



# Niezwykła iluminofonia



kit  
2497  
AVT

Moda na najróżniejsze efekty świetlne nie maleje. Także Czytelnicy EdW w ramach comiesięcznej Miniankiety wskazują, że tego typu układy powinny się częściej ukazywać na łamach naszego pisma. Życzenia wyrażane przez Czytelników są zróżnicowane. Niektórzy chcą zbudować jak najprostszy i jak najtańszy układ, nawet jednokanałowy. Większość chciałaby wykonać urządzenie 3- lub 4-kanałowe. Inni mają dość popularnych od wielu lat systemów 3-kanałowych i chcieliby cieszyć oczy działaniem wyrafinowanego efektu świetlnego, realizowanego za pomocą systemu wielokanałowego, na przykład 10-kanałowego, gdzie poszczególne lampy reagowałyby jedynie na sygnały z wąskiego pasma częstotliwości.

Wszystkie te i jeszcze inne życzenia pozwoli zrealizować system prezentowany w niniejszym artykule. W Redakcji EdW został opracowany niecodzienny moduł - układ iluminofoniczny, zapewniający niezwykłą elastyczność budowanego systemu.

Ten podstawowy układ - moduł jest jednokanałowy. Jego wykonanie jest bardzo łatwe. Moduł można umieścić w typowej obudowie wtyczkowej z gniazdem (Z27), a do gniazda dołączyć dowolną lampę. Uproszczony schemat blokowy i najprostsz przykład wykorzystania pokazany jest na **rysunku 1**.

**Rysunek 2** pokazuje typowy system iluminofoniczny, zawierające trzy moduły z filtrami o różnych charakterystykach. Zaletą takiego „rozproszonego” systemu iluminofonicznego z trzema oddzielnymi modułami jest możliwość dowolnego rozmieszczenia lamp w pomieszczeniu. W systemie może pracować dowolna liczba modułów z różnymi filtrami, co umożliwi budowę urządzenia wielokanałowego.

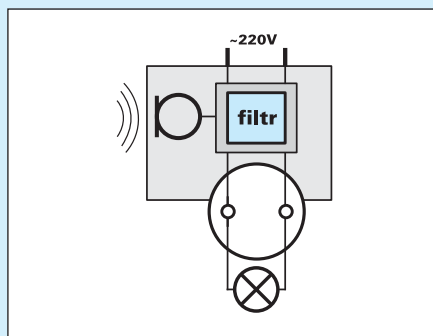
Projekt oznaczono dwiema gwiazdkami nie ze względu na stopień skomplikowania, tylko dlatego, że **układ jest zasilany wprost z sieci i na jego elementach występują napięcia groźne dla życia i zdrowia**. Dlatego **osoby niepełnoletnie i niedoświadczone mogą wykonać prezentowane urządzenie jedynie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów**.

Istotną zaletą opisywanego urządzenia iluminofonicznego jest to, że nie wymaga ono dołączenia do wzmacniacza czy miksera - każdy moduł wyposażony jest w mikrofon.

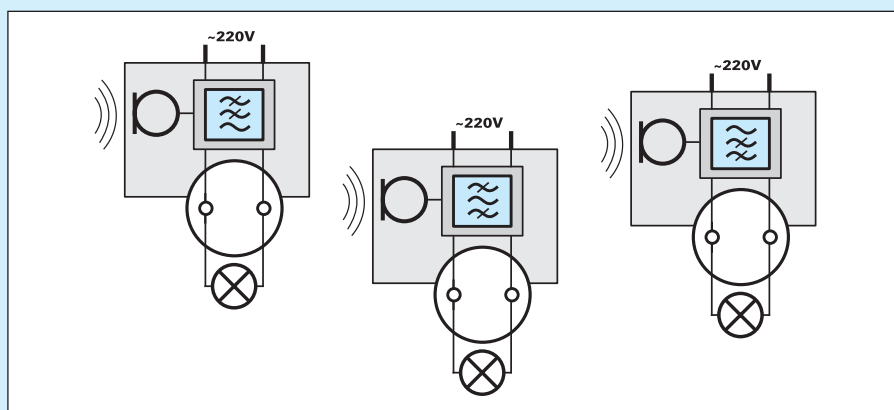
Działanie każdego modułu zależy od zawartego w nim filtru. Zastosowany uniwersalny filtr, choć prosty w budowie, zapewnia znakomitą separację poszczególnych pasm. Co bardzo ważne, do wykonania układu nie jest potrzebna jakakolwiek wiedza na temat filtrów. Nie trzeba nawet rozumieć sensu zamieszczonych charakterystyk. W dalszej części artykułu podane są dokładne wskazówki, jak wykonać najprostsz system jednokanałowy oraz klasyczny system 3-kanałowy. Dla osób, które chcą zbudować system wielokanałowy (np. 7- czy 9-kanałowy) przeznaczona są obszerna informacja pod śródtytułem *Możliwości zmian*. Opisano tam zasady doboru i modyfikacji filtrów. Informacje z tego artykułu wystarczą wszystkim praktykom, których celem jest wykonanie iluminofonii o założonych parametrach.

Niniejszy projekt stał się także dodatkowym bodźcem dla jego autora, czego efektem jest kolejny artykuł, a właściwie cykl artykułów, przedstawiający szczegółowo zasady projektowania podstawowych filtrów.

Rys. 1



Rys. 2



O taki materiał również od dawna upominacie się przez Miniankię. Cykl rozpocznie się w jednym z następnych numerów EdW.

## Opis układu

Schemat blokowy modułu pokazany jest na rysunku 3. Sygnał z mikrofonu elektretowego jest wzmacniany, a następnie filtr wydziela potrzebne składowe. Powodują one reakcję komparatora orazysterowanie optotriaka i triaka. Triak zaświera żarówkę. Ze względu na niewielki prąd potrzebny do pracy układu i do zadziałania optotriaka, układ zasilany jest z prostego zasilacza beztransformatorowego.

Pełny schemat ideowy pokazany jest na rysunku 4. Zasilacz beztransformatorowy z kondensatorami C1, C2 dostarcza niezbędnej energii. Napięcie na kondensatora filtrującego C6 jest dzielone na dwie części za pomocą diod Zenera D5, D6, dzięki czemu wzmacniacze operacyjne z kostki TL084(074) są zasilane napięciem symetrycznym o wartości około  $\pm 6,8V$ .

Mikrofon elektretowy M1 jest polaryzowany napięciem filtrowanym dodatkowo przez elementy R5C3. Poziom sygnału z mikrofonu zależy od rezystancji R4 – (czym mniejsza wartość R4, tym mniejszy sygnał). Akustyczny sygnał z mikrofonu jest wzmacniany przez wzmacniacz U1A. Wzmocnienie, a więc czułość układu można regulować za pomocą potencjometru montażowego PR1.

W module zastosowano dwa filtry aktywne z tak zwanym wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym, wykorzystujące wzmacniacze U1B, U1C. Użytkownicy popularnych układów iluminofonicznych często narzekają na zbyt słabą separację kanałów. W prezentowanym układzie dwa filtry zapewniają dużą stromość charakterystyki częstotliwościowej, a tym samym gwarantują, że sygnały z sąsiedniego pasma, nawet silne, nie będą wpływać na pracę danego modułu.

Elementy biernie filtrów oznaczono na rysunku 4 nietypowo - literą Z (Z1...Z10). Powód jest prosty, w zależności od pożądanego rodzaju filtru w tych miejscach stosowane będą rezystory albo kondensatory. Szczegóły podane są w dalszej części artykułu.

Należy kolejny raz podkreślić, że do wykonania typowego systemu iluminofonicznego nie są potrzebne żadne obliczenia – należy wybrać jedną z czterech wersji i zmontować elementy według wykazu umieszczonego na końcu artykułu.

Poziom sygnału z drugiego filtru, to jest z nóżki 8 U1C, jest podawany na blok ze wzmacniaczem UID. Jest to komparator, w którym dodatkowo wprowadzono histerezę (realizowaną przez R6, R8, C5, R7, D7). Rezystory R14, R15 wyznaczają czułość komparatora. Czym mniejsza wartość R14, tym większa czułość.

W spoczynku na wejściu odwracającym (n. 13) występuje ujemne napięcie, więc na

wyjściu (n. 14) napięcie jest bliskie dodatniemu napięciu zasilania. Tranzystor T1 jest nasycony, przejmując cały prąd płynący przez R9 i ... transistor OPT1 nie działa.

Jeśli sygnał zmienny z wyjścia U1C ma

amplitudę większą, niż napięcie stałe na rezystorze R14 (plus napięcie na R6), napięcie na wyjściu UID gwałtownie się zmniejsza. Tranzystor T1 przestaje przewodzić i prąd płynie przez optotriak, powodując włączenie triaka T2 przy najbliższym przejściu napięcia sieci przez zero. Taki niecodzienny sposób sterowania zastosowano celowo, by pobór prądu przez układ był praktycznie taki sam i by tym samym zmniejszył wahań napięcia zasilającego zastosowanego prościutkiego zasilacza.

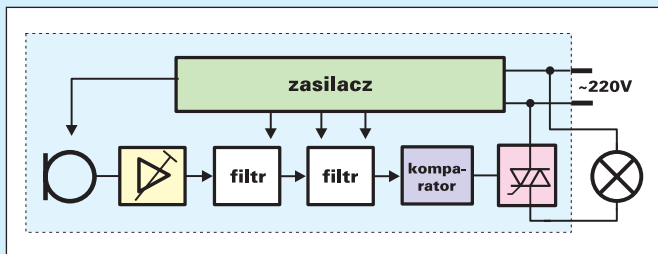
Dodatkowe elementy R6, R8 zapewniają histerezę. Obwód C5, R7 powoduje, że pojawienie się sygnału spowoduje włączenie optotriaka przynajmniej na kilkadziesiąt milisekund. Dzięki nim przy niezbyt dużych sygnałach układ zachowuje się podobnie jak uniwbibrator. Opcjonalna dioda D7 może służyć do skracania „czasu martwego” takiego uniwbibratora. W wersji podstawowej dioda ta nie będzie montowana.

W układzie zastosowano optotriak z obwo-dem włączania w zerze napięcia sieci typu MOC3042. Dzięki temu żarówka włączana jest w sposób wykluczający powstawanie zakłóceń. Jak wiadomo, proste układy iluminofoniczne, gdzie triaki lub tyrystory są sterowane fazowo lub w sposób przypadkowy, często zakłócają pracę innych urządzeń. Tutaj odpowiedni optotriak w prosty sposób eliminuje tę wadę.

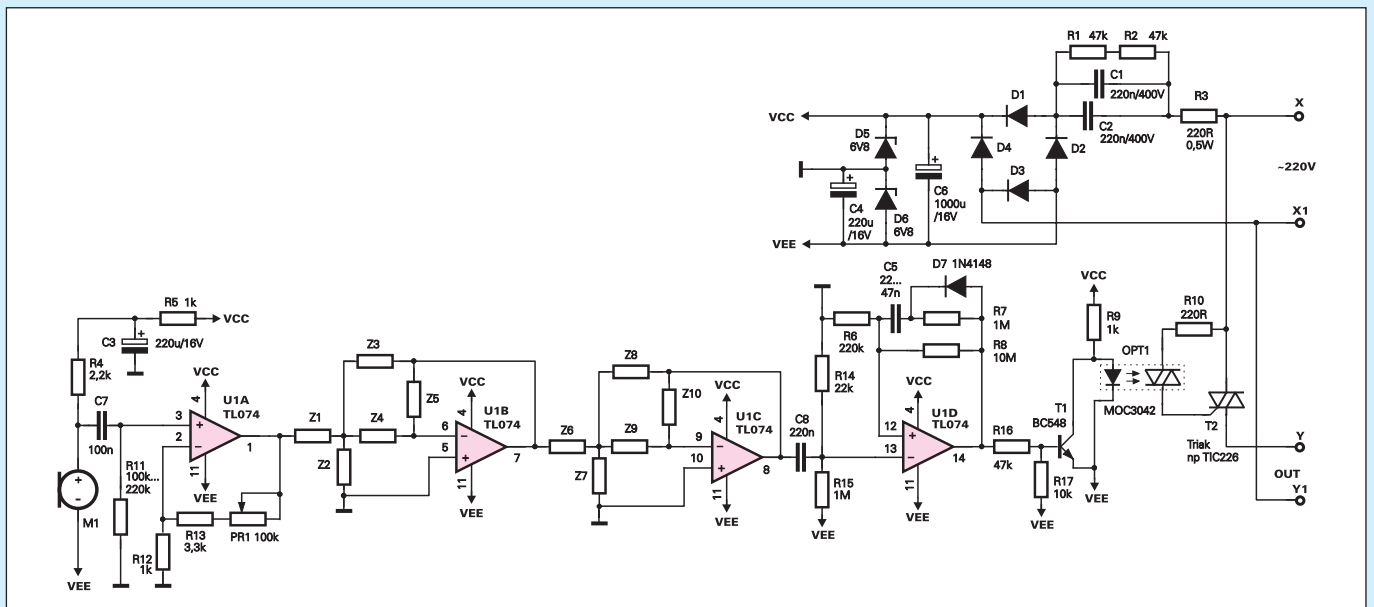
Wydajność zasilacza z dwoma kondensatorami 220nF wynosi ponad 20mA, co całkowicie wystarcza doysterowania optotriaka MOC3042 o gwarantowanym prądzie wyzwalania 10mA.

W module przewidziano triak o prądzie 6A. Ze względu na fakt, że zimna żarówka pobiera przez chwilę prąd kilkakrotnie większy od nominalnego, maksymalna moc współpracujących żarówek powinna być mniejsza niż wynika z pomnożenia na-

Rys. 3 Schemat blokowy



Rys. 4 Schemat ideowy



pięcia sieci przez prąd triaka (220V x 6A). Dla pewności warto stosować żarówki o mocy do 200W.

### Cztery wersje

Każdy moduł systemu według rysunków 1 i 2 można wykonać w jednej z czterech wersji. O właściwościach modułu zadecyduje charakterystyka filtru. W najprostszym przypadku nie trzeba stosować żadnego filtru, a wtedy układ będzie reagował na jakiegokolwiek dźwięku.

**Wersja 1 – szerokopasmowa.** Ta najprostsza wersja nie zawiera filtru. Każdy dźwięk o odpowiedniej głośności powoduje otwarcie triaka i zaświecenie lampy. Wzmacniacze U1B, U1C nie są wykorzystane. W miejsce Z1 należy włutować kondensator o pojemności 220nF (zamiast C8) oraz wykonać zworę do punktu połączenia R14, R15. W miejsce Z5, Z10 koniecznie trzeba włutować zwory. Układ połączeń może wyglądać jak na rysunku 5.

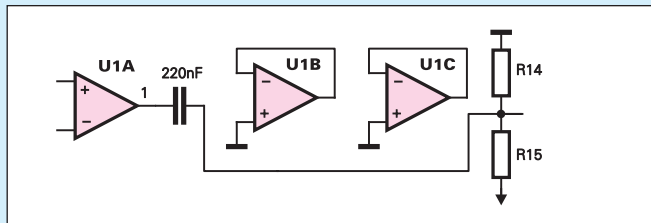
Jeśli potrzebna byłaby wyjątkowo wysoka czułość, by układ reagował nawet na ci-

che dźwięki, można wykorzystać elementy U1B, U1C do wzmożenia sygnału według rysunku 6.

**Wersja 2 - tony niskie.** Bardzo często pożądanym jest, by lampy migały w rytm muzyki, wyznaczony przez instrumenty, wytwarzające niskie tony dźwięki. Uzyskuje się to, wykorzystując filtr przepuszczający tylko tony niskie, czyli filtr dolnoprzepustowy. Filtr w tej wersji pokazany jest na rysunku 7. Częstotliwość graniczna wynosi 220Hz. Dzięki zastosowaniu dwóch jednakowych stopni uzyskuje się dużą stromość

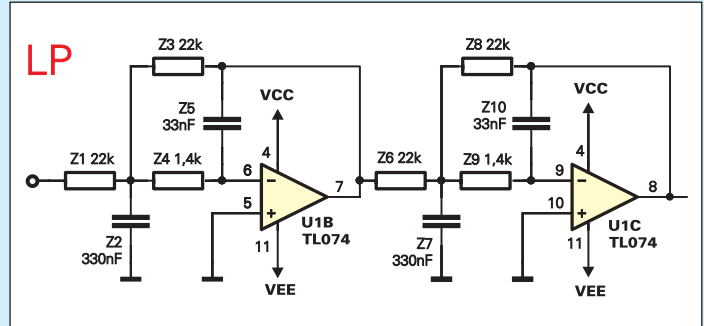
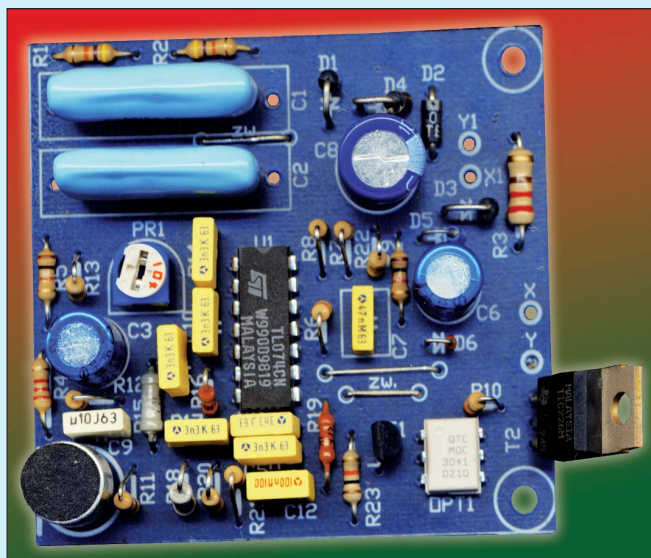
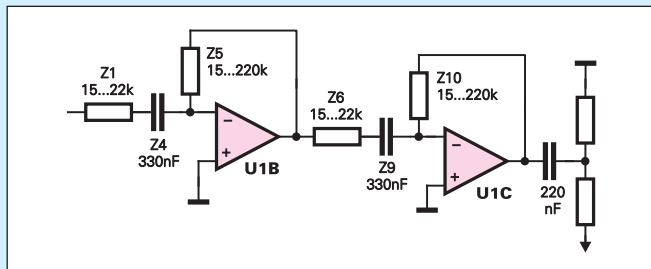
charakterystyki w paśmie zaporowym równą 40dB/dekadę.

**Wersja 3 - tony średnie.** Jeśli układ ma reagować na tony średnie, należy zmontować

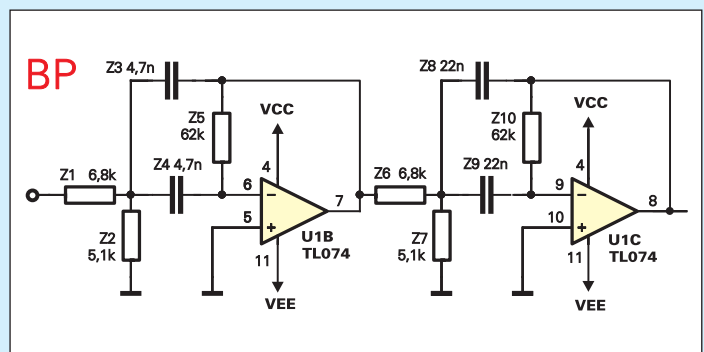


Rys. 5

Rys. 6

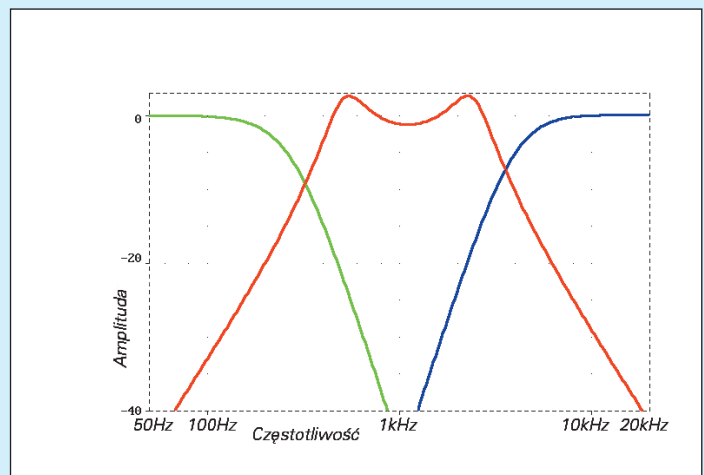
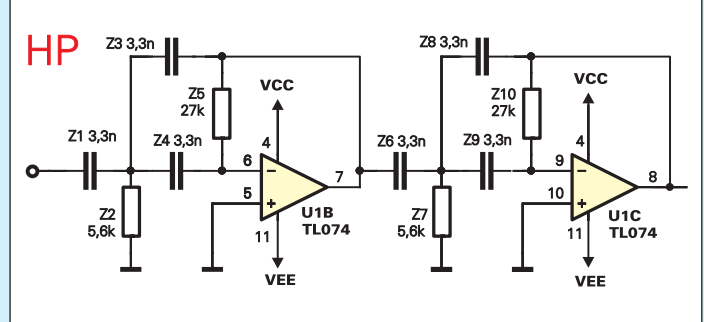


Rys. 7



Rys. 8

Rys. 9



Rys. 10

elementy Z1...Z10 według **rysunku 8**. Taki podwójny filtr pasmowo-przepustowy ma pasmo 400Hz...3kHz.

**Wersja 4 - tony wysokie.** Jeśli układ ma reagować na tony wysokie, należy zmontować filtr górnoprzepustowy według **rysunku 9**. Przy podanych wartościach elementów częstotliwość graniczna wynosi około 4,5kHz, a stromość w paśmie zaporowym wynosi 40dB/dekadę.

**Rysunek 10** pokazuje charakterystyki częstotliwościowe trzech układów z rysunków 7...9. Warto zwrócić uwagę, że częstotliwości graniczne poszczególnych filtrów są tak dobrane, aby robocze pasma częstotliwości nie zachodziły na siebie.

## Montaż i uruchomienie

### Uwaga!

**Na elementach układu występują napięcia sieci energetycznej groźne dla życia i zdrowia. Osoby niepełnoletnie i niewykwalifikowane mogą wykonać układ wyłącznie pod fachowym nadzorem uprawnionych opiekunów i nauczycieli.**

Moduł można wykonać na płycie drukowanej, pokazanej na **rysunku 11**. Montaż

układu nie powinien sprawić trudności nawet słabiej zaawansowanym. Warto zacząć od zwró i elementów najmniejszych: diod i rezystorów, a potem kolejno montować elementy większe. Obwody filtrów należy zmontować według jednego z rysunków 5...9 oraz według wykazu elementów.

Uwaga! Zestaw AVT-2497 zawiera elementy umożliwiające zmontowanie dowolnej z przedstawionych wersji. Obecność „nadmiarowych” elementów i trudności ze zmierzaniem uzyskanej charakterystyki wskazują, że przy montażu filtrów należy zachować szczególną uwagę, by nie pomylić elementów.

Po zmontowaniu całości należy wyjątkowo starannie sprawdzić prawidłowość montażu, zwłaszcza filtru oraz obwodów zasilacza beztransformatorowego. Warto poprosić o sprawdzenie inną osobę, by skontrolowała układ „świeżym okiem”.

Układ prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania i od razu powinien poprawnie pracować. Na początek należy ustawić potencjometr montażowy w środkowym położeniu.

Układ należy skontrolować i ustawić czułość po dołączeniu żarówki. Model z różnymi filtrami był testowany w pokoju, gdzie stoi zestaw audio.

**Uwaga! Ze względu na fakt, że na elementach układu występuje pełne napięcie sieci energetycznej, w module nie przewidziano klasycznego potencjometru, tylko potencjometr montażowy PR1. Użycie klasycznego potencjometru z metalową oską grozi ryzykiem przebicia i śmiertelnego porażenia!**

Nie jest to zna-

czącym utrudnieniem, bo układ zazwyczaj będzie wykorzystywany w jednakowych warunkach. Wszelkie manipulacje w układzie należy wykonywać po upewnieniu się, że jest on odłączony od sieci energetycznej. Po umieszczeniu modułu w dużej wtyczkowej obudowie Z27, w jej ścianie można wykonać mały otwór o średnicy kilku milimetrów, pozwalający na regulację PR1 za pomocą niewielkiego wkrętaka. Na czas regulacji układ należy odłączyć od sieci.

Ostateczne ustawienie potencjometru trzeba będzie dobrać eksperymentalnie w ostatecznym miejscu wykorzystywania. Jednorazowo wyregulowane moduły iluminofoniczne będą przy okazji pełnić dodatkową, pożyteczną rolę: będą wskaźnikiem przekroczenia zaplanowanej głośności. Gdy żarówki będą się świeciły ciągle lub z krótkimi przerwami, głośność muzyki należy zmniejszyć.

## Możliwości zmian

Próby wykazały, że czułość układu jest duża, absolutnie wystarczająca nawet przy słuchaniu muzyki kameralnej z niewielką głośnością. Gdyby okazało się, że czułość jest za mała do cichej muzyki, można ją zwiększyć następującymi sposobami: zwiększyć R4 do 4,7kΩ, a nawet 10kΩ, zmniejszyć R12 do 470Ω, zmniejszyć R14 do 10kΩ.

Choć układ projektowany był do współpracy z optotriakiem MOC3042 o gwarantowanej czułości 10mA, próby wykazały, że poprawnie pracuje także z większością egzemplarzy optotriaków MOC3041.

Układy w podstawowych czterech wersjach powinny spełnić oczekiwania zdecydowanej większości Czytelników zainteresowanych układem.

Kto chce, może dowolnie dobrać częstotliwość graniczną filtrów we wszystkich wersjach. Informacje podane na rysunkach i w tabeli pomogą dobrać pożądaną charakterystykę bez przeprowadzania żmudnych obliczeń i symulacji. Podstawowa zasada jest

R e k l a m a      R e k l a m a      R e k l a m a

## Kontroler Faz KF3-S

Jest rewolucyjnym urządzeniem nowej generacji, mającym za zadanie ochronę i zabezpieczenie silników trójfazowych

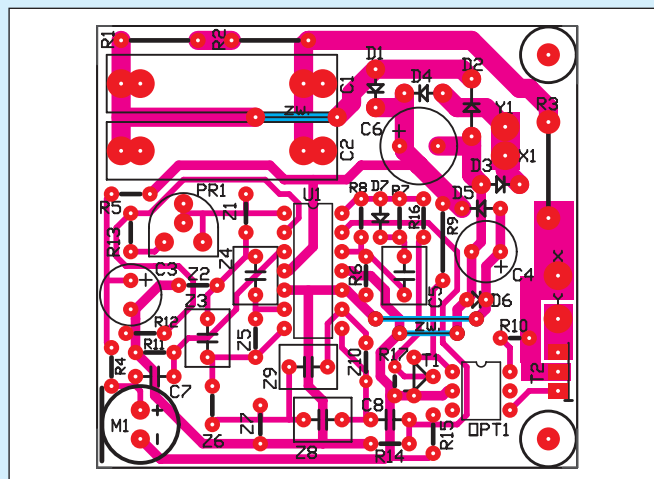


cena brutto 150 zł

Jedynie KF3-S jest w stanie w każdej sytuacji bezbłędnie wykryć zanik fazy i to bez jakiegokolwiek fałszywych alarmów. Tym samym KF3-S staje się jedynym prawdziwie skutecznym zabezpieczeniem silników trójfazowych małej mocy.

Producent: oddział optyki i elektroniki, Katedra Inżynierii Wydział Fizyki - Amfiteatr, ul. Mickiewicza 25, 01-414 Warszawa, tel. (22) 634 00 00, fax (22) 634 00 01

Rys. 11 Schemat montażowy



prosta – aby zmienić charakterystykę danego filtru, należy zmienić wartości pojemności. Zwiększanie pojemności obniża częstotliwości graniczne, zmniejszanie pojemności – zwiększa częstotliwości graniczne.

Częstotliwość graniczna filtru dolnoprzepustowego wynosi około 220Hz. Warto sprawdzić, jak będzie reagował układ z filtrem przepuszczającym tylko najniższe częstotliwości. W tym celu śmiało można zwiększyć pojemności filtru dolnoprzepustowego (Z2, Z5, Z7, Z10 – patrz rysunek 7) z 330nF i 33nF na 470nF i 47nF, a nawet 1µF i 100nF. Spowoduje to obniżenie częstotliwości granicznej. Taka operacja ma sens, ponieważ większość systemów audio wyposażona jest w skuteczne głośniki niskotonowe, więc można liczyć na zawartość najniższych tonów. Przeprowadzono próby modelu z filtrem LP (rysunek 7) o niższej częstotliwości, z pojemnościami 1µF i 100nF. Wyniki były bardzo dobre – układ reagował na najniższe tony.

Można też bez obaw zmniejszyć pojemności filtru górnoprzepustowego (Z1, Z3, Z4, Z6, Z8, Z9 – patrz rysunek 9) z 3,3nF na 2,2nF czy nawet 1,5nF.

**Rysunek 12** pokazuje (linie czerwone) charakterystyki po zmianie wartości elementów w filtrach górno- i dolnoprzepustowym na tle charakterystyk „standardowych”.

Warto pamiętać, że przy zmianach w filtrze wysokich częstotliwości efekty mogą być niezgodne z oczekiwaniami ze względu na różną jakość nagrań oraz obecność mikrofonu i gło-

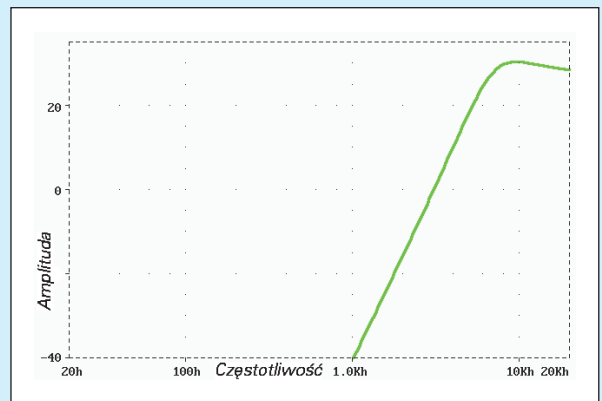
śników. Może się okazać, że z winy kiepskich głośników lub słabej jakości nagrań, zawartość najwyższych bądź najniższych składowych jest bardzo mała i modul ma zbyt małą czułość. Wtedy można zmienić elementy filtrów, by filtry dodatkowo wzmacniały sygnały użyteczne. Na **rysunku 13** pokazane są wartości elementów filtru górnoprzepustowego o częstotliwości granicznej 5kHz i stromości 40dB/dek i wzmocnieniu wypadkowym około 30dB (30x). **Rysunek 14** pokazuje charakterystykę takiego filtru. Niewielkie podbicie na skraju pasma wynika z większej dobroci filtrów,  $Q=1$ , a nie  $Q=0,707$ , jak w filtrach z rysunków 7...9.

Można też łatwo modyfikować charakterystykę filtru środkowoprzepustowego (pasmowego). Przede wszystkim można przesuwać charakterystykę w stronę niskich albo wysokich częstotliwości, odpowiednio zwiększając albo zmniejszając pojemności Z3, Z4, Z8, Z9 z rysunku 8. Wszystkie **pojemności należy zmieniać w takiej samej proporcji**, wykorzystując kolejne wartości z szeregu E12. Przykładowo zamiast pojemności 4,7nF i 22nF można zastosować 3,3nF 15nF albo 6,8nF i 33nF.

Kto chce zbudować system zawierający więcej niż trzy

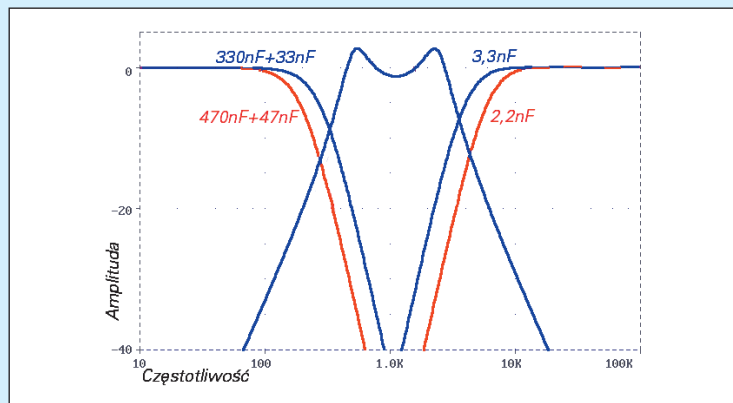
niezależne kanały, musi zastosować filtry środkowoprzepustowe (pasmowe) o węższym pasmie przenoszenia. W filtrze z rysunku 8 specjalnie poszerzono pasmo, „rozsuwając” częstotliwości środkowe obu filtrów składowych. Zrealizowano to przez zastosowanie różnych wartości kondensatorów Z3, Z4 (4,7nF) oraz Z8, Z9 (22nF). Najwęższe pasmo uzyskuje się, gdy w filtrze pasmowym wszystkie pojemności Z3, Z4, Z8, Z9 są jednakowe.

**Rysunek 15** pokazuje charakterystyki filtru, gdy Z3, Z4, Z8, Z9 mają pojemności kolejno 22, 10, 4,7nF. Jak widać, taki filtr przy okazji wzmacnia sygnał o 22dB (12,5x), a poszczególne pasma są skutecznie



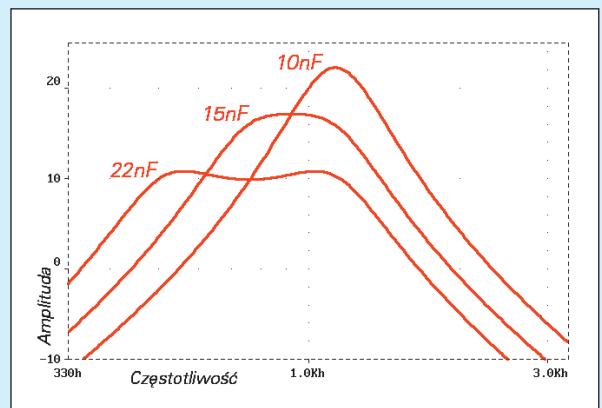
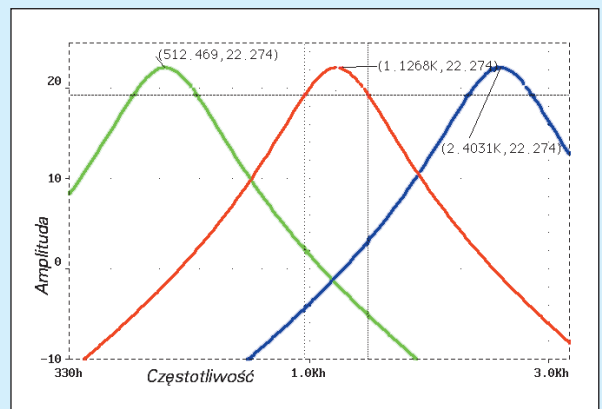
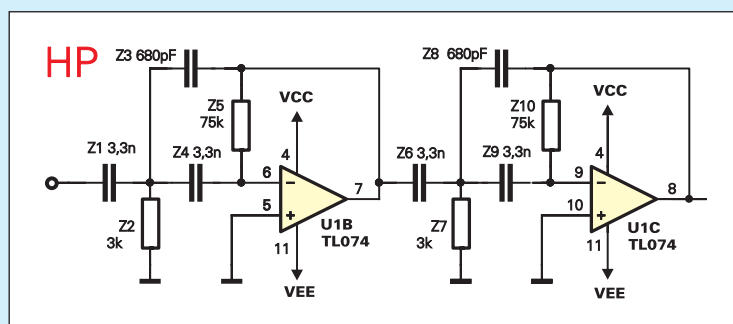
Rys. 14

Rys. 15



Rys. 12

Rys. 13



Rys. 16

odseparowane. Można wykonać iluminofoniczny system 7- lub 9-kanalowy, wykorzystując pojemności (220nF) 100nF, 47nF, 22nF, 10nF, 4,7nF, 2,2nF, 1nF (470pF).

Komu nie odpowiada taka bardzo wąska charakterystyka filtru, może ją dowolnie poszerzyć. **Rysunek 16** ilustruje, jak można poszerzać charakterystykę filtru środkowoprzepustowego. Pojemności C8, C9 pozostają w każdym przypadku takie same – 10nF. Szerokość pasma regulowana jest przez zmianę Z3, Z4. Gdy pojemności Z3, Z4 też mają wartość 10nF, charakterystyka jest najwęższa, jak na rysunku 15, a wzmocnienie jest maksymalne. W poniższej tabeli podane są dokładne parametry filtrów z rysunku 16.

Z3, Z4	częstotliwość środkowa	pasmo (-3dB)	wzmocnienie
10nF	1,12kHz	330Hz	22,3dB
15nF	924Hz	520Hz	17,1dB
22nF	763Hz	840Hz	10,5dB

„Podstawowy” filtr z rysunku 8 ma jeszcze szersze pasmo i wzmocnienie około 0dB (1x), co osiągnięto zmieniając Z8, Z9 na 22nF, przy czym Z3, Z4 mają po 4,7nF.

Oprócz zmian charakterystyki filtrów możliwe są też inne modyfikacje układu. Być może ktoś zechce zmienić generalną koncepcję i umieścić kilka modułów w jednej obudowie, jak w klasycznej iluminofonii. Jest to możliwe, ale trzeba zastosować oddzielny zasilacz z transformatorem, najlepiej stabilizowany, dający napięcia symetryczne  $\pm 6... \pm 12V$ . W poszczególnych modułach nie należy montować elementów zasilacza (C1, C2, R1...R3, D1...D6), a napięcia zasilające po-

dać na masę i szyny oznaczone VCC i VEE.

Sygnal dla dowolnej liczby modułów można pobierać z jednego mikrofonu według **rysunku 17**, przy czym warto zwiększyć wartość R11 w modułach do 470k $\Omega$ ...1M $\Omega$ .

Można wtedy zmniejszyć wartości rezystorów R9 z 1k $\Omega$  do 680 $\Omega$  i zastosować transoptory o gorszej czułości (MOC3041).

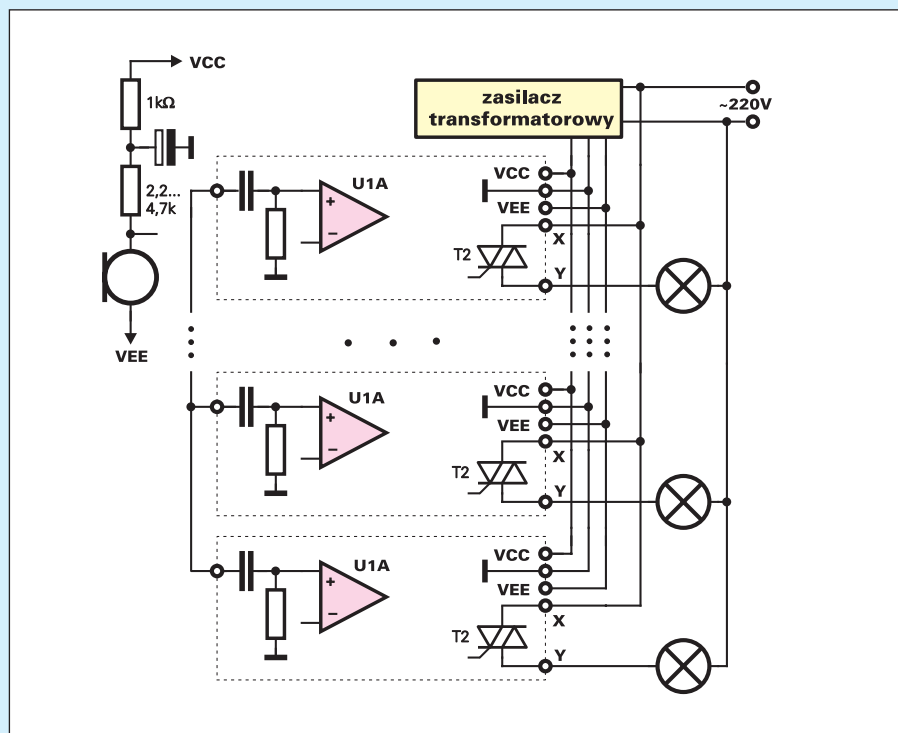
Piotr Górecki

## Wykaz elementów

Rezystory	
R1,R2,R16	47k $\Omega$
R3	220 $\Omega$ 0,5W
R4	2,2k $\Omega$
R5,R9,R12	1k $\Omega$
R6,R11	220k $\Omega$
R7,R15	1M $\Omega$
R8	10M $\Omega$
R10	220 $\Omega$
R14	100k $\Omega$
R13	3,3k $\Omega$
R17	10k $\Omega$
PR1	PR 100k $\Omega$ miniaturowy

Kondensatory	
C1,C2	220nF/400V MKP lub 630V MKT
C3,C4	220 $\mu$ F/16V
C5	22...47nF
C6	1000 $\mu$ F/16V
C7	100nF
C8	100...220nF
Półprzewodniki	
D1-D4	1N4007

Rys. 17



D5,D6	diody Zenera 6V8
D7	nie montować – patrz tekst
OPT1	MOC3042
T1	BC547
T2	TRIAC /600V
U1	TL074

### Inne

M1	mikrofon elektretowy obudowa wtyczkowa z gniazdem – Z27
----	---------------------------------------------------------

### Elementy filtru

**Wersja 1 - szerokopasmowa**  
montować według rysunku 5 lub 6

**Wersja 2 - Tony niskie (wg rys. 7)**

Z1	22k $\Omega$
Z2	330nF foliowy MKT
Z3	22k $\Omega$
Z4	1,4k $\Omega$
Z5	33nF foliowy MKT
Z6	22k $\Omega$
Z7	330nF foliowy MKT
Z8	22k $\Omega$
Z9	1,4k $\Omega$
Z10	33nF foliowy MKT

**Wersja 3 - Tony średnie (wg rys. 8)**

Z1	6,8k $\Omega$
Z2	5,1k $\Omega$
Z3	4,7nF foliowy MKT
Z4	4,7nF foliowy MKT
Z5	62k $\Omega$
Z6	6,8k $\Omega$
Z7	5,1k $\Omega$
Z8	22nF foliowy MKT
Z9	22nF foliowy MKT
Z10	62k $\Omega$

**Wersja 4 - Tony wysokie (wg rys. 9)**

Z1	3,3nF foliowy MKT
Z2	5,6k $\Omega$
Z3	3,3nF foliowy MKT
Z4	3,3nF foliowy MKT
Z5	27k $\Omega$
Z6	3,3nF foliowy MKT
Z7	5,6k $\Omega$
Z8	3,3nF foliowy MKT
Z9	3,3nF foliowy MKT
Z10	27k $\Omega$

### Uwaga!

Zestaw AVT-2497 zawiera obudowę i zestaw elementów do realizacji dowolnego z filtrów.

**Komplet podzespołów z płytą jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2497**