

Oggi che siamo circondati da diffusori amplificati, compatti hi-fi, audio digitale e tanti watt facili (sin troppo facili per essere veri...) proporre qualche amplificatore di "vera" alta fedeltà e quindi non realizzato con le economiche soluzioni integrate in classe D o, peggio ancora, in classe T, è sicuramente positivo; e non solo per gli audiofili.

Per questo, pensando alle esigenze di chi oggi vuole autocostruire uno stadio finale robusto, di elevata potenza, facilmente abbinabile a qualsiasi preamplificatore o mixer, ma soprattutto dal suono caldo e fedele, tanto da poter anche essere abbinato a preamplificatori valvolari e a fonti audio analogiche come i giradischi tradizionali per i dischi in vinile (che da qualche tempo sono tornati in auge...), abbiamo voluto proporvi il circuito che trovate in queste pagine: un potente e prestante finale audio con stadio d'uscita a MOSFET, capace di sviluppare oltre 200 watt su altoparlanti da 4 ohm e circa 120 su 8 ohm, caratterizzato da banda passante e distor-

sione armonica tali da poterlo considerare un finale di vera alta fedeltà. La potenza erogata è sufficiente a sonorizzare, realizzando una coppia di amplificatori e pilotando ciascuno con un canale della stereofonia, anche sale da ballo e locali di grandi dimensioni come palestre e sale per eventi; naturalmente, servono diffusori di buona efficienza (dai 90dB/w/m in su).

Ma rompiamo gli indugi e andiamo a vedere di cosa si tratta, studiando lo schema elettrico dell'amplificatore, che, lo anticipiamo, ha lo stadio finale funzionante in classe AB; abbiamo scelto dei MOSFET perché rispetto ai transistor bipolari consentono un elevato fattore di smorzamento, che è in pratica la capacità dello stadio di potenza di smorzare eventuali oscillazioni che si innescassero nel funzionamento ai transienti, ovvero dopo i fronti di salita e discesa del segnale se si sta amplificando un'onda quadra o rettangolare.

#### SCHEMA ELETTRICO

La configurazione adottata per questo amplificatore è abbastanza

di DAVIDE SCULLINO



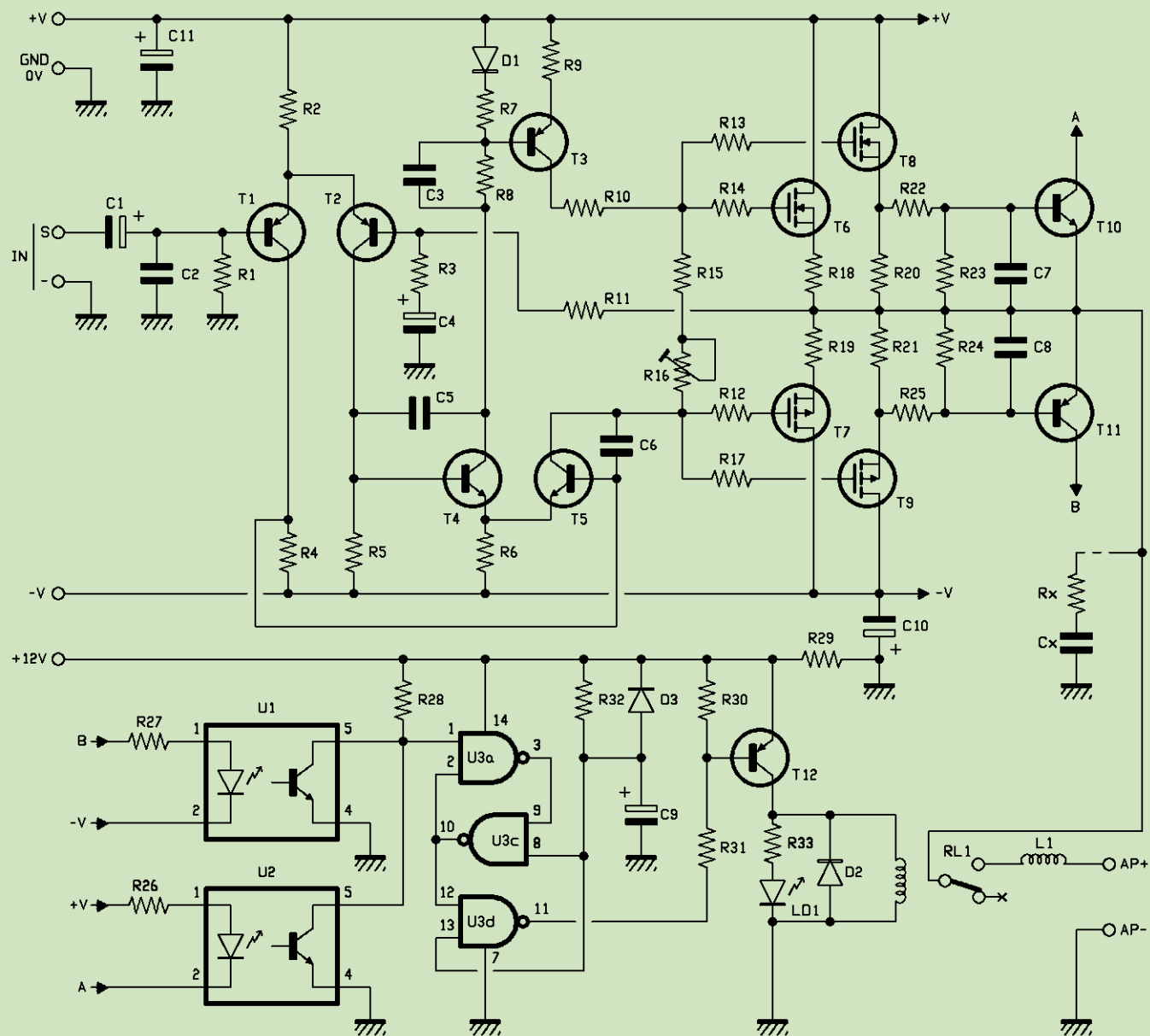
Finale Hi-Fi di elevata potenza, per sonorizzare grandi ambienti, dotato di protezione da sovracorrente e antibump incorporato.



# 200 WATT ...A MOSFET!

caratteristica dell'alta fedeltà; c'è in più la sezione di protezione da sovracorrente e cortocircuito dell'altoparlante e l'anti-bump, che permette di risparmiare agli altoparlanti il salto di tensione causato dall'assessamento dell'amplificatore al momento in cui riceve le alimentazioni. Partiamo con lo schema della sezione audio vera e propria, dove abbiamo posto all'ingresso un amplificatore differenziale, che pilota un secondo differenziale, il quale a sua volta pilota un amplificatore di segnale con carico di collettore a corrente costante; quest'ultimo funziona da driver dello stadio finale, composto, quest'ultimo, da due coppie di MOSFET complementari della IR: IRF640 (canale N) per la sezione positiva e IRF9640 (canale P) per quella negativa. La configurazione a cascata di differenziali che abbiamo utilizzato per lo stadio d'ingresso e di preamplificazione è caratteristica degli amplificatori operazionali e conferisce elevatissimo guadagno (necessario per poter retroazionare senza difficoltà e con la necessaria linearità am-

plificatori che partendo da deboli segnali d'ingresso devono produrre alte tensioni d'uscita, come il nostro) e stabilità, oltre a una precisione della retroazione in virtù dell'elevato CMRR (Common Mode Rejection Ratio, ossia il rapporto di reiezione in modo comune) ottenibile. Il primo differenziale è formato da transistor PNP i cui emettitori sono polarizzati in comune attraverso la resistenza R2, terminante sul ramo positivo dell'alimentazione; le resistenze di carico (sui collettori) sono collegate al ramo negativo dell'alimentazione. La base del T1 è polarizzata tramite la resistenza R1, che inoltre stabilisce la resistenza d'ingresso dell'amplificatore. I collettori di T1 e T2 pilotano le basi di, rispettivamente, T5 e T4, che formano il secondo differenziale e che sono degli NPN, i cui emettitori vengono polarizzati tramite la resistenza R6, terminante sul ramo negativo dell'alimentazione; i condensatori C5 e C6 posti tra collettore e base servono a limitare superiormente la banda passante del differenziale, concorrendo a



scongiurare l'autoscillazione. Il segnale sul collettore del T1 è in opposizione di fase rispetto a quello all'ingresso (IN) dell'amplificatore e quello sul collettore del T5 torna in fase con esso; opposta è la situazione sul collettore del T4, il cui segnale è sempre in opposizione di fase rispetto a quello d'ingresso. Il transistor T4 pilota lo stadio driver superiore (quello della semionda positiva) composto da un transistor PNP T3, funzionante come generatore di corrente costante con resisten-

za di emettitore (R9, terminante sul ramo positivo di alimentazione), polarizzato in base dalla tensione caduta sulla serie D1-R7. Il collettore del T3 fornisce il segnale di pilotaggio alla coppia di MOSFET di potenza a canale N siglati T6 e T8, che amplificano la semionda positiva; i due sono praticamente in parallelo e si dividono la corrente erogata all'altoparlante quando l'amplificatore fornisce tensione positiva. I gate dei due MOSFET di potenza sono pilotati in parallelo

ognuno con la propria resistenza; notate che sebbene il gate non assorba teoricamente corrente, i resistori in realtà servono nei transienti perché il gate ha natura capacitiva e pilotato con tensioni a gradino arriverebbe a presentare un picco rilevante nel momento in cui si presenta la tensione. Inoltre con la capacità di gate, ogni resistore forma un filtro RC passa-basso che serve a limitare superiormente la banda passante dell'amplificatore, onde prevenire autoscillazioni a frequenza

ultrasonica che non verrebbero udite sotto forma di segnale audio ma causerebbero surriscaldamento, distorsione da intermodulazione e consumo eccessivo dell'amplificatore. I drain dei MOSFET sono collegati insieme al ramo positivo dell'alimentazione mentre i source forniscono ognuno la propria corrente alla linea di uscita dell'amplificatore attraverso un resistore ciascuno (R18 per T6 e R20 per T8) che serve a minimizzare le differenze di transconduttanza (ossia di guadagno) esistenti tra MOSFET pur dello stesso tipo, che andrebbero ad alterare la ripartizione della corrente. Con i resistori, se un MOSFET tende a fornire, a parità di potenziale di gate, più corrente dell'altro, il suo resistore di source fa cadere su di sé più tensione, riducendo la relativa  $V_{gs}$  e quindi la corrente di drain, con il risultato di ottenere un riequilibrio tra le correnti nei due rami.

Fin qui abbiamo visto il ramo di potenza della semionda positiva; passiamo a quella negativa, che ha come stadio pilota il transistor T5, il cui collettore fornisce il segnale di gate alla coppia di T7 e T9 (attraverso i resistori R12 e R17), funzionanti in parallelo e in maniera analoga a T6 e T8. Anche sul ramo negativo troviamo i resistori di source per bilanciare il funzionamento dei MOSFET di potenza, questa volta a canale P. Il funzionamento della sezione amplificatrice di potenza della semionda negativa è identico a quello poc'anzi descritto per la sezione positiva, quindi valgono le stesse considerazioni, fermo restando che i versi di tensioni e correnti sono opposti.

Ai capi dei resistori di source di una coppia di MOSFET (T8 per la semionda positiva e T9 per quella negativa) abbiamo appli-

cato i circuiti sensori di corrente che sono alla base della protezione da sovraccarico all'uscita; rileviamo la corrente solamente su una coppia di MOSFET perché si presume che più meno la corrente di drain di un MOSFET di una coppia sia simile a quella dell'altro.

Il funzionamento è semplice e lo studiamo riferendoci alla sezione in alto, ossia quella relativa alla semionda positiva: il partitore resistivo composto da R22 e R23 applica alla base del transistor NPN T10 una frazione della caduta di tensione che si verifica ai capi della R20 e che dipende dalla corrente di source, secondo la Legge di Ohm:

$$\Delta V = R20 \times I_d$$

dove  $I_d$  è la corrente di drain (che nei MOSFET equivale a quella di source) del MOSFET T8 e teoricamente (se lo stadio è ben bilanciato) pari a metà della corrente nell'altoparlante. Siccome R20 è da 0,18 ohm, considerato il rapporto di partizione del partitore R22/R23, il transistor NPN T10 va in conduzione all'incirca quando la corrente in R20 supera i 3,88 A; tale valore va inteso anche solo come istantaneo, cioè anche se è quello di

picco. Quando questa intensità di corrente viene erogata al carico dal MOSFET T8, si presume che in T6 sia la stessa cosa e che quindi nell'altoparlante fluiscano 7,76 ampere; in tali condizioni il transistor T10 comincia a condurre e a prelevare, col proprio collettore, corrente dall'alimentazione +V, il che fa fluire corrente anche nel LED interno al fotoaccoppiatore U2, che è parte del circuito di protezione. Notate che abbiamo inserito degli optoisolatori per separare galvanicamente il circuito amplificatore dall'attuatore della protezione, che interviene sul relé di distacco del carico (ossia dell'altoparlante).

Quando la corrente di collettore è sufficiente ad accendere il LED, dunque, il fototransistor all'uscita dell'U2 passa dalla saturazione alla conduzione e trascina a livello logico basso il piedino 1 della porta NAND U3a, utilizzata come buffer attivabile tramite il livello logico del piedino 2; l'uscita di tale NAND pilota il piedino 9 della U3c, la quale insieme alla U3d (sono tutte contenute in un 4093), forma un multivibratore bistabile la cui uscita è localizzata al piedino 10 della U3c. Il multivibratore serve per innescare il relé e a sconnettere in maniera permanente l'altoparlante al

## CARATTERISTICHE TECNICHE

- Potenza d'uscita su 4 ohm (@1kHz): 220 W RMS
- Potenza d'uscita su 8 ohm (@1kHz): 120 W RMS
- Banda passante (-3dB): 10÷50.000 Hz
- Impedenza d'ingresso: 45 kohm
- Sensibilità alla max potenza su 8 ohm: 910 mVeff
- Sensibilità alla max potenza su 4 ohm: 830 mVeff
- Tensione d'alimentazione: ±56Vcc
- Assorbimento max su 8 ohm: 3,9A
- Assorbimento max su 4 ohm: 7,1A

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

# Elettronica In

[www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it)

oltre l'elettronica