

# CASSE ACUSTICHE ATTIVE

di GIANCARLO GANDOLFI

## LA CONTROREAZIONE DI MOTO NELLE CASSE ACUSTICHE

*Gli impianti di riproduzione ad alta fedeltà sono ormai destinati ad entrare in quasi tutte le case in quanto il desiderio di ascoltare la buona musica o almeno la musica che piace, non è più soltanto privilegio di pochi eletti, ma sta prendendo un po' tutti. E' un fenomeno simile a quello accaduto per la televisione; come in quel caso, ci si è presto accorti che si poteva seguire un avvenimento sportivo o vedere un film o altri spettacoli comodamente seduti nella poltrona di casa, così ora si scopre che in fin dei conti anche un buon concerto di musiche di Beethoven o degli Emerson Lake Palmer ascoltato con un buon impianto hi-fi, è una buona approssimazione della realtà, se per realtà si intende il concerto dal vivo, a teatro o allo stadio.*

*Questo fatto di dover entrare in tutte le case, ha condizionato il dimensionamento dei componenti della catena Hi-Fi nel senso che devono avere delle dimensioni «umane» ed una estetica facilmente inseribile in ogni ambiente.*

*Mentre questa operazione di umanizzazione dell'impianto ad alta fedeltà non ha comportato alcun sacrificio per i giradischi, le testine, gli amplificatori, i registratori ecc..., ha invece condizionato lo sviluppo dei diffusori acustici,*

*Non esiste praticamente alcun problema di dimensioni fisiche né per la riproduzione delle note medie né per le*

*note alte, anzi, al limite, più un tweeter ha dimensioni ridotte, più è, in genere, estesa la sua risposta in frequenza e migliore è la risposta ai transitori, a causa del ridotto peso dell'equipaggio mobile.*

*Per la riproduzione delle note basse, invece, il discorso è molto diverso in quanto esiste una relazione ben precisa tra i parametri fondamentali di una cassa acustica:*

- Limite inferiore della risposta in frequenza;
- Efficienza;
- Volume della cassa acustica

$$\eta = K \cdot f^3 \cdot v$$

*cioè l'efficienza è proporzionale al prodotto del volume della cassa per il cubo della frequenza di risonanza, che può essere ritenuta, in un corretto accoppiamento altoparlante-cassa, come la frequenza limite inferiore.*

*Si vede dunque chiaramente come il pretendere che una cassa di volume molto ridotto possa riprodurre le note più basse dello spettro udibile, venga duramente pagato in termini di efficienza complessiva del sistema: a parità di tutti gli altri parametri una cassa, per esempio, da 25 litri ha una potenza acustica pari alla quarta parte di una grossa cassa da 100 litri, così come si può dire che un diffusore avente una risonanza di 40 Hz ha una efficienza 8 volte inferiore di un diffusore con 80 Hz di risonanza,*

*Allo stato attuale delle conquiste raggiunte dalla tecnica nel settore, non vi sono alternative per chi voglia tenere in casa delle casse acustiche di piccole dimensioni: o accetta una bassissima efficienza, e si vedrà presto costretto ad acquistare un potentissimo amplificatore per avere un volume di suono accettabile, oppure rinuncia a una o due ottave di note basse e acquista una cassa efficiente, ma non propriamente hi-fi.*

*Abbiamo finora parlato di casse che ricevono un segnale elettrico dall'amplificatore di potenza e lo trasformano in un equivalente segnale sonoro; l'unica possibilità di elaborazione della informazione musicale, è data dalla presenza dei controlli di «presenza» e di «brillanza» che permettono una regolazione, rispettivamente, delle note medie e alte; in effetti su alcune casse, (per esempio la B&W DM6 e la AR 10r) è possibile anche una azione sulle note emesse dal woofer, ma solo spostando la curva di risposta parallelamente a se stessa.*

*Ciò che invece sarebbe necessario, è la trasformazione di fig. 17 o 18 di pag. 163 dove si vede chiaramente la differenza tra due risposte in frequenza dello stesso woofer montato nella stessa cassa acustica.*

*Come si può dunque ottenere una più estesa risposta in frequenza, anche utilizzando casse dal volume molto ridotto? E' possibile semplicemente comandando con un apposito congegno, l'amplificatore ad «erogare» maggiore potenza proprio nella zona di minore resa dell'altoparlante. In questo modo l'amplificatore e la cassa acustica vengono uniti insieme per ottenere un risultato complessivo lineare e non lineare indipendenti l'uno dall'altro, come nei sistemi tradizionali.*

*Il congegno prima sommariamente descritto, altri non è che una «Controreazione», sistema di controllo noto e da lungo tempo applicato in tutti gli stadi di amplificazione.*

*A qualcuno potrà sembrare che, mentre i progettisti degli amplificatori hi-fi sono stati con gli occhi bene aperti ed hanno applicato i criteri di controreazione fin dalla loro nascita, gli studiosi di altoparlanti hanno aspettato una quarantina di anni incerti, prima di accorgersi che la controreazione poteva correggere non solo le carenze dei transistor ma anche quelle ben più gravi dei trasduttori elettroacustici.*

*Si può dimostrare storicamente che non solo ciò non è esatto, ma che anzi è vero esattamente il contrario: anche se non si può stabilire con assoluta esattezza la data di nascita della controreazione, si può dire che per primo Nyquist nel 1932 studiò scientificamente il problema e Black e Blumen, nel 1934, approfondirono il discorso della controreazione negli amplificatori.*

*Per quel che riguarda gli altoparlanti, dobbiamo ritornare indietro di ben*

dieci anni per trovare, nel 1924, un brevetto di Hanna concernente un sistema di controreazione di moto, utilizzato per linearizzare la risposta di un altoparlante.

Dopo ben mezzo secolo vediamo che negli amplificatori le controreazioni hanno permesso di ottenere risposte in frequenza enormemente estese (fin troppo) e tassi di distorsione ridottissimi (fin troppo ridotti) tanto che oggi si può ben dire che non esisterebbe alta fedeltà a transistor se non esistesse questo dispositivo, mentre abbiamo pochissimi esempi di casse acustiche dotate di qualche sistema di controllo attivo della risposta.

Vogliamo prendere in esame quei pochi tentativi, ancor oggi in commercio, per analizzarne i pregi e gli eventuali difetti da un punto di vista rigorosamente tecnico e ciò perché purtroppo, l'alta fedeltà è sempre stata ed è tuttora dominata da motivazioni esclusivamente commerciali e spessissimo gli oggetti di nessuna qualità sono imposti in virtù di ben studiate campagne pubblicitarie, mentre, viceversa, dei prodotti di notevole contenuto tecnico, non hanno «sfondato» perché mal presentati o semplicemente perché non hanno aperto un varco nel muro di diffidenza che sempre si erge di fronte alle soluzioni tecniche inusuali o troppo d'avanguardia.

### Controreazione di moto

La pressione acustica generata da un altoparlante è strettamente legata al suo moto: se al variare della frequenza si riesce a controllare in qualche modo lo spostamento del cono dell'altoparlante, automaticamente si riesce anche a regolare l'emissione sonora dello stesso.

Come è noto, sono tre le grandezze che caratterizzano il movimento di un qualsiasi oggetto: *Spostamento*, *Velocità* e *Accelerazione* e sono legate tra loro dalle semplici relazioni:

$$v = \frac{d}{dt} x$$

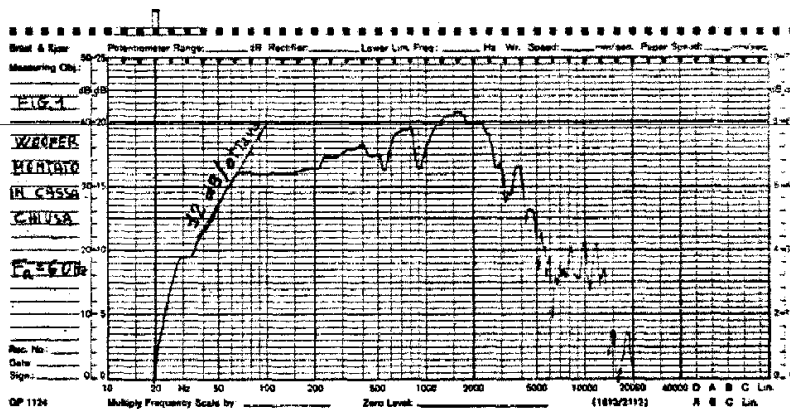
$$a = \frac{d}{dt} v$$

cioè, la velocità è la variazione dello spostamento nel tempo mentre l'accelerazione è la variazione della velocità, sempre nel tempo. Nel caso specifico dell'altoparlante possiamo dire che la pressione acustica è proporzionale alla sua accelerazione

$$P_{ac} = K \cdot A$$

poiché il primo intedimento dell'altoparlante Hi-Fi è quello di generare una pressione acustica costante, al variare della frequenza, a parità di tensione elettrica di ingresso, basterà adottare un dispositivo che cerchi di mantenere l'accelerazione del movimento del cono la più costante possibile, per avere un trasduttore pressoché perfetto come linearità di risposta.

Vediamo cosa succede quando si prende un qualsiasi altoparlante e lo si monta in una cassa ermeticamente



Risposta in frequenza di un altoparlante a sospensione pneumatica, montato una cassa ermeticamente chiusa.

chiusa: se il dimensionamento del volume è corretto, la risposta (fig. 1) si mantiene abbastanza lineare fino ad una certa frequenza (frequenza di risonanza) per poi cadere violentemente al di sotto di questo valore.

La pendenza della curva alle frequenze più basse, per un altoparlante montato in cassa chiusa è di 12 dB per ottava se, come detto prima, il dimensionamento del sistema è corretto; inoltre si deve notare che tanto più piccolo è il volume della cassa, tanto più elevata è la frequenza di risonanza, del sistema, e quindi tanto più è precoce la caduta di pressione alle frequenze basse. Per contro mantenendo un altoparlante in un volume troppo elevato si hanno due fenomeni molto negativi: riduzione della efficienza ed aumento della distorsione in corrispondenza delle risonanze. Per cercare di mantenere costante la pressione sulle basse frequenze, alcuni studiosi hanno pensato di mantenere costante l'accelerazione del cono per mezzo di un dispositivo di controreazione illustrato in fig. 2: per mezzo di un opportuno trasduttore si preleva dal cono una tensione proporzionale alla accelerazione con la quale si comanda l'amplificatore di potenza. Quando, in parole povere, il cono tende a rallentare, questo congegno fa sì che l'amplificatore eroghi maggior potenza all'altoparlante stesso in modo da pro-

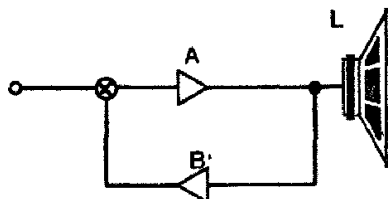
vocare più consistenti spostamenti.

Il primo a capire l'importanza di un sistema di questo tipo, fu M. Trouton che, nel 1928, brevettò un pick-up ceramico per realizzare una controreazione proporzionale allo spostamento del cono ma intuì subito che la grandezza più importante era probabilmente l'accelerazione perché più direttamente collegata alla pressione acustica generata dall'altoparlante.

Molto più tardi, nel 1948, due studiosi danesi De Boer e Schenkel pubblicarono uno studio molto completo sui vari sistemi di asservimento. Il primo di questi scienziati era un collaboratore dei laboratori di ricerca della Philips di Eindhoven.

Come si vede, questa grande ditta olandese (meglio sarebbe chiamarla ditta mondiale data la sua massiccia penetrazione in tutti i continenti e la sua presenza in una miriade di ditte in tanti svariati paesi) è da molti anni dedita allo studio di quei sistemi di asservimento che a noi sono noti solo dal giugno 1973, quando venne ufficialmente presentata la RH 532.

Abbiamo accennato prima a tre possibili grandezze da controllare per linearizzare la risposta di un altoparlante ed in effetti esistono o sono comunque stati tentati in passato sia sistemi di *reazione di velocità* che di *spostamento* oltre al sistema di *controreazione di accelerazione* adottato dalla Philips. Tutti questi sistemi vanno sotto il nome di *Motional Feedback System*, cioè sistemi di controreazione di movimento perché appunto servono a controllare il movimento dell'altoparlante.

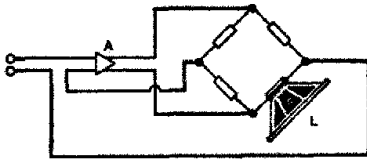


Schema di principio di una controreazione applicata al sistema amplificatore più altoparlante.

### Controreazione di velocità

L'applicazione di una controreazione proporzionale alla velocità di spostamento del cono dell'altoparlante ha sempre trovato illustri sostenitori ed anche oggi è uno dei sistemi più usati per linearizzare la risposta degli altoparlanti e ridurre sostanzialmente la distorsione.

Uno dei primi sostenitori di questo tipo di controreazione fu, nel 1940, H.F. Olson che, nel suo trattato di *Ingegneria Acustica*, ancor oggi una delle pie-



Sistema a ponte usato per effettuare una controreazione di velocità

tre miliardi per gli studiosi di questa scienza, descrisse due sistemi per pilotare un altoparlante a velocità costante. In genere viene utilizzato un sistema « a ponte » (fig. 3) per estrarre dall'altoparlante un segnale elettrico proporzionale alla sua velocità.

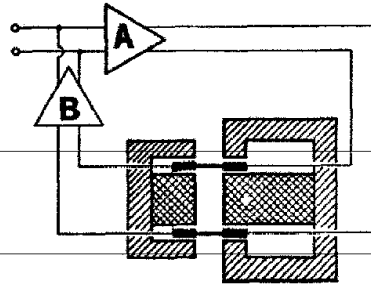
Due studiosi dei laboratori R C A, Werner e Carell, si impegnarono nel 1957 nella realizzazione di un ponte che permettesse di ottenere una impedenza di uscita dell'amplificatore *negativa* in una certa gamma di frequenze, in maniera da cancellare parte dell'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante. Nel frattempo, in Francia, Cogny, uno dei più appassionati e famosi inventori di originali trasduttori elettroacustici, brevettò un altoparlante dotato di due bobine mobili una delle quali era la normale bobina di pilotaggio mentre l'altra serviva a prelevare un segnale proporzionale al movimento della membrana (fig. 4).

Il complesso magnetico supplementare era molto piccolo per non perturbare

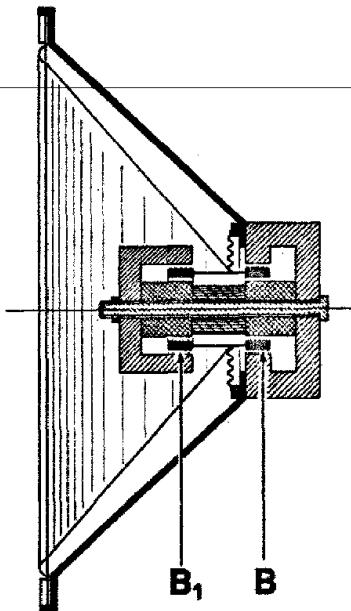
eccessivamente la radiazione del cono e provocare fastidiose irregolarità. L'altoparlante era un 12" con bobina mobile di 38 mm di diametro ed il sistema di controllo funzionava solo fino a quella frequenza per cui l'altoparlante si comportava come un corpo perfettamente rigido.

La frequenza di crossover era 800 Hz e si poteva supporre con buona approssimazione che al di sotto di questa frequenza la membrana agisse come un pistone.

Anche in Giappone si vide una delle pochissime realizzazioni di asservimento di altoparlanti, più o meno contemporaneamente al sistema di Cogny, prima descritto. Si stava muovendo uno dei colossi dell'industria nipponica, il gigante Matsushita, che realizzò un al-



Schema di collegamento delle due bobine nel sistema di controreazione usato nell'altoparlante di Cogny o in quello analogo della MATSUSHITA.



Sezione schematica dell'altoparlante di Cogny: con B è indicata la bobina principale B<sub>1</sub> indica la bobina supplementare, immersa nel campo magnetico secondario.

Altoparlante MATSUSHITA		40	50	60	100	200	Hz
SENZA	armonica	8,5	8	7,5	2	1,2	%
con	"	5	4,5	3,5	1,2	1	%
senza	"	4	3	2,5	0,8	0,9	%
con	"	1,7	1	0,7	0,6	0,7	%

Distorsione di seconda o terza armonica nell'altoparlante inventato da SAKAMOTO.

toparlante a doppia bobina da 8": la bobina principale era sempre di 38 mm di diametro mentre quella, per così dire « captatrice » era di soli 25 mm. Anche in questa cassa giapponese la frequenza massima di lavoro del woofer era fissata in 800 Hz ed il volume non superava i 25 litri.

L'inventore di questo altoparlante, Naraj Sakamoto, operò in modo da poter controllare, col sistema di controreazione, sia la frequenza di risonanza che il « Q » (o smorzamento) del sistema. Uno degli effetti più vistosi di questo principio di controreazione fu la drastica riduzione dei tassi di distorsione (fig. 6) tanto da poter garantire, con un altoparlante ben controreazionato, una dinamica eccezionale con maggiore

fedeltà rispetto allo altoparlante tradizionale.

Torneremo ancora più avanti su questo argomento della distorsione perché oggi tutti i costruttori parlano della loro pubblicità di « bassi profondi, chiari e puliti » mentre nella stragrande maggioranza dei casi si tratta di menzogne, fatte per ingannare quanti non capiscono che esistono delle leggi fisiche ben precise, invalicabili, che affermano perentoriamente che se un altoparlante possiede una bobina mobile alta 12 mm, che si muove in un traferro alto 8 mm, non può accettare spostamenti superiori ai ± 2 mm senza introdurre forti distorsioni di clipping, proprio come un amplificatore che raggiunga la sua potenza massima. Vediamo ora in quale modo si riesce, con un sistema a ponte, a prelevare una tensione proporzionale alla velocità con la quale pilotare il sistema di controreazione.

L'altoparlante deve trasformare l'energia elettrica che gli arriva dall'amplificatore in energia meccanica di movimento del suo cono, che, in questo modo, irradia un'onda sonora nell'aria. L'origine di questo movimento è dovuta al fatto che quando la bobina mobile, immersa in un campo magnetico di induzione B, viene percorsa da una corrente I, è soggetta ad una forza, che si sviluppa in senso assiale.

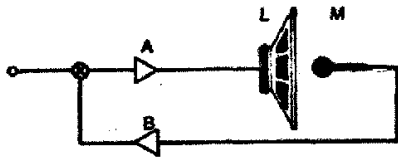
$$F = B L I$$

secondo la ben nota legge di Laplace, dove L è la lunghezza della bobina mobile immersa nel traferro.

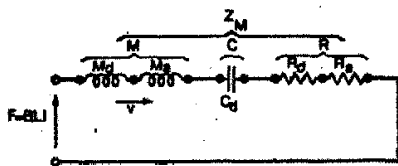
Questa forza F tende dunque a muovere l'altoparlante alla stessa frequenza del segnale elettrico; a tale movimento si oppongono diversi elementi quali la massa della membrana, l'elasticità dei sistemi di sospensione ecc.

Ricordiamo, che secondo le classiche analogie elettrodinamiche, fissate da Olson nel suo trattato di acustica, si può dire che le masse in movimento sono delle induttanze mentre i sistemi di sospensione, indispensabili per mantenere la membrana in una certa posizione di equilibrio in assenza di segnale, sono essenzialmente delle capacità. Si può allora costruire lo schema elettrico equivalente di un altoparlante dinamico (fig. 8) che vale sia nel caso di un trasduttore in aria libera che nel caso di una cassa ermeticamente chiusa, in quanto si può semplicemente ritenere che il volume interno della cassa tende a ridurre la capacità C, poiché, come è ben intuibile, un altoparlante montato in una cassa chiusa presenta una cedevolezza inferiore rispetto ad uno collocato in aria libera. Vogliamo ben precisare che questo non è assolutamente il circuito elettrico dell'altoparlante « visto » dall'amplificatore, bensì l'equivalente elettrico del sistema meccanico.

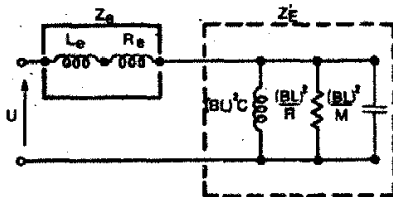
Lo schema di fig. 8 permette dunque di ricavare le grandezze che caratterizzano il moto dell'altoparlante cioè velocità istantanea, accelerazione ecc. Se vogliamo invece ricavare il circuito elettrico dell'altoparlante come è effettivamente « visto » dall'amplificatore, dobbiamo passare alla fig. 9 in cui si vedono le stesse grandezze (M, R e C) dello schema precedente modificate secondo il fattore (BL), che rappre-



Ecco come è possibile tentare di linearizzare la risposta in frequenza di un altoparlante con l'ausilio di un microfono piazzato il più vicino possibile alla sorgente sonora. Questo sistema non ha mai trovato successo a causa del ritardo con cui il microfono riceve i suoni e può fare intervenire il circuito di controreazione.



Schema equivalente di un altoparlante dinamico: con «V» è indicata la velocità istantanea di movimento del cono e con «F» la forza che si esercita per effetto del passaggio della corrente «I» nella bobina di lunghezza «L» immersa in un campo magnetico di induzione «B».



Circuito elettrico dell'altoparlante come viene «visto» dall'amplificatore:  $Z'_e$  è l'impedenza elettrica equivalente, dovuta al movimento dell'altoparlante,  $R$  e  $L$  sono la resistenza e l'induttanza proprie della bobina mobile.

senta, dunque, l'elemento fondamentale dell'altoparlante. Si può dire che:

$$Z'_e = \frac{(BL)^2}{Z_M}$$

cioè l'impedenza elettrica è inversamente proporzionale a quella meccanica. Ricordiamo infatti che alla frequenza di risonanza, quando cioè le reattanze induttive e capacitive del sistema meccanico si bilanciano perfettamente,

l'impedenza meccanica del sistema è minima (infatti con minima forza si hanno grandi spostamenti) mentre la impedenza elettrica diventa massima. Tanto più è grande l'induzione nel traferro, tanto maggiore è l'impedenza alla risonanza, a parità degli altri fattori.

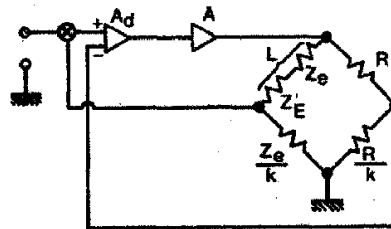
Nel circuito elettrico con  $L_e$  ed  $R_e$  sono rispettivamente indicate l'induttanza e la resistenza della bobina mobile. Se, in qualche modo si blocca l'altoparlante, si annulla completamente l'impedenza di moto ( $Z'_e = 0$ ) e rimane

il valore  $Z_e$  che viene comunemente chiamata «impedenza bloccata», determinata dalla bobina mobile fissa. Se costruiamo, a questo punto, il sistema a ponte di fig. 8 possiamo facilmente vedere che:

$$V_e = \frac{BL}{K+1} \cdot v$$

la tensione di controreazione è proporzionale, dunque, alla velocità di spostamento del cono. Questo ponte viene di solito chiamato, dagli esperti di controreazioni cinetiche Ponte di velocità. Senza ricordare tutti i tentativi fatti in passato, per rimanere solo ai tempi più recenti, ricordiamo che la 3A francese presentò due anni fa una cassa (andante) che utilizza appunto un ponte di velocità simile a quello prima descritto, con un valore di  $K$  pari a circa 9.

Pensiamo che valga la pena di spendere due parole su questa realizzazione che, in effetti, non ha avuto, almeno in Italia, una buona riuscita commerciale, ma rimane, insieme alle Motional del-

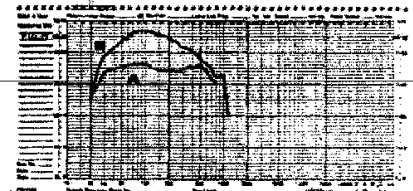


Schema del ponte usato per effettuare la controreazione di velocità.

la Philips, una tra le pochissime realizzazioni industriali che utilizzano controreazioni di movimento.

La cassa francese ha un volume interno di soli 23 litri e possiede un altoparlante per le note basse da 25 cm di diametro, con una risonanza in campo libero di 20 Hz. La bobina mobile di 35 mm di diametro è immersa in un traferro di 12.000 Gauss. Il trasduttore asservito è naturalmente quello per le basse frequenze, che viene pilotato da un amplificatore montato all'interno della cassa, in grado di erogare una potenza di ben 125 W su 8 ohm. La

cassa è completata da un altoparlante di 13 cm di diametro, con cupola centrale metallica, per le note medie e da un tweeter a compressione per le alte. Questo diffusore di dimensioni assai contenute (è un parallelepipedo di 45 x 30 x 19 cm) è in grado di fornire una potenza sonora realmente eccezionale su una vasta gamma di frequenze. Gli effetti della controreazione sono veramente fantastici se si osservano le figg 11 e 12, nella prima si vede la risposta dell'altoparlante non asservito in confronto con l'altoparlante pilotato dal suo sistema di amplificazione, che in realtà è ben più complesso di quello prima indicato schematicamente.



Risposta in frequenza del woofer della 3A Andante senza controreazione (curva B) e con la controreazione (curva A).

3A andante	30	40	50	100	200	Hz
Altoparlante non asservito	8	3,5	2	1,2	0,8	%
Altoparlante asservito	1,5	0,7	0,5	0,4	0,3	%

Distorsione totale del woofer della 3A Andante.

Nella fig. 12 si vede invece l'effetto notevole della controreazione sulla distorsione armonica; si nota subito una riduzione sensibile dei tassi su tutta la gamma bassa del woofer, ma particolarmente sulle prime ottave.

Al Festival du Son di quest'anno un altro grande costruttore di casse acustiche, sempre francese, ha presentato una serie notevole di diffusori asserviti: si tratta di Cabasse con i nuovi modelli 3 VTA (Sampan 3 VTA, Brigantin 3 VTA e Galion 3 VTA).

Queste casse utilizzano un originale metodo di asservimento che combina i vantaggi della reazione di velocità con quelli della reazione di accelerazione. Anche nel campo professionale Cabasse ha presentato, nel maggio '75, un modello, Brigantin 3 VTA Studio, con ben tre distinti amplificatori incorporati (100 W, 50 W e 25 W rispettivamente per le note basse, medie e alte) ed un modello, Sampan 3 VTA Studio, sempre con tre amplificatori e filtri di crossover elettronici.

I tecnici della Cabasse hanno ritenuto che il sistema a ponte di velocità sia estremamente difficile da mettere a punto in quanto generalmente la resta-

stenza della bobina cresce del 15% tra 20 e 500 Hz, mentre la sua induttanza diminuisce del 50% sempre nello stesso intervallo. Il valore dell'induttanza, inoltre, varia molto a seconda della posizione assunta dalla bobina mobile nel traferro, secondo uno studio compiuto da Serge Zimmermann alla facoltà di Scienze di Poitiers nel 1968. In questo modo si deve ritenere che la tensione di controreazione sia una immagine fedele della velocità di spostamento del cono, solo quando l'impedenza complessiva è molto maggiore dell'impedenza della bobina bloccata, cioè in vicinanza della frequenza di risonanza dell'altoparlante montato nella cassa chiusa.

E' stata scartata anche la soluzione di prelevare una tensione per mezzo di una bobina supplementare e la Cabasse ha preferito applicare all'altoparlante un trasduttore di accelerazione, seguendo l'esempio tracciato anni fa dalla Philips con la sua RH 532. Il sistema francese, in realtà, è più complesso in quanto il segnale viene elaborato per mezzo di opportuni circuiti integrati coi quali si ottiene anche una tensione proporzionale alla velocità e si combinano i due effetti di controreazione per linearizzare la risposta, ridurre la distorsione ed abbassare la frequenza di risonanza.

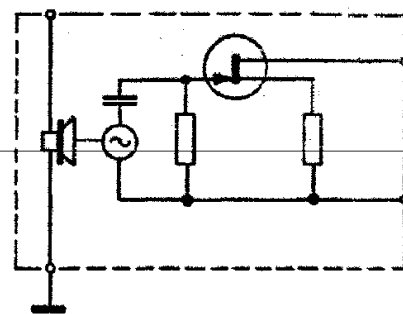
I risultati tecnici proposti dalla Cabasse nella serie 3 VTA sembrano molto interessanti, le curve di risposta sono eccezionalmente estese ma, per dare una risposta definitiva, attendiamo di avere in laboratorio le casse di questa casa transalpina, praticamente quasi sconosciute in Italia.

## Controreazione di accelerazione e casse asservite Philips

Parlare oggi di casse dotate di controreazione di accelerazione è come parlare delle «Motional Feedback» della Philips in quanto la casa olandese ha più di tutti studiato a fondo il problema ed ha realizzato, nel tempo, alcuni prodotti di grande interesse.

Abbiamo già ricordato le ricerche di De Boer nel 1984, ma lo studio di base è quello di Klaasen e Koning, pubblicato sulla Philips Technical Review del 1968. In origine, questi ricercatori pensarono di utilizzare l'altoparlante 9710 AM, uno dei più classici woofer della Philips, inoltre era previsto un sistema combinato di controreazione di accelerazione e di velocità, per ridurre l'effetto in corrispondenza della frequenza di risonanza. L'altoparlante montato in una piccola cassa di dieci litri di volume, aveva una risonanza di 97 Hz che scendeva a 42 Hz con l'applicazione della controreazione; inoltre la distorsione del woofer a 40 Hz scendeva dal 17% al 3%.

La prima realizzazione commerciale basata su questi principi fu la RH 532 presentata alla stampa specializzata internazionale nel giugno 1973 e della quale abbiamo già avuto il piacere di parlare nel numero I di Audiotest del settembre 1974. Ora vogliamo esaminare in dettaglio le due nuove casse asservite della Philips, la 22 RH 544 e la 22 RH 541, per cercare di dare una risposta conclusiva che permetta di sapere fino a che punto ci possiamo aspettare una riproduzione veramente Hi-Fi da casse di dimensioni estrema-



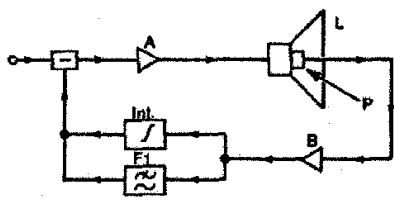
In tutte le casse PHILIPS MOTIONAL FEEDBACK, il segnale generato dal trasduttore di accelerazione passa subito in un circuito adattatore di impedenza a FET che ne abbassa l'elevatissima impedenza interna.

mente ridotte, ma dotate di sofisticati sistemi di asservimento.

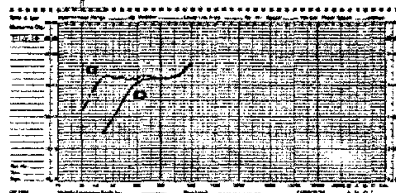
## Trasduttore di accelerazione

Tutte le casse asservite o, per meglio dire, tutti i woofer Philips dotati di circuito di controreazione, hanno sempre utilizzato come trasduttori di accelerazione una piccola piastrina di Piezossido. I piezossidi sono dei materiali ceramici piezoelettrici, cioè possiedono quella speciale caratteristica di trasformare le deformazioni meccaniche in tensioni elettriche e viceversa. Queste caratteristiche dipendono, dal senso di polarizzazione; nel caso in esame, trattandosi di piastrine polarizzate in senso assiale, «reagiscono» solo a movimenti che avvengono lungo l'asse della bobina mobile. E non, per esempio, lateralmente. Vi sono diversi tipi di piezossidi, ma fin dalle prime esperienze di Klaasen e De Koning, la scelta sul PXE-5, uno zirconato titanato di piombo ad alta sensibilità e stabilità con la temperatura.

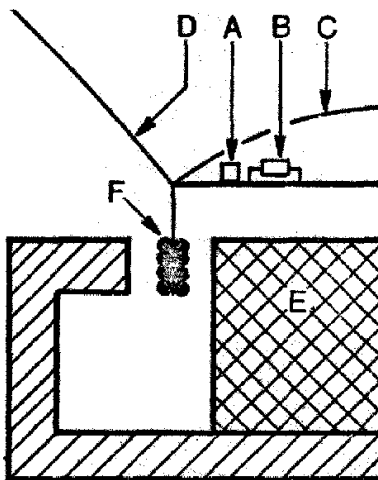
Questa piastrina di piezossido, viene fissata in maniera solidale al supporto della bobina mobile (fig. 15) e, finché l'altoparlante si comporta come un rigido pistone vibrante, possiamo ritenere che la tensione fornita dal trasduttore sia con assoluta precisione proporzionale alla accelerazione del cono stesso. Poiché il trasduttore piezoelettrico può essere considerato come un generatore di segnale capacitivo, ad altissima impedenza interna, si rende necessario il collegamento ad uno speciale circuito a FET (fig. 16) che trasformi l'alta impedenza di ingresso in una bassa impedenza di uscita. Il segnale fornito dunque dal trasduttore d'accelerazione viene confrontato da un circuito comparatore con il segnale d'ingresso dell'amplificatore: quando tra i due vi è una differenza che varia al variare della frequenza, il circuito di amplificazione fornisce maggiore o minore potenza dell'altoparlante finché tale differenza viene annullata. In questo modo a parità di tensione d'ingresso, si ha una uguale tensione di uscita cioè una uguale accelerazione, cioè in definitiva una uguale pressione acustica, qualunque sia la frequenza.



Schema di principio del circuito utilizzato dalle prime esperienze di KLAASEN sul woofer PHILIPS AD 9710 AM.



Risposta in frequenza del woofer AD 9710 montato in una cassa di soli 10 litri di volume interno (D) e con una controreazione combinata di accelerazione e velocità (C).



Sezione schematica di un woofer PHILIPS asservito: A è la piastrina di piezossido, B il circuito di preamplificazione a FET, C la cupola di protezione antipolvere, D il cono dell'altoparlante, E il circuito magnetico e F la bobina mobile.