



Odbiornik na pasmo 80m



Odbiornik ten powstał na prośbę Redakcji EdW dla początkujących Czytelników, którzy chcieliby zacząć swoją przygodę z krótkofalarstwem. Dlatego układ zbudowany jest wyłącznie z elementów przewlekanych, nie zawiera żadnych elementów SMD, których zarówno montaż, jak i kupno, może być dla niektórych problemem. Całość zmontowana jest na płycie jednostronnej z laminatu szklano-epoksydowego. Odbiornik ten umożliwi odbiór szeregu stacji pracujących zarówno na SSB (przekazujących informację za pomocą głosu), jak i CW (telegrafia – alfabet Morse’a). Układ pracuje w popularnym paśmie 80m. Podczas jego uruchamiania nie jest wymagane żadne doświadczenia w technice wysokich częstotliwości (układ nie wymaga strojenia), a poprawnie zmontowany pracuje od pierwszego włączenia.

Projektując ten układ szczególnie nacisk położyłem na jego maksymalną prostotę (jednak nie kosztem parametrów odbiornika). Dobre parametry dynamiczne zapewnione są dzięki użyciu kluczy cyfrowych jako mieszaczy. Cała selektywność odbiornika uzyskiwana jest w torze m.cz., dzięki użyciu algorytmów cyfrowej obróbki sygnałów. Do odbioru stacji niezbędny jest komputer z kartą dźwiękową. Wystarczy kilkuletni komputer (z procesorem nie gorszym niż Pentium IV 1GHz lub odpowiednik i mający nie mniej jak 256MB RAM-u w przypadku Windows XP i 512MB w przypadku Windows Vista). Jak pokazuje praktyka, **konfiguracja oprogramowania jest tak prosta, że nie stanowi problemu dla nikogo, nawet dla osób starszych.** Odbiornik ten w podobnej konfiguracji był już budowany parokrotnie i zawsze działał bez najmniejszych problemów.

Opis układu

Schemat ideowy przedstawiony jest na **rysunku 1**. Wcale nie trzeba rozumieć szczegółów działania układu. Ale warto wiedzieć, że układ jest odbiornikiem z bezpośrednią przemianą częstotliwości, wykorzystującym fazową

metodę do eliminacji kanału lustrzanego. W układach z bezpośrednią przemianą częstotliwości sygnał możemy odebrać dwukrotnie: raz – gdy częstotliwość oscylatora przestrajanego jest większa od częstotliwości heterodyny, drugi raz – gdy jest mniejsza. Wyjaśnione zostanie to na przykładzie, np.: gdy mamy heterodynę 3600kHz i sygnał mieszania o częstotliwości 1kHz, ten sygnał możemy otrzymać zarówno, gdy częstotliwość sygnału radiowego będzie wynosiła 3601kHz ($3601\text{kHz} - 3600\text{kHz} = 1\text{kHz}$), jak i gdy będzie wynosiła 3599kHz ($3600\text{kHz} - 3599\text{kHz} = 1\text{kHz}$). Dzięki zastosowaniu metody fazowej odbieramy tylko jeden z sygnałów mieszania, np.: $3601\text{kHz} - 3600\text{kHz} = 1\text{kHz}$.

Na wejściu odbiornika znajduje się filtr pasmowy na typowych dławikach osiowych o wartości indukcyjności 10µH i paśmie przepuszczania około 350kHz. W praktyce filtr ten nie wymaga strojenia. Impedancja filtra wynosi 50Ω w paśmie przepustowym. Za filtrem znajduje się mieszacz próbujący na multiplekszerze typu 74HC4053 (zamiennie można stosować układ 74HCT4053). Każdy z kluczy multipleksera załącza się tylko na 1/2 okresu (układ wykorzystuje 4 klucze multipleksera). Odpowiednie załączanie poszczególnych stopni układu zapewnione jest przez wewnętrzną logikę układu 74HC(T)4053 i odpowiednio uformowany sygnał sterujący pracą multipleksera (przerzutniki typu D). Dopasowanie od strony wejścia zapewnia sama antena (impedancja 50Ω), a od wyjścia filtra – rezystancja kluczy w stanie przewodzenia wynosząca około 60Ω (zależy od producenta układu). Sygnał w.cz. jest „zwierany” do masy przez rezystancję klucza i pojemność kondensatora próbującego. Polaryzacja wejść multipleksera powoduje zmniejszenie rezystancji kluczy i zmniejsza zniekształcenia sygnału przez sam klucz. Sygnał w.cz. niezbędny do sterowania pracą multipleksera wytwarzają dwa przerzutniki typu D układu 74AC74 (można stosować układ typu 74ACT74). Układ zbudowany z

przerzutników generuje dwa sygnały w.cz. przesunięte w fazie o 90° niezbędne do tłumienia lustrzanego produktu przemiany częstotliwości. W celu poprawnej pracy układu, częstotliwość na wejściu układu przerzutników musi być czterokrotnie wyższa niż częstotliwość odbierana. Na wyjściach układu przerzutników występuje częstotliwość 4-krotnie niższa. Funkcję generatorów pełnią monolityczne generatory kwarcowe, przez co układ ten nie wymaga uruchomienia i pracuje bardzo pewnie (nie są wymagane żadne dobrane elementy, jak cewki czy kondensatory). W układzie zastosowano dwa generatory, pierwszy o poziomach TTL o częstotliwości 14,400MHz, drugi o częstotliwości 14,850MHz, będący generatorem typu TCXO (kompensowanym temperaturowo). Pierwszy z nich umożliwia odbiór emisji RTTY i telegrafii, drugi odbiór emisji pracujących fonią. Zastosowany sposób przełączania generatorów umożliwia użycie dwóch generatorów w jednym układzie oraz użycie generatora TCXO (bez zastosowanych elementów przełączania generator TCXO ze względu na niski poziom sygnału wyjściowego nie byłby w stanie spowodować zmiany stanów przerzutnika). Układ przełączania zapewnia polaryzację układu przerzutników, przez co wymagany jest niższy poziom sygnału sterującego przerzutnikami. Przełączanie realizowane jest za pomocą diod BA479, z nieco gorszym skutkiem można użyć w tym miejscu diod 1N4148. Na kondensatorach próbujących powstaje sygnał będący różnicą między częstotliwością odbieraną a częstotliwością przełączającą multipleks, generowaną przez układ przerzutników. Sygnał będący różnicą częstotliwości wzmacniany jest przez dwa niskoszumne wzmacniacze operacyjne typu NE5532. Wzmocnienie tego układu zależy od ilorazu rezystancji w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego (22kΩ) i rezystancji na jego wejściu, (470Ω), co daje w naszym wypadku wzmocnienie napięciowe równe około 47 razy ($22\ 000/470$). Wartość

wzmocnienia może być zwiększona przez zwiększenie wartości rezystancji w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego (22kΩ), nie należy jednak zmniejszać wartości opornika 470Ω w celu podniesienia wzmocnienia. Kondensator 100pF w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza tłumi wysokoczęstotliwościowe produkty mieszania. Rezystory 100Ω na wyjściu wzmacniacza zapobiegają wzbudzeniom wzmacniaczy operacyjnych przy dłuższych kablach łączących odbiornik z komputerem. W układzie tym można stosować szereg wzmacniaczy operacyjnych, preferowane są jednak wzmacniacze niskoszumne o małych zniekształceniach z wyjściem typu rail to rail (to znaczy takie, których napięcie wyjściowe może zmieniać się w całym zakresie napięć zasilających, w naszym przypadku 0–6V). Jednym z najlepszych łatwo dostępnych układów jest układ AD8599 firmy Analog Devices, występuje on tylko w wersji SMD i do jego montażu potrzebna jest przejściówka na układ DIL8, łatwo dostępna na Allegro, przejściówkę taką można również wykonać samodzielnie. W przypadku stosowania układów SMD z przejściówką, w miejsce wzmacniacza NE5532 należy zastosować podstawkę precyzyjną. Podstawka pod wzmacniacz operacyjny umożliwia łatwe eksperymenty z innymi typami wzmacniaczy operacyjnych. Napięcie zasilające wytwarzają dwa stabilizatory scalone, jeden typu 78L05, drugi 78L06. Całość układu zasilana jest napięciem 9V.

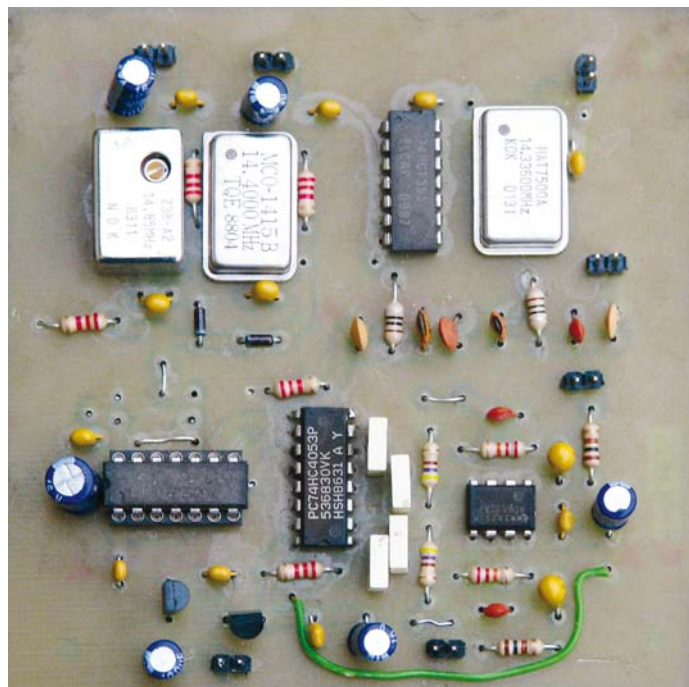
Montaż i uruchomienie układu

Na rysunku 2 przedstawiony jest schemat montażowy. W pierwszej kolejności montujemy zwory z drutu o średnicy 0,5mm, a następnie pozostałe elementy. Wybrany zakres częstotliwości pracy wybieramy, podając napięcie +5V na wybrany generator kwarcowy. W danym momencie możemy wykorzystać tylko jeden generator, ale uwaga ta nie dotyczy generatora pomocniczego wykorzystującego

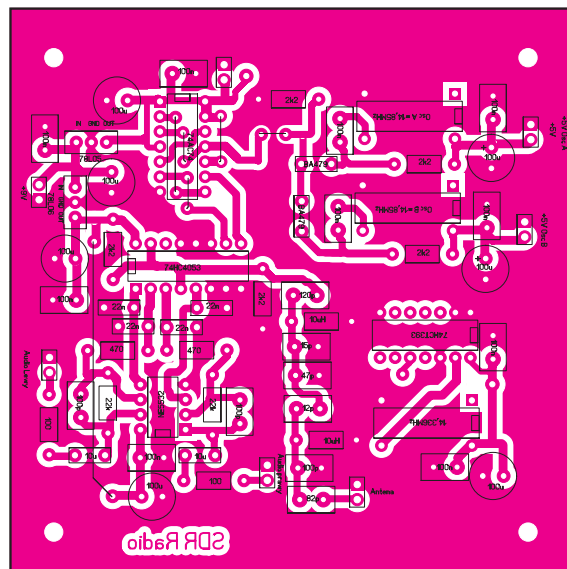
układ 74HCT393, służącego tylko do minimalizacji sygnału lustrzanego. Następnie mierzymy napięcia po załączeniu generatora kwarcowego w podanej niżej kolejności. Na wyjściach 6 i 9 układu 74AC74 powinno wynosić 2,5V. Na wyjściach multiplexera (4, 15 układu 74HC4053) powinno występować napięcie około 2,8V, takie samo napięcie powinno też występować na wyjściach multiplexera (piny 1, 2, 3 i 5) i na wyjściach wzmacniaczy operacyjnych (piny 1, 7 układu NE5532). Wszystkie napięcia mierzone były za pomocą multimetru cyfrowego. Po sprawdzeniu poprawności napięć możemy układ podłączyć do wejścia liniowego komputera za pomocą kabla ekranowanego. Wejście liniowe w komputerze oznaczone jest kolorem niebieskim.

Oprogramowanie

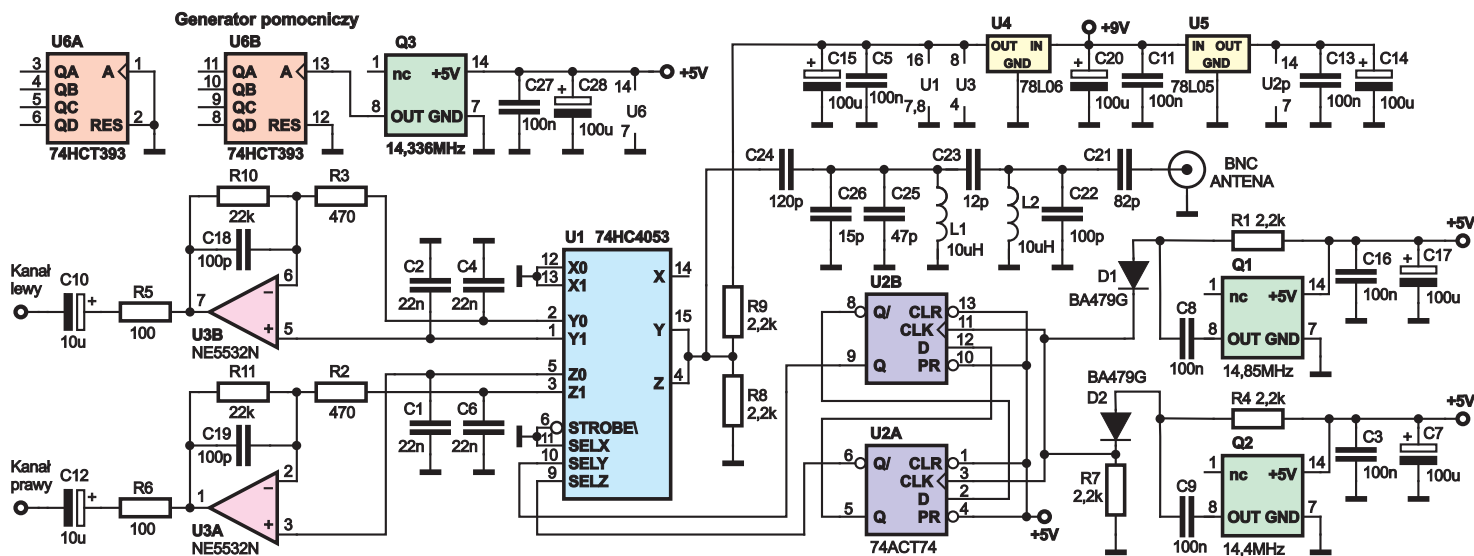
Dla początkujących najlepszym programem będzie program SDRradio. Program ten charakteryzuje się wyjątkową prostotą obsługi, łatwością konfiguracji a także bezproblemowym działaniem, nawet w systemie Windows Vista. Dodatkową zaletą programu SDRradio są bardzo dobre algorytmy DSP, dzięki czemu odbierany sygnał ma bardzo przyjemne brzmienie. Po instalacji programu, która przebiega typowo, musimy go odpowiednio skonfigurować.



Rys. 2 Schemat montażowy – skala 50%



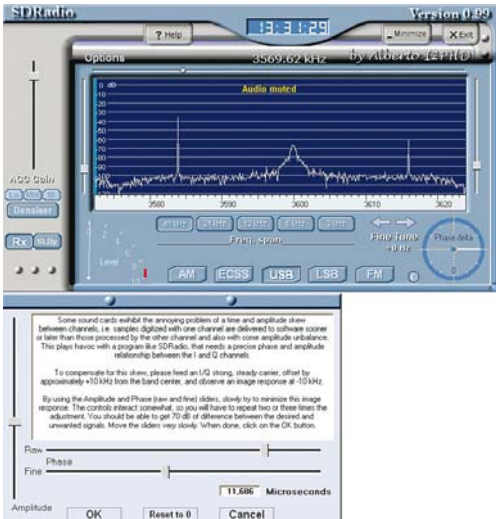
Rys. 1 Schemat ideowy





Rys. 3 SDRadio – działający odbiornik

Rys. 4 Ustawianie odbiornika na minimalną wartość sygnału lustrzanego



Konfiguracja wymagana jest tylko wtedy, gdy mamy w swoim komputerze zainstalowaną więcej niż jedną kartę dźwiękową. Jeśli karta muzyczna ma taką możliwość, należy uruchomić tryb 24-bitowy z poziomu **Panelu Sterowania** systemu Windows. W zakładce **Options** programu SDRadio wybieramy **Select Sound Card**, a następnie wskazujemy, której z kart będziemy używać jako wejścia (podłączenie odbiornika), a którą jako wyjście sygnału (podłączenia głośnika lub słuchawek). Jako wejście wybieramy najlepszą z posiadanych kart muzycznych. Wybieramy opcję **Select Audio Input**, **Opcje, Właściwości, Urządzenie miksujące** (wybieramy kartę, która pracuje jako wejście sygnału), **Nagrywanie, OK**, zaznaczamy **Line IN**, suwakiem wejścia liniowego możemy regulować czułość wejścia analogowego. Ustawiamy opcję **Denoisier** na panelu odbiornika (usuwa ona szumy i zakłócenia impulsowe z odbieranego sygnału, oprogramowanie zawiera trzy stopnie usuwania zakłóceń, najbardziej uniwersalny jest stopień pośredni – **Mid**). Program uruchamia się przyciskiem **RX**, wyłącza przyciskiem **St.By**. Wartość częstotliwości zastosowanego w danej chwili generatora kwarcowego po podzieleniu przez 4 należy wpisać do oprogramowania odbiornika, co umożliwi nam prawdziwy odczyt częstotliwości pracującej stacji. Dla pasma 80m używamy dolnej wstęgi LSB. Częstotliwość odbierana możemy

regulować zgrubnie suwakiem na górze, a dokładnie scroblem myszki. Możliwa jest również regulacja pasma filtra m.cz. Dla stacji pracujących fonią zwykle wystarcza zakres pasma m.cz. 300Hz–2600Hz, dla CW zakres 800–1000Hz. Opcją **Load Default Settings** możemy przywrócić ustawienia domyślne programu. W celu ustawienia maksymalnie dużego tłumienia kanału lustrzanego podajemy napięcie +5V na generator 14,400MHz, podłączamy napięcie +5V na układ generatora 14,336MHz i licznik 74HC(T)393 (generator pomocniczy). Napięcie zasilania na generator pomocniczy podajemy tylko podczas korekcji tłumienia kanału lustrzanego. Na jednym z wyjść licznika będzie obecny przebieg 3,584MHz (14,336 dzielone przez 4). Sygnał o częstotliwości 3,584MHz jest tak silny, że wystarczy, iż jego źródło znajduje się na tej samej płytce co odbiornik i nie musi być on nigdzie podłączany. Na ekranie monitora powinniśmy zobaczyć prążek o częstotliwości 3,584 i 3,616kHz (sygnał lustrzany). Opcje **Swap I->Q** ustawiamy tak, by sygnał o właściwej częstotliwości był najsilniejszy, a po włączeniu opcji **Sound Card Channel Skew Calibration** w zakładce **Options** tak przesuwamy suwaki, by zminimalizować sygnał lustrzany. Stacje, które pracują w eterze możemy łatwo zidentyfikować na analizatorze widma odbiornika. Niemożliwość zminimalizowania sygnału lustrzanego świadczy o braku jednego z kanałów (np. odwrócone wyprowadzenia masy z kablem sygnałowym na płytce lub wynika z pracy wejścia liniowego jako wejście mikrofonowe).

Innym bardzo prostym w użyciu programem jest program **Rocky** z tą różnicą, że tłumienie kanału lustrzanego ustawia się w nim za pomocą opcji **Shift right chanel data by**. Ustawienia dla innych programów do odbioru radiowego programów można znaleźć pod adresem <http://sites.google.com/site/sq4avs/sdr>. Zakres częstotliwości pracy odbiornika równy

jest częstotliwości próbkowania karty, ale podzielony jest on na dwa zakresy symetryczne względem częstotliwości środkowej, równe połowie częstotliwości próbkowania karty dźwiękowej. W przypadku karty dźwiękowej o częstotliwości próbkowania 96kHz i częstotliwości generatora równej 14,850MHz, zakres pracy urządzenia wynosi 3,7125 ±48kHz. W przypadku generatora kwarcowego 14,400MHz zakres pracy odbiornika wynosi 3,600kHz ±48kHz. W układzie można zastosować dowolne generatory kwarcowe pracujące w przedziale 14MHz...15,2MHz, kierując się powyższym opisem. Wykaz częstotliwości, na których dane emisje radiowe są używane, można prosto znaleźć, wpisując w wyszukiwarce internetowej słowa *bandplan 80m*. Jako antenę najlepiej jest zastosować dipol 2*19,5 metra. Można również wykorzystać aktywną antenę opisywaną w EdW, a nawet parametrowy odcinek drutu. Antena nie powinna znajdować się jednak w domu.

Na zakończenie chciałbym podziękować firmie Analog Devices i jej polskiemu przedstawicielstwu Alfine z Poznania za nieodpłatne udostępnienie próbek układów AD8599.

Rafał Orodziński
sq4avs@gmail.com

Literatura

- <http://www.sdradio.eu/sdradio/> – link do programu SDRadio
- <http://www.dxatlas.com/Rocky/> – link do programu Rocky

Uwaga! W chwili publikacji artykułu, w AVT dostępna jest tylko płytka drukowana (kit A), ale niedługo w ofercie pojawi się kit B, czyli płytka z kompletem podzespołów.

Natomiast osoby, które podzespowały będą kompletować samodzielnie i miałyby kłopot z nabyciem generatora 14,85MHz z wersji DIL, mogą ściągnąć z Elportalu (materiały dodatkowe do tego numeru) opis prostej „przejęściówki-adaptera” z wersji SMD 3,3V na DIL 5V - schemat wraz z plikami PDF i Gerber.

Wykaz elementów	
Rezystory	
R1,R4,R7-R9	2,2kΩ
R2,R3	470Ω
R5,R6	100Ω
R10,R11	22kΩ
Kondensatory	
C1,C2,C4,C6	22nF MKT
C3,C5,C8,C9,C11,C13,C16,C27	100nF ceramiczny
C10,C12	10μF/10V tantalowy
C7,C14,C15,C17,C20,C28	100μF/16V
C18,C19,C22	100pF
C21	82pF
C23	12pF
C24	120pF
C25	47pF
C26	15pF
Półprzewodniki	
D1,D2	BA479 (1N4148 patrz tekst)
U1	74HC4053 (74HCT4053)
U2	74AC74 (74ACT74)
U3	NE5532N lub AD8599 (patrz tekst)
U4	78L06
U5	78L05
U6	74HC393 (74HCT393)
Pozostałe	
L1, L2	10μH
Q1	14,850MHz
Q2	14,400MHz
Q3	14,336MHz

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2934.