



Minitransceiver 80m TinySSB

Do czego to służy?

Wśród różnych emisji radiowych na pasmach fal krótkich króluje od lat modulacja jednowstęgowa (SSB, z ang. Single Side Band). Dzięki wysyłaniu tylko jednej wstęgi bocznej (górną – USB lub dolną – LSB) z wytłumieniem fali nośnej uzyskuje się znaczną oszczędność mocy i szerokości pasma. Jest to specyficzna modulacja amplitudowa, w której cała moc nadajnika SSB jest wykorzystywana do wyprodukowania tylko jednej wstęgi bocznej. Nadajnik zajmuje węższe pasmo częstotliwości, co pozwala na pracę większej liczby stacji w paśmie o tej samej szerokości. Z kolei zawężenie o około 50% pasma odbieranego przez odbiornik daje dodatkowy zysk w postaci poprawy stosunku odbieranego sygnału do szumu (ok. 3dB na wyjściu odbiornika). Natomiast brak fali nośnej stwarza możliwość czytelnego odbioru sygnałów odległych o kilkadziesiąt herców od innego sygnału SSB. Wymienione zalety emisji SSB są okupione komplikacją aparatury nadawczo-odbiorczej, czyli transceivera.

Istnieją dwie metody uzyskiwania sygnału jednowstęgowego: metoda filtrowa i fazowa. W metodzie filtrowej, powszechnie stosowanej i kilkakrotnie opisywanej w EdW, np. podczas prezentacji kitu minitransceivera Antek, tłumienie fali nośnej następuje w modulatorze zrównoważonym, zaś wycięcie wstęgi bocznej i dalsze tłumienie nośnej odbywa się w odpowiednio zestrojonym filtrze kwarcowym. W metodzie fazowej nie wykorzystuje się filtrów, lecz poprzez dodanie lub odjęcie od siebie odpowiednio uformowanych sygnałów z modulatorów zrównoważonych otrzymuje się wstęgę dolną lub górną. Jakość sygnału SSB w tym sposobie formowania, ze względu na trudności w realizacji szerokopas-

mowych przesuwników, jest gorsza. Dlatego metoda ta jest rzadziej wykorzystywana w praktyce. Ponieważ sygnał SSB można formować bezpośrednio na częstotliwości pracy (bezpośrednia przemiana częstotliwości), a urządzenia nie są zbyt skomplikowane i ich koszt wykonania niski, więc stanowi to pokusę szczególnie dla początkujących czy eksperymentujących elektroników – radioamatorów.

Warto wiedzieć, że bezpośrednią przemianę wykorzystuje się także w urządzeniach SDR, czyli Software Defined Radio, które – dzięki technologii software'owej – są znacząco tańsze od rozwiązań sprzętowych – hardware'owych. Wymagają jednak dostępu do komputera, a to w wielu przypadkach może być wadą. W ostatnim czasie bezpośrednia przemiana częstotliwości z metodą fazową SSB poczyniła duży postęp. Zostały opracowane cyfrowe modulatory/detektory (np. Talyora), a łatwość dostępu do podzespołów sprzyja realizacji takich unowocześnionych układów, np. z wykorzystaniem generatorów DDS. Dobrym przykładem jest tutaj konstrukcja rosyjskiego minitransceivera Pilgrim, szeroko opisywana na stronach internetowych.

My proponujemy na początek coś znacznie prostszego – transceiver TinySSB jako uaktualnioną wersję minitransceivera fazowo-homodynowego, zbudowanego po raz pierwszy przez autora w latach 80. ubiegłego wieku. Autor jest przekonany, że i obecnie taka prosta konstrukcja minitransceivera SSB małej mocy może wiele nauczyć. Może być wprawką przed konstrukcją znacznie bardziej rozbudowaną i dużo droższą, np. wspomnianego Pilgrima, a

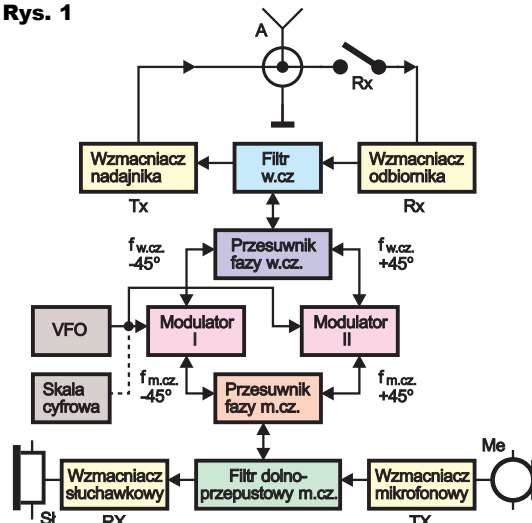
z dobrą anteną i w sprzyjających warunkach propagacyjnych zapewnić normalne łączności, nie tylko lokalne, w popularnym paśmie 80m.

Jak to działa?

Robocza nazwa urządzenia, TinySSB pochodzi stąd, że układ pracuje z prostą metodą fazową, która – w porównaniu z metodą filtrową – charakteryzuje się przede wszystkim mniejszym tłumieniem wstęgi bocznej, a więc nieco gorszą jakością sygnału jednowstęgowego, stąd „cienki” SSB.

Schemat blokowy prezentowanego minitransceivera, wyjaśniający zasadę pracy i przebieg sygnałów w.cz. podczas odbioru i nadawania (RX i TX), pokazuje **rysunek 1**. Urządzenie wykorzystuje układ z bezpośrednią przemianą, czyli „odbiornik homodynowy”. W takim odbiorniku przychodzący z anteny sygnał radiowy, foniczny, jednowstęgowy SSB lub telegraficzny CW, jest demo-

Rys. 1



dułowany w mieszaczu, do którego dochodzi też sygnał z generatora lokalnego. Generator VFO pracuje w paśmie roboczym, a jego częstotliwość jest przesunięta o odstęp umożliwiający otrzymanie sygnału akustycznego. Podczas nadawania mieszacz pracuje jako modulator, a formowanie sygnału następuje także na częstotliwości roboczej. Sygnał z mikrofonu, po wzmocnieniu, jest doprowadzany do mieszacza jednowstęgowego, w którym ulega wytlumieniu częstotliwość nośna oraz druga wstęga boczna. Częstotliwość wyjściowa jest równa różnicy częstotliwości generatora i sygnału m.cz. Mieszacz jednowstęgowy zarówno podczas odbioru, jak i nadawania przepuszcza dolną wstęgę boczną, a tłumi górną wstęgę oraz falę nośną.

Układ ten działa w dwóch kierunkach, bez konieczności przełączania z nadawania na odbiór – zmieniają się kierunki przesyłania sygnałów w.cz. i m.cz. Dzięki temu, poza ekonomią budowy, uzyskano eliminację zjawiska odbioru dwusygnałowego, które występuje prawie we wszystkich dotychczas opisywanych odbiornikach o bezpośredniej przemianie częstotliwości.

Układ został ograniczony do niezbędnego minimum, a podczas projektowania urządzenia autor przyjął zasadę, aby układ zawierał elementy z domowego zapasu, w tym popularne tranzystory, a nie układy scalone, z użyciem taniego zestawu multimedialnego ze słuchawkami wyposażonymi w regulator siły głosu zespolonymi z mikrofonem oraz przełączaniem z odbioru na nadawanie w najprostszym sposobie, czyli poprzez zmianę napięcia przełącznikiem na przedniej ścianie.

Podstawowe parametry minitransceiwera:

- częstotliwość pracy: 3500...3800kHz (może być ograniczona do wycinka pasma fonicznego),
- emisja: SSB (LSB),
- czułość odbiornika: około $3\mu\text{V}$ przy 10dB S+N/N,
- moc wyjściowa nadajnika: 0,3–0,5W,
- tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej: 20...30dB,
- tłumienie fali nośnej: >30dB
- napięcie zasilania: 12V (13,8V),
- przykładowe wymiary płytki drukowanej: 115 x 115mm.

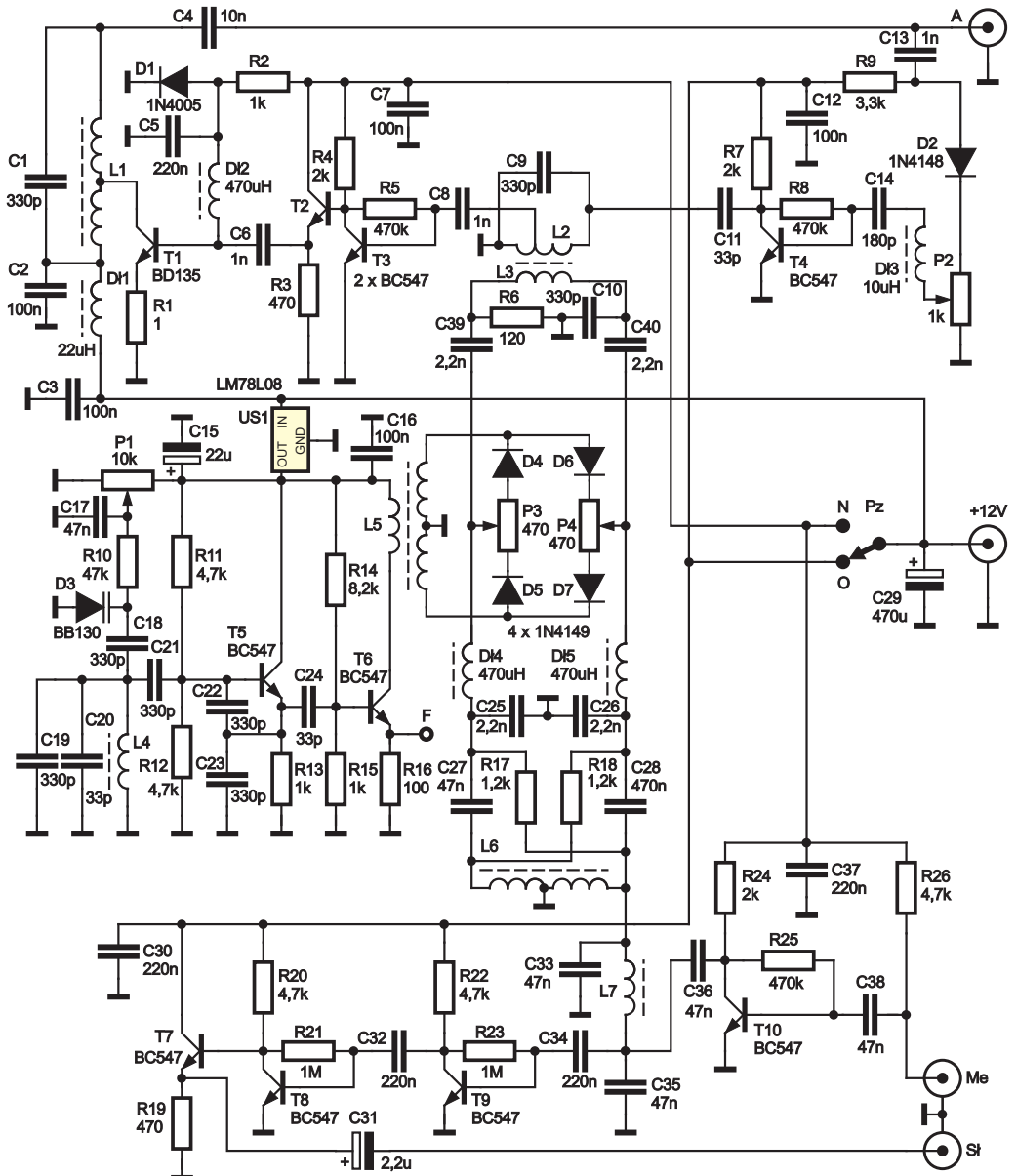
Schemat ideowy układu jest pokazany na **rysunku 2**. Sygnał antenowy przez łącznik diodowy D2, spolaryzowaną w kierunku przepustowym diodę, jest podany na regulator w.cz. – tłumik antenowy pełniący funkcję regulatora siły odbieranego sygnału. Po wstępnym odfiltrowaniu w szeregowym obwodzie LC ($10\mu\text{H} + 180\text{pF}$) skierowany zostaje na wzmacniacz w układzie OE z tranzystorem T4. Układ ten, podobnie jak

i dioda, są zasilane tylko podczas odbioru. Zasadniczą filtrację sygnału w.cz. z pasma 80m zapewnia obwód rezonansowy L2C9 zestrojony na środek pasma SSB. Do wyjścia tego obwodu, poprzez uzwojenie sprzęgające, jest dołączony przesuwnik fazowy w.cz. w najprostszej wersji, czyli w postaci dwójnika R6-C10. Wartości tych elementów są tak dobrane, aby na środku pasma SSB uzyskać przesunięcie fazy sygnału o 90° (+45 i -45), a w konsekwencji wytlumienie górnej wstęgi bocznej, bowiem w paśmie 80m wykorzystywana jest dolna wstęga (LSB). Sygnały te są następnie doprowadzane do dwóch mieszaczy zrównoważonych na diodach D4–D5 i D6–D7, gdzie ulegają zmieszaniu z sygnałem przestrajonego generatora VFO. W jednym półokresie tego napięcia kluczującego przewodzi jedna para diod, a w drugim druga para. W efekcie powstają dwie składowe sygnału małej częstotliwości, które poprzez dławiki DL4 i DL5 są skierowane do najprostszych prze-

suwników fazowych m.cz. z elementami C27, R17 i R18, natomiast C25, C26 wycinają resztki sygnału w.cz., a następnie są sumowane za pomocą bifilarnego uzwojenia L6 i poprzez filtr m.cz. zdemodulowany sygnał jest doprowadzany do wzmacniacza akustycznego. Dzięki takiemu połączeniu elementów RC uzyskuje się w efekcie jeden sygnał m.cz. Druga wstęga, po zmieszaniu symetrycznie ustawiona w stosunku do częstotliwości nośnej, jest w dużej mierze stłumiona.

Zasadnicza selektywność odbioru zależy od filtra dolnoprzepustowego, w skład którego wchodzi cewka L7 i kondensatory C33 oraz C35. Jego zadaniem jest stłumienie sygnałów spoza pasma 3kHz. Odfiltrowany sygnał m.cz. podlega następnie wzmocnieniu w dwustopniowym układzie OE na tranzystorach T9 i T8. Końcowy sygnał m.cz., poprzez wtórnik emiterowy T7, jest doprowadzony przez kondensator C31 do gniazda słuchawkowego. Wzmocnienie tego stopnia

Rys. 2



i moc jest optymalną do zasilania słuchawek multimedialnych, których uzwojenia zostały połączone równolegle. Częstotliwość sygnału odbieranego, a również nadawanego, jest wyznaczona poprzez częstotliwość pracy generatora VFO. Jego wartość w głównej mierze wyznacza obwód rezonansowy z cewką L4 i wypadkową wartością pojemności kondensatorów, głównie C19. Kondensatory C22 i C23 zapewniają dodatnie sprzężenie zwrotne niezbędne do pracy układu generatora z tranzystorem T5. Sygnał VFO jest następnie wzmacniany w układzie z tranzystorem T6 i poprzez transformator L5 podawany na mieszacze jednowstęgowe. W celu przesunięcia faz sygnału uzwojenia cewek są nawinięte tryfilarnie, czyli trzema przewodami jednocześnie. Przestrajanie częstotliwości VFO odbywa się za pomocą diody pojemnościowej D3 (BB130) poprzez zmianę napięcia potencjometrem P1. W układzie modelowym, przy suwaku potencjometru ustawionym w skrajnych położeniach (minimalne i maksymalne napięcie na diodzie), uzyskano przestrajanie urządzenia około 300kHz, od około 3,5-3,8MHz. Ponieważ komfort strojenia odbiornika jest uzależniony właśnie od tego potencjometru, warto użyć potencjometru wielobrotowego.

W zależności od wartości zastosowanego obwodu LC i diody, można uzyskać inny zakres pasma. Autor czynił próby z łatwo dostępnymi diodami BB105, uzyskując zakres przestrajania około 50kHz, co może zadowolić wielu konstruktorów chcących ograniczyć pracę tylko do najbardziej aktywnego wycinka pasma SSB.

Przy użyciu kondensatorów ceramicznych z czarnym paskiem, a także styroflexowych z czarną kropką lub literą J, stabilność generatora była bardzo duża, nie było więc potrzeby stosowania dodatkowych układów kompensujących, tym bardziej PLL, nie mówiąc o DDS, które same są bardziej skomplikowane i droższe niż proponowane urządzenie.

Całe urządzenie może być zasilane napięciem 12V (13,8V) z zasilacza dobrze stabilizowanego lub akumulatora 12V. Układ US1 – 7808 stabilizuje napięcie zasilania 8V i jest wykorzystywany do zasilania VFO. Przelączanie urządzenia z odbioru na nadawanie (RX/TX) odbywa się poprzez zmianę napięcia zasilania, co zrealizowano na pośrednictwem przelącznika PZ zamocowanego na przedniej ścianie minitransceivera. Oczywiście można użyć przełącznika, którego cewka będzie załączana przyciskiem PTT.

Podczas nadawania sygnał m.cz. z mikrofonu elektretowego Me podlega wzmocnieniu w układzie OE z tranzystorem T10, a następnie jest podany na zespół mieszacza jednowstęgowego, który teraz jest wykorzystywany w przeciwną stronę niż podczas odbioru. Najpierw sygnał ten jest ograniczany do zakresu 3kHz za pomocą filtra dolnoprze-

pustowego, a następnie jest rozdzielony w L6 na dwa sygnały w przeciwfazie i podany na przesuwniki fazowe m.cz., skąd trafia do zespołu mieszaczy zrównoważonych D4, D5 i D6, D7. Dzięki dodatkowym potencjometrom P3 i P4 można dokładnie zrównoważyć modulatory i uzyskać optymalne wytłumienie fali nośnej. Autor użył wielobrotowych potencjometrów montażowych. Końcowy sygnał nadajnika, po przejściu przez przesuwnik fazowy w.cz., jest uzyskiwany na wyjściu odczepu cewki L2 i jest już pozbawiony nie tylko fali nośnej, ale także znacznego stłumienia wstęgi bocznej.

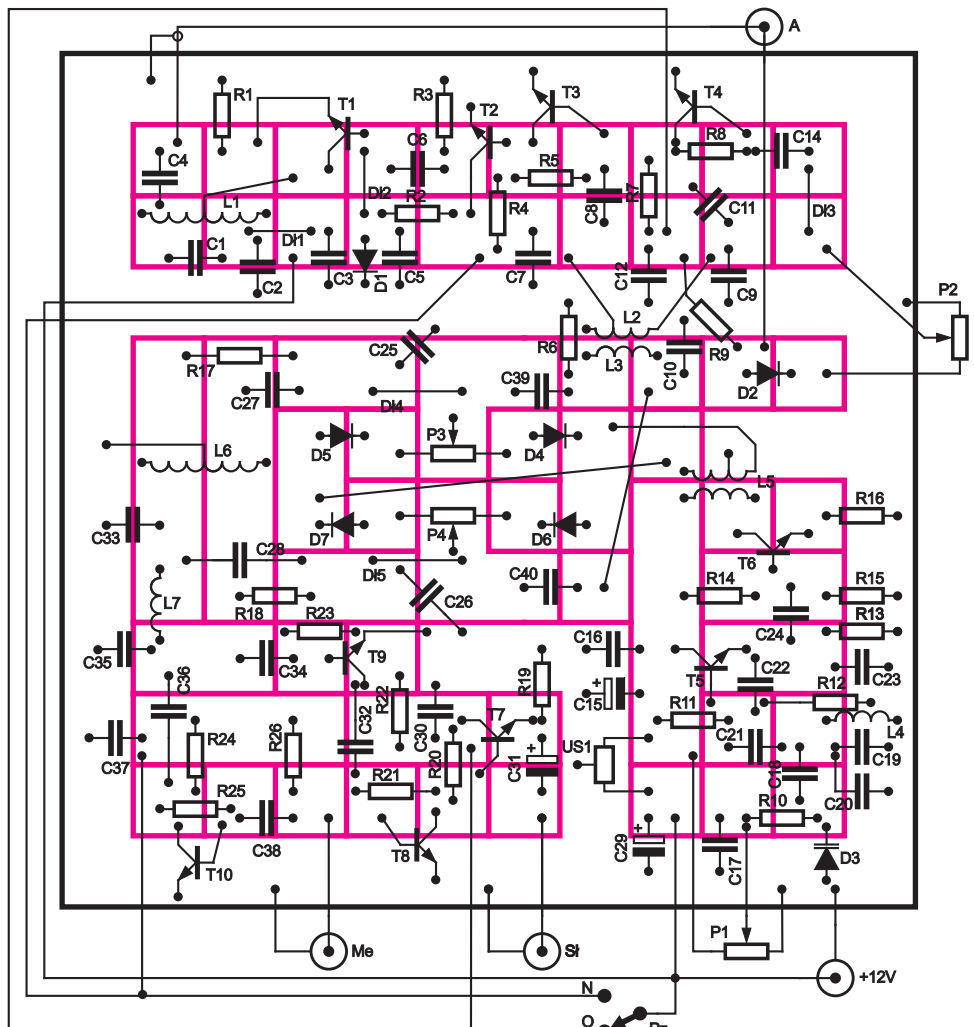
Dokładne wyjaśnienie, jak działa taki mieszacz jednowstęgowy, który w naszym przypadku przepuszcza dolną wstęgę boczną, a tłumi górną oraz falę nośną, można zamodelować na wykresie wskazowym – należałoby pokazać, jak w wskaźy sygnałów w fazie zgodnej dodają się, a w fazie przeciwnej odejmują, ale ze względu na ograniczoną ilość miejsca te ilustracje zostały pominięte. Dalsze wzmocnienie sygnału SSB odbywa się w układzie OE z tranzystorem T3. Następnie sygnał, poprzez dopasowujący impedancję wtórnik emiterowy z T2, trafia do wejścia wzmacniacza końcowego z tranzystorem BD135. Punkt pracy tego tranzystora zapewnia spolaryzowana przepustowo dioda prostownicza D1, na której odkłada się napięcie

około 0,6V. Rezystor w emiterze służy do stabilizacji termicznej stopnia i poprawia liniowość stopnia. Przy tak dobranych wartościach prąd emitera tranzystora wynosi około 15mA. Obciążeniem stopnia jest cewka L1 nawinięta bifilarnie (transformacja impedancji 1:4). Wyjściowy sygnał nadajnika jest skierowany poprzez kondensator separujący C4 do gniazda antenowego. Cewka L1 nie tylko dopasowuje impedancję wyjściową stopnia, ale wraz z kondensatorem C1 tworzy obwód rezonansowy na pasmo 80m, co dodatkowo filtruje nie tylko sygnał wyjściowy, ale także wejściowy podczas odbioru. W modelowym układzie moc wyjściowa układu wynosiła około 300mW, a przy głośnym gwizdnięciu do mikrofonu przekraczała nawet 500mW. Najlepsze efekty autor uzyskał przy zastosowaniu tranzystora 2SC3420.

Montaż i uruchomienie

Cały układ opisanego minitransceivera można zmontować z wykorzystaniem uniwersalnej płytki drukowanej. Płytkę (**rysunek 3**) można uzyskać poprzez wytrawienie lub wyfrezowanie wysepek lutowniczych, natomiast pozostała warstwa stanowi masę. Technologie taką stosowano w rozwiązaniu specjalnie, ponieważ daje ona możliwość wprowadzania zmian, łatwość testowania, próbowanie różnych wariantów układowych, co byłoby

Rys.3



trudne przy „zamkniętym” PCB. Jest tu też możliwość użycia podzespołów starszych, o większych gabarytach (bez uszczerbku na jakości sygnału czy docelowych parametrach urządzenia).

Pokazana na pierwszej fotografii płytki drukowana pochodzi z książki autora „Konstrukcje krótkofalarskie dla początkujących” (WKiŁ 1994 r.) i jest trochę na wyrost, bowiem jest nieco większa oraz zawiera kilka dodatkowych wysepek, aby można było dodać po jednym tranzystorze we wzmacniaczu mikrofonowym, a także we wzmacniaczu końcowym nadajnika.

Sam układ montuje się szybko i sprawnie, ale przy wcześniejszym przygotowaniu płytki – wyczyszczeniu warstwy miedzi i pokryciu kalafonią lub pobieleniu całej powierzchni oraz przygotowaniu i sprawdzeniu obwodów LC.

Zdając sobie sprawę, że początkującym konstruktorom najwięcej problemów może sprawić właśnie poprawne wykonanie uzwojeń, temu tematowi trzeba poświęcić nieco więcej miejsca. Jako cewki DL1–DL5 można zastosować współosiowe dławiki fabryczne, przypominające wyglądem rezystory, i trzeba zwrócić uwagę, aby pierwszy z nich, czyli DL1, był na większy prąd obciążenia, np. 1A, przy czym wartości indukcyjności nie są krytyczne. Najlepiej jest użyć dławika fabrycznego 22μH/1A. Można też nawinąć uzwojenie na 6-otworowym rdzeniu z ferrytu F-200. Di3 musi tworzyć obwód rezonansowy z kondensatorem C14 na około 3,7MHz (z typową wartością 10μH wypada kondensator 180pF). W przypadku użycia dławika 4,7μH, wartość kondensatora będzie większa i powinna wynosić 420pF. Cewki filtrów na pasmo 80 m można nawinąć na rdzenie toroidalne, np. typu Amidon T37-2 (kolor czerwony; 9,53 x 5,21 x 3,25mm, AL = 4). Cewka L2 powinna zawierać 36 zwojów drutu DNE 0,4 (odczep po 6. zwoju od strony masy), zaś nawinięta na niej cewka sprzęgająca L3 – 10 zwojów tego samego drutu lub krosówki telefonicznej. Cewka obwodu VFO, czyli L4, powinna zawierać 26 zwojów drutu DNE 0,4 na takim samym rdzeniu. W przypadku filtru L1 uzwojenie zawiera 36 zwojów, ale należy je nawinąć bifilarnie, czyli dwoma przewodami jednocześnie, po 18 zwojów drutu DNE 0,4. Posiadając inny rdzeń niż T37-2, należy przeliczyć zwoje, uwzględniając inną liczbę AL aktualnego rdzenia (AL – liczba zwojów przypadająca na 1nH). Szerokopasmowy transformator podający sygnał VFO na mieszacz, oznaczony jako L5, powinien zawierać trzy jednocześnie nawinięte uzwojenia po 10 zwojów DNE 0,4 na rdzeniu FT37-43 lub RP10x6x3. Rdzeń ten oraz T37-2 są dostępne w AVT. Pozostałe filtry małej częstotliwości należy nawinąć na rdzenie kubkowe (dwa elementy w kształcie litery M, a w środku szpulka plastikowa na uzwojenie), ale mając nieco szczęścia, można znaleźć gotowe

uzwojenia pasujące do naszego rozwiązania. Indukcyjności mogą nieco odbiegać od podanych i wtedy trzeba skorygować pojemność. Autotransformator m.cz., sumator, oznaczony jako L6 może być nawinięty bifilarnie po około 400 zwojów drutu DNE 0,1 na rdzeniu kubkowym o średnicy 14mm z materiału F 1001 i AL = 400. Można także spróbować wykorzystać transformator ze starego radioodbiornika tranzystorowego z dwoma symetrycznie nawiniętymi uzwojeniami. Cewkę L7 tworzy dławik fabryczny o indukcyjności około 100mH, który można uzyskać poprzez nawinięcie 500 zwojów drutu DNE 0,1 na rdzeniu kubkowym o średnicy 14mm z materiału F 1001 i AL = 400; 250 zwojów przy AL = 1600. Warto jednak poszukać w Internecie oferty z takimi dławikami, bo czasem można je kupić w cenie 1...2 zł.

Przy własnoręcznym nawijaniu, w tym i powyższym przypadku, korzystniej jest wybrać rdzeń z większą wartością AL, bo wtedy zmniejszy się liczba zwojów i uzwojenia można nawinąć grubszym drutem. Jak widać na fotografii wstępnej, autor zastosował rdzenie gabarytowo nieco większe o średnicy około 26mm, bo takie akurat były w szufladzie.

Jeszcze kilka uwag praktycznych odnośnie do uzwojeń na rdzeniach ferrytowych. Dobrze jest mieć czym zmierzyć indukcyjności cewek: najpierw omomierzem na brak przerwy, a potem miernikiem indukcyjności; cewki w.cz. np. za pomocą przystawki dołączonej do multimetru. Wszystkie uzwojenia wskazane jest zabezpieczyć poprzez polakierowanie lub sklejenie klejem wodoodpornym. Po wyschnięciu należy ponownie skontrolować indukcyjność, aby sprawdzić, czy nie trzeba zmienić wartości kondensatora współpracującego z uzwojeniem. Cewki na rdzeniach kubkowych mogą zmieniać indukcyjność w zależności od zmiany szczeliny. Tutaj warto próbować zmienić szczelinę np. poprzez wstawienie cienkiej folii plastikowej czy cienkiego papieru, bo w ten sposób można dopasować się do wymaganej indukcyjności. Także zbyt mocne ściśnięcie rdzenia śrubą mocującą powoduje zmianę indukcyjności, nie mówiąc o tym, że sam fakt jej umieszczenia w otworze też może mieć duży wpływ. Autor użył śrub M2,5 mosiężnych, które powodowały tylko minimalne rozstrojenia cewek, w przeciwieństwie do stalowych.

Uruchomienie układu jest uzależnione od posiadanych możliwości pomiarowych. Teraz zostaną podane najprostsze metody przy minimalnym wyposażeniu: kiedy elementy zostaną już przyzłutowane do płytki, należy wol-

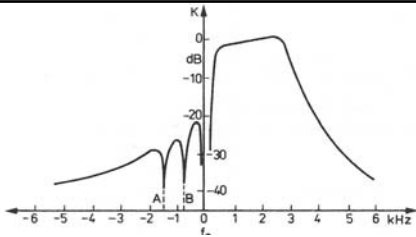
tomierzem DC sprawdzić wartości napięć zasilających na elektrodach tranzystorów, bowiem może okazać się, że przy znacznych rozrzutach wzmocnienia tranzystorów – trzeba korygować wartości rezystorów w bazach. Najlepiej jest uruchamiać część elektroniczną po zamocowaniu zmontowanej płytki do dobranej obudowy metalowej lub wykonanej własnoręcznie. W najprostszym przypadku obudowę mogą stanowić dwa kawałki blachy aluminiowej wygięte w kształcie spłaszczonego U.

Na przedniej ścianie należy zamontować potencjometri P1 i P2 oraz przełącznik Pz, a także gniazdko jack do podłączenia zestawu słuchawkowo-mikrofonowego. Wskazane jest zaopatrzenie przedniej ścianki w skalę elektroniczną. W tym przypadku może to być dowolny cyfrowy miernik częstotliwości, nawet pracujący tylko do 4MHz. Tylne ścianka powinna zawierać gniazda zasilania oraz antenowe. Również do tylnej ścianki można przykręcić obudowę tranzystora BD135, ale poprzez podkładkę mikową, o ile kolektor jest odkryty.

Uruchamianie najlepiej jest zacząć od VFO, czyli od sprawdzenia napięcia na emiterze T5, które powinno wynosić około 4V i emiterze T6, które może zawierać się w zakresie 200–500mV. Podczas ustawienia Pz w pozycji odbioru, napięcia na kolektorach T4, T9 i T8 powinny być zbliżone do połowy napięcia zasilania, czyli do około 6V, identycznie przy nadawaniu na T3 i T10. Również w okolicy połowy napięcia zasilania powinny występować na emiterach T7 (przy odbiorze) i T2 (przy nadawaniu). Prąd tranzystora T1 można skontrolować również poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze emiterowym. W stanie spoczynkowym napięcie na rezystorze T1 może zawierać się w zakresie 15–25mV. Na jego wartość ma wpływ dioda D1 oraz rezystor R2 (można, w miarę potrzeby, zmieniać ich wartości).

Kolejną niezbędną czynnością jest sprawdzenie częstotliwości VFO za pomocą miernika częstotliwości lub dodatkowego odbiornika na pasmo 80m zbliżonego do wyjścia układu.

R E K L A M A



Rys.4

Autor w swoim prototypowym modelu, choć przeznaczonym głównie do eksperymentów, użył własnoręcznie skonstruowanej mikroprocesorowej skali cyfrowej AVT-5112, podłączonej do kolektora T6 za pomocą kondensatora 3,9pF, przy czym wcześniejsze podłączenie do emitera przez większą pojemność powodowało niewielkie zakłócenia odbioru. Taka skala jest bardzo użytecznym wyposażeniem nie tylko tego transceivera.

Warto wiedzieć, że w przypadku zbyt szerokiego zakresu przestrajania generatora można go ograniczyć za pośrednictwem dodatkowych rezystorów dołączonych do skrajnych zacisków potencjometru. Do skorygowania częstotliwości VFO jest przewidziany dodatkowy kondensator C20 i na początek warto nim być trymer o wartości 30–50pF.

Jeżeli generator pracuje w swoim zakresie, a cewki były sprawdzane np. za pomocą GDO (TDO), to po podłączeniu anteny w słuchawkach można będzie odebrać lokalne stacje pracujące nieco powyżej 3,7MHz.

Sprawdzenia odbiornika i jego dopracowania najlepiej dokonać za pomocą generatora w.cz. z regulowanym poziomem wyjściowym sygnału, ale korygowania jakości odbioru warto dokonywać podczas dobrej propagacji w rozgrywanych zawodach, bowiem wtedy na pewno usłyszymy wiele stacji i będzie można ulepszyć układ. Na pewno można wtedy sprawdzić działanie tłumika P2 czy poprawić czułość przez korekcję wartości kondensatora C9. Można także dobrać pasmo przenoszenia toru małej częstotliwości poprzez korektę wartości kondensatorów wzmacniacza m.cz. Na przykład w bardzo prosty sposób można zawęzić pasmo toru m.cz. poprzez niewielkie zwiększenie pojemności C33 czy C35, a także przez dołączenie do rezystorów R21 i R23 dodatkowych kondensatorów o dobranych wartościach z przedziału 330pF...1nF. Takie ujemne sprzężenie zwrotne też spowoduje w pewnym stopniu ograniczenie pasma od góry.



Również zauważalną poprawę odbioru, w tym częściowe wyeliminowanie zakłóceń pozapasmowych, może przynieść dołączenie dobrego kondensatora o wartości z przedziału 10nF...22nF do cewki L7 – powstanie równoległy obwód rezonansowy polepszający tłumienie powyżej 3kHz.

Warto więc poeksperymentować, aby dopasować audio do własnych upodobań. Wyjściowy sygnał nadajnika, po załączeniu Pz na nadawanie, można skontrolować za pośrednictwem dodatkowego odbiornika zbliżonego do wyjścia antenowego obciążonego rezystorem 50Ω/1W i oscyloskopem, ewentualnie diodową sondą. W najprostszym przypadku może to być żarówka rowerowa 6V/0,6W, która dzięki zaświecaniu w takt modulacji upewni nas, że wzmacniacz nadajnika pracuje prawidłowo.

Jedną z niezbędnych czynności podczas uruchamiania nadajnika jest zrównoważenie modulatora poprzez takie ustawienie suwaków potencjometrów P3 i P4, aby uzyskać na wyjściu jak najmniejszy poziom fali nośnej. Do tej czynności najlepiej posłużyć się odbiornikiem zewnętrznym, choć ustawienie za pomocą sondy w.cz. na najmniejszy poziom sygnału w.cz. będzie poprawne. Należy dodać, że diody do modulatora niekoniecznie muszą być dobranym kwartetem, ale muszą być z tej samej serii. Warto z większej liczby wybrać takie o zbliżonych parametrach, np. za pomocą multimetru poprzez pomiar spadku napięcia na złączu. Po przełączeniu w zewnętrznym odbiorniku wstęgi bocznej na USB można spróbować dobrać

elementy wspomnianych wyżej przesuwników fazowych w.cz. i m.cz. na jak najmniejszy poziom sygnału niepożądaną wstęgę, jednak czynność ta wymaga wielu eksperymentów i doświadczenia. Chcąc zamienić wstęgę boczną w naszym układzie, należy skrzyżować doprowadzenia sygnałów przesuwnika fazowego.

Na **rysunku 4** jest pokazany szkic charakterystyki pasma przenoszenia minitransceivera. Łatwo zauważyć na nim, że przesuwnik fazowy m.cz. daje przesunięcie fazowe równe 90° tylko przy częstotliwościach około 700Hz i 1,5kHz, ponieważ w punktach A i B tłumienie drugiej wstęgi wynosi około 30dB (lepszą charakterystykę można osiągnąć w metodzie filtrowej z prostym filtrem kwarcowym).

Pomimo powyżej wspomnianych mankamentów i niewielkiej mocy nadajnika, z dobrą anteną (np. dipol 2 x 19,5m) można – przy dobrych warunkach propagacyjnych – nawiązać na tym minitransceiverze TinySSB nie tylko wakacyjne łączności w paśmie 80m.

Bardziej doświadczonych konstruktorów autor zachęca do unowocześnienia urządzenia, np. poprzez zastąpienie modulatora diodowego zespołem kluczy na układzie cyfrowym (74HC4066, 74HC4053...) i wzmacniaczy tranzystorowych popularnymi wzmacniaczami operacyjnymi z kształtowaniem charakterystyki m.cz., a także podzielenia się wszelkimi uwagami na temat pracy urządzenia.

Andrzej Janeczek

sp5aht@swiatradio.com.pl

Wykaz elementów

Rezystory

R1	1Ω
R2,R13,R15	1kΩ
R3,R19	470Ω
R4,R7,R24	2kΩ
R5,R8,R25	470kΩ
R9	3,3kΩ
R6	120Ω
R10	47kΩ
R11,R12,R20,R22,R26	4,7kΩ
R14	8,2kΩ
R16	100Ω
R17,R18	1,2kΩ
R21,R23	1MΩ
P1	10kΩ/A wielozwojowy, np. helitrim WXD3590
P2	1kΩ/A
P3,P4	470 wielozwojowy montażowy

Kondensatory

C1,C9,C10,C18,C19,C21,C22,C23	330pF
C2,C3,C7,C12,C16	100nF
C4	10nF
C5,C30,C32,C34,C37	220nF
C6,C8,C13	1nF
C11,C20,C24	33pF
C14	180pF
C15	22μF/16V
C17,C27,C33,C35,C36,C38	47nF
C25,C26,C39,C40	2,2nF
C28	470nF

C29	470μF/16V
C31	2,2μF/16V

Półprzewodniki

D1	1N4005
D2,D4-D7	1N4148
D3	BB130
T1	BD135
T2-T10	BC547
T1	BD135
T2-T10	BC547
US1	78L08

Pozostałe

DŁ1	22μH (10μH)
DŁ2,DŁ4,DŁ5	470μH (220μH)
DŁ3	10μH
L1	2 x 18 zwojów DNE 0,4 na T37-2 (około 5,3μH)
L2	36 zwojów DNE 0,4 na T37-2 (około 5,3μH) z odczepem na 6. zwoju od strony masy
L3	10 zwojów na L2 DNE 0,4
L4	26 zwojów DNE 0,4 na T37-2 (2,8μH)
L5	3 x 10 zwojów DNE 0,4 na rdzeniu FT37-43 ew. RP10x6x3
L6	2 x 400 zwojów DNE 0,1 na F1001/AI = 400 (około 250mH)
L7	500 zwojów DNE 0,1 na F1001/AI = 400 (około 100mH)
12V	gniazdo zasilania DC
A	gniazdo antenowe UC1
Pz	przełącznik
Me,Sl.	gniazda jack stereo