



Basia – odbiornik początkującego nasłuchowca



Pomimo dostępności wielu modeli fabrycznych odbiorników i skanerów częstotliwości, zainteresowanie samodzielną budową odbiorników radiowych, w tym do nasłuchu stacji amatorskich, nie maleje. W EdW czy innych czasopismach oraz w sieci bez problemu można znaleźć wiele publikacji dotyczących wykonania odbiorników CW i SSB. Opisywane są zarówno układy z bezpośrednią, jak i pośrednią przemianą, a ostatnio także z programową obróbkę sygnału, czyli SDR (jako przystawki do karty dźwiękowej komputera).

Dostępne są też kity takich rozwiązań, ale są to z zasady układy „zamknięte”, przeznaczone do dokładnego odwzorowania, trudno w nich przeprowadzać doświadczenia oraz wykazywać się inwencją twórczą. Gotowe płytki montażowe nie pozwalają na zmiany układowe ani większe modernizacje, bo np. w przypadku kilkakrotnej wymiany elementu dochodzi do odklejania się ścieżek drukowanych. Istnieją co prawda uniwersalne płytki drukowane oraz pola stykowe do montażu bez lutownicy, ale w przypadku bardziej skomplikowanych układów, w tym w.cz., nie zdają one egzaminu. Brakuje natomiast

przemysłanych płytek PCB do poznawania podstaw i tajników elektroniki, czegoś w rodzaju „oślej łączki” z najprostszymi układami radiowymi.

Aby wypełnić tę lukę, przedstawiamy odbiornik początkującego nasłuchowca, konstrukcję dydaktyczną, którą można traktować jako doskonałe poletko doświadczalne.

Chociaż zadowalające rezultaty można osiągnąć w odbiorniku z bezpośrednią przemianą częstotliwości, to jednak wybranie klasycznego układu z pośrednią przemianą częstotliwości, czyli z użyciem filtra kwarcowego, zapewni lepszą selektywność odbioru SSB/CW.

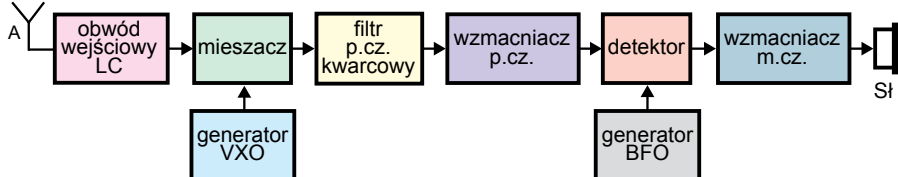
Opisany poniżej układ różni się od wszystkich aktualnie dostępnych rozwiązań, ponieważ został uproszczony do minimum, w tym z użyciem jednego typu popularnych tranzystorów (9xBC547). Jest przeznaczony do odbioru na słuchawki jednego wycinka pasma amatorskie-

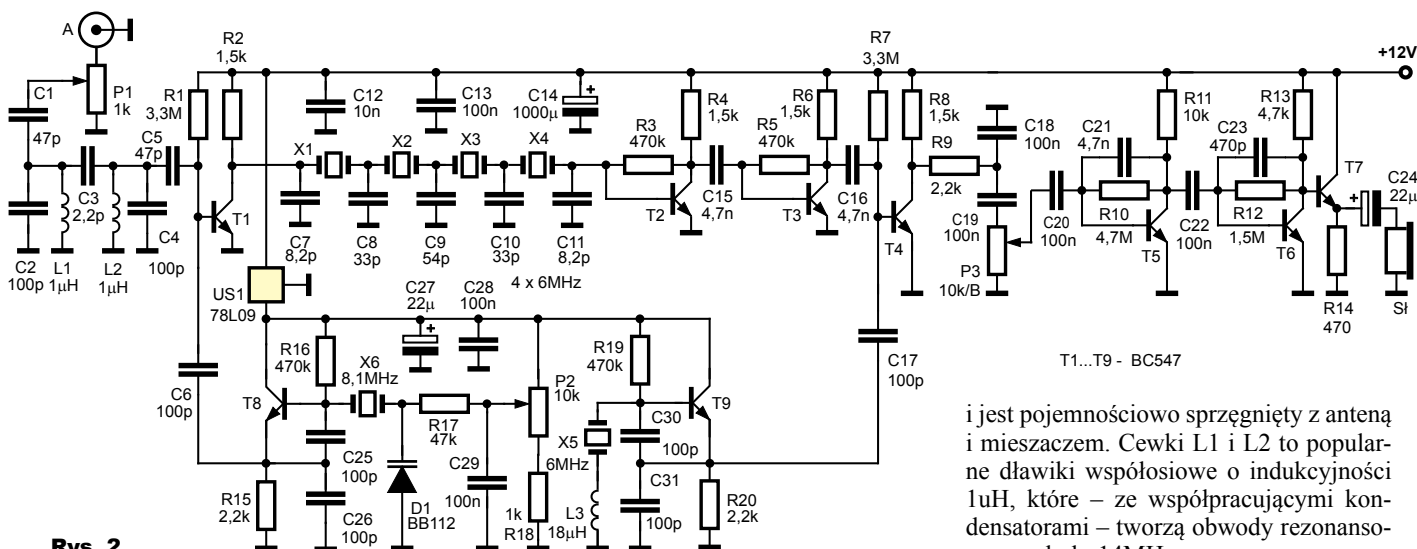
go 14MHz (w zależności od wymagań i posiadanych podzespołów zakres można zmienić na inne pasma).

Wydawać by się mogło, że w takim najprostszym rozwiązaniu i przy niewielkim nakładzie kosztów nie jest możliwe osiągnięcie dobrych parametrów odbiorczych. Jednak wykonane modele, także na niższe pasma (40 i 80m), potwierdzają pełną przydatność układu dla początkującego nasłuchowca. Udało się uzyskać zupełnie przyzwoity odbiór z przeciętną anteną, przy czym efekt końcowy (parametry) zależą w dużej mierze od wykonawcy konstrukcji i jego możliwości w doborze elementów, w tym rezonatorów, o czym będzie mowa w dalszej części.

Jak to działa

Schemat blokowy odbiornika analogowego, wyjaśniający zasadę działania, pokazano na **rysunku 1**.





Rys. 2

Układ pracuje w klasycznym rozwiązaniu z pojedynczą przemianą częstotliwości (superheterodyna) i warto w tym miejscu przypomnieć najważniejsze jej właściwości.

Cechą charakterystyczną odbiornika superheterodynowego jest zastosowanie przemiany częstotliwości odbieranego sygnału z częstotliwości wejściowej (wysokiej) na częstotliwość pośrednią, różną od wejściowej. Na częstotliwości pośredniej sygnał jest filtrowany i wzmacniany, a następnie poddawany demodulacji. Niezbędne do uzyskania wysokiej czułości duże wzmocnienie całkowite jest tu rozłożone na trzy częstotliwości: wejściową, pośrednią i niską.

Przemiana częstotliwości odbywa się za pomocą mieszacza, do którego doprowadzony jest sygnał z generatora lokalnego (heterodyny). Jeśli do wejścia mieszacza doprowadzony jest sygnał wejściowy o częstotliwości f_{we} , a sygnał generatora ma częstotliwość f_g , to w wyniku mieszania otrzymuje się na wyjściu sygnały:

- sumacyjny: $f_{p.c.1} = f_{we} + f_g$
- różnicowy: $f_{p.c.2} = f_{we} - f_g$

Tylko jeden z tych sygnałów jest użyteczny, wybrany w filtrze p.c.

Częstotliwość heterodyny jest dobierana zwykle tak, aby częstotliwość pośrednia była stała, co pozwala zastosować w torze p.c. filtry pasmowoprzepustowe, przenoszące tylko tę częstotliwość. Dzięki temu można uzyskać znacznie lepszą czułość i selektywność, a poprzez wymianę filtra – kształtować charakterystykę przeniesienia toru p.c. w zależności od odbieranej emisji. Pewna swoboda wyboru częstotliwości pośredniej umożliwia realizację filtra o żądanej szerokości pasma. Dobierając częstotliwość pośrednią, należy dążyć do spełnienia kilku warunków. Przede wszystkim czę-

stotliwość pośrednia musi znajdować się poza zakresem częstotliwości odbieranych i powinna być taka, aby sygnał można było łatwo filtrować, wzmacniać i demodulować. Nie powinna być zbyt wysoka, ale dostatecznie wysoka, aby dało się uzyskać dobre tłumienie częstotliwości lustrzanych.

Przy wyborze częstotliwości pośredniej decydująca może być dostępność odpowiednich filtrów. Ponieważ w naszym przypadku będziemy dążyli do zastosowania w układzie przestrajonego generatora VXO rezonatora ceramicznego (lepszą stabilność niż obwodu LC), musimy uwzględnić także dostępność rezonatorów na potrzebną częstotliwość pracy.

Schemat ideowy urządzenia jest przedstawiony na rysunku 2. Już na pierwszy rzut oka widać zastosowane „skrótowe”, które wbrew pozorom, niejednokrotnie kosztują więcej wysiłku inżynierskiego (pomysł i optymalizacja) niż duże, szablonowe „gotowce” z użyciem drogich podzespołów.

Układ został zrealizowany na bazie popularnych i tanich podzespołów, jakie można znaleźć w szufladach wielu elektroników. Wśród półprzewodników są BC547, BB112, 78L09, a reszta to RLC i rezonatory, z możliwością użycia różnych gabarytów, nawet elementów z odzysku (wylutowanych).

Poszczególne bloki odbiornika pracują w klasycznych, wręcz szkolnych układach tranzystorowych, ograniczonych do niezbędnego minimum.

Sygnał z anteny, po przejściu przez tłumik wejściowy w.c. w postaci potencjometru P1 (szczególnie przydatny w bliskim sąsiedztwie krótkofalowca), trafia na wejściowy układ LC. Filtr ten ma postać podwójnego obwodu rezonansowego zestrojonego na środek pasma 20m

i jest pojemnościowo sprzęgnięty z anteną i mieszaczem. Cewki L1 i L2 to popularne dławiki współosiowe o indukcyjności 1uH, które – ze współpracującymi kondensatorami – tworzą obwody rezonansowe na około 14MHz.

Nie tylko ze względu na uproszczenia, ale aby ograniczyć możliwość przesterowania układu, nie występuje wzmacniacz anteny.

Mieszacz pracuje na tranzystorze T1, a jego punkt pracy na nieliniową część charakterystyki ustala rezystor R1. Obydwa sygnały wejściowe (z filtra wejściowego oraz generatora) są doprowadzane do bazy tranzystora, a wzmocniony sygnał pośredniej częstotliwości (w tym przypadku różnicowy) jest odbierany z kolektora. W generatorze VXO pracującym w układzie Colpitsa jest wykorzystany tranzystor T8. Niezbędne do wzbudzenia dodatnie sprzężenie zwrotne zapewnia dzielnik pojemnościowy C25–C26, a o częstotliwości pracy decyduje zastosowany rezonator ceramiczny X6. W układzie modelowym został użyty filtr trójkońcówkowy SFE 8,1MHz (podłączono dwie skrajne końcówki z pominięciem środkowej). Wartość 8,1MHz nie jest przypadkowa, bowiem przy użyciu w filtrze p.c. rezonatorów 6MHz uzyskuje się pasmo 14MHz.

Zmiana częstotliwości VXO odbywa się elektronicznie za pomocą diody pojemnościowej BB112 (D1), na którą jest podawane napięcie z potencjometru P2. Przy wartościach, jak na schemacie, uzyskuje się zakres zmian generatora 8190–8234kHz, co odpowiada odbieranej częstotliwości 14190–14234kHz, czyli pokrycie dolnego wycinka pasma 20m. Przy maksymalnym napięciu zasilania (9V, suwak w górnym położeniu) uzyskuje się górny zakres częstotliwości. Częstotliwość minimalna jest w dolnym położeniu suwaka (niezbędne do prawidłowej pracy diody ograniczenie od dołu zapewnia rezystor R18).

Pomimo uproszczeń i braku separatora, układ generatora pracuje wyjątkowo

stabilnie. Na stabilność ma też wpływ zasilanie: wykorzystano napięcie 9V pochodzące ze stabilizatora 78L09 (7809).

Opisany powyżej system przemiany częstotliwości z sygnałów wejściowego oraz generatora wytwarza na wyjściu mieszacza sygnał o częstotliwości pośredniej 6MHz

Następny blok, czyli filtr p.cz. pracujący w układzie drabinkowym na czterech rezonatorach 6MHz, ma szerokość około 2,4kHz przy wartości $R_2=1,5k$ i zapewnia wymaganą selektywność niezbędną do filtracji sygnałów jednowęstgowych SSB (z nieco gorszym skutkiem sygnałów telegraficznych CW).

Bezpośrednio po filtrze jest włączony dwustopniowy wzmacniacz p.cz. na tranzystorach T2, T3 z obciążeniami rezystancyjnymi w klasycznych układach OE. Rezystory R3 i R5 zapewniają liniową pracę stopnia z maksymalnym wzmocnieniem.

Kolejny stopień z tranzystorem T4, w identycznym układzie jak mieszacz, to detektor, w którym następuje demodulacja sygnału SSB lub CW. Do wytworzenia pierwotnego, czytelnego sygnału małej częstotliwości konieczny jest dodatkowy generator BFO z tranzystorem T9 (sygnał wyjściowy BFO trafia także na bazę T4).

Stopień ten pracuje w układzie podobnym do poprzedniego generatora i wytwarza sygnał o stałej częstotliwości zbliżonej do fp.cz. stabilizowanej rezonatorem X5. Częstotliwość tego generatora leży na dolnej części charakterystyki filtra kwarcowego p.cz., co jest niezbędne do odtworzenia brakującej wstęgi bocznej sygnału wejściowego USB. Niezbędne obniżenie częstotliwości rezonatora kwarcowego X5 zapewnia włączona w szereg z nim cewka L3 (18uH).

W wyniku zmieszania sygnału p.cz. z sygnałem generatora BFO uzyskuje się na wyjściu sygnał różnicowy, jako czytelny sygnał małej częstotliwości, który jest podawany przez filtr dolnoprzepustowy R9–C18 na wzmacniacz małej częstotliwości (potencjometr P3 służy do regulacji siły głosu). W torze tym jest wykorzystany podwójny stopień wzmacniacza w układzie OE z dwoma tranzystorami T5 i T6. Ograniczenie niskich tonów zapewniają kondensatory sprzęgające C20 i C22, zaś ograniczenie powyżej 3kHz kondensatory C21 i C23 w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Trzeci tranzystor T7 nie daje wzmocnienia, ponieważ pracuje w układzie OC i służy do dopasowania niskiej impedancji słuchawek.

Urządzenie jest zasilane napięciem 12V, np. z akumulatora, i jest przewidziane do współpracy z dowolnymi słuchawkami (np. od walkmana).

Montaż i uruchomienie

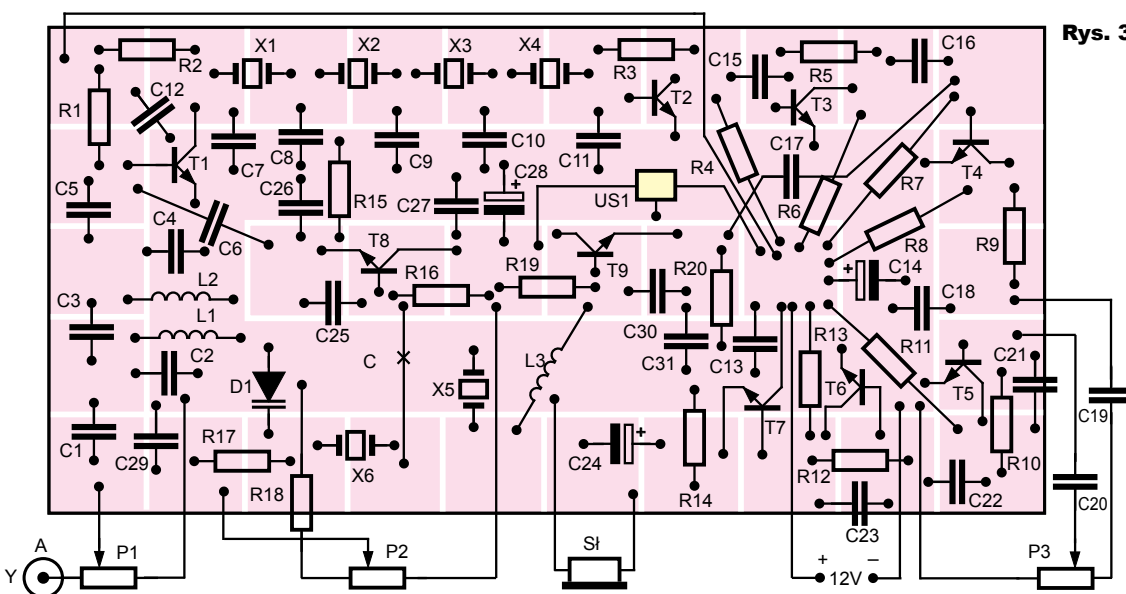
Cały układ odbiornika można zmontować na płytce drukowanej AVT o wymiarach 96x74mm bądź wykonanej własnoręcznie poprzez wyskrobanie czy wyfrezowanie wysepek – punktów lutowniczych. Taka „plackowa” PCB, jak na fotografii, daje duże pole do eksperymentów i umożliwia użycie elementów RLC o większych gabarytach. Nie zamyka też szans na zastosowanie tradycyjnego VFO czy prostego układu automatycznej regulacji wzmocnienia (pętlą ARW można objąć zasilanie tranzystorów T2/T3). Przykładowe ułożenie elementów elektronicznych na płytce pokazuje **rysunek 3**.

Najprostsze jest uruchomienie toru małej częstotliwości, który można sprawdzić, dotykając śrubokrętem bazy tranzystora T5 (powinien być słyszany głośny przydźwięk sieciowy, tak zwany „brum” 50Hz).

Maksymalne wzmocnienie wzmacniacza m.cz., które ma bardzo duży wpływ na czułość odbiornika, uzyskuje się przy takich wartościach R10 i R12, aby napięcia na kolektorach

współpracujących tranzystorów T5 i T6 były zbliżone do 6V (połowa napięcia zasilania).

Podobnie jest ze wzmacniaczem p.cz., gdzie rezystory R3 i R5 ustalają połowę napięcia na kolektorach T2, T3. Z kolei w generatorach rezystory R16 i R19 ustalają napięcie zbliżone do 4V odpowiednio na emiterach T8 i T9. Jeżeli napięcie na kolektorze



Rys. 3

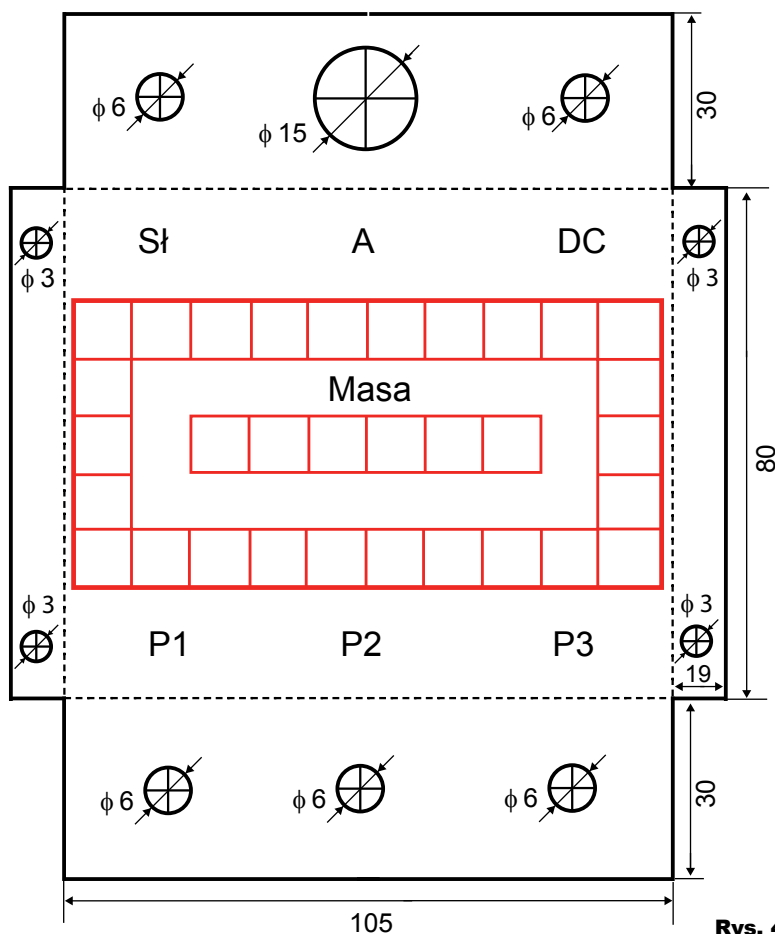
R E K L A M A

T5 i T6 będzie niższe niż 6V, należy zwiększyć wartość rezystora w bazie (zmniejszyć przy wyższym napięciu). Z kolei w przypadku T8 i T9 należy postępować odwrotnie (przy napięciu na emiterze większym niż 4V, należy zwiększyć wartość rezystora w bazie odpowiedniego tranzystora).

Do poprawnego zestrojenia układu generatora nie jest niezbędny miernik częstotliwości, ale jeśli go mamy, warto skontrolować częstotliwość pracy generatorów. Na początku wskazane jest sprawdzenie rezonatorów kwarcowych 6MHz pod kątem odchyłek częstotliwości i można tego dokonać w układzie generatora z tranzystorem T9. Wyjście C17 należy dołączyć do miernika i wtedy będzie łatwo wybrać z większej ilości dostępnych rezonatorów te, które mają najmniejszą różnicę (z odchyłką nie gorszą niż 100Hz). Rezonator o najniższej częstotliwości można przewidzieć jako X5 (pilot). Gdyby udało się znaleźć jeden rezonator o częstotliwości niższej o około 1kHz od pozostałych czterech w filtrze, można wtedy zrezygnować z cewki L3.

W sieci są dostępne programy komputerowe do wyliczania wartości elementów filtrów drabinkowych z użyciem jednakowej wartości rezonatorów w zależności od częstotliwości, szerokości pasma i impedancji zamykających. Dzięki temu można poeksperymentować z innymi rezonatorami.

Jak już wspomniano, wybór częstotliwości pośredniej 6MHz wynikał głównie z przyjętego planu przemiany i dostępności filtru ceramicznego SFE 8,1MHz.



Rys. 4

Warto wiedzieć, że także w sieci handlowej AVT są dostępne zbliżone wartości takich trzykońcówkowych elementów.

Podczas prób z SFE 8,28MHz na wyjściu VXO uzyskano sygnał w zakresie 8347–8409kHz, a przy SFE 7,92MHz 8005–8050kHz. Łatwo zauważyć, że przy użyciu pierwszego elementu rezonato-

ry w filtrze powinny mieć wartość niższą niż 6MHz (np. 5,9MHz), a w drugim wyższą, np. 6,2MHz.

Czytelnicy zainteresowani odbiorem pasma 80m mogą zastosować w filtrze p.cz. rezonatory 4,194MHz, ale wtedy należy zwiększyć wartość rezystora R2 w kolektorze mieszacza do wartości 2,2k (kondensatory C7–C11 bez zmian). W VXO najlepiej byłoby zastosować rezonator dwukońcówkowy 8MHz. Podczas prób zapewniał on zmiany VXO w zakresie 7884–7994kHz, co przekładało się na zakres pracy 3690–3800kHz. Uzyskano dobre pokrycie części fonicznej pasma 80m, ale pojawił się „ptaszek” (bez anteny słychać pisk w jednym miejscu zakresu).

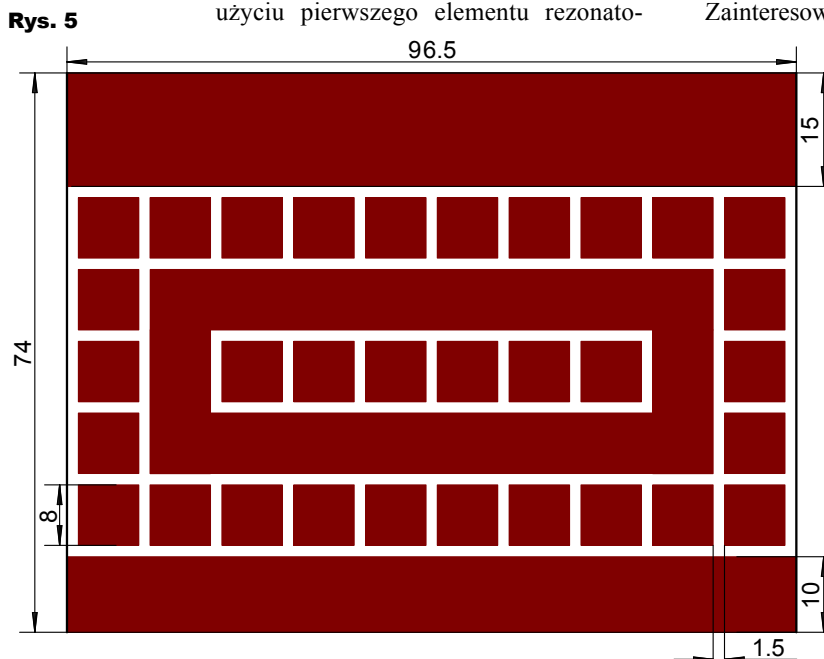
Podobne były wyniki testów z rezonatorami 4,096MHz w filtrze drabinkowym oraz SFE 7,74MHz w VXO. Do poprawnego odbioru wstęgi LSB wartość dławika L3 należało zwiększyć do 26uH. Inne były też wartości w filtrze wejściowym LC. W zasadzie wystarczyło wymienić L1 i L2 na 10uH, a C2 i C4 na 180pF.

Interesujący zakres przestrajania był z użyciem SFE 6,5MHz i p.cz. 3MHz. VXO dawało zakres 6622–6785kHz, czyli zakres pasma 80m 3662–3785kHz.

Zainteresowani odbiorem pasma 40m

mogą użyć w filtrze p.cz. rezonatorów 12MHz oraz R2 620 omów (kondensatory bez zmian). Jako X6 był użyty rezonator dwukońcówkowy 4,9MHz, który na wyjściu VXO zapewniał sygnał w zakresie 4849–4910kHz (pokrycie pasma 7090–7151kHz). Zamiast L3 był użyty kondensator (trymer 4–24pF) podwyższający wartość 4,9MHz o około 1kHz do poprawnego odbioru emisji LSB.

Przy zastosowaniu p.cz. 4,194MHz i użyciu w filtrze rezonatora ceramicznego 3MHz też uzyskano odbiór pasma



Rys. 5

40m, ale w ograniczonym zakresie 7154–7190kHz (w myśl zasady – im mniejsza wartość rezonatora, tym mniejszy zakres przestrajania). Inne wartości były też w filtrze wejściowym 40m; zostały wymienione wartości L1 i L2 na 4,7uH (C2 i C4 pozostały po 100pF).

Niewielkie zwiększenie częstotliwości VXO można uzyskać włączając dobrany kondensator w szereg z rezonatorem X6 (zamiast mostka oznaczonego literą C na rysunku 3). Wskazane są też eksperymenty z kondensatorem sprzęgającym C3, bowiem jego wartość nie powinna być zawyżana. W wielu przypadkach jest on zbędny, szczególnie przy maksymalnym zbliżeniu do siebie cewek L1–L2.

Można też spróbować eksperymentów z innymi pasmami HF i odbiorem AM (wymagane niewielkie zmiany w układzie detektora T4 i wyłączenie BFO z tranzystorem T8). Odbiór zakresu pasma CB (w tym w okolicy kanału drogowego 27,180MHz) powinien zapewnić dwukwarcowy filtr p.cz. z rezonatorami 22,118MHz i rezonator ceramiczny X6 o wartości 5MHz w obwodzie generatora VXO z tranzystorem T8. Oczywiście obwód wejściowy powinien być dostro-

Wykaz elementów

T1-T9	.....BC547 (2N3904 lub podobne tranzystory)
US1	.....78L09 (może być stabilizator 7809)
D1	.....BB112 (dioda pojemnościowa)
R1,R7	.....3,3MΩ
R2,R4,R6,R8	.....1,5kΩ
R3,R5,R16,R19	.....470kΩ
R9,R15,R20	.....2,2kΩ
R10	.....4,7MΩ
R11	.....10kΩ
R12	.....1,5MΩ
R13	.....4,7kΩ
R14	.....470Ω
R17	.....47kΩ
R18	.....1kΩ
P1	.....1k/A (potencjometr obrotowy)
P2	.....10k/A (potencjometr obrotowy)
P3	.....10k/B (potencjometr obrotowy)

C1,C5	.....47pF
C2,C4,C6,C17,C25,C26,C30,C31	.....100pF
C3	.....2,2pF
C7,C11	.....8,2pF
C8,C10	.....33pF
C9	.....54pF
C12	.....10nF
C13,C18,C19,C20,C22,C28	.....100nF
C14	.....1000uF/16V
C15,C16,C21	.....4,7nF
C23	.....470pF
C24,C27	.....22uF/16V
L1,L2	.....1uH (dławiki współosiowe)
L3	.....18uH (dławik współosiowy)
X1-X5	.....6MHz (rezonatory kwarcowe)
X6	.....SFE 8,1MHz (rezonator ceramiczny)

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3110.

jony do pasma 27MHz (C2 i C4 po 33pF, a C1 i C5 po 10pF).

W każdym przypadku najlepiej jest dostroić filtr antenowy na maksimum sygnału wejściowego po dodaniu do kondensatorów stałych C2 i C4 trymerów (potem można zastąpić kondensatorem stałym o wypadkowej wartości).

Jeżeli uda się uzyskać zadowalający odbiór stacji amatorskich, warto poeksperymentować i zoptymalizować szumy i niepożądane sygnały własne układu. W tym celu trzeba dobierać poziomy sygnałów z generatorów poprzez korektę wartości kondensatorów C6 oraz C17 (z reguły będzie konieczne zmniejszenie podanych wartości). Na samym końcu można spróbować wymienić tranzystory na inne typy ze szczególnym zwróceniem uwagi, aby pierwszy tranzystor wzmacniacza m.cz. (T5) miał jak najmniejsze szumy. W przypadku podwzbudzenia się wzmacniacza m.cz. można zwiększyć wartość kondensatora C23 (w wielu przypadkach może być pominięty, podobnie jak C21) bądź dodać dodatko-

wy kondensator rzędu 10–47nF blokujący kolektor jednego z tranzystorów T4–T6.

Powyżej podane są tylko niektóre możliwe zmiany i z pewnością Czytelnicy dokonają kolejnych usprawnień w zależności od potrzeby i możliwości twórczych.

Na zakończenie należy dodać, że ważnym elementem, o który także należy zadbać, jest obudowa naszego odbiornika (najlepiej, aby była metalowa, odpowiednio większa od płytki drukowanej).

Jak widać na zdjęciu, w urządzeniu modelowym była użyta obudowa własnoręczna wygięta z blachy wg **rysunku 4**, ale można użyć gotowej metalowej, ostatecznie plastikowej. W każdym razie z przodu powinny być zamocowane potencjometry, a z tyłu gniazda.

O konieczności podłączenia anteny chyba nie trzeba przypominać.

Na pasmo 20m można użyć dipola 2x10m zasilanego kablem koncentrycznym, a w najprostszym wersji – kawałka drutu o długości co najmniej 10m.

Na **rysunku 5** pokazany jest wzór płytki drukowanej AVT-3110.

Ze względu na brak wzmacniacza w.cz. układ jest dość odporny na przesterowania, a o wzmacnieniu decyduje tor p.cz. i m.cz. Wypadkowa czułość nie jest najgorsza, ale sygnały słychać w zależności od propagacji. Ważne jest, w jakich godzinach słuchamy. Trzeba pamiętać, że pasmo amatorskie 20m nadaje się do radiowych łączności zagranicznych DX i jest szczególnie aktywne podczas zawodów międzynarodowych (kalendarz zawodów znajduje się między innymi w każdym numerze miesięcznika „Świat Radio”).

Udanych eksperymentów i wielu DX-ów!

Janeczek

R E K L A M A