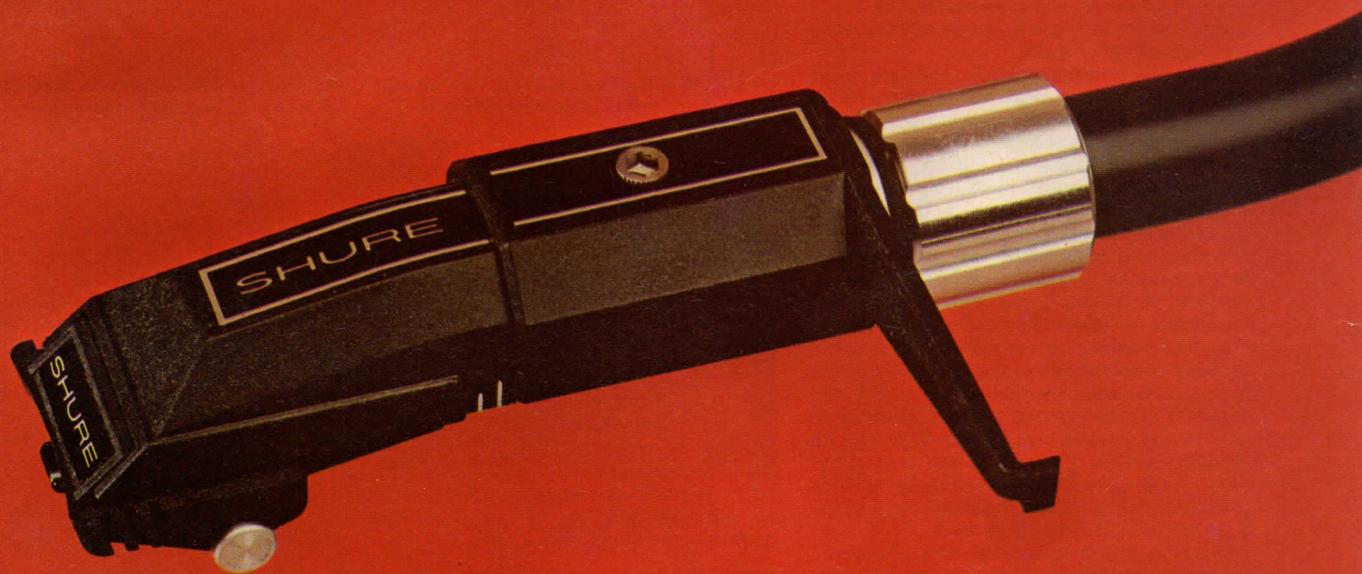


Per la sorgente principale, ovvero il disco

# IL FONORIVELATORE



legge la musica  
insinuandosi con la  
puntina nei solchi del  
disco; com'è fatto,  
come funziona.

# Il fonorivelatore

Comunemente chiamato «cartuccia», «testina» o «pick-up», questo importantissimo componente ha il compito di convertire i movimenti meccanici che il solco del disco imprime alla puntina, in impulsi elettrici da inviare all'amplificatore.

Esamineremo qui di seguito principi di funzionamento e caratteristiche delle «testine», antepponendo una breve trattazione circa l'incisione discografica, per meglio conoscere in che modo le «informazioni» da riprodurre sono state «codificate».

## Il disco ed il solco

Il materiale costituente gli attuali dischi fonografici è un co-polimero di acetato di cloruro di vinile; in sostanza, una materia plastica, per la quale è valida la legge di Hooke, sintetizzabile nei seguenti tre principi.

1) Sotto una pressione debole, inferiore ad un certo limite (*limite di elasticità*), il materiale è elastico, cioè si deforma; cessata però la pressione, riprende la sua forma originaria.

2) Sotto una pressione più elevata, o di lunga durata, il materiale è plastico, cioè si deforma, e, cessata la pressione, rimane deformato e non riacquista più la sua forma originaria.

3) Sotto una pressione molto elevata, il materiale si schiaccia e la forma originaria è distrutta. Pertanto, se la pressione della puntina sul disco oltrepassa un determinato limite, essa provoca una deformazione permanente nel solco; con pressioni ancora superiori, poi, si distrugge la superficie del solco medesimo. Mi sembra interessante ricordare che la pressione esercitata nel solco da una puntina conica di 17  $\mu$ , regolata per una «lettura» di 2 grammi, è di circa 35 Kg/mm<sup>2</sup>, ossia circa 2.000 volte maggiore della pressione dell'aria di un pneumatico per auto. È questo un fatto ignorato da molti.

Il disco fonografico reca sulla sua superficie un unico «solco» a spirale, che parte dalla circonferenza massima e termina nella parte centrale del disco stesso.

Il solco in questione è di sezione triangolare; nei dischi monofonici, la larghezza dell'apertura è di 60  $\mu$ , corrispondente al diametro di un capello. Inoltre, l'angolo di apertura è di circa 88°, ed il vertice del triangolo è leggermente smussato (Fig. 1).

Se un disco venisse «inciso» senza alcuna informazione musicale, il solco seguirebbe rigorosamente l'asse della spirale (Fig. 2).

Se invece il disco contiene informazioni musicali, la spirale si «deforma» come indicato nella Fig. 3: le «informazioni musicali» si incidono sotto forma di sinusoidi il cui asse è quello della spirale del solco «muto». È, questa, l'incisione «laterale» od «orizzontale». Poiché i solchi del disco sono molto ravvicinati gli uni agli altri, si capisce facilmente che l'ampiezza della sinusoide deve essere limitata, altrimenti la sinusoide di un solco invaderebbe il solco contiguo.

Oltre all'ampiezza menzionata, in genere indicata con la lettera «A», vi è un'altra importante «grandezza tecnica» nel campo della registrazione fonografica: si tratta della velocità della puntina che deve seguire il solco (detta «V»), del tutto indipendente dalla velocità di rotazione del disco.

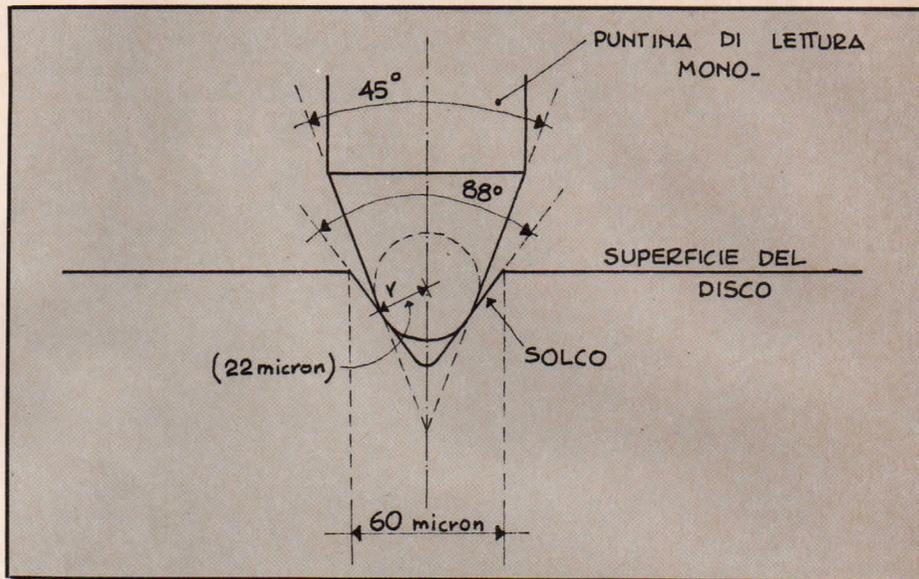


Fig. 1: Rappresentazione in sezione verticale di solco e di puntine di lettura mono.

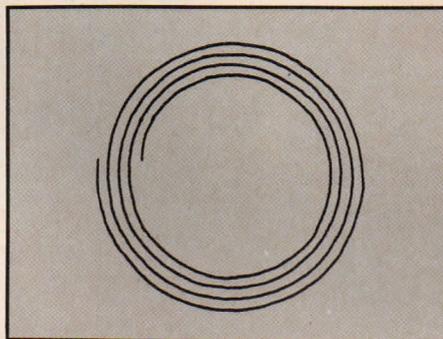


Fig. 2: Se un disco venisse inciso senza alcuna informazione musicale, il solco seguirebbe rigorosamente l'asse della spirale.

La relazione che lega la velocità della puntina («V») con l'ampiezza della sinusoide («A») e con la frequenza audio incisa («f») è espressa dalla seguente formula:

$$V = 2 \pi f A.$$

Pertanto, conoscendo la velocità della puntina e la frequenza incisa, si può agevolmente risalire all'ampiezza della sinusoide:

$$A = \frac{V}{2 \pi f}$$

Ad esempio, per una velocità costante di 8 cm/sec., l'ampiezza prende i valori seguenti in funzione della frequenza:

$$\text{a } 10 \text{ kHz, } A = \frac{8 \text{ cm/sec}}{2 \pi \cdot 10^4 \text{ Hz}} = 1,27 \mu;$$

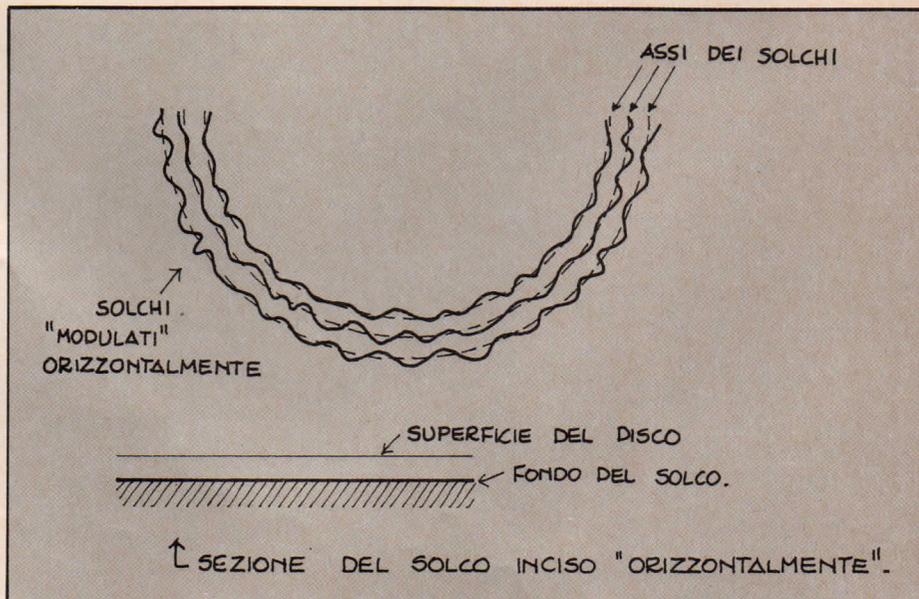


Fig. 3: Nell'incisione «orizzontale», le informazioni musicali si incidono sotto forma di sinusoidi il cui asse è quello della spirale del solco «muto».

ad 1 kHz,  $A = \frac{8 \text{ cm/sec}}{2 \pi \cdot 10^3 \text{ Hz}} = 12,7 \mu$ ;

a 300 Hz,  $A = \frac{8 \text{ cm/sec}}{2 \pi \cdot 3 \times 10^2 \text{ Hz}} = 41 \mu$ ;

a 100 Hz,  $A = \frac{8 \text{ cm/sec}}{2 \pi \cdot 10^2 \text{ Hz}} = 127 \mu$ .

Quanto alla «lunghezza» della sinusoide, dalla Fig. 4 si può dedurre che, a parità di frequenza, essa è molto maggiore su un solco esterno che non su un solco interno del disco. Inoltre, la sinusoide è tanto meno lunga quanto più la frequenza incisa è elevata.

Tanto per fare un esempio, in un disco da 30 cm di diametro che ruoti alla velocità standard di 33,33 giri/min, la sinusoide di un segnale a 12.000 Hz ha una lunghezza di 36  $\mu$  nel primo solco e di circa 12  $\mu$  nell'ultimo; in seguito, si comprenderà meglio come una puntina «ellittica» consenta migliori risultati che non una puntina «sferica», particolarmente nel seguire sinuoidi di scarsa lunghezza.

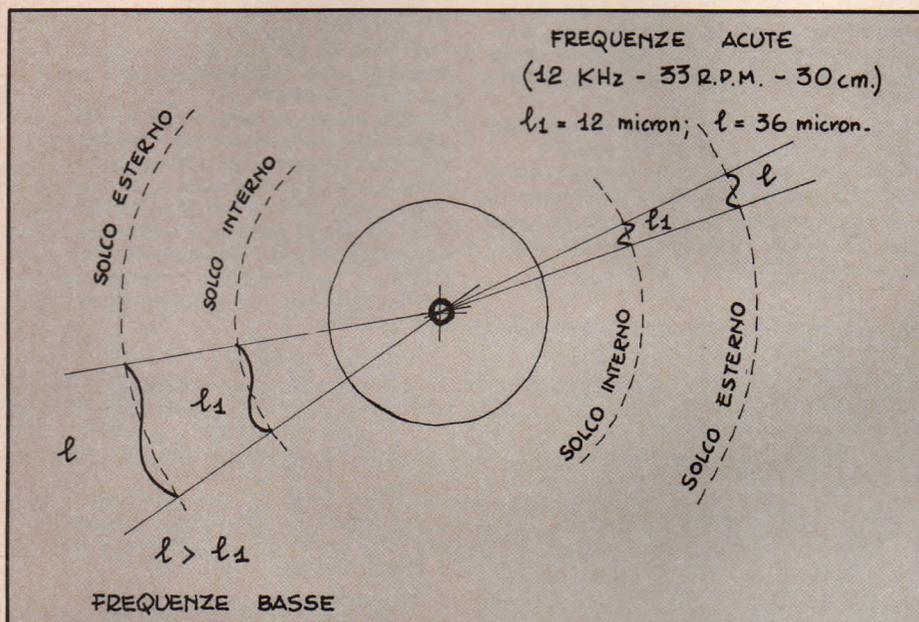


Fig. 4: A parità di frequenza, la lunghezza della sinusoide è molto maggiore su un solco esterno che non su un solco interno del disco.



Fig. 5: Nell'incisione «verticale», è la profondità del solco a variare in funzione dell'ampiezza del segnale.

Si è sin qui trattato dell'incisione «laterale» od «orizzontale», ma occorre specificare che i vecchi dischi monofonici venivano sovente incisi con un altro procedimento: l'incisione «verticale».

In questo caso, basta immaginare il piano di incisione ruotato di 90° (Fig. 5): l'incisione segue rigorosamente l'asse della spirale, ma la sua profondità varia in funzione dell'ampiezza.

Anche in questo caso, la lunghezza della sinusoide varia con l'inverso della frequenza.

### L'incisione stereofonica

Alla luce di quanto sin qui esposto, sembrerebbe molto facile ottenere un'incisione stereofonica combinando l'incisione laterale (che porterebbe le informazioni del canale sinistro) con un'incisione verticale (che porterebbe le informazioni del canale destro): basterebbe dotare di comandi separati (orizzontali e verticali) lo stilo incisore e provvedere di elasticità orizzontale e verticale (nonché di differenti modi di decodifica) la testina fonorivelatrice.

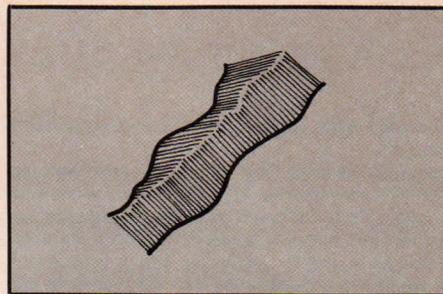


Fig. 6: Aspetto di un solco stereo inciso lateralmente e verticalmente.

La soluzione è piuttosto seducente, ma la stampa dei dischi diverrebbe oltremodo complessa: la Fig. 6 mostra come sarebbe un solco in questo caso. In realtà, il sistema di incisione stereofonica adottato in tutto il mondo è quello introdotto nel 1957 dalla Westrex americana, definito «45/45». Rispetto al sistema «orizzontale + verticale» di Fig. 6, i piani di incisione per i canali sinistro e destro sono ruotati di 45°, in modo da incidere su un «fianco» del solco le informazioni del canale di sinistra e sull'altro quelle del canale di destra.

La Fig. 7 mostra la sezione di un solco «stereofonico».

Con questo sistema, tanto lo stilo incisore quanto quello riproduttore necessitano di una grande «cedevolezza» (compliance) in senso verticale; i vantaggi, però, sono notevoli: una maggiore semplicità nello stampaggio dei dischi ed una certa «compatibilità» mono/stereo (un segnale «mono» provoca unicamente una «modulazione orizzontale», cioè lo spostamento del solco unicamente su un piano parallelo alla superficie del disco).

### La «puntina», o «stilo» di lettura.

La puntina ha il compito di rilevare le variazioni della «modulazione» delle pareti del solco, e rappresenta il primo componente del fonorivelatore. Essa è saldamente fissata all'asta porta-puntina (il cosiddetto *cantilever* metallico), la quale ultima dispone di una sospensione elastica (in gomma o simili) e di un supporto (*l'impugnatura*) in materiale plastico che consente la rimozione e la manipolazione della puntina stessa per operazioni di sostituzione o di pulizia (a meno che non si tratti di un *pick-up* «bobina mobile» con puntina non asportabile).

La puntina viene costruita in *zaffiro* od in *diamante*.

Quella di zaffiro ha una durata molto più breve (circa 100 ore di funzionamento), un costo ed una robustezza nettamente inferiori alla puntina di diamante (che mediamente è in grado di offrire circa 1.000 ore di funzionamento); per tali motivi, di solito equipaggia i fonorivelatori più economici, piezoelettrici o ceramici.

I *pick-up* a «riluttanza», «magnetodinamici» od «a bobina mobile» (quelli, cioè, più comunemente impiegati nel campo dell'alta fedeltà) impiegano tutti la puntina di diamante. Questa, a seconda del «taglio» subito durante la lavorazione, può essere «conica», «ellittica» o «di taglio particolare».

La puntina «conica» (Fig. 8) ha la forma di un cono rovesciato che presenta al vertice una smussatura a forma di settore sferico, sulla cui tangenza prosegue la superficie del cono. L'inclinazione di quest'ultima sulla base è superiore a 45°, così da permettere alla porzione sferica che rappresenta il vertice di prendere contatto con le pareti del solco (che hanno inclinazione di 45°), senza toccarne il fondo.

# Il fonorivelatore

Il raggio della sezione sferica è di circa 15-16 micron.

La punta *ellittica* (Fig. 9), in virtù della sua forma, prende contatto con una superficie notevolmente ridotta nei confronti della precedente, cosicché può seguire anche le più piccole deviazioni della parete modulata, che la conica non riuscirebbe a penetrare (Fig. 10). Richiede una lavorazione più accurata della puntina *conica*, ed il suo prezzo è, ovviamente, più elevato.

In sezione radiale, questa puntina si presenta simile alla conica, in quanto deve comunque avere una dimensione tale da farle prendere contatto con entrambe le pareti del solco, e nello stesso tempo non farle toccare il fondo. Anzi, il raggio «maggiore» della puntina *ellittica* è di solito leggermente più grande di quello della puntina *conica*, poiché la sua più valida possibilità di «penetrazione» consiglia di aumentare il margine di distanza dal fondo del solco.

I raggi di curvatura di una puntina *ellittica* sono in genere compresi tra 5-8 micron (raggio minore) e 17-20 micron (raggio maggiore).

Esistono poi puntine dal taglio particolare: «Stereohedron», «SST», «Shibata», ecc. Esse rappresentano ulteriori perfezionamenti rispetto al taglio «ellittico», ed alcune trovano applicazioni particolari (ad esempio, il taglio «Shibata» viene impiegato per puntine che equipaggiano i fonorivelatori quadrifonici «CD-4», ecc.).

Occorre ricordare che, per le migliori prestazioni, l'angolo di *incidenza verticale* della puntina sui solchi del disco deve assumere un ben de-

terminato valore (di solito compreso tra 15° e 22°), che può essere ottenuto con un corretto montaggio del fonorivelatore sullo *shell* e con un'appropriata regolazione in altezza dell'articolazione del braccio di lettura.

Di norma, le condizioni sopra esposte sono soddisfatte quando il lato superiore del corpo della testina è perfettamente parallelo alla superficie del disco; è però buona norma attenersi sempre alle istruzioni ed alle raccomandazioni del costruttore del fonorivelatore, sempre riportate sul foglietto o sul libretto che accompagna il *pick-up*.

Occorre inoltre ricordare che, per quanto fabbricata in materiale molto duro (zaffiro o diamante), la puntina è un componente delicato: bisogna evitarle nel modo più assoluto traumi meccanici (colpi sul disco o sul piatto, ecc.). È buona norma non toccare mai lo stilo con il dito (anziché pulirlo, si depositerebbero su di esso i grassi della pelle), ma procedere ad una sua frequente pulizia con gli appositi liquidi, od anche semplicemente con un pennellino molto morbido, procedendo *tassativamente* dal dietro in avanti.

Quest'ultima operazione dovrebbe essere eseguita prima e dopo la lettura di ogni disco.

Infine, va tenuto presente che lo «stilo» è soggetto ad una certa usura: va senz'altro sostituito ogni circa 1.000 ore di funzionamento, per evitare sia una cattiva riproduzione sonora che il repentino deterioramento dei dischi.

## Il fonorivelatore vero e proprio

Il principio di funzionamento del fonorivelatore (la cosiddetta «testina» o «cartuccia») è diverso a seconda dei vari tipi esistenti, che vengono qui di seguito descritti;

1) *Pick-up piezoelettrico «a cristallo» oppure «ceramico»* (Fig. 11).

La puntina, scorrendo sui solchi del disco, trasmette le vibrazioni raccolte a delle barrette (una nelle testine mono, due in quelle stereo) di cristallo piezoelettrico o di ceramica. La deformazione delle barrette in oggetto, per il fenomeno della piezoelettricità, dà origine ad una tensione che viene raccolta ed inviata, con appositi fili, all'amplificatore.

Dei due, il *pick-up «a cristallo»* è il più facilmente deteriorabile, perché risente dell'umidità dell'ambiente e delle forti variazioni di temperatura. Il suo basso costo ne rende comunque non problematica la sostituzione.

Il fonorivelatore «ceramico» non risente dell'umidità e degli sbalzi di temperatura, ma è più fragile di quello «a cristallo» ed ha un costo leggermente più elevato.

Si tratta, comunque, di fonorivelatori dall'elasticità relativamente limitata, e di conseguenza atti ad equipaggiare giradischi di comune produzione (non quindi apparecchi ad alta fedeltà); il loro segnale in uscita presenta una tensione di circa 200-300 mV ed oltre, consentendo il collegamento diretto ad un ingresso «a bassa sensibilità» dell'amplificatore, e rendendo superfluo l'uso di stadi di preamplificazione ed equalizzazione phono.

2) *Pick-up «a condensatore»* (Fig. 12).

In questo tipo di testina, i movimenti della puntina fanno variare la distanza (e quindi la capacità) tra delle piastrelle caricate elettrostaticamente (o con «electret» ad alimentazione esterna).

Un circuito elettronico provvede a trasformare queste «variazioni di capacità» in segnale elettrico ad audiofrequenza, che viene quindi inviato all'amplificatore.

3) *Pick-up «fotoelettronico»* (Fig. 13).

I movimenti di uno schermo opaco, collegato alla puntina di lettura, fanno variare il flusso luminoso di una lampadina, che raggiunge due «fotodiodi» (uno per canale). A mezzo di un circuito adattatore elettronico, si trasformano le variazioni di tensione in uscita dai «fotodiodi» in segnale audio da inviare all'amplificatore.

4) *Pick-up «a semiconduttori»* (Fig. 14).

Le vibrazioni della puntina causano delle variazioni di resistenza elettrica in due barrette di materiale semiconduttore ad essa associate. Un particolare circuito trasforma poi queste «variazioni di resistenza» in segnale di uscita ad audiofrequenza.

5) *Pick-up «a magnete indotto»* (Fig. 15).

Il principio di funzionamento di questo *pick-up* è simile a quello del fonorivelatore «a magnete mobile» o «magnetodinamico» (vedere più oltre). In questo caso, però, due barrette di ferro dolce fissate all'asta portapuntina vengono magnetizzate per induzione da un magnete fisso posto nelle vicinanze, e ad esse non collegato meccanicamente. Le due barrette magnetizzate di ferro dolce, vibrando solidalmente alla puntina, inducono energia elettrica in due bobine fisse, ai capi delle quali si trova il segnale audio

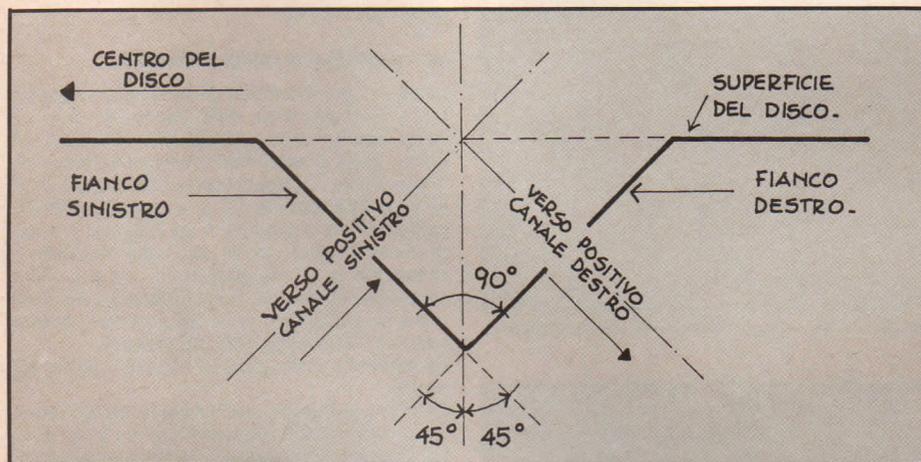


Fig.7: Sezione del solco e versi positivi dei canali destro e sinistro di un'incisione stereofonica, come definiti dalle norme.

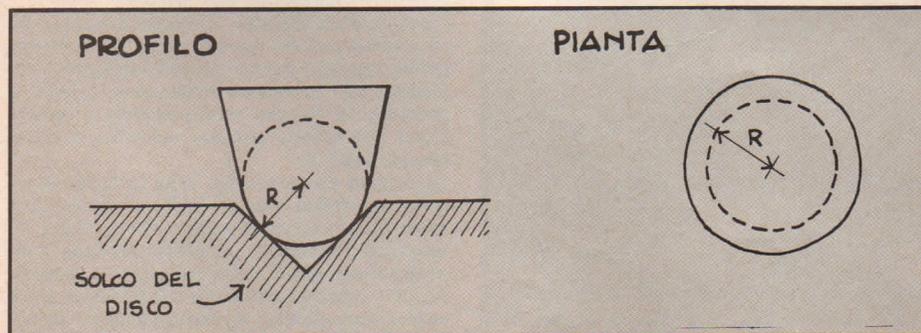


Fig.8: Struttura di una puntina conica.

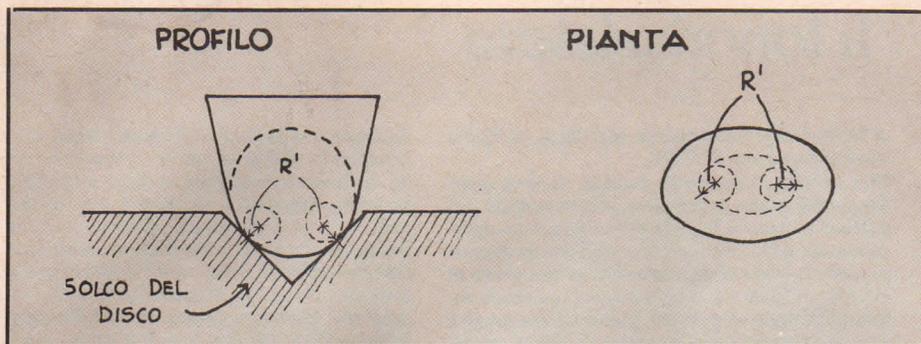


Fig. 9: Struttura di una puntina ellittica.



Fig. 10: Il tracciamento dei due tipi di puntina: l'ellittica segue il solco molto meglio che non quella sferica.

(«L» ed «R»), che poi viene inviato all'amplificatore.

6) Pick-up «a riluttanza variabile» (Fig. 16).

È stato il primo a venire impiegato nel campo della riproduzione sonora ad alta fedeltà. È costituito da uno o due magneti «ad anello», sui quali sono avvolte le due bobine captatrici del segnale «L» (sinistro) ed «R» (destro). All'asta della puntina sono fissati uno o due nuclei di ferro dolce, magnetizzati per induzione dai magneti «ad anello». Il ferro dell'asta della puntina, o direttamente i nuclei in ferro dolce, aiutano il passaggio del flusso magnetico dal polo «N» al polo «S» dei magneti permanenti, mentre l'aria vi si oppone.

Questa opposizione si chiama «riluttanza», e quando la puntina, con i suoi movimenti, varia la posizione della sua armatura (o dei due nuclei in ferro dolce), varia di conseguenza la «riluttanza magnetica» e quindi il passaggio del flusso attraverso le espansioni polari dei magneti permanenti. In tal modo, varia la tensione che si

induce sulle due bobine, ai capi delle quali si preleva il segnale per i due canali stereofonici «L» ed «R».

Il fonorivelatore «a riluttanza variabile» ha doti di cedevolezza, inerzia ed elettromagnetiche sufficienti, ma comunque difficilmente perfezionabili oltre un dato limite.

7) Pick-up «magnetodinamico», od «a magneti mobile» (Fig. 17).

È senz'altro il tipo più diffuso di fonorivelatore per alta fedeltà. In questo tipo di testina, l'asta della puntina è collegata ad uno o due magneti permanenti (generalmente in *ferroxcube-B*), materiale, questo, che consente la realizzazione di magneti di dimensioni e peso estremamente ridotti. Le due bobine «captatrici» sono avvolte su nuclei in ferro dolce, fissi, le cui espansioni polari captano le variazioni del flusso magnetico dovute allo spostamento dei magneti permanenti fissati all'asta della puntina.

La corrente indotta nelle due bobine costituisce il segnale audio (L ed R) che viene inviato al-

l'amplificatore.

L'estrema semplicità di progettazione e realizzazione del pick-up magnetodinamico offre delle possibilità costruttive che talvolta rasentano la perfezione.

Il fonorivelatore in questione non è facile a venire danneggiato, ed ogniqualvolta si cambia la puntina, anche il «complesso mobile» viene rinnovato completamente. Gli elementi «fissi» (bobine e nuclei), in quanto tali, risultano robusti e di facile realizzazione.

8) Pick-up a «bobina mobile» o «moving coil» (Fig. 18)

Il fonorivelatore «a bobina mobile» è caratterizzato da due piccole bobine disposte «a V» (a 90° una dall'altra), unite al supporto della puntina. Ciascuna bobina è libera di muoversi nel campo di un magnete permanente fisso: tali spostamenti generano nelle bobine stesse una corrente indotta che viene prelevata ai capi degli avvolgimenti e successivamente amplificata. 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 nelle doti di cedevolezza quanto di inerzia e di risposta elettromagnetica.

Il suo prezzo è piuttosto elevato; tale pick-up, inoltre, richiede molta cautela nell'uso, perché particolarmente delicato a causa della complessità e della miniaturizzazione dei suoi componenti.

Ciononostante, un tale tipo di fonorivelatore presenta numerosi vantaggi rispetto al tipo «a magneti mobile»: innanzitutto le bobine, direttamente collegate al *cantilever* (asta portapuntina) sono senz'altro più leggere di un magnete, e possiedono un'inerzia assai ridotta. Inoltre, esse sono costituite da pochissime spire (dell'ordine delle decine o poco più); di conseguenza, la loro impedenza interna risulta molto bassa e praticamente costante con la frequenza (sia grazie alla piccola *induttanza* degli avvolgimenti — si può arrivare a valori 10.000 volte inferiori a quelli di un pick-up a magneti mobile — sia a causa della loro minima *resistenza ohmica*, dell'ordine delle decine di Ohm od anche meno). Così, mentre il valore standard della *resistenza di ingresso* del circuito RIAA (vedere oltre), per un pick-up convenzionale è fissato a 47 KOhm, quello per testine «MC» si aggira sul centinaio di Ohm.

Un trasduttore «*moving-coil*», al contrario di un «magnetodinamico», non presenta quindi problemi di *interfaccia* (cioè fornisce la stessa *risposta in frequenza* a qualunque preamplificatore venga collegato).

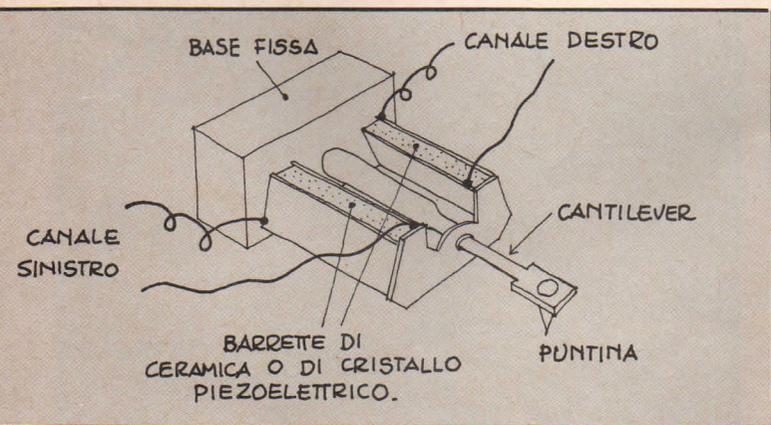


Fig. 11: Costituzione di pick-up piezoelettrico «a cristallo» o «ceramico».

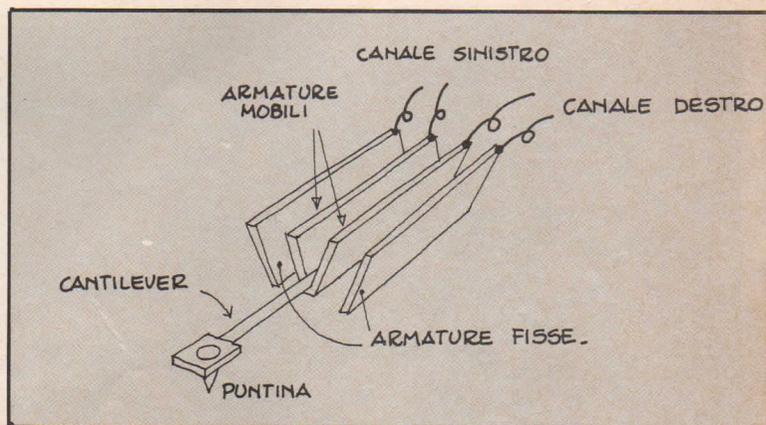


Fig. 12: Costituzione del pick-up «a condensatore».

# Il fonorivelatore

I trasduttori «a bobina mobile», però, hanno in genere bisogno di elevati pesi di lettura, e, nella maggior parte dei casi, non consentono la sostituzione della puntina da parte dell'utente.

Il principale svantaggio dei fonorivelatori «*moving-coil*» consiste nella bassa tensione di uscita (rispetto ai «magnetodinamici», a parità di velocità di modulazione), per la qual cosa si rende necessario l'impiego di un adatto *trasformatore* o di un *pre-amplificatore*.

Questi apparecchi adattatori, però, implicano una serie di problemi relativi alla limitazione della banda passante ed al peggioramento del rapporto Segnale/Rumore (S/N Ratio), che anche nei casi migliori risulta inferiore a quello ottenibile con un trasduttore magnetodinamico.

Le prestazioni di una testina «a bobina mobile» sono però spesso entusiasmanti: il suono, in conseguenza dell'ampia risposta in frequenza e dell'indipendenza del fonorivelatore «MC» dalle condizioni di collegamento, è talvolta decisamente sensazionale e spettacolare.

## L'equalizzazione RIAA l'interfaccia pick-up/amplificatore

Il disco, per sua natura, non potrebbe contenere l'intera gamma delle frequenze audio che dovrebbero esservi incise, per intrinseci problemi meccanici (si è osservato in precedenza come la «deviazione» del solco risulterebbe eccessiva alle basse frequenze, e totalmente impercettibile dalla puntina del fonorivelatore alle frequenze acute).

L'ostacolo è stato superato mediante un artificio che consiste nell'attenuare, in fase di incisione, le frequenze basse (che vengono così a produrre solchi di minore «ampiezza») e nel rinforzare le alte (che, pertanto, producono solchi di «ampiezza» maggiore); tutto questo secondo uno *standard* che permetta, durante la riproduzione, di ristabilire (con procedimento inverso) la linearità dell'intensità sonora.

Lo *standard* accettato ormai internazionalmente per la curva di *attenuazione/enfasi* è indicato con la sigla RIAA (*Record Industries Association of America*).

Durante il procedimento di incisione dei dischi, l'attenuazione procede a partire dalla frequenza di 1.000 Hz, sempre aumentando 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, l'attenuazione è di 18,6 dB, a 15.000 Hz l'esaltazione è di 17,2 dB.

Procedendo in tal modo, tutta la gamma delle frequenze audio può essere rappresentata nel solco di incisione. In sede di riproduzione, naturalmente, occorre rinforzare (nell'esatta misura di quanto erano state attenuate) le frequenze al di sotto di 1.000 Hz, e contemporaneamente attenuare quelle al di sopra (nella stessa misura di quanto erano state esaltate). Sarà così rispettata l'intensità sonora originale, o, meglio, la «linearità di risposta» a tutte le frequenze, il che equivale a dire che sarà rispettata, attraverso i processi di incisione e di riproduzione, la «dinamica» del suono originale. La Fig. 19 mostra le curve standardizzate RIAA per l'incisione e la riproduzione.

Il procedimento descritto rende anche un altro grande servizio: esso riduce enormemente il fruscio dovuto all'attrito che si manifesta tra la puntina ed il disco in movimento. Infatti, tale fruscio ha livello pressoché costante, ed appartiene ad una zona elevata della gamma di frequenza audio. Quando i suoni di frequenza alta vengono «rinforzati» (*enfasi* durante l'incisione), lo sono in maniera tale che anche i più deboli superano il livello del fruscio.

Durante la riproduzione, il circuito di «*deenfasi*» (equalizzatore) abbassa il livello sonoro degli acuti in maniera esattamente complementare all'esaltazione che li aveva modificati, ed il fruscio viene notevolmente diminuito in livello.

L'intensità residua del fruscio è talmente insignificante che non può più essere considerata come causa di serio disturbo.

L'organo che provvede all'*enfasi* (basse frequenze) ed all'*attenuazione* (alte frequenze) necessarie è contenuto nel preamplificatore (o nell'amplificatore integrato) dell'impianto hi-fi, ed entra in funzione quando viene attivato uno degli ingressi «*phono*»; esso è il cosiddetto *equalizzatore*, ed è costituito da opportune «reti» di resistenza e capacità interposte a stadi «attivi» di preamplificazione.

Allorquando si seleziona un ingresso «*phono*» ad alto livello (adatto per testine piezoelettriche o ceramiche con alta tensione di uscita), il circuito di «equalizzazione» viene escluso: ciò perché le testine menzionate hanno già di per sé una risposta in frequenza esaltata sui bassi ed attenuata sugli acuti, che non si discosta molto dalla «curva di equalizzazione» RIAA.

I fonorivelatori, comunque, eccitati a velocità

costante con segnali di diversa frequenza, non producono affatto un'uscita costante in tensione, in quanto l'equipaggio mobile (puntina, asticciola, magneti — o bobina, a seconda dei casi —), come qualunque sistema meccanico, possiede una o più frequenze «di risonanza», in corrispondenza delle quali l'ampiezza della tensione in uscita, prodotta dall'elemento trasduttore, aumenta, dando luogo ad un'enfasi nella risposta in qualche parte (di solito elevata) della banda audio.

D'altra parte, i fonorivelatori non possono essere considerati puri generatori di tensione, in quanto possiedono un'impedenza interna non nulla, schematizzabile mediante una resistenza ed un'induttanza in serie (Fig. 20); in più, il carico «visto» dal dispositivo, e che non può essere trascurato, è costituito dalla «resistenza di ingresso» dell'amplificatore, con in parallelo la capacità dell'ingresso dell'amplificatore stesso e quella dei cavi di collegamento del giradischi (Fig. 21); questo insieme assume la configurazione di un filtro «passa-basso», cioè di un elemento in grado di attenuare notevolmente le alte frequenze.

Pertanto, solo una ben precisa combinazione di resistenza e capacità di ingresso dell'amplificatore può linearizzare la risposta complessiva del sistema. Più il «carico» presentato dall'ingresso dell'amplificatore si discosta da quello «ottimale», più la risposta in frequenza si discosterà dall'ideale, presentando esaltazioni od attenuazioni nella zona delle alte frequenze.

All'aumentare dell'impedenza della testina, aumenta l'influenza del «carico» sulla risposta in frequenza: ecco perché le testine a «magnete mobile», con le loro bobine da migliaia di spire, sono molto sensibili da questo punto di vista, mentre le «*moving-coil*» (con bobine da poche decine di spire) sono quasi del tutto indifferenti all'impedenza del relativo ingresso «*phono*». Quest'ultima considerazione è valida soltanto nel caso di un accoppiamento diretto (o, al limite, tramite un apposito «pre-amplificatore») del pick-up «*moving-coil*» all'amplificatore. Se, invece, l'accoppiamento in questione viene effettuato tramite un «trasformatore», si può ricadere nei problemi di «interfacciamento» tipici delle testine convenzionali; tuttavia, molto spesso neanche l'interposizione del «trasformatore» rende suscettibilmente sensibile la risposta in frequenza delle testine «MC» dal tipo del «carico».

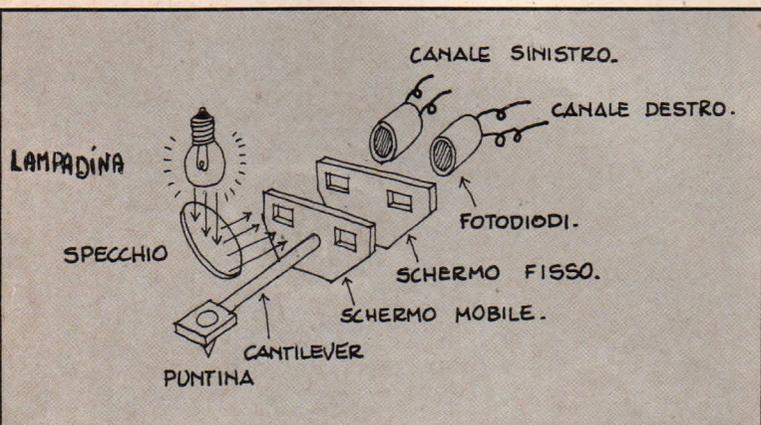


Fig. 13: Costituzione del pick-up «fotoelettronico».

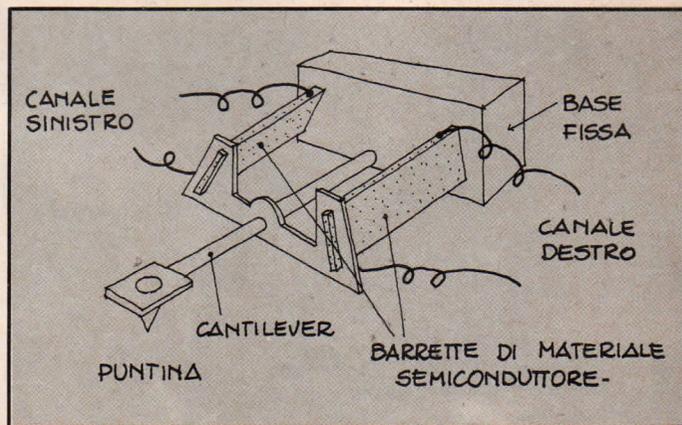


Fig. 14: Costituzione del pick-up «a semiconduttori».

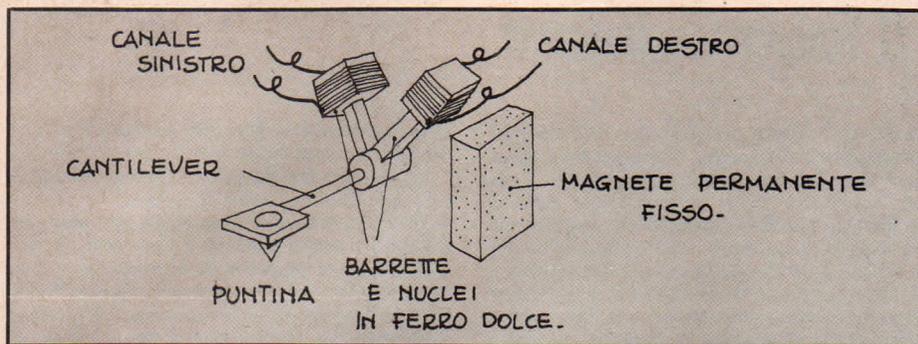


Fig. 15: Costituzione del pick-up «a magnete indotto».

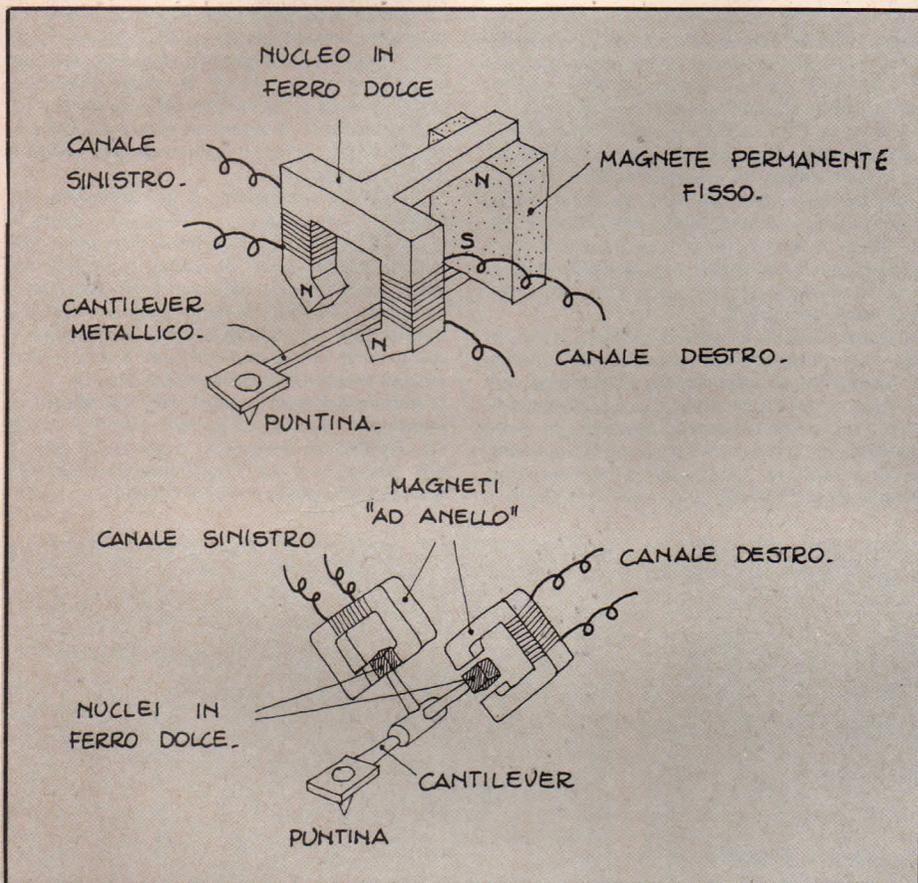


Fig. 16: Costituzione del pick-up «a riluttanza variabile».

Il fenomeno descritto nelle righe precedenti è stato preso in seria considerazione soltanto in questi ultimi anni, quale «problema di interfaccia» testina/ingresso amplificatore.

È doveroso sottolineare l'importanza del corretto accoppiamento tra i due elementi, ricordando anche che il «carico medio» è, in genere, costituito da un'impedenza resistiva di 47 KOhm e da una capacità di 250 pF.

Ciascun costruttore di testine specifica quale sia il «carico ideale» per i suoi prodotti; mentre l'impedenza e la capacità dell'ingresso «phono» sono in genere chiaramente indicate nelle specifiche dell'amplificatore. Pertanto, supposte note le caratteristiche del carico richiesto dalla testina in nostro possesso (in mancanza di dati forniti dal costruttore si consultino le prove delle riviste specializzate, quali «SUONO» e «Stereoplay»), sarà opportuno procedere, quando possibile, alla ottimizzazione della capacità e della resistenza di ingresso.

L'ottimizzazione della capacità di carico è in genere l'operazione più importante ai fini della linearizzazione della risposta complessiva, dato che variazioni dell'ordine di poche decine di pF producono modificazioni della risposta alle alte frequenze (oltre i 7-8 KHz) anche di alcuni dB.

Alla «capacità di carico» contribuiscono sia i cavetti di connessione dei giradischi che i cablaggi interni dello stadio di ingresso RIAA (condensatori in parallelo all'ingresso, ecc.).

Ad esempio, se la capacità propria dei cavi del nostro giradischi è di 180 pF (per canale) e la capacità di ingresso del preamplificatore che si intende usare è 60 pF (per canale), disponendo di un pick-up che richiede 450 pF per fornire le migliori prestazioni, la capacità veduta da quest'ultimo con il collegamento giradischi/amplificatore sarebbe solamente di 180 + 60 = 240 pF, insufficiente a garantire un'adeguata linearità nella zona più alta dello spettro sonoro.

Occorrerà, di conseguenza, aggiungere in parallelo alle prese di ingresso «phono» dell'amplificatore un condensatore di 450 — 240 = 210 pF. L'operazione, ovviamente, deve essere effettuata separatamente per entrambi i canali. Occorre precisare, a questo punto, che variazioni della «capacità di carico» minori di 50 - 60 pF non introducono sensibili modificazioni nel suono apprezzabile ad orecchio, per cui, nel caso citato, un condensatore aggiuntivo da 220 pF in parallelo a ciascun ingresso andrà benissimo.

Chi non volesse intervenire all'interno dell'amplificatore, potrebbe ricorrere con profitto agli «adattatori di capacità», da poco introdotti sul mercato ma già reperibili nella maggioranza dei negozi specializzati. Si tratta di connettori RCA maschio/femmina nel cui interno è posto un condensatore; essi vanno inseriti tra i cavi provenienti dal giradischi e l'ingresso «phono» dell'amplificatore, onde ottimizzare, almeno parzialmente, la risposta in frequenza «di interfaccia».

I menzionati «adattatori di capacità» sono disponibili con diversi valori di capacità, onde soddisfare tutte le esigenze.

È invece molto più difficile operare una riduzione della capacità di carico, quando quella offerta dai cavi di collegamento e dal preamplificatore ecceda quella ottimale. Se, infatti, in qualche caso, è possibile accorciare i cavi, rimane pur sempre il problema della determinazione della capacità raggiunta.

L'unico rimedio realmente efficace, in questi casi, è la sostituzione dell'intero cavetto di collegamento testina/pre (giova ricordare che esistono sul mercato cavi «a bassissima capacità» per tale connessione), oppure la sostituzione del pick-up.

L'ottimizzazione della resistenza di carico, invece, è un'operazione maggiormente critica della precedente; tra l'altro, essa va sempre effettuata all'interno del preamplificatore.

Diminuire il valore della «resistenza di carico», comunque, è un'operazione abbastanza semplice: si tratta, in pratica, di mettere in parallelo alla resistenza di ingresso del preamplificatore ( $R_1$  in Fig. 22) un'altra resistenza ( $R_x$ ) di valore adeguato, disaccoppiata dalla precedente tramite un condensatore ( $C_x$ ), onde evitare il pericoloso spostamento delle polarizzazioni dei circuiti di ingresso del preamplificatore, che altrimenti potrebbe verificarsi.

Il valore della «resistenza aggiuntiva»  $R_x$  andrà calcolato avvalendosi della formula:

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_x \cdot R_1}{R_x + R_1}$$

ove:  $R_{\text{tot}}$  = resistenza di carico complessiva;

$R_x$  = resistenza da aggiungere;

$R_1$  = resistenza propria del preamplificatore.

Quando la  $C_x$ , pochi microFarad sono in genere più che sufficienti.

Per i componenti aggiunti, comunque, è bene orientarsi verso resistenze a strato metallico ed a condensatori elettrolitici non polarizzati; essi saranno montati il più vicino possibile allo stadio di preamplificazione vero e proprio, minimizzando all'estremo i cablaggi, ed effettuando qualche prova al fine dell'eliminazione dell'eventuale ronzio introdotto.

Circa l'aumento della «resistenza di carico», invece, va osservato che in un solo caso l'operazione è attuabile praticamente, senza importanti effetti collaterali sulle polarizzazioni dei circuiti di preamplificazione dell'amplificatore; ciò avviene quando il preampli RIAA è costituito da un amplificatore operazionale montato in configurazione «non invertente».

# Il fonorivelatore

In questa situazione, basterà sostituire la resistenza che polarizza il differenziale in ingresso (generalmente da 47 KOhm) con quella del valore voluto (senza, comunque, arrivare all'ordine di grandezza dei MOhm).

Le ultime tendenze, comunque, sono quelle di dotare gli amplificatori di due selettori relativi all'ingresso «phono»: uno per variarne l'impedenza resistiva di ingresso, l'altro per variarne la capacità.

È questo un sistema drastico ma efficacissimo per eliminare ogni problema di «interfaccia».

## Caratteristiche tecniche dei fonorivelatori

Le principali caratteristiche di un fonorivelatore sono le seguenti:

1) *Risposta in frequenza.* Mostra la capacità di trasduzione del fonorivelatore a tutte le frequenze della gamma audio, entro un certo «scarto» in dB. La *risposta in frequenza* dovrebbe essere la più estesa possibile, e lo «scarto» in dB nel livello di uscita alle varie frequenze il più contenuto possibile.

La *risposta in frequenza* di una testina può venire dichiarata su *carico ottimale* (indicato dal costruttore) o su *carico medio* (di solito, 47 KOhm e 250 pF), con variazioni talora sensibili nella risposta stessa.

Nella risposta con *carico medio* sono tollerabili, alle alte frequenze, escursioni sia positive che negative nella risposta (in misura di 3-4 dB al massimo); con carico ottimale, invece, non possono essere tollerate escursioni superiori a  $\pm 1$  dB.

2) *Carico ottimale.* Indica i valori di *capacità* e di *resistenza* di ingresso dell'amplificatore sui quali la testina fornisce i migliori risultati. È bene accertarsi della compatibilità testina/amplificatore o della possibilità di adattamento, per ottenere un corretto «interfacciamento» (ed, in definitiva, le migliori prestazioni possibili).

3) *Peso di lettura (tracking force).* È la forza di appoggio che la puntina deve esercitare sul solco del disco. Essa viene misurata in grammi, e di solito viene specificato un intervallo di valori, compreso tra un minimo ed un massimo, per ogni puntina.

È evidente che più questa forza è piccola, più sarà ridotto il consumo sia della puntina che del disco; occorre però tener conto anche del fatto che, se questa forza è eccessivamente ridotta, non si potrà ottenere un buon risultato nella riproduzione. È consigliabile, quindi, mantenersi «a metà» dell'intervallo dichiarato dal costruttore, e, se necessario, è meglio andare verso la metà in eccesso che non verso quella in difetto. Vale la pena ricordare, infatti, che anche la «distorsione da intermodulazione» della testina risulta in genere molto più contenuta per maggiori valori della pressione di appoggio (nell'ambito di quelli consentiti).

4) *Distorsione da intermodulazione.* La misura serve a dare un'idea della capacità della testina di riprodurre un programma contenente non soltanto un'unica frequenza (segnale sinusoidale), ma, come realmente avviene con brani musicali, più frequenze contemporaneamente, senza introdurre distorsione e generare frequenze inesistenti nel programma originale. Il

dato «distorsione per intermodulazione», espresso in percentuale, indica quanto il segnale in uscita dalla testina sia stato qualitativamente alterato rispetto a quello originale.

Poiché una misura di distorsione ha senso soltanto se è anche indicata la frequenza del segnale usato come prova ed il suo livello, il dato in oggetto dovrebbe essere sempre visualizzato su un grafico che rechi in ascisse i valori della frequenza (in genere, si usa per il «test» un «disco-prova» con incise frequenze tra 200 e 4.000 Hz), ed in ordinate i valori percentuali di distorsione.

La «distorsione per intermodulazione» dovrebbe essere anche indicata per diversi pesi di lettura compresi nella gamma raccomandata dal costruttore della testina, in quanto ciascuna *tracking force* produce una distorsione per intermodulazione di valore differente (in genere, quest'ultima risulta più contenuta per maggiori pesi di appoggio).

5) *Distorsione armonica.* È la distorsione del segnale dovuta alla contemporanea presenza, in uscita dal fonorivelatore, di segnali di frequenze «armoniche» di quelle contenute nel solco. Anche questo dato viene indicato in percentuale, e di solito si misura ad una sola frequenza (300 Hz), con apposito «disco-prova» e con peso di lettura scelto in base ai dati di *tracking* di «intermodulazione» della testina.

In genere dovrebbe venire indicata, separatamente per i due canali sinistro e destro, la «distorsione di 2a. armonica» e quella «di 3a. armonica»; è ovvio che i dati in questione dovrebbero essere i più contenuti possibile.

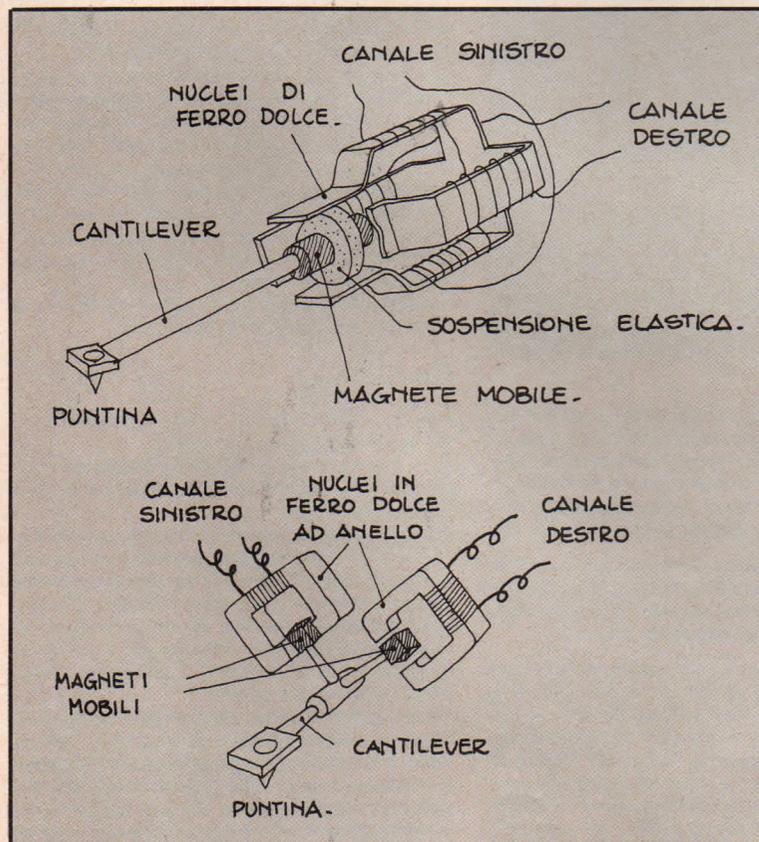


Fig.17: Costituzione del pick-up «magnetodinamico», o «a magnete mobile».

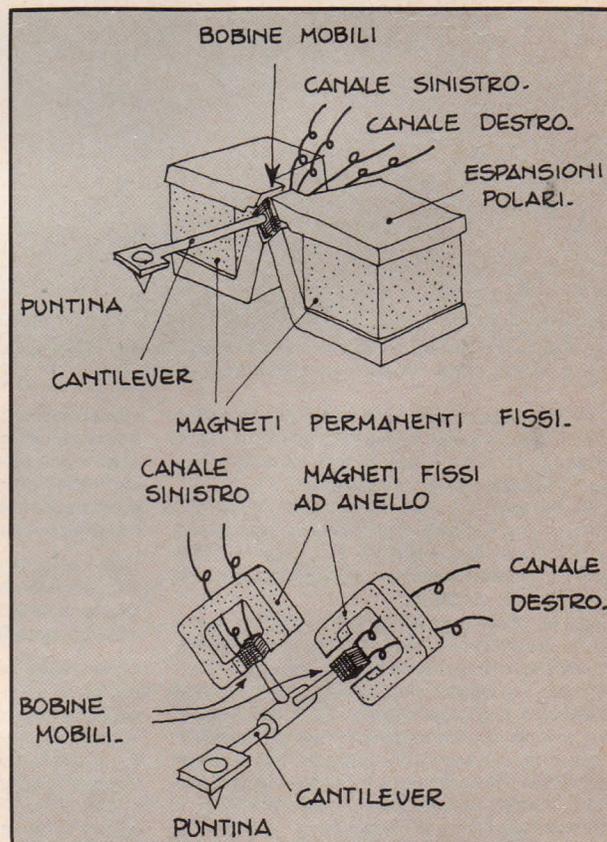


Fig.18: Costituzione del pick-up «a bobina mobile».

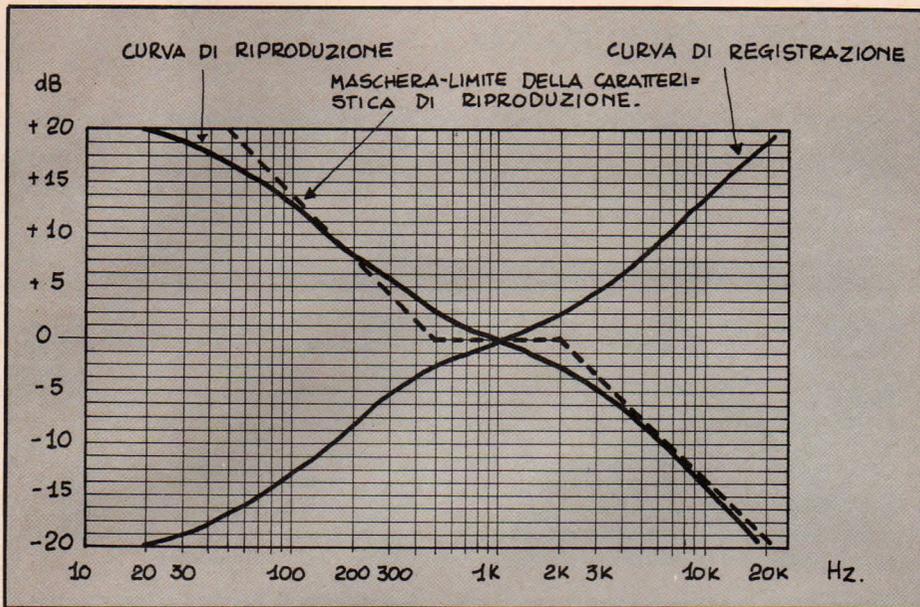


Fig.19: Le curve standardizzate RIAA per l'incisione e la riproduzione dei dischi.

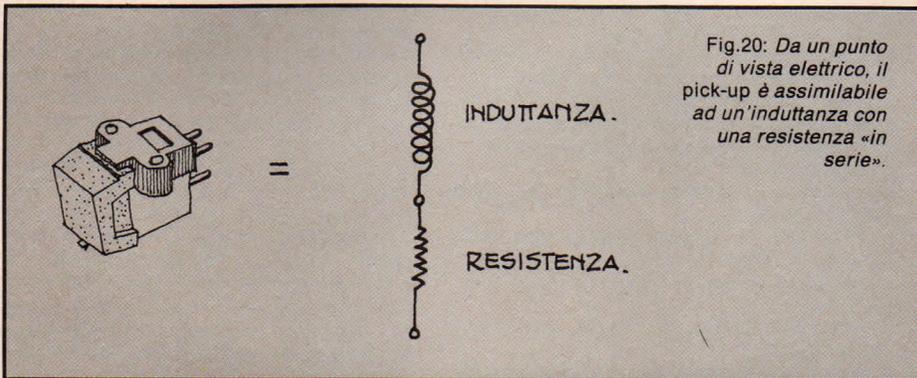


Fig.20: Da un punto di vista elettrico, il pick-up è assimilabile ad un'induttanza con una resistenza «in serie».

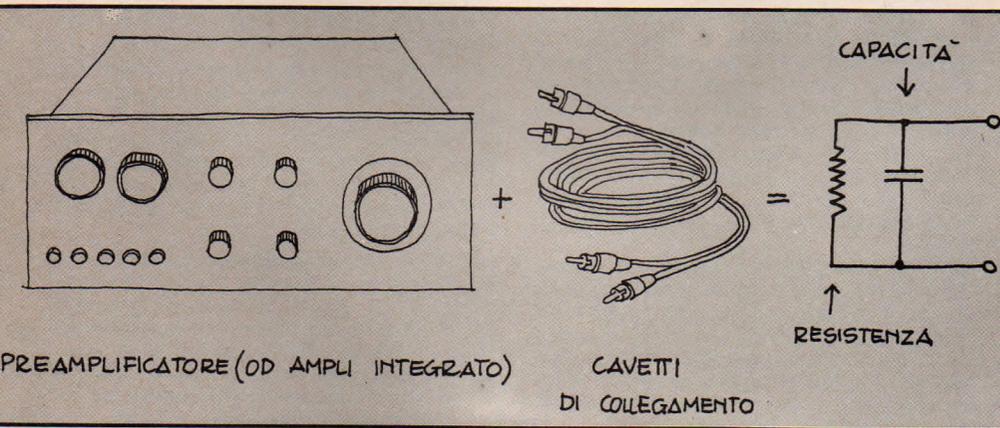


Fig.21: Il carico del pick-up è schematizzabile con una resistenza ed una capacità «in parallelo».

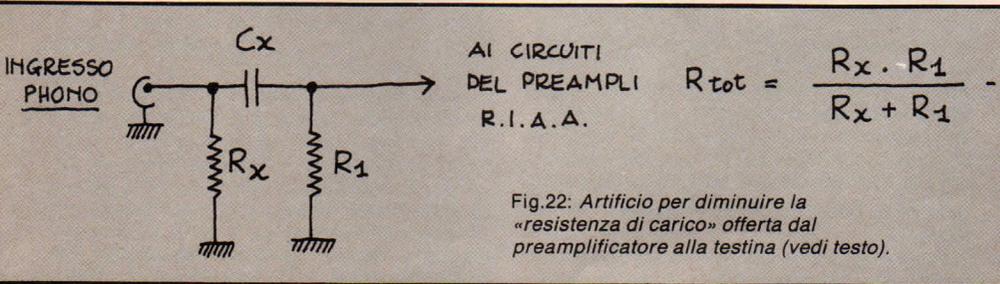


Fig.22: Artificio per diminuire la «resistenza di carico» offerta dal preamplificatore alla testina (vedi testo).

La prova viene effettuata sia con solco modulato *orizzontalmente* che con solco modulato *verticalmente*, la misura relativa alla modulazione «verticale» è in genere molto più severa.

6) *Capacità di «tracking»*. Indica la capacità della testina di «tracciare» correttamente segnali con diverse ampiezze di modulazione, cioè di differente «livello». La prova di *tracking* dovrebbe venire effettuata con solco di tre diverse ampiezze di modulazione (44,6 micron, 63 micron e 89 micron), contenente un segnale di frequenza 300 Hz.

Per ciascuna ampiezza di modulazione dovrebbe venire indicato il minimo peso di lettura del fonorivelatore per un corretto «tracciamento» del solco.

7) *Compliance (Compliance)*, o «cedevolezza» della puntina. Per adattarsi perfettamente all'incisione, la puntina deve avere una «forma» idonea, e deve essere sostenuta da un «equipaggio mobile» estremamente cedevole. La *compliance* dello stilo di una testina è la misura della sua «cedevolezza», ed indica la capacità che essa ha di seguire qualsiasi movimento imposto dal solco del disco, anche il più tortuoso. Inoltre, maggiore è la «cedevolezza», minore è la pressione di appoggio richiesta al fonorivelatore. Le misure di «cedevolezza» di uno stilo dovrebbero essere effettuate sia in senso verticale che orizzontale, ed i due dati, espressi in tal senso, dovrebbero essere riportati in cm/dyne (normalmente, i valori sono espressi da un certo numero moltiplicato per  $10^{-6}$ ). Più il numero indicato è grande, maggiore è la «compliance». Per un peso di lettura di circa un grammo, una «cedevolezza orizzontale» di  $35 \times 10^{-6}$  cm/dyne ed una «verticale» di  $25 \times 10^{-6}$  cm/dyne sono da ritenersi ottime.

8) *Risposta all'onda quadra*. Questa misura, effettuata con onda quadra di frequenza 1KHz incisa su «disco-prova», indica la capacità della testina di leggere correttamente i «transitori» (cioè i segnali con brusca variazione di livello). La forma d'onda rilevata all'uscita del fonorivelatore dovrebbe avvicinarsi quanto più possibile alla forma dell'onda quadra incisa sul «disco-prova».

9) *Tensione di uscita*. Questo dato non serve per una valutazione qualitativa in senso assoluto delle caratteristiche di un fonorivelatore, ma è comunque importante per il corretto accoppiamento dello stesso con l'amplificatore. Infatti, la tensione in uscita dalla testina deve essere compatibile con la sensibilità dell'ingresso «phono» dell'amplificatore al quale il pick-up verrà connesso. In particolare, la tensione in oggetto non deve mai superare il livello massimo consentito all'ingresso dell'amplificatore, per evitare la «saturazione» degli stadi di quest'ultimo.

Normalmente, i valori di tensione di uscita dei fonorivelatori e la sensibilità di ingresso degli amplificatori rientrano in determinati «standard», per cui (almeno da questo punto di vista) non sorgono in genere problemi di «accoppiamento». La tensione in uscita può essere indicata sia alla velocità di 1 cm/sec che, più frequentemente, a 5 ed a 5,5 cm/sec. Il dato viene indicato quasi sempre alla frequenza di 1 KHz, e separatamente per i due canali «sinistro» e «destro».

La tensione in uscita dipende anche in grande misura dal tipo di fonorivelatore: sarà alta per le testine «magnete mobile», bassa per le «bobine mobile», che richiedono in genere un'opportuna preamplificazione supplementare. Dal punto di vista tecnico, una testina con una più elevata tensione in uscita dà luogo ad un più alto rapporto S/N (segnale/rumore); tuttavia, in seguito al miglioramento verificatosi negli ultimi anni

# Il fonorivelatore

nel rapporto S/N degli amplificatori, la fonte di «rumore» più importante è oggi il disco stesso, per cui il dato «tensione di uscita» riveste un'importanza del tutto secondaria ai fini del giudizio di un fonorivelatore.

10) *Bilanciamento tra i canali (Channel Balance)*. Questo dato fornisce il valore, normalmente espresso in dB (in più od in meno) di quanto è la differenza di livello in uscita tra i canali «sinistro» e «destra». Poiché lo stesso abbia senso, occorre che sia anche specificato il valore della frequenza del segnale usato per la prova (che è usualmente 1.000 Hz).

Più la differenza di livello è piccola, più il «bilanciamento» è buono.

11) *Separazione tra i canali (Channel Separation)*. Anche questo dato viene espresso in dB, ed indica di quanto risulta attenuato un segnale in uscita dal canale «destra» del fonorivelatore (rispetto a quello presente ai capi dell'uscita «sinistra»), allorché lo stesso «legge» un solco nel quale il segnale «di prova» è inciso soltanto sul canale «sinistro» (separazione S/D), oppure di quanto risulta attenuato un segnale in uscita dal canale «sinistro» della testina (rispetto a quello presente ai capi dell'uscita «destra»), allorché viene letto un solco nel quale il segnale «di prova» è inciso soltanto sul canale «destra» (separazione D/S). In genere le coppie di dati vengono indicate per diverse frequenze «di prova» (di solito 1, 2, 5, 10, 16 KHz); talvolta, però, viene specificato, per la «separazione», un unico valore in dB (ancorché riferito a diverse frequenze); si tratta allora di un dato «mediato», ancora sufficientemente significativo.

Sarebbe auspicabile che la «separazione» fosse quanto più elevata possibile, e che i due dati (S/D e D/S) fossero il più possibile uguali tra loro.

La tabella di Fig. 23 consente una certa valutazione qualitativa dei principali parametri tecnici di un odierno fonorivelatore.

## Installazione del fonorivelatore

La testina fonorivelatrice necessita in ogni caso di una corretta installazione: è infatti lecito aspettarsi buone prestazioni soltanto se sono state effettuate con cura le operazioni preliminari alla vera e propria fase di ascolto.

Queste operazioni vanno effettuate molto scrupolosamente, onde evitare un'usura precoce dei dischi e distorsione in fase d'ascolto.

Ad ogni buon conto, in sé e per sé non vi è nulla di difficile, in quanto il fissaggio del fonorivelatore in questione viene effettuato mediante le due piccole viti che realizzano il vero e proprio serraggio tra il corpo della testina e lo «shell» (Fig. 24).

Innanzitutto occorre togliere dal corpo della testina lo «spillo», che, essendo molto delicato, potrebbe essere facilmente rovinato da un urto casuale durante il montaggio, o quantomeno coprirlo con l'apposito «salvapunta» (sempre presente), specialmente se il *pick-up* è del tipo «a bobina mobile», e quindi non scindibile nelle due parti.

A questo punto, basterà munirsi di un piccolo cacciavite (qualche volta lo si può trovare nella confezione della testina) e di una pinzetta per ciglia; si fisserà così la testina allo «shell» tramite le due viti, che non andranno però strette eccessivamente.

	INSUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO	OTIMO
BILANCIAMENTO TRA I CANALI	> ± 2 dB	± 2 dB	± 1 dB	± 0,5 dB
COMPLIENZA (CEDEVOLEZZA)	10 x 10 <sup>-6</sup> cm/dyna	15 x 10 <sup>-6</sup> cm/dyna	30 x 10 <sup>-6</sup> cm/dyna	50 x 10 <sup>-6</sup> cm/dyna
PESO D'APPOGGIO	> 3,5 g.	1-3 g.	1-2 g.	0,5 - 1,5 g.
RISPOSTA IN FREQUENZA	40 - 12.000 Hz.	30 - 18.000 Hz.	20 - 20.000 Hz.	5 - 40.000 Hz.
DISTORSIONE DI 2 <sup>a</sup> ARMONICA	> 6%	5%	4%	3%
DISTORSIONE DI 3 <sup>a</sup> ARMONICA	> 0,7%	0,6%	0,4%	0,2%

Fig. 23: Tabella per la valutazione qualitativa dei parametri di un fonorivelatore.

È molto improbabile che la disposizione iniziale sia proprio quella valida; occorrerà, quindi, effettuare delle opportune correzioni per far sì che la puntina in definitiva, legga il solco in condizioni prossime a quelle ideali.

Una volta strette le due viti, si può procedere al collegamento dei terminali della testina con i quattro fili colorati presenti sulla conchiglia. Ad ogni colore corrisponde una specifica collocazione secondo il seguente «codice», valido internazionalmente:

— L (Left) = canale «sinistro» (terminale «caldo»): BIANCO.

— R (Right) = canale «destra» (terminale «caldo»): ROSSO.

— LG (Left Ground) = massa canale «sinistro»: BLU.

— RG (Right Ground) = massa canale «destra»: VERDE.

Esistono varie disposizioni degli «attacchi» sulle testine, variabili da costruttore a costruttore, ma questo non crea alcun problema: accanto ad ogni piedino, sulla testina, è riportato il corrispondente simbolo (L, R, LG, RG), e risulta molto semplice effettuare questi collegamenti. Alcune testine riportano addirittura, al posto delle lettere, il colore del citato «codice».

Per inserire le pagliuzze dei 4 fili sui piedini della testina è opportuno utilizzare le pinzette per ciglia, che consentono una adeguata «presa» senza pericolo di rovinarle, nonostante la loro fragilità.

Nel caso che le pagliuzze risultino troppo «lente» (e quindi sede di «falsi contatti») è bene stringerle, sempre con le pinzette, sui fianchi in modo da rendere più «solido» il collegamento; se, invece, le stesse «pagliuzze» fossero troppo «strette» rispetto al diametro dei piedini, è opportuno allargarle, facendo leva con un piccolo cacciavite nel taglio presente su di esse.

In ogni caso, è consigliabile manovrare pochissimo i relativi fili, data la loro scarsa consistenza; e, nel caso che la pagliuzza si stacchi dal filo, occorre effettuarne nuovamente la saldatura. TALE OPERAZIONE NON VA MAI EFFETTUATA CON LA PAGLIUZZA MONTATA SULLA TESTINA. Si innesta quindi lo «shell» sul braccio, infilandolo nell'apposita presa e ruotando la ghiera di «blocco», oppure spingendo a fondo la «slitta» (nella quale è montata la testina) nella sua sede; si passa quindi alle **Regolazioni del braccio**.

In primo luogo, occorre fare in modo che il braccio risulti parallelo al disco; in alcuni casi si ha

la possibilità di regolarlo «in altezza» muovendo il fulcro (che può essere alzato o abbassato secondo le necessità, dopo aver allentato un fermo normalmente in azione). Per controllare il parallelismo si deve poggiare la puntina sul disco, ed osservare che la distanza del braccio sia costante in ogni punto, utilizzando una squadra oppure una «dima a righe parallele» poggiata verticalmente sul piano del giradischi (che mostra, attraverso le righe disegnate su di essa, il corretto «parallelismo»). Nell'eventualità che ciò non si verifichi, occorrerà regolare l'altezza del fulcro, oppure (ove ciò non sia possibile) ricorrere a spessori posti tra la testina e lo «shell» (di solito, questi spessori sono in varie misure, forniti a corredo del fonorivelatore).

In secondo luogo si controlla l'esatta verticalità del fonorivelatore, osservandolo dal davanti; per effettuare questa operazione ci si può servire di uno specchietto che consente il rilevamento anche di piccoli errori (è sufficiente controllare che la testina e la sua «immagine» risultino perfettamente parallele).

La verticalità della testina può essere ottimizzata ruotando leggermente lo «shell», oppure interponendo delle rondelline tra questo ed il fonorivelatore, dalla parte ove ciò si renda necessario. Si controlla poi l'esatto valore di «overhang», facendo in modo che puntina, perno del piatto e fulcro del braccio risultino tutti su una stessa linea (Fig. 25).

Affinché l'errore di «tangenza» sia il più contenuto possibile, occorre che il valore di «overhang» consigliato dal costruttore sia esattamente rispettato; questa condizione può essere verificata con un righello dotato di scala millimetrica; basta controllare che la distanza tra puntina ed asse del perno (asse, non bordo!) sia quella consigliata (solitamente, 15 - 16 mm.)

In alcuni casi, il giradischi possiede il «centratore» per dischi «45 giri» dotato di tacche millimetriche che svolgono funzioni di «calibro», consentendo di regolare accuratamente l'overhang senza l'ausilio di altri strumenti.

Talvolta, il braccio del giradischi non può essere portato nella posizione sopraindicata; ed, in altri casi, il costruttore non indica il valore di «overhang» consigliato. In queste circostanze se nemmeno il corpo dello «shell» presenta tacche o puntini di riferimento (Fig. 26), per l'esatto posizionamento della puntina si potrà utilizzare un'apposita «dima», che permette di regolare l'overhang in modo tale che l'errore di «tangenza»