

GIUSEPPE  
CASCINELLI

# LA RIPRODUZIONE FEDELE DEL SUONO



PUBBLSUONO



editrice



Giuseppe Cascinelli

# LA RIPRODUZIONE FEDELE DEL SUONO

SECONDA EDIZIONE

*Cornelio - Rouman  
Milano - settembre 1976*

Edizioni Publisuono



# Indice

## 9 INTRODUZIONE

- 12 Il suono
- 12 Il suono inteso come fenomeno fisico
- 22 Il suono inteso come fenomeno fisiologico
- 29 Il suono inteso come fenomeno psichico
- 30 Note musicali

## 33 REGISTRAZIONE DEL SUONO

- 33 Supporti del suono
- 34 Stereofonia
- 35 L'impianto ad alta fedeltà
- 37 Le sorgenti sonore

## 40 INCISIONE E RIPRODUZIONE FONOGRAFICA

- 40 Il disco fonografico
- 47 R.I.A.A.
- 49 Il fonorivelatore
  - Il fonorivelatore piezoelettrico - I fonorivelatori magnetici - La puntina o stilo - Osservazioni conclusive sui fonorivelatori
- 67 Il giradischi
  - La piastra di sostegno - Il motore - Il piatto - Il sistema di trasmissione
  - Il braccio - L'errore di tangenzialità - L'errore di traccia - Lo slittamento o skating - Discosa frenata del braccio - Accessori non essenziali del giradischi

## 83 AMPLIFICAZIONE E COLLEGAMENTI

- 83 Gli stadi di amplificazione
  - Cavi schermati - Spina « din »

## 86 L'ALIMENTAZIONE

- 86 L'alimentatore

## 88 IL PREAMPLIFICATORE

La preamplificazione - L'equalizzazione - Ingressi - Uscite - Comandi

## 92 L'AMPLIFICATORE

- 92 Potenza di un amplificatore
- 94 Risposta di frequenza
- 94 Distorsione
- 96 Ronzio
- 96 Livello di rumore di fondo
- 96 Fattore di smorzamento
- 97 Comandi
- 98 Uscite dell'amplificatore

## 100 L'ALTOPARLANTE

- 100 L'altoparlante a bobina mobile  
Woofer, midrange e tweeter - Potenza di un altoparlante - Impedenza  
Collegamenti - Altoparlante a sospensione pneumatica - Altoparlante a  
compressione
- 112 Altoparlante elettrostatico
- 113 Altoparlante a cupola

## 115 BREVI CENNI DI CARATTERE TECNICO

- 115 La resistenza elettrica
- 121 Induttanza e impedenza
- 123 Il condensatore
- 126 Considerazioni riassuntive

## 127 IL FILTRO CROSS-OVER

- 128 Frequenza cross-over
- 132 Componenti del filtro
- 138 Il cross-over elettronico

## 143 I DIFFUSORI

- 143 Il corto circuito acustico
- 145 Lo schermo infinito
- 146 Casse acustiche
- 148 Casse bass reflex
- 149 Casse acustiche completamente chiuse
- 154 Efficienza degli altoparlanti
- 155 Diffusore a sospensione pneumatica
- 156 Diffusori ad alta efficienza
- 157 Le cuffie stereofoniche

## 159 ACUSTICA DELL'AMBIENTE D'ASCOLTO

- 159 Propagazione delle onde sonore
- 161 Eco e reverbero
- 162 Tempo di reverberazione
- 163 Ambiente e lunghezza d'onda
- 164 Ambiente d'ascolto
- 168 Disposizione dei diffusori
- 172 Adattamento dell'ambiente
- 173 Stereofonia con quattro diffusori

## 175 QUADRIFONIA

- 175 Il suono quadrifonico  
Sistema « discrete » - Sistema a matrice - Vari sistemi a matrice - Sistema  
a matrice passiva Dynaco - Disco quadrifonico « discrete »

## 193 CONCLUSIONE

## 197 BIBLIOGRAFIA

# Prefazione

« La riproduzione fedele del suono » è, a mio avviso, il primo libro italiano che tratti dell'argomento « alta fedeltà » in modo accessibile a tutti. Questo risultato, per la verità, molto lusinghiero, considerato che il libro si rivolge ai profani con l'intento di chiarire alcuni problemi di base della riproduzione della musica in casa, ma anche di accendere maggiori interessi verso uno dei più begli hobby esistente, è stato raggiunto proprio in virtù del fatto che l'autore non è un professionista del settore, anzi, per primo si dichiara soltanto « appassionato » dell'hi-fi. In virtù del fatto che l'autore non è un professionista del settore, della prima stesura di quest'opera che ci ha permesso di diventare grandi amici, è medico, ma da numerosi anni, da quando è nata l'alta fedeltà, si può dire, ha la passione per l'hi-fi e dedica tutto il suo tempo libero a studi e ricerche in questo campo. I problemi audio dei quali si occupa l'autore sono sempre sperimentali e mai si addentrano in profondità nelle teorie matematiche e nella tecnica.

Questo libro è in pratica il riassunto delle conoscenze raccolte in diversi anni e non senza sforzi da un appassionato profano che, attraverso una ricerca di documentazioni e anche con prove e mezzi propri, ha ora chiari molti concetti tecnici che spaventano chi viene attratto dall'hobby dell'hi-fi. Gli audiofili profani, da questa trattazione scorrevole e comprensibilissima trarranno quasi senza accorgersene un sussidio didattico non indifferente che costituirà la base per eventuali letture e approfondimenti maggiori di questa affascinante materia.

Gianfranco M. Binari





# Introduzione

Al tempo dei dischi a 78 giri e della radio a modulazione di ampiezza, la riproduzione del suono rappresentava una specie di sottoprodotto dell'originale, capace di destare in un primo momento una certa curiosità, ma che, successivamente, provocava nell'ascoltatore un ineluttabile senso di stanchezza, facendo intendere anche troppo bene quanto si fosse lontani da una identificazione con l'immagine reale.

Intanto, il valore culturale e distensivo della musica continuava a rimanere relegato nei teatri e nelle sale da concerto a disposizione di quei pochi che avevano la possibilità e la costanza di dedicarsi a una assidua frequenza. Così è stato per anni, fino a che l'evoluzione tecnica, soprattutto per merito dell'elettronica, ha rotto la barriera.

La radio a modulazione di frequenza, i dischi microscolco, la registrazione magnetica, la stereofonia, hanno dato vita a una maniera nuova di riproduzione, così che non più la curiosità, ma un effettivo livello qualitativo d'ascolto, veramente somigliante all'originale, ha cominciato a suscitare l'interesse di coloro che si accostano all'Alta Fedeltà.

Queste due parole e la loro sigla Hi-Fi, dall'inglese High Fidelity, hanno trovato largo consenso. E' comparsa la figura dell'amatore dell'Alta Fedeltà, gli appassionati si sono moltiplicati e si vanno ancora moltiplicando. Non poteva essere diversamente. La letteratura, già da molto tempo, aveva trovato con la stampa la sua possibilità di divulgazione. La musica ha tro-

vato questa possibilità solo in epoca recente e l'ha trovata con l'Alta Fedeltà.

Alta Fedeltà significa dunque riproduzione fedele del suono, in modo che questo, riprodotto, eguagli l'originale in tutte le sue caratteristiche, naturalmente dando per scontato che non può coincidere con il traguardo irraggiungibile della perfezione.

Diciamo piuttosto che l'Alta Fedeltà si propone di avvicinarsi a questo traguardo con tutti i mezzi tecnici disponibili, che questi mezzi sono attualmente molto validi e che, peraltro, sono condizionati da fattori di carattere economico. Si comprende quindi come un apparecchio che si fregia della sigla « Hi-Fi » possa avere caratteristiche qualitative tali da accostarsi in misura minore o maggiore al grado di perfezione desiderato.

Apparecchi la cui qualità non consente al nostro orecchio di rilevarne facilmente le imperfezioni, possono venire classificati come « accettabili », ma è frequente trovare in commercio, fregiati dalla sigla Hi-Fi, anche apparecchi « inaccettabili », come è possibile il contrario, trovare cioè apparecchi di qualità veramente superiore.

Il prezzo è un elemento importante per distinguere la qualità del prodotto, ma le vie del commercio sono tali e tante da non permettere di accettare solo il prezzo come sicura garanzia. Si può invece fare una buona scelta in base alla valutazione delle caratteristiche tecniche, sennonché, salvo eccezioni, l'amatore non è un tecnico. Quando sentirà parlare di gamma di frequenza, di distorsione di intermodulazione, di impedenza ecc., si troverà disorientato e si rimetterà completamente al consiglio del rivenditore. Presto però sentirà l'esigenza di conoscere meglio l'argomento che lo appassiona e andrà alla ricerca di quelle nozioni che lo mettano in grado di interdersene un po'.

Personalmente ho già fatto questa esperienza che mi ha fruttato le prime delusioni, e dal momento in cui ho cercato di acquisire quella conoscenza tecnica che mi mancava, mi sono trovato di fronte moltissimi ostacoli. Testi dai quali trarre tutte le informazioni non ne ho trovati. Alcuni troppo estesi su argomenti particolari al di fuori delle mie necessità e possibilità di comprensione. Altri troppo succinti e incompleti.

Altri ancora, sorpassati dal progresso che ha caratterizzato questi ultimi anni, durante i quali è stato compiuto quello che si può definire il salto decisivo. Comunque, valendomi in parte di questi testi, ma principalmente delle riviste specializzate che anche l'Italia, sia pure da poco tempo, è in grado di offrire, ho cercato di formarmi un bagaglio, il più completo possibile, di informazioni. Quando poi ho sentito la necessità di fissare queste informazioni secondo un certo ordine e di elaborarle in una forma tale da renderle chiare e a me intelligibili, è nato questo libro.

E' un libro senza grandi pretese, tuttavia ritengo che il lettore vi possa trovare quel tanto che basta per prendere familiarità con gli apparecchi dei quali si serve, e, al tempo stesso, vi possa trovare anche la chiave per intendere il linguaggio di chi propone, in maniera ben più valida della mia, la riproduzione del suono sulle riviste specializzate.

# Il suono

Il suono si identifica con la sensazione uditiva. A determinare la sensazione uditiva contribuiscono più fattori che si possono elencare nella seguente successione: produzione delle onde sonore, propagazione delle onde sonore, ricezione delle onde sonore da parte dell'orecchio che trasforma lo stimolo meccanico in stimolo nervoso, percezione e riconoscimento dello stimolo a livello dei relativi centri cerebrali.

Si considerano pertanto tre diverse categorie di fenomeni: il fenomeno fisico, il fenomeno fisiologico, il fenomeno psichico.

## Il suono inteso come fenomeno fisico

Ogni corpo, dotato di un certo grado di elasticità, se opportunamente sollecitato, può entrare in vibrazione.

La vibrazione è costituita da una serie di oscillazioni la cui ampiezza è proporzionata alla forza dello stimolo che le ha provocate. Se non intervengono ulteriori stimoli, l'ampiezza di oscillazione diminuisce gradualmente, fino a che la vibrazione ha termine e il corpo vibrante rientra in stato di riposo.

Il numero delle oscillazioni nell'unità di tempo è caratteristico dell'oggetto che vibra, e per quel determinato oggetto è sempre uguale, qualunque sia stata la forza dello stimolo che lo ha indotto a vibrare.

Come è stato detto, la vibrazione è costituita da una serie di oscillazioni. Ogni oscillazione, a sua volta, è costituita da due

movimenti, uno diretto in un senso, e l'altro in senso opposto, e al centro di questi due movimenti sta la posizione di riposo del corpo in esame (fig. 1).

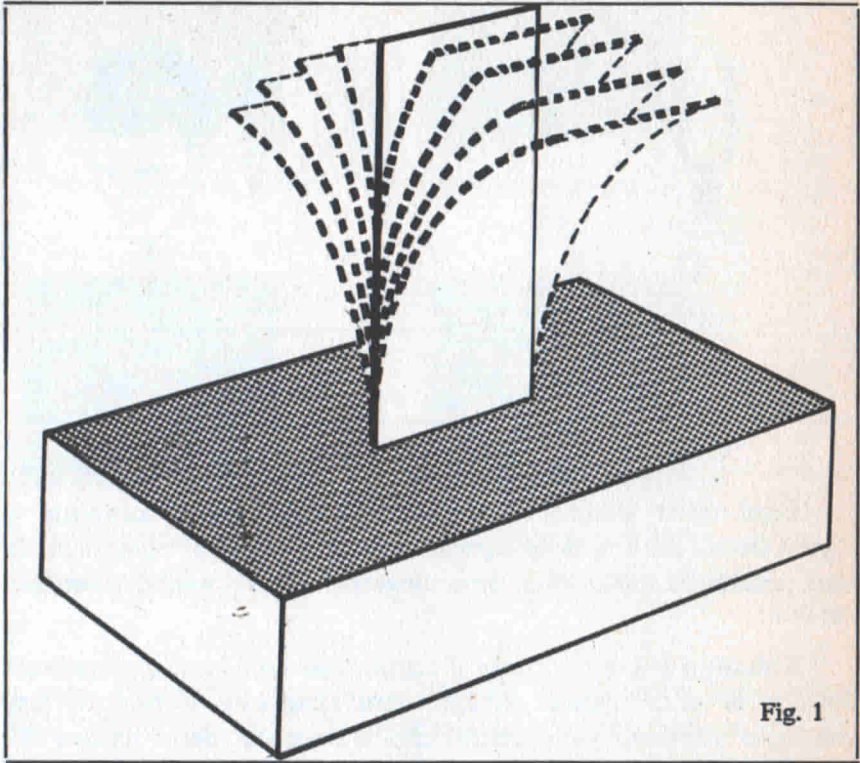


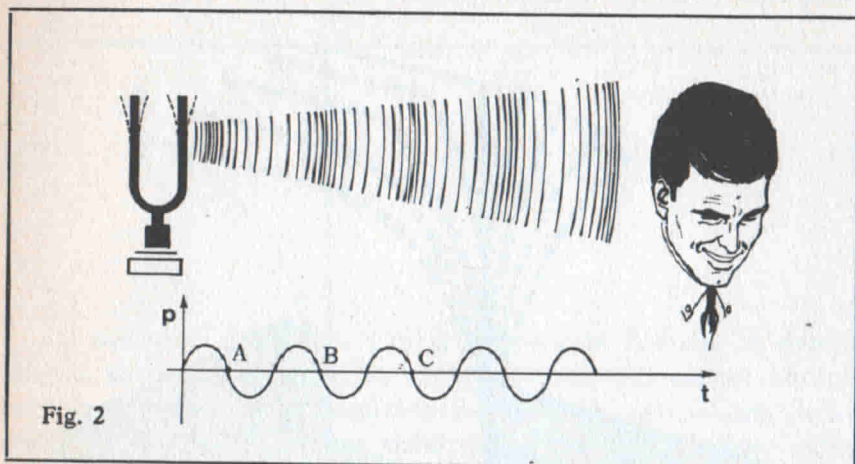
Fig. 1

Un oggetto che vibra nell'aria, induce in questa delle modificazioni, in quanto, con i suoi opposti movimenti, vi produce una serie di compressioni e rarefazioni.

Le particelle dell'aria, così sollecitate, trasmettono il loro movimento alle particelle vicine, e così via, producendo una successione di movimenti che si propagano tutt'intorno a distanza. Questi movimenti dell'aria sono le onde sonore.

Una singola onda è quindi costituita da una compressione e da una rarefazione, corrispondenti appunto ai due movi-

menti opposti di ciascuna oscillazione dell'oggetto considerato (fig. 2).



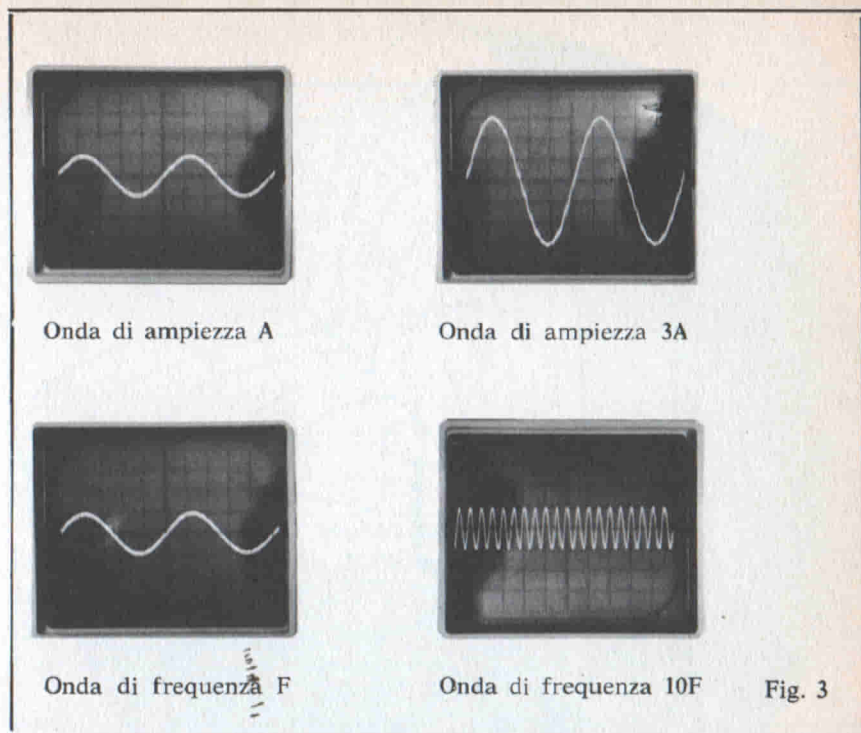
Ogni onda sonora si identifica con un ciclo compiuto o « periodo » (da A a B in figura, o da B a C ecc.), composto da una semionda positiva e una negativa, dette anche « semiperiodi ».

Abbiamo già visto come il corpo, che con la sua vibrazione suscita le onde, possa vibrare con maggiore o minore ampiezza, e abbiamo visto anche che, a seconda della natura del corpo, diversa può essere la velocità di vibrazione. In conseguenza di ciò si riconoscono nelle onde sonore due caratteristiche: l'ampiezza e la frequenza.

L'ampiezza determina l'intensità con la quale il suono può essere udito, mentre la frequenza determina la tonalità (o altezza), facendo distinguere un suono da altri di frequenza diversa.

Altra caratteristica fondamentale delle onde sonore, qualunque sia la loro ampiezza e la loro frequenza, è che si propagano nell'aria a velocità costante. Questa velocità è di 333 metri al secondo (circa 1.200 km/h).

Eventuali deviazioni, in più o in meno, dalla cifra suddet-



ta sono imputabili a particolari fattori che possono influenzare l'aria medesima, come la temperatura, la rarefazione per diversi livelli di altitudine, inquinamenti ecc. Queste possibili deviazioni sono comunque del tutto trascurabili dal punto di vista che ci interessa.

Il numero delle vibrazioni, e conseguentemente delle onde o periodi che hanno luogo in un secondo, si chiama frequenza. Si indica questo numero con il nome del fisico « Hertz » abbreviato in Hz, oppure con « cicli per secondo » abbreviato in c.p.s. oppure in c/s.

Consideriamo ora nell'aria uno spazio sferico di 333 metri di raggio al cui centro immaginiamo un corpo in vibrazione, come indicato nella figura 4.

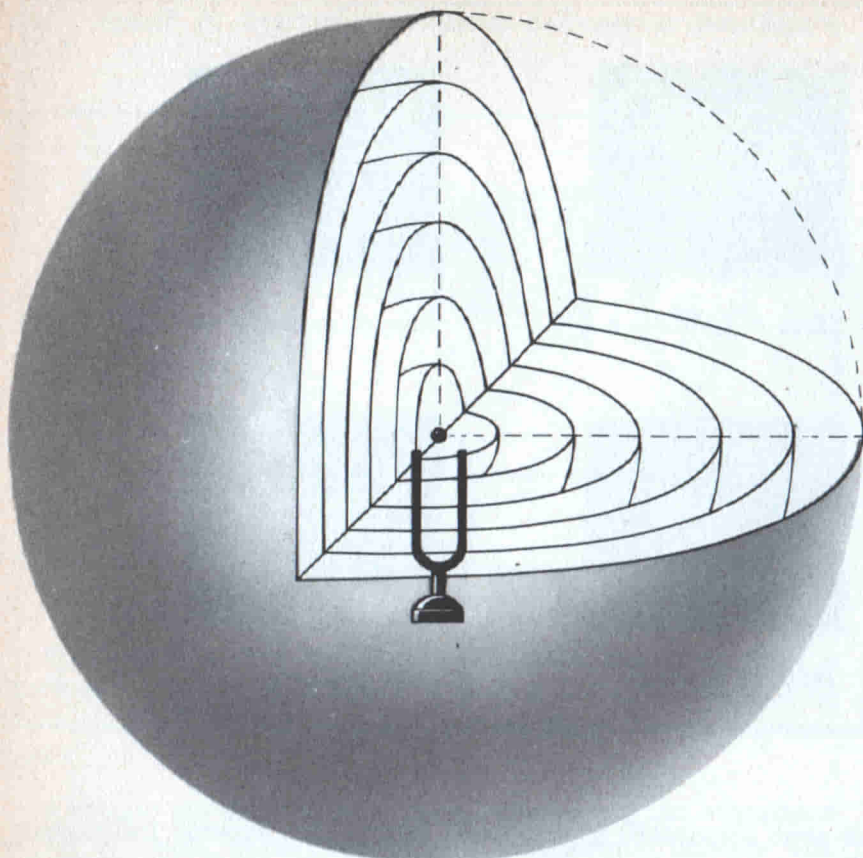


Fig. 4

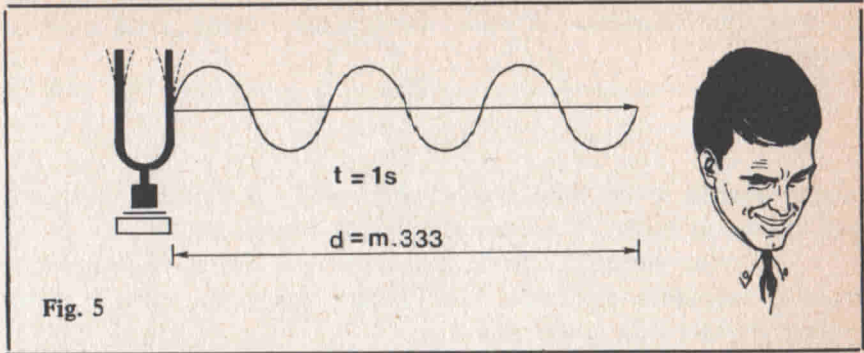
La propagazione delle onde sonore avviene secondo la successione di una serie di sfere concentriche che dal centro si dilatano, inseguendosi una dietro l'altra, verso la periferia.

Dopo un secondo la prima onda si sarà dilatata al punto da coincidere esattamente con la superficie dello spazio sferico considerato.

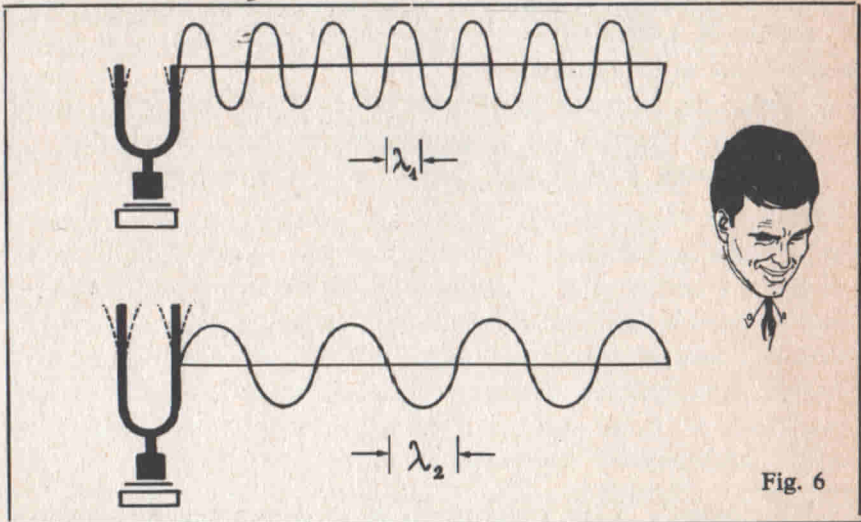
Per comodità di descrizione e di comprensione, proviamo a trascurare la propagazione sferica, tenendo solo conto del cammino delle onde lungo uno dei raggi. Così facendo, ci troveremo di fronte a un segmento di retta della lunghezza di 333 metri, agli estremi del quale saranno rispettivamente il corpo



in vibrazione e il traguardo di arrivo delle onde dopo un secondo dal momento in cui sono state prodotte.



Ovviamente detto segmento, dopo un minuto secondo dalla partenza della prima onda, sarà tutto occupato dalla successione di quelle che l'hanno inseguita. Ed è altrettanto ovvio che queste saranno in numero maggiore se maggiore sarà la frequenza del suono prodotto, e viceversa (fig. 6).



Fermo restando il numero di 333, si avranno, a seconda della frequenza, cicli più lunghi e cicli più corti. Diminuendo la frequenza aumenta la lunghezza d'onda e aumentando la frequenza la lunghezza d'onda diminuisce, come risulta dalla formula

$$\lambda = \frac{333}{f}$$

dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda, 333 la velocità costante del suono in metri al secondo, e  $f$  è la frequenza. \*

Il livello sonoro, stando a quanto già detto, è proporzionale all'ampiezza dell'onda. Ora bisogna aggiungere che è anche proporzionale alla frequenza.

Questo significa che all'aumentare della frequenza, si può mantenere la stessa intensità solo se si diminuisce l'ampiezza.

Ad esempio, un suono di 1.000 Hz di frequenza ha una determinata intensità, corrispondente a una determinata ampiezza dell'onda. Un suono di 2.000 Hz, per avere la stessa intensità, dovrà anche avere un'onda di metà ampiezza di quello di 1.000.

Ne deriva che l'onda mantiene la stessa intensità sonora, se mantiene anche le stesse proporzioni di forma.

Infatti, l'onda di 2.000 Hz ha una lunghezza pari alla metà di quella di 1.000 Hz. La proporzione si mantiene se si riduce a metà anche la ampiezza (fig. 7).

Nella fig. 7, tanto in (a) che in (b), l'intensità è la stessa. In (b), che è di frequenza doppia, si ha un suono più acuto.

L'intensità sonora è il livello di forza posseduto da un suono.

---

\* Per esempio: a una vibrazione di 20 Hz corrisponde una lunghezza d'onda di metri 16,6. A 1.000 Hz corrispondono 33,3 centimetri. A 20.000 Hz corrispondono 16,6 millimetri.

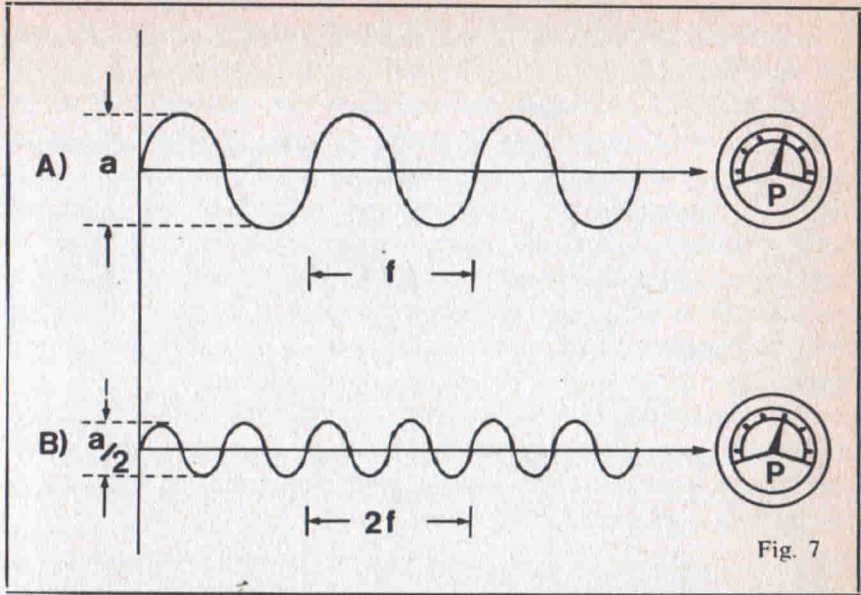


Fig. 7

Questa forza viene misurata tenendo conto della pressione acustica che le onde sonore esercitano su una superficie e prendendo come unità di misura il « bar » o il suo sottomultiplo, il « microbar ».

Quando la superficie che rileva la pressione acustica è la membrana di un microfono, ci possiamo anche valere di misure elettriche, in quanto il microfono converte l'energia sonora in energia elettrica. La misura elettrica non avrebbe però alcun significato se non si stabilisce in precedenza, secondo una convenzione a piacere, una relazione di base intesa a creare un legame di misura fra le due forme di energia. Pertanto concediamoci di procedere come segue: si immagini una qualunque sorgente sonora della quale sia possibile controllare l'intensità; si collochi un microfono davanti a detta sorgente dopo avere deciso, una volta per tutte, una distanza determinata (che potrebbe essere quella di un metro); infine si colleghi il microfono con un amplificatore provvisto di uno strumento misuratore di uscita.

Dopo aver regolato il controllo della sorgente sonora fino ad ottenere il suono più debole che l'orecchio dell'uomo può appena percepire (e che abbia 1.000 Hz di frequenza), si agisca sul controllo di guadagno dell'amplificatore, fissandolo quando sullo strumento misuratore di uscita si legge il valore prescelto come valore campione e che stabiliamo fin d'ora in quello di 6 milliwatt. Tornando ad agire sul controllo della sorgente sonora, possiamo, a questo punto, elevare a nostra discrezione il livello con conseguente aumento del livello del segnale di uscita del microfono e quindi dell'amplificatore. Il segnale di uscita dell'amplificatore viene misurato in watt e sottomultipli, intendendosi per intensità zero il valore di 6 milliwatt.

La possibilità di misura riferita si rivelerà particolarmente importante per comprendere la relazione che esiste fra intensità sonora come entità fisica, e percezione sonora che, come vedremo, è una entità fisiologica.

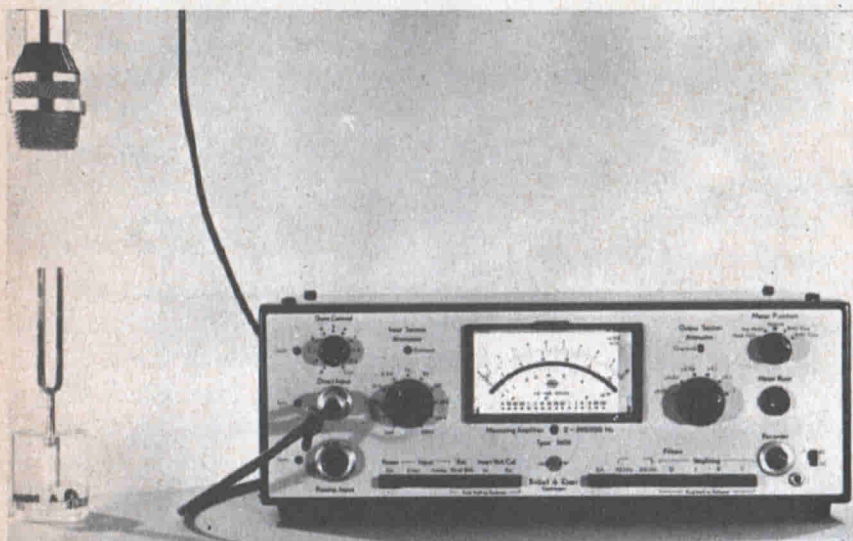


Fig. 8

In rapporto alla distanza, ad esempio quella che intercorre fra la sorgente sonora e il microfono che la capta, l'intensità del suono varia in ragione inversa al quadrato della distanza medesima. Questo significa che, considerato a una distanza dop-

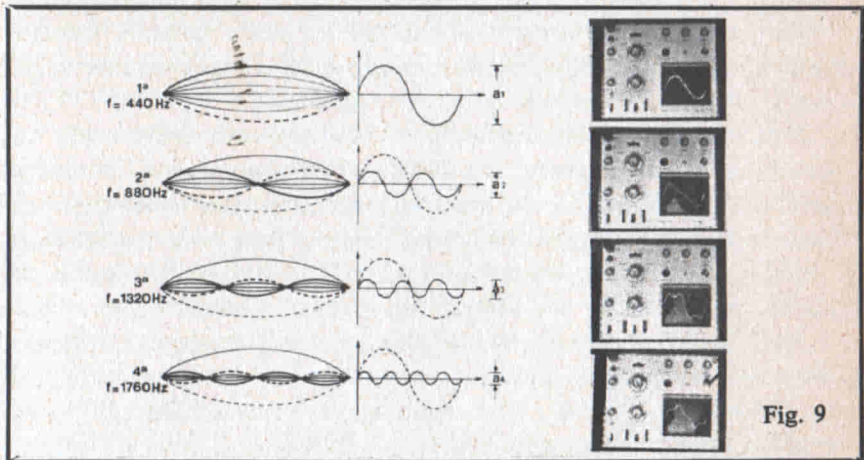
pia, un suono ha una intensità di 4 volte inferiore. Raddoppiando ulteriormente la distanza, l'intensità diminuisce di 16 volte... e così di seguito.

Assieme all'onda descritta, un corpo che vibra induce nell'aria anche altre onde di minore ampiezza, la cui frequenza è un multiplo di quella dell'onda che diremo « fondamentale ».

Queste onde sono dette « armoniche » e variano di numero e di intensità a seconda del corpo che le ha prodotte. La loro presenza caratterizza il « timbro » del suono. \*

Una nota di un determinato strumento può avere la corrispondente in uno strumento diverso. Consideriamo l'una e l'altra nota.

Hanno la stessa frequenza e possono venire sollecitate a rispondere alla stessa ampiezza. Tuttavia si riconoscono per appartenenti a questo o a quello strumento, perché, pur avendo in comune frequenza e ampiezza, hanno diverso il timbro. Han-



\* Soltanto il suono emesso da un diapason è un suono puro, cioè senza armoniche. Il diapason vibra a una sola frequenza, che è la fondamentale, e l'andamento della vibrazione può essere rappresentato con una semplice sinusoide.

Il diapason che serve per accordare gli strumenti musicali vibra emettendo il « La<sub>5</sub> » della scala del pianoforte e basta.

no cioè uguale frequenza fondamentale, uguale intensità, ma un diverso contenuto di armoniche. La fig. 9 mostra una corda tesa in vibrazione. Assieme alla vibrazione fondamentale coesistono vibrazioni di segmenti sottomultipli che determinano le armoniche.

Le varie armoniche, seconda, terza, quarta ecc., possono coesistere in numero indeterminato con la frequenza fondamentale.

Per concludere l'argomento del suono, considerato come entità fisica, è necessario aggiungere una nozione che si dimostrerà in seguito di grande utilità: quel tratto della gamma delle frequenze i cui valori estremi sono uno doppio dell'altro si dice « ottava ».

Fra 26 e 52 Hz è compresa un'ottava, come pure è compresa un'ottava fra 1.600 e 3.200 Hz, e così di seguito. \*

### **Il suono inteso come fenomeno fisiologico**

All'orecchio il compito di ricevere le onde sonore, trasformarle di nuovo in movimenti meccanici e da questi trarne gli stimoli nervosi da inviare ai centri cerebrali.

Una membrana, il timpano, viene percossa dalle onde sonore che la fanno vibrare. Un sistema di trasmissione, la catena degli ossicini, collegato da una parte al timpano, dall'altra agli organi più complessi dell'orecchio interno, provvede a trasferire il movimento vibratorio. Nell'orecchio interno ha luogo la trasformazione delle vibrazioni in stimoli nervosi.

Nelle sue ristrette dimensioni il timpano deve essere in grado di rispondere contemporaneamente a suoni le cui caratteristiche sono oltremodo diverse. Dal suono appena percettibile al suono fortissimo, dal suono grave di poche decine di Hz, al suono acuto di 10.000 e più Hz.

---

\* Per esempio, sulla tastiera del pianoforte una nota di una ottava ha frequenza fondamentale metà della corrispondente nota dell'ottava superiore.

Questo non sarebbe possibile se il timpano si comportasse come una membrana passiva.

Senonché, due muscoletti, il tensore del timpano e lo stapedio, provvedono ad adattare membrana e sistema di trasmissione alle caratteristiche dei suoni che si presentano, mutando automaticamente la tensione, di momento in momento, al complesso in vibrazione, ed è in virtù di tale automatismo fisiologico che l'organo dell'udito si comporta come un apparecchio acustico estremamente versatile.

Tuttavia, nonostante questa versatilità, l'orecchio non arriva a ricevere ed elaborare tutte le frequenze e le intensità sonore che possono venire suscitate nell'aria.

Esiste un limite, che diciamo di soglia, tanto per la frequenza che per l'intensità, al di fuori del quale l'orecchio non è in grado di funzionare. Questo limite è condizionato dalla struttura stessa dell'organo, dalla idoneità degli automatismi fisiologici, e dalla elasticità dei tessuti. In particolare la elasticità dei tessuti è, a sua volta, condizionata dall'età del soggetto. Massima nelle persone giovani, diminuisce progressivamente col procedere dell'età.

Ne deriva che i limiti di soglia sono relativi non solo all'organo dell'udito, ma anche all'età.

Soggetti molto giovani possono avere la possibilità di percezione per una gamma di frequenza compresa fra 16 e 24.000 Hz. Soggetti maturi limitano la gamma fra 30 e 14.000 Hz. I vecchi presentano una sensibilità ridotta fra 35 e 10.000 Hz, o addirittura più ristretta. Analogamente, anche per l'intensità, l'orecchio tende a divenire meno sensibile sui valori estremi col procedere dell'età.

La valutazione dei limiti di soglia per l'intensità viene effettuata in maniera del tutto empirica. Si cerca, grosso modo, di stabilire quale è il più debole suono che l'orecchio riesce a percepire e si fissa così il limite minimo. Quel suono tanto forte da non essere più inteso come suono, ma come dolore, corrisponde al limite massimo.

La misura della intensità della percezione sonora deriva

direttamente da questa maniera empirica di valutazione. A differenza di tutti gli altri sistemi di misura conosciuti, questo nasce all'insegna dell'approssimazione, ma nondimeno si rivela ugualmente utile e in grado di soddisfare le esigenze pratiche.

Il « decibel » è l'unità pratica di misura della percezione sonora. Si scrive in termine abbreviato « dB ».

Considerando uguale a zero dB il più debole suono percepibile dall'orecchio umano, preso sulla frequenza di 1.000 Hz (vedremo in seguito perché viene scelta una frequenza determinata), e considerato uguale a 100 dB un suono ritenuto fortissimo, si divide l'intervallo da zero a 100 in cento parti uguali formando così una scala centigrada. Oltre 100 dB si possono ancora udire suoni o rumori fortissimi, fino a raggiungere a 130 dB la soglia dolore.

Nella scala della misura della percezione sonora si pongono fra zero e 20 dB i suoni debolissimi. Sono suoni deboli quelli fra 20 e 40 dB. Fra 40 e 60 dB la maggior parte dei suoni che percepiamo. Fra 60 e 80 dB i suoni forti. Fra 80 e 100 i fortissimi.

Confrontiamo ora l'intensità fisica del suono, espressa secondo la misura elettrica precedentemente convenuta, con la scala della percezione sonora espressa in dB. A 6 milliwatt abbiamo fatto corrispondere il suono più debole (preso sulla frequenza di 1.000 Hz) che l'uomo può percepire, e ora possiamo precisare che a 6 milliwatt abbiamo fatto corrispondere lo zero dB. A 10 dB il valore fisico corrispondente è di 60 milliwatt, a 20 dB di 600, a 30 dB di 6.000 milliwatt, cioè 6 watt, ecc.

E' da questo confronto che nasce la legge di Weber-Fechner, secondo la quale « mentre l'intensità dei suoni prodotti cresce in proporzione geometrica, l'intensità delle corrispondenti sensazioni sonore cresce in ragione aritmetica ».

Ne deriva che, se le intensità fisiche di due suoni stanno fra loro in rapporto di 1 a 10, le intensità delle rispettive sensazioni sonore stanno in rapporto di 1 a 2. Una volta stabilito questo rapporto, possiamo comprendere che, per ottenere in un qualsiasi punto della scala dei dB un incremento di 3 dB, l'intensità fisica del suono (si consideri ancora il riferimento



alla misura elettrica in milliwatt) deve essere pressoché raddoppiata.

Fra 25 e poco più di 100 dB è compresa l'intensità sonora delle grandi orchestre per le quali suoni più deboli non potrebbero venire percepiti, perché in una sala da concerto esiste sempre un rumore di fondo, dovuto al pubblico e agli stessi orchestrali, valutabile su un livello di 25-30 dB.

Nella tabella che segue, intesa uguale a 1 la quantità di energia sonora necessaria a suscitare un suono appena percettibile, la scala dei decibel viene messa a confronto con una analoga scala di unità energetiche corrispondenti. Inoltre, per ogni valore della scala viene riportato un esempio del tipo di suono che vi si adatta.

Unità energia	Decibel	Percezione sonora
1	0	appena percettibile
10	10	ascolto possibile
100	20	bisbiglio a 1 metro
1.000	30	fruscio
10.000	40	macchina da scrivere
100.000	50	conversazione normale
1.000.000	60	conversazione forte
10.000.000	70	grido acuto
100.000.000	80	limite orchestra
1.000.000.000	90	limite canto lirico
10.000.000.000	100	limite grandi orchestre
100.000.000.000	110	incudine percossa
1.000.000.000.000	120	motore aeroplano
10.000.000.000.000	130	oltre soglia dolore

L'orecchio umano avverte in maniera differente le varie frequenze. Abbiamo visto che ha di fronte a queste dei limiti di soglia, ma anche entro questi limiti ne apprezza in maniera diversa le intensità.

La sua sensibilità è massima per frequenze comprese fra 2.000 e 5.000 Hz e in questo tratto di gamma può udire suoni anche al di sotto di zero dB.

Procedendo da 2.000 Hz verso la zona bassa della gamma di frequenza, la sensibilità dell'orecchio comincia a diminuire e la diminuzione si fa sempre più marcata via via che ci si allontana dal punto considerato. Altrettanto accade per le alte frequenze a procedere da 5.000 Hz in poi.

Una volta conosciuto il fatto che l'orecchio risponde in maniera diversa alle varie frequenze, è possibile comprendere come il limite di intensità della scala, a zero dB, dovesse necessariamente venire stabilito su una frequenza convenuta. Ed è per convenzione che è stata scelta la frequenza di 1.000 Hz.

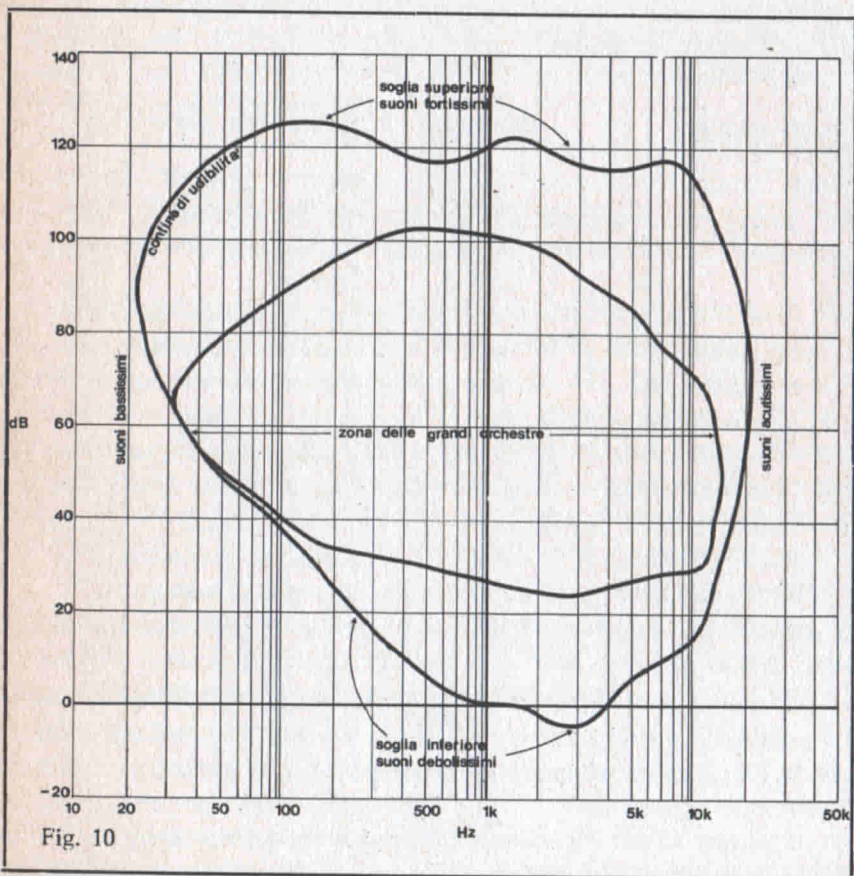
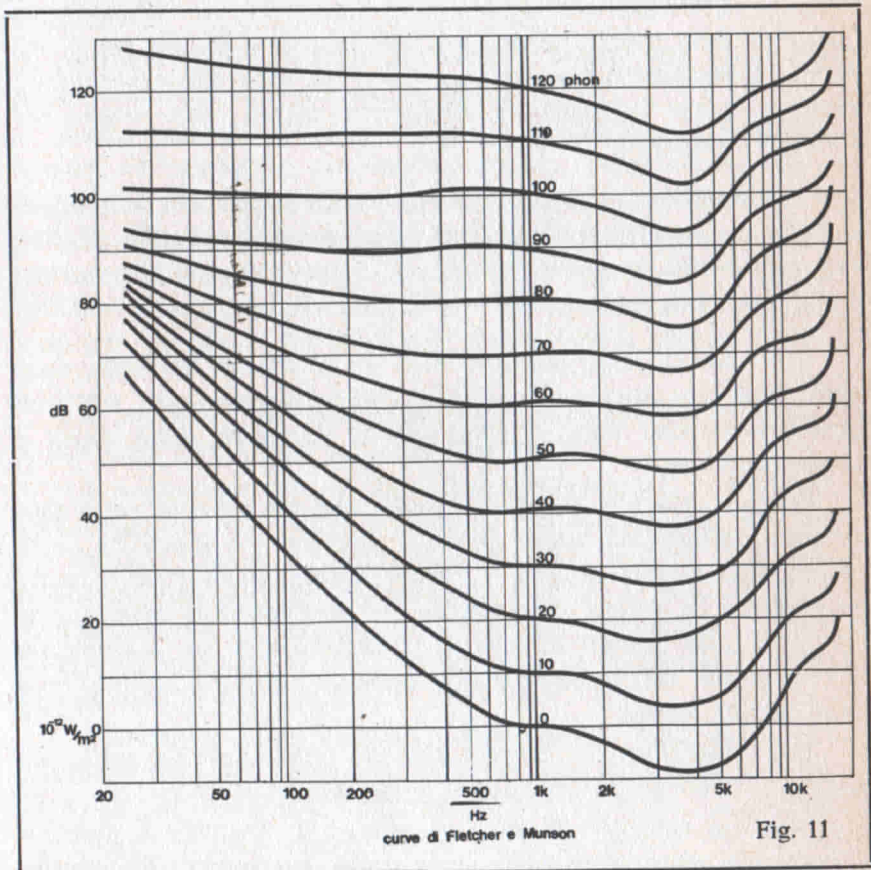


Fig. 10

Nella fig. 10 viene visualizzato il campo della udibilità relativo alla frequenza e alla intensità. La zona interna alla linea più sottile corrisponde al campo sonoro delle grandi orchestre. La frequenza a 1.000 Hz viene indicata 1K Hz. Significa 1 Kilohertz, cioè 1.000 Hz. La frequenza di 2.000 Hz è indicata 2 Kilohertz ecc. Il campo così delimitato si dice « audiogramma ».

Osservando l'audiogramma si nota che, mentre suoni di frequenza da 500 a 5.000 Hz vengono uditi già a una intensità di pochi dB, perché sia percepito un suono di 25 Hz occorre un'intensità di 70-80 dB.



Il dB non è la sola unità di misura della intensità sonora percepibile.

I tecnici adottano spesso l'unità « phon », che corrisponde esattamente al dB per un suono di frequenza 1.000 Hz e, approssimativamente, al dB per frequenze comprese fra 700 e 1.800 Hz.

Considerando il phon come unità campione, appare chiaro che quando i suoni hanno una frequenza diversa da 1.000 Hz vengono, alle varie frequenze, uditi con diversa intensità e ciò è posto bene in evidenza dalle curve di percezione sonora di Fletcher e Munson.

Il diagramma, che appare nella figura 11, ci dice anche di quanto debba essere modificato nell'intensità in dB un suono di una determinata frequenza, perché ad esso possa corrispondere la stessa intensità di sensazione di un altro suono che abbia la frequenza di 1.000 Hz.

A zero phon corrisponde a 100 Hz un suono di circa 38 dB, a 50 phon corrisponde, sempre alla frequenza di 100 Hz, un suono di 67 dB, mentre a 100 phon l'intensità in dB si mantiene praticamente uguale per tutte le frequenze al di sotto di 1.000 Hz.

La funzione dell'orecchio non si esaurisce nell'atto della percezione del suono. L'orecchio raccoglie anche gli elementi necessari perché venga individuata la direzione dalla quale il suono proviene.

Questa capacità deriva dal fatto che gli orecchi sono due. Orientati all'incirca nelle opposte direzioni, è intuitivo come all'orecchio destro giungano relativamente più intensi i suoni provenienti da destra, e viceversa. Ed è altrettanto intuitivo come un suono giunga all'orecchio opposto con un tempuscolo di ritardo nei confronti di quello orientato verso la provenienza dello stesso suono.

La valutazione di queste piccole differenze consente poi ai centri cerebrali di trarne le conseguenze coscienti.

Solo nel caso che il suono provenga da un punto qualsiasi situato sul piano ortogonale che passa in mezzo all'asse che unisce i due orecchi, viene a mancare la possibilità di discrimi-

nazione. In questa situazione non si hanno differenze fra un suono originato dal davanti, dal di dietro o dall'alto dell'ascoltatore. Intervengono allora istintivi piccoli movimenti della testa che, mutando la posizione relativa del piano di provenienza del suono rispetto all'asse che unisce gli orecchi, creano di nuovo la condizione adatta alla valutazione.

### **Il suono inteso come fenomeno psichico**

I centri cerebrali ricevono lo stimolo nervoso dall'orecchio. Il suono, a questo punto, diviene una sensazione cosciente, e, come tale, soggetta al controllo e alla valutazione del singolo ascoltatore.

Ognuno di noi reagisce in maniera diversa agli stimoli sensoriali. Per il suono non si fa eccezione.

Basta pensare al comportamento soggettivo di fronte alla musica. Chiunque ha ascoltato brani di conversazione del genere: « La musica classica mi annoia », « Il jazz. Non lo sopporto », « Stupendo quel concerto di Brahms », e così di seguito.

La tecnica per accordare uno strumento, ad esempio una chitarra, è semplicissima, ciononostante non tutti riescono a farlo per l'evidente incapacità di apprezzare il giusto valore di una nota.

La tonalità e il timbro dei suoni possono venire accettati in maniera diversa da persona a persona.

La preferenza per un determinato strumento, per questo o quel cantante, sono tutti esempi di interpretazioni individuali.

Quante volte una preoccupazione, una lettura interessante ci impediscono di udire la parola che ci viene rivolta. Un rumore abituale, anche se intenso, scompare ogni volta che la nostra attenzione trova un qualunque motivo che la interessi, o, come si dice, che la distraiga.

E' lecito pertanto supporre che esistano degli automatismi psichici intesi ad attenuare la percezione cosciente dei suoni meno graditi, ed è altrettanto lecito supporre che, al contrario, qualcuno « senta » questi suoni, proprio perché non graditi, in maniera esaltata.

Tutte queste considerazioni conducono alla conclusione che, pur dovendosi accettare come valida la possibilità che esista un criterio oggettivo per la valutazione del suono, è necessario tuttavia lasciare un ampio margine a quelle che sono le interferenze soggettive. [1]

### Note musicali

L'esposizione delle caratteristiche del suono e della maniera con la quale l'uomo percepisce e valuta l'energia sonora che lo circonda non sarebbe completa se non venisse dedicato un breve cenno al suono inteso come musica.

Anzitutto prendiamo come esempio la tastiera del pianoforte, perché il pianoforte comprende le frequenze fondamentali relative a quasi tutti gli strumenti musicali. La tastiera inizia con un La che ha una frequenza di 26,667 Hz; segue un Si di 30 Hz; la successiva nota è un Do di 32 Hz; un'ottava più avanti, il Do è di 64 Hz e, proseguendo ancora di ottava in ottava, avremo la successione dei Do rispettivamente di 128, 256, 512, 1.024, 2.048 e 4.096 Hz. Con quest'ultimo Do la tastiera del pianoforte ha termine.

La gamma più vasta, però, spetta all'organo che inizia con un Do la cui frequenza di 16 Hz corrisponde alla nota più bassa che uno strumento musicale tradizionale è in grado di emettere, e termina con un Do di 8.192 Hz che è la nota fondamentale più alta relativa a qualsiasi altro strumento. Dicendo che la gamma più vasta spetta all'organo, bisogna anche aggiungere che spetta all'organo in quanto è possibile costruire questo strumento in maniera da ottenere un suono dalla gamma di frequenza così estesa. Tuttavia esistono pochissimi esemplari dotati di questa capacità, perché pochissimi sono quelli dotati di una canna lunga metri 9,75 e tale è la lunghezza che occorre per la canna di 16 Hz.

Una volta escluso l'organo, l'affermazione che il pianoforte può coprire le frequenze fondamentali di tutti gli altri strumenti è da considerare praticamente valida.

Fig. 12

*Un grafico che pone a confronto l'estensione in frequenza di vari suoni di strumenti musicali e rumori caratteristici.*

Hertz Hz

82.4

125

200

400

1000

2.000

4.000

8.000

16.000

Battito di mani

Passi

Piano

Arpa

Organo

Septano

Mezzoprasso

Alto

Tenore

Baritone

Basso e Baritone

Xilofono

Timpani

Piccola flauto

Flauto

Oboe

Clarinetto

Fagotto

Controfagotto

Corno

Tromba

Sassofono

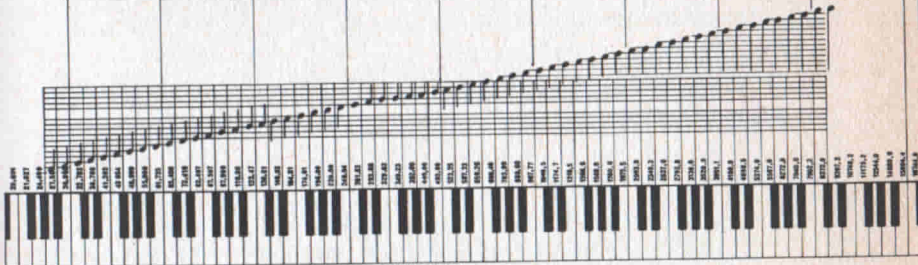
Bassotubo

Violina

Viola

Violoncello

Contrabbasso



PIANOFORTE

ARMONICHE

FONDAMENTALI

HERTZ

Ma le note fondamentali hanno un loro timbro. Il timbro è dovuto alla presenza delle armoniche, la cui frequenza corrisponde a un multiplo della frequenza della nota che le genera (la seconda armonica è di frequenza doppia, la terza di frequenza tripla, ecc.), e per questa ragione il suono degli strumenti musicali può sconfinare anche oltre i limiti dell'udibilità, cioè oltre 20 mila Hz.

Solitamente l'intensità delle armoniche è più bassa dell'intensità della nota fondamentale, però, in alcuni strumenti, le note alte presentano delle armoniche (in genere la seconda), la cui ampiezza può essere così marcata da conferire un contenuto energetico che uguaglia, o addirittura supera, quello della nota fondamentale stessa. Citiamo ad esempio la seconda armonica della nota più alta dell'organo e le armoniche delle note alte del violino e del tamburello. In particolare, le note alte del tamburello presentano delle armoniche forti anche intorno al valore di 13.000 Hz.

Si tenga ancora presente che, mentre le note basse sono ricche di armoniche, più aumenta la frequenza della nota fondamentale, più il numero delle armoniche si riduce. Di conseguenza le note più sono alte, meno differiscono nel timbro e l'orecchio umano, anche se non in condizione di recepirne tutte le armoniche, non le avverte in maniera molto dissimile da quello che sono in realtà. [2]



# Registrazione del suono

## Supporti del suono \*

Registrare il suono significa captarlo e fissarlo su un supporto dal quale si possa, in un tempo successivo, ottenere la riproduzione per un numero indeterminato di volte. Il trasferimento sul supporto richiede che l'energia meccanica delle onde sonore venga temporaneamente convertita in energia elettrica, perché è questa la forma di energia più adatta ad essere controllata e guidata.

L'apparecchio<sup>o</sup> dotato della capacità di ricevere l'energia sonora e di operare la conversione in un segnale elettrico modulato in maniera da tener conto, momento per momento, delle variazioni che detta energia presenta, è il « microfono ».

Il segnale elettrico in uscita dal microfono viene inviato agli organi di amplificazione che ne potenziano l'intensità, e da questo momento è possibile sia ritrasmetterlo direttamente tramite la radio, sia fissarlo sui supporti di cui abbiamo già fatto parola.

I supporti più usati per immagazzinare il suono sono essenzialmente tre: la colonna sonora delle pellicole cinematografiche, il nastro magnetico e il disco fonografico.

---

\* I supporti del suono (p. es., dischi, nastri, etc.) vengono chiamati generalmente « software » mentre gli apparati di riproduzione vengono chiamati « hardware ». Nello sviluppo della tecnica vi sono continui miglioramenti per entrambe le categorie. La qualità finale dipende dalle limitazioni di esse. Gli standard qualitativi del « software » sono attualmente più limitati di quelli dell'« hardware ».

La colonna sonora delle pellicole cinematografiche non interessa l'argomento di questo libro.

Il nastro magnetico e il disco fonografico costituiscono invece le due sorgenti sonore che alimentano l'impianto ad alta fedeltà.

Abbiamo visto che alta fedeltà significa riproduzione fedele del suono. E' implicito il concetto che debba significare anche registrazione fedele del suono. D'ora in poi diamo per scontato che nel concetto di riproduzione è compreso anche quello di registrazione.

L'alta fedeltà è la riproduzione fedele del suono in tutte le sue caratteristiche e gli apparecchi che vengono adoperati debbono essere in grado di restituire tutta la gamma di frequenza udibile, senza che vengano percepite quelle deviazioni che vanno sotto il nome di « distorsione ».

Inoltre deve mantenere intatta la sensazione della direzione dalla quale i vari suoni provengono. Quest'ultima qualità non è altro che la « stereofonia ».

### **Stereofonia**

Spesso si sente parlare di Alta Fedeltà e di Stereofonia come se si trattasse di due cose separate che, eventualmente, possono anche coesistere.

Ciò è dovuto al fatto che, in un primo periodo, fu ottenuta una riproduzione fedele del suono solo nei confronti della risposta alla frequenza e della distorsione. Questo tipo di riproduzione prese il nome di Alta Fedeltà, mentre la diffusione della Stereofonia avvenne in un secondo tempo.

Oramai però la stereofonia non può più essere considerata separatamente, perché non è altro che una delle qualità indispensabili che l'Alta Fedeltà deve possedere per essere veramente Alta Fedeltà.

Vediamo ora attraverso quale procedimento è possibile ottenere la riproduzione stereofonica.

Trattando del suono come fenomeno fisiologico abbiamo visto che l'orecchio ha la capacità di percepire la direzione d'onde i suoni provengono, e abbiamo visto anche il perché.

La stereofonia ricalca praticamente la situazione della realtà fisica dei suoni e della fisiologia dell'orecchio.

Il suono viene captato da un microfono particolare. Come gli orecchi sono due anche il microfono stereofonico è un microfono doppio, le cui sezioni, destra e sinistra, sono orientate in due diverse direzioni, così come lo sono gli orecchi.

Il microfono di destra invia il suo segnale a un apparato di amplificazione che lo fissa su un determinato supporto. Altrettanto fa il microfono di sinistra.

Avremo pertanto doppio microfono, doppio apparato di amplificazione, doppio supporto per l'immagazzinamento del suono.

All'atto della riproduzione avremo, conseguentemente, un doppio apparato di lettura (che dovrà leggere i due supporti contemporaneamente e in perfetto sincronismo), un doppio apparato di amplificazione, e un doppio apparato diffusore del suono riprodotto.

Dai due diffusori, opportunamente collocati, il suono uscirà secondo una prevalenza corrispondente alla prevalenza dell'informazione proveniente dai supporti. Da destra oppure da sinistra. Da ambedue con uguale intensità per i suoni di provenienza centrale, o anche, e questa è la condizione che ricorre più spesso, in tutta la gamma di prevalenze centro-destra e centro-sinistra, secondo quella che era la disposizione dei suoni all'origine.

D'ora in avanti parlando degli apparecchi per la riproduzione sonora si deve intendere che si tratta di apparecchi stereofonici, le cui sezioni sono in ogni caso duplici, anche se di ciò non viene fatto menzione per evitare ripetizioni inutili. [3]

### **L'impianto ad alta fedeltà**

L'impianto ad alta fedeltà è costituito da una catena di apparecchi fra loro collegati nel seguente ordine: apparecchi che forniscono la sorgente sonora, preamplificatore-equalizzatore, amplificatore di potenza, diffusori acustici.

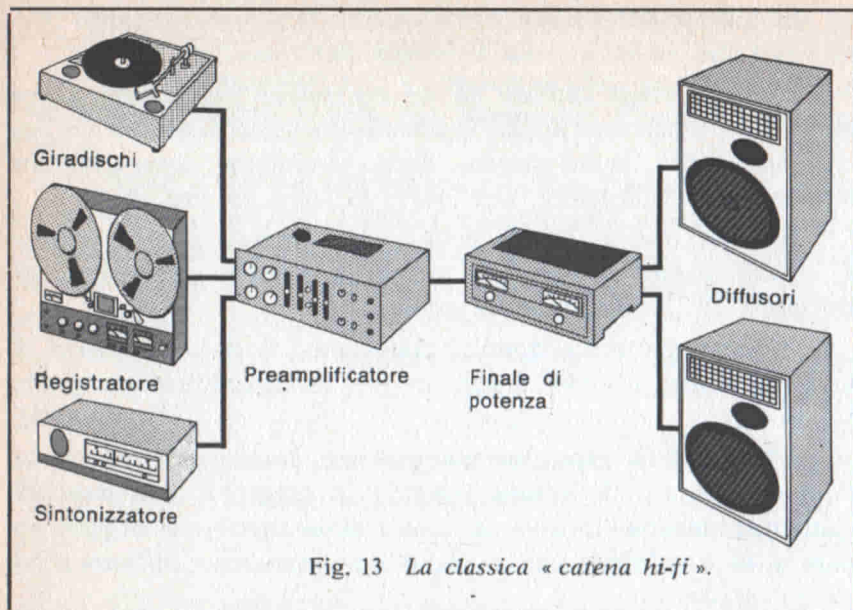


Fig. 13 La classica « catena hi-fi ».

Questi apparecchi possono anche coesistere in unità compatte che vanno dal grande mobile che li comprende tutti, diffusori compresi, a unità nelle quali sono separati solo i diffusori.

Per costoso che sia, il grande apparecchio che tutto comprende non risponde mai bene allo scopo, non fosse altro perché non consente di sistemare i diffusori nella maniera più opportuna relativa alle necessità dell'ambiente.

Per contro, l'impianto costituito da apparecchi in unità completamente separate l'una dall'altra è quello che offre le migliori possibilità.

Tuttavia sono reperibili dei gruppi compatti comprendenti il preamplificatore-equalizzatore, l'amplificatore di potenza e in qualche caso anche il sintonizzatore, che possono dare veramente dei buoni risultati.

L'impianto a unità separate rimane comunque il più idoneo. Sono diverse le ragioni che suggeriscono di consigliarlo.

Anzitutto le migliori caratteristiche tecniche le troviamo sempre negli apparecchi separati con i quali è possibile, fra l'altro,

far cadere la scelta su marche diverse, fruendo così di una maggiore libertà nell'acquisto.

Con le unità separate si evitano quelle interferenze che, per induzione, si possono talora verificare fra i vari componenti quando sono montati sullo stesso telaio.

Inoltre, di fronte a un guasto andrà in riparazione una sola unità della catena che, nel frattempo, potrà continuare a funzionare con un eventuale apparecchio di riserva.

Da un punto di vista economico l'impianto a unità separate è più costoso, però bisogna considerare il fatto che consente di iniziare con i soli apparecchi strettamente indispensabili, ad esempio giradischi, preamplificatore, amplificatore e diffusori. Si potrà poi completare la catena in epoca successiva col sostegno dell'esperienza necessaria per una scelta più oculata.

Al momento del primo acquisto si tenga comunque presente che possedere un impianto ad alta fedeltà significa diventare collezionista di dischi e che i dischi rappresenteranno in breve tempo un patrimonio tanto prezioso da meritare di essere ben conservato. Da questa considerazione deriva la necessità di rispettare una norma fondamentale: modesto o di valore che sia l'impianto prescelto, il giradischi deve essere considerato più in rapporto alla discoteca che non all'impianto. Lo si scelga in ogni caso dalle caratteristiche qualitative di livello elevato, perché con un simile giradischi i dischi non si rovinano. [4]

### **Le sorgenti sonore**

Sarebbe più appropriato chiamarle « sorgenti di segnale » in quanto le vere sorgenti sonore sono quelle dalle quali il suono proviene all'origine.

Quasi tutti gli Autori però parlano di « sorgenti sonore » in riferimento al segnale che serve gli apparati di riproduzione e, pertanto, ritengo opportuno non creare confusioni modificando il termine.

Le sorgenti sonore, che costituiscono il primo anello della catena di un impianto ad alta fedeltà, sono rappresentate dai seguenti apparecchi: sintonizzatore (o tuner) che riceve le trasmissioni radio, mono o stereofoniche, in modulazione di fre-

quenza; apparecchio selettore per filodiffusione, collegato al telefono; registratore magnetico; riproduttore fonografico.

Il sintonizzatore offre un buon livello qualitativo di riproduzione.

La filodiffusione può essere considerata una sorgente sufficientemente fedele, ma è poco adoperata.

Il registratore magnetico è indiscutibilmente di grande utilità, ma la sua qualità di riproduzione e il costo sia dell'apparecchio che dei nastri, nonostante il continuo progresso tecnico-economico, non sono ancora tali da permettergli di competere con il disco.

Forte velocità di scorrimento e larga pista magnetica sono i due fattori che consentono al nastro una buona riproduzione, ma sono anche i due fattori che ne elevano il prezzo.

Inoltre il nastro viene per lo più adoperato per fissare una immagine sonora al momento che ne capita l'occasione. Successivamente si renderà necessaria una ritrascrizione su altro nastro per ottenere una raccolta secondo un determinato ordine. Si tenga conto che ogni ritrascrizione comporta una certa perdita della qualità sonora e un aumento del rumore di fondo di circa 3 dB.

L'introduzione nel mercato delle cassette ha reso più agevole l'uso del nastro magnetico e ne ha ridotto notevolmente il costo. Data la loro larga diffusione merita soffermarsi un po' su questo tipo di registrazione.

Il nastro delle cassette ha una lunghezza limitata dalle dimensioni del piccolo contenitore nel quale trova alloggio, e per questa ragione si rende necessario aumentarne la durata facendo dolo scorrere davanti alla testina di registrazione con una velocità particolarmente bassa. Tuttavia, anche limitando la velocità, non si arriva ad ottenere un tempo ragionevole di utilizzazione e si impone pertanto che detto tempo venga raddoppiato. Per raggiungere lo scopo si adopera il nastro sulla metà della sua larghezza durante un primo scorrimento e, rivoltando la cassetta, lo si adopera ancora sulla parte rimanente mediante uno scorrimento successivo.

Essendo la larghezza totale di soli 3,8 millimetri e millimetri

1,9 la sua metà, appare chiaro che bisogna riferirsi a quest'ultima misura per considerare la larghezza disponibile del nastro. Lo spazio è ristretto, e molto più ristretto diventa quando la registrazione è stereofonica, perchè in tal caso bisogna occupare due piste e fra le piste e fra le due metà del nastro deve rimanere un intervallo libero per la separazione. Infatti la misura definitiva di una singola pista stereofonica risulta addirittura di 0,53 millimetri.

Questo sistema di registrazione, con una velocità di scorrimento di 4,75 centimetri al secondo e con una pista di dimensioni così limitate, è davvero stupefacente. Anche se non arriva a soddisfare completamente le esigenze dell'alta fedeltà, bisogna segnalare che l'evoluzione tecnica dei nastri magnetici e degli apparecchi di registrazione a cassette è in continuo progresso.

I nastri più recenti consentono di ottenere una risposta su una gamma di frequenza tale da coprire in maniera sufficiente il campo della udibilità, e un ulteriore passo in avanti è stato fatto con i recentissimi nastri al biossido di cromo. I fattori di distorsione sono oramai abbastanza vicini al limite accettabile e la stessa cosa si può dire per ciò che riguarda il rumore di fondo.

A proposito del rumore di fondo la situazione è stata notevolmente migliorata dal momento in cui le più importanti case costruttrici hanno adottato per gli apparecchi di registrazione il circuito Dolby.

Gli apparecchi con sistema Dolby sono già reperibili anche sul mercato italiano, e rendono possibile l'ingresso del registratore a cassette nella catena di un impianto ad alta fedeltà.

Il riproduttore fonografico merita di venire illustrato in modo particolare, perché è necessario che l'amatore dell'alta fedeltà conosca bene la sorgente sonora della quale si varrà in prevalenza e dalla quale otterrà le più grandi soddisfazioni. [5]

# Incisione e riproduzione fonografica

## Il disco fonografico

Il disco fonografico, considerando i fattori di qualità, di costo, di reperibilità, di manutenzione ecc. è la sorgente sonora più idonea per un impianto ad alta fedeltà.

E' costituito da una lastra rotonda di vinilite che reca inciso sulle due facce un solco che segue un andamento a spirale, dalla periferia verso il centro, e che termina a qualche centimetro da esso.

La sezione del solco è a forma di V aperto a  $90^\circ$ . Sui fianchi del solco, pertanto inclinati a  $45^\circ$  rispetto al piano del disco, ha luogo l'incisione.

Vediamo come avviene una incisione monofonica, e, di conseguenza, la sua riproduzione.

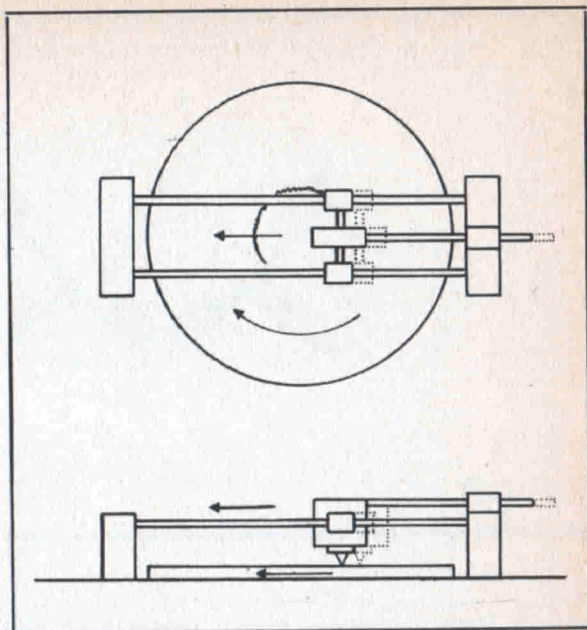
Il disco viene fatto ruotare a una velocità standard costante. Un cesello a forma di V, crea il solco appoggiandosi sul disco in rotazione. Detto cesello ha una posizione fissa nei confronti della rotazione del disco, ma è trasportato, con lenta e costante velocità, dalla periferia verso il centro, lungo un raggio del disco medesimo. E' questo movimento che gli consente di seguire la spirale.

Il cesello è inoltre animato da piccoli movimenti di oscillazione laterale comandati da un segnale elettrico modulato dal suono da fissare. Sono questi movimenti che determinano l'incisione del segnale.



Fig. 14

Lo schema di principio di una macchina d'incisione del disco. Il cesello scorre radialmente dall'esterno verso il centro mentre il disco gira. In questo modo lo stilo incisore disegna una lunga e fitta spirale.



Il movimento del cesello nei confronti del disco in rotazione risulta dalla fig. 14.

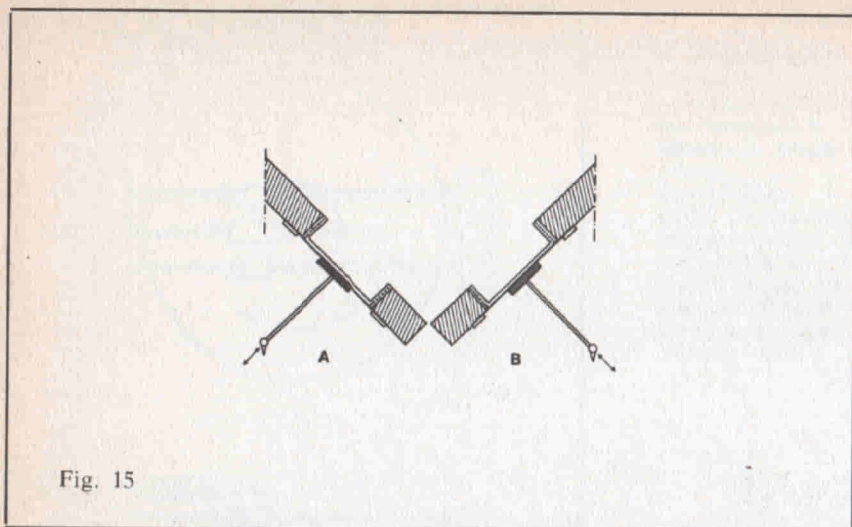
All'atto della riproduzione, uno stilo o puntina che si trovi nelle stesse condizioni del cesello, riceve dalle deviazioni che incontra nel solco delle sollecitazioni sovrapponibili ai movimenti che avevano animato il cesello stesso al momento dell'incisione. Questi movimenti verranno tradotti, con processo inverso, in segnale elettrico.

L'incisione stereofonica, e di conseguenza la riproduzione, è un po' più complicata.

Per intendere come sia possibile incidere su un unico solco e con un solo cesello le due informazioni stereo, vediamo com'è che si procede.

Il disco, anche in questo caso, viene fatto ruotare a una velocità costante sotto a un cesello a forma di V che segue la spirale procedendo lungo un raggio, dalla periferia verso il centro, esattamente come per l'incisione monofonica.

Questa volta però il cesello viene pilotato da due bobine



mobili (con rispettivi campi magnetici) che lo spingono, ognuna, verso l'opposta parete del solco.

Nella figura 15 vediamo come avviene separatamente l'incisione dell'una e dell'altra parete.

In questa disposizione si comprende come il cesello della sezione A della fig. 15 incida solo la parete sinistra, mentre quello della sezione B incide solo la parete destra.

Nella realtà i due complessi si trovano combinati, come mostra la figura 16.

Ognuna delle due bobine risponde all'informazione di uno dei due canali stereo e il solco riceve così, su ciascuna delle sue pareti, una diversa impronta relativa al movimento che anima le bobine stesse.

Durante la riproduzione, la puntina sarà sollecitata da movimenti analoghi a quelli compiuti dal cesello all'atto dell'incisione e che avranno, pertanto, una direzione combinata laterale e verticale.

Nel caso che le informazioni delle due bobine siano identiche,

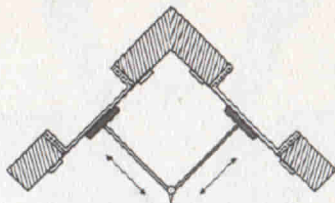


Fig. 16

identica sarà l'incisione sulle due pareti del solco e la puntina, all'atto della lettura, compirà movimenti verso l'alto e verso il basso in senso esattamente verticale alla superficie del disco. Se l'informazione delle bobine è diversa, diversa sarà anche l'incisione sulle pareti del solco, e la puntina di lettura compirà movimenti combinati latero verticali, con prevalenza verso destra o verso sinistra, così come l'incisione comporta.

La figura che chiarisce come avviene l'incisione vale anche per intendere la riproduzione.

Osserviamola di nuovo questa figura. Immaginiamo però che il disco in rotazione sia un disco già inciso, e immaginiamo anche che, in luogo del cesello, sia collocata la puntina di lettura. Questa, sollecitata dalle variazioni delle pareti del solco, solleciterà a sua volta le due bobine mobili che tradurranno il movimento meccanico in segnale elettrico da inviare ai rispettivi canali stereofonici.

E' importante che la puntina sia arrotondata, perché non arrivi a toccare il fondo del solco, il che le impedirebbe di adattarsi alla modulazione delle pareti, come risulta dalla figura 17.

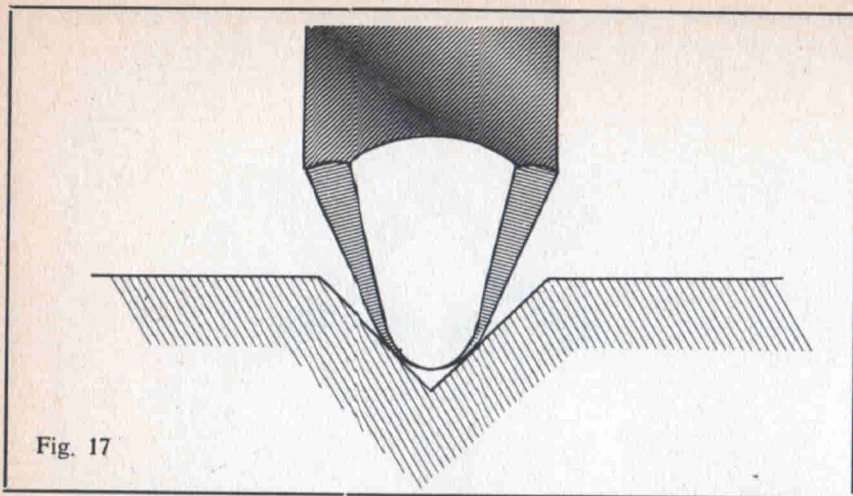


Fig. 17

La velocità di rotazione del disco durante la riproduzione corrisponde esattamente alla velocità di rotazione all'atto della incisione. Perciò, nell'unità di tempo, il numero delle deviazioni « lette » dalla puntina corrisponde esattamente al numero delle deviazioni effettuate dal cesello di incisione.

Per la velocità di rotazione sono stati adottati due diversi standard: quello dei dischi a 33,3 giri al minuto primo e quello dei dischi a 45,11 giri al minuto primo. Esistono anche altri standard diversi da questi che però non interessano l'alta fedeltà.

La costanza della rotazione fa sì che quanto più le spire sono periferiche, tanto maggiore è la lunghezza del solco che scorre sotto alla puntina nell'unità di tempo. Per contro, detto tratto viene ad essere sempre più breve man mano che dalla periferia la lettura del solco si sposta verso il centro del disco. L'incisione risulterà sempre più contratta, serrata, e questa contrazione sarà massima nella spira più interna, come mostra la figura 18.

La spirale termina, appunto, a circa 7 cm. dal centro, perché al di là di questo limite la contrazione dell'incisione non sarebbe più compatibile con una buona riproduzione. Naturalmente, detto limite può non essere raggiunto, o venire di poco superato,

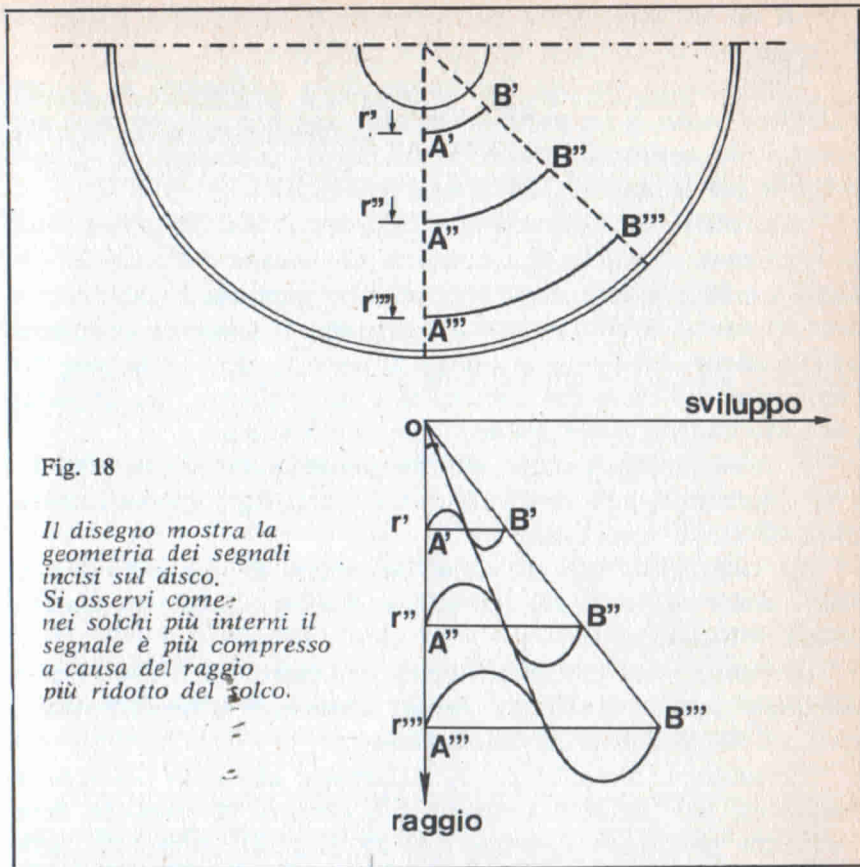


Fig. 18

*Il disegno mostra la geometria dei segnali incisi sul disco. Si osservi come nei solchi più interni il segnale è più compresso a causa del raggio più ridotto del solco.*

a seconda della durata del disco. Si tenga comunque presente che, da un punto di vista tecnico, la brevità dell'incisione va considerata come una qualità positiva, perché evita che venga utilizzata la zona meno adatta.

Il numero dei solchi varia, a seconda dell'incisione, nel limite da 9 a 12 per millimetro di raggio. Ogni solco non modulato ha una larghezza di circa 40 millesimi di millimetro. Si può considerare che anche la distanza fra solco e solco, in assenza di modulazione, corrisponda a circa 40 millesimi di millimetro.

La massima deviazione del solco inciso, non potendo superare la metà della distanza che separa un solco dall'altro, sarà

quindi un po' inferiore a 20 millesimi di millimetro. E' questo il limite per la massima deviazione dell'incisione.

Diminuendo via via l'ampiezza delle deviazioni si giunge, dall'altro canto, a un punto al di sotto del quale la puntina non avverte più apprezzabilmente le deviazioni medesime. E' questo il limite per la minima deviazione dell'incisione.

L'intensità sonora varia con l'ampiezza della incisione e con la frequenza. A parità di frequenza, più ampia è l'incisione più elevata è la intensità sonora. A minor frequenza si può mantenere lo stesso livello sonoro a patto che si aumenti l'ampiezza dell'incisione. Si ripete la stessa situazione della relazione fra l'ampiezza dell'onda con l'intensità e la frequenza, che abbiamo già visto trattando del suono come entità fisica.

L'incisione di un suono alla frequenza, poniamo, di 1.000 Hz è di ampiezza doppia di quella di un suono, ugualmente intenso, di 2.000 Hz di frequenza.

Si comprende quindi come un suono di bassa frequenza possa avere un livello elevato solo se è molto elevata la sua ampiezza di incisione.

Abbiamo visto precedentemente che esiste un limite al di là del quale non si può andare, perché altrimenti si invaderebbe lo spazio a disposizione del solco vicino.

Pertanto, a 20 millesimi di millimetro abbiamo il limite di deviazione per incidere il livello più elevato di intensità della frequenza più bassa (poniamo di 26 Hz). All'aumentare delle frequenze si dovrebbe avere una deviazione di 10 millesimi di millimetro a 52 Hz, 5 a 104 Hz, 2,5 millesimi di millimetro a 208 Hz e così via, fino a raggiungere il limite minimo di deviazione percepibile dalla puntina molto prima del valore della massima frequenza da registrare, che possiamo valutare intorno a 16.000 Hz. E' evidente che il disco non potrebbe contenere tutta la gamma dei suoni da fissare.

L'ostacolo è stato superato mediante un artificio che consiste nell'attenuare le frequenze basse, che vengono così ridotte nella loro ampiezza, e rinforzare le alte, la cui ampiezza viene così aumentata all'atto dell'incisione. Questo secondo uno standard che permetta, durante la riproduzione, di ristabilire con procedimento inverso, la linearità dell'intensità sonora.

**R. I. A. A.**

Con questa sigla (Record Industry Association of America) si indica lo standard accettato, in campo internazionale, per la curva di attenuazione/enfasi.

L'attenuazione procede a partire dalla frequenza di 1.000 Hz, sempre più evidenziandosi man mano che si va verso le frequenze più basse.

Il rinforzo comincia pure a 1.000 Hz e si fa via via maggiore verso le frequenze più elevate.

A 30 Hz si è raggiunta una attenuazione di 18,6 dB. A 15.000 Hz il rinforzo è di 17,2 dB.

Procedendo in questa maniera tutta la gamma delle frequenze può essere rappresentata nel solco di incisione. Non rimane, in sede di riproduzione, che rinforzare, nella stessa misura di quanto erano state attenuate, le frequenze al di sotto di 1.000 Hz, e, nel contempo, attenuare quelle al di sopra, nella stessa misura di quanto erano state rinforzate. Sarà così rispettata l'intensità sonora originale, o meglio la linearità di risposta a tutte le frequenze, il che è come dire che sarà così rispettata la « dinamica » del suono registrato, in tutta la sua realtà.

Il procedimento descritto non si limita a consentire una piena rappresentazione della dinamica, ma rende pure un altro grande servizio: cancella il fruscio dovuto all'attrito che si manifesta fra la puntina e il disco in movimento.

Per comprenderne come ciò accada, si tenga presente che il fruscio ha un livello costante e appartiene a una zona elevata della gamma di frequenza. Quando i suoni di frequenza alta vengono rinforzati, lo sono in maniera tale che anche i più deboli superano il livello del fruscio. Al momento della riproduzione il filtro attenuatore abbassa il livello sonoro degli alti in maniera complementare all'esaltazione che li aveva modificati, e il fruscio viene automaticamente tagliato fuori. In effetti questa eliminazione non è totale, ma la parte di fruscio residuo che riesce a sopravvivere è di un'intensità talmente insignificante che non può più essere considerata come causa di serio disturbo.

L'organo che provvede all'enfasi/attenuazione nell'apparecchio di riproduzione si dice « equalizzatore ». Costituito da resistenze e capacità è contenuto nel preamplificatore.

Gli apparecchi di qualità scadente e di bassa potenza non hanno la possibilità di procedere a un adeguato rinforzo delle frequenze basse. La riproduzione fornita da questi apparecchi, quindi, oltre ad essere imperfetta per altri motivi, è anche incompleta e limitata in dinamica.

Il disco microsolco è un oggetto estremamente delicato. Il suo costo, è bene tornare a ripeterlo, impone una prima norma fondamentale: non lesinare nell'acquisto del giradischi. La buona qualità di questo garantisce di mantenere intatta una preziosa discoteca per un tempo indeterminato. Perciò non si deve adoperare mai il disco con un giradischi di dubbia qualità.

Attenzione a non toccare la zona di incisione con le mani. Si tenga sempre il disco per i bordi e lo si riponga, ogni volta che si è adoperato, nella sua custodia.

Nei limiti del possibile si cerchi di proteggere il disco dalla polvere che si attacca tenacemente alla lastra di vinilite a causa della carica elettrostatica da questa posseduta. Si possono adoperare panni o spazzole trattati con liquidi antistatici, ma la loro efficacia è piuttosto limitata. Più valide sarebbero le miscele antistatiche in confezione spray che però tendono ad impastare il solco, specie se spruzzate con troppa generosità. Spesso viene consigliato l'uso di un panno di lino un poco umido, e ancora si può scegliere fra i tanti accessori posti in commercio, come i braccetti che tengono a contatto continuo con il disco uno spazzolino, fonorivelatori muniti di spazzolino ecc.

I mezzi sono tanti proprio perché nessuno di essi è risultato finora abbastanza efficiente. Si consideri pertanto il problema della difesa contro la polvere ancora in cerca di una soluzione definitiva, un problema del quale l'industria discografica si sta occupando, e al tempo stesso si tenga presente che l'adozione di un fonorivelatore e di un braccio di elevata qualità assicura ugualmente una lunga durata del disco, anche allo stato attuale dei mezzi di protezione. [6]



## Il fonorivelatore

Comunemente chiamato « cartuccia », « testina » oppure « pick-up », converte i movimenti meccanici, che la modulazione del solco imprime alla puntina, in impulsi elettrici.

Trova alloggio nella « conchiglia » che, a sua volta, è fissata rigidamente alla estremità libera del « braccio » del giradischi.

Fra i vari tipi di fonorivelatori teniamo conto solo dei due che hanno una vera importanza pratica: il « piezoelettrico » e il « magnetico ».

Il rivelatore piezoelettrico può essere « a cristallo » o « ceramico ».

Dei due quello a cristallo è più facilmente deteriorabile, perché risente dell'umidità dell'ambiente e delle forti variazioni di temperatura. Il suo basso costo ne rende comunque facile la sostituzione. Il ceramico non risente dell'umidità e degli sbalzi di temperatura, ma è più fragile di quello a cristallo. Il suo costo è un po' più elevato.

Sono ambedue rivelatori dalla elasticità relativamente limitata e di conseguenza adatti a equipaggiare giradischi di comune produzione, costruiti senza un impegno particolare per evitare la rumorosità.

Il loro segnale di uscita, che presenta una tensione dell'ordine di 200-300 millivolt e oltre, consente il collegamento diretto all'amplificatore, anche se di bassa sensibilità, rendendo superfluo l'uso del preamplificatore.

La loro qualità di riproduzione, piuttosto modesta, è comunemente ritenuta accettabile, mentre le proprietà di carattere economico sono tali da giustificare pienamente il largo consenso di mercato.

I fonorivelatori magnetici sono decisamente superiori ai piezoelettrici e sono quelli che vengono adoperati negli impianti ad alta fedeltà.

Se ne distinguono tre tipi: quello « a riluttanza variabile », quello « a bobina mobile » e quello « magnetodinamico ».

Il tipo a riluttanza variabile è stato il primo a venire usato per la riproduzione ad alta fedeltà.

E' costituito da un magnete a forma di cilindretto la cui polarità nord prosegue con due prolungamenti di ferro su ognuno dei quali è avvolta una piccola bobina.

Questi prolungamenti avanzano ripiegandosi e terminano a breve distanza l'uno dall'altro.

Alla polarità sud del magnete è fissata una sottile barretta di acciaio flessibile che, nella sua posizione di riposo, termina con l'estremità libera fra le espansioni dell'armatura polare nord ad egual distanza da entrambe.

L'estremità libera della barretta porta, a sua volta, una piccola armatura rivolta verso le espansioni e alla quale è collegata la puntina.

Con questa disposizione il magnete si trova con la polarità nord al termine delle due espansioni, e con la polarità sud corrispondente alla piccola armatura che sostiene la puntina.

La figura 19 aiuterà a comprendere meglio quanto è stato detto.

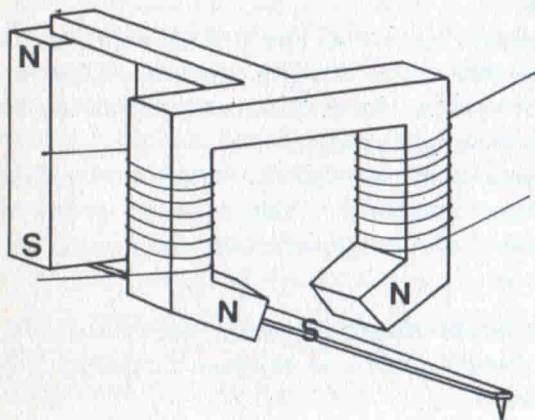


Fig. 19

*Il disegno mostra lo schema di principio di un fonorivelatore a riluttanza variabile.*

Il ferro dell'armatura aiuta il passaggio del flusso magnetico dal polo N al polo S, mentre l'aria interposta si oppone. Questa opposizione si dice « riluttanza », e quando la puntina, con i suoi movimenti, varia la posizione della piccola armatura a polarità sud, varia di conseguenza la riluttanza magnetica e quindi il passaggio del flusso attraverso l'una o l'altra espansione a polarità nord.

Corrispondentemente varia la forza elettromotrice indotta che si genera nelle due bobine, ai capi delle quali si preleva il segnale per i due rispettivi canali stereofonici.

Il fonorivelatore a riluttanza variabile ha dato degli ottimi risultati, ma è stato superato da tipi più recenti che si sono ormai decisamente affermati ponendolo in disparte.

E' stato descritto piuttosto largamente, perché se ne comprenda la differenza con il fonorivelatore magnetodinamico che lo ricorda per una certa analogia nella distribuzione dei componenti.

Il fonorivelatore a bobina mobile è caratterizzato da due piccole bobine disposte a V a  $90^\circ$ , unite da due barrette al supporto della puntina.

L'elemento mobile è quindi rappresentato dalla puntina con il suo supporto e dalle due bobine con le loro barrette.

Ciascuna bobina è corredata di un piccolo magnete fisso nel cui campo compie i suoi spostamenti. La corrente indotta, che si determina nelle due bobine in movimento, viene prelevata ai capi del loro avvolgimento e inviata ai due rispettivi canali stereofonici dei quali rappresenta il segnale.

Tanto la disposizione dei componenti, quanto il funzionamento del fonorivelatore a bobina mobile, sono gli stessi già illustrati nel testo e nella figura, la 16, trattando della incisione del disco stereofonico.

Il fonorivelatore magnetodinamico rappresenta il tipo più recente. Lo stesso nome indica il principio sul quale si basa il suo funzionamento: l'elemento mobile, solidale con il supporto che fa da sostegno alla puntina, è il magnete.

Non si tratta però del solito magnete costituito da una bar-

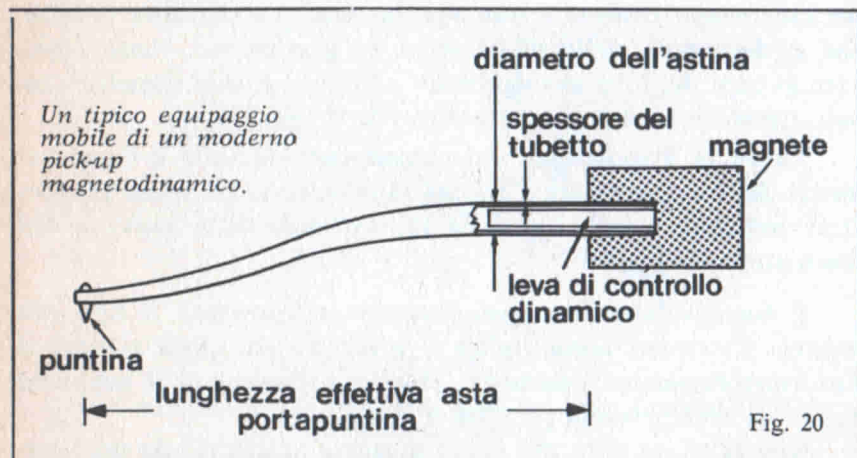
retta di ferro dolce calamitata che, per avere proprietà magnetiche sufficienti, dovrebbe anche avere una dimensione tale da conferirle un'inerzia incompatibile con il vertiginoso movimento che il disco imprime alla puntina.

Un magnete compatibile si è avuto a disposizione dal momento che è stato possibile realizzarlo con materiale diverso da quello tradizionale.

Con procedimento analogo a quello della fabbricazione delle ceramiche isolanti, ma adoperando elementi diversi quali lo zinco, il nichel ed altri, si sono ottenuti dei materiali chiamati ferriti. Una di queste, denominata "ferroxcube B", ha dimostrato particolari proprietà magnetiche tali da consentire la utilizzazione pratica di magneti dalle dimensioni estremamente ridotte e il cui peso specifico è, fra l'altro, decisamente inferiore a quello del ferro.

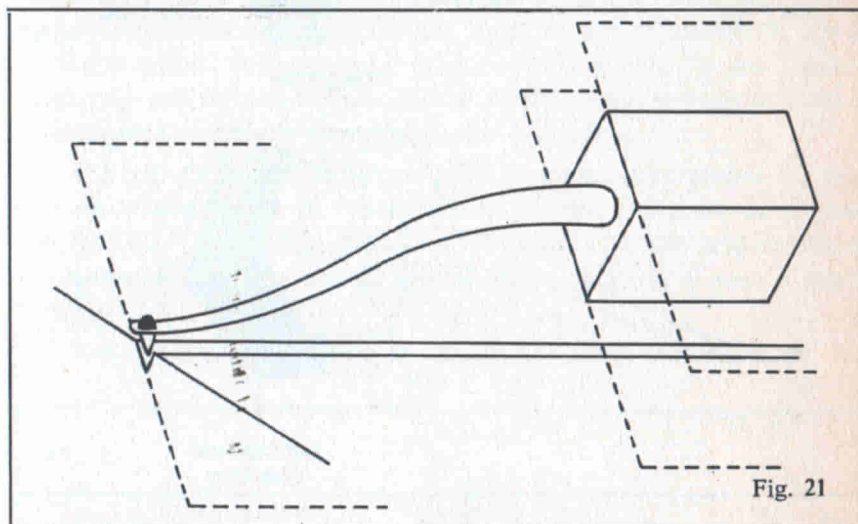
Il magnete è pertanto rappresentato da un blocchetto di ferroxcube B le cui dimensioni sono dell'ordine del millimetro cubo.

Ad esso intimamente connessa, esce dal centro di una delle sue facce una barretta rigida, costruita in lega leggera, della lunghezza di circa 6 millimetri. Questa barretta si incurva nella direzione di uno degli angoli della faccia da cui fuoriesce e alla sua estremità libera, con la punta rivolta nel senso indicato dall'incurvatura, è collocata la puntina, come risulta dalla figura 20. La figura è ingrandita di circa 10 volte.



L'incurvatura della barretta fa sì che il magnete e gli altri componenti del fonorivelatore rimangano sollevati a una certa distanza dal disco quando la puntina vi appoggia.

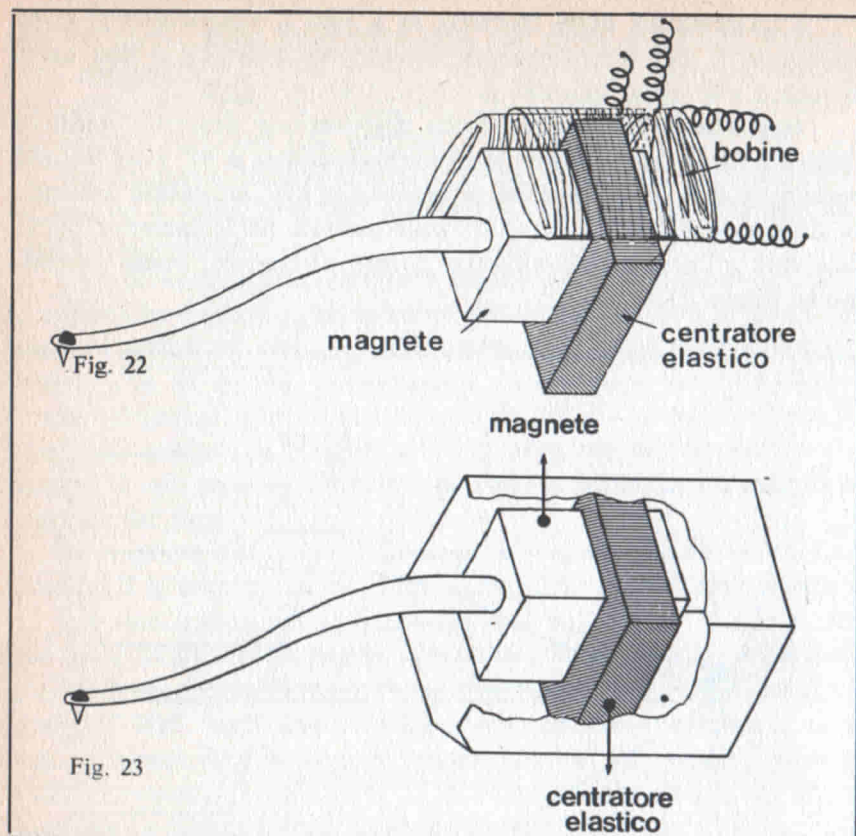
Importante notare che, nella disposizione descritta, quattro delle sei facce del magnete si trovano orientate a  $45^\circ$  rispetto alla superficie del disco. Poiché si trovano anche orientate secondo la direzione del solco, sono di conseguenza perfettamente parallele due all'una e due all'altra parete di questo, come si vede nella figura 21.



Il magnete si trova alloggiato in prossimità di una delle estremità di un supporto di materiale metallico refrattario al flusso magnetico, cioè non di ferro, pure a sezione quadrata, e della lunghezza di circa 10 millimetri.

La barretta della puntina si affaccia dalla parte nei pressi della quale è alloggiato il magnete.

Un distanziatore in gomma morbida, dello spessore di circa mezzo millimetro, mantiene in sito il magnete e funge contemporaneamente da centratore elastico, come mostrano le figure 22 e 23.



Anche le figure 22 e 23 come pure la 21, nella quale solo la rappresentazione del solco del disco non ha particolari riferimenti di misura, sono ingrandite di circa 10 volte.

Nella figura 22 il centratore elastico di gomma è rappresentato dalla zona in tratteggio. Nella figura 23 è analogamente indicato dalla zona tratteggiata e mostra come il magnete sia incorporato solo parzialmente nella gomma del centratore.

La barretta che sostiene la puntina rappresenta una leva alla quale la potenza viene applicata in corrispondenza della puntina medesima. La connessione del magnete con il centratore di gomma rappresenta il fulcro, e la resistenza è offerta dalla elasticità del materiale del centratore.

Si comprende come la leva, data la distanza della potenza dal fulcro, eserciti una forza notevole, tale da minimizzare la resistenza che offre il centratore.

Pertanto la cedevolezza del complesso mobile risulta elevatissima e consente alla puntina di seguire bene la modulazione del solco anche con bassissime pressioni di appoggio.

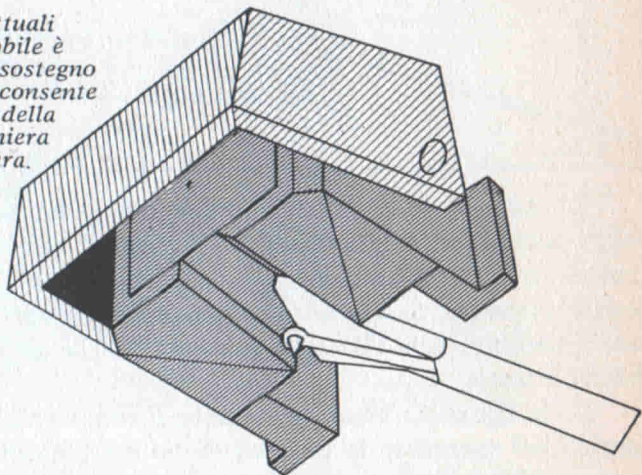
Da quanto detto risulta anche che, nei confronti della puntina, i movimenti del magnete sono di un ordine di grandezza notevolmente inferiore. Visto che, nonostante la loro limitata escursione, sono tuttavia in grado di offrire un'ottima risposta elettromagnetica, se ne apprezzi il fatto che riducono le forze d'inerzia agenti sul magnete, già trascurabili date le sue dimensioni e il suo peso specifico, a una entità — sia permessa questa espressione — che si avvicina molto allo zero.

Il supporto del magnete e della puntina è provvisto di una piccola impugnatura di materia plastica che consente di tenerlo con facilità fra due dita quando è necessario rimuoverlo dal fonorivelatore per operazioni di pulizia della puntina o per la sostituzione.

La figura 24 ce lo mostra ingrandito circa due volte.

Fig. 24

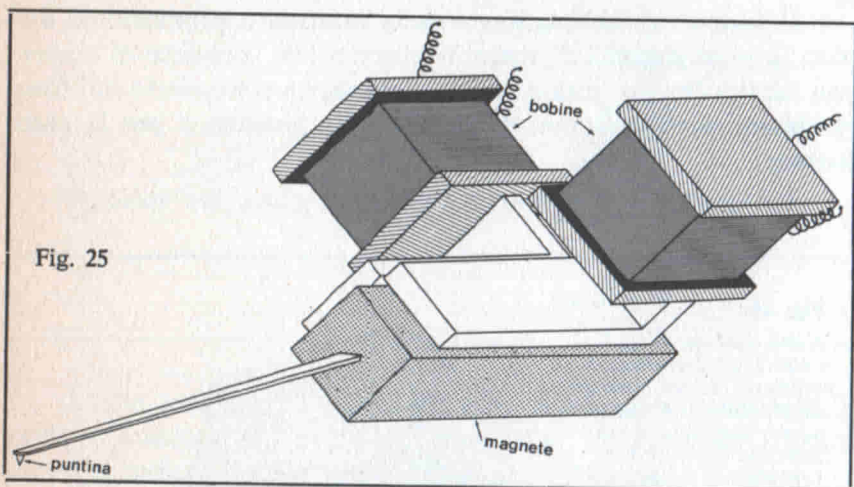
*Nelle testine attuali l'equipaggio mobile è montato in un sostegno di plastica che consente la sostituzione della puntina in maniera semplice e sicura.*



Quando il supporto viene introdotto nel corpo del fonorivelatore il magnete assume nei confronti di questo una posizione che lo pone in prossimità delle espansioni polari dei nuclei di due bobine fisse.

Dette espansioni polari, orientate a  $45^\circ$  rispetto alla verticale del piano, corrispondono ciascuna a una delle due facce del magnete che sono rivolte verso l'alto. Le due espansioni polari sono poste in evidenza nella figura 22.

Le due bobine sono avvolte ognuna attorno al suo nucleo la cui espansione polare capta le variazioni del flusso magnetico. La corrente indotta che ne deriva costituisce il segnale che, prelevato ai capi delle bobine, viene inviato ai due canali stereofonici. La figura 25 mostra la posizione delle espansioni polari e delle bobine.



Il magnete assume una posizione molto vicina alle espansioni polari perché, una volta collocato in sede, il suo supporto viene a trovarsi in diretto contatto con esse. La figura 25 non offre particolari riferimenti di confronto con le dimensioni reali, ma vuole essere soltanto una illustrazione schematica atta a rendere più chiaro il testo.

Nella figura 26 viene presentato il fonorivelatore magnetodinamico nel momento in cui una mano sta introducendovi il supporto del magnete.



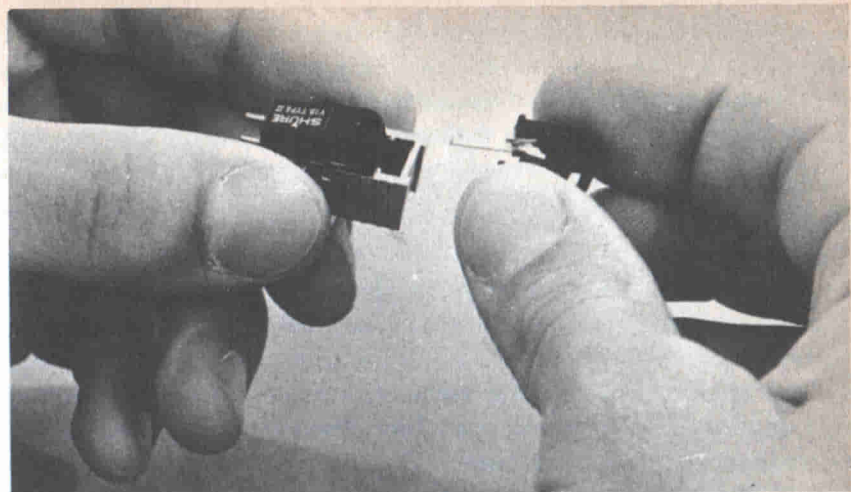


Fig. 26

*La foto mostra come si sostituisce l'equipaggio mobile di un moderno pick-up magnetico.*

Confrontandola con quella della mano, si potrà avere anche un'idea della reale dimensione del fonorivelatore che nella figura 27 si vede, completo del supporto della puntina e del magnete, applicato alla conchiglia del braccio.

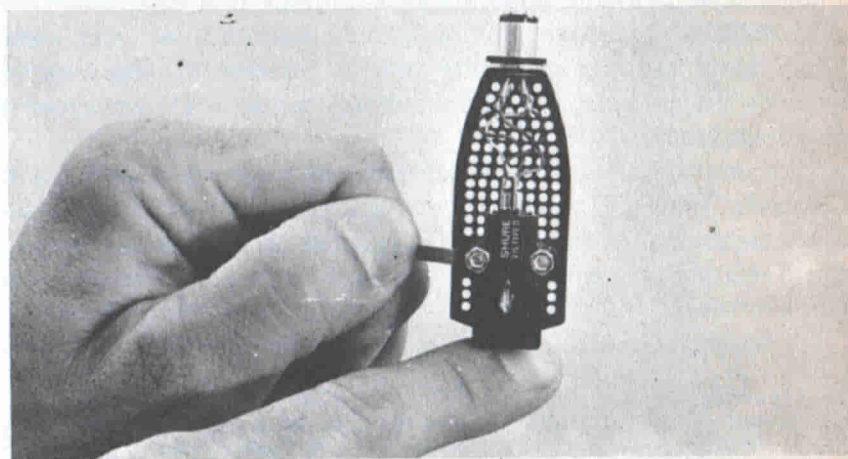


Fig. 27

*La testina montata sulla conchiglia standard di un ottimo braccio per giradischi.*

Ancora due parole sul funzionamento: è intuitivo che quando la puntina riceve il movimento da una parete del solco, questo movimento farà spostare la faccia del magnete ad essa parallela e la accosterà più o meno alla espansione polare che le corrisponde. Altrettanto avverrà per i movimenti suscitati dall'altra parete, che si rifletteranno sulla faccia del magnete prossima all'altra espansione polare. \*

La puntina ha il compito di rilevare le variazioni della modulazione delle pareti del solco e rappresenta il primo componente del fonorivelatore.

In termine più corretto viene chiamata « stilo permanente ». In termine più corretto ancora, dovrebbe essere chiamata semplicemente « stilo », perché non è affatto vero che la sua durata sia illimitata come l'aggettivo « permanente » potrebbe far credere.

Costruita con materiali molto più duri dell'acciaio, in dotazione a fonorivelatori molto più leggeri di quelli che equipaggiavano i grammofoni e radiogrammofoni del passato, resiste all'usura per un tempo eccezionalmente lungo.

Alla sua prima comparsa, un aggettivo di opposizione alle puntine tradizionali che servivano per un solo disco e che stavano tramontando, era certamente giustificato.

Tuttavia la sostituzione, sia pure a lunghi intervalli, è tutt'ora necessaria e l'aggettivo « permanente », svuotato del suo significato di contrapposizione alle vecchie puntine oramai completamente dimenticate, è da considerare inutile e di conseguenza da abbandonare.

La puntina, o stilo, viene attualmente costruita in zaffiro o in diamante. Quella di zaffiro ha una durata molto più breve e un costo decisamente inferiore alla puntina di diamante; serve i fonorivelatori piezoelettrici per evidenti ragioni di carattere economico.

I fonorivelatori magnetici sono tutti equipaggiati con pun-

---

\* Una tecnica più raffinata che mira a ridurre la massa dell'equipaggio mobile viene applicata su un tipo di fonorivelatore magnetico detto a « magnete indotto ». In questo caso all'estremità dell'astina non c'è un magnete, ma un collarino di materiale ferroso che viene magnetizzato per induzione essendo immerso in un forte campo generato da un grosso magnete fisso.

tina di diamante e d'ora in poi tratteremo esclusivamente di questa.

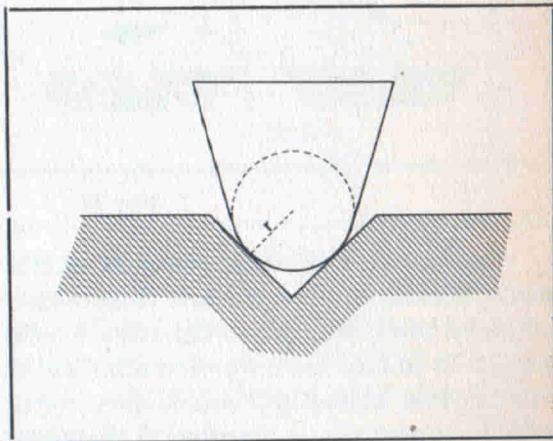
I tipi di puntina attualmente più adoperati sono due: la conica e l'ellittica.

La puntina conica, come l'appellativo suggerisce, è costituita da un cono rovesciato che presenta al vertice una smussatura a forma di segmento di sfera e sulla cui tangenza prosegue la superficie del cono. L'inclinazione di questa sulla base è superiore a 45 gradi, così da permettere alla porzione sferica che rappresenta il vertice, di prendere contatto con le pareti del solco che hanno appunto una inclinazione di 45°.

Il raggio della porzione sferica è in media di 15 micron e la figura 28, ingrandita 1.000 volte, mostra in sezione frontale, o meglio radiale, perché segue un raggio del disco, il contatto fra puntina e pareti del solco.

Fig. 28

*La sezione molto ingrandita di una puntina nel solco del disco. Si osservi il contatto solo sui fianchi*



Si noti che la puntina prende contatto con le pareti senza toccare il fondo del solco.

La puntina ellittica, in virtù della sua forma, prende contatto con una superficie notevolmente ridotta nei confronti della precedente, così che può seguire anche le più piccole deviazioni della parete modulata, che la conica non riuscirebbe a penetrare.

Richiede una lavorazione più accurata della puntina conica e il suo prezzo, ovviamente, è più elevato.

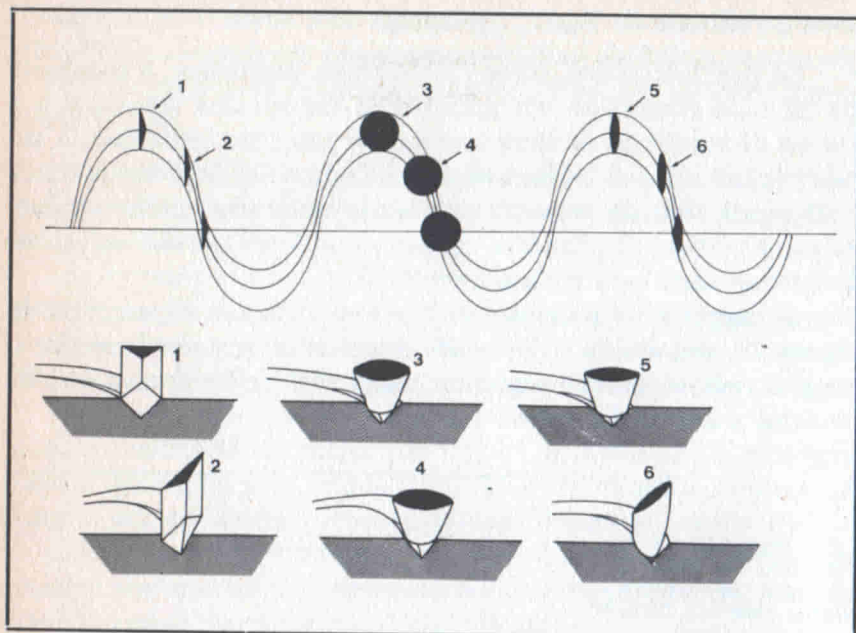


Fig. 29

In sezione radiale si presenta simile alla conica in quanto, come questa, deve avere una dimensione tale da farle prendere contatto con le due pareti del solco e nello stesso tempo non farle toccare il fondo. Anzi, rispetto alla conica, è leggermente maggiorata, poiché la sua più valida possibilità di penetrazione consiglia di aumentare il margine di distanza dal fondo del solco. Il suo raggio di curvatura in genere è di 18 micron.

La vediamo nella figura 30 in sezione radiale e, come le altre, ingrandita 1.000 volte. Il raggio di curvatura è rappresentato nella dimensione più frequentemente adoperata di 18 micron.

Si notano nella figura 30 i raggi dell'arrotondamento della superficie di contatto. Detti raggi, a seconda della qualità della puntina, possono variare da un minimo di 5 a 10 micron, e la

*La puntina ellittica  
vista in sezione  
frontale e dall'alto.  
Si osservi come  
questa forma del  
taglio consenta di  
ridurre il raggio  
di curvatura laterale  
permettendo  
una maggiore  
infiltrazione nelle  
sinuosità più  
strette del solco.*

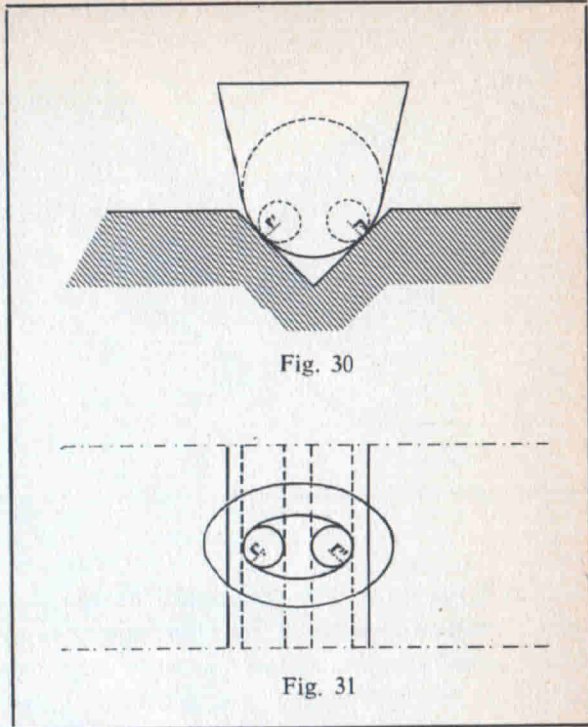


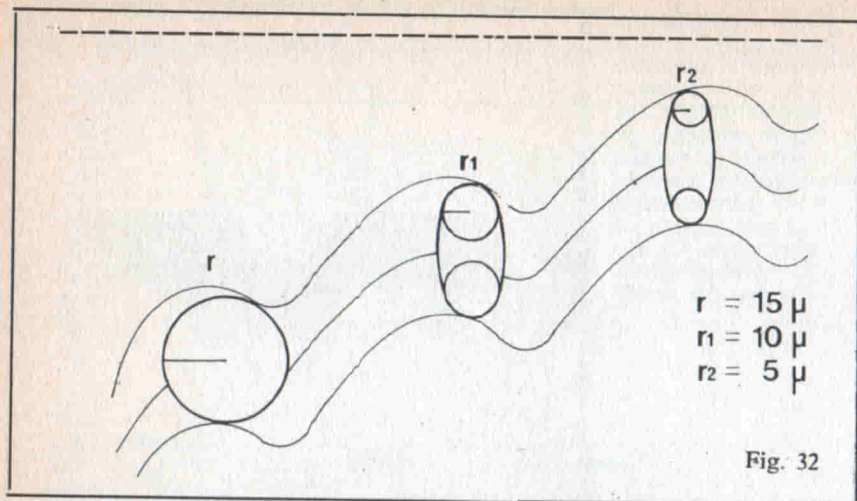
Fig. 30

Fig. 31

puntina ellittica si comporta come se fosse costituita da due sfere di quella dimensione e fra di loro collegate.

E' evidente che le puntine il cui arrotondamento della superficie di contatto corrisponde a 5 micron di raggio, sono le migliori ed è con questa misura, sempre ingrandita 1.000 volte, che l'immagine radiale, sezionata nel punto di contatto e vista dall'alto, viene presentata nella figura 31.

Nella figura 32, al solito ingrandita 1.000 volte, viene messa a confronto la maniera di prendere contatto con la parete del solco di una puntina conica dal raggio di 15 micron, e di due ellittiche dal raggio di contatto rispettivamente di 10 e 5 micron. Sulle pareti appare evidente la modulazione dell'incisione. La linea tratteggiata in alto, rappresenta il punto intermedio di separazione fra due solchi che può essere raggiunto, ma non oltrepassato, dall'incisione.



La linea di lavoro della puntina lungo la parete del solco si sposta continuamente, accostandosi ora verso il fondo, ora verso il margine, perché la modulazione combinata delle due pareti costringe la puntina stessa a continue variazioni di penetrazione imprimendo, come si è già visto, una componente di verticalità al suo movimento.

Si tenga presente, a questo proposito, che la modulazione della parete non varia ai diversi livelli di profondità, perché le sue deviazioni sono solo relative al senso longitudinale e, pertanto, la parete si presenta come un nastro ondulato e piegheggiato secondo quanto il suono da fissare ha richiesto.

Questo spiega come, nel rispetto dei limiti che mantengono la puntina in valido contatto con le due pareti, il raggio di curvatura frontale possa venire scelto, per le ellittiche, di dimensioni diverse a seconda della preferenza della casa costruttrice.

I limiti da rispettare debbono essere tali da impedire che un raggio troppo corto consenta alla puntina di raggiungere il fondo del solco e che un raggio troppo lungo non la faccia avvicinare eccessivamente al margine della parete.

Si è già visto che il raggio della puntina conica è comune-

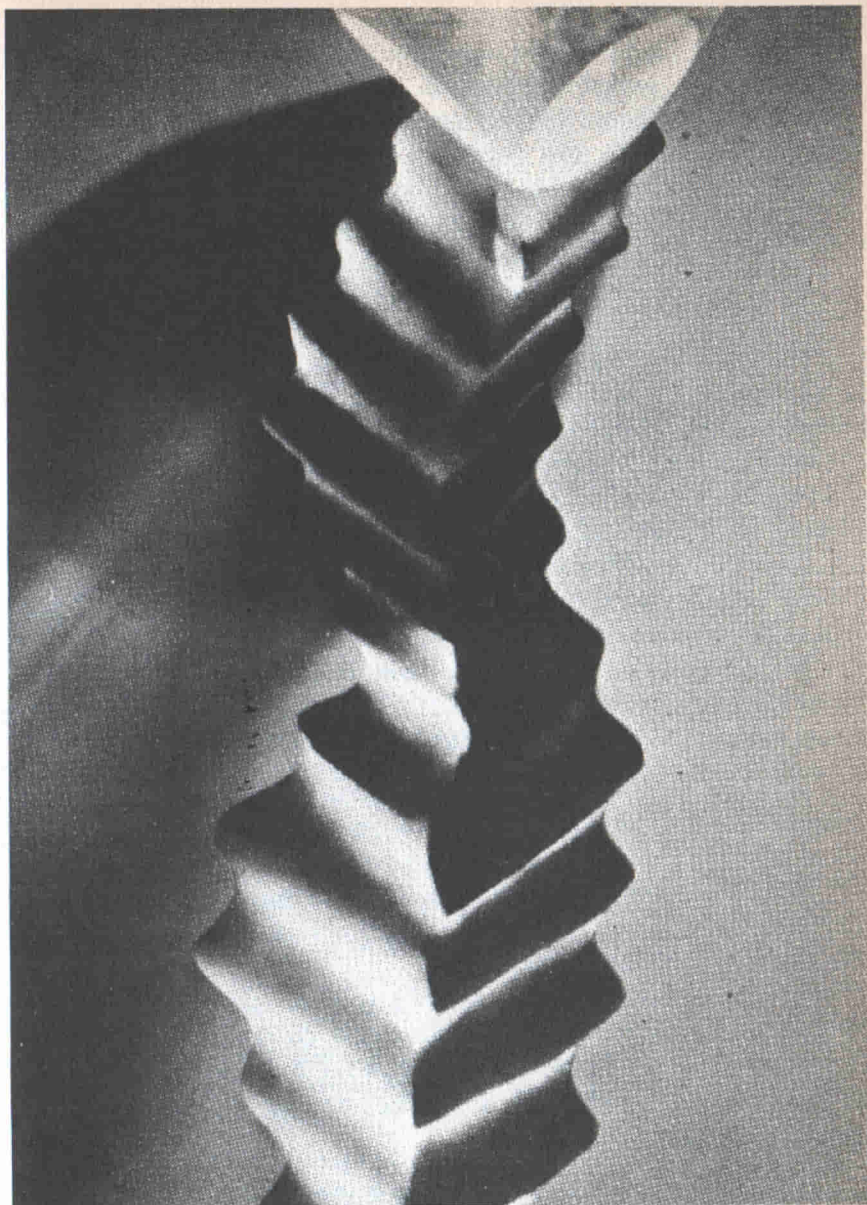


Fig. 33

*Questa macrofotografia rappresenta un solco inciso. In alto si vede la puntina.*

mente di 15 micron. In questo caso, aumentarne la misura significherebbe anche aumentare la misura della superficie di contatto e questo comporterebbe un peggioramento della risposta.

Spesso le dimensioni del raggio di curvatura sono espresse in pollici e pertanto non sarà cosa inutile riportare l'equivalente di alcune delle misure più adottate:

18 micron = .0007"

15 micron = .0006"

10 micron = .0004"

5 micron = .0002"

Oltre alla possibilità di adattarsi con la sua forma all'incisione, la puntina deve essere sostenuta da un equipaggio mobile estremamente cedevole.

Maggiore è la cedevolezza, maggiore è la capacità della puntina di seguire i vertiginosi movimenti che le vengono imposti. Inoltre, maggiore è la cedevolezza, minore pressione di appoggio sul disco viene richiesta al fonorivelatore.

Le misure di cedevolezza orizzontale e verticale sono riportate nelle caratteristiche in centimetri/dina.

Per un peso di appoggio del fonorivelatore sul disco intorno a 1 grammo, una cedevolezza orizzontale di  $35 \times 10^{-6}$  cm/dina e una verticale di  $25 \times 10^{-6}$  cm/dina, è da ritenere ottima.

La resistenza all'usura della puntina di diamante, specie se adoperata con fonorivelatori a bassissima pressione di appoggio, è di circa un migliaio di ore di lavoro.

Bisogna comunque fare attenzione a non insistere troppo con puntine usurate che, oltre a fornire una cattiva riproduzione, possono rovinare i dischi.

E' consigliabile tenerne sempre una di scorta e quando la riproduzione comincia a sembrare meno chiara, una prova con la puntina nuova dimostrerà se il difetto è da imputare all'usura della vecchia, oppure ad altra ragione che potrà venire ulteriormente indagata.

La qualità di un fonorivelatore è condizionata pertanto da fattori di ordine meccanico e fattori di ordine elettromagnetico.

I fattori di ordine meccanico interessano la puntina e il complesso mobile che la sostiene.



La puntina, ai fini di una buona riproduzione, deve avere forma e dimensioni tali da consentire un perfetto adattamento alla modulazione dell'incisione. La migliore è quella ellittica dal raggio frontale di circa 18 micron e di 5 micron quello di contatto.

La puntina inoltre deve possedere un alto grado di cedevolezza che le consenta di lavorare a bassa pressione di appoggio e, al tempo stesso, con ampia possibilità di movimento.

Al complesso mobile, dal punto di vista meccanico, si richiede una rigida connessione col supporto della puntina e che la sua inerzia sia più bassa possibile.

I fattori di ordine elettromagnetico, in buona parte condizionati da quelli meccanici, debbono essere tali che il fonorivelatore possa rilevare, col minimo di distorsione, una gamma di frequenza compresa fra 20 e 20.000 Hz, che presenti una separazione fra i due canali stereofonici (diafonia o crosstalk) di almeno 20 dB a 1.000 Hz, e che la differenza di sensibilità fra i due canali non superi i 3 dB.

Il fonorivelatore a riluttanza variabile, la cui puntina è collegata a una barretta flessibile di acciaio che porta anche la piccola armatura sud del magnete, ha doti di cedevolezza, inerzia ed elettromagnetiche sufficienti, ma comunque difficilmente perfezionabili.

Il fonorivelatore a bobina mobile presenta notevoli difficoltà tecniche di costruzione. Ottenuto adoperando tutte le risorse che la meccanica di precisione è in grado di offrire, si distingue per gli ottimi risultati, tanto sulle doti di cedevolezza, che di inerzia, che di risposta elettromagnetica. Il suo prezzo è necessariamente alto ed occorre molta cautela nell'adoperarlo, perché particolarmente delicato a causa della complessità e della miniaturizzazione dei suoi componenti.

Il fonorivelatore magnetodinamico si presenta con il complesso mobile tutto compreso nel supporto che alloggia il magnete. L'estrema semplicità di progettazione offre delle possibilità costruttive che, nei modelli più curati, rasentano la perfezione. Non facile a venire danneggiato, ogni qualvolta si cambia

la puntina anche il complesso mobile si rinnova completamente. I suoi elementi fissi, bobine e relativi nuclei, in quanto fissi, risultano robusti e di facile realizzazione.

Il solo aspetto negativo risiede nel costo della puntina che è piuttosto elevato. Giova tuttavia ricordare che la durata di una puntina è talmente lunga, che il prezzo, diluito nel tempo, ha un aspetto più apparente che reale.

I fonorivelatori magnetici hanno una tensione di uscita dell'ordine di 3-6 millivolt e i migliori, in genere, sono quelli che presentano la tensione meno elevata.

A causa del basso rendimento è necessario adoperare questo tipo di rivelatori con un preamplificatore che provveda a rinforzarne il segnale da 100 a 500 volte circa. D'altra parte, il preamplificatore si rende necessario anche per provvedere alla equalizzazione.

Il peso del fonorivelatore, sia a bobina mobile che magnetodinamico, varia da 5 a 7 grammi.

Il suo peso d'appoggio sul disco, che non deve superare i 3 grammi, si può trovare anche indicato con la lettera « p » e si deve intendere in questo caso, che il valore di 1 p è uguale al valore di 1 grammo.

I migliori fonorivelatori lavorano a una pressione di appoggio prescritta da 0,5 a 1,5 grammi.

I collegamenti del fonorivelatore vengono effettuati con fili dal colore stabilito secondo un codice internazionale. Sul corpo del fonorivelatore, il punto di attacco per ciascun filo è indicato con lettere nella maniera che segue:

Canale sinistro caldo	=	L o LS filo bianco
Canale destro caldo	=	R o RS filo rosso
Canale sinistro massa	=	LG filo blu
Canale destro massa	=	RG filo verde

Qualche volta la massa dei due canali è comune e si indica con la lettera « G », mentre il filo che la collega è di colore nero.

I fonorivelatori hanno un sistema di attacco standard con fori per due viti distanti, a centro foro, 12,7 millimetri (1/2 pol-

lice) per il fissaggio al supporto che si innesta nella conchiglia del braccio.

L'impedenza di carico di cui necessitano è in genere di 47 kilo-ohm. Per non deviare dall'argomento, il significato di impedenza verrà spiegato in seguito. [7]

## Il giradischi

Il giradischi fa ruotare il disco alla velocità costante richiesta e sostiene il fonorivelatore nelle condizioni idonee alla lettura del solco. L'alta possibilità di percezione dei fonorivelatori magnetici e la forte amplificazione alla quale è destinato il loro segnale impongono per il giradischi una qualità di costruzione tale da impedire, o almeno limitare per quanto è possibile, che vengano introdotti rumori estranei al suono da riprodurre. Le parti essenziali del giradischi sono: la piastra di sostegno, il motore, il sistema di trasmissione, il piatto e il braccio.

La piastra di sostegno, semplice e robusta, viene sospesa elasticamente per limitare il danno che eventuali vibrazioni prodottesi nell'ambiente potrebbero recare alla riproduzione. Infatti, lavorando con pesi di appoggio molto bassi, basta una piccola sollecitazione alla piastra per far saltare la puntina dal solco.

Il motore, a propulsione elettrica, viene costruito in due versioni: il sincrono e l'asincrono. Il più diffuso è il sincrono che basa la costanza della sua velocità su quella della frequenza di rete della corrente alternata.

Nonostante che la frequenza di rete sia rigidamente costante, è utile che il giradischi sia provvisto di un controllo (meccanico o elettrico) che permetta di variare la velocità di rotazione fino a  $\pm$  il 5%. Con questo controllo si corregge una eventuale piccola differenza legata a possibile imperfezione del motore o della trasmissione.

La correzione si effettua osservando lo « stroboscopio » che può essere rappresentato da un dischetto di cartone, oppure direttamente stampato sul piatto.

Lo stroboscopio indica la giusta velocità a patto che se ne prenda visione a luce artificiale alimentata dalla corrente alternata di rete.

Si può avere un'idea della qualità del motore sincrono, prendendo atto del numero dei poli. In genere più alto è questo numero migliore è il motore. A 4 poli si ha il minimo accettabile. Esistono comunque motori a 8, 16, 24 poli, o addirittura quelli detti a « polo continuo ».

Il piatto deve essere ampio e sufficientemente pesante. E' per merito della sua energia cinetica che la costanza della velocità non viene influenzata dalle variazioni di attrito del perno, della trasmissione e della puntina nei diversi passaggi. Assicurare la costanza della velocità di rotazione, significa evitare quel disturbo denominato « wow and flutter ». \*

Un diametro di 30 cm. consente inoltre un buon alloggiamento del disco.

Costruito in metallo non magnetizzabile il piatto è bilanciato staticamente e dinamicamente.

La trasmissione del movimento viene effettuata con il sistema a pulegge e cinghia, oppure tramite una ruota in gomma che agisce sul bordo interno del piatto. La trasmissione a cinghia garantisce totalmente che non vengano trasferite eventuali vibrazioni provenienti dal motore.

Tuttavia alcune marche preferiscono rimanere fedeli alla trasmissione a ruota, costruendo con questo sistema giradischi e soprattutto cambiadischi ad alto livello qualitativo, che rispondono bene alle esigenze dell'alta fedeltà. \*\*

---

\* Il « wow and flutter », espressione inglese che indica le fluttuazioni lente o rapide della velocità di rotazione, si esprime in valori percentuali. Una percentuale dello 0,2% o minore di wow and flutter non è percepita dall'orecchio umano.

\*\* I giradischi e cambiadischi automatici possono avere dei problemi di attrito del braccio a causa degli automatismi ad esso collegati. Non di meno, però, alcuni dei migliori modelli attuali non presentano inconvenienti poiché il collegamento meccanico del braccetto con gli automatismi si stacca quando inizia la riproduzione del disco.

Il giradischi deve avere un commutatore per la scelta della velocità di rotazione fra 33,33 e 45,11 giri al minuto primo. Le velocità di 16,2 e di 78,26 non interessano, in quanto i dischi corrispondenti non sono a riproduzione fedele.

Il braccio è costituito da un'asta imperniata ad una sua estremità in maniera che gli siano consentiti movimenti sia in senso orizzontale che verticale.

All'estremità libera viene fissata rigidamente la « conchiglia » che accoglie il fonorivelatore.

Scopo del braccio è appunto quello di tenere il fonorivelatore appoggiato sul disco nelle condizioni più idonee che permettano alla puntina di « leggere » la modulazione del solco.

Perché queste condizioni siano veramente idonee, il braccio deve possedere determinati requisiti ed essere corredato di quei dispositivi che lo mettano in grado di assolvere bene il suo compito.

La prima condizione richiesta è che il braccio si comporti come un supporto completamente passivo e che consenta la possibilità di un perfetto bilanciamento, in modo che gli si possa successivamente applicare quella forza che offre l'esatta pressione di appoggio richiesta dal fonorivelatore adottato.

Così come è concepito, il braccio soddisfa completamente questa prima esigenza.

E' facile ottenerlo rigido, cioè resistente alla torsione, e nel contempo leggero, perché venga ridotto al minimo il suo effetto di inerzia.

Perfettamente attuabile il suo « bilanciamento dinamico », ossia quel bilanciamento che interessa tutti i possibili piani operativi, mediante un contrappeso regolabile applicato al di là del suo centro di rotazione.

Lo snodo che gli consente i movimenti orizzontali e verticali nei giradischi di elevata qualità è rappresentato da un giunto cardanico, e quattro piccoli cuscinetti a sfere provvedono ad eliminare virtualmente ogni attrito, conferendo al braccio il requisito indispensabile per pilotare i moderni fonorivelatori la cui pressione di appoggio può variare fra un limite minimo di 0,5 e un massimo di 3 grammi.

La pressione di appoggio viene fornita da un piccolo peso a cavaliere oppure da una molla regolabili.

Il braccio descritto risponde perfettamente ai requisiti finora richiesti. Tuttavia si pretende dal braccio ancora un ultimo requisito che purtroppo non ha, cioè di condurre il fonorivelatore con il suo asse costantemente tangente al solco che la puntina legge momento per momento, sì che questa si trovi nelle stesse condizioni di rapporto nelle quali aveva operato il cesello di incisione, procedendo dalla periferia verso il centro lungo un raggio del disco.

Condotto dal braccio, il fonorivelatore descrive invece un segmento di cerchio e si scosta necessariamente dalla linea ideale.

Il braccio stesso, e questo è importante per il suo comportamento dinamico, è nella assoluta impossibilità di rimanere tangente al solco.

Prima di procedere oltre è bene precisare che il comportamento del braccio è sempre conseguente alla sua situazione geometrica e che per braccio geometrico si deve intendere, in ogni caso, quel segmento di retta che va dalla puntina al centro di rotazione. Così pure la lunghezza del braccio si misura sempre fra questi due punti, qualunque possa essere la sua forma e la sua dimensione apparente.

L'impossibilità del braccio di rimanere tangente al solco viene appunto detta « errore di tangenzialità » che a sua volta determina tre distinti inconvenienti.

Per comprendere il significato di questi inconvenienti sarà utile soffermarci ad osservare in figura alcune costruzioni geometriche del braccio teoricamente possibili e considerare come il braccio in queste costruzioni si comporta.

Nella figura 34 viene mostrato come il braccio, che può essere tangente alla spirale della incisione una sola volta e in un solo punto, si comporta quando viene scelta la tangenza sulla spira più periferica.

Vediamo subito che il percorso del fonorivelatore si discosta in maniera considerevole dal percorso ideale, e che l'errore aumenta procedendo dalla periferia verso l'interno.

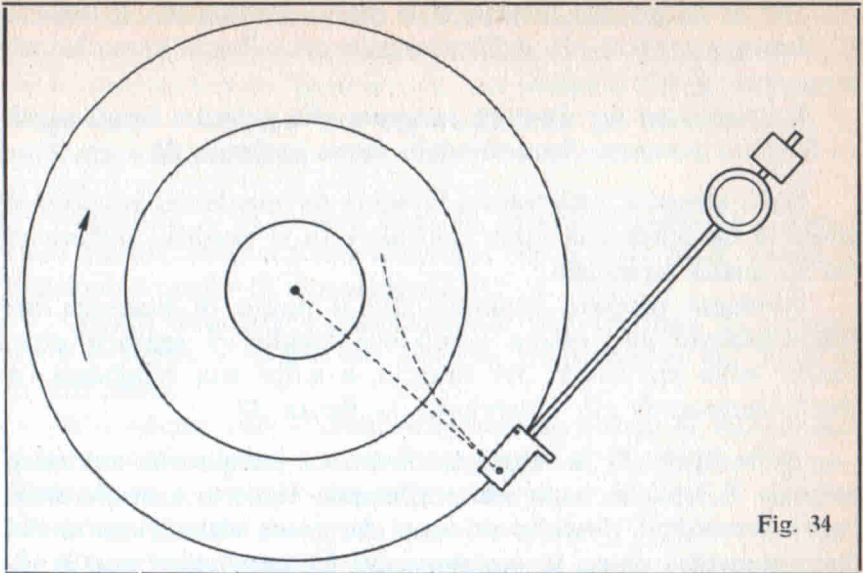


Fig. 34

Nella figura 35 poniamo il braccio tangente alla spirale centrale.

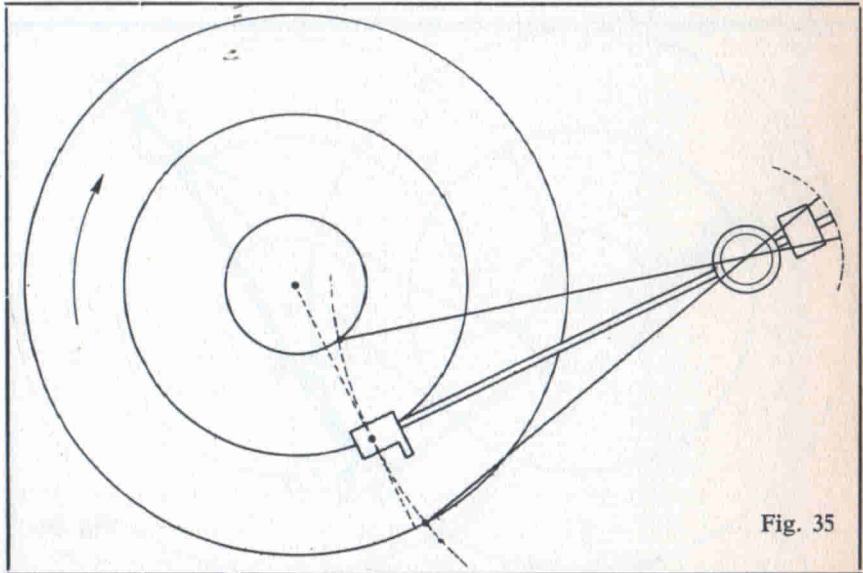


Fig. 35

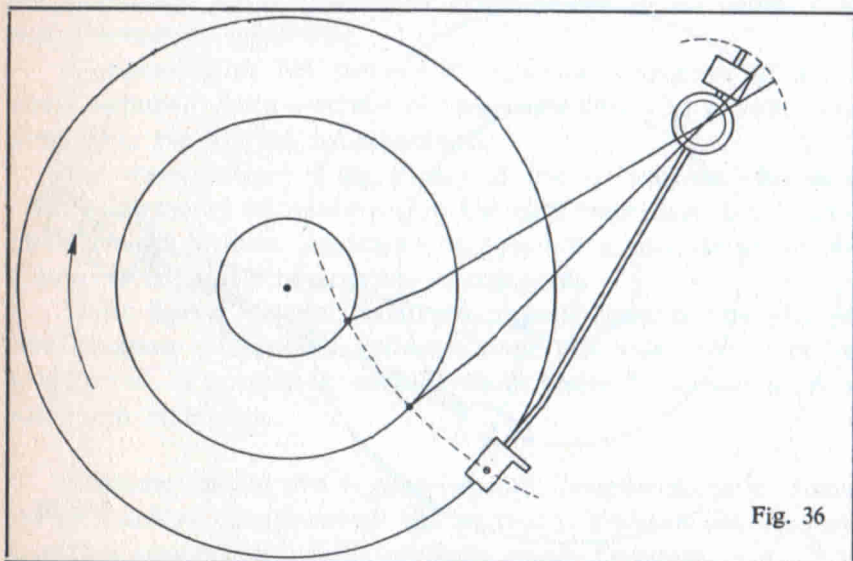
Qui vediamo che l'errore si è molto ridotto, ma il braccio si allontana sempre più dalla tangenza procedendo verso la prima e verso l'ultima spira.

Lo possiamo far divenire tangente alla prima e fargli seguire il solito percorso, incurvandolo come in figura 36.

Naturalmente, incurvando la parte terminale del braccio, si perde la tangenza alla spira centrale e la si peggiora ancora di più su quella terminale.

Abbiamo tuttavia imparato che il punto di tangenza del fonorivelatore può essere scelto ove meglio ci aggrada giocando sulla curvatura del braccio e sulla sua lunghezza. A dimostrazione di ciò osserviamo la figura 37.

Nella figura 37 la tangenza effettiva è stata scelta sul solco centrale. Il braccio, incurvato e allungato rispetto a quello delle figure precedenti, descrive un arco che passa oltre il centro del disco e mostra come la posizione del fonorivelatore non si discosti mai in maniera sensibile dalla tangenza del solco al quale il fonorivelatore corrisponde. Si noti che il braccio geometrico, indicato dalla linea tratteggiata, non è, e non potrà mai essere, tangente ad alcun solco della spirale.





E' stato detto prima che l'errore di tangenzialità dà luogo a tre inconvenienti, ma ci siamo soffermati ad osservare in figura le caratteristiche geometriche del braccio senza affrontare l'argomento. Vediamo ora separatamente gli inconvenienti di cui è stato fatto cenno.

La figura 37 ci mostra come la lettura secondo un segmento di cerchio comporti una sfasatura (da A a B) fra il tempo di incisione e quello di riproduzione.

Questa sfasatura è dell'ordine di una frazione di secondo fra il principio e la fine del disco la cui durata va dai 20 ai 30 minuti primi.

E' evidente che il confronto fra due valori di tempo così enormemente diversi ci pone in grado di considerare questo inconveniente solo da un punto di vista teorico e pertanto possiamo ignorare del tutto la sua esistenza.

Gli altri due sono l'« errore di traccia » e lo « slittamento ».

L'errore di traccia riguarda il comportamento della puntina quando il fonorivelatore non è allineato esattamente sulla tangenza del solco.

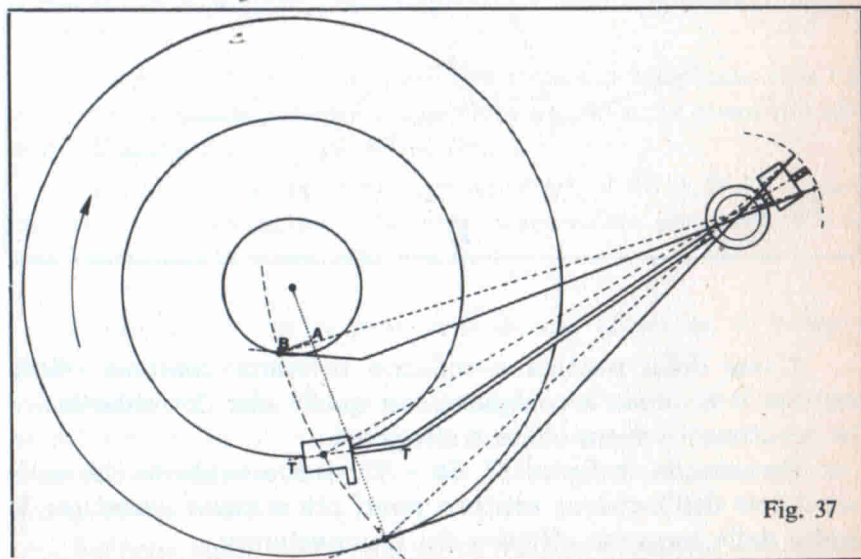
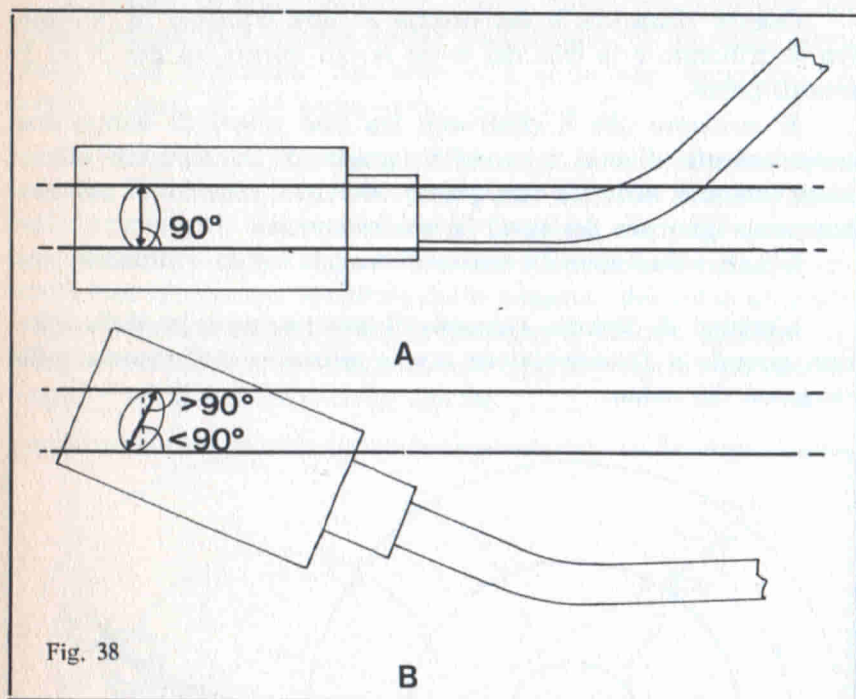


Fig. 37

Per trovarsi nelle stesse condizioni del cesello di incisione, la puntina dovrebbe prendere contatto con le pareti in maniera che il suo asse perpendicolare a quello del fonorivelatore sia perfettamente perpendicolare anche ad esse.

Diversamente si ha un mancato sincronismo fra la lettura dell'una e dell'altra parete.

La figura 38 ci mostra, nelle sue sezioni A e B, l'asse trasverso della puntina nella posizione corretta e in quella errata.



L'asse della puntina è indicato in tratto continuo. Nella sezione B è messo a confronto con quella che dovrebbe essere la posizione corretta che è tratteggiata.

Osservando le figure 35, 36 e 37 risulta evidente che sulla superficie dell'incisione esistono punti più o meno idonei per la scelta della tangenza effettiva del fonorivelatore.

Il più idoneo di tutti si trova su un segmento di cerchio che passa di una certa misura al di là del centro del disco (over-hang) ed è su questo arco, e solo su questo, che il fonorivelatore condotto dal braccio può essere realmente tangente su due punti diversi. Questi due punti corrispondono circa all'inizio e alla fine dell'incisione con un errore medio molto contenuto nelle posizioni intermedie.

La determinazione esatta della misura dell'« over-hang » è condizionata dalla lunghezza del braccio, dal suo grado di curvatura e dalla distanza del suo punto di articolazione dal centro del piatto. E' compito del costruttore stabilire la lunghezza e calcolare di conseguenza le altre caratteristiche.

Generalmente con bracci più lunghi, che descrivono un arco meno curvo, si ottiene un errore di traccia meglio approssimato.

Tuttavia la disposizione del braccio con il fonorivelatore fuori del suo asse impone che una certa curvatura venga mantenuta e pertanto vi sono dei limiti oltre i quali la lunghezza del braccio potrebbe risultare eccessiva.

Inoltre i bracci più lunghi presentano un ingombro maggiore e l'aumento del peso rende più sensibili gli effetti dell'inerzia.

I giradischi comuni hanno il braccio di una lunghezza intorno ai 175 millimetri che comporta un errore di traccia di circa 2° 30'.

Per l'alta fedeltà si adottano bracci la cui lunghezza può variare da un minimo di poco superiore ai 200 a un massimo che non va molto oltre i 280 millimetri.

L'errore di traccia viene contenuto fra 1° 45' e 1° 20' e questi valori di approssimazione sono largamente compatibili con una riproduzione veramente fedele.

L'ultimo dei tre inconvenienti dovuti all'errore di tangenzialità è lo slittamento.

Quando il fonorivelatore appoggia sul disco in rotazione, si determina fra la puntina e le pareti del solco una forza dovuta all'attrito che si riflette sul braccio secondo la sua configurazione geometrica.

Sebbene nella realtà non si verifichi mai questa situazione,

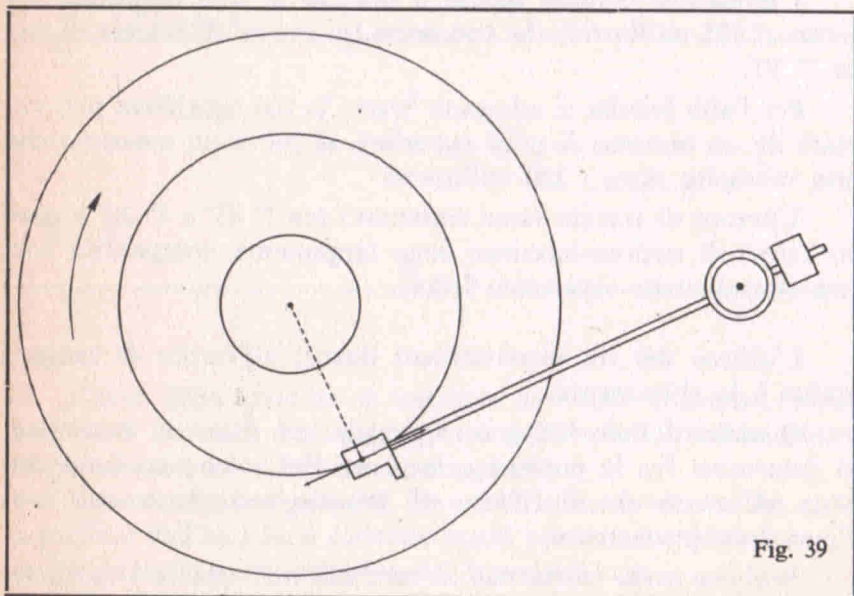
facciamo l'ipotesi del braccio tangente a un solco. Ricordando che per braccio si deve intendere quella linea immaginaria che dalla puntina va al centro di rotazione, vediamo il braccio tangente nella figura 39.

Nella figura il braccio si trova in linea con la forza applicata, rappresentata da una freccia che, venendo equilibrata dal perno di rotazione, mediante una forza uguale e contraria, non produce alcun effetto.

La figura 40 mostra un'altra situazione possibile che è poi quella corrispondente alla situazione reale.

Questa volta il braccio non si trova in linea con la forza applicata. Pertanto la forza applicata si scompone in altre due forze delle quali una viene sopportata dal perno di rotazione e l'altra agisce sul braccio stesso conferendogli una spinta in senso centripeto.

Si noti che la forza di attrito si applica sempre nel senso della tangenza del solco e che la scomposizione è condizionata dall'angolo che il braccio forma con la tangenza.



Essendo il fonorivelatore praticamente tangente in ogni momento, è lo stesso dire che la scomposizione è condizionata dall'angolo che il braccio forma con esso. La rigida connessione dei due componenti assicura la costanza di detto angolo e, ammessa per costante la forza applicata, anche la componente che causa la spinta centripeta risulta costante.

L'entità della forza di attrito è in rapporto alla pressione con la quale la puntina grava sul solco, alla forma della puntina stessa e al materiale di fabbricazione del disco.

L'attrito aumenta di fronte a una maggiore pressione e col diminuire del raggio di curvatura della superficie di contatto della puntina.

Con la puntina ellittica di 5 micron, a parità di peso di appoggio, si ha una forza di attrito più elevata e di conseguenza un effetto di slittamento (effetto skating) maggiore che con le altre.

A causa dello slittamento la puntina preme di più sulla parete interna del solco dando luogo a una diversa risposta alla lettura fra parete interna ed esterna, il che comporta una alterazione della riproduzione stereofonica.

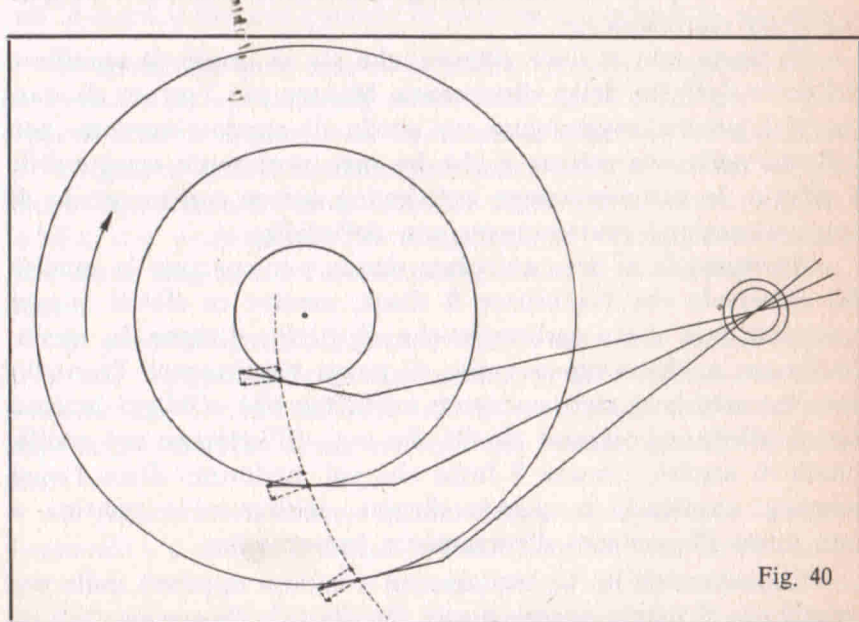


Fig. 40

Inoltre la parete interna del solco è soggetta a maggiore usura e a un'usura non uniforme va incontro anche la puntina.

Si rende pertanto necessaria l'applicazione di una forza uguale e contraria che agisca sul braccio in senso centrifugo. Questa forza viene appunto chiamata « compensazione antiskating » e la si può ottenere con sistema a molla, a contrappeso, o magnetico.

Dando per costante la qualità del materiale di costruzione del disco, il dispositivo antiskating dovrà avere una possibilità di regolazione che tenga conto del peso col quale il fonorivelatore grava e della dimensione del raggio di curvatura della superficie di contatto della puntina adottata.

In genere sono previste due scale di regolazione graduate secondo il peso, delle quali una è a disposizione per la puntina conica di 15 micron, l'altra per l'ellittica di 5 micron.

Apposite tabelle riferite sul libretto di istruzione che accompagna l'apparecchio consentono di apportare quelle variazioni che una puntina di diversa misura comporta.

La compensazione antiskating migliora decisamente la qualità della riproduzione.

Tuttavia non si deve ritenere che sia in grado di annullare del tutto l'effetto dello slittamento. Mentre per l'errore di traccia si è potuto raggiungere un grado di approssimazione ben definito nella sua misura e che ha reso veramente trascurabile il difetto, la compensazione antiskating agisce con un grado di approssimazione praticamente non definibile.

Anzitutto la si deve calcolare dando per costante la qualità del materiale che costituisce il disco, mentre in effetti questo materiale può avere caratteristiche di attrito diverse. In secondo luogo, anche ammesso che si possa raggiungere l'accordo per uno standard rigorosamente uniforme che obblighi le case discografiche a costruire dischi che non differiscano nel coefficiente di attrito, rimane il fatto che sul medesimo disco i vari passaggi musicali, in quanto diversi, obbligano la puntina a una presa di contatto diversamente impegnativa.

L'adozione di un piatto pesante è dettata appunto dalla necessità che il piatto possieda una inerzia tale da consentirgli di

mantenere costante la velocità di rotazione di fronte ai vari fattori che possono influenzarla. E fra questi fattori c'è anche la variazione di attrito cui è soggetta la puntina nei passaggi che comportano una incisione più complessa.

Lo slittamento non consente quindi quella compensazione che sarebbe desiderabile, ciononostante è giusto concludere l'argomento del braccio tradizionale affermando che, pur con i suoi difetti, questo braccio ha anche tanti pregi da conferirgli quei requisiti che lo rendono compatibile con una riproduzione del suono tale da soddisfare anche l'ascoltatore esigente.

Pur non intervenendo sulla qualità della riproduzione, un accessorio che non deve mai mancare è il dispositivo idraulico che frena la discesa e il sollevamento del braccio, poiché è essenziale alla buona conservazione dei dischi e della puntina.

Questo dispositivo, che in alcuni giradischi può funzionare anche automaticamente all'inizio e al termine del disco in ascolto, deve essere collegato a una leva che consenta di porlo in azione a volontà in ogni momento per interrompere la riproduzione, o avviarla in un punto diverso dall'inizio, senza toccare con le mani il braccio quando la puntina è appoggiata sul solco.

Il giradischi può essere corredato di altri dispositivi che permettono gli spostamenti automatici del braccio per l'inizio e per il ritorno in posizione di riposo al termine dell'audizione.

In genere questi automatismi, non essenziali ai fini di una buona riproduzione, sono malvisti dagli appassionati dell'alta fedeltà che preferiscono la semplicità di costruzione, perché garantisce meglio un funzionamento esente da rumori indesiderati.

E' però doveroso ricordare che l'evoluzione della tecnica ha ormai reso possibile la costruzione di giradischi automatici, o addirittura di cambiadischi, tali da poter reggere il confronto con i meno complicati, ma anche meno comodi, giradischi « manuali ».

Il giradischi di elevata qualità viene anche chiamato « professionale » e questo termine è stato fino ad oggi sinonimo di manuale. Tuttavia, proprio per quanto precedentemente detto, si comincia a parlare anche di giradischi « automatici professio-

nali », naturalmente in riferimento a quelli la cui qualità consente una riproduzione al massimo livello qualitativo e l'impiego di tutti i fonorivelatori, anche i più sensibili.

Un coperchio, generalmente in perspex, che protegga il giradischi dalla polvere, sia in condizione di riposo, sia in condizione di impiego, va considerato fra gli accessori indispensabili.

Non indispensabile, ma certamente utile, è il contaore di lavoro. Sarebbe gradita una sua larga diffusione, perché consente di giudicare lo stato di servizio della puntina e di provvedere quindi alla sua sostituzione prima che si manifestino gli effetti dell'usura sulla qualità della riproduzione e sulla integrità del disco.

Per quanto le fabbriche specializzate offrano dei giradischi veramente ottimi, c'è chi preferisce procedere all'acquisto separato del motore, del braccio e di altri eventuali accessori. Si segnala pertanto la possibilità di reperire i componenti, anche di diversa marca, che l'acquirente potrà poi collegare secondo la sua preferenza.

A questo proposito non si può tacere l'esistenza di un supporto che guida il fonorivelatore nelle stesse condizioni del cello di incisione, eliminando di conseguenza tutti i difetti derivanti dall'errore di tangenzialità: si chiama « braccio radiale » e risolve completamente i problemi inerenti la conduzione del fonorivelatore.

Tuttavia la sua diffusione è stata fino ad oggi piuttosto limitata perché si tratta di un apparato complesso, dotato di due motorini supplementari e di un sistema di servo comando, che comporta un prezzo di vendita particolarmente elevato.

A parte il costo, i suoi pregi sono certamente tali da meritare l'attenzione dell'appassionato esigente che potrà prenderne visione nei negozi specializzati. \*

---

\* Le osservazioni si riferiscono al braccio americano Rabco SL - 8 E che ha caratteristiche particolarissime e prestazioni eccellenti. Il prezzo, però, è molto alto, sulle 300 mila lire. Vi sono anche altri giradischi che montano bracci radiali; per esempio il B & O 4000.



Di recente è stato introdotto sul mercato un giradischi che può essere definito interessante.

Si presenta con un braccio di concezione nuova per quanto riguarda il suo collegamento con la conchiglia che avviene tramite uno snodo che permette una rotazione e una conseguente variazione dell'angolo.

Una biella provvede a un ulteriore collegamento fra la conchiglia e un punto fisso in prossimità del centro di rotazione del braccio.

Ne deriva un complesso che si comporta come un pantografo e nella figura 41 si può osservare una veduta dell'insieme e del comportamento geometrico.

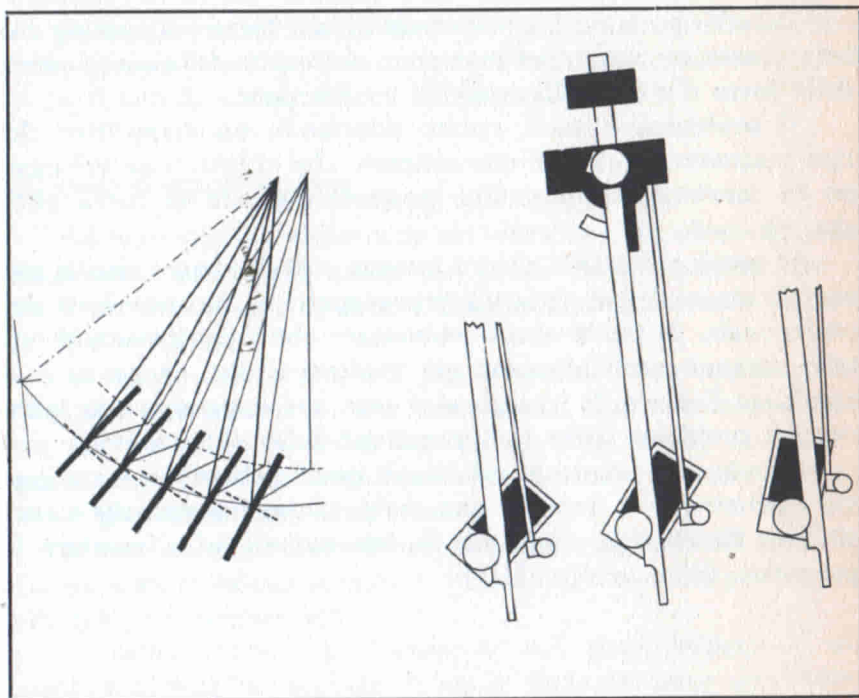


Fig. 41

*Il disegno mostra la correzione dell'angolo di tangenza del braccio rispetto ai solchi del disco effettuata mediante il sistema a "pantografo". Il braccetto a pantografo viene attualmente montato sul giradischi Garrard Zero 100.*

La puntina segue un arco che passa per il centro del disco, e i punti di applicazione dello snodo della conchiglia e degli snodi di biella sono calcolati in maniera che la conchiglia e il fonorivelatore, ad essa solidale, si trovino sempre sulla tangenza del solco.

L'errore di traccia viene così eliminato, almeno nei limiti che la meccanica di precisione consente.

Tuttavia l'angolo fra fonorivelatore e braccio è soggetto a una variazione non indifferente, nel senso che è massimo all'inizio e minimo al termine dell'incisione.

A sua volta la componente della forza d'attrito va incontro a una analoga variazione e lo slittamento sarà massimo all'inizio e minimo al termine.

Occorre pertanto l'applicazione di una forza antiskating che tenga conto, momento per momento, dell'entità della componente della forza d'attrito alla quale si contrappone.

Il problema è stato risolto adottando un dispositivo del tipo magnetico dotato di uno schermo che si interpone nel campo in maniera da diminuire progressivamente la forza antiskating.

Si potrà obiettare che un braccio così concepito risulta più complicato e di conseguenza più soggetto a inconvenienti del tradizionale. Si potrà altresì obiettare che i coefficienti di attrito saranno probabilmente più evidenti e che, anche se si è eliminato l'errore di traccia, si è reso nel contempo più laborioso il problema della compensazione dello slittamento.

Non si può negare la validità di queste obiezioni, ma è giusto ripetere che si tratta di una realizzazione interessante e non si deve dimenticare che sono le innovazioni ad alimentare il progresso della tecnica. \* [8]

---

\* Il Garrard Zero 100 è uno dei migliori giradischi attuali e il numero di esemplari venduti in tutto il mondo dimostra la validità di questa realizzazione.

# Amplificazione e collegamenti

Il segnale proveniente dalle sorgenti sonore ha una intensità di un ordine estremamente basso e pertanto è nella assoluta impossibilità di far funzionare direttamente i diffusori acustici.

Di qui la necessità di rinforzarlo adeguatamente, indirizzandolo attraverso un percorso costituito da una successione di tappe chiamate « stadi di amplificazione ».

## Gli stadi di amplificazione

Ad ogni stadio corrisponde un circuito i cui elementi principali sono uno o più transistori o valvole, a seconda che si tratti di un sistema di amplificazione transistorizzato oppure del tipo a valvole.

Il segnale, rinforzato nel primo stadio, viene applicato all'ingresso del successivo che lo rinforza ulteriormente, e così via, fino a giungere all'ultimo circuito dal quale si preleva quando ha raggiunto quella intensità che lo rende adatto a pilotare gli altoparlanti dei diffusori.

Il numero degli stadi di amplificazione dipende dal tipo dell'amplificatore, la cui potenza è, in linea di massima, più elevata più questo numero è alto.

I primi stadi sono compresi nel preamplificatore dal quale si ottiene un segnale di uscita della tensione dell'ordine di 1 volt.

Questo viene a sua volta applicato all'ingresso dell'amplificatore propriamente detto, o amplificatore di potenza, nel quale prosegue il suo cammino.

Come vedremo fra poco, il preamplificatore non si limita

ad elevare la tensione del segnale, ma provvede anche ad altre elaborazioni che si rendono indispensabili al corretto funzionamento che una riproduzione fedele richiede.

L'ultimo circuito, quello dal quale si preleva il segnale di uscita dell'amplificatore di potenza e che alimenta i diffusori, si chiama « stadio finale ».

Si intende per « sensibilità » di un apparato di amplificazione la misura del livello del segnale di entrata che occorre per ottenere, nei limiti di una risposta conforme alle caratteristiche, un determinato livello del segnale di uscita. Nel rispetto di questi limiti, più basso è il valore del segnale di entrata più alta è la sensibilità dell'amplificatore.

Negli impianti stereofonici la catena degli stadi di amplificazione è duplice, come duplice è il segnale che riceve. I due stadi finali che ne derivano hanno uscite separate per i due gruppi di altoparlanti.

Il collegamento che unisce i vari apparecchi del sistema avviene mediante cavi schermati, costituiti da due sottili fili isolati, che portano rispettivamente il segnale per il canale destro e per quello sinistro. Questi due fili sono ricoperti ciascuno da una calza metallica, come in una guaina che fa loro da schermo e che viene collegata ai suoi capi con la « massa » dei componenti congiunti dal cavo.

I cavi adottati sono del tipo schermato, perché il segnale che conducono è di un livello molto basso e destinato a una forte amplificazione. Qualunque carica elettrica di induzione, anche la più piccola immaginabile che dovessero incontrare nel loro percorso, passerebbe nei circuiti di amplificazione costituendo una ragione di disturbo non indifferente all'ascolto.

La guaina di calza metallica, o meglio lo schermo, intercetta queste eventuali cariche e le elimina scaricandole a massa.

E' buona norma fare in maniera che i cavi di collegamento siano più corti possibile. Si ridurrà così la resistenza che ogni conduttore offre in proporzione diretta alla sua lunghezza e si limiterà la possibilità di incontro con le correnti estranee di cui è stato detto.

Le spine, mediante le quali si innestano i cavi negli apparecchi, debbono essere tali da rendere impossibile l'inversione, garantendo che i contatti avvengano sempre secondo come sono stati predisposti.

Ne esistono di vari tipi fra i quali la spina « jack », molto usata in Giappone, la spina « pin » o « phono », detta anche americana, perché molto usata in America, e la spina « din » che si è andata sempre più affermando sugli apparecchi di marca europea.

Viene qui illustrata brevemente la spina din nella versione a 5 piedini.

La figura 42 mostra la parte femmina di questo tipo di attacco che viene adattata al pannello degli apparecchi. La parte maschio dell'innesto si applica agli estremi del cavo ed è facile immaginarne la forma, una volta conosciuta quella alla quale deve corrispondere.

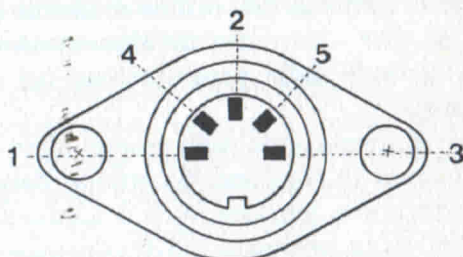


Fig. 42

Al piedino 2 viene sempre collegata la massa, al piedino 1 il canale sinistro e al piedino 4 il canale destro.

I piedini 3 e 5 rimangono a disposizione di un eventuale collegamento di uscita per il registratore, oppure dell'ingresso o dell'uscita di altri apparecchi che il costruttore riterrà opportuno e dei quali darà notizia nel libretto di istruzione.

I piedini sono numerati nella maniera indicata, perché originariamente la spina din era provvista solo di quelli che portano nella figura i numeri 1, 2 e 3.

Il piedino numero 4 e quello numero 5 sono stati aggiunti in seguito per aumentare la possibilità dei collegamenti, evitando sul pannello l'ingombro di ulteriori attacchi.

# L'alimentazione

Al funzionamento degli apparecchi di amplificazione è necessaria una corrente continua dell'ordine di alcune decine di volt. Questa corrente si dice « corrente di alimentazione » e la sua intensità varia a seconda della progettazione del tipo di apparecchio che alimenta.

La corrente di alimentazione deve essere, oltre che continua, rigorosamente costante in tensione. Si ottiene dalla corrente di rete che viene portata alla tensione voluta mediante l'uso di un trasformatore. Il circuito primario del trasformatore è generalmente predisposto per l'ingresso di valori diversi di tensione, in quanto diversa può essere, a seconda della località, la tensione standard di rete della quale ci si serve. Ma la corrente di rete, anziché continua, è una corrente alternata; inoltre il suo standard di tensione può essere soggetto a delle variazioni talora anche notevoli e brusche.

## L'alimentatore

Il gruppo di alimentazione, chiamato appunto alimentatore, deve pertanto provvedere a fornire una corrente la cui tensione corrisponda a quella necessaria, a trasformarla da alternata in continua e ad assicurarne la costanza anche di fronte a eventuali sbalzi della corrente di rete.

Ottenere la giusta tensione e una valida stabilizzazione non è cosa impossibile.

Per contro, da una corrente alternata non si ottiene mai una corrente perfettamente continua.

Un certo residuo di alternata, magari di intensità piccolissima, passa sempre, si introduce nei circuiti di amplificazione e provoca negli altoparlanti un ronzio alla frequenza di 50 Hz che è appunto la frequenza della corrente alternata.

In quei paesi la cui corrente alternata di rete ha una frequenza di 60 Hz (p.es. negli U.S.A.), naturalmente è a questa frequenza che il ronzio corrisponde.

Tuttavia è possibile costruire degli alimentatori dai quali esce un residuo di alternata talmente basso da renderli adatti a far funzionare anche gli amplificatori ad alta fedeltà. Un ronzio (hum), il cui valore è di 75 dB al di sotto della potenza nominale, passa per accettabile. Negli amplificatori di classe detto valore corrisponde a 90 e più dB, e in tal caso il ronzio può essere ritenuto inesistente.

Poiché l'amplificatore male sopporta le variazioni di tensione (particolarmente soggetto a danno è lo stadio finale di uscita), non sarà cosa inutile insistere sulla necessità che l'alimentatore mantenga perfettamente stabile la corrente. A garantire una ancora più sicura protezione, l'amplificatore viene poi dotato di fusibili o, meglio, di relè elettromagnetici.

E' necessario inoltre che i componenti dell'alimentatore siano largamente dimensionati, in maniera che l'apparecchio possa in ogni momento erogare con la massima disinvoltura la quantità di corrente richiesta dai due canali di amplificazione che alimenta. Questo spiega perché la misura dell'effettiva potenza dell'amplificatore (come vedremo fra poco) è valida solo a patto che venga considerata con entrambi i canali in funzione.

# Il preamplificatore

In un amplificatore gli stadi di amplificazione sono calcolati per un determinato livello e per una determinata impedenza del segnale di entrata.

Il segnale, proveniente dai vari componenti che lo generano, ha caratteristiche diverse da componente a componente.

Di qui la necessità di un apparato intermedio che adatti il segnale, qualunque sia la sua provenienza, all'ingresso dell'amplificatore.

Questo intermediario è il preamplificatore. Costituito da una unità separata, oppure montato in un corpo unico sul telaio dell'amplificatore stesso, riceve il segnale, mediante cavo schermato, attraverso vari ingressi che si allacciano alle sorgenti sonore di cui ci si vale.

Si distinguono anzitutto due tipi di ingresso: quelli a forte guadagno per bassi livelli di entrata e quelli a basso guadagno per segnali a livello relativamente alto.

Segnali a basso livello sono quelli provenienti dal fonorivelatore magnetico, dal microfono, dalla testina del registratore. Ad alto livello i provenienti dal fonorivelatore piezoelettrico, dal sintonizzatore e dalle uscite del registratore.

Il preamplificatore provvede anche alla equalizzazione del segnale, compensandone la curva di responso che per particolari ragioni tecniche subisce una modificazione in sede di incisione fonografica, radiotrasmissione e registrazione magnetica.

L'equalizzazione R.I.A.A. interviene sul segnale che entra per



l'ingresso del fonorivelatore magnetico, mentre gli ingressi del sintonizzatore e del segnale fornito dal nastro magnetico non hanno una loro equalizzazione propria, perché essa è già presente sia nel sintonizzatore (curva di deenfasi), sia nel registratore (curva NAB o IEC). Questi ultimi ingressi, perciò, hanno risposta perfettamente lineare.

Ingressi ed uscite sono sistemati sul pannello posteriore del preamplificatore e si possono elencare, a titolo indicativo, come segue:

Ingresso per fonorivelatore magnetico: talvolta doppio per permettere il lavoro con due piastre giradischi, cosa questa che può rivelarsi utile a livello semiprofessionale.

Ingresso per fonorivelatore piezoelettrico: raramente presente.

Ingresso per testina di piastra di registrazione a nastro magnetico (ormai in disuso).

Ingresso per microfono.

Ingresso per registratore.

Ingresso per sintonizzatore.

Ingresso ausiliario a basso guadagno, tramite il quale il segnale non va incontro a modificazioni di equalizzazione (praticamente identico ai due precedenti).

Ingresso per monitor: serve al controllo della registrazione quando si usa un registratore predisposto per questo uso.

Uscita per l'amplificatore finale.

Uscita per il registratore.

Sul pannello frontale trovano posto i vari comandi per la scelta del programma, per la regolazione ecc., che possono essere del tipo rotante, a leva, a pulsante o a cursore lineare.

La dotazione dei comandi varia da apparecchio a apparecchio a seconda delle necessità tecniche e delle preferenze personali che hanno guidato la mano al costruttore. L'elenco che segue, per quanto premesso, ha solo funzione approssimativamente informativa e viene redatto secondo la terminologia inglese, perché è quella adottata da quasi tutte le marche:

**Power:** accensione. Acceso ON, spento OFF. Si può trovare questo comando abbinato alla manopola del volume.

**Function o Signal Selector:** selettore di ingresso per fono magnetico, piezo, registratore, sintonizzatore ecc. Può essere rappresentato da un commutatore rotante oppure da una serie di pulsanti, tanti quanti sono i tipi di ingresso. Inserisce il circuito corrispondente al programma prescelto.

**Mode:** comando per la scelta del modo di funzionamento. Lo si può trovare ridotto ad un pulsante a due posizioni « Stereo » e « Mono ». Oppure più complesso a numerose posizioni, tra le quali la « Stereo Reverse » che inverte il segnale dei canali stereofonici.

**Blend:** riduce il livello di separazione dei canali. Può essere utile quando i due diffusori sono situati troppo distanti l'uno dall'altro.

**Presence:** il suo inserimento esalta la gamma delle frequenze fra 1.000 e 5.000 Hz circa. I suoni compresi in questa gamma, in particolare gli strumenti solisti e la voce, acquistano uno speciale rilievo, un maggiore effetto di « presenza ».

**Tape Monitor o semplicemente Monitor:** consente l'ascolto del nastro magnetico (tape) durante una registrazione effettuata con un registratore predisposto per questo controllo (con testine di registrazione e ascolto separate).

**Volume:** regola il livello generale del suono. Può essere doppio e agire separatamente sui due canali.

**Contour:** è il comando del volume fisiologico. Si rende necessario poiché, a basso livello di ascolto, il nostro orecchio percepisce meglio le frequenze centrali. Provvede pertanto a una correzione di rinforzo delle frequenze laterali quando si ascolta a basso livello. Da segnalare che su molti apparecchi, specie di marca americana, questo comando viene indicato, secondo me in maniera impropria, col termine di Loudness.

**Balance:** per equilibrare il livello sonoro dei due canali stereofonici come talvolta comandano le necessità dell'ambiente e la posizione dell'ascoltatore.

**Tone:** per attenuare o rinforzare le frequenze alte (TREBLE) o le basse (BASS). Detti comandi si possono trovare anche se-

parati a due a due, rispettivamente per il canale destro e per il canale sinistro. \*

**Rumble:** filtro che attenua le frequenze basse al di sotto di 150 Hz e più ancora al di sotto di 80 Hz. Elimina eventuali rumori, ma impone la rinuncia a un corretto livello di quelle frequenze.

**Scratch:** filtro che attenua le frequenze alte eliminando fruscii, sempre a patto che si accetti una rinuncia. In genere ha una posizione di taglio intorno a 10.000 Hz. Talora ne ha una seconda intorno a 5.000.

L'uso del transistor per la costruzione dei preamplificatori si è oramai imposto in maniera decisa, sia per ragioni di spazio, particolarmente apprezzabili quando l'apparecchio forma un complesso unico con l'amplificatore, sia per ragioni di qualità. I transistors debbono essere tutti del tipo al silicio, perché sono quelli che inducono meno rumori estranei. \*

Risposta di frequenza, fattori di distorsione, ronzio, livello di rumore di fondo, debbono necessariamente rispondere a caratteristiche conformi a quelle dell'amplificatore di potenza che deve ulteriormente elaborare il segnale. Da queste caratteristiche dipende la qualità dei due apparecchi. Si eviteranno inutili ripetizioni descrivendole nel capitolo seguente.

---

\* Alcuni preamplificatori di recente progettazione hanno un controllo di tono molto sofisticato, con vari comandi che agiscono su differenti zone della banda di frequenza. Tale sistema consente una regolazione molto efficace, mediante la quale si può procedere alla correzione dell'acustica dell'ambiente o, secondo una locuzione molto in uso, alla « equalizzazione ambientale ».

Attualmente sono presenti sul mercato anche apparecchi « equalizzatori ambientali » in unità separata, da inserire nella catena di un impianto ad alta fedeltà corredato con un preamplificatore normale.

\* Le tecniche più aggiornate sfruttano sistemi di preamplificazione a « circuiti integrati », cioè interi circuiti di numerosi componenti ridotti a dimensioni quasi microscopiche. Un circuito integrato di 2 centimetri di lunghezza può contenere fino a 10-15 transistors, altrettante resistenze e altrettanti condensatori.

# L'amplificatore

L'amplificatore eleva la tensione del segnale di uscita del preamplificatore al livello di potenza necessario per mettere in funzione gli altoparlanti dei diffusori. Per questa ragione è detto anche « amplificatore di potenza ».

Ingresso e uscite per il relativo collegamento con il preamplificatore e con i diffusori sono sistemati sul pannello posteriore. Sul pannello frontale trovano posto i comandi secondo la dotazione stabilita dal costruttore.

E' reperibile in commercio come unità separata, oppure costituente un corpo unico con il preamplificatore. In questo ultimo caso l'apparecchio è detto « amplificatore integrato ».

## Potenza di un amplificatore

La potenza di un amplificatore viene solitamente indicata con due diverse definizioni:

- a) potenza continua o efficace, o sinusoidale, o RMS power.
- b) potenza musicale.

Per potenza continua si intende la massima potenza che può essere ottenuta con un segnale continuo puro, cioè con una frequenza singola perfettamente sinusoidale. Esprime la massima potenza continua nei limiti di una minima distorsione della forma d'onda. \*

---

\* Un segnale sinusoidale applicato all'ingresso dell'amplificatore verrà trasferito all'uscita in maniera più o meno perfetta. Mano a mano che si aumenta la potenza, la sinusoide aumenterà di ampiezza fino ad un massimo oltre il quale le creste della sinusoide cominceranno ad appiattirsi (clipping). Questo massimo rappresenta l'ampiezza massima del segnale che può essere fornita dall'amplificatore. All'ampiezza corrisponde una tensione elettrica. Il quadrato di questa tensione diviso per il valore in ohm del carico all'uscita (altoparlante o resistenza di valore equivalente) dell'amplificatore rappresenta la potenza massima d'uscita dell'amplificatore.  $P = V^2/R$ .

Per potenza musicale si intende quel limite di potenza che consente l'ascolto, con un fattore accettabile di distorsione, di brevi punte orchestrali. In questo caso il valore di potenza è di circa il 30% superiore al valore indicato come « potenza continua ».

La potenza si misura in « watt », ma, da quanto detto, appare evidente che bisogna sempre aggiungere se si tratta di watt continui o di watt musicali. Comunque la maniera più corretta, la sola che garantisce l'effettiva potenza dell'amplificatore, è quella di indicare la potenza in watt RMS riferita per un carico di 8 ohm in regime sinusoidale per tutta la gamma da 20 a 20.000 Hz, al tasso di distorsione nominale, con entrambi i canali in funzione.

Da notare che alcuni fabbricanti indicano la potenza in « watt di picco ». Essendo questa potenza la massima ottenibile solo per brevissimi istanti, non può essere presa in alcuna considerazione. A questo proposito si ricordi che, grosso modo, la potenza continua è di circa tre volte inferiore al valore indicato come potenza di picco. Si tenga anche presente che, qualche volta, la potenza viene indicata con un numero che corrisponde alla somma dei valori della potenza di ciascuno dei due canali. In tal caso si consideri la potenza effettiva uguale alla metà di questo numero. \*

Per un discreto impianto da abitazione una potenza di 20 più 20 watt RMS è sufficiente. Tuttavia, un impianto di elevato livello richiede una riserva di potenza superiore. Occorrono apparecchi di 40, 60, 80 e più watt, perché una parte della riserva viene spesa per il rinforzo delle frequenze basse, mentre si vanno sempre più affermando altoparlanti a basso rendimento, anche di 10 o 20 volte inferiore a quelli costruiti finora, in quanto risultano più fedeli. E non bisogna dimenticare che qualunque apparecchio, qualunque macchina, meno vengono sfruttati, meglio

---

\* Negli amplificatori a transistori la potenza massima di uscita dipende dal valore del carico applicato ai morsetti per gli altoparlanti. In particolare, più bassa è l'impedenza dell'altoparlante collegato, maggiore è la potenza di uscita.

Un amplificatore che eroga 40 watt RMS su carico di 8 ohm può erogare 60 watt RMS su 4 ohm, e solo 26 watt RMS su 16 ohm. Tali valori possono cambiare secondo il tipo di circuito e la capacità dell'alimentatore.

si comportano. Chiedere 10 watt a un amplificatore che può erogare 20 watt di potenza significa impegnarlo per metà delle sue possibilità. Chiedere 10 watt a un amplificatore che può erogarne 40 significa impegnarlo solamente per un quarto, e si otterrà sicuramente una prestazione più disinvolta, miglior qualità sonora con altrettanto maggiore sicurezza e affidabilità di funzionamento.

### **Risposta di frequenza**

Opportuna una risposta di frequenza da 20 a 20.000 Hz. Alcuni amplificatori di alto livello hanno una risposta di frequenza che sconfinava in zone sub ed ultrasoniche, tanto che può sembrare inutile ed esagerata. Ve ne sono da 15 a 50.000 Hz, da 10 a 100.000, e perfino da 5 a 200.000 Hz.

Di detti amplificatori si consideri che, pur essendo inutile una gamma che tanto oltrepassa i limiti dell'udibilità, hanno altresì qualità superiori anche in tutte le altre caratteristiche (fattori di distorsione, rapporto segnale disturbo ecc.), e questi sono elementi estremamente utili ai fini di un ascolto veramente fedele.

### **Distorsione**

Anche se non del tutto eliminabili i vari fattori di distorsione vengono ridotti a livelli tanto bassi che, negli apparecchi di alta qualità, non raggiungono la soglia percepibile. I dati riportati qui di seguito, relativi a ciascun fattore, sono, appunto, in funzione di detta soglia.

a) **Distorsione di frequenza:** varia il responso alle differenti frequenze. L'orecchio umano percepisce appena differenze di intensità intorno a 3 dB, quindi questa distorsione è accettabile nel limite di  $\pm 1,5$  dB. In un buon apparecchio dovrà essere di  $\pm 1$  dB o anche al di sotto di questo valore sulla intera gamma da 20 a 20.000 Hz.

b) **Distorsione di intermodulazione:** da considerare la più importante. Indicata con le lettere IM, è responsabile del suono « impastato » e « confuso », non limpido. Dovuta al prodursi di frequenze somma e frequenze differenza fra le frequenze dei suoni originali. E' accettabile per valori inferiori allo 1%. In taluni amplificatori risulta addirittura inferiore allo 0,1%.

c) **Distorsione armonica:** può essere indicata con la sigla THD (Total Harmonic Distorsion). Altera i rapporti fra le armoniche della frequenza fondamentale per l'insorgere di altre armoniche non presenti sul segnale di ingresso. Ne consegue una alterazione del timbro del suono originale. Accettabile se inferiore all'1%. Si possono trovare apparecchi con THD del valore dello 0,2%, o addirittura dell'ordine dello 0,05%.

d) **Distorsione transiente:** è data dalla incapacità dell'amplificatore (o del preamplificatore) di fornire quei picchi istantanei che un improvviso passaggio musicale può richiedere.

e) **Distorsione di « cross-over »:** mentre le forme di distorsione fin qui descritte interessano anche il preamplificatore, la distorsione di cross-over riguarda esclusivamente l'amplificatore di potenza. Se ne comprenderà la ragione leggendo quanto segue: alcuni amplificatori a transistori originano un suono aspro e affaticante, pur avendo caratteristiche di distorsione armonica, di intermodulazione, ecc. veramente ottime. Questo suono non gradito, chiamato « transistor's sound », ha per molto tempo dato ragione a chi si dichiarava sostenitore degli amplificatori a valvole. Finalmente si è capito che il suono aspro è dovuto a una particolare distorsione, non accertabile con i comuni metodi di misura, che si determina in certi tipi di stadio finale di uscita. Questa distorsione è stata indicata come « distorsione di cross-over » ed è stata eliminata, per gli amplificatori di ottima qualità, dal momento che si sono potute costruire coppie di transistori di potenza per lo stadio finale decisamente più costose, ma perfettamente complementari.

La distorsione di cross-over, al contrario degli altri tipi di distorsione già trattati, ha la caratteristica di essere maggiormente influente ai normali e più ancora ai bassi livelli di ascolto, il che rende molto importante la necessità della sua eliminazione nello studio di progetto dell'amplificatore.

Per gli amplificatori i cui stadi finali sono provvisti di trasformatori di uscita, se ben costruiti, il problema della distorsione cross over non esiste.

### **Ronzio (Hum)**

E' dovuto a un residuo di corrente alternata (50-60 Hz) che entra nel circuito. Per un amplificatore finale un valore di 75 dB al di sotto della potenza nominale risulta accettabile. Meglio se detto valore è più alto (90 dB e oltre).

### **Livello di rumore di fondo (Noise Level)**

Rumore che entra nell'amplificazione e dovuto a motivi vari, come la qualità dei materiali, interferenze ecc. Accettabile un valore di 60 dB.

Un valore di 75 dB al di sotto della potenza nominale indica praticamente assenza di rumore.

### **Fattore di smorzamento (damping)**

Esprime la capacità dell'amplificatore di potenza di tenere legato a sé l'altoparlante, smorzando rapidamente risonanze e oscillazioni da inerzia. Per questa proprietà il suono risulta più asciutto e pulito, meno colorito ma più fedele.

Teoricamente il damping ideale dovrebbe avere un valore infinito, ma in pratica l'altoparlante risponde bene di fronte a un valore compreso fra 10 e 20, mentre al di sopra di questo limite il vantaggio non è più apprezzabile e un damping eccessivamente elevato è da considerare del tutto inutile.

Tecnicamente il damping esprime il rapporto fra l'impedenza del carico costituito dai diffusori e l'impedenza interna dell'amplificatore.



Negli amplificatori a valvole il fattore di smorzamento è insufficiente. Ragione di più per preferire quelli a transistori che, anche nell'amplificatore di potenza, debbono essere tutti del tipo al silicio.

## Comandi

La sezione amplificatrice di potenza non comporta normalmente alcuna regolazione e, nel caso che l'apparecchio sia in unità separata, il solo comando indispensabile è quello dell'accensione.

Tuttavia, se previsti, peculiari dell'amplificatore di potenza vanno considerati i comandi per il controllo di guadagno e lo Speaker Selector.

Alcuni apparecchi di classe hanno dei controlli di guadagno separati per ciascun canale, e allora sul pannello frontale si possono notare le due manopole indicate rispettivamente come « Left Gain » e « Right Gain ». Questi comandi possono risultare molto utili per equilibrare la risposta sui due canali in maniera più valida di quanto non consenta il Balance del preamplificatore. Inoltre possono essere adoperati come limitatori di potenza, e questo trova riscontro nel fatto che i livelli separati di guadagno sono comunemente in dotazione ad apparecchi altamente efficienti.

Lo « Speaker Selector » è indispensabile quando si usa più di un sistema di diffusori per canale. Viene adottato oramai su quasi tutti gli amplificatori di un certo livello e anche sugli amplificatori integrati. Ciò è dovuto al fatto che si tende sempre più all'uso di quattro diffusori da collocare nello stesso ambiente per aumentare il fronte sonoro d'ascolto, oppure per sonorizzare due sale differenti.

I diffusori, due per canale, sono collegati in parallelo, il che comporta la necessità di prestare molta attenzione, come vedremo meglio in seguito, alle regole dell'accoppiamento di impedenza fra amplificatore e carico.

Il comando consente l'ascolto separato dei diffusori principali (Main) e dei secondari (Remote), oppure l'ascolto simultaneo.

Da notare che detto comando, per ragioni di comodità, viene quasi sempre collocato sul pannello frontale del preamplificatore, e aziona un commutatore che riceve, mediante cavi non schermati, il segnale di uscita degli stadi finali. Ovviamente, in questo caso, il collegamento per i diffusori si troverà sul pannello posteriore del preamplificatore.

Presenti nei modelli più costosi due strumenti indicatori del livello di uscita (VU meters).

### Uscite dell'amplificatore

Una volta attraversato lo stadio finale, il segnale ha raggiunto quel livello di potenza che lo rende adatto all'impiego.

Le uscite dell'amplificatore sono due, relative alle due catene degli stadi di amplificazione; vengono rispettivamente collegate al diffusore destro e al diffusore sinistro, oppure al commutatore situato nel preamplificatore per l'ascolto con quattro diffusori (Speaker Selector).

L'amplificatore deve lavorare con una caratteristica impedenza di carico, che si intende misurata alla frequenza di 1.000 Hz, ed è importante che questa corrisponda all'impedenza dei diffusori che si intende adoperare.

Sono tre i valori standard di impedenza che si possono incontrare tanto negli amplificatori che nei diffusori: 4, 8 e 16 ohm.

Oggi quasi tutti gli amplificatori facilitano il problema dell'adattamento in quanto posseggono una elasticità che consente l'uso di diffusori dall'impedenza compresa nell'arco fra 4 e 16 ohm. Abbiamo già accennato che minore è l'impedenza del diffusore, maggiore generalmente è la potenza d'uscita che eroga l'amplificatore. Tuttavia è importantissimo sapere che lo stadio finale verrebbe danneggiato dal collegamento con un diffusore, o con un sistema di diffusori, di impedenza più bassa di quella indicata per minima accettabile.

Non essendo il segnale più soggetto a ulteriore amplificazione, il collegamento viene effettuato con cavi comuni, cioè non schermati, e ogni cavo presenta due vie: una conduce il segnale, l'altra il ritorno alla massa dell'amplificatore.

E' bene adoperare un filo non troppo sottile e non eccessivamente più lungo del necessario per limitare, anche in quest'ultimo collegamento, quella dispersione che il cavo comporta in ragione inversa alla sua sezione e in ragione diretta alla sua lunghezza.

Da considerare d'obbligo la dotazione di una uscita che consenta l'ascolto in cuffia. [9]

# L'altoparlante

L'altoparlante ha lo scopo di riconvertire le variazioni elettriche del segnale amplificato in variazioni meccaniche e di trasmettere quest'ultime all'aria sotto forma di vibrazioni sonore.

Diversi sono i principi di costruzione con i quali si può ottenere la conversione e, conseguentemente, diversi sono i tipi di altoparlante. Ciascuno di questi, a sua volta, può essere il più idoneo per un determinato uso.

Per equipaggiare gli impianti ad alta fedeltà viene principalmente adoperato il tipo « a bobina mobile ».

Prima di passare alla sua descrizione è tuttavia giusto accennare che, per la riproduzione delle medie e alte frequenze, qualche volta si può trovare impiegato anche l'« altoparlante elettrostatico » e che, in epoca molto recente, sono comparsi sul mercato diffusori di questo tipo atti a coprire tutta la gamma percepibile. Tuttavia non è ancora possibile prevedere se questo trasduttore avrà delle possibilità future di affermazione, e per il momento non rimane che segnalarne la presenza e far conoscere che l'industria sta tentando di portarlo alla ribalta. Al termine della descrizione dell'altoparlante a bobina mobile verrà fatto un rapido cenno al principio sul quale si basa il funzionamento dell'elettrostatico, in maniera che si potranno intravedere i vantaggi che detto altoparlante offre e quali sono gli ostacoli che finora non ne hanno consentito una produzione competitiva.

## L'altoparlante a bobina mobile

Viene comunemente denominato « altoparlante magnetodinamico » e solo di rado si adotta il termine « a bobina mobile ».

Ritengo quindi opportuna una precisazione in quanto l'uso di una terminologia multipla, e peggio ancora se errata, per indicare la stessa cosa, è destinato a creare confusione.

Nell'altoparlante che qui viene descritto l'elemento mobile è costituito dalla bobina, mentre il magnete ne rappresenta l'elemento fisso.

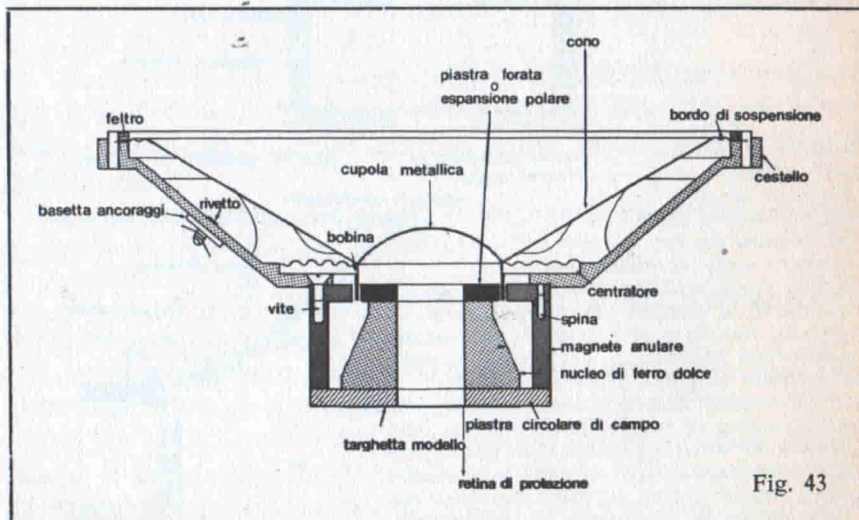
Quando si è trattato l'argomento dei fonorivelatori abbiamo visto che il magnetodinamico è quello che ha per elemento mobile il magnete, e il tipo a bobina mobile quello che ha per elemento mobile la bobina.

Non vedo quindi per quale ragione si debba usare una terminologia diversa nel caso dell'altoparlante.

Aspettiamo che ne venga costruito uno con un magnete tanto leggero da essere impiegato come elemento mobile, cosa forse non impossibile adottando lo stesso materiale magnetico usato nei fonorivelatori, e riserviamo a questo eventuale altoparlante del futuro il nome di « magnetodinamico ».

L'altoparlante a bobina mobile è costituito da diversi componenti che verranno meglio presentati con l'aiuto delle figure.

La figura 43 ne mostra la sezione completa.

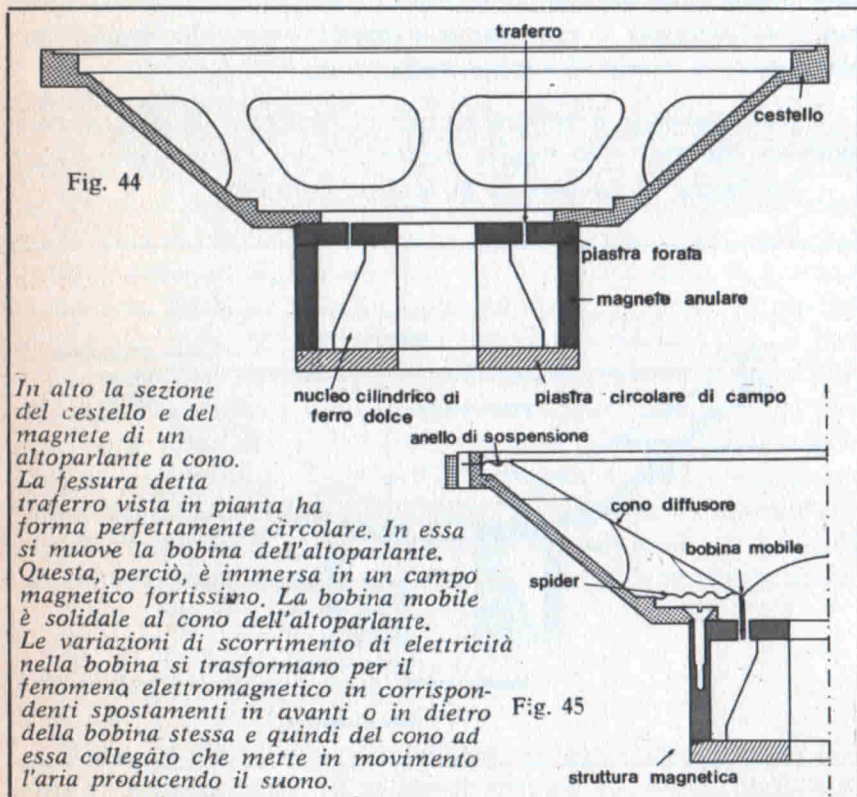


Si osservi come tutto il complesso è sorretto da una struttura rigida, in acciaio o in alluminio, detta « cestello ».

Il cestello ha forma di tronco di cono aperto alla base. Nella parte opposta è fissato il « magnete permanente ».

Questo è costituito da un magnete anulare, da una piastra di ferro circolare che chiude all'esterno il circuito magnetico e alla quale è connesso al centro un nucleo cilindrico di ferro dolce rivolto verso il cono del cestello, e da una seconda piastra forata al centro che unisce il magnete alla struttura del cestello stesso.

Il nucleo di ferro cilindrico è coassiale al foro centrale di questa seconda piastra e dalla quale lo distanzia uno spazio libero detto « traferro » che serve al passaggio e all'alloggiamento della « bobina mobile », come mostra la figura 44.



*In alto la sezione del cestello e del magnete di un altoparlante a cono.*

*La fessura detta traferro vista in pianta ha forma perfettamente circolare. In essa si muove la bobina dell'altoparlante. Questa, perciò, è immersa in un campo magnetico fortissimo. La bobina mobile è solidale al cono dell'altoparlante.*

*Le variazioni di scorrimento di elettricità nella bobina si trasformano per il fenomeno elettromagnetico in corrispondenti spostamenti in avanti o in dietro della bobina stessa e quindi del cono ad essa collegato che mette in movimento l'aria producendo il suono.*

La bobina mobile scorre nella parte centrale del traferro ed è avvolta su un cilindro di materiale isolante leggero e rigido che viene collegato a una membrana corrugata detta « centratore esterno » oppure « spider ».

La figura 45 consente di capire più facilmente quanto andiamo esponendo.

Oltrepassato il centratore corrugato, il cilindro della bobina mobile prende connessione con il « cono diffusore », al quale può così trasmettere i suoi movimenti.

Lo spider mantiene la centratura coassiale tanto della bobina che del cono diffusore e la sua elasticità, favorita dalla forma corrugata, permette una buona libertà di movimento.

Il cono diffusore è accolto, come in una coppa, all'interno del cestello. La sua circonferenza di base, tramite l'« anello di sospensione » è fissata a quella del cestello.

Il cono rimane così sospeso fra la circonferenza di base del cestello e lo spider nelle condizioni più adatte per ricevere gli impulsi che gli comunica la bobina mobile, nel cui avvolgimento circola la corrente del segnale che proviene dall'amplificatore. Alle variazioni di questa corrispondono proporzionali variazioni del campo magnetico e, conseguentemente, proporzionali spostamenti della bobina mobile.

I capi del filo della bobina vengono indirizzati nello spessore del cono diffusore e saldati a due fili molto flessibili che prendono a loro volta contatto con due punti, elettricamente isolati, del cestello.

La figura 46 pone in grado di osservare la disposizione di questo collegamento.

Sul cestello si notano i punti di presa dove dovrà venire collegato il segnale amplificato.

Il cono diffusore rappresenta un problema molto difficile per i costruttori di altoparlanti: occorre che sia sufficientemente rigido per poter trasmettere all'aria le sue vibrazioni, e, al tempo stesso, è necessario che la sua massa venga ridotta al minimo (l'ideale sarebbe massa zero), perché l'inerzia non costituisca una seria ragione di disturbo. Aumentare la rigidità signifi-

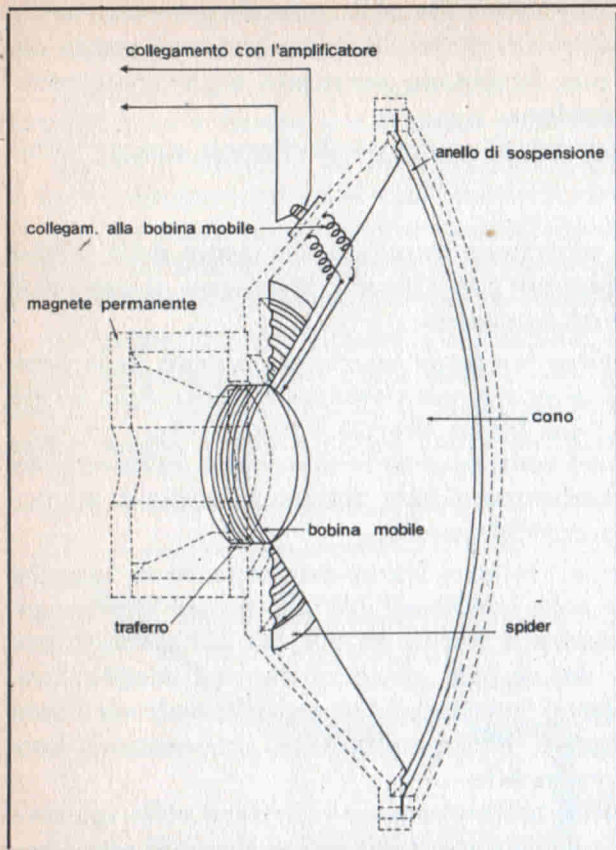


Fig. 46

*Il cono dell'altoparlante, generalmente di cartea trattata con vernici e resine speciali, è sospeso e centrato nel cestello sia alla base che all'apice ove inizia la bobina mobile. La qualità degli anelli elastici di sospensione influisce in maniera fondamentale sulla resa dell'altoparlante.*

ca aumentare la massa, e si crea così una situazione di contrasto dalla quale non si può uscire se non attraverso un compromesso. La forma conica consente di ottenere il massimo della rigidità compatibile con il minimo di massa, e rende abbastanza accettabile il compromesso al quale i costruttori sono vincolati.

Inoltre, la rigidità del corno fa nascere anche un altro problema: quello della « risonanza ». La risonanza è un'esaltazione del suono che si produce quando un determinato corpo vibra a una determinata frequenza, e più morbido, molle è il corpo, più bassa è la frequenza alla quale risuona.

E' evidente la necessità che il cono diffusore debba avere il punto di risonanza al di fuori del tratto di gamma nel quale



vogliamo risponda e, poiché detto punto è per il cono dell'ordine di alcune decine di Hz (vedremo presto che quest'ultima affermazione non è rigorosamente esatta per coni di piccole dimensioni), si comprende come, per tenerlo al di fuori del campo che interessa, occorra spostarlo quanto più è possibile verso la parte bassa della gamma di frequenza. Si può abbassare il punto di risonanza diminuendo la rigidità, ma non oltre un certo limite, essendo alla rigidità direttamente collegata la capacità del cono di trasmettere all'aria le vibrazioni.

Le ragioni che obbligano i costruttori a un compromesso si fanno quindi ancora più complesse, e questo è il momento di precisare che quanto andiamo esponendo costituisce forse l'argomento più spinoso fra quanti si oppongono al conseguimento della perfezione nella riproduzione fedele del suono.

Fermo restando che la forma conica è la più adatta, nell'intento di rendere meno evidenti i difetti che la situazione descritta comporta, si è cercato di costruire il cono con i materiali più disparati. Anche se non è il solo a venire adoperato, il più idoneo di tutti, specie in riferimento a coni di dimensioni piuttosto ampie, è risultato la carta. Viene trattata con particolari vernici, perché le variazioni di umidità non ne modifichino la consistenza, mentre opportuni accorgimenti, come una progressiva diminuzione della rigidità dal vertice alla base, oppure interruzioni concentriche a stampo a differenti altezze attorno alla superficie del cono, servono a mutare il punto della frequenza di risonanza.

Quando non si parlava ancora di alta fedeltà la costruzione di un altoparlante doveva rispondere ad esigenze piuttosto modeste. Le sorgenti sonore, rappresentate dai dischi a 78 giri e dalla radio a modulazione di ampiezza, non andavano al di là di una gamma di frequenza compresa fra 100 e 7.000 Hz. La distorsione, sia della sorgente sonora, sia dei sistemi di amplificazione, si aggirava su valori dell'ordine del 7 e anche del 10 per cento, il che rendeva del tutto inutile insistere troppo per migliorare le caratteristiche del cono diffusore. La bobina mobile non richiedeva quella precisione di forma che consentisse un perfetto scorrimento nel cilindro del magnete permanente, e non era necessario ridurre al minimo la sua massa. Anche la coassia-

lità fra bobina, magneti e cono diffusore bastava avesse una approssimazione sufficiente.

Con l'alta fedeltà, per contro, essendo la approssimazione sinonimo di distorsione, l'altoparlante pretende criteri di costruzione di elevata precisione meccanica, paragonabili a quelli di cui si vale l'orologeria di buona qualità.

La gamma di frequenza compresa fra 25 e 20.000 Hz non consente tuttavia la riproduzione con un solo altoparlante, perché questo è impegnato in maniera molto diversa di fronte ai diversi ordini di frequenza.

Per le basse frequenze è necessario che si determini lo spostamento di una notevole massa di aria, cosa che può essere ottenuta con coni di grande dimensione sollecitati da una corsa relativamente piccola della bobina mobile, oppure con coni di proporzioni più limitate, ma sollecitati da una corsa più lunga della bobina.

L'inerzia di un grande cono e della rispettiva bobina rappresenta invece un grave ostacolo alla buona riproduzione delle frequenze alte, per le quali è indispensabile adoperare coni e bobine di dimensioni molto limitate.

E' per tale ragione che i diffusori ad alta fedeltà hanno sempre più di un altoparlante.

Il grande altoparlante per le frequenze basse viene denominato « woofer » (parola che deriva dall'inglese « woof », brontolio), mentre quello per le frequenze alte prende il nome di « tweeter » (dall'inglese « tweet » che significa cinguettio). Nel sistema classico a tre vie, a un altoparlante indicato come « mid-range » (il cui significato inglese corrisponde a « gamma di mezzo »), viene assegnato il compito della riproduzione delle frequenze medie.

Esistono, per quanto rari, sistemi a quattro vie. In questi copre tutta la gamma di frequenza la seguente successione di altoparlanti: woofer, mid-range basso, mid-range alto, tweeter.

La grandezza effettiva di un altoparlante si misura sul diametro di base del cono, naturalmente escludendo l'anello di sospensione. La varietà delle dimensioni fra le quali si può sce-

gliere è molto ricca e le cifre che qui di seguito sono riportate hanno un valore puramente indicativo.

Un woofer può avere un diametro di base da 15 a 45 centimetri. Da 10 a 20 quello del mid-range, e da 3 a 8 quello del tweeter. In qualche caso si può trovare il mid-range con il diffusore a base ellittica.

La figura 47 mostra l'aspetto di un altoparlante a bobina mobile.

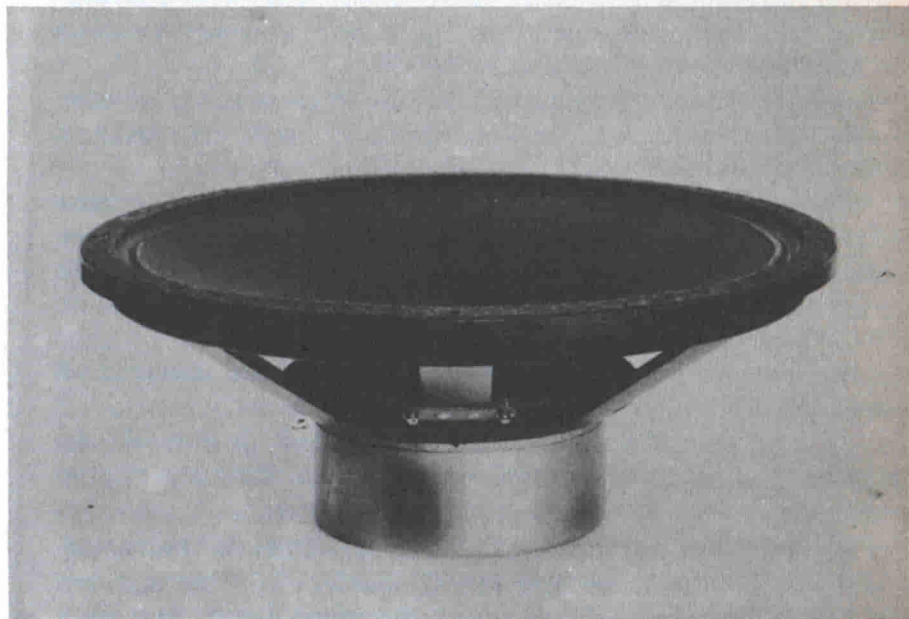


Fig. 47

*L'altoparlante per bassi L - 15 P 100 A della R.C.F. Il diametro è di ben 38 cm. Si osservino le sospensioni e il grosso magnete.*

Terminata la parte descrittiva è ora necessario accennare a due fattori, anch'essi determinanti, per la scelta dell'altoparlante: la potenza e l'impedenza.

Si intende per potenza di un altoparlante, o di un sistema di altoparlanti, la massima potenza continua sopportata con una accettabile distorsione. Viene indicata in watt.

Essendo questa una potenza passiva, è intuitiva la necessità che debba essere maggiore, o almeno uguale, a quella che l'amplificatore impiegato è in grado di erogare. Diversamente il diffusore potrebbe subire un carico di lavoro che esula dalle sue caratteristiche di costruzione, e di conseguenza tale da danneggiarlo.

Per impedenza si intende la resistenza che offre l'avvolgimento della bobina mobile al passaggio della corrente alternata del segnale.

L'impedenza di un altoparlante, o di un sistema di altoparlanti, deve coincidere con l'impedenza di uscita caratteristica dell'amplificatore al quale viene collegato.

Per il momento ci si accontenti di accettare quanto è stato detto a proposito di impedenza. A questo capitolo seguiranno alcuni cenni di carattere tecnico che metteranno chiunque in condizione di comprenderne il significato.

Tutti gli altoparlanti adoperati in un ambiente debbono venire collegati secondo la stessa polarità.

Il cavo di uscita dell'amplificatore consta di due fili, dei quali uno porta il segnale amplificato e l'altro effettua il ritorno a massa.

Una inversione di questi due fili ai capi della bobina dell'altoparlante inverte il movimento, di maniera che un mancato rispetto della giusta polarità crea delle inversioni di fase fra i vari altoparlanti compresi nel sistema, con conseguente alterazione del suono.

Un adatto tipo di spina provvede a rendere impossibile l'errore di inserimento una volta che il montaggio è stato effettuato secondo la giusta regola. Gli apparecchi europei adottano generalmente una connessione la cui parte femmina si trova sul pannello posteriore dell'amplificatore e la parte maschio è unita al cavo che conduce al diffusore. Si presenta come indica la figura 48.

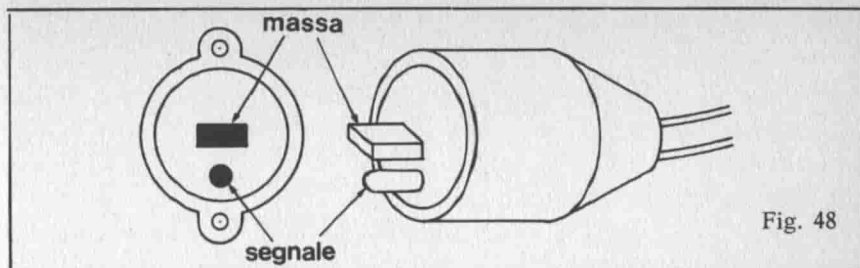


Fig. 48

Altri apparecchi possono essere equipaggiati con sistemi di connessione diversi, ma è sempre identificabile la polarità dei collegamenti.

In genere per gli altoparlanti gli ancoraggi sono contrassegnati; talvolta uno dei due ha una indicazione in rosso, oppure un segno più (+).

Se mid-range e woofer non presentano questo segno, a causa del visibile e non reversibile spostamento che subiscono al passaggio di una corrente continua, è facile individuarne la polarità procedendo come segue: si collegano i capi, o poli, della bobina mobile a una pila di basso voltaggio e non appena il collegamento è effettuato il cono si sposta in avanti oppure indietro. Se si sposta indietro si inverte il contatto con i poli della pila e il cono subisce così una spinta in avanti, rimanendo in questa posizione fino a che il contatto stesso continua.

Il capo della bobina mobile, che in quest'ultimo caso risulta collegato al polo positivo della pila, è quello che dovrà essere contrassegnato col « più » e il cui filo si inserisce nell'amplificatore con connettore di tipo europeo mediante il piedino cilindrico. L'altro filo verrà saldato al piedino piatto, che corrisponde alla massa o « ritorno comune ».

Il tweeter deve essere sempre contrassegnato in quanto lo spostamento che si ottiene collegandolo a una pila è talmente piccolo da non poter essere apprezzato. \*

\* La fase tra woofer e tweeter spesso non può essere verificata elettricamente. Quando i due altoparlanti sono montati in un diffusore la fase reciproca varia secondo il piano di montaggio. In pratica le marche specializzate nella costruzione di casse acustiche dispongono il tweeter più avanti o più indietro rispetto al woofer per ottimizzare la risposta in fase. Ciò viene fatto sperimentalmente in sede di progetto in camera anecoica.

Un tipo di altoparlante a bobina mobile è posto in commercio col nome di « altoparlante a sospensione pneumatica ». Si tratta del solito altoparlante già descritto, solo che l'anello di sospensione, anziché di carta morbida, è fatto in gomma cava molto flessibile ed è piuttosto ampio.

Questo anello consente più vaste escursioni, così che il sistema può dare una buona risposta alle frequenze basse anche con coni relativamente piccoli.

L'argomento della sospensione pneumatica verrà ripreso nel capitolo relativo alle casse acustiche.

Diverso, ma sempre derivato da quello a bobina mobile è l'altoparlante « a tromba » o a « compressione ».

Viene descritto, perché adoperato in alcuni tipi di diffusore ad alta fedeltà.

La bobina mobile, anziché al cono, è collegata a una sottile membrana di metallo leggero o di plastica. Davanti a questa viene applicata la tromba.

Nella figura 49 appare in maniera schematica.

Il complesso costituito dal castello di sostegno, dal magnete permanente, dalla bobina mobile e dalla membrana prende il nome di « unità pilota » o « driver ».

Lo spazio fra la membrana e la gola della tromba si dice « camera acustica » oppure « camera sonora »: La parte interna della tromba rappresenta la « camera di compressione ».

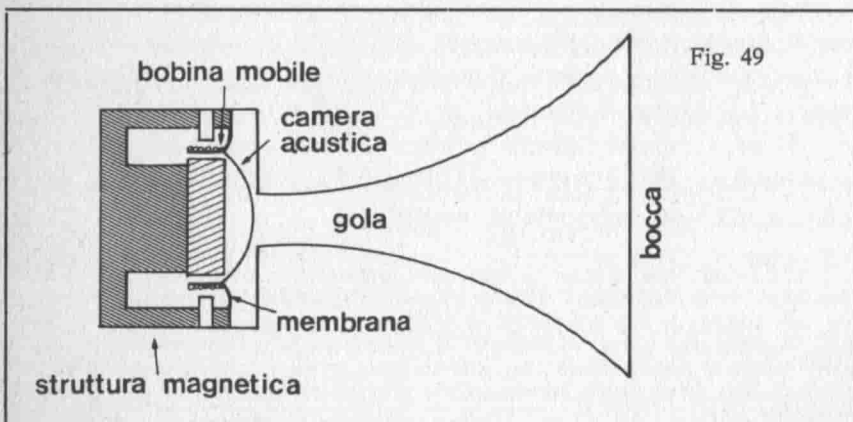


Fig. 49

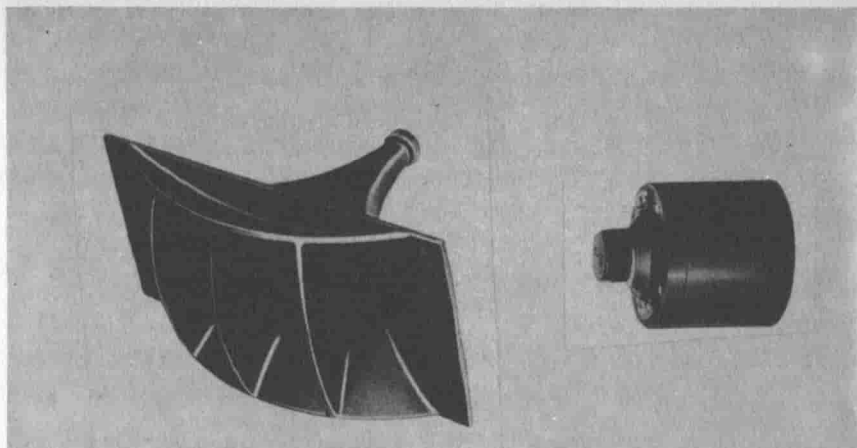


Fig. 50

*Una tipica tromba esponenziale per medie frequenze e la sua unità pilota. Il modello è della R.C.F. di Reggio Emilia.*

Nella figura 50 è visibile l'aspetto dell'unità pilota e della tromba.

Poiché la tromba risponde verso le frequenze più basse in proporzione diretta alla sua lunghezza, si usano anche le così dette « trombe piegate », con le quali si cerca di allungare il cammino che deve percorrere il suono riducendo al minimo l'ingombro, come si può constatare nella figura che segue.

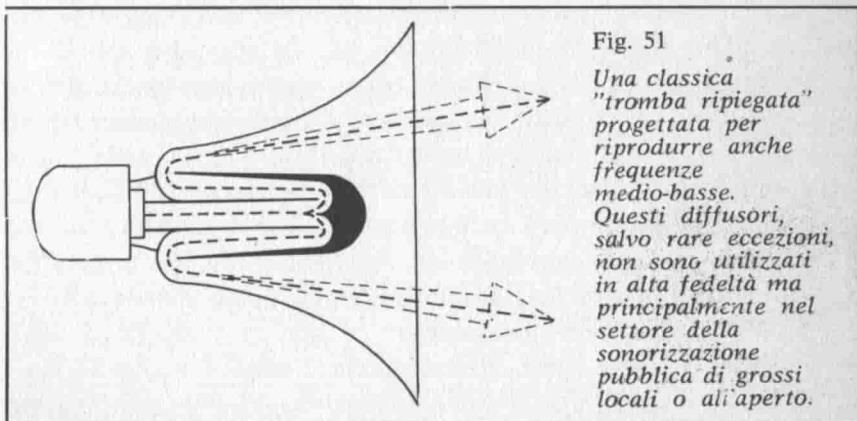


Fig. 51

*Una classica "tromba ripiegata" progettata per riprodurre anche frequenze medio-basse. Questi diffusori, salvo rare eccezioni, non sono utilizzati in alta fedeltà ma principalmente nel settore della sonorizzazione pubblica di grossi locali o all'aperto.*

Gli altoparlanti a compressione vengono impiegati prevalentemente per la riproduzione delle frequenze alte.

Quando si adoperano per le medie frequenze si ricorre al tipo a tromba piegata.

Il loro rendimento è molto elevato. Può raggiungere il 30 o il 40%, contro lo 0,5, il 2 o il 5% degli altoparlanti a cono.

### **L'altoparlante elettrostatico**

L'elettricità statica è costituita da una concentrazione di elettroni fermi, perché si trovano su una superficie che non conduce.

La carica negativa di questi elettroni esercita una attrazione sugli oggetti circostanti aventi una concentrazione di elettroni inferiore, e di conseguenza esercita pure una tendenza all'adesione fra superfici con concentrazione di elettroni diversa.

Nel caso dell'altoparlante elettrostatico, per costruzione, uno degli oggetti è una griglia metallica rigida e l'altro un foglio di plastica flessibile, destinato a compiere gli spostamenti guidati dalla corrente alternata del segnale applicato.

In pratica le griglie sono due, fra di loro parallele, e il foglio di plastica sta fra queste in posizione equidistante.

Nelle due griglie viene immessa una corrente continua di polarizzazione dell'ordine di 1.000-2.000 volt, erogata da un alimentatore separato o dall'amplificatore stesso per mezzo di un trasformatore elevatore di tensione.

Il vantaggio di questo tipo di altoparlante consiste nel fatto che il movimento della membrana è comandato non attraverso un solo punto, come nel caso del cono diffusore dell'altoparlante a bobina mobile, ma attraverso un numero infinito di punti, cioè ogni punto di tutta la superficie della membrana stessa.

Non è necessario pertanto che la membrana sia dotata di una particolare rigidità, indispensabile al cono diffusore, per creare nell'aria i dovuti spostamenti, e, una volta risolto il problema della rigidità, viene di conseguenza risolto anche il problema dell'inerzia e quello della risonanza. Il che significa la



eliminazione dei due grandi ostacoli che interferiscono sulla risposta di frequenza.

Il vantaggio del controllo perfetto da parte del segnale elettrico su tutta la superficie in movimento non è indifferente, e forte è stato quindi lo stimolo che ha spinto l'industria alla ricerca di una realizzazione pratica di questo tipo di altoparlante.

Senonché, la necessità di una elevata corrente di polarizzazione ha sempre rappresentato una ragione che ne ha limitato l'impiego anche per la riproduzione delle alte frequenze.

Per quanto riguarda le frequenze medie e basse le difficoltà aumentano ulteriormente, perché la loro riproduzione richiede lo spostamento di una forte massa d'aria che si può ottenere soltanto aumentando a dismisura la superficie della membrana dell'altoparlante elettrostatico. Infatti, la struttura di questo tipo di trasduttore non consente alla membrana di compiere escursioni sufficientemente profonde per rendere le grosse ampiezze delle note basse.

Senza entrare in particolari tecnici che spieghino questa ultima affermazione, si sottolinea che la costruzione di un altoparlante elettrostatico capace di riprodurre bene tutta la gamma di frequenza è cosa possibile, ma, allo stato attuale, la complessità del sistema di pilotaggio necessario a farlo funzionare è tale da costituire un grave impedimento alla sua diffusione.\*

### L'altoparlante a cupola

L'affermazione su vasta scala dell'altoparlante a cupola è piuttosto recente. L'altoparlante a cupola appartiene al gruppo degli altoparlanti a bobina mobile, e conoscere che è simile per costruzione e funzionamento alla unità pilota del tipo a com-

---

\* Di recentissima applicazione un sistema di trasduzione a campo piatto (come negli elettrostatici), ma con l'uso di magneti permanenti, detto « isofase » o « isodinamico ».

Questo tipo di altoparlante è destinato a maggior successo rispetto all'elettrostatico, perché non ha necessità di alimentazione con tensione di polarizzazione.

pressione priva di tromba può essere sufficiente, senza ricorrere a una descrizione particolare, soprattutto se si osserva con attenzione la figura 52.

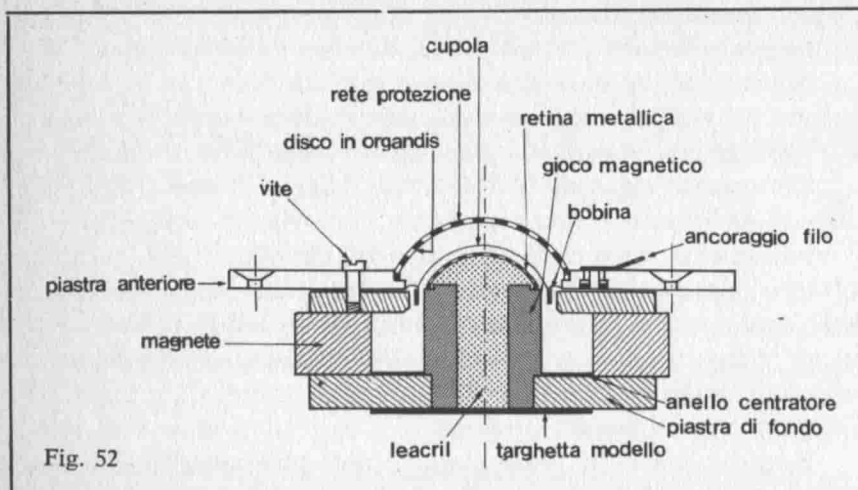


Fig. 52

Le caratteristiche principali del tipo a cupola sono: ottima fedeltà di riproduzione per frequenze medie e alte (ricorrendo naturalmente a uno di maggior dimensione per le medie e di dimensione minore per le alte frequenze), forte diffusione angolare del suono, bassa efficienza.

La diffusione angolare ampia lo fa preferire, principalmente come tweeter, all'altoparlante a cono, mentre la sua bassa efficienza lo rende molto adatto all'adozione in diffusori equipaggiati con woofer a sospensione pneumatica, altrettanto poco efficiente (1% circa), ma anche altrettanto fedele nella riproduzione. [10]

# Brevi cenni di carattere tecnico

Il profano, e questo libro è rivolto ai profani, quando ha sentito parlare di impedenza dell'altoparlante ha sicuramente provato un momento di imbarazzo. Questo imbarazzo sarebbe destinato a divenire ancor più evidente nelle prossime pagine, che tratteranno dei filtri e del collegamento degli altoparlanti, senza l'aiuto di qualche facile e breve nozione tecnica di carattere generale.

Dando per scontate le più elementari nozioni di elettrologia, facilmente reperibili su qualunque testo di fisica di piccola mole, consideriamo l'elettricità come un passaggio di elettroni attraverso un corpo che fa da conduttore.

Tutte le applicazioni pratiche dell'elettronica si basano sulle modalità con le quali avviene questo transito.

L'entità della tensione elettrica, il fatto che si tratti di una corrente continua oppure alternata e, se alternata, le sue eventuali variazioni di frequenza, la natura, la dimensione, la disposizione e la forma del corpo che gli elettroni debbono attraversare, sono tutti elementi che condizionano la maniera di comportarsi della corrente elettrica e dei quali il progettatore si vale per indirizzarla secondo la sua volontà.

Vediamo ora questo comportamento di fronte alla « resistenza », alla « induttanza » e al « condensatore ».

## La resistenza elettrica

Un cavo elettrico è sempre costituito da due vie: una per il polo positivo, per il negativo l'altra.

Se fra i due poli esiste una differenza di potenziale (che si esprime in « volt »), accade che, quando detti poli vengono applicati a un corpo, si ha un passaggio di elettroni che si trasferiscono attraverso questo dall'uno all'altro polo.

La conduzione degli elettroni avviene attraverso qualunque corpo, tuttavia non è mai completa, perché gli elettroni incontrano sempre un certo ostacolo nel loro transito: l'attrito. L'ostacolo può essere maggiore o minore a seconda della natura del corpo che gli elettroni attraversano.

I corpi che oppongono un ostacolo minimo si dicono « buoni conduttori », mentre quelli che oppongono un ostacolo fortissimo « cattivi conduttori » o « coibenti ».

L'entità dell'ostacolo costituisce la resistenza al passaggio della corrente elettrica e viene appunto indicata con il nome di « resistenza ».

Fra i buoni conduttori e i cattivi, si può stabilire una scala attraverso la quale si passa gradualmente dai più adatti alla conduzione ai coibenti.

I metalli in genere sono buoni conduttori. Il migliore è l'argento, seguito dal rame.

Per la costruzione dei cavi elettrici si adopera il rame, perché come conduttore ha proprietà molto vicine a quelle dell'argento, mentre il suo costo è decisamente inferiore.

I coibenti consentono anch'essi il transito della corrente, ma in maniera così poco apprezzabile che in pratica possono venire considerati « non conduttori » e vengono pertanto impiegati come isolanti.

Per una conduzione limitata si ricorre a leghe metalliche dosate in modo da ottenere la caratteristica voluta, oppure ad altri composti fra i quali è molto diffuso l'impasto di carbone.

La resistenza dipende, oltre che dalla natura, anche dalla sezione e dalla lunghezza del corpo. Maggiore è la sezione, minore è la resistenza; maggiore è la lunghezza, maggiore è la resistenza.

Si può dire quindi che « la resistenza è direttamente proporzionale alla lunghezza e inversamente proporzionale alla sezione del conduttore ».

Il suo valore si misura in « ohm » e multipli dell'ohm.

Quando una corrente elettrica attraversa una resistenza si ha una caduta di tensione la cui entità è tanto maggiore quanto maggiore è in ohm il valore della resistenza stessa.

Si perde così una parte della energia elettrica che viene trasformata in energia termica e dissipata per irradiazione.

Dalla possibilità di « dissipazione » della resistenza dipende la possibilità di applicare ad essa tensioni più o meno elevate.

Consideriamo pertanto questa possibilità come la « potenza della resistenza ». Si esprime anche questa in watt e, come per l'altoparlante, è una potenza passiva. Ne deriva che una resistenza può avere lo stesso valore resistivo di un'altra, ma essere da questa diversa per potenza.

Naturalmente il corpo di quella di potenza maggiore avrà una sezione più grande, ma sarà tanto più lungo di quanto è necessario perché il valore in ohm rimanga quello voluto.

Una resistenza la cui potenza ecceda anche largamente dalle necessità dell'impiego, può essere sempre adoperata. Si tenga tuttavia presente che le resistenze più potenti sono costituite da un corpo di dimensioni più grandi e di conseguenza più ingombrante.

Una resistenza di potenza inferiore alle necessità di impiego non può essere adoperata.

Le resistenze di potenza elevata, da 3 watt ed oltre, sono generalmente fabbricate con un filo di adatta lega metallica avvolto su materiale isolante e tale da sopportare il calore. Queste resistenze permettono una forte dissipazione, ma introducono disturbi la cui natura potrà essere compresa dopo che sarà stato spiegato che cosa è l'induttanza.

E' preferibile quindi usare quelle del tipo a impasto di carbone, o materiali consimili, anche se la loro potenza non va al di là del valore di 2 watt, tanto più che, come vedremo presto, è possibile renderle potenti fino al punto desiderato quando si presenta questa necessità.

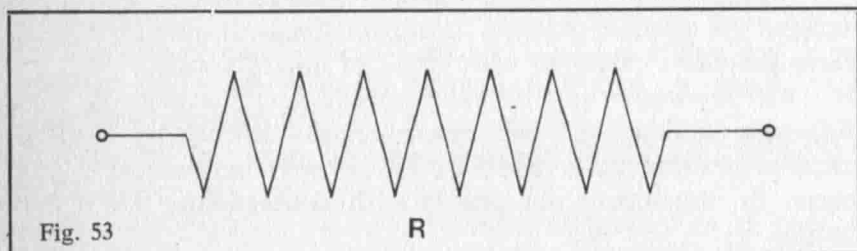
Un tipo particolare è rappresentato dalla « resistenza variabile » o « potenziometro », che viene costruito nella forma lineare

e nella forma rotativa.

In entrambi, un polo viene applicato a un estremo, e l'altro a un cursore che fa contatto con il corpo della resistenza e può venire spostato a volontà.

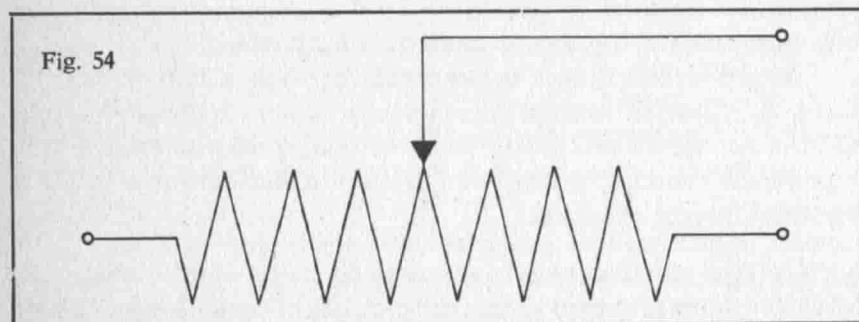
A seconda della posizione data al cursore, fra i due poli rimane compresa una diversa lunghezza della resistenza e il valore resistivo varia da zero, quando il cursore ha una posizione prossima al punto di applicazione del polo fisso, al massimo del valore totale della resistenza del potenziometro, quando si fa scorrere il cursore sul punto opposto. Fermando il cursore su posizioni intermedie, si hanno i valori intermedi di resistenza.

Negli schemi, la resistenza è indicata con il segno rappresentato nella figura 53.



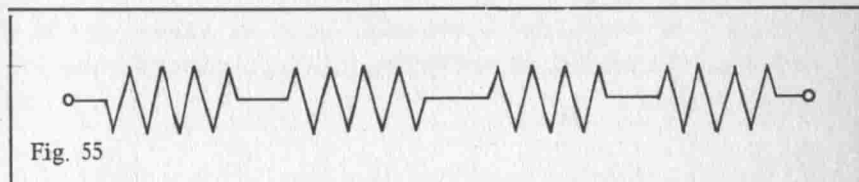
Tale segno porta accanto la lettera « R » alla quale viene aggiunto un numero che sta a indicare nello schema « quella determinata resistenza »:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ecc.

La resistenza variabile si indica come in figura 54.

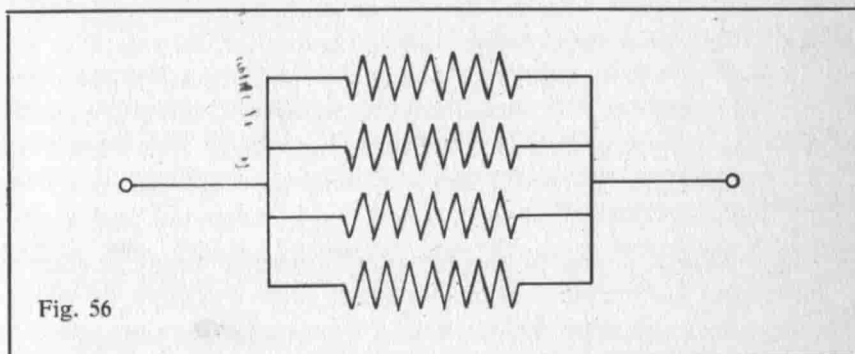


Consideriamo ora nella resistenza due capi: quello d'entrata e quello d'uscita.

Se colleghiamo due o più resistenze in modo che l'uscita della prima corrisponda all'entrata della seconda, l'uscita della seconda alla entrata della terza e così via, avremo fatto un collegamento « in serie », come si può osservare nella figura 55.



Se invece colleghiamo due o più resistenze in modo da accomunare tutte le entrate e tutte le uscite, come risulta dalla figura 56, avremo fatto un collegamento « in parallelo ».



Nel collegamento in serie la resistenza totale è data dalla somma dei valori delle singole resistenze impiegate.

Nel collegamento in parallelo, quando le resistenze sono due e di ugual valore, la resistenza totale corrisponde alla metà del valore di una di esse. Ad esempio, con due resistenze in parallelo da 100 ohm ciascuna, otterremo una resistenza totale di 50 ohm.

Quando le resistenze in parallelo sono due, ma di valore

diverso l'una dall'altra, la resistenza totale corrisponde alla formula:

$$R \text{ totale} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Quando le resistenze in parallelo sono di valore uguale o diverso, ma più di due, la resistenza totale corrisponde alla formula che segue:

$$R \text{ totale} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \text{ ecc.}}$$

Convieni sempre controllare la resistenza totale con un tester, poiché ogni singola resistenza viene costruita con un valore di tolleranza che va dal 5 al 10%.

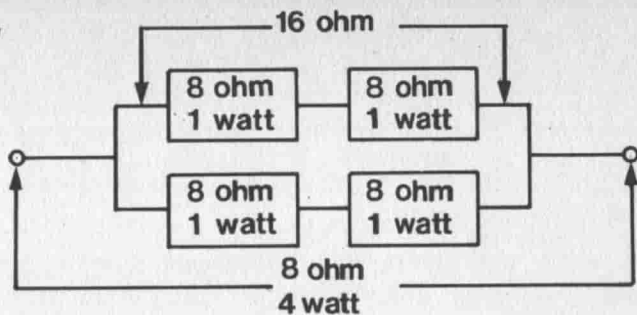
I vari errori di approssimazione potrebbero compensarsi a vicenda, ma potrebbero anche sommarsi, alterando notevolmente l'entità del valore totale desiderato. In quest'ultimo caso sarà possibile effettuare la correzione togliendo o aggiungendo qualche elemento resistivo.

E' possibile anche procedere a collegamenti misti in serie e in parallelo. Per esempio si può ottenere una resistenza di 8 ohm impiegandone quattro dello stesso valore nella maniera che segue: ponendole due a due in serie avremo due resistenze di 16 ohm che, collegate successivamente in parallelo, daranno di nuovo il valore di 8 ohm, ma ottenuto con quattro resistenze. Per maggiore chiarezza vediamo questa disposizione nella figura 57.

Nella figura 57 si nota che la resistenza è rappresentata da un rettangolo, anziché dal segno precedentemente illustrato. E' questa la maniera con la quale oramai viene indicata negli schemi la resistenza, in quanto il rettangolo raffigura meglio il



Fig. 57



cilindretto a impasto di carbone che si è andato quasi del tutto sostituendo alle resistenze a filo avvolto.

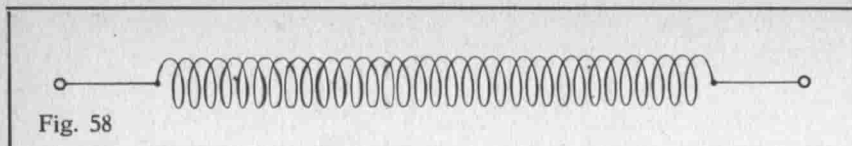
La conoscenza delle nozioni esposte sul collegamento delle resistenze trova la sua utilità pratica quando, dovendo sostituire una resistenza, manca la disponibilità di una nuova di uguale valore che potrà, tuttavia essere ottenuta collegandone fra di loro altre di valore diverso.

Ancor più importante questa conoscenza si rivelerà quando, dovendo disporre di una resistenza di forte potenza, potremo ottenere la potenza voluta collegando in varia maniera un numero anche elevato di resistenze di potenza inferiore. La potenza totale corrisponderà sempre alla somma delle potenze delle singole resistenze impiegate, come è stato messo in evidenza nella figura 57. E' consigliabile, in questo caso, di usare resistenze di uguale valore, o almeno di un valore non troppo differente.

Vedremo più oltre che per il collegamento degli altoparlanti valgono le stesse regole or ora esposte a proposito delle resistenze, tanto quando si dovrà considerare il valore di impedenza, quanto per le eventuali necessità di raggiungere una determinata potenza totale in watt.

### Induttanza e Impedenza

Quando un conduttore costituito da un filo a sezione uniforme, opportunamente isolato da rivestimento o smaltatura, vie-



ne avvolto in spire ravvicinate si ottiene un « solenoide » o « bobina », come mostra la figura 58.

Se facciamo percorrere una bobina da corrente continua, che diciamo « corrente induttrice », si determina attorno alla bobina stessa un flusso magnetico che rimane concatenato nella zona circostante alle sue spire. La regione dello spazio interessata da questo flusso prende il nome di « campo magnetico indotto ».

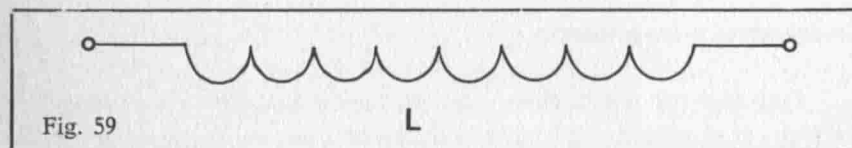
Interrompendo il passaggio della corrente, si provoca nel circuito la formazione di una momentanea corrente di reazione, detta di « autoinduzione », che tende ad opporsi a ogni eventuale variazione della corrente induttrice.

Quando la corrente induttrice è una corrente alternata le variazioni si susseguono rapidamente in funzione della sua frequenza, dando luogo a una corrente di autoinduzione che, a sua volta, determinerà la formazione di un secondo campo magnetico. Questo secondo campo magnetico cercherà di concatenarsi alle spire della bobina con linee di forza dirette in senso opposto a quelle del campo magnetico prodotto dalla corrente induttrice.

L'attitudine della corrente alternata a suscitare in una bobina un campo magnetico da autoinduzione si dice « induttanza ».

Il valore di una induttanza è condizionato dalle caratteristiche della bobina o solenoide: sezione del filo, diametro delle spire, numero delle spire e lunghezza della bobina. La sua unità di misura è l'« henry » con i suoi sottomultipli.

Negli schemi si indica con la rappresentazione del solenoide, o più semplicemente con il segno che si osserva nella figura 59.



Tale segno porta accanto la lettera « L » alla quale viene aggiunto il numero distintivo: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> ecc.

Caratteristica dell'induttanza è che essa tende ad opporsi a qualunque variazione della corrente che l'attraversa.

Per variazioni di bassa frequenza si comporta come una resistenza di basso valore. All'aumentare della frequenza delle variazioni della corrente aumenta proporzionalmente il suo potere resistivo, cioè la sua « impedenza ».

E per impedenza si intende appunto la resistenza che offre un circuito al passaggio della corrente alternata.

Come per la resistenza, l'unità di misura della impedenza è l'ohm.

Collegamenti in serie o in parallelo effettuati con induttanze seguono le stesse regole descritte a proposito delle resistenze.

La conoscenza dell'induttanza permette ora di comprendere la preferenza che è stata data alle resistenze a impasto di carbone. Quelle a filo avvolto, per quanto in misura limitata, si comportano anche come un'induttanza e tendono a variare il loro valore quando sono attraversate da una corrente alternata.

## Il condensatore

Lo si può immaginare costituito da due lamine di materiale conduttore, dette « armature », che si guardano parallele, con le loro superfici molto vicine fra di loro, ma senza toccarsi.

Fra di esse è interposto uno strato isolante, detto « dielettrico », costituito da materiali di varia natura, come il vetro, la mica, la carta, l'ebanite, o semplicemente l'aria.

Il condensatore ha la proprietà di accogliere e conservare una carica elettrica. Questa sua proprietà è chiamata « capacità del condensatore » in analogia con il termine che indica la possibilità di qualunque recipiente di contenere qualcosa.

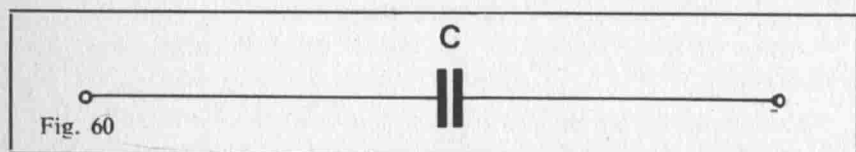
La capacità di un condensatore è direttamente proporzionale alla ampiezza della superficie delle sue armature, e inversamente proporzionale alla loro distanza.

L'unità di misura della capacità è il « farad », ma in pratica si usano i suoi sottomultipli che sono il millifarad, il microfarad e il picofarad.

Quando le armature e il dielettrico sono di materiale flessibile possono venire arrotolate e il condensatore diviene meno ingombrante prendendo la forma di un cilindretto.

Alle due armature sono uniti, rispettivamente, i due poli del condensatore.

Negli schemi il condensatore si indica come in figura 60.



Vicino al segno che lo rappresenta si trova la lettera « C » alla quale viene aggiunto il numero distintivo: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ecc.

Se si collegano in parallelo due o più condensatori, la capacità totale è data dalla somma delle singole capacità dei condensatori impiegati.

Se si collegano in serie due o più condensatori di uguale capacità, la capacità totale è data dalla seguente formula:

$$C \text{ totale} = \frac{C_1}{N}$$

dove C rappresenta la capacità totale, C<sub>1</sub> il valore della capacità di uno dei condensatori e N il numero dei condensatori impiegati.

Se si collegano in serie due condensatori di differente capacità, la capacità totale è data dalla seguente formula:

$$C \text{ totale} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Se si collegano in serie tre o più condensatori di differente

capacità, la capacità totale è data da quest'ultima formula:

$$C \text{ totale} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ ecc.}}$$

Di fronte alla corrente continua il condensatore si comporta come una resistenza di valore infinito, o, per dirlo in maniera più semplice, non la fa passare.

Può attraversarlo invece la corrente alternata, di fronte alla quale oppone una resistenza che prende il nome di « reattanza ».

Caratteristica della reattanza capacitiva è di essere inversamente proporzionale alla frequenza, il che significa che oppone una resistenza di valore elevato al passaggio di corrente variata a bassa frequenza, mentre consente una possibilità di transito sempre più facile via via che la frequenza diviene più alta.

E' importante prendere atto che la reattanza capacitiva si comporta in maniera esattamente contraria alla induttanza o reattanza induttiva.

Come la resistenza e l'impedenza anche la reattanza si misura in ohm.

Per raggiungere valori capacitivi elevati si fa molto uso di un tipo di condensatore chiamato « elettrolitico » in quanto ha per dielettrico una sostanza gelatinosa nella quale si compiono appunto fenomeni elettrolitici.

I condensatori elettrolitici portano indicato il segno di polarità positiva e negativa e debbono essere montati nel rispetto di questo segno.

Gli altri condensatori, al contrario, presentano una polarità indifferente.

I condensatori usati nei filtri, sarà questo l'argomento del prossimo capitolo, debbono essere del tipo non polarizzato, ma spesso capita di incontrare delle difficoltà a reperirne in commercio della capacità desiderata. Si possono allora usare anche

i condensatori elettrolitici unendone due, ciascuno della capacità doppia rispetto a quella che interessa. L'unione deve essere effettuata per i poli dello stesso segno: il positivo con il positivo, oppure il negativo con il negativo.

### Considerazioni riassuntive

La corrente elettrica, in qualunque circuito elettronico, viene guidata ai vari settori e modificata secondo la richiesta delle loro esigenze dagli elementi descritti: la resistenza, l'induttanza e il condensatore.

La resistenza serve a operare le cadute di tensione necessarie, tanto sulle correnti continue che alternate. Ha per unità di misura l'ohm e i suoi multipli.

L'induttanza, in funzione della lunghezza e della sezione del suo filo, si comporta di fronte alla corrente continua come una semplice resistenza. Di fronte alla corrente alternata si comporta come una resistenza variabile, direttamente proporzionale alla frequenza. Il suo valore si esprime in henry e sottomultipli. La sua caratteristica resistiva, o meglio la sua impedenza, si misura in ohm e multipli dell'ohm.

Il condensatore blocca la corrente continua che ne può caricare le armature senza però attraversarlo. Di fronte alla corrente alternata offre una resistenza variabile, inversamente proporzionale alla frequenza, con la sua reattanza che praticamente rappresenta la sua impedenza. Il suo valore, o capacità, si misura in sottomultipli del farad. La sua reattanza si misura in ohm e suoi multipli.

L'impedenza è la resistenza che offre un qualunque circuito al passaggio della corrente alternata. Là dove si trova indicato il valore di una impedenza senza ulteriori specificazioni, si intende sempre che questo valore indica l'impedenza misurata alla frequenza di 1.000 Hz. [11]

# Il filtro cross-over

Si è visto in precedenza come un solo altoparlante non sia in grado di riprodurre in maniera soddisfacente tutta la gamma di frequenza compresa fra 25 e 20.000 Hz. Di conseguenza vengono impiegate più unità di altoparlanti e si hanno così sistemi a due, tre o quattro vie, a seconda che le unità impiegate siano, rispettivamente, due, tre o quattro.

Per semplicità di descrizione consideriamo il sistema a due vie, costituito da un woofer e da un tweeter. Poniamo che il woofer possa rispondere bene nel campo di frequenza compreso fra 25 e 2.000 Hz e che il tweeter, a sua volta, ricopra la rimanente parte della gamma compresa fra 2.000 e 20.000 Hz.

Una volta collegati all'uscita dell'amplificatore, questi due altoparlanti si comporteranno bene di fronte a quelle frequenze che interessano la loro possibilità di risposta. Sennonché ognuno di essi riceverà anche quelle frequenze che esulano dalla sua capacità, e di fronte alle quali si comporterà come un dannoso dissipatore di parte dell'energia del segnale che verrà trasformata in due forme, ambedue poco desiderabili: calore e distorsione acustica.

E' necessario pertanto che il segnale amplificato venga diviso, o, come si dice, « tagliato » in un punto della gamma di frequenza in maniera da ottenere da questo due segnali separati, uno da 25 a 2.000 Hz da inviare al woofer, e l'altro da 2.000 a 20.000 Hz da inviare al tweeter. In questo modo si eviteranno

surriscaldamenti e distorsioni, perché ciascun altoparlante riceverà solo la parte di segnale che gli compete.

Per il sistema a due vie occorre un solo taglio che interviene sulla gamma di frequenza nel punto richiesto dalla possibilità di risposta degli altoparlanti impiegati. Per il sistema a tre vie la gamma verrà divisa in tre parti da due tagli. Tre tagli occorreranno per il sistema a quattro vie.

Un particolare filtro, costituito da due o più sezioni di diversa caratteristica, ci dà la possibilità di ottenere i tagli voluti. E' questo il filtro « cross-over ».

### **Frequenza cross-over o d'incrocio**

Il punto della gamma di frequenza sul quale il taglio si effettua prende il nome di « frequenza di cross-over » e su questo punto agiscono due sezioni del filtro.

Una di queste, detta « passa basso », permette il passaggio delle frequenze che dal punto cross over si estendono verso la parte bassa della gamma, mentre l'altra, detta « passa alto », permette il passaggio delle frequenze che si estendono verso la parte alta della gamma.

Nel sistema a tre vie i punti di cross-over sono due e una sezione supplementare del filtro, detta « passa banda », permette il passaggio delle frequenze comprese fra questi due punti.

Si dice « banda passante » quella parte della gamma di frequenza che passa attraverso una delle sezioni del filtro.

Il segnale amplificato viene così suddiviso in due o più segnali. Di questi, quello proveniente dalla sezione passa basso viene inviato al woofer, quello proveniente dalla sezione passa banda al mid-range, e al tweeter quello che proviene dalla sezione passa alto.

Nel sistema a quattro vie, i punti di cross-over sono tre e le sezioni passa banda due; da quella adiacente alla sezione passa basso viene prelevato il segnale per il mid-range basso, mentre da quella adiacente alla sezione passa alto viene prelevato il segnale per il mid-range alto.



La figura 61 mostra il grafico di un sistema a due vie.

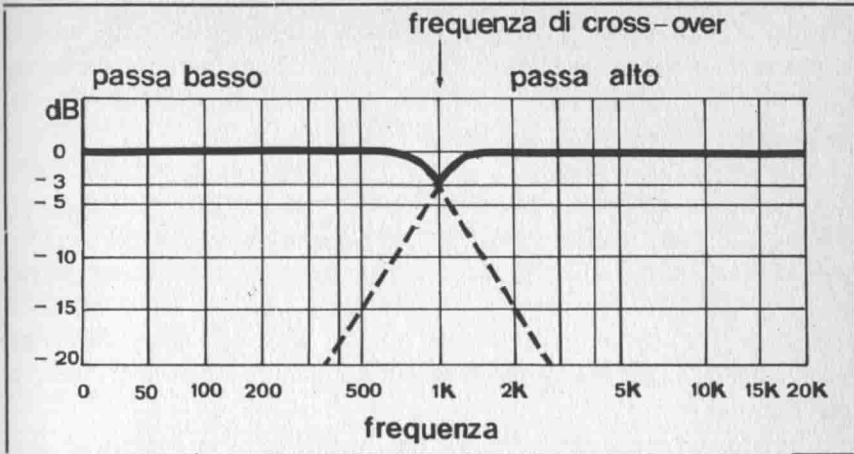


Fig. 61

La scelta delle bande passanti a zero dB è una scelta convenzionale dettata dal fatto che rende più agevole illustrare le ulteriori spiegazioni sull'argomento. E' evidente che nella realtà le bande passanti saranno su un livello di intensità in dB condizionato dal volume di amplificazione e, momento per momento, dai vari passaggi sonori.

Nella figura 61 la frequenza di cross-over corrisponde a 1.000 Hz.

Si nota che in questo punto si ha una caduta di tensione per entrambe le unità woofer e tweeter che non viene però apprezzata dall'orecchio dell'ascoltatore, perché l'attenuazione alla frequenza d'incrocio è di  $-3\text{dB}$  per ciascuna unità, che corrisponde ad una potenza d'uscita pari a metà rispetto allo 0 dB. Sommandosi insieme le due mezze potenze, il livello sonoro è uguale anche nel punto cross-over. Questo, fermo restando che l'efficienza delle due unità sia identica e il filtro perfettamente progettato e realizzato.

Dalla frequenza di cross-over in poi ogni sezione del filtro determina una attenuazione che per quella passa basso procede verso le frequenze alte, e per quella passa alto verso le basse.

Tale attenuazione presenta una pendenza diversa a seconda

delle caratteristiche di costruzione del filtro.

Vengono comunemente usati filtri con attenuazione di 6 dB, oppure di 12 dB per ottava. Raramente si impiegano filtri la cui attenuazione per ottava raggiunge i 18 dB. Certe volte le varie sezioni possono essere progettate con un grado di attenuazione diverso, pur facendo parte del medesimo filtro.

Quando l'attenuazione è di 6 dB per ottava, la potenza cade a un quarto del suo valore all'ottava adiacente. Poniamo ad esempio che la potenza sia di 4 watt su tutta la gamma di frequenza e il taglio a 1.000 Hz. In questo caso, la sezione passa basso a 2.000 Hz riceverà la potenza di 1 watt, a 4.000 Hz 0,25 watt ecc. La stessa cosa avviene per la sezione passa alto, che da 4 watt a 1.000 Hz passerà a 1 watt a 500 Hz, a 0,25 watt a 250 Hz ecc.

Con una attenuazione di 12 dB per ottava, la caduta di potenza è ancora quattro volte maggiore: 4 watt a 1.000 Hz, 0,25 watt a 2.000 Hz ecc.

Il grafico della figura 61 presenta una attenuazione di 12 dB per ottava. L'incrocio alla prima ottava si ha a -15 dB, perché l'attenuazione parte dal punto di cross-over che già si trova di 3 dB al di sotto delle bande passanti.

Nel sistema a tre vie l'attenuazione della sezione passa banda procede, dai punti di cross-over, tanto verso la parte alta che verso la bassa della gamma. Considerazioni analoghe possono essere fatte per il sistema a quattro vie, che presenta due sezioni di passa banda.

La figura 62 mostra il grafico di un sistema a tre vie, con un taglio a 500 e l'altro a 4.000 Hz. Tutte le altre caratteristiche corrispondono a quelle della figura 61.

Sia nella figura 61 che nella 62, appare evidente che al punto di cross-over, gli altoparlanti adiacenti ricevono il segnale con uguale intensità.

La scelta della frequenza di cross-over e del grado di attenuazione viene condizionata dalle caratteristiche di risposta degli altoparlanti che si vogliono impiegare.

A questo proposito è necessario chiarire che quando si dice

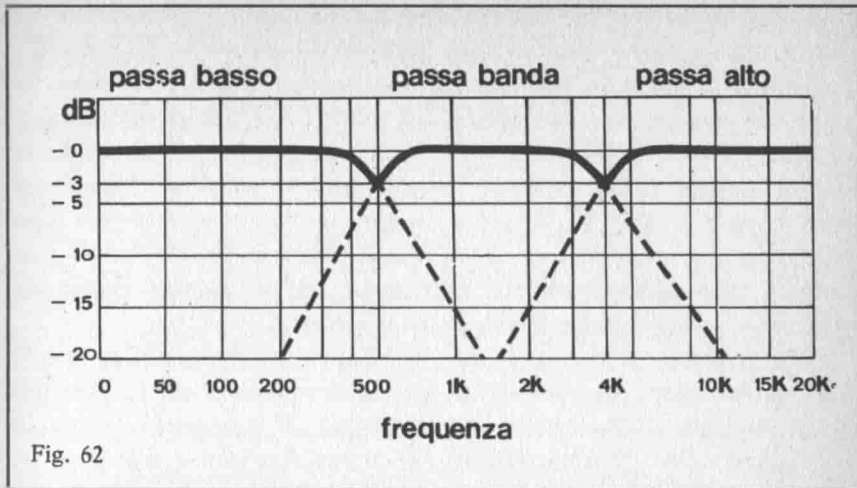


Fig. 62

che un altoparlante ha una risposta in frequenza, poniamo, da 30 a 2.000 Hz, ciò non significa che al di fuori di questo limite la risposta cada bruscamente. Il limite indicato è quello della risposta in condizione di lavoro sulla massima potenza. Per potenza via via minore la risposta continua ad essere valida per un certo tratto della gamma. Si tenga quindi presente che se due altoparlanti hanno una risposta in frequenza adiacente e si stabilisce la frequenza di cross-over al punto ove termina la risposta dell'uno e inizia quella dell'altro, ognuno di essi ha ancora la possibilità di ricevere le frequenze al di fuori del suo campo, benché sempre più attenuate dal filtro. Naturalmente questo presuppone che il taglio corrisponda esattamente al punto di frequenza calcolata.

In pratica, è preferibile scegliere gli altoparlanti in maniera che la loro risposta in frequenza si sovrapponga per un certo tratto.

Facciamo l'esempio per un sistema a tre vie: woofer con risposta di frequenza da 25 a 3.000 Hz; mid-range da 400 a 6.000 Hz; tweeter da 1.500 a 20.000 Hz.

Fra 400 e 3.000 Hz si incrociano le possibilità di risposta del woofer e del mid-range e in questo caso potremo stabilire la

prima frequenza cross over a 800 Hz. Il taglio lascia libero il mid-range di rispondere ancora per un'ottava verso le frequenze basse con tutte le sue capacità intatte, mentre il woofer ha davanti a sé ancora uno spazio di poco inferiore a due ottave.

Fra 1.500 e 6.000 Hz si incrociano le possibilità di risposta del mid-range e del tweeter. Stabilendo la seconda frequenza cross over a 3.000 Hz, il taglio lascia libero il tweeter per una intera ottava verso le frequenze basse, mentre anche il mid-range ha a disposizione ancora un'ottava, dal momento che è cominciata l'attenuazione verso le frequenze alte.

Un incrocio del genere non è affatto indispensabile, specie se il filtro adoperato presenta una attenuazione di 12 dB per ottava, tuttavia offre un ampio margine di garanzia contro la eventualità che gli altoparlanti ricevano frequenze estranee al loro campo di risposta.

### **Componenti del filtro**

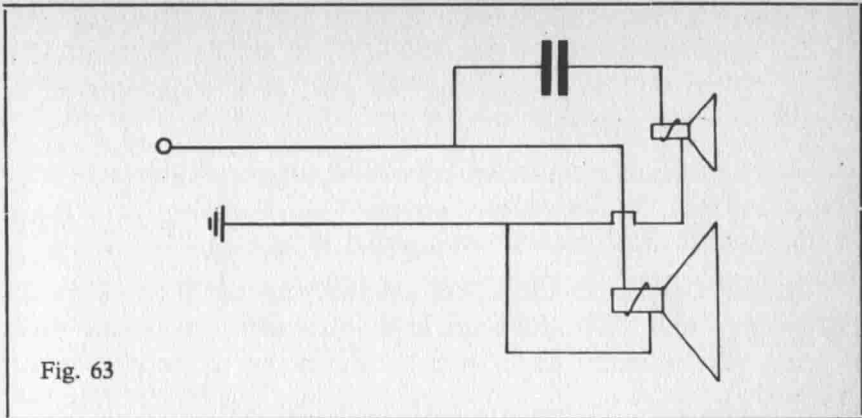
Ora che se ne conosce l'impiego, possiamo vedere come è composto un cross-over e come funziona.

E' anzitutto necessario premettere che la corrente del segnale di uscita dell'amplificatore è una corrente alternata, la cui frequenza, anziché costante come quella della corrente di rete, che ha un valore standard di 50 oppure di 60 Hz, varia nei limiti della frequenza acustica.

Cominciamo col considerare un sistema a due vie. La condizione più importante è che il tweeter non riceva le frequenze basse, perché provocherebbero insopportabili distorsioni, o addirittura potrebbero rovinare un così piccolo altoparlante.

Diffusori di basso prezzo risolvono il problema con un semplice condensatore inserito in serie sulla via del tweeter, come risulta dallo schema della figura 63, che costituisce il filtro passa alto.

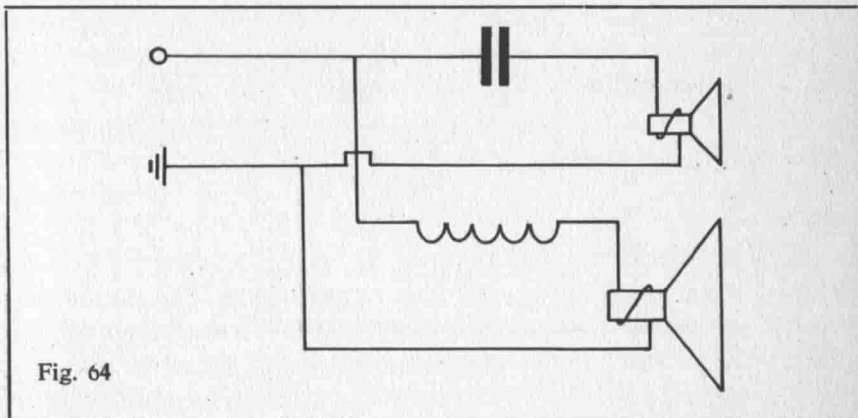
Nella disposizione mostrata dallo schema si è ottenuto di salvare il tweeter dalle basse frequenze, proteggendolo con una reattanza. Si ricordi che la reattanza propria del condensatore



fa passare le frequenze alte e si oppone al transito delle frequenze basse.

Senonché, con questa<sup>o</sup> disposizione, le alte frequenze vanno verso il tweeter solo in parte, perché entrano contemporaneamente anche nel circuito del woofer che le riproduce male o, quanto meno, le dissipa inutilmente.

Per evitare che il woofer sia raggiunto da frequenze che non può riprodurre opportunamente è necessario aggiungere una induttanza nel circuito del filtro. Osserviamo lo schema della figura 64, che rappresenta un filtro passa alto e uno passa basso combinati.



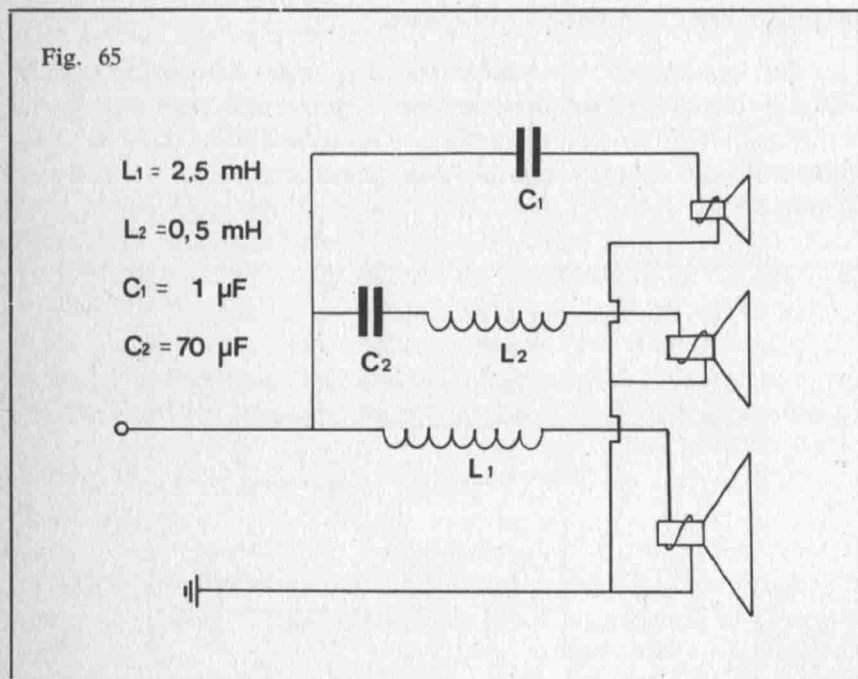
In questo caso l'induttanza assorbe quella parte di alte frequenze che vorrebbero attraversarla e, al tempo stesso, lascia libero il transito alle frequenze basse che trovano ugualmente la strada per raggiungere il woofer.

In termine italiano, i filtri cross-over vengono chiamati « filtri divisori ». Quando fra i loro componenti è presente tanto la capacità, quanto l'induttanza, sono anche detti « filtri LC ».

Nel sistema a tre vie, viene aggiunto un filtro passa banda che preleva una parte del segnale su un tratto intermedio della gamma di frequenza, da inviare al mid-range. Il prelievo viene effettuato adoperando opportuni valori delle capacità e induttanze.

Nel sistema a quattro vie, ovviamente, troveremo due filtri passa banda, destinati ad alimentare, uno il mid-range basso, l'altro il mid-range alto.

Lo schema della figura 65 illustra un filtro a tre vie. E' un filtro divisore LC « passa basso, passa banda, passa alto ».



Filtri cross-over più complessi impiegano dispositivi che consentono l'attenuazione del segnale inviato al mid-range e al tweeter. Questi dispositivi, costituiti essenzialmente da resistenze variabili, hanno lo scopo di permettere quelle correzioni intese a mantenere lineare la risposta del sistema modificando il rendimento dei vari altoparlanti adoperati. Infatti detto rendimento presenta sempre delle differenze e quello del woofer, in particolare, è generalmente più basso degli altri.

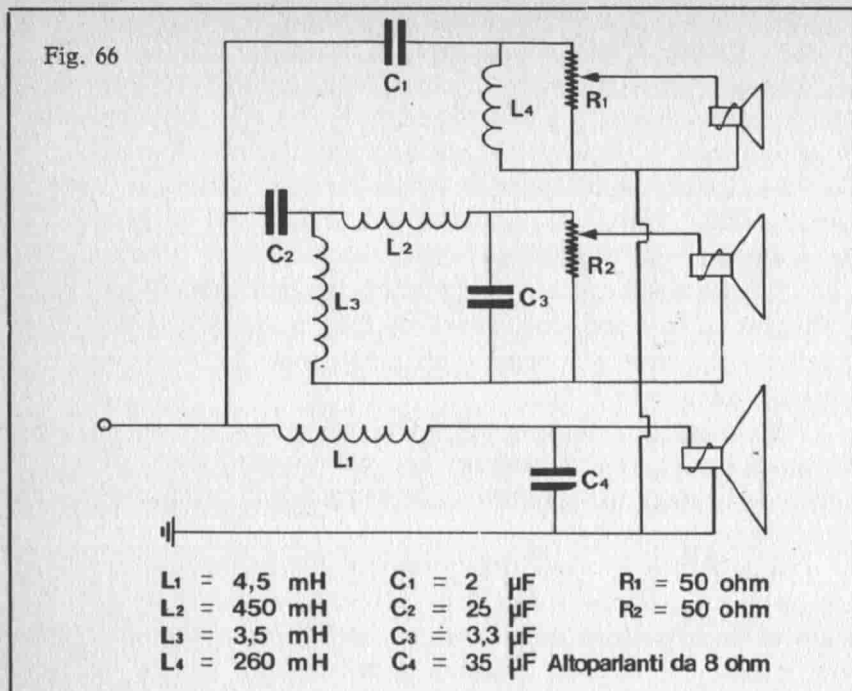
L'utilità degli attenuatori diviene essenziale quando mid-range e tweeter, o uno dei due, sono del tipo a compressione, il cui rendimento, come già visto, è di gran lunga il più elevato fra tutti gli altoparlanti.

Una maggiore efficacia del filtro può essere ottenuta aumentando ulteriormente il numero dei componenti. Così facendo, i componenti aggiunti agiscono sulla pendenza di attenuazione rendendola più marcata.

Nella figura 66 viene presentato un filtro con gli attenuatori a resistenza variabile e con delle derivazioni supplementari che, tramite induttanze e condensatori, collegano a massa le varie vie: quella del tweeter tramite un'induttanza, quella del mid-range tramite una induttanza e un condensatore, quella del woofer tramite un condensatore.

In pratica ciascun filtro elementare è come se fosse raddoppiato. Per esempio il filtro passa alto del tweeter attenua le basse frequenze con il condensatore e, in più, manda a massa con un'induttanza la quantità di tali frequenze che sfugge al condensatore. In tal modo la cancellazione delle frequenze indesiderate è più violenta. Accade infatti che la pendenza di attenuazione passa da 6 dB/ottava col solo condensatore a 12 dB/ottava con condensatore più induttanza. Il fenomeno è ripetuto per il woofer e per il mid-range scegliendo opportuni valori dei componenti.

Il filtro della figura 66 presenta una attenuazione di 12 dB per ottava, e tagli di frequenza a 400 e a 5.000 Hz. Tanto il grado di attenuazione, che i punti di frequenza cross over, vengono ottenuti al livello desiderato giocando sui valori delle reattanze e delle induttanze.



Il filtro cross-over deve rispondere anche ad altri requisiti: non deve far cadere in maniera apprezzabile la potenza del sistema, nè deve modificarne l'impedenza.

Avendo, per ipotesi, da collegare un diffusore a tre vie con un amplificatore la cui impedenza di uscita è di 8 ohm, si deve scegliere un filtro che è stato calcolato per una uguale impedenza di 8 ohm. In tal caso, collegando alle tre vie del filtro un woofer di 8 ohm, un mid-range di 8 ohm e un tweeter di 8 ohm, l'impedenza del sistema filtro-altoparlanti risulta ugualmente di 8 ohm.

Nella scelta del filtro si deve pure porre attenzione che fra le sue caratteristiche sia indicata anche quella della massima potenza che può sopportare, e che non deve essere inferiore alla massima potenza erogabile dall'amplificatore.

Su ogni via del filtro possono venire impiegati anche più altoparlanti, purché si rispetti la impedenza che a questa via



si deve applicare. Se, ad esempio, vogliamo collegare al settore passa alto calcolato per 8 ohm, due tweeters, questi dovranno essere di 16 ohm ciascuno e posti in parallelo, oppure di 4 ohm e posti in serie.

I diffusori di buona qualità sono spesso corredati di due o più tweeters, in luogo di uno solo, perché, avendo le onde sonore di frequenza elevata una propagazione altamente direzionale, male si presta un unico altoparlante a coprire completamente nell'ambiente tutta la zona che si vuole destinare all'ascolto.

Si ottiene questa copertura disponendo a ventaglio, oppure a una certa distanza fra di loro, alcuni tweeters debitamente collegati.

Facciamo il caso di un gruppo formato da quattro tweeters da unire a una via di 8 ohm di impedenza.

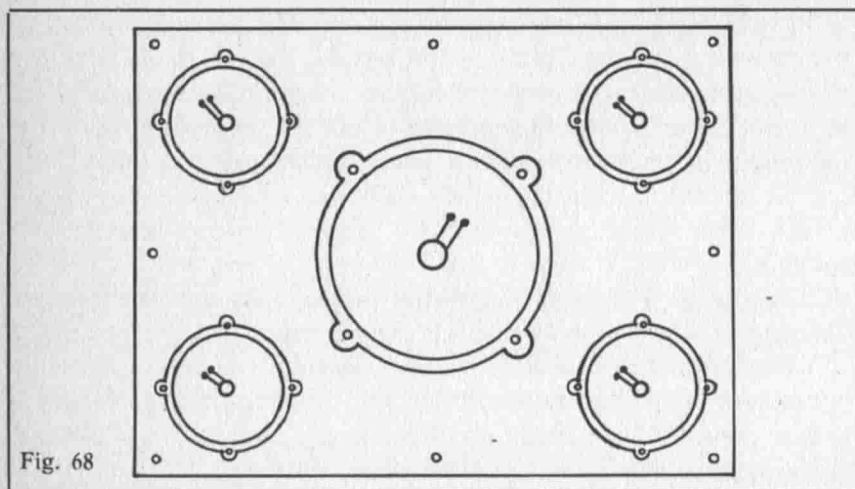
Se ognuno di essi è di 8 ohm, unendoli in serie due a due ci troviamo con due coppie di 16 ohm. Ponendo successivamente le due coppie in parallelo, a collegamento ultimato, l'impedenza del gruppo tornà ad essere di 8 ohm.

E' una maniera di procedere identica a quella del collegamento fra resistenze, e anche la potenza totale degli altoparlanti risulta, come per le resistenze, uguale somma delle potenze dei singoli altoparlanti impiegati.

Si potrebbe costituire il gruppo anche utilizzando altoparlanti di impedenza fra di loro diversa, tuttavia i migliori risultati si hanno quando vengono adottati tutti del solito tipo.

La figura 67 mostra il gruppo di quattro tweeters di 8 ohm precedentemente descritto.

Montati su un pannello, i quattro tweeters della figura 67 potrebbero venire disposti come nella figura 68, che si presenta con il mid-range in posizione centrale.



Per costruirsi dei buoni diffusori, colui che se la sente di provvedere da sé anche alla attuazione del filtro, ha pochi problemi.

Il mercato offre un ricco assortimento di altoparlanti, e la scelta è condizionata solo dal prezzo.

Per contro, la possibilità di scelta dei filtri già montati non è altrettanto vasta. Conviene quindi, a chi deve acquistare tutti i componenti, procurarsi anzitutto il filtro e, successivamente, provvedere agli altoparlanti in maniera conforme alle caratteristiche del filtro cross-over già in suo possesso.

### Il cross-over elettronico

È un divisore di frequenza che opera i tagli sulla gamma a livello del segnale preamplificato, anziché dopo l'uscita dell'amplificatore di potenza, come accade con il divisore LC precedentemente esposto.

La separazione della gamma nei settori passa basso, passa banda e passa alto viene effettuata da particolari circuiti transistorizzati, e l'apparecchio presenta una entrata per il preamplificatore, e tre uscite, che corrispondono appunto ai tre settori nei quali la gamma viene divisa.

Questo, nel caso che il cross-over funzioni per un sistema a tre vie. E' comunque possibile adattare l'apparecchio anche per un sistema a due vie e in tal caso le uscite utilizzabili si riducono a due, che corrispondono rispettivamente al settore passa basso e al settore passa alto.

Per ogni uscita del cross-over elettronico è necessario un amplificatore di potenza. Occorrerà quindi un amplificatore per il tratto passa basso della gamma, al quale verranno collegati i due woofer destro e sinistro, un amplificatore per il tratto passa banda da collegare ai due mid-range, e un terzo amplificatore che provvederà al tratto passa alto per le due vie dei tweeters.

Sul pannello frontale, un commutatore consente la scelta del punto di cross-over che separa il woofer dal mid-range, mentre un altro commutatore consente quella del punto che separa il mid-range dal tweeter.

Il primo taglio può essere preso a piacere su una frequenza dell'ordine di 125, 250, 500, 700 e 1.000 Hz. Il secondo su una frequenza dell'ordine di 1.000, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 Hz.

I punti di frequenza indicati possono variare leggermente a seconda della marca dell'apparecchio, comunque la scelta è così ricca da rendere quasi sempre disponibile il punto cross-over che si adatti alla risposta di frequenza di qualsiasi altoparlante si voglia impiegare.

Ad aumentare questa possibilità, troviamo altri quattro comandi che agiscono sulla pendenza di attenuazione per la scelta di 6, 12 oppure 18 dB per ottava.

Il primo di questi comandi varia l'attenuazione del settore passa basso, il secondo quella del settore passa banda verso la parte bassa della gamma, il terzo quella del settore passa banda verso le frequenze alte, mentre il quarto varia l'attenuazione del settore passa alto.

Ancora tre comandi sono presenti sul pannello frontale, ognuno dei quali regola il livello dei tre settori, passa basso, passa banda e passa alto, perché si possa uniformare il rendimento dei vari altoparlanti impiegati sulle tre vie.

Nella figura 69 vediamo una possibile disposizione dei comandi descritti.

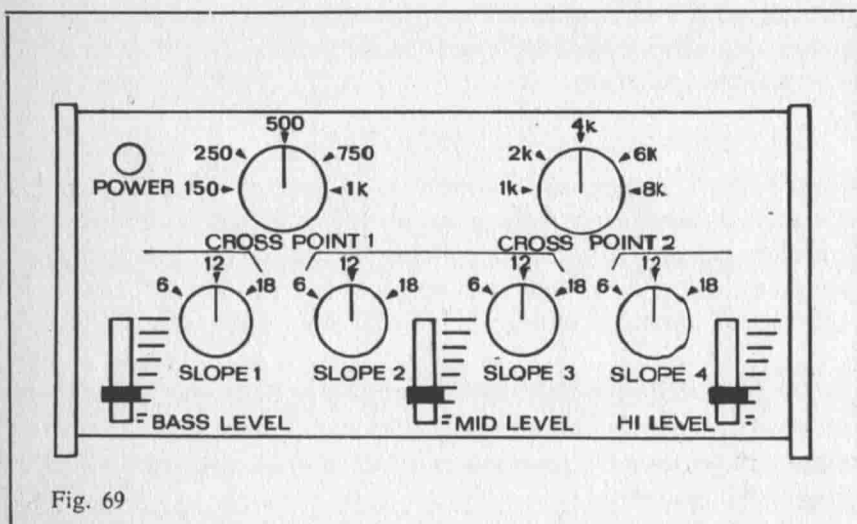


Fig. 69

Ognuno dei tre comandi che regolano il livello delle bande passanti può essere sdoppiato con manopole concentriche per la regolazione separata del livello di ciascun altoparlante dei due canali.

Sul livello di ciascuna banda passante si può quindi agire in misura globale, e, se occorre, in misura diversa sui due canali che serve.

Anche per il cross-over elettronico è richiesto un comportamento qualitativo di fronte ai fattori di distorsione ecc., come per gli altri apparecchi del sistema. L'argomento è già stato trattato nel capitolo dell'amplificatore.

La maniera di collegare un cross-over elettronico con gli altri componenti dell'impianto viene illustrata nella figura 70.

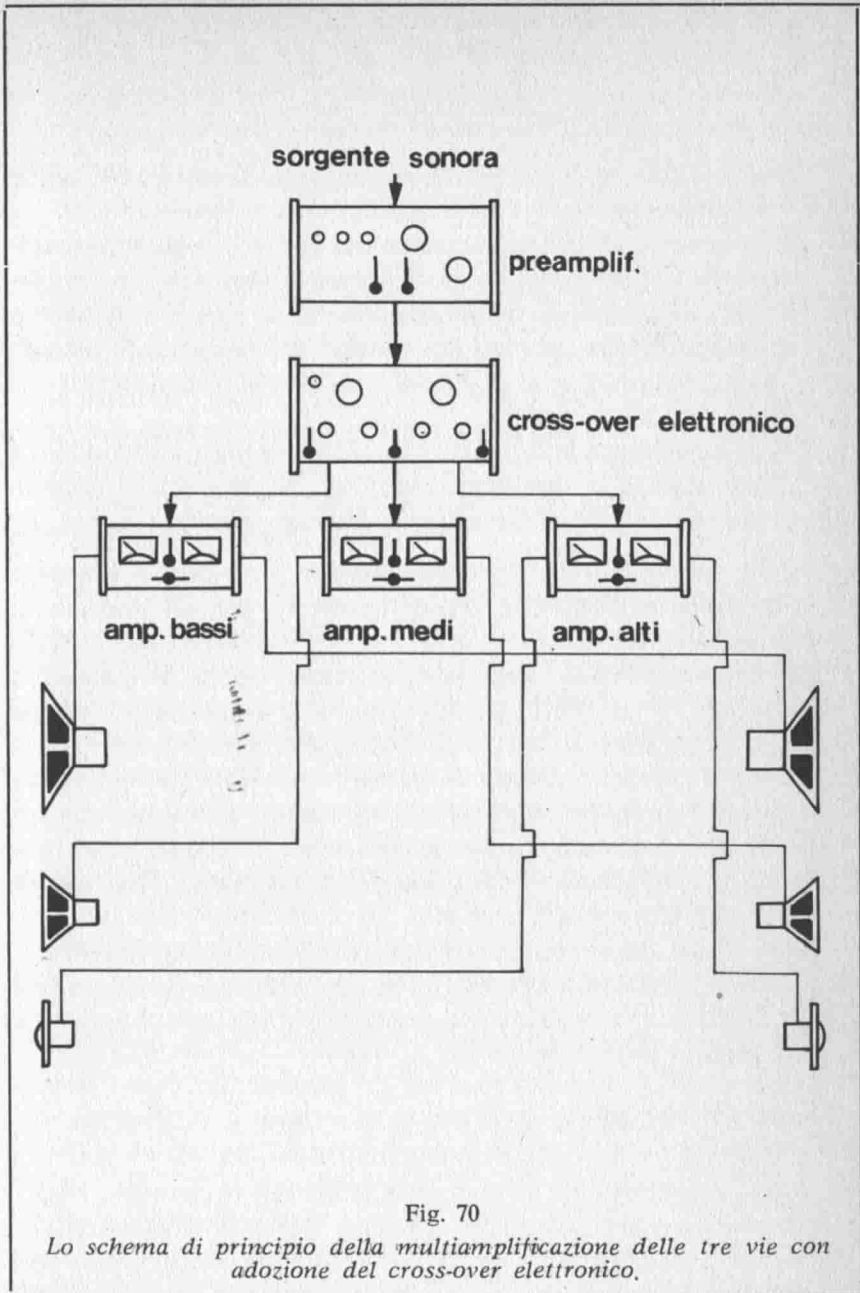


Fig. 70

*Lo schema di principio della multiamplificazione delle tre vie con adozione del cross-over elettronico.*

E' chiaro che si tratta di un filtro che offre tutte le possibilità e che sicuramente è in grado di migliorare anche la qualità di riproduzione, sia pure nello spazio molto ristretto che le ottime prestazioni del divisore LC lasciano ancora libero.

Un impianto ad alta fedeltà che si vale di un simile cross-over va considerato veramente un impianto eccezionale.

Naturalmente, la moltiplicazione del numero degli apparecchi ne rende altrettanto eccezionale il prezzo d'acquisto. Anche l'ingombro che il numero di questi apparecchi comporta è tutt'altro che indifferente, e la potenza dei sistemi di altoparlanti, avendo ogni banda passante a disposizione un amplificatore, dovrà essere particolarmente elevata.

Si può pertanto affermare che il cross-over elettronico è soprattutto adatto a soddisfare esigenze di carattere professionale, o di una cerchia molto ristretta di appassionati.

Visto che si tratta di un apparecchio destinato a impianti molto complessi, dovrebbe venire costruito per un sistema di almeno quattro vie.

Infatti, se si vuole impiegare il primo punto di frequenza cross-over a 150 o 250 Hz, non è facile trovare un mid-range tale da coprire bene la banda fino al taglio oltre il quale dovrà rispondere un tweeter capace di giungere a 20.000 Hz. Con quattro vie, un mid-range basso potrebbe invece agevolmente ricevere il tratto di gamma compreso fra 150 e 1.000-2.000 Hz, consentendo di conseguenza l'adozione di un mid-range con una risposta da 500-800 a 4.000-8.000 Hz.

Può anche darsi che nel frattempo qualche costruttore stia progettando un cross-over elettronico con tre tagli di frequenza, o che lo abbia già realizzato e presentato, ma a tutt'oggi non me ne è giunta notizia. [12]

# I diffusori

I diffusori sono costituiti da due casse, in ciascuna delle quali, per ragioni che vedremo fra poco, viene alloggiato il sistema degli altoparlanti relativo a uno dei due canali stereo.

Appunto perché sono delle vere e proprie casse, vengono detti anche « casse acustiche ».

## Il corto circuito acustico

La corrente del segnale audio, in quanto alternata, si presenta come una successione di onde, e ogni onda è costituita da una semionda positiva e una negativa.

Applicata a un altoparlante, questo reagisce con uno spostamento in avanti del cono diffusore di fronte alla semionda positiva, e uno spostamento diretto in senso opposto, di fronte alla semionda negativa.

In questa maniera il cono determina nell'aria quella serie di compressioni e rarefazioni che vengono percepite come onde sonore.

Quanto detto è relativo al contatto che il cono diffusore prende con l'aria tramite la sua superficie anteriore.

Senonché, la superficie posteriore, quella rivolta verso il cestello, si comporta esattamente nella maniera opposta: quando il cono compie la compressione in avanti, determina posteriormente una rarefazione; quando si spinge verso il cestello, la rarefazione si determina nella parte anteriore. Praticamente un altoparlante, funzionando libero nell'aria, compie un doppio la-

Fig. 71

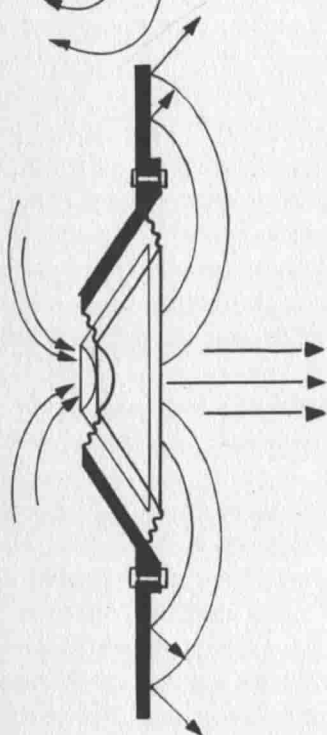
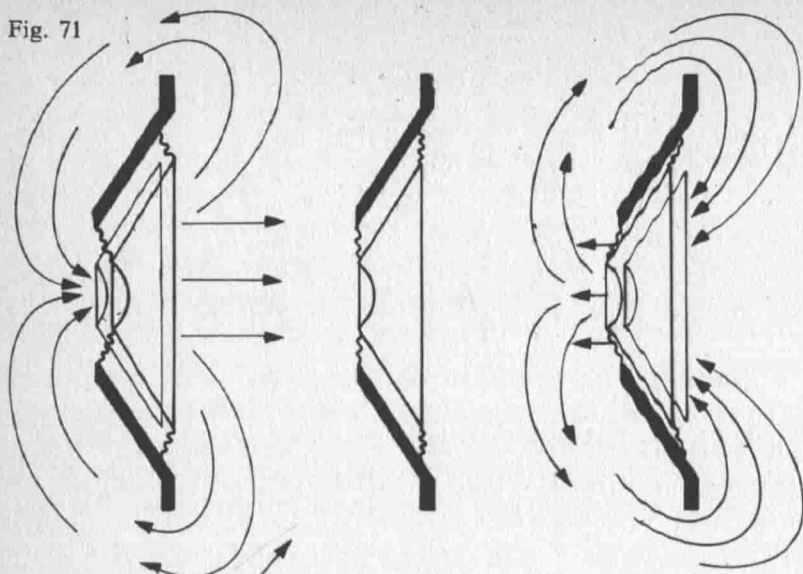


Fig. 72

*Se l'altoparlante si muove in aria libera, l'aria spinta dalla compressione trova spazio nella zona di rarefazione che si produce sulla faccia opposta del cono con tendenza all'annullamento dell'effetto. Quando l'altoparlante è montato su un grosso schermo (figura a sinistra), le onde anteriori e posteriori non si incontrano e non si verifica il fenomeno del "cortocircuito acustico".*



voro ed è fonte di una doppia serie di onde sonore in opposizione di fase fra di loro.

L'aria, spinta dalla compressione, trova spazio nella zona di rarefazione che si produce sulla controfaccia, di maniera che un effetto tende ad annullare l'altro, come è indicato nella figura 71.

Ne consegue una notevole perdita di potenza e un'altrettanto notevole distorsione del suono riprodotto.

Il fenomeno descritto è chiamato « corto circuito acustico » e può essere neutralizzato adottando per l'altoparlante uno schermo, che viene appunto detto « schermo acustico ».

### **Lo schermo infinito**

Lo schermo, munito di un foro dal quale l'altoparlante si affaccia, separa le onde sonore prodotte dalla parte anteriore del cono da quelle prodotte dalla sua parte posteriore, annullando l'effetto della sfasatura. La figura 72 mostra l'altoparlante applicato allo schermo.

La separazione influisce verso le frequenze basse fino a quella che ha una lunghezza d'onda la cui metà corrisponde al diametro dello schermo, ammesso che questo abbia una forma circolare e che l'altoparlante sia situato al centro, secondo la disposizione della figura 73.

Questo tipo di schermo viene chiamato « schermo infinito », o, con parole di lingua inglese « infinite baffle ».

La sua descrizione è importante, perché serve a mettere a fuoco il problema che le casse acustiche debbono risolvere, mentre la sua realizzazione pratica è cosa inattuabile per ragioni di ingombro. Basti considerare che un'onda di 33 Hz ha una lunghezza di 10 metri e 5 metri la sua semionda. Occorrono pertanto 5 metri di diametro, perché uno schermo infinito operi la separazione voluta fino alla frequenza di 33 Hz, e dimensioni ancora maggiori per separare frequenze più basse.

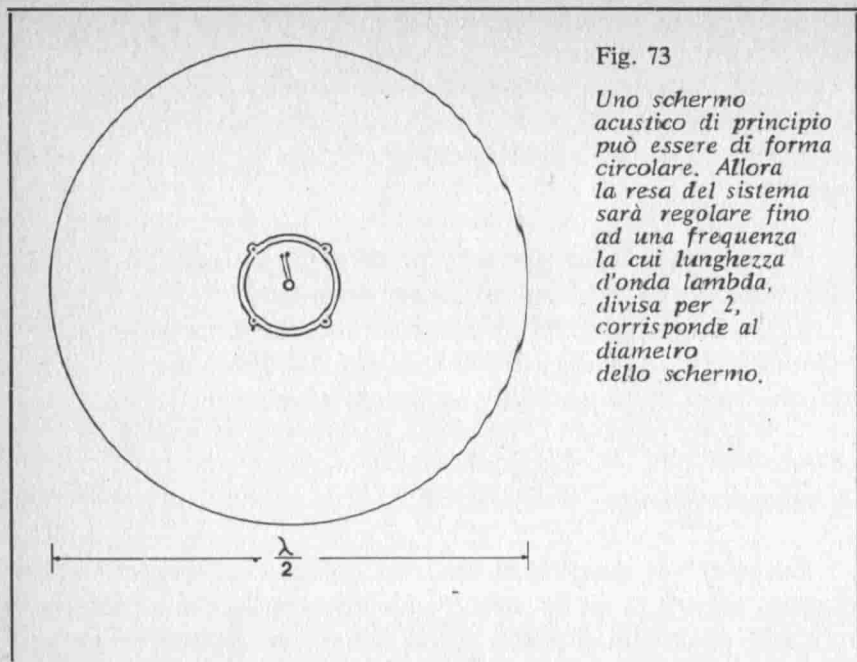


Fig. 73

*Uno schermo acustico di principio può essere di forma circolare. Allora la resa del sistema sarà regolare fino ad una frequenza la cui lunghezza d'onda  $\lambda$ , divisa per 2, corrisponde al diametro dello schermo.*

### Casse acustiche

Le casse acustiche rappresentano uno schermo in grado di eliminare il corto circuito acustico con un ingombro accettabile per qualsiasi ambiente.

Prima di procedere sull'argomento è però necessario precisare che non tutti gli altoparlanti di un sistema diffusore richiedono d'obbligo la sistemazione in una cassa acustica.

Le onde sonore, fino alla frequenza di 300 Hz, si propagano in tutte le direzioni. Da 300 Hz in poi, procedendo verso le frequenze più alte, la propagazione assume un andamento che si fa sempre più direzionale. Le onde tendono cioè a propagarsi a forma di cono con vertice all'altoparlante che le produce.

All'aumentare della frequenza il cono si fa sempre più stretto, fino ad arrivare a frequenze, da 5.000 Hz in poi, alle quali finisce con l'assumere l'aspetto di un cilindro la cui base coincide con quella del cono diffusore.

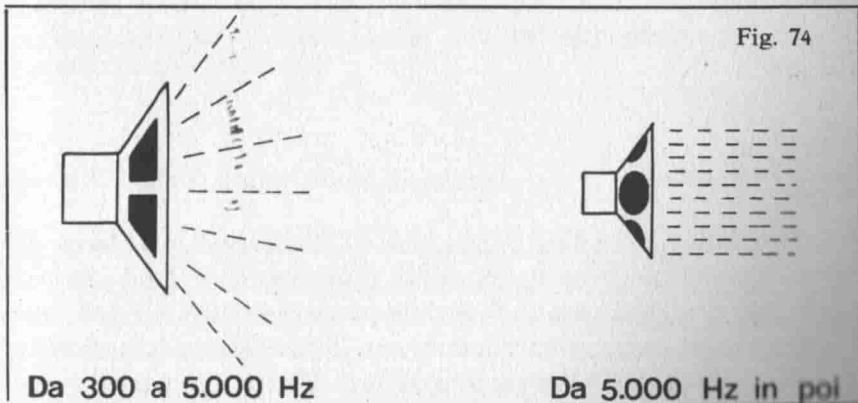
La figura 74 dà un'idea di come avviene la propagazione a seconda della frequenza.

Quanto più la propagazione è direzionale, tanto più è limitata la possibilità di interferenza fra le onde prodotte dalla parte anteriore del cono con quelle in controfase prodotte dalla parte posteriore.

Per frequenze elevate, la cui semionda abbia una lunghezza pari o minore al diametro dell'altoparlante, è addirittura l'altoparlante stesso che si comporta come uno schermo infinito.

Inoltre, considerando la limitata escursione e la altrettanto limitata dimensione che caratterizza i coni atti a riprodurre frequenze elevate, si comprende come la massa d'aria da questi spostata sia di volume relativamente modesto, il che diminuisce ulteriormente la possibilità di interferenze.

In questi tipi di altoparlante, se montati su cestelli completamente chiusi, l'aria contenuta fra la superficie interna del



cestello e la superficie posteriore del cono è sufficiente per permettere al cono stesso i movimenti che è chiamato a compiere.

Si può pertanto dire che gli altoparlanti destinati a rispondere a frequenze elevate, possono venire dotati con estrema facilità di uno schermo acustico, del quale tuttavia, hanno poca o nessuna necessità.

Per il woofer la situazione cambia completamente. Destinato a riprodurre onde sonore di una frequenza che, non avendo

una propagazione direzionale, bene si presta a risentire del corto circuito acustico, la sua prestazione può essere fedele solo a patto che venga montato su uno schermo. La sua parte posteriore deve quindi venire isolata, ma si rende necessario anche che la massa d'aria, contenuta nella camera d'isolamento, abbia un volume considerevole, perché considerevoli sono le dimensioni e le escursioni del cono.

Mid-range e tweeter possono venire sistemati sul pannello di una cassa acustica per ragioni di spazio e di compattezza dell'insieme, ma possono anche essere utilizzati in unità separate dalla struttura della cassa.

Il woofer viene invece montato sulla cassa per una imprescindibile necessità tecnica.

Il corto circuito acustico, mediante l'impiego di una cassa, può essere evitato in due diverse maniere e di conseguenza i tipi di cassa acustica da considerare sono due: « bass reflex » e « cassa completamente chiusa », detta anche a « schermo pseudo-infinito ».

### **Casse bass reflex**

La cassa bass reflex si propone di risolvere il problema del corto circuito acustico in un modo piuttosto complesso. Si propone cioè di modificare la fase delle onde suscitate dal cono nell'interno della cassa, accordandola con la fase delle onde prodotte dalla superficie del cono esposta all'aria libera, e al tempo stesso si propone anche di restituire all'ambiente, attraverso un'apertura supplementare, quella parte di energia sonora della quale ha corretto la fase.

Varietà del tipo bass-reflex, sempre basate sullo stesso principio di funzionamento, sono le casse « bass ultraflex » o a « labirinto », e le « casse acustiche miniaturizzate ».

Il sistema bass reflex ha avuto molto successo, perché consente una buona riproduzione delle frequenze basse e un buon rendimento del woofer, dal momento che viene utilizzato anche il suono che si diffonde all'interno della cassa.

La sua costruzione deve però rispondere a criteri molto precisi, calcolati sulle caratteristiche dell'altoparlante impiegato. Dimensioni del mobile, forma del mobile, posizione dell'altoparlante sul pannello, posizione e dimensione dell'apertura supplementare, posizione, dimensione e forma di eventuali tramezzi all'interno, in una parola ogni componente, deve rispettare le regole comandate dal calcolo.

D'altra parte bisogna aggiungere che la bass reflex, pur dando un'ottima risposta alle frequenze basse, necessariamente imprime al suono un particolare colore, condizionato dal sistema di costruzione della cassa. Questo colore può anche essere gradevole, come gradevole può essere l'esaltazione del rendimento, tuttavia si consideri che l'alta fedeltà non va alla ricerca di effetti particolari. Con l'alta fedeltà si vuole ottenere una riproduzione il cui suono somigli, per quanto è possibile, al suono originale. E questo si ottiene meglio, e con una tecnica di costruzione di gran lunga più semplice, con le casse acustiche completamente chiuse.

### **Casse acustiche completamente chiuse**

Sono dette anche casse a « schermo pseudo infinito », perché, in analogia con il sistema a schermo infinito, operano una completa separazione del suono che l'altoparlante diffonde con le due superfici del cono.

Completamente diversi sono però i problemi propri dell'uno e dell'altro sistema.

Lo schermo infinito pone il grande problema della dimensione, tanto grande che è addirittura insolubile dal punto di vista pratico. Per contro, non ha alcun problema che interessi il funzionamento dell'altoparlante.

Lo schermo pseudo-infinito non ha alcun problema di dimensione per quanto riguarda la separazione del suono, la cui frazione indesiderata viene annullata dall'imbottitura interna della cassa. Purché la cassa sia completamente chiusa, si ottiene la separazione con qualunque forma o volume, mentre, al contrario

di quanto accade con lo schermo infinito, la dimensione influisce sul corretto rendimento dell'altoparlante.

L'aria chiusa nella cassa, al di sotto di un certo volume, la cui entità è in rapporto alla dimensione e all'escursione del cono diffusore, oppone ai movimenti di compressione del cono medesimo la sua elasticità. Fermi restando il diametro di base del cono e l'escursione, l'opposizione si fa più marcata per volumi d'aria più piccoli.

Nello stesso tempo, dal momento che il cono viene influenzato dall'aria nel movimento, il suo punto di frequenza di risonanza si sposta su valori più elevati. Più limitato è il volume di aria contenuto nella cassa, più alto diventa il punto di frequenza di risonanza.

A seconda della sua qualità, la frequenza di risonanza in aria libera di un woofer varia normalmente fra 20 e 50 Hz, e al di sotto di questa frequenza la risposta cade di un valore valutabile da 12 a 18 dB per ottava. Questo fa comprendere come sia importante mantenere la frequenza di risonanza più bassa possibile.

Tuttavia non è del tutto negativo il fatto che il cono trovi un certo freno alla sequenza delle sue escursioni. Sempre che il freno agisca in maniera blanda, la sua azione aiuta il fattore di smorzamento dell'amplificatore (damping) a limitare i movimenti di inerzia.

Da quanto detto risulta che le casse completamente chiuse debbono venire costruite tenendo conto del volume d'aria in esse contenuto, e che questo volume deve essere rispettato entro un limite minimo, ed entro un limite massimo, se si vuole ottenere il risultato ottimale. Entro un limite minimo, per non innalzare troppo il punto della frequenza di risonanza. Entro un limite massimo, per non perdere il non essenziale, ma utile, freno al movimento di inerzia, e per non rendere il mobile inutilmente ingombrante.

Il volume di una cassa, a indicare che è riferito alla sua capacità utile e non all'ingombro esterno del mobile, viene comunemente espresso in litri.

Nella tabella che segue sono riportati i volumi, minimo e massimo, relativi alla dimensione del cono, che determinano la

condizione ideale per il funzionamento dell'altoparlante, praticamente sovrapponibile a quella che si avrebbe adottando uno schermo infinito.

Altoparlante diametro in centimetri	Volume minimo in litri	Volume massimo in litri
15	100	120
17	110	135
20	145	160
25	180	200
30	250	270
40	325	350

Le casse, costruite nel rispetto dei dati della tabella, hanno delle dimensioni esterne piuttosto notevoli e richiedono la disponibilità di un ambiente prevalentemente adibito all'ascolto della musica.

Risultati molto soddisfacenti si possono però ottenere anche con casse di dimensioni decisamente minori di quelle che la tabella riporta, tanto da lasciare aperta la possibilità di inserirle nell'arredamento di qualsiasi locale.

Si dirà che questa affermazione contrasta con quanto è stato finora detto e, pertanto, si rende necessaria una spiegazione.

Anzitutto si tenga presente che le dimensioni riportate nella tabella sono riferite a casse che lasciano all'altoparlante la piena libertà di funzionare bene anche al limite delle sue caratteristiche, sia di risposta di frequenza che di potenza.

Si tenga altresì presente che l'orecchio umano presenta una sensibilità per le frequenze basse che difficilmente scende al di sotto di 30 Hz, e questo a patto che l'intensità sonora sia dell'ordine di oltre 60 dB. Per livelli di intensità al di sotto di 55 dB, l'orecchio ha una sensibilità che non scende molto al di sotto di 40 Hz.

Associamo ora a queste considerazioni il fatto che i movi-

menti del cono diffusore sono molto ampi alle basse frequenze, e che, inoltre, l'ampiezza di questi movimenti è anche proporzionale alla potenza applicata, e saremo in possesso di tutti gli elementi che occorrono per chiarire l'affermazione giudicata contrastante.

Orbene, rinunciando a una piccola frazione dell'estremo limite della gamma dal lato delle frequenze basse, e rinunciando anche a una parte della potenza applicata, i movimenti del cono risulteranno di una ampiezza notevolmente inferiore a quella che sarebbe stata propria della frequenza più bassa al livello di massima potenza. Si comprende come, in maniera altrettanto notevole, dovrà diminuire la sollecitazione con la quale il cono agisce sulla massa d'aria contenuta nella cassa. E si comprende anche come un volume d'aria proporzionalmente ridotto, di quanto ridotte sono state le sollecitazioni applicate, possa essere sufficiente a far fronte alle necessità di un buon funzionamento.

La rinuncia a una parte della potenza applicata non impone alcun sacrificio, perché, in un normale ambiente di ascolto, il livello sonoro al regime di massima potenza sarebbe insopportabile, specie se applicato a diffusori incapaci di sostenerlo senza distorsione.

Quanto detto mostra la possibilità pratica di accettare il compromesso. Ed è questo compromesso a guidare la tecnica di costruzione delle casse acustiche completamente chiuse di limitate dimensioni, che sono poi quelle comunemente usate per equipaggiare gli impianti ad alta fedeltà di larga diffusione commerciale.

Facili a reperirsi in un vastissimo assortimento presso i rivenditori, di facile costruzione per coloro che desiderano fare le cose da sé, e, nel contempo, risparmiare denaro.

Ovviamente, essendo il volume della cassa condizionato alle dimensioni dell'altoparlante, occorrerà anzitutto procedere alla scelta di questo.

Un woofer dal cono di 20 centimetri di diametro può venire definito l'altoparlante sufficientemente grande per una cassa sufficientemente piccola. Al di sotto di 16 centimetri la risposta alle frequenze basse comincia a non essere più tanto accet-



tabile. Al di sopra dei 30 centimetri la cassa comincia ad assumere una dimensione troppo grande per essere collocata con facilità in un ambiente non esclusivamente adibito alla riproduzione del suono.

Per quanto riguarda il volume da dare alla cassa, una volta accettato il compromesso, basta tener conto di non scendere al di sotto di quelle dimensioni che l'altoparlante richiede per una risposta accettabile. Per esempio:

Woofers dal cono di 26 cm di diametro effettivo (cestello 12")

campo di frequenza 20-3.000 Hz

frequenza di risonanza 20 Hz

cassa da 60 litri: risposta da 40 Hz in poi

cassa da 100 litri: risposta da 30 Hz in poi

Woofers dal cono di 20 cm di diametro effettivo (cestello 10")

campo di frequenza 20-7.000 Hz

frequenza di risonanza 28 Hz

cassa da 40 litri: risposta da 50 Hz in poi

cassa da 60 litri: risposta da 45 Hz in poi

Woofers dal cono di 16 cm di diametro effettivo (cestello 8")

campo di frequenza 35-6.000 Hz

frequenza di risonanza 30 Hz

cassa da 25 litri: risposta da 60 Hz in poi

cassa da 40 litri: risposta da 50 Hz in poi

Dimensioni più ampie non faranno altro che migliorare la risposta. Per misure intermedie della dimensione del cono, si potranno adottare misure intermedie del volume della cassa.

Una volta stabilito il volume non esistono altri problemi.

La forma e i vari rapporti fra le dimensioni non sono fondamentali.

Il suono e le sue risonanze, all'interno della cassa, vengono smorzati da materiale assorbente, come la lana di vetro o il feltro.

Per le grandi casse occorrerà uno spessore della struttura di almeno 5 centimetri, mentre per quelle di ridotte dimensioni uno spessore di 3, o anche di 2 centimetri, si dimostra sufficiente.

Le pareti possono essere costruite con qualunque materiale compatto. Tuttavia i più pratici sono il multistrato di legno e il truciolato di legno compresso. E' importante rinforzare gli angoli

con listelli di legno opportunamente incollati, la cui sezione può variare da 4x4 a 2,5x2,5 centimetri, a seconda della grandezza della cassa. Altri listelli, in diagonale o in croce, verranno disposti sulle superfici interne dei pannelli, al fine di limitare ogni possibilità di vibrazione. Altri ancora, faranno da sostegno al pannello mobile che dà accesso all'interno. Per fissare questo pannello, verranno adoperate numerose e robuste viti.

### **Efficienza degli altoparlanti**

Fino a questo momento si è presentata più di una volta l'occasione di fare menzione dell'efficienza dell'altoparlante. Dire che un altoparlante è molto efficiente è come dire che ha la capacità di rispondere con un forte volume sonoro di fronte a un segnale elettrico relativamente debole, mentre l'altoparlante poco efficiente si comporta nella maniera opposta.

Omettendo di descrivere come l'efficienza viene misurata, è comunque necessario ricordare che si trova indicata con un numero percentuale.

Gli altoparlanti più efficienti sono quelli a compressione che possono raggiungere valori del 30% e oltre. Un altoparlante a cono va considerato molto efficiente per un valore del 10%. I valori dei poco efficienti si aggirano su cifre del 2%, dell'1% e anche meno.

E' intuitiva la necessità di considerare l'efficienza dell'altoparlante, o meglio dei diffusori, quando si deve procedere alla scelta dell'amplificatore. Facciamo un esempio: un amplificatore capace di erogare bene 5 watt di potenza può consentire un elevato livello sonoro in un ambiente di 80 metri cubi, se collegato a un diffusore con efficienza del 10%. Per ottenere un uguale livello sonoro nello stesso ambiente con un diffusore la cui efficienza sia dell'1%, occorre un amplificatore con una uscita dell'ordine di 50 watt.

La differenza non è poca e i watt costano. Le regole dell'economia possono dare una sola risposta: si adoperino dei diffusori molto efficienti e si risparmi sull'amplificatore. Ma le regole del-

la qualità di risposta acustica? In tema di alta fedeltà non si discute: comandano loro, ed è proprio di fronte a queste regole che bisogna rettificare un poco una parte di quanto è stato detto finora sui diffusori.

Poiché le maggiori difficoltà si incontrano sempre quando si cerca di ottenere una buona riproduzione delle frequenze basse, è chiaro che le esigenze del woofer si impongono di fronte a qualsiasi altra considerazione.

Il woofer è un altoparlante difficile. Senza ritornare sopra quanto è stato già reso noto, basta ora rimarcare che il grosso altoparlante pretende un sistema di sospensione del cono tale da sfiorare i limiti della perfezione.

### **Diffusore a sospensione pneumatica**

La sospensione pneumatica è senza dubbio quella che offre la migliore garanzia di precisione al movimento del cono del woofer e, conseguentemente, quella che permette la riproduzione meno colorita e distorta.

L'anello di gomma ampio e sottile, che unisce il cono al cestello, è praticamente indifferente e la sospensione è tutta affidata al volume d'aria contenuto nella cassa, così che i due componenti, cassa ed altoparlante, sono legati in un unico insieme dalle caratteristiche di progettazione.

Utilizzando l'aria come fattore essenziale per la sospensione del cono è evidente che il volume della cassa dovrà essere relativamente limitato, mentre l'altoparlante andrà incontro a una altrettanto limitata libertà di funzionamento.

A pagare le spese di questa situazione è chiamata l'efficienza del woofer che, con la sospensione pneumatica, si aggira intorno a valori dell'ordine dell'1%.

I migliori diffusori a sospensione pneumatica possono dare un'ottima risposta anche a frequenze al di sotto di 25 Hz, pur essendo costruiti in una dimensione piuttosto ridotta. La scarsa efficienza del woofer impone che a completare l'equipaggiamento del diffusore siano scarsamente efficienti anche il mid-range e il

tweeter e, in questo senso, molto bene si prestano gli altoparlanti a cupola che, fra l'altro, offrono il vantaggio di una ottima propagazione angolare delle frequenze alte.

Un filtro cross-over dotato di attenuatori per le medie e alte frequenze renderà completa la possibilità di allineamento della risposta fra i vari altoparlanti adottati nel sistema.

Naturalmente, per pilotare un diffusore a sospensione pneumatica si rende necessario che l'amplificatore abbia una potenza adeguata. Se fino a qualche tempo fa un amplificatore di 60+60 watt sinusoidali era considerato una specie di mostro, attualmente la meritata fortuna di mercato dei diffusori a basso rendimento pone un simile amplificatore nella categoria di quelli di media potenza.

Riassumendo, possiamo dire che il diffusore con woofer a sospensione pneumatica e mid-range e tweeter a cupola è particolarmente adatto per ottenere una riproduzione del suono veramente fedele. La limitata dimensione consente inoltre un facile collocamento di detto diffusore nell'ambiente domestico. Esente da colorazioni indesiderate, risponde bene su tutta la gamma di frequenza acustica e la necessità di accoppiarlo con amplificatori di potenza piuttosto elevata non costituisce certamente un ostacolo per impianti di ottima qualità.

Per questi impianti può essere considerato il diffusore ideale.

### **Diffusori ad alta efficienza**

La cassa acustica di dimensioni contenute, con woofer a sospensione pneumatica e mid-range e tweeter a cupola, si presta assai bene alle esigenze di ascolto in ambienti tipici domestici. Per contro, nella sonorizzazione di grossi locali presenta il grande svantaggio di non ricostruire sufficienti quantità sonore nei bassi (data la scarsa efficienza) e di disperdere in tutte le direzioni le note acute che in lontananza giungono troppo deboli.

Per applicazioni particolari, come sonorizzazioni di qualità a forte potenza acustica, sono insuperabili i diffusori ad alta

efficienza. L'uso delle trombe esponenziali per medi e acuti consente una ricostruzione sonora più vicina alla quantità reale. Per i bassi sono state progettate delle speciali casse acustiche con woofer di grande diametro, reso più efficiente dalla forma a tromba ripiegata del contenitore. In questo modo si sono ottenute percentuali di efficienza di oltre il 30-40% e nondimeno esistono realizzazioni veramente eccellenti in resa musicale che sfruttano tale principio.

Prima e incontrastata la leggendaria « Klipschorn ». [13]

### Le cuffie stereofoniche

La possibilità di un ascolto, anche ad elevato volume, senza la preoccupazione di disturbare familiari o vicini, associata all'altra possibilità di uno stato di isolamento che esclude, o almeno limita in gran parte, i rumori estranei, è la qualità positiva più evidente che possiede la cuffia.

Se questa qualità è la più evidente, non è né la sola, né la più importante.

La contenuta ampiezza delle variazioni meccaniche del complesso bobina mobile-diaframma, e la altrettanto contenuta tensione della corrente applicata, riducono a entità del tutto trascurabili i fattori di distorsione, anche di fronte a forti sollecitazioni sonore.

I complessi problemi acustici connessi all'ambiente, con l'accoppiamento praticamente diretto cuffia-orecchio, vengono totalmente eliminati.

Inoltre, la separazione completa dei due canali stereofonici consente di apprezzare meglio la direzione di provenienza dei suoni, e consente anche la possibilità di dotare i padiglioni di un dispositivo regolabile, che compensi eventuali deficit uditivi a carico dell'uno o dell'altro orecchio dell'ascoltatore.

Le qualità riferite fanno comprendere come la cuffia, oltre a consentire un ineguagliabile livello qualitativo di ascolto, possa venire utilizzata anche come parametro per giudicare il funzionamento delle casse acustiche e l'idoneità dell'ambiente.

Attualmente le cuffie a bobina mobile sono capaci di riprodurre bene l'intera gamma da 20 a 20.000 Hz.

Una estensione ancora più vasta della gamma, e con fattori di distorsione ancora minori, è stata ottenuta con le cuffie elettrostatiche. Sono reperibili in commercio fornite di apposito alimentatore per la corrente di polarizzazione. [14]

# Acustica dell'ambiente d'ascolto

## Propagazione delle onde sonore

I diffusori acustici restituiscono all'aria quel suono che, a suo tempo, era stato captato dal microfono.

Quanto più questo suono può essere considerato copia fedele dell'originale, tanto più valida va considerata la prestazione dell'apparato di riproduzione.

Tuttavia non è sufficiente, ai fini di un buon ascolto, che il suono esca riprodotto in maniera fedele dai diffusori. A questo punto il suono non è ancora arrivato al termine del suo percorso, perché, una volta che gli è stata restituita la forma originale, ha ancora da giungere all'orecchio dell'ascoltatore.

In analogia con quanto avvenne all'atto della registrazione, quando cioè l'onda sonora raggiunse il microfono attraversando l'aria nella prima tappa del suo cammino, ora l'onda ha da compiere l'ultimo tragitto nell'aria dell'ambiente nel quale l'orecchio dell'ascoltatore è situato.

« Nell'aria dell'ambiente » significa che l'onda sonora si propaga nell'aria con le modalità che la fisica del suono ci insegna, ma che anche l'ambiente interviene con le sue caratteristiche e ne modifica in maniera determinante il decorso.

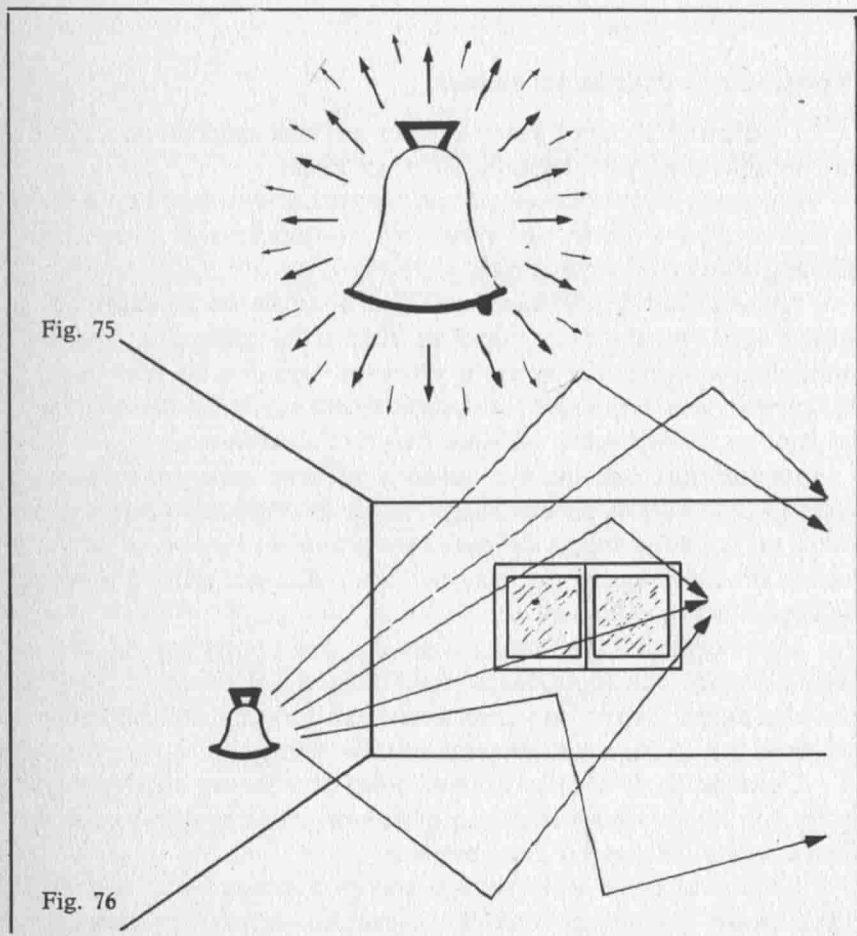
L'ambiente di ascolto è una stanza con le sue strutture murarie, con le sue dimensioni e quindi con un determinato volume d'aria, e con gli oggetti che contiene.

Nella stanza le onde sonore possono percorrere solo brevi tratti senza incontrare qualche ostacolo. Come incontrano un

ostacolo esse vengono riflesse perdendo una parte di energia che viene dissipata per assorbimento.

A sua volta, l'onda riflessa, dopo aver percorso un'altra breve distanza, colpirà un nuovo ostacolo, verrà ulteriormente riflessa, perderà ancora una parte di energia e continuerà a subire riflessioni, fino a che tutta la sua carica energetica non sarà dissipata.

E' evidente che, mentre nell'aria libera si può ascoltare solo il suono diretto, nel chiuso di un ambiente si ascolta sia quello diretto, sia quello riflesso.





Quello diretto, giungendo per la via più breve, si sente per primo e con maggiore intensità.

Quello riflesso ci perviene successivamente dalle più disparate direzioni, ripetendosi per un numero indeterminato di volte, ma sempre meno intenso, in un tempo valutabile in una frazione di secondo.

Le figure 75 e 76 mostrano come il suono giunge all'ascoltatore in ambiente aperto, e con quale differenza gli giunge in ambiente chiuso.

Questa differenza ci induce a prendere in considerazione le modalità di riflessione del suono, perché, solo così facendo, sarà possibile creare un ambiente adatto a una buona riproduzione.

### Eco e riverbero

Quando è possibile ascoltare in maniera distinta da quello originale, o diretto, la ripetizione di un suono che ci giunge per via riflessa, si ha l'«eco».

Perché questo accada è necessario che il suono riflesso arrivi con un sufficiente ritardo, il che però non si verifica mai in un ambiente relativamente piccolo.

In un simile ambiente il ritardo del suono riflesso è limitato dal breve percorso che detto suono compie prima di venire percepito, e la sensazione che suscita non ha modo di somigliare a una vera ripetizione del suono diretto, ma piuttosto a una sorta di prolungamento che entro certi limiti rafforza e colora il suono originale, e al di fuori di questi ne offusca la chiarezza.

Questo ritardo, col quale si avverte il suono riflesso, prende il nome di «riverbero».

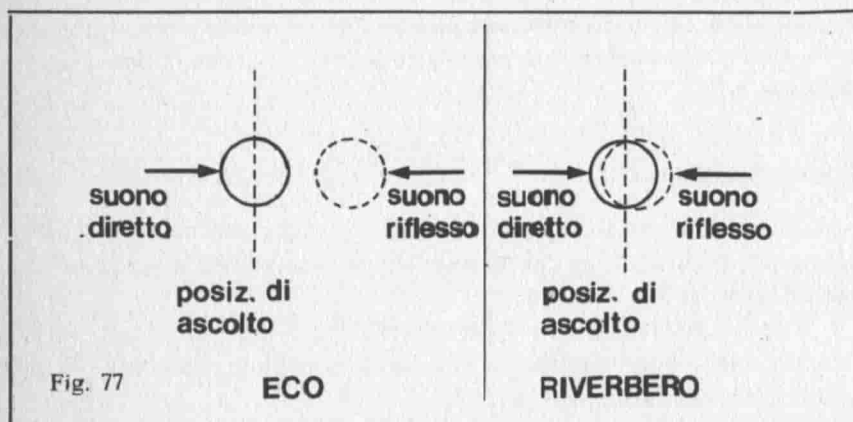
Un paragone fotografico potrà meglio chiarire il concetto: se scattiamo una fotografia e, successivamente, fatto compiere un piccolo spostamento alla macchina fotografica senza avanzare la pellicola sul fotogramma che segue, ne scattiamo una seconda, l'immagine risulterà doppia, ma con i contorni perfettamente nitidi.

Riferite all'acustica, le due immagini corrispondono rispettivamente al suono diretto e all'eco.

Facciamo ora procedere la pellicola e scattiamo un'altra fotografia, questa volta però tenendo la macchina con mano malferma.

L'immagine risulterà, come si dice, mossa e darà una spiacevole sensazione visiva, e questa sensazione sarà tanto più spiacevole quanto più l'immagine sarà mossa.

Riferendo anche questa seconda fotografia alla acustica, potremo avere un'idea del riverbero, e la figura 77 ce lo illustra schematicamente.



### Tempo di riverberazione

Il tempo che occorre alla energia sonora per passare dal suo valore originale a un milionesimo di esso è detto « tempo di riverberazione ».

Il riverbero non è percepibile quando il tempo di riverberazione è inferiore a 1/16 di secondo.

Ne deriva che l'onda sonora riflessa, per essere percepita come tale, deve avere percorso un cammino di almeno 20,8 metri, che possiamo arrotondare a 21:

$$333:16 = 20,8$$

dove 333 è la velocità del suono espressa in metri al secondo, 16 la sedicesima parte di un minuto secondo e 20,8 il percorso in metri effettuato dall'onda in questa frazione di tempo.

Il tempo di riverberazione è condizionato dalla frequenza del suono, dalle dimensioni e dalla forma dell'ambiente, dalla qualità dei materiali che dell'ambiente costituiscono la struttura, dal numero degli oggetti che nell'ambiente sono presenti, nonché dalla forma, dalla qualità e dalla disposizione di detti oggetti.

Le frequenze basse hanno un tempo di riverberazione più lungo delle alte. In un ambiente vasto il suono ha a disposizione percorsi più lunghi e di conseguenza il tempo di riverberazione aumenta proporzionalmente.

Le onde riflesse si esauriscono invece in un tempo minore, quando il loro frazionamento viene favorito dalla forma irregolare dell'ambiente e dalla presenza di numerosi oggetti, specie se di forma convessa.

La qualità del materiale, sia delle strutture dell'ambiente che degli oggetti, ha molta importanza sulla durata del riverbero, in quanto i materiali porosi sottraggono una maggiore quantità di energia all'onda che li colpisce, anticipandone l'esaurimento.

Tutti questi elementi si prestano a un numero infinito di combinazioni e si comprende come ogni ambiente abbia una sua caratteristica, d'altra parte facilmente influenzabile da chi senta la necessità di apportarvi delle variazioni.

### **Ambiente e lunghezza d'onda**

Ogni frequenza corrisponde a un'onda di una determinata lunghezza. Ogni lunghezza d'onda rappresenta la somma di una semionda positiva e di una negativa, dette anche semiperiodi. Ogni semiperiodo ha una lunghezza pari alla metà dell'onda cui si riferisce.

Orbene, perché una data lunghezza d'onda, che è come dire una data frequenza, possa diffondersi in un ambiente chiuso, deve trovare in questo ambiente almeno una dimensione che abbia una lunghezza pari o maggiore di un suo semiperiodo.

E' evidente che questo ha importanza solo per quei suoni che hanno una frequenza molto bassa.

Un suono della frequenza di 33 Hz, che ha una lunghezza d'onda di 10 metri, non si potrà diffondere in un ambiente nel quale la dimensione più lunga sia minore di 5 metri.

Per suoni di frequenza più elevata, per esempio di 100 Hz, la cui lunghezza d'onda è di metri 3,33 e la semionda poco più di metri 1,66, questo problema non esiste, perché troveranno sempre, e in qualunque ambiente, una dimensione che ne consenta la diffusione.

Sul comportamento che l'onda sonora, in ragione della sua lunghezza, ha in un ambiente chiuso, c'è da considerare un altro fenomeno: la risonanza.

Ogni qualvolta l'onda incontra una dimensione pari alla metà della sua lunghezza (possiamo anche dire pari alla lunghezza di un suo semiperiodo), si determina una eccitazione del suono alla corrispondente frequenza, che prende il nome di « risonanza ».

Alla frequenza, poniamo, di 40 Hz la lunghezza d'onda è di metri 8,32; pertanto, una dimensione della stanza, sia essa la larghezza, la lunghezza, l'altezza, la diagonale, o anche la distanza fra due mobili ecc., che corrisponda alla metà, cioè a metri 4,16, risuonerà a questa frequenza.

C'è da aggiungere che quando una dimensione qualunque dell'ambiente ha una lunghezza multipla di altre eventuali dimensioni presenti, se la dimensione considerata si trova in risonanza con una determinata onda, le dimensioni sottomultiple risuoneranno con le armoniche di quell'onda.

Il quadro si fa così molto complesso, con la formazione nell'ambiente di zone di esaltazione del suono che potranno essere modificate mediante opportuni accorgimenti.

### **Ambiente d'ascolto**

Il caso più frequente è che venga utilizzata come ambiente di ascolto una stanza di abitazione già adibita anche ad altri usi, come un soggiorno, uno studio ecc.

Comunque c'è anche chi si può permettere la disponibilità

di un locale da destinare prevalentemente all'impianto ad alta fedeltà.

Tanto nell'uno che nell'altro caso, sarà bene conoscere qualche nozione fondamentale che permetta la scelta più adatta o addirittura di compiere delle trasformazioni, quando questo rientri nelle possibilità dell'interessato.

In primo luogo bisogna stabilire un limite minimo per la dimensione maggiore dell'ambiente, perché da questa dimensione dipende la buona propagazione della frequenza più bassa, che, per quanto riguarda gli apparecchi, può essere stabilita intorno a 20 Hz.

Tuttavia in pratica è difficile scendere con i diffusori al di sotto di 25, e la musica, se si eccettua l'organo, trova il suo limite fra 26 e 27 Hz.

Si consideri poi che l'orecchio ha una facoltà di percezione alle basse frequenze che il più delle volte stenta a raggiungere il valore di 30 Hz.

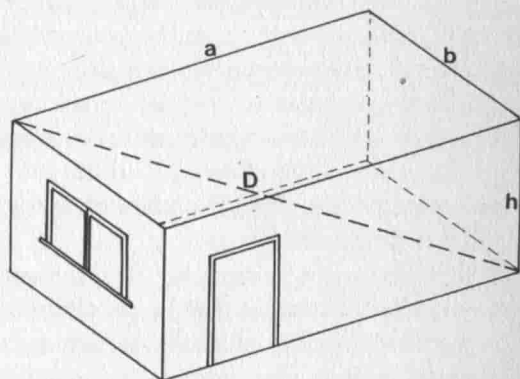
Ne consegue che un locale che risponda fino alla frequenza di 25 Hz, va considerato più che adatto.

Per ogni locale di forma regolare, sia di cubo che di parallelepipedo, la dimensione più lunga è rappresentata dalle diagonali. Se il locale ha forma irregolare, è rappresentata dalla diagonale più lunga.

Nella figura 78 vediamo la diagonale di una stanza a forma di parallelepipedo dove « a » è la lunghezza, « b » la larghezza e « h » l'altezza. La diagonale è indicata dalla lettera « D ».

Fig. 78

*Dalla diagonale "D" della sala d'ascolto dipende la frequenza minima che si può riprodurre regolarmente. Maggiore è la diagonale migliore è l'estensione in frequenza verso le basse.*



Quando la stanza è di forma regolare, si può calcolarne la diagonale mediante la formula:

$$\text{diagonale} = \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}$$

Quando la forma della stanza non è regolare, occorre prendere la misura in maniera diretta, tendendo fra i due punti che interessano una cordicella.

Risponde fino alla frequenza di 25 Hz quel locale la cui diagonale non è inferiore a metri 6,66, essendo questa la lunghezza del semiperiodo dell'onda di metri 13,32, cioè dell'onda riferibile alla frequenza considerata.

Colui che, obbligato a un locale troppo piccolo, volesse conoscere fino a quale frequenza questo locale può rispondere, calcoli la diagonale del suo locale, la moltiplichi per due e avrà la lunghezza d'onda della frequenza che cerca.

Per conoscere questa frequenza si rammenti poi della formula

$$\lambda = \frac{333}{f}$$

che è come dire

$$f = \frac{333}{\lambda}$$

dove  $f$  è la frequenza che si vuole conoscere e  $\lambda$  la diagonale del locale moltiplicata per due.

Una volta conosciuta l'importanza che la lunghezza della diagonale della stanza ha sulla possibilità di diffusione delle frequenze più basse, vediamo ora di considerare le misure tutte, sia nella loro dimensione che nei loro rapporti, perché hanno modo di influire sul riverbero e sulla risonanza.

Che l'ambiente d'ascolto abbia un certo grado di riverbero è necessario affinché il suono conservi quel certo colore che ne migliora la qualità.

Abbiamo già visto che il riverbero può essere apprezzato a patto che il ritardo dell'onda riflessa superi 1/16 di secondo.

In una sala da concerto, in un teatro o in una sala di registrazione, perché la musica acquisti quel senso dimensionale

e quella tonalità che la fanno più gradita, occorre un tempo di riverberazione dell'ordine di due secondi.

Ovviamente, essendo questo riverbero già presente nel segnale dal quale si ottiene la riproduzione, la stanza di ascolto dovrà avere un tempo di riverberazione decisamente più breve, e infatti questo è giudicato ottimo quando si aggira sull'ordine di mezzo secondo.

Qualora fosse più lungo, il suono anziché migliorare risulterebbe più confuso e, per ritornare al paragone fotografico, comincerebbe a somigliare all'immagine eccessivamente mossa.

L'ambiente d'ascolto quindi, se troppo ampio e non trattato, acquista una sua « personalità acustica » destinata a modificare e falsare le caratteristiche proprie dell'ambiente dove il suono fu registrato.

Comunque non si tema che un giusto grado di riverbero possa cancellare l'impressione stereofonica della direzionalità del suono, perché questa viene mantenuta dalla frazione di suono diretto che è quella che si impone in quanto giunge per prima e più intensa all'orecchio.

Diciamo ancora che un'altezza eccessiva del locale può costituire un elemento sfavorevole. In maniera approssimata la giusta misura si può comprendere fra metri 2,80 e 3,20, il che è in accordo con la misura in altezza che generalmente ha una stanza di abitazione.

Per quanto riguarda il rapporto fra tutte le misure (larghezza, lunghezza, altezza e diagonali), c'è da dire una cosa sola: è importante che non siano l'una multipla dell'altra perché, se così fosse, si verrebbero a moltiplicare le possibilità di risonanza.

Una stanza a forma di cubo è la peggiore che si possa immaginare.

Una stanza dal pavimento e dal soffitto quadrati, anche se una diversa dimensione in altezza ne esclude la forma di cubo, è da considerare molto poco adatta.

La forma di parallelepipedo, quando nessuna delle dimensioni è uguale a un multiplo delle altre, può dare dei risultati eccellenti. Presenta dei difetti in quanto le pareti parallele

obbligano a delle correzioni, ma è sufficiente distribuire in maniera opportuna alcuni elementi dell'arredamento per rimediare all'inconveniente.

Una forma asimmetrica, sempre che venga rispettata la regola dei multipli e sottomultipli fra le varie dimensioni, è senza altro la migliore e pertanto quella che rende più facili i problemi della sistemazione acustica.

Solide strutture murarie consentiranno una più corretta propagazione del suono e limiteranno la diffusione all'esterno dell'ambiente di ascolto, rendendo più sopportabile l'effetto di disturbo a coloro che all'ascolto non sono interessati.

### **Disposizione dei diffusori**

Al momento di collocare nell'ambiente i diffusori acustici, viene spontaneo di andare per prima cosa alla ricerca di una sistemazione estetica.

A seconda delle preferenze individuali e delle caratteristiche dell'arredamento, viene studiata la possibilità di una mimetizzazione, oppure di un inserimento che si armonizzi con gli altri mobili della stanza.

Qualche volta la fortuna aiuta e può anche darsi il caso che si ottenga un buon risultato. Tuttavia non è questa la maniera razionale di procedere, perché per i diffusori acustici si deve anzitutto e soprattutto trovare la sistemazione acustica.

Ogni ambiente presenta un problema diverso. Le dimensioni, la forma, l'arredamento, la disposizione delle porte e delle finestre, la qualità delle strutture, sono tutti fattori che influiscono sul responso.

Non è pertanto possibile indicare delle regole precise da seguire, ma sarà certamente cosa utile far conoscere alcuni elementi fondamentali, dando così un valido aiuto a chi si accinge a compiere quelle prove che sono necessarie per raggiungere lo scopo.

Si cominci con lo scegliere nella stanza quella che si ritiene la zona più adatta per accogliere gli ascoltatori, dei quali si dovrà



stabilire il numero massimo secondo la possibilità di capienza dell'ambiente e le relazioni del proprietario.

La scelta dell'eventuale numero degli ascoltatori che possono essere presenti è molto importante, perché ogni ascoltatore diviene un oggetto dell'ambiente e, come tale, un elemento capace di modificare la caratteristica acustica.

Previsto il numero massimo, ad ogni ascoltatore si assegna un posto su poltrona o divano imbottiti, di modo che sarà l'imbottitura stessa a simulare le eventuali assenze.

A questo proposito si sappia che la ricca imbottitura delle poltrone di certi teatri e sale da concerto ha come obbiettivo principale non la comodità dello spettatore, come comunemente si crede, bensì quello di garantire la stabilità dell'acustica anche quando gli spettatori presenti sono in numero limitato.

I diffusori verranno collocati di fronte alla zona di ascolto in due punti approssimativamente equidistanti dal suo centro.

Per un ambiente di normali dimensioni, la distanza media fra diffusore e diffusore sarà compresa fra 2 e 3 metri, e questa misura corrisponderà anche alla distanza approssimativa che separa ciascun diffusore dal centro della zona di ascolto.

Quando la separazione dei diffusori è inferiore a 2 metri, lo effetto stereofonico diviene meno efficace; quando supera 3 metri si rischia di avvertire quello che si chiama il « vuoto centrale » che, negli impianti il cui amplificatore ne prevede l'uscita, può essere colmato da un terzo diffusore interposto fra i due.

Tuttavia, come non è possibile stabilire delle regole precise, è altrettanto impossibile dare delle misure definite e, se vengono riportate delle cifre, si consideri la citazione a titolo vagamente indicativo e basta, perché ogni ambiente risponde a una caratteristica diversa e la sua sistemazione è il frutto di una ricerca che ha termine solo quando si è raggiunto un risultato acustico soddisfacente.

Una volta collocati i diffusori bisogna procedere al loro orientamento, perché da questo dipende la possibilità di percezione del suono diretto da parte dell'ascoltatore.

Il suono diretto non è condizionato dalle caratteristiche dell'ambiente, ma interessa solo quello spazio che unisce diret-

tamente il diffusore all'orecchio di chi ascolta, e sull'orecchio l'altoparlante deve essere puntato come su un bersaglio.

Essendo la frazione sonora diretta quella che mantiene la capacità di intendere l'immagine stereofonica del suono, si comprende quanto attuare un orientamento corretto sia cosa importante.

Delle regole piuttosto precise da seguire facilitano in questo caso l'operazione. Infatti basta riferirsi alla maniera con la quale i vari altoparlanti si comportano e agire di conseguenza.

Il woofer diffonde le frequenze basse e queste, fino a 300 Hz, non posseggono alcun carattere direzionale. Da 300 Hz in poi si va delineando una certa direzionalità del suono che si fa sempre più marcata con l'aumentare della frequenza.

Il tratto della gamma di frequenza sul quale lavora il mid-range presenta un angolo di diffusione piuttosto ampio nella zona più bassa, che però, restringendosi progressivamente, diviene abbastanza chiuso nella zona di frequenza più elevata.

Il tweeter diffonde un fascio molto stretto, al punto che, alle frequenze più elevate, questo fascio può essere considerato come un cilindro la cui base corrisponde al piccolo altoparlante. Si impone quindi per il tweeter un orientamento molto preciso se non si vuole correre il rischio che il bersaglio, o meglio l'orecchio dell'ascoltatore, venga mancato. Per questa ragione i migliori tweeters, anziché da un solo altoparlante, sono costituiti da un gruppo di due, quattro, o anche sei, il che consente di dirigere sugli ascoltatori un insieme di fasci sonori assicurando la copertura di tutta la zona d'ascolto.

Osservando la figura 79 si avrà un'idea più chiara di quanto è stato esposto.

Disponendo di diffusori con altoparlanti situati tutti sul pannello frontale, l'orientamento avverrà in maniera che detto pannello sia rivolto verso il centro della zona di ascolto tenendo conto esclusivamente delle esigenze del tweeter, a meno che non si tratti di un tweeter a cupola la cui buona propagazione angolare consente, sia pure entro certi limiti, una discreta libertà di collocazione.

Se i diffusori hanno una cassa separata per i bassi, spe-

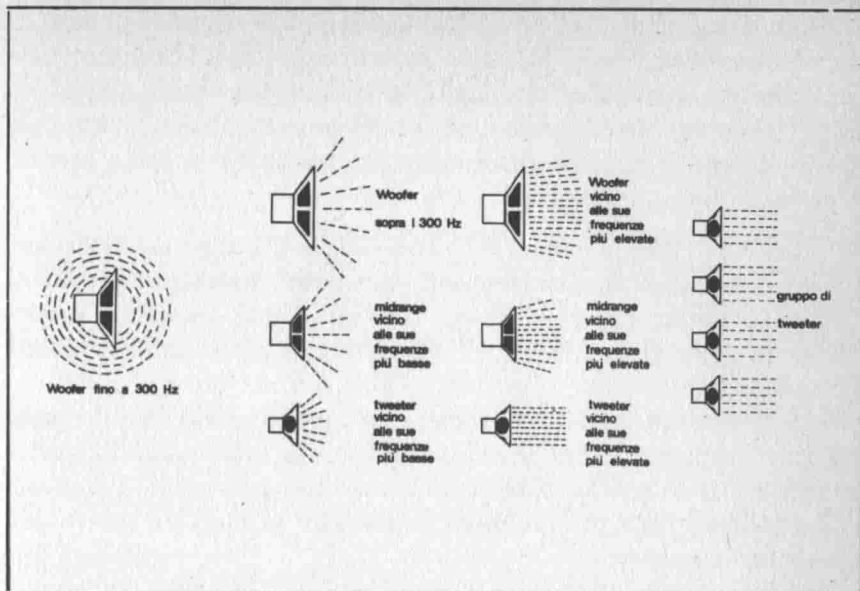


Fig. 79

*L'angolo di emissione degli altoparlanti varia con la frequenza riprodotta. Le frequenze basse si disperdono regolarmente in tutte le direzioni, le medie sono emesse con un angolo più stretto, le più alte, addirittura, sono rese quasi solo in linea diretta.*

cie quando il woofer è alimentato tramite un cross-over dal taglio dell'ordine di 200, 300 o anche 400 Hz, si terrà conto principalmente della risposta dell'ambiente alle basse frequenze. Mid-range e tweeter, se del tipo a cono e in unità separata dalla cassa del woofer, dovranno venire sempre orientati sulla zona d'ascolto con una buona approssimazione.

E' bene tenere i diffusori all'incirca all'altezza dell'orecchio degli ascoltatori. Diffusori sistemati troppo in alto peggiorano la naturalezza dell'audizione.

Quando i diffusori sono posti sulla parete più lunga della stanza, il suono risulta in genere meglio definito.

La posizione in angolo tende ad esaltare le basse frequenze, ma il più delle volte risulta poco adatta.

Di fronte a un risultato poco soddisfacente, l'insuccesso viene generalmente attribuito alla qualità dell'altoparlante, mentre

è quasi sempre dovuto a un'errata disposizione dei diffusori o all'acustica del locale. Spesso basta modificare l'orientamento o la posizione degli altoparlanti stessi, oppure mutare qualche particolare dell'arredamento, sia pure in misura apparentemente insignificante, perché la situazione divenga anche profondamente diversa.

Nel caso che il suono di provenienza da uno dei diffusori dia l'impressione di essere troppo assorbito dall'ambiente, ci si comporti come segue: si ponga sul giradischi un disco monofonico e si cerchi anzitutto di apportare qualche modificazione all'arredamento.

Se non sarà possibile ottenere in questo modo che il suono dei due diffusori giunga ugualmente intenso nella zona d'ascolto, si agisca sul comando di bilanciamento dei due canali (balance), il cui scopo è appunto quello di consentire la messa a punto dell'equilibrio sonoro.

### **Adattamento dell'ambiente**

Si possono migliorare, anche in maniera determinante, le condizioni dell'ambiente di ascolto.

I grandi mobili influenzano il responso alle basse frequenze, mentre un tappeto centrale attenua le frequenze alte.

Librerie a tutta parete potranno, ove occorra, modificare i rapporti fra le varie dimensioni del locale.

E' opportuno che le pareti vengano ricoperte di materiale assorbente in vicinanza dei diffusori per evitare la riflessione del suono, quando è ancora prossimo alla fonte di propagazione.

Cercare, per quanto è possibile, di collocare i diffusori in posizioni asimmetriche e di evitare di porli negli angoli in caso di eccessiva prevalenza dei bassi in rapporto con le alte frequenze.

Curare che i mobili siano di struttura solida, di legno massiccio, e posti anch'essi in posizione asimmetrica.

Finestre ampie, tendaggi pesanti, ostacoli di varia natura, saranno tutti elementi con i quali si potrà giocare per variare i responsi acustici.

Gli elementi sono tanti e le combinazioni infinite. Ogni am-

biente ha pertanto una sua regola e ciascuno dovrà scoprire il segreto « da sé » mediante ripetute prove d'ascolto, tuttavia non saranno del tutto inutili, anche se molto generiche e confuse, le nozioni qui esposte.

Ancora una raccomandazione: cercare di non rendere la stanza « troppo sorda », ma andare alla ricerca della giusta misura.

Durante le prove tenere i toni di controllo nella posizione intermedia. Quando con la sistemazione dell'ambiente si sarà ottenuto l'ottenibile, e solo allora, si potrà tentare un ulteriore miglioramento mediante la regolazione dei toni.

Una regolazione molto più efficace e precisa è offerta dall'impiego di un preamplificatore dotato di « equalizzatore ambientale ». Il « Galactron MK 16 », ad esempio, permette di agire fino a  $\pm 16$  dB per ogni ottava della banda di frequenza compresa fra 32 e 16.000 Hz e in maniera indipendente per ciascuno dei due canali.

biente ha pertanto una sua regola e ciascuno dovrà scoprirne

Sono altresì reperibili « equalizzatori ambientali » in unità separata, con caratteristiche di prezzo e versatilità oltremodo diverse: dai più semplici ed economici ai più complessi. L'« Altec Acousta Voicette » consente addirittura di agire su ogni terzo di ottava.

### **Stereofonia con quattro diffusori**

Quattro diffusori disposti nel locale di ascolto facilitano la propagazione del suono e di conseguenza la risoluzione dei problemi di acustica ambientale, tanto che i buoni amplificatori sono oramai quasi tutti dotati di una uscita supplementare che prevede il collegamento di due ulteriori diffusori da aggiungere sul fronte anteriore, oppure in posizione posteriore rispetto agli ascoltatori.

Agli amatori che hanno accettato il sistema non sarà superfluo ripetere ancora una volta che le due coppie di diffusori, sinistra e destra, sono unite in parallelo e che il collegamento in parallelo abbassa l'impedenza secondo le regole spiegate nel capitolo di tecnica generale.

Attenzione che l'impedenza non scenda al di sotto di quella

minima accettata dall'amplificatore, che in genere corrisponde a 4 ohm.

Evitare che i diffusori posteriori vengano orientati direttamente sulla zona di ascolto, perché un simile orientamento si tradurrebbe esclusivamente in un fastidioso effetto di presenza.

Fermo restando che ogni ambiente vuole la sistemazione che più gli si adatta, in linea di massima la disposizione corretta dei quattro diffusori per l'ascolto stereofonico è indicata nella figura 80.

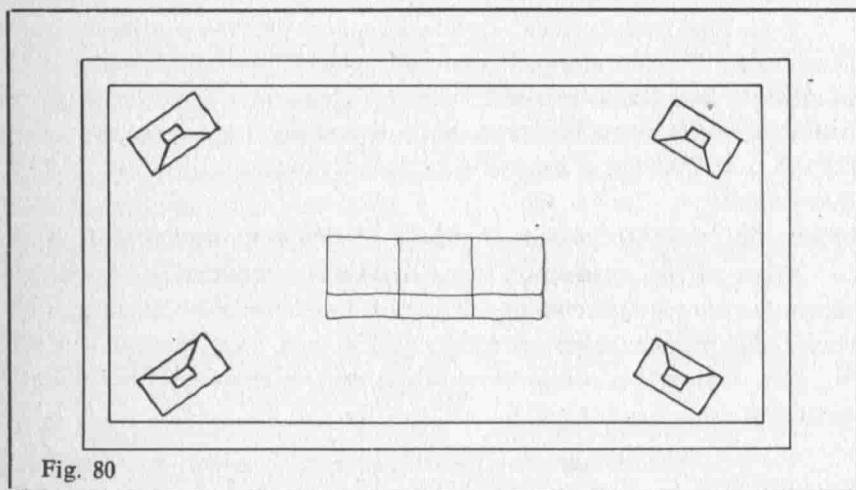


Fig. 80

La stereofonia con quattro diffusori in parallelo, pur migliorando decisamente la situazione acustica dell'ambiente d'ascolto, non offre altri vantaggi al di là di questo limite.

Non va confusa con la quadrifonia, né si deve credere che sia un tentativo di accostarsi in qualche maniera al suono dimensionale. Sarà questo l'argomento del prossimo capitolo. [15]

# Quadrifonia

## Il suono quadrifonico

La ricerca di un sistema di riproduzione, che si sovrapponga sempre più e sempre meglio alla realtà del suono originale, non è terminata e quanto è stato detto finora sull'alta fedeltà corrisponde alla realizzazione che ha raggiunto quel livello di qualità tecnica e di produzione industriale da consentirne la diffusione più vasta. E' un sistema di riproduzione che ha meritato largamente il consenso col quale è stato accolto, ma bisogna riconoscere che è ancora carente in qualcosa.

Immaginiamoci al centro di una sala da concerto. Davanti a noi l'orchestra, dietro di noi ancora tante file di poltrone e tanti ascoltatori.

La musica ci investe e possiamo distinguere da quale distanza e la posizione dei vari gruppi di strumenti, grazie alla percezione stereofonica che i nostri orecchi posseggono.

Inoltre, anche se chiudiamo gli occhi, gli orecchi colgono pure un'altra informazione e questa ci consente di valutare l'ampiezza della sala dove ci troviamo.

Valutare l'aspetto dimensionale del suono significa valutare esattamente il suono riflesso che ci giunge con un certo ritardo dai lati e dalla zona retrostante.

Un microfono stereofonico, posto vicino a noi, capterà il suono nella stessa maniera come noi lo percepiamo e con la stessa qualità e quantità di riverbero.

Sennonché, l'informazione sonora ricevuta dalle due sezioni del microfono verrà convogliata su due vie e, successivamente, fissata su due supporti. Da questi due supporti la raccoglierà l'apparato di riproduzione, la invierà ancora su due vie ciascuna delle quali fa capo al rispettivo diffusore che, nella stanza di ascolto, si troverà poi in posizione frontale rispetto all'ascoltatore.

Tutte le caratteristiche del suono originale saranno presenti all'uscita degli altoparlanti con la sola differenza che gli ascoltatori avvertiranno questo suono secondo una provenienza esclusivamente frontale, fatta eccezione per quel modesto grado di riverbero che anche l'ambiente di ascolto possiede.

Le proporzioni della dimensione sonora risulteranno così alterate nel senso che l'ascoltatore si troverà come allontanato dall'orchestra e perderà la possibilità di valutare la dimensione a lui retrostante. Sarà come se ascoltasse la medesima orchestra, ma in un ambiente diverso e in una diversa posizione, il che del resto corrisponde alla realtà dell'ambiente dove il suono viene riprodotto.

Queste considerazioni ci mettono in grado di comprendere come quella che fino ad oggi è stata chiamata stereofonia non sia una vera e propria riproduzione stereofonica.

Mentre l'ascolto monofonico avviene tramite una sorgente sonora che possiamo considerare puntiforme, con la stereofonia la sorgente è rappresentata da una linea frontale e l'immagine del suono che ne deriva, tenuto conto della maniera alla quale eravamo abituati ascoltare, si è avvicinata alla realtà in modo piuttosto clamoroso, tanto da far pensare sul momento di essere giunti al risultato ottimale.

Pienamente giustificato dall'importanza del traguardo è da considerare comunque il clima di euforia che si è manifestato e che ha dato alla stereofonia il nome che porta.

Secondo l'etimologia della parola, « stereofonia » dovrebbe significare suono dimensionale, ma in effetti la qualità che possiamo riconoscerle è una qualità prevalentemente a carattere direzionale.

Dico « prevalentemente » perché il suono stereofonico, oltre all'aspetto direzionale, possiede anche una certa carica di dimen-



sionalità in quanto è in grado di restituire una dimensione di profondità frontale e fronto-laterale in virtù della quale il nome non deve intendersi completamente usurpato. Per il momento consideriamo dunque la stereofonia semplicemente come una « stereofonia a due canali ».

Assumere una posizione critica è come dire impostare un problema e impostare un problema, se di ordine tecnico, per l'uomo è come dire risolverlo. Nel caso del suono dimensionale è stata così proposta quella che può essere definita la « stereofonia a quattro canali ».

Ottenere una stereofonia a quattro canali non presenta particolari difficoltà tecniche.

In sede di registrazione stereofonica il microfono a due sezioni viene orientato in maniera da ricevere bene il suono di provenienza anteriore destra e quello di provenienza anteriore sinistra, così da disporre di un doppio segnale da inviare su due canali.

Poniamo ora nella sala un secondo microfono, anch'esso a due sezioni, orientato nella maniera opposta. Questo microfono aggiunto ci fornirà a sua volta due segnali corrispondenti rispettivamente al suono di provenienza posteriore destra e di provenienza posteriore sinistra, che sappiamo carico del riverbero dovuto alle onde riflesse dal fondo e dalla zona latero-posteriore dell'ambiente.

I segnali salgono così al numero di quattro e, conseguentemente, quattro saranno i canali e altrettanti i supporti sui quali i segnali dovranno venire fissati.

Considerando la registrazione su nastro magnetico, avremo due piste che verranno occupate rispettivamente dal segnale anteriore destro e dal segnale anteriore sinistro, mentre altre due verranno occupate dal segnale posteriore destro e dal segnale posteriore sinistro.

Naturalmente occorre che il registratore venga dotato di una testina magnetica a quattro vie e che il nastro consenta di accogliere le quattro piste. In definitiva si tratta di adottare una testina di registrazione diversa, di raddoppiare i circuiti elettronici del registratore e di usare una doppia quantità di nastro.

In sede di riproduzione accade la stessa cosa: testina a quattro vie, preamplificatore e amplificatore di potenza a quattro circuiti elettronici e quattro diffusori acustici.

Lasciando alla stereofonia a due canali quel nome al quale, almeno per il momento, non possiamo disconoscere abbia diritto, indichiamo il tipo di registrazione e riproduzione a quattro canali come « suono quadrifonico » o, più brevemente, « quadrifonia ».

E' evidente che nel futuro dovremo intendere per stereofonia quella che oggi abbiamo cominciato a chiamare quadrifonia, ma attualmente nessuno è in grado di prevedere quanti anni dovranno trascorrere prima che ciò avvenga. Intanto accettiamo il termine di quadrifonia evitando ulteriori digressioni che rischierebbero di assumere un aspetto esclusivamente polemico o linguistico.

Così come è stata descritta, la quadrifonia è una registrazione e riproduzione del suono a quattro vie completamente distinte e separate fra di loro. Con parola di lingua inglese il sistema prende il nome di « discrete » che corrisponde appunto all'italiano « distinto » oppure « separato ».

E' questa la maniera più semplice e al tempo stesso la più valida per ottenere la riproduzione quadrifonica del suono, tuttavia bisogna aggiungere che obbliga all'uso del nastro magnetico come esclusivo tipo di supporto possibile.

A questo punto si potrebbe pensare alla quadrifonia come a una cosa già realizzata. La stereofonia costa più della monofonia e chi, desiderandola poteva farlo, se l'è procurata. Ovviamente la quadrifonia avrà un prezzo molto vicino a due volte quello della stereofonia: chi la vuole, e se lo può concedere, se la procurerà.

In questi termini sembra che l'ostacolo riguardi esclusivamente il costo degli impianti che una parte degli amatori, sia pure non molto numerosa, potrebbe essere sempre disposta a non ritenere come un impedimento insormontabile.

Senonché ci sono altre considerazioni da fare, anch'esse di carattere economico che, sia pure indirettamente, interessano in maniera determinante chiunque si occupi dell'argomento della

quadrifonia, compresi i potenziali acquirenti in condizione di non indietreggiare di fronte all'entità della spesa.

La musica riprodotta in alta fedeltà su nastro magnetico a bobina non ha trovato la possibilità di uno sbocco commerciale competitivo con il disco neppure per la normale stereofonia.

Per la quadrifonia, pur rimanendo inalterati i rapporti di qualità, si avrebbe un divario sul costo equivalente esattamente al raddoppio.

Supporre che l'industria metta a disposizione del commercio un vasto assortimento di nastri quadrifonici destinati a una cerchia ristretta di utenti è assurdo pensarlo, ed è altrettanto assurdo ritenere che si trovi qualcuno interessato all'acquisto di un costoso impianto quadrifonico alimentato da un registratore magnetico per il quale non saranno poi reperibili i nastri necessari.

E' per questa ragione che lo sforzo della ricerca si è indirizzato verso la realizzazione di un disco microsolco che possa contenere le quattro informazioni richieste dal suono quadrifonico e che, al tempo stesso, presenti una compatibilità di uso con i normali impianti stereo e monofonici, perché solo a questo patto l'industria discografica si dedicherà a una produzione su vasta scala di questo tipo di disco.

All'inizio della quadrifonia, l'idea di un sistema « discrete » su disco è stata ostacolata da problemi tecnici complessi e si è imposto in suo luogo il sistema « matrix », o a « matrice », che ha reso possibile imprimere su ciascuna delle pareti del solco una doppia informazione e di conseguenza ottenere il disco quadrifonico che si desiderava.

I due segnali anteriore destro e posteriore destro vengono riuniti in un solo segnale attraverso un procedimento di « codifica » che si attua in sede di registrazione. Altrettanto avviene per i segnali anteriore sinistro e posteriore sinistro, di maniera che i quattro segnali originali, una volta ridotti a due, richiedono solo due supporti per essere fissati.

Su questi due segnali codificati si può successivamente operare in sede di riproduzione con un normale apparecchio stereofonico fino alla uscita del preamplificatore. Qui giunti si ren-

de necessario un apparecchio ausiliario detto « decodificatore », che procede appunto al processo di « decodifica » e dal quale riprendono nuovamente forma i quattro segnali necessari alla quadrifonia.

Il segnale anteriore destro e il segnale anteriore sinistro vengono indirizzati a un amplificatore di potenza che alimenta i diffusori anteriori. Il segnale posteriore destro e il segnale posteriore sinistro vengono a loro volta inviati a un secondo amplificatore di potenza che alimenta i diffusori posteriori.

La figura 81 mostra la disposizione dei collegamenti.

Nella figura 81 i collegamenti delle vie relative ai canali di sinistra sono rappresentati dalla linea unita, e quelli relativi ai canali di destra dalla linea a tratteggio.

Il sistema a « matrice » ha una capacità di risposta decisamente efficiente, tuttavia è un sistema condizionato da una limitazione che, almeno per il momento, è risultata invalicabile.

Nell'intento di rendere meno evidenti i difetti che questa limitazione impone, i vari gruppi industriali interessati hanno cercato di realizzare la codifica in diverse maniere, anche se il principio fondamentale rimane sempre il medesimo.

Prima di entrare in argomento però, è necessario che si comprendano bene i rapporti fra la realtà del suono all'origine, la realtà dell'ambiente di ascolto e l'entità volumetrica della illusione spaziale del suono riprodotto.

Per semplicità di descrizione, cerchiamo di immaginare tanto la sala di registrazione quanto l'ambiente di ascolto a forma di cubo, naturalmente precisando che si tratta solo di una forma ipotetica. Si può ulteriormente semplificare la spiegazione con delle figure nelle quali, anziché il cubo, viene rappresentata la sua superficie di base, sulla quale è facile ricostruire con la mente la figura solida.

Nella figura 82, la crocetta al centro indica il punto campione per l'ascolto.

Un confronto diretto fra i due locali precedentemente considerati può essere stabilito nella disposizione della figura 83.

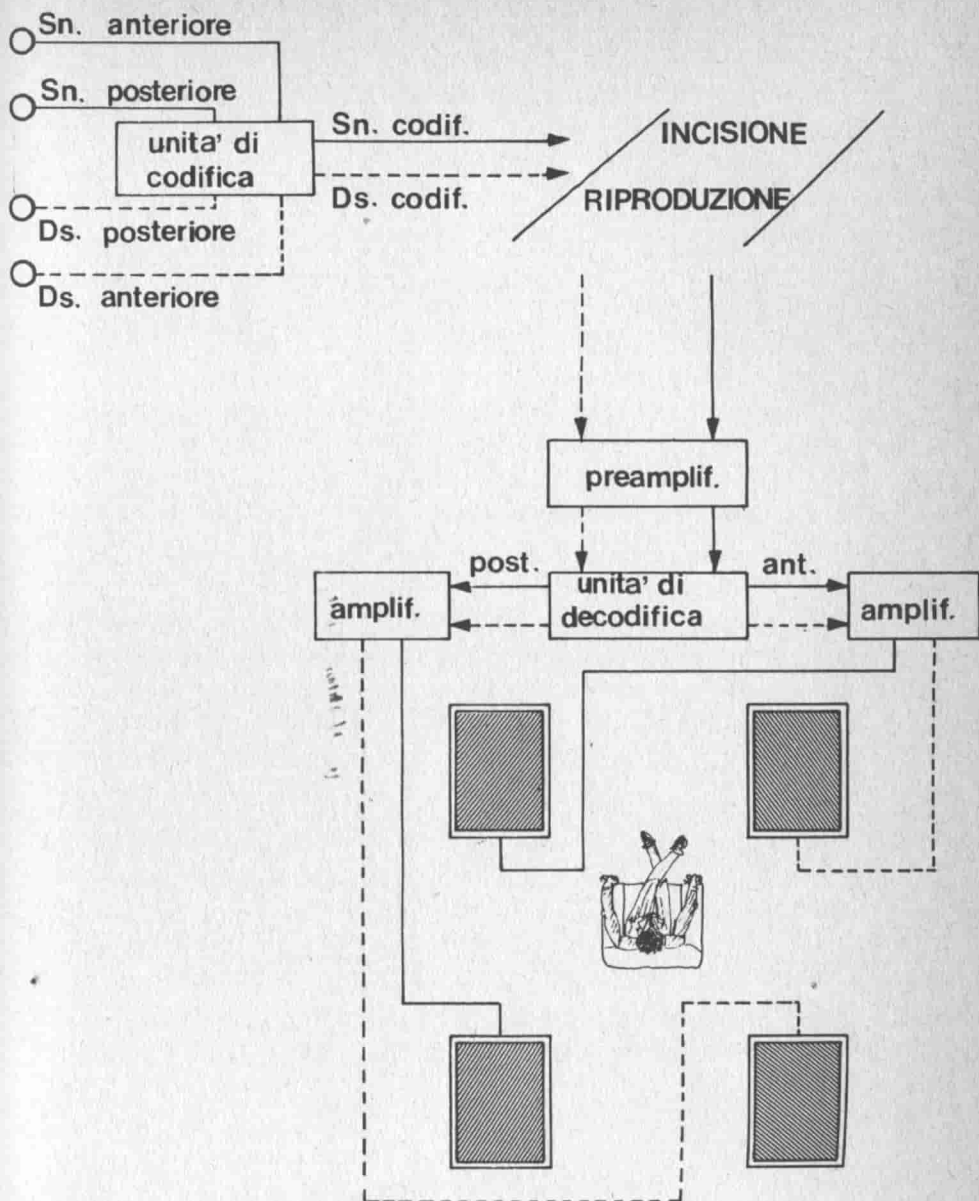
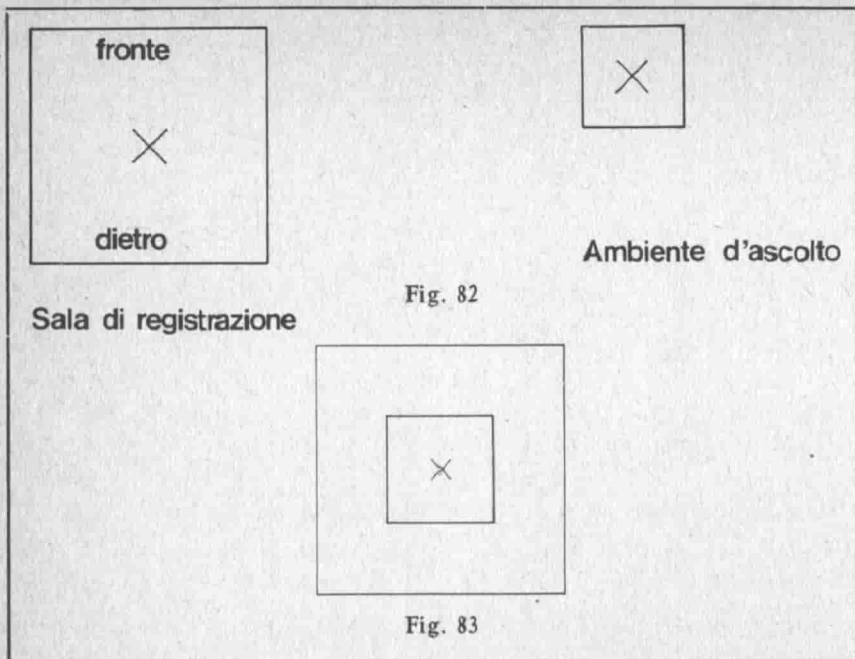
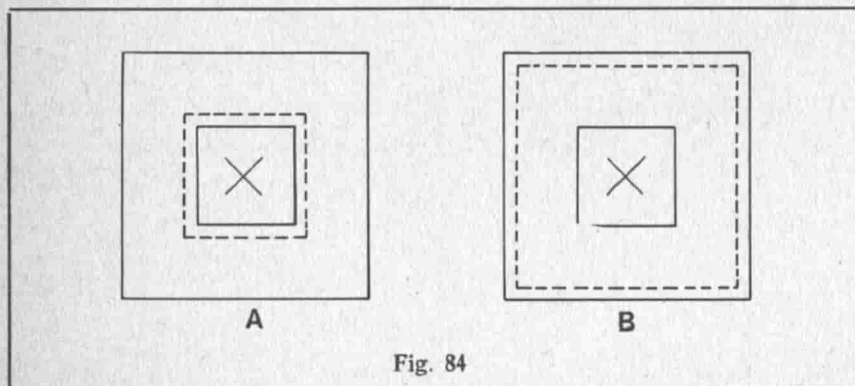


Fig. 81 Riproduzione quadrifonica a « matrice »



Nella figura 84, segnato in linea tratteggiata, compare un terzo elemento. Nella sezione A esso rappresenta l'immagine spaziale del suono della riproduzione stereofonica, mentre nella sezione B rappresenta la stessa immagine riferita al sistema quadrifonico « discrete ».



Si noti che l'illusione fonica va di poco oltre i confini dell'ambiente di ascolto con la stereofonia, mentre col sistema quadrifonico « discrete » comprende tutta, o quasi, la sala di registrazione.

La limitazione di cui è affetto il sistema a matrice fa sì che il suo volume di « ambienta » (viene spesso indicato con questo termine il contenuto spaziale, o « ambientale », del suono riprodotto) possa essere considerato di un valore intermedio fra quello del suono stereofonico e quello del suono quadrifonico ottenuto con il sistema « discrete », come mostra la figura 85.

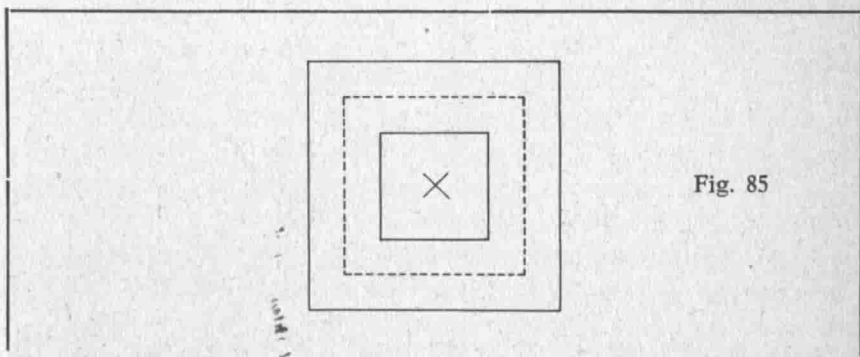


Fig. 85

La codifica « matrix » si attua mediante una serie di mutazioni e miscele di fase dei segnali da riunire, che viene appunto indicata con il termine « phase shift » o con l'italiano « mutazione di fase ».

Quattro segnali vengono così accomunati nella media di due con un procedimento il cui presupposto matematico, pur consentendo impostazioni diverse, impone di perseguire un risultato che, almeno entro certi limiti, deve essere sempre lo stesso. Questo risultato corrisponde al volume della percezione spaziale del suono.

Osserviamo di nuovo la figura 85. Il volume dell'ambienta sonora, rappresentato nella sua superficie di base dalla linea tratteggiata, potrebbe rimanere invariato anche assumendo una diversa forma geometrica. Della base accorciamo due lati e allunghiamo gli altri due. Modifichiamoli di quel tanto che occorre

per ottenere un rettangolo che abbia una misura di superficie identica a quella del quadrato dal quale deriva, e ci troveremo nella situazione mostrata dalla figura 86.

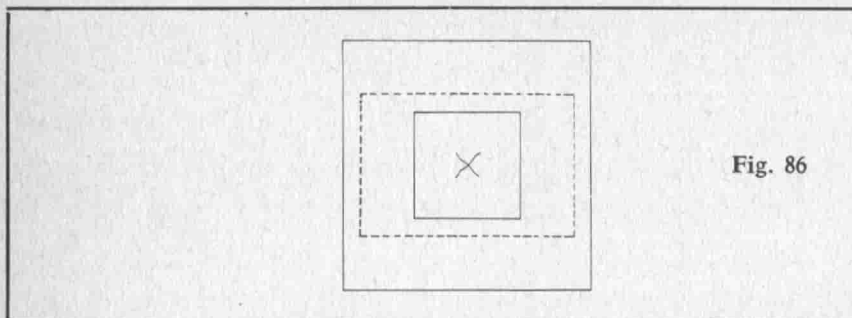


Fig. 86

Sul rettangolo della figura 86, considerando che rimanga immutata l'altezza, possiamo costruire mentalmente un solido, in questo caso un parallelepipedo, che avrà un volume equivalente a quello del cubo già immaginato nella figura 85.

E' evidente, sia pure con l'obbligo di non variare la dimensione del volume, che il giuoco si presta a un numero infinito di combinazioni, tante quanti possono essere i sistemi a matrice teoricamente progettabili.

Se il sistema si presta a un numero infinito di combinazioni e nello stesso tempo offre la facoltà di scegliere la più consona, per quale ragione non si adeguano tutti a questa scelta?

La verità è che il sistema « matrix » non è un sistema perfetto e proprio per questo risulta particolarmente difficile stabilire quale debba essere la scelta migliore.

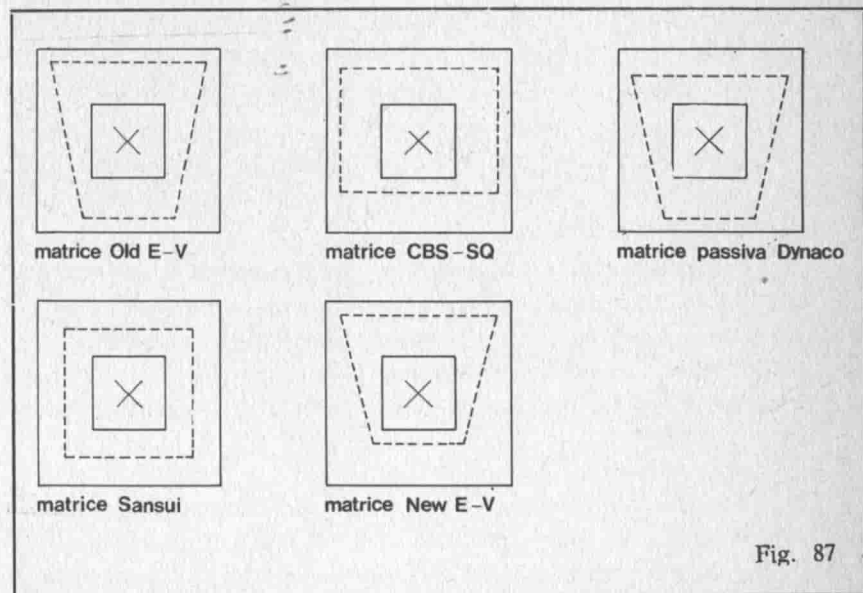
Qui entra in campo la valutazione soggettiva degli effetti sonori e, sotto questo punto di vista, non c'è da meravigliarsi che si possa ora preferire un ampliamento della dimensione e definizione laterale a danno della profondità longitudinale o viceversa. Questa valutazione viene effettuata mediante prove di ascolto e si deve ammettere che un determinato disco possa sembrare più efficace e codificato con un sistema piuttosto che con un altro. Cambiando disco, cioè il contenuto musicale, è molto probabile che l'ascolto dia delle indicazioni anche profondamente diverse.



I sistemi a « matrice » sono molti e bisogna accettare che lo siano. Prendiamone atto e osserviamo la rappresentazione grafica di alcuni presi fra i più noti. Basterà perché ci rendiamo conto dei diversi orientamenti.

Dalla figura 87 risulta come con il sistema Old E-V si sia optato per una marcata separazione della linea frontale da quella posteriore, sacrificando notevolmente la separazione laterale. La matrice CBS-SQ offre una soluzione completamente opposta. Il sistema New E-V e quello a matrice passiva Dynaco appaiono più equilibrati dello Old E-V, mentre il simmetrico Sansui, almeno in figura, sembra il più equilibrato di tutti.

Consideriamo ora la crocetta posta al centro delle figure: abbiamo detto che rappresenta la posizione campione dell'ascoltatore e in figura è stato facile porla al centro della zona di ascolto. In pratica però non è sempre possibile assegnare all'ascoltatore questo posto e quando, come quasi sempre accade, gli ascoltatori sono più di uno, la posizione privilegiata, se disponibile, spetterà a uno solo di essi. Che il punto centrale sia di privilegio è dovuto al fatto che ogni sistema è stato calcolato



tenendo conto di questo punto, e uno scostamento qualsiasi comporta una alterazione, talora anche notevole, all'equilibrio della percezione. Di conseguenza la posizione dell'ascoltatore è una posizione critica, e sarà tanto più critica quando lo spostamento avviene secondo una linea diretta nel senso di minore ampiezza del campo sonoro. Quando la separazione fronto-posteriore è molto evidente, una posizione un po' più avanzata o un po' più arretrata dal centro non farà avvertire delle differenze molto apprezzabili, e altrettanto saranno consentiti mutamenti della posizione in senso laterale, quando è in questa direzione che la separazione prevale.

Il sistema Sansui, migliore degli altri come concezione, è quello che presenta la situazione più critica per la posizione degli ascoltatori, perché male si presta a mutamenti diretti sia in senso laterale che antero-posteriore.

Da quanto esposto risulta che nessuno dei sistemi è il migliore o il peggiore.

Comunque i difetti che ciascun sistema presenta possono essere mitigati (o secondo qualcuno annullati) agendo sui comandi degli apparecchi.

Prendiamo ad esempio il sistema CBS-SQ: è quello che presenta la definizione posteriore più bassa e si può ben immaginare il beneficio che se ne trarrà elevando il livello dei diffusori posteriori.

Un'altra maniera di rendere più valida la prestazione del sistema a matrice consiste nell'introdurre nel decodificatore dei circuiti speciali detti « circuiti logici ».

Il « circuito logico » individua automaticamente, momento per momento, quale è l'informazione dominante e agisce attenuando di una certa misura il livello sul canale non dominante esaltando, anche se artificialmente, la separazione. E' evidente l'importanza di detto circuito quando opera in un decodificatore del tipo CBS-SQ.

Ogni disco risponde meglio se adoperato con un decodificatore corrispondente alla sua matrice. Tuttavia, dipendendo la decodificazione principalmente dalla codifica del disco, è possi-

bile ottenere risultati molto buoni, e molto vicini alla figurazione spaziale del disco stesso, anche adoperando un decodificatore diverso. Infatti esistono già in commercio decodificatori universali, come lo EVX-4 Decoder della Electro-Voice, che possono essere usati con tutti i tipi di disco senza bisogno di ricorrere ad alcuna commutazione. D'altra parte vengono offerti anche decodificatori con programmi matrix diversi commutabili e con circuito logico, pure commutabile.

Un cenno particolare merita il decodificatore Dynaco. E' un decodificatore passivo che si applica all'uscita dell'amplificatore di potenza e che viene collegato direttamente ai diffusori. Presenta quindi un grande vantaggio dal punto di vista economico: oltre a costare meno dei decodificatori attivi (lo sono tutti gli altri), fa risparmiare l'acquisto di un secondo amplificatore finale. Per contro non consente alcuna regolazione separata dei canali, né l'inserimento del « circuito logico » la cui utilità nella riproduzione quadrifonica a matrice è tale da fare avvertire il peso di una rinuncia.

Nessun sistema è migliore di un altro, tuttavia una cosa si può dire: ogni brano musicale può venire registrato su disco con il tipo di codifica che meglio gli si adatta. Facciamo un esempio: sala di registrazione a forma rettangolare con l'orchestra, pensiamola pop, situata su uno dei lati più lunghi; la codifica CBS-SQ in questo caso dovrebbe essere quella ideale per sovrapporsi alla realtà. Non importa l'esempio opposto, perché intuitivo.

Sotto questo profilo si può immaginare che nel futuro, previsti naturalmente i dovuti accordi commerciali, ogni casa discografica codificherà ciascun disco secondo il sistema più consono a quel determinato contenuto musicale, mentre un decodificatore universale, oppure commutabile, dovrà servire la riproduzione.

Una volta risolto, o quasi, il problema della costruzione degli apparecchi, si pone ora quello della produzione dei dischi. Bisogna imparare a fare dei veri dischi che non servano solo come simpatici mezzi dimostrativi, ma che siano anche in grado di farci gustare veramente della buona musica. Sarà questa

la fase più delicata e più lunga dell'avvento della quadrifonia, perché esula dal campo della pura tecnica sconfinando in quello dell'arte.

Ma ritorniamo ancora alla tecnica. Cos'altro si deve chiedere alla quadrifonia oltre la ... quadrifonia?

Anzitutto prendiamo in considerazione il fonorivelatore, che con il disco quadrifonico verrà sicuramente più impegnato: si chiede al sistema di codifica che questo maggiore impegno non determini situazioni critiche, perché andrebbero a tutto scapito della fedeltà di riproduzione. Naturalmente saranno di obbligo fonorivelatori fra i più qualificati.

In secondo luogo teniamo conto del disco: due informazioni su ognuna delle pareti del solco rendono l'incisione più complessa e di conseguenza più delicata e sottoposta ad usura. Occorrerà probabilmente un materiale più adatto e un più accurato procedimento di fabbricazione. Già detto in precedenza della necessità che il disco sia mono-stereo-compatibile.

Ancora una terza considerazione: nessun problema per i circuiti elettronici del preamplificatore, specie se degno di un impianto ad alto livello, quale dovrebbe essere sempre un impianto destinato alla quadrifonia.

Essendo la fortuna del suono quadrifonico soprattutto affidata a un miglioramento dell'ascolto nel senso più completo, è indispensabile che il sistema offra una qualità di riproduzione non inferiore a quella raggiunta dalla stereofonia.

Molti dischi stereofonici sono attualmente in possesso degli amatori e molti verranno acquistati nell'attesa che il mercato sia in grado di rendere disponibile un vasto, se non completo, assortimento del tipo codificato. Durante questa attesa, valutabile in un numero di anni piuttosto consistente, sarà molto apprezzato il recupero dell'ambianza che si ottiene da un disco stereofonico quando lo si ascolta attraverso un decodificatore a quattro canali. Questa non è solo compatibilità. E' qualcosa di più.

Il sistema « matrix » è stato ritenuto quasi universalmente come il più idoneo per una valida e relativamente facile realiz-

zazione. Tuttavia non tutti sono stati dello stesso parere e anche la prospettiva futura di un disco a quattro canali separati è divenuta un fatto tangibile.

### **Il disco quadrifonico « discrete »**

La sola casa industriale a non accettare le limitazioni imposte dal sistema a matrice è stata la giapponese JVC, consociata della RCA americana.

Da questa ... ribellione è derivata la messa a punto del disco JVC CD-4 la cui sigla ne riassume le caratteristiche: C = Compatibility; D = Discrete, cioè separato; 4 = quattro canali.

Quattro canali separati incisi su un disco. Viene fatto subito di pensare a due solchi, quattro pareti e due puntine di lettura. Niente di tutto questo. Il solco rimane uno, le pareti due, la puntina una.

Si tratta quindi ancora una volta di un disco codificato, ma il sistema di codifica del CD-4 si scosta notevolmente da quello del « matrix » in quanto molto più complesso.

Infatti prende il nome di « multiplex » (molteplice) e si vale, oltre che di un circuito a matrice preposto a una prima miscelazione, di altri circuiti aggiunti nei quali una parte di ciascuno dei due segnali miscelati è portata a una frequenza che va da 30.000 a oltre 45.000 Hz.

Di conseguenza i segnali tornano ad essere quattro, senonché due rimangono su una banda di frequenza acustica, mentre gli altri due vengono trasferiti su una banda di frequenza ultrasonica, cioè su una banda di frequenza di un ordine completamente diverso.

Riferiti alla incisione del disco, i quattro segnali rimangono completamente separati anche se le pareti sono solo due, perché quelli di frequenza analogica vengono rispettivamente fissati su una diversa parete, mentre su ogni parete compaiono due segnali per i quali la totale separazione è assicurata dal fatto che appartengono a due zone della gamma così lontane l'una dall'altra da escludere ogni possibilità di interferenza.

In sede di riproduzione un demodulatore « multiplex » opererà il procedimento inverso restituendo la loro forma primi-

tiva ai quattro segnali distinti, che saranno di nuovo tutti su una banda di frequenza acustica.

E' importante tener conto che i quattro segnali sono stati portati dal demodulatore a un livello di intensità dell'ordine di 200-300 millivolts e che, nel contempo, sono stati anche equalizzati. Questo significa che sono oramai adatti per l'ingresso ausiliario a basso guadagno di quattro canali di preamplificazione attraverso il quale non andranno più incontro a ulteriore equalizzazione.

La disponibilità dei quattro canali di preamplificazione può essere ottenuta mediante l'uso di un preamplificatore quadrifonico, oppure con due normali preamplificatori stereofonici, e la stessa cosa si può dire per i successivi circuiti finali di potenza.

La superiorità del sistema « discrete » sul « matrix » è fuori discussione, tanto che non è possibile evitare la solita domanda: ora che il disco « discrete » c'è, perché rimanere nell'imbarazzo della scelta?

Il disco « discrete » c'è, con tutti i suoi pregi, ma anche con tutte le conseguenze negative che la sua non semplice realizzazione comporta.

E' evidente che una incisione da 30.000 a 45.000 Hz non possa venire considerata con molta disinvoltura in un'epoca nella quale il limite di 20.000 Hz già sembra un miracolo! Anche dando per scontato che il costruttore abbia risolto nella più brillante delle maniere le difficoltà di produzione, ci si domanda quanto potrà resistere all'usura la delicata impronta della frequenza ultrasonica.

Questa domanda se l'è posta anche il costruttore che ha fatto sapere di aver preso le sue misure per proteggere il disco, combattendone i suoi grandi nemici: la polvere e la pressione d'appoggio dello stilo.

Contro la polvere ha saputo trovare delle particolari miscele antistatiche con le quali il disco viene trattato.

Contro la pressione d'appoggio ha adottato una puntina di nuova concezione, ideata dal giapponese Shibata e conosciuta sotto questo nome.

La puntina « shibata » è simile alla ellittica per quanto riguarda la sottigliezza della sagomatura della zona di contatto e quindi per quanto riguarda la sua possibilità di penetrazione nella incisione. Differisce dalla ellittica nella dimensione della superficie di contatto con le pareti del solco. Per una migliore comprensione ricorriamo all'aiuto delle figure.

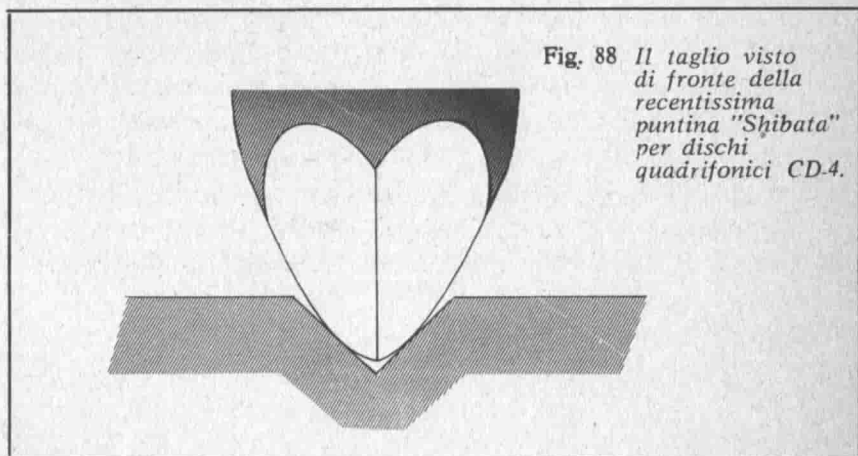
La figura 31 a pag. 61 mostra la puntina ellittica nel solco, sezionata e vista dall'alto: può valere anche per la shibata.

Nella figura 30 a pag. 61 compare un'altra sezione della puntina ellittica, la radiale vista di fronte, che presenta in tutta evidenza la presa di contatto della porzione terminale, a forma di segmento di cerchio, con le pareti del solco.

Vista in una sezione analoga, la puntina shibata si avvicina invece alla forma triangolare (si accetti il termine improprio) suggerita dalla disposizione delle pareti del solco aperte a V a  $90^\circ$  e si adatta a contatto di queste per un tratto decisamente maggiore dell'ellittica. La figura 88 ce la presenta ingrandita 1.000 volte.

Il peso d'appoggio, pur rimanendo invariato, si riflette in misura minore sulla incisione in quanto maggiore è la superficie di contatto sulla quale si distribuisce, a tutto vantaggio della possibilità di sopportazione del materiale del disco.

La protezione contro la polvere e la riduzione degli effetti della pressione d'appoggio sono ambedue da considerare un



evento molto importante nel campo della riproduzione fonografica, tuttavia ci si deve ancora domandare se saranno elementi sufficienti a rendere accettabile la resistenza del disco « discrete ». I costruttori dicono di sì, ma ritengo più giusto che la risposta definitiva spetti agli amatori dopo che avranno fatto la loro esperienza.

Un altro argomento che pone dei dubbi sulla possibilità di affermazione del disco « discrete » ce lo offre il fonorivelatore, costretto come sarà a rispondere su una gamma di frequenza insolitamente elevata. Tuttavia la JVC ha fin dall'inizio posto in commercio un fonorivelatore, il 4MD-20X equipaggiato con puntina shibata, dichiarandolo capace di una risposta da 10 a 60.000 Hz, e successivamente le più importanti ditte specializzate nella costruzione di pick-up hanno realizzato dei modelli appositamente studiati per la quadrifonia CD-4.

Naturalmente il dubbio non grava sulla attendibilità dei dati forniti dai costruttori, ma piuttosto su quella che potrà essere la fedeltà di riproduzione quando frequenze così elevate impegneranno il complesso mobile del fonorivelatore che, come sappiamo, non deve rispondere alle leggi dell'elettronica, ma a quelle della meccanica.

L'avvenire della quadrifonia? La domanda riguarda soprattutto le sorgenti di segnale e in maniera particolare la riproduzione fonografica. Essendo la coesistenza dei vari sistemi assicurata dalla compatibilità, appare evidente che gli orientamenti verranno condizionati dalle preferenze del consumatore nel corso dei prossimi anni, durante i quali la codifica potrà essere applicata anche alle cassette e alle trasmissioni radiofoniche.

Per gli apparecchi ritengo che fare delle previsioni sul futuro non sia cosa di grande importanza: la quadrifonia sarà qualcosa di più e la si otterrà acquistando qualche componente di più.

Nessun rimpianto quindi per gli attuali possessori di una buona catena stereofonica, nessun impedimento per coloro che vanno maturando l'idea di procedere all'acquisto. Si potrà in qualunque momento aggiungere un decodificatore, un secondo amplificatore di potenza e altri due diffusori. [16]



# Conclusione

Sono trascorsi circa 19 anni dal momento che il disco stereofonico è stato messo a disposizione del compratore e 43 da quando, nel 1931, l'inglese A. D. Blümlein brevettò per la prima volta un sistema che consentiva di accogliere in un solo solco due informazioni distinte.

Da Blümlein a Scheiber, da due a quattro informazioni. Dopo Scheiber gli altri: Feldman, Hafler, Bauer, tanto per fare qualche nome. Sono nomi che passeranno alla storia della riproduzione del suono iniziata da Edison, ma che per ora appartengono al presente, un presente forse meno romantico, tuttavia dotato di una carica di efficienza sconosciuta al tempo dei pionieri.

Oggi la personalità di un nome si diluisce nell'immenso calderone dei grossi complessi dell'industria, fatti di capitali, di strumenti di precisione, di macchine pronte ad eseguire qualsiasi programma e di eserciti di collaboratori per i quali non costituisce un segreto il patrimonio tecnologico dell'elettronica che ha portato l'uomo a calpestare il suolo della Luna.

Non è più il momento del personaggio geniale che riesce faticosamente a far capire, a fare accettare la « sua idea ». Stati Uniti d'America, Giappone: giganti impegnati in una lotta che apparentemente non offre niente di spettacolare perché estremamente ridotto è oramai lo spazio nel quale è consentito di prevalere.

E' una lotta che ricorda la successione dei records in una

specialità dei giuochi olimpici: in un primo periodo ha valore il minuto secondo, poi il mezzo minuto secondo e, andando ancora avanti, troveremo determinante il quinto di secondo, il decimo e così via all'infinito, e non si finirà mai. Ma la differenza sarà sempre meno apprezzabile.

In sede di riproduzione il suono va incontro a diverse trasformazioni fisiche che si ottengono con mezzi elettronici e con mezzi meccanici.

I mezzi elettronici possono essere già considerati non ulteriormente perfezionabili, perché entrare in possesso di un preamplificatore e di un amplificatore in grado di soddisfare più che largamente i limiti di soglia dell'orecchio umano, d'ora in poi sarà solo questione di scelta e di prezzo.

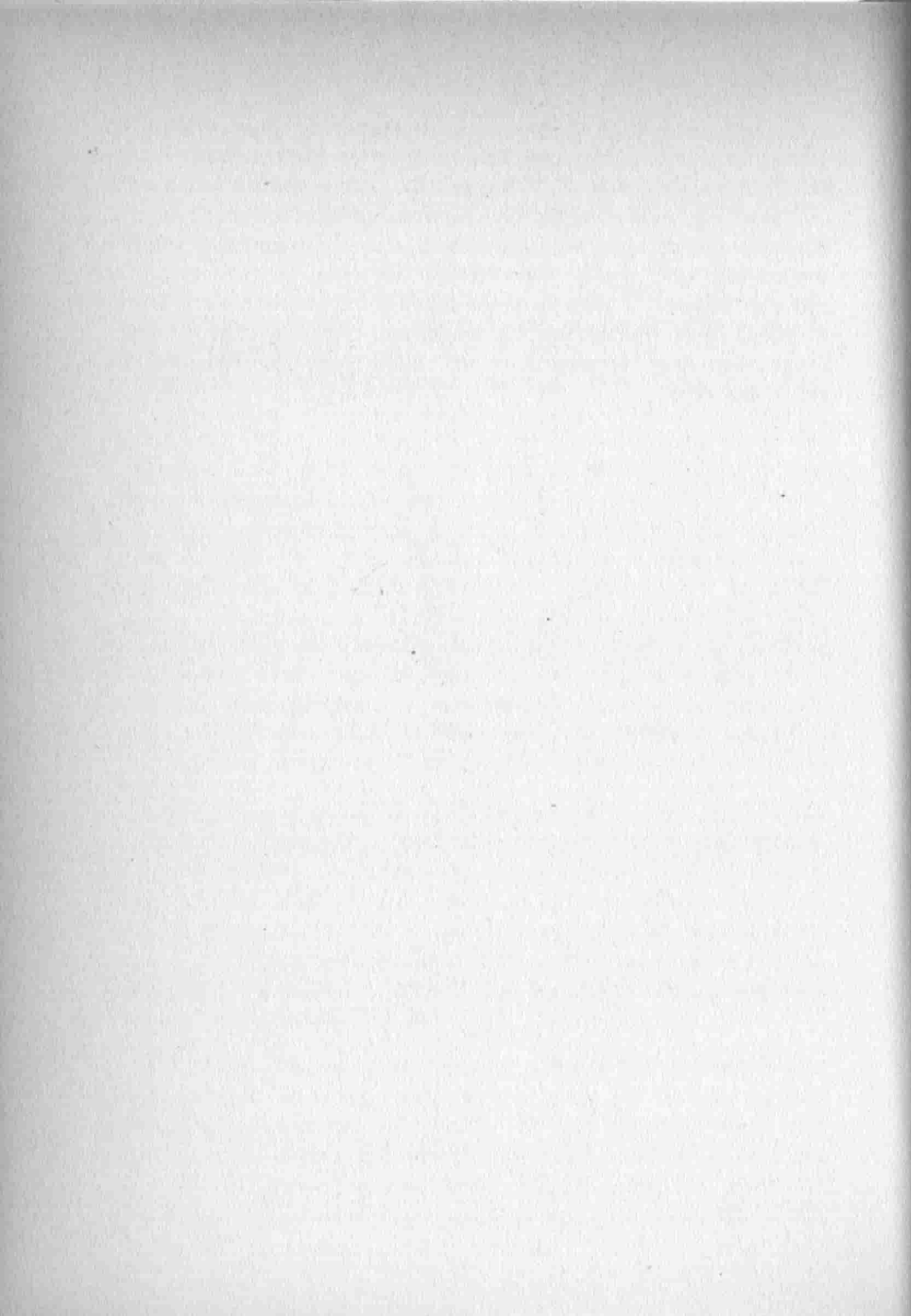
I mezzi meccanici sono giunti a un livello di validità veramente eccezionale; ciononostante è proprio in questo campo che si individua quel piccolo margine che giustifica la lotta dei giganti. Il materiale di fabbricazione del disco, la difesa dalla polvere, il complesso mobile del fonorivelatore, la conduzione del fonorivelatore e gli altoparlanti presentano ancora delle possibilità di evoluzione. Il margine è ristretto, ma non per questo meno importante, perché è proprio qui che la stereofonia a quattro canali dovrà trovare la sua piena affermazione.

Quasi tre quarti del secolo presente, del secolo che ha visto la parola « impossibile » perdere molto del suo valore originario, sono trascorsi. Durante tutti questi anni il disco è rimasto imperturbabile a girare sul piatto, solleticato dalla puntina. Si sono tentate altre strade. Il nastro magnetico ha saputo assumere un ruolo sicuramente molto importante, ma il disco rimane lì, a girare sul piatto e tutto lascia prevedere che la sua vita sarà ancora parecchio lunga.

La ricerca di una riproduzione sempre più aderente alla realtà, sempre più fedele, terminerà prima o poi in qualche maniera o verrà condotta all'infinito? Non ci dimentichiamo che è una ricerca destinata a servire l'orecchio dell'uomo, cioè un organo che, seppure meraviglioso, ha dei limiti di ricezione abbastanza ben definiti. Sotto questo aspetto è ineluttabile che

i risultati ottenibili si vadano continuamente appiattendo fino a raggiungere i confini dell'inutile, tuttavia è altrettanto ineluttabile che le cose non si fermeranno a questo punto.

Un traguardo conquistato rappresenta ogni volta una nuova finestra che si apre sul futuro e di conseguenza sarà sempre disponibile uno spazio per ulteriori impegni. Intanto attendiamo con fiducia il momento nel quale il ricercatore sarà libero di porsi come obiettivo principale una effettiva riduzione dell'ingombro degli apparecchi e una altrettanto effettiva diminuzione dei costi.



# Bibliografia

## [1] IL SUONO

POMPEO NISINI - *Fisica per i licei classici - Acustica - I Volume* - Società Editrice Internazionale - Ristampa Ottobre 1969.

R. MARGARIA L. DE CARO - *Principi di Fisiologia Umana* - Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi - Milano - 1947 - Vol. II da pag. 1397 a pag. 1415.

D. E. RAVALICO - *l'Audio Libro* - Editore: Ulrico Hoepli - Milano - Sesta Edizione 1965 - Pagine: da 10 a 22.

G. W. SCHANZ - *Manuale della Stereofonia* - Biblioteca Tecnica Philips - Edizioni C.E.L.I. - Bologna - 1971 - Ascolto direzionale - Pagine: 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - Giuseppe Terriaca: Il

Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1971 - Giuseppe Terriaca: Il Suono, pag. 28.

## [2] NOTE MUSICALI

G. W. SCHANZ - *Manuale della Stereofonia* - Biblioteca Tecnica Philips - Edizioni C.E.L.I. - Bologna - 1971 - Pagine: 24, 25, 26.

Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - Problemi audio: « Il timbro », pag. 16.

Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Aprile-Maggio 1973 - Suono curioso: Da 16 a 8.372 Hz, pag. 59.

## [3] STEREOFONIA

R. MARGARIA L. DE CARO - *Principi di Fisiologia Umana* - Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi - Milano - 1947 - Vol. II, pagine 1417 e 1418.

Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Gianni Di Vito: L'ABC dell'Hi-Fi - La Stereofonia - pag. 22.

[4] L'IMPIANTO AD ALTA FEDELTA'

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1971 - L'ABC dell'Hi-Fi - La catena Hi-Fi - pag. 25.  
Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - L'ABC dell'Hi-Fi - La catena Hi-Fi - pag. 21.

[5] LE SORGENTI SONORE

- Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO »  
Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.l. - Roma - Sistema Dolby per la riduzione del rumore - pag. XX.  
Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Aprile 1972 - Daniel Caimi: Guida all'acquisto - Le cassette - pag. 77.  
Rivista « RADIORAMA » - Ottobre 1971 - Panoramica Stereo: Cassette e cartucce, sistema Dolby, nastri magnetici al biossido di cromo - pag. 51.  
Rivista « RADIORAMA » - Dicembre 1971 - Panoramica Stereo: Produzione e fedeltà dei nastri magnetici - pag. 30.

[6] INCISIONE E RIPRODUZIONE FONOGRAFICA

- G. W. SCHANZ - Manuale della Stereofonia - Biblioteca Tecnica Philips - Edizioni C.E.L.I. - Bologna - 1971 - Supporti dei suoni, da pag. 33 a pag. 39.  
Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO »  
Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.l. - Roma - I vostri dischi: dichiarate guerra ai loro nemici - pag. IX.

[7] IL FONORIVELATORE

- Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 7273 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO »  
Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.l. - Roma - Testine - pag. 53.

- G. W. SCHANZ - *Manuale della Stereofonia* - Biblioteca Tecnica Philips - Edizioni C.E.L.I. - Bologna - 1971 - Riproduzione, pagg. 46, 47, 48.
- D. E. RAVALICO *L'Audio Libro* - Editore: Ulrico Hoepli - Milano - Sesta Edizione 1965 - Il fonorivelatore stereofonico, pag. 159.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno 1971 - Gianfranco Binari: Il fonorivelatore, pag. 28.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Luglio-Agosto 1971 - Gianfranco Binari: Il fonorivelatore, pag. 16.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Febbraio 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi: Il giradischi (fonorivelatore), pag. 28.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi: La catena Hi-Fi (il fonorivelatore), pag. 18.
- Enciclopedia Treccani: voci: ferriti cubiche, ferroxvube B.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - Toshiba C 100 P Fonorivelatore fotoelettronico - pag. 46.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Aprile 1972 - Gianfranco Binari: Le « 4 grandi » alla prova - Prova dei fonorivelatori ADC 26, Empire 1000ZE/X, Ortofon SL-15E e Shure V-15 II improved - pag. 58.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Agosto 1972 - Renato Giussani: L'ABC edll'Hi-Fi - Abbinamento dei componenti: Pick-up - Amplificatore pag. 25.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Maggio 1973 - 6 milioni di curve su 2 Km. di solco - pag. 22.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Giugno 1973 - Il fonorivelatore Shure V 15 III, pag. 36.
- [8] IL GIRADISCHI
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - Guida all'acquisto: Il Giradischi, pag. 49.

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1971 - La cura del vostro impianto: giradischi e dischi, pag. 16.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1971 - L'ABC dell'Hi-Fi: la catena Hi-Fi (II parte), pag. 25.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Dicembre 1971 - L'ABC dell'Hi-Fi: il giradischi, pag. 29.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Gennaio 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi: il giradischi, pag. 28.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno-Luglio 1972 - Renato Giussani: Problemi audio - Il disco come sorgente Hi-Fi - pag. 12.
- Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO » Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.L. - Roma - Giradischi, pag. 35.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Luglio-Agosto 1971 - Descrizione dei bracci Ortofon RS212 e AS212, pag. 26.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Garrard Zero 100, pag. 46.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Dicembre 1971 - Garrard Zero 100, pag. 26.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Febbraio 1973 - Gianfranco Binari: Il braccio destro del vostro impianto, pag. 17.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Marzo 1973 - Braccio Rabco SL- 8E, pag. 56.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Luglio-Agosto 1973 - Gianfranco Binari: Giradischi o cambiadischi? pag. 34.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Luglio-Agosto 1973 - Daniel Caimi: Il giradischi Dual 1229, pag. 42.

[9] IL PREAMPLIFICATORE - L'AMPLIFICATORE

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Luglio-Agosto 1971 - Guida all'acquisto: l'amplificatore, pag. 60.



- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Febbraio 1972 - Gianfranco Binari: Problemi audio - Le onde quadre nell'esame degli amplificatori - pag. 14.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Maggio 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi - L'amplificatore - pag. 32.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno-Luglio 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi L'amplificatore - pag. 16.
- Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO » Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.l. - Roma - Perché un amplificatore superpotente? (l'articolo riguarda anche il fattore di smorzamento), pag. XV.
- Rivista « RADIORAMA » - Febbraio 1973 - Fattore di smorzamento, pag. 23.
- Annuario di « SUONO STEREO Hi-Fi 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO » Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.l. - Roma - Amplificatori, pag. I.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1972 - Daniel Caimi: L'Hi-Fi italiana pronta per la sfida, pag. 18.
- Rivista « CO ELETTRONICA » - Edizioni CD - Bologna - Maggio 1971 - Il punto sugli amplificatori ad alta fedeltà a transistori (stadi finali e distorsione « crossover ») - da pag. 488 a pag. 491.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1972 - Notizie: Il MK-10 Galactron ancora migliorato, pag. 34.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno 1973 - Bartolomeo Aloia: Da un'angolazione nuova le caratteristiche di un amplificatore, pag. 19.

## [10] L'ALTOPARLANTE

- A. NICOLICH G. NICOLAO - *Alta Fedeltà* - Editrice Il Rostro - Milano - 1966 Capitolo 9: L'Altoparlante, da pag. 181 a pag. 212.
- Rivista « RADIORAMA » - Aprile 1971 - Panoramica Stereo: Gli altoparlanti, pag. 55.

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Yamaha: un altoparlante rivoluzionario, pag. 18.  
Annuario di « SUONO STEREO HI-FI 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO »  
Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.L. - Roma - Altoparlanti, pag. 70.  
Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1973 - Renato Giussani: « a »  
come altoparlante, pag. 34.

[11] BREVI CENNI DI CARATTERE TECNICO

- POMPEO NISINI - *Fisica per i licei classici* - II° Vol. - Elettrologia - Società Editrice Internazionale - Ristampa Giugno 1970.  
ZEFFERINO DE SANCTIS - *Fondamenti della Radio* - Radiopratica - Milano  
Prima Edizione - Febbraio 1970 - Storia del Condensatore - Resistori  
Trasformatori - da pag. 11 a pag. 82.

[12] IL FILTRO CROSS OVER

- A. NICOLICH G. NICOLAO - *Alta Fedeltà* - Editrice Il Rostro - Milano - 1966  
Capitolo 16: Sistemi divisorii di frequenza, da pag. 459 a pag. 475.  
Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1973 - Renato Giussani: Il « cross  
over » questo sconosciuto, pag. 72.  
Rivista « SELEZIONE DI TECNICA RADIO-TV » - Supplemento al n. 10 1969  
Numero speciale - Editore: J.C.E. - L. Biancoli: I Filtri Crossover,  
pag. 218.  
Rivista « SPERIMENTARE » - Febbraio 1970 - Editore: J.C.E. - Filtro cross-  
over 3 vie 12 dB per ottava, pag. 185.  
Rivista « SPERIMENTARE » - Novembre 1971 - Editore: J.C.E. - P. Soati: I  
Filtri di Accoppiamento, pag. 1955.  
Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1973 - Paolo Viappiani: Il  
cross over elettronico, pag. 75.

## [13] I DIFFUSORI

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - Gianfranco Binari:  
Casse acustiche - differenti concezioni - pag. 33.
- A. NICOLICH G. NICOLAO - *Alta Fedeltà* - Editrice: Il Rostro - Milano - 1966  
Capitolo 15: I mobili per altoparlanti o « baffle », da pag. 419 a pag. 457.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1971 - Guida all'acquisto: L'altoparlante, pag. 48.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Guida all'acquisto:  
L'altoparlante, pag. 50.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Problemi audio: soggettività nella scelta degli altoparlanti, pag. 28.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Dicembre 1971 - Gianfranco Binari:  
Problemi audio - Rendimento degli altoparlanti - pag. 12.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1972 - L'ABC dell'Hi-Fi - Gli altoparlanti - pag. 40.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Gennaio 1973 - Gianfranco Binari: Si può sapere come suona una cassa acustica senza ascoltarla? - pag. 68.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1973 - Renato Giussani: Problemi audio - La potenza degli altoparlanti... non esiste - pag. 26.
- Rivista « SELEZIONE DI TECNICA RADIO-TV » - Supplemento al n. 10 1969  
Numero Speciale - Editore: J.C.E. - Come collegare gli altoparlanti agli amplificatori Hi-Fi - pag. 331.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno 1971 - Prova AR-6 - pag. 41.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Agosto 1972 - Gianfranco Binari: Le nostre prove - Altec « Barcelona » - pag. 49.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1972 - Gianfranco Binari:  
Le nostre prove - Le AR LST - pag. 67.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1972 - Gianfranco Binari:  
Le nostre prove - Decibel Modus 2 - pag. 58.

- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Dicembre 1972 - In prova: Decibel Modus 3 - Empire Super 9500/m - Bowers & Wilkins Continental 70 -Quad Electrostatic Speaker - pag. 55.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1973 - Gianfranco Binari: (a cura dell'Istituto Italiano di Misure Hi-Fi) Come « SUONO » prova le casse acustiche - AR-3a, Jensen 6, J.B.L. L100 Century - pag. 80.

#### [14] LE CUFFIE STEREOFONICHE

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno 1971 - Daniel Caimi: La cuffia, pag. 21.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1972 - Daniel Caimi: Guida all'acquisto - La cuffia - pag. 56.
- Annuario di « SUONO STEREO HI-FI 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO » Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.L. - Roma - Cuffie - pag. 192.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Marzo 1973 - Daniel Caimi: Musica con intimità: la cuffia - pag. 38.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Marzo 1973 - Fra queste quattro cuffie il modo migliore per ascoltare la musica - Pioneer-SE 100 - Jecklin Float - Superex PEP-79 - Koss ESP-9 - pag. 49.

#### [15] ACUSTICA DELL'AMBIENTE D'ASCOLTO

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Edoardo Catalano: Criteri per la correzione acustica di piccoli ambienti - pag. 30.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Dicembre 1971 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche per piccoli ambienti - pag. 19.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Gennaio 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche per piccoli ambienti - L'assorbimento - pag. 22.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno-Luglio 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche - pag. 24.

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Agosto 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche - pag. 42.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche - pag. 48.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Ottobre 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche - La disposizione degli altoparlanti - pag. 35.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1972 - Edoardo Catalano: Correzioni acustiche - Esame delle caratteristiche riverberanti di un ambiente - pag. 40.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1973 - Edoardo Catalano: L'ambiente d'ascolto (disposizione dei diffusori) - pag. 52.
- PHILIPS - ELCOMA - Applicazioni Componenti Elettronici - Vol. VII n. 2  
7 Listening Room Acoustics - pagg. 49, 50, 51 e 52.
- G. W. SCHANZ - *Manuale della Stereofonia* - Biblioteca Tecnica Philips Edizioni C.E.L.I. - Bologna - 1971 - Acustica ambientale - da pag. 9 a pag. 19.
- A. NICOLICH G. NICOLAO - *Alta Fedeltà* - Editrice Il Rostro - Milano - 1966  
Capitolo 17: Cenno sulla riverberazione - da pag. 477 a pag. 489.
- Annuario di « SUONO STEREO HI-FI 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO »  
Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.L. - Roma - 12 regole per migliorare l'ascolto - pag. XIII.

## [16] IL SUONO QUADRIFONICO

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Giugno 1971 - Parliamo un po' della quadrifonia - pag. 13.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1971 - 4 Canali - pag. 11.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Novembre 1971 - Quando  $1+1=4$  - Il Quadaptor Dynaco - pag. 42.

- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Marzo 1972 - Aris Bernardini: La quadrifonia nel futuro dell'Alta Fedeltà? - pag. 28.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Aprile 1972 - Aris Bernardini: La quadrifonia nel futuro dell'Alta Fedeltà? - Matrixing acustico - pag. 20.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Maggio 1972 - Aris Bernardini: La quadrifonia nel futuro dell'Alta Fedeltà? - pag. 55.
- Rivista « SUONO STEREO » - Roma - Settembre 1972 - Aris Bernardini: La quadrifonia nel futuro dell'Alta Fedeltà? - Progetto di un preamplificatore quadrifonico - pag. 36.
- Annuario di « SUONO STEREO » HI-FI 72-73 » - Supplemento al n. 14 di « SUONO » Casa Editrice: Edizioni Suono S.r.L. - Roma - Stereo quo vadis? - La quadrifonia - pag. XXIV.
- FOUR-CHANNEL SOUND - 1973 consumer's guide - Norman Eisenberg Editor Great Barrington, Mass. - Harry Maynard: The Challenge of the Discrete Disc - pag. 40 - Leonard Feldman: Adventures with Matrix System pag. 118.
- Rivista « SUONO STEREO » Roma - Maggio 1972 - Renato Giussani: Problemi audio - Il sistema quadrifonico JVC CD4, pag. 27.
- Rivista « SPERIMENTARE » - Giugno 1972 - Editore: J.C.E. - Ing. R. Prina: Multifonie Sperimentali - pag. 909.
- Rivista « STEREOPLAY » - Roma - Giugno 1973 - Daniel Caimi: Speciale Quadrifonia - Dobbiamo comprare 2 o 4? - pag. 22.

10. 11. 1975

LITHO IN ROMA - BEIGRAFICA  
Agosto 1975

