

Transceivery SSB

część 1

Większość Czytelników EdW wie, że transceivery to podstawowe urządzenia nadawczo-odbiorcze. Są wykorzystywane zarówno przez profesjonalistów jak i amatorów – krótkofalowców. Choć cieszą się od lat rosnącym zainteresowaniem i wprawdzie w kraju nie są produkowane to na rynku obserwujemy stale rosnący asortyment importowanych transceiverów zarówno KF jak i UKF wielu firm takich jak Kenwood, Yaesu, Icom, Alinco... Urządzenia takie z roku na rok są coraz doskonalsze, ale zarazem bardziej złożone i wyposażone w najnowocześniejsze półprzewodniki, w tym mikroprocesory i wyświetlacze. Niestety ceny takich wielopasmowych transceiverów przekraczają często 1000 USD. Nadal obserwuje się brak tanich urządzeń jednopasmowych mogących być wykorzystanych zarówno dla stawiających pierwsze kroki na pasmie czy dla tych o mniej zamożnej kieszeni. Nie bez znaczenia są również różne wyjazdy wakacyjne, gdzie proste urządzenia tak zwane QRP o niewielkich wymiarach i ekonomicznym zasilaniu mogą być bardzo atrakcyjne.

Niestety amatorskie konstruowanie transceiverów, które dorównywałyby parametrom renomowanych firm zatrudniających wielu doświadczonych specjalistów elektroników, mechaników czy infor-

matyków wyposażonych w specjalistyczną aparaturę kontrolno-pomiarową jest coraz bardziej nierealne. Wielu krótkofalowców to zrozumiało i choć nawet byliby zdolni wykonać sami urządzenie to także ze względów czasowych poszukują tańszych urządzeń fabrycznych, często używanych. Nic więc dziwnego, że również w specjalistycznej zagranicznej prasie jest coraz mniej opisów budowy takich urządzeń.

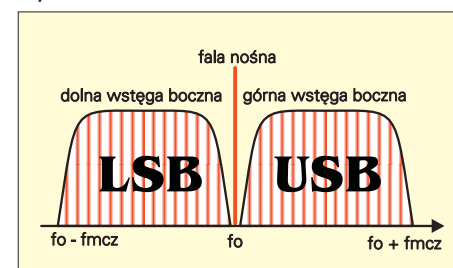
Z rozmów prowadzonych w polskim środowisku krótkofalarskim oraz z ankiet ogłaszanych w miesięczniku Świat Radio wiadomo, że są Czytelnicy, którzy nie tylko ze względów finansowych ale i w dużym stopniu z zamiłowania do elektroniki i satysfakcji łączności na własnoręcznych konstrukcjach krótkofalarskich od lat czekają na opis prostego układu i dobrego transceivera KF. Jednak prostota układu przeważnie jest kompromisem pomiędzy ilością zastosowanych podzespołów w tym powszechnie nie lubianych cevek a osiąganymi parametrami. Przedstawiony w drugiej części artykułu opis wykonania prostego urządzenia nadawczo-odbiorczego jest kontynuacją wersji minitransceivera Bartek zaprojektowanego i wykonanego po raz pierwszy przez autora około 20 lat temu.

Zanim jednak przejdziemy do praktycznych układów musimy przedstawić podstawowe wiadomości o technice jednowstęgowej SSB, chociażby z tego względu, że temat ten nie był jeszcze poruszany na łamach EdW, a w chwili obecnej tradycyjna modulacja amplitudy, którą posługują się rozgłośnie radiowe na falach długich, średnich oraz krótkich jest jeszcze wykorzystywana w zasadzie tylko w lotnictwie. SSB jest od lat już standardem w radiokomunikacji profesjonalnej (m.in. w wojsku oraz na morzu) a także w radiokomunikacji amatorskiej.

Jak wiadomo w emisji AM wyróżnia się falę nośną oraz dwie wstęgi boczne ulokowane po obydwu stronach nośnej (rysunek 1).

Przy założeniu że mamy 100% głębokość modulacji, to zawsze połowa mocy

Rys. 1.





emitowanej przez nadajnik przypadnie na falę nośną, a następnie druga połowa rozłoży się na wstęgi (25% na jedną wstęgę). Łatwo zauważyć, że fala nośna jest zbyteczna ponieważ nie przenosi informacji jako takiej. O wiele korzystniejsza z takiego ekonomicznego punktu widzenia jest modulacja DSB, która polega na wycięciu lub zredukowaniu fali nośnej. Minitransceiver DSB był już przedstawiony na łamach EdW jako kit AVT.

Trzeba pamiętać, że emisja DSB choć korzystniejsza od AM, nie może być prawidłowo odbierana bez zniekształceń na zwykłym odbiorniku radiofonicznym. Jak łatwo zauważyć do przeniesienia informacji wystarczy tylko jedna ze wstęg bocznych, celowo więc skonstruowano układy na pozbycie się jeszcze jednej ze wstęg bocznych. W ten sposób powstała emisja SSB która zawiera tylko wstęgę boczną dolną – LSB, lub górną – USB. Ponadto wykazano, że poprzez ograniczenie jednej ze wstęg bocznych o około 30...50dB uzyskuje się następujące korzyści w stosunku do emisji AM:

- cała moc nadajnika zostaje zużyta na wypromieniowanie jednej wstęgi bocznej
- moc wypromieniowana przez nadajnik (pobierana przez zasilacz) odbywa się tylko w chwili modulacji, a więc mniejszy, lżejszy zasilacz i sam nadajnik
- mniejsza szerokość pasma zajmowana przez sygnał SSB, co umożliwi pracę większej ilości stacji w danym wycinku pasma
- mniejsza moc sygnałów harmonicznym i niepożądanych wysyłanych przez nadajnik (wynika to z istoty uzyskiwania sygnału SSB)
- mniejsze szумы własne odbiornika wynikające z faktu dwukrotnego zawężenia pasma odbieranego (im węższe pasmo, tym mniejsze szумы)
- brak interferencji pomiędzy sygnałami (brak fali nośnej), co umożliwi na ustawienie sygnałów SSB w bliskim sąsiedztwie.

Niestety zalety emisji SSB okupione są większą komplikacją urządzeń tak nadawczych jak i odbiorczych.

W nadajniku układ formowania sygnału SSB musi odpowiadać następującym kryteriom:

- sygnał wyjściowy musi mieć wytłumioną falę nośną oraz jedną wstęgę boczną (LSB lub USB)
- wymagana jest bardzo dobra stabilność częstotliwości sygnału wyjściowego, która jest warunkiem poprawnego odbioru SSB (przy niezgodności

częstotliwości nadawania i odbioru występują znaczne zniekształcenia pogarszające zrozumiałość)

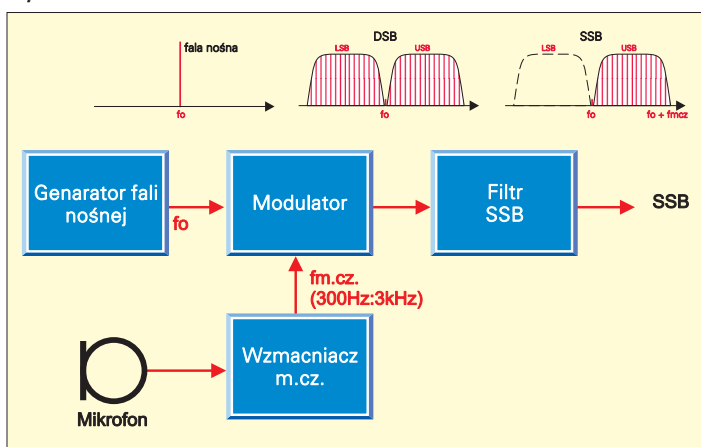
- zawężenie pasma akustycznego do przedziału 300...3000Hz
- liniowa praca wzmacniacza SSB (już raz uformowany sygnał SSB jedynie można mieszać w celu uzyskania potrzebnej częstotliwości wyjściowej a następnie wzmacniać w układach liniowych (klasa A lub AB), czyli takich, gdzie zmiana amplitudy sygnału wyjściowego jest proporcjonalna do zmiany amplitudy sygnału wejściowego. Nie można stosować powielaczy częstotliwości i wzmacniaczy klasy C.

W początkowym okresie rozwoju SSB wykorzystywano metodę fazową uzyskiwania sygnału jednowstęgowego. Polegała ona na tym, że stosowano dwa modulatory do których doprowadzano przesunięte w fazie sygnały z generatora w.cz. oraz ze wzmacniacza mikrofonowego. Po zmieszaniu w mieszaczu iloczynowym odpowiednio przygotowanych sygnałów uzyskiwało się dodawanie składowych pożądaną wstęgę boczną przy równoczesnym zniesieniu niepożądaną wstęgę boczną. Metoda ta choć stosowana jeszcze dzisiaj okazała się dosyć trudna w praktyce, ponieważ wymaga stosowania szerokopasmowych przesuwników fazowych.

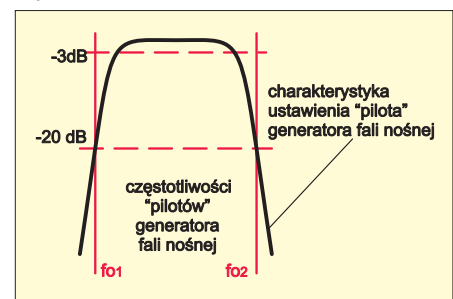
Nie bez powodu obecnie w sprzęcie profesjonalnym, a także amatorskim, stosuje się przeważnie filtrową metodę uzyskiwania sygnału SSB.

Uproszczony schemat blokowy filtrowej wzbudnicy SSB przedstawiono na **rysunku 2**. Do modulatora iloczynowego doprowadza się sygnał fali nośnej (częstotliwość kilka MHz) oraz sygnał m.cz. ze wzmacniacza mikrofonowego 300...3000Hz. W modulatorze następuje modulacja amplitudy oraz stłumienie fali nośnej ponad 40dB (100 razy). Na wyjściu modulatora uzyskuje się sygnał z dwiema wstęgami bocznymi oraz z wytłumioną nośną (DSB). Podanie takiego sygnału na specjalny filtr o szerokości pasma przenoszenia około 2,5kHz i ostrych zboczach pozwala na wycięcie niepożądaną wstęgę boczną. Wybór pozostawionej wstęgi bocznej zależy od

Rys. 2.



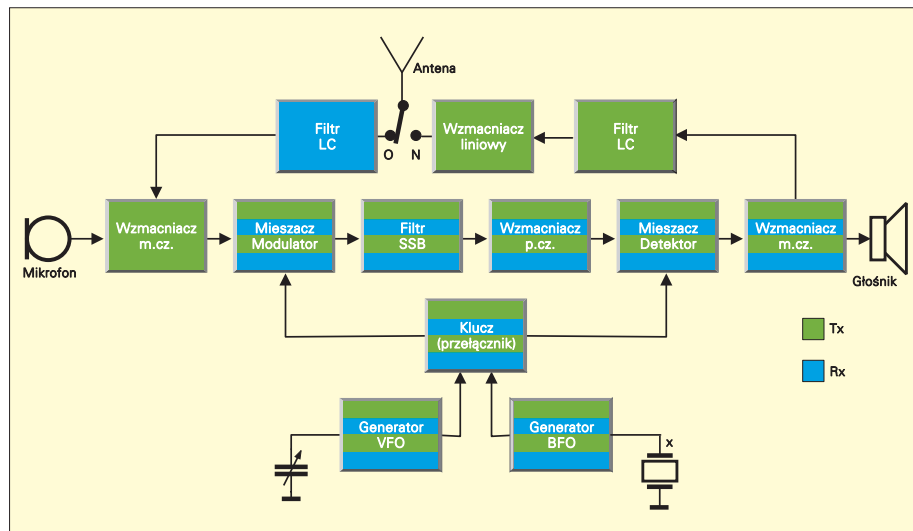
Rys. 3.



ustawienia charakterystyki filtru w stosunku do częstotliwości fali nośnej. Łatwo zauważyć, że identyczny efekt uzyska się zarówno z jednym filtrem o symetrycznych zboczach przy zmianie częstotliwości generatora fali nośnej, jak i z jedną częstotliwością nośną i dwoma przełączanymi filtrami (jeden na górną, a drugi na dolną wstęgę boczną). Najczęściej stosowany jest pierwszy sposób (bardziej ekonomiczny), drugi zaś, droższy, stosowany m.in. w sprzęcie wojskowym, ma tę zaletę, że jedna częstotliwość nośna (np. 500kHz) może pochodzić z generatora wzorcowego wykorzystywanego w układzie syntezy częstotliwości PLL. W pierwszym przypadku stosowane są z reguły filtry kwarcowe, np. 9MHz, a w drugim elektromechaniczne o częstotliwości 200 czy 500kHz. Ich szerokość pasma przenoszenia wynosi zwykle 2,2kHz (na poziomie -3dB) a tłumienie pozapasmowe przekracza 50dB. Miejsce ustawienia pilota na charakterystyce zastosowanego filtru SSB pokazano na rysunku 3.

Właściwą częstotliwość wyjściową uzyskuje się poprzez zmieszanie uformowanego sygnału SSB na wyjściu mieszacza. O tym, czy będzie to częstotliwość sumacyjna czy różnicowa, decydują wyjściowe obwody rezonansowe. Warto zwrócić uwagę, że tylko przy mieszaniu sumacyjnym zostaje zachowana wstęga sygnału wejściowego SSB. Przy mieszaniu różnicowym, kiedy od częstotliwości generatora odejmuje się częstotliwość SSB, wstęga ulega odwróceniu (z dolnej na górną i odwrotnie). Jest to ważne, ponieważ w radiokomunikacji przyjęto, że do 10MHz stosuje się dolną wstęgę boczną, zaś powyżej 10MHz – górną.

W odbiorniku SSB zachodzą odwrotne procesy niż w nadajniku. Główną różnicą w stosunku do tradycyjnego odbiornika AM w odbiorniku SSB (jak i DSB)



Rys. 4.

jest detektor iloczynowy z dodatkowym generatorem, tak zwanym BFO. Częstotliwość tego pomocniczego generatora musi być ustawiona na zboczu charakterystyki pasma pośredniej częstotliwości. Chodzi tutaj o odtworzenie drugiej, brakującej wstęgi bocznej i dopiero potem poddaniu sygnału demodulacji amplitudy. Wyjściowy sygnał małej częstotliwości, jako różnica częstotliwości pośredniej i częstotliwości BFO lub odwrotnie, jest już normalnym czytelnym sygnałem, takim, jaki został doprowadzony do wzmacniacza mikrofonowego nadajnika SSB.

Niektóre bloki podczas pracy emisją SSB mogą być wykorzystywane dwukrotnie (zarówno podczas nadawania jak i odbioru mogą pracować te same bloki). W takim zestawie nadawczo-odbiorczym zwanym transceiverem, wykorzystuje się z reguły dwukrotnie następujące układy:

- filtr kwarcowy (przy nadawaniu do wycinania zbędnej wstęgi bocznej a przy odbiorze do zapewnienia odpowiedniej selektywności odbiornika)
- generator fali nośnej (przy nadawaniu do formowania sygnału DSB, zaś przy

odbiorze jako dodatkowy generator detektora iloczynowego tzw. BFO)

- generator VFO (podczas nadawania do uzyskania właściwej częstotliwości wyjściowej, natomiast podczas odbioru do uzyskania odpowiedniej częstotliwości pośredniej)

W niektórych rozwiązaniach wykorzystuje się mieszacze jako modulatory oraz wzmacniacze akustyczne odbiornika jako wzmacniacze mikrofonowe. Spotyka się również układy wykorzystujące wspólnie nawet 90% układów, ale jest to w pewnym stopniu rozwiązanie kompromisowe, bo np. wzmacniacz sygnału nadajnika co prawda może zostać wykorzystany jako wzmacniacz odbiornika, ale należy liczyć się ze znacznymi szumami własnymi.

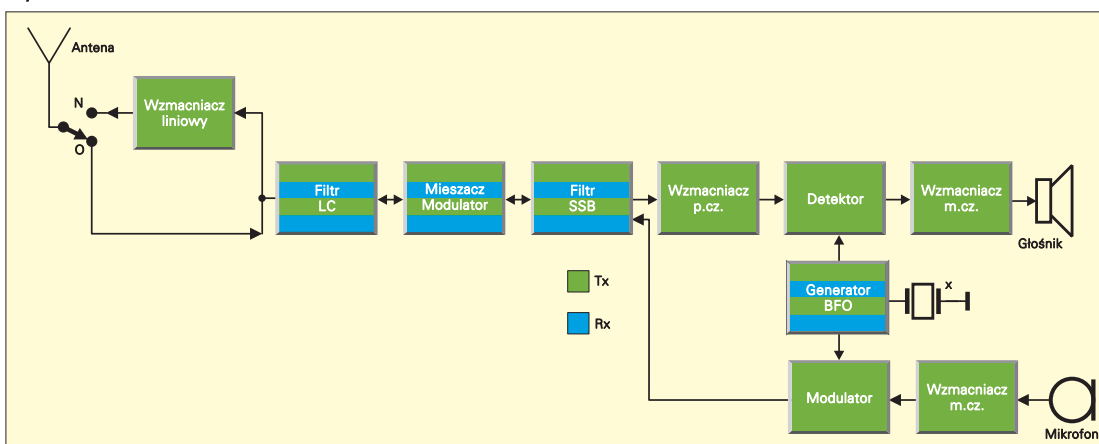
Analizując rozwiązania na przestrzeni prawie dwudziestu lat, od kiedy SSB zaczęła być na dobre stosowana wśród amatorów, daje się zauważyć trzy koncepcje budowy transceiverów:

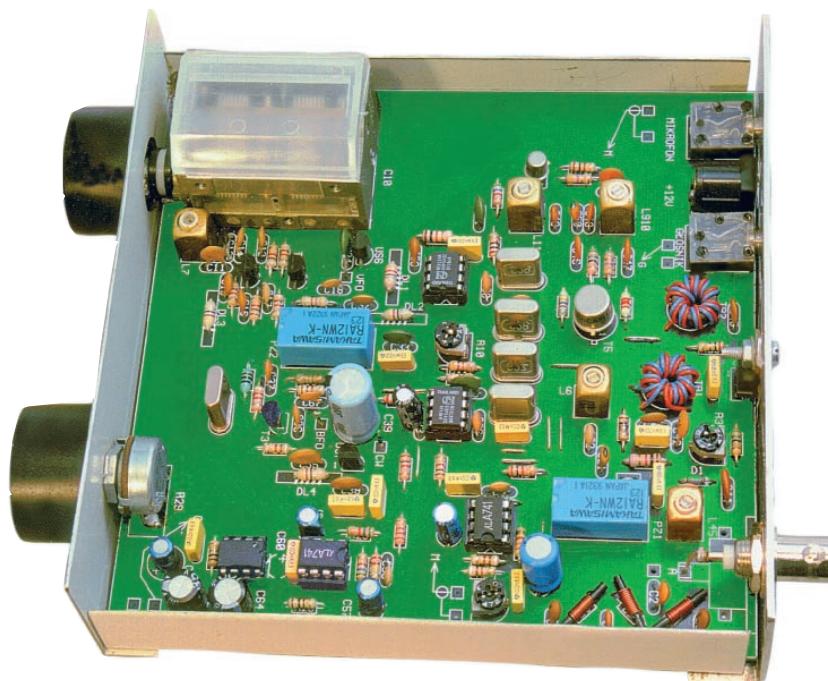
- koncepcja w/g firmy ATLAS (rysunek 4)
- koncepcja według firmy PLESSEY (rysunek 5)
- koncepcja mieszana (według indywidualnych pomysłów autorów, łącząca obydwie w/w rozwiązania)

Za miesiąc przedstawimy praktyczne rozwiązanie minitransceivera SSB na pasmo 80m wykonane na dostępnych nowoczesnych podzespołach. Do tego czasu warto wykonać antenę, choćby najprostszy dipol na pasmo 80m. Stosowny artykuł niedawno ukazał się w EdW.

Andrzej Janeczek

Rys. 5.





Transceivery SSB

część 2

W poprzednim numerze zostało już wyjaśnione, co to jest transceiver, a także, przy okazji, przedstawiono niezbędne wiadomości o technice jednowstępowej SSB.

Dla tych, którzy nie czytali tego numeru EdW i nie mieli do czynienia z transceiverami SSB należy podać, że będzie mowa o urządzeniu nadawczo-odbiorczym, przy pomocy którego można z wykorzystaniem fal radiowych prowadzić łączności techniką jednowstęgową w podstawowym pasmie amatorskim fal krótkich.

Warto wiedzieć, że choć w kraju nie produkuje się takich urządzeń masowo, to są one do nabycia (zarówno na pasmo KF jak i UKF) w wielu firmach zajmujących się sprowadzaniem sprzętu radiokomunikacyjnego. Do najbardziej znanych producentów takiego sprzętu, którzy co roku starają się wypuszczać na rynek nowy model (nieraz kilka), należą firmy japońskie: Kenwood, Yaesu, Icom, Alinco. Urządzenia te są niestety bardzo skomplikowane i nie tanie.

Wszystkim, którym zależy na uruchomieniu się w popularnym pasmie 80m emisją jednowstęgową, z niewielką mocą, na własnoręcznie wykonanym, prostym urządzeniu - z przyjemnością polecamy układ opisany poniżej. Sądzimy należy, że za konstruowanie tego urządzenia wezmą się zarówno młodzi radioamatorzy jak i ci, którzy mają już sprzęt większej mocy, a chcieliby mieć urządzenie niewielkich wymiarów, takie, aby można było popracować np. podczas urlopu czy wakacji.

Jeszcze jedno, bodaj najważniejsze (dla mniej wtajemniczonych): używanie takich

urządzeń, pomimo że charakteryzują się one niewielką mocą, musi być poprzedzone uzyskaniem licencji krótkofalarskiej kategorii I. Z tego względu na początku polecamy wykonać układ ograniczony do części odbiorczej, a dopiero po osłuchaniu się na pasmie i zdobyciu licencji - uzupełnienie elementów wchodzących w skład części nadawczej. Niezbędne informacje na temat zasad składania egzaminów na uprawnienia operatorskie - ABC początkującego krótkofalowca - zostały zamieszczone m.in. w miesięczniku Świat Radio 3/98.

Jeżeli jednak ktoś będzie chciał wypróbować stronę nadawczą urządzenia nie mając jeszcze do tego uprawnień - może to uczynić pod okiem doświadczonego krótkofalowca w jakimś klubie łączności, oczywiście wyposażonym w antenę na pasmo 80m.

Opis układu

Przedstawiony w tej części artykułu opis wykonania minitransceivera o nazwie Antek jest kontynuacją wersji minitransceivera Bartek zaprojektowanej i wykonanej po raz pierwszy przez autora około 20 lat temu.

Przystępując do projektowania transceivera autor postawił sobie zadanie, aby wykonać bardzo proste urządzenie nadawczo-odbiorcze niewielkich wymiarów z wykorzystaniem dostępnych elementów, minimalizując liczbę nawijanych cewek oraz eliminując stosowania drogiego filtra kwarcowego SSB.

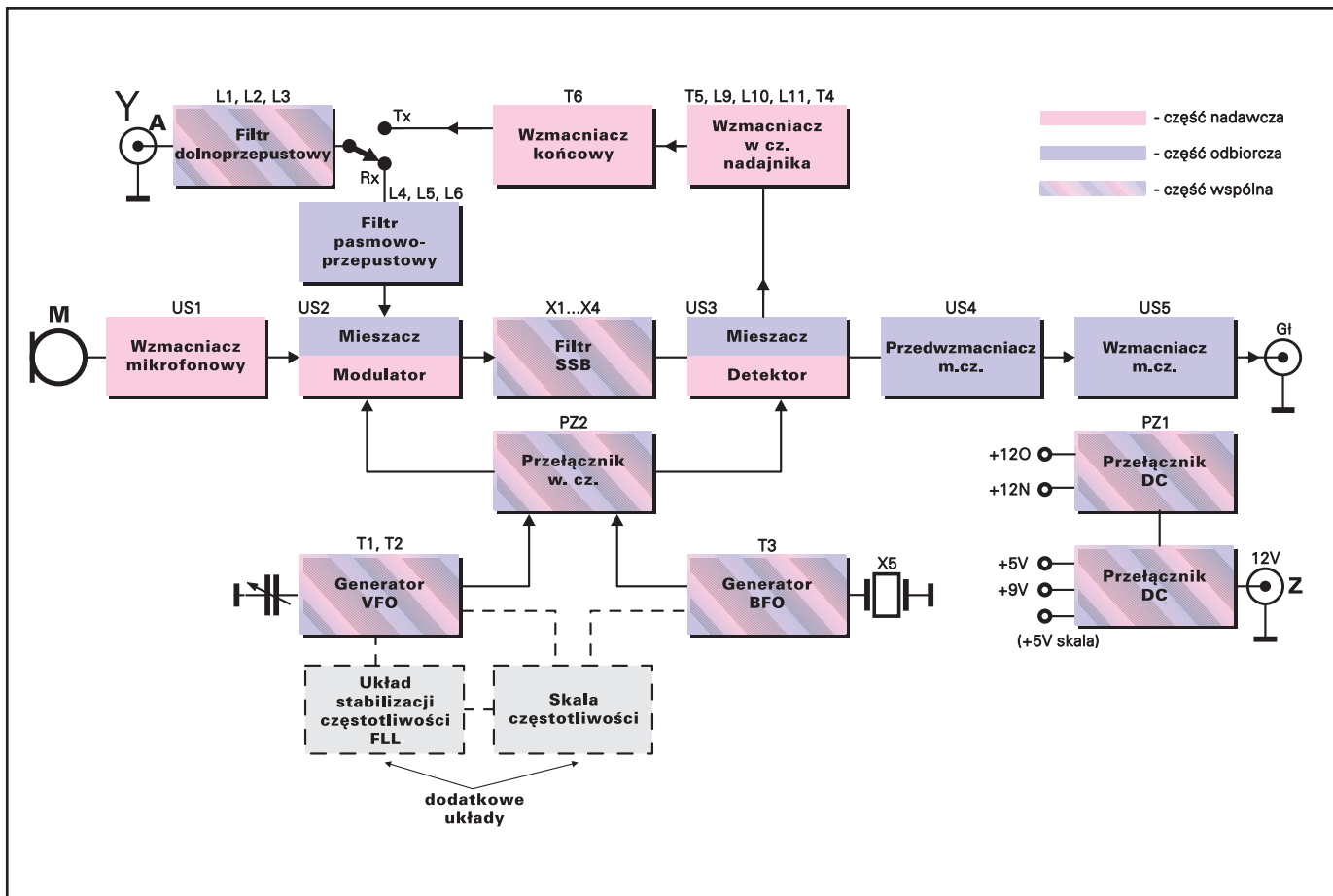
Chodziło autorowi o uzyskanie prostego transceivera SSB w zakresie częstotliwości 3,5...3,8MHz o parametrach zbliżonych do wspomnianego Bartka.

Schemat blokowy urządzenia przedstawiono na rysunku 1. Widać tutaj duże podobieństwo do przedstawionej miesiąc temu struktury transceivera Atlas czy do opisywanego w Radioelektroniku 4-5/82 minitransceivera Bartek.

Podstawowa różnica w stosunku do tamtych układów polega na zastosowaniu w pośredniej częstotliwości filtra kwarcowego w układzie drabinkowym, zestawionego z czterech rezonatorów o identycznych częstotliwościach i zamiast dwóch nie produkowanych już układów scalonych UL1242 (TBA 120S) - nowoczesnych układów scalonych NE612 firmy Philips, wykorzystywanych już w kilku układach AVT.

Dla przypomnienia podajemy, że układy te zawierają wewnątrz struktury mieszacz i generator. Napięcie zasilania NE612 może zawierać się w granicach 4,5...9V, zaś maksymalna częstotliwość pracy tych układów przekracza 500MHz (minimalna częstotliwość pracy wewnętrzny oscylatora wynosi około 200MHz). Są to parametry na tyle zachęcające, że można w przyszłości pokusić się o konstrukcję urządzenia SSB na wyższe pasmo KF, a nawet na UKF, po zastosowaniu m.in. stabilnego układu generatora przestrajanego.

Podstawową cechą przedstawionego układu blokowego jest wspólne wykorzystanie podczas odbioru oraz nadawania



Rys. 1

mieszaczy/modulatorów NE612, filtru SSB, generatora VFO oraz generatora BFO, a także antenowego filtru dolnoprzepustowego i przełącznika w.cz. do zamiany sygnałów VFO i BFO.

Schemat elektryczny minitransceivera Antek przedstawiono na rysunku 2. Wykorzystano w nim wiele rozwiązań sprawdzonych w opisywanych przez autora kitach AVT-157, AVT-357, AVT-2196.

Poniżej podamy w skróconej formie drogę sygnału w czasie odbioru, a następnie przy nadawaniu.

Odbiór

Podczas odbioru odfiltrowany sygnał z anteny za pośrednictwem trójsekcijnego filtru dolnoprzepustowego L1...L3 oraz dwuobwodowego filtru pasmowoprzepustowego L4...L6 jest podawany na pierwsze wejście mieszacza US2-NE612. Filtr dolnoprzepustowy, wykorzystywany zazwyczaj tylko podczas nadawania, zmniejsza także poziom sygnałów wejściowych odbiornika o częstotliwościach powyżej 5MHz. Filtr pasmowoprzepustowy o zakresie pracy 3,5 do 3,8MHz jest dopasowany od strony anteny za pośrednictwem uzwojenia wtórnego L4. Ponieważ impedancje wejściowa układów NE612 wynosi około 1,5kΩ, można było podać sygnał wejściowy bezpośrednio z uzwojenia L6 tego filtru.

Na drugie wejście mieszacza jest kierowany sygnał z przestrajanego generatora VFO o częstotliwości w zakresie 9,5-9,8MHz. Sygnał wyjściowy z układu scalonego, będący różnicą obydwu składowych, poprzez filtr SSB o częstotliwości środkowej około 6MHz, jest podany na kolejny układ NE612, pracujący podczas odbioru jako wzmacniacz p.cz. i detektor SSB. Zamiast gotowego filtru SSB (niestety drogiego i trudnego do zdobycia) zastosowano filtr kwarcowy w układzie drabinkowym zestawiony z rezonatorów o częstotliwości 6MHz. Pasmo przenoszenia takiego filtru (przy zastosowaniu czterech typowych rezonatorów 6MHz bez dobierania) i kondensatorów po 33pF wynosi około 2kHz (przy -3dB).

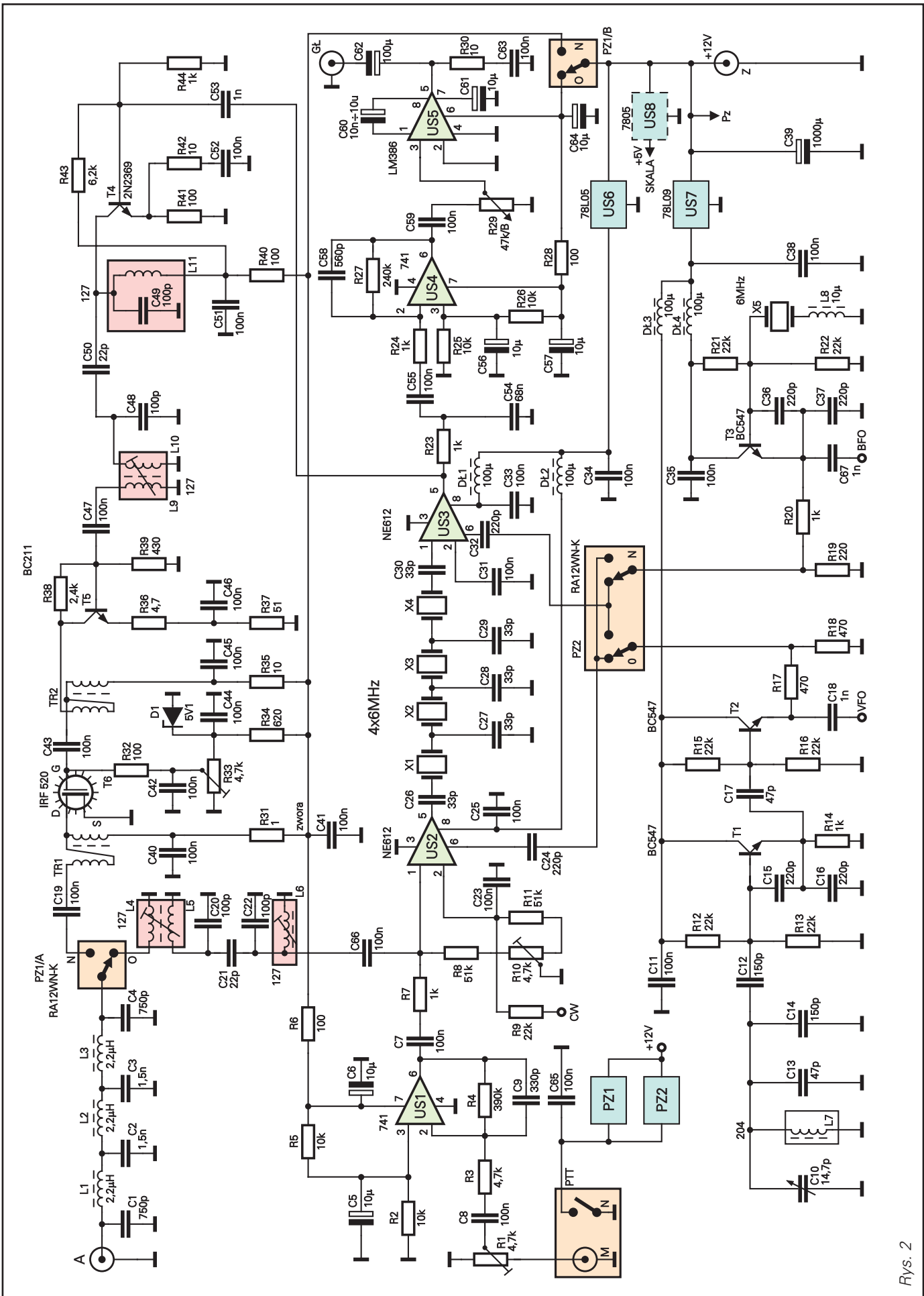
Na drugie wejście detektora US3 jest podawany sygnał z generatora BFO o częstotliwości 5,9998MHz. Sygnał wyjściowy, będący różnicą doprowadzonych częstotliwości składowych, jest podawany na przedwzmacniacz małej częstotliwości US4 - 741 i dalej, poprzez potencjometr siły głosu R29, do wzmacniacza końcowego LM386, a następnie do głośnika lub słuchawek. Kształtowanie charakterystyki sygnału m.cz. w zakresie 0,3-3kHz zapewniają elementy RC na wejściu układu wzmacniacza operacyjnego (R23 C54 C55 R24) oraz w pętli sprzężenia zwrotnego (R27 C58). Kondensator C60 dołączony do

układu LM386 ustala maksymalne wzmocnienie m.cz. i powinien być dobrany indywidualnie podczas uruchamiania urządzenia w taki sposób, aby nie następowało sprzężenie m.cz. podczas ustawienia pokrętki regulacji siły głosu w skrajne prawe położenie.

Ważnymi elementami minitransceivera, obok wspomnianego wcześniej filtru jednowstęgowego, są generatory VFO i BFO, bowiem one decydują nie tylko o zakresie częstotliwości pracy układu, ale także o jakości sygnału SSB (odbieranego i nadawanego).

Do zasilania układów scalonych US2 i US3 wykorzystano napięcie 5V pochodzące ze stabilizatora US6, zaś do zasilania generatorów - napięcie 9V otrzymane z układu scalonego US7. Dodatkowy stabilizator napięcia 5V (opcja US8) jest zaplanowany jako zasilacz programowanej skali cyfrowej umożliwiającej wyświetlenie wartości częstotliwości pracy minitransceivera.

Generator VFO jest jednym z układów trudniejszych w realizacji z powodu konieczności zapewnienia dużej stabilności częstotliwości, która - jak wiemy - jest jednym z podstawowych warunków poprawnej pracy emisją SSB: odstrojenie sygnału o kilkaset Hz spowoduje zauważalną nieczytelność sygnału. Częstotliwość pracy generatora VFO zależy od zakresu pracy transceivera. Dla planowanego zakresu



Rys. 2

pasma 80m (3,5-3,8MHz) powinna to być wartość mieszcząca się w zakresie 9,5-9,8MHz. Łatwo zauważyć, że przy mieszanii sumacyjnym, przy zastosowaniu częstotliwości VFO 8,0-8,35MHz, można w prezentowanym układzie uzyskać pasmo 20m, czyli zakres 14,0-14,35MHz (USB). W naszym minitransceiverze zastosowano bardzo uproszczony układ VFO wykonany na dwóch tranzystorach T1, T2 (2xBC547). Tranzystor T1 pracuje w układzie generatora Seilera, zaś T2 to typowy wtórnik emiterowy spełniający rolę separatora. Jako indukcyjność generatora wykorzystano pierwotne uzwojenie filtru 7x7 o numerze 204, które ma indukcyjność około 1μH. Z jedną sekcją kondensatora zmiennego typu ELTRA o pojemności około 14pF i wartościami innych kondensatorów podanych na schemacie, VFO pokrywa wymagany zakres 9,5-9,8Hz jeszcze z niewielkim zapasem. Ponieważ przekładnia na osi kondensatora o przełożeniu wynoszącym 3:1 jest nieco za mała do precyzyjnego wstrojenia się na odbieraną stację, warto zrezygnować z tej części pasma, na której może nam mniej zależeć. Można na przykład odpowiednio zmniejszyć pojemność kondensatora zmiennego tak, aby ograniczyć zakres pracy do 3,65-3,8MHz, czyli do części SSB pasma. Zmniejszenia pojemności można dokonać przez rozgięcie rotora przy pomocy wkrętaka, którym poprzez delikatne wsuwanie pomiędzy płytki rotora kondensatora zwiększamy odstęp pomiędzy płytkami, a tym samym zmniejszamy wypadkową pojemność kondensatora zmiennego. W takim przypadku jednemu obrotowi osi kondensatora będzie odpowiadała zmiana częstotliwości 50kHz, tak więc trzy obroty dadzą 150kHz, co będzie łatwe do zapamiętania, ponieważ można dokładnie ustawić przestrajanie VFO, aby przy wkręconym rotorze zaznaczyć początek, pasma czyli 3,65MHz, po pierwszym obrocie 3,7MHz, a po następnym obrocie 3,75MHz i w drugim skrajnym położeniu, czyli przy wykręconym rotorze, 3,8MHz.

W jednym z kolejnych numerów EdW zostanie przedstawiona skala częstotliwości i wtedy takie kombinacje mechaniczne nie będą potrzebne, tym niemniej może ktoś z czytelników z nich skorzystać.

Generator BFO, jak już podawaliśmy, jest także podwójnie wykorzystywany, a konkretnie: do odbioru jako dodatkowy układ do demodulacji sygnału SSB i jako generator fali nośnej podczas nadawania. W tym przypadku wystarczy układ z jednym tranzystorem T3 - BC547, w którym w pętłę dodatniego sprzężenia zwrotnego włączono piątą rezonator kwarcowy X5 o identycznej częstotliwości, jak w filtrze drabinkowym. Poprzez włączenie w szereg z

rezonatorem cewki L8 (w rozwiązaniu modelowym jest nią dławik o indukcyjności 10μH) uzyskano obniżenie częstotliwości rezonatora o 200Hz, czyli w konsekwencji uzyskano częstotliwość BFO o wartości 5,9998MHz. Chodziło tutaj o przesunięcie częstotliwości nośnej na lewe dolne zboczce charakterystyki filtru kwarcowego w celu uzyskania górnej wstęgi bocznej (USB). Chcąc przesunąć częstotliwość BFO na górne zboczce charakterystyki filtru, w celu uzyskania dolnej wstęgi bocznej, należy w miejsce dławika wstawić trymer o pojemności około 20pF.

Po omówieniu układów generatorów - wypada wspomnieć o przełączniku w.cz., czyli takim elemencie, który służy do zamiany doprowadzeń sygnałów generatorów. Chodzi o to, aby podczas odbioru do układu US1 dochodził sygnał VFO, zaś do US2 sygnał BFO, a podczas nadawania - było odwrotnie (do US1 dochodził BFO a do US2-VFO).

W rozwiązaniu modelowym posłużono się przełącznikiem mechanicznym w postaci miniaturowego przekaźnika. Lepiej byłoby wykorzystać przełącznik elektroniczny, ponieważ - przy odpowiedniej konstrukcji - może on zapewnić lepszą separację sygnałów od przekaźnika. Ten ostatni - ze względu na pojemności międzystrykowe - nie jest idealnym elementem z punktu widzenia w.cz.

Do styków przełączających przekaźnika są doprowadzone sygnały z generatorów poprzez dzielniki rezystorowe zapewniające poziomy napięcie w.cz. w granicach 300mV, jako wejściowe wartości optymalne układów NE612.

Nadawanie

Przekaźniki PZ1 i PZ2 przełączają urządzenie z odbioru na nadawanie z chwilą naciśnięcia przycisku PTT przy mikrofonie (podanie napięcia 12V na cewki przekaźników). PZ1/A służy do przełączenia anteny z filtru dwuobwodowego na stopień końcowy w.cz., zaś PZ1/B - do podawania napięcia na układy odbiornika i nadajnika. Obydwie sekcje PZ2 są wykorzystane do przełączania sygnałów VFO i BFO (zamieniają je miejscami, doprowadzając do nóżek 6 układów NE612). Użyto tutaj dwóch przekaźników na 12V typu RA12WN-K.

Podczas nadawania sygnał ze wzmacniacza mikrofonowego US1 jest podawany poprzez dwójnik C7 R7 na pierwsze wejście modulatora US1, zaś sygnał generatora fali nośnej BFO - na drugie wejście tego układu. Wzmacniacz mikrofonowy jest zrealizowany na układzie operacyjnym 741 w identyczny sposób, jak przedwzmacniacz odbiornika. Również i w tym przypadku dwójnik R4 C9 służy do obniżenia wzmacnienia powyżej 3kHz. Poziom syg-

nał m.cz. jest regulowany za pośrednictwem potencjometru montażowego R1. W momencie pojawienia się sygnału akustycznego na wyjściu modulatora (nóżka 5) pojawia się fala nośna. Do równoważenia modulatora przewidziano potencjometr montażowy R10 włączony w szereg z rezystorami ograniczającymi R8 R11. Rezystor R9 służy do zachwiania równowagi modulatora z chwilą zwarcia jego wolnej końcówki do masy. W konsekwencji wywołuje to pojawienie się fali nośnej na wyjściu modulatora. Fakt ten jest wykorzystywany podczas strojenia nadajnika oraz do pracy telegrafią (CW).

Kierunek przebiegu sygnału w.cz. nadajnika jest taki sam, jak przy odbiorze. Sygnał DSB z wyjścia modulatora jest podany na filtr kwarcowy, na wyjściu którego pojawia się górna wstęga boczna (przy założonym mieszanii różnicowym).

Oczywiście na wyjściu US3 występuje suma i różnica częstotliwości składowych doprowadzonych do jego wejść, jak w każdym mieszaczu. Po wzmacnieniu sygnału w układzie z tranzystorem T4 znajdujący się w obwodzie kolektora filtr dwuobwodowy L11...L9 zestrojony na wymagane pasmo 3,5-3,8MHz (identyczny jak w odbiorniku) ustala właściwy zakres pracy i wstęgę.

Obok filtracji sygnałów niepożądanych jednym z najważniejszych parametrów wzmacniacza nadajnika SSB jest jego liniowość. Niewielki poziom wyjściowego sygnału SSB (kilkaset mV na L9) zmusił do stosowania dwustopniowego układu wzmacniacza. Tranzystor T5 pełni funkcję drivera i przy zastosowaniu popularnego tranzystora BC211 zapewnia około 200mW mocy. Rezystory R38 i R36 wprowadzają niewielkie ujemne sprzężenie zwrotne wpływające pozytywnie na liniowość układu. Dopasowanie drivera do wzmacniacza mocy zrealizowano za pośrednictwem transformatora bifilarnego TR2.

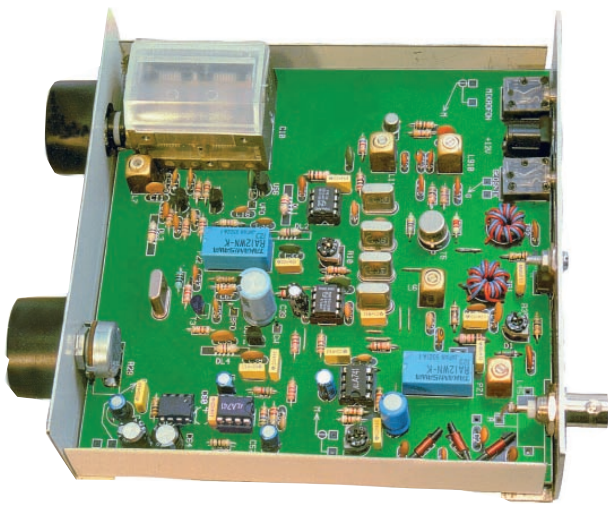
W stopniu końcowym mocy użyto tranzystora MOSFET typu IRF520, który, choć bywa stosowany w przetwornicach i wzmacniaczach m.cz., tutaj spełnił doskonale swoją rolę zapewniając moc wyjściową nadajnika około 2W praktycznie bez zniekształceń. Oczywiście poprawną pracę układu osiągnięto poprzez ustawienie właściwego punktu pracy stopnia za pośrednictwem potencjometru montażowego R33. Dopasowanie obwodu drenu tranzystora do dolnoprzepustowego filtru antenowego zapewniono poprzez bifilarny transformator TR1, który ma co prawda taką samą konstrukcję, jak TR2, jednak jest włączony w przeciwnym kierunku, to znaczy wpływa na podwyższenie impedancji wyjściowej.

**Andrzej Janeczek SP5AHT
c.d. w następnym numerze**



Transceivery SSB

część 3



Montaż i uruchomienie

Bardzo ważnym elementem konstrukcji jest obudowa, która pełni kilka funkcji, a m.in., oprócz ekranu od pól w.cz. (eliminuje możliwość zakłóceń odbioru oraz nadawania), usztywnia całą konstrukcję zmniejszając niestabilność VFO oraz umożliwia przykręcenie do tylnej ścianki - za pośrednictwem podkładki mikowej - tranzystora T6.

W pierwszym urządzeniu modelowym została wykorzystana fabryczna obudowa metalowa o oznaczeniu T31 (dostępna m.in. w sieci handlowej AVT), charakteryzująca się wymiarami zewnętrznymi 140x140x40mm. Wymagała ona nieco przeróbek polegających m.in. na obcięciu wewnętrznych zagięć montażowych, wywierceniu w przedniej płytce otworu na oś kondensatora zmiennego o średnicy około 15mm oraz drugiego otworu o średnicy 6mm na oś potencjometru siły głosu. Na istniejącej oś kondensatora zmiennego o średnicy 4mm wklejono tulejkę zwiększającą średnicę osi do typowych wymiarów 6mm (oczywiście nie jest to konieczne przy zastosowaniu odpowiedniego pokrętła).

Tylna płytka obudowy została wymieniona na aluminiową (przez wygięcie kawałka blachy o grubości 2mm), która łatwiej odprowadza ciepło z tranzystora końcowego niż pierwotna blacha z niepotrzebnym otworem i w dodatku malowana farbą. Sposób wykonania niezbędnych otworów do zamocowania tranzystora T6 oraz pod gniazda: antenowe, mikrofonowe, zasilania i głośnikowe przedstawiono na rysunku 3.

Dla tych, którym nie obce są konstrukcje mechaniczne z blachy, autor poleca własnoręczne wykonanie obudowy, która będzie bardziej funkcjonalna od fabrycznej T31 (pokazano także na rysunku 3). Będzie ona przede wszystkim zapewniała bezpośredni dostęp do punktów lutowniczych płytki drukowanej oraz przez to, że jest nieco głębsza od T31, umożliwi łatwe zamontowanie skali cyfrowej, którą przewidujemy opisać niebawem. Proponowana obudowa będzie składała się z dwóch pokryw (górnej i identycznej dolnej) wygiętych z dwóch kawałków blachy aluminiowej o grubości co najmniej 1mm w kształt „U” oraz ramki

mocującej opasującej płytkę drukowaną wygiętej z paska blachy ocynkowanej (ze względu na możliwość łatwego lutowania) również o grubość 1mm. Płytkę przednią może być wykonana niekoniecznie z blachy, równie dobrze może być z paska laminatu oklejonego np. folią czy przykrytego płytką pleksiglasu.

Jak już wspomniano, większość elementów indukcyjnych można wykorzystać gotowych. Cewki L1...L3 to typowe dławiki o indukcyjności 2,2μH (można nawinąć własnoręcznie po 14 zwojów DNE 0,3 na rdzeniu ferrytowym o średnicy 2mm). Oczywiście po nawinięciu należy skontrolować i ewentualnie skorygować indukcyjność, bo zależy ona zarówno od liczby zwojów jak i przenikalności magnetycznej zastosowanego rdzenia ferrytowego (liczby AL). Zamiast dławików D11...D14 (gotowe przypominające wyglądem rezystory) można nawinąć po około 30 zwojów DNE 0,1 na rdzeniach ferrytowych o średnicach 2mm lub, w ostateczności, zastosować rezystory o wartości około 10 Ohm.

Bifilarne transformatory w.cz. TR1 i TR2 w rozwiązaniu modelowym zawierały po 10 zwojów drutu DNE 0,3 nawiniętych równocześnie dwoma przewodami w izolacji igelitowej tak zwaną „krosówką” na rdzeniach toroidalnych o średnicach zewnętrznych 10mm z materiału U32. Uzwojenia w każdym transformatorze są połączone w szereg przy zachowaniu jednokierunkowego kierunku nawinięcia (początek pierwszego uzwojenia łączymy z końcem drugiego uzwojenia).

Zamiast cewek filtrów 7x7 o numerach 127 można dobrać inne typy filtrów o indukcyjności w granicach 10μH i skorygować

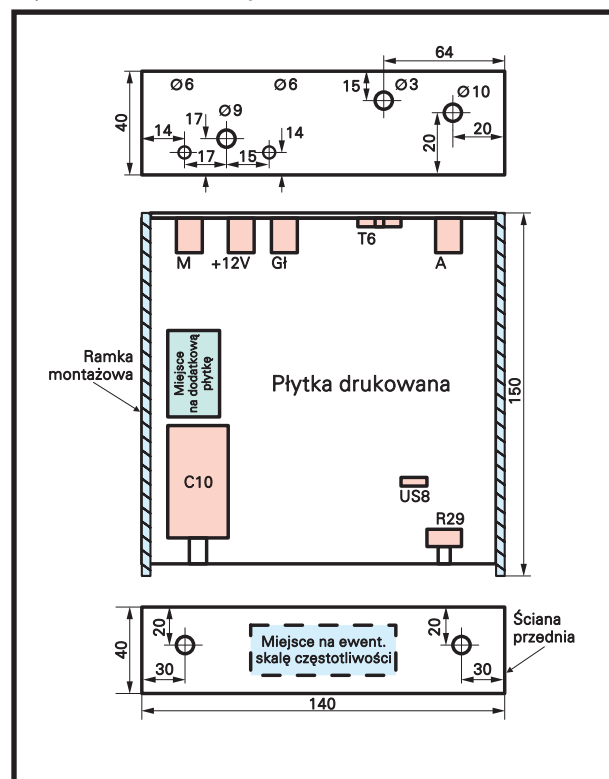
pojemności kondensatorów, bądź przewinąć inne filtry 7x7 nawijając uzwojenia cewek L5, L6, L11, L10 po 34 zwoje DNE 0,1, zaś L4 i L9 po 4 zwoje takiego samego przewodu. Podobnie można postąpić z cewką L7 o symbolu 204 (indukcyjność około 1,4μH) lub nawinąć na innym korpusie filtru 7x7 około 10 zwojów DNE 0,2.

Indukcyjność cewki L8 powinna być taka, aby powodowała obniżenie częstotliwości rezonatora kwarcowego BFO o około 200Hz. W rozwiązaniu modelowym był zastosowany typowy dławik o indukcyjności 10μH.

Cały układ minitransceivera zamontowano na płytce drukowanej o wymiarach 135x135mm, przedstawionej we wkładce. Rozmieszczenie elementów na płytce pokazano na rysunku 4.

Montując układ nie należy przeoczyć wielu zworek oraz poprowadzenia dodatkowym przewodem ekranowanym sygnałów

Rys. 3. Obudowa urządzenia



Projekty AVT

do gniazdek: głośnikowego oraz mikrofonowego, których zastosowanie wynikało z chęci wyeliminowania płytki dwustronnej.

Samo uruchomienie układu nie odbiega od sposobu uruchomienia innych opisywanych transceiverów SSB. Choć urządzenie zostało tak zaprojektowane, aby po wstawieniu wszystkich elementów w zasadzie nie trzeba było dokonywać skomplikowanych czynności strojeniuowych, to jednak przedstawione w dalszej części opisu czynności są niezbędne do prawidłowej pracy układu.

Spośród czynności wstępnych przed właściwym uruchomieniem urządzenia należy wspomnieć o zaopatrzeniu się w zasilacz stabilizowany 12V max 13,8V (najlepiej z ogranicznikiem prądowym rzędu 1A) zakończony odpowiednim wtykiem (nie pomylić biegunów zasilania), głośnik np. GD6/0,5W lub dowolne słuchawki zakończone wtykiem, a także mikrofon dynamiczny z przyciskiem PTT, zakończonym także właściwym wtykiem.

Warto w tym miejscu dodać, że do współpracy z opisanym urządzeniem autor wykorzystał również własnoręcznie wykonany mikrofon. Choć można tutaj spróbować zastosować dostępny fabryczny mikrofon dynamiczny z przyciskiem (wyłącznikiem) lub elektretowy (po dołączeniu napięcia zasilającego poprzez rezystor rzędu 10kΩ to sądzić należy, że będą czytelniczy, którzy nie mają dostępu do mikrofonu i będą chcieli sami go wykonać.

Schemat połączeń mikrofonu przedstawiono na rysunku 5. Z dobrym rezultatem można tutaj wykorzystać dostępne wkładki telefoniczne z serii W... W rozwiązaniu modelowym autor zastosował nową dynamiczną wkładkę telefoniczną typu WSN 88 produkcji TONSIL z Wrześni oraz przypadkowy przycisk przykręcany nakrętką. Jako obudowę mikrofonu wykorzystano pudełko plastikowe oznaczone symbolem producenta ZXXIV o wymiarach zewnętrznych 67x47x24mm.

Wracając jednak do konkretnych czynności uruchomieniowych, w pierwszej kolejności należy sprawdzić wartości napięć zasilających, poziomy sygnałów i wartości częstotliwości generatorów. Do tego celu m.in. zastosowano kondensatory C18 oraz C67 z opisanymi punktami VFO i BFO.

Do punktów tych można podłączyć oscyloskop (do obserwacji, czy kształt wyjściowy sygnału jest jak najbardziej zbliżony do sinusoidy) oraz cyfrowy miernik częstotliwości.

Poziomy sygnałów doprowadzonych do nóżek 6 układów scalonych US2 i US3 powinny być zbliżone do zalecanych wartości aplikacyjnych 300mV (ew. regulacja poprzez korekcję dzielników rezystorowych R17/R18 i R19/R20). Układ BFO powinien pracować od razu poprawnie zapewniając

częstotliwość BFO o wartości zbliżonej do 5,9998MHz. Trochę czasu wymaga ustawienie częstotliwości VFO. Przy wykręconym rotorze kondensatora zmiennego C10 ustawiamy rdzeń w cewce L7 w taki sposób, aby miernik częstotliwości wskazał częstotliwość zbliżoną do 3,8MHz. Następnie, przy wkręconym rotorze, częstotliwość powinna obniżyć się i osiągnąć w skrajnym położeniu 3,5MHz. Korekcję tę przeprowadza się poprzez dobranie wartości C13 oraz przez rozginanie bądź doginanie płytek rotora kondensatora zmiennego. Warto pamiętać, szczególnie przy uruchamianiu układu na inny podzakres KF, że istnieje możliwość zwiększenia zakresu przestrajania VFO także poprzez równoległe dołączenie wolnej sekcji kondensatora 14pF (za pośrednictwem dolutowania od strony miedzi kawałka srebrzanki). Poprzez kilkukrotną korekcję L7 oraz kondensatorów z pewnością nastąpi taki moment, kiedy w dwóch skrajnych położeniach gałki strojenia osiągniemy krańcowe wartości częstotliwości 9,5 oraz 9,8MHz, co kończy wstępną pracę z VFO (wstępną bo pozostanie jeszcze ewentualne dobieranie kondensatorów pod względem współczynników temperaturowych w przypadku zauważenia zbyt dużego płynięcia częstotliwości).

Po dołączeniu do wejścia antenowego generatora na zakres 3,5MHz (lub już konkretnej anteny) pozostanie dostrojenie obwodów wejściowych (ustawienie rdzeni w cewkach L5 i L6) na najsilniejszy sygnał w głośniku.

Przed załączeniem nadajnika wskazane byłoby podanie napięcia 12V tylko na stopnie nadajnika celem skorygowania punktów pracy tranzystorów.

Prądy spoczynkowe można zmierzyć za pomocą woltomierza dołączanego do rezystorów i zastosować prawo Ohma. W rozwiązaniu modelowym osiągnięto następujące napięcia: R41 - 0,9V, R36 - 1,4V, R31 - 0,15V. Oczywiście nie są to wartości, które za wszelką cenę należy starać się uzyskać, bo przy innych tranzystorach i w innym układzie może być inaczej. Należy kierować się raczej zdrowym rozsądkiem i własnym doświadczeniem.

Po uruchomieniu nadajnika przyciskiem PTT i skontrolowaniu przełączania sygnałów VFO i BFO oraz ewentualnym skorygowaniu punktów pracy, należy zestroić filtr dwuobwodowy. W tym celu ustawia-

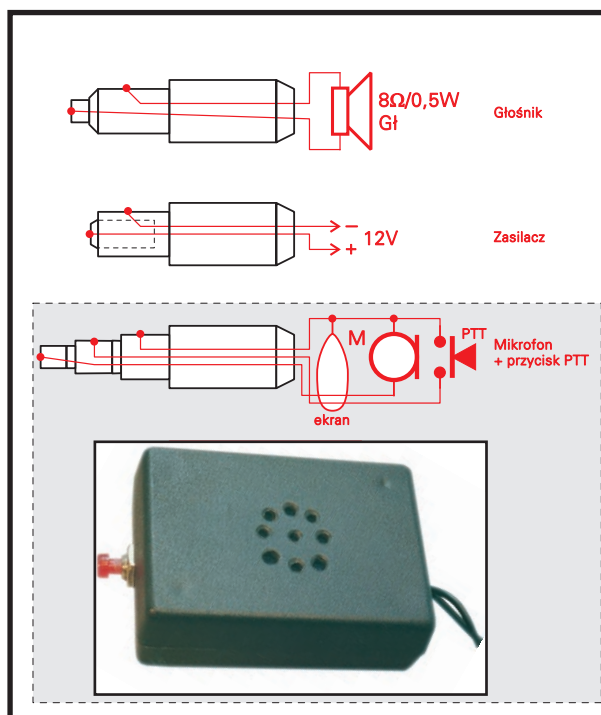
my suwak potencjometru R10 w skrajne położenie i tak ustawiamy rdzenie w cewkach L10 i L11, aby uzyskać na sztucznym obciążeniu 50 Ohm maksymalny sygnał wejściowy. Jeżeli będziemy wykorzystywali do tego oscyloskop, to od razu skontrolujemy, czy sygnał jest jak najbardziej zbliżony do sinusoidy. Dołączony miernik częstotliwości powinien wskazać wartość z przedziału 3,5 do 3,8MHz. Strojenie najlepiej jest przeprowadzić w okolicy środka zakresu, np. na 3,7MHz. Można przy okazji skorygować zestawienie VFO (rdzeniem L7) i nanieść obok pokrętła strojenia co najmniej dwa znaczniki częstotliwości. Jako sztuczne obciążenie można wykorzystać rezystor 51 Ohm/2W (lub kilka równoległe połączonych, np. 2 sztuki po 100 Ohm/1W).

Następnie równoważymy modulator poprzez sprowadzenie suwaka potencjometru w takie położenie (okolice środka zakresu), aby na wyjściu uzyskać jak najmniejszy poziom sygnału (ideałem byłoby zero). W przypadku zwarcia punktu CW do masy znów powinna pojawić się fala nośna.

Urządzenie modelowe nie było przystosowane do pracy telegraficznej, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby wyprowadzić punkt CW poprzez dodatkowe gniazdko, które będzie służyło do bezpośredniego podłączenia klucza telegraficznego lub - lepiej - poprzez specjalny układ BK, który będzie jednocześnie zwracał punkt PTT i wejście mikrofonowe do masy.

Jeżeli opisane powyżej czynności wypadły pomyślnie, pozostaje jeszcze dobrać poziom sygnału z mikrofonu za pośrednictwem potencjometru R1 tak, aby uzyskać maksymalny poziom SSB bez zniekształ-

Rys. 5. Schemat połączeń mikrofonu



ceń wynikających z przesterowania modulatora. Jakość sygnału można łatwo skontrolować poprzez odbiornik z krótką anteną (np. kilkadziesiąt cm przewodu) ustawiony w pobliżu wyjścia antenowego minitransceivera.

Po upewnieniu się, że na wyjściu otrzymaliśmy prawidłowy sygnał SSB, czyli czytelny z naksymalnie wytłumioną nośną i górną wstęgą boczną, dopiero teraz możemy dołączyć antenę i jeszcze raz skontrolować, czy jakość sygnału nie uległa pogorszeniu i czy przypadkiem nie nastąpiło wzbudzenie wzmacniacza nadajnika.

Wypada sprawdzić temperaturę tranzystorów i jeżeli będzie zbyt wysoka, prowadząca nieuchronnie do zniszczenia podczas dłuższej pracy, to jest to kolejnym sygnałem, że należy sprawdzić ustawienie prądu spoczynkowego, a następnie zapewnić lepsze chłodzenie poprzez dodatkowy radiator, np. z blachy. W układzie modelowym poziom sygnału wyjściowego nadajnika dochodził do wartości 15V przy temperaturze obudów tranzystorów T4...T6 umożliwiającą jeszcze dotknięcie palcem.

Wynik testów

Opisany minitransceiver Antek był poddany próbom w łączności przez kilku licencjonowanych krótkofalowców. Testowane urządzenie współpracowało z anteną dipol 2x19,5m oraz antenami wielopasmowymi W3DZZ i G5RV, a także z odcinkiem drutu o długości 10m rozwieszonym w mieszkaniu (tylko podczas odbioru). Do zasilania używano zarówno akumulatora samochodowego 12V jak i zasilacza stabilizowanego 13,8V. Zaliczono na nim kilkadziesiąt łączności ze wszystkimi okręgami SP z raportami od 54 do 59.

Odbiornik spisywał się całkiem dobrze, biorąc pod uwagę jeszcze niezbyt dobre warunki propagacyjne, zaś jakość nadawanego sygnału była nienaganna, oczywiście uwzględniając moc QRP. Do wyjścia urządzenia podczas prób w zawodach był podłączany dodatkowy wzmacniacz liniowy, celem uzyskania większej mocy wyjściowej zgodnie z posiadaną licencją.

Zasadniczą wadą urządzenia zmontowanego z podzespołów AVT była niewystarczająca stabilność częstotliwości VFO, która dała się zauważyć szczególnie podczas dłuższych pogawędek na pasmie 80m (podczas krótkich rozmów oraz zawodów nie było to przeszkodą). Oczywiście kilkogodzinna „zabawa” z VFO polegająca na wymianie kondensatorów na inne, o różnych współczynnikach temperaturowych (wzajemnie się kompensujących), jakie znalazły się w szufladzie autora, doprowadziła do stabilności rzędu 200Hz.

Oto podstawowe parametry modelowego minitransceivera ANTEK:

- częstotliwość pracy: 3,5 - 3,8MHz

- emisja: SSB-LSB (CW)
- czułość odbiornika: 0,5uV (przy 10dB S+N/N)
- moc wyjściowa nadajnika: 2W
- tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej: >40dB
- tłumienie fali nośnej: >40dB
- napięcie zasilania: 12V (13,8V)
- wymiary obudowy: 140x140x40mm

Możliwości rozbudowy i eksperymentów

Po pierwsze nie należy kurczowo trzymać się zastosowanych wartości rezonatorów 6,0MHz. Sądzić należy, że przy zastosowaniu dostępnych rezonatorów w granicach 4,43... 8,86MHz także można z powodzeniem uruchomić minitransceiver (oczywiście po zmieniieniu odpowiednio wartości generatora VFO). Jednym z warunków użycia innej wartości p.cz. powinna być analiza niepożądanych składowych wyjściowych sygnału a także brak lokalnej stacji broadcastingowej pracującej na częstotliwości p.cz. lub w jej pobliżu, mogącej „wchodzić” na odbiornik. Wcześniej autor uruchamiał z zadawalającym rezultatem podobne układy na pasmo 80 i 20m z rezonatorami 5MHz.

Ze względu na wykorzystane układy scalone NE612 urządzenie można przystosować praktycznie do wszystkich podzakresów KF, łącznie z pasmem 10m czy CB. W tych ostatnich przypadkach najlepiej byłoby użyć rezonatorów kwarcowych o wartości rzędu 20MHz.

Jeżeli ktoś myśli o uruchomieniu minitransceivera na pasmo 6m, to warto spróbować zastosować rezonatory o wartości około 40MHz, oczywiście po zmniejszeniu wartości współpracujących kondensatorów w filtrze do 15pF i zmodyfikowaniu układu BFO. Proponowana duża wartość p.cz. będzie korzystna nie tylko ze względu na minimalizację niepożądanych produktów odbiornika i nadajnika, ale także ze względu na stabilność VFO. W tych ostatnich przypadkach można nie zmieniać układu VFO, ponieważ potrzebną wartość VFO łatwo osiągnąć poprzez korekcję położenia rdzenia w cewce L7. Oczywiście pozostałe obwody LC oraz tranzystory wzmacniacza powinny być dobrane do pasma.

Sądzić należy, że podczas odwzorowywania opisanego układu z zastosowaniem przypadkowych kondensatorów i tranzystorów, będzie występował efekt płynięcia generatora. Z tego względu autor zachęca do eksperymentów z zastosowaniem różnych typów kondensatorów (szczególnie C13 i C14), które powinny doprowadzić do zadowalającej stabilności. Można przewidzieć także, że wymiana tranzystorów T1 i T2 na polowe, np. typu BF245, (po usunięciu R12 i R16) też powinna wpłynąć pozytywnie na stabilność. Oczywiście wszystkie te zabiegi

Wykaz elementów:

Kondensatory:

C1, C4: 750pF
 C2, C3: 1,5nF
 C5, C6, C56, C57, C61, C64: 10µF
 C7, C8, C11, C19, C23, C25, C31, C33, C34, C35, C38, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C48, C51, C52, C55, C59, C63, C65, C66: 100nF
 C9: 330pF
 C10: 14,7pF (jedna sekcja kondensatora zmiennego ELTRA z przekładnią 3:1; 2x253pF, 2x14,7pF)
 C12, C14: 150pF
 C13, C17: 47pF
 C15, C16, C24, C32, C36, C37: 220pF
 C18, C53, C67: 1nF
 C20, C22, C48, C49: 100pF
 C21, C50: 22pF
 C26, C27, C28, C29, C30: 33pF
 C39: 470µF...1000µF
 C54: 68nF
 C58: 560pF
 C60*: 10nF...10µF
 C62: 100µF

Rezystory:

R1, R10, R33: 4,7kΩ PR
 R2, R5, R25, R26: 10k
 R3: 4,7kΩ
 R4: 390kΩ
 R6, R28, R32, R40, R41: 100Ω
 R7, R23: 1kΩ
 R8, R11: 51kΩ
 R9, R12, R13, R15, R16, R21, R22: 22kΩ
 R14, R20, R24, R44: 1kΩ
 R17, R18: 470Ω
 R19: 220Ω
 R27: 240kΩ
 R29: 47kΩ/B potencjometr obrotowy
 R30, R35, R42: 10Ω
 R34: 620Ω
 R36: 4,7Ω
 R37: 51Ω
 R38: 2,4kΩ
 R39: 430Ω
 R43: 6,2kΩ

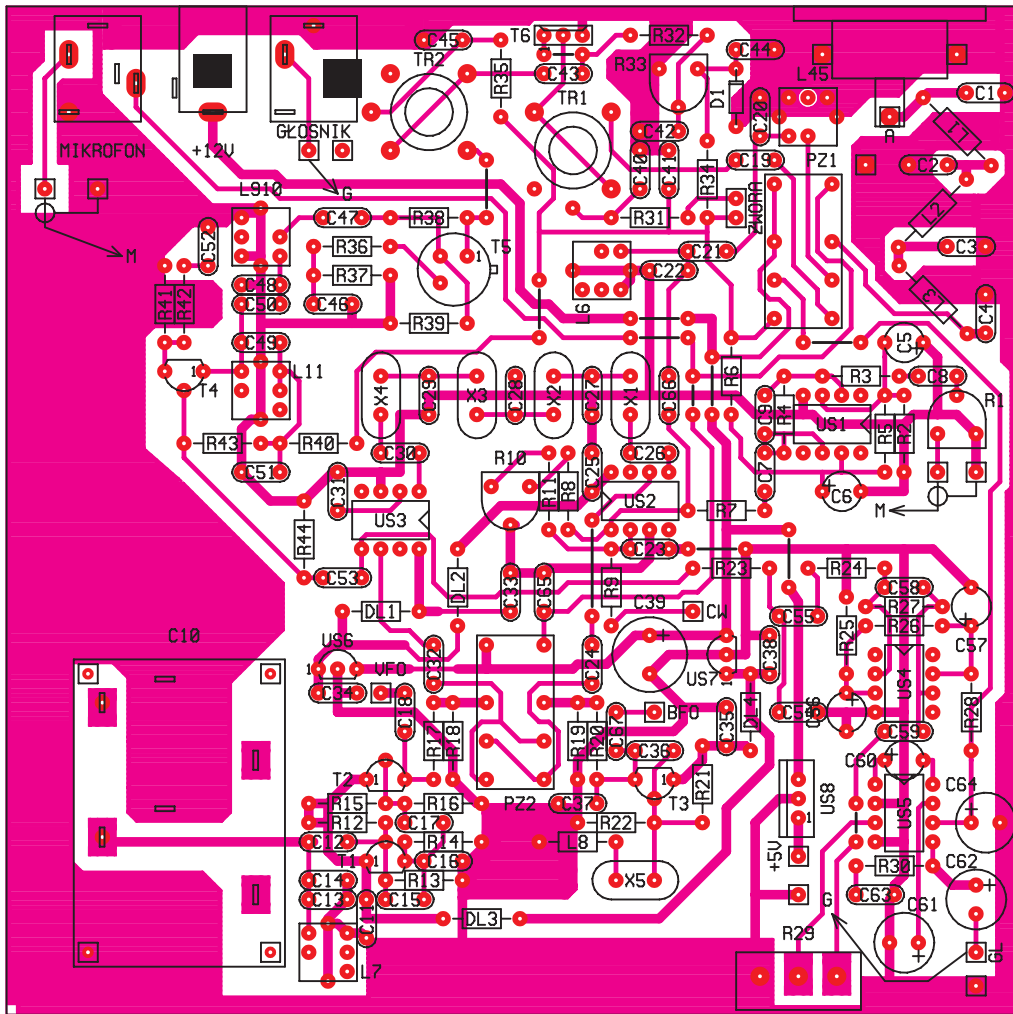
Półprzewodniki:

US1, US4: 741
 US2, US3: NE612
 US5: LM386
 US6: 78L05
 US7: 78L09
 US8*: 7805

Inne:

A: BNC lub UC1 (gniazdo antenowe)
 D1: 5V1 (dioda Zenera)
 D11, D12, D13, D14: 47...470µH (dławiki)
 G1: gniazdo głośnikowe
 L1, L2, L3: 2,2µH (dławiki na prętach ferrytowych)
 L4/L5, L6, L9/L10, L11: 127 (cewki 7x7)
 L7: 204 (cewka 7x7)
 L8: 10µH (dławik)
 M: gniazdo mikrofonu
 PZ1, PZ2: RA12WN-K (przełączniki na 12V)
 X1, X2, X3, X4, X5: 6,000MHz (rezonatory kwarcowe)
 Z: gniazdo zasilające
 Podstawki: pin 8 - 5 szt.
 Pokrętła: 2 szt. na oś o średnicy 6mm
 Obudowa* T31

* nie wchodzi w skład kitu



Rys. 4. Schemat montażowy

będą miały sens, kiedy zastosowany kondensator zmienny C10 nie będzie miał zbyt dużych luzów na zębatkach. Być może znajdą się tacy, którzy zastosują zamiast C10 diodę pojemnościową i potencjometr wieloobrotowy do strojenia.

Następnym krokiem w podniesieniu stabilności urządzenia będzie prawdopodobnie zastosowanie dodatkowego układu, np. FLL na małej płytce zamontowanej w wolne miejsce obok C10 (o ile autor znajdzie wystarczająco dużo czasu na kolejne tego typu eksperymenty), ale wcześniej na pewno będzie opisana skala częstotliwości z wyświetlaczem LCD, która już przeszła pozytywne testy z kolejnym modelem tego minitransceivera.

To tylko niektóre z przykładowych możliwości zmian i eksperymentów. Zapewne krótkofalowcy mający więcej wolnego czasu na hobby niż autor zrealizują jeszcze inne pomysły, podobnie jak było przed laty z minitransceiverem Bartek.

Andrzej Janeczek SP5AHT

Rys. 6 i 7 Strojenie nadajnika i odbiornika

