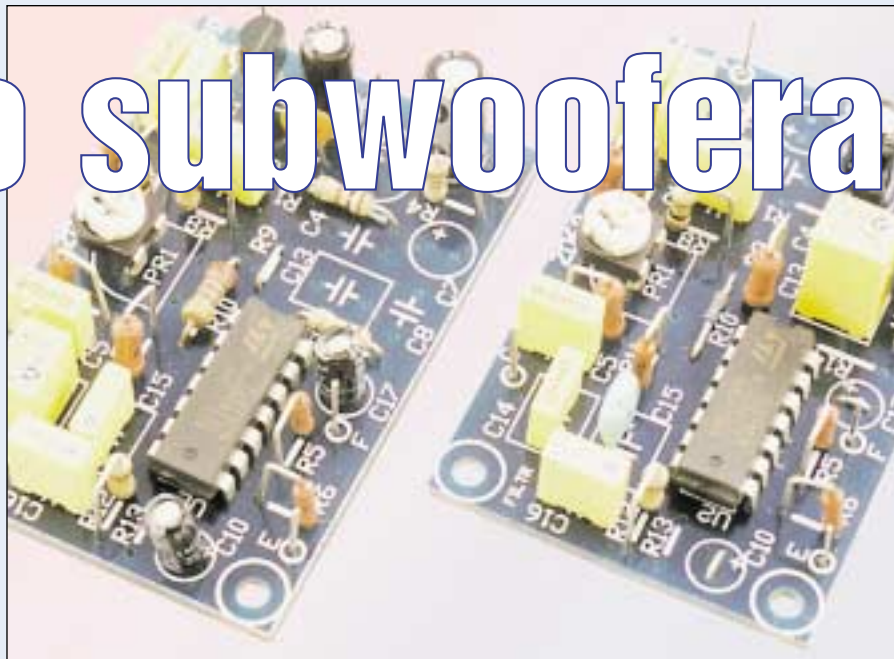




Filtr do subwoofera



Do czego to służy?

Wielu posiadaczy stereofonicznych zestawów audio jest zainteresowanych dodaniem do swego sprzętu subwoofera - dodatkowego głośnika przetwarzającego tylko najniższe częstotliwości. Wprowadzenie specjalnego głośnika do odtwarzania tonów najniższych poprawi walory niemal każdego zestawu, a zwłaszcza systemów posiadających niewielkie głośniki, niezdolne do odtwarzania basów.

Niektórzy Czytelnicy zechcą wykorzystać fabryczne subwoofery. Inni kupią tylko głośniki niskotonowe, a obudowy zbudują sami w oparciu o własną wiedzę bądź gotowe projekty. W każdym przypadku oprócz kolumny potrzebny jest dodatkowy wzmacniacz mocy oraz filtr dolnoprzepustowy.

Opisywany prosty układ pełni trzy funkcje, znakomicie ułatwiając realizację kanału subwoofera:

1. sumuje sygnały z obydwu kanałów stereofonicznych,
2. odfiltruje niepotrzebne wyższe częstotliwości,
3. dostarcza dwa sygnały o przeciwnych fazach, umożliwiające łatwą budowę wzmacniacza mostkowego.

Schemat blokowy układu oraz przykład wykorzystania pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać, podwójne wyjście z sygnałami o przeciwnej fazie umożliwia wykorzystanie dowolnego dwukanałowego wzmacniacza w układzie mostkowym. Ze względu na użyteczne pasmo przenoszenia, obejmujące zakres jedynie 40Hz...150Hz, nie musi to być wzmacniacz o dobrych parametrach. Można więc wykorzystać jakikolwiek wzmacniacz mocy, na przykład nie używany już, starszy stereofoniczny amplituner (układ mostkowy umożliwia uzyskanie 4-krotnie większej mo-

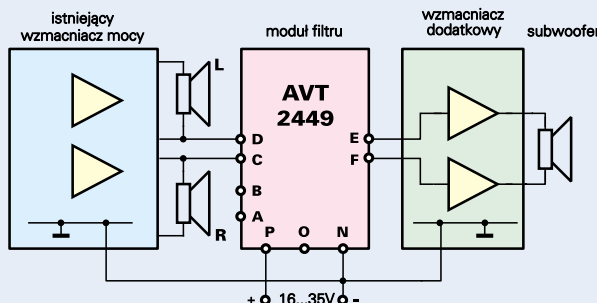
cy wyjściowej, należy jednak wziąć pod uwagę ograniczenia związane z mocą transformatora sieciowego i radiatorów). Można też zbudować dwukanałowy wzmacniacz specjalnie do tego celu. Oczywiście można też wykorzystać jedno w wyjście E, F i dołączyć doń jakikolwiek wzmacniacz mocy.

Jak to działa?

Schemat ideowy modułu pokazany jest na **rysunku 2**. Przewidując różnorodne zastosowania, obwody zasilania zrealizowano tak, że układ może być zasilany napięciem pojedynczym w zakresie 16...35V lub symetrycznym $\pm 5... \pm 16V$ (9...36V oraz $\pm 4... \pm 18V$ po wymianie kondensatorów elektrolitycznych i stabilizatora).

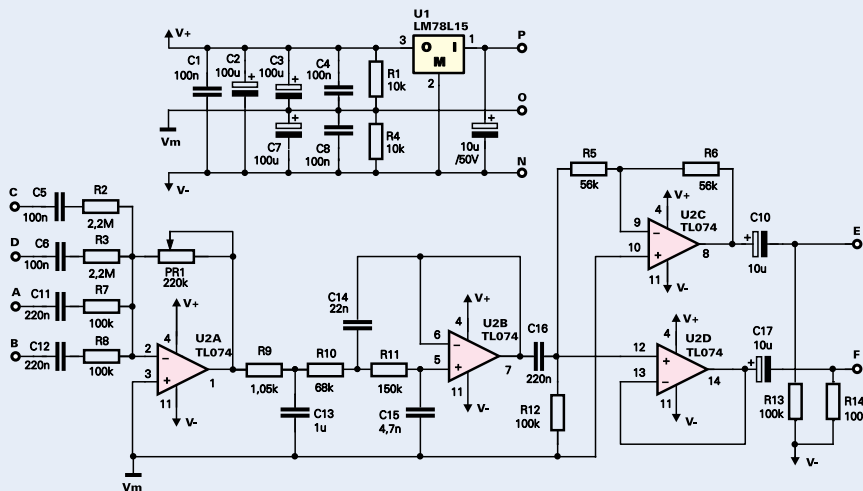
Elementy R1, R4, C9, R13, R14, C10, C17 oraz stabilizator U1 potrzebne są tylko przy zasilaniu układu napięciem pojedynczym.

Moduł ma dwa komplety wejść. Na punkty A, B należy podać sygnał liniowy o poziomie 100mV...1V, na przykład z wyjścia przedwzmacniacza. Często takie wyjście nie jest dostępne i wtedy na-



Rys. 1 Schemat blokowy

Rys. 2 Schemat ideowy



leży wykorzystać punkty C, D – mają być podłączone do wyjść stereofonicznego wzmacniacza mocy.

W praktyce okaże się, iż znacznie korzystniejsze jest wykorzystanie punktów C, D zamiast A, B. Sygnał na wyjściu liniowym ma przecież stały poziom, niezależny od potencjometru regulacji głośności. Natomiast wykorzystanie sygnałów z głośników pozwoli zachować stałe proporcje ich głośności i głośności subwoofera.

Sygnały z kanału lewego i prawego są sumowane w układzie ze wzmacniaczem U2A. Poziom sygnału można regulować według potrzeb za pomocą PR1. Ponieważ regulację poziomu trzeba przeprowadzić tylko jeden raz, dostosowując głośność subwoofera do głośności kolumn systemu stereofonicznego, całkowicie wystarczy potencjometr montażowy w roli PR1.

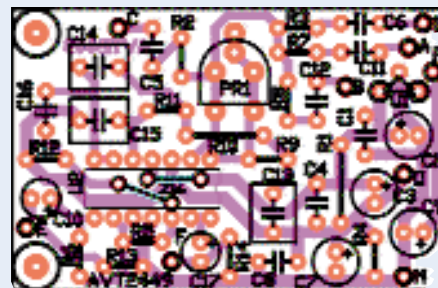
Sygnał z sumatora-bufora U1A jest podany na dolnoprzepustowy filtr trzeciego rzędu z elementami R9...11, C13...C15, U2B. Górną częstotliwość graniczną oraz przebieg charakterystyki filtru można dobrać według upodobania. Bliższe wskazówki podane są w końcowej części artykułu. Zazwyczaj górna częstotliwość graniczna będzie wynosić około 150Hz. Oprócz częstotliwości granicznej, można dobrać stromość filtru. Maksymalna stromość wynosi 18dB/oktawę.

Na schemacie ideowym podano wartości elementów montowanych w wersji standardowej. **Rysunek 3** pokazuje zrzut z ekranu podczas dobierania charakterystyki filtru za pomocą darmowego programu FilterLab firmy Microchip. **Rysunek 4** pokazuje charakterystykę z wartościami elementów jak na rysunku 2.

W rzeczywistości dolna częstotliwość graniczna modułu wynosi około 20Hz i jest wyznaczona głównie przez pojemność C16 i rezystancje R5, R12. Kto chciałby poszerzyć pasmo w dół, może zwiększyć pojemność C16 (i ewentualnie C11, C12) do 470nF lub nawet 1μF.

Odfiltrowane sygnały o częstotliwościach w zakresie około 20Hz...150Hz podawane są

na bufory wyjściowe. Układ ze wzmacniaczem U1C ma wzmocnienie -1, czyli odwraca fazę sygnału. Układ ze wzmacniaczem U1D ma wzmocnienie +1, czyli nie odwraca fazy. W punktach E, F dostępny jest więc ten sam sygnał, mający przeciwne fazy. Obecność takiego sygnału umożliwia realizację wzmacniacza mostkowego w możliwie najprostszy sposób (porównaj rysunek 1).



Rys. 5

dołączyć do punktów P, O, N. Masą jest punkt O – dołączyć go do masy współpracujących urządzeń.

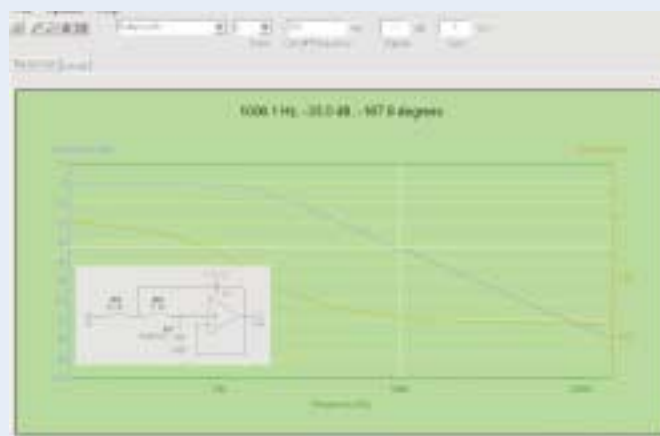
Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania i od razu będzie działał poprawnie.

Jedyną regulacją będzie ustawienie potencjometru PR1, by

uzyskać właściwe proporcje tonów najniższych i pozostałych. Czynność tę należy wykonać po dołączeniu wzmacniacza i głośnika (subwoofera), gdy cały system będzie gotowy. Biegunowość głośnika (zacisk "gorący" oznaczony czerwoną kropką) należy dobrać doświadczalnie. Chodzi o dobranie fazy subwoofera zgodnej z fazą głośników w istniejących kolumnach.

Możliwości zmian

W wersji standardowej będą montowane elementy filtru o charakterystyce z rysunku 4, według rysunku 2 i wykazu elementów. Kto chciałby sprawdzić, jak pracują filtry w innych charakterystykach, może wykorzystać dane z rysunków 6...8. **Rysunek 6** pokazuje elementy i charakterystykę najprostszego filtru (pierwszego rzędu) o stromości 6dB/oktawę (20dB/dekadę). **Rysunek 7** pokazuje wartości elementów filtru o stromości 18dB/oktawę (60dB/dekadę). Filtr o takich parametrach można zrealizować z jednym wzmacniaczem operacyjnym w układzie z rysunku 2 – **rysunek 8** (zrzut z programu PSPICE) wartości elementów i charakterystykę. Tłumienie wynosi 40dB (100 razy) już przy



Rys. 4

Montaż i uruchomienie

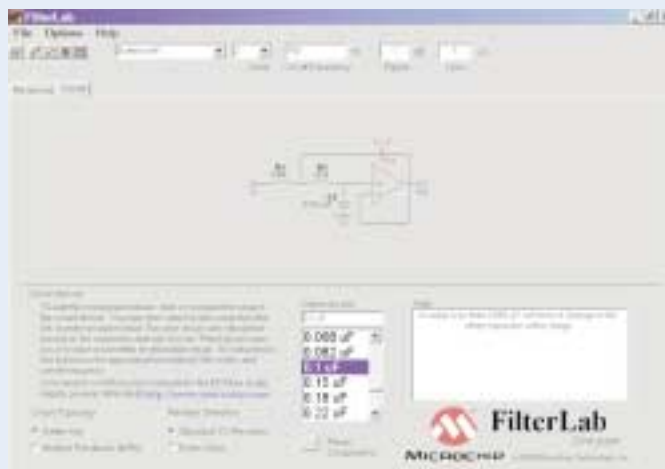
Układ można zmontować na niewielkiej płycie, pokazanej na **rysunku 5**. Montaż jest klasyczny, nie sprawi trudności.

W pierwszej kolejności warto montować elementy najmniejsze, potem coraz większe. W wersji typowej (filtr Butterwortha drugiego rzędu) nie należy montować C13, a zamiast R9 wlutować zworę. Na koniec włożyć w podstawkę kostkę U2. W zależności od sposobu zasilania, należy odpowiednio wykonać obwody zasilania.

Zasilanie napięciem pojedynczym. Nie montować elementów C3, C4. Źródło zasilania (16...35V) podłączyć do punktów P, N. Masą sygnału jest ujemny biegun zasilania – dołączyć go do masy współpracujących urządzeń.

Zasilanie napięciem symetrycznym. Nie montować R1, R4, C1, C2, C9, R13, R14, U1. Wlutować zworę między zaznaczone kółkami punkty lutownicze U1 (nóżki 1, 3). Wlutować zwory zamiast C10, C17. Źródło zasilania ($\pm 5... \pm 16V$)

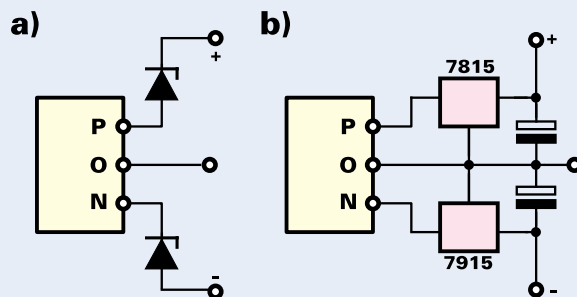
Rys. 3



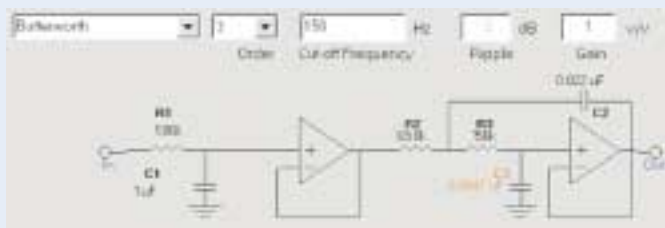
Rys. 6



częstotliwości 720Hz. Używanie dużej stromości nie jest jednak w tym przypadku celem samym w sobie – oprócz stromości warto wziąć pod uwagę charakterystykę fazową oraz właściwości impulsowe. Właśnie dlatego w wersji podstawowej przewidziano filtr o stromości 12dB/okt (40dB/dek). Zaawansowani z pomocą programów FilterLab i PSPICE mogą wykonać symulację zaprezentowanego układu

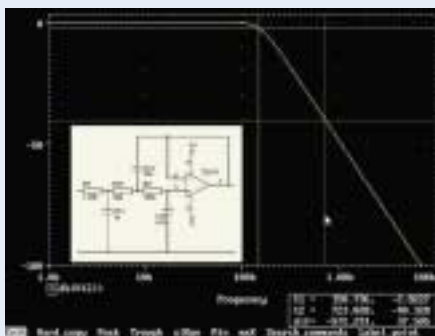


Rys. 11



Rys. 7

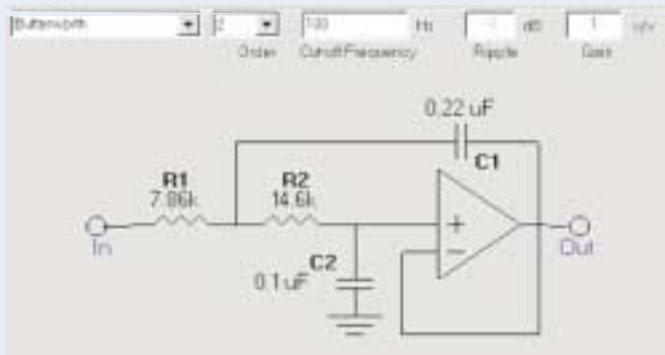
Rys. 8



i po praktycznych próbach odsłuchowych dobrać jeszcze inną charakterystykę filtru, na przykład Bessela lub Czebyszewa. Wszystkie zaprezentowane filtry mają górną częstotliwość graniczną równą 150Hz. Kto chce, może ją dowolnie dobrać, bazując na jednym z podanych filtrów, zmieniając w jednakowej proporcji wartości rezystorów albo kondensatorów. Rysunki 9 i 10 pokazują wartości elementów dla filtrów o częstotliwości granicznej 100Hz i 200Hz.

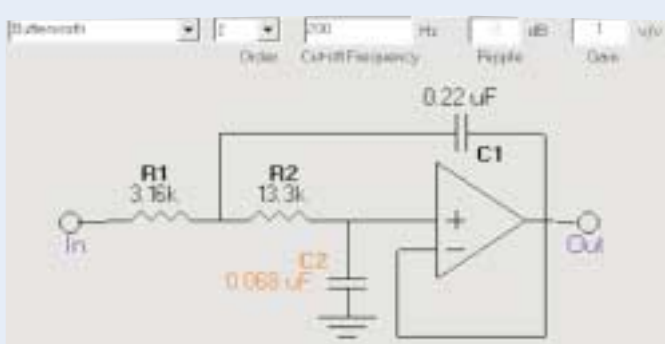
Gdy do zasilania modułu dostępne są jedynie duże napięcia symetryczne ze wzmacniacza mocy, należy dobrać obwody według rysunku 11.

Piotr Górecki
Marek Lorez



Rys. 9

Rys. 10



Wykaz elementów

Rezystory

R1,R4	10kΩ
R2,R3	2.2MΩ
R5,R6	56kΩ
R7,R8,R12,R14	100kΩ
R9	zwora
R10	4.3kΩ
R11	18kΩ
R13	100kΩ
PR1	220kΩ miniaturowy

Kondensatory

C1,C4-C6,C8	100nF
C2,C3,C7	100μF/16V
C9	10μF/50V
C10,C17	10μF/16V
C11,C12,C16	220nF ceramiczne lub MKT
C13	nie montować
C14	220nF foliowy MKT
C15	68nF

Półprzewodniki

U1	LM78L15
U2	TL074

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2449

Ciąg dalszy ze strony 85

Po zmontowaniu zasilacza należy wyjątkowo starannie skontrolować poprawność montażu. Błąd może zaowocować uszkodzeniem elementów, a nawet ich wybuchem.

Podczas uruchamiania i testowania układu zasilanego w opisywany sposób trzeba zachowywać wyjątkową ostrożność – dotknięcie dowolnego punktu takiego układu może skończyć się porażeniem i śmiercią. Niebezpieczeństwo dotyczy także wszelkich dołączonych przyrządów pomiarowych, np. oscyloskop, generator, itp., niezależnie od tego, czy mają one wtyczkę z obwodem ochronnym (tzw. uziemieniem), czy też nie.

Dlatego zasilacze beztransformatorowych w żadnym wypadku nie powinni wykorzystywać młodzi, niedoświadczeni hobbysci. Są to układy przeznaczone dla zaawansowanych elektroników, dobrze znających obowiązujące przepisy dotyczące bezpieczeństwa.

Piotr Górecki

Rys. 5

