

Układy scalone UL 1601 i UL 1611

Układy scalone UL 1601 i UL 1611 są stosowane w radiodiodach stereofonicznych w celu dekodowania audycji stereofonicznych przesyłanych drogą radiową. Przypomnimy najpierw krótko zasadę przesyłania audycji stereofonicznych przez radio. Aby przesłać sygnały dwóch kanałów stereofonicznych za pomocą jednego nadajnika, stosuje się przesyłanie na zmianę „próbek” sygnałów z obu kanałów – w równych odstępach czasu zachodzi przełączanie kanałów. W systemie stosowanym w Polsce i w większości krajów świata przełączanie to następuje 38 tysięcy razy w ciągu sekundy.

W odbiorniku potrzebny jest dekodery. Urządzenie to pełni rolę przełącznika, który w odpowiednich chwilach kieruje odbierany sygnał na zmianę do odpowiednich kanałów. Jest to oczywiście przełącznik elektroniczny, bez jakichkolwiek elementów mechanicznych.

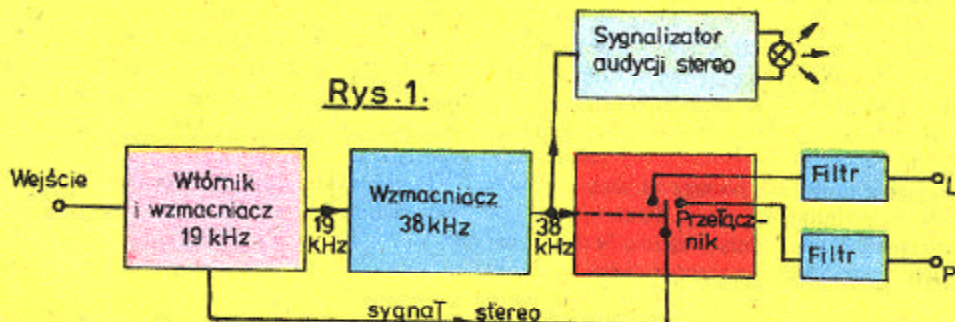
Elektroniczny przełącznik w dekoderyze jest sterowany specjalnym sygnałem (tzw. sygnałem pilotującym) przesyłanym równocześnie z audycją stereofoniczną. Sygnał ten ma częstotliwość 19 kHz. W dekoderyze następuje oddzielenie tego sygnału od sygnału niosącego treść audycji. Następnie sygnał pilotujący doprowadzany jest do podwajacza częstotliwości. Na wyjściu podwajacza uzyskujemy sygnał mający częstotliwość 38 kHz, sterujący elektronicznym przełącznikiem. Sygnał ten steruje przełączaniem kanałów zarówno w nadajniku, jak i w odbiorniku, dzięki czemu możliwe jest w odbiorniku prawidłowe rozdzielanie sygnałów obu kanałów.

Układy UL 1601 i UL 1611 są stereodekoderami wykonanymi w postaci scalonej. Rys. 1 przedstawia schemat blokowy stereodekoderu z układem UL 1601, a rys. 2 – schemat układu UL 1601 wraz z elementami dołączanymi z zewnątrz. Wejściem

układu jest końcówka 3. Tranzystory T4 i T5 tworzą wraz z obwodem rezonansowym L_1C_2 układ rozdzielający dekodowany sygnał i sygnał pilotujący 19 kHz. Ten pierwszy, z emitera tranzystora T4 trafia do przełącznika elektronicznego, który tworzą tranzystory T9 – T14. Natomiast sygnał pilotujący jest wydzielany przez obwód rezonansowy włączony w obwód kolektora tranzystora T5. Tranzystory T6 i T7 wraz z diodami D4 i D5 tworzą układ podwajacza częstotliwości, pracującego na zasadzie zbliżonej do działania prostownika jedno-półokwowego. Tranzystor T6 jest normalnie zatkany, lecz ujemne półokresy sygnału 19 kHz powodują przepływ prądu w obwodzie kolektora tego tranzystora, a co za tym idzie, w obwodzie emitera tranzystora T7. Prąd ten ma kształt impulsów trwających przez pół okresu sygnału 19 kHz. Impulsy takie zawierają składową o częstotliwości 38 kHz. Do tej częstotliwości dostrojony jest drugi obwód rezonansowy L_2C_3 . Z obwodu tego sygnału o częstotliwości 38 kHz steruje przełącznik zbudowany na tranzystorach T9 – T14. Odtworzenie pełnych sygnałów polega, z grubsza biorąc, na odfiltrowaniu składowych napięć o częstotliwościach 19 kHz i 38 kHz. Rolę tę pełnią proste filtry złożone z elementów RC lub LRC. Ich schematy podamy nieco dalej.

Układy UL 1601 i UL 1611 zawierają też dodatkowo układ służący do sygnalizowania odbioru audycji stereofonicznej za pomocą sygnału świetlnego. Do sygnalizacji przy odbiorze audycji stereo wykorzystuje się obecność sygnału o częstotliwości 38 kHz. Wykrywanie obecności tego sygnału odbywa się następująco. Podczas pracy układu podwajacza częstotliwości obecność sygnału 38 kHz powoduje wzrost prądu płynącego przez tranzystor T8.

Rys. 1.



Powoduje to wzrost napięcia na oporniku R_2 (dołączanym z zewnątrz). Napięcie to doprowadzone do bazy tranzystora T19 powoduje zadziałanie przetrzutnika, jaki tworzą tranzystory T17-T19. Przechodzi płynąć prąd przez tranzystor T17, wskutek tego baza tranzystora T16 otrzymuje duże napięcie dodatnie. Przez tranzystory T16 i T15 może teraz przepływać prąd o dużej wartości. Jeśli, jak na rys. 2, między kolektory T15 i T16 a zasilanie włączona będzie żarówka, zacznie ona świecić sygnalizując odbiór audycji stereo.

Tranzystory T1 i T2 wraz z zespołami diod D1 - D3 i innymi elementami służą do zasilania i stabilizacji warunków pracy pozostałych części układu scalonego.

Na uwagę zasługuje jeszcze dołączony z zewnątrz kondensator C_4 . Kondensator ten wraz z opornikiem $5\text{ k}\Omega$ znajdującym się w układzie scalonym i opornością wyjściową stopnia z tranzystorem T4 tworzy układ przesuwający fazę sygnału 19 kHz tak, aby zapewnić synchroniczną pracę przełączników elektronicznych nadajnika i odbiornika.

Potencjometr P służy do dobrania warunków pracy układu przełączającego tak, aby uzyskać najlepsze rozdzielenie kanałów.

Omówiony wyżej stereodekoder zbudowano stosując w nim układ UL 1601. Zupełnie podobny jest schemat i sposób użycia układu UL 1611, występuje w nim jednak kilka ważnych różnic. Przede wszystkim, układ UL 1611 zawiera dwa wzmacniacze małej częstotliwości służące do wzmocnienia sygnałów lewego i prawego kanału. Rys. 3 przedstawia schemat jednego z tych wzmacniaczy wraz z elementami dołączanymi z zewnątrz. Pierwszy tranzystor pracuje jako wzmacniacz w układzie wspólnego emitera, ale z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym na oporniku $750\ \Omega$. Drugi tranzystor pracuje w układzie wtórnika emiterowego zapewniając małą oporność wyjściową wzmacniacza. Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza wynosi około 5. Dzięki wzmacniaczowi można do wyjścia stereodekodera z układem UL 1611 dołączyć bezpośrednio stereofoniczny wzmacniacz mocy o niewielkiej czułości i niewielkiej oporności wejściowej. Występują też inne różnice między układami UL 1601 i UL 1611. Ten ostatni ma połączenie między emiterem T8 i opornikiem $2\text{ k}\Omega$ wykonane wewnątrz układu scalonego. W przypadku UL 1611 nie jest potrzebny potencjometr P. Zamiast niego układ zawiera wewnątrz opornik $330\ \Omega$. Poza tym UL 1611 zawiera dodatkowy tranzystor, który zwiiera obwód rezonansowy L_2C_3 podczas braku sygnału 38 kHz. Zabezpiecza to w pewnym stopniu przed przypadkowymi sygnałami zakłócającymi

o częstotliwości 19 kHz, które pojawiając się na wejściu układu powodują błyskanie żarówki sygnalizacyjnej i ujawniają się w postaci szumów i trzasków w odbieranej audycji monofonicznej.

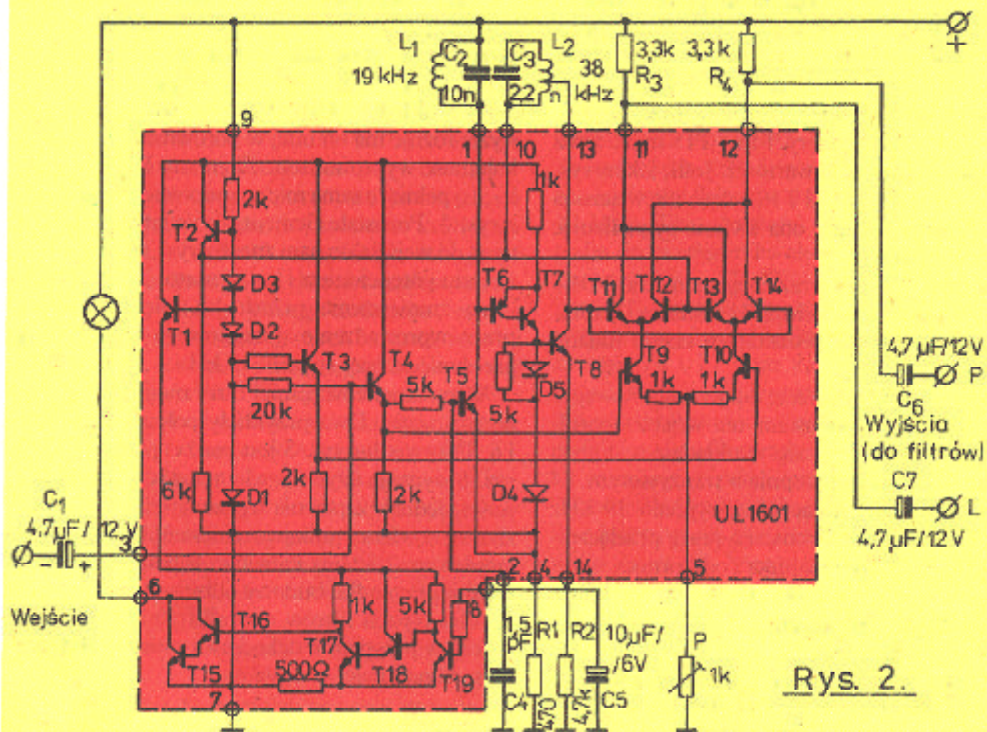
Na rys. 4 przedstawiony jest schemat stereodekodera z układem UL 1611. Oprócz omówionych wyżej różnic ma on inną w porównaniu z UL 1601 kolejność wyprowadzeń. Elementy R_1 , R_2 , C_1 - C_7 , L_1 , L_2 pełnią tę samą rolę, co odpowiednie elementy z rys. 2. Pozostałe elementy (z wyjątkiem dołączonych do wejścia) są nam znane z rys. 3. Włączony na wejściu potencjometr i kondensator $2,2\text{ nF}$ umożliwiają zmniejszenie przesłuchu między kanałami przez wprowadzenie dodatkowego regulowanego przesunięcia fazy sygnału 19 kHz.

Wspomniane wcześniej filtry mogą być wykonane rozmaicie. Dwa przykłady pokazują rysunki 5 i 6. Filtr według rys. 5 jest bardzo prosty. Filtr wg rys. 6 wymaga użycia cewki o dość dużej indukcyjności, jednak zapewnia lepsze właściwości układu stereodekodera: mniejsze zniekształcenie i lepszy stopień rozdzielania kanałów. Filtru takiego warto użyć w przypadku budowy odbiornika klasy Hi-Fi. W obu typach filtrów oporniki $10\text{ k}\Omega$ na wyjściu należy w przypadku dekodera z układem UL 1611 (rys. 4) pominąć.

Wybrane dane techniczne układów UL 1601 i UL 1611 są następujące:

	UL 1601	UL 1611
Zakres napięć zasilania	4-12 V	6-20 V
Prąd zasilania (typowy)	6,5 mA	12 mA
Maksymalne napięcie wejściowe	350 mV	400 mV
Maksymalny prąd sygnalizatora stereo	40 mA	40 mA
Minimalne nap. wejściowe wymagane dla odbioru stereo	50 mV	50 mV
Oporność wejściowa	20 k Ω	20 k Ω

Rozpatrując przytoczone wyżej dane techniczne można wyprowadzić kilka ważnych wniosków. Najpierw zauważymy, że prąd dopuszczalny, jaki może pobierać żarówka dołączona do końcówki 6 - dla UL 1601 lub 8 - dla UL 1611, jest dość niewielki - wynosi 40 mA. Układy scalone są bowiem skonstruowane z myślą o używaniu nie żarówek, lecz półprzewodnikowych diod świecących, które świecą bardzo jaskrawo już przy zasilaniu prądem wynoszącym około 10 mA. Sposób włączenia takiej diody, produkcji krajowej, pokazany jest na rys. 7a. Niestety, diody te nie są jeszcze łatwo dostępne, znalezienie zaś żarówki pobierającej tylko 40 mA też



Rys. 2.

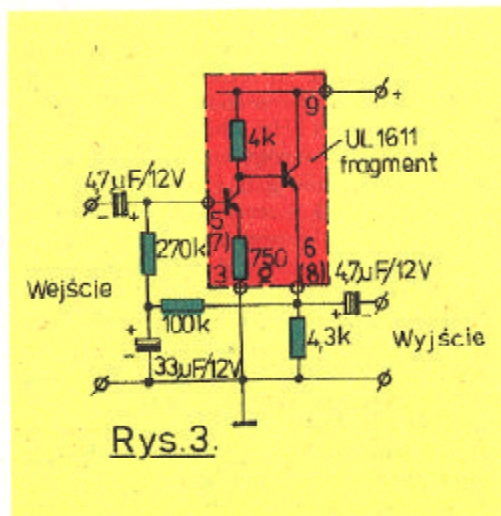
nie jest łatwe. Zastosowanie żarówki o większym poborze prądu jest możliwe przy użyciu dodatkowego tranzystora. Sposób jego włączenia pokazuje rys. 7b. Można zastosować różne tranzystory p-n-p germanowe lub krzemowe o prądzie dopuszczalnym zależnym od użytej żarówki. Układ z rys. 7b przy zastosowaniu tranzystorów TG 50–55, ASY 34–37, BC 177–179 czy też BC 313 umożliwia użycie żarówki pobierającej 100–150 mA. Przy napięciu zasilania 10–12 V doskonale się tu nadają miniaturowe żarówki do kolejek elektrycznych „Piko”.

Z przytoczonych danych wynika też, że napięcie wejściowe przy pełnym wysterowaniu powinno zawierać się w praktyce w granicach 100 mV – 300 mV. W wielu przypadkach napięcie na wyjściu detektora FM, do którego dołączamy dekodery, jest zbyt duże (zwłaszcza w odbiornikach lampowych), a czasem zbyt małe (najczęściej w odbiornikach tranzystorowych). W pierwszym przypadku musi-

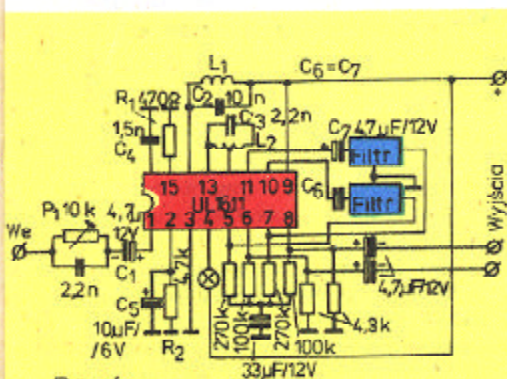
my na wejściu dekodera zastosować dzielnik napięcia, najlepiej w postaci potencjometru liniowego 47 kΩ, w drugim – użyć dodatkowego wzmacniacza wstępnego. Wzmacniacz taki musi mieć małe szumy i koniecznie przemieścić pasmo częstotliwości aż do 60 – 70 kHz. Przykład takiego wzmacniacza o wzmocnieniu wynoszącym około 3 pokazano na rys. 8.

Przejdźmy teraz do wskazówek praktycznych. Przede wszystkim trzeba ostrzec, że mimo prostoty schematów dekoderek z układami scalonymi wykonanie, a zwłaszcza zestrojenie dekodera nie jest łatwe, wymaga pewnego doświadczenia, a także dysponowania podstawowymi przyrządami pomiarowymi, z których absolutnie niezbędny jest woltomierz napięć zmiennych o oporności wejściowej wynoszącej co najmniej 100 kΩ, mogący mierzyć napięcia z zakresu 100 mV – 5 V przy częstotliwości do 50 kHz.

Najważniejszymi elementami, od jakości których



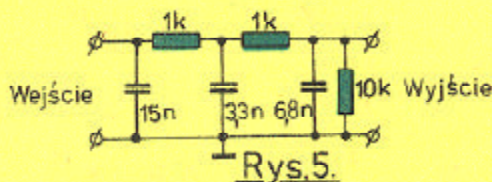
zależy poprawna i stabilna praca dekoderek, są cewki L_1 i L_2 oraz kondensatory C_2 , C_3 i C_4 . Indukcyjności cewek wynoszą około 7 mH, wymagana dobroć – około 80 lub więcej. Niestety, nie ma żadnych łatwo dostępnych rdzeni, na których można by te cewki nawinąć. Nadają się wszelkie większych rozmiarów kubkowe rdzenie z ferrytu F 1001. Muszą one posiadać wkręcany rdzeń dla dostrojenia obwodu do właściwej częstotliwości. Przykładowo, na rdzeniach kubkowych typu M-25/10 (średnica zewn. 25 mm wys. 10 mm) z ferrytu F1001 ze szczeliną ok. 0,2 mm, cewki L_1 i L_2 mają 140 zwojów drutu 0,2 mm (może być grubszy). Odczep na cewce L_2 wykonano po 1/10 całkowitej liczby zwojów, czyli w naszym przypadku 14 zwojów. Na tych samych rdzeniach można też nawinąć



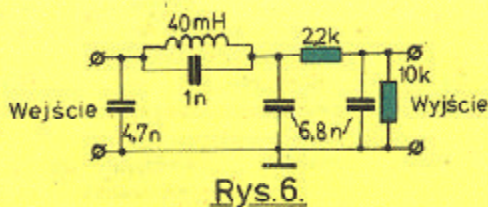
uzwojenie cewek do filtrów wg rys. 6. Liczba zwojów wynosi 335. Cewki te nie muszą być dokładnie dostrajane.

Kondensatory C_2 , C_3 i C_4 muszą być bardzo dobrej jakości. Należy zastosować kondensatory typu KSI (styrofleksowe), popularne kondensatory z ceramiki ferroelektrycznej (typy KFP KFPr), zwane pospolicie „lizakami” nie nadają się.

Montaż dekodera można wykonać dowolnie, trzeba pamiętać tylko o tym, by po umieszczeniu dekodera wewnątrz odbiornika był łatwy dostęp do



rdzeni cewek i potencjometrów, dla umożliwienia zestrojenia. Układ UL 1611 jest wykonany w obudowie 16-końcówkowej (rys. 9). Układ UL 1601 ma obudowę niemal identyczną, lecz z 14 wyprowadzeniami. Rysunek takiej obudowy był zamieszczony w jednym z poprzednich odcinków cyklu przy omówieniu układu UL 1211.



Oba układy scalone, a zwłaszcza UL 1601, pobierają niewiele prądu, jeśli nie liczyć żarówki sygnalizacyjnej. Zasilanie ich jest możliwe z dowolnego zasilacza dostosowanego do poboru prądu równego sumie prądu zasilania układu i prądu żarówki. Właściwe napięcie zasilania dla wszystkich omówionych wyżej układów wynosi około 12 V, przy czym w przypadku UL 1601 napięcia 12 V przekraczać nie wolno.

Przy montażu, próbach, a zwłaszcza przy łączeniu dekodera z radioodbiornikiem należy pilnie zważać, by nie przekroczyć dopuszczalnego napię-

cia wejściowego. Jest to bardzo łatwe w przypadku wykonywania montażu w odbiorniku połączonym z siecią lub choćby tylko uziemionym, jeśli użyta lutownica ma niewielką choćby upływność między grzejnikami i grottem. Należy więc podczas montażu odłączyć odbiornik od wszelkich źródeł zasilania i od uziemienia, dobrze jest też posługiwać się lutownicą z uziemionym grottem.

Warto tu dodać, że w przypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości napięcia wejściowego następuje w omawianych układach najczęściej uszkodzenie w obwodzie dostarczającym napięcie polaryzacji do bazy tranzystora T4. Jak wykazała praktyka, układ scalony z takim uszkodzeniem można jednak często wykorzystać. Objawy uszkodzenia są następujące: układ „milczy”, na wyjściu brak sygnału zarówno przy audycji mono-, jak i stereofonicznej. Napięcie na końcówce wejściowej (3 dla UL 1601, 1 dla UL 1611) jest bliskie zera. Układ można uratować (choć – być może – nie będzie on już miał pełnych walorów) doprowadzając z zewnątrz napięcie polaryzujące do końcówki wejściowej. Najprościej można to zrobić łącząc tę końcówkę z plusem zasilania przez połączenie szeregowo opornika 20 k Ω i potencjometru 100 k Ω . Po włączeniu zasilania należy ustawić potencjometr w położeniu, przy którym na końcówce wejściowej napięcie wynosi ok. 2 V. Układ powinien „przemówić”. Uwaga: jeśli eksploatujemy dekodery z tak „naprawionym” układem skalonym, jego napięcie zasilania powinno być stabilizowane.

W przypadku użycia układu nieuszkodzonego nie należy do końcówki wejściowej doprowadzać żadnych napięć stałych. Należy też zadbać, by kondensator elektrolityczny połączony z tą końcówką nie miał dużej upływności, może to bowiem niekorzystnie zmienić warunki pracy układu scalonego.

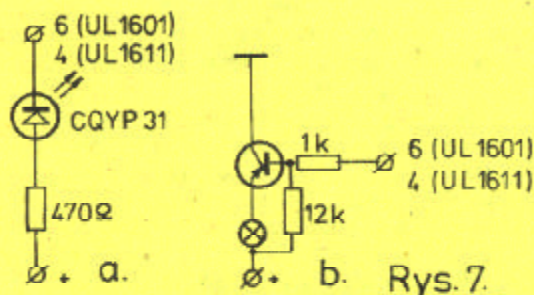
Zestrojenie dekodera przebiega następująco. Najpierw, podczas odbioru audycji stereo, dostrajamy do rezonansu obwód L_1C_2 (częstotliwość 19 kHz) mierząc napięcie na końcówce układu scalonego połączone z tym obwodem i zestrójając na maksimum napięcia. Maksimum to winno być dość ostre. Następnie podobnie zestrójamy obwód L_2C_3 (częstotliwość 38 kHz). Napięcie w tym przypadku mierzymy na odczepie obwodu. Dalszą regulację przeprowadzamy podczas odbioru sygnału testowego przekazywanego na zmianę w lewym i prawym kanale. Ustawiamy potencjometr P (dla UL 1601) lub potencjometr P₁ (dla UL 1611) w takim położeniu, w którym słyszalność sygnału przeznaczanego dla kanału lewego w kanale prawym, i na odwrót, jest minimalna. Jeśli regulacja potencjometrami nie

daje dostatecznie dobrego rezultatu, można spróbować poprawić działanie dekodera przez bardzo nieznaczne odstrojenie od rezonansu obwodu L_2C_3 (chodzi tu o wprowadzenie dodatkowego przesunięcia fazy sygnału 38 kHz). Dobrze wykonane i zestrojone dekodery współpracujące z odbiornikami z dobrze zaprojektowanym i bezbłędnie zestrojonym torem UKF FM umożliwiają uzyskanie tłumienia przesłuchu lepszego od 40 dB.

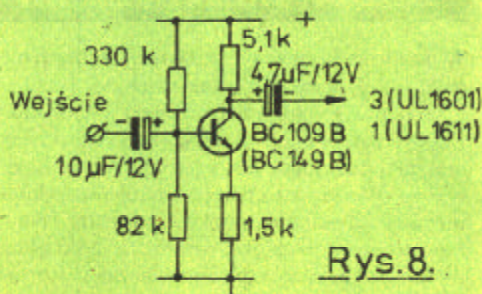
Na koniec trzeba poświęcić nieco uwagi sposobowi połączenia dekodera z radioodbiornikiem. Wejście dekodera łączy się, w razie potrzeby przez dzielnik lub przedwzmacniacz, z wyjściem demodulatora FM. W demodulatorze tym trzeba jeszcze wykonać drobną zmianę. We wszystkich odbiornikach UKF istnieją elementy realizujące tzw. deemfazę – tłumiące wyższe częstotliwości odbieranej audycji. Częstotliwości te są bowiem celowo wypuklane przy nadawaniu. Zabiegi te znacznie poprawiają odporność odbiornika na szumy i zakłócenia, zwiększają przy odbiorze napięcie sygnału dla tych częstotliwości, dla których zakłócenia są najbardziej dokuczliwe. Układ deemfazy tłumią wyższe częstotliwości tłumiąc zarazem zakłócenia, co daje w rezultacie znaczną poprawę jakości odbioru, przy zachowanym szerokim pasie przenoszenia. W przypadku odbioru stereofonicznego układ deemfazy jest także potrzebny, lecz musi być wyłączony ze stereodekoderm, w przeciwnym razie bowiem nastąpi stłumienie częstotliwości 19 kHz oraz wyższych częstotliwości i odbiór stereo nie będzie możliwy (sygnał stereo zajmuje pasmo do 53 kHz). W omawianych wyżej dekodernach rolę deemfazy pełnią filtry włączane za przełącznikiem elektronicznym, a demodulator FM układu takiego zawierać nie może. Na ogół deemfaza realizowana jest za pomocą kondensatora o pojemności wynoszącej kilka nanofaradów, włączonego równolegle do wyjścia demodulatora FM. Rys. 10 pokazuje fragment typowego detektora stosunkowego. Deemfaza jest zrealizowana dzięki kondensatorowi 2,2 nF. Włączając na wyjście detektora stereodekoder trzeba ten kondensator odłączyć.

Wyjścia dekodernów można włączyć na wejście dowolnego stereofonicznego wzmacniacza m.c.z. o czułości 0,2 – 0,5 V i oporności wejściowej wynoszącej kilkadziesiąt kiloomów lub więcej.

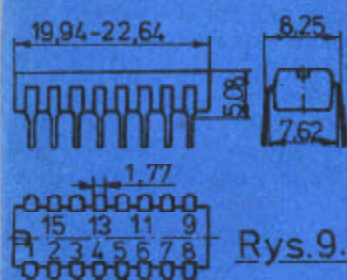
Dość często mimo prawidłowego wykonania dekodera może nas spotkać przykra niespodzianka: odbiór stereo będzie marny – stopień rozdzielania kanałów niewystarczający, wystąpią duże zniekształcenia nieliniowe, mogą być też słyszalne znaczne szumy i zakłócenia. Zjawiska te mają niemal zawsze przyczynę nie w dekodernie, lecz są spowo-



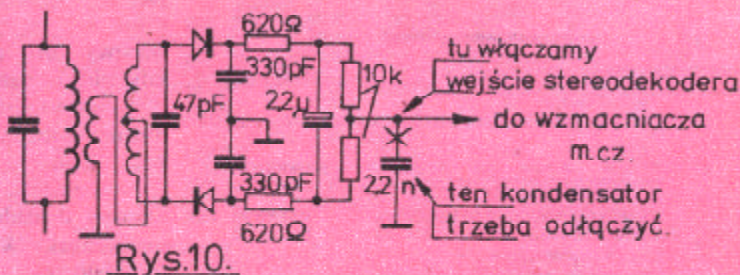
Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.



Rys. 10.

dowane nieodpowiednimi do odbioru stereo parametrami toru FM radioodbiornika. Dla poprawnego przenoszenia sygnału stereo wzmacniacz pośredniej częstotliwości FM powinien mieć szerokość pasma przenoszenia przekraczającą 200 kHz oraz demodulator FM zapewniający liniową demodulację z bardzo małymi zniekształceniami w pasmie przekraczającym 150 kHz. Warunków tych na ogół nie spełniają proste, popularne radioodbiorniki. Są one ponadto zwykle bardzo niedbale zestrojane. Uzyskanie dobrego odbioru stereo za pomocą takiego odbiornika nie jest możliwe. Trzeba tu podkreślić, że dobry odbiór audycji monofonicznych nie dowodzi wcale, że odbiornik będzie się nadawał do odbioru stereo. Do odbiorników stereo konstruowane są specjalne wzmacniacze p.cz. FM. Przykład takiej konstrukcji był podany w odcinku naszego cyklu poświęconym układowi scalonemu UL 1202.

Jeśli mamy zwykły odbiornik, a więc nie dostosowany na ogół do odbioru stereo, możemy próbować poprawić jego właściwości przez równoległe włączenie do wszystkich filtrów p.cz. FM oporników o oporności wynoszącej 10 k Ω – 47 k Ω . Wartość oporników należy tak dobrać, by ich włączenie wywoływało zauważalny, lecz niezbyt duży spadek czułości odbiornika. Obserwację należy przeprowadzić przy słabym sygnale na wejściu odbiornika. Po

dołączeniu oporników do wszystkich filtrów pasmo wzmacniacza zostanie rozszerzone, niestety, kosztem znacznego spadku wzmocnienia. Sposób ten nie pomoże jednak, jeśli odbiornik jest źle zestrojony. Bardzo ważne jest zwłaszcza dokładne zestrojenie demodulatora FM, bez względu na jego rodzaj.

Jeśli natomiast odbiór stereo jest prawidłowy, bez zniekształceń i z dobrym rozdzielaniem kanałów, lecz towarzyszy mu znaczny szum i ewentualnie zakłócenia zewnętrzne (których zwykle nie słycać przy odbiorze monofonicznym), to znaczy, że poziom sygnału na wejściu odbiornika jest zbyt mały. Zaradzić temu można tylko przez instalację innej, lepszej anteny UKF. Pogorszenie stosunku sygnału do szumu przy odbiorze stereo nie jest winą odbiornika ani dekodera, lecz normalnym, nieuniknionym zjawiskiem spowodowanym znacznie większą szerokością pasma wymaganą do przesyłania sygnału stereo. Skutkiem tego zjawiska można zapobiec tylko przez zwiększenie napięcia w.cz. na wejściu odbiornika.

Jeśli jednak dysponujemy dobrym odbiornikiem i anteną UKF, to dekodery z układami UL 1601 i UL 1611 mogą zapewnić nam bardzo wysoką jakość odbioru, spełniającą normy Hi-Fi.

Dr inż. Wiesław Kuźmicz