



Pod redakcją Jerzego Pietrzyka

**BUDUJEMY STEREODEKODER (Mgr inż. Wiesław Kuźmicz) — BUMERANG
— NEONÓWKI W WARSZTACIE MAJSTERKOWICZA (Inż. Jerzy Brdulak) —
ELEKTRONOWA STRZELNICA (j.s.)**

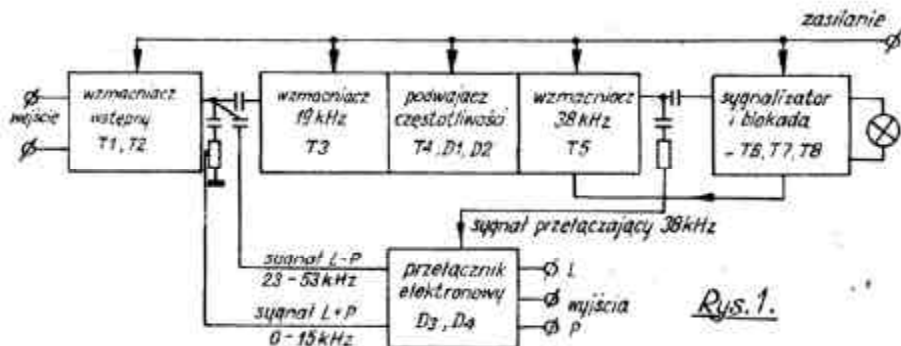
BUDUJEMY STEREODEKODER

Od lipca b.r. normalnym składnikiem krajowego programu radiowego stały się audycje stereofoniczne, nadawane zresztą eksperymentalnie już od kilku lat. Programy stereofoniczne nadają obecnie Warszawa, Wrocław, Katowice i Szczecin, a w niedługim czasie ich nadawanie mają podjąć wszystkie rozgłośnie. Program stereo jest emitowany przez nadajniki UKF transmitujące normalnie audycje II programu Polskiego Radia. Niestety, zdecydowana większość radiosłuchaczy może słuchać tych zwykle atrakcyjnych audycji bez efektu stereofonicznego, ponieważ normalny radioodbiornik odbiera program stereo tak samo, jak program zwykły. Odbiorniki stereofoniczne są już wprawdzie w sklepach, ale ich ceny, zbliżone do cen telewizorów, nie są zbyt zachęcające. Sądzimy więc, że dla naszych czytelników, zorientowanych już trochę w elektronice, interesujący będzie opis przeróbki zwykłego radioodbiornika na stereofoniczny.

Aby móc odbierać program stereo, nie tracąc efektu przestrzenności dźwię-

ku, musimy mieć, po pierwsze — dobrej jakości odbiornik radiowy z zakresem UKF, po drugie — stereofoniczny wzmacniacz małej częstotliwości z odpowiednimi kolumnami głośnikowymi, po trzecie — stereodekoder, czyli przystawkę do radioodbiornika, rozszyfrującą sygnał stereofoniczny i kierującą odpowiednie przebiegi elektryczne do prawego i lewego kanału stereofonicznego wzmacniacza małej częstotliwości. Niniejszy opis zawiera przede wszystkim omówienie budowy stereodekodera i sposobu podłączenia go do radioodbiornika. Natomiast budowa stereofonicznych wzmacniaczy małej częstotliwości była wielokrotnie opisywana w „MT”, „Radioamatorze” i innych czasopismach i publikacjach.

Przed przystąpieniem do budowy stereodekodera radzimy przeczytać artykuły w numerze 2/69 „MT” i w numerach 10/69 i 12/69 „Radioamatora”, poświęcone zasadzie przekazywania przez radio audycji stereo. Uzyskane w ten sposób wiadomości pomogą zrozumieć zasadę działania stereodekodera.

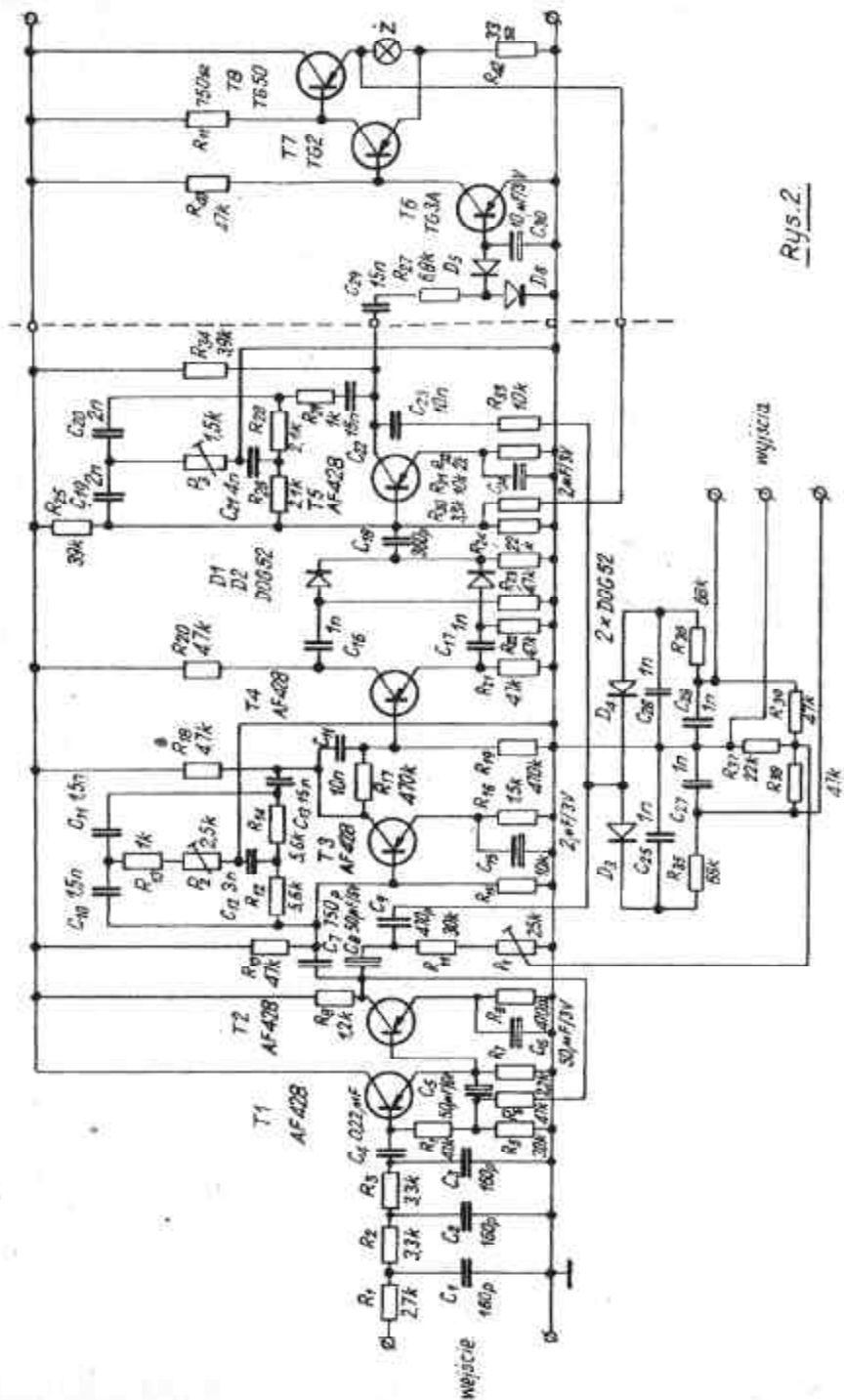


Rys. 1.

Jego schemat blokowy przedstawiony jest na rys. 1, a schemat ideowy — na rys. 2.

Sygnal stereofoniczny nadawany przez radio składa się z przesyłanych na przemian „próbek” sygnałów pochodzących z lewego i prawego kanału. Przelączenie kanałów odbywa się z częstotliwością 38 kHz; a więc przez 1/38000 sekundy przekazywany jest sygnał z kanału prawego, następnie przez 1/38000 sekundy — z kanału lewego, potem znów z prawego itd. Stereodekoder jest czymś w rodzaju przelącznika, kierującego przekazywany sygnał na zmianę do prawego i lewego kanału wzmacniacza stereofonicznego m.cz. Aby przelączenie odbywało się w odpowiednich chwilach czasu, równocześnie z próbkami sygnałów z obu kanałów przesyłany jest tzw. sygnał pilotujący. Ma on częstotliwość 19 kHz i steruje zarówno działaniem „elektronowego przelącznika” w nadajniku, jak i w stereodekoderze. Dzięki temu zapewnione jest synchroniczne działanie obu urządzeń. Aby jednak „elektronowy przelącznik” w stereodekoderze działał właściwie, potrzebny jest sygnał synchronizujący o częstotliwości 38 kHz. Każdy

stereodekoder zawiera więc układ rozdzielający z całego sygnału stereofonicznego sygnał pilotujący (19 kHz), następnie podwójacz częstotliwości, co daje sygnał 38 kHz, wzmacniacz częstotliwości 38 kHz i wreszcie układ pełniący rolę przelącznika, sterowanego sygnałem 38 kHz. Tranzystory T1 i T2 (rys. 2) tworzą wstępny wzmacniacz sygnału stereofonicznego. Wzmacniacz ten ma dużą oporność wejściową. Następnie przez kondensator C_8 i potencjometr P_1 niższe częstotliwości składowe, a przez kondensator C_9 — wyższe częstotliwości składowe trafiają do układu z diodami D_1 i D_2 , pełniącego rolę przelącznika. Wzmacniacz na tranzystorze T3 wydziela sygnał o częstotliwości 19 kHz, zaś układ z tranzystorem T4 i diodami D_1 i D_2 pełni rolę podwójacza częstotliwości, a wzmacniacz z tranzystorem T5 wzmacnia sygnał o częstotliwości 38 kHz, który następnie przez kondensator C_{21} i opornik R_{33} trafia do układu przelączającego. Przelączeniu nie ulega jednak cały sygnał stereofoniczny, lecz jedynie jego większe częstotliwości składowe, zawierające się w pasmie 23 kHz — 53 kHz. Pasmo to zawiera, jak wynika



Rys. 2

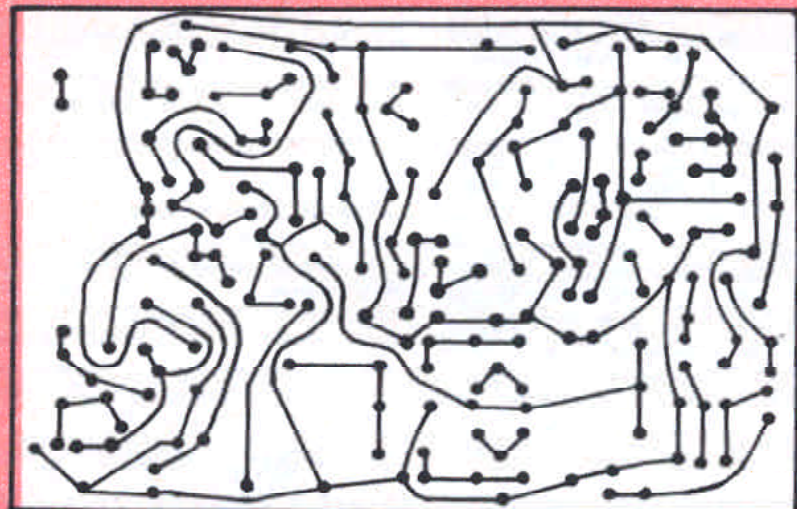
z tzw. widma sygnału stereofonicznego, sygnał będący różnicą sygnałów w kanałach lewym i prawym (oznaczony na schemacie blokowym L—P), ale przeniesiony z normalnego zakresu częstotliwości akustycznych właśnie w pasmo 23—53 kHz. W wyniku przełączania tego sygnału przez diody D_3 i D_4 na wyjściach dekodera pojawiają się sygnały — na jednym L—P, a na drugim ten sam, lecz w przeciwnej fazie. Oba sygnały są tu już w „normalnym” pasmie 0—15 kHz. Równocześnie na te same wyjścia z potencjometru P_1 trafia sygnał będący sumą sygnałów z kanałów lewego i prawego, mający „normalny” zakres do 15 kHz. Jeśli wielkość sygnału L+P, ustawiona potencjometrem P_1 , jest właściwa, to na jednym z wyjść dekodera pozostaje tylko sygnał L (z lewego kanału), a na drugim sygnał P (z prawego kanału). Taki sposób dekodowania sygnału stereofonicznego nosi nazwę metody matrycowej.

Pozostaje omówić stopnie z tranzystorami T3 i T5, które służą do wydzielenia częstotliwości 19 kHz i 38 kHz i wzmacniania praktycznie tylko sygnały o tych częstotliwościach, mimo że nie zawierają typowych obwodów rezonansowych. Zamiast obwodów rezonansowych z cewką i kondensatorem zastosowane zostały filtry oporowo-pojemnościowe typu „podwójne T”. Tworzą je kondensatory C_{10} , C_{11} , C_{12} i oporniki R_{12} , R_{13} , R_{14} oraz potencjometr P_2 w przypadku tranzystora T3 i odpowiednie elementy w przypadku T5. Filtr typu „podwójne T” włączony jest w obu wypadkach w układzie ujemnego sprzężenia zwrotnego — między kolektorem i bazą tranzystora. Tłumi on bardzo silnie jedną, ściśle określoną częstotliwość, przepuszczając prawie bez przeszkód sygnały o innych częstotliwościach. Włączenie takiego układu w gałąź ujemnego sprzężenia zwrotnego powoduje, że sprzężenie bardzo silnie zmniejsza wzmacnienie wzmacniacza dla wszystkich częstotliwości z wyjątkiem jednej — tej, którą

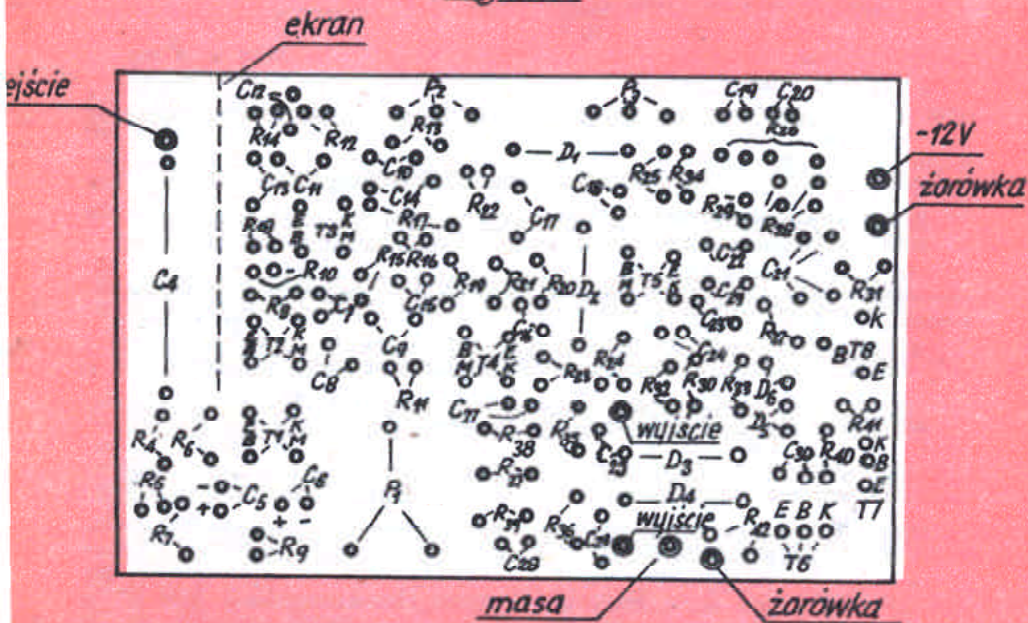
tlumi filtr. Dla niej bowiem ujemne sprzężenie zwrotne nie działa. Układ taki zachowuje się więc jak wzmacniacz z obwodem rezonansowym — wzmacnia sygnały o jednej częstotliwości.

Mamy nadzieję, że powyższy opis działania dekodera nie był za trudny dla Kolegów mniej zaawansowanych w elektronice oraz że Koledzy bardziej zaawansowani wybaczą nam pewne uproszczenia. Koncepcja opisywanego układu oraz niektóre fragmenty zostały zaczerpnięte z „Radio-Electronics” nr 3/71.

Układ został jednak całkowicie zaprojektowany tak, by możliwe było zastosowanie dostępnych w kraju tranzystorów germanowych. Został on też wyposażony w układ sygnalizacji programu stereo z blokadą. Urządzenie to, zbudowane na tranzystorach T6, T7 i T8, działa następująco: gdy nadawany jest program stereo, sygnał o częstotliwości 38 kHz przez kondensator C_{29} trafia do układu detekcyjnego i wzmacniacza prądu stałego, powodując silny wzrost prądu płynącego przez tranzystor T8. Świeci wówczas włączona w obwód emitera tego tranzystora żarówka, sygnalizując odbiór audycji stereo. Równocześnie duże napięcie ujemne przez opornik R_{31} polaryzuje bazę tranzystora T5, w wyniku czego stopień z tym tranzystorem uzyskuje pełne wzmocnienie i dostarcza do przełącznika z diodami D_3 i D_4 napięcia wystarczającego do zapewnienia prawidłowej jego pracy. Jeśli natomiast sygnał 38 kHz nie ma lub jest zbyt słaby, układ z tranzystorami T6—T8 nie działa, żarówka nie świeci, a przez opornik R_{31} nie dociera ujemne napięcie. Prąd kolektora tranzystora T5 jest wówczas bardzo mały i małe jest wzmocnienie, jakiego ten tranzystor dostarcza. Układ ten zabezpiecza przed odbiorem stereofonicznym przy zbyt słabym sygnale. Uzyskany w takim wypadku efekt stereo byłby bardzo mizerny, natomiast odbiorowi towarzyszyłyby znaczne szumy i inne zakłócenia, nor-



Rys. 3.



Rys. 4.

malnie wytłumiane przez radioodbiornik. Tu trzeba wyjaśnić, że przy odbiorze stereo wszystkie zakłócenia są o wiele lepiej słyszalne, co wynika z samej zasady przekazywania sygnału stereo i nie da się usunąć żadnym układem stereodekodera. Wspomniana wyżej blokada powoduje, że przy słabym sygnale odbiornik pracuje jak zwykły, monofoniczny. Słyszalność zakłóceń poważnie maleje. Układ blokady zabezpiecza też — dzięki dużej pojemności kondensatora C_{30} — przed krótkotrwałymi impulsami sygnałów o częstotliwościach zbliżonych do 19 kHz, które mogą pojawić się na wejściu dekodera i docierając do przełącznika diodowego wywołać wyraźne zakłócenia oraz błyskanie żarówki sygnalizacyjnej.

Opisany układ, dzięki wyeliminowaniu obwodów rezonansowych, jest łatwy do montażu i regulacji, a wszystkie potrzebne części można bez trudu kupić. Mimo to nie radzimy budowy stereodekodera radioamatorom zupełnie początkującym. Układ jest bowiem dość złożony; przy budowie i uruchamianiu nie sposób wykluczyć możliwości powstania różnych problemów i kłopotów. Przed przystąpieniem do budowy radzimy też sprawdzić jakość odbioru radiostacji transmitującej programy stereo. Jeśli odbiór jest słaby i dają się słyszeć rozmaite zakłócenia, nie będzie możliwe uzyskanie dobrego odbioru stereo. Radzimy w każdym wypadku zainstalowanie odpowiedniej anteny zewnętrznej i jeszcze raz podkreślamy, że odbiornik stereofoniczny jest znacznie bardziej wrażliwy na zakłócenia.

Montaż dekodera jest sprawą dość prostą. Można go wykonać dowolną metodą na niewielkiej płytce z materiału izolacyjnego. Przed montażem radzimy sprawdzić zakupione elementy, na przykład za pomocą omiornierza. Przestrzegamy jedynie przed badaniem omiornierzem tranzystorów. W dekodrze jako T1—T5 trzeba zastosować tranzystory wielkiej częstotliwości, których złącza

emiter — baza nie wytrzymują napięć powyżej 1 V. Nie należy jako T1—T5 stosować germanowych tranzystorów małej częstotliwości, np. z serii TG 2 — TG 8 czy też TG 50—TG 55. Można natomiast zastosować inne od podanych germanowe tranzystory wielkiej częstotliwości. Jeśli istnieje możliwość wyboru, należy jako T3 i T5 zastosować tranzystory o możliwie dużych współczynnikach wzmocnienia prądowego; „TE-WA” oznacza tranzystory z serii AF 426—AF 430 o dużych wartościach współczynnika wzmocnienia cyframi rzymskimi IV i V lub kropką brązową, bądź białą. Elementy wchodzące w skład filtrów — kondensatory C_{10} , C_{11} , C_{12} , C_{19} , C_{20} , C_{21} ; oporniki R_{12} , R_{14} , R_{26} , R_{28} — powinny mieć tolerancję 5%, a nawet w miarę możliwości 2%. Potencjometry P_2 i P_4 służą do dostrojenia filtrów do wymaganych częstotliwości, jeśli jednak odchyłki wartości wymienionych wyżej elementów okażą się zbyt duże, nie będzie to możliwe. Ponieważ oporniki R_{26} i R_{28} oraz kondensator C_{21} mają wartości nieznormalizowane i nie są spotykane w handlu, konieczne jest zestawienie ich z dwóch elementów. W wypadku oporników należy zastosować szeregowo połączenie oporników 2 k Ω i 100 Ω , natomiast w wypadku kondensatora — połączenie równoległe dwóch kondensatorów po 2 nF każdy. W filtrach należy stosować kondensatory styroflexowe, a nie ceramiczne. Te ostatnie mają bowiem tolerancje znacznie szersze od wymaganych.

Jako potencjometry P_1 — P_3 zastosujemy typowe potencjometry montażowe. W układzie sygnalizacji zastosujemy żarówkę od kolejek elektrycznych „Piko”. Świeci ona dość jasno przy napięciu zasilania wynoszącym 12 V. Jako D_3 i D_4 dobrze jest użyć diody o zbliżonych charakterystykach. Nie jest to jednak bezwzględnie konieczne. Można zrezygnować w ogóle z układu sygnalizacji. Nie są wówczas potrzebne wszystkie elementy oddzielone na schemacie

ideowym przerywaną linią. Na miejsce opornika R_{25} , który usuwamy, należy włączyć opornik R_{31} (10 k Ω).

Sposób zmontowania dekodera nie ma wpływu na jego działanie, jeśli oczywiście zachowane zostały normalne zasady prawidłowego montażu: możliwie krótkie połączenia, niezbliżanie do siebie elementów, między którymi mogą wystąpić szkodliwe sprzężenia. Należy zwłaszcza zwrócić uwagę na możliwość sprzężenia między wejściem stopnia z tranzystorem T3 a wejściem dekodera; sprzężenie takie może spowodować wzbudzenie się i samorzutne wytwarzanie częstotliwości 19 kHz lub zbliżonej.

Rys. 3 i 4 przedstawiają jeden z możliwych montażowych schematów dekodera. Rys. 3 służyć może do wykonania płytki drukowanej, np. metodą opisaną w numerze 3/69 „MT” (str. 85—86), lub do zaprojektowania montażu popularną metodą pseudodruku. Rys. 4 ilustruje rozmieszczenie elementów na płycie wykonanej wg rys. 3. Oba rysunki pokazują widok od strony połączeń. Dla łatwiejszej orientacji można przerysować rys. 4 na kalkę techniczną i nałożyć na rys. 3. Przerywaną linią oznaczono na rys. 3 ekran z cienkiej blachy, jaki należy zastosować w wypadku wzbudzenia się poprzez sprzężenie między tranzystorami T3 i T1. Ekran musi być połączony z „masą” — dodatnim biegunem zasilania dekodera. Na płycie montażowej (rys. 3 i 4) przewidziane są punkty montażowe dla kondensatora C_{21} złożonego z dwóch kondensatorów połączonych równolegle oraz dla oporników R_{26} i R_{28} złożonych z dwóch oporników połączonych szeregowo. Brak natomiast na płycie miejsca dla oporników R_{11} , R_{12} , R_{13} i kondensatorów C_{11} , C_{12} , C_{13} . Elementy te tworzą filtr nie dopuszczający do wejścia stereodekodera sygnałów o częstotliwościach powyżej 53 kHz. Ich zastosowanie znacznie zmniejsza wymagania co do jakości radioodbiornika, z którym współpracować ma dekodera.



Płytkę stereodekodera od strony elementów montażowych

Jednak w wielu wypadkach filtr ten może się okazać zbędny.

Jeżeli mamy najprostszy choćby miernik napięć zmiennych i generator dający sygnał o częstotliwości 19 kHz, zestrojenie zmontowanego dekodera jest bardzo łatwe. Najpierw należy sprawdzić punkty pracy tranzystorów. W tym celu mierzymy napięcia między końcówkami następujących oporników: R_9 (6 V), R_{18} (5 V), R_{20} (3,5 V), R_{34} (0,5—1 V). Następnie prowizorycznie łączymy emiter i kolektor tranzystora T8 — zaświeci żarówka. Sprawdzamy wówczas ponownie napięcie na oporniku R_{34} . Powinno wynosić teraz ok. 6 V. Podane wartości dotyczą pomiarów wykonanych popularnym miernikiem „Lavo”, na zakresie 15 V. Lepsze mierniki, o dużej oporności, wskażą nieco większe napięcia. W razie dużych różnic radzimy sprawdzić, czy zastosowany w danym stopniu tranzystor jest dobry. Nie jest jednak konieczne zachowywanie podanych napięć z przesadnie dużą dokładnością.

Podczas pomiarów dekodera powinien być zasilany napięciem ok. 12 V. Bez sygnału na wejściu, dekodera nie powinien wytwarzać żadnych napięć zmiennych, a żarówka nie powinna świecić. Świecenie żarówki świadczy bądź

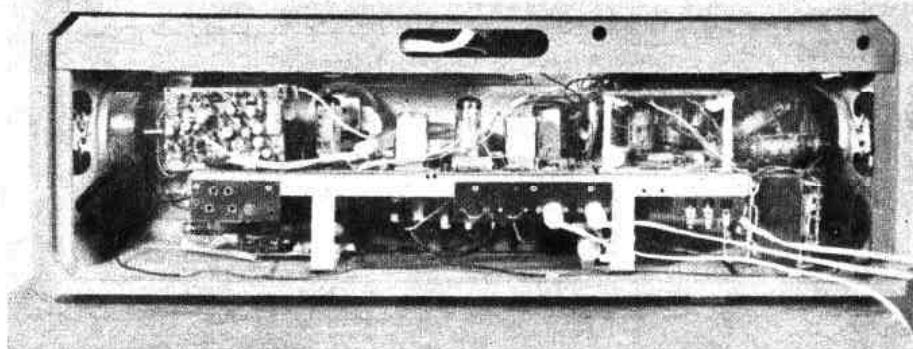
o wzbudzeniu się układu, bądź o złej jakości tranzystorów T6—T8. Dla sprawdzenia odłączamy kondensator C_{29} . Zgaśnięcie żarówki potwierdzi, że dekodery wzbudza się. Jeśli żarówka świeci nadal, trzeba wymienić tranzystor T6 na inny, o mniejszym prądzie zerowym I_{CE0} lub równolegle do kondensatora C_{30} dołączyć opornik o wartości ok. 20 k Ω . Jeśli i to nie pomoże, przypuszczalnie uszkodzony jest tranzystor T8.

Jeśli wszystko dotychczas jest w porządku, doprowadzamy do wejścia dekodera napięcie zmienne o częstotliwości 19 kHz i wartości ok. 5 mV. Pomiedzy kolektor tranzystora T3 i „masę” włączamy woltomierz do pomiaru napięć zmiennych. Z powodzeniem może to być „Lavo” na zakresie 3 V, w szereg z kondensatorem 0,1 μ F. Następnie ustawiamy potencjometr P_2 tak, by uzyskać maksimum napięcia. Maksimum powinno być ostre i wyraźne. Jeśli regulacja nie daje wyraźnego maksimum lub jeśli stopień z tranzystorem T3 wzbudza się, przypuszczalnie jeden lub więcej elementów regulowanego właśnie filtru ma wartość odbiegającą znacznie od właściwej. Można wówczas zamienić opornik R_{12} na potencjometr 2,5 k Ω połączony w szereg z opornikiem 3,3 k Ω i następnie ustawiać na zmianę

dodatkowy potencjometr i potencjometr P_2 do uzyskania maksimum. Takie rozwiązanie jednak trzeba traktować jako ostateczność: rzadko bywa ono konieczne. Jeśli jednak nawet podwójna regulacja nie da wyniku w postaci wyraźnego maksimum napięcia obserwowanego przy pokręcaniu potencjometrem P_2 , tranzystor T3 jest przypuszczalnie wadliwy lub ma bardzo małe wzmocnienie. W takim wypadku jednak z reguły napięcie stałe na oporniku R_{18} wyraźnie różni się od podanego.

Po zestrojeniu stopnia z tranzystorem T3 dołączamy woltomierz do kolektora tranzystora T5, i w dokładnie taki sam sposób stroimy stopień z tym tranzystorem. W czasie strojenia emiter i kolektor tranzystora T8 powinny być zwarte, wówczas dzięki opornikowi R_{31} tranzystor T5 pracuje w warunkach największego wzmocnienia. Jeśli po zestrojeniu rozewrzemy emiter i kolektor tranzystora T8, nie wyłączając napięcia z generatora, żarówka prawdopodobnie będzie świecić nadal, teraz już dzięki istnieniu zmiennego napięcia na wejściu układu sygnalizacji. Może się jednak zdarzyć, że strojąc stopień z tranzystorem T5 napotkamy trudności. Jeśli stopień ten daje się zestroić prawidłowo, lecz napięcie zmienne na kolektorze tranzystora T5 jest znacznie mniejsze

Stereodekoder zamontowany we wnętrzu odbiornika „Turandot”



niż na kolektorze tranzystora T3, radzimy sprawdzić prawidłowość włączenia diod D_1 i D_2 — obie powinny być włączone w tym samym kierunku (jak w prostowniku dwupołkowy).

Po osiągnięciu prawidłowego działania układu wydzielenia częstotliwości 38 kHz sprawdzamy działanie sygnalizatora i blokady. Gdy zwiększamy powoli, od zera, napięcie na wejściu dekodera, żarówka powinna skokowo włączyć się, gdy napięcie zmienne między kolektorem T5 i masą będzie bliskie 100 mV, a po włączeniu żarówki wartość zmiennego napięcia powinna samoczynnie, skokiem, wzrosnąć do 300—400 mV. Jeśli

następnie obniżymy napięcie na wejściu, to przy wartości napięcia zmiennego na kolektorze T5, wynoszącej ok. 250 mV, żarówka powinna nagle zgasać, po czym zmienne napięcie powinno samoczynnie zmaleć do wartości 80 mV. Jeśli układ sygnalizacji włącza się przy wyższych napięciach, można zmniejszyć opornik R_{37} do wartości 4,7 k Ω , ale nie mniej, lub zastosować tranzystor T6 o większym wzmocnieniu. Po wykonaniu wszystkich regulacji można dołączyć dekodery do radioodbiornika.

(Dokończenie w następnym numerze)

Mgr inż. Wiesław Kuźnicz

SPIS CZĘŚCI POTRZEBNYCH DO BUDOWY STEREODEKODERA
(zawiera tylko elementy pokazane na rys. 2)

Tranzystory: AF 428 — 5 szt. (T1 — T5), TG 3A — 1 szt. (T6), TG 2 — 1 szt. (T7), TG 50 — 1 szt. (T8). Zamiast AF 428 (można zastosować inne germanowe tranzystory wielkiej częstotliwości, najlepiej z serii AF 426 — AF 430).

Oporniki: Wszystkie oporniki — miniaturowe OWS-0,125, OWZ-0,125, MŁT-0,25 lub MŁT-0,5.

33 Ω — 1 szt. (R_{43}), 100 Ω — 2 szt. (połączone szeregowo z opornikami 2 k Ω służą jako R_{26} i R_{28}), 1470 Ω — 1 szt. (R_9), 50 Ω — 1 szt. (R_{41}), 1 k Ω — 2 szt. (R_{13} , R_{20}), 1,2 k Ω — 1 szt. (R_8), 1,5 k Ω — 1 szt. (R_{16}); 2 k Ω — 3 szt. (R_{32} oraz w szeregu z opornikami 100 Ω — R_{26} i R_{28}), 2,2 k Ω — 1 szt. (R_3), 2,7 k Ω — 1 szt. (R_1), 3,3 k Ω — 3 szt. (R_2 , R_3 , R_7), 3,9 k Ω — 1 szt. (R_{34}), 4,7 k Ω — 5 szt. (R_{18} , R_{20} , R_{21} , R_{22} , R_{23}), 5,6 k Ω — 2 szt. (R_{12} , R_{14}), 6,8 k Ω — 1 szt. (R_{27}), 10 k Ω — 3 szt. (R_{15} , R_{31} , R_{33}), 22 k Ω — 2 szt. (R_{24} , R_{37}), 30 k Ω — 2 szt. (R_5 , R_{11}), 39 k Ω — 1 szt. (R_{25}), 47 k Ω — 6 szt. (R_4 , R_6 , R_{10} , R_{38} , R_{30} , R_{40}), 68 k Ω — 2 szt. (R_{35} , R_{36}), 470 k Ω — 2 szt. (R_{17} , R_{19}).

Oporniki 100 Ω , 2 k Ω i 5,6 k Ω powinny mieć tolerancję 5%.

Kondensatory: Ceramiczne lub styrofleksowe, napięcie dowolne; tolerancja 10%. 100 pF — 3 szt. (C_1 , C_2 , C_3), 360 pF — 1 szt. (C_{10}), 470 pF — 1 szt. (C_9), 750 pF — 1 szt. (C_2), 1 nF — 6 szt. (C_{16} , C_{17} , C_{23} , C_{26} , C_{27} , C_{28}), 10 nF — 2 szt. (C_{14} , C_{25}).

Styrofleksowe, tolerancja 5%. 1,5 nF — 2 szt. (C_{10} , C_{11}), 2 nF — 4 szt. (C_{10} , C_{20} , dwa równolegle jako C_{21}), 3 nF — 1 szt. (C_{12}).

Dowolne, najlepiej ceramiczne miniaturowe (typ KFP/R, 25V) 15 nF (lub więcej) — 3 szt. (C_{15} , C_{22} , C_{29}).

Styrofleksowy, 100 V; 0,22 μ F — 1 szt. (C_4).

Elektrolityczne (najlepiej typ KES) 2 μ F / 3 V — 2 szt. (C_{15} , C_{24}), 10 μ F / 3 V — 1 szt. (C_{30}), 50 μ F / 6 V — 3 szt. (C_5 , C_6 , C_8).

Potencjometry montażowe: 1,5 k Ω — 1 szt. (P_1), 2,5 k Ω — 1 szt. (P_2), 25 k Ω — 1 szt. (P_3).

Żarówka — od koleжки elektrycznej „Piko” lub inna podobna (12 V, 50—60 mA).

Koszt kompletu nowych części wynosi ok. 400—450 zł.