

D. E. RAVALICO

e' AUDIO LIBRO

**AMPLIFICATORI - ALTOPARLANTI - MICROFONI
DISCHI FONOGRAFICI - REGISTRATORI MAGNETICI**

SETTIMA EDIZIONE AGGIORNATA
con 289 figure di cui 30 schemi di amplificatori



HOEPLI

Dello stesso autore

STRUMENTI PER VIDEOTECNICI – L'oscilloscopio e gli altri strumenti per il servizio videotecnico. 4ª edizione aggiornata. In-8, di pagine XII-320, con 232 figure e 2 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata . . . L. **3500**

PRIMO AVVIAMENTO ALLA CONOSCENZA DELLA RADIO – Come è fatto, come funziona, come si adopera l'apparecchio radio, come si possono costruire apparecchi radio a transistor e a valvole. 18ª edizione ampiamente riveduta e aggiornata. In-16, di pagine XII-348, con 213 figure e 50 schemi di apparecchi radio di facile costruzione. Copertina a colori plastificata. L. **3000**

SCHEMARIO DEGLI APPARECCHI RADIO (Prima raccolta di schemi) – Comprende gli schemi di apparecchi di produzione commerciale costruiti in Italia nel periodo prebellico. La raccolta comprende 620 schemi completi relativi ad 857 modelli con numerose note di servizio, ad uso dei radiotecnici riparatori. 6ª edizione (Ristampa). In-16, di pagine XVI-624, con 620 figure, 24 indici, 34 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata. L. **2000**

SCHEMI DI APPARECCHI RADIO:

Vol. I: Raccolta di schemi degli apparecchi radio di produzione commerciale, costruiti in Italia dal 1945 al 1950, con numerose note di servizio, ad uso dei radiotecnici riparatori. 3ª edizione riveduta (Ristampa). In-8, di pagine XVI-536, con 557 figure, delle quali 489 schemi di apparecchi radio completi di valori e 30 note di servizio. Copertina a colori plastificata L. **2500**

Vol. II: Raccolta di schemi di apparecchi radio di produzione commerciale, costruiti o importati in Italia, nel periodo 1950-1955 (Ristampa). In-8, di pagine VIII-368, con 400 figure, di cui 320 schemi di apparecchi radio e 30 note di servizio. Copertina a colori plastificata (In ristampa)

Vol. III: Raccolta di schemi di apparecchi radio di produzione commerciale, costruiti o importati in Italia, nel periodo 1955-1965. 2ª edizione ampliata. In-8, di pagine VIII, con 480 schemi di apparecchi radio a valvola ed a transistor con note di servizio in 214 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata. L. **10000**

SERVIZIO VIDEOTECNICO – Verifica, messa a punto e riparazione dei televisori. 6ª edizione riveduta. In-8, di pagine XXIV-384, con 392 figure e 12 tavole di cui 5 fuori testo. Copertina a colori plastificata L. **5000**

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

L'AUDIOLIBRO

OPERE DELLO STESSO AUTORE

Per studenti di radiotecnica:

Corso preparatorio per radiotecnici, in tre volumi:

Volume primo: RADIO ELEMENTI

Volume secondo: L'APPARECCHIO RADIO RICEVENTE E
TRASMITTENTE

Volume terzo: L'APPARECCHIO RADIO A TRANSISTOR
E A CIRCUITI INTEGRATI

Il Corso è preceduto da un volumetto preliminare adatto per principianti, dal titolo:

PRIMO AVVIAMENTO ALLA CONOSCENZA DELLA RADIO

Per radiotecnici costruttori, installatori e riparatori:

IL RADIO LIBRO

IL VIDEO LIBRO

L'AUDIO LIBRO

SERVIZIO RADIOTECNICO, in due volumi

SERVIZIO VIDEOTECNICO

STRUMENTI PER VIDEOTECNICI

SCHEMARIO DEGLI APPARECCHI RADIO PREBELLICI

SCHEMI DI APPARECCHI RADIO, in due volumi

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

D. E. RAVALICO

L' A U D I O L I B R O

AMPLIFICATORI - ALTOPARLANTI - MICROFONI DISCHI FONOGRAFICI - REGISTRATORI MAGNETICI

IL SUONO - IL MICROFONO E L'ALTOPARLANTE - IL DISCO FONOGRAFICO
E IL NASTRO MAGNETICO - LE FONOVALIGIE - SUONANASTRI - L'AM-
PLIFICATORE AD AUDIOFREQUENZA A TRANSISTOR E A CIRCUITI
INTEGRATI - DATI PRATICI E SCHEMI PER LA COSTRUZIONE DI AMPLI-
FICATORI A PICCOLA, MEDIA E GRANDE POTENZA - IMPIANTI SONORI
AD ALTA FEDELTA' (HI-FI) - IMPIANTI STEREOFONICI - DATI PRATICI E
SCHEMI DI IMPIANTI DI DIFFUSIONE SONORA PER SALE DA BALLO,
SCUOLE, CHIESE, CAMPI SPORTIVI, ECC. - APPARECCHI INTERFONICI
AD ALTA VOCE - DATI PRATICI E SCHEMI DI REGISTRATORI MAGNETICI
A BOBINE E A CASSETTE

SETTIMA EDIZIONE AGGIORNATA

con 289 figure di cui 30 schemi di amplificatori

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

COPYRIGHT © ULRICO HOEPLI EDITORE SPA, 1973
VIA HOEPLI 5, 20121 MILANO (ITALY)
TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE
ED A NORMA DELLE CONVENZIONI INTERNAZIONALI

IGIS - INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI
20138 MILANO - VIA SALOMONE 61 / PRINTED IN ITALY

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO PRIMO

IL SUONO

1. - L'INTENSITÀ SONORA

La sensazione auditiva	1
Gamma delle intensità sonore	2
Unità di misura teorica: il bar	3
Il watt acustico	3
Unità pratica di misura: il decibel	3
La gamma dei suoni, in decibel	3
Dinamica dei suoni	5
Livello sonoro	7
Il livello di sensazione auditiva	7
Variazione dell'intensità sonora e sensazione auditiva	7
Il controllo di volume	7
La variazione logaritmica	9
Incremento dell'intensità sonora	10
Misura di rapporto della potenza sonora	11
a) Formula per indicare in decibel la potenza sonora misurata	12
b) Valori di tensione e di corrente corrispondenti a livelli sonori	14

2. - LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

La frequenza, la nota e l'ottava	14
L'onda sonora	15
Frequenza, sensazione auditiva e potenza sonora	16
Frequenza a zero decibel	16
Il tempo di riverberazione	17
Intensità sonora e distanza	17
Gamma di frequenza e ottave del pianoforte	17
La frequenza fondamentale e le frequenze armoniche	19
Infrasuoni, suoni e ultrasuoni	21
a) Lo spettro sonoro	21
b) Lo spettro udibile	22
La zona dell'udito e l'audiogramma	22

INDICE DEI CAPITOLI

3. - L'ORECCHIO

Caratteristiche basilari dell'orecchio	24
--	----

CAPITOLO SECONDO

LA RIPRODUZIONE SONORA

Elementi basilari	29
L'amplificazione audio	29
La registrazione audio	30
La sorgente di segnale	30
La catena audio	30
Il segnale audio	30
La fonovaligia	31
Il giradischi	31
Il sintonizzatore	31
Il registratore magnetico	32
L'amplificatore	33
Parti principali dell'amplificatore	34
La risposta di frequenza	36
Potenza e distorsione	37
La qualità della riproduzione sonora	38
La riproduzione stereofonica	40
La stereofonia	40
I canali stereo	41
L'ascolto stereofonico in cuffia	42
L'impianto stereofonico quadricanale	43

CAPITOLO TERZO

L'ALTOPARLANTE E LA CUFFIA STEREOFONICA

Principio di funzionamento e parti componenti	45
Il magnete	46
La bobina mobile	47
Il cono diffusore	48
I centratori ed il cestello	51
Caratteristiche di funzionamento dell'altoparlante	53
Risponso dell'altoparlante e curve di fedeltà	53
Efficienza dell'altoparlante	54
Distorsione	54
Curva di direzionalità o responso polare	55
Responso transiente	56
Scala delle audio frequenze	57
Principio dell'altoparlante a tromba	57

INDICE DEI CAPITOLI

Altoparlanti a membrana e cono	59
Coppie di altoparlanti	60
Corrispondente aumento diametro cono	60
L'altoparlante coassiale bifonico	61
L'altoparlante coassiale bicono	61
Altoparlante coassiale a cono e tromba	62
Altoparlante coassiale cono-tromba	62
Lente acustica per altoparlanti	64
L'altoparlante biassiale	65
L'altoparlante triassiale o tritonico	65
L'altoparlante elettrostatico	66
L'altoparlante ionofonico	68
Le cuffie stereofoniche	68
Le cuffie quadrifoniche	70

CAPITOLO QUARTO

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

1. - SCHERMI E CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI

Lo schermo acustico	71
Casse acustiche aperte	72
Casse acustiche chiuse	72
Esempio di cassa acustica per altoparlante supplementare	74
Casse acustiche Bass Reflex	74
Esempi di casse Bass Reflex	76
Coma va accordata la cassa	77
Casse acustiche per stanze di soggiorno	78
Bass Reflex particolari	79

2. - LA RIPRODUZIONE ACUSTICA AD ALTA FEDELTA'

L'alta fedeltà (Hi-Fi)	81
Principio del separatore di frequenza	83
Il divisore LC	84
Esempio di installazione ad alta fedeltà, con cinque altoparlanti	87

CAPITOLO QUINTO

IL DISCO FONOGRAFICO

L'incisione fonografica	91
Ampiezza dell'incisione e frequenza	93
Caratteristiche basilari dell'incisione	95
Ampiezza costante	96

INDICE DEI CAPITOLI

Attenuazione dei toni bassi, rinforzo dei toni alti	97
La curva di equalizzazione	98
Curve standard d'incisione fonografica	100
Dischi a microsolco	102
Dischi a 45 giri al minuto	103
Dischi a 16 giri al minuto	105
Velocità, solco e durata	105
Giradischi per microsolco	106
Dischi stereofonici	107
Puntine e stili	109
Pressione della puntina e fruscio	110
L'errore di tangenzialità	112

CAPITOLO SESTO

IL FONORIVELATORE

Definizioni	115
Il rivelatore a cristallo piezoelettrico	116
Caratteristiche generali	116
Principio del funzionamento del pickup a cristallo	116
Pickup a cristallo del tipo a flessione	117
Pickup a cristallo del tipo a torsione	118
Pickup a cristallo del tipo « a diagonale »	121
Cautele necessarie	122
Sostituzione della cartuccia a cristallo	122
Il fonorivelatore magnetico	123
Il rivelatore magnetico a ferro mobile	123
Il rivelatore magnetico a riluttanza variabile	124
Il rivelatore ceramico	126
Pickup speciali	128
Il pickup FM	128
Il pickup radionico	128
Il pickup a bobina mobile	128
Il pickup a puntina libera	128
Il pickup a resistenza variabile	129
Il pickup a fotocella	130
Il fonorivelatore stereofonico	130
Cartucce stereo a cristallo	131
Equalizzatori per pickup	132
Equalizzatori per pickup a cristallo	132
Equalizzatori per pickup magnetici	133
Calcolo numerico degli elementi dell'equalizzatore	134

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO SETTIMO

IL MICROFONO

Il microfono a carbone	137
Cautele per l'uso dei microfoni a carbone	139
Il microfono a cristallo piezoelettrico	140
Microfono a cristallo del tipo a membrana	140
Microfono a cristallo del tipo a cellula sonora	141
Cautele per l'uso del microfono a cristallo	142
Il microfono a bobina mobile	143
Il microfono a nastro	146
Cautele per l'uso del microfono a nastro	148
Il microfono a cardiode	149
Il microfono a condensatore	149

CAPITOLO OTTAVO

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

Caratteristiche generali	155
I transistor	156
Lo stadio amplificatore	157
Esempio di semplice amplificatore	160
Principio della controreazione	161
Cautele per minimizzare la distorsione	162
Transistor finali in controfase	164
Lo stadio finale con due transistor e con due batterie	166
Lo stadio finale « single ended »	166
Esempio di amplificatore con stadio finale in single ended	168
Transistor finali in simmetria complementare	168
Esempio di semplice amplificatore con stadio finale a simmetria complementare	172
La corrente di riposo dei transistor finali	174
Stabilizzazione dello stadio finale	174
Raffreddamento dello stadio finale	176
Tre amplificatori da 1 watt, a 4 transistor	177
Un amplificatore da 1,5 watt	181
Esempio di amplificatore da 3,5 watt con 4 transistor	182
Giradischi stereofonico da $2 \times 1,5$ watt	184
Amplificatori a circuiti integrati	187
Il circuito integrato TAA 300	187

INDICE DEI CAPITOLI

Amplificatore da 1 watt con il circuito integrato TAA 611	190
Amplificatore da 4 watt con il circuito integrato TAA 320	192
L'alimentazione dell'amplificatore	193
Esempio di alimentatore da 6 volt	194
Esempio di alimentatore da 15 volt	195
Alimentatore con raddrizzatore a ponte	196

CAPITOLO NONO

ESEMPI DI AMPLIFICATORI

Guadagno e potenza	199
Segnale	199
Potenza	199
Guadagno e potenza dell'amplificatore	199
Potenza d'uscita	200
Potenza musicale	200
Potenza nominale	200
Potenza di sovraccarico	200
Potenza di picco	200
Esempi di potenza	200
La risposta di frequenza	200
Potenza necessaria dell'amplificatore	201
La riverberazione	201
Rendimento degli altoparlanti	202
Potenza acustica necessaria	202
Potenza elettrica dell'amplificatore	203
Caratteristiche importanti dell'amplificatore	205
Distorsione	205
Ronzio	205
Gamma di frequenze	205
Avvertenze per la costruzione di amplificatori ad audio frequenza	206
Montaggio dei componenti	206
Cautele per evitare il ronzio	207
Difficoltà costruttive	209
Principio del controllo di tono	209
Principio dei controlli di tonalità	211
Principio di controlli bassi e alti, di tipo passivo	212
Principio di funzionamento del controllo toni alti	212
Principio di funzionamento del controllo toni bassi	213
Il controllo di volume	214
Curva di responso dei controlli toni bassi e alti	215
Esempio pratico di controlli di tonalità	215

INDICE DEI CAPITOLI

Controlli di tonalità in controreazione	216
Attenuatori d'ingresso	220
L'equalizzazione del segnale d'entrata	222
Amplificatore da 2,5 watt con controlli di tonalità	223
I complessi stereo	225
Amplificatore stereo da 4 watt	226
Amplificatore da 8 watt con la coppia di transistor AD161/AD162	228
Amplificatore da 8 watt in simmetria quasi complementare, con una coppia di AD139.	228
Amplificatore stereofonico ad alta fedeltà da 8 + 8 watt	233

CAPITOLO DECIMO

AMPLIFICATORI DI GRANDE POTENZA

Amplificatore da 15 watt ad alta fedeltà	235
Amplificatore ad alta fedeltà da 30 watt	236
Amplificatore da 60 watt tipo G1-310.	242
Descrizione del circuito	242

CAPITOLO UNDICESIMO

L'IMPIANTO INTERFONICO

Principio di funzionamento degli impianti interfonici	247
L'inversore « parla-ascolta »	248
Esempio di semplice interfonico	249
Esempio di interfonico a due transistor	250
Gli impianti intercomunicatori	251
Esempio di impianto interfonico semplice, a valvole	252
Caratteristiche dell'impianto	254
Impianti interfonici con remoti che possono chiamare	255
Esempio di impianto interfonico a transistor	257
Entrata	258
Transistor	258
Trasformatori	258
Altoparlanti	258
Polarizzazione	259
Alimentazione	259
Commutatore	260

INDICE DEI CAPITOLI

Avvisatore di chiamata	260
Amplificatore	260
Apparecchio principale	261
Collegamenti	261

CAPITOLO DODICESIMO

I REGISTRATORI A NASTRO MAGNETICO

Principi basilari	263
Avvolgimento e riavvolgimento del nastro	266
Bande, piste o tracce	266
Capovolgimento delle bobine	267
Avanti-veloce e pausa	267
Cancellazione della registrazione	268
Schemi di principio	269
Le tre parti del registratore	271
Le cassette di nastro magnetico	271
Esempio di giranastri (lettere di nastri preregistrati)	273
Schema dell'apparecchio	274
Esempio di registratore a cassetta	276
Schema del registratore	277
Il motore elettrico	281
L'alimentatore	281
Manutenzione	281
Mini-registratore da tasca	282

CAPITOLO TREDICESIMO

IL NASTRO E LE TESTINE MAGNETICHE

Caratteristiche del nastro magnetico	287
Le tracce o piste magnetiche	288
Durata della registrazione o ascolto	288
Il nastro stereofonico	289
Velocità di corsa del nastro magnetico	289
Le velocità normalizzate	290
Velocità di centro-nastro	290
La gamma registrabile	291
Bobine di nastro	292
Riparazione del nastro	293
Principio della registrazione su nastro	293

INDICE DEI CAPITOLI

La testina di registrazione e riproduzione	294
La cancellazione delle impressioni magnetiche del nastro	296
La polarizzazione magnetica	298
La frequenza supersonica	299
Vantaggi della polarizzazione con frequenza supersonica	301

CAPITOLO QUATTORDICESIMO

RUOTISMI DEL REGISTRATORE

Il movimento del nastro	303
I piatti porta-bobina	306
La trasmissione del movimento	307
L'arresto automatico di fine nastro	308
Esempio di ruotismi di trazione, avvolgimento e riavvolgimento	310
Trazione del nastro	310
Rotazione della bobina di avvolgimento (registrazione e ascolto)	313
Rotazione della bobina di riavvolgimento	314
Esempio di complesso meccanico	314
Il comando a tastiera	316
Componenti sopra il pannello	316
Componenti dei ruotismi	316
Motore e ruota libera	319
Registratori a inversione automatica del nastro	320
Due coppie di festine	321
Due ruotismi di avvolgimento e di trazione	322
Registratori a due motori	323
Il commutatore di registrazione	324

CAPITOLO QUINDICESIMO

REGISTRATORI MONOFONICI E STEREOFONICI

Esempio di registratore a bobina, da 1,5 watt	325
Schema del registratore	325
Schema di registratore a bobina, da 2 watt	329
Primo e secondo stadio di preamplificazione	329
Stadio pilota	329
Stadio finale	331
Oscillatore supersonico	332

INDICE DEI CAPITOLI

Testine magnetiche	332
Controllo di modulazione	332
Alimentatore	332
Schema di piccolo registratore a cassetta, con circuito integrato TAA310 .	332
Esempio di registratore magnetico ad alta fedeltà	335
Schema a blocchi	336
Esempio di giranastri stereofonico	338
Schema dell'apparecchio	339
Registratore stereofonico Hi-Fi mod. TK248	342
Meccanica del movimento	343
Il freno veloce e il comando a distanza	343
Arresto automatico fine nastro	343
Lo schema a blocchi	343
Registratore stereofonico con cambiacassette	345

INDICE ANALITICO-ALFABETICO

A

- Acustica, lente, 64
Acustica, potenza, 202
Aletta di raffreddamento, 176
Alimentazione dell'amplificatore, 193, 194, 195, 227, 233
- ALTA FEDELTA': 81**
— altoparlanti ad, 83, 86
— amplificatori ad, 155, 233, 235
— fonovaligia stereo ad, 279
— registratore magnetico a, 335, 342
- ALTOPARLANTE, (v. cap. III)**
— a condensatore, 66
— a cono, 45
— a cono e tromba, 62
— a tromba, 57
— a tromba piegata, 58
— anello di sospensione dell', 46, 47, 52
— biassiale, 65
— bicono, 61
— bifonico, 61
— bobina mobile dell', 45, 46, 47, 48
— cassa acustica per, 72
— centratore dell', 49, 51, 52
— cestello dell', 51
— coassiale, 61
— coassiale bifonico, 61
— coassiale trifonico, 65
— cono dell', 45, 46, 47, 48, 49, 50
— curva di fedeltà dell', 53
— curva di responso dell', 53
— diaframma dell', 45
— diffusore dell', 48, 49
— distorsione dell', 54
— efficienza dell', 54
— elettrostatico, 66
— filtro divisore dell', 60
— funzionamento dell', 45
— impedenza dell', 48
— ionofonico, 68
— lente acustica per, 64
— magnete dell', 46
— magnete permanente dell', 46
— membrana dell', 45
— parti componenti dell', 45
— percentuale di distorsione dell', 54
— potenza dell', 53
— principio dell', 45, 46
— rendimento dell', 54, 202
— responso dell', 53, 55
— responso transiente dell', 56
— riparazione dell', 50
— schermo per, 71
— sistemazione dell', (v. cap. IV)
— spider dell', 46, 47, 52
— telaio dell', 46
— traferro dell', 47
— trasformatore dell', 66
— triassiale, 65
— trifonico, 65
— tweeter, 87
— woofer, 87
- ALTOPARLANTI:**
— collegamento di, 82, 85, 86, 87
— Ampiezza costante, incisione a, 96
— Ampiezza d'onda, 2
- AMPLIFICATORE, (v. cap. VIII, IX e X)**
— a circuito integrato, 187, 190
— ad alta fedeltà, 155, 233, 235, 236
— ad accoppiamento diretto, 163
— a transistor, 159, 160, 177
— a simmetria complementare, 168, 172
— a quattro transistor da 2 watt, 173
— caratteristiche dell', 199
— compensazione di tono dell', 211, 212, 223
— controllo di volume dell', 180, 211, 214
— controlli di responso dell', 211, 212, 213, 223
— costruzione dell', 206
— curva di responso dell', 36, 241

- da 1 watt, 177
- da 2,5 watt, 223
- da 4 watt, 226
- da 8 watt, 228
- da 15 watt, 235
- da 30 watt, 236
- da 60 watt, 242
- distorsione armonica dell', 205
- entrata dell', 221
- equalizzatore dell', 222
- gamma di frequenze dell', 36
- guadagno dell', 199
- ingressi dell', 221
- parti dell', 34
- per fonovaligia, 169, 172, 183
- potenza dell', 199
- preamplificatore del, 155
- principio dell', 157
- ronzo dell', 205
- single ended, 166, 167, 168
- stereo, 225, 226, 233, 234

AMPLIFICAZIONE, 29:

- a bassa frequenza, 29
- ad audiofrequenza, 29
- finale in controfase, 164

Apparecchi di comunicazione interna, (v. capitolo XI)

Apparecchi interfonici, (v. cap. XI)

Armoniche, frequenze, 19

Attenuazione delle frequenze alte o basse, 220

Audiofrequenza, 29

Audiogramma, 22

Audiotecnica, 29

Auditiva sensazione, 1

B

Bande magnetiche, 287, 289

Bar, 3

Base del transistor, 156

Bassa frequenza, 29

Bass Reflex, casse acustiche, 74

Bel, 3

BOBINA:

- di nastro, 266
- fonica, 45

BOBINA MOBILE: 45, 47

- dell'altoparlante, 42, 44, 46
- impedenza della, 48

Braccio del rivelatore, 115

Braccio portastilo, 115

C

CAMBIANASTRI AUTOMATICI, 33, 345

Camera di risonanza, 187

Canale audio, 38

Canale d'Eustachio, 26

Cancellazione dal nastro, 296

Cancellazione magnetica, 296

Caratteristica di magnetizzazione, 298

Caricatore a cassetta, 271.

Carico anodico, 157

Cartucce stereo a cristallo, 131

Cartuccia a cristallo piezoelettrico, 116

Cartuccia del fonorivelatore, 115

Cartuccia stereo, 107, 131

CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI,

(v. cap. IV)

- aperte, 72
- a labirinto acustico, 80, 81
- Bass Reflex, 74, 76
- chiuse, 72
- per due altoparlanti, 78

CASSETTE DI NASTRO MAGNETICO, 271,

272, 276

- per cinque altoparlanti, 87

Catena audio, 30

Catena degli ossicini, 28

Centratore dell'altoparlante, 49, 51, 52

Cestello dell'altoparlante, 51

CIRCUITO INTEGRATO, 187, 190, 192, 283

- registratore magnetico a, 286, 332
- TAA 300, 187
- TAA 310, 332
- TAA 320, 192
- TAA 611, 190

CIRCUITO STAMPATO, 239, 282

Coassiale, altoparlante, 61, 65

Coassiale bicono, 61, 65

Coclea, 24, 27

Collettore del transistor, 156

Comandi del registratore magnetico, 267, 274

Comando a tastiera, 274

Compensazione delle frequenze alte, 402

Complesso stereo, 225

Condensatore, reattanza del, 210

Cono, cambio del, 50

Cono diffusore, 45, 46, 47

Cono e curva di responso, 51

Cono-membrana, altoparlante a, 62

CONTROFASE, 164

CONTROLLI:

- dei toni alti, 212
- dei toni bassi, 212, 213
- di bilanciamento, 268
- di responso all'estremo alto, 224
- di responso all'estremo basso, 224
- di tono, 180, 209
- di volume, 7, 180, 211, 214
- Controlli di tonalità, 211, 212, 213, 216, 218, 223, 229, 231
- Controllo di modulazione, 332

CONTROLLO DI RESPONSO:

- a controreazione, 216, 231
- all'estremo basso, 212, 213, 231
- all'estremo alto, 212
- curva del, 214, 216, 220
- di tipo passivo, 215
- per HI-Fi, 212, 216
- principio del, 212, 216

CONTROLLO DI TONO, 180, 209, 211, 223, 229

CONTROLLO DI VOLUME, 180, 211, 214, 223, 229

CONTROREAZIONE, 161, 162, 163, 178, 184, 216, 217, 237, 274

- Corrente di riposo, 174
- Cristallo di germanio, 156
- Cristallo di silicio, 156
- Cristallo, microfoni a, 140, 142
- Cristallo, pickup a, 116, 126,
- Cristallo, piezoelettrico, 116, 118, 126
- Cristallo NPN, 156
- Cristallo PN, 120
- Crossover, frequenza di, 87

CUFFIA D'ASCOLTO, 42

- dinamiche, 69
- elettrostatiche, 70
- quadrifoniche, 70
- stereofoniche, 68, 69

D

- Decibel, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 14
- formule, 13
- frequenza a zero, 16
- livello in, 7, 10
- Diagramma dell'altoparlante, 45, 48, 49
- Diffusore a cono, 45, 46, 47, 49
- Diffusore bicono, 61
- Dina, 3
- Dinamica dei suoni, 5, 6

- Diodo rettificatore, 194, 195, 196
- Diodo zener, 196

DISCO FONOGRAFICO, (v. cap. V)

- a lunga durata, 100
- ampiezza dell'incisione, 93, 96
- a microscolco, 92, 102
- a 16 giri al minuto, 105
- a 33,3 giri al minuto, 92, 102
- a 45 giri al minuto, 102, 103, 104
- a 78,26 giri al minuto, 92, 105
- caratteristiche del, 131
- curva di equalizzazione del, 98
- curve standard del, 100
- errore di tangenzialità, 112
- incisione del, 91, 92, 95, 108
- long playing, 100, 102
- LP, 100
- microscolco, 102
- puntina, 91, 109, 110
- solco del, 91
- spirale esterna, 93
- standard del, 100, 101
- stereofonico, 107
- stilo del, 103, 109
- velocità di rotazione, 105
- Dispersore a raggiera, 176, 177

DISTORSIONE:

- dell'altoparlante, 54
- dell'amplificatore, 162, 205
- Divisore di frequenza, 82
- Divisore LC, 82
- Driver, 164

E

- Elicotrema, 27
- Emittore del transistor, 156
- Endolifa, 24, 28
- Energia sonora, 3

EQUALIZZATORE:

- calcolo del, 134
- del pickup a cristallo, 132
- del pickup magnetico, 134
- del registratore magnetico, 278
- Errore di tangenzialità, 112

F

FILTRO:

- a induttanza capacità, 84
- a resistenza capacità, 164
- bifonico, 89

INDICE ANALITICO-ALFABETICO

- divisore per altoparlanti, 84
- equalizzatore, 132, 134
- Fonografica, incisione, 91
- Fonografico, rivelatore, (v. cap. VI)
- Fonografo, (v. cap. V)

FONORIVELATORE, (v. cap. VI)

- a bobina mobile, 128
- a cristallo piezoelettrico, 116, 118, 155
- a cristallo PN, 120
- a diagonale, 121
- a ferro mobile, 123
- a flessione, 117
- a riluttanza variabile, 124
- a torsione, 118
- cartuccia del, 115
- cartuccia a cristallo del, 116
- cartuccia ceramica del, 127
- cartuccia magnetica del, 155
- cartuccia stereo del, 131
- ceramico, 126
- equalizzatore del, 132, 134
- filtro per il, 132
- FM, 128
- magnetico, 123, 124
- piezoelettrico, 116, 118
- radionico, 128
- stereofonico, 130, 131
- stereo a cristalli piezoelettrici, 132
- stilo del, 103, 109
- testina del, 115, 121

FONOVALIGIA, 31, 169, 185, 189, 338

- amplificatori a transistor per, 169, 182
- stereofonica, 184, 186, 233
- stereo Hi-Fi, 279, 342

FREQUENZA:

- armonica, 19
- a zero decibel, 17
- di crossover, 87
- di risonanza dell'altoparlante, 55
- di taglio, 87
- divisore di, 84
- fondamentale, 19
- risposta di, 200
- sonora, 16
- supersonica, 269

Fruscio della puntina, 110

G

- Gamma del pianoforte, 18
- Gamma di frequenza, 17
- Giradischi, 31, 185, 189

- Giradischi stereofonico, 184
- Giranastrì, 273, 338
- Grado centigrado sonoro, 3

GUADAGNO, 199

- e potenza dell'amplificatore, 199

H

- Hi-Fi (High Fidelity), 38, 81, 155

I

IMPEDENZA:

- acustica, 27
- della bobina mobile, 48
- dell'altoparlante, 48

IMPIANTO:

- di comunicazione interna, 250
- di intercomunicazione, 251
- sonoro da stanza di soggiorno, (v. cap. II)
- interferico, (v. cap. XI)

INCISIONE FONOGRAFICA, 91, 95

- ad ampiezza costante, 96
- a microscolco, 102
- a velocità costante, 95
- curva di equalizzazione dell', 99
- curva standard, 100
- curva AES dell', 100
- curva NAB dell', 100
- in profondità, 92
- laterale, 92
- stereofonica, 107
- Infrasuoni, 21
- Ingressi dell'amplificatore, 221
- Intensità sonora, 1, 7, 10, 17
- Intercomunicatore, 251

INTERFONICI, IMPIANTI, (v. cap. XI)

- a transistor, 250
- con remoti che possono chiamare, 255
- principio dei, 247
- semplice impianto, 247
- semplice, a valvole, 252
- Inversione automatica del nastro, 320
- Invertitore di fase, 206, 274

L

- LA fisico, 19
- LA internazionale, 19
- LA sinfonico, 19

Labirinto acustico, 28
 Legge di Weber-Fechner, 9
 Lente acustica, 64

LIVELLO:

- d'intensità sonora, 7
- di sensazione auditiva, 7
- in decibel, 3, 24
- sonoro, 6, 7, 10, 13

M

Magnete d'altoparlante, 46
 Magnetico, pickup, 155
 Magnetofoni, (v. registratori magnetici)
 Mangiadischi, 189
 Master, apparecchio interfonico, 252
 Membrana-cono, altoparlante a, 59
 Membrana dell'altoparlante, 45
 Membrana dell'orecchio, 24
 Microbar, 3

MICROFONO, (v. cap. VII):

- a bobina mobile, 143
- a carbone, 137, 139
- a camera di risonanza, 141
- a cardioide, 149
- a cellula sonora, 141
- a condensatore, 149
- a cristallo, 140, 142
- a membrana, 140
- a nastro, 146
- dinamico, 143
- elettrostatico, 149
- piezoelettrico, 140
- scelta del, 153

Micron, 9

Microsolco, disco a, 102

Microsolco, incisione a, 102

Microwatt, 3

Millivolt, 155

Modulazione audio, 30

Motore elettrico, 281, 319, 341

Musicassette, 271, 273

N

NASTRO MAGNETICO, (v. cap. XIII):

- a doppia banda, 287
- a quattro tracce, 289
- arresto automatico del, 308
- bande magnetiche del, 287, 289
- bobine di, 266, 292
- caratteristiche del, 287

- corsa del, 272, 288
- gamma registrabile su, 291
- inversione automatica del, 320
- meccanismo di traslazione, (v. cap. XIV)
- piste del, 287, 289
- registrazione su, 293
- riparazione del, 293
- spessore del, 292
- stereofonico, 289
- trazione del, 310
- velocità del, 272, 288, 289, 290
- vernice del, 263, 287

Nomogramma per stabilire la potenza all'amplificatore, 204

Nota musicale, 14

O

Orecchio, 24

Oscillatore AF di polarizzazione, 268, 269

Oscillatore supersonico, 269, 299

Ossicini dell'orecchio, 24

Ottava musicale, 14, 18

Ottave del pianoforte, 17

P

Phon, 3

Pianoforte, ottave del, 17

Piattello portabobina, 306

PICKUP, (v. fonorivelatore)

Piezoelettricità, 116

Pilota, transistor, 164, 173

Piste magnetiche, 287, 289

Polarizzazione con frequenza supersonica, 269, 298

Polarizzazione magnetica, 269, 298

POTENZA:

- acustica necessaria, 201
 - dell'amplificatore, 199
 - di picco, 200
 - di sovraccarico, 200
 - d'uscita, 200
 - elettrica, 203
 - in decibel, 11, 12
 - in watt, 202, 203
 - musicale, 200
 - nominale, 200
 - sonora, 16, 36
 - unità di misura, 3, 7, 11, 12, 35
- Preamplificatore, 34, 35, 237, 329
 Premagnetizzazione, 298
 Pressione della puntina, 110
 Prima ottava, 18

PUNTINA, 91, 109, 110

- forma della, 109
- impedenza della, 113
- pressione della, 110
- tangenza della, 113

PUSH-PULL, 164

Q

Quiescente, corrente, 174

R

Raddrizzatore a ponte, 197, 224, 227

Radiatore, 177

Radionico, pickup, 128

Rampa timpanica, 27

Rampa vestibolare, 27

RAPPORTO:

- della potenza sonora, 8
- dell'intensità sonora, 9, 13
- impedenza, 72
- spire, 72

REGISTRATORI MAGNETICI, (v. cap. XII, XIII e XIV):

- a bobine, 325, 329
- a cartuccia, 271
- a cassetta, 271, 276, 325, 345
- a circuito integrato, 283, 286, 332
- ad alta fedeltà, 335, 342
- a inversione automatica, 320
- alimentatore dei, 281
- a nastro, 263
- a transistor, 276, 325
- bobina debitrice dei, 266
- bobina di carica dei, 266
- bobina di svolgimento dei, 266
- bobina serbatoio dei, 266
- comandi dei, 267, 274, 316
- commutatore dei, 265
- con cambiacassette, 345
- corrente di premagnetizzazione dei, 270
- da tasca, 282
- frequenza supersonica dei, 269, 299
- frequenze registrabili dei, 291
- Geloso, 274, 276, 327
- Grundig, 283, 335, 342
- indicatore numero giri dei, 267
- meccanismo di movimento dei, (v. cap. XIV)
- manutenzione dei, 281
- motore elettrico dei, 281, 319

- nastro magnetico per, 266
- oscillatore supersonico dei, 269, 278, 332
- parti componenti dei, 271
- Philips, 332
- piattello portabobine dei, 306
- polarizzazione magnetica dei, 269, 298
- rocchetto di trazione dei, 304
- ruotismi dei, (v. cap. XIV)
- stereofonico, 338, 342, 345
- supersonico oscillatore dei, 269, 299
- tasti di comando dei, 267, 274, 316
- festina cancellante dei, 268
- testina magnetica dei, 263, 267, 270, 287
- testina di registrazione dei, 267, 287
- testina di riproduzione, 267, 287
- volano dei, 312

REGISTRAZIONE MAGNETICA:

- caratteristiche fisiche della, 263, 287, 294
 - cenni storici, 287
 - principi basilari, 263, 264
 - stereofonica, 289, 338, 342, 345
- Rendimento degli altoparlanti, 54, 202

RESISTENZA:

- di base, 157
 - di carico, 157
- Resistività acustica, 47

RESPONSO DI FREQUENZA:

- dell'altoparlante, 53, 55
 - dell'amplificatore, 36, 241
 - polare, 55
 - transiente, 56
- Rettificatore, diodo, 194, 195, 196
- Riluttanza variabile, pickup a, 124
- Riproduzione sonora, (v. cap. II)
- Riproduzione stereofonica, 40, 68, 107, 338, 342, 345
- Risonanza dell'altoparlante, 54
- Risposta di frequenza, 200
- Rivelatore fonografico, (v. fonorivelatore)
- Ronzio, 205, 207
- Riverberazione, 201
- Ruotismi di avvolgimento, 303
- Ruotismi di riavvolgimento, 303
- Ruotismi di trazione, 303

S

- Sale di Rochelle, 117
- Scala delle audiofrequenze, 55
- Scala delle intensità sonore, 3, 6
- Scala delle sensazioni auditive, 5, 6
- Scala in decibel, 4

Schermo dell'altoparlante, 71
 Schermo infinito, 73
 Schermo piano, 71
 Schermo piegato, 73
 Segnale audio, 30, 155, 199
 Sensazione auditiva, 1
 Separatore di canali, 109

SIMMETRIA COMPLEMENTARE, 168, 170, 172
 Simmetria quasi complementare, 228, 231

SINGLE ENDED, 166, 167, 168, 330

Sintonizzatore, 31
 Soglia dolore, 23
 Solco d'incisione, 92, 108
 Sorgente di segnale, 155, 221
 Spettro audibile, 22
 Spettro sonoro, 21
 Spider, 46, 47, 52
 Spider esterno, 46, 47, 52
 Spider interno, 46, 47, 52
 Stabilizzatore di velocità, 183, 187

STABILIZZAZIONE DEI TRANSISTOR, 159

STADIO:

— a due transistor, 163
 — amplificatore a transistor, 157
 — a simmetria complementare, 168, 172
 — finale in controfase, 164
 — finale single ended, 166, 167, 168
 — pilota, 329
 — preamplificatore, 34, 237, 329

STEREO:

— amplificatore, 225, 226, 233, 234
 — a due canali, 225
 — complessi, 225
 — fonovalgie, 184, 186
 — cartucce a cristallo, 131
 — fonorivelatore, 130, 131
 — canali, 225
 — nastro, 289
 — registratori magnetici, 338, 342, 345

Stereofonia, principio della, 40

Stereofonici, dischi, 107

Stereofonici, nastri, 289

Stereofonico, giranastri, 338

Stilo fonografico, 103, 109

SUONANASTRI, 32, 184, 273, 276, 338

SUONO, (v. cap. I)

— dinamica del, 5
 — frequenza del, 14
 — gamma del, 3

— intensità del, 10
 — velocità del, 1
 Supersonica, frequenza, 299, 301

T

Tangenza, linea di, 113
 Tangenzialità, errore di, 113
 Tempo di riverberazione, 201
 Tensione di base, 159
 Termistore, 175, 176

TESTINA MAGNETICA, (v. cap. XIII):

— dettagli costruttivi, 295, 297
 — di cancellazione, 268, 296
 — di registrazione, 263, 294
 — di registrazione-ascolto, 263, 267, 294
 — di riproduzione, 263, 267, 294
 — impedenza della, 295

TONALITÀ, CONTROLLI DI, 209, 212, 215

TONO, CONTROLLO DI:

— all'estremo basso, 213
 — all'estremo alto, 212
 — di tipo passivo, 212
 — per Hi-Fi, 215
 — principio del, 209, 211

Traferro dell'altoparlante, 47

Transiente, responso, 56

TRANSISTOR, 156

— al germanio, 156
 — al silicio, 156
 — base del, 156
 — collettore del, 156
 — emittore del, 156
 — sigla del, 156
 — NPN, 156
 — PNP, 156
 — raffreddamento del, 176

Trasformatore d'entrata, 164, 165, 167, 168

TRASFORMATORE D'USCITA, 164

Trasformatore pilota, 164

Triassiale, altoparlante, 65

Trifonico, altoparlante, 65

TROMBA:

— altoparlante a, 57
 — camera di compressione a, 57
 — esponenziale, 58
 — piegata, 58

Tweeter altoparlanti, 87

INDICE ANALITICO-ALFABETICO

U

Ultrasuoni, 21
Unità di misura, 3
Unità di potenza, 3, 30

V

Variazione logaritmica, 9

VELOCITÀ:

- della puntina fonografica, 110
- del nastro magnetico, 272, 288, 290
- del suono, 1

VOLUME SONORO:

- controllo di, 7, 180, 211, 214

- dinamica del, 5
- unità di misura, 7

W

Watt acustico, 3
Watt intensità sonora, 3, 9, 12
Weber-Fechner, legge di, 9
Woofers, altoparlante, 87

Z

Zener, diodo, 196
Zero decibel, 3, 4, 14
Zona dell'udito, 22

IL SUONO

1. — L'INTENSITA' SONORA

La sensazione auditiva.

Il suono è una sensazione; è la sensazione auditiva che percepiscono tutti gli esseri viventi provvisti dell'organo dell'udito: l'orecchio.

La sensazione auditiva è dovuta alle onde sonore. Ciascun'onda sonora consiste in una compressione seguita dalla corrispondente rarefazione dell'aria, ossia dalla semionda positiva seguita dalla semionda negativa, eguale e contraria, come avviene per le onde che si propagano sull'acqua. Le onde sonore si diffondono sfericamente tutto all'intorno della sorgente sonora, a velocità costante, compresa tra 333 e 334 metri al secondo.

Esse destano nell'orecchio vibrazioni simili a quelle che le hanno prodotte; ad esempio, le vibrazioni delle corde di un violino o di un pianoforte si trasferiscono nell'aria sotto forma di onde sonore, le quali mettono a loro volta in vibrazione la membrana posta all'entrata dell'orecchio. Tramite un complicato procedimento, l'orecchio converte le vibrazioni in altre onde, simili a quelle della corrente elettrica, le quali si propagano lungo appositi conduttori filiformi, e raggiungono il cervello, dove ha luogo la sensazione vera e propria.

Vi sono da considerare tre fenomeni distinti. Vi è anzitutto il *fenomeno fisico* della produzione delle onde sonore e della loro propagazione; vi è quindi il *fenomeno fisiologico* per cui l'orecchio produce gli stimoli auditivi e li trasmette al cervello; ed infine vi è il *fenomeno psichico* della sensazione auditiva, ossia della percezione delle voci, dei suoni, della musica e dei rumori.

Il fenomeno fisico è stato ampiamente studiato dalla scienza, la quale ne ha scoperto quasi tutte le leggi; il fenomeno fisiologico relativo al meccanismo dell'orecchio è invece ancora poco noto, se ne intravede appena qualche parte. Il fenomeno psichico è del tutto incomprensibile e costituisce un mistero impenetrabile.

Con il termine SUONO si dovrebbe intendere soltanto la sensazione auditiva, così come con il termine LUCE si dovrebbe intendere solo la sensazione visiva, ciò per il fatto che il suono e la luce esistono solo come percezioni del cervello, ossia esistono soltanto nell'interno degli esseri viventi provvisti di orecchi e di occhi, e non già al di fuori di essi. Nello spazio che li circonda esistono onde sonore e onde luminose.

È il cervello che fa vivere ciascuno di noi nel mondo di suoni e di luci che ci circonda, il quale è in realtà un mondo assolutamente silenzioso e buio. Ma poiché è molto facile vivere all'esterno di noi, ed è invece molto difficile vivere nell'interno di noi, in pratica i due termini *suono* e *onda sonora* diventano sinonimi, benché uno esprima l'effetto e l'altro la causa, appunto come diventano sinonimi i due termini *luce* e *onde luminose*.

Gamma delle intensità sonore.

I suoni si distinguono anzitutto per l'*intensità* e la *frequenza*. La gamma delle *intensità* sonore è estremamente vasta, i suoni fortissimi sono miliardi di volte più intensi dei suoni debolissimi. L'orecchio non percepisce tutti i suoni; percepisce suoni debolissimi purchè possiedano una certa intensità, detta *intensità di soglia*; esiste tutta una vasta gamma di suoni debolissimi, ed estremamente deboli, che l'orecchio non può percepire, la cui esistenza viene messa in evidenza mediante l'amplificazione, appunto come esistono oggetti tanto piccoli da non poter essere visti ad occhio nudo.

Esistono anche suoni estremamente forti, d'intensità enorme, e di durata brevissima, come ad es. lo scoppio di una grossa bomba. Anche essi non possono venir percepiti dall'orecchio se non sotto forma di dolore. Il punto della gamma delle intensità sonore in cui la sensazione auditiva diventa dolore vien detto *soglia dolore*.

I due estremi sono anche detti *limite inferiore* e *limite superiore di audibilità*. Essi variano sensibilmente da una persona all'altra.

All'*intensità* sonora corrisponde l'*ampiezza* dell'onda sonora; un suono è tanto più intenso quanto più ampia è l'onda, un po' come avviene per le onde del mare.

Poiché le onde sonore sono invisibili, non è possibile misurare la loro ampiezza; inoltre non esiste una qualche sostanza che si comporti rispetto al suono come il mercurio rispetto al calore. È perciò che manca un semplice dispositivo per la misura dell'intensità sonora, paragonabile al termometro per la misura della temperatura. Un « *termometro* » per i suoni sarebbe utilissimo ma non esiste.

Esistono due diversi modi per misurare l'intensità del suono, ossia la sua « forza », la sua potenza, un po' come esistono due diversi modi per effettuare misure di tempo. Gli astronomi possono determinare l'ora precisa dalla posizione della Terra rispetto agli altri pianeti e rispetto al Sole; è questa l'ora astronomica. Se si tratta di misurare il tempo in cui ha luogo un avvenimento qualsiasi, ad es. il giro del circuito da parte di una macchina da corsa, non ha nessuna importanza conoscere quale sia l'ora precisa astronomica, basta far scattare il cronometro all'atto della partenza e fermarlo all'atto dell'arrivo, per leggere sul quadrante il tempo in minuti, secondi e decimi di secondo.

Occorre far attenzione a non confondere queste due diverse misure; una è la misura diretta, l'altra è la misura di rapporto. Nei laboratori di fisica acustica vengono fatte misure dirette, mediante complesse e delicate apparecchiature; per gli usi pratici vengono fatte soltanto misure di rapporto. Con le misure di rapporto non si

sa quale sia l'ora astronomica, in cui ha luogo un dato avvenimento, ma si misura l'intervallo di tempo in cui l'avvenimento ha luogo.

UNITA' DI MISURA TEORICA: IL BAR.

Le misure d'intensità sonora paragonabili a quelle del tempo astronomico, vengono effettuate tenendo conto della *pressione acustica esercitata* dalle onde sonore sopra una superficie, e si adopera quale unità di misura il *bar* (B) ed il suo sottomultiplo il *microbar* (μ B). Quest'ultimo corrisponde ad una dina per cm^2 . Un suono forte può esercitare la pressione di 200 bar, uno debole quella di 200 microbar.

IL WATT ACUSTICO.

Una volta conosciuta la pressione esercitata da un dato suono, si calcola l'energia sonora del suono stesso, utilizzando un'apposita formula. Si adopera quale unità di misura il *watt* (W) ed il sottomultiplo *microwatt* (μ W). L'energia sonora non si può misurare direttamente, poiché non esistono wattmetri acustici; come detto, la si può determinare solo in base a misure di pressione. Tutte queste misure in bar ed in watt hanno scarsissima importanza pratica, e si possono trascurare. È necessario tenerle presenti solo per evitare confusione con le misure pratiche, le quali vengono anch'esse effettuate utilizzando quale unità di misura il *watt*, appunto come per le misure dell'ora astronomica, quella segnata dagli orologi, e le misure di intervallo di tempo, quelle misurate dai cronometri, vengono utilizzate le stesse ore e gli stessi minuti, secondi, ecc.

UNITA' PRATICA DI MISURA: IL DECIBEL.

Noi diciamo che un suono è ad *intensità zero* quando è appena percettibile nel silenzio di una stanza, di un suono fortissimo diciamo che è ad *intensità 100*, poi con questi due estremi prepariamo una scala a graduazione centigrada. È ciò che è stato fatto per il termometro; si è detto che la temperatura è di zero gradi quando l'acqua gela e che è di 100 gradi quando l'acqua bolle. Con la scala centigrada possiamo indicare quale sia l'intensità sonora.

Quando, non molti anni or sono, venne approntata la scala centigrada dell'intensità sonora, si trattò di dare un nome all'unità di misura, il *grado centigrado sonoro*. Gli americani proposero il *decibel* (dB) decima parte del bel, in onore di Graham Bell; i tedeschi proposero il *phon*, noi avremmo potuto proporre il *meucci*. Per qualche tempo il decibel ed il phon vennero usati senza distinzione, poi con una certa distinzione, infine il phon venne abbandonato. La scala dell'intensità sonora è oggi graduata solo in decibel, in tutto il mondo.

LA GAMMA DEI SUONI, IN DECIBEL.

Sono debolissimi i suoni compresi fra zero e 20 decibel, sono deboli quelli compresi tra 20 e 40 decibel; la maggior parte dei suoni che percepiamo si trovano

tra 40 e 60 decibel e sono suoni d'intensità media; i suoni forti si trovano tra 60 e 80 decibel, ed i fortissimi tra 80 e 100 decibel. Come detto, vi è tutta una vasta gamma di suoni d'intensità tanto ridotta da non poter essere intesi dall'orecchio, senza am-

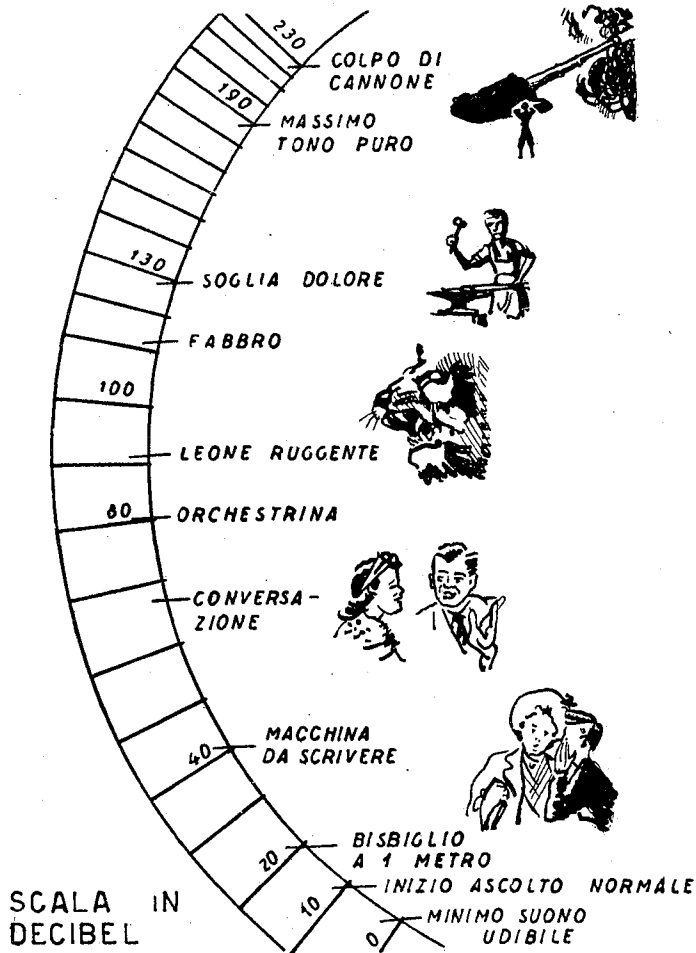


Fig. 1.1. - Scala delle sensazioni auditive in decibel (V. anche la fig. 1.4 a pag. 10).

plificazione. Sono i suoni « sotto zero ». Ve ne sono a -10 decibel, e ve ne sono a -20 dB, a -30 dB e più sotto ancora. Uno zero assoluto del suono non è stato ancora sicuramente accertato, come invece lo è stato per la temperatura, il cui zero assoluto è a -273 °C.

Esistono suoni estremamente forti, oltre i 100 decibel: il motore d'aeroplano inteso ad un metro di distanza determina una entità di sensazione auditiva di circa 122 decibel; la grande orchestra della Scala, con 250 coristi, può dare un « fortissimo » di 118 decibel; la sirena di uno stabilimento, intesa vicinissima, raggiunge i 110 decibel; un potente colpo di grancassa i 102 decibel.

All'estremo opposto, è difficile sentire suoni d'intensità compresa tra 0 e 10 decibel, poiché essi sono soverchiati dalla rumorosità dell'ambiente. Durante il giorno, il livello di rumorosità di una stanza tranquilla può essere di 20 decibel, quello di una stanza su strada a grande traffico può essere di 40 decibel. Il tic tac di un orologio da polso si può sentire a distanza solo durante la notte, quando il livello di rumorosità scende notevolmente; l'intensità sonora prodotta dall'orologio da polso a 30 cm di distanza è di circa 10 decibel; il tic tac di un pendolo raggiunge i 30 ed anche i 40 decibel.

Una parola sussurrata all'orecchio, intesa da terza persona ad un metro di distanza, è a circa 22 decibel; un grido acuto può raggiungere i 74 decibel. I grandi tenori arrivano ai 90 decibel durante i fortissimi; è questo il limite estremo a cui può giungere il canto. Il ruggito del leone giunge a 92 decibel. Colpi vigorosi di martello sull'incudine raggiungono e superano i 100 decibel. Un colpo di cannone o lo scoppio di una bomba, intesi a breve distanza, non si possono sentire nel vero senso del termine, si sentono come dolore, non come sensazione, poiché raggiungono e superano, in alcuni casi, i 200 decibel, mentre la soglia dolore si trova a 127 decibel.

I due estremi sono a zero ed a 127 decibel, sotto lo zero decibel non si sente nulla, sopra i 127 decibel si sente soltanto dolore.

Dinamica dei suoni.

La graduazione in decibel serve molto bene per indicare la *dinamica* delle varie sorgenti sonore, ossia il rapporto tra l'intensità sonora minima e l'intensità sonora massima che sono in grado di produrre.

Una delle dinamiche più basse è quella del disco di sassofono. Un a solo di sassofono, nell'esecuzione originale, può avere una dinamica di 30 decibel, da un'intensità sonora minima di 20 dB ad una massima di 50 dB, per cui $50 - 20 = 30$ decibel. La stessa parte eseguita da un disco, può avere una dinamica di appena 15 decibel, da 25 a 40 dB.

All'estremo opposto, una delle dinamiche maggiori è quella di una grande orchestra con coro, la quale da un minimo di 40 dB può arrivare, come detto, a 118 dB. In tal caso la dinamica è di $118 - 40 = 78$ dB. Potrebbe essere maggiore se alla grande orchestra fosse possibile far ascoltare suoni deboli, sotto i 40 dB; la rumorosità di un grande teatro affollato, e lo stesso complesso orchestrale, non consentono di sentire suoni debolissimi, neppure a coloro che si trovano nelle prime file.

Un quartetto d'archi, in ambiente molto silenzioso, da 15 dB può arrivare sino a 65 dB, con una dinamica di 50 dB. Un suonatore di mandolino deve accontentarsi di 20 o 25 dB di dinamica, mentre un suonatore di contrabbasso può sviluppare una dinamica di 35 dB, da 10 a 45 dB. In pratica però, i suoni debolissimi del contra-

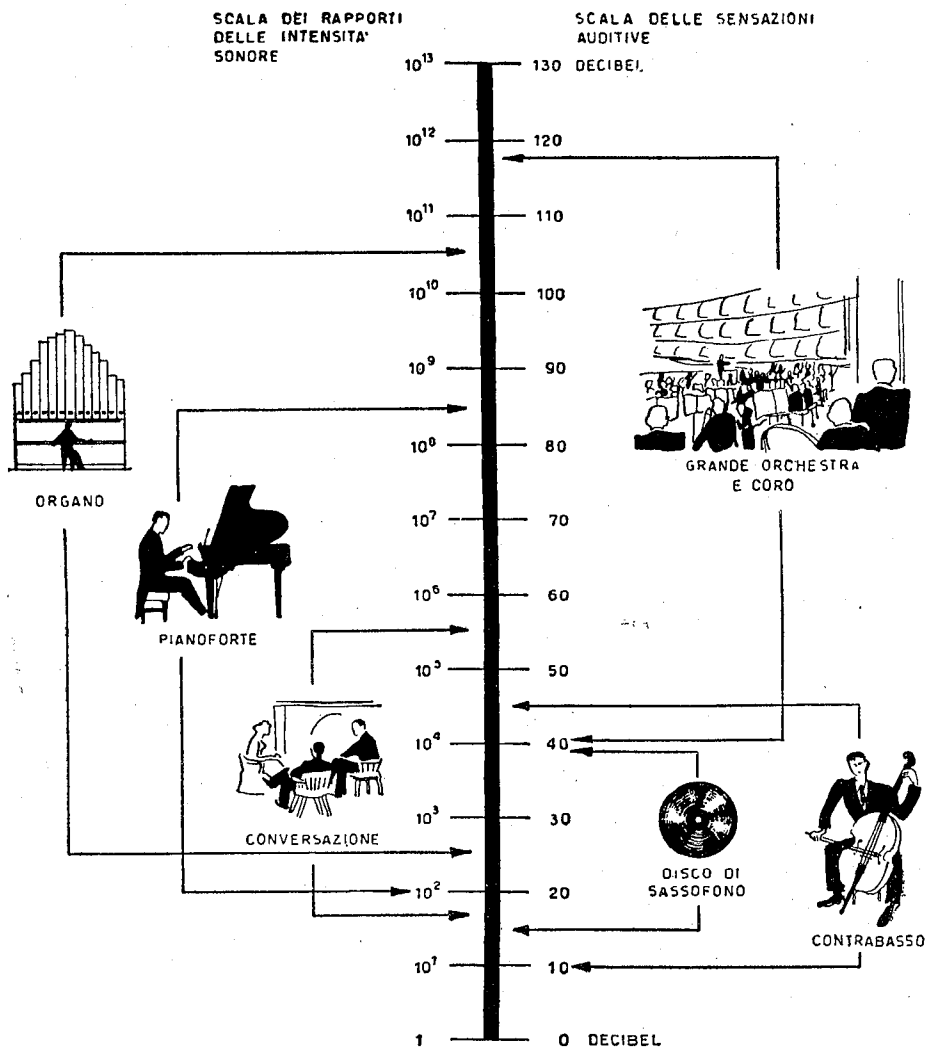


Fig. 1.2. - Scala delle sensazioni auditive in decibel e scala delle corrispondenti variazioni d'intensità sonora, necessarie per provocare le sensazioni. La figura indica anche la dinamica di alcune sorgenti sonore.

basso sono udibili solo in ambiente silenziosissimo. In una sala da concerto la dinamica del contrabbasso si riduce a 15 decibel, poichè va da 30 a 45 dB, data la rumorosità dell'ambiente.

I cantanti celebri hanno dinamiche vastissime; i soprano vanno da 20 a 85 dB, i tenori da 25 a 90 dB.

La fig. 1.2 illustra esempi di *dinamica sonora*.

Livello sonoro.

Per *livello sonoro* o *livello d'intensità* — i due termini si equivalgono — s'intende l'intensità sonora media che una data sorgente produce in un dato ambiente. Ad es., un violinista determina un livello sonoro alto in una piccola sala da concerto, e basso in un grande teatro. Nella sala di lettura di una biblioteca il *livello di rumorosità* è basso, compreso tra 20 e 30 dB, mentre in una fabbrica di caldaie può essere elevatissimo, fra i 90 ed i 110 dB.

Con un amplificatore da 10 watt è possibile produrre un buon livello sonoro in una sala di piccole dimensioni, così come con una stufa elettrica di 3 chilowatt è possibile ottenere una temperatura confortevole. Il livello di rumorosità corrisponde un po' alla temperatura ambiente; altro è portare la temperatura di una stanza da 10 a 24 gradi ed altro è portarla da — 20 a 24 gradi. Così, altro è produrre un certo livello sonoro in una stanza quieta, lontana da strade rumorose, ed altro è ottenerlo in una rumorosa sala da ballo. Si tratta di due diversi livelli di rumorosità da superare.

IL LIVELLO DI SENSAZIONE AUDITIVA.

I suoni acuti determinano alti livelli sonori più facilmente dei suoni bassi, perciò alcuni anni or sono era in uso esprimere in decibel il *livello d'intensità sonora*, ed in phon il *livello di sensazione auditiva*. Attualmente questa distinzione è sorpassata. Si adopera soltanto il decibel.

Variazione dell'intensità sonora e sensazione auditiva.

L'orecchio, sensibilissimo ai suoni deboli, a mano a mano che l'intensità sonora aumenta, diventa meno sensibile, per cui è poco sensibile ai suoni fortissimi.

In questo modo l'orecchio risulta automaticamente protetto dal danno che potrebbe venirgli arrecato dai suoni eccessivamente forti; essi potrebbero rovinarlo completamente. Appositi muscoli presenti nella parte interna dell'orecchio entrano in funzione quando vi sono suoni o rumori molto forti, e provvedono a renderlo meno sensibile, più sordo. In presenza di suoni o rumori molto deboli, i muscoli non intervengono, e la percezione auditiva è massima.

L'orecchio è, infatti, provvisto di un controllo automatico di sensibilità, il cui funzionamento è simile a quello del CAV degli apparecchi radio e del CAG dei televisori.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Tutti gli amplificatori, gli apparecchi radio e i televisori sono provvisti di un controllo di volume, comandato da una manopola. Girando la manopola, il volume sonoro passa da zero ad un massimo. A metà della rotazione della manopola, corrisponde la metà del volume.

Affinché ciò avvenga, ossia affinché alla metà della corsa della manopola corrisponda la metà del volume ottenibile, è necessario che durante la prima metà

la variazione sia molto lenta, e nella seconda metà sia invece molto rapida. Se non avviene così, ossia se la variazione è uniforme, ossia *lineare*, allora il controllo di volume funziona male, in quanto con esso non è possibile ottenere audizioni deboli. Non appena si ruota la manopola, l'intensità è subito molto forte.

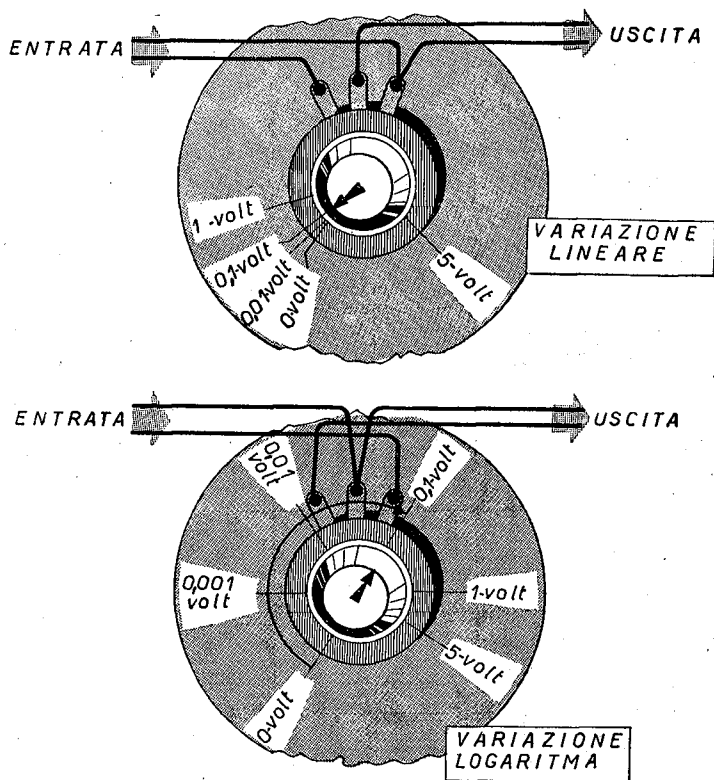


Fig. 1.3. - Controlli di volume di tipo lineare (in alto) e di tipo logaritmico (in basso).

La fig. 1.3 illustra due controlli di volume, ciascuno costituito da una resistenza variabile. Quello in alto è a variazione lineare. La tensione da regolare è, nell'esempio, da 0 a 5 volt. Con questa resistenza la tensione di 1 volt si ottiene dopo breve rotazione della manopola; tra 1 volt e 5 volt c'è un ampio tratto di rotazione. Questo controllo non è adatto.

In basso è indicata una resistenza variabile adatta per il controllo di volume. Esso consente una lenta variazione all'inizio, e una variazione molto rapida verso la fine. Si osservi la posizione dell'indice in corrispondenza dello stesso valore di 0,1 volt. Questo tipo di controllo è detto a *variazione logaritmica*.

LA VARIAZIONE LOGARITMICA.

Nei laboratori di fisica acustica si è cercato di sapere quante volte un dato suono sia più « forte » di quello che si trova alla soglia dell'udibile, corrispondente allo zero decibel. Le misure fatte con appositi strumenti, basandosi sulla pressione acustica, hanno portato alla scoperta della legge di Weber-Fechner, la cui prima parte è la seguente: *L'entità della sensazione auditiva non cresce in proporzione dell'aumento dell'intensità sonora, cresce bensì con il logaritmo a base 10 che tale intensità sonora rappresenta.*

Il logaritmo a base 10 di un numero è l'esponente della potenza alla quale deve essere elevato 10 affinché sia eguale al numero dato. Ad esempio, invece di scrivere 1000 si può scrivere 10^3 , invece di scrivere 10 000 si può scrivere 10^4 , ecc. Gli esponenti 3 e 4 sono rispettivamente i logaritmi di 1000 e di 10 000. Il logaritmo di un milione è 6.

Ciò significa che per raddoppiare, triplicare, quadruplicare un dato livello sonoro, è necessario aumentare l'intensità sonora addirittura di cento volte per raddoppiarlo (poiché 10^2 è eguale a 100), di mille volte per triplicarlo (poiché 10^3 è eguale a 1000) e di diecimila volte per quadruplicarlo (poiché 10^4 è eguale a 10 000).

Ad es., per elevare un livello sonoro da 30 decibel a 70 decibel occorre aumentare l'intensità energetica del suono di 10 000 volte.

La fig. 1.4 raffronta la scala delle sensazioni auditive con quella dei rapporti di variazione dell'energia sonora. A zero decibel corrisponde l'unità, ossia il punto di partenza della scala dei rapporti. Per passare da 0 dB a 10 dB occorre aumentare l'energia sonora di dieci volte. Va tenuto presente che il suono a 10 dB è debolissimo, poco più che appena percettibile, e che l'orecchio è molto sensibile in questa zona. A 20 dB, ossia a $10 + 10$ dB, l'energia sonora è 100 volte maggiore di quella a 0 dB, cioè in rapporto a quella a 0 dB, ossia è di 10×10 .

A 50 dB della scala, il rapporto di variazione dell'energia sonora è di 10^5 , ossia è di 100 000. Per i decibel vale l'addizione ($10 + 10 + 10 + 10 + 10 = 50$) per i rapporti di variazione d'energia sonora vale invece la moltiplicazione

$$(10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\ 000).$$

Enormi potenze sonore sono in gioco per i suoni fortissimi e più ancora per gli estremamente forti. L'orchestra ed il coro della Scala formano un complesso sonoro più « grande » del Monte Bianco. Infatti, accostando al limite di audibilità, ossia a 0 decibel, il limite di visibilità ad occhio nudo, 1 micron, si nota che il Monte Bianco è 4,8 miliardi di volte più grande, mentre l'orchestra ed il coro della Scala sono 800 miliardi di volte più grandi del più debole suono percettibile.

La graduazione della scala in decibel non corrisponde al logaritmo del numero che indica la variazione dell'energia sonora, solo per il fatto che l'unità di misura è il bel. Alla variazione di 10 000 corrisponde il logaritmo 4, ossia 4 bel; dato l'uso del sottomultiplo corrispondente ad un decimo di bel, a 10 000 corrispondono 40 decibel

Incremento dell'intensità sonora.

La seconda parte della legge di Weber-Fechner afferma che: *l'incremento minimo della sensazione auditiva è proporzionale alla sensazione che l'ha preceduta.*

A teatro si distingue facilmente quando le voci sono due e quando ve n'è una sola, se si tratta di un duetto, mentre se è presente un grande coro è impossibile dire quando le voci sono 249 e quando sono 250. L'orecchio non avverte una differenza tra 100 e 110 voci, avverte la differenza solo se il passaggio è da 100 ad almeno 125 voci, ciò per il fatto che l'incremento minimo dell'intensità sonora che si rende udibile è del 25 %. Nell'esempio fatto s'intende che le voci devono essere tutte eguali, ed unite nello stesso canto.

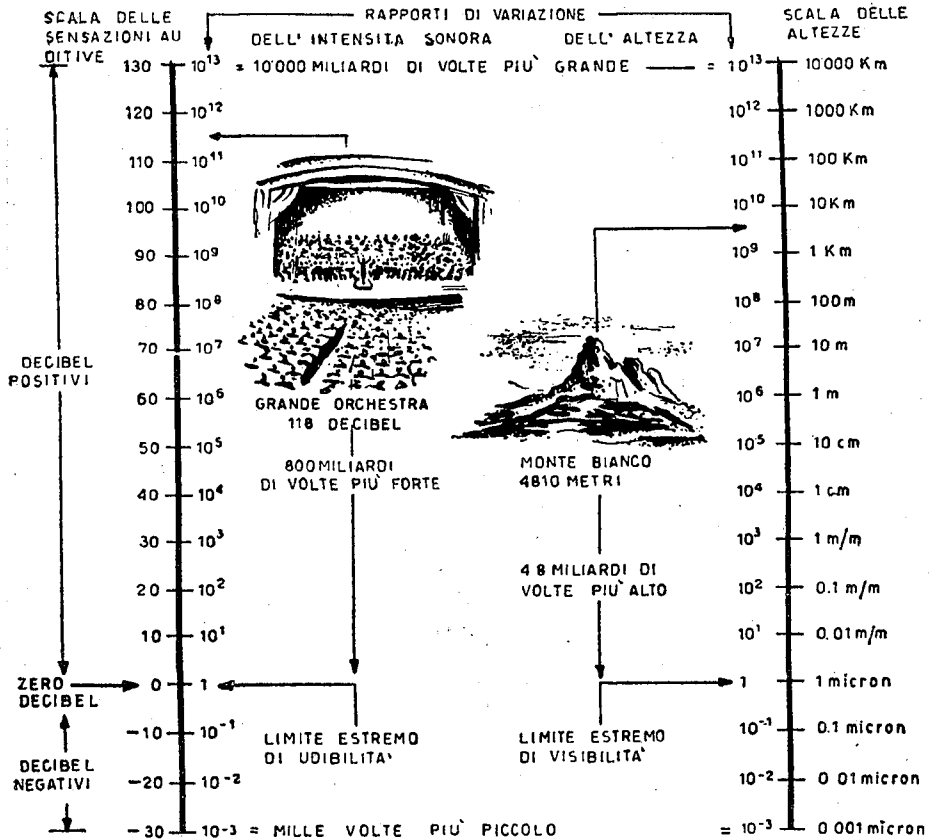


Fig. 1.4. - Confronto tra i rapporti di variazione d'intensità sonora e quelli di dimensione. Il livello sonoro di 130 decibel corrisponde ad un aumento d'intensità sonora di 10.000 miliardi di volte quella del suono appena percettibile, a zero decibel.

Misura di rapporto della potenza sonora.

Il fatto di aver aggiunto alla scala graduata in decibel quella dei rapporti di variazione dell'intensità sonora o dell'energia sonora che dir si voglia, di cui la fig. 1.2, è molto importante poiché consente di effettuare delle misure. L'apparecchio di misura può essere costituito da un microfono, da un amplificatore a due o tre stadi, e da un misuratore d'uscita. Si tratta di regolare una volta tanto il guadagno dell'amplificatore, in modo da ottenere una data misura corrispondente a zero decibel.

Si può regolare il guadagno dell'amplificatore, in modo che lo strumento indicatore della potenza d'uscita indichi 1 watt, in corrispondenza del minimo suono udibile, quello a zero decibel. In tal modo lo strumento segnerebbe 0,1 watt in corrispondenza a -10 decibel, e 10 watt in corrispondenza a 10 decibel.

In pratica però assegnare la potenza d'uscita di un watt in corrispondenza a zero decibel andrebbe bene solo per la misura dei suoni estremamente deboli e dei debolissimi, ma non andrebbe bene per i suoni medi e forti, ciò per il fatto che a 20 decibel corrisponderebbero 100 watt, a 30 decibel 1000 watt, a 40 decibel 10 000 watt ed a 50 decibel nientemeno che 100 000 watt. A livelli superiori corrisponderebbero milioni e persino miliardi di watt.

È necessario assegnare una potenza d'uscita più piccola a zero decibel, per es. 1 millesimo di watt, un milliwatt. In tal modo la potenza d'uscita in corrispondenza dei suoni forti e fortissimi non risulta enorme, pur essendo molto grande. In seguito a varie considerazioni, venne deciso di assegnare a zero decibel la potenza d'uscita di 6 milliwatt, ed in base ad essa vennero graduate le scale degli strumenti indicatori. È questa la *potenza d'uscita standard*.

In tal modo, poiché a zero decibel venne scelta la potenza di 6 milliwatt, a 10 decibel corrisponde quella di 60 milliwatt, a 20 decibel quella di 600 milliwatt, a 30 decibel quella di 6000 milliwatt, ossia di 6 watt, e così via, come illustra la figura 1.5. Anche in tal modo si ottengono potenze enormi in corrispondenza ad alti livelli sonori. A 100 decibel corrisponde un rapporto di variazione dell'intensità sonora elevatissima, di 10^{10} , ossia di 10 miliardi. Sicché la tensione all'uscita del microfono dovrebbe determinare all'uscita dell'amplificatore usato per la misura, nientemeno che una potenza corrispondente a quella di 6 milliwatt moltiplicata per 10 miliardi, ossia 60 milioni di watt, pari a 60 000 chilowatt.

L'ostacolo viene girato prelevando soltanto una minima parte della tensione all'uscita del microfono, ossia all'entrata dell'amplificatore di misura, per es. la centomillesima parte, per cui a 100 dB corrisponde la potenza di 0,6 watt. La lettura va quindi moltiplicata per 100 milioni di volte. È ciò che avviene quando con un voltmetro con portata massima di 1 volt, si misura una tensione vicina a 1000 volt; il divisore di tensione applica all'entrata dello strumento solo la millesima parte della tensione da misurare, la quale va letta sulla scala moltiplicata per 1000.

La scala dello strumento per la misura del livello sonoro viene graduata direttamente in decibel; non risulta quindi necessario nessun calcolo con grandi numeri.

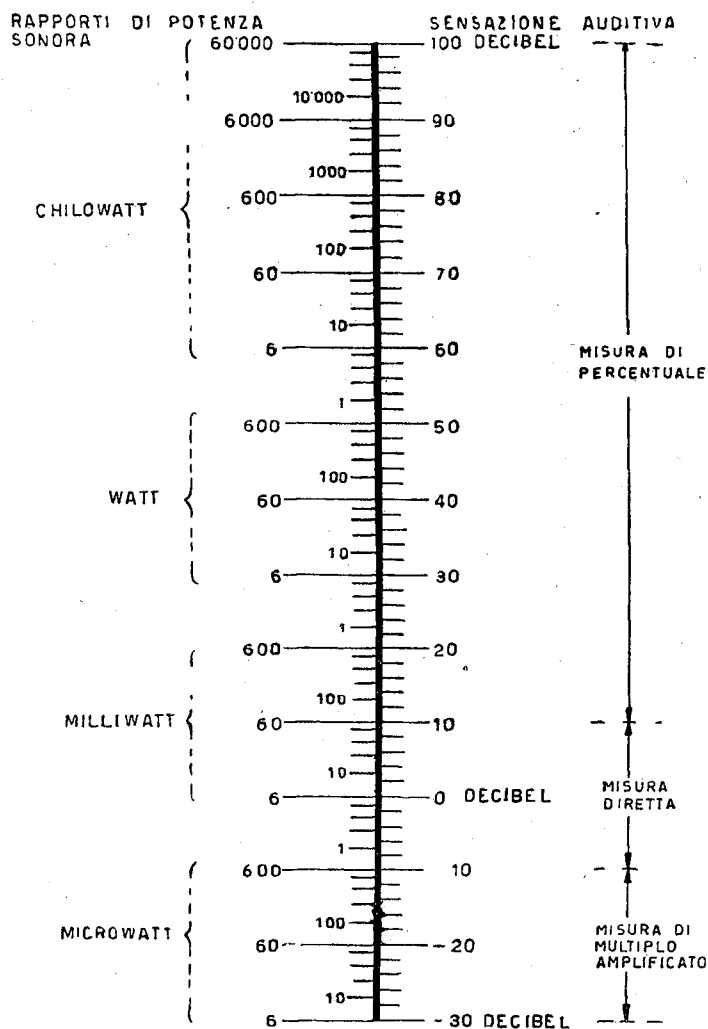


Fig. 1.5. - Per poter effettuare misure di livello sonoro, alla scala in decibel è stata aggiunta una scala in watt e relativi sottomultipli e multipli.

a) Formula per indicare in decibel la potenza sonora misurata.

Una semplice formula consente la conversione di valori da una scala all'altra, generalmente da quella dei rapporti d'intensità in watt, misurabili, in quella delle sensazioni auditive in decibel. Risulta da quanto già detto precedentemente che la variazione d'intensità sonora varia con il logaritmo che tale variazione indica, per

cui, ad es., un'intensità sonora di 600 watt può venir espressa in decibel nel modo seguente:

$$\begin{aligned} \text{Sensazione auditiva in decibel} &= 10 \times \left(\log_{10} \frac{600}{0,006} \right) = \\ &= 10 \times (\log_{10} 100\,000) = 10 \times 5 = 50 \text{ decibel.} \end{aligned}$$

È ciò che risulta dalla fig. 1.5.

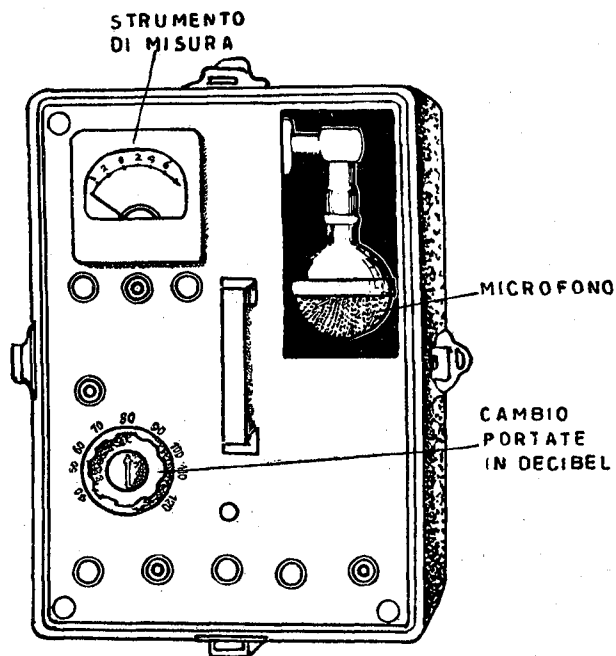


Fig. 1.6. - Un amplificatore, un microfono e uno strumento indicatore d'uscita consentono di leggere sulla scala graduata in decibel, il valore del livello sonoro.

In termini generali, quanto sopra si può esprimere con la formula:

$$\text{Sensazione auditiva in decibel} = 10 \times \left(\log_{10} \frac{\text{Intensità sonora misurata in watt}}{\text{Intensità di soglia in watt}} \right)$$

nella quale per « intensità di soglia » s'intende quella corrispondente a zero decibel, ossia 0,006 watt.

Come già detto all'inizio, in pratica i termini *sensazione auditiva* e *livello sonoro* vengono usati come se fossero equivalenti, per cui quanto sopra detto vale anche per indicare il *livello sonoro in decibel*.

b) Valori di tensione e di corrente corrispondenti a livelli sonori.

Alla scala della potenza sonora in watt è possibile aggiungere quella della tensione in volt, utilizzando la formula $P = E^2/R$ dalla quale $E = \sqrt{P \times R}$.

Al posto delle misure in watt si possono fare misure in volt, purché venga scelto un valore standard della resistenza di carico. Tale valore standard della resistenza è di 500 ohm. In tal modo a zero decibel corrisponde un valore standard di tensione, il seguente:

$$\begin{aligned} \text{Tensione a zero decibel} &= \sqrt{\text{Potenza in watt a zero decibel} \times \text{Resistenza standard}} \\ &= \sqrt{0,006 \times 500} = \sqrt{3} = 1,73 \text{ volt.} \end{aligned}$$

Agli altri principali livelli sonori corrispondono le seguenti tensioni:

$$\text{a 10 decibel} \quad . \quad \sqrt{0,06 \times 500} = \sqrt{30} = 5,47 \text{ volt}$$

$$\text{a 20 decibel} \quad . \quad \sqrt{0,6 \times 500} = \sqrt{300} = 17,32 \text{ volt}$$

$$\text{a 30 decibel} \quad . \quad \sqrt{6 \times 500} = \sqrt{3000} = 54,77 \text{ volt}$$

$$\text{a 40 decibel} \quad . \quad \sqrt{60 \times 500} = \sqrt{30\,000} = 173,21 \text{ volt}$$

$$\text{a 50 decibel} \quad . \quad \sqrt{600 \times 500} = \sqrt{300\,000} = 547,72 \text{ volt}$$

$$\text{a 60 decibel} \quad . \quad \sqrt{6000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000} = 1732 \text{ volt}$$

$$\text{a 70 decibel} \quad . \quad \sqrt{60\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000} = 5477 \text{ volt}$$

$$\text{a 80 decibel} \quad . \quad \sqrt{600\,000 \times 500} = \sqrt{300\,000\,000} = 17\,320 \text{ volt}$$

$$\text{a 90 decibel} \quad . \quad \sqrt{6\,000\,000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000\,000} = 54\,770 \text{ volt}$$

$$\text{a 100 decibel} \quad . \quad \sqrt{60\,000\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000\,000} = 173\,200 \text{ volt}$$

Le misure si possono fare anche in ampere, seguendo lo stesso procedimento, tenendo conto che $P = I^2 \times R$, per cui $I = \sqrt{P/R}$.

2. — LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

La frequenza, la nota e l'ottava.

Il suono è frequenza, è ritmo; per *frequenza* s'intende sia la velocità della vibrazione di ciò che suona, sia il numero d'onde diffuse nell'aria durante ciascun secondo. Si suole indicarla in *cicli per secondo* (abb. c/s o c.p.s.) oppure in *hertz* (abb. Hz). Per ciclo s'intende l'evolversi di ciascuna onda sonora, dal suo inizio alla sua fine. *Periodo* è l'intervallo di tempo in cui un ciclo ha luogo. Tante onde, tanti cicli, tanti periodi.

La frequenza determina l'*altezza*, la *nota* di ciascun suono. Minore è la frequenza,

minore è l'altezza, più bassa è la nota; maggiore è la frequenza, maggiore è l'altezza, più acuta la nota. Si suol dire che l'altezza di un suono è aumentata di un'ottava quando la sua frequenza è raddoppiata, di due ottave quando è triplicata, ecc...

Il suono è *musicale* quando è costituito da una successione regolare, ritmica, di frequenze, e quando queste frequenze si trovano tra di loro in rapporti tali da poter essere espressi con numeri semplici; il suono è *rumore* quando il ritmo ed il rapporto semplice tra le frequenze non esiste, ed è costituito da varie frequenze senza rapporto tra di loro, susseguentisi in modo più o meno irregolare, tale da formare delle combinazioni dissonanti; il suono è *voce* quando è prodotto dalle corde vocali umane, ed è costituito in parte da successioni regolari di frequenze, ed in parte da altre di carattere transitorio.

L'onda sonora.

Il suono si propaga nell'aria sotto forma di onde. L'onda sonora è costituita da una compressione (semionda positiva) e da una rarefazione dell'aria (semionda negativa), eguali e opposte. La propagazione dell'onda sonora nell'aria avviene alla velocità di 333 o 334 metri al secondo, a seconda delle condizioni ambientali.

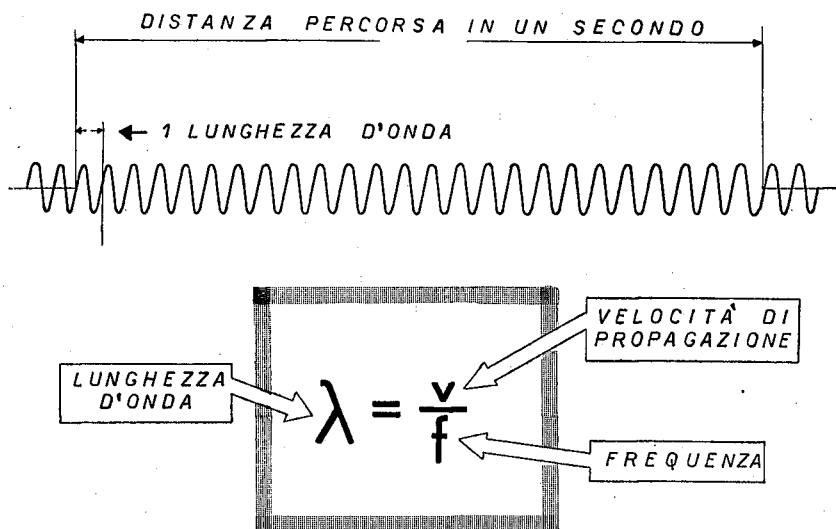


Fig. 1.7. - Relazione tra la lunghezza e la frequenza dell'onda sonora.

La lunghezza d'onda sonora può essere compresa tra alcuni metri e alcuni centimetri. Le onde sonore dei suoni molto bassi sono tra le più lunghe, possono raggiungere le decine di metri; le onde sonore dei suoni più alti sono tra le più corte, possono scendere al millimetro.

La fig. 1.7 riporta la relazione tra la velocità di propagazione, 334 metri al

secondo, e la frequenza della vibrazione sonora in cicli. Alla frequenza molto bassa di 100 cicli al secondo, corrisponde la lunghezza d'onda di 3,34 metri, in quanto la velocità di propagazione è di 334 metri.

Alla frequenza molto alta di 10 mila cicli al secondo, corrisponde la frequenza di 0,0033 metri, ossia di 3,3 millimetri.

Va notato che in pratica non si tiene mai conto della lunghezza d'onda dei vari suoni, ma sempre ed esclusivamente della loro frequenza. L'orecchio normale è in grado di percepire suoni dalla frequenza più bassa tra 16 e 24 cicli al secondo, alla frequenza più alta, dai 10 mila sino ai 24 mila cicli al secondo. Le persone anziane non sentono i suoni molto alti, a frequenze superiori ai 10 mila cicli circa; i bambini sentono bene, generalmente, suoni elevatissimi, sino a 24 mila cicli. I gatti sentono fruscii sino a 50 mila cicli.

Frequenza, sensazione auditiva e potenza sonora.

La sensibilità dell'orecchio varia molto al variare della frequenza; è molto sensibile ai suoni la cui frequenza è compresa nel tratto tra 2000 e 5000 cicli/secondo. Riesce a percepire alcuni di tali suoni anche se d'intensità estremamente ridotta, a — 10 decibel. È poco sensibile ai suoni bassi, compresi tra 20 e 100 c/s. Affinché l'orecchio possa appena percepire un suono bassissimo, a 40 c/s, è necessario che esso sia molto forte, a 55 decibel. Tra i due estremi di sensibilità vi è uno scarto di circa 60 decibel, pari al rapporto da 1 ad 1 milione.

Affinché un suono molto basso possa determinare una sensazione auditiva pari a quella di un suono acuto, è necessario che la sua potenza sia molto maggiore. È per questa ragione che le canne dell'organo sono tanto diverse. La canna corrispondente al do dopo la controttava, a frequenza bassissima, ai limiti dell'udibilità, è alta 9,60 metri. Tutta la forza dei polmoni di un uomo robusto non basta a trarne un suono. Al lato opposto, la canna più piccola, a frequenza altissima, è lunga appena 7,5 centimetri, e basta il fiato di un bambino per farla suonare.

È ancora per questa ragione che solo i grandi altoparlanti, collegati ad amplificatori di notevole potenza, possono riprodurre note musicali basse; i piccoli altoparlanti, di piccola potenza, possono riprodurre soltanto suoni di nota media e acuta.

La nota più bassa del pianoforte è il la dopo la controttava, a frequenza di 27 c/s; affinché tale nota desti la stessa sensazione auditiva del fa di terza ottava, a frequenza di 2734 c/s, occorre che la potenza sonora sia 150 milioni di volte maggiore.

Frequenza a zero decibel.

Poiché la sensazione auditiva varia molto al variare della frequenza, lo zero decibel dalla scala delle intensità sonore è stato fissato per il suono appena percettibile alla frequenza di 1000 c/s.

Il tempo di riverberazione.

Il suono richiede un certo tempo per estinguersi, in quanto le oscillazioni dell'aria si attenuano gradatamente. Un colpo di grancassa si sente anche dopo che il timpano dello strumento è stato colpito. Il suono di una campana si sente ancora per qualche tempo, dopo l'ultimo colpo di batacchio. Il tempo che il suono richiede per estinguersi dipende dalle condizioni acustiche dell'ambiente. È detto *tempo di riverberazione*. Si misura in secondi.

Intensità sonora e distanza.

L'intensità sonora varia inversamente al quadrato della distanza, come indica la fig. 1.8. Maggiore è la distanza dalla sorgente sonora, maggiore è l'area della superficie interessata. Raddoppiando la distanza l'area è quadruplicata, quindi l'intensità sonora risulta « diluita » in proporzione, risulta cioè quattro volte minore.

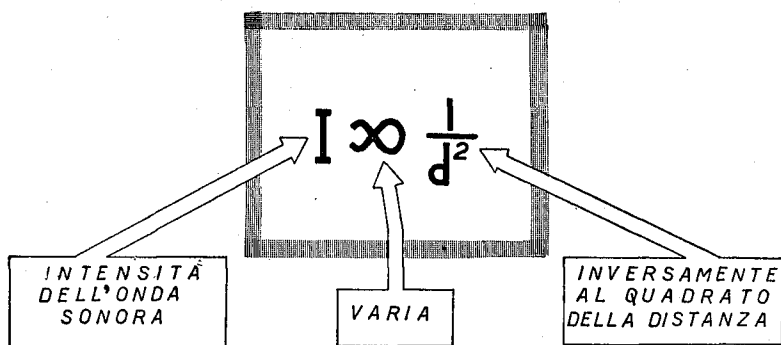


Fig. 1.8. - Relazione tra l'intensità sonora e la distanza.

Gamma di frequenza e ottave del pianoforte.

Il pianoforte è lo strumento in grado di produrre la gamma di frequenze più ampia, da 27 cicli per secondo a 3480 c/s. In fig. 1.9 è riportata la gamma delle frequenze udibili dall'orecchio umano, confrontata con quella del pianoforte. In figura, le note del pianoforte sono indicate con le rispettive frequenze. L'ottava iniziale, detta *controttava*, è quella che comprende le frequenze più basse, va dal do a 32 c/s, al la a 54 c/s ed al si a 60 c/s. È preceduta da due note ancora più basse, il la a 27 c/s ed il si a 30 c/s.

Alla controttava segue l'*ottava grande*, con il do a 65 c/s, il la a 108 c/s ed il si a 122 c/s; è seguita a sua volta dall'*ottava piccola*, con il do a 129 c/s, il la a 217 c/s ed il si a 244 c/s.

L'*ottava centrale* del pianoforte ha inizio con il do a 259 e fine con il si a 488.

CAPITOLO PRIMO

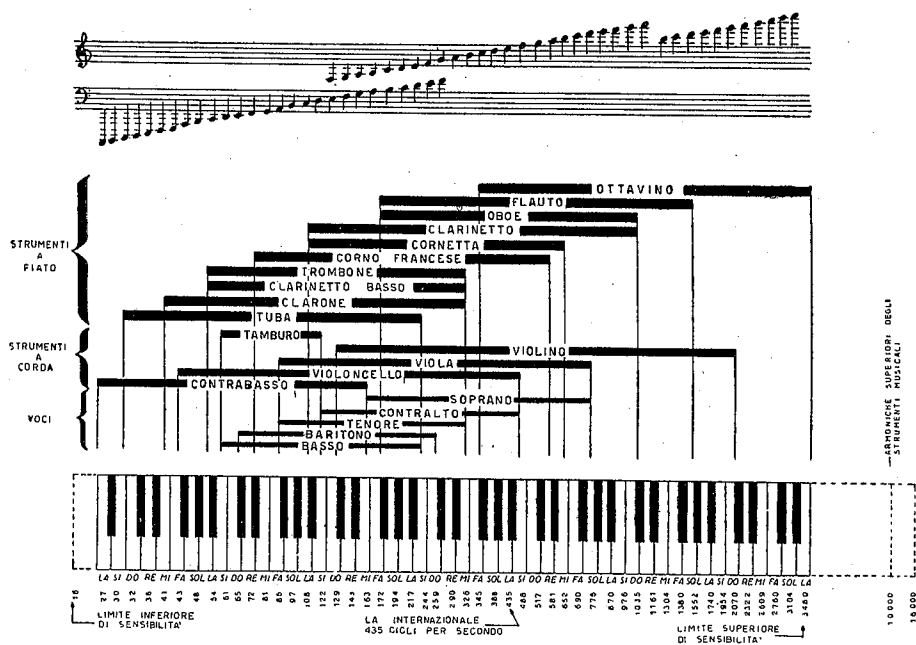


Fig. 1.9. - Spettro udibile delle varie frequenze corrispondenti alle voci ed ai principali strumenti.

Viene quindi la prima ottava, con il do a 515 ed il si a 966, seguita dalla seconda ottava, con il do a 1035 c/s ed il si a 1954. La gamma del pianoforte ha fine con una parte della terza ottava, dal do a 2070 c/s al la, ultima nota, a 3480 c/s.

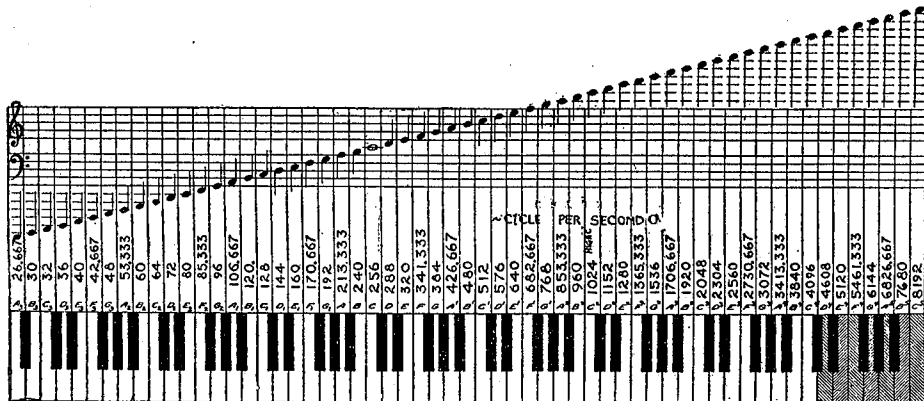


Fig. 1.10. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul LA fisico, a 426,667 c/s. La parte tratteggiata corrisponde ad armoniche superiori.

	0	1	2	3	4	5	6	7
C =	16.35	32.70	65.40	130.81	261.62	523.26	1046.52	2093.04
C# =	17.32	34.64	69.29	138.59	277.18	554.36	1108.72	2217.44
D =	18.35	36.70	73.41	146.83	293.67	587.34	1174.68	2349.36
D# =	19.44	38.89	77.78	155.56	311.13	622.26	1244.52	2489.04
E =	20.60	41.20	82.41	164.82	329.63	659.26	1318.52	2637.02
F =	21.82	43.65	87.30	174.61	349.23	698.46	1396.92	2793.82
F# =	23.12	46.24	92.49	184.99	369.99	739.98	1479.96	2959.95
G =	24.49	48.99	97.99	195.99	391.99	783.98	1567.96	3135.96
G# =	25.95	51.91	103.82	207.65	415.31	830.62	1661.24	3322.48
A =	27.50	55.00	110.00	220.00	440.00	880.00	1760.00	3520.00
A# =	29.13	58.27	116.54	233.08	466.17	932.34	1864.68	3729.36
B =	30.86	61.73	123.47	246.94	493.88	987.76	1975.52	3951.04

The diagram below the table shows a piano keyboard layout with octave markings. The first octave is labeled '32 CICLI' and the second '65 CICLI'. The third octave is labeled '2093 CICLI'. Two shaded areas are labeled 'MANUALE' and a shaded area at the bottom is labeled 'PEDALI'.

Fig. 1.11. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul la sinfonico, a 440 c/s.

La fig. 1.10 indica un'altra gamma del pianoforte, con altri valori di frequenza in corrispondenza alle varie note del pianoforte, e la fig. 1.11 riporta una tabella con altri valori ancora per le stesse note. Questi tre differenti dati sono dovuti al fatto che vi sono tre la dell'ottava centrale, ufficialmente stabiliti:

- « la » fisico a 426,667 cicli al secondo
- « la » internazionale a 435 cicli al secondo
- « la » sinfonico a 440 cicli al secondo

Ai tre la corrispondono i seguenti tre do, quello fisico a 512 c/s, usato per i computi, quello internazionale a 517 c/s, e quello sinfonico a 523,26 c/s.

La frequenza fondamentale e le frequenze armoniche.

Un suono è *semplice*, o *puro*, quando la sua onda sonora ha forma perfettamente sinusoidale; allora è paragonabile all'acqua distillata. I suoni che costituiscono la voce e quelli prodotti dagli strumenti musicali sono *complessi*; tale complessità è dovuta al fatto che la frequenza fondamentale è accompagnata da altre frequenze, più alte, delle quali costituiscono un multiplo integrale. Sono generalmente d'intensità minore della fondamentale. Sono dette *frequenze armoniche* o *solo armoniche*.

Le armoniche determinano la qualità, il timbro, il « colore » del suono. Non sono separate dalla fondamentale, detta anche *prima armonica*, ma formano con essa un'onda risultante, complessiva. Uno strumento musicale a frequenza di 100 c/s, produce anche armoniche a 200 c/s, 300 c/s, 400 c/s, ecc. L'armonica a 200 c/s vien detta,

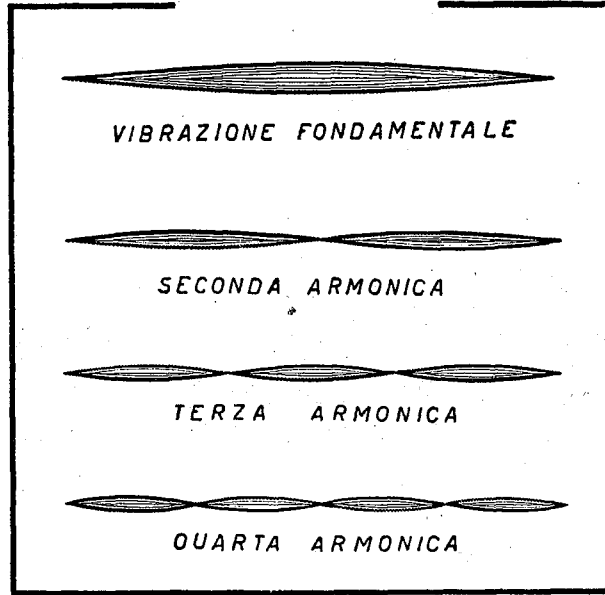


Fig. 1.12. - Frequenza fondamentale e armoniche.

in tal caso, *seconda armonica*, ed è seguita dalla *terza armonica*, dalla *quarta armonica*, ecc.

La potenza sonora è distribuita variamente tra la fondamentale e le sue armoniche. La seconda armonica non è necessariamente più intensa della terza, e la terza della quarta. L'intensità sonora delle varie armoniche può essere molto diversa. Il numero delle armoniche ed i loro rapporti d'intensità determinano la caratteristica del suono, la sua ricchezza. Il do dell'ottava centrale, a 261 cicli al secondo, può venir emesso sia da un violino che dalla sirena di uno stabilimento; la presenza delle armoniche ed i rapporti delle loro intensità, consentono però di distinguere nettamente il suono proveniente dal violino da quello proveniente dalla sirena.

Le armoniche possono raggiungere frequenze molto elevate, sino a 10 000 cicli al secondo, ed oltre. Se la potenza sonora è distribuita in modo quasi uniforme sino alle armoniche più alte, il suono risulta metallico, come nel caso della tromba. Nel

corno da caccia, invece, l'intensità sonora decresce rapidamente all'elevarsi delle armoniche. In genere i suoni bassi sono ricchi di armoniche, mentre i suoni acuti sono poveri di armoniche.

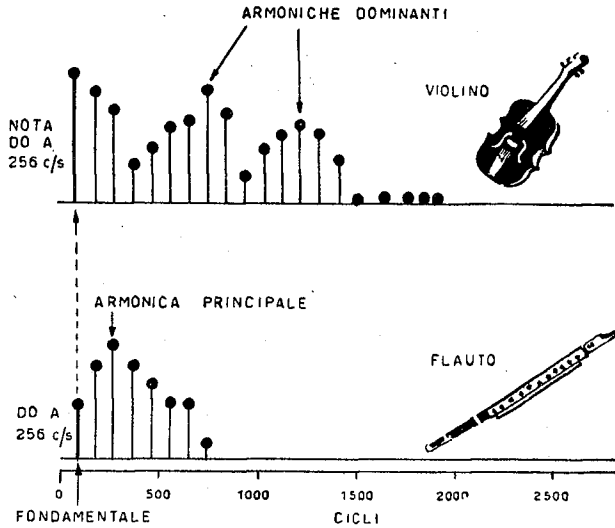


Fig. 1.13. - Distribuzione della potenza sonora tra la nota fondamentale e le varie armoniche prodotte dal violino e dal flauto.

Infrasuoni, suoni e ultrasuoni.

a) Lo spettro sonoro.

L'orecchio umano sente una gamma vastissima di frequenze sonore, ma essa è soltanto una parte dell'intera gamma sonora, detta *spettro sonoro*.

Tra 0 e 16 c/s vi è la breve gamma degli *infrasuoni*, tra 20 000 e 16 000 000 c/s vi è la gamma degli *ultrasuoni*; gli uni e gli altri appartengono ai « suoni silenziosi ». Lo stormire di una foglia, il cigolio di una chiave nella toppa, il fruscio di una veste, determinano suoni molto elevati, con frequenze armoniche che possono raggiungere i 20 000 cicli al secondo ed anche superarli. Sino a 32 000 c/s si estende la sensibilità di alcuni insetti, i quali sentono principalmente suoni inaudibili all'orecchio umano.

Gli ultrasuoni intorno alla frequenza di 100 000 c/s sono utilizzati per la pastorizzazione del latte a bassa temperatura, per la raffinazione degli zuccheri, per effetti di polimerizzazione, ecc. Quelli ad un milione di cicli sono usati per segnalazioni subacquee. Il limite estremo degli ultrasuoni prodotti con apparecchi è a 16 milioni di c/s.

b) Lo spettro udibile.

Lo spettro udibile è costituito dalla gamma delle frequenze udibili. La fig. 1.9 illustra il tratto occupato dalle varie voci e dai principali strumenti. La voce maschile ha una frequenza fondamentale intorno agli 80 c/s, quella femminile intorno ai 120 c/s; le esperienze telefoniche hanno però dimostrato che si possono eliminare le frequenze sotto i 300 c/s della voce senza alterare sensibilmente la intelligibilità.

Per spettro di una voce o di uno strumento s'intende la curva esprimente la variazione dell'intensità sonora al variare della frequenza. Nel caso del pianoforte, lo spettro relativo ad una data nota può variare notevolmente con la forza del tocco.

La zona dell'udito e l'audiogramma.

È possibile tracciare una figura che indichi quale sia la zona dell'udito, visto che esistono suoni tanto bassi o tanto alti da non poter essere intesi, e visto che ve ne sono altri tanto deboli o tanto forti da non poter neppure essere intesi, o da causare non una sensazione ma un dolore.

Segnando le sensazioni auditive minime e massime in corrispondenza delle va-

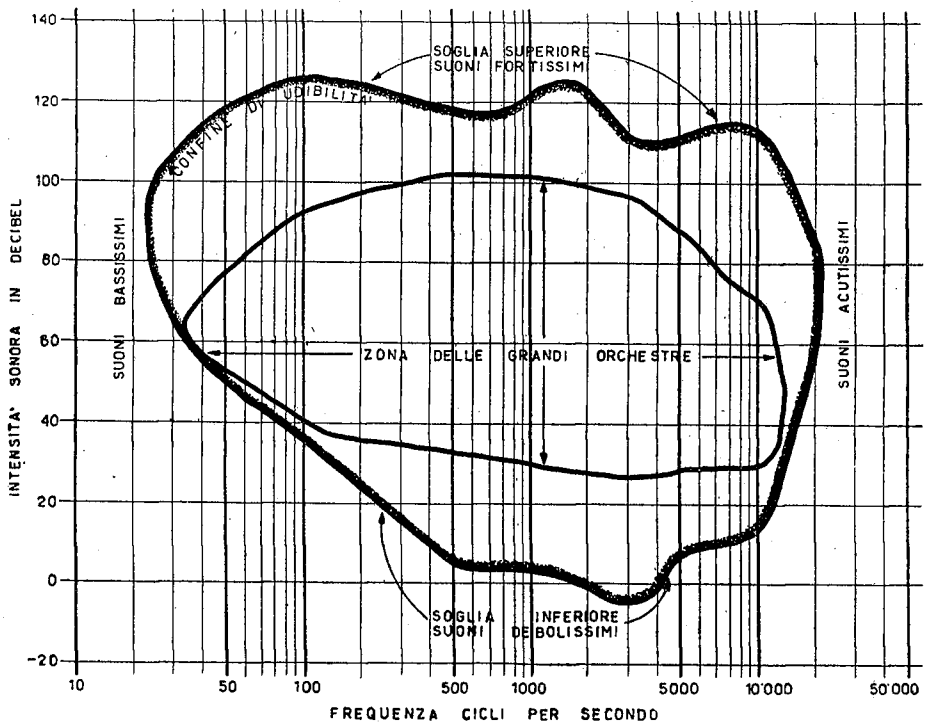


Fig. 1.14. - Zona d'udibilità dei vari suoni al variare della loro frequenza e della loro potenza.

rie frequenze, si ottiene appunto la fig. 1.14; essa indica quale conformazione abbiano i confini d'udibilità. A sinistra sono indicati i livelli sonori relativi alle frequenze più basse. Le note più basse del pianoforte, a 27 ed a 32 c/s, non si possono sentire se non ad un livello sonoro assai alto, di circa 80 decibel; però se il livello è oltre i 100 decibel, la sensazione si trasforma in malessere; sicché il campo d'udibilità di queste note è molto limitato, essendo compreso tra 80 e 100 decibel.

Note musicali a 50 c/s si sentono già a circa 50 decibel, e danno dolore solo a 120 decibel. La zona d'udibilità più estesa è quella relativa a frequenze da 500 a

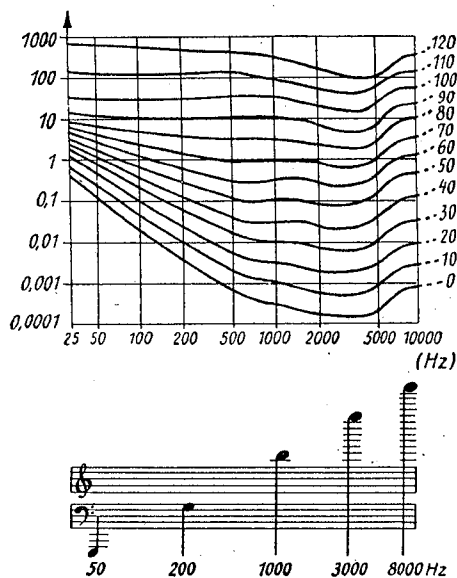


Fig. 1.15. - Audiogrammi indicanti come deve variare l'intensità sonora alle diverse frequenze affinché rimanga costante la sensazione auditiva espressa in decibel.

5000 c/s. Anche i suoni molto acuti non si sentono se non quando sono già molto forti. Una nota a 20 mila cicli si sente solo se è molto intensa, a circa 45 decibel.

Nella figura è indicata la zona sonora « occupata » dalle grandi orchestre; essa può dare un'idea della vastità della gamma di frequenze musicali e della gamma delle intensità sonore che le grandi orchestre sono in grado di sviluppare.

Si traccia un audiogramma quando si esprime con una curva la variazione d'intensità sonora necessaria per conservare inalterata una data sensazione sonora al variare della frequenza. La fig. 1.15 illustra varie curve di questo tipo. Ciascuna curva corrisponde ad un dato livello sonoro in decibel; si riferisce alle variazioni di rapporto d'intensità sonora al variare della frequenza. Nella figura, la scala dei rapporti,

a sinistra, non ha inizio con 1 poiché essa si riferisce a misure di pressione sonora espresse in dine per centimetro quadrato. Il significato però non varia. A destra è indicato il livello in decibel corrispondente alle varie curve. Un suono a 25 c/s deve essere quasi 5000 volte più intenso di un altro a 2500 cicli, per determinare la stessa sensazione a zero decibel, ossia per essere appena percettibile. Non avviene la stessa cosa quando si tratta di livello sonoro molto alto; in questo caso bastano piccole variazioni d'intensità sonora per conservare inalterata l'entità della sensazione al variare della frequenza.

Gli audiogrammi, detti anche *curve isofoniche*, sono frequentemente usati per stabilire le condizioni d'udibilità delle persone deboli d'udito, per stabilire le condizioni acustiche di un ambiente, quelle di assorbimento dei vari materiali isolanti, ecc.

3. — L'ORECCHIO

Caratteristiche basilari dell'orecchio.

La parte più importante dell'orecchio è simile ad un prodigioso, complicatissimo pianoforte, con ben 24 mila corde musicali, realizzato con precisione così estrema da poter avere le dimensioni di un piccolo pisello.

Le corde di questo pianoforte-pisello vibrano in corrispondenza alle note di varia altezza. Sono perciò di varie lunghezze; la più lunga, quella che vibra quando all'orecchio giunge il suono più basso percettibile, misura 1,6 millimetri; la più corta, posta all'altra estremità, misura appena 0,14 millimetri. Dall'intensità del suono dipende l'ampiezza delle loro vibrazioni. Le corde più lunghe sono spaziate, le più corte sono fitte.

Uno strumento che emetta un *la* a 435 c/s, determina la vibrazione della corrispondente corda musicale a frequenza 435 c/s dell'orecchio, nonché quella di altre corde a frequenze armoniche, a 870 c/s, a 1305 c/s, ecc. L'orecchio costituisce uno « specchio sonoro » estremamente fedele. Non è però ben chiaro come esso funzioni, anche soltanto dal punto di vista acustico, poiché non s'intende come una corda lunga appena 1,6 mm possa vibrare a frequenza tale da richiedere in un pianoforte una corda lunga ben 1 metro ed 80 centimetri. L'esperimento dimostra che se le corde più lunghe si deteriorano o si spezzano, l'orecchio non può più percepire i corrispondenti suoni bassi. Con l'avanzare dell'età le corde più corte, quelle che vibrano alle note più alte, si atrofizzano, specie nel tratto tra 14 000 e 20 000 cicli.

Non sono le onde sonore dell'aria a mettere in vibrazione le 24 mila corde del pianoforte-pisello, poiché basterebbe il pulviscolo sospeso in essa per rendere rapidamente inutilizzabile un organo di così alta delicatezza. Le 24 mila corde, dette *fibrille*, sono tese lungo un tubetto di natura ossea, piegato a spirale, a forma di chiocciola, pieno di un liquido speciale, detto *endolinfa*. Il pianoforte è dunque a forma di chiocciola, e vien detto *coclea*.

Le onde sonore dell'aria, raccolte dal padiglione dell'orecchio si propagano

lungo il canale uditivo, lungo circa 25 mm, e vanno ad esaurire la loro forza su una membrana che chiude completamente il canale. È la *membrana del timpano*, tesa come la pelle di un tamburo e fissata ad una cornice ossea. Le pressioni propagantisi nell'aria sotto forma di onde sonore determinano vibrazioni della membrana; ma poiché le pressioni corrispondenti ai suoni debolissimi sono estremamente lievi, la sensibilità della membrana del timpano è prodigiosa. Uno spostamento d'aria di appena due miliardesimi di mm, paragonabile alla variazione di pressione atmosferica determinata dal sollevare la testa di 7,5 centimetri, è già sufficiente per mettere in vibrazione la membrana del timpano.



Fig. 1.16. - Tutte le voci, tutti i suoni e tutti i rumori sono presenti nella coclea, l'auditorio-pisello esistente nell'orecchio interno.

La membrana possiede anche la straordinaria facoltà di variare automaticamente la propria elasticità; diventa più elastica in presenza di suoni bassi, ai quali corrispondono vibrazioni più ampie, data la maggior energia posseduta, e più rigida in presenza di suoni acuti. I suoni di una grande orchestra sono rappresentati da un susseguirsi di onde multiformi, le quali determinano complesse ed armoniche vi-

brazioni della membrana del timpano. Essa si rinnova nel tempo, ed in caso di lesione si ripara.

Al lato opposto della membrana del timpano è necessario vi sia la stessa pressione d'aria esistente nel canale auditivo. Se dietro la membrana vi fosse il vuoto, o aria molto rarefatta, la membrana verrebbe immediatamente sfondata dalla pres-

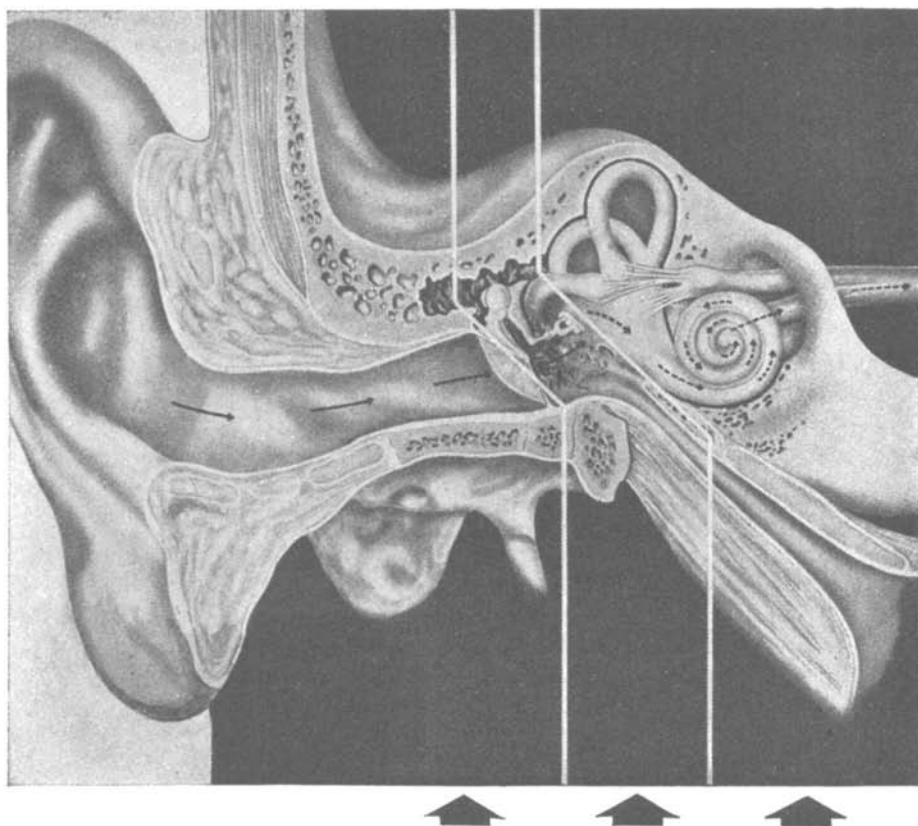


Fig. 1.17. - Le varie parti costituenti l'orecchio esterno, medio e interno. La conformazione della coclea e le sue due finestre sono illustrate anche dalla fig. 1.18.

sione dell'aria antistante. Avverrebbe la stessa cosa se posteriormente la pressione fosse più alta. Affinché la pressione sia eguale ai due lati, un apposito canale comunica con la bocca; è detto *canale d'Eustachio*, ed è ben visibile in fig. 1.17.

Le parti dell'orecchio sono dunque tre: quella anteriore alla membrana, quella posteriore e, infine, la coclea. Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse al liquido presente nell'interno della coclea. All'entrata del tubetto con le

24 mila corde vi è una seconda membrana, la quale costituisce l'ingresso dell'orecchio interno, v. fig. 1.18. Le vibrazioni della prima membrana vengono trasmesse a questa seconda membrana, dalla quale si propagano nella endolinfa, e quindi alle corde.

La seconda membrana ha forma ovale e la sua superficie è circa la ventesima parte di quella del timpano; essa chiude una « finestra » non più grande della cruna di un ago. Senza qualche particolare accorgimento, le vibrazioni sonore impresse all'endolinfa si propagherebbero sino in fondo alla chiocciola, e poi, riflesse dalle pareti, ritornerebbero indietro, mettendo due volte in vibrazione le fibrille, ciò che non deve avvenire. È necessario che l'energia delle vibrazioni si esaurisca in qualche modo, e non ritorni indietro.

A tale scopo, le 24 mila fibrille sono intessute in una sottilissima membrana, di qualche millesimo di millimetro, la quale divide in due parti il tubetto avvolto a spirale; lo divide insieme con un particolare sostegno osseo, il quale fa anch'esso da parete divisoria. La finestra ovale è presente su una sola metà del tubetto, la metà

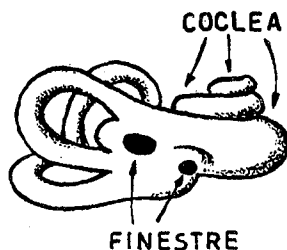


Fig. 1.18. - Il labirinto, ossia i canali semicircolari orientati a 90 gradi tra di loro, e la coclea con le sue due finestre.

superiore, detta *galleria superiore* o *canale semicircolare superiore* o anche *rampa vestibolare* oppure *scala vestibulae*. Le vibrazioni della piccola membrana si propagano nella endolinfa presente in questa galleria superiore, e poi a quella presente nella galleria inferiore, detta anche *rampa timpanica* o *scala tympani*. Questa seconda galleria finisce anch'essa con una « finestra », di forma rotonda, chiusa da una membrana, la quale ha il solo scopo di assorbire l'energia vibratoria rimasta.

La lunghezza di ciascuna delle gallerie è di 32 millimetri; il punto in cui esse comunicano è detto *elicotrema*. L'avvolgimento comprende due spirali e tre quarti.

La membrana del timpano non potrebbe comunicare le sue vibrazioni direttamente all'endolinfa, data la diversa *impedenza acustica*, un po' come la valvola finale di potenza non può comunicare direttamente con la bobina mobile dell'altoparlante, appunto per la diversa impedenza. Come è necessario un trasformatore adattatore, così è necessario un adattatore delle due impedenze, costituito da un dispositivo di tre ossicini, tra le due membrane, presente nell'orecchio medio. La membrana del timpano ha la stessa impedenza caratteristica dell'aria, di 42 ohm acustici; la parte in-

terna dell'orecchio, ossia la coclea, ha un'impedenza molto maggiore, intorno ai 150 000 ohm acustici.

Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse alla catena degli ossicini, prima al martello, quindi all'incudine e infine alla staffa, la quale poggia sulla membrana ovale, ingresso dell'orecchio interno. In fig. 1.17 i tre ossicini si vedono abbastanza nitidamente.

Le vibrazioni della staffa risultano ridotte, rispetto a quelle della membrana del timpano, nella proporzione di 1,5 a 1; dato che la superficie della membrana ovale è circa la ventesima parte di quella del timpano, la pressione sull'endolinfa è circa 60 volte maggiore di quella delle onde sonore sulla membrana del timpano; il principio è un po' quello della leva idraulica.

La coclea è collegata a tre canali semicircolari, orientati ad angoli di 90° tra di loro, nei quali ha sede il senso dell'equilibrio, che non partecipano al fenomeno uditivo. L'insieme della coclea e dei tre canali vien detto *labirinto*.

Ciascuna delle 24 mila fibrille della coclea è collegata per cavo diretto con una zona del cervello; ne risulta che dall'orecchio parte un cavo uditivo composto di 24 mila conduttori isolati. Nella coclea c'è « qualche cosa », in corrispondenza di ciascuna fibrilla, in grado di tradurre la vibrazione meccanica in onda elettrica di forma corrispondente. L'orecchio si comporta un po' come una centrale telefonica, dalla quale partono continui messaggi a misteriosi abbonati in grado di interpretarli.

Ciascuno di noi sente la propria voce in modo diverso da come la sentono gli altri, per il fatto che parte delle onde sonore prodotte dalle corde vocali giungono nell'orecchio medio, tramite il canale d'Eustachio, ed agiscono direttamente sulla catena degli ossicini.

LA RIPRODUZIONE SONORA

Elementi basilari.

Il suono può venir convertito in tensione elettrica alternativa, una tensione costituita da onde elettriche, simili a quelle sonore. Le onde di tensione elettrica si propagano lungo fili conduttori, mentre le onde sonore si propagano nell'aria.

Questo fenomeno è alla base di tutta l'*audiotecnica*.

La tensione elettrica alternativa che riproduce il suono vien detta *tensione audio* o *tensione ad audiofrequenza* o *segnale audio*.

Il suono viene convertito in tensione audio mediante il *microfono*. Il microfono capta le onde sonore, entra in vibrazione e genera la tensione audio.

La tensione audio può venire, a sua volta, riconvertita in suono. Questo è il secondo fenomeno alla base dell'*audiotecnica*. La riconversione è ottenuta mediante l'*altoparlante*.

L'AMPLIFICAZIONE AUDIO. — La tensione audio così come viene fornita dal microfono è sempre debole, non adatta per far funzionare l'*altoparlante*; essa può però venir notevolmente amplificata, sino a raggiungere ampiezze tali da far funzionare uno o più *altoparlanti*, ed essere riconvertita in voci e suoni adatti per una piccola stanza di soggiorno oppure per una vasta piazza.

L'apparecchiatura a transistor utilizzata per elevare la tensione audio all'ampiezza necessaria, è l'*amplificatore audio*.

La possibilità di amplificare convenientemente la tensione audio, costituisce il terzo fenomeno alla base dell'*audiotecnica*.

Esistono numerose versioni dell'*amplificatore audio*. Esso è sempre provvisto di un'entrata, alla quale è collegato il microfono, mediante un apposito cavo, e di un'uscita, alla quale è collegato l'*altoparlante*. L'entrata è a sinistra, l'uscita a destra.

La potenza dell'*amplificatore* è indicata in watt. Un piccolo *amplificatore* può avere la potenza di 1 watt; un grande *amplificatore* può avere quella di 50 watt.

LA REGISTRAZIONE AUDIO. — La tensione audio può venir utilizzata per tre diverse forme di registrazione:

- a) l'incisione su dischi fonografici,
- b) la registrazione su nastri magnetici,
- c) la formazione della colonna sonora dei film.

La tensione audio può venir ricavata dai dischi mediante il *fonorivelatore* del quale sono provvisti i giradischi; dai nastri magnetici mediante la *testina magnetica* di cui sono provvisti i registratori; dai film mediante la *fotocella* di cui sono provvisti gli apparecchi di proiezione cinematografica.

Il fonorivelatore, la testina magnetica e la fotocella sono sempre seguiti da un *amplificatore*, la cui uscita è collegata all'altoparlante, o al gruppo di altoparlanti, per la riproduzione delle voci e dei suoni.

LA SORGENTE DI SEGNALE. — Il microfono capta ciò che gli perviene dalla *sorgente sonora*; un'orchestra è, ad es., una sorgente sonora. I dischi fonografici, i nastri magnetici e le colonne sonore dei film sono invece *sorgenti di segnale*. Il microfono è anch'esso una sorgente di segnale.

LA CATENA AUDIO. — L'insieme dei dispositivi necessari per ottenere una registrazione o una riproduzione sonora formano una *catena*. In una fonovaligia, ad es., il disco, il fonorivelatore, l'amplificatore e l'altoparlante formano una *catena audio*. Ciascun dispositivo è un *elemento della catena*.

IL SEGNALE AUDIO. — Il segnale si misura in millivolt. A ciascuna sorgente di segnale corrisponde un certo segnale, ossia una certa tensione audio. In genere, la tensione audio in millivolt, corrispondente alle varie sorgenti di segnale, è la seguente:

- a) microfono 5 millivolt,
- b) fonorivelatore magnetico 3,5 millivolt,
- c) fonorivelatore a cristallo 300 millivolt,
- d) sintonizzatore radio 150 millivolt,
- e) registratore magnetico 100 millivolt.

LA FONOVALIGIA. — È provvista di un piatto giradischi, messo in azione da un motorino elettrico, di un fonorivelatore a cristallo, di un amplificatore e da un altoparlante. Il fonorivelatore fornisce un segnale audio di notevole ampiezza, per cui è sufficiente un amplificatore a quattro transistor, il primo dei quali in funzione di preamplificatore, ed i due ultimi nello stadio finale in controfase. Il terzo provvede al pilotaggio dei due finali. L'amplificazione è modesta; la resa d'uscita è generalmente di 1 watt. La riproduzione sonora è abbastanza uniforme tra i 100 e i 2000 cicli, essendo a bassa fedeltà. I controlli si limitano spesso al solo volume sonoro; a volte è presente anche il controllo di tono.

IL GIRADISCHI. — Si distingue nettamente dalla fonovaligia, in quanto provvede alla sola rotazione del disco nei complessi ad alta fedeltà. È provvisto di fonorivelatore magnetico, a bassa resa d'uscita. Il braccio è dinamicamente bilanciato, con contrappeso regolabile. Il piatto è pesante, di tipo antimagnetico, del diametro

di 30 centimetri. È provvisto di regolatore magnetico per la discesa del braccio. La testina è provvista di cartuccia sostituibile. Il motore elettrico è asincrono a quattro poli, in grado di mantenere la velocità di rotazione praticamente costante, anche per variazioni del 10 per cento della tensione di alimentazione. Viene usato per registrazioni ad alta fedeltà, collegato all'entrata del preamplificatore.

IL SINTONIZZATORE. — È detto anche *tuner*. È un apparecchio radio a modulazione di frequenza, sprovvisto dell'amplificatore audio e dell'altoparlante. Il segnale audio proveniente dal rivelatore viene applicato all'entrata del preamplificatore, in modo da ottenere una riproduzione sonora ad alta fedeltà, impossibile con il solo apparecchio radio. Il sintonizzatore consente la ricezione delle emittenti FM, nella gamma da 87 a 108 megacicli. La risposta di frequenza è ottima, compresa tra 20 e 18 000 cicli, senza parassiti atmosferici o rumori estranei.

La fig. 2.1 illustra un tipico sintonizzatore. A destra in alto vi è la manopola di sintonia, al centro la scala graduata in megacicli, a sinistra l'indicatore ottico di sintonia. In basso a destra vi sono quattro pulsanti corrispondenti a quattro emittenti FM, preregolate. A sinistra vi è l'interruttore e l'inversore mono-stereo.

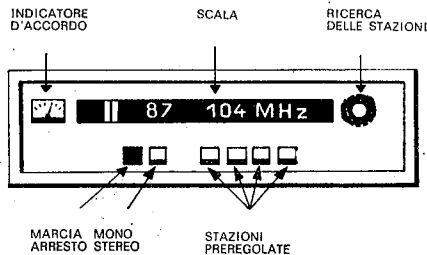


Fig. 2.1. - Esempio di sintonizzatore radio FM

Quest'ultimo è necessario quando, come nell'esempio fatto, si tratta di sintonizzatore che può captare anche trasmissioni radio stereofoniche. Un apposito decoder consente la compatibilità, ossia tanto la ricezione delle emissioni monofoniche quanto di quelle stereofoniche.

IL REGISTRATORE MAGNETICO. — Oltre che dai dischi o da onde radio, il segnale audio può venir ottenuto dal nastro magnetico preregistrato delle musicassette. L'apparecchio più semplice è il *suonanastrì*, adatto per la sola riproduzione sonora da musicassette. Apparecchiature più complesse sono i registratori magnetici veri e propri i quali consentono sia la riproduzione di musicassette, quanto la registrazione su nastro magnetico. Il nastro magnetico scorre su una testina magnetica, nella quale si forma il segnale audio. Esso giunge all'amplificatore contenuto nell'apparecchio. Voci e suoni vengono riprodotti dall'altoparlante incorporato.

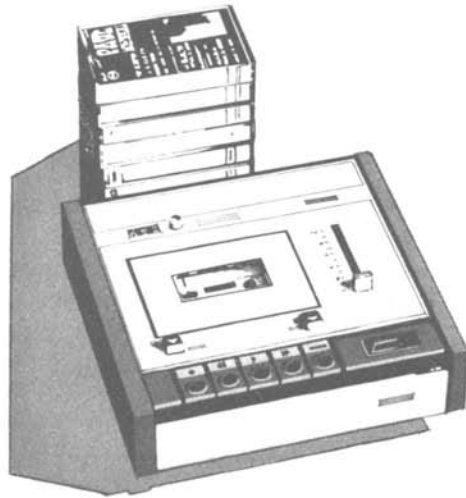


Fig. 2.2. - Tipico suonastri a musicassette. (V. cap. dodicesimo).

I suonastri sono di piccole dimensioni. Consentono solo riproduzioni monofoniche. Gli altri registratori sono generalmente stereofonici. Alcuni sono quadrifonici. I monofonici utilizzano una traccia magnetica del nastro, gli stereofonici due e i quadrifonici quattro.

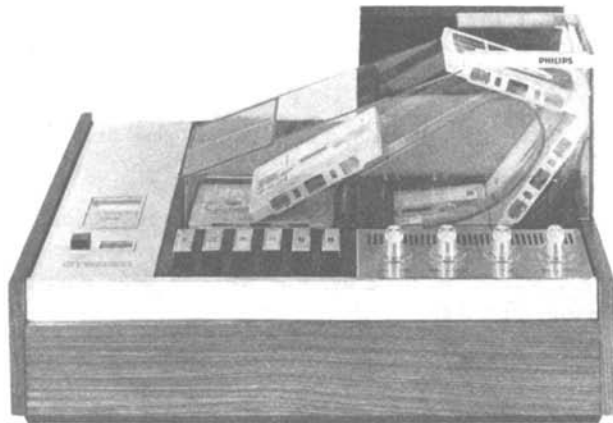


Fig. 2.3. - Registratore magnetico con cambiamento automatico delle musicassette.

Alcuni registratori magnetici consentono il cambiamento automatico delle musicassette, esattamente come avviene per i dischi che possono venir cambiati automaticamente da appositi giradischi.

I registratori magnetici ad alta fedeltà funzionano con bobine di nastro magnetico al posto di quello delle musicassette. La velocità di scorrimento del nastro è maggiore. Mentre la velocità del nastro delle musicassette è di 4,5 centimetri al secondo, quello dei registratori Hi-Fi è di 19 cm/secondo.

L'amplificatore.

La riproduzione di voci e di suoni è possibile elevando alquanto l'ampiezza del segnale audio proveniente da una sorgente qualsiasi, microfono, fonorivelatore, testina magnetica, fotocella, ecc. È ottenuta con la cuffia di ascolto oppure con l'altoparlante, od anche con gruppi di altoparlanti. Ad aumentare l'ampiezza del segnale provvede l'amplificatore audio. L'amplificazione è ottenuta con un certo numero di transistor o di valvole elettroniche. Attualmente la quasi totalità degli amplificatori funziona a transistor. Sono in uso anche amplificatori a circuiti integrati, appartenenti alla categoria dei transistor.

L'amplificatore è provvisto di un'entrata e di un'uscita. All'entrata viene collegata la sorgente di segnale, all'uscita va collegata la cuffia o l'altoparlante. L'ampiezza del segnale amplificato, presente all'uscita, può venir regolata ruotando la manopolina di un potenziometro, in funzione di controllo di volume.

Gli amplificatori si distinguono per la loro potenza, indicata in watt.

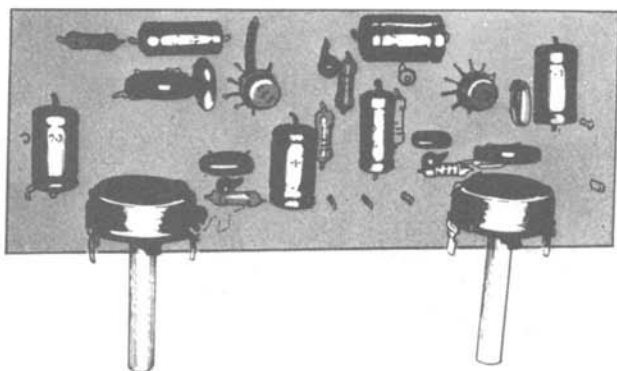


Fig. 2.4. - Piccolo amplificatore stereofonico a due circuiti integrati. (V. cap. ottavo).

Gli amplificatori molto piccoli, a due o tre transistor, sono di potenza limitatissima, inferiore ad 1 watt. L'amplificatore audio contenuto in una radiolina tascabile può essere di 100 milliwatt, quello di una piccola fonovaligia può essere di 1 watt, quello contenuto in un registratore magnetico è in genere di 2 watt. Gli amplificatori di media potenza sono da 4 watt, da 8 watt e da 12 watt. Per i complessi sonori adatti per grandi ambienti, ad esempio una vasta chiesa, sono provvisti di amplificatori di grande potenza, da 20, 40, 60 watt. Per far giungere la voce in una

grande piazza è necessario un amplificatore di grandissima potenza, da 100 watt e più.

Gli amplificatori di minima potenza, inferiore ad 1 watt, funzionano generalmente con una batteria di pile. Le fonovaligie ed i registratori portatili sono provvisti di batteria di pile e di alimentatore da collegare alla rete-luce. Gli amplificatori di media e di grande potenza funzionano soltanto con alimentatore in corrente alternata.

PARTI PRINCIPALI DELL'AMPLIFICATORE. — L'amplificatore consiste di tre parti:

- a) il preamplificatore di tensione;
- b) l'amplificatore di potenza;
- c) l'alimentatore.

Il *preamplificatore* è necessario per elevare la tensione del segnale audio quanto necessario per consentire il funzionamento dell'amplificatore di potenza. Funziona con alcuni transistor appositi, adatti per amplificare fortemente segnali audio molto deboli. Il primo transistor è detto d'entrata. Il segnale audio amplificato da esso

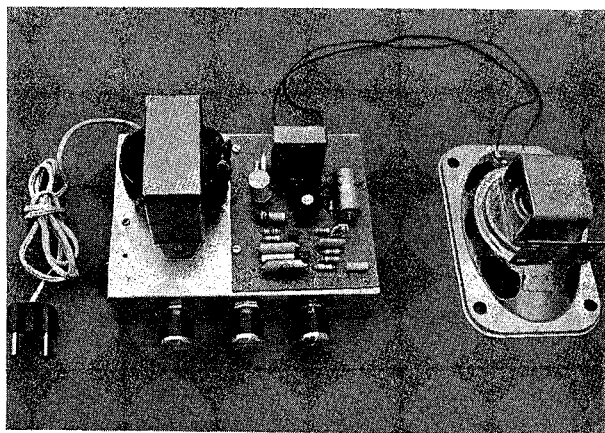


Fig. 2.5. - Amplificatore da 4 watt, con un circuito integrato, alimentato dalla rete-luce.

giunge al secondo transistor, il quale lo amplifica a sua volta. Generalmente sono sufficienti due transistor. Sono necessari preamplificatori a tre o quattro transistor, uno di seguito all'altro, quando all'entrata è collegata una sorgente di segnale a basso livello, ad es. un microfono magnetico o un fonorivelatore magnetico.

Ciascun transistor amplificatore appartiene ad uno stadio.

Il preamplificatore comprende anche i regolatori. Il principale è il regolatore di volume, detto generalmente controllo di volume. Molti preamplificatori sono prov-

visti anche di un regolatore di tono. Quelli per impianti ad alta fedeltà possiedono due controlli di tonalità, uno per i toni alti e l'altro per i toni bassi.

L'amplificatore di potenza è necessario dato che deve far funzionare un dispositivo in movimento, il quale richiede una certa intensità di corrente, come lo è appunto la cuffia di ascolto e molto di più l'altoparlante. Consiste di uno o di due transistor appositi, di potenza, adatti per basse amplificazioni ma per forti correnti ad audiofrequenza.

Sono pochi gli amplificatori ad un solo transistor finale. La maggior parte possiede due transistor nello stadio finale di potenza. Tale stadio è preceduto da un



Fig. 2.6. - Esempio di amplificatore audio di grande potenza (130 watt). (V. cap. decimo).

transistor pilota, i transistor finali si riscaldano notevolmente durante il funzionamento. Sono provvisti di piastrine dissipatrici di calore, allo scopo di evitare che si riscaldino troppo e si danneggino.

LA RISPOSTA DI FREQUENZA. — La qualità dell'amplificatore è determinata dalla sua risposta di frequenza, ossia dalla sua capacità di amplificare uniformemente tutte le frequenze del segnale audio. Tali frequenze sono comprese entro una gamma molto estesa, dai toni più bassi, corrispondenti alla banda da 20 a 200 cicli, a quelli più alti, da 5000 a 20 000 cicli. Per la riproduzione ad alta fedeltà è necessaria anche l'amplificazione delle armoniche superiori dei vari strumenti musicali, le quali giungono sino a 60 000 cicli. La gamma principale è quella dai 20 ai 20 000 cicli. La banda centrale va da 1000 a 3000 cicli.

Ai piccoli amplificatori, ad es. a quelli delle fonovaligie e dei suonastri, non è richiesta un'ampia risposta di frequenza. Essi si limitano ad amplificare quasi uniformemente tutte le frequenze audio della banda centrale. Agli amplificatori ad alta fedeltà è invece richiesta una prestazione molto diversa, corrispondente ad una uniforme amplificazione delle frequenze comprese tra 100 a 30 000 cicli.

Le frequenze molto basse sono difficilmente amplificabili. Quelle comprese tra 20 e 100 cicli non si possono mai amplificare senza notevole attenuazione rispetto a quelle della banda centrale. Altrettanto avviene per le frequenze estremamente alte, oltre i 30 000 cicli.

La fig. 2.7 indica con una tratteggiata la curva di risposta di frequenze di un amplificatore di piccola potenza, di 1 watt. Le frequenze del segnale audio sotto i 200 cicli non vengono amplificate per nulla. Vengono scarsamente amplificate quelle tra 200 e 600 cicli, e quelle tra i 3000 e i 9000 cicli. Risultano abbastanza bene amplificate le frequenze tra i 600 e i 3000 cicli. La risposta non è lineare per nessun tratto di frequenze.

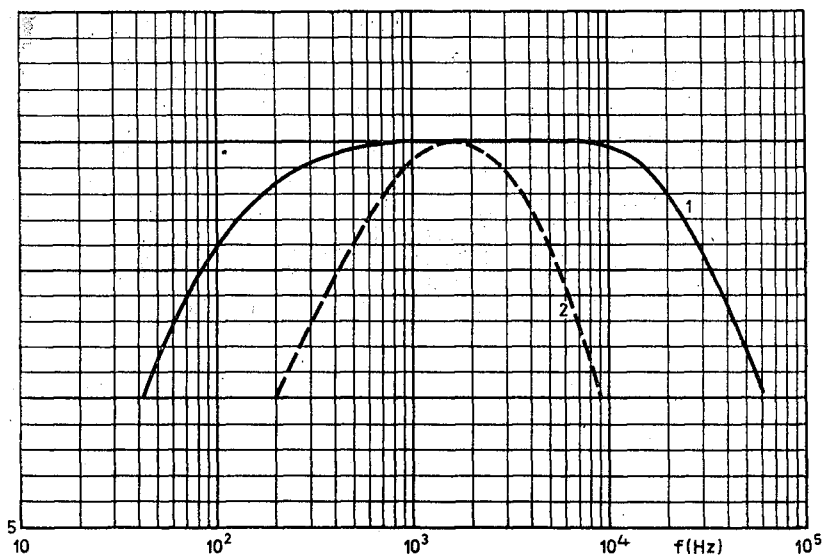


Fig. 2.7. - Due curve di responso di frequenza, ad alta fedeltà (1) e a bassa fedeltà (2).

Lineare è invece da considerare la risposta di frequenza dell'amplificatore ad alta fedeltà, di cui il tratto pieno. Il tratto lineare va praticamente da 500 a 10 000 cicli. Risultano ancora bene amplificate le frequenze sino ad 80 cicli da un lato e 32 000 dall'altro.

Va notato che tanto alle frequenze molto basse quanto a quelle molto alte corrispondono notevoli disturbi, rumori e fruscii che possono danneggiare alquanto la riproduzione. È necessario quindi che l'amplificatore non si limiti ad amplificare una vastissima gamma di frequenze, ma che elimini anche tutte quelle indesiderabili, cosa questa non facile.

Infine va notato che la curva di fedeltà può venir ampiamente variata ai due

estremi con i controlli di tonalità, ossia con il controllo dei toni bassi e con quello dei toni alti. Di essi è detto nel capitolo nono.

POTENZA E DISTORSIONE. — Non è sufficiente che l'amplificatore consenta di ampliare le varie frequenze del segnale entro una gamma molto estesa, è anche indispensabile che l'amplificazione avvenga senza distorsione. Tutti indistintamente gli amplificatori determinano una forte distorsione del segnale audio quando funzionano alla massima potenza. È per questa ragione che vengono utilizzati, quando è possibile, amplificatori di potenza notevolmente maggiore della necessaria, per farli funzionare a potenza ridotta, in modo da evitare la zona ad alta distorsione.

I piccoli amplificatori determinano una distorsione del 10 per cento, quando vengono fatti funzionare a potenza piena. Gli amplificatori ad alta fedeltà determinano invece una distorsione massima dell'1 per cento.

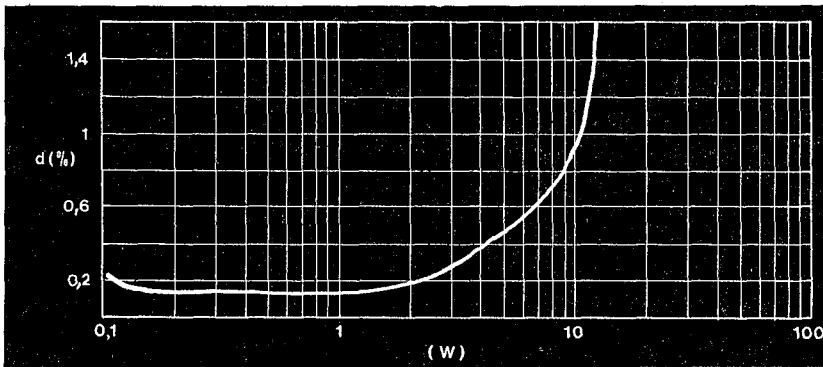


Fig. 2.8. - Curva della percentuale di distorsione, in funzione della potenza d'uscita, di un amplificatore ad alta fedeltà.

La fig. 2.8 riporta la curva della distorsione in funzione della potenza d'uscita, di un amplificatore ad alta fedeltà. La potenza massima è di 10 watt, con distorsione dell'1 per cento. È adatto per funzionare con potenza di non oltre i 2 watt, in modo che la distorsione non abbia mai a superare lo 0,2 per cento.

La qualità della riproduzione sonora.

A seconda dell'ampiezza della gamma audio riprodotta, e a seconda della distorsione presente, la riproduzione sonora può essere: a) a bassissima fedeltà, b) a bassa fedeltà, c) a media fedeltà e, infine, d) ad alta fedeltà.

È a bassissima fedeltà la riproduzione sonora ottenibile con gli apparecchietti tascabili a transistor; è a bassa fedeltà quella ottenibile con la maggior parte degli apparecchi radio di piccole dimensioni e con le piccole fonovaligie; è a media

fedeltà quella degli apparecchi radio di classe elevata e delle fonovaligie di dimensioni normali, nonché quella degli amplificatori di tipo usuale. Sono ad alta fedeltà soltanto i complessi di amplificazione di alta classe, di potenza elevata e di costruzione particolare.

Le sorgenti sonore ad alta fedeltà sono: le trasmissioni radio a modulazione di frequenza, i dischi a microsolco e i nastri magnetici registrati a velocità elevata.

Migliore è la qualità della riproduzione, maggiore è anche la riserva di potenza del complesso di amplificazione audio. La riserva di potenza è utilizzata per l'esaltazione delle frequenze basse (toni bassi) e delle frequenze alte (toni alti). Senza tale esaltazione, i toni bassi e i toni alti vengono amplificati insufficientemente, rispetto i toni della gamma centrale (da 300 a 3000 cicli/secondo). In tal caso, ossia

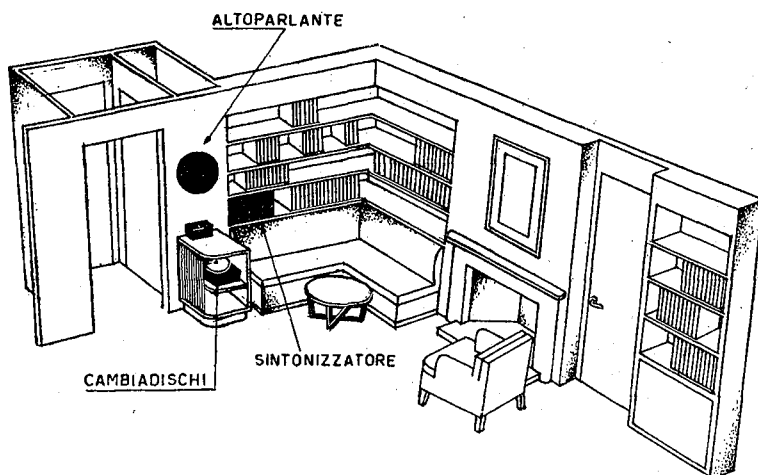


Fig. 2.9. - Disposizione opportuna dell'impianto solo quando l'altoparlante può venir fissato ad una delle pareti. In figura è fissato ad una delle pareti di un armadio a muro. Anche l'amplificatore è sistemato nell'armadio.

con insufficiente amplificazione dei toni bassi e di quelli alti, non vi è alta fedeltà di riproduzione.

L'amplificatore ad alta fedeltà è provvisto di due controlli di responso, uno per i toni bassi e l'altro per i toni alti, appunto per regolare la riserva di potenza a ciascuno dei lati della intera gamma audio. Uno dei controlli consente la regolazione dell'amplificazione dei toni bassi, da un minimo sino alla massima esaltazione, l'altro controllo consente la stessa regolazione per i toni alti.

L'ottima riproduzione dei programmi radiofonici e dei dischi fonografici, particolarmente dei dischi a microsolco, può essere ottenuta soltanto con la disposizione razionale dei vari elementi del complesso sonoro.

Essi sono:

- a) il sintonizzatore-radio per la ricezione delle principali emittenti radiofoniche a modulazione di frequenza, particolarmente progettato e realizzato, in modo da limitare al minimo ogni forma di distorsione e di disturbo;
- b) il giradischi, provvisto di rivelatore a stilo, per dischi a 78,26 giri e per quelli a 45, a 33,3 e a 16,6 giri;
- c) l'amplificatore ad ampio responso lineare di frequenza, di potenza adeguata, e provvisto di preamplificatore;
- d) l'altoparlante, o gli altoparlanti, sistemati nella apposita cassa acustica o su « schermo infinito », oppure la cuffia d'ascolto.

La fig. 2.9 illustra un esempio tipico di disposizione degli elementi del complesso sonoro in una stanza di soggiorno; l'altoparlante è sistemato nell'apposita cassa armonica del tipo Bass Reflex, della quale è detto ampiamente nel capitolo quinto. Gli altri elementi sono distribuiti intorno ad esso. La fig. 2.9 indica un esempio di altoparlante sistemato su una parete della stanza.

La fig. 2.10 illustra la riunione dei quattro elementi in due custodie; in questo caso s'intende che l'altoparlante non è sistemato nella custodia, ma in cassa armonica posta nella custodia, sotto l'amplificatore anziché altrove. Va tenuto presente che l'altoparlante può riprodurre una vastissima gamma di audiofrequenze solo se sistemato in apposita cassa armonica, progettata in base alla sua potenza ed al diametro del suo cono. Diversamente riproduce solo una frazione di tale gamma, oltre a determinare varie distorsioni.

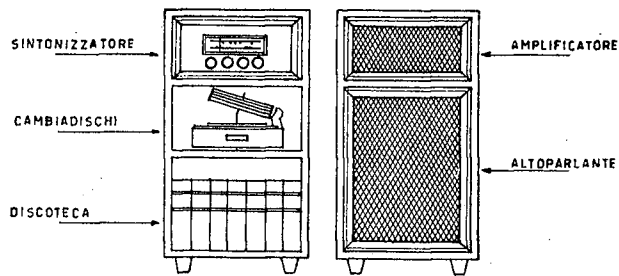


Fig. 2.10. - Disposizione razionale degli elementi componenti l'impianto sonoro per stanze di soggiorno. L'altoparlante è collocato nella propria cassa armonica, ospitata nello stesso mobile dell'amplificatore. Una sistemazione di questo tipo è senza confronto migliore di quella del comune radiofonografo.

La riproduzione stereofonica.

LA STEREOFONIA. — Quando la riproduzione sonora è tale da consentire l'ascolto di voci e suoni provenienti da due punti diversi, in modo da completarsi, si suol dire che vi è stereofonia. All'opposto si suol dire che la riproduzione è mo-

nofonica, ossia che vi è monofonia, quando le voci e i suoni riprodotti vengono diffusi da un punto solo, da un solo altoparlante, oppure da più altoparlanti collegati insieme, come se fossero uno solo.

La riproduzione stereofonica è più vicina alla reale, perché consente ai due orecchi di percepire ciascuno una diversa gamma di suoni, in modo da distinguere, ad es. gli strumenti che in un'orchestra si trovano a destra, da quelli che si trovano a sinistra.

Il senso della stereofonicità è però limitato, non essendo possibile suddividere in più di due punti la sorgente sonora, date le difficoltà tecniche conseguenti. L'effetto risulta gradevole, anche se solo parzialmente simile a quello dell'ascolto di suoni reali, provenienti dall'orchestra e non dal disco.

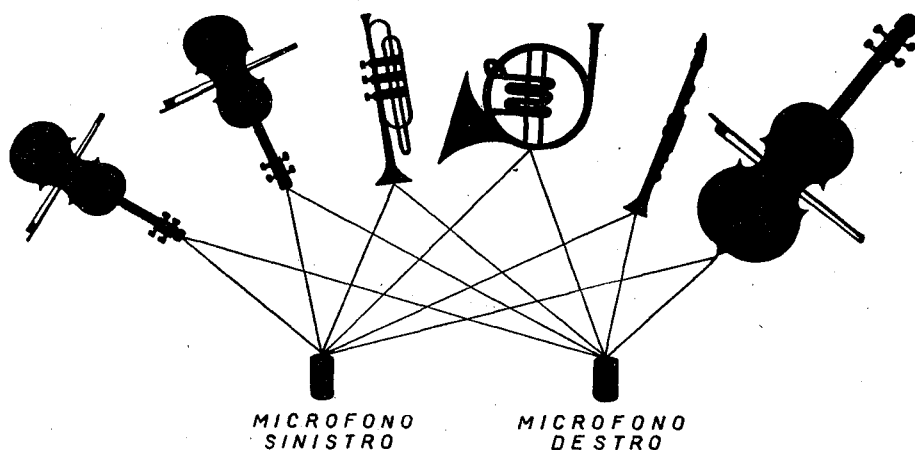


Fig. 2.11. - Per la registrazione stereofonica, due diversi microfoni captano i suoni prodotti dagli strumenti musicali.

La registrazione stereofonica è attualmente possibile con dischi fonografici e con registratori magnetici. I dischi fonografici con incisione stereofonica sono simili a quelli a microscolco; vengono riprodotti con una sola puntina; il loro solco porta due incisioni, una per ciascuno dei suoi lati. La qualità della riproduzione sonora è notevolmente elevata, ma non raggiunge quella dei dischi a microscolco di tipo monofonico, con una sola incisione per solco.

I registratori magnetici di tipo stereofonico sono provvisti dello stesso nastro magnetico in uso per la registrazione monofonica, con la differenza che mentre questi ultimi sono provvisti di due piste magnetiche, i nastri stereofonici sono provvisti di quattro piste, dato che la registrazione stereo richiede due piste.

I CANALI STEREO. — La registrazione stereofonica richiede la presenza di almeno due microfoni, quello di destra e quello di sinistra, disposti ad una certa

distanza l'uno dall'altro, da 2 a 6 metri, a seconda dell'ampiezza della sorgente sonora, ossia a seconda del numero degli strumenti costituenti l'orchestra. In pratica sono necessari due gruppi di microfoni, uno per gli strumenti situati a destra del direttore d'orchestra, e l'altro per quelli situati alla sua sinistra.



Fig. 2.12. - Esempio di fonovaligia stereofonica. Contiene un amplificatore a due canali, ed è provvista dei controlli di volume e di tonalità. I due altoparlanti formano il coperchio della fonovaligia.

A ciascun gruppo di microfoni, di destra e di sinistra, corrisponde un complesso di amplificazione. Vi sono quindi due complessi, ossia due *canali audio*, uno per ciascuna delle due incisioni presenti nel solco del disco, oppure uno per ciascuna delle due piste magnetiche del nastro.

Per la riproduzione sonora sono pure necessari due *canali audio*; sono in uso cioè amplificatori stereo provvisti di due canali, a ciascuno dei quali corrisponde un amplificatore. Il complesso è perciò costituito da due amplificatori eguali, contenuti entro un'unica custodia, provvisti di un unico alimentatore anodico, ma distinti e separati, ciascuno con la propria entrata e con la propria uscita.

Gli amplificatori stereo possono venir utilizzati anche per funzionare da monofonici; è possibile utilizzare uno solo dei due canali, oppure ambedue i canali collegati insieme, come se fossero uno solo; anche le loro uscite risultano riunite; i due altoparlanti funzionano come se fossero uno solo.

In genere vi è distinzione tra *alta fedeltà* e *stereofonia*. L'alta fedeltà consente l'ascolto di riproduzioni sonore particolarmente accurate, prive di distorsioni, relative ad estesissime gamme audio. La stereofonia consente di ottenere il senso della localizzazione spaziale degli strumenti; ma poiché il complesso sonoro necessario risulta doppio, le sue due singole parti non raggiungono l'accuratezza della singola parte del complesso ad alta fedeltà.

Anche l'incisione fonografica di tipo stereofonico non è all'altezza di quella monofonica ad alta fedeltà, in quanto il solco è utilizzato per due distinte incisioni anziché per una sola.

L'ASCOLTO STEREOFONICO IN CUFFIA. — I due altoparlanti dell'impianto stereo possono venir vantaggiosamente sostituiti con i due auricolari di una cuffia adatta per l'ascolto stereofonico. L'audizione con la cuffia riesce generalmente mi-

gliore di quella ottenibile con gli altoparlanti, più simile a quella reale. Questo avviene a causa dei difetti dell'acustica ambientale; i due altoparlanti presentano notevoli limitazioni per quanto riguarda la direzionalità caratteristica di ogni singolo strumento di un'orchestra, a seconda della loro posizione. L'acustica dell'ambiente domestico è ben diversa da quella della sala da concerti; la riflessione dei suoni da parte di pareti vicine, altera la fedeltà della riproduzione.

Essendo la cuffia provvista di due auricolari, ad uno di essi, ad esempio quello applicato all'orecchio destro, giungono esclusivamente i suoni relativi al canale destro, mentre all'altro orecchio giungono soltanto i suoni del canale sinistro. In tal modo a ciascun orecchio giungono soltanto i suoni captati da uno dei due microfoni posti nella sala da concerti. Ne risulta una distinzione acustica esatta.

Con due altoparlanti, invece, ciascun orecchio percepisce i suoni diffusi da ambedue, più quelli di uno di essi e meno quelli dell'altro. Ciascun altoparlante risulta in comunicazione diretta con ambedue gli orecchi e non con uno solo di essi. Questo fatto provoca una diminuzione di quell'effetto di presenza che è tanto importante per l'ascolto stereofonico.

Nelle abitazioni private, l'ascolto con cuffia è senz'altro da preferire. L'impianto risulta molto meno ingombrante, e richiede una potenza molto minore. È facile spostare l'impianto come si vuole. Il costo risulta anch'esso minore.

È possibile l'ascolto in cuffia anche da parte di più persone. Vi è in commercio tutta una varietà di cuffie stereofoniche, adeguate alle diverse esigenze dell'ascoltatore.

L'IMPIANTO STEREOFONICO QUADRICANALE. — È detto anche impianto stereofonico a quattro vie oppure impianto quadrisonico; è anche in uso il termine quadrifonia al posto di stereofonia. I due canali in più hanno lo scopo di far giungere all'ascoltatore anche i cosiddetti «suoni lontani», ossia quelli dovuti al riverbero da parte della sala da concerti o dell'auditorio. Si tratta di suoni che giungono all'ascoltatore da direzioni diverse da quella da cui giungono i suoni dell'orchestra.

La riproduzione quadrifonica dei suoni consente un realismo veramente impressionante, in quanto l'audizione da bidimensionale risulta tridimensionale, con il risultato che chi ascolta ha la netta impressione di trovarsi nell'auditorio, e non soltanto davanti ad un'orchestra.

I quattro canali sono così distribuiti: anteriore destro e anteriore sinistro, posteriore destro e posteriore sinistro.

La registrazione quadricanale è facile con i nastri magnetici, difficile con i dischi fonografici. Sono usati i soliti nastri magnetici per riproduzioni stereofoniche. Le piste necessarie sono quattro, come è evidente. Possono essere otto. Se sono quattro, la prima e la terza sono utilizzate per i suoni dei due canali anteriori, destro e sinistro, mentre la seconda e la quarta contengono i suoni di riverbero, ossia quelli dei due canali posteriori.

Sono necessari registratori magnetici con quattro testine di riproduzione, nonché quattro amplificatori e quattro altoparlanti, uno per ciascuno dei quattro canali.

La distribuzione spaziale dei suoni si ottiene con l'opportuna disposizione dei quattro altoparlanti. Generalmente vengono posti due di fronte all'ascoltatore, e due dietro di esso, ai quattro angoli della stanza. È anche possibile collocare tre altoparlanti di fronte, ed uno immediatamente dietro, ossia al centro della parete posteriore.

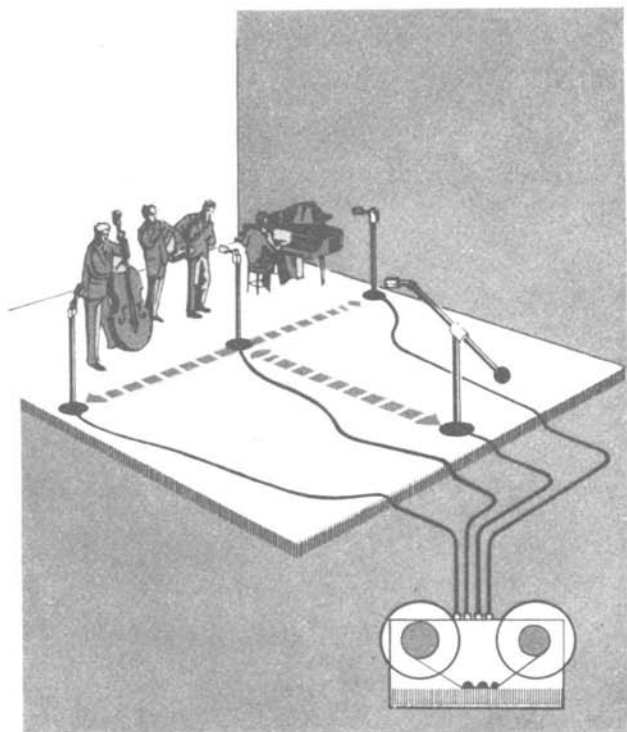


Fig. 2.13. - Esempio di registrazione quadrifonica su nastro magnetico.

Un vantaggio della quadrifonia è di poter utilizzare altoparlanti comuni, quindi poco costosi, nonché di adeguarsi bene a stanze piccole, nelle quali l'effetto tridimensionale è maggiore. Sono in uso cuffie quadrifoniche.

L'ALTOPARLANTE E LA CUFFIA STEREOFONICA

Principio di funzionamento e parti componenti.

L'altoparlante converte l'energia elettrica ad audio frequenza, presente all'uscita dell'amplificatore, in energia acustica. Tale conversione avviene in modo che la forma della corrente ad audio frequenza è riprodotta fedelmente nella forma delle onde sonore. Si suol dire che l'altoparlante è un trasduttore; per trasduttore si intende un qualunque dispositivo atto a convertire una forma di energia in un'altra qualsiasi; al posto del termine *conversione* viene usato il termine *trasduzione*. L'altoparlante è un doppio trasduttore, poiché provvede anzitutto alla trasduzione dell'energia elettrica in energia meccanica, e poi a quella dell'energia meccanica in energia acustica.

Per riproduzioni sonore in ambienti chiusi, il tipo di altoparlante più usato è quello a cono *diffusore*; in esso, un cono di carta speciale viene messo in vibrazione; le vibrazioni si diffondono direttamente nell'aria sotto forma di onde sonore. Il cono vien detto anche *diaframma* o *membrana dell'altoparlante*.

Il cono è unito ad una bobina cilindrica di filo, rigidamente fissata al suo vertice, nella quale circola la corrente ad audiofrequenza fornita dall'amplificatore. Vien detta *bobina mobile* o *bobina fonica* (voice-coil). È immersa tra le espansioni polari di un forte magnete permanente.

Un tempo, al posto del magnete permanente, l'altoparlante era provvisto di una elettrocalamita, nel cui avvolgimento circolava la corrente di alimentazione anodica. L'elettrocalamita era utilizzata anche quale bobina di livellamento dell'alimentatore. Gli altoparlanti attuali, a magnete permanente, vengono detti *magnetodinamici*; quelli provvisti di calamita venivano detti *elettrodinamici*.

La fig. 3.1 indica le parti principali dell'altoparlante magnetodinamico. Esse sono:

- a) il cono diffusore,
- b) la bobina mobile,
- c) il magnete permanente,
- d) il telaio o cestello,
- e) lo spider o il centratore,
- f) l'anello di sospensione,
- g) i due conduttori della bobina mobile, e le relative prese fissate al telaio.

La tensione ad audiofrequenza da convertire in voci e suoni viene applicata alla bobina mobile, la quale si trova tra le espansioni polari del magnete, perciò immersa in un campo magnetico. La presenza della tensione ad audiofrequenza determina vibrazioni della bobina mobile, per la presenza del campo magnetico. Tali vibrazioni sono comunicate al cono diffusore, essendo la bobina saldata alla base di tale cono. Il cono vibrando comunica le vibrazioni all'aria. Le vibrazioni nell'aria costituiscono, appunto, le voci e i suoni riprodotti.

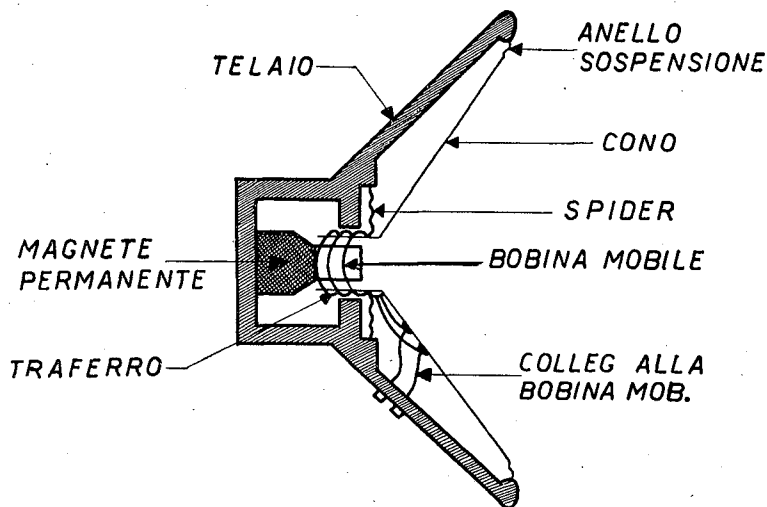


Fig. 3.1. - Principio dell'altoparlante.

IL MAGNETE. — Il magnete, detto anche *nucleo magnetico*, è di dimensioni relativamente piccole e di peso modesto; è usata un'apposita lega magnetica a base di alluminio, nichelio e cobalto (Alni, Alnico V, Ticonal, ecc.). Nei piccoli altoparlanti, il magnete misura appena 17 mm di altezza per 16 di larghezza e pesa 27 grammi; negli altoparlanti di media potenza le dimensioni possono essere di 25 mm per 21 mm ed il peso di 77 grammi.

Il magnete è incorporato in una *struttura magnetica* di ferro dolce; lo spazio tra le espansioni polari nel quale può muoversi la bobina vien detto *traferro*; è di forma anulare per cui le linee di forza magnetica sono distribuite radialmente; è largo circa 1 mm. Il magnete viene « caricato » collocandolo in un campo magnetico molto forte, ciò quando l'altoparlante è finito, oppure dopo essere stato incorporato nella struttura magnetica.

Gli altoparlanti magnetodinamici risultano meno costosi dei vecchi elettrodinamici, nei quali era presente una *bobina di campo* a molte spire di filo di rame di sezione elevata. Fanno eccezione soltanto i magnetodinamici molto grandi.

LA BOBINA MOBILE. — La bobina mobile vibra in modo da riprodurre fedelmente la forma dell'onda sonora, per effetto della reazione reciproca tra la corrente ad audiofrequenza che circola in essa, ed il campo magnetico nel quale è immersa. La forza che la sollecita a muoversi, detta *forza vibromotrice*, è proporzionale all'induzione nel traferro (ossia all'intensità del campo magnetico), al valore istantaneo della corrente ad audiofrequenza presente ed alla lunghezza totale del filo.

La bobina mobile deve essere perfettamente cilindrica ed assolutamente coassiale con il cono diffusore al quale è fissata. Deve essere inoltre equidistante dai due poli, tra i quali si muove, ossia deve essere ben centrata, e la centratura deve con-

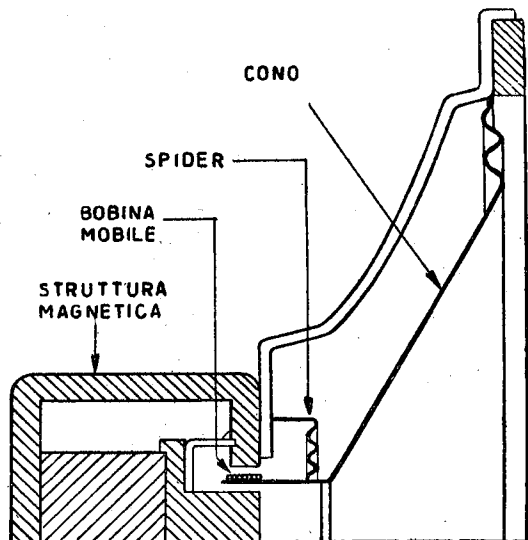


Fig. 3.2. - Parti componenti l'altoparlante a cono.

servarsi a lungo. È avvolta con filo smaltato molto leggero. Un tempo veniva fissata immediatamente al vertice del cono diffusore; oggi si preferisce fissarla ad una certa distanza da esso, come indica la fig. 3.2.

L'ampiezza di vibrazione della b. m. è piuttosto elevata, essendo bassa la resistività acustica dell'aria (42 ohm) con conseguente necessità di spostamenti ampi del cono diffusore. Affinché la b. m. rimanga immersa nel campo magnetico anche in corrispondenza dei massimi spostamenti, le espansioni polari sono rastremate. Le dimensioni della bobina mobile devono essere proporzionate alla potenza dell'altoparlante, data la necessità di dissipare il calore prodotto; se, ad es., la potenza modulata è di 4 watt, il diametro della b. m. deve essere di circa 2,5 centimetri, e la sua superficie di 3 cm².

L'impedenza, unificata in quasi tutto il mondo, della bobina mobile è di 3,2 ohm per i piccoli altoparlanti, è di 50 ohm per quelli usati negli impianti di intercomunicazione (onde compensare le perdite lungo la linea), è da 6 a 10 ohm negli altoparlanti grandi, infine è da 16 a 20 ohm negli altoparlanti a tromba. Un tempo, all'epoca degli altoparlanti elettrodinamici, erano in uso impedenze minori, da 2,2 a 2,5 ohm.

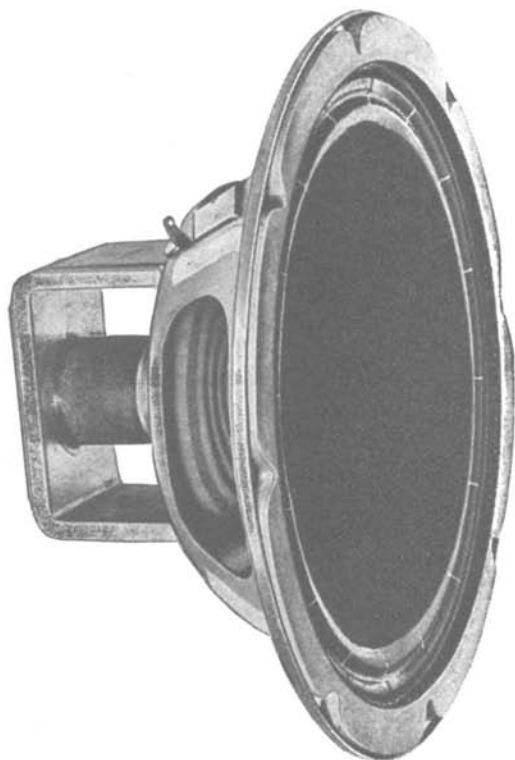


Fig. 3.3. - Altoparlante magnetodinamico.

IL CONO DIFFUSORE. — Sono state tentate numerosissime forme del cono diffusore, ma i risultati migliori sono stati raggiunti con la più semplice, la circolare. Vennero costruiti altoparlanti con cono a forma ellittica; sembravano meglio adatti a diffondere una più vasta gamma di frequenze, ma in seguito vennero abbandonati per gli inconvenienti a cui davano luogo. Attualmente i coni sono di forma conica e circolare, a superficie liscia, salvo per gli altoparlanti di piccola potenza, nei quali la superficie può essere corrugata o provvista di ondulazioni concentriche allo scopo di meglio diffondere le varie frequenze.

I coni sono di carta speciale, appositamente preparata. La carta soffice è adatta

per ottenere riproduzioni « lisce », prive cioè di fruscii acuti, ma essa non si presta bene per i toni a frequenza elevata, per cui è adatta solo per particolari altoparlanti, da usare insieme ad altri. La carta rigida è adatta per potenze elevate, ma non consente riproduzioni ad elevata fedeltà, per cui non viene usata negli altoparlanti di

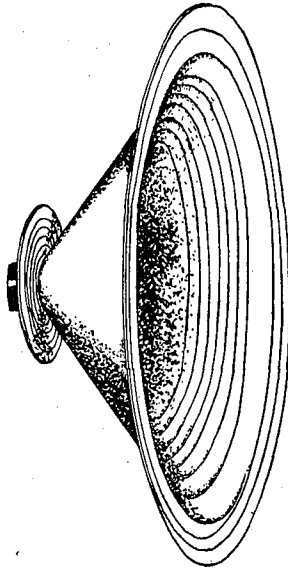


Fig. 3.4. - Cono diffusore, centratore esterno e bobina mobile.

qualità superiore. Generalmente viene adoperato un tipo di carta non troppo soffice e non troppo rigida, la quale varia a seconda del tipo e della potenza dell'altoparlante. Gli altoparlanti migliori sono provvisti di coni la cui rigidità diminuisce gradatamente, dal vertice al bordo; è massima al vertice e minima al bordo.

La fig. 3.6 illustra le varie fasi del cambio del cono di un altoparlante.

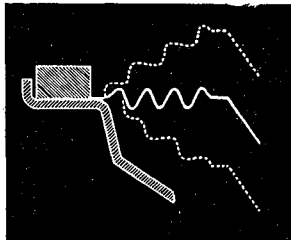


Fig. 3.5. - Comportamento dell'anello di sospensione, ossia del centratore elastico esterno.

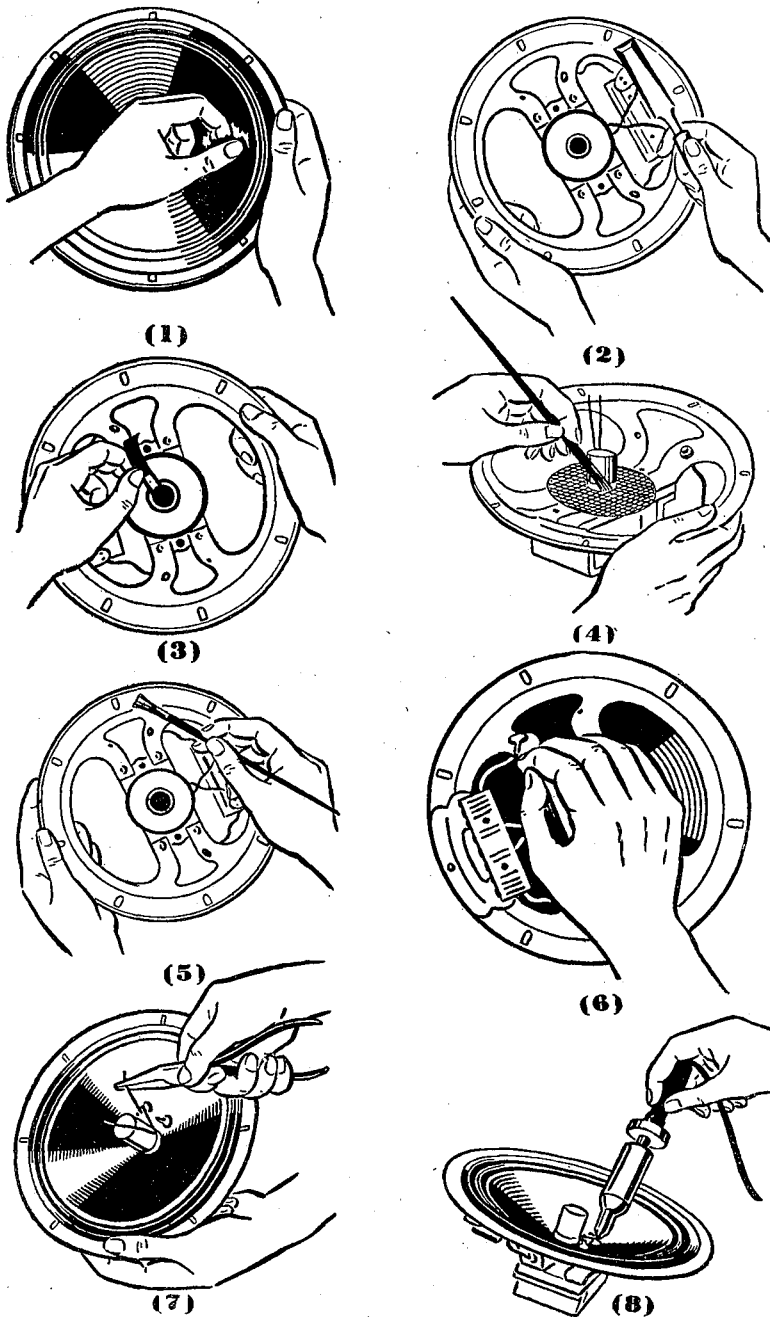


Fig. 3.6. - Istruzioni per il cambio del cono dell'altoparlante.

(1) Viene tolto il cono, con la bobina mobile ed il centratore. - (2) Viene ripulito accuratamente l'orlo del cestello al quale il cono era stato cementato. - (3) Con striscia di carta viene ripulito l'intraferro. (4) Se il centratore è esterno, viene sistemato insieme alla bobina mobile, la quale viene distanziata uniformemente dal polo centrale con un cilindretto di carta; il mastice viene deposto nel punto di contatto con il cono; se il centratore è interno, tutto l'insieme viene collocato a posto, e la bobina mobile viene distanziata con strisce di carta. - (5) Il mastice viene disteso sull'orlo del cestello, ed il cono viene collocato a posto e fissato al cestello ed al centratore. - (6) Anelli di carta vengono incollati sull'orlo del cono e viene completato il fissaggio; quindi l'altoparlante viene capovolto e pressato contro il tavolo, dove deve rimanere almeno due ore. - (7) I due fili provenienti dalla bobina mobile vengono fatti passare superiormente ed approntati per la saldatura. - (8) I due fili vanno saldati ai contatti del cono; se l'altoparlante è del tipo a centratore esterno, va tolto il cilindretto di carta usato come spaziatore, ed il cono cementato alla bobina mobile.

I CENTRATORI ED IL CESTELLO. — Il sistema vibrante dell'altoparlante, costituito dal cono e dalla bobina mobile, è centrato e frenato, mediante due appositi centratori, quello inferiore e quello superiore. L'inferiore — detto, con termine internazionale, *spider* — è presente al vertice del cono, e può essere *interno* oppure *esterno*. È interno quando si trova nell'interno del cono, ed è fissato al polo centrale, con una vite. È esterno quando si trova all'esterno del cono, fissato alla lastra dell'incastellatura magnetica. La fig. 3.8 illustra alcuni tipi di *spider*. In fig. 3.4 è ben

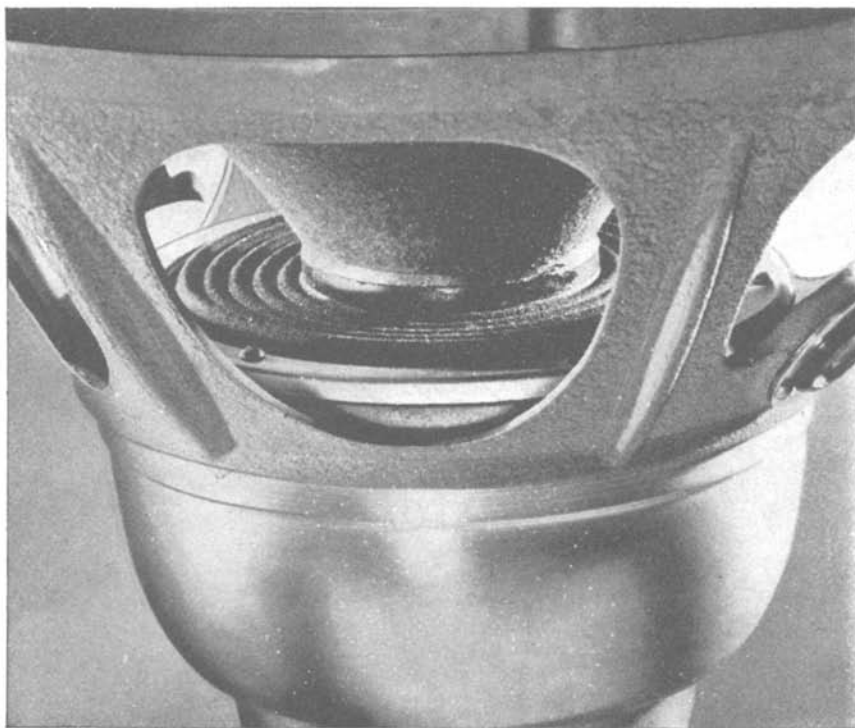


Fig. 3.7. - Cestello e centratore esterno di altoparlante.

visibile lo *spider* esterno; così pure in fig. 3.6. I centratori interni vennero usati nei primi altoparlanti, gli elettrodinamici; oggi sono quasi completamente abbandonati, data la *rettificazione acustica* che essi determinano, insieme ad altre forme di distorsione. Attualmente sono di gran lunga preferiti gli *spider* esterni, del tipo ondulato, molto ampi, benché richiedano un'operazione più laboriosa per la centratura.

Il bordo esterno del cono è fissato all'orlo del cestello, fig. 3.9, da una custodia metallica forata che protegge tutto il sistema vibrante. Il fissaggio viene effettuato tramite panno o pelle flessibilissima quando si tratta di altoparlanti adatti per la ripro-

duzione anche di frequenze sotto i 100 c/s, dato il notevole vantaggio che tale sistema di fissaggio comporta alle frequenze più basse.

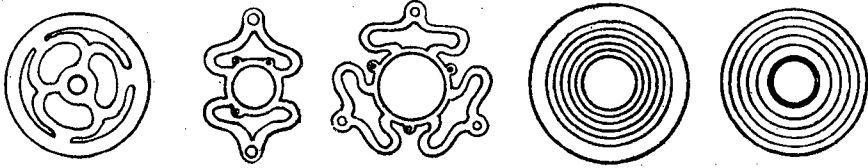


Fig. 3.8. - Alcuni tipi di centratori (spider).

Un tipo speciale di cono è quello « ad accordion », usato in alcuni altoparlanti prodotti dalla RCA; l'orlo superiore del cono non è fissato in alcun modo al cestello, per cui è libero di vibrare; è ripiegato indietro. Ne risulta che la ripro-

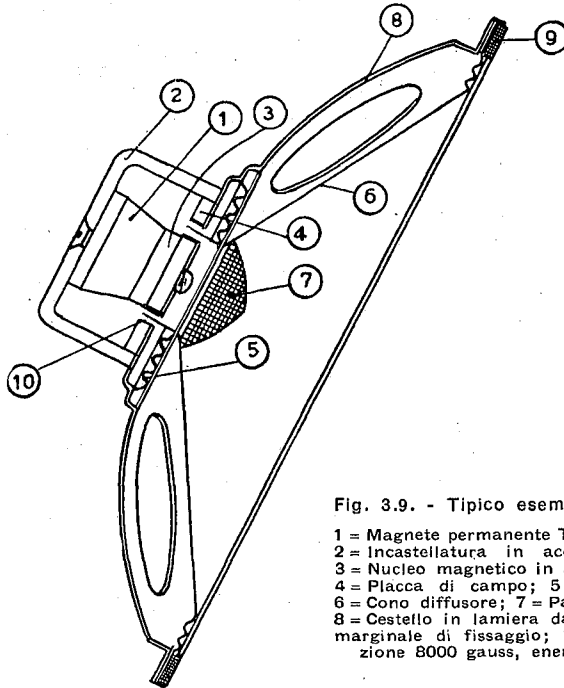


Fig. 3.9. - Tipico esempio di altoparlante.

1 = Magnete permanente Ticonal, peso gr. 75;
 2 = Incastellatura in acciaio extra dolce;
 3 = Nucleo magnetico in acciaio extra dolce;
 4 = Placca di campo; 5 = Spider in nylon;
 6 = Cono diffusore; 7 = Paranucleo in nylon;
 8 = Cestello in lamiera da 1 mm; 9 = Feltro marginale di fissaggio; 10 = Traferro, induzione 8000 gauss, energia 800.000 erg.

duzione delle frequenze basse si estende di circa un'ottava oltre quella dei normali altoparlanti, tanto da consentire riproduzioni entro una gamma estesissima, da 30 a 14 000 c/s.

Caratteristiche di funzionamento dell'altoparlante.

RESPONSO DELL'ALTOPARLANTE E CURVE DI FEDELTA'. — Per responso dell'altoparlante s'intende il comportamento dello stesso alle varie frequenze, indicato dalla curva di fedeltà, avente per ascisse le varie frequenze riproducibili e per ordinate le intensità sonore, come in fig. 3.10. L'altoparlante viene alimentato a tensione costante, mentre viene variata la frequenza. Il rilievo viene effettuato in ambiente ad altissimo coefficiente di assorbimento, onde evitare che la misura venga influenzata dai suoni riflessi.

La curva di fedeltà non esprime però il responso vero e proprio dell'altoparlante, poiché non tiene conto della dinamica dei suoni, ossia delle variazioni d'intensità sonora, ma solo delle variazioni di frequenza. Ha solo valore indicativo, e si riferisce ad un dato tipo di altoparlante. Inoltre ciascun Costruttore ha un proprio modo di rilevare la curva di fedeltà dei propri altoparlanti, per cui un raffronto fra varie curve di responso non riesce utile.

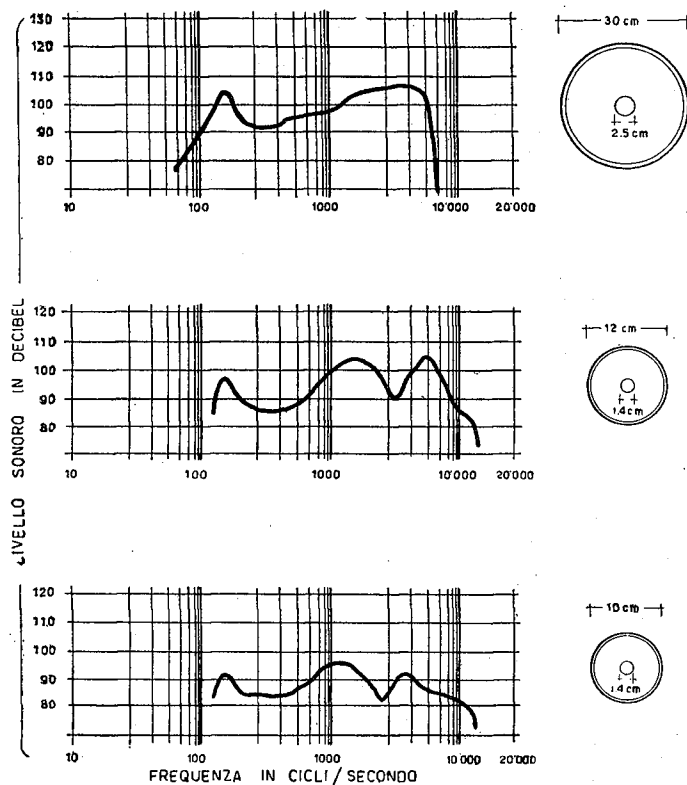


Fig. 3.10. - Curve di responso di altoparlanti dello stesso tipo, al variare del diametro del cono diffusore.

Utile riesce invece confrontare le varie curve di una stessa categoria di altoparlanti, al variare del diametro della bobina mobile e del cono, quindi anche della potenza, come appunto in fig. 3.10. Si può notare che la resa d'uscita dell'altoparlante con cono di 30 cm va rapidamente giù alla frequenza di 5000 c/s, mentre quelle di altoparlanti da 12 e da 10 cm di diametro, oltrepassano i 10 000 c/s; il contrario avviene all'altro estremo della gamma. Si può anche notare che riducendo il solo diametro del cono, da 12 a 10 cm, la curva rimane quasi inalterata mentre diminuisce il livello sonoro.

EFFICIENZA DELL'ALTOPARLANTE. — Come già accennato nel capitolo precedente, l'efficienza dell'altoparlante a cono, ossia il rapporto tra l'energia sonora prodotta dall'altoparlante e quella elettrica pervenutagli dall'amplificatore, è molto bassa essendo compresa tra il 2% ed il 5%. Minore è la potenza dell'altoparlante, più bassa è la sua efficienza.

DISTORSIONE. — Aumenta con l'aumentare della potenza sonora, come indica la fig. 3.11, nella quale la distorsione è espressa in percento. Si riferisce ad altoparlante da 25 watt di potenza, di alta classe; la distorsione è inferiore all'1% ad 1 watt, è compresa tra il 1 ed il 2% a 2 watt, e tra il 2 ed il 3% a 10 watt.

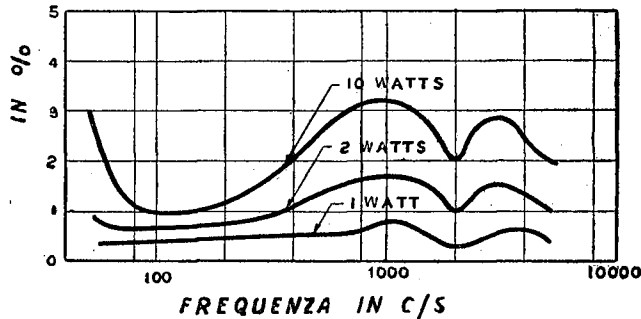


Fig. 3.11. - Percentuale di distorsione al variare della potenza.

Una delle maggiori cause di distorsione consiste nella cedevolezza non lineare del centratore, lo spider; esso frena la bobina mobile tanto più quanto più ampio è il movimento; quindi, maggiore è l'ampiezza della vibrazione, maggiore è anche la distorsione. La si attenua portando la frequenza fondamentale di risonanza del sistema vibrante al limite più basso della gamma di frequenze riproducibili. Sopra tale frequenza, la reattanza meccanica del centratore è piccola rispetto quella dell'intero sistema vibrante. Nell'esempio di figura, la frequenza fondamentale del sistema è a 30 cicli/secondo.

Anche il cono determina distorsioni armoniche e subarmoniche, comprese tra 100 e 1000 c/s, ossia nella parte della gamma in cui la potenza è massima. Possono

venir molto ridotte rendendo il cono molto rigido, aumentandone lo spessore. Se lo spessore viene aumentato di 2,5 volte, la rigidità aumenta di circa 15 volte.

Altra causa di distorsione risiede nella non omogenea densità del flusso nella bobina mobile; per limitare questa distorsione si aumenta il diametro della b. m. quanto è possibile, e la si rende più lunga del traferro. Coni di spessore notevole, per limitare la distorsione, richiedono bobine mobili di adeguata pesantezza; è perciò che mentre le bobine mobili dei piccoli altoparlanti pesano 1 grammo ciascuna, quelle degli altoparlanti di grande diametro, degli altoparlanti migliori, pesano sino a 25 grammi.

CURVA DI DIREZIONALITA' O RESPONSO POLARE. — A mano a mano che la frequenza aumenta, la lunghezza delle onde sonore diffuse dal cono dell'altoparlante diminuisce; quando la lunghezza d'onda si avvicina al diametro del cono, il suono tende a diffondersi a raggio, poiché il cono agisce allora anche da riflettore.

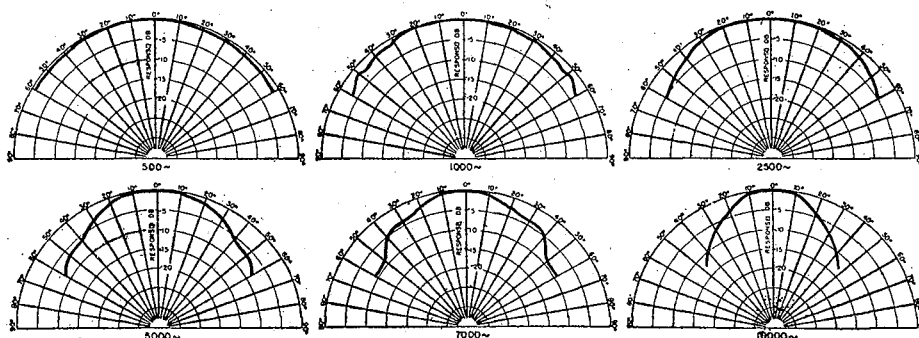


Fig. 3.12. - Distribuzione spaziale del suono (risponso polare) al variare della frequenza.

Per le frequenze basse e medie, il cono agisce come un pistone, ma per le frequenze alte non avviene così; l'angolo di apertura del cono ed il diametro del cono stesso influiscono fortemente sulla diffusione spaziale dei suoni.

Alla frequenza di 100 cicli/secondo la lunghezza dell'onda sonora è di circa 3,3 metri; a quella di 1000 cicli/secondo la lunghezza d'onda è di 33 centimetri, mentre è di 3,3 cm alla frequenza di 10 000 c/s.

Ne risulta che l'altoparlante non può diffondere uniformemente tutte le frequenze sonore entro un dato angolo; poiché il suo cono concentra le frequenze elevate, queste sono presenti in prevalenza lungo l'asse dell'altoparlante, ossia si propagano bene davanti ad esso e male ai suoi lati.

Con apposite apparecchiature è possibile stabilire come avvenga la distribuzione della potenza sonora davanti all'altoparlante, in corrispondenza alle principali frequenze. È possibile tracciare una curva, detta *curva di direzionalità* o anche *carat-*

teristica di direzionalità o responso polare. La fig. 3.12 indica il responso polare di un altoparlante a sei diverse frequenze, da 500 a 10 000 cicli/secondo.

Contrariamente a quanto potrebbe sembrare, gli altoparlanti di piccolo diametro diffondono meglio le varie frequenze sonore, in modo più uniforme, che non quelli di grande diametro, appunto perché questi ultimi funzionano da riflettori a frequenze meno alte.

RESPONSO TRANSIENTE. — I suoni della voce e della musica sono di carattere transitorio, ossia sono costituiti da impulsi istantanei continuamente variati. Una caratteristica importante dell'altoparlante è il suo modo di comportarsi in presenza di valori istantanei. Se il sistema vibrante ha troppa inerzia, ossia è troppo frenato e pesante, stenta a seguire gli impulsi istantanei della corrente ad audiofrequenza, e la riproduzione sonora non è più fedele; se il sistema vibrante ha poca inerzia, è poco

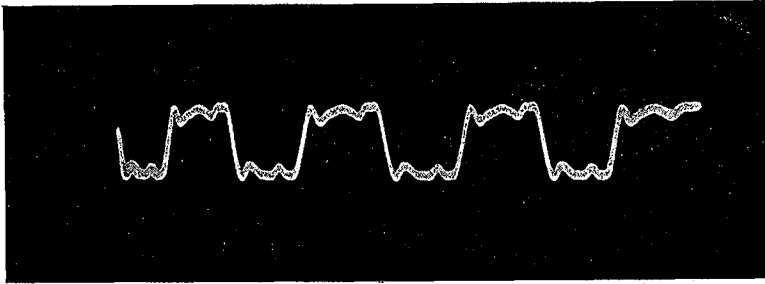


Fig. 3.13. - Responso transiente di altoparlante. L'oscillogramma indica la deformazione delle onde quadre applicate all'entrata dell'amplificatore, da parte dell'altoparlante.

frenato, continua ad oscillare dopo la fine dell'impulso istantaneo e produce suoni estranei a frequenza elevata, alterando la forma d'onda.

Il modo con cui l'altoparlante si comporta in presenza dei *transitori* vien detto *responso transiente*. È di difficile rilievo, poiché richiede apparecchiature accurate. All'entrata dell'amplificatore viene applicata una data frequenza, per es. 900 c/s, ad onda quadra, data la ripidità del fronte e del retro di ciascun'onda. Ogni semionda costituisce un transitorio, un impulso istantaneo. Il rilievo viene fatto collocando un microfono adatto davanti all'altoparlante, ad una certa distanza da esso. Il microfono è collegato all'amplificatore ed all'oscillografo a raggi catodici.

La fig. 3.13 illustra il responso transiente di un altoparlante coassiale. La fotografia dell'oscillogramma mostra una notevole deformazione dell'onda quadra; il fronte ed il retro di ciascuna onda non sono diritti come dovrebbero, ma leggermente inclinati; maggiore è questa inclinazione, peggiore è il responso. Inoltre, dopo ciascun fronte e retro vi è una certa oscillazione, che non vi dovrebbe essere se il responso fosse perfetto.

DINAMICA DEGLI ALTOPARLANTI A CONO DIFFUSORE

Diametro dell'altoparlante in centimetri	Foro dello schermo in centimetri	Limite della frequenza bassa in cicli/secondo	Limite della frequenza alta in cicli/secondo
45	40,0	40	7000
38	33,5	50	7500
30	26,5	60	8000
25	22,2	70	8500
20	17,2	80	9000
15	13,4	95	9500
12	10,2	115	10000
10	9,0	140	10000

La dinamica delle strutture vibranti dei diversi altoparlanti risulta quella indicata in via di approssimazione quando gli altoparlanti sono provvisti di schermo adeguato.

Con altoparlanti di diametro superiore ai 45 centimetri non si ottiene alcuna sensibile riduzione del limite della frequenza bassa.

SCALA DELLE AUDIO FREQUENZE. — L'orecchio non sente piccole variazioni di estensione di frequenza, così come non sente piccole variazioni di estensione d'intensità sonora, essendo necessaria una percentuale di variazione di almeno il 25 % affinché percepisca una diminuzione o un aumento del livello sonoro. Mentre per le intensità sonore, ossia per i livelli sonori, vi è la graduazione in decibel, per le audio frequenze vi è una graduazione provvisoria in *unità limitate*, dette LIM. La graduazione va, per ora, da 3000 cicli/secondo sino a 20 000 cicli/secondo, visto che sotto i 3000 c/s la riproduzione risulta troppo scadente per poter essere accettabile, e considerato che sopra i 20 000 c/s non è attualmente possibile estendere la riproduzione sonora normale della musica.

Gli altoparlanti molto piccoli inseriti negli apparecchi radio tascabili, i personali, sono da 1 LIM; gli apparecchi autoradio riescono, generalmente, a riprodurre suoni per 2 LIM. Gli impianti sonori a fedeltà media sono da 3 a 4 LIM, quelli ad alta fedeltà da 5 a 6 LIM ed infine quelli ad altissima fedeltà da 7 ad 8 LIM. Lo stesso equivale per le varie categorie di altoparlanti.

Principio dell'altoparlante a tromba.

Un secondo tipo di altoparlante, molto usato quando sono necessarie grandi potenze sonore, è quello a tromba, del quale la fig. 3.14 illustra le parti essenziali. Anche in questo caso vi è una struttura magnetica, e vi è la bobina mobile immersa nel traferro, ma essa non è fissata ad alcun cono diffusore, è bensì collegata ad una piccola membrana, generalmente di metallo leggero o di materiale fenolico. La tromba si trova davanti alla membrana vibrante. L'energia sonora si diffonde dalla gola della tromba, lungo lo spazio interno della tromba stessa, ed esce dalla bocca. Poiché la tromba si allarga continuamente, le sue pareti non vengono direttamente investite dall'onda sonora, per cui non entrano in vibrazione.

La parte interna della tromba costituisce la *camera di compressione*; lo spazio compreso tra la membrana e la gola della tromba vien detto *camera sonora* o *camera del suono*. La tromba si comporta come un *trasformatore acustico*; essa adatta l'impedenza meccanica della membrana con quella dell'aria presente nel suo interno. Il profilo della tromba risulta da precise formule matematiche.

L'incastellatura meccanica, la bobina mobile e la membrana costituiscono l'*elemento pilota* o l'*unità pilota* dell'altoparlante. Il rendimento dell'altoparlante a tromba è molto superiore a quello a cono diffusore, circa 20 decibel, essendo compreso tra il 30 ed il 40 %, mentre il rendimento dell'altoparlante a cono è compreso tra 2 e 5 %. A parità di potenza dell'amplificatore, l'altoparlante a tromba sviluppa

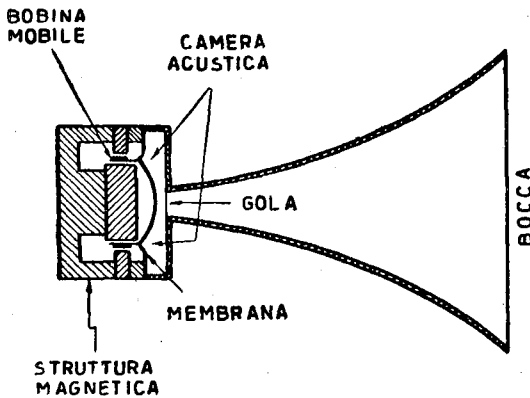


Fig. 3.14. - Parti componenti l'altoparlante a tromba.

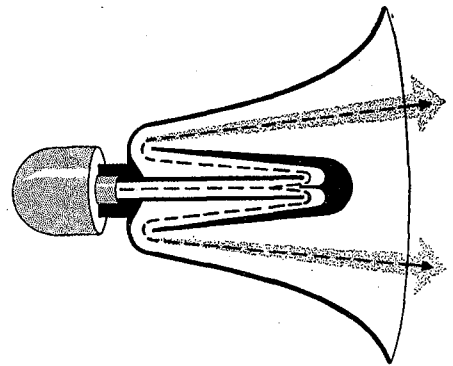


Fig. 3.15. - Principio dell'altoparlante tromba piegata.

una potenza sonora oltre 10 volte maggiore, ed in più concentra tale potenza entro una zona limitata, un po' come un proiettore luminoso. È quindi adatto solo per grandi ambienti e per riproduzioni sonore all'aperto. Non può venir costruito per potenze limitate dato il maggior ingombro rispetto all'altoparlante a cono, ed anche perché richiede che gli ascoltatori si trovino a distanza maggiore, appunto come un piccolo proiettore non è adatto per illuminare uniformemente una stanza.

Se l'unità pilota di un altoparlante a tromba viene fatta funzionare da sola, senza la tromba, l'intensità sonora risulta molto modesta, nonostante la potenza dell'unità e le ampie vibrazioni della membrana, ciò per il fatto che il volume d'aria messo in vibrazione è molto limitato. Non appena viene applicata la tromba, la membrana risulta caricata, e l'energia sonora prodotta è normale.

Qualsiasi tromba del tipo usuale può servire per caricare la membrana, ma soltanto trombe di determinato sviluppo consentono la riproduzione uniforme delle varie frequenze, e sono esenti da distorsioni. Le trombe meglio adatte sono del tipo *esponenziale*, e possono essere di metallo o di legno. La frequenza più bassa che esse sono in grado di riprodurre dipende dalla loro lunghezza. Se una tromba espo-

nenziale deve poter riprodurre frequenze di 64 c/s, e consentire quindi una buona riproduzione dei toni bassi, deve essere lunga 4,26 metri, e l'apertura della sua bocca deve essere di 1,82 metri. È per questa ragione che per le riproduzioni musicali vengono utilizzate trombe piegate in vario modo, come in fig. 3.15, mentre quelle diritte sono usate solo per sonorizzare piazze e simili.

Altoparlanti a membrana e cono.

Nei tipi più recenti di altoparlanti ad ampia estensione di gamma, al cono diffusore è stata aggiunta la membrana di compressione, ossia sono stati riuniti i due principi, quello del radiatore diretto e quello dell'unità di compressione, usata per gli altoparlanti a tromba. La bobina mobile è una sola, di diametro notevole, dato che la membrana di compressione si trova al vertice del cono. Un esempio di altoparlante di questo tipo è quello di fig. 3.16. Il collegamento tra la membrana ed il cono è tale da costituire un filtro passa-alto di natura meccanica, per cui non è necessario nessun divisore di frequenza. La membrana di compressione provvede alla



Fig. 3.16. - Altoparlante a cono-membrana, nel quale sono utilizzati i principi dell'altoparlante a cono e dell'altoparlante a tromba, ossia a diffusore diretto ed a compressione. Il cono sostituisce la tromba nella diffusione delle frequenze elevate. Diametro cono 28 centimetri, potenza continua 30 watt (Western Electric).

diffusione delle frequenze alte, mentre il cono provvede a quella delle frequenze basse, sotto gli 800 c/s. Tutta la restante parte della gamma, da 800 a circa 12 000 c/s, viene diffusa dalla membrana centrale, la quale risulta caricata dalla massa d'aria compressa entro il cono.

Coppie di altoparlanti.

Per ottenere la riproduzione di una vasta gamma di frequenze sonore, è in uso collegare due altoparlanti con caratteristiche diverse all'uscita dello stesso amplificatore. Ne risulta un sistema a canale multiplo. I due altoparlanti sono scelti in modo da essere complementari, uno bene adatto per la riproduzione delle frequenze basse e l'altro per quelle alte. La gamma di frequenza viene in tal modo divisa in due parti, ed a ciascun altoparlante è affidata la riproduzione di una di esse, ciò che risulta molto più facile di quanto non sia la riproduzione dell'intera gamma con un altoparlante solo. La fedeltà della riproduzione sonora risulta molto avvantaggiata, specie se ciascuno dei due altoparlanti è appositamente progettato per il suo compito.

Anche nel caso di impianto sonoro modesto, da abitazione, è opportuno l'uso di due piccoli altoparlanti, di costo relativamente basso, al posto di uno solo, di grande diametro, e di costo più alto. Risulta in pratica che due altoparlanti piccoli riescono ad estendere considerevolmente l'estremo a frequenza bassa, per cui la riproduzione sonora riesce più fedele su un'ampia gamma di frequenze. Inoltre i due altoparlanti piccoli possono venir disposti su schermi ad angolo, in modo da migliorare la diffusione dei suoni nell'ambiente.

La divisione della gamma di frequenze sonore in due « bande » viene effettuata con un *filtro divisore*, in modo che a ciascuna « banda » corrisponda il proprio altoparlante. Il punto di sovrapposizione delle due bande è generalmente a 700 o ad 800 cicli/secondo, in modo che l'estensione di ciascuna « banda » sia praticamente la stessa. Se la gamma va, ad es., da 60 a 9000 c/s, si ottiene $700 : 60 = 11,6$ per la banda bassa, e $9000 : 700 = 12,8$ per la banda alta.

Il filtro divisore può venir progettato e realizzato senza alcuna difficoltà, come sarà detto in seguito. Nei piccoli impianti basta impedire che le frequenze elevate giungano all'altoparlante a banda bassa, ciò che si può ottenere con un condensatore.

Nei grandi impianti sonori ad alta fedeltà, come ad es. quelli dei cinema-teatro, la riproduzione delle frequenze alte è riservata ad unità pilota accoppiate acusticamente mediante proiettore ad alveare, mentre le frequenze basse sono riprodotte da altoparlante a cono di grande diametro, sistemato in apposita camera acustica.

La tromba a più sezioni, dette « celle », è comunemente usata per la diffusione delle frequenze elevate, insieme ad un'unità pilota, o a più unità pilota. La distribuzione della potenza sonora, ossia il diagramma polare di direzionalità, risulta alquanto migliorata con questo sistema.

CORRISPONDENTE AUMENTO DIAMETRO CONO. — L'uso di due altoparlanti raddoppia l'area di diffusione, ed equivale ad un aumento del 40 % del diametro del cono.

L'altoparlante coassiale bifonico.

L'altoparlante coassiale, detto anche bifonico, è formato da due unità sonore distinte, una delle quali progettata e costruita per consentire l'ottima riproduzione delle frequenze basse, e l'altra per quella delle frequenze alte. L'idea di costruire un altoparlante unico, in grado di riprodurre tutte le frequenze utili ai fini della buona audizione, è stata abbandonata ormai da tempo. L'altoparlante coassiale, ossia l'altoparlante doppio, corrisponde perfettamente allo scopo. Generalmente viene utilizzato in complessi sonori di piccola e media potenza, specie in radiofonografi ed in impianti per piccole e medie sale. Oltre al vantaggio del minor ingombro rispetto alla utilizzazione di due altoparlanti separati, l'altoparlante coassiale offre anche quello della più uniforme distribuzione dei suoni alle varie frequenze, nella zona da servire.

L'inconveniente presentato dall'altoparlante coassiale è il suo costo; poiché deve venir realizzato con grande perizia tecnica e con molta accuratezza, risulta generalmente più costoso di due altoparlanti separati.

Esistono due grandi categorie di altoparlanti coassiali: a) i coassiali a due coni, uno piccolo e l'altro grande, e b) i coassiali ad un cono grande per le frequenze basse ed una unità a tromba per le frequenze alte.

L'ALTOPARLANTE COASSIALE BICONO. — I due coni diffusori sono disposti in modo che il grande sia la continuazione del piccolo. In un altoparlante di questa categoria, l'RCA mod. 515/S1, il cono piccolo ha il diametro di 5 centimetri ed il cono grande di 38 centimetri. Vibrano insieme, tanto che intorno ai 2000 c/s, i due coni si comportano come un cono solo. L'estensione della gamma delle audiofrequenze riprodotte è vastissima, va da 35 a 15 000 cicli/secondo.

Un solo magnete provvede ai due traferri anulari; il polo esterno dell'altoparlante piccolo risulta quello interno dell'altoparlante grande. La disposizione è indicata dalla fig. 3.17. L'orlo esterno del cono piccolo è fissato alla parte interna del cono grande, mediante uno spider ondulato. In figura si vedono le due bobine mobili; quella di piccolo diametro fissata al cono piccolo si trova più in alto rispetto l'altra, di diametro maggiore.

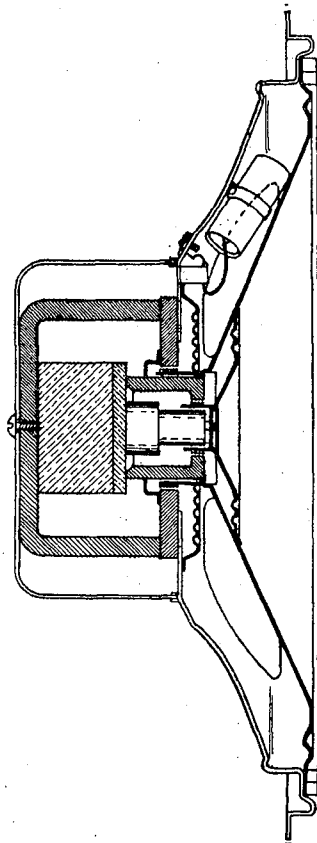


Fig. 3.17. - Altoparlante bicorno. È provvisto di due coni diffusori, ciascuno con la propria bobina mobile. Il magnete permanente è uno solo (RCA).

Visto esternamente, questo coassiale bicono sembra un altoparlante comune, con bobina mobile di diametro troppo piccolo, ciò per il fatto che si vede solo il polo centrale piccolo, tutto il resto essendo nascosto dal cono minore.

Un condensatore presente nell'altoparlante provvede ad avviare alla bobina mobile piccola soltanto le frequenze elevate, e nello stesso tempo a limitare la potenza applicata. L'induttanza della bobina mobile grande è notevolmente elevata, per cui non è necessario un'induttanza in serie, per limitare la corrente a frequenza alta. La estensione di frequenza sovrapposta si estende per circa due ottave.

Il vantaggio maggiore del coassiale biconico è costituito dall'ottima curva polare di direzionalità; tutte le varie frequenze risultano bene distribuite entro un angolo di 120 gradi.

ALTOPARLANTE COASSIALE A CONO E TROMBA. — È questo uno dei tipi di coassiali più diffusi, specie negli Stati Uniti, dove viene costruito in una notevole varietà di modelli. Il principio è il seguente: nel polo centrale è praticato un foro di diametro sufficiente per lasciar passare la gola della tromba, in modo che tutta l'incastellatura magnetica dell'altoparlante a cono di grande diametro risulta disposta intorno alla gola della tromba collegata all'unità pilota per le frequenze alte.

La tromba è necessariamente di piccole dimensioni, e si estende al centro del cono. In alcuni altoparlanti coassiali di questo tipo, la tromba è del tipo cellulare, ma date le dimensioni limitate, le celle sono generalmente quattro sole.

Come si può osservare nella figura, il diametro della bobina mobile del cono è piuttosto elevato, essendo compreso tra 5 e 6 centimetri. È provvisto del solito spider esterno. Il magnete è del tipo a W, essendo costituito dalla parte cilindrica centrale, al centro della quale passa la gola della tromba per le alte frequenze, e da quattro braccia laterali. Sopra il magnete poggiano le due piastre circolari, tra le quali è presente il traferro in cui vibra la bobina mobile del cono.

L'unità ad alta frequenza si trova dietro il magnete, e costituisce un tutto a parte. È simile alle unità pilota dei soliti altoparlanti a tromba, dalle quali differisce per le dimensioni notevolmente più piccole. Nello spazio compreso ai due lati dell'unità pilota si trovano un condensatore ed una induttanza per il filtro divisore, nonché una resistenza variabile. Il rendimento dell'altoparlante a tromba per le frequenze alte è notevolmente maggiore di quello dell'altoparlante a cono per le frequenze basse, circa 10 volte maggiore, per cui è necessaria un'attenuazione considerevole, ottenuta appunto con la resistenza variabile di 50 ohm posta in parallelo alla bobina mobile dell'unità pilota.

L'inconveniente dei coassiali di questo tipo è costituito dalla presenza della tromba nel campo di diffusione del cono; una parte delle onde sonore diffuse dal cono raggiunge le pareti della tromba e viene riflessa indietro, creando delle zone di interferenza.

ALTOPARLANTE COASSIALE CONO-TROMBA. — In questo tipo di altoparlante coassiale, la riproduzione delle frequenze basse è affidata ad un cono di grande

diametro provvisto della propria bobina mobile, mentre quella delle frequenze alte è affidata ad un'unità pilota, provvista anch'essa della propria bobina mobile, esattamente come negli altoparlanti a tromba, con la differenza che la tromba non è visibile. Mentre nell'altoparlante del tipo precedente vi è una tromba coassiale con il cono diffusore, in questo tipo di altoparlante è lo stesso cono che funziona, almeno parzialmente, da tromba, ed è perciò opportunamente sagomato, come indica la fig. 3.18.

L'unità pilota per le alte frequenze si trova, come al solito, dietro il magnete dell'altoparlante a cono. Il magnete è forato al centro, ed il foro si allarga dal basso

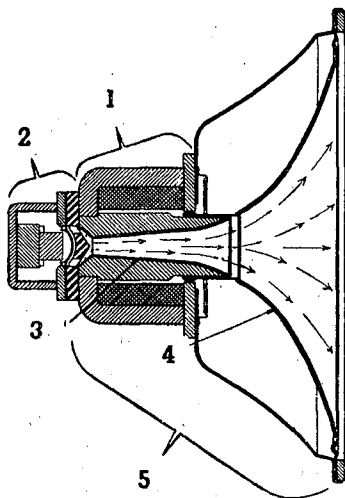


Fig. 3.18. - Altoparlante coassiale a cono-tromba.

1 = motore dell'unità bassa frequenza; 2 = motore dell'unità alta frequenza; 3 = foro e tromba esponenziale nell'interno del magnete dell'unità bassa frequenza; 4 = cono diffusore; 5 = insieme dell'altoparlante a cono, per le basse frequenze.

verso l'alto, esattamente come una tromba. Il cono diffusore è una continuazione di questa tromba, sicché le due parti, il foro del magnete ed il cono, agiscono come una parte sola, ossia come una tromba per le frequenze alte; in tal modo il cono svolge due funzioni distinte: quella di diffondere le frequenze basse e quella di espandere le frequenze alte.

Questo sistema ha il notevole vantaggio di non ostacolare la diffusione delle onde sonore dal cono. Le onde sonore più corte, a frequenza più alta, tendono a proiettarsi a fascio, direttamente davanti alla tromba presente nell'interno del magnete, senza l'aiuto del cono. Solo le onde sonore a frequenza meno alta, provenienti dall'interno del magnete, trovano nel cono la continuazione della tromba. Non vi è inconveniente per effetto della vibrazione del cono, in quanto vi è notevole dif-

ferenza tra le sue variazioni d'ampiezza e la lunghezza delle onde sonore che esso convoglia verso l'esterno.

Il responso di frequenza ed il responso polare di questo tipo di altoparlante coassiale sono eccezionalmente buoni; la diffusione della potenza sonora avviene uniformemente nel senso della larghezza ed in quello dell'altezza.

LENTE ACUSTICA PER ALTOPARLANTI. — La lente acustica ha lo scopo di impedire che le onde sonore corrispondenti ai toni più alti che l'altoparlante è in grado di riprodurre, abbiano a diffondersi entro uno stretto raggio, ai due lati dell'asse

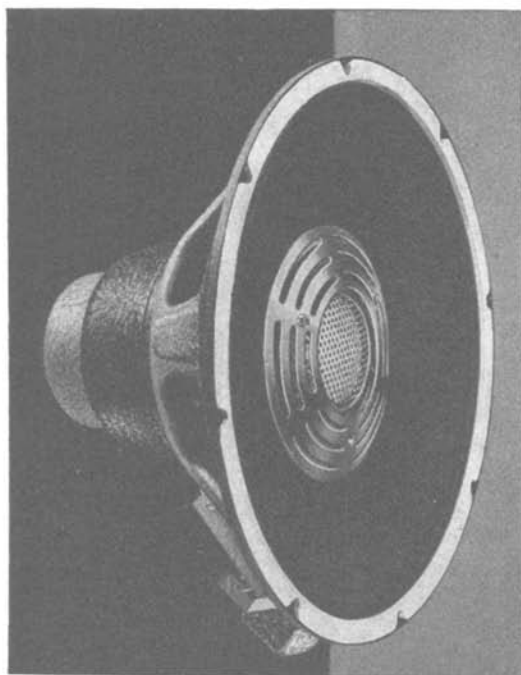


Fig. 3.19. - Lente acustica applicata ad altoparlante coassiale per migliorare la distribuzione spaziale delle varie frequenze.

dell'altoparlante, ossia al centro del cono. Quando ciò avviene, i toni più alti rendono sgradevole l'audizione a chi si trova esattamente davanti all'altoparlante, data la loro eccedenza sugli altri, mentre non raggiungono coloro che si trovano ai lati. La lente acustica viene applicata agli altoparlanti, e consiste in un particolare diffusore metallico, di forma rotonda, da 6 a 10 cm di diametro, con numerosi intagli e con al centro una reticella pure metallica o di nylon, utile sia per allargare il raggio

delle onde sonore più corte che per proteggere la bobina mobile sottostante. La fig. 3.19 illustra un esempio di lente acustica applicata ad un altoparlante coassiale del tipo cono-tromba, di cui la fig. 3.18.

L'altoparlante biassiale.

Negli impianti ad alta fedeltà è spesso impiegato l'altoparlante biassiale, detto anche *altoparlante bifonico*, costituito da due unità sonore completamente separate, ma poste una di seguito all'altra lungo lo stesso asse. Sono due altoparlanti, uno per le frequenze medie e basse e l'altro per le frequenze alte, uniti insieme.

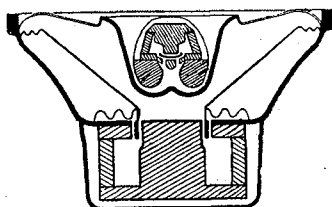


Fig. 3.20. - Principio dell'altoparlante biassiale o bifonico.

Un esempio di altoparlante biassiale è quello di fig. 3.20.

Gli altoparlanti di questo tipo consentono riproduzioni di frequenze entro una gamma molto estesa. Presentano l'inconveniente del costo piuttosto elevato.

L'altoparlante triassiale o trifonico.

L'altoparlante a tre unità sonore indipendenti, ciascuna provvista della propria bobina mobile e del proprio magnete, disposte una di seguito all'altra, sullo stesso asse, è detto *altoparlante triassiale* o anche *altoparlante trifonico*. È in grado di riprodurre una gamma estesissima di audiofrequenze, da 35 a 20 000 cicli/secondo, con distribuzione spaziale notevolmente uniforme ai vari angoli dall'asse di propagazione. È utile ove sia necessaria l'accurata riproduzione di effetti sonori, di rumori, dei suoni prodotti dagli strumenti a percussione, ecc., ossia in complessi elettroacustici eccezionalmente fedeli.

La fig. 3.21 illustra in sezione le varie parti componenti un altoparlante triassiale, il Jensen mod. G-610, di produzione americana. Vi è un'unità di frequenza media, un'unità a frequenza bassa ed un'unità a frequenza alta. Sono disposte nell'ordine indicato. L'unità a frequenza media e l'unità a frequenza elevata sono del tipo a compressione, quindi provviste di tromba; l'unità a frequenza bassa è del tipo a radiatore diretto, ossia a cono.

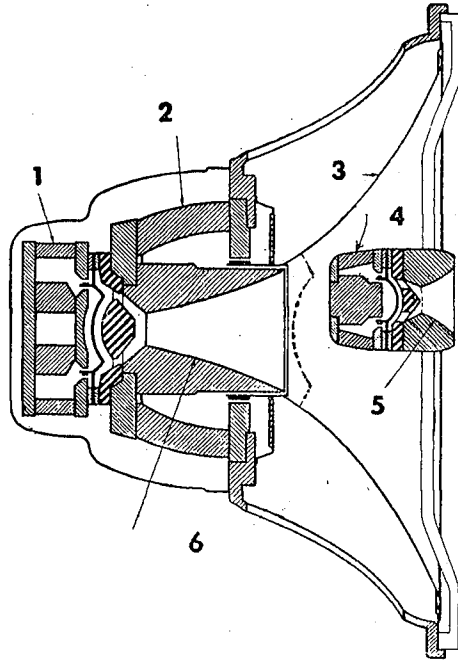


Fig. 3.21. - Principio dell'altoparlante triassiale.

1 = unità a compressione per frequenze medie; 2 = motore dell'altoparlante a cono per basse frequenze; 3 = cono diffusore per basse frequenze; 4 = unità per alte frequenze; 5 = tromba per alte frequenze; 6 = foro nel magnete dell'altoparlante a cono, usato quale tromba per l'unità retrostante.

L'altoparlante elettrostatico.

L'altoparlante elettrostatico è utilizzato esclusivamente come ausiliario, insieme ad uno o più altoparlanti magnetodinamici, in quanto consente la sola riproduzione delle frequenze musicali elevate, da 7000 cicli al secondo sino al limite di udibilità, ossia sino a 20 mila cicli al secondo. Questo tipo di altoparlante è di piccole dimensioni, di semplice costruzione, di costo moderato, bene adatto per impianti ad alta fedeltà, per completare la gamma delle audiofrequenze riprodotte. Presenta però l'inconveniente di richiedere una tensione positiva di polarizzazione, di circa 300 volt, senza la quale non può funzionare. La tensione di polarizzazione sostituisce il campo magnetico prodotto dal magnete degli altoparlanti magnetodinamici.

Il principio di funzionamento è illustrato dalla fig. 3.22. L'altoparlante consiste di due armature di un condensatore, una delle quali è fissa, mentre l'altra può vibrare di fronte alla prima. Nella figura le parti del condensatore sono tre, due esterne forate, e una interna non forata. Le due parti esterne forate costituiscono una delle armature del condensatore, e sono collegate, tramite il secondario del trasfor-

matore d'uscita, alla tensione positiva di alimentazione. La parte interna, non forata, è collegata alla tensione negativa dell'alimentatore.

L'altoparlante elettrostatico funziona sul principio del condensatore, ed è perciò anche denominato *altoparlante a condensatore*.

In assenza di modulazione, l'armatura vibrante si trova al centro tra le due parti esterne dell'altra armatura, equidistante tra di esse. Non appena è presente la modulazione, le due parti dell'armatura esterna subiscono una variazione di tensione;

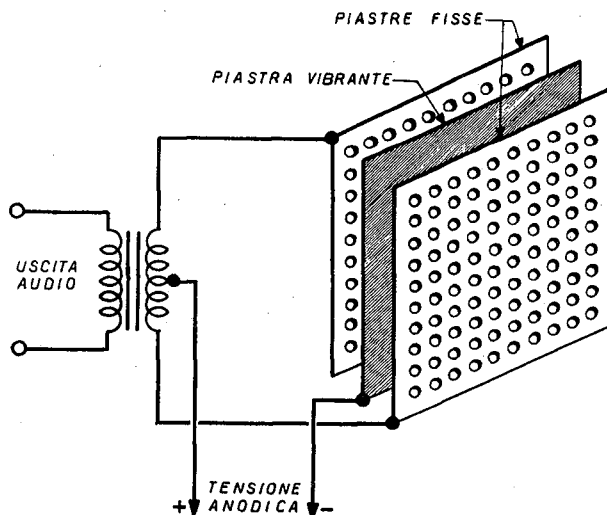


Fig. 3.22. - Principio dell'altoparlante elettrostatico.

una di esse subisce un aumento, l'altra una diminuzione, in quanto sono collegate in controfase. La lamina centrale, vibrante, deve piegarsi verso la parte esterna che ha subito un aumento di tensione, e che perciò la attira più fortemente. Non appena è presente l'altra semionda della tensione audio, avviene l'inverso, e la lamina vibrante centrale si sposta verso l'altra parte esterna. In tal modo la lamina centrale segue fedelmente le variazioni della tensione audio, ossia della modulazione, e riproduce i suoni e le voci, i quali si propagano all'esterno attraverso i fori delle lamine esterne fisse.

La lamina vibrante centrale è estremamente sottile. Consiste di un foglio di stiroflex di due centesimi di millimetro, sopra il quale è depositato uno strato di oro dello spessore di un decimo di millesimo di millimetro. È questo sottilissimo strato d'oro che agisce da membrana metallica vibrante.

Poiché la membrana metallica d'oro e quella isolante che ne costituisce il supporto sono estremamente sottili, è facile che possano deteriorarsi. L'altoparlante elettrostatico potrebbe, teoricamente, seguire tutte le audiofrequenze, comprese

le più basse, ma poiché alle frequenze più basse corrispondono ampiezze di vibrazioni assai elevate, tali ampiezze determinerebbero l'immediata rottura della membrana vibrante. L'altoparlante elettrostatico può riprodurre, senza danno, frequenze oltre i 7000 c/s, poiché esse determinano solo limitatissime ampiezze di vibrazione, adatte per la sottilissima membrana vibrante.

L'altoparlante elettrostatico viene perciò collegato allo stadio d'uscita tramite un filtro capace di eliminare tutte le audiofrequenze inferiori ai 7000 c/s.

Le armature dell'altoparlante, anziché di forma rettangolare come indicato per semplicità in figura, sono di forma circolare, a disco.

L'altoparlante ionofonico.

L'altoparlante ionofonico è ancora in fase sperimentale, e non ha perciò alcuna applicazione pratica sino a questo momento. Costituisce una notevole possibilità per l'avvenire, in quanto è completamente immobile, senza alcuna parte in movimento, quindi è completamente senza inerzia, cosa questa molto importante per un trasduttore acustico.

Il principio fisico è quello dell'effluvio elettrico da parte delle punte, e del conseguente « vento » elettrico. L'altoparlante ionofonico consiste semplicemente di una punta posta all'inizio di una tromba; presenta però l'inconveniente di richiedere un oscillatore a radiofrequenza, per poter funzionare. È polarizzato ad alta frequenza, in quanto l'alta frequenza determina le condizioni di effluvio. La tensione a bassa frequenza modula quella ad alta frequenza, e modula conseguentemente l'effluvio con conseguente riproduzione delle onde sonore.

Poiché però nello stadio ad alta frequenza degli apparecchi radio vi è tensione ad alta frequenza modulata dalla bassa frequenza, l'altoparlante ionofonico può funzionare direttamente con tale alta frequenza modulata, escludendo sia il rivelatore che lo stadio a bassa frequenza. Può darsi che questo nuovo altoparlante trovi applicazione nei ricevitori radio e TV dell'avvenire, modificandoli notevolmente.

Le cuffie stereofoniche.

L'ascolto in cuffia riesce più gradevole di quello con altoparlante; l'audizione individuale, liberata dai rumori ambientali, consente all'ascoltatore di immergersi in un mondo di voci e suoni, altrimenti impossibile. La cuffia ha anche il vantaggio di non imporre ad altri l'ascolto, e di consentire lo studio o il lavoro ad altre persone.

L'alta fedeltà ottenibile con altoparlanti è superata da quella con cuffia. Particolari cuffie stereofoniche, di classe anche elevatissima, rendono possibile l'ascolto di dischi e di nastri stereofonici meglio degli altoparlanti, con superiore fedeltà di riproduzione, e con vivacità ed un'acustica ben dosate.

Le attuali cuffie stereofoniche sono ben lontane da quelle in uso un tempo, basate sul principio del ricevitore telefonico, ciascun auricolare delle quali era provvisto di un elettromagnete innanzi al quale vibrava una laminetta di ferro. Cuf-

fie di questo tipo sono ancora oggi in uso, particolarmente da parte di principianti per l'ascolto dell'apparecchietto radio autocostruito. Non sono certo adatte per la riproduzione dell'ampia gamma sonora delle grandi orchestre, cosa invece possibile con le attuali cuffie stereofoniche.

Va notato anzitutto che per la ricezione con tali cuffie non sono necessarie apparecchiature apposite. Qualsiasi fonovaligia stereofonica, o registratore magnetico consente anche l'ascolto in cuffia. In genere gli apparecchi stereofonici, ed anche



Fig. 3.23. - Cuffia stereofonica con regolatore del volume sonoro.

i monofonici, sono provvisti di una presa per l'ascolto in cuffia, con l'esclusione automatica dell'altoparlante.

Sono di due tipi: le dinamiche e le elettrostatiche.

Le cuffie dinamiche sono in realtà degli altoparlanti da orecchio. Gli auricolari sono contenuti in due coppe, ciascuna delle quali è provvista di cuscinetto elastico, adatto per consentire l'isolamento dai rumori ambientali. Il sopratesta è flessibile, in modo da adeguarsi alla forma del capo.

L'altoparlantino contenuto in ciascun auricolare ha un diametro che va da 3,8 centimetri, per le cuffie leggere e di tipo economico, a 6 o 7 centimetri, per quelle di classe elevata, e di costo maggiore. La bobina mobile è relativamente grande rispetto al cono diffusore; in media è di 2 centimetri di diametro. È sospesa, come negli altoparlanti, nel campo magnetico anulare di un magnete permanente. Il cono diffusore è molto leggero, da 0,08 a 0,05 millimetri; è di materiale particolare, plastica o mylar.

La coppa ha le dimensioni medie di 10 per 8 per 4 centimetri. Il peso varia da 135 grammi per le leggerissime, ai 650 grammi. Alcune cuffie sono provviste di controllo di volume a cursore lineare, altre di adattatore del volume che la cuffia fa con l'orecchio. Tutte sono provviste di cavo a tre conduttori, con spinotto.

A ciascun auricolare corrisponde un canale, per cui è sufficiente unire in parallelo i due auricolari per ottenere l'ascolto monofonico con qualsiasi stereofonica.

Le cuffie elettrostatiche sono più complesse, adatte per scopi professionali particolari, di costo notevolmente maggiore. Sono particolarmente bene adatte per il controllo fonico delle diverse sorgenti di segnale. Consentono riproduzioni praticamente esenti da distorsioni, entro una gamma più estesa di quelle dinamiche, compresa tra 19 a 19 000 cicli.

Ciascun auricolare contiene un minuscolo altoparlante elettrostatico. Una sottilissima laminetta metallica può vibrare tra le due armature forate di un condensatore. Le onde sonore generate dalla laminetta si propagano oltre i fori delle armature, una delle quali è rivolta verso l'esterno. Il principio è quello indicato dalla fig. 3.22.

Le cuffie elettrostatiche presentano l'inconveniente di dover venir alimentate. È necessario l'accoppiamento con un trasformatore, il secondario del quale è provvisto di una presa al centro da collegare ad un capo dell'alimentatore, l'altro capo del quale va alla laminetta vibrante. Il dispositivo di alimentazione può venir collegato alla rete-luce, oppure può essere autonomo. In questo caso è una parte del segnale audio che viene livellata in modo da fornire la tensione di eccitazione. Il dispositivo auto-eccitante è comunque sempre necessario.

Le elettrostatiche presentano lo svantaggio di non consentire riproduzioni sonore molto forti, come avviene invece con le dinamiche. Sono provviste di cordone a cinque conduttori, con spina a cinque poli. Sono di dimensioni un po' maggiori delle dinamiche, e pesano un po' di più, circa 600 grammi.

Le cuffie quadrifoniche.

Consentono la ricezione su quattro canali, in un certo senso sono perciò doppiamente stereofoniche. Ciascuna coppa contiene un doppio auricolare, consistente in due altoparlantini separati. Ogni auricolare contiene, alloggiati in apposite sedi, i due altoparlantini; ad uno di essi corrispondono i canali 1 e 3, sinistro frontale e sinistro posteriore, e all'altro, quelli 2 e 4, destro frontale e destro posteriore.

La cuffia quadrifonica riproduce effettivamente quattro segnali audio, quelli provenienti dalle quattro piste dei nastri a registrazione quadrifonica.

Su ciascuna coppia vi è un minuscolo inversore con il quale è possibile riunire in parallelo i due altoparlantini interni, ed ottenere l'ascolto stereofonico a due vie, quello normale.

Le quadrifoniche sono esclusivamente del tipo dinamico. Le due coppe sono ovalizzate, data la presenza dei due altoparlantini. Le dimensioni sono solo poco maggiori delle altre cuffie; il peso è di 600 grammi.

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

1. — SCHERMI E CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI

Lo schermo acustico.

Le onde sonore sono costituite da compressioni e da rarefazioni dell'aria. Le semionde positive consistono in compressioni, quelle negative in rarefazioni. L'altoparlante a cono diffonde contemporaneamente ambedue queste semionde, una davanti al cono e l'altra dietro di esso. Quando da un lato del cono vi è una compressione dell'aria, dietro di esso vi è una corrispondente rarefazione. Si vuol dire che

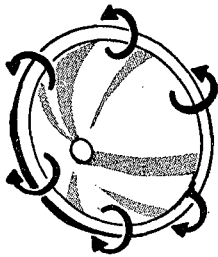


Fig. 4.1. - Se l'altoparlante non è provvisto di schermo, le frequenze basse frontali annullano quelle retrostanti, e viceversa.

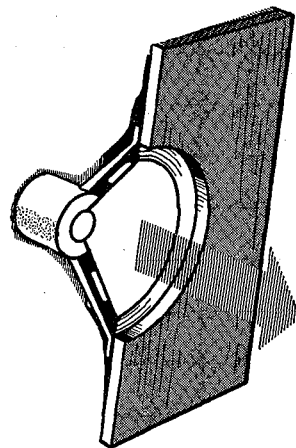


Fig. 4.2. - Altoparlante con schermo acustico.

l'altoparlante a cono diffonde due onde sonore in opposizione di fase, una nello spazio ad esso antistante e l'altra in quello retrostante, e che si determina una parziale cancellazione del suono per fuori fase, in quanto la compressione viene annullata dalla rarefazione, a meno che non esista una parete divisoria tra i due lati del cono, come indica la fig. 4.2.

Le dimensioni dello schermo devono essere proporzionate al diametro del cono diffusore. Quanto più ampie sono, tanto più bassa è la frequenza che può venir riprodotta. La potenza dell'altoparlante risulta aumentata, ed il responso ai toni bassi fortemente migliorato. Lo schermo non ha praticamente alcun effetto sulle frequenze elevate, dato che esse si propagano a fascio, ed è lo stesso cono a dividere le semionde antistanti da quelle retrostanti. La più bassa frequenza riproducibile è quella corrispondente alla lunghezza d'onda pari all'ampiezza dello schermo.

L'altoparlante è fissato allo schermo tramite un materiale assorbente, affinché non abbia a comunicargli le proprie vibrazioni.

Casse acustiche aperte.

Per la buona riproduzione delle frequenze basse, lo schermo deve avere dimensioni molto ampie, visto che alla frequenza di 100 c/s corrisponde l'onda di 3,3 metri, ma tali dimensioni sono spesso incompatibili con quelle dell'ambiente in cui l'altoparlante deve funzionare. Nei radiofonografi è lo stesso mobile che funziona da schermo, e divide le semionde antistanti da quelle retrostanti. Uno schermo di questo tipo vien detto schermo piegato o *cassa acustica aperta*, in quanto è aperta posteriormente.

Rispetto allo schermo piano, la cassa acustica aperta presenta il vantaggio delle dimensioni minori, ma anche lo svantaggio di agire come un tubo risonatore aperto da un lato, per cui accentua il responso dell'altoparlante in corrispondenza della propria frequenza di risonanza. A tale particolare frequenza, tutto il sistema acustico aumenta di efficienza, con il risultato sgradevole del caratteristico rimbombo.

La frequenza di risonanza dipende dal volume d'aria presente nella cassa, ed è compresa tra 100 e 200 cicli/secondo. Essa altera la naturalezza delle riproduzioni musicali ed anche delle voci maschili.

Inoltre, specie quando si tratta di radiofonografi, la cassa aperta risulta di dimensioni limitate e non è in grado di consentire la sufficiente riproduzione delle frequenze basse.

Presenta un terzo inconveniente, quello di non assicurare un adeguato carico all'altoparlante, il cui cono non risulta abbastanza frenato, ed oscilla facilmente in presenza di transienti, con conseguente distorsione.

La soluzione migliore è costituita dalle *casse acustiche chiuse*, anche posteriormente, tali da assorbire completamente l'energia sonora prodotta nella parte retrostante del cono, ed impedire del tutto la possibilità di cancellazione del suono per fuori fase.

Casse acustiche chiuse.

Il modo più semplice per eliminare completamente l'energia sonora diffusa nella parte retrostante dell'altoparlante consiste nel collocare l'altoparlante stesso in una cassa completamente chiusa, provvista del solo foro per l'altoparlante. È necessario

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

che le pareti interne della cassa siano ricoperte con materiale assorbente, affinché il suono venga estinto. Casse di questo genere si prestano ottimamente, e costituiscono una specie di « schermo infinito », poiché nessuna parte dell'energia sonora retrostante raggiunge quella anfastante. Vengono dette casse acustiche chiuse.

Le loro dimensioni possono essere relativamente piccole. Il volume interno ri-

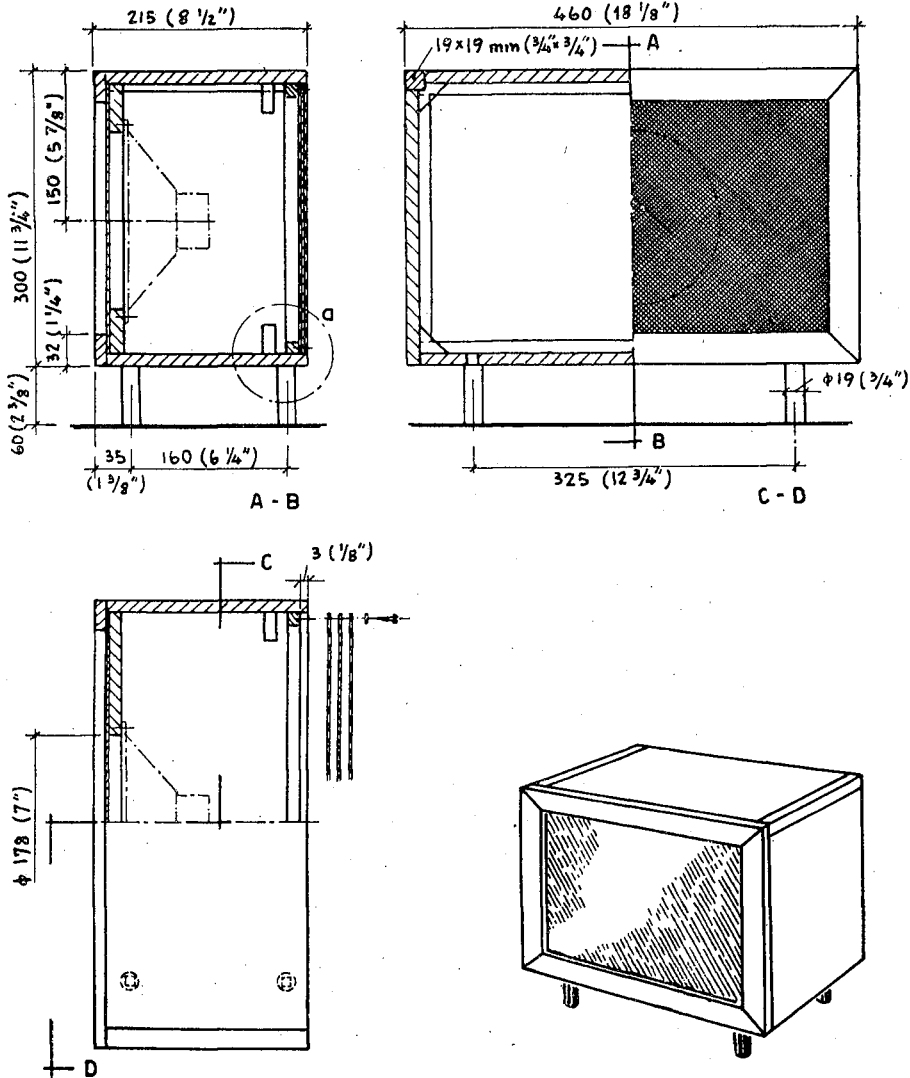


Fig. 4.3. - Dati costruttivi per la cassa acustica di altoparlante supplementare.

sulta da formule matematiche, ma esse sono poco utili poiché contengono alcuni fattori noti soltanto ai costruttori di altoparlanti. La massa d'aria contenuta in queste casse si comporta come una *capacità acustica*. Il volume varia con le dimensioni dell'altoparlante, e non è critico; i costruttori americani indicano 2 piedi cubi (due cubi ciascuno di 30 cm di lato) per gli altoparlanti di 20 cm di diametro, 2,5 piedi cubi per quelli di 25 cm e 3 piedi cubi per quelli di 30 cm. Non è necessario che le casse abbiano forma di cubo, possono avere forma qualsiasi, purché sia rispettato, all'incirca, il volume interno.

Le casse chiuse devono essere molto rigide e robuste; il materiale da usare è il legno, dello spessore di almeno 1 cm per gli altoparlanti piccoli, di 2 cm per gli altoparlanti medi, e di 2,5 cm per gli altoparlanti grandi, da 30 cm ed oltre. Il materiale assorbente deve essere di almeno 1 cm di spessore.

La cassa chiusa aumenta la potenza dell'altoparlante, consente l'ottima riproduzione delle frequenze basse, smussa il responso eliminando i picchi, ed elimina completamente la risonanza caratteristica delle casse aperte. Può venir sistemata entro altro mobile, come nel caso dei radiofonografi, ed avere la forma e le dimensioni corrispondenti.

ESEMPIO DI CASSA ACUSTICA PER ALTOPARLANTE SUPPLEMENTARE.

Qualora risulti necessario completare la diffusione sonora con un altoparlante supplementare, o qualora riesca necessario far giungere la diffusione sonora in altro ambiente, è possibile realizzare una buona cassa acustica con le indicazioni fornite dalla fig. 4.3.

Nella figura sono riportate tutte le misure per la realizzazione costruttiva, in millimetri e in pollici. Il fondo della cassa è costituito da tre strati di materiale assorbente acustico, sovrapposti.

Casse acustiche Bass Reflex.

La riproduzione dei toni bassi è limitata dal diametro del cono dell'altoparlante, il quale non può superare un certo limite oltre che per ragioni costruttive anche per il fatto che a grandi diametri del cono corrispondono responsi insufficienti alle frequenze elevate. La cassa acustica Bass Reflex è simile alla cassa completamente chiusa, ma è provvista di un'apertura frontale, sotto il foro per l'altoparlante, dalla quale vien lasciata uscire un'onda supplementare che si aggiunge in fase a quella diffusa anteriormente. Anziché assorbire tutte le frequenze acustiche diffuse nella parte retrostante dell'altoparlante, questo tipo di cassa le assorbe tutte meno quelle corrispondenti ai toni bassi, i quali risultano rinforzati. Il risultato è quello che si otterrebbe con un altoparlante di diametro maggiore sistemato in cassa acustica completamente chiusa.

L'ampiezza e la fase dell'onda secondaria sono in rapporto con l'ampiezza e la fase dell'onda principale, e dipendono dal volume della cassa, dell'area-pistone dell'altoparlante e dall'area dell'apertura frontale, detta « portello ».

La fig. 4.4 indica una cassa acustica Bass Reflex. È provvista di due liste di legno orizzontali, una sulla parete anteriore ed una su quella posteriore. Esse hanno lo scopo di consentire la riduzione delle dimensioni della cassa. Con queste due liste di

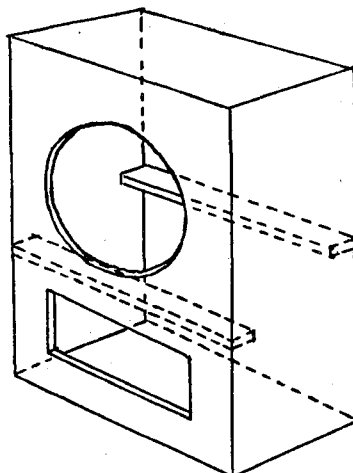


Fig. 4.4. - Cassa acustica a bassi rinforzati, tipo Bass' Reflex.

DIMENSIONI DELLE CASSE ACUSTICHE BASS REFLEX

Diametro dell'altoparlante in centimetri	Diametro del foro in centimetri	Volume della cassa in centimetri cubi	Area dell'apertura in centimetri quadrati
45	40,0	220.000	620
38	33,5	160.000	450
30	26,5	120.000	420
25	22,2	98.000	270
20	17,2	58.000	180
15	13,4	38.000	135

Queste dimensioni si riferiscono solo alle casse acustiche Bass Reflex del tipo indicato dalla fig. 4.4. Il diametro del foro dell'altoparlante può variare a seconda del tipo dell'altoparlante stesso.

legno, il volume della cassa e l'area del portello risultano quelli indicati dalla tabella, per i diversi tipi di altoparlanti. Circa la metà della superficie interna della cassa va ricoperta con lo strato di materiale assorbente di almeno 1 cm di spessore; può venir utilmente adoperato uno strato di juta di 2,5 cm di spessore.

Le dimensioni della cassa non hanno grande importanza, e possono essere variate a seconda della necessità, purché sia conservato il volume interno e l'area del portello.

ESEMPI DI CASSE BASS REFLEX. — La fig. 4.5 indica le caratteristiche di due casse acustiche Bass Reflex, una per altoparlante di 30 cm di diametro e l'altra per altoparlante di 38 cm. Il volume di ciascuna di esse è superiore a quello indicato

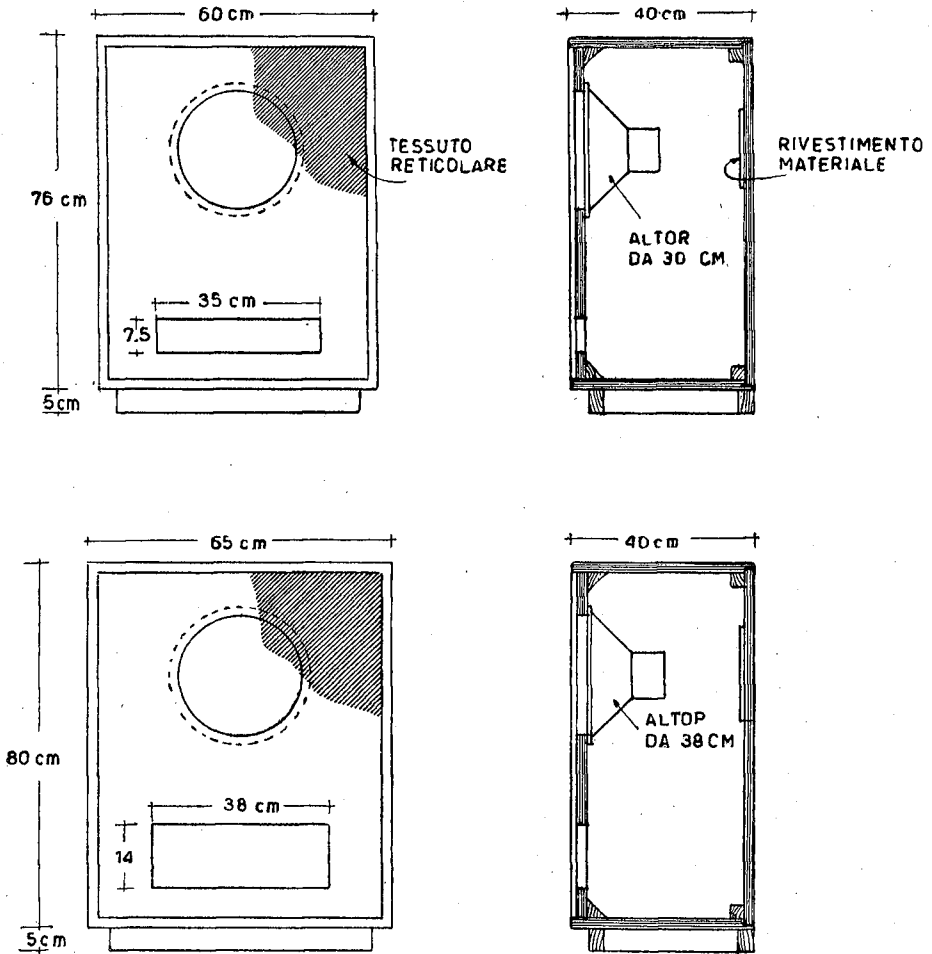


Fig. 4.5. - Due esempi di altoparlanti sistemati in casse acustiche con parziale assorbimento dell'onda retrostante.

dalla tabella, dato che queste due casse sono sprovviste di liste di legno interne. Con tali liste, le dimensioni possono venir ridotte corrispondentemente al minor volume richiesto.

È necessario che le casse siano molto solide, con gli angoli rinforzati, in modo da evitare vibrazioni. Metà della superficie interna va ricoperta da materiale assorbente. La parete frontale può venir ricoperta con tessuto reticolare, o comunque tale da non impedire la diffusione sonora.

COME VA ACCORDATA LA CASSA. — Per ottenere ottimi risultati è necessario accordare la risonanza della cassa con la risonanza del cono dell'altoparlante. A tale scopo è possibile provvedere l'apertura frontale di una chiusura in modo da poter variare la superficie dell'apertura stessa, e accordare così la cassa.

L'accordo risulta perfetto mediante l'uso di strumenti. È necessario un oscillatore a bassa frequenza, un voltmetro per alternata ad alta impedenza, del tipo da 1000 ohm per volt con rettificatore oppure un voltmetro a valvola, ed una resistenza da 100 ohm. La resistenza va collegata in serie con la bobina mobile dell'altoparlante, allo scopo di aumentare l'impedenza interna dell'amplificatore e non appiattire la risonanza dell'altoparlante. Il voltmetro va collegato ai capi della bobina mobile, e l'oscillatore all'entrata dell'amplificatore. L'uscita va regolata in modo che ai capi della bobina mobile vi siano 2 volt. Variare la frequenza dell'oscillatore da 20 a 150 cicli/secondo, a passi di 5 cicli l'uno, e segnare l'indicazione del voltmetro per ciascuna frequenza, ossia a 20, 25, 30, 35 c/s ecc. Risulteranno due « punte » ossia due

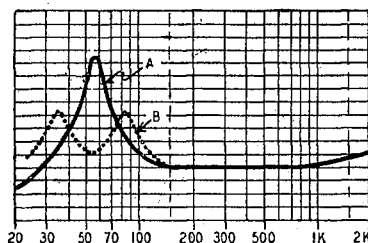


Fig. 4.6. - A, Curva di risonanza senza la cassa acustica. B, Con la cassa acustica.

letture massime, le quali potranno essere dello stesso valore o di valore diverso. La cassa è accordata quando i due massimi hanno lo stesso valore, e la si accorda variando l'area dell'apertura anteriore.

Con casse completamente chiuse si ottiene un massimo solo, il quale corrisponde alla frequenza di risonanza dell'altoparlante nella cassa in cui si trova.

La fig. 4.6 indica l'effetto della cassa Bass Reflex sulla curva di risonanza dell'altoparlante; al posto di un picco se ne formano due, di eguale ampiezza, distanziati l'uno dall'altro. I due picchi sono notevolmente meno elevati di quello in assenza della cassa Bass Reflex, con schermo comune.

Chiudendo completamente l'apertura superiore, il portello, il responso dell'altoparlante subisce un cedimento dal lato delle frequenze più basse. Scompaiono i due

picchi, è presente il picco singolo più alto; i toni bassi sono solo quelli diffusi da un lato del cono.

In mancanza di strumenti, la cassa Bass Reflex può venir accordata approssimativamente con l'aiuto di una pila a secco da 4,5 volt, messa in contatto istantaneo con i conduttori provenienti dalla bobina mobile dell'altoparlante. Si può riconoscere se al balzo in avanti del cono corrisponde un altro analogo indietro; si devono sentire due « clich » eguali quando l'accordo è raggiunto, senza lo strascico sonoro caratteristico della mancanza di accordo.

Casse acustiche per stanze di soggiorno.

La tendenza attuale è di separare l'altoparlante dal resto dell'impianto sonoro, costituito generalmente da un radiofonografo, allo scopo di poter ottenere il massimo rendimento dall'impianto stesso, ed evitare gli inconvenienti derivanti dall'impiego del mobile del radiofonografo come cassa acustica aperta, inconvenienti che

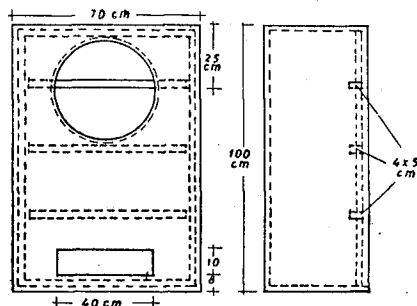


Fig. 4.7. - Cassa acustica Bass Reflex.

si verificano anche nei radiofonografi di alta classe e di costo elevato, essendo comuni a tutte le casse acustiche aperte posteriormente.

Separato dal resto dell'impianto, l'altoparlante può venir sistemato in apposita cassa acustica chiusa posteriormente, con o senza apertura anteriore, ossia con o senza rinforzo dei toni bassi, appositamente progettata e costruita. La cassa stessa può venir collocata in apposito mobiletto, senza qualità acustiche.

Le casse chiuse posteriormente, od i mobiletti, possono venir direttamente appoggiati alla parete, dato che non vi è diffusione sonora retrostante, ma solo quella antistante. Possono venir realizzate in modo da poter occupare un angolo della stanza di soggiorno, ed utilizzare le pareti per la miglior diffusione del suono.

La fig. 4.7 indica le caratteristiche costruttive di una cassa Bass Reflex. È adatta per altoparlanti di grande diametro, da 38 a 40 cm, ed è alta 1 metro. L'apertura frontale, posta molto in basso, è di 400 cm quadrati di superficie. Il materiale assorbente è collocato sul fondo posteriore della cassa ed ai due lati, non sul retro della

parte frontale. Come di consueto occupa la metà della superficie interna della cassa. Sul fondo sono sistemate tre piccole sporgenze in legno. Tutta la cassa è in legno. Il materiale assorbente è falda di cotone alta 2,5 cm.

La fig. 4.8 illustra un altro esempio di mobile per altoparlante, adatto per stanza di soggiorno, provvisto di cassa acustica Bass Reflex. L'altoparlante è di 30 cm di diametro, con frequenza di risonanza a 100 c/s. La cassa è di legno di 2 cm di spessore, sistemata con telaio robusto, e con tutte le giunture incollate e avvitate, nonché

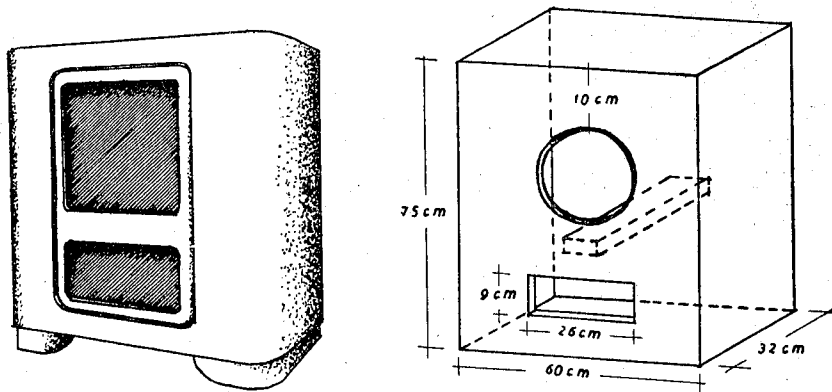


Fig. 4.8. - Sistemazione di altoparlante da 30 cm in cassa acustica con bassi rinforzati.

rinforzate internamente. Per l'assorbimento sonoro è usata falda di feltro. La parete anteriore e quella posteriore della cassa sono collegate da un pezzo di legno.

Le dimensioni indicate in figura non sono critiche, possono venir alterate a seconda della necessità. La posizione dell'apertura anteriore non è neppur essa critica, può variare di qualche centimetro verso l'alto o verso il basso.

Un mobile con cassa acustica di questo tipo valorizza alquanto la riproduzione sonora dell'altoparlante, ed assicura un ottimo responso anche alla frequenza di 50 cicli/secondo, senza alcun rimbombo o vibrazione dannosa, e riducendo al minimo la distorsione. Rispettando le dimensioni indicate per il portello, l'accordo può risultare superfluo; ad ogni modo, dato che la cassa è nell'interno del mobile e non in vista, l'apertura può venir variata in modo semplice, senza danno per l'estetica. Va però detto che in qualche caso l'accordo può risultare molto laborioso.

Bass Reflex particolari.

Le casse acustiche Bass Reflex hanno subito numerosi perfezionamenti, e vengono costruite attualmente in una grande varietà di forme. Sono tutte adatte per impianti ad alta fedeltà.

Un esempio di Bass Reflex particolare è quello illustrato dalla fig. 4.9. Al posto

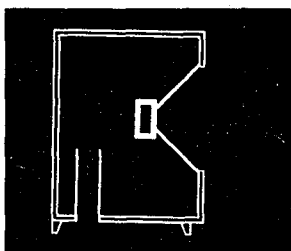


Fig. 4.9. - Cassa acustica particolare.

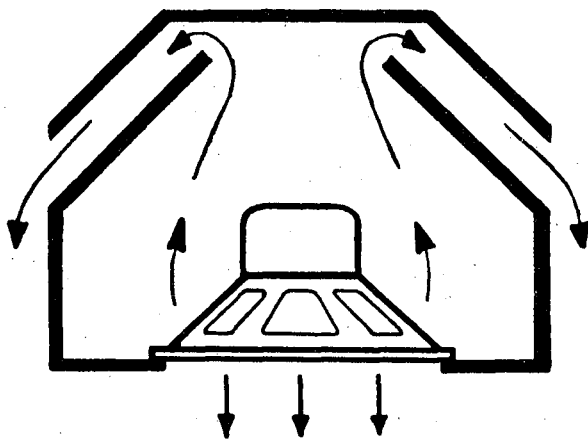


Fig. 4.10. - Cassa acustica con riflessione dell'onda sonora retrostante.

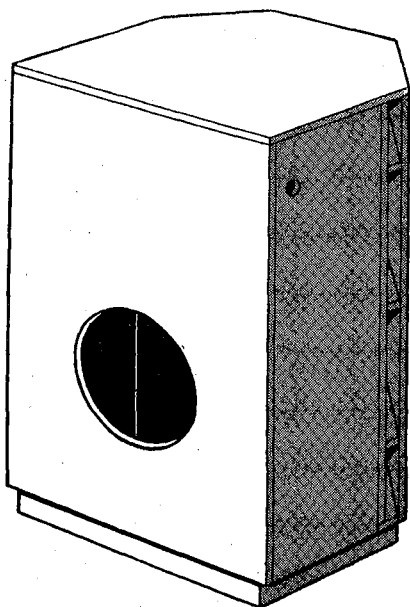


Fig. 4.11. - Aspetto esterno della cassa acustica di cui la figura precedente.

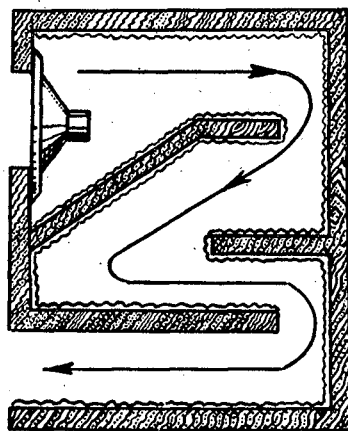


Fig. 4.12. - Cassa a labirinto acustico.

del portello frontale, posto sotto l'altoparlante, questo Bass Reflex è provvisto di un'apertura sottostante a guida acustica, come indicato. Il vantaggio di questo Bass Reflex è costituito dalle dimensioni minori rispetto quello di tipo classico, con il portello.

Un altro esempio di Bass Reflex è quello illustrato dalle figure 4.10 e 4.11. Appartiene alla categoria di Bass Reflex di alta classe, adatto per riproduzioni sonore Hi-Fi. Le onde sonore riprodotte dalla parte retrostante dell'altoparlante vengono convogliate verso la parte frontale. Il risultato è notevole, specie per la riproduzione delle frequenze più basse. L'inconveniente maggiore di questo Bass Reflex consiste nelle sue dimensioni piuttosto ingombranti. È bene adatto per grandi ambienti.

Un terzo esempio di cassa acustica a Bass Reflex di tipo particolare è quello di fig. 4.12. Questo Bass Reflex vien detto a *labirinto acustico*, dato il tragitto che vien fatto percorrere all'onda sonora retrostante. Fa parte dei Bass Reflex adatti per alta fedeltà. Anch'esso presenta l'inconveniente di essere piuttosto ingombrante.

2. — LA RIPRODUZIONE ACUSTICA AD ALTA FEDELTA'

L'alta fedeltà (Hi-Fi).

Vien detta ad *alta fedeltà*, quella riproduzione sonora che consente l'ascolto delle esecuzioni musicali nella loro forma integrale, senza distorsioni e senza alterazioni. È in uso anche il termine inglese *High Fidelity*, abbr. in Hi-Fi.

Ad alta fedeltà può essere qualsiasi complesso sonoro, dall'apparecchio radio al registratore magnetico, dall'amplificatore fono per stanza da soggiorno a quello per

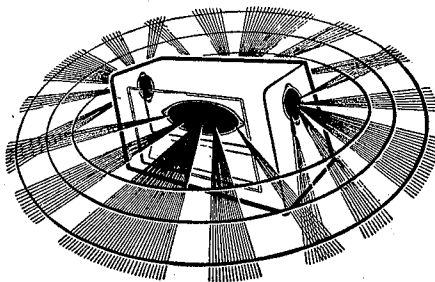


Fig. 4.13. - Diffusione spaziale dei suoni da complesso ad alta fedeltà.

grandi sale cinematografiche. Non possono essere ad alta fedeltà i piccoli apparecchi radio, sia quelli portatili che quelli a sopramobile di piccole dimensioni, e neppure le fonovaligie. Affinché l'alta fedeltà della riproduzione sonora sia possibile è necessario che il complesso abbia sufficiente potenza, dimensioni adeguate alla riproduzione dei suoni, e sia provvisto di almeno due altoparlanti, uno per i toni medi e bassi, e l'altro per i toni alti.

La potenza è indispensabile per assicurare la riproduzione delle note basse ad un sufficiente livello sonoro; le dimensioni adeguate sono necessarie per la stessa ragione. Sono necessari almeno due altoparlanti di tipo comune, poiché nessun altoparlante è in grado di riprodurre tutta la gamma delle frequenze sonore, ad eccezione degli altoparlanti ad alta fedeltà, dei quali è stato detto nel capitolo terzo, i quali sono però costituiti da due o tre altoparlanti riuniti insieme.

Gli altoparlanti di grande diametro sono bene adatti per la riproduzione delle frequenze acustiche medie e basse, ma non per quelle alte, data la notevole inerzia del loro cono vibrante. Gli altoparlanti di piccolo diametro sono invece adatti per la riproduzione delle frequenze elevate, ma non per quelle medie e basse poiché

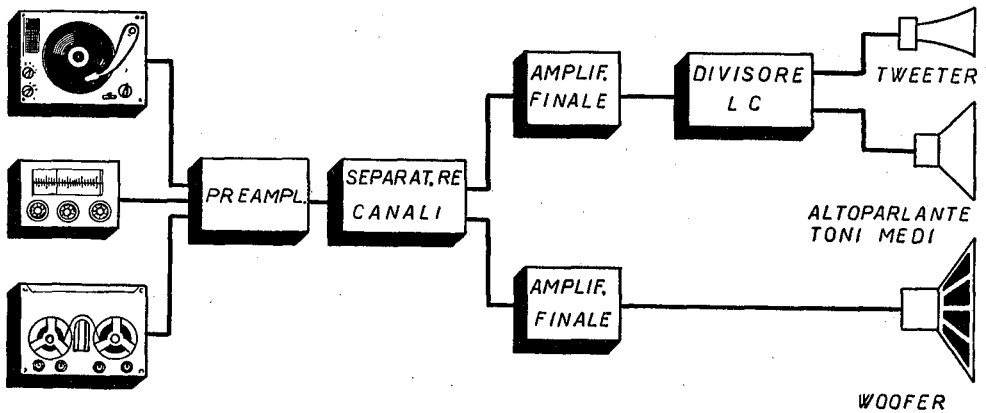


Fig. 4.14. - Elementi costituenti un complesso tipico ad alta fedeltà.

non consentono l'applicazione di potenze adeguate e non hanno la possibilità di imprimere all'aria oscillazioni corrispondenti.

È per questa ragione che gli impianti ad alta fedeltà sono provvisti di due o più altoparlanti, sistemati in modo opportuno allo scopo di determinare una diffusione sonora uniforme nell'ambiente, ed approfittare del riverbero da parte delle pareti, per dar « colore » alle riproduzioni musicali.

Inoltre, è necessario che l'amplificatore audio sia in grado di trasferire dalla sua entrata alla sua uscita tutte le frequenze musicali, senza sopprimere una parte di esse od esaltarne un'altra parte. Anche l'amplificatore deve quindi essere di tipo ad alta fedeltà, provvisto di uno stadio finale in controfase, e di adeguato trasformatore di uscita.

Infine, è necessario che il complesso ad alta fedeltà sia provvisto di uno o più *divisori di frequenza*, con i quali provvedere alla separazione delle varie frequenze da inviare agli altoparlanti. Il divisore di frequenza, a volte, è costituito da due parti: un *separatore di canali* e un *divisore di frequenza vero e proprio*. Il separatore di

canali è posto prima dello stadio finale, il divisore di frequenza dopo di esso; ciò allo scopo di consentire una maggiore amplificazione di potenza per il canale basso, quello che fa capo all'altoparlante di grande diametro, e una amplificazione minore per l'altro canale, quello alto, collegato agli altoparlanti per i toni medi e per quelli bassi.

La fig. 4.14 illustra la disposizione tipica di un complesso sonoro ad alta fedeltà. Alla sua entrata vi è un giradischi, un convertitore radio e un registratore magnetico. Alla sua uscita vi sono tre altoparlanti: quello per le frequenze basse (detto woofer), quello per le frequenze medie e quello per le frequenze alte (detto tweeter).

Il complesso fono consiste di:

- a) un preamplificatore,
- b) un separatore di canali,
- c) due stadi separati d'amplificazione finale,
- d) un divisore di frequenza.

Nei complessi ad alta fedeltà ha notevole importanza il preamplificatore, in quanto comprende i controlli di volume, dei toni alti e dei toni bassi, nonché il selettore. Il separatore di canali è un circuito a resistenza, capacità e induttanza in grado di dividere in due parti la gamma delle frequenze, e ottenere due canali, quello basso e quello alto.

Il divisore di frequenza è a sua volta un altro circuito, simile a quello del separatore, in grado di dividere il canale alto in due parti: media e alta.

Principio del separatore di frequenza.

La fig. 4.15 illustra il principio basilare del divisore di frequenza. Per ottenere la separazione delle frequenze alte da quelle medie e basse, è sufficiente un solo condensatore fisso posto in serie all'altoparlante di diametro minore. Il condensatore è un divisore di frequenza; in quanto oppone una resistenza molto elevata alle frequenze basse, rispetto a quella che oppone alle frequenze alte, ossia la sua reattanza in ohm è inversamente proporzionale alla frequenza.

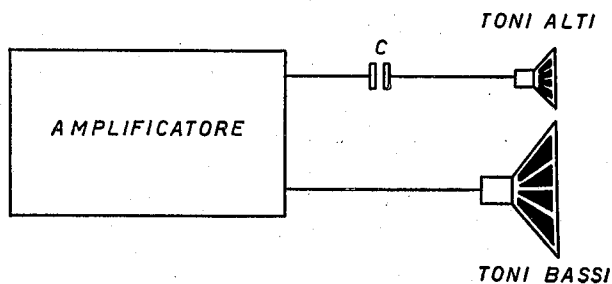


Fig. 4.15. - Principio della divisione della gamma audio.

Nei complessi a modesto Hi-Fi, specie negli apparecchi radio di modeste dimensioni con due o tre altoparlanti, nei radiofonografi di classe inferiore e nella maggior parte dei registratori magnetici con due altoparlanti, il divisore di frequenza è assai spesso costituito da un solo condensatore fisso. Non vi è il separatore di canali, in quanto vi è un solo stadio d'amplificazione finale, e praticamente non vi è neppure il divisore di frequenza, in quanto è ridotto ad un solo condensatore.

IL DIVISORE LC.

La fig. 4.16 indica come avviene la separazione delle frequenze basse da quelle alte, in un circuito in cui un condensatore sia in serie con una resistenza.

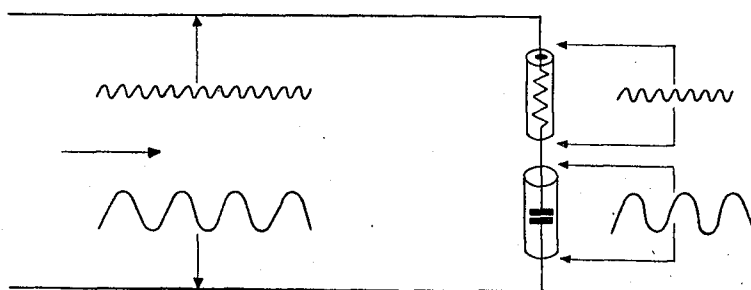


Fig. 4.16. - Principio del divisore RC.

Se nel circuito sono simultaneamente presenti due frequenze, una bassa e l'altra alta, la bassa risulta presente ai capi del condensatore, mentre l'alta risulta ai capi della resistenza. Condensatore e resistenza si comportano come un divisore di tensione. Alla frequenza bassa, la reattanza capacitativa è elevata, quindi il condensatore si comporta come una resistenza di valore elevato, per cui la tensione è presente ai suoi capi, più che ai capi della resistenza. Viceversa, alla frequenza alta, il condensatore si comporta come una resistenza di basso valore, quindi la tensione è prevalentemente ai capi della resistenza.

La fig. 4.17 illustra ciò che avviene se al posto del condensatore viene collocata un'induttanza. In questo caso la frequenza alta è presente ai capi dell'induttanza, mentre quella bassa è presente ai capi della resistenza, poiché alle frequenze elevate l'induttanza si comporta come una resistenza di elevato valore, mentre alle frequenze basse agisce come una resistenza di basso valore.

La fig. 4.18 illustra un divisore LC, ossia un divisore costituito da una capacità e da una induttanza. La capacità è in serie all'altoparlante toni alti, mentre l'induttanza è inserita nel circuito dell'altoparlante toni bassi. Ne risulta una effettiva separazione delle frequenze basse da quelle alte. Le medie risultano distribuite ad ambedue gli altoparlanti.

Per ottenere una separazione delle frequenze più efficace, a volte viene usato

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

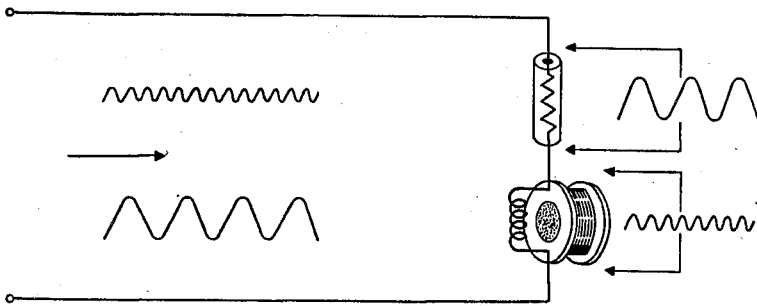


Fig. 4.17. - Principio del divisore RL.

un divisore LC triplo, come quello indicato dalla fig. 4.19. In serie all'altoparlante maggiore, woofer, vi sono due induttanze; tra di esse vi è un condensatore in parallelo, il quale fuga a massa le frequenze elevate che siano riuscite a superare la prima induttanza. Anche in serie all'altoparlante minore, tweeter, vi sono due condensatori, e in più, tra di essi vi è un'induttanza, allo scopo di consentire il passaggio a massa delle frequenze basse che abbiano superato il primo condensatore.

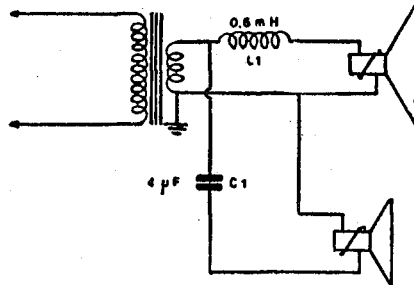


Fig. 4.18. - Esempio di divisore LC.

I valori delle induttanze sono:

L1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1270	microfarad
L3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	630	»
L4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2000	»

quelli dei condensatori sono:

C1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	microfarad
C2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	»
C5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	»

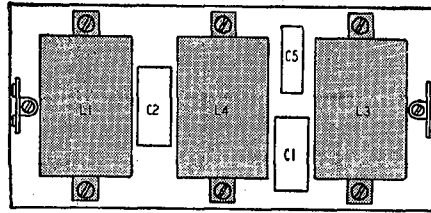
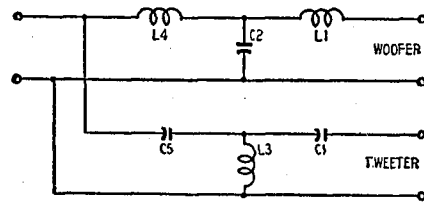


Fig. 4.19. - Esempio di divisore LC triplo.

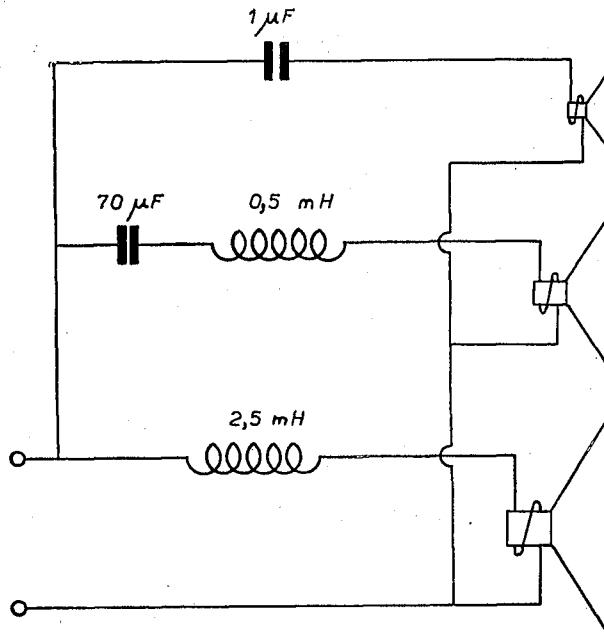


Fig. 4.20. - Collegamento di tre altoparlanti per complesso HI-FI.

La frequenza di taglio è a 1000 cicli; tutte le frequenze maggiori sono convogliate al tweeter, tutte le minori al woofer.

La fig. 4.20 illustra un altro esempio di divisore LC, per complesso acustico ad alta fedeltà, con tre altoparlanti. L'altoparlante centrale provvede alla riproduzione dei toni medi; il divisore LC è calcolato per la frequenza di crossover di 1000 c/s. L'altoparlante minore provvede alla riproduzione dei toni alti; il divisore LC è calcolato per la frequenza di crossover di 5000 c/s. L'altoparlante maggiore riproduce i toni bassi, da 500 c/s. a circa 20 c/s.

I valori indicati sono adeguati per linea da 16 ohm, come generalmente avviene con tre altoparlanti.

Esempio di installazione ad alta fedeltà, con cinque altoparlanti.

Gli altoparlanti da collegare all'uscita di un amplificatore ad alta fedeltà, devono essere in numero tale, con caratteristiche particolari e sistemati in modo conveniente, da rendere effettivamente possibile la riproduzione sonora con spiccate caratteristiche musicali.

Se è disponibile un amplificatore adeguato, ad es. da 20 watt, preceduto dall'unità preamplificatrice, come il complesso amplificatore descritto alla fine del capitolo decimo, la riproduzione sonora è bene venga affidata ad un gruppo di cinque altoparlanti: tre di piccolo diametro, per frequenze elevatissime, uno a tromba per frequenze alte e, infine, uno a grande diametro per le frequenze basse.

La fig. 4.21 indica la disposizione schematica dei cinque altoparlanti. Essi sono

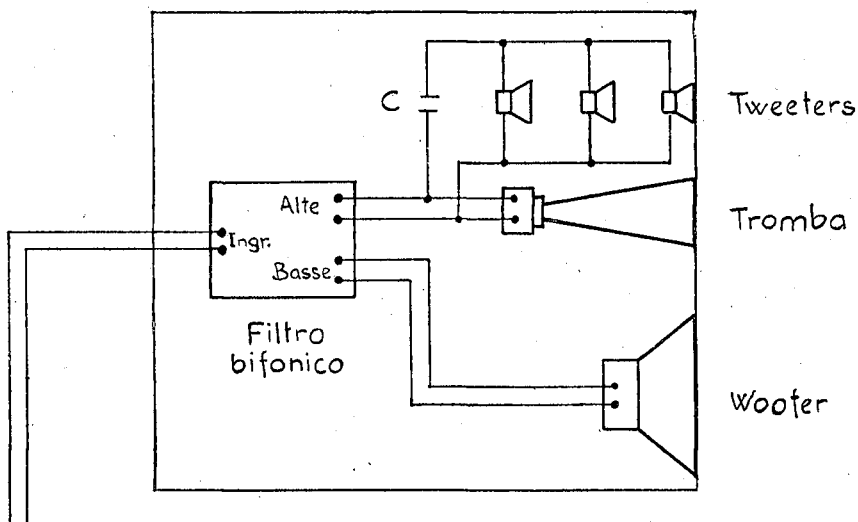


Fig. 4.21. - Disposizione di cinque altoparlanti per impianto ad alta fedeltà, con cassa Bass Reflex della figura seguente.

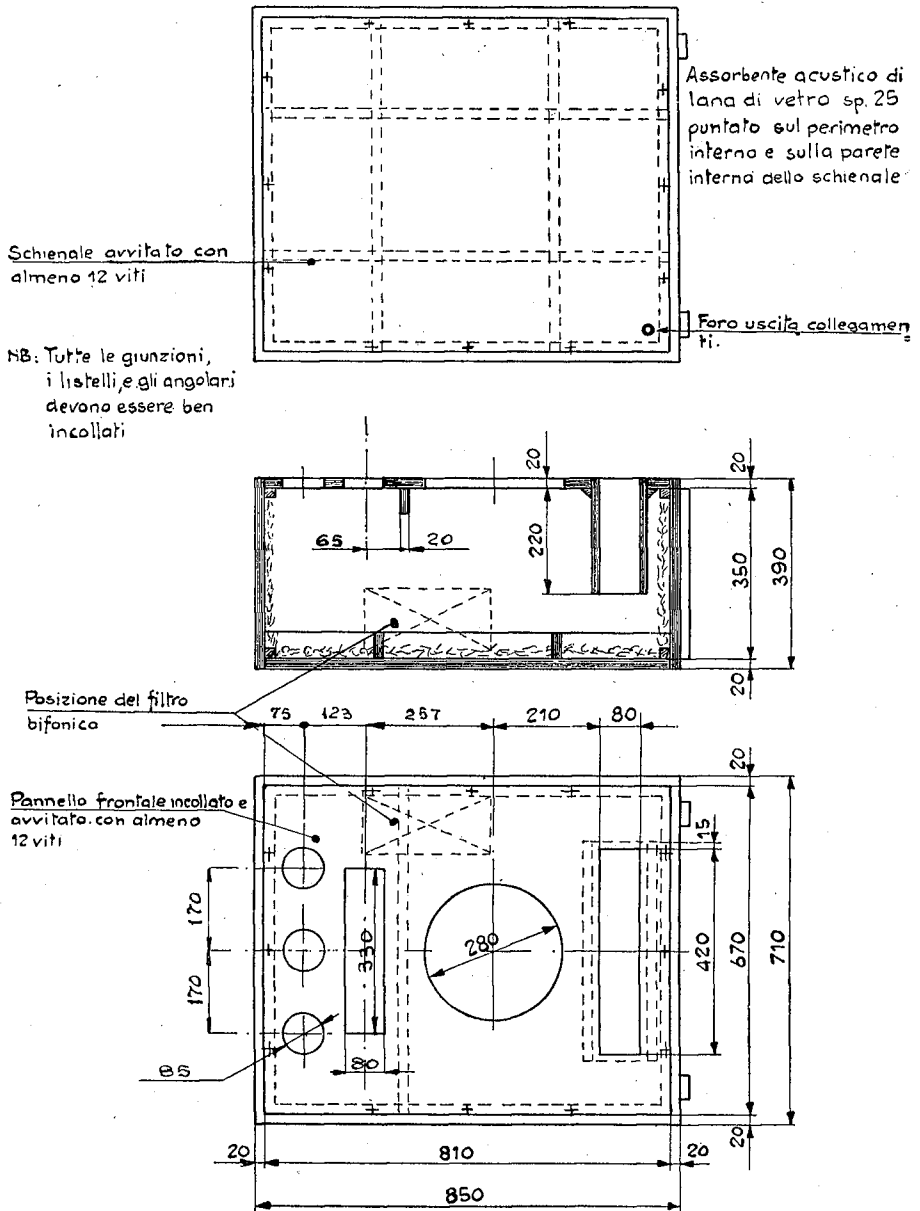


Fig. 4.22. - Dati costruttivi per la cassa Bass Reflex a cinque altoparlanti, per complesso ad alta fedeltà.

collegati al separatore di frequenza (filtro bifonico), il quale è collegato all'uscita dell'amplificatore. La frequenza di separazione è di 800 c/s.

I tre altoparlanti piccoli, i tweeters, sono collegati in parallelo tra di essi, e con un condensatore a carta di 2 microfarad (C), al filtro bifonico, insieme con l'altoparlante a tromba. L'altoparlante maggiore, il woofer, è collegato da solo all'altra presa del filtro.

La fig. 4.22 indica le caratteristiche costruttive della cassa armonica di tipo Bass Reflex, adatta per contenere i cinque altoparlanti. I tre tweeters sono sistemati in alto, sulla stessa linea orizzontale; per essi sono praticati tre fori, nel pannello frontale, di 85 mm ciascuno.

La tromba è collocata sotto di essi, in corrispondenza dell'apertura rettangolare di 330 mm di lunghezza per 80 di altezza.

L'altoparlante maggiore è sistemato sulla parte centrale del pannello; l'apertura corrispondente è di 280 mm. Sotto di esso vi è l'apertura del « portello » della cassa armonica, di 420 mm di lunghezza per 80 mm di altezza.

Le dimensioni esterne complessive della cassa armonica sono di 850 mm per 710 mm. È possibile costruire la cassa armonica di dimensioni minori, e ve ne sono in commercio; occorre però tener presente che con dimensioni minori il rendimento elettroacustico è altrettanto minore, per cui la potenza dell'amplificatore risulta sacrificata in parte notevole.

Nella figura sono indicate tutte le caratteristiche costruttive. Il materiale usato è il pannello di pioppo. Il filtro bifonico è il Lesa mod. E800 FD. Gli altoparlanti sono anch'essi Lesa; quello maggiore è il mod. E 300 W, con frequenza di risonanza di 35 c/s; quello a tromba è il mod. E 100 TU; i tre altoparlanti piccoli sono del mod. Dm 14356. Questi ultimi sono disposti nell'interno della cassa armonica in modo che i due laterali divergono di 15 cm rispetto quello centrale.

IL DISCO FONOGRAFICO

L'incisione fonografica.

Sul *disco fonografico* sono incise minuscole onde, la cui forma è molto simile a quella delle onde sonore delle voci e dei suoni registrati. Queste minuscole onde, ampie appena qualche centesimo di millimetro, risultano visibili con una buona lente o al microscopio. Ai suoni bassi corrispondono onde di notevole lunghezza mentre ai suoni acuti corrispondono successioni di onde molto corte, che occupano

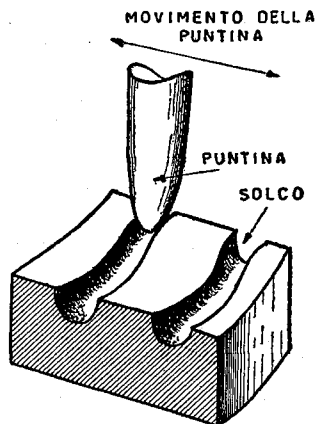


Fig. 5.1. - Le ondulazioni del solco d'incisione mettono in movimento la puntina.

solo un piccolo tratto dell'incisione. L'intensità sonora è determinata dall'ampiezza delle onde incise; maggiore è l'ampiezza, maggiore è anche l'intensità sonora del suono registrato.

Le onde incise sono disposte lungo una *spirale* a spire sottili e strette. È questo il *solco* del disco fonografico. La sua ampiezza è costante durante tutto il percorso.

In assenza di suoni, il solco procede diritto lungo la spira circolare; non appena sono presenti i suoni, il solco si allontana dalla traccia circolare, compiendo delle ondulazioni, per cui la spira è ondulata anziché « liscia ». Le voci e i suoni registrati consistono in deviazioni laterali del solco. In altri termini, le minu-

scole onde non sono tracciate sul fondo del solco, ma è il solco stesso che devia e le descrive ai due lati della traccia circolare che seguirebbe, in loro assenza.

È questa l'incisione laterale che ha sostituito da alcuni decenni l'incisione in profondità, iniziata da Edison su cilindri di cera, e quindi continuata sui primi dischi. Con l'incisione antica, in profondità, le spire erano tutte circolari, lisce, senza ondulazione.

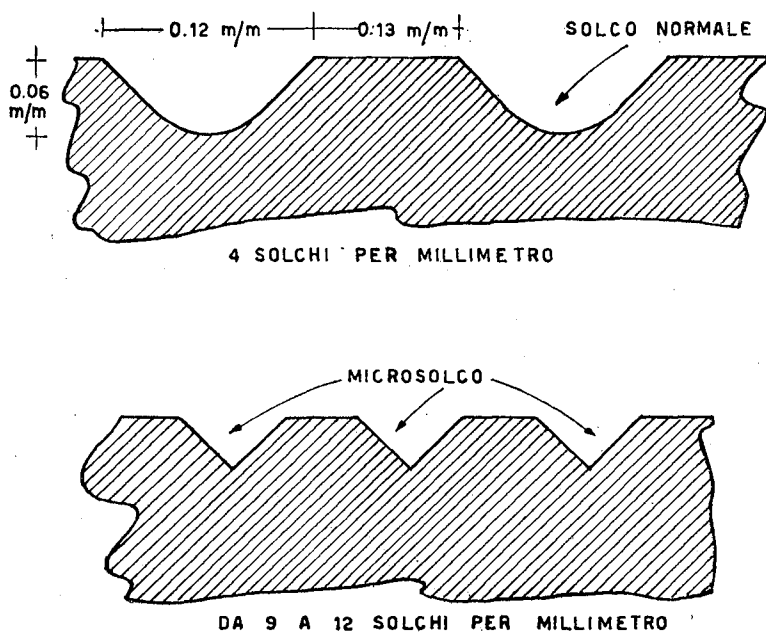


Fig. 5.2. - In alto, il solco dei dischi normali, a 78,26 giri al minuto; in basso, il microsolco dei nuovi dischi a lunga durata, a 33,3 e 45 giri al minuto.

zione; la modulazione consisteva nella variazione di profondità del solco. Con l'incisione moderna, laterale, la profondità del solco è costante, mentre le spire non sono più lisce bensì ondulate.

La massima deviazione laterale del solco, corrispondente alla più alta intensità sonora registrabile, un po' inferiore ai 6,5 centesimi di mm, ciò per il fatto che le spirali configue, in assenza di modulazione, distano, come detto, di 13 centesimi di mm.

La lunghezza delle onde d'incisione non è la stessa su tutta la spirale del disco, ma varia notevolmente. Nei dischi a 78,26 giri al minuto, la spirale esterna, quella d'inizio, passa sotto la puntina alla velocità di circa 1300 mm al secondo, se il diametro dei dischi è di 30 centimetri. La spirale interna, quella finale, passa sotto la puntina a velocità proporzionalmente minore, di circa 400 mm al secondo.

Sulla spirale esterna dei dischi di 30 cm, ad un suono alla frequenza di 500 c/s

corrispondono onde d'incisione di 2,6 mm, come indica la fig. 5.3; la lunghezza d'onda risulta dalla velocità in mm divisa per la frequenza in cicli, per cui $1300 : 500 = 2,6$. Sulla spirale interna allo stesso suono di 500 c/s corrisponde un'onda molto più corta, di $400 : 500 = 0,8$ mm.

Alla frequenza di 5000 c/s sulla spirale interna del disco corrispondono onde estremamente corte, di appena $400 : 5000 = 0,08$ millimetri.

A suoni puri, semplici, corrispondono onde d'incisione di forma sinusoidale perfetta; a suoni complessi corrispondono onde complesse, variamente frastagliate, rappresentanti la risultante della fusione di più suoni.

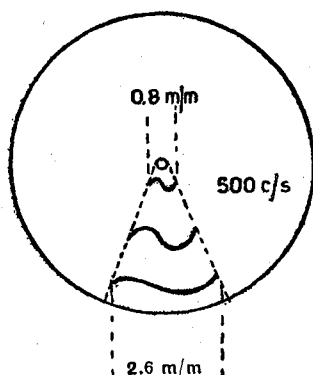


Fig. 5.3. - La lunghezza dell'onda d'incisione non è costante, è maggiore lungo la spirale esterna e minore lungo quella interna.

AMPIEZZA DELL'INCISIONE E FREQUENZA.

L'ampiezza dell'incisione fonografica non è costante per tutte le frequenze; è massima per le frequenze basse e minima per le frequenze alte. Suoni della stessa intensità determinano ampie incisioni se bassi, e incisioni ridottissime se acuti. L'ampiezza dell'incisione fonografica è inversamente proporzionale alla frequenza dei suoni incisi; questa è una delle sue caratteristiche fondamentali.

La fig. 5.4 illustra come varia in ampiezza l'incisione fonografica al variare della frequenza, quando l'intensità sonora è costante.

L'incisione di un suono alla frequenza, ad es., di 500 cicli è di ampiezza doppia del suono, della stessa intensità, alla frequenza di 1000 cicli; ed è la metà dell'ampiezza dell'incisione di un suono alla frequenza di 250 cicli. Al raddoppio della frequenza, corrisponde il dimezzamento dell'ampiezza.

(Un filo metallico di una certa lunghezza può venir piegato in modo da raffigurare un'onda ampia, ad es., 10 centimetri; lo stesso pezzo di filo metallico può anche venir piegato in modo da raffigurare due onde, anziché una sola, però queste

due onde non potranno essere alte 10 cm, saranno alte 5 centimetri. La lunghezza del filo metallico rappresenta l'intensità del suono inciso; se la lunghezza del filo è costante, l'ampiezza delle onde è inversamente proporzionale alla frequenza).

La fig. 5.5 illustra quanto detto, e precisamente che ad un'onda corrispondono dieci onde, di ampiezza dieci volte minore.

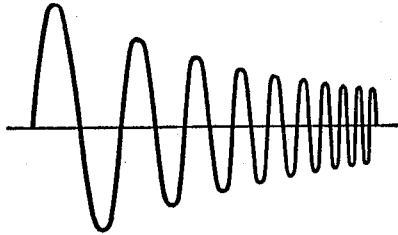


Fig. 5.4. - Più bassa è la frequenza, più ampia è l'incisione corrispondente. Le frequenze basse sono « ingombranti »; il solco fonografico è troppo stretto per esse.

Ne risulta che i suoni a frequenza bassa determinano incisioni molto ampie, mentre i suoni a frequenza molto alta determinano incisioni molto ristrette, di minima ampiezza.

(Infatti, uno stesso pezzo di filo può venir curvato in modo da rappresentare un'onda sola, come detto, oppure può venir curvato in modo da rappresentare un centinaio di ondine. Poiché la lunghezza del filo è sempre la stessa, le cento ondine sono necessariamente molto meno ampie dell'onda sola, ottenuta curvando il filo).

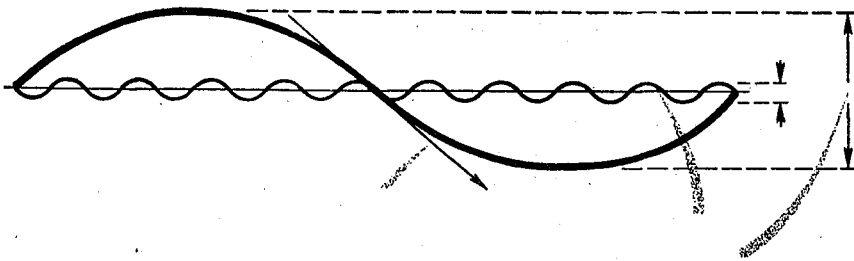


Fig. 5.5. - Ad un'onda d'incisione di una data ampiezza possono corrispondere dieci onde, ma di ampiezza dieci volte minore. Alle frequenze molto alte corrispondono ampiezze estremamente ridotte.

In altri termini: l'ampiezza dell'incisione fonografica è inversamente proporzionale alla frequenza del suono inciso. Maggiore è la frequenza, minore è l'ampiezza dell'incisione. Questo, naturalmente, a parità di intensità sonora.

All'atto della riproduzione del disco, i suoni vengono riprodotti uniformemente.

Ossia, tanto un suono basso quanto un suono alto vengono riprodotti con la stessa intensità sonora, quella d'incisione, benché l'ampiezza d'incisione sia molto diversa. In pratica, dunque, il fatto che i suoni bassi vengano ampiamente incisi, e i suoni alti vengano minimamente incisi, non ha alcuna importanza, poiché tanto gli uni quanto gli altri vengono riprodotti con la stessa intensità sonora, ossia come sono stati incisi.



Fig. 5.6. - Incisione e riproduzione delle varie frequenze.

La fig. 5.6 indica, a sinistra, come varia l'ampiezza dell'incisione al variare della frequenza, mantenendo costante l'intensità sonora. Tale variazione è indicata con una retta inclinata. La stessa figura indica, a destra, come varia la tensione all'atto della riproduzione sonora, rispetto alla frequenza. Come detto, benché l'ampiezza vari, la tensione rimane inalterata, quindi è indicata con una retta orizzontale. La riproduzione risulta, cioè, lineare.

Caratteristiche basilari dell'incisione.

L'incisione fonografica uniforme di tutte le frequenze della gamma musicale è impossibile, essendo la stessa molto vasta, ed essendo l'ampiezza dell'incisione

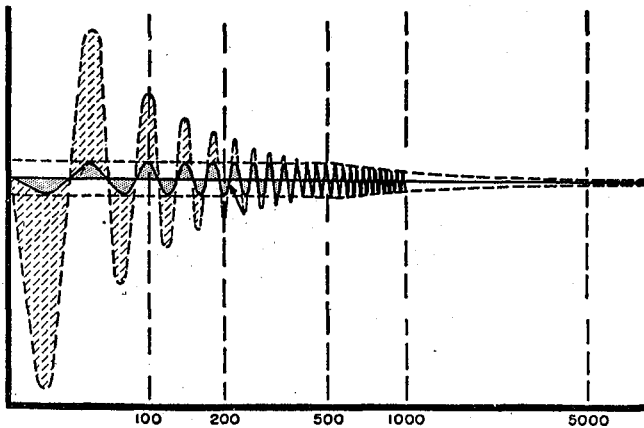


Fig. 5.7. - Questa figura illustra l'impossibilità di incidere su dischi fonografici tutte le frequenze musicali, poiché le basse escono notevolmente dal solco, e le alte determinano ampiezze insufficienti.

inversamente proporzionale alla frequenza. Se vengono incisi bene i suoni bassi, non è più possibile incidere bene quelli alti, e viceversa.

La massima deviazione laterale della puntina è un po' minore della distanza tra due spirali; se questa massima deviazione viene riservata ai suoni bassi, molto forti, alla frequenza di 100 cicli, ai suoni a 200 cicli, della stessa intensità, non rimane che metà di questa massima deviazione, e ai suoni a 400 cicli solo un quarto di essa. Così ai suoni a 800 cicli rimane appena un ottavo, a quelli a 1600 cicli un sedicesimo, a quelli a 3200 cicli un trentaduesimo, e a quelli a 6400 cicli solamente un sessantaquattresimo. Un sedicesimo dell'ampiezza massima della deviazione laterale della puntina è già difficilmente superabile; un trentaduesimo e un sessantaquattresimo sono del tutto insufficienti.

Non rimane che partire da una frequenza più alta, quella di 500 cicli al posto di quella di 100. In tal modo è possibile incidere anche suoni alti e forti, con lo svantaggio però di non poter incidere adeguatamente tutti i suoni bassi.

La fig. 5.7 illustra come avviene l'incisione dei suoni, con notevole attenuazione dei suoni bassi, i quali risultano troppo « ingombranti ». In figura è illustrato come ai suoni più bassi corrispondano ampiezze enormi, rispetto alla massima ampiezza ammissibile, per cui essi devono venir fortemente attenuati. La frequenza di 500 cicli segna il confine tra i due tipi di incisione, quella con attenuazione e quella senza. La prima, quella che costringe le varie ampiezze sonore entro il limite massimo tollerabile, è detta *ad ampiezza costante*; va dalle frequenze più basse sino alla frequenza di 500 cicli. La seconda, quella senza attenuazione, è detta *a velocità costante*.

AMPIEZZA COSTANTE.

La fig. 5.8 illustra come vengono incisi i suoni bassi, dalla frequenza più bassa, intorno ai 24 cicli al secondo, sino a quella di 500 cicli al secondo. La loro ampiezza è costante, in quanto tutti i suoni bassi vengono attenuati, tanto più forte-

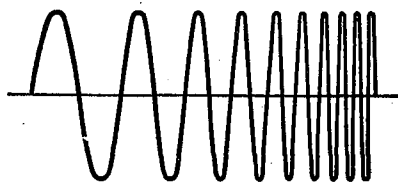


Fig. 5.8. - Per evitare che le frequenze basse escano dal solco, esse vengono attenuate al livello di quella a 500 c/s.

mente attenuati quanto più sono bassi. Vengono tutti livellati in modo che la loro ampiezza corrisponda a quella dei suoni a frequenza di 500 c/s.

In tal modo, alla frequenza di 500 c/s corrisponde la massima ampiezza d'incisione ammissibile, data la larghezza del solco. Tutte le frequenze più basse usci-

rebbero dal solco, in quanto di ampiezza eccessiva, come indicato dalla figura precedente, se non venissero automaticamente attenuate, con adatti filtri posti all'entrata dell'apparecchiatura di incisione.

Sarebbe possibile evitare l'attenuazione dei suoni bassi, aumentando convenientemente la larghezza del solco. Sarebbe possibile, ad es., limitare l'attenuazione ai soli suoni sotto i 125 c/s, allargando il solco; ma in tal caso la durata

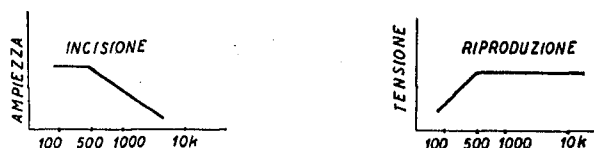


Fig. 5.9. - In seguito all'attenuazione delle frequenze basse, all'atto dell'incisione, la fig. 5.6 assume questo nuovo aspetto.

d'incisione risulterebbe ridotta alla sola quarta parte; anziché essere di 10 minuti, ad es., risulterebbe di appena due minuti e mezzo.

L'incisione fonografica, come è attualmente, rappresenta un compromesso tra l'accurata riproduzione dei suoni bassi e la durata di riproduzione.

La fig. 5.9 illustra graficamente quanto detto. A sinistra è indicato come varia l'ampiezza dell'incisione al variare della frequenza; a destra è indicato come varia la tensione all'atto della riproduzione del disco.

Attenuazione dei toni bassi, rinforzo dei toni alti.

Affinché l'incisione fonografica risulti quanto più fedele è possibile, è necessario che essa comprenda anche le armoniche superiori dei suoni, le quali sono la loro ricchezza, in quanto consentono la distinzione tra i diversi strumenti musicali. Le armoniche superiori si trovano verso l'estremo alto dello spettro acustico, proprio in quella parte che è difficile incidere sui dischi, in quanto ad essa corrispondono, come detto, ampiezze assai ridotte.

Per poter incidere anche le armoniche superiori dei suoni, ossia le frequenze molto alte, si provvede ad amplificare queste frequenze, diversamente l'incisione risulterebbe di ampiezza insufficiente. Tanto più alte sono le frequenze da incidere, tanto maggiore è il « rinforzo » necessario.

Mentre un tempo venivano incise solo frequenze sino a 4000 cicli/secondo, attualmente è possibile incidere anche frequenze acustiche estremamente elevate, sino a 15 000 cicli/secondo, adeguatamente rinforzate. La riproduzione sonora non può avvenire senza una adeguata correzione, diversamente i toni alti risulterebbero troppo forti, tanto da riuscire intollerabili; si provvede perciò ad applicare all'uscita del pickup un *filtro equalizzatore*. In altri termini, all'atto della riproduzione le fre-

quenze alte vengono attenuate esattamente di quanto sono state rinforzate all'atto dell'incisione.

Poiché il fruscio della puntina è molto forte alle frequenze elevate, e cresce con l'aumentare della frequenza, è indispensabile provvedere ad eliminarlo, diversamente esso toglie ogni vantaggio dell'incisione delle frequenze alte. L'eliminazione totale non è possibile, è possibile solo una forte riduzione del fruscio, ciò con il migliorare il rapporto segnale-disturbo.

Anziché rinforzare le frequenze elevate quanto sarebbe sufficiente, esse vengono rinforzate molto di più. All'atto della riproduzione, il filtro equalizzatore elimina for-

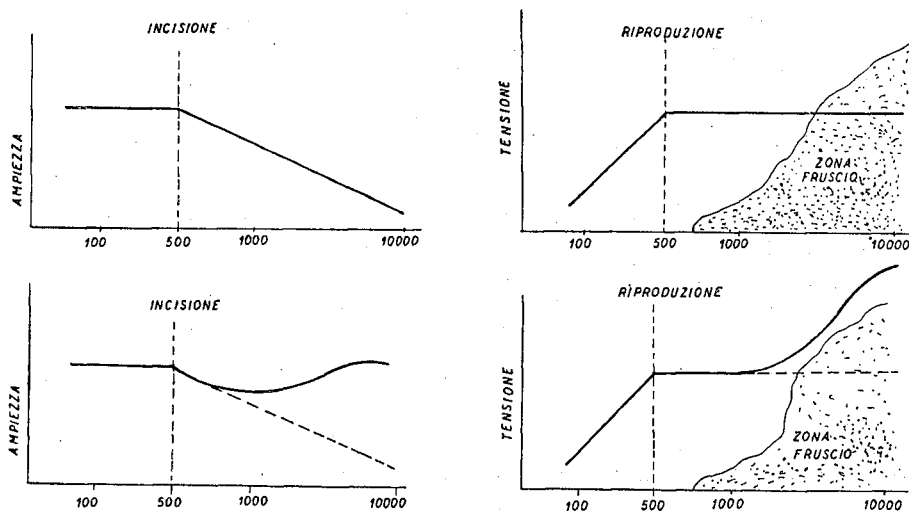


Fig. 5.10. - In alto: una parte delle frequenze alte penetra nella zona fruscio e risulta perduta. In basso: le frequenze alte vengono fortemente amplificate in modo da non entrare nella zona fruscio.

temente le frequenze, elevate e con esse elimina anche il fruscio. Poiché però le frequenze elevate sono state fortemente amplificate, esse rimangono al livello naturale mentre il fruscio risulta sotto tale livello, tanto da non risultare percettibile.

La fig. 5.10 illustra graficamente quanto detto. La retta orizzontale corrispondente alla uniforme riproduzione dei suoni incontra, ad un certo punto, la barriera-fruscio, e si inoltra nella zona fruscio. Questa parte dell'incisione risulta inutilizzabile.

La curva di equalizzazione.

L'amplificazione delle frequenze alte da incidere, avviene secondo una certa curva, come indicato dalla fig. 5.10, per seguire la forma della « zona fruscio ». Questa particolare amplificazione secondo una linea curva viene ottenuta facilmente,

mediante un filtro costituito da resistenze e capacità, presente nell'amplificatore dell'apparecchiatura d'incisione.

La forma precisa della curva risulta da esperimenti pratici, e dipende molto dalla natura del materiale impiegato per i dischi.

All'atto della riproduzione dei dischi occorre provvedere all'operazione inversa, ossia occorre attenuare le frequenze alte secondo la stessa curva, detta *curva di equalizzazione*.

La fig. 5.11 illustra l'andamento che avrebbe la tensione ai capi del fonorivettore, all'atto della riproduzione dei dischi, se non si provvedesse alla attenuazione delle frequenze alte e, eventualmente, al rinforzo delle frequenze basse.

La riproduzione deve essere lineare, per essere fedele. Affinché risulti lineare, nonostante le attenuazioni e le amplificazioni apportate durante l'incisione, occorre

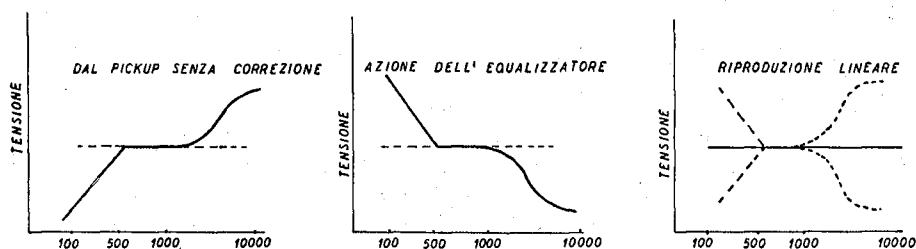


Fig. 5.11. - Espressione grafica relativa all'attenuazione delle frequenze basse (fig. 6.8), e dell'amplificazione di quelle alte (fig. 6.10).

provvedere alla equalizzazione, ossia ad equalizzare l'amplificazione, elevando quella dei suoni bassi e riducendo quella dei suoni alti.

Al centro della stessa figura è indicata l'azione dell'equalizzatore, usato per la riproduzione dei dischi. La sua azione consiste nel ridurre a circa la metà l'amplificazione corrispondente alla frequenza a 500 c/s, in modo da poter utilizzare l'altra metà per rinforzare i suoni bassi; inoltre tale azione consiste nell'attenuare i suoni sotto quelli a 500 c/s, in modo da riportarli alla linearità.

A destra, nella figura, è indicato come avviene la riproduzione sonora in seguito all'equalizzazione; essa risulta praticamente lineare a tutte le frequenze, dalle più basse alle più alte.

Il filtro equalizzatore necessario a tale scopo, è posto all'entrata dell'amplificatore, oppure dopo il primo stadio di amplificazione. Esso consiste di qualche resistenza, per cui risulta molto semplice. È più complesso negli apparecchi ad alta fedeltà, ai quali è richiesta una riproduzione sonora effettivamente lineare. È ridotto al minimo nei piccoli apparecchi e nelle fonovaligie, per i quali l'esatta equalizzazione non sarebbe neppure apprezzabile.

Curve standard d'incisione fonografica.

La curva caratteristica di come avviene l'attenuazione dei toni bassi e il rinforzo dei toni alti dipende da fattori diversi, tra i quali il materiale del disco, il numero di spire per centimetro e la velocità del disco. Un tempo ciascun editore di dischi fonografici provvedeva ad effettuare le incisioni secondo una curva caratteristica che sceglieva in base ai suddetti fattori. In seguito divenne evidente la necessità di adottare un'unica curva attenuazione/rinforzo per tutte indistintamente le incisioni. Fu nel 1949 che venne adottato un primo standard internazionale, detto AES (da Audio Engineering Society).

La curva attenuazione/rinforzo adottata internazionalmente nel 1949 non presentava più alcun tratto rettilineo. Verso la frequenza di 500 cicli/secondo aveva termine la fine dell'attenuazione dei bassi e l'inizio del rinforzo degli alti.

Quando apparvero i primi dischi a microsolco, la curva standard AES non risultò più adatta per le nuove incisioni. I dischi a microsolco vennero incisi secondo una nuova curva, detta Columbia LP (da Long Playing). In base a questa nuova curva, i toni bassi vennero meno attenuati, mentre i toni alti vennero maggiormente rinforzati.

Intanto un'altra curva standard venne adottata per i dischi destinati alle stazioni radiofoniche; tale nuova curva venne detta NAB (da National Association of Broadcasting). La fig. 5.12 riporta queste due curve attenuazione/rinforzo, quella detta Columbia LP per i dischi a microsolco, tracciata a tratto pieno, e quella detta NAB, per i dischi destinati alla trascrizione elettrica, tracciata a tratto interrotto.

Poiché per ciascuna curva attenuazione/rinforzo deve corrispondere un particolare filtro-equalizzatore all'uscita del riproduttore fonografico, con la diffusione dei dischi a microsolco, divenne indispensabile stabilire un nuovo standard, adatto

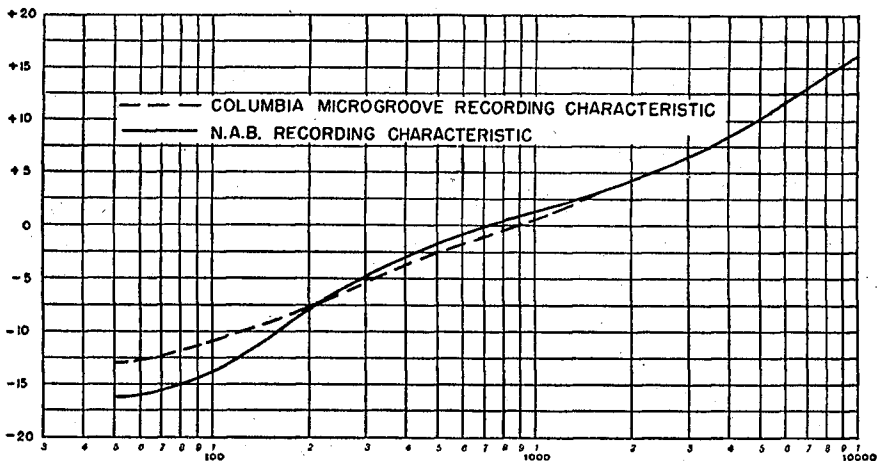


Fig. 5.12. - Curve relative all'attenuazione bassi e amplificazione alti effettuate all'atto dell'incisione di dischi a microsolco Columbia e NAB.

per tutti i nuovi dischi. Il nuovo standard entrò in vigore nel 1954; venne denominato standard RIAA (da Record Industry Association of America).

Il nuovo standard costituisce una via di mezzo tra il vecchio standard AES e il Columbia LP. Esso è riportato dalla fig. 5.13; mentre la fig. 5.12 ha riportato gli

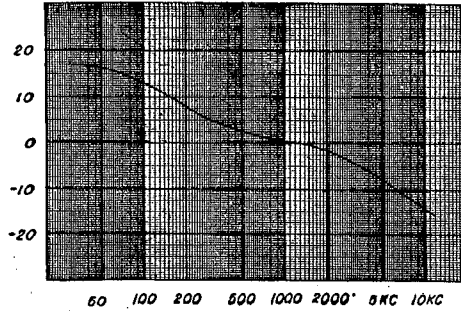


Fig. 5.13. - Curva standard di attenuazione bassi e amplificazione alti, utilizzata per tutti i dischi di recente edizione. La curva è quella di egualizzazione per la riproduzione dei dischi, ed è perciò eguale ed opposta a quella d'incisione.

standard Columbia LP e NAB usati per l'incisione, la fig. 5.13 riporta lo standard RIAA usato per la riproduzione; per questa ragione l'inclinazione delle curve è opposta. Le due curve, quella d'incisione e quella di riproduzione, sono eguali ed opposte, come detto.

La tabella sottostante riporta le attenuazioni dei bassi e i rinforzi degli alti, espressi in decibel, corrispondenti ai tre standard, l'AES, il Columbia LP e il nuovo standard internazionale RIAA.

Frequenza	RIAA	AES	Columbia	Frequenza	RIAA	AES	Columbia
	(db)	(db)	(db)		(db)	(db)	(db)
30	+18.6	+22.5	+14.0	2.000	-2.6	-2.2	-3.0
50	17.0	18.0	13.3	3.000	4.8	4.0	5.5
70	15.3	15.0	12.5	4.000	6.6	5.5	7.8
100	13.1	12.0	11.0	5.000	8.2	6.7	9.5
200	6.2	6.5	8.0	6.000	9.6	8.0	11.0
300	5.5	4.5	5.5	7.000	10.8	9.0	12.5
400	3.8	3.0	4.0	8.000	11.9	10.0	13.5
500	2.7	2.0	3.0	9.000	12.9	11.0	14.5
600	1.8	1.5	2.0	10.000	13.7	12.0	15.5
700	1.2	1.0	1.5	11.000	14.5	13.0	16.3
800	0.7	0.5	1.0	12.000	15.3	13.5	17.0
900	0.2	0.2	0.5	13.000	16.0	14.0	17.3
1.000	0	0	0	14.000	16.6	15.0	17.5
				15.000	17.2	15.5	—

Oltre ai dischi con i tre standard indicati, ve ne sono altri con standard diverso; sono i vecchi dischi a 78 giri per i quali è stato utilizzato uno standard particolare, e, meno importanti, alcuni dischi a microsolco di edizione inglese. I tre standard principali sono: l'AES per i vecchi dischi, l'RIAA per tutti i nuovi dischi a microsolco, e quello usato per i dischi a 78 giri.

Dischi a microsolco.

I dischi a microsolco, detti anche dischi LP (da long playing), presentano il doppio vantaggio di una maggior durata e di una più alta qualità della riproduzione sonora, senza fruscio. La durata di un disco a microsolco da 30 centimetri è di 28 minuti per ciascuna facciata. Inoltre, mentre la gamma sonora incisa sui dischi comuni è limitata, poiché la massima frequenza difficilmente raggiunge i 5000 c/s, la gamma sonora incisa sui dischi a microsolco è praticamente intera, essendo possibile la registrazione di frequenze superiori ai 10 000 c/s.

La maggior durata della riproduzione sonora è dovuta: a) alla minor velocità di rotazione, b) alla minore larghezza del solco.

La velocità di rotazione dei dischi a microsolco è di 33,3 giri al minuto per quelli incisi con il sistema Columbia, e di 45 giri al minuto per quelli incisi con il sistema RCA-Victor. Mentre sui dischi comuni, a 78,26 giri al minuto, vi sono 4 solchi per millimetro, su quelli a microsolco ve ne sono da 9 a 12. L'ampiezza del solco è ridotta in proporzione, come indica la fig. 5.2.

Dato il maggior numero di solchi, la spirale complessiva d'incisione risulta molto più lunga; la maggior lunghezza della spirale e la minore velocità di rotazione del disco fanno sì che la durata risulti da 5 a 6 volte maggiore di quella ottenibile con disco comune, a solco ampio e ad alta velocità di rotazione.

Il nuovo tipo di incisione fonografica è conseguenza di due perfezionamenti, uno relativo ai nuovi sistemi di registrazione e di riproduzione dei suoni su disco, e l'altro relativo ai nuovi materiali usati per i dischi, tra i quali particolarmente la Vinylite, un materiale plastico infrangibile, a granulosità estremamente fine.

In seguito a questi perfezionamenti è stato possibile ridurre fortemente l'ampiezza del solco, rendere più fine l'incisione fonografica e quindi consentire registrazioni di una estesissima gamma di frequenze.

Essendo il solco più stretto, è minore anche la distanza tra un solco e l'altro, quindi è minore l'ampiezza massima dell'ondulazione del solco stesso, per cui il livello sonoro d'incisione è più basso da 4 a 6 decibel, rispetto quello ad incisione normale.

Le comuni puntine non sono adatte per i dischi a microsolco; ciò non per il fatto che esse siano troppo grosse, dato che facilmente potrebbero venir appuntite di più, ma perché pesano troppo, ed il portapuntina risulta anch'esso troppo pesante. Il sistema vibrante puntina-portapuntina dei comuni rivelatori fonografici (pickup) non è in grado di seguire fedelmente l'incisione a microsolco; è necessario un sistema vibrante molto più leggero, costituito da un sottile *stilo permanente*. I dischi a microsolco vanno suonati soltanto con rivelatori a *stilo*.

Essendo permanente, lo stilo è provvisto di punta di zaffiro o di diamante. Si tratta di una sferetta quasi microscopica, fissata all'estremità dello stilo, il quale non è d'acciaio ma di lega metallica leggera. Sono in uso stili di nylon con punta di zaffiro.

Mentre con i dischi comuni la puntina d'acciaio può venir adoperata una sola volta, quella di cromo 10 volte, quella di osmio 200 volte, con i dischi a microsolco lo stilo a punta di zaffiro può venir usato 2500 volte e quello a punta di diamante 50 000 volte. Lo stilo ha lo svantaggio, rispetto alla puntina, di essere più facilmente danneggiato per urto od altro incidente; la punta di zaffiro è più delicata, a tale riguardo, di quella di diamante. Quasi tutti i rivelatori sono provvisti di un riparo per lo stilo.

L'assenza di fruscio durante la riproduzione dei dischi a microsolco è dovuta alla quasi nulla granulosità della pasta del disco ed alla finezza dell'incisione, oltre che alla leggerezza dello stilo usato in sostituzione della puntina. Eliminato il fruscio, è



Fig. 5.14. - Alcuni stili permanenti usati per la riproduzione dei dischi a microsolco (N = nylon).

stato possibile estendere molto in avanti la gamma delle frequenze incise, tanto da dare il « senso di presenza » all'ascoltatore.

La riproduzione di dischi a microsolco richiede oltre al rivelatore a stilo di tipo adeguato, tale da poter effettivamente riprodurre frequenze sino ed oltre i 10 000 cicli/secondo, anche un complesso d'amplificazione e riproduzione sonora di classe corrispondente.

DISCHI A 45 GIRI AL MINUTO. — I dischi a 45 giri al minuto vennero lanciati negli Stati Uniti nella primavera del 1949, da parte della RCA-Victor. Hanno la caratteristica di essere tutti di piccolo diametro, di pollici 6 e 7/8 pari a 17,46 centimetri, con foro centrale molto largo, di 1,5 pollici pari a 38 millimetri. Contengono 275 solchi per pollice d'incisione.

Sono a 45 giri al minuto per il fatto che la velocità inferiore, a 33,3 giri, non è adatta per dischi di piccolo diametro, ma solo per dischi di diametro maggiore, di 25 o 30 centimetri. Dato il diametro di 17,46 centimetri, la velocità è stata portata da 33,3 a 45 giri. Il foro centrale molto largo è previsto per l'utilizzazione di un apposito cambiadischi automatico, lanciato dalla RCA-Victor insieme con i nuovi dischi, del quale la fig. 5.15 illustra l'aspetto esterno.

Una caratteristica dei dischi a 45 giri, oltre al piccolo diametro e al largo foro centrale, è costituita dalla banda d'incisione stretta e confinata verso l'orlo del disco; spesso questa banda d'incisione non è più larga di 2,5 centimetri. In tal modo sono eliminate tutte le spire strette, quelle che nei dischi a 78,26 giri sono comprese tra la spira centrale e la spira finale, lungo le quali è difficile incidere frequenze sonore ele-

vate, data la piccola disponibilità di spazio lungo ciascuna spira, resa ancora minore per la bassa velocità di rotazione.

Un'altra caratteristica dei dischi a 45 giri consiste nello spessore non uniforme; tutta la parte incisa di tali dischi è di spessore minore del comune, come indica la

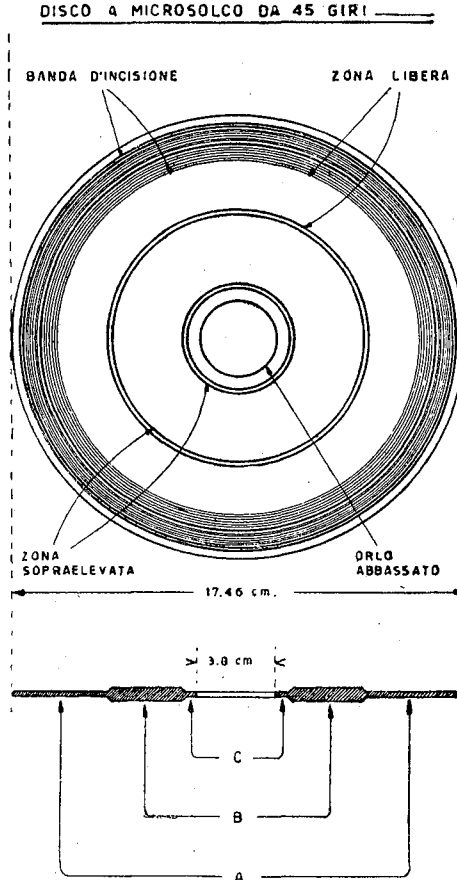


Fig. 5.15. - Caratteristiche dei dischi a microscolco a 45 giri al minuto.

fig. 5.15 in A, mentre a spessore circa come il comune è tutta la parte compresa tra la fine dell'incisione e l'orlo del foro centrale, come in B; l'orlo del foro è allo stesso spessore della parte incisa, come in C. Queste variazioni di spessore sono opportune dato che i dischi a 45 giri sono particolarmente adatti per cambiadischi automatico; in tal modo la parte incisa dei dischi non viene danneggiata, mentre il minor spessore

dell'orlo consente alle palette del cambiadischi di provvedere alla selezione dei dischi stessi, senza deteriorarli, come si vedrà meglio in seguito.

La velocità della puntina nella spira finale (velocità lineare interna) è di 31,5 centimetri al secondo; essendo l'incisione limitata ad una stretta banda verso l'orlo esterno dei dischi, rimane molta superficie senza incisione; in alcuni dischi questa superficie è utilizzata per incisione di canzonette popolari e musica per bambini, generi che non richiedono alta qualità di riproduzione sonora, la quale è però egualmente superiore a quella ottenibile con i dischi a 78,26 giri al minuto. In tal modo un disco a 45 giri può portare quattro diverse incisioni, le due principali, a spira larga, e le due secondarie, a spira stretta. La velocità lineare interna dell'incisione secondaria è di 25 centimetri per secondo.

I dischi a 45 giri non sono dei *long playing*, sono soltanto dei dischi a microsolco, di piccolo diametro e adatti per cambiadischi; la durata di una incisione principale è di 5 minuti ed un terzo, pari a quella dei comuni dischi a 78,26 giri, di diametro medio. Il cambiadischi consente un carico di 8 dischi, per cui la durata complessiva dell'audizione risulta di 50 minuti, senza che sia necessario alcun intervento manuale, e di un'ora e 40 minuti capovolgendo la pila di dischi.

Anche questi dischi sono in vinylite, quindi infrangibili, curvabili, lucidi, a più colori, senza fruscio entro tutta la gamma d'incisione, eccezionalmente ampia. La qualità musicale è senza confronto rispetto quella ottenibile con i dischi a 78,26 giri al minuto. Il passaggio da un disco all'altro è rapidissimo, di appena un secondo ed un terzo, ossia la quarantacinquesima parte di un minuto, dato che il passaggio dalla fine di un disco all'inizio del successivo corrisponde esattamente una rotazione del piatto rotante.

DISCHI A 16 GIRI AL MINUTO. — Per la registrazione fonografica di brani di prosa e poesia, di intere opere drammatiche, di corsi di lingue estere, e in genere per la registrazione del parlato, vengono usati dischi a velocità ridottissima, di metà di quella dei dischi a microsolco per incisioni musicali, ossia a 16 giri e due terzi al minuto. Si tratta sempre di dischi a microsolco, del tipo da 300 solchi per pollice. Un intero dramma teatrale può venir inciso sulle due facce di un solo disco.

VELOCITA', SOLCO E DURATA.

La velocità dei dischi fonografici era un tempo una sola, quella di 78 giri al minuto; attualmente vi sono dischi a 16 giri, a 33,3 giri, a 45 giri, oltre a quelli a 78 giri al minuto.

Sono in uso dischi di quattro diametri diversi: da 17,7 cm (7 pollici), da 25,4 cm (10 pollici), da 30,5 cm (12 pollici) e da 40,6 cm (16 pollici).

Il solco è largo 0,12 mm nei dischi a 78 giri; le spire sono distanziate le une dalle altre, in assenza di modulazione, di 0,13 millimetri. In media vi sono quattro solchi per millimetro, nei dischi a 78 giri, e da 9 a 12 solchi per millimetro nei dischi

più lenti. La larghezza del solco dei dischi « lenti » è notevolmente minore di quella dei dischi a 78 giri.

Alla velocità di 78 giri al minuto, a ciascuna spira d'incisione corrisponde una durata della riproduzione sonora di circa 3/4 di secondo; alla velocità di 33,3 giri, la durata è di 2 secondi, ciò sia per il maggior numero di microsolchi dei dischi « lenti », sia per la maggior durata di riproduzione di ciascuna spira,

Il numero di spire per pollice era da 85 a 98 sino al 1925; negli attuali dischi a 78 giri è compreso tra un minimo di 96 e un massimo di 154; nei dischi « lenti » va da 96 ad un massimo di 300 microsolchi per pollice. La tabella sottostante riporta la durata della riproduzione sonora dei principali dischi attualmente in uso.

DURATA DELLA RIPRODUZIONE SONORA IN MINUTI

Solchi per pollice	Giri al minuto	Diametro del disco			
		40 cm	30 cm	25 cm	18 cm
96	78	6 ¹ / ₂	4	2 ³ / ₄	—
112	78	7 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	—
120	78	8	5	3 ¹ / ₂	—
136	78	9	5 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	—
154	78	10	6	4	—
275	45	—	—	—	5 ¹ / ₄
96	33 ¹ / ₃	14	8	5 ¹ / ₄	—
112	33 ¹ / ₃	16	9 ¹ / ₄	6	—
120	33 ¹ / ₃	17	9 ³ / ₄	6	—
136	33 ¹ / ₃	18	10	6	—
154	33 ¹ / ₃	20	11	6 ¹ / ₂	—
300	33 ¹ / ₃	—	25	10	5

GIRADISCHI PER MICROSOLCO. — Con i dischi a microscolco, il rapporto segnale-ronzio è maggiore, poiché è minore il livello sonoro inciso; è quindi necessario un accurato schermaggio del motore, affinché il suo campo magnetico non influenzi il pickup qualora esso sia del tipo magnetico. È per questa ragione che molti complessi di riproduzione a microscolco sono provvisti di pickup a cristallo, in quanto esso non risente la presenza di campi magnetici variabili, quindi non è soggetto a ronzio, nonostante che il suo responso di frequenza non sia bene adatto per dischi a microscolco, come si vedrà meglio in seguito.

Allo scopo di mantenere molto basso il rapporto segnale-ronzio durante la riproduzione di dischi a microscolco, vi è attualmente la tendenza ad adoperare il motore a quattro poli. Risulta utile specie per complessi in custodia di legno o di materiale plastico.

La riduzione di velocità da 78,26 giri, a 45, a 33,3 o a 16,6 giri è ottenuta con un riduttore ad ingranaggi, del tipo indicato in fig. 5.16.

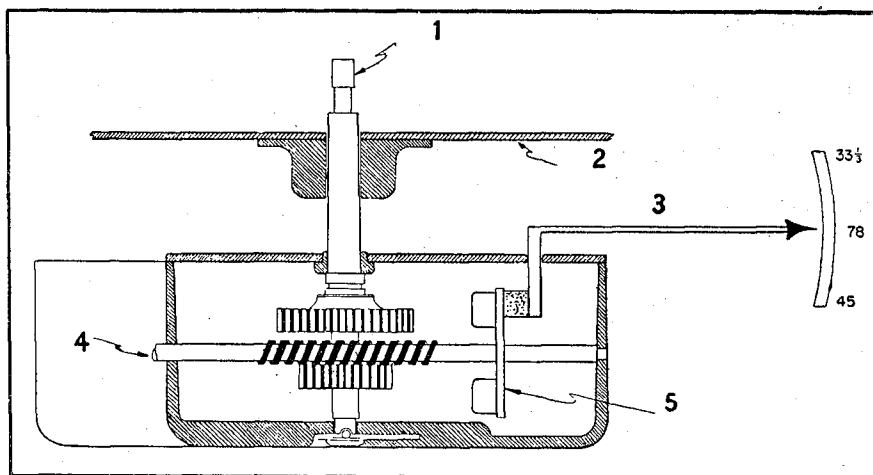


Fig. 5.16. - Il variatore di velocità usato in alcuni giradischi a tre velocità.

DISCHI STEREOFONICI.

La fig. 5.17 illustra il principio dell'incisione stereofonica, ossia della doppia incisione del solco del disco.

Con il termine *canale destro* s'intende tutto l'insieme relativo ai suoni e alle apparecchiature che si trovano a destra. I suoni provenienti dagli strumenti di destra, vengono captati dal microfono che si trova a destra, quindi amplificati dalle apparecchiature apposite relative al canale di destra, sino all'incisione sul fianco destro del solco, visto come indica la figura.

Con il termine *canale di sinistra* s'intende tutto l'insieme dell'altro lato. Sono anche in uso i termini *canale 1* e *canale 2*.

Nella figura, in alto a destra, è indicato come avviene la distribuzione delle due modulazioni sui due fianchi del solco. Ciascun fianco «vibra» per conto proprio. In assenza di modulazione, ciascuno dei due fianchi si trova ad una certa distanza costante dal centro del solco. In presenza di modulazione tale distanza aumenta e diminuisce, ossia «vibra» rispetto al centro.

Questo sistema di incisione differisce dai due usati per i dischi monofonici; esso vien detto sistema 45/45, ciò poiché le due vibrazioni avvengono ad un angolo di 45 gradi rispetto alla verticale.

Quando il disco stereo è in movimento, la puntina segue simultaneamente due movimenti, esattamente come avveniva con i primi dischi stereofonici incisi in profondità e lateralmente. Uno dei suoi due movimenti è percepito da uno degli elementi sensibili della *cartuccia stereo*; l'altro suo movimento è percepito dall'altro elemento sensibile della stessa *cartuccia stereo*. Tale cartuccia è provvista di due uscite,

ciascuna delle quali è collegata all'entrata di una delle due sezioni dell'amplificatore stereo.

I dischi stereofonici sono simili a quelli a microsolco, dai quali differiscono per la presenza di una doppia incisione fonografica nello stesso solco. Tale doppia incisione consente di ottenere la localizzazione dei suoni nell'ambiente, mediante un adeguato fonorivelatore a due uscite, un doppio amplificatore e due altoparlanti, disposti ad una certa distanza l'uno dall'altro.

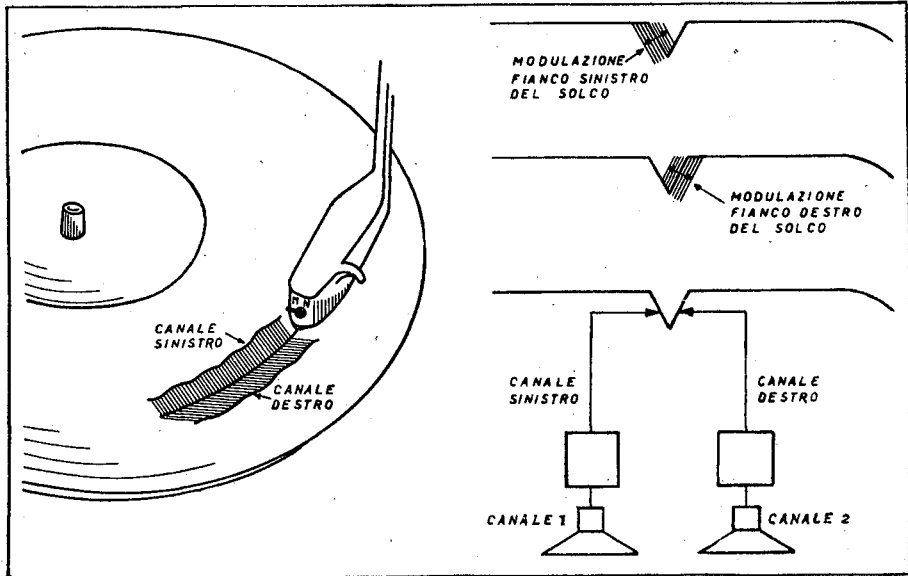


Fig. 5.17. - Incisione stereofonica.

In tal modo, con i dischi stereofonici è possibile ascoltare gli strumenti che nell'orchestra si trovano a destra del direttore, separatamente da quelli che si trovano a sinistra, così da ottenere l'illusione della presenza dell'orchestra stessa, entro certi limiti.

La puntina è però una sola. Le incisioni, nel solco, sono due, il fonorivelatore è doppio, l'amplificatore è doppio, gli altoparlanti sono due, ma la puntina è una sola.

In un primo tempo vennero incisi dischi stereofonici approfittando dei due sistemi di incisione, quello antico in profondità, e quello moderno in senso laterale. L'incisione risultava ottima, riproducibile con una sola puntina. Presentava però l'inconveniente di percepire la leggera vibrazione sussultoria del piatto portadischi. Delle due incisioni, quella in profondità risultava danneggiata da tale vibrazione sussultoria del piatto. Era necessario adoperare giradischi particolarmente accurati e quindi costosi, per attenuare tale inconveniente.

Attualmente, invece di utilizzare l'incisione in profondità, si utilizzano due incisioni inclinate, una su ciascun lato del solco, il quale ha la forma di una V. Non si utilizza né l'incisione in profondità, né l'incisione laterale, ma due incisioni simmetriche, una su un fianco, e l'altra sull'altro fianco del solco.

Puntine e stili.

L'estremità della puntina non è appuntita, è bensì sferica, come indica la fig. 5.18. Il raggio di sfericità delle puntine varia a seconda del tipo d'incisione e dello stato in cui si trovano i dischi, ed è compreso nei seguenti limiti:

- a) puntine per dischi a 78 giri al minuto: da 0,0575 a 0,06 millimetri;
- b) stili per dischi a 33,3 e a 45 giri al minuto: da 0,0225 a 0,027 millimetri;
- c) puntine per dischi di vecchia edizione: da 0,0675 a 0,0775 millimetri.

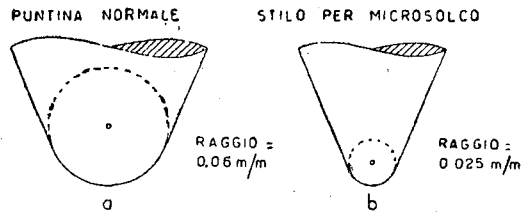


Fig. 5.18. - Caratteristiche delle puntine e degli stili.

Più sottile è la puntina, ossia minore è il raggio di sfericità, maggiore è il dettaglio della riproduzione, però la puntina non deve toccare il fondo del solco, ma essere sostenuta dalle sue pareti, diversamente la riproduzione non è più buona. Nell'esempio

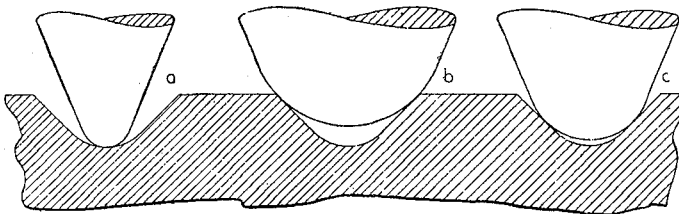


Fig. 5.19. - a) puntina troppo sottile; b) puntina troppo grossa; c) puntina bene adeguata.

a) di fig. 5.19 la puntina è troppo acuta, per cui poggia sul solco; non essendo fermamente trattenuta dalle pareti del solco, ha la possibilità di vibrare, ciò che produce

forte fruscio nella riproduzione sonora. È quanto avviene quando si adopera una puntina da microscolco per la riproduzione di dischi a solco normale.

Nell'esempio b) l'estremità della puntina è troppo grossa, essa non può seguire tutte le sinuosità dell'incisione, per cui la riproduzione risulta scadente. Nell'esempio c) la puntina è esattamente quella adatta; non tocca il fondo del solco ed è bene appoggiata sulle sue pareti laterali. In genere, quando si tratta di dischi nuovi è bene adoperare la puntina più acuta che non determini fruscio, mentre per dischi vecchi o comunque logori è bene adoperare la puntina più grossa che consenta una riproduzione sufficientemente fedele.

Pressione della puntina e fruscio.

Durante la rotazione del disco, le pareti del solco premono contro la puntina, ed in tal modo la costringono a vibrare ed a percorrere, insieme al rivelatore a cui è fissata, tutta la lunga spirale. Affinché questa pressione sia possibile senza inconvenienti, è necessario che anche la puntina preme sulle pareti del solco, cioè abbia un certo « peso ». Se ciò non fosse, ossia se la puntina non esercitasse alcuna pres-

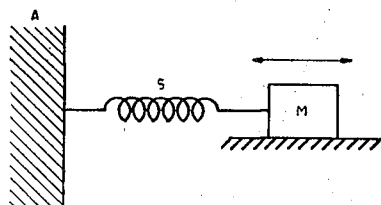


Fig. 5.20. - Schema meccanico corrispondente al movimento della puntina.

sione, se fosse senza « peso », il logorio del disco sarebbe zero, ma al primo brusco movimento conferito dal solco alla puntina, essa scavalcherebbe il solco, uscirebbe dall'incisione, « salterebbe via » insieme al rivelatore.

La puntina potrebbe non esercitare alcuna pressione sul solco, solo se fosse estremamente docile, se fosse senza massa, poiché solo in tal caso non verrebbe lanciata lontano ad ogni movimento ampio e brusco. La pressione che la puntina deve esercitare sulle pareti del solco per poter seguire le sinuosità dell'incisione dipende dalla sua docilità, ossia dalla cedevolezza del centratore, costituito per esempio da due blocchetti di gomma. Il centratore deve riportare la puntina nella sua posizione di riposo, al centro del rivelatore, e nello stesso tempo deve consentirle la massima libertà di movimento.

La pressione della puntina non è da confondere con il peso dell'intero rivelatore, sotto il quale la puntina si trova. Il braccio del rivelatore è bilanciato all'estremità opposta, in modo tale da lasciar « pesare » la puntina quanto basta. Un tempo la pressione della puntina era di 80 grammi, in media, oggi è di 30 grammi, ciò per i perfezionamenti apportati al centratore. Per i dischi a microscolco la pressione dello stilo è generalmente di 6 grammi.

La fig. 5.20 riporta lo schermo del sistema meccanico corrispondente, in cui M è la massa del sistema vibrante costituito dalla puntina e relativo portapuntina, S è la molla che tiene centrato il sistema vibrante, ed A è il braccio del rivelatore. Si supponga che la massa M venga spostata a mano sulla superficie; per semplicità la frizione della massa sulla superficie va trascurata.

Se si muove M lentamente avanti e indietro si osserva che l'azione della molla è predominante, ed in altri termini che alle basse frequenze conta principalmente l'elasticità del centratore. A mano a mano che si aumenta la velocità di spostamento avanti e indietro della massa M , si nota che ad un certo punto il sistema entra in risonanza, ossia che non è quasi più necessario esercitare una forza per mantenere il movimento a quella frequenza. Muovendo la massa M più rapidamente ancora le cose cambiano, e si nota che è necessario esercitare uno sforzo non già per mettere in movimento la massa, ma per farle invertire il senso del movimento e la fine di ciascuna oscillazione. La molla S conta poco, se la si toglie non cambia nulla. È la sola massa che conta, ed è perciò che alle alte frequenze è il peso del sistema vibrante che ha importanza essenziale.

Quando il centratore non è abbastanza elastico, si sente il raschiamento in corrispondenza dei toni bassi; quando il sistema vibrante è troppo pesante, si sente il raschiamento in corrispondenza dei toni alti. Poiché la puntina non consente di ridurre il peso del sistema vibrante oltre un certo limite, ne risulta con esso che vi è raschiamento alle frequenze alte, per cui l'eventuale incisione di frequenze oltre i 4000 o i 4500 c/s è inutile nonché dannosa, ed è necessario « sopprimere il fruscio della puntina ». La soppressione del fruscio è ottenuta con un filtro che elimina tutte le frequenze oltre il limite consentito dalla massa del sistema vibrante.

Basta addirittura qualche milligrammo in più o in meno nel peso del sistema vibrante per produrre notevoli variazioni d'estensione della gamma delle frequenze riproducibili senza fruscio.

È per questa ragione che i dischi a microsolco, in cui l'incisione si estende alle frequenze molto elevate, non possono venir suonati con rivelatori a puntina sostituibile, dato il forte fruscio che essi producono, ma solo con rivelatori a stilo permanente. Mentre la massa della puntina e dell'ancoretta è tale da produrre fruscio alle alte frequenze, fruscio che non esiste nell'incisione se non a frequenze molto più alte, con lo stilo, la massa vibrante è ridotta al minimo, ciò che consente di aumentare l'elasticità del centratore, e per conseguenza di diminuire la pressione della puntina sul solco, la quale viene ridotta, come detto, da 30 a 6 grammi. La tolleranza è di 10 grammi in più o in meno per le puntine, e di 2 grammi in più o in meno per gli stili.

Affinché la pressione della puntina rimanga costante durante tutta la corsa lungo la spirale d'incisione, è necessario che il livello del piatto rotante non subisca alterazioni. Piccole inclinazioni del piatto possono riuscire dannose, particolarmente per la riproduzione dei dischi a microsolco, per cui è opportuno il controllo con livello a bolla d'aria. Il movimento laterale del braccio del pickup deve essere pure controllato, poiché basta un minimo aumento dell'inerzia per determinare cospicue variazioni nella pressione esercitata dallo stilo sulle pareti del microsolco.

L'errore di tangenzialità.

La puntina è esattamente sistemata nel solco del disco, e la sua libertà di movimento è massima soltanto nella spira centrale dell'incisione. Ciò avviene per il fatto che durante l'incisione del disco, il braccio portastilo è fisso, mentre durante la riproduzione del disco, il braccio del rivelatore è mobile. Il braccio portastilo è posto attraverso il disco, da un lato all'altro; lo stilo incisore « viaggia » lungo una linea retta dall'orlo verso il centro del disco; a tale scopo la testa incidente è costretta a muoversi lungo il braccio fisso, sul quale è praticata una filettatura elicoidale ed è mantenuto in costante movimento di rotazione intorno al proprio asse.

Durante la riproduzione non avviene la stessa cosa; la puntina non può muoversi dall'orlo verso il centro del disco seguendo una linea retta, ma è costretta a « viag-

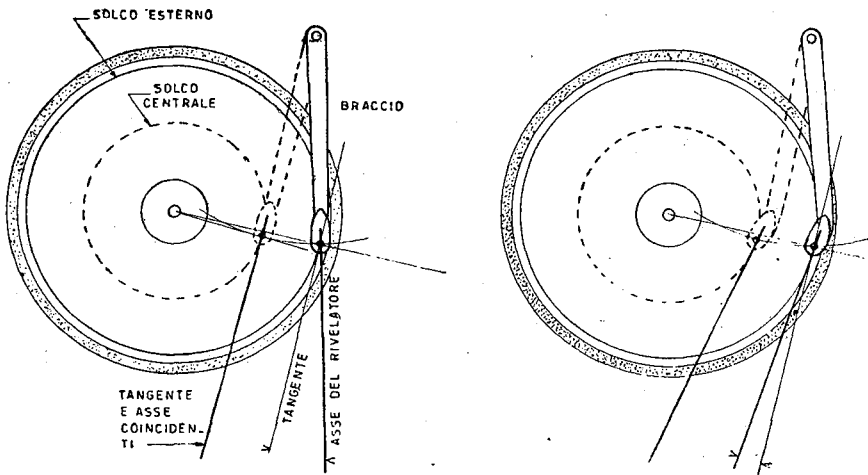


Fig. 5.21. - A) l'errore di tangenzialità è notevole dato che la testina del rivelatore è diritta; B) l'errore è minore dato lo spostamento della testina rispetto l'asse del braccio portante.

giare » lungo un arco di cerchio, quello determinato dalla lunghezza del braccio del rivelatore. Il braccio fisso non viene usato per la riproduzione data la notevole complessità.

È per ciò che la puntina è esattamente nella situazione dello stilo incisore solo quando si trova nella spira centrale dell'incisione, poiché allora l'arco di cerchio tocca la linea retta. Solo allora la puntina è tangente con il solco. In tutte le altre spire, il percorso del rivelatore non è allineato con il percorso seguito dalla testa incidente; vi è errore di tangenzialità, e questo errore è tanto maggiore quanto più la spira è lontana dalla centrale, quindi è massimo all'inizio e alla fine dell'incisione.

La puntina preme contro una parete del solco in cui si trova per effetto dell'errore di tangenzialità, e tende in tal modo a scavalcare il solco. Ne risulta una maggiore usura dei dischi ed una più bassa qualità di riproduzione. Il rimedio più semplice consisterebbe nell'allungare molto il braccio del rivelatore, ciò che in pratica non è realizzabile.

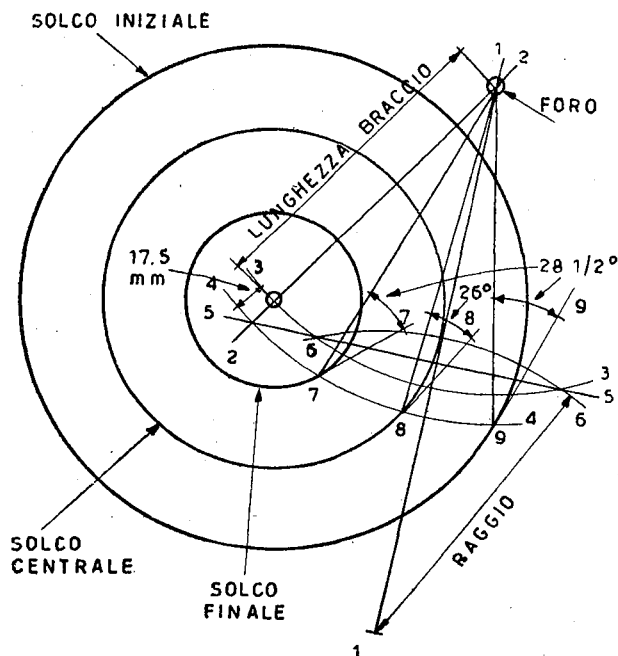


Fig. 5.22. - Come va stabilito il foro per il perno del braccio portante il rivelatore, onde limitare al minimo l'errore di tangenzialità.

Esistono due possibili rimedi: a) spostare la testa del rivelatore fuori dell'asse del braccio, b) curvare adeguatamente il braccio del rivelatore.

La fig. 5.21 illustra quali siano gli angoli tra l'asse del rivelatore e la linea di tangenza in due casi: il primo, a sinistra, in cui il rivelatore è diritto, posto sullo stesso asse del braccio, il secondo, a destra, in cui il rivelatore è spostato, è *offset*. È evidente che l'angolo è notevolmente minore, e quindi che vi è minor errore con il rivelatore spostato, per cui la riproduzione risulta migliore.

L'angolo tra l'asse del rivelatore e quello del braccio dipende dalla lunghezza del braccio e dalla posizione della puntina; nel caso di braccio lungo 17,5 cm, l'angolo è di 27 gradi.

La fig. 5.22 illustra come va stabilito il punto in cui deve essere fissato il braccio del rivelatore, rispetto al centro del disco, in modo che l'errore di allineamento risulti minimo.

IL FONORIVELATORE

Definizioni.

La riproduzione fonografica avviene mediante un dispositivo detto *fonorivelatore*, o anche, con termine inglese, *pickup*. Il fonorivelatore provvede a convertire l'incisione fonografica del disco, in tensione elettrica alternativa, detta *tensione ad audiofrequenza*.

Il fonorivelatore consiste di tre parti:

- a) la cartuccia rivelatrice,
- b) la testina,
- c) il braccio.

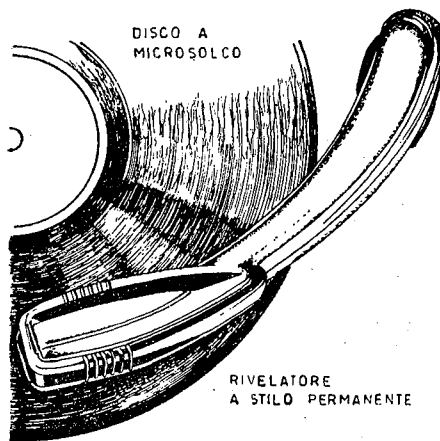


Fig. 6.1. - Braccio curvato e testina spostata per limitare l'errore di tangenzialità.

La *cartuccia* (*cartridge*, in inglese) è provvista di ago (detto anche *puntina*) o di *stilo*. Essa è sistemata nella *testina*, la quale ne rappresenta la custodia. Il braccio consente all'ago o stilo, di esplorare tutta la spirale d'incisione del disco, sostenendo la testina con la cartuccia.

Il rivelatore fonografico può essere di tre tipi:

- a) a cristallo piezoelettrico,
- b) magnetico a riluttanza variabile,
- c) ceramico.

La fig. 6.1 illustra un esempio di rivelatore fonografico; la fig. 6.2 presenta due esempi di cartucce.

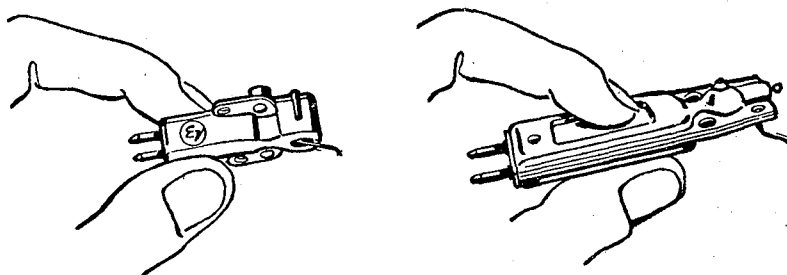


Fig. 6.2. - Due esempi di cartucce ceramiche per testine fonografiche.

Il rivelatore a cristallo piezoelettrico.

CARATTERISTICHE GENERALI. — Il pickup a cristallo è molto diffuso per il costo moderato e per l'alta resa d'uscita. Alcuni tipi di pickup a cristallo consentono rese d'uscita di 5 volt, circa 500 volte maggiore di quella dei moderni pickup magnetici.

Altri pickup a cristallo consentono uscite massime di 4 volt, altri di 1,5 volt; infine i pickup a cristallo per i nuovi dischi a lunga durata forniscono rese d'uscita intorno a 0,5 volt massimi. In genere, più alta è la resa d'uscita, più scadente è il responso di frequenza.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL PICKUP A CRISTALLO. — Il pickup a cristallo si basa sul fenomeno della *piezoelettricità* comune a numerosi cristalli, tra i quali il quarzo, la tormalina, il sale di Rochelle, il clorato di sodio, ecc. Sulle facce di questi cristalli si determina una tensione elettrica non appena vengono sottoposti ad una deformazione meccanica qualsiasi. La tensione elettrica che si produce sulle facce del cristallo è linearmente proporzionale alla deformazione, entro certi limiti. Se le vibrazioni della puntina poggiata sul disco fonografico in movimento vengono trasmesse ad un cristallo piezoelettrico, sulle sue facce si produce una tensione alternativa simile alla vibrazione della puntina, ossia una tensione ad audiofrequenza che può venir amplificata e riprodotta dall'altoparlante.

Dei diversi *cristalli piezoelettrici* esistenti, il solo ad essere usato per i pickup è il *sale di Rochelle*, un tartrato doppio di sodio e di potassio facilmente coltivabile in

vasche apposite. Come tutti i cristalli piezoelettrici esso presenta tre assi, uno meccanico, uno ottico ed uno elettrico. Viene tagliato in lamine sottili, di 0,3 o 0,4 millimetri; il taglio viene fatto perpendicolarmente all'asse elettrico. La formazione della tensione elettrica è dovuta allo squilibrio tra le molecole asimmetriche del cristallo, presente tutte le volte che subisce una deformazione meccanica qualsiasi. Il fenomeno è reversibile, per cui applicando al cristallo una tensione elettrica in modo adeguato, esso si deforma; questo fenomeno è utilizzato in altoparlanti e cuffie telefoniche piezoelettriche.

Il sale di Rochelle ha lo svantaggio di sciogliersi facilmente nell'acqua, di assorbire l'umidità atmosferica, e di deteriorarsi a temperatura non molto alta. Nonostante questi inconvenienti, è usato nei pickup, data l'alta resa d'uscita, molte volte superiore a quella di altro cristallo, il quarzo, bene adatto invece per stabilizzare i circuiti oscillatori delle emittenti radio. Il sale di Rochelle è utilizzato anche per i microfoni a cristallo, in modo pressoché analogo a quello dei pickup.

In tutti i pickup, con una sola eccezione, vengono usate due laminette di sale di Rochelle, dalle dimensioni di un'unghia, cementate faccia contro faccia. Le due laminette formano il cosiddetto *elemento bimorfo*. La resa d'uscita varia da un tipo all'altro di pickup, non per la maggiore o minore efficienza del cristallo ma per il modo con cui viene trasmessa al cristallo la sollecitazione meccanica da parte della puntina.

Il cristallo ha una certa rigidità, per cui non è possibile fissare la puntina direttamente ad esso. Se ciò avvenisse, la puntina non potrebbe più seguire docilmente le ondulazioni dell'incisione; il disco verrebbe immediatamente danneggiato, mentre il cristallo andrebbe in pezzi. Tutto il problema consiste nello scegliere il modo più opportuno di trasmettere le vibrazioni della puntina al cristallo, così che la puntina possa conservare la massima docilità, ossia il minimo sforzo contro le pareti del solco, e nello stesso tempo che le sue vibrazioni vengano completamente applicate al cristallo. Esistono numerosissimi sistemi, addirittura varie centinaia, di accoppiamento della puntina al cristallo, ed i vari tipi di pickup differiscono appunto per la maggiore o minore perfezione di tale trasmissione. In genere, più diretta è la trasmissione più alta è la resa d'uscita, ma anche maggiori sono gli inconvenienti, tra i quali la risonanza del sistema e la facile deteriorabilità dei dischi, oltre al pericolo di rottura del cristallo.

I pickup a cristallo si dividono in due grandi categorie: a) a *flessione*, b) a *torsione*.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO A FLESSIONE. — Nei pickup a flessione un'estremità del cristallo riceve le vibrazioni della puntina; l'ancoretta porta in basso la puntina ed in alto il cristallo. A tale scopo la parte superiore dell'ancoretta è a forcilla; il cristallo è fissato da un lato ed è libero di vibrare dall'altro, dove è trattenuto dalla forcilla. Le ondulazioni dell'incisione mettono in vibrazione la parte libera del cristallo, tramite la puntina e l'ancoretta a forcilla. Lo smorzamento è ottenuto con blocchetti di feltro o di gomma, posti tra il cristallo e la forcilla.

Ad ogni movimento della puntina corrisponde una flessione del cristallo; più ampia è l'ondulazione, più forte è lo spostamento della puntina; più accentuata è la

flessione del cristallo e maggiore è l'ampiezza della tensione prodotta sulle due facce opposte del cristallo, sulle quali poggiano gli elettrodi metallici, dai quali la tensione viene prelevata e applicata all'entrata dell'amplificatore.

L'ancoretta porta-puntina e porta-cristallo ha forma a croce, i due bracci della quale sono costituiti da un asse cilindrico, trattenuto da due cuscinetti di gomma, intorno al quale l'ancoretta può vibrare. L'ampiezza delle vibrazioni della puntina viene ridotta, sistemando l'asse più vicino al cristallo che alla puntina. Bastano ampiezze di alcuni centesimi di millimetro per determinare tensioni di alcuni volt ai capi del cristallo.

I pickup di questo tipo erano in uso un tempo, oggi sono abbandonati, poiché il cristallo fa sentire troppo alla puntina sottostante la propria rigidità, ossia trasmette

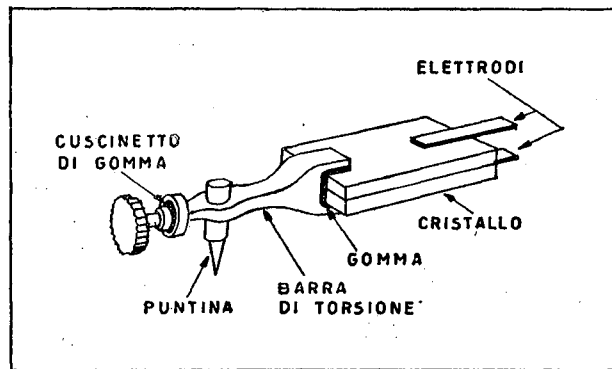


Fig. 6.3. - Principio di pickup a cristallo, del tipo a torsione.

ad essa la propria impedenza meccanica. La puntina non può seguire fedelmente le sinuosità dell'incisione, quindi il responso risulta scadente ed il logorio dei dischi assai alto.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO A TORSIONE. — La fig. 6.3 illustra il principio di funzionamento del pickup a torsione. Alle due laminette di sale di Rochelle cementate insieme, è applicata da un lato la *barretta di torsione* e dall'altro i due elettrodi d'uscita. Il cristallo si trova in posizione orizzontale e riceve le vibrazioni della puntina tramite la barretta di torsione. Uno strato di gomma, interposto tra la forcella ed il cristallo, provvede allo smorzamento necessario, data l'alta impedenza meccanica del cristallo e la bassa impedenza meccanica della puntina.

Spostandosi lungo le ondulazioni del solco, la puntina determina analoghi spostamenti della barretta intorno al proprio asse, la quale torce più o meno il cristallo. I movimenti di torsione del cristallo sono di minima ampiezza, ma comunque tali da seguire fedelmente gli spostamenti della puntina.

La fig. 6.4 illustra la disposizione dei vari componenti di un pickup a cristallo del tipo a torsione. La puntina è fissata all'ancoretta trattenuta da due cuscinetti di gomma, terminante con la forcella di presa del cristallo, il cui movimento è frenato da una coppia di blocchetti di gomma elastica o di altro materiale assorbente le vi-

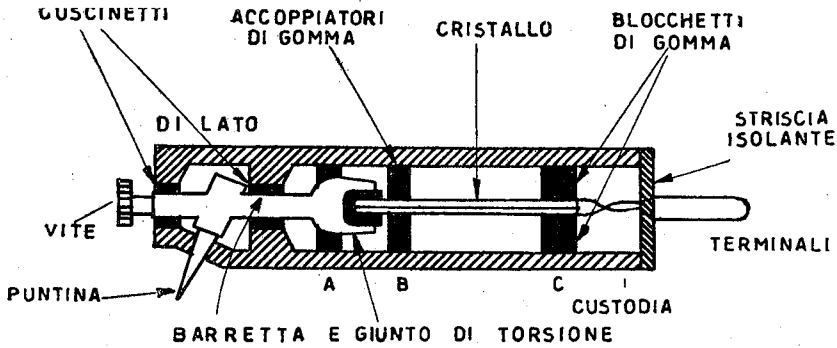


Fig. 6.4. - Esempio di testina di pickup a cristallo, del tipo a torsione, vista di lato.

brazioni. Il cristallo è trattenuto da altri due blocchetti di gomma, B e C. I primi sono di gomma elastica, i secondi di gomma rigida. L'adattamento delle due impedenze è determinato dalla elasticità dei freni A e B, e dalla posizione di B, molto importante poiché è soprattutto da essa che dipende l'efficienza di trasmissione di movimento

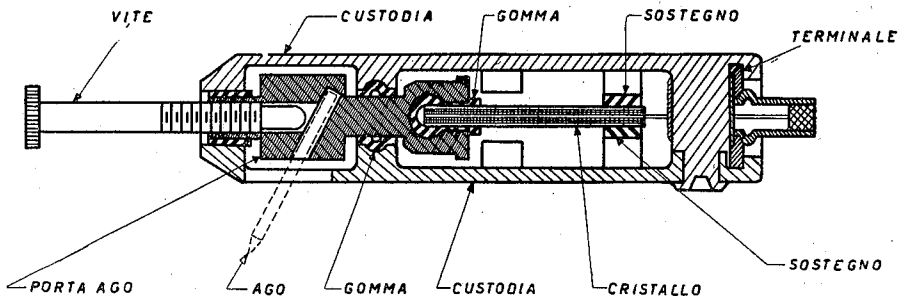


Fig. 6.5. - Disposizione pratica dei componenti di una cartuccia a cristallo piezoelettrico.

della puntina all'ago, e quindi la resa d'uscita. La disposizione generale è tale da produrre una forte riduzione dell'impedenza meccanica, con rapporto da 25 a 1, per cui soltanto un venticinquesimo della forza torsionale dell'ancoretta viene effettivamente applicata alle lamine del cristallo.

Una più efficiente trasmissione di energia determinerebbe una maggiore resa d'uscita, ma aumenterebbe l'impedenza del cristallo rispetto alla puntina, la quale

risulterebbe più pesantemente caricata, e quindi meno libera di muoversi, con conseguente maggiore logorio del disco. Con la riduzione indicata, la pressione che la puntina esercita sulle pareti del solco è di circa 1 grammo.

Il cristallo non è in alcun modo in contatto con la custodia del pickup o con altre parti di esso, ad eccezione delle due coppie di blocchetti di gomma B e C. La tensione prodotta sulle due facce viene prelevata con elettrodi collegati ai terminali esterni.

Il pickup a cristallo si basa sullo spostamento della puntina, mentre il pickup magnetico si basa sulla velocità di movimento della puntina. Ciò che conta è lo spostamento della puntina, quindi l'ampiezza della torsione, poiché da essa dipende la tensione prodotta. Ora, come è già stato detto, ed illustrato dalla fig. 5.7, a parità

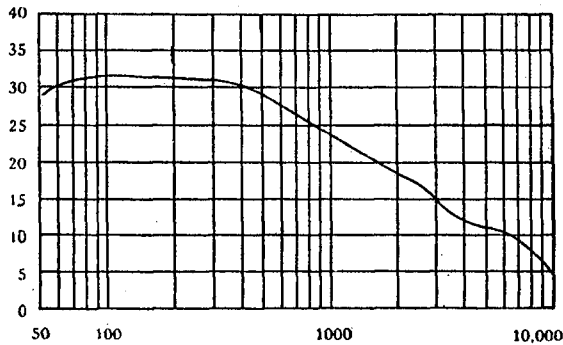


Fig. 6.6. - Curva di risposta tipica di pickup a cristallo, corrispondente all'incisione fonografica, con frequenza di passaggio a 250 c/s. La curva è stata ottenuta con disco a microscolco, e con pickup di alta classe.

d'intensità del suono inciso, l'ampiezza dell'ondulazione diminuisce con l'aumentare della frequenza, e quindi diminuisce anche l'ampiezza della torsione e la resa d'uscita. Quest'ultima è ottima solo per le frequenze basse, alle quali corrispondono ampie ondulazioni e ampie torsioni del cristallo, mentre è scarsa alle frequenze alte. Poiché la *frequenza di taglio*, alla quale è stato accennato, è a 250 c/s, ad essa corrisponde la massima resa d'uscita del pickup. La frequenza di risonanza del sistema vibrante del pickup è alta, per compensare l'attenuazione, ma affinché ciò avvenga è necessario che il sistema vibrante sia molto leggero e non troppo frenato, cosa difficile da ottenere con la puntina sostituibile. Per questa ragione i pickup a cristallo di alta qualità sono tutti a stilo permanente, anche per dischi a 78,26 giri. Nei pickup a stilo permanente la trasmissione del movimento non avviene mediante giunto a forcella, bensì con un *filo di torsione*, molto più leggero, come in fig. 6.7. In alcuni tipi di pickup a stilo al posto del filo vi è una striscia di lega metallica molto leggera.

Recentemente sono stati introdotti pickup con cristallo diverso dal comune sale di Rochelle; si tratta del *cristallo PN*, un solfato primario d'ammonio, il quale non si

altera neppure se viene collocato nell'acqua bollente. Presenta però lo svantaggio di richiedere un carico troppo alto, da 5 a 50 megaohm, all'ingresso dell'amplificatore, ciò che aumenta molto il rumore di fondo ed i disturbi in genere.

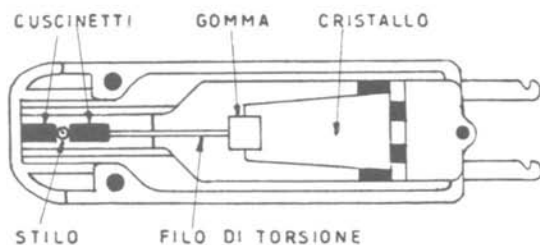


Fig. 6.7. - Testina di pickup a cristallo con stilo permanente, esatta per riproduzione di dischi a microscolco. Vista di sotto.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO « A DIAGONALE ». — In questo tipo di pickup a cristallo, di recente realizzazione, vi è una sola lamina di cristallo, tagliata in modo che la tensione elettrica risulti dalla compressione lungo una diagonale e dalla corrispondente elongazione lungo l'altra diagonale. Il pickup risulta estremamente semplice, non essendo costituito che dalla laminetta di cristallo e dai bracci della

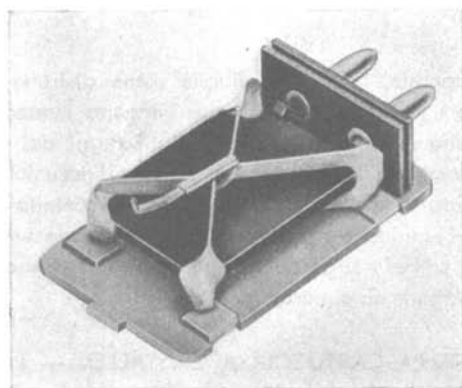


Fig. 6.8. - Interno di testina di pickup a cristallo del tipo a diagonale (Electro Voice).

doppia diagonale, in lega metallica leggera, al centro della quale è fissato lo stilo permanente curvo. A ciascuna semi-oscillazione dello stilo corrisponde una compressione ed una elongazione lungo una delle due diagonali, e la tensione di una polarità seguita da quella di polarità opposta. La frenatura è ottenuta con minuscoli

blocchetti di Viscoloid posti tra il cristallo e la custodia. L'adattamento delle impedenze avviene mediante la flessibilità della doppia diagonale e la flessibilità dello stilo. È così evitata la presenza di gomma, la quale si deteriora con il tempo e sotto l'azione delle tensioni elettriche.

CAUTELE NECESSARIE. — I pickup a cristallo si deteriorano a temperature molto basse e molto alte, nonché in ambienti molto secchi. Le condizioni migliori di funzionamento si ottengono a temperatura compresa tra 20 e 25 gradi; nessun pickup a cristallo riesce a sopportare temperature oltre i 48 gradi; se tale tempera-

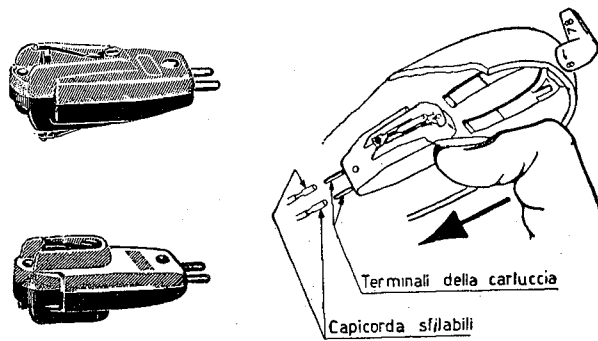


Fig. 6.9. - Due cartucce a cristallo di produzione Lesa.

tura è raggiunta o superata, la piezoelettricità viene distrutta permanentemente. È perciò necessario che i pickup a cristallo non vengano immagazzinati in prossimità di stufe, e non vengano esposti in vetrina, sotto i raggi del sole. I giradischi devono consentire una certa ventilazione onde evitare l'accumulo di calore. Il saldatore deve essere tenuto il minor tempo possibile in contatto con i terminali delle testine a cristallo. Se l'umidità è eccessiva il cristallo tende a rammollirsi, se invece il secco è eccessivo il cristallo si deteriora egualmente; in ambedue i casi non è possibile riportarlo a funzionamento normale.

SOSTITUZIONE DELLA CARTUCCIA A CRISTALLO. — La fig. 6.9 illustra due tipi di cartucce a cristallo, di produzione Lesa, e ne indica il modo di sostituirle. Occorre procedere come segue:

1. - Disporre la cartuccia con la manopolina come in figura.
2. - Sfilare, servendosi dell'unghia, la cartuccia dalla forcella, premendo nella direzione indicata dalla freccia.
3. - Estrarre i capicorda sfilabili dai terminali della cartuccia.
4. - Procedere in senso inverso per il montaggio della nuova cartuccia.

Il fonorivelatore magnetico.

Il rivelatore a cartuccia magnetica presenta, rispetto a quello a cristallo, la caratteristica di fornire una tensione d'uscita molto più bassa, per cui richiede uno stadio di preamplificazione. Presenta però il vantaggio di consentire una più uniforme risposta alle varie frequenze, nonché quello di essere meno deteriorabile. In genere, è usato solo in complessi fonografici ad alta fedeltà.

Vi sono due tipi di rivelatori magnetici: a) quello a ferro mobile e b) quello a riluttanza variabile. Il primo tipo non viene più costruito; è in funzione in apparecchi di vecchia costruzione. Attualmente il solo rivelatore magnetico che venga costruito è quello a riluttanza variabile. Un tempo veniva costruito un terzo tipo di rivelatore magnetico, quello a bobina mobile.

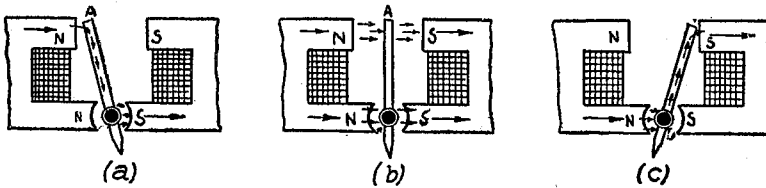


Fig. 6.10. - La tensione elettrica ai capi della bobina è determinata dalle variazioni di flusso magnetico prodotte dallo spostamento della puntina.

IL RIVELATORE MAGNETICO A FERRO MOBILE.

Benché non venga più costruito, è ancora molto in uso in vecchie apparecchiature, per cui è opportuno chiarirne il funzionamento. La fig. 6.10 illustra il principio

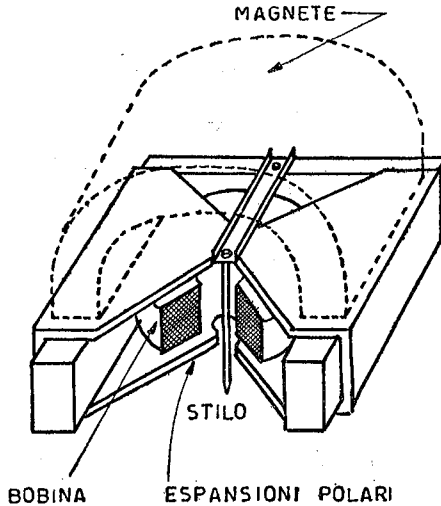


Fig. 6.11. - Testina di pickup elettromagnetico, in cui solo lo stilo si muove tra le espansioni polari del magnete (Pickering).

di funzionamento di questo rivelatore. L'ago si muove tra le espansioni polari di un magnete, provvisto di una bobina di filo. Il movimento del magnete, dovuto alla incisione del disco, determina una corrispondente variazione nel campo magnetico, la quale a sua volta genera una tensione elettrica ai capi della bobina. È tale tensione che viene utilizzata.

La fig. 6.11 illustra un esempio pratico di cartuccia magnetica a ferro mobile.

Il ferro mobile è appunto costituito dall'ago, il quale è sostenuto al centro del campo magnetico, e al centro della bobinetta di filo. Il magnete è a ferro di cavallo, e di dimensioni piuttosto notevoli.

La resa d'uscita dei rivelatori di questo tipo è, in media, di 8 centesimi di volt.

IL RIVELATORE MAGNETICO A RILUTTANZA VARIABILE.

Come detto, attualmente vengono costruiti rivelatori magnetici del solo tipo a riluttanza variabile, essendo gli altri tipi ormai abbandonati. In questi rivelatori, il movimento dell'ago, anziché variare il campo magnetico, varia la riluttanza magne-

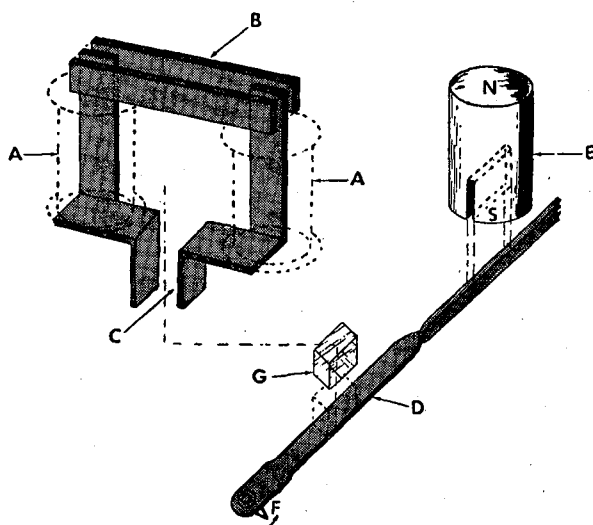


Fig. 6.12. - Elementi costituenti la cartuccia a riluttanza variabile.

tica. Per riluttanza s'intende l'opposizione che l'armatura magnetica, il ferro, oppone al passaggio del flusso magnetico.

Il movimento dell'ago determina la variazione della riluttanza, nel modo che si vedrà, e questa determina a sua volta la variazione del campo magnetico, con conseguente variazione della tensione ai capi della bobina. Il principio di funzionamento è un po' quello dei rivelatori a ferro mobile, con la differenza che la variazione del

IL FONORIVELATORE

campo magnetico avviene tramite la variazione della riluttanza dell'armatura magnetica.

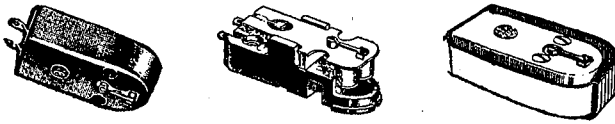


Fig. 6.13. - Aspetto esterno del pickup a riluttanza variabile.

La fig. 6.12 indica le parti essenziali del rivelatore magnetico a riluttanza variabile. Con A sono indicate le bobine (tratteggiate) avvolte intorno alla struttura magnetica, ben visibile a sinistra. B indica il giogo e C l'espansione polare. L'armatura

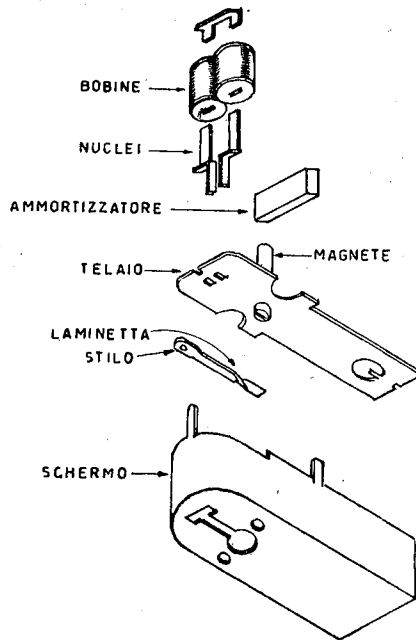


Fig. 6.14. - Parti componenti il pickup a riluttanza variabile.

D, alla quale è fissato l'ago F, è costituita da una piccola, leggerissima e flessibilissima laminetta metallica. L'altra estremità di tale laminetta è fissata al centro di un magnetino E, indicato a destra. L'armatura si trova esattamente al centro dell'espansione polare, dove risulta sistemata mediante il blocchetto di gomma G.

Il flusso magnetico passa attraverso la laminetta ed il piccolo traferro, alle estremità dei due nuclei, dividendosi in parti eguali tra di loro quando lo stilo è in posizione di riposo, al centro tra i due nuclei. Non appena lo stilo si sposta in un dato senso, il flusso aumenta in uno dei nuclei e diminuisce corrispondentemente nell'altro. La tensione d'uscita ai capi delle due bobine è direttamente proporzionale al flusso presente in ciascuno dei nuclei. Le due bobine sono poste in controfase. Alle vibrazioni del nucleo corrisponde in tal modo una tensione ad audiofrequenza.

La fig. 6.14 illustra le parti componenti di un tipico rivelatore magnetico a riluttanza variabile.

Il rivelatore ceramico.

Il rivelatore ceramico appartiene alla categoria dei rivelatori piezoelettrici. Particolari ceramiche si comportano come i cristalli piezoelettrici, per cui forniscono una tensione elettrica proporzionata alla flessione o alla torsione che subiscono.

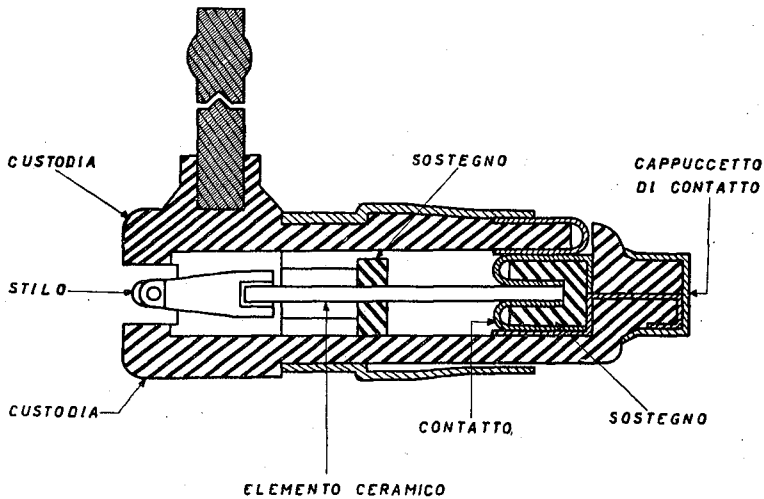


Fig. 6.15. - Disposizione interna della cartuccia ceramica.

Il materiale ceramico generalmente utilizzato per le cartucce delle testine fonografiche è il titanato di bario. L'elemento ceramico ha forma di laminetta, come i rivelatori a cristallo.

La fig. 6.15 illustra le parti componenti di una cartuccia ceramica. L'elemento ceramico è fissato ad una estremità, mentre è libero di muoversi all'altra estremità. A quest'ultima è fissata l'ancoretta portastilo. Le vibrazioni dello stilo determinano analoghe vibrazioni dell'elemento ceramico, il quale genera corrispondenti variazioni di tensione elettrica.

La fig. 6.16 illustra l'aspetto esterno di una cartuccia ceramica. Le sue dimensioni sono molto ridotte, e sono confrontate con uno zolfanello. Nella stessa figura, in basso, è indicata l'ancoretta portastilo. Come si può notare, lo stilo vero e proprio è di dimensioni assai ridotte.

Le caratteristiche elettriche delle cartucce ceramiche sono quelle stesse delle cartucce a cristallo. La capacità equivalente delle cartucce ceramiche è compresa

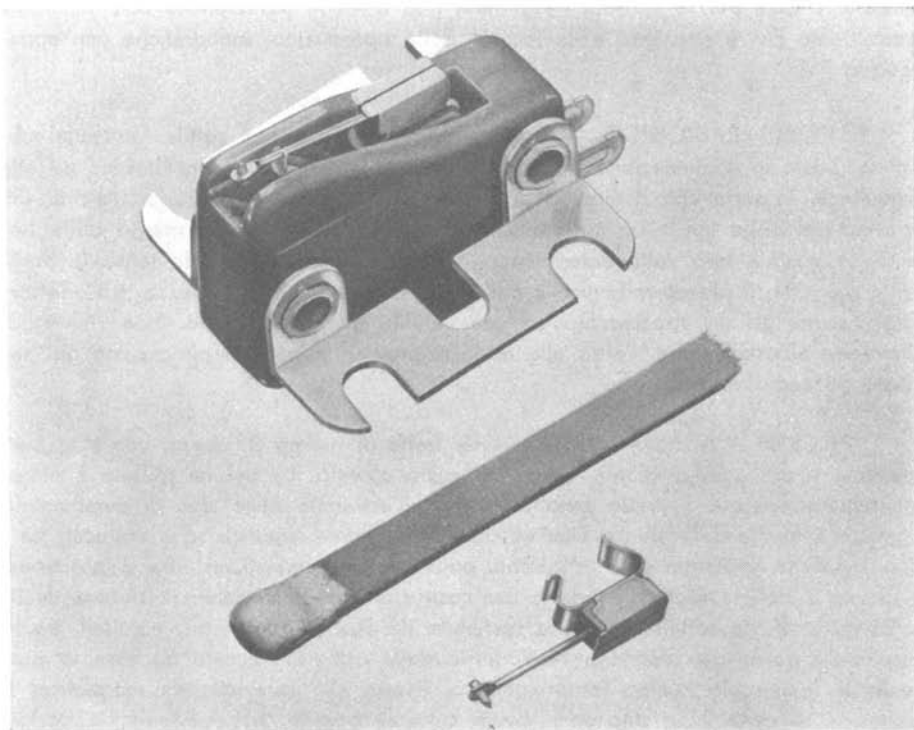


Fig. 6.16. - Parti componenti la cartuccia ceramica.

tra 470 e 900 picofarad, mentre la resistenza di carico è di 1 megaohm. La tensione resa d'uscita delle cartucce ceramiche è, generalmente, di 0,75 volt, a 1000 c/s.

Le cartucce ceramiche sono poco utilizzate, poiché mentre differiscono poco da quelle a cristallo, costano notevolmente di più. Presentano però il notevole vantaggio di essere insensibili alle condizioni di ambiente, e sopportano senza danno elevate temperature.

Pickup speciali.

IL PICKUP FM. — Consiste essenzialmente di un condensatore ad aria, a due lamine sole, una fissa e l'altra vibrante; quest'ultima è direttamente collegata allo stilo. Le vibrazioni dello stilo trasmesse al condensatore determinano analoghe variazioni di capacità, le quali alterano la frequenza del circuito oscillatorio in cui il condensatore è inserito. Ne risulta un segnale ad alta frequenza ed a modulazione di frequenza. È utile per le stazioni trasmettenti FM, e viene usato anche con minuscola trasmittente FM e ricezione « via radio » delle riproduzioni fonografiche con apparecchio FM.

IL PICKUP RADIONICO. — Insieme allo stilo vibra una sottile laminetta metallica, posta in continuazione dello stesso, ed in prossimità di una bobina ad alta frequenza, in serie con il circuito accordato di un apposito stadio oscillatore. Gli spostamenti della laminetta determinano variazioni del fattore di merito della bobina, le quali a loro volta determinano variazioni d'ampiezza della tensione oscillante prodotta. Il pickup radionico è del tipo a modulazione d'ampiezza, e viene fornito insieme ad un apparecchio ad una valvola a doppio triodo. Uno dei triodi provvede all'oscillazione, l'altro alla rettificazione ed alla preamplificazione del segnale ad audiofrequenza.

IL PICKUP A BOBINA MOBILE. — Si tratta di pickup di classe, con stilo permanente e punta di diamante, quindi di costo elevato. La bobina mobile è estremamente minuscola, essendo avvolta intorno all'estremità dello stilo di duralluminio opposta a quella della punta. Due cuscinetti di gomma sintetica sono collocati tra i due lati della bobinetta e le espansioni polari del magnete. Con altra disposizione, il pickup a bobina mobile è adatto per costruzioni dilettantistiche; la bobina di 20 o 25 spire di filo sottilissimo viene sostenuta da due fili di cotone, paralleli, tra le espansioni polari del magnete. Nell'interno della bobina, staccato da essa, è presente un minuscolo nucleo ferromagnetico, fissato alla incastellatura magnetica. Il portastilo di carta e lo stilo sono fissati sotto la bobina. È necessario un trasformatore d'entrata con rapporto da 50 a 1 a 150 a 1.

IL PICKUP A PUNTINA LIBERA. — Si tratta di un pickup elettromagnetico (Gallo mod. M-S) nel quale la puntina d'acciaio è tenuta in sito senza alcun centratore elastico, e non va neppure infilata in alcun tubetto portapuntina; grazie ad una particolare disposizione delle espansioni polari del magnete, è lo stesso campo magnetico in cui è immersa, che provvede a trattenerla in sito. Quando la puntina viene appoggiata sul disco in rotazione, per effetto del movimento del disco, si dispone automaticamente in posizione di riproduzione, come in (1) di fig. 6.17. L'incisione mette in oscillazione la puntina intorno al suo asse virtuale, ciò che determina la solita variazione di flusso e quindi la tensione nella bobinetta A. In posizione di lavoro, la puntina poggia superiormente contro il fondello f , sopra e sotto contro le arma-

ture superiori *s* e inferiori *i*, appoggiandosi nell'apposita cavità. Il circuito magnetico risulta chiuso. La resa d'uscita è di 0,25 V.

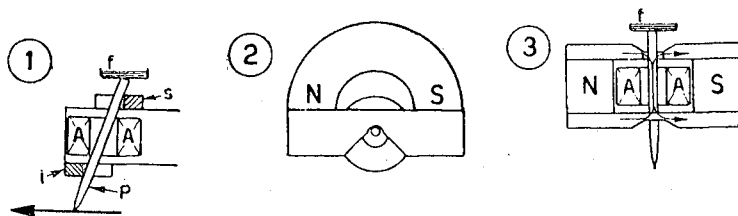


Fig. 6.17. - Principio di funzionamento del pickup elettromagnetico a puntina libera, senza ancoretta e senza ammortizzatori (Gallo).

IL PICKUP A RESISTENZA VARIABILE. — Si tratta di un sensibile trasduttore a variazione lineare d'ampiezza, bene adatto per riproduzioni di estesissima gamma di audiofrequenze, e quindi per i dischi a microsolco. Lo stilo è fissato ad una laminetta di materiale plastico, sui due lati della quale è presente uno strato di materiale ad alta resistenza, come nelle resistenze variabili a carbone. La laminetta è libera di vibrare tra due pareti argentate; ad una sua estremità è fissato lo stilo, mentre l'altra

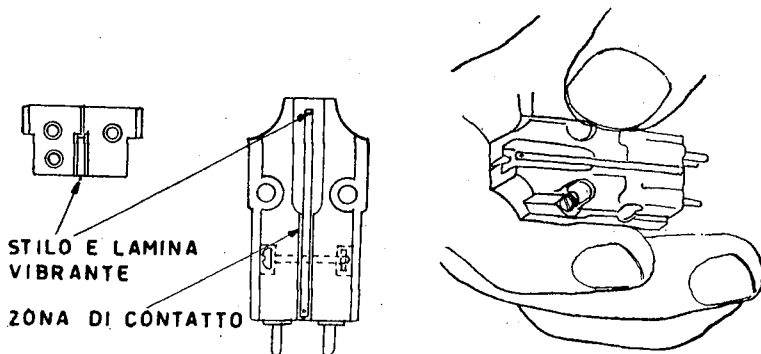


Fig. 6.18. - Pickup a resistenza variabile.

estremità è fissata alla base del pickup. Ad ogni spostamento dello stilo corrisponde una adesione della laminetta con una o con l'altra parete del pickup; il contatto è tanto migliore, e quindi la riduzione della resistenza è tanto maggiore, quanto più ampio è lo spostamento dello stilo. Il valore della resistenza su ciascun lato della laminetta è di 15 000 ohm; le due resistenze sono poste in serie; la presa è fatta al centro di esse, ossia nel punto in cui sono riunite. Essendo una resistenza variabile, questo pickup non fornisce una resa d'uscita; modula la tensione di polarizzazione ad esso applicata, che è di 45 volt; la modulazione è di circa 10 millivolt.

IL PICKUP A FOTOCELLA. — Lo stilo è speculare, e su di esso è diretto un sottile raggio luminoso; i movimenti dello stilo riflettono il raggio luminoso su una fotocella.

Il fonorivelatore stereofonico.

Il fonorivelatore stereo è provvisto di una sola puntina e di due elementi sensibili, quindi di due uscite; è adatto per la riproduzione dei dischi stereo. Può essere del tipo a cristallo piezoelettrico, o ceramico, o a ferro mobile, o a bobina mobile o a riluttanza variabile, come il fonorivelatore monofonico.

Come già detto nelle pagine precedenti (v. disco stereofonico), quando il disco stereo è in movimento, la puntina subisce simultaneamente due movimenti, in due sensi diversi, data la doppia modulazione e quindi la doppia incisione presente nel

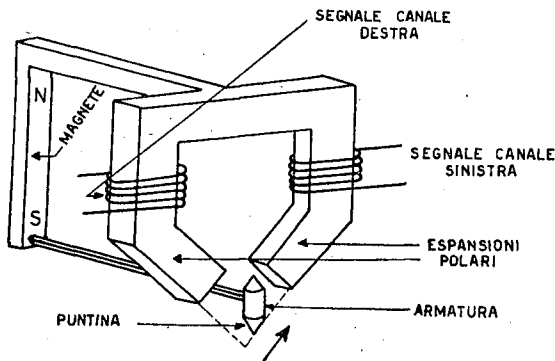


Fig. 6.19. - Principio di funzionamento del fonorivelatore stereo.

solco. I due movimenti della puntina vengono comunicati ai due elementi sensibili, i quali provvedono alla generazione di due tensioni alternative, presenti alle due uscite della cartuccia.

La fig. 6.19 illustra il principio di funzionamento del fonorivelatore stereo, il quale è identico a quello degli altri fonorivelatori. Sui due bracci di un magnete vi sono due avvolgimenti, mentre tra le espansioni polari del magnete vi è una leggera armatura unita alla puntina, e fissata ad un sostegno elastico. Puntine e armatura di ferro dolce si muovono tra le espansioni polari, determinando negli avvolgimenti tensioni audio corrispondenti.

Alle due incisioni del solco vengono a corrispondere due tensioni audio, ossia due segnali, uno relativo al canale destro e l'altro al canale sinistro.

Alcune cartucce stereo hanno tre linguette di uscita, una per ciascun canale, e una comune, di massa, per i due canali; altre cartucce hanno quattro linguette, due per ciascun canale.

La puntina delle cartucce stereo è più sottile di quelle delle cartucce comuni, monofoniche. Anche il peso è, generalmente, minore. Le cartucce a ferro mobile pesano circa 10 grammi, quelle a cristallo piezoelettrico pesano da 6 a 8 grammi, quelle a bobina mobile pesano da 25 a 30 grammi.

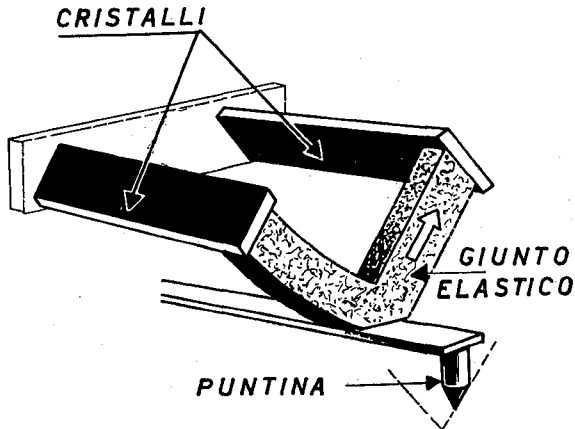


Fig. 6.20. - Principio del fonorivelatore a due cristalli.

L'uscita delle cartucce stereo è di 400 millivolt per quelle a cristallo piezoelettrico, di 300 a 500 mV per quelle ad elementi ceramici, di 6 mV per quelle a ferro mobile, e di 1 millivolt per quelle a bobina mobile.

La gamma di frequenze è estesissima per tutte le cartucce stereo; la massima estensione di gamma è ottenuta da quelle di tipo a bobina mobile.

CARTUCCE STEREO A CRISTALLO.

Le cartucce stereo a cristallo piezoelettrico sono tra le più diffuse, dato il loro costo, relativamente basso, la buona resa d'uscita e la notevole gamma audio.

Generalmente sono provviste di due puntine, una per la riproduzione dei dischi stereo e mono a microscolco, e l'altra per i dischi veloci, a 78 giri.

Il principio delle cartucce a cristallo è quello di fig. 6.20. I due cristalli sono sistemati ad angolo, fissati da un lato e liberi dall'altro. La puntina comunica i propri movimenti ai due cristalli mediante un giunto elastico. Ciascun cristallo è provvisto di due conduttori di uscita.

La fig. 6.21 illustra la disposizione dei due cristalli nelle cartucce con due puntine. Essi si trovano nei due lati di un esagono. Il funzionamento della cartuccia è identico, per stereo e mono; anche con i dischi a 78 giri vi sono due tensioni audio alle due uscite, ma esse vengono presentate alle due entrate dell'amplificatore, poste in parallelo, ossia unite. Funzionano come un'uscita sola, collegata all'entrata di un solo amplificatore. È sufficiente mettere l'amplificatore in posizione « mono ».

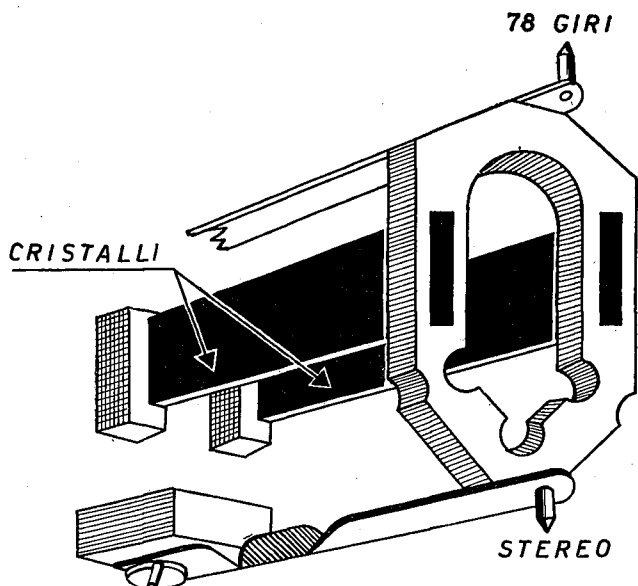


Fig. 6.21. - Principio del fono rivelatore ribaltabile, a due puntine.

La fig. 6.22 indica un esempio di cartuccia stereo. È la Ronette 105 e 106. La 105 fornisce 250 mW d'uscita; la 106 ne fornisce 500 mW. La gamma audio è, per ambedue, da 30 a 12 000 cicli/secondo.

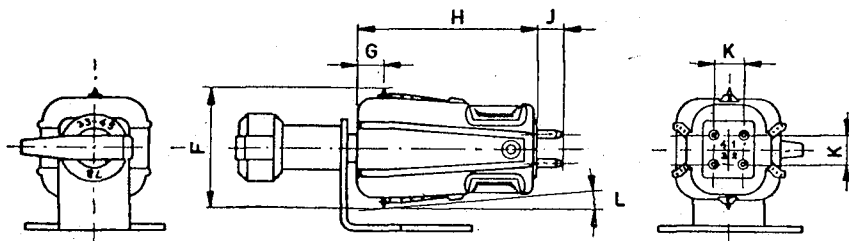


Fig. 6.22. - Aspetto di fonorivelatore stereo a cristalli piezoelettrici.

Equalizzatori per pickup.

EQUALIZZATORI PER PICKUP A CRISTALLO. — I pickup a cristallo sono ad alta impedenza e devono venir collegati ai capi della resistenza di griglia della valvola d'entrata, di valore adeguato, compreso tra 0,25 ed 1 megohm. Il valore normale, da

usare correntemente, è quello di 0,5 megaohm; il valore di 1 megaohm è opportuno se si vuole accentuare il responso alle basse frequenze, e quello da 0,25 megaohm se invece si vuole attenuarlo.

L'equalizzatore adatto per pickup a cristallo è quello di fig. 6.23. L'ampiezza dell'incisione fonografica diminuisce con l'elevarsi della frequenza, ciò che determina una attenuazione delle frequenze elevate di circa 6 decibel per ottava. Il valore medio di R_1 è di 1,5 megaohm; l'ottimo responso alle frequenze basse si ottiene quando la somma delle due resistenze è di 2 megaohm. Il valore del condensatore in parallelo è, in tal caso, di 400 pF; può venir variato tra 500 e 50 pF. Teoricamente

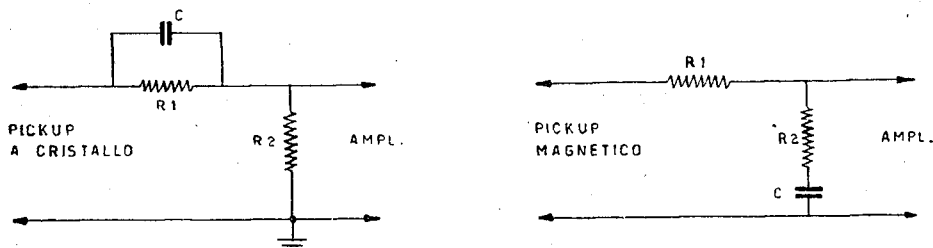


Fig. 6.23. - Semplici equalizzatori per pickup.

la reattanza in ohm del condensatore, alla frequenza di 1000 cicli, deve essere eguale al valore della resistenza in parallelo.

Aumentando il valore di R_1 occorre diminuire il valore di C , e viceversa; ad alti valori di R_1 e corrispondenti bassi valori di C , corrisponde l'accentuazione dei bassi e l'attenuazione degli alti, e viceversa. L'equalizzatore determina un abbassamento notevole della tensione applicata all'entrata dell'amplificatore; se il valore di R_1 è alto, può avvenire che la tensione ad audiofrequenza risulti insufficiente, occorre quindi equalizzare il responso del pickup tenendo conto dell'amplificazione complessiva disponibile. In caso di radiofonografi di piccola potenza, è bene limitare il valore di R_1 ad 1 megaohm; in tal caso il condensatore in parallelo è di 500 pF.

EQUALIZZATORE PER PICKUP MAGNETICI. — I pickup magnetici hanno estrema tendenza a captare i campi magnetici variabili, prodotti dal motorino, dal trasformatore d'alimentazione, ecc. per cui è molto facile che la riproduzione fonografica sia guastata dalla presenza di ronzio. È questa una delle principali ragioni per cui vengono utilizzati pickup a cristallo anche nei complessi sonori d'alta classe, nonostante che solo i pickup magnetici riproducano fedelmente l'incisione fonografica, per effetto della caratteristica a velocità costante, alla quale è già stato accennato.

Con pickup magnetici vi è minore necessità di equalizzazione, salvo per la banda di frequenze basse, da 50 a 250 cicli, dato che in essa l'incisione è del tipo ad ampiezza costante. L'equalizzatore deve esaltare tali frequenze, in modo da riportarle al livello naturale, superiore a quello d'incisione.

Il principio dell'equalizzatore per pickup magnetico è indicato dalla fig. 6.23. Teoricamente, la reattanza del condensatore C deve essere eguale al valore della resistenza in serie R_2 alla frequenza di passaggio, ossia a 250 cicli/secondo. Il valore della resistenza R_1 dipende dall'accentuazione dei toni bassi e dalla tensione d'uscita del pickup.

Non è quasi mai opportuno collocare l'equalizzatore tra il pickup magnetico e l'entrata dell'amplificatore, salvo a prendere estreme cautele onde evitare il ronzio, perciò viene generalmente collocato tra il primo ed il secondo stadio d'amplificazione, insieme all'eventuale filtro per il fruscio, fisso o regolabile. Fanno eccezione i piccoli radiofonografi.

Ciò risulta particolarmente importante quando si tratta di dischi a microsolco, dato il basso livello d'incisione e quindi l'alta amplificazione necessaria, con conseguente maggiore pericolo di ronzio, per cui salvo poche eccezioni, i complessi fonografici per microsolco sono dotati di pickup a cristallo anziché di pickup magnetico.

Calcolo numerico degli elementi dell'equalizzatore.

Per il calcolo degli elementi dell'equalizzatore va tenuto presente che il pickup a cristallo si comporta come un generatore di tensione alternativa con in serie un condensatore di determinata capacità, in genere di qualche centinaia di picofarad. Ciò è illustrato in fig. 6.24 dove la capacità in serie è supposta sia di 450 picofarad.

Supponendo che il generatore produca una tensione alternativa di ampiezza costante alle varie audiofrequenze, ai capi del pickup l'ampiezza di tale tensione non è più costante, per la diversa reattanza capacitativa offerta dal condensatore, maggiore alle frequenze più basse e minore a quelle più alte.

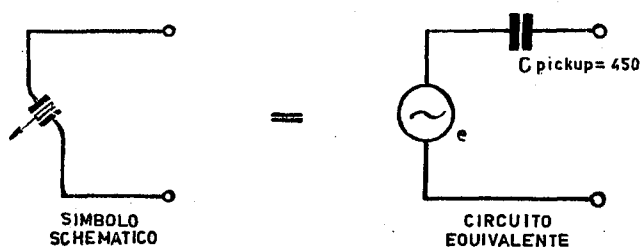


Fig. 6.24. - Pickup a cristallo e relativo circuito equivalente.

Qualora il pickup venga posto in parallelo alla resistenza di entrata dell'amplificatore, l'ampiezza della tensione ad audiofrequenza ai capi della resistenza di entrata varia al variare della frequenza; tale variazione è diversa a seconda del valore della stessa resistenza di entrata. Queste variazioni sono graficamente illustrate dalle curve di fig. 6.25.

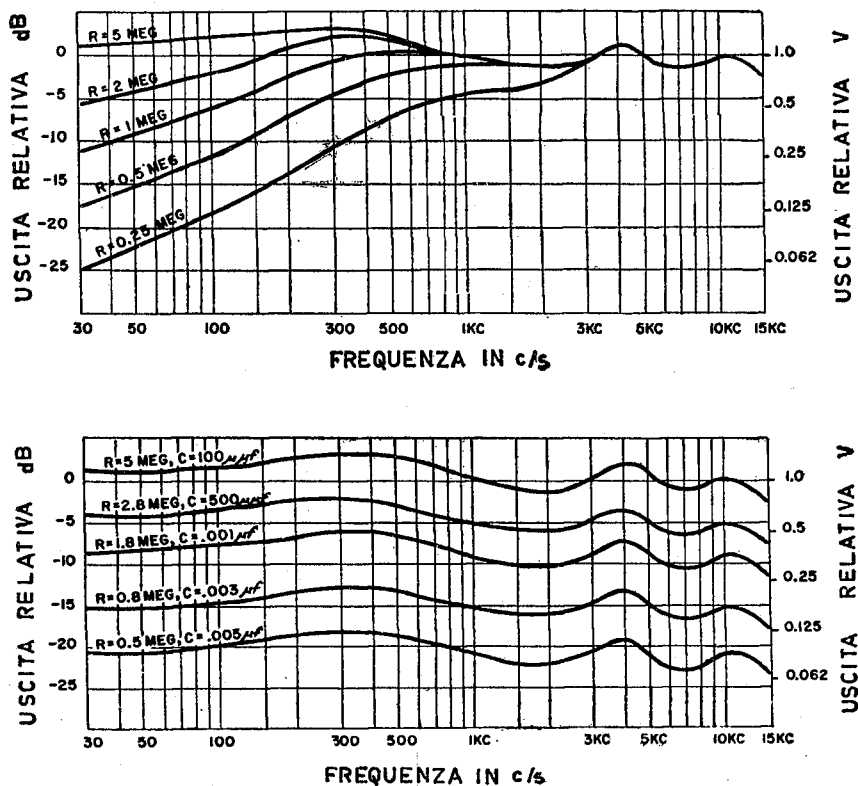


Fig. 6.25. - Curve relative all'amplificazione delle varie frequenze in rapporto alla caratteristica d'entrata dell'amplificatore.

Con resistenze di entrata di 5 megaohm le variazioni d'ampiezza della tensione ad audiofrequenza entro la gamma da 30 a 15 000 cicli sono contenute entro $\pm 2,5$ dB, mentre con la resistenza di entrata di 0,25 megaohm le variazioni entro la stessa gamma sono notevolmente più accentuate, essendo comprese tra + 2 dB e - 25 dB. Ciò avviene poiché la reattanza capacitativa forma con la resistenza di entrata un partitore di tensione, e la tensione ai capi della resistenza di entrata è tanto minore quanto maggiore è la reattanza capacitativa, ossia quanto più bassa è l'audiofrequenza.

Per la migliore linearità sarebbe necessario che la resistenza di ingresso fosse sempre molto alta, ad es., di 5 megaohm; poiché in pratica ciò non avviene, è necessario collegare in parallelo al pickup un condensatore di capacità tale da ottenere la stessa costante di tempo che si avrebbe con alta resistenza di entrata. In tal modo si ottiene una curva a livello di uscita inferiore a quella ottenibile con resistenza di entrata elevata, ma con la stessa linearità di responso alle varie frequenze.

Qualora per le caratteristiche dell'impianto sonoro e particolarmente dell'altoparlante, la curva meglio adatta fosse quella corrispondente a 2 megaohm di entrata, mentre l'entrata dell'amplificatore fosse di 1 megaohm con capacità distribuita di 100 picofarad in parallelo, basterebbe collegare in parallelo al pickup un condensatore di capacità risultante dal calcolo seguente:

Costante di tempo della curva desiderata = R entrata (C parallelo + C pickup), secondi

$$= 2 \text{ M}\Omega (100 \text{ pF} + 450 \text{ pF})$$

$$= 2 \times 10^6 (550 + 10^{-12})$$

$$= 1 \text{ 100 microsecondi.}$$

La nuova costante di tempo deve anch'essa essere di 1 100 microsecondi, per cui:

$$R' \text{ entrata (C' parallelo + C pickup)} = 1 \text{ 100 } \mu\text{s} = 1 \text{ 100} \times 10^{-6}$$

$$R' \text{ entrata} = 1 \text{ M}\Omega = 10^6$$

$$(C' \text{ parallelo} + C \text{ pickup}) = \frac{1 \text{ 100} \times 10^{-6}}{R' \text{ entrata}} = \frac{1 \text{ 100} \times 10^{-6}}{10^6}$$

$$(C' \text{ parallelo} + C \text{ pickup}) = 1 \text{ 100} \times 10^{-12} = 1 \text{ 100 pF}$$

$$C' \text{ parallelo} = 1 \text{ 100 pF} - C \text{ pickup}$$

$$= 1 \text{ 100 pF} - 450 \text{ pF}$$

$$C' \text{ parallelo} = 650 \text{ pF}$$

In tal modo è possibile ottenere la stessa curva corrispondente ad entrata di 2 megaohm con amplificatore ad entrata di un solo megaohm, collegando in parallelo a quest'ultimo un condensatore di capacità 650 — 100 = 550 picofarad.

La migliore linearità così ottenuta va a scapito della tensione del segnale all'entrata, il quale risulta ridotto a circa la metà.

L'equalizzazione indicata è adatta qualora tale riduzione di tensione all'entrata risulti ammissibile, considerato il guadagno totale dell'amplificatore.

IL MICROFONO

Il *microfono* provvede alla trasduzione dell'energia acustica in energia elettrica; trasduce le variazioni di pressione dell'aria, ossia le voci ed i suoni, in variazioni di tensione elettrica; costituisce il punto di partenza degli impianti di diffusione sonora delle emittenti radiofoniche, delle incisioni fonografiche, delle registrazioni sonore su film, su filo o su nastro.

I microfoni si distinguono in sei categorie principali: a) a carbone, b) a cristallo, c) a bobina mobile, d) a nastro, e) a cardioidi, f) a condensatore.

Il microfono a carbone.

È il più semplice dei microfoni; ebbe inizio con i primi impianti telefonici, venne utilizzato dalle prime emittenti radiofoniche; oggi è largamente impiegato negli impianti mobili (auto, ferrovie, aereoplani, ecc.) data la sua robustezza; è inoltre impiegato ovunque interessi la riproduzione della sola voce (conferenze, discorsi, ecc.); non è adatto per riproduzioni musicali.

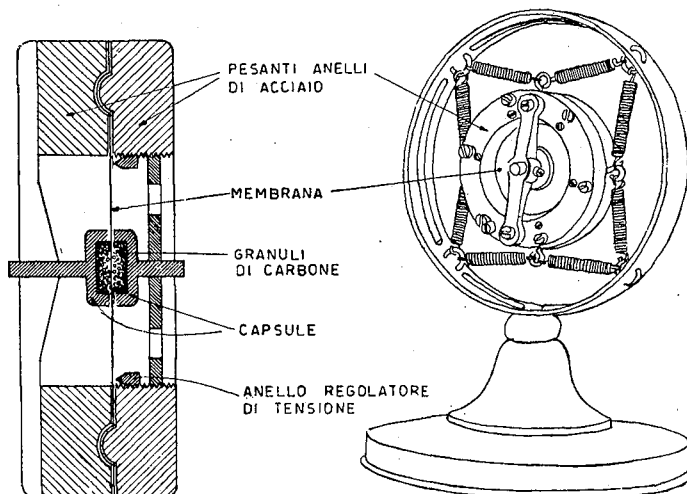


Fig. 7.1 - Principio del microfono a carbone a doppio bottone, ossia a due capsule, ed esempio di microfono di questo tipo.

Il principio è il seguente: la resistenza che più granuli di carbone oppongono al passaggio della corrente elettrica varia al variare della pressione che su di essi viene esercitata. È costituito da una sottilissima membrana metallica (lega di duralluminio), a forma di disco, al centro della quale poggiano i granuli di carbone contenuti in una capsula metallica a forma di bottone. Tra la capsula e la membrana è applicata una tensione elettrica. Le onde sonore mettono in vibrazione la membrana,

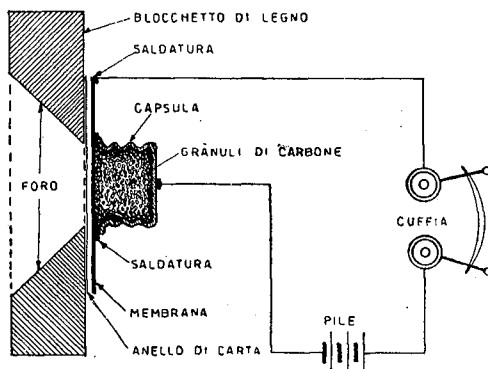


Fig. 7.2. - Esperimento per dilettanti. Entro un coperchietto metallico collocare granuli di carbone da microfono, o carbone da pila spezzettato; appoggiare su una membrana di ferro da auricolare telefonico o su un dischetto di alluminio molto sottile, fissare ad un blocchetto di legno tramite un anello di carta. Basta una batteria di pile da 4,5 volt con cuffia telefonica da 75 ohm, o una da 22,5 volt con cuffia da 2000 ohm. Notare come varia la sensibilità del microfono al variare della sua posizione ed alle diverse lettere dell'alfabeto.

la quale le comunica ai granuli di carbone; maggiore è la pressione, minore è la resistenza, maggiore è l'intensità di corrente nel circuito.

Il microfono a carbone è a bassa impedenza, da 50 a 200 ohm, in media; viene collegato all'entrata dell'amplificatore tramite un trasformatore ascendente, rapporto 1 a 20, o circa. Una resistenza in serie alla batteria di pile a secco, ai granuli ed al primario del trasformatore, limita la corrente di riposo presente nel circuito. Un potenziometro ai capi del secondario del trasformatore consente il controllo di volume. L'intensità di corrente varia a seconda del tipo di microfono, e può essere compresa tra 5 e 40 mA; generalmente è di 10 mA.

Oltre a non essere adatto per riproduzioni musicali, data la modesta estensione di gamma delle frequenze riproducibili, presenta l'inconveniente di produrre molte armoniche, nonché un continuo fruscio parzialmente eliminabile con un filtro posto ai capi del secondario del trasformatore.

Si distingue in due tipi: a) a bottone singolo, con granuli posti da un lato solo della membrana, b) a bottone doppio, con granuli posti in ambedue i lati della membrana. L'uno e l'altro sono ad alta resa d'uscita.

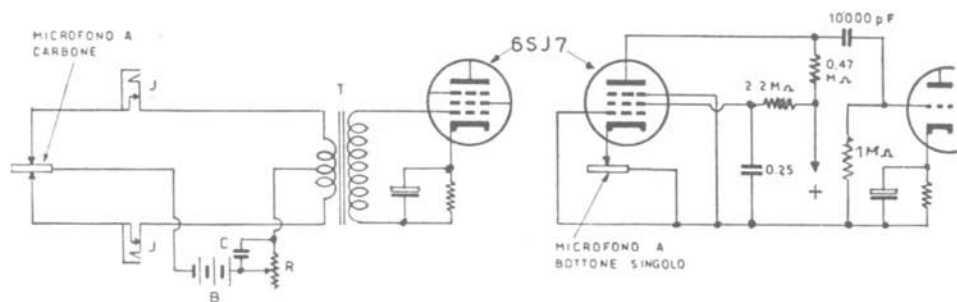


Fig. 7.3. - A sinistra: schema di collegamento di microfono a carbone all'entrata dell'amplificatore; la resistenza R è di 500 ohm, essa consente di limitare la corrente nel microfono e funziona anche da controllo di volume; il condensatore C è da 50 microfarad, 25 volt; le due prese J consentono di inserire il milliamperometro per il controllo della corrente nei due bottoni; il trasformatore ha il primario di circa 100 ohm ed il secondario da 100 000 a 500 000 ohm. — A destra: semplice collegamento del microfono ad un bottone alla valvola d'entrata; la resistenza del microfono sostituisce la resistenza del catodo della 6SJ7, la corrente catodica sostituisce quella della batteria; poiché la griglia controllo della 6SJ7 è a massa, la valvola funziona da amplificatore dell'audiofrequenza determinata dal microfono; la resistenza da 1 megaohm alla entrata della valvola successiva può venir sostituita con un potenziometro per il controllo di volume.

CAUTELE PER L'USO DEI MICROFONI A CARBONE. — Minore è l'intensità di corrente nel circuito microfonico, minore è anche il fruscio prodotto, per cui

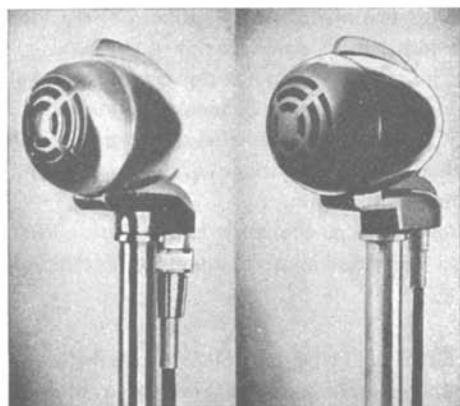


Fig. 7.4. - Esempi di microfoni a carbone.

è necessario limitare l'intensità di corrente al minimo necessario; in nessun caso tale intensità può superare i 20 mA per bottone. Forti intensità di corrente e forti scosse possono « bloccare » il microfono, nel senso che i granuli di carbone possono far

blocco, unendosi insieme. Quando ciò avviene, occorre togliere il microfono dal circuito, e scuoterlo in varie posizioni, particolarmente dall'alto in basso, in modo da liberare i granuli. Può avvenire che un bottone solo si blocchi, ciò che risulta evidente dalla diversa intensità di corrente nei due bottoni. È opportuno controllare che l'intensità di corrente sia eguale nei due lati; se un solo bottone è bloccato, va scosso da solo. Quando il microfono viene inserito o disinserto dal proprio circuito, se la resistenza limitatrice è costituita da un reostato, è bene che esso sia al massimo. È necessario che il microfono sia sostenuto da un supporto elastico, per es. da molle metalliche (v. fig. 7.1) o da nastri di gomma.

Vantaggi	Inconvenienti
Alta resa d'uscita.	Continuo fruscio.
Notevole robustezza meccanica.	Adatto per sola voce.
Basso costo.	Forti e numerose armoniche.
Elevata sensibilità.	Tendenza a bloccarsi.
Sopporta calore e umidità.	Richiede trasformatore d'entrata e pile a secco.

Il microfono a cristallo piezoelettrico.

È molto diffuso data la robustezza, l'ottima curva di responso entro una vasta gamma di frequenze, e l'alta impedenza, la quale consente il collegamento direttamente all'entrata dell'amplificatore, senza l'ausilio del trasformatore d'entrata. Inoltre non richiede alcuna tensione di polarizzazione.

Il principio di funzionamento è quello dei cristalli piezoelettrici, i quali si contraggono e si distendono sotto l'azione di tensioni alternative, e producono tali tensioni sotto l'azione di pressioni meccaniche. Dei vari cristalli piezoelettrici viene usato soltanto il sale di Rochelle, dal quale si ricavano lamine molto sottili, tagliate secondo un determinato orientamento.

I *microfoni a cristallo* detti anche *microfoni piezoelettrici* si distinguono in due categorie molto diverse l'una dall'altra: a) quelli a membrana e b) quelli a cellula sonora.

MICROFONO A CRISTALLO DEL TIPO A MEMBRANA. — Consiste di una laminetta di cristallo dalla quale la tensione elettrica è ottenuta sulle sue facce opposte per effetto di flessione, è quindi un microfono a flessione. La fig. 7.5 ne illustra il principio. La laminetta di cristallo è fissata ad un estremo di una membrana a cono, tramite un ago. L'altra estremità del cristallo è trattenuta da un blocchetto di gomma, alla custodia. Le vibrazioni che le onde sonore conferiscono alla membrana a cono vengono trasferite all'estremità libera della laminetta di cristallo; le vibrazioni della laminetta, ossia le corrispondenti flessioni, producono tensioni di polarità opposta sulle sue facce, esse sono raccolte da due elettrodi in contatto con le facce stesse,

e trasferite all'esterno. Il microfono di questo tipo non è adatto per riproduzioni musicali, date le frequenze di risonanza del sistema vibrante; è bene adatto per voce.

MICROFONO A CRISTALLO DEL TIPO A CELLULA SONORA. — Non è necessario che le onde sonore vengano raccolte dalla membrana e quindi comunicate alla laminetta di cristallo, la membrana può venir eliminata e le onde sonore possono

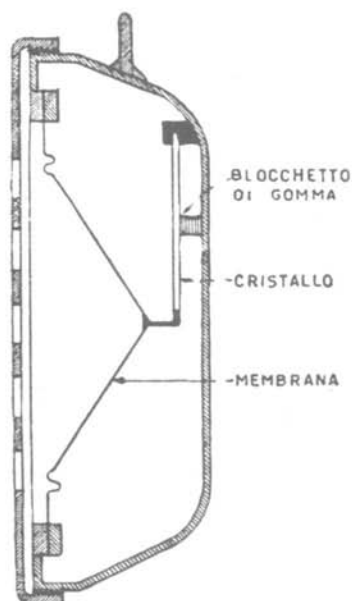


Fig. 7.5. - Principio del microfono a cristallo ad una sola lamina, del tipo a flessione, per apparecchi di ausilio alla sordità.

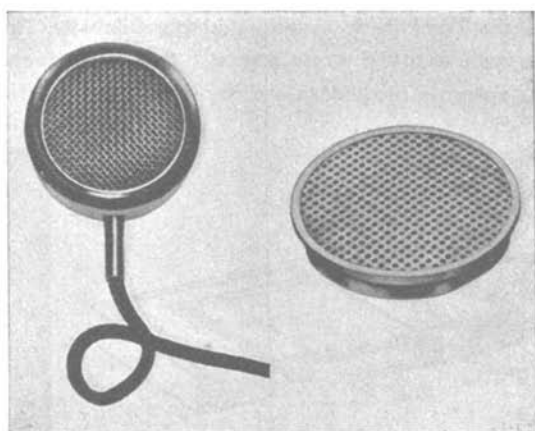


Fig. 7.6. - Esempi di microfono a cristallo per apparecchi di ausilio alla sordità.

premere direttamente sulla laminetta di cristallo. Per quanto tali variazioni di pressione siano minime, sono sufficienti a destare il fenomeno della piezoelettricità, e quindi tensioni ad audiofrequenza. La resa d'uscita risulta molto minore, ma la fedeltà di riproduzione è ottima, anche a frequenze molto elevate, oltre i 14 000 c/s. Il microfono a cellula è del tipo a pressione.

A base del microfono a cristallo vi è l'*elemento bimorfo*: consiste di due laminette di cristallo, ossia di una coppia; gli elettrodi a fogliolina metallica sono tre, uno tra le due laminette, e gli altri due sulle facce opposte della coppia; questi ultimi sono collegati insieme. La tensione utile è presente tra la fogliolina interna e le due esterne. La *cellula sonora* consiste di due elementi bimorfi, ossia di due coppie di cristalli, affacciate ad una certa distanza, sostenute da un telaio di bachelite tramite un nastro

di gomma molto flessibile, come in fig. 7.7. La cellula è impregnata con cera in modo da renderla insensibile all'umidità ed a chiusura ermetica. Ha l'aspetto di una minuscola scatola, i cui lati maggiori sono flessibili. Tanto più alta è la classe del microfono a cristallo, tanto più minuscole e leggere sono le cellule sonore che lo costituiscono, in quanto sono meglio adatte a risuonare a frequenze molto alte. Esistono microfoni ad una cellula, a due cellule ed a più cellule, sino a 20. Sono adatti anche per riproduzioni musicali di alta qualità, poiché non presentano distorsioni di ampiezza.

CAUTELE PER L'USO DEL MICROFONO A CRISTALLO. — Non può venir usato all'aperto, sotto il sole, poiché il calore lo rovina completamente; e non può neppure venire usato all'aperto in caso di nebbia, o con un tempo molto umido, poiché anche l'umidità lo deteriora irrimediabilmente. Non deve venir conservato in vetrine esposte al sole o vicino a stufe. Il tipo a membrana non richiede altre cautele, essendo di notevole robustezza e di facile collegamento all'amplificatore, data la resa d'uscita

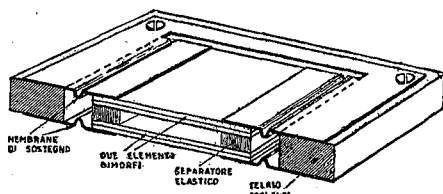


Fig. 7.7. - Esempio di cellula sonora per microfono a cristallo piezoelettrico; per semplicità non sono stati segnati gli elettrodi.

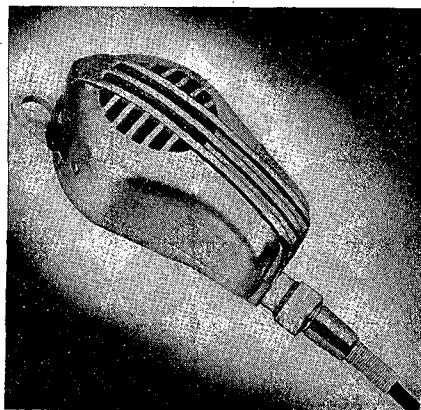


Fig. 7.8. - Microfono a cristallo del tipo a mano.

abbastanza elevata e l'alta impedenza. Il tipo a cellula richiede invece che il cavo di collegamento sia a basse perdite e non molto lungo, non più di 2 o 3 metri, per evitare attenuazione a frequenze elevate. Diversamente è necessario il trasformatore di linea. Poiché sono capacitivi per la quasi totalità del responso di frequenza, è necessario che l'impedenza di carico sia quella indicata dal costruttore. Sono provvisti di tre contatti esterni, uno per la massa e due per il collegamento a due valvole in contofase; i due collegamenti di griglia vanno riuniti quando sia usata una sola valvola d'entrata. Il cavo deve essere ottimamente schermato.

Vantaggi

Ottimo responso di frequenza.
 Notevole robustezza.
 Collegamento all'amplificatore senza trasformatore e senza pile.

Inconvenienti

Media e bassa resa d'uscita.
 Facilmente deteriorato dal calore e dalla umidità.

Il microfono a bobina mobile.

Il microfono a bobina mobile, detto anche dinamico, è adatto per molte applicazioni; è preferito ovunque sia necessaria notevole robustezza meccanica, adattabilità, indipendenza dalle condizioni atmosferiche e ottima fedeltà. È un dispositivo a bassa impedenza, da usare soltanto con adatto trasformatore. Può venir usato con

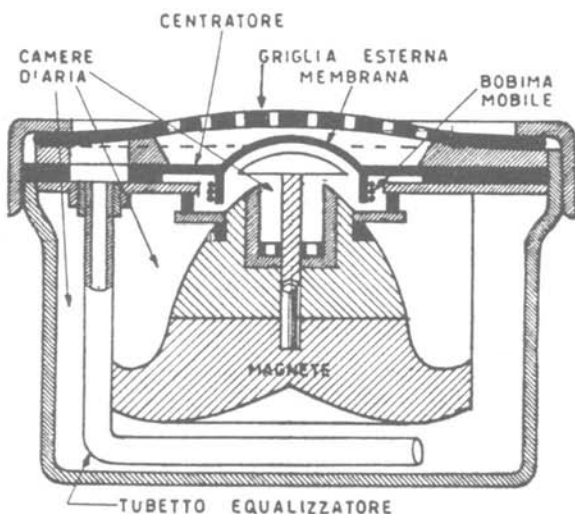


Fig. 7.9. - Principio di funzionamento del microfono a bobina mobile.

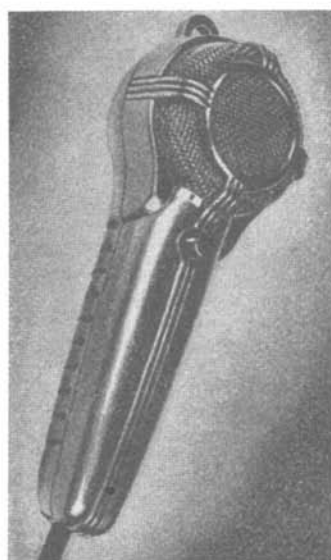


Fig. 7.10. - Microfono a bobina mobile del tipo a mano.

cavi molto lunghi, anche decine di metri. La sua sensibilità è all'incirca quella del microfono a cristallo; è però più costoso, data la maggiore difficoltà di produzione. Vengono prodotti anche microfoni a bobina mobile di basso costo, di notevole sensibilità, adatti per sola voce: quelli di alta classe, e di costo elevato, sono meno sensibili ma con resa d'uscita più uniforme per una vastissima gamma di frequenze sonore, senza picchi di risonanza.

Il principio di funzionamento del microfono a bobina mobile è quello stesso dell'altoparlante a cono; in alcuni casi l'altoparlante a cono si presta ottimamente quale microfono dinamico, ad esempio negli impianti di intercomunicazione di cui è detto nel capitolo XI.

La fig. 7.9 illustra in sezione un microfono a bobina mobile. Dietro la custodia metallica provvista di griglia protettrice, vi è la piccola membrana a forma di calotta

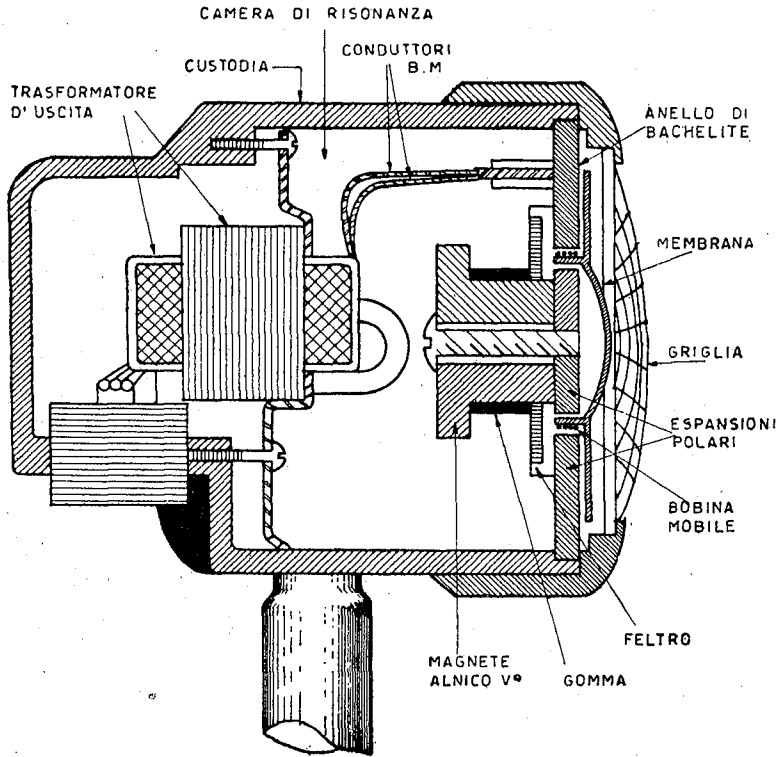


Fig. 7.11. - Parti componenti il microfono a bobina mobile illustrato dalla fig. 7.12. Il trasformatore d'uscita è collocato dietro l'unità elettroacustica.

sferica; è molto sottile, in duralluminio. Sotto la membrana, solidamente unita ad essa, si trova la bobina mobile, a filo d'alluminio, sospesa nel campo radiale di un forte magnete permanente d'acciaio al cobalto o altra lega. Un centratore elastico mantiene centrata la bobina tra le espansioni polari del magnete, dalle quali dista soltanto una frazione di millimetro. La resistenza della bobina è generalmente di 0,1 ohm, mentre l'impedenza è di 30 ohm, 50 ohm, 200 ohm o 500 ohm, a seconda delle applicazioni.

Le variazioni di pressione prodotte dalle onde sonore sulla membrana determinano la vibrazione di quest'ultima e della bobina mobile sottostante; la tensione ad audiofrequenza presente ai capi della bobina mobile è dovuta al suo movimento nel campo magnetico. La bobina mobile è collegata al primario del trasformatore ascendente, generalmente contenuto nella stessa custodia, dietro il magnete.



Fig. 7.12. - Microfono a bobina mobile di cui la fig. 7.11.

Di essenziale importanza nel microfono a bobina mobile sono le *camere d'aria*, per lo più tre, dette anche *camere di risonanza* o *cavità risonanti*. La frenatura dell'intero sistema vibrante — membrana, bobina mobile e centratore — è affidata all'aria contenuta nelle apposite camere. Dal volume dell'aria e dall'attrito che essa incontra nel passare attraverso le apposite fessure, dipende la cedevolezza ed il grado di rigidità del complesso. Una prima camera d'aria è posta sotto la membrana, una seconda, di dimensioni maggiori, si trova sotto la bobina mobile e parte del centratore, una terza si trova sotto il magnete. Oltre alle camere d'aria vi è un tubetto di passaggio per l'aria, il quale ha anch'esso una funzione importante nella compensazione acustica. La forma, la lunghezza ed il diametro del tubetto influiscono sulla resistenza che l'aria incontra nell'attraversarlo, ed hanno effetto sul responso di frequenza del microfono.

L'uso del microfono a bobina mobile non richiede alcuna particolare cautela.

Vantaggi

Non presenta fruscio o rumore di fondo.
Non è influenzato dal calore e dall'umidità.
Può venir adoperato con cavi di collegamento molto lunghi.
È molto robusto.
La qualità può essere buona o ottima, a seconda del tipo.

Inconvenienti

Non è molto sensibile, per cui richiede maggiore amplificazione, specie se è di classe elevata, adatto per riproduzioni musicali.
Richiede trasformatore per l'adattamento della bassa impedenza della propria bobina mobile con l'entrata dell'amplificatore.

Il microfono a nastro.

Il microfono a nastro si distingue per l'eccellente fedeltà di trasduzione, superiore nettamente a quella dei microfoni a carbone ed a cristallo, e superiore anche a quella del microfono a bobina mobile. È quindi ottimamente adatto per riproduzioni musicali. Possiede, inoltre, spiccate caratteristiche direzionali, per le quali, mentre è sensibile alla sorgente sonora che si trova di fronte ad esso, è poco sensibile ad altre sorgenti sonore poste lateralmente. Ciò rende possibile di selezionare, di far emergere la voce del cantante dai suoni dell'orchestra, oppure i suoni di alcuni strumenti sopra altri, o semplicemente di consentire al radiocronista di separare la propria voce dai rumori circostanti. È anche utile in ambienti in cui può verificarsi reazione acustica tra il microfono e gli altoparlanti; meglio di altri tipi di microfono quello a nastro può venir sistemato in modo da non subire l'effetto degli altoparlanti. È a bassissima impedenza ed a bassa sensibilità, richiede un trasformatore d'uscita a rapporto molto elevato nonché preamplificatore a forte guadagno.

Il principio di funzionamento è il seguente: tra le espansioni polari di un forte magnete permanente (Alnico V) è tenuto in leggera sospensione un sottilissimo nastro di alluminio pieghettato o ondulato, in modo da elevarne al massimo la flessibilità; i due estremi del nastro sono collegati all'avvolgimento primario del trasformatore ascendente; il movimento che le onde sonore imprimono al nastro desta in esso una debolissima corrente, dato che il nastro taglia le linee di forza magnetica del campo.

Mentre gli altri microfoni si basano sulle *variazioni di pressione* dell'aria che su di essi vengono esercitate, quello a nastro si basa sulle *variazioni di velocità* delle particelle d'aria delle onde sonore. Per questa ragione è anche detto *microfono a velocità*. È pure detto microfono a *gradiente di pressione*.

La frequenza naturale di vibrazione del nastro d'alluminio è assai bassa, sotto il limite inferiore d'udibilità, di appena qualche ciclo al secondo; segue perfettamente il moto delle particelle d'aria, circa come un sughero sull'acqua, ciò sino a frequenze intorno ai 4000 c/s, per cui la curva di responso è molto piana; non è provvisto di alcuna membrana o diaframma, per cui il nastro non resiste in alcun modo al movi-

mento dell'onda, ma si sposta liberamente con essa. Poiché il rapporto tra la velocità di spostamento delle particelle d'aria e la pressione sonora aumenta rapidamente quando la sorgente sonora si trova vicino al microfono, a meno di una lunghezza d'onda da esso, è necessario che la sorgente sonora non gli sia troppo vicina, ossia che disti da esso più di una lunghezza dell'onda maggiore. Questo è l'inconveniente principale di questo microfono.

Poiché tra le espansioni polari del magnete si muove soltanto un leggero nastro d'alluminio, e dato che la sorgente sonora deve essere ad una certa distanza, la sensibilità di questo microfono è bassa, molto inferiore a quella dei microfoni a

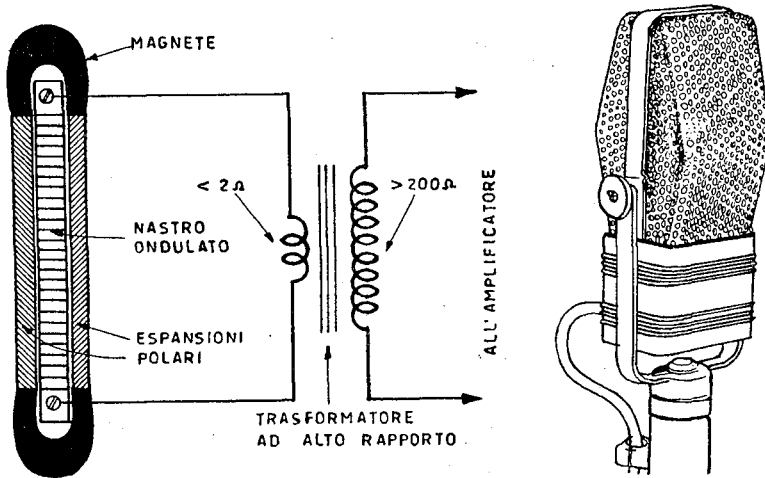


Fig. 7.13. - Principio di funzionamento del microfono a nastro; a destra, aspetto esterno di microfono a nastro.

carbone o a cristallo, ed inferiore anche a quella già bassa del microfono a bobina mobile. La centratura del nastro è molto precisa, dovendo esso muoversi quanto più vicino possibile alle polarità del magnete, senza mai toccarle, onde non diminuire troppo la sensibilità. La centratura può venir fatta soltanto da esperti, con mezzi particolari, per cui il microfono va rimandato in fabbrica quando occorre riportare in centro il nastro. Questo è un secondo inconveniente del microfono a nastro.

Dato che ai capi del trasformatore ascendente è presente solo il nastro, il rapporto tra l'impedenza primaria e l'impedenza secondaria deve essere molto elevato, essendo bassissima l'impedenza del nastro. Non è facile costruire trasformatori a rapporto adeguatamente elevato, pur mantenendo l'ottima qualità necessaria, senza la quale sarebbe inutile adoperare il microfono a nastro. Inoltre, il trasformatore deve trovarsi in immediata vicinanza del nastro, unito al microfono, del quale fa parte integrante.

Il microfono a nastro è bifronte e bidirezionale; il suo responso polare è a forma di 8, con due zone di sensibilità opposte, come in fig. 7.14. È di semplice costruzione, ma tale da richiedere grande accuratezza.

CAUTELE PER L'USO DEL MICROFONO A NASTRO. — Poiché questo microfono consiste essenzialmente in un sottilissimo nastro metallico sospeso, centrato con grande cura tra le espansioni parallele del magnete, deve venir protetto contro vibrazioni brusche e violente. Non si può soffiare su di esso per constatarne il funzionamento, come è d'uso fare con gli altri microfoni, e non si può adoperarlo all'esterno se vi è pericolo che possa venir investito da un soffio d'aria, a meno di non prendere adeguate precauzioni. Occorre anche tener presente che può venir danneggiato dalla polvere e dall'umidità, per cui va tenuto sempre ricoperto quando non è in funzione.

La bassissima impedenza del nastro mobile e il conseguente molto elevato rapporto di trasformazione rendono questo microfono assai sensibile alla presenza di campi magnetici variabili esterni, quindi facile al ronzio; è necessario tenerlo ben lontano da linee elettriche, apparecchi elettrici in funzione, ecc. ed anche dallo stesso amplificatore. Il cavo di collegamento microfono-amplificatore deve essere schermato; il conduttore interno del cavo va collegato direttamente alla griglia della prima valvola dell'amplificatore. Allungamenti del cavo vanno fatti in modo che la schermatura sia continua, con innesti a vite. Tutti i microfoni sono provvisti di trasformatore con secondario a due prese, per linee corte (sino a 10 metri) con impedenza di 50 000 ohm, e per linee lunghe (sino a 200 metri) con impedenza di 200 ohm. In questo secondo caso è necessario il trasformatore d'entrata (traslatore) per il collegamento cavo-griglia, a rapporto 200 ohm/griglia. S'intende che anche il trasformatore d'entrata deve essere blindato. Due o più microfoni vanno collegati in serie ed in fase. L'oratore non deve avvicinarsi al microfono a meno di 25 centimetri, diversamente la riproduzione risulta rimbombante e cupa. Mai collegare strumenti di misura (analizzatori, ohmetri, ecc.) ai capi del secondario del trasformatore, poiché, dato il forte rapporto di trasformazione, nel primario può venir indotta una corrente d'intensità tale da rovinare l'avvolgimento ed il nastro.

Vantaggi

Eccellente qualità di riproduzione entro gamma assai estesa (da 60 a 10 mila c/s).
Discrimina altre sorgenti sonore o rumori.
È bidirezionale.
Consente l'impiego di cavi molto lunghi, sino a 200 metri.

Inconvenienti

Non è adatto per l'esterno, essendo deteriorabile da soffi d'aria, polvere e umidità.
Bassa sensibilità, inferiore a quella del microfono dinamico, per cui richiede amplificatore ad alto guadagno.
Facile a captare ronzio richiede accurato schermaggio.
Va tenuto a distanza dall'oratore.

Il microfono a cardioide.

Il microfono a cardioide risulta dall'unione entro una sola custodia di due microfoni, a bobina mobile ed a nastro, utilizzati in modo da ottenere l'effettiva eliminazione di rumori o di suoni estranei; con esso si risolvono particolari problemi. È un microfono di alta classe ma con bassissima resa d'uscita; il responso polare è a forma di cuore, a cardioide, con angolo utile di 120 gradi. I due microfoni funzionano in opposizione di fase, e poiché i due responsi polari sono diversi e particolarmente studiati, ne risulta che delle due rese d'uscita se ne ricava una sola, quella a cardioide (fig. 7.14). I suoni provenienti da direzioni diverse da quella compresa nella cardioide determinano uscite che si neutralizzano, per cui il risultato è eguale alla assenza di tali suoni, ossia alla sordità del microfono rispetto ad essi.

Il microfono a nastro occupa la posizione centrale, come indica la fig. 7.16. Il nastro di alluminio è ondulato solo alle estremità, nel tratto centrale è liscio; la sua lunghezza è di poco inferiore alla metà di quella normale. Sotto il microfono a nastro è sistemato quello a bobina mobile, indipendente dall'altro. Nella stessa custodia è sistemato anche il trasformatore del microfono a nastro. Un inversore a tre posizioni consente di utilizzare uno o l'altro dei microfoni, oppure ambedue, in modo da ottenere tre diversi responsi polari, a seconda delle necessità, dei quali uno solo è a cardioide. La parte superiore interna della custodia contiene alcuni schermi acustici, atti a distribuire il suono nell'interno e ad ottenere particolari effetti sui due microfoni. La discriminazione delle onde sonore provenienti nei due sensi opposti è di circa 15 decibel.

Vantaggi

Elevatissima fedeltà di trasduzione.
Fortissima attenuazione dei rumori ambientali.
Notevole insensibilità alla reazione acustica.
Possibilità di usare lunghi cavi di collegamento.

Inconvenienti

Bassissima resa d'uscita.
Alto costo.
Non usabile all'esterno essendo danneggiabile da parte del vento, della polvere e dell'umidità.

Il microfono a condensatore.

Il microfono a condensatore, detto anche elettrostatico, è adatto solo per applicazioni particolari (emissioni radio, incisioni fonografiche, colonne sonore, ecc.) dato l'alto costo e la bassissima resa d'uscita. Il responso alle varie frequenze è molto buono, per cui è utile per riproduzioni musicali ad alta fedeltà. Consiste di una sottilissima membrana metallica vibrante di fronte ad una grossa piastra metallica di forma circolare; la membrana vibrante e la piastra sottostante formano le armature di un condensatore di circa 300 pF; ad esso è applicata una tensione elettrica continua da 180 a 280 volt. Le vibrazioni della membrana determinano variazioni dello

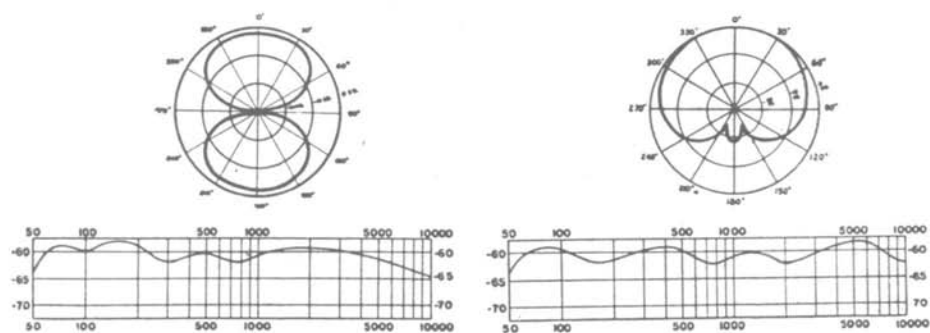


Fig. 7.14. - Caratteristiche di risposta e di sensibilità di microfono a nastro (a sinistra) e di microfono a cardiode (a destra).



Fig. 7.15. - Aspetto esterno del microfono a cardiode.

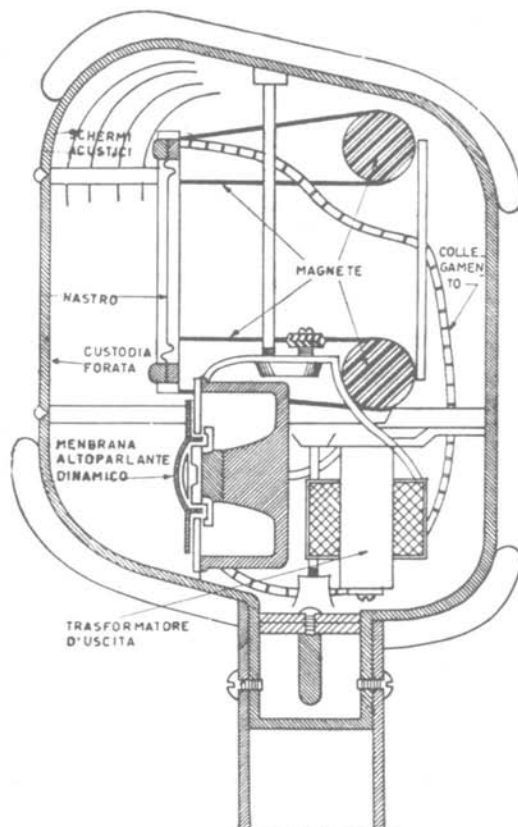


Fig. 7.16. - Parti componenti il microfono a cardiode.

spessore del dielettrico, ossia variazioni di capacità, alle quali corrispondono analoghe variazioni d'intensità di corrente; quest'ultime determinano corrispondenti variazioni di tensione ai capi di un'alta resistenza. Le variazioni di capacità sono ridottissime, intorno al centesimo di picofarad, per cui la resa d'uscita è estremamente

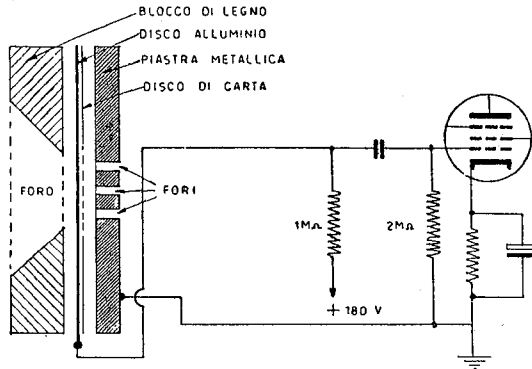


Fig. 7.17. - Esperimento per dilettanti con microfono a condensatore. Su un blocchetto di legno forato è poggiato un sottilissimo foglio di alluminio, e sopra di esso è poggiata una piastra metallica forata, di alluminio o di ottono, provvista di alcuni fori. Tra il foglio e la piastra vi è un foglietto di carta da sigarette. Il microfono così ottenuto va posto in immediata prossimità dell'entrata di amplificatore ad almeno tre stadi.

bassa. Affinché non risulti troppo bassa, le due armature del condensatore, la lamina vibrante e la piastra sottostante sono poste vicinissime, da 0,03 a 0,04 mm. La capacità dei collegamenti microfono-preamplificatore deve essere trascurabile, ed a tale scopo il preamplificatore è posto immediatamente sopra o sotto il microfono, in una custodia cilindrica, come in fig. 7.18.

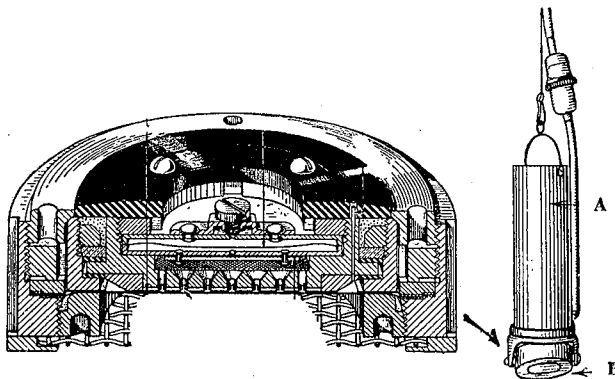


Fig. 7.18. - Unità elettroacustica di microfono a condensatore; a sinistra: microfono a condensatore con amplificatore, a destra: A = preamplificatore; B = microfono.

La realizzazione pratica del microfono a condensatore è piuttosto complessa, dati gli accorgimenti necessari per assicurarne il normale funzionamento. La fig. 7.18 illustra le parti componenti un microfono a condensatore. La piastra pesante è forata in modo da consentire il movimento dell'aria; una apposita valvola acustica è posta dietro di essa, in modo da ottenere l'adeguato smorzamento; al posto dell'aria, vi è nell'interno del microfono gas nitrogeno, allo scopo di evitare corrosioni e per impedire che il pulviscolo possa insinuarsi tra le sue armature. Altri accorgimenti consentono di variare la tensione della membrana vibrante, nonché la distanza dalla placca sottostante.

La tensione è applicata al condensatore, tramite la resistenza di carico, quella ai cui capi si trova la tensione ad audiofrequenza; essa è collegata con un condensatore alla resistenza di griglia della valvola del preamplificatore.

Vantaggi

Eccellente fedeltà di riproduzione.
Nessun fruscio.
Non richiede trasformatore.

Inconvenienti

Bassissima resa d'uscita e necessità di preamplificatore all'immediata uscita del microfono.

IL MICROFONO

Iª - SCELTA DEL MICROFONO IN BASE AL FUNZIONAMENTO E ALL'IMPIEGO

Caratteristiche	Cristallo	Ceramico	Dinamico	Nastro	Magnetico	Capacitivo	Carbone
Temperatura elevata (sopra i 40°)		*	*	*	*	*	*
Bassa temperatura	*	*	*	*	*	*	*
Alta umidità		*	*	*	*		*
Urti, scosse, ecc.			*		*		*
Uscita molto alta							*
Uscita alta	*	*			*		
Ottimo responso			*	*		*	
Basso costo	*	*			*		*
Cavo molto lungo (1)			*	*	*	*	
Bassa distorsione			*	*		*	

(1) Scegliere un modello a bassa impedenza

IIª - SCELTA DEL MICROFONO IN BASE ALLE CONDIZIONI DI AMBIENTE

Condizioni acustiche	Omni-direzion.	Bi-direzionale (solo Nastro)	Unidirezionale	Differenziale
Bassa riverberazione	*	*	*	
Alta riverberazione		*	*	
Basso rumore di fondo	*	*	*	
Rumore di fondo molto alto				*
Sorgente sonora lontana dal microf.			*	
Sorgente sonora vicina	*	*	*	

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

Caratteristiche generali.

L'amplificatore è un'apparecchiatura elettronica adatta per aumentare, amplificare l'ampiezza del segnale audio, proveniente da una sorgente qualsiasi, in modo da consentire di ottenere da esso voci e suoni udibili con la cuffia d'ascolto o con l'altoparlante. Funziona con un certo numero di transistor o di valvole elettroniche.

La sorgente di segnale è collegata alla sua entrata. La tensione alternativa che essa può fornire è indicata in millivolt (mV). Tale tensione è detta, in pratica, segnale audio.

I fonorivelatori a cristallo forniscono segnali audio di ampiezza molto elevata, di 1000 millivolt, in media. Se il braccio di un giradischi provvisto di fonorivelatore a cristallo viene lasciato cadere sul piatto, l'urto genera una tensione di circa 100 volt, e conseguentemente danneggia o rovina del tutto il primo transistor dell'amplificatore.

I fonorivelatori magnetici, a bobina, forniscono invece segnali audio di ampiezza molto modesta, in media di appena 3 millivolt. L'amplificatore deve essere provvisto di due stadi in più, in modo da poter elevare quella minima tensione ad un'ampiezza adeguata.

Semplici sono gli amplificatori funzionanti con elevato segnale audio all'entrata, e con modesto segnale all'uscita, quello sufficiente per azionare un piccolo altoparlante. Molto complessi sono invece gli amplificatori alla cui entrata è presente un segnale audio molto debole, e all'uscita dei quali il segnale è adeguato per riproduzioni sonore molto forti, ottenute con uno o più altoparlanti di potenza. Più complessi ancora sono gli amplificatori Hi-Fi (ad alta fedeltà), in quanto devono funzionare con fonorivelatore magnetico, fornire una potenza sonora elevata e consentire l'uniforme amplificazione, senza distorsione apprezzabile, di una vastissima gamma di frequenze, teoricamente quella da 20 a 20 000 cicli.

Per piccolo che possa essere, l'amplificatore è sempre distinto in due parti: quella che eleva la tensione del segnale audio, ossia quella d'entrata, e quella che eleva la potenza del segnale, quella d'uscita. La prima è detta preamplificatrice, la seconda amplificatrice. C'è dunque un preamplificatore e un amplificatore.

Senza il preamplificatore, l'amplificatore non potrebbe funzionare. Alla sua entrata risulterebbe presente un segnale audio di ampiezza troppo modesta. Neppure il preamplificatore potrebbe funzionare da solo, in quanto per mettere in movimento la bobina mobile dell'altoparlante è necessaria potenza, ossia adeguata

intensità di corrente. Fa eccezione l'apparecchiatura funzionante con cuffia d'ascolto. Essendo la cuffia molto sensibile, il segnale audio fornito dal solo preamplificatore è più che sufficiente.

I transistor.

I transistor sono dei componenti elettronici attivi, in quanto consentono di elevare la tensione del segnale audio, o l'intensità di corrente, ossia la potenza. Con le valvole si ottengono gli stessi risultati, con la differenza che sono sufficienti poche valvole per ottenere una potenza notevole, ad es. di 4 watt, mentre sono necessari più transistor per ottenere quella resa d'uscita. I transistor sono preferiti poiché consentono particolari disposizioni circuitali, non richiedono corrente di accensione e sono di dimensioni molto minori.

I transistor per applicazioni audio si possono distinguere a seconda dell'ampiezza del segnale e dell'intensità di corrente che possono fornire. Per la preamplificazione sono in uso transistor adeguati, molto diversi da quelli dello stadio finale degli amplificatori di grande potenza.

La fig. 8.1 indica il simbolo di un transistor (a sinistra), il suo aspetto esterno e la posizione dei suoi tre terminali, costituiti da fili di rame stagnato, uscenti dall'involucro.

L'entrata del transistor è detta *base* (*b*), l'uscita è detta *collettore* (*c*), l'elemento ausiliario è detto *emittore* (*e*). Il transistor funziona con una batteria di pile o con un alimentatore collegato alla rete-luce. Nell'amplificatore vi sono sempre due linee di alimentazione, la *positiva*, collegata al polo positivo della batteria o dell'alimentatore e la *negativa*, collegata all'altro polo. Un punto di colore o una linguetta indica a quale dei terminali corrisponde il collettore.

La base del transistor è unita alla sorgente di segnale oppure ad un transistor precedente. Ad essa giunge il segnale da amplificare. Il collettore fornisce il segnale amplificato, ed è collegato con una delle due linee di alimentazione, la positiva o la negativa. L'emittore consente il ritorno, ossia la chiusura del circuito, ed è perciò collegato all'altra linea (v. figg. 8.2 e 8.3).

I transistor il cui collettore è collegato alla linea positiva, sono di tipo NPN; quelli con il collettore collegato alla linea negativa, sono di tipo PNP. Il simbolo indicato in figura è quello di un transistor PNP; se la freccia dell'emittore fosse rivolta verso l'esterno, sarebbe NPN. Le caratteristiche di funzionamento sono le stesse. A volte è opportuno usare un transistor NPN e altre volte un PNP, come si vedrà meglio in seguito.

I transistor possono anche essere distinti in altro modo. Alcuni sono al germanio, altri al silicio. Sono utili tanto gli uni quanto gli altri, a seconda delle caratteristiche del circuito.

Ciascun tipo di transistor è indicato con una sigla costituita da due lettere e da tre numeri. La prima lettera è una A se il transistor è al germanio, e una B se è al silicio.

La seconda lettera è una C se il transistor è adatto quale preamplificatore; è una D se è invece adatto per stadio finale potenza. I numeri si riferiscono alla serie di produzione, e non hanno quindi nessun riferimento con le caratteristiche di funzionamento dei transistor.

La sigla di un transistor al germanio (A) adatto per segnali deboli (C) può essere: AC125, AC132, AC187, ecc. Se il transistor è al silicio (B), la sigla può essere: BC107, BC109, BC147, BC149, BC157, BC159, BC327, BC328, ecc.

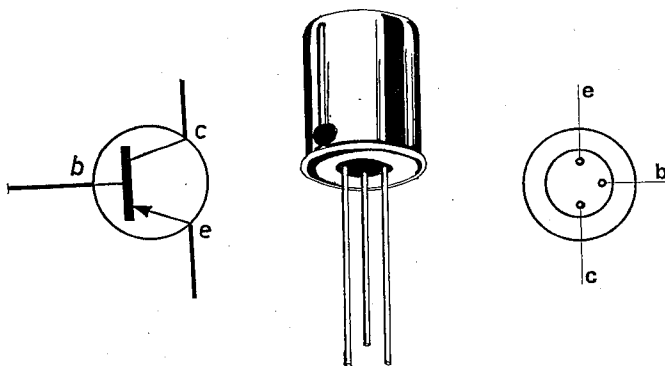


Fig. 8.1. - Simbolo e aspetto di transistor.

I transistor di potenza possono avere una sigla come segue: AD149, AD161, BD115, BD124, BD135, BD138, BD140, ecc.

Lo stadio amplificatore.

La fig. 8.2 riporta lo schema di uno stadio amplificatore a transistor. Il segnale audio da amplificare, proveniente da un fonorivelatore o da altra sorgente di segnale, giunge all'entrata del transistor, ossia alla sua base. Il segnale amplificatore viene prelevato dal collettore.

Affinché possa funzionare, al transistor giunge la tensione a 9 volt, nell'esempio. Può essere quella fornita da una batteria di due pile da 4,5 volt in serie. Sono necessarie due resistenze, la R_1 e la R_2 . La R_1 provvede la base di una debole tensione, quella necessaria per « ospitare » il segnale audio, anch'esso debole, costituito da una tensione alternativa. È detta resistenza di base.

La R_2 costituisce il carico del transistor. Senza di essa non sarebbe possibile prelevare nessun segnale amplificato, in quanto il collettore risulterebbe collegato direttamente ad un capo della batteria. È perciò detta resistenza di carico.

Il condensatore C_1 è necessario per separare il circuito a corrente continua, da quello del segnale. Se non ci fosse, la tensione di base si disperderebbe, dopo aver percorso la sorgente di segnale, ossia il fonorivelatore.

All'emittore non è collegata nessuna resistenza. Esso non fa altro che chiudere il circuito, ed è perciò collegato alla linea negativa.

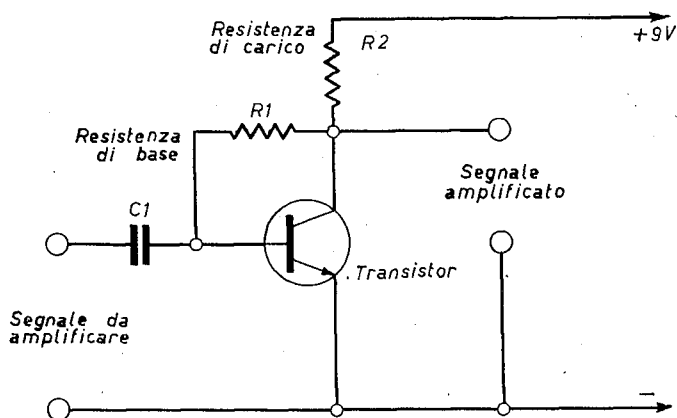


Fig. 8.2. - Stadio amplificatore a transistor di tipo NPN.

Il transistor è un NPN, essendo il collettore collegato alla linea positiva. (La freccia dell'emittore è verso l'esterno).

Al primo transistor si può collegare un secondo. Uno dei modi per effettuare tale collegamento è quello di fig. 8.3. Serve a tale scopo il condensatore C2. Esso

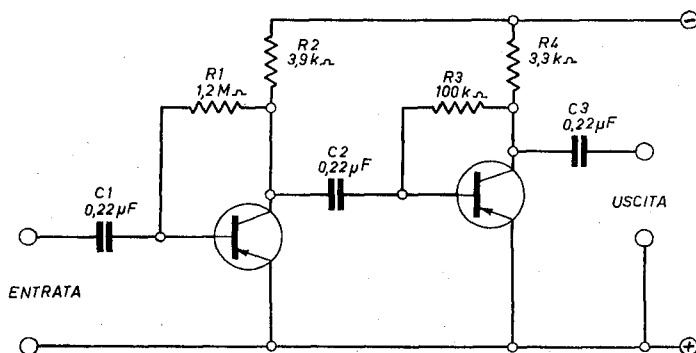


Fig. 8.3. - Stadio a due transistor di tipo PNP.

consente il passaggio del segnale audio, in quanto è una tensione alternativa, mentre separa il circuito di collettore del primo transistor da quello di base del secondo, essendo le due tensioni continue, quelle fornite tramite la batteria di pile.

Si può notare che la resistenza di base R1 del primo transistor è di 1,2 MΩ, ossia 1,2 megaohm, pari a 1 200 000 ohm, mentre quella di base del secondo è minore, di appena 100 kΩ, ossia 100 chiloohm. Il secondo transistor riceve un segnale già amplificato, di ampiezza maggiore, quindi la sua tensione di base deve essere maggiore, ottenuta con una resistenza di valore minore.

Anche le resistenze di carico R2 ed R4 sono diverse. Il secondo transistor è percorso da una corrente d'intensità maggiore, quindi la resistenza deve essere di valore minore.

Al secondo transistor potrebbe venir collegato un terzo tramite C2 di 0,22 microfarad.

La tensione di base, ossia la tensione di polarizzazione, la tensione bias, può essere ottenuta anche in altro modo. Ad es. come indica la fig. 8.4. Al posto di una

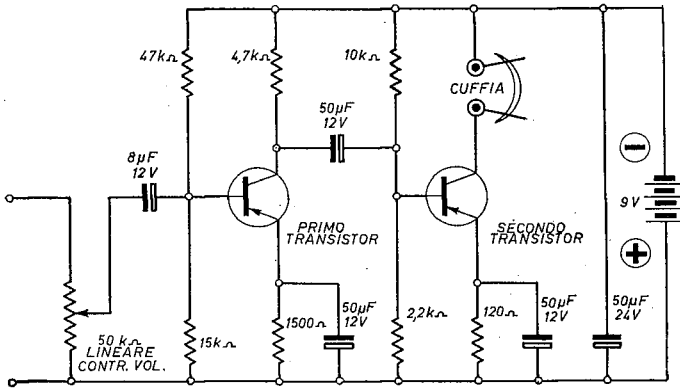


Fig. 8.4. - Amplificatore a due transistor.

resistenza di base vi è un partitore di tensione, collegato ai due capi dell'alimentazione. All'entrata del primo transistor, il partitore consiste delle due resistenze di 47 chiloohm e di 15 chiloohm; all'entrata del secondo, il partitore è formato dalla resistenza di 10 chiloohm e da quella di 2,2 chiloohm.

Si tratta di un piccolo amplificatore per l'ascolto in cuffia. Gli avvolgimenti della cuffia costituiscono il carico del secondo transistor.

Va notato che gli emittori non sono collegati direttamente alla linea di alimentazione. Questo, per evitare un notevole inconveniente di tutti i transistor, quello di riscaldarsi e di aumentare le correnti di lavoro in seguito al calore. Per questa ragione è opportuno stabilizzarli.

La stabilizzazione consente di mantenere invariate le correnti di lavoro, e quindi di limitare il riscaldamento. Si ottiene con la resistenza di emittore. Se aumenta la corrente di collettore, ossia quella che percorre il transistor, trascurando la corrente di base, aumenta anche la tensione ai capi della resistenza.

La tensione di base è riferita all'emittore, ossia è la tensione presente tra la base e l'emittore. Se la tensione di emittore aumenta, risulta minore quella tra la base e l'emittore; diminuisce la tensione di base, e diminuisce l'amplificazione del transistor, con conseguente diminuzione della corrente complessiva. Il transistor risulta in tal modo stabilizzato. Questo entro certi limiti.

C'è un condensatore elettrolitico in parallelo alla resistenza di emittore, di 50 microfarad. Esso elimina le alternanze del segnale, ossia provvede a livellarlo, in modo che la tensione di emittore sia continua, come quella di base, e come è necessario.

I due transistor indicati sono del tipo PNP. Possono essere due qualsiasi transistor al germanio adatti per segnali audio deboli. Bene adatti sono i tipi AC125, AC126 e AC128.

In questo amplificatore, come in tutti gli schemi di amplificatori, l'entrata è a sinistra e l'uscita a destra.

Esempio di semplice amplificatore.

Lo schema di fig. 8.5 è quello di un semplice amplificatore, a tre transistor. Consente la riproduzione con piccolo altoparlante.

All'entrata vi è il condensatore C1 di 5 microfarad, un elettrolitico da 12 volt lavoro. L'altro elettrolitico, C2, serve per stabilizzare la tensione di alimentazione, in modo da evitare che essa abbia a variare durante il funzionamento dell'amplifi-

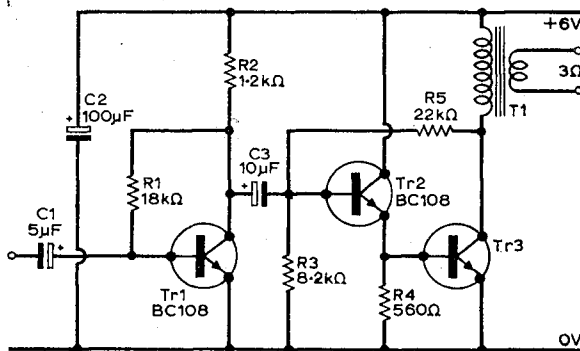


Fig. 8.5. - Amplificatore a tre transistor.

catore, a causa della forte intensità di corrente corrispondente ai segnali audio di ampiezza elevata. È un condensatore-filtro di 100 microfarad, 12 VL.

I tre transistor sono del tipo NPN al silicio. Essendo al silicio si riscaldano meno; la stabilizzazione non è necessaria; è sufficiente una sola resistenza di base, almeno per il primo transistor.

Principio della controreazione.

La tensione di base del secondo transistor è ottenuta con un partitore, a due resistenze, $R3$ e $R5$. Va notato che la $R5$ non è collegata alla linea positiva, bensì al collettore del terzo transistor. In tal modo si ottiene la tensione di base desiderata, più la retrocessione di una piccola parte del segnale amplificato, presente all'uscita dell'amplificatore.

Si ottiene in tal modo una *controreazione*. L'amplificazione dei due transistor finali, $Tr2$ e $Tr3$, diminuisce, per effetto della controreazione, però la resa sonora è meno distorta, la riproduzione musicale è migliore. Infatti la controreazione ha l'ef-

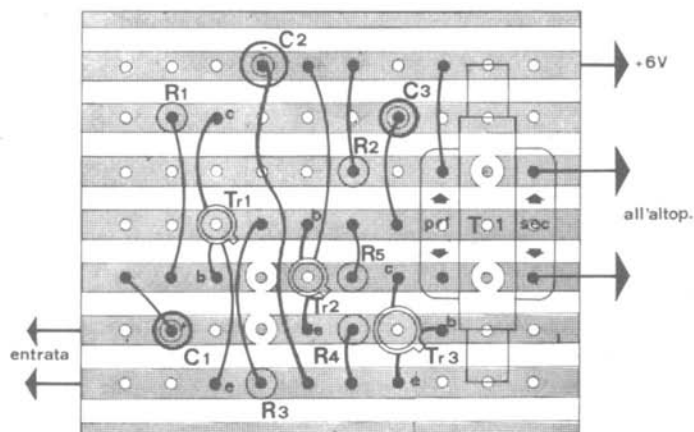


Fig. 8.6. - Disposizione dei componenti sulla piastra perforata.

fetto di sovrapporre al segnale da amplificare, una piccola parte del segnale amplificato e distorto.

I due segnali sono in opposizione, per cui ne risulta una diminuzione del segnale d'entrata. Però al segnale d'entrata viene in tal modo applicata una distorsione in senso opposto a quella che determinano i due transistor finali. Essi continuano a distorcere, ma essendo il segnale distorto in senso opposto, la loro distorsione viene compensata.

La *controreazione* è di basilare importanza in tutti gli amplificatori. La resa d'uscita viene in parte sacrificata allo scopo di ottenere una migliore riproduzione sonora.

All'uscita vi è un trasformatore $T1$. È necessario essendo molto bassa l'impedenza dell'altoparlante, quella di 3 ohm. Una impedenza (resistenza alla tensione alternativa) così bassa, non potrebbe costituire un carico sufficiente per il transistor finale. Con l'ascolto in cuffia, da 2000 ohm, si semplifica il circuito. Il trasformatore d'uscita non è più necessario. La potenza d'uscita è di circa 100 milliwatt.

Se viene usato l'altoparlante, il trasformatore d'uscita deve essere con rapporto 9 a 1. Il transistor $Tr3$ non è indicato. Può essere un qualsiasi transistor NPN al silicio

o al germanio, di piccola potenza. Per l'ascolto in cuffia è sufficiente un terzo BC108.

Come detto, i transistor consentono notevoli varianti circuitali. Come si può notare, la resistenza di carico del secondo transistor è inserita nel circuito di emittore; il collettore è direttamente collegato alla linea positiva di alimentazione.

La base del terzo transistor è collegata direttamente all'emittore del secondo transistor, rispetto a massa, ossia alla linea negativa.

La fig. 8.6 illustra una delle possibili realizzazioni.

È utilizzata una piastrina di materiale isolante, preforata e provvista di strisce di rame, per i collegamenti. Le strisce possono venir divise, in modo da adattarsi a due collegamenti diversi. Nel disegno sono indicate quattro interruzioni. Con questa disposizione, i componenti vengono collocati verticalmente sopra la piastrina.

Come si può notare, la seconda striscia, partendo dall'alto, corrisponde alla linea positiva di alimentazione. Alla linea negativa corrisponde la penultima striscia.

Cautele per minimizzare la distorsione.

Per ottenere elevate potenze d'uscita sono necessari amplificatori a molti transistor. Ma quanto più si aumentano gli stadi di amplificazione, tanto più si aumenta la distorsione del segnale audio. Se non vengono prese ampie e adeguate cautele, la distorsione risulta tale da rendere la riproduzione sonora insopportabile.

Le due cautele principali sono: estendere a tutto l'amplificatore la controreazione, eliminare il condensatore di accoppiamento tra uno stadio e l'altro.

È per questa ragione che la controreazione viene applicata anche al transistor d'entrata, ed è sempre per questa ragione che esso viene accoppiato direttamente al secondo transistor, senza il condensatore di accoppiamento. Va detto che ciò non è necessario se si tratta di un piccolo amplificatore, di minima potenza, come quelli descritti, mentre è invece indispensabile per tutti gli altri amplificatori.

Il circuito più usato per lo stadio d'entrata è quello di fig. 8.7. Si può notare che la resistenza di base del primo transistor non è collegata al collettore, bensì all'emittore del secondo transistor. In tal modo si ottiene la retrocessione all'entrata del primo transistor, di parte del segnale audio amplificato dal primo e dal secondo transistor.

Il segnale retrocesso è minimo, quello sufficiente per compensare la distorsione causata da questi due transistor. Non è possibile farli funzionare in modo da non distorcere il segnale; è solo possibile compensare tale distorsione.

Il segnale retrocesso è distorto, ma esso viene applicato in opposizione a quello d'entrata. Come detto, il segnale d'entrata risulta attenuato, in quanto la sua ampiezza viene diminuita, per effetto della sottrazione da parte del segnale retrocesso.

Ne consegue una perdita di segnale e quindi una minore resa dei due transistor. L'amplificazione del segnale audio risulta però senza apprezzabile distorsione, ciò che costituisce un vantaggio notevolissimo.

La resistenza di base del primo transistor è R_3 , di 270 chiloohm. La resistenza di emittore del secondo transistor è divisa in due parti, R_1 di 270 ohm, ed R_2 di

330 ohm. La R_3 è collegata fra R_1 e R_2 . L'ampiezza del segnale audio amplificato e retrocesso all'entrata dipende da R_1 . Se, ad es., R_1 viene ridotto a soli 70 ohm, mentre R_2 viene aumentato a 530 ohm, la resistenza complessiva rimane inalterata, di 600 ohm. Il segnale retrocesso risulta proporzionalmente minore.

La resistenza R_2 non interviene nella retrocezione del segnale audio, essendo in parallelo con il condensatore C_1 di 100 microfarad. La tensione ai capi di R_2 è livellata; è una tensione continua, priva di segnale.

Anche la resistenza R_4 determina una leggera controeazione, essendo priva del condensatore di livellamento. Ai suoi capi vi è una tensione alternativa, quella del segnale audio amplificato.

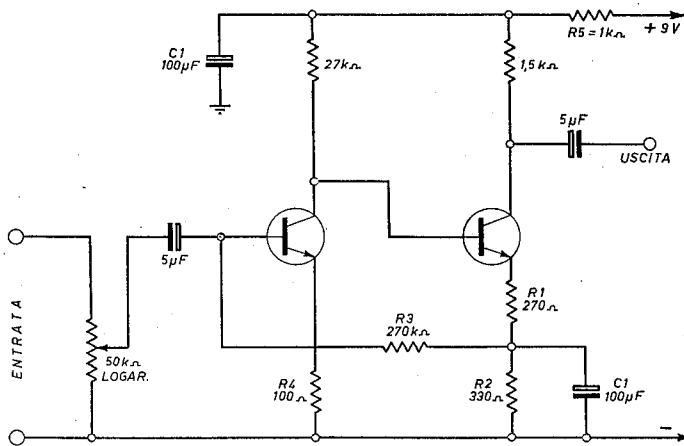


Fig. 8.7. - Stadio d'entrata a due transistor.

Il condensatore di accoppiamento è eliminato, ed il collettore del primo transistor è collegato con la base del secondo. Questo si può fare solo per la presenza delle resistenze R_1 e R_2 . Infatti, la tensione di collettore è di alcuni volt, mentre quella di base è di alcuni decimi di volt. Nello schema, la tensione di collettore è applicata alla base del secondo transistor. Però tale tensione è riferita all'emittore. Se la tensione dell'emittore è anch'essa di alcuni volt, c'è soltanto da tener conto della differenza tra le due tensioni. È sufficiente, in pratica, che la tensione di emittore sia di 0,2 volt o di 0,6 volt, inferiore a quella di base, a seconda se si tratta di transistor al germanio o di transistor al silicio.

Va notato che mentre la resistenza di carico del primo transistor è di 27 chiloohm, quella del secondo è di 1,5 chiloohm. È necessario sia così affinché il collettore abbia una tensione sufficiente rispetto a quella dell'emittore. Elevando la tensione di emittore, occorre elevare anche quella del collettore, diminuendo la resistenza di carico.

Per questa ragione gli amplificatori a molti transistor vengono fatti funzionare

con tensioni di alimentazione elevate, e con transistor al silicio, adatti per tali tensioni.

Nello schema indicato, la resistenza $R5$ e il condensatore $C1$ formano l'indispensabile filtro inserito nella linea di alimentazione positiva. Esso consente di eliminare le fluttuazioni di tensione causate dallo stadio finale di potenza, per effetto delle elevate variazioni di intensità di corrente corrispondenti ai minimi ed ai massimi del segnale audio.

Transistor finali in controfase.

Lo stadio finale comprende generalmente due transistor poiché in tal modo è possibile collegarli in un circuito bilanciato, riducendo fortemente la distorsione. Con un solo transistor di potenza è possibile ottenere una resa d'uscita notevole, del tutto bene adeguata per un amplificatore di piccola o di media resa d'uscita. Però con un solo transistor finale il consumo di corrente risulta molto maggiore.

I due transistor finali possono venir collegati in modo particolare, con il risultato di diminuire la distorsione e di limitare al massimo il consumo di corrente. Questo particolare collegamento è detto *in controfase* (*push-pull* in inglese). La potenza d'uscita ottenibile con due transistor in controfase risulta più del doppio di quella con un solo transistor. È per questa ragione che la maggior parte degli amplificatori funziona con due transistor in controfase.

Il principio basilare è quello di far giungere all'entrata dei due transistor finali il segnale audio, in modo tale che uno di essi funzioni con la sua semionda positiva, e l'altro con quella negativa.

Questo risultato si ottiene con facilità. È sufficiente collegare i due transistor finali ai due capi del secondario di un trasformatore, come indica la fig. 8.8 in A.

Il secondario del trasformatore $T1$ è in realtà doppio; ha l'avvolgimento secondario con un numero doppio di spire, provvisto di una presa al centro. I due avvolgimenti funzionano un po' come i due piatti di una bilancia. Quando vi è la semionda positiva agli estremi di uno di essi, vi è quella negativa all'altro estremo.

Il primario del trasformatore è collegato nel circuito di collettore del transistor precedente, denominato *transistor pilota*, o *driver* in inglese.

Quando vi è la semionda positiva del segnale audio, ai capi del primario, ad un capo del secondario vi è quella stessa semionda, mentre all'altro capo vi è quella negativa. Avviene l'opposto, come detto, quando giunge la semionda negativa.

In tal modo all'entrata dei due transistor vi sono sempre segnali audio eguali ma di polarità opposta, ossia sono di fase contraria, sono in controfase.

Per effetto dell'inversione di polarità, di fase, quando la corrente aumenta in un transistor, diminuisce corrispondentemente nell'altro transistor.

All'uscita dello stadio vi è un secondo trasformatore $T2$; esso ha il primario con la presa al centro. Il secondario è a poche spire, in quanto ad esso è collegata la bobina mobile dell'altoparlante, la cui impedenza è molto bassa. Affinché la bobina mobile si muova, è necessario fornirle molta corrente, ciò che si ottiene appunto riducendo la tensione, con un minor numero di spire.

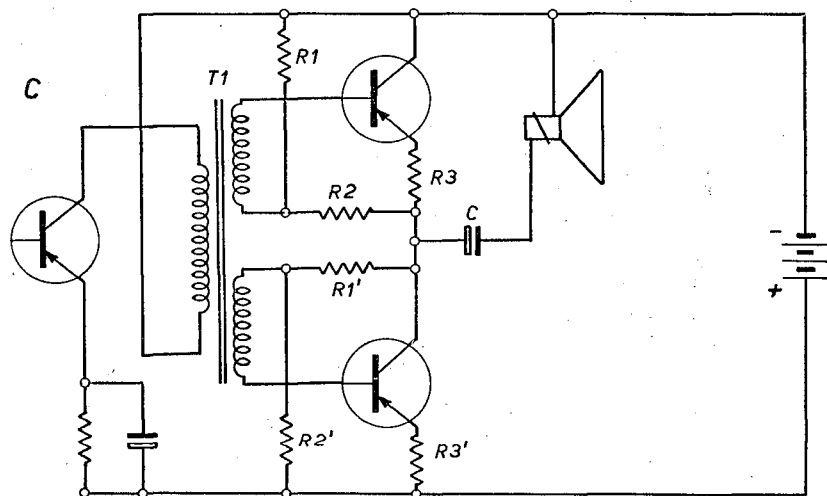
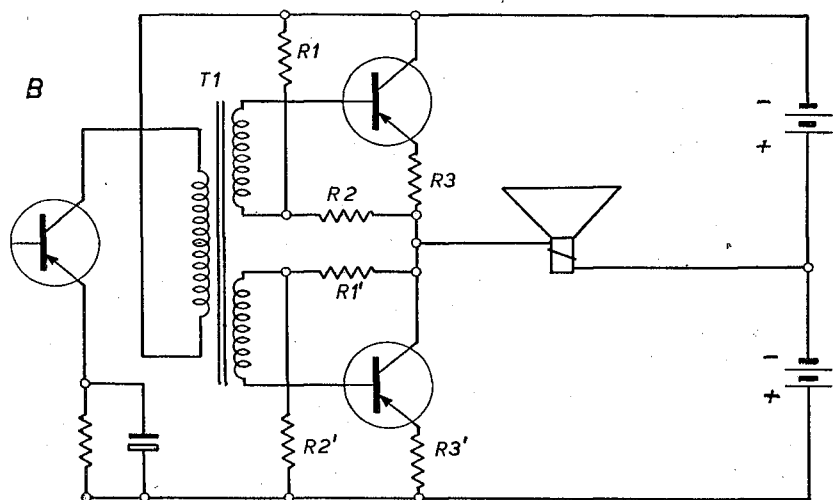
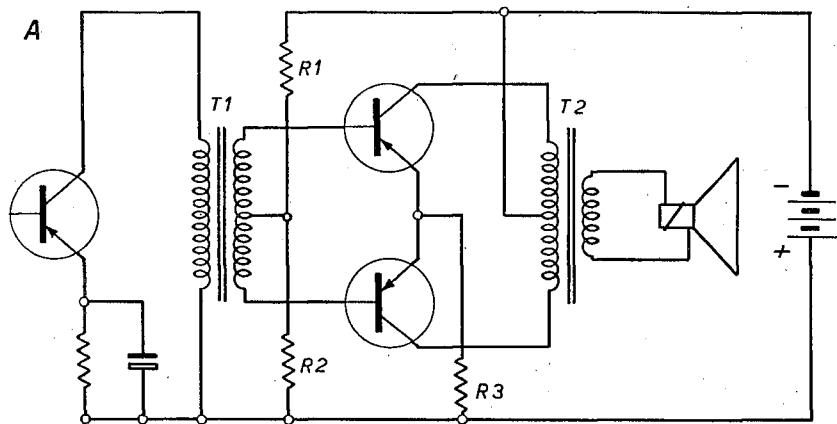


Fig. 8.8. - Stadi finali a due transistor in controfase.

Il secondo trasformatore è detto *trasformatore d'uscita*.

I due transistor funzionano con un'adeguata corrente di base, ottenuta con il partitore di tensione formato dalle resistenze R_1 e R_2 . Essi sono stabilizzati, in modo da non risentire gli aumenti di temperatura, con la resistenza R_3 . Per effetto di queste resistenze, se la temperatura tende a provocare un aumento nella corrente di collettore dei due transistor, aumenta la corrente che percorre R_3 , aumenta la tensione ai suoi capi e diminuisce la differenza di tensione tra emittori e basi, con la corrispondente diminuzione delle correnti di base e di collettori. In tal modo le correnti di riposo dei collettori rimangono stabilizzate.

Va notato che il trasformatore d'uscita può venir eliminato; è sufficiente impiegare due batterie al posto di una sola, ciascuna in grado di fornire una tensione eguale alla metà della batteria singola.

Lo stadio finale con due transistor e con due batterie.

In B della stessa fig. 8.8 è indicato il principio dello stadio finale con due batterie al posto di una sola. Con questa disposizione circuitale, il bilanciamento dei due transistor è ottenuto suddividendo in due parti la batteria, anziché suddividendo in due parti il primario del trasformatore d'uscita. Le correnti di collettore dei due transistor si sommano nelle batterie, anziché nel primario del trasformatore o nella bobina mobile.

Con questa disposizione è però necessario che i due transistor siano in serie, in modo che ciascuno possa funzionare con la propria batteria. È anche necessario che vi siano due partitori di tensione al posto di uno solo, uno per ciascun transistor.

Infine è necessario che le due metà del secondario del trasformatore pilota non siano riunite insieme, ma che siano separate; esso non varia se non per questa separazione delle due metà del secondario.

La bobina mobile è collegata tra le due batterie e tra i due transistor. È necessario che essa abbia un'impedenza piuttosto elevata, poichè si trova in serie con la resistenza R_3 (quando funziona uno dei transistor) o con la resistenza R_3' (quando funziona l'altro). Il valore della resistenza va da 3 a 6 ohm, a seconda del transistor e della tensione di alimentazione; il segnale si suddivide tra la resistenza e la bobina mobile; se l'impedenza della bobina mobile è eguale a quella della resistenza d'emittore, metà del segnale audio va perduta. Con impedenze della bobina mobile di 20 o 30 ohm, l'inconveniente è praticamente eliminato. Si possono adoperare anche bobine mobili di impedenza più alta, ma esse risultano più pesanti e meno adatte per la riproduzione delle frequenze sonore elevate.

Lo stadio finale « single ended ».

In C della stessa fig. 8.8 è indicato l'accorgimento circuitale che consente di sostituire le due batterie dello stadio B con una sola, di tensione doppia. I due transistor sono ancora in serie, e ciascuno di essi funziona con metà della tensione

della batteria; alla suddivisione in due parti eguali della tensione provvedono i due partitori di tensione, quelli che in *B* sono usati soltanto per fornire la corrente di base ai due transistor.

Essendo questi due partitori eguali, essi suddividono la tensione di alimentazione in due parti eguali. Ciascuno dei transistor si trova a funzionare ai capi del proprio partitore, formato da $R1$ e $R2$ per quello disegnato in alto, e da $R1'$ e $R2'$ per quello in basso. Il primo transistor, pur avendo il collettore collegato diretta-

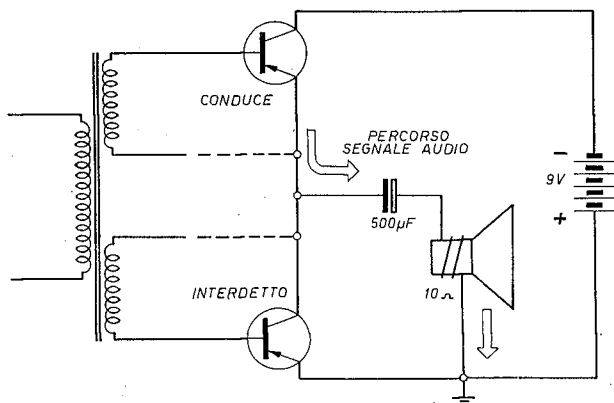


Fig. 8.9. - Due transistor finali in single ended.

mente al polo negativo della batteria, funziona con metà della tensione; ciò avviene anche per il secondo transistor.

In tal modo, tutto procede come se le batterie fossero due; rimane il problema del collegamento della bobina mobile dell'altoparlante. Da un lato essa deve trovarsi al centro tra i due transistor, come in *B*, dall'altro lato deve andare alla batteria; affinché non metta in cortocircuito uno dei transistor, deve trovarsi in serie con un condensatore elettrolitico *C*. È indifferente che venga collegata al più o al meno della batteria; se, come in figura, è collegata al meno, il condensatore è posto nel modo indicato; se viene collegata al positivo, il condensatore deve venir invertito. In ogni caso, essa si trova in serie al circuito di emittore di uno dei transistor, e in serie a quello di collettore dell'altro.

Il condensatore *C* presenta una certa reattanza alle frequenze del segnale audio; è necessario che l'impedenza della bobina mobile non sia troppo bassa, o per lo meno che la capacità di *C* sia tanto più alta quanto l'impedenza della b.m. è bassa.

La fig. 8.9 illustra il principio di funzionamento dello stadio finale single ended. I due transistor funzionano uno per volta. Nell'esempio conduce quello in alto, mentre quello in basso è come se non esistesse. Non appena giunge l'altra semionda del segnale; è quello in basso che conduce, e il senso della corrente si inverte. In

tal modo la bobina mobile e il cono dell'altoparlante si spostano, in un senso e nell'altro, diffondendo nell'aria un'onda sonora.

Esempio di amplificatore con stadio finale in single ended.

Lo schema è quello di fig. 8.10. L'amplificatore è a quattro transistor, due dei quali in controfase single ended; è indicato a destra. A sinistra, nello schema, vi sono i due transistor del controllo automatico elettronico della velocità del motorino giradischi.

Al centro, nello schema, vi è il pickup (il fonorivelatore), al quale è aggiunto anche l'interruttore. Seguono i due controlli, quello di volume e quello di tono.

Il segnale audio prelevato dal controllo di volume giunge all'entrata del primo transistor, un AC126; amplificato, viene trasferito all'entrata del transistor pilota, un altro AC126.

Lo stadio finale consiste di due transistor AC128, collegati in controfase, con la disposizione single ended. Vi è perciò il solo trasformatore d'entrata, con i due secondari separati.

Il doppio partitore di tensione che provvede alla polarizzazione di base dei transistor finali, consiste di cinque resistenze anziché di quattro. Da un lato vi è una resistenza di 470 ohm, dall'altro lato del partitore tale resistenza è divisa in una di 390 e in una di 82 ohm, allo scopo di consentire un adeguato livellamento della tensione, con un condensatore elettrolitico di 250 microfarad.

In serie a ciascun emittore dei transistor finali vi è una resistenza di 1 solo ohm; ha lo scopo di consentire una certa stabilizzazione.

All'emittore del transistor pilota è applicata una piccola parte del segnale amplificato, presente all'uscita, livellata con un condensatore di 5 microfarad, tramite una resistenza di 680 ohm. Stabilizza la tensione di lavoro dei transistor finali.

L'amplificatore può funzionare con batteria di pile o con alimentatore dalla rete-luce. Quest'ultimo consiste di un trasformatore di tensione e di un diodo rettificatore; la tensione pulsante è livellata con un elettrolitico di 2500 microfarad.

Transistor finali in simmetria complementare.

La maggior parte degli amplificatori è provvista di stadio finale con due transistor in simmetria complementare. In tal modo risulta inutile anche il trasformatore d'entrata, il pilota. Non è più necessario provvedere affinché il segnale audio sia in opposizione di fase all'entrata dei due transistor; sono i due transistor ad essere in opposizione di fase, a polarità invertita.

Uno di essi è di tipo PNP, l'altro è di tipo NPN. Il transistor PNP ha il collettore a tensione negativa e l'emittore a tensione positiva; il transistor NPN ha invece il collettore a tensione positiva e l'emittore a tensione negativa.

La base di uno dei transistor può venir collegata con la base dell'altro, come indica la fig. 8.11. È usata la disposizione a collettore comune, per cui il collettore

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

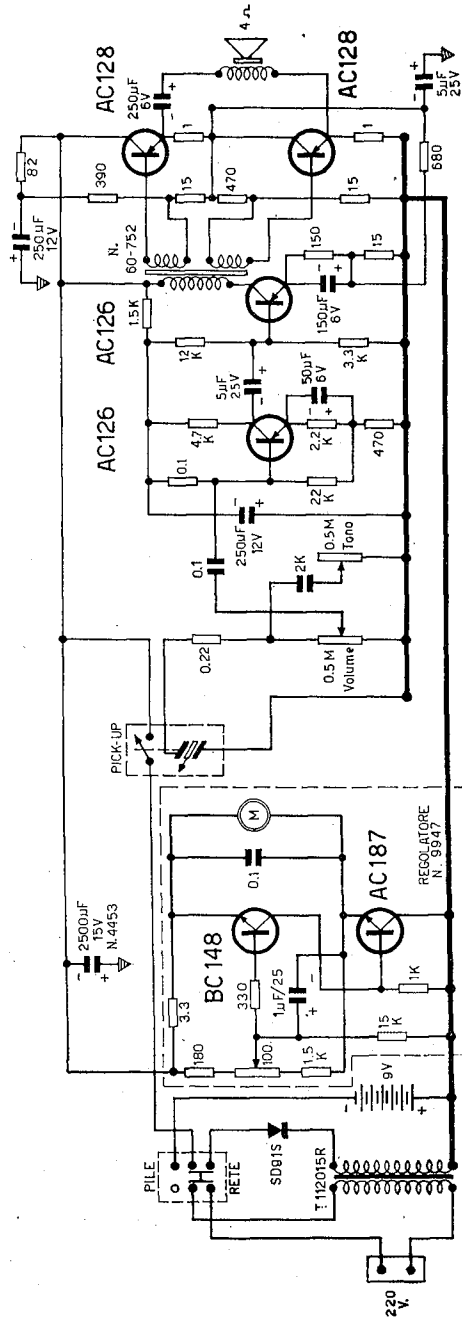


Fig. 8.10. - Amplificatore da fonovaligia.

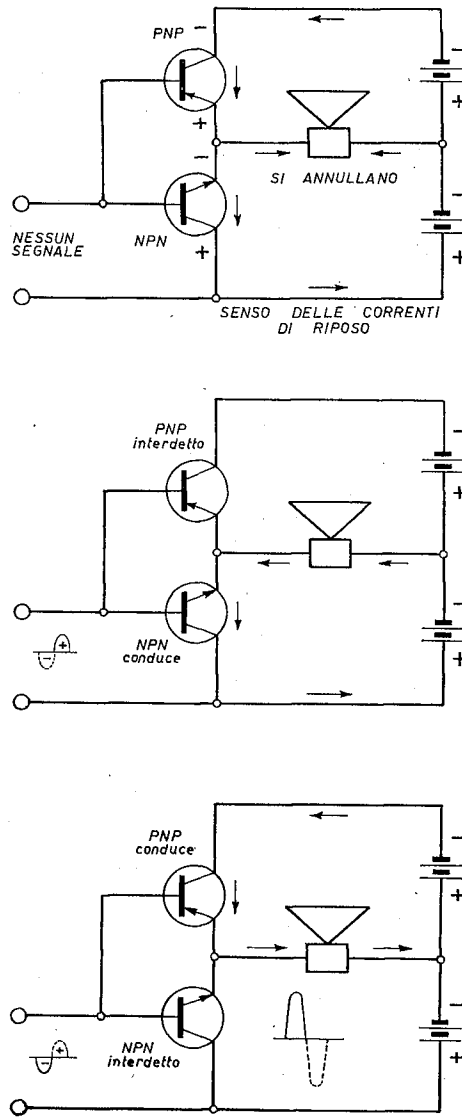


Fig. 8.11. - Principio della simmetria complementare.

di un transistor, il PNP, è collegato al negativo della batteria, mentre il collettore del transistor NPN è collegato al positivo. Nella figura sono indicate due batterie, per meglio chiarire il funzionamento dei due transistor. In pratica viene sempre usata una batteria sola.

Nella figura, in alto, è indicato ciò che avviene in assenza di segnale. Ciascun transistor è percorso dalla propria corrente di riposo. Poiché i due transistor ven-

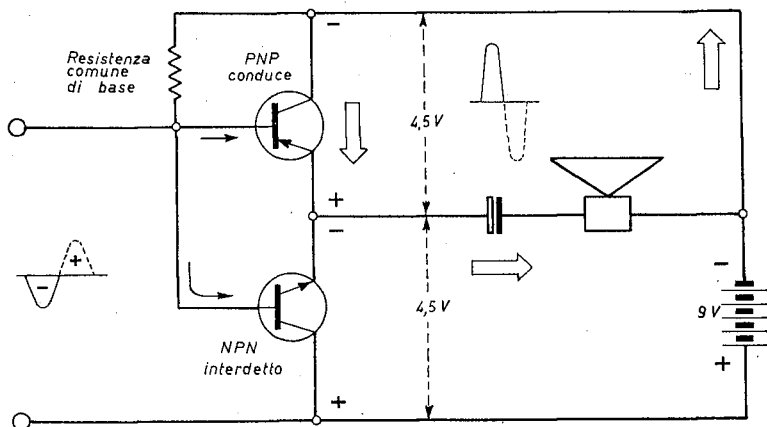


Fig. 8.12. - Funzionamento dei due transistor in simmetria complementare.

gono scelti in modo da avere le stesse identiche caratteristiche, le due correnti di riposo sono eguali, ma di senso opposto.

Nel transistor PNP la corrente va dal collettore all'emittore; in quello NPN va dall'emittore al collettore, in quanto la polarità è opposta.

La bobina mobile dell'altoparlante è percorsa da due correnti che si annullano completamente, quindi rimane ferma.

Nella stessa figura, in centro, è indicato ciò che avviene non appena giunge un segnale audio da amplificare. Se a giungere per prima è la semionda positiva, uno solo dei due transistor provvede ad amplificarla, quello NPN; l'altro risulta bloccato, dalla stessa semionda positiva. È *interdetto*, mentre l'altro *conduce*.

L'opposto avviene, come è evidente, al sopraggiungere dell'altra semionda del segnale, la negativa. Essa blocca l'NPN e viene amplificata dal PNP, come indica la terza figura.

Durante la presenza della semionda positiva, la bobina mobile si sposta in un senso; in presenza di quella negativa, si sposta in senso opposto, come necessario.

Si suol dire che i due transistor sono *complementari*. Essi vengono collegati con le basi unite, e con gli emittori uniti.

Come già sappiamo, le due batterie possono venir sostituite da una sola di tensione doppia, come indica la fig. 8.12. Sono i due transistor a provvedere a dividere in due parti esatte la tensione della batteria, in quanto si comportano come due resistenze dello stesso valore. È però necessario inserire un condensatore elettrolitico di capacità elevata, in serie alla bobina mobile dell'altoparlante.

Nella figura è indicata una resistenza tra le basi e la linea negativa di alimentazione. È necessaria per fornire alle basi stesse una certa tensione di polarizzazione. È indicata solo per chiarire il principio di funzionamento, in pratica è sempre opportuno utilizzare a tale scopo un partitore di tensione.

È indifferente che l'altoparlante sia collegato alla linea negativa o a quella positiva di alimentazione. La fig. 8.13 serve soltanto ad indicare che è necessario invertire la polarità del condensatore, affinché il suo terminale positivo sia collegato al positivo, e il negativo al negativo.

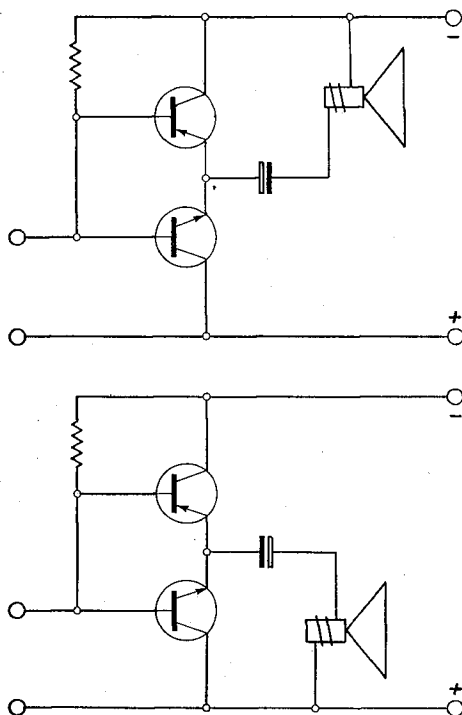


Fig. 8.13. - Polarità del condensatore di accoppiamento.

Non è indicata nessuna resistenza di carico. Non manca, ma è sostituita da uno o dall'altro dei transistor. Quando è il PNP a condurre, l'NPN agisce da resistenza di carico; quando è invece l'NPN a condurre, è il PNP che si assume il compito di costituire la resistenza di carico.

Esempio di semplice amplificatore con stadio finale a simmetria complementare.

Lo schema di fig. 8.14 è quello di un amplificatore di tipo molto comune, con due transistor finali complementari, collegati in circuito simmetrico, bilanciato.

I due transistor finali, selezionati, con caratteristiche identiche, formano una

coppia. Uno di essi, il PNP, è un AC132, l'altro, l'NPN, è un AC127; sono ambedue al germanio.

Alla loro entrata vi è un partitore di tensione costituito dalle resistenze R7, R8 e R9. Ha lo scopo di fornire la tensione di polarizzazione alla base di ciascun transistor. I due transistor funzionano in classe B, quindi con minima tensione di base, in modo da funzionare praticamente uno per volta.

La presenza del transistor pilota, Tr2, nel partitore di tensione, non ha importanza. Ai capi della resistenza R8 si forma una tensione di valore doppio di quella

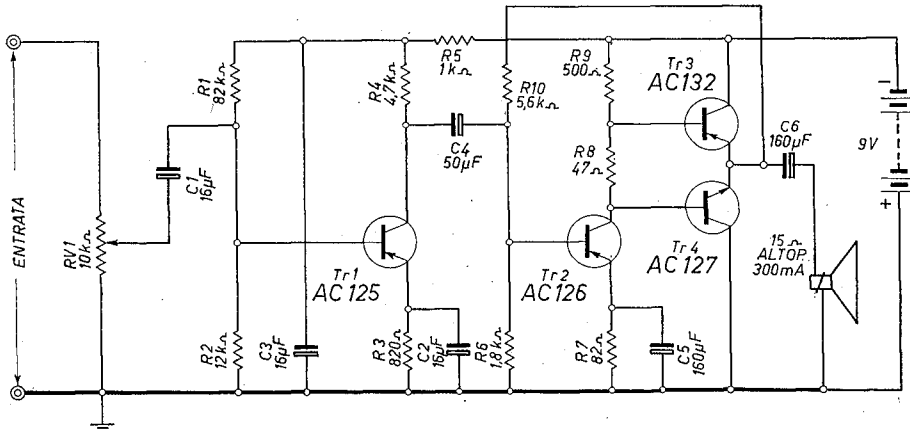


Fig. 8.14. - Semplice amplificatore con due transistor finali in simmetria complementare.

necessaria per la base di ciascun transistor. Poiché i due transistor hanno le stesse caratteristiche, si comportano come due resistenze dello stesso valore, come già detto. Essi si trovano in parallelo alla resistenza R8, per cui dividono la tensione in due parti eguali.

Il valore delle tre resistenze è critico; non può subire varianti. Infatti, il transistor pilota è collegato direttamente al finale Tr4, l'AC127. La tensione di collettore del pilota è eguale a quella di base del finale.

La tensione di collettore del pilota AC126 non è però piccolissima, come invece lo è la tensione di base del finale, questo perché la tensione di base è riferita all'emittore del finale.

La tensione di base del pilota (Tr2) è ottenuta con un partitore a due resistenze, R6 e R10. La tensione ai suoi capi è di circa 4,5 volt, essendo prelevata dai due emittori dei finali. Questa disposizione consente di far retrocedere una parte del segnale amplificato, in modo da ottenere una controeazione, quella sufficiente a compensare le distorsioni introdotte dal pilota e dai transistor finali.

L'amplificatore descritto è di piccola potenza, 200 milliwatt, quindi non richiede accorgimenti atti a stabilizzarne il funzionamento, e non richiede neppure

l'applicazione di una controreazione più efficiente. Altri amplificatori, di potenza maggiore, risultano molto più complessi, pur basandosi sullo stesso principio di funzionamento.

Il solo accorgimento utilizzato in questo amplificatore, oltre quello della modesta controreazione all'entrata del transistor pilota, è quello di impedire che le fluttuazioni di tensione di alimentazione, causate dai due transistor finali, abbiano a raggiungere il primo transistor. Esse vengono eliminate mediante il filtro costituito dalla resistenza R_5 di 1000 ohm e dal condensatore elettrolitico C_3 di 16 microfarad.

Nell'esempio, il telaio è collegato al positivo della batteria. Per questa ragione il transistor Tr_4 è un NPN; ha il collettore collegato al telaio. Se il telaio fosse collegato al negativo, l'AC132 prenderebbe il posto dell'AC127; in questo caso però il pilota avrebbe dovuto essere un NPN e non un PNP. Sarebbe stato necessario un altro AC127 al posto dell'AC126.

La corrente di riposo dei transistor finali.

Lo stadio finale in simmetria complementare richiede una certa messa a punto. Occorre provvedere affinché i due transistor finali siano percorsi da una debole corrente, quella che viene denominata *corrente di riposo* o *quiescente*. Essa dipende dalla potenza dello stadio e dalla tensione di alimentazione, nonché da altri fattori minori.

Si tratta di una corrente statica, ossia in assenza di segnale. Se i valori delle resistenze in circuito sono esatti, lo sono anche le tensioni di lavoro applicate, e quindi la corrente di riposo.

Viene controllata staccando uno dei collettori dal circuito di alimentazione ed inserendo un milliamperometro. Lo strumento indica l'intensità della corrente quiescente che percorre i due transistor finali, quando ad essi sono applicate le tensioni di lavoro, e in assenza di segnale. Tale corrente è indicata dal Costruttore. In genere, è di 2 milliampere se lo stadio è di minima potenza, ossia 200 milliwatt; è di 3 mA per 500 milliwatt, di 4 mA per 1 watt e di 7 mA per 4 watt, ecc.

Poiché la corrente quiescente costituisce la polarizzazione delle basi dei transistor finali, è opportuno che possa venire regolata sostituendo la resistenza fissa R_8 , di 47 ohm, dell'esempio precedente, con una resistenza semifissa, ossia trimmer.

Stabilizzazione dello stadio finale.

La corrente di riposo dei transistor finali non è fissa; tende ad aumentare considerevolmente durante il funzionamento dello stadio, a causa del calore. L'intensa corrente di collettore dei transistor finali determina il loro riscaldamento. A sua volta, il riscaldamento causa un aumento della corrente quiescente. Questo fatto può non essere dannoso se lo stadio finale è di piccola potenza. I transistor finali si scaldano poco se la potenza è di 1 o 2 watt; si scaldano molto se la potenza è

di 4 watt o più. Una stessa coppia di transistor finali può venir utilizzata in amplificatori di potenza diversa, e quindi percorsa da correnti di intensità molto diversa.

È necessario provvedere in qualche modo a frenare l'aumento della corrente quiescente dovuta al riscaldamento dei transistor, diversamente subentra la distorsione e gli stessi transistor sono in pericolo. Generalmente questa stabilizzazione è ottenuta con un *termistore*.

Il termistore è una resistenza il cui valore dipende dalla temperatura alla quale si trova. È alta se la temperatura è bassa, viceversa è bassa se la temperatura è alta. Poiché varia all'inverso della temperatura vien detta resistenza a coefficiente negativo di temperatura. È in uso l'abbreviazione CNT oppure NTC, dal corrispondente termine inglese.

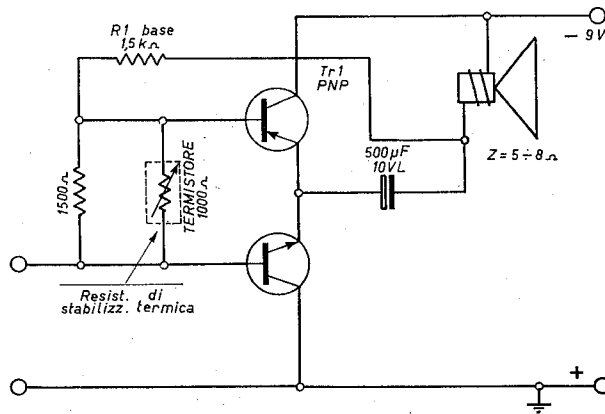


Fig. 8.15. - Il termistore consente di stabilizzare i transistor finali.

Così un termistore può essere di 2100 ohm a zero gradi, e scendere gradatamente sino a 300 ohm, ad 80 gradi. Può scendere ancora, sino a 120 gradi. Il valore nominale del termistore è quello a 25 gradi.

Un termistore di 68 ohm può variare da 200 ohm a zero gradi a 20 ohm a 60 gradi.

Il termistore però varia in modo troppo forte; non lo si può utilizzare da solo; occorre collocarlo in parallelo alla resistenza trimmer indicata per la messa a punto dello stadio. È necessario che il valore della resistenza trimmer sia più elevato, in modo da ottenere il valore esatto pur essendo in parallelo con quella del termistore.

La fig. 8.15 indica uno stadio finale stabilizzato con un termistore. La resistenza di polarizzazione è di 1500 ohm, quella del termistore è di 1000 ohm. Il circuito non è completo in quanto manca, per semplicità, lo stadio pilota, e quindi l'ultimo tratto del partitore di tensione.

I termistori sono simili alle resistenze, ma possono avere diversi altri aspetti. Consistono di ossidi di ferro uniti con ossidi di altri metalli, con l'aggiunta di una

« impurità » come avviene per i transistor. Alcuni sono molto piccoli, a perlina, altri sono un po' più grandi, a dischetto o a tubetto. Spesso la resistenza a 25 gradi è indicata con il codice a colori in uso per le resistenze. Sono provvisti di due terminali.

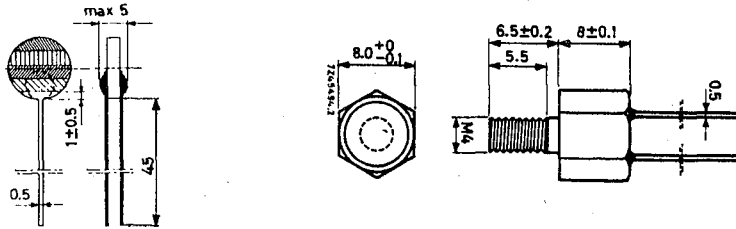


Fig. 8.16. - Due tipi di termistori.

Alcuni termistori, adatti per correnti di intensità elevata, possono venir avvitati sulla piastra di raffreddamento dei transistor finali. È necessario, infatti, che la loro disposizione sia tale da percepire le variazioni di temperatura.

Raffreddamento dello stadio finale.

Il transistor pilota ed i due transistor finali si riscaldano durante il funzionamento, essendo percorsi da corrente d'intensità elevata. Maggiore è la potenza dello stadio finale, più elevata è l'intensità di corrente, e più alta è la temperatura che possono raggiungere. Il riscaldamento dei transistor ha l'effetto di elevare la corrente quiescente, quella di base. Tale aumento accresce la corrente di collettore dei tre transistor, e quindi anche la loro temperatura. È perciò necessario provvedere all'efficace dispersione del calore prodotto.

Vengono usate *alette di raffreddamento* per i transistor impiegati in stadi di potenza molto piccola, da 500 milliwatt sino ad 1 watt. Esse sono foggiate in modo da poter venir infilate sul transistor. In tal modo, il transistor risulta provvisto di una piastrina metallica, adatta per la dispersione del calore. Se lo stadio è di potenza inferiore ai 500 milliwatt non è necessaria neppure l'aletta di raffreddamento.

I transistor impiegati in stadi di potenza superiore ad 1 watt richiedono una più energica dispersione di calore. L'aletta è sufficiente per il pilota, ma non per la coppia finale. Quest'ultima richiede una piastrina di raffreddamento di dimensioni maggiori, o meglio un radiatore con più alette.

Può avvenire che il pilota sia percorso da corrente relativamente molto intensa. In tal caso l'aletta non è sufficiente neppure per esso. Va munito di un *dispersore a raggiera*. Un esempio di dispersore di questo tipo è quello indicato in fig. 8.17.

La stessa figura riporta due esempi di radiatori ad alette adatti per transistor finali. Si tratta di transistor di potenza elevata, del tipo AD, ad es. AD161/AD162.

I transistor di questo tipo sono provvisti di involucro adatto per ottenere la facile dispersione del calore. L'involucro è metallico e di dimensioni relativamente

notevoli. È largo e piatto, con due fori alle estremità, per il fissaggio alla piastra dissipatrice. Il collettore è collegato direttamente all'involucro, per cui sono provvisti di due soli terminali, quello della base e quello di emittore.

Il materiale usato per le alette e per i radiatori è generalmente alluminio anodizzato, dello spessore di 1, 1,5 e 2 millimetri.

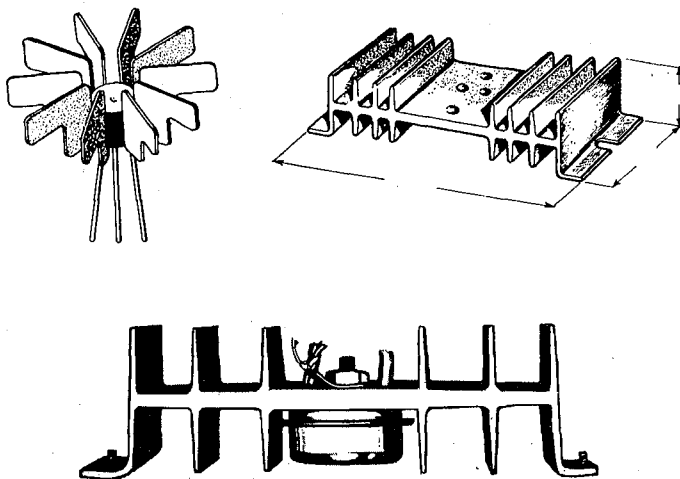


Fig. 8.17. - Tre tipi di dissipatori di calore.

I transistor vanno isolati dal radiatore mediante una laminetta di mica, predisposta allo scopo, diversamente si troverebbero con i collettori in contatto. È però sufficiente che sia uno solo dei transistor ad essere isolato, visto che l'altro ha il collettore a massa.

Se la potenza supera i 10 watt, è opportuno che il radiatore abbia un foro filettato, per potervi fissare il termistore adatto, in modo che abbia a risentire il calore e compensare l'aumento della corrente quiescente.

Tre amplificatori da 1 watt, a 4 transistor.

Gli amplificatori da 1 watt, o di potenza d'uscita poco diversa, sono molto utili per varie applicazioni. Lo schema è classico, essendo circa eguale per tutti, per l'ormai raggiunta normalizzazione di questo tipo di amplificatori. Sono tutti a quattro transistor, due dei quali nello stadio finale. Questi ultimi sono sempre del tipo al germanio; mentre gli altri due, il preamplificatore e il pilota, possono essere al silicio.

Occorre notare che amplificatori di questo tipo, con stadio finale a simmetria complementare, richiedono una coppia di transistor finali selezionata. Non è possi-

bile usare due transistor del tipo indicato negli schemi, che non siano in coppia selezionata. Lo stadio non risulterebbe in equilibrio, e la distorsione del segnale audio riuscirebbe molto elevata, tanto da rendere impossibile l'audizione.

Importante è anche il valore delle resistenze indicate in ciascuno degli schemi, nonché il valore dell'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante. Quello delle resistenze è critico, tanto più se appartengono allo stadio finale. Non si possono utilizzare resistenze con tolleranza del 20 per cento. Con esse non si riuscirebbe ad equilibrare lo stadio, ed eliminare la fortissima distorsione. Sono necessarie resistenze con tolleranza del 5 per cento.

Lo schema di fig. 8.18 si riferisce ad un amplificatore con i transistor finali AC127 e AC128. La resa d'uscita è di circa 1 watt.

La batteria è da 9 volt. Il polo positivo è collegato al telaio dell'amplificatore, ossia al ritorno comune dei circuiti. Il transistor finale con il collettore a massa è perciò l'NPN, ossia l'AC127.

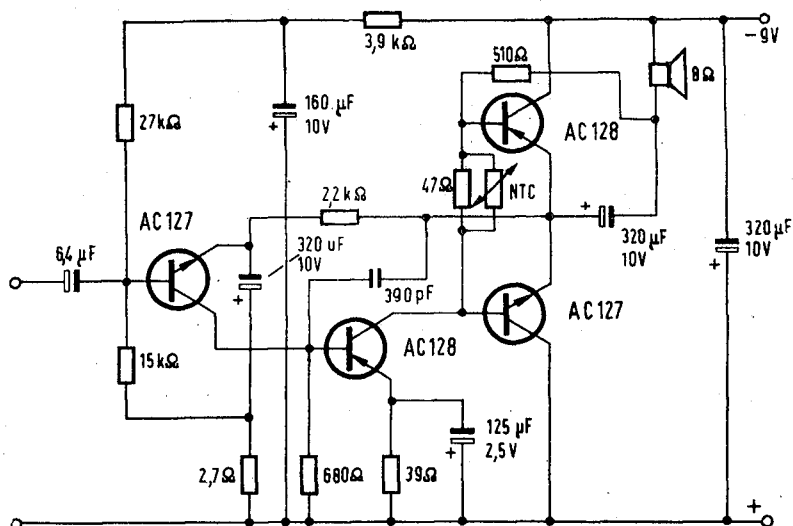


Fig. 8.18. - Amplificatore da 1 watt con la coppia finale AC127/AC128.

Essendo l'AC127 con il collettore a massa, il pilota è un PNP, ossia un AC128. È percorso da corrente di intensità piuttosto rilevante, per cui non è opportuno un AC126, benché anch'esso sia PNP.

Il transistor preamplificatore è un NPN, dato il collegamento diretto con l'AC128, ossia è un AC127.

Lo stadio finale è stabilizzato nei confronti della deriva termica mediante un termistore, un NTC. Il valore va scelto sperimentalmente, se possibile. È generalmente bene adatto un termistore di 50 ohm.

La resistenza fissa di 47 ohm, in parallelo al termistore, è opportuno sia regolabile, ossia sostituita con una resistenza trimmer di 100 ohm, con il cursore verso il centro. In tal modo riesce possibile stabilizzare lo stadio una volta tanto, in modo da ridurre al minimo la distorsione anche in prossimità della massima resa d'uscita.

L'assorbimento di corrente da parte dei transistor finali, in assenza di segnale, è di 2 milliampere. Disponendo di uno strumento, è opportuno inserirlo in serie ai transistor, e quindi regolare il trimmer in modo da ottenere quella corrente quiescente.

È necessario che tanto i transistor finali quanto il transistor pilota siano provvisti di aletta di raffreddamento. Va infilata sopra di essi. Può venir sostituita, per i transistor finali, con una piastrina dissipatrice, di 8 cm di lunghezza per 4 di altezza, di alluminio annerito; in tal caso è necessario provvedere ad isolare con l'apposita rondella di mica il transistor AC128, essendo il suo collettore isolato da massa.

Il termistore deve poter risentire il riscaldamento dei transistor finali, affinché possa risultare efficiente. Il riscaldamento deve essere modesto.

Caratteristica importante di questo amplificatore, comune con gli altri due descritti è la controeazione applicata al transistor preamplificatore. All'emittore è applicata una controeazione di corrente, mediante la resistenza fissa di 2,2 chiloohm, collegata all'uscita dello stadio finale. In tal modo una parte del segnale audio amplificato viene retrocessa all'emittore del primo transistor. Il segnale viene però livellato con un condensatore elettrolitico di 320 microfarad. La resistenza di 2,2 chiloohm sostituisce quella di emittore, con la notevole differenza che la corrente che la percorre è proporzionale all'ampiezza del segnale. Ne risulta una stabilizzazione dell'intero amplificatore.

Il segnale audio che attraversa il condensatore di 320 microfarad si forma ai capi di una resistenza di minimo valore, 2,7 ohm. In tal modo è disponibile ai capi di tale resistenza un segnale audio, esattamente eguale a quello d'uscita, ma di minima ampiezza.

Esso serve per applicare una controeazione di tensione alla base dello stesso primo transistor. Il partitore di tensione costituito dalle due resistenze di 27 chiloohm e di 15 chiloohm, presente all'entrata del transistor, fornisce la tensione di base. Essa è piuttosto elevata, essendo elevata anche la tensione di emittore; comunque la differenza di tensione tra la base e l'emittore è di circa 0,2 volt.

Anziché collegare a massa un'estremità del partitore, essa è collegata al terminale isolato della resistenza di 2,7 ohm. Ne risulta una sufficiente controeazione, atta a migliorare molto le prestazioni dell'amplificatore.

L'altoparlante è di 8 ohm d'impedenza; non si può utilizzare un altoparlante con diversa impedenza.

Lo schema di fig. 8.19 è quello di un amplificatore molto simile a quello descritto. Consente circa 0,2 watt in più nella resa d'uscita. I transistor sono diversi, ed i valori sono pure diversi, ma la disposizione circuitale è la stessa.

Non c'è il termistore, in quanto i due transistor finali sono adatti per corrente di collettore più alta; sono costituiti da una coppia AC187/AC188 anziché AC127/

AC128. Vanno provvisti di aletta di raffreddamento, come va provvisto di aletta anche il pilota, un transistor al silicio BC108.

Le basi dei transistor finali sono riunite con una resistenza fissa di 12 ohm. È opportuno sostituirla con una trimmer di valore circa doppio. L'assorbimento di corrente è sempre di 2 milliampere, in assenza di segnale, da parte dello stadio finale.

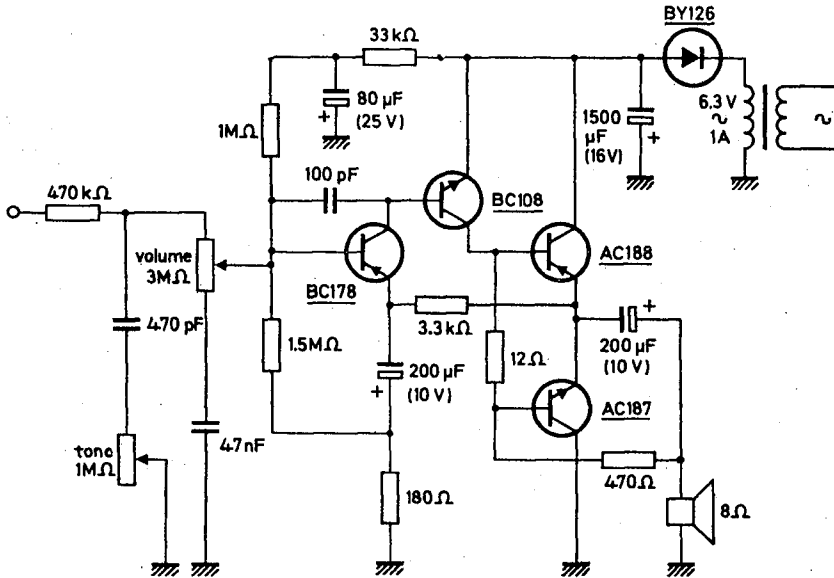


Fig. 8.19. - Amplificatore con la coppia finale AC187/AC188.

Il transistor pilota è un BC178. Alla sua entrata vi è un partitore di tensione costituito da due resistenze di valore elevato, 1 e 1,5 megaohm. La terza resistenza del partitore è anch'essa di valore piuttosto alto, 180 ohm.

In questo esempio, l'amplificatore è alimentato dalla rete-luce. È utilizzato un trasformatore di tensione con un secondario a 6,3 volt e 1 ampere, in quanto è facilmente disponibile. Il secondario a 6,3 volt serviva per l'accensione delle valvole.

La rettificazione della tensione alternata è ottenuta con un diodo BY126; il livellamento della tensione pulsante è affidato ad un elettrolitico di 1500 microfarad, o altro valore simile.

La linea di alimentazione del transistor pilota e dei finali è separata da quella del transistor preamplificatore, con un filtro formato dalla resistenza di 33 chiloohm e dal condensatore di 80 microfarad.

All'entrata sono indicati i controlli di volume e di tono.

Un terzo esempio di amplificatore è quello di fig. 8.20. Anch'esso funziona con stadio finale provvisto di una coppia AC187/AC188, stabilizzato con un termistore

di 50 ohm in parallelo con una resistenza fissa di 68 ohm, sostituibile con un trimmer di 100 ohm. Il cursore del trimmer va collegato ad un estremo della resistenza.

Il pilota è un AC132 e il preamplificatore un BC108.

Finali e pilota vanno provvisti di aletta di raffreddamento di 3 per 3 centimetri. L'altoparlante è di 5 ohm d'impedenza. La resa d'uscita è di 1,5 watt. Il valore delle resistenze è critico per tutte. I collegamenti d'entrata devono essere bene distanziati da quelli di uscita.

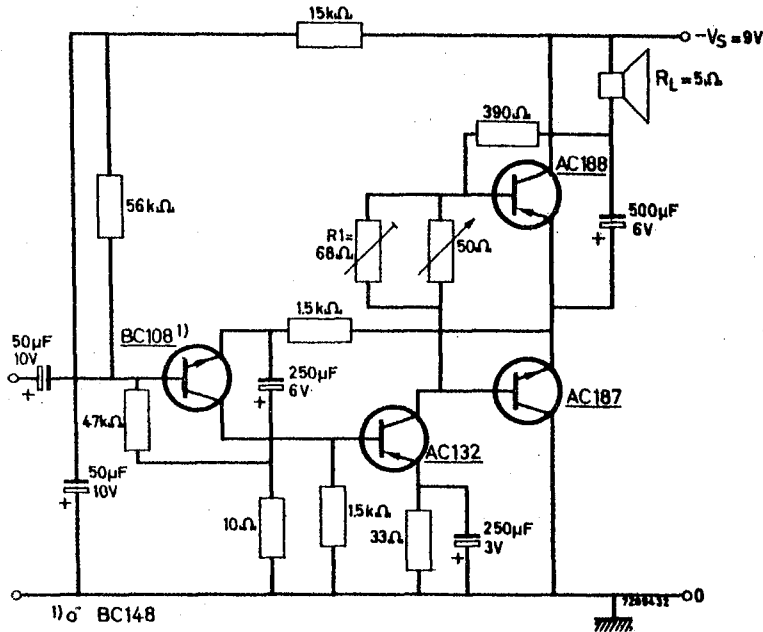


Fig. 8.20. - Amplificatore da 1,5 watt.

Un amplificatore da 1,5 watt.

Lo schema di fig. 8.21 A è molto simile ai tre schemi già indicati. È quello di un ottimo amplificatore da 1,5 watt, bene stabilizzato sia in corrispondenza delle variazioni termiche che a quelle della tensione di alimentazione.

I due transistor dello stadio finale sono necessariamente del tipo al germanio, mentre gli altri due sono del tipo al silicio.

L'altoparlante è collegato alla linea negativa, ossia al telaio. L'impedenza della bobina mobile è di 5 ohm.

Lo stadio finale comprende una coppia selezionata che può essere AC178/AC179 Telefunken, oppure AC187K/AC188K Siemens o anche AC187-1/AC188-1 Philips.

Un ponticello consente di inserire il milliamperometro per il controllo della corrente quiescente che deve essere di 5,5 milliampere. È regolabile con la resistenza trimmer R57 di 500 ohm.

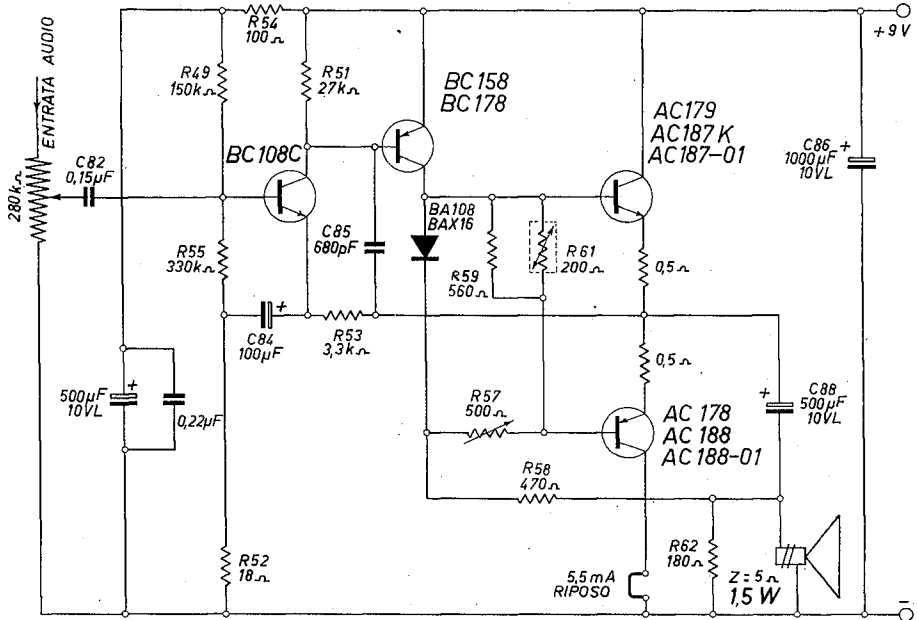


Fig. 8.21 A. - Amplificatore da 1,5 watt.

Il diodo BA108 o BAX16, in serie alla resistenza R57, provvede alla stabilizzazione della tensione ai capi dei due transistor finali.

Il resto dello schema è quello solito già indicato.

La fig. 8.21 B riporta lo schema di una fonovaligia con amplificatore da 1,5 watt.

Esempio di amplificatore da 3,5 watt con 4 transistor (fig. 8.22).

Con i quattro transistor dello schema precedente si possono ottenere 3,5 watt al posto di 1,5 watt, variando i valori dello stadio finale. I transistor BC158 e BC178 indicati per il pilota sono molto simili al BC108 e possono venir sostituiti con esso.

I due transistor finali sono costituiti dalla solita coppia AC187/AC188. La lettera K indica che sono provvisti di foro per il fissaggio alla piastrina dissipatrice di calore. Lo stesso significato ha la sigla 01.

Sono stabilizzati sia per le variazioni di temperatura che di tensione, con termistore e con diodo.

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

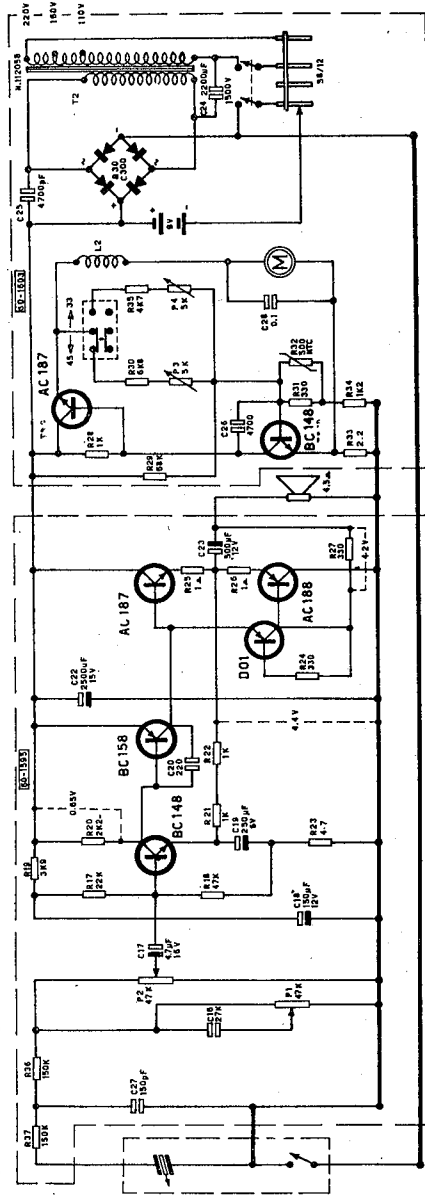


Fig. 8.21 B. - Schema di amplificatore e stabilizzatore di velocità del motore di fonovaligetta.

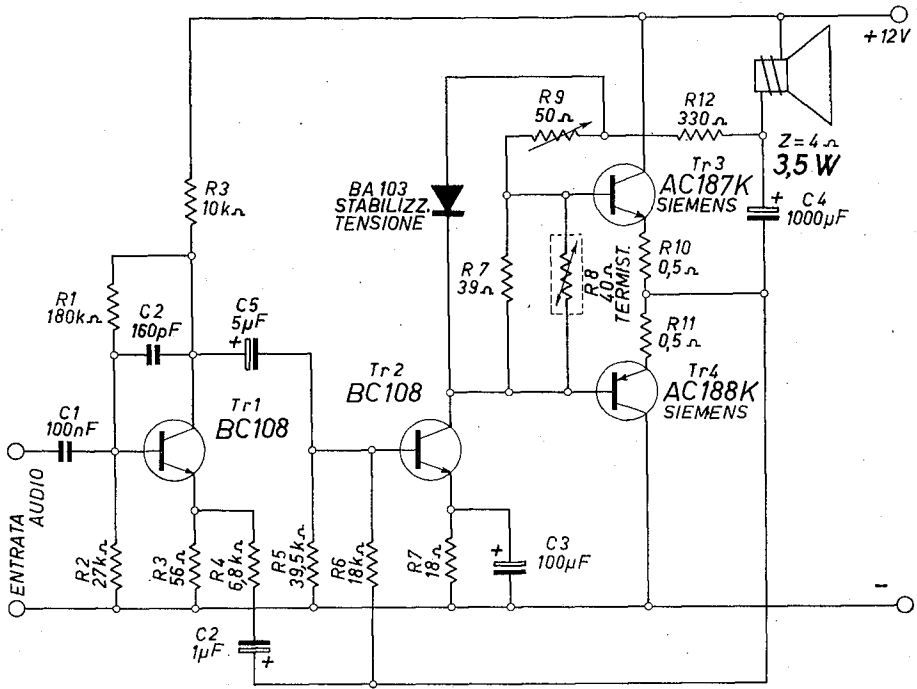


Fig. 8.22. - Amplificatore da 3,5 watt.

La potenza d'uscita notevolmente superiore a quella degli amplificatori precedenti richiede una più ampia dispersione di calore. È necessario adoperare un radiatore ad alette adatto per stadio finale da 3,5 watt, sul quale si possano fissare i due transistor. Uno di essi va isolato.

Una piccola variante è costituita dall'applicazione di controeazione di tensione all'emittore. L'uscita dello stadio finale è collegata con una resistenza di 18 kΩ (R6) alla base del transistor pilota anziché all'emittore del transistor preamplificatore, come usualmente avviene, in quanto a tale emittore giunge la tensione alternativa del segnale tramite il condensatore C2, di 1 microfarad, in serie con la resistenza R4 di 6,8 chilohm. Per questa ragione la resistenza di emittore, R3, è di soli 56 ohm.

Un condensatore elettrolitico di 100 microfarad, 12 volt lavoro, potrebbe venir collegato tra le resistenze R1 ed R3, e la massa. Un altro elettrolitico di 1000 microfarad, 24 volt lavoro, potrebbe venir collegato ai due capi della batteria di pile.

Giradischi stereofonico da 2 × 1,5 watt.

Un tipo classico di giradischi, con complesso stereofonico da 1,5 watt per canale, è quello di fig. 8.23. È a quattro velocità: 16, 33,3, 45 e 78 giri, e può riprodurre dischi di qualsiasi diametro, tanto del tipo stereo quanto del tipo mono.

È provvisto di doppia alimentazione, a pile incorporate e con la tensione della rete-luce, tramite un alimentatore anch'esso incorporato.

I due altoparlanti sono sistemati nel coperchio della fonovaligia. All'atto della riproduzione sonora sono distanziati; il coperchio è formato da due parti, scorrevoli. Le due parti del coperchio possono venir anche staccate, e distanziate dalla fonovaligia con un cavo lungo un metro.

Le dimensioni sono: $42 \times 25 \times 12$ centimetri. Il peso è di 4 chilogrammi.

Lo schema complessivo è quello di fig. 8.24. A sinistra, in alto, è indicato l'alimentatore. Il trasformatore di tensione riduce la tensione della rete-luce di 220 volt,

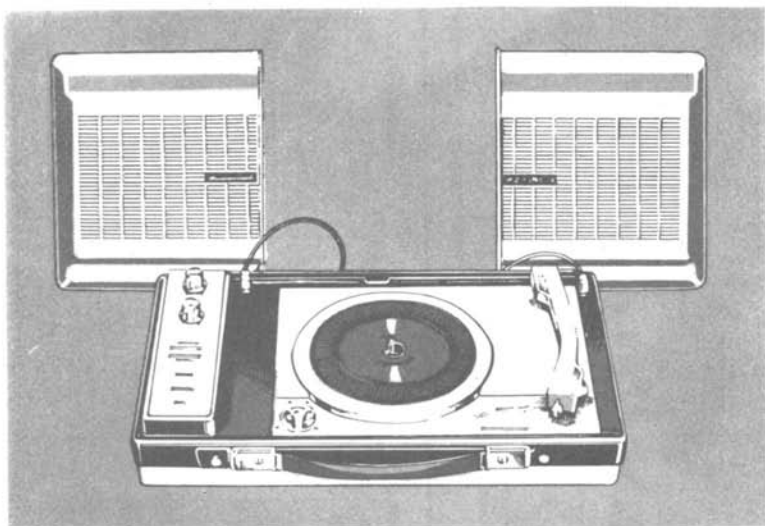


Fig. 8.23. - Fonovaligia stereofonica di cui lo schema di fig. 8.24.

a quella di 7,5 volt. Alla rettificazione provvede un solo diodo; la tensione pulsante è livellata con due condensatori di 2500 microfarad ciascuno, in parallelo. Il commutatore pile-rete è in posizione rete.

Sotto l'alimentatore è indicato lo stabilizzatore elettronico della velocità del motorino elettrico. Comprende due transistor, un AC187 regolatore in serie ed un BC148 per il controllo. La velocità del motore è regolabile con un potenziometro di 100 ohm.

Il pickup stereofonico è collegato ai due potenziometri per il controllo di volume. A quest'ultimo è collegato il controllo di tono.

La preamplificazione è ottenuta con un AC126. Il pilota è un altro AC126. Lo stadio finale è in controfase single ended, con due AC128.

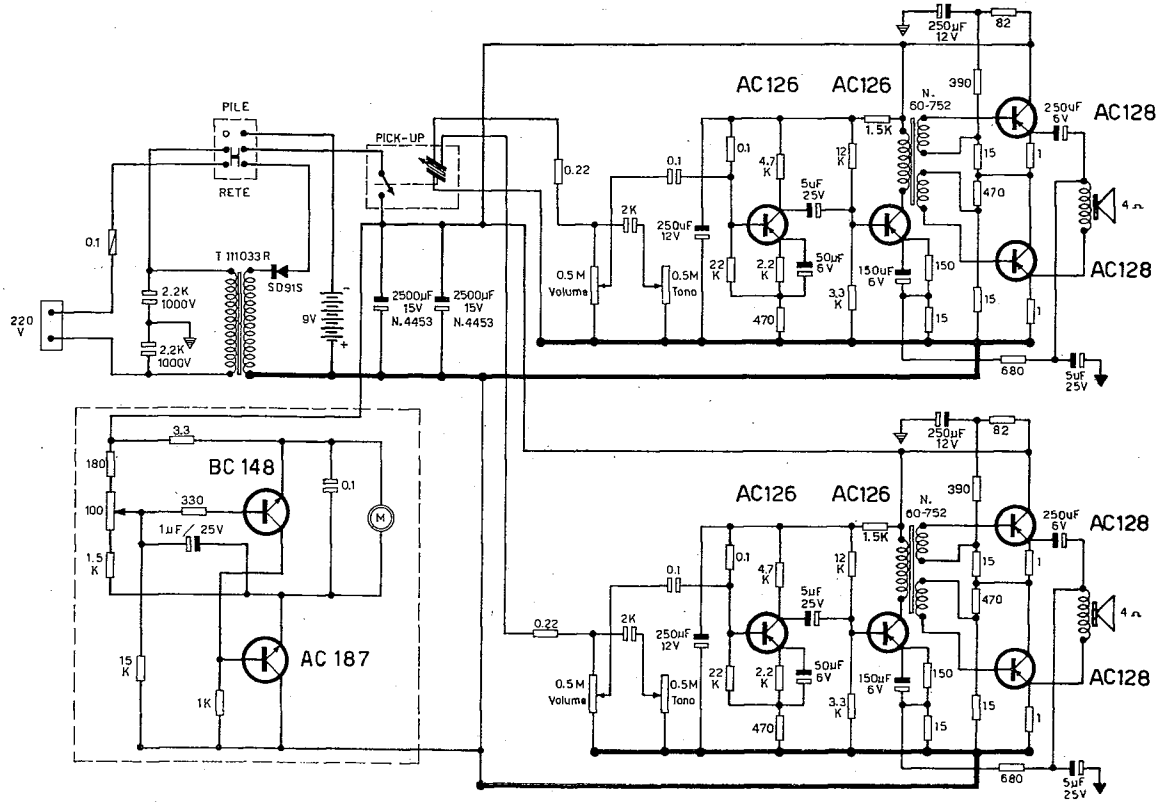


Fig. 8.24. - Schema di fonovaligia stereofonica.

Amplificatori a circuiti integrati.

I circuiti integrati sono dei transistor multipli, ottenuti con una tecnica particolare, derivata dalla microelettronica. Sono degli stadi a transistor, completi delle varie parti componenti, particolarmente delle resistenze. Hanno dimensioni minime, quelle dei transistor; spesso hanno anche lo stesso aspetto, con la differenza che i terminali anziché essere tre sono in numero maggiore.

Consentono di costruire amplificatori audio di minime dimensioni, oppure molto semplici, costituiti da poche altre parti componenti. L'apparecchiatura risulta di più facile costruzione, inoltre richiede un minor numero di saldature.

Un esempio pratico di utilizzazione di un circuito integrato è illustrato dalla fig. 8.25. Si tratta dello schema di un mangiadischi, l'amplificatore del quale fun-

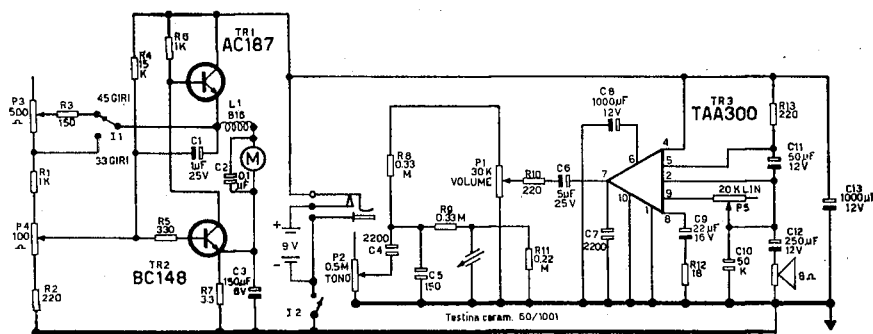


Fig. 8.25. - Schema di amplificatore con il TAA300.

ziona con un solo circuito integrato, il TAA300 della Philips, al posto dei soliti quattro o cinque transistor, quelli necessari per ottenere la resa d'uscita di circa 1 watt, in classe B.

Nello schema si vedono, a sinistra, due transistor; essi non fanno parte dell'amplificatore, bensì dello stabilizzatore di velocità del motorino elettrico.

Al centro dello schema vi è il fonorivelatore ceramico (testina fon), nonché i due controlli, quello di volume e quello di tono. Segue il circuito integrato, indicato con un triangolo. Ha dieci terminali. Il terminale d'entrata è il 7, quello di uscita il 2.

IL CIRCUITO INTEGRATO TAA300.

Consiste di 11 transistor, 9 del tipo NPN e 2 del tipo PNP. Contiene anche 5 diodi, 14 resistenze e un condensatore. Lo schema è quello di fig. 8.26.

L'insieme dei transistor e delle parti componenti del circuito integrato sembra alquanto complesso. Vi sono tanti transistor, al posto dei 4 o 5 necessari, dato che si tratta di transistor più piccoli, ultra-miniaturizzati. Però, l'impiego di molti tran-

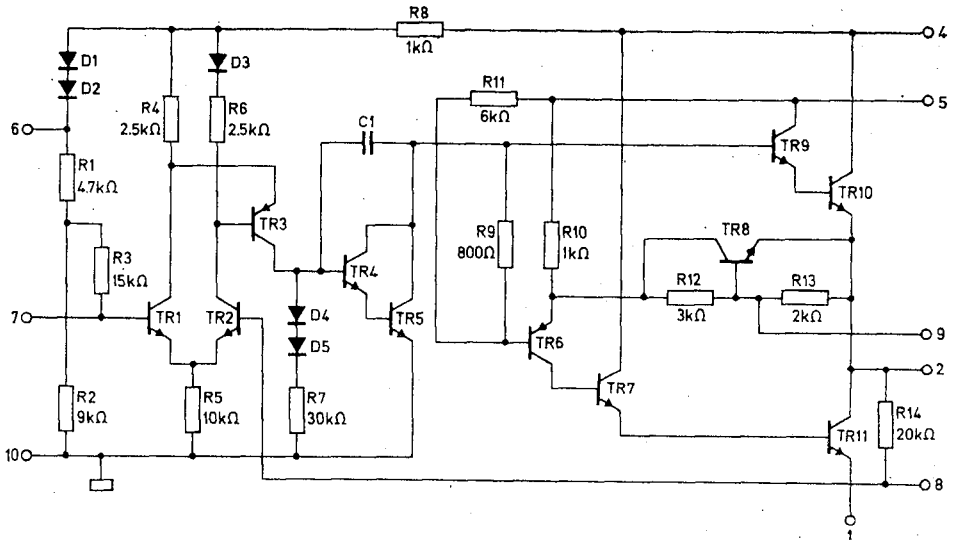


Fig. 8.26. - Schema del circuito integrato TAA300.

sistor consente di ottenere circuiti che diversamente risulterebbero molto complessi e costosi.

Lo stadio d'entrata consiste di due transistor NPN, TR1 e TR2. Alla base di TR1 giunge il segnale audio da amplificare, mentre alla base di TR2 giunge la controreazione dall'uscita dell'amplificatore, necessaria per assicurare il minimo di distorsione da parte dell'intero amplificatore.

I due transistor hanno l'emittore in comune; la resistenza di emittore è una sola, R5 di 10 chiloohm. In tal modo i due segnali si sommano, com'è necessario che avvenga. Ne risulta un segnale audio amplificato ma che è distorto in senso opposto a quello determinato dall'amplificatore. Ne risulta una compensazione. L'amplificatore funziona con distorsione alquanto attenuata.

Il segnale audio viene prelevato dal collettore di TR1 ed applicato alla base di TR3, il transistor posto all'entrata dello stadio pilota. I due transistor d'entrata costituiscono uno stadio *amplificatore differenziale*.

Lo stadio pilota consiste di tre transistor: TR3, TR4 e TR5. Il primo provvede ad accoppiare lo stadio differenziale d'entrata con il transistor pilota vero e proprio, formato dai due transistor TR4 e TR5 uniti in cascata.

Il guadagno di tensione della coppia TR4 e TR5 è abbastanza elevato, di circa 200; la corrente quiescente è di 0,47 milliampere.

Il condensatore C1 ha il compito di eliminare tutte le frequenze troppo alte, al di fuori della gamma audio, affinché non abbiano ad interferire nel funzionamento dell'amplificatore. Collega il collettore di TR4 e TR5 con la base di TR4; è di 10

picofarad, quindi fa retrocedere alla base solo le frequenze molto alte, le quali vengono eliminate per sottrazione.

Nello schema sono indicati 5 diodi. I primi due, *D1* e *D2*, in serie, hanno il compito di impedire che la tensione di base di *TR1* abbia a variare con quella di alimentazione. La loro azione è completata dal condensatore di 1000 microfarad 12 volt che collega il punto 6 con il telaio, come visibile nello schema del mangiadischi.

Un compito analogo ha il diodo *D3*. I diodi *D4* e *D5* collegati in serie con il resistore di collettore di *TR3* provvedono a stabilizzare la corrente di collettore della coppia pilota *TR4/TR5* al variare della temperatura.

Lo stadio finale consiste di due coppie di transistor, *TR7* e *TR11* nonché *TR9* e *TR10*. Sono necessari due, in quanto uno solo non consentirebbe il passaggio di una corrente di collettore di intensità sufficiente. Sono tutti di tipo NPN, nonostante



Fig. 8.27. - Mangiadischi di cui o schema di fig. 8.25.

ciò funzionano in circuito a simmetria complementare, questo per la presenza di *TR6*, il quale essendo di tipo PNP provvede alla necessaria inversione di fase del segnale applicato alla coppia *TR7/TR11*.

Il transistor *TR8* e le resistenze *R12* e *R13* hanno il compito di stabilizzare la corrente quiescente dello stadio finale sia al variare della tensione della batteria che al variare della temperatura ambiente.

La corrente quiescente dello stadio finale è di 4,5 milliampere, come necessario per minimizzare la distorsione di cross-over.

L'assorbimento di corrente, in assenza di segnale, di tutti gli altri transistor è di 3,5 milliampere; in totale l'amplificatore assorbe 8 milliampere. La tensione di alimentazione è di 9 volt.

La controeazione necessaria per minimizzare la distorsione e migliorare il responso di frequenza, è ottenuta con la resistenza *R14* posta nell'interno del TAA300, e con la resistenza *R12* di 18 ohm, in serie con il condensatore elettrolitico *C9* di 22 microfarad, collocati all'esterno, come visibile nello schema del mangiadischi. Sono collegati tra il terminale 8 del circuito integrato e il telaio.

La resistenza R_{12} può avere un valore maggiore, ad es. quello di 47 ohm, qualora risulti opportuna una controeazione più elevata.

La messa a punto della tensione al centro dello stadio finale viene effettuata con una resistenza trimmer esterna, la P_5 di 20 kilohm.

I condensatori C_6 e C_7 (ceramico) vanno posti quanto più vicino possibile al terminale 7. Il collegamento con la sorgente di segnale (fonorivelatore, microfono, ecc.) va effettuato con l'apposito cavetto schermato, con la calza metallica collegata al telaio.

Il circuito integrato è provvisto di aletta di raffreddamento a raggiera.

La potenza d'uscita è determinata dall'impedenza dell'altoparlante. È massima con impedenza di 8 ohm, è a metà con impedenza di 16 ohm. Non è possibile usare altoparlante con impedenza inferiore agli 8 ohm, in quanto la corrente di collettore dello stadio finale risulterebbe eccessiva.

Amplificatore da 1 watt con il circuito integrato TAA611.

Il TAA611 è un circuito integrato simile al TAA300 descritto; è prodotto dalla SGS. Consente la realizzazione di un amplificatore da 1 watt, con l'aggiunta di po-

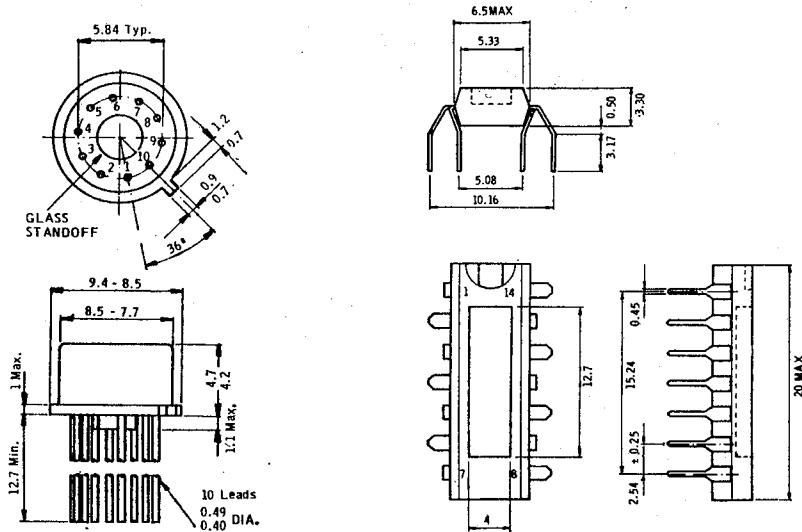


Fig. 8.28. - Aspetto esterno del circuito integrato TAA611.

chi altri componenti. Viene prodotto in due versioni: quella cilindrica con 10 terminali e quella rettangolare con 14 linguette. La fig. 8.28 illustra il circuito integrato TAA611 nelle due custodie.

La fig. 8.29 riporta lo schema dell'amplificatore da 1 watt con il TAA611. Il triangolo è disposto in senso opposto a quello precedente; ciò non ha nessun significato.

I terminali utilizzati sono nove. Nello schema ciascun terminale ha due numeri, uno dei quali tra parentesi. I numeri senza parentesi si riferiscono al TAA611 in versione cilindrica, con i 10 terminali; quelli tra parentesi al TAA611 in custodia rettangolare, con le 14 linguette.

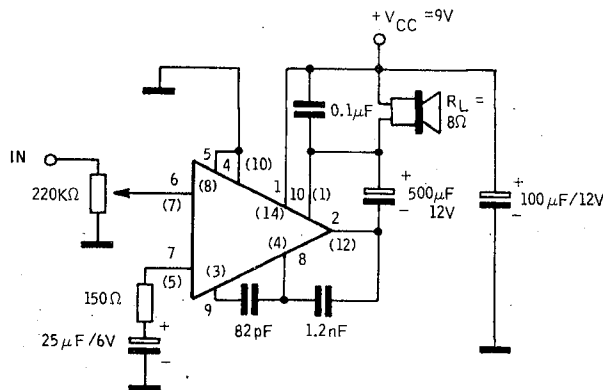


Fig. 8.29. - Schema di amplificatore con il circuito integrato TAA611.

La fig. 8.30 illustra una delle possibili realizzazioni pratiche dell'amplificatore. I componenti hanno la seguente corrispondenza:

C1	25 μF 6 V	C5	100 μF 12 V
C2	82 pF	C6	500 μF 12 V
C3	1,2 nF	R1	150 ohm
C4	0,1 μF		

L'entrata del circuito integrato è al terminale (7), l'uscita al terminale (12); la controreazione è al (5). Le linguette sono numerate da 1 a 7 da un lato del TAA611 e dall'8 al 14 dall'altro lato.

Non è indicata la batteria di pile a 9 volt; è segnata la presa +9 V. Il telaio è al negativo della batteria.

Lo stadio finale assorbe solo 1 milliampere in condizione quiescente, e l'intero amplificatore 3 milliampere. Alla potenza massima di 1,15 watt, l'assorbimento di corrente è di 170 milliampere. L'efficienza è del 72 per cento.

Si può notare l'assenza della resistenza trimmer per la regolazione della tensione di centro; il TAA611 provvede automaticamente al centraggio di tale tensione.

L'altoparlante è da 8 ohm d'impedenza.

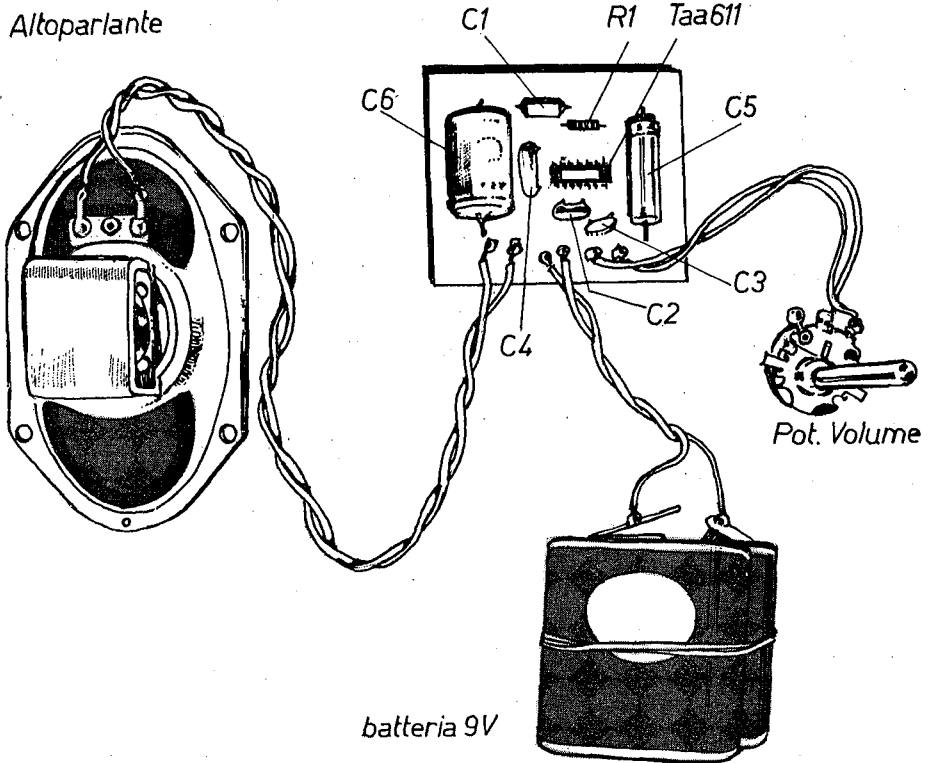


Fig. 8.30. - Parti componenti l'amplificatore.

Amplificatore da 4 watt con il circuito integrato TAA320.

Il circuito integrato TAA320 contiene un transistor MOST, un transistor al silicio NPN e una resistenza. Il transistor MOST è molto bene adatto all'entrata di amplificatori per giradischi. Presenta un'alta transconduttanza con basso livello di rumore.

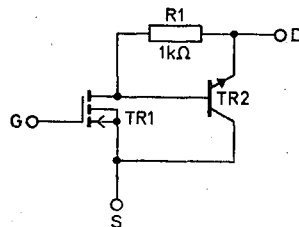
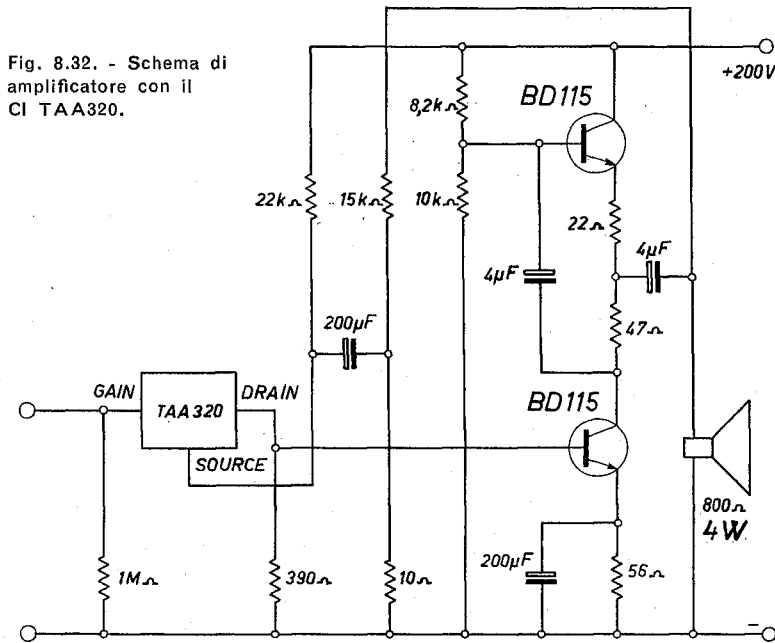


Fig. 8.31. - Schema del circuito integrato TAA320.

Lo schemino del TAA320 è quello di fig. 8.31. Ha tre soli terminali indicati con G (gain), D (drain) e S (source).

Lo schema complessivo di un amplificatore da 4 watt con il TAA320 all'entrata è quello di fig. 8.32. Sono utilizzati, per lo stadio finale, due transistor al silicio di media potenza BD115. Il circuito è in controfase, classe A. La tensione di alimentazione è quella adatta per i transistor di questo tipo, ossia di 200 volt.



Il segnale audio giunge alla base del transistor BD115 disegnato in basso. Quello alla base del BD115 in alto giunge dal collettore del primo BD115, tramite il condensatore elettrolitico da 4 microfarad. Questa disposizione richiede che il carico di collettore del primo transistor sia di 800 ohm. È perciò usato un altoparlante con impedenza di 800 ohm, come indicato.

Si può utilizzare un altoparlante di bassa impedenza mediante l'inserzione di un adeguato trasformatore d'uscita.

L'amplificatore assorbe 72 milliampere, in totale.

All'entrata va sistemato un potenziometro da 1 megaohm per il controllo di volume.

L'alimentazione dell'amplificatore.

L'amplificatore viene alimentato con corrente continua ottenuta da quella alternata della rete-luce, tramite un apposito rettificatore di tale corrente, seguito da un livellatore. I piccoli amplificatori delle apparecchiature portatili (giradischi, suo-

nanastri, ecc.) possono venir alimentati anche con una batteria di pile. Un invertitore consente di far funzionare l'amplificatore con l'alimentatore o con la batteria di pile.

La fig. 8.33 riporta lo schema di un alimentatore in grado di sostituire la batteria di pile. Nell'esempio, la batteria è da 9 volt. La tensione della rete-luce è generalmente superiore a quella richiesta per l'alimentazione dell'amplificatore;

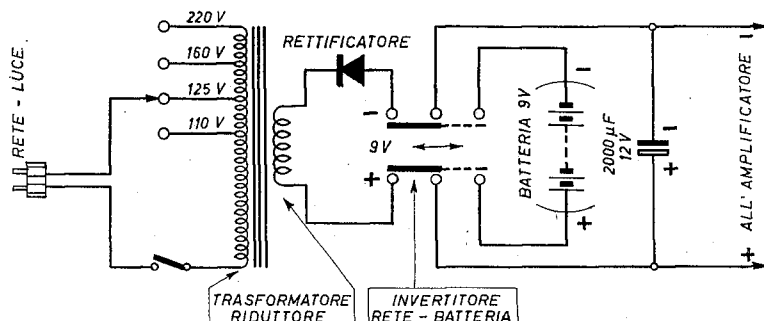


Fig. 8.33. - Alimentatore e batteria di pile.

viene perciò usato un trasformatore-riduttore. Consiste di un avvolgimento primario, con le varie prese per le diverse tensioni della rete-luce, di un nucleo di ferro laminato e di un avvolgimento secondario, a tensione più bassa, quella richiesta.

Un diodo rettificatore provvede ad eliminare una delle semi-onde della corrente in un senso solo. Alla sua uscita la tensione è ondulata, formata dalla successione delle semi-onde che hanno attraversato il diodo. Essa viene resa continua mediante un condensatore elettrolitico di capacità molto elevata. Nell'esempio è di 2000 microfarad, a 12 volt lavoro.

Un invertitore consente il passaggio dall'alimentatore alla batteria di pile. L'elettrolitico rimane inserito anche quando è collegata la batteria, in quanto consente di stabilizzarne la tensione.

La tensione ai capi del secondario del trasformatore può essere quella stessa richiesta dall'amplificatore, ossia, nell'esempio, è di 9 volt. Il rettificatore determina una riduzione di tensione, ma l'elettrolitico provvede ad elevarla.

ESEMPIO DI ALIMENTATORE DA 6 VOLT.

Un esempio di alimentatore per piccolo amplificatore funzionante con la tensione di 6 volt è quello di fig. 8.34. È adatto per il dilettante costruttore che abbia a disposizione un trasformatore di tensione prelevato da un vecchio apparecchio radio a valvole. Quel trasformatore ha due secondari, uno ad alta tensione, inservibile, l'altro a bassa tensione, a 6,3 volt, quella usata per l'accensione delle valvole.

Si possono ottenere anche 7,5 volt, qualora fosse necessario. In tal caso è sufficiente ridurre il valore della resistenza livellatrice da 390 a 180 ohm, 1 watt.

La rettificazione è ottenuta con un diodo al silicio (DS1) di tipo BA100. Consente di ricavare una corrente continua di 100 milliampere al massimo. Trattandosi di un amplificatore a 6 volt, l'intensità di corrente di 100 milliampere è generalmente adeguata. Se fosse necessaria un'intensità maggiore, il DS1 adatto sarebbe il BY100 o il BY114 o il BY126. La prima lettera indica che si tratta di diodo al silicio, la seconda indica la potenza. Con i tre diodi indicati si ottiene 1 ampere.

La livellazione è affidata ai due elettrolitici C1 e C2 da 1000 microfarad ciascuno, a 12 volt lavoro.

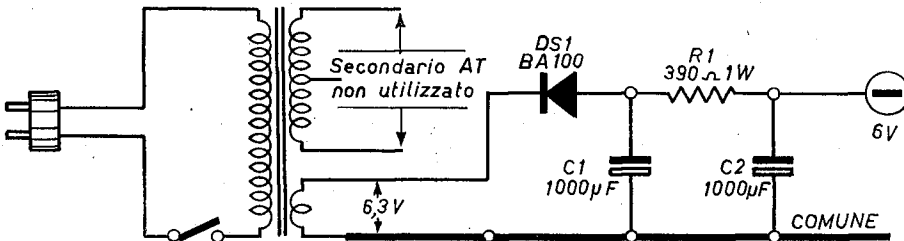


Fig. 8.34. - Esempio di alimentatore da 6 volt.

Se la polarità della tensione continua fosse positiva anziché negativa, come nell'esempio, è sufficiente invertire il diodo rettificatore. Vanno anche invertiti gli elettrolitici C1 e C2, come è evidente.

(I capi del secondario AT vanno lasciati liberi, non riuniti insieme).

ESEMPIO DI ALIMENTATORE DA 15 VOLT.

Lo schema di fig. 8.35 consente di realizzare un alimentatore bene adatto per amplificatore da 1 o 2 watt, funzionante con tensione di 15 volt. In alto è indicata la disposizione dei componenti per ottenere la tensione d'uscita a polarità positiva, e il telaio al negativo; in basso è indicata quella per ottenere la polarità inversa.

Il trasformatore di tensione ha una certa potenza, corrispondente alla tensione e all'intensità della corrente continua che l'alimentatore deve fornire. Le sue dimensioni dipendono dalla potenza. Se l'amplificatore è da 1 watt, la potenza del trasformatore è bene sia di 10 watt. Può essere un trasformatore da campanello. Se la potenza è di 2 watt, quella del trasformatore deve essere da 15 a 20 watt.

Per ottenere 15 volt, il secondario del trasformatore deve fornire 12 volt alternati. Non è necessaria una tensione superiore. Il diodo rettificatore è un BY100 o BY114 o BY126 o BY127 o altro simile.

La livellazione è ottenuta con due condensatori da 50 microfarad ciascuno, ed una resistenza di 680 ohm 1 watt. La capacità dei condensatori può venir elevata sino a 500 microfarad ciascuno.

La tensione livellata è stabilizzata con due diodi zener, ossia con due diodi stabilizzatori di tensione, posti in serie. Ciascuno è adatto per 7,5 volt. Possono venir sostituiti con un zener da 15 volt. Dei due fili terminali, il positivo è indicato con un segno colorato. I due diodi zener non sono indispensabili; sono soltanto un complemento utile.

È necessario far funzionare l'alimentatore con il proprio carico, ossia collegato all'amplificatore, diversamente la tensione d'uscita può risultare eccessiva, e danneggiare i due condensatori e i due zener. Lo si può far funzionare da solo collegando alla sua uscita una resistenza da mezzo watt, di valore elevato, ad esempio di 100 000 ohm.

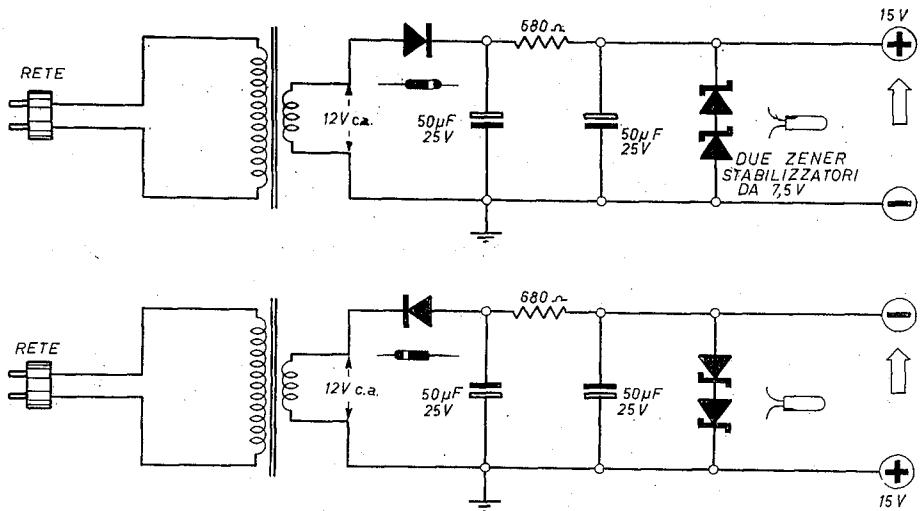


Fig. 8.35. - Alimentatore da 15 volt con tensione stabilizzata.

ALIMENTATORI CON RADDRIZZATORI A PONTE.

Il diodo rettificatore può venir utilmente sostituito con un raddrizzatore a ponte, formato da quattro diodi disposti come indica la fig. 8.36. In tal modo viene utilizzata l'intera onda di corrente alternata. I quattro diodi funzionano a due per volta. Si possono usare sia quattro diodi separati, sia un raddrizzatore unico contenente i quattro rettificatori.

Nell'esempio, l'alimentatore fornisce la tensione di 9 volt. Il secondario del trasformatore è adatto per la tensione di 12 volt; quella all'uscita del raddrizzatore è di 15 volt. 6 volt vanno perduti per il livellamento e la stabilizzazione della tensione.

È utilizzato un solo condensatore elettrolitico C1 da 500 microfarad. La stabilizzazione è ottenuta con un diodo zener da 9,1 volt (essendo questo tipo disponibile correntemente) BZY96.

Il raddrizzatore a ponte indicato è un Philips BY122. È di dimensioni molto ridotte, ed è provvisto di quattro fili terminali, due da un lato e due dall'altro lato. Due sono indicati con i segni (+) e (-); gli altri due, da collegare al secondario,

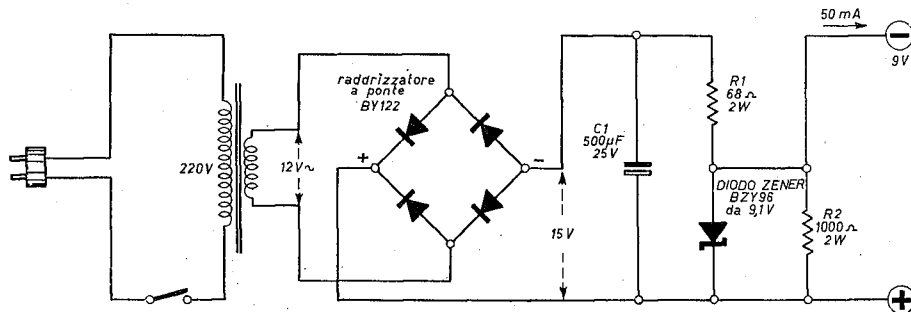


Fig. 8.36. - Alimentatore con raddrizzatore a ponte.

con una sinusoide. Un altro « rectifier stack » simile al BY122, ma di portata maggiore, sino a 1,4 ampere è il BY164.

Il trasformatore di tensione è da 15 watt.

Gli amplificatori di potenza elevata sono generalmente provvisti di alimentatore con raddrizzatore a ponte. Sono molto in uso i raddrizzatori Siemens. Per amplificatori da 4 o 5 watt è adatto il raddrizzatore B30-C300; per quelli di potenza notevole, sino a 20 watt; è adatto il B40-C2-200; per potenze maggiori, sino a 30 watt il tipo adatto è il B40-C3-200, e sino a 70 watt il B80-C3-200.

ESEMPI DI AMPLIFICATORI

Guadagno e potenza.

SEGNALE. — Nell'uso pratico, le correnti ad audiofrequenza sono indicate con il termine generico di SEGNALE, per cui il microfono, il sintonizzatore-radio, il rivelatore fonografico, la cellula fotoelettrica, la testina magnetica, ecc., sono *sorgenti di segnale*. All'entrata dell'amplificatore vi è il segnale da amplificare, detto *segnale d'entrata*; all'uscita dell'amplificatore vi è il segnale amplificato quanto occorre per far funzionare l'altoparlante: è detto *segnale d'uscita*.

POTENZA. — L'amplificatore può essere di piccola POTENZA, adatto per far funzionare un solo altoparlante di piccolo diametro, oppure di media, di grande o di grandissima potenza, adatto per far funzionare decine o centinaia di altoparlanti.

GUADAGNO E POTENZA DELL'AMPLIFICATORE. — Non vi è relazione diretta tra il guadagno e la potenza dell'amplificatore. Il guadagno che deve avere l'amplificatore dipende dal segnale alla sua entrata, il quale può essere alto se perviene da ricevitore radio o da rivelatore fonografico, oppure può essere basso o bassissimo se perviene da microfono. Il segnale proveniente da rivelatore fonografico può essere di 3 volt, quello proveniente da microfono di alta classe può essere di 3 millivolt; affinché con il microfono si ottenga la stessa resa d'uscita ottenibile con il rivelatore fonografico è necessario che il guadagno possa essere mille volte maggiore. È per questa ragione che gli amplificatori sono provvisti di due entrate: *l'entrata ad alto guadagno* per microfono, e *l'entrata a basso guadagno* per il rivelatore fonografico o il sintonizzatore radio.

A parità del segnale d'entrata, il guadagno deve essere tanto maggiore quanto maggiore è la potenza d'uscita, per il fatto che maggiore è la potenza dello stadio finale, maggiore deve essere anche la tensione del segnale alla sua entrata. Se, ad es., un amplificatore funzionante con rivelatore fonografico fornisce la resa d'uscita di 6 watt con guadagno di 200 volte, un altro amplificatore funzionante con lo stesso tipo di rivelatore fonografico, fornirà la potenza di 60 watt con guadagno di circa 500 volte.

Sono amplificatori ad altissimo guadagno quelli funzionanti con microfoni dinamici di alta classe; sono usati nelle stazioni radiofoniche e nei laboratori d'incisione fonografica. Maggiore è il guadagno dell'amplificatore più difficile è la sua costru-

zione, dato che richiede molta cura, e più difficile è anche il suo uso. Per queste ragioni, il guadagno dell'amplificatore non deve mai essere superiore a quello strettamente necessario.

POTENZA D'USCITA. — È la potenza dell'amplificatore, espressa in watt, e relativa alla tensione e alla corrente audio alla sua uscita, praticamente utilizzabile. Non è la massima potenza d'uscita; è la potenza d'uscita ottenibile senza eccessiva distorsione, in genere non superiore al 2 per cento.

POTENZA MUSICALE. — È quella potenza modulata fornita dall'amplificatore, relativa ad una riproduzione musicale, che l'orecchio percepisce come immune da qualsiasi deformazione.

POTENZA NOMINALE. — È la massima potenza utilizzabile che può venir fornita dall'amplificatore, in base alla tensione e alla corrente audio d'uscita; è la potenza ottenuta con il calcolo; è una potenza teorica. Alla potenza nominale corrisponde una percentuale di distorsione relativamente alta, ma non superiore al 5 per cento.

POTENZA DI SOVRACCARICO. — È una potenza superiore alla nominale, ottenibile con tensioni e correnti al limite delle condizioni di lavoro dei transistor finali i quali risultano, in queste condizioni, sovraccaricati. La distorsione è notevole.

POTENZA DI PICCO. — È l'estrema potenza ottenibile dall'amplificatore in qualche breve istante; è da considerarsi una potenza istantanea, corrispondente ai picchi di modulazione della tensione audio e alla capacità dei condensatori elettrolitici in funzione di condensatori-serbatoio.

ESEMPI DI POTENZE. — Un amplificatore con buona fedeltà di riproduzione dell'intera gamma audio, può consentire le seguenti potenze:

- a) potenza d'uscita normale: 20 watt,
- b) potenza nominale: 22 watt,
- c) potenza di sovraccarico: 30 watt,
- d) potenza di picco: 60 watt.

LA RISPOSTA DI FREQUENZA. — Nessun impianto audio, per quanto perfetto, riproduce uniformemente tutte le frequenze corrispondenti alle voci e ai suoni. Varie limitazioni tecniche determinano una attenuazione di certe frequenze e una esaltazione di altre, e per di più introducono distorsioni. La riproduzione elettroacustica delle voci e dei suoni può risultare più o meno simile alla loro generazione originaria, ma mai eguale.

Una data catena audio, ad es. una fonovaligia, ha una data *risposta di frequenza*, ossia un dato modo di rispondere alle varie frequenze audio, diverso da quello di altri complessi, ad es. da quello di un complesso ad alta fedeltà. In genere la risposta di frequenza di una fonovaligia è molto modesta, in quanto non « risponde » per nulla alle frequenze basse, ed esclude anche tutte le armoniche elevate dei suoni, limitandosi a riprodurre abbastanza uniformemente le frequenze centrali della gamma audio. La risposta di un complesso audio di alta classe è invece tale da consentire la uniforme riproduzione di un tratto estesissimo della gamma audio.

Potenza necessaria dell'amplificatore.

La potenza dell'amplificatore dipende da molti fattori, tra i quali in primo luogo il *volume dell'ambiente*; quello di una stanza di soggiorno può essere di $6 \times 5 \times 3,2 = 96$ metri cubi; quello di una vasta sala da ballo può essere di $20 \times 10 \times 6 = 1200$ metri cubi. Dipende inoltre dal *livello sonoro* che si vuol ottenere; in una stanza di soggiorno non è gradevole un alto livello sonoro, necessario invece in un altro ambiente. Dipende pure dal *livello di rumorosità* che si deve superare, che può essere assai diverso da un ambiente all'altro; in una sala cinematografica, durante la proiezione, il livello di rumorosità è basso, mentre è alto in una sala da ballo, ed è altissimo in una fabbrica in cui funzionino numerose macchine utensili.

Altri fattori determinanti la potenza necessaria dell'amplificatore sono: a) la riverberazione dell'ambiente; b) il rendimento degli altoparlanti; c) il genere di riproduzione sonora, essendo necessaria maggior potenza qualora non si tratti di riprodurre solo voci, ma anche musica; d) la qualità della riproduzione musicale, poiché più alta è la qualità della riproduzione, minore deve essere la potenza prelevata dall'amplificatore, dato che alla massima resa corrisponde anche la massima distorsione.

La potenza dell'amplificatore viene indicata in watt (W); può essere piccolissima, inferiore ad 1 watt, piccola da 1 a 10 watt, media da 10 a 50 watt, grande da 50 a 100 watt e grandissima da 100 a 300 watt.

La *potenza necessaria* è da 1 a 2 watt se l'amplificatore e l'altoparlante vengono fatti funzionare in una stanza; da 4 a 8 watt per una sala di soggiorno normale; da 8 a 15 watt per una sala da ballo, o un piccolo cinema; da 15 a 30 watt per un cinema di media capacità o per una chiesa; da 30 a 60 watt per un grande cinema-teatro; da 60 a 100 watt per un campo sportivo; da 100 a 300 watt per una grande piazza gremita di gente.

LA RIVERBERAZIONE. — È indicata dal *tempo di riverberazione* detto anche *tempo di rimbombo* in secondi, necessario affinché il suono venga attenuato alla milionesima parte dell'intensità iniziale. Una vasta sala da ballo vuota assorbe poco i suoni in essa prodotti, mentre una stanza con pesanti tendaggi, soffici tappeti, poltrone e mobili, assorbe il suono molto più rapidamente. Per ciascun ambiente esiste un tempo ottimo di riverberazione, indicato dalla fig. 9.1A. Qualora sia eccessivo,

come può risultare in sale cinematografiche, viene ridotto con pannelli di materiale assorbente posti lungo le pareti e sul soffitto; esso varia notevolmente con il numero delle persone presenti nell'ambiente.

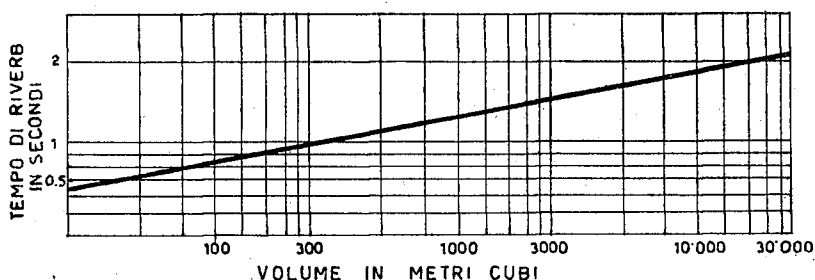


Fig. 9.1 A. - Come varia il tempo ottimo di riverberazione con il volume dell'ambiente.

RENDIMENTO DEGLI ALTOPARLANTI. — È assai basso; quello dei piccoli altoparlanti magnetodinamici è dell'ordine del 2,5%, quello degli altoparlanti di media potenza raggiunge il 5%, e quello degli altoparlanti a cono di grande potenza arriva sino al 7,5%; gli altoparlanti a tromba sono più efficienti, il loro rendimento è compreso tra il 30 ed il 40%. Così, ad es., un amplificatore di 24 watt provvisto di altoparlanti a tromba, con il 40% di rendimento, determina lo stesso livello sonoro di un amplificatore di 320 watt provvisto di comuni altoparlanti a cono diffusore, con rendimento del 3%.

POTENZA ACUSTICA NECESSARIA. — Dato che il rendimento varia molto da un tipo all'altro di altoparlante, per poter determinare approssimativamente la potenza necessaria dell'amplificatore, si suole calcolare la *potenza acustica necessaria*, esprimendola in watt. Essa tiene conto di tutti i fattori ai quali è stato accennato, meno il rendimento dell'altoparlante. Risulta dalla seguente formula pratica:

$$\text{Potenza acustica in watt} = \frac{\text{Rumorosità} \times \text{Volume in m}^3 \times \text{Musicalità}}{\text{Tempo di riverberazione in secondi} \times 1000}$$

nella quale la rumorosità è indicata con 1 per ambienti poco rumorosi, quale può essere una stanza di soggiorno, con 2 per ambienti di media rumorosità, ad es., una sala da ballo, e con 3 per ambienti molto rumorosi, ad es. una fabbrica o una stazione ferroviaria a grande traffico; nella stessa formula la musicalità è indicata con 0,5 quando si tratta di sola voce, con 1 quando si tratta di buone riproduzioni musicali e con 2 quando le stesse sono di alta classe (dischi a microsolco) o si tratti di « musica viva », come ad es. nel caso di impianto ripetitore di orchestra da un salone all'altro di un transatlantico.

POTENZA ELETTRICA DELL'AMPLIFICATORE. — Conosciuta la potenza acustica, la potenza elettrica dell'amplificatore si ottiene come segue:

$$\text{Potenza elettrica in watt} = \frac{\text{Potenza acustica in watt}}{\text{Rendimento dell'altoparlante in percento}}$$

Se, ad es., si tratta di stabilire la potenza dell'amplificatore per l'impianto sonoro in una stanza di soggiorno di $6 \times 5 \times 3,2$ metri, ossia di 96 metri cubi, con basso livello di rumorosità (= 1), tale da consentire buone riproduzioni musicali con sintonizzatore-radio e con dischi da 78,26 giri al minuto (musicalità = 1), e per la quale il tempo di riverberazione risultante dalla fig. 9.1A è di 0,75, si procede cercando anzitutto la potenza acustica necessaria, la quale risulta:

$$\text{Potenza acustica} = \frac{1 \times 96 \times 1}{0,75 \times 1000} = 96 : 750 = 0,128 \text{ watt}$$

Poiché la potenza elettrica dell'amplificatore risulta dalla potenza acustica divisa per il rendimento dell'altoparlante, supponendo che si tratti di altoparlante con rendimento del 3%, si ottiene $0,128 : 0,03 = 3,84$ watt.

Questo risultato non ha che valore indicativo; i costruttori non indicano quale sia il rendimento degli altoparlanti di loro produzione; la misura del rendimento di un altoparlante è complessa e richiede apparecchiature apposite; quindi occorre procedere per supposizioni. Inoltre, anche conoscendo esattamente il rendimento dell'altoparlante, non serve a nulla sapere che la potenza dell'amplificatore deve essere di 3,84 watt, poiché in pratica non è opportuno costituire un amplificatore della esatta potenza di 3,84 watt; nel caso di una stanza di soggiorno si utilizza un amplificatore da 4 watt.

La fig. 9.1B riporta un nomogramma con il quale è facile avere un'idea approssimativa della potenza elettrica necessaria nei casi più frequenti. Per conoscere, ad es., la potenza dell'amplificatore necessario per produrre il livello sonoro di 80 dB in ambiente di 1000 metri cubi, si cerca anzitutto l'incrocio tra le due rette corrispondenti, quindi si fa scendere da esso una verticale su una delle quattro strisce sottostanti, quelle a cui corrispondono gli altoparlanti da usare. Se gli altoparlanti sono di piccola potenza, per es. di 3 o 4 watt ciascuno, la resa d'uscita dell'amplificatore dovrà essere di 14 watt. Se invece s'intende adoperare un solo altoparlante di media potenza, sarà sufficiente un amplificatore con resa d'uscita di appena 7 watt, dato il maggior rendimento dell'altoparlante. Le due scale interposte consentono di stabilire con maggior precisione la potenza dell'altoparlante, tenendo conto della riflessione o dell'assorbimento dell'ambiente; se ad es. si tratta di ambiente a forte assorbimento sonoro, è necessario uno spostamento verso destra, quindi una maggiore potenza. Una delle scale interposte si riferisce al genere della riproduzione sonora; se, ad es., si tratta di produrre prevalentemente musica da dischi o da colonne sonore, è necessario un ulteriore spostamento verso destra, e quindi un nuovo aumento di potenza. Il livello sonoro indicato s'intende sopra quello di rumorosità.

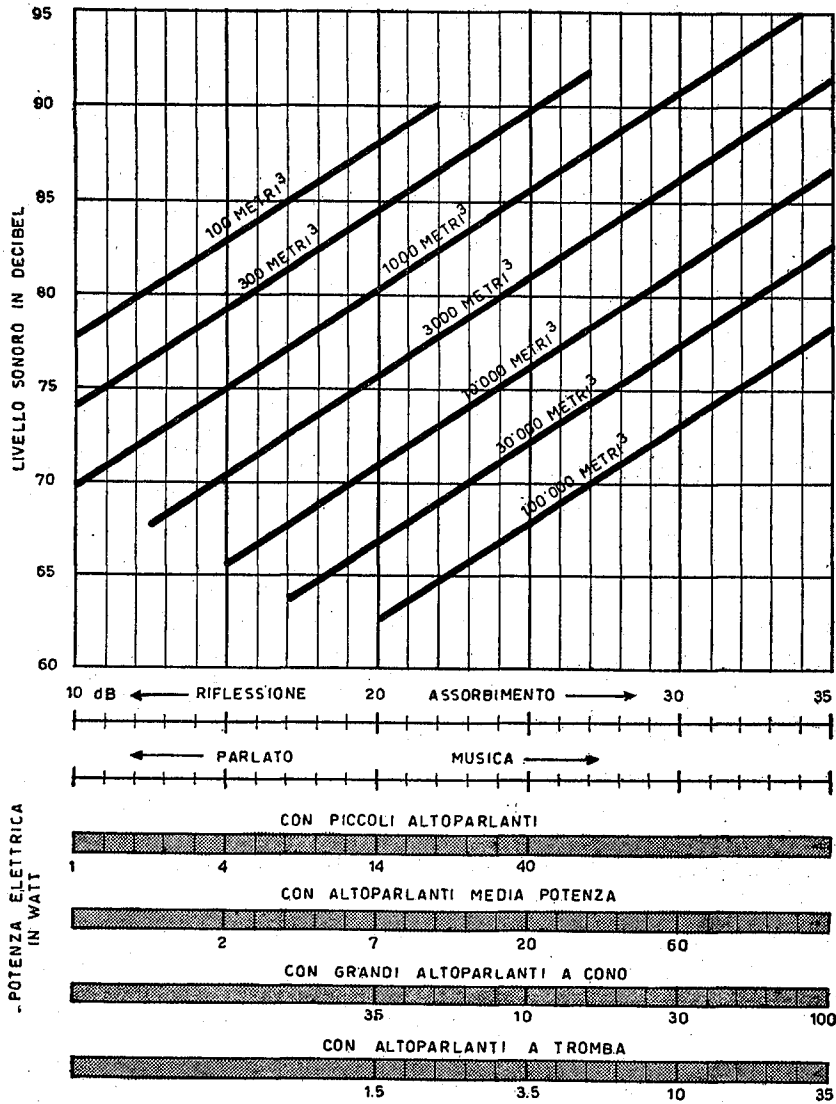


Fig. 9.1 B. - Nomogramma per stabilire la potenza dell'amplificatore.

Sulla retta corrispondente al volume va ricercato il punto relativo al livello sonoro, quindi va tirata una linea in basso, spostandola verso sinistra se l'ambiente assorbe poco il suono, od a destra se invece assorbe molto il suono; ogni trattino vale un decibel. Scendere ancora in basso e spostare a sinistra per il solo parlato ed a destra per la musica. Scendere su una delle quattro strisce sottostanti, quella a cui corrisponde l'altoparlante da usare.

Caratteristiche importanti dell'amplificatore.

DISTORSIONE. — Vi è distorsione quando la forma del segnale presente all'uscita dell'amplificatore differisce in qualche modo da quella del segnale alla sua entrata.

L'entità della distorsione presente all'uscita dell'amplificatore è determinata da:
a) la percentuale della distorsione armonica e b) la percentuale della intermodulazione.

La *distorsione armonica*, ossia la percentuale del contenuto di armoniche, si riferisce all'entità delle armoniche presenti all'uscita dell'amplificatore quando alla sua entrata sia stato applicato un tono puro, perfettamente sinusoidale, e quindi privo di armoniche. Le armoniche presenti all'uscita sono dovute al *funzionamento non lineare* di qualche parte dell'amplificatore, per es. degli stadi sovraccaricati, dello squilibrio di impedenze, ecc.

La distorsione s'intende tollerabile quando la percentuale del contenuto d'armoniche non supera il 5%; negli amplificatori ad alta fedeltà non supera lo 0,2%, a resa massima.

La *percentuale d'intermodulazione* viene misurata applicando all'entrata dell'amplificatore due toni puri sinusoidali, e controllando all'uscita l'entità delle frequenze di battimento, dovute alla somma ed alla differenza tra le due frequenze applicate all'entrata. Queste nuove frequenze si producono soltanto per effetto di non linearità presente nell'amplificatore, ossia per effetto di distorsione.

Vi è intermodulazione tollerabile quando è del 10% a pieno volume, e le frequenze applicate all'entrata sono di 40 e di 2000 c/s. Negli amplificatori di alta qualità non supera il 2%.

RONZIO. — Si suol dire che il *livello di ronzio* è di un certo numero di decibel sotto l'uscita normale, per es. — 60 decibel sotto la massima potenza d'uscita. A volte, il livello di ronzio viene riferito ad una data potenza minima, per es. rispetto ad 1 milliwatt. In questo caso il numero dei decibel risulta minore, per es. può essere di — 40 decibel sotto 1 milliwatt. Un altro modo per indicare il livello rumore è quello di indicare il rapporto tra la tensione rumore e la tensione massima del segnale, all'uscita dell'amplificatore. Il rapporto di 1/2500 è considerato soddisfacente.

GAMMA DI FREQUENZE. — La potenza d'uscita dell'amplificatore non si mantiene costante a tutte le frequenze, decresce a ciascuno dei due estremi, in corrispondenza delle frequenze più basse e di quelle più alte. È detta *frequenza di taglio* quella alla quale la potenza d'uscita scende a 0 decibel. Per *risposta lineare* s'intende quel tratto della gamma di frequenze nel quale il livello sonoro si mantiene praticamente costante, tale cioè da non subire variazioni superiori ad un decibel sopra o sotto, ossia ± 1 dB. L'amplificatore d'alta classe conserva il proprio guadagno, con uno scarto di ± 1 decibel, nella gamma da 80 a 8000 cicli/secondo; si possono costruire amplificatori con guadagno tale da subire uno scarto massimo di ± 1 decibel

entro la gamma da 20 a 20 000 cicli/secondo. Quanto sopra, con bassa distorsione e basso livello rumore. Sono in uso amplificatori con risposta sino ad 80 000 cicli/secondo, benché l'orecchio possa percepire frequenze poco oltre i 15 000 c/s, allo scopo di poter disporre di una risposta effettivamente lineare anche ai livelli sonori più alti. Si tratta di *amplificatori musicali*, usati in particolari circostanze.

Avvertenze per la costruzione di amplificatori ad audio frequenza.

MONTAGGIO DEI COMPONENTI. — Soltanto se l'amplificatore è di minima potenza, ad es. 300 milliwatt, e vien fatto funzionare con una batteria di pile, risulta di facile costruzione, ed è adatto anche per principianti. In tal caso non vi sono particolari cautele da dover tener presente, ad eccezione della polarità della batteria e di quella dei condensatori elettrolitici.

I componenti di entrata vanno sistemati da un lato, quelli di uscita al lato opposto. Il segnale amplificato deve passare da una parte all'altra dell'apparecchia-

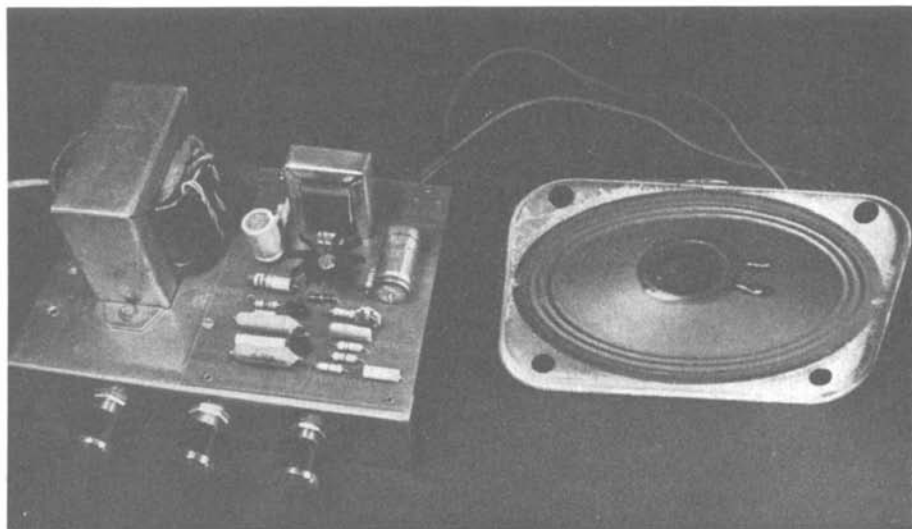


Fig. 9.2 A. - Esempio di amplificatore audio su telaio metallico e pannello isolante.

tura, dalla sua entrata alla sua uscita, senza determinare interferenze, a causa della eccessiva vicinanza di collegamenti.

I conduttori che partono dalla sorgente di segnale (ad es. dal fonorivelatore piezoelettrico) possono facilmente captare per induzione una parte del segnale retrocesso, determinando instabilità di funzionamento dell'amplificatore. È necessario che tali conduttori siano contenuti entro una calza metallica collegata a massa. La

captazione del segnale amplificato da parte della calza metallica non causa alcun danno, purché essa sia collegata a massa, ossia al ritorno comune ad uno dei poli della batteria. Non si può usare un cavetto schermato molto lungo, poiché una parte del segnale, fugge a massa, attraverso la calza metallica.

Il montaggio dei componenti va effettuato su una piastrina isolante, provvista di file di fori, ossia preforata, a meno che non si possano praticare i fori senza difficoltà. I componenti vanno sistemati sopra la piastrina, le connessioni vanno fatte sotto di essa.

Per fissare i terminali dei componenti sono molto utili dei punti di ancoraggio. Consistono in una linguetta metallica trattenuta da una vite con dado, o da un rivetto, utilizzando uno dei fori.

Se i componenti sono piuttosto numerosi, ed una parte di essi risulta opportuno sistemare sotto la piastrina, va usata una basetta di ancoraggio, ossia una strisciolina di materiale isolante con un certo numero di linguette, alle quali fissare e poi saldare i terminali. Questi ultimi vanno lasciati piuttosto lunghi, in modo da evitare di avvicinare troppo la punta del saldatore ai componenti stessi, particolarmente se si tratta di transistor.

CAUTELE PER EVITARE IL RONZIO. — La costruzione di amplificatori provvisti di alimentatore collegato alla rete-luce, riesce invece difficile per i principianti. I componenti non sono molto più numerosi, ed il trasformatore di tensione non costituisce un ostacolo; è la possibilità che l'amplificatore abbia a ronzare, e che il ronzio sia forte e difficilmente eliminabile, che occorre tener presente.

Il ronzio forte e cupo è quasi inevitabile se il montaggio viene effettuato da un principiante. L'esperto tiene ben presente che il trasformatore, il cordone di alimentazione ed alcuni collegamenti diffondono un campo magnetico dovuto alla corrente alternata, quindi provvede con la massima cura che esso non abbia a raggiungere i collegamenti e i componenti di entrata. Il principiante non si rende conto di questa necessità.

Il potenziometro del controllo di volume costituisce una delle più frequenti cause di ronzio. La sua custodia metallica si trova immersa nel campo magnetico. Occorre collegarla a massa. È sempre opportuno, quando possibile, sistemare i controlli di volume e quelli di tonalità sopra un pannello metallico, in modo che le custodie risultino collegate elettricamente tra di esse.

Il pannello metallico non deve rimanere isolato, poiché diffonderebbe la tensione di ronzio; deve venir collegato alla massa dell'apparecchiatura, ossia al ritorno comune alla batteria, o all'alimentatore.

I potenziometri sistemati sul pannello metallico vanno collegati con apposito cavetto schermato a tre fili, la calza del quale va saldata da un lato alla massa dell'amplificatore, e dall'altro alla custodia metallica di ciascun potenziometro.

Se possibile, è molto opportuno schermare tutta l'apparecchiatura amplificatrice da quella alimentatrice, mediante una sottile lastra di alluminio, convenientemente piegata.

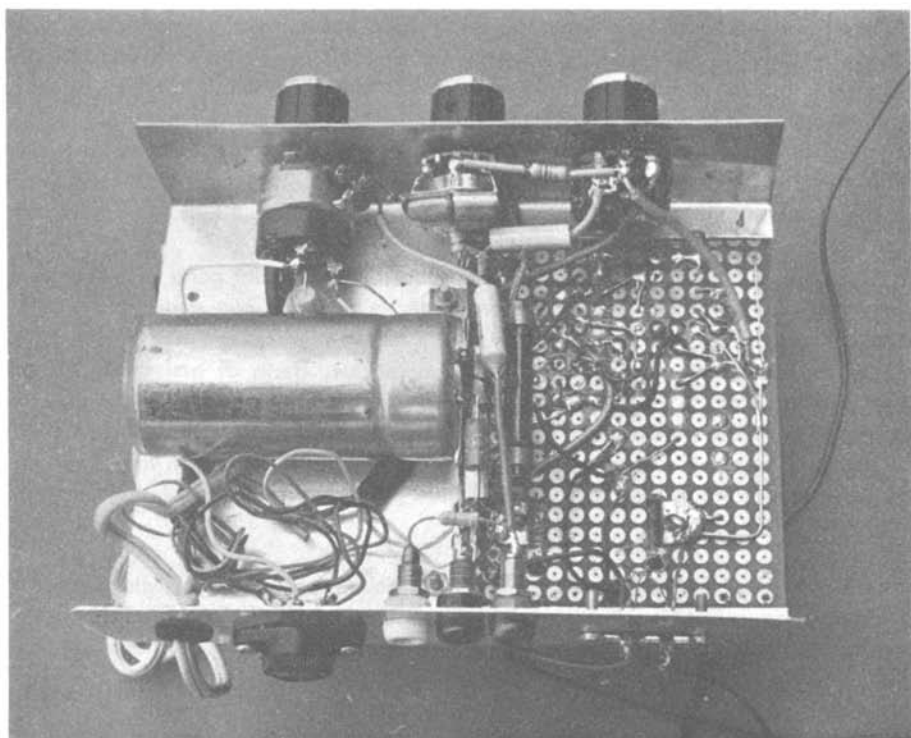


Fig. 9.2 B. - Vista sotto il telaio.

È evidente la necessità di collocare l'alimentatore quanto più possibile lontano dall'entrata dell'amplificatore, e di schermare anche gli eventuali attenuatori ed equalizzatori.

Se si tratta di amplificatore a molti transistor, adatto per funzionare con microfono o fonorivelatore magnetico, la difficoltà della schermatura dei vari stadi aumenta molto, tanto da rendere praticamente impossibile la costruzione da parte di dilettanti. È questa una delle ragioni per le quali è bene escludere la costruzione di complessi ad alta fedeltà, da parte di persone sprovviste di adeguata perizia tecnica.

Qualora l'amplificatore sia modesto, e siano stati presi tutti gli accorgimenti per evitare il ronzio, se il ronzio è egualmente presente, occorre stabilire se viene captato dalla sua entrata. Essa va collegata a massa. In tal modo, se il ronzio scompare, è dovuto a captazione da parte dell'entrata. Occorre migliorare la schermatura. Se si manifesta, può essere causato dall'ondulazione della tensione di alimentazione, da un elettrolitico non bene in contatto con la massa; o da altre cause simili.

Un altro inconveniente è quello della presenza di sibili e fischi, conseguenti all'instabilità di uno stadio o dell'intero amplificatore. Sono causati da eccessive

retrocezioni del segnale d'uscita, fortemente amplificato, all'entrata. Possono determinarsi anche tramite la linea di alimentazione. È opportuno che essa sia collegata a massa da uno o più condensatori elettrolitici di elevata capacità. Le reti di controreazione possono determinare instabilità di funzionamento, in quanto fanno retrocedere il segnale. È necessario che la retrocezione avvenga entro i limiti richiesti. A volte è sufficiente aggiungere un condensatore di piccola capacità, 100 o 200 pF, tra qualche capo della linea di alimentazione e massa, ed a volte è utile sistemarlo in parallelo ad un elettrolitico.

DIFFICOLTÀ COSTRUTTIVE. — Gli amplificatori di piccola potenza, sino ad 1 watt o ad 1,5 watt, possono venir costruiti da tutti, anche dai principianti. È necessario che lo schema elettrico da utilizzare sia semplice, senza complessi circuiti di controreazione, e che il costruttore si renda ben conto del funzionamento di ogni singolo stadio e di ogni componente. Per le prime prove è opportuno utilizzare materiale surplus. L'altoparlante deve essere adatto all'amplificatore, di piccola potenza, un po' superiore a quella dell'amplificatore.

La costruzione di amplificatori di media potenza va riservata a dilettanti competenti, e a tecnici specializzati, in quanto richiede particolari accorgimenti.

La costruzione di amplificatori di grande potenza, da 20 watt o più, va riservata ai Costruttori. Far funzionare bene un amplificatore di grande potenza richiede esperienza, diversamente i risultati risultano del tutto insufficienti. I principianti non devono in nessun caso tentare l'installazione di tali amplificatori. Oltre a notevole perizia tecnica è necessario avere a disposizione tutti gli strumenti adeguati e la capacità di utilizzarli.

L'invito a costruire amplificatori di grande potenza rivolto ai principianti, o anche ai tecnici esperti, costituisce quasi sempre un tentativo per smerciare materiale scadente.

Principio del controllo di tono.

Il controllo di tono consente di adeguare la gamma delle audiofrequenze riprodotte dall'altoparlante al genere del programma (parlato, musica leggera, mu-

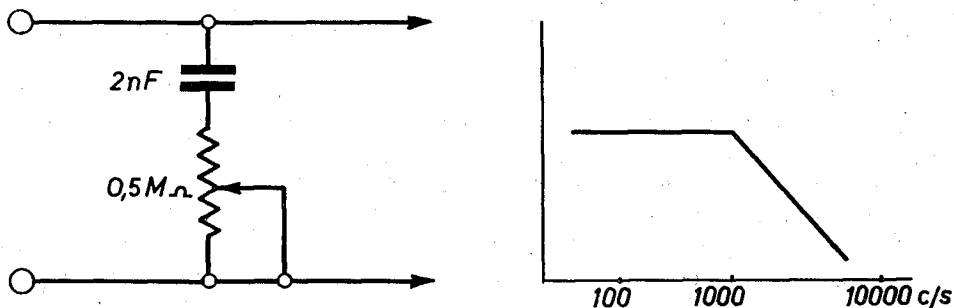


Fig. 9.3. - Esempio di controllo di tono.

sica sinfonica, ecc.) ed alle esigenze dell'ascoltatore. Consiste di una resistenza variabile in serie con un condensatore fisso, come nell'esempio di fig. 9.3.

L'azione del controllo di tono è dovuta alla diversa resistenza che i condensatori presentano alle audiofrequenze, e che vien detta *reattanza capacitiva*. Per una data capacità, tale resistenza aumenta con il diminuire della frequenza, ossia la reattanza capacitiva è inversamente proporzionale alla frequenza.

Se il condensatore è di 2000 picofarad (2nF), la sua reattanza capacitiva alle varie frequenze risulta la seguente:

a	50 cicli	. . . . .	1 592 350 ohm
a	100 cicli	. . . . .	796 100 ohm
a	500 cicli	. . . . .	159 300 ohm
a	1000 cicli	. . . . .	79 100 ohm
a	5000 cicli	. . . . .	15 920 ohm
a	10 000 cicli	. . . . .	7960 ohm

Se la capacità è 10 volte minore, ossia è di 200 picofarad, la reattanza capacitiva è 10 volte maggiore, per cui a 50 cicli è di 15 923 500 ohm, a 100 cicli è di 7 961 000 ohm, a 500 cicli è di 1 593 000 ohm e così di seguito.

Supponendo che il segnale audio consista di due sole frequenze, quella di 50 cicli e quella di 5000 cicli, se il condensatore è di 2000 picofarad, esso viene diviso; la frequenza di 50 cicli non lo attraversa, dato che incontra una resistenza elevatissima, di 1 592 350 ohm, mentre lo attraversa invece la frequenza di 5000 cicli, alla quale in condensatore oppone una resistenza di appena 15 920 ohm.

Il controllo di tono non fa altro che eliminare le frequenze elevate, dando in tal modo risalto a quelle basse. L'eliminazione dipende dalla resistenza in serie.

Se, come nell'esempio di fig. 9.3, il valore complessivo della resistenza è di 0,5 megaohm, esso si somma con quello della reattanza del condensatore. Essendo la resistenza variabile, varia anche l'ampiezza del segnale che attraversa il controllo e che viene eliminato. Quando la resistenza è del tutto disinserita, ossia quando il cursore è dal lato del condensatore, l'azione del controllo è massima; mentre è minima nella posizione opposta.

A lato della figura è accennato alla soppressione di frequenze determinata da un controllo di tono di questo tipo. Esso risulta efficiente a circa 1000 cicli. A frequenze più basse, la reattanza del condensatore risulta elevata. Se al posto di un condensatore di 2000 pF viene collocato uno di 20 000 picofarad, l'azione del controllo viene spostata verso le frequenze basse.

La fig. 9.4 illustra un esempio pratico di controllo di tono posto all'entrata di un amplificatore. Il condensatore è di 22 nanofarad, e la resistenza variabile di 0,5 megaohm. L'andamento della variazione è lineare. È possibile utilizzare anche resi-

stENZE a variazione logaritmica. La resistenza fissa di 82 chilohm ha lo scopo di impedire una soppressione troppo accentuata delle frequenze elevate.

I controlli di tono del tipo indicato sono adatti solo per piccoli amplificatori (giradischi, registratori magnetici a cassetta, ecc.). Per i preamplificatori sono invece adatti due controlli di tonalità, uno per i toni bassi ed un altro per quelli alti.

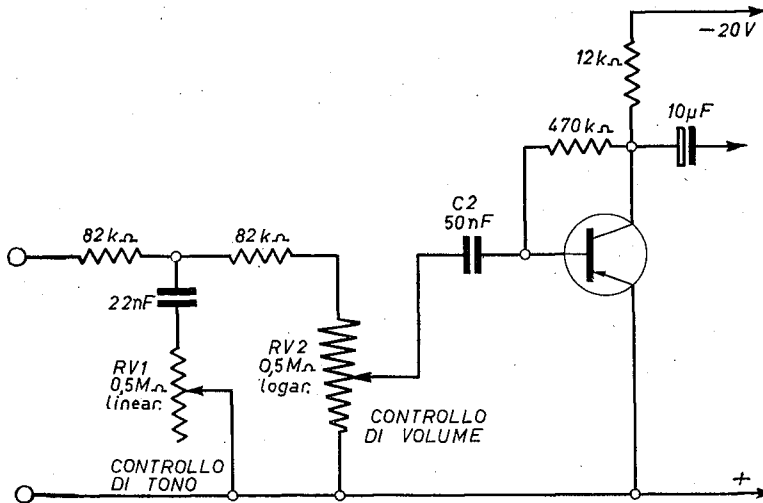


Fig. 9.4. - Controlli di volume e di tono all'entrata dell'amplificatore.

Principio dei controlli di tonalità.

Sono detti anche controlli di responso di tipo passivo, in quanto si basano sulla riduzione di tutta la parte centrale del segnale audio, in modo da poter ottenere un rinforzo dei toni alti e di quelli bassi, rispetto alle frequenze centrali. Il segnale audio risulta attenuato a circa la metà; è un inconveniente che non ha importanza, essendo possibile provvedere ad una successiva amplificazione con un transistor in più.

Il principio dei controlli di tonalità è molto diverso da quello del controllo di tono, poiché con essi si ottiene effettivamente un rinforzo delle frequenze estreme, quelle alte e quelle basse, ed un'attenuazione tanto delle frequenze alte quanto di quelle basse, sempre in rapporto alla banda delle frequenze centrali.

La fig. 9.5 illustra tale principio. In A è indicata quella che può essere la curva di risposta alle varie frequenze di un amplificatore. Le frequenze della banda centrale vengono amplificate uniformemente, mentre quelle ai due estremi vengono amplificate meno. Le molto basse e le molto alte non vengono amplificate per nulla, quindi sono assenti.

In B della stessa figura è indicato ciò che avviene per effetto dei due controlli di tonalità. Il tratto pieno si riferisce all'amplificazione di tutta la gamma di frequenze,

dalle più basse alle più alte. È quanto avviene quando i due controlli sono posti in posizione centrale, ossia con il cursore di ciascuna delle due resistenze a metà corsa. L'amplificazione risulta notevolmente ridotta.

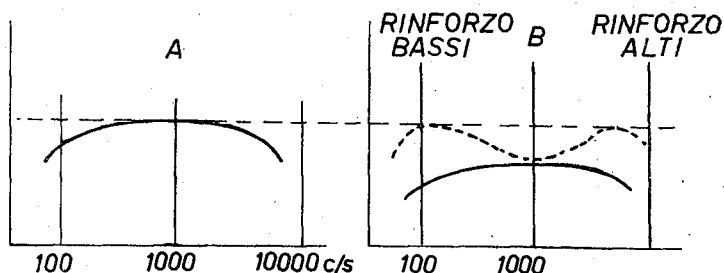


Fig. 9.5. - Principio dei controlli di tonalità.

Regolando i due controlli al massimo, tanto i toni bassi quanto quelli alti superano quelli della banda centrale; la curva corrispondente, tratteggiata, mostra due « gobbe ».

ESEMPIO DI CONTROLLI BASSI E ALTI, DI TIPO PASSIVO.

La fig. 9.6 riporta lo schema dei due controlli di tonalità, dei toni bassi e dei toni alti, nonché del controllo di volume. Questo schema è generalmente utilizzato in quasi tutti i complessi ad alta fedeltà.

Il controllo toni alti è costituito da una resistenza variabile logarithmica con in serie due condensatori fissi, uno per ciascun lato.

Il controllo toni bassi è formato da una resistenza variabile logarithmica con in parallelo due condensatori, e in serie due resistenze.

Per effetto di tale disposizione, il controllo toni alti agisce soltanto sulle frequenze alte, come controllo di volume; e il controllo toni bassi agisce soltanto sulle frequenze basse, nello stesso modo.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI ALTI.

Il controllo toni alti consiste della resistenza variabile di 2 megaohm, in serie con un condensatore di 33 pF da un lato, e di un condensatore di 660 pF dall'altro. Esso funziona soltanto in presenza delle frequenze alte della gamma; per le frequenze basse è praticamente inesistente.

Infatti, alla frequenza di 100 c/s, la reattanza del condensatore di 33 pF è di circa 50 megaohm, mentre quella del condensatore di 660 pF è di circa 2,5 megaohm. Posto tra due resistenze di valore così elevato, il controllo non risulta efficiente. Consente una minima variazione, ma essa è praticamente trascurabile.

Alla frequenza di centrobanda, di 1000 c/s, il controllo si trova tra una resistenza di 5 megaohm da un lato, e una di 0,25 megaohm dall'altro lato. Essendo il valore del controllo di 2 megaohm, esso consente una modesta regolazione.

L'azione del controllo risulta ottima, pienamente efficiente alle frequenze più alte. Infatti, a 10 000 c/s le reattanze dei due condensatori fissi risultano di 0,5 megaohm da un lato e di 0,025 megaohm dall'altro lato. Essendo il controllo di 2 megaohm, esso agisce esattamente come un controllo di volume, poiché la maggior parte della tensione a 10 000 c/s è presente ai suoi capi.

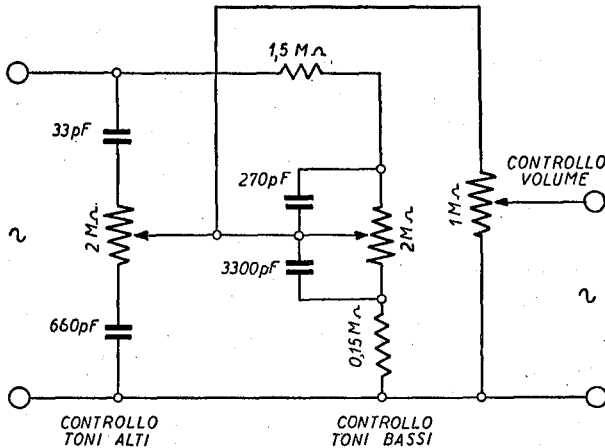


Fig. 9.6. - Schema di controlli di responso.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI BASSI.

Il controllo toni bassi di fig. 9.6 consiste di una resistenza variabile di 2 megaohm, in parallelo con due condensatori fissi, uno di 270 pF, dal lato alto, e l'altro di 3300 pF, dal lato basso.

Data la presenza di questi due condensatori, il controllo risulta paralizzato alle frequenze alte, ed efficace solo a quelle basse. Infatti, alle frequenze alte, il controllo risulta praticamente in cortocircuito. Alla frequenza di 10 000 c/s, la reattanza del condensatore di 270 pF è di circa 60 mila ohm, mentre quella del condensatore di 3300 pF è di circa 4 mila ohm. Essendo il controllo di 2 megaohm, il suo valore risulta ridotto fortemente, per la presenza delle due reattanze in parallelo; si comporta all'incirca come se il suo valore fosse di 50 mila ohm.

Tale controllo di 50 mila ohm si trova in serie con una resistenza di 1,5 megaohm da un lato, e con una resistenza di 0,15 megaohm dall'altro. La tensione a 10 mila c/s è presente ai capi delle tre resistenze in serie; ai capi del controllo di 50 mila ohm essa è ridottissima, quindi il controllo è inefficiente.

Al lato opposto della gamma, ossia a 100 c/s, avviene l'inverso. La reattanza del condensatore di 270 pF risulta di circa 6 megaohm, e quella del condensatore di 3300 pF di circa 0,4 megaohm. Il controllo si comporta come se avesse una resistenza di circa 1,5 megaohm. Poiché si trova tra una resistenza fissa di 1,5 megaohm e l'altra di 0,15 megaohm, quasi metà della tensione a 100 c/s è presente ai suoi capi, quindi esso consente un'ampia regolazione.

L'ampiezza della regolazione, ossia la dinamica del controllo, dipende dai valori delle due resistenze fisse e dei due condensatori fissi. Con valori come quelli indicati, si ottiene una regolazione fortemente accentuata verso le frequenze più basse, sotto i 500 c/s. Elevando i valori dei due condensatori fissi, rispettivamente a 2000 ed a 20 000 pF, ad esempio, il controllo risulta efficiente anche alle frequenze meno basse, dai 1000 c/s in giù. In questo caso però l'azione è meno « ripida ».

S'intende che il valore dei condensatori e delle resistenze fisse dipende anche da quello del controllo. In genere si utilizzano controlli di 1 megaohm o di 2 megaohm.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Quando sono usati i controlli di responso di tipo passivo, il controllo di volume viene collegato come indica la stessa fig. 9.6. La resistenza del controllo di volume si trova, in tal caso tra i due cursori dei controlli di tonalità e massa.

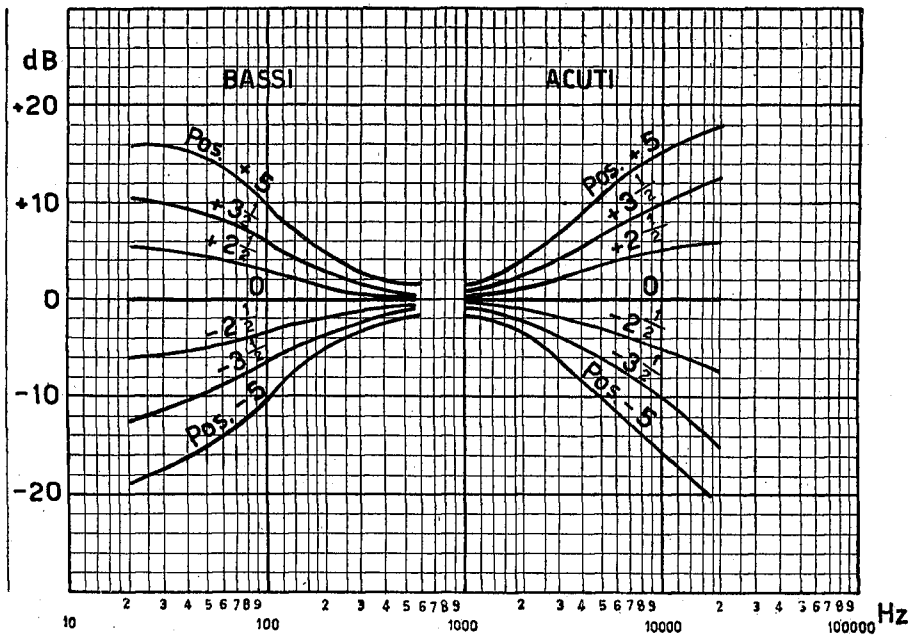


Fig. 9.7. - Curve di responso dei due controlli.

CURVA DI RISPONSO DEI CONTROLLI TONI BASSI E ALTI.

La fig. 9.7 illustra le curve di responso dei controlli toni bassi e toni alti, di tipo passivo, di un complesso ad alta fedeltà, rispetto alle frequenze centrali, comprese tra 500 e 1000 c/s.

Le curve indicano quale sia il rinforzo e quale sia l'attenuazione alle varie frequenze, determinata dai due controlli. Come si può notare, l'azione dei due controlli risulta efficace nei tratti da 20 a 300 cicli/secondo da un lato; e da 2000 a 20 000 cicli/secondo dall'altro lato. Gli effetti massimi si ottengono solo agli estremi.

Le curve indicate a sinistra si riferiscono a sette diverse posizioni della manopola del controllo toni bassi. Quelle indicate a destra si riferiscono ad altrettante posizioni della manopola del controllo toni alti.

Esempio pratico di controlli di tonalità.

La fig. 9.8 riporta lo schema dell'insieme dei due controlli di tonalità, mentre la fig. 9.9 indica la posizione dei due controlli nello schema di un preamplificatore.

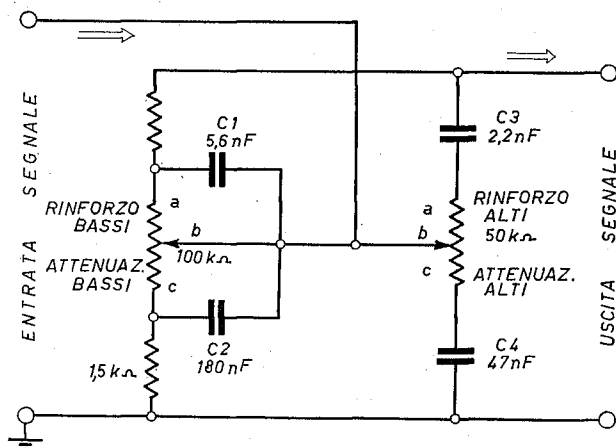


Fig. 9.8. - Controlli di tonalità di tipo passivo. (Il valore della resistenza mancante è di 47 kilohm).

Si può notare che mentre nell'esempio precedente il segnale all'uscita è prelevato dai cursori delle due resistenze, in questo esempio avviene l'opposto. È il segnale d'entrata che viene applicato ai due cursori.

I valori delle due resistenze variabili sono molto più bassi di quelli dell'esempio di fig. 9.6, infatti la resistenza variabile per i toni alti è di 50 kilohm, e quella dei toni bassi è di 100 kilohm. Questo avviene poiché sono utilizzate capacità più elevate, quindi tali da avere una reattanza più bassa.

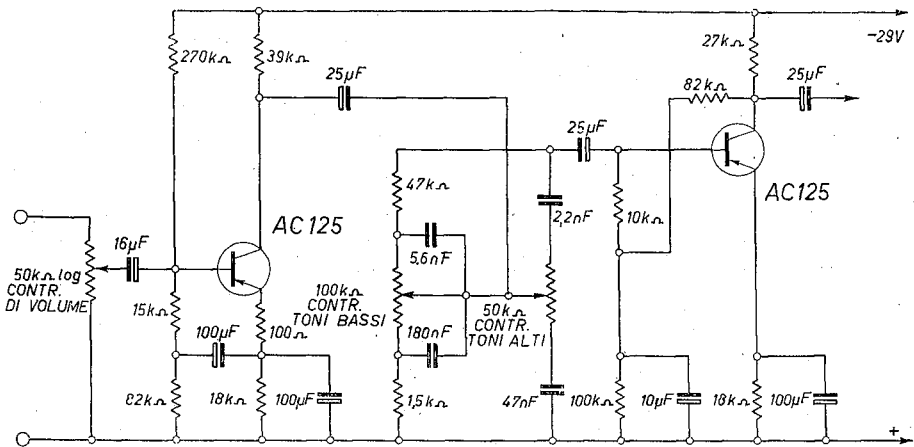


Fig. 9.9. - Controlli di tonalità tra il primo e il secondo transistor.

Il principio dei due controlli è lo stesso. Quando sono in posizione centrale, come indicato dalle figure, il segnale audio fornito dal primo transistor AC125 risulta ridotto a circa la metà, su tutte le frequenze, in quanto si disperde a massa tramite i condensatori e le resistenze.

Quale sia l'azione dei due controlli sulle frequenze estreme, è indicato dalle curve di fig. 9.10.

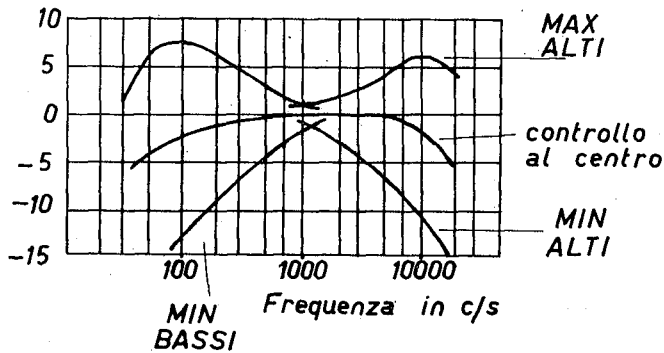


Fig. 9.10. - Curve dei controlli di fig. 9.9.

Controlli di tonalità in controreazione.

I controlli di tonalità descritti, di tipo passivo, determinano una parziale soppressione di tutto il segnale audio, sono perciò collegati alla massa dell'apparecchio. Un risultato migliore si ottiene riducendo invece il guadagno dello stadio, alle varie

frequenze. Questo secondo risultato è ottenuto con la controeazione, ossia con una rete di controeazione comprendente i due controlli di tonalità.

Come è noto, la controeazione si basa sul fatto che il segnale all'uscita del transistor amplificatore è in opposizione di fase rispetto a quello all'entrata. I due segnali sono, in altri termini, di 180° fuori fase. La controeazione consiste nel far retrocedere una parte del segnale dall'uscita all'entrata.

Essendo in opposizione di fase, la sovrapposizione dei due segnali determina una riduzione di ampiezza del segnale all'entrata, ma applica anche al segnale di entrata una distorsione in senso inverso, tale da compensare quella del transistor. Il segnale all'entrata risulta in tal modo distorto in senso opposto alla distorsione prodotta dal transistor, ed in tal modo la compensa.

La controeazione viene utilizzata quasi esclusivamente a tale scopo, quello cioè di ottenere amplificazioni meno distorte, più fedeli, pur utilizzando complessi di amplificazione che producono distorsioni anche notevoli.

Ha due inconvenienti: quello di ridurre notevolmente il guadagno del transistor al quale è applicata, e quello di renderne instabile il funzionamento. Il primo inconveniente è inevitabile con l'impiego dei controlli di tonalità, e viene eliminato con un transistor in più; il secondo inconveniente può venir evitato con alcune cautele.

La fig. 9.11 illustra i due controlli di tonalità inseriti in una rete di controeazione posta tra il collettore e la base del secondo transistor AC125. I due controlli non sono collegati alla base, come invece nell'esempio precedente. Il segnale audio amplificato viene retrocesso direttamente dal collettore del secondo transistor, senza un condensatore di elevata capacità, poiché la tensione continua di collettore è isolata dalla tensione di base tramite un condensatore elettrolitico di 4 microfarad, e quella di collettore del primo transistor è isolata con un altro condensatore della stessa capacità.

Si può notare che il condensatore C4 di 100 picofarad è collegato direttamente tra il collettore e la base del secondo transistor. Se fosse soltanto quel condensatore a retrocedere il segnale, la controeazione verrebbe limitata alle sole frequenze molto elevate, oltre i 5000 cicli. Infatti, la reattanza capacitiva è di 1,6 megaohm alla frequenza di 1000 cicli, e di 0,32 megaohm a quella di 5000 cicli. Questi valori ohmici sono troppo elevati per consentire la retrocessione di un segnale di ampiezza sufficiente. Il condensatore di 100 picofarad ha perciò il compito di eliminare le frequenze troppo alte, corrispondenti a fruscii e simili.

I due controlli potrebbero essere simili a quelli di tipo passivo, salvo i diversi valori dei componenti. Nell'esempio, invece, il controllo dei toni alti, ossia dei toni acuti (*treble control*) comprende due resistenze al posto di due condensatori in serie a ciascun lato della resistenza variabile RV2. Le resistenze fisse in serie sono: R3 e R4 ambedue di 4,7 chiloohm.

Al posto dei due condensatori ve ne è uno solo, C3 di 1,5 nanofarad. Il risultato non varia. Quando il cursore della resistenza variabile RV2 è in alto, verso R3, si ottiene la massima retrocessione delle frequenze elevate, e quindi la massima attenuazione di tali frequenze nel segnale audio all'entrata. Viceversa, quando il

cursore di RV2 è dal lato di R4, si ottiene la minima retrocessione di quelle frequenze, in quanto in serie al condensatore C3 vi è la resistenza di 200 chiloohm.

Le tre resistenze del controllo dei bassi (bass control) hanno lo stesso valore di quelle del controllo degli alti; RV1 è di 200 chiloohm, come RV2, ed R1 e R2 sono di 4,7 chiloohm, come R3 e R4.

I due condensatori in parallelo con RV1 sono ambedue di 0,1 microfarad. La loro azione è quella già descritta.

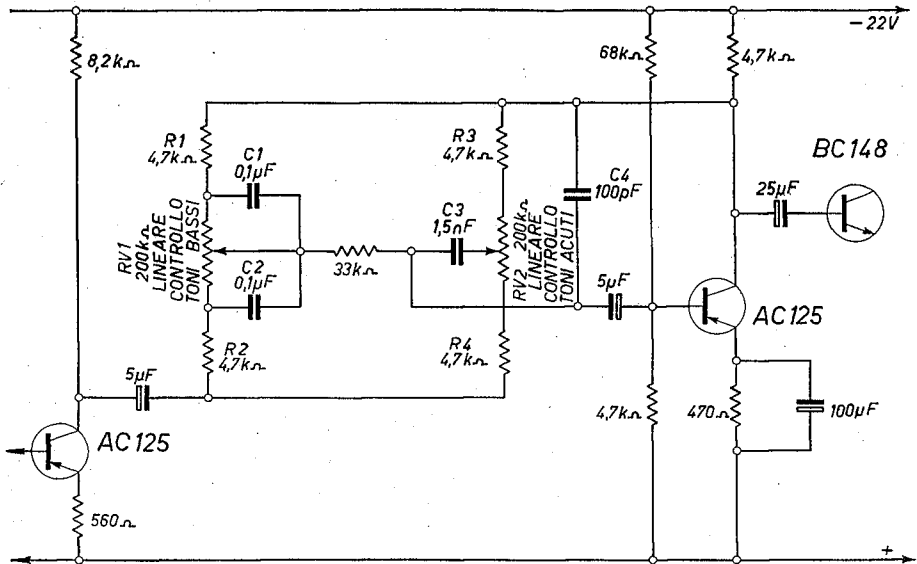


Fig. 9.11. - Controlli di tonalità in controreazione.

All'entrata del secondo transistor vi è un partitore di tensione; consente di applicare la corretta tensione di base al transistor.

La fig. 9.12 riporta lo schema di un amplificatore da 8 watt, utilizzando i due controlli indicati. Essi si trovano tra il secondo e il terzo transistor. L'amplificatore è stato progettato dalla Philips.

La fig. 9.13 mostra quali siano le curve di responso ottenibili con i due controlli. Al centro è tracciata quella corrispondente all'assenza dell'intervento dei due controlli, quando il loro cursore è al centro. In tal caso, l'amplificazione è uniforme a tutte le frequenze, dalla più bassa, quella di 30 cicli, sino alla più alta, quella di 10 000 cicli.

Sopra di essa è tracciata la curva di responso dell'amplificatore quando i controlli determinano il massimo rinforzo dei toni alti nonché di quelli bassi.

Sotto la curva centrale è tracciata quella corrispondente alla massima attenuazione dei toni alti e alla massima attenuazione di quelli bassi.

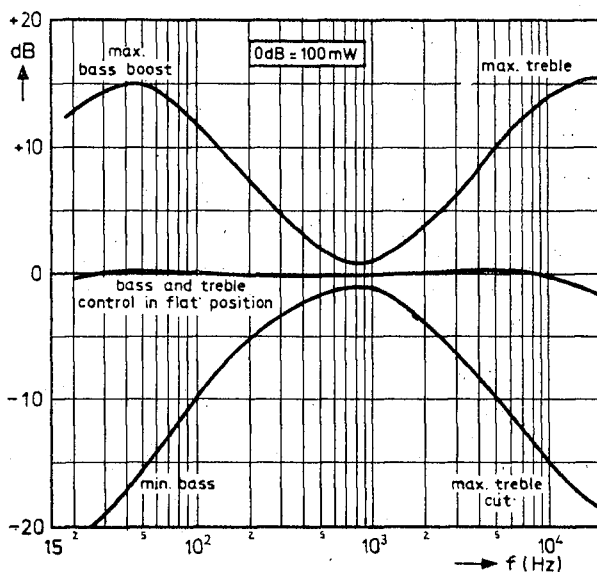


Fig. 9.13. - Curve dei controlli di fig. 9.11.

Attenuatori d'ingresso.

L'ampiezza del segnale audio, da applicare all'entrata dell'amplificatore, può risultare di ampiezza molto diversa, a seconda della sorgente sonora da cui proviene. Un fonorivelatore piezoelettrico fornisce, in genere, segnali molto ampi, di 500 millivolt, in media, mentre un fonorivelatore magnetico può fornire soltanto segnali molto deboli, di 5 millivolt. Un sintonizzatore radio può dare un segnale addirittura di qualche volt.

Se l'amplificatore è provvisto di più stadi, e consente un'elevata amplificazione del segnale audio d'entrata, è necessario prevedere la possibilità di farlo funzionare con le diverse sorgenti di segnale. Vi sono due possibili soluzioni. Utilizzare tutti gli stadi di amplificazione, per qualsiasi sorgente, oppure togliere o aggiungere uno o più stadi d'entrata, a seconda dell'ampiezza del segnale audio.

Nel primo caso si utilizzano attenuatori per ridurre i segnali audio di ampiezza elevata, affinché non abbiano a sovraccaricare gli stadi d'entrata. Nel secondo caso si provvede a distribuire gli ingressi in modo adeguato, tale cioè che i segnali audio deboli abbiano a venir amplificati da tutti i transistor disponibili, e quelli forti soltanto da una parte di essi.

Il problema degli attenuatori o della distribuzione degli ingressi riguarda soltanto gli amplificatori di classe, in genere quelli ad alta fedeltà, con numerosi transistor. Non vi è questo problema per i piccoli amplificatori, di tipo economico, ad esempio quelli da un watt, con quattro transistor, due dei quali nello stadio finale.

Essi non possono funzionare con fonorivelatori o microfoni magnetici. Funzionano solo con fonorivelatori piezoelettrici o ceramici, e con sintonizzatori radio, ossia solo con segnali audio molto forti, alla loro entrata.

L'ampiezza in millivolt del segnale audio fornito dalle varie sorgenti è generalmente compresa tra questi due limiti:

- A) Fonorivelatori piezoelettrici da 150 a 1000 mV
- B) Fonorivelatori ceramici da 100 a 300 mV
- C) Fonorivelatori magnetici da 3 a 100 mV
- D) Sintonizzatori radio da 300 a 3000 mV
- E) Registratori magnetici da 200 a 2000 mV
- F) Microfoni magnetici da 4 a 20 mV
- G) Microfoni piezoelettrici da 40 a 250 mV

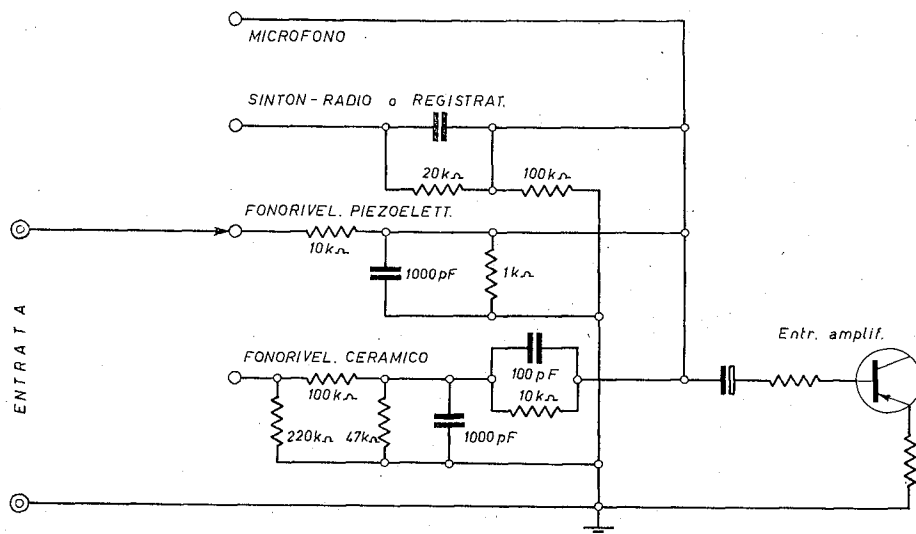


Fig. 9.14. - Esempio di ingressi per vari segnali audio.

I valori in millivolt riportati sono soltanto indicativi, in quanto possono variare piuttosto notevolmente a seconda delle caratteristiche costruttive e delle nuove realizzazioni pratiche.

La fig. 9.14 fornisce un esempio degli attenuatori che è opportuno sistemare all'entrata del preamplificatore, in modo da diminuire l'ampiezza dei segnali forti, senza comprometterne le caratteristiche. Corrispondono a quattro diversi ingressi, uno per il microfono piezoelettrico, uno per il sintonizzatore radio o per il registra-

fore, uno per il fonorivelatore piezoelettrico ed uno per quello ceramico. Non c'è un ingresso per il fonorivelatore o il microfono magnetico, in quanto richiede uno stadio in più.

Il passaggio da un ingresso all'altro è ottenuto con un commutatore.

L'equalizzazione del segnale d'entrata.

È necessario che la risposta in frequenza dell'amplificatore non sia la stessa per tutti i segnali audio presenti all'entrata, dato che essi hanno caratteristiche diverse. Può essere lineare per il segnale fornito da un microfono, mentre va differenziata per quello proveniente da un disco, in base alle norme di equalizzazione.

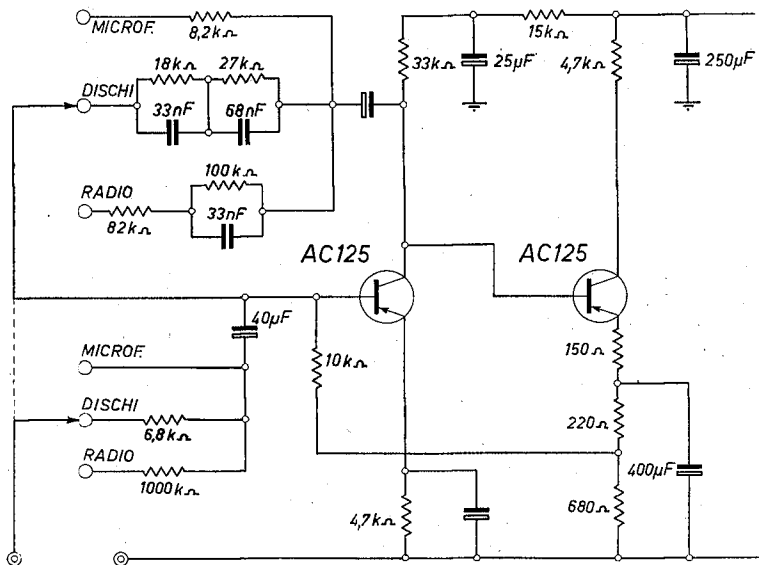


Fig. 9.15. - Ingressi ed equalizzatori del segnale.

La corrispondenza dell'amplificazione delle varie frequenze del segnale si ottiene generalmente con la controeazione selettiva o tra il collettore e la base del primo transistor, oppure tra il collettore del secondo transistor e l'emittore del primo, tramite un'adatta rete di resistenze e di condensatori.

La fig. 9.15 riporta un esempio tra i più semplici di ingressi e di controeazione selettiva applicata al primo transistor. Gli ingressi sono tre: per il microfono piezoelettrico, per i fonorivelatori piezoelettrico o ceramico (dischi) e per il sintonizzatore radio.

La controeazione è lineare per il microfono; è ottenuta con una resistenza di 8,2 chiloohm. (Il condensatore elettrolitico provvede a separare il circuito di collet-

tore). È invece selettiva per il segnale proveniente da disco o da rivelatore dell'apparecchio radio. L'equalizzazione corrispondente a dischi è quella del RIA.

La fig. 9.16 illustra un esempio di filtri di equalizzazione collegati tra il catodo del secondo transistor e l'emittore del primo.

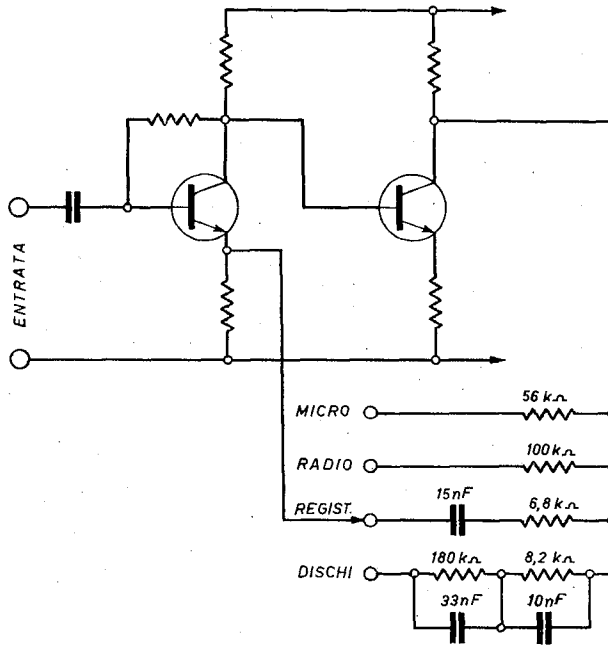


Fig. 9.16. - Equalizzatori tra il primo e il secondo transistor.

Amplificatore da 2,5 watt con controlli di tonalità.

Un amplificatore appositamente progettato per la riproduzione dei dischi fonografici, con ottima resa d'uscita, è quello di cui la fig. 9.17 riporta lo schema.

Lo stadio finale in simmetria complementare comprende una coppia selezionata di transistor AC128/AC176. L'AC176 è un NPN bene adatto per fornire una notevole potenza d'uscita con l'AC128 PNP.

Gli altri due transistor sono al silicio. Il pilota è un BC107, mentre il preamplificatore è un BC149. Quest'ultimo è un transistor self-locking, realizzato per stadi di entrata, quindi a rumore molto basso, ampiamente utilizzato in preamplificatori hi-fi. Non è sostituibile con nessun altro tipo di transistor, a meno di non variare i valori delle resistenze indicate.

Lo schema presenta varie particolarità importanti. Anzitutto l'altoparlante è collegato all'uscita dell'amplificatore, mentre il condensatore elettrolitico di accoppia-

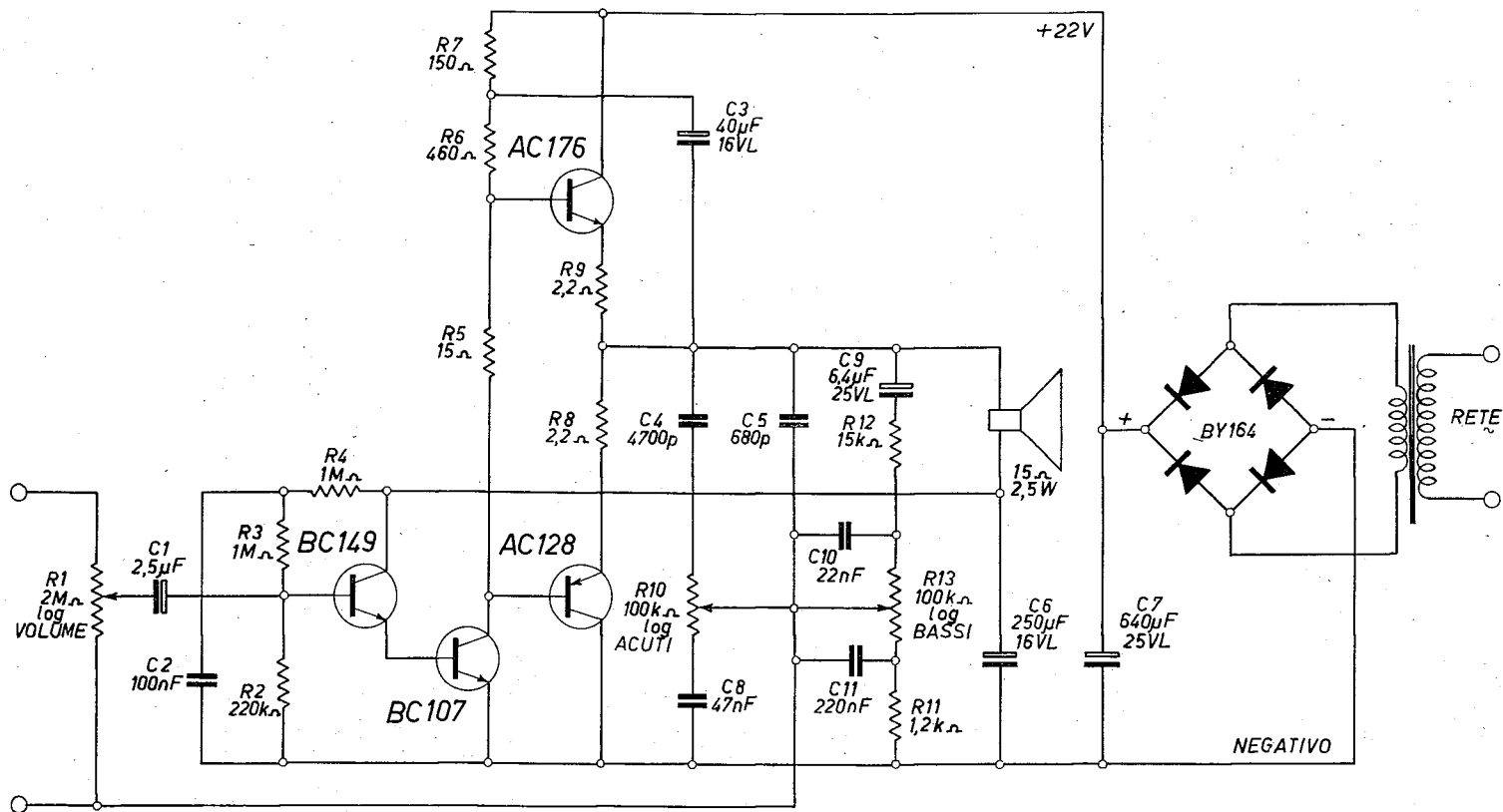


Fig. 9.17. - Amplificatore da 2,5 watt.

mento, C6 di 250 microfarad è collegato con il terminale negativo a massa. Nello schema sono indicate due linee orizzontali in basso. Occorre notare che, in figura, quella di massa non è la più bassa.

Un'altra variante è costituita dal partitore di tensione all'entrata dei transistor finali. Non è collegato con un terminale tra l'altoparlante e il condensatore di accoppiamento, bensì direttamente alla linea positiva. Consiste del transistor BC107 e delle resistenze R5, R6 e R7.

La retrocessione del segnale audio è ottenuta con un secondo elettrolitico, C3 di 40 microfarad.

La resistenza tra le basi dei transistor finali è di 15 ohm, data la potenza richiesta. Non c'è alcun termistore, e la resistenza R5 è fissa. Con i valori indicati non è necessaria nessuna messa a punto dell'amplificatore. La corrente quiescente risulta quella richiesta, di 20 mA. La corrente assorbita a 2,5 watt è di 210 milliampere. L'alimentatore è perciò provvisto di alimentatore dalla rete-luce. Il trasformatore di tensione ha il secondario a 17 volt. Essendo il condensatore di livellamento C7 di 640 microfarad, la tensione continua all'uscita dell'alimentatore è di 22 volt. È usato un rettificatore al silicio, a quattro elementi a ponte, BY164.

Poiché le cartucce a cristallo richiedono un alto carico, da 1 a 2 megaohm, per fornire anche le frequenze più basse, il controllo di volume all'entrata, R1 è di 2 megaohm. Però con tale valore risulta opportuno applicare all'entrata la controreazione.

A tale scopo, i controlli di tonalità sono inseriti all'uscita dell'amplificatore. La loro azione è già stata descritta. Oltre ai soliti componenti dei due controlli, vi è un filtro formato dal condensatore elettrolitico C9 in serie con la resistenza R12. Ha lo scopo di eliminare una particolare forma di distorsione causata dalla reattanza induttiva della bobina mobile.

I valori delle resistenze sono critici, ad eccezione di R7, R11 e R12; la tolleranza richiesta è quindi quella del 5 per cento.

I complessi stereo.

I dischi stereofonici possono venir riprodotti soltanto da appositi complessi stereo, provvisti di due canali di amplificazione ad audiofrequenza, e quindi anche di due altoparlanti, uno per ciascun canale.

Un inversore consente di passare dall'ascolto stereofonico a quello monofonico. In ambedue le posizioni, i due altoparlanti funzionano simultaneamente, insieme ai due canali. Altoparlanti e amplificatori sono collegati in parallelo, per l'ascolto monofonico; sono distinti per l'ascolto stereofonico.

I comandi di volume sono due, uno per ciascun amplificatore, ma essi sono comandati da un unico asse e quindi da un'unica manopola esterna. Lo stesso avviene anche per i due controlli di tono.

I complessi stereofonici sono generalmente provvisti di un terzo comando,

quello di bilanciamento; esso consente di variare l'amplificazione dei due canali, in modo da ottenere un diverso volume di destra e di sinistra, per meglio adeguare la riproduzione sonora alle caratteristiche dell'ambiente, e alla posizione degli ascoltatori.

In genere, le riproduzioni sonore stereofoniche sono inferiori a quelle ad alta fedeltà. Stereofonia e alta fedeltà rimangono separate. Con i complessi stereofonici è possibile ottenere il gradevole effetto delle tre dimensioni del suono; con quelli ad alta fedeltà è possibile ottenere una più ampia gamma di frequenza e una riproduzione migliore, particolarmente delle composizioni sinfoniche.

Anche i complessi stereofonici possono essere ad alta fedeltà; essi compendiano sia le caratteristiche della stereofonia sia quelle dell'alta fedeltà. Risultano però di costo molto elevato.

Amplificatore stereo da 4 watt.

Lo schema di fig. 9.18 si riferisce ad uno solo dei due amplificatori, essendo eguali. Lo stadio finale consiste di una coppia selezionata AC187/AC188, del tipo K, ossia con i transistor provvisti di foro per il fissaggio alle piastrine di raffreddamento. La potenza di uscita è di 4 watt, per ciascun amplificatore. La corrente quiescente è 25 milliampere, sempre per ciascuna coppia.

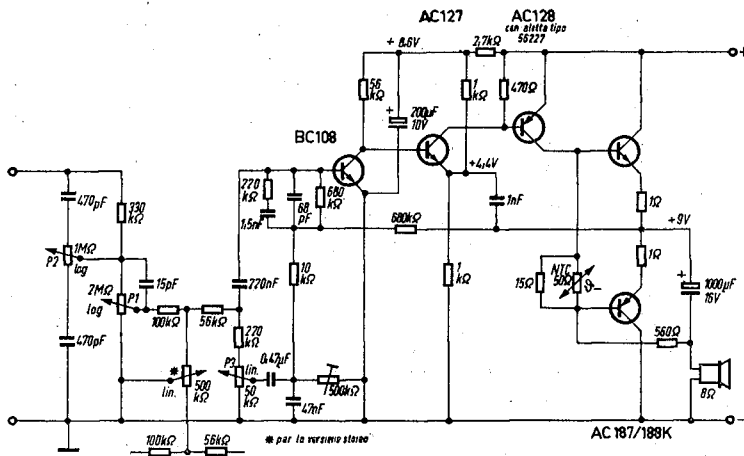


Fig. 9.18. - Una sezione di amplificatore stereo da 4 + 4 watt.

La stabilizzazione alle variazioni di temperatura è ottenuta con un termistore (NTC) di 50 ohm, in parallelo con la resistenza di polarizzazione delle basi, di 15 ohm. La tensione di alimentazione è di 19,5 volt, ottenuta con un alimentatore. La

tensione all'uscita dello stadio è di 9 volt. La corrente massima assorbita, a piena potenza, è di 300 milliampere.

Il transistor pilota è un AC128 provvisto di aletta di raffreddamento. È preceduto da due transistor preamplificatori. Si può notare che tutti i quattro transistor disegnati in alto, nello schema, sono a collegamento diretto.

Il primo transistor preamplificatore è del tipo a silicio (BC108). È preceduto dai due controlli di tonalità, dal controllo di volume, e dal controllo di bilanciamento.

Particolare è il controllo dei toni bassi, in quanto utilizza la controreazione negativa differenziale. Il segnale audio è retrocesso, parzialmente, dall'uscita tramite la resistenza di 680 kilohm. È applicato alla base del primo transistor mediante una resistenza dello stesso valore, nonché al controllo dei toni bassi tramite un partitore costituito da una resistenza di 10 kilohm e da una trimmer da 500 kilohm.

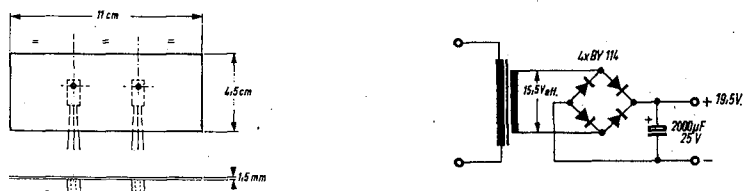


Fig. 19. - Piastre dissipatrici e alimentatore.

Il controllo dei bassi è ottenuto con la resistenza variabile P3. La massima esaltazione dei bassi risulta quando P3 è con il cursore a massa. La differenziazione è affidata al filtro formato dalla resistenza da 270 kilohm, in serie con il condensatore di 1,5 nanofarad, all'entrata del BC108. A mano a mano che si inserisce la resistenza di P3, la tensione di controreazione, disponibile ai capi del condensatore di 47 nanofarad, aumenta alle frequenze più basse.

Il controllo dei toni alti è ottenuto con P2. È di tipo passivo convenzionale.

Il controllo di volume è ottenuto con P1. Il condensatore di 15 picofarad ha lo scopo di esaltare le note alte, quando il controllo è verso il minimo.

Il controllo di bilanciamento consiste di una resistenza variabile di 500 kilohm, collegata tra P1 e P3, dell'uno e dell'altro amplificatore. Nello schema sono indicate le due resistenze di 56 e di 100 kilohm appartenenti all'altro schema.

La fig. 9.19 illustra le dimensioni delle due piastrine di alluminio, dello spessore di 1,5 millimetri, e il collocamento tra di esse dei due transistor finali.

La stessa figura riporta lo schema dell'alimentatore adatto per l'amplificatore stereo indicato. Il secondario è a 15,5 volt. L'elettrolitico è da 2000 microfarad, 25 volt lavoro. La tensione livellata è a 19,5 volt.

Il transistor pilota va provvisto di aletta di raffreddamento, e i due finali della piastrina di alluminio o di altro radiatore adeguato.

Amplificatore da 8 watt con la coppia di transistor AD161/AD162.

Lo schema è indicato dalla fig. 9.20. Funziona con la tensione di 22 volt fornita da un alimentatore collegato alla rete-luce. Il telaio è al positivo. L'altoparlante con bobina mobile di 8 ohm d'impedenza, è collegato al telaio.

I due transistor finale AD161/AD162 sono collegati in controfase a simmetria complementare, in classe B. Sono pilotati da un transistor PNP tipo AC128-01. Nel punto centrale, tra i due transistor d'uscita, la tensione è di 11,5 volt, rispetto al telaio.

La corrente quiescente della coppia finale è di circa 12 milliampere. Va regolata con la resistenza trimmer da 100 ohm, posta tra le loro basi, in parallelo con un termistore di 80 ohm circa.

Gli emittori dei transistor finali sono provvisti di due resistenze a filo da 0,5 ohm ciascuna, 1 watt.

Il transistor pilota è percorso da una corrente quiescente molto elevata, di 60 milliampere, dato che il partitore di tensione al quale fa parte, è formato da resistenze di basso valore, e la tensione ad esso applicata è di 22 volt. (La resistenza trimmer ha il cursore collegato ad una delle estremità). È necessario fissare il transistor AC128-01 ad una piastrina metallica di 50 centimetri quadrati.

I transistor finali vanno sistemati sopra un unico radiatore metallico dispersore, di 200 centimetri quadrati, da 2 millimetri di spessore. Il termistore va avvitato al centro del radiatore.

Il transistor pre-pilota BC148 è percorso dalla corrente quiescente di 4,6 milliampere. Essendo al silicio, non richiede aletta di raffreddamento. Il suo emittore è collegato al centro dello stadio finale tramite una resistenza di 470 ohm, in modo da ottenere un'adeguata controeazione negativa.

Il preamplificatore consiste di un transistor a basso rumore, al silicio, BC149, seguito da un transistor AC125. La corrente di emittore di quest'ultimo è di 1,8 milliampere.

Il controllo di tonalità è di tipo attivo. È collegato tra il secondo e il terzo transistor. Quest'ultimo provvede a compensare l'attenuazione del segnale causata dai controlli.

All'uscita del secondo AC125 vi è il partitore che provvede alla tensione di base del pre-pilota, il BC148. La resistenza di 10 chiloohm inserita nel partitore è regolabile; consente di portare a 11,5 volt la tensione al centro dello stadio finale.

Lungo la linea di alimentazione sono disposti tre filtri. Il primo consiste di una resistenza di 270 ohm e di un condensatore di 500 microfarad; il secondo della resistenza di 820 ohm e dell'elettrolitico di 250 microfarad; il terzo della resistenza di 15 chiloohm e del condensatore di 50 microfarad.

Amplificatore da 8 watt in simmetria quasi complementare, con una coppia di AD139.

La coppia di transistor in simmetria complementare viene generalmente utilizzata per pilotare due transistor finali dello stesso tipo, negli amplificatori di media

e di grande potenza. In tal modo, i due transistor finali di potenza possono essere ambedue PNP o ambedue NPN.

Pur essendo dello stesso tipo funzionano in simmetria, in quanto è la coppia pilota che provvede all'inversione di fase del segnale. Poiché i transistor di tale coppia funzionano uno per volta, fanno funzionare nello stesso modo anche i due transistor di potenza. Ne risulta un circuito a simmetria quasi complementare.

Un esempio tipico è quello di fig. 9.21. I due transistor finali di potenza del tipo PNP, sono due AD139. La coppia che li pilota è una AC127/AC132.

Mentre con la sola coppia AC127/AC132 è possibile ottenere la potenza d'uscita di 1 watt, con l'aggiunta dei due transistor AD139 la resa d'uscita sale a 8 watt.

La tensione di alimentazione è di 30 volt, anzitutto per ottenere la potenza richiesta, poi per limitare il rumore, riducendo la corrente di assorbimento.

La coppia pilota AC127/AC132 è a sua volta pilotata da un transistor AF118. Si tratta di un transistor adatto per alta frequenza. Il suo impiego è opportuno tenuto conto che sia lo stadio pilota in simmetria complementare che lo stadio finale di potenza non consentono nessuna amplificazione di tensione. Il loro guadagno in tensione è inferiore all'unità. L'AF118 consente un grande guadagno di tensione, mentre assicura una buona risposta di frequenza con piccoli sfasamenti.

Il carico del transistor AF118 è costituito dalle resistenze R23 e R24; tra di esse è applicato il segnale proveniente dall'uscita della coppia pilota, tramite un elettrolitico di 100 microfarad.

La compensazione delle variazioni della corrente quiescente è ottenuta con il transistor R29 di 500 ohm. Le fluttuazioni della tensione di alimentazione sono invece compensate con il diodo BA100 o BA114.

La regolazione della corrente quiescente tanto dei transistor AC127/AC132 quanto dei transistor AD139, è ottenuta mediante la resistenza trimmer R26, anch'essa di 500 ohm.

La stabilizzazione della tensione di 15,5 volt, al punto « e » è ottenuta con la rete di controreazione formata dalle tre resistenze R24, R28 e R21, nonché dal condensatore C17. La regolazione di tale tensione al valore di 15,5 volt avviene per mezzo della resistenza trimmer R25, di 1 chiloohm, inserita nel circuito di emittore del transistor AF118. Come necessario, tale tensione è leggermente maggiore della metà della tensione di alimentazione.

Una seconda controreazione è applicata alla base dello stesso transistor AF118, tramite R30 e C18. Se il valore della resistenza R30 viene diminuito, si ottiene una più forte controreazione, ed una minor distorsione, però a spese di una più bassa resa d'uscita dell'amplificatore.

La corrente quiescente dei transistor finale AD139 è di 20 milliampere. La regolazione, come detto, va effettuata con R26. Generalmente i 20 milliampere si ottengono quando la resistenza è a 200 ohm.

L'intensità della corrente quiescente della coppia AC127/AC132 è di 3 milliampere. Quella del transistor AF118 è di 2 milliampere.

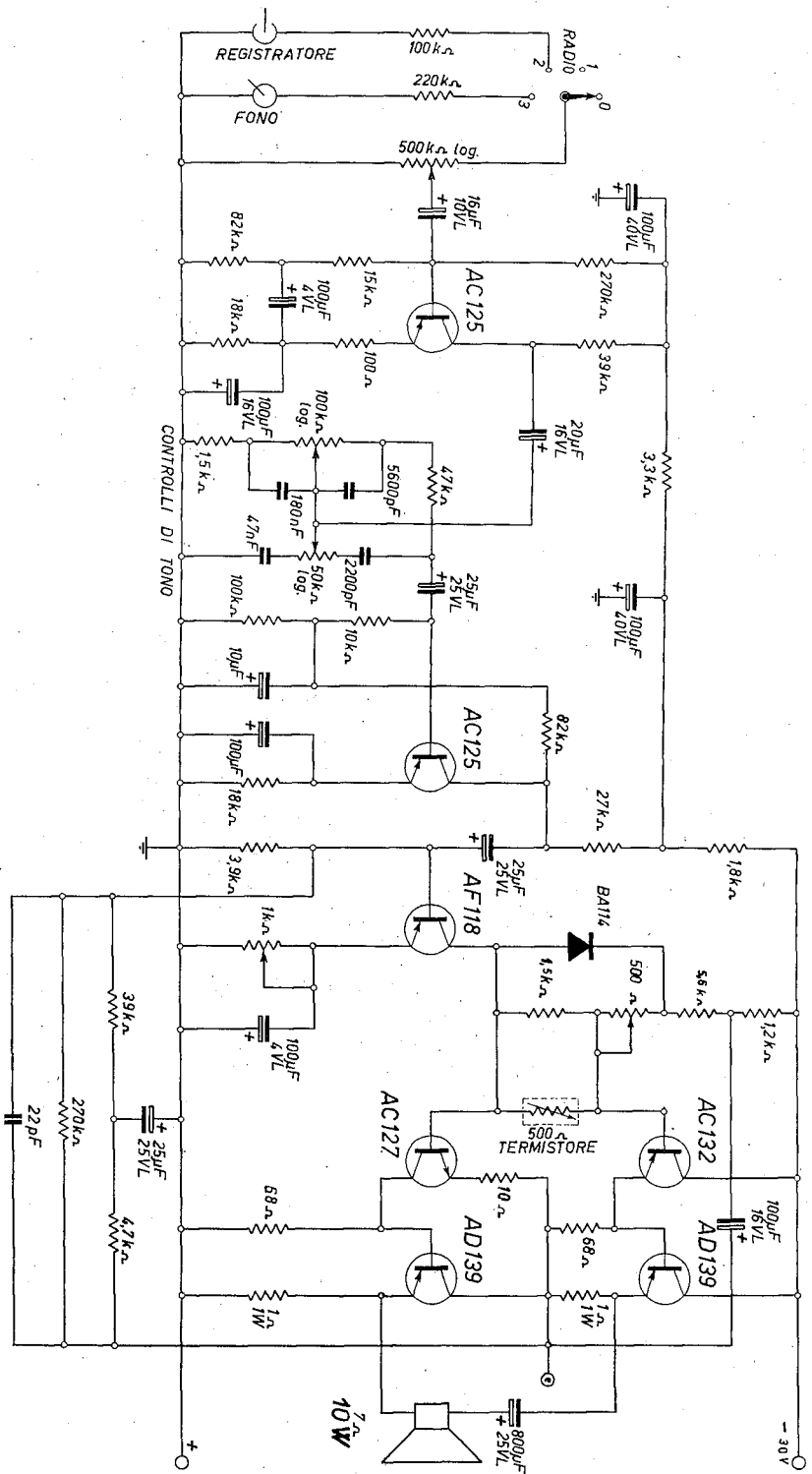


Fig. 9.21. - Amplificatore da 8 watt in simmetria quasi complementare.

Tutte le resistenze dell'amplificatore sono da mezzo watt, tolleranza 10 per cento. Tale tolleranza è sufficiente, data la presenza delle resistenze trimmer, e quindi della possibilità di equilibrare gli stadi pilota e finale. Le resistenze R35 e R36 di 1 ohm, sono da 1 watt, tolleranza 5 per cento.

La capacità del condensatore di accoppiamento con l'altoparlante è necessario sia molto elevata, di 800 microfarad, a 25 volt lavoro.

L'impedenza ottima dell'altoparlante è di 7 ohm. È possibile utilizzare un altoparlante da 8 ohm, con lieve diminuzione della potenza d'uscita. Con altoparlante da 16 ohm, la potenza risulta dimezzata. I transistor finali non subiscono danni a

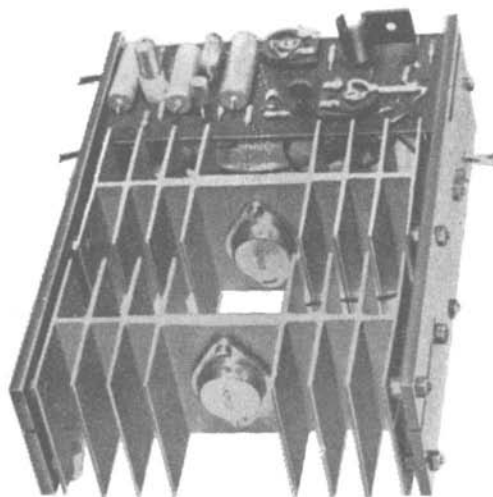


Fig. 9.22. - Esempio di amplificatore ultimato.

causa della diversa impedenza dell'altoparlante. Non è opportuno utilizzare altoparlanti con impedenza inferiore ai 7 ohm.

È necessario fare attenzione di non cortocircuitare i terminali dell'altoparlante mentre l'amplificatore è in funzione, poiché ciò causerebbe notevole danno ai transistor finali.

La coppia AC127/AC132 va provvista di raggiera ad alette per il raffreddamento, o del radiatore tipo 56200. La coppia AD139 va sistemata su due radiatori di ferro annerito anodizzato.

Lo schema di fig. 9.23 si riferisce all'alimentatore. Il trasformatore di tensione ha un secondario con presa al centro; ciascuna metà fornisce 22 volt. È effettuato il raddrizzamento dell'onda intera mediante due diodi BY126. Il condensatore livellatore C20 è di capacità elevatissima: 4500 microfarad, a 64 volt.

In assenza di segnale, l'amplificatore assorbe 52 milliampere, e la tensione è di 30 volt; a piena potenza, l'assorbimento è di 900 milliampere e la tensione di 27,5 volt.

Vanno controllate quattro tensioni, all'atto della messa a punto, in assenza di segnale. Sono le seguenti: 15,5 volt al punto « e », 15,7 volt tra la resistenza trimmer

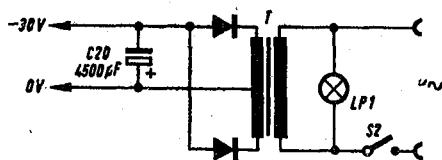


Fig. 9.23. - Schema dell'alimentatore.

di 500 ohm e la fissa di 5,6 kilohm all'entrata della coppia AC127/AC132, di 1,35 volt alla base del transistor AF118 e di 1,08 volt all'emittore dello stesso transistor. Tutte queste tensioni sono di polarità negativa rispetto al telaio.

Amplificatore stereofonico ad alta fedeltà da 8 + 8 watt.

Lo schema di fig. 9.24 è quello di un amplificatore stereofonico Hi-Fi adatto per grandi ambienti ed anche per sale di soggiorno private. Nello schema sono riportate le due sezioni dell'amplificatore, quella del canale destro e quella del canale sinistro. Va notato che lo stadio di potenza, compreso il transistor pilota AF118 è quello già illustrato, di cui lo schema di fig. 9.21. Varia soltanto qualche valore. Le reti di controreazione anziché sotto lo stadio finale, sono disegnate a lato. È usata la coppia finale AD139, preceduta dalla coppia pilota AC127/AC128. Alcuni valori sono diversi, data la sostituzione dell'AC132 con l'AC128.

Ciascun canale comprende dieci transistor, poiché i due primi (due BC109) provvedono alla preamplificazione del segnale proveniente da un fonorivelatore magnetico, a bassissima resa, quella di 3,5 millivolt. Escludendo la possibilità di usare tale tipo di fonorivelatore, ciascuna sezione risulta con otto transistor.

Le altre entrate sono: fonorivelatore piezoelettrico (150 millivolt), sintonizzatore radio (165 millivolt), registratore magnetico (150 millivolt) e televisore (150 millivolt).

I cinque ingressi sono indicati con le lettere A, B, C, D e E. C'è in più una presa per il microfono del registratore. Un commutatore consente il passaggio da un ingresso all'altro.

La preamplificazione è ottenuta con altri due transistor BC109. Dopo il secondo, vi sono i circuiti di tonalità. Segue il pre-pilota BC107, all'uscita del quale vi è il controllo di bilanciamento.

I due altoparlanti possono essere da 6 o da 8 ohm di impedenza, racchiusi ciascuno nella propria cassa acustica.

L'amplificatore stereo indicato è il Geloso G 3539-HF.

AMPLIFICATORI DI GRANDE POTENZA

Amplificatore da 15 watt ad alta fedeltà.

Con una coppia selezionata di transistor di potenza, di tipo planar epitaxial, al silicio, BD124 si possono ottenere 15 watt di potenza d'uscita, con tensione di alimentazione di 40 volt.

Uno schema di amplificatore con due DB124 è quello di fig. 10.1. I due transistor finali sono pilotati da una coppia di transistor al silicio BD135/BD136. La disposizione circuitale è quella della simmetria quasi complementare.

La coppia BD135/BD136 è a sua volta pilotata da un altro transistor al silicio, un BC147-B (*Tr2*). Il preamplificatore è anch'esso un transistor al silicio, è un BC178 (*Tr1*).

Un settimo transistor al silicio, *Tr3*, è utilizzato per la regolazione e la stabilizzazione della corrente di riposo dei transistor in simmetria complementare *Tr4* e *Tr5*, e quindi anche dei transistor finali *Tr6* e *Tr7*, al variare della temperatura ambiente.

La base di *Tr3* è collegata al cursore di un potenziometro di 1000 ohm. La regolazione di tale potenziometro consente di variare la corrente di riposo sia della coppia BD135/BD136 che della coppia BD124. La corrente di quest'ultima coppia è di 40 milliampere, in assenza di segnale. All'atto della messa a punto è necessario che il cursore del potenziometro sia verso la resistenza di 2,2 chiloohm, e che esso venga quindi ruotato verso il centro della resistenza, sino ad ottenere la corrente indicata, di 40 milliampere, con la tensione di alimentazione di 40 volt.

Un'energica controreazione in corrente continua è applicata al transistor preamplificatore *Tr1*, e quindi all'intera catena amplificatrice. Due reti di controreazione raggiungono *Tr1*; una fa capo alla sua base, l'altra al suo emittore.

In tal modo si riesce a mantenere costante la tensione all'uscita dello stadio finale, a 22,5 volt, sia al variare dei parametri delle due coppie di transistor che al variare delle condizioni ambientali di funzionamento.

Il transistor più sollecitato termicamente è *Tr7*. Il calore che sviluppa deve venir trasmesso all'ambiente tramite una piastra di alluminio di circa 60 centimetri quadrati, dello spessore di 2 millimetri.

Può venir fissato su una piastra di alluminio insieme con *Tr6*; in tal caso essa deve essere di 9 per 18 centimetri. Il fissaggio va effettuato tramite l'apposita lamina di mica (tipo 56201).

Con dissipatori del genere, l'amplificatore è in grado di funzionare normalmente sino alla temperatura ambiente di 45 °C. Nonostante la dissipazione di calore, in

condizioni normali di funzionamento la temperatura sull'involucro del transistor Tr7 giunge ai 60 °C.

La coppia BD135/BD136 non richiede alcuna protezione termica, sino alla temperatura ambiente di 45 °C. La corrente quiescente di tale coppia è di circa 3 milliampere; può raggiungere i 4 milliampere.

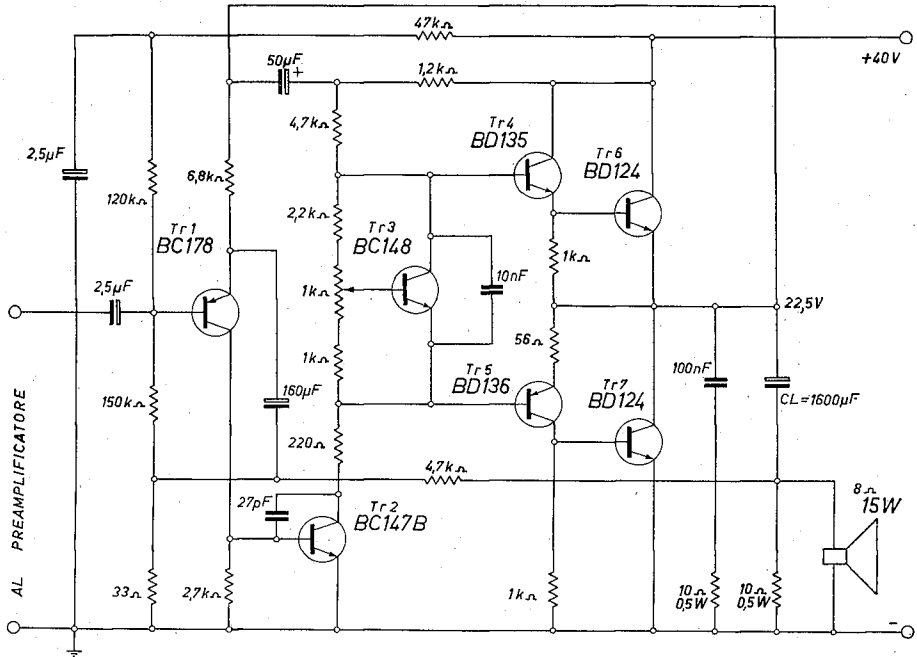


Fig. 10.1. - Schema di amplificatore da 15 watt ad alta fedeltà.

Più alta è l'intensità di corrente che percorre Tr2; è circa 1 milliampere in più di quella della coppia BD135/BD136.

La tensione di alimentazione in assenza di segnale raggiunge i 45 volt. La sensibilità di entrata, per l'uscita di 15 watt, è 140 millivolt.

Amplificatore ad alta fedeltà da 30 watt.

Con due transistor finali 2N3055 della Ates si ottengono 40 watt con distorsione dell'1 per cento, e 30 watt con distorsione dello 0,1 per cento. La disposizione dello stadio finale è quella della simmetria quasi complementare. L'alimentazione è a 55 volt, con assorbimento di corrente di 1 ampere a 40 watt d'uscita. La sensibilità è di 250 millivolt per la resa di 40 watt e di 200 millivolt per quella di 30 watt.

La fig. 10.2 indica la disposizione a blocchi dei singoli stadi, nonché la controreazione in corrente continua e alternata.

La circuizione è quella classica. Il primo stadio ha la duplice funzione di preamplificatore e di stabilizzatore della tensione al punto centrale. Il secondo transistor (Q2) è collegato all'emittore del primo, ed ha lo scopo di separare il primo stadio, ad alta impedenza d'uscita, dal terzo stadio, a bassa impedenza d'entrata. Il terzo transistor (Q3) ha la funzione di pilota.

La coppia in simmetria complementare Q4 e Q5 provvede all'inversione di fase necessaria per pilotare lo stadio finale.

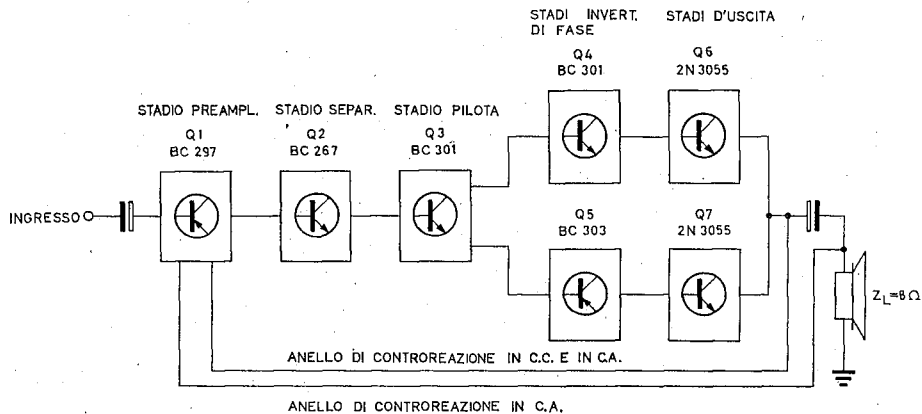


Fig. 10.2. - Schema a blocchi di amplificatore Hi-Fi da 30 watt.

Va notato che i transistor Q4 e Q6, nonché Q5 e Q7, funzionano come un transistor solo, a guadagno elevato in circuito Darlington.

Come si nota dello schema a blocchi di fig. 10.2 e dallo schema elettrico di fig. 10.3, la controreazione ad anello viene riportata dall'uscita all'ingresso attraverso due vie separate.

Attraverso una via, prelevata a monte del condensatore di accoppiamento all'altoparlante, si determina sull'emittore di Q1 una reazione negativa sia in continua che in alternata.

Lo scopo della controreazione in continua è ben noto e consiste nel riportare un segnale errore che dia un'informazione sulla tensione del punto centrale dell'amplificatore. Se questa tensione tende per qualsiasi motivo a variare rispetto al valore prefissato (variazione delle caratteristiche dei transistor dovuti ai normali spread di produzione, cause termiche, ecc.), questa viene automaticamente riportata alle condizioni iniziali, dato che tutti gli stadi sono connessi in continua.

Sempre attraverso le stesse vie viene riportata per mezzo di R6 - C3 - R4 parte della reazione negativa in alternata.

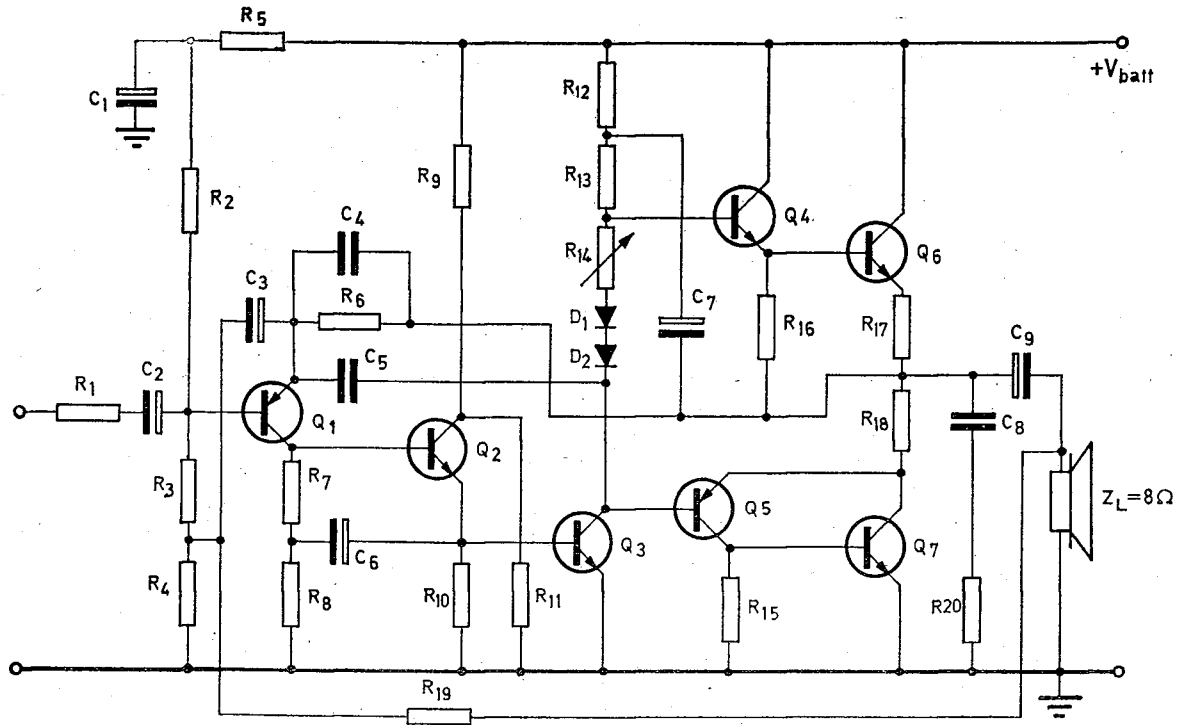


Fig. 10.3. - Schema elettrico di amplificatore Hi-Fi da 30 watt.

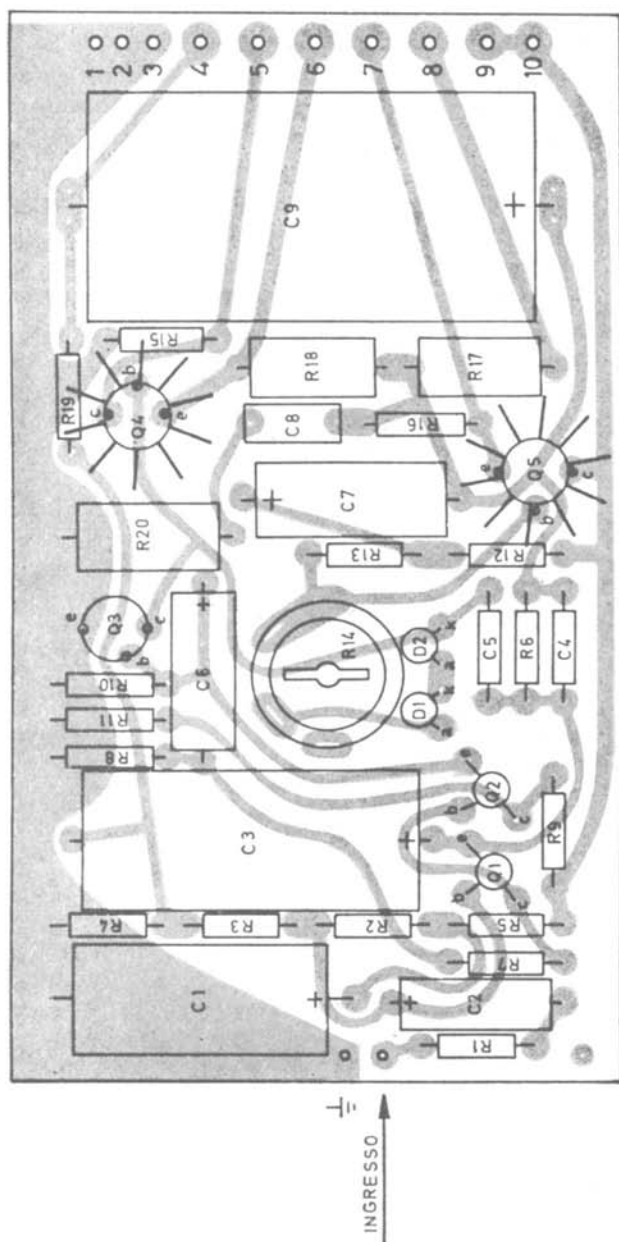


Fig. 10.4. - Circuito stampato Ates, in grandezza naturale.

Un'aliquota di maggiore entità della controreazione in alternata viene prelevata a valle del condensatore di accoppiamento direttamente ai capi dell'altoparlante. In questo modo si attenuano le perdite del condensatore d'uscita alle frequenze basse, poiché questa parte di reazione negativa, a differenza della catena vista sopra, sente le perdite introdotte dal condensatore e tende ad opporvisi estendendo la banda passante alle basse frequenze, a parità di costante di tempo ($C9 \cdot Z_L$) prefissata.

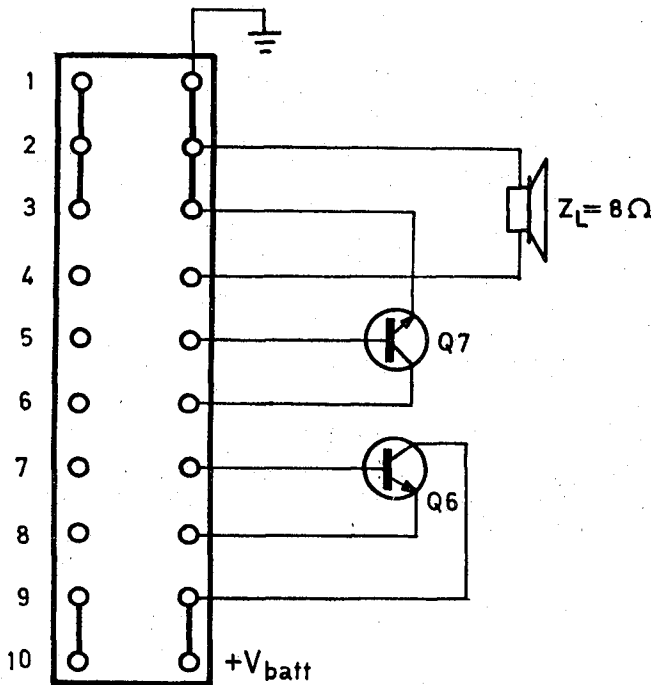
La cellula di Buocherot R20 C8, posta in parallelo al carico, serve ad impedire che a frequenze molto elevate, data la curva di variazione d'impedenza degli altoparlanti, l'amplificatore possa diventare instabile.

La capacità C4 impone un limite superiore alla banda passante, mentre la capacità C5 assicura la riproduzione dei transistor, prevenendo la formazione di « ringing » e « overshoot ».

La resistenza R1 è pure inserita a questo scopo.

La corrente di riposo dello stadio finale viene regolata per mezzo del resistore semifisso R14. Il valore ottimo che consente di eliminare qualsiasi fenomeno di cross-over in un ampio campo di temperatura ambiente, è situato nell'intorno dei 20÷30 milliampere.

ELENCO DEI COMPONENTI



TRANSISTOR

Q1	BC 297
Q2	BC 267
Q3	BC 301
Q4	BC 301
Q5	BC 303
Q6	2N 3055
Q7	2N 3055

DIODI

D1	64172
D2	64172

(Transistor e diodi Ates)

Fig. 10.5. - Collegamento transistor finali e altoparlante al circuito stampato.

AMPLIFICATORI DI GRANDE POTENZA

RESISTORI

R1	2,7	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R2	82	k Ω \pm 5 %	1/8 W
R3	82	k Ω \pm 5 %	1/8 W
R4	22	Ω \pm 5 %	1/8 W
R5	15	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R6	6,8	k Ω \pm 5 %	1/8 W
R7	2,2	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R8	3,9	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R9	15	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R10	2,2	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R11	6,8	k Ω \pm 10 %	1/8 W
R12	1	k Ω \pm 10 %	1/3 W
R13	2,2	k Ω \pm 10 %	1/3 W
R14	Res. variabile 0 \div 50 Ω a filo Infin 110/M o equivalente		
R15	100	Ω \pm 10 %	1/2 W
R16	100	Ω \pm 10 %	1/2 W
R17	0,33	Ω \pm 10 %	3 W
R18	0,33	Ω \pm 10 %	3 W
R19	2,2	k Ω \pm 5 %	1/8 W
R20	15	Ω \pm 10 %	1 W

CONDENSATORI

C1	100	μ F — 50 V _L	elettrolitico
C2	10	μ F — 35 V _L	elettrolitico
C3	500	μ F — 35 V _L	elettrolitico
C4	100	pF \pm 5 %	styroflex
C5	680	pF \pm 5 %	styroflex
C6	50	μ F — 6 V _L	elettrolitico
C7	50	μ F — 50 V _L	elettrolitico
C8	0,1	μ F \pm 10 %	mylar
C9	2500	μ F — 40 V _L	elettrolitico

DISSIPATORI

Q4		60 °C/W
Q5		60 °C/W
Q6-Q7	Montati sullo stesso dissipatore	2,2° C/W

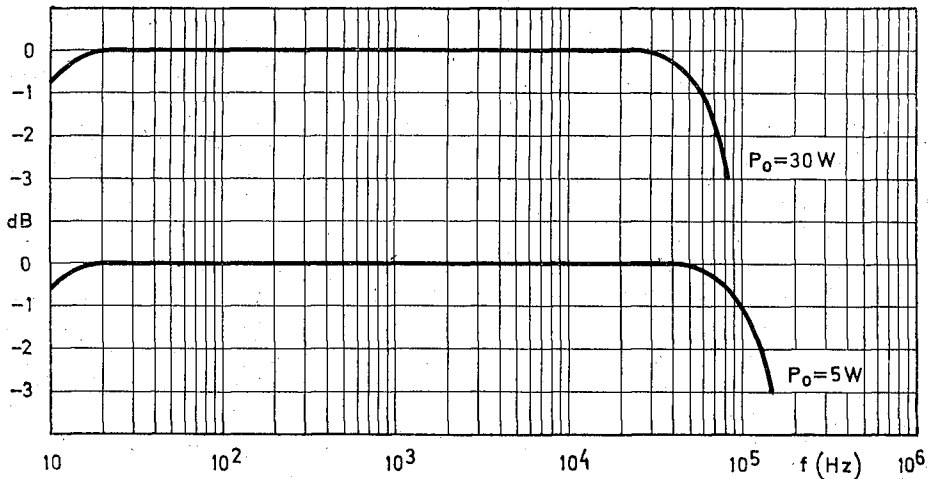


Fig. 10.6. - Amplificazione alle varie frequenze da 10 cicli a 60 000 cicli.

L'amplificatore descritto è stato realizzato nella versione pratica su circuito stampato ATECS-CS. 2089-59. Quest'ultimo con la relativa topografia componenti viene riportato in fig. 10.4. In fig. 10.5 è invece rappresentato lo schema elettrico di collegamento allo stadio finale.

Amplificatore da 60 watt tipo G1-310.

Questo amplificatore è stato essenzialmente concepito per la diffusione sonora in chiese di medie e grandi dimensioni. A questo scopo è dotato di ingressi per quattro microfoni a media impedenza e due ingressi fono commutabili in alternativa, per complesso fonografico, sintonizzatore, registratore, ecc. Esso consente anche di effettuare la distribuzione del suono a tre differenti gruppi di diffusori, inseribili separatamente o tutti insieme, ad esempio altoparlanti a colonna per l'interno, trombe espositive per il campanile o sagrato e altri altoparlanti in locali adiacenti. È dotato di altoparlante monitor con regolatore di volume.

DESCRIZIONE DEL CIRCUITO. — L'amplificatore ha 5 ingressi miscelabili, 4 microfonic a media impedenza ed uno ad alta impedenza commutabile su due prese (RADIO-FONO).

Ciascun canale micro è costituito da uno stadio comprendente un transistor tipo BC109 montato ad emettitore « comune ». La bobina ed il condensatore da 50 kilopicofarad montato a valle di essa servono a bloccare gli eventuali segnali a radio frequenza presenti all'ingresso del canale. La resistenza da 100 ohm in serie alla base serve a smorzare eventuali autooscillazioni del transistor.

L'ingresso del canale ad alta impedenza è costituito da un transistor BC109 montato a collettore « comune ».

Le uscite di questi cinque stadi, le cui rispettive sensibilità sono regolate da un potenziometro, confluiscono al circuito di base di un altro BC109 montato ad emettitore comune: su questo stadio è applicata anche una controreazione, praticamente pareiodica, tra collettore e base costituita da un condensatore elettrolitico da 5 μ F ed una resistenza da 22 kilohm. Lo scopo principale di questa controreazione è quello di abbassare l'impedenza di uscita dello stadio, rendendone così l'amplificazione praticamente indipendente dalle variazioni dell'impedenza d'ingresso dello stadio successivo.

Altra particolarità è la presenza di un condensatore da 10 kilopicofarad ed uno da 2 kilopicofarad rispettivamente collegati all'entrata ed all'uscita e la cui funzione è quella di eliminare eventuali interferenze radio che s'infiltrassero dentro il telaio. Per lo stesso scopo altri 3 condensatori rispettivamente da 2 kilopicofarad, 4,7 kilopicofarad e 10 kilopicofarad sono collegati al circuito di base e da quello di collettore dei 2 stadi successivi.

Lo stadio che comprende i controlli di tono consiste in una complessa rete comprendente resistenze e condensatori e due potenziometri che regolano rispettivamente la risposta alle frequenze più basse e a quelle più alte della banda fonica:

le variazioni della curva di risposta vengono esaltate dalla controreazione proveniente dal collettore del BC109 appartenente allo stadio ed applicata all'estremo inferiore del potenziometro regolatore delle frequenze alte: la medesima controreazione viene applicata attraverso una resistenza da 4,7 kilohm all'estremo inferiore del regolatore delle frequenze basse.

Segue uno stadio comprendente un BC107 alla cui uscita è collegato il potenziometro del volume generale.

Nella piastra del circuito prepilota e pilota lo stadio d'ingresso è costituito da un AC128 il cui circuito di base è collegato al cursore del potenziometro del volume

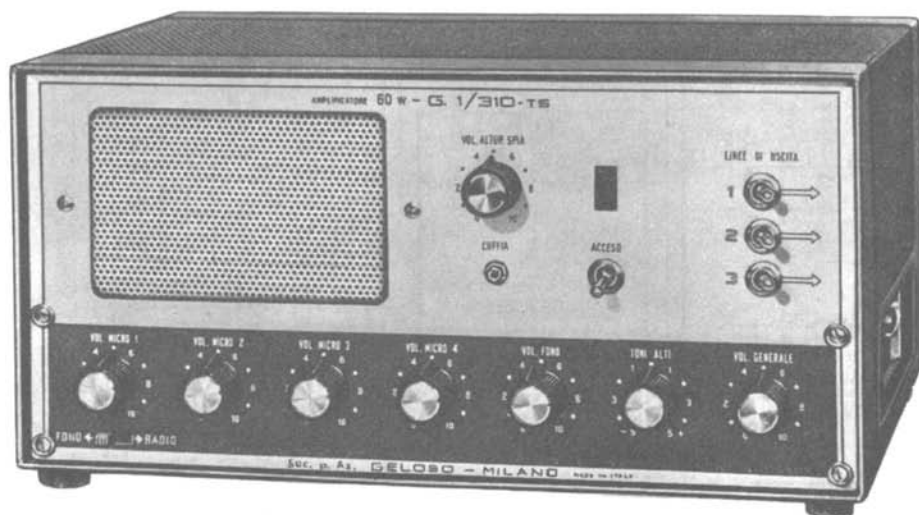


Fig. 10.7. - Amplificatore Hi-Fi da 60 watt.

generale. Il secondo BC128 è montato a collettore comune: il suo emettitore è collegato direttamente alla base del transistor pilota AD149.

Alla base di questo AC128 sono applicate due controreazioni: una proveniente dal primario del trasformatore di uscita attraverso il gruppo costituito da una resistenza da 150 kilohm ed un condensatore da 22 picofarad e l'altra proveniente dal collettore dello AD149, attraverso un condensatore da 5 microfarad ed una resistenza da 33 kilohm.

Altra cosa interessante è il circuito di stabilizzazione del punto di lavoro del transistor pilota. Le variazioni di corrente nel secondo AC128 e nell'AD149 vengono tradotte in variazioni di tensione ai capi della resistenza da 50 ohm che si trova in serie al primario del trasformatore pilota. Queste variazioni vengono riportate attraverso il partitore costituito da 3 resistenze da 1500 ohm ed una da 3300 ohm con un'attenuazione del 40% alla base del secondo AC128 il che provoca una va-

AMPLIFICATORI DI GRANDE POTENZA

TABELLA TENSIONI					
C 1 = + 32,5 V (29 V) C 2 = + 31,5 C 3 = - 32,5 V (-29 V) C 4 = - 29,2 V C 5 = - 20,5 V (1) C 6 = + 20 V C 7 = - 10 V (1)		C 8 = + 9,7 V C 9 = - 24 V C 10 = + 23,7 V C 11 = + 25 V C 12 = + 20,5 V C 13 = + 13,5 V C 14 = + 8,7 V (1)		NOTE AC = 22 + 22 V eff (21 + 21 V eff) tensioni misurate verso massa, senza segnale. Tolleranza $\pm 10\%$. Le tensioni indicate tra parentesi sono quelle misurate a pieno carico (Wu = 57 W).	
(1) Per queste tensioni la tolleranza deve essere maggiore ($\pm 20\%$) perchè dipendenti dalle caratteristiche dei transistori dei cui circuiti fanno parte i condensatori considerati.					
BC 109 micro	BC 109 fono	BC 109	BC 109	BC 107	AC 128
C 2 ÷ 4 V (2)	8,7 V (2)	7,7 V	7,7 V	14,2 V	- 15,5 V
B ~ 0,60 V (2)	3,9 V (2)	3,3 V	3,3 V	4,2 V	- 4 V
E —	3,3 V (2)	2,6 V	2,6 V	3,5 V	- 3,9 V
AC 128	AD 149	40363 (3)	40363 (3)	40363 (4)	
C - 10 V (2)	- 19,5 V (2)	+ 32,5 V	—	+ 32,5 V	
B - 0,22 V (2)	- 0,15 V (2)	+ 0,55 V (2)	- 32 V	+ 0,55 V (2)	
E - 0,15 V (2)	—	10-25 mV	- 32,5 V	10-25 mV	
Tolleranza generale $\pm 10\%$. (2) Queste tensioni dipendono fortemente dalle caratteristiche dei transistori interessati al circuito. (3) Tensioni misurate rispetto al lato caldo del primario del trasformatore di uscita. (4) Tensioni misurate rispetto al lato « freddo » della relativa resistenza di emettitore (0,3 o 0,33 Ohm).					

riazione di corrente in senso contrario che praticamente compensa la deriva di corrente stabilizzando il punto di lavoro. Gli stadi finali sono montati secondo il sistema « single ended » dove al posto della resistenza di carico o dell'altoparlante è collegato il primario del trasformatore di uscita.

Nel circuito di polarizzazione di ciascun transistor è compreso un termistore da 10 ohm che ha la funzione di compensare la deriva del punto di lavoro causata dal riscaldamento del transistor. Inoltre i due diodi, pure appartenenti al circuito di polarizzazione, servono per stabilizzare (come se fossero degli Zener) la tensione di polarizzazione col risultato di rendere praticamente insensibili alle normali variazioni di rete ($\pm 15\%$) la corrente di riposo dei transistor finali.

L'IMPIANTO INTERFONICO

Principio di funzionamento degli impianti interfonici.

Gli impianti interfonici consentono conversazioni a viva voce, ossia con altoparlante, a distanze limitate. Si possono considerare dei telefoni interni, senza apparecchio da sollevare e portare all'orecchio. Tanto chi parla, quanto chi ascolta, può rimanere ad una certa distanza dall'apparecchio interfonico. Gli interfonici si prestano

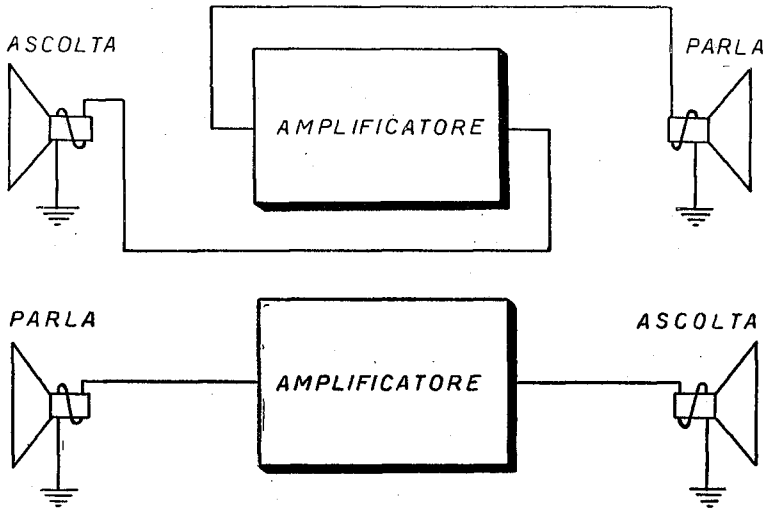


Fig. 11.1.- Due altoparlanti e un amplificatore sono sufficienti per costituire un impianto interfonico.

bene per brevi comunicazioni, ad alta voce, per impartire ordini, per ricerca di persone, ecc.

Il principio basilare consiste nella utilizzazione dell'altoparlante come microfono. L'altoparlante si presta abbastanza bene anche come microfono. Il suo funzionamento è reversibile; cioè consente sia di convertire la tensione elettrica ad audiofrequenza in voci e suoni, sia di convertire voci e suoni in tensione ad audiofrequenza. Ciò avviene soprattutto perché le voci occupano una banda limitata della gamma delle audiofrequenze, bene adatta per la riproduzione con piccoli altoparlanti.

La fig. 11.1 illustra il principio generale degli apparecchi interfonici. Sono indicati due altoparlanti e un piccolo amplificatore BF. In alto, l'altoparlante a sinistra è collegato all'entrata dell'amplificatore, mentre quello di destra è collegato all'uscita. L'altoparlante di sinistra « parla », ossia agisce da microfono, mentre quello di destra « ascolta ».

Affinché possa avvenire anche l'inverso, ossia affinché anche l'altoparlante di destra possa « parlare », e quello di sinistra « ascoltare », è necessario che vengano invertiti i collegamenti, come indicato nella stessa figura in basso. L'inversione avviene mediante un inversore a pulsante.

Generalmente l'amplificatore è unito ad uno dei due altoparlanti, per es. a quello di sinistra. L'altro altoparlante è collegato con un cavo all'amplificatore.

Le parti caratteristiche degli impianti interfonici sono costituite dal dispositivo di inversione e dal cavo di collegamento. A volte, al posto di due soli altoparlanti, come in figura, vi sono collegati più altoparlanti; in tal caso il dispositivo di inversione risulta complesso, ed altrettanto il cavo di collegamento.

L'inversore « parla-ascolta ».

La fig. 11.2 illustra un semplice esempio di impianto interfonico, costituito dai due altoparlanti e dall'amplificatore della figura precedente, più l'inversore « parla-ascolta ». Tale inversore provvede a collegare i due altoparlanti all'entrata o all'uscita dell'amplificatore, a seconda se devono funzionare da microfoni o da altoparlanti veri e propri.

L'inversore è a due vie e a due posizioni. Consiste di due laminette metalliche flessibili, e di quattro punti di contatto. Nella posizione di riposo si trova come indicato in figura; in questa posizione, l'altoparlante di sinistra è collegato all'uscita dell'amplificatore, mentre quello di destra è collegato all'entrata. In tal modo l'altoparlante di sinistra, il « principale », sistemato con l'amplificatore, è in posizione di « ascolto ».

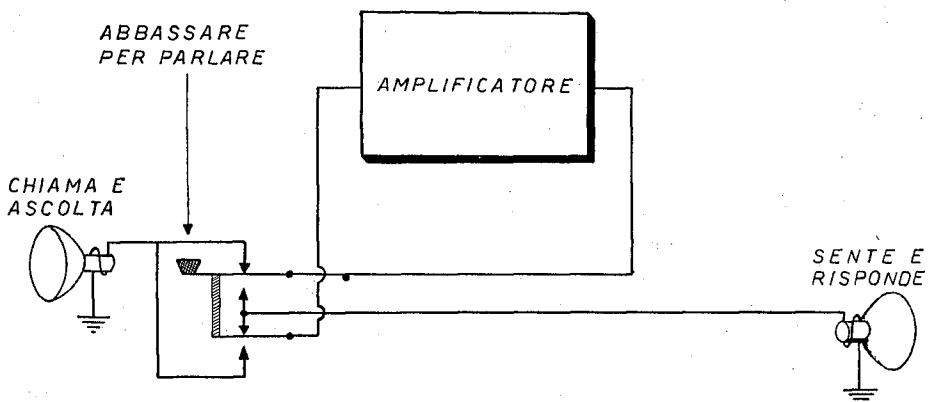


Fig. 11.2. - Schema di principio di semplice impianto interfonico.

Per « parlare » il principale deve abbassare il tasto dell'inversore. Così facendo, i contatti vengono invertiti. Le laminette flessibili dell'inversore sono unite mediante un collegamento isolante. Non appena il tasto viene lasciato, l'inversore ritorna nella posizione di riposo.

L'altoparlante lontano, il « secondario », non è provvisto di inversore. Non può chiamare; può soltanto ascoltare e rispondere. Affinché possa rispondere, il « principale » deve lasciar libero il tasto non appena effettuata la comunicazione a voce.

Mediante disposizioni più complesse, è possibile mettere anche il « secondario » in condizioni di poter chiamare. In tal caso non vi è distinzione di servizio tra i due altoparlanti; sono ambedue principali. In pratica però è in uso chiamare « principale » quell'altoparlante che è sistemato insieme con l'amplificatore.

L'amplificatore può essere del tipo a valvole oppure a transistor. Quello a valvole presenta l'inconveniente di dover rimanere sempre acceso, in caso di comunicazioni rapide, per evitare l'attesa dovuta all'accensione delle valvole. Quello a transistor presenta l'inconveniente della necessità del ricambio delle batterie.

Esempio di semplice interfonico.

La fig. 11.3 illustra schematicamente un semplice impianto interfonico, costituito dai soliti due piccoli altoparlanti e dall'amplificatore a valvole o a transistor. L'impianto differisce da quello della figura precedente, poiché ambedue gli altopar-

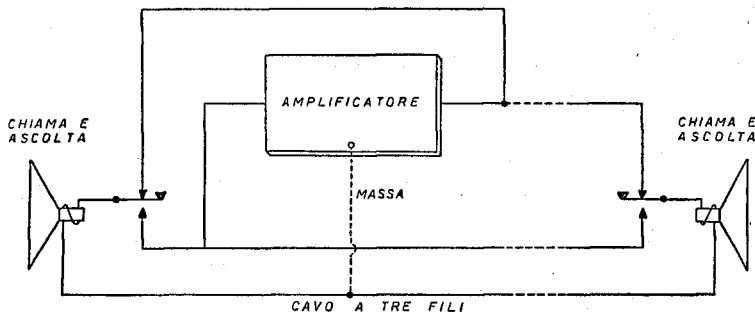


Fig. 11.3. - Schema di principio di interfonico in cui ciascun apparecchio può chiamare e ascoltare.

lanti possono venir collegati all'entrata, e possono « chiamare ». Sono utilizzati due inversori, sistemati sulla custodia dell'altoparlante. In posizione di riposo, ciascuno dei due altoparlanti è collegato all'uscita dell'amplificatore; nessuno all'entrata. Non appena uno dei due tasti viene abbassato, è possibile la chiamata, in quanto il corrispondente altoparlante viene collegato all'entrata dell'amplificatore e funziona da microfono.

Mentre l'impianto precedente richiede un cavo con due soli fili conduttori, questo impianto richiede un cavo con tre conduttori.

Occorre tener conto della presenza della batteria, non indicata nei due esempi fatti. In quello di fig. 11.2 può sembrare che il « principale » sia continuamente disturbato dal « secondario », essendo quest'ultimo sempre collegato all'entrata. In realtà il collegamento avviene soltanto quando l'amplificatore funziona, ossia solo quando il « principale » chiude l'interruttore di accensione. I comandi del « principale » risultano in tal modo due.

Anche nell'esempio di fig. 11.3 il « secondario » può chiamare soltanto se l'amplificatore funziona, ossia quando il « principale » lo fa funzionare.

Si può evitare il doppio comando da parte del principale riunendo i due comandi, ciò che è possibile solo se l'amplificatore è a transistor. Ma in tal caso il « secondario » non può chiamare.

Esempio di interfonico a due transistor.

Un'altra soluzione del problema è quella di fig. 11.4. Il « principale » è provvisto di un unico comando, e pur tuttavia il secondario può chiamare. Questo risultato è stato ottenuto utilizzando due batterie al posto di una sola.

Quando il « secondario » vuol chiamare, preme su un pulsante e mette in circuito la propria batteria. L'amplificatore entra in funzione. Poiché il « principale » è sempre collegato all'uscita, esso riproduce la voce proveniente dal « secondario ».

Nella posizione indicata dalla figura, il « secondario » parla, mentre il « principale » ascolta.

Il « principale » è provvisto di un invertitore a tre vie ed a due posizioni. È indicato in alto. La linea tratteggiata unisce i tre contatti mobili dell'invertitore; indica che sono monocomandati.

Il « secondario » è provvisto di un interruttore. Con esso inserisce o disinserisce la propria batteria.

In riposo, l'inversore triplo è in posizione *a*, mentre l'interruttore è in posizione *b*. Le due batterie sono staccate; l'amplificatore non funziona.

Se il « principale » vuol chiamare, preme sul pulsante dell'invertitore, il quale passa in posizione *b*. Il proprio altoparlante (*A*) risulta allora collegato all'entrata dell'amplificatore. L'uscita dell'amplificatore è collegata all'altoparlante secondario (*B*). La batteria del « principale » è inserita.

Non appena il « principale » ha finito di parlare, o di chiamare a voce, lascia il pulsante, e l'invertitore ritorna in posizione *a*. Per rispondere, il « secondario » preme sul proprio pulsante, ed inserisce la propria batteria. L'altoparlante (*B*) è collegato all'entrata, mentre l'altoparlante (*A*) è collegato all'uscita dell'amplificatore.

Mentre il « secondario » parla, il « principale » può interromperlo e parlare; in tal caso le due batterie vengono a trovarsi in parallelo, la tensione rimane inalterata, non si verifica nessun inconveniente.

Qualsiasi piccolo amplificatore con resa d'uscita di 200 o di 300 milliwatt è bene adatto. Nello schema indicato sono usati due transistor, il primo di tipo PNP, un AC125, il secondo di tipo NPN, un BC109 al silicio o altro simile. Sono neces-

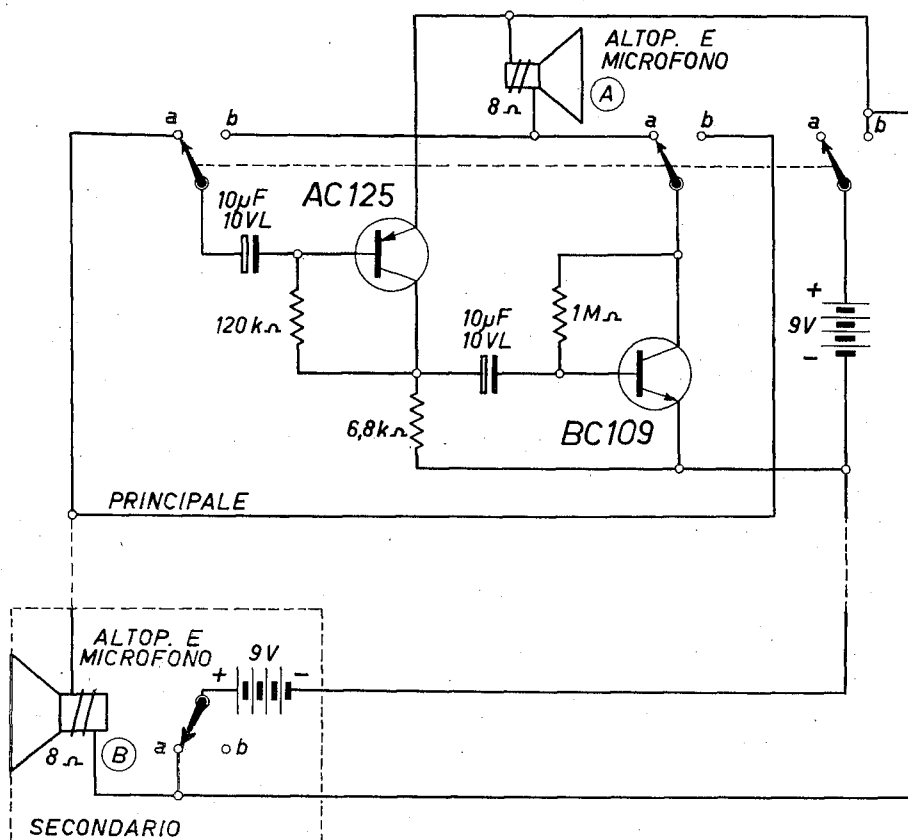


Fig. 11.4. - Esempio di interfonico a due transistor e due batterie.

sarie soltanto tre resistenze e due condensatori elettrolitici. I due apparecchi sono uniti con un cavo a tre conduttori, o con piattina trifilare.

Gli impianti intercomunicatori.

Gli impianti di comunicazione interna, ad alta voce, si distinguono in due categorie:

- a) impianti interfonici,
- b) impianti intercomunicatori.

Negli impianti interfonici vi è un apparecchio principale dal quale è possibile chiamare, ad alta voce, la persona che si trova in prossimità dell'apparecchio secondario, e stabilire con essa conversazioni bilaterali.

La diversità tra gli impianti interfonici e quelli intercomunicatori si manifesta quando gli apparecchi secondari sono più di uno. Negli impianti interfonici, i diversi apparecchi secondari possono conversare soltanto con l'apparecchio principale, e non tra di loro; negli impianti intercomunicatori, invece, tutti gli apparecchi possono conversare tra di loro.

L'apparecchio principale è detto anche *master* o *direttore* o *capolinea*; gli apparecchi secondari sono detti anche *derivati* o *remoti*.

Negli impianti interfonici vi è un apparecchio master e vi sono più apparecchi remoti; negli impianti intercomunicatori vi sono soltanto apparecchi master.

Tanto negli impianti interfonici quanto negli impianti intercomunicatori, gli altoparlanti funzionano anche da microfoni, e vi è un solo amplificatore ad audiofrequenza, a due od a tre stadi, a seconda delle necessità dell'impianto. La diversità tra gli impianti interfonici e gli intercomunicatori consiste soltanto nel commutatore di conversazione (commutatore « parla-ascolta ») e nel numero di conduttori presenti nel cavo di collegamento.

Solo gli apparecchi master sono provvisti di commutatore di conversazione, con il quale è possibile collegare i due altoparlanti, quello dell'apparecchio master e quello dell'apparecchio remoto, all'entrata o all'uscita dell'amplificatore. Il principio-base degli impianti di comunicazione interna consiste appunto nel collegare due altoparlanti, uno all'entrata e l'altro all'uscita dell'amplificatore, a seconda del senso della conversazione, come già detto.

Il comando della conversazione è ottenuto con il *commutatore di conversazione*. Il master può parlare solo quando il commutatore è in posizione di comunicazione (« parla »), poiché allora il suo altoparlante è collegato all'entrata dell'amplificatore, mentre l'altoparlante dell'apparecchio remoto è collegato all'uscita.

Il master ascolta quando il commutatore è in posizione di ascolto (« ascolta »), ossia quando il commutatore collega il suo altoparlante all'uscita dell'amplificatore e l'altoparlante del remoto all'entrata.

Esempio di impianto interfonico semplice, a valvole.

L'impianto interfonico di fig. 11.5 consiste di un apparecchio master e di tre apparecchi remoti. L'apparecchio master è provvisto dell'amplificatore, dell'inversore « parla-ascolta » e dell'inseritore di linea, oltre che del proprio altoparlante. I tre apparecchi sono invece costituiti dal solo altoparlante.

Con questo impianto, la persona che si trova al master può chiamare ad alta voce colui che si trova in prossimità di uno dei remoti. La sua voce è riprodotta dall'altoparlante, in modo da poter essere udita in tutto l'ambiente.

Chi è chiamato risponde senza alzare la voce. Il termine « alta voce » è usato solo per distinguere questi impianti da quelli telefonici, che sono invece a « bassa voce », non perché sia necessario parlare a bassa voce, ma perché essi riproducono la voce a bassa intensità sonora.

L'IMPIANTO INTERFONICO

Quando chi è al master parla, deve abbassare il pulsante di comunicazione (pulsante « parla-ascolta »). Così facendo, provvede a collegare il proprio altoparlante all'entrata dell'amplificatore, ed a collegare l'altoparlante del remoto chiamato alla sua uscita.

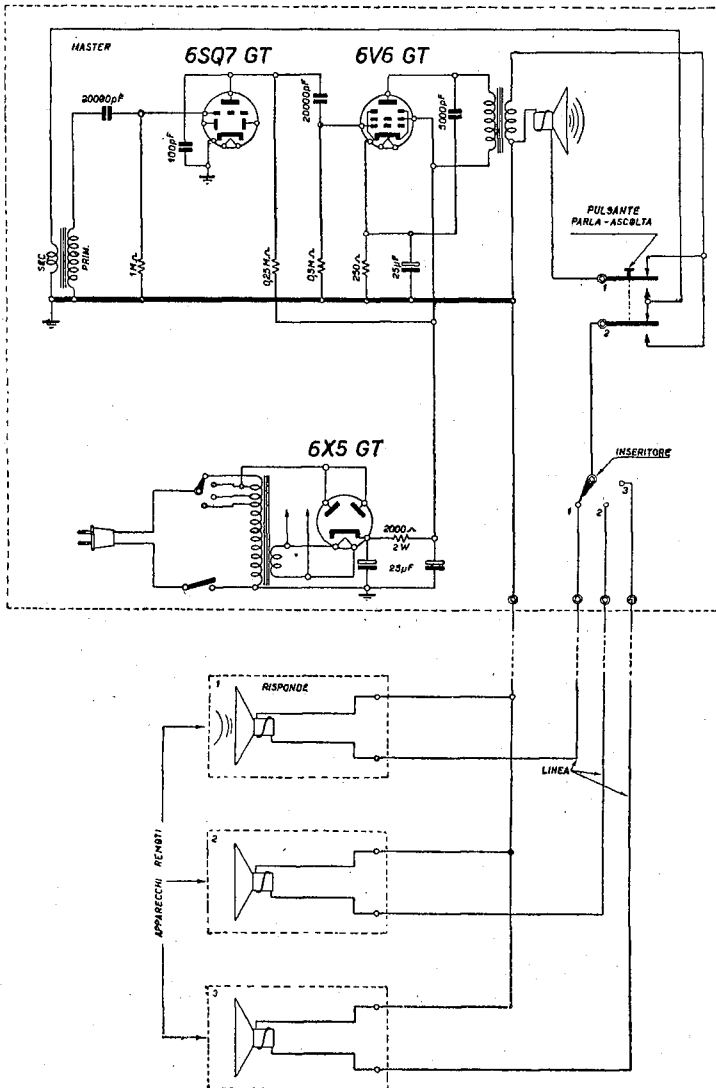


Fig. 11.5. - Semplice impianto interfonico con un apparecchio principale e tre secondari. Gli altoparlanti funzionano anche da microfoni.

Non appena ha finito di parlare, deve lasciare il pulsante, il quale ritorna automaticamente in posizione di riposo. In questa posizione è l'altoparlante dell'apparecchio remoto ad essere collegato all'entrata dell'amplificatore, e quindi colui che si trova davanti ad esso può rispondere, e la sua voce viene riprodotta dall'altoparlante del master.

Nella posizione di riposo, l'altoparlante del master può venir collegato all'uscita o all'entrata dell'amplificatore; in pratica, esso viene sempre collegato all'uscita e mai all'entrata. Ciò per il fatto che dopo la conversazione, chi è al master può non preoccuparsi di rimettere l'inseritore in posizione di escluso. Se, invece, l'altoparlante del master fosse collegato all'entrata dell'amplificatore in posizione di riposo, chi è al master dovrebbe preoccuparsi di rimettere l'inseritore fuori linea, diversamente tutto ciò che verrebbe detto in quell'ambiente verrebbe inteso nell'altro ambiente, quello del remoto inserito.

Con l'altoparlante del master all'uscita dell'amplificatore, chi si trova al master e vuol chiamare un remoto, può inserire il remoto e poi, prima di chiamare, ascoltare ciò che vien detto in quell'ambiente, in modo da evitare un'eventuale chiamata inopportuna.

CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO. — L'amplificatore è di tipo molto semplice, a due stadi, con una 6SQ7 amplificatrice di tensione ed una 6V6 amplificatrice di potenza. Gli amplificatori sono sempre semplici, dato che si tratta di riprodurre soltanto una ristretta gamma dello spettro delle audiofrequenze, quella corrispondente alla voce.

Vi è un solo trasformatore d'entrata ed un solo trasformatore d'uscita per tutti gli altoparlanti. I due trasformatori possono essere identici. Quello d'entrata non è direttamente collegato alla griglia della 6SQ7, poiché, in tal modo, ne risulterebbe una diminuzione di circa il 30 % del guadagno dell'amplificatore. L'accoppiamento con condensatore e resistenza è sempre necessario.

Tutti gli altoparlanti sono del tipo a magnete permanente, da 6, 8 e 10 centimetri di diametro, con bobina mobile di impedenza quanto più elevata possibile.

Il master può venir collegato ad un solo apparecchio remoto per volta; non è possibile, salvo particolari accorgimenti, collegare il master a due o a tutti e tre gli apparecchi remoti contemporaneamente.

È opportuno, ma non è necessario che l'amplificatore sia unito all'apparecchio master. Ove occorra, si può separare l'amplificatore dal proprio altoparlante e dai due comandi, e collocarlo in prossimità o in ambiente vicino.

Il pulsante di conversazione può venir sostituito con un commutatore girevole, del tipo usato per la commutazione di gamma negli apparecchi radio; basta una sola sezione con due settori metallici rotabili.

L'inseritore di linea, anziché essere del tipo a rotazione, come in figura, potrebbe essere costituito da tre interruttori a scatto.

Dal master parte un cavo con quattro conduttori, tre di linea ed uno per il ritorno comune. È necessario fare attenzione affinché non si determinino accoppiamenti

tra l'entrata e l'uscita dell'amplificatore, poiché ciò darebbe luogo ad oscillazioni noiose.

Nell'esempio di figura, è l'apparecchio remoto n. 1 che risponde ad una chiamata da parte del master.

Impianti interfonici con remoti che possono chiamare.

L'impianto interfonico semplice di fig. 11.5 presenta l'inconveniente di non consentire a coloro che si trovano agli apparecchi remoti, di chiamare colui che si trova al master. È possibile perfezionarlo, rendendo possibile la chiamata da parte degli apparecchi remoti.

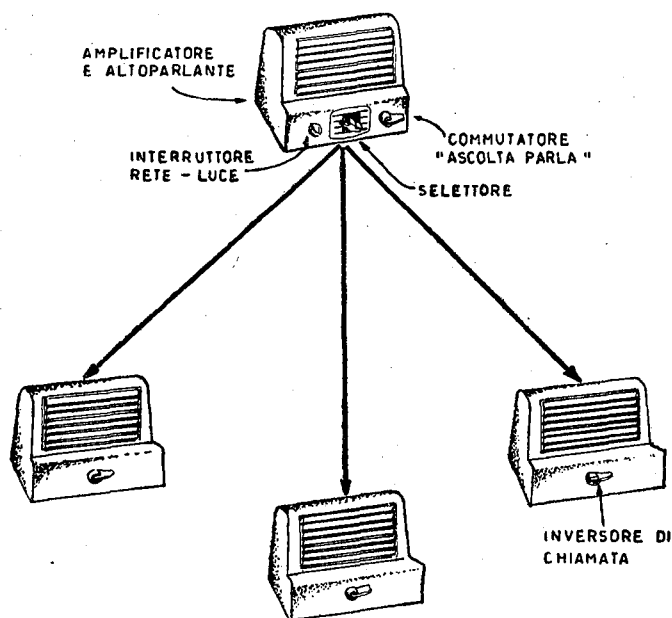


Fig. 11.6. - Impianto interfonico con tre apparecchi secondari da quali è possibile chiamare il principale.

La fig. 11.6 indica un esempio tipico di impianto interfonico, costituito da un apparecchio master e da tre apparecchi remoti, ciascuno dei quali provvisto di un *inversore di chiamata*, agendo sul quale è possibile chiamare ad alta voce colui che si trova all'apparecchio master, generalmente il direttore dell'ufficio.

La fig. 11.7 illustra lo schema completo di questo tipo di *interfonico a chiamata*. La disposizione generale è quella stessa dell'impianto *interfonico semplice* di fig. 11.5; a ciascun remoto giungono tre conduttori anziché due. Dall'apparecchio master escono cinque conduttori anziché quattro.

Il principio generale è il seguente. A ciascun apparecchio remoto giunge un conduttore che lo collega all'entrata dell'amplificatore. Quando dall'apparecchio remoto s'intende chiamare il master, l'inseritore va posto nella posizione di chiamata, nella quale l'altoparlante del remoto si trova collegato all'entrata dell'amplificatore, come risulta evidente in figura.

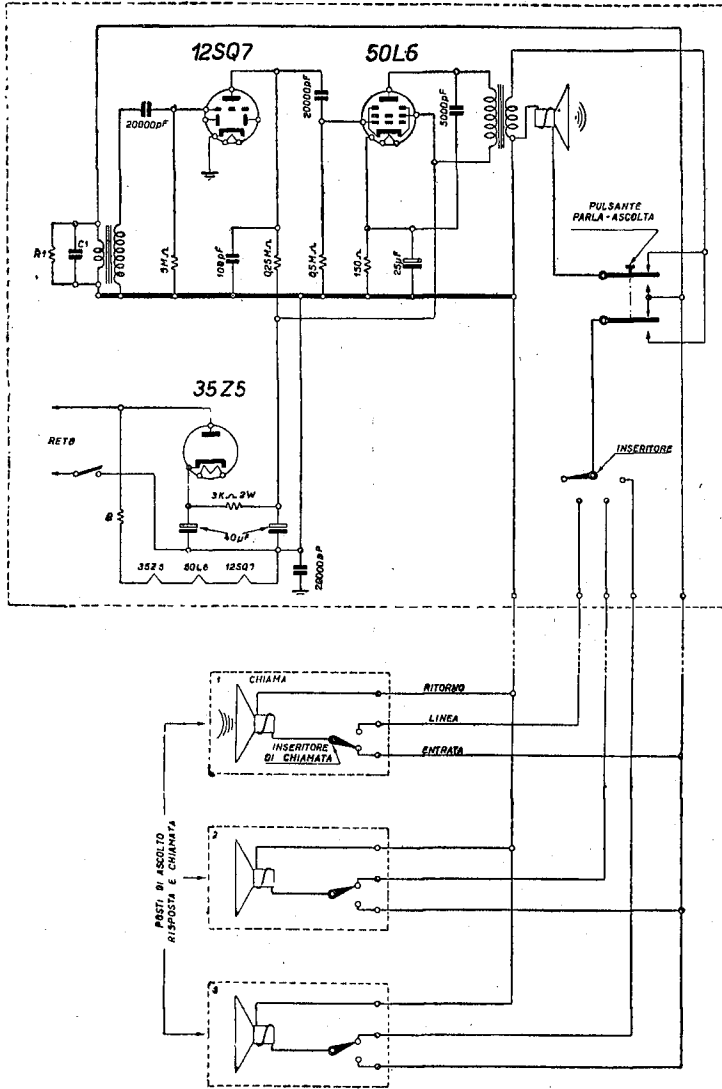


Fig. 11.7. - Schema dell'impianto di fig. 11.6.

Poiché l'altoparlante dell'apparecchio master è sempre collegato all'uscita dell'amplificatore, in posizione di riposo, come già detto, la comunicazione ad alta voce è senz'altro possibile.

Nell'esempio di figura, è il remoto n. 1 ad essere messo in posizione di chiamata. Benché l'inseritore di linea sia disinserito, e il pulsante « parla-ascolta » del master sia in posizione di riposo, la voce di chi chiama dal remoto n. 1 viene riprodotta dall'altoparlante del master.

L'inversore di chiamata dei remoti serve solo per la prima comunicazione a voce, ossia soltanto per chiamare. Sentendosi chiamato, chi si trova al master deve anzitutto agire sull'inseritore di linea, portandolo, nel caso dell'esempio fatto, in posizione 1, e quindi abbassare il pulsante « parla-ascolta » per poter rispondere. Per ridare la parola al proprio interlocutore, deve lasciar libero il pulsante, il quale, ritornando in posizione di riposo, riporta il remoto n. 1 all'entrata dell'amplificatore.

L'amplificatore poteva essere quello stesso dell'impianto precedente. In questo caso è stato fatto l'esempio dell'amplificatore senza trasformatore d'accensione, con i filamenti delle tre valvole in serie.

Si può notare che, all'entrata dell'amplificatore, è presente un condensatore $C1$ ed una resistenza $R1$. Poiché il conduttore d'entrata può essere lungo alcune decine di metri, è possibile che, durante le conversazioni, possa essere intesa la trasmittente locale. Ciò può avvenire specie se il conduttore d'entrata non è schermato, ma solo distanziato, nel qual caso, è inevitabile una certa captazione delle onde radio della locale. Per evitare il disturbo di interferenza è sufficiente il condensatore $C1$, di capacità adeguata, per es. 1000 pF. La resistenza $R1$ ha invece lo scopo di eliminare il « click » che si sente ad ogni passaggio del pulsante « parla-ascolta » da una posizione all'altra. Può essere di 20 000 o 30 000 ohm.

Gli impianti interfonici a chiamata presentano un inconveniente notevole, quello della presenza del conduttore d'entrata, ossia del conduttore che collega l'entrata dell'amplificatore ai diversi apparecchi remoti. Non è possibile che il conduttore d'entrata sia presente, in un unico cavo, insieme con gli altri conduttori, poiché quando uno dei remoti è collegato all'uscita dell'amplificatore, e riproduce la voce del master, il collegamento d'uscita corre parallelo a quello d'entrata, con inevitabile accoppiamento e fischio. È necessario che il conduttore d'entrata sia schermato, e che la calza metallica sia utilizzata per il ritorno comune, oppure che sia distanziato di circa due centimetri dal cavo comune a quattro conduttori.

Esempio di impianto interfonico a transistor.

L'uso di transistor in impianti interfonici offre, rispetto all'impiego di valvole elettroniche, il grande vantaggio dell'immediata entrata in funzione dell'apparecchio non appena venga azionato l'interruttore d'alimentazione, senza dover attendere i vari secondi necessari all'accensione dei filamenti. Ciò consente, quindi, di spegnere l'amplificatore ogni qualvolta la conversazione ha termine.

L'IMPIANTO INTERFONICO

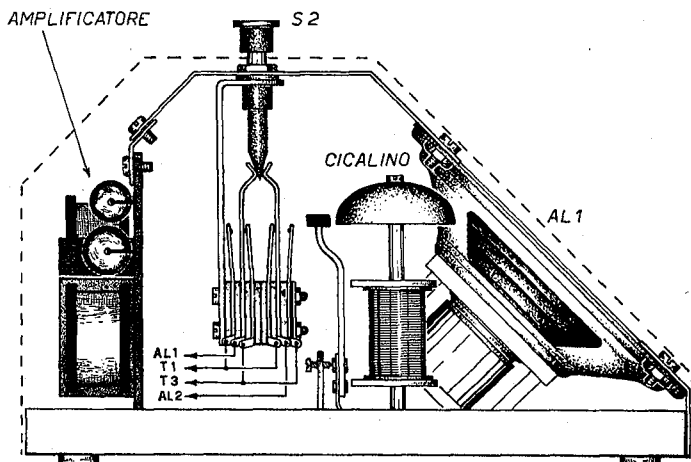


Fig. 11.9. - Disposizione dei componenti nell'apparecchio principale.

POLARIZZAZIONE. — Sul circuito di polarizzazione di base dei transistor finali v'è una resistenza semifissa da 100 ohm che va regolata in sede di taratura per un assorbimento totale di corrente di 14 mA a segnale zero.

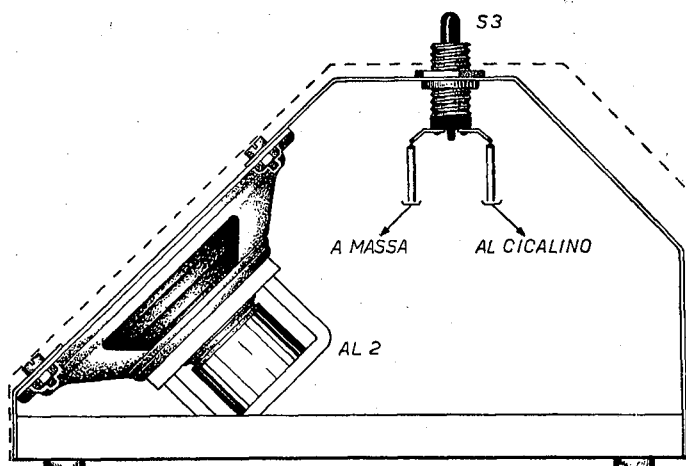


Fig. 11.10. - Disposizione dei componenti nell'apparecchio secondario.

ALIMENTAZIONE. — L'alimentazione è fornita da due batterie da 4,5 V, di tipo piatto, collegate in serie.

COMMUTATORE. — La commutazione parla-ascolta avviene mediante un commutatore a pulsante con molla di ritorno, a 2 vie - 2 posizioni (S2), il quale scambia tra loro i collegamenti di AL1 e AL2 dall'entrata all'uscita e viceversa.

In posizione di riposo il commutatore lascia inserito AL1 all'uscita dell'amplificatore e AL2 all'entrata, come microfono; cioè l'apparecchio principale resta in posizione di ascolto.

Ogni qualvolta si vuol parlare dall'apparecchio principale, occorre tener premuto il pulsante di S2.

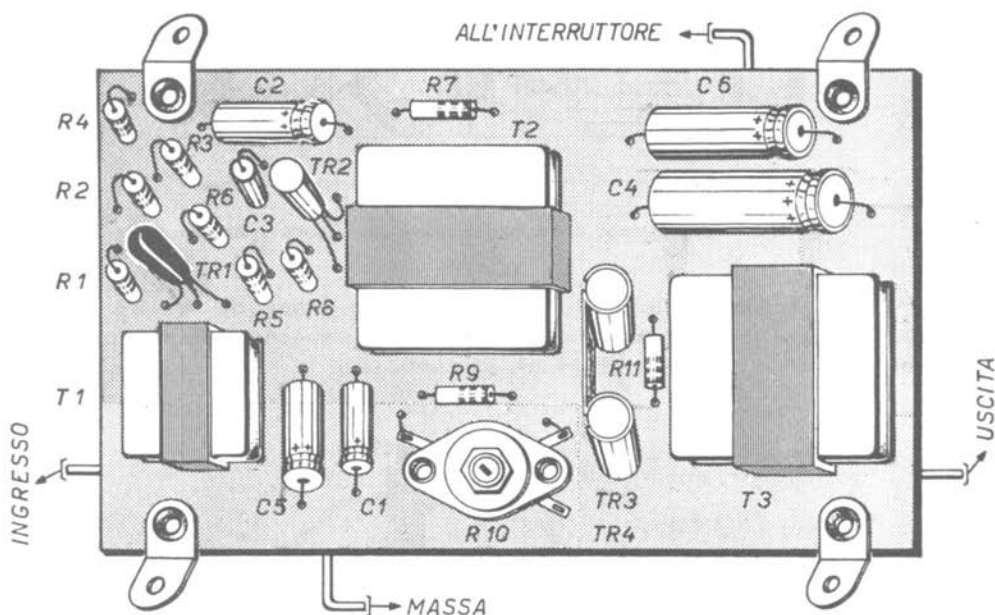


Fig. 11.11. — Disposizione dei componenti dell'amplificatore.

AVVISATORE DI CHIAMATA. — Entro l'apparecchio principale, vedi fig. 11.9, a fianco del commutatore a pulsante, è sistemato un cicalino che viene azionato dall'interruttore a pulsante S3, posto sull'apparecchio secondario. È questo l'unico comando di cui l'apparecchio secondario (vedi fig. 11.10) è dotato e ne è il solo componente oltre all'altoparlante AL2.

Esso serve, quando l'amplificatore è spento, ad avvisare l'apparecchio principale che si vuol conferire.

AMPLIFICATORE. — La fig. 11.11 mostra la disposizione delle parti componenti l'amplificatore su una basetta rettangolare di materiale isolante munita di quattro squadrette d'angolo per il fissaggio al telaio dell'apparecchio principale.

Si notino la resistenza semifissa $R10$ e le alette metalliche di raffreddamento investite sui due transistor finali AC128.

APPARECCHIO PRINCIPALE. — La dislocazione dei componenti all'interno dell'apparecchio principale appare evidente dalle figg. 11.9 e 11.12.

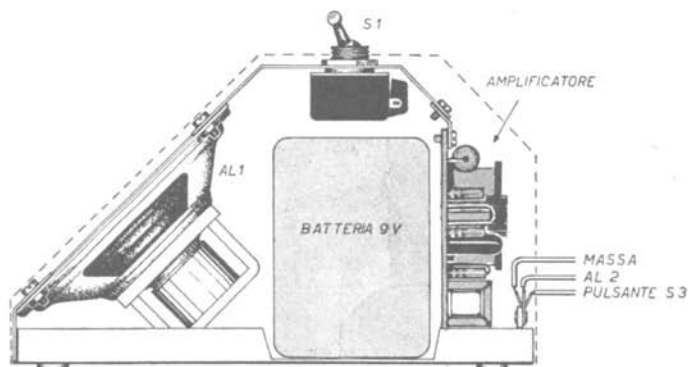


Fig. 11.12. — Posizione della batteria e dell'amplificatore nell'apparecchio principale.

La basetta portante dell'amplificatore è montata verticalmente sulla parte posteriore e fa parte dell'intelaiatura di sostegno dell'interruttore $S1$, del commutatore $S2$ e dell'altoparlante $AL1$, montato anteriormente con un'inclinazione di 45° .

Nel vano centrale trovano posto le batterie e il cicalino.

COLLEGAMENTI. — L'apparecchio principale è collegato al secondario tramite tre soli conduttori che possono essere riuniti in un unico cavetto, oppure possono essere costituiti da piattina trifilare, di più facile sistemazione.

Uno di essi è collegato a massa, il secondo fa capo a $AL2$, ed il terzo va dal cicalino all'interruttore $S3$.

I REGISTRATORI A NASTRO MAGNETICO

Principi basilari.

Voci e suoni possono venir registrati sulla vernice magnetica di un nastro, mediante l'apparecchio di registrazione magnetica. Lo stesso apparecchio consente di risentire le voci e i suoni registrati.

Il registratore è un po' l'inverso del telefono. Dall'apparecchio telefonico la corrente elettrica corre veloce sopra il filo conduttore lungo chilometri; la corrente corre e il filo rimane immobile. Nel registratore è invece il nastro che corre da una bobina all'altra, mentre la corrente elettrica rimane « immobile », rimane nell'apparecchio.

Dal microfono, la corrente elettrica va a un piccolo elettromagnete, sopra il quale scivola il nastro. L'elettromagnete converte le modulazioni della corrente elet-

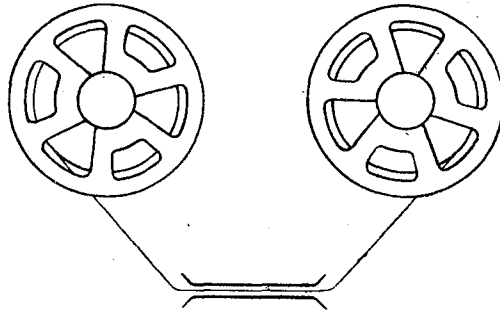


Fig. 12.1. - Durante la registrazione magnetica il nastro è in corsa.

trica in variazioni di campo magnetico. Il nastro viene più o meno « impressionato » magneticamente; sopra di esso rimangono delle impressioni magnetiche.

Per risentire le voci e i suoni registrati, occorre riavvolgere il nastro, per poi farlo scivolare sullo stesso elettromagnete. Le impressioni magnetiche presenti sul nastro, generano nell'elettromagnete una corrente elettrica. Avviene cioè il fenomeno inverso. Tale corrente elettrica viene amplificata e inviata a un altoparlante.

L'elettromagnete, sui poli del quale vien fatto scorrere il nastro, vien detto *testina magnetica* (magnetic head).

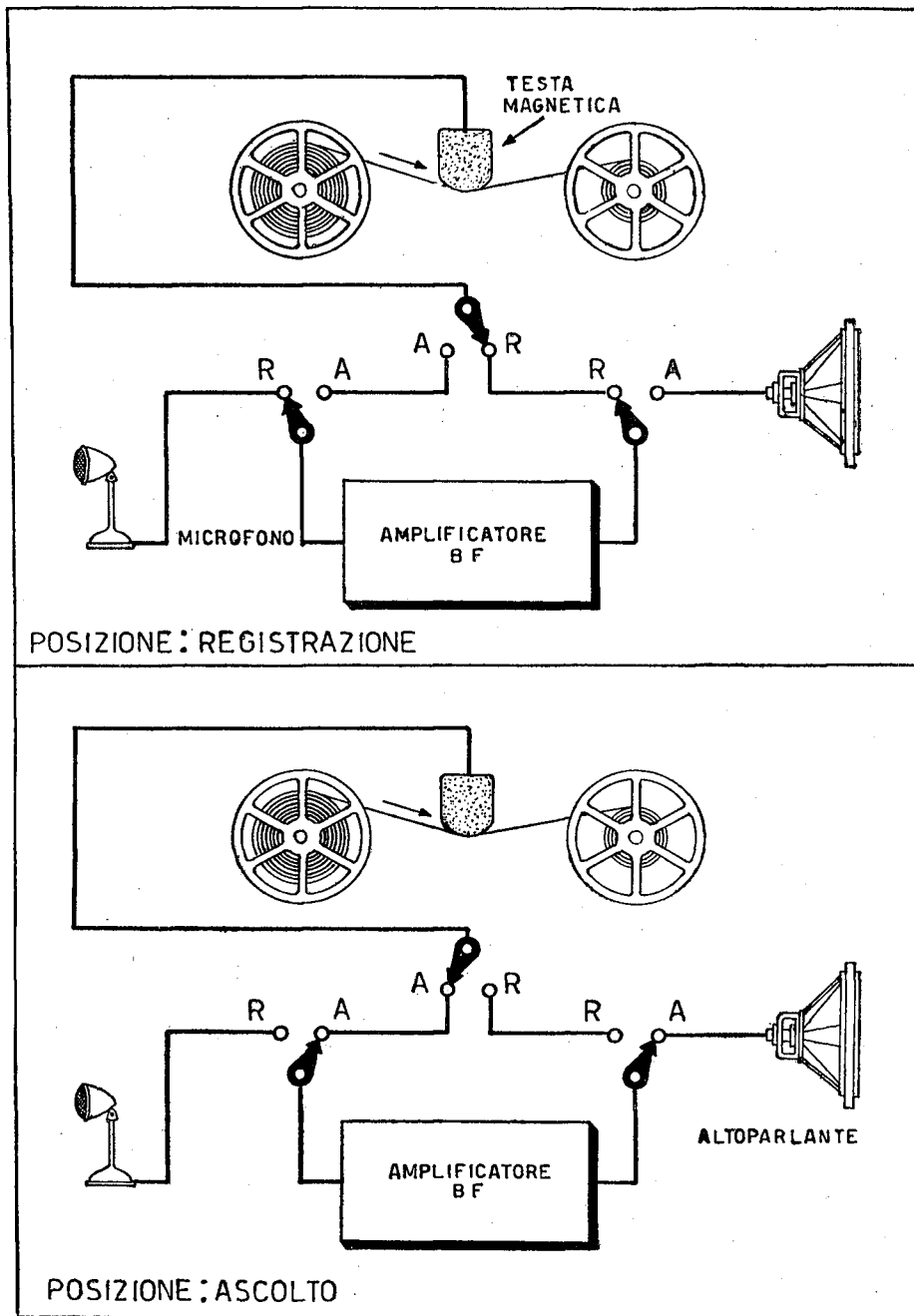


Fig. 12.2. - Principio generale dei registratori magnetici. In alto, come avviene la registrazione delle voci e dei suoni sul filo d'acciaio o sul nastro magnetico, scivolante sui poli della testa magnetica. In basso, come avviene la riproduzione.

All'atto della *registrazione (R)* la testina magnetica è collegata all'uscita dell'amplificatore (al posto dell'altoparlante), mentre alla sua entrata è collegato il microfono.

All'atto dell'*audizione (A)*, la testina magnetica è invece collegata all'entrata dell'amplificatore (al posto del microfono), mentre alla sua uscita è collegato l'altoparlante.

Un semplice commutatore consente di scambiare l'entrata e l'uscita dell'amplificatore. La fig. 12.2 illustra in alto come sono disposte le varie parti del registratore all'atto della registrazione magnetica. Il commutatore è a tre vie e a due posizioni; le posizioni sono *R* (registrazione) e *A* (audizione).

Nella stessa figura, in basso, è indicato il commutatore in posizione *audizione*; in tal caso la testina magnetica è collegata all'entrata dell'amplificatore, mentre l'altoparlante è collegato all'uscita.

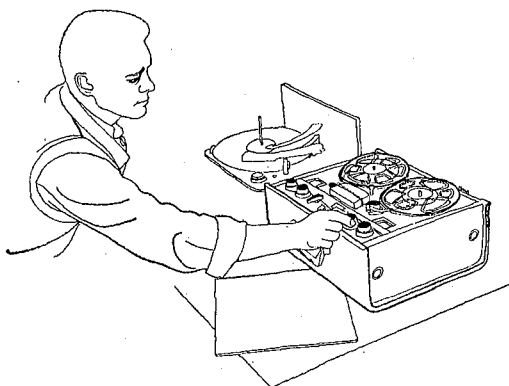


Fig. 12.3. - Esempio di registratore a bobine.

Le impressioni magnetiche rimangono inalterate per alcuni anni, durante i quali esse possono servire per numerosissime riproduzioni sonore. Non subiscono alcuna alterazione durante il passaggio sulla testina magnetica.

Le impressioni magnetiche possono venir cancellate facilmente dal nastro, in modo da consentirne l'uso per numerose registrazioni.

La fig. 12.4 illustra un tipico registratore magnetico a bobine. Quando ha inizio la registrazione, oppure l'audizione, la *bobina di sinistra* è piena di nastro magnetico, mentre la *bobina di destra* è vuota. Non appena ha inizio la registrazione o l'audizione, il nastro inizia la corsa, svolgendosi dalla bobina di sinistra per avvolgersi su quella di destra. Mentre scorre, scivola sulla testina magnetica.

In figura la testina non si vede essendo sistemata entro un'apposita custodia. Sollevando il coperchio della custodia, si vede il nastro scivolare sulla testina. La custodia è di dimensioni notevoli, mentre la testina magnetica è piccola, questo per il fatto che vi è una seconda testina, quella di cancellazione, ed in più vi sono i rullini e le guide del nastro.

AVVOLGIMENTO E RIAVVOLGIMENTO DEL NASTRO.

La bobina di destra viene anche detta bobina raccoglitrice o di avvolgimento, mentre quella di sinistra vien detta fornitrice, debitrice o di svolgimento.

Il registratore magnetico è provvisto di un motore elettrico. Esso mette in movimento la bobina di destra durante la registrazione e durante l'audizione.

Quando tutto il nastro è passato dalla bobina di sinistra a quella di destra, il registratore si ferma automaticamente, in seguito allo scatto di un interruttore, il quale toglie corrente al motore.

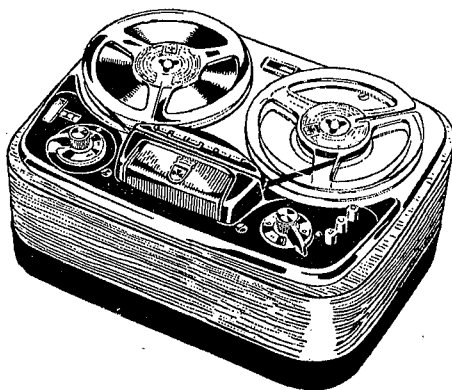


Fig. 12.4. - Bobine di nastro e il copritestine.

È allora necessario provvedere al riavvolgimento del nastro, ossia a farlo passare rapidamente sulla bobina di sinistra, in modo da essere pronto per una nuova audizione, oppure per una nuova registrazione, con conseguente cancellazione della precedente.

Il riavvolgimento avviene ad alta velocità, in circa due minuti. A trainare velocemente il nastro è questa volta la bobina di sinistra.

BANDE, PISTE O TRACCE.

I primi registratori magnetici funzionavano con nastro ad un'unica banda; la vernice magnetica ricopriva tutto un lato del nastro. I nastri attualmente in uso sono tutti a due bande magnetiche. La vernice è disposta lungo due strisce orizzontali. Ciascuna striscia di nastro agisce indipendentemente dall'altra. Su ciascuna è possibile provvedere ad una registrazione. Ne risulta che su un unico nastro sono possibili due registrazioni.

Le due strisce orizzontali di vernice magnetica sono leggermente distanziate l'una dall'altra. Sono dette *bande magnetiche*, oppure *piste magnetiche* od anche *tracce magnetiche*.

CAPOVOLGIMENTO DELLE BOBINE.

Sicché quando il nastro ha riempito completamente la bobina di destra, per continuare l'audizione, oppure la registrazione, è necessario capovolgere le bobine, e sistemare quella di destra al posto di quella di sinistra. Questa inversione risulta facile, poiché le bobine di nastro poggiano ciascuna sul proprio *piattello portabobina*. Il motore muove i piattelli, e non le bobine, come è evidente.

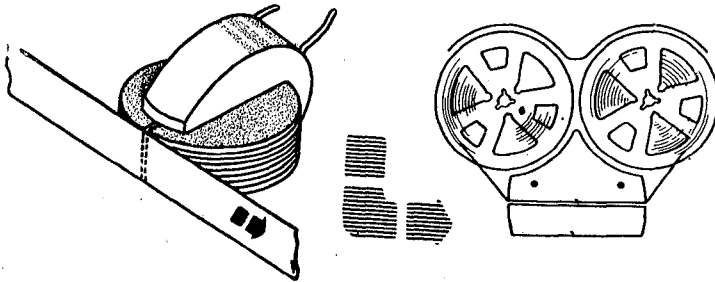


Fig. 12.5. - Testina magnetica di registrazione.

La durata dipende anche dalla velocità con cui il nastro scorre da una bobina all'altra. Vi sono tre velocità normalizzate. In media la durata di un'audizione è di un'ora. La registrazione richiede lo stesso tempo, dato che il nastro scorre alla stessa velocità tanto durante la registrazione quanto durante l'ascolto.

AVANTI-VELOCE E PAUSA.

Può avvenire che mentre la bobina di sinistra è piena, si desideri ascoltare una registrazione presente verso la fine del nastro. Non è necessario, in tal caso, far funzionare il registratore per un'ora, per poter sentire quanto si desidera. I registratori sono provvisti di un dispositivo di « avanti-veloce ». Premendo un tasto, la bobina di destra ruota molto velocemente, consentendo di giungere rapidamente al tratto di nastro che interessa.

Affinché si possa sapere, almeno approssimativamente, dove si trovano le varie registrazioni sullo stesso nastro, i registratori sono provvisti di un indicatore del numero di giri.

Tanto durante la registrazione quanto durante l'ascolto può risultare necessario fermare momentaneamente la corsa del nastro. Serve a tale scopo il dispositivo di « pausa ». È sufficiente premere un pulsante.

Un tratto di nastro può venir inteso più volte. Occorre provvedere alla « pausa » alla fine di quel tratto, al riavvolgimento della corrispondente parte del nastro, ad alta velocità, e quindi all'avviamento del nastro a velocità normale.

Può avvenire che durante la registrazione con microfono il segnale audio risulti

tropo scarso per una buona registrazione, oppure eccessivo, con conseguente forte distorsione. Per evitare questo inconveniente i registratori sono provvisti di un *indicatore di modulazione*. Esso segna l'ampiezza del segnale audio ottenuto dal microfono, ed avverte non appena vi è sovraccarico, ossia ampiezza eccessiva.

Infine, va tenuto conto che il nastro può scorrere a una, a due o a tre velocità diverse. Per registrare musica sinfonica è necessario che il nastro scorra velocemente, mentre per registrare un discorso è sufficiente una velocità minore, la minima. In genere i piccoli registratori sono ad una sola velocità, mentre quelli per uso professionale, come ad esempio quelli usati per il reportage ad uso delle emittenti radiofoniche, sono a tre velocità. Quando la velocità che può assumere il nastro sono due o tre, vi è un comando di cambio-velocità.

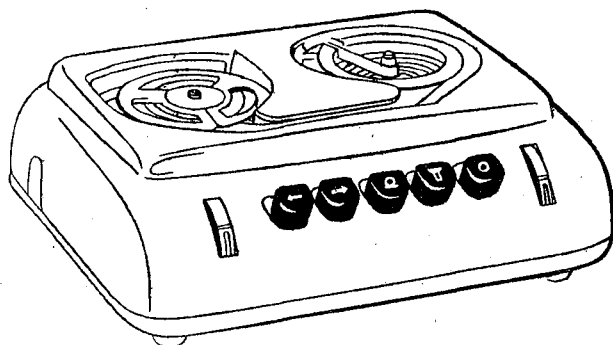


Fig. 12.6. - Magnetofono da ufficio, per ascolto in cuffia.

CANCELLAZIONE DELLA REGISTRAZIONE.

La registrazione magnetica sul nastro può venir cancellata con facilità. A tale scopo serve una seconda testina magnetica, detta testina di cancellazione. Nei registratori non vi è un comando di cancellazione, poiché tutte le volte che viene effettuata una registrazione, risulta inserita anche la testina di cancellazione. Essa si trova a fianco di quella di registrazione, a sinistra.

Mentre il nastro con una data registrazione scorre da una bobina all'altra, passa prima sopra la testina di cancellazione, la quale la elimina, e poi sopra la testina di registrazione, la quale provvede alla nuova impressione magnetica del nastro.

In alcuni registratori, la testina di cancellazione è unita a quella di registrazione e di ascolto. Durante l'ascolto, il nastro scorre anche sopra la testina di cancellazione, ma in tale posizione del registratore, ad essa non giunge corrente, quindi è inerte, ossia è come se non esistesse.

Affinché la testina di cancellazione possa svolgere il suo compito, al suo avvolgimento viene inviata una particolare corrente elettrica. È simile alla corrente alternata della rete-luce, ma oscilla molto più rapidamente. È una corrente oscillante. La

frequenza delle oscillazioni è compresa tra 50 e 70 chilocicli, e quindi una frequenza inaudibile, dato che la massima percettibile è quella di 20 chilocicli.

A tale frequenza corrisponde il termine *supersonica*. Essa viene generata da un particolare stadio del registratore, detto *stadio supersonico* oppure *oscillatore supersonico*, od anche *oscillatore AF*.

Come si vedrà meglio in seguito, una parte della corrente supersonica viene inviata anche alla testina di registrazione affinché funzioni nel punto centrale del tratto rettilineo della sua caratteristica, un po' come avviene per la polarizzazione delle valvole e dei transistor.

SCHEMI DI PRINCIPIO. — La fig. 12.7 riporta lo schema di principio di un qualsiasi registratore magnetico, provvisto di due testine magnetiche, quella di registrazione/audizione e quella di cancellazione.

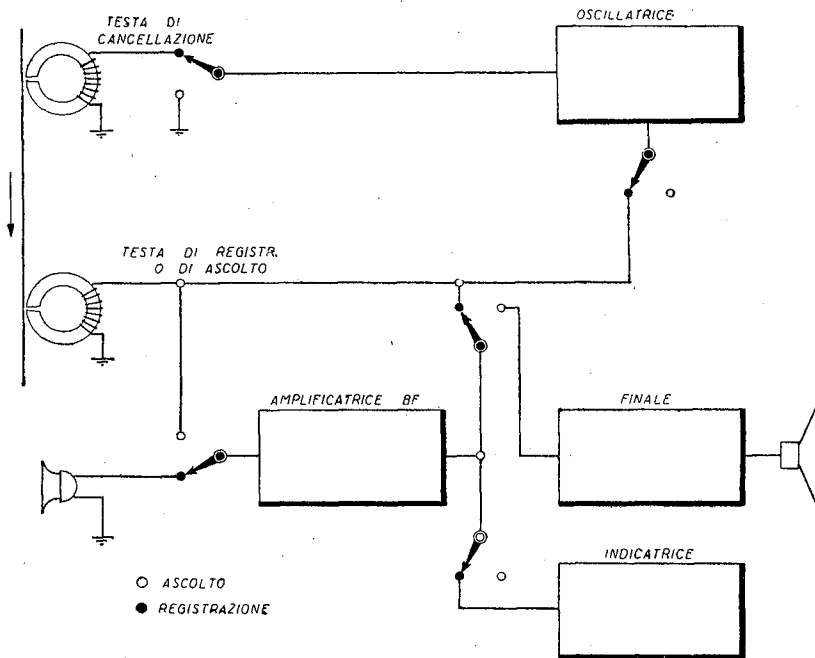


Fig. 12.7. - Schema a blocchi di magnetofono di tipo medio.

Come si può notare nella figura, vi sono cinque inversori a due posizioni, la posizione registrazione (punto nero) e la posizione audizione (punto bianco). Nello schema, il registratore è in posizione registrazione.

In tale posizione, all'entrata dell'amplificatore audio è collegato il microfono, indicato in basso a sinistra. All'amplificatore manca lo stadio finale, in quanto esso

è necessario soltanto quando occorre far funzionare l'altoparlante, ossia in posizione audizione. Lo stadio finale fornirebbe una corrente eccessiva per la registrazione su nastro. È sufficiente quella fornita dai transistor precedenti, da tre a quattro.

Il segnale audio proveniente dal microfono ed amplificato giunge all'avvolgimento della testina magnetica. L'avvolgimento è collegato anche alla sezione oscil-

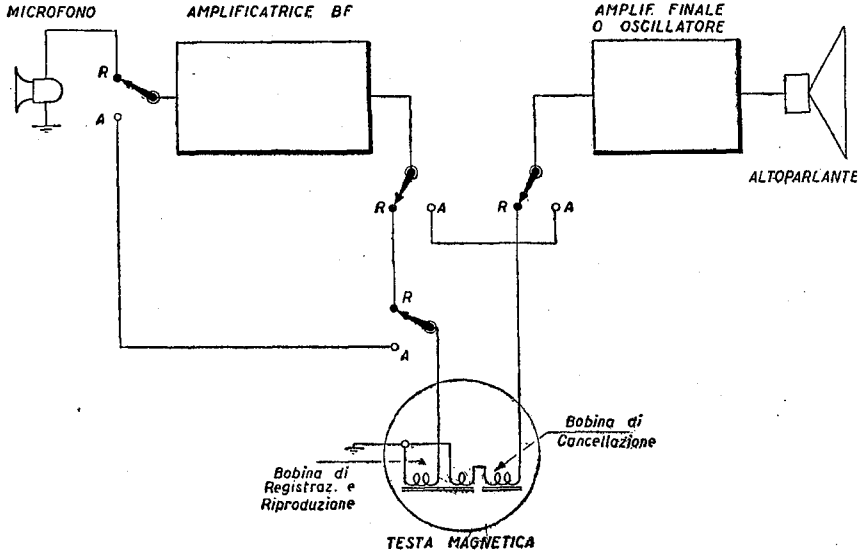


Fig. 12.8. - Schema a blocchi del complesso elettronico dei magnetofoni.

latrice, affinché gli pervenga la corrente supersonica di polarizzazione, detta anche di premagnetizzazione.

La testina di cancellazione è anch'essa collegata alla sezione oscillatrice supersonica. Elimina la registrazione precedente.

In questa posizione risulta collegata anche la sezione indicatrice del livello di modulazione. Essa comprende generalmente un transistor, un diodo, alcune resistenze e condensatori, ed uno strumentino, il quadrante del quale ha una zona colorata in rosso. Vi è sovr modulazione e quindi distorsione non appena l'indice dello strumentino raggiunge tale zona, posta verso destra.

La fig. 12.8 riporta un secondo schema di principio, quello di un piccolo registratore con una sola testina magnetica; è una testina doppia, come si vede dal disegno. Il principio è lo stesso. Il nastro scivola prima sulla parte cancellatrice e quindi su quella registratrice.

Per evitare l'impiego di più transistor, in questo esempio lo stadio finale funziona da oscillatore supersonico, in posizione registrazione. L'altoparlante è sempre

collegato, in quanto la frequenza molto elevata usata per la cancellazione viene scarsamente riprodotta da esso, ed è inoltre inaudibile all'orecchio.

In ambedue gli esempi fatti, in posizione audizione al posto del microfono viene inserita la testina magnetica. L'amplificatore è in tal caso percorso dalla corrente prodotta nell'avvolgimento della testina, dalle impressioni magnetiche registrate sul nastro, in corsa sopra di essa.

Nel primo esempio, in tale posizione, viene tolta la tensione alla sezione oscillatrice supersonica. In tal modo essa non funziona. Nel secondo esempio vengono commutati i circuiti, viene escluso quello supersonico ed inserito quello a bassa frequenza.

Le tre parti del registratore.

Il registratore, di qualunque tipo sia, consiste di tre parti distinte: una parte meccanica, una parte elettrica e una parte elettronica.

La parte meccanica provvede al meccanismo di trasporto del nastro; essa è tanto più precisa e accurata quanto più elevata è la fedeltà di riproduzione sonora. Il nastro deve scorrere sopra la testina magnetica con perfetta uniformità, con velocità costante, senza vibrazioni; ciò è possibile solo con meccanismi complessi. I piccoli magnetofoni, particolarmente quelli per sola voce, come ad es. quelli usati negli uffici, sono provvisti di meccanismo di trasporto assai elementare e quindi poco preciso, comunque sufficiente al tipo di registrazione.

La parte elettrica del registratore consiste della *testina magnetica* usata per la registrazione, la riproduzione e la cancellazione. Anche la testina magnetica differisce alquanto da un tipo all'altro di magnetofono. Alla parte elettrica appartengono anche il microfono e il commutatore, nonché il motorino elettrico che fornisce energia al meccanismo di trasporto.

La parte elettronica consiste dell'amplificatore a bassa frequenza e dell'oscillatore supersonico.

Le cassette di nastro magnetico.

Al posto delle due bobine vi può essere una *cassetta*, ossia un caricatore di nastro a cassetta. È in uso anche il termine *cartuccia*, nonché quello di *musicassetta* quando il nastro è già provvisto di registrazione di un programma musicale.

Anche all'interno della cassetta, il nastro scorre da sinistra a destra. Non vi sono due bobine vere e proprie, dato che l'involucro esterno della cassetta forma parte delle bobine stesse, in quanto contiene il nastro, come indica la fig. 12.9.

Delle due bobine non vi sono che i *mozzi*, intorno ai quali il nastro si svolge e si avvolge. I mozzi sono provvisti, nella parte interna, di dentini. Essi corrispondono alle scannellature dei due perni di movimenti, sporgenti dal fondo del contenitore porta-cassetta del registratore.

L'involucro esterno delle cassette è ottenuto con materiale plastico; esso consiste di due metà saldate insieme. In tal modo le cassette possono essere di piccole dimensioni, in quanto al posto delle due bobine vi sono due rotoli di nastro.

Ai quattro angoli delle cassette vi sono i *rulli di guida* del nastro; in alcune cassette sono fissi, in altre ruotano intorno ad un perno di plastica o di acciaio.

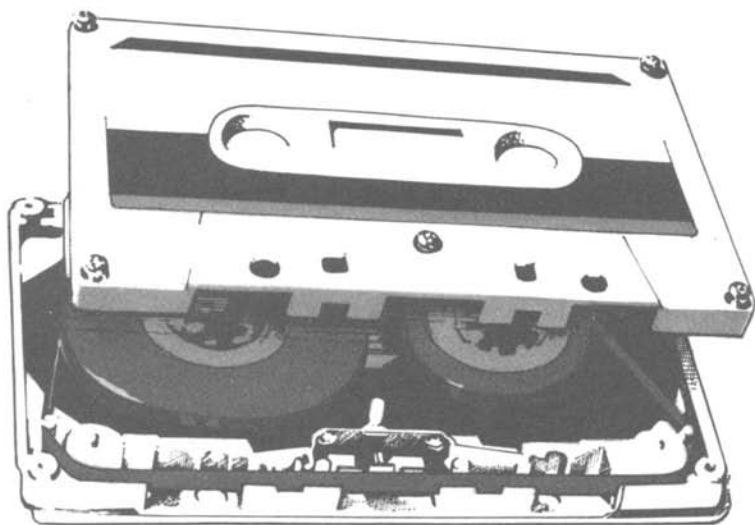


Fig. 12.9. - Cassetta di nastro magnetico.

Il nastro scorre ad un'unica velocità, in tutte le cassette, quella di 4,75 cm/s. La larghezza del nastro delle cassette è metà di quello delle bobine, ossia è di 3,8 mm. È provvisto di due piste magnetiche, ciascuna delle quali è larga 1,5 mm. Tra di esse vi è una separazione di 0,8 mm.

Data la presenza delle due piste, quando tutto il nastro è passato da sinistra a destra, è necessario capovolgere la cassetta, ossia toglierla dal contenitore e ricollocarla in posizione opposta, in modo da poter utilizzare la seconda pista.

Sono disponibili tre tipi di cassette, rispetto alla durata di corsa del nastro. Sono i seguenti:

C60	. . . . .	2 volte 30 minuti;
C90	. . . . .	2 volte 45 minuti;
C120	. . . . .	2 volte 60 minuti.

Con la C120 è quindi ottenibile una riproduzione musicale della durata di un'ora intera, prima che sia necessario capovolgere la cassetta.

La cassetta va inserita nel contenitore in modo che il nastro, visibile in parte su uno dei lati, si trovi in corrispondenza con le testine magnetiche. Su questo lato vi sono tre aperture. La prima, quella di sinistra, consente al nastro di scorrere sulla testina di cancellazione (tale testina è in attività solo durante la registrazione). La seconda, quella al centro, consente al nastro di scivolare sulla testina di registra-



Fig. 12.10. - Altro esempio di registratore a cassetta.

zione e di ascolto. La terza, a destra, consente al rullo di pressione di premere sul nastro, in modo da farlo aderire al rullo di trazione, molto sottile.

Affinché il nastro aderisca convenientemente sulla testina di registrazione/audizione, nell'interno della cassetta, in corrispondenza all'apertura di centro, vi è un pattino a pressione. Consiste di un rettangolo di feltro, poggiato su una molla di rame al berillio, oppure da un blocchetto di plastica espansa.

Esempio di giranastri (lettore di nastri preregistrati).

La riproduzione delle musicassette è ottenuta con semplici apparecchi che non sono dei veri registratori magnetici, in quanto non consentono la registrazione, bensì soltanto l'audizione. Sono detti *giranastri* o anche *playbox*.

La velocità del nastro è quella delle musicassette, 4,75 cm/sec. Il nastro è a due piste. Le musicassette adatte sono le C60, le C90 e le C120.

Un esempio di apparecchio lettore di musicassette è quello di fig. 12.11. Le sue dimensioni sono molto ridotte, senza nessuna parte in movimento e senza i soliti tasti di comando. Quello indicato misura 27×17×7 cm. È alimentato soltanto con sei pile da 1,5 volt. Non è provvisto di alimentatore per funzionare con la ten-

sione alternata della rete-luce. Può però venir collegato ad un alimentatore esterno. La resa d'uscita va da 200 a 500 milliwatt.

La musicassetta va inserita nell'apposito vano, dopo il sollevamento del coperchio (nero, in figura).

I comandi sono due soli:

a) un inseritore a pollice, sistemato a lato, a destra, immediatamente sotto la maniglia; è a tre posizioni: ascolto, stop, avanti veloce;

b) il controllo di volume sonoro sistemato sullo stesso lato, in una estremità della maniglia.

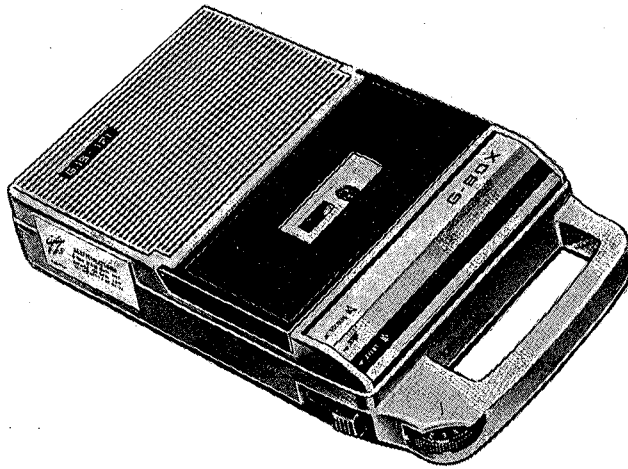


Fig. 12.11. - Esempio di granastri a cassetta.

SCHEMA DELL'APPARECCHIO. — È riportato dalla fig. 12.12. Vi è la sola testina di ascolto, come è evidente. È disegnata in basso a sinistra. È collegata all'entrata del preamplificatore tramite il condensatore C_1 di 1 microfarad, ossia alla base del primo transistor, un BC148-B2.

La tensione di base è ottenuta con le due resistenze R_1 ed R_2 , formanti un partitore. La resistenza di collettore è la R_4 . La resistenza R_5 e il condensatore C_3 , di 50 microfarad, eliminano le variazioni di tensione provocate dallo stadio finale.

Il collettore di questo primo transistor è collegato al controllo di volume, tramite C_4 ; consiste della resistenza variabile P_1 di 25 chiloohm in parallelo con la fissa R_6 di 4600 ohm. C_5 provvede al collegamento con la base del secondo transistor preamplificatore, un BC147. C_5 è necessario in quanto alla base del BC147 è applicata la controeazione proveniente dallo stadio finale.

La rete di controeazione, necessaria per compensare la distorsione introdotta dall'amplificatore, è formata dai due condensatori C_7 e C_9 , nonché dalle quattro resistenze R_7 , R_9 , R_{10} e R_{11} .

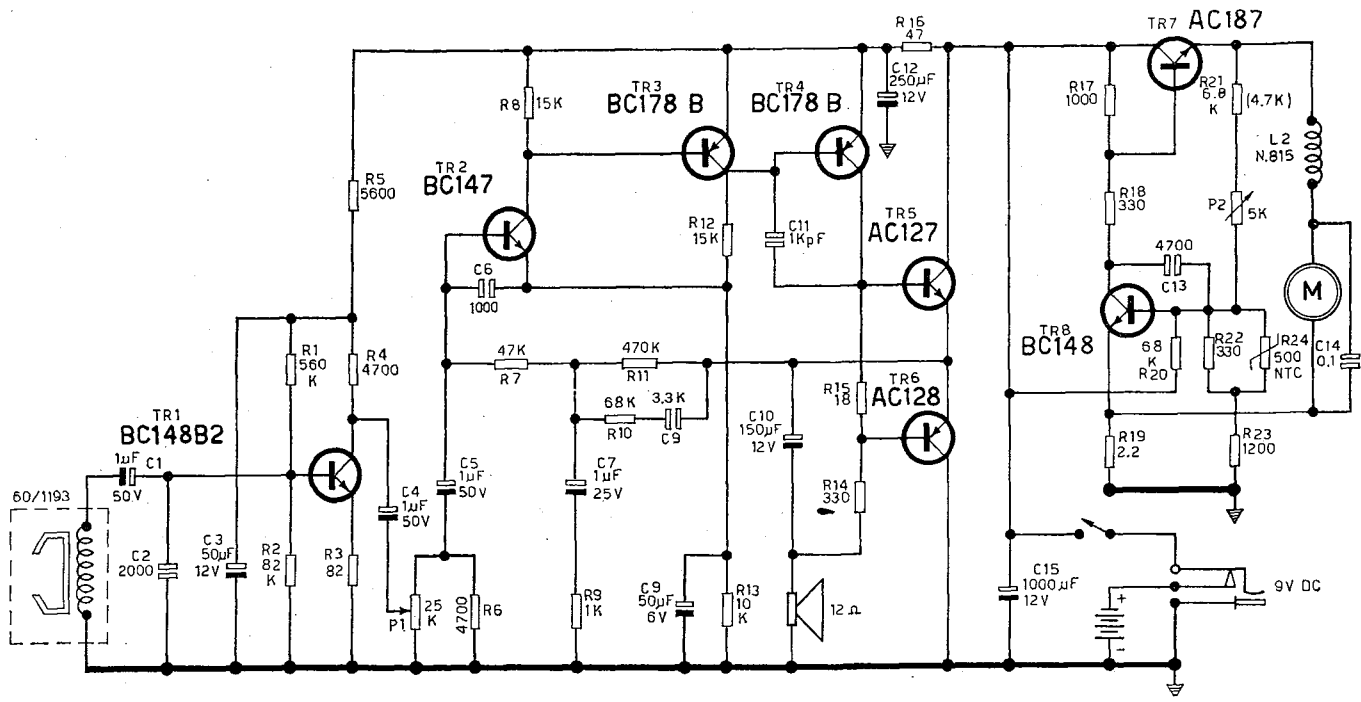


Fig. 12.12. - Schema del giranastri di fig. 12.11.

I REGISTRATORI A NASTRO MAGNETICO

La resistenza di emittore del BC147 è la R13 di 10 chiloohm, in parallelo con il condensatore C9 di 50 microfarad. La tensione così ottenuta è utilizzata anche per il collettore del terzo transistor amplificatore, un BC178B. È disegnato capovolto, ed è inserito a collettore comune, per cui l'emittore è direttamente collegato alla linea positiva di alimentazione.

Il quarto transistor, un altro BC178B provvede al pilotaggio dello stadio finale. La sua base è direttamente collegata al collettore del transistor precedente.

Lo stadio finale comprende due transistor al germanio, un AC127 NPN e un AC128 PNP, in simmetria complementare. L'uscita è tra i due emittori; è collegata all'altoparlante da 12 ohm tramite l'elettrolitico C10 di 150 microfarad.

Gli altri due transistor indicati nello schema appartengono al controllo automatico di velocità del motore. Il transistor BC148 è quello di controllo, mentre l'altro, l'AC187, è quello di passa-corrente stabilizzata.

Le eventuali variazioni nella tensione di alimentazione, dovute principalmente allo stadio finale, sono percepite dal transistor di controllo, dato che giungono alla sua base, tramite la resistenza R20 di 68 chiloohm. Esse vengono amplificate e applicate alla base dell'AC187. Questo transistor varia la propria amplificazione in modo da compensare le variazioni di tensione, e fornire al motore una corrente costante.

Quest'ultima può venir regolata una volta tanto mediante il potenziometro P2 di 5 chiloohm. È inserito nel partitore di tensione che provvede alla polarizzazione del transistor di controllo, insieme con un termistore R24 di 500 ohm, il quale provvede a compensare le variazioni di corrente a causa della temperatura, ossia le correnti di riposo dei due transistor.

La batteria da 9 volt è collegata all'interruttore tramite una presa a jack, affinché risulti staccata nel caso venga sostituita con l'alimentatore esterno.

Il lettore di nastri preregistrati descritto è il Geloso mod. G 19/121.

Esempio di registratore a cassetta.

Quello di fig. 12.13 è un tipico registratore a cassetta, di piccole dimensioni (11,7×20,4×5,8 cm), di peso modesto (circa 1 kg) e di facile manovrabilità. Può funzionare tanto con la batteria di pile incorporata, quanto con un accumulatore esterno di 12 volt, ed infine anche con la tensione della rete-luce di 220 volt. L'alimentatore a tensione alternata della rete-luce è anch'esso incorporato nel registratore.

I comandi sono ottenuti con quattro tasti. Il primo a sinistra serve per la registrazione; segue quello per l'audizione; vengono quindi i due tasti di avvolgimento; il primo è quello di avanti veloce, il secondo comanda il riavvolgimento. I due tasti di avvolgimento possono venir utilizzati anche per lo stop del registratore.

La velocità del nastro è una sola, quella di 4,75 cm/sec. È la velocità meglio adatta per questo tipo di registratori. Una velocità maggiore complicherebbe i circuiti, e non sarebbe utile, in quanto l'altoparlante non potrebbe fornire la gamma delle frequenze audio corrispondenti a quella maggiore velocità. L'altoparlante è

necessariamente di piccolo diametro, sufficiente però per il parlato e per la musica leggera.

Sotto il primo tasto vi è la manopola a pollice del controllo di volume. A lato del quarto tasto vi è lo strumento a indice per il controllo della modulazione, durante la registrazione, e per quello dell'efficienza della batteria, durante l'audizione.

Sulla parte alta dell'apparecchio, verso destra, poco visibile nella fotografia, vi è l'interruttore della rete-luce.

Il microfono è provvisto di un interruttore per pause brevi. È sistemato sulla impugnatura, a portata del pollice, e consente di mettere in movimento le bobine

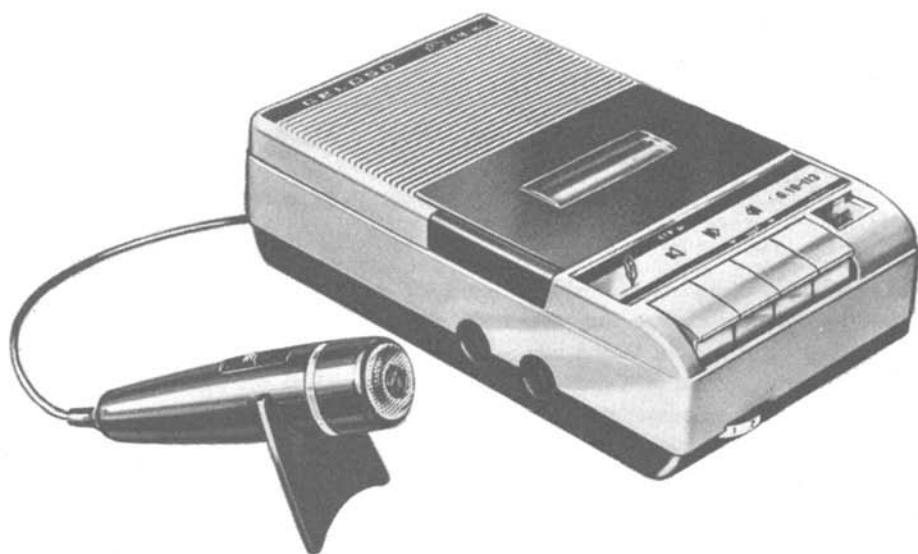


Fig. 12.13. - Registratore magnetico a cassetta con il relativo microfono.

della cassetta durante i soli tratti di tempo in cui parla chi viene « intervistato ».

La parte nera, al centro della foto, è quella del coperchio che va sollevato per il caricamento della cassetta.

I due fori neri che si vedono nella foto, in basso a sinistra, sono due prese. La prima è quella per il microfono, la seconda è quella per l'altoparlante esterno. Inserendo tale altoparlante viene disinserito quello interno. La stessa presa serve anche per l'inserimento della cuffia, anch'essa determina il disinserimento dell'altoparlante.

La fig. 12.14 riporta alcune parti del registratore descritto, smontate.

SCHEMA DEL REGISTRATORE. — È quello di fig. 12.15. Gli inversori sono in posizione AUDIZIONE (puntino bianco). La testina magnetica di registrazione e di

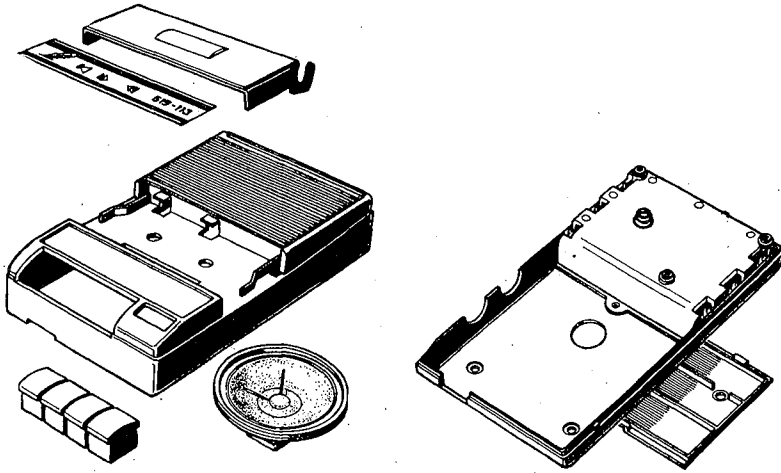


Fig. 12.14. - Alcune parti del registratore a cassetta di fig. 12.13.

ascolto (R/A) è disegnata in basso a sinistra. La testina di cancellazione è disegnata invece vicino all'oscillatore supersonico, in alto verso destra.

In tale posizione, la testina magnetica R/A è collegata da un lato all'inversore 8, e quindi all'entrata dell'amplificatore, ossia alla base del primo transistor (un BC113) tramite il condensatore C1. È anche stabilmente collegata, tramite il condensatore C5, al circuito di equalizzazione, costituito dalle due resistenze R5 e R6 nonché dai condensatori C4 e C6.

L'altro lato del circuito di equalizzazione è collegato al collettore del primo transistor durante l'audizione, tramite l'inversore 2. Esso consente di compensare le alterazioni del segnale audio causate dal complesso testina-nastro, mediante la retrocessione selettiva delle frequenze corrispondenti.

La resistenza R2 provvede alla polarizzazione di base del primo transistor. La tensione di base è di 0,65 volt. Quella di emittore è invece zero, essendo l'emittore collegato a massa, in posizione audizione, tramite l'inversore 4.

La resistenza R3 è quella di carico del transistor. La tensione di collettore è di 1,1 volt. Il ponticello 12-13 consente di inserire il milliamperometro e di controllare la corrente di collettore.

Il segnale audio, amplificato, viene trasferito alla base del secondo transistor (un altro BC113) tramite il condensatore C7. La tensione di base di tale transistor, anziché con una resistenza di base, è ottenuta con un partitore di tensione, quello formato dalle tre resistenze R7, R8 e R9.

Il circuito di emittore del secondo transistor è un po' complesso, in quanto fa capo ad esso il circuito di controreazione dell'intero amplificatore, quello che parte dall'uscita dello stadio finale, e che consiste del potenziometro P1 e della resistenza

R4. Esso fa retrocedere una minima parte del segnale audio amplificato, in modo da compensare la distorsione introdotta dall'amplificatore, escluso il primo transistor.

Tale segnale audio retrocesso viene applicato alla resistenza R11 di 22 ohm. La resistenza di emittore consiste di R11 più R12 di 10 000 ohm. Quest'ultima non partecipa alla controreazione, essendo in parallelo con il condensatore C9, di 470 microfarad.

La tensione di collettore del secondo transistor è di 8,3 volt, ed è quella stessa di base del terzo transistor, dato il collegamento diretto tra questi due transistor. Il terzo transistor è disegnato capovolto, essendo il suo emittore collegato direttamente alla linea di alimentazione positiva di 9 volt, proveniente dalla batteria. È un BC225; funziona da pilota dello stadio finale. La sua tensione di collettore è di 4,5 volt.

Lo stadio finale è del tipo a simmetria complementare e perciò comprende due transistor adeguati, al germanio, un AC180 e un AC181.

L'uscita dello stadio finale, tra i due emittori, è collegata, tramite il condensatore C15, il ponticello 2-3 e un contatto a molla, all'altoparlante interno. La corrente di riposo dello stadio finale deve essere compresa tra 1,5 e 3 milliampere. L'assorbimento totale di corrente è da 75 a 90 milliampere.

Sono indicate le due prese, per l'altoparlante esterno e per la cuffia.

L'altoparlante può fornire una resa massima di 1,3 watt. Come si può notare nello schema, esso va a massa, da un lato, tramite l'inversore 18, posizione 17. Durante la registrazione esso viene staccato mentre viene inserito l'oscillatore super-sonico, ossia l'emittore del secondo transistor AC181.

In posizione REGISTRAZIONE un lato della testina magnetica è collegato, tramite l'inversore 8, a massa (punto nero), mentre l'altro lato è collegato, tramite l'inversore 10, posizione 11, ad un capo della testina di cancellazione. L'altro capo della testina di cancellazione va al condensatore C12, ed all'insieme C13/R21, all'inversore 13 in posizione 14. In tal modo la testina di registrazione giunge all'uscita dell'amplificatore, in sostituzione dell'altoparlante, il quale risulta fuori circuito.

Le due testine di registrazione e di cancellazione si trovano in serie, allo scopo di far giungere alla prima la necessaria corrente di premagnetizzazione, fornita dalla seconda.

All'entrata dell'amplificatore è collegato il microfono. Nello schema il microfono non è indicato, essendo esterno; vi è invece disegnata la relativa presa. È a sette spinotti. È disegnata verso il centro dello schema, un po' a destra.

Lo spinotto n. 1 è collegato alla resistenza R13, ai capi della quale si forma la tensione microfonica, essendo collegata a massa, e quindi all'inversore 6, posizione 7.

Amplificato, il segnale microfonico giunge alla testina di registrazione, collegata all'entrata. Uno dei suoi capi è a massa, tramite l'inversore 8, posizione 9, mentre l'altro collegato giunge all'inversore 10, posizione 11, va alla testina di cancellazione e da essa giunge all'uscita dell'amplificatore, come già detto.

Parte importante del registratore, in tale posizione, è il controllo di livello di

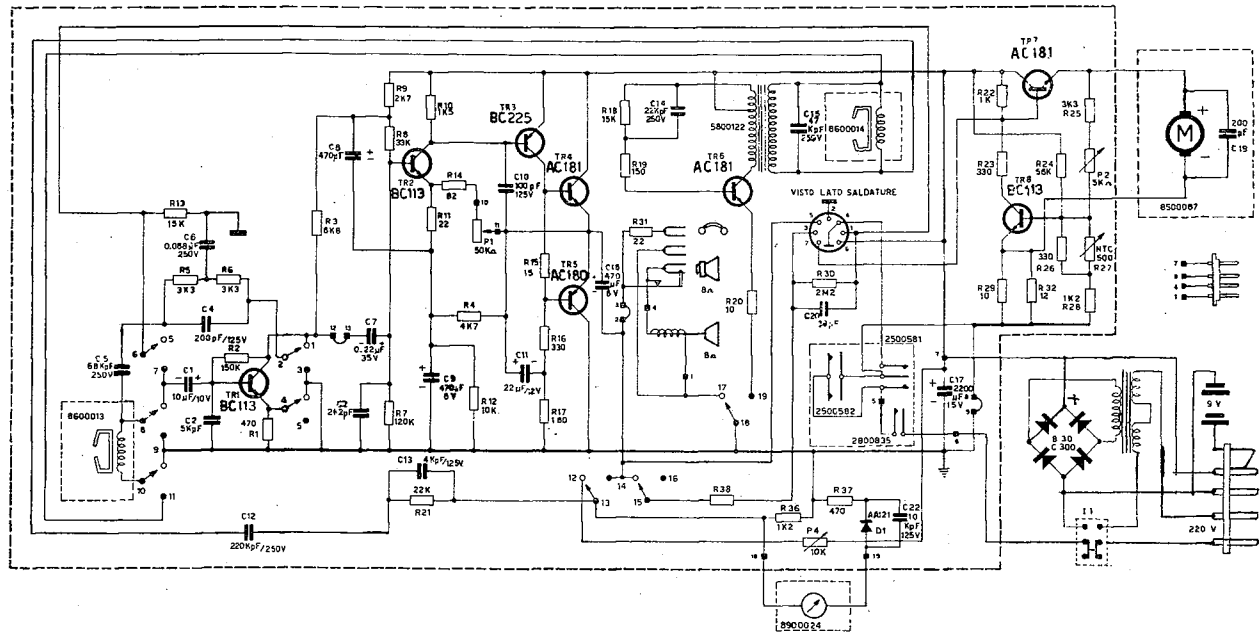


Fig. 12.15. - Schema del registratore a cassetta di fig. 12.13.

registrazione. Viene inserito automaticamente con l'inversore 13 in posizione 14. Consiste di uno strumento indicatore, dal diodo AA121, in parallelo con il condensatore C22, nonché dalle resistenze R36 e R37.

Il MOTORE ELETTRICO (M) a corrente continua, funziona con la tensione della batteria, oppure con la tensione continua a 9 volt fornita dall'alimentatore collegato alla rete-luce. È molto semplice e di piccole dimensioni. Importante è il circuito elettronico stabilizzatore di velocità. La tensione fornita dalle pile, o dall'alimentatore, non è costante, varia con l'assorbimento di corrente da parte dell'amplificatore. Il motorino non deve sentire tali variazioni, per non variare la velocità di corsa del nastro, la quale deve invece rimanere costante.

Il circuito stabilizzatore comprende due transistor. Uno di essi consente il passaggio di tutta la corrente diretta al motorino. È un transistor di potenza, AC181. L'altro è quello che risente le variazioni di tensione del circuito di alimentazione e provvede a compensarle, variando la tensione di base dell'altro. È un BC113.

La sua base è collegata al circuito di alimentazione tramite la resistenza R24. Essa forma un partitore di tensione insieme ad un gruppo di tre resistenze (R26, R27 e R28). Delle tre, R27 è un termistore, in modo da mantenere costante la velocità, ossia la tensione applicata al motorino, anche in presenza di notevoli variazioni della temperatura ambiente.

La tensione al motorino può venir regolata mediante il potenziometro P2.

L'ALIMENTATORE consiste della batteria da 9 volt, incorporata nel registratore, e da un raddrizzatore a ponte alimentato dalla tensione alternata a circa 9 volt, fornita dal secondario di un trasformatore di tensione, il cui primario è adatto alla tensione della rete-luce di 220 volt.

Gli interruttori della tensione di alimentazione sono piuttosto complessi, poiché il «fermo» si può ottenere sia abbassando uno dei tasti di movimento del nastro (avanti-veloce e riavvolgimento) che premendo il pulsante di cui è provvisto il microfono. Il motore si ferma anche automaticamente a fine nastro.

La fig. 12.16 riporta lo schema della piastra a circuiti stampati del registratore. A sinistra sono disegnate le due prese principali, in alto quella per l'altoparlante esterno, e sotto quella per il microfono.

Il registratore descritto è il Geloso mod. G19/113.

MANUTENZIONE. — La regolare pulitura della testina di cancellazione, della testina di registrazione/riproduzione e degli organi che sono a contatto col nastro magnetico riveste una grande importanza agli effetti del corretto funzionamento del registratore e della sua migliore conservazione.

Questa operazione va effettuata ogni 10 ore di funzionamento ed allo scopo è necessario strofinare in modo leggero le parti sopraindicate con un soffice panno imbevuto di alcool denaturato.

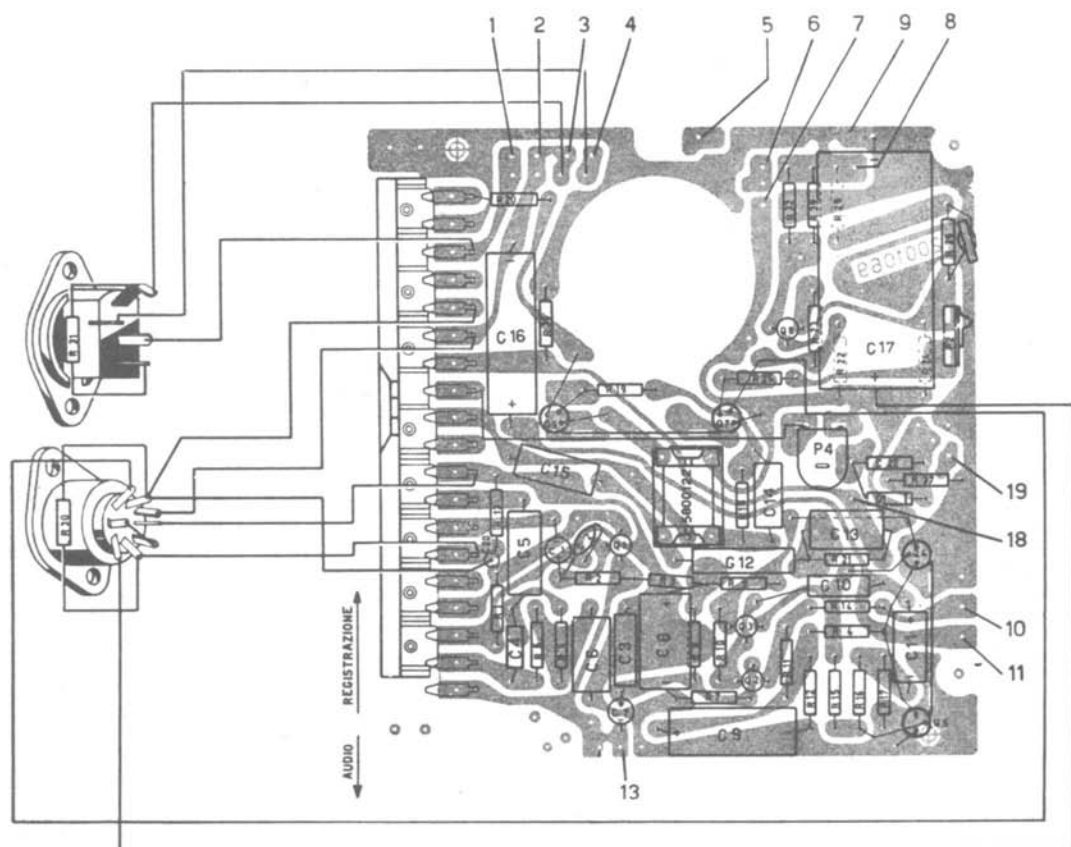


Fig. 12.16. - Pannello a circuiti stampati del registratore di fig. 12.13.

Mini-registratore da tasca.

Lo scopo di questo mini-registratore è di consentire di prendere qualche appunto a viva voce, come se si trattasse di un taccuino di note. È un taccuino elettronico. Consente di registrare la propria voce, per poi risentirla. Le sue dimensioni sono adeguate allo scopo, che è quello di poter inserire l'apparecchietto entro il taschino del gilé, oppure nella tasca superiore della giacca o del grembiule da lavoro. Il peso è altrettanto minimo.

Funziona a cassetta. Non con una cassetta di tipo solito, decisamente troppo grande, bensì con una cassetta apposita, piccola circa quanto una scatola di cerini. È di materiale trasparente, per cui si vede nel suo interno il nastro, nonché i piccoli componenti necessari al suo movimento.

Anche il nastro magnetico è di tipo apposito. È in Teflon. È alto poco più della metà dei nastri normali. È provvisto di due piste. Consente una durata di registrazione/ascolto di 10 minuti per pista.

La batteria di alimentazione è anch'essa ridotta al minimo. Consiste di due sole pile, per cui la tensione di alimentazione è di 3 volt. Sono sufficienti per 15 ore di funzionamento.

Caratteristica importante del mini-registratore è di funzionare con un minuscolo altoparlantino di 4 cm, il quale agisce nello stesso tempo anche da microfono

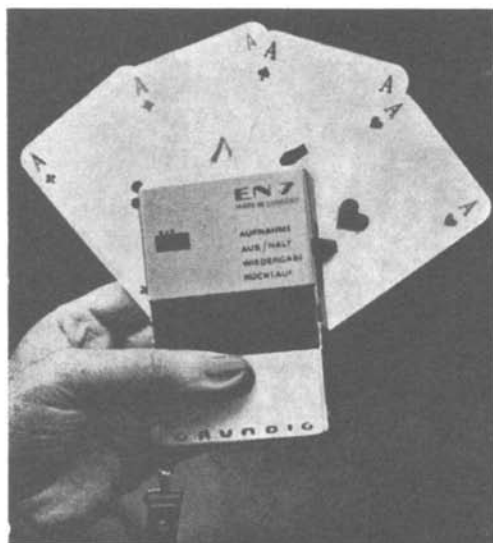


Fig. 12.17. - Esempio di mini-registratore magnetico.

dinamico. Serve dunque tanto per riprodurre la voce, quanto per convertirla in corrente microfonica.

L'amplificatore è provvisto di un solo circuito integrato; le sue dimensioni sono quelle di un comune transistor. Possiede anche due transistor, ma essi appartengono al controllo di velocità del motore.

Dimensioni del mini-registratore: $10 \times 6,2 \times 2,5$ cm.

Dimensioni della cassetta: $5,4 \times 3,8 \times 0,8$ cm.

Nastro magnetico: lunghezza 22 m, altezza 3,8 mm, spessore 0,012 mm.

La fig. 12.17 illustra l'aspetto esterno del registratore. È di produzione Grundig. Il modello è EN7. Come si può notare, ha circa le dimensioni di una carta da gioco;

lo spessore è di appena 2,5 cm. L'altoparlante/microfono si trova sotto il tratto nero, quasi al centro, a destra; a sinistra, sotto lo stesso tratto, vi è il motorino elettrico.

La fig. 12.18 mostra il mini-registratore con i due coperchi parzialmente sollevati. In alto è un po' visibile la cassetina con il nastro; in basso, una delle pilette. Si può osservare che il tratto nero è provvisto di cinque fessure orizzontali.

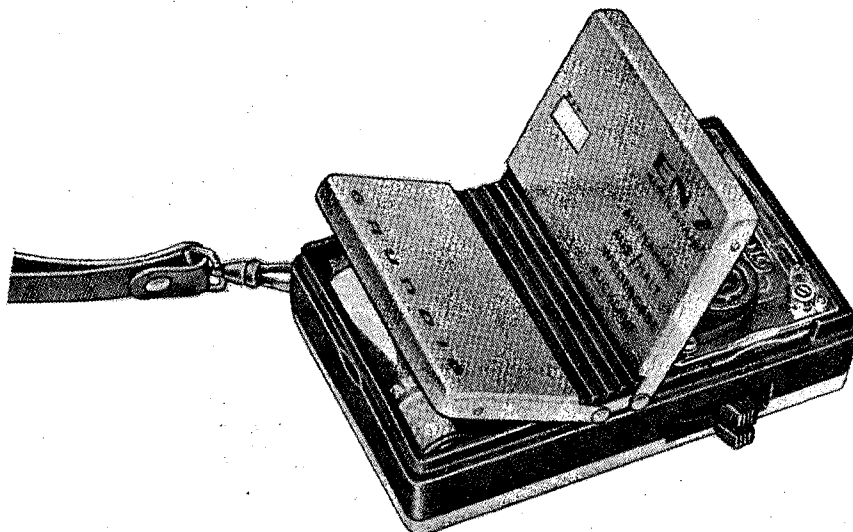


Fig. 12.18. - Il mini-registratore con i coperchi sollevati.

La fig. 12.19 indica i ruotismi sotto la cassetina. A sinistra, in basso, è disegnata una parte del motorino; a destra, una parte dell'altoparlante. Verso il centro, un po' in alto, fra il motorino e l'altoparlante, è indicata la festina magnetica.

Vi è una sola festina magnetica, ed è utilizzata solo per la registrazione e l'audizione. Non vi è la festina cancellante. Non c'è neppure il controllo di volume. Non è necessario, in quanto la resa sonora è minima, quella sufficiente per riascoltare la propria voce tenendo il mini-registratore in prossimità dell'orecchio destro.

Un unico comando laterale, a quattro posizioni, provvede al passaggio da una funzione all'altra. Esse sono: *Aufnahme*, registrazione, *Aus/Halt*, interruttore, *Wiedergabe*, audizione, *Rücklauf*, ritorno rapido.

La fig. 12.20 riporta lo schema del mini-registratore EN7.

La festina magnetica di registrazione/audizione è indicata a sinistra (*Hör-Sprechkopf*). L'altoparlante/microfono è disegnato verso destra, con l'indicazione *Mikrofon*.

Vi sono tre inversori a due vie; sono indicati con *U1*, *U2* e *U3*. Si trovano in posizione *Wiedergabe*, audizione; perciò i relativi contatti sono indicati con *W1*, *W2* e *W3*.

Essendo lo schema disegnato in posizione audizione, la testina magnetica è collegata all'entrata dell'amplificatore, tramite il condensatore elettrolitico da 1 microfarad, C1. È del tipo a tantalio, come gli altri tre, date le minimissime dimensioni corrispondenti.

Il segnale audio viene amplificato dal circuito integrato IC1. Esso può essere un TAA141 oppure un TAA263. Ha quattro soli terminali. L'uscita è al terminale 3; nel suo circuito vi è la resistenza di carico del terzo transistor dell'IC1. L'uscita è collegata all'inversore U3, e quindi all'altoparlantino. È anche collegata alla rete

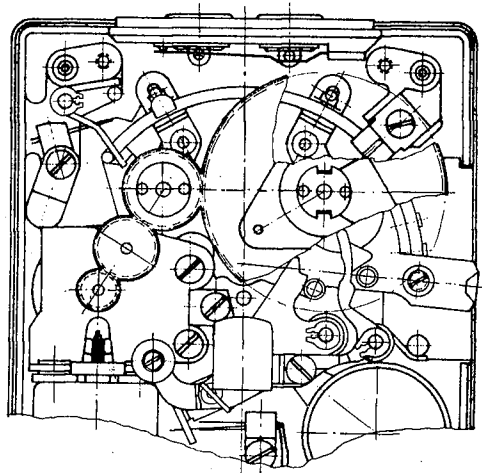


Fig. 12.19. - I ruotismi del mini-registratore.

di controreazione, costituita dalle resistenze R1, R2 e R3 nonché dall'elettrolitico C2. A questa rete è affidato tutto il compito della compensazione delle distorsioni introdotte dalla testina e dal circuito integrato.

La resistenza R6 ed il condensatore elettrolitico C3 formano un filtro, per evitare che le fluttuazioni di tensione provocate dal terzo transistor, possano influenzare i primi due.

L'inversore U2 ha lo scopo di consentire di collegare l'altoparlantino in parallelo con la resistenza di carico R7.

In posizione audizione, l'inversore U1 collega l'entrata dell'amplificatore, tramite C6, all'altoparlantino in funzione di microfono. In questa posizione U2, lo collega a massa, mentre U3 collega l'uscita dell'amplificatore con la testina magnetica, tramite il lungo collegamento da A3 alla testina, comprendente la resistenza R5.

Il motore elettrico è provvisto del proprio stabilizzatore di tensione, comprendente i due transistor T1 e T2.

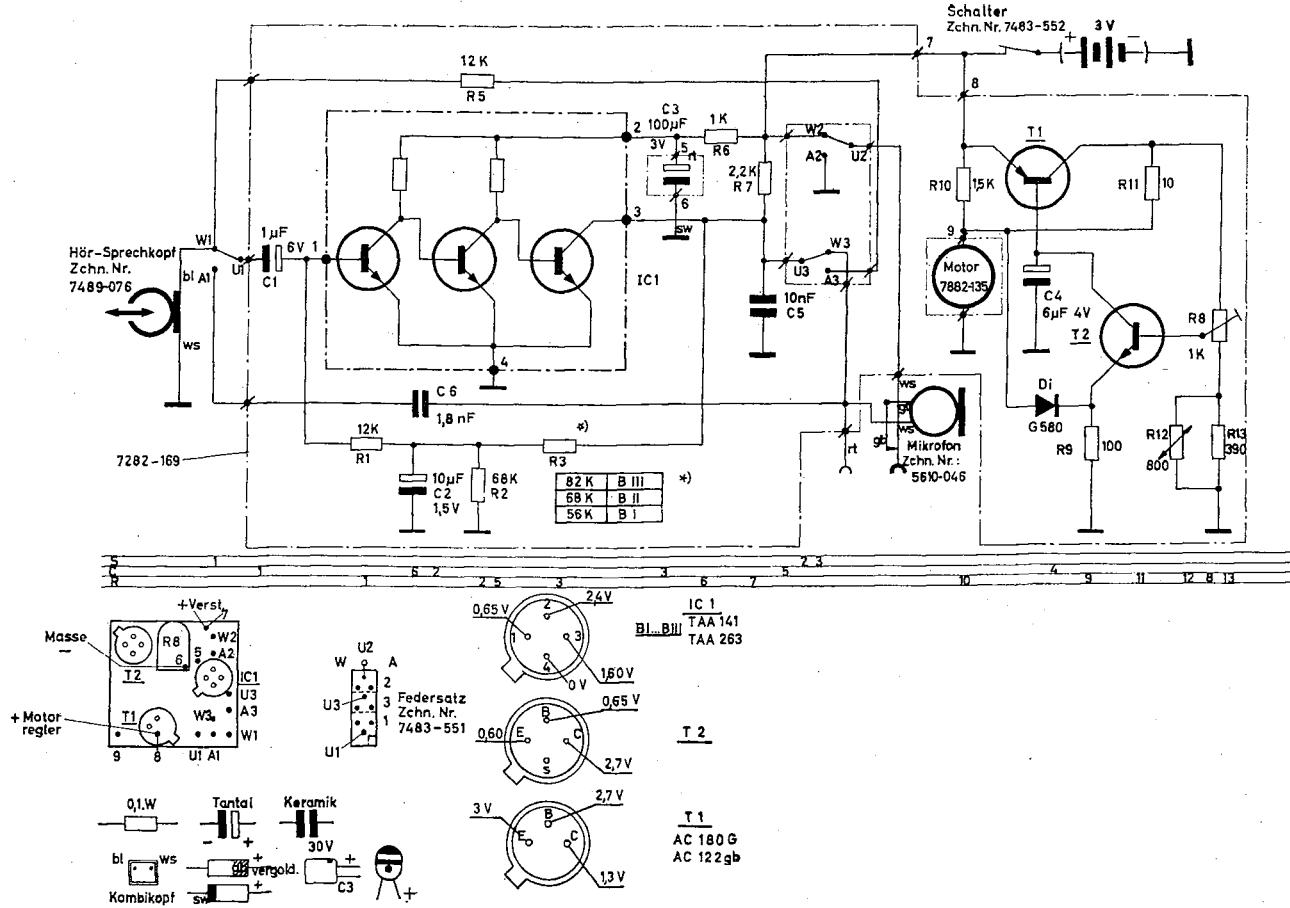


Fig. 12.20. - Schema del mini-registratore Grundig EN7.

IL NASTRO E LE TESTINE MAGNETICHE

Caratteristiche del nastro magnetico.

Nel 1933 erano necessari 18 000 metri di nastro magnetico per ciascuna mezz'ora di registrazione di frequenze sino a 5000 c/s; in seguito a perfezionamenti apportati al materiale magnetico deposto sul nastro, nel 1943 fu possibile ottenere la stessa registrazione di mezz'ora, con frequenze sino a 5000 c/s, con soli 1600 metri di nastro. Dal 1946, grazie agli ulteriori progressi raggiunti in quell'anno, bastano 365 metri di nastro, riducendo gradatamente la velocità di corsa del nastro stesso sino a quella di 9,52 cm/sec.

Il nastro può essere di qualsiasi materiale, purché sufficientemente resistente allo strappo e flessibile, e non magnetico. I nastri più usati sono quelli di carta appositamente trattata e quelli in materiale plastico.

Sul nastro viene depositato lo strato di materiale magnetico dello spessore di 2 centesimi di millimetro, ed anche meno. Lo strato è costituito da un legante nel quale sono immerse microscopiche particelle di materiale magnetico, staccate tra

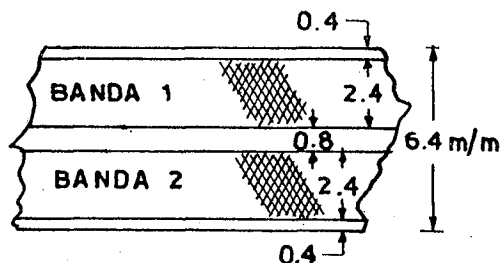


Fig. 13.1. - Nastro magnetico a doppia traccia.

di loro, tanto da costituire delle « isolette magnetiche », ciascuna delle dimensioni di un micron, circa.

Il materiale impiegato è un ossido di ferro ricavato da solfato di ferro per reazione con ammoniaca e nitrato d'ammonio. È l'« ossido nero », a divisione minutissima; esso viene ulteriormente ossidato a 230 °C per sei ore. I suoi cristallini sono molto uniformi e possiedono alte proprietà magnetiche.

Il legante ha il compito di trattenere i cristallini di ossido sul nastro; la qualità del nastro magnetico dipende molto da esso. Il lato verniciato del nastro scorre sulla testa magnetica, con la quale deve essere in buon contatto; ma ciò comporta l'inevitabile asportazione di una parte della « vernice magnetica ». Affinché l'asportazione risulti ridottissima, è necessario che il legante abbia qualità particolari.

La qualità del nastro dipende anche dalla uniforme distribuzione dei cristallini di ossido lungo lo strato magnetico; l'insufficiente uniformità determina particolari disturbi. Infine lo strato deve essere molto liscio, affinché il nastro possa scivolare sui poli della testa magnetica senza alcun sobbalzo, neppur microscopico.

LE TRACCE O PISTE MAGNETICHE.

Il nastro è provvisto di due o di quattro *tracce magnetiche*, dette anche *piste o bande magnetiche*. Ciascuna traccia è larga 2,4 o 1,2 millimetri. Viene registrata una per volta. Un nastro a due tracce è indicato dalla fig. 13.1.

Durata della registrazione o ascolto.

La durata della registrazione o dell'ascolto consentita dallo svolgimento di una intera bobina di nastro, e relativa a una sola traccia, è, rispetto alla velocità di corsa del nastro, la seguente:

A) Velocità di corsa del nastro: 4,75 cm/sec.

Bobina di 90 m = 30 minuti	Bobina di 360 m = 120 minuti
Bobina di 180 m = 60 minuti	Bobina di 540 m = 180 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 2,85 metri).

B) Velocità di corsa del nastro: 9,5 cm/sec.

Bobina di 90 m = 15 minuti	Bobina di 360 m = 60 minuti
Bobina di 180 m = 30 minuti	Bobina di 540 m = 90 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 5,7 metri).

C) Velocità di corsa del nastro: 19 cm/sec.

Bobina di 90 m = 7,5 minuti	Bobina di 360 m = 30 minuti
Bobina di 180 m = 15 minuti	Bobina di 540 m = 45 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 11,4 metri).

Il nastro è a doppia traccia, per cui a ciascuna bobina corrisponde un tempo doppio di quello indicato. Così, le bobine di 180 metri di nastro, alla velocità di 9,5 cm/sec, hanno una durata di 2×30 minuti; dopo i primi 30 minuti occorre invertire il nastro e capovolgere le bobine.

I magnetofoni di costo elevato, con inversione automatica del senso di corsa del nastro, consentono una durata doppia di quella indicata. Così le bobine di 180 metri, alla velocità di 9,5 cm/sec hanno una durata di 60 minuti, e non di 2×30 minuti.

Il nastro stereofonico.

I registratori stereofonici a cassetta utilizzano un nastro a quattro piste, al posto di quello a due piste magnetiche. L'altezza del nastro è però sempre la stessa, in modo da consentirne l'utilizzazione con registratori monofonici. La fig. 13.2 indica come sono distribuite le quattro piste. Al posto di una pista di 1,5 mm, ve ne sono

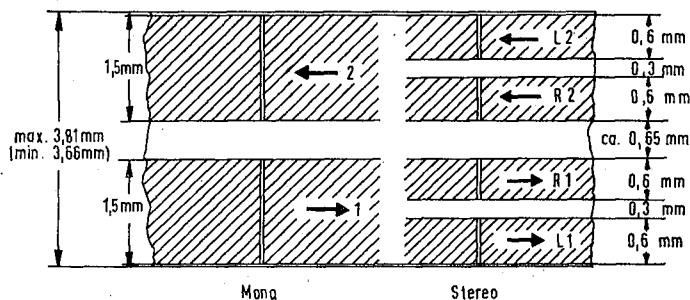


Fig. 13.2. - Come sono disposte le due piste magnetiche del nastro monofonico per cassette (a sinistra) e le quattro piste di quello stereofonico (a destra).

due da 0,6 mm ciascuna, separate di 0,3 mm. In basso sono indicate le due piste corrispondenti ai due canali R1 e L1, ossia *right 1* (destra 1) e *left 1* (sinistra 1). In alto vi sono le altre sue piste, utilizzabili capovolgendo la cassetta. La stessa cosa avviene per il nastro da bobine, con altezza di 6,4 mm.

Velocità di corsa del nastro magnetico.

La velocità di corsa del nastro magnetico dipende dal genere di registrazione. Il nastro può scorrere a bassissima velocità se si tratta di registrare una comunicazione a voce, un discorso, ecc., mentre deve invece scorrere ad alta velocità se si tratta di registrare musica sinfonica da radiotrasmettere. La velocità più bassa è quella di 15/16 di pollice, pari a 2,38 centimetri al secondo; la velocità più alta è quella di 30 pollici, pari a 76,20 centimetri al secondo.

LE VELOCITA' NORMALIZZATE.

Il nastro magnetico può scorrere alle seguenti sette diverse velocità:

1)	$\frac{15}{16}$	pollici:	2,38	centimetri	al	secondo
2)	$1\frac{7}{8}$	»	4,75	»	»	»
3)	$2\frac{3}{16}$	»	5,55	»	»	»
4)	$3\frac{3}{4}$	»	9,52	»	»	»
5)	$7\frac{1}{2}$	»	19,05	»	»	»
6)	15	»	38,10	»	»	»
7)	30	»	76,20	»	»	»

La velocità normalizzata per piccoli magnetofoni è quella di 4,75 centimetri al secondo; quella per i magnetofoni medi è di 9,52 cm/s.

La velocità più alta del nastro, per usi normali, è quella di 19,05 cm/s, e serve per la registrazione di musica sinfonica.

La velocità del nastro dei dittafoni è la più bassa, ossia è di 2,38 cm/s.

In genere i magnetofoni sono provvisti di tre velocità diverse; esse sono:

per i piccoli magnetofoni: 2,38 cm/s - 4,75 cm/s e 9,52 cm/s

per i medi magnetofoni: 4,76 cm/s - 9,52 cm/s e 19,05 cm/s

Sono in uso magnetofoni ad una sola velocità, quella di 4,75 cm/s o quella di 9,52 cm/s, a seconda delle loro dimensioni. La velocità unica presenta il vantaggio di poter disporre tutte le registrazioni ad una sola velocità, e non già tratti di nastro registrati a velocità diverse, con conseguente necessità di tenerne conto a parte.

Le due velocità maggiori, quella di 38,10 cm/s e quella di 78,20 cm/s, sono utilizzate solo in apparecchiature di registrazione magnetica particolari, adatte per la registrazione dei concerti sinfonici da radio o teletrasmettere.

VELOCITA' DI CENTRO-NASTRO.

Le velocità indicate sono medie, ossia sono *velocità di centro-nastro*. La velocità iniziale è minore della velocità finale, per il diverso diametro della bobina piena rispetto quella vuota. A mano a mano che il nastro si svolge dalla bobina serbatoio, quella di sinistra, e passa nella bobina di registrazione e riproduzione, quella di destra, la velocità di corsa aumenta.

La velocità di centro-nastro di 3 pollici e tre quarti, pari a 9,52 centimetri al secondo, passa dalla *velocità di inizio-nastro*, in media di 8,3 cm/sec circa, alla *velocità di fine-nastro*, che può essere di 11 cm/sec.

È per evitare differenze troppo forti tra le velocità di inizio-nastro e di fine nastro che le bobine sono di diametro interno notevole; i 360 metri di nastro



Fig. 13.3. - Registratori magnetici a nastro usati dalla Radio Italiana per le registrazioni da studio. Velocità del nastro: 38,1 cm/sec, oppure 76,2 cm/sec. Gamma acustica da 50 a 10 000 sino a 15 000 c/s, più o meno un decibel. Dinamica di registrazione di 50 dB. Questi apparecchi superano in perfezione qualsiasi altro sistema di registrazione attualmente esistente, compreso il film sonoro. I radioascoltatori non hanno la possibilità di distinguere tra un programma musicale diretto ed uno registrato, al contrario di quanto avviene per i dischi. A seconda delle dimensioni, le bobine consentono registrazioni da 20 a 35 minuti, senza interruzione.

delle bobine usuali potrebbero venir raccolti in bobine di diametro più piccolo, ma la differenza di velocità risulterebbe eccessiva.

LA GAMMA REGISTRABILE.

La gamma delle frequenze registrabili sul nastro magnetico dipende dalla velocità di corsa del nastro, oltre che da altri fattori. Alle sette velocità di corsa corrispondono le seguenti ampiezze della gamma delle audiofrequenze registrabili:

Velocità del nastro in pollici	Velocità del nastro in cm/sec	Gamma di frequenze registrabile
$15/16$	2,38	da 200 a 2 000 c/s
$1\ 7/8$	4,75	da 150 a 3 000 c/c
$2\ 3/16$	5,55	da 100 a 4 000 c/s
$3\ 3/4$	9,52	da 80 a 5 000 c/s
$7\ 1/2$	19,05	da 60 a 8 000 c/s
15	38,10	da 50 a 10 000 c/s
30	76,20	da 40 a 15 000 c/s

BOBINE DI NASTRO.

Come detto, le bobine di nastro sono generalmente quelle di 3, di 5 e di 7 pollici. Vi sono anche bobine di 4 pollici e di 5 pollici e tre quarti, meno usate.

Il nastro può essere di tre tipi:

- a) nastro normale, dello spessore di 50 micron;
- b) nastro sottile, dello spessore di 40 micron;
- c) nastro extra sottile, dello spessore di 30 micron.

Le bobine di 5 pollici contengono 180 metri di nastro normale, oppure 260 metri di nastro sottile o 360 metri di nastro extra sottile. In generale, il nastro normale e quello sottile sono usati per i piccoli magnetofoni, mentre il nastro sottile e quello extra sottile sono usati per i magnetofoni medi.

Poiché la durata della registrazione è proporzionata alla lunghezza del nastro, e questa al suo spessore, a parità di bobine, sono generalmente in uso solo nastri sottili e extra sottili.

Per questi due tipi di nastro sono riassunte le caratteristiche generali nella tabella seguente:

Spessore nastro μ	Diametro Bobina		Lunghezza nastro m	Durata in minuti		
	cm.	pollici		4,75 cm/sec	9,5 cm/sec	19 cm/sec
≤ 40 Sottile	8	3"	65	4 x 23	4 x 12	4 x 6
	10	4"	130	4 x 45	4 x 23	4 x 12
	13	5"	260	4 x 190	4 x 45	4 x 23
	15	5" $\frac{3}{4}$	350	4 x 110	4 x 55	4 x 28
	18	7"	540	4 x 190	4 x 95	4 x 48
≤ 30 Extra sottile	8	3"	90	4 x 30	4 x 15	4 x 8
	10	4"	180	4 x 60	4 x 30	4 x 15
	13	5"	360	4 x 120	4 x 60	4 x 30
	15	5" $\frac{3}{4}$	480	4 x 160	4 x 80	4 x 40
	18	7"	720	4 x 240	4 x 120	4 x 60

Riparazione del nastro.

Nell'eventualità della rottura del nastro, per la sua riparazione si procede come segue:

- 1) Sovrapporre le due estremità da collegare e tagliarle secondo una retta inclinata come in figura in modo da eliminare la rivelazione dell'interruzione nella riproduzione.
- 2) Allineare sopra un piano le due estremità tagliate, avvertendo di tener rivolta verso l'alto la superficie lucida del nastro.
- 3) Fissare con cura il nastro adesivo sulle due estremità da collegare.
- 4) Ritagliare a filo l'eccesso di nastro adesivo, onde evitare possibili incollature.

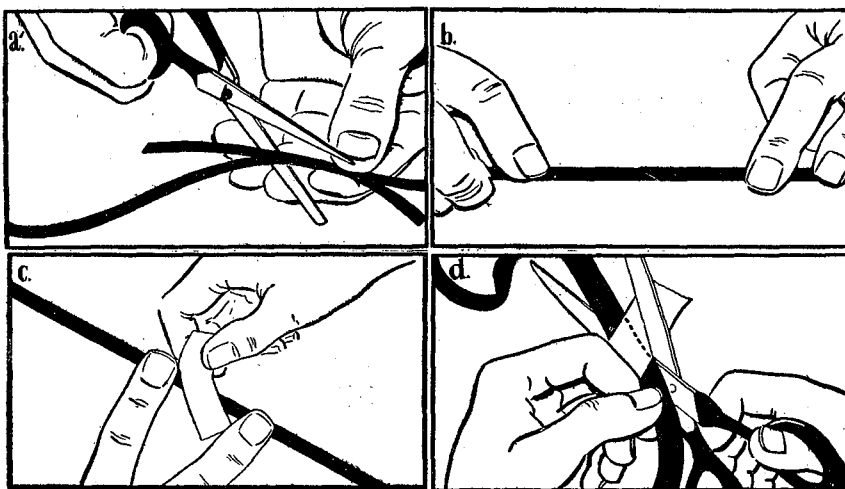


Fig. 13.4. - Come vanno unite due parti del nastro magnetico.

Principio della registrazione su nastro.

La modulazione della corrente proveniente dal microfono e amplificata da due o tre transistor, giunge all'elettromagnete sul quale scivola il nastro e rimane « impressa » nella vernice, sotto forma magnetica.

Le incisioni fonografiche sono abbastanza ben visibili a occhio nudo, e lo sono perfettamente con l'ausilio di una lente. Anche le impressioni magnetiche sono visibili, non però a occhio nudo, ma solo con l'ausilio di un potente microscopio, di quelli usati per studiare la composizione strutturale dei metalli.

La fig. 13.5 indica in a la posizione che possono avere i magnetini di una vernice comune. Ciascun rettangolino rappresenta un magnetino. I magnetini si

trovano in diverse posizioni, sono disposti disordinatamente. È però possibile, con l'ausilio di una forza magnetizzante, far sì che i magnetini si dispongano tutti in uno stesso senso, ossia che si « mettano in fila », come indicato in *b* della stessa figura.

La registrazione magnetica consiste nell'orientare gli infinitesimi magnetini in modo da rappresentare fedelmente la forma dell'onda sonora.

La fig. 13.6 riporta la microfotografia di una struttura molecolare magnetica, portante una registrazione.

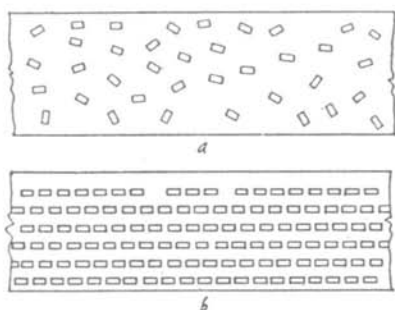


Fig. 13.5. - Molecole di ferro prima e dopo la premagnetizzazione.

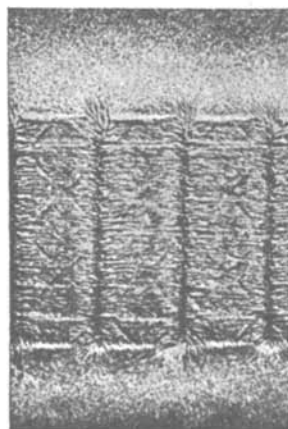


Fig. 13.6. - Microfotografia di materiale magnetico con registrazione

La testina di registrazione e riproduzione.

È costituita, come già accennato nel capitolo XII, da un piccolo elettromagnete; una delle due tracce magnetiche del nastro vien fatta scivolare sui poli affacciati dell'elettromagnete.

All'atto della registrazione, l'avvolgimento dell'elettromagnete è percorso dalla corrente BF fornita dal preamplificatore; tale corrente determina corrispondenti variazioni di flusso magnetico tra i due poli dell'elettromagnete, causando così la magnetizzazione modulata del nastro magnetico. All'atto della riproduzione, ossia dell'ascolto, è la magnetizzazione del nastro in corsa che determina la presenza di una corrente BF nell'avvolgimento dell'elettromagnete.

Il nucleo della testina è formato da lamierini molto sottili, di materiale ad alta permeabilità magnetica (*Permalloy*), disposti in modo da formare un circuito magnetico interamente chiuso, ad eccezione di una sottilissima fenditura tra i poli, al centro della superficie in contatto con il nastro in corsa. Come indica la fig. 13.7, i due poli sono appuntiti, per ottenere la massima concentrazione del campo magnetico.

È necessario che la fenditura tra i due poli, l'espansione, sia ridotta al minimo allo scopo di rendere possibile la registrazione delle frequenze più alte. In media, tale fenditura è di pochi micron. Non è lasciata aperta, poiché i due acuti spigoli provocherebbero una eccessiva asportazione dello strato magnetico del nastro. È chiusa con ottone o con berillio.

Il nucleo di lamierini può consistere di due parti, unite strettamente. La fig. 13.7 indica le caratteristiche costruttive di una testina magnetica per registratori a nastro.

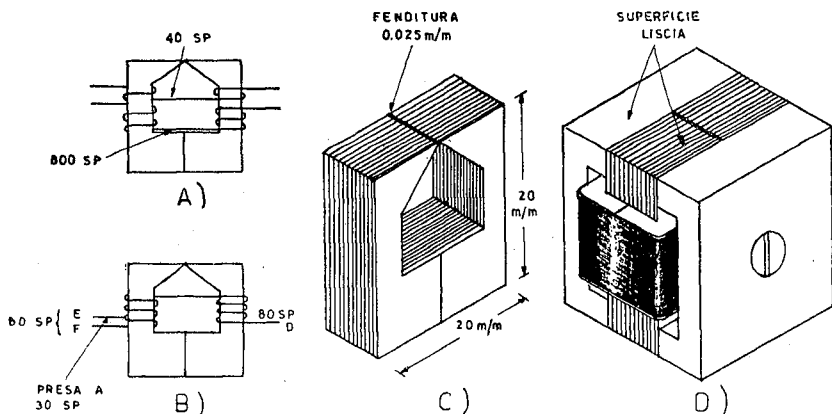


Fig. 13.7. - Dettagli costruttivi per testa magnetica da nastro.

Come si può notare, le dimensioni della testina magnetica sono piccole, di appena 2 centimetri.

L'elettromagnete della testina di registrazione-riproduzione è sistemato entro una piccola custodia di ferro o di acciaio, per toglierlo dall'influenza dei campi alternativi prodotti dal motore e dal trasformatore di alimentazione. La posizione della testina è scelta in modo da ridurre al minimo l'azione di tali campi, e quindi le tracce di ronzio.

I lamierini usati per le testine magnetiche sono generalmente temperati all'idrogeno, con impianti speciali. Per la costruzione dilettantistica della testina magnetica è opportuno scartare i lamierini di acciaio al silicio, e, in mancanza di meglio, adoperare quelli impiegati per la costruzione dei piccoli trasformatori da microfono.

La fig. 13.7 indica gli avvolgimenti di due testine magnetiche, una ad alta impedenza in A), e l'altra a bassa impedenza in B). La prima è costituita da quattro bobine, due foniche di 800 spire ciascuna, filo sottilissimo, sopra le quali sono collocate le due bobine di polarizzazione, di 40 spire ciascuna. L'altra testina magnetica, quella a bassa impedenza, è provvista di due sole bobine, di 80 spire ciascuna, con una presa alla 30ma spira, filo n. 30 con doppia copertura cotone. La lettera D indica l'inizio dell'avvolgimento, E la presa e F la fine dell'avvolgimento. La presa E va col-

legata a massa. La fine dell'avvolgimento F va collegata, durante la registrazione, al secondario del trasformatore d'uscita, mentre l'inizio dell'avvolgimento va collegato all'oscillatore supersonico.

La cancellazione delle impressioni magnetiche dal nastro.

Un importante vantaggio dei registratori magnetici, al quale si deve gran parte della loro rapida diffusione, consiste nella facilità con cui è possibile *cancellare la registrazione magnetica*, senza che perciò il nastro stesso venga in alcun modo alterato. Alla cancellazione può seguire immediatamente una nuova registrazione. È possibile effettuare innumerevoli cancellazioni, seguite da altrettante registrazioni, cosa questa impossibile con gli altri sistemi di registrazione sonora.

Per di più, la cancellazione avviene in modo molto semplice, utilizzando la stessa frequenza supersonica impiegata per la registrazione. Per demagnetizzare il nastro, occorre anzitutto elevarne la magnetizzazione sino alla saturazione e poi sottoporla alla variazione ciclica di un campo magnetico. È appunto ciò che si ottiene con una sufficiente tensione a frequenza supersonica applicata alla bobina cancellante sulla quale vien fatto passare il nastro. Ciascuna particella viene sottoposta ad un numero sufficiente di campi magnetici ciclici per togliere dal nastro qualsiasi traccia della magnetizzazione precedente.

Non è necessario provvedere alla cancellazione di tutto il nastro prima di passare alla nuova registrazione. Il nastro con la vecchia registrazione può venir subito utilizzato per la nuova registrazione. In alcuni registratori la testina magnetica è preceduta da una *testina cancellante*, in altri è la stessa testina magnetica che provvede alla cancellazione e quindi alla registrazione. In quest'ultimo caso, la testina magnetica ha i tre compiti anzidetti: quello della registrazione, quello della riproduzione e quello della cancellazione. Mentre il nastro scivola sulla testina magnetica, viene tolta da esso la registrazione precedente e quindi viene applicata su di esso la nuova registrazione.

La testina cancellante separata, in uso in alcuni registratori, è simile a quella di registrazione-riproduzione; differisce da essa per il fatto che i poli dell'elettromagnete non sono altrettanto vicini. Distanza, in media, da 0,25 mm a 0,1 mm anziché da 0,03 mm a 0,003 mm.

La fig. 13.8 indica a sinistra una testina di cancellazione, in ferrite magnetica dolce, con traferro di 0,1 mm, per consentire l'utilizzazione di correnti supersoniche sino a 100 chilocicli. Nella stessa figura a destra è disegnata una testina di riproduzione e ascolto, in lega di ferro-nichel, con traferro di 3 micron.

L'azione della testina di cancellazione è illustrata dalla fig. 13.9. Ai capi della fenditura si formano due flussi magnetici, di polarità opposta, i quali causano una assenza di magnetizzazione, poiché agiscono entrambi in senso opposto, sopra i magneti-molecola, annullandosi a vicenda.

Se la frequenza da cancellare è elevata, è necessario che la fenditura sia breve, in modo da consentire ai due flussi magnetici della testa cancellante di po-

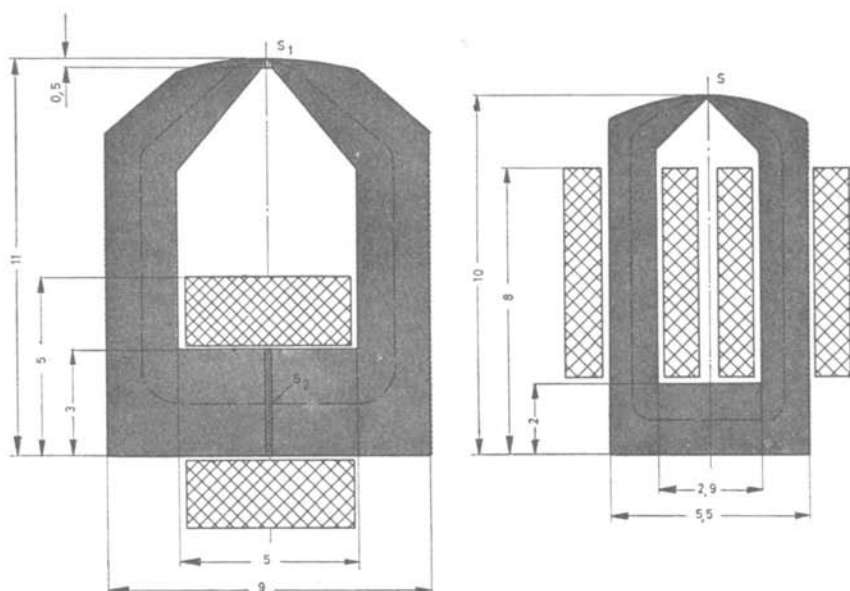


Fig. 13.8. - Testina di cancellazione a sinistra, e testina di registrazione/ascolto a destra.

ter agire anche sulle sottili impressioni magnetiche corrispondenti alla più elevata frequenza sonora registrata. Però, se la fenditura è molto breve, si determina il fenomeno del *cortocircuito magnetico*, con conseguente inefficienza più o meno accentuata, della testina cancellante.

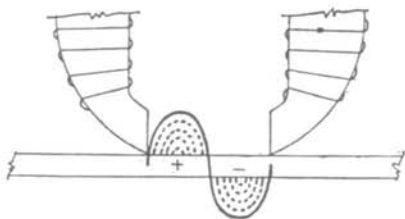


Fig. 13.9. - Flusso magnetico tra i poli della testina di cancellazione.

L'ampiezza della fenditura risulta perciò da un compromesso tra la più alta frequenza bene cancellabile e l'efficienza della testa cancellante. Anche la frequenza dell'oscillatore supersonico deve essere adeguata all'ampiezza della fenditura, e quindi non può essere molto alta, come potrebbe sembrare desiderabile. Per quanto detto, l'ampiezza della fenditura è sempre maggiore di quella della testa di regi-

strazione. La testa di cancellazione deve « scuotere » nei due sensi i magneti-molecola, mentre quella di registrazione deve solo orientarli in un dato senso.

La struttura magnetica laminata della testina di cancellazione è soggetta alle stesse perdite di quella dei trasformatori. Il nucleo magnetico può riscaldarsi. È necessario che il calore possa dissiparsi, per evitare che la vernice magnetica non abbia a trasferirsi, sia pure in minima parte, sulla testina magnetica. Qualora ciò av-

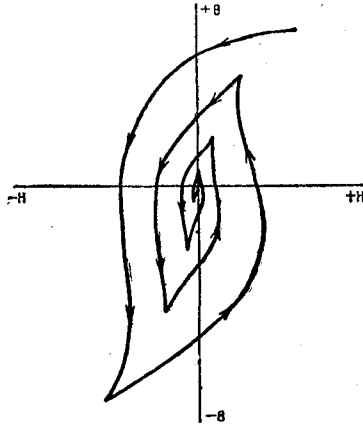


Fig. 13.10. - Riduzione ciclica delle curve d'isteresi magnetica.

venga, è opportuno evitare lunghe cancellazioni, ad es. quella dell'intero nastro, senza interruzione; è bene sospendere la cancellazione e riprenderla dopo qualche minuto.

Per ottenere una cancellazione accuratissima, è necessario che il campo magnetico ai capi della fenditura sia molto forte, anche per compensare la sua riduzione ciclica, dato che si inverte nei due sensi, riduzione che si manifesta gradualmente, come indicano le curve d'isteresi di fig. 13.10.

La polarizzazione magnetica.

La caratteristica di magnetizzazione non è rettilinea, ma è costituita da un ginocchio inferiore, da un tratto lineare e da un ginocchio superiore. È perciò necessaria una certa polarizzazione, ossia occorre che la vernice magnetica del nastro venga leggermente magnetizzata prima della registrazione.

Nei primi registratori, la testina magnetica era preceduta da una bobinetta percorsa da corrente continua. Prima di giungere alla testina magnetica, il nastro attraversava la bobinetta e subiva la magnetizzazione iniziale, ossia la polarizzazione magnetica detta anche premagnetizzazione.

LA FREQUENZA SUPERSONICA.

Questo sistema di polarizzazione non è più in uso, in seguito alla scoperta fatta nel 1930 da Marvin Camras dell'Armour Research Foundation, consistente nella possibilità di fare a meno della magnetizzazione iniziale qualora alla testina magnetica

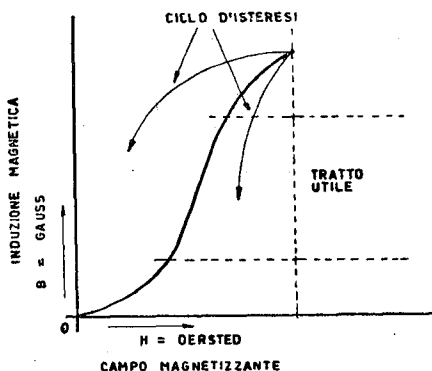


Fig. 13.11. - Solo una parte della curva di magnetizzazione è utilizzabile, per cui è necessaria la polarizzazione magnetica, circa come nelle valvole elettroniche e nei transistor.

venga applicata, insieme alla frequenza acustica da registrare, anche una *frequenza supersonica*, cinque o sei volte superiore alla acustica, tale da non risultare udibile sotto forma di fischio acuto, all'atto della riproduzione sonora.

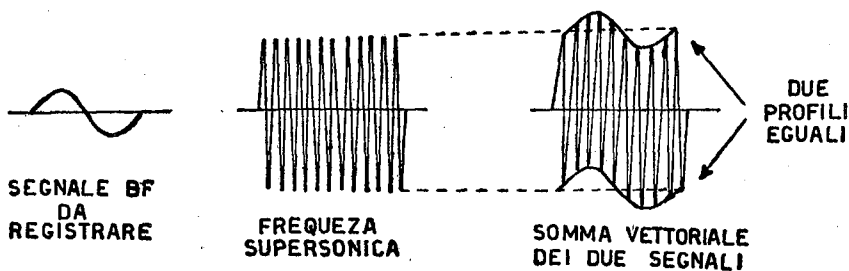


Fig. 13.12. - Il segnale da registrare appare ai due lati della frequenza supersonica.

La frequenza supersonica consente di utilizzare l'intera curva di magnetizzazione, ossia non solo il suo tratto rettilineo, ma anche i suoi ginocchi inferiore e superiore, in modo analogo a quanto avviene negli stadi di amplificazione in controfase di classe B. La tensione a frequenza supersonica ha l'effetto di sdoppiare il segnale

ad audiofrequenza in modo da ottenere due segnali eguali ed in fase, come indica la fig. 13.12; in tal modo ciascuno di essi viene a trovarsi su metà della curva di magnetizzazione; uno sulla metà superiore, l'altro sulla metà inferiore. La magnetizzazione del nastro dovuta ai due segnali risulta senza distorsione anche se i due segnali sono distorti, come se l'intera curva fosse rettilinea.

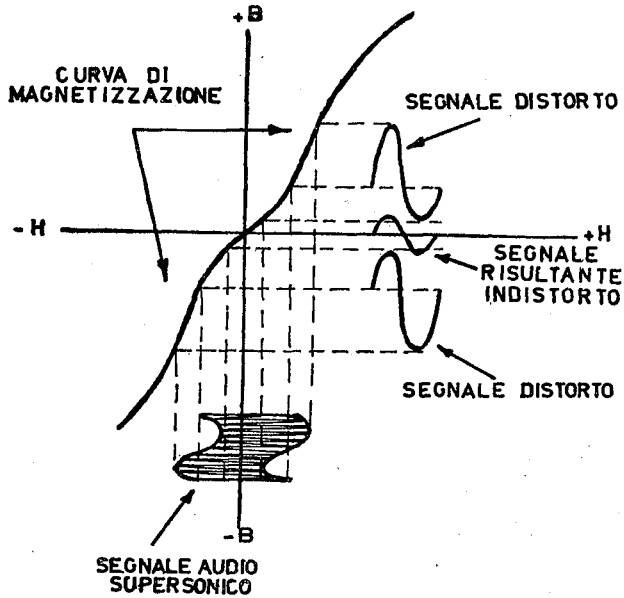


Fig. 13.13. - Il segnale da registrare presente ai due lati della frequenza superasonica viene amplificato senza distorsione.

Ciò è illustrato graficamente dalla fig. 13.13. La curva è quella della caratteristica di magnetizzazione del nastro; essa non è lineare, ciò nonostante, per l'applicazione della frequenza superasonica e per la conseguente divisione del segnale in due parti, si comporta come se fosse rettilinea. Alla base della figura è indicato il segnale ad audiofrequenza da registrare, sovrapposto alla frequenza superasonica; la frequenza superasonica è modulata in ampiezza dal segnale audio; i due segnali superasonico ed audio si sommano vettorialmente dando luogo ad un particolare segnale il quale fa spostare la polarizzazione magnetica a frequenza superasonica lungo la caratteristica di magnetizzazione del nastro.

Questo particolare segnale è costituito, come indicato in figura, da due segnali, uno dei quali agisce sulla metà superiore della curva di magnetizzazione, mentre l'altro agisce su quella inferiore; i due segnali sono distorti, ma la distorsione è in opposizione di fase. Quando la semionda positiva di uno dei segnali è troppo

grande, la stessa semionda positiva dell'altro segnale è corrispondentemente troppo piccola, con il risultato che l'azione magnetizzante del segnale è data dalla differenza ed è quindi priva di distorsione.

VANTAGGI DELLA POLARIZZAZIONE CON FREQUENZA SUPERSONICA.

L'applicazione della frequenza supersonica costituì uno dei maggiori progressi della registrazione magnetica. Ne risultarono tre vantaggi importanti: 1) sostanziale eliminazione delle usuali forme di distorsione magnetica; 2) forte riduzione del rumore residuo di fondo; 3) aumento della gamma di registrazione dinamica, ossia aumento del tratto lineare utile della caratteristica e quindi possibilità di registrazioni più intense.

Tutti i registratori attuali possiedono un oscillatore, detto oscillatore supersonico o oscillatore BF, in grado di fornire una tensione sinusoidale a frequenza compresa tra 45 000 e 80 000 cicli, non critica.

RUOTISMI DEL REGISTRATORE

Il movimento del nastro.

Il nastro magnetico può assumere tre diversi movimenti:

- a) avanti in corsa normale;
- b) avanti veloce;
- c) indietro veloce (riavvolgimento).

Il movimento avanti in corsa normale può essere uno solo, a 4,75 cm/s come avviene nei registratori a cassetta, oppure può essere a due velocità, quella di 4,75 cm/s e quella di 9,5 cm/s, od anche a tre, le due indicate più quella di 19 cm/s.

Il movimento avanti veloce avviene sempre nello stesso senso di corsa, da sinistra a destra; consente di raggiungere rapidamente qualche tratto di registrazione verso l'inizio del nastro.

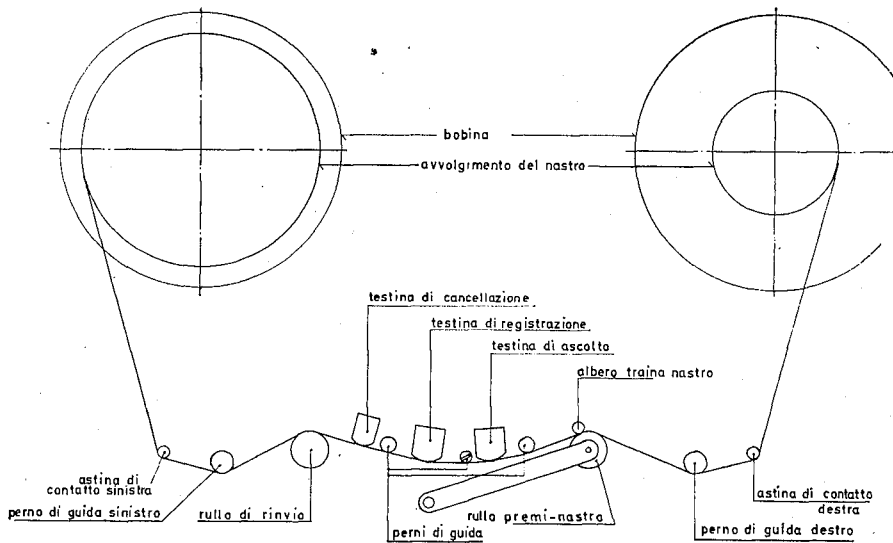


Fig. 14.1. - Esempio di percorso del nastro durante la registrazione o l'audizione.

Il movimento indietro veloce consente al nastro di riavvolgersi sulla bobina di sinistra, in modo da essere pronto per una nuova registrazione o audizione, ed avviene in senso opposto.

Al primo movimento, quello di corsa normale, in posizione registrazione o audizione, provvedono due meccanismi di trazione; quello della ruota di destra e quello del rocchetto *traina-nastro*. Quest'ultimo è necessario affinché il nastro aderisca continuamente e sicuramente alle festine magnetiche, senza subire vibrazioni.

Gli altri due movimenti sono ottenuti con un solo meccanismo, quello di rotazione di una o dell'altra delle due bobine.

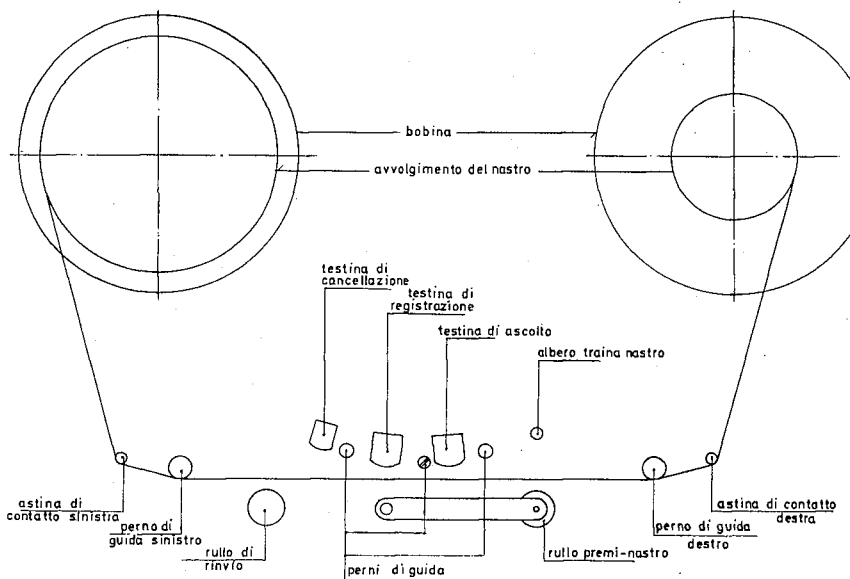


Fig. 14.2. - Il percorso dello stesso nastro durante la corsa in avanti veloce o durante il riavvolgimento.

La fig. 14.1 illustra il percorso del nastro, in corsa normale, da sinistra verso destra, in una registrazione a bobine provvisto di tre testine, quella di cancellazione, quella di registrazione e quella di ascolto.

La fig. 14.2 illustra la corsa del nastro in avanti veloce o indietro veloce (riavvolgimento). In questa posizione, il nastro è allontanato dalle testine; il suo movimento è affidato alla sola rotazione di una o dell'altra delle due bobine, a seconda del senso di corsa.

In posizione registrazione o ascolto, il nastro vien fatto aderire alle testine, mediante due ruotismi, il rullo di rinvio detto anche *idler* o altrimenti, prima delle

testine, e l'insieme dell'albero traina-nastro, detto anche *rocchetto-trazione-nastro* o *capstan* nonché il rullo premi-nastro o rullo pressore.

Il rocchetto di trazione del nastro rimane sempre dove si trova, in quanto riceve il movimento da una parte sottostante, collegata con il motore elettrico. Si devono quindi muovere gli altri due ruotismi, ossia il rullo di rinvio da un lato e il rullo premi-nastro dall'altro, come indicato in fig. 14.1.

I tasti di comando agiscono mediante leve su questi due ruotismi, per farli passare da una posizione all'altra.

La fig. 14.3 illustra un'altra disposizione. La testina magnetica è una sola, provvede tanto alla cancellazione, quanto alla registrazione e all'ascolto. I rollini di rin-

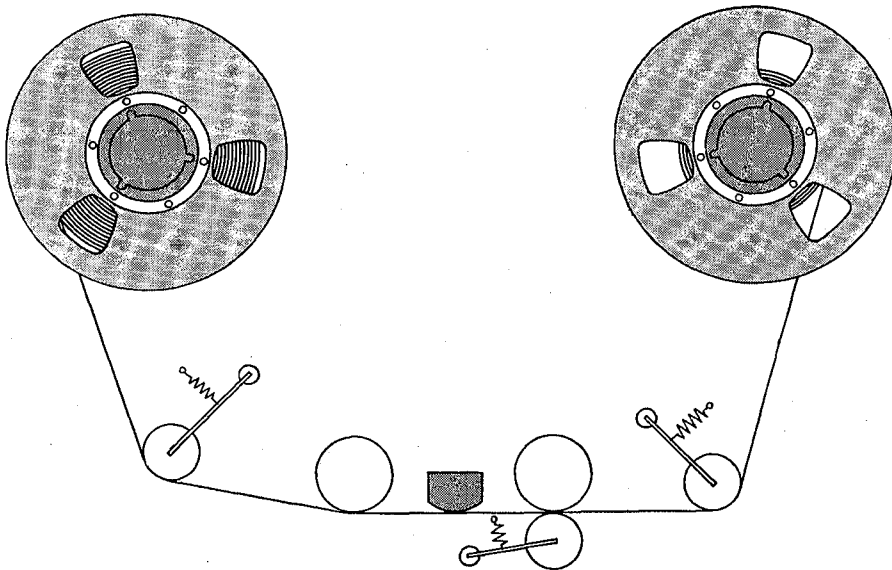


Fig. 14.3. - Secondo esempio di percorso del nastro in corsa normale.

vio sono due, uno a ciascun lato. Nella posizione indicata, essi fanno aderire il nastro alla testina magnetica, insieme con il rocchetto traina-nastro e il rullo premi-nastro. In una o nell'altra corsa veloce, i rollini di rinvio staccano il nastro dalla testina, ma continuano a guidare il nastro. In tal modo si fa a meno dei perni-guida e delle astine di contatto, di cui l'esempio precedente.

Va notato che questi ruotismi sono necessari quando il nastro corre anche alle velocità maggiori, di 9,5 e di 19 cm/s; con la sola velocità minore, quella di 4,75 cm/s, dei registratori a cassetta, non sono indispensabili, pur essendo utili. Ne risulta che i registratori a cassetta provvedono alla trazione del nastro con mezzi più semplici.

I piattelli porta-bobina.

Ciascuna delle due bobine di nastro poggia sul proprio piattello; vi sono perciò due piattelli, uno di destra e uno di sinistra. Nella parte sottostante del telaio,

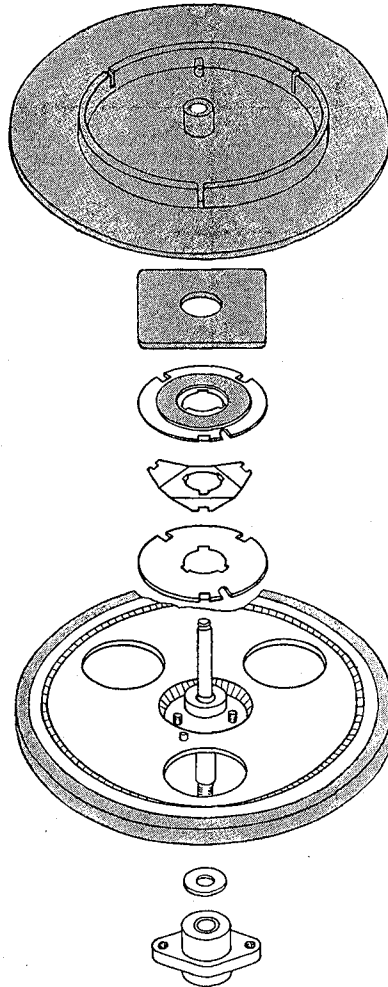


Fig. 14.4. - Piattello porta-bobina di avvolgimento (di destra) con il proprio disco gommato sottostante.

ciascuno di essi è provvisto di un disco, con cerchione gommato. La fig. 14.4 illustra un piattello porta-bobina con il sottostante disco.

Il piattello di destra è quello di maggior importanza, in quanto provvede ad avvolgere il nastro durante la registrazione o l'ascolto. Provvede anche al movimento di avanti veloce. Il piattello di sinistra deve soltanto provvedere al riavvolgimento del nastro.

In due piattelli entrano in movimento, quando il loro disco sottostante è in contatto con un altro ruotismo, collegato direttamente o indirettamente al motore elettrico. Quando uno dei piattelli ruota, l'altro risulta leggermente frenato, in modo da evitare che il nastro possa scavalcare il bordo ed aggrovigliarsi.

Un sistema di leve e di molle provvede a comandare la frenatura dei due dischi, in modo da ottenere l'immediato arresto dei due piattelli, non appena viene abbassato il tasto di «fermo» o di «pausa».

La trasmissione del movimento.

Il movimento fornito dal motore elettrico può venir trasmesso ai vari ruotismi in diversi modi. Uno di questi è quello indicato dalla fig. 14.5.

Nella figura sono disegnati i due dischi sottostanti i piattelli porta-bobina, uno a destra e l'altro a sinistra. Non sono numerati. In basso è indicato il grosso volano 7 che mette in movimento il rocchetto traina-nastro, e conferisce stabilità a tutto il complesso, con la propria inerzia.

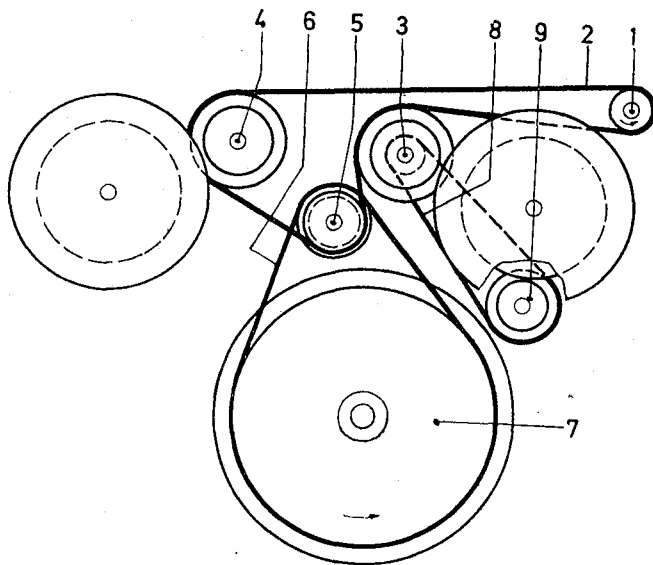


Fig. 14.5. - Esempio dei ruotismi di un registratore a bobine.

Il disco di destra riceve due movimenti, corrispondenti alle due corse del nastro (avanti normale e avanti veloce); quello di sinistra un movimento solo (indietro veloce).

A tale scopo sono utilizzate due ruote spostabili su un supporto-guida, la 3 e la 4. Ad esse corrispondono le due corse veloci del nastro. Il movimento viene co-

municato mediante tre funicelle. La prima 2 parte dal rocchetto fissato sull'albero del motore elettrico 1 e va alla puleggia della ruota di sinistra 4 quindi ad una doppiapuleggia 5 e poi alla puleggia della ruota di destra 3, infine ritorna al motore.

La ruota di destra 3 è provvista di due pulegge. Una di esse consente di far ruotare la ruota di frizione 9 in contatto con il disco del piattello di destra. In figura i ruotismi sono in posizione di corsa normale, quindi la ruota di frizione è in contatto con il disco (tratteggiato) del piattello di destra.

Una terza funicella 6 mette in movimento il volano, e quindi il soprastante rocchetto traina-nastro.

In posizione avanti-veloce, un sistema di leve e di molle sposta la ruota di destra 3 in modo da metterla in contatto con il disco del piattello di destra. Lo spostamento avviene in modo da mantenere in tensione la funicella 2 e di rendere lasca la funicella 8.

In posizione indietro-veloce (riavvolgimento), il sistema di leve e di molle sposta invece la ruota di sinistra, mettendola in contatto con il proprio disco; nello stesso tempo la ruota di frizione si stacca dal disco di destra.

Al posto delle tre funicelle è sufficiente una sola, qualora il disco di destra riceva il movimento di corsa normale da una terza ruota intermedia, inserita tra di esso ed un disco posto sull'asse del volano. In tal caso la funicella parte dal rocchetto motore, va alla puleggia della ruota libera di sinistra, quindi al volano, poi alla puleggia della ruota libera di destra, e ritorna al motore.

Nei registratori a cassetta i vari ruotismi si trovano molto vicini, per cui la trasmissione del movimento avviene generalmente senza cinghie o funicelle, e quindi senza pulegge, con una ruota libera o due, ed alcune rotelline, più le solite leve e molle di comando, azionate dai tasti.

Il volano risulta di dimensioni troppo grandi per poter trovar posto tra i ruotismi dei registratori a cassetta. Alla velocità di 4,75 cm/s non è strettamente necessario. La stabilità della trazione del nastro è affidata al motore elettrico, la velocità del quale è controllata con un'apparecchiatura a due, o al massimo tre transistor.

L'arresto automatico di fine nastro.

I registratori magnetici sono provvisti di un dispositivo in grado di interrompere il circuito di alimentazione del motore, e quindi di arrestare tutti i ruotismi non appena il nastro giunge alla fine. Esso varia notevolmente da un registratore all'altro, dato che lo stesso risultato può venir ottenuto in diversi modi.

I giranastri e i mini-registratori, essendo di dimensioni molto piccole, non consentono l'utilizzazione del dispositivo di arresto automatico. I ruotismi continuano a girare anche quando il nastro è immobile, teso alla bobina vuota. È necessario osservare il nastro attraverso una « finestrella » del coperchio, per poter essere pronti a premere il tasto di stop non appena giunge alla fine.

Il nastro non si spezza se il registratore non viene fermato in tempo utile. La

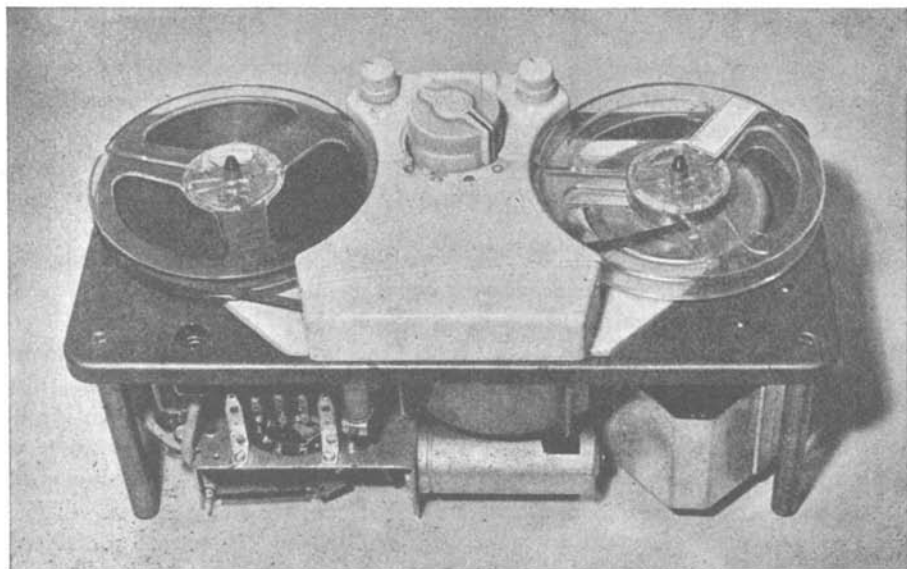


Fig. 14.6. - Esempio di registratore a bobine visto di sopra e di lato.

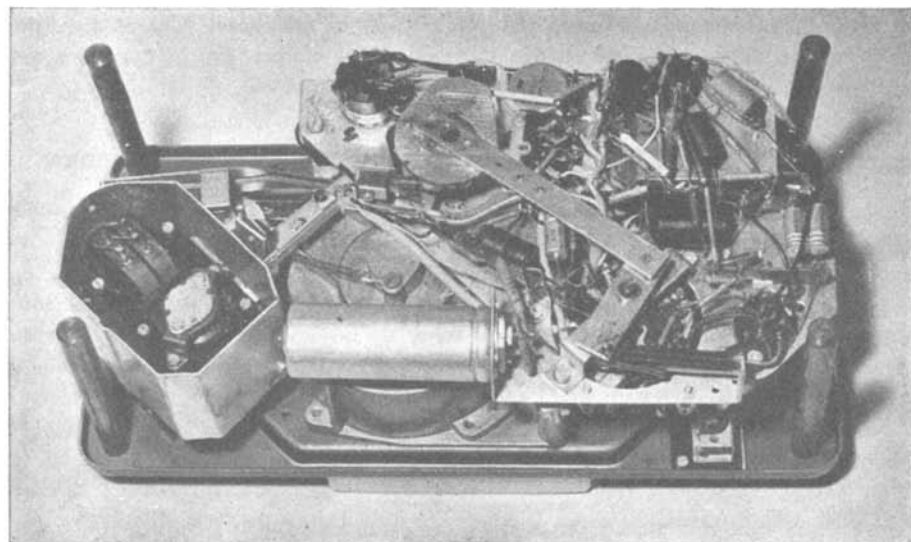


Fig. 14.7. - Lo stesso registratore visto di sotto.

forza necessaria per far girare le bobine è inferiore a quella che sarebbe necessaria per spezzare il nastro per strappo. È sufficiente che il disco gommato sotto ciascun piattello si trovi in contatto adeguato con la rotella gommata motrice, non superiore al necessario, in modo che essa possa girare sul disco fermo, senza immergergli una forza eccessiva.

I piccoli registratori a cassetta dispongono di un interruttore di fine nastro azionato elettricamente o per via meccanica. Esso apre il circuito di alimentazione del motore.

Alcuni nastri dispongono di una strisciolina metallica in corrispondenza alla fine del nastro. Essa consente di provocare un contatto elettrico non appena sporge oltre la bobina. Il contatto chiude il circuito di un relé. A sua volta il relé aziona l'interruttore di alimentazione, e nello stesso tempo chiude il circuito di un elettromagnete in grado di sbloccare i tasti, e farli ritornare in posizione di riposo.

Lo stesso risultato è però ottenibile anche in altro modo, ad esempio disponendo un interruttore sotto il disco del piattello di destra. Ne risulta il vantaggio di poter ottenere il controllo automatico anche con nastri privi della strisciolina metallica.

I registratori a bobine sono spesso provvisti di un circuito elettronico di fine nastro, comprendente uno o più transistor, oltre al dispositivo meccanico o elettrico.

Nei registratori Hi-Fi, di classe elevata, l'arresto automatico di fine nastro è molto curato. Comprende tre transistor e alcuni diodi. Il primo transistor « percepisce » il segnale di fine nastro proveniente dal disco di destra. Nel suo circuito di collettore vi è una lampadina. Accendendosi, indica che il riavvolgimento è completato, o che la bobina di sinistra è vuota. Il secondo transistor provvede allo sblocco dei tasti; l'elettromagnete è posto nel suo circuito di collettore. Il terzo transistor agisce invece sul controllo automatico di velocità del motore. Gli fa pervenire una tensione adatta per bloccarlo, e arrestare di colpo il motore.

Esempio di ruotismi di trazione, avvolgimento e riavvolgimento.

La parte meccanica del registratore può essere sistemata su un pannello superiore, come nell'esempio di fig. 14.8, mentre la parte elettronica è disposta su un secondo pannello, sottostante al primo.

Sulla parte soprastante del pannello superiore sono collocati i diversi comandi: la tastiera, il gruppo delle testine magnetiche, e l'insieme delle leve di comando, azionate dai tasti. Tutta questa parte soprastante il telaio superiore è visibile in fig. 14.9.

I diversi ruotismi di trazione, di avvolgimento e di riavvolgimento, sono sotto il pannello superiore, e sono illustrati dalla fig. 14.10.

TRAZIONE DEL NASTRO.

Durante la registrazione e durante l'audizione, la corsa del nastro è determinata dalla posizione in cui si trova la *ruota libera* di trazione, con cerchio di gomma 1.

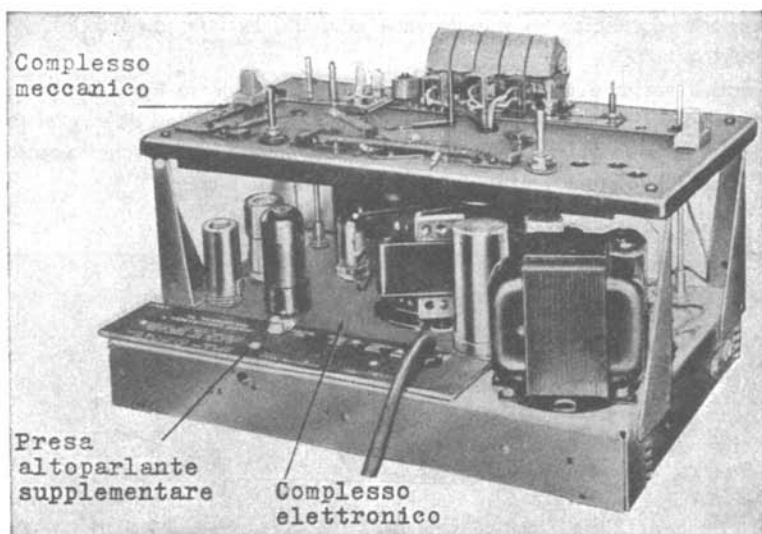


Fig. 14.8. - Telaio di registratore con comandi a tastiera.

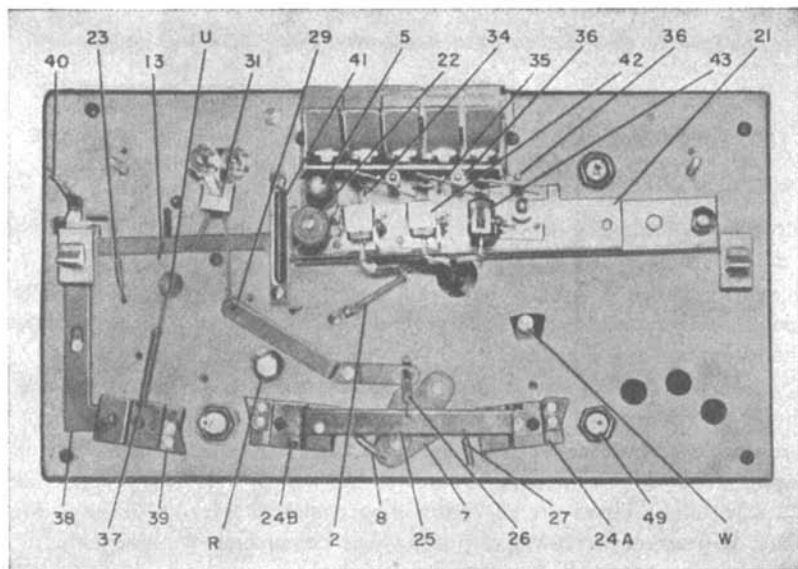


Fig. 14.9. - Vista sopra il pannello dei ruotismi del magnetofono di fig. 14.8.

Tale ruota libera, visibile in fig. 14.10, gira intorno al proprio asse, il quale poggia su un supporto eccentrico, e può trovarsi in due posizioni, distanti tra di loro di tre millimetri.

Quando il nastro è in movimento, la molla 2 visibile in fig. 14.9 in quanto si trova sopra il pannello, costringe la ruota libera 1, fig. 14.10, ad aderire al rocchetto motore 3 e al pesante volano 4. In tal modo il movimento del rocchetto-motore presente sull'asse del motore elettrico, viene trasferito al nastro.

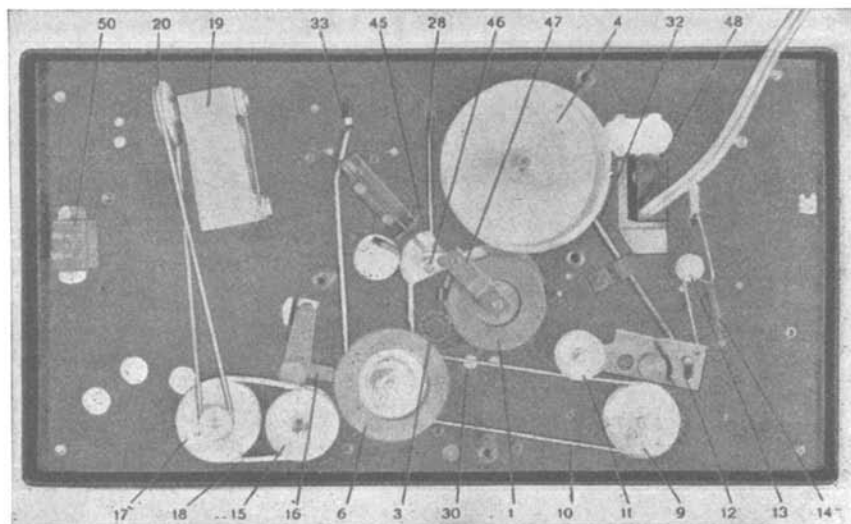


Fig. 14.10. - Vista sotto il pannello dei ruotismi del magnetofono di fig. 14.8.

Il rocchetto motore è tratteggiato, essendo presente quando il pannello è a posto, dato che appartiene al motore elettrico, non indicato in figura.

Quando il nastro è fermo, una leva costringe la ruota libera 1 nell'altra posizione del proprio supporto; in questa seconda posizione essa non è in contatto con il rocchetto-motore 3 e il volano 4.

Il volano è provvisto di un asse, il quale sporge sopra il pannello e porta il rocchetto di trazione del nastro 5.

Il rocchetto di trazione 5 è visibile in fig. 14.9; si trova dietro i tasti all'uscita della testina di registrazione. Durante la corsa del nastro, il rollino gommato di pressione 22 a rotazione libera preme contro il rocchetto di trazione 5. Tra il rocchetto e il rollino è presente il nastro, al quale viene comunicato il movimento di corsa.

Non appena i ruotismi si arrestano, e il nastro si ferma, il rollino si stacca dal rocchetto di trazione; ciò per il comando di una leva sopra di esso.

Premendo sul tasto che comanda la corsa del nastro, l'abbassamento del tasto stesso determina il movimento dell'asticciola metallica 28, fig. 14.10, e il conseguente richiamo del freno collegato all'estremità opposta dell'asticciola 28. La ruota libera 1 è allora sotto l'azione della molla 2, e va ad inserirsi tra il rocchetto motore 3, — il quale è sempre in rotazione — e il volano 4.

Se, invece, la pressione viene esercitata sul tasto che comanda l'arresto della corsa, oppure su quello che comanda il riavvolgimento, il tasto precedente viene liberato e ritorna in posizione di riposo, trascinando indietro l'asticciola 28 con conseguente distacco della ruota libera 1.

ROTAZIONE DELLA BOBINA DI AVVOLGIMENTO (REGISTRAZIONE E ASCOLTO).

La bobina sulla quale il nastro viene avvolto durante la registrazione e durante l'ascolto, è quella di destra. Essa è collocata sul *piattello portabobina*, il quale la fa ruotare in senso opposto alle lancette dell'orologio.

Il piattello portabobina, che non si vede in fig. 14.9, è azionato da una puleggia sottostante 9, visibile in fig. 14.10. Tale puleggia di avvolgimento è collegata con una cinghia 10 alla puleggia della seconda ruota libera, quella di avvolgimento e riavvolgimento 6. È provvista di cerchione di gomma.

Questa seconda ruota libera 6 è simile a quella di frazione del nastro 1. Anch'essa gira liberamente intorno al proprio asse, il quale poggia su un supporto eccentrico, in modo da consentire di muoversi in due posizioni, ossia in contatto con il rocchetto motore 3 oppure lontano da esso.

Quando il nastro è in corsa normale, per la registrazione o l'ascolto, tanto la ruota libera 1 quanto la ruota libera 6, sono in contatto con il rocchetto motore 3.

Quando il tasto di avvolgimento viene abbassato, la bobina di avvolgimento entra immediatamente in rotazione. Ciò avviene perché un sistema di leve, comandato dal tasto mentre viene abbassato, costringe la ruota libera 6 ad aderire al rocchetto motore 3.

Quando non vi è avvolgimento del nastro, una molla 8, fig. 14.9, tiene staccata la ruota libera 6 dal rocchetto motore 3. Non appena viene abbassato il tasto di avvolgimento, il tasto stesso agisce sulla leva 7 tramite un'articolazione; la leva 7 toglie la ruota libera 6 dall'azione della molla, e la fa aderire al rocchetto motore. Nello stesso tempo un'altra leva 12, azionata dall'asticciola 32, tramite l'attuatore 13 e la molla 14 mette in tensione la cinghia 10. La puleggia 9, sottostante il piattello portabobina d'avvolgimento, entra in tal modo in rotazione.

Lo stesso meccanismo entra in azione anche quando vengono abbassati altri due tasti, quello di registrazione e quello di ascolto.

Tanto l'uno quanto l'altro, mettono in movimento i due sistemi di leva sopra citati, con la conseguenza di mettere in azione i ruotismi di avvolgimento. I due tasti di registrazione e di ascolto differiscono da quello di avvolgimento solo nei contatti elettrici.

ROTAZIONE DELLA BOBINA DI RIAVVOLGIMENTO.

La bobina sulla quale il nastro viene riavvolto è quella di sinistra. Essa è collocata su un piattello con perno al centro, il quale è azionato dalla puleggia di riavvolgimento 17, posta sotto il pannello, e visibile in fig. 14.10.

La puleggia di riavvolgimento 17 è collegata con una cinghia 18 alla puleggia della ruota di riavvolgimento 15. In figura, la cinghia di riavvolgimento 18 non è sotto tensione.

Nella posizione RIAVVOLGIMENTO, il piattello portabobina di sinistra ruota velocemente in senso orario. Nello stesso tempo, la bobina di avvolgimento è libera di muoversi, e il nastro può passare da essa a quella di riavvolgimento. Una leggera azione frenante è esercitata sulla bobina di avvolgimento, affinché non assuma una velocità eccessiva, sotto l'azione trainante del nastro, con conseguente aggrovigliamento del nastro stesso.

La ruota di riavvolgimento 15 è sistemata su un'estremità del braccio di leva di riavvolgimento 16, il quale può assumere due diverse posizioni, per effetto del comando dell'asticciola 33, collegata al tasto di riavvolgimento.

Quando il tasto di riavvolgimento viene abbassato, esso aziona l'asticciola di comando 33, la quale a sua volta sposta il braccio della leva 16. Lo spostamento del braccio di leva 16 determina l'analogo spostamento della ruota di riavvolgimento 15. Tale spostamento mette in tensione la cinghia 18 e nello stesso tempo fa aderire la ruota 15 alla ruota libera 6, azionata dal rocchetto motore 3.

Poiché in queste condizioni la cinghia 18 è sotto tensione, essa fa ruotare la puleggia di riavvolgimento 17, collegata sotto il piattello portabobina di riavvolgimento. La cinghia 10 è invece lasca, e non trasmette il movimento alla puleggia 9 sottostante il piattello della bobina di avvolgimento.

A mano a mano che il nastro si riavvolge nella bobina di sinistra, l'indice del contagiri segna-tempo si sposta anch'esso verso sinistra. Il meccanismo del contagiri 19 è azionato da una cinghia, la quale collega la puleggia 20 del contagiri alla puleggia 17 del ruotismo di riavvolgimento.

Esempio di complesso meccanico.

Un secondo esempio di complesso meccanico è illustrato dalle figg. 14.11, 14.12 e 14.13.

Esso consiste di due pannelli, uno superiore e l'altro inferiore, sottostante al primo. Sul pannello superiore sono collocati i ruotismi di avvolgimento e riavvolgimento del nastro, con i relativi comandi di tipo meccanico, nonché le festine magnetiche. Sul pannello inferiore sono collocati il motore elettrico, la ruota libera per il trasferimento dell'energia meccanica ai ruotismi, e il trasformatore di tensione, per il complesso elettrico. Vi è una sola ruota libera.

RUOTISMI DEL REGISTRATORE

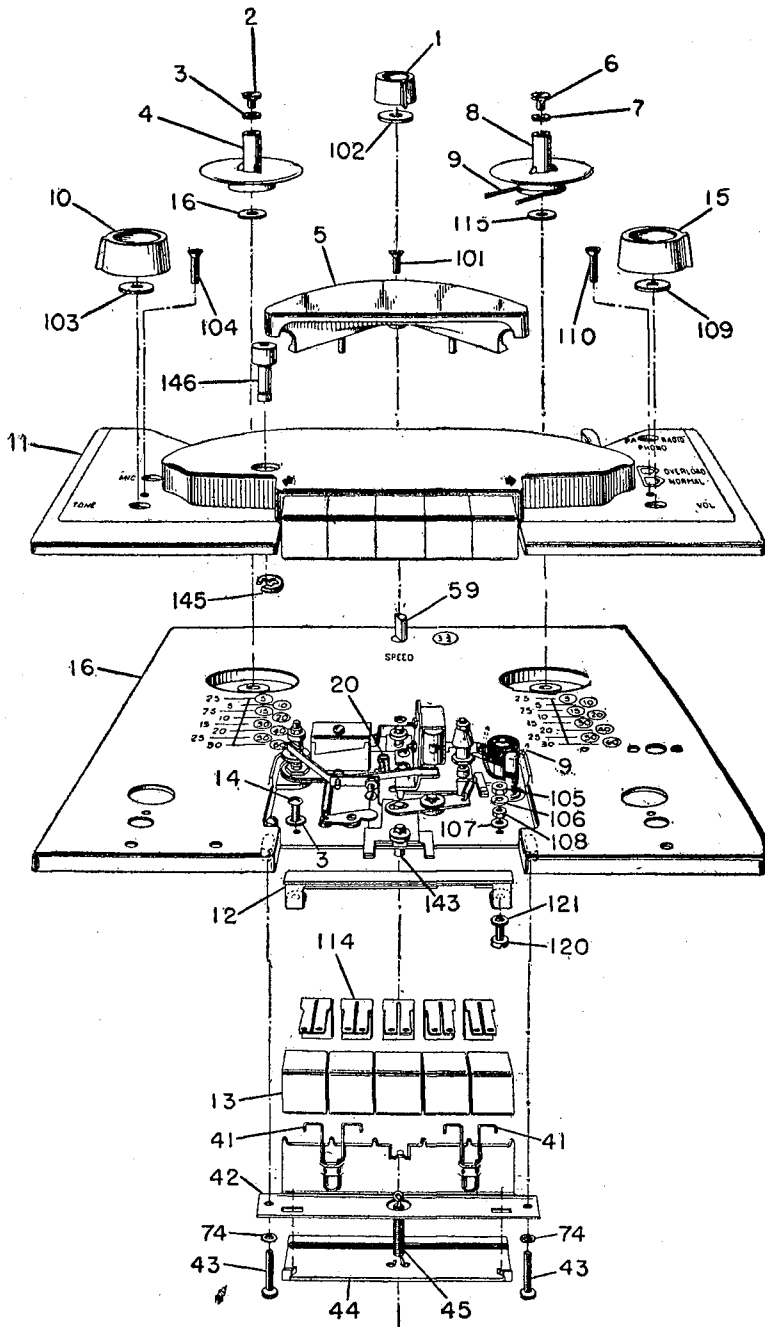


Fig. 14.11. - Componenti espansi del pannello superiore di magnetofono.

IL COMANDO A TASTIERA.

I comandi principali sono ottenuti con cinque tasti, visibili in fig. 14.11. Da sinistra verso destra essi sono: riavvolgimento, registrazione, fermo, ascolto, avvolgimento rapido.

Nella parte superiore della figura si vedono i tasti a posto, e, dietro di essi, la custodia metallica sotto la quale si trovano le testine magnetiche, gli organi di trazione e alcune leve di comando.

Nella parte centrale della figura è disegnato lo stesso pannello, al quale sono stati tolti i tasti e la custodia metallica. Infine, nella parte inferiore è disegnato l'insieme dei tasti con le armature che li trattengono quando vengono abbassati, e li liberano quando devono ritornare in posizione di riposo.

Alla base della figura è disegnata l'armatura 44 che trattiene i tasti 13 sotto l'azione della molla 45. Un'altra armatura 12 trattiene i tasti in posizione di riposo. Anche le cinque mollette 114 hanno lo stesso scopo.

Il pulsante 146 è collegato con un'articolazione al tasto di registrazione. Il tasto è trattenuto, e non può venir abbassato, se prima non viene abbassato tale pulsante.

COMPONENTI SOPRA IL PANNELLO.

Le bobine di nastro non sono indicate in fig. 14.11. Esse vanno collocate sopra i piattelli con perno 4 e 8. Il piattello della bobina di destra 8 è provvisto di puleggia sottostante con cinghia 9. Tale cinghia collega la puleggia con il rollino di pressione 27 del nastro, esso è indicato anche nella parte centrale della figura, nella quale è meglio visibile il rocchetto di trazione del nastro.

Nella parte superiore della figura si notano le manopole del controllo di volume 15 e di tono 10 e la manopola del cambio di velocità 1.

Nella parte centrale della figura si notano le due testine magnetiche, quella di registrazione e quella di cancellazione, nonché il rocchetto traina-nastro e il rollino di pressione. Tutti questi componenti sono meglio visibili in fig. 14.12 in quanto sono espansi sopra il pannello. I numeri di riferimento sono: testa magnetica di registrazione e ascolto 24, testa di cancellazione 113, rollino di trazione del nastro 63, rollino di pressione del nastro 27, rocchetto guida-nastro destra 23, rocchetto guida-nastro sinistra 18, pattini per pressione del nastro contro le testine 33 e 39, vite regolazione pattino 40, molla tensione testina di cancellazione 37.

COMPONENTI DEI RUOTISMI.

La fig. 14.13 illustra quale sia la posizione dei vari ruotismi sotto il pannello superiore.

La ruota libera che comunica il movimento ai vari ruotismi, a quelli di avvolgimento e a quelli di riavvolgimento, a seconda della sua posizione, non è visibile tra questi componenti; essa appartiene ai componenti collocati insieme al motore elettrico, sul pannello inferiore.

RUOTISMI DEL REGISTRATORE

In fig. 14.13 sono bene visibili il grosso volano 67 e i dischi 69 sottostanti i piattelli portabobine; su questi dischi si esercita, mediante freni, leve e molle

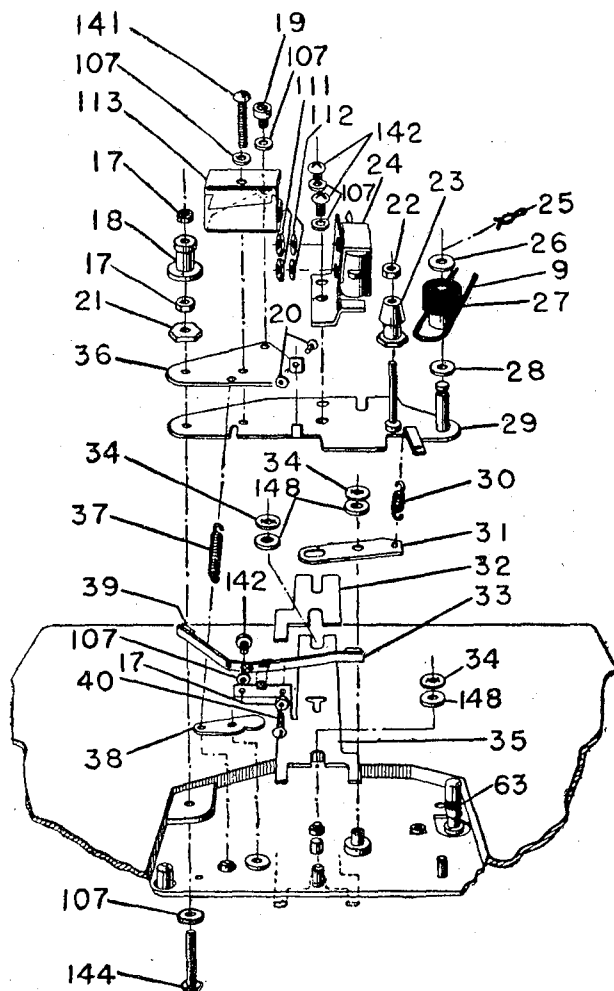


Fig. 14.12. - Componenti espansi della parte centrale della fig. 14.11.

47, 65 e 66, l'azione frenante per l'arresto immediato delle bobine di nastro, quando viene comandata la posizione di fermo.

Nella stessa figura, in basso, è visibile la parte sottostante il commutatore a tastiera, costituita dall'armatura che trattiene i tasti abbassati 44, dalla molla 45 che tale armatura tiene in tensione, e dal freno 42.

Sono pure visibili, nella stessa figura, alcune leve per il comando della ruota libera 64 e 65. Si vedono anche il rocchetto gommato 56, la puleggia 60 e la cinghia 61 appartenenti ai congegni della ruota libera.

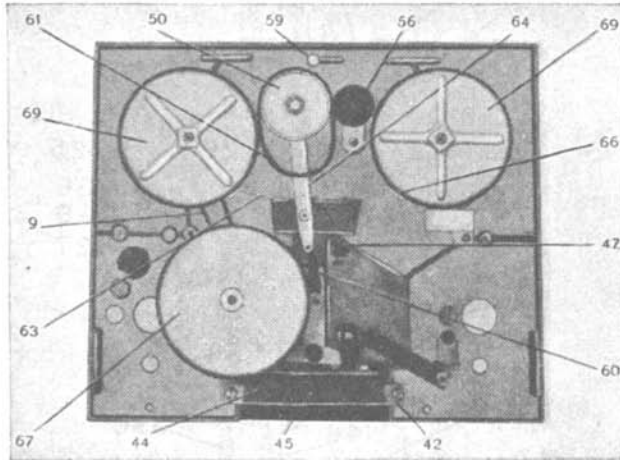


Fig. 14.13. - Vista sotto il pannello superiore del magnetofono di fig. 14.11.

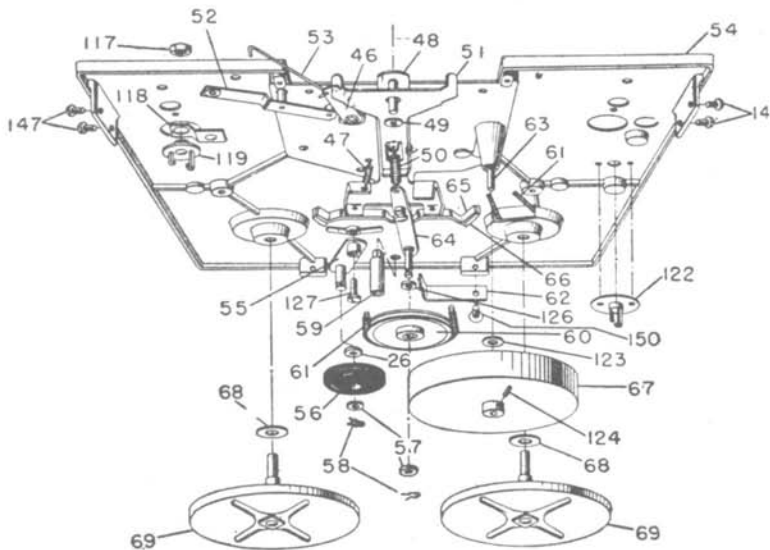


Fig. 14.14. - Componenti espansi della fig. 14.13.

La fig. 14.14 illustra gli stessi ruotismi di cui la figura precedente, in un disegno in cui i vari componenti sono espansi. Oltre al volano 67, ai dischi 69, alla puleggia 60 della ruota libera, e al rocchetto gommato 56 della stessa, si possono osservare le diverse leve di comando per il movimento e per l'arresto dei ruotismi. Con il n. 63 è indicato l'asse del volano 67, che porta dal lato opposto il rocchetto di trazione del nastro.

La molla 50 inserisce, tramite il braccio di leva 64, la ruota libera tra il rocchetto motore e il volano 67 quando viene comandato l'avvolgimento del nastro per la registrazione e l'ascolto.

MOTORE E RUOTA LIBERA.

Le figg. 14.15 e 14.16 illustrano i componenti del pannello inferiore. La fig. 14.15 indica, in forma espansa, quali siano i componenti sopra il pannello. Essi sono:

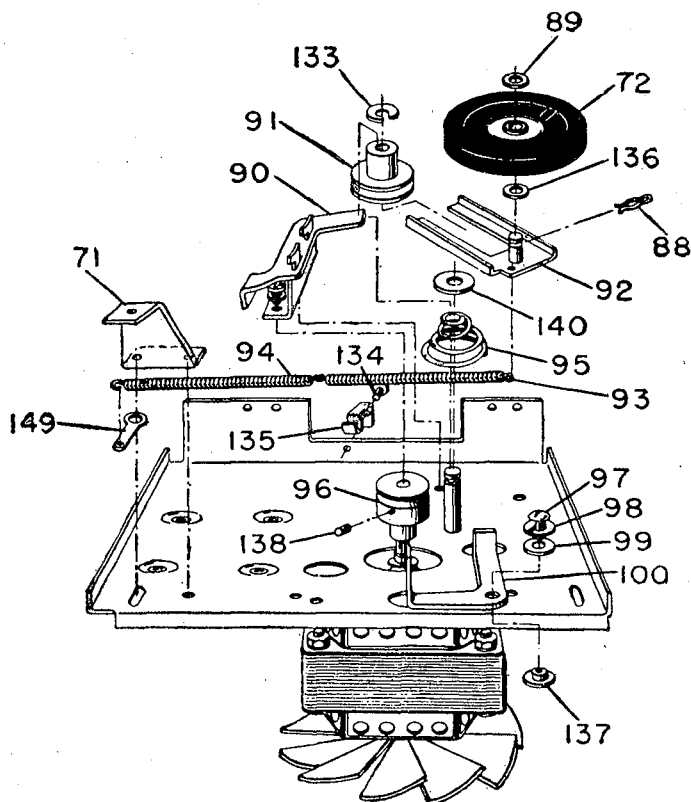


Fig. 14.15. - Componenti espansi del pannello inferiore del magnetofono di fig. 14.12. (Vista sopra il pannello).

il rocchetto motore 96 e la ruota libera 72. Essa può muoversi lungo la guida 92, sollecitata dalle due molle 93 e 94, sotto il comando di alcune leve, una delle quali è la 100, messa in azione, tramite altre leve, dal tasto di fermo. La molla 95 sostiene la ruota libera, quando è impegnata con i ruotismi del pannello superiore.

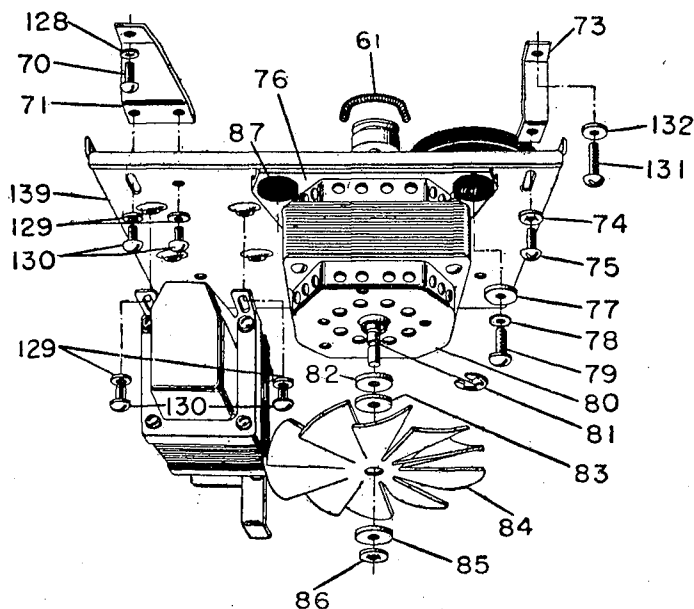


Fig. 14.16. - Componenti espansi della parte sotto il pannello di fig. 14.14.

La parte sottostante del pannello inferiore è visibile in fig. 14.16. Ad essa è fissato il motore elettrico 80, sotto il quale girano le alette 84 per la ventilazione. Il rocchetto motore è visibile solo in parte, così pure la ruota libera. Il trasformatore di tensione è indicato in basso, a sinistra.

Registratori a inversione automatica del nastro.

I registratori di costo elevato non rendono necessaria l'inversione manuale delle bobine. Esse rimangono al loro posto; viene solo invertito il senso di corsa del nastro. Una delle due tracce viene registrata mentre il nastro corre da sinistra a destra; l'altra traccia viene registrata mentre il nastro corre in senso opposto, da destra a sinistra.

Il nastro finisce con una coda metallica. Quando la bobina di sinistra è vuota, appare la coda metallica. Essa chiude il circuito di alimentazione di un relè; il relè agisce sui ruotismi, determinandone l'inversione del movimento. Istantaneamente

il nastro cambia senso di corsa, riavvolgendosi sulla bobina di sinistra dalla quale si era svolto.

I magnetofoni che richiedono l'inversione manuale delle bobine, sono a senso unico; la registrazione e l'ascolto possono avvenire solo quando il nastro corre da sinistra verso destra.



Fig. 14.17. - Esempio di magnetofono con comandi principali e di movimento a tasti, e con inversione automatica della corsa del nastro.

I registratori a inversione automatica del senso di corsa del nastro sono a due sensi; la registrazione e l'ascolto possono avvenire tanto con il nastro in corsa da sinistra a destra, quanto con il nastro in corsa da destra verso sinistra.

La stessa cosa avviene anche per il riavvolgimento.

DUE COPPIE DI TESTINE.

I registratori con l'inversione automatica del senso di corsa del nastro sono provvisti di due coppie di testine.

La testina di cancellazione deve sempre precedere quella di registrazione; quando il nastro inverte il senso di corsa, la testina di cancellazione deve trovarsi all'altro lato, rispetto quella di registrazione.

È necessaria anche una seconda testina di registrazione, posta in corrispondenza della seconda traccia del nastro.

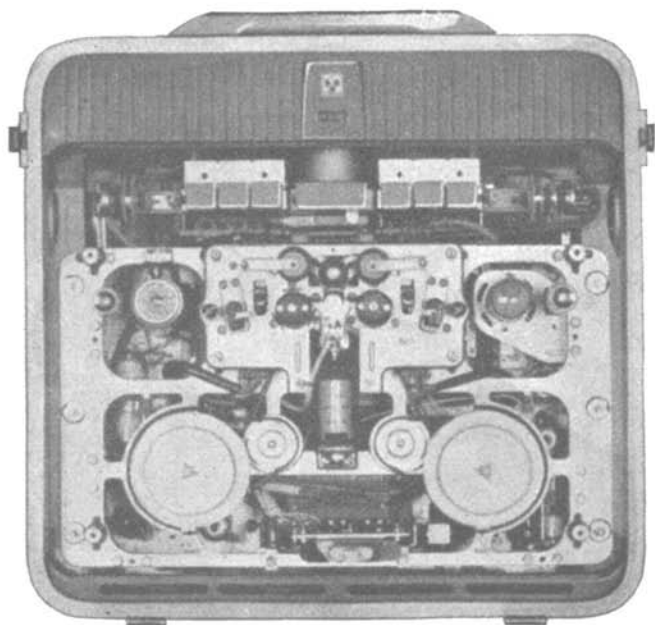


Fig. 14.18. - Vista sotto il magnetofono a inversione automatica di fig. 14.17.

I magnetofoni a inversione automatica sono perciò provvisti di due coppie di testine: una coppia al livello della traccia sottostante, e l'altra coppia al livello della traccia soprastante del nastro.

DUE RUOTISMI DI AVVOLGIMENTO E DI TRAZIONE.

Il rollino di trazione del nastro deve trovarsi sempre dopo la testina di registrazione. Alla inversione di corsa del nastro, deve corrispondere l'inversione del rollino di trazione. Ciascuna coppia di bobine è perciò provvista del proprio rollino di trazione del nastro.

Ciascun rollino di trazione è provvisto del proprio volano sottostante. Ne risulta che i registratori ad inversione automatica oltre ad essere provvisti di due coppie di testine, sono anche provvisti di *due ruotismi di avvolgimento e di trazione del nastro*, identici tra di loro.

Mentre i registratori ad inversione manuale possiedono una bobina di avvolgimento, con il relativo rollino di trazione, a movimento molto preciso, assicurato da un pesante volano, i registratori a inversione automatica possiedono due bobine di avvolgimento, ciascuna delle quali agisce alternativamente da bobina di avvolgimento o da bobina di svolgimento.

È per questa ragione che i registratori a inversione automatica sono di dimensioni maggiori di quelli a inversione manuale, di costruzione più complessa e di costo più elevato.

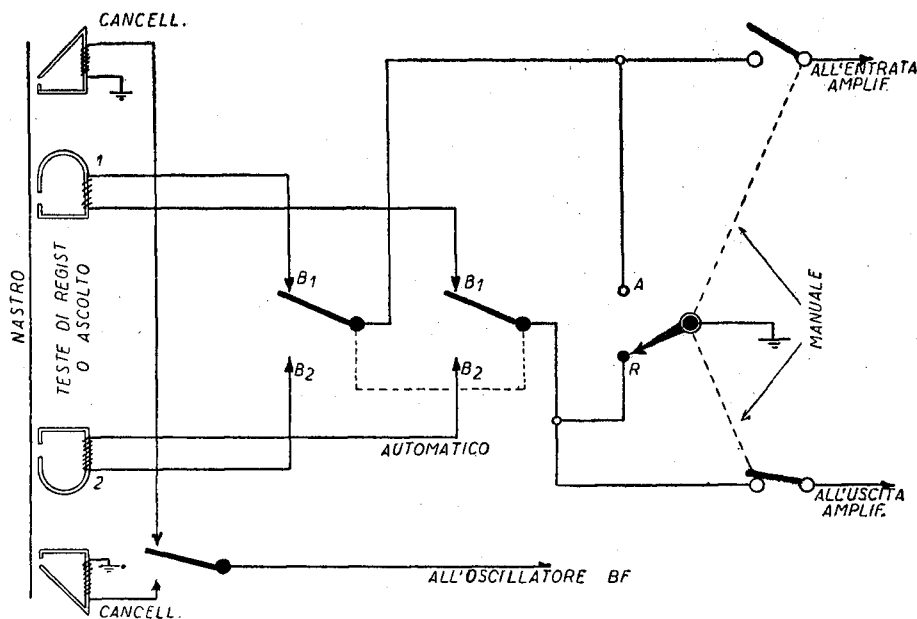


Fig. 14.19. - Schema di inversione delle due coppie di testine, relativo al magnetofono a inversione automatica di fig. 14.17.

REGISTRATORI A DUE MOTORI.

In alcuni registratori a inversione automatica, l'avvolgimento del nastro sulla bobina di destra è affidato ad un motore elettrico; l'avvolgimento sulla bobina di sinistra è affidato ad un secondo motore.

Lo stesso nastro, giunto a fine corsa, comanda, con la sua coda metallica, l'istante arresto di un motore e relativi ruotismi, e l'avvio, in senso opposto, dell'altro motore e relativi ruotismi.

Registratori a due motori sono costruiti particolarmente negli Stati Uniti. In Europa sono generalmente in uso registratori a un solo motore, a inversione di marcia.

IL COMMUTATORE DI REGISTRAZIONE.

Tutti i registratori ad inversione automatica sono provvisti di un commutatore automatico, comandato da un relè al quale è affidato il compito di inserire in circuito quella delle due coppie di testine che corrisponde al senso di corsa del nastro.

La fig. 14.19 illustra le due coppie di testine di un magnetofono a inversione automatica (Grundig).

La testina di registrazione-ascolto n. 1, preceduta dalla propria testina di cancellazione, è inserita quando il nastro corre da sinistra verso destra (in figura dall'alto verso il basso). L'altra coppia di testine, n. 2, è inserita automaticamente non appena il nastro inverte il senso di corsa.

In figura, il commutatore automatico è a tre vie e due posizioni (B1 e B2). Nella stessa figura è indicata anche una parte del commutatore manuale, a tasti, in posizione registrazione.

È inserita la prima coppia di testine, disegnata in alto. La testina di registrazione n. 1 è collegata all'uscita dell'amplificazione, e all'oscillatore supersonico, da un lato; dall'altro lato è collegata a massa. La testina n. 2 è staccata.

Non appena il nastro inverte il senso di corsa, il relè richiama in basso le lamine del commutatore, in posizione B2. Risultano completamente escluse le due testine n. 1, e inserite le due testine n. 2.

Quanto sopra avviene tanto per la registrazione quanto per l'ascolto.

REGISTRATORI MONOFONICI E STEREOFONICI

Esempio di registratore a bobine, da 1,5 watt.

L'aspetto esterno del registratore è quello di fig. 15.1. Funziona con batteria da 12 volt incorporata, con accumulatore esterno da 12 volt o con tensione della rete-luce, tramite alimentatore incorporato. Le bobine sono di 147 mm di diametro, con 350 m di nastro. La resa d'uscita è di 1,5 watt. Le velocità del nastro sono due: 4,75 e 9,5 cm/s.

È provvisto di cinque comandi a tasto. Sono i seguenti:

- a) primo tasto a sinistra, registrazione;
- b) secondo tasto a sinistra, audizione;
- c) tasto al centro, fermo-stop;
- d) secondo tasto a destra, avanti veloce;
- e) primo tasto a destra, riavvolgimento.

A lato dei tasti vi è lo strumentino indicatore di livello di modulazione, usato anche per indicare l'efficienza della batteria. A lato di esso vi è il controllo di volume, seguito dal controllo di tono, provvisto di interruttore generale.

In alto, al centro, tra le due bobine, vi è il cambio di velocità. Posteriormente vi sono le prese per il microfono, la cuffia, la rete-luce o accumulatore, e il cambio tensione-rete.

Il microfono è provvisto di interruttore per avviare o arrestare le bobine.

L'assorbimento complessivo di corrente è compreso tra 80 e 90 milliampere, in posizione audizione, e alla velocità di 9,5 cm/s. Il registratore ha le seguenti dimensioni: 33 × 26 × 14 cm; pesa 5,3 kg.

SCHEMA DEL REGISTRATORE. — È riportato dalla fig. 15.2. Comprende sei transistor, tre diodi e un raddrizzatore.

In posizione AUDIZIONE, quella indicata nello schema, un capo della testina di registrazione/audizione è collegato alla base del primo transistor. La testina è doppia, contiene anche la parte relativa alla cancellazione. È disegnata in alto, a sinistra; è provvista di una presa a quattro spinotti. Lo spinotto più basso è colle-

gato alla quarta linguetta, posta in contatto con la sottostante, a sua volta collegata alla base del primo transistor, tramite un condensatore di 1 microfarad.

La polarizzazione di base del primo transistor, un BC107, è ottenuta con un partitore. La resistenza di carico è di 5600 ohm. La tensione di base è di 0,76 volt, mentre quella di collettore è di 3,1 volt. L'emittore è collegato a massa tramite una resistenza di 120 ohm; la tensione è di 0,17 volt.

Il secondo transistor preamplificatore è un altro BC107. Alla sua entrata vi è il controllo di volume, ottenuto con una resistenza variabile di 50 chiloohm, logarit-

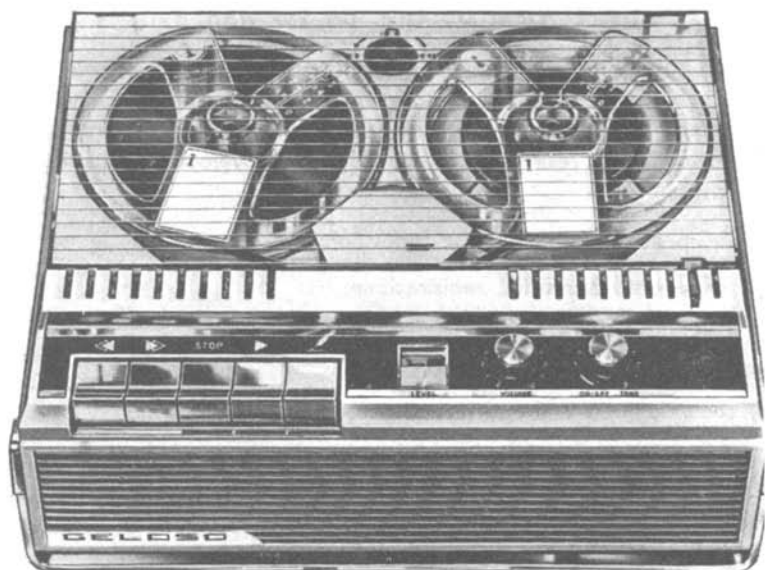


Fig. 15.1. - Registratore a bobine, a due velocità.

mica. La tensione di base è di 0,78 volt, quella di collettore di 3,4 volt e quella di emittore di 0,15 volt. L'accoppiamento è capacitivo.

Anche il terzo transistor, un altro BC107, appartiene al preamplificatore; ad esso è applicata la rete di controeazione proveniente dal centro dello stadio finale. Tale rete fa capo all'emittore del transistor, il quale va perciò a massa tramite un condensatore elettrolitico di 100 microfarad, in serie con una resistenza di 33 ohm. La tensione di emittore è di 6,6 volt. Quella di base è perciò di 7,2 volt, e quella di collettore di 11,8 volt.

Tutte le tensioni indicate sono positive, trattandosi di transistor al silicio.

Il quarto transistor è quello che provvede al pilotaggio dello stadio finale. Durante la registrazione, la sua uscita è collegata alla testina magnetica, dato che lo

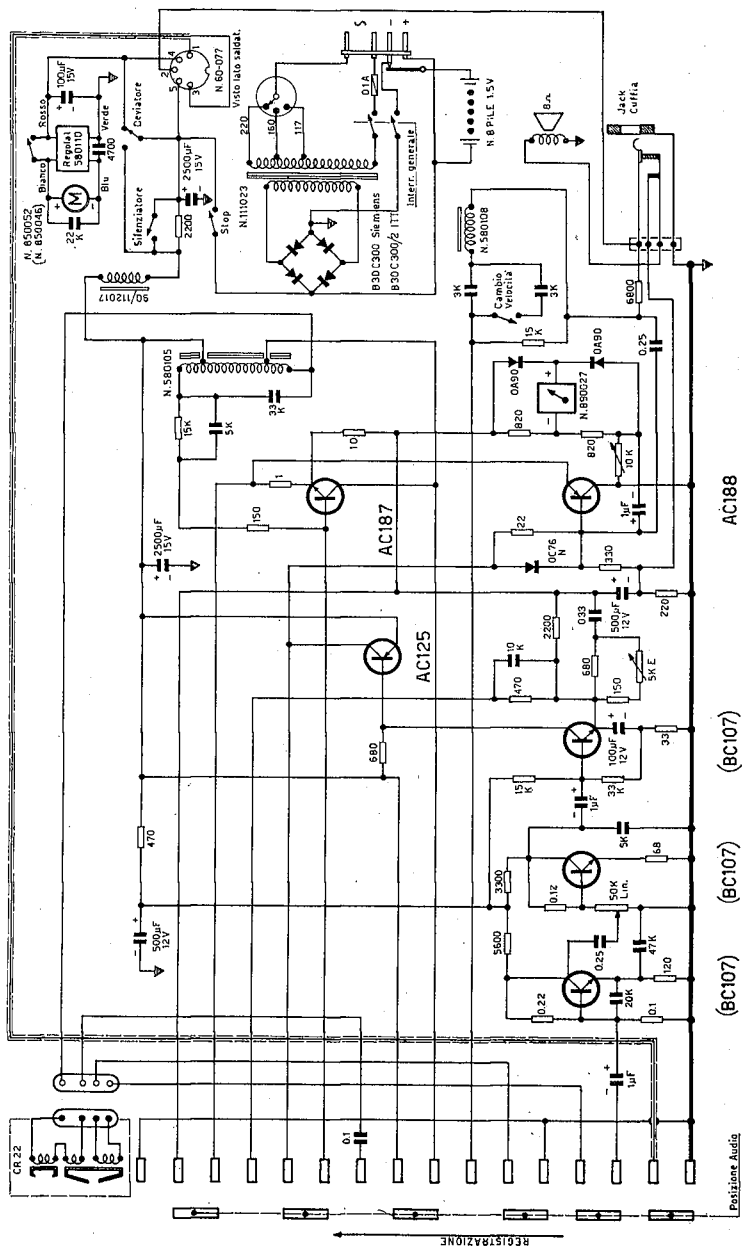


Fig. 15.2. - Schema del registratore di fig. 15.1.

stadio finale a due transistor è inserito soltanto in posizione audizione. Nella posizione indicata nello schema, quella di audizione, il collettore del quarto transistor va ad una delle linguette, in contatto con altra linguetta, quella collegata con la base di uno dei transistor finali, l'AC187.

Lo stadio finale è del tipo a simmetria complementare. Oltre all'AC187 comprende un AC188. L'uscita dello stadio è collegata all'altoparlante tramite una resistenza di 5,6 ohm ed un elettrolitico di 500 microfarad, disegnato verso il centro dello schema, in basso.

La particolare configurazione dello stadio finale è dovuta all'impiego di uno dei transistor, l'AC187, quale oscillatore a frequenza supersonica, in posizione REGISTRAZIONE.

Le tensioni dei tre transistor sono le seguenti:

- | | | | |
|----------|---------------|------------------|-----------------|
| 1) AC125 | base: 11, 8 V | collettore: 6 V | emittore: 12 V |
| 2) AC187 | base: 6 V | collettore: 12 V | emittore: 5,9 V |
| 3) AC188 | base: 5,7 V | collettore: 0 V | emittore: 5,5 V |

La stabilizzazione della corrente di riposo dei due transistor finali, per evitare la deriva termica, è ottenuta con un OC76N, utilizzato come diodo. È sistemato tra la base dei due transistor, tramite due linguette di contatto, dell'inseritore.

In posizione REGISTRAZIONE, all'entrata dell'amplificatore è collegato il microfono, non indicato nello schema. A destra, in alto, è disegnata nello schema la presa a 5 piedini per il microfono e per il tele-interruttore. Con un cavetto schermato, il microfono è collegato alla seconda linguetta, in basso. In tale posizione essa è in contatto con la terza, ossia con la base del primo transistor.

Come detto, per la registrazione vengono usati i tre transistor del preamplificatore, più, quale amplificatore finale, il quarto transistor. Il collettore di quest'ultimo va prima al circuito di equalizzazione e quindi alla testina magnetica.

Nello stesso tempo l'AC187 funziona da oscillatore supersonico, ed è collegato al relativo trasformatore a due prese. Quest'ultimo è cortocircuitato in posizione Audizione. Il collettore dell'AC187 è collegato al controllo del livello di modulazione, costituito da uno strumentino, disposto al centro di un ponte formato da due diodi OA90 e da due resistenze di 820 ohm.

L'alimentazione è ottenuta con otto pile da 1,5 volt formanti una batteria da 12 volt, oppure con la tensione alternata della rete-luce, abbassata a 12 volt con un trasformatore di tensione, e quindi raddrizzata con quattro elementi rettificatori a ponte.

Il motore è provvisto di un regolatore di velocità, per evitare le fluttuazioni.

Il registratore descritto è il Geloso mod. G651.

Schema di registratore a bobine, da 2 watt.

È quello di fig. 15.3. Si tratta di un registratore a bobine, di potenza piuttosto elevata: 2 watt. Lo schema elettrico è completo. È provvisto di due testine magnetiche, una per la registrazione o l'audizione, e l'altra per la cancellazione. Funziona con 7 transistor e tre diodi. I transistor hanno le seguenti funzioni:

- a) un AC126 quale preamplificatore d'entrata;
- b) un AC126 quale secondo preamplificatore;
- c) un AC126 quale pilota dello stadio finale;
- d) due AC128 nello stadio finale;
- e) un AC128 quale oscillatore supersonico;
- f) un OC75 quale amplificatore per il controllo di modulazione.

I tre diodi sono: un BY114 per lo stadio finale e per il transistor supersonico, inserito nel circuito di alimentazione; un OA85 per gli altri quattro transistor, nello stesso circuito alimentatore; ed infine un OA81 per il controllo di modulazione.

Il registratore, essendo del tipo a bobine, è previsto per la sola alimentazione in alternata dalla rete-luce.

Nello schema, in alto a sinistra, sono indicati i tre ingressi:

- 1) microfono piezoelettrico, da 1 a 50 millivolt;
- 2) sintonizzatore radio, da 10 a 500 millivolt;
- 3) dischi fonografici, da 50 millivolt a 2 volt.

PRIMO E SECONDO STADIO DI PREAMPLIFICAZIONE. — Il primo transistor AC126 è polarizzato con un partitore di tensione, formato dalle resistenze di 1,5 e 4,7 kilohm. I valori di tali resistenze sono molto bassi, dato che si trovano all'ingresso di un transistor preamplificatore. Con valori così bassi si ottiene il vantaggio di ridurre alquanto il rumore, rispetto al segnale audio.

La corrente di collettore è di 0,5 milliampere.

Il collegamento tra il primo e il secondo transistor è di tipo capacitativo. La polarizzazione del secondo AC126 è anch'essa ottenuta con un partitore; i valori delle due resistenze sono maggiori, quelli normali, di 68 e di 10 kilohm, non essendo più preoccupante la presenza del rumore. La corrente di collettore è di 1,5 milliampere.

Il circuito di equalizzazione è inserito tra il collettore e la base del secondo transistor. Consiste della solita rete di controreazione selettiva, consistente in tre resistenze, una delle quali semifissa, e da tre condensatori.

STADIO PILOTA. — Comprende il terzo AC126. Funziona anch'esso con partitore di tensione per la polarizzazione di base. Tale polarizzazione è diversa nelle

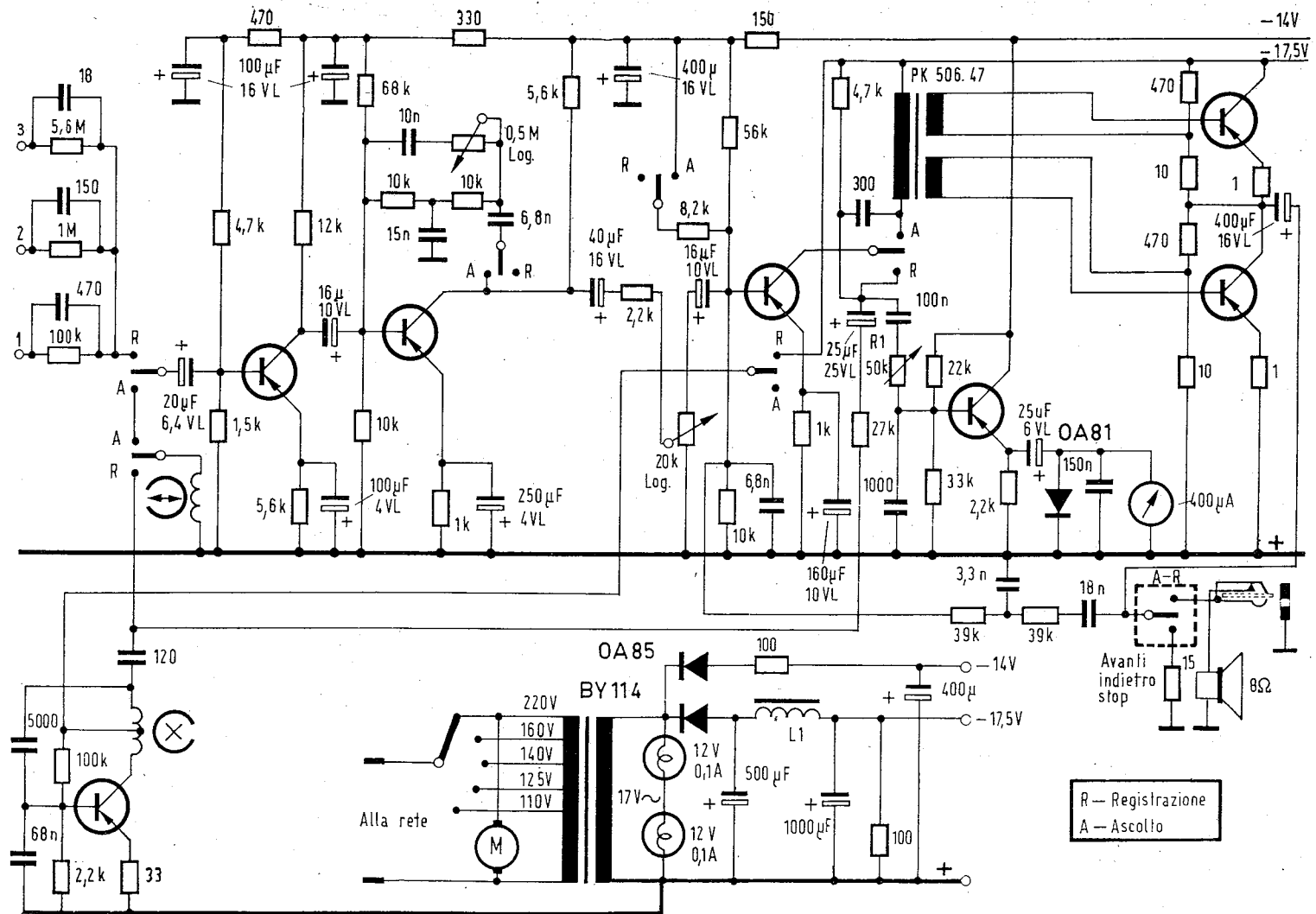


Fig. 15.3. - Schema di registratore magnetico da 2 watt, con alimentazione dalla rete-luce.

due posizioni registrazione e audizione. Nella prima posizione è minore, essendo minore l'ampiezza del segnale audio; nella posizione audizione, la polarizzazione è maggiore; alla resistenza di 56 chiloohm del partitore viene aggiunta in parallelo un'altra di 8,2 chiloohm.

Il controllo di volume è ottenuto con una resistenza variabile logaritmica di 20 chiloohm, posta all'entrata del transistor.

Alla base del transistor pilota giunge la seconda rete di contoreazione, quella proveniente dall'uscita dell'amplificatore, tanto in posizione registrazione quanto in quella di audizione.

La corrente di collettore del transistor è di 2 milliampere in registrazione e di 7,5 milliampere in audizione.

In posizione registrazione, l'uscita del terzo transistor è collegata alla testina magnetica, tramite un condensatore elettrolitico di 25 microfarad, in serie con una resistenza di 27 chiloohm.

In posizione audizione è invece collegata al primario del trasformatore di accoppiamento con lo stadio finale.

Va notato che in posizione registrazione il primario del trasformatore non è completamente staccato dal circuito, ma è invece collegato. L'avvolgimento primario, insieme con un condensatore di 300 picofarad, in serie con una resistenza di 4,7 chiloohm, formano un circuito sintonizzato alla frequenza dell'oscillatore super-sonico. Tale circuito sintonizzato consente di assorbire quella frequenza e di attenuarne la tensione presente sul collettore.

STADIO FINALE. — Consiste dei due transistor AC128 in circuito « single ended », classe B. Il secondario del trasformatore è perciò doppio, ossia consiste di due avvolgimenti eguali. La tensione di polarizzazione di ciascuno dei transistor finali è ottenuta con un partitore a quattro resistenze, dello stesso valore a due a due. I due transistor si trovano in serie, essendo il collettore di uno di essi collegato all'emittore dell'altro.

Allo stadio finale è applicata la tensione di 17,5 volt, ottenuta dal diodo rettificatore BY114 e livellata mediante un circuito filtrante costituito da un'impedenza L1 e da due condensatori elettrolitici da 500 e da 1000 microfarad rispettivamente.

L'uscita dello stadio finale va all'altoparlante incorporato nel registratore, con bobina da 8 ohm, oppure all'altoparlante esterno, tramite un inversore a due posizioni, una per l'audizione/registrazione (l'altoparlante è collegato all'uscita dello stadio finale anche in posizione registrazione) e l'altra per i movimenti delle bobine avanti veloce, riavvolgimento e per il loro arresto. In questa seconda posizione l'altoparlante è sostituito con una resistenza di 15 ohm.

Come detto, la resa d'uscita è di 2 watt.

I due transistor finali sono provvisti di un'aletta di raffreddamento, per ciascuno di essi. Essa è di 12,5 cm². Consente il funzionamento corretto dello stadio sino alla temperatura ambiente di 45 gradi.

OSCILLATORE SUPERSONICO. — È molto semplice, in quanto utilizza una testina magnetica di cancellazione con avvolgimento provvisto di presa. In tal modo l'accoppiamento reattivo tra il collettore e la base del transistor oscillatore avviene attraverso la testina di cancellazione.

La frequenza supersonica è compresa tra 55 e 60 chilocicli.

La tensione di premagnetizzazione perviene alla testina di registrazione tramite un condensatore di 120 picofarad.

TESTINE MAGNETICHE. — Quella di registrazione/audizione è una Photovox RF25/STR, quella di cancellazione è una Photovox CM30/12.

CONTROLLO DI MODULAZIONE. — Una piccola parte del segnale audio, prelevata dal collettore del terzo transistor, tramite un condensatore di 100 nanofarad, viene amplificata da un transistor OC75. Il transistor è collegato a collettore comune. La tensione audio amplificata viene perciò prelevata dall'emittore e quindi rettificata dal diodo OA81, nonché livellata con il condensatore di 150 nanofarad. L'indicazione è fornita da uno strumento da 400 microampere.

Il transistor OC75 è necessario poiché diversamente il solo diodo provocherebbe una certa distorsione. La portata delle indicazioni viene regolata, una volta tanto, con la resistenza variabile di 50 chiloohm.

ALIMENTATORE. — Il registratore funziona con la sola tensione della rete-luce. Lo stadio finale da 2 watt non consente l'alimentazione a pile. L'alimentatore consiste del trasformatore di tensione, con secondario a 17 volt. Ha in parallelo due lampadine-spia. Le tensioni continue sono: a 14 volt ed a 17,5 volt. La prima tensione, a bassa intensità di corrente, è ottenuta con un diodo OA85, ed è livellata con una resistenza di 100 ohm ed un elettrolitico di 400 microfarad. Della seconda parte, quella a 17,5 volt, è già stato detto.

Suddividendo l'alimentatore in due parti distinte si ottiene di evitare l'inconveniente delle ampie variazioni di tensione causate dallo stadio finale e risentite dagli stadi del preamplificatore.

Schema di piccolo registratore a cassetta, con circuito integrato TAA310.

Il circuito integrato Philips TAA310 si presta bene per l'impiego in registratore a cassetta di piccole dimensioni. Le sue caratteristiche sono riportate dalla fig. 15.4.

La tensione d'uscita fornita dal TAA310 è sufficiente per la registrazione. Per l'audizione è necessario uno stadio finale in simmetria complementare, preceduto da un transistor pilota. La resa d'uscita è di 600 milliwatt, adeguata per un registratore a cassetta, di modeste dimensioni e di altrettanto modeste prestazioni.

Lo schema è quello di fig. 15.5. A prima vista lo schema può sembrare un po' fuori del normale, per la presenza dei due equalizzatori disegnati tra il circuito integrato TAA310 e lo stadio d'amplificazione di potenza.

Nello schema, gli inversori sono in posizione REGISTRAZIONE (R).

Vi sono due ingressi, uno per il microfono e l'altro per il sintonizzatore radio. Il segnale proveniente da uno dei due ingressi viene amplificato dal circuito integrato TAA310, giungendo al terminale 7 di esso.

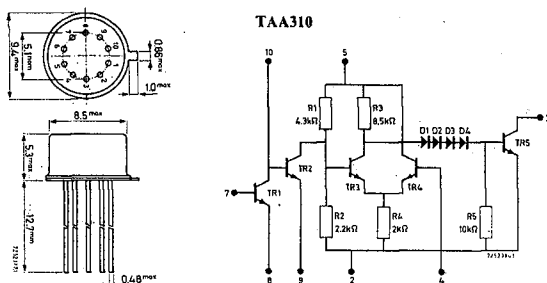


Fig. 15.4. - Caratteristiche del circuito integrato TAA310. (I diodi D1, D2, D3 e D4 sostituiscono il condensatore di accoppiamento).

I terminali del primo transistor del TAA310 sono rispettivamente i seguenti:

- a) terminale 7 base
- b) terminale 8 emittore
- c) terminale 10 collettore

Il controllo di volume dell'apparecchio è un po' fuori del comune. Affinché possa venir utilizzato tanto in audizione quanto in registrazione è ottenuto con una resistenza lineare di 10 chiloohm, posta a ciascun lato in serie con un condensatore elettrolitico, uno di 80 microfarad e l'altro di 25. L'insieme è collegato tra il collettore e l'emittore del primo transistor. In tal modo, quando il volume è al minimo, il transistor è anche al minimo di amplificazione, con il risultato che anche il rumore è minimo.

All'uscita 3 del TAA310 vi sono le due reti di reazione selettiva, per compensare le distorsioni introdotte durante l'audizione e durante la registrazione.

In posizione REGISTRAZIONE dall'uscita della rete di equalizzazione sottostante, il segnale audio va al centro dell'avvolgimento della testina magnetica, indicato in basso a sinistra.

In tale posizione, insieme al segnale audio, giunge alla testina magnetica anche la corrente di premagnetizzazione, proveniente dall'oscillatore supersonico, ottenuto con i due transistor finali.

Lo stadio finale oscilla alla frequenza supersonica, quella di 55 kilocicli, poiché in posizione registrazione, la sua uscita risulta collegata all'emittore del transistor pilota, tramite un condensatore di 56 nanofarad ed una resistenza, in serie, di 330 ohm. L'uscita è anche collegata, come è evidente, alla testina di cancellazione, disegnata a destra.

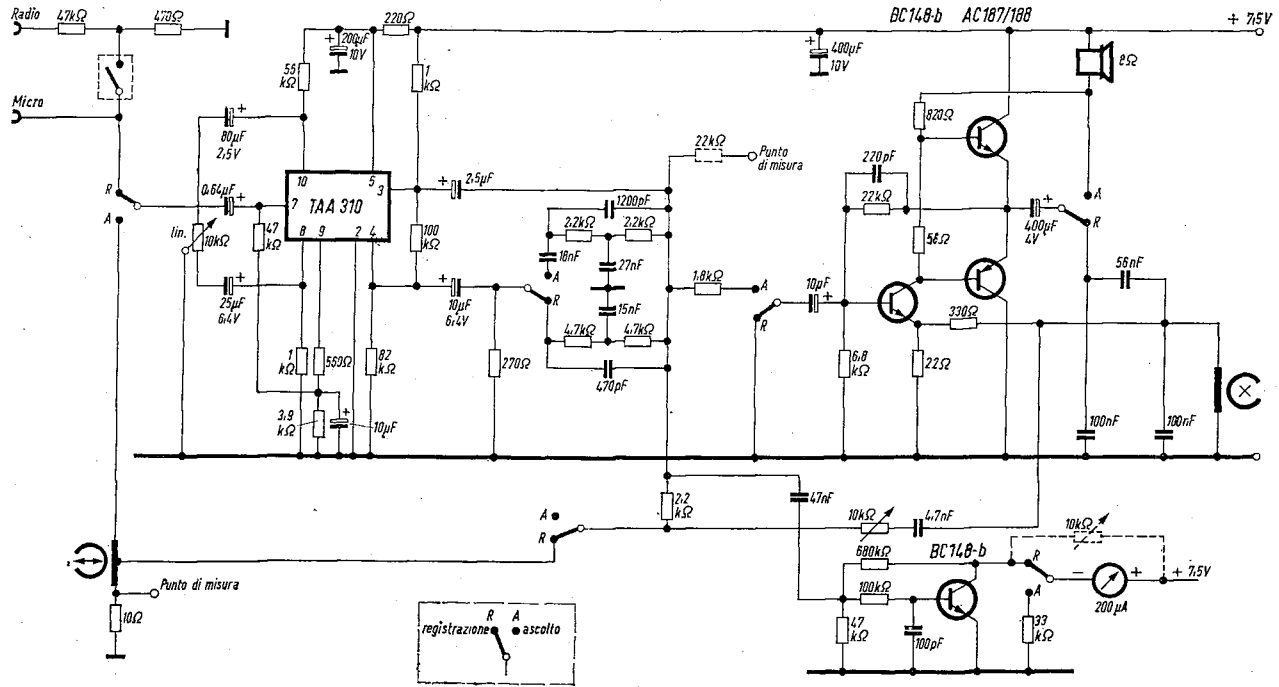


Fig. 15.5. - Schema di registratore magnetico con il circuito integrato TAA310.

In posizione AUDIZIONE è usato l'intero avvolgimento della testina magnetica. È collegato all'entrata del TAA310. In tale posizione è inserito il transistor pilota BC148-B e lo stadio finale con una coppia di transistor AC187/AC188.

Data la modesta uscita non è necessaria nessuna stabilizzazione della corrente di riposo dei due transistor. Essi devono però venir provvisti di adatta aletta di raffreddamento.

Le testine magnetiche sono: quella di registrazione audizione è una Photovox DF1 A/197, con traferro di 3 micron, quella di cancellazione è una Photovox CM1 A/103, con traferro di 0,3 mm.

Esempio di registratore magnetico ad alta fedeltà.

La fig. 15.6 riporta l'aspetto esterno del registratore HI-FI prodotto dalla Grundig. È il mod. TK3200. Essendo del tipo HI-FI, è necessariamente provvisto di due bobine, di 15 cm di diametro. Funziona con tre testine magnetiche, una per la re-

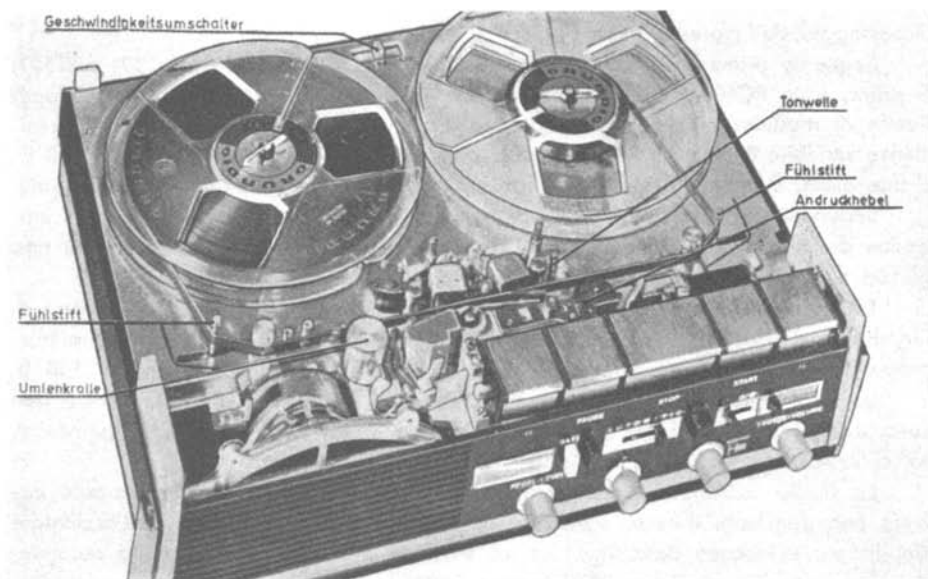


Fig. 15.6. - Registratore magnetico ad alta fedeltà, di produzione tedesca (Grundig). Il coperchio è tolto per consentire di vedere le testine e i guida-nastro (v. figg. 14.1 e 14.2).

gistrazione, una per l'ascolto e la terza per la cancellazione. È provvisto di due amplificatori, uno per l'audizione e l'altro per la registrazione. L'oscillatore super-sonico è provvisto del proprio circuito a tre transistor. Il motore elettrico è del tipo a rotore esterno; consente tre velocità: 19 cm/s, 9,5 cm/s e 4,75 cm/s. Il controllo automatico di velocità del motore comprende ben 11 transistor. Complessi-

vamente il registratore utilizza 30 transistor e 12 diodi. Funziona con batteria interna di 9 volt, oppure con alimentatore collegato alla rete-luce, esterno.

I cinque tasti hanno le seguenti funzioni: il primo a destra provvede all'avanti veloce, l'altro all'avviamento; quello al centro comanda lo stop; gli altri due servono per la pausa e per il riavvolgimento. Sotto quest'ultimo tasto si trova lo strumento per il controllo del livello di modulazione.

Le quattro manopoline sottostanti corrispondono al controllo di volume (prima a destra), quindi al controllo dei toni bassi, a quello degli alti ed infine al regolatore manuale di livello di modulazione.

Il registratore ha le seguenti dimensioni: $31 \times 24 \times 9$ cm; pesa 5,5 kg.

SCHEMA A BLOCCHI. — Quale sia la disposizione generale dei circuiti del registratore è indicato dallo schema a blocchi di fig. 15.7. In alto è indicata la parte relativa alla registrazione, in basso quella di audizione.

All'entrata della sezione REGISTRAZIONE vi sono tre ingressi, uno per il microfono, uno per il sintonizzatore radio e il terzo per i dischi. Un inversore consente il passaggio dall'ingresso micro, agli altri due.

Segue la prima parte del preamplificatore, con i due transistor T301 e T302. Il primo è un BC109 C, il secondo un BC108 B. Segue il controllo automatico di livello di modulazione; può anche essere manuale, con la regolazione della resistenza variabile P. Il controllo automatico comprende un transistor T303 (un BC108 C) e due diodi. È collegato allo strumento indicatore tramite un diodo di livellamento.

Seguono altri due transistor amplificatori di tensione, T304 e T305. Sono ambedue del tipo BC108 B. Sono seguiti da un terzo transistor, T306 anch'esso di tipo BC108 B, il quale non amplifica; funziona da trasformatore d'impedenza.

T308 è il transistor finale di registrazione; è collegato alla testina magnetica di registrazione ed allo stadio oscillatore a frequenza supersonica. T307 non amplifica; provvede a fornire un'elevata impedenza. L'uno e l'altro sono del tipo BC108 B.

Lo stadio oscillatore comprende tre transistor, T201, T202 e T203. I primi due sono del tipo S9001; sono collegati in controfase, ed oscillano alla frequenza di 69 chilocicli.

Lo stadio oscillatore è stabilizzato. A tale scopo è impiegato un apposito circuito comprendente il terzo transistor, un altro BC108 B. Il circuito dell'oscillatore stabilizzato è indicato dalla fig. 15.8. La tensione di AF sull'avvolgimento secondario viene ripartita mediante le resistenze R203 e R204; questa serve per regolare il punto di funzionamento dell'oscillatore e perciò della corrente di cancellazione. Per migliorare la caratteristica di regolazione dell'oscillatore viene mantenuta costante, per mezzo del diodo Zener Z201 la tensione di alimentazione di base col partitore R206 e R207. Il transistor di controllo T203 si comporta come una resistenza variabile nel partitore di tensione per regolare la corrente di base dell'oscillatore in modo da mantenere costante automaticamente l'ampiezza dell'oscillazione AF.

In AUDIZIONE, la testina magnetica (è disegnata in basso a sinistra) è collegata all'entrata dell'amplificatore, comprendente i tre transistor T309, T310 e T311.

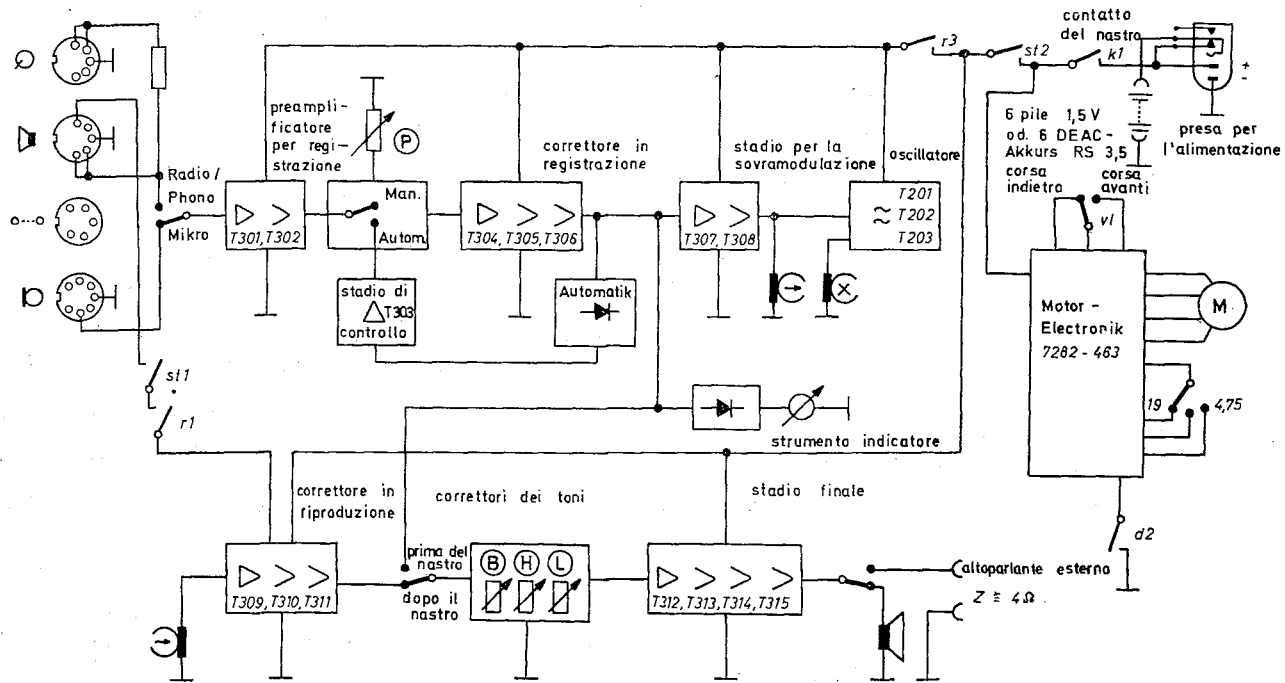


Fig. 15.7. - Schema di principio del registratore HI-Fi di fig. 15.6.

Il primo è un BC109 C; gli altri due sono BC108 B. L'uscita del preamplificatore va al gruppo dei controlli di tonalità e di volume (B =bassi, H =alti, L =volume), nonché ad un circuito di equalizzazione non indicato, ed in più, tramite gli interruttori rl e stl , all'ingresso « radio » e quindi all'entrata del preamplificatore di registrazione. Consente la messa a punto del controllo automatico di livello.

Superati i tre controlli, il segnale audio giunge allo stadio finale di potenza. Esso comprende quattro transistor; di questi, il primo, un BC109 C ($T312$) provvede

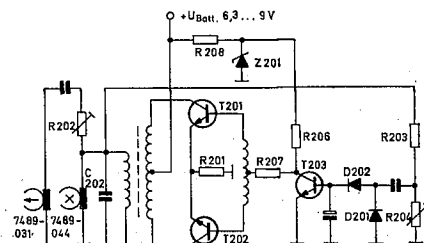


Fig. 15.8. - Oscillatore supersonico stabilizzato.

a compensare l'attenuazione subita dal segnale nel passaggio attraverso i controlli di tonalità; il secondo, un BC181 A ($T313$) è il pilota; il terzo e il quarto, AD161 e AD162 ($T314$ e $T315$) provvedono all'amplificazione finale. Sono collegati in simmetria complementare.

La resa di uscita è di 0,8 watt, per limitare il consumo della batteria. Con altoparlante esterno può giungere a 2 watt.

Esempio di giranastri stereofonico.

I nastri stereofonici utilizzano due delle loro piste, durante ciascuna audizione; sono provvisti di quattro piste, in modo da ottenere la stessa durata di ascolto di quelli monofonici. Il lettore di nastri stereofonici è necessariamente costituito da due amplificatori e da due altoparlanti. Quello di fig. 15.9 è adatto per automobili. La potenza d'uscita di ciascun amplificatore è di 4 watt. Risulterebbe impossibile farlo funzionare con pile. Essendo installato su automobili, non può venir fatto funzionare con la tensione alternata della rete-luce. Funziona con la sola batteria d'auto, da 12 volt.

L'assorbimento di corrente è di 1,3 ampere.

La velocità del nastro è una sola, quella delle musicassette stereofoniche, di 4,75 cm/s.

È provvisto di indicatore luminoso di fine nastro, nonché di avvolgimento rapido nei due sensi, allo scopo di consentire di saltare un tratto della registrazione.

SCHEMA DELL'APPARECCHIO. — È quello di fig. 15.10. Come si può notare, è provvisto di due testine per la sola audizione. Sono disegnate a sinistra e indicate con *Te1* e con *Te2*. La prima consente la riproduzione sonora del canale di destra, registrato su una delle due piste; la seconda, quella del canale di sinistra, registrato sull'altra pista.

Ciascun amplificatore funziona con tre transistor nello stadio preamplificatore, e quattro in quello di potenza.

Ciascuna delle due testine è sempre collegata alla base del primo transistor del proprio amplificatore, tramite un condensatore di 220 nanofarad. I due primi transistor sono indicati con *Q101* e con *Q201*; sono ambedue di tipo BC114. L'accoppiamento tra il primo e il secondo transistor è diretto, per cui la tensione di collettore del primo, di 2,4 volt, è anche quella di base del secondo.

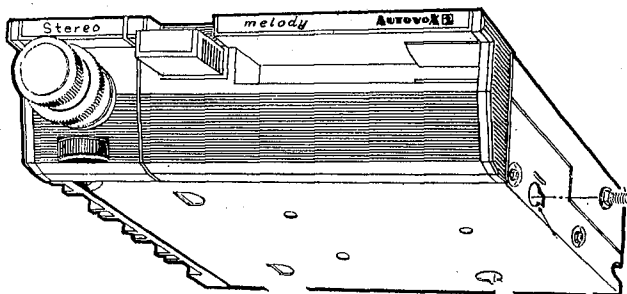


Fig. 15.9. - Giranastri stereofonico per auto.

Va notato che la tensione di base del primo transistor è ottenuta con un partitore di tensione a tre resistenze (*R101*, *R105* e *R108* nel primo amplificatore) posto in parallelo alla resistenza di emittore del secondo transistor; la tensione di emittore viene livellata con un condensatore elettrolitico di 10 microfarad (*C103*) oltre che dal condensatore *C107*, anch'esso di 10 microfarad.

La tensione di base del primo transistor è di 0,6 V; quella del secondo transistor è, come detto, di 2,4 volt, per cui la tensione del suo emittore è di 1,8 volt.

Una doppia rete di condensatori e di resistenze forma l'equalizzatore, collegato tra il collettore del secondo transistor (è anch'esso un BC114) e l'emittore del primo.

La resistenza di carico del primo transistor è di 22 chiloohm, quella del secondo di 2,2. Una resistenza di 2,7 chiloohm più un condensatore di 100 microfarad provvedono ad eliminare le fluttuazioni delle tensioni di alimentazione, causate dallo stadio finale.

A tale scopo è inserito in circuito anche un diodo zener, indicato con *D101*.

All'uscita di ciascuno dei due transistor *Q102* e *Q202* vi è la resistenza variabile del controllo di volume, *R120* e *R220*. Le due resistenze sono monocomandate.

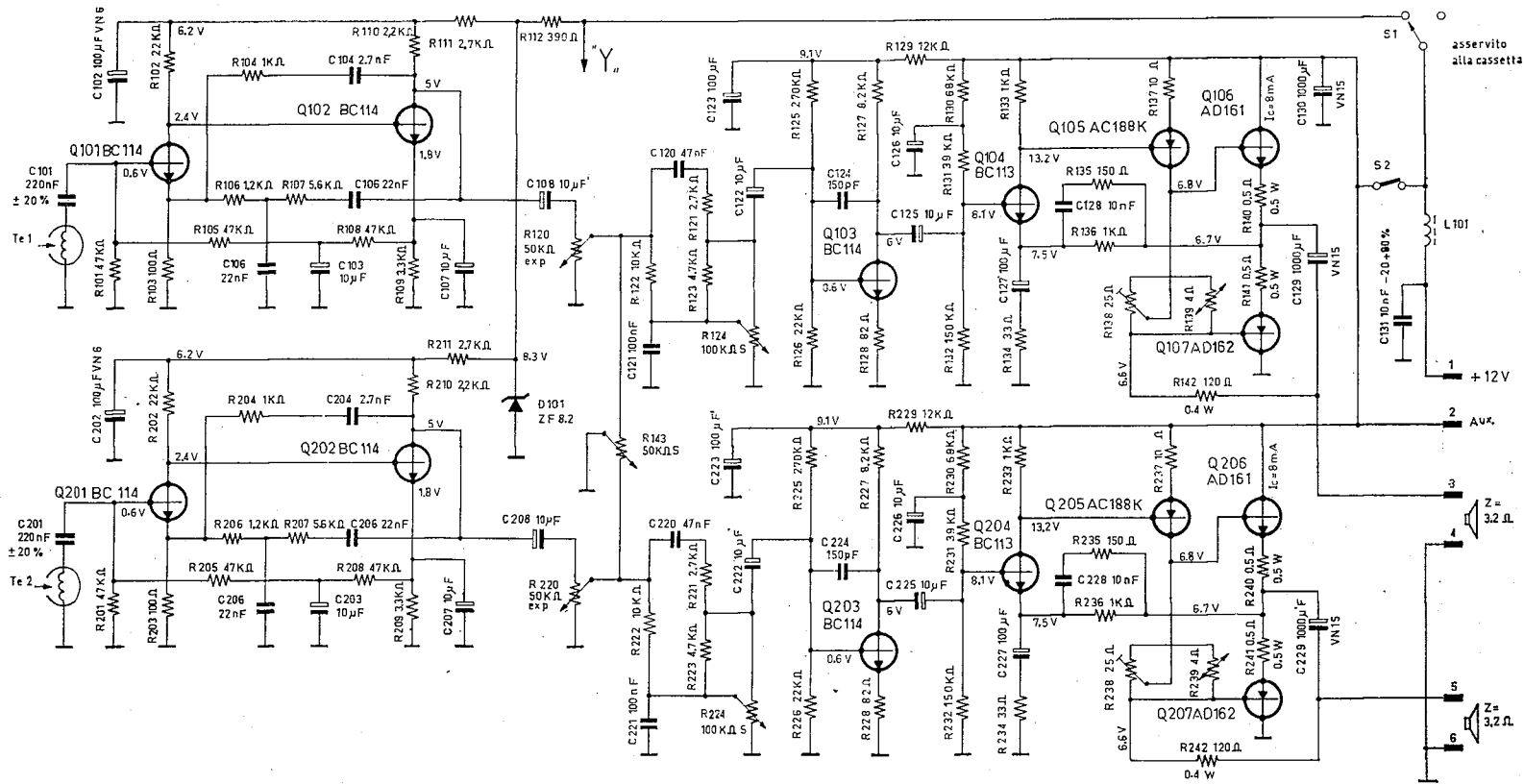


Fig. 15.10. - Schema del giranastrì stereofonico.

In più vi è il controllo di bilanciamento R143. Segue il controllo di tono, con R124 e R224.

La perdita di segnale causata dal controllo di tono è compensata con l'amplificazione da parte del terzo transistor di ciascun amplificatore. È un terzo BC114.

Segue lo stadio finale, pilotato con un transistor BC113. Al suo emittore giunge la rete di controreazione proveniente dall'uscita dello stadio finale, consistente nelle resistenze R135 e R136 nonché dal condensatore C128, nel primo amplificatore.

Lo stadio finale consiste di due transistor di potenza disposti in simmetria complementare. Sono due AD161 e AD162, dato che la potenza di uscita è di 4 watt. Sono preceduti da un amplificatore di potenza AC188K. Essendo al germanio, mentre tutti i precedenti sono al silicio, è disegnato capovolto.

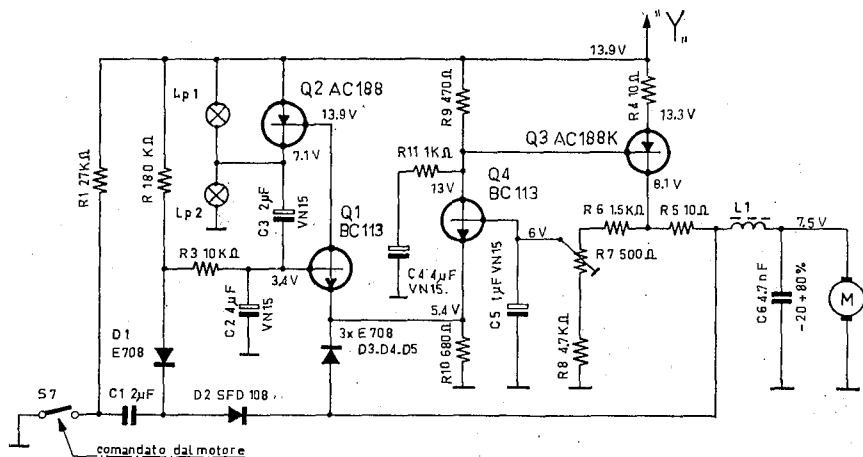


Fig. 15.11. - Stabilizzatore della velocità del motore e indicatore di fine nastro.

Tra le due basi dei transistor finali vi è un termistore (R139 e R239) di 4 ohm, in parallelo con una resistenza variabile (R138 e R238) di 25 ohm. Quest'ultima consente di regolare esattamente la corrente di riposo di base dei due transistor. Il transistor la mantiene invariata sino a 45 gradi.

Un condensatore di 1000 microfarad (C129 e C229) collega l'uscita con il rispettivo altoparlante.

Il motore funziona con 7,5 volt. Tale tensione è mantenuta costante mediante uno stabilizzatore a due transistor. È indicato in fig. 15.11. Nella figura i transistor sono quattro, poiché due di essi (Q1 e Q2) sono utilizzati per la segnalazione di fine nastro, insieme con tre diodi e due lampadine spia.

Dei due transistor dello stabilizzatore, Q4 è quello di controllo, mentre Q3 è quello che fornisce la corrente al motore.

Il giranastri stereofonico descritto è il mod. MA351 dell'Autovox.

Registratore stereofonico Hi-Fi mod. TK 248.

Funziona con nastro a quattro tracce, a due velocità: 9,5 e 19 cm/s. Le bobine sono da 18 cm. È provvisto di tre testine, più una, facoltativa, pilota del suono. L'amplificatore comprende 17 transistor al silicio, 1 transistor FET, 4 transistor al germanio, 10 diodi al silicio e 2 rettificatori. La potenza d'uscita è di 2 volte 4 watt. L'aspetto esterno del registratore è riportato dalla fig. 15.12.

A destra, in basso, sono indicati i cinque controlli, due per il volume, due per il tono e uno per il bilanciamento. Sono del tipo a cursore; vengono regolati in senso verticale.

Al centro si vedono i sei tasti; i due agli estremi servono per lo stop. A sinistra, in alto vi sono cinque pulsanti rotondi, corrispondono alle tracce e alla posizione ante-nastro e post-nastro.

A sinistra, in basso, vi è il commutatore per il passaggio dal comando manuale al comando automatico del controllo di livello, per la posizione microfono o musica e per la scelta del *synchronplay* e del *multiplay*, ossia di due particolari effetti sonori.

Il registratore possiede, incorporati, quattro altoparlanti, due per i suoni bassi, posti sui fianchi, ed altri due per i suoni medio-alti, posti sulla parte frontale.

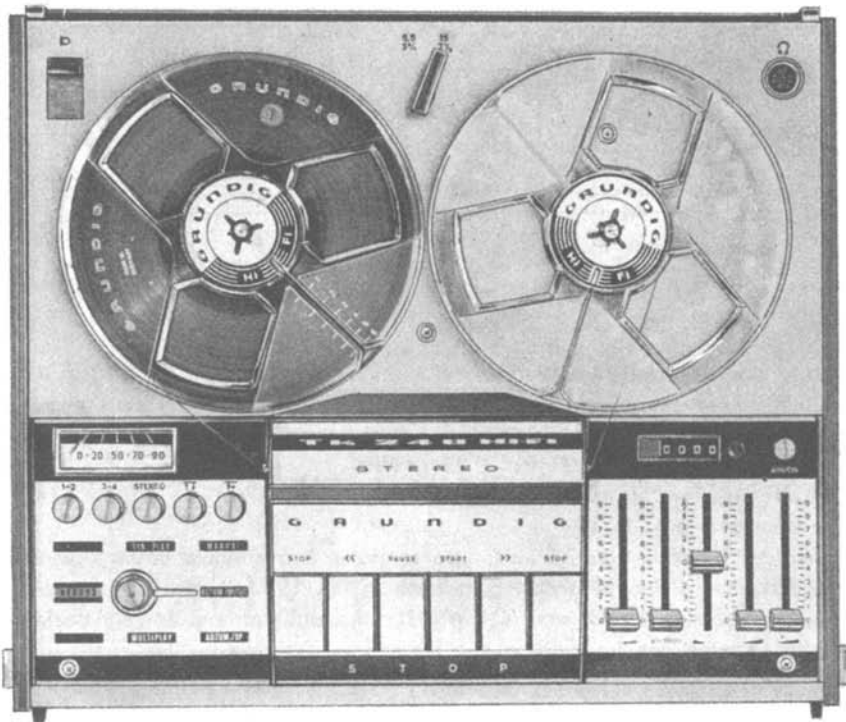


Fig. 15.12. - Registratore magnetico stereofonico ad alta fedeltà.

MECCANICA DEL MOVIMENTO. — Il movimento è fornito da un motore elettrico asincrono ad espansioni polari, il cui avvolgimento funziona anche da trasformatore della tensione della rete-luce.

Una puleggia a scalini, posta sull'asse del motore, mette in movimento, tramite una cinghia rotonda, il volano con il rocchetto traina-nastro. Tanto il volano quanto la puleggia del motore, sono provvisti di due scanalature in modo che la cinghia per ambedue le velocità conserva sempre la stessa estensione e perciò una lunga durata.

Il cambio delle velocità è effettuato tramite una forchetta di commutazione azionata dal cambio di velocità che sposta la puleggia su due posizioni. Per lo spostamento della cinghia serve una lamina di commutazione posta sulla puleggia della cinghia dalla parte del motore.

Sul volano fra le due scanalature per la cinghia si trovano quattro aperture delle quali una trattiene la cinghia durante il cambio e l'altra la guida nella scanalatura.

Contemporaneamente la cinghia traina, oltre il volano, la frizione per il movimento del supporto destro della bobina.

Per la corsa avanti-veloce esiste una puleggia intermedia, per la corsa indietro-veloce ne esistono due che ingranano fra la frizione del motore e i supporti delle bobine. Siccome le pulegge intermedie funzionano in trazione, la forza nei tasti per azionare la corsa avanti e indietro è relativamente piccola.

IL FRENO VELOCE E IL COMANDO A DISTANZA. — Col freno veloce il rullino preminastro viene alzato, ma la frizione di corsa avanti rimane in presa nel supporto destro della bobina. Il nastro viene frenato unicamente mediante l'azione frenante della leva di contatto di sinistra a mezzo di una molla a tirante, sulla leva di stop veloce. Ciò ha il vantaggio che finita la pausa è disponibile immediatamente tutta la coppia di riavvolgimento (non occorre interrompere) ciò che limita indubbiamente al minimo l'accavallamento del nastro dopo la pausa.

ARRESTO AUTOMATICO FINE NASTRO. — L'apparecchio è dotato di un disinnesco automatico del nastro. Per mezzo della lamina di commutazione il perno isolato della leva di contatto posto a sinistra viene messo in corto circuito col perno sinistro di rinvio, così mediante la carica di un condensatore viene azionato il magnete che disinnesta completamente il movimento.

LO SCHEMA A BLOCCHI. — La fig. 15.13 riporta lo schema a blocchi del registratore. A sinistra sono indicate le due testine di riproduzione, e tra di esse la presa per il microfono. Gli inversori sono in posizione registrazione. Il microfono stereofonico è collegato all'entrata del preamplificatore di ciascuno dei due canali. Comprende due transistor.

Seguono i due amplificatori di tensione, a tre transistor ciascuno, e quindi i due amplificatori di potenza, con quattro transistor.

Al centro è indicato il controllo del livello di modulazione (di pilotaggio) che può essere automatico (inserito) o manuale. Utilizza tre transistor. Un terzo transistor si trova insieme con lo strumento indicatore.

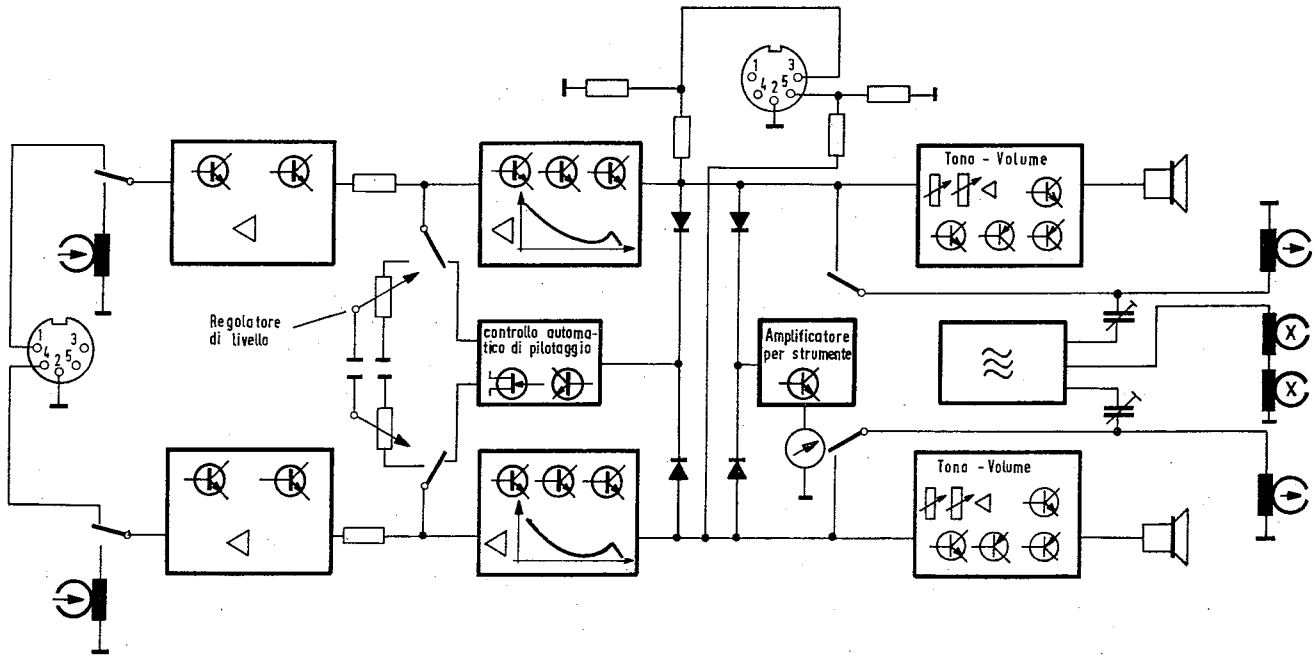


Fig. 15.13. - Schema di principio del registratore stereofonico HI-FI.

L'oscillatore supersonico è indicato tra i due amplificatori di potenza.

A destra sono disegnate le quattro festine, due di registrazione e due di cancellazione.

Registratore stereofonico con cambiacassette.

Come i dischi, anche le cassette possono venir poste una sopra l'altra, in modo da ottenere il passaggio immediato da un nastro all'altro senza necessità di dover provvedere alla sostituzione. Un esempio è quello del registratore della Philips, mod. N2401.

La fig. 15.14 fornisce l'aspetto e la posizione delle varie parti di questo registratore stereofonico con cambio automatico delle cassette. Il massimo numero di

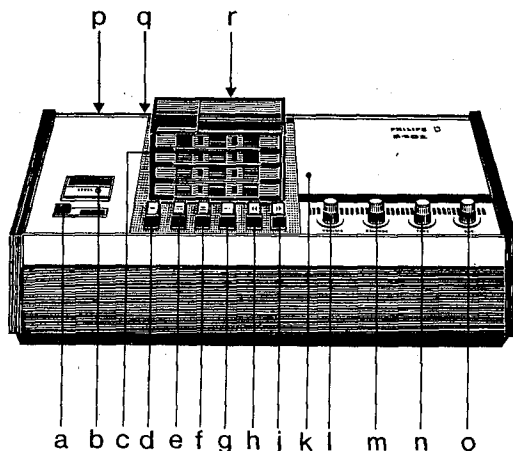


Fig. 15.14. - Registratore stereofonico con cambiacassette automatico.

cassette che si possono collocare sopra di esso sono sei. Se sono del tipo C120 consentono sei ore di musica senza interruzione. Alla fine, è necessario capovolgere il pacco delle cassette.

Due cassette risultano sistemate nell'interno del contenitore; le altre quattro sporgono sopra di esso, come indicato in figura. Vi è la possibilità di cambiare cassetta in qualunque momento. La potenza sonora è di 5 watt per canale. Il registratore si ferma e si spegne automaticamente alla fine dell'ultima cassetta.

Le varie parti indicate in figura hanno la seguente corrispondenza:

- a) contagiri a tre cifre con pulsante di azzeramento;
- b) strumento indicatore profondità di modulazione;
- c) contenitore per 6 cassette;

- d) tasto di registrazione;
- e) tasto per avviamento cambio cassetta;
- f) tasto di pausa;
- g) tasto di arresto;
- h) riavvolgimento rapido;
- j) avvolgimento rapido;
- k) compartimento raccolta cassette;
- l) controllo volume e interruttore generale;
- m) controllo bilanciamento;
- n) controllo di tono;
- o) controllo livello di registrazione;
- p) presa per radio/amplificatore e microfono stereo;
- q) presa per giradischi;
- r) prese per due casse acustiche.

VOLUME CON I TIPI E STAMPA DELLA IGIS
INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI
20138 MILANO (ITALY) - VIA SALOMONE 61

Dello stesso autore

APPARECCHI RADIO A TRANSISTOR – Aspetti fondamentali. Caratteristiche di funzionamento dei transistor. Apparecchi a transistor di facile costruzione. Apparecchi supereterodina per dilettanti. Apparecchi tascabili e portatili. Apparecchi a più gamme d'onda. Apparecchi a modulazione di frequenza. In-8, di pagine XX-376, con 262 figure e 8 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata . L. **4000**

RADIO ELEMENTI – Corso preparatorio per radiotecnici e riparatori. Elementi generali di elettricità - Elementi generali di radiotecnica - Parti componenti l'apparecchio radio ricevente - Teoria e pratica delle valvole radio e dei transistor - Schemi e dati costruttivi di apparecchi radio a cristallo e di piccoli apparecchi a valvole per dilettanti - Apparecchi a transistor - Trasformatori di alimentazione, autotrasformatori e altoparlanti - Schemi e dati pratici per la costruzione di apparecchi radiotrasmettenti ad uso dei dilettanti - Formule - Tabelle - Effemeridi. 9ª edizione aggiornata. In-16, di pagine XXXII-388, con 246 figure, 12 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata L. **4000**

L'APPARECCHIO RADIO RICEVENTE E TRASMITTENTE – 4ª edizione aggiornata. In-8, di pagine XXIV-444, con 325 figure nel testo e 12 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata L. **5000**

IL RADIOLIBRO – Radiotecnica pratica. 18ª edizione ampliata ed aggiornata. In-8, di pagine XII-504, con 209 figure, 574 zoccoli di valvole e di transistor, 84 tabelle e 4 tavole fuori testo. Copertina a colori plastificata L. **5000**

SERVIZIO RADIOTECNICO:

Vol. I: Strumenti per radiotecnici. Verifiche e misure per la messa a punto e riparazione degli apparecchi radio. 14ª edizione ampliata. In-16, di pagine XVI-456, con 315 figure di cui 120 schemi di strumenti di misura e di collaudo per il servizio radiotecnico. Copertina a colori plast. L. **2000**

Vol. II: Radio riparazioni. Ricerca ed eliminazione dei guasti e difetti negli apparecchi radio. 15ª edizione ampliata. In-16, di pagine XII-542, con 323 figure, 4 tavole fuori testo, 15 tabelle. Copertina a colori plast. L. **3000**

IL VIDEOLIBRO. TELEVISIONE PRATICA. TELEVISIONE PRATICA IN BIANCO-NERO ED A COLORI – 7ª edizione ampliata ed aggiornata. In-8, di pagine XXIV-648, con 561 figure, 32 tavole fuori testo con schemi di televisori in bianco-nero ed a colori, 10 tavole fuori testo a colori. Copertina a colori plastificata L. **8000**

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO



Prezzo L. 5.000

D. E. RAVALICO • L'AUDIO LIBRO

HOEPLI