

## ILER-40

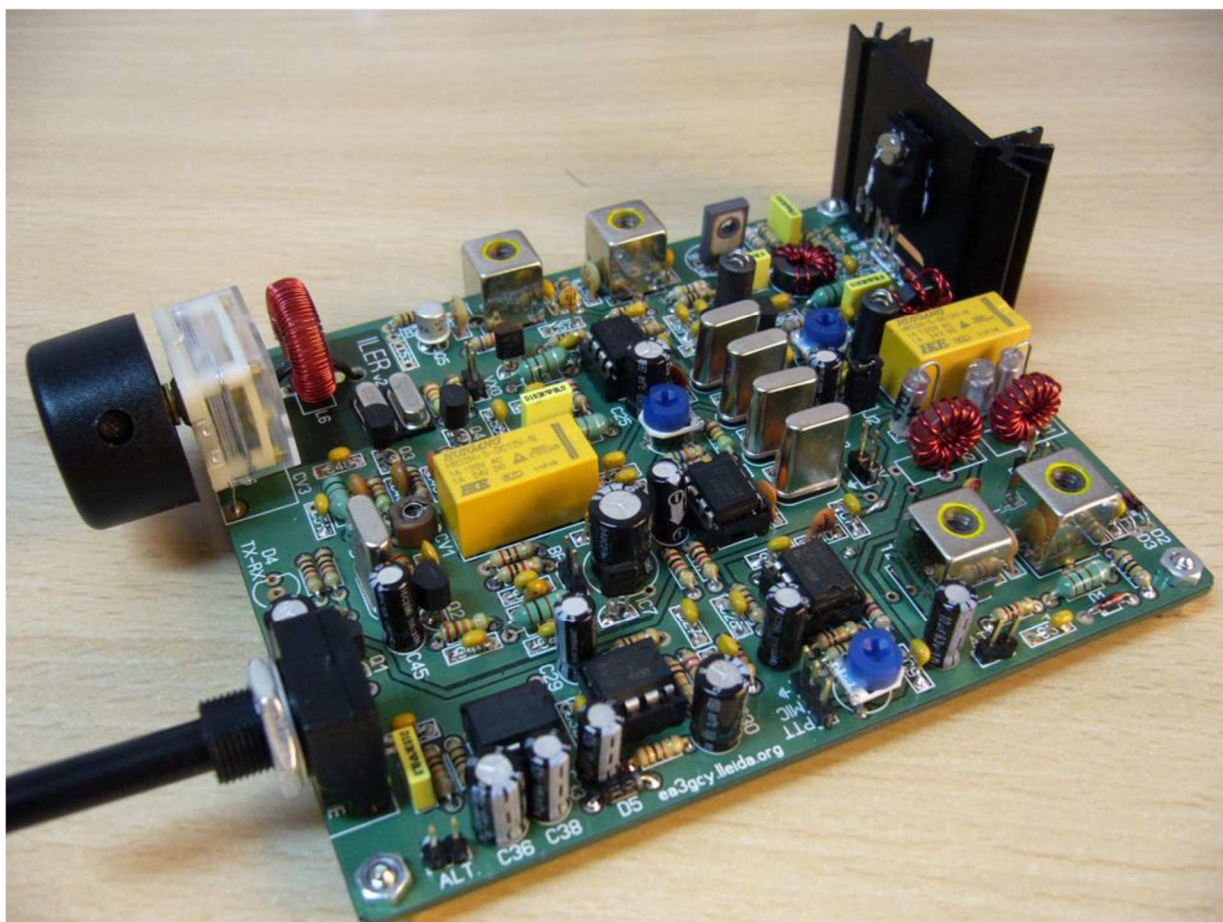
Radiostacja QRP SSB

Twórca zestawu Javier Solans EA3GCY

Instrukcja montażowa zestawu konstrukcyjnego

Autor Jon Iza EA2SN

Przekład z hiszpańskiego Krzysztof Dąbrowski OE1KDA



EA2SN dziękuje Javierowi Solansowi, twórcy zestawu konstrukcyjnego oraz zarządowi i członkom klubu EA2RCF za pomoc i współpracę.

## Spis treści

Wstęp	3
Schemat blokowy	3
Kolejność montażu	5
Rysunki wielkoformatowe	6
Punkty pomiarowe	7
Pomiary kwarców	7
Sprawdzenie elementów	8
Pierwsza sesja. Montaż toru małej częstotliwości	8
Uruchamianie z zainstalowanym obwodem IC4	11
Druga sesja. Tor p.cz. odbiornika, filtr kwarcowy i detektor iloczynowy	12
Generator dudnieniowy	12
Uruchomienie	12
Detektor iloczynowy i filtr kwarcowy	13
Uruchomienie	13
doprowadzenie sygnału 4,195 MHz i detekcja tonu. Wstępny pomiar charakterystyki filtra	14
Sesja trzecia. Stopnie Va, Vb, VIa i VIb. Odbiornik na pasmo 7 MHz	16
Wariant dla zewnętrznego generatora VFO	16
Uruchomienie	16
Wewnętrzny generator sterujący VXO	17
Uruchomienie	17
Mieszacz w.cz.	18
Uruchomienie	18
Obwód wejściowy odbiornika	18
Uruchomienie	19
Filtr dolnoprzepustowy nadajnika (nawinięcie i pomiary cewek)	19
Uruchomienie	19
Sesja 4. Montaż nadajnika (stopni VIIa, VIIb, VIII i tranzystora mocy)	20
Przedwzmacniacz mikrofonowy	20
Transmisja sygnału dwuwstęgowego bez fali nośnej (DSB) 4,915 MHz	21
Pierwszy wzmacniacz toru nadawczego	23
Uruchomienie	24
Stopień sterujący nadajnika	24
Uruchomienie	25
Wzmacniacz mocy nadajnika	25
Uruchomienie	26
Sygnalizacja nadawanie-odbior	28

## Wstęp

Przed rozpoczęciem konstrukcji EA2SN radzi dokładnie zapoznać się ze znakomitą instrukcją autorstwa EA3GKY ale ponieważ możliwe są różne sposoby montażu i podejścia do tego zdecydował się opracować własną instrukcję (instrukcja ta w znacznym stopniu może przydać się też w trakcie montażu Ilera-20).

Wybierając zestaw autor kierował się następującymi kryteriami:

- względna prostota rozwiązania,
- niskie koszty,
- dobry stosunek pożytku do ceny,
- użyteczność,
- dostępne dodatki.

Zestaw radiostacji SSB na pasmo 40 m opracowany przez Javiera Solansa posiada [standardowo – przyp. tłum.] generator sterujący VXO pokrywający podzakres QRP i pozwala na pracę w plenerze. Pobór prądu w trakcie odbioru wynosi około 50-100 mA dzięki czemu do zasilania wystarczą niewielkie baterie. Nadajnik o mocy 4 W pozwala na prowadzenie łączności krajowych w dobrych warunkach propagacji i z dostatecznie dobrą anteną.

## Schemat blokowy

Schemat blokowy ułatwia zrozumienie konstrukcji i działania urządzenia. Sygnał odbierany jest podawany z anteny przez filtr dolnoprzepustowy nadajnika i przekaźnik nadawanie-odbioru na wejście odbiornika. Na jego wejściu znajduje się tłumik w.cz., ogranicznik sygnału złożony z dwóch diod połączonych przeciwobnie zabezpieczający odbiornik przed uszkodzeniem i filtr pasmowy. Szczególnie interesujący jest układ mieszaczy i filtra kwarcowego. Pierwszy obwód scalony NE602 pracuje w trakcie odbioru jako mieszacz w.cz. a w trakcie nadawania jako modulator DSB. Generator sterujący pracuje w układzie super-VXO zawierającego dwa równoległe kwarcy. Ich częstotliwość drgań jest przeciągana pojemnościowo w zakresie 35 i 75 kHz w zależności od użytej sekcji kondensatora. Częstotliwość pośrednia jest odfiltrowywana za pomocą filtra kwarcowego 4,915 MHz o nominalnym paśmie przenoszenia 2,2 kHz. Drugi scalony mieszacz NE602 pracuje w czasie odbioru jako detektor iloczynowy a w trakcie nadawania jako mieszacz w.cz. dostarczający sygnału wyjściowego. Generator dudnieniowy (BFO) jest dostrojony do około 4,9135 MHz. Sygnał m.cz. jest wzmacniany w przedwzmacniaczu służącym także jako filtr pasmowy a następnie we wzmacniaczu głośnikowym LM386.

W torze nadawczym pracuje mikrofon dynamiczny, którego sygnał jest wzmacniany przed podaniem na modulator. Do odfiltrowania wstęgi bocznej z sygnału DSB służy filtr kwarcowy a jego sygnał wyjściowy jest mieszany z sygnałem VXO w celu uzyskania częstotliwości w paśmie 40 m. Sygnał ten jest następnie wzmacniany i filtrowany za pomocą kolejnego filtra pasmowego. We wzmacniaczu mocy pracują tranzystory BD135 i 2SC1969. Wyjściowy filtr dolnoprzepustowy zapewnia dostateczną czystość sygnału o mocy 4-5 W.

### Objaśnienia do rysunku:

Filtro Ant. – filtr antenowy

Receptor – odbiornik

Atenuador – tłumik

Proteccion – zabezpieczenie

Filtro PB – filtr pasmowy

Mezcl. RX – mieszacz odbiorczy

Gen. DSB – generator sygnału DSB

Preamp. – wzmacniacz wstępny

Ampli. BF – wzmacniacz m.cz.

Enmundec. – układ wyciszający

Altavoz – głośnik

Transmisor – nadajnik

Final – stopień końcowy (wzmacniacz mocy)

Excitador – stopień sterujący

OFB – generator dudnieniowy (BFO)

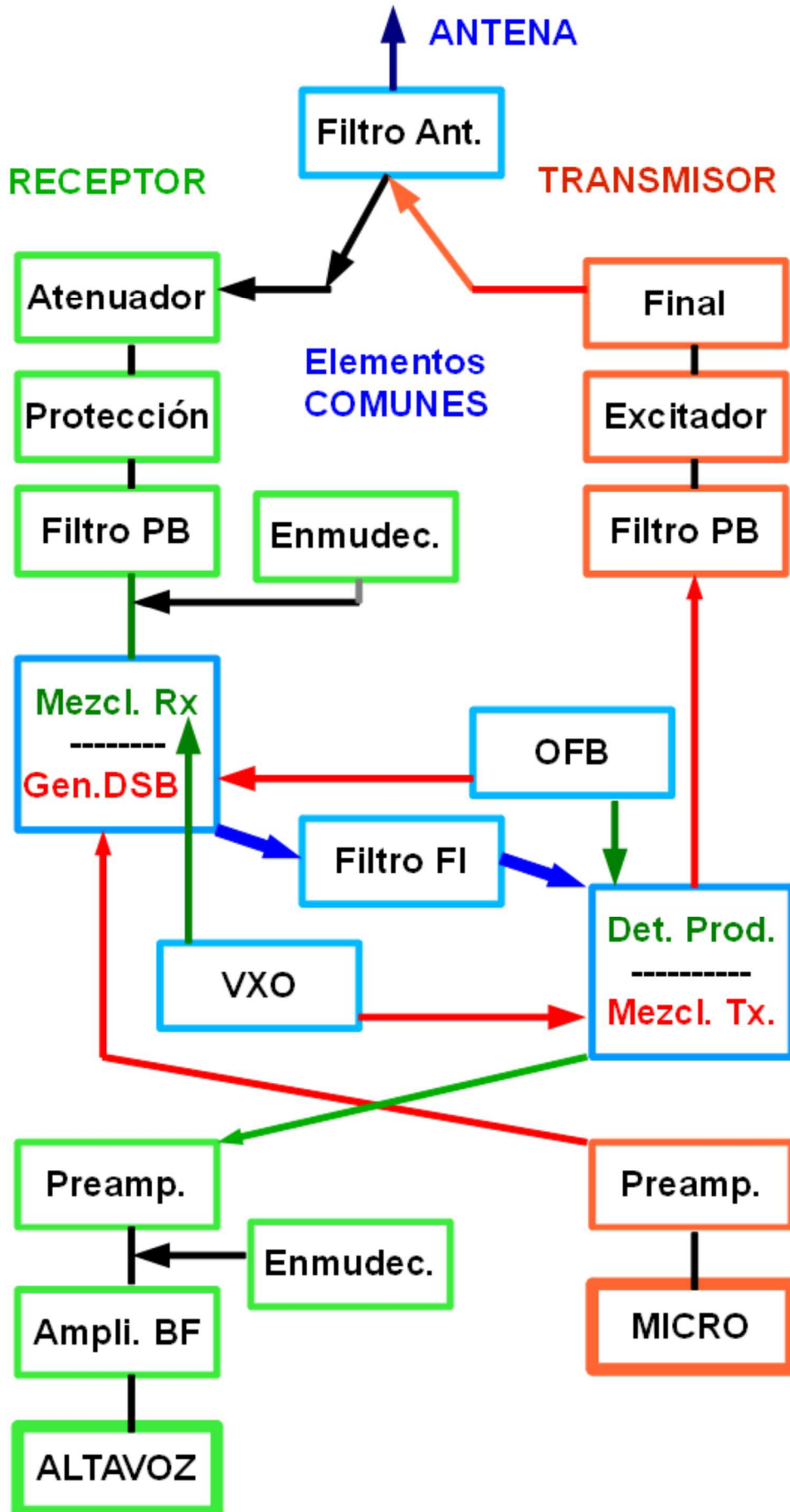
Filtro FI – filtr p.cz.

Mezcl. Tx – mieszacz nadawczy

Det. prod. – detektor iloczynowy

Micro – mikrofon

Elementos comunes – stopnie wspólne



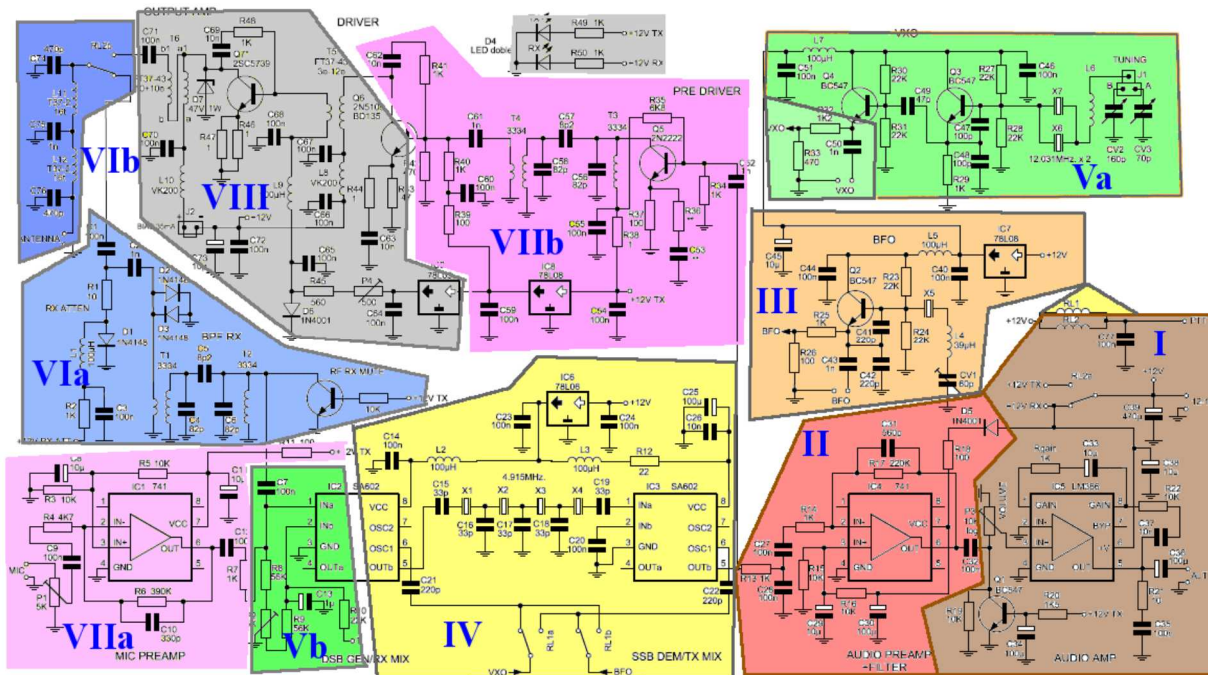
## Kolejność montażu

Dla zestawu tego rodzaju można przyjąć jeden z dwóch sposobów montażu: o kolejności związanej z rodzajem podzespołów lub kolejnego uruchamiania poszczególnych stopni. Sposób pierwszy opisany w instrukcji EA3GCY polega na montowaniu podzespołów w kolejności zależnej od ich wysokości, począwszy od najniższych (najmniejszych) jak diody, oporniki, kondensatory ceramiczne poprzez kolejno obwody scalone, tranzystory, kondensatory elektrolityczne itd. Innym podejściem może być zamontowanie najpierw podzespołów biernych a dopiero w ostatniej kolejności czynnych – tranzystorów i obwodów scalonych.

W metodzie drugiej uruchamiane są kolejno poszczególne stopnie układu, co oznacza, że montowane są wszystkie podzespoły wchodzące w skład danego stopnia. Pozwala to najczęściej na sprawdzanie od razu pracy montowanych stopni. Metoda ta jest wprawdzie dłuższa ale pozwala na uniknięcie problemów, które pojawiając się w trakcie uruchamiania całości są bardziej złożone i trudniejsze do rozwiązania.

Sposób ten jest również bardziej pouczający ponieważ pozwala na zapoznanie się z pracą poszczególnych stopni oddzielnie i skontrolowanie prawidłowości ich pracy przy użyciu dostępnego i niedrogiego sprzętu jak odbiorniki programowalne (SDR), mierniki uniwersalne, mierniki LC i komputery PC mogące służyć jako generatory sygnałów i szumu, oscyloskopy i analizatory widma w zakresie akustycznym.

Dla ułatwienia analizy układu został on podzielony na następujące bloki:



- I) Wzmacniacz głośnikowy
- II) Przedwzmacniacz m.cz.
- III) Generator dudnieniowy (BFO)
- IV) Drugi mieszacz i filtr kwarcowy
- V)
  - a) VXO
  - b) pierwszy mieszacz
- VI)
  - a) Obwód wejściowy odbiornika
  - b) filtr dolnoprzepustowy nadajnika
- VII)
  - a) wstępny wzmacniacz mikrofonowy
  - b) Pierwszy wzmacniacz w.cz. i filtr pasmowy nadajnika
- VIII) Stopień sterujący i wzmacniacz mocy nadajnika oraz sygnalizacja nadawania i odbioru (dioda elektroluminescencyjna).

Przed podziałem pracy na etapy należy zidentyfikować wszystkie stopnie i ustalić liczbę stopni montowanych w trakcie poszczególnych sesji montażowych w zależności od liczby przeznaczonych na to dni. Biorąc pod uwagę stopniowe nabywanie wprawy w trakcie pracy i uwzględniając niewdzięczne i nie dające widocznego efektu czynności wstępne autor proponuje podział na następujące cztery sesje montażowe:

- Sesja 1:
- a) sprawdzenie elementów w zestawie,
  - b) montaż gniazdek i kontaktów,
  - c) I. montaż wzmacniacza głośnikowego,
  - d) II. montaż wzmacniacza wstępnego m.cz.

Wynik: gotowy wzmacniacz małej częstotliwości.

- Sesja 2:
- a) III. generator dudnieniowy – BFO,
  - b) IV. detektor iloczynowy i filtr kwarcowy

Wynik: odbiornik SSB na częstotliwości pośredniej 4,915 MHz.

- Sesja 3:
- a) Va. wejście zewnętrznego generatora sterującego,
  - b) Va. wewnętrzny generator sterujący VXO – tymczasowy lub ostateczny – dławik lub cewka pierścieniowa L6,
  - c) Vb. mieszcz w.cz.,
  - d) obwody wejściowe odbiornika,
  - e) filtr dolnoprzepustowy nadajnika – nawinięcie i pomiar cewek na rdzeniach pierścieniowych.

Wynik: gotowy odbiornik na pasmo 7 MHz z wewnętrznym generatorem dudnieniowym BFO.

- Sesja 4:
- a) VIIa. wstępny wzmacniacz mikrofonowy,
  - b) VIIb. wzmacniacz w.cz. nadajnika,
  - c) VIII. stopień końcowy nadajnika – wzmacniacz sterujący (nawinięcie i pomiar cewek pierścieniowych),
  - d) VIII. wzmacniacz mocy,
  - e) VIII. dioda TX/RX.

Wynik: zestaw całkowicie zmontowany i działający.

Dodatkowa sesja prac uzupełniających (sposób montażu podany jest w instrukcjach do wymienionych układów):

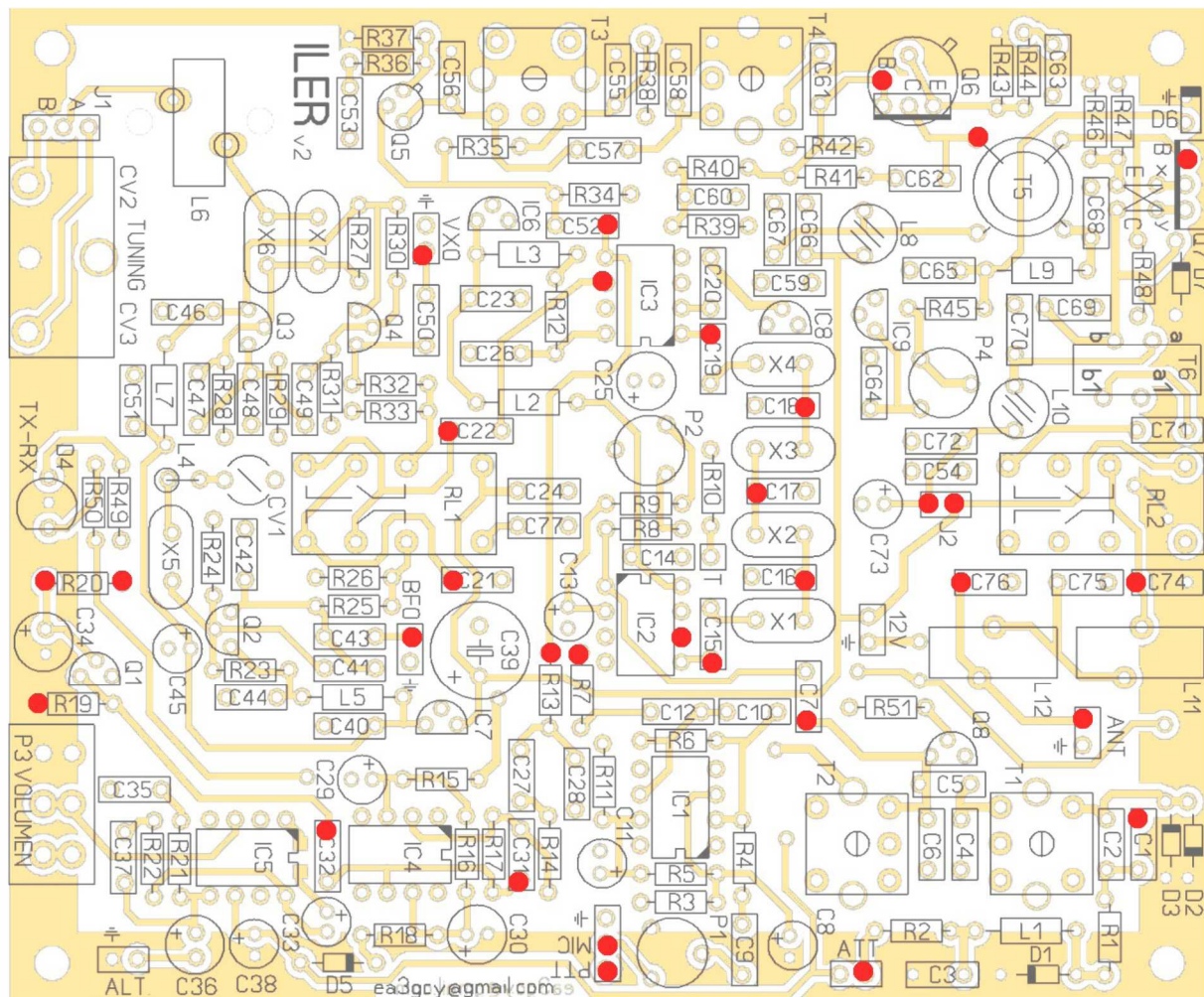
- Sesja 5:
- a) montaż modułu ARW,
  - b) zamontowanie modułu na płytce radiostacji,
  - c) dostrojenie częstotliwości generatora wzbudzającego (cewka pierścieniowa L6),
  - d) ewentualne podłączenie modułu zewnętrznego generatora EC5ACP,
  - e) ewentualne uruchomienie detektora w.cz. do pomiaru mocy wyjściowej i WFS,
  - f) ewentualne podłączenie modułu generatora sterującego EA3GCY.

## Rysunki wielkoformatowe

Schemat schemat ideowy i rysunek płytki można powiększyć rozmiaru A0 a rysunek rozmieszczenia elementów na płytce – do rozmiaru A1. Na rysunkach flamastrami zaznaczono poszczególne stopnie układu stosując kolory kodu oporników dla podania ich kolejności (brązowy – stopień I, czerwony – stopień II, pomarańczowy – stopień III, żółty – stopień IV, zielony – stopień V, niebieski – stopień VI, fioletowy – stopień VII i szary – stopień VIII).

## Punkty pomiarowe

Przed rozpoczęciem montażu można zaznaczyć na rysunku flamastrem punkty pomiarowe. Ułatwi to ich późniejsze znalezienie w trakcie uruchamiania układu.

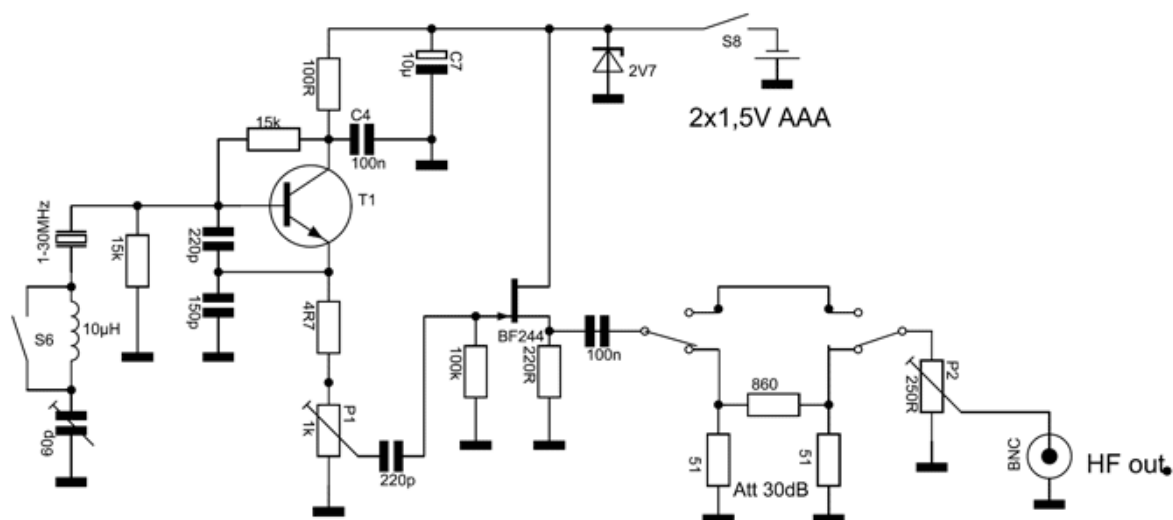


## Pomiary kwarców

Cennym doświadczeniem konstruktorskim może okazać się samodzielne wykonanie pomiarów rezonatorów kwarcowych. Kwarce zostały wprowadzić wcześniej odpowiednio wyselekcjonowane i podpisane przez EA3GCV i można je bez obaw od razu montować ale wykonanie prostych pomiarów i użycie narzędzi do projektowania filtrów może okazać się pouczające i ułatwić zrozumienie działania sprzętu.

W tym celu można użyć generatora-próbnika typu G3UUR (lub innego dowolnego – przyp. tłum.), częstotściomierza i miernika L/C.

Na poniższym schemacie przedstawiono jedno z możliwych rozwiązań generatora pomiarowego. Jest on dodatkowo wyposażony w tłumik wyjściowy przydatny do pomiaru różnych układów ale do pomiaru częstotliwości rezonansowej kwarców jest on oczywiście zbędny. Układ został opracowany przez firmę QRP-Project ([www.qrpproject.de](http://www.qrpproject.de)).



## Sprawdzenie elementów

Zestawy są przygotowywane przez EA3GCY z wielką starannością, ale przed rozpoczęciem pracy dobrze jest sprawdzić czy zestaw zawiera wszystkie podane w spisach elementy, uporządkować je i zaznaczyć na listach. Podzespoły można ułożyć na kupkach albo powtykać je do arkuszy styropianu o grubości np. 1 cm ponumerowanych zgodnie z numeracją stopni w układzie. Arkusz styropianu dla podzespołów półprzewodnikowych może być pokryty cienką folią metalową np. od czekolady. Zabezpieczy je to od ewentualnych uszkodzeń spowodowanych przez ładunki elektrostatyczne. Części te można również zostawić w torebkach do czasu, kiedy będą miały być zamontowane w układzie. Elementy można także ułożyć w rzędy lub kolumny odpowiadające poszczególnym punktom pomiarowym w danym stopniu. Po zamontowaniu wszystkich podzespołów z danej kolumny lub wiersza można przeprowadzić odpowiednie pomiary w związanym z nimi punkcie pomiarowym. W przypadku braku miejsca można na początek przygotować tylko część arkuszy i uzupełniać je w trakcie pracy.

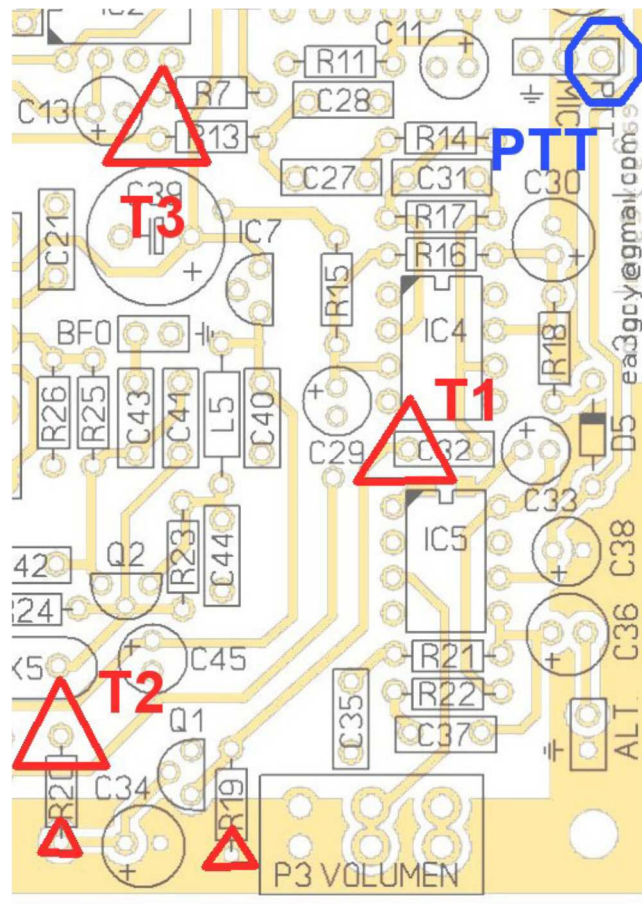
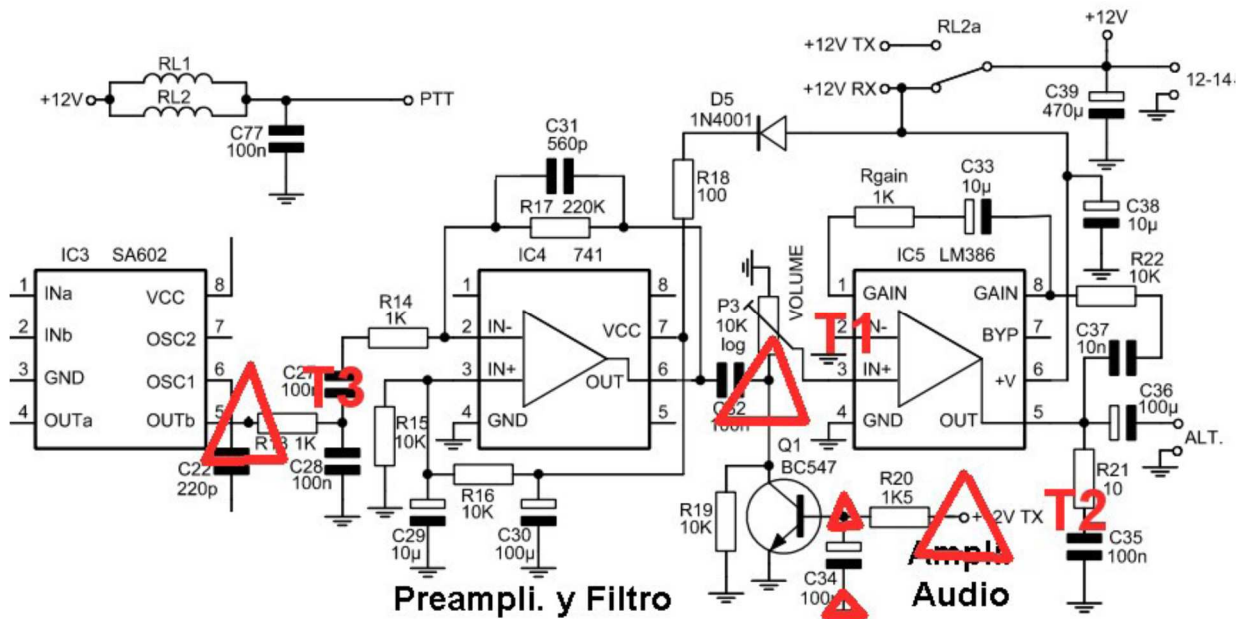
## Pierwsza sesja. Montaż toru małej częstotliwości

Przed rozpoczęciem montażu należy przygotować potrzebne podzespoły z arkusza (kolumn albo grup I a potem II) lub wyjąć je z torebki.

Na początku należy zamontować i wlutować listwy kontaktowe i gniazdka rozpoczynając od listw kontaktowych. Po włożeniu kontaktów do otworów można przytrzymać je w należytym położeniu za pomocą drugiej płytki drukowanej lub kawałka innego materiału. Po wlutowaniu listw kontaktowych należy włożyć do właściwych otworów gniazdka dla obwodów scalonych i po przyciśnięciu ich w podobny sposób przylutować. Dobrym sposobem jest przylutowanie na początek jedynie dwóch kontaktów położonych na przekątnej, sprawdzenie czy gniazdko jest dobrze dociśnięte do płytki i po ewentualnym skorygowaniu położenia (rozgrzaniu cyny i dociśnięciu gniazdka) przylutować kolejno pozostałe kontakty – przyp. tłum. Można także włożyć kilka gniazdek jedno w drugie dla uzyskania odpowiedniej wysokości dla dociśnięcia przez położenie na stole lub biurku.

Następnie montowane są wszystkie elementy z pierwszej kolumny (lub wiersza), ewentualnie poza kondensatorem C34, który potrzebny będzie dopiero w trakcie prób układu wyszczególnionego.





Pierwsze próby przeprowadzane są przed włożeniem obwodu IC4 do podstawki.

**Przełącznik N-O (PTT).** Potencjometr siły głosu należy ustawić na minimum, podłączyć głośnik do zacisków podpisanych jako ALT i włączyć zasilanie. W obwód zasilania należy włączyć miernik uniwersalny i zmierzyć prąd pobierany przez układ. Pobór prądu nie powinien przekraczać 100 mA. Po zwarceniu wejścia klucującego (PTT) do masy powinien być słyszalny stuk przełączanego przekaźnika a pobór prądu ulega tylko niewielkiej zmianie.

**Wzmacniacz małej częstotliwości.** Do punktu pomiarowego T1 (prawa końcówka kondensatora C32) należy doprowadzić sygnał z generatora pomiarowego m.cz. Siłę głosu należy zwiększać stopniowo aż do usłyszenia tonu w głośniku. W razie potrzeby należy

zwiększyć poziom wyjściowy sygnału z generatora. Jako generator może służyć też komputer PC z odpowiednim programem. Dla uzyskania prawidłowych wyników również i tutaj konieczne może być wyregulowanie poziomu sygnału wyjściowego i ewentualne włączenie kondensatora separującego.

Jeżeli możliwy jest odczyt poziomu wyjściowego z generatora i dostępny jest odpowiednio wykalibrowany oscyloskop można na podstawie wartości napięć wejściowego i wyjściowego określić wzmacnienie układu.

Korzystając z oscyloskopu na PC należy włączyć na jego wejściu ogranicznik napięcia dowolnego rodzaju dla zabezpieczenia systemu dźwiękowego komputera przed uszkodzeniem i włączyć na wejściu potencjometr lub dzielnik napięcia. Dla zabezpieczenia wejścia komputera przed uszkodzeniem w wyniku podania na nie napięcia stałego zalecane jest włączenie kondensatora separującego.

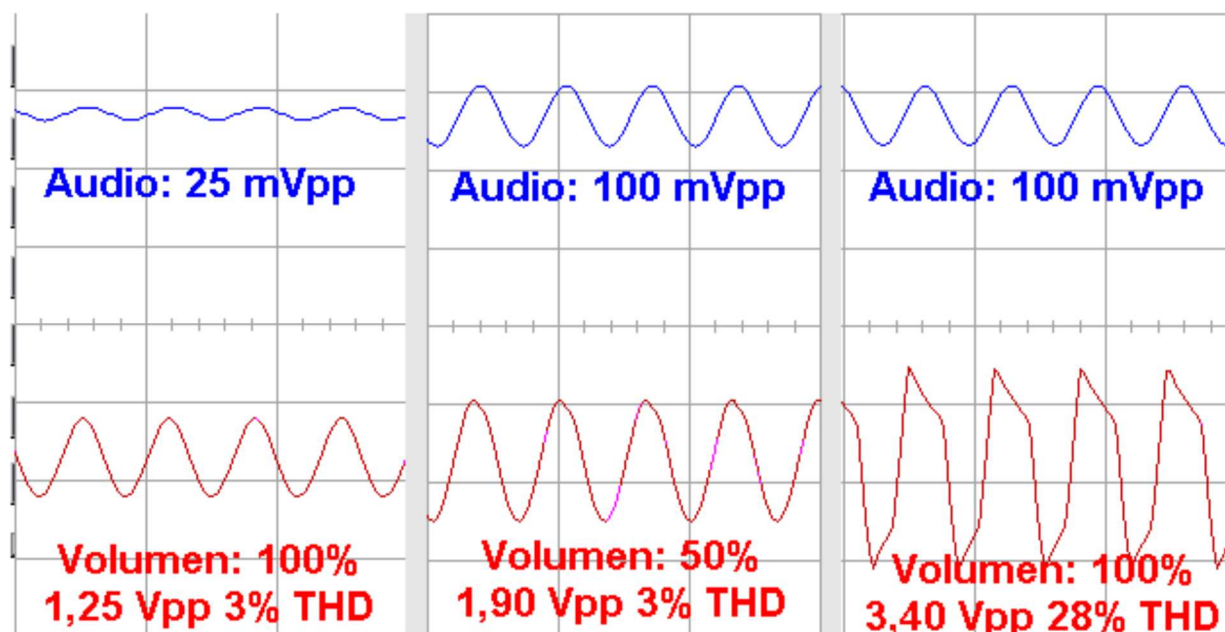
Dla większej pewności można także użyć zewnętrznego systemu dźwiękowego USB dzięki czemu unika się uszkodzeń wewnątrz komputera a takie zewnętrzne moduły USB są stosunkowo tanie.

Dla obliczenia wzmacnienia w dB można skorzystać z internetowego kalkulatora DL5SWB dostępnego pod adresem: [http://www.dl5swb.de/html/mini\\_db-rechner.htm](http://www.dl5swb.de/html/mini_db-rechner.htm).

**Charakterystyka przenoszenia wzmacniacza m.cz.** Do jej pomiaru można użyć oddzielnie do tego celu skonstruowanego generatora szumów. Są one stosunkowo proste w konstrukcji ale zamiast rozwiązań układowych można też użyć komputera PC z jednym z programów generujących sygnały różnego rodzaju: szumy, sygnały sinusoidalne, prostokątne itp. oraz analizatora widma m.cz. Przykładem może być program dostępny w internecie pod adresem [www.qsl.net/zl1an/Software/pectrum3.zip](http://www.qsl.net/zl1an/Software/pectrum3.zip).

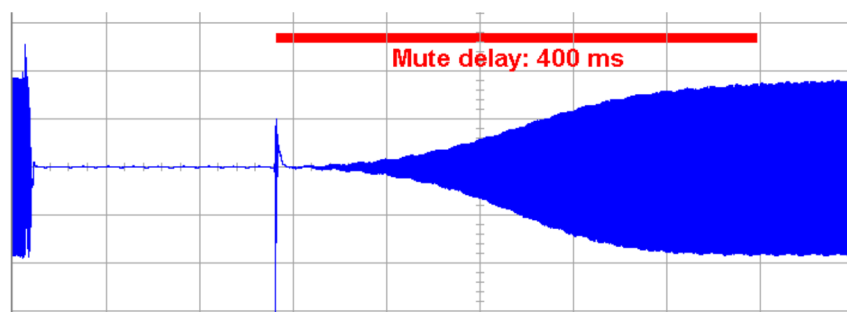
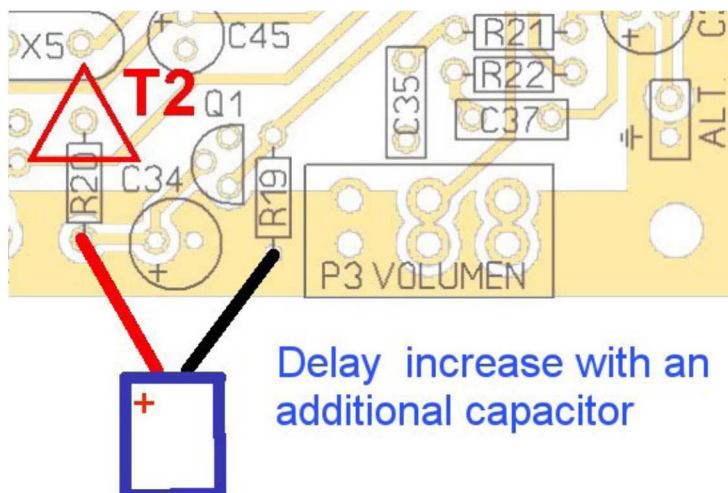
Sygnał z wyjścia generatora szumów jest doprowadzany do punktu T1 a wyjście głośnikowe do wejścia systemu dźwiękowego komputera. Poziom sygnału z generatora należy stopniowo zwiększać aż do uzyskania obrazu widma na ekranie a potem warto zwiększyć liczbę próbek FFT do 20-30 dla uzyskania wygładzonego i spokojnego przebiegu. Wzrost liczby próbek powoduje też powstawanie i przedłużanie się opóźnień przed otrzymaniem aktualnego wyniku. Wzmacniacz posiada dobrą charakterystykę przenoszenia w zakresie do 10 kHz.

**Pomiar zniekształceń.** Na czas pomiaru na wejście wzmacniacza doprowadzany jest sygnał sinusoidalny. Zwiększanie jego poziomu powoduje wzrost siły sygnału wejściowego połączony ze wzrostem zniekształceń objawiających się powstawaniem i zwiększaniem poziomu harmonicznych. Obserwując przebieg sygnału na oscyloskopie zauważa się coraz większe zniekształcenie sygnału i odbieganie przebiegu od czystej sinusoidy. Wzrastający poziom harmonicznych można obserwować także na analizatorze widma.



Na ilustracji widoczne są przebiegi sygnału wyjściowego dla napięcia wejściowego  $25\text{ mV}_{ss}$  i  $100\text{ mV}_{ss}$  oraz siły głosu kolejno od lewej 100%, 50% i 100%. Na wyjściu uzyskiwano kolejno poziomy  $1,25\text{ V}_{ss}$  (przy wsp. znieksz. 3%),  $1,90\text{ V}_{ss}$  (przy współczynniku 3%) i  $3,40\text{ V}_{ss}$  (przy współczynniku 28%).

**Układ wyciszający i jego stała czasu.** Pomiar można przeprowadzić jedynie w tym stadium konstrukcji – później jest to już niemożliwe. Słuchając tonu z generatora w głośniku należy zwrócić punkt pomiarowy T2 (górną końcówkę opornika R20) z napięciem zasilania +12 V.



Próbowi przeprowadzonym przed wlutowaniem kondensatora C34 towarzyszą traski w głośniku w momencie przełączania. Po wyłączeniu zasilania można wlutować pominięty kondensator. W trakcie następnej próby daje się zauważyć wyraźne opóźnienie. Czas opóźnienia można dobrać łącząc równolegle z kondensatorem C34 dodatkowy o pojemności 100, 220 lub  $470\text{ }\mu\text{F}$ . Kondensator ten można przylutować do ścieżek połączonych z końcówkami oporników R19 i R20, przy czym elektroda dodatnia połączona jest z opornikiem R20 (jak to widać na górnym rysunku). Ze wzrostem pojemności stała czasu (opóźnienie) rośnie. Wartość kondensatora dobiera się tak aby uzyskać możliwie najlepszy kompromis pomiędzy tłumieniem stuków i opóźnieniem. Przebieg sygnału w trakcie włączania i wyłączania toru można obserwować na oscyloskopie po odpowiednim dobraniu częstotliwości odchylenia jak to widać na rysunku dolnym.

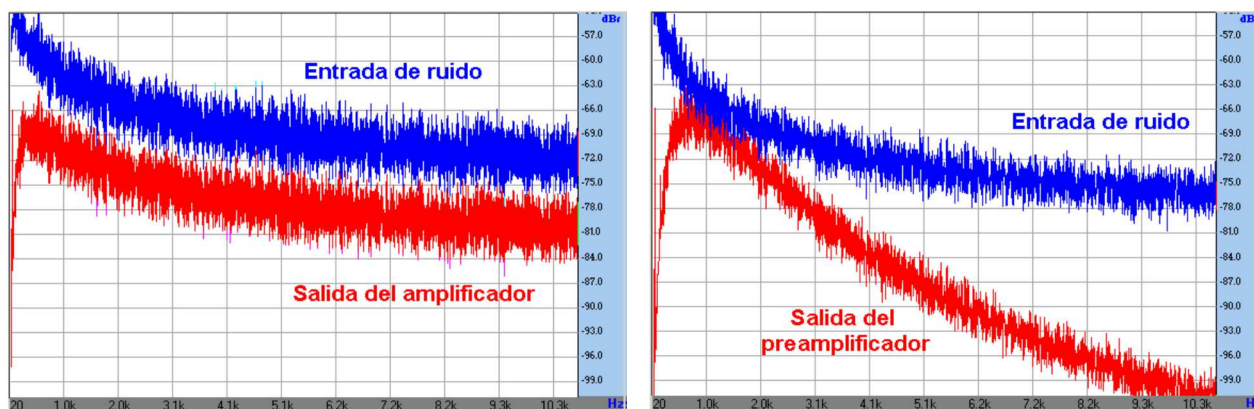
**Przedwzmacniacz m.cz.** Po uruchomieniu całości można go wprawdzie zastąpić przez układ automatycznej regulacji wzmocnienia ARW ale na początek korzystne jest uruchomienie także jego i przeprowadzenie dalszych związanych z nim prób.

### Uruchamianie z zainstalowanym obwodem IC4

Po podłączeniu głośnika i ustawieniu minimalnej siły głosu (pokrętko w pozycji lewej) należy włączyć zasilanie. Do punktu pomiarowego T3 (lewa końcówka opornika R13) podłączony jest generator sygnałowy m.cz. Należy ustawić niski poziom jego sygnału wyjścio-

wego i sprawdzić czy regulacja siły głosu funkcjonuje prawidłowo. Jeżeli generator jest wyposażony w miernik napięcia należy zanotować jego wartość konieczną dla uzyskania w głośniku podobnej siły głosu. Stosunek tych poziomów służy do określenia wzmocnienia toru.

Następnie można zmierzyć charakterystykę przenoszenia całego toru. Do punktu pomiarowego T3 należy doprowadzić sygnał szumów lub sygnał sinusoidalny o zmiennej częstotliwości. Zawarty we wzmacniaczu wstępny filtr powoduje widoczną na ilustracjach różnicę w paśmie przenoszenia (jego zawężenie) całego toru.



Na ilustracji po lewej stronie przedstawiona jest charakterystyka przenoszenia wzmacniacza głośnikowego a po prawej – stopnia wstępnego.

## Druga sesja. Tor p.cz. odbiornika, filtr kwarcowy i detektor iloczynowy.

Przed rozpoczęciem montażu należy przygotować potrzebne podzespoły z arkusza (grup III i IV) lub wyjąć je z torebki.

### Generator dudnieniowy

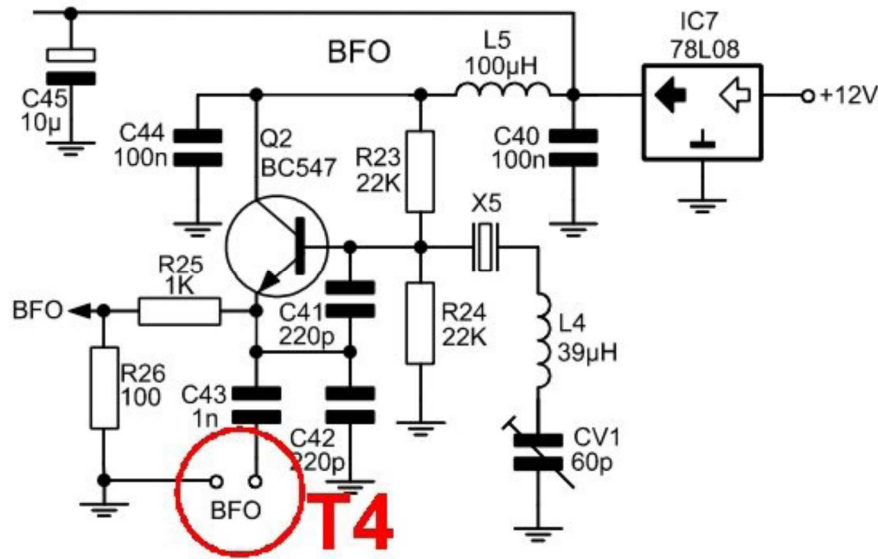
Montaż generatora BFO należy rozpocząć od kwarcu. Powinien on być umieszczony nieco ponad płytką – na czas lutowania można podłożyć dowolną podkładkę. Cewki leżące muszą być zamontowane w odległości 2-3 mm nad płytką. Pozostała cewka pionowa jest montowana w zwykły sposób.

### Uruchomienie

W trakcie uruchamiania sprawdzany jest poziom sygnału wyjściowego, jego częstotliwość i zakres przestrajan. Po podłączeniu zasilania należy sprawdzić, czy któryś z elementów nie przekręca się i nie dymi oraz czy nastąpił pewien niewielki wzrost poboru prądu. Pomiaru parametrów sygnału dokonuje się w punkcie pomiarowym T4 (BFO). Najlepiej podłączyć do niego oscyloskop o paśmie przenoszenia minimum 5 MHz albo woltomierz z sondą w.cz. (prostownikiem diodowym).

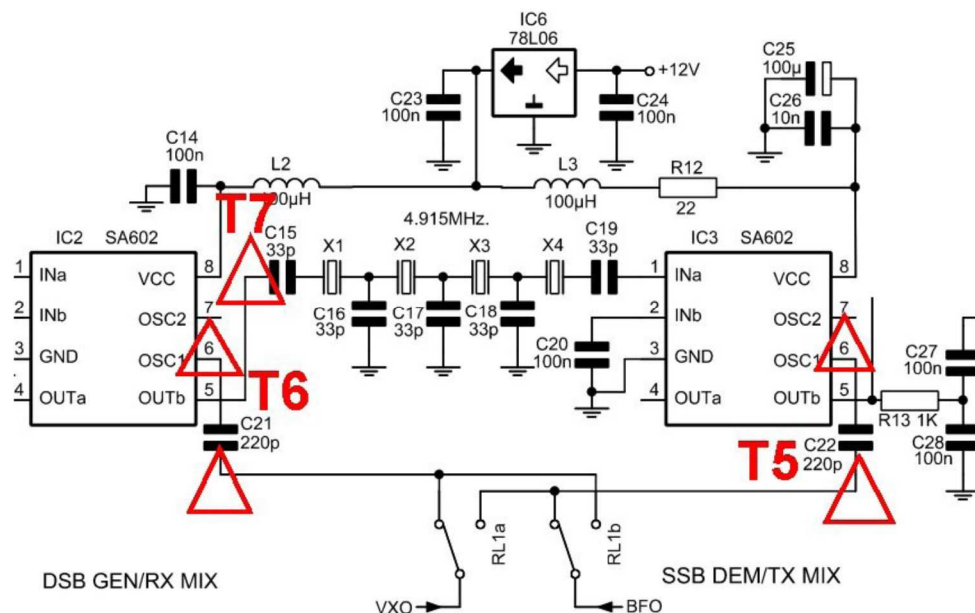
Do pomiaru częstotliwości i zakresu przestrajan można użyć odbiornika krótkofalowego dostrojonego do około 4,9135 MHz, odbiornika programowalnego (SDR) lub częstościomierza. Na wejściu odbiornika konieczne jest włączenie tłumika 20–40 dB a dla uniknięcia obciążenia obwodu przez oscyloskop można włączyć go przez szeregowy opornik 470  $\Omega$  lub kondensator 22 pF.

Do strojenia BFO służy trymer CV1 o pojemności 60 pF. Po zmierzeniu zakresu przestrajan generatora należy dostroić go do częstotliwości 4,9135 MHz.



### Detektor iloczynowy i filtr kwarcowy

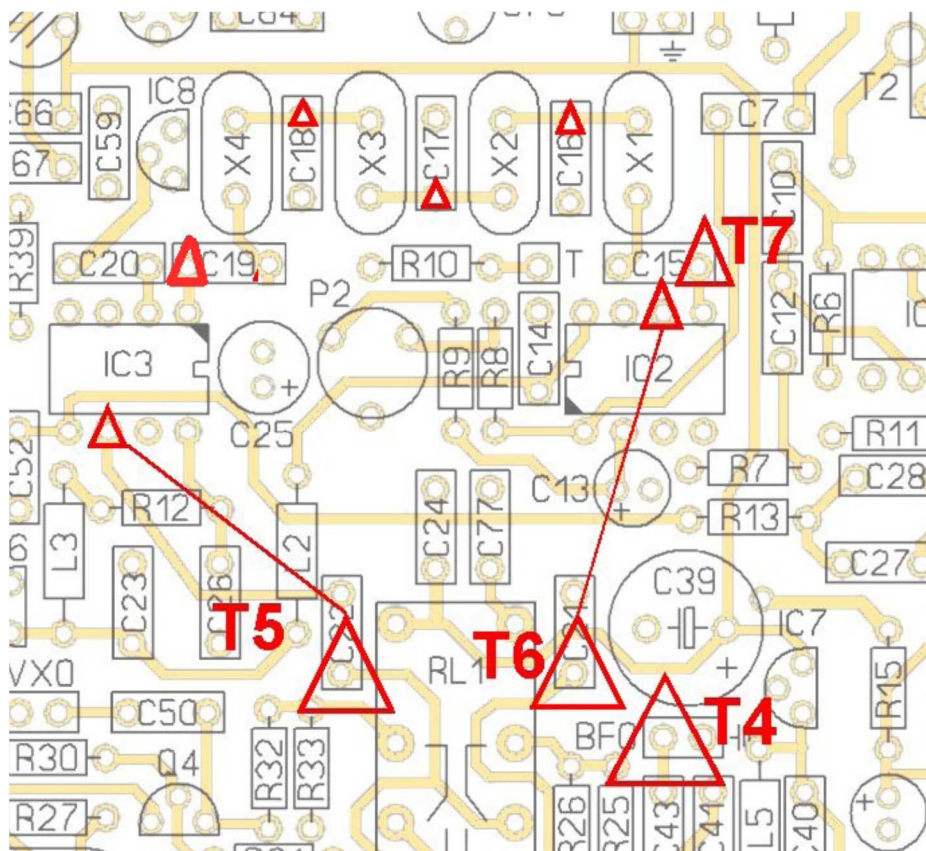
W następnej kolejności montowany jest detektor iloczynowy i filtr kwarcowy (pozostałe elementy z grupy IV). Nie należy jeszcze wkładać obwodu scalonego do podstawki. Cewki poziome muszą znajdować się w odległości około 2-3 mm nad powierzchnią płytki.



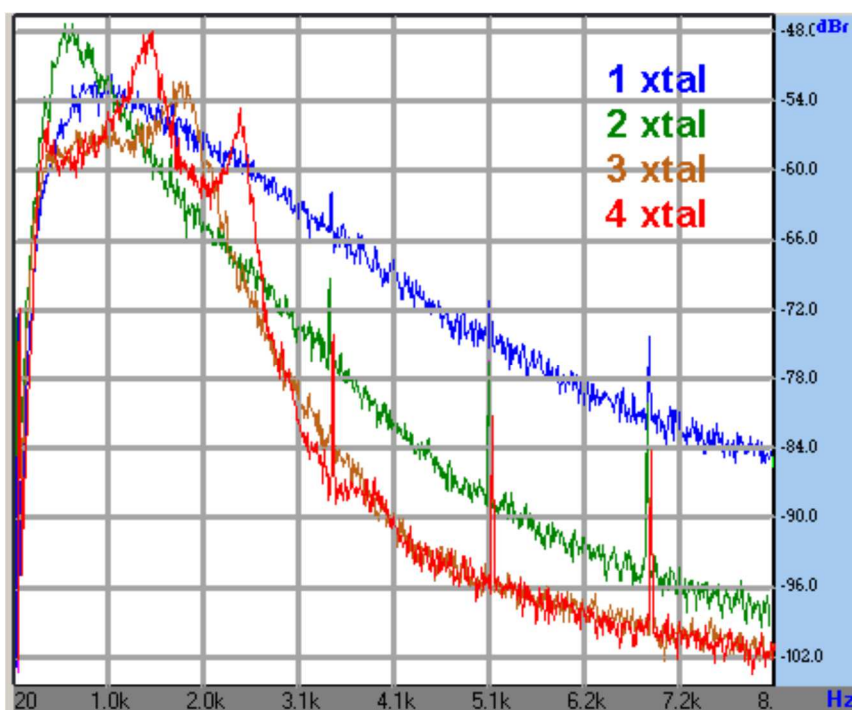
### Uruchomienie

W początkowej fazie nie należy wkładać do gniazdka obwodu IC3. Sygnał z generatora dudnieniowego (BFO) do detektora (2 mieszacza) jest doprowadzony przez przełącznik RL1, który w trakcie nadawania doprowadza do niego sygnał z VXO. Do pomiaru i obserwacji sygnału służy punkt pomiarowy T5 (po lewej stronie przełącznika) połączony z końcówką C22 i pośrednio nóżką 6 obwodu IC3 lub punkt pomiarowy T6 (po prawej stronie przełącznika) połączony z końcówką C21 i pośrednio z nóżką 6 obwodu IC2 (w trakcie nadawania). Poziom sygnałów na nóżkach obwodów scalonych jest niższy niż w pozostałych punktach układu ponieważ przechodzi on przez kondensatory 200 pF. Sprężenia pojemnościowe mogą wpłynąć na wyniki pomiarów dokonywanych za pomocą odbiorników programowalnych (SDR) – mierzony poziom może ulegać pewnym zmianom. W trakcie

obserwacji należy pamiętać o tym, że wskaźnik poziomu odbiorników ma skalę logarytmiczną i że charakteryzują się one dużą czułością.



Doprowadzenie sygnału 4,195 MHz i detekcja tonu. Wstępny pomiar charakterystyki filtra.



Należy włożyć do podstawki obwód scalony IC3 zwracając szczególną uwagę na jego prawidłową orientację.

Generator sygnałowy w.cz. należy dostroić do częstotliwości 4,915 MHz, podłączyć do punktu T7 i ustawić napięcie wyjściowe tak, aby usłyszeć ton w głośniku. Przeszranianie go powoduje zmianę tonu m.cz. w głośniku i pozwala na wstępną ocenę charakterystyki przenoszenia filtra kwarcowego nawet w warunkach niedopasowania go na wejściu. Dokładniejszy pomiar charakterystyki wymaga podłączenia równolegle do głośnika woltomierza m.cz. lub wejścia systemu dźwiękowego komputera wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie.

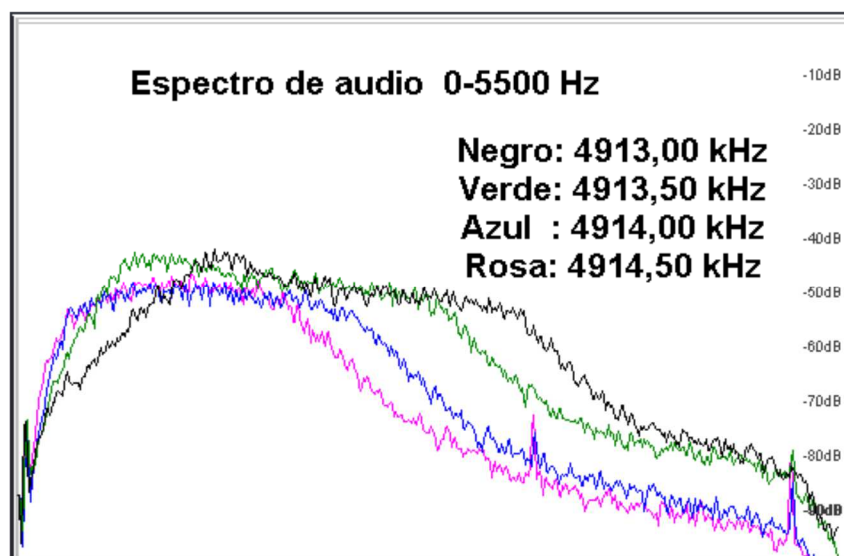
Dokładny wykres charakterystyki przenoszenia filtra otrzymuje się przesłuchując generator w.cz. w takim zakresie aby uzyskać na wyjściu słyszalny ton i mierząc napięcie na zaciskach głośnika a następnie nanosząc te dane na wykres.

Wpływ poszczególnych stopni filtra na jego charakterystykę można zbadać przełączając generator z punktu T7 kolejno na górną końcówkę kondensatora C16, dolną końcówkę kondensatora C17, górną końcówkę C18 albo prawą C19. Odpowiada to przeniesieniu punktu zasilania sygnałem w.cz. w kierunku wyjścia filtra kolejno o pojedynczy człon. Zmniejszające się tłumienie powoduje wzrost poziomu sygnału wyjściowego ale jednocześnie zauważalnie poszerza się pasmo przenoszenia. W przypadku podłączenia generatora do wyjścia filtra kwarcowego (kondensatora C19) jedynym stopniem selektywnym toru odbiornika jest przedwzmacniacz m.cz. Nie zapewnia on tłumienia drugiej wstęgi bocznej a więc w głośniku słyszalne są obie. Interesujące może być porównanie charakterystyk przenoszenia dla obu wstęg czyli dla częstotliwości powyżej i poniżej częstotliwości pracy BFO.

Można także podłączyć do wymienionych punktów generator szumów i obserwować na ekranie analizatora widma charakterystykę częstotliwościową odbiornika i jej zmienność w zależności od liczby wykorzystywanych stopni filtra (liczby kwarców, przez które przechodzi sygnał) – nie zapominając przy tym o selektywności przedwzmacniacza m.cz.

Na ilustracji poniżej poszczególne wykresy odpowiadają częstotliwościom dostrojenia BFO: wykres czarny – 4913 kHz, zielony – 4913,5 kHz, niebieski – 4914 kHz i różowy – 4914,5 kHz. Przeszranianie BFO powoduje wyraźną i widoczną na wykresach zmianę barwy dźwięku szumów.

Wynik pomiaru za pomocą generatora szumów zawiera składowe obu wstęg bocznych, których wpływ nie daje się odseparować od siebie. Można to zrobić jedynie podając na wejście sygnały sinusoidalne o częstotliwościach odpowiadających drugiej (niepożądaney) wstędze bocznej.



## Trzecia sesja. Stopnie Va, Vb, VIa i VIB. Odbiornik na pasmo 7 MHz

Jej przebieg może różnić się w zależności od rodzaju użytego generatora VFO. W razie odkładania decyzji na później najlepiej uruchomić prowizorycznie wewnętrzny generator VXO używając ewentualnie zamiast podanej w opisie cewki pierścieniowej L6 fabrycznego dławika o indukcyjności 10–15  $\mu\text{H}$ .

Przed rozpoczęciem montażu należy pobrać z arkusza potrzebne podzespoły związane z wymienionymi w tytule stopniami lub wyjąć je z torebki.

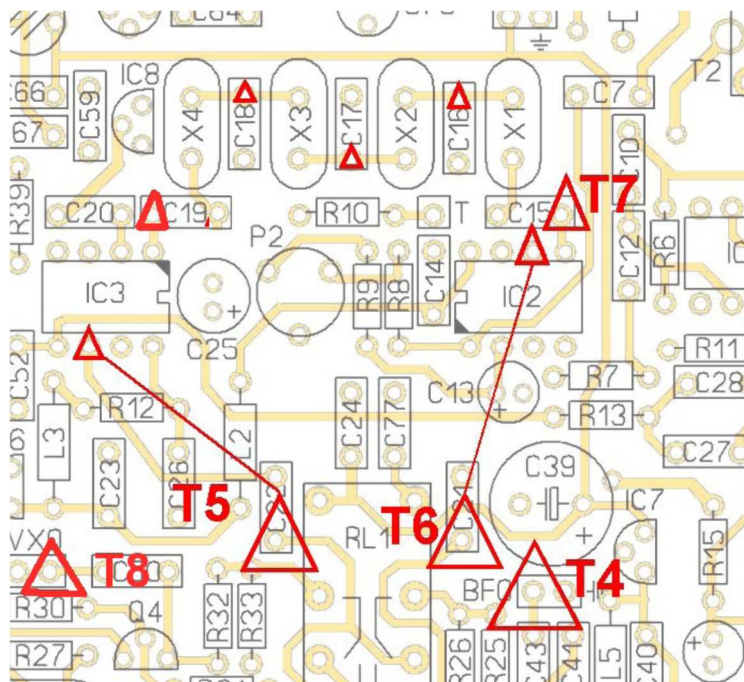
### Wariant dla zewnętrznego generatora VFO

Należy wlutować C50, R32 i R33 (stopień Va) w pobliżu złącza VXO. Dalsze instrukcje montażowe dla syntezeru Iler-DDS podano w jego opisie.

### Uruchomienie

#### **Doprowadzenie sygnału generatora (VFO) do mieszacza odbiorczego (przy odbiorze) i modulatora zrównoważonego (przy nadawaniu).**

Sygnal z zewnętrznego generatora sterującego należy doprowadzić do kontaktów oznaczonych VXO zwracając uwagę na należyte podłączenie przewodu gorącego i masy. Następnie należy sprawdzić czy sygnał 12 MHz dochodzi do mieszacza odbiorczego. W stanie odbioru (przełącznik w spoczynku) musi on występować na punkcie pomiarowym T6 (po prawej stronie przełącznika, na dolnej końcówce C21 albo na nóżce 6 IC2), a w stanie nadawania –przełącznik przyciągnięty – na punkcie pomiarowym T5 (po lewej stronie przełącznika na dolnej końcówce C22 albo na nóżce 6 IC3). Dzięki temu, że BFO zostało już uruchomione wcześniej przy przejściu z odbioru na nadawanie w punkcie T6 następuje zmiana częstotliwości sygnału z 12 MHz na 4,913 MHz a w punkcie T5 – odwrotna. Napięcia sygnałów na odpowiednich nóżkach obwodów scalonych są niższe ponieważ przechodzą one przez kondensatory 220 pF – można to zauważyć na oscyloskopie lub mierząc napięcia za pomocą sondy diodowej w.cz.





## Wewnętrzny generator sterujący VXO

W przypadku gdy planowane jest korzystanie stale z zewnętrznego generatora VFO takiego jak ILER-DDS konstrukcji EA3GCV, OFV-900 konstrukcji EC5ACP lub innego dowolnego analogowego lub cyfrowego można zrezygnować z montażu pozostałych elementów stopnia Va. Stopień ten znajduje się w dolnym lewym rogu płytki drukowanej.

Dla korzystania z VXO konieczne jest wlutowanie wszystkich pozostałych elementów należących do stopnia Va rozpoczynając od wlutowania kwarców. Należy ostrożnie rozgiąć wyprowadzenia i umieścić kwarcie na płycie drukowanej podkładając plastikową podkładkę zapewniającą ich odstęp od obwodu drukowanego. Następnie należy przygotować do wlutowania kondensator zmienny. Na śrubki służące do umocowania kondensatora na płycie czołowej należy nałożyć co najmniej po jednej nakrętce zapobiegającej wkręceniu ich zbyt głęboko co mogłoby uszkodzić płytkę kondensatora. Dławik L7 powinien być umieszczony na wysokości ok. 2-3 mm nad powierzchnią płytki. Na czas dalszego montażu można prowizorycznie zamiast pierścieniowej cewki L6 wlutować dławik o indukcyjności około 15  $\mu\text{H}$  i w ten sposób ustrzec ją przed uszkodzeniem.

### Uruchomienie

**Wstępny pomiar częstotliwości i zakresu przestrajania.** Poziom sygnału mierzony jest w punkcie pomiarowym T8 (na złączu VXO) za pomocą oscyloskopu lub diodowej sondy w.cz.

Do pomiaru częstotliwości pracy i zakresu przestrajania można użyć odbiornika krótkofalowego dostrojonego do około 12 MHz (jako anteny należy użyć kawałka izolowanego przewodu położonego na płycie lub w jej pobliżu, ale nie połączonego elektrycznie z układem). Może to być także odbiornik programowalny (SDR) co ułatwi ustalenie zakresu przestrajania. Pomiaru częstotliwości można dokonać też za pomocą częstościomierza podłączonego poprzez opornik 470  $\Omega$  lub kondensator 22 pF dla odseparowania jego wejścia od układu generatora.

Pomiarów zakresu przestrajania należy dokonać dla obu skrajnych pozycji kondensatora oddzielnie dla zworki w położeniach A i B (zakresów A i B). Wartości te, podobnie jak i pozostałe wyniki pomiarów dobrze jest zapisać w oddzielnym protokole. Ułatwi to ocenę wyników dalszych prac, usprawnień i czynności strojeniwych.

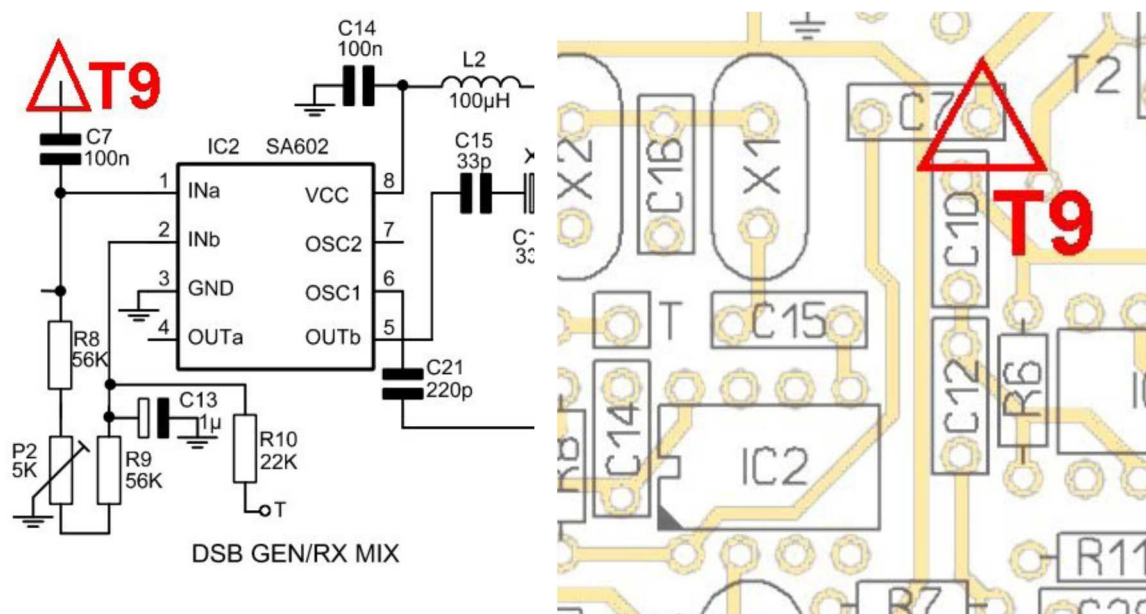
### **Doprowadzenie sygnału generatora (VFO) do mieszacza odbiorczego (przy odbiorze) i modulatora zrównoważonego (przy nadawaniu).**

Sygnały z generatora sterującego (VXO) i dudnieniowego (BFO) doprowadzane są do tych samych punktów układu ale na przemian przy nadawaniu i odbiorze.

W trakcie odbioru (przełącznik N-O w stanie spoczynku) sygnał VXO jest doprowadzony do punktu pomiarowego T6 (kondensatora C22 i nóżki 6 IC3) po lewej stronie przełącznika RL1 a w trakcie nadawania – naciśnięty przycisk N-O („PTT”) – do punktu T6 (kondensatora C21 i nóżki 6 IC2) po prawej stronie przełącznika. Poziom sygnału na nóżkach obwodów scalonych jest niższy ponieważ są one doprowadzone przez kondensatory 220 pF. Pomiaru napięcia dokonuje się za pomocą oscyloskopu lub sondy diodowej.

## Mieszacz w.cz.

Zawiera podzespoły z grupy Vb i znajduje się w środkowej części płytki.



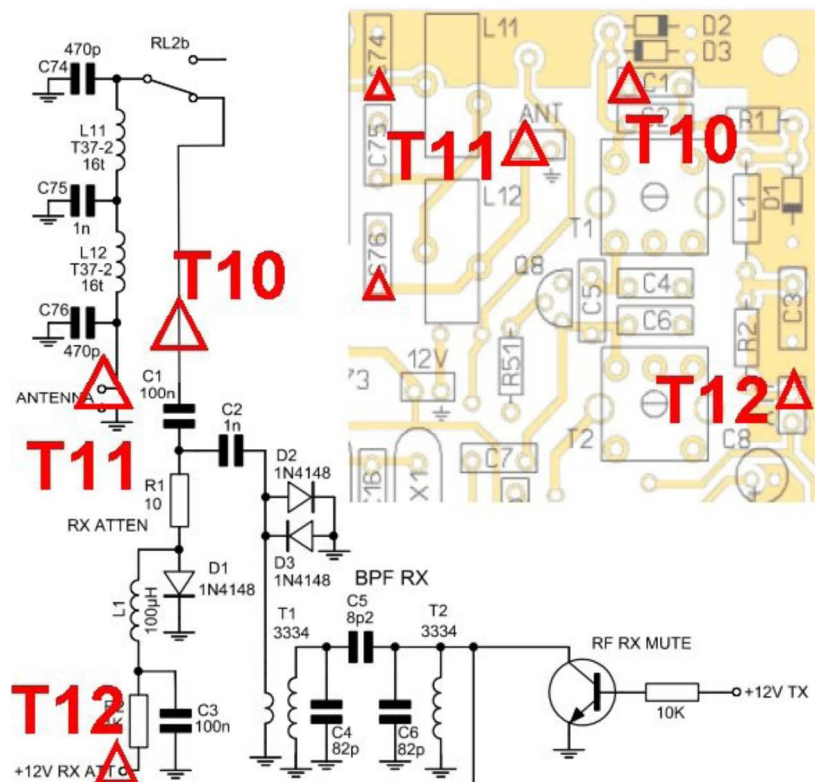
## Uruchomienie

**Odbiór w paśmie 7 MHz.**

Po włożeniu IC2 do podstawki otrzymujemy kompletny odbiornik na pasmo 7 MHz. W celu sprawdzenia jego pracy należy do punktu T9 (prawego wyprowadzenia kondensatora C7) doprowadzić sygnał o częstotliwości 7,080 MHz i przestrajać odbiornik aż do uzyskania odbioru. Korzystając z zewnętrznego generatora takiego jak ILER-DDS albo OFV-900 należy włączyć tłumik aby nie uszkodzić odbiornika. Do punktu T9 można też prowizorycznie podłączyć antenę ale należy liczyć się z możliwością wystąpienia modulacji skrośnej.

## Obwód wejściowy odbiornika

Na obwody wejściowe odbiornika składają się elementy z grupy VIa. W trakcie montażu należy zwrócić szczególną uwagę na polaryzację diod.



### Uruchomienie

#### **Strojenie filtra pasmowego.**

Sygnal 7,080 MHz o niskim napięciu z generatora należy doprowadzić do punktu T10 (lewe wyprowadzenie kondensatora C1). Cewki T1 i T2 należy dostrajać rdzeniami na przemian (ze względu na ich wzajemne oddziaływanie na siebie) na maksimum sygnału odbieranego zmniejszając ewentualnie w marę wzrostu poziomu sygnału napięcie generatora. Konstruktorzy nie dysponujący generatorem mogą do tego punktu podłączyć antenę.

#### **Sprawdzenie wpływu tłumika.**

W celu sprawdzenia pracy tłumika należy zewrzeć ze sobą kontakty oznaczone „ATT” lub doprowadzić do punktu T12 napięcie +12 V. Powinno dać się zauważyć wyraźne stłumienie sygnału odbieranego.

### Filtr dolnoprzepustowy nadajnika (nawinięcie i pomiary cewek)

Na tym etapie należy zamontować wszystkie podzespoły z grupy VIb. Cewki należy nawijać ze szczególną starannością w sposób podany w instrukcji a następnie oczyścić ich końce i rozciągnąć uzwojenia tak aby zajmowały 270° (3/4) obwodu rdzenia. Emalię z końców przewodu można usunąć nożem albo drobnoziarnistym papierem ściernym aż do uzyskania czystej i lśniącej powierzchni miedzi a następnie równomiernie pocynować ze wszystkich stron. W razie zauważenia resztek emalii należy je usunąć w podany uprzednio sposób. Indukcyjności cewek dla Ilera-40 powinny wynosić około 1,02  $\mu\text{H}$ . Pomiaru można dokonać miernikiem L/C jeżeli jest do dyspozycji.

### Uruchomienie

Dla sprawdzenia prawidłowości wlutowania cewek należy zmierzyć oporność między wyjściem przekładnika antenowego (dolną końcówką kondensatora C74) i dolną końcówką kondensatora C76. Oporność ta powinna praktycznie wynosić 0  $\Omega$ .

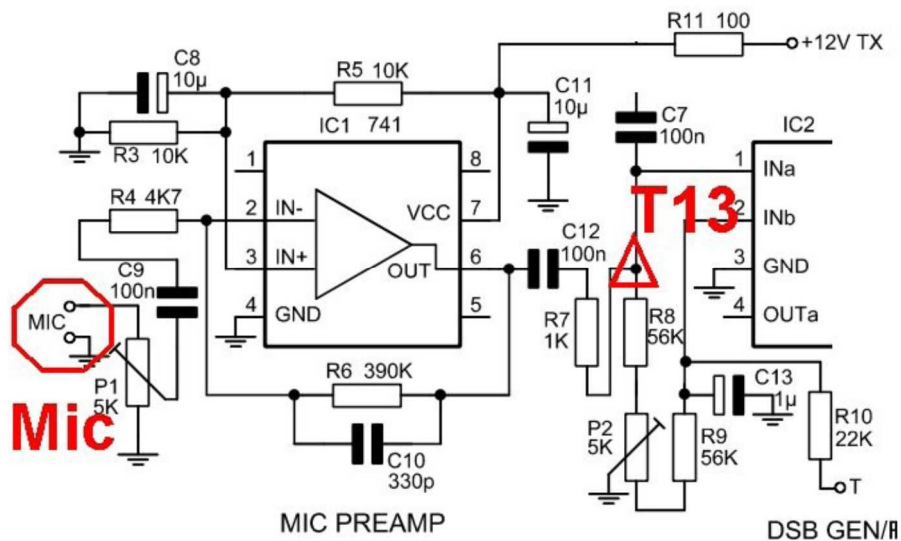
Po pozytywnym zakończeniu poprzednich kroków można dokonać próby odbioru podłączając antenę do gniazda antenowego (T11).

## Sesja 4. Montaż nadajnika (stopni VIIa, VIIb, VIII i tranzystora mocy)

Przed rozpoczęciem montażu należy przygotować potrzebne podzespoły dla stopni VIIa, VIIb i VIII.

### Przedwzmacniacz mikrofonowy

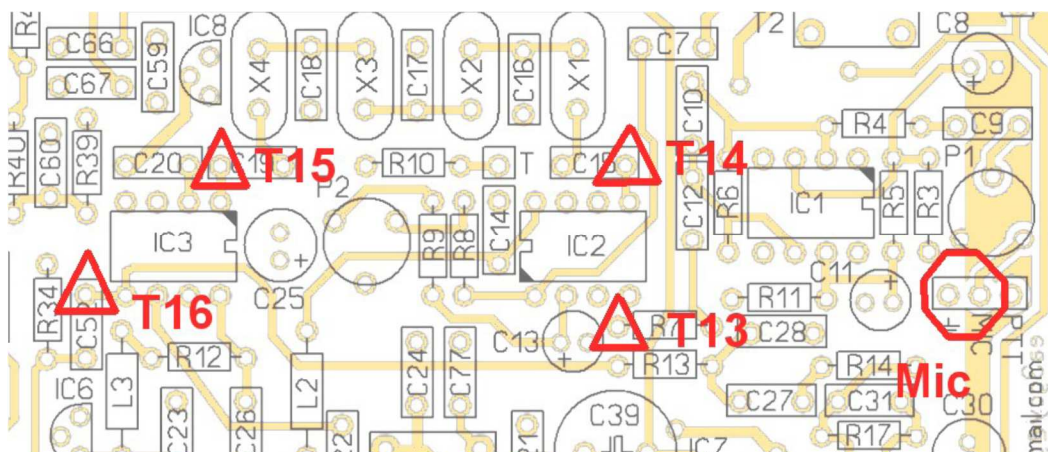
Przedwzmacniacz znajduje się po prawej stronie płytki i zawiera elementy z grupy VIIa.



### Uruchomienie

Przed rozpoczęciem uruchamiania należy potencjometry P1 i P2 ustawić w położeniu środkowym.

### Próby pracy z doprowadzonymi sygnałami dźwiękowymi.



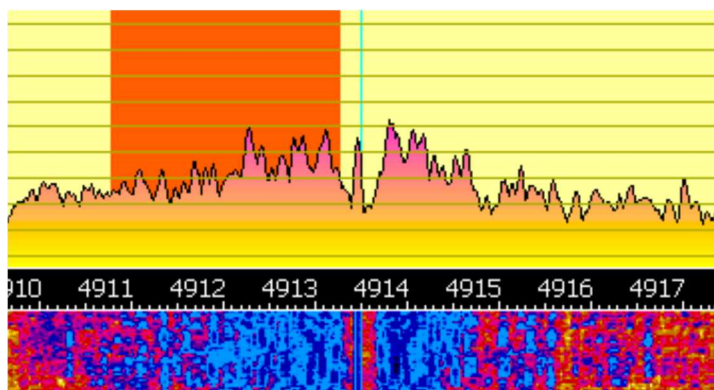
W celu przeprowadzenia prób pracy nadajnika (poza modulatorem zrównoważonym) należy na jego wejście doprowadzić sinusoidalne sygnały m.cz., sygnał szumu lub nawet muzykę. Źródłem sygnałów sinusoidalnych lub szumów może być generator sygnałowy m.cz. lub komputer PC z odpowiednim programem. Napięcie doprowadzone do wejścia mikrofonowego powinno wynosić około 5–50 mV.

Pomiaru sygnału wyjściowego w punkcie T13 (ścieżka po prawej stronie opornika R7) dokonuje się za pomocą oscyloskopu albo PC z programem do obserwacji oscyloskopowych lub widma.

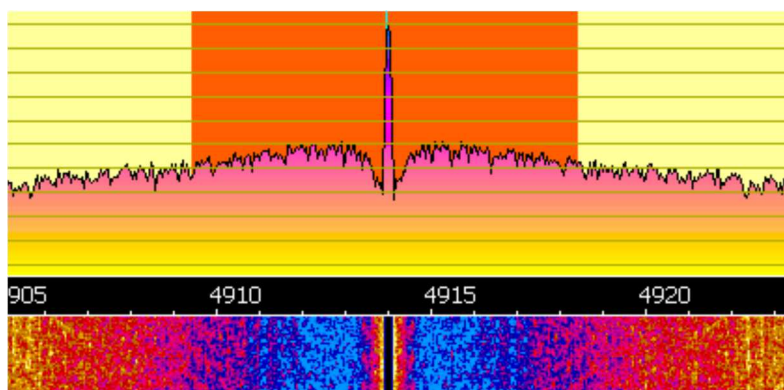
Użycie muzyki do prób nadajnika SSB może wydać się dziwne ale w przypadku korzystania z odbiornika programowalnego (SDR) zastosowanie pojedynczego tonu nie pozwala na stwierdzenie czy należy on do wstęgi dolnej czy górnej. Sygnał muzyczny pozwala na odróżnienie obu wstęg.

### Transmisja sygnału dwuwstęgowego bez fali nośnej (DSB) 4,915 MHz

Na wyjściu modulatora zrównoważonego IC2 (punkt T14, prawa końcówka kondensatora C15) występuje w trakcie nadawania sygnał dźwiękowy ze stłumioną falą nośną (sygnał DSB) o częstotliwości około 4,915 MHz zależnej od częstotliwości dostrojenia BFO. Po podłączeniu anteny do tego punktu można odbierać na odbiorniku KF jego wstęgę dolną lub górną. Na odbiorniku panoramicznym – programowalnym (SDR) – widoczne są obie wstęgi symetrycznie w stosunku do wytłumionej nośnej. Do wzrokowej obserwacji sygnału do wejścia mikrofonowego można doprowadzić sygnał mowy lub muzyki z komputera albo innego źródła albo też podłączyć mikrofon i mówić do niego.



Modulacja muzyką



Modulacja szumem białym

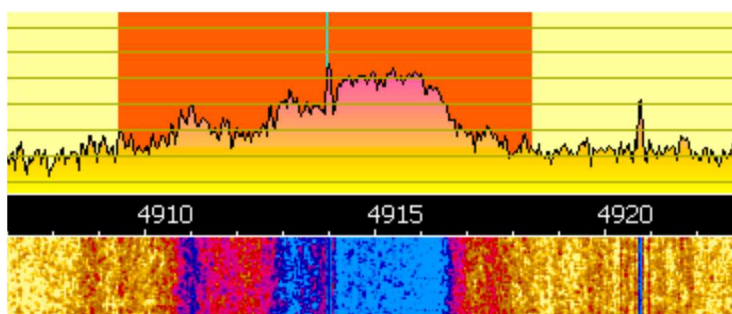
### **Punkt T (rozwównażenie modulatora).**

Zwarcie punktu T do masy powoduje rozrównażenie modulatora i pojawienie się nośnej w sygnale zmodulowanym w punkcie T14.

### **Odbiór wstęgi górnej 4,914 MHz za filtrem.**

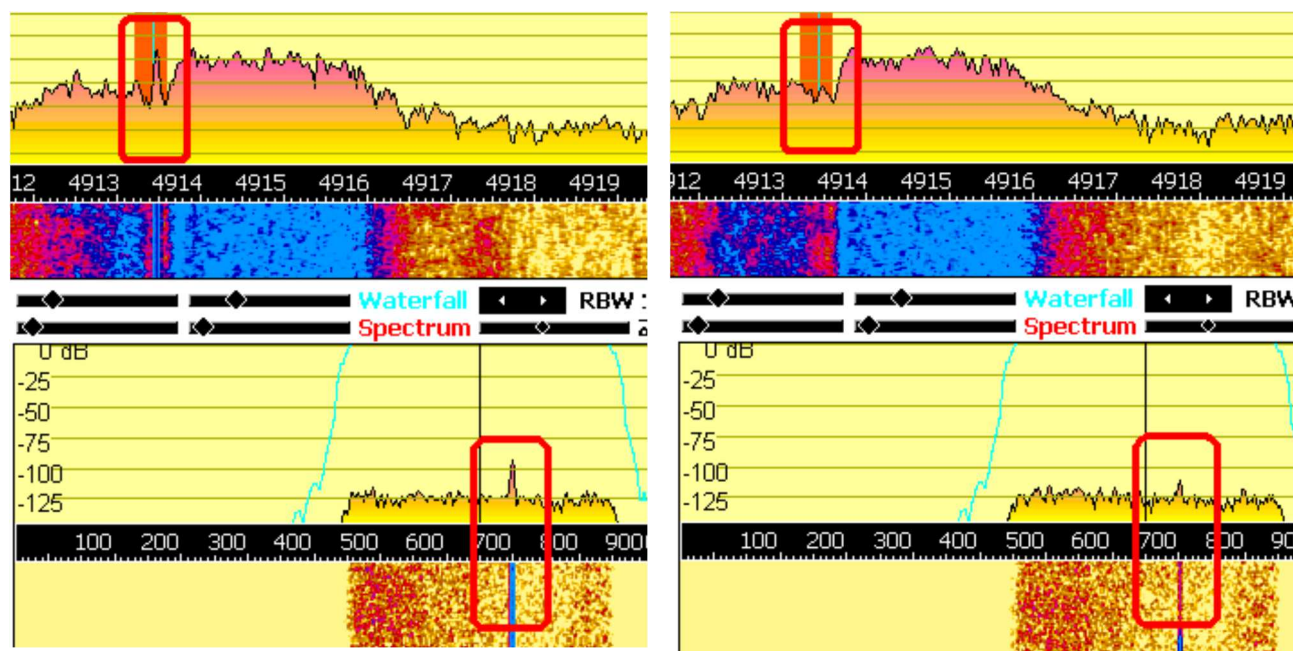
Po przejściu przez filtr kwarcowy sygnał w punkcie T15 (lewa końcówka kondensatora C19) zawiera tylko jedną – pożądaną górną – wstęgę boczną a druga z nich ulega stłumieniu.

niu. Obserwując sygnał w punktach położonych pomiędzy wejściem filtra (T14) i jego wyjściem (T15) zauważamy rosnące tłumienie niepożądanego wstęgu bocznego, z tym że nie zostaje on całkowicie wyeliminowany. Pozwala to uzmysłowić sobie stopień tłumienia niepożądanego wstęgu.



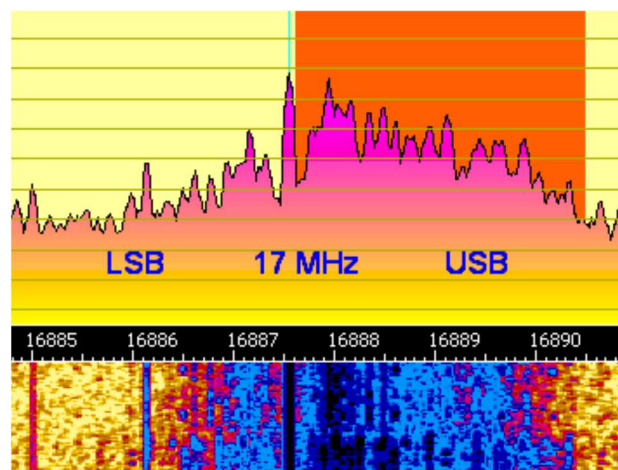
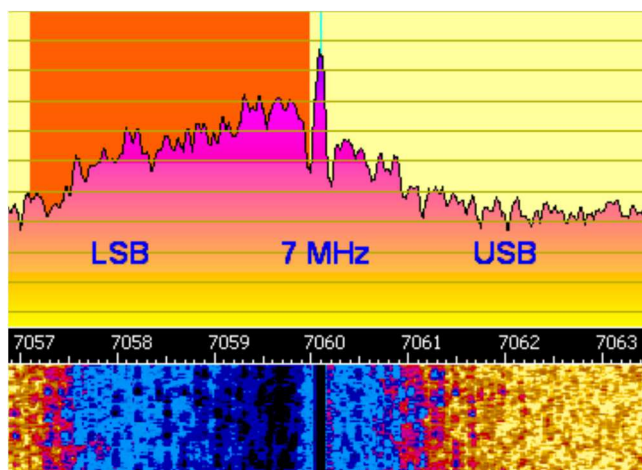
### Wstępna regulacja zrównoważenia modulatora.

Należy zwrócić do masy wejście mikrofonowe i ustawić potencjometr P2 na minimum sygnału w punkcie T14. Napięcie w tym punkcie można mierzyć za pomocą oscyloskopu albo diodowej sondy w.cz. Można także użyć odbiornika programowalnego (SDR) dostrojonego do częstotliwości 4,913 MHz. W przypadku doprowadzenia do wejścia mikrofonowego sygnału m.cz. (tonu, szumów lub muzyki) należy dążyć do ustawienia minimum poziomu nośnej.



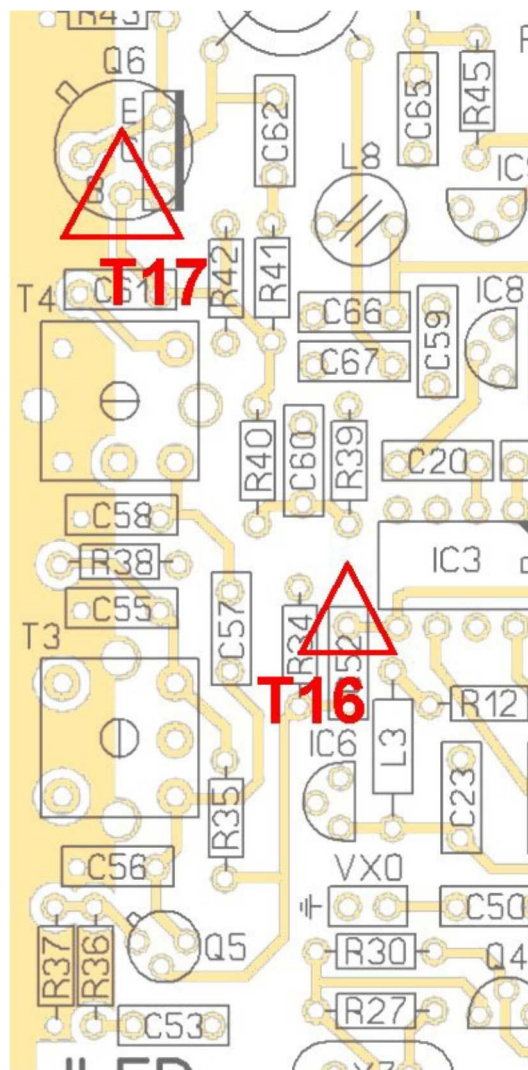
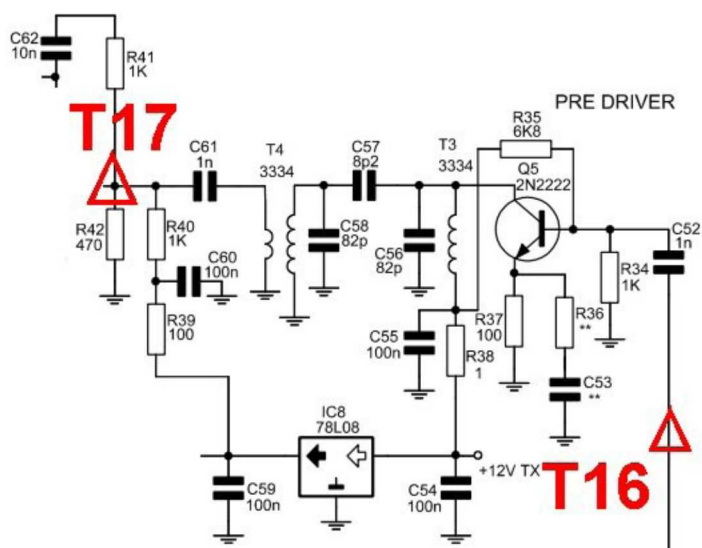
### Obserwacja sygnału wyjściowego mieszacza w.cz.

W punkcie T16 (górną końcówką kondensatora C52) znajdującym się przed mieszaczem można zaobserwować składowe sumy i różnice częstotliwości VFO i BFO ale nie występują tam obie częstotliwości generatorów. Ich poziom można zmierzyć za pomocą sondy diodowej. Korzystając z odbiornika zwykłego lub panoramicznego (SDR) można upewnić się, że nie występują tam składowe 12 i 4,913 MHz. Sygnał musi natomiast zawierać składowe różnicy ( $11,974 - 4,914 = 7,060$  MHz; LSB) i sumy ( $11,974 + 4,915 = 16,888$  MHz; USB) obu częstotliwości.



Pierwszy wzmacniacz toru nadawczego

Zawiera podzespoły z grupy VIIb.



## Uruchomienie

### Pomiar poziomu na wyjściu i strojenie filtra pasmowego.

Potencjometr P1 należy ustawić w położeniu środkowym. W punkcie pomiarowym T17 (na bazie tranzystora Q6) występuje wzmacniony i odfiltrowany sygnał w.cz.

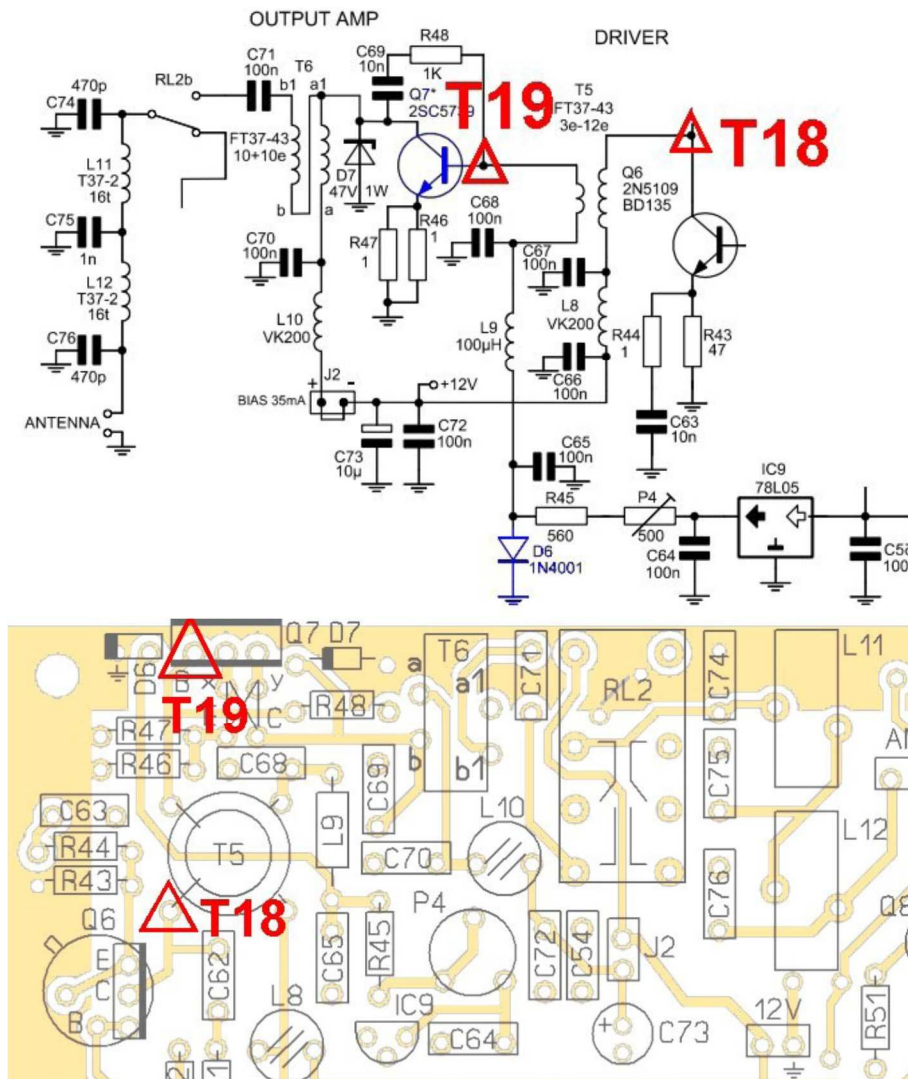
Na wejście mikrofonowe należy podać sygnał sinusoidalny o napięciu około 20 mV i częstotliwości 800-1000 Hz. Cewki T3 i T4 należy dostroić rdzeniami (obracając je za pomocą niemetalowego stroika) na maksimum sygnału w punkcie T17. Poziom sygnału jest mierzony za pomocą oscyloskopu, sondy diodowej albo odbiornika krótkofalowego wyposażonego w miernik siły sygnału). Na podstawie napięć sygnału w punktach T16 i T17 można obliczyć wzmacnienie stopnia.

### Odbiór sygnału LSB na 7,1 i USB na 16,915 MHz.

Po dostrojeniu filtra pasmowego na 7,1 MHz sygnał na tej częstotliwości będzie miał wysoki poziom a na częstotliwości 16,915 MHz powinien prawie całkowicie zniknąć.

## Stopień sterujący nadajnika

Należy zamontować wszystkie podzespoły z grupy VIII z wyjątkiem tranzystora Q7 i diody D6. Cewka powinna być umieszczona 2-3 mm ponad płytką drukowaną. Uwaga: tranzystor typu 2SC5739 został obecnie zastąpiony przez 2SC1969. Wartość opornika R45 uległa zmianie z 680  $\Omega$  na 270  $\Omega$  (czerwony-fioletowy-brązowy)







## Uruchomienie

Uwaga: przed rozpoczęciem uruchamiania należy ustawić potencjometr P4 w lewej pozycji (obrót w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówek zegara) aby baza tranzystora była spolaryzowana minimalnym napięciem co zabezpieczy tranzystor przed uszkodzeniem.

**Nie należy uruchamiać i stroić wzmacniacza bez radiatora.**

### **Ustawienie polaryzacji bazy tranzystora mocy (prądu spoczynkowego).**

Przed rozpoczęciem pracy należy do wyjścia antenowego T21 podłączyć sztuczne obciążenie (sztuczną antenę) o obciążalności co najmniej 5 W. Do złącza J2 (punkt T20) należy podłączyć miliamperomierz o zakresie co najmniej 100 mA. Obwód scalony mieszacza w.cz. (IC3) należy wyjąć z podstawki aby uniemożliwić wymodulowanie nadajnika. Po włączeniu zasilania i naciśnięciu przycisku nadawania („PTT”) należy powoli obracać potencjometr P4 tak aby prąd spoczynkowy mierzony na kontaktach J2 wzrósł do 40–45 mA dla tranzystora 2SC1969 (45–50 mA dla 2SC5739). Po zakończeniu regulacji należy odłączyć miliamperomierz i zewrzeć kontakty J2 za pomocą zworki.

### **Moc wyjściowa.**

Wzmacniacz mocy jest w dalszym obciążony anteną sztuczną. Należy włożyć obwód IC3 do podstawki, do wejścia mikrofonowego doprowadzić sygnał o napięciu około 20 mV i przejść na nadawanie. Dostrojenie filtra pasmowego T3, T4 należy skorygować aż do uzyskania maksimum mocy wyjściowej.

Dodatkowo można też skorygować tłumienie nośnej czyli stopień zrównoważenia modulatora. po usunięciu IC1 należy obrócić potencjometr P1 na minimum – w lewo (w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówek zegara) – przejść na nadawanie i za pomocą potencjometru P2 ustawić minimum mocy wyjściowej. Po zakończeniu czynności należy ponownie włożyć IC1 do podstawki i ustawić potencjometr P1 w poprzednim położeniu.

### **Modulacja.**

Ustawienie potencjometru P1 zależy od typu użytego mikrofonu. Ustawienie optymalnego poziomu modulacji polega na powolnym obracaniu potencjometru P1 do czasu kiedy moc wyjściowa przestanie wzrastać a nawet nieco spadnie. Oznacza to wejście stopnia mocy nadajnika w nasycenie i początek powstawania zniekształceń nieliniowych poszerzających nadmiernie widmo nadawanego sygnału.

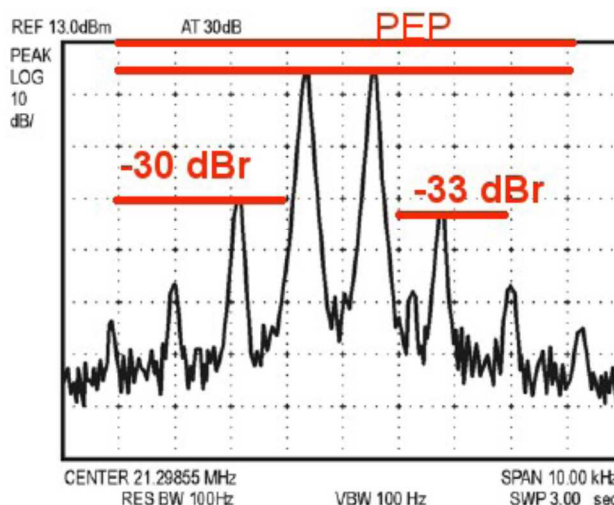
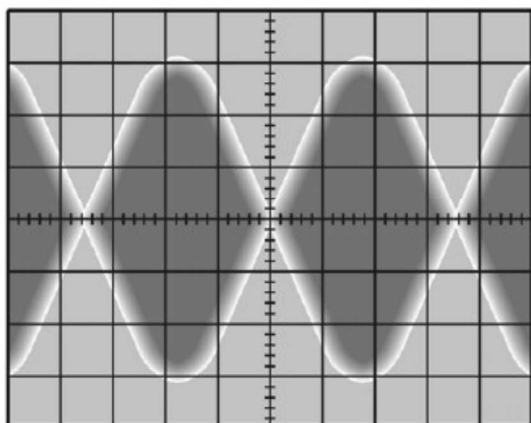
Można także użyć generatora dwutonowego jako źródła modulacji. Korzystnymi częstotliwościami sygnałów generatora są 700 i 1900 Hz.

Obwiednię sygnału w.cz. należy obserwować na oscyloskopie tak aby w porę zauważyć zmianę jej kształtu. Możliwa jest także obserwacja widma nadawanego sygnału np. za pomocą odbiornika panoramicznego (SDR) podłączonego przez tłumik o tłumieniu co najmniej 40 dB dla zapobieżenia jego uszkodzeniu.

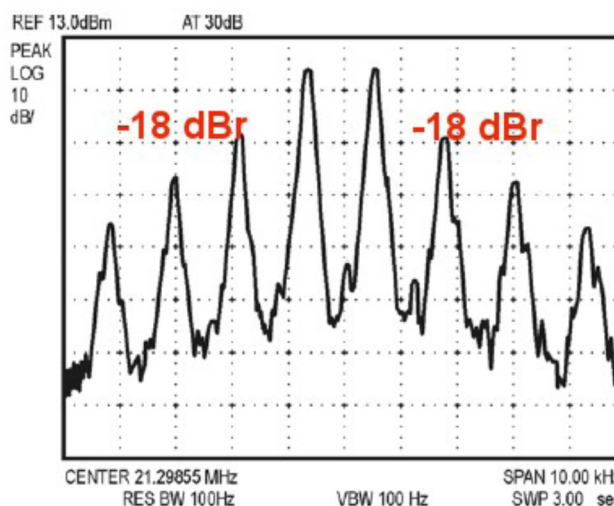
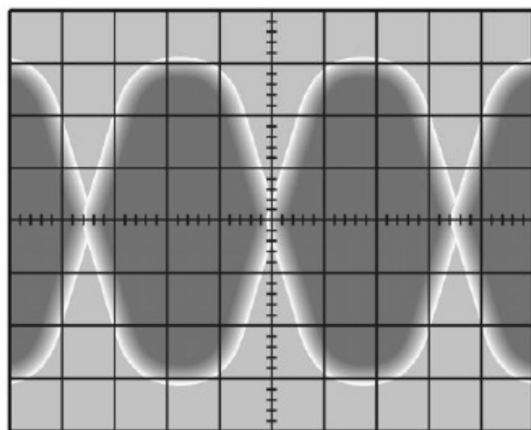
Sygnał prawidłowy zawiera dwie główne składowe odpowiadające tonom modulującym i składowe powstające w wyniku ich zmieszania. Odstęp między nimi a szczytową amplitudą sygnału nadawanego (wyższą o 6 dB) od każdej ze składowych tonów modulujących powinien wynosić co najmniej 27–30 dB (patrz: [www.elecraft.com/manual/2T-Gen\\_Manual\\_Rev\\_B.pdf](http://www.elecraft.com/manual/2T-Gen_Manual_Rev_B.pdf)).

W górnej części poniższej ilustracji przedstawiona jest sytuacja pożądana (prawidłowa) a w dolnej stan przemodulowania. Ilustracja pochodzi z podanej powyżej instrukcji Elecrafta.

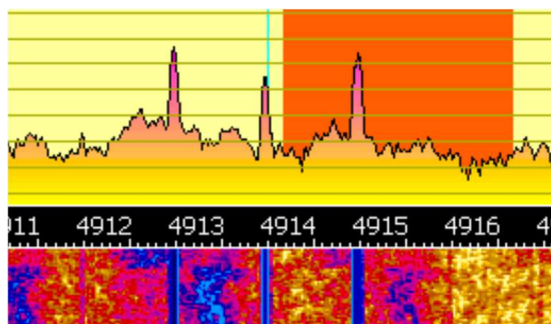
CORRECTO



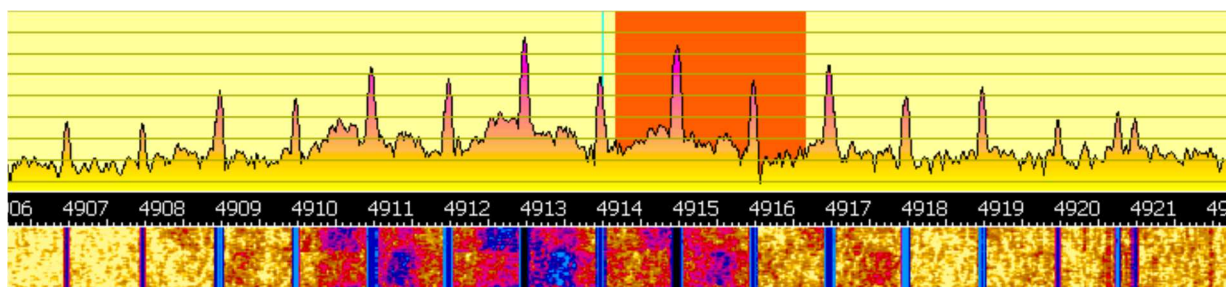
SOBREMULADO



Efekt ten można także zaobserwować na modulatorze zrównoważonym. Doprowadzenie pojedynczego tonu o niskim poziomie powoduje powstanie na jego wyjściu dwóch sygnałów odpowiadających obu wstęgom bocznym i odległych od nośnej o +/- 1 kHz.



Po zwiększeniu stopnia wymodulowania przez doprowadzenie sygnału dwutonowego (1 i 2 kHz) na wyjściu modulatora pojawiają się składowe intermodulacyjne o częstotliwościach 3, 4, 5 i 6 kHz oraz wyższych.



### Sygnalizacja nadawanie-odbiór

Nie jest ona niezbędna i może być pominięta wedle uznania konstruktora (obniża to nieznacznie pobór prądu). Dioda włączona prawidłowo świeci na zielono w trakcie odbioru a na czerwono – w trakcie nadawania.

Po zakończeniu opisanych prac radiostacja jest gotowa do użycia.