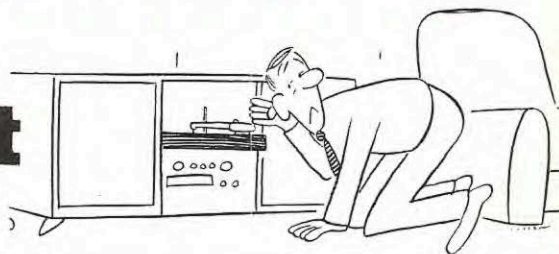


AMPLIFICATORE

modello LX139

da **60 Watt**



con transistor **DARLINGTON**

Se desiderate un amplificatore HI-FI in grado di erogare in uscita una potenza efficace compresa fra i 60 e gli 80 watt, cioè una potenza massima di picco di 120-160 watt, e se volete che questo amplificatore sia semplice e di sicuro funzionamento, cioè non presenti quegli inconvenienti tanto comuni in quei circuiti realizzati con normalissimi transistors, non lasciatevi sfuggire questo schema che impiega come finali di potenza i moderni transistors Darlington.

Tante volte ci è stato richiesto dai nostri lettori uno schema di amplificatore HI-FI di elevata potenza ed altrettante volte noi abbiamo cercato di accontentarli presentando dei circuiti che in pratica, per una serie di coincidenze sfortunate, non sempre hanno soddisfatto pienamente le aspettative di coloro che li hanno realizzati.

I motivi di questi « insuccessi », come al lettore piace sovente definirli, sono tanti e nella maggioranza dei casi non ci si può imputare nulla anche se chi realizza un progetto e non lo vede funzionare come desidera, per umana reazione, ci addita come unici responsabili di tale fallimento.

Prendendo ad esempio il 200 watt apparso sul n. 24, è accaduto che immediatamente dopo la sua pubblicazione i transistors 2N3442 allora tanto comuni sono scomparsi in brevissimo tempo dalla circolazione ed al loro posto sono comparsi dei « quasi » equivalenti con sopra stampigliato 2N3442 i quali hanno compromesso fortemente le prestazioni del circuito che su tale componente era stato appunto progettato.

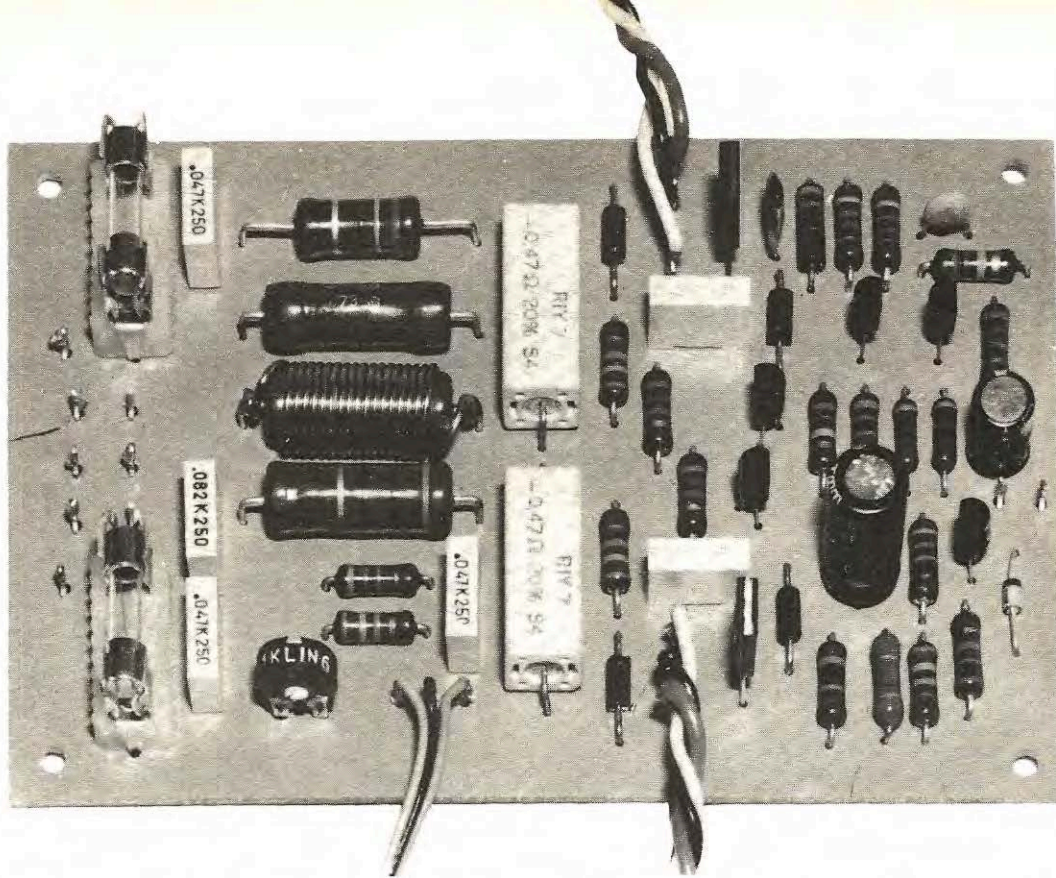
Con un altro amplificatore presentato in precedenza noi avevamo invece tentato di raggiungere una potenza alquanto elevata impiegando i 2N3055, cioè uno dei transistors più facilmente reperibili.

Questo schema però si è rilevato un « brucia-

transistor » e questo non per sola colpa nostra (noi infatti avevamo cercato di raggiungere il massimo della potenza pur mantenendoci abbondantemente al di sotto della « tensione di rottura » rilevata dalle caratteristiche di questo componente) ma soprattutto perché il lettore, acquistando questo transistor dove i prezzi erano più allettanti, acquistava in realtà degli « scarti » vestiti di nuovo con caratteristiche di gran lunga inferiori a quelle annunciate dalla Casa costruttrice.

In effetti dei transistors 2N3055 non ci si può più assolutamente fidare in quanto troppi transistors sconosciuti vengono siglati « 2N3055 » da fornitori clandestini che, acquistati dalle industrie gli scarti di produzione, vi stampigliano sopra questa sigla ben sapendo che, essendo tale componente molto richiesto, riusciranno facilmente a smerciarlo.

È questo uno dei motivi per cui noi cercheremo (fatta eccezione per gli alimentatori stabilizzati) di eliminarlo dai nostri progetti in quanto è troppo facile trovare dei 2N3055 con tensione di lavoro massima di 30 volt mentre in realtà dovrebbe raggiungere e superare i 60 volt oppure con un beta massimo di 2 quando lo stesso, anche nella peggiore delle ipotesi, non dovrebbe mai risultare inferiore a 20 per non parlare poi delle altre carat-



teristiche che talvolta risultano inferiori anche a quelle del peggior transistor al germanio.

Scottati quindi dalla passata esperienza, questa volta abbiamo scelto come finali due transistor Darlington, cioè un componente che non può essere falsificato perché nuovo e poco commerciabile e che presenta caratteristiche talmente elevate che anche nel caso più sfortunato di un esemplare al limite della tolleranza massima ammessa dalla Casa costruttrice si riuscirebbero sempre a raggiungere quei 60 watt efficaci da noi dichiarati come minimo traguardo. Prima di elencarvi le caratteristiche principali del nostro amplificatore vorremmo però spendere alcune parole su questo nuovo tipo di transistor in quanto siamo certi che non tutti i lettori lo conoscono quindi non possono apprezzare i vantaggi derivanti dal suo impiego.

Il transistor Darlington, come vedesi in fig. 1, è in parole povere un integrato che racchiude al suo interno un transistor finale di potenza completo di appropriato transistor pilota con relative resistenze di polarizzazione: tali transistors sono collegati fra di loro, come dice la parola stessa, in configurazione Darlington cioè uno schema che permette di ottenere un guadagno totale di corrente pari al prodotto dei guadagni dei due singoli transistors.

Potrete quindi immediatamente comprendere come questo componente disponga di un « beta » che mai nessun transistor singolo riuscirebbe ad avere (basti pensare che se il primo transistor ha un beta di 40 ed il secondo di 70, il guadagno di corrente complessivo del Darlington sarà espresso da $40 \times 70 = 2.800$).

A questo vantaggio se ne aggiunge un secondo, cioè quello di risolvere automaticamente il problema del transistor pilota, in quanto il dover cercare un transistor di media potenza che non solo si accoppi perfettamente al transistor finale ma sia anche in grado di pilotarlo in modo da sfruttarne pienamente le caratteristiche non è sempre cosa facile tenendo anche presente che il « beta » di un transistor pilota o di un transistor finale ha una tolleranza molto ampia quindi può variare sensibilmente da componente a componente.

Il pilota ed il finale inseriti in un Darlington sono invece già stati selezionati in fase di costruzione per cui il progettista viene sollevato da uno dei problemi più scabrosi che si possano incontrare durante lo studio di un amplificatore finale di potenza.

Il Darlington inoltre si presenta in pratica con forme e dimensioni analoghe ad un comune transistor di potenza per cui è ovvio che con il suo impiego non solo si ha la possibilità di sempli-

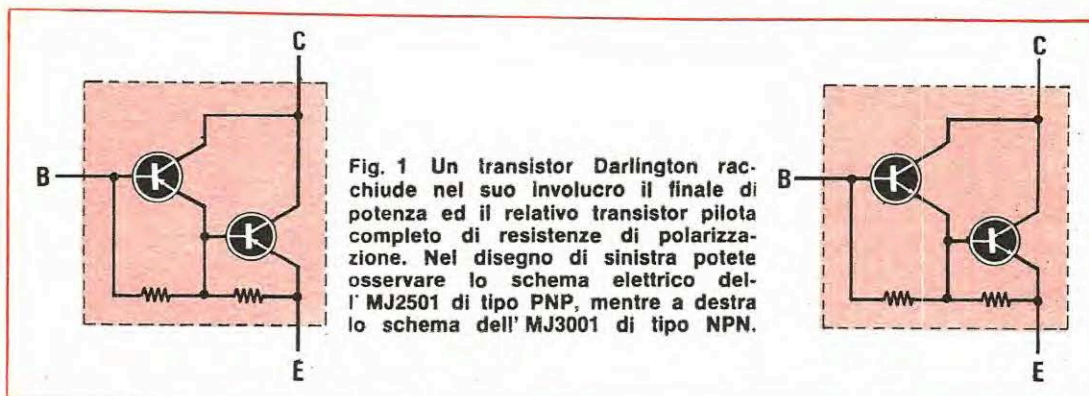


Fig. 1 Un transistor Darlington racchiude nel suo involucro il finale di potenza ed il relativo transistor pilota completo di resistenze di polarizzazione. Nel disegno di sinistra potete osservare lo schema elettrico dell' MJ2501 di tipo PNP, mentre a destra lo schema dell' MJ3001 di tipo NPN.

ficare lo schema circuitale risparmiando spazio ma anche di realizzare uno stadio finale perfettamente funzionale.

Questi pregi ci erano noti da tempo anche se fino ad oggi non abbiamo ritenuto opportuno presentarvi uno schema di amplificatore a Darlington in quanto gli esemplari di questo componente in nostro possesso erano troppo pochi per poter condurre su di essi tutta quella serie di prove cui abbiamo più volte accennato e tendenti a svelare se le caratteristiche annunciate dalle Case costruttrici rispondono effettivamente a verità oppure se all'atto pratico il componente presenta dei difetti o delle lacune incolmabili.

Finalmente, dopo affannose ricerche, siamo riusciti a metterle insieme un numero più che sufficiente per poter condurre su di essi una «prova» nel vero senso della parola, cioè non solo constatarne i pregi ma soprattutto rivelarne i difetti ed a questo proposito possiamo assicurarvi che molti tipi di Darlington sono stati scartati in quanto non garantivano un'adeguata sicurezza di funzionamento, oppure vi era troppa differenza di guadagno fra il tipo NPN ed il tipo PNP, oppure ancora perché a causa del loro guadagno troppo elevato tendevano facilmente ad autooscillare senza alcuna possibilità di porre rimedio a tale inconveniente.

Da queste serie di prove è risultato che i tipi di Darlington più adatti per essere inseriti nel nostro amplificatore erano rispettivamente l'MJ2501 (un PNP) e l'MJ3001 (un NPN) entrambi prodotti dalla Motorola.

Di questi due Darlington la Casa dichiara un «beta» pari a 4.000, valore questo che in linea di massima viene rispettato anche se in pratica abbiamo riscontrato che le piccole differenze rilevate rispetto ad esso (differenze che rientravano sempre nei limiti di tolleranza specificati sulle caratteristiche) non pregiudicano minimamente il funzionamento dell'amplificatore. Questo ve lo pos-

siamo assicurare in quanto nella preparazione dei prototipi non abbiamo tralasciato di effettuare prove con due Darlington che presentassero la massima differenza fra il beta del PNP e quello dell'NPN ed anche in questo caso la potenza di uscita si è mantenuta superiore ai 60 watt minimi da noi garantiti.

È comunque ovvio che più il «beta» dei due transistor è simile, più è possibile aumentare la potenza finale (mentre tutte le altre caratteristiche rimangono pressoché invariate) tanto che in fase di collaudo, scegliendo appositamente due Darlington con beta molto elevato e quasi uguale sia per il tipo NPN che per il tipo PNP, cioè in pratica mettendoci nelle condizioni di funzionamento ottimali, siamo riusciti a far erogare al nostro amplificatore per ben 8 ore consecutive (tante quante sono le ore di lavoro in laboratorio) una potenza efficace di 90 watt (180 watt di picco).

Questo naturalmente non fa testo in quanto ben difficilmente si riuscirebbero a trovare due transistor con caratteristiche simili a quelli da noi impiegati per tale esperimento ma serve comunque a dimostrare la validità del progetto anche perché, in condizioni normali, l'amplificatore ben difficilmente verrà fatto lavorare con continuità alla massima potenza per tanto tempo. In pratica quindi se nella tabella delle caratteristiche vi forniamo dati per una potenza efficace di 60 watt questo è dovuto solo ed esclusivamente al fatto che vogliamo fornirvi delle cifre che riuscirete sempre ad ottenere anche nella peggiore delle condizioni, cioè con due transistor aventi un beta molto diverso l'uno dall'altro, per cui non dovrete meravigliarvi se a realizzazione ultimata la potenza d'uscita del vostro amplificatore si avvicinerà più ai 70-80 watt che non ai 60 da noi dichiarati.

Fatta questa doverosa premessa possiamo ora passare a descrivere il nostro amplificatore ed il modo più eloquente per elogiarne le caratteristiche pensiamo sia proprio quello di fornirvi i dati che

MODIFICHE - È consigliabile collegare il condensatore C7 all'emettitore di TR9 anziché alla base di TR7. Pure il condensatore C8 va collegato all'emettitore di TR10 anziché alla base di TR8.

Se l'amplificatore tende ad autooscillare collegare un condensatore da 100 pF tra la base e il collettore di TR4.

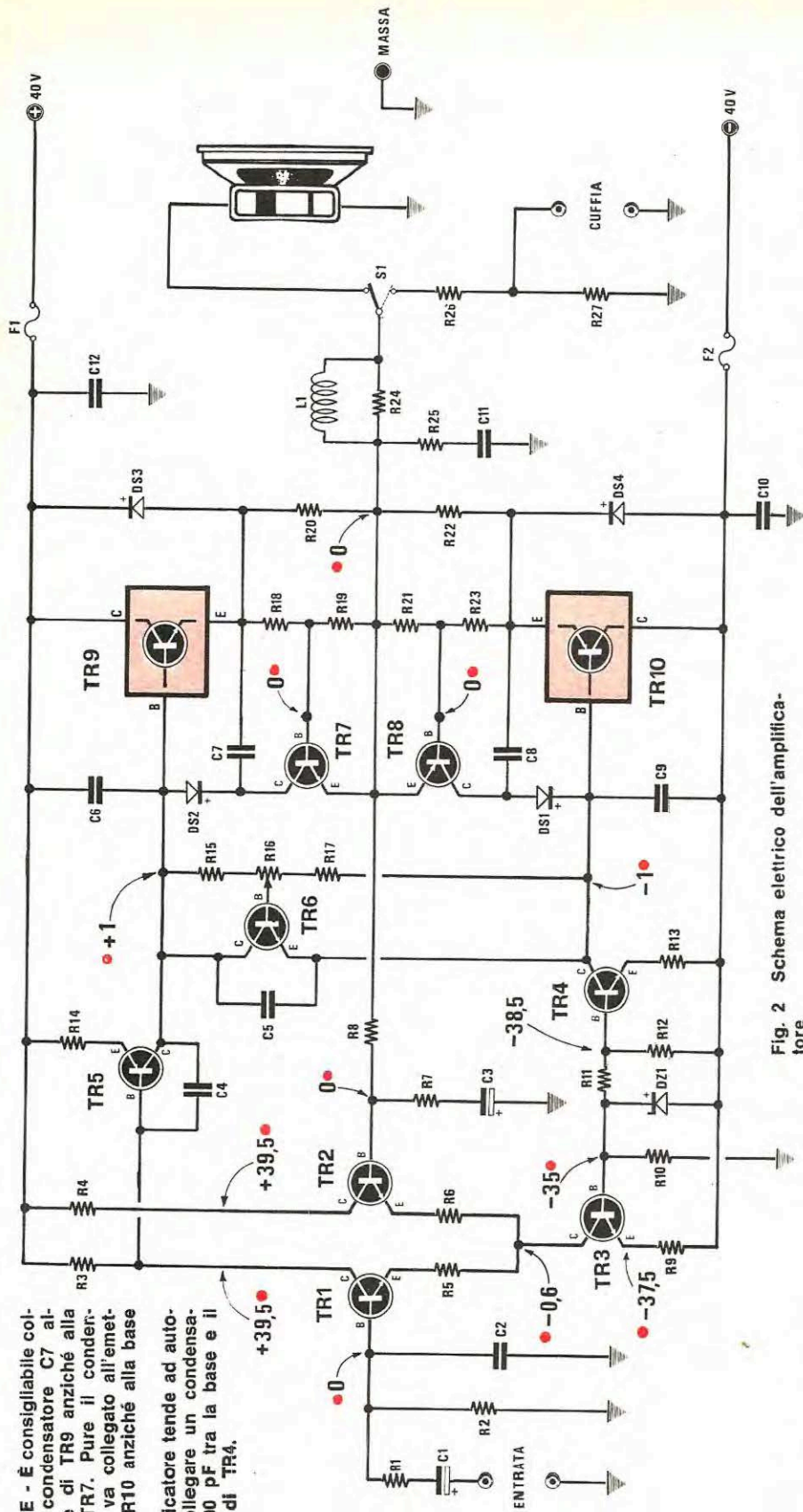


Fig. 2 Schema elettrico dell'amplificatore

COMPONENTI

- R1 = 2.700 ohm 1/2 watt
- R2 = 27.000 ohm 1/2 watt
- R3 = 820 ohm 1/2 watt
- R4 = 820 ohm 1/2 watt
- R5 = 10 ohm 1/2 watt
- R6 = 10 ohm 1/2 watt
- R7 = 1.200 ohm 1/2 watt
- R8 = 27.000 ohm 1/2 watt
- R9 = 2.200 ohm 1/2 watt
- R10 = 4.700 ohm 1/2 watt
- R11 = 1.500 ohm 1/2 watt
- R12 = 680 ohm 1/2 watt
- R13 = 100 ohm 1/2 watt

- R14 = 18 ohm 1/2 watt
- R15 = 1.500 ohm 1/2 watt
- R16 = 1.000 ohm trimmer
- R17 = 680 ohm 1/2 watt
- R18 = 680 ohm 1/2 watt
- R19 = 270 ohm 1/2 watt
- R20 = 0,47 ohm 5 watt
- R21 = 270 ohm 1/2 watt
- R22 = 0,47 ohm 5 watt
- R23 = 680 ohm 1/2 watt
- R24 = 10 ohm 3 watt
- R25 = 10 ohm 3 watt
- R26 = 270 ohm 2 watt
- R27 = 100 ohm 1 watt

- C1 = 22 mF elettrolitico 16 volt
- C2 = 120 pF ceramico a disco
- C3 = 100 mF elettrolitico 16 volt
- C4 = 39 pF ceramico a disco
- C5 = 47.000 pF poliestere
- C6 = 270 pF ceramico a disco
- C7 = 4.700 pF poliestere
- C8 = 4.700 pF poliestere
- C9 = 270 pF ceramico a disco
- C10 = 47.000 pF poliestere
- C11 = 82.000 pF poliestere
- C12 = 47.000 pF poliestere
- DS1 = diodo al silicio tipo 1N4007
- DS2 = diodo al silicio tipo 1N4003 - 1N4007
- DS3 = diodo al silicio tipo 1N4003 - 1N4007

- DS4 = diodo al silicio tipo 1N4003 - 1N4007
 - DZ1 = diodo zener da 5,1 volt 1/2 watt
 - TR1 = transistor NPN tipo 2N5210
 - TR2 = transistor NPN tipo 2N5210
 - TR3 = transistor NPN tipo 2N5210
 - TR4 = transistor NPN tipo BD139
 - TR5 = transistor PNP tipo BD140
 - TR6 = transistor NPN tipo BD137
 - TR7 = transistor NPN tipo BC182
 - TR8 = transistor PNP tipo BC212
 - TR9 = transistor Darlington tipo MJ3001
 - TR10 = transistor Darlington tipo MJ2501
 - L1 = vedi articolo
 - S1 = commutatore a 1 via 2 posizioni
- Altoparlante da 4 o da 8 ohm

abbiamo rilevato direttamente su alcuni prototipi realizzati con componenti non selezionati in modo che ciascuno di voi possa farsi un'idea ben precisa delle prestazioni che esso può fornire sia che venga impiegato singolarmente, sia in due esemplari abbinato al preamplificatore stereo.

Potenza d'uscita efficace massima = 60 watt (indifferentemente su un carico di 4 o di 8 ohm)

Potenza massima di picco = 120 watt (indifferentemente su un carico di 4 o di 8 ohm)

Potenza d'uscita musicale = 80 watt

Tensione di alimentazione = duale 40+40 volt (oppure 36+36 volt stabilizzati)

Assorbimento a riposo = 40-50 mA

Assorbimento alla massima potenza = 1,3 Amper con un carico di 8 ohm; 1,8 Amper con un carico di 4 ohm

Sensibilità per la massima potenza = 1 volt efficace su un carico di 8 ohm; 0,74 volt efficaci su un carico di 4 ohm

Rapporto segnale/rumore = maggiore di 80 dB

Impedenza d'ingresso = 30.000 ohm

Risposta in frequenza = + — 0,2 dB a 20 e a 20.000 Hz — 3 dB a 80.000 Hz

Distorsione armonica a 60 watt e 100 Hz = 0,08%

Distorsione armonica a 60 watt e 1.000 Hz = 0,07%

Distorsione armonica a 60 watt e 10.000 Hz = 0,08%

Distorsione armonica a 30 watt e 100 Hz = 0,06%

Distorsione armonica a 30 watt e 1.000 Hz = 0,04%

Distorsione armonica a 30 watt e 10.000 Hz = 0,05%

Come avrete avuto modo di rilevare da questa tabella la distorsione armonica del nostro amplificatore, anche alla massima potenza, non supera mai lo 0,08%, per scendere a valori inferiori allo 0,06% a potenza dimezzata: a questa caratteristica si aggiunge pure il vantaggio di poter applicare indifferentemente in uscita qualsiasi altoparlante con impedenza compresa fra un minimo di 4 ohm ed un massimo di 8 ohm.

Considerata poi l'alta sensibilità del circuito (è sufficiente un segnale di 1 volt efficace in entrata per ottenere la massima potenza) potrete applicargli in ingresso qualsiasi preamplificatore anche se è sconsigliabile, date le eccellenti caratteristiche possedute da questo amplificatore, utilizzare un « pre » scadente: per questo abbiamo ritenuto opportuno presentare su questo stesso numero della rivista il preamplificatore stereo tipo LX138 il quale gli si adatta in modo perfetto.

Applicando in uscita a tale preamplificatore due di questi « 60 watt » ed impiegando ovviamente ottime casse acustiche a due o tre vie, entrerete in possesso di un impianto stereo HI-FI di caratteristiche talmente eccezionali che andandolo ad acquistare in negozio vi costerebbe una cifra astronomica.

SCHEMA ELETTRICO

Osservando lo schema elettrico riportato in fig. 2 noteremo che il segnale applicato sulle bocche d'entrata dopo aver attraversato il partitore resistivo costituito da R1 ed R2 (rispettivamente da 2.700 e 27.000 ohm), viene applicato alla base del transistor TR1 (un 2N5210 di tipo NPN) il quale insieme a TR2 ad esso perfettamente identico forma un amplificatore differenziale.

Il transistor TR3 il cui collettore è collegato tramite le resistenze R5 ed R6 agli emettitori dei due transistor precedenti viene impiegato come « generatore di corrente costante » e serve, come dice la parola stessa, a mantenere costante la corrente di assorbimento dei due transistor del differenziale sotto ogni condizione di funzionamento.

Per ottenere questo la base di TR3 viene mantenuta costantemente ad una tensione positiva di valore ben determinato rispetto all'emettitore tramite il diodo zener DZ1 da 5,1 volt applicato fra tale base ed il ramo negativo di alimentazione (da notare che la tensione di 35 volt negativi che troverete sullo schema elettrico in corrispondenza della base di TR3 è da considerarsi riferita alla « massa »).

Impiegando un differenziale come stadio d'ingresso avremo il vantaggio di disporre di un circuito in grado di fissare automaticamente il guadagno dell'amplificatore sul valore più opportuno.

Come potrete infatti notare, mentre sulla base di TR1 è presente il segnale ancora da amplificare, la base di TR2 preleva, attraverso il partitore resistivo-capacitivo costituito da R8, R7 e C3, una frazione costante del segnale già amplificato per cui se questo supera il livello da noi prefissato la differenza di potenziale fra le due basi tenderà a diminuire e di conseguenza verrà automaticamente diminuito il guadagno del transistor TR1 mentre se tale segnale ha un'ampiezza inferiore a quella desiderata la differenza di potenziale fra le due basi aumenterà facendo aumentare proporzionalmente il guadagno di TR1.

In pratica quindi questi due transistor sono attraversati da correnti che si mantengono costanti nel tempo come somma, ma variano il loro rapporto a seconda della differenza di potenziale fra le due basi e, precisamente, se sulla base di TR2 è presente un segnale di ampiezza uguale a quello presente sulla base di TR1, le correnti che attraversano i due transistor risulteranno similari, mentre se sulla base di TR2 è presente un segnale di ampiezza maggiore rispetto a quello applicato sulla base di TR1, la corrente che attraversa il

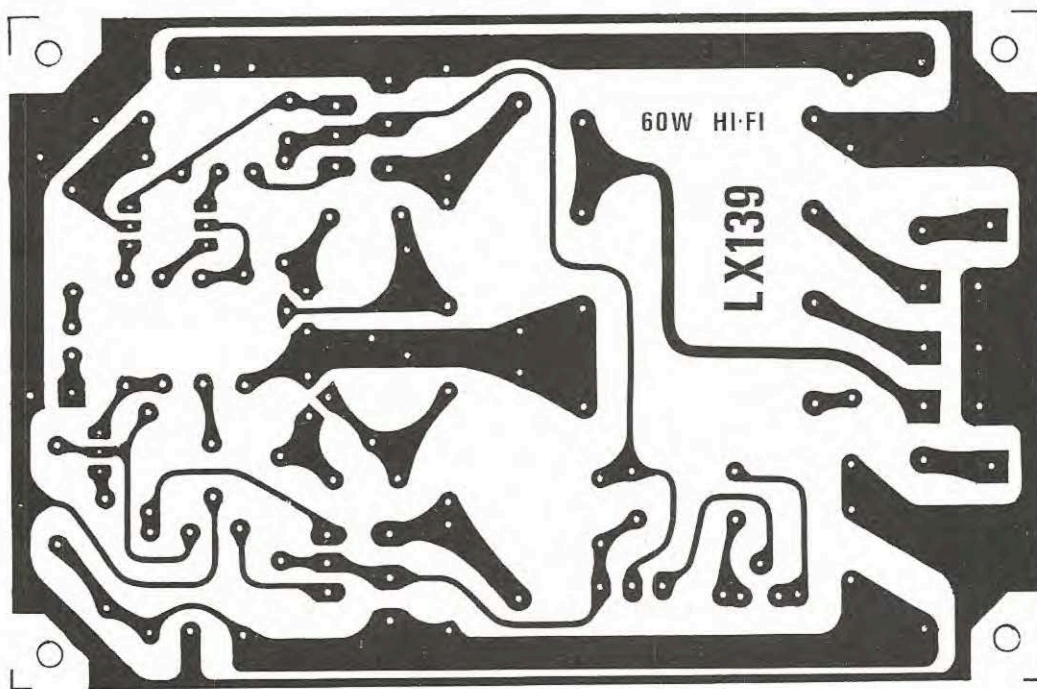


Fig. 3 Circuito stampato a grandezza naturale necessario per la realizzazione dell'amplificatore Hi-Fi da 60 watt efficaci. Questo circuito è contraddistinto dalla sigla LX139, è in fibra di vetro e reca impresso, sull'altra faccia, il disegno serigrafico dei componenti nella posizione in cui debbono essere montati.

primo transistor aumenterà di una certa quantità e della stessa quantità verrà diminuita la corrente che attraversa il secondo in quanto, come abbiamo detto in precedenza, i due transistor sono alimentati da un generatore di corrente costante.

A fissare la potenza massima di questo amplificatore in 60-80 watt è il partitore resistivo costituito dalle resistenze R8 ed R7 in quanto sarebbe in pratica sufficiente diminuire il valore di R7 per ottenere un guadagno maggiore (infatti, così facendo, si diminuirebbe la frazione del segnale d'uscita riportata in ingresso) oppure aumentarlo per limitare la potenza: consigliamo comunque di non apportare modifiche sui valori da noi prestabiliti per non pregiudicare le caratteristiche dell'amplificatore. Un analogo discorso vale per il condensatore C3 la cui capacità è stata da noi prescelta per ottenere un'ottima risposta sui « bassi » quindi, modificandone il valore, si muterà sostanzialmente la banda passante dell'amplificatore. Per questo ripetiamo ancora una volta che i valori di R7-R8 e C3 vanno rispettati fedelmente.

Le resistenze R5 ed R6 (entrambe da 10 ohm) che troviamo applicate fra l'emettitore di TR1 e

TR2 ed il collettore di TR3 servono per introdurre una piccola controreazione tendente a minimizzare le inevitabili differenze costruttive fra i due transistor del differenziale: in tal modo questo stadio fornirà un rendimento più che sufficiente anche se TR1 e TR2 presentassero caratteristiche abbastanza diverse a causa delle tolleranze.

Continuando nell'analisi del nostro schema elettrico noteremo poi che il segnale opportunamente amplificato dal transistor TR1 viene applicato alla base del transistor TR5 il quale funge da amplificatore in tensione.

Anche la corrente di riposo di questo transistor viene mantenuta costante da un « generatore di corrente costante » e precisamente dal transistor TR4 la cui base è polarizzata ad un valore fisso di tensione dallo stesso zener DZ1 che alimenta la base di TR3 attraverso il partitore resistivo costituito da R11 ed R12 rispettivamente da 1.500 e 680 ohm.

In pratica quindi sulla base di TR4 sarà presente una tensione pari a circa 1/3 quella di zener, cioè pari a circa 1,7 volt positivi rispetto al negativo di alimentazione (oppure a -38,3 volt rispetto a massa).

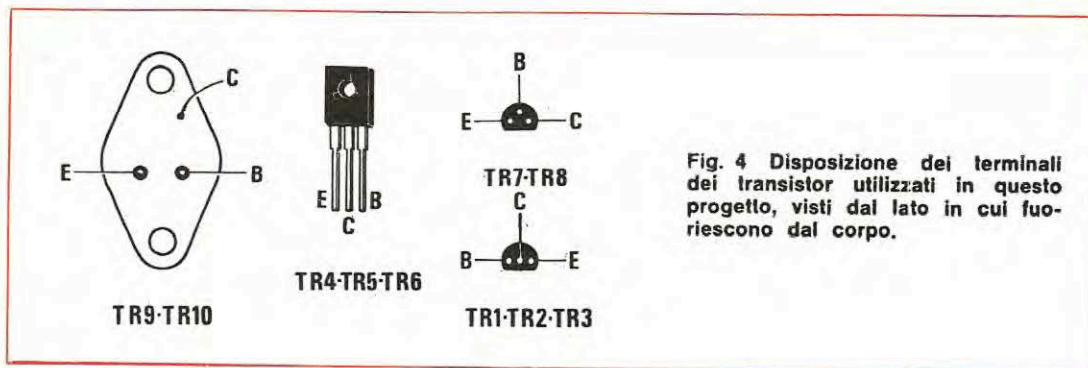


Fig. 4 Disposizione dei terminali dei transistor utilizzati in questo progetto, visti dal lato in cui fuoriescono dal corpo.

I transistor TR4 e TR5 da impiegare in questo schema debbono risultare di media potenza con una VCEO di almeno 80 volt e poiché essi formano una coppia complementare consigliamo di utilizzare per TR4 un NPN tipo BD139 e per TR5 un PNP tipo BD140.

Dal collettore di TR5 preleveremo il segnale da applicare alla base dei due Darlington finali TR9 e TR10, i quali provvederanno ad amplificarlo fino al punto voluto agendo il primo sulle semionde positive ed il secondo su quelle negative. La differenza di potenziale esistente fra le basi di questi due transistor e quindi la corrente da essi assorbita « a riposo » può essere variata a piacimento agendo sul trimmer R16 il cui cursore è collegato alla base del transistor TR6.

Ruotando infatti tale trimmer da un estremo all'altro noi polarizzeremo più o meno la base di TR6 e di conseguenza faremo variare la tensione collettore-emettitore del transistor la quale in pratica non è altro che la differenza di potenziale fra le basi dei due Darlington.

In altre parole il transistor TR6 viene impiegato come « moltiplicatore di VBE » in quanto il valore della tensione collettore-emettitore si ottiene moltiplicando la VBE per un fattore costante determinato dalla posizione assunta dal cursore del trimmer R16: tale fattore può essere variato a piacimento, entro determinati limiti, agendo appunto su tale trimmer.

In pratica, come spiegheremo in fase di taratura, il trimmer andrà regolato in modo da ottenere in assenza di segnale (amplificatore a riposo) un assorbimento di corrente di circa 40-50 mA.

Poiché durante il funzionamento dell'amplificatore i due Darlington finali logicamente si riscalderanno, la loro tensione base-emettitore (VBE) tenderà a diminuire per cui, se la VCE di TR6 rimanesse costante, si avrebbe un progressivo aumento della corrente di collettore di TR9 e TR10, au-

mento che deve necessariamente essere controllato per evitare l'effetto « valanga » il quale porterebbe ad un'immediata distruzione dei due finali. Per ottenere questo, cioè per limitare l'aumento della corrente di collettore dei due Darlington entro valori assolutamente tollerabili, il transistor TR6 dovrà essere montato, come vedesi dallo schema pratico, sulla stessa aletta di raffreddamento utilizzata per dissipare il calore prodotto dai due « finali ». Così facendo anche questo transistor sarà influenzato dalla medesima variazione termica che interessa TR9 e TR10 per cui anche la sua VBE tenderà a diminuire riducendo di conseguenza la differenza di potenziale fra le basi dei due Darlington in modo che complessivamente l'assorbimento a « riposo » di tali transistori si manterrà sempre all'incirca sui valori iniziali. L'altoparlante, come abbiamo già accennato, può essere indifferentemente da 8 o da 4 ohm fermo restando che utilizzando un altoparlante da 8 ohm il limite massimo della potenza erogabile viene fissato dalla tensione di alimentazione (la quale non permette di superare i 100 watt efficaci) mentre utilizzando un altoparlante da 4 ohm tale limite viene determinato dalla « protezione elettronica contro i cortocircuiti » costituita dai transistor TR7 e TR8 i quali non permetteranno all'amplificatore di erogare una corrente d'uscita superiore ai 5 amper (efficaci).

Per poter capire il funzionamento di questa « protezione » è necessario fissare l'attenzione sul gruppo di resistenze R18, R19 ed R20 (R21, R22 ed R23 per l'altra semionda) applicate fra l'emettitore dei Darlington e l'uscita e più precisamente analizzare attentamente i valori di queste resistenze. Noterete subito che R20 ed R22 risultano di soli 0,47 ohm e poiché esse sono poste in parallelo rispettivamente ad R18-R19 e a R21-R23, resistenze queste di valore molto più elevato, ne discende che la quasi totalità della corrente di

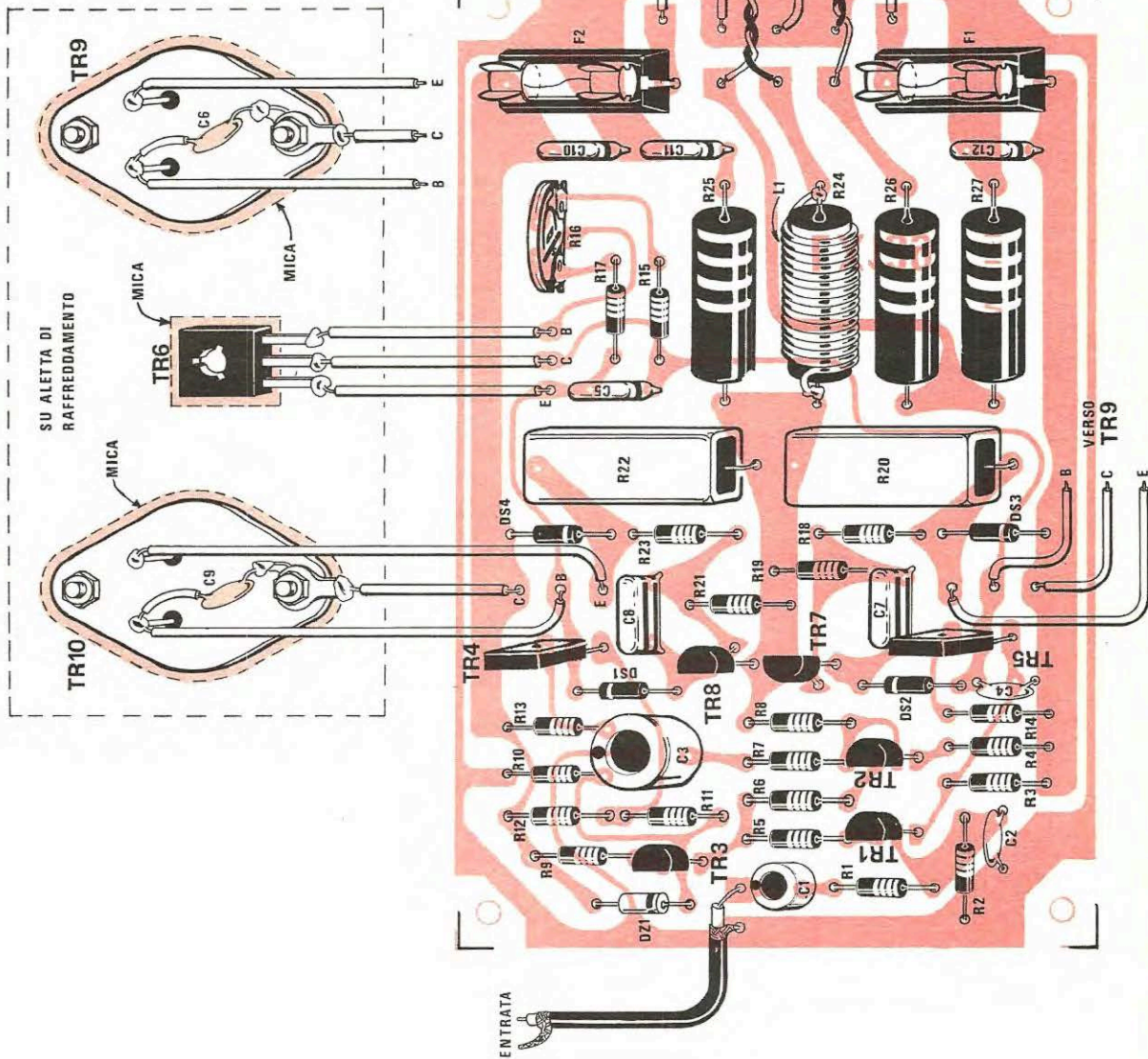


Fig. 5 Schema pratico di montaggio dell'amplificatore LX139. Si notino i fusibili posti sulla destra del circuito e la bobina L1 avvolta sulla resistenza R24. I transistor TR6-TR9 e TR10 vanno montati sopra ad un'aletta di raffreddamento, isolandoli con le apposite miche. I condensatori C6 e C9 debbono venire applicati direttamente sui terminali dei transistor TR9 e TR10 per evitare che questi autooscillino su frequenze ultrasoniche.

collettore di TR9 e TR10 passerà esclusivamente attraverso R20 ed R22 determinando ai loro capi una certa differenza di potenziale. La stessa differenza di potenziale sarà presente, per ovvii motivi, ai capi della serie R18-R19 ed R21-R23 e di conseguenza la VBE di TR7 e TR8 sarà pari a circa 1/3 di questa differenza di potenziale, come stabilito dal rapporto di valori esistente fra R18 ed R19 e fra R21 ed R23.

Le basi di questi due transistor risulteranno quindi più o meno polarizzate a seconda dell'entità del segnale d'uscita e più precisamente se questo dovesse superare i limiti prestabiliti con possibilità di mettere fuori uso qualche componente, TR7 e TR8 verranno polarizzati sufficientemente per entrare in « conduzione ». In tal modo diminuirà la tensione sulla base dei due Darlington e conseguentemente si avrà una diminuzione automatica del grado di amplificazione in modo da evitare la distruzione di questi componenti.

I diodi DS1 e DS2 posti in serie sul collettore dei due transistor TR7 e TR8 servono per evitare che gli stessi possano condurre in senso inverso, condizione questa che altrimenti potrebbe facilmente verificarsi. Anche i due diodi DS3 e DS4, che troviamo invece applicati in parallelo fra l'emittitore ed il collettore dei due Darlington, sono utili per impedire che una corrente inversa li attraversi nel semiperiodo in cui ognuno di essi è interdetto.

Abbiamo così previsto sul nostro amplificatore una duplice protezione estremamente necessaria considerata l'elevata potenza e le tensioni impiegate.

A questo punto sarà pure utile precisare quale funzione svolgono nel circuito il gruppo di componenti costituito da L1, R24, R25 e C11. Ricorderemo quindi che in uscita ad ogni amplificatore di potenza viene sempre collegato un trasduttore (vedi altoparlante o cassa acustica) in grado di trasformare il segnale elettrico nell'equivalente segnale acustico e che questo carico che noi gli applichiamo non è resistivo come alcuni credono, bensì misto (cioè di tipo induttivo-capacitivo) per cui il suo valore ohmico d'impedenza diminuisce all'aumentare della frequenza. Per compensare queste variazioni d'impedenza ottenendo così un'eguale risposta a tutte le frequenze della banda passante è necessaria la presenza di un circuito di compensazione che nel nostro caso è appunto costituito da L1, R24, R25 e C11. Per terminare ricorderemo che nel nostro amplificatore è prevista anche una presa per « cuffia » e che il deviatore S1 provvederà, a seconda della sua posi-

zione, a trasferire il segnale ora all'altoparlante ora alla cuffia stessa.

REALIZZAZIONE PRATICA

Per la realizzazione di questo amplificatore da 60 watt è necessario il circuito stampato denominato LX139 visibile a grandezza naturale in fig. 3: su tale circuito, in fibra di vetro, dovremo montare i necessari componenti seguendo lo schema pratico di fig. 5 e questa operazione risulterà estremamente facilitata dal fatto che sul circuito stampato stesso, troveremo impressa, con vernice indelebile, la sagoma dei vari componenti completa della relativa siglatura.

In tal modo, anche se già lo schema pratico che noi presentiamo sulla rivista dovrebbe mostrarvi inequivocabilmente come dovrete disporre i vari transistor affinché i loro terminali E-B-C risultino inseriti esattamente sulla pista loro riservata, il disegno impresso sul circuito stampato dissiperà ogni più piccolo dubbio residuo, eliminando ogni possibilità di errore.

Va infatti tenuto presente che i transistor TR1-TR2 e TR3, pur avendo un involucro similare a TR7 e TR8, hanno i terminali disposti secondo una diversa configurazione (come vedesi in fig. 4), per cui, servendosi esclusivamente dello schema pratico, questo particolare sarebbe potuto sfuggire, mentre esso risulta ben evidenziato sul disegno serigrafico.

Altri transistor per i quali è possibile commettere un errore nell'inserirli sul circuito stampato sono TR4 e TR5 ma anche per essi, osservando attentamente lo schema pratico, noteremo subito che la parte metallica dell'involucro (ricordiamo che un lato di questi transistor è provvisto di un riporto metallico mentre il lato opposto è tutto di plastica) è rivolto verso le resistenze di potenza R22 ed R20 e questo sarà sufficiente a non farci cadere in errore.

Stabilita la posizione che debbono assumere i vari transistor finora elencati riteniamo non si debba più ripetere di far attenzione alla polarità degli elettrolitici e dei diodi in quanto questa dovrebbe ormai essere cosa nota a tutti i nostri lettori.

Ciò che vorremmo invece dirvi è di eseguire un montaggio perfetto e per montaggio perfetto intendiamo collocare le resistenze nel circuito piegandone preventivamente i terminali a L con un becco di pinza in modo da ritrovarle poi ben disposte con eguale lunghezza di terminale libero sia da un lato come dall'altro. Tutte le resistenze dovranno risultare appoggiate al circuito stampato

fatta eccezione per quelle di potenza che dovranno invece essere mantenute distanziate da esso quel tanto che basta per ottenere una circolazione dell'aria onde evitare una « cottura » dello stesso circuito.

Abbiamo detto « quel tanto » intendendo 2 o 3 mm al massimo e non 3 o 4 cm come ci capita spesso di vedere.

Rispettando un po' l'estetica farete più bella figura con gli amici e faciliterete eventuali future riparazioni in quanto è ovvio che collocando un transistor tanto inclinato da far arrossire la torre di Pisa l'amplificatore funzionerà egualmente ma ben diverso è vedere un circuito con tutti i transistori perfettamente verticali e ad uguale altezza ed è anche molto più facile « metterci le mani » nei caso in cui qualche componente si guasti.

Anche sulle stagnature siamo costretti a ripetere quanto già detto più volte, cioè non usate la tecnica di fondere lo stagno sul saldatore per poi riportarlo sul circuito stampato in quanto così facendo otterrete sempre saldature fredde e imperfette.

Appoggiate invece il saldatore sulla pista di rame in prossimità del terminale da stagnare quindi avvicinate lo stagno a tale pista lasciando che il calore di questa lo fonda assieme al disossidante di cui internamente è provvisto.

Solo così infatti il disossidante ha la possibilità di eliminare sul terminale e sul rame della pista eventuali tracce di ossido e questo lo potrete constatare vedendo lo stagno spandersi come una goccia d'olio sul circuito stampato e vedendo pure, a operazione ultimata, una saldatura lucida e non opaca e rugosa come taluni sono soliti fare.

Se notate poi che i terminali delle resistenze o dei condensatori sono neri per la presenza di ossido, prima di inserirli nel circuito puliteli con tela smeriglio; così facendo impiegherete sicuramente un tempo maggiore per completare il montaggio, ma avrete anche la certezza che a montaggio ultimato l'amplificatore funzionerà subito e bene.

Ritornando al nostro schema pratico di fig. 5, potremo notare che la bobina L1 (meglio chiamarla impedenza) risulta avvolta sopra la resistenza R24: quest'operazione dovrà essere eseguita dai vostri stessi e per far ciò sarà sufficiente utilizzare il filo di rame da 1 mm presente nella scatola di montaggio avvolgendone sopra l'involucro di R24 n. 13-14 spire.

I due estremi di tale impedenza andranno poi stagnati sui reofori laterali di R24 ricordando però che il filo di rame è ricoperto di vernice isolante per cui, per poterlo stagnare, dovremo prima ra-

schiare con tela smeriglio o con qualsiasi altro abrasivo questa patina esterna.

Sulla destra del circuito monteremo infine i due supporti per fusibili F1 ed F2 quindi provvederemo a saldare i fili di alimentazione e quelli che dal circuito vanno al commutatore a levetta S1 e da questo all'altoparlante.

Usate a tale proposito del filo flessibile isolato in plastica avente una sezione di almeno 0.80 mm per quanto concerne le connessioni dell'altoparlante e di 1 mm per i collegamenti relativi all'alimentazione: ricordiamo infatti che l'amplificatore assorbe alla sua massima potenza 1,8 amper e che tale corrente deve poter scorrere nel filo senza alcuna resistenza.

Per completare il montaggio mancheranno solo i transistor finali (cioè TR9 e TR10) i quali non possono trovare posto sul circuito stampato perché hanno bisogno di essere raffreddati quindi debbono necessariamente venire sistemati sopra un'aletta di raffreddamento di almeno 500 cm quadrati di superficie. Tale aletta potrà essere applicata sulla parte posteriore del mobile per una lunghezza di circa 10-15 cm oppure, se non disponete di un'unica aletta di queste dimensioni, potrete sempre utilizzarne due separate, una per ogni transistor.

Nel primo caso o nell'altro sarà comunque sempre consigliabile isolare i transistori dall'aletta stessa utilizzando le apposite miche reperibili presso i negozianti del settore e le relative rondelle per le viti di fissaggio.

Anche il transistor TR6, come abbiamo detto, dovrà essere montato su questa aletta in modo da risultare influenzato dal calore prodotto dai transistori TR9 e TR10 durante il loro funzionamento. In particolare esso andrà collocato con la sua parte metallica appoggiata sull'aletta interponendo ancora una volta fra le due superfici a contatto l'apposita mica isolante.

Consigliamo inoltre di applicare tale transistor molto vicino ad uno dei due finali perché solo così potrà avvertirne più velocemente le variazioni di temperatura: se infatti noi lo applicassimo al centro dell'aletta, specialmente nel caso in cui i due Darlington vengano posti alle estremità della medesima, tali variazioni lo interesserebbero con un certo ritardo ed il suo « intervento » protettivo non sarebbe più repentino come invece dev'essere.

Se poi impiegherete due alette di raffreddamento anziché una sola il transistor TR6 andrà applicato su una delle due indifferentemente purché si abbia ancora la precauzione di tenerlo molto vicino al corrispondente transistor finale.

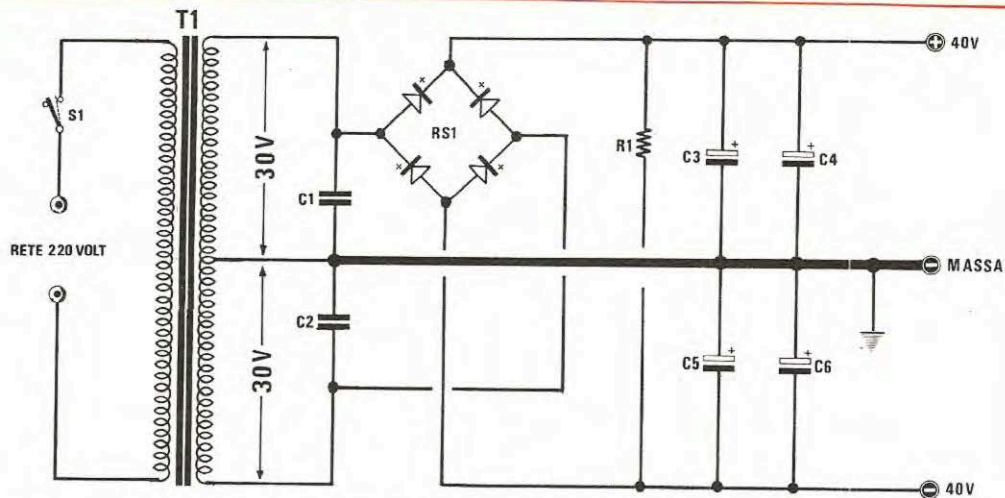


Fig. 6 Schema elettrico dell'alimentatore duale necessario per questo amplificatore da 60 watt. Il trasformatore T1 dovrà erogare 1,8 amper per un solo amplificatore e 3,6 amper per uno stereo.

COMPONENTI ALIMENTATORE

R1 = 3.300 ohm 3 watt
 C1 = 100.000 pF poliestere
 C2 = 100.000 pF poliestere
 C3 = 2.200 mF elettrolitico 50 volt
 C4 = 2.200 mF elettrolitico 50 volt

C5 = 2.200 mF elettrolitico 50 volt
 C6 = 2.200 mF elettrolitico 50 volt
 RS1 = ponte raddrizzatore B80C5000 (due in parallelo per lo stereo)
 T1 = trasformatore con secondario da 30+30 volt—120 watt (200 watt per lo stereo)
 S1 = interruttore di rete

Consigliamo infine, prima di collegare i terminali di questi transistor al circuito stampato, di controllare con un ohmetro che non esistano cortocircuiti tra l'involucro del transistor stesso e l'aletta di raffreddamento: questa potrà sembrare una precauzione inutile però se per un motivo qualsiasi esistesse un corto, applicando tensione all'amplificatore fareste saltare i fusibili.

Cercate pure di non sbagliare a collegare i terminali dei due Darlington al circuito stampato (nel disegno di fig. 4, a sinistra, viene mostrato quale è il terminale E, quale il B e quale il C) e ricordate che per i collegamenti dei collettori e degli emettitori si dovrà utilizzare del filo di rame ricoperto in plastica del diametro di 1 mm mentre per il solo collegamento della base sarà sufficiente un filo sempre ricoperto in plastica del diametro di 0,25 mm. Come ultimo avvertimento vi ricordiamo che i condensatori C9 e C6 collegati tra le basi dei Darlington e i rispettivi collettori devono necessariamente essere fissati sui terminali, come vedesi nel disegno pratico, e che non è assolutamente possibile, come qualcuno potrebbe supporre, inserirli sul circuito stampato.

Noi stessi avevamo tentato questa esperienza

ma anche utilizzando per le connessioni fra circuito stampato e TR9-TR10 del filo cortissimo, tali transistor immancabilmente autooscillavano su frequenze elevate per cui, anche se nelle caratteristiche tecniche di questi Darlington la cosa non viene indicata, possiamo affermare per provata esperienza che non adottando tale artificio essi avranno tendenza ad autooscillare quindi non solo provocheranno in uscita un segnale distorto, ma provocheranno pure un surriscaldamento del transistor anche in assenza di segnale.

Non tentate quindi di inserire questi condensatori sul circuito stampato ma solo ed esclusivamente sui terminali B-C dei due Darlington.

ALIMENTATORE

Come avrete potuto notare questo amplificatore da 60 watt richiede, per la sua alimentazione, una tensione duale di 40 volt, cioè una tensione di 40 volt positivi rispetto alla massa ed una seconda di 40 volt negativi sempre rispetto alla massa.

Un tale alimentatore, come vedesi in fig. 6, può essere realizzato impiegando un trasformatore da 200 watt provvisto di un secondario in grado di

erogare 30 + 30 volt, 3,5 amper, un semplice ponte raddrizzatore da 80 volt/3,5-5 amper (B80C5.000) e quattro grossi elettrolitici.

Tale alimentatore può servire anche per due amplificatori contemporaneamente purché il ponte raddrizzatore, come spiegheremo più avanti, venga raffreddato tramite un'opportuna aletta ricavata da un ritaglio di lastra di alluminio.

Una soluzione migliore per coloro che vorranno impiegare l'amplificatore alla massima potenza su un gruppo « stereo », sarà comunque quella di utilizzare due ponti raddrizzatori in parallelo (da notare che il circuito stampato che noi vi forniremo è già predisposto per riceverli entrambi proprio in previsione di questa evenienza) oppure, ancora meglio, realizzare un alimentatore separato per ciascun canale utilizzando un solo trasformatore cioè provvedere ciascuno dei due amplificatori di un proprio ponte raddrizzatore e dei relativi condensatori di filtro.

Ovviamente questo aumenterà il costo della realizzazione ma in compenso avrete un amplificatore stereo più completo.

Il circuito stampato utile a realizzare l'alimentatore è siglato LX140 ed è visibile a grandezza ridotta in fig. 7: esso, come già accennato in precedenza, è predisposto per ricevere due ponti raddrizzatori (nel caso in cui si vogliano alimentare due amplificatori) ma ovviamente funziona in modo perfetto anche con un solo ponte raddrizzatore inserito in una qualsiasi delle due porzioni di ba-setta riservate a questo scopo.

Utilizzando un solo ponte raddrizzatore è an-

cora possibile alimentare due amplificatori contemporaneamente però in questo caso RS1 riscalderà alquanto quindi risulterà necessario raffreddarlo sfruttando lo spazio riservato al secondo ponte per applicarvi una lastra di alluminio ripiegata a L sulla quale fisseremo, con un'altra squadretta, il corpo del ponte raddrizzatore affinché l'aletta possa dissipare il calore da esso generato.

Se opterete per questa soluzione vi consigliamo di non utilizzare come aletta di raffreddamento un pezzo di lamiera ricavato da una scatola di « pelati Cirio » in quanto, così facendo, rovinereste tutta l'estetica dell'amplificatore declassandolo irrimediabilmente. Acquistando invece in una ferramenta un pezzo di trafilato ad L di alluminio o di ottone e ritagliandolo con cura in modo da adattarlo allo scopo otterrete un complesso che oltre ad essere più funzionale avrà anche una certa parvenza di professionalità.

Prima di collegare le uscite del trasformatore all'alimentatore controllate se il « centrale » va a finire direttamente sulla pista di massa in quanto altrimenti otterreste in uscita tensioni ben lontane dai valori richiesti.

Per i collegamenti tra l'alimentazione e l'amplificatore utilizzate del filo flessibile ricoperto in plastica del diametro di almeno 1 mm, utilizzando possibilmente tre diversi colori della guaina per poter distinguere il positivo dal negativo e quest'ultimo dal filo di massa: potreste ad esempio impiegare un filo rosso per il positivo, uno bleu per il negativo ed uno nero per la massa.

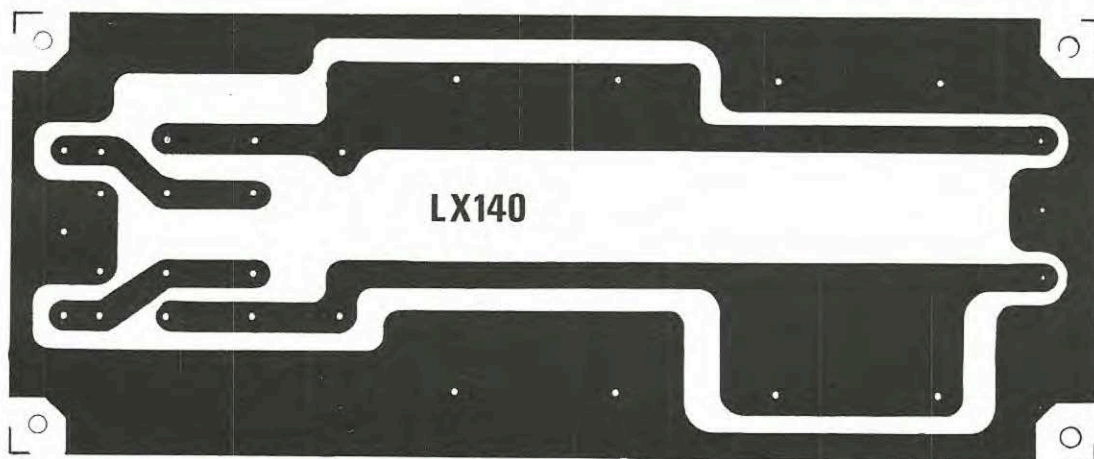


Fig. 7 Circuito stampato non a grandezza naturale (le dimensioni reali sono 19,5x8 cm) utile a ricevere i componenti della sezione alimentatrice. Su tale circuito possono venire montati indifferentemente uno o due ponti raddrizzatori B80.C5000 in modo da poter alimentare un solo amplificatore oppure un gruppo stereo.

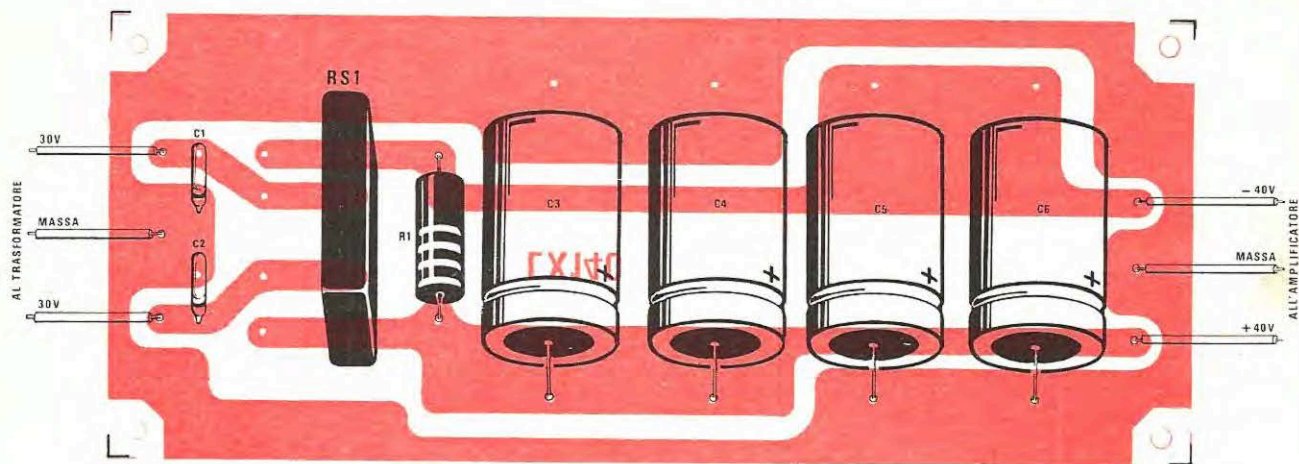


Fig. 8 Schema pratico di montaggio dello stadio alimentatore. Nel disegno è stato inserito un solo ponte raddrizzatore (RS1) pur potendo il circuito stampato contenerne due.

MESSA A PUNTO

L'amplificatore, una volta terminato, ha bisogno di una semplice ma necessaria regolazione per poterlo porre in condizione di lavorare al meglio delle sue caratteristiche.

Perciò, prima di collegarlo ad un preamplificatore quale potrebbe essere il modello LX 138 presentato su questo stesso numero della rivista e che, tra parentesi, gli si adatta perfettamente, dovremo regolare il trimmer R16 in modo che a riposo, cioè senza segnale in ingresso, l'amplificatore non assorba più di 50 mA.

Per ottenere questo sarà sufficiente collegare in serie sull'uno o sull'altro capo della tensione di alimentazione (cioè è indifferente se lo collegherete sul positivo o sul negativo di alimentazione) il vostro tester posizionato sulla portata 100 mA di fondo scala.

Applicato quindi in uscita un altoparlante o una resistenza a filo da 8 ohm/50 watt in modo da simulare il carico e cortocircuitato il cavetto schermato d'ingresso in modo che l'amplificatore non possa captare segnali esterni, collegheremo alla rete il primario del trasformatore di alimentazione quindi agiremo sul trimmer R16 fino a leggere sul milliamperometro un valore compreso fra 40 e 50 mA. Effettuata tale semplicissima taratura l'amplificatore sarà pronto per esplicare le sue funzioni.

Ovviamente dovremo ora togliere il milliamperometro in serie all'alimentazione oppure, se lo vorremo lasciare, dovremo posizionarlo su una portata di almeno 2,5 amper poiché se in uscita col-

legheremo un altoparlante da 8 ohm/60 watt la corrente massima assorbita si aggirerà sugli 1,2 amper per arrivare fino a 1,8 amper se l'altoparlante risulterà invece da 4 ohm.

COSTO DELLA REALIZZAZIONE

Il solo circuito stampato LX139 dell'amplificatore	L. 3.000
Tutto il materiale occorrente per l'amplificatore, cioè 1 circuito stampato LX139, 27 resistenze, 12 condensatori di cui due elettrolitici, 4 diodi al silicio, un diodo zener da 5,1 volt, 8 transistor più i 2 transistor Darlington, il filo per la bobina L1 ed un commutatore ad 1 via e 2 posizioni (escluso il solo altoparlante)	L. 18.800
Il solo circuito LX140 dell'alimentatore già predisposto per ricevere eventualmente due ponti raddrizzatori	L. 3.500
Tutto il materiale occorrente per l'alimentatore, cioè 1 circuito stampato LX140, una resistenza da 3.300 ohm 3 watt, 6 condensatori di cui 4 elettrolitici, 1 ponte raddrizzatore al silicio ed un interruttore di rete (escluso il trasformatore)	L. 7.900
Un trasformatore da 120 watt con secondario da 30+30 volt 2A	L. 13.800
Un trasformatore da 200 watt con secondario da 30+30 volt 3,5A	L. 15.000