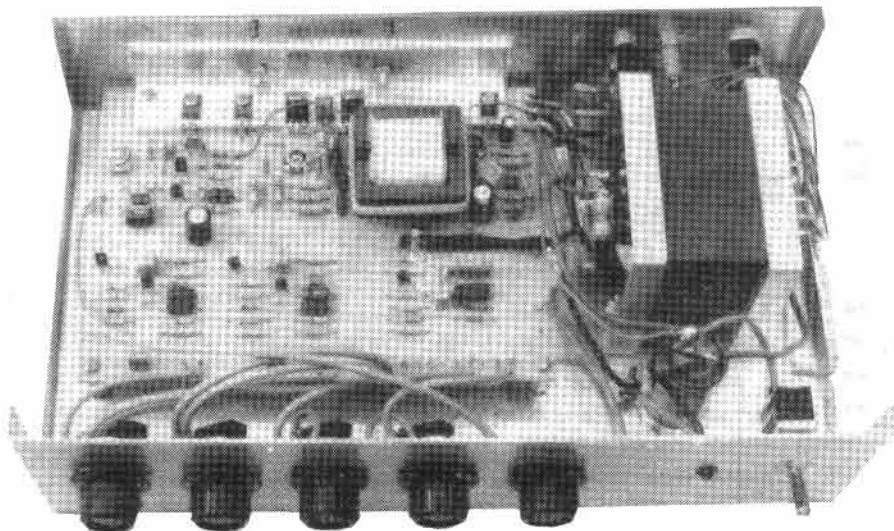


Wzmacniacz akustyczny 12V, 35W do systemu rozgłoszeniowego, część 1

Przedstawiamy projekt wzmacniacza z tranzystorami MOSFET do różnych zastosowań. Wzmacniacz wyposażony jest w wyjście o napięciu 100V i wyjścia niskonapięciowe współpracujące z obciążeniem 8Ω. Może być on wykorzystany także jako np. przetwornica 12V/240V AC.



Wzmacniacz został zaprojektowany w taki sposób, by zasilany napięciem 12V dostarczał 35W mocy. Jest przeznaczony przede wszystkim do systemów rozgłoszeniowych. Transformator wyjściowy posiada jedno niskoimpedancyjne uzwojenie wtórne do bezpośredniego podłączenia głośnika oraz dwa uzwojenia wtórne dające napięcia 100V. Zazwyczaj są one łączone szeregowo, ale można także połączyć je równolegle i uzyskać napięcie 240V. Oczywiście konstruktorzy mogą nawinąć transformator w inny sposób. Projekt ten jest adresowany do bardziej doświadczonych elektroników-amatorów.

Wejścia

Urządzenie wyposażone jest w cztery wejścia, każde z niezależną regulacją poziomu. Dwa z nich są przystosowane do sygnałów pochodzących z mikrofonów lub przetworników gitarowych, dwa pozostałe do sygnałów o wyższych poziomach, np. pochodzących z odtwarzacza kaset lub odbiornika radiowego. Sygnały są miksowane, a następnie poddawane wspólnej regulacji poziomu.

Nie zostało przewidziane wejście dla sygnałów z adapterów z korekcją RIAA, ponieważ uznano, że urządzenie będzie najczęściej współpracować z odtwarzaczami CD lub kaset oraz mikrofonami.

Wzmacniacz nie został wyposażony w regulację barwy tonu, ponieważ wzmacniacze w systemach rozgłoszeniowych pracują zazwyczaj z pełnym poziomem mocy i nie istnieje możliwość wydatnienia wybranego fragmentu pasma.

Stopień wyjściowy zbudowany został na tranzystorach mocy FET i pracuje w klasie B. W pierwotnej wersji stopień ten zawierał tranzystory bipolarne. Został zmodyfikowany ponieważ tranzystory o maksymalnych prądach 8A np. 40251 lub 2N6371 znikają z rynku, natomiast tranzystory mocy MOSFET o prądach 15A...30A stają się coraz bardziej powszechne i tanie.

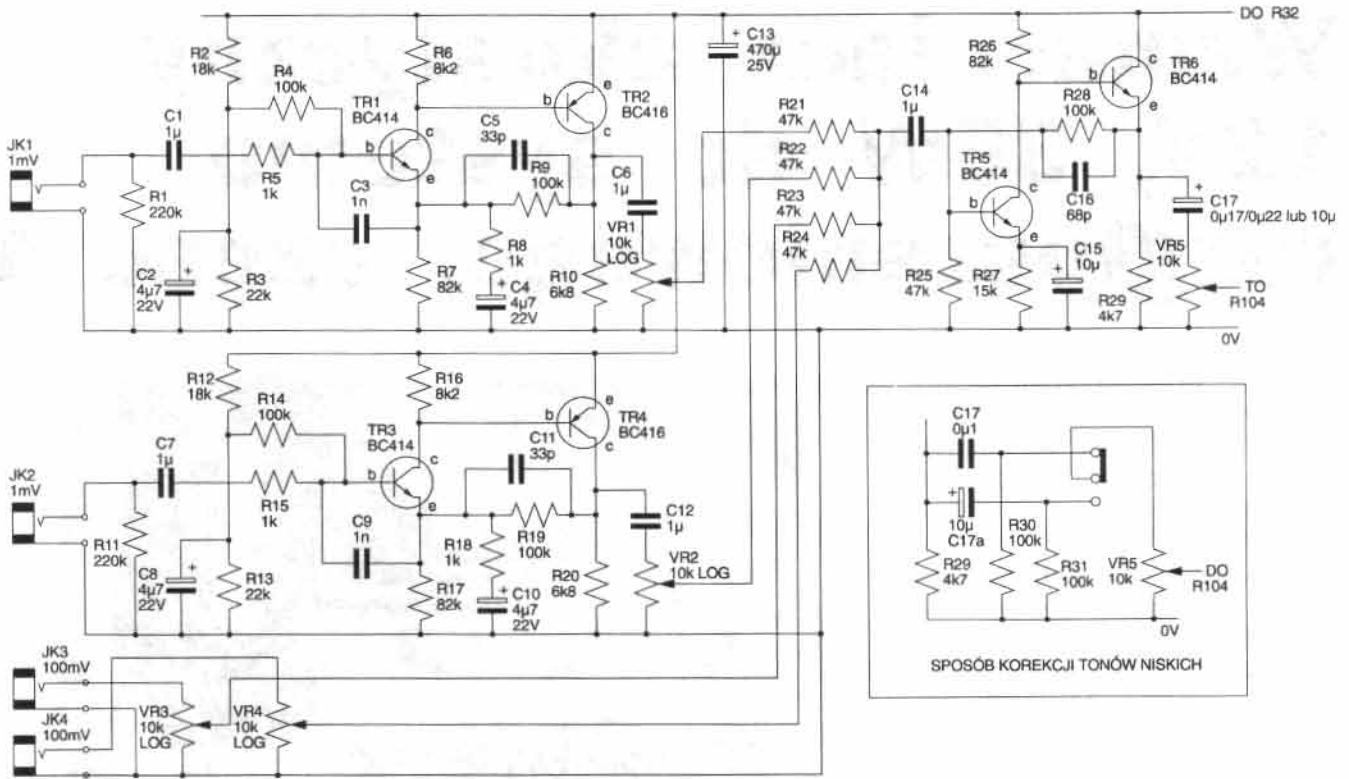
Parametry

Stosunek sygnał/szum oraz zniekształcenia nie pozwalają traktować przedstawianego wzmacniacza jako urządzenia klasy Hi-Fi, ale są mi-

mo to niezłe. Poziom zniekształceń wynosi około 0,5% (rosną przy obcinaniu sygnału), stosunek sygnał/szum wynosi 60...70dB, a pasmo - 70Hz...15kHz.

Istnieje możliwość zmiany dolnej częstotliwości granicznej (opisana w dalszej części), natomiast trudno raczej byłoby zwiększyć górną częstotliwość graniczną, biorąc pod uwagę fakt, że rdzeń transformatora wyjściowego zbudowany jest z blaszek o grubości 0,35mm. W przypadku takiego transformatora kompromis między oboma częstotliwościami granicznymi jest nieunikniony i wydaje się, że zaproponowane rozwiązanie zapewnia parametry wzmacniacza zadawające z punktu widzenia systemu rozgłoszeniowego, tym bardziej, że głośniki tubowe na pewno spowodują utratę jakości dźwięku.

Rozwiązanie wzmacniacza z wyjściem transformatorowym do systemu rozgłoszeniowego oparte na elementach dyskretnych zapewnia odpowiednią jakość, jest tanie i zazwyczaj łatwiejsze w serwisowaniu niż urządzenia z układami scalonymi.



Rys. 1. Schemat elektryczny przedwzmacniacza i miksera.

Stopień wejściowy

Schemat ideowy przedwzmacniacza przedstawiony został na **rysunku 1**. Baza tranzystora TR1 spolaryzowana jest przez dzielnik rezystancyjny R2, R3 i R4 połówą napięcia zasilania. Połączenie tranzystorów komplementarnych zapewnia jednocześnie prostotę i funkcjonalność układu. Dla zapewnienia dobrych parametrów szumowych prąd tranzystora TR1 wynosi 60µA, natomiast tranzystora TR2 - 600µA. Filtr z elementami R5 i C3 eliminuje wysokie częstotliwości z toru, natomiast kondensator C5 (33pF) zapewnia stabilność układu dla wyższych częstotliwości i ogranicza pasmo do 50kHz. Potencjometr VR1 służy do regulacji poziomu. Współczynnik wzmocnienia tego stopnia jest ustalony przez lokalne sprzężenie zwrotne (rezystory R9 i R8) i wynosi 100. Poziom wejściowy powinien wynosić około 1mV. Drugi kanał wzmacniacza słabych sygnałów jest identyczny.

Stopień miksujący zbudowany jest na tranzystorze o niskim prądzie polaryzującym TR5, pracującym z prądem kolektora 100µA, z wtór-

nikiem z tranzystorem TR6 na wyjściu, pracującym z prądem kolektora 1mA. Polaryzacja zrealizowana jest przy pomocy klasycznego dzielnika rezystorowego i sprzężenia zwrotnego (elementy R25, R27 i R29). Kondensator C15 ogranicza z góry pasmo do 15kHz. Para TR5 i TR6 zapewnia niskie szumy oraz daje możliwość miksowania sygnałów z uniknięciem wzajemnych interferencji. Sygnał z wyjścia układu miksującego podawany jest przez kondensator C17 i główny potencjometr regulacji poziomu VR5 na wejście stopnia mocy.

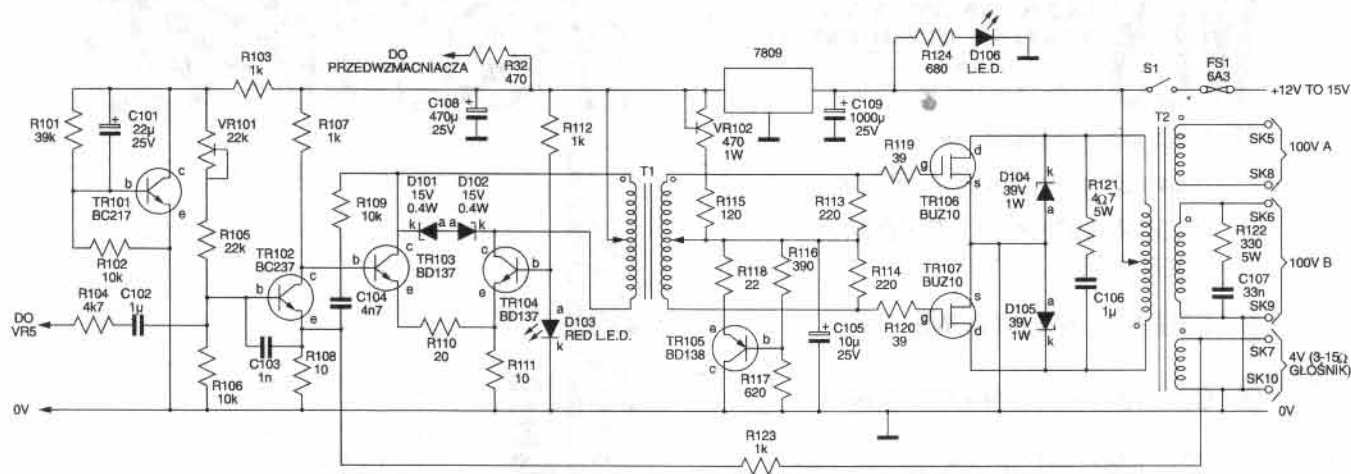
Kondensator C17 powinien być dobrany do przewidywanego zastosowania. Aby zapobiec nasycaniu transformatora, pojemność C17 jest mniejsza od wartości zwykle stosowanej do ustalenia dolnej częstotliwości granicznej wzmacniacza. Przy założeniu dolnej częstotliwości odcięcia 70Hz pojemność ta powinna wynosić 220nF. W przypadku zastosowania głośników tubowych powinno to być 100nF. Wartości te uwzględniają obciążenie, jakie dla potencjometru VR1 stanowi impedancja wejściowa stopnia mocy.

Jeśli wzmacniacz ma być wykorzystywany jako przetwornica napięcia 50Hz lub jeśli dolne ograniczenie odpowiedzi częstotliwościowej wprowadza źródło sygnału, pojemność C17 powinna wynosić 10µF. Dwie wartości C17 można przełączać przy pomocy przełącznika suwakowego. Pojemności te powinny wynosić 100nF i 10µF. W przypadku wyższych wymagań można zastosować potrójny przełącznik i pojemności 68nF (200-250Hz dla głośników tubowych), 220nF dla dolnej częstotliwości granicznej 70Hz i 10µF w przypadku przetwornicy (lub pasma rozszerzonego od dołu).

Wszystkie przedwzmacniacze zasilane są stabilizowanym napięciem 11,5V, filtrowanym przy pomocy prostego układu RC (R32, C13).

Stopień wyjściowy

Schemat ideowy stopnia wyjściowego znajduje się na **rysunku 2**. Konieczność zastosowania transformatora wynika z potrzeby uzyskania napięcia 100V na wyjściu przy zasilaniu napięciem 12V. Oczywiście konsekwencją staje się wykorzysta-



Rys. 2. Schemat elektryczny stopnia mocy i stabilizatora zasilania.

tanie transformatora także do podłączenia obciążenia. Rozwiązania takie stosowano we wczesnych wzmacniaczach tranzystorowych, ale tranzystory MOSFET pozwalają na uproszczenie układu.

We wzmacniaczach transformatorowych wyższej jakości minimalizowano stały prąd przepływający przez uzwojenie pierwotne, dzięki czemu szczelina powietrzna w rdzeniu nie była niezbędna. W przedstawianym układzie zastosowano pracujący w klasie A wzmacniacz sterujący końcówkę mocy, zawierającą parowane tranzystory MOS. Jest to rozwiązanie proste i jednocześnie zapewnia dużą moc. Tranzystory MOS BUZ10 mają maksymalne wartości natężenia prądu 20A (do 50°C, powyżej tej temperatury - 15A). Wartość konduktancji przejściowej wynosi 8A/V, a napięcie odcięcia kanału 4V (maksimum). Maksymalna moc strat wynosi 75W, maksymalne napięcie pracy - 50V.

Choć mogłoby się wydawać, że napięcie sterujące 1V wystarczy do uzyskania prądu 8A, to jednak dla niskich napięć dren-źródło tranzystory znajdują się w obszarze trydowym, gdzie niezbędne jest większeysterowanie. Jest to najpoważniejsza przyczyna powstawania zniekształceń w układzie. Prawdopodobnie tranzystory MOSFET o niskim napięciu odcięcia (np. BUK553-60B) mogłyby być wykorzystywane w układach ze sprzężeniem pojemnościowym, ale w przypadku standardowych tranzystorów

MOS sprzężenie transformatorowe zapewnia większą zmianę napięcia wyjściowego.

Stopień wyjściowy zawiera tranzystor TR102ysterowujący parę tranzystorów TR103-TR104. Prąd spoczynkowy tych tranzystorów ustalają na 100mA - rezystor R11 i powstające na diodzie LED napięcie (ok. 1,6V), polaryzujące bazę tranzystora TR104. Taki sposób polaryzacji umożliwia kompensację termicznego dryftu napięcia baza-emiter tranzystora TR104. Prąd spoczynkowy tranzystora TR103, równy 50mA, ustalany jest przy pomocy potencjometru VR101 i stabilizowanego przez TR101 napięcia.

Prąd tranzystora TR104 ulega zmianom w taki sposób, by natężenie prądu pary TR103-TR104 wynosiło zawsze 100mA. Prąd każdego z tranzystorów powinien wynosić około 50mA. Tranzystory te obciążone są transformatorem ze środkowym odczepem, o przekładni 1:1,ysterowującym stopień końcowy.

Odczep uzwojenia wtórnego tego transformatora połączony jest z opisanym dalej układem polaryzacji. Wyprowadzenia transformatora zamknięte są rezystorami 220Ω (R113 i R114), co poprawia szybkość stopnia wyjściowego i ogranicza wpływ pojemności uzwojeń na charakterystykę częstotliwościową, a co najważniejsze - stabilizuje wzmocnienie i poprawia stabilność stopnia wyjściowego. Rezystory 39Ω połączone szeregowo z bramkami tranzystorów mocy tłumią wysokoczęstotliwościowe oscylacje.

Tranzystory MOS zasilane są przy pomocy jednego napięcia, ponieważ można łączyć je równolegle, nawet bez oddzielnych rezystorów w obwodach źródeł. Należy jednak zastosować dobrane tranzystory, ponieważ w przypadku tranzystorów MOS wartości napięcia odcięcia mogą zmieniać się w zakresie 2...4V, a przecież ich prądy spoczynkowe powinny być równe.

Praktycznie rzecz biorąc, dwa tranzystory zakupione jednocześnie i w tym samym miejscu powinny pochodzić z tej samej serii produkcyjnej i posiadać dostatecznie zbliżone wartości parametrów. W przypadku prototypu prądy spoczynkowe obu tranzystorów wynosiły 110mA i 140mA, a więc rozbieżność była zbyt duża. Lepiej dobrane tranzystory zapewniłyby niższy poziom zniekształceń.

John Ellis

Drugą część artykułu opublikujemy w EP 5/96.

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika „Everyday with Practical Electronics”.