

# KIT MICROSUB 1

seconda parte

*Continuiamo la descrizione di questo mini subwoofer a carico simmetrico dal progetto alquanto originale. Nella prima parte pubblicata il mese scorso erano stati descritti i criteri di progetto e le fasi principali della costruzione del mobile, ora vedremo insieme il progetto del filtro crossover, alcune verifiche strumentali del sistema Micro-1/Microsub-1 e ulteriori suggerimenti per la messa a punto*

di Pierfrancesco Fravolini e Leopoldo Ceccarelli



In figura 1 è riportato il grafico del modulo dell'impedenza del Microsub simulato dal Bass-PC, mentre la figura 2 mostra la stessa grandezza stavolta misurata con il The Audio Analyzer. Le due curve si riferiscono ad una connessione in parallelo dei due canali del subwoofer; il valore visto quindi dall'amplificatore, e da utilizzare nel Cross-PC, è pari a circa il doppio. Si può notare la notevole corrispondenza delle due curve. Dall'analisi del modulo dell'impedenza misurato si può vedere come i due picchi si trovino rispettivamente a circa 40 Hz ed a 95 Hz. Ciò significa che la frequenza di accordo del Microsub è posta a:

$$F_B = \sqrt{40 \cdot 95} = 61.6 \text{ Hz}$$

quindi praticamente coincidente con quella prevista dal Bass-PC e dal programma per il calcolo dei condotti di accordo di forma esponenziale. Osservando ancora i grafici, si nota che, al contrario del reflex, i due picchi di impedenza hanno più o meno la stessa altezza; in questo caso il sistema è ben allineato, ossia la frequenza di accordo della parte reflex e quella di risonanza della parte chiusa coincidono. Nelle simulazioni visibili nelle figure 3A e 3B si può notare l'effetto di una «desintonizzazione» del simmetrico: il primo grafico mostra le curve di risposta ed impedenza calcolate per  $F_B > F_C$ , mentre il secondo si riferisce ad un sistema con  $F_B < F_C$ . Nel primo caso il primo picco di impedenza è più alto del secondo, mentre la curva presenta un rigonfiamento verso la parte superiore della «campana»; se invece  $F_B < F_C$  allora è il secondo picco ad essere più alto, e il rigonfiamento della risposta è presente a bassa frequenza. Quest'ultimo tipo di desintonizzazione può essere a volte sfruttata per estendere la risposta del sistema verso le frequenze più basse, ed è stato utilizzato su vari sistemi commerciali (vedi la prova del JVC CS-F800 su AUDIOREVIEW n. 93 pag. 151).

Nelle figure 4 e 5 si può vedere l'andamento della curva di impedenza delle Micro-1,

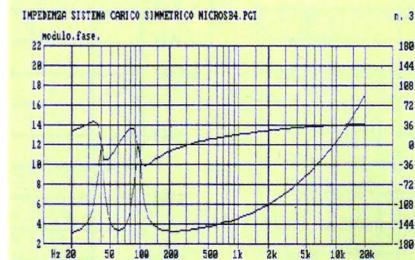


Figura 1

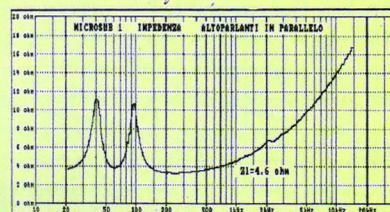


Figura 2

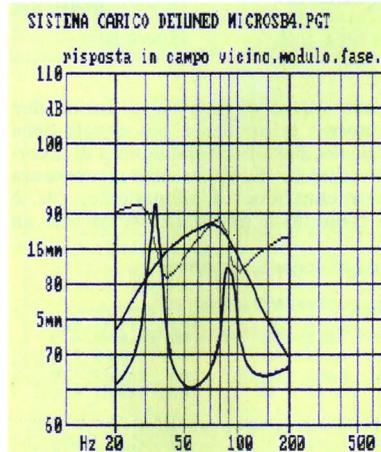


Figura 3a

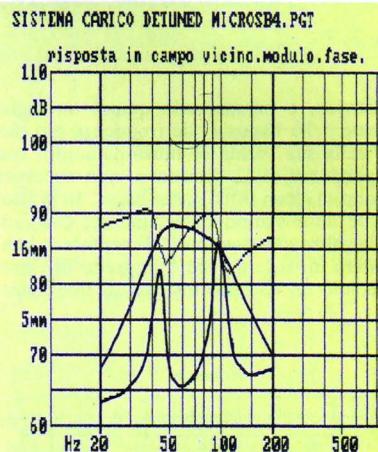


Figura 3b

rispettivamente simulato dal Bass e misurato con il The Audio Analyzer. Anche in questo caso c'è un buon accordo tra le due curve, anche se la differenza tra le scale lo rende molto meno evidente. Per chi non avesse il n. 84 di AUDIOREVIEW, in figura 6 è riportato il

progetto completo delle Micro-1 con il grafico di risposta ed escursione.

## La simulazione

Il Microsub, essendo un sistema a carico

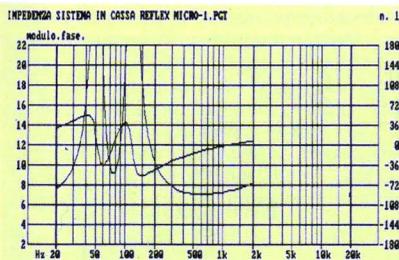


Figura 4

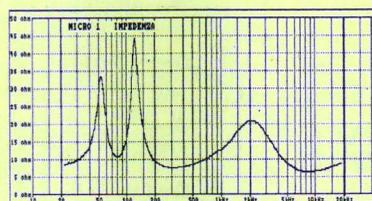


Figura 5

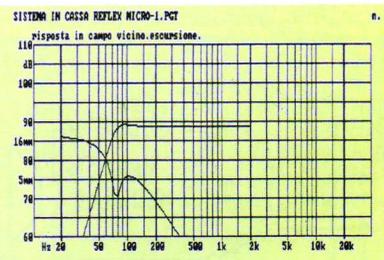


Figura 6c

Progetto : MICRO-1.PBT

### DATI SISTEMA IN CASSA REFLEX

Progetto.....:MICRO-1.PBT  
 Numero.....:1  
 Configurazione:SINGOLD/  
 Altoparlante...:SIPE AS 101/20.8  
 Cassa REFLEX  
 Volume cassa reflex [dmc] Vb : 5.00  
 Frequenza di accordo [Hz] Fb : 76.50  
 Fattore di merito mobile [Q] : 7.00  
 Diametro tubo [mm] Dt : 37.00  
 Lunghezza tubo [mm] Lt : 79.06  
 Livello con 2.83 V/1m [dB spl] : 88.69  
 Frequenza infer.-3 dB [Hz] F-3 : 69.40  
 Freq. max escursione [Hz] Fxm : 40.00  
 Max escursione cono [mm] Xmx : 14.90  
 SISTEMA  
 Massa agg. x altop. [g] Ma : 0.00  
 Resist.agg. x altop. [Ω] Ra : 0.40  
 Potenza installata [Wb/Ω] Pmax : 35.00  
 Limite inf. progr. mus. [Hz] Flm : 40.00

Figura 6a

### DATI ALTOPARLANTE

Altoparlante...:SIPE AS 101/20.8  
 Configurazione:SINGOLD/  
 File.....:B:\SPEAKERS\SIPEVAS101-20.MIS  
 N.Serie.....:  
 Data.....:06/02/90  
 Firma.....:P.F.  
 CONFID. DATI MISURATI  
 Diametro equivalente [mm] D : 80.00  
 Escure. max di picco [mm] Xmx : 1.15  
 Resistenza bobina [Ω] Re : 6.40  
 Freq. di risonanza [Hz] Fs : 80.00  
 Induttanza a 1 kHz [mH] Le : 0.57  
 Massa mobile [g] Ms : 4.02  
 Volume equivalente [dmc] Vas : 3.47  
 Cadevoltezza sospen. [cm/N] Cms : 0.98  
 Fattore merito totale Qts : 0.41  
 Fattore merito meccanico Qms : 5.70  
 Fattore merito elettrico Qes : 0.44  
 Fattore di forza [Wb/m] Bl1 : 5.24  
 Livello con 2.83V/1m [dB spl] : 89.25  
 Note :

Figura 6b

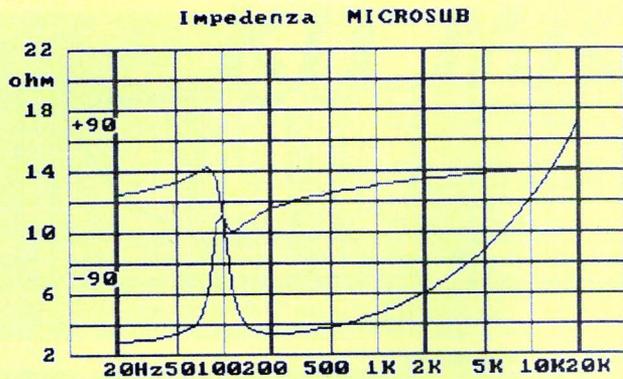


Figura 8

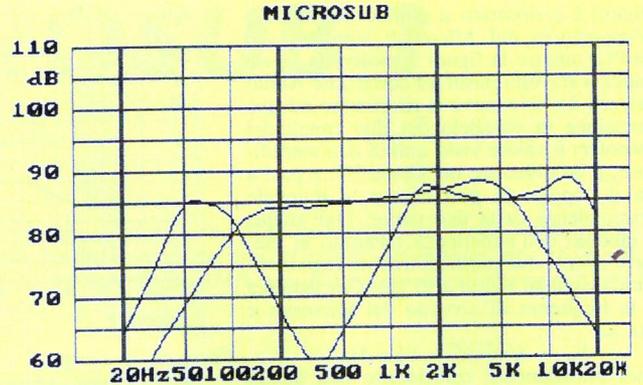


Figura 10

simmetrico, e presentando quindi un taglio naturale della risposta alle frequenze più elevate della sua banda di funzionamento, con una pendenza di 12 dB/ottava, non necessita in teoria di alcun filtro passa-basso. In pratica però le cose stanno diversamente; è infatti inutile, oltre che dannoso, alimentare a banda intera un sistema che è in grado di riprodurre solo un ristretto insieme di frequenze.

Oltre allo spreco di potenza, si hanno due effetti nocivi: le frequenze più elevate della banda audio, pur filtrate dalla porta di accordo del sistema, giungono comunque senza alcuna attenuazione all'altoparlante, che è quindi costretto a riprodurle; si ha così un

aumento della escursione del cono del trasduttore e della distorsione, accompagnato da una diminuzione della potenza massima applicabile al trasduttore.

Il subwoofer poi, viene messo brutalmente in parallelo con i satelliti e quindi il valore del modulo dell'impedenza del sistema completo può raggiungere valori molto bassi, rendendo il sistema molto difficile da pilotare da parte

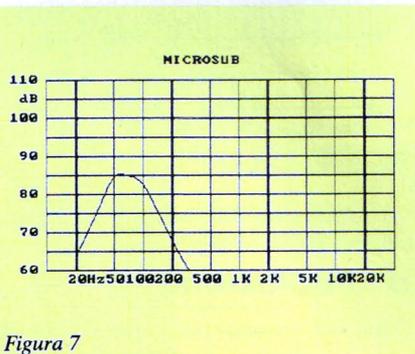


Figura 7

Rete Sistema : MICROSUB

Filtro Passa-Basso :

L1 [mH] = 2	R1 [ohm] = .7
C2 [uF] = 0	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] = 3.3	R1 [ohm] = 2.7
L2 [mH] = .2	R2 [ohm] = .3
C3 [uF] = 0	R3 [ohm] = 0
L4 [mH] = 0	R4 [ohm] = 0
Re [ohm] = 6.3	R5 [ohm] = 0

Filtro Passa-Banda :

C1 [uF] = 100	R1 [ohm] = 1
L2 [mH] = 5	R2 [ohm] = 1
L3 [mH] = .89	R3 [ohm] = .4
C4 [uF] = 4.7	R4 [ohm] = 10
Re [ohm] = 6	R5 [ohm] = 0

Figura 11

Altoparlanti Sistema : MICROSUB

Woofer : MICROSUB (meta')  
 Tweeter : PHILIPS AD 11400/B  
 Midrange : SIPE AS 101/20.8

Parametri Woofer Tweeter Midrange

Re [ohm]	5	6.3	6
Le [mH]	1.2	.08	.35
fs [Hz]	95	1550	120
Qt	1.3	1.5	.8
Qm	6	5	4
fa [Hz]	50	15000	5000
Qa	1.6	1.7	1
dB	90	83.5	84
dB/Ott	+6	0	+8
Diam. [mm]	116	25	80

Figura 9

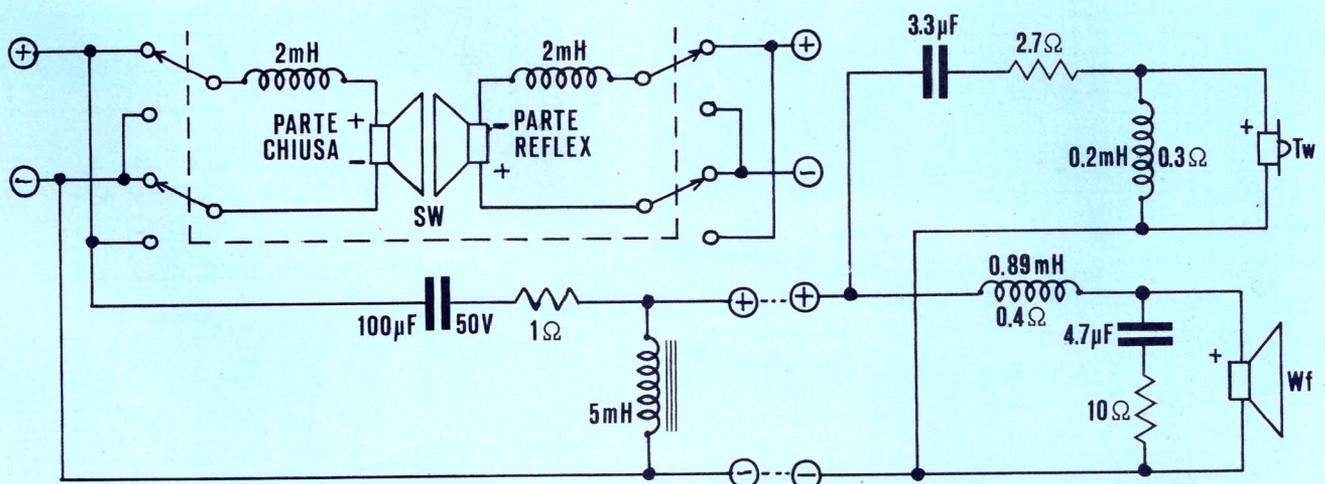


Figura 12

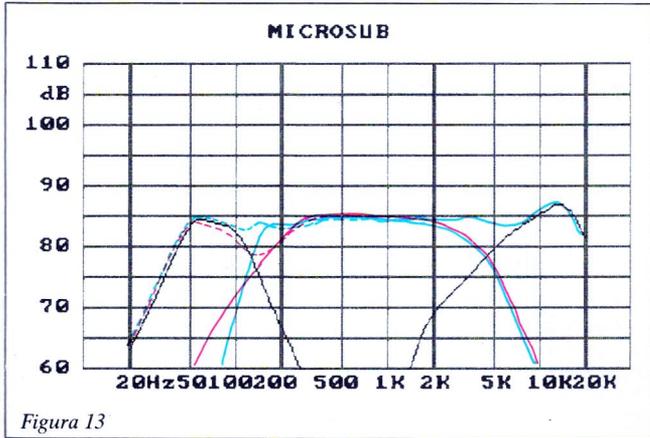


Figura 13

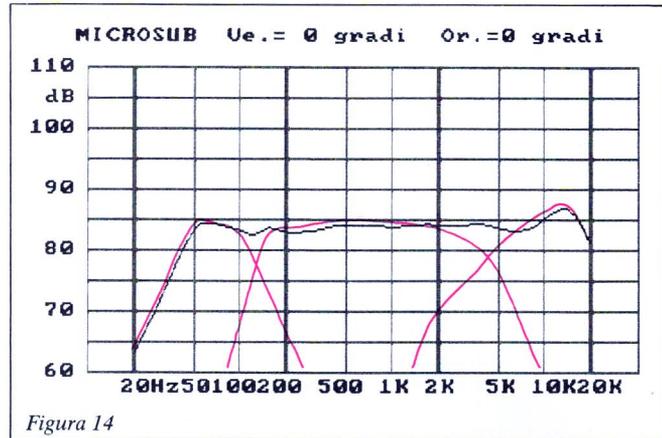


Figura 14

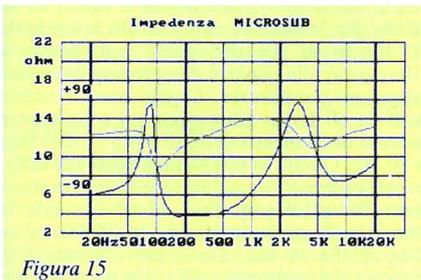


Figura 15

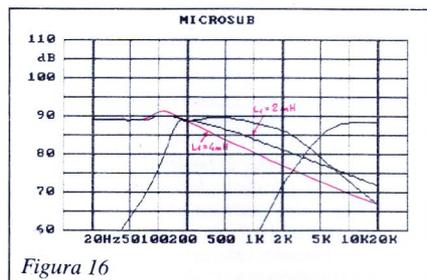


Figura 16



Figura 18

dell'amplificatore. Si è quindi deciso di progettare un filtro crossover che, lasciando comunque inalterata la risposta del diffusore alle note più basse, permettesse un facile abbinamento di questo ai minidiffusori Micro-1, permettendo di estenderne la risposta fino a circa 40 Hz.

La simulazione del sistema, effettuata con il Cross-PC 2.5, si è rivelata piuttosto difficoltosa. Benché il Cross non consenta la simulazione né del reflex né tantomeno del simmetrico, la curva caratteristica del subwoofer è stata ottenuta, con qualche approssimazione, agendo opportunamente sui parametri della cassa chiusa. Per l'impedenza del subwoofer si è scelto di simulare il secondo picco, poiché questo è prossimo all'incrocio con il medio. Giocando con i parametri  $Q_T$ ,  $F_A$ ,  $Q_A$ , dB e dB/ott si è riusciti ad avere la risposta visibile in figura 7, mentre impostando  $F_S$  e  $Q_M$  si è ottenuta la curva di impedenza visibile in

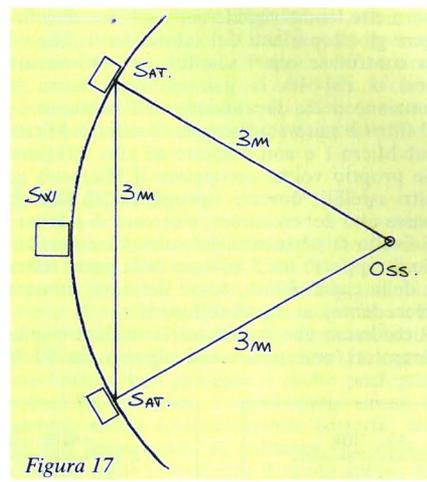


Figura 17

figura 8 (notare il buon accordo con la simulazione del Bass-PC al di sopra dei 50 Hz). Si noti la stranezza dei dati ottenuti: con  $F_S=95$  Hz ed  $F_A=50$  Hz!

Naturalmente nella cella «woofer» del Cross-PC sono stati inseriti i dati del carico simmetrico, nella cella «midrange» quelli del woofer delle Micro-1 e nella cella «tweeter» è stato riportato il dome Philips, come visibile in figura 9. Attenzione: per ottenere l'andamento di impedenza visibile in figura 8, che approssima quello misurato sul subwoofer, vanno impostati un valore di  $R_E$  e di  $L_E$  del sub pari rispettivamente a 2.8 ohm e 0.6 mH; infatti in questo caso, vanno considerati ambedue i canali del diffusore e quindi l'impedenza totale è più bassa (circa la metà di quella di un solo canale). Per il calcolo del filtro vanno invece inseriti i valori in figura 9. Per la simulazione dell'accordo reflex presente nelle Micro-1 abbiamo provato ad imposta-

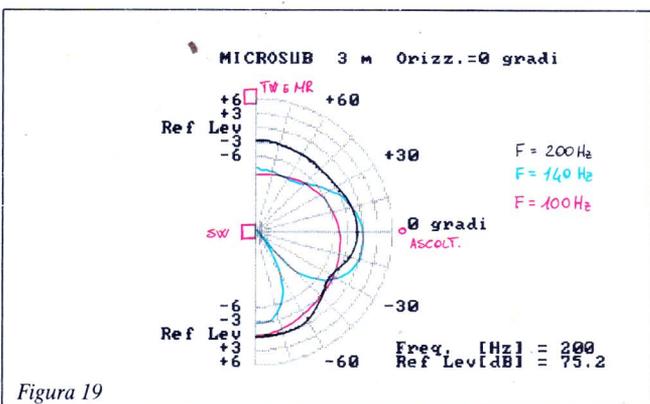


Figura 19

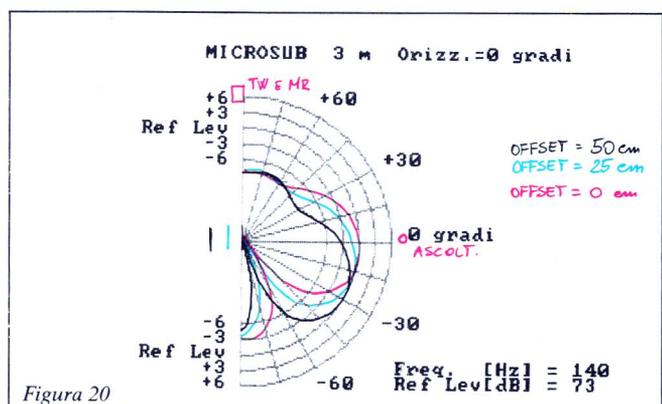


Figura 20

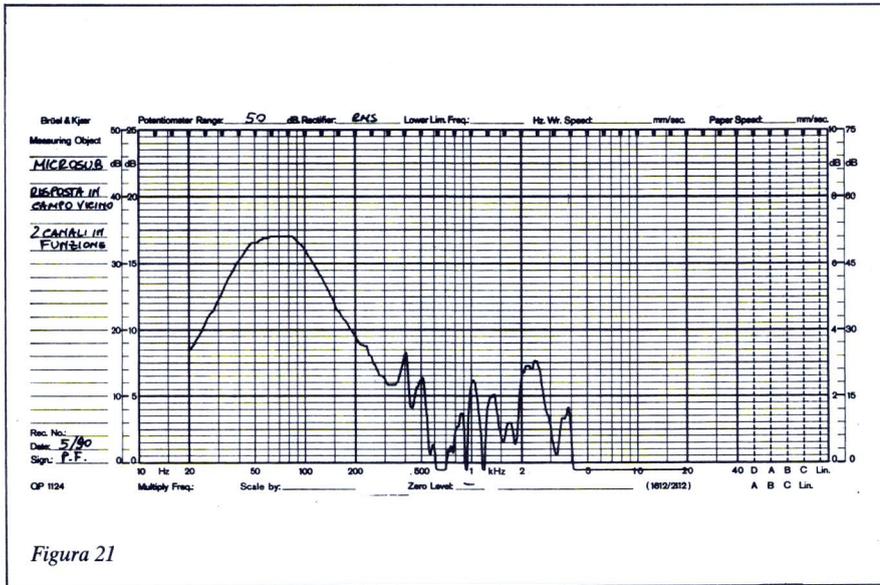


Figura 21

re i dati dapprima in modo da approssimare fedelmente il primo picco dell'impedenza, posto a circa 50 Hz, poi il secondo, posto a 120 Hz. La curva scelta per la simulazione, ottenuta senza filtro passa-alto è mostrata in figura 10 insieme a quelle caratteristiche degli altri trasduttori. La risposta simulata presenta un andamento del secondo ordine (12 dB/ottava) mentre quella della cassa reflex presenta un andamento del quarto ordine (24 dB/ottava) con frequenza a -3 dB posta a circa 70 Hz. In ogni caso a 50 Hz, frequenza alla quale è posto il primo picco dell'impedenza, la risposta delle Micro-1 è a circa -14 dB rispetto al livello di riferimento, e questo ci ha fatto preferire appunto la simulazione del secondo picco di impedenza, posto a 120 Hz.

## Il crossover

I dati della rete di crossover da inserire nel Cross-PC sono presenti in figura 11, mentre

lo schema elettrico è mostrato in figura 12 assieme a quello delle Micro-1. In serie ad ogni canale del subwoofer va inserita una bobina da 2 mH (0.7 ohm), mentre il satellite va filtrato tramite una rete LC ed attenuato da una resistenza da 1 ohm.

È stato inserito un deviatore quadruplo che permette, come visibile nello schema di collegare gli altoparlanti del subwoofer in fase od in controfase con i satelliti, per ottimizzare così la risposta in gamma medio-bassa in funzione della disposizione nell'ambiente.

Il filtro è stato studiato per il sistema Micro-sub/Micro-1 e non è adatto ad altri diffusori. Se proprio volete accoppiare il Microsub ad altri satelliti, dovrete riprogettare la sezione passa-alto del crossover, e cercare di adattare il livello di emissione del subwoofer (variando il rapporto tra il volume della parte reflex e della cassa chiusa, come detto sul numero precedente) ai nuovi diffusori.

Ricordiamo che è necessario utilizzare condensatori non polarizzati almeno da 50 V

(quello dal 100 µF può essere ottenuto collegando in serie i terminali negativi di due comuni condensatori elettrolitici da 220 µF 50 V), la resistenza è bene che sia da almeno 10 W, mentre le bobine sono ormai reperibili dai più forniti rivenditori di componenti elettronici. Quella da 2 mH non crea problemi di sorta, essendo presente nei cataloghi Coral, Res e Visaton, mentre quella da 5 mH può essere ottenuta togliendo 15 spire alla bobina da 5.5 mH Res oppure adottando il valore da 4.9 mH Coral, che presenta inoltre una resistenza molto bassa, circa 0.6 ohm.

In figura 13 è visibile la risposta del sistema completo (una cassa+sub), simulata dal Cross-PC sovrapposta alle curve dei vari altoparlanti filtrati. Il livello di riferimento del subwoofer tiene conto di un solo canale di quest'ultimo. La curva in blu si riferisce alla simulazione del midrange con frequenza di risonanza a 120 Hz, mentre quella in rosso con FS a 50 Hz. Quest'ultima è valida da 80 Hz in giù, mentre la curva in blu è valida da 80 Hz in su. Le due curve tratteggiate si riferiscono alla risposta complessiva nelle due situazioni considerate. Quella rossa è valida solo da 80 Hz in giù e presenta solo con un piccolo decremento della risposta (2 dB) fino a 80 Hz. Quella in blu, valida da 80 Hz in su, presenta invece un andamento piuttosto regolare. Ricapitolando, fino ad 80 Hz vale la curva tratteggiata in rosso, da 80 Hz in su vale quella in blu. Dato che comunque la risposta del midrange reflex cala bruscamente sotto i 70 Hz, l'approssimazione del secondo picco di impedenza della cassa reflex è da considerarsi molto buona su tutta la banda. La risposta reale del sistema sarà comunque compresa tra i due casi limite già visti.

Nelle figure 14, 15 e 16 sono riportati i grafici rispettivamente della risposta complessiva del sistema sub+satelliti sovrapposta a quelle degli altoparlanti filtrati, l'andamento dell'impedenza e l'andamento della tensione ai capi degli altoparlanti in funzione della frequenza. Come si vede la risposta complessiva è molto regolare. Il grafico è stato tracciato con una angolazione verticale di 0 gradi. L'ottima regolarità della curva suggerisce di disporre i satelliti in modo da portare i tweeter alla stessa altezza degli orecchi dell'ascoltatore. Il

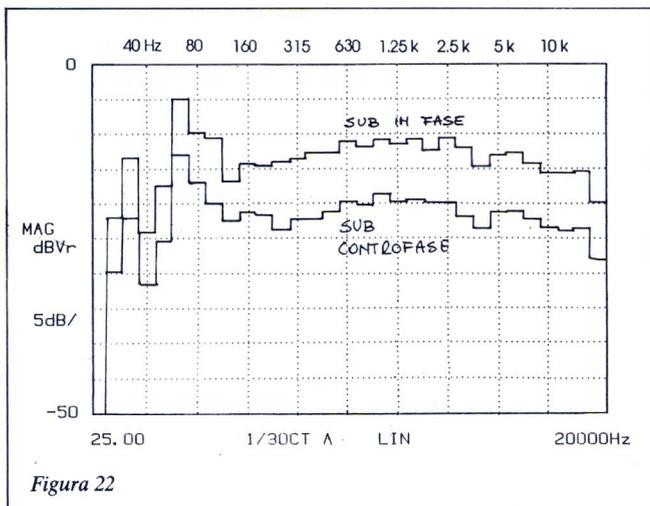


Figura 22

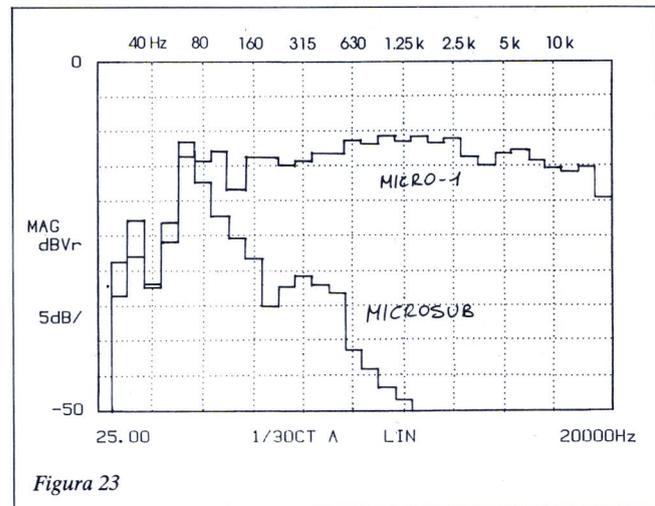


Figura 23

grafico dell'impedenza, nel quale manca il primo picco del simmetrico a 40 Hz, si riferisce ad un solo canale, e presenta un minimo di 4 ohm a 140 Hz mentre si mantiene sempre sopra i 5 ohm su tutto il resto della banda. Questo sistema non è quindi particolarmente impegnativo per l'amplificatore collegato. Il grafico della tensione ai morsetti degli altoparlanti mostra l'effetto di filtraggio dell'induttanza da 2 mH in serie al subwoofer, utile per attenuare eventuali rumori prodotti dal condotto e diminuire la distorsione nella banda di funzionamento del simmetrico. La curva in colore mostra l'effetto di una induttanza da 4 mH al posto di quella da 2 mH nel filtro del subwoofer. Come si vede, l'attenuazione è più marcata al di sopra dei 200 Hz mentre rimane praticamente invariata nella banda di funzionamento del sub. In questo modo, mentre la risposta del diffusore praticamente non ne risente, si ha una ulteriore attenuazione dei fenomeni spuri che potrebbero essere presenti al di fuori della banda del sub, ed un limitato miglioramento della distorsione a bassa frequenza.

## Collocazione in ambiente

Per simulare nella maniera più precisa possibile un realistico posizionamento in ambiente del sistema completo si è adottata la disposizione di figura 17. L'ascoltatore è posto ad un vertice di un triangolo equilatero, a 3 m da ogni satellite. Il subwoofer è collocato al centro, sempre ad una distanza di 3 m dall'ascoltatore e quindi arretrato rispetto ai satelliti. Tale disposizione non è vincolante ma è stata utilizzata solo per fornire un esempio di simulazione. Per una corretta simulazione col Cross-PC relativa al piano orizzontale, bisogna impostare i dati di figura 18. Infatti anche se il Cross traccia i diagrammi polari riferiti al piano verticale, possiamo ingannarlo e fargli tracciare le curve sul piano orizzontale impostando in questo caso una distanza tra midrange e tweeter pari a 0 ed una distanza tweeter-woofer pari a 150 cm. Da notare che il subwoofer ed i satelliti vanno collegati (per questa configurazione) in fase tra di loro. Nel grafico di figura 19 è riportato l'andamento del diagramma di emissione sul piano orizzontale, calcolato a 3 m, per un satellite +sub, e quindi relativo alla metà superiore della figura 17. In rosso è riportata la curva relativa ad una frequenza di analisi di 100 Hz, in blu quella relativa a 140 Hz ed in nero la curva relativa a 200 Hz. Mentre nei due casi estremi il diagramma di emissione è praticamente omnidirezionale, a 140 Hz esso presenta un lobo piuttosto pronunciato che è orientato verso l'ascoltatore. In figura 20 vediamo l'effetto di un arretramento del subwoofer rispetto alla posizione originaria. La curva in rosso si riferisce ad un offset 0, quella in blu ad un offset di 25 cm mentre quella in nero mostra l'andamento per un offset di 50 cm. Per tracciare questi grafici polari si è supposto che il sub ed i satelliti siano sullo stesso piano, cosicché nella disposizione reale bisognerà sovrapporre a queste curve il diagramma di emissione sul piano verticale. Come si può vedere, spostando il sub indietro rispetto ai satelliti, il lobo princi-

pale di emissione si sposta a sua volta verso l'interno del triangolo, e quindi in direzione dell'ascoltatore.

## Le misure

Costruito il prototipo del subwoofer e dei filtri siamo passati ad effettuare le verifiche strumentali. In figura 21 è riportato il grafico della risposta in campo vicino del Microsub. Come si vede la corrispondenza con la simulazione è molto spinta. Il grosso picco nella risposta dovuto al condotto di accordo, presente sul precedente prototipo è praticamente sparito mentre le irregolarità poste fuori banda, presenti su tutti i sistemi simmetrici, non devono preoccupare in quanto tagliate poi dal filtro crossover. Vediamo ora alle risposte in ambiente, effettuate nella nostra consueta saletta. Il subwoofer è stato posto al centro tra i satelliti, a circa 1 m da essi ed a ridosso della parete di fondo della stanza. In figura 22 sono riportate in alto la risposta del sistema con i diffusori in fase, in basso quella con il subwoofer in controfase. Entrambe le curve mostrano un andamento piuttosto regolare, con una notevole estensione verso le basse frequenze. La curva ottenuta con il subwoofer in controfase anche se disturbata dall'influenza dell'ambiente, mostra una buona linearità tra i 160 e i 315 Hz che la rende preferibile. Ricordiamo comunque che il collegamento in fase od in controfase del subwoofer dipende fortemente dalla disposizione in ambiente.

La figura 23 mostra le risposte del sub e dei satelliti, con filtro inserito. Le irregolarità sotto ai 40 Hz sono da attribuire all'ambiente, come pure tra i 315 ed i 640 Hz. L'emissione a queste frequenze può comunque essere ridotta adottando una L1 più grande (3 o 4 mH).

## L'ascolto

All'ascolto il sistema Microsub/Micro-1 manifesta le sue doti migliori. Con dischi di musica rock o jazz il suono è coinvolgente, non molto dissimile da quello già ascoltato nello stesso ambiente da diffusori commerciali (e dal prezzo cinque volte superiore). La gamma bassa è ben presente e molto profonda, scevra da risonanze o «rimbombi» strani, la gamma media sostanzialmente corretta, con gli alti leggermente in evidenza. La musica classica mette in evidenza il suono aperto del sistema, con in più un ottimo equilibrio tra la gamma bassa e la medio-bassa. Ma diamine! Ci vogliamo sbilanciare?

F-e-n-o-m-e-n-a-l-e!, stupendo!, fa accoppare la pelle! Questi solo alcuni tra gli entusiastici commenti della redazione.

## Conclusioni

Come al solito, facendo un po' di conti, con meno di 100.000 lire (questo è il costo di subwoofer+filtro allo stato attuale), farete vibrare i pavimenti della vostra casa. Se proprio non vi basta, potrete sempre aspettare il modulo amplificato specializzato per questo subwoofer, con crossover elettronico, che verrà presentato al più presto.

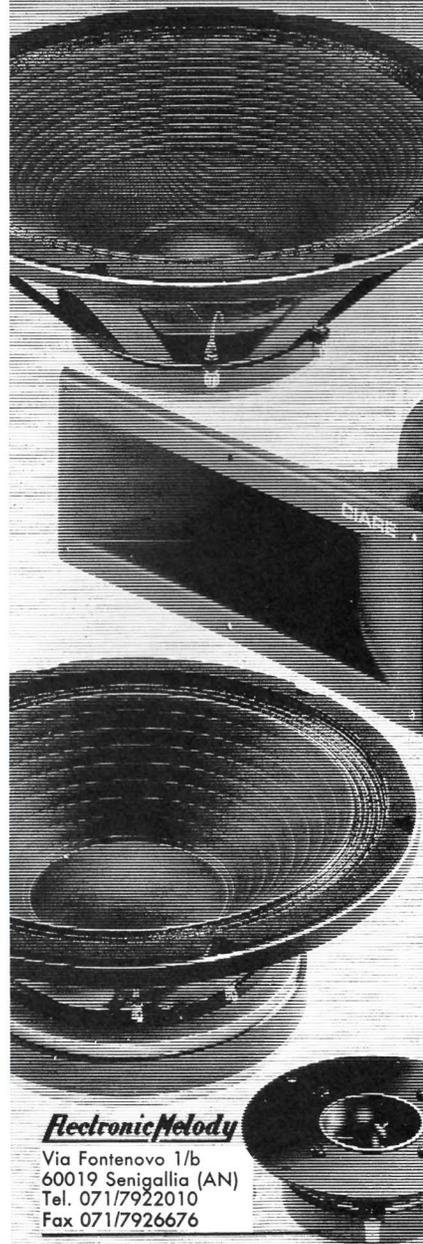
**Electronic Melody**

DISTRIBUTTRICE ESCLUSIVA  
PRODOTTI

**CIARE**

ALTOPARLANTI PER:

- ALTA FEDELTA'
- AUTORADIO
- STRUMENTI MUSICALI
- GENERICI
- UNITA MAGNETODINAMICHE
- FILTRI CROSS-OVER



**Electronic Melody**

Via Fontenovo 1/b  
60019 Senigallia (AN)  
Tel. 071/7922010  
Fax 071/7926676

Deposito: MILANO  
Via Zuretti 50 - Tel. 02/6697590