



Przedwzmacniacz tranzystorowy



Opisany projekt powstał dzięki "zamówieniom" z miniankiety z EdW 8/99. Znaczna liczba Czytelników upominała się o prosty i tani przedwzmacniacz zbudowany z tranzystorów. Opisany dalej układ przy swej prostocie ma zaskakująco dobre parametry, a elementy do jego wykonania z pewnością znajdują się w pracowni każdego elektronika.

Do czego to służy?

Układ jest przedwzmacniaczem mikrofonowym. Może być używany do wzmacniania wszelkich przebiegów m.cz. o częstotliwościach 10Hz...300kHz. Wzmocnienie może być regulowane w bardzo prosty sposób, przez zmianę wartości jednej rezystancji. Układ może być zasilany pojedynczym napięciem o wartości 5...25V, a pobór prądu wynosi kilka miliamperów. Co bardzo ważne w praktyce, zastosowana konfiguracja układowa zapewnia duże tłumienie tętnień zasilania, dlatego układ może być zasilany napięciem niestabilizowanym.

Parametry szumowe układu zależą od właściwości tranzystora pracującego w stopniu wejściowym. Zaleca się zastosowanie tam tranzystora niskoszumnego, jednak nawet ze standardowym tranzystorem m.cz. parametry okażą się wystarczające do większości zastosowań.

Jak to działa?

Schemat ideowy przedwzmacniacza jest pokazany na **rysunku 1**. Konfiguracja układowa jest klasyczna, spotykana była często w starszej literaturze.

Wzmocnienie zapewniają tranzystory T1, T3, pracujące w układzie wspólnego emitera. Tranzystor T2 to wtórnik emiterowy, zapewniający małą rezystancję wyjściową i dodat-

kowo poprawiający niektóre parametry wzmacniacza. Wzmocnienie maksymalne, zapewniane przez tranzystory T1, T3 jest bardzo duże. Rzeczywiste wzmocnienie układu wyznacza obwód sprzężenia zwrotnego z elementami R9 oraz R5...R8. Celowo przewidziano miejsce na cztery rezystory R5...R8, dzięki czemu łatwo można dobrać potrzebne wzmocnienie, wlutowując jeden lub kilka rezystorów. Wzmocnienie można zmieniać w zakresie mniej więcej 10x...180x (20dB...45dB).

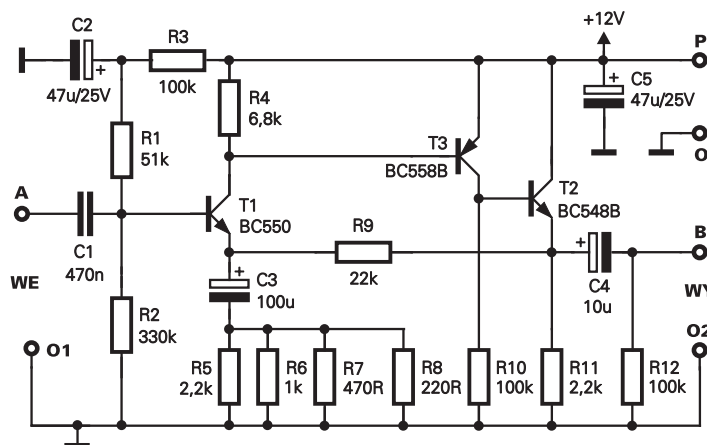
Pobór prądu jest mały, przy napięciu zasilania 12V model pobiera 2,8mA.

Rezystancja wejściowa, wyznaczona przez równoległe połączenie R1, R2 i rezystancji wejściowej tranzystora T1, jest duża - wynosi 10...36kΩ, zależnie od wzmocnienia. Nawet przy największej wartości wzmocnienia oporność wejściowa nie będzie mniejsza niż 10kΩ.

Rezystancja wyjściowa jest bardzo mała, rzędu co najwyżej kilkudziesięciu...kilkuset omów.

Jak wspomniano, parametry zmiennoprądowe, w tym wzmocnienie, wyznaczają rezystory R9 i R5...R8. Natomiast parametry stałoprądowe są wyznaczone przede wszystkim przez wartość napięcia stałego na bazie T1, czyli przez dzielnik R3, R1, R2. W układzie tak dobrano wartości tych rezystorów, by napięcie stałe na bazie T1 wynosiło mniej więcej 2/3 wartości napięcia zasilającego. W ogromnej większości przypadków jest to bardzo dobry wybór. Zaprezentowany model może pracować w zakresie napięć zasilających 5...25V, a jeszcze przy napięciu zasilania 4,5V można na wyjściu uzyskać nieznkształcony przebieg o wartości 1,1Vpp. Jeśli ktoś chciałby wykorzystywać układ przy zasilaniu napięciem mniejszym niż 5V, może zmienić stałoprądowe punkty pracy, by uzyskać jak największy zakres nieznkształconych sygnałów wyjściowych. Wypróbuje to zmieniając wartość R2 w zakresie 68kΩ...680kΩ.

Bardzo ważną cechą omawianego prostego wzmacniacza jest dobre tłumienie tętnień na-



Rys. 1 Schemat ideowy

pięcia zasilania. Zapewnia to zastosowana konfiguracja z tranzystorami T1 i T3 o przeciwnej polaryzacji. W literaturze spotyka się dużo innych wzmacniaczy tranzystorowych, i niestety wiele z nich ma bardzo słabe właściwości pod tym względem. Wbrew pozorom, problem tłumienia tętnień zasilania ma bardzo duże znaczenie praktyczne. W niedopracowanych przedwzmacniaczach i wzmacniaczach bywa tak, że wszelkie "śmieci" z szyny zasilającej (tętnienia, spadki napięć w takt sygnału i szумы zasilacza) przechodzą na wyjście praktycznie niestłumione. W rezultacie poziom szumów, zakłóceń i zniekształceń takiego układu jest zastraszająco duży. Ten wysoki poziom szumów na wyjściu nie jest „zasługą” tranzystorów - na wyjście przechodzą wszelkie śmieci z szyny zasilania. Taka sama może być przyczyna dużego poziomu zniekształceń nieliniowych. Nieświadomy elektronik uważa, że jest to cecha wszelkich prostych wzmacniaczy tranzystorowych. Tymczasem zależy to właśnie od konfiguracji. Co prawda zastosowanie lokalnego stabilizatora (np. LM317) znacznie poprawi sytuację, ale trudno stosować stabilizator do każdego modułu większego urządzenia. Dlatego ważne jest, by przedwzmacniacz sam z siebie miał dobry współczynnik tłumienia tętnień napięcia zasilania. Prezentowany prosty układ przetestowano pod tym względem. Okazało się, że tętnienia o częstotliwości 100Hz są tłumione aż o 45dB, czyli prawie 200 razy! Oznacza to, że w wielu przypadkach układ nie musi być zasilany napięciem stabilizowanym, wystarczy dobra filtracja.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej, pokazanej na rysunku 2. Nie ulega

Wykaz elementów

Rezystory	
R1	.....51kΩ
R3,R10,R12	.....100kΩ
R2	.....330kΩ
R4	.....6,8kΩ
R5,R11	.....2,2kΩ
R6	.....1kΩ
R7	.....470Ω
R8	.....220Ω
R9	.....22kΩ
Kondensatory	
C1	.....470nF
C2,C5	.....47μF/25V
C3	.....100μF/16V
C4	.....10μF/16V
Półprzewodniki	
T1	.....BC413 lub BC550
T2	.....BC548B
T3	.....BC558B

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2402

wątpliwości, że wielu Czytelników zechce zmontować go "w pająku" bądź na płytce uniwersalnej. W każdym przypadku montaż nie powinien sprawić trudności. Układ nie zawiera żadnych szczególnie delikatnych i wrażliwych elementów.

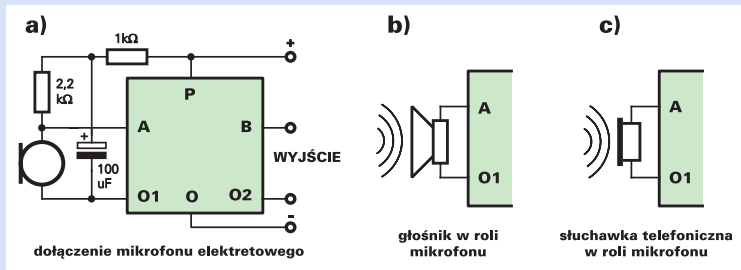
Na schemacie ideowym i w wykazie podano, że tranzystor wejściowy T1 jest typu BC413 lub BC550. Zaproponowano te tranzystory, ponieważ są one znane od dawna i popularne. Nic nie stoi na przeszkodzie, by zamiast nich zastosować jakiegokolwiek niskoszumne tranzystory NPN, np. BC109, BC149, BC239, BC549, BC414. Śmiało można też zastosować najpopularniejsze tranzystory BC548, BC547 czy BC107, BC108 - wzrost szumów będzie ledwo zauważalny.

Jako T2 i T3 można zastosować jakiegokolwiek tranzystory małej mocy NPN i PNP.

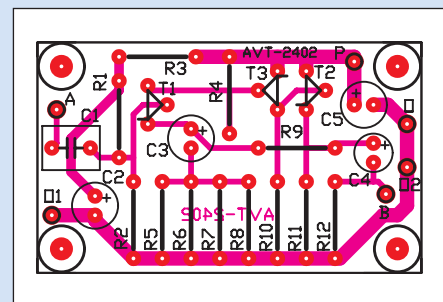
Wartość wzmocnienia przedwzmacniacza nie zależy od wzmocnienia prądowego tranzystorów, tylko od wypadkowej rezystancji R5...R8. Przy wartości 2,2kΩ (tylko R5) wzmocnienie wynosi około 10. Po wlutowaniu wszystkich czterech rezystorów R5...R8, gdy oporność wypadkowa będzie około 120Ω, wzmocnienie będzie wynosić 180x.

W praktyce wzmocnienie potrzebne w danym przypadku można dobrać doświadczalnie.

Jak wspomniano, układ jest uniwersalnym przedwzmacniaczem, który może być wykorzystany do różnorodnych celów, nie tylko do współpracy z typowymi mikrofonami dynamicznymi. Rysunek 3 pokazuje przykłady wykorzystania różnych przetworników w roli mikrofonów. Jak wiadomo, każdy głośnik czy słuchawka telefoniczna z powodzeniem może pełnić rolę mikrofonu. W przypadku



Rys. 3



Rys. 2 Schemat montażowy

popularnych dwukońcówkowych elektretów potrzebny jest dodatkowy obwód filtrująco-polaryzujący, pokazany na rysunku 3a.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski