



# Wzmacniacz mikrofonowy



## Do czego to służy?

Różne scalone wzmacniacze mocy cieszą się nieustającym zainteresowaniem, a zbudowanie wzmacniacza mocy nie jest dziś żadnym problemem. W przypadku wzmacniaczy „samochodowych” do układu scalonego trzeba dołączyć tylko kilka kondensatorów i radiator. Niewiele trudniejsze jest zbudowanie wzmacniacza mikrofonowego. A wzmacniacze mikrofonowe są potrzebne, ponieważ sygnał z dowolnego mikrofonu jest zdecydowanie za mały, żeby wprostysterować wzmacniacz mocy.

Prezentowany projekt to uniwersalny wzmacniacz mikrofonowy. Dzięki dodatkowemu obwodowi zasilania może bezpośrednio współpracować z popularnymi dwiema trykońcówkowymi mikrofonami elektretowymi. W układzie przewidziano wykorzystanie elementów o wysokich parametrach: kondensatorów tantalowych i renomowanego niskoszumnego wzmacniacza operacyjnego NE5532. Dzięki temu moduł ma na tyle dobre parametry, że znakomicie nadaje się też do współpracy z dobrej jakości mikrofonami dynamicznymi.

Układ zasilany jest pojedynczym napięciem 6...25V, a pobór prądu jest rzędu 10mA, więc z powodzeniem może być zasilany z jednej baterii 9V lub akumulatora 12-woltowego. Godząc się na niewielkie, często niezauważalne pogorszenie parametrów można jeszcze bardziej zmniejszyć prąd zasilania, stosując wzmacniacz operacyjny o mniejszym poborze prądu, np. TL072, TL082, a nawet TL062.

## Jak to działa?

Schemat wzmacniacza pokazany jest na rysunku 1. Jak widać, układ jest zasilany pojedynczym napięciem. Dodatkowy obwód R1, C2, R2 przewidziany jest do zasilania mikrofonów elektretowych. Moduł zawiera dwa stopnie o regulowanym wzmacnieniu. Wzmocnienie pierwszego stopnia (U1A) jest płynnie regulowane potencjometrem POT1 w zakresie 1...10x. Wzmocnienie drugiego stopnia można zmieniać skokowo za pomocą zwory JP2. Jeśli kolki JP2 nie są zwarte,

wzmocnienie jest największe, wyznaczone przez stosunek R8/R5. Gdy jumper JP2 równolegle do R8 dołączy rezystor R6 albo R7, wzmocnienie będzie mniejsze. Równoległe połączenie R7 (9,1kΩ) z rezystorem R8 (22kΩ) daje rezystancję 6,4kΩ, czyli 3,2x większą niż rezystancja wypadkowego połączenia R6, R8 oraz 3,4x mniejszą od rezystancji R8. Przy podanych wartościach elementów wzmocnienie drugiego stopnia będzie mieć wartość:

10x (bez zwory)

2,9x (dołączony R7)

0,91x (dołączony R6).

W ten sposób wzmocnienie można precyzyjnie regulować w zakresie 0,9...100x. Taki zakres zupełnie wystarczy do współpracy z typowymi mikrofonami, także dynamicznymi, ale kto chciałby zwiększyć wzmocnienie maksymalne do 600x (55dB), może zmniejszyć wartość R11 nawet do 360Ω (przez co wzmocnienie pierwszego stopnia wzrośnie nawet do 28x), a także zmniejszyć wartość R5 nawet do 1kΩ (przez co wzmocnienie drugiego stopnia wzrośnie do 22x).

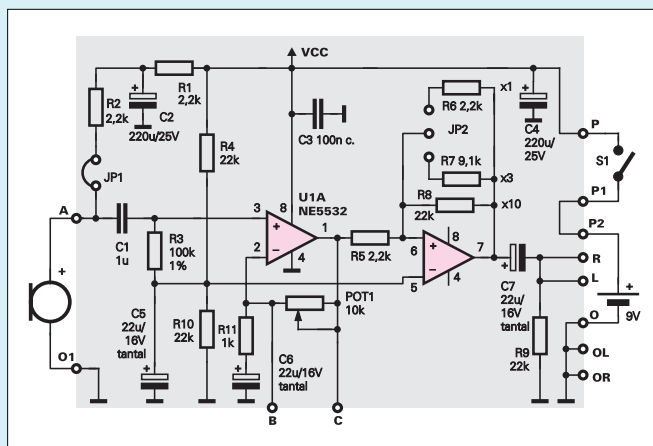
W wersji podstawowej (także w zestawie AVT-2728) przewidziany jest wzmacniacz operacyjny NE5532 – układ opracowany specjalnie do zastosowań w sprzęcie audio i do dziś często stosowany także w sprzęcie profesjonalnym. W module celowo wykorzystano dwa stopnie aktywne – każdy ze stopni daje duży zapas wzmocnienia i gwarantuje szerokie pasmo i znakomite parametry dynamiczne. Pomiary wykazały, że nawet przy największym wzmocnieniu (100x, czyli 40dB) pasmo sięga powyżej 250kHz. Zniekształcenia nieliniowe są znikome. Przy wzmocnieniu maksymalnym w sygnale wyjściowym o wartości międzyszczytowej 5V (co daje 1,8Vsk) znie-

kształcenia nieliniowe były mniejsze od 0,09%. Przy wzmocnieniu 20x (26dB) zniekształcenia i szumy (THD+N) tego prostego układu były mniejsze niż 0,03%.

Moduł będzie też bardzo dobrze pracował z popularnym wzmacniaczem operacyjnym TL072 oraz TL082. Te wzmacniacze mają wprawdzie większe szumy, ale przy współpracy z mikrofonem elektretowym nie ma to znaczenia z uwagi na duży sygnał uzyskiwany z takich mikrofonów. Pobór prądu spadnie wtedy do około 3mA (w porównaniu do około 10mA z NE5532), co ma znaczenie w przypadku zasilania baterijnego. Dalsze zmniejszenie poboru prądu możliwe jest po zastosowaniu układu TL062. Pobór prądu zmniejszy się do około 0,5mA, a dzięki dwóm stopniom wzmocnienia, nawet przy maksymalnym wzmocnieniu pasmo nadal będzie szersze niż 20kHz. Alkaliczna bateria 9-woltowa o pojemności 400...500mAh wystarczy na wiele godzin pracy takiego bardzo oszczędnego wzmacniacza.

W mało wymagających zastosowaniach, gdzie używany jest mikrofon elektretowy, można śmiało wykorzystywać TL072, TL082 i TL062. Jedynie do współpracy z mikrofonem dynamicznym dobrej jakości warto zastosować układ NE5532, który zapewni wtedy doskonałe parametry i umożliwi pełne wykorzystanie zalet tego mikrofonu.

Rys. 1 Schemat ideowy wzmacniacza

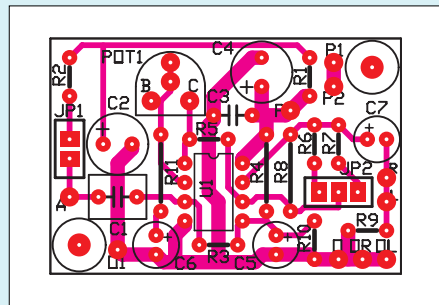


## Montaż i uruchomienie

Wzmacniacz można zmontować na małej płytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 2**. Montaż jest klasyczny – warto zacząć od wlutowania elementów najmniejszych. Pod układ scalony warto dać podstawkę, co znakomicie ułatwi eksperymenty i porównanie parametrów układu z różnymi wzmacniaczami operacyjnymi. Standardowo jako POT1 stosowany będzie miniaturkowy potencjometr montażowy (najlepiej cermetowy, a nie zwykły węglowy). W miejsce potencjometru POT1 można dołączyć przewodami zewnętrzny potencjometr, jak pokazuje fotografia modelu. Ze względu na ewentualne zakłócenia zewnętrzne, przewody takie powinny być jak najkrótsze. Tak włączony potencjometr będzie służył do płynnej regulacji wzmocnienia, a nie jako typowy regulator głośności (bo nie można zmniejszyć nim wzmocnienia do zera).

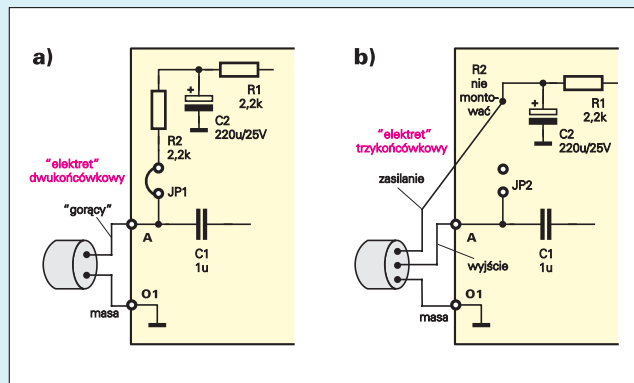
Prezentowany moduł ma duże wzmocnienie, więc może łatwo „zbierać” różnorodne zakłócenia, także przez obwody wejściowe, dlatego mikrofon warto dołączać przewodem ekranowanym.

**Rysunek 3** pokazuje przykłady dołączania mikrofonów elektretowych. Zasilanie dla mikrofonu trzykońcówkowego należy pobrać wprost z kondensatora C2, pozostawiając rozwarte punkty JP1 (można też nie montować R2). W przypadku wykorzystania mikrofonu dynamicznego, zwórę JP1 należy pozostawić otwartą i choć układ nie ma wejścia symetrycznego, naprawdę warto zastosować symetryczny przewód, podłączony według **rysunku 4**.



**Rys. 2 Schemat montażowy**

**Rys. 3**



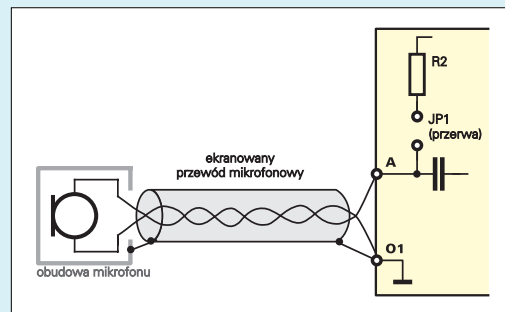
Układ można zasilać pojedynczym napięciem o wartości z szerokiego zakresu od 6V do 24V. Pobór prądu wyznaczony jest głównie przez wzmacniacz operacyjny. Należy pamiętać, że zakres maksymalnych napięć wyjściowych zależy od napięcia zasilania. Czym wyższe napięcie zasilania, tym większy zapas przy ewentualnym przesterowaniu.

## Dla dociekliwych i zaawansowanych

Może się wydać dziwne, że wzmocnienie jest płynnie regulowane w pierwszym stopniu – w przypadku dołączenia potencjometru POT1 przewodami zwiększa to podatność na zewnętrzne zakłócenia. Ponadto przy takim połączeniu sygnału nie można stłumić do zera, bo przy zwarcie potencjometru wzmocnienie pierwszego stopnia będzie równe 1. Takie rozwiązanie wykorzystano jednak celowo, bo w zdecydowanej większości przypadków potencjometr POT1 nie będzie służył do regulacji głośności, tylko będzie to potencjometr montażowy, pozwalający wraz ze zworą JP2 łatwo dobrać potrzebne wzmocnienie modułu.

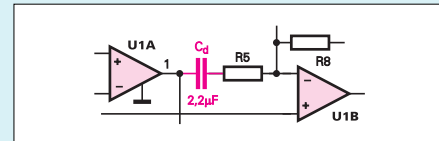
Jeśli jednak dołączony z zewnątrz potencjometr miałby służyć jako regulator głośności, musi umożliwić całkowite wyciszenie toru. Potencjometr powinien mieć wtedy charakterystykę wykładniczą (B), a nie liniową (A). Wystarczy taki zewnętrzny potencjometr dołączyć przewodami w miejsce R8 (R6, R7 niewykorzystane), a w miejsce potencjometru PR1 wlutować rezystor stały. Warto przy tym pamiętać, że włączenie potencjometru w drugim stopniu będzie powodować wzmocnianie w różnym stopniu stałego napięcia przesunięcia (offset), występującego na wyjściu pierwszego wzmacniacza. Nie jest to istotna wada, a efekt zapewne nie będzie słyszalny w głośnikach. A to napięcie przesunięcia, to nie tylko napięcie niezrównoważenia wzmacniacza U1A, w kostce NE5532 wynoszące typowo 0,5mV, max 5mV, ale bardziej spadek napięcia na rezystancji R3 spowodowany prądem wejściowym tego wzmacniacza. Prąd wejściowy

układu NE5532 wynosi typowo 0,2μA, maksymalnie 1μA, co da spadek napięcia 20...100mV. Ponieważ U1A ma wzmocnienie stałoprądowe równe jedności (obecność C6), więc napięcie na jego wyjściu może różnić się od napięcia na wejściu nieodwracającym U1B (nóżka 5) właśnie o te 20...100mV. Regulacja potencjometru włączanego w miejsce



**Rys. 4**

**Rys. 5**



rezystora R8 powodować będzie wzmocnianie tego napięcia i płynne zmiany spoczynkowego napięcia stałego przeciętnie o około 0,2V (maksymalnie 1V).

Opisane zjawisko będzie znacznie mniejsze przy zastosowaniu kostek TL0x2, które mają wprawdzie większe napięcie niezrównoważenia (typ. 3mV, max 13mV), ale za to nieporównanie mniejszy prąd polaryzacji wejść – typowo 50pA, max 2nA. Wtedy zmiana rezystancji POT1 będzie powodować zmiany napięcia stałego na wyjściu rzędu 30mV (maksymalnie 130mV).

W razie potrzeby można zlikwidować ten efekt, włączając dodatkowy kondensator szeregowy Cd o pojemności co najmniej 2μF według **rysunku 5**.

Piotr Górecki

## Wykaz elementów

### Rezystory

R1, R2, R5, R6	2,2kΩ
R3	100kΩ 1%
R4, R8, R9, R10	22kΩ
R7	9,1kΩ
R11	1kΩ
POT1	10kΩ PR miniaturowy

### Kondensatory

C1	1μF
C2, C4	220μF/25V
C3	100nF ceramiczny
C5-C7	22μF/16V tantal

### Półprzewodniki

U1	NE5532
----	--------

### Pozostałe

JP1	goldpin x 2 + jumper
JP2	goldpin x 3 + jumper

Komplet podzespołów z płytką drukowaną jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2728