

# Audio auxioplexer, część 1

*Opisany w artykule multiplekser audio z opcjonalnym układem zdalnego sterowania eliminuje niedogodności związane z łączeniem dodatkowych urządzeń z zestawem Hi-Fi.*

*Dobre parametry akustyczne, przy stosunkowo niskich kosztach wykonania sprawiają, że urządzenie to zainteresuje wielu fanów „domowego audio”.*

Każdy, kto tak jak autor, nieustannie rozbudowuje swój system Hi-Fi, dodając do niego coraz to nowe urządzenia audio zainteresuje się z pewnością niniejszym projektem.

Układ ten jest analogowym przełącznikiem stereo o pięciu wejściach. Dodatkowy, piąty kanał, jest przeznaczony do kopiowania nagrań z taśmy na taśmę.

Szczególnie pociągającą zaletą przełącznika jest wbudowane w jego wnętrzu zdalne sterowanie. Został do niego dołączony odbiornik podczerwieni o średnim zasięgu 10m, ale bez nadajnika, ponieważ do tego celu nadaje się prawie każdy pilot zdalnego sterowania telewizora lub wideo. W wielu z takich pilotów można znaleźć „zbyteczny” przycisk, którego kod nie jest wykorzystywany. Taki przycisk idealnie nadaje się do sterowania Audio Auxioplexerem, nawet jeżeli telewizor i wideo są włączone i znajdują się w zasięgu pilota.

W nazwie tego przełącznika zaadaptowano nazwę dodatkowego

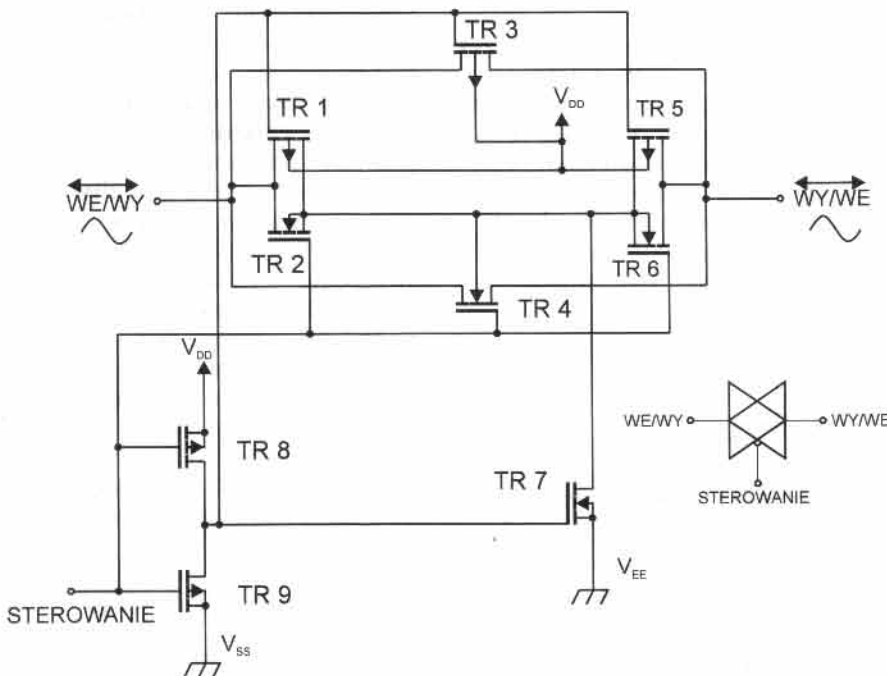
wejścia (ang. auxiliary) wzmacniacza Hi-Fi. Było to jedyne wejście ogólnego przeznaczenia, umożliwiające połączenie wzmacniacza z dekoderm dźwięku Nicam TV, odtwarzaczem dysków kompaktowych, czy wyjściem audio Hi-Fi magnetowidu. Trzeba było często przełączać wtyczki od tyłu wzmacniacza, zależnie od wymaganego przez słuchacza źródła dźwięku. Według subiektywnej oceny szumowe parametry układu są wyjątkowo dobre.

## Rozważania projektowe

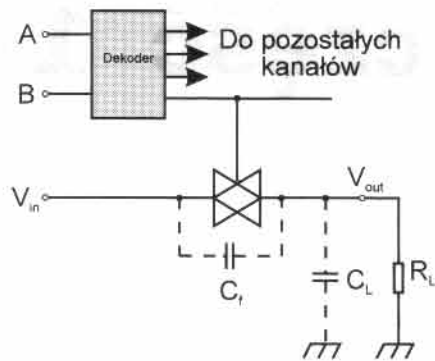
Projekt został oparty na układzie scalonym multipleksera analogowego 4052B, ponieważ zamiarem autora było zastosowanie przełącznika do kluczowania sygnałów stereo. Układ ten jest dwuobwodowym przełącznikiem o czterech torach, może więc przełączać cztery tory stereo. Sterowanie przełączaniem odbywa się cyfrowo za pomocą 2-bitowego kodu, doprowadzonego do dwóch wejść sterujących układu 4052B. Oprócz tego doprowadzenie logicznej jedynki do wejścia wzbraniającego blokuje sygnał wyjściowy. Jest to wykorzystywane przez odbiornik zdalnego sterowania i dźwięk zostaje wyciszony na czas przechodzenia z jednego kanału na drugi.

Puryści mogą się dziwić, dlaczego do multipleksowania audio nie użyto układu scalonego LM1037. Zdecydowano tak z dwóch powodów. Po pierwsze, autor nie uznał przewagi danych technicznych układu LM1037 za ogromną. Zwłaszcza, że wiele parametrów sprzętu Hi-Fi podlega przede wszystkim subiektywnej ocenie użytkownika.

Na przykład całkowite zniekształcenia LM1037 przy 1Vsk wynoszą około 0,04%, a maksymalne 0,1%. Dla 4051B wynoszą średnio 0,04% przy 1kHz. Pomijając drobną różnicę techniczną, kto potrafi odróżnić zniekształcenia 0,04% od 0,1%?



Rys. 1. Uproszczony schemat elementu przełączającego multipleksera 4052B.

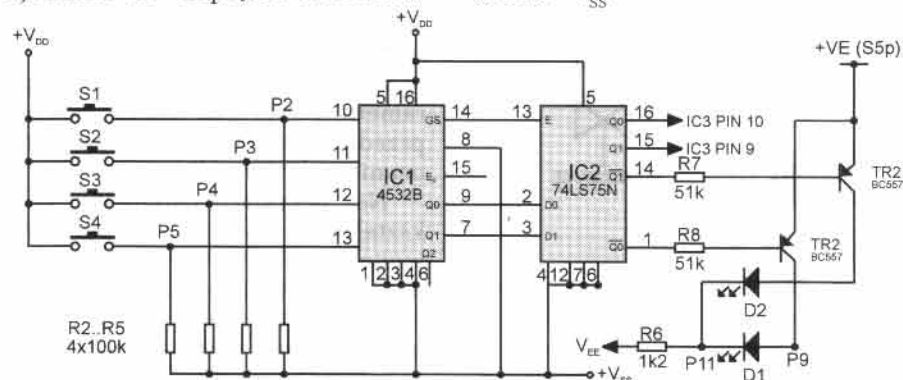


Rys. 2. Obliczanie przesłuchu skrośnego w niewłaczonym kanale przetłacznika 4052B.

Separacja kanałów w 4052B wynosi -50dB przy 3MHz i 5Vpp sygnału wejściowego. Przy częstotliwościach audio liczba ta powinna być bliższa -95dB dla LM1037 przy 1kHz. Testy odsłuchowe przesłuchu pomiędzy kanałami w prototypie w odległości 60cm od głośnika dla 75% maksymalnej głośności 20W wykazały, że jest on niesłyszalny.

Po drugie, LM1037 jest ponad dziesięciokrotnie droższy. Warto przy tej okazji zastanowić się nad sensownością jakości opartej na maksymalizacji wszelkich możliwych parametrów. Odrzucanie 4052B tylko z powodu jego taniości nie musi być słuszne. Warto też pomyśleć o koszcie wymiany przypadkowo zniszczonej kości!

Uproszczony schemat jednego przełącznika w 4052B (połowy jednego kanału stereo) jest pokazany na rys. 1. Zastosowano w nim tranzystory typu MOSFET. Na oporność przewodzenia  $R_{ON}$  przełącznika składa się kombinacja szeregowych i równoległych oporności przewodzenia MOSFET-ów TR1 do TR6. Każda z tych oporności jest odwrotnie proporcjonalna do napięcia zasilania.



Rys. 3. Schemat przełącznika kanałów Auxiplexera.

Innymi słowy, im wyższe napięcie ( $V_{DD} - V_{SS}$ ), tym większa różnica napięć pomiędzy bramką a źródłem i tym mniejsza oporność kanału, gdy na wejściu sterującym jest poziom wysoki.

Do zasilania multipleksera przyjęto zakres 9V do 12V, co umożliwia zasilanie go z baterii i utrzymanie oporności przewodzenia w zakresie od 75 do 100. Wewnętrzna struktura 4052B zapewnia linearyzację charakterystyki przejściowej w funkcji  $R_{ON}$ .

Pojemność wejście - wyjście każdego przełącznika w 4052B wynosi około 0,12pF, bardzo niewiele jak na częstotliwości audio. Gdyby pojemność ta była duża, wywoływałaby niepożądane przedostawanie się do wyjścia sygnału z zablokowanego wejścia. Według danych technicznych tłumienie przesłuchu skrośnego przy 30MHz i sygnale wejściowym 5Vpp wynosi -50dB przy obciążeniu wyjścia impedancją 1kΩ. W tym zastosowaniu jest wymagane pasmo tylko 20kHz. Pojemność 0,12pF przy częstotliwości 1kHz odpowiada reaktancji 1330MΩ. Sposób ilościowego obliczenia przesłuchu skrośnego w 4052B jest przytoczony na rys. 2.

Tranzystor TR7 z rys. 1 przewodzi, gdy przełącznik nie jest włączony (wejście sterujące jest w stanie niskim). Niska oporność kanału TR7 zwiiera z masą pośredni punkt przełącznika, co minimalizuje przesłuch skrośny przez TR1 i TR2 lub TR5 i TR6.

Układ 4052B wymaga trzech linii zasilających,  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$  i  $V_{EE}$ . Jest on zasilany napięciem  $V_{DD} - V_{SS}$  i wejścia napięć sterowania cyfrowego odnoszą się do  $V_{SS}$ . Wejścia analogowe odnoszą się do  $V_{EE}$ , które musi być niższe lub równe  $V_{SS}$ .

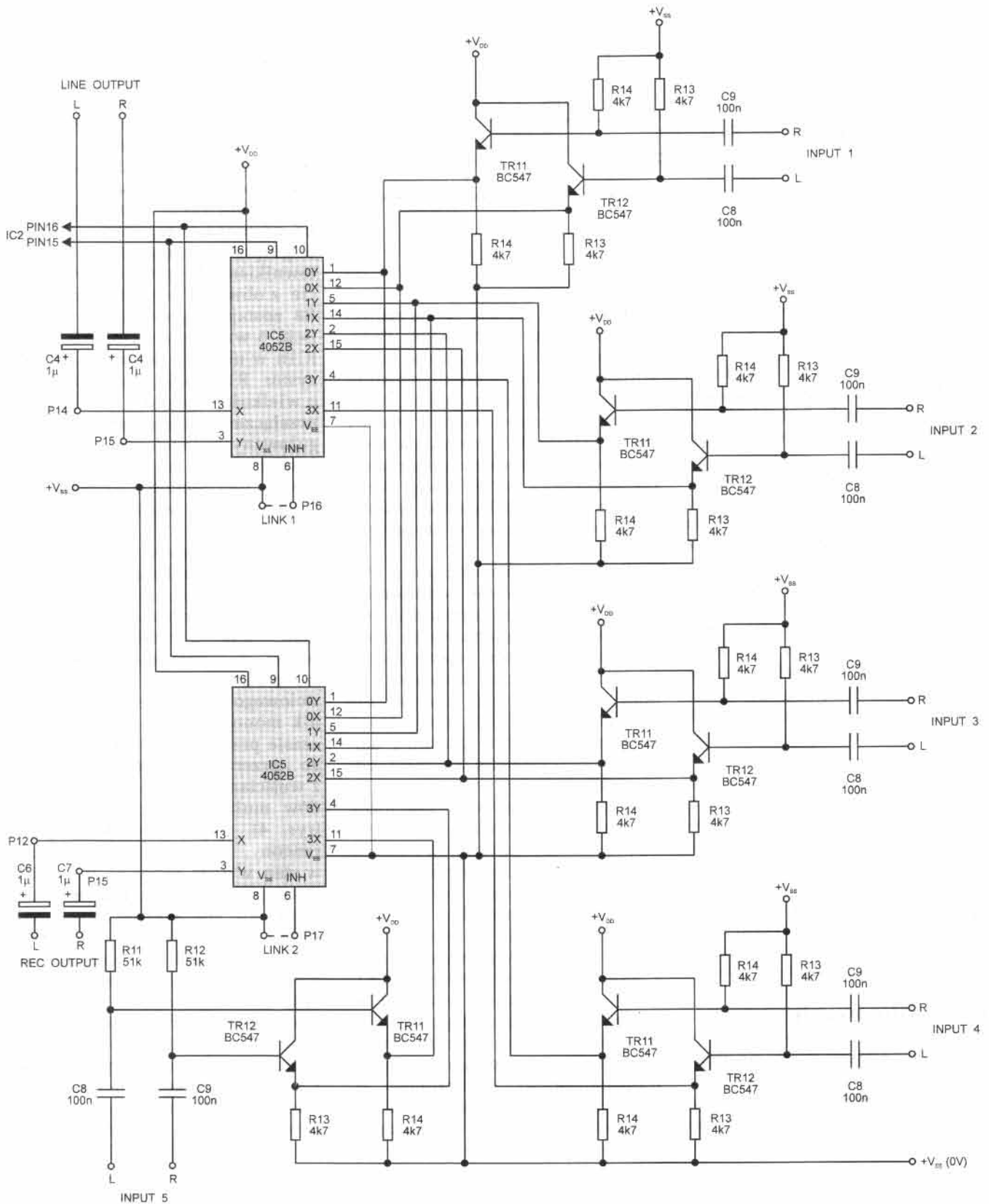
Schemat układu sterownika wyboru kanału jest pokazany na rys.3. Cyfrowego wyboru kanału dokonuje się za pomocą przycisków S1..S4, sprzężonych z IC1 i IC2. IC1 jest 8-bitowym koderem priorytetowym, ale wykorzystano tylko cztery z jego ośmiu wejść.

Przyciski S1..S4 są zwyczajnego rodzaju, może się więc zdarzyć, że przez przypadek dwa zostaną naciśnięte równocześnie. Jednakże IC1 dostarcza 2-bitowego kodu z wyjść 7 i 9, który odpowiada wyłącznie wejściu o najwyższym priorytecie spośród wejść, do których dotarł stan wysoki. Stan wysoki na wyjściu 14 IC1 (ang. gate select) powraca do stanu niskiego, gdy zostaną zwolnione wszystkie wejścia (10 do 14). Sygnał ten powoduje przejęcie przez zatrząsk IC2 danych z jego wejść 2 i 3. Pojawiają się one wtedy na jego wyjściach Q0 i Q1, a ich kod dwójkowy decyduje o wyborze odpowiedniego wejścia w przełącznikach analogowych 4052B (IC3 i IC5 na rys.4). Odwrotność kodu sterującego pojawia się na wyjściach 1 i 14 IC2 i przez rezystory R7 i R8 zostaje doprowadzona do baz tranzystorów TR1 i TR2, pełniących rolę sterownika uproszczonego wyświetlacza. Zamiast czterech LED użyto dwóch, D1 i D2, które sygnalizują wybrane źródło stereo w kodzie dwójkowym. Układ tak zaprojektowano, że równoczesne błędy świecenie D1 i D2 oznacza wybór źródła audio nr 1.

Błęde świecenie obu diod, zamiast ich całkowitego wyłączenia, pozwala pominąć wskaźnik włączenia zasilania i umożliwia odczyt wyświetlacza także w ciemności. Natężenie tego błędego świecenia wyznacza oporność rezystora R1 z rys.5.

Dzięki takiemu połączeniu napięcie zasilające TR1 i TR2 jest odrobinę wyższe od napięcia zasilającego resztę układu. W rezultacie napięcia stanu wysokiego wyjść 1 i 14 IC2 nie wystarczają do całkowitego zablokowania tranzystorów.

Rys.4 przedstawia schemat stopnia multipleksującego audio. Tranzystory TR3 do TR12 działają jako wtórnik emiterowe o wzmacnieniu równym jedności. Przedstawiają one impedancję wejścio-



Rys. 4. Schemat stopnia multipleksowania audio.

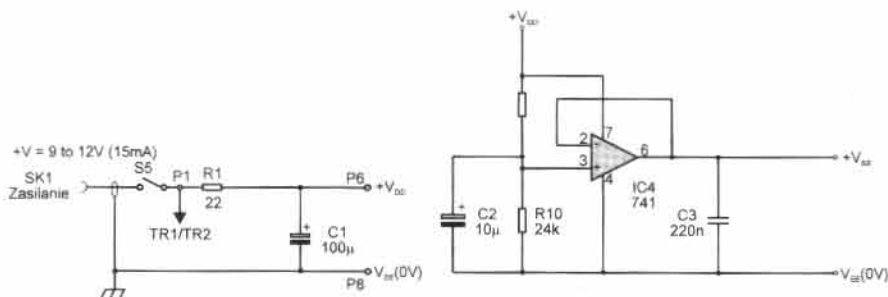
wą około 45kΩ dla sygnałów audio, a do wprowadzania sygnałów do przełączników analogowych IC3 i IC5 bardzo niską impedancję wyjściową.

Dzięki właściwości złączy ba-

za-emiter napięcie stałe na każdym wejściu sygnału IC3 i IC5 jest o około 0,8V niższe od napięcia  $V_{SS}$ . Kondensatory C4 do C17 odcinają napięcia stałe, które mogą się pojawić na wejściach

i wyjściach przełącznika.

Niska impedancja wyjściowa dziesięciu buforów wejściowych minimalizuje wzajemne przesłuchy pomiędzy analogowymi kanałami przełącznika oraz indukowa-



Rys. 5. Szczegóły układu zasilającego.

ne w nich przez sygnały sterujące niewielkie (około 30mV) zakłócenia. Takim przesłuchom i zakłóceniom, indukującym się w ścieżkach na płytce drukowanej, można się przeciwstawić redukując ich długość, unikając prowadzenia ich równoległe i zmniejszając impedancję połączonych z nimi obwodów.

Schemat zasilacza multipleksera jest pokazany na rys.5. Układ zasila się napięciem stałym 9V do 12V. Jest ono filtrowane przez obwód R1, C1, zapobiegający szkodliwym wpływom zakłóceń sieciowych, które mogłyby pobudzić IC1 i IC2. Pobór prądu w granicach 8mA do 12mA wywołuje na rezystorze R1 spadek napięcia około 0,25V. Zwiększa on polaryzację złączy tranzystorów TR1 i TR2, dzięki czemu LED D1 i D2 blado świecą.

Napięcia  $V_{SS}$  dla IC3 i IC5 (do wejść 8) dostarcza wzmacniacz operacyjny 741, IC4, dzielący napięcie zasilające zgodnie z dzielnikiem napięcia R9, R10.

Całkowity pobór napięcia przez multipleksery, gdy świecą jasno obie LED sygnalizacji, wynosi około 18mA, daje się więc zasilać go z baterii przez rozsądny czas.

## Zdalne sterowanie

Użyteczność zdalnego sterowania przełącznikiem zależy od liczby wspólnie mieszkających użytkowników systemu i od potrzeby sterowania innymi urządzeniami w dalszej części pomieszczenia.

Zwiększanie liczby pilotów zdalnego sterowania uznano za niekorzystne. Czasami posiada się dwa, a nawet trzy takie urządzenia i pośpieszne poszukiwanie właściwego bywa frustrujące. Układ odbiornika podczerwieni do zdalnego sterowania pokazany na rys. 6, powinien dobrze współ-

działać z większością pilotów do telewizora czy wideo.

Fotodioda D1 jest spolaryzowana w kierunku zaporowym. Padające na jej spłaszczoną czułą stronę fale podczerwieni wywołuje wzrost jej prądu zaporowego (w ciemności około 30nA). Powstały na rezystorze R2 spadek napięcia jest przez kondensator sprzęgający C2 przekazywany do bazy tranzystora TR1, działającego w układzie wzmacniacza ze wspólnym emiterem.

Pojemność kondensatora C2 wpływa na czułość odbiornika, ponieważ wraz z impedancją wejściową TR1 wyznacza dolną częstotliwość graniczną wzmacniacza (-3dB). Pojemność mniejsza od 68nF może obniżyć czułość, ale zwiększanie jej, jak sprawdzono doświadczalnie, nie przynosi dalszego podwyższenia czułości odbiornika.

Dolna częstotliwość graniczna wynosi około 2,5kHz, więc powolne zmiany światła, wywołane na przykład zmieniającym się poziomem oświetlenia, czy tętnieniem światła żarówek z częstotliwością 50Hz, nie są wykrywane. Sygnał wyjściowy wzmacniacza z rezystora kolektorowego TR1, R4, jest wzmocniony około 120-krotnie, i efektem silnego impulsu podczerwieni jest sygnał ponad 50mV na wejściu drugiego stopnia wzmacniającego, utworzonego ze wzmacniacza operacyjnego IC1a. Obwód filtrujący R1, C1 zabezpiecza wejście odbiornika przed zakłóceniami, mogącymi się przedostać z zasilacza i modulować sygnał odebrany przez fotodiodę.

Kondensator C3 odcina częstotliwości powyżej 300kHz, a C4 sprowadza wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego do jedności dla napięć stałych i poniżej częstotliwości 2,5kHz. Rezystory R6 i R5 ustalają wzmocnienie tego

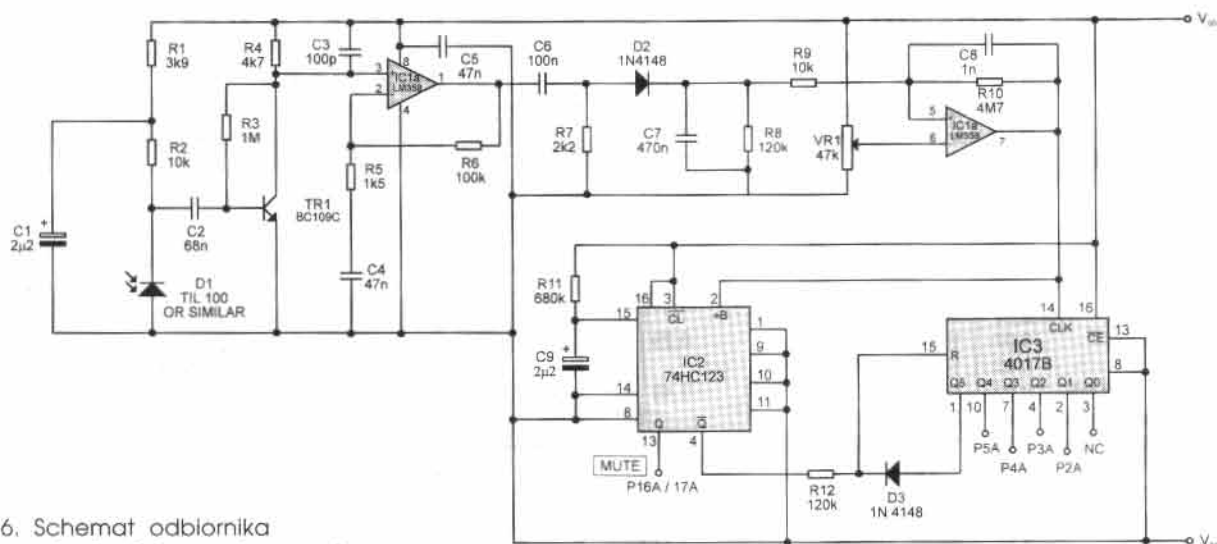
stopnia na około 84, a wraz z pierwszym stopniem na około 10000V/V.

Sygnał z wyjścia 1 IC1a, po przejściu przez odcinający składową stałą obwód sprzęgający C6, R7, jest jednopółkowo prostowany przez diodę D2. Obciążenie wzmacniacza rezystorem, zamiast jak zwykle diodą z anodą połączoną z masą, zapewnia lepszą współpracę wzmacniacza z prostownikiem. Wyprostowane napięcie z obwodu wygładzającego C7, R8 zostaje doprowadzone do wejścia 5 wzmacniacza operacyjnego IC1b w układzie komparatora. Rezystor R10 nadaje mu histerezę o wielkości około 10mV. Próg przełączania komparatora jest regulowany potencjometrem montażowym VR1 i tak się go ustawia, aby w nieobecności sygnału wejściowego stan wyjścia 7 IC1b był niski.

Jedną z bardzo potrzebnych funkcji odbiornika zdalnego sterowania, powszechnie używanych w zdalnie sterowanych telewizorach, jest wyciszanie dźwięku w trakcie przełączania. Narastające zboczce każdego impulsu wyjściowego IC1b wyzwała przerzutnik monostabilny o przedłużonym czasie przerzutu IC2. Wyjście Q tego przerzutnika jest połączone z wejściami wzbraniającymi układów multipleksujących IC3 i IC5 (rys. 4). Gdy IC2 zostanie przerzucony, jego wyjście Q przejdzie w stan wysoki blokując IC3 i IC5. Czas pozostawania IC2 w stanie przerzutu jest wyznaczony przez stałą czasową R11, C9 i wynosi około 1,5s. Jeżeli następny impuls wyzwalający nadejdzie przed upływem tego czasu, stan przerzutu zostaje przedłużony. W rezultacie wszystkie źródła dźwięku pozostają wyciszone przez czas 1,5s od ostatniego impulsu sterowania. Czas ten można oczywiście dowolnie dobrać odpowiednio modyfikując R11 i C9.

Podstawowym zadaniem odbiornika zdalnego sterowania jest wybór jednego z czterech kanałów audio. W tym celu impulsy wyzwalające z IC1b sterują także licznikiem dekadowym 4017B, IC3. Licznik ten jest taktowany kolejnymi impulsami pilota, odbieranymi z wyjścia 7 IC1b. Użyte zostały cztery wyjścia licznika, za-





Rys. 6. Schemat odbiornika podczerwieni zdalnego sterowania.

stępujące po prostu cztery przyciski S1 do S4.

Licznik nie odpowiada na pierwszy impuls z IC1b, ponieważ w tym czasie jego wejście kasujące 15 jest utrzymywane w stanie wysokim przez wyjście 4 IC2. Obwód RC, który jest złożony z rezystora R12 oraz pojemności złącza spolaryzowanej zaporowo diody D3 i pojemności wejścia kasującego IC3, podtrzymuje stan kasowania aż do nadejścia następnego impulsu. Następne cztery impulsy kolejno przerzucają stan wysoki od pierwszego do czwartego wyjścia IC3.

Szóste naciśnięcie przycisku pilota wywołuje skasowanie IC3 przez D3. Z następnym naciśnięciem do stanu wysokiego zostaje przerzucone wyjście pierwsze i opisane działanie zaczyna się od początku.

Trzy kolejne naciśnięcia przycisku pilota oraz oczekiwanie 1,5

sekundy wywoła:

- wyciszenie dźwięku,
  - wybór źródła 1 audio,
  - wybór źródła 2 audio,
- a po 1,5s odblokowanie dźwięku i skasowanie licznika IC3. W celu wybrania źródła 3 audio przycisk trzeba nacisnąć cztery razy.

Sposób, w jaki wiążą się naciśnięcia przycisku pilota zdalnego sterowania z wysyłanymi do licznika 4017B impulsami sterującymi, do pewnego stopnia zależy od producenta pilota i od wielkości stałej czasowej obwodu R8, C7 (rys. 6). Na rys. 7 zależności te są jaśniej zilustrowane.

Gdy w ciągu impulsów generowanych podczas naciskania przycisku pilota są przerwy, to jak pokazano na rys. 7a, na wyjściu 7 IC1b pojawiają się oddzielne impulsy sterujące. Gdy natomiast w ciągu impulsów nie ma wyraźnych przerw, na wyjściu 7 IC1b otrzyma się pojedynczy impuls sterujący, jak na rys. 7b. W tym przypadku skutkiem każdego naciśnięcia przycisku będzie pojedynczy impuls sterujący i przerzucenie stanu licznika IC3 do następnej pozycji.

Autor testował piloty trzech producentów: Philipsa, Hitachi i Granada-colour. Dekoder odbiornika współpracował poprawnie ze wszystkimi. Piloty Philipsa i Granada-colour emitowały impulsy w sposób ciągły (z częstotliwością około

2 na sekundę), tak jak na rys. 7a. Krótkie naciśnięcia przycisku przerzucały licznik do kolejnych pozycji.

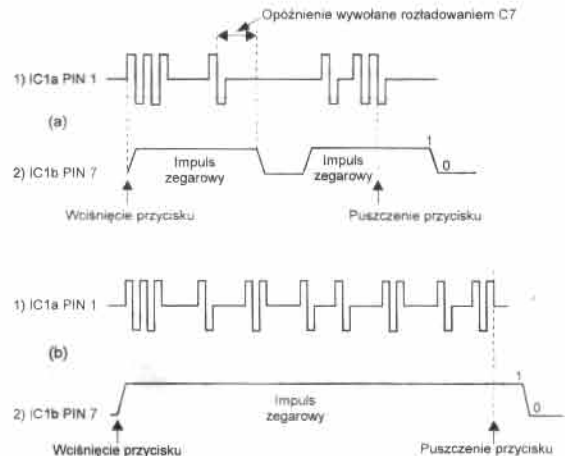
Wybrany układ odbiornika zdalnego sterowania, pokazany na rys. 6, charakteryzuje się bardzo małym poborem prądu. Było to zamierzone ze względu na przewidywane zasilanie z baterii. Odbiornik jest zasilany napięciem  $V_{DD} - V_{SS}$  z głównej części układu.

Jako IC1 użyto LM358, który pobiera około 1,5mA, a całkowity pobór odbiornika nie dochodzi do 4mA przy zasilaniu napięciem 4,5V. Połowa LM358 jest wykorzystana jako komparator kształtujący impulsy. Dodatkową zaletą LM358 jest zdolność jego obwodu wyjściowego do obniżania napięcia aż do poziomu zerowego (ujemnego bieguna jego zasilania). Poziom ten doskonale nadaje się jako poziom niski do sterowania układami CMOS, IC2 i IC3. Jego poziom wysoki natomiast nie jest już tak idealny, ponieważ jest o około 1,5V niższy od napięcia zasilającego. Jednakże dla wejść CMOS poziom 70% napięcia zasilającego wystarcza jako poziom logiczny 1.

Szerokość pasma przenoszenia tego wzmacniacza przy wzmocnieniu równym jedności wynosi tylko około 1MHz, ale przy wzmocnieniu 84, jak w tym przypadku ( $1 + R6/R5$ ), wynosi 40kHz, co całkowicie wystarcza.

**William E. Chester, EwPE**

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją "Everyday with Practical Electronics".



Rys. 7. Typowe przebiegi odebranego sygnału pilota zdalnego sterowania.