

Wzmacniacz mocy HiFi 250W (sinus)

Nowy Elektronik 107-K

W listach od Czytelników pojawiają się prośby o wzmacniacz m.cz. dużej mocy. Aby zaspokoić potrzeby naszych Czytelników opracowaliśmy wzmacniacz m.cz. o mocy 250W (sinus) i parametrach klasy HiFi

Wzmacniacze audio to temat, który cieszy się dużym powodzeniem i stale powraca na łamy czasopism elektronicznych. Tym razem chcieliśmy zaprezentować wzmacniacz audio dużej mocy, który charakteryzuje się doskonałymi parametrami technicznymi, a dzięki zastosowaniu w stopniu mocy nowoczesnych tranzystorów MOSFET jego konstrukcja jest niezwykle prosta i łatwa w uruchomieniu. Proponowane rozwiązanie ze względu na znaczną moc, nie znajdzie zastosowania jako wzmacniacz końcowy w domowym sprzęcie audio, lecz idealnie nadaje się do nagłaśniania dużych sal np. szkolnych dyskotek itp.

Budowa wzmacniacza

Dzięki zastosowaniu w stopniu mocy tranzystorów MOSFET, które sterowane są napięciowo stopień sterujący jest niezwykle prosty. Schemat blokowy wzmacniacza przedstawia rys.1. Jak widać ze schematu układ zawiera: wzmacniacz różnicowy tranzystory T1-T2 z punktem pracy określonym przez prąd źródła prądowego I1. Pierwszy stopień jest obciążony drugim stopniem różnicowym, tranzystory T3-T4 o punkcie pracy określonym źródłem prądowym I2. Sygnał z kolektorów T3-T4 bezpośrednio sterują stopniem prądowym tranzystory T5-T6. Całość jest objęta ujemnym stałoprądowym sprzężeniem zwrotnym realizowanym na rezystorze R11, sprzężenie zmiennoprądowe jest realizowane na dwójniku R10-C3. Wzmocnienie napięciowe wynosi ok. 30dB.

Budowa i działanie

Schemat ideowy przedstawia rys. 2. Stopień wejściowy stanowi wzmacniacz różnicowy tranzystory T1-T2, którego punkt pracy wyznacza źródło prądowe zbudowane z tranzystorów T7-T8. Napięciem odniesienia dla źródła prądowego (tranzystor T8) jest spadek napięcia na diodzie LED D1, który wymusza prąd ze źródła prądowego zbudowanego w oparciu o tranzystor T7. Stopień wejściowy obciążony jest drugim wzmacniaczem różnicowym (tranzystory T3-T4), który steruje bezpośrednio stopniem końcowym utworzonym z tranzystorów T5/A, T5/B, T5/C, T6/A, T6/B, T6/C. Punkt pracy tego stopnia wyznacza źródło prądowe zbudowane z tranzystorów T12-T13 oraz zwierciadło prądowe tranzystory T14-T15. Punkt pracy - prąd spoczynkowy tranzystorów stopnia mocy przy braku sygnału wejściowego określa wydajność źródła prądowego I2 ustalona wartością potencjometru P2. Tranzystory MOSFET posiadają dodatni współczynnik temperaturowy, a kompensacja prądu spoczynkowego wraz ze wzrostem temperatury odbywa się za pośrednictwem termistora NTC R37, który został zamontowany bezpośrednio na radiatorze. Wraz ze wzrostem temperatury następuje zmniejszenie się oporności termistora, który przejmując część prądu płynącego ze źródła I2 do zwierciadła prądowego (tranzystor T14-T15) zmniejsza prąd tranzystorów T3-T4, jednocześnie doprowadzi do ustabilizowania się prądu spoczynkowego w stopniu mocy. Wzrostowi mocy wyjściowej towarzyszy wydzielanie się znacznej mocy w tranzystorach T5/A-T6/C. aby nie doprowadzić do sytuacji w której radia-

tor osiągnie temperaturę, w której przykręcone do niego tranzystory mocy mogłyby ulec uszkodzeniu układ wzmacniacza został wyposażony w elektroniczny układ kontroli temperatury radiatora, po przekroczeniu której następuje ograniczenie mocy wyjściowej. Przekroczenie temperatury radiatora ok. 75 stopni C powoduje wprowadzenie w stan przewodzenia tranzystora T11, który najpierw przejmie część prądu źródła prądowego I2 i zmniejszy prąd zwierciadła prądowego (tranzystory T14-T15), jednocześnie zmniejszy moc wyjściową. W przypadku braku efektów zmniejszenia mocy wyjściowej (następuje dalszy wzrost temperatury radiatora np. uniemożliwiona poprawna wentylacja), tranzystor T11 zostanie wprowadzony w stan nasycenia i całkowicie zablokuje stopień końcowy. Punkt pracy zabezpieczenia nadtemperaturowego określany jest za pomocą potencjometru P1. Całkowite wzmocnienia napięciowe wzmacniacza wynosi ok. 30dB i określone jest przez elementy R10, R11, C3. Ze względu na charakter pracy kondensator C3 powinien być typu bipolarnego, w ostateczności można zastosować dwa kondensatory elektrolityczne połączone szeregowo w przeciwfazie. Na wyjściu wzmacniacza zastosowano filtr dolno-przepustowy. Jak wspomniano w tytule wzmacniacz posiada moc wyjściową 250W(sinus). Teoretyczną moc wyjściową wzmacniacza m.cz. możemy wyznaczyć z prostej zależności:

$$P = U_{pp}^2 / (8R_L)$$

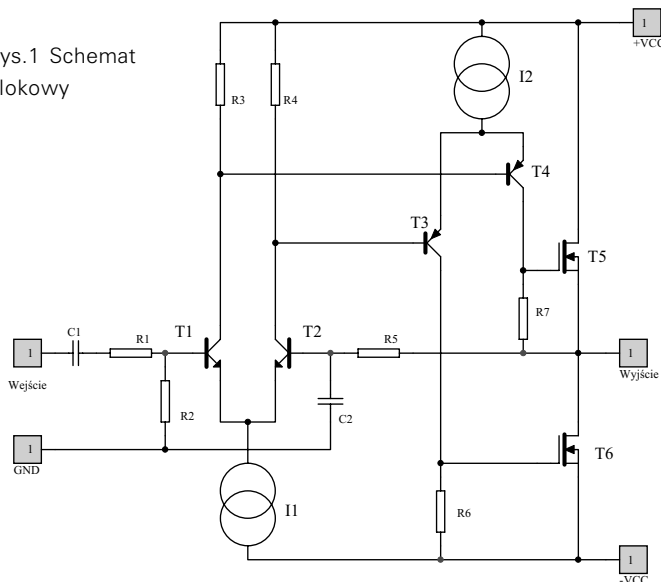
Gdzie:

U_{pp} - wyjściowe napięcie międzyszczytowe

R_L - oporność głośników

Przy założeniu, że wzmacniacz będziemy zasilali napięciem niestabilizowanym +/-55V teoretyczna moc wyjściowa to ok. 350W, jednak ze wzrostem obciążenia (pobór prądu w szczycie dochodzi do +/- 6-10A) spadnie napięcie zasilacza do ok. +/-46V, czemu towarzyszy spadek teoretycznej mocy wyjściowej do ok. 264W. Przy uwzględnieniu spadków napięcia w stopniu sterującym maksymalna moc to ok. 250W. Stosowanie wyższego napięcia zasilania w celu uzyskania wyższej mocy wyjściowej ze względu na napięcia przebicia zastosowanych tranzystorów jest niedopuszczalne i grozi ich uszkodzeniem. Wszystkie te uwagi należy uwzględnić przy projektowaniu zasilacza, projekt zasilacza który był wykorzystany przy testowaniu wzmacniacza przedstawia rys.4. Jako transformatory sieciowe zostały wykorzystane fabryczne transformatory TS250/2 z odpowiednio przewiniętymi uzwojeniami wtórnymi.

Rys.1 Schemat blokowy



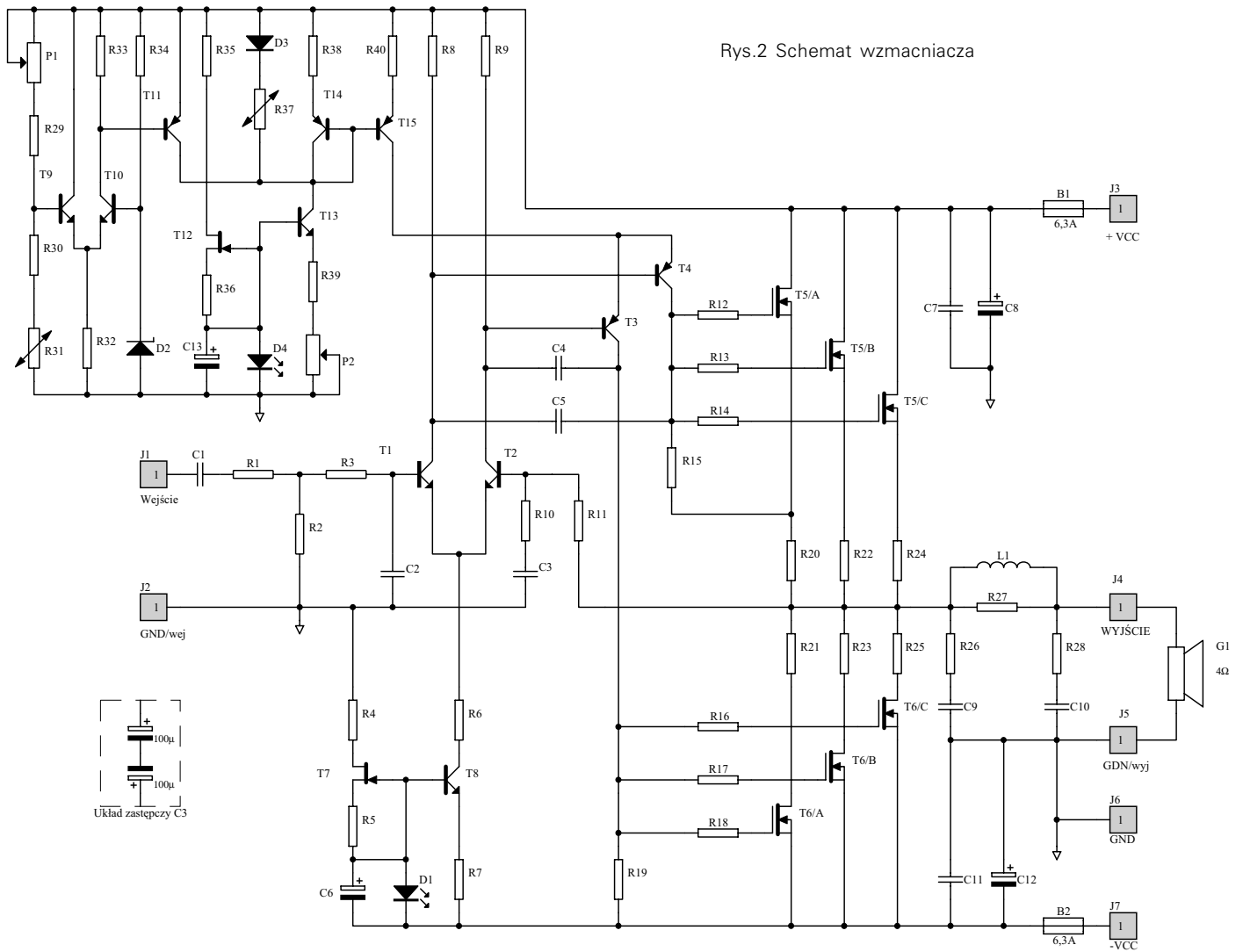
Parametry techniczne wzmacniacza

Parametr	Wartość	Jednostka
Napięcie zasilania (max)	+/-55	V
Pobór prądu	<6	A
Prąd spoczynkowy	0,2	A
Moc wyjściowa (sinus) $R_L=4\Omega$	250	W
Moc chwilowa $R_L=4\Omega$	350	W
Zniekształcenia 20Hz - 20kHz	0,05	%
Sygnał wejściowy	0,707	V
Rezystancja wyjściowa	4	ohm

Montaż i uruchomienie.

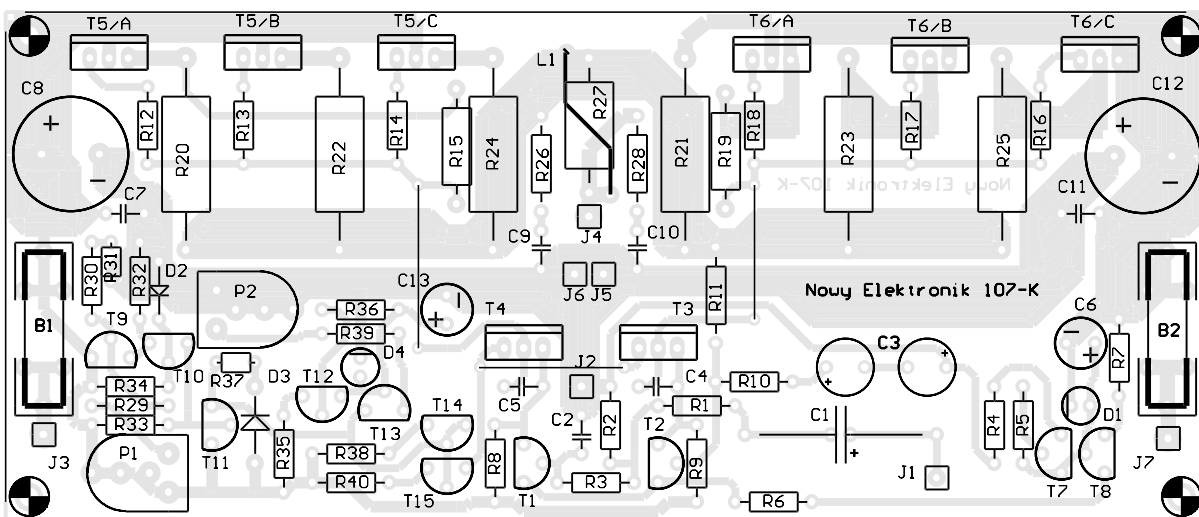
Wzmacniacz został zamontowany na jednostronnym obwodzie drukowanym, którego mozaikę przedstawia rys. 3. Montaż należy wykonać w tradycyjny sposób, najpierw montujemy trzy zwory, a następnie wszystkie elementy rozpoczynając jak zwykle od tych najmniejszych. Nie montujemy tranzystorów T5/A-T6/C i termistorów R31, R37, elementy te będą zamontowane bezpośrednio na radiatorze. Kondensator C1 typu MKT można zastąpić elektrolitem dobrej jakości, natomiast C3 powinien być kondensatorem bipolarnym, w razie problemu z nabyciem odpowiedniego można go zastąpić dwoma kondensatorami elektrolitycznymi 100µF połączonymi w szereg łącząc końcówkę "-" z "-". Tranzystory T1,T2 powinny mieć jednakową temperaturę. W tym celu należy wykonać mały radiator z paska blachy

Rys.2 Schemat wzmacniacza



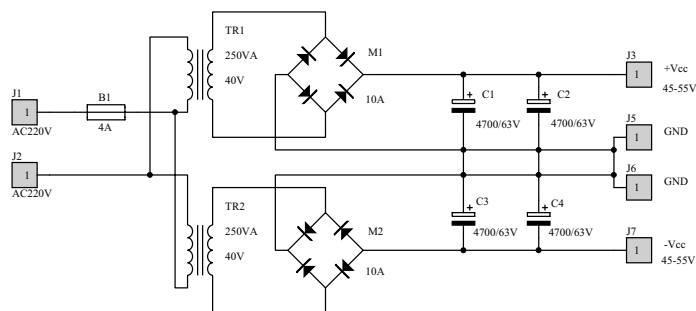
miedzianej o szerokości ok 5mm. Po odpowiednim wyprofilowaniu i posmarowaniu pastą silikonową należy wykonany radiator nasunąć na "czapki" tranzystorów T1, T2 tak, aby powstał "mostek termiczny" pomiędzy tranzystorami. Po wywierceniu i nagwintowaniu otworów w radiatorze wkręcamy termistory R31, R37, oraz przykręcamy tranzystory T5/A-T6/C stosując podkładki izolacyjne i pastę silikonową, która ułatwi wymianę ciepła pomiędzy tranzystorami i radiatorze. Teraz na tak wykonanego "jeża" nakładamy płytkę i lutujemy tranzystory T5/A-T6/C. Następnie łączymy wkręcone termistory z odpowiednimi punktami za pomocą cienkiego przewodu w izolacji. W przypadku kłopotów ze zdobyciem termistorów "na wkręt" należy zastosować normalne wklejając je w uprzednio w wykonane otwory w radiatorze pamiętając o izolacji - termistor R37 jest na potencjale +Vcc. Dławik L1 wykonamy nawijając na rezystorze R27 12-15 zwoi przewodem DNE o średnicy 0,8-1mm. Wszelkie

połączenia pomiędzy zasilaczem a wzmacniaczem ze względu na znaczne prądy powinny być jak najkrótsze i wykonane przewodem o przekroju min 2,5mm² lub cięszym, ale odpowiednio zwielokrotnionym. Końcówkę GND zasilacza należy podłączyć do płytki w miejscu J6-GND, masę sygnałową do końcówki GND/wej, nie przestrzeganie powyższych zaleceń doprowadzi do zakłóceń w pracy i wzbudzenia się wzmacniacza. Po skończonym montażu i dokładnej kontroli wzrokowej poprawności montażu możemy przejść do uruchomienia wzmacniacza. W celu wyeliminowania możliwości wypalenia tranzystorów stopnia końcowego w przypadku błędów w montażu należy podjąć pewne środki zaradcze. Najpierw sprawdzamy wartości napięć zasilania przy wyjętych bezpiecznikach wzmacniacza powinno wynosić ok. +/- 55V. Teraz potencjometr P2 ustawiamy w skrajne lewe położenie, a P1 w pozycję środkową, bezpieczniki wzmacniacza zastępujemy rezystorami 10Ω/0,1 - 0,2W i włączamy zasilanie



Rys. 3 Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

nie. Jeżeli z wlutowanych rezystorów 10Ω pozostanie tylko niebieski obłok to musimy sprawdzić poprawność montażu, jeżeli po włączeniu zasilania rezystory nie ulegną spaleniu, to należy uznać że układ został poprawnie zmontowany i można rozpocząć regulację. Najpierw mierzymy spadek napięcia na wlutowanych rezystorach 10Ω i przy pomocy potencjometru P2 ustalamy wartość tego napięcia na ok. 2V, co oznacza że ustaliliśmy prąd spoczynkowy stopnia mocy na ok. 200mA. Następnie mierzymy wartość napięcia na zaciskach głośnika nie powinno być większe od +/- 200mV, teraz wyłączamy zasilanie, a rezystory 10Ω zastępujemy bezpiecznikami. Następnym krokiem jest ustawienie zabezpieczenia nadtemperaturowego, podłączamy głośniki i sygnału wejściowego, stopniowo zwiększamy moc wyjściową jednocześnie kontrolując temperaturę radiatora. Po osiągnięciu temperatury ok. 75 stopni C zabezpieczenie powinno zredukować moc wyjściową, próg zadziałania zabezpieczenia ustawiamy potencjometrem P1. Próg zadziałania zabezpieczenia możemy także ustawić bez konieczności doprowadzenia sąsiadów do rozstroju psychicznego, ogrzewając radiator np. lutownicą dużej mocy. Pojawienie się dodatniego napięcia mierzonego na kolektorze tranzystora T11 świadczy o zadziałaniu zabezpieczenia w danej temperaturze. Układ jest wzmacniaczem monofonicznym, dla systemu STEREO należy wykonać dwa identyczne układy odpowiednio modyfikując zasilacz (podwójne obciążenie).



Rys.4 Schemat zasilacza

Spis elementów

Rezystory:

R1 - 2,2k
R2 - 33k
R3 - 2,2k
R4 - 3,3k
R5 - 470
R6 - 20k
R7 - 1k
R8 - 3,3k
R9 - 3,3k
R10 - 1k
R11 - 33k
R12 - 100
R13 - 100
R14 - 100
R15 - 1,2k/0,5W
R16 - 100
R17 - 100
R18 - 100
R19 - 1,2k/0,5W
R20 - 0,1-0,33/5W
R21 - 0,1-0,33/5W
R22 - 0,1-0,33/5W
R23 - 0,1-0,33/5W
R24 - 0,1-0,33/5W
R25 - 0,1-0,33/5W
R26 - 10/0,5W
R27 - 4,7/1W
R28 - 10/0,5W
R29 - 10k
R30 - 4,7k
R31 - 4,7k termistor NTC
R32 - 10k
R33 - 4,7k
R34 - 15k
R35 - 3,3k
R36 - 470
R37 - 4,7k termistor NTC
R38 - 100
R39 - 200*
R40 - 100

Kondensatory:

C1 - 10µF/50V
C2 - 51pF

C3 - 47µF/25V

C3 - 47µF/25V

C4 - 82pF

C5 - 82pF

C6 - 100µF/25V

C7 - 100nF

C8 - 470µF/50V

C9 - 10nF

C10 - 10nF

C11 - 100nF

C12 - 470µF/50V

C13 - 100µF/25V

Półprzewodniki:

T1 - BC546

T2 - BC546

T3 - BF470

T4 - BF470

T5/A - IRF640

T5/B - IRF640

T5/C - IRF640

T6/A - IRF640

T6/B - IRF640

T6/C - IRF640

T7 - BF245

T8 - BC546

T9 - BC546

T10 - BC546

T11 - BC556

T12 - BF245

T13 - BC546

T14 - BC556

T15 - BC556

D1 - LED R

D2 - BZX55 C6V2

D3 - 1N4148

D4 - LED R

Inne:

L1 - patrz tekst

PR1 - 100k - mon. poziomy

PR2 - 100 - mon. poziomy

B1 - podsta. pod bezpiecznik

B2 - podsta. pod bezpiecznik

Drut - DNE Φ 0,8-1 - 10cm

107-K - płytka