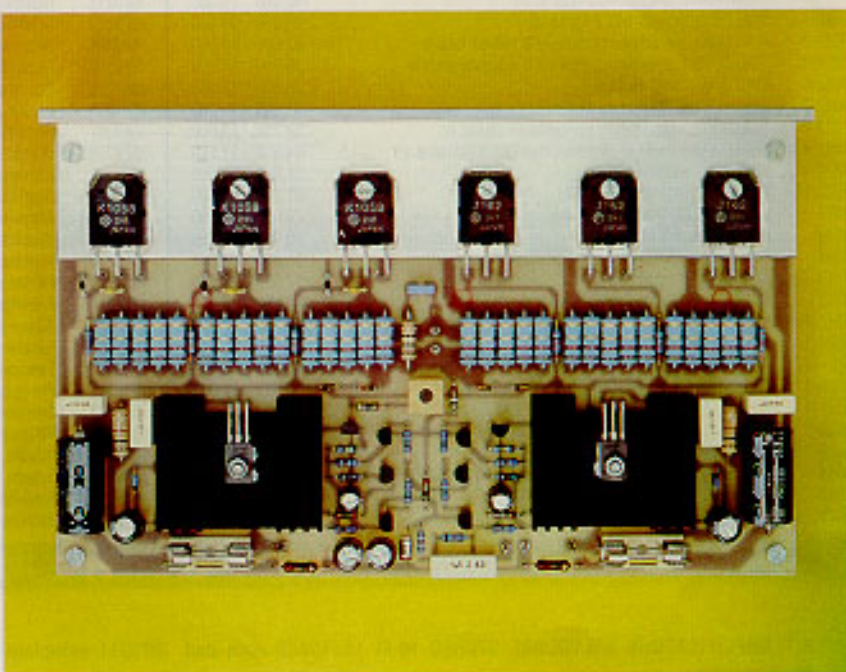


di L. SALA'

Amplificatore a MOSFET da 350 W RMS

Un vero mostro di potenza e di qualità che potrete costruire con le vostre mani senza spendere un capitale e con la certezza di un funzionamento eccezionale e immediato. Un booster "stratosferico" che darà nuova autorevolezza al vostro impianto hi fi di casa. E che molti, magari in silenzio, vi invidieranno parecchio.

Chi ha detto che far da sé in elettronica ormai non conviene più? Ecco, puntualmente, la prova del contrario. L'autocostruzione degli amplificatori di bassa frequenza, soprattutto di potenze importanti, permette un vero e cospicuo risparmio di denaro. Fino a non molti anni fa progettare e costruire un amplificatore da appena 100 W era un impegno tutt'altro che da poco. Erano so-



prattutto problematici gli aspetti legati alla possibilità di sopportare alte tensioni e alla velocità di commutazione dei semiconduttori di potenza. Queste caratteristiche sono molto importanti per ottenere prestazioni di vera alta fedeltà alle potenze molto elevate. Utilizzando i transistori MOSFET negli stadi finali, queste limitazioni non sussistono più. Dedicando poi qualche cura in più allo stadio di pilotaggio, che in questo progetto presenta caratteristiche veramente notevoli, si ottengono degli eccellenti risultati.

Sono dunque queste le peculiarità di un amplificatore da adulti, che unisce una buona riserva di potenza a ottime doti di fedeltà e affidabilità che ne fanno un modulo ideale per la sonorizzazione di

ambienti anche di discrete dimensioni; basti pensare ad esempio alla possibilità, utilizzando il kit IBF9113, di collegare a ponte due di questi amplificatori ottenendo un *dino-booster* da ben 700 W, quanto basta per mettere in piedi un concerto rock all'aperto. In ogni caso, a prescindere da ogni altra considerazione, con l'esigenza di trattare ampie estensioni dinamiche di sorgenti di segnale come strumenti musicali o lettori di CD, sorgenti con le quali gli amplificatori tendono facilmente a limitare i picchi, quanto maggiore è la riserva di potenza tanto più limpido rimarrà il suono. Quindi, anche se l'auditorium domestico è installato in un ambiente relativamente ristretto, dove è necessario un volume sonoro



gate-source della serie di MOSFET a canale N (T11, T12, T13). L'apparenza, ancora una volta, inganna: questi condensatori in realtà servono a migliorare le caratteristiche di complementarità dei MOSFET a canale N K1058 (T11/T13) rispetto ai loro omologhi a canale P di tipo J162 (T14/

T16) visto che per ragioni costruttive i MOSFET a canale N presentano capacità interne inferiori di quelli a canale P. Per quanto riguarda la scelta dei MOS finali, sono stati impiegati quelli di nuovo tipo in case ceramico, considerato che sono ottimi e che, fra l'altro, i corrispondenti modelli metallici non

verranno più prodotti dalla Hitachi.

Riprendendo la descrizione del circuito elettrico, notiamo in ingresso una rete passabanda di tipo resistivo-capacitivo costituita dal filtro passa alto C1-R1, avente frequenza di taglio di pochi Hz, che ha anche lo scopo di bloccare eventuali componenti continue presenti in ingresso, e dal passa basso R2-C2 avente frequenza di taglio di circa 100 kHz. E' questa rete che determina la banda passante dell'intero amplificatore, in quanto gli altri stadi avrebbero tutti frequenze di taglio potenzialmente superiori. Segue poi l'amplificatore vero e proprio il cui schema possiamo dividere in tre parti: preamplificatore, stadio pilota e stadio finale.

Il preamplificatore deve soprattutto garantire il necessario guadagno in tensione. Le sue caratteristiche in termini di distorsione e di risposta in frequenza influiscono molto sulla qualità complessiva, pertanto questo stadio dovrà essere particolarmente curato. Per questo motivo è stata scelta una configurazione a stadi differenziali complementari, T1-T2 e T3-T4, completi di generatori di corrente costante, rispettivamente T6 e T5. Una tale soluzione circuitale garantisce alta linearità e bassa cifra di rumore.

Lo stadio pilota, costituito dai transistori T7/T10, è in pratica un generatore ideale di corrente, ovviamente simmetrico, pilotato dai collettori di T1 e T3. Ognuno dei due rami complementari, T7-T8 e T9-T10, è collegato in configurazione *cascode* che consente di unire l'alto guadagno di T7 e T10 con la robustezza di T8 e T9. Ne risulta uno stadio pilota esente da fenomeni di saturazione il quale, essendo un generatore di corrente anziché un più classico amplificatore di tensione, assicura un'assoluta stabilità a tutto il sistema. Lo stadio finale è composto da tre coppie di MOSFET complementari collegati in parallelo. Il trimmer resistivo P1 serve a fissare l'opportuna corrente di polarizzazione dei finali che viene scelta intorno ai 100 mA per MOSFET, valore che essendo abbondantemente al di

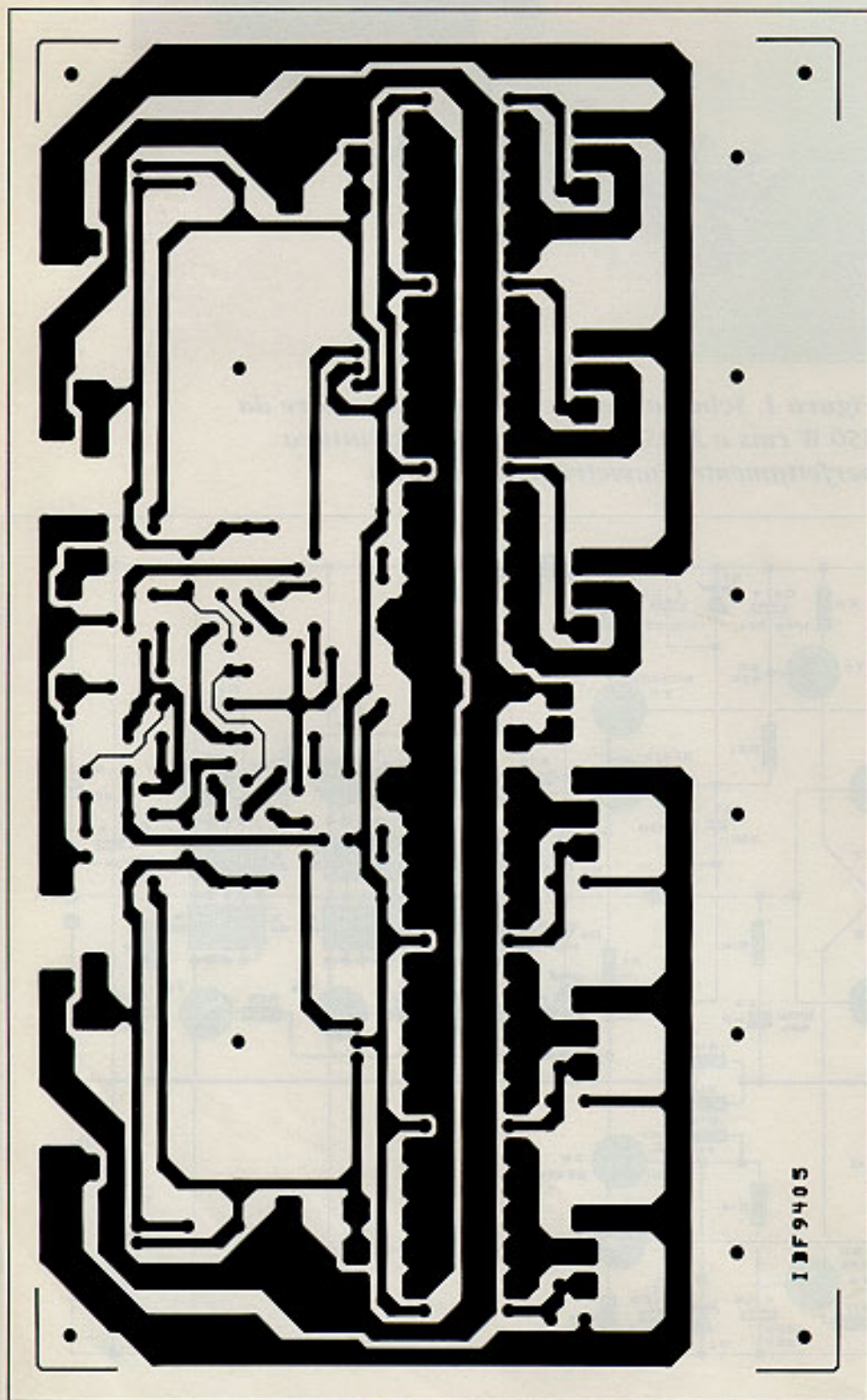


Figura 2. Circuito stampato dell'amplificatore da 350 W rms, in scala naturale.

sopra del minimo indispensabile assicura una distorsione di incrocio praticamente nulla. La resistenza R60 in serie al trimmer funge da protezione, in quanto garantisce una minima corrente di polarizzazione anche se si dovesse danneggiare il trimmer. Per scongiurare il pericolo di autooscillazioni ciascun MOSFET è stato provvisto del proprio resistore in serie al gate, R23/R28, e allo stesso scopo servono le resistenze da 1,2 Ω -1 W R29/R58. Queste ultime sono collegate in parallelo a gruppi di 5 tra i source di ogni MOS e l'uscita per ottenere una resistenza equivalente di 0,24 Ω -5 W con induttanza parassita molto bassa. Quest'ultima caratteristica non si sarebbe potuta ottenere con un unico resistore.

REALIZZAZIONE PRATICA

In Figura 2 si può vedere la traccia lato rame del circuito stampato e in Figura 3 lo schema pratico di montaggio con la disposizione dei componenti. Si è pensato bene di montare i MOSFET su un profilato di alluminio a "L" delle dimensioni di 4+4+20 cm solidale con il circuito stampato, anche se sarebbe anche stato possibile montarli direttamente sul dissipatore termico. Questo sistema, magari un po' più complicato, garantisce però un buon trasferimento termico verso il dissipatore e un'ottima solidità meccanica senza obbligare il costruttore a noiosi collegamenti tra il circuito stampato stesso e gli elementi di potenza, che potrebbero essere causa di malfunzionamento se non eseguiti con la massima cura. In effetti, la prima operazione da eseguire una volta in possesso del circuito stampato è proprio quella di forare il profilato avvalendosi dello stampato stesso per stabilire gli esatti punti di foratura. Si posiziona la "L" sulla basetta facendola sporgere di circa 5 mm e servendosi dei fori già pre-

senti si segnano con una matita i punti di foratura sull'alluminio. Si eseguono quindi i fori con una punta da 3,5 mm. In Figura 4 vi è comunque la dima di foratura in grandezza naturale quotata. A questo punto è possibile iniziare il montaggio dei componenti partendo dai più piccoli via via verso i più grandi

lasciando per ultimi T8 e T9 e i MOSFET. Riguardo ai primi, è bene spalmare del grasso al silicone nelle aree di contatto tra i transistori e i dissipatori per facilitare lo scambio di calore. Quindi, per montare i finali si fissa il profilato allo stampato, utilizzando le due viti laterali, e poi uno a uno si

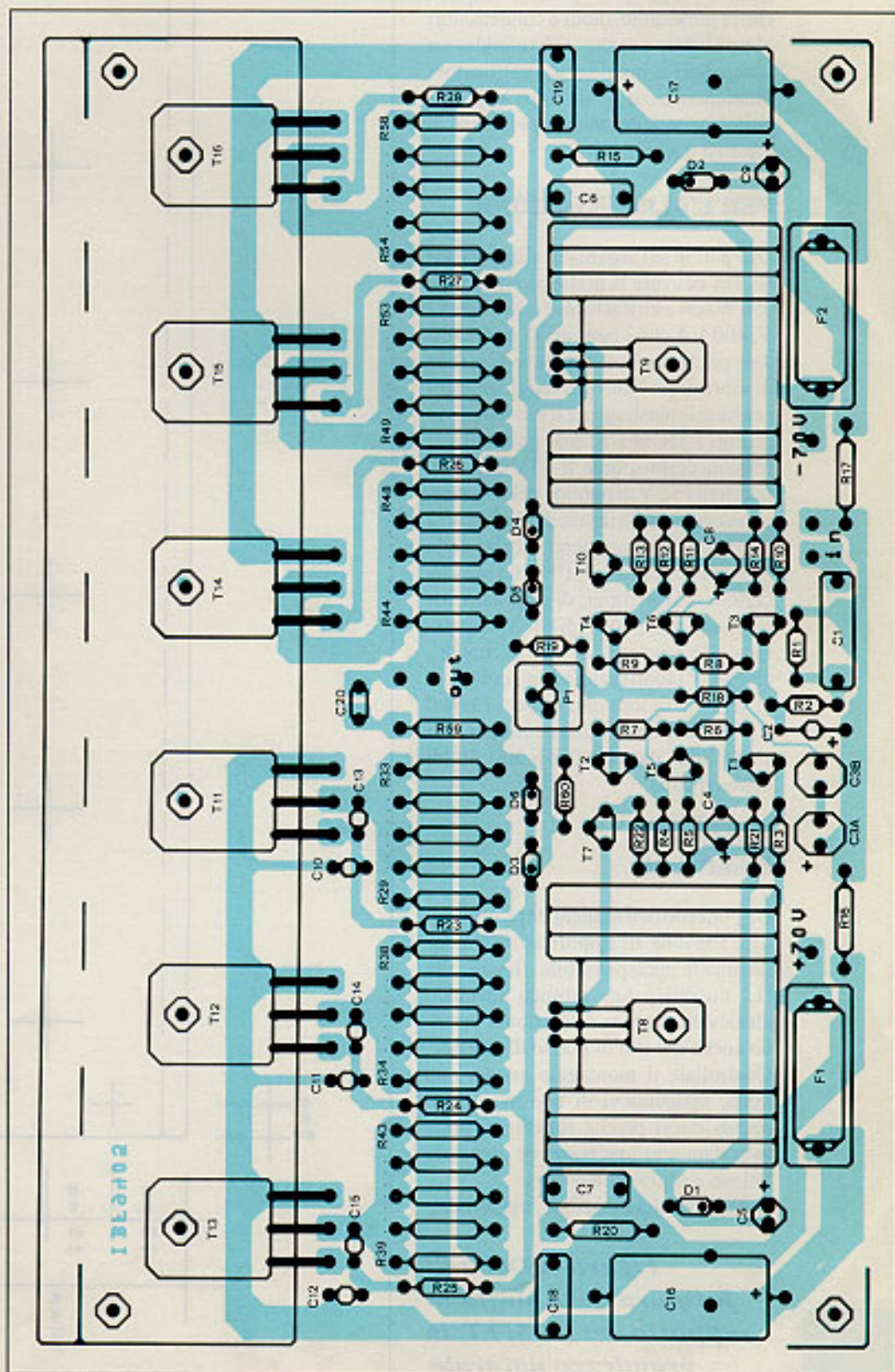


Figura 3. Disposizione dei componenti sul circuito stampato dell'amplificatore da 350 W rms.



fissano i MOSFET interponendo fra questi e l'alluminio l'apposita mica di isolamento e usando anche in questo caso abbondante grasso al silicone. La sequenza da seguire è dunque la seguente: alluminio, grasso, mica, grasso, MOS. Fate molta attenzione al corretto posizionamento dei componenti e a rispettare la polarità di quelli che la prevedono, diodi e condensatori elettrolitici, perché effettuando un montaggio scrupoloso l'amplificatore funzionerà bene subito dopo aver eseguito una semplicissima operazione di messa a punto.

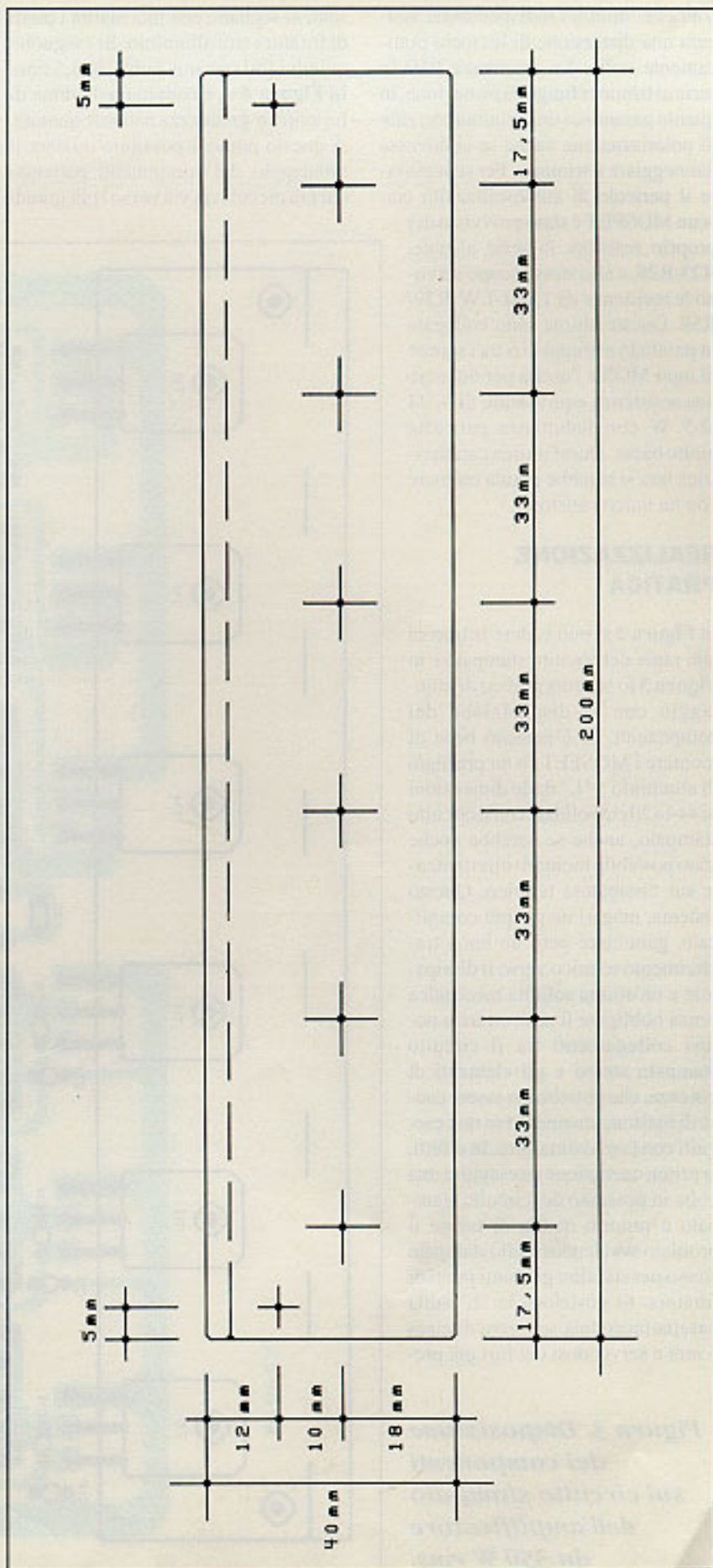
PER L'ALIMENTAZIONE

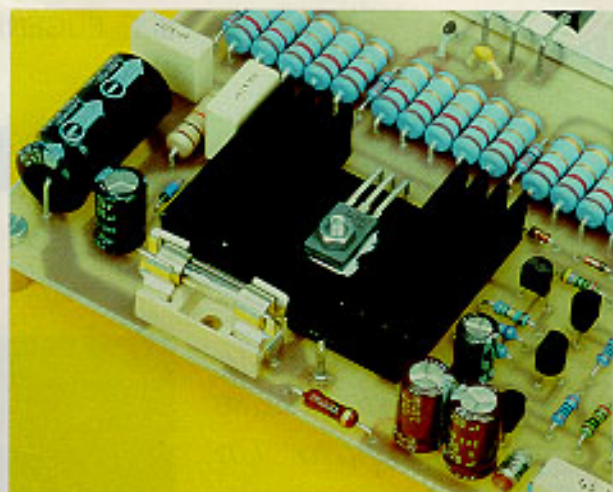
Due parole sul sistema di alimentazione. Per ricavare la massima potenza di 350 W serve un trasformatore da 52+52 V, 400 VA che è bene sia di tipo toroidale per la migliore qualità e l'assenza di vibrazioni. Non è consigliabile superare tale tensione per il secondario in quanto i MOSFET sono garantiti per tensioni drain-source di 80 V massimi. In effetti i 52 V di ognuno dei secondari, una volta raddrizzati, danno circa 73 V continui. Ammettendo sbalzi della tensione di rete di +/- 10%, un più che ragionevole margine di sicurezza, rimaniamo al di sotto di 80 V. Ovviamente le tensioni dei due secondari, una volta raddrizzate, vanno collegate in serie tra di loro ottenendo +73 V, 0 V, -73 V e filtrate con due condensatori elettrolitici da 10000 µF-100 V di buona qualità.

COLLAUDO E IMPIEGO

Disponendo dell'alimentatore, prima di dare tensione all'amplificatore è assolutamente indispensabile fissare alla "L" un dissipatore termico adeguato all'elevata potenza da dissipare facendo anche qui uso di grasso di silicone. Controllate il montaggio ancora una volta, assicuratevi di non aver commesso errori perché rimediarvi dopo aver dato tensione potrebbe diventare noioso e soprattutto costoso. Collegare l'alimentazione, togliere dal-

Figura 4. Dima di foratura della staffa di supporto dei MOSFET, in grandezza naturale.





le loro sedi i due fusibili F1, F2 e sostituirli con due resistenze da 10 Ω -1 W. Cortocircuitare i terminali di ingresso e ruotare a fine corsa in senso antiorario il trimmer P1, quindi dare tensione lasciando aperti i terminali di uscita. A questo punto si devono misurare, con il tester, le cadute di tensione ai capi delle due resistenze da 10 Ω che devono risultare entrambe di pochi mV. Si ruoti ora lentamente il trimmer in senso orario monitorando la tensione su una delle due resistenze fino a leggere 3 V. Ciò corrisponde a una corrente di riposo di 300 mA, 100 mA per ogni MOSFET. Verificare una caduta di 3 V anche sull'altra resistenza. Questo completa il collaudo. Si può ora

togliere l'alimentazione, ripristinare i fusibili e dare nuovamente tensione. A questo punto, collegando il tester ai terminali di uscita, si può rilevare la tensione di offset; nel prototipo di laboratorio era di soli 6 mV, tuttavia sono da considerarsi normali valori intorno

ai 20 mV.

Non si devono mai oltrepassare i 50 mV, se così accadesse è bene verificare il montaggio alla ricerca di qualche errore, a meno di non aver usato componenti di qualità scadente o con tolleranze troppo elevate.

ELENCO COMPONENTI

Tutti i resistori sono da 1/4W 1% a strato metallico se non diversamente specificato

- **R1:** resistore da 26,7 k Ω , 1%
- **R2:** resistore da 3,91 k Ω , 1%
- **R3-4-10-12:** resistori da 6,81 k Ω 1%
- **R5-11:** resistori da 5,62 k Ω 1%
- **R6/R9:** resistori da 150 Ω 1%
- **R13-22:** resistori da 75 Ω 1%
- **R14-21:** resistori da 2,21 k Ω 1%
- **R15-20:** resistori da 10 k Ω 1W
- **R16-17:** resistore da 22 Ω 1/2 W
- **R18:** resistore da 1 k Ω 1%
- **R19:** resistore da 30,9 k Ω 1%
- **R23/R28:** resistori da 221 Ω 1%
- **R29/R58:** resistori da 1,2 Ω 1 W
- **R59:** resistore da 10 Ω 1W
- **R60:** resistore da 470 Ω 1%
- **P1:** trimmer resistivo da 200 Ω , 1 giro
- **C1:** cond. da 1,5 μ F MKT, passo 15 mm
- **C2:** cond. poliestere da 330 pF
- **C3a-3b:** cond. elettrolitici verticali da 220 μ F 25V
- **C4-5-8-9:** cond. elettrolitici verticali da 100 μ F 25 V
- **C6-7:** cond. da 330 nF MKT 100 V, passo 10 mm
- **C10/C12:** cond. ceramici da 33 pF

- **C13/C15:** cond. ceramici da 330 pF
- **C16-17:** cond. elettrolitici da 100 μ F 100 V
- **C18-19:** cond. MKT da 220 nF 100 V, passo 10 mm
- **C20:** cond. MKT da 220 nF
- **D1-2:** diodi zener 3,9 V, 0,4 W
- **D3-4:** diodi zener 12 V, 0,4 W
- **D5-6:** diodi 1N4148 o equivalenti
- **T1-2-6:** transistori BC546B
- **T3-4-5:** transistori BC556B
- **T7:** transistori BC550C
- **T8:** transistori BF472
- **T9:** transistori BF471
- **T10:** transistori BC550C
- **T11/T13:** MOSFET di potenza tipo K1058
- **T14/T16:** MOSFET di potenza tipo J162
- **F1-2:** fusibili da 5 A con portafusibili per montaggio su c.s.
- **2:** dissipatori ad alette per T8 e T9
- **6:** miche di isolamento per T11/T16
- **1:** profilato a L in alluminio spesso 4 mm 40+40+200 mm (vedi figura)
- **1:** circuito stampato IBF9405
- -: minuterie metalliche diverse

ANCHE IN SCATOLA DI MONTAGGIO!

Questo progetto è disponibile anche scatola di montaggio. Ogni KIT comprende il circuito stampato e i componenti riportati nell'elenco. Prezzo del KIT IBF9405 L.180.000

Il solo circuito stampato IBF9405 L.29.000

I KIT e i circuiti stampati devono essere richiesti per telefono o per lettera alla ditta:

IBF - Casella Postale 154-37053 CERA (Verona)
Tel. 0442/30833

notevolmente inferiore a quello ottenibile con un amplificatore come questo, gli appassionati audiofili troveranno in questo progetto un valido strumento per appagare anche le più ardue esigenze di ascolto.

Abbiamo già visto che la potenza è di 350 W RMS su un carico di 4 Ω. Tra le altre caratteristiche: resistenza di ingresso > 25 kΩ, banda passante da 4Hz a 100 kHz e offset della tensione di uscita contenuto in circa 10 mV.

OSSERVIAMO LO SCHEMA

Osservando lo schema elettrico visibile in **Figura 1** ci si rende subito conto della pressochè perfetta simmetria del circuito. L'adozione di tale soluzione non è stata casuale: in questo modo, infatti, si eliminano completamente tutti i problemi di distorsione tipici degli amplificatori dal progetto non simmetrico. L'unica apparente differenza circuitale tra le due metà sembra essere la presenza dei condensatori C10/C15 in parallelo alle giunzioni gate-drain e

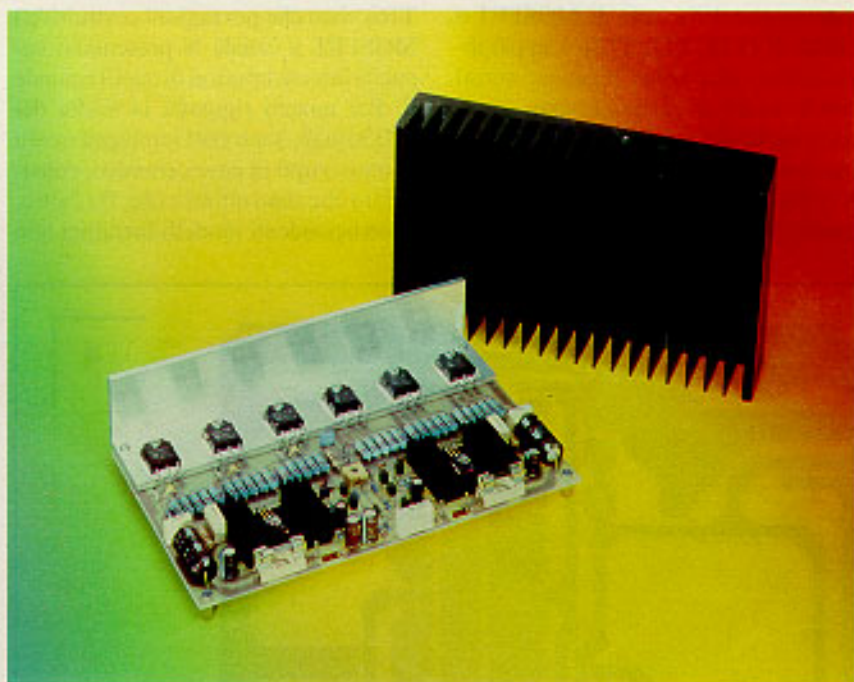


Figura 1. Schema elettrico dell'amplificatore da 350 W rms a MOSFET. Si osservi la struttura perfettamente simmetrica del circuito.

