

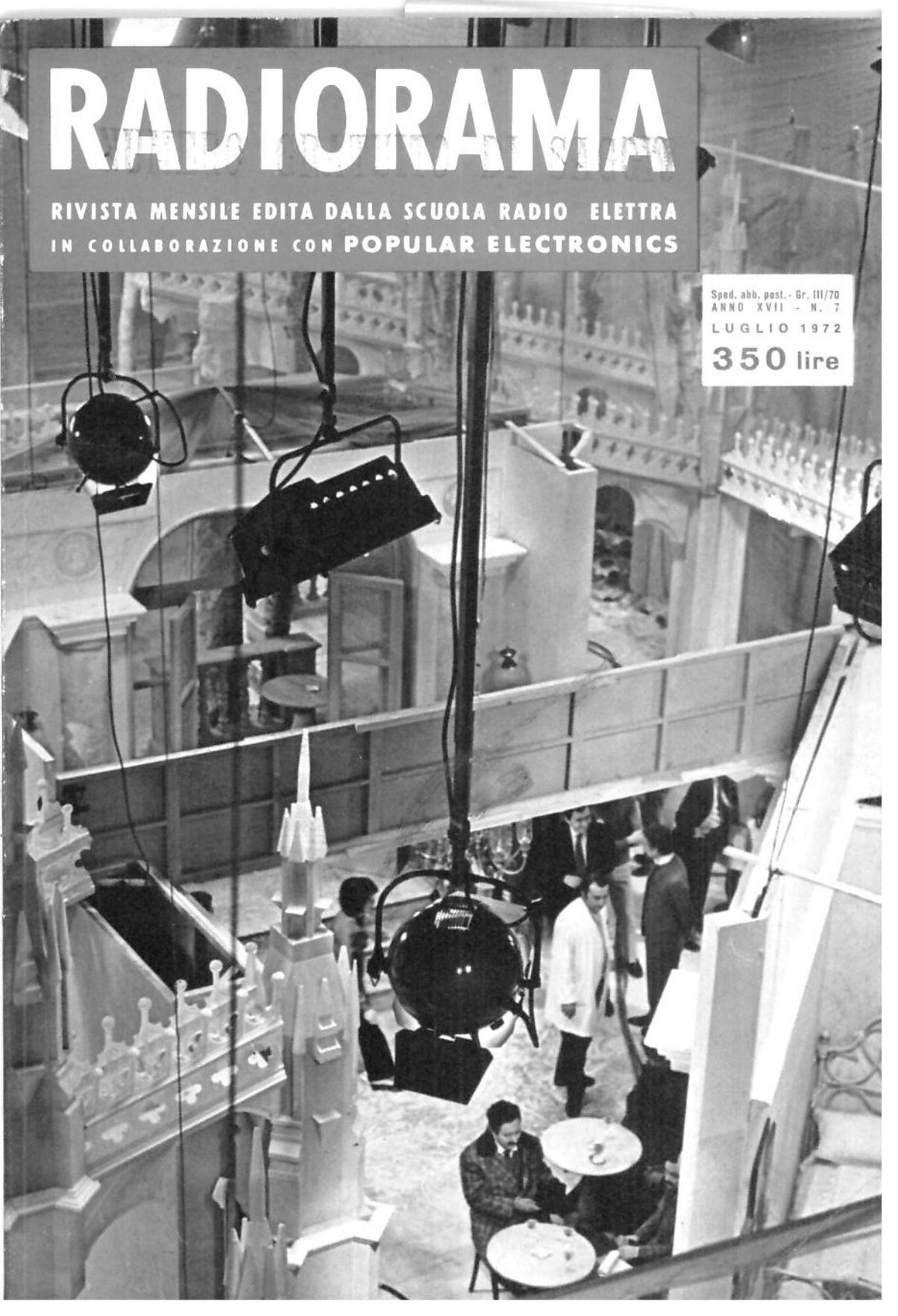
RADIORAMA

RIVISTA MENSILE EDITA DALLA SCUOLA RADIO ELETTRA
IN COLLABORAZIONE CON POPULAR ELECTRONICS

Sped. abb. post. - Gr. III/70
ANNO XVII - N. 7

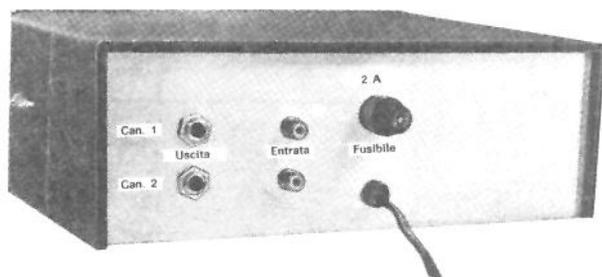
LUGLIO 1972

350 lire





IL MINI- TIGRE



UN AMPLIFICATORE DI POTENZA A DUE CANALI AUDIO AD ALTA FEDELITÀ

Per l'appassionato di alta fedeltà, che da un amplificatore di potenza elevata richiede prestazioni eccezionali, abbiamo descritto l'amplificatore "Tigre Universale". Ora, per coloro che in fatto di potenza hanno esigenze più modeste, descriviamo l'amplificatore "Mini-Tigre", parente prossimo del Tigre Universale.

Tranne ad avere una potenza d'uscita minore (30 W invece degli 80 W in 8 Ω del Tigre Universale), il Mini-Tigre ha le stesse prestazioni eccezionali del progetto precedentemente presentato. Usando però transistori d'uscita complementari in involucro plastico e che possono fornire una potenza più che adeguata per un normale ambiente domestico, il Mini-Tigre è più semplice e più economico.

Il circuito del Mini-Tigre è assolutamente stabile con qualsiasi tipo di entrata e di uscita. Lo stadio d'uscita è protetto contro un eccessivo assorbimento di corrente dallo stesso singolare circuito usato nel Tigre Universale. Questo circuito protegge l'amplificatore contro qualsiasi condizione di carico, dal cortocircuito al circuito interrotto, a qualsiasi frequenza della gamma audio. L'amplificatore può anche funzionare senza pericolo di danni con un carico capacitivo fino a 1 μ F in parallelo ad un carico di 8 Ω ed a qualsiasi frequenza della gamma audio.

Le caratteristiche di responso in frequenza, distorsione, rumore, ecc. sono abbastanza buone da rendere il Mini-Tigre adatto per sistemi anche "super". È assolutamente

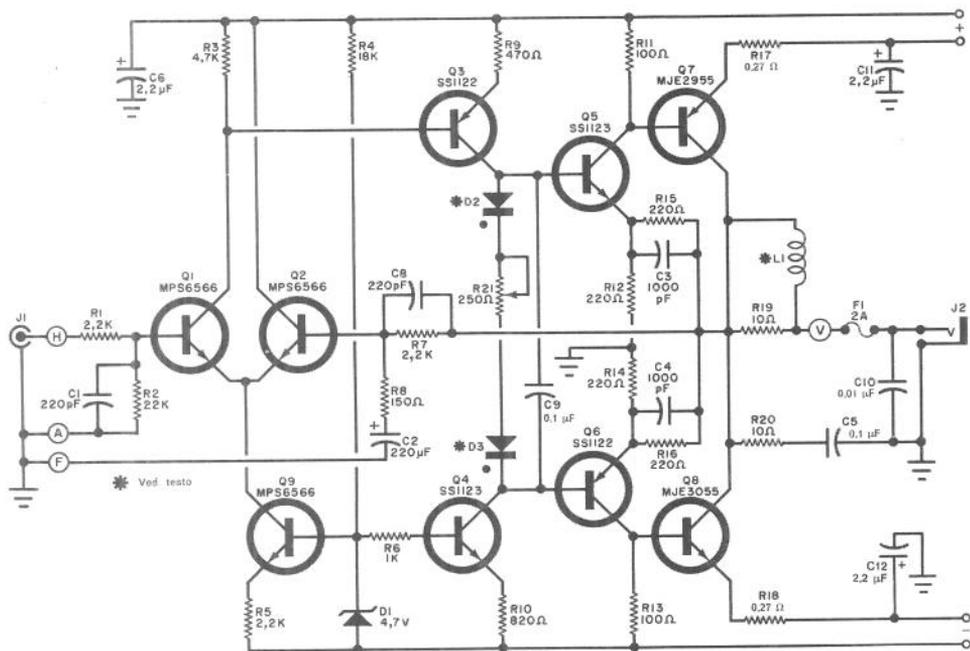


Fig. 1 - Per portare il responso in frequenza fin quasi alla c.c., in tutto l'amplificatore vengono usati accoppiamenti diretti. L'uscita è provvista di un fusibile per evitare che gli altoparlanti si possano danneggiare in caso di guasti di Q7-Q8.

improbabile che si possa avvertire la differenza tra questo amplificatore ed un altro che abbia migliori prestazioni senza ricorrere ad un analizzatore di distorsione. Inoltre, il Mini-Tigre non produce colorazione avvertibile dei suoni amplificati.

Come funziona - Il circuito del Mini-Tigre è riportato nella fig. 1. Lo stadio d'entrata è composto da un amplificatore differenziale con il segnale d'entrata applicato alla base di Q1 ed il ritorno di segnale applicato alla base di Q2. Il transistor Q9, sorgente di corrente, fornisce una corrente d'emettitore controllata. L'alta impedenza presentata al punto d'entrata del segnale, fornita dalla sorgente di corrente, disaccoppia il segnale da qualsiasi ronzio o rumore esistente nella linea a -40 V. Il segnale in uscita da Q1 pilota la base di Q3, che costituisce la metà positiva dello stadio pilota bidirezionale di corrente. Il

circuito di Q4 costituisce la metà negativa dello stadio pilota di corrente. I transistori Q3 e Q4 forniscono ai transistori pilota dello stadio d'uscita (Q5 e Q6) un segnale pilota sorgente di corrente ad alta impedenza.

I diodi D2 e D3, in realtà costituiti dalle giunzioni base-emettitore di transistori al silicio, insieme al potenziometro R21, forniscono una tensione di polarizzazione appena sufficiente per mandare in conduzione i transistori pilota. I transistori Q5 e Q6, funzionanti in classe AB, forniscono un guadagno pari a due. Questo guadagno dipende dal rapporto tra R15/R12 e R16/R14.

La sorgente di corrente Q9 ed una forte controreazione eliminano qualsiasi traccia di distorsione incrociata. Il carico, o sistema d'altoparlanti, viene azionato dal segnale presente sui collettori dei transistori d'uscita Q7 e Q8. La rete di ritardo com-

MATERIALE OCCORRENTE

C1, C8	= condensatori da 220 pF
C2	= condensatore elettrolitico da 220 μ F - 6 V
C3, C4	= condensatori da 1.000 pF
C5, C9	= condensatori da 0,1 μ F
C6, C11, C12	= condensatori elettrolitici da 2,2 μ F - 50 V
C7	= non usato
C10	= condensatore da 0,01 μ F
D1	= diodo zener da 4,7 V - 1 W Motorola 1N3742 * o tipo equivalente
D2, D3	= diodi di compensazione (ved. testo)
F1	= fusibile normale da 2 A
J1	= jack telefonico
J2	= jack telefonico a circuito singolo
L1	= uno strato di filo per collegamento avvolto con spire affiancate sul corpo di R19
Q1, Q2, Q9	= transistori Motorola MPS6566 *
Q3, Q6	= transistori Motorola SS1122 *
Q4, Q5	= transistori Motorola SS1123 *
Q7	= transistore Motorola MJE2955 *
Q8	= transistore Motorola MJE3055 *
R1, R5, R7	= resistori da 2,2 k Ω - 0,5 W, 10%
R2	= resistore da 22 k Ω - 0,5 W, 10%
R3	= resistore da 4,7 k Ω - 0,5 W, 10%
R6	= resistore da 1 k Ω - 0,5 W, 10%
R8	= resistore da 150 Ω - 0,5 W, 10%
R9	= resistore da 470 Ω - 0,5 W, 10%
R10	= resistore da 820 Ω - 0,5 W, 10%
R11, R13	= resistori da 100 Ω - 0,5 W, 10%
R12, R14, R15, R16	= resistori da 220 Ω - 0,5 W, 10%
R4	= resistore da 18 k Ω - 1 W, 10%
R19, R20	= resistori da 10 Ω - 1 W, 10%
R17, R18	= resistori da 0,27 Ω - 5 W, 10%
R21	= potenziometro da 250 Ω

Portafusibile, circuito stampato, scatola, distanziatori, filo per collegamenti, isolatori di mica per Q7 e Q8, pasta al silicone, viti e dadi, stagno e minuterie varie

* I componenti Motorola sono distribuiti in Italia dalla Celdis Italiana S.p.A., Via Mombarcaro 96, 10136 Torino, oppure via Dario Papa 8/62, 20125 Milano, oppure via L. il Magnifico 109, 00162 Roma.

posta da R20 e C5 determina il punto in cui le frequenze alte cominciano ad essere attenuate nella rete di controreazione, come avviene normalmente in questo tipo di amplificatore. La bobina L1 disaccoppia il carico alle frequenze alte affinché la rete di controreazione non possa essere cortocircuitata da una capacità esterna, causando oscillazione ad alta frequenza. Il condensatore C10 fuga la RF tra i terminali d'uscita.

Nella *fig. 2* sono riportati i grafici di ampiezza e di fase. Il grafico in alto si riferisce a frequenze da 20 Hz in giù, mentre il grafico in basso si riferisce a frequenze da 20.000 Hz in su. I grafici di frequenza e di fase tra 20 Hz e 20.000 Hz sono linee rette.

Le curve delle frequenze basse mostrano che l'amplificatore è 1 dB sotto a 5 Hz, con un guadagno che si avvicina all'unità in c.c. Il grafico della rotazione di fase mostra che un massimo di rotazione di

fase alle basse frequenze di circa 60° si ha a circa 0,7 Hz e che poi la rotazione si avvicina gradualmente di nuovo a 0° presso il punto della c.c.

Le curve delle frequenze alte mostrano che l'amplificatore è 1 dB sotto a 100.000 Hz circa, mentre il punto corrispondente ad un guadagno pari all'unità si ha a 1,3 MHz. Il grafico di fase mostra che l'amplificatore ha un margine di fase di circa 40°, sufficiente ad assicurare la stabilità in tutte le condizioni di funzionamento.

Nella *fig. 3* è riportato il grafico dell'impedenza d'uscita in funzione della frequenza. La resistenza dei collegamenti tra amplificatore e carico è dell'ordine dei 0,05 Ω ed è compresa in questo grafico che è stato rilevato tra i terminali d'uscita dell'amplificatore. L'impedenza d'uscita è molto bassa nella maggior parte della gamma audio e comincia una lenta salita oltre i 5.000 Hz. Raggiunge un massimo

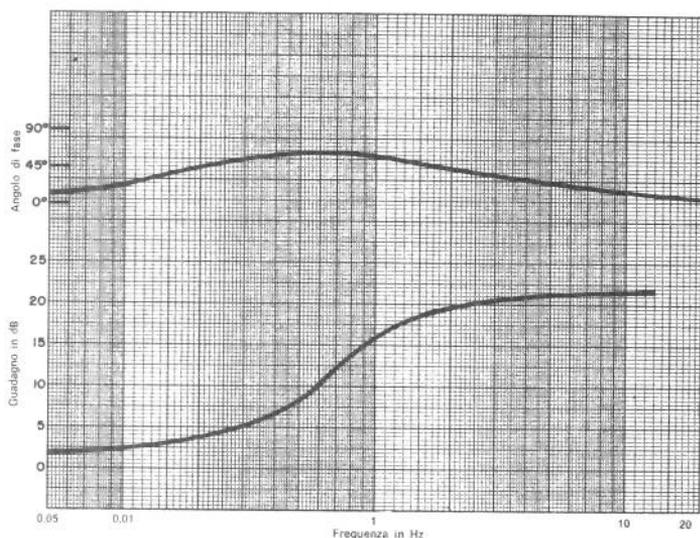
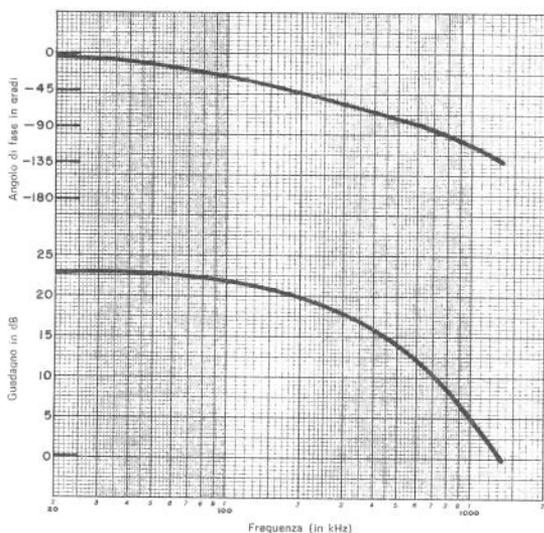


Fig. 2 - Grafico di ampiezza e di fase da 20 Hz in giù (in alto) e grafico da 20 kHz a 2 MHz (a destra). I grafici da 20 Hz a 20.000 Hz sono linee rette.



di $0,2 \Omega$ a 20.000 Hz. Queste caratteristiche sono normalmente prevedibili dall'entità di controreazione e dalla larghezza di banda del circuito.

Nella *fig. 4* sono illustrate forme d'onda rilevate con un oscilloscopio del responso alle onde quadre dell'amplificatore a 10.000 Hz e 100.000 Hz. La fotografia a 10.000 Hz è stata presa solo perché questa frequenza viene normalmente usata nelle prove di amplificatori. È però una frequenza troppo bassa per provare un am-

plicatore come il Mini-Tigre. La fotografia del responso a 100.000 Hz mostra chiaramente il tempo di salita di circa $2,5 \mu\text{sec}$ e la completa assenza di sovraoscillazioni con un segnale a gradino in entrata. *Attenzione: questa prova non è consigliabile con la maggior parte degli amplificatori e non deve essere fatta sul Mini-Tigre dagli inesperti.*

Montaggio - La maggior parte dei componenti del Mini-Tigre si monta su un circui-

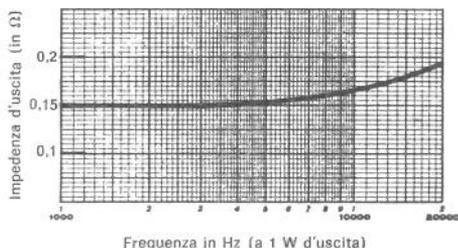


Fig. 3 - L'impedenza d'uscita è molto bassa su tutta la gamma audio e sale di $0,2 \Omega$ a 20 kHz .

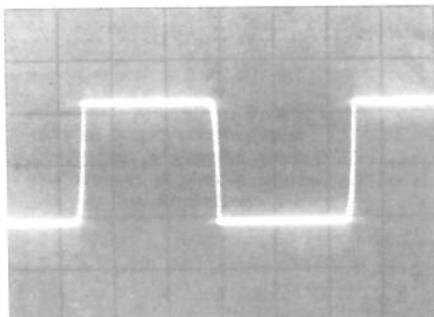
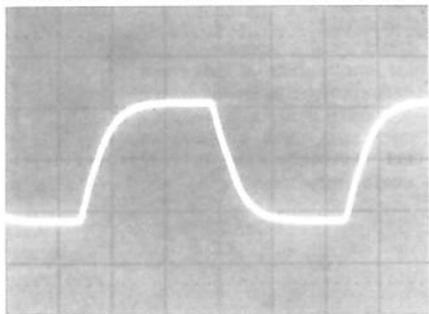


Fig. 4 - L'onda quadra in uscita dall'amplificatore mostra una distorsione virtualmente zero a 10.000 Hz (figura sopra) e la più completa assenza di sovraoscillazioni a 100.000 Hz (figura sotto) ed oltre.



to stampato, come quello illustrato nella *fig. 5*, nella quale è pure visibile la disposizione dei componenti, i cui terminali vanno saldati alle piste di rame.

I transistori di potenza Q7 e Q8 si devono montare nella parte inferiore del circuito stampato, con i terminali uscenti verso l'alto attraverso i fori. Per montare i transistori, occorre piegarne i terminali verso l'alto inserendoli poi nei fori appositi, in modo che i transistori stessi risultino staccati di circa 6 mm dalle piste di rame su

cui si saldano i terminali.

La bobina L1 si realizza con filo per collegamenti isolato, avvolto con spire affiancate in un solo strato sul corpo del resistore R19. Il valore esatto di questa bobina non è critico e 8-10 spire sono quanto mediamente si può avvolgere sul resistore. Si asporti l'isolamento alle estremità della bobina e si saldino i fili scoperti ai terminali di R19. Si monti quindi l'insieme L1-R19 al suo posto nel circuito stampato. I diodi di polarizzazione D2 e D3 sono fatti con due transistori Motorola 2N4918, dopo aver tagliato i terminali centrali di collettore. Per i catodi si usino i terminali d'emettitore, collegandoli a pezzi di filo per collegamenti lunghi 7 cm circa e saldando poi le estremità libere di questi fili ai fori vicini ai puntini nel circuito stampato. I terminali di base si saldano ai fori non contrassegnati, anch'essi per mezzo di fili per collegamenti lunghi circa 7 cm .

Nei fori contrassegnati A, F e H del circuito stampato si saldino fili di diverso colore lunghi 25 cm circa, intrecciandoli tra loro. Si saldi un altro pezzo di filo lungo 25 cm al foro G ed altri fili lunghi 15 cm ai fori contrassegnati con i segni +, -, V. Terminato questo lavoro, il circuito stampato si può per il momento mettere da parte.

Per l'alimentazione del Mini-Tigre si può usare qualsiasi alimentatore in grado di fornire 2 A con $+ 40 \text{ V}$ e $- 40 \text{ V}$. Un esempio di un alimentatore del genere è riportato nella *fig. 6*.

La fotografia della *fig. 7* mostra una versione stereo del Mini-Tigre. Gli stessi procedimenti di montaggio vanno bene sia per la versione monoaurale sia per quella stereo.

Ora, si montino nella scatola i componenti dell'alimentatore, ad eccezione dei condensatori di filtro e dei loro ancoraggi. L'interruttore generale, S1, se usato, deve essere montato su una basetta d'ancoraggio a 4 capicorda, il cui capocorda centrale di massa non deve essere utilizzato. Il raddrizzatore a ponte si fissa con un bulloncino direttamente sul fondo della scatola.

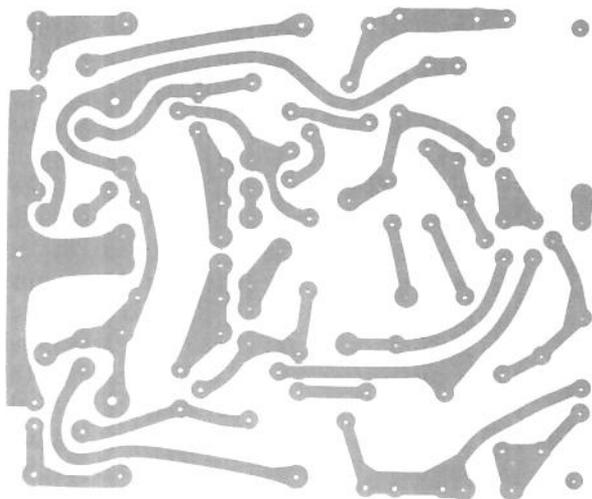
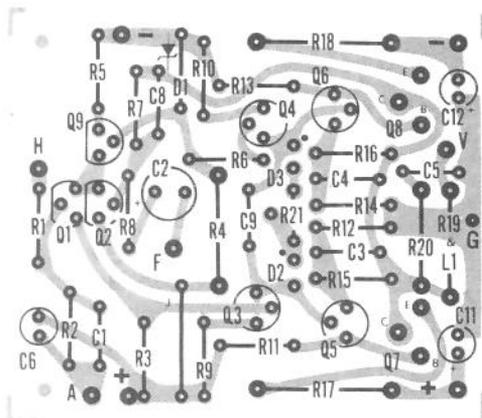


Fig. 5 - Circuito stampato, rappresentato sopra, in grandezza naturale e, nella figura sotto, si vede la disposizione dei componenti sul circuito.



Dopo aver montato i jack d'entrata e d'uscita sul pannello frontale, si fissi il circuito stampato nel modo indicato di seguito. Si spalmi una pellicola di pasta al silicone conduttrice di calore su entrambi i lati di quattro isolatori di mica e quindi si pongano questi isolatori sui fori previsti nella scatola. Si inserisca il circuito stampato nella scatola, allineando i fori di montaggio dei transistori di potenza con i fori degli isolatori e della scatola. Si premiano fermamente i transistori sulla pasta e si pongano le superfici metalliche dei diodi

contro gli involucri dei rispettivi transistori: D2 sopra Q7 e D3 sopra Q8. Si fissino le coppie diodi-transistori alla scatola mediante adatti bulloncini. Quindi si fissi l'altra estremità del circuito stampato usando bulloncini e distanziatori da 6 mm. Si prendano i fili intrecciati che provengono dal circuito stampato e si portino verso J1, lungo il lato della scatola, lontano dal trasformatore d'alimentazione. Si colleghi e si saldi il filo proveniente dal foro A al contatto di segnale centrale di J1. Si colleghino e si saldino gli altri due

Valutazione del progetto effettuata dai laboratori Hirsch-Houck

La potenza di 30 W specificata per l'amplificatore "Mini-Tigre" sembra esatta anche se le prestazioni limitate dell'alimentatore impediscono di ottenere questa potenza al di sotto dei 300 Hz. Con 30 W per canale, la distorsione è solo dello 0,084% a 300 Hz; è però del 7% a 100 Hz e molto maggiore diminuendo la frequenza. Diversamente, la distorsione a qualsiasi livello di potenza fino a 30 W per canale è tipicamente ben al di sotto dello 0,1% da 20 Hz a 20.000 Hz. A normali livelli d'ascolto, la distorsione è inferiore allo 0,07% a qualsiasi frequenza, qualificando il "Mini-Tigre" come un amplificatore ad alta fedeltà di prima qualità.

La distorsione armonica a 1.000 Hz rimane inferiore allo 0,09% da 0,1 W a 30 W, sopravvenendo poi la tosatura a più alti livelli di potenza. La distorsione di intermodulazione ha una caratteristica simile ma è un po' superiore, tipicamente inferiore allo 0,3% fino a 30 W di uscita.

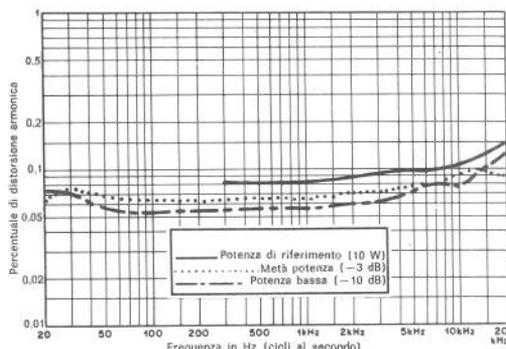
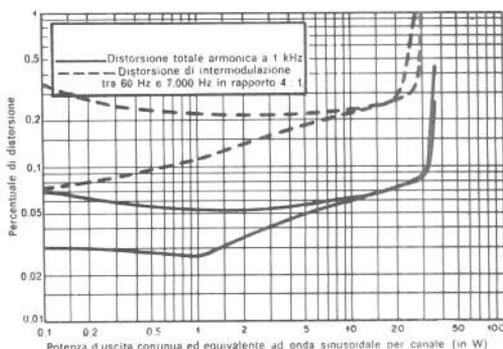
Al punto visibile di tosatura della forma d'onda, la potenza d'uscita su 8 Ω era di 40,5 W per canale; su 4 Ω di 33 W per canale; su 16 Ω di 25 W per canale. Il livello di tosatura su 8 Ω è stato controllato anche a frequenze basse: era di 22 W a 50 Hz e di 18,7 W a 20 Hz.

Tutte le misure ora esposte sono state effettuate con il controllo di polarizzazione del "Mini-Tigre" lasciato nella posizione in cui era. Il controllo è stato poi regolato per la minima distorsione a bassi livelli della potenza d'uscita. Si è ottenuta con ciò una notevole riduzione della distorsione armonica e di intermodulazione a livelli inferiori a 1 W, ma un effetto trascurabile a livelli di potenza più alti. La migliore regolazione è risultata con il controllo ad un estremo. Non sono state effettuate misure di correnti di riposo in questa condizione, ma è possibile che la dissipazione dei transistori fosse troppo alta. Se è così, non c'è un punto per ridurre al minimo la distorsione, in quanto essa è adeguatamente bassa in quasi tutte le posizioni del controllo.

Il responso in frequenza del "Mini-Tigre" è risultato piatto entro lo spettro audio, 0,2 dB sotto a 15 Hz e 50.000 Hz e 1,7 dB sotto al limite inferiore di misura di 5 Hz. L'uscita era 3 dB sotto a 190.000 Hz. Il tempo di salita con onde quadre era di 2 μsec, mentre il rumore era di 83 dB sotto 10 V.

L'amplificatore è diventato piuttosto caldo durante le prove ma non durante il normale uso di ascolto. Tutto sommato, il "Mini-Tigre" è certamente un ottimo ed economico amplificatore di potenza.

La prima curva tratteggiata e la prima curva a linea intera mostrano la distorsione misurata prima di regolare R21. Le altre due curve sono state ottenute dopo aver regolato il potenziometro R21 per la minima distorsione.



Le curve mostrano la distorsione armonica estremamente bassa su tutta la gamma audio ed a vari livelli di potenza.

fili al terminale di massa di J1. Dai fori H e F si usino due fili separati, collegandoli a massa sul jack d'entrata.

Si fissi il portafusibile dell'altoparlante sul fondo della scatola, si montino i supporti per i condensatori di filtro nella parete posteriore della scatola stessa e si infilino in essi i condensatori. Con riferimento alla fig. 6, si effettuino i collegamenti dell'alimentatore. La linea "Comune" dell'alimentatore parte dal punto di unione tra C1 e C2 e si collega al terminale di massa di J2. Costruendo una versione stereo, si stendano dai condensatori due fili separati, che vadano ai rispettivi terminali di massa. Si prenda il filo proveniente dal foro G, lo si faccia passare lungo la parte mediana della scatola e lo si saldi al capocorda di

massa della basetta d'ancoraggio. Si colleghi il filo proveniente dal foro V al più vicino terminale del portafusibile dell'altoparlante. Si colleghi quindi un pezzo di filo dall'altro terminale del portafusibile al contatto di segnale di J2. Infine, si colleghi C10 ai terminali di J2 e si saldino tutte le connessioni al jack d'uscita ed al portafusibile dell'altoparlante. I collegamenti terminano collegando e saldando i due fili provenienti dai fori - del circuito stampato al terminale negativo di C2 ed i due fili provenienti dai fori + del circuito stampato al terminale positivo di C1. Con l'aiuto della fig. 1 e della fig. 6 si controllino accuratamente tutti i collegamenti alla ricerca di eventuali errori. Si usi quindi un ohmmetro per misurare la

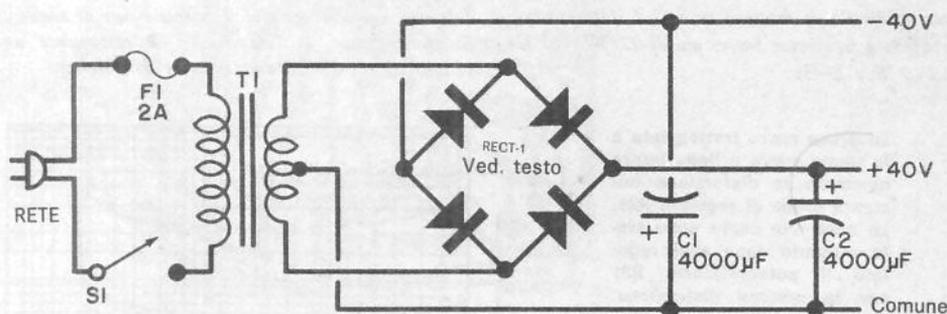


Fig. 6 - In questo alimentatore tipico per l'amplificatore "Mini-Tigre", RECT 1 può essere costituito da un unico raddrizzatore a ponte oppure da quattro diodi al silicio da 3 A separati.

MATERIALE OCCORRENTE PER L'ALIMENTATORE

- | | |
|--------|---|
| C1, C2 | = condensatori elettrolitici da 4.000 μ F - 50 V |
| F1 | = fusibile da 2 A |
| RECT 1 | = quattro diodi al silicio da 3 A - 200 V picco inverso o raddrizzatore a ponte Motorola MDA962-3 |
| S1 | = interruttore semplice (facoltativo) |
| T1 | = trasformatore d'alimentazione: secondario da 42 V a 45 V, 2 A |

Portafusibile, basetta d'ancoraggio a 4 capicorda, cordone e spina di rete, filo per collegamenti, stagno e minuterie varie

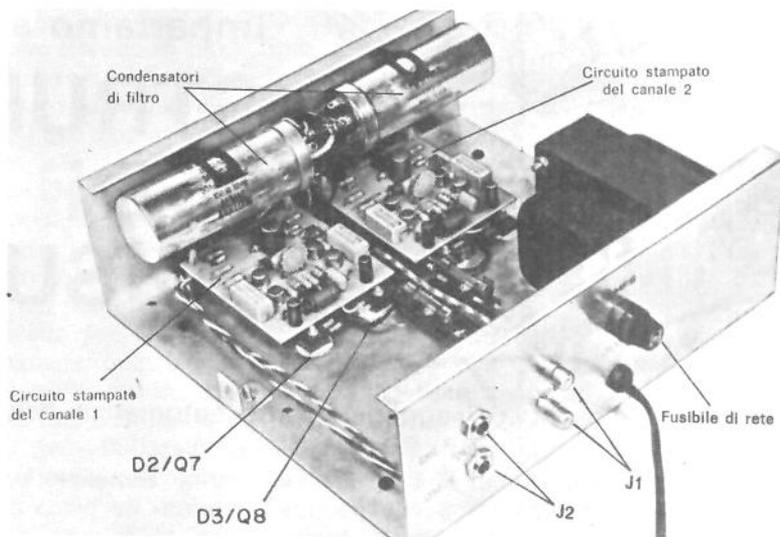


Fig. 7 - In questa fotografia della versione a due canali del "Mini-Tigre" si noti lo speciale sistema di montaggio di D2-Q7 e D3-Q8.

resistenza verso massa dei terminali dei diodi di polarizzazione e dei transistori di uscita. Si rifacciano queste misure dopo aver invertito i puntali dell'ohmmetro. In tutte le misure si dovrebbe rilevare una resistenza compresa tra parecchi megaohm ed infinito. Se si ottiene un'indicazione di cortocircuito o di resistenza molto bassa, significa che il componente controllato non è ben isolato dalla scatola e deve essere smontato e sistemato di nuovo per ottenere l'isolamento dovuto.

Controllo ed uso - Si inserisca il cordone di rete in una presa di corrente e si chiuda l'interruttore S1. Si controllino le tensioni c.c. verso massa: dovrebbero essere comprese tra 30 V e 35 V in entrambe le polarità. Si controllino ora le tensioni ai capi di R11 e R13. Tipicamente, la tensione ai capi di R11 dovrebbe essere molto bassa o non misurabile. Per un buon funzionamento dell'amplificatore, in nessun

caso vi deve essere una tensione superiore a 0,5 V ai capi di R13. Si faccia l'ultimo controllo di tensione tra massa ed il punto V; se tutto funziona bene, si dovrebbero rilevare 0,1 V o meno. Se qualche transistoro o qualche altro elemento si riscalda eccessivamente senza segnale d'entrata e senza carico, si spenga immediatamente il dispositivo e si ricerchi la causa del guasto prima di procedere oltre.

A questo punto, si regola il controllo di polarizzazione R21 per ottenere le migliori prestazioni. Si colleghi al Mini-Tigre un carico di 8 Ω inserito in J2 e si piloti l'amplificatore inserendo in J1 un segnale sinusoidale a 10.000 Hz di sufficiente ampiezza per ottenere un'uscita di 1 W. Si osservi la forma d'onda d'uscita con un oscilloscopio e si ruoti R21 per far scomparire irregolarità lungo l'asse zero della forma d'onda. Se non si hanno strumenti adatti, si porti R21 a circa tre quarti di rotazione in senso orario. ★