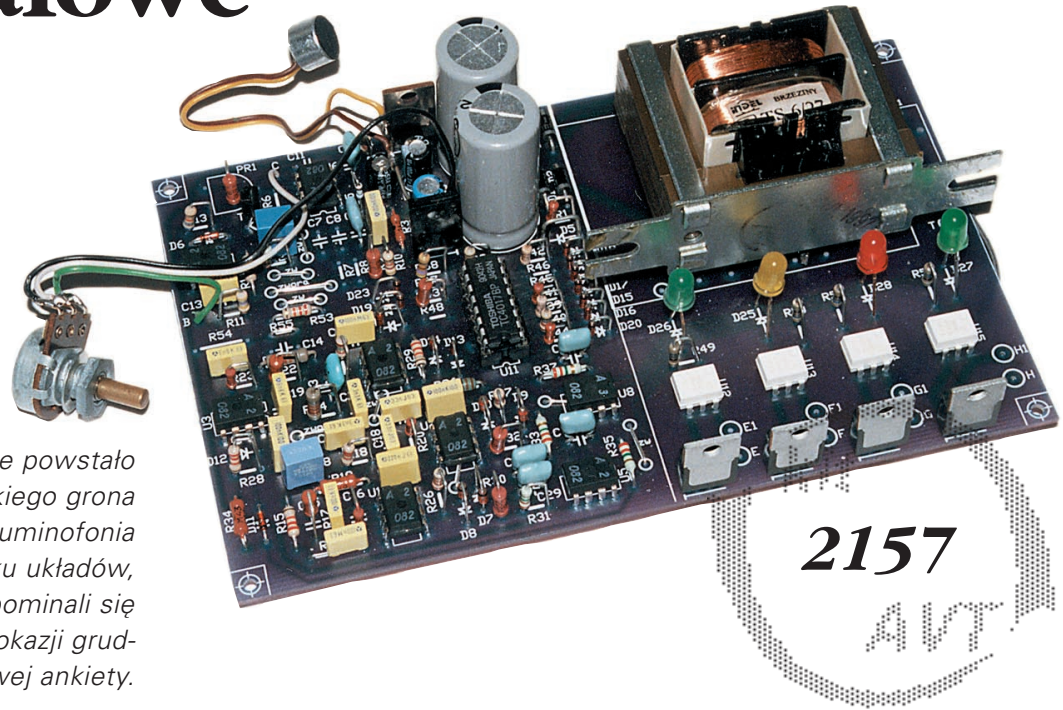


Urządzenie iluminofoniczne 4-kanalowe



Opisane niżej urządzenie powstało na zamówienie szerokiego grona Czytelników. Właśnie iluminofonia była jednym z kilku układów, o który najczęściej upominali się młodszy Czytelnicy przy okazji grudniowej ankiety.

Przedstawione urządzenie analizuje zawartość poszczególnych częstotliwości w sygnale audio i stosowanie do tego steruje pracą czterech różnokolorowych żarówek. Muzyce towarzyszy więc pulsujące różnobarwne światło o natężeniu proporcjonalnym do zawartości w sygnale składowych o poszczególnych częstotliwościach.

Dzięki zastosowaniu wewnętrznego mikrofonu, nie jest potrzebne połączenie przewodowe pomiędzy wzmacniaczem, a iluminofonią. Jest to istotne ze względów bezpieczeństwa.

Dużym problemem przy konstruowaniu układów iluminofonicznych zawierających triaki bądź tyrystory było i jest występowanie zakłóceń sieciowych, związanych z fazowym sposobem sterowania tych elementów. W przedstawianym układzie zastosowano układy włączające triaki w momencie przechodzenia przez zero przebiegu napięcia sieci 220V. Dzięki temu wyeliminowano konieczność stosowania filtrów przeciwzakłóceń, niezbędnych w układach sterowanych fazowo.

Układ w swej wersji podstawowej jest prosty do wykonania i nie wymaga regulacji. Przy zachowaniu odpowiednich środków bezpieczeństwa (związanych z występowaniem w układzie napięcia sieci), wykonania urządzenia mogą się

podjąć nawet osoby, które nie do końca rozumieją działanie układu

Bardziej zaawansowani elektronicy mają szerokie pole do popisu i mogą modyfikować układ, uzyskując odmienne efekty – możliwości te są opisane w końcowej części artykułu.

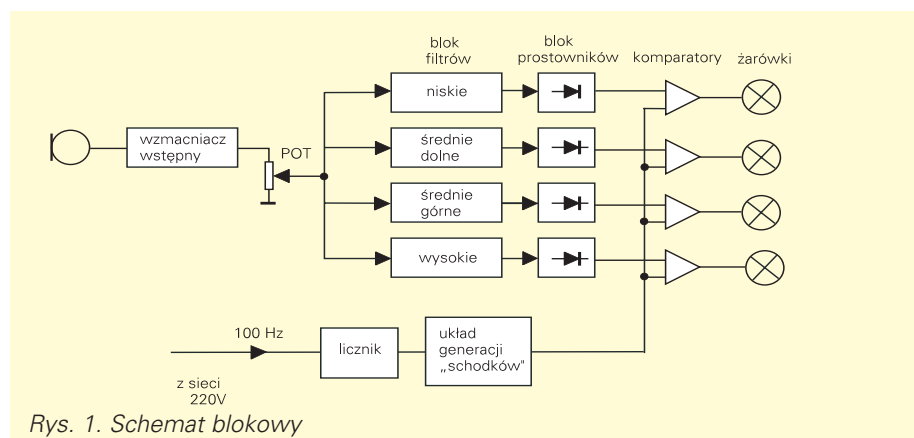
Zasada działania

Schemat blokowy urządzenia pokazano na rysunku 1.

Sygnał z mikrofonu jest wzmacniany i podawany na potencjometr regulacji poziomu. Sygnał z potencjometru jest podawany na filtry rozdzielające pasmo akustyczne na cztery zakresy. Sygnały z poszczególnych filtrów są prostowane i po-

dawane na cztery komparatory sterujące za pośrednictwem triaków pracą lamp.

W prostych urządzeniach iluminofonicznych próg zadziałania komparatorów jest stały, przez co istnieją tylko dwa stany wyjściowe i dwa stopnie jasności: całkowite wyłączenie i pełne świecenie lamp. W prezentowanym układzie wprowadzono dodatkowy generator przebiegu schodkowego podobnego nieco do piły, dzięki czemu w zależności od poziomu sygnału uzyskuje się kilka stopni jasności żarówek. Takie rozwiązanie umożliwiłoby kilkustopniową, czyli niemal płynną regulację jasności żarówek, a nie tylko ich pulsowanie.



Rys. 1. Schemat blokowy

Projekty AVT

Opis układu

Schemat ideowy urządzenia w pełnej wersji pokazany jest na **rysunku 2** (patrz str.). W praktyce nie wszystkie elementy pokazane na schemacie będą montowane. Dzięki temu urządzenie w wersji podstawowej będzie prostsze i tańsze.

Układ zasilany jest napięciem symetrycznym $\pm 12V$, uzyskiwanym z kostek U9 i U10.

Urządzenie nie zawiera żadnego gniazda wejściowego. „Wejściem” sygnału jest dwukońcówkowy mikrofon elektretowy, oznaczony Mic, stąd elementy R3, R4 i C5. Sygnał z mikrofonu jest wzmacniany w dwustopniowym wzmacniaczu ze wzmacniaczami operacyjnymi U6A i U7A. Wzmocniony sygnał podawany jest na potencjometr POT.

Na wejściu wzmacniacza U7A umieszczono szereg dwójników (R7C7...R10C10). Umożliwiają one kształtowanie charakterystyki wzmacniacza. wstępnego. Chodzi o to, że w typowych nagraniach zawartość składowych o niższych częstotliwościach jest znacznie większa, niż składowych o wyższych częstotliwościach. Dla równomiernej pracy wszystkich lamp potrzebne jest więc uwydatnienie wyższych częstotliwości. Temu celowi służy wspomniana sieć dwójników RC.

W układzie przewidziano także obwód automatycznej regulacji poziomu z układem U7B i tranzystorem T1. Próby wykazały, że obwód taki nie jest niezbędny, oprócz zalet ma też wady, więc w wersji podstawowej nie będzie on montowany.

Pozostawiono jednak rezystor R5 o wartości $100k\Omega$, który będzie potrzebny, gdy ktoś chciałby wykorzystać obwód automatycznej regulacji wzmocnienia.

Potencjometr POT pozwala ręcznie ustawić odpowiedni poziom sygnału, tak by lampy zapalały się przy oczekiwanych poziomach głośności.

Kostka U6B pełni jedynie rolę bufora, który jest potrzebny, by filtry mające niewielką rezystancję wejściową nie obciążały nadmiernie potencjometru POT.

Filtry aktywne zbudowane są z układami U1A, U2A, U3A i U4A. Wykorzystano tu filtry z tak zwanym wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym. W układzie występują trzy filtry środkowoprzepustowe i jeden górnoprzepustowy (z kostką U4A). W pierwotnej wersji filtr najniższych częstotliwości był filtrem dolnoprzepustowym, ale próby wykazały, że uzyskiwana stromość zbroczy była za mała.

Ponieważ urządzenie będzie używane przez osoby korzystające z różnej klasy sprzętu audio, także sprzętu niezbyt wysokiej jakości, zastosowano podział pasma, pokazany na **rysunku 3**. Przybliżone częstotliwości środkowe filtrów wynoszą 140Hz, 420Hz i 1700Hz. Częstotliwość

graniczna filtru górnoprzepustowego wynosi około 3,5kHz.

Jak widać, wybrano dość niskie częstotliwości górnych pasm, właśnie ze względu na posiadaczy sprzętu słabszej jakości, przenoszącego pasmo do co najwyżej 10kHz.

Przy projektowaniu filtrów przyjęto dobroć równą 4, co dało wystarczającą separację poszczególnych kanałów. Wzmocnienie każdego filtru wynosi 2 (+6dB).

Wzmacniacze operacyjne U1B, U2B, U3B i U4B pracują w obwodach jednopółkowych prostowników aktywnych. Dzięki zastosowaniu prostowników aktywnych uzyskuje się liniowe prostowanie wszystkich sygnałów, także tych o małych amplitudach, rzędu miliwoltów. Zwykły prostownik z diodą krzemową proste jedynie sygnały o amplitudach powyżej 600mV. Mniejsze sygnały po prostu przezeń nie przechodzą.

Prostownik liniowy ze wzmacniaczem operacyjnym jest wręcz niezbędny wtedy, gdy poziom jasności żarówek ma być regulowany płynnie, a nie dwustanowo, jak to bywa w prostszych urządzeniach iluminofonicznych.

Prostownik aktywny ma jeszcze jedną zaletę: oprócz prostowania może wzmacniać sygnał. Tak też jest w przedstawianym układzie. Wzmocnienie poszczególnych prostowników wyznaczone jest stosunkami rezystorów R30/R26, R32/R27, R34/R28 i R36/R29. Wzmocnienie kolejnych prostowników nie jest jednakowe. W trakcie testów modelu okazało się, że trzeba zarówno zmodyfikować charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza wstępnego, stosując odpowiednie wartości elementów C9, C10 i R9, R10, jak i skorygować wzmocnienie poszczególnych kanałów. Stąd różniące się od siebie wartości rezystorów R32, R34 i R36.

Zastosowane w układzie prostowniki wyposażone są w filtry uśredniające (R31C29...R37C32).

Płynną regulację jasności lamp umożliwia układ generatora przebiegu schodkowego z licznikiem U11 i przetwornikiem rezystorowym z diodami D15...D24 i rezystorami R38...R48.

Licznik U11 zlicza wyprostowane impulsy przebiegu sieci energetycznej. Dzięki zastosowaniu w zasilaczu prostownika

dwupołówkowego jest to częstotliwość 100Hz. Dla umożliwienia pracy licznika zmodyfikowano obwód prostownika sieciowego wprowadzając elementy R1, R2, D5. Przebieg na rezystorze R1 jest „dwupołówkowo wyprostowaną sinusoidą”. Jego zbocza nie są ostre, ale nie przeszkadza to w pracy licznika, ponieważ układ CMOS 4017 ma na wejściu CLK układ Schmitta, który umożliwi pracę nawet przy bardzo wolno rosnących impulsach wejściowych.

Na rezystorze R38, a tym samym na wejściach czterech komparatorów U1B...U4B występuje przebieg schodkowy. Dzięki odpowiedniemu dobraniu rezystorów R39...R48, nie jest to przebieg liniowy, a raczej logarytmiczny. Dzięki temu jasność żarówek zmienia się proporcjonalnie do logarytmu (wyprostowanego i uśrednionego) napięcia w danym kanale.

W pełnej wersji uzyskuje się 10 schodków, czyli dziesięć poziomów jasności żarówki.

W praktyce ze względu na ograniczoną stromość filtrów i znaczną długość cyklu pracy celowe okazało się zmniejszenie liczby tych poziomów do 5...6.

Choć licznik 4017 może zliczać do 10, z przedstawionego względu w układzie pokazanym na rysunku 2 skrócono cykl pracy licznika do sześciu łącząc nóżkę 5 z nóżką 15.

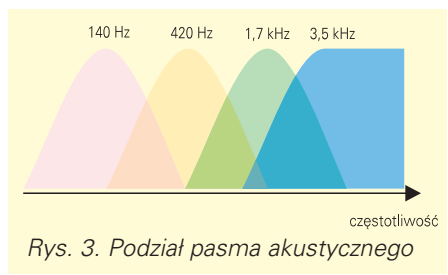
Na **rysunku 4** pokazano w uproszczeniu zasadę działania układu generatora przebiegu schodkowego i pracy komparatorów (kostki U5 i U8) przy różnych poziomach napięcia z prostowników liniowych. Właśnie ze względu na logarymicznie zmienną wysokość schodków, konieczne było zastosowanie precyzyjnych prostowników liniowych ze wzmacniaczami operacyjnymi.

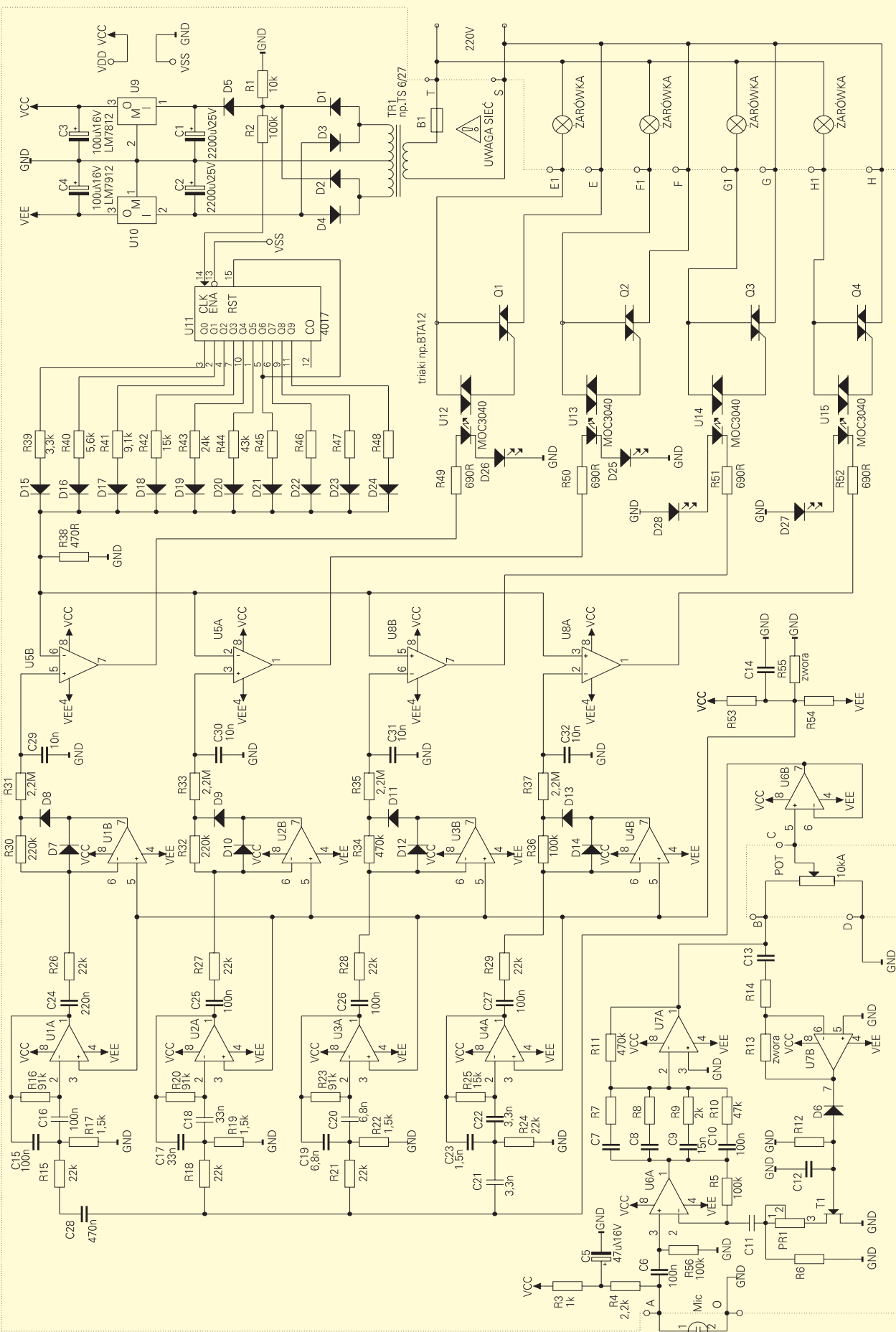
Dla rozszerzenia możliwości dobierania poziomów napięcia i odpowiadających im jasności lamp, przewidziano obwód przesuwania napięcia spoczynkowego na wyjściach prostowników liniowych. Są to elementy R53...R55, C14. Przeprowadzone próby wykazały, że w wersji podstawowej nie trzeba przesuwania tego poziomu, dlatego rezystor R55 zastąpiono zworą.

Elementami wykonawczymi urządzenia są triaki. Zastosowanie triaków o prądzie 6A umożliwia zastosowanie żarówek o mocach rzędu kilkuset watów. W praktyce raczej nie będą potrzebne żarówki o mocach większych niż 100W.

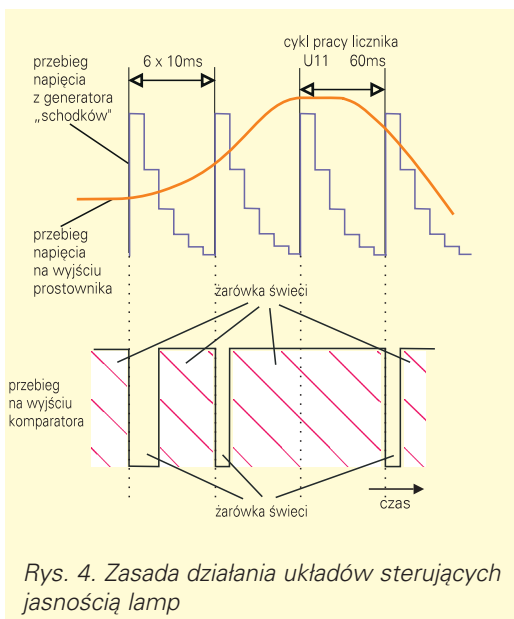
Aby skutecznie oddzielić obwody sieci energetycznej od układu sterującego, zastosowano oddzielenie galwaniczne w postaci optotriaków U12...U15.

Dla uniknięcia zakłóceń występujących przy fazowym sterowaniu triaków, wykorzystano optotriaki z wbudowanym





Rys. 2. Schemat ideowy urządzenia iluminofonicznego



obwodem włączania przy przejściu napięcia sieci przez zero.

W szereg z optotriakami włączono dodatkowo diody LED, które pełnią funkcję kontrolki i są bardzo pomocne przy próbach i testach, gdy żarówki nie są jeszcze podłączone. Dla równomiernego obciążenia zasilacza, dwa obwody (D25, D26) obciążają źródło napięcia dodatniego, a obwody z diodami D27, D28 – ujemnego.

Elementami wykonawczymi urządzenia są cztery żarówki. Dołączone one będą do obwodu sieci 220V i punktów E, E1, F, F1, G, G1, H, H1. Proponowany układ połączeń pokazany jest na rysunku 2.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płycie drukowanej, pokazanej na **rysunku 5**. Montaż jest klasyczny, nie powinien sprawić trudności. Jak zwykle najpierw należy wlutować elementy najniższe: zwoje oraz leżące rezystory i diody. potem kondensatory, stojące rezystory, diody i stabilizatory. Układy scalone zazwyczaj montuje się w dalszej kolejności. Na koniec trzeba wlutować transformator, optotriaki, triaki i wykonać połączenia przewodowe potencjometru POT i mikrofonu Mic.

Przy montowaniu zestawu AVT-2157, czyli układu w wersji podstawowej nie trzeba montować wszystkich elementów pokazanych na schemacie ideowym na rysunku 2. Najprościej mówiąc, nie będą montowane elementy, przy których na rysunku 2 nie podano wartości (nie dotyczy to diod i triaków). Szczegóły na ten temat można też znaleźć w wykazie elementów.

Na płycie można zamontować różne transformatory sieciowe. Zastosowany transformator musi mieć moc większą niż 4W, dzielone uzwojenie i mieć napięcie wtórne (zmienne) rzędu 2x(12...15V). Na rysunku 5 pokazano zwoje, jakie trzeba wykonać stosując (zalecany) transformator TS 6/27.

Na tym etapie montażu nie trzeba jeszcze dołączać żarówek. Wystarczy na

pięciem 220V zasilić transformator TR1 – wskaźnikiem działania układu będą diody LED D25...D28.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i powinien od razu pracować poprawnie.

Przy ustawieniu potencjometru na minimum, zgaszone powinny być wszystkie diody LED. Przy ustawieniu potencjometru na maksimum już niezbyt głośne dźwięki powinny powodować zaświecenie diod LED.

Jeśli tak jest, układ należy jeszcze sprawdzić „w warunkach bojowych”. To znaczy trzeba umieścić płytkę w pomieszczeniu, gdzie zainstalowany jest zestaw audio. Po włączeniu muzyki należy obserwować pracę diod LED i według upodobania ustawić położenie potencjometru POT.

Układ modelowy testowany był z różnymi egzemplarzami mikrofonów elektretowych, a uzyskane wyniki, czyli proporcje czasów świecenia poszczególnych diod były bardzo dobre.

Testy przeprowadzono w pokoju, gdzie zainstalowany był sprzęt wysokiej jakości i wierności odtwarzania. Charakterystyka częstotliwościowa zestawu była płaska, bez podbicia wysokich, czy niskich częstotliwości.

Jeśli urządzenie będzie używane w innych warunkach, na przykład na dyskotecie, gdzie mocno uwydatnione są niskie częstotliwości, czułości poszczególnych kanałów być może trzeba będzie skorygować, by lampy związane

Rys. 5. Schemat montażowy

z „najniższym” kanałem nie świeciły się bez przerwy. Jest to w sumie bardzo proste: wystarczy zmienić wartość jednego rezystora w jednym z czterech kanałów – będzie to rezystor R30. Ale może zająć potrzeba skorygowania czułości względnej innych kanałów.

Jest to proste – w grę wchodzi cztery rezystory:

R30 – najniższe częstotliwości

50...200Hz

R32 – niskie i średnie częstotliwości

200...750Hz

R34 – średnie i wyższe częstotliwości

750...3,5kHz

R36 – wysokie częstotliwości >3,5kHz

Najprawdopodobniej rezystorów tych nie trzeba będzie zmieniać. Zostały one dobrane do średnich warunków. Gdyby jednak okazało się, że podczas odtwarzania muzyki któraś dioda świeci niemal bez przerwy, a inna prawie wcale – rezystory trzeba będzie skorygować według zasady:

większa wartość rezystancji = większa czułość = dioda częściej się zaświeca.

Wartości tych rezystorów śmiało można zmieniać w zakresie 10kΩ...1MΩ.

W sumie wszystko będzie zależało od właściwości akustycznych pomieszczenia i preferowanej barwy dźwięku. Podczas testów okazało się również, że różne rodzaje odtwarzanej muzyki mają różne proporcje składników w poszczególnych pasmach częstotliwości i trzeba przyjąć jakieś średnie warunki.

Poprzez dobranie wspomnianych rezystorów można dobrze dopasować działanie urządzenia do najczęściej odtwarzanej muzyki i uzyskać dobre efekty.

Gdy praca diod świecących D25...D28 jest właściwa, należy dołączyć cztery kolorowe żarówki. Najlepiej będzie użyć gotowych żarówek z barwionym szkłem. W ostateczności można użyć zwykłych żarówek i zastosować kolorowe filtry. Doświadczenie uczy, że przy stosowaniu plastikowych barwnych filtrów trzeba zachować dostateczną odległość między szkłem żarówki a filtrem – zbyt mała odległość doprowadzi do stopienia się filtru.

Ze względu na wysoką temperaturę nie zdają również egzaminu próby pomalowania żarówek farbami, na przykład werniksem.

Obudowę do urządzenia należy dobrać we własnym zakresie. Najprawdopodobniej żarówki umieszczone będą poza obudową urządzenia. Na schemacie ideowym pokazano bezpiecznik sieciowy. Można wykorzystać gniazdo (sprężynki)

wlutowywane w płytkę – przewidziano na to miejsce. Ale prawdopodobnie częściej będzie stosowana typowa oprawka bezpiecznikowa mocowana do obudowy

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

– jak widać na rysunku 5, punkty lutownicze na płycie służące do wlotowania blaszanej oprawki bezpiecznika

w tych punktach będzie większy niż 1V. Na wyjściach filtrów też powinny pojawiać się odpowiednie składowe sygnały. Z kolei na wyjściach prostowników, czyli na katodach diod D8, D9, D11 i D13 powinny pojawiać się wzmocnione dodatnie połówki sygnału z filtrów.

Prostym sposobem sprawdzenia pracy omówionych stopni jest dołączanie do wyjść kolejnych wzmacniaczy operacyjnych, połączonych szeregowo słuchawek i rezystora rzędu 100...220Ω.

Najprostszym sposobem pomiaru, czy filtry i prostowniki pracują, jest pomiar napięć stałych na kondensatorach C29...C32. Przy mówieniu do mikrofonu na kondensatorach C30 i C31 powinno pojawiać się napięcie dodatnie rzędu 0,2...5V. Ze względu na dużą wartość rezystorów R31, R33, R35 i R37 pomiar ten należy wykonać przy użyciu miernika o dużej oporności wejściowej, najlepiej miernika cyfrowego.

Inną przyczyną niesprawności może być brak przebiegu schodkowego na rezystorze R38. Należy sprawdzić, czy pracuje licznik 4017 – powinien tam występować przebieg schodkowy o kształcie zbliżonym do pokazanego na rysunku 4. Jeśli go nie ma przyczyną jest uszkodzenie licznika, albo brak rezystora R2 bądź R1. Najlepiej jest sprawdzić przebieg na tym rezystorze za pomocą oscyloskopu, ale można też dołączyć słuchawki lub głośnik do któregośkolwiek wyjścia i posłuchać, czy występuje tam terkot o częstotliwości kilkudziesięciu herców.

Możliwości zmian

(tylko dla zaawansowanych)

Osoby rozumiejące działanie poszczególnych bloków układu mogą wprowadzić szereg zmian, które pozwolą dostosować urządzenie do specyficznych upodobań.

Przed wszystkim można zmieniać częstotliwości charakterystyczne wszystkich filtrów. Ma to uzasadnienie przy korzystaniu ze sprzętu o dobrej jakości i odtwarzaniu muzyki z płyt kompaktowych. Można wtedy „rozstawić szerzej” częstotliwości środkowe kolejnych filtrów.

Wartości podane na schemacie odpowiadają częstotliwościom środkowym filtrów równym mniej więcej 140Hz, 420Hz i 1,7kHz. Można spróbować zmniejszyć częstotliwość „najniższego” filtru przez zmianę kondensatorów C15 i C15 z 100nF na 150nF, na przykład przez dolutowanie od druku kondensatorów 47nF (wartości rezystorów R15, R16 i R17 pozostają bez zmian).

Z kolei częstotliwości dwóch kolejnych filtrów można przesunąć w górę, wymieniając kondensatory C17 i C18 z 33nF na przykład na 22nF, co da częs-

Projekty AVT

totliwość środkową około 630Hz. Z kolei wymiana C19 i C20 z 6,8nF na 3,3nF da częstotliwość środkową około 3,5kHz. W takim wypadku konieczne będzie przesunięcie częstotliwości granicznej filtru górnoprzepustowego przez zmianę C21, C22 i C23 (przy czym powinno być $C21=C22=2 \times C23$), z 3,3nF i 1,5nF na 1,5nF i 750pF. Da to podwyższenie tej częstotliwości dwukrotnie czyli do około 7kHz.

Filtr górnoprzepustowy ze wzmacniaczem U4A ma mniejszą stromość zbocza, niż pozostałe filtry środkowoprzepustowe. Jeśli komuś to przeszkadzało, śmiało może przerobić czwarty filtr na środkowoprzepustowy o częstotliwości środkowej rzędu kilku czy kilkunastu kiloherców. Wystarczy kondensator C21 zmienić na rezystor o wartości 22kΩ. Także wartości rezystorów R24 i R25 powinny być takie same, jak w pozostałych filtrach, czyli wynosić 1,5kΩ i 91kΩ. O częstotliwości środkowej zadecydują pojemności C23 i C22. Gdy będą równe 1nF, częstotliwość środkowa czwartego filtru wyniesie mniej więcej 10kHz.

Po takiej zmianie częstotliwości filtrów, być może poszczególne lampy będą zapalać się zbyt mocno lub zbyt słabo w porównaniu z innymi lampami. Dla zrównoważenia sytuacji wystarczy zmienić wartości rezystorów w prostownikach. Jak podano, wartości rezystorów R30, R32, R34 i R36 można zmieniać w granicach 10kΩ do 1MΩ. Inną drogą jest zmiana przebiegu charakterystyki wzmacniacza wstępnego, przez zmianę elementów R9C9 i R10C10, oraz ewentualnie dodanie dwójnika R8C8, ale wymaga to przeprowadzenia kilku prób i obliczenia lub dobrania drogą eksperymentu właściwych wartości tych elementów.

W pierwotnej wersji układu przewidziano obwód automatyki ze wzmacniaczem U7B i tranzystorem polowym T1. Osoby, które chciałyby wykorzystać ten obwód muszą samodzielnie dobrać wartości rezystorów R13 i R14 we wzmacniaczu automatyki, oraz rezystancji PR1, która wraz z rezystancją kanału otwartego rezystora wyznacza największe wzmocnienie. Rezystor R6 ustalałby minimalne wzmocnienie – bez niego minimalne wzmocnienie, przy zamkniętym tranzystorze T1 będzie równe 1. Przy wykorzystaniu obwodu automatyki być może trzeba będzie zmniejszyć wartość rezystora R4, by najsilniejszy sygnał nie miał wartości większej niż 100mVpp. W pewnych przypadkach trzeba będzie również zastosować dodatkową kompensację częstotliwościową wzmacniacza U7B, by nie dopuścić do powstania drgań w pętli dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Kto chciałby zmienić działanie bloku umożliwiającego kilkustopniową regulację jasności lamp, ma dwie drogi:

- zwiększyć ilość stopni jasności przez wydłużenie cyklu licznika z 6 do 10
- zmniejszyć ilość stopni jasności lamp, przez skrócenie cyklu licznika.

Aby zmienić długość cyklu licznika, należy przeciąć ścieżkę między wyjściem Q6 a wejściem zerującym RST (nóżki 5 i 15). Przy potrzebnym cyklu licznika równym 10, nóżkę 15 trzeba zewrzeć do masy. Przy innych długościach cyklu trzeba nóżkę 15 zewrzeć do odpowiedniego wyjścia. Przykładowo zwarcie wejścia RST z wyjściem Q3 spowoduje zliczanie do trzech. Ponieważ licznik jest taktowany podwojoną częstotliwością sieci, więc trzy takty częstotliwości 100Hz dadzą 30ms.

Przy długości cyklu większej niż 6 należy wlutować diody D21...D24 oraz rezystory R45...R48. Oto ich wartości:

- R45 – 75kΩ
- R46 – 120kΩ
- R47 – 200kΩ
- R48 – 330kΩ

Wydłużenie cyklu do 10 taktów, czyli 100ms może jednak powodować zauważalne miganie dołączonych żarówek.

Jeśli ktoś chciałby skrócić cykl pracy licznika, zmniejszy tendencje do migotania żarówek, ale tym samym zmniejszy liczbę różnych poziomów jasności lamp.

W skrajnym przypadku można zupełnie wyłączyć licznik U11 i pracować tylko przy dwóch poziomach: lampa świeci – lampa nie świeci.

Można to zrobić przynajmniej na dwa sposoby. Używając licznika, wystarczy podać na jego wejście RST na stałe stan wysoki – licznik nie będzie zliczał. Do eksperymentów zapewne wystarczy regulacja poziomu sygnału za pomocą potencjometru POT, ale gdyby ktoś chciał pracować w takim trybie dwustanowym, dla zwiększenia zakresu regulacji warto zwiększyć wartość rezystora R39 do około 10kΩ.

Jeśliby układ miał na stałe pracować wyłącznie w trybie dwustanowym, nie trzeba stosować ani licznika U11, ani rezystorów R38...R48, ani współpracujących z nimi diod.

Wystarczy zamiast R38 wlutować zworę, natomiast próg włączania lamp będzie wtedy regulowany napięciem podawanym na wejścia nieodwracające kostek R1...R4. Wtedy trzeba wlutować rezystor R55 oraz rezystor R54. Napięcie na rezystorze R55 (ujemne napięcie stałe o wartości kilkudziesięciu do kilkuset miliwoltów) wyznaczy próg przełączania komparatorów, czyli próg zapalania lamp.

Wykaz elementów

Rezystory

- R1: 10k
- R2,R5,R36,R56: 100k
- R3: 1k
- R4: 2,2k
- R6-R8,R12,R14,R45-R48,R53,R54 (nie montować)
- R9: 2k lub 2,2k
- R10: 47k
- R11,R34: 470k
- R13,R55: zwora
- R15,R18,R21,R24,R26-R29: 22k
- R16,R20,R23: 91k
- R17,R19,R22: 1,5k
- R25,R42: 15k
- R30,R32: 220k
- R31,R33,R35,R37: 2,2M
- R38: 470Ω
- R39: 3,3k
- R40: 5,6k
- R41: 9,1k
- R43: 24k
- R44: 43k
- R49,R50,R51,R52: 680W
- POT: Potencjometr 10kΩ/A
- PR1 (nie montować)

Kondensatory

- C1,C2: 2200μ25V
- C4,C3: 100μ16V
- C5: 47μ16V
- C6,C10,C15,C16,C25-C27: 100n
- C7,C8,C11-C14 (nie montować)
- C9: 15n
- C17,C18: 33n
- C19,C20: 6,8n
- C21,C22: 3,3n
- C23: 1,5n
- C24: 220n
- C28: 470n
- C29,C30,C31,C32: 10n

Półprzewodniki

- D1,D2,D3,D4,D5: 1N4001...7
- D7-D20: 1N4148
- D6,D21-D24 (nie montować)
- D25,D26,D27,D28 diody LED 5mm czerwone lub różnokolorowe
- Q1,Q2,Q3,Q4 triaki BTA12 lub podobne (6A/600V)
- T1: BF245B (nie montować)
- U1-U8: TL082 (TL072)
- U9: LM7812
- U10: LM7912
- U11: CMOS 4017
- U12,U13,U14,U15: MOC3040 (3041, 3042)

Pozostałe

- TR1: transformator sieciowy TS 6/27
- Mic: Mikrofon elektretowy dwukońcówkowy

Uwaga! Elementy: R6-R8,R12,R14,R45-R48,R53,R54,PR1,C7,C8,C11-C14,D6,D21-D24, T1, żarówki i obudowa nie wchodzą w skład kitu AVT2157.

Uwagę bardziej doświadczonych elektroników trzeba jeszcze zwrócić na stałe czasowe filtry w średniających sygnał z prostownikami.

W proponowanym układzie wszystkie filtry mają jednakowe stałe czasowe – mniej więcej

$$2,2M\Omega \times 10nF = 22ms$$

co odpowiada dwóm półokresom napięcia sieci energetycznej.

Można rozważyć, czy nie warto zwiększyć trochę stałej czasowej „najniższego” filtru czyli praktycznie zwiększyć

pojemność C29 do 22 czy nawet 47nF, pojemności dwóch „górných” filtrów zmniejszyć przez zmniejszenie C31 i C32 do 4,7nF czy nawet 2,2nF.

Każdy, kto chciałby poeksperymentować z układem, może też inaczej dobrać rezystory R39...R48, ustalające wysokość poszczególnych schodków. Stosując jako źródło sygnału generator dołączony w miejsce mikrofonu można drogą eksperymentu według upodobania dobrać jasności żarówek dla różnych poziomów sygnału.

W układzie wykorzystano optotriaki „z przełączaniem w zerze sieci”. Skutecznie eliminuje to zakłócenia impulsowe występujące przy sterowaniu fazowym. Ale cenna zaleta polegająca na wyeliminowaniu zakłóceń, poniekąd okupiona jest zwiększeniem tendencji do migotania żarówek, ze względu na znaczną długość cyklu licznika U11, zwłaszcza przy zliczaniu do dziesięciu.

Ambitni elektroniky mogą rozważyć, czy nie warto dobudować dodatkowego bloku, zawierającego układ synchronizacji „w zerze sieci” oraz jakikolwiek licznik o częstotliwości $1\text{kHz} \pm 50\text{Hz}$.

Układ synchronizacji zerowałby licznik U11 przy każdym przejściu napięcia sieci przez zero – nie jest to wcale trudne zadanie. Można je zrealizować na podwójnym wzmacniaczu operacyjnym, albo przy odrobinie pomysłowości na bramkach (lub inwerterach) Schmitta. Z generatorem $1\text{kHz} \pm 50\text{Hz}$ sprawa jest jeszcze prostsza.

Licznik pracowałby przy pełnej długości cyklu, czyli zliczałby do 10. Przy częstotliwości taktowania równej 1kHz i zliczaniu do 10 cykl pracy licznika wynosiłby 10ms, czyli tyle, ile półokres sieci.

Oczywiście triaki byłyby w takiej sytuacji sterowane fazowo. Niezbędny byłby więc sieciowy filtr przeciwzakłóceniu. Dla prawidłowej pracy komparatorów konieczne byłoby także odwrotne wlutowanie sieci rezystorów R39...R48 (R39-330k Ω , R40-200k Ω ... R48-3,3k Ω), żeby uzyskać schodki narastające, a nie malejące – porównaj rysunek 4.

Oczywiście takie dodatki trochę skomplikowałyby układ, ale w zamian za to uzyska się znakomite parametry iluminofonii – płynne zaświecanie poszczególnych żarówek w zależności od poziomu sygnału. Doskonały efekt płynnej zmiany jasności żarówek wraz z poziomem sygnału jest możliwy jedynie dzięki zastosowaniu „logarytmicznych” schodków, wytwarzanych dzięki licznikowi U11 i rezystorom R39...R48. Takiego efektu w żaden sposób nie zapewnią układy płynnej regulacji jasności wykorzystujące generator przebiegu liniowego, czyli tzw. piły, albo schodki o jednakowej wielkości.

Zaprezentowany układ jest więc bardzo elastyczny i można z jego pomocą uzyskać znakomite efekty, niedostępne w typowych, spotykanych w handlu, bardzo uproszczonych rozwiązaniach.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski