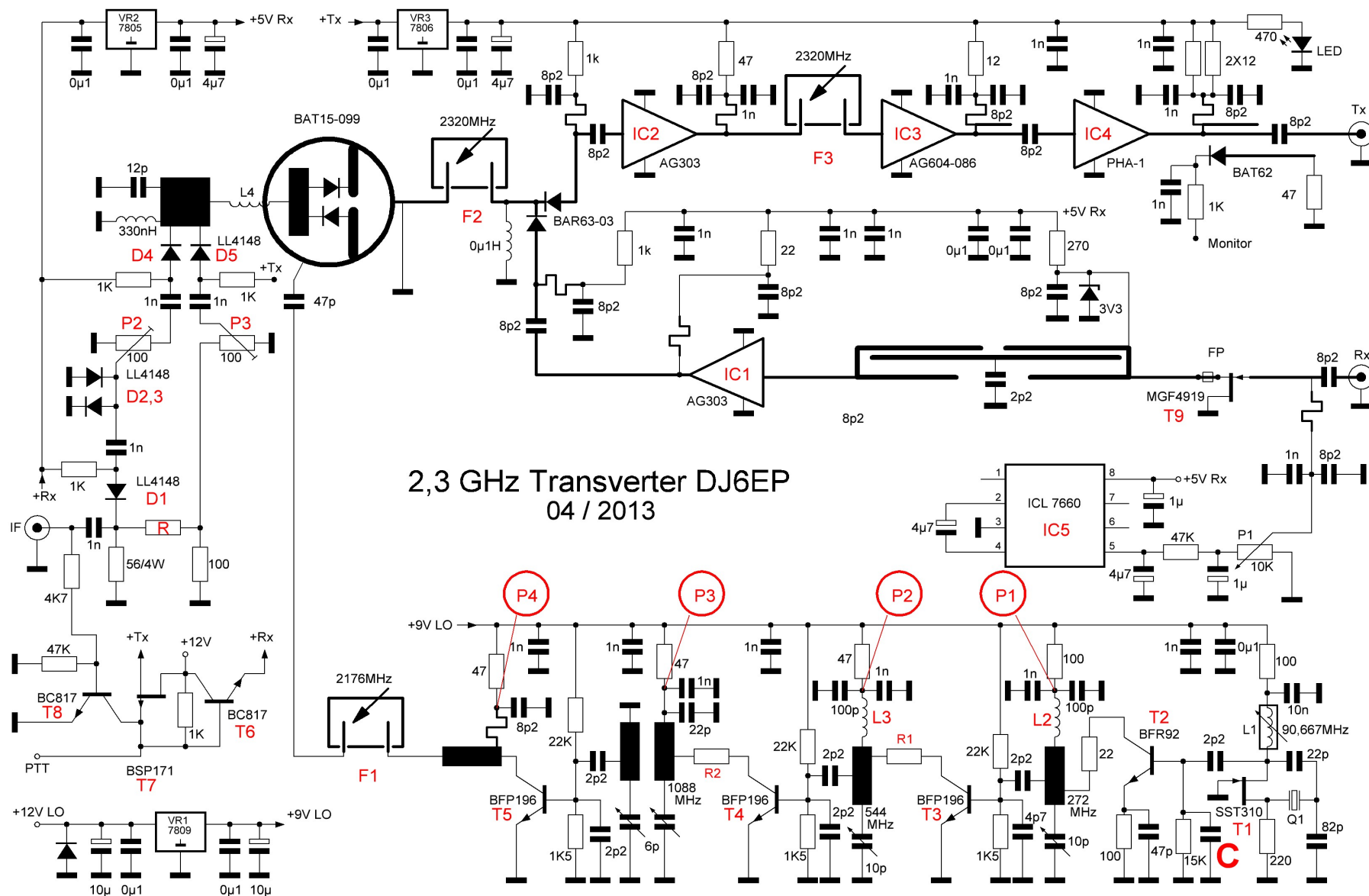


Opis transwertera na podstawie poniższego schematu.



Przed budowa urządzenia polecam dokładne przeczytanie poniższych zdań.

(w opisie wykorzystałem częściowo fotografie z opisu TRV-a na pasmo 9 cm. Ze względu na duże podobieństwo obydwóch urządzeń nie ma to praktycznie znaczenia)

TRV / poniżej opisany transwerter jest pojedynczą przemianą częstotliwości z pasma 13cm (pasmo wąskostęgowe 2320-2322 MHz) na pasmo 2-metrowe (tutaj 144-146MHz).

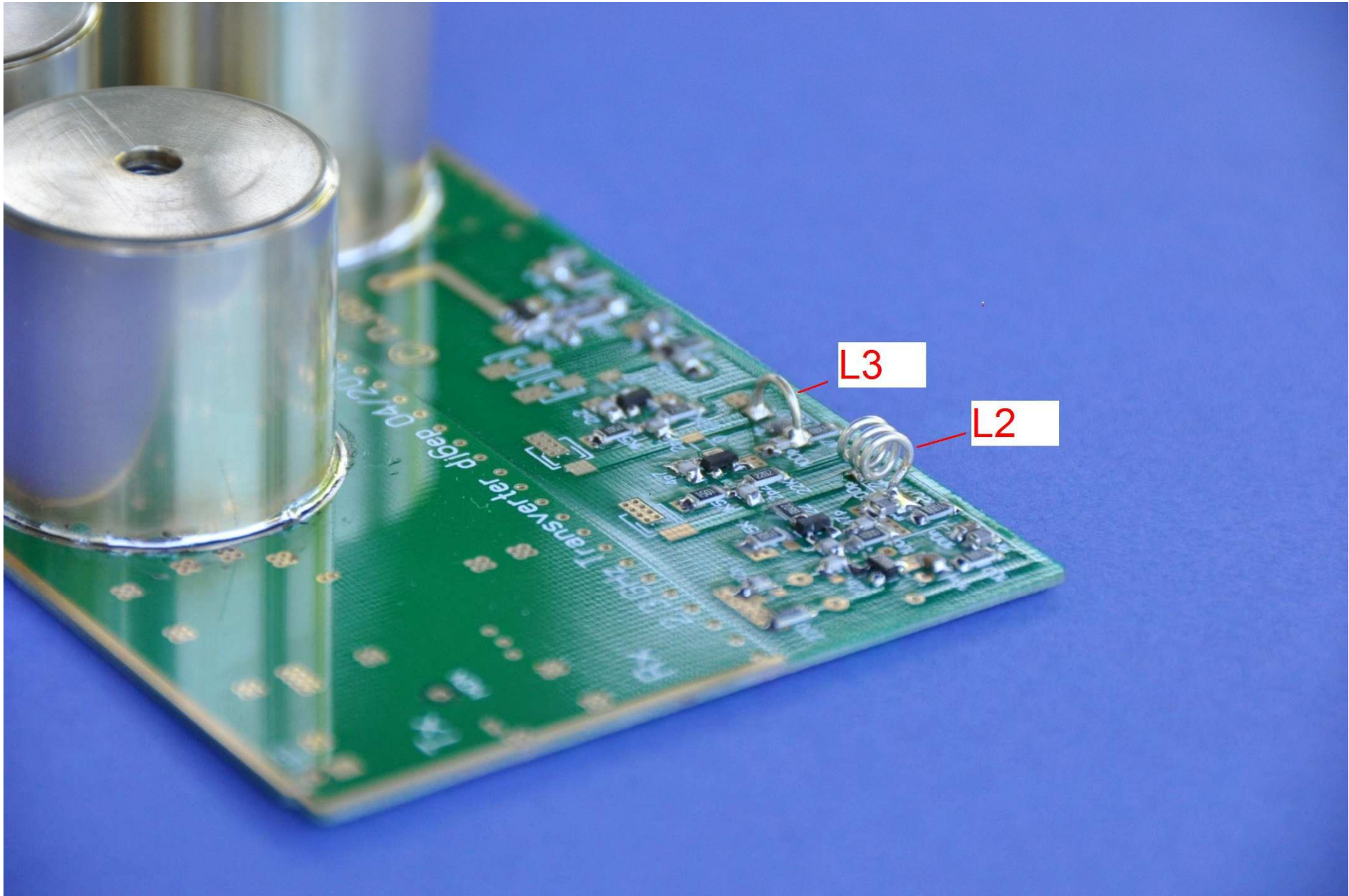
Dokładne dane techniczne na końcu opisu

Do przemiany konieczny sygnał heterodyny (2176MHz) uzyskujemy z generatora kwarcowego pracującego na nisko szumowym tranzystorze polowym T1 - SST310. Wytwarzany tu sygnał 90,667 MHz steruje potrajaczem częstotliwości na tranzystorze bipolarnym T2 - BFR92, którego obwód wyjściowy stroimy na częstotliwość 272 MHz.

Ze względu na brak miejsca obwód wyjściowy tego powielacza przedłużony jest dodatkową indukcyjnością (cewka powietrzna) L2.

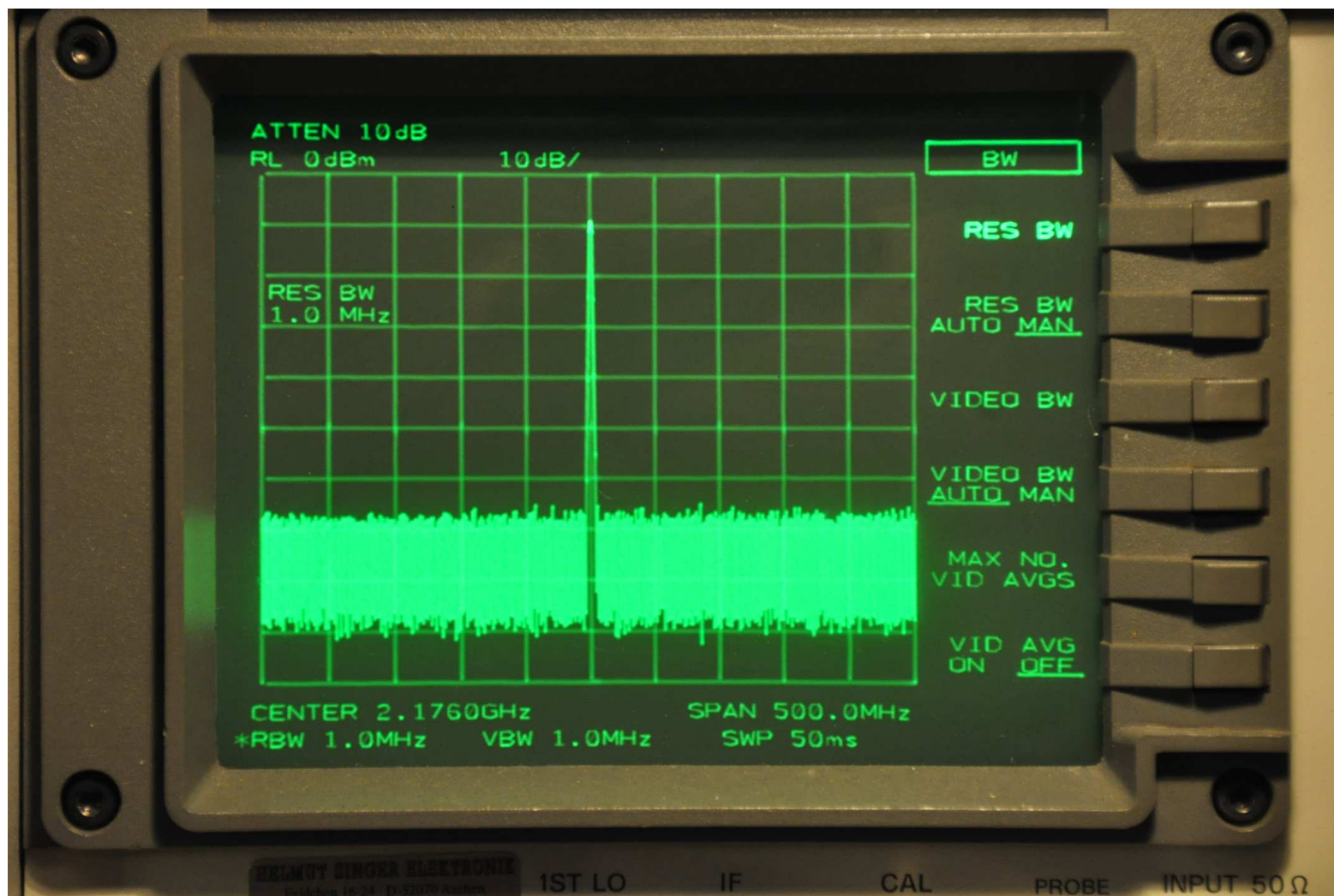
Stosunkowo mała dla tych częstotliwości pojemność sprzęgająca z następnym powielaczem (tu 2p2) pozwala na wystarczająco dobrą filtrację pozostałych harmonicznych z potrajacza.

Podwajacz sygnału z 272 MHz na 544 MHz to tranzystor T3 (BFP 196 tu i w kolejnych stopniach). Obwód wyjściowy i tego powielacza jest wydłużony cewką L3.



Tranzystor T4 podwaja sygnał do częstotliwości 1088 MHz, który po wyfiltrowaniu sygnału porzadanego (za pomocą dwuobwodowego filtra pasmowego) steruje ostatnim powielaczem na tranzystorze T5.

Filtr kubkowy F1 na wyjściu podwajacza zapewnia wymaganą czystość sygnału 2176 MHz dla mieszacza.



Z LO uzyskany sygnał podajemy na pojedynczo zrównoważony mieszacz diodowy pracujący na diodzie (praktycznie na dwóch diodach) BAT15-099.

Mieszacz pasywny wykonany jako pierścieniowy 6/4 Lambda pracuje w obydwie strony.

Po stronie w.cz. (2320 MHz), po filtracji sygnału porzadanego filtrem F2, który oddziela sygnał pożądaný od sygnału lustrzanego o przynajmniej 20dB(dla tej częstotliwości pośredniej). Sygnał dociera do diodowego przełącznika torów (nadawczy lub odbiorczy) na diodach PIN BAR63-03.

Diody sterowane są napięciami zasilającymi obydwie tory transwertera, przez nie płynące prądy stałe pozwalają na osiągnięcie oporności dla sygnałów w.cz. rzędu kilkuset miliomów, co pozwoliło na realizację stosunkowo małostratnego przełącznika torów.

Tor nadajnika:

Celem uzyskania czystego sygnału nadajnika między wzmacniaczem sygnału mieszacza IC2 (AG303), a driverem nadajnika IC3(AG604-086) znajduje się filtr F3. Przy odpowiednim zestrojeniu filtra uzyskujemy bez problemu wytłumienie produktów niepożądanych mieszania rzędu 50dB.

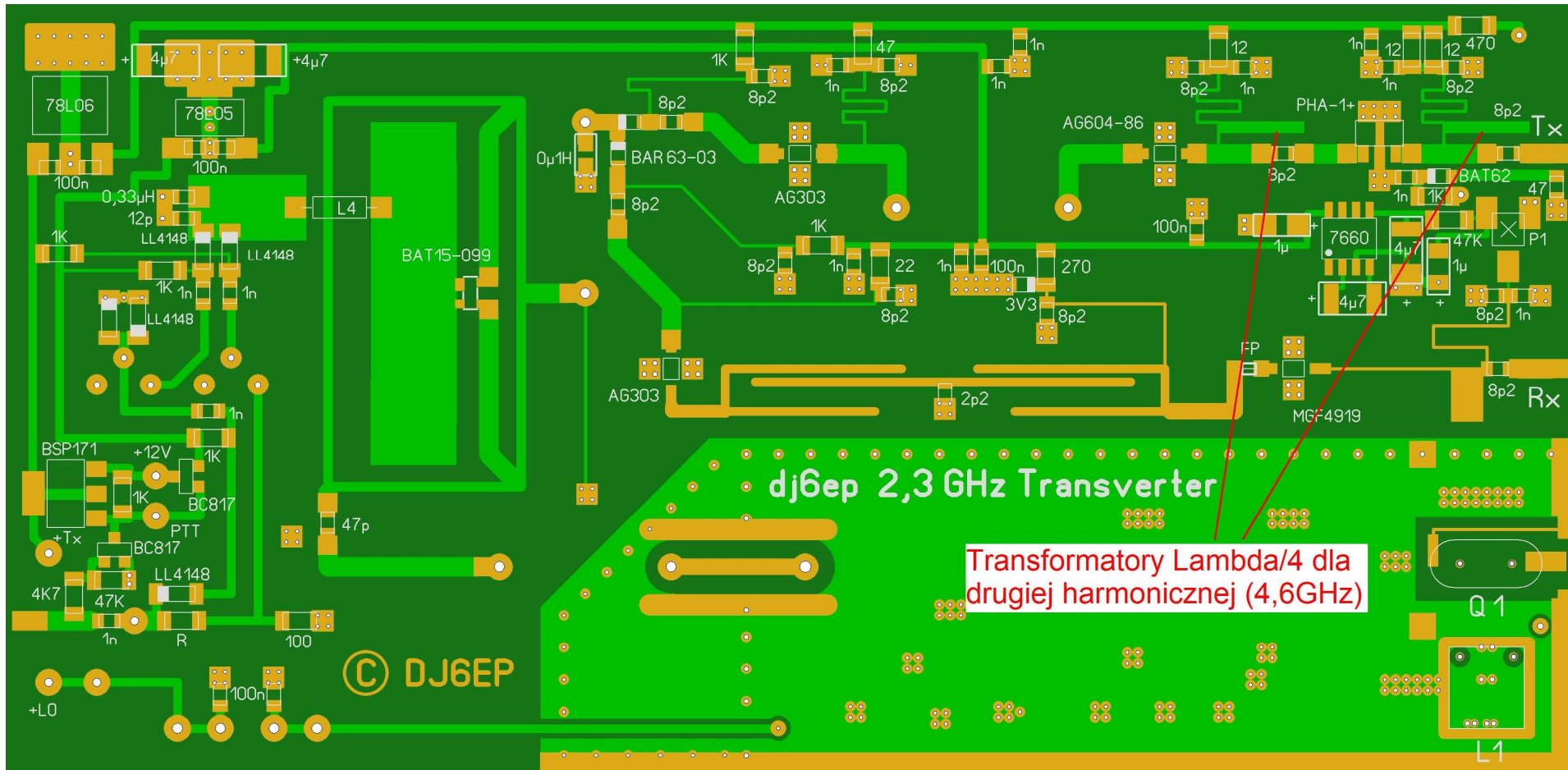
Prawidłowe punkty pracy poszczególnych stopni powstają automatycznie przez zastosowanie odpowiednich wartości rezystorów w obwodzie zasilania i nie wymagają dalszej regulacji.

Pomimo iż zastosowane MMIC pracują bardzo liniowo przy nieco wyższych poziomach mocy posiadają te, jak i wszystkie inne układy tego typu pewną skłonność do produkowania sygnałów harmoniczných. Oznacza to /Zarówno driver jak i stopień mocy w transwerterze produkują sygnały harmoniczne.

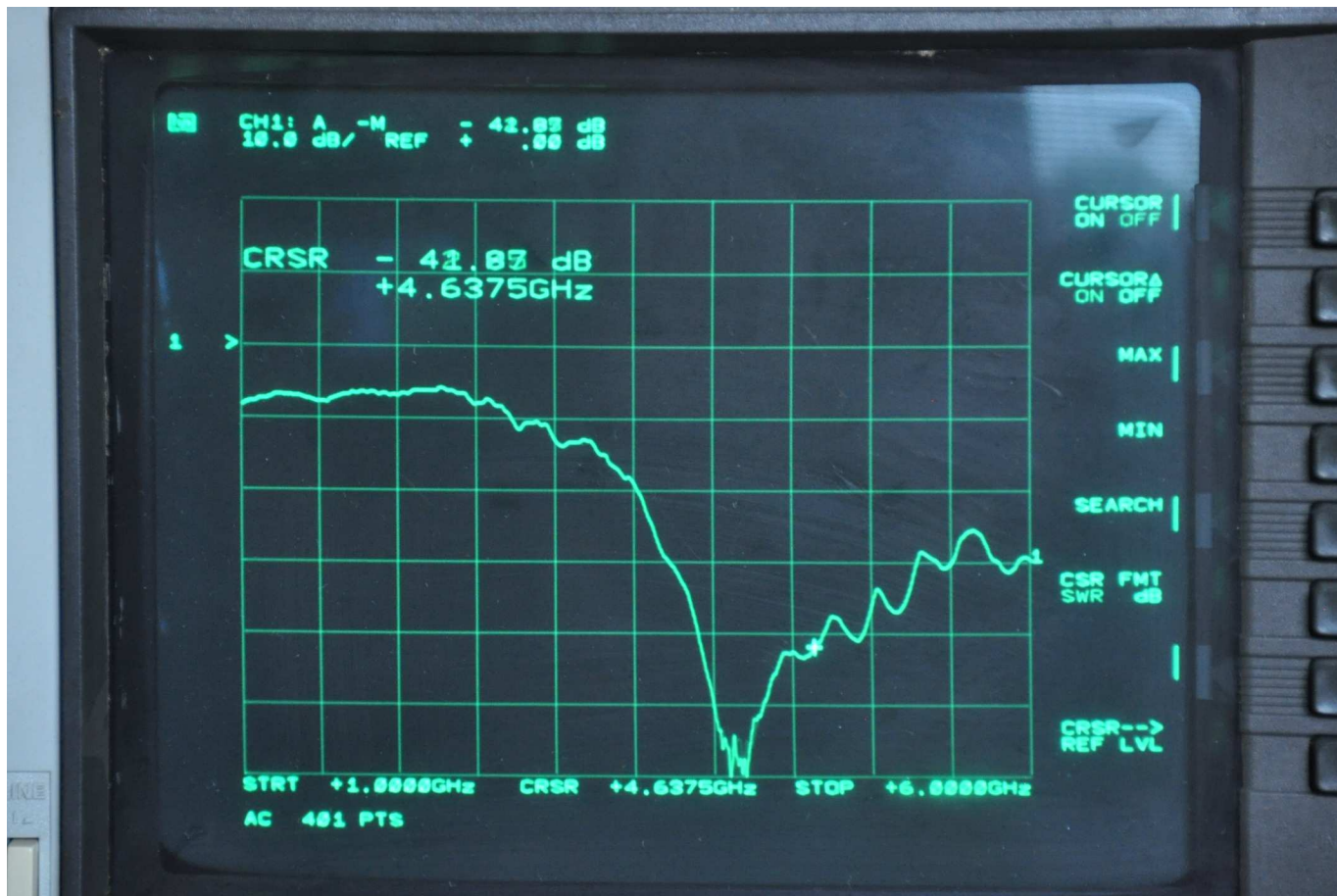
Częstotliwości graniczne tu zastosowanych układów leżą na granicy 6 GHz. Obydwie stopnie są za tym w stanie produkować lub wzmacniać drugą i częściowo trzecią harmoniczną sygnału porzadanego!! To jest niestety nieunikniony FAKT!!!

Jak wyżej wspomniano filtr F3 był ostatnim środkiem selekcji częstotliwości (przynajmniej dla LO i LO-IF) w torze nadajnika.

Osiągnięta czystość sygnału nadawczego nie jest tylko zasługą omówionych filtrów kubkowych, ale też celowo zastosowanych zwarć dla częstotliwości harmoniczných sygnału porzadanego produkowanych przez dwa ostatnie stopnie nadajnika.



Zwarcia dla sygnału harmonicznego 4,64GHz



Zdjęcie prezentuje funkcję ćwiercfałowego transformatora w stopniu mocy. Transformator wytłumia sygnał drugiej harmonicznej o około 40dB. (Jak widać teoretycznie obliczony filtr jest trochę za długi. Fakt ten nie jest efektem złych obliczeń, tylko związany jest z właściwościami zastosowanego nosnika płytki czyli materiału FR4, który praktycznie nie nadaje się do realizacji niektórych układów w.cz. powyżej 1GHz. Nieco dokładniej mówiąc rozbieżności parametrów tego rodzaju materiału są stosunkowo duże. Warto byłoby oddzielnie napisać parę słów na ten ważny temat). Przy maksymalnym poziomie mocy wyjściowej TRV-a, PA produkuje sygnał drugiej harmonicznej na poziomie -25dB. Po zastosowaniu omówionego filtra sygnał na 4,64GHz leżał praktycznie w szumach analizatora.

Na wyjściu wzmacniacza mocy znajduje się prosty sprzęgacz kierunkowy na diodzie BAT 62 pozwalający na kontrolę mocy wyjściowej.

Przy mocy rzędu 200mW napięcie stale na wyjściu detektora wynosi około 2,5 volta. Opornik 1K na wyjściu układu jest tylko wstępnym ograniczeniem prądu wskaźnika. W przypadku zastosowania mikroamperomierza jako wskaźnik, zalecam dodatkowy, odpowiednio dobrany rezystor przez wskaźnikiem.

Tor odbiorczy transwertera.

Na wejściu toru odbiorczego pracje MGF 4919. Ujemne napięcie bramki tego tranzystora uzyskujemy z przetwornicy z obwodem IC5 , które daje się regulować między -1,0 a 0 voltów. Najlepiej stosunek S/N toru odbiornika uzyskujemy przy napięciu drenu rzędu 1,7V. Celem ochrony wzmacniacza w zasilaniu zastosowana jest dioda Zenera 3V3 która ogranicza wstępnie napięcie zasilania drenu tranzystora.

Srodkowoprzepustowy filtr pasmowy między stopniem wejściowym a drugim stopniem wzmacniacza odbiorczego na IC1 miał spełniać według założeń tylko jedno zadanie i to jest wytlumienie sygnałów własnej stacji z równoległe pracujących nadajników na innych pasmach (typowy przykład – praca w contestach). Niestety transwerter na 9cm tej zalety nie posiada (ryzyko na PCB na FR-4 wytrawionego filtra dla 3,4GHz co do dokładności częstotliwości pracy było za duże!!).

Uwzględniając w/w rozbieżności parametrów materiału płytki, zastosowałem bardzo silnie ze sobą sprzężone obwody, które wywołują szerokie pasmo pracy filtra ale i mieszczą się w granicach tolerancji użytego materiału płytki.

Wytlumienie sygnałów z innych pasm amatorskich wynosi przynajmniej 30dB, a w kierunku wyższych częstotliwości nawet ponad 50dB, co pozwala na równoczesną pracę na dwóch lub więcej pasmach. Całkowite wzmocnienie toru odbiorczego leży około 30dB, liczba szumowa NF na podstawie sześciu wykonanych egzemplarzy mierzono z wartością między 1,3 a 1,07dB.

Tak wzmocniony sygnał odbiorczy dochodzi przez w/w przełącznik diodowy do filtra F2 i przez niego do obwodów mieszacza.

Mieszacz po stronie IF

Tak skonstruowany mieszacz posiada już stosunkowo dużą separację między sygnałami p.cz. i w.cz..

W miarę skuteczne zwarcie dla bardzo wysokich częstotliwości stanowi PAD w obrębie sprzęgacza pierścieniowego. Teoretycznie małe resztki sygnału powyżej 1GHz wytłumia obwód szeregowy L4 z kondensatorem 12 pF.

Równoległe do pojemności 12 pF włączona indukcyjność 330μH stanowi wyłącznie zwarcie składowej stałej diod D4 i D5 będących przełącznikiem pośredniej dla trybów Tx/Rx.

Ze względu na duże zapasy wzmocnienia w obydwóch torach w.cz. zastosowanie tak prostego i z pewnością obciążonego stratami przełącznika pośredniej nie stwarza większych problemów.

Podczas nadawania dioda D1 odłącza obwód regulacji wzmocnienia odbiornika od napięcia p.cz. Antyrównoległe połączone diody D2 i D3 stanowią dalsze zabezpieczenie mieszacza.

Obwody prądu stałego:

Kompletny generator LO zasilany jest oddzielnym stabilizatorem napięcia VR1 (78M09).

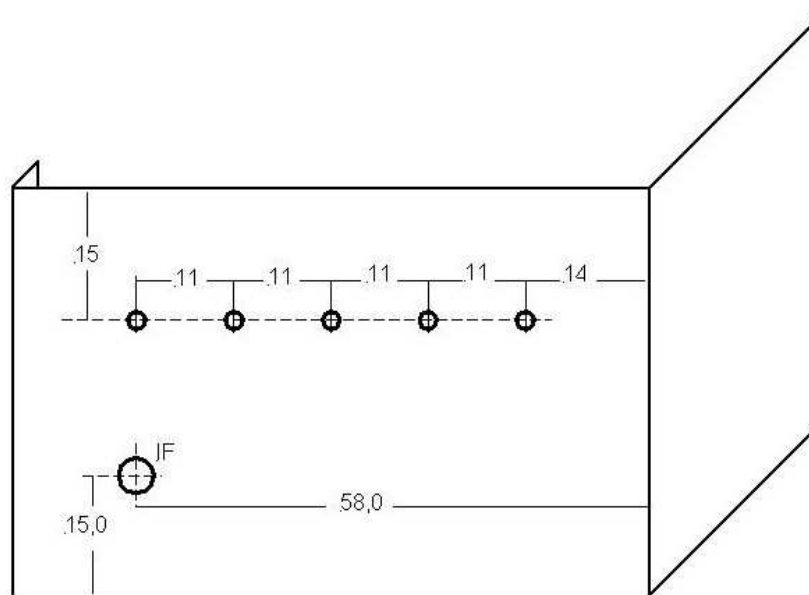
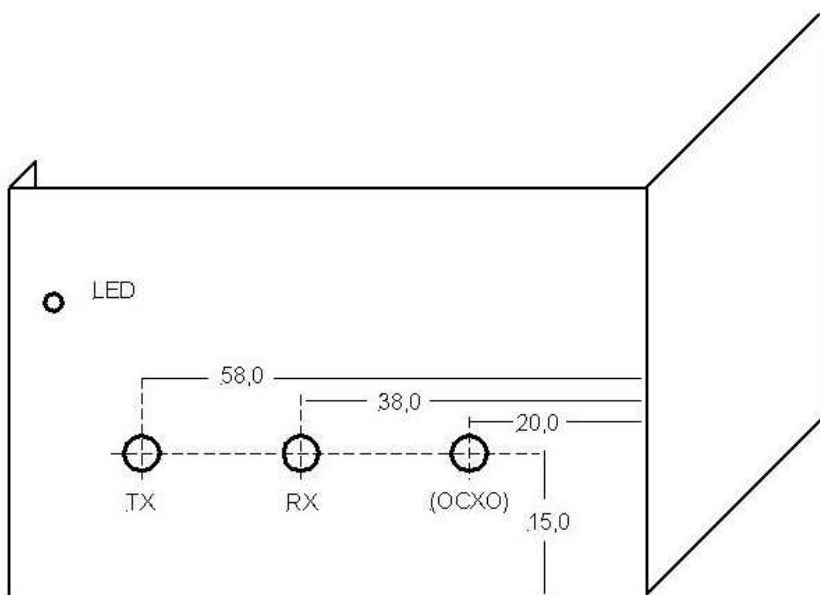
Przełącznik napięć dla torów Rx i Tx zrealizowany jest na tranzystorach T6 i T7, które sterują bezpośrednio przełącznikiem diodowym pośredniej, a przez regulatory napięć VR2 i VR3 torami w.cz. Przetwornica napięcia ujemnego dla polaryzacji bramki tranzystora wejściowego T9 to często spotykany układ na ICL7660.

Budowa transwertera.

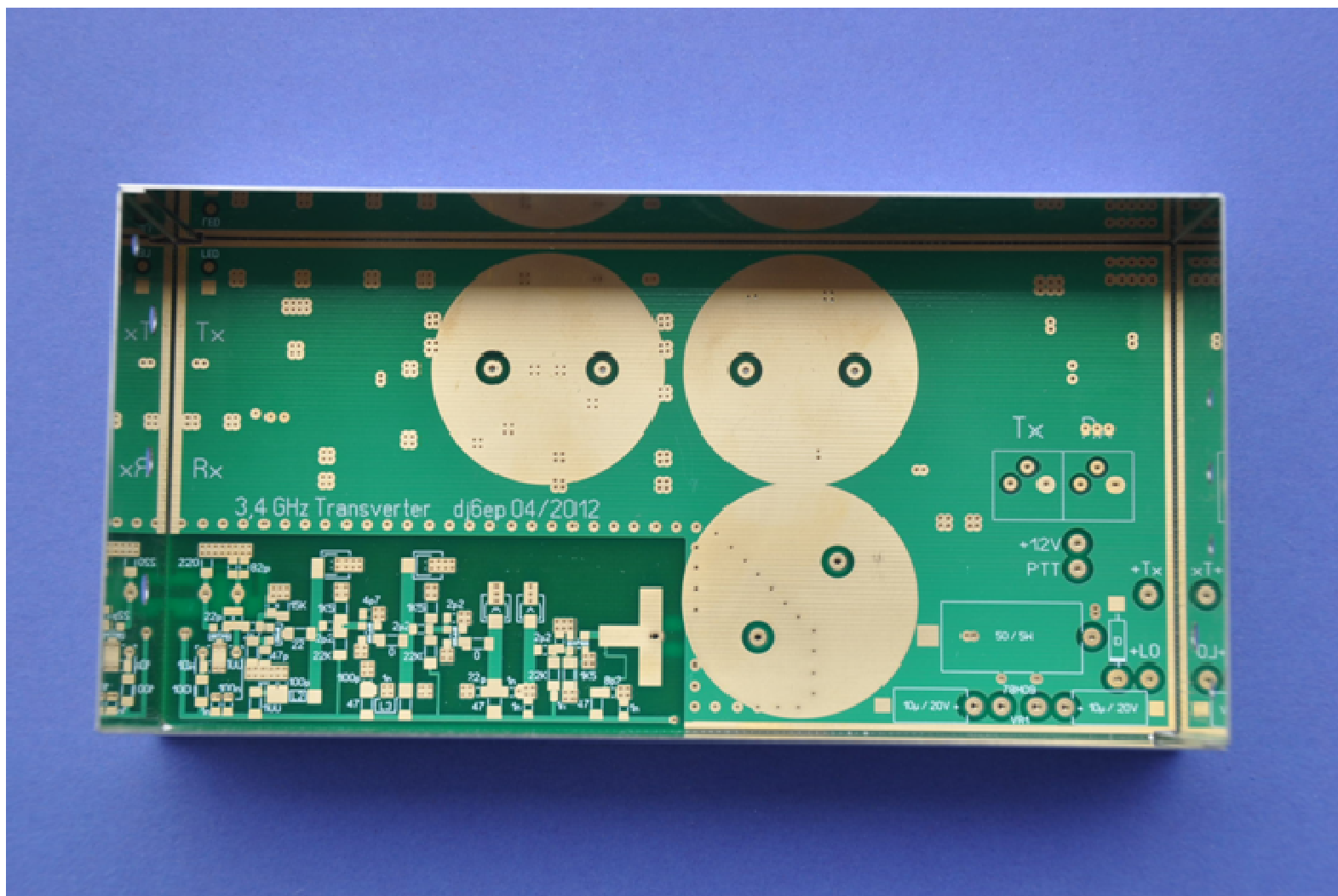
Poniższy rysunek przedstawia pozycje koniecznych otworów w obudowie.

(Otwór pod gniazdko OCXO przewidziałem tylko dla „bardzo dokładnych”, którzy chcą użyć zewnętrznego oscylatora do sterowania następującymi powielaczami częstotliwości. Osobiście uważam, że dokładność LO transwertera z 40-stopniowym i grzanym kwarcem na tak niskim pasmie mikrofalowym jest wystarczająca.)

Ważnym wymiarem jest odległość gniazdek od krawędzi obudowy. W innym wypadku powstaną trudności z przykrywkami pudełka.

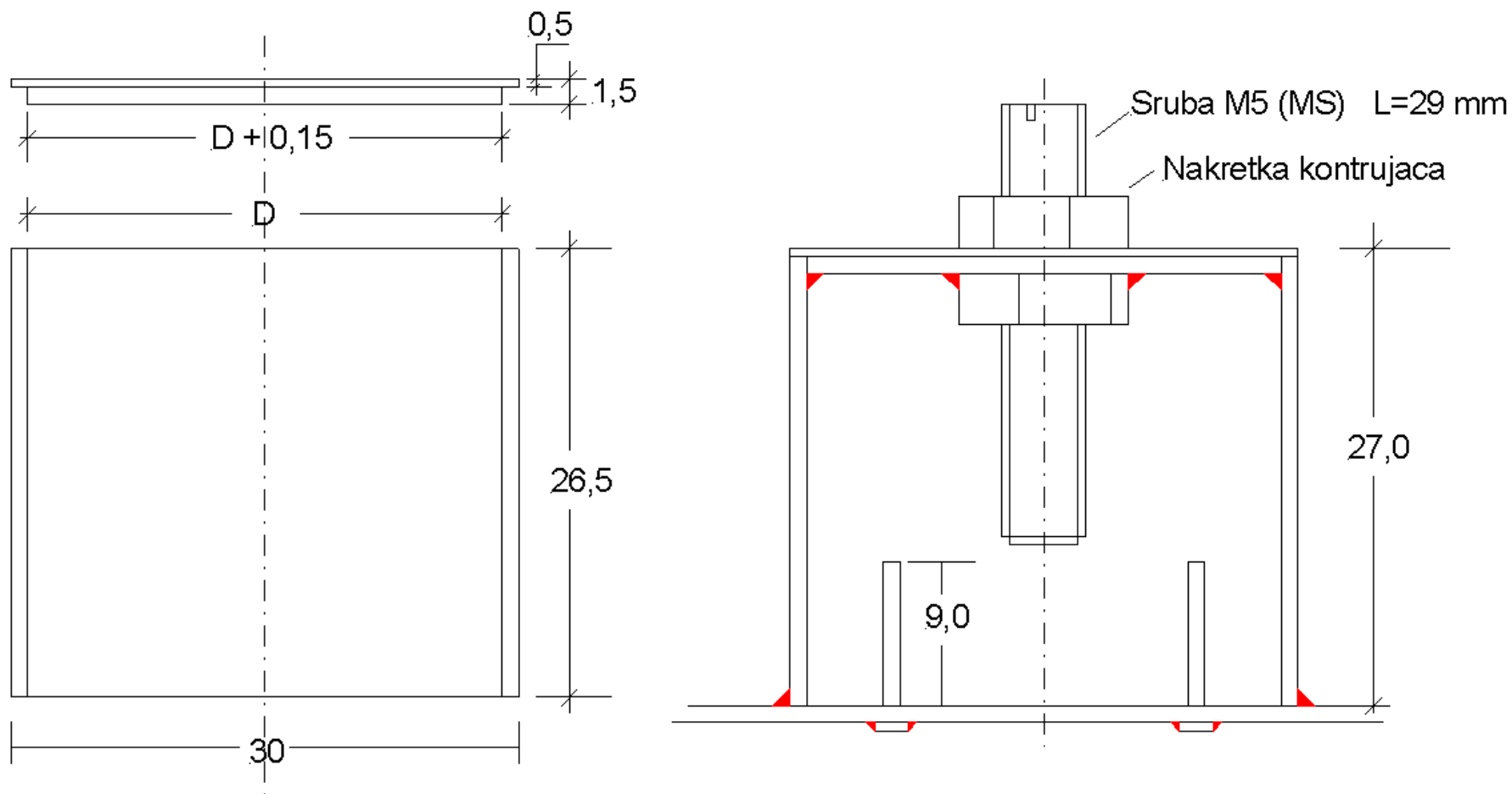


Po obrobieniu narożników płytki, która daje nam odpowiedni rozmiar pudełka, wkładamy ją i obydwie boczne blachy obudowy w przykrywkę. Teraz lutujemy ze sobą obydwie blachy boczne, odwracamy całość i lutujemy ramkę z drugiej strony, po czym montujemy gniazda SMA.

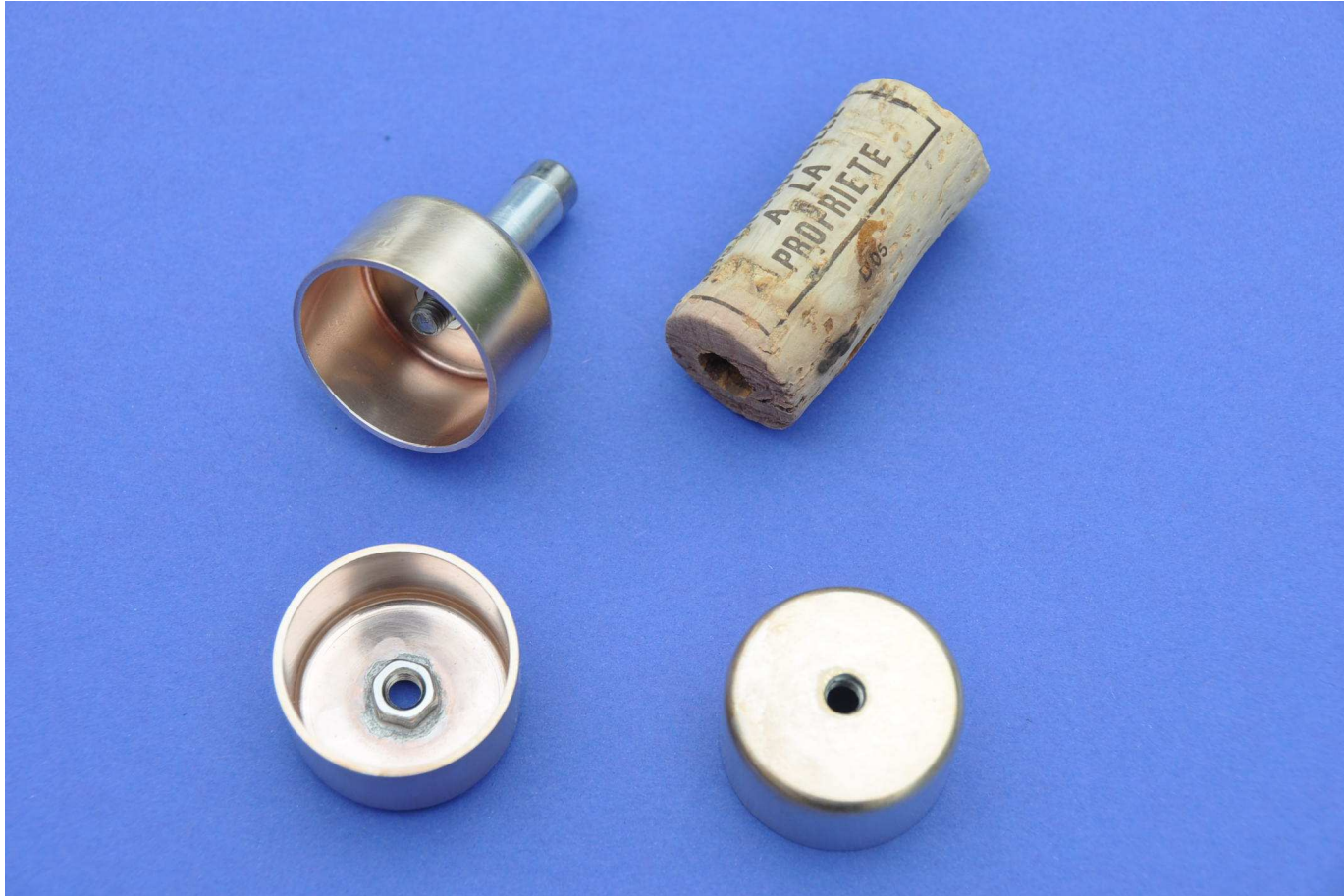


Filtry kubkowe.

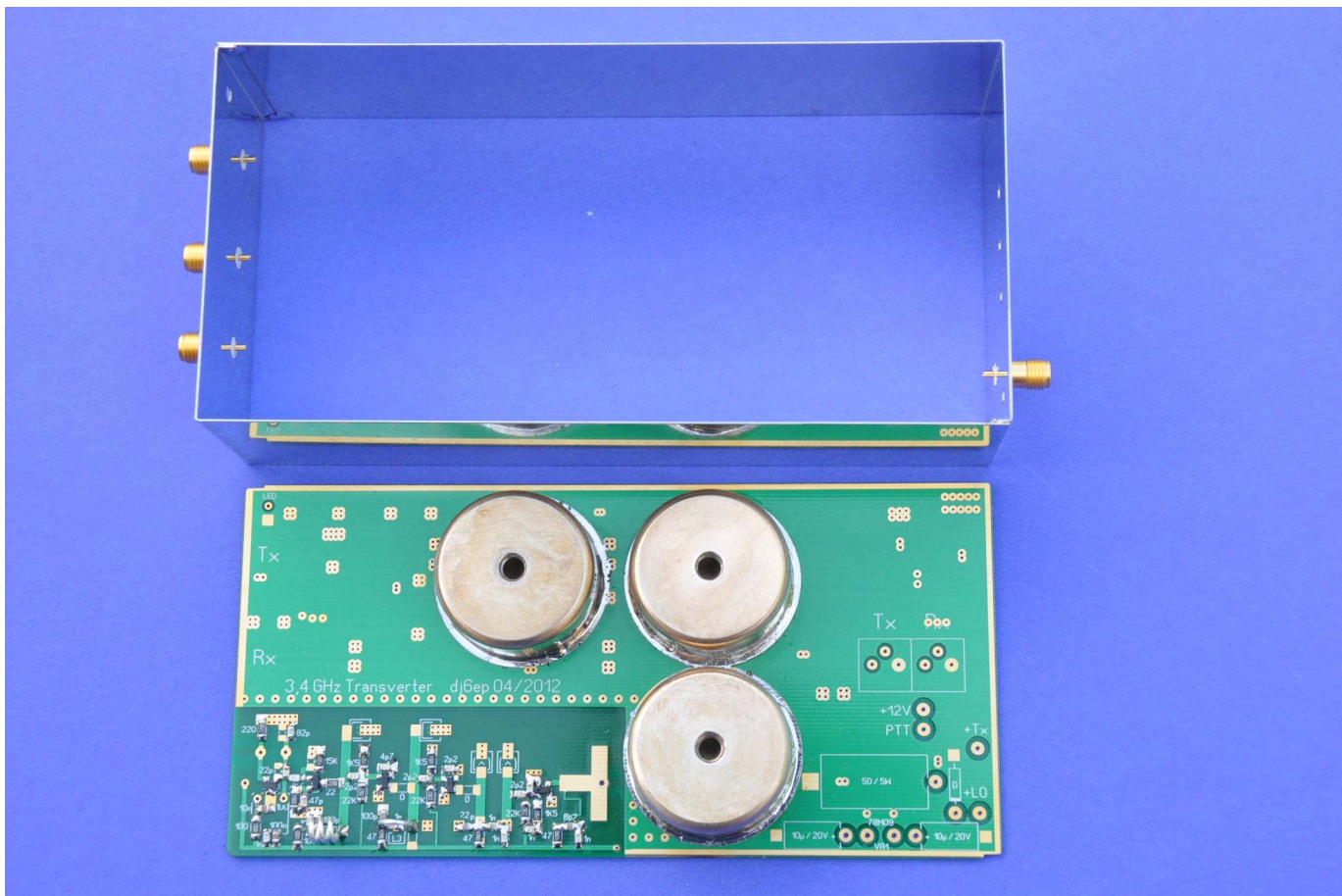
W przeciwieństwie do filtrów na pasmo 9cm, które były wykonane z miedzianych zaslepek do techniki CO i podobnych, filtr na 2,3GHz wykonałem z ciekosciennej rurki mosięznej o odpowiedniej zaslepkie z blachy o grubości 1,5 mm. Obydwa elementy połączone są ze sobą po podgrzaniu rurki do temperatury przy której wewnętrzna jej średnica powiększyła się o około 0,2 mm. Tylko dla pewności podczas lutowania wewnętrznej nakrętki zlutowałem ze sobą również obydwie elementy tworzące kubek.



Rysunek przedstawia wymiary filtra kubkowego. Podczas lutowania nakrętki należy umocować ją w kubku śrubą stalową M5. Po wyczyszczeniu i wypolerowaniu (i o ile możliwe po posrebrzeniu) filtrów można już je lutować je do płytki. Operację ułatwia znacznie wstępne rozgrzanie kubka gorącym powietrzem. Należy koniecznie zabezpieczyć już wlutowaną w kubek nakrętkę nieco dłuższą stalową (a jeszcze lepiej nierdzewną) śrubą M5 z nałożoną tulejką dystansową. Całość dociskamy korkiem z odpowiednim otworem – ułatwia to proces lutowania i chroni przed poparzeniem.



Teraz już można wlotować większość elementów heterodyny, ale bez półprzewodników i kondensatorów zmiennych. Tak przygotowaną płytkę wkładamy w ramkę obudowy z wmontowanymi gniazdkami SMA i lutujemy dookoła. Następnie lutujemy pozostałe elementy transwertera (nadal bez półprzewodników w torach w.cz. i bez kondensatorów zmiennych). Celem późniejszego strojenia filtra wyjściowego heterodyny F1 nie lutujemy narazie kondensatora 47p łączącego heterodynę z mieszaczem.



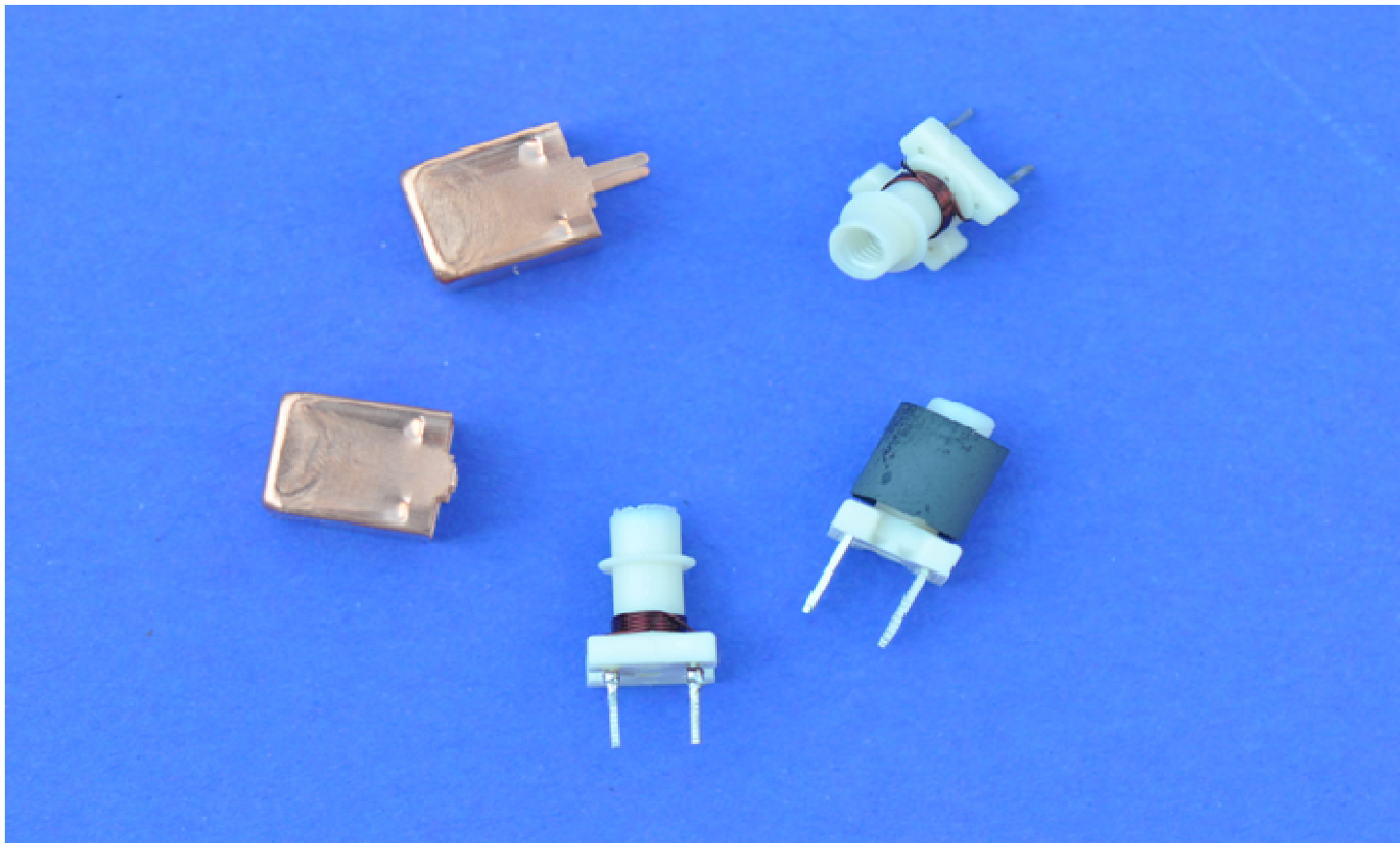
Nieco uwagi należy poświęcić odpowiedniemu wykonaniu cewki generatora L1.

Luźne uzwojenie lub inne części cewki spowodują późniejsze skoki częstotliwości generatora.

Z korpusu cewki usuwamy trzy niepotrzebne zaciski i nawijamy 5 zwojów drutem 0,2mm.

Uzwojenie zabezpieczyć cienką warstwą lakieru (np. lakier do paznokci). Po paru minutach nasuwamy ferrytowy kubek, który będzie podobnie zabezpieczony i wkładamy całość w miedziana obudowę. Kubek lutujemy w dwóch miejscach do płytki.

Cewka L1 jest tak dobrana, że stroi się na częstotliwość kwarcu tylko z rdzeniem mosiężnym. Do strojenia obwodu używamy zatem mosiężnej śrubki M3!!!



Teraz już można włączyć napięcie zasilania, najlepiej z zasilacza o ograniczonym prądzie i sprawdzić działanie przełącznika napięć, pracę stabilizatorów i przetwornicy napięcia ujemnego $-U_G$, napięcia na bazach i kolektorach powielaczy itd. Napięcie bramki GaAs-FETa T9 musi dać się regulować między 0 a około $-1V$. Ustawiamy potencjometr na wartość $-0,5V$. Napięcie na drenie tranzystora wejściowego musi teraz wynosić około $3V$. Warto również sprawdzić napięcie na anodach diod D4 i D5, które powinno wynosić około $0,7V$ w odpowiednim trybie TRV-a. Lutujemy wszystkie półprzewodniki i sprawdzamy powtórnie stan poszczególnych napięć. Po zakończonym lutowaniu transwerter można parokrotnie wymyć w alkoholu aby usunąć ślady kalafonii. Należy to koniecznie zrobić przed wlutowaniem kondensatorów zmiennych, które nie wytrzymają takiej operacji (wszystkie inne części są na nią odporne).

Uruchamianie urządzenia.

Jak teoretycznie wiadomo, że transwerter jest niczym innym jak tylko przemiana częstotliwości i w zależności od układu poszerzony o pewne stopnie wzmacniaczy (nadawczych lub/i odbiorczych). Zatem mówi za siebie że uruchamiamy urządzenie od strony generatora i koniecznych powielaczy aż do uzyskania do produktu mieszania koniecznego sygnału LO (tutaj) o częstotliwości 2176MHz. (cały układ bazuje na $IF=144MHz$)

Wszystkie tranzystory w powielaczach są tak wstępnie spolaryzowane, że bez sygnału z generatora nie pobierają w ogóle prądu (pracują w płytce klasy-C). Stroimy cewką L1, aż w punkcie P1 pojawi się spadek napięcia do około 8,0-8,5V. (Nawiasem mówiąc pracujący generator można odsłuchiwać normalnym odbiornikiem radiowym).

Uwaga!!

Jak widać transwerter na 13cm jest prawie że kopia urządzenia na 3,4GHz. To dotyczy szczególnie całego układu heterodyny.

W jednym jedynym przypadku (a zbudowałem więcej niż 10 sztuk) zauważyłem wielką różnicę z samego generatora T1 (SST310) wychodzącego napięcia w.c.z.. Efekt był taki, że tranzystor T2 (BFR92) – potrajacz z 90,667 na 272 MHz pobierał pod wpływem sygnału sterującego tak wielki prąd, że stopień tracił funkcję powielacza. Podczas wysterowania napięcie na kolektorze tranzystora spadało do poziomu 7,0 voltów.

Co w końcu było powodem tak dużo innych parametrów pracy tego stopnia nie zostało do końca wyjaśnione. (Nie chciałem niszczyć płytki przez wymianę elementu za elementem tylko postanowiłem ominąć problem wykorzystując przewidziane możliwości).

Już podczas projektowania TRV-a na 9cm przewidziałem teoretycznie taką możliwość. Na obydwóch płytkach (TRV 9cm i TRV 13cm) istnieje do tej pory niewykorzystane miejsce na kondensator C-na rysunku xx. W opisaliśmy przypadku przez połączenie pojemności 1,5pF równolegle do oporności 15K w basie tranzystora T2 przywróciło „Stan normalności”

Teraz stroimy kondensatorem obwód 272 MHz na maksymalny spadek napięcia w punkcie P2. Napięcie powinno wynosić około 8,0 V.

W praktyce okazało się że wszystkie transwertery zachowują się niemalże identycznie i trymer musi być przekręcony o około 45°. Oprócz tego nie istnieje możliwość niepoprawnego zestrojenia, wszystkie obwody rezonansowe stroją się tylko na jedną częstotliwość powielania.

Analogicznie stroimy obwód 544 MHz - mierząc napięcie w punkcie P3 (trymer przekręcony o jakieś 120°). Napięcie w punkcie P3 około 8,0 V.

Tak jak poprzednio mierząc napięcie w P4 (powinno wynosić około 7,5 V) stroimy obwód 1088 MHz. Obydwa trymery przekręcone o jakieś 90°.

Na zacisk niewzlutowanego kondensatora 47pF podpinamy cienki kabel koncentryczny i miernik mocy. Słuba mosiężna strojąca kubek F1 znajduje się około 1 i $\frac{3}{4}$ obrotu przed spodem filtra stroimy i nia na max. mocy wyjściowej heterodyny.

W zależności od parametrów tranzystorów i tolerancji kondensatorów sprzęgających mogą powstać pewne różnice w mocy wyjściowej na 2176 MHz. Będzie to widoczne już podczas strojenia całego toru LO jeżeli punktach pomiarowych zmierzmy napięcia różniące się znacznie od wyżej podanych. Dla poprawnej pracy mieszacza konieczna jest moc 0,5-2 mW, w takim układzie cały generator pobiera około 80-90mA. Za wysoki poziom mocy heterodyny również negatywny wpływ na czystość widma sygnału nadawczego.

Korygowanie mocy heterodyny.

Gdyby powstały duże odchyłki w poborze prądu poszczególnych stopni regulujemy zmieniając wartości oporników R1 i R2.

Dla przykładu: pobór prądu tranzystora T3 jest za wysoki, czyli napięcie w punkcie P2 znacznie niższe niż potrzeba. Korygujemy to przez zwiększenie wartości R1 z zero omów na 10 lub 22 omy itd.

Wskazowka:

W praktyce okazało się, że wszystkie heterodyny produkują za dużo mocy wyjściowej. Pośrednio mogę zalecić, że w miejsce oporników R1 i R2 można od razu wlutować wartości 22Ω.

W niektórych wypadkach moc wyjściowa heterodyny leżała znacznie powyżej 10mW, a pobór prądu wynosił około 150mA. Jest to zdecydowanie za dużo, a dodatkowo zupełnie niepotrzebnie wydzielano się ciepło.

Po końcowym zestrojeniu usuwamy kabel koncentryczny i montujemy kondensator 47pF..

Nawiasem mówiąc istnieje również możliwość zestrojenia filtra bez miernika mocy w.cz.:

Począs montażu diod mieszacza nie lutujemy jednego z czterech zacisków diod (obojetnie który) i sprawdzamy, że nie ma połączenia ze ścieżką układu. Jedna dioda będzie teraz pracowała jako detektor w.cz.

Dławik 330nH zastępujemy opornikiem SMD o wartości rzędu 1kΩ. Pojawi się na mieszaczu sygnał z heterodyny na oporniku, można mierzyć napięcie stale w zakresie kilku milivolto.

Tor odbiornika.

W trybie Rx regulujemy potencjometrem P1 napięcie na drenie tranzystora T9 na wartość około 2,0V. Wejście obciążamy opornikiem 50Ω, ustawiamy potencjometr P2 na max. wzmocnienia i podłączamy odbiornik SSB na pasmo 144MHz. Wkręcając od góry śrubę strojącą filtr F2 około 2 obroty przed spodem filtra przyrost szumu. To jest właściwa częstotliwość filtra. Gdyby kręcić dalej śrubę zauważymy w odbiorniku następny przyrost szumu – teraz zestroiliśmy filtr na częstotliwość lustrzaną, czyli 2176 – 144MHz.

Tor nadajnika.

Na wejściu pośredniej zastosowany jest wstępny tłumik oporowy, którego wartość szeregową R należy dostosować do mocy nadajnika pośredniej.

Dobrałem parę wartości rezystorów, które wynoszą:

Dla mocy do 20mW – zero omów, 20-200mW – 330 omów, 0,2-1 W – 1kΩ, 1-4W – 4,7kΩ.

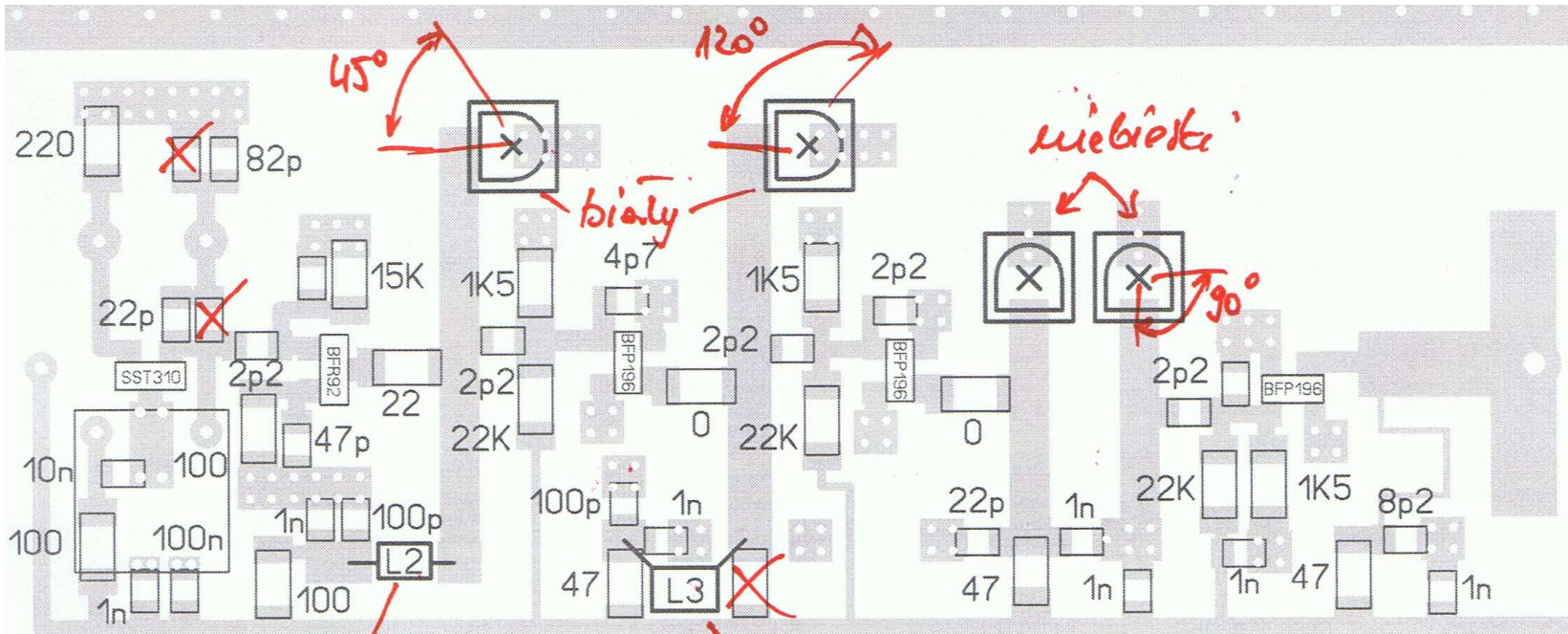
Potencjometr P3 ustawiamy na max. mocy doprowadzonej do mieszacza, nadajnik obciążamy odpowiednim miernikiem mocy i podajemy ciągły sygnał sterujący. W przypadku braku miernika mocy stoimy całosc na podstawie wskaźnika mocy wyjściowej TRV-a. Stroimy filtr F3 na max mocy wyjściowej. Następnie cofamy potencjometr P3 do momentu, gdzie moc wyjściowa TRV-a zacznie wyraźnie spadać.

Jeszcze raz podstrajamy filtr F2 na max P-Out.

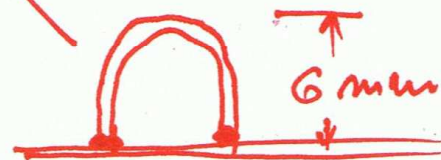
Zycze przyjemności w budowie transwertera i do usłyszenia w eterze!

Wszelkie uwagi i pytania mile widziane!!!

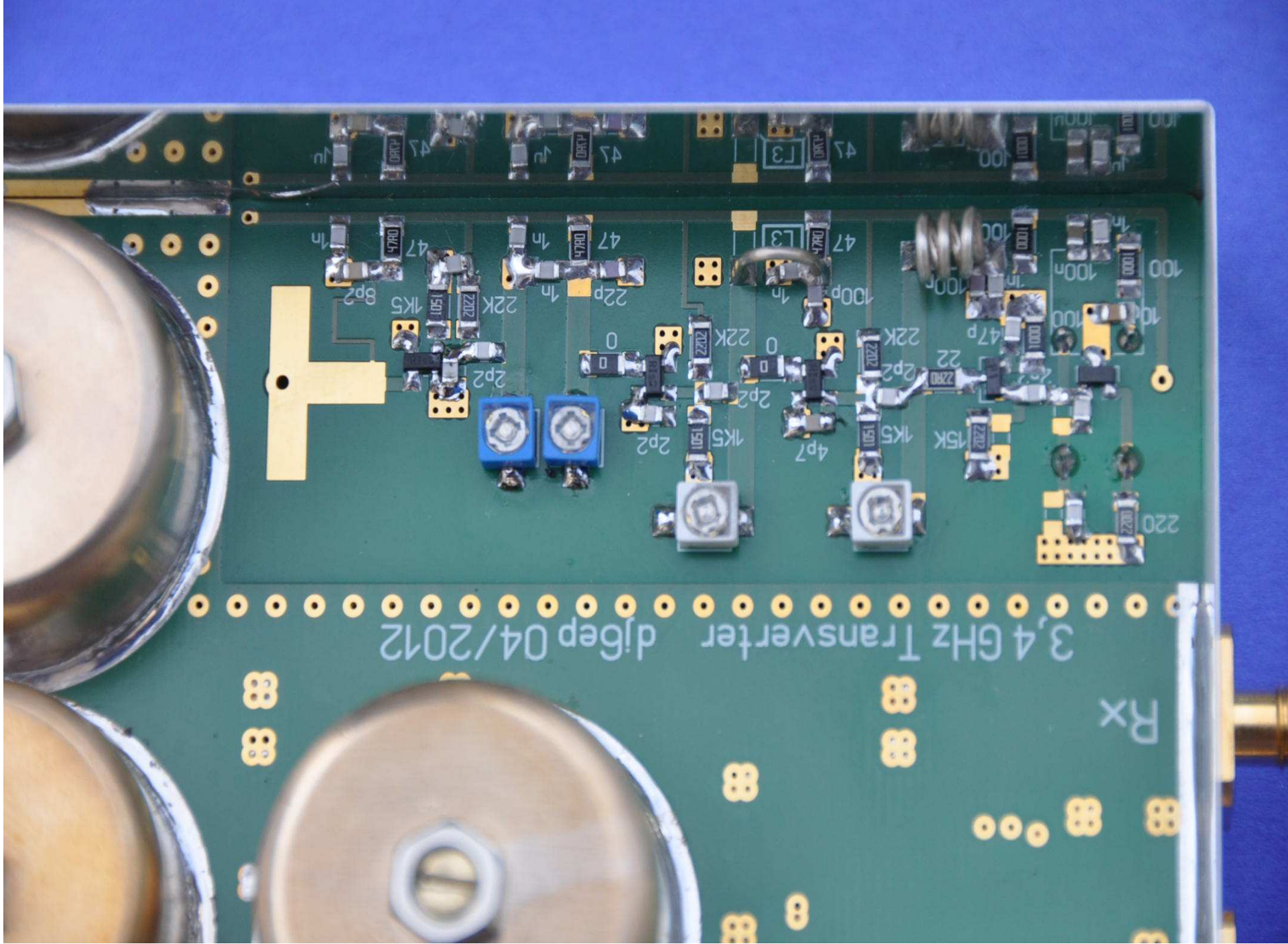
73 roman, dj6ep.

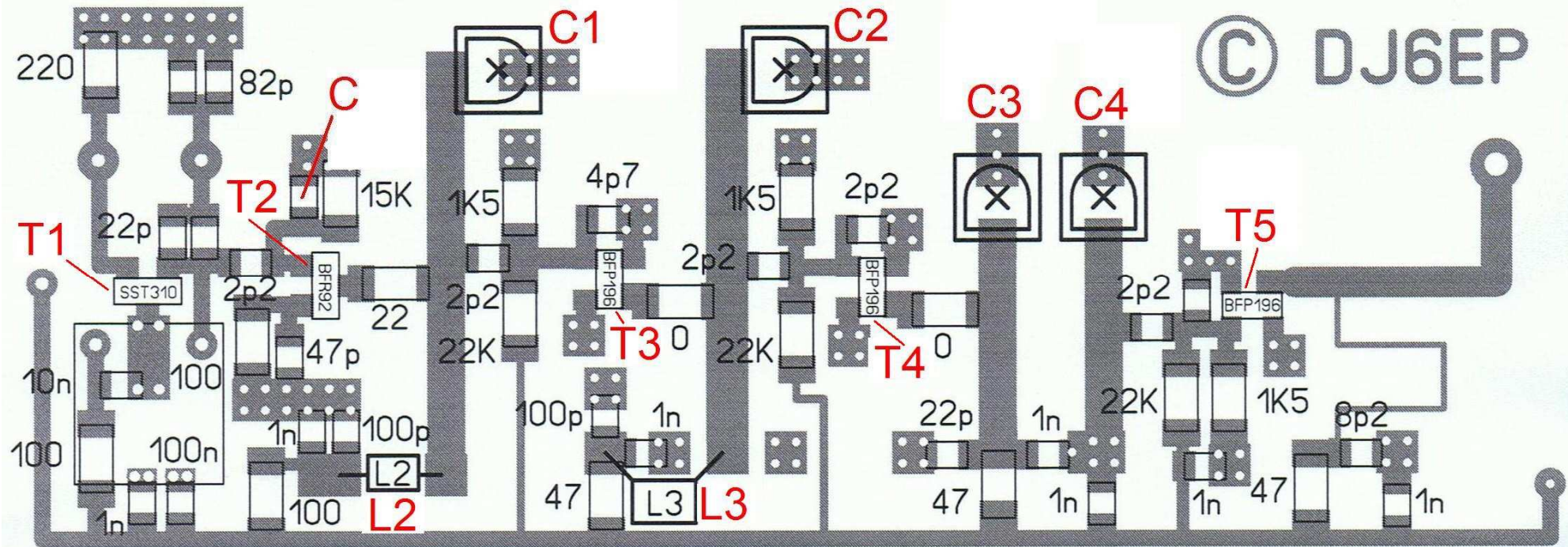


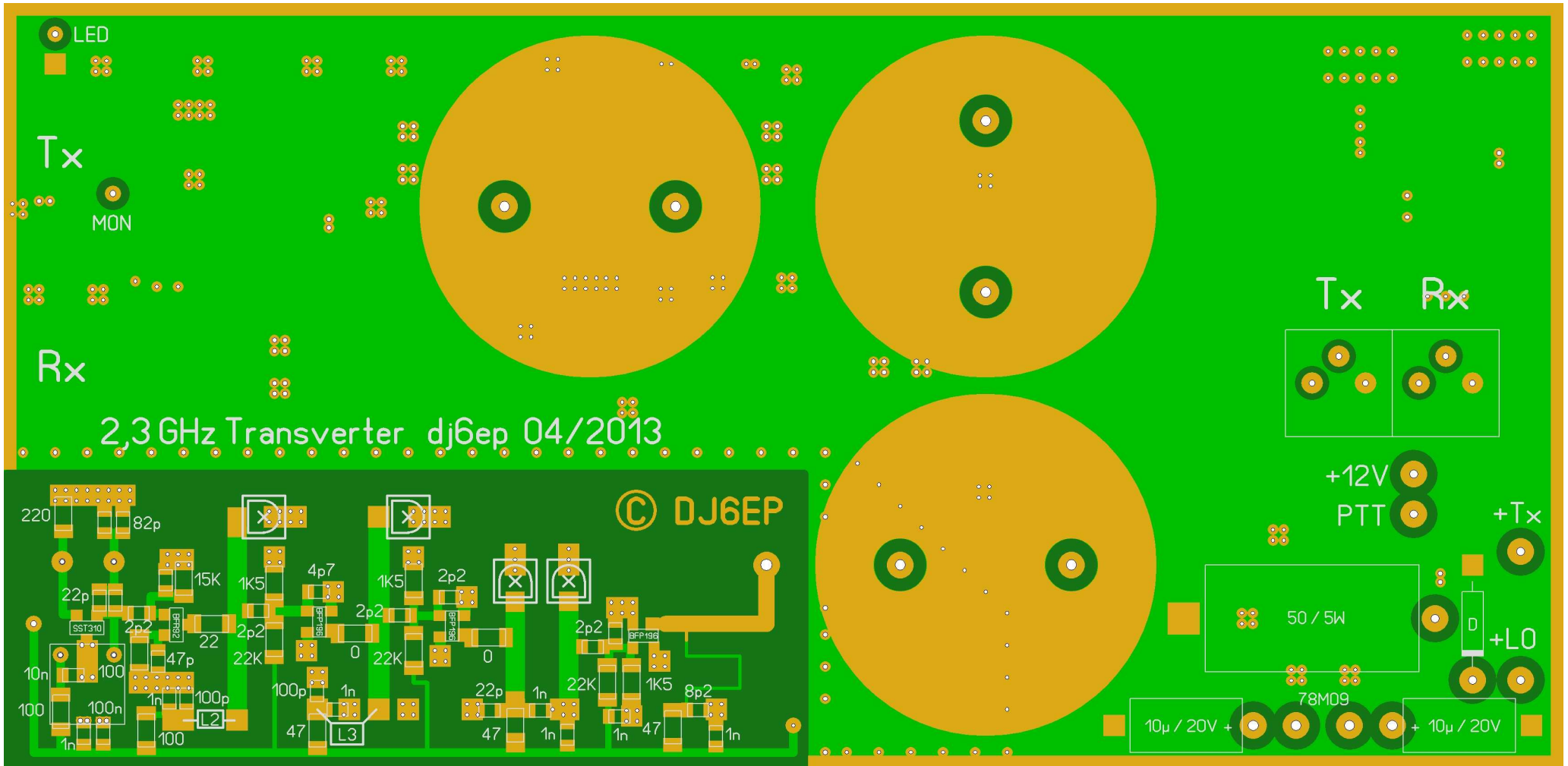
3 zwoje drutem 1mm
na trzpieniu 3mm

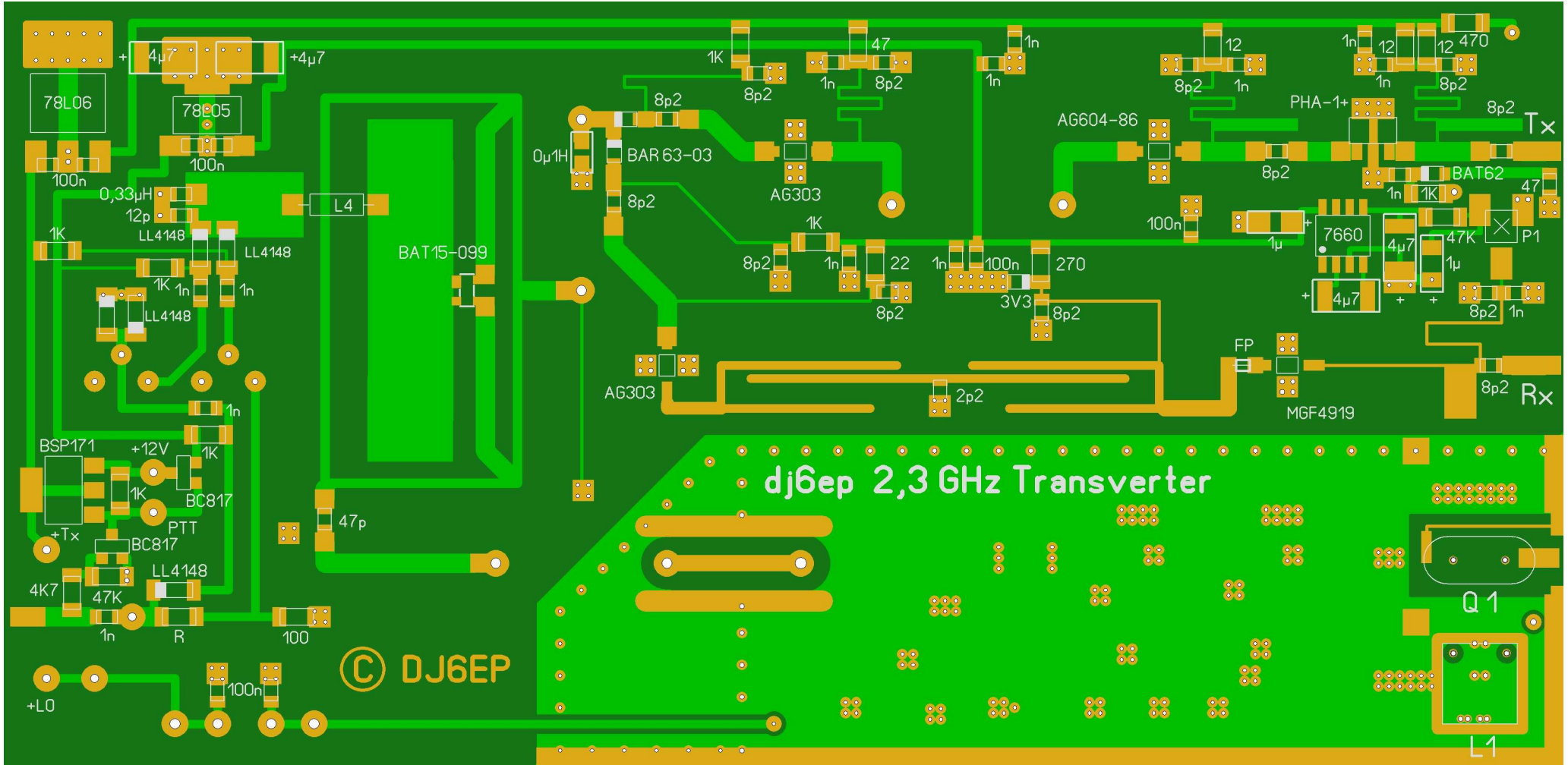


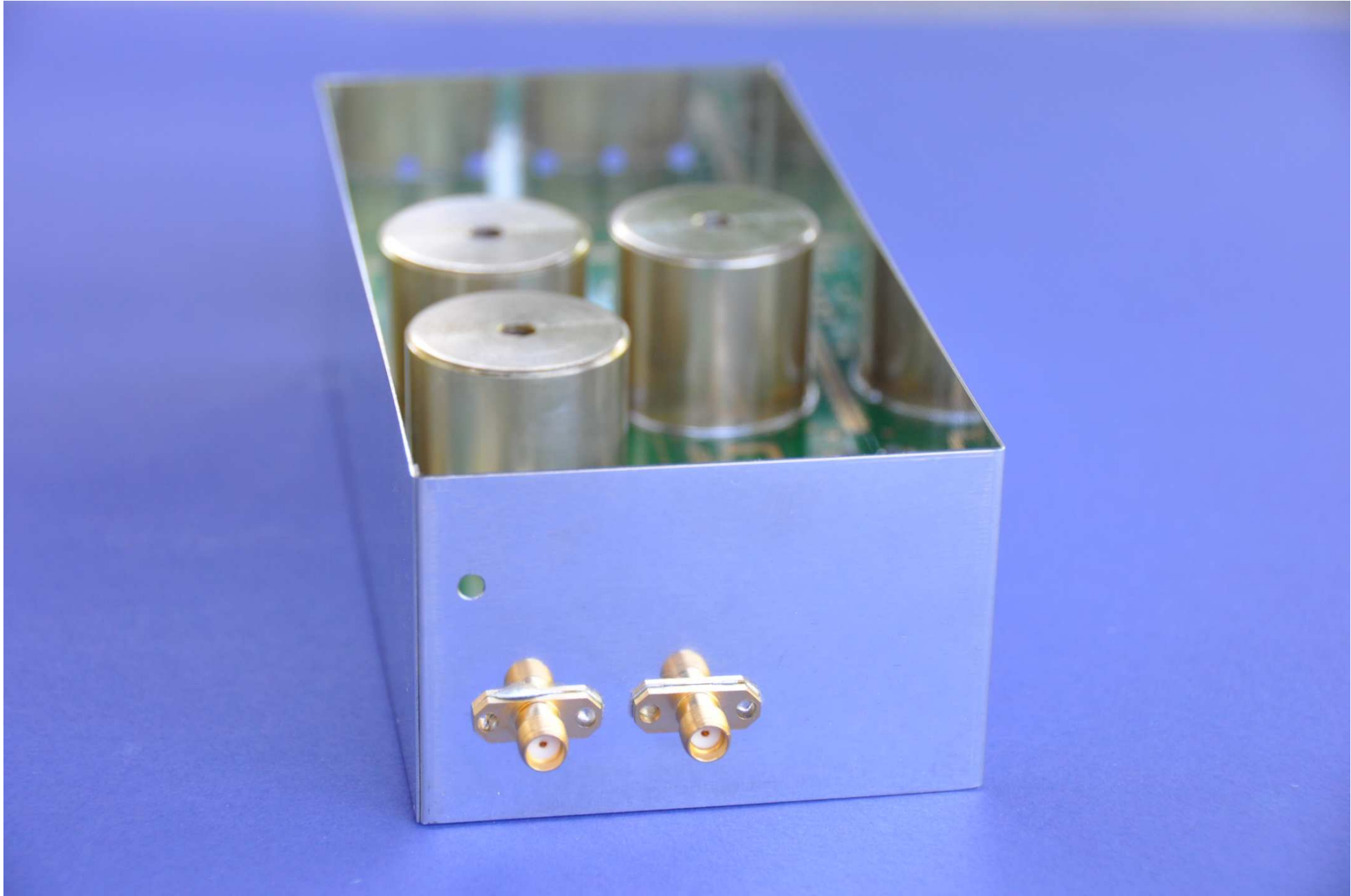
Coilka L4 na wyższym miejscu
to 5 zwojów drutem 1mm na ϕ 3mm

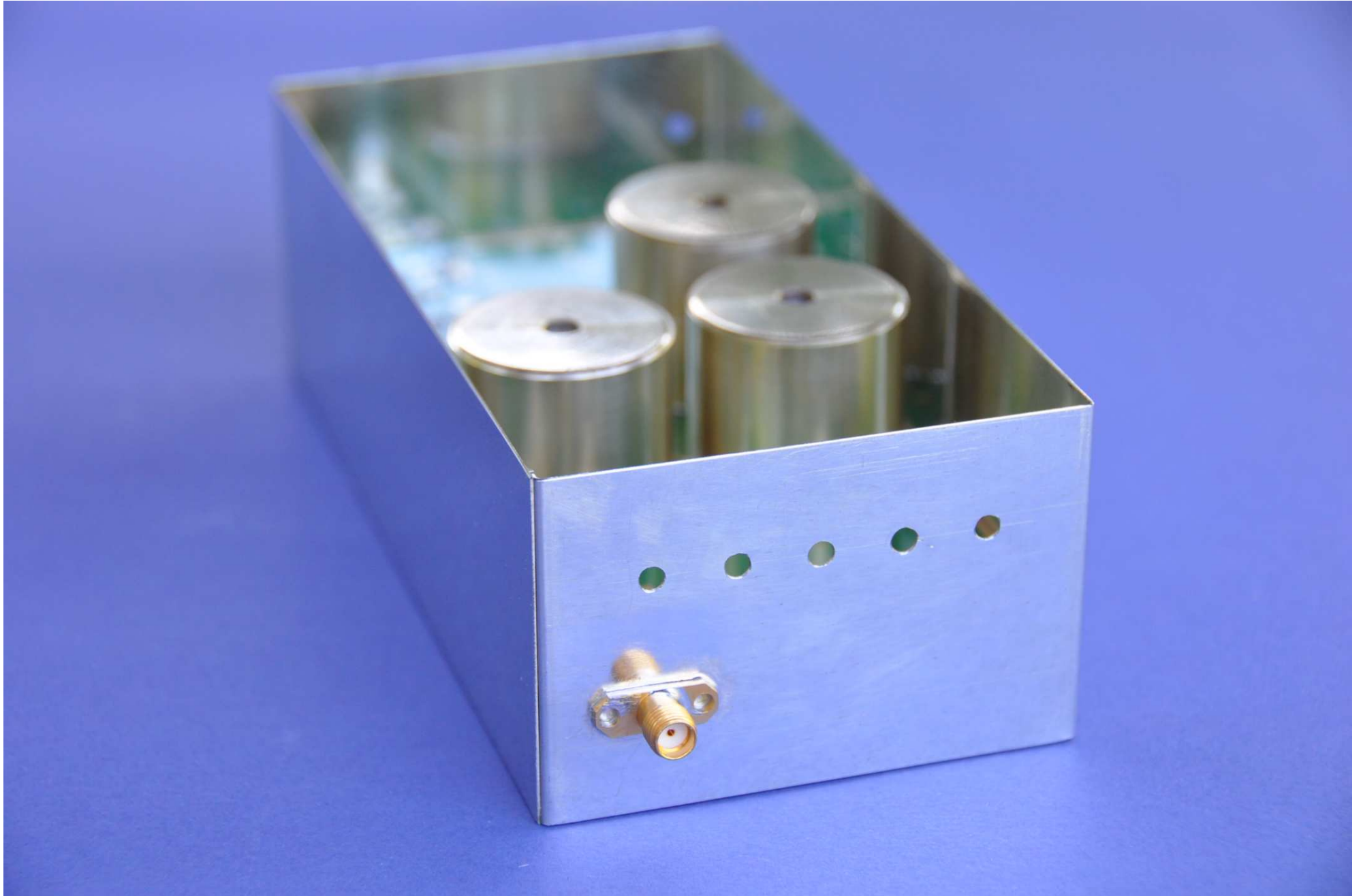










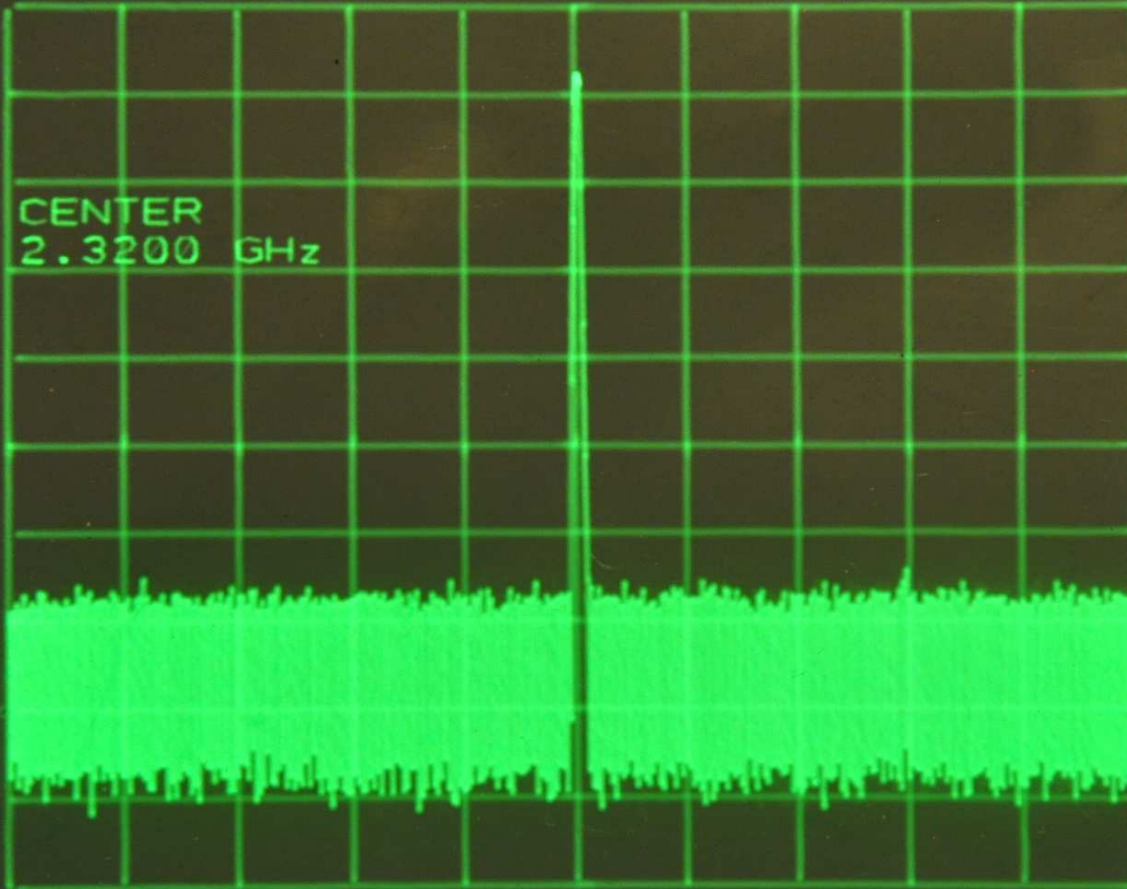


ATTEN 10dB

RL 0dBm

10dB/

FREQ



CENTER
2.3200 GHz

CENTER
FREQ

START
FREQ

STOP
FREQ

CF STEP

CF STEP
AUTO MAN

MORE

CENTER 2.3200GHz SPAN 500.0MHz
*RBW 1.0MHz VBW 1.0MHz *SWP 50ms

