

TECNICA & RASSEGNA HiFi

il fonorilevatore

LA REGISTRAZIONE SU DISCO DEL SEGNALE STEREO

Diversi procedimenti sono stati studiati e successivamente messi in opera per registrare su disco un programma stereofonico. Uno solo però si è dimostrato il più rispondente alle necessità tecniche ed economiche imposte dalla grande diffusione del disco: il sistema d'incisione 45/45. Le due informazioni costituenti il segnale stereo sono registrate sui due fianchi dello stesso solco che formano un angolo di 90° tra loro e di 45° con la perpendicolare alla superficie del disco (fig. 1).

In assenza di modulazione il solco sarà di larghezza e profondità costante, i suoi due fianchi saranno perfettamente lisci e nessuna forza verrà applicata al fonorilevatore. In caso di modulazione del solo canale sinistro (fig. 2) la puntina si sposterà nel verso di S mentre con modulazione del solo canale destro nel verso di D. Entrambi gli spostamenti formano un angolo di 45° con la perpendicolare alla superficie del disco nella sezione considerata.

Vediamo però cosa succede quando, come avviene in realtà, entrambi i solchi sono modulati (per semplicità da segnali di uguale intensità). Se i segnali sono in fase lo spostamento risultante della puntina, R, avverrà in un piano orizzontale parallelo alla superficie del disco mentre se i due segnali sono in opposizione di fase lo spostamento A avverrà in un piano verticale perpendicolare alla superficie del disco. Relazioni di fase intermedie tra i due casi estremi daranno luogo a un generico spostamento risultante R che potendosi scomporre secondo due direzioni formanti un angolo di 90° tra loro conterrà sempre le due informazioni del programma stereo (fig. 3).

Se consideriamo la puntina in movimento la sua velocità è puramente trasversale. Se A è l'ampiezza di picco del segnale inciso ed f è la sua frequenza in Hz la velocità massima trasversale istantanea con cui si muove la puntina è direttamente proporzionale sia ad f che ad A e si esprime in cm/sec.

In altri termini la puntina si muoverà tanto più velocemente quanto più è alta la frequenza del segnale inciso sul disco e quanto maggiore è il suo livello.

Queste precisazioni ci saranno utili quando parleremo dell'equipaggio mobile del fonorilevatore.

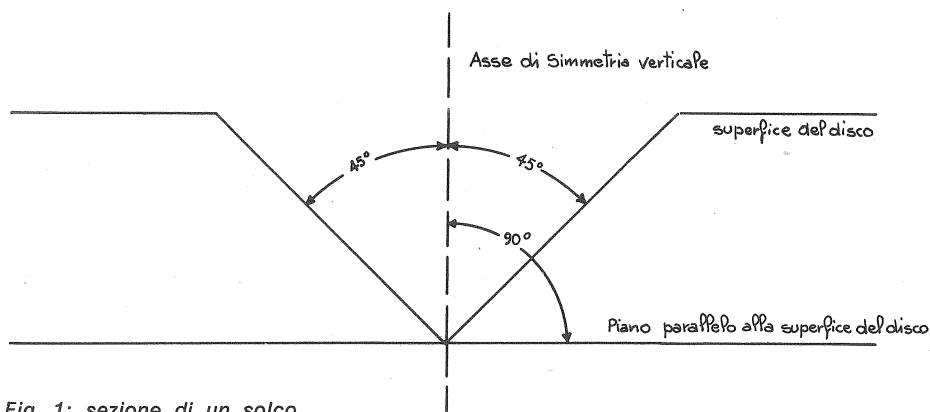


Fig. 1: sezione di un solco.

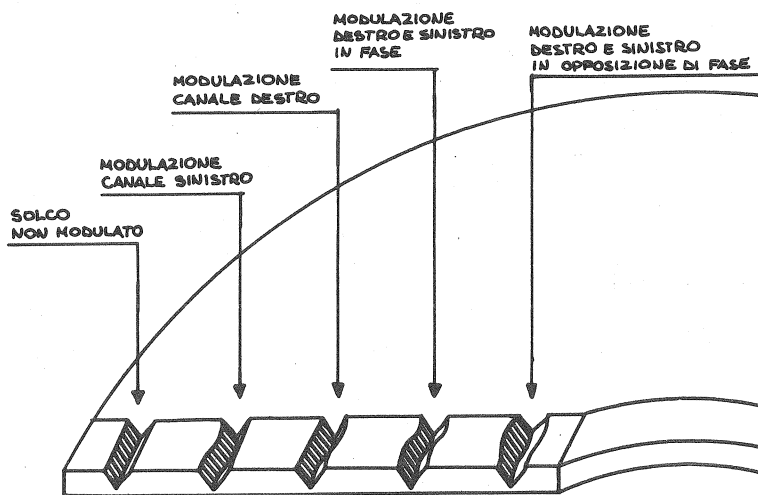


Fig. 2: spostamenti della puntina a seconda della modulazione del solco.

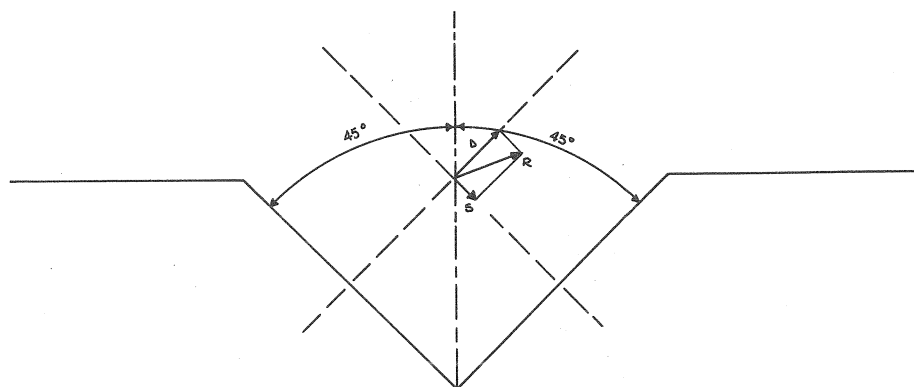


Fig. 3: componenti di un generico spostamento R.

GENERALITÀ SUL FUNZIONAMENTO DEL FONORILEVATORE

Il fonorilevatore è un particolare tipo di trasduttore elettromeccanico cioè un apparecchio che da variazioni di grandezze di tipo meccanico (forze, spostamenti ecc.) ricava delle variazioni di grandezze di tipo elettrico (tensioni, correnti ecc.) proporzionali alle precedenti.

Nel nostro caso la grandezza meccanica è la velocità istantanea con cui si muove la puntina: le sue variazioni vengono trasformate (nella maggior parte dei casi) in variazioni di tensioni ad essa proporzionali.

La fedeltà di questa trasformazione dipende da vari parametri come la velocità massima (che non dimentichiamo aumenta con la frequenza) e la sua direzione. Inoltre a causa delle caratteristiche meccaniche del materiale usato nella confezione dei dischi (resine viniliche) il trasduttore lavorerà con un basso segnale in ingresso il che complica la sua costruzione. Prima però di parlare dei vari problemi connessi ad una fedele lettura di quanto inciso in un disco, accenniamo rapidamente ai tipi più comuni di fonorilevatori così come oggi vengono realizzati commercialmente.

Uno dei tipi che più si è diffuso, specialmente agli inizi del mercato dell'alta fedeltà, grazie alla sua robustezza ed affidabilità, è il fonorilevatore a riluttanza variabile. In fig. 4 è rappresentato, con un disegno semplificato, l'Empire 1000 ZE/X. Il funzionamento si basa sul fatto che un ferro mobile messo in movimento dalla puntina modifica la riluttanza del circuito magnetico associato alle bobine che si vedono in figura. Conseguentemente alla variazione di flusso che da ciò deriva, ai capi delle bobine è presente una tensione che costituisce il segnale elettrico da amplificare e riprodurre.

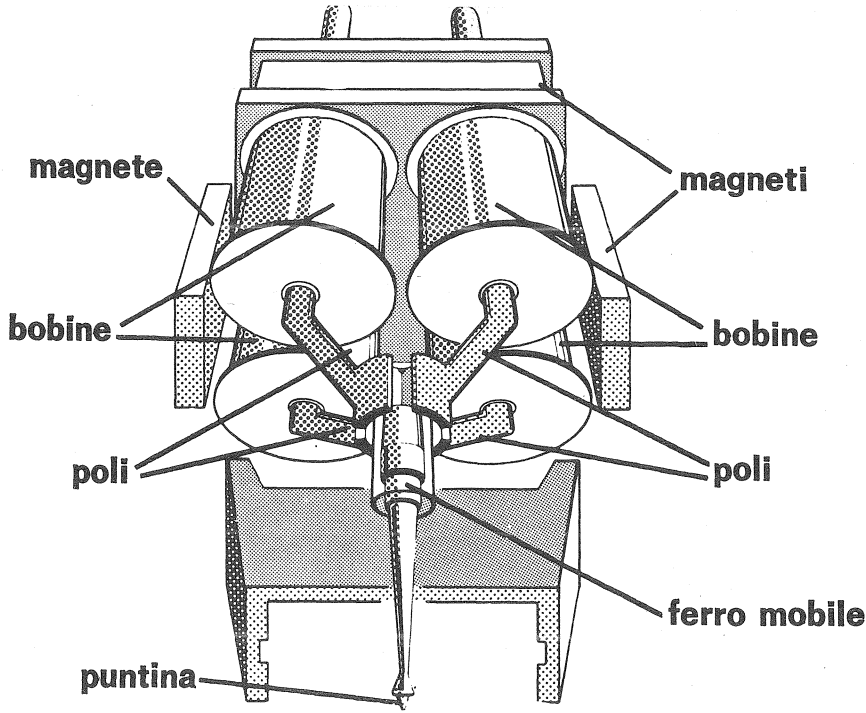


Fig. 4: realizzazione costruttiva fonorilevatore a riluttanza variabile (Empire 1000 ZE/X).

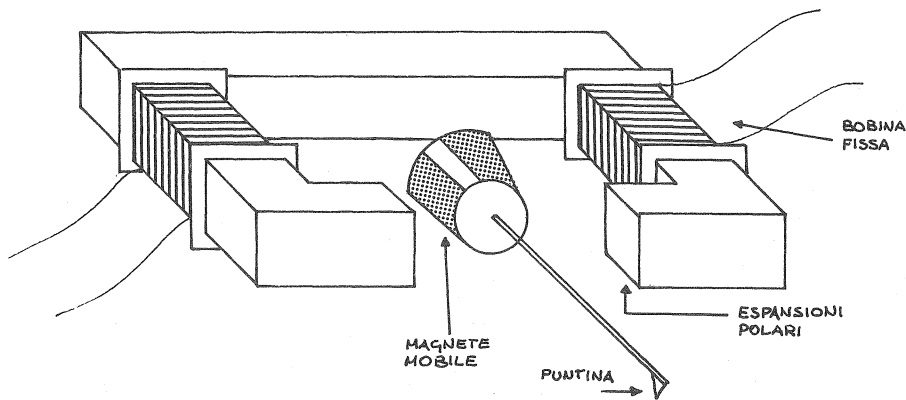


Fig. 5: principio di funzionamento fonorilevatore a magnete mobile.

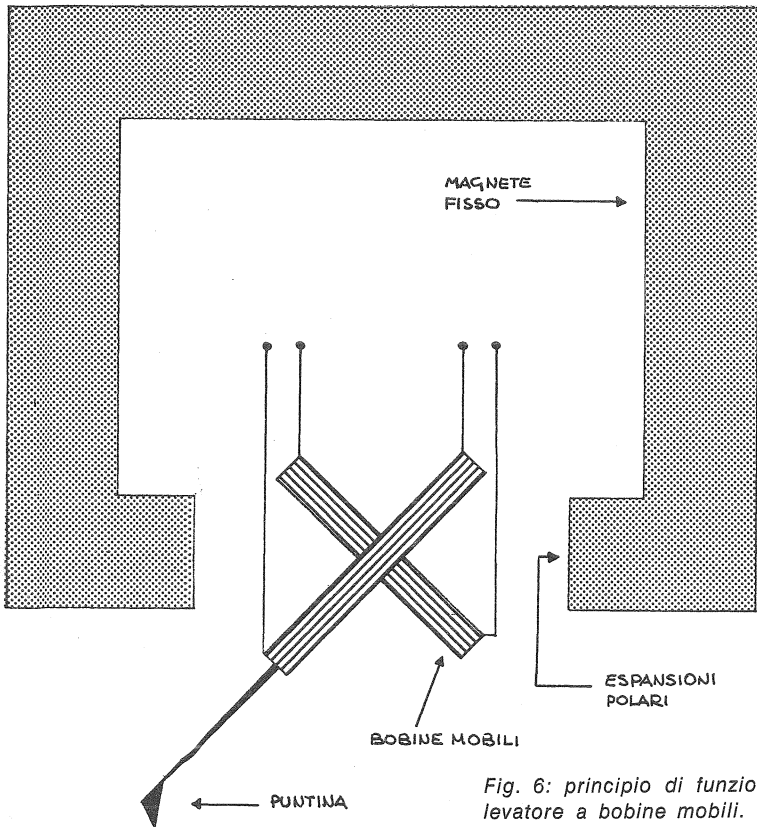


Fig. 6: principio di funzionamento fonorilevatore a bobine mobili.

Nel fonorilevatore a magnete mobile la puntina finisce con un magnete di massa ridottissima che si muove nel traferro di un circuito magnetico associato a due bobine: anche in questo caso la variazione di flusso provocata dai movimenti del magnete farà sì che tra i capi delle bobine si stabilisca una differenza di potenziale.

Questi due tipi di fonorilevatore hanno il vantaggio di produrre in uscita un segnale di tensione di ampiezza discreta e di avere un'alta impedenza d'uscita.

La costituzione della puntina, indipendente dal circuito elettrico vero e proprio, può rapidamente essere effettuata dall'utente. Il principio di funzionamento del fonorilevatore a bobine mobili si basa invece su un circuito magnetico attraversato da un flusso costante: in un certo punto il circuito magnetico è interrotto da un traferro dove possono muoversi, sollecitate dai movimenti della puntina, due bobine mobili giacenti in due piani perpendicolari tra loro. Queste bobine muovendosi in un campo magnetico costante saranno sedi, per la nota legge di fisica, di una forza elettromotrice che costituisce ap-

punto il segnale di tensione da amplificare.

L'ampiezza del segnale, dovendo le bobine essere molto leggere e quindi avere un basso numero di spire, è però inferiore ai tipi menzionati in precedenza. Così pure l'impedenza è molto bassa (ordine delle decine di ohm al massimo); è quindi necessario un apposito trasformatore elevatore di altissima qualità che funga anche da adattatore di impedenza.

Un altro svantaggio è dovuto al fatto che la sostituzione della puntina, coinvolgendo il circuito elettrico vero e proprio, può essere eseguita solo da personale specializzato. Ciò non ha impedito però la diffusione di questo tipo di fonorilevatore, dati gli ottimi risultati ottenuti. La fig. 7 mostra la vista inferiore del modello SL 15 Q costruito dalla Ortofon.

Da un punto di vista teorico i migliori risultati si otterrebbero dal fonorilevatore a condensatore il cui schema di principio è illustrato in fig. 8. Due piastrine metalliche costituiscono due armature di un condensatore il cui dielettrico è l'aria: la puntina è collegata ad una lamina metallica posta tra le due piastrine ed i suoi movimenti fanno variare la capacità del condensatore.

Purtroppo l'alto costo di tale tipo di fonorilevatore e la necessità di provvedere l'ingresso del preamplificatore di un particolare adattatore ne hanno ostacolato una larga diffusione.

Naturalmente sono stati realizzati altri tipi di fonorilevatori (fotoelettronico, a semiconduttori tanto per citarne solo due) su cui non ci soffermiamo in quanto la loro diffusione è piuttosto limitata e inoltre i risultati pratici ottenuti in definitiva sono stati inferiori al previsto.

LE CARATTERISTICHE MECCANICHE ED ELETTRICHE

Le grandezze che si prendono in considerazione nel discutere il funzionamento di un fonorilevatore sono in generale le seguenti:

- responso in frequenza
- livello d'uscita
- pressione di lettura
- cedevolezza orizzontale e verticale
- diafonia
- distorsione
- capacità di lettura (trackability)
- irradiazione acustica diretta (needle talk).

Il responso in frequenza di un fonorilevatore stereo dovrebbe coprire tutta la banda audio $20 \div 20.000$ Hz con uno scarto non superiore a 1 dB.

Mentre non è difficile l'estensione verso la parte bassa della gamma (anche i fonorilevatori a cristallo o ceramici possono riprodurre in modo soddisfacente i toni bassi) riprodurre le frequenze estreme dello spettro acustico comporta il sorgere di problemi abbastanza complessi.

L'equipaggio mobile presenta una risonanza verso la parte alta della gamma che darebbe un picco inaccettabile nella curva di risposta: si deve quindi realizzare la parte elettrica in modo che il sistema elettromeccanico risultante presenti un responso complessivo quanto più lineare possibile (fig. 9).

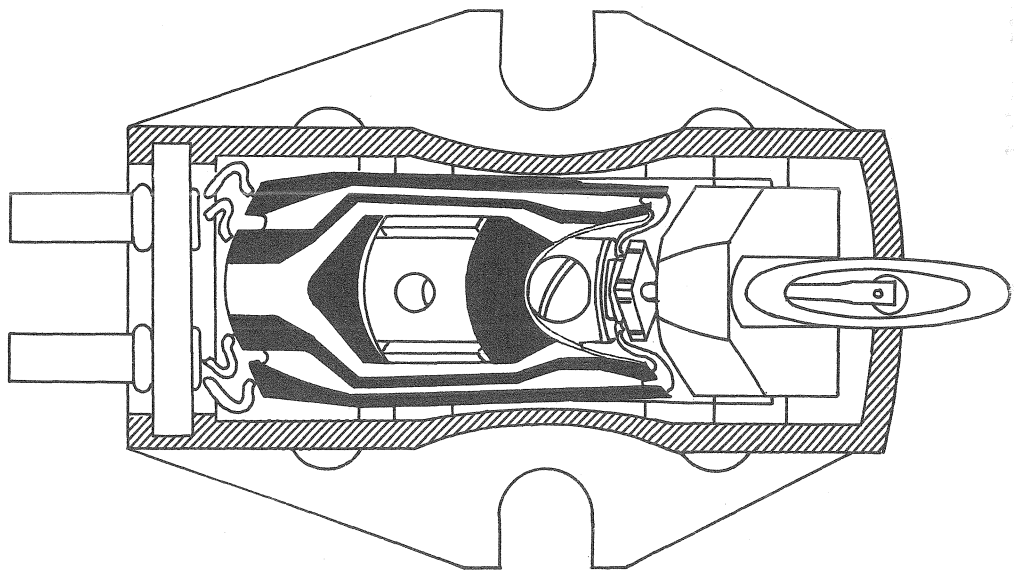


Fig. 7: realizzazione costruttiva fonorilevatore a bobine mobili (Ortofon SL 15Q).

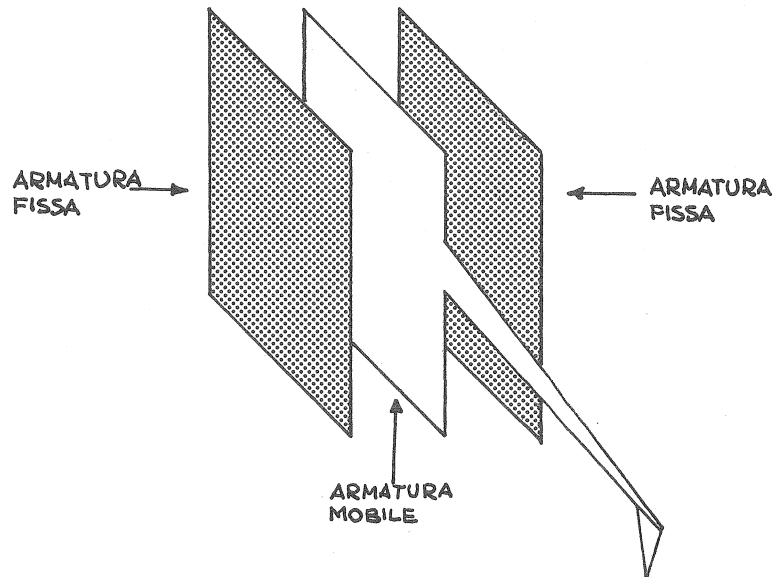


Fig. 8: principio di funzionamento fonorilevatore a condensatore.

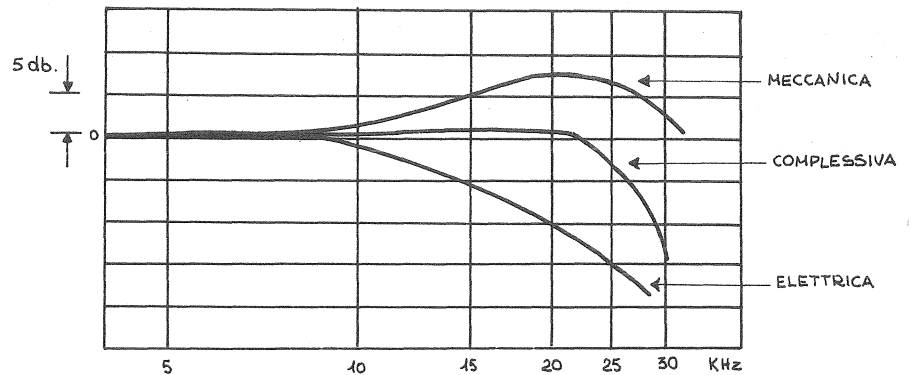


Fig. 9: risposta complessiva (elettrica + meccanica) di un fonorilevatore.

All'atto della costruzione la risonanza meccanica verrà fatta cadere oltre i 10.000 Hz, il valore della frequenza di risonanza dipenderà principalmente dalla massa dell'equipaggio mobile che deve essere il più leggero possibile, e da quella della puntina.

Le caratteristiche elettriche dipendono invece dall'induttanza degli avvolgimenti e dalla capacità distribuita tra le spire adiacenti.

Solo il giusto equilibrio tra queste due ultime grandezze consentirà di compensare adeguatamente il picco dovuto alla risonanza meccanica ed avere una risposta complessiva lineare.

Realizzare un fonorilevatore con un alto livello d'uscita vuol dire avere un ottimo rapporto segnale/disturbo e non avere problemi di pilotaggio per i diversi tipi di preamplificatori.

Ricordiamo che quando si parla di livello d'uscita di un fonorilevatore si deve specificare la velocità di incisione per poter confrontare i risultati ottenibili dai diversi modelli.

In altre parole se sappiamo che F1 e F2 hanno un'uscita di 10mV a 1000 Hz entrambi a 6,7 cm/sec., ciò significa che hanno lo stesso livello d'uscita, ma dicendo che F1 e F2 danno 10 mV a 1000 Hz senza specificare la velocità d'incisione non possiamo affermare che il loro livello d'uscita sia identico.

D'altra parte la pressione di lettura che non può essere aumentata oltre certi limiti per non provocare una rapida usura della puntina e del disco costituisce un limite a un incremento del segnale di uscita.

Si potrebbe aumentare il numero di spire delle bobine (eccetto che nei fonorilevatori a bobine mobili per questioni di peso) ma ciò provocherebbe anche un aumento della capacità distribuita che potrebbe far diminuire il responso alle frequenze alte. Come si vede anche il valore di questo parametro è determinato da compromessi tra varie esigenze.

La leggerezza dell'equipaggio mobile è una caratteristica indispensabile per l'estensione del responso in frequenza verso la parte alta della gamma: in corrispondenza delle frequenze alte l'equipaggio mobile è sottoposto a fortissime accelerazioni ed è quindi necessario che esso sia di massa minima per non opporsi a queste variazioni di velocità attraverso la forza di inerzia.

Ma la leggerezza da sola non è sufficiente a garantire un ottimo responso alle frequenze alte, è infatti necessario che l'equipaggio mobile sia vincolato attraverso una sospensione molto cedevole sia in senso orizzontale che verticale.

Poiché gli spostamenti della puntina conseguenti alla modulazione del solco diventano sempre più piccoli con l'aumentare della frequenza, nella parte alta della banda potranno essere seguiti solo da un equipaggio mobile leggero e che opponga una minima resistenza allo spostamento, sia cioè molto cedevole.

La cedevolezza si misura in cm/dyne e dati i valori in gioco si esprime generalmente in milionesimi cioè con un numero moltiplicato per 10^{-6} cm/dyne. I valori di cedevolezza dei moderni fonorilevatori si aggirano sui $25 \pm 40 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne.

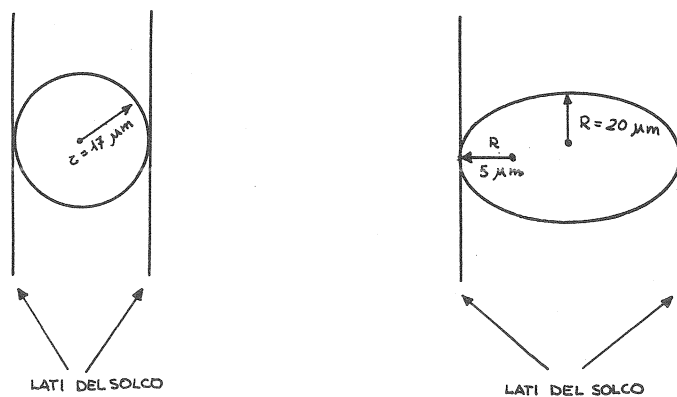


Fig. 10: sezione e raggi di curvatura (indicativi) di una puntina conica (a) ed ellittica (b).

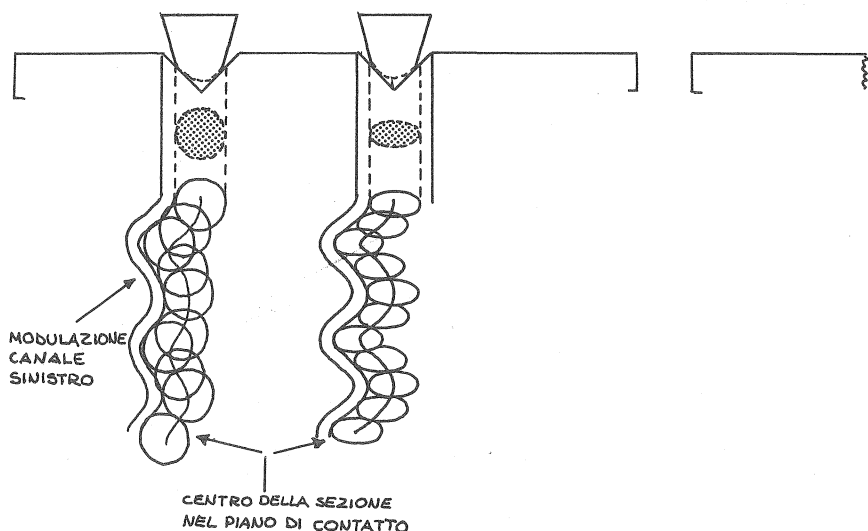


Fig. 11: traiettoria descritta da una puntina a sezione conica (a) e da una a sezione ellittica (b).

Facciamo notare che da un punto di vista fisico la cedevolezza corrisponde all'elasticità dell'equipaggio mobile: in effetti ciò che conta agli effetti della lettura del disco è l'elasticità dinamica i cui valori sono molto più bassi di quelli dati per l'elasticità statica. La cedevolezza (o complianza come spesso viene indicata sui cataloghi) non può superare un certo limite perché aumentando il suo valore si abbassa la frequenza di risonanza dell'insieme braccio-fonorilevatore e ciò dà luogo a dei disturbi nella regione delle frequenze ultra basse.

Un parametro importante per la conservazione dell'effetto stereo è la diafonia: il suo valore esprime infatti la differenza di livello dei segnali in uscita dal fonorilevatore quando un lato del solco è modulato e l'altro no. Il valore della diafonia è massimo intorno ai 1000 Hz (a questa frequenza molti fonorilevatori hanno una diafonia di 30 dB valore molto buono) ma diminuisce verso l'estremo basso e l'estremo alto della gamma.

Il valore minimo si ha evidentemente alla frequenza di risonanza meccanica del fonorilevatore ed anche questa è una ragione per cui questa frequenza di risonanza deve avere un valore quanto più alto pos-

sibile. Le distorsioni generate dal fonorilevatore sono dovute a varie cause e qui ne metteremo in evidenza le più importanti. Prima di esaminare i vari tipi di distorsione richiamiamo un momento la differenza tra puntina conica ed ellittica.

In una puntina a forma conica la sezione parallela al piano del disco, è circolare, mentre una puntina ellittica dà luogo, nello stesso piano, ad una sezione di forma ellittica. È per questa ragione che di una puntina ellittica sono dati sempre due raggi di curvatura mentre per quella conica ne viene dato uno solo.

Come si vede in fig. 10 il raggio di curvatura della parte a contatto con i lati del solco è maggiore nella puntina conica che non nella ellittica: da ciò deriva una maggior esplorazione del solco da parte di quest'ultima con migliori risultati dal punto di vista della fedeltà di riproduzione. La differenza di forma tra lo stilo incisore e la punta di lettura fa sì che quest'ultima non possa seguire fedelmente il percorso tracciato dallo stilo incisore, questo fatto è messo in evidenza nella fig. 11 dove si può notare come il cammino percorso dal centro del cerchio o dell'ellisse di contatto riproduce approssimativamente il percorso tracciato dallo stilo incisore.

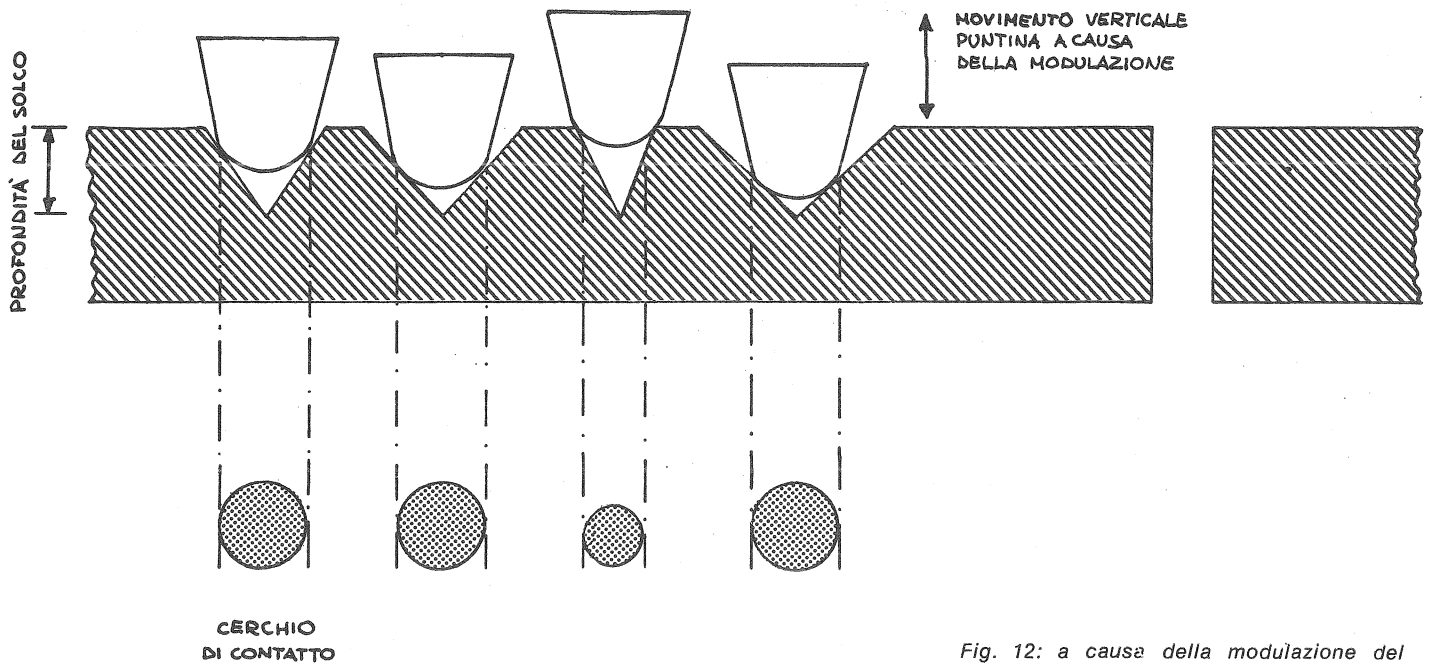


Fig. 12: a causa della modulazione del solco la larghezza dello stesso varia e la puntina è mossa verticalmente.

Si nota però anche che a causa della minor superficie a contatto con il solco una puntina di tipo ellittico segue più fedelmente la modulazione. Una distorsione di seconda armonica è causata dal fenomeno illustrato in fig. 12: poiché il solco modulato varia in larghezza la puntina sarà sottoposta ad una oscillazione verticale, di frequenza doppia del segnale registrato, che genererà un segnale disturbante e in alcuni casi farà perdere alla puntina il contatto con il solco.

Anche questo effetto è minore per le punte ellittiche che per le coniche. La distorsione di intermodulazione è invece dovuta al formarsi dei segnali somma e differenza quando due frequenze diverse sono applicate al fonorilevatore.

Facciamo notare che una causa frequente di distorsione è la scorretta pressione di lettura: una pressione troppo bassa è altrettanto dannosa di una troppo elevata. La capacità di lettura (in inglese trackability) è essenzialmente la capacità della puntina a non perdere il contatto con il

solco anche per velocità d'incisione elevate ad una data pressione di lettura che deve essere la più bassa possibile. Si può esprimerla con il valore della velocità massima di lettura (in cm/sec) sopportabile dall'equipaggio mobile del fonorilevatore senza perdere il contatto con il solco. Quindi si dirà che un fonorilevatore per una forza di applicazione di 1 g a 1000 Hz ha una capacità di lettura di 38 cm/sec. Un'alta capacità di lettura vuol dire assenza di distorsione anche sui passaggi più difficili (per es. suono di campane). L'irradiazione acustica diretta (needle talk) è l'ultimo aspetto che vogliamo far notare: un fonorilevatore che presentasse questo difetto sarebbe anche più sensibile a fenomeni di reazione acustica. Un buon fonorilevatore deve quindi presentare un minimo « needle talk ».

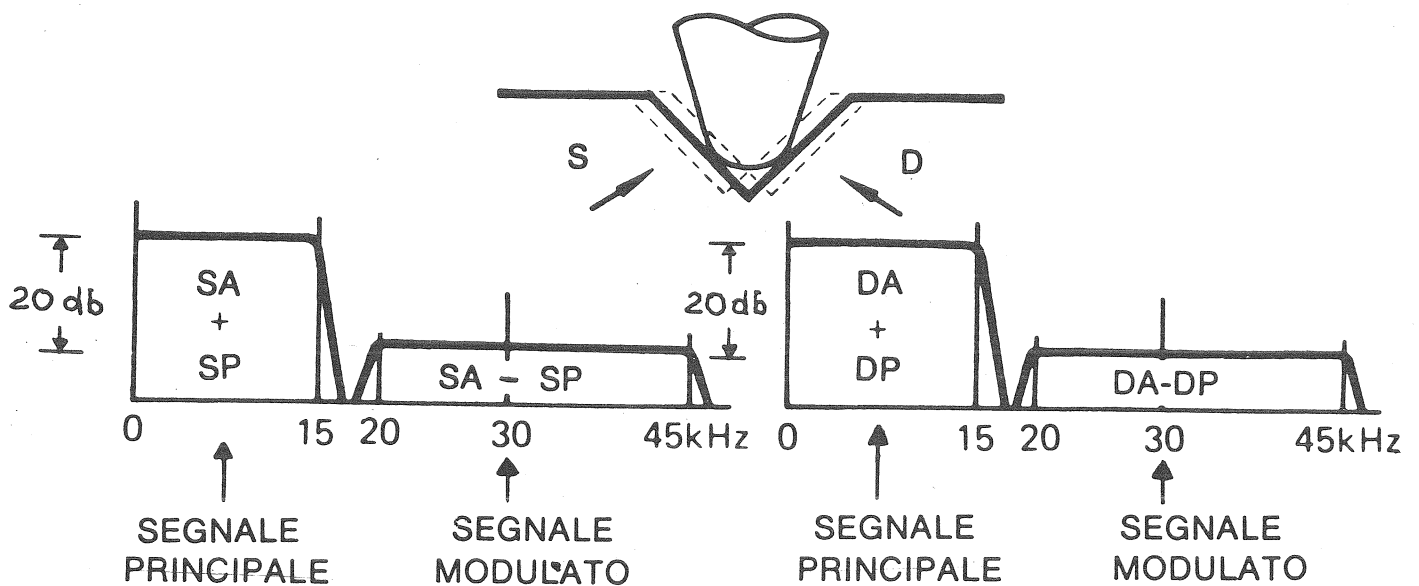
LA REGISTRAZIONE SU DISCO DEL SEGNALE QUADRIFONICO

A tutt'oggi due procedimenti sembrano i più promettenti per ottenere da un disco una riproduzione quadrifonica cioè con quattro informazioni separate costituenti i quattro canali.

Nel procedimento studiato dalla JVC, il CD-4, su ogni lato del solco vengono incise due informazioni e precisamente:

- 1) sul lato sinistro il segnale somma dei segnali anteriore sinistro + posteriore sinistro;
- 2) sempre sullo stesso lato viene incisa una portante a 30.000 Hz modulata in frequenza dal segnale differenza dei due segnali precedenti;
- 3) sul lato destro del solco il segnale somma dei segnali anteriore destro + posteriore destro.
- 4) ancora sullo stesso lato una portante a 30.000 Hz modulata in frequenza dal segnale differenza degli stessi (fig. 13).

Fig. 13: procedimento J.V.C. o CD-4.



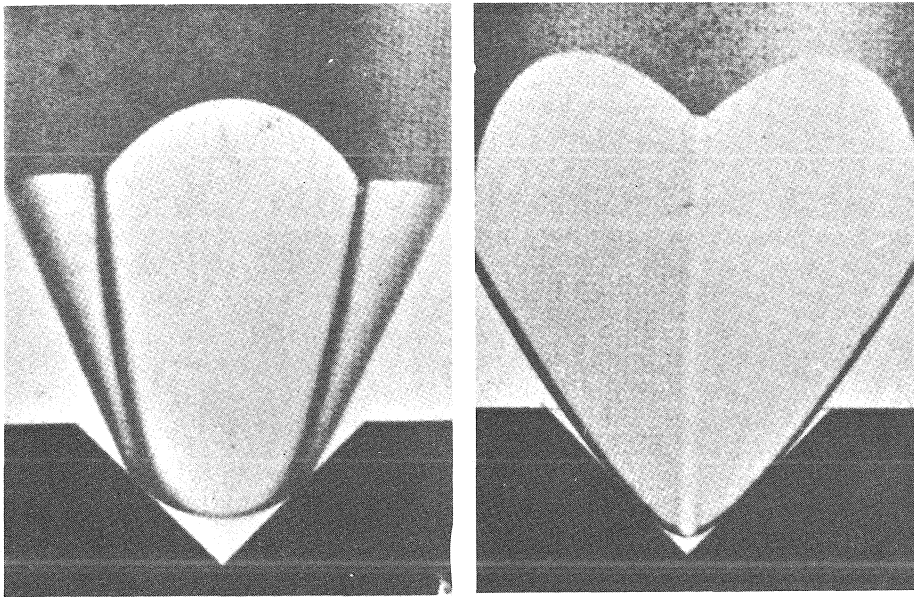


Fig. 14: puntina convenzionale - puntina Shibata.

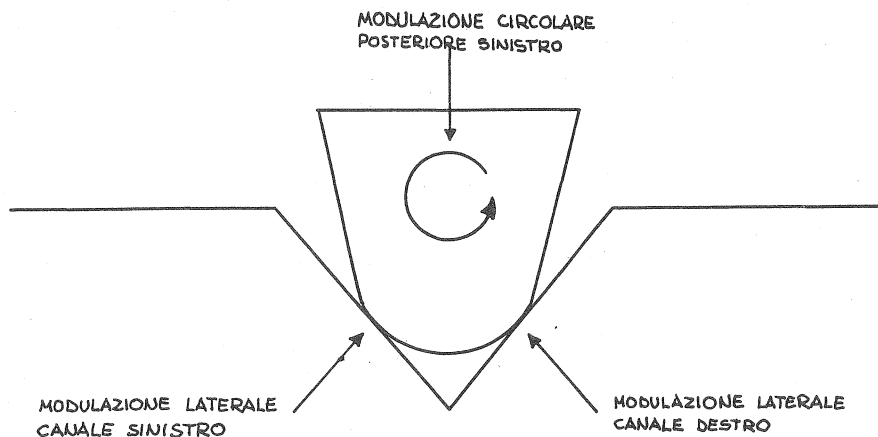
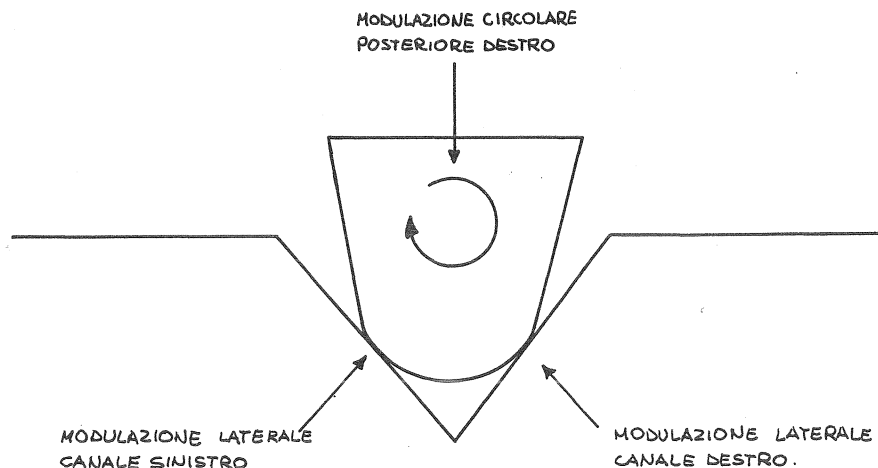


Fig. 15: modulazione del solco nel procedimento SQ.



I segnali somma sono detti segnali principali.

Un fonorilevatore per poter rilevare queste informazioni deve avere un responso in frequenza esteso fino ai 50.000 Hz, per il resto è soggetto maggiormente agli stessi problemi visti in precedenza per i normali fonorilevatori stereofonici.

La puntina ha invece un taglio particolare (taglio Shibata) studiato apposta per poter leggere le informazioni incise secondo questo procedimento. Il taglio Shibata è tale da far appoggiare la puntina sui lati del solco con una superficie più ampia del taglio convenzionale (fig. 14).

I dischi incisi secondo questo procedimento sono compatibili con un normale impianto stereo ma non possono essere trasmessi per radio a causa della loro troppo estesa banda passante che imporrebbe una eccessiva larghezza del canale usato per la trasmissione.

La società CBS ha studiato un altro procedimento denominato SQ che non necessita di fonorilevatori a larghissima banda passante ed è compatibile con le normali trasmissioni a modulazione di frequenza.

Nello SQ si ha un normale solco modulato, sul fianco sinistro e destro, da un segnale stereo (fig. 15).

Oltre questa modulazione laterale è presente una modulazione circolare che a seconda del suo verso orario o antiorario contiene le informazioni riguardanti i canali posteriori. Riproducendo il segnale SQ in un normale impianto stereo, privo cioè del decodificatore, si ascolterà un normale programma stereofonico estratto dalla modulazione laterale.

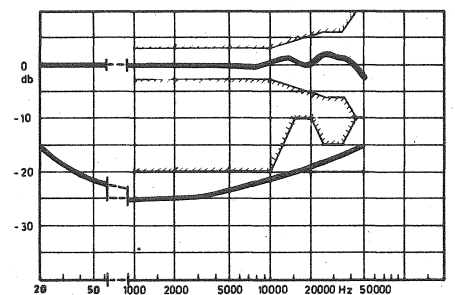
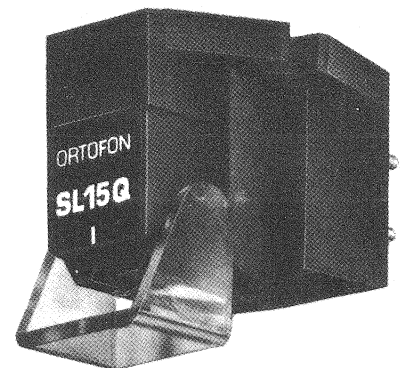


Fig. 16: Risposta e separazione tra i canali del fonorilevatore quadrifonico SL15Q Ortofon.

Questo procedimento, non coinvolgendo frequenze ultrasonore, non necessita di fonorilevatori con un responso in frequenza esteso come il CD-4.

Dotando l'impianto stereo dell'apposito decodificatore si ottiene un segnale quadrifonico.