

Przedwzmacniacz z automatyką



Do czego to służy?

W październikowym numerze EdW przedstawiono niskoszumny przedwzmacniacz mikrofonowy z układem NE542. Kostka NE542 ma naprawdę dobre parametry i może służyć do budowy różnych innych wzmacniaczy małych sygnałów. Jednym ze sposobów jej wykorzystania jest budowa przedwzmacniacza mikrofonowego z obwodem automatyki.

W literaturze taki obwód nazywany jest często ARW – Automatyka Regulacji Wzmocnienia, można też go nazwać układem ogranicznika. W każdym razie chodzi o układ, który niezależnie od poziomu sygnału wejściowego, daje na wyjściu sygnał o ustalonej wielkości.

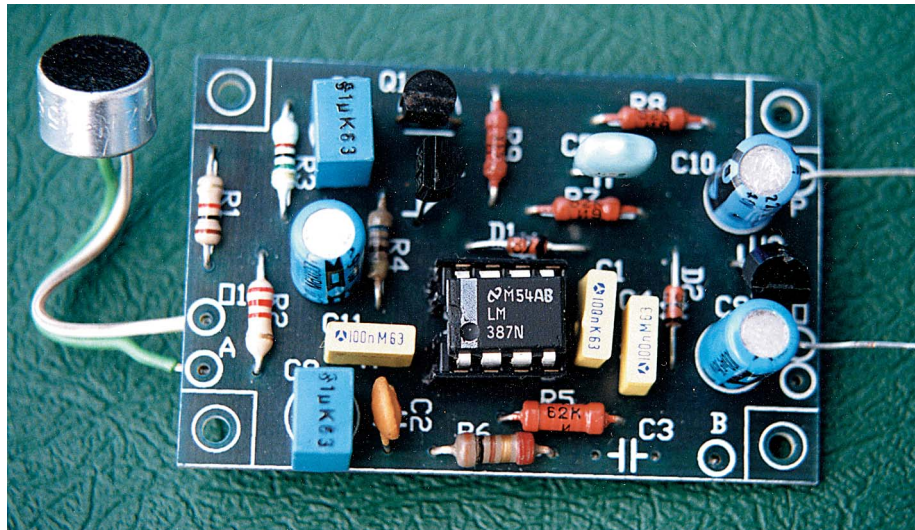
Taki przedwzmacniacz ma przy małych sygnałach ustalone, dość duże wzmocnienie. Jeśli okaże się, że sygnał na wyjściu ma już pożądaną wielkość, zaczyna działać układ ogranicznika, który zmniejsza wzmocnienie i przy zwiększaniu sygnału wejściowego utrzymuje sygnał wyjściowy na stałym poziomie.

W praktyce chodzi o to, by sygnał na wyjściu miał stałą wartość, niezależnie od odległości od mikrofonu – nikogo chyba nie trzeba przekonywać, że jest to cenna zaleta przedwzmacniacza.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu jest pokazany na rysunku 1. Układ przeznaczony jest do zasilania pojedynczym napięciem w granicach 15...25V. Główną rolę gra tutaj wzmacniacz U1A. Jego wzmocnienie wyznaczają wartości R5 i R4 oraz rezystancja tranzystora polowego T2. Rezystancja R11 nie ma wpływu na wzmocnienie, ponieważ kondensator C12 dla przebiegów zmiennych stanowi zwarcie do masy.

Dwójnik R6C2 zmniejsza skłonność wzmacniacza do samowzbudzenia – według katalogu, kostka NE542 nie powinna pracować przy wzmocnieniu mniejszym niż 3, a w podanej aplikacji wzmocnienie może spaść nawet do jedności.



Jak się nietrudno domyślić elementem regulacyjnym jest znany od dawna tranzystor polowy złączowy T2 typu BF245. W stanie spoczynku, gdy na wejściu i wyjściu występują niewielkie sygnały, tranzystor ten jest w pełni otwarty i wzmocnienie jest maksymalne. Wartość wzmocnienia maksymalnego jest wyznaczona głównie przez rezystancję R4, ale również w pewnym stopniu przez rezystancję otwartego tranzystora (wynoszącą kilkadziesiąt omów) i wynosi nieco mniej niż 100 razy (40dB).

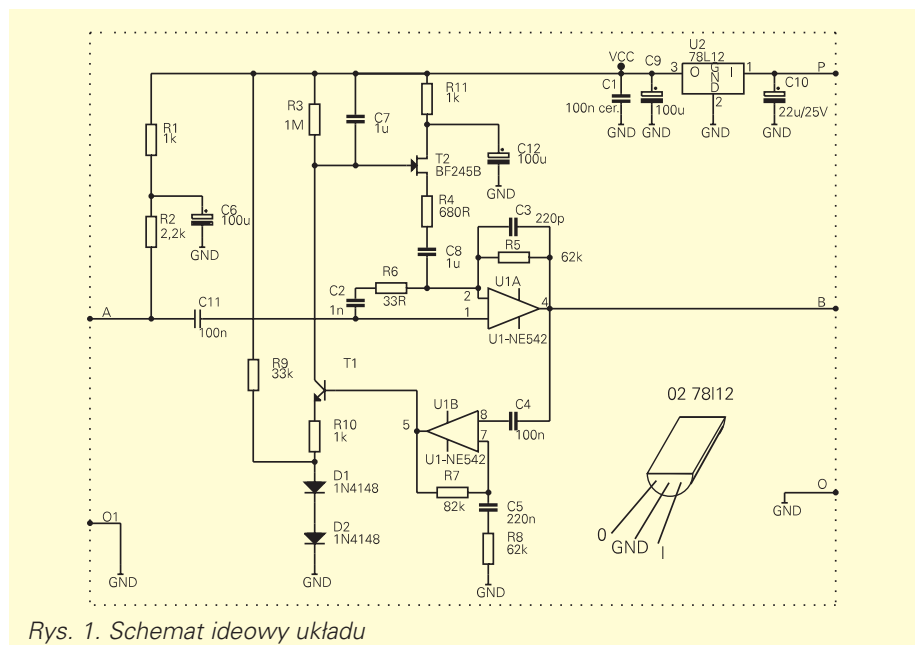
Tranzystor T2 jest otwarty, ponieważ przy braku sygnałów na wyjściu, dzięki rezystorowi R3 napięcie między jego bramką a źródłem wynosi zero.

Gdy na wyjściu pojawi się sygnał o wartości kilkuset miliwoltów, zostanie on dodatkowo wzmocniony we wzmac-

niaczu U1B. W podanym układzie spoczynkowe napięcia stałe na wyjściu obu wzmacniaczy wynoszą około 1,3V. Wobec tego dodatnie połówki sygnału na wyjściu wzmacniacza U1B o amplitudzie powyżej 0,6V będą otwierać tranzystor T1 (bo na jego emiterze również panuje napięcie około 1,3V wyznaczone przez diody D1 i D2 oraz rezystor polaryzujący R9).

Prąd płynący przez tranzystor T1 powoduje ładowanie kondensatora C7 i obniżanie się napięcia na bramce tranzystora T2. Tym samym tranzystor T2 zaczyna się zatykać – zwiększa się rezystancja jego kanału i wypadkowe wzmocnienie wzmacniacza U1A zmniejsza się. Zmniejsza się na tyle, żeby na wyjściu B sygnał miał przepisaną wielkość.

Stosunek rezystorów R7, R8, czyli wzmocnienie wzmacniacza U1B wyzna-



Rys. 1. Schemat ideowy układu

cza maksymalne napięcie wyjściowe w punkcie B. Przy podanych wartościach wynosi ono 250mVpp.

Jak wiadomo, tranzystory polowe JFET mogą pracować w roli zmiennej rezystancji, jednak przy sygnałach większych niż kilkadziesiąt miliwoltów wprowadzają one znaczne zniekształcenia. Tranzystor T2 pracuje bez większych zniekształceń przy napięciach wejściowych nie większych niż 50mV.

W praktycznych układach duże znaczenie mają czasy zadziałania obwodu automatyki. Po pojawieniu się dużego sygnału obwód powinien zadziałać jak najszybciej (krótki czas ataku), natomiast po zaniku sygnału powrót do spoczynkowego, dużego wzmocnienia powinien nastąpić powoli, z pewnym opóźnieniem (długi czas opadania). W opisywanym układzie stała czasowa R10C7 decyduje o czasie ataku, a stała czasowa R3C7 o czasie opadania. Podane na schemacie wartości dobrano metodą eksperymentalną w czasie testowania i prób. Takie wartości zapewniają najlepszy dla ucha efekt.

W układzie dodano elementy R1, R2 i C6, które są potrzebne tylko przy współpracy z mikrofonem elektretowym.

(Tylko) dla zaawansowanych

Bardziej zaawansowani Czytelnicy zwrócą uwagę na nietypowy sposób włączenia tranzystora T2 – w stronę plusa zasilania, a nie masy. Jest to potrzebne dla łatwego uzyskania ujemnych napięć bramki względem źródła. Takie włączenie ma jednak pewne wady. W zasadzie

w układzie dla sygnałów zmiennych masą, czyli elektrodą wspólną jest ujemna szyna zasilania. Przeniesienie tranzystora regulacyjnego T2 „w górę” powoduje, że dla obwodu regulacji wzmocnienia masą byłaby dodatnia szyna zasilająca. Na pierwszy rzut oka można sądzić, że nie ma to znaczenia, bo przecież obie szyny są dla przebiegów zmiennych zwarte przez kondensatory filtrujące zasilanie (C1, C9). Okazuje się jednak, że kondensatory te mają jakąś niezerową impedancję, a ponadto stabilizator też wprowadza pewne szumy i w konsekwencji dodatnia szyna zasilania wcale nie jest skutecznie „odfiltrowana”. Właśnie dlatego w układzie zastosowano dodatkowy obwód filtrujący R11C12 i dlatego płytka pokazana na fotografii różni się nieco od rysunku 2 – elementy R11C12 dolutowano na dolnej stronie płytki.

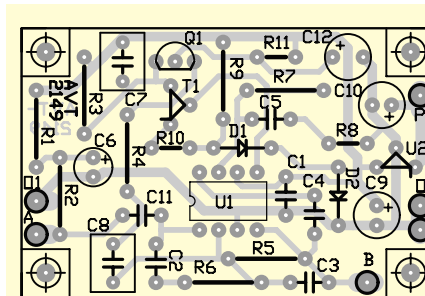
Warto spróbować, jak zmieniają się szumy na wyjściu przy zlikwidowaniu tego obwodu – czyli przy zwarceniu rezystora R11. Warto przeprowadzić taki eksperyment, by przekonać się osobiście, jak ważną sprawą jest właściwe prowadzenie masy i odsprężanie niewralgicznych punktów układu. Do wyjścia przedwzmacniacza (punkt B) trzeba dołączyć jakikolwiek wzmacniacz mocy z głośnikiem i porównać poziom szumów w układzie oryginalnym i przy zwarceniu rezystora R11.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce pokazanej na **rysunku 2**. Montaż jest klasyczny. Należy tylko zwrócić uwagę na tranzystor T2 – jest to delikatny tranzystor starszej konstrukcji, niezbyt wytrzymały na wszelkie stresy. Należy go wlotować na samym końcu.

Układ w zasadzie nie wymaga żadnego uruchomienia. Jego działanie można sprawdzić dołączając do wejścia (punkty A, O1) mikrofon, a do wyjścia (B, O) jakikolwiek wzmacniacz z głośnikiem – zobacz **rysunek 3**. Ponieważ system z mikrofonem i głośnikiem będzie mieć tendencje do samowzbudzenia, próby powinny przeprowadzić dwie osoby, umieszczając głośnik w odległym, dobrze zamkniętym pomieszczeniu. Dopiero w takich warunkach rzeczywiście można się przekonać o dużej skuteczności układu automatyki – głośność będzie niemal jednakowa, niezależnie, czy osoba będzie mówić w odległości 10 cm czy 5m od mikrofonu – zmieniać się będzie tylko barwa głosu, ale to wynika z odbić dźwięku od ścian pomieszczenia.

W przypadku kłopotów, należy najpierw sprawdzić napięcia stałe na wyjściach obu wzmacniaczy –



Rys. 2. Schemat montażowy

Wykaz elementów

Rezystory

- R1, R10, R11: 1kΩ
- R2: 2,2kΩ
- R3: 1MΩ
- R4: 680Ω
- R5, R8: 62kΩ
- R6: 33Ω
- R7: 82kΩ
- R9: 33kΩ

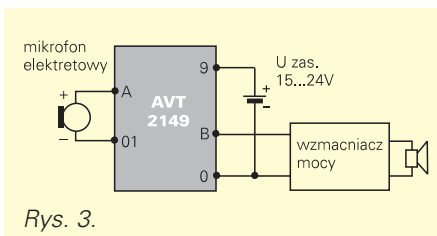
Kondensatory

- C1: 100nF ceramiczny
- C2: 1nF
- C3: (nie montować)
- C4, C11: 100nF ceramiczny lub foliowy
- C5: 220nF
- C6, C9, C12: 100μF/16V
- C7, C8: 1μF stały np. MKT
- C10: 22μF/25V

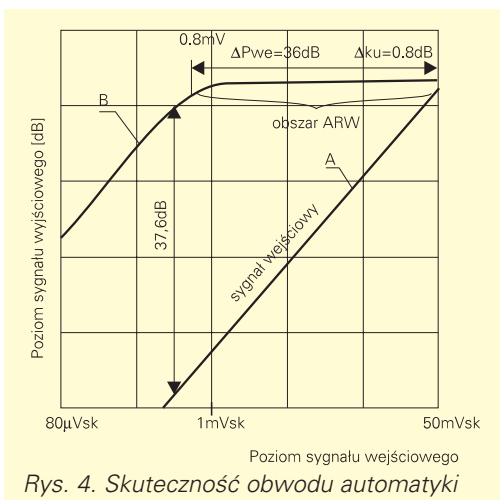
Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148

- T1: dowolny NPN np. BC548
- T2: BF245 dowolnej grupy
- U1: NE542, LM 387
- U2: 78L12



Rys. 3.



Rys. 4. Skuteczność obwodu automatyki

powinny wynosić 1,2...1,4V. Jeśli są dobre, należy sprawdzić obwód tranzystora T2. Przy zwarceniu drenu D i źródła S wzmocnienie powinno być maksymalne – około 100 razy (40dB). Po wylutowaniu jednej nóżki rezystora R4 wzmocnienie powinno wynosić 1, przy czym układ nie powinien się wzbudzić.

Jeśli tak jest, niesprawności należy szukać w obwodzie automatyki. Najpierw trzeba sprawdzić napięcie na kondensatorze C7. W spoczynku, bez sygnału wejściowego powinno ono wynosić zero (± 100 mV). Przy dużych sygnałach na wyjściu napięcie to powinno się zwiększać.

Uwagi końcowe

Uzyskane parametry, zarówno te mierzone przyrządami, jak i te uzyskiwane metodą „na słuch” są bardzo dobre. Pasmo przenoszenia nigdy nie jest mniejsze niż 40Hz...20kHz, skuteczność automatyki została zmierzona specjalizowanym przyrządem – stosowny wykres pokazany jest na **rysunku 4**.

Układ znajdzie szereg zastosowań – zarówno w klasycznych systemach nagłośnienia, jak i na przykład w systemach podsluchu, w urządzeniach CB, itp.

c.d. na str. 66