

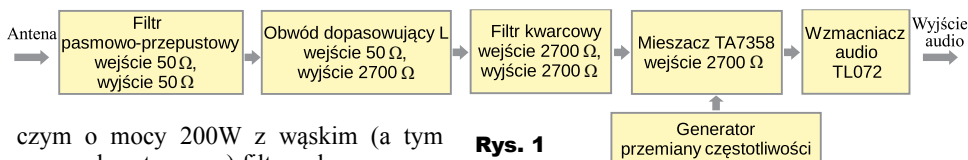


Mini- odbiornik PSK

Artykuł stanowi zachętę dla Czytelników do zapoznania się z emisjami cyfrowymi stosowanymi w krótkofalarstwie. Opisany układ umożliwi odbiór transmisji cyfrowych z pasma 80m (3,5MHz). Zmontowany układ pokazany jest na fotografii tytułowej. Dekodowanie danych odbywa się za pomocą odpowiedniego oprogramowania. Na podstawie opisanego układu możemy bardzo łatwo zobaczyć, jak projektuje się układy radiowe oraz zrozumieć zasadę działania układów z przemianą częstotliwości. Układ zaprojektowany został w taki sposób, by nie wymagał strojenia, a zmontowany ze sprawnych elementów działa od pierwszego podłączenia. Dla zupełnie początkującego elektronika jedynym problemem mogą być zastosowane w układzie elementy SMD.



kit
3168
AVT



Rys. 1

czym o mocy 200W z wąskim (a tym samym kosztownym) filtrem kwarcowym o szerokości pasma 500Hz.

Informacja w emisji PSK zakodowana jest w zmieniającej się fazie sygnału. Najczęściej spotyka się dwa warianty kodowania PSK: BPSK, gdzie faza przyjmuje dwie wartości (0 i 180 stopni) oraz

QPSK, gdzie faza przyjmuje 4 wartości (0, 90, 180 i 270 stopni). W wariancie QPSK nadawane są jednocześnie dwa sygnały (podnośne) przesunięte w fazie o 90 stopni. Umożliwia to przesłanie dwa razy większej ilości informacji w porów-

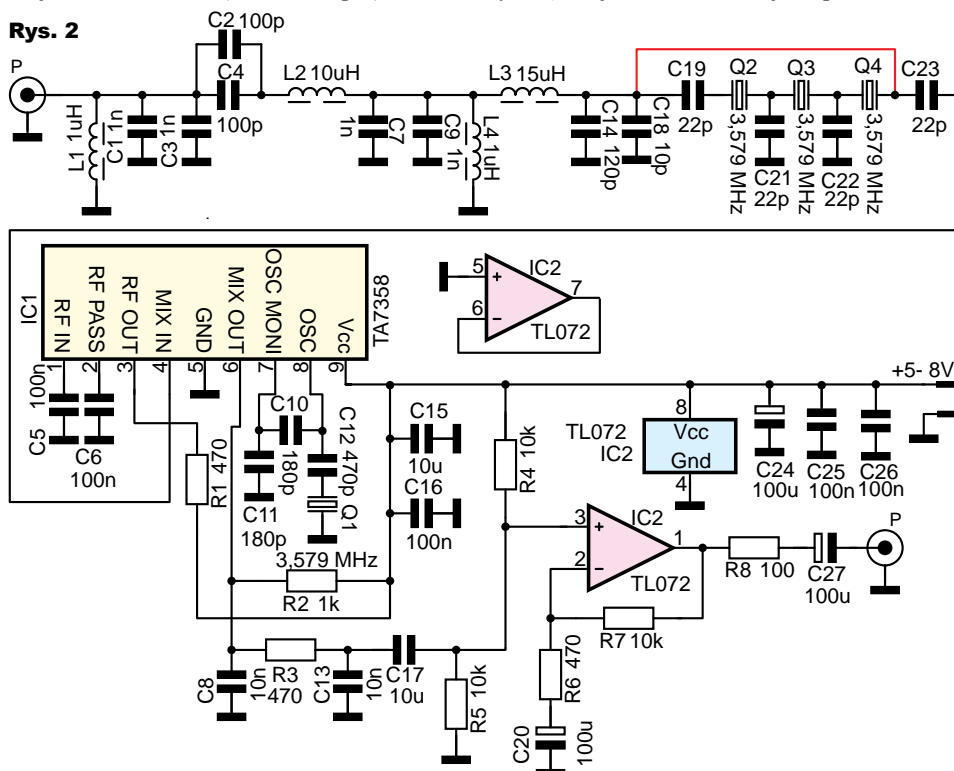
Opis układu

Schemat blokowy zaprojektowanego odbiornika pokazany jest na rysunku 1, a schemat ideowy na rysunku 2. Na schemacie blokowym zaznaczone są impedancje w poszczególnych miejscach układu. Dopasowanie impedancji w układach radiowych jest niezwykle ważne i praktycznie zawsze stosowane. Największą energię przekazuje się do następnego stopnia układu, gdy impedancja źródła i obciążenia są sobie równe.

Stacje wykorzystujące emisję PSK w paśmie 80m pracują w zakresie częstotliwości 3,580–3,581MHz.

Transmisja PSK31 (Phase Shift Keying) charakteryzuje się dużą efektywnością, małą szerokością zajmowanego pasma 31,25Hz na poziomie -3dB. Do prawidłowego odebrania danych wystarcza stosunek sygnału do szumu na poziomie tylko 4dB. W praktyce oznacza to, że taką samą skuteczność przekazywania informacji uzyskamy za pomocą emisji PSK31, dysponując nadajnikiem o mocy zaledwie 5W, jak przy emisji telegraficznej (CW) i urządzeniu nadawczo-odbior-

Rys. 2



naniu do emisji BPSK. Nadmiarowe dane wykorzystywane są do korekcji błędów.

Do odebrania sygnału QPSK potrzeba jednak większego o 3dB stosunku sygnału do szumu, ponieważ sygnał dzielony jest na dwie podnośne o takiej samej mocy. Emisja BPSK lepiej sprawuje się w przypadku zakłóceń o charakterze szumu białego, natomiast QPSK w przypadku zakłóceń impulsowych. Więcej szczegółów dotyczących transmisji QPSK można znaleźć np. na stronie:

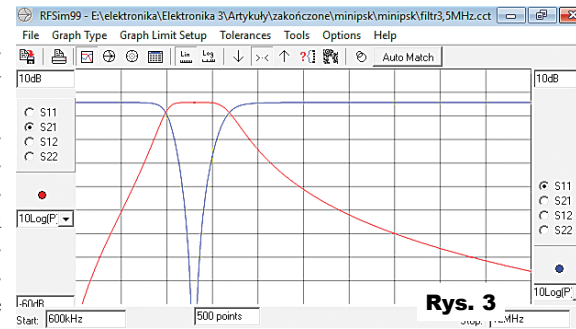
<https://pl.wikipedia.org/wiki/PSK31>.

Opisany odbiornik jest homodyną, czyli klasycznym odbiornikiem z bezpośrednią przemianą częstotliwości. Na wejściu odbiornika znajduje się filtr pasmowo-przepustowy o szerokości pasma 1,546 MHz na poziomie -3dB oraz impedancji wejścia i wyjścia równej 50 omów (tłumienie poniżej 3dB filtr ma w zakresie częstotliwości 2,893-4,438 MHz). Współczynnik SWR tego filtru w paśmie 80m (3,5-3,8 MHz) jest lepszy niż 1,1 (tzn. tłumienie odbicia jest większe od 30dB). Układ filtru pasmowo-przepustowego wymaga kondensatorów o nietypowych wartościach pojemności. Wymagane pojemności uzyskano ze złożenia dwóch kondensatorów o mniejszych pojemnościach. Bardzo ważne jest, by kondensatory C1, C3, C7 i C9 były wykonane z ceramiki NP0 (COG). Zastosowanie ceramiki X7R powoduje silne zniekształcenie charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej filtru i dodatkowe tłumienie w paśmie przepuszczania filtru. Korzystną cechą zaprojektowanego filtru jest fakt, że antena jest zwarta do masy dla sygnałów o niskich częstotliwościach (cewka L1). Charakterystyka filtru pasmowo-przepustowego pokazana jest na **rysunku 3**. Kolorem czerwonym oznaczone jest tłumienie filtru, niebieskim jego dopasowanie.

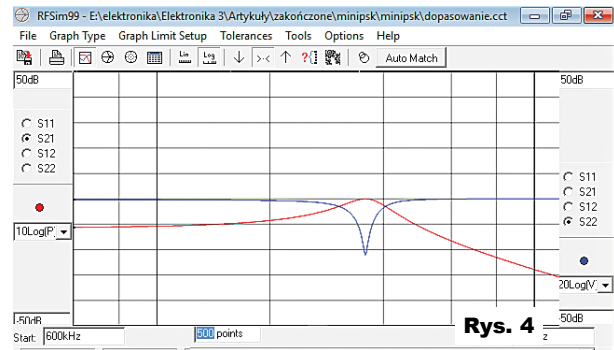
Sygnał za filtrem transformowany jest w obwodzie typu L na impedancję około 2,7 kiloomów. Taką impedancję wybrano, aby uzyskać dopasowanie układu do

impedancji wejściowej zastosowanego mieszacza TA7358 (2,7 kiloomów równoległe z pojemnością 3,3pF). Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa układu dopasowującego pokazana jest na **rysunku 4** a wypadkowa charakterystyka filtru i obwodu L – na **rysunku 5**. Widzimy, że zastosowany układ dopasowujący dodatkowo poprawia tłumienie sygnałów niepożądanych (sygnałów leżących poza zakresem częstotliwości pracy odbiornika). Użyte dopasowanie jest dopasowaniem rezonansowym. Tłumienie sygnału lustrzanego uzyskano w nim, stosując filtr kwarcowy. Filtr kwarcowy zaprojektowano również w taki sposób, aby jego impedancja wejściowa równa była jego impedancji wyjściowej oraz impedancji mieszacza układu TA7358. Stosując filtr kwarcowy o wysokich impedancjach wejścia i wyjścia, uzyskano możliwe szerokie pasmo. Filtry kwarcowe z wysokimi impedancjami wejścia i wyjścia umożliwiają uzyskanie szerszych pasm niż filtry z niskimi impedancjami, ale kosztem gorszego tłumienia sygnałów niepożądanych. Pasma przenoszenia filtru kwarcowego na poziomie 3dB wynosi około 1,7kHz.

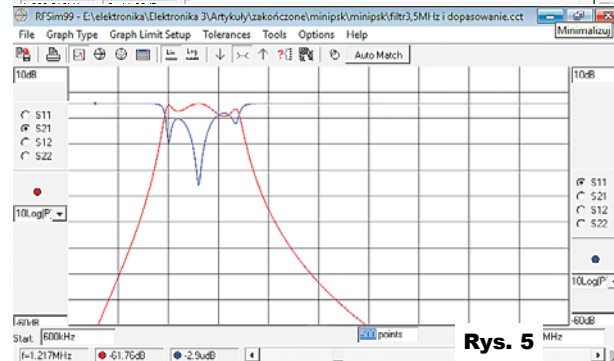
Działanie tego filtru zostanie wyjaśnione na przykładzie. Sygnał radiowy o częstotliwości 3,580MHz mieszany jest z sygnałem generatora przemiany częstotliwości 3,5785MHz, w wyniku czego powstaje sygnał o częstotliwości 1,5kHz (3,580MHz-3,5785MHz). Sygnał o częstotliwości 1,5kHz otrzymamy również, mieszając sygnały o częstotliwości 3,5785MHz (generator przemiany częstotliwości) z sygnałem radiowym o częstotliwości 3,577kHz (sygnał lustrzany, 3,5785MHz - 3,577MHz = 1,5kHz). Sygnały będące sumą częstotliwości doprowadzonych do odbiornika mogą być bardzo łatwo oddzielone za pomocą filtru dolnoprzepustowego zbudowanego z elementów RC. Sygnały lustrzane tłumione są przez filtr kwarcowy. Przyjęte rozwiązanie ogranicza zakres odbieranych częstotliwości do częstotliwości z zakresu pasma przepuszczania filtru kwarcowego i pozwala pokryć cały wycinek pasma 80m przeznaczony do łączności PSK. Opisane roz-



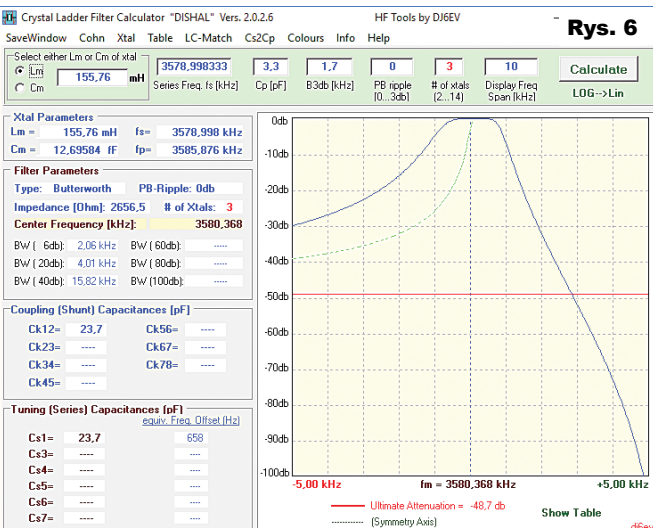
Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

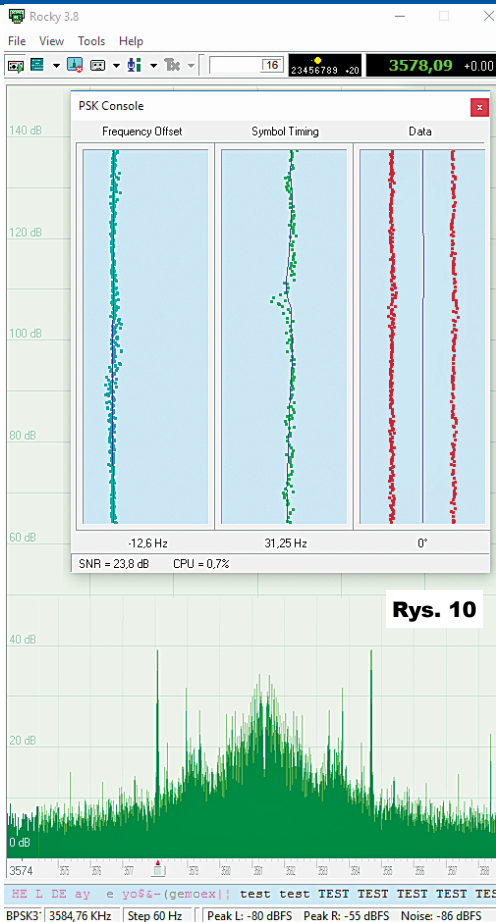


Rys. 6

wiązanie stanowi najprostszą metodę usunięcia sygnału lustrzanego. Wąskie pasmo filtru wynika z wysokiej dobroci rezonatorów kwarcowych.

Autor, projektując ten filtr, przebadał rezonatory o częstotliwości 3,579MHz następujących producentów: Philips, HCJ, Sunny, ITC, IQ, Crystal, TQG, WTL, SPK oraz HEC. Najlepsze wyniki uzyska się, stosując rezonatory firm HEC, HCJ oraz WTL. W przypadku rezonatorów firmy HEC zastępuje indukcyjność szeregową wyniosła 155,76mH, zastępującą pojemność szeregową 12,69584pF, rezystancja szeregową 23,5Ω, a dobroć 130792. Parametry filtru wyliczono za pomocą programu Dishal autorstwa DJ6EV. Projektując filtr, wybrano aproksymację Butterwortha, pozwalającą uzyskać najmniejsze zafalowania w paśmie przenoszenia. Otrzymana charakterystyka zaprojektowanego filtru pokazana jest na **rysunku 6**. Filtr optymalizowano, zmieniając tak pasmo filtru, by uzyskać jego dopasowanie do impedancji 2,7kΩ.

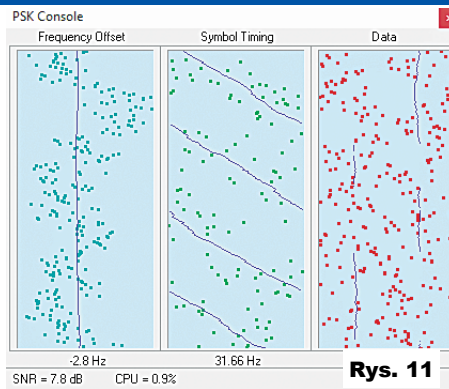
Stosując rezonatory kwarcowe innych firm z pojemnościami podanymi na schemacie ideowym, również uzyska się



Rys. 10

ru dokonuje się, wlotowując w miejsce rezonatora Q1 na czas testów podstawkę precyzyjną i mierząc częstotliwość generatora za pomocą sondy wysokoimpedancyjnej dołączonej na wyjściu 7 układu TA7358 przez kondensator o pojemności kilku pF. W czasie pomiaru obudowa rezonatora nie powinna być trzymana palcami, a sam rezonator powinien pracować około 5 minut, by ustabilizował się termicznie. Rozrzut częstotliwości rezonatorów kwarcowych stosowanych w filtrze powinien być mniejszy od 100Hz.

W odbiorniku można również w ogóle nie montować filtra kwarcowego. W tym celu nie należy montować elementów C19, C21–C23, rezonatorów kwarcowych Q2–Q4, kondensator C23 zastąpić kondensatorem 1nF oraz wykonać połączenie na płycie drukowanej za pomocą zwory zaznaczonej na schemacie kolorem czerwonym. Brak filtra kwarcowego może spowodować jednoczesny odbiór sygnału lustrzanego (sygnałów telegraficznych) w przypadku, gdy różnica częstotliwości pomiędzy częstotliwością generatora przemiany częstotliwości a sygnałem odbieranym będzie identyczna dla sygnału lustrzanego i właściwego. W tym wypadku odbierzemy wszystkie sygnały radiowe pracujące emisją PSK na paśmie 80m oraz dodatkowo sygnały telegraficzne i innych transmisji cyfrowych.



Rys. 11

Funkcję anteny podczas testów pełniło około 10 metrów drutu podłączonych do wejścia antenowego odbiornika, wyrzucanych za okno. Testy odbiornika należy przeprowadzać po zmroku, ze względu na specyfikę rozchodzenia się sygnałów pasma 80m. Zasięg stacji pracującej w paśmie 80m silnie zależy od pory dnia.

Dekodowanie sygnałów PSK umożliwia wiele programów np.: Rocky (<http://www.dxatlas.com/rocky/>), Digipan (<http://www.digipan.net>) oraz szereg innych. Aby dekodować prawidłowo, sygnał audio z wyjścia odbiornika należy podłączyć do wejścia liniowego karty dźwiękowej komputera za pomocą złącza mini jack stereo. Autor poleca początkującym program Rocky ze względu na bardzo prostą konfigurację programu. Pewną wadą programu Rocky jest pokazywanie na ekranie tej samej stacji jako sygnał lustrzany i właściwy. Wynika to ze specyfiki obróbki sygnału audio przez ten program. Program Rocky wykorzystuje technikę fazową do usuwania kanału lustrzanego, niewykorzystywaną w naszym urządzeniu. W praktyce nie jest to jednak żadną wadą, gdyż w programie można ograniczyć zakres częstotliwości wyświetlanych do częstotliwości leżących powyżej częstotliwości generatora przemiany częstotliwości. Wyświetlanie częstotliwości lustrzanych przyda się w przypadku, gdy nie zamontowaliśmy filtra kwarcowego, będziemy w tym wypadku określać częstotliwość, na której nadawany jest np. sygnał telegraficzny.

Program Rocky konfigurujemy następująco: w zakładce **View, Settings, DSP** w oknie Local oscillator wpisujemy częstotliwość generatora przemiany częstotliwości w Hz. W zakładce **View, Settings, Audio** w oknie **IQ Input Device** wybieramy wejście liniowe karty dźwiękowej, do której podłączyliśmy nasz odbiornik. Aby dekodować emisję PSK31 w standardzie BPSK, musimy nacisnąć ikonkę Mode i wybrać BPSK31. Dekodowanie uruchamia się ikoną Start Radio. W przypadku niektórych kart dźwiękowych program Rocky nie rozpocznie dekodowania, dopóki nie wykryje podłączonego złącza mini jack do wejścia karty dźwiękowej.

Wykaz elementów

R1,R3,R6	470Ω obudowa 0805
R2	1kΩ obudowa 0805
R4,R5,R7	10kΩ obudowa 0805
R8	100Ω obudowa 0805
C12	470pF obudowa 0805
C14	120pF obudowa 0805
C18	10pF obudowa 0805
C1,C3,C7,C9	1nF obudowa 0805
C10,C11	180pF obudowa 0805
C15,C17	10uF obudowa 1206
C19,C21,C22,C23	22pF obudowa 0805
C2,C4	100pF obudowa 0805
C20,C24,C27	100uF przewlekany
C5,C6,C16,C25,C26	100nF obudowa 0805
C8,C13	10nF obudowa 0805
IC1	TA7358
IC2	TL072 SMD
L2	10uH dławik przewlekany
L3	15uH dławik przewlekany
L1,L4	1uH dławik przewlekany
Q1-Q4	3,579MHz (patrz tekst)

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3168

Wybranie opcji **Show Waterfall** powoduje wyświetlenie sygnału radiowego w postaci histogramu. Taki sposób wyświetlania informacji o widmie radiowym jest bardzo użyteczny, gdyż pozwala zorientować się, na jakich częstotliwościach pracowali wcześniej korespondenci. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że gdy ustawimy się na tę częstotliwość, nadawca będzie próbował za chwilę znowu przeprowadzić na niej łączność. Zdekodowana wiadomość pokazana jest na samym dole programu w niebieskim pasku ze zdekodowanym tekstem wiadomości. Kolorem czarnym oznaczone są prawidłowo zdekodowane litery. Innymi kolorami oznaczone są sygnały zdekodowane z mniejszą pewnością.

Wybranie opcji **Tools, PSK Console** pozwala wyświetlić parametry sygnału BPSK. Ważne są okna **Frequency Offset** mówiące o odchyłce pomiędzy ustawioną częstotliwością odbieraną a zdekodowaną oraz **Data**. W oknie Data widzimy dwa sygnały, przesunięte w fazie o 90 stopni względem fazy podnośnej. Parametr SNR mówi o stosunku sygnału użytecznego do szumu. Przykład prawidłowo odebranego sygnału BPSK pokazany jest na **rysunku 10**, a na **rysunku 11** pokazano próby dekodowania szumu. W Elportalu znajdują się materiały pomocnicze do tego artykułu. Na zakończenie autor chciałby podziękować **Waldkowi 3Z6AEF** i **Darkowi SQ4JED** za uwagi do tego tekstu.

Rafał Orodziński, SQ4AVS
sq4avs@gmail.com