

# Filtr przydźwięku 50/100Hz

Kit  
**2323**

## Do czego to służy?

Moduł przeznaczony jest do urządzeń audio, konstruowanych przez hobbystów. Jest filtrem zaporowym, wycinającym z materiału dźwiękowego częstotliwość (przydźwięk) sieci 50Hz albo 100Hz. Co prawda, układy takie nie są stosowane w aparaturze profesjonalnej, jednak dla wielu hobbystów są błogosławieństwem. Powód jest prosty: to właśnie błędy popełnione przy konstruowaniu aparatury audio dają o sobie znać zwiększeniem poziomu przydźwięku sieciowego. Ten nieprzyjemny brum, słyszany potem w głośnikach może być efektem błędnego poprowadzenia obwodu masy, niewłaściwego umieszczenia transformatora zasilającego, złego ekranowania przewodów sygnałowych, itp. Przyczyn wystąpienia brumu może być wiele i nie sposób ich wszystkich wyliczyć, nie mówiąc o podaniu skutecznych środków zaradczych. Do tego dochodzą sytuacje, gdy brum zostaje „odziedziczony”, na przykład na kiepsko nagranej taśmie z jakiejś ważnej uroczystości.

We wszelkich takich sytuacjach godnym polecenia rozwiązaniem będzie zastosowanie filtra zaporowego, wycina-

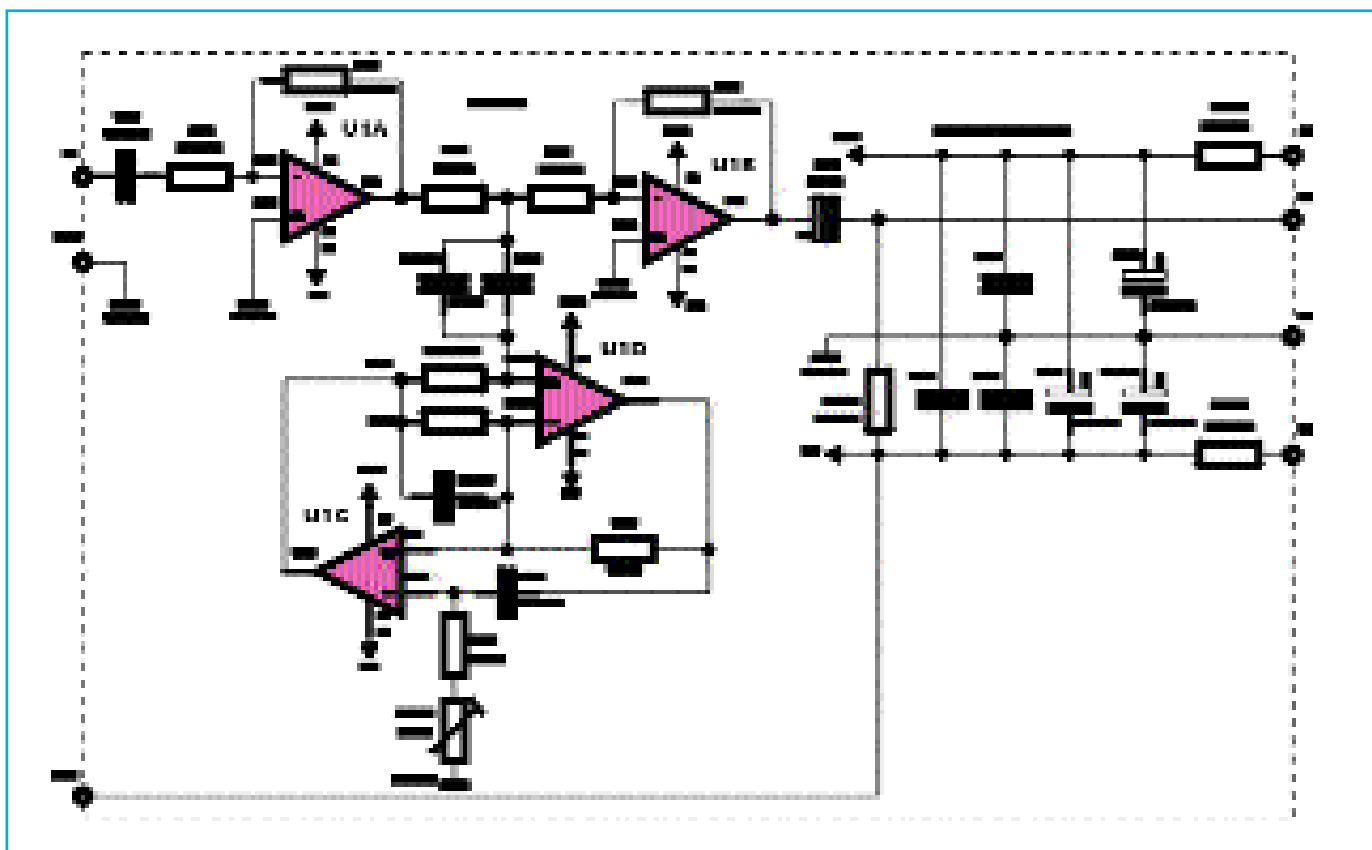


jącego jedynie przebiegi o częstotliwości sieci. Jeśli wycinane pasmo będzie wąskie, jakość materiału nie ucierpi, bo częstotliwości różniące się już o 2...3Hz zostaną przepuszczone bez zmian.

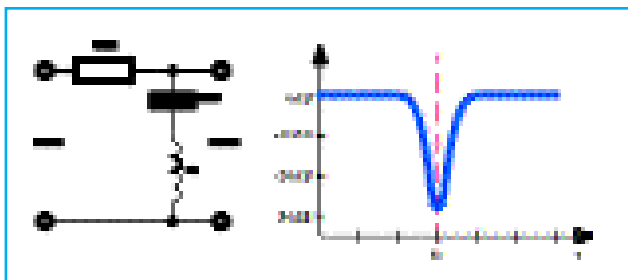
Prezentowany układ jest takim filtrem. Jest to w zasadzie filtr LC, jednak zamiast cewki zastosowano sztuczną indukcyjność zrealizowaną z użyciem wzmacniaczy operacyjnych i elementów RC. Częstotliwość (wycinania) może być

ustalona za pomocą dwóch kondensatorów, a dodatkowo płynnie regulowana w niewielkich granicach ( $\pm 10\%$ ) za pomocą potencjometru.

Moduł wycina tylko jedną częstotliwość. W zależności od zastosowanych kondensatorów, może to być częstotliwość 50Hz albo 100Hz. Początkującym może się wydawać, że powinna to być częstotliwość sieci, czyli 50Hz. Istotnie, taki przydźwięk pojawia się wskutek zle-



Rys. 1 Schemat ideowy



Rys. 2 Zasada działania układu

go prowadzenia masy, złego połączenia lub braku ekranowania przewodów mikrofonowych oraz wskutek oddziaływania pola rozproszenia transformatora sieciowego. Jednak bardzo często w niedopracowanych konstrukcjach pojawia się przydźwięk o częstotliwości 100Hz, czyli druga harmoniczna częstotliwości sieci. Przyczyna jest następująca: po dwupołkowym wyprostowaniu przebiegu z transformatora, tętnienia w obwodach zasilania mają częstotliwość 100Hz. Później wskutek błędów konstrukcyjnych tętnienia te przechodzą do obwodów sygnałowych i pojawiają się na wyjściu i w głośnikach.

W pewnych przypadkach, w sygnale użytecznym pojawiają się też kolejne harmoniczne, zwłaszcza trzecia - 150Hz.

Gdy więc sygnał użyteczny zawiera składowe zakłócające zarówno o częstotliwości 50Hz, jak i 100Hz, potrzebne będą dwa opisane filtry, umieszczone jeden za drugim. W rzadkich przypadkach może zaistnieć potrzeba dodania jeszcze jednego lub kilku filtrów do wycięcia częstotliwości 150Hz i wyższych harmonicznych.

## Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazany jest na **rysunku 1**.

Moduł może być zasilany napięciem symetrycznym ( $\pm 5V... \pm 15V$ ) bądź niesymetrycznym (9...24V). Szczegółowe wskazówki podane są dalej w artykule.

Zasada działania układu jest następująca. Kondensator C2/C2A oraz elementy związane ze wzmacniaczami operacyjnymi U1C, U1D tworzą ekwiwalent szeregowego obwodu LC. Uproszczony schemat filtra i charakterystyka pokazane są na **rysunku 2**.

Potencjometr PR1 umożliwia dokładne dostrojenie do częstotliwości pracy (regulacja w zakresie około  $\pm 10\%$ ), co jest konieczne w związku z nieuniknionym rozrzutem elementów RC.

W realnym układzie z rysunku 1 dodano jeszcze dwa wzmacniacze operacyjne U1A i U1B. W innych modułach audio wzmacniacze takie pełniłyby rolę buforów (duża oporność wejściowa, mała wyjściowa) o wzmacnieniu 1. Tu jest inaczej. Nie są to klasyczne bufory nieo-

dwracające, tylko dwustronnie wzmacniacze odwracające. Co istotne, stopień wejściowy z układem U1A osłabia sygnał niemal pięciokrotnie. Ma to głęboki sens. Trzeba bowiem pamiętać, że przy częstotliwości roboczej filtra, na wyjściach wzmacniaczy

U1C i U1D występują przebiegi co najmniej kilkunastokrotnie większe niż na wyjściu układu U1A. Gdyby bufor U1A miał wzmacnienie równe 1 lub większe, przebiegi na wyjściach U1C i U1D mogłyby zostać obcięte i filtr nie spełniłby swojej roli. Obniżenie sygnału przez U1A eliminuje to ryzyko, a sygnał użyteczny zostaje przywrócony do pierwotnego poziomu przez wzmacniacz U1B o wzmacnieniu około 5. Elementy R10, C4 są potrzebne tylko przy zasilaniu napięciem pojedynczym, by na wyjściu B napięcie stałe było równe potencjałowi masy (punkt N1 i N). Na wejściu składową stałą odziera kondensator C1.

Wartości elementów podane na schemacie dotyczą wersji na częstotliwość 100Hz. Ponieważ na rynku rzadko spotyka się kondensatory foliowe o pojemności 39nF, na płytce przewidziano miejsce na dwa kondensatory (C2 i C2A), co umożliwi złożenie potrzebnej pojemności z dwóch - 33nF i 6,8nF.

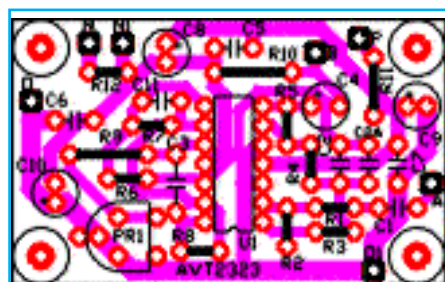
Dla wersji 50Hz pojemność C2 wynosi około 78nF (68nF i 10nF), a C3: 150nF.

Jeśli ktoś chciałby zbudować filtr eliminujący trzecią harmoniczną lub kolejne wyższe, we własnym zakresie przeliczy pojemności C2 i C3 (wartości dla 50Hz podzieli przez numer harmonicznej).

## Montaż i uruchomienie

Montaż układu na płytce pokazanej na **rysunku 3** nie powinien nikomu sprawić trudności. Ważną sprawą jest wybór rodzaju zasilania.

1. Przy zasilaniu symetrycznym należy montować elementy R11, R12, C6, C7, C9, C10, a nie montować C5 i C8 oraz R10 i C4 (zamiast C4 włutować zworę). Masą jest oczywiście punkt O (oraz O1), a punkt N1 nie będzie wykorzystywany.



Rys. 3 Schemat montażowy

2. Przy zasilaniu napięciem pojedynczym należy montować R11, C5, C6, C8, C10, R10, C4, a nie montować C7, C9, R12 (zamiast R11 montować zworę). Uwaga! Przy zasilaniu niesymetrycznym masą będzie punkt N (oraz N1), a punkt O nie będzie wykorzystywany.

Model pokazany na fotografii jest przystosowany do zasilania symetrycznego. Zmontowano w nim 6 kondensatorów filtrujących C5...C10, co nie jest znaczącym błędem (o ile tylko C8 wytrzyma pełne napięcie zasilające).

Podczas montażu kitu AVT-2323 należy zwrócić uwagę, by zamontować kondensatory C2 i C3 odpowiednie dla wybranej częstotliwości filtra - w zestawie będą dostarczone kondensatory dla obu wersji. Pomyłka będzie oznaczać duże kłopoty dla osób nie mających przestrajonego generatora i oscyloskopu, z pomocą których określiliby rzeczywistą częstotliwość filtra.

Gdyby wskutek wyjątkowo niesprzyjającego zbiegu okoliczności (niekorzystny rozrzut wartości elementów wyznaczających częstotliwość filtra) okazało się, że potencjometrem PR1 nie można dostroić się do częstotliwości sieci, należałoby przeprowadzić próby z większymi i mniejszymi wartościami kondensatora C2 (odłączenie C2A lub dodanie równolegle dodatkowej pojemności 6,8...10nF).

### Wykaz elementów dla wersji 100Hz:

#### Rezystory 0,125W

R1, R5: 470k $\Omega$   
 R2, R4: 100k $\Omega$   
 R3: 3,9k $\Omega$   
 R6-R8: 22k $\Omega$   
 R9: 15k $\Omega$   
 R10: 100k $\Omega$  (nie montować)  
 R11, R12: 100 $\Omega$   
 PR1: PR 10k $\Omega$  miniaturowy

#### Kondensatory

C1: 100nF  
 C2, (+C2A): 39nF (33nF+6,8nF)  
 C3: 150nF  
 C4: 10 $\mu$ F/25V - przy zasilaniu niesymetrycznym (zwora przy symetrycznym)  
 C5-C7: 100nF ceramiczny  
 C8-C10: 100 $\mu$ F/25V  
 C11: 6,8pF (4,7...22pF)

#### Półprzewodniki

U1: TL074 lub TL084, LM 324

#### Pojemności dla wersji 50Hz

C2: 78nF (68nF+10nF)  
 C3: 330nF

#### Płytkę drukowaną AVT-2323

Uwaga: w skład zestawu AVT-2323 wchodzi zarówno kondensatory dla wersji 50Hz, jak i 100Hz (39nF, 150nF oraz 78nF, 330nF). Także elementy filtra zasilania umożliwiają budowę zarówno wersji do zasilania symetrycznego, jak i niesymetrycznego.

Jednak taka sytuacja jest bardzo mało prawdopodobna.

W egzemplarzu modelowym zakres regulacji częstotliwości (PR1) filtra 100Hz wynosił 91...118Hz, a dla wersji 50Hz od 44...55Hz. Faktyczne tłumienie częstotliwości roboczej wynosi około 20 razy (czyli 26dB). Jest to wartość wystarczająca, ponieważ z reguły poziom przydźwięku jest niewielki. Gdyby w wyjątkowych przypadkach zachodziła potrzeba tłumienia bardzo silnego brumu, można zastosować dwa jednakowe układy jeden za drugim - jest to jednak ostateczność. Zawsze lepiej zapobiegać niż leczyć. W przypadku silnego brumu należy raczej sprawdzić i poprawić połączenia ekranu w kablach mikrofonowych oraz poeksperymentować z prowadzeniem obwodu masy i umieszczeniem transformatora sieciowego.

Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchomienia, a jedynie dostrojenia się do częstotliwości sieci. Do takiej regulacji trzeba wykorzystać „prawdziwy” brum sieciowy, a nie sygnał z generatora mierzonego częstotliciemierzem. Trzeba wiedzieć, że częstotliciemierze wbudowane w większość uniwersalnych multime-

trów cyfrowych nie mają wystarczającej dokładności. Ostateczną regulację należy więc koniecznie wykonać metodą na słuch, najlepiej w rzeczywistym układzie pracy.

W module zastosowano szybkie i niskoszumne, a jednocześnie tanie i popularne kostki TL074. Zamiast nich można włożyć dowolne TL084 lub nawet znacznie wolniejsze LM324. Nie powinno to w istotny sposób zmienić właściwości filtru.

W systemie elektroakustycznym moduł należy umieścić za przedwzmacniaczami, regulatorami barwy, a przed potencjometrem regulacji głośności. W każdym razie powinien to być punkt, gdzie sygnał ma amplitudę minimum 100mV. Wtedy dodanie układu na pewno nie pogorszy poziomu szumów i zniekształceń.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką  
jest dostępny w sieci handlowej  
AVT jako kit AVT-2323