

# **Amplificatore ibrido 8W**

## Il progetto

L'idea è nata un paio di anni fa e subito fu più una sfida che una concreta base di partenza. Ascoltando praticamente qualsiasi genere musicale, volevo un amplificatore equilibrato in grado di adattarsi a qualunque brano: doveva essere dinamico, ma al tempo stesso delicato.

E' dedicato all'uso casalingo, la potenza di uscita è pertanto limitata. In casa infatti non servono grandi potenze, anzi, con diffusori adeguati <sup>(1)</sup>, è difficile superare 1W. In ogni caso, questo finale avrà una potenza massima di 8 - 10W per poter far fronte agevolmente anche ai passaggi a livello sostenuto.

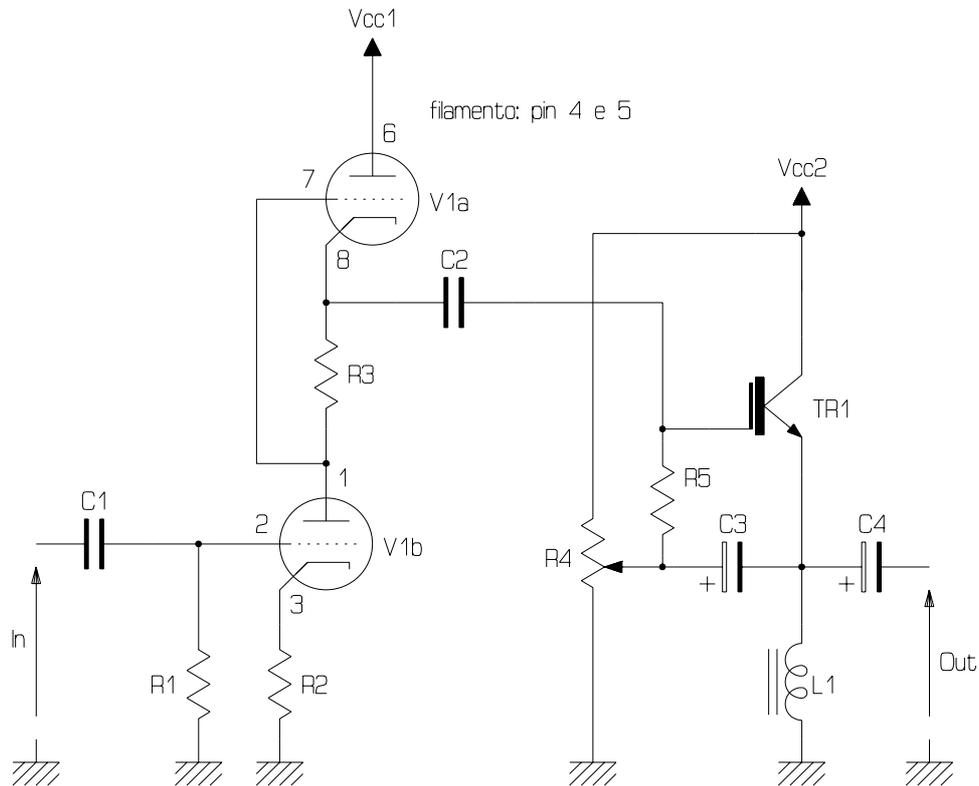
## Lo Schema

Non stupitevi della semplicità: è una mia convinzione che una soluzione semplice e lineare sia il miglior approccio per l'hi-fi casalingo. Non ha senso, secondo, me realizzare una sorta di amplificatore operativo di potenza e, quindi, reazionarlo pesantemente per ottenere le prestazioni (in termini di guadagno, banda passante, impedenza di uscita) volute.

Ovviamente lo schema si riferisce ad un solo canale (anche l'alimentatore), pertanto per un amplificatore stereo occorrerà montarne due esemplari.

---

<sup>1</sup> Il che non vuol dire spendere un'esagerazione, è sufficiente ricorrere a sistemi correttamente dimensionati. In ogni caso scordatevi di poter usare le casse dell'impianto compatto giapponese: generalmente suonano male in qualunque modo vengano pilotate.



Reference	Descrizione
R1	Resistenza 100k $\Omega$ 1/4W
R2	Resistenza 390 $\Omega$ 1/4W
R3	Resistenza 470 $\Omega$ 1/4W
R4	Trimmer 470k $\Omega$
R5	Resistenza 10k $\Omega$ 1/4W
C1	Condensatore poliestere 1 $\mu$ F
C2	Condensatore poliestere 1 $\mu$ F
C3	Condensatore elettrolitico 2.2 $\mu$ F 25V
C4	Condensatore elettrolitico 10000 $\mu$ F 25V
L1	Induttore 50mH 2A
T1	GT20-D101
V1	ECC88

### Il Pilota

Ho scelto una configurazione SRPP <sup>(2)</sup> (Shunt Regulated Push Pull) e l'ho equipaggiata con un tubo perché esso (dovendo lavorare con tensioni abbastanza alte) può erogare

<sup>2</sup> Risale almeno agli anni '50 e consente di far lavorare il tubo con un carico molto elevato in modo da sfruttare al massimo la linearità del componente. Inoltre, per caratteristiche proprie, presenta un'impedenza di uscita particolarmente bassa (dell'ordine, in questo caso, dei 3k $\Omega$ ).

segnali abbastanza ampi senza problemi. Usando dei FET o BJT invece saremmo costretti a rivolgerci a componenti per alte tensioni, sicuramente più critici oltre che meno adatti per l'uso hi-fi. Il tubo scelto, invece, è un ECC88, è molto lineare, non necessita di elevate tensioni anodiche (nel mio caso ogni sezione lavora con circa 40V), si trova senza problemi e costa poco <sup>(3)</sup>. Non preoccupatevi della durata, perché dovrebbe arrivare almeno alle 10000 ore (almeno per le ECC88 Philips), cioè almeno a 9 anni per un uso di 3 ore al giorno (non è poco, vero?).

Solitamente alle resistenze di polarizzazione R2 e R3 viene dato lo stesso valore, però abbiamo sempre una certa libertà di azione e possiamo modificarle quasi a nostro piacimento. Come si vede ho usato due valori leggermente diversi: è il risultato di una serie di prove di ascolto e non è detto che debba piacere per forza così ... provate (partendo sempre da due valori uguali) e scegliete la configurazione dei valori che vi piace di più.

Con i valori consigliati, il pilota esprime un guadagno di circa 16, perfettamente sufficiente per consentire il collegamento diretto all'uscita di un comune CD-player.

### Il finale

Il finale è incaricato di un compito gravoso: deve alimentare il carico (e un diffusore è tutt'altro che un carico "facile"), erogando segnali abbastanza ampi sia come tensioni che come correnti, in poche parole deve avere una bassa impedenza di uscita.

Ecco perché ho realizzato un inseguitore di emettitore caricato da un induttore. Lavora in classe A (quindi è linearissimo sui piccoli segnali e si comporta egregiamente anche per livelli di potenza più elevati) e fa uso di un IGBT <sup>(4)</sup> (il GT20D101 TOSHIBA, costruito espressamente per l'uso audio) ma nessuno vieta di provare anche con dei MOS (per esempio gli IRF540 sono eccellenti in questa applicazione, basta sostituirli e tarare il trimmer, non c'è da fare altro): in questo modo l'impedenza di uscita è, approssimativamente, di  $0.15\Omega$  (almeno sulla carta, visto che non ho la possibilità di effettuare valide misure in questo senso, mi devo accontentare dei risultati della teoria).

Sul primo prototipo avevo provato anche a sostituire l'induttore con una resistenza di potenza e con un generatore di corrente costante, ma (a parte l'ovvio aumento della potenza dissipata a riposo) gli ascolti hanno risposto picche. Non so come direbbe un recensore, io dico semplicemente che con il generatore di corrente si perdevano i passaggi più lievi e anche i pienoni orchestrali venivano appiattiti, mentre con la resistenza si perdeva l'effetto dei brani "bombardoni" stile QUEEN <sup>(5)</sup>.

Il valore dell'induttore non è critico: teoricamente (e le misure di risposta in frequenza lo confermano pienamente) è sufficiente un componente di 50mH 2.5A, però all'ascolto i migliori risultati si ottengono con valori più elevati (dell'ordine di 1 - 3H, sempre 2.5A): infatti i valori più bassi portano ad un appiattimento della gamma bassa.

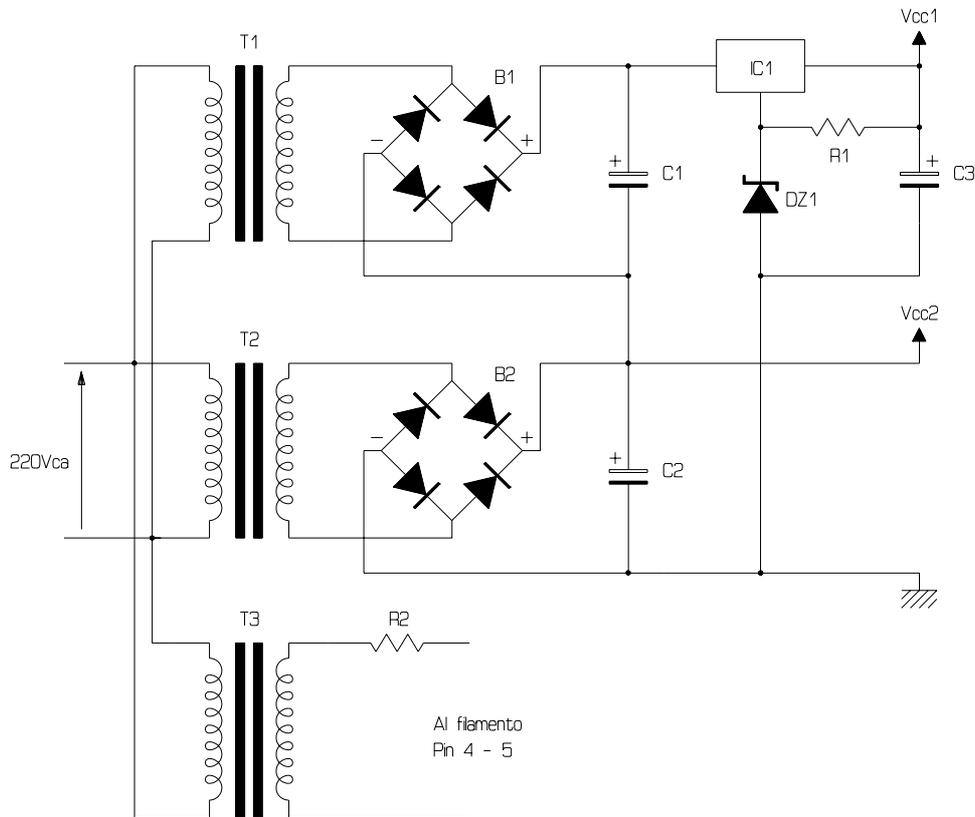
---

<sup>3</sup> Si trovano sia componenti d'epoca (costruiti da PHILIPS, FIVRE ...) che nuovi (credo che vengano costruiti dalla SOVTEK o dalla SVETLANA).

<sup>4</sup> L' IGBT è un componente a metà strada fra un BJT e un MOS: riunisce infatti la robustezza elettrica del BJT con l'elevata impedenza di ingresso e l'alta transconduttanza tipica del MOS. Ha il difetto di una reperibilità non proprio agevole.

<sup>5</sup> Mi piace qualsiasi genere di musica, da Beethoven a Mozart, da Bocelli a Ligabue ai Queen (non ho preconcetti, prima di dare un giudizio ... ascolto, poi parlo).

## \_ L'alimentatore



Reference	Descrizione
R1	Resistenza 2.2kΩ 1/4W
R2	Resistenza 1.2 Ω 1/2W
C1	Condensatore elettrolitico 22µF 100V
C2	Condensatore elettrolitico 10000µF 50V
C3	Condensatore elettrolitico 22µF 100V
DZ1	Diodo zener 65V 1W
B1	Ponte raddrizzatore 1A 150V
B2	Ponte raddrizzatore 5A
IC1	7815
T1	Trasformatore 220 - 48V
T2	Trasformatore 220 - 22V 3A
T3	Trasformatore 200 - 7.5V 0.5A

E' molto semplice, serve un solo canale (pertanto per un finale stereo ne occorrono due), ma soprattutto usa tutti componenti reperibili in commercio (per questo la configurazione è un po' atipica).

I filamenti dei tubi sono alimentati con un trasformatore da 7.5V ma richiedono 6.3V <sup>(6)</sup>, pertanto occorre inserire una opportuna resistenza di caduta. Il valore nell'elenco componenti è indicativo: partite con quello, ma, durante il collaudo, verificate la tensione sui filamenti e, eventualmente, modificalo <sup>(7)</sup>. L'alimentazione in corrente continua non è necessaria, in questo caso non vengono indotti particolari rumori.

### Le misure

Potrei raccontarvi le prestazioni all'ascolto, ma non sono un recensore e mi limito a segnalare le principali misure effettuate sul prototipo:

- \_ Potenza massima su carico di 4Ω: 8W
- \_ Guadagno totale ingresso/uscita: 16
- \_ Rumore in uscita (ingresso chiuso in cortocircuito): <0.005Vpp
- \_ Banda passante a -3dB: 10Hz - 50kHz

### Il Montaggio

Nelle foto potete vedere il prototipo in versione definitiva (scusate il gioco di parole): è stato montato su una basetta millefori (ma può essere tranquillamente realizzato anche un montaggio volante). Particolare attenzione deve essere rivolta al raffreddamento degli IGBT: montateli su un dissipatore di generose dimensioni (isolandoli ovviamente con opportune miche e grasso al silicone) in posizione ben aerata (nel mio caso ho usato un raffreddamento forzato con una ventola a 12V alimentata a 9V per ridurre il rumore). Considerate che ogni finale dissipa attorno ai 50 - 60W e si fa presto a bruciare un componente scarsamente raffreddato.

Tenete i collegamenti più corti che potete (soprattutto per quanto riguarda lo stadio finale) e cercate di usare conduttori di almeno 1mm di diametro.

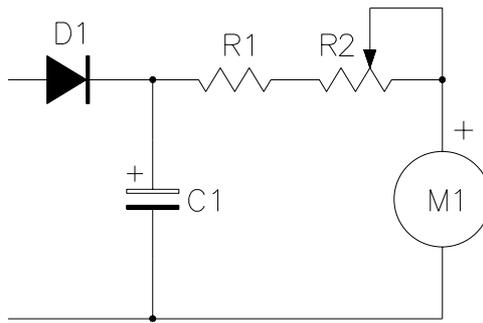
Se volete montare anche un amperometro per controllare continuamente la corrente del IGBT, collegatelo in serie all'induttore (almeno non sarà percorso dal segnale audio).

Nel mio prototipo ho montato anche una coppia di VU-meter retroilluminati. E' un gadget simpatico anche se praticamente inutile. Riporto per comodità lo schema che ho usato io, ma in questo caso potete sbizzarrirvi quanto volete. Collegatelo direttamente all'uscita dell'amplificatore, in parallelo al diffusore (non ci sono problemi di polarità); non posizionate assolutamente all'ingresso.

---

<sup>6</sup> Tenete presente che una tensione più bassa porta ad un peggioramento delle caratteristiche (all'ascolto il risultato è drammatico), mentre una tensione maggiore porta una diminuzione della durata del tubo.

<sup>7</sup> Mi dispiace ma non posso dare indicazioni più precise: molto dipende dalle caratteristiche del trasformatore (in particolare dalla caduta di tensione sotto carico).



Reference	Descrizione
R1	Resistenza 1k $\Omega$
R2	Trimmer 22k $\Omega$
D1	Diodo 1N4148
C1	Condensatore elettrolitico 1 $\mu$ F 25V
M1	Strumento 250 $\mu$ A

### Collaudo e taratura

Una volta terminato il montaggio, regolate il trimmer R4 tutto verso massa, non inserite le valvole negli zoccoli, cortocircuitate l'ingresso, collegate un amperometro (fondo scala di almeno 3A) in serie al COLLETTORE<sup>(8)</sup> del IGBT e alimentate il circuito. All'uscita dell'alimentatore anodico (punto **Vcc1**) dovreste misurare circa 80V.

A questo punto togliete l'alimentazione, inserite le valvole negli zoccoli, e riaccendete: dopo circa un minuto misurate la tensione sui filamenti ed eventualmente correggete il valore della resistenza di limitazione. Se tutto è OK, ruotate lentamente il trimmer (state attenti che piccole rotazioni determinano grosse variazioni della corrente assorbita) fino a far assorbire al IGBT una corrente di 2A (stessa corrente nel caso che abbiate usato un MOS), aspettate un po' (almeno fino a che la temperatura del dissipatore non sarà andata a regime) e ricontrollate (eventualmente ritoccate il trimmer).

Spegnete tutto, scollegate l'amperometro, e siete finalmente pronti per l'ascolto.

State tranquilli che il circuito è molto affidabile (lo uso da un paio di anni senza alcun problema) e vi regalerà ascolti molto piacevoli. Non sta a me recensire il risultato sonoro (ovviamente sono di parte), ma mi piacerebbe avere qualche parere, per questo (e nel caso abbiate dei problemi o bisogno di ulteriori informazioni) potete trovarmi all'indirizzo [diego.barone@tin.it](mailto:diego.barone@tin.it).

Ora non mi resta che augurarvi buon lavoro.

<sup>8</sup> Mi raccomando, NON lo mettete in serie all'EMETTITORE: alterando la polarizzazione del dispositivo, non sarebbe una misura affidabile (almeno se si prevede di togliere lo strumento durante il normale funzionamento). Prima avevo detto di mettere lo strumento in serie all'induttore, ma parlavo di un collegamento fisso, da mantenere anche durante il normale utilizzo, non di un fatto temporaneo come lo è la taratura.