

# MISJA NIEMOŻLIWA

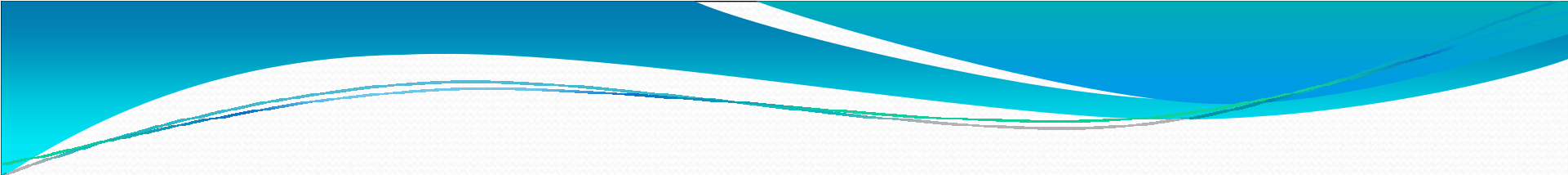
## TRX B-L-U

IP3 +40dBm w niskobudżetowym  
klasycznym transceiverze SSB/CW.

CZĘŚĆ DRUGA

Piotr SP9LVZ

Burzenin, wrzesień 2024



**Mieszacze pasywne na kluczach analogowych  
FST3125 i SD5000/SD5400  
o wysokim IP3 typu H-mode  
oraz pierścieniowy  
wg. Oxnera i Colina Horrabina.**

Zmodernizowana wersja układu kształtowania  
sygnału heterodyny na układach HC04 i HC86.

Diplexer do mieszaczy na kluczach teoria  
i praktyka wykonania - *zdania były podzielone.*

Mikser pierścieniowy **pasywny** na tranzystorach FET został opracowany w latach 80-tych przez **Eda Oxnera** przy użyciu mieszacza na układzie SD8901, ze stratą konwersji -8/-9dB oraz  $IP_3$  około +30dBm.

**Jacob Mahkinson N6SBI** testuje SD9801 w 1993 roku i opisuje rezultaty w Radio Communication IX 1993r.

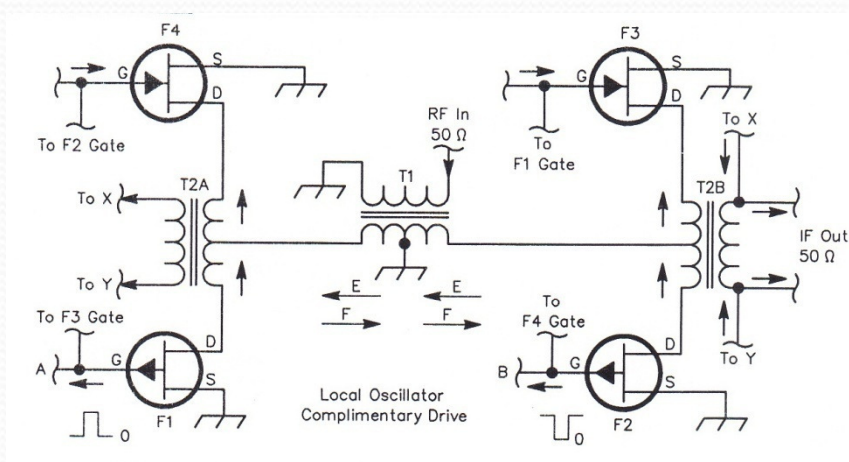
Mikser H-Mode został opracowany w 1993 roku przez **Colina Horrabina G3SBI** przy użyciu układu kluczy **SD5000 (SD5400 SMD)**, charakteryzującego się stratą konwersji -8/-9dB i  $IP_3$  około +50dBm !!!.

Wyniki opisuje w Radio Communication XI 1993r.

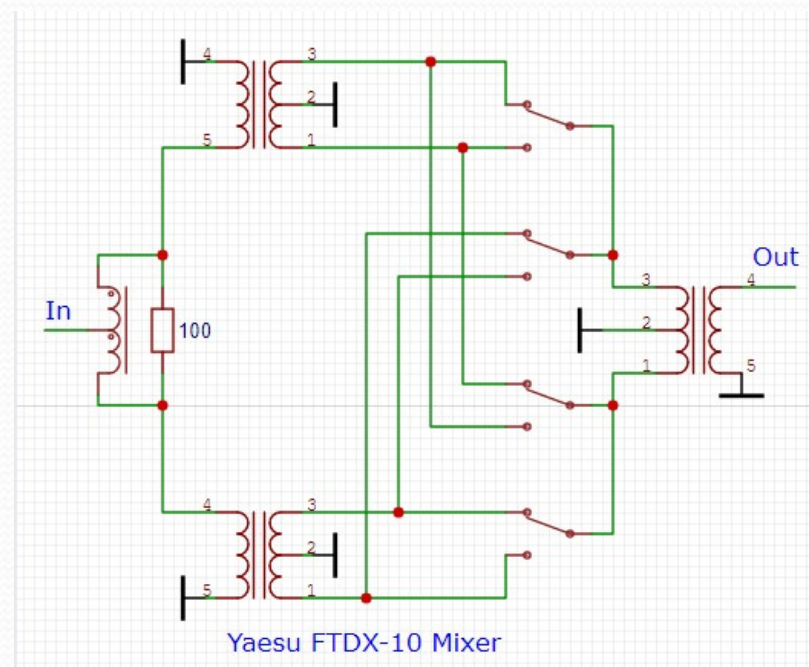
Testuje on też wersję uproszczoną - mieszacz pierścieniowy.

# MIXER H-MODE

## Koncepcja mieszacza H-mode



Określenie "H" nie ma żadnego znaczenia technologicznego, wynika to z wyglądu schematu obwodu, ponieważ oryginalna konfiguracja z 3 transformatorami wygląda jak H.



Rozwiązanie mieszaczy stosowane we współczesnych transceiverach oparte na kluczach FST3257 (YAESU FTdx10)



**I7SWX** wpadł na pomysł w 1998 r. wykorzystania przełączników Fast Bus do mieszaczy, ze szczególnym wykorzystaniem

**FST3125**

Rozwiązanie to charakteryzowało się stratą konwersji wynoszącą około -5dB i bardzo wysokim współczynnikiem IP<sub>3</sub> około +40dBm.

**PA3AKE** wdrożył komercyjnie wersję miksera w trybie H wykorzystującą przełączniki analogowe **FSA3157**, ze stratą konwersji około -4,5 dB oraz IP<sub>3</sub> do +50 dBm.

## **Podsumujmy układy mieszaczy pasywnych:**

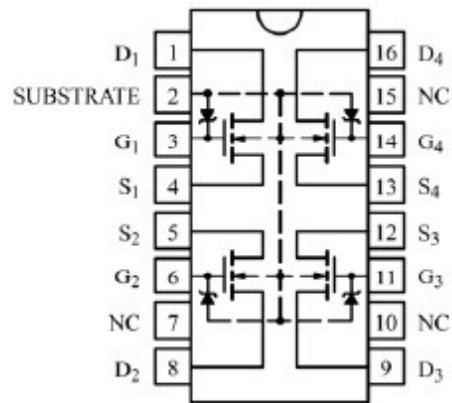
SD8901 Ed Oxner mieszacz pierścieniowy,  
SD5000 Colin Horrabin G3SBI mieszacz H-mode,  
**SD5000 Horrabin G3SBI mieszacz pierścieniowy,**  
**FST3125 I7SWX mieszacz H-mode,**  
FSA3157 PA3AKE mieszacz H-mode ,  
FST3257 YAESU mieszacz H-mode  
SD5400 Icom IC7700 H-mode.

**W pierwszej wersji naszego transceivera został wykorzystany układ klucza Sd5400 jako mieszacz pierścieniowy.**

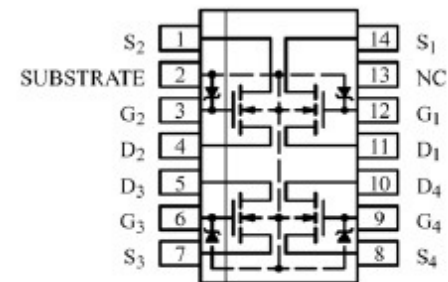
**Wykonane mam również wersje na SD5000 mieszacz pierścieniowy, na FST3125 mieszacz H-mode w planie testy na FST3257 .**

# Mieszacz na SD5000/SD5400

SD5000 / SD5400 ultra-fast switches offer improved accuracy, speed and throughput, with less glitching or distortion than JFETs or multiplexers. Designed for high frequency RF operation, SD5000 / SD5400 provide switching speeds of 1ns with the unique combination of 70ohms "ON" resistance, and a reverse transfer capacitance of .5 pf.



**SD5000**



**SD5400**

Ultraszybkie przełączniki SD5000 / SD5400 zapewniają zwiększoną dokładność, prędkość i przepustowość, przy mniejszych zniekształceniach niż JFET lub multipleksery. Zaprojektowane dla wysokich częstotliwości (RF), SD5000 / SD5400 zapewniają prędkość przełączania 1 ns przy unikalnym połączeniu rezystancji „ON” 70 omów i pojemności transferowej wstecznej 0,5 pF.

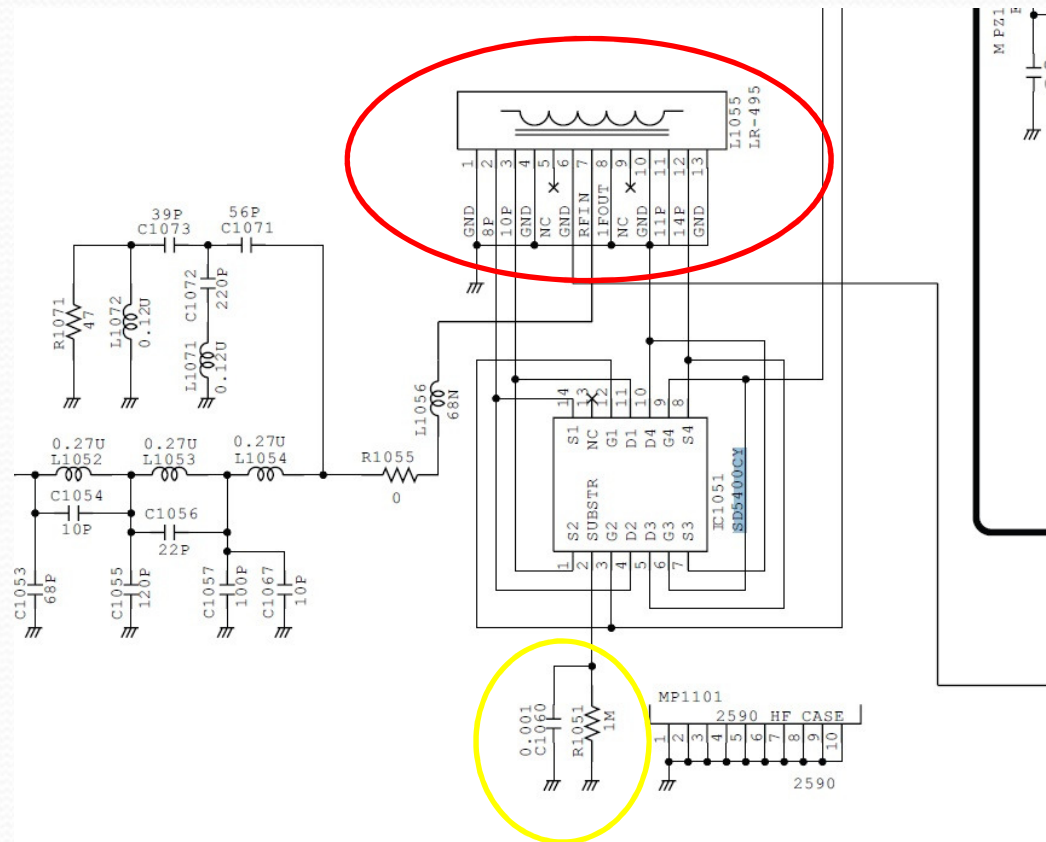
## Mieszacz w oparciu o SD5400 w IC7700



**Zakres dynamiki 110 dB i +40 dBm punkt przecięcia trzeciego rzędu (IP<sub>3</sub>)  
cena IC7700 ~14.000 zł**

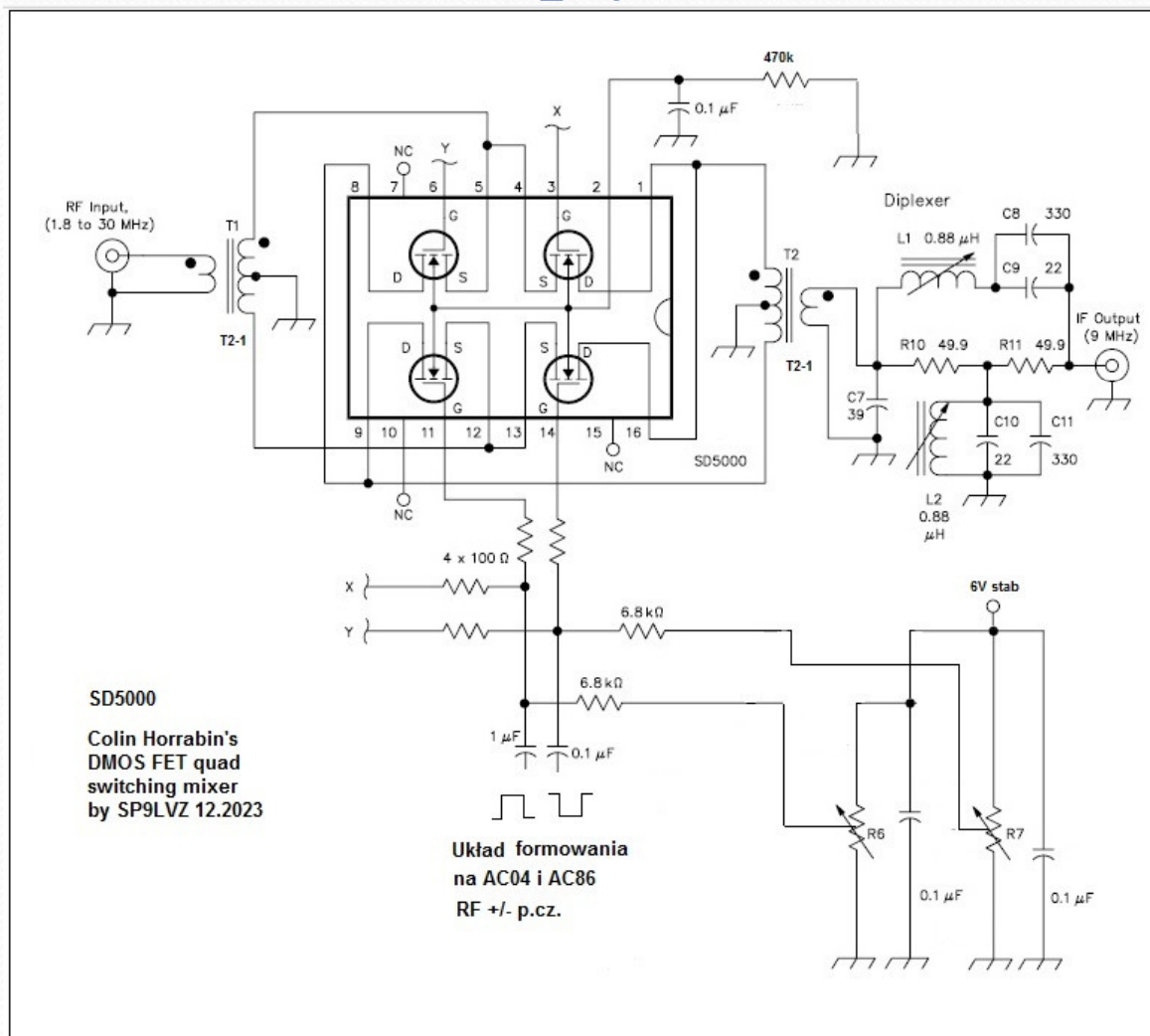


# Mieszacz na SD5400 w IC7700



Ukryty na schemacie sposób podłączenia SD5400

# Mieszacz pierścieniowy na SD5000/SD5400 koncepcja Colin'a Horrabin'a G3SBI

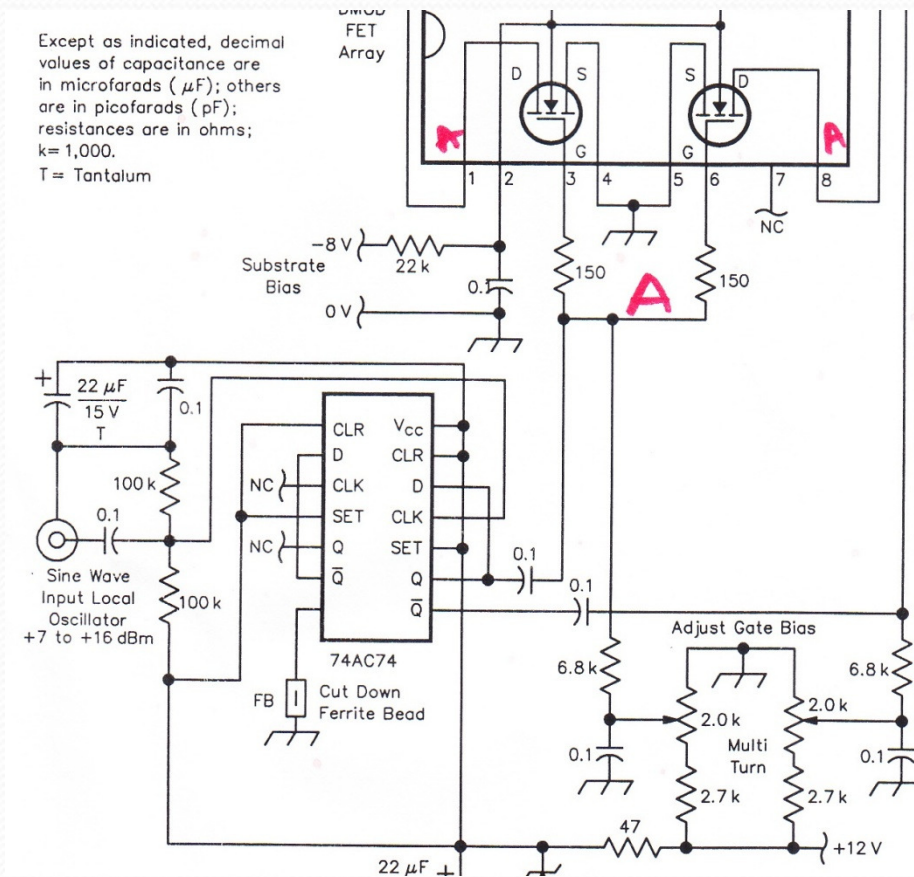


W publikacjach z 1993r,  
podaje on, że ta wersja  
mieszacza na SD5000  
jest lepsza od mieszacza  
na SD8901 (N6NWP).

Wyniki pomiarów tego  
układu wykonane  
przez G3SBI :

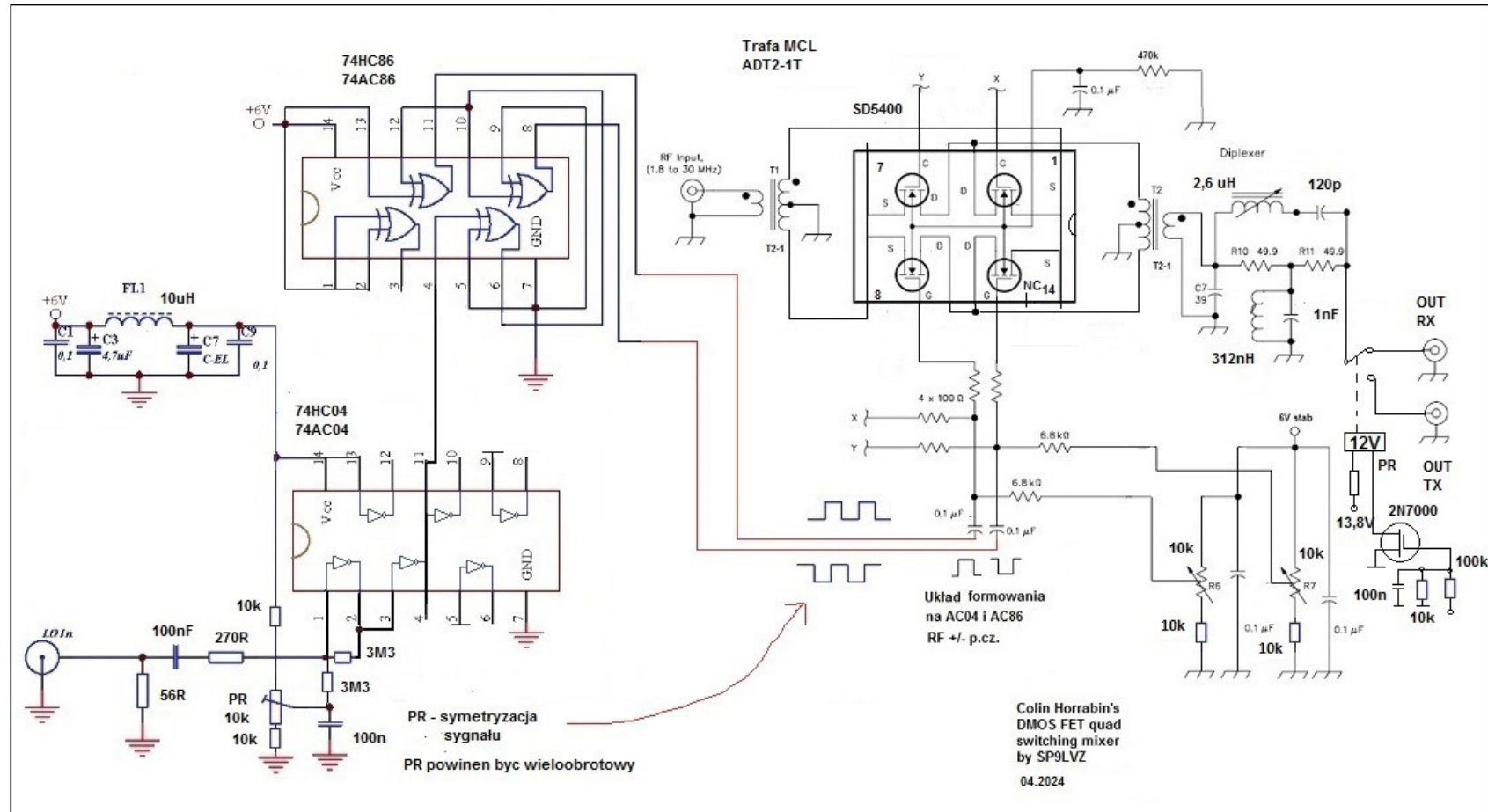
$IIP_3 > 42$  dB (HF)  
 $IIP_3 > 46$  dB (160m)

# Układ formowania sygnału heterodyny na 74HC74



Wymagane jest podanie sygnału LO jako heterodyna x 2  
(przygotowana jest wersja programu syntezy do generowania LO x 2)

# Układ formowania sygnału heterodyny na HC86

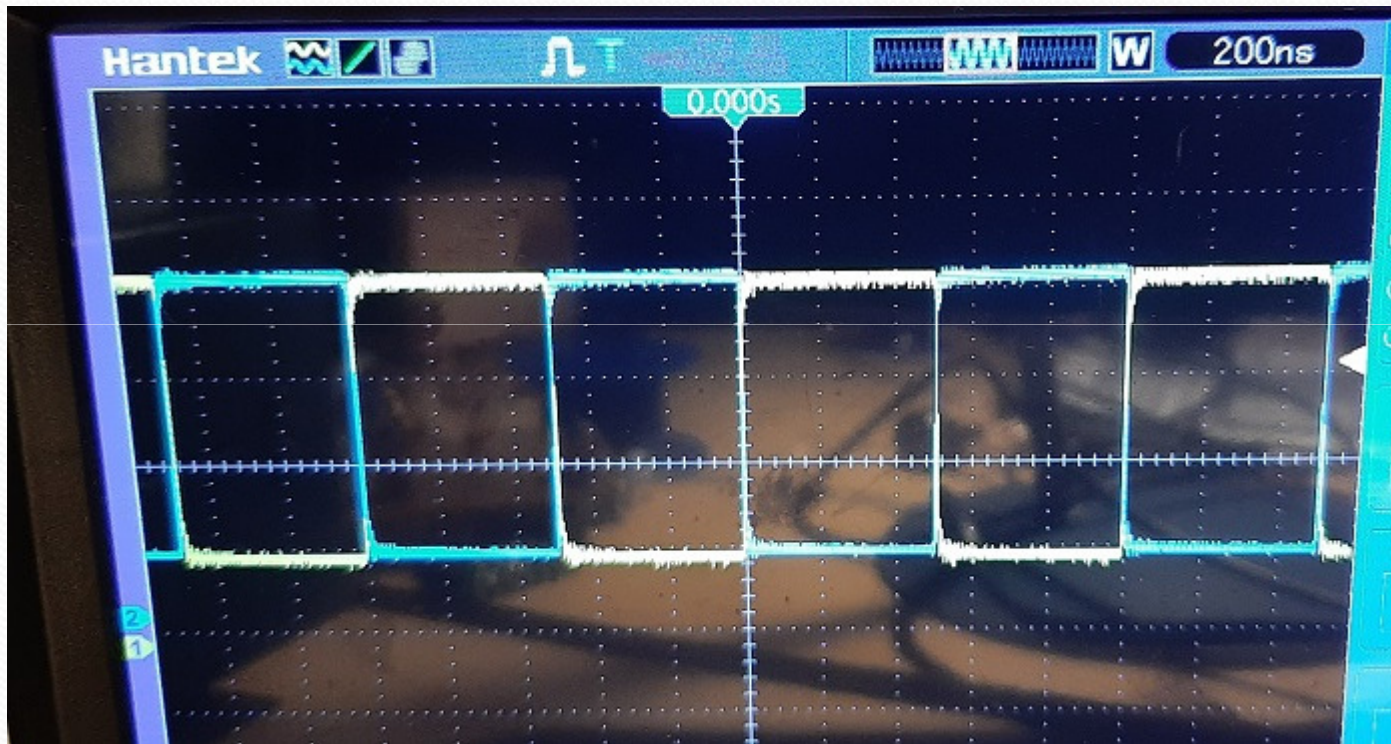


Wersja zmodernizowana na układach HC04 i HC86 opracowana dla projektu transceivera z wykorzystaniem LO bez powielania częstotliwości.

## Zadania układu formowania sygnału heterodyny

1. Sygnał LO bez powielania częstotliwości.
2. Wyrównanie napięć heterodyny – zakres wejściowy LO 200mV – 2V.
3. Możliwość dokładnej symetryzacji mieszacza, co wpływa na obniżenie produktów niepożądanych.
4. Sterowanie kluczy sygnałem prostokątnym.

## Zadania układu formowania sygnału heterodyny



Zrównoważenie/symetryzacja sygnału LO podawanego na mieszacz

# Opracowanie parametrów mieszaczy

## Sergio Cartoceti, IK4AUY

H-mode mixer with FST3125 IC and three transformers.

<i>Author</i>	<i>Frequency (MHz)</i>	<i>IMD (dB)</i>	<i>OIP3 (dBm)</i>	<i>IIP3 (dBm)</i>	<i>G (dB)</i>
CDG2000 by G3SBI & Co*	RF in 30, LO 39, IF 9			37 @ 14	-4 @ 30
PA3CKR**†	RF in 2, LO 11, IF 9			40 @ 3.5	-5.5 @ 2
	he tested three types of transform see his Web site for details.			+41 to 44	-6
JA9TTT†	RF in 7.43, 7.44, 2x0 dBm IF 17 MHz (LO 10 MHz)	94 dB down	+41	+47	-5.9
JA9TTT†	RF in 7.43, 7.44, 2x0 dBm IF 9 MHz	85 dB down	+36.6	+42.5	-5.9

Osiągnięcie IP<sub>3</sub> +40 dBm jest możliwe w mieszaczach H-mode na kluczach FST<sub>3125</sub>.

Uwaga Sergio: w przypadku mieszaczy na kluczach IP<sub>3</sub> jest mało zależne od niedopasowania wejścia i wyjścia , w przeciwieństwie do mieszaczy na diodach.

**PA3AKE opisuje** problem produktów niepożądanych w mieszaczach (spurs – „ostrog”) w przypadku **stosowania syntez typu DDS ( np. AD9850).**

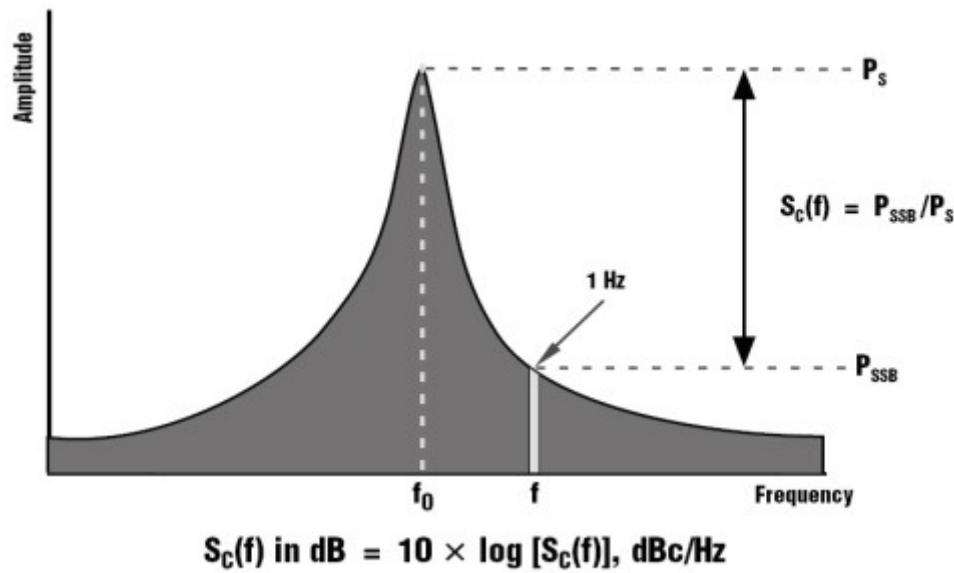
**Pytanie czy w przypadku Si5351 problem będzie aż tak duży?**

- **Ostrog** **bezpośrednie.** Te ostrog pokrywają się z częstotliwością IF i przeciekają bezpośrednio z portu LO do portu IF. Nie powinno ich być wiele, a ogromnej liczby ostrogów, na które natrafił, nie dał rady wyjaśnić.
- **Ostrog** **heterodynowe bezpośrednie.** Są to silne ostrog w porcie LO, które bezpośrednio heterodynują z sygnałami otrzymanymi w porcie RF miksera. *Są to ostrog*, *które są powiązane z silnymi sygnałami wejściowymi i całkowicie znikają, jeśli sygnały wejściowe zostaną usunięte.*  
Ta kategoria nie wyjaśnia wszystkich produktów niepożądanych.

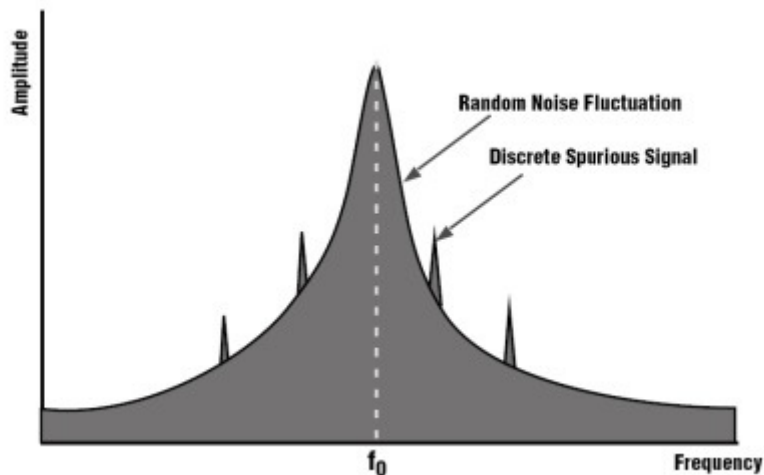


- **Ostrogi samoheterodynujące.** Te ostrogi są spowodowane przez ostrogi, które wyciekają z portu LO do portu RF, a następnie heterodynują z czymkolwiek dostępnym na porcie LO, aby wytworzyć sygnały w porcie IF na częstotliwości IF. Ta kategoria wytwarza ogromne ilości ostróg. Wszystkie kombinacje ostróg w pełnym 200MHz widmie wyjściowym AD9951 DDS, które są oddalone o 9MHz (moja częstotliwość IF), wytworzą ostrogę w paśmie IF! **Jest to kategoria ostróg, która reaguje na zakończenie wejściowe miksera.** Gdy filtr pasmowo-przepustowy jest podłączony do miksera, wszystkie kombinacje w paśmie zaporowym filtra są odbijane z powrotem do miksera w prawie 100%. Przy zakończeniu rezystancyjnym 50 omów są one znacznie bardziej absorbowane, a ich efekt jest znacznie zmniejszony.

# Czystość sygnału heterodyny



Definicja szumu fazowego heterodyny



Sygnały niepożądane spurs (ostroggi) na sygnale heterodyny.

**Przedstawiane rozwiązanie likwidacji skutków produktów niepożądanych polega na zaterminowaniu wejścia i wyjścia mieszacza rezystancjami 50R dla innych częstotliwości niż pożądana – zastosowanie diplexerów.**

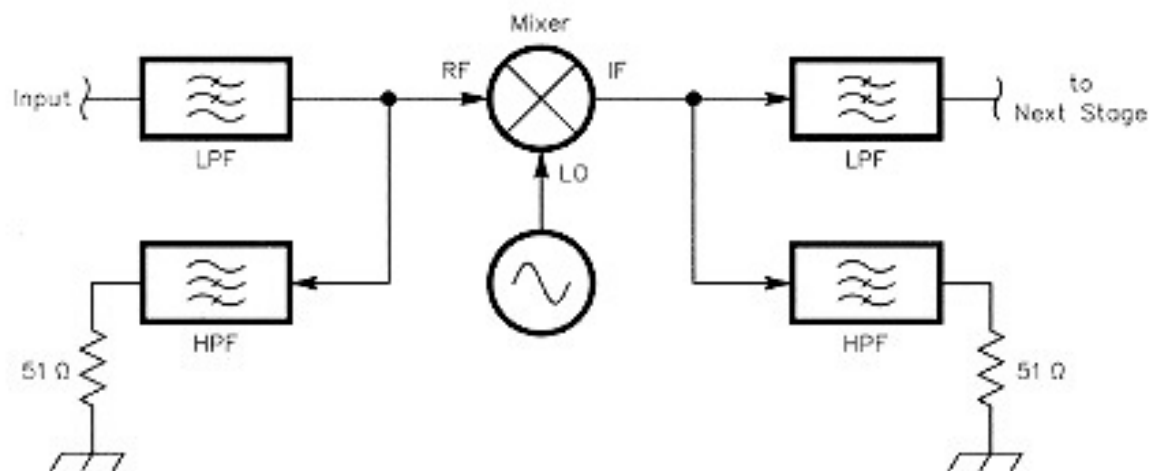
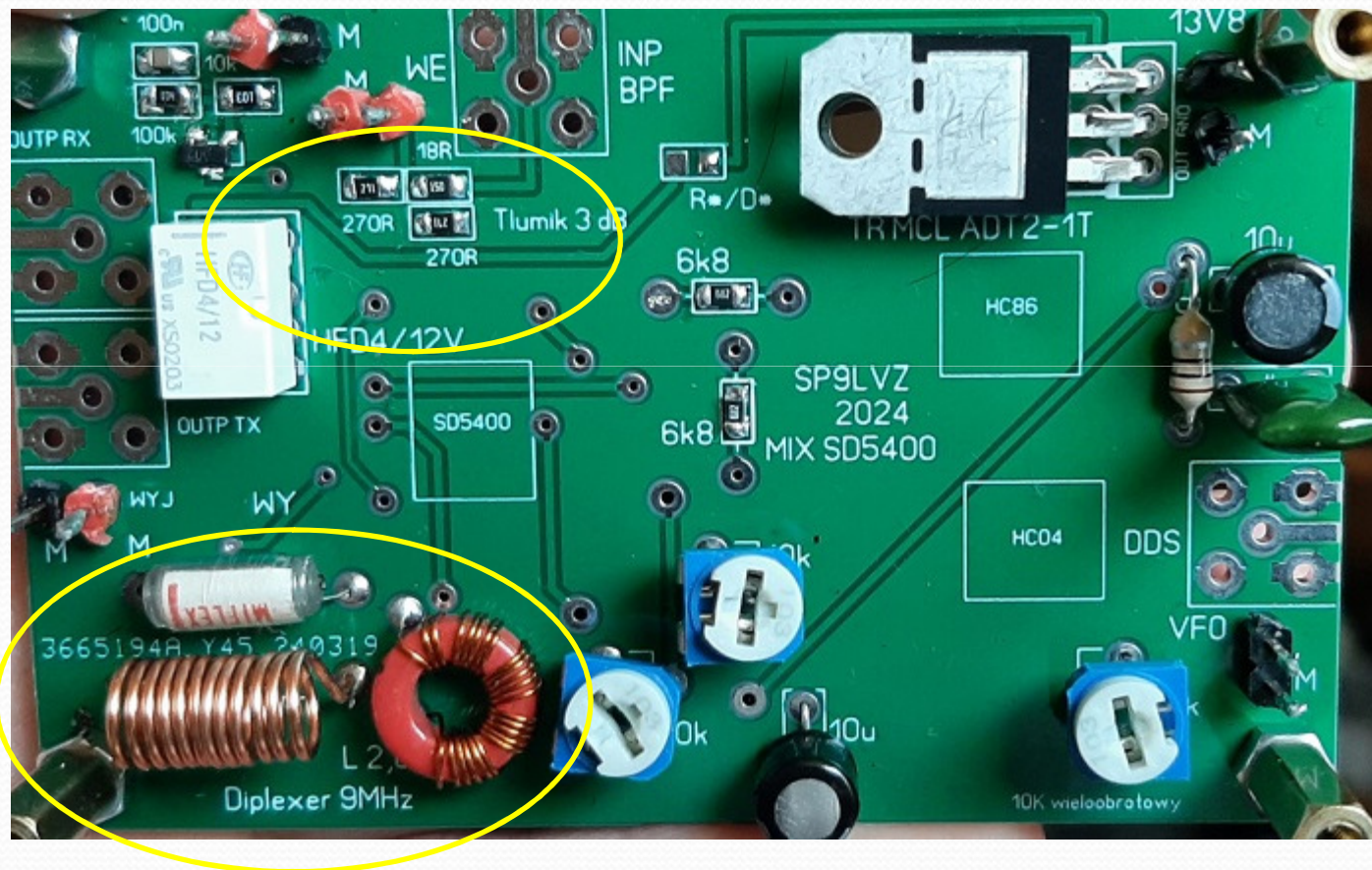


Fig 2 - Parallel high- and low-pass filters for LO termination at RF port.

Od strony wyjścia na p.cz. potrzebujemy jeden diplexer, od strony BPF na każde pasmo oddzielny.

Można od strony wejścia zastosować tłumik (obciążenie szerokopasmowe).

**Tłumik 3 dB na wejściu i diplexer na wyjściu  
na zaprojektowanej płycie mieszacza pierścieniowego z SD5400**



Dodane elementy mające za zadanie zmniejszenie problemu „spurs”

## Teoria i praktyka wykonania diplexera. Pytania.

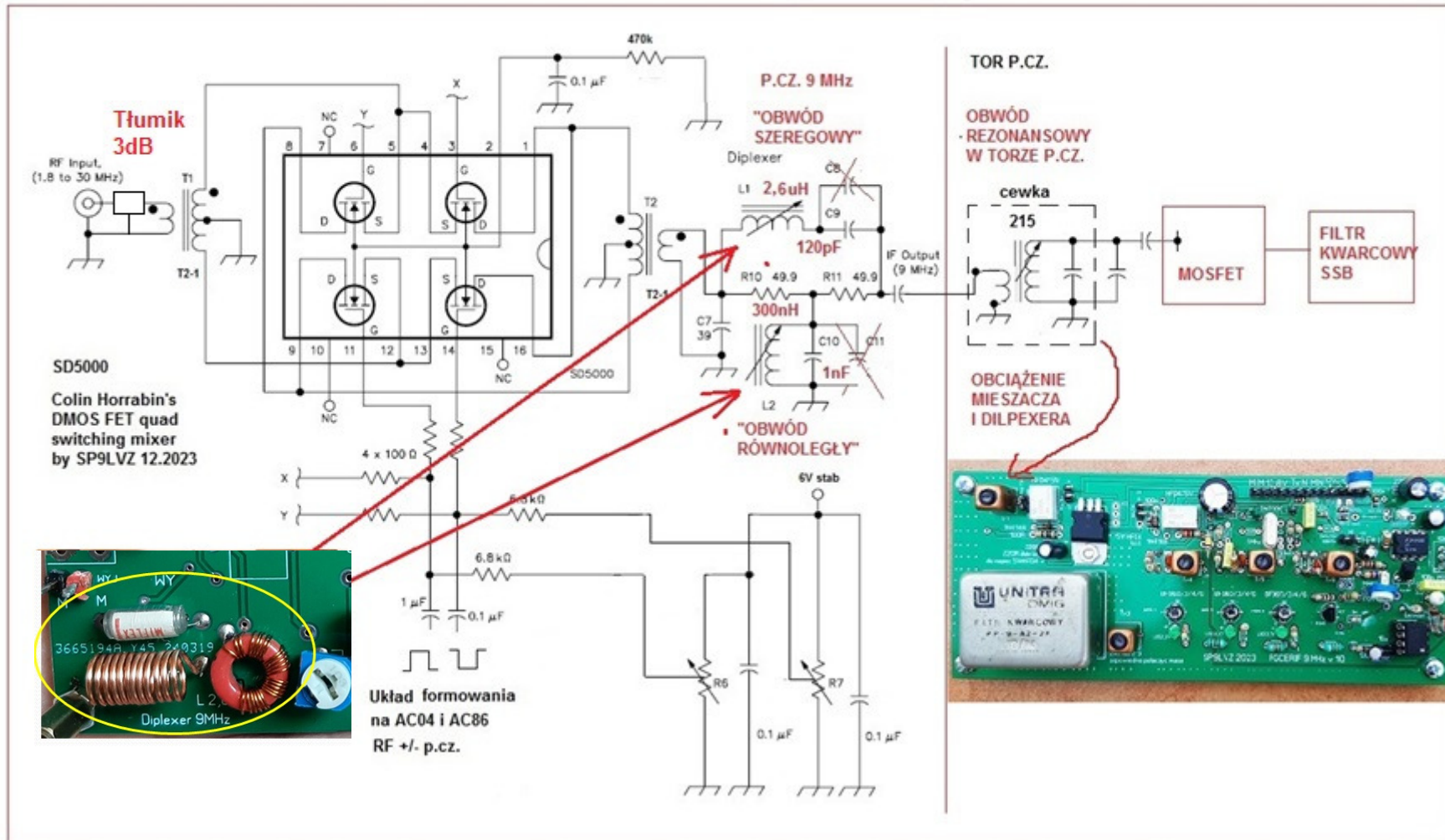
- jakie użyć wartości elementów,
- jak wykonać cewki, by miały największą dobroć,
- jakie kondensatory użyć do diplexera,
- czy można w obwodzie „równoległym” łączyć różne kondensatory równolegle?: nie można ze względu na ch-ki częstotliwościowe, sprawdzamy rezonanse pasożytnicze (praktycznie do 200 MHz, najlepsze kondensatory mikowe).

1nF dla 9 Mhz = 17,6 ohm  
330nH dla 9 Mhz = 18,6 ohm

*dla 9 Mhz i 50 ohm  $L= 884nH$ ,  $C=350pF$*

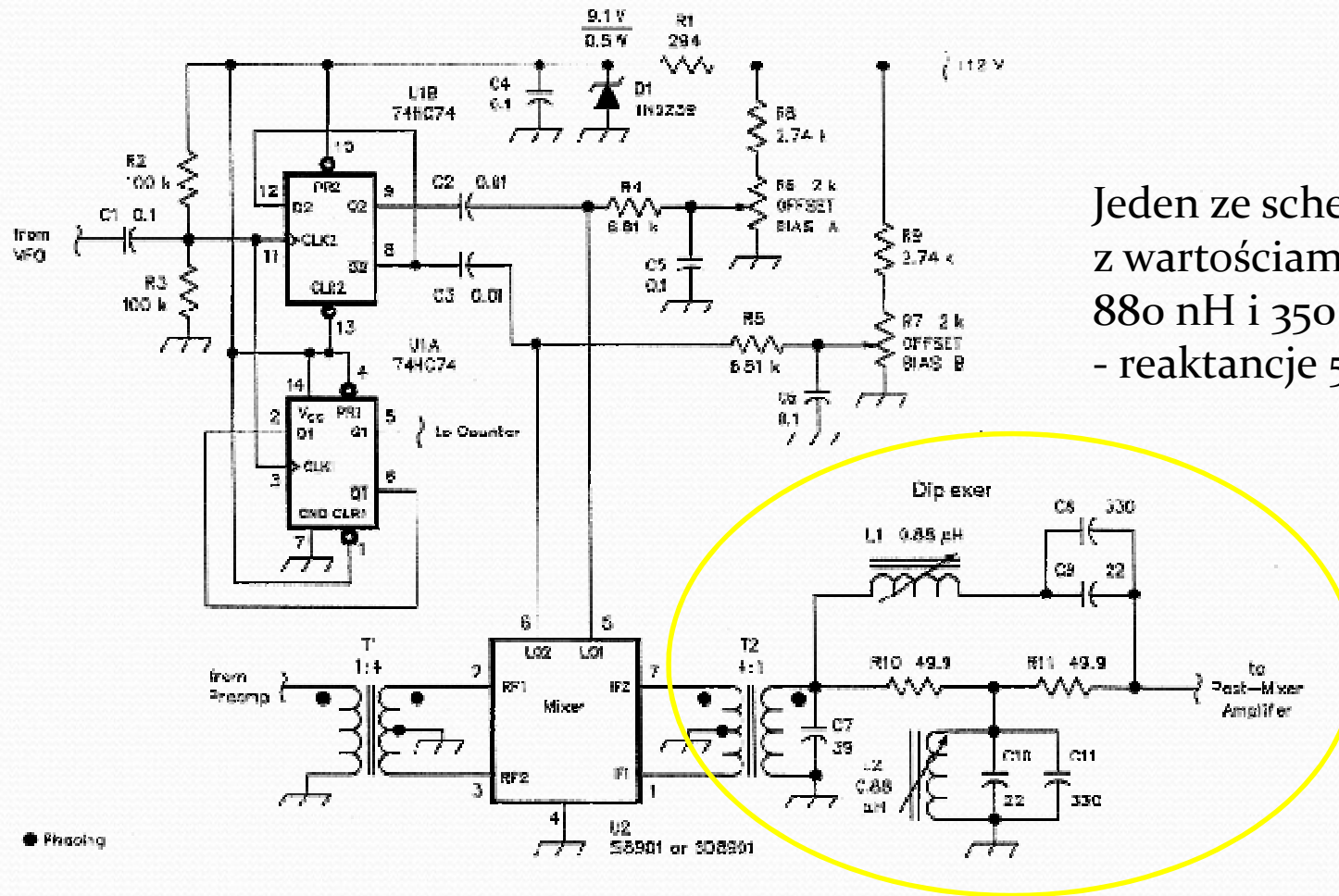
Wykonanie cewek o niskiej indukcyjności jest problematyczne w związku z koniecznością precyzyjnego dostrojenia obwodu do rezonansu (cewka powietrzna 330 nH – ściskanie/rozciąganie).

# Podłączenie mieszacza do płytki p.cz., uwzględnienie roli diplexera i tłumika 3dB w likwidacji produktów niepożądanych.



# Teoria i praktyka wykonania diplexera.

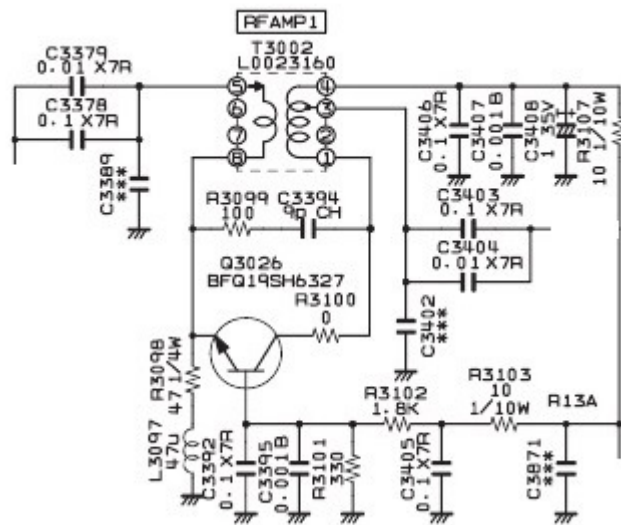
Jakie użyć wartości indukcyjności i pojemności?  
Różni autorzy mają różne podejście do tematu.



Jeden ze schematów  
z wartościami  
880 nH i 350 pF  
- reaktancje 50R

● Phasing

## Dodatkowe tłumienie diplexera i tłumika 3dB, a spadek czułości odbiornika.

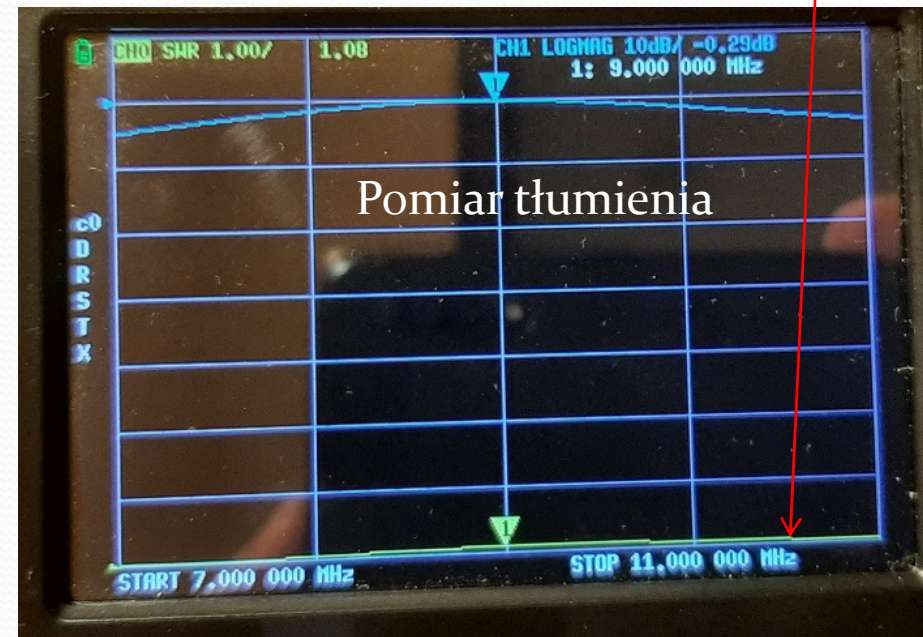
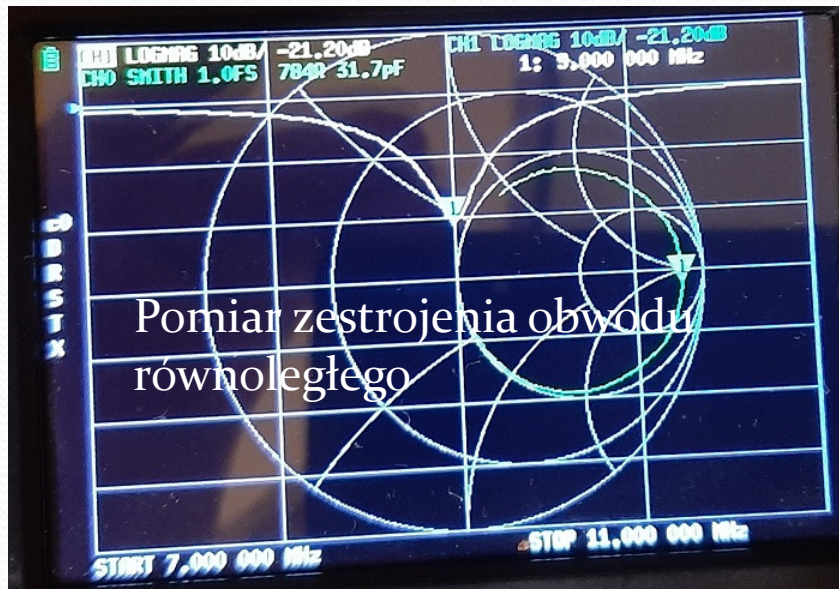
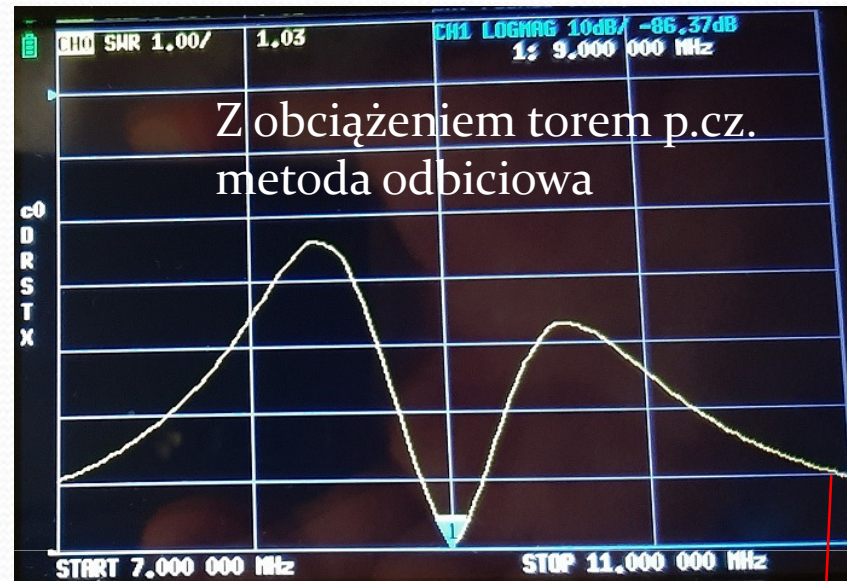


+ AMP<sub>1</sub>  
+ AMP<sub>2</sub>

W FTDX10, jest na stałe zabudowany przed mieszaczem wzmacniacz wysokopoziomowy, a u nas tłumik 3 dB .  
Może to dać różnicę nawet ok. 10dB w poziomie czułości odbiorników.  
Można rozważyć kwestię, czy nie dołożyć dodatkowego pre-amp o niedużym wzmacnieniu (6dB?) oprócz aktualnie włączanego pre-amp 16dB dla wyższych pasm. Może włączane naprzemiennie? Było by ATT/+6dB/+16dB.



## Pomiary podczas strojenia diplexera



## Efekty jakie zostały osiągnięte z SD5400 i Si5351:

- praktycznie brak efektów niepożądanych typu suprs, być może jest to też związane z rezystancją 70 ohm ON SD5400 (\*),
- słyszane zakłócenia od syntezy eliminowane poprzez symetryzację mieszacza,
- bardzo dobra praca mieszacza pod względem wyrównanych poziomów sygnałów po stronie odbiorczej i nadawczej (problem mieszaczy diodowych),
- mieszacz – pasywny - pracuje rewersyjnie RX/TX,
- tłumienie między portami ok. 50dB (zmierzone),
- brak efektów intermodulacji przy bardzo silnych sygnałach (testowane głównie w paśmie 7 Mhz) (\*).

Nie mam możliwości zmierzenia IIP<sub>3</sub>, spodziewany +40dBm.  
Colin Horrabin G3SBI uzyskał pomiar +42dBm.

Według autorów układów mieszaczy na kluczach niedopasowanie wejście/wyjście mieszacza nie wpływa znacząco na IP<sub>3</sub>,  
IP<sub>3</sub> zależy głównie od napięcia (mocy) LO.  
Najważniejszym zadaniem jest utrzymanie równego poziomu LO (\*).

(\*) – główne cele do osiągnięcia, współczynnik IP<sub>3</sub> był elementem drugiego rzędu problemu, który jest mniej problematyczny niż spurs i czy odbierane realnie zakłócenia intermodulacyjne