

STADI FINALI SENZA TRASFORMATORE D'USCITA

Quattro tipi di stadi finali senza trasformatore d'uscita.

In alcuni apparecchi a transistor, lo stadio finale pur essendo in controfase, con due transistor, funziona senza il trasformatore d'uscita. Una particolare disposizione circuitale consente di eliminarlo.

Esistono quattro tipi di stadi finali senza trasformatore d'uscita, essi sono:

- a) stadio finale con altoparlante a bobina mobile con presa al centro;
- b) stadio finale con due batterie;
- c) stadio finale « single ended »;
- d) stadio finale a simmetria complementare.

I tre primi tipi sono delle varianti del circuito in controfase; pur funzionando senza trasformatore d'uscita. Nel quarto tipo invece i due transistor sono complementari, uno è del tipo PNP e l'altro del tipo NPN; il principio di funzionamento non è più quello in controfase, perchè il segnale all'entrata non viene diviso in due segnali in opposizione di fase; è invece basato sulla complementarità dei due tipi di transistor, eguali ma funzionanti con polarità opposte.

Stadio finale senza trasformatore d'uscita, con bobina mobile provvista di presa al centro.

Lo stadio finale può funzionare senza trasformatore d'uscita purchè si provveda in qualche altro modo alla somma delle correnti dei due transistor. Uno di questi modi, ampiamente utilizzato negli apparecchi Radiomarelli, è quello in cui l'altoparlante ha la bobina con una presa al centro.

In fig. 10.1, la bobina mobile dell'altoparlante sostituisce il primario del trasformatore d'uscita, il quale risulta in tal modo del tutto superfluo. Nell'esempio, la batteria di pile ha il polo negativo a massa. Il circuito di ciascun transistor va dal polo positivo della batteria, all'emittore, quindi al collettore, ad una metà della bobina mobile e a massa.

Il partitore di tensione, per la polarizzazione dei due transistor, ha in comune la resistenza R_1 , di 68 ohm; gli altri due rami sono eguali, formati da un secondario S_1 o S_2 , da una resistenza fissa di 5,6 k Ω , R_2 o R_3 , e da metà della bobina mobile.

STADI FINALI SENZA TRASFORMATORE D'USCITA

La resistenza ohmica alla corrente continua della bobina mobile è di 130 ohm, in modo da assicurare l'appropriato carico di 65 ohm, a ciascun collettore.

Con questa disposizione è sufficiente una batteria da 4,5 volt.

Il circuito di alimentazione comprende anche una resistenza di 68 ohm, e un condensatore elettrolitico di 200 microfarad, per evitare che le fluttuazioni della corrente possano pervenire agli stadi precedenti quello finale.

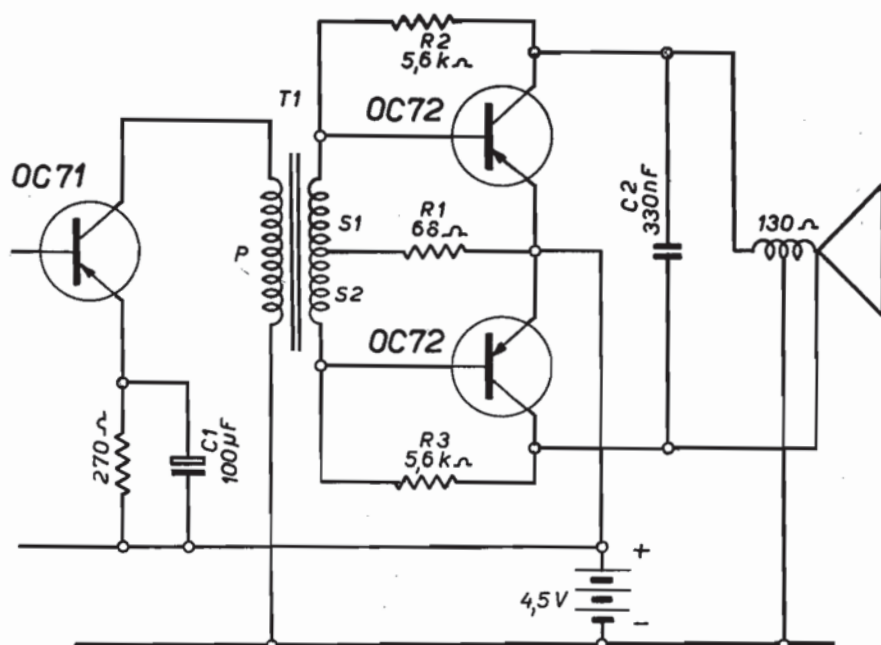


Fig. 10.1. - Stadio finale senza trasformatore d'uscita; la bobina mobile è provvista di presa al centro.

Lo stesso tipo di stadio finale senza trasformatore d'uscita è utilizzato anche in altri apparecchi, ad es: nei Phonola, sempre con un OC71 pilota, due OC72 finali e altoparlante con bobina mobile provvista di presa al centro. Negli apparecchi Phonola è usato l'altoparlante con bobina mobile di 100 + 100 ohm resistenza c.c.

Esempio di apparecchio radio senza trasformatore d'uscita. (Radiomarelli mod. RD 304).

Funziona con batteria da 4,5 volt, consente la resa di uscita elevata, di 170 milliwatt indistorti e di 200 milliwatt massimi, pur disponendo di 6 soli transistor e di due diodi. Le dimensioni sono di 17,5 × 10 × 5,4 centimetri; il peso è di 700 grammi con batteria.

CAPITOLO DECIMO

Altre caratteristiche sono le seguenti:

- a) gamma di ricezione da 525 a 1 640 kc/s
- b) sensibilità di ricezione 250 microvolt per 50 milliwatt di uscita
- c) assorbimento di corrente 10 mA in assenza di segnale
- d) media frequenza 460 kc/s

Funziona senza trasformatore d'uscita, poichè la bobina mobile dell'altoparlante è del tipo ad alta impedenza (130 ohm) con presa al centro. L'apparecchio è costruito con il negativo della batteria a massa. È provvisto di circuiti stampati.

SCHEMA ELETTRICO.

È quello di fig. 10.2. Lo stadio convertitore funziona con un transistor AF 116; la media frequenza utilizza tre trasformatori ad un solo circuito accordato, con due transistor AF117. Il CAV controlla il primo transistor MF, tramite la resistenza R6 di 1 000 ohm, con presa al circuito rivelatore dal lato dell'avvolgimento; la corrente di base è ottenuta con la resistenza R12 di 82 chiloohm.

Il controllo del sovraccarico avviene con un diodo (D1) OA90, posto in parallelo al primario del primo trasformatore MF, e polarizzato dalla caduta di tensione ai capi della resistenza R4 di 820 ohm, alimentante il collettore dello stesso transistor.

TENSIONI DI LAVORO IN VOLT:

	Base	Emittore	Collettore
TS1	0,15	3,2	0,18
TS2	0,25	3,4	0,85
TS3	0,25	3,6	0
TS4	0,25	3,5	0,4
TS5	0,15	4,5	0,15
TS6	0,15	4,5	0,15

Le tensioni sono misurate tra gli elettrodi indicati e la linea di alimentazione negativa, ossia la massa (circuiti stampati), essendo il polo negativo della batteria collegato ad essa, con voltmetro a 100 mila ohm per volt. Con batteria nuova, i valori di tensioni possono essere compresi entro il 20 per cento di quelli indicati.

Lo stadio finale a due batterie.

Il secondo modo di eliminare il trasformatore d'uscita consiste nell'adoperare due batterie di alimentazione al posto di una sola. Ciò solo per lo stadio finale; per il resto dell'apparecchio le due batterie si comportano come una sola. Con questo accorgimento non è necessario che la bobina mobile dell'altoparlante abbia la presa al centro.

Utilizzando due batterie di pile, una per ciascun transistor finale in controfase, la somma delle due correnti avviene nella bobina mobile dell'altoparlante, e il trasformatore d'uscita non è più necessario.

I due transistor finali sono in serie. Mentre con il circuito classico, a trasformatore d'uscita, i due emittori sono in comune, e il trasformatore è collegato ai due

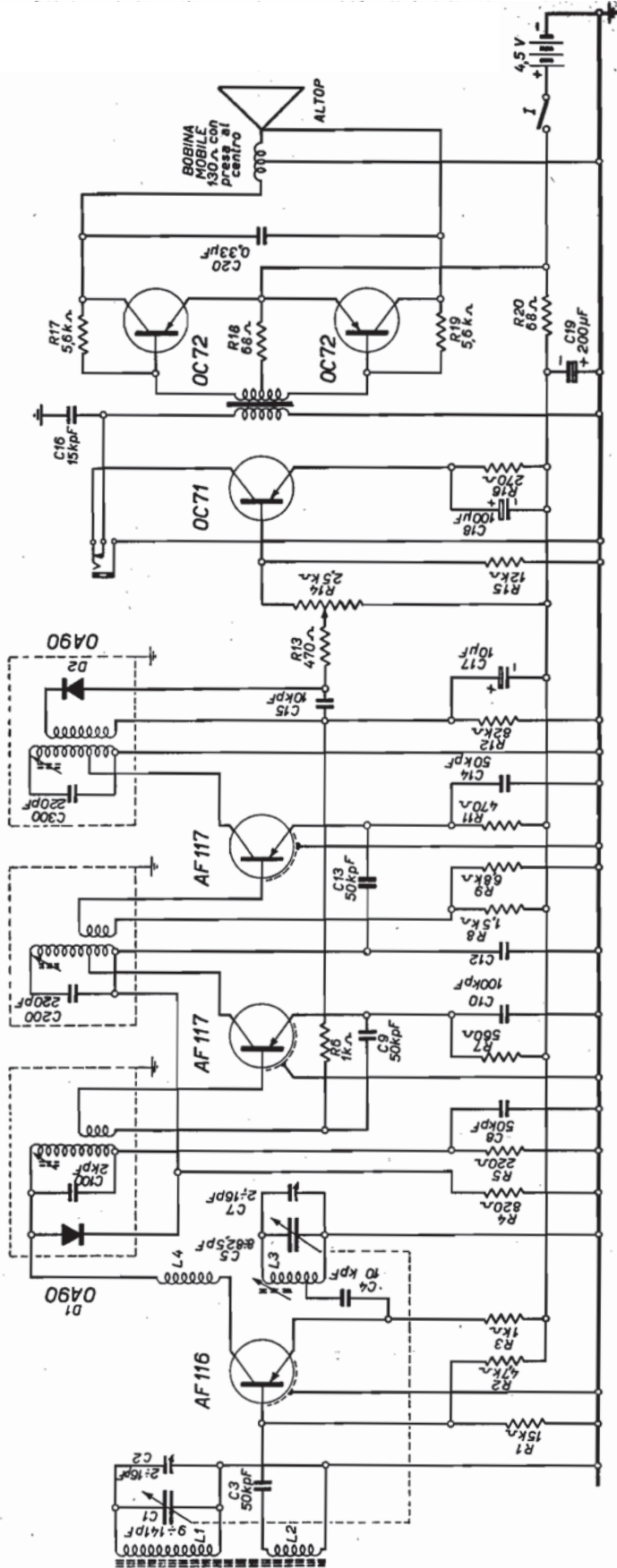


Fig. 10.2. - Schema di apparecchio senza trasformatore d'uscita (Radiomarelli mod. RD304).

collettori, in questo circuito senza trasformatore, l'emittore di uno dei transistor è collegato al collettore dell'altro. L'uscita dello stadio è costituita da un collettore e da una emittore, fig. 10.3.

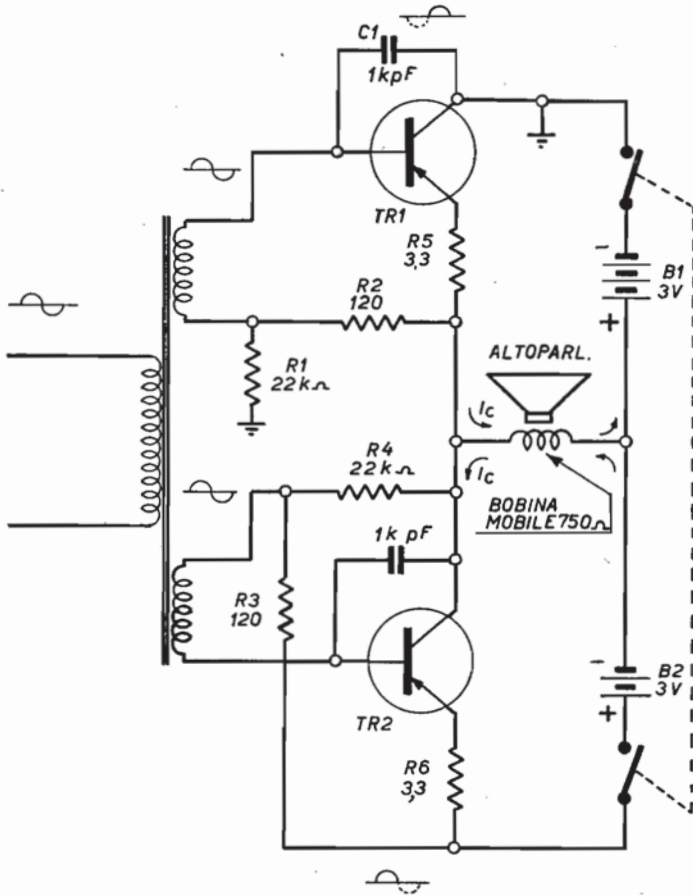


Fig. 10.3. - Principio di funzionamento di stadio finale senza trasformatore d'uscita, con due batterie.

Poichè, però, i due transistor sono in serie, e i due emittori sono separati, è necessario un tipo diverso di trasformatore pilota. Nel circuito classico, i due avvolgimenti secondari sono disposti in serie; la presa al centro è collegata ai due emittori riuniti. Con gli emittori separati sono necessari anche due avvolgimenti secondari separati; non vi è un secondario con presa al centro, vi sono due secondari distinti. I terminali del trasformatore pilota sono perciò sei, anzichè cinque.

S'intende che questo non è un inconveniente; un piccolo inconveniente è dato dalla necessità di due distinti circuiti di polarizzazione. Mentre con la disposizione classica bastano tre resistenze, con la disposizione senza trasformatore d'uscita, e due batterie, sono necessarie sei resistenze.

STADI FINALI SENZA TRASFORMATORE D'USCITA

Oltre a ciò, vi è l'altro piccolo inconveniente di dover utilizzare un interruttore doppio, dato che le batterie sono due.

La fig. 10.4 illustra il circuito di uno stadio finale a due transistor in controfase, senza trasformatore d'uscita, del tipo a due batterie. Di basilare importanza è che la bobina mobile dell'altoparlante è collegata tra i due transistor, in serie, e le due batterie, anch'esse in serie. La corrente di collettore I_c di uno dei transistor si somma con la corrente di emittore dell'altro transistor, nella bobina mobile. Le due correnti hanno senso opposto, in quanto una va ad un transistor, e l'altra viene da un transistor.

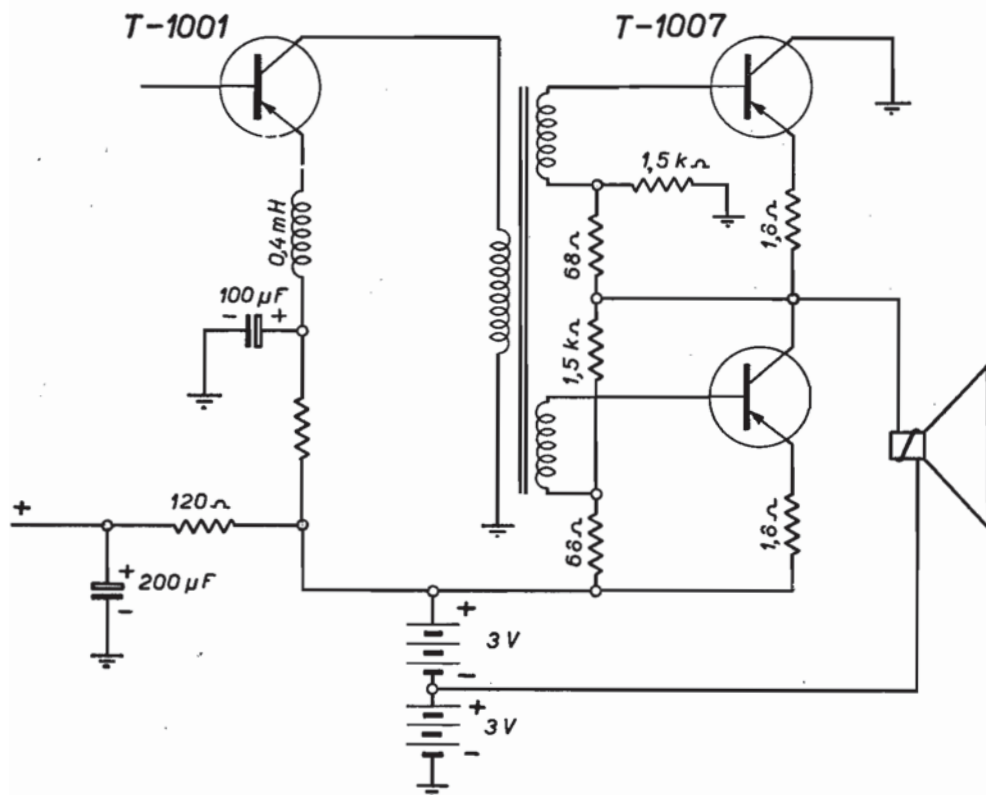


Fig. 10.4. - Stadio finale senza trasformatore d'uscita, con due batterie.

In assenza di segnale, quando le due correnti sono eguali, della stessa intensità (la corrente di emittore si considera eguale a quella di emittore, potendosi trascurare la corrente di base) non vi è nessuna corrente nella bobina mobile dell'altoparlante, poichè l'una annulla l'altra. È ciò che avviene nei due primari del trasformatore d'uscita, quando c'è, con assenza di flusso nel nucleo di ferro.

In presenza di segnale, esso modula la corrente di base dei due transistor, e

ciò in opposizione di fase, poichè è a polarità opposta, ne risulta che mentre in uno dei transistor la corrente di collettore aumenta, nell'altro diminuisce. Delle due correnti che percorrono la bobina mobile, una è intensa mentre l'altra è trascurabile, ciò data la disposizione in classe B.

In pratica nella bobina mobile circola una sola corrente, sempre nella stessa direzione, proveniente da uno o dall'altro dei transistor, da quello che in ciascun istante conduce, ossia quello a cui giunge il segnale con polarità negativa.

Con questa disposizione, lo stadio finale funziona normalmente, senza necessità di trasformatore d'uscita. Poichè la resistenza ohmica in CC di ciascun primario del trasformatore d'uscita può essere di 45 ohm; anche la resistenza ohmica in CC della bobina mobile può essere di 45 ohm.

DOPPIO PARTITORE DI TENSIONE.

I due secondari del trasformatore pilota sono distinti e separati, pur essendo eguali; sono perciò necessari due partitori di tensione, al posto di uno solo, nonché due resistenze di emittore al posto di una sola.

In figura, uno dei partitori è formato dalle resistenze R1 e R2, l'altro dalle resistenze R3 e R4; sono dello stesso valore; R1 e R4 sono di 22 chilohm; R2 e R3 sono di 120 ohm. Le due resistenze di emittore, R5 e R6 sono ambedue di 3,3 ohm, data la disposizione in classe B.

Esempio pratico di stadio finale a due batterie.

La maggior parte degli apparecchi radio a transistor costruiti negli Stati Uniti sono provvisti di stadio finale con due transistor in controfase, senza trasformatore d'uscita; funzionano con due batterie da 3 volt, al posto di una sola da 6 volt. Il fatto che le batterie siano due è sufficiente per consentire la eliminazione del trasformatore d'uscita.

I transistor finali tipo T-1007, e simili, sono bene adatti per funzionare con batteria da 3 volt, con resa d'uscita di 300 milliwatt, in coppia.

In fig. 10.4 i due transistor sono collegati in serie, come nella figura precedente. Il collettore del transistor in alto è collegato a massa; una delle batterie da tre volt ha il polo negativo collegato a massa, quindi al collettore di quel transistor.

Il trasformatore pilota ha i due secondari separati, come sempre avviene in questa disposizione circuitale. Le sei resistenze del circuito hanno i valori indicati. La bobina mobile è di 22 ohm alla corrente continua. Poichè i transistor finali funzionano uno per volta, in quanto mentre uno conduce l'altro è all'interdizione, la bobina mobile è percorsa da un segnale audio continuo, per cui ne segue le variazioni, comunicando al cono diffusore il corrispondente movimento.

La disposizione risulta molto semplice e pratica, da ciò la notevole diffusione di questo tipo di stadio finale negli apparecchi americani.

Le altre valvole funzionano con la tensione di 6 volt; le due batterie risultano

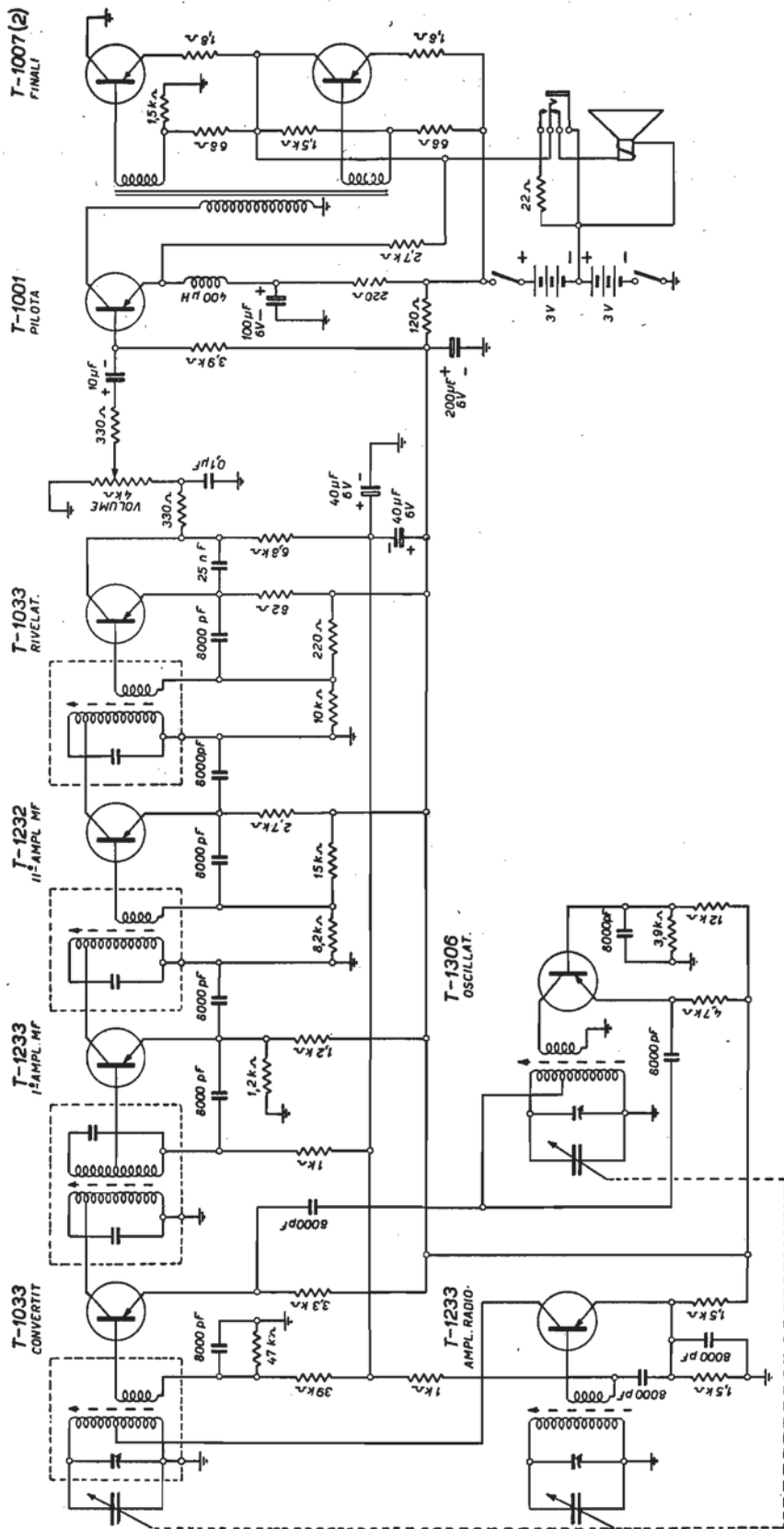


Fig. 10.5. - Schema di apparecchio senza trasformatore d'uscita, funzionante con due batterie.

in serie, con il negativo a massa. Al collettore del transistor pilota T-1001 è applicata la normale tensione negativa, di $-5,8$ volt, rispetto all'emittore, essendo il primario del trasformatore pilota con un terminale a massa; la caduta di tensione ai suoi capi è di $0,2$ volt.

Date le forti fluttuazioni nell'intensità di corrente di alimentazione, per effetto dell'amplificazione in classe B, la corrente di emittore del transistor pilota è adeguatamente filtrata, tramite una resistenza, un elettrolitico di 100 microfarad, e in più una impedenza AF di $0,4$ millihenry. In tal modo non vi è reazione positiva per effetto delle fluttuazioni della corrente di alimentazione, in quanto le stesse risultano eliminate.

La corrente di alimentazione degli altri transistor è anch'essa livellata mediante la resistenza di 120 ohm, e il condensatore elettrolitico di 200 microfarad.

Apparecchio di produzione americana, a due batterie.

In fig. 10.5 è riportato lo schema dell'apparecchio Philco mod. T-901, costruito negli Stati Uniti, caratteristica principale del quale è di funzionare con due batterie da 3 volt ciascuna, disposte in serie, per poter fare a meno del trasformatore d'uscita, e adoperare un altoparlante con bobina mobile senza presa al centro.

La bobina mobile dell'altoparlante è inserita tra le due batterie da un lato, e tra i due transistor finali dall'altro. Vi è, nello schema, una presa a jack per l'ascolto con auricolare; inserita la spina, viene staccata la bobina mobile, mentre viene inserita al suo posto una resistenza fissa dello stesso valore (22 ohm), e collegato l'auricolare nel circuito di emittore del transistor pilota.

Le caratteristiche dello stadio finale sono già state descritte. Pur funzionando con 3 soli volt per transistor, la resa d'uscita è quella indicata, 300 milliwatt.

L'apparecchio funziona con uno stadio d'amplificazione in alta frequenza, con il transistor T-1233, e con lo stadio convertitore a due transistor, un T-1306 quale oscillatore in circuito a base comune, e un T-1033 quale sovrappositore. Seguono due stadi d'amplificazione a media frequenza, con i transistor T-1233 e T-1232. La rivelazione è ottenuta con un altro transistor, anziché con il solito diodo. In funzione di rivelatore è usato un altro transistor T-1033, come nello stadio sovrappositore; esso è polarizzato con il partitore di tensione costituito dalle resistenze di $10\ 000$ e di 220 ohm, in modo da farlo lavorare sul ginocchio della caratteristica.

Il segnale audio è trasferito, tramite il controllo di volume allo stadio pilota e da questo allo stadio finale.

Stadio finale « single ended » ad una batteria di 9 volt.

I due transistor finali possono venir nuovamente collegati in serie, come nell'esempio fatto con due batterie, ma disposti in modo da provvedere essi stessi alla suddivisione della tensione di alimentazione in due parti eguali.

Il solo svantaggio di questa disposizione è di richiedere un condensatore elet-

rolitico di capacità elevata, ad es. di 100 microfarad, per il collegamento in circuito della bobina. Infatti, come indica la fig. 10.6 essa non può venir collegata direttamente, senza il condensatore, poichè metterebbe in cortocircuito uno dei transistor. Nell'esempio fatto con due batterie, si può mettere la bobina mobile in circuito senza alcun condensatore, perchè le batterie sono due, in serie. Mancando le due batterie, risulta indispensabile la presenza del condensatore.

La resistenza ohmica della bobina mobile può essere quella consueta, di 5 o di 8 ohm, in quanto essa non fa parte del circuito di carico dei transistor, come invece avviene se è provvista di presa centrale.

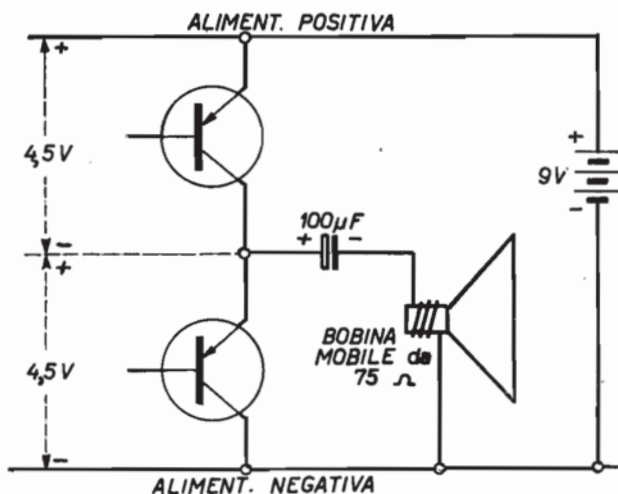


Fig. 10.6. - Principio di stadio finale senza trasformatore d'uscita tipo « single ended ».

Il condensatore elettrolitico di 100 microfarad indicato in figura accoppia la bobina mobile dell'altoparlante al collettore di uno dei transistor, e all'emittore dell'altro.

Il collettore del transistor indicato in alto è meno positivo del proprio emittore; infatti mentre l'emittore è a circa + 9 volt, quello del collettore è a circa + 4,5 volt; ossia, rispetto al proprio emittore, è a circa - 4,5 volt, come nella disposizione circuitale impiegante una batteria da 4,5 volt.

Il collettore del transistor indicato in basso è collegato al polo negativo della batteria, ma funziona anch'esso con tensione di circa - 4,5 volt, poichè il proprio emittore è a + 4,5 volt. La bobina mobile è collegata all'emittore di questo secondo transistor, e al collettore del primo. Essendo collegata all'emittore, è dall'altro estremo collegata al polo negativo della batteria.

Data questa disposizione, e poichè il segnale si presenta all'entrata dei transistor in opposizione di fase, per effetto del trasformatore pilota, la corrente nella bobina mobile ha sempre lo stesso senso, tanto se proviene da uno quanto dall'altro dei due transistor.

IL CONDENSATORE ACCOPPIATORE.

Il segnale audio si forma ai capi del condensatore accoppiatore con in serie la bobina mobile dell'altoparlante. Esso si suddivide in due parti, una ai capi del condensatore, e l'altra ai capi della bobina mobile; è necessario che quest'ultima parte sia quanto più grande possibile, affinché l'efficienza sia massima, e la resa d'uscita adeguata. A tale scopo è necessario che la capacità del condensatore sia assai elevata, proporzionata all'impedenza della bobina mobile. Se la bobina mobile è da 75 ohm, come nell'esempio, la capacità del condensatore non può essere inferiore ai 100 microfarad, 9 volt-lavoro.

È possibile impiegare anche altoparlanti con bobine mobili a bassa impedenza, ad es. da 8, 5 o 3,2 ohm, ma occorre che la capacità del condensatore sia compresa tra 500 e 1000 microfarad, sempre per la stessa tensione di lavoro. Questo fatto costituisce un inconveniente notevole, non eliminabile.

Esempio di sezione audio con stadio « single ended ».

Un esempio pratico di stadio finale a due transistor in controfase classe B, disposti in serie, e funzionante con altoparlante comune, ossia con bobina mobile senza presa al centro, di impedenza non inferiore ai 32 ohm, è quello di fig. 10.7. I transistor finali sono due OC74; il collettore di uno è collegato all'emittore dell'altro; un condensatore C8 è di 100 microfarad trasferisce il segnale alla bobina mobile dell'altoparlante.

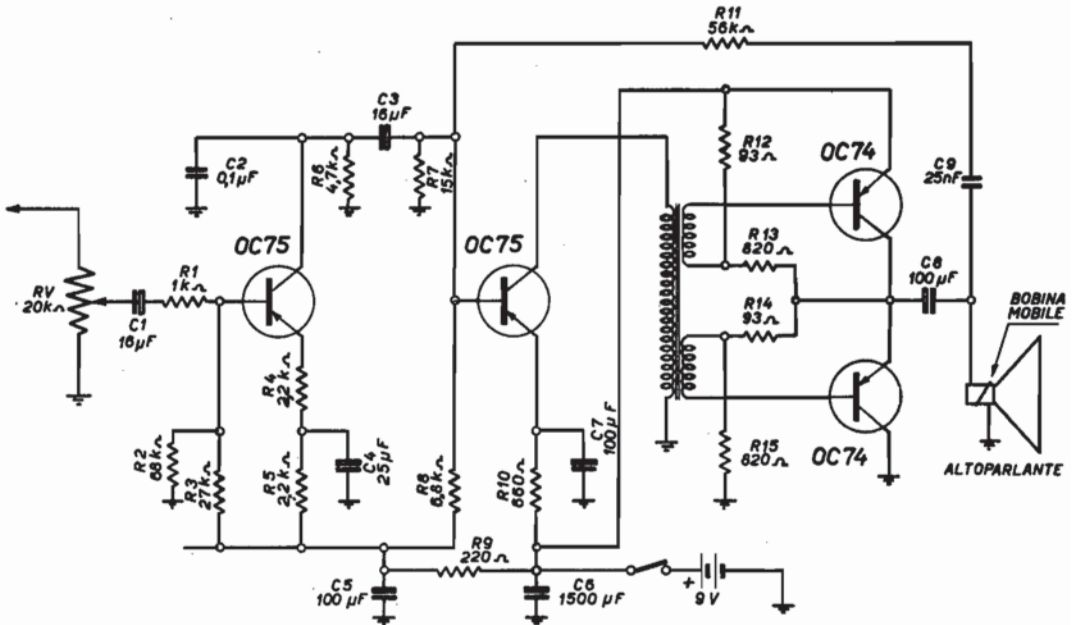


Fig. 10.7. - Esempio di stadio finale « single ended ».

IL DOPPIO PARTITORE DI TENSIONE.

La tensione di alimentazione è suddivisa in due parti; affinché la base di ciascun transistor possa venir polarizzata correttamente sono necessari due partitori, ciascuno posto all'entrata del proprio transistor. Ciascuno di essi provvede a suddividere la tensione a volt in due parti uguali.

Uno dei due partitori è formato dalle resistenze R12 e R13, l'altro dalle resistenze R14 e R15. Gli emittori sono sempre al lato positivo, quindi le resistenze minori, R12 e R14, di 93 ohm, sono dallo stesso lato.

La polarità della massa è, in questo esempio, negativa. Il circuito non varia in alcun modo, essendo indifferente che la massa sia collegata al lato positivo o a quello negativo dell'alimentazione.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

I due transistor finali, essendo in classe B, funzionano uno per volta; quando uno conduce l'altro è interdetto; conduce quel transistor alla cui base giunge il segnale che in quell'istante è di polarità negativa.

Supponendo che sia il transistor disegnato in alto a funzionare, il segnale audio amplificato passa, dal collettore, tramite il condensatore C8 alla bobina mobile dell'altoparlante. Non appena funziona l'altro transistor, quello in basso, il segnale audio passa dall'emittore alla bobina mobile. Poiché i due diodi sono invertiti, la corrente ha però sempre lo stesso senso, tanto se il segnale proviene da uno quanto se proviene dall'altro dei due transistor.

Il condensatore C8 è collegato con polarità dipendente da quella della massa; se, come nell'esempio, la massa è negativa, è collegato con il polo negativo alla bobina mobile; se, invece, la massa è positiva, è collegato con il polo positivo alla bobina mobile.

Il valore delle due resistenze dei due rami del partitore va scelto in modo da stabilire un compromesso tra la corrente in perdita assorbita dal partitore stesso, e la necessità di tenere basso il valore delle due resistenze che si trovano in serie al circuito di base dei due transistor, R12 e R14. Tali resistenze sono di 93 ohm; per conseguenza le altre due sono di 820 ohm.

CIRCUITO DI CONTROREAZIONE.

La disposizione descritta consente il facile collegamento in controreazione della bobina mobile con l'entrata del transistor pilota, e conseguente miglioramento della riproduzione sonora per eliminazione di una parte delle frequenze armoniche. Nell'esempio, appartengono a tale circuito la resistenza R11 di 56 chilohm, e il condensatore C9 di 25 mila picofarad.

Un'altra disposizione simile potrebbe venir ottenuta con una resistenza di 33 chilohm, in parallelo con un condensatore di 33 pF.

STADIO PILOTA.

Al pilotaggio di corrente provvede un transistor OC75, alla cui entrata vi è un partitore formato dalle resistenze R7 e R8. La resistenza R10, nel circuito di emittore,

consente la necessaria differenza di tensione con la base, in modo da assicurare l'adeguata corrente di base, con una stabilizzazione di circa 0,25.

STADIO PREAMPLIFICATORE.

È ottenuto con un altro transistor OC75, collegato al pilota con un elettrolitico C3 di 16 microfarad. Il partitore per la tensione di base è formato dalle resistenze R2 e R3; altre due resistenze sono inserite nel circuito di emittore allo scopo di consentire un forte livellamento della corrente di alimentazione, onde evitare instabilità. Al livellamento provvede il condensatore C4, di 25 microfarad.

LINEA DI ALIMENTAZIONE.

Per livellare la corrente fluttuante causata dallo stadio finale, in parallelo alla batteria di pile, è utilizzata una resistenza R9 di 220 ohm, nonché due condensatori elettrolitici C5 e C6, rispettivamente di 100 e 1 500 microfarad.

CAUTELA NECESSARIA.

Lo stadio finale descritto presenta l'inconveniente di richiedere due partitori di tensione; non è possibile utilizzare quattro resistenze con tolleranza del 20 per cento, poichè in tal caso esse potrebbero essere alquanto diverse, e determinare due punti di lavoro distanti tra di essi. È necessario adoperare resistenze a tolleranza più bassa, non minore del 5 per cento. Opportuno è sostituire una delle resistenze fisse, la R13 o la R15, con altra semifissa di 1 000 ohm, in modo da poter poi regolare le correnti di riposo allo stesso valore, quello imposto dal partitore fisso. La corrente di riposo normale è di 2,5 milliampere per transistor.

Esempio di apparecchio a 6 transistor e 1 diodo, con stadio finale « single ended ».

Mentre l'esempio precedente si riferiva ad uno stadio finale adatto per apparecchio a molti transistor, del tipo AM/FM, con resa d'uscita di 1 watt, quello dello schema di fig. 10.8 si riferisce ad un piccolo portatile da 6 transistor, con batteria da 9 volt, come necessario dato che i due transistor finali sono in serie, e quindi funzionano con metà della tensione di alimentazione.

L'altoparlante è con bobina mobile da 75 ohm, per cui il condensatore accoppiatore C15 è di 100 microfarad, 9 volt; può venir usato un altro altoparlante, con bobina mobile a bassa impedenza, di 8 o di 5 ohm, elevando a 500 microfarad la capacità di C15.

In questo esempio, la batteria ha il positivo a massa, quindi il primo transistor, quello indicato in alto, ha il collettore collegato direttamente al negativo dell'alimentazione; non vi è resistenza di carico nel circuito di collettore, in quanto è inserita in quello di emittore, ed è formata dalle resistenze in serie R19 e R20.

L'altro transistor finale, quello indicato in basso, ha invece la resistenza di carico nel circuito di collettore; essa è formata dalle resistenze R17 e R18.

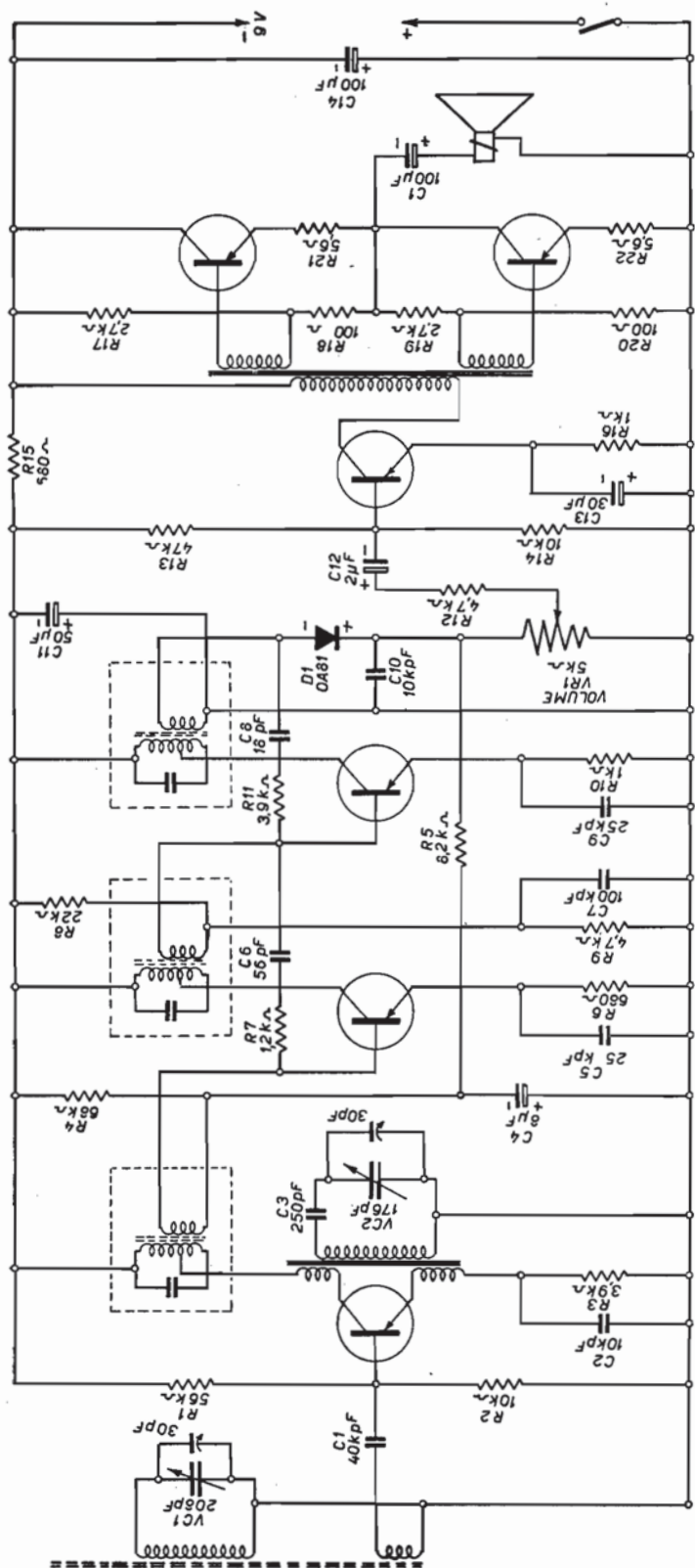


Fig. 10.8. - Schema di apparecchio radio portatile, a 6 transistor, senza trasformatore d'uscita.

Le quattro resistenze indicate formano anche il partitore di tensione, posto all'entrata di ciascun transistor. I transistor finali sono due OC72, pilotati da un OC71. La resa d'uscita non è elevata, essendo di circa 100 milliwatt.

Lo stadio finale è stabilizzato con le due resistenze R21 e R22, poste in serie agli emittori; sono di valore adeguato ai due transistor, ossia di 5,6 ohm. Il condensatore C14 di 100 microfarad, 12 volt lavoro, è indispensabile per attenuare le fluttuazioni della corrente di alimentazione.

Lo stadio finale a simmetria complementare.

Negli esempi precedenti, tutti gli stadi finali a due transistor erano provvisti di un trasformatore pilota, a due secondari, indispensabile per ottenere l'inversione di polarità del segnale audio, necessaria per il collegamento in controfase.

Nel tipo di amplificazione finale a due transistor, detto a *simmetria complementare*, sono i due transistor finali ad essere invertiti di polarità, per cui il trasformatore pilota, con i due secondari, non è necessario. Alla base di ciascuno dei due

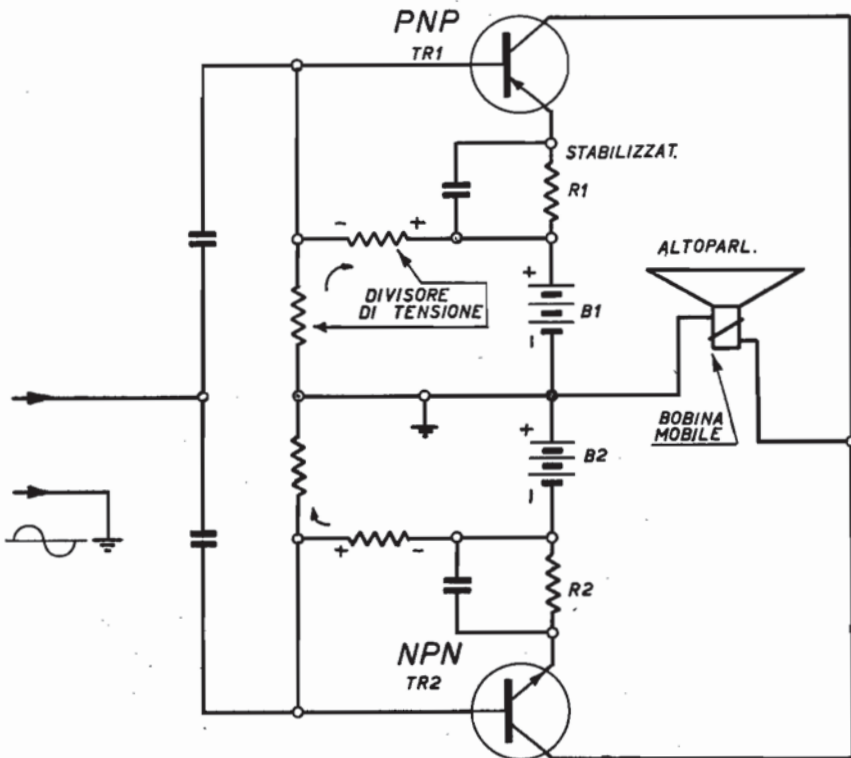


Fig. 10.9. - Principio di stadio finale a simmetria complementare, con due batterie.

transistor finali, il segnale ha la stessa polarità, essendo i transistor stessi ad essere di polarità opposta, uno di tipo PNP e l'altro di tipo NPN.

Il segnale audio da amplificare non è più, all'ingresso dello stadio, in controfase; ad essere in controfase sono i due transistor; l'amplificazione è sempre del tipo in controfase, non però rispetto al segnale, per cui, per non ingenerare confusione, viene denominata a *simmetria complementare*, in quanto i due transistor sono complementari.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

Come funzionino due transistor complementari, nello stadio finale degli apparecchi radio, è indicato dalla fig. 10.9. *Non è più necessario nè il trasformatore d'uscita, nè quello d'entrata.*

Mentre il tipo di amplificazione finale « single ended » è applicabile anche alle valvole, quello a simmetria complementare è utilizzabile solo con transistor, in quanto non esistono valvole complementari, alcune con emissione catodo-anodo e altre con emissione anodo-catodo, come invece avviene per i transistor.

I transistor finali complementari, uno PNP e l'altro NPN, hanno le stesse identiche caratteristiche, variano solo per la polarità. Mentre il collettore e la base dei transistor PNP sono negativi, e l'emittore è positivo, il collettore e la base dei transistor NPN sono positivi, mentre l'emittore è negativo. Sono eguali in tutto al di fuori delle polarità.

In fig. 10.9, il segnale audio viene suddiviso in due parti eguali, mediante due condensatori, e viene quindi applicato alle basi dei due transistor. Per semplicità, ciascun transistor è provvisto della propria batteria di pile; le due batterie sono poste in serie, e collegate tra la massa e l'emittore di ciascun transistor.

Ciascuna batteria è in parallelo con un partitore di tensione formato da due resistenze, con il quale è applicata una tensione negativa di polarizzazione alla base del transistor PNP, e positiva al transistor NPN.

Negli stadi finali in controfase, senza trasformatore d'uscita, con due batterie, come ad es. quello di fig. 10.4, la bobina mobile dell'altoparlante è collegata tra le due batterie da un lato, e al circuito comune emittore-collettore dall'altro. Anche in questo caso è collegata tra le due batterie e il circuito comune dei due transistor, formato questa volta dai due collettori collegati.

Poichè è sempre un solo transistor a funzionare, la bobina mobile è percorsa una volta dalla corrente di collettore del transistor PNP, e una volta da quella di collettore del transistor NPN; essendo queste due correnti di senso opposto; data la disposizione del circuito, la corrente ha sempre lo stesso senso nella bobina mobile, esattamente come negli altri stadi finali a due transistor, senza trasformatore d'uscita.

Come è possibile eliminare le due batterie, sostituendola con una sola, di tensione doppia, nei circuiti con due transistor PNP, così è possibile sostituire le due batterie con una sola, anche in questo tipo di stadio finale, purchè in serie alla bobina mobile venga collocato un condensatore elettrolitico di capacità adeguata.

L'amplificazione dei due transistor è sempre quella prossima alla classe B, come negli stadi finali d'altro tipo; è sempre uno solo dei due transistor a funzionare, o quello PNP, quando il segnale è di polarità negativa, o quella NPN quando il segnale è di polarità positiva. È per questa ragione che non è necessario il trasformatore pilota.

TRANSISTOR FINALI COMPLEMENTARI.

Per il collegamento in simmetria complementare sono stati approntati dei transistor appositi, e come gli altri, vengono anch'essi forniti a coppie, in quanto necessario che abbiano caratteristiche eguali, sia pure con polarità opposte.

I due transistor della Philips adatti per questo tipo di stadio finale sono:

il transistor di tipo PNP AC132

il transistor di tipo NPN AC127

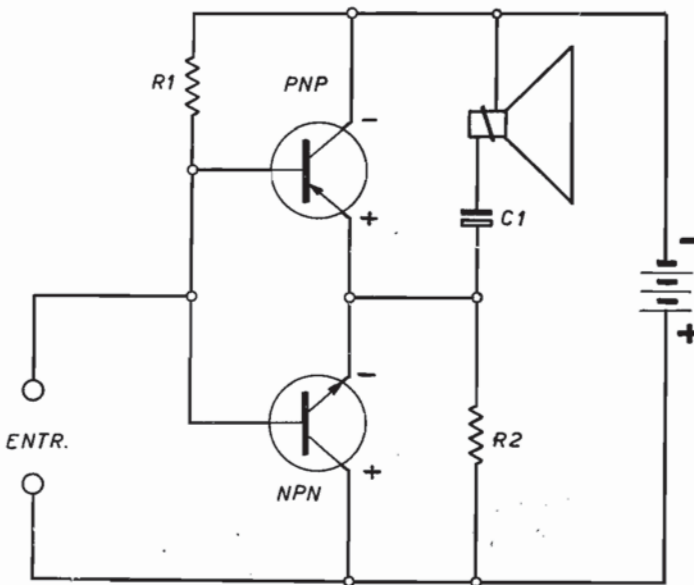


Fig. 10.10. - Principio di stadio finale a simmetria complementare con una batteria.

I dati di funzionamento dei due transistor sono:

a) corrente di collettore, in assenza di segnale, 2 milliamperes, sia con batteria da 6 che da 9 volt;

b) resistenza di carico 25 o 70 ohm, rispettivamente con tensione di 6 e di 9 volt;

c) resistenza di polarizzazione di 100 o di 250 ohm, semifissa, per le due tensioni di alimentazione di 6 o 9 volt;

d) resistenza di emittore 3,3 e 4,7 ohm, per le due tensioni;

e) corrente di cresta del collettore di 90 o 50 mA, per 6 o 9 volt.

COLLEGAMENTO DI TRANSISTOR COMPLEMENTARI.

La fig. 10.10 illustra nel modo più semplice come vengono collegati i due transistor complementari PNP e NPN. Le loro basi sono unite insieme, in quanto il segnale viene applicato ad ambedue con la stessa polarità; gli emittori sono pure collegati insieme, poichè i due transistor sono disposti in serie, come nell'esempio

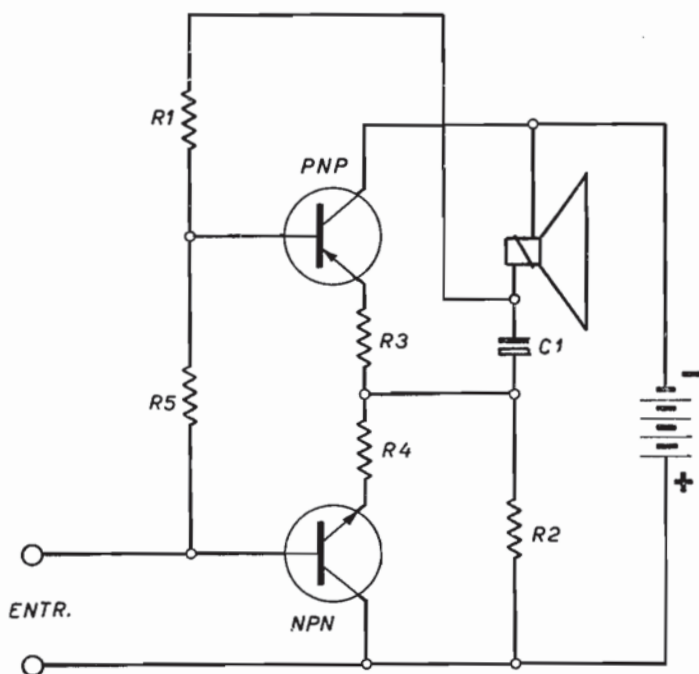


Fig. 10.11. - Stadio a simmetria complementare stabilizzato.

precedente. I due transistor si comportano come le due resistenze di un partitore di tensione; poichè sono di polarità opposta non si possono collegare in serie se non riunendo i loro emittori.

I due collettori sono collegati rispettivamente al polo negativo e a quello positivo della batteria. Ciascun transistor funziona con metà della tensione di alimentazione disponibile, la quale non può perciò essere inferiore ai 6 volt.

Mentre nello stadio « single ended », la bobina dell'altoparlante risulta nel circuito di collettore di un transistor, e nel circuito di emittore dell'altro, con questo schema a simmetria complementare, essa deve venir inserita nel circuito di emittore sia dell'uno che dell'altro transistor. La resistenza di carico è quindi nel circuito di emittore, sia per il transistor PNP sia per quello NPN.

Poichè il carico risulta uno solo, basta una sola resistenza di carico, indicata con R2. Il segnale audio passa alla bobina mobile tramite il condensatore di accoppiamento C1, di capacità elevata.

La resistenza di carico è collegata al positivo della batteria, perchè è inserita nel circuito emittore (positivo) del transistor PNP, e in quello emittore (negativo) del transistor NPN. La polarità negativa del transistor NPN si intende rispetto al proprio collettore, il quale si trova a tensione maggiore, quindi è più positiva del proprio emittore.

Poichè le due basi sono collegate insieme, basta una sola resistenza di base, di valore adatto a fornire l'intensità di corrente da dividere a metà per i due transistor. Tale resistenza di base unica è la R1.

STABILIZZAZIONE DELLO STADIO.

Lo schema di fig. 10.10 può venir perfezionato introducendo la stabilizzazione termica. Anzichè collegare la resistenza di base al negativo dell'emittore, la si può collegare tra la bobina mobile e il condensatore accoppiatore; si ottiene in tal modo una prima stabilizzazione termica. Il principio è stato indicato nel capitolo primo. Ad un aumento di corrente per effetto della temperatura, si determina una maggior caduta di tensione ai capi della bobina mobile, quindi una minor corrente di base ai transistor, e per conseguenza una compensazione della deriva termica.

Con una seconda resistenza R5 in fig. 10.11 si ottiene un partitore di tensione, e la possibilità di stabilizzare lo stadio anche con la tensione di polarizzazione rispetto agli emittori, i quali vengono perciò provvisti di due resistenze R3 e R4, del valore di qualche ohm, o anche di un solo ohm.

PILOTA IN COLLEGAMENTO DIRETTO.

Il transistor pilota può venir collegato direttamente all'entrata dei transistor finali in simmetria complementare; il circuito complessivo risulta allora quello di fig. 10.12. Al collegamento diretto è stato accennato nel capitolo quinto, in fine.

Le resistenze R1 e R5 provvedono sia alla corrente di base dei due transistor, nonchè a consentire l'applicazione della tensione di polarizzazione per la stabilizzazione termica, sia alla corrente di collettore del transistor pilota AC126. La resistenza R5 può essere semifissa, in modo da consentire la messa a punto dello stadio.

L'amplificazione da parte dello stadio pilota è controllata dallo stadio finale, in modo da evitare sovraccarichi; a tale scopo la resistenza di carico va all'alimentazione tramite le resistenze R7 e R8; la tensione audio è livellata dal condensatore elettrolitico C2, e quindi applicata, tramite R7, alla base del transistor pilota.

STADI FINALI SENZA TRASFORMATORE D'USCITA

Un condensatore fisso di 330 pF collega la base del transistor pilota con il centro dello stadio finale; una parte del segnale audio risulta in tal modo retrocessa all'entrata dello stadio, e ciò allo scopo di determinare una controeazione e migliorare la qualità della resa d'uscita. Il segnale audio retrocesso si trova, infatti,

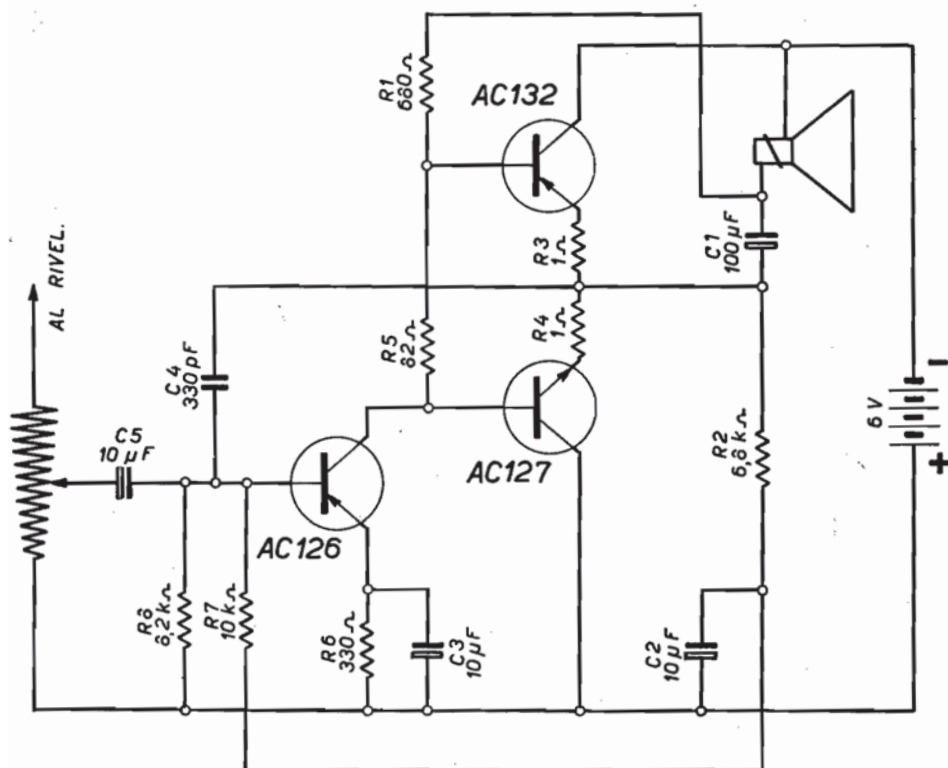


Fig. 10.12. - Sezione audio con stadio finale a simmetria complementare accoppiato direttamente al pilota.

in opposizione di fase con quello all'entrata, non ancora amplificato. La somma dei due segnali determina una riduzione del segnale all'entrata, ma provvede anche a inserire in esso una leggera distorsione in modo tale da ottenere una compensazione della distorsione stessa, nel classico modo della controeazione.

Schema di apparecchio a 7 transistor e 2 diodi, senza trasformatori pilota e d'uscita.

Come possa venir realizzato un apparecchio radio con la sezione audio senza alcuno dei due usuali trasformatori, quello pilota e quello d'uscita, è indicato dallo

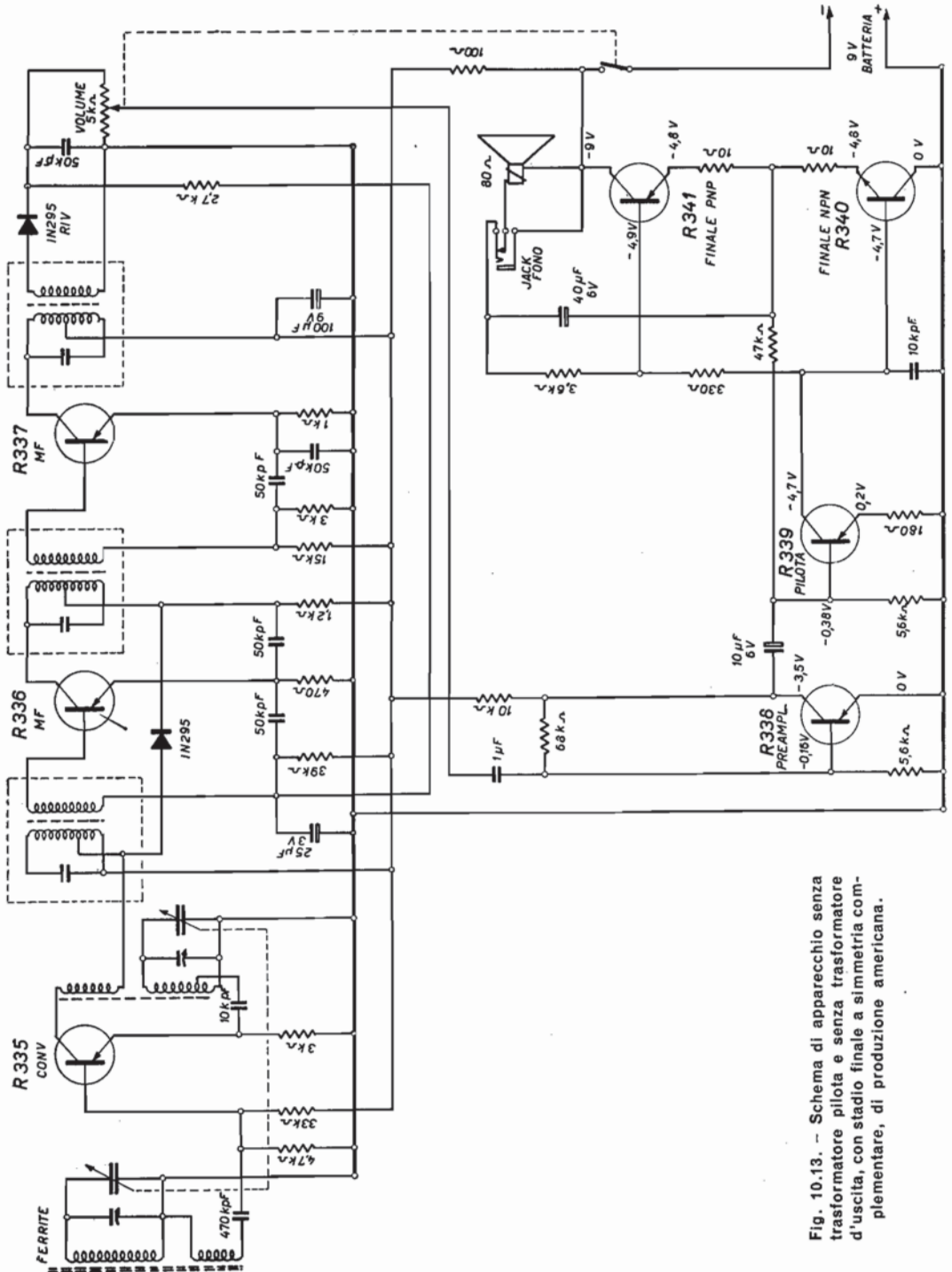


Fig. 10.13. - Schema di apparecchio senza trasformatore pilota e senza trasformatore d'uscita, con stadio finale a simmetria complementare, di produzione americana.

schema di fig. 10.13. Esso si riferisce ad una serie di apparecchi di produzione americana.

La sezione audio consiste di quattro transistor, il primo dei quali (R338) in funzione di amplificatore d'entrata, il secondo (R339) in funzione di pilota, il terzo e il quarto finali in stadio a simmetria complementare. Il principio di funzionamento è quello descritto, al quale si riferisce le figure 10.10, 10.11 e 10.12.

* Dei due transistor finali, uno è di tipo PNP (R341) l'altro è di tipo NPN (R340); sono posti in serie alla batteria da 9 volt. L'altoparlante ha la bobina mobile a impedenza elevata, di 80 ohm, per cui il condensatore di accoppiamento (C1 nelle figure precedenti) è di 40 microfarad, 6 volt-lavoro. Una presa a jack consente di sostituire l'altoparlante con l'auricolare, per l'ascolto personale.

Le varie tensioni di lavoro applicate ai transistor della sezione audio sono quelle indicate nello schema. La resa d'uscita indistorta massima è di 300 milliwatt.