Minitransceiver na pasmo 3,7 MHz TRX2008, część 1

AVT–5127

Kolejny układ radiowy skonstruowany na historycznych już scalakach nie jest próbą wyzbycia się zapasów magazynowych, lecz nowym podejściem do aplikacji w oparciu o wieloletnie doświadczenia w konstrukcjach krótkofalarskich.

Rekomendacje:

patrząc na schemat ideowy transceivera można sądzić, że to konstrukcja raczej dla doświadczonych elektroników – krótkofalowców, ale zdaniem autora układ działa od pierwszego włączenia zasilania.

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytka o wymiarach 100x90 mm
- Napięcie zasilania: 12 V (13,8 V)
- Częstotliwość pracy: 3700...3750 kHz (z zapasem, zależy to głownie od zastosowanych elementów LC)
- Emisja: SSB–LSB
- Czułość odbiornika: 0,5 μV (przy 10 dB S+N/N)
- Napięcie wyjściowe nadajnika: 1 V (maksymalna wartość przy modulacji)
- Tłumienie niepożądanej wstęgi bocznej: >40 dB

Tłumienie fali nośnej: >40 dB

Z dostępnością zastosowanych w projekcie układów scalonych, które mają swoje odpowiedniki CEMI (UL1203) nie powinno być problemów, a z pierwszych obserwacji uzyskanych parametrów wynika, że opisany minitranceiver nie ma konkurencji, jeśli wziąć pod uwagę stosunek uzyskanych parametrów (prostotę rozwiązania) do ceny wszystkich użytych podzespołów.

Amatorskie minitransceivery QRP to z reguły proste konstrukcje urządzeń nadawczo–odbiorczych małej mocy, które cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem radioamatorów na całym świecie. Także w kraju wielu krótkofalowców fascynuje się amatorskimi konstrukcjami i pracuje małą mocą, szczególnie podczas wakacji czy urlopów.

O tym, że praca z niewielką mocą na własnoręcznie wykonanym, prostym urządzeniu ostatnio przeżywa swój renesans, dobitnie świadczą „Warsztaty Małej Mocy" zorganizowane w połowie września w Tomaszowie Mazowieckim przez polską grupę QRP (*www.sp–qrp.pl*), podczas której były prezentowane przeróżne transceivery, właśnie własnego wykonania, przystosowane do pracy małymi mocami (maksymalnie 10 W na SSB i 5 W na CW).

W dotychczasowych rozwiązaniach minitransceiverów QRP były stosowane przeróżne kluczowe układy scalone, takie jak TCA440, TBA120S, SO42, TA7358, NE612 (602), MC3362, a z krajowych UL1203, UL1242, UL1042. Te pierwsze, czyli TCA 440 (UL1203, A244, 174XA2), za sprawą rosyjskiego krótkofalowca RZ4HK (konstruktora znanego już także w naszym kraju transceivera MiniYes) przeżywają swoją drugą młodość. Widać, że nie były one należycie docenione i wykorzystane ćwierć wieku temu, czyli w czasie powstania słynnej konstrukcji SP5WW. Najkrócej mówiąc, dane aplikacyjne informujące o maksymalnej częstotliwości pracy wzmacniacza pośredniej 2 MHz zniechęcały do wykorzystania tego układu w rozwiązaniach innych, niż z użyciem filtru elektro-

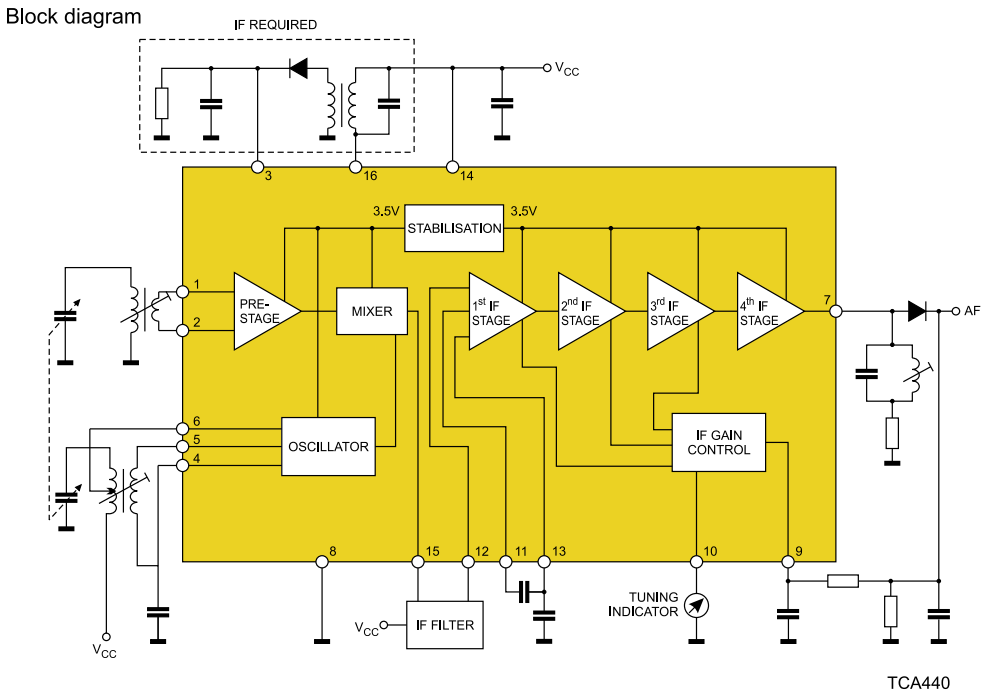
Najważniejsze parametry układu TCA440

Zakres napięć zasilania: 4,5...15 V
Prąd zasilania: 9 mA (4,5 V), 15 mA (15 V)
Wzmacniacz w.cz.:
- maksymalna częstotliwość wejściowa: 50 MHz
- maksymalne napięcie wejściowe: 0,5 V
- wzmocnienie wzmacniacza w.cz.: 38 dB
- impedancja wejściowa (pojemność): 2 kΩ (5 pF)
- impedancja wyjściowa (pojemność): 250 kΩ (4,5 pF)

Wzmacniacz p.cz.:
- maksymalna częstotliwość wejściowa: 2 MHz (praktycznie nawet do ponad 10 MHz)
- maksymalne napięcie wejściowe: 0,2 V
- wzmocnienie wzmacniacza w.cz.: 62 dB
- impedancja wejściowa (pojemność): 3 kΩ (3 pF)
- impedancja wyjściowa (pojemność): 200 kΩ (8 pF)

Napięcie wyjściowe wskaźnika dostrojenia: 350 mV/1,5 kΩ

mechanicznego 500 kHz. Dopiero konstrukcja MiniYesa z filtrem około 9 MHz przekonała wielu konstruktorów do ponownego zainteresowania się tym układem scalonym. Do tej grupy dołączył także autor, który postanowił dokładniej przyjrzeć się strukturze wciąż dostępnego na rynku układu scalonego i zaadaptować go jeszcze inaczej do swojej najnowszej konstrukcji TRX–a. Ponieważ pomysł miał być najpierw sprawdzony po stronie odbiorczej, strona nadawcza została pozbawiona wzmacniacza mocy, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby każdy mógł dobudować taki stopień na oddzielnej płytce. Zanim jednak zajmiemy się konstrukcją układu nadawczo–odbiorczego warto poznać „od środka" wspomniany wyżej układ scalony.



Rys. 1. Schemat blokowy wewnętrznej struktury układu TCA440

Dane aplikacyjne TCA440

TCA 440 (i oczywiście jego odpowiedniki: polski UL1203, niemiecki A244, rosyjski 174XA2) był zaprojektowany w zasadzie do budowy pierwszych analogowych radioodbiorników AM, bowiem zawiera wszystko to, co jest potrzebne do jego pracy (oprócz wzmacniacza m.cz.), czyli wzmacniacz w.cz., mieszacz, heterodynę, wzmacniacz. p.cz. oraz wzmacniacz ARW i stabilizator. Układ charakteryzuje się szerokim zakresem napięć zasilania i dużą czułością. Zarówno wzmacniacz w.cz. jak i p.cz. mają wejścia symetryczne, co umożliwia połączenie układu na wiele sposobów. Także zrównoważony mieszacz ma dwa wyjścia, co często ułatwia konstrukcję filtrów nadawczo–odbiorczych. Z kolei wewnętrzny wzmacniacz DC może być wykorzystany do wzmacniana napięcia regulacyjnego ARW, a także analogowego wskaźnika wysterowania (S–metra).

Schemat blokowy wewnętrznej struktury układu jest pokazany na **rys. 1**. Funkcje wyprowadzeń układu TCA 440 są następujące:

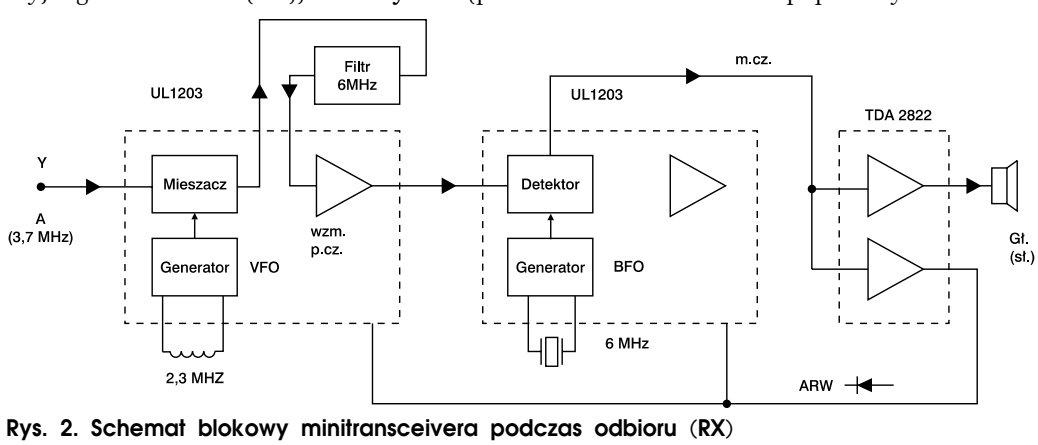
1, 2 – wejście wzmacniacza w.cz.
3 – wejście regulacyjne wzmacniacza w.cz.
4, 5 – wejścia heterodyny
6 – wyjście heterodyny
7 – wyjście wzmacniacza p.cz.
8 – masa
9 – wejście wzmacniacza ARW
10 – wyjście wskaźnika dostrojenia
11, 12, 13 – wejścia wzmacniacza p.cz.
14 – napięcie zasilania
15, 16 – wyjścia mieszacza

Dodatkowe zewnętrzne elementy układu scalonego TCA440 wchodzą w skład aplikacyjnego schematu prostego odbiornika AM, przystosowanego na zakresy fal długich, średnich i krótkich (w zależności od wartości elementów LC).

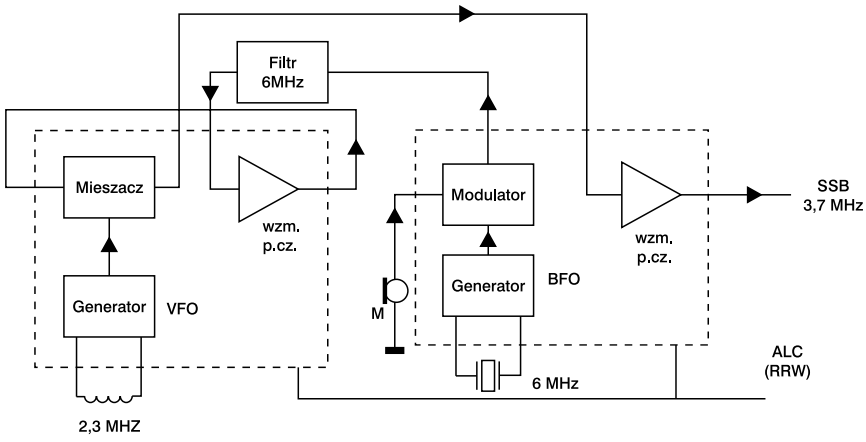
Ogólne założenia konstrukcji minitransceivera

Schemat blokowy prezentowanego minitransceivera, wyjaśniający zasadę pracy i przebieg sygnałów w.cz. przedstawiono na **rys. 2** (podczas odbioru (RX)) i na **rys. 3** (podczas nadawania (TX)). Takie rozbicie na dwa tory jest bardziej czytelne. Jest to układ z klasyczną pojedynczą przemianą częstotliwości, z nietypowym zastosowaniem dwóch krajowych układów scalonych UL1203 (są one dostępne m.in. na warszawskiej giełdzie Wolumen w cenie 2 zł/sztukę). W prezentowanym rozwiązaniu te dwa tanie i popularne układy scalone pracują zarówno w torze odbiornika, jak i nadajnika SSB. Takie zastosowanie tych układów nie było do tej pory nigdzie opisywane.

Generatory BFO i VFO zostały skonstruowane z wykorzystaniem wewnętrznej struktury układów (skrócono drogę sygnału, co wpływa pozytywnie m.in. na stabilność częstotliwości). Układy te są wykorzystywane podwójnie dzięki użyciu kluczy elektronicznych, z zastosowaniem również popularnych i tanich



Rys. 2. Schemat blokowy minitransceivera podczas odbioru (RX)



Rys. 3. Schemat blokowy minitransceivera podczas nadawania (TX)

diod 1N4148 (w celu zmiany kierunku sygnału RX/TX za pomocą takiego klucza następuje przełączanie m.in. filtru kwarcowego).

W częstotliwości pośredniej użyto drabinkowego filtru SSB zestawionego z rezonatorów 6 MHz. Wybranie akurat takiej, nietypowej częstotliwości pośredniej (wypróbowanej z pozytywnym skutkiem w zmodernizowanym minitransceiverze Antek) zostało podyktowane chęcią zastosowania układu VFO o niskiej częstotliwości pracy z użyciem dławików 10 μH (w efekcie powstał stabilny układ VXO). Wybór takiej p.cz. w zdecydowany sposób wpłynął na dobrą jakość sygnału minitransceivera.

Odbiór (RX)

Przy odbiorze przekaźnik PZ jest ustawiony jak na **rys. 4**, czyli +RX=5 V, zaś +TX=0 V (zasilanie układu US1 następuje poprzez diodę D2). Na wejściu odbiornika (wejściu wewnętrznego wzmacniacza US1) znajduje się dwuobwodowy filtr pasmowy z pojedynczymi uzwojeniami cewek L2–L3 (w najprostszym przypadku typowe dławiki 10 μH). Współpracujące kondensatory doprowadzają indukcyjności cewek do rezonansu w pobliżu środka pasma (około 3,7 MHz), a także dopasowują filtr od strony wejścia – wyjścia, odpowiednio do anteny i wejścia US1. Wartością kondensatora sprzęgającego C28 można w pewnych granicach ustalić wypadkowe sprzężenie pomiędzy tymi filtrami, zachowując rozsądny kompromis pomiędzy szerokością pasma a wartością przenoszonego sygnału.

Sygnał w.cz. wzmocniony o około 30 dB jest skierowany na jedno z wejść mieszacza (zrównoważonego). Na drugie wejście mieszacza (także wewnątrz struktury TCA440) jest kierowany sygnał z przestrajanego generatora VFO, w skład którego wchodzą elementy podłączone do wyprowadzeń 4, 5 i 6 w US1. Częstotliwość pracy generatora VXO jest wyznaczana przez obwód rezonansowy z cewką L4 (typowy dławik 10 μH), kondensatorem C38 i diodami pojemnościowymi (wypadkowymi pojemnościami montażowymi oraz pojemnością dzielnika dodatniego sprzężenia zwrotnego C36–C37). Częstotliwość zależy od zakresu przestrajania diod pojemnościowych D11...D12, przestrajanych napięciem z potencjometru R11.

W układzie modelowym, przy suwaku potencjometru ustawionym w dolnym położeniu – maksymalne napięcie na diodach – uzyskano przestrajanie odbiornika około 50 kHz (od około 2,3 do 2,25 MHz), co w konsekwencji daje możliwość odbioru najbardziej popularnego wycinka pasma 80 m, czyli 3,7...3,75 MHz. W zależności od wartości zastosowanego dławika oraz dodatkowego kondensatora C60 można uzyskać inny zakres pasma. Warto wiedzieć, że w układzie generatora były używane inne wartości LC i bez problemu osiągnięto z jedną diodą zakres 9,5...9,8 MHz, zapewniający całe pokrycie pasma 80 m. Osiągnięta stabilność generatora była jednak nie do zaakceptowania. Z tego też względu przyjęcie niższej częstotliwości VFO było dobrym posunięciem.

Warto wiedzieć, że w przypadku zbyt szerokiego zakresu przestrajania generatora można go ograniczyć za pośrednictwem dodatkowych rezystorów dołączonych do skrajnych zacisków potencjometru. Ponieważ komfort strojenia odbiornika jest uzależniony właśnie od tego potencjometru, warto zadbać o dodatkową przekładnię mechaniczną lub użycie potencjometru wieloobrotowego (ze względu na chęć obniżenia ceny w skład kitu wchodzi zwykły potencjometr).

Przy użyciu kondensatorów ceramicznych z czarnym paskiem (a także styrofleksowych z czarną kropką lub literą J) stabilność generatora była bardzo duża, nie było więc potrzeby stosowania dodatkowych pętli stabilizacji FLL czy PLL (które same są bardziej skomplikowane, niż proponowany układ minitransceivera).

Z wyjścia mieszacza wyjściowy sygnał pośredniej częstotliwości m.cz. (rezystor R1, dioda D3), będący różnicą obydwu składowych sygnałów, jest podany na filtr kwarcowy SSB. Filtr ten został zestawiony w układzie drabinkowym z czterech rezonatorów o częstotliwości 6 MHz. Pasmo przenoszenia filtru przy zastosowaniu czterech identycznych rezonatorów i kondensatorów po 33 pF wynosi około 2,3 kHz (maksymalny rozrzut częstotliwości rezonatorów bez dobierania wynosił 100 Hz, zaleca się jednak dobrać przed montażem kwartet o jak najmniejszym rozrzucie). Od wartości kondensatorów zależy impedancja oraz szerokość pasma. Jest tu duże pole do popisu dla konstruktorów, którzy mogą zoptymalizować te parametry, szczególnie przy użyciu innych wartości rezonatorów.

Z filtru kwarcowego odfiltrowany sygnał pośredniej częstotliwości jest skierowany na wejście wzmacniacza p.cz. układu US1. Choć z danych katalogowych wynika, że wzmacniacz ten pracuje do 2 MHz, w praktyce spisuje się on znakomicie także przy 6 MHz. Sygnał p.cz. wzmocniony maksymalnie o oko 60 dB jest kierowany z obwodu rezonansowego L5 C39 poprzez klucz z diodą D13 na wejście układu US2. Tutaj po wzmocnieniu (maksymalnie o około 30 dB) dochodzi do wejścia detektora (mieszacza) układu US2. Na drugie wejście tego detektora, już wewnątrz struktury układu, jest podawany sygnał z wewnętrznego generatora BFO o częstotliwości około 6 MHz, sterowanego rezonatorem kwarcowym X5. Częstotliwość pracy tego generatora zależy głównie od rezonatora z włączonym w szereg z nim kondensatorem zmiennym (trymer C47) oraz od wartości dzielnika pojemnościowego C45...C46. Włączenie pojemności w szereg z rezonatorem zapewnia podwyższenie częstotliwości BFO o ponad 1 kHz w stosunku

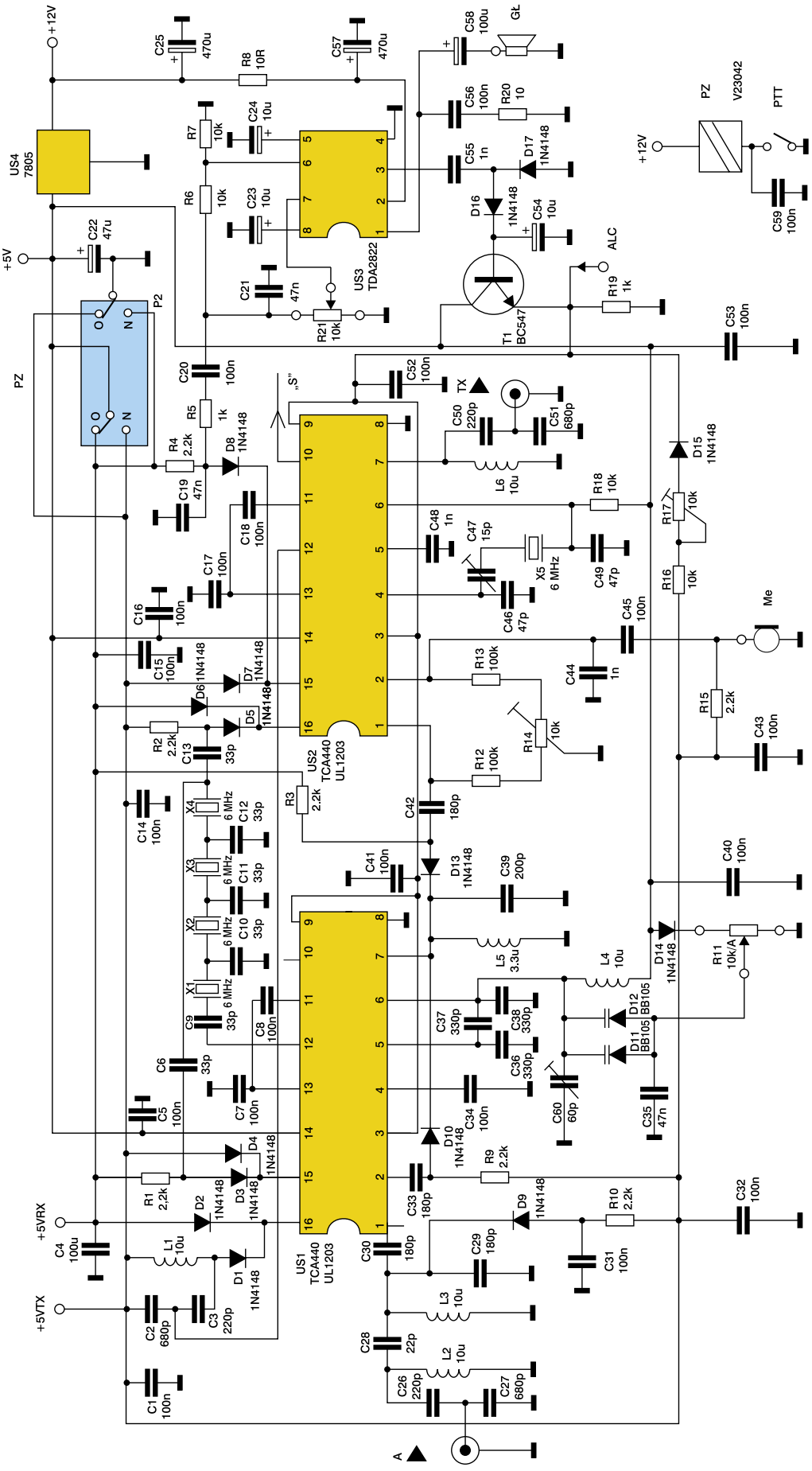
do p.cz., co jest niezbędne do odtworzenia właściwej wstęgi bocznej sygnału wejściowego.

W wyniku zmieszania sygnału p.cz. z sygnałem wewnętrznego generatora uzyskuje się na wyjściu 15 czytelny sygnał małej częstotliwości. Obciążeniem detektora jest rezystor R4 podłączony poprzez diodę D8 (układ jest zasilany poprzez kolejny klucz – diodę D6).

Wyjściowy sygnał m.cz. w zakresie 0,3 kHz do około 3 kHz (odfiltrowany poprzez R5, C20/C21) jest kierowany na potencjometr siły głosu R21, a następnie na jedno z wejść podwójnego wzmacniacza US3 typu TDA2822. Wzmocniony sygnał m.cz. jest doprowadzany do słuchawek lub głośnika. Drugi ze wzmacniaczy, wchodzący w skład struktury tego podwójnego wzmacniacza m.cz., jest wykorzystywany w układzie automatycznej regulacji wzmocnienia.

Warto dodać, że autor w początkowej fazie prób wykorzystał drugi wzmacniacz p.cz. układu US2 jako przedwzmacniacz m.cz. (na jego wyjściu był włączony detektor ARW), a jako końcowy wzmacniacz głośnikowy popularny układ LM386. Jednak później użyty, równie tani układ TDA2822 (8–nóżkowy, są w handlu także 16–nóżkowe) okazał się strzałem w dziesiątkę. Układ ten ma większa moc wyjściową m.cz. i znacznie większą dynamikę, co nie jest bez znaczenia, zwłaszcza przy słuchaniu na głośnik w hałaśliwym pomieszczeniu.

Na wyjściu wzmacniacza ARW znajduje się detektor pracujący w układzie podwajacza z diodami D17 i D16, skąd prąd stały poprzez wtórnik emiterowy z tranzystorem T1 steruje wejściem ARW (nóżki 9 i 3 układów US1 i US2). Jedynymi elementami tego prostego wzmacniacza o mocy



Rys. 4. Schemat ideowy minitransceivera

ok. 1 W są kondensatory odsprzęgające C23 i C24 oraz kondensatory separujące C55 i C56.

Wartości kondensatorów C55 i C54, mające zasadniczy wpływ na jakość działania automatycznej regulacji wzmocnienia, zostały dobrane tak, aby uzyskać dużą szybkość zadziałania ARW i wystarczające opóźnienie czasowe przy odbiorze sygnału SSB. Średni poziom sygnału ARW utrzymywał się na poziomie 300 mV (450 mV dla dużych sygnałów na wejściu antenowym i spadał nawet do poniżej 100 mV przy braku sygnału). Poziom zadziałania ARW zależy w dużej mierze od dzielnika rezystorowego R6...R7 (w rozwiązaniu modelowym wybrano dzielnik 1/2, który okazał się rozsądnym kompromisem).

Według danych aplikacyjnych do nóżki 10 (wyjście wzmacniacza ARW) można podłączyć poprzez potencjometr montażowy 10 kΩ mikroamperomierz o zakresie 200 μA (ze wskaźnika wysterowania magnetofonu), aby uzyskać wskaźnik siły odbieranego sygnału, czyli tak zwany S–meter (autor nie prowadził skalowania takiego miernika w tym układzie).

Cały minitransceiver może być zasilany napięciem 12 V (13,8 V). Układ US4 (7805) stabilizuje napięcie zasilania 5 V i jest wykorzystywany do zasilania układów scalonych US1 i US2, a także układu polaryzacji tranzystorów w nadajniku (+5 V TX; na wszelki wypadek jest wyprowadzone również +5 V RX).

Warto zwrócić uwagę, że wzmacniacz US3, w przeciwieństwie do wspomnianych wcześniej układów, jest zasilany cały czas napięciem 12 V. Przełączanie urządzenia z odbioru na nadawanie odbywa się poprzez zmianę napięcia zasilania +5 VRX/+5 VTX, co zrealizowano za pośrednictwem przekaźnika PZ zasilanego napięciem 12 V (przyciśnięcie przycisku PTT).

Oczywiście zamiast przycisku PTT można użyć od razu podwójnego przełącznika RX/TX zamocowanego na przedniej ściance minitransceivera.

Andrzej Janeczek SP5AHT
sp5aht@swiatradio.com.pl

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R4, R9, R10, R15: 2,2 kΩ
R5, R19: 1 kΩ
R6, R7, R16, R18: 10 kΩ
R8, R20: 10 Ω
R12, R13: 100 kΩ
R11: 10 kΩ/A (potencjometr obrotowy najlepiej helitrim 10–zwojowy)
R14, R17: 10 kΩ (potencjometr montażowy)
P21: 10 kΩ/B (potencjometr obrotowy)

Kondensatory

C1, C4, C5, C7, C8, C14...C18, C20, C31, C32, C34, C40, C41, C43, C45, C52, C53, C56, C59: 100 nF
C2, C27, C51: 680 pF
C3, C26, C50: 220 pF
C6, C9, C10...C13: 33 pF
C19, C21, C35: 47 nF
C22: 47 μF/16 V
C23, C24, C54: 10 μF/16 V
C25, C57: 470 μF/16 V
C28: 22 pF
C29, C30, C33, C42: 180 pF
C36, C37, C38: 330 pF
C39: 200 pF
C44, C48, C55: 1 nF
C46, C49: 47 pF
C47: 4,7 pF (trymer 15 pF)
C58: 100 μF/16 V
C60: 50 pF (trymer 60 pF)

Półprzewodniki

US1, US2: UL1203
US3: TDA2822
US4: 7805
T1: BC547
D1...D10: 1N4148
D11, D12: BB 105
D13...D17: 1N4148

Cewki

L1...L4, L6: 10 μH (50 zwojów DNE 0,3 na rdzeniu T37–2)
L5: 3,3 μH (29 zwojów DNE 0,3 na rdzeniu T37–2)

Inne

PZ: V23042 (przekaźnik na napięcie 12 V)
PTT: przełącznik
Gniazda GŁ, SŁ: jack stereo
Gniazdo A: UC1 (BNC)
Gniazdo zasilania
X1...X5: rezonatory kwarcowe 6 MHz

R E K L A M A