

M

olti di voi hanno già richiesto la loro copia del programma Cross, sia in versione 64 che PC, mentre altri hanno lamentato la mancanza di versioni per Spectrum, MSX ed Olivetti (per non parlare della HP41 C!).

A questi ultimi dobbiamo purtroppo confermare che non prepareremo traduzioni del Cross per altri computer fino a quando non saremo certi che le persone interessate siano di più di quelle che accontenteremo dedicando lo stesso tempo ad altri argomenti. Sappiate infatti che, ad esempio, abbiamo ricevuto una richiesta di Bass-Spectrum per ogni cinquanta Bass-64 (e questo ha pesato sulla decisione di non aggiornare il programma Spectrum con il progetto reflex).

Per l'Olivetti M24 invece non vi sono problemi: trattandosi di una macchina IBM compatibile, la versione già approntata di Cross-PC gira così com'è.

Sia Cross-64 che Cross-PC sono scritti in Basic. Il programma Commodore utilizza anche molti comandi del tool Simon Basic, mentre la versione IBM è scritta in Basica. Del Cross-PC viene fornito sia il programma sorgente che il compilato, mentre sembra non esista un compilatore decente per il Simon Basic (almeno fino a prova contraria).

Chi volesse realizzare versioni del Cross per altri computer potrà quindi provvedersi dei manuali di istruzioni di uno dei suddetti Basic e del dischetto relativo; un amico compiacente che possiede il computer adatto farà il resto. Trattandosi di un programma piuttosto lungo è bene prevedere un tempo di traduzione di almeno una settimana. Eventuali lavori ben riusciti (esclusivamente se funzionanti in modo «identico» all'originale) potrebbero essere presi in considerazione per la distribuzione attraverso la rivista.

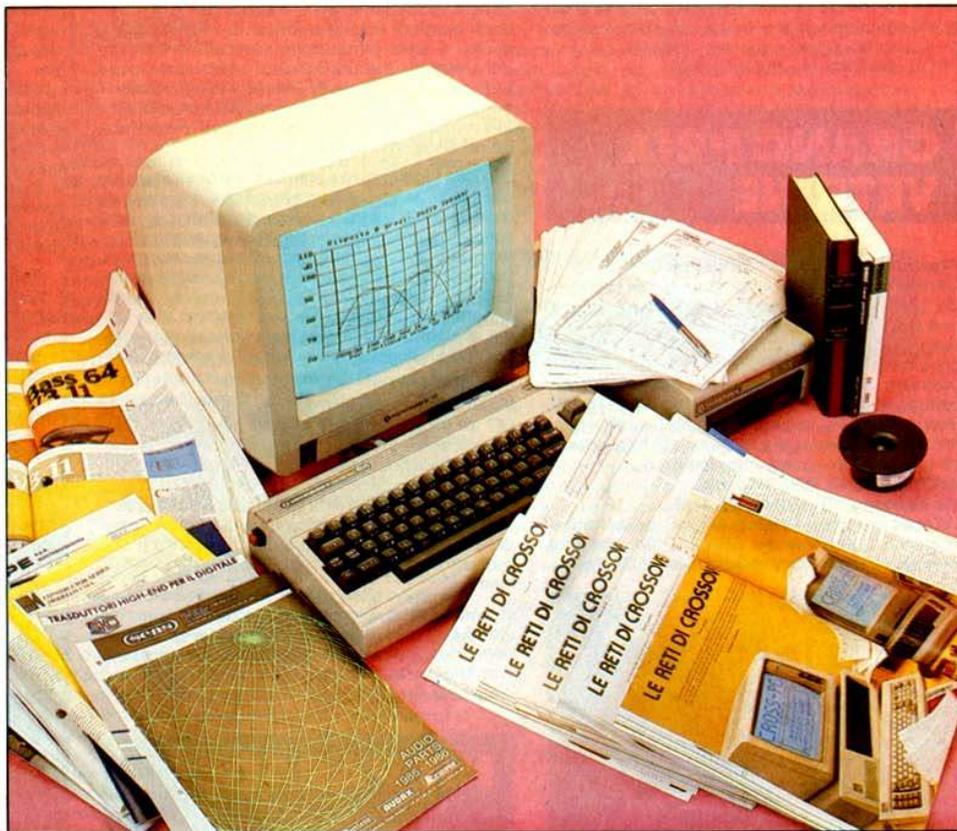
Parametri e «buon senso»

L'argomento «crossover», come era logico aspettarsi, ha avuto molto successo.

Fra voi si celavano, più o meno mimetizzati, appassionati di quel tipo che non si fabbrica tanto spesso, capaci di realizzare sia casse da discoteca per un amico che minicasse di grande pregio per se stessi, non senza essere passati attraverso qualche multivia non convenzionale.

Sono però venuti allo scoperto anche:

1) gli incorreggibili arruffoni: un woofer Ciare, due midrange RCF (ma, da 4 Ohm), un tweeter Philips, un crossover Coral... tanto suona lo stesso, e poi, se non mi pia-



LE RETI DI CROSSOVER the audio speaker

Diversi costruttori specializzati hanno deciso di dotarsi del programma Cross-64/PC. Prevedibilmente, per loro la fase di controllo con misure acustiche sarà sempre decisiva.

Voi, invece, potrete verificare insieme a noi con un esempio quale livello di prestazioni può essere raggiunto utilizzando solo Cross-64.

N.B. Il 'the audio speaker' non è un sistema commerciale e l'unica via percorribile per possederlo è l'autocostruzione.

di Renato Giussani

ce, me la vendo per nuova.

2) I calcolatori esoterici: se Giussani dice 1,5 e Small 1,3 e la derivata del Qb in funzione dell'integrale della lana di vetro esteso a tutto il volume ultranetto vale $2 \times \text{pigrecoelevatoalVas}$, allora io questo sistema lo cavo tutto con cavo da 20 mmq e il mobile lo sigillo tutto con resina epossidica, così la frequenza di risonanza diventa 37,0273651, il Qt 0,707107... e i bassi saranno senz'altro ottimi.

3) Le persone normali: quelle che sospettano che una delle qualità più importanti per

un tecnico (oltre alla conoscenza) sia... il senso della misura.

Interpretando liberamente le parole «senso della misura», si potrebbe affermare che nel progetto delle casse acustiche si devono assolutamente impiegare dei calcoli e delle misure, ma con buon senso; lo sapevate che in molti progetti importanti (macchine, case...) gli ingegneri calcolano tutto con molta attenzione e precisione (non pignoleria inutile) e poi, per buona misura, moltiplicano i risultati per 2?

In tutte queste puntate sul progetto dei fil-

tri di crossover non abbiamo fatto altro che ripetere quanto sia importante cercare di tenere conto di tutti i parametri coinvolti. Peraltro alcune telefonate ed alcune lettere ricevute in redazione mi fanno ritenere di non avere insistito ancora abbastanza su questo punto e che qualche nota su questo argomento non possa fare che bene.

Ecco un rapido e sommario elenco:

- 1) Carico acustico.
- 2) Risposta in frequenza.
- 3) Dispersione.
- 4) Impedenza.
- 5) Geometria di montaggio.
- 6) Ambiente di ascolto.
- 7) Condizioni di installazione.
- 8) Distanza e posizione di ascolto.

La voce n. 4 della lista qui sopra può essere utilizzata per calcolare la rete di compensazione della impedenza (vedi n. 48); in seguito in tutti i calcoli del filtro si potrà supporre che questo sia caricato da resistenze. Attenzione però che questo non autorizza a considerare nulli gli effetti della voce n. 2. Ovvero: una impedenza compensata equivale ad una resistenza, ma l'altoparlante continua ad essere un altoparlante, dotato di una sua risposta in frequenza.

Se, per sapere quanto appena affermato, può essere determinante avere letto questo articolo, il buon senso dovrebbe invece bastare a suggerire che un filtro di crossover progettato e proposto da un costruttore per funzionare con certi altoparlanti, ha poche probabilità di funzionare correttamente se collegato ad altoparlanti diversi (fig. 1).

Vi sembrerà strano, ma per alcuni lettori, che ritenevano più comodo farsi fare il progetto da me per telefono (cosa peraltro difficile in 10 minuti e senza dati sicuri) piuttosto che leggere e imparare qualcosa, questo non era affatto ovvio (nemmeno dopo mezz'ora di spiegazioni!).

Viceversa, forse il buon senso non basta più quando si deve prendere atto che i costruttori specializzati collegano spesso «in fase» due altoparlanti filtrati elettricamente a 12 dB/ottava (fig. 2).

Le formule del n. 47 di AR (attenzione anche agli errata-corrige del n. 49) dicono chiaramente che in un 12 dB/ottava il tweeter deve essere collegato in «controfase», dunque?

Il motivo è da ricercare nelle rotazioni di fase del segnale acustico, sia del tweeter che del woofer, causate dalla non planarità degli altoparlanti e dall'andamento naturale della risposta in frequenza dei due componenti. Ovvero, il passa-alto naturale del tweeter ed il passa-basso naturale del woofer (cioè, le risposte acustiche degli altoparlanti senza crossover) comportano delle rotazioni di fase che si propagano ben al di là delle rispettive frequenze di taglio (fig. 3).

Ecco che di nuovo il buon senso dovrebbe sconsigliare di cimentarsi in un progetto di crossover se non si ha una sia pur minima possibilità di tenere in conto gli effetti di queste rotazioni di fase.

Se non sono considerati dalle formule di progetto, gli effetti degli offset (non planarità) e delle risposte naturali, dovrebbero almeno essere verificati a posteriori, in modo da poter aggiustare il filtro per approssimazioni successive, automaticamente (dal computer) o a mano (da voi).

Una delle possibili verifiche consiste nella misura acustica, da effettuarsi con molto «senso della misura» (ovvero completa co-

noscenza delle difficili problematiche connesse) e con ottimi (e costosi) strumenti; un'altra è il puro ascolto, sempre possibile anche se particolarmente soggettivo, defaticante e dai risultati incerti.

Le alternative sono:

1) L'utilizzazione di filtri forniti da costruttori specializzati, abbinati agli altoparlanti previsti; attenzione, molti filtri commerciali riportano una fase di collegamento errata, se possibile chiedete conferma agli uffici tecnici competenti.

2) L'uso di un programma come Cross-64 (o Cross-PC) fino a «sgrossare» la messa a punto tanto da rendere possibile la rifinitura finale di ascolto.

Da notare che anche adottando il metodo n. 1 rimane possibile apportare poi al sistema delle varianti di «messa a punto» (come ad esempio quella della fase) che l'ascolto può essere perfettamente in grado di valutare.

Una certa conoscenza dei fenomeni fisici coinvolti nella generazione e nella propagazione del suono è comunque necessaria e la funzione didattica di Cross-64 può quindi essere determinante anche in questo caso.

Il progetto dall'A alla Z

Il metodo che abbiamo scelto per questo progetto, che si protrarrà per più puntate, avrebbe potuto essere utilizzato anche da voi.

Dotati di un certo numero di parametri e di caratteristiche dichiarate dai costruttori, integrati eventualmente da grafici ottenuti dai loro uffici tecnici, effettueremo un progetto di massima coadiuvati da Bass-64 e Cross-64. Successivamente, se necessario, apporteremo le varianti che le verifiche via via suggeriranno.

In questo primo articolo chiariremo alcune delle ipotesi, filosofie, concetti e nozioni teoriche che sono stati posti a base del progetto.

Il mobile del «the audio speaker»

La prima di copertina di AUDIOREVIEW questo mese è dedicata proprio al kit il cui progetto è oggetto di questo articolo.

Il fatto che la forma sia già stata decisa potrebbe far pensare che il progetto sia conseguente a scelte puramente estetiche.

In realtà, appena iniziato a porre le basi della filosofia di progetto del «the audio speaker», mi sono reso conto che la struttura che si sarebbe meglio adattata a contenerne e sostenerne gli elementi esisteva già. Ovviamente, procedendo nel progetto, scopriremo che tutte le scelte effettuate fino a quel momento condizioneranno ogni ulteriore decisione; in certi casi, durante una progettazione industriale, questo può portare addirittura alla decisione di abbandonare alcune delle soluzioni già scelte e ritenute valide fino a quel momento (da cui la maggiore lentezza e minore prevedibilità dei tempi di sviluppo dei progetti migliori!).

Nel nostro caso, si spera che questo non accada se non per particolari di dettaglio.

Sappiate comunque che la cassa finita e funzionante a tutt'oggi non esiste: nascerà e crescerà insieme agli articoli, via via che il suo progetto diventerà sempre più avanzato e maturo.

Dicevo pocanzi che il mobile adatto a contenere il «the audio speaker» esiste già, in effetti ne esistono almeno due nel mio sog-

giorno, più, credo, altri 6 o 8 in tutta Italia. Chi credeva di averla già riconosciuta a questo punto non avrà più dubbi: si tratta proprio delle Audiolab Delta 4 (fig. 4). Un diffusore diventato quasi mitico fra gli addetti ai lavori e che ho avuto il piacere di progettare (si fa per dire, vista la fatica), circa dieci anni fa. Miei «compagni» nella storica impresa furono due personaggi che nessun appassionato di hi-fi che si rispetti può ammettere di non conoscere: Giancarlo Gandolfi e Gianmaria Lojodice.

L'ing. Gandolfi, progettista e ricercatore di primo piano, era all'epoca ed è tutt'ora direttore tecnico della RCF, ed ebbe un ruolo determinante nella messa a punto degli altoparlanti che la Audiolab acquistava dalla ditta reggiana per la produzione del suo modello Delta Tre.

Il midrange a cupola da due pollici di questo modello era costruito con la cura che viene riservata di solito ai prototipi di ricerca ed era dotato di un magnete esorbitante: chi sa che anche dal ricordo di quelle esperienze la RCF non abbia tratto qualcosa di utile allo sviluppo del recentissimo gruppo medio-alti che equipaggia la serie SCD.

Il woofer della Delta Tre, un 30 cm con magnete in Alnico V e cono trattato con speciali sostanze appesantenti e smorzanti (sempre di produzione speciale RCF), fu scelto anche per equipaggiare i prototipi della Delta 4.

Il tweeter era una versione «improved» del classico TW10 e si chiamava TW11.

Quanto a G. Lojodice, chi non ricorda che a lui si deve l'inconfondibile design Galactron, il marchio che riuscì a fare sperare nella nascita della prima industria di elettronica hi-fi di prestigio tutta italiana. Molti MK-10, MK-100, MK-16, MK-160 ed MK-120 sono ancora conservati con cura dai loro gelosi proprietari e, sebbene denunciino ormai i loro anni, sono trattati affettuosamente, quasi quanto le mie Delta 4. Se i presupposti del suono Audiolab (che pare abbia tuttora i suoi estimatori) si devono alle forniture degli altoparlanti progettati e prodotti dalla RCF e la messa a punto dei sistemi fu merito di chi immodestamente scrive queste note, il riuscitissimo design Audiolab si deve a Lojodice (poi passato a interessarsi professionalmente di video).

Il modello estetico a cui si ispira la Delta 4, inutile dirlo, era il monolite nero di 2001 Odissea nello spazio (causa della TMA-1: Thyco Magnetic Anomaly n. 1), mentre almeno due grattacieli visti nei vari peregrinaggi per mostre hi-fi negli USA e in Giappone sembravano suggerire la soluzione per la base triangolare che fu poi adottata. La Delta 4 (come dice il nome) era un quattro vie: oltre al woofer chiuso in sospensione pneumatica, con un carico di circa 50 litri, avevo impiegato due midrange a cupola della ITT, il famoso «doppia sospensione» da due pollici e magnete in Alnico e un 38 mm con carico acustico ottimizzato, mentre il tweeter era il «solito» TW11 RCF; frequenze di incrocio, circa 320/2.000/7.000 Hz.

Molte delle filosofie di base e delle soluzioni adottate allora per questa cassa erano del tutto inedite e passeranno quasi inalterate nel progetto del kit di AUDIOREVIEW. Quanto al filtro ed agli altoparlanti però il tempo ha portato consiglio e, vista la decisione di presentare un progetto completo di esempio effettuato con Bass-64 e Cross-64,

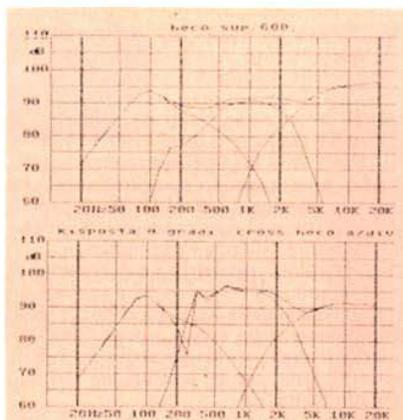


Figura 1 - Sopra, simulazione della Heco Sup. 600 provata sul n. 48 di AUDIOREVIEW. Sotto, cassa con altoparlanti diversi dagli originali, pilotati dallo stesso filtro Heco.

ho deciso di sostituirli completamente, passando con l'occasione ad una configurazione a tre vie, per la quale Cross-64 può essere utilizzato direttamente, senza dover fare ricorso a contorsionismi intellettuali.

Il carico acustico

Ciascuno degli altoparlanti utilizzati in un sistema hi-fi deve essere montato in modo da garantirgli il più opportuno carico acustico in vista delle sue caratteristiche di funzionamento e delle sue funzioni nel sistema.

Chi ha seguito i vari articoli di progetto di casse chiuse e reflex che hanno accompagnato la presentazione del programma Bass-64 V3.11, sa che un woofer, per funzionare, ha bisogno di un volume di aria cui essere opportunamente collegato.

Ciò equivale a dire che il woofer va montato su una «scatola», chiusa o comunicante con l'esterno, in grado di conseguire le condizioni di carico previste. Se la scatola (in inglese «box») è chiusa, il funzionamento potrà essere considerato «infinite baffle» (pannello infinito) o «acoustic suspension» (sospensione pneumatica) a seconda del valore assunto dal rapporto fra l'elasticità delle sospensioni meccaniche del cono e dell'aria contenuta nel mobile. In parole povere, più la cassa è grande e più il suo funzionamento dipende dalle sospensioni dell'altoparlante, più è piccola e più il volume di aria racchiuso influenza la frequenza di risonanza e quindi la risposta ed il Qtc.

Nei sistemi «aperti», le aperture praticate nel mobile servono a realizzare funzionamenti che vanno dal reflex alla tromba posteriore, al transmission-line, ecc.

La mia convinzione personale è che la sospensione pneumatica, nonostante l'avvento dell'audio digitale, abbia ancora molti validi motivi per essere prescelta, specie quando i livelli acustici desiderati e l'escursione massima dei woofer lo consentono. In più, la sua ridotta «criticità» di funzionamento, a maggior ragione quando si sia effettuato un calcolo serio dell'allineamento, la rende la soluzione ottimale per gli autostruttori. Per il «the audio speaker» ho scelto quindi la soluzione della cassa chiusa.

Ecco alcune motivazioni a sostegno della validità della sospensione pneumatica per realizzazioni amatoriali di un certo impegno:

- il passa-alto naturale del second'ordine, tipico di questo sistema, garantisce (per Qtc inferiori ad 1) una ottima risposta ai transistori.

- Il mobile ermeticamente chiuso, e conseguente elevata costante di elasticità complessiva, hanno l'effetto di ridurre considerevolmente la sensibilità ai segnali subsonici (fig. 5).

- La emissione posteriore del woofer, già ben confinata entro la cassa, può essere assorbita molto efficacemente da una grande quantità di assorbente acustico, la cui presenza può essere prevista dal progetto e non disturba minimamente il funzionamento. Ciò elimina qualsiasi pericolo di rimbombi, onde stazionarie, code sonore.

- L'equipaggio mobile particolarmente pesante, tipico dei woofer previsti per funzionamento in cassa chiusa, abbassa la frequenza di passa-basso naturale dell'altoparlante, attuando un utile filtraggio delle frequenze medie ed alte che viceversa l'altoparlante emetterebbe (solitamente con distorsioni timbriche e temporali rilevanti) a livello molto più alto. Quando il peso dell'equipaggio mobile è concentrato a livello della bobina mobile, vuoi perché questa è molto lunga e pesante, vuoi perché del peso è stato aggiunto appositamente in quella posizione, l'effetto di filtraggio meccanico è maggiore (fig. 6).

- La bobina mobile molto lunga, necessaria per garantire bassi livelli di distorsione alle grandi escursioni richieste dal funzionamento in cassa chiusa, oltre ad avere un peso proprio utile all'effetto di cui sopra, garantisce anche una alta insensibilità ad eventuali (sempre presenti) asimmetrie di montaggio rispetto al traferro. Ciò consente di scegliere con maggiore libertà la posizione di montaggio dell'altoparlante, che potrebbe causare ulteriori asimmetrie a causa della forza peso.

Da quanto appena detto scaturisce come conseguenza naturale che per il «the audio speaker» ho previsto il funzionamento in cassa chiusa. Il volume riservato al woofer è ricavato nella base prismatica appoggiata a pavimento (fig. 7).

La forma inconsueta adottata, con i pannelli laterali triangolari, ha diverse motivazioni; fra i vantaggi offerti da questa soluzione:

- ulteriore riduzione del pericolo di alterazioni della risposta causate da onde stazionarie interne al mobile; il non parallelismo delle tre facce principali fa sì che il suono emesso dal woofer debba attraversare più volte l'assorbente acustico prima di poter ritornare verso il cono.

- Distribuzione su un ampio spettro di frequenze delle risonanze proprie dei pannelli laterali e loro più facile smorzamento.

- Elevata rigidità del contenitore, garantita sia dalla forma triangolare dei pannelli laterali che dalle dimensioni contenute del tutto.

- Possibilità di montaggio del woofer vicino al pavimento (con i vantaggi che vedremo fra poco) con contemporaneo avanzamento del centro di emissione e conseguente, almeno parziale, riallineamento temporale (fig. 8).

- Realizzazione di una base di appoggio ampia e sicura per la struttura sovrastante,

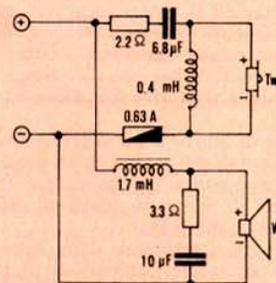
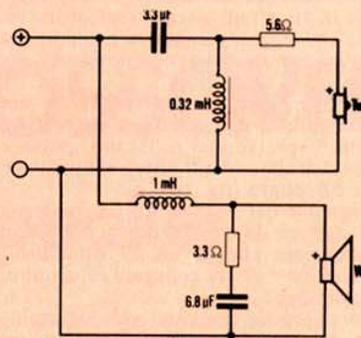
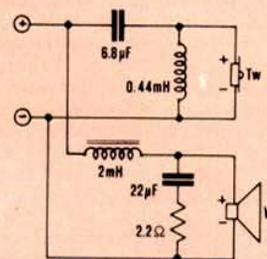
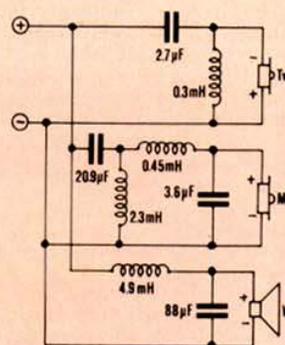


Figura 2 - Esempi di filtri commerciali del 2° ordine con altoparlanti "in fase". Dall'alto: Yamaha NS-2000, Revox Piccolo, Tannoy Titan, ESB CDX-L4.

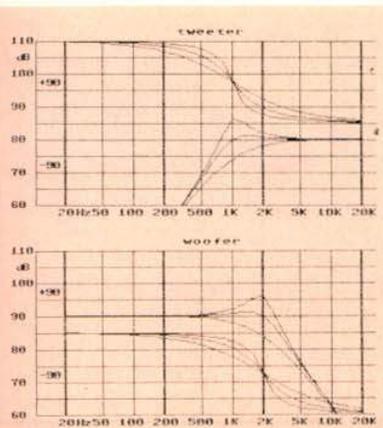


Figura 3 - Risposta in frequenza ed in fase di un woofer e di un tweeter aventi rispettivamente frequenza di taglio passabasso naturale di 2 kHz e frequenza di risonanza di 1 kHz ($Q = 0,5/1/2$).

ricavata da un elemento funzionale del sistema; il tutto con estetica adeguata.

Il volume interno ottenibile con i dimensionamenti ritenuti strutturalmente ed esteticamente più validi (quelli scelti da Lojodice per il primo prototipo di Delta 4) è di circa 42 litri, più che sufficiente per garantire un funzionamento corretto ad un altoparlante da 30 cm dotato di equipaggio mobile da almeno 70/80 grammi, ma un po' poco per gli altoparlanti facilmente reperibili sul mercato amatoriale (fig. 9). Per non costringervi a realizzare una cassa di dimensioni eccessive o ad attuare un appesantimento dell'altoparlante, ho deciso di adottare un componente da 25 cm, più che sufficiente per garantire i livelli acustici richiesti da un ambiente domestico di medie dimensioni e meno costoso di un trenta centimetri.

Ovviamente ho subito pensato ad RCF ed al suo L10P10, un woofer di ottima qualità che mi sembrava adatto allo scopo. I dati dichiarati dal costruttore sono riportati in fig. 10 e la prima verifica di montaggio in 42 litri effettuata con Bass-64 ha fornito i risultati di fig. 11.

Tornando alla scelta di posizionare il woofer molto vicino a terra, vediamo quali conseguenze comporta.

La riflessione dal pavimento

Con riferimento alla fig. 12:

- la posizione occupata dall'altoparlante sia «S».
- La immagine speculare dell'altoparlante riflessa dal pavimento sia «S'».
- La generica posizione di ascolto sia «P».
- La distanza fra posizione di ascolto ed altoparlante sia «d».
- La quota del punto di ascolto sul pavimento sia «hp».
- La quota dell'altoparlante sul pavimento sia «h».

Come si può vedere, il percorso del segnale dall'altoparlante (S) all'ascoltatore (P) può avvenire secondo due percorsi distinti. Il primo è quello «diretto», è il più breve ed è rappresentato dal segmento SP; il secondo è più lungo e passa per una riflessione dal pavimento: può essere rappresentato indif-



Figura 4 - Anno 1978, da sinistra: Gianmaria Lojodice, Renato Giussani, Auretta Granati, Claudio Rosazza, Audiolab Delta 4. Qui a destra sempre la Delta 4 in una foto originale dell'Audiolab.



ferentemente dalla spezzata SHP o dal segmento S'P.

Dunque, al punto di ascolto P il suono perverrà sia da S che da S', da distanze diverse. La differenza fra le distanze SP e S'P è pari ad S'H' e comporta un ritardo nel tempo di arrivo all'ascoltatore dei segnali provenienti da S' rispetto a quelli provenienti da S. Se la fase del segnale di S, nel tempo impiegato dal segnale di S' per percorrere S'H', ruota di 180°, la risposta rilevabile nel punto di ascolto avrà un minimo (quasi una cancellazione).

Detto in altre parole: misurando la risposta in frequenza dell'altoparlante S da P in presenza del pavimento, si rileverà una serie di

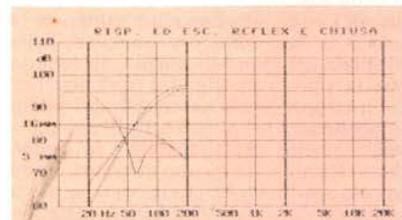


Figura 5 - Confronto fra le risposte in frequenza e le escursioni di un woofer con allineamento reflex e con il foro di accordo chiuso.

«buchi» alle frequenze tali che:
 $f = n \times 344 / (4 \times h \times \text{sen}(\text{arctang}((hp + H)/d)))$ n intero dispari (1).
 Abbiamo calcolato la frequenza del primo buco (n=1) per varie altezze dell'altoparlante sul pavimento, il tutto nell'ipotesi di una quota del punto di ascolto di 1,1 metri ed una distanza di ascolto di 3 metri. Il risultato è la tabella di fig. 13.
 Esaminando attentamente i dati calcolati si deduce che, per un woofer che abbia il suo centro acustico di emissione a meno di 40 cm da terra, scegliendo la frequenza di incrocio a qualsiasi frequenza inferiore ai 480 Hz si potrà essere sicuri che, nella sua banda passante, non si avranno buchi causati dalla riflessione sul pavimento. Con il centro del woofer a 30 cm da terra (sempre per la quota e la distanza di ascolto indicate),

la frequenza del primo buco nella risposta sarebbe pari a 678 Hz.

Nel caso del midrange, il problema invece non è affrontabile in modo risolutivo direttamente, dato che per qualsiasi quota esisteranno diversi valori di «n» tali che la «f» corrispondente cada entro la sua banda passante.

Un metodo per ridurre gli effetti della riflessione dal pavimento può consistere nell'allontanare l'altoparlante quanto più possibile dalla superficie riflettente; in questo modo, il percorso del suono riflesso aumenta sempre di più e la alterazione della risposta alle frequenze di controfase viene ridotta.

Ad esempio, se il midrange fosse sollevato di 90 cm da terra, il maggior percorso del segnale riflesso rispetto a quello diretto sarebbe di 1 metro; il segnale riflesso, proveniente da 4 metri di distanza, risulterebbe attenuato, rispetto a quello diretto proveniente da 3 metri, di 2,5 dB, troppo pochi comunque per garantire una interferenza ridotta. Un'altra caratteristica della emissione del midrange ci potrebbe venire in aiuto. Il segnale che viene riflesso dal pavimento non è esattamente lo stesso che il midrange emette verso il punto di ascolto, bensì quello che esso emette nella direzione S'H' (orientata di circa 34° rispetto all'orizzontale nelle condizioni dell'esempio).

Se la dispersione del midrange, alle frequenze superiori a quella di incrocio, fosse opportunamente ridotta, il segnale riflesso potrebbe essere ancora più debole di quello diretto, diminuendo ulteriormente la (già parziale) cancellazione. In realtà, un esame dei grafici di pag. 47 e 48 del n. 46 di AUDIOREVIEW (fig. 14) ci dimostra che alle frequenze di lavoro tipiche di un midrange la dispersione a 30° è generalmente molto ampia. Per un diametro di 127 mm si avrebbe una attenuazione a 30° superiore ai 2 dB solo dai 2.600 Hz in su, non un grande aiuto. Un accorgimento facilmente attuabile e particolarmente efficace, riguarda invece la sfera degli interventi sull'ambiente di ascolto: una superficie assorbente di dimensioni adeguate, ad esempio un folto tappeto, posta sul pavimento nel punto H', può attenuare la riflessione in misura enorme (il suo effetto è «simile» a quello che si avrebbe

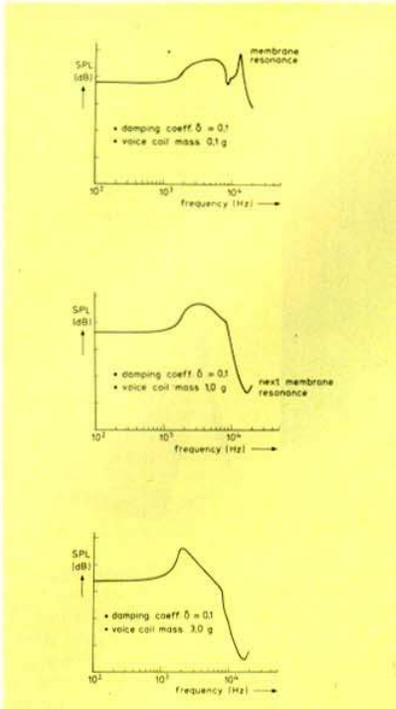


Figura 6 - Risposte in frequenza calcolate di un altoparlante per diversi pesi della bobina mobile. Il peso aumenta dall'alto verso il basso e si nota che la risposta risulta sempre meno estesa. (A.J.M. Kaiser, da un documento Philips).

Figura 7 - La base del 'the audio speaker' ha forma prismatica a basi triangolari. Il suono emesso posteriormente dal cono del woofer viene riflesso da superfici inclinate; ciò riduce considerevolmente le onde stazionarie e le riflessioni verso il cono.

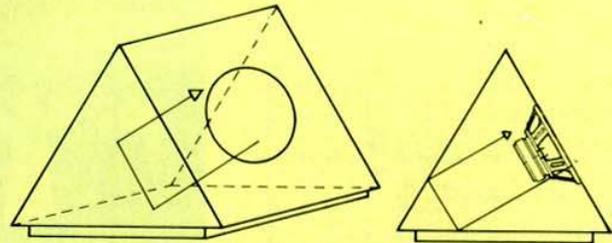
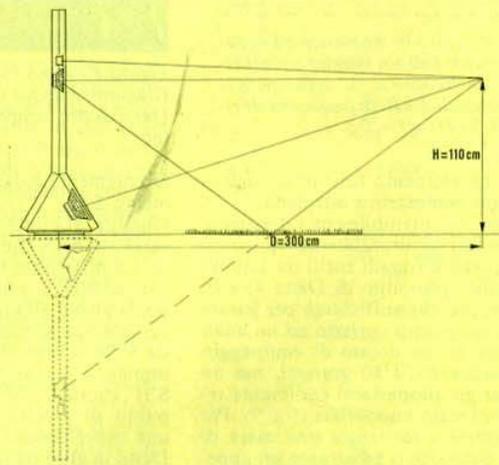


Figura 8 - La presenza del pavimento genera una immagine speculare del diffusore, che emette a sua volta. Un tappeto posto in H intercederebbe la emissione di midrange e tweeter virtuali eliminando le interferenze.



be ponendolo a mo' di tenda davanti alla cassa S'). Un simile intervento è attuabile con qualsiasi cassa acustica (fig. 8).

Due woofer?

Tornando al nostro woofer, lasciato molto vicino al pavimento, possiamo osservare che il livello acustico del campo diretto nel punto di ascolto ora non è più solo quello generato dalla emissione di S, ma ad esso va sommata la emissione di S'. La vicinan-

za delle due sorgenti (quella reale e quella virtuale), come abbiamo visto, garantisce la somma in fase delle loro emissioni, nella direzione del punto di ascolto, su tutta la gamma riprodotta (fig. 15). Ciò significa che il campo diretto percepibile nel punto di ascolto sarà più alto di 6,02 dB rispetto a quello emesso dall'altoparlante in campo libero. Ricordando quanto detto nel primo articolo sui filtri (AUDIOREVIEW n. 45) a proposito del campo riverberato negli ambienti domestici, possiamo per aspettarci

che il contributo maggiore al livello acustico complessivo percepito, alle basse frequenze, sia da attribuirsi al campo riverberato. In queste condizioni, l'aumento del campo diretto del woofer pari a circa 6 dB, causato dalla vicinanza al pavimento, dato che la energia immessa in ambiente non cambia, influirà sul livello complessivo nel punto di ascolto (diretto + riverberato) in misura certamente inferiore. Sarà quindi bene prevedere per midrange e tweeter una sensibilità in campo libero (camera aneco-

DATA ALTOP. CIBRE H320,50-F30	DATA ALTOP. FEEDBACK1100M2-II	DATA ALTOP. POF L12P48	DATA ALTOP. PIPE 65 300-90,0
DIAMETRO EQUIV. (DMM) D = 60	DIAMETRO EQUIV. (DMM) D = 60	DIAMETRO EQUIV. (DMM) D = 60	DIAMETRO EQUIV. (DMM) D = 60
FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 22	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 19,3	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 19,3	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 19,3
RESIST. ELEC. PAR. (OHMS) RE = 6	RESIST. ELEC. PAR. (OHMS) RE = 5	RESIST. ELEC. PAR. (OHMS) RE = 5	RESIST. ELEC. PAR. (OHMS) RE = 5
MASSA EQUIV. MOBILE (G) MS = 97,0	MASSA EQUIV. MOBILE (G) MS = 50	MASSA EQUIV. MOBILE (G) MS = 50	MASSA EQUIV. MOBILE (G) MS = 50
MASSA AGGIUNTA (G) MA = 0	MASSA AGGIUNTA (G) MA = 0	MASSA AGGIUNTA (G) MA = 0	MASSA AGGIUNTA (G) MA = 0
VOLUME EQUIV. (DMC) VMS = 356,4	VOLUME EQUIV. (DMC) VMS = 142,65	VOLUME EQUIV. (DMC) VMS = 271,21	VOLUME EQUIV. (DMC) VMS = 357,81
CEDEVOL. SOSP. (DML) CMS = 1,4	CEDEVOL. SOSP. (DML) CMS = 1,4	CEDEVOL. SOSP. (DML) CMS = 1,63	CEDEVOL. SOSP. (DML) CMS = 1,33
FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,3	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,34	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,42	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,22
FATTORE DI MERITO MECC. QMS = 4,5	FATTORE DI MERITO MECC. QMS = 5	FATTORE DI MERITO MECC. QMS = 10	FATTORE DI MERITO MECC. QMS = 1,75
FATTORE DI MERITO ELET. QES = 1,4	FATTORE DI MERITO ELET. QES = 1,36	FATTORE DI MERITO ELET. QES = 1,44	FATTORE DI MERITO ELET. QES = 1,33
FATTORE DI FORZA (M/N) BL = 10,95	FATTORE DI FORZA (M/N) BL = 12,38	FATTORE DI FORZA (M/N) BL = 10,75	FATTORE DI FORZA (M/N) BL = 11,38
LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 92,57	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 95,85	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 90,6	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 92,7
DATA CASSA CHIUSA	DATA CASSA CHIUSA	DATA CASSA CHIUSA	DATA CASSA CHIUSA
VOLUME (DMC) VE = 42	VOLUME (DMC) VE = 42	VOLUME (DMC) VE = 42	VOLUME (DMC) VE = 42
VOL. CON ASS. PC. (DMC) VEP = 42	VOL. CON ASS. PC. (DMC) VEP = 42	VOL. CON ASS. PC. (DMC) VEP = 42	VOL. CON ASS. PC. (DMC) VEP = 42
FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 27,76	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 73,59	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 53,26	FREQ. DI RISONANZA (M2) FS = 55,20
FREQ. RES. CON ASS. (M2) FCF = 54,3	FREQ. RES. CON ASS. (M2) FCF = 61,15	FREQ. RES. CON ASS. (M2) FCF = 43,06	FREQ. RES. CON ASS. (M2) FCF = 33,04
RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA = 0	RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA = 0	RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA = 0	RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA = 0
FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,13	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,71	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,15	FATTORE DI MERITO TOT. QTC = 1,03
FATT. MERITO CON ASS. QTCF = 1,1	FATT. MERITO CON ASS. QTCF = 1,75	FATT. MERITO CON ASS. QTCF = 1,25	FATT. MERITO CON ASS. QTCF = 1,1
POT. INST. (WATT) (M2) PPM0 = 100	POT. INST. (WATT) (M2) PPM0 = 100	POT. INST. (WATT) (M2) PPM0 = 100	POT. INST. (WATT) (M2) PPM0 = 100
LIN. INF. PROG. (M2) FLN = 40	LIN. INF. PROG. (M2) FLN = 40	LIN. INF. PROG. (M2) FLN = 40	LIN. INF. PROG. (M2) FLN = 40
FREQ. MAX. ESCORS. (M2) FFM = 52,69	FREQ. MAX. ESCORS. (M2) FFM = 40	FREQ. MAX. ESCORS. (M2) FFM = 42,03	FREQ. MAX. ESCORS. (M2) FFM = 50,7
MAX. ESCORSIONE (M2) FPM0 = 12,77	MAX. ESCORSIONE (M2) FPM0 = 12,45	MAX. ESCORSIONE (M2) FPM0 = 12,04	MAX. ESCORSIONE (M2) FPM0 = 5,34
FREQ. MAX. CON ASS. (M2) FPMF = 40	FREQ. MAX. CON ASS. (M2) FPMF = 40	FREQ. MAX. CON ASS. (M2) FPMF = 40	FREQ. MAX. CON ASS. (M2) FPMF = 40
MAX. ESC. CON ASS. (M2) FPMF = 9,69	MAX. ESC. CON ASS. (M2) FPMF = 9,14	MAX. ESC. CON ASS. (M2) FPMF = 11,05	MAX. ESC. CON ASS. (M2) FPMF = 9,44
LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 92,57	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 95,66	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 90,6	LIV. CON 2,83 V IN 100 SPL = 92,7

Figura 9 - Ipotesi di montaggio in 42 litri, calcolata con Bass-64, di quattro woofer commerciali da 30 cm. L'unico che consentirebbe una frequenza di risonanza adeguata è l'L12P48. Peraltro, il Qtc più basso, la sensibilità più alta, la risposta in frequenza più regolare ed il minor costo ci hanno fatto preferire per il momento il più piccolo L10P10.



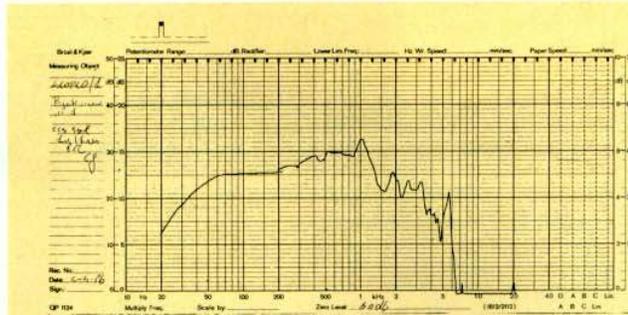
Technical data:	8 ohms
Recommended frequency range	40-4000 Hz
Nominal power (DIN 45573)	40 W
Music power (DIN 45500)	60 W
Characteristic sensitivity (lm, lw)	91 dB SPL
Operating power (DIN 45500)	3,2 W
Voice coil diameter	28 mm
Voice coil height	12 mm
Air gap height	6 mm
Flux density	1,25 T
Force factor	7,0 Wb/m
Recommended enclosure volumes:	
Closed cabinet	7-18 litres ⁸
Bas reflex cabinet	10-20 litres
Weight	1,1 kg
Magnet weight	0,42 kg
Voice coil inductance	1,1 mH
Voice coil resistance	5,7 ohms
Effective diaphragm area	130 cm ²
Moving mass	11 g
Air load mass in baffle	1 g
Free air resonance	37 Hz
Mechanical suspension resistance	3,5 Ns/m
Thiele - small parameters	
Vas	36 litres
Qms	0,8
Qes	0,32
Qts	0,23

Figura 10 - Woofer RCF L10P10. Caratteristiche tecniche dichiarate. Oltre alle caratteristiche pubblicate, la RCF dichiara anche alcune caratteristiche costruttive, qui non riportate.

ca) più alta di quella del woofer nelle stesse condizioni, ma non serviranno certo 6 dB: un margine di maggiore sensibilità ragionevole per la gamma medio-alta può essere ad esempio 3/4 dB. Questo valore potrà essere usato per effettuare i calcoli del filtro, e sarà verificato poi a cassa realizzata, in funzione delle caratteristiche acustiche dell'ambiente di ascolto prescelto.

La gamma medio-alta

La filosofia di progetto del «the audio



DATI ALTOP.	RCF L10P10	DATI CASSA CHIUSA	
DIAMETRO EQUIV. (DM3) D =	130	VOLUME (DM3) VE =	42
FREQ. DI RISONANZA (HZ) F5 =	20	VOL. CON ASS. AC. (DM3) VEF =	42
RESIST. BUC. MOR. (OHMS) RE =	5	FREQ. DI RISONANZA (HZ) FC =	53,00
MASSA EQUIV. MOVIBILE (G) MS =	25	FREQ. RIS. CON ASS. (HZ) FCF =	43,02
MASSA AGGIUNTA (G) MA =	0	RESIST. AGGIUNTA (OHMS) RA =	0
VOLUME EQUIV. (DM3) VAS =	353,67	FATTORE DI MERITO TOT. (QTC) =	0,9
CEDEVOL. SOSP. (DM3) CMS =	2,26	FATT. MERITO CON ASS. (QTCF) =	0,62
FATTORE DI MERITO TOT. (QTS) =	0,24	FOT. INST. (WATT) QMS1 FREQ. =	100
FATTORE DI MERITO MECC. (QMS) =	11,7	LIV. INF. PROC. MUS. (HZ) FLM =	40
FATTORE DI MERITO ELET. (QES) =	0,35	FREQ. MAX. ESCURSION. (HZ) FEM =	40
FATTORE DI FORZA (HE-M3) BL =	7,09	MAX. ESCURSIONE (DM3) MAX =	19,36
LIV. CON 2,83 V/1M (DB SPL) =	91,63	FREQ. MAX. CON ASS. (HZ) FMA =	40
		MAX. ESC. CON ASS. (DM3) YME =	18,25

Figura 11 - Grafico di risposta in frequenza del woofer L10P10 fornito dalla RCF su nostra richiesta. Il woofer è montato in 53 litri. Il livello di emissione a 200 Hz è 86 dB (2,83 V/1m). Sotto al grafico, i dati calcolati da Bass-64 per montaggio dell'L10P10 in 42 litri (simulazione con i dati dichiarati).

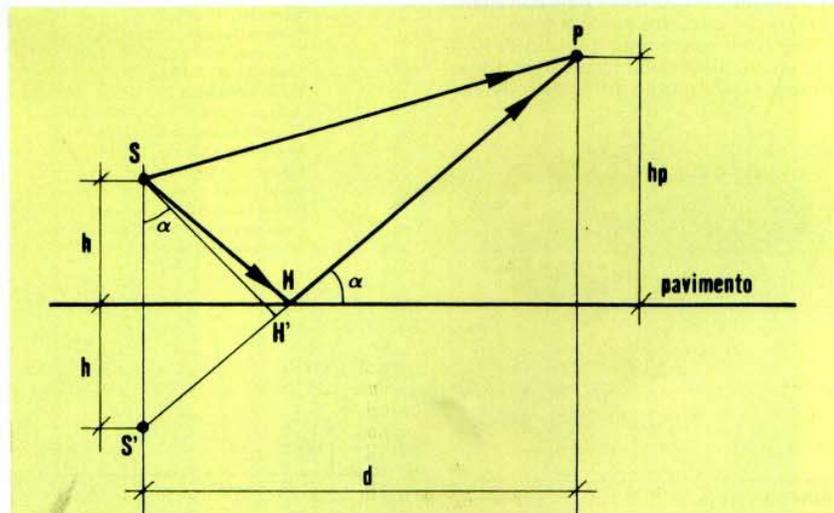


Figura 12 - Sorgente acustica, sua immagine virtuale e posizione di ascolto in una generica installazione in presenza del pavimento. Per la descrizione del problema vedi il testo.

0.10 ***	677.66 ***	3.00 ***	1.10 ***
1.10 ***	8.42 ***	292.75 ***	3.80 ***
3.00 ***	1.13 ***		172.27 ***
2315.62 ***	3.80 ***	0.70 ***	
	468.75 ***	1.10 ***	1.00 ***
0.20 ***		3.00 ***	1.10 ***
1.10 ***	0.50 ***	238.79 ***	3.80 ***
3.80 ***	1.10 ***		149.97 ***
1681.47 ***	3.80 ***	0.80 ***	
	365.50 ***	1.10 ***	1.10 ***
0.30 ***		3.80 ***	1.10 ***
1.10 ***	0.60 ***	288.52 ***	3.80 ***
3.00 ***	1.10 ***	0.90 ***	132.21 ***

Figura 13 - Stampa, ottenuta con HP-97, della frequenza del primo 'buco' nella risposta di un altoparlante posto a diverse quote dal pavimento. In ciascun blocchetto, dall'alto: quota altoparlante (h), quota ascolto (hp), distanza ascolto (d), frequenza buco (f).

speaker» prevede che la sezione medio-alti rispetti le seguenti condizioni:

- risposta in frequenza estesa alla banda da circa 400 a 20.000 Hz.
- Quota di installazione più adatta a ricreare una scena acustica realistica per un ascoltatore seduto (orecchie a 1,1 m da terra).
- Dispersione corretta entro una finestra di ascolto sufficientemente ampia.
- Garanzia di una adeguata dinamica.
- Emissione del suono dagli altoparlanti e non dal pannello di sostegno.
- Minimizzazione degli effetti della diffrazione.
- Caratteristiche di carico non troppo difficili.

Gli altoparlanti scelti, dopo una prima selezione effettuata sulla base dei dati dichiarati, sono i seguenti:

- midrange: SEAS P 17 RCY, cono in polipropilene, sospensione in gomma, cestello in magnesio (fig. 16).

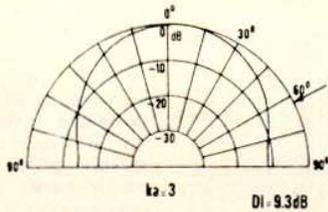


Figura 14 - Dispersione di un pistone rigido per $Ka=3$. Per 127 mm di diametro, Ka vale 3 alla frequenza di circa 2586,58 Hz.

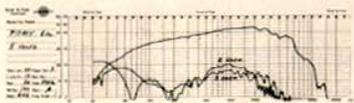
— Tweeter: Scan-speak D 2008 8512, diametro cupola 20 mm (fig. 17).

La scelta di questi due componenti è stata fortemente influenzata da alcuni dei dati dichiarati, ovvero:

— la risposta in frequenza estremamente regolare ed estesa del P 17 RCY, il Qt molto basso, la bassa distorsione ed il suo cono in polypropilene.

— La alta sensibilità e la elevata potenza sopportabile del tweeter D 2008 nonostante il pregio del diametro molto ridotto.

Ci riserviamo comunque il diritto di sostituire questi altoparlanti (come pure il woofer) se le nostre misure differissero dai dati



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-10 ³	0,87

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
Compliance meccanica	(Cms) m/N	2,2-10 ³
Diametro di emissione membrana	(D) m	0,19
Volume acustico equivalente	(Vas) m ³	0,25
Resistenza della bobina	(Re) ohm	5

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

Figura 16 - Woofer SEAS P 17 RCY. Caratteristiche tecniche dichiarate. Il costruttore lo chiama woofer, ma il P17RCY ha una risposta in frequenza che lo rende particolarmente appetibile come midrange.

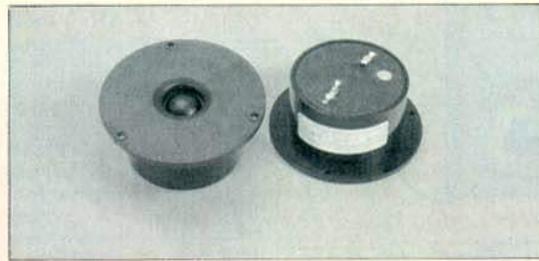
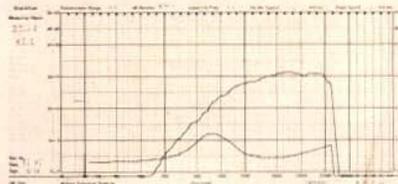


Figura 17 - Tweeter Scan-speak D 2008 8512 (90 dB). Caratteristiche tecniche dichiarate. La potenza dichiarata è molto alta: 200 watt con una frequenza di incrocio di soli 3 kHz.



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.

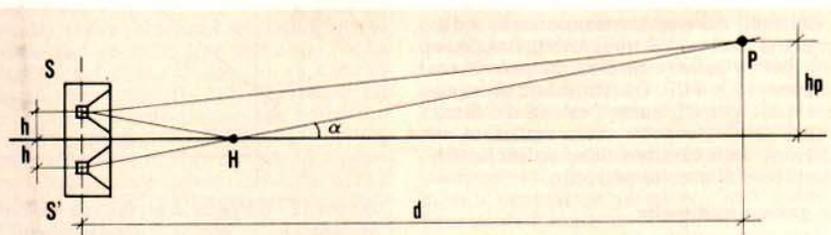


Figura 15 - Woofer reale e sua immagine virtuale per quota di installazione molto bassa. La prima frequenza di interferenza distruttiva si sposta molto in alto (vedi anche fig. 13).

dichiarati in maniera tale da penalizzare troppo i risultati ottenibili, o se comunque dovessimo verificare che le caratteristiche di componenti scelti, indipendentemente dalla loro qualità intrinseca, non permettano il rispetto delle condizioni di base del progetto.

Conclusioni

Abbiamo visto come già la fase iniziale di definizione del progetto, di un sistema di altoparlanti, richieda una quantità di considerazioni, ipotesi e decisioni rilevante. La scelta delle condizioni di installazione degli altoparlanti dei medi e degli alti, sarà la reale fase propedeutica a quella di calcolo e progetto del filtro di crossover. Dovremo stare quindi molto attenti a non effettuare scelte che ci precludano un suc-

cessivo uso dei dati dichiarati dai costruttori dei componenti. Il non rispetto di questa condizione ci porrebbe nella stessa situazione del costruttore professionale di casse acustiche, che effettua misure autonome sui componenti nelle effettive condizioni di montaggio previste, ma per farlo ha a disposizione una camera anecoica e molti costosissimi strumenti, cose che ovviamente voi non avete!

Noi cercheremo invece di farne a meno il più possibile e poi verificheremo cosa avremo ottenuto.

Non temete, le correzioni e gli aggiustamenti che si rendessero necessari vi verranno comunque comunicati, non vi lasceremo a metà con una cassa non funzionante... promesso!



www.renatogiussani.it