

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 sprządzaniem 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.

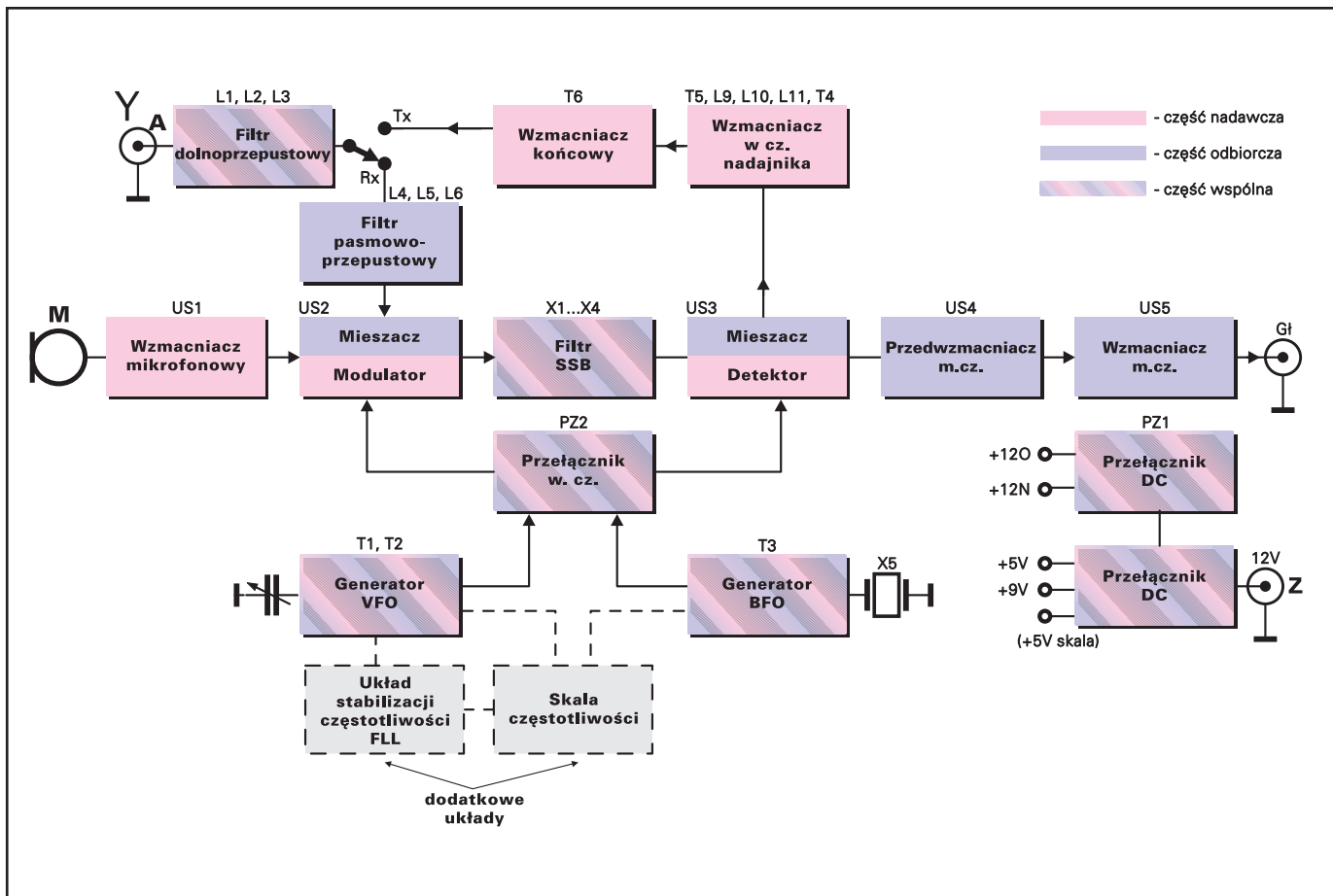
Chodziło autorowi o uzyskanie prostego transceivera SSB w zakresie częstotliwości 3,5...3,8MHz o parametrach zbliżonych do wspomnianego Bartka.

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. Pasma przenoszenia takiego filtru (przy zastosowaniu czterech typowych rezonatorów 6MHz bez dobierania) i kondensatorów po 33pF wynosi około 2kHz (przy -3dB).

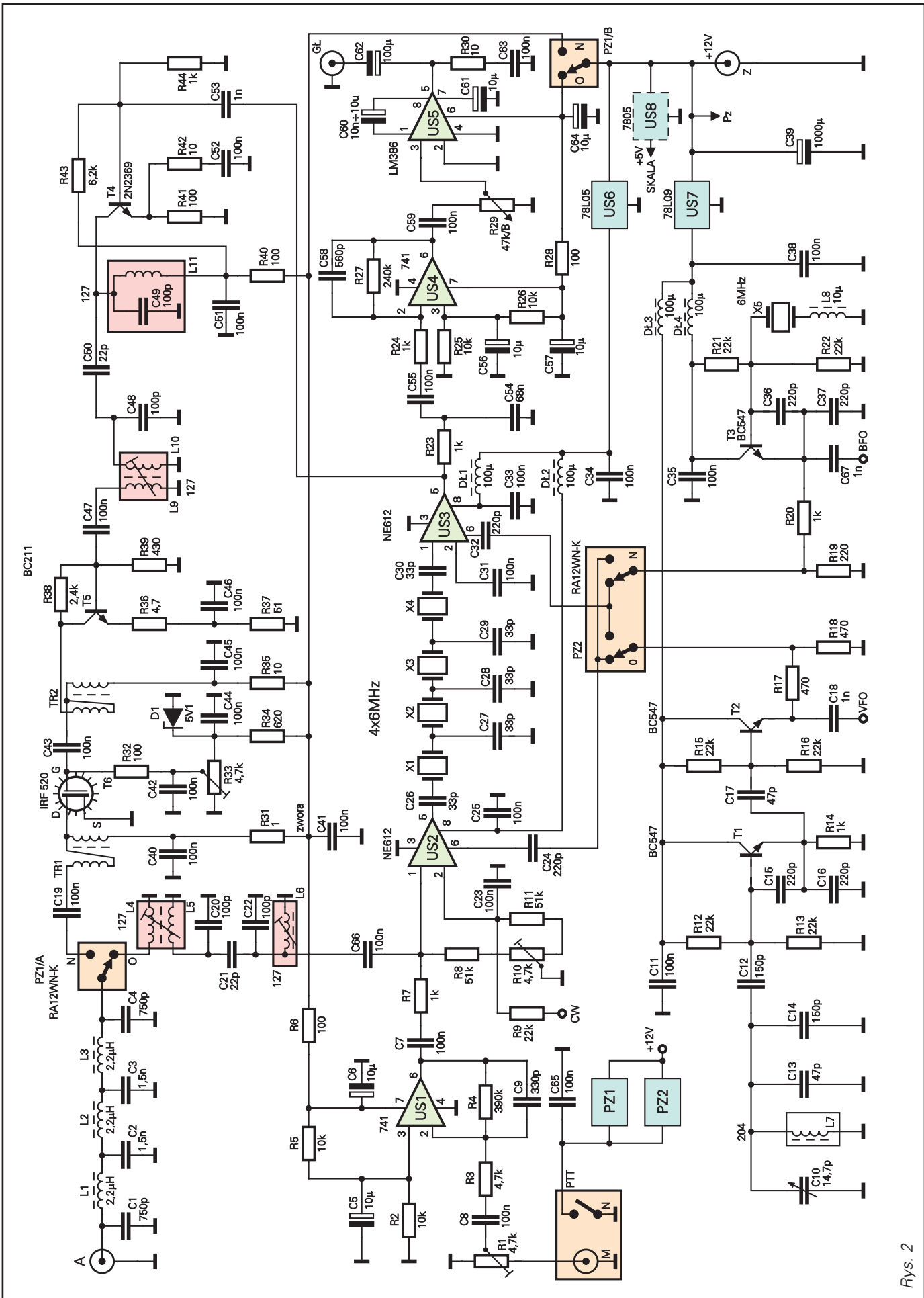
Na drugie wejście detektora US3 jest podawany sygnał z generatora BFO o częstotliwości 5,9998MHz. Sygnał wyjściowy, będący różnicą doprowadzonych częstotliwości składowych, jest podawany na przedwzmacniacz małej częstotliwości US4 - 741 i dalej, poprzez potencjometr siły głosu R29, do wzmacniacza końcowego 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 zboczne charakterystyki filtru kwarcowego w celu uzyskania górnej wstęgi bocznej (USB). Chcąc przesunąć częstotliwość BFO na górne zboczne 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 przełącznika. Lepiej byłoby wykorzystać przełącznik elektroniczny, ponieważ - przy odpowiedniej konstrukcji - może on zapewnić lepszą separację sygnałów od przełącznika. Ten ostatni - ze względu na pojemności międzystrykowe - nie jest idealnym elementem z punktu widzenia w.cz.

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

Nadawanie

Przełączniki PZ1 i PZ2 przełączają urządzenie z odbioru na nadawanie z chwilą naciśnięcia przycisku PTT przy mikrofonie (podanie napięcia 12V na cewki przełączników). 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 przełączników 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**