

# Moduł z wejściem symetrycznym

## Do czego to służy?

Przy przesyłaniu sygnału małej częstotliwości do wzmacniacza mocy często występują niespodziewane kłopoty. Czasem pojawia się przydźwięk sieci, niekiedy wzmacniacz wzbudza się, a przynajmniej występują niespodziewanie duże zniekształcenia sygnału. Wszystko to spowodowane jest przepływem znacznych prądów w obwodzie masy.

Problem z dużą ostrością występuje głównie w dużych systemach nagłośnienia, gdzie jeden mikser wysterowuje kilka wzmacniaczy dużej mocy, niekiedy zasilanych z różnych faz sieci energetycznej. Z mniejszą ostrością, ale również, problem występuje przy łączeniu wzmacniacza mocy z przedwzmacniaczem.

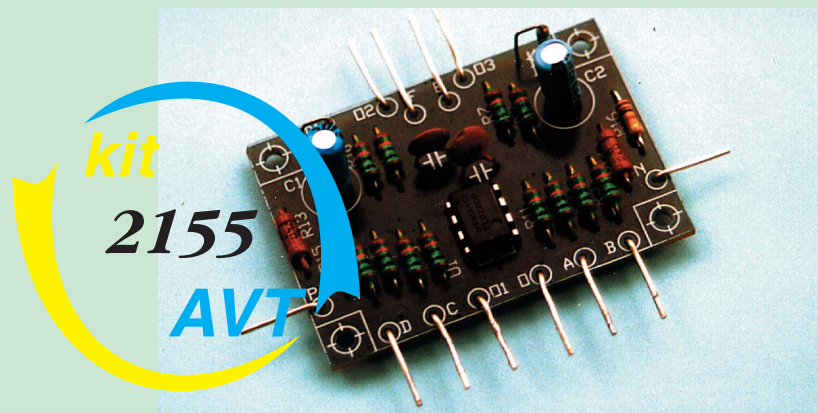
Przyczyny takiej sytuacji ilustruje **rysunek 1**. Teoretycznie, w układzie z rysunku 1a nie powinny wystąpić żadne niekorzystne zjawiska.

Trzeba jednak pamiętać, że połączenie masy to w rzeczywistości jakiś przewód czy ścieżka o pewnej oporności. Oporność przewodu masy jest niewielka, zwykle rzędu setnych części oma, ale jednak jest to oporność. Jak widać z rysunku 1b, na tej oporności występuje pewien spadek napięcia ( $U_{AB}$ ). W konsekwencji ten spadek napięcia powoduje, że do wejścia wzmacniacza mocy nie trafia czysty sygnał występujący na wyjściu przedwzmacniacza, tylko suma sygnału użytecznego i napięcia występującego na rezystancji przewodu masy.

W tym miejscu widać, że główną przyczyną problemu są prądy, płynące w obwodzie masy – napięcia na rezystancji masy powstają przecież wskutek przepływu prądu.

## Co to są za prądy?

Przede wszystkim może to być prąd zasilania przedwzmacniacza, oznaczony na rysunkach  $I_{pwzm}$ . Sytuacja taka ma miejsce przede wszystkim przy zasilaniu przedwzmacniacza napięciem pojedynczym – przez masę płynie cały prąd zasilania – zobacz rysunek 1a i 1b. Dużo lepsza jest sytuacja przy zasilaniu przedwzmacniacza napięciem symetrycznym – rysunek 1c. Wtedy prąd zasilania nie płynie przez masę, tylko zamyka się między obwodami dodatniego i ujemnego obwodu zasilania. Właśnie tu widać ogromną zaletę układów zasilanych symetrycznie – przez obwód masy płyną tam tylko niewielkie prądy sygnałowe. Między innymi dlatego wzmacniacze profesjonalne zawsze są zasilane napięciami symetrycznymi.



Ale nawet w układach symetrycznych w pewnych sytuacjach mogą się pojawić znaczne prądy w obwodzie masy. Prąd w obwodzie masy popłynie na przykład, gdy urządzenia większego systemu zasilane są z różnych faz trójfazowej sieci zasilającej. Pomiedzy obwodem sieci energetycznej, a układem i jego masą występuje zawsze pewna szkodliwa pojemność. W praktyce jest to pojemność pomiędzy uzwojeniami transformatora. Dla prądu zmiennego pojemność ta stanowi pewną oporność, przez którą płynie prąd (ze względu na niewielką wartość tej pojemności, dotyczy to jedynie wyższych harmonicznych przebiegu sieci).

Przyczyna przepływu prądu przez obwód masy może być też inna. Na przykład profesjonalne urządzenia elektroakustyczne (wzmacniacze mocy) często mają masę układu połączoną z obudową i z przewodem uziemiającym (ochronnym) we wtocze sieciowej. I to często jest przyczyną niespodzianek. Autorzy tego artykułu mieli kiedyś dawno do czynienia z następującą sytuacją: na warszawskim Stadionie Dziesięciolecia pracowały dwa niezależne systemy nagłośnienia, zasilane oddzielnymi długimi przewodami energetycznymi z tej samej tablicy rozdzielczej. Spadki napięcia na tych przewodach były znaczne, rzędu kilku woltów i oczywiście chwilowe wartości tych spadków napięcia, zależne od chwilowego wysterowania były różne w obu systemach. Przy próbie przesłania sygnału z jednego systemu do drugiego i bezpośrednim połączeniu łączącym popłynął prąd o wartości ponad 2A! Oczywiście był to prąd zmienny 50Hz, wynikający z różnicy spadków napięć na przewodach zasilania sieciowego.

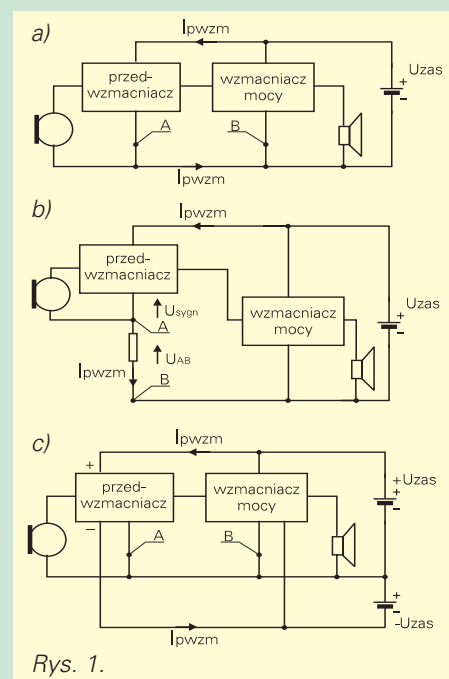
W takiej sytuacji nie można było bezpośrednio łączyć mas obu systemów i trzeba było zastosować układ oddzielający w postaci transformatora mikrofonowego.

Choć opisane ostatnie dwie sytuacje zdarzają się rzadko, jednak przy realizowaniu wszelkich systemów nagłośnieniowych warto eliminować szkodliwe skutki spadków napięć na przewodzie masy.

Trzeba też brać pod uwagę, że w obwodzie masy mogą się także indukować napięcia pod wpływem występujących pól magnetycznych, głównie pola wytwarzanego przez obwody sieci energetycznej 50Hz.

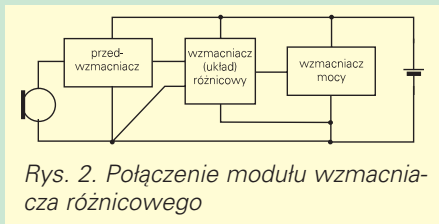
Opisany dalej bardzo prosty układ umożliwi bezbłędne przesyłanie sygnału, także przy występowaniu szkodliwych napięć w obwodzie masy.

W systemach profesjonalnych przy przesyłaniu sygnału na odległość zazwyczaj stosuje się symetryczne linie. Opisany układ może z powodzeniem służyć jako odbiornik na końcu takiej linii i przesyłowej. Nawet gdy źródło sygnału ma wyjście niesymetryczne, dla zmniejszenia



Rys. 1.

szenia poziomu ewentualnych zakłóceń warto zastosować połączenie za pomocą dwużyłowego przewodu z ekranem, połączonego według rysunku 2, gdzie ekran kabla pełni rolę masy.



Rys. 2. Połączenie modułu wzmacniacza różnicowego

### Jak to działa?

Aby wyeliminować wpływ spadków napięcia na szynie masy, trzeba po prostu wykorzystać układ, który ma wejście symetryczne. Wejście symetryczne (inaczej różnicowe) to takie, które przekazuje na wyjście różnicę sygnałów między dwoma zaciskami wejściowymi, a zupełnie nie reaguje na sygnał wspólny, podawany jednocześnie na oba zaciski wejściowe.

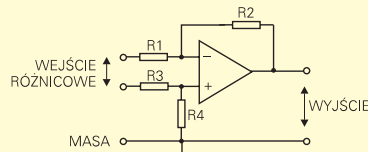
Elementem spełniającym przedstawione zadanie jest transformator (oddzielający). Ponieważ transformatory przenoszące sygnały całego pasma akustycznego są kosztowne, stosuje się je tylko w sprzęcie najwyższej klasy. Zazwyczaj wykorzystuje się układ elektroniczny – tak zwany wzmacniacz różnicowy..

Najprostszy wzmacniacz różnicowy ze wzmacniaczem operacyjnym pokazany jest na rysunku 3.

Wzmocnienie takiego układu jest równe A, gdzie

$$A = R2/R1 = R4/R3$$

Nie wchodząc w szczegóły trzeba też wiedzieć, że układ nie będzie reagował na



Rys. 3. Najprostszy wzmacniacz różnicowy

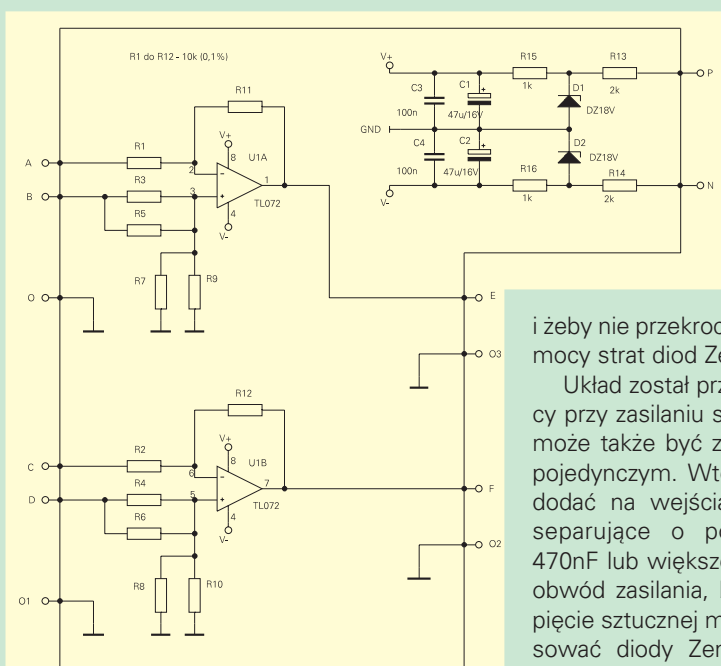
sygnał wspólny tylko wtedy, gdy podane stosunki rezystancji będą równe. Kluczową sprawą jest więc jak najdokładniejsze dobranie stosunku tych rezystancji.

Dla naszych celów wzmocnienie powinno mieć wartość 1, więc najprościej zastosować cztery rezystory o dokładnie takiej samej wartości.

Z pewnych względów (chodzi o rezystancję obu zacisków wejściowych względem masy i jej wpływ na tłumienie zakłóceń) dobrze jest zastosować takie wartości rezystorów, by rezystancja R1 była równa sumie rezystancji R3+R4.

Schemat kompletnego układu wejścia symetrycznego pokazano na rysunku 4. Przewidziano dwa kanały „na wszelki wypadek” – zwykle wystarczy jeden tor. Oprócz dwóch omówionych wzmacniaczy różnicowych przewidziano obwody zasilania, które umożliwiają bezpośrednie wbudowanie modułu wejściowego do dowolnego wzmacniacza.

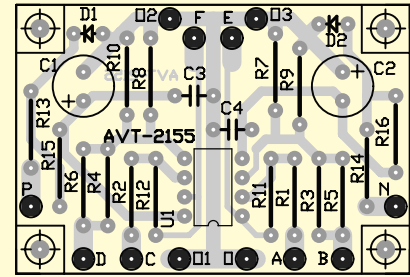
Wartości elementów podane na rysunku 4 są właściwe dla napięć zasilających rzędu ±30...±50V, bo takie zwykle występują we wzmacniaczach mocy. Jeśli napięcie zasilające wzmacniacza jest mniejsze niż 18V, nie trzeba stosować diody Zenera, a zamiast rezystorów R13 i R14 wlotować zwory. Nie trzeba chyba podawać sztywnych reguł doboru rezystancji



Rys. 4. Schemat ideowy

i żeby nie przekroczyć dopuszczalnej mocy strat diod Zenera.

Układ został przewidziany do pracy przy zasilaniu symetrycznym, ale może także być zasilany napięciem pojedynczym. Wtedy jednak trzeba dodać na wejściach kondensatory separujące o pojemności rzędu 470nF lub większej i zmodyfikować obwód zasilania, by wytworzyć napięcie sztucznej masy. Należy zastosować diody Zenera o sumarycznym napięciu stabilizacji niższym o 3...10V od napięcia zasilania. Re-



Rys. 5. Schemat montażowy

### Wykaz elementów

#### Rezystory

- R1-R12: 100kΩ 1% (12,1...121kΩ 1%)
- R13, R14: 2kΩ
- R15, R16: 1kΩ

#### Kondensatory

- C1, C2: 47μF/25V
- C3, C4: 100nF ceramiczny

#### Półprzewodniki

- D1, D2: dioda Zenera 18V
- U1: TL072

zystor R14 należy zewrzeć, natomiast R13 dobrać, by prąd płynący przez niego wynosił 5...10mA.

Prawdopodobnie trzeba też będzie dać na wyjściach kondensatory separujące.

### Montaż i uruchomienie

Układ z rysunku 4 można zmontować na płytce pokazanej na rysunku 5.

Montaż jest prosty, nie są wymagane żadne szczególne środki ostrożności.

Układ nie wymaga uruchamiania, od razu powinien działać poprawnie.

Jak podano, dla tłumienia zakłóceń pojawiających się na linii masy, czyli mówiąc ściślej – dla tłumienia sygnału wspólnego, kluczowe znaczenie ma dokładne dobranie pewnych rezystancji. Dlatego jako R1..R12 koniecznie należy zastosować dobre rezystory metalizowane o tolerancji 1% lub lepszej. W modelu dobrano te rezystory jeszcze dokładniej – z tolerancją 0,03%.

Oprócz rezystancji trzeba też wziąć pod uwagę pojemności montażowe, które mają istotny wpływ na symetrię układu i współczynnik tłumienia sygnału wspólnego (zakłócającego) przy wyższych częstotliwościach.

Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego wyniósł w modelu ponad 60dB dla częstotliwości poniżej 1kHz i 42dB dla częstotliwości 10kHz. Są to wartości bardzo dobre.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2155.