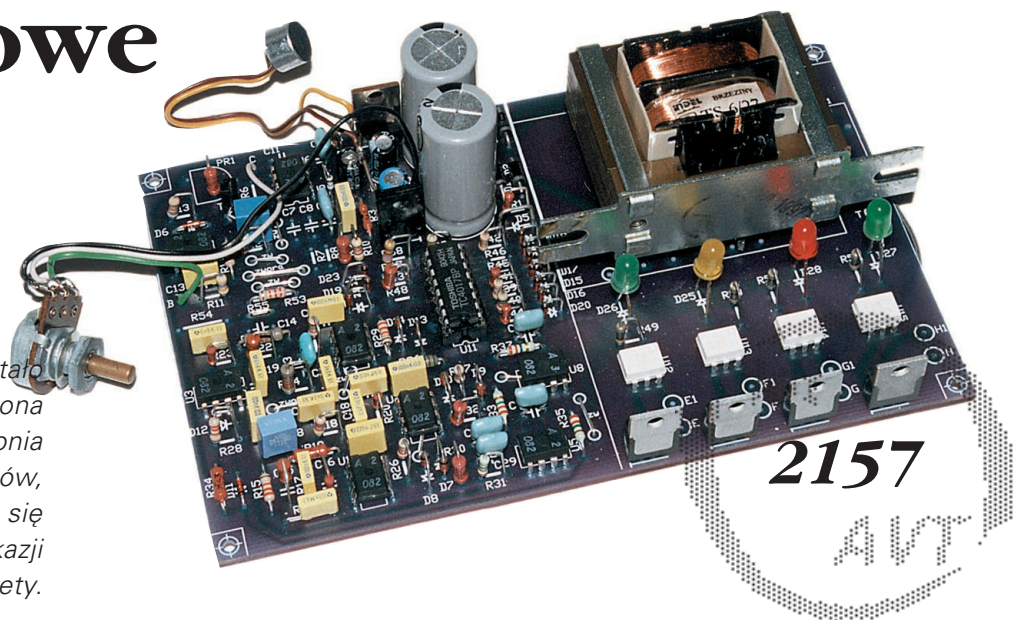


Urządzenie iluminofoniczne 4-kanalowe

część I

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 wartość 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 przeciwzakłóceniovych, 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.

Sygnal z mikrofonu jest wzmacniany i podawany na potencjometr regulacji poziomu. Sygnal z potencjometru jest podawany na filtry rozdzielające pasmo akustyczne na cztery zakresy. Sygnaly z poszczególnych filtrów są prostowane i podawane 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 umożliwia kilkustopniową, czyli niemal płynną regulację jasności żarówek, a nie tylko ich pulsowanie.

Opis układu

Schemat ideowy urządzenia w pełnej wersji pokazany jest na rysunku 2 (str. 8).

Schemat wygląda na skomplikowany, ale w rzeczywistości składa się z kilku prostych bloków. Do jego wykonania i uruchomienia nie jest potrzebna rozległa wiedza ani umiejętności. Jediną sprawą, na którą trzeba zwrócić baczną uwagę jest zapewnienie bezpieczeństwa

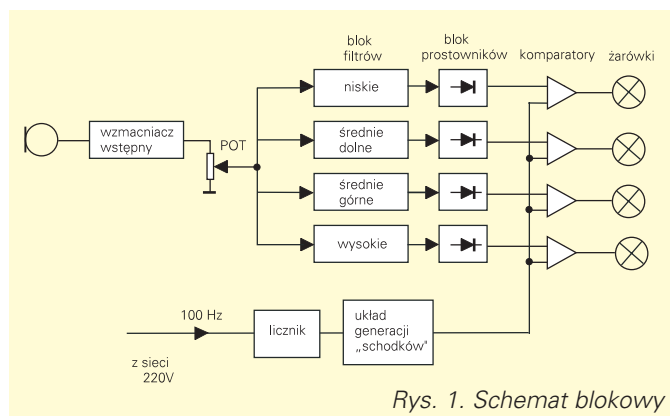
– urządzenie zasilane jest z sieci 220V, a więc napięciem groźnym dla życia i zdrowia.

W praktyce nie wszystkie elementy pokazane na schemacie będą montowane. Dzięki temu urządzenie w wersji podstawowej będzie prostsze i tańsze.

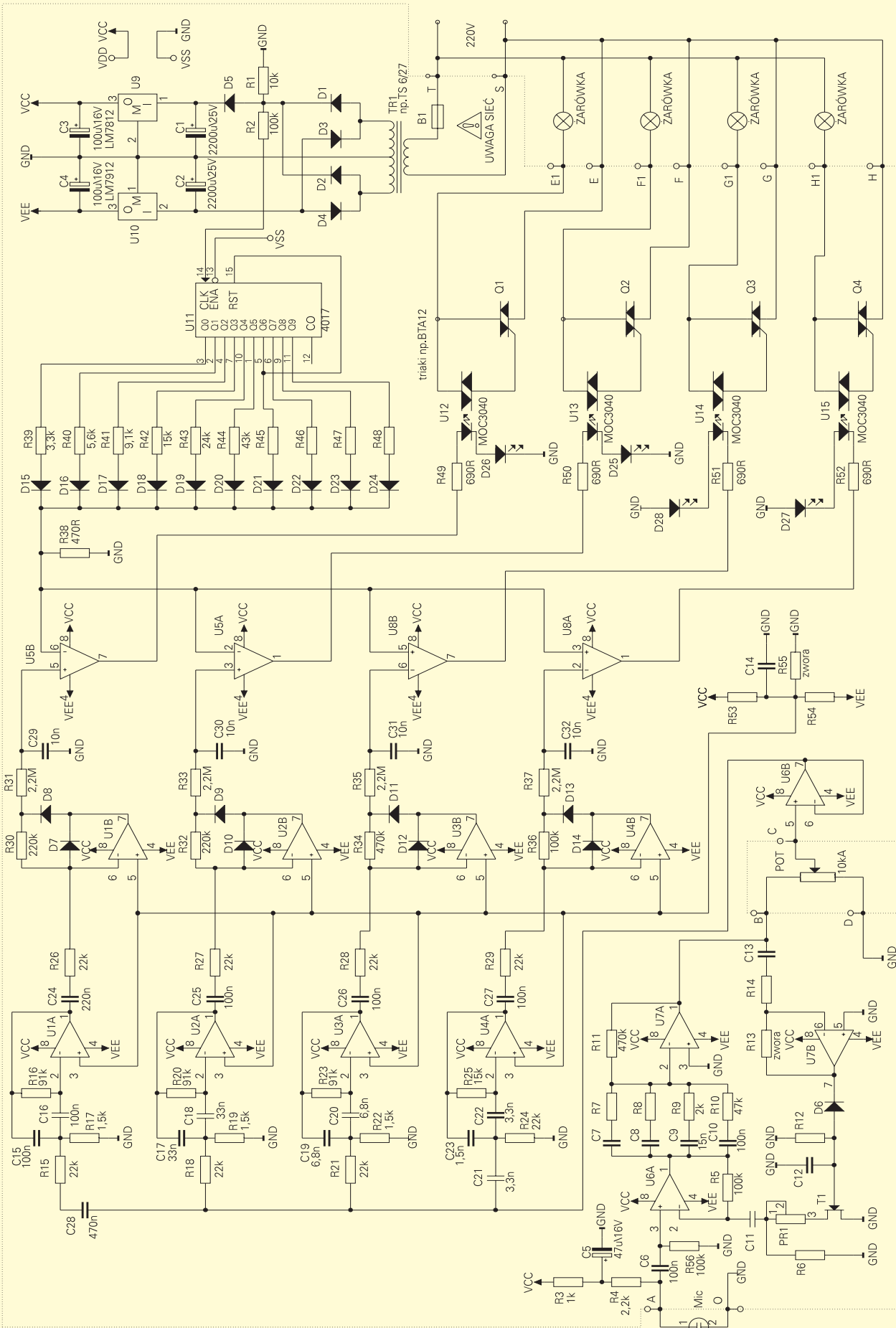
Układ zasilany jest napięciem symetrycznym $\pm 12V$, uzyskiwanym z kostek U9 i U10.

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



Rys. 1. Schemat blokowy



Rys. 2. Schemat ideowy urządzenia iluminofonicznego

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 100kΩ, 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.

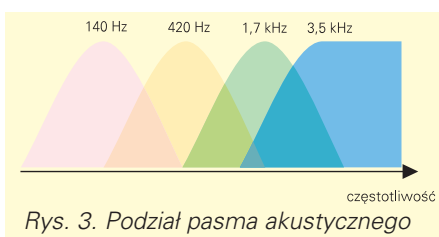
Filtry aktywne zbudowane są z układami U1A, U2A, U3A i U4A. Wykorzystano tu filtry z tak zwanym wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym. W układzie występują trzy filtry środkowoprzepustowe i jeden górnoprzepustowy (z kostką U4A). W pierwotnej wersji filtr najniższych częstotliwości był filtrem dolnoprzepustowym, ale próby wykazały, że uzyskiwana stromość zboczny 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 jednopółkownikowych prostowników aktywnych. Dzięki zastosowaniu prostowników aktywnych uzyskuje się liniowe prostowanie wszystkich sygnałów, także tych o małych amplitudach, rzędu miliwoltów. Zwykły prostownik z diodą krzemową



Rys. 3. Podział pasma akustycznego

prostuje 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 prostych urządzeniach iluminofonicznych.

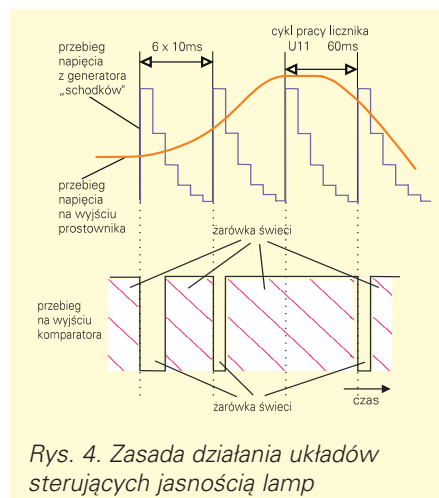
Prostownik aktywny ma jeszcze jedną zaletę: oprócz prostowania może wzmacniać sygnał. Tak też jest w przedstawianym układzie. Wzmocnienie poszczególnych prostowników wyznaczone jest stosunkami rezystorów R30/R26, R32/R27, R34/R28 i R36/R29. Wzmocnienie kolejnych prostowników nie jest jednakowe. W trakcie 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 dwupółkownikowego jest to częstotliwość 100Hz. Dla umożliwienia pracy licznika zmodyfikowano obwód prostownika sieciowego wprowadzając elementy R1, R2, D5. Przebieg na rezystorze R1 jest „dwupółkownikowo 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 umożliwia pracę nawet przy bardzo wolno rosnących impulsach wejściowych.

Na rezystorze R38, a tym samym na wejściach czterech komparatorów



Rys. 4. Zasada działania układów sterujących jasnością lamp

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 potrzeba przesuwać 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 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 dodatkiego, 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.

Dokończenie w EdW10/97.

Piotr Górecki