

TRX SSB KACPER z VXO na 80m

Jakiś czas temu zacząłem opis prostej konstrukcji pod nazwą KACPER.

Poniżej parę słów dla tych, którzy pierwszy raz stykają się z tym urządzeniem:

... Trx Kacper to próba odświeżenia Bartka - prostej konstrukcji z przed lat, oparata niemal na tym samym korpusie czyli bloku częstotliwości pośredniej wraz z modulatorem i detektorem zbudowanym na dwóch popularnych kiedyś i dostępnych do tej pory układach scalonych TBA 120S czyli UL1242.

Jednocześnie to chęć przetestowania zmian konstrukcyjnych pozostałych bloków jak : VFO, wzm. m.cz. , przełączanie N/O i sygnałów z generatorów za pomocą innego rodzaju przełączników, inne filtry pasmowe ze wzm. w.cz. i prostym układem ARW czy też wzm. nadajnika zbudowanym na łatwo dostępnym tranzystorze MOS-FET. Przy testowaniu różnych wersji poszczególnych bloków trxa, często towarzyszył mój małutki wówczas synek Kacperek ...

Właśnie dlatego, ten mały trx, który zapoczątkował przed wieloma laty Andrzej SP5AHT, został po tych wszystkich modyfikacjach nazwany imieniem mojego synka ...

Aktualna pcb ma jeszcze mniejsze wymiary (tylko 15 x 15cm) i wbrew powszechnym trendom nie jest przystosowana do montażu elementów SMD!

Do radia **nie trzeba wykonywać dodatkowych płytek drukowanych**: skali F, VFO, S-metra czy ARW, a jednostronne pcb z otworowaniem i opisem elementów oraz

zastosowanie dużego wyświetlacza w skali cyfrowej to ogromna zaleta szczególnie dla wielu starszych radioamatorów. Trx Kacper może też znaleźć się w obszarze zainteresowań młodszych kolegów, którzy chcieliby szybko i tanio zbudować swoje pierwsze radio foniczne jak i bardziej doświadczonych krótkofalowców jako dodatkowy **trx do pracy z terenowego QTH**.

Aktualne schematy składają się z dwóch części:

Trx Kacper 2011 - wersja z VXO - [schemat rev1.4a \(Part 1\)](#)

TRX SSB QRP "KACPER" skala + S-meter - [skala do kacpra 1.4a \(Part 2\)](#)

BUDUJEMY TRX SSB KACPER rev.1.4a

Przed przystąpieniem do budowy urządzenia kompletujemy elementy w/g spisu oraz wyposażenie naszej pracowni w podstawowe przyrządy i dodatki. Będą to:

- miernik uniwersalny (Voltomierz, Amperomierz, Omomierz)
- sonda w.cz. (można wykonać samemu)
- miernik częstotliwości (jeśli nie mamy dobranych kwarcy)
- inne narzędzia typu: szczypce, lutownica, penseta, wiertarka, lupa itp.
- śrubki i nakrętki M3, kawałek laminatu, obudowa Z1W, przewody, cyna i kalafonia

Ze względu na to, że w TRX Kacper można stosować różne tranzystory npn - **nie należy sugerować się rysunkami tranzystorów na pcb** tylko patrzeć na oznaczenie wyprowadzeń tranzystorów (ebc) na schemacie oraz w danych katalogowych danego tranzystora (dotyczy wszystkich tranzystorów na pcb).

Część elektroniczną rozpoczynamy od dokładnego sprawdzenia samej płytki pcb. Jeśli wszystko jest OK, nie ma widocznych zwarców pomiędzy ścieżkami, wówczas przystępujemy do wlutowania zwor oraz podstawek pod układy scalone. Następnie lutujemy dwa przekaźniki miniaturowe **cewkami do zewnątrz pcb**.

Po każdym lutowaniu dowolnego elementu dobrze jest sprawdzić wizualnie i elektrycznie czy nie powstały mikrozwarcia od drobinek cyny. Do tego przyda nam się dowolna lupa i omomierz naszego multimetru cyfrowego.

Dalszą budowę trxa zalecam etapami czyli składamy i wstępnie uruchamiamy poszczególne bloki trxa.

WZMACNIACZ M.CZ. + KLUCZ TRANZYSTOROWY

Zaczynamy od wlutowania rezystorów i kondensatorów.

W przypadku zastosowania w filtrze kwarcowym rezonatorów w małych obudowach typu HC49s zamiast kondensatora 47uF z 5 nogi US3 (sygnał wychodzi na głośnik) możemy wlutować kondensator o wartości 470uF.

Przy wlutowywaniu kondensatorów elektrolitycznych zwracamy uwagę na ich biegunowość (**plus i minus**).

Wlutowujemy też elementy klucza tranzystorowego znajdującego się obok LM386 czyli dwa rezystory 10 k, rezystor 33 k, kondensator elektrolityczny 4,7 uF (można jego wartość zwiększyć do 10uF), dowolny tranzystor npn np. BC547 oraz diodę 1n4148.

W przypadku tranzystora zwracamy uwagę na właściwe rozmieszczenie wyprowadzeń **ebc** na PCB.

Teraz na punkt **+12V(O)** przy LM386 podajemy zasilanie **+12V** (minus na masę) i sprawdzamy czy na podstawie US3 (noga nr 6) pojawia się napięcie zbliżone do podanego napięcia zasilania. Jeśli jest OK to możemy po odłączeniu zasilania włożyć układ w podstawkę i podłączyć chwilowo głośnik czy słuchawki w odpowiednio oznaczone na PCB miejsce.

Na wejście LM386 (noga 3) wlotowujemy przewód ekranowany i dajemy go na potencjometr obrotowy 10k w/g schematu ideowego (part 1).

Po ponownym włączeniu zasilacza i dotknięciu wolnego wyprowadzenia potencjometru w głośniku powinniśmy usłyszeć warkot, którego siła (głośność) da się regulować potencjometrem obrotowym.

Jeśli układ pracuje poprawnie to możemy odłączyć zasilanie i głośnik oraz dalej kontynuować budowę naszego Kacperka.

Obok przekaźnika **PK1** wlotowujemy diodę 1n4148 oraz z drugiej strony kondensator elektrolityczny 470uF/25V (może być nawet 1000uF jeśli się zmieści).

Zwracamy uwagę na właściwe wlotowanie diody (**anoda/katoda**) oraz **plus i minus kondensatora**. Przy przekaźniku **PK2** dajemy diodę 1n4148 oraz kondensator 47nF (ten przy potencjometrze montażowym 1k w generatorze BFO).

Od przekaźnika **PK2** robimy połączenie przewodem ekranowanym w kierunku układu US1 UL1242 (na pcb są to punkty **BFO i BFO"**) oraz to samo robimy z punktami **VFO i VFO"** (od PK2 do generatora VXO). Wlotowujemy też rezystory 47 Ohm i kondensatory 1nF przy US1/US2.

Tu ważna uwaga!

Dla lepszego zobrazowania, łatwiejszego uruchomienia i ewentualnego serwisowania w przyszłości - połączenia przewodami pomiędzy punktami + 12V, +12V(O), + 12V(N) na pcb najlepiej wykonać **trzema różnymi kolorami**. Na przykład:

- wszystkie punkty + 12V - łączymy przewodem czerwonym (zasilanie urządzenia)
- wszystkie punkty +12V (O) - łączymy np. przewodem białym (zasilanie bloków RX-a)
- wszystkie punkty + 12V (N) - łączymy np. przewodem żółtym (zasilanie bloków TX-a)

Kolory oczywiście mogą być inne, ale ważna jest zasada.

Teraz od punktu **+12V(N)** przy przekaźniku **PK1** do punktu +12V(N) przy diodzie 1n4148 (będącą elementem klucza blokującego we LM386) i dalej na cewkę PK2 dajemy przewody (żółte) układając je od razu wzdłuż płytki. Będą to przewody podający napięcie + 12V(N) z przekaźnika PK1 (podczas włączenia przycisku PTT przy mikrofonie) **na przekaźnik PK2** co spowoduje załączenie PK2 i zmianę podawania napięć w.cz. z generatorów BFO/VXO na układy US1/US2 czyli przy nadawaniu napięcie w.cz. BFO poprzez styki przekaźnika PK2 i elementy 47 Ohm oraz 1nF trafia na układ US1 (wyprow. 14 US1), a napięcie w.cz. VXO poprzez styki przekaźnika PK2 oraz elementy 47 Ohm i 1nF trafia na układ US2 (wyprow. 14 US2). Przy odbiorze z cewki przekaźnika PK2 zostaje zabrane napięcie +12V(N) przez co sygnały BFO i VXO wracają do położenia początkowego czyli VXO na US1 a BFO na US2. Przy okazji zasilanie +12V(N) zostanie też podawane na w/w klucz blokujący we LM386 przy nadawaniu.

Generatory BFO i VXO mają na stałe (zarówno przy nadawaniu jak i odbiorze)

podane **zasilanie +5V** ze stabilizatora przy PK1. Można teraz go wlutować wraz z kondensatorami elektrolitycznymi 47uF/25V i 100u/10V oraz 100nF (ten przy 100uF). Z punktu **+12V przy stabilizatorze BFO** przeprowadzamy przewód (czerwony) do punktu **+12V przy PK1**.

Teraz można połączyć przewodem (w naszym przypadku białym) punkty +12V(O) od US3 (LM386) do +12V(O) przy PK1.

PROGRAMOWALNA SKALA CZĘSTOTLIWOŚCI

Znajdująca się na pcb skala częstotliwości została wykonana w oparciu o materiały zgromadzone na stronie **DL4YHF**.

http://www.qsl.net/dl4yh/freq_counter/freq_counter.html

Oczywiście, sam układ ścieżek na pcb Kacpra jest dostosowany do wymiarów i rozmieszczenia elementów na naszej płytce. Na wejściu skala ma układ wzmacniacza na pojedynczym tranzystorze npn. Ja stosowałem 2sc2053, ale szkoda tego tranzystora w tym miejscu i wystarczy zastosować BC547.

Trzeba tylko dobrać rezystor 56k* na połowę napięcia zasilania skali (pamiętajmy, że skala jest zasilana poprzez stabilizator 5V) czyli ok.2.5V na kolektorze tranzystora. **Przy BC547 będzie to rezystor ok. 240k.**

Budowę skali zacznijcie od wlutowania stabilizatora napięcia, kondensatorów 47uF i 100nF po obu stronach stabilizatora oraz dławika 100uH.

Teraz do punktu **+12V przy stabilizatorze 7805** doprowadzamy napięcie (przewodem czerwonym) z najbliższego innego punktu +12V.

Podłączamy zasilanie i sprawdzamy czy za stabilizatorem skali jest napięcie **ok. +5V**. To samo napięcie powinno pojawić się na nodze 14 podstawki pod układ US5 czyli nasz PIC 16f628.

Na innych nogach nie powinno być teraz żadnego napięcia!

Wyłączamy zasilanie i wlutowujemy elementy wzmacniacza skali:

1,2k, 10nF, 100nF, BC547 (lub inny npn) i rezystor oznaczony gwiazdką czyli **240k** (przy zastosowaniu BC547). Włączamy ponownie zasilanie i sprawdzamy czy na kolektorze jest napięcie **ok. 2.5V** (patrz schemat Part2).

Jednocześnie **nie może być tego napięcia na 3 nodze podstawki US5**.

Jeśli napięcie różni się **ponad 10%** należy dobrać rezystor z gwiazdką.

Gdy wszystko jest OK, lutujemy pozostałe elementy skali. Jako **SW** stosujemy switch, który normalnie **ma styk rozwartry** (patrz schemat Part2).

Jeśli w naszej skali zastosujemy wyświetlacz zegarowy, wówczas **nie lutujemy rezystora 1k** idącego od 7 nogi układu PIC16F628 **do wejścia dp** naszego wyświetlacza.

PCB przystosowano zarówno do wyświetlacza z 12-stoma wyprowadzeniami w jednym rzędzie np. **TOF-5461**, który można wlutować bezpośrednio w płytkę jak i do wszystkich innych wyświetlaczy z dwoma rzędami wyprowadzeń. Wówczas taki wyświetlacz łączymy odcinkami przewodów z naszym pcb.

Należy znać wyprowadzenia czyli **kartę katalogową** naszego wyświetlacza aby wiedzieć na których nogach są wejścia: **e,d,dp,c,g, dip1**, itd. ...

Jeśli wszystko jest OK to wkładamy wcześniej zaprogramowany podany typ wyświetlacza (**WA** lub **WK**) PIC16F628 w podstawkę i włączamy zasilanie. Na wyświetlaczu po krótkiej chwili powinna świecić się ostatnia cyfra zero. (punkt **FRQ**" na pcb jest aktualnie nigdzie nie podłączony).

GENERATOR BFO (GFN)

Generator fali nośnej zbudowany jest na tranzystorze npn typu BC 547. Częstotliwość naszego generatora powinna być wyższa od częstotliwości pośredniej o ok. 2 khz czyli wynosić **ok. 8.666Mhz** (jeśli filtr jest 8664MHz). Osiągniemy to poprzez dodanie w szereg za rezonatorem kwarcowym **trymera** (do masy).

Napięcie w.cz. generatora BFO jest pobierane z dzielnika w emiterze tranzystora BC547. Dzielnik ten w naszym przypadku to rezystor 330 Ohm oraz potencjometr montażowy 1k, którym regulujemy właściwy poziom napięcia w.cz. Napięcie to, mierzone sondą w.cz. podłączoną do multimetru - nie powinno przekraczać **50mV na nóżce 14 układu US2 - UL1242 (TBA120S)**.

Z reguły należy ustawić minimalną wartość napięcia przy którym RX pracuje poprawnie, a TX ma najmniejszą nośną na wyjściu antenowym (regulacja potencjometrem montażowym w BFO i modulatorze).

Na tym etapie budowy pot. mont. 1k w BFO ustawiamy w **położeniu środkowym**.

Łączymy przewodem punktu **FRQ**" naszej skali częstotliwości z emiterem **BC547 w BFO**. Ustawiamy trymer tak aby w skali zaczęła wskakiwać ostatnia cyfra 6 czyli odczyt **8666**

Teraz bezwzględnie **odlutujmy przewód** łączący wejście skali **FRQ**" z **BFO**!

GENERATOR VXO

W Kacprze używamy p.cz. 8.664Mhz i aby uzyskać odbiór stacji na 80m musimy zastosować odpowiednią częstotliwość generatora przestrajanego VXO. W tym przypadku **będzie to częstotliwość mniejsza** od częstotliwości pośredniej o częstotliwość pasma.

Nasz generator dzięki zastosowaniu rezonatora ceramicznego 5Mhz jest dość stabilny. Jeśli chcemy **jeszcze bardziej poprawić stabilność** w czasie zalecam stosować w dzielniku dobrej jakości kondensatory styroflexowe lub mikowe (**kondensatory 220pF w VXO**). Należy pamiętać aby na pcb od strony druku **koniecznie przylutować rezystor 1k od Emitera do masy** (emiter tranzystora przy rezonatorze ceramicznym).

Teoretycznie napięcie w.cz. VXO doprowadzone na 14 nogę UL1242 US1 (przy odbiorze) nie powinno przekroczyć **50mV**, ale w praktyce **należy ustawić takie** napięcie w.cz. przy którym zauważymy jak najmniejszy poziom "ptaszków" w odbiorniku. Na początek wlotujcie 0,15k a ewentualnie później przy końcowym uruchamianiu urządzenia można pobawić się w dobranie tego rezystora.

Dzięki zastosowaniu **rezonatora ceramicznego** nasz generator pracuje od razu

w odpowiednim zakresie częstotliwości. Jego górny zakres (dolny zakres pasma 80m) jest **uzależniony od danego egzemplarza** rezonatora ceramicznego 5Mhz.

W praktyce rezonatory mają często nieco niższą częstotliwość rezonansu ok. 4.984Mhz i dlatego początek naszego pasma może zacząć się od ok. **3.680Mhz**.

Czasem można trafić na serię rezonatorów pracujących ok.20khz wyżej od tego co napisano na ich obudowie czyli rezonans na ok. 5.020Mhz.

Wówczas pasmo przestrajania naszego Kacpra zacznie się poniżej **3.650Mhz**.

Znacznie lepiej jest w drugą stronę. Nasz generator a właściwie jego częstotliwość można zmieniać o ok. 80-120khz dzięki przeciągnięciu częstotliwości rezonatora ceramicznego za pomocą kondensatora strojeniowego o wartości ponad 200pF.

W tym przypadku **im więcej pF tym większy zakres przestrajania**. W praktyce przy kondensatorze strojeniowym ok. 200-400pF mamy ok.80-110khz przesunięcia generatora w stronę niższych częstotliwości co w rezultacie pozwala przestroić nasz TRX do **ponad 3.760Mhz**.

Jeśli chcemy aby radio pracowało do **ponad 3.800Mhz** (koniec pasma 80m) wówczas pomiędzy rezonator ceramiczny a kondensator strojeniowy należy szeregowo wstawić dławik ok.10-22uH (dobrać doświadczalnie).

Automatycznie trzeba będzie znacznie zmniejszyć pojemność naszego kondensatora strojeniowego, tak aby początek zakresu generatora był w okolicy **4.859Mhz** czyli 5khz za końcem pasma 80m - **3.805Mhz**.

Wynika to z wyliczenia 8.664Mhz (pośrednia) minus 3.805Mhz (5khz za końcem pasma) równa się 4.859Mhz (VXO).

Chcąc sprawdzić zakres generowania VXO należy do punktu oznaczonego na pcb **FRQ** - podłączyć wejście wcześniej zbudowanej skali cyfrowej.

Punkt FRQ w VXO łączymy z punktem FRQ" w skali częstotliwości.

Kręcąc kondensatorem strojeniowym wskazania powinny być przybliżone jak wyżej.

Aby nasza skala zaczęła pokazywać właściwą częstotliwość pasma 80m należy ją zaprogramować używając do tego przycisku **SW** znajdującego się obok US5.

Wcześniej w PICu16F628 powinien znaleźć się wsad czyli hex, ale o tym jest na stronie autora skali czyli **DL4YHF** jak również na <http://www.sp-qrp.pl>

PROGRAMOWANIE SKALI F

Jeśli wcześniej wgraliśmy do Pica program (hex) w którym jest już **IF 8.664Mhz** to programowanie wykonujemy w następujący sposób:

Wciskamy przez **dłuższy czas switch SW**. Na wyświetlaczu pojawi się napis

Prog

Puszczamy SW i wyświetlacz wskaże

quit

Wciskamy **4 x krótko przycisk SW** aż do uzyskania na wyświetlaczu napisu

tabl

Teraz ponownie **wciskamy i trzymamy SW przez chwilę** - cyfry zaczną migać.
Puszczamy SW i na wyświetlaczu ukaże się napis

4550

Naciskamy **2 x krótko SW** i wyświetlacz pokaże nam **naszą częstotliwość IF** czyli

8664

Wciskamy i przytrzymujemy dłużej SW (cyfry zamigoczą).
Puszczamy SW i na wyświetlaczu ukaże się napis

Add

Wciskamy **krótko raz SW** i na wyświetlaczu pojawi się napis

Sub

Wciskamy i przytrzymujemy dłużej SW (cyfry zamigoczą).

Koniec procedury. Na wyświetlaczu naszej skali możemy zaobserwować na jakiej częstotliwości pasma 80m aktualnie się znajdujemy oraz sprawdzić zakres przestrajania naszego TRX-a.

Gdy w naszym PICu nie ma wpisanej w kodzie hex częstotliwości 8.664Mhz, wówczas musimy za pomocą pomiaru naszego generatora BFO i odpowiedniego wciskania switcha SW sami wprowadzić do skali częstotliwość IF.
Jak to zrobić znajdziecie na stronie Łukasza SQ2DYL pod linkiem

<http://www.sp-qrp.pl/modules.php?name=Downloads&op=getit&lid=30>

DRABINKOWY FILTR KWARCOWY

Płytką przystosowaną jest do zastosowania różnych wykonania filtra i różnego dopasowania go do reszty obwodu.

W naszym przypadku będzie to 6-ście kwarcowy filtr drabinkowy oparty o kwarce w obudowach HC49s (małe obudowy kwarcy).

Należy dobrać w miarę jednakowe kwarce czyli zbliżone do siebie częstotliwościami 8.664Mhz. Różnica częstotliwości pomiędzy rezonatorami nie powinna przekraczać 50Hz a najlepiej jak jest jeszcze mniejsza.

Przykład filtra 6 kwarcowego z max. różnicą rezonatorów 40Hz:

- 1.rezonator - 8.663.61
- 2.rezonator - 8.663.58
- 3.rezonator - 8.663.59
- 4.rezonator - 8.663.58
- 5.rezonator - 8.663.57
- 6.rezonator - 8.663.60

Do doboru rezonatorów potrzebny jest generator (można wykorzystać nasze BFO) oraz częstotliciomierz pokazujący 10ki Hz czyli co najmniej 6 cyfr.

Nie nadaje się do tego skala Kacpra umieszczona na naszej PCB.

Wylutowujemy kwarc z BFO i od strony druku wlutujemy 1-szy rezonator (z tym że pomijamy trymer 50pF w BFO i drugą nogę rezonatora dajemy bezpośrednio do masy. Włączamy zasilanie a do BC547 podłączamy miernik częstotliwości. Czekamy dłuższą chwilę i zapisujemy na kartce dane 1-wszego rezonatora. Nie wyłączając napięcia zasilania wylutowujemy ostrożnie rezonator (tak żeby nic nie zewrzeć). Kartkę wraz z kwarcem odkładamy. Wlutowujemy drugi rezonator i powtarzamy cykl. To samo robimy z pozostałymi kwarcami. Do wybrania kompletu rezonatorów musimy kupić 20-30sztuk, ale czasem i ta ilość może okazać się za małą.

Gdy wybierzemy rezonatory , których różnica częstotliwości będzie nie większa jak 50Hz to wlutowujemy je na pcb. Na we/wy filtra dajemy kondensatory 8,2pF do masy oraz kondensatory 33pF pomiędzy rezonatorami do masy (patrz schemat i foto filtra na niskich rezonatorach).

Pomijamy 8,2pF a 33pF zastępujemy innymi kondensatorami i lutujemy wszystkie elementy w filtrze jak na pcb w przypadku zastosowania filtra zbudowanego w oparciu o kwarce w **wysokich obudowach. Wówczas też stosujemy dodatkowo dopasowanie poprzez tranzystor pnp BC177(to rozwiązanie nie jest pokazane na schemacie).**

Cały filtr można zaekranować lub połączyć obudowy rezonatorów wchodzących w jego skład do masy za pomocą np. srebrzanki. Są na to otwory przy filtrze. (patrz punkt **GND na pcb** - przy filtrze kwarcowym - **od strony rezonatora X1**) . W zależności od zastosowanego rodzaju filtra drabinkowego - zaraz za filtrem (od strony US2) **dajemy rezystor 2,4k do masy** (małe kwarce w filtrze) lub 0,51k (duże kwarce w filtrze - nie ma na schemacie).

Do BFO wlotowujemy wcześniej wylutowany rezonator kwarcowy 8.664Mhz. Jest to tak zwany pilot, którego odpowiednie ustawienie trymerem na zboczu filtru daje nam właściwą wstęgę a co za tym idzie zrozumiałość emisji ssb. Pamiętajmy, że BFO mamy w tym wypadku odsunąć od środkowej częstotliwości filtru drabinkowego ok. 2khz czyli ma to być wartość ok. 8.666Mhz. **Jeśli nie kręciliśmy trymerem po wcześniejszym strojeniu BFO i nie zamieniliśmy na 100% rezonatora podczas dobierania kwarcu do drabinki to zostawiamy bez dodatkowego pomiaru.**

BLOK CZĘSTOTLIWOŚCI POŚREDNIEJ

Należy wlotować wszystkie elementy przy układach US1 i US2 zaczynając od rezystorów, kondensatorów, pot. montażowych, dławików oraz diod. Na tym etapie nie lutujemy jeszcze elementów wzm.wcz. Rx-a .

Oczywiście zwracamy baczną uwagę na poprawność lutowania, właściwą biegunowość kondensatorów elektrolitycznych oraz wyprowadzenia diod.

Na razie nie lutujemy rezystorów oznaczonych gwiazdką na pcb - przy US1 i US2. Będą to odpowiednio 560k* i 820k*.

Jeśli mamy wlotowane wszystkie elementy wchodzące w skład bloku p.cz. to łączymy przewodem (w naszym przypadku czerwonym) punkty + 12V przy US1 i US2 i dalej do +12V przy stabilizatorze 7805 obok BFO. Dodatkowo od punktu + 12V(O) znajdującego się przy pot. montażowym 4,7kOhm (obok US1) przeprowadzamy białym przewodem połączenie do punktu + 12V (O) przy przekaźniku PK-1.

Wyjście z detektora zbudowanego na US2 (na pcb oznaczone jako **wy m.cz**) łączymy z potencjometrem obrotowym 10 kOhm, który podaje sygnał na wzm. mcz. US3 LM386 (wykonany we wcześniejszej fazie budowy urządzenia). Do punktu zas **-+12V przy PK-1** podłączamy zasilanie i **sprawdzamy napięcia** na podstawkach US1 i US2. Najważniejsze z nich to napięcia zbliżone do napięcia zasilania (**12V**) **na nogach nr 11** podstawek układów scalonych **US1 i US2**. Jeśli jest OK to wyłączamy zasilanie i wkładamy nasze UL1242 w podstawki (**patrząc na właściwy kierunek i numerację nóżek**).

Teraz przy US 1 w miejsce rezystora oznaczonego gwiazdką (560k*) wlotowujemy rezystor **ok. 500k**.

Ponownie włączamy zasilanie, **zwieramy punkt PTT** znajdujący się przy przekaźniku PK-1 **do masy** (wlotować na PTT kawałek przewodu i po włączeniu zasilania dotknąć tym przewodem masy - powinno być słychać zadziałanie przekaźników) i sprawdzamy miernikiem (voltomierzem) napięcie **na 3 nodze układu US1** - powinno być zbliżone do połowy napięcia aktualnego zasilania czyli wynosić **ok.6V** przy założeniu, że zasilanie to 12V. Jeśli wskazane na mierniku napięcie jest znacząco mniejsze lub większe od 6V to zmieniamy nasz rezystor o **ok.100k** i mierzymy ponownie przy załączonym PTT.

Powtarzając operacje doprowadzamy do stanu, kiedy nasz Voltomierz wyświetli ok. połowę nap. zasilania trx-a.

To samo robimy z rezystorem 820k* przy US2 z tym, że nie zwieramy PTT do masy!

Nie należy sugerować się podanymi na pcb wartościami rezystorów oznaczonych gwiazdką, gdyż ich wartość ulega zmianie w zależności od zastosowanych egzemplarzy układów scalonych UL1242(TBA120S). Generalnie mają one mieć taką wartość aby na nodze 3 układów US1 i US2 występowało napięcie zbliżone do połowy napięcia zasilania czyli ok. 6V przy zasilaniu 12V.

Po wlutowaniu rezystorów stałych włączamy zasilanie i w głośniku powinniśmy usłyszeć szum. Jeśli tak nie jest to zobaczmy jak ustawiony jest potencjometr obrotowy 10k, który reguluje siłę sygnału. Jeśli nadal nie słyszymy szumu to znaczy, że mamy źle ustawiony potencjometr montażowy 4,7k przy układzie US1. Ustawmy go ze skrajnego położenia na środek. Teraz musi szumieć, a jeśli nie to znaczy, że popełniliśmy błąd przy lutowaniu elementów lub podłączeniu napięć +12V, +12V(O), +12V(N) - w szukaniu błędu pomocne okażą się **3 kolory** przewodów. W każdym punkcie oznaczonym na pcb jako +12V oraz +12(O) do których już doprowadzaliśmy kolorowe przewody - po podłączeniu zasilania powinniśmy mieć napięcie ok.12V.

Jeśli tak nie jest to musimy poszukać przyczyny błędu!

Zakładając, że wszystko jest OK **dotykamy wkrętakiem** (trzymanym za metalową część dłonią) **nogi nr 7 układu US1 (UL1242)**. Powinno to spowodować wyraźną zmianę w głośniku **a czasem nawet odbiór silniejszych stacji** amatorskich lub radiofonicznych.

FILTR PASMOWY ODBIORNIKA

Nawijamy na toroidach **T37-2** (czerwony Amidon) 2szt. cewek po **44zw** drutem DNE 0,35mm. Róbmy to starannie, układając zwoje na obwodzie rdzenia.

Będą to nasze cewki L2 oraz L3. Jeśli nie mamy drutu nawojowego o takiej średnicy to zastosujemy DNE 0,3 lub inny. Ważne aby zwoje zmieściły się na obwodzie rdzenia. Na cewki L2/L3 nawijamy uzwojenia sprzęgające np. kolorowym drutem w igielicie. Będą to **4 zwoje** na jeden rdzeń i **4 zwoje** na drugi rdzeń od strony zimnego końca (masy) uzwojenia głównego (rezonansowego). **Będą to nasze cewki L1 i L4.**

Bierzemy w pełni nawinięty rdzeń i odizolowujemy końcówki. Cynujemy je. Teraz wlutowujemy naszą cewkę L1 i L2 na pcb. Należy zwrócić uwagę na poprawny montaż i **nie zamienić miejscami uzwojenia L1 z L2**. Najlepiej najpierw wlutować L2, zmierzyć omomierzem czy jest przejście na ścieżkach pcb a później wlutować uzwojenie sprzęgające L1 (te od strony we Rx* i 2x1n4148). Podobnie robimy z cewkami L3 i L4 z tym, że najpierw wlutowujemy uzwojenie L3, sprawdzamy omomierzem przejście, a następnie lutujemy L4 i powtarzamy pomiar.

Jeszcze raz zwracam uwagę na nie zamienienie miejscami uzwojeń rezonansowych ze sprzęgającymi czyli L1 z L2 i L3 z L4.

Obok lutujemy **trymery 50pF** i kondensatory oznaczone gwiazdką. Ich wartość powinna wynosić ok. **160-180pF** oraz kondensator sprzęgający. Przy cewce L1 wstawiamy diody 1n4148 odwrócone do siebie (patrz schemat ideowy i pcb).

Teraz bierzemy kawałek przewodu w igielicie i łączymy gorący koniec cewki L4 z kondensatorem 150pF przy 7 nodze układu US1 (punkt **K"na pcb**).

Włączamy zasilanie a do punktu oznaczonego na pcb jako **RX"** (przy cewce L1) podłączamy gorącą żyłę fidera anteny np. dipola półfalowego 2 x 19,5m. Ekran anteny (przewodu koncentrycznego) łączymy z masą budowanego TRX-a.

Teraz ustawiamy się na częstotliwości ok. **3.715Mhz** i kręcimy trymerami przy cewkach L2, L3 **tak aby uzyskać max. siłę odbieranego sygnału**. Jeśli obok pracuje jakaś stacja to wstrajamy się w nią i kręcąc trymerami uzyskujemy największą siłę odbieranego sygnału. Najlepiej regulacji dokonać na słabo słyszalnej stacji. **Jeśli stacje są nieczytelne** to prawdopodobnie musimy delikatnie przeregulować BFO.

Jeśli odbiornik pracuje prawidłowo to gratuluję.

Na razie nie wlotowujemy elementów wzm. w.cz., ARW i S-metra znajdujących się na pcb w okolicach przekaźnika PK-1 (BF256 i inne)

TX CZYLI NADAJNIK

W Kacprze VXO, BFO, p.cz. i filtr kwarcowy pracują zarówno przy odbiorze jak i nadawaniu. Dzięki temu **wiele elementów nadajnika jest już wlotowane**. Pozostaje nam do zmontowania wzmacniacz wstępny i filtr pasmowy nadajnika, driwer oraz wzmacniacz końcowy czyli PA.

Na końcu dodamy filtr dolnoprzepustowy, który będzie pracował zarówno przy odbiorze jak i nadawaniu oraz **dobudujemy ARW** odbiornika.

Przy układzie scalonym US1 UL1242N znajdują się elementy podające sygnał z mikrofonu do wzmacniacza mikrofonowego zbudowanego na pojedynczym tranzystorze npn wchodzącym w skład samego układu US1 (**noga 4 - baza, noga 3 - kolektor, noga 12 - emiter**). Na nogę czwartą US1 czyli bazę tranzystora wzmacniacza mikrofonowego poprzez elementy 100nF, 4,7nF, dławik 1mH, 4,7nF podawany jest **sygnał m.cz. z mikrofonu dynamicznego**. Jeśli nie wlotowaliśmy jeszcze w/w elementów podczas składania bloku pośredniej częstotliwości - uczynimy to teraz.

WZM. WSTĘPNY i FILTR PASMOWY NADAJNIKA

Wlotowujemy elementy znajdujące się przed cewkami będącymi obwodem pasmowym nadajnika. Będą to: rezystory 0,1k, 10K, 1k, 22 ohm, kondensator 10nF, dławik 22uH oraz tranzystor BC107 będący wzmacniaczem wstępnym nadajnika. Teraz przystępujemy do nawinięcia cewek filtru pasmowego Tx-a (**L5, L6 i L7**).

Wykonujemy to identycznie jak w przypadku obwodów odbiornika, z tym że **na cewce L5 nie dajemy uzwojenia sprzęgającego**. Nawijamy 2 cewki po 44zw. na Amidonie T37-2 i jako **L7 dajemy 4zwoje**.

Uzwojenie L7 nawijamy od strony zimnego końca (masy) na uzwojeniu L6.

Wlotowujemy w/w cewki oraz tryмеры 50pF, kondensatory Cx (ok.160-180pF), kondensator sprzęgający **18pF** (może być 22pF). Obok L5 wlotowujemy rezystor **2,2k**.

Przypominam, aby nie zamienić miejscami cewek L6 i L7 oraz prawidłowo wlotować elektrody tranzystora BC107.

DRIWER + PA + FDP

Zacniemy od driwera. Wlotowujemy elementy 6,8k, 10 Ohm, 1k, dławik zasilający driwer (nawinąć na wałeczku ferrytowym 10zw.DNE 0.3mm), kondensatory 4,7nF, 47nF oraz tranzystor driwera czyli **2sc2053**.

Nawijamy bifilarnie transformator TR1 dopasowujący driwer do stopnia końcowego. Bifilarnie czyli dwoma przewodami jednocześnie na obwodzie rdzenia. Przy rdzeniu z Ferrytera było 2x6zw (indukcyjność ok. 6uH). Na FT37-43 będzie prawdopodobnie 2 x 2 do 3zwoi.

Wlotowujemy elementy przy IRF 510/520. Będą to stabilizator 5V, kondensatory 100nF, pot.montaż. 4,7k i rezystory: 1k, 0,75k/0,5W, 10 Ohm, 0,3 Ohma/1Wat.

Teraz lutujemy elementy przy przełączniku PK-2. Będzie to dławik na prąd co najmniej **2A** (ok.10 -15uH). Za dławikiem - w kierunku TR2 - wlotowujemy kondensator 100nF oraz **10nF/250V** (przy IRF 520 może być nawet 68-100nF/250V lub 400V).

Nawijamy szerokopasmowy transformator wyjściowy TR2, dopasowujący IRFa do reszty układu. Wykonujemy go podobnie jak TR1 z tym, że nawijamy na innym rdzeniu.

Może to być dwuotworowy rdzeń stosowany w TV. Nawijamy **wówczas bifilarnie 2 x 6 zw** lub **2 x 5/6 zw na rdzeniu FT50-43** przewodami o dwóch kolorach. (indukcyjność od ok. 20uH do ok. 60uH). **TR2** wlotowujemy zgodnie ze schematem.

Możemy sprawdzić poprawność montażu i połączyć przewodami punkty +12V(N) przy wzmacniaczu wstępnym i driwerze do punktu +12V(N) przy przełączniku PK2.

Potencjometr **4,7k przed tranzystorem IRF** ustawiamy w **środkowe położenie**.

Włączamy zasilanie i sprawdzamy (po zwarcie punktu PTT do masy) czy na kolektorach wzm. wstępnego BC107 oraz drivera 2sc2053 występuje napięcie **ok.12V** Sprawdzamy też napięcie stałe **bezpośrednio za stabilizatorem 5 V** ustalające punkt pracy tranzystora IRF- **musi być zbliżone do 5V**.

Wyłączamy zasilanie i wlotowujemy tranzystor IRF przykręcony do radiatora.

Radiator ma być przykręcony do pcb poprzez podkładki izolacyjne wykonane np. z laminatu pozbawionego miedzi. Należy bezwzględnie sprawdzić czy metalowa obudowa tranzystora IRF nie ma bezpośredniego połączenia z minusem zasilania czyli masą trx-a. Dokonujemy tego omomierzem z naszego multimetru.

Wyjście z PA oznaczone na pcb jako **W** (za PK-1) łączymy przewodem ekranowanym z **wejściem FDP** czyli punktem **W''** przy cewce L8.

Nawijamy cewki **L8 i L9 na T44-2** drutem **DNE 0,5mm** lub w igielicie **dając po ok. 18zw**. Wlotowujemy kondensatory **820pF i 1,5nF** (dobrze jak też będą na napięcia co najmniej 250V). Punkt **ANTENA** przy cewce L9 łączymy z **gniazdem antenowym**.

Tak powstał filtr FDP który działa zarówno przy nadawaniu jak i odbiorze.

Obciążamy wyjście antenowe rezystorem **50 Ohm/4Waty** do masy (mogą być dwa równoległe połączone rezystory 100 Ohm/2waty).

Teraz należałoby sprawdzić prądy spoczynkowe naszego wzmacniacza nadajnika. Powinny one wynosić **ok. 4-6mA** we wzmacniaczu wstępnym **na BC107**

i ok. **40-60mA** w driverze na **2sc2053**.

Pomiaru można dokonać **bez użycia amperomierza** poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorach emiterowych (0,1k przy BC107 i 10 Ohm przy 2sc2053).

Voltomierz powinien pokazać na obu rezystorach napięcia ok. **0,4-0,6V** przy **włączonym PTT** i braku wysterowania z mikrofonu.

Do punktu **+12V** znajdującego się przy **dław/2A** **dajemy w miarę grubszy przewód** który łączymy poprzez bezpiecznik 3A i amperomierz naszego multimetru **bezpośrednio z plusem zasilania Kacpra**.

Załączamy TRX, włączamy PTT czyli przechodzimy na nadawanie i obserwujemy Amperomierz (uwaga na właściwe podłączenie przewodów pomiarowych multimetru).

Delikatnie regulując pot. montaż. 4,7k (obok filtru FDP) **ustawiamy prąd spoczynkowy IRFa na ok. 0,2A - 0,25A (200-250mA)**

Na **sztuczną antenę** czyli nasz rezystor **50 Ohm/4Waty** dajemy sondę w.cz. (podłączoną do voltomierza DC naszego multimetru).

Ponownie załączamy PTT i bez podłączania mikrofonu **wstępnie równoważymy modulator**. Kręcimy delikatnie potencjometrem montażowym 1M przy US1 (UL1242). Staramy uzyskać się jak najmniejszą wartość napięcia w.cz. na multimetrze wyposażonym w sondę w.cz..

Może zajść potrzeba zmiany zakresu naszego multimetru (wszystko zależy w jakim ustawieniu są aktualnie trymery w filtrze pasmowym nadajnika).

Jeśli zauważalnie spadł sygnał po równoważeniu modulatora to mamy połowę sukcesu.

Zapinamy mikrofon i stroimy filtr pasmowy nadajnika na największe wskazanie w.cz. na gnieździe antenowym z podpiętym sztucznym obciążeniem zamiast anteny.

Do strojenia filtra Txa najlepiej użyć stroika z tworzywa sztucznego lub małego wkrętaka z izolowaną rękojeścią.

Zwiększamy wzmocnienie mikrofonu za pomocą pot. montażowego 4,7k przy US1 i powtarzamy strojenie. Kilukrotnie powtarzamy operację równoważenia modulatora za pomocą pot. motaż. 1M na najmniejszą nośną na wyjściu antenowym oraz strojeniu filtra pasmowego nadajnika na maksimum sygnału. Generalnie **mamy dojść do sytuacji** gdy na wyjściu antenowym **uzyskamy max. napięcie w.cz.** przy gwizdaniu do mikrofonu, **a podczas ciszy** (mikrofon zasłonięty) **napięcie będzie minimalne.**

Teraz należałoby odsłuchać sygnał na innym odbiorniku. Jeśli okaże się, że **musimy skorygować ustawienie trymera w BFO** z powodu niewłaściwej modulacji czy braku mocy na wy. antenowym to całą operację równoważenia modulatora, czułości mikrofonu i strojenia cewek nadajnika **należy bezwzględnie powtórzyć!**

Na zbudowanych w ten sposób kilku egzemplarzach TRXa Kacper z VXO uzyskałem moc w okolicach **3,5-4Waty/ 19-20,5V w.cz (IRF510)** przy zasilaniu z zasilacza stab.13,5V oraz dużym wysterowaniu mikrofonu.

Na IRF520 już przy napięciu zasilania 11,8V i mniejszym wysterowaniu mikrofonu uzyskałem **ok.5Wat/ 22-24V w.cz.**

Przy pomocy tych bartkopodobnych urządzeń z mikrofonem w postaci wkładki telefonicznej **W66** i antenie typu **dipol** zawieszanej tylko **5m nad gruntem** - wykonałem wiele łączności z różnymi okręgami SP. Korespondenci pozytywnie wypowiedali się na temat modulacji, a siła sygnału wielokrotnie wychylała wskaźniki Smetra korespondentów na ponad 9S.

Oczywiście przy słabszych warunkach propagacyjnych lub dużym poziomie zakłóceń były też gorsze raporty.

Wróćmy jednak do dokończenia naszego Kacpra

ARW i S-METER/Vant

Chciałbym nadmienić, że stosowanie dodatkowego wzmacniacza w.cz. RX-a opartego o BF256 (BF245B) do tego urządzenia nie jest koniecznością. Można wlutować tylko elementy **ARW i S-metra**, pomijając wzm.wcz. odbiornika. **W tym przypadku zmieńcie kondensator 150pF idący od 7 nogi US1 na 10nF**, a drugi 150pF **zastąpcie zworą**. **Dokonajcie połączenia przewodem punktów R i R'' oraz doprowadźcie sygnał z ARW na we LM3914.** Takie rozwiązanie czasem może być lepsze od stosowania dodatkowego wzmocnienia toru Rx-a. **Jeśli jednak uznacie, że chcielibyście mieć więcej wzmocnienia sygnału w.cz. z anteny to postępujcie jak poniżej.**

Odlutowujemy wcześniej podłączony przewód łączący punkt **K''** z cewką **L4** (wylutowujemy przewód tylko od strony cewki L4 **i dajemy go na punkt K** tuż obok dł.100uH). Lutujemy wszystkie pozostałe elementy znajdujące się przy cewkach odbiornika a należące do wzm. w.cz. połączonego z prostą automatyczną regulacją wzmocnienia i sterowaniem S-metra oraz do klucza tranzystorowego blokującego wejście US1 przy nadawaniu. Będą to trzy tranzystory npn np. BC547, jeden fet typu BF256 (BF245B) oraz dwie diody germanowe z serii AAP i pozostałe elementy. **Na płycie dwa tranzystory npn to 2sc2053**, ale bez problemu dajemy **BC547** pamiętając o odpowiednim wlutowaniu ebc (nie patrzmy na rysunek tranzystora). Przy wszystkich tranzystorach npn na pcb **są dodatkowe otwory na Emiter** co ułatwia stosowanie tranzystorów mających inne wyprowadzenia. **Proszę się nie zrażać jeśli wokół zostanie wolny otwór na masie.**

Jeśli wlutowaliśmy elementy to **podłączamy do dwóch miejsc napięcie +12V(O)** z najbliższego wolnego punktu +12V(O). **Podajemy też napięcie +12V(N) na klucz** zwierający dodatkowo wejście odbiornika do masy przy nadawaniu. Punkt ten **+12v(N)** znajduje się powyżej K'' a poniżej R'' na pcb. Należy go połączyć z najbliższym wolnym punktem +12V(N). **Wykonujemy dodatkowe połączenie** przewodem punktu **R''** (niedaleko dławika dł/2A) **z punktem R** (przy US2 - obok 820k*) - to połączenie związane jest z działaniem ARW.

Teraz możemy ponownie podać zasilanie i podłączyć antenę na wejście odbiornika. Zauważymy, że max. głośność całego toru audio trochę zmalała, ale silne sygnały nie będą powodowały tzw. "urywania ucha" jak ma to miejsce bez ARW przy słuchaniu słabej stacji i naglemu wejściu na kanał - stacji dużo, dużo silniejszej.

Przystępujemy do uruchomienia S-metra na LM 3914 i linijce diodowej. Wlutowujemy rezystor 3,3k oraz kondensator 100nF. Łączymy przewodem **punkt in** przy 4 nodze US4 **z punktem Smeter-in US4** (niedaleko diod AAP na PCB).

Możemy wlutować naszą linijkę diodową 10-cioma nóżkami bezpośrednio w pcb (pozostałe 10 łączymy przewodami) lub umieścić nasz bargraf na przedniej płycie urządzenia i całość połączyć 11 przewodami. Podobnie wcześniej było z wyświetlaczem skali FRQ.

Piszę 11-stoma, gdyż 10 nóg bargrafu zewrzymy ze sobą i damy na nie +5V.

Wybór umieszczenia linijki diodowej i wyświetlacza FRQ pozostawiam Wam.

Jeśli wybierzeć wlutowanie linijki i skali bezpośrednio w pcb - **polecam to rozwiązanie** - to należy **wygiąć 10 nóg o kąt 90 stopni** (wyginamy nogi od strony napisu na obudowie bargrafu).

Wygięte nogi wlutowujemy bezpośrednio w pcb, a pozostałe 10 łączymy przewodami na wprost z otworami po drugiej stronie LM3914. **Wcześniej podajemy napięcie +5V na 9 nogę US-4 z punktu +5V do US4** znajdującego się za stabilizatorem 5V w skali częstotliwości.

Sprawdźcie to napięcie miernikiem w podstawce US4. Powinno pojawić się na wprowadzeniach 9 oraz 3 układu US-4.

Jak OK to wkładamy LM3914 w podstawkę i lutujemy pozostałe przewody łączące bargraf z wyjściami sterującymi US-4 **jak na schemacie (Part2).**

Włączamy zasilanie i podpinamy antenę. Widzimy jak pracuje nasz wskaźnik S-metra.

Teraz **obserwując diody LED** możemy ponownie spróbować zestroić **filtr pasmowy odbiornika.**

Należy jeszcze połączyć przewodem punkt: **do gniazda anteny** (na pcb przy wejściu mikrofonu) **z gniazdem antenowym**, a bezpośrednio od samego gniazda anteny **do masy dajemy rezystor 10k** (jest na niego miejsce przy driverze 2sc2053 na pcb). Połączenia te związane są z działaniem bargrafu w trybie **wskaźnika modulacji czy inaczej Vant** podczas nadawania.

Pozostaje włożenie PCB do obudowy, podłączenie zgodnie ze schematem **(Part1)**

tłumika antenowego, dodatkowych gniazd i ewentualnie dodanie diody led sygnalizującej przejście na nadawanie (**nie ma jej na schemacie**) oraz dodatkowego kondensatora elektrolitycznego **2200uF/25V** bezpośrednio na gniazdo zasilania (**nie ma na schemacie**).

Jeszcze raz **odsluchanie sygnału na odbiorniku kontrolnym i ewentualna korekta BFO**, wzmocnienia mikrofonu i zrównoważenia modulatora. Teraz możemy wyjść w ETER.

Życzę wielu ciekawych łączności.

VY' 73

Wojtek SP4SKV
wzdm@gazeta.pl

P.s. Dziękuję Wszystkim, dzięki którym (pośrednio) narodził się w mojej głowie pomysł zbudowania trx-a ssb Kacper a szczególnie:

Kacprowi i Monice za czas, który zamiast rodzinie poświęciłem konstrukcji

SP5AHT (za kultowego Bartka, którego młodszym bratem jest trx Kacper)

SP2JQR (za artykuły i przekazywaną wiedzę na temat urządzeń home made)

DL4YHF (za projekt niezwykle prostej skali częstotliwości wykorzystany w Kacprze)

SP5DDJ, SQ7JHM, SP3TYF (za opisy urządzeń QRP w sieci)

DL5SWB (za mini RC-Calculator bardzo przydatny przy nawijaniu cewek do Kacpra)

Dodatkowo dziękuje:

SQ2DYL (za serwis www.sp-qrp.pl)

SP7BYG, SP2IJ i wielu, wielu innym kolegom (za testowe łączności na 80m)

SQ9ATG (za znalezienie błędu w schemacie)

Marcinowi (za czasowe udostępnienie pomieszczenia na pracownię radiową)

Mateuszowi (za szybki kurs zmiany zapisów w kodzie hex)

Dziękuje wszystkim Radioamatorom, którzy kiedykolwiek zainteresowali się lub być może w przyszłości zainteresują tym projektem.

Wojtek SP4SKV

Uwaga!

Nie sugerujcie się częstotliwością BFO podaną w tekście, gdyż Wasze filtry mogą mieć zupełnie inną częstotliwość środkową, a dodatkowo moja F-miarka może mierzyć inaczej:)

Często zrobione drabinki mają środek na ok. 8.662Mhz a nie 8.664Mhz. Wówczas BFO będzie miało ok. 8.664MHz, jeśli zaś drabinka miałaby częstotliwość na ok. 8.665Mhz wówczas BFO miałoby ok. 8.667Mhz.

Zasadniczo częstotliwość BFO ma być wyższa o ok. 1.5-2.5khz od f pośredniej. Można ją dobrać wstępnie przy odbiorze, a później skorygować przy nadawaniu poprzez odsłuch sygnału na dodatkowym odbiorniku.