure per la simulazione del D28AF erano già state rilevate per il progetto del kit Easy3 pubblicato sul n. 59 di AUDIOREVIEW*



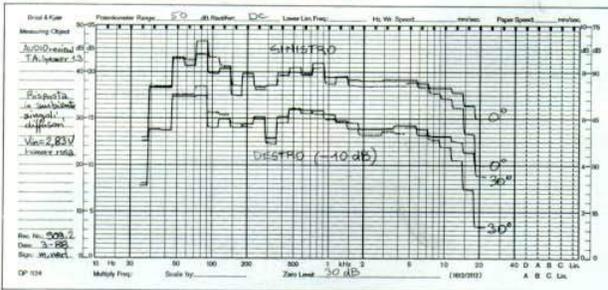
## CARATTERISTICHE RILEVATE

**Sensibilità:** un diffusore 2,83 V/1m: 84,4 dB SPL.  
 Due diffusori, 2,83 V, ambiente: 87,0 dB SPL.  
**Elevazione da terra:** a pavimento.

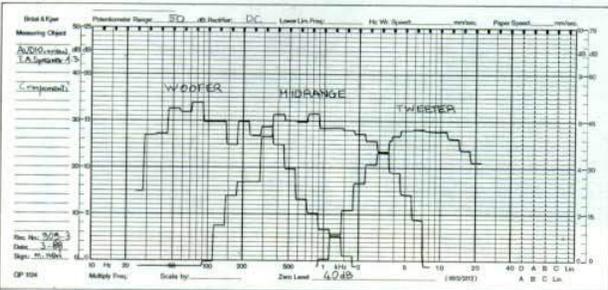
### Risposta in ambiente, due diffusori in funzione:



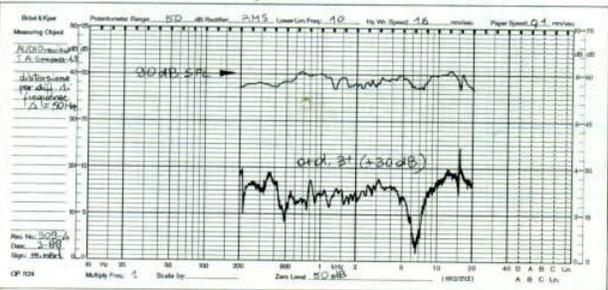
### Risposta in ambiente, un diffusore in funzione:



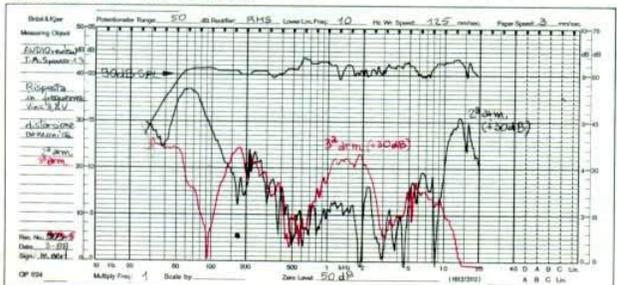
### Componenti:



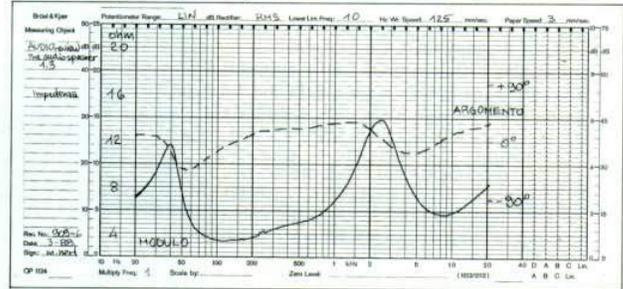
### Distorsione per differenza di frequenze:



### Distorsione di 2° e 3° armonica:

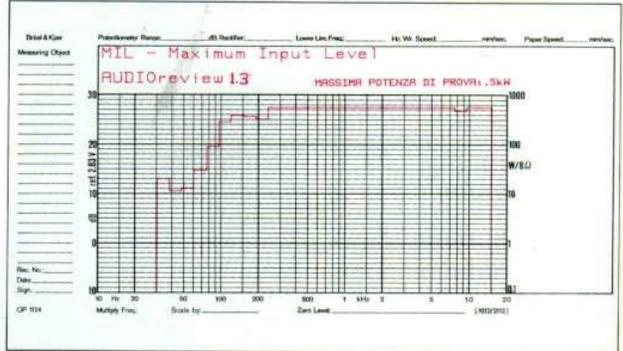


### Modulo ed argomento dell'impedenza



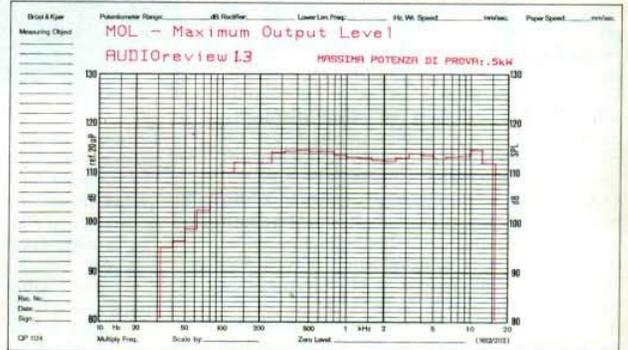
### MIL - Livello massimo d'ingresso:

(per distorsione di intermodulazione totale non superiore al 5%)

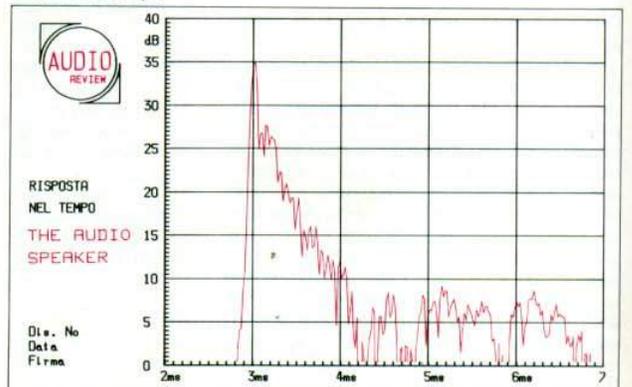


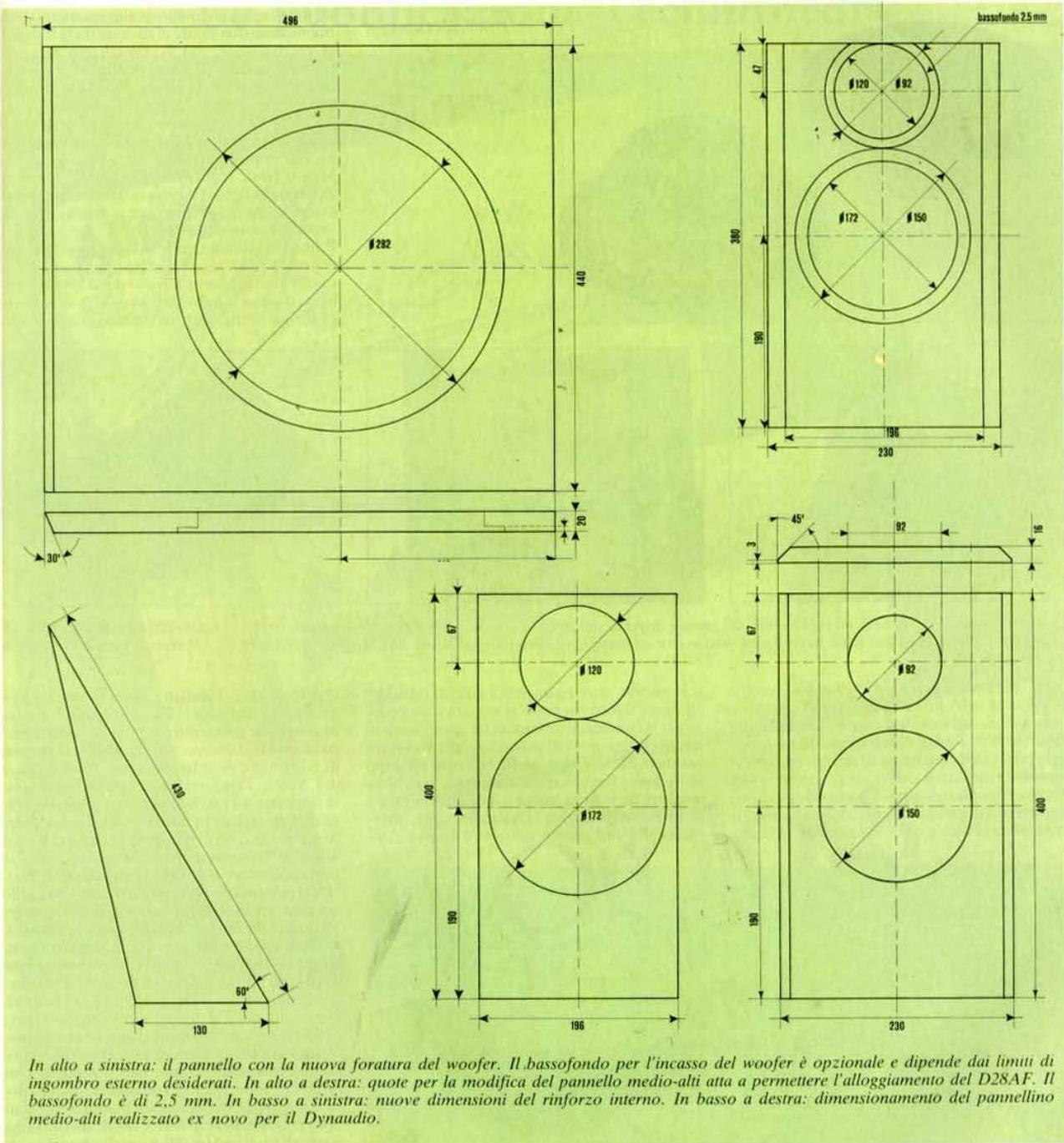
### MOL - Livello massimo d'uscita in dB SPL:

(per distorsione di intermodulazione totale non superiore al 5%)



### Risposta nel tempo:





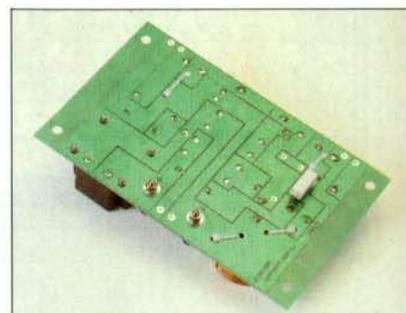
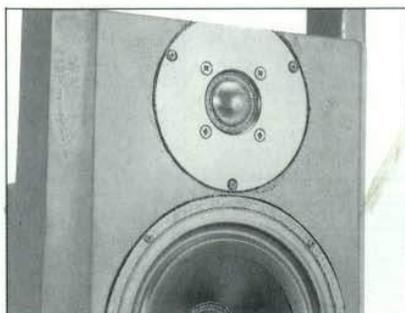
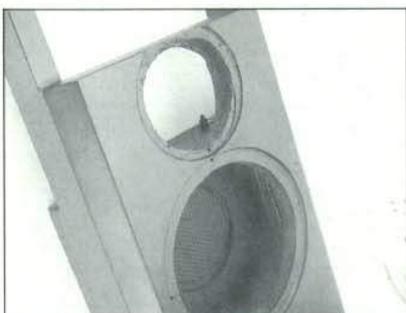
dal punto di vista elettrico. In effetti nel nostro caso, con un filtro a 12 dB/ott smorzato che si era adottato, si riesce, con al massimo una piccola variazione della resistenza onde compensare piccole variazioni dell'efficienza, ad adottare la quasi totalità dei tweeter in commercio. Diverso è invece il discorso del suono del componente perché trovare un sostituto dello Scan-Speak D-2008 non è certamente cosa semplice trattandosi di uno dei componenti a cupola più apprezzati al mondo, che ad onta delle sue piccole misure sia della cupola che della flangia, caratterizza con la sua notevole personalità, leggi come notevole apertura ed estrema pulizia, ogni

suo abbinamento. Ecco, forse questa sua forte personalità può risultare talvolta sgradita, specie con certi dischi con l'estremo acuto in evidenza. Nella ricerca del sostituto non siamo andati molto lontani dallo Scan-Speak infatti siamo rimasti in Danimarca con il Dynaudio D-28 AF che ci è sembrata la migliore scelta. Diciamo subito che è parecchio tempo che apprezziamo questo tweeter da un pollice dal suono particolarmente «setoso», sia per averlo provato con successo nella serie EASY (vedi AUDIOREVIEW n. 59) che per averlo potuto ascoltare in numerose realizzazioni sia della stessa Dynaudio che di altri costruttori,

va infine aggiunto che molti autocostruttori si sono espressi in favore di questa soluzione dopo averla provata loro stessi. Dalla simulazione con il Cross si evince che i due tweeter sono perfettamente intercambiabili, le risposte filtrate, di cui riportiamo la sola versione attuale, sono perfettamente uguali. Ci si poteva aspettare questa cosa poiché la frequenza di risonanza è la stessa: 800 Hz, ed il picco di risonanza è, in entrambi i casi ben smorzato dalla presenza del ferrofluido, mentre le curve di risposta in frequenza sono molto simili sia nell'andamento che come livello. Dove l'intercambiabilità viene meno è nella



Il tweeter Dynaudio D28AF suggerito in alternativa allo Scan-Speak D2008 (o D2010).



Questo è l'aspetto del foro di alloggiamento del tweeter dopo la modifica. Lo stesso con il tweeter montato, notare il taglio della flangia frontale. Il crossover previsto per l'uso dello Scan-Speak può essere adattato semplicemente saldando una seconda resistenza da 3,9 ohm in parallelo a quella già esistente.

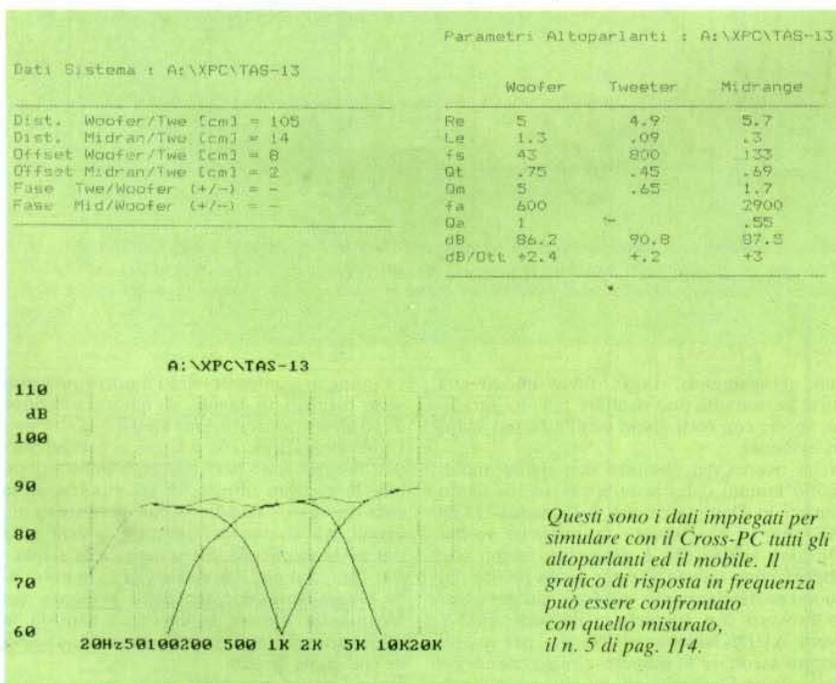
parte meccanica poiché il Dynaudio è molto più grande dell'altro ed addirittura lo spazio a disposizione sul mobile è minore di quello che ci servirebbe. Perciò suggeriremo due soluzioni la prima delle quali sarà di ripiego ed espressamente riservata a chi ha già costruito la sua coppia di «audio speaker» (in questo caso bisogna avere a disposizione comunque una fresa), la seconda invece a quanti decidessero di farlo

solo adesso. Analogamente a quanto fatto per allargare il foro riservato al woofer si procederà per il tweeter, le misure delle quote sono in figura. Prima però di procedere alla fresatura del pannello lo stesso andrà stuccato all'uopo di riempire la precedente fresatura, poiché lo spessore dello Scan-Speak è maggiore in ragione di due millimetri del Dynaudio, come alternativa alla stuccatura potrà essere disposta,

resistenza da 2.7 ohm in serie al tweeter in luogo dei 3.9 originali. Fatto sta che il nostro Mauro nelle prime misure fatte in camera anecoica con il crossover non cambiato si accorse di tale fatto e pose rimedio con una resistenza di 1.8 ohm. Tale fatto può essere semplicemente imputato ad una non perfetta corrispondenza dell'esemplare in nostro possesso con quanto dichiarato, ciò ci induce a consigliare la modifica al crossover originale, potete dunque portare il valore a 1.8 ohm semplicemente mettendo in parallelo alla resistenza da 3,9 Ω sullo stampato una seconda resistenza di pari valore. Veniamo alle misure. Potete notare innanzitutto l'estensione della risposta, il leggero rigonfiamento tra i 100 e 1000 Hz è probabilmente dovuto all'approssimazione fatta per il woofer, quello intorno ai 4000, presente pure nella risposta simulata, è dovuto alla compensazione della dispersione del medio cui si è precedentemente accennato. La time energy è molto buona, la distorsione sempre molto contenuta su tutta la gamma, quella di seconda armonica denota un picco cui era affetto anche lo Scan-Speak. Dalle curve di MIL e MOL si vince che siamo di fronte ad un diffusore che digerisce un considerevole numero di watt restituendoci delle pressioni molto elevate.

Per la costruzione, la filosofia di progetto, il crossover, i pannelli mancanti, il loro assemblaggio, etc etc etc... vi rimandiamo ai numeri 50, 51, 52, 53, 55 di AUDIOREVIEW e vi ricordiamo che il filtro può essere ordinato tramite il modulo d'ordine, o fotocopia dello stesso, che trovate in altra parte della rivista (specificate se con attenuazione per D-2008 o per D28 AF), come pure il tweeter Scan-Speak ed il midrange Seas per i quali la distribuzione non è così capillare come meriterebbe. Il woofer, invece, è reperibile con estrema facilità dalla maggior parte dei rivenditori di materiale elettronico.

Leo Ceccarelli



[www.renatogiussani.it](http://www.renatogiussani.it)