

TRX 3,5 / 7 MHz CW/SSB

*KaeFeLek*



## Projekt transceivera budowanego w klubie SP2KFL Włocławek

Główne parametry:

IP3 + 23dbm , czułość mniej niż 1uV, filtry 6 kwarcowe 10MHz szer. 2600 i 500 Hz dodatkowo regulowany 3 kwarcowy filtr o szerokości 500-2800 Hz przed detektorem. Wzmacniacz odb. + 10 db.

Mieszacz AD831, wzm. p.cz. 2 x AD602, detektor NE 602, obwody pasmowe cewki TOKO, kondensatory w.cz. C0G

Arw-det. AD8307 na pośredniej, z układem zawieszania automatyki, zakres automatycznej regulacji 88 db.

Synteza DDS z oprogramowaniem SP2FET

Moc nadajnika 20 Wat przy 12V, możliwość pracy przy napięciu 10,4 V ( moc wyjściowa 12 wat ) przy zachowaniu pozostałych parametrów.

Wszystkie obwody w.cz. przełączane przekaźnikami.

Wspólne układy N/O : Filtry LPF, Filtry Pasmowe , Mieszacz, Filtry Kwarcowe, DDS, BFO.

Zasilanie wewnętrzne stabilizatorem super LDO 10V.

Brak połączeń stałych między płytkami, za wyjątkiem PA.

Wykorzystanie obudów od radiotelefonów Radmor.

Płytki z zastosowaniem elementów THT, oraz SMD w rozmiarze nie mniejszym jak 1206.

Więcej informacji na: [www.sp2fp.profimot.pl/kaefelek.html](http://www.sp2fp.profimot.pl/kaefelek.html)

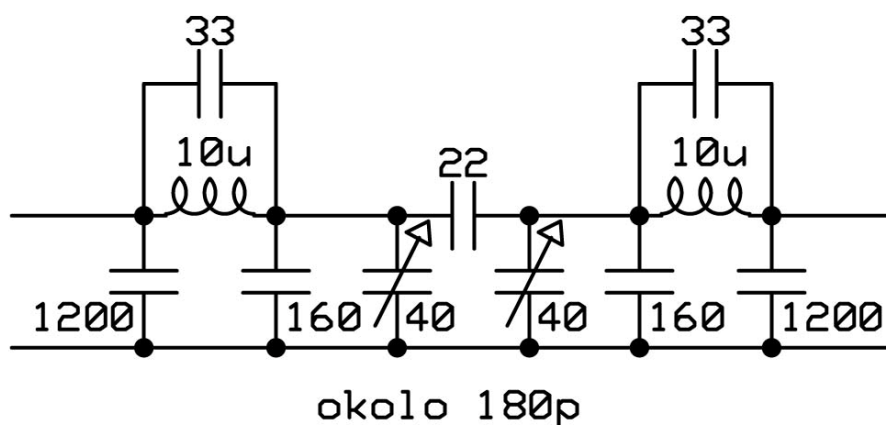
Konstruktor Paweł Bożenda SP2FP

Burzenin 2016

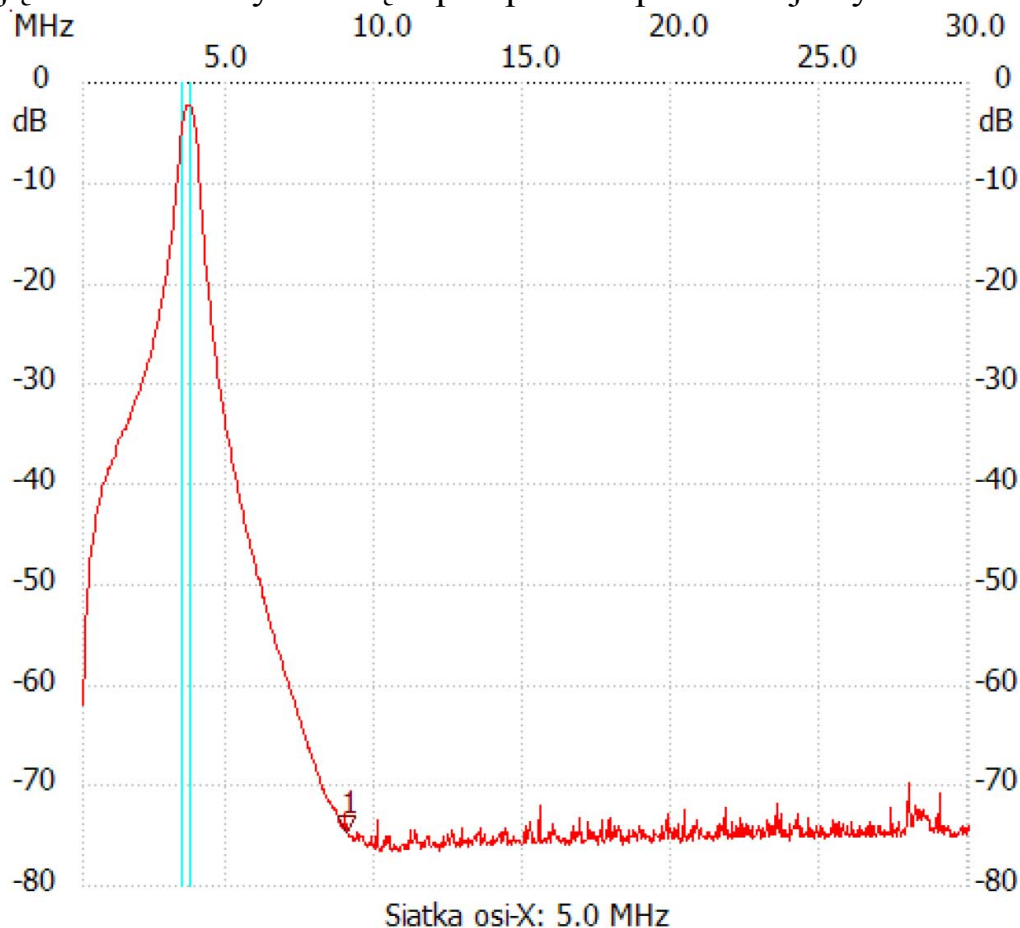
# Filtry pasmowe

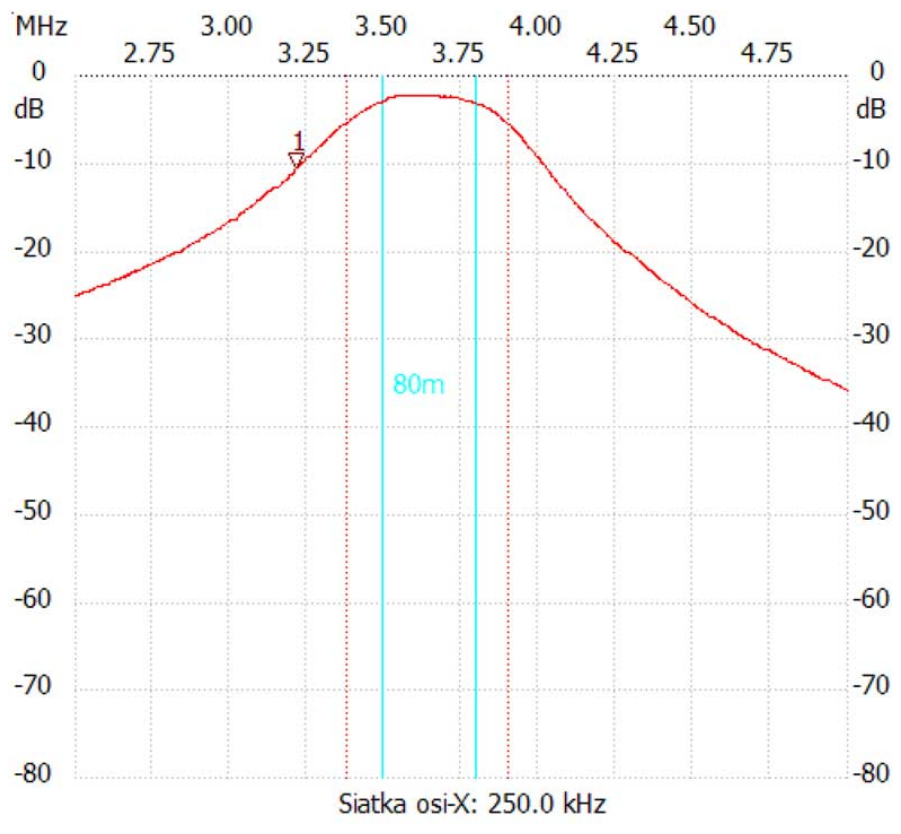
Tworząc różne konstrukcje, korzystając ze schematów i sprawdzonych rozwiązań często był niedosyt, albo do jakości uzyskanych parametrów, albo do nakładu pracy i słabej powtarzalności układu. W sieci natknąłem się na filtr pasmowy utworzony z dwóch ogniw PI mający zaskakująco dobre parametry w paśmie 3,5 MHz. Jako cewki 10uH zostały użyte fabryczne dławiki osiowe na ferrycie nawinięte drutem fi 0,4.

Ogniwa PI działają jak PI filer w obwodzie anodowym wzmacniacza - w tym wypadku transformują 50/1600 ohm - podbijając napięcie o 15db , i z powrotem 1600/50 . Mniejsza dobroć zapewnia szersze pasmo przenoszenia i mniejszą wrażliwość na niedopasowanie wej./wyj.



Dokładając kondensatory tworzące pułapki dla pośredniej uzyskałem taki wynik :



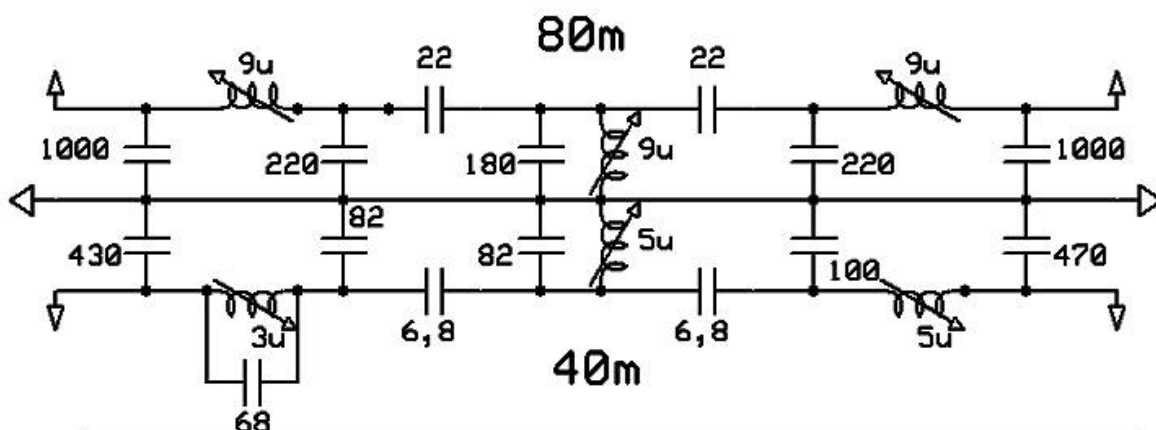


Bardzo ładne pasmo przenoszenia 3,5-3,8, zwiększając poj. kondensatora sprzęgającego można było jeszcze je wyrównać oczywiście kosztem zbczy. Dla 7 Mhz juz nie było tak różowo - Konstrukcja ogniwa pi jest w zasadzie filtrem dolnoprzepustowym, więc ukazało się gorsze zbcze w stronę dolnych częstotliwości .

Ponieważ taka konstrukcja nie wymagała wielkiej dokładności w nawijaniu cewek, ani robienia odczepu poszedłem dalej .

Dodałem trzeci obwód LC

## FILTRY PASMOWO PRZEESTOWE



Filtry Pasmowe 80 i 40 m

B P F Kaefelek

sp2fp

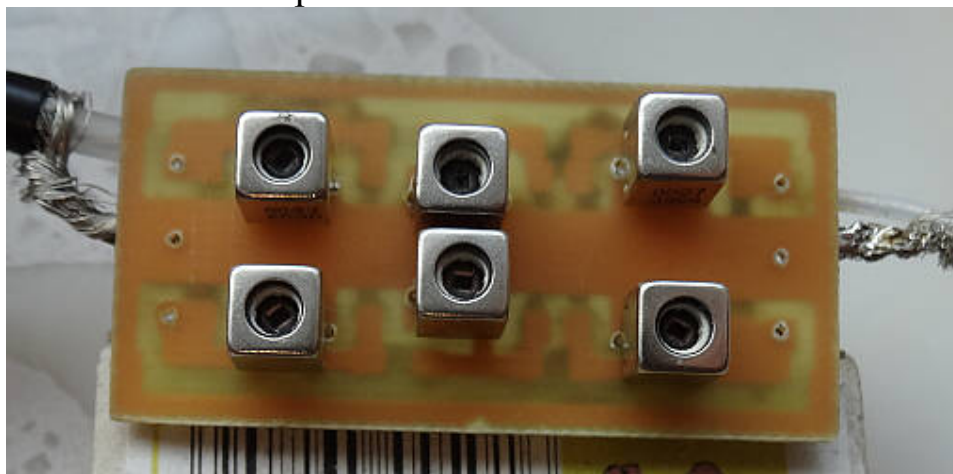
04-2015

Testy z dławikami wypadły bardzo dobrze - pod warunkiem że nie były to dławiki w obudowie rezystora 0,125W. W trxie trzeba było jednak zastosować już indukcyjności w ekranie - ponieważ BPF-y służą jako nadawcze i odbiorcze. Większość młodych majsterkowiczów słysząc o nawijaniu cewek, odczepów, strojenia - dostaje dreszczy. Zacząłem szukać gotowych cewek strojonych, aby wyeliminować trymery - które przy słabej jakości potrafią napsocić. Znalazłem miniaturowe cewki firmy TOKO w odpowiadającym zakresie indukcyjności.

[Toko 8.2  \$\mu\$ H RS](#)

Można je zakupić bezpośrednio w RS, ale również przez polskiego dystrybutora [www.mercateo.com.pl](http://www.mercateo.com.pl)

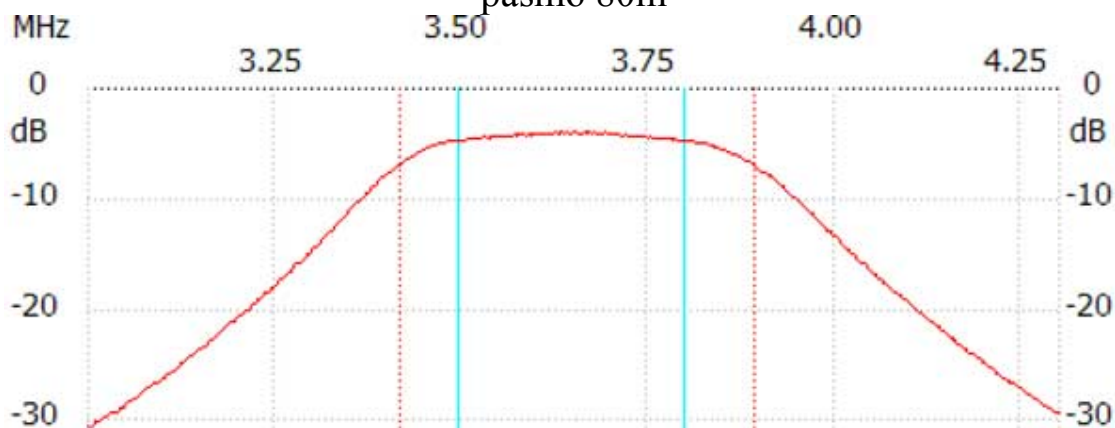
Cewki mają zakres regulacji około -5% do +20% więc ceweczka 8,2 spokojnie uzyskuje 10 uH. Kondensatory smd z dielektrykiem typu C0G zakupione w tme Pomiary ukazały wady miniaturyzacji - uzwojenia mają już widoczną rezystancję druciku 8,2 uH ma już 2,7 Ohma. Przekłada się to na większe tłumienie obwodu w porównaniu z dławikami.



Wyniki wg mnie są na tyle doskonałe, że stromość zboczy jest porównywalna z filtrami powietrznymi nawijanymi na strzykawkach. Dodatkowa zaletą samego typu układu filtra jest mała wrażliwość na dopasowanie wej-wyj do 50 Ohm. Zmiana w zakresie 30 - 80 Ohm nie zmienia wyraźnie pasma przenoszenia, ani częstotliwości środkowej. Pamiętajmy że nasze anteny nie mają w całym paśmie

swr 1:1

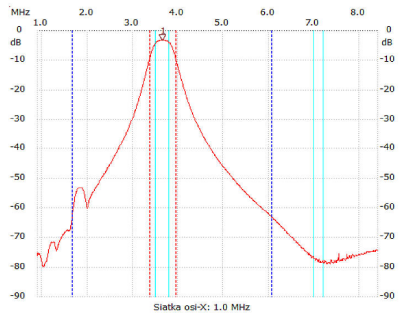
pasmo 80m



# Efekty poniżej !

NWT 4 Linux & Windows 08 kwiecień 2015, 22:31

Start\_częst: 0.890960 MHz; Stop\_częst: 8.393924 MHz; Krok: 7.518 kHz  
Próby: 999; Przerwanie: 0 uS



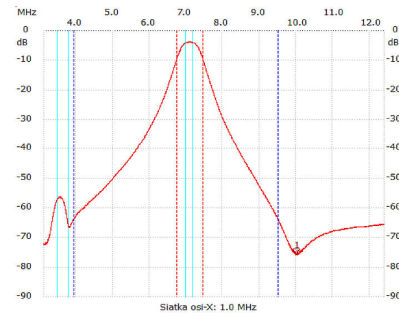
;no\_label

Kursor 1:  
3.642548 MHz  
Kanal 1: -3.29dB

Kanal 1  
max :-3.10dB 3.650066MHz  
min :-79.90dB 1.033802MHz  
B60dB : 578886.000 Hz  
f1: 3.364382 MHz  
f2: 3.943268 MHz  
B60dB : 4.413 MHz  
f1: 1.650278 MHz  
f2: 6.063344 MHz  
Shape-Faktor: 7.623377

NWT 4 Linux & Windows 08 kwiecień 2015, 22:34

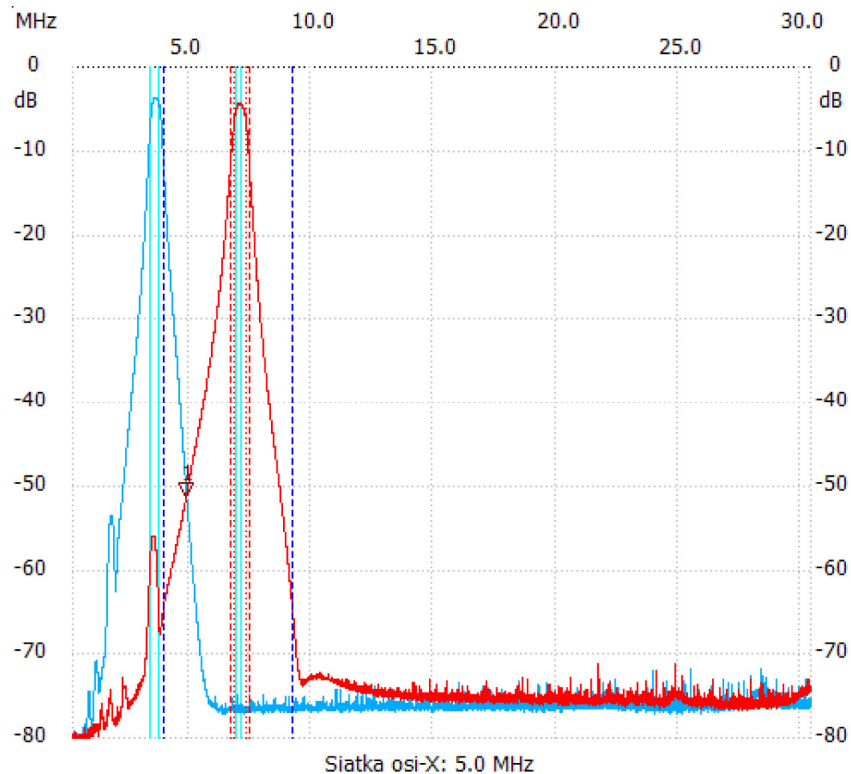
Start\_częst: 3.109600 MHz; Stop\_częst: 12.397742 MHz; Krok: 0.929 kHz  
Próby: 9999; Przerwanie: 0 uS



;no\_label

Kursor 1:  
9.996277 MHz  
Kanal 1: -75.64dB

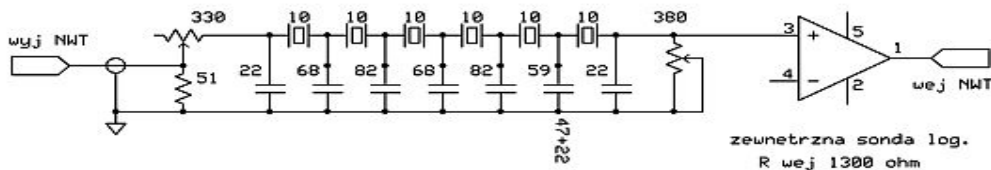
Kanal 1  
max :-3.68dB 7.065282MHz  
min :-75.83dB 9.973981MHz  
B60dB : 721833.000 Hz  
f1: 6.734558 MHz  
f2: 7.456391 MHz  
B60dB : 5.561 MHz  
f1: 3.934552 MHz  
f2: 9.495546 MHz  
Shape-Faktor: 7.703990



Garby poniżej pasma to częstotliwości harmoniczne z analizatora NWT7  
Uzyskałem powtarzalność parametrów w 15 egzemplarzach, tłumienie wnoszone przez filtr jest około 3,5 db ale nie ma się tym co martwić . Przy częstotliwościach 3,5 i 7 MHz poziom sygnałów i tła jest na tyle duży, że 3 decybelowy tłumik na wejściu nie zaszkodzi .  
W torze nadawczym poziom z mieszacza ad831 jest tak duży że po filtrach mam ponad 400 mv rms/50 omach .

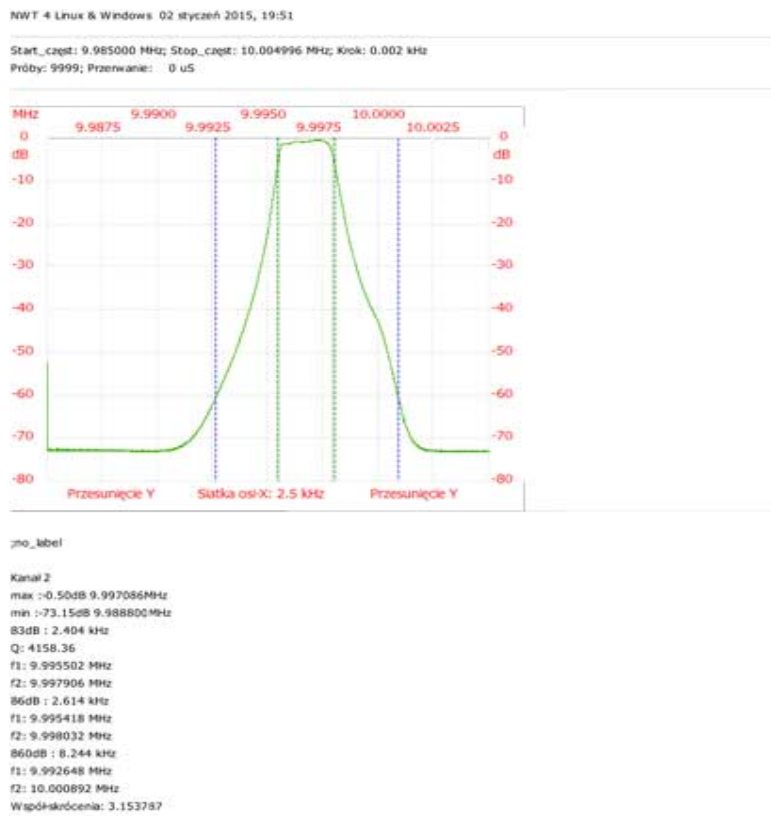
# Filtry kwarcowe

Pierwsze kroki do wykonania własnej roboty filtru kwarcowego zaczęły się przy konstrukcji Taurusa . Wykonanie analizatora NWT7 dało możliwości pomiaru filtrów . Ponieważ filtry drabinkowe lepiej dopasowują się dla impedancji 200-400 ohm, wykonałem dodatkową sondę zewnętrzną na AD8307 o regulowanej oporności wejścia. Regulacja za pomocą prków 500 ohm . Układ pomiarowy wygląda tak :

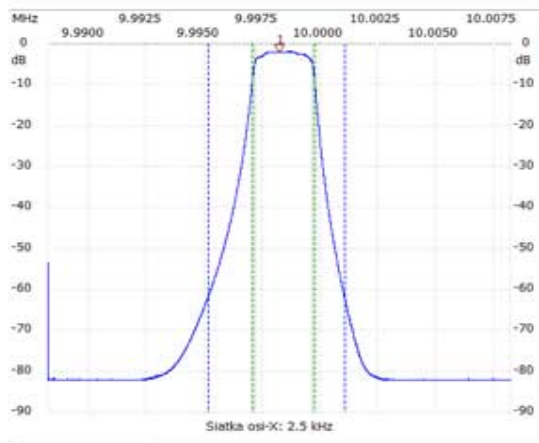


S P 2 0 F P		
Filtr kwarcowy		
Rev 1.0		
17-08-2014		

Nie korzystałem z programów do obliczania filtrów tylko w układach badawczych stosowałem trymery które zamieniałem na wartości stałe . Zakup rezonatorów 10 mhz o średniej wysokości był przypadkowy i uzasadniony chęcią porównania z wysokimi kwarcami . Był to strzał w 10tkę. Rezonatory [10.000MHZ NDK N A AT51](#) w obudowie at 51 okazały się lepsze jak hc49u . Po kolei kwarcy HC49u , później AT51 ssb i cw .



Start\_częst: 9.988203 MHz; Stop\_częst: 10.008199 MHz; Krok: 0.002 kHz  
 Próby: 9999; Przerwanie: 0 uS



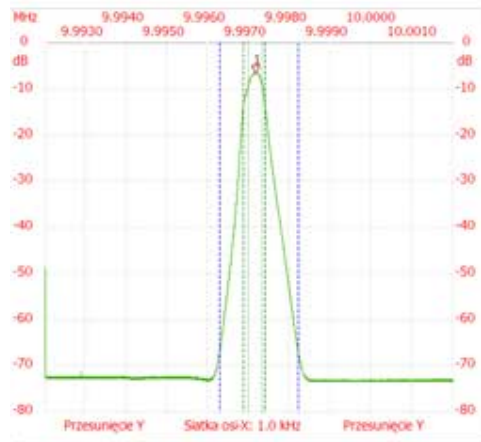
jno\_label

Kursor 1:  
 9.998187 MHz  
 Kanal 2: -2.15dB

---

Kanal 2  
 max :-1.96dB 9.998581MHz  
 min :-82.25dB 9.990001MHz  
 B3dB : 2.508 kHz  
 Q: 3986.60  
 f1: 9.997133 MHz  
 f2: 9.999641 MHz  
 B6dB : 2.658 kHz  
 f1: 9.997057 MHz  
 f2: 9.999715 MHz  
 B60dB : 5.912 kHz  
 f1: 9.995111 MHz  
 f2: 10.001023 MHz  
 Współskrócenia: 2.224229

Start\_częst: 9.992000 MHz; Stop\_częst: 10.001998 MHz; Krok: 0.001 kHz  
 Próby: 9999; Przerwanie: 0 uS

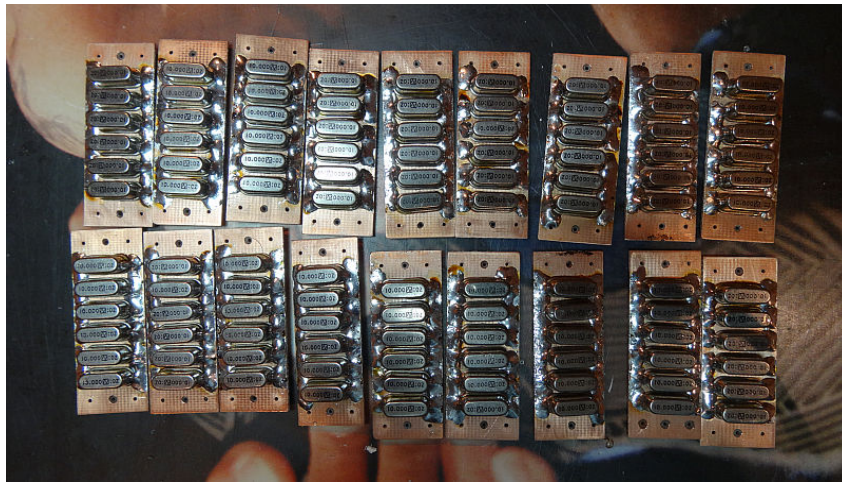


jno\_label

Kursor 1:  
 9.997158 MHz  
 Kanal 2: -6.62dB

---

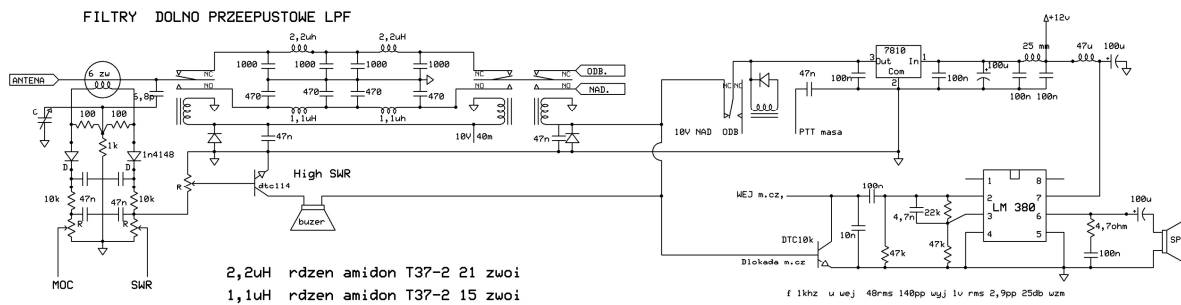
Kanal 2  
 max :-6.62dB 9.997131MHz  
 min :-73.54dB 9.998520MHz  
 B3dB : 363.000 Hz  
 Q: 27540.37  
 f1: 9.996872 MHz  
 f2: 9.997335 MHz  
 B6dB : 512.000 Hz  
 f1: 9.996871 MHz  
 f2: 9.997383 MHz  
 B60dB : 1.900 kHz  
 f1: 9.996289 MHz  
 f2: 9.998198 MHz  
 Współskrócenia: 3.728516



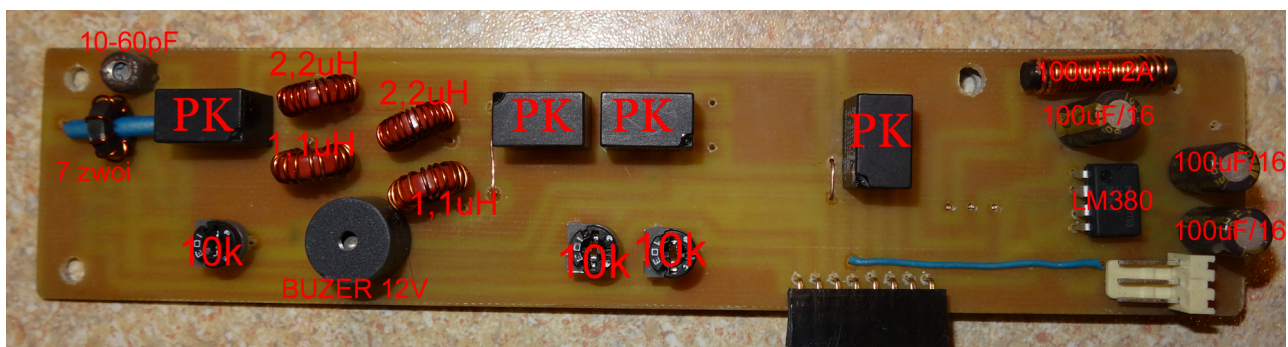
Wykonałem ponad 30 szt filtrów cw i ssb, zakupiono 350 szt kwarców z czego ponad 200 nadawało się do zastosowania . Były dwie grupy o częstotliwościach rezonansu zbliżonych  $\pm 50$  Hz a reszta do BFO

## Płytką umieszczoną na radiatorze

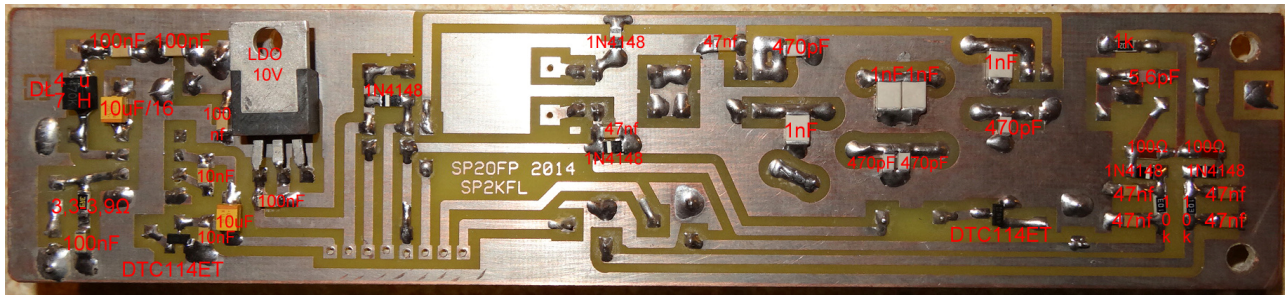
Blok zawierający: układ pomiaru mocy padanej i odbitej , filtry dolnoprzepustowe , stabilizator 10v , wzmacniacz mcz. , zestaw przełączników przelączających , układ sygnalizacji dźwiękowej wysokiego swr



sp2fp 2015		
Blok antenowy SWR, LPF, ZAS, WZM.mcz.		
Designer's name	Rev 1.0	Page # or name
	11-12-2014	



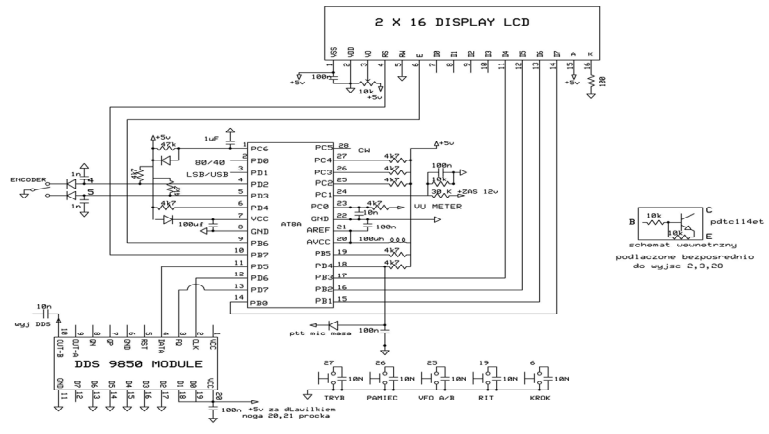




## Front Panel

Dokumentacja płytki front panelu zawierająca syntezę dds , wyświetlacz , procesor atmega, zestaw potencjometrów , przycisków itd. Początkowo wykorzystana była synteza napisana przez Wojtkę SQ9PXB . W 2016 roku Kolega Bartek SP2FET napisał nową syntezę dedykowaną dla tego trxa . Obecnie bazuje ona na Atmedze 328 która pasuje zamiennie do poprzedniego projektu.



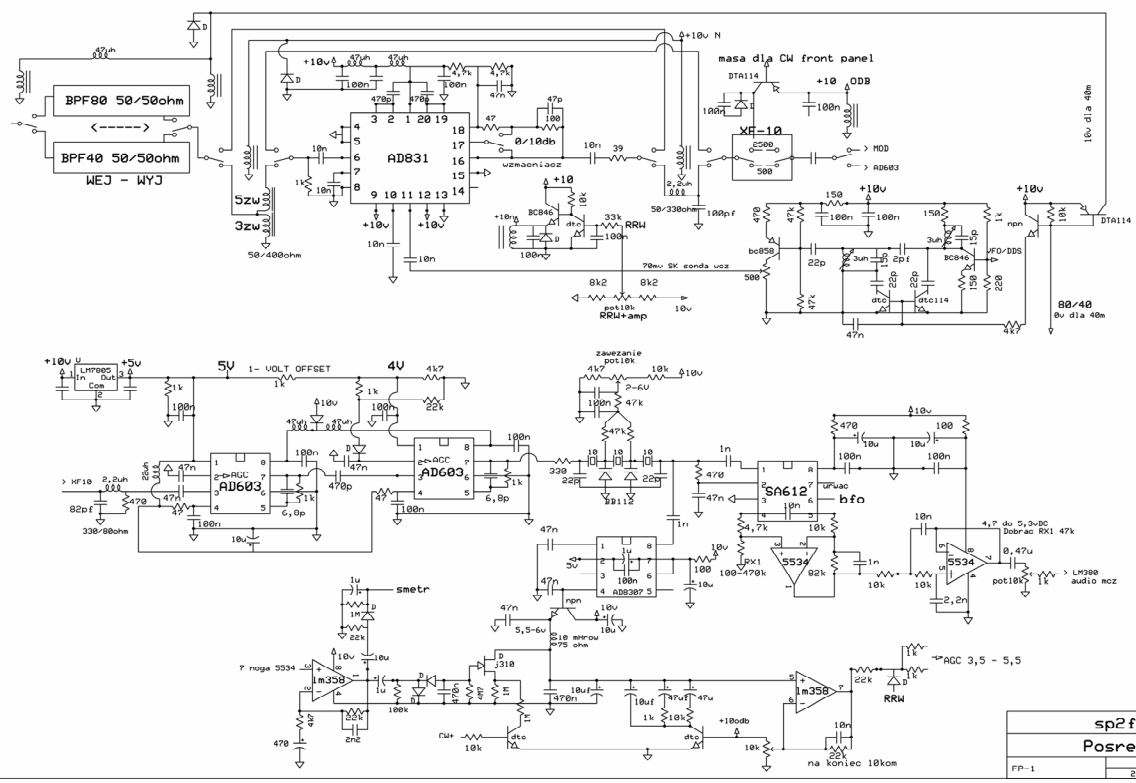


sterownik trxa kacper 2		
SQ9PXB		
rysował: SP201P	Rev: 1.0	Page: 8 of 8
	17-09-2015	

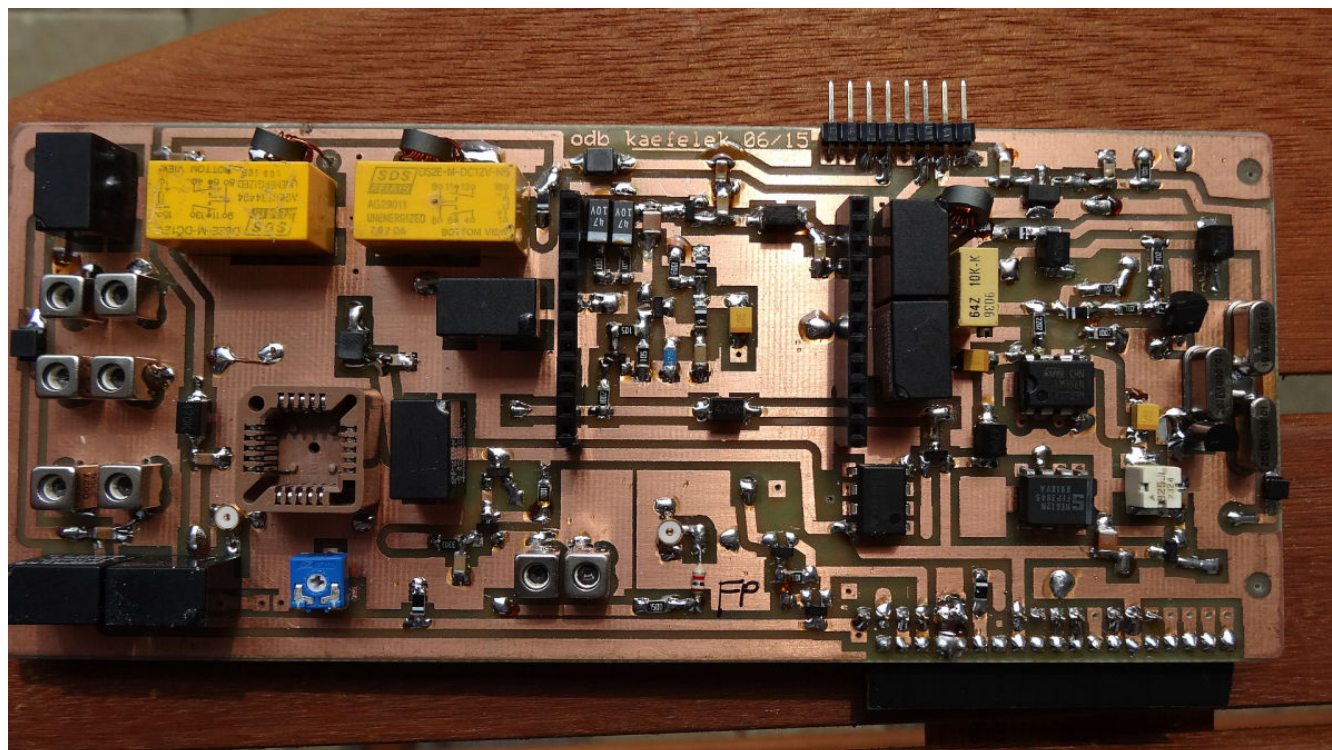
## Płytką główną

zawierająca:

obwody pasmowe , mieszacz , filtry kwarcowe , wzmacniacz p.cz., demodulator, układ ARW , filtr m.cz. i wiele innych drobnych układów.



sp2fp 2015		
Posrednia KAEFELEK		
FP-1	Rev: 1.5	
	24-11-2015	



## Opis działania toru odbiorczego .

### Część w.cz.

Sygnal z anteny doprowadzony jest do gniazda uc1, po nim kolejno: układ swr, filtry dolnoprzepustowe przełączane przełącznikami dla 40 i 80tki . dalej poprzez przełącznik nadawanie/odbiór w.cz. wchodzi na płytke odbiornika . Na początku przełącznik 40/80, filtry pasmowe , znowu przełącznik 40/80, dalej transformator 50/400 Ohm, kolejno poprzez przełączniki mieszacza N/O do wejścia ukl. scalonego AD831. Wejście jest terminowane rezystorem 820 ohm który równolegle z opornością wejściową mieszacza daje około 400 Ohm . Ad 831 wykonany jest w konfiguracji komórki Gilberta, układ jest podwojenie zrównoważony Parametr IP3 wynosi +23dbm. Wewnątrz znajduje się również wzmacniacz który odpowiednio korzysta z obydwu wyjść mieszacza składając sygnał z możliwością przełączania wzmocnienia na 1 oraz 4 . W trakcie odbioru na niskich pasmach korzystanie ze wzmacniacza w zasadzie nie potrzebne , ewentualnie przy skróconej antenie . Po mieszaczu rezystor terminujący wyjście do 50 omów. Kolejno układ L dopasowujący do 400 ohm filtrów kwarcowych SSB i CW przełączanych przełącznikami. Po filtrach wchodzimy na tor wzmacniaczy pośredniej AD603. Układ ma oporność wejściową 100 Ohm i poprzedza go również dopasowanie L. Wzmocnienie tych układów może wynosić w zależności od częstotliwości i konfiguracji od 30-50db na jeden układ . Taka wartość może sprzyjać wzbudzeniom więc zastosowałem maksymalne środki ostrożności zalecane przez producenta , wszystkie odgałęzienia DC posiadają kondensatory do masy i dławiki szeregowo. Odpowiednie prowadzenie masy na pcb dało poprawne działanie bez wzbudzeń. Tor ma regulowane wzmocnienie w zakresie 85 db i podobne maksymalne wzmocnienie. Na wyjściu ad603 rezystor terminujący 330 ohm dopasowujący do drugiego filtra kwarcowego . Filtr to 3

kwarcowa drabinka z regulowaną szerokością pasma w zakresie 3kHz do 500 Hz. Regulację zapewniają dwie diody pojemnościowe zasilane nap Reg 2-6v z potencjometru na front panelu. Ogranicza on widmo szumowe oraz daje możliwość zawężania pasma przed detektorem korzystnie wpływając na demodulator i ucho użytkownika. [Film z pomiaru działania zawężanego filtru](#) . Po filtrze sygnał idzie równolegle na sondę napięcia AD8307 oraz demodulator ne602. Kwestię ARW będę opisywał oddzielnie. NE602 dostaje również sygnał GFN który jest umieszczony możliwie daleko na płycie nadajnika aby nie nanosił się na tor wzmacniaczy pośredniej. Z demodulatora brane są obydwie sygnały wyjściowe w fazie i przeciw fazie co daje dodatkową poprawę wzmocnienia o 6 db i polepsza stosunek S/N , idą one na pierwszą część wzmacniacza NE5532 który je sumuje i wstępnie ogranicza pasmo przenoszenia . Drugi wzm. jest filtrem dolnoprzepustowym ograniczającym pasmo powyżej 3kHz . odfiltrowany sygnał m.cz. jest podawany na potencjometr głośności front panelu i dalej na wzmacniacz LM380 umieszczony na „płytki radiatora” z LPF. Całość działa bardzo poprawnie dając elegancki sygnał audio . Przydał by się większy głośniczek ale zastosowanie małej gotowej obudowy ma swoje zalety i wady .

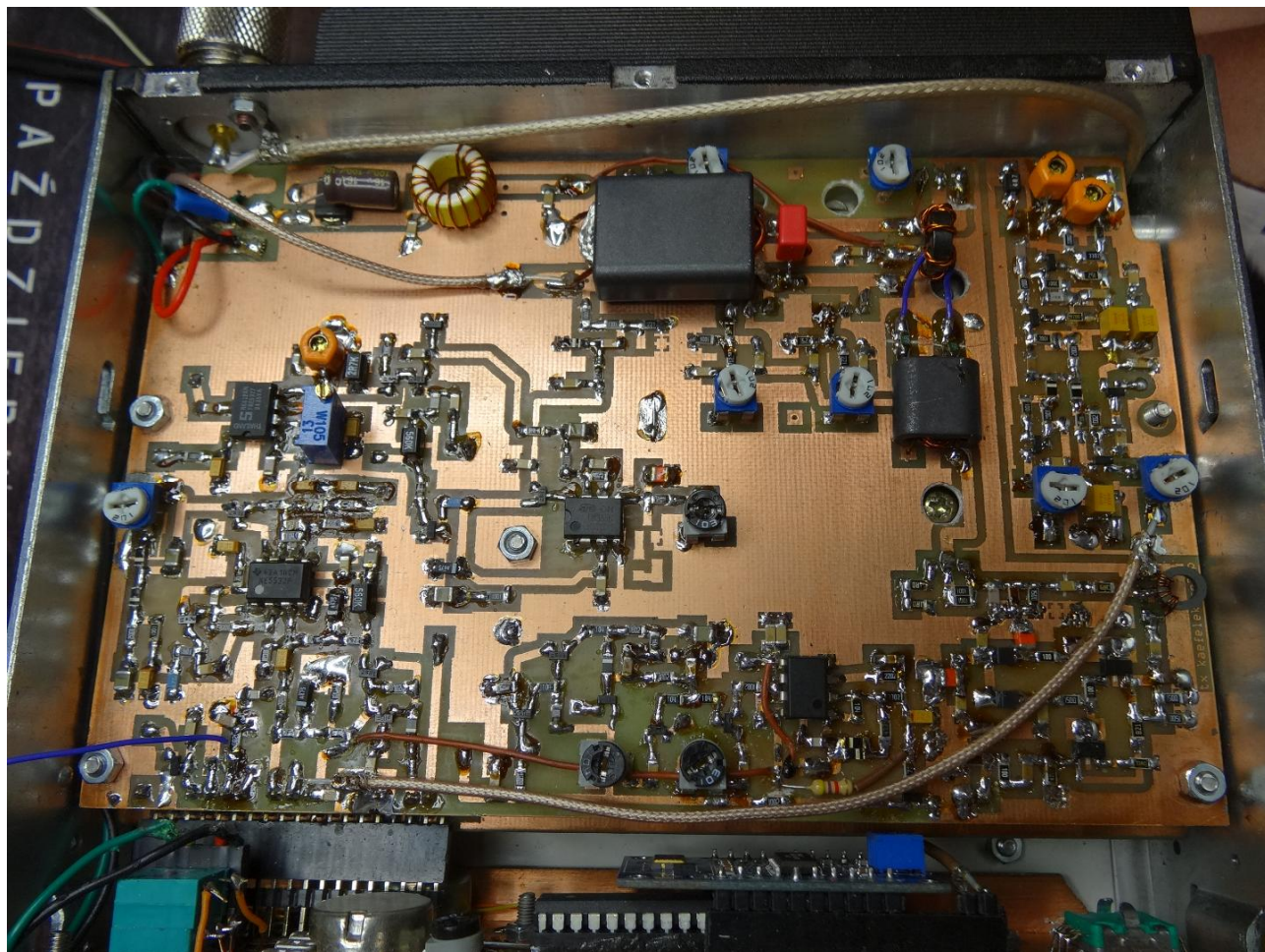
### Automatyczna regulacja wzmocnienia „ARW”

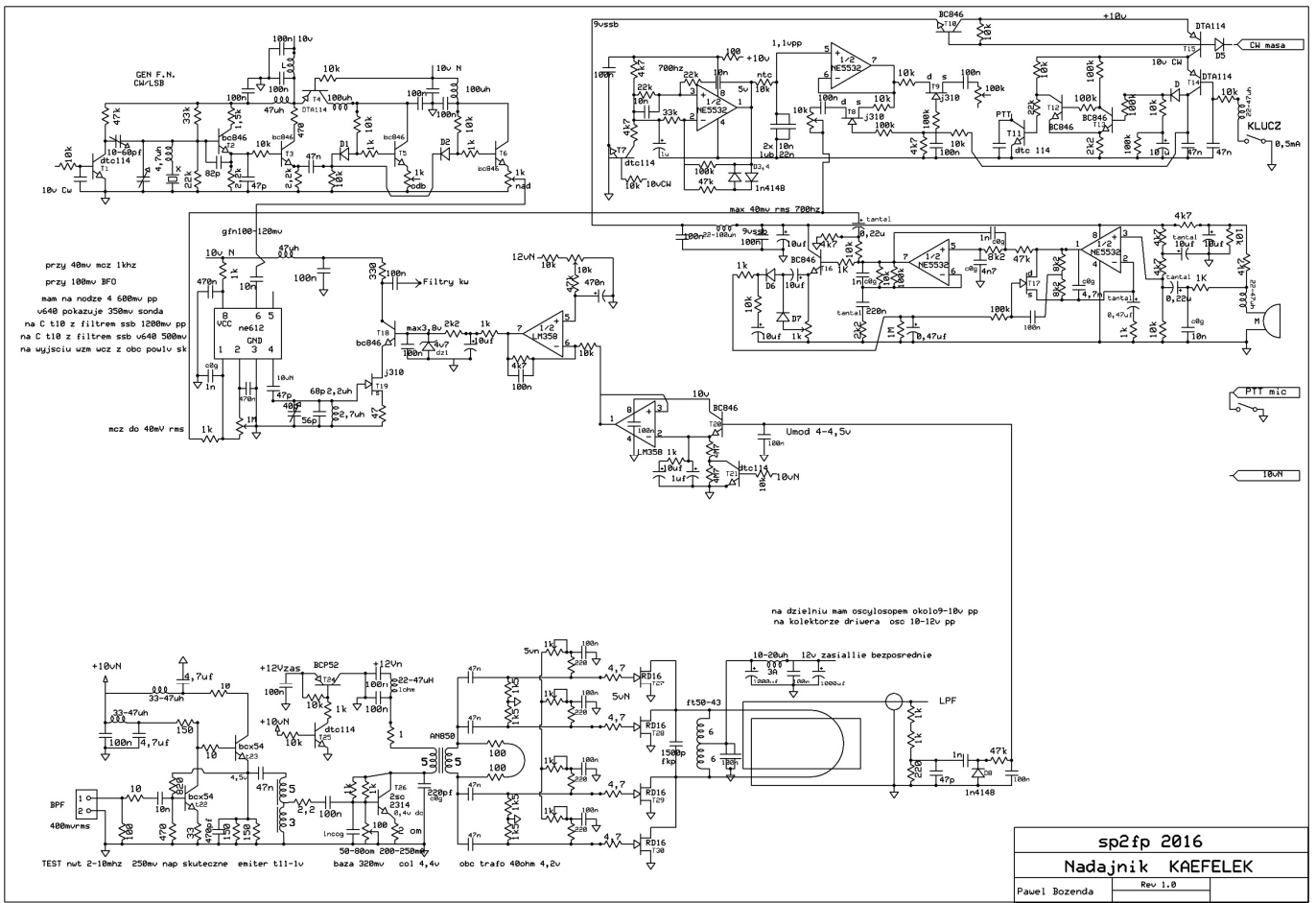
Tor automatyki był najtrudniejszym, a na pewno najbardziej pouczającym elementem działania odbiornika . Dotychczasowe doświadczenie w uruchamianiu i konstruowaniu bloków w.cz. nauczyło mnie sporo i dość dobrze radzę sobie z tym zagadnieniem . Uzyskanie czystego audio równorzędnego z jakością ręcznej regulacji wzmocnienia bez efektu zmiany głośności nie było łatwe . Aby czas reakcji był bardzo szybki zastosowałem pomiar sygnału na częstotliwości pośredniej 10 MHz . Detekcja na m.cz. miała by większą zwłokę przy niskich częstotliwościach . Po detektorze na ad8307 najpierw zastosowałem detektor szczytowy – aplikacja na wzm. operacyjnym z dioda i tranz. na wyjściu . Dopasowałem poziomy napięć, stałą czasową i w zasadzie słuchając stacji w czasie wiosennym byłem zadowolony z działania . Układ był bardzo szybki reagował natychmiast na przyrost sygnału . Niestety przyszły trzaski burzowe. Tak szybka reakcja na wszystkie zakłócenia okazała się nie do przyjęcia . Każdy trzask zamykał odbiornik nawet na kilka sekund , po chwili audio wracało i po kolejnym trzasku zatykał się dalej . Miałem chęć wrócić do pomiaru sygnału w torze audio ale niezadowolające doświadczenia ze starszych konstrukcji nie dały się pogodzić z zamierzonym efektem . Różne próby spowolnienia działania, dobieranie różnych rozwiązań RC nie dawały dobrego rezultatu . Na pomoc przyszli koledzy z grupy sp-hm.pl podesłali troszkę rozwiązań i nasunęli mnie na inne spojrzenie do tematu . Bardzo szybka automatyka bez filtrowania trzasków nie będzie działała prawidłowo , spowolnienie - wydłużenie stałej czasowej nie da szybkiego powrotu kiedy po silnej stacji usłyszymy słaba – np. praca w zawodach itd. Trzeba było znaleźć kompromis a przy tym nie projektować automatyki większej od całego TRXa . Więc po kolei jak to działa obecnie. Detekcja jest nadal szybka na cz. pośredniej , po sondzie log jest wtórnik

emiterowy bez rezystora do masy – działa on jak detektor szczytowy ładując bardzo szybko kondensator 100nf . Tutaj musiałem coś dalej wymyślić na te trzaski . Zastosowałem PI filtr z dławikiem o indukcyjności 8,2 milihenra ( taki był dostępny ) z dodatkową rezystancją własną około 75 ohm –oporność drutu , za dławikiem początkowo 10uf + RC 1k i 47uf . Działanie pi filtru m.cz. dla napięcia poziomu arw pozwoliło przepuścić dobrze i wystarczająco szybko zmiany spowodowane poziomem modulacji , a trzaski ze względu na ich krótki okres zostały częściowo stłumione . Niestety cały czas miałem niedosyt w słuchaniu modulacji ssb . Okazało się że zbyt szybkie narastanie nap arw wpływa na samo napięcie wyjściowe toru automatyki . Było one na tyle szybko modulowane że powodowało słyszalne wtórne zmiany głośności – dając efekt opóźnionej powtórnej modulacji sygnału . Tak jak byśmy kilka razy na sekundę zmieniali głośność potencjometrem RRW. Dokładanie kondensatorów w torze sprzężenia zwrotnego wzmacniacza nap ARW poprawiało ten stan ale opóźniało czas narastania. Na kłopoty przyszedł patent z tak zwanym zawieszaniem automatyki . Nigdy go nie stosowałem więc musiałem go opracować do naszego odbiornika . Jego działanie polega na płynnej zmianie stałej czasowej arw a wykonawczo zmienia wartość rezystancji rozładowującej kondensatory automatyki poprzez zmianę napięcia na bramce feta j310 . W trakcie kiedy słuchamy czytelnie korespondenta sygnał jest wyższy od poziomu tła i szumu . W tym momencie dodatkowy układ niejako czyta poziom modulacji ale już po jej zdemodulowaniu na torze mcz. Po odpowiednim wzmocnieniu uzyskiwane jest ujemne napięcie stale zmieniane w takt tej modulacji – ale z wygładzeniem i podtrzymaniem około jednej sekundy . Napięcie to podawane jest odpowiednio na wcześniej opisanego Feta i dzięki temu oporność kanału dren-źródło wzrasta do blisko 10 megaomów . Taka wartość w efekcie daje stałą czasową arw bliską 15-20 sekund w zależności od siły sygnału i stosunku S/N. Sygnał audio jest wtedy bardzo gładko sterowany tak jak byśmy delikatnie i wolno sterowali RRW. Daje to bardzo wysoki komfort odbioru . Ale co w przypadku jeśli po silnej stacji wejdzie nam 60 decybeli słabsza. Aby ją usłyszeć musieli byśmy czekać 15 sekund – więc nie do przyjęcia . Osłabienie sygnału a w nawet cisza w głośniku powoduje po jednej sekundzie zmianę napięcia na bramce co z kolei zmienia oporność kanału feta do kilkudziesięciu omów, a w szereg z rezystorem 1Mohm zmienia czas opadania automatyki do nawet 3 sekund . Wszystko dzieje się płynnie analogowo więc nie ma żadnych gwałtownych zmian stuków itd. Tak jak byśmy płynnie podgłosili RRW. Dla emisji CW rezystor w źródle jest zrównoleglony przez co skraca się czas opadania automatyki co przy tej emisji było konieczne . [Film obrazujący napięcie ARW](#) . W taki oto sposób udało się uzyskać bardzo dobre działanie całego toru odbiorczego . Mógłbym tutaj pisać o drobnych szczegółach itd. ale nie będę zamęczał czytelnika który po tej lekturze pewnie ma już dość konstruowania.

# NADAJNIK

Płytki nadawcza zawiera bloki : Gen. fali nośnej , Wzmacniacz-limiter mikrofonowy, Modulator DSB, Gen sin.700Hz CW, ALC , Wzmacniacz w.cz. z końcówką mocy , układy realizujące przełączanie nap. zasilania, moduł kluczowania CW / BK .

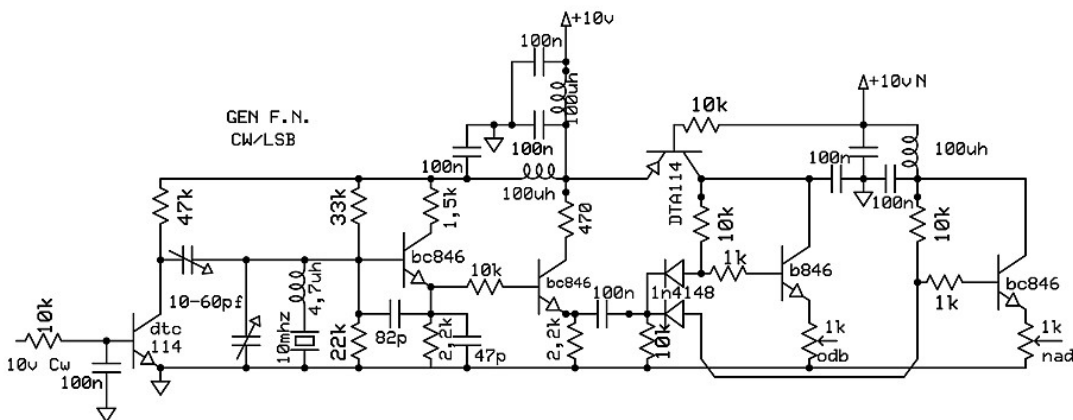




Po kolei postaram się opisać działanie każdego modułu.

### Generator fali nośnej

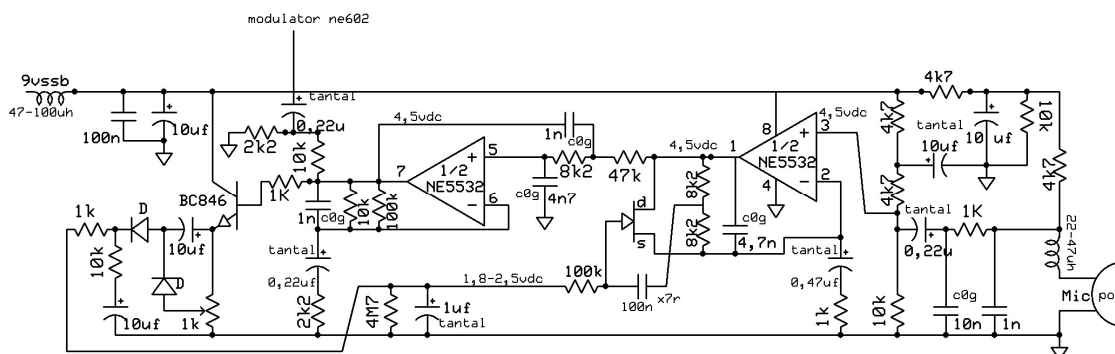
**Beat Frequency Oscillator (BFO, generator zdudnieniowy)** – generator drgań o regulowanej częstotliwości wykorzystywany w technice radiowej (głównie w krótkofalarstwie) dla emisji telegraficznej (CW) i jednowstęgowej (SSB).



sp2fp 2015		
KAEFELEK GFN		
Pawel Bozenda	Rev 1.0	2015-10

Generator częstotliwości służy wytworzenia do tzw. fali nośnej potrzebnej przy demodulowaniu w torze odbiorczym oraz wytworzeniu sygnału nadawczego DSB - zawierającego dwie wstęgi boczne z wytłumioną falą nośną. Rezonator kwarcowy z tranzystorem działa w układzie colpittsa. Częstotliwość dla LSB wynosi około 9.996,700 Hz uzyskiwana z kwarcu 10MHZ poprzez dławik 4,7uH oraz trymer. Dla emisji CW dołączany jest kolejny trymer obniżając ją o około 200 Hz. Punkty pracy zostały tak dobrane aby uzyskać możliwie czysty sygnał wyjściowy. Rozbudowana separacja ma na celu zniwelowanie efektu dewiacji częstotliwości pod wpływem zmian obciążenia. Przełącznik diodowy przełącza sygnał dla toru odbiorczego i nadawczego powodując zmniejszenie przenikania fali nośnej tam gdzie jej nie potrzeba. Duża ilość dławików w zasilaniu, specjalne umiejscowienie i odpowiednio zaprojektowany fragment płytki ma na celu również zmniejszenie przenikania sygnału który w torze odbiorczym zakłóca pracę automatyki i przenika do wzmacniaczy pośredniej a w torze nadawczym mógłby przenikać po za modulator powodując zwiększenie poziomu fali nośnej w sygnale nadawczym.

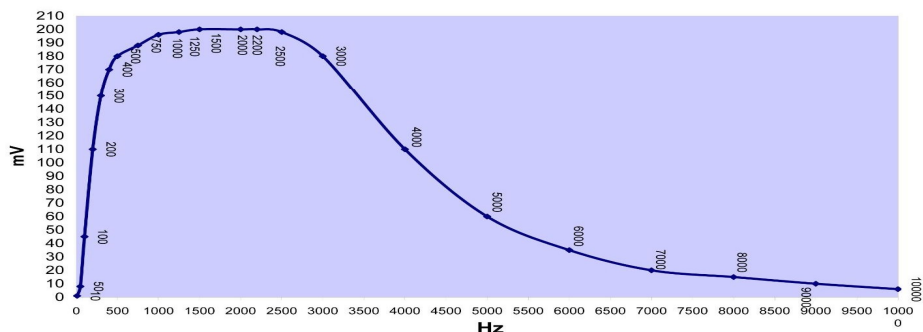
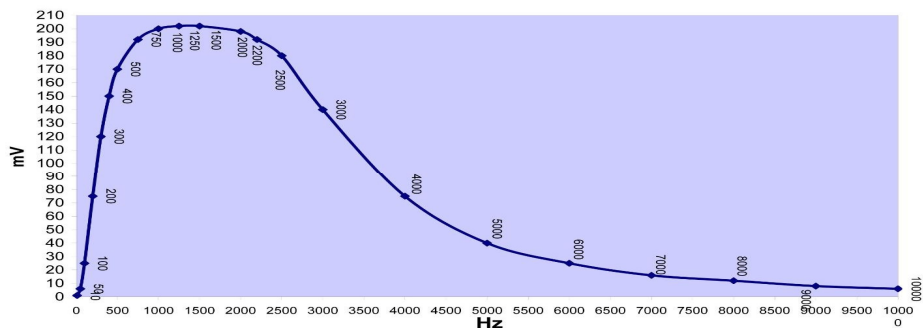
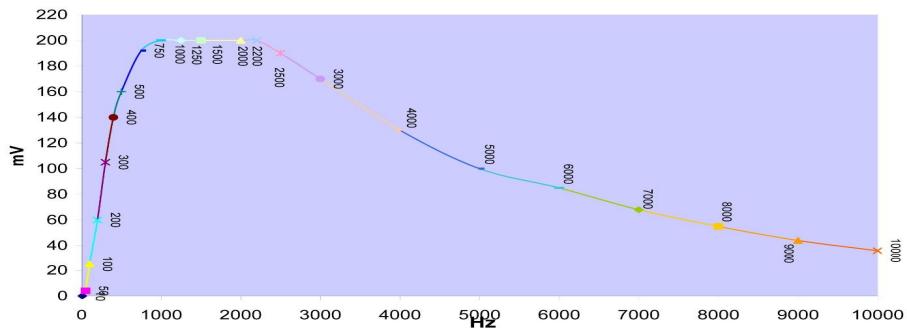
### ***Wzmacniacz mikrofonowy z kompresorem limiterem i filtrem pasmowym***



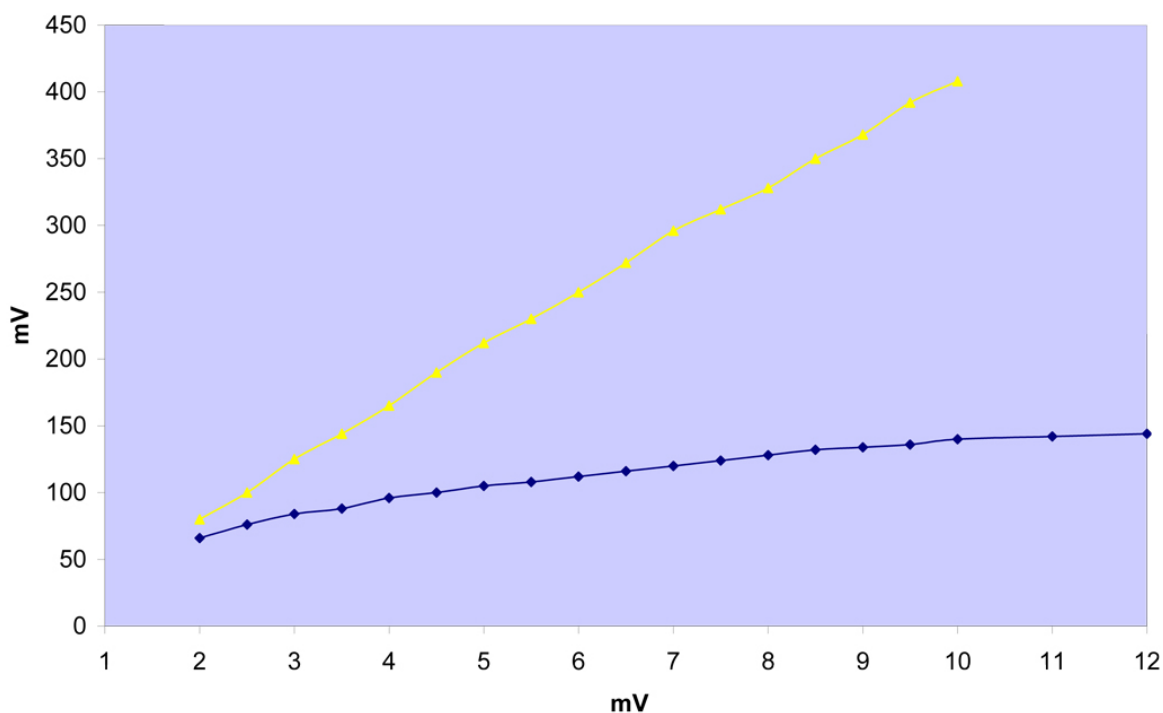
Wzmacniacz służy do wzmocnienia sygnału z mikrofonu pojemnościowego, ograniczenia pasma i amplitudy przed podaniem go na modulator. Działanie ogranicznika zaczyna się dopiero od pewnego poziomu, nie zwiększa on wzmocnienia dla cichych sygnałów nie powodując efektu wzrostu szumów i innych zakłóceń w trakcie przerw między słowami. Po przekroczeniu głośności mowy detektor zaczyna podnosić napięcie na tranzystor regulacyjny i ogranicza amplitudę wyjściową układu. Mikrofon ma wewnątrz przetwornik ze wzmacniaczem i potrzeba go zasilac. Napięcie idzie przewodem sygnałowym więc wymaga dobrego odłączenia. Służy do tego układ RC 4,7k/10k 10uF 4,7k. Napięcie oscyluje w granicach 4-6 v w zależności od typu mikrofonu. Dalej sygnał poprzez filtr dolnoprzepustowy ograniczający dostęp w.cz. idzie na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego. Jego wzmocnienie jest regulowane fetem w sprzężeniu zwrotnym w zakresie 1-15. Odpowiednio dobrane kondensatory tworzą wstępny filtr pasmowy ograniczając pasmo dla dolnych i górnych częstotliwości m.cz. Odpowiedni patent z kondensatorem 100n między sprzężeniem a bramką doskonale zmniejsza zniekształcenia powstające przy tym typie regulacji. Dalej sygnał idzie na następny wzmacniacz z filtrem 2go rzędu.



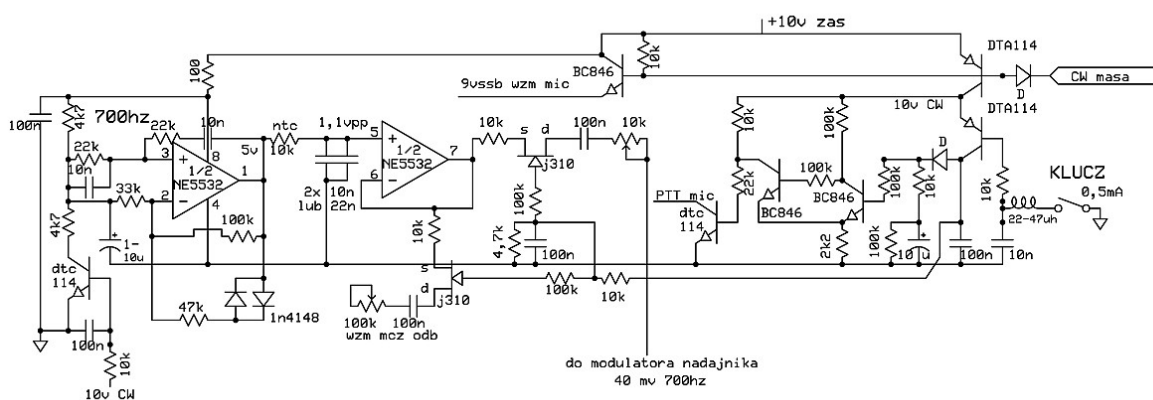
Odpowiednie dobranie wartości elementów filtru było dość krytyczne ale opłacało się. Wzmocniony ok. 5 razy sygnał potrzebny jest do prostownika napięcia które steruje wzmocnieniem pierwszego stopnia. Dla modulatora takie napięcie było by za wysokie więc następuje jego ograniczenie dzielnikiem 10/2,2k. Można było brać sygnał po pierwszym stopniu i tak było pierwotnie ale dzięki filtrowi m.cz. w drugim stopniu mamy lepsze ukształtowanie charakterystyki częstotliwościowej. Stała czasowa automatyki jest na poziomie 5 sekund aby nie było szybkich reakcji na wzmocnienie a właściwie ograniczenie wzmocnienia. Jeszcze bardzo ważna uwaga, koniecznie należy zastosować kondensatory z dielektrykiem c0g i tantalowe. Przy zamontowaniu zwykłej ceramiki nastąpił efekt bardzo dużego mikrofonowania , dotknięcie płytki a już jej ruszenie dawało straszny efekt trzasków itp. na wyjściu nawet głośny dźwięk krzyk bez użycia mikrofonu był słyszalny na wyjściu. Odpowiedzialne za taki efekt były kondensatory ceramiczne smd pierwotnie zastosowane do układu . Poniżej charakterystyki pasma przenoszenia układu. Pierwsza to prototyp bez filtru górno zaporowego drugiego rzędu. Druga to obecny schemat przy pełnym wzmocnieniu - dla małych sygnałów mikrofonu. Trzecia to już wykres z działającym limiterem na około 40% . Zmienia się wtedy charakterystyka przenoszenia pierwszego stopnia . Jest to normalna praca przy nadawaniu. Tak uformowany sygnał doprowadzony jest do modulatora .



poniżej wykres nap .wyjściowego w zależności od nap. wejściowego z mikrofonu



**Układ generatora telegrafii z kluczowaniem sygnału i załączaniem nadajnika.**



Trx przystosowany jest do kluczowania pojedynczym stykiem –czyli kluczem sztorcowym lub zewnętrznym manipulatorem z elektroniką . Samemu nie jestem telegrafistą i normalnie bym się nie męczył z tą telegrafią hii ale przy takim projekcie nie mogło jej zabraknąć . Pośrednia zawiera oddzielny filtr kwarcowy o szerokości 500-600hz więc nadajnik też musi mieć CW. Po przełączeniu radia na CW następuje załączenie wąskiego filtra w torze pośredniej , skrócenie czasu działania arw odb. W torze nadawczym następuje wyłączenie zasilania wzmacniacza mikrofonowego, załączenie generatora 700hz oraz układu kluczowania m.cz i BK. Oczywiście najlepszym sposobem jest kluczowanie dodatkowego generatora kwarcowego fali nośnej dla CW. W tym trx-ie nie zastosowałem tej metody głównie ze względu na ALC nadajnika ale to w dalszej

części opisu. Zaczę od generatora przebiegu sinusoidalnego bo z nim był największy kłopot. Sygnał z gen. podawany jest na wejście modulatora nadajnika zamiast sygnału mikrofonowego . Najpierw wykonałem prosty na 1-2 tranzystorach układ z przesuwnikiem fazowym . Sygnał wyjściowy czysty ale amplituda bardzo kapryśna i bardzo mocno zależna od temperatury otoczenia . Płytką nadajnika jak i całe radio będzie mieć sporą rozbieżność temp pewnie od 10-50st C więc nie dało się uzyskać stałego parametru 40 mv sk na wejściu modulatora koniecznego do poprawnego wysterowania. Próby kompensacji temperaturowej nie dały pożądanego efektu. Przyszła więc kolej na generator z mostkiem winea. Opisywany jako dobry układ dla przebiegów sinusoidalnych . Kłopotem jest to że po wzbudzeniu trzeba ograniczyć amplitudę wyjściową bo przebieg jest obciążony zmieniając parametry sprzężenia zwrotnego. Realizuje się to za pomocą mniej lub bardziej skomplikowanych układów począwszy od żarówki , a skończywszy na rozbudowanych detektorach i tranzystorach polowych . Ja skorzystałem z pomysłu us5msq. Po drobnych modyfikacjach uzyskałem dobre rezultaty. W sprzężeniu dwie diody z odpowiednio dobranym rezystorem i na wyjściu około 1,1vpp. Amplituda w zależności od temperatury nie zmieniała się już tak mocno ale jednak malała po nagraniu –diody mają wtedy niższe napięcie przełączania. Mając do dyspozycji podwójny wzm. operacyjny dodałem 10k. omowy termistor obciążony pojemnością. Po dobraniu wartości C uzyskałem amplitudę wyjściową dla 0-50st C w zakresie poniżej 5%. Układ termistora z kondensatorem tworzy filtr dolnoprzepustowy który przy okazji zmniejsza zawartość harmonicznych w wyjściowym sygnale ale nie zmienia stałej składowej DC która jest potrzebna do prawidłowego kluczowania fetami. Składowa stała jest często źródłem stuków przy kluczowaniu więc musi pozostać nie zmienna trakcie załączania obciążenia generatora . Samo kluczowanie nie jest takie proste, sygnał 700Hz musi być szybko i czysto załączany i wyłączany. Wydawało by się że można by kluczować sam generator mcz ale niestety zanim on zaskoczy daje niższy sygnał i słychać wyraźnie jak on startuje. Dlatego po kilku testach zastosowałem kluczowania z trxa us5msq. Fet na źródle ma nap. DC około 5v a bramka jest na masie, taka różnica zapewnia zatkanie tranzystora (nie wolno drenu obciążać bez odcięcia DC tylko przez kondensator ) po ty kondensatorze nie dałem rady zmierzyć śladów amplitudy generatora. Za pe-erkiem ustalającym amplitudę mamy około 2komowe obciążenie modulatorem i rez dzielnika z wzm. mic. Więc kilku lub kilkadziesiąt megaomowa oporność złącza feta tworzy super tłumik. To samo tyczy się wyjścia na wzmacniacz głośnikowy dający monitor podsluchu.

Podanie napięcia około 3,5vdc na bramkę zwieta złącze D-S do wartości kilkadziesiąt Ohm rezystory 10k w źródle zapobiegają nierównością parametrów załączania i nie trzeba bardzo dokładnie dobierać napięcia bramki do pełnego załączenia. Przekroczenie nap. pogarsza sygnał i zmieniało by składową stałą powodując stuki . W taki sposób na wyjściu mamy bardzo dobry sygnał taktowany kluczem . Z samego klucza mamy podawaną masę, jest ona wykorzystywana do kluczowania mcz ale również do załączania nadajnika .

Niestety nie mamy w trxie szybkich przełączników diodowych N/O tylko

przełączniki więc nie można realizować FULL BK . Masa z klucza zamienienia jest tranzystorem pnp na napięcie 10v w międzyczasie jest to filtrowane aby zapobiec trzaskom styku. Napięcie to załącza wcześniej opisane fety przez dzielnik i podawane jest poprzez diodę na wejście przerzutnika Schmitta .

Również jest ładowany kondensator podtrzymujący nadawanie .

Przerzutnik zastosowałem po to aby nie było niekontrolowanych stanów nad/odb w zależności od parametrów użytych tranzystorów i temperatury. Za nim następuje kluczkowanie PTT . Układ musi być zasilany również w trakcie odbioru i pracy SSB po to aby fety były zatkane i nie przenosiły sygnału z mikrofonu do głośnika ( Wzm. mikrofonowy jest zasilany cały czas przy trybie ssb aby nie było stuku załączania przy nadawaniu ) Wtedy generacja 700hz musi być wyłączona – realizuje to tranzystor odłączający dolny rezystor ustalający składową stałą generatora i w ten sposób wzmacniacz operacyjny jest zatkany , dając na wyjściu około 8v DC. Całość dopracowania pochłonęła sporo czasu ale dała dobry efekt . Teraz jak to się ma do sygnału w.cz. Dla CW mamy inną częstotliwość gen BFO dopasowaną do filtra kwarcowego cw i uzyskania najwyższego wzmocnienia w okolicach częstotliwości odbioru CW 500-800Hz. Jest ona odsunięta około 600 hz od częstotliwości środkowej filtra kwarcowego. Dzięki temu przenika ona w bardzo nieznacznym stopniu i jest też stłumiona poprzez modulator . Poprawne ustawienie daje wytłumienie tej nośnej blisko 100db -nie było dobrze jak zmierzyć. Po podaniu sygnału telegraficznego m.cz. na modulator otrzymujemy dwie wstęgi odsunięte od siebie tylko 1400 Hz . podanie takiego sygnału na szeroki filtr ssb dawało by efekt nadawania dwóch tonów na paśmie . Na szczęście mamy filtr telegraficzny o parametrach które tłumią bliską i niepożądaną wstęgę nadawczą tak skutecznie że słuchając na odbiorniku obok mam tylko jeden czysty ton i kręcąc VFO nie mam żadnych innych prążków w sąsiedztwie. To chyba tyle o tym na pozór prostym układzie. Poniżej filmik z prób telegraficznych – lekki stuk to miękkie zasilanie Wzm głośnikowego , ale już usunięty. Żółty przebieg to bramka a niebieski to wyjście mcz na PRku.

kluczowanie oscyloskop

### ***Modulator DSB***

Przejdźmy teraz do opisu toru formowania sygnału ssb Sygnał z generatora fali nośnej doprowadzony jest do modulatora realizowanego na mieszaczu ne602 opartego o komórkę gilberta ( układ dwóch par różnicowych ). Doprowadzamy tam również sygnał modulujący m.cz. . W efekcie zmieszania uzyskujemy na wyjściu dwie wstęgi boczne z dobrze wytłumioną falą nośną . Tą teorię zna większość radiowców . Ponieważ jak zwykle ważne są szczegóły to zależało mi na uzyskaniu możliwie najlepszych parametrów pracy układu. Poziomy sygnałów wejściowych sk. to 100mv FN i do 40 mV m.cz. Nie przekraczanie tych wartości daje bardzo dobry efekt. Również usytuowanie modulatora z dala od BFO ma znaczenie, dzięki temu wytłumienie fali nośnej z samego mieszacza jest na poziomie -60db. Resztę wytłumia filtr kwarcowy. Ważna rzecz - dołączając zewnętrzny sygnał z generatora zostawmy nogę 7mą w spokoju. Ja ją nawet

urywam. Często widzę że podłącza się do niej kondensator łączący z masą podnosząc znacznie wzmocnienie wewnętrznego wzmacniacza. Efektem jest przesterowanie które daje gorsze wytlumienie fali nośnej. Za modulatorem znajduje się wzmacniacz wąskopasmowy z regulowanym wzmocnieniem z którego sygnał biegnie do filtra kwarcowego na płycie odbiornika. Mechaniczne odseparowanie tych elementów daje też poprawę działania całego toru formowania – sygnał nie przenika innymi ścieżkami do mieszacza nie będąc odfiltrowany.

Regulacja wzmocnienia w tym miejscu nie była przypadkowa. Wcześniej projektowane wzmacniacze podczas chęci regulacji napięciem stałym miały zmienne parametry takie jak oporność wejścia, odporność na przesterowanie, zmiana zawartości harmonicznych i oporność wyjściowa. Dlatego nie chciałem stosować takiego rozwiązania w torze wzmacniaczy wcz. sygnału wyjściowego nadajnika. Dzięki usytuowaniu go po modulatorze dostaje on sygnał o podobnej wartości i częstotliwości jest. Jakikolwiek nie pożądanym produktom zostają całkowicie stłumione przez filtry kwarcowe znajdujące się za nim. Układ kaskody feta i tranzystora bipolarnego dał super efekt. Duża oporność wejściowa pozwoliła zastosować obwód wejściowy LC dzięki któremu sygnał jest wstępnie filtrowany a sam wzm. nie wydaje widocznych chronicznych. Rezystor w kolektorze daje stałą oporność wyjściową potrzebną dla prawidłowej pracy filtra kwarcowego. Mały prąd sterowniczy, przyjazny zakres napięcia i wzmocnienie napięciowe x3 przy napięciu sterowania T18 -3,8v dały pożądanym efekt. Zmniejszając napięcie mogę uzyskać kilkudziesięciu decybelowe tłumienie bez utraty liniowości wzmacniacza.

Do niego będzie doprowadzony poziom z ALC.

### ***Tor wzmacniaczy w.cz. sygnału nadawczego 80 i 40m***

Po wymieszaniu wcześniejszego sygnału ssb z częstotliwością heterodyny w mieszaczu, odfiltrowaniu poprzez filtry pasmowe otrzymuję użyteczny sygnał nadawczy który można już transmitować. Jego poziom do 400mV sk nie zapewnił by dalekiego zasięgu. Ponieważ filtry pasmowe zaprojektowane są dla oporności 50 omów wzmacniacz musiał jej odpowiadać. Pojemność tranzystorów, parametry odbicia itp. zmieniają dość mocno parametry wejścia w zakresie 1-30MHz. Na nasze szczęście TRX jest tylko dla zakresu 3,5-7 więc nie dawały mi się one we znaki. Wzmacniacz na tranzystorach t22 i 23 zapewnia wzmocnienie 4 razy. Sprzężenie zwrotne jest tak wykonane aby zapewnić wysoką liniowość. Nie potrzeba dobierać punktów pracy. Rezystory na wejściu dają poprawne obciążenie dla BPF. Na jego wyjściu mam poziom skuteczny do 1,5V. Oporność wyjściowa nie jest wystarczająco niska do wysterowania Drivera więc zostaje obniżona transformatorem 5/3 zwoje. Powoduje to 3krotny spadek napięcia ale daje 3krotne zwiększenie prądu. Na bazie T26 mam do 500mv sk. wcz. Takie wysterowanie dla 2sc2314 z małą wartością rezystancji emitera daje jego pełne wysterowanie a nawet przesterowanie. Mam spory zapas i mogę go sterować niższym poziomem.

Dodanie kondensatorów 470p na wyjściu t23 i 1nf w bazie t26 powoduje zwiększenie wzmocnienia - z transformatorem obniżającym tworzy się układ LC o małej dobroci – powoduje to również zmniejszenie wzmocnienia powyżej 10 MHz

co daje niższy poziom harmonicznych. Wzmocnienie z driverem jest równe w paśmie 2-10MHz. Driver pracuje w klasie A z prądem zależnym od napięcia zasilania trxa 200-250 mA. Oddaje on już pokaźną moc ponad 0,5 wata i wymaga chłodzenia. Taka moc z zapasem steruje końcówką mocy. Zastosowanie aż 4 tranzystorów RD16hhf1 miało na celu nie tylko uzyskanie godnej mocy, ale również ograniczyć możliwość ich uszkodzenia. Przełożenie 1:2 transformatora wyjściowego przy nap. Zasilania 11-14v może oddać 12-20 wat na 50 omach w układzie przeciwsobnym dwu tranzystorowym. Zrównoleglenie w każdej gałęzi powoduje rozkład prądów na dwa i uzyskanie mniejszej oporności złącza przy pełnymysterowaniu. Wcześniej nie budowałem końcówki na fetach, ale łatwość sterowania, mała zależność od temperatury, cena działających egzemplarzy ( na dzisiaj około 15zł/szt ), minus na obudowie dzięki któremu można przykręcić go prosto na radiator skłoniła mnie do testów takiego układu. Konstrukcja jest ogólnie znana ale nie każda chce działać poprawnie. Trzeba bardzo uważać przy lutowaniu bramki. Mimo że jest to tranzystor mocy udało mi się uszkodzić 2 sztuki.

Świadczy to o niskim napięciu przebicia . Należy zwrócić uwagę na elektrostatykę. Najlepiej wcześniej wstawić rezystory obciążające bramkę do masy dzięki którym statyka nie będzie już taka groźna. Drugim elementem który może nas zaskoczyć są wzbudzenia na częstotliwościach UKF-owych. Koniecznie trzeba zastosować kilku omowe rezystory nisko-indukcyjne lub smd przy samych bramkach. Ścieżka o długości 15mm może już powodować kłopoty. Zasilanie poprzez dodatkowy dławik bifilarny daje gwarancję że rdzeń wyjściowy nie będzie się nasycił od prądu stałego. Dodatkowo jeśli jego uzwojenie pierwotne nie będzie w środku umasione dla w.cz. to układ będzie się lepiej równoważył. Indukcyjne sprzężenie zwrotne zbierające sygnał z transformatora zasilającego podawane w przeciw-fazie na bramki zmniejsza poziom harmonicznych i przeciwdziała wzbudzeniom. Prąd spoczynkowy ustawiłem po 150mA/tranzystor przy 20stC. Podgrzanie radiatora suszarką do temperatury bliskiej 70stC zwiększyło prąd spoczynkowy do nie całych 200mA , wartość do przyjęcia dlatego nie zastosowałem kompensacji temperatury dla biasu. Testy z czterema tranzystorami zaowocowały mocą 25 wat w paśmie KF. Dodanie sporej pojemności (1,5nf) równoległej do uzwojenia spowodowało efekt pracy rezonansowej i dla naszych pasm pozwoliło uzyskać ponad 30 wat. Oczywiście ograniczyło moc powyżej 10 MHz ale ograniczyło też poziom widocznych harmonicznych . Jeśli już o nich mowa to bez filtrów LPF sama końcówka na pełnej mocy emituje około -45 db drugiej -35 db trzeciej i ślady piątej harmonicznej. Po filtrach nie mam już czym zmierzyć tych poziomów są poniżej 60 db.

Na tyle pozwala analiza widma w moim oscyloskopie cyfrowym.

*ALC*

Układ kontroli mocy wyjściowej daje komfort trzymania zadanego poziomu w całym paśmie, nie zależnie od tłumienia w danej części filtrów pasmowych i samego pasma pracy. Pod warunkiem że mamy zapas mocy iysterowania -czytaj

(nie są wyduszone na siłę parametry wzmocnienia). W tym trxie czyta on poziom napięcia w.cz. na dzielniku po końcówce mocy oraz napięcie zasilania transceivera . Właśnie napięcie zasilania jest czynnikiem który bezpośrednio wpływa na moc możliwą do oddania. Przy niskim napięciu pracy na akumulatorze możemy mieć nawet poniżej 11 Volt na radiu . Straty na kablu , wtyczce itp. plus obciążony akumulator. Dla takiej wartości normalny układ ale ustawiony np. na 20wat wyjścia podciągał by wzmocnienie regulowanego wcześniej opisywanego wzmacniacza, a po nim na siłę wymuszał uzyskanie takiej mocy. Niestety przy takim napięciu nie jest możliwe już jej uzyskanie. Dlatego też napięcie odniesienia jest zależne od nap. zasilania i przy jego spadku wysterowanie jest również ograniczone. Przy 10,5V zasilania mam 12 wat out. podniesienie zasilania do wartości 14,2V zwiększa możliwości mocy końcówki i drivera, a odniesienie ale ustawia parametr na moc 30 wat, dając większe możliwości pracy przy wyższym zasilaniu sieciowym.

To na tyle o części nadawczej. Jej opis stał się długi ale mam nadzieję że po przeczytaniu zostanie światelko w tunelu i wasze trxy będą rozbrzmiewać w eterze.

***Paweł Bożenda sp2fp 2016***