

Prosty transwerter na pasmo 1,3 GHz

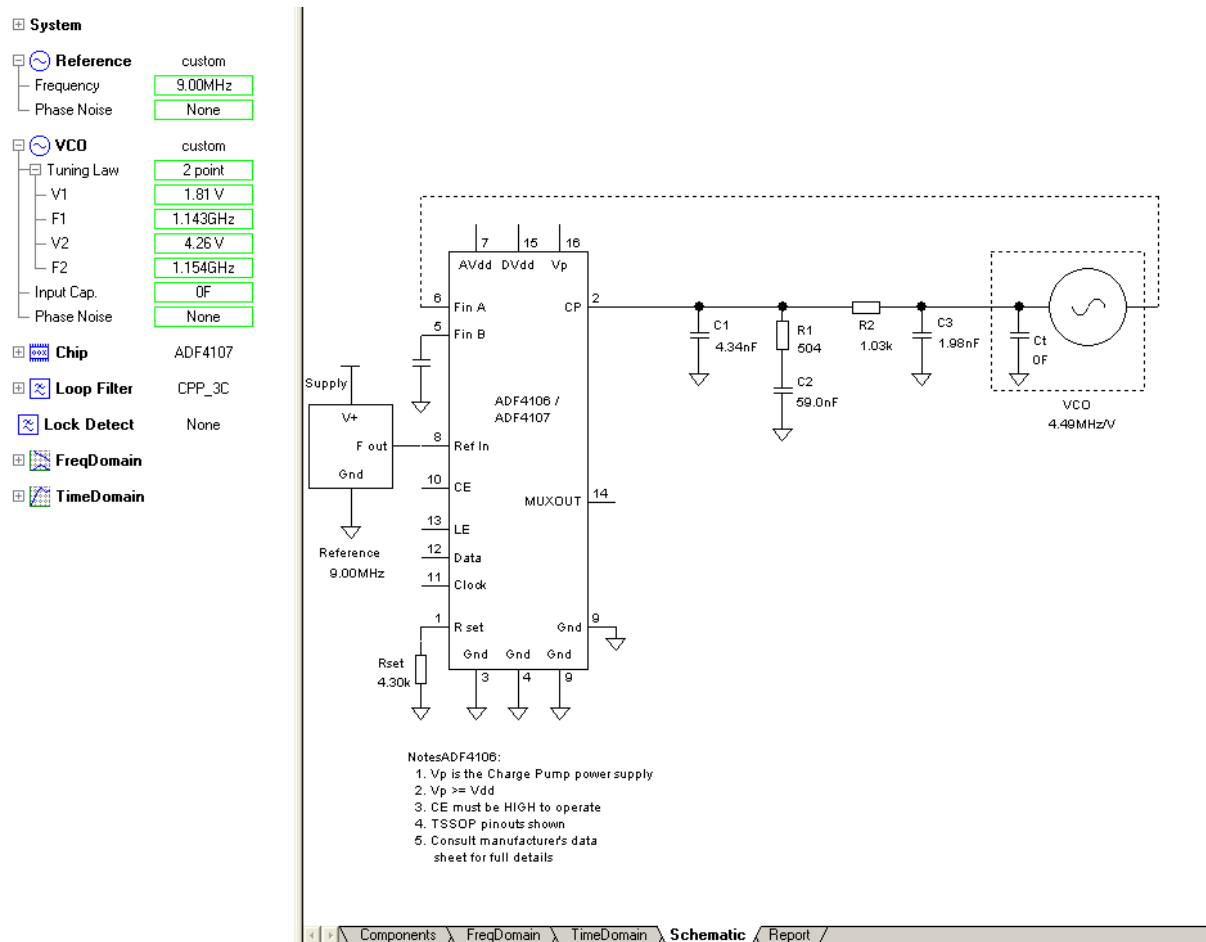
Założeniem które przyświecało w projektowaniu tego układu była możliwie jak największa prostota układu przy zachowaniu dobrych parametrów i niskiej ceny. W układzie zastosowano minimalną ilość elementów strojonych (brak powielaczy, filtrów helikalnych po mieszaczu). Przyjęte rozwiązanie znacznie upraszcza konstrukcję i uruchomienie układu. Układ zbudowany jest modułowo co ułatwia uruchomienie układu i późniejsze eksperymenty.

Pętla fazowa

Dobre parametry pętli fazowej osiąga się stosując możliwie niskie stopnie powielenia wzorca, dobrej jakości oscylator przestrajany, odpowiednie pasmo filtru pętli fazowej oraz niskoszumny detektor fazy. W chwili obecnej pętla fazowa najczęściej wykonuje się stosując specjalizowany układ scalony sterowany mikroprocesorem co często niepotrzebnie komplikuje układ. Opisany poniżej układ zawiera łatwo dostępne układy scalone i nie zawiera procesora. Opisany poniżej generator pracuje na częstotliwości 1152MHz ($1152 + 144 \text{ MHz} = 1296\text{MHz}$). Układ daje około 2-3 mW mocy. Elementem generacyjnym jest tranzystor BFR92, wystąpienie oscylacji zapewnia dodatnie sprzężenie zwrotne pomiędzy bazą a emiterem. Elementem stabilizującym częstotliwość jest rezonator ceramiczny z falą poprzeczną (rezonator typu TEM). Rezonator taki można samemu uzyskać z filtru telefonu komórkowego z pasma GSM 900 MHz. Ważne jest by filtr był zbudowany z pojedynczych rezonatorów a nie jednego ceramicznego bloku. W moim wypadku trzeba było rezonator skrócić z 9mm do 6mm by uzyskać żadaną częstotliwość. Można również rezonator na żadaną częstotliwość zakupić. Rezonator skraca się od końca w którym znajduje się wyprowadzenie drutowe. Czynność ta wymaga trochę czasu i najłatwiej wykonać ją za pomocą odpowiednich frezów. Częstotliwość rezonatora powinna być o około 20 procent wyższa niż częstotliwość pracy syntezeru (pojemności montażowe obniżają ją). Przestrajanie generatora zrealizowane jest za pomocą diody pojemnościowej typu MA4STK250, dioda ta zapewnia niski poziom szumów fazowych (jej dobroć dla napięć przestrajających powyżej 2V wynosi 400). O zakresie strojenia układu decyduje stopień sprzężenia diody pojemnościowej z rezonatorem (C7), powinien być on możliwie jak najmniejszy zapewniający jednak kompensację efektów termicznych. Wraz ze wzrostem napięcia przestrajającego rośnie częstotliwość wyjściowa generatora. Odpowiedni poziom sygnału wyjściowego i izolację VCO od reszty układu zapewnia monolityczny wzmacniacz mikrofalowy typu MAR3. W układzie zastosowano dwa rezystory szeregowo 51 om do redukcji napięcia zasilania układu MAR3, postępowanie takie ma na celu nie przekroczenie dopuszczalnej mocy strat wydzielonej na oporniku redukcyjnym (cała tracona moc wydzielana się na dwóch opornikach nie na jednym). Właściwy poziom do wysterowania preskalera

zapewnia dzielnik wyjściowy na wyjściu wzmacniacza MAR3. Sygnał VCO dzielony jest przez preskaler MB507 przez 128 co dla częstotliwości 1152 MHz daje częstotliwość wyjściową równą 9MHz, można stosować również układ MC12022 trzeba jednak inaczej ustawić piny programujące tak by podział wynosił 128. Podzielony sygnał VCO porównywany jest w komparatorze fazy wykonanym na elementach dyskretnych (74ACT74), na uwagę w tym układzie zasługuje zbudowanie bramki logicznej zerującej przerzutniki na diodach. Właściwy poziom sygnału do wysterowania układu 74ACT74 zapewniają wzmacniacze zbudowane na tranzystorach MMBT3904, nie można ich zastępować tranzystorami serii BC a jedynie innymi typami impulsowymi. Sygnał wzorcowy uzyskiwany jest z generatora kwarcowego o częstotliwości 9MHz. W układzie generatora 9MHz pracuje tranzystor serii BC, zastosowanie jego nie jest w tym miejscu przypadkowe, w przypadku stosowania tranzystorów impulsowych układ wzbudzał się samoczynnie na 3 overtone (około 27MHz) mimo stosowania bardzo dużych pojemności sprzężenia zwrotnego w oscylatorze (rzędu 470pF). Nie należy starać się na "siłę" korygować częstotliwości tego oscylatora by otrzymać dokładnie 1152 Mhz gdyż powoduje to pogorszenie jakości generowanego sygnału (sygnał na ucho zaczyna "dziwnie" brzmieć). Pasma filtru pętli PLL wynosi piętnaście kHz co wynika z właściwości szumowych zastosowanego oscylatora VCO. W układzie można zastosować preskalery innych typów o innym stopniu podziału pod warunkiem zastosowania wzorca o odpowiedniej częstotliwości i ponownego przeliczenia elementów filtru pętli PLL. Liczenie elementów filtru pll powinno być wykonane dla każdego egzemplarza VCO (rezonatory przycinane ręcznie i każdy nieco inaczej wychodzi). W celu zapewnienia możliwie dużego tłumienia częstotliwości odniesienia zastosowano w układzie filtr 3 rzędu. Uruchomienie układu sprowadza się do podania napięcia około 3V na diodę pojemnościową i takim dobraniu pojemności Cx by uzyskać dla niego częstotliwość 1152MHz (czasami prościej jest nieco zwiększyć lub zmniejszyć pojemność sprzężenia zwrotnego). Oscylator stroi się ułamkami pF. Można też w miejsce te wlutować dobrej jakości trymer mikrofalowy typu rurkowego, rozwiązanie te jest najprostsze i najmniej kłopotliwe w praktyce. Częstotliwość układu można zwiększyć zeszlifowując nieco metalizację w pobliżu końca gdzie znajduje się wyprowadzenie drutowe rezonatora. Nie można usuwać jednak zbyt dużo miedzi (srebra) gdyż pogarsza to dobroć rezonatora. Następnie ustawiamy dwa różne napięcia przestrajające rzędu 2 i 4V i odczytujemy dla nich częstotliwości i wykorzystujemy je w obliczeniach (a właściwie robi to za nas sam program). Do przeliczenia elementów filtru pętli PLL można wykorzystać bezpłatny program Analog Devices AdiSim PLL. Na stronie <http://sites.google.com/site/sq4avs/> znajduje się plik programu AdiSimPLL do którego będzie można wpisać własne napięcia i częstotliwości by obliczyć elementy filtru pętli pll. Żadnych wartości poza wartościami napięć nie należy modyfikować w pliku. Do układu wkładamy najbliższe wartości z typoszeregu w razie czego montując je na kanapkę. Ustawienia

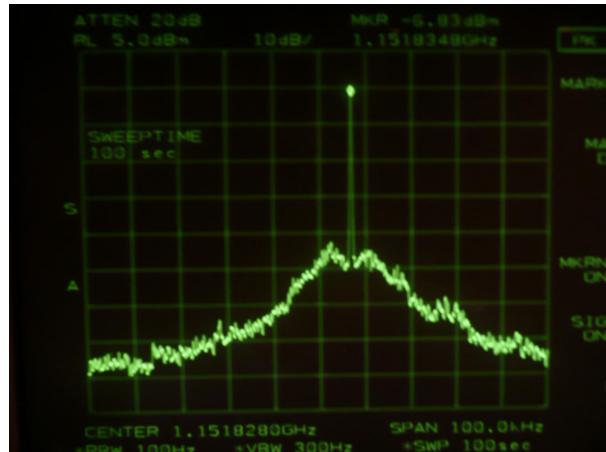
programu podano poniżej:



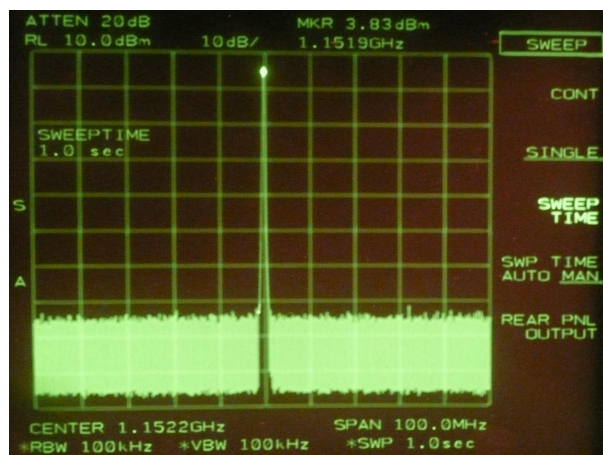
Na uwagę zasługuje zastosowanie dużej ilości stabilizatorów scalonych pełniących funkcję separującą pomiędzy poszczególnymi blokami układu. Szczególnie rozbudowany jest układ zasilania i odsprzęgania preskalera gdyż to on jest głównym źródłem generowania zakłóceń w tym układzie. Działanie układu detektora fazy sprawdzamy odstrajając częstotliwość za pomocą potencjometru 10k podłączonego z jednej strony do masy i +5V, a odczep podłączony do VCO w górę -zwiększamy napięcie przestrajające VCO, na wyjściu filtru dolnoprzepustowego napięcie powinno wynosić około 0,6 V (częstotliwość na wyjściu preskalera powinna być wyższa od częstotliwości odniesienia -w naszym wypadku od 9 MHz). Następnie obniżamy częstotliwość generatora VCO -zmniejszamy napięcie przestrajające VCO, napięcie na wyjściu filtru dolnoprzepustowego powinno wzrosnąć do 4,4 V (częstotliwość na wyjściu preskalera powinna być mniejsza od częstotliwości odniesienia -w naszym wypadku 9 MHz). Po usunięciu potencjometru montażowego układ powinien zadziałać bez zarzutu i stabilizować żądaną częstotliwość. Częstotliwość na wyjściu preskalera powinna być równa częstotliwości odniesienia detektora fazy (9MHz). Dokładną regulację częstotliwości można wykonać za pomocą kondensatora 22pF (C14)

w układzie generatora kwarcowego. Widmo generatora pokazano na fotografii 1. Za widoczne na zdjęciu szumy poniżej 40dB odpowiada sam analizator widma (bardzo wąskie pasma filtrów analizatora i długi czas skanowania), tej podpowiedzi udzielił nam John Miles KE5FX, a właściwie polecił wykonać prsoty eksperyment.

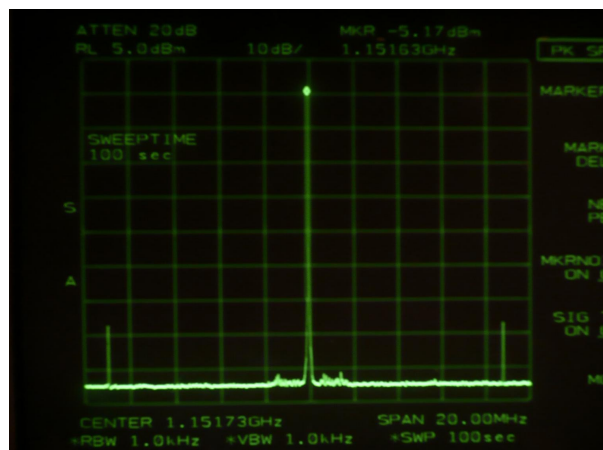
Widmo wąskopasmowe



Widmo szerokopasmowe



Widmo pośrednie między oboma wcześniejszymi

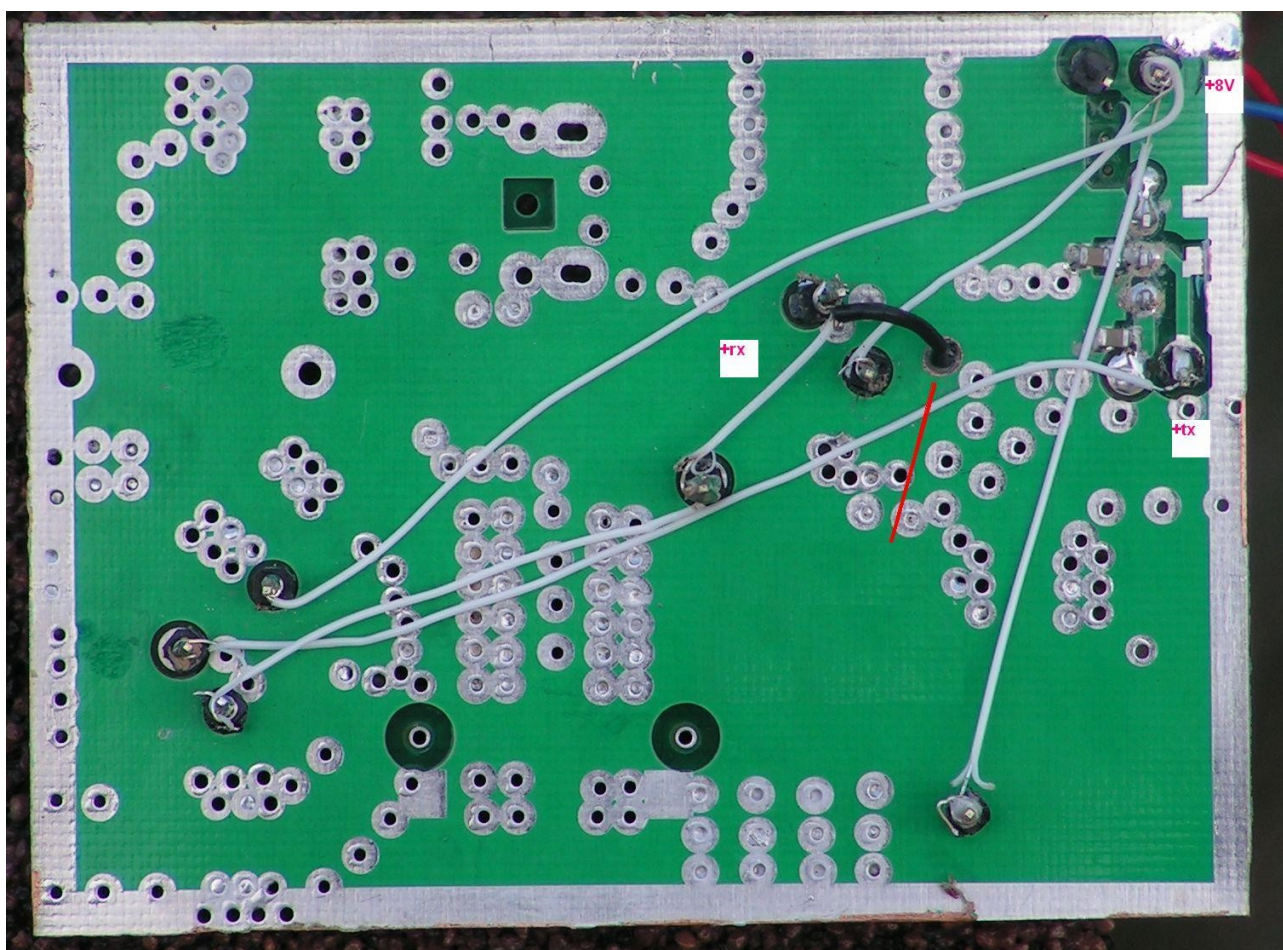


W widmie tym widać dwa prążki symetryczne względem nośnej na poziomie -67dB

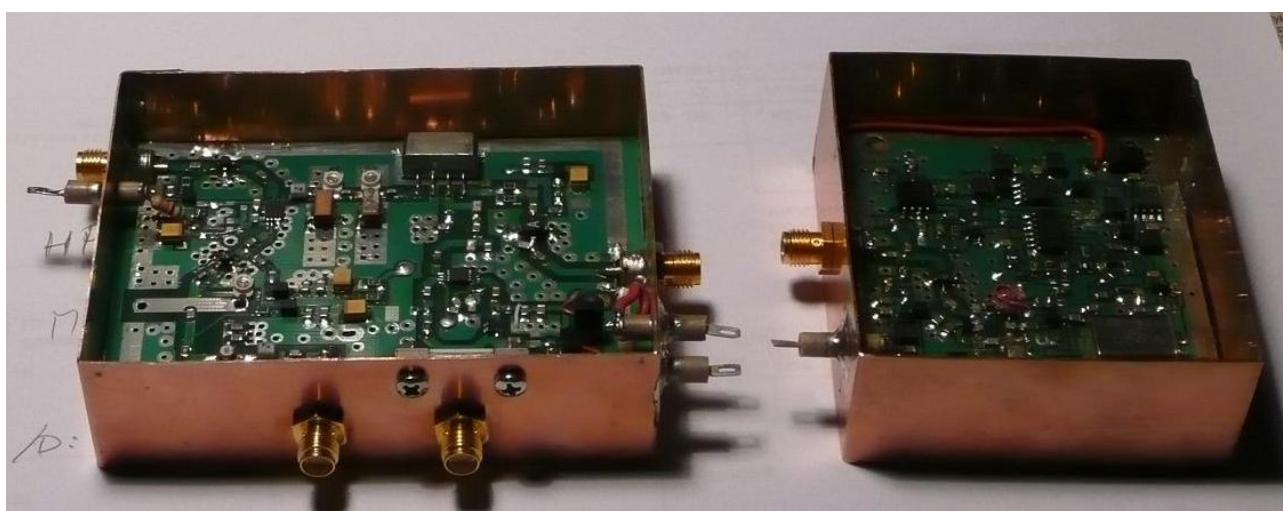
względem sygnału mikroznego, co jest dobrą wartością. Efekt ten jest charakterystyczny dla PLL-i.

Transwerter

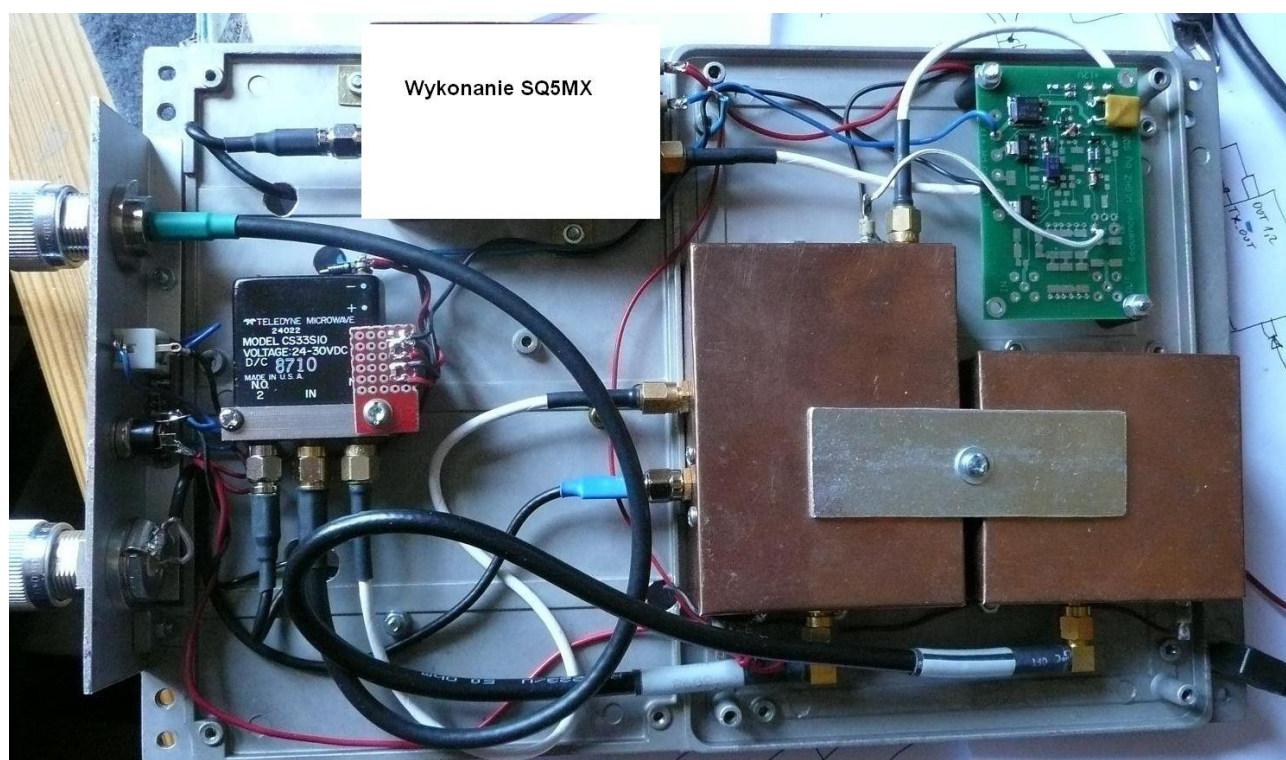
Zasadniczy blok transwertera opisano poniżej. Układ jest typowy i w zasadzie nie wymaga szerszego opisu. Ma on rozdzielone tory nadawcze i odbiorczy co bardzo ułatwia podłączenie zewnętrznego wzmacniacza mocy. Na wejściu transwertera znajduje się wzmacniacz wejściowy zbudowany na tranzystorze ATF10136 podobny do opracowanego przez DJ9BV. Zaletą jego są niskie szумы i dobra stabilność oraz dobra dostępność zastosowanego tranzystora. Kondensator wejściowy 3,3pF powinien być typu ATC ze względu na straty dielektryczne. Za stopniem wzmacniacza na tranzystorze ATF10136 znajduje się filtr mikropakowy strojony trymerem, poprawia on tłumienie sygnału lustrzanego (które i tak wynosi około 40dB bez tego elementu). Za wzmacniaczem na tranzystorze ATF10136 znajduje się wzmacniacz MMIC typu INA 10386. Za torem wzmacniaczy odbiornika znajduje się wykorzystywany dwukierunkowo filtr na rezonatorach TEM identycznych z tymi które są wykorzystane w generatorze PLL. Zastosowane rezonatory różnią się jedynie długością rezonatora od tego z PLL (na inną długość są przycięte). Strojenie filtru odbywa się za pomocą miniaturowych trymerów. Cewka o wartości 22nH w obwodzie filtru zapewnia tłumienie wyższych częstotliwości. Filtr bez tej cewki przenosiłby również nieparzyste wielokrotności sygnału podstawowego. W torze nadajnika pracuje układ ERA5, daje on wzmocnienie około 20 dB. Przełączanie nadawanie odbiór zrobione jest za pomocą przełączników półprzewodnikowych typu HMC190, zaletą ich jest niski koszt oraz dobre parametry dynamiczne. Układ wymaga do sterowania jednocześnie dwóch napięć 0 i 8V w przeciwfazie na wejściach sterujących pracą przełącznika (to znaczy jeśli na jednym z wejść jest 8 V na drugim musi być 0V i na odwrót). Można w tym miejscu zastosować tranzystory cyfrowe (z zintegrowanymi rezystorami dzielnika napięcia w bazie) jak i podłączyć można do odpowiednich napięć zasilających (nadawanie, odbiór) występujących w układzie co jest rozwiązaniem najprostszym, w tym wypadku jednak napięcia zasilania +TX +RX muszą być dodatkowo obciążone opornikami o wartości 1kom od masy (pomysł Irka SQ5MX, prosty a dobry). W układzie zastosowano również dodatkowy przełącznik na diodzie BAR80 który zapewnia dodatkową izolację podczas nadawania i zabezpiecza układ przełącznika przed zbyt dużym poziomem sygnału z nadajnika. Sygnał heterodyny wzmacniany jest we wzmacniaczu na układzie MSA1105 do poziomu około 25mW. Obciążeniem mieszacza jest układ diplekera co jest rozwiązaniem najprostszym, a jednocześnie najlepszym. Napięcia zasilające i sterujące porwadzone są spodem płytki., jak pokazano na rysunku poniżej.



Zdjęcia zmontowanego transwertera z torem PLL wykonanie Irka SQ5MX



Układ w obudowie



Druga strona z PA



Do sterowania najlepiej wykorzystać jest sekwencer sterowany sygnałem PTT, sterowanie voxem w.cz. moim zdaniem nie powinno być stosowane mimo, że często tak się robi. Stosowanie sekwencera zalecają również takie autorytety jak DB6NT. Najprostsza wersja sterowania pokazana jest na schemacie, jednak lepiej zastosować bardziej rozbudowany układ (opis wkrótce). Pokaz łączności via satelita na tym transwerterze (pierwsza łączność) tutaj:

http://www.youtube.com/watch?v=_xgzRrE1S70

Dziękuję Irkowi Szulskiemu SQ5MX za krytyczne uwagi i wykonanie pomiarów. Praktycznie wszystkie zdjęcia przedstawiają jego układ ;-). Ma większe zdolności manualne ;-)

Rafał Orodziński SQ4AVS

sq4avs@gmail.com

<http://sites.google.com/site/sq4avs/>

