

## Мои комментарии к трансветру согласно US4ICI.

### (Перевод машинный RX3DCZ)

Я сделал следующее описание для моих коллег, которые являются новичками в микроволновых диапазонах, и для всех тех, кто менее опытен в использовании техники, используемой в этом устройстве. Для продвинутых дальнейшее чтение этого описания - пустая трата времени!

Коллеги, купившие этот преобразователь, должны помочь в реализации проекта, т.е. запустить собственную станцию в диапазоне 23 см и на этом устройстве, и помочь в выборе правильных концепций на будущее.

Измерения устройства я начал с тестирования полосовых фильтров. Правильно спроектированные/работающие фильтры являются основой правильной работы всего преобразователя.

Полосовые фильтры характеризуются кратко:

1. Средняя частота
2. АЧХ определенной ширины
3. Затухание в АЧХ
4. Затухание случайных частот

Сложности со спектром транслируемого сигнала или нестабильность тракта Rx, о которой много упоминалось на форуме, чаще всего могли быть вызваны неадекватными параметрами полосовых фильтров.

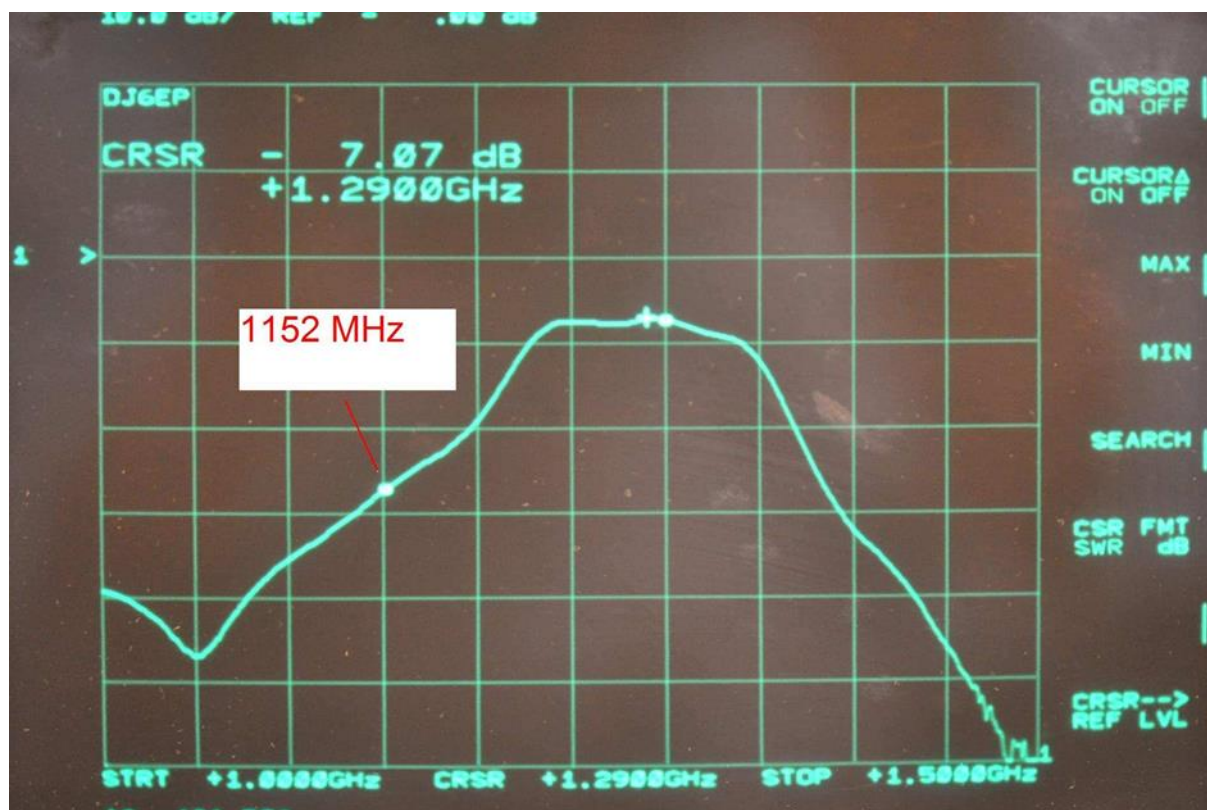
Почему?

Предположим, что подавление/потери в фильтре/, вносимые полосовым фильтром, просто слишком продолжительны, это не на ту степень, за которой и перед которой размещается соответствующая нагрузка. Несогласованный усилитель, несомненно, будет иметь тенденцию к самовозбуждению.

Продукты, не входящие в спектр передатчика, могут быть вызваны неадекватной фильтрацией отдельных сигналов.

Замечу теперь, что в значительной части описанные ниже измерения были возможны только после отключения отдельных ступеней/вырезания соответствующих дорожек на пластине.

Выпаяв соответствующие элементы из почти готовой платы и перерезав дорожки, я смог протестировать только сам фильтр между 1-м и 2-м входным усилителем. Ниже я предполагаю, что другие (практически полностью такие же) фильтры имеют такие же параметры.

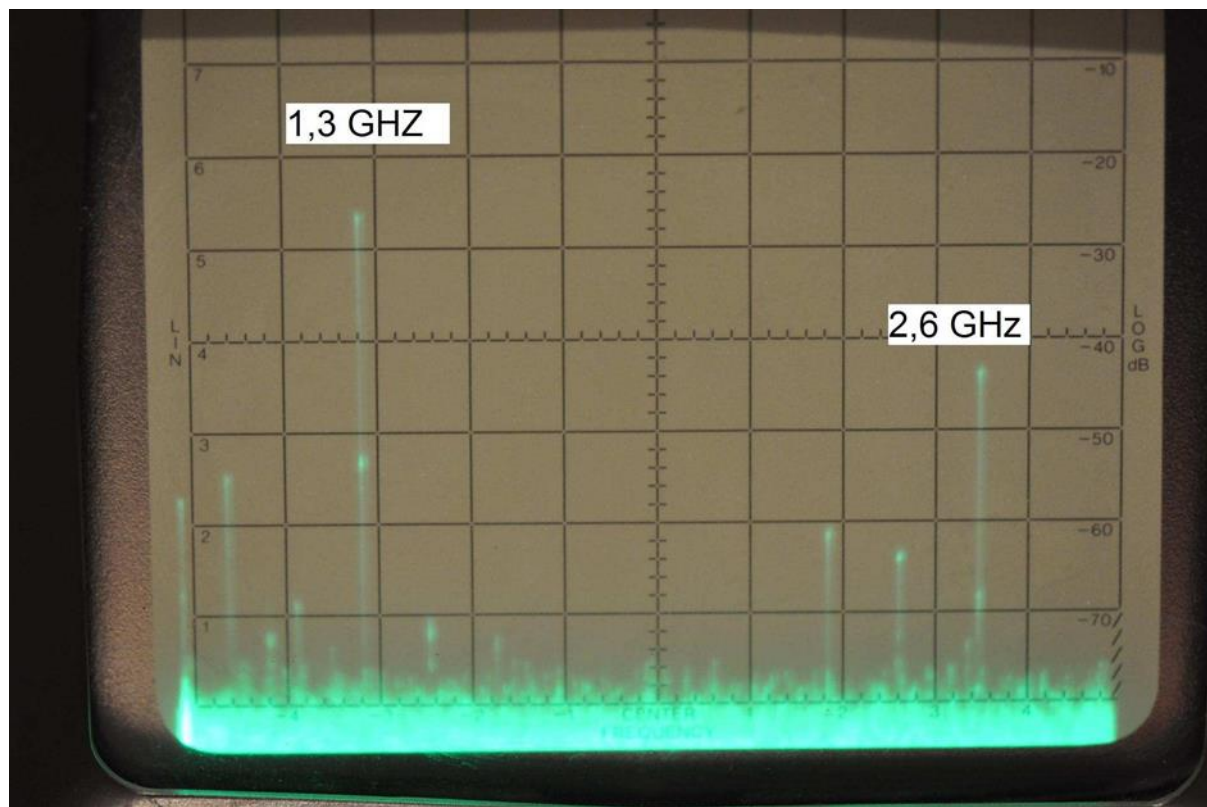


На фото показан фильтр между 1000 и 1500МГц.

Затухание фильтра (для полосы основного резонанса) составляет около 7 дБ, что не так уж много, хорошее значение, которое, тем не менее, все еще приемлемо. Ширина фильтра наверняка перекроет весь диапазон 1240-1300МГц. Затухание гетеродина около 20 дБ является удовлетворительным.

Я вернусь через несколько предложений для более подробного описания фильтра. Достаточно положительные результаты измерения фильтра послужили основанием для продолжения работы.

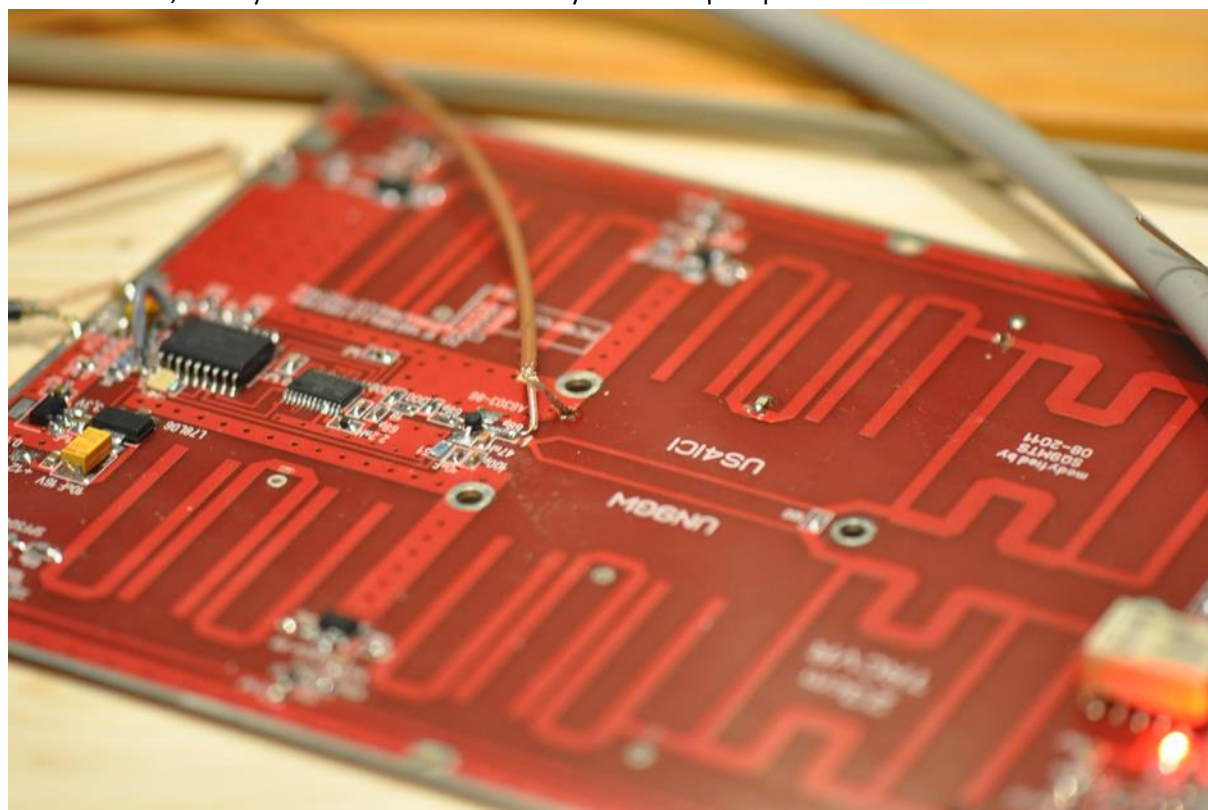
После проверки селектора напряжения и рабочих точек усилителей проверяют весь тракт передачи преобразователя. Я подавал питание ПЧ на смеситель передатчика, наблюдая за поведением системы.



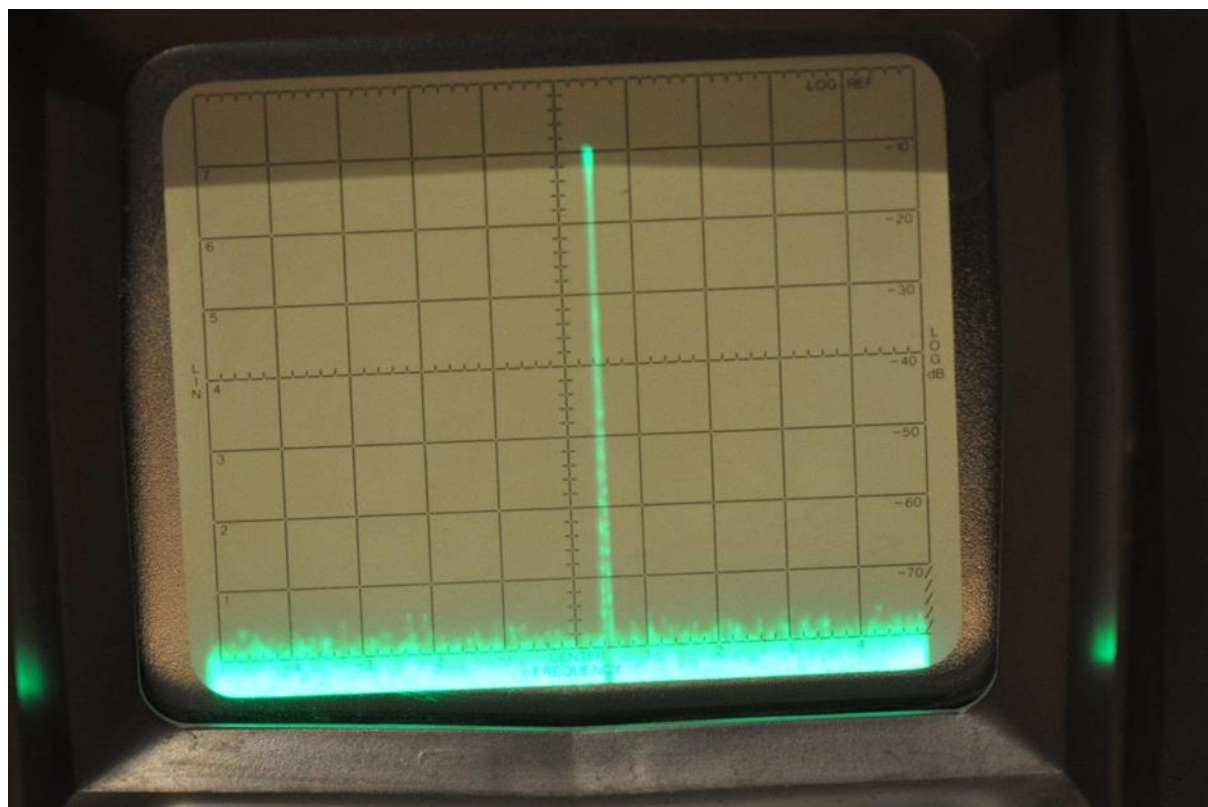
Это спектр передатчика между 1000 и 3000 МГц.

Как видим, вторая гармоника полезного сигнала имеет затухание менее 20 дБ. Ничего другого не остается, как проанализировать всю систему и найти причину такого плохого спектра.

Понятно, что я начал с проверки уровня гетеродина (для ПЧ 144 МГц - 1152 МГц). Перерезав путь, ведущий к делителю Винкельсона, я получил возможность взглянуть на генератор.



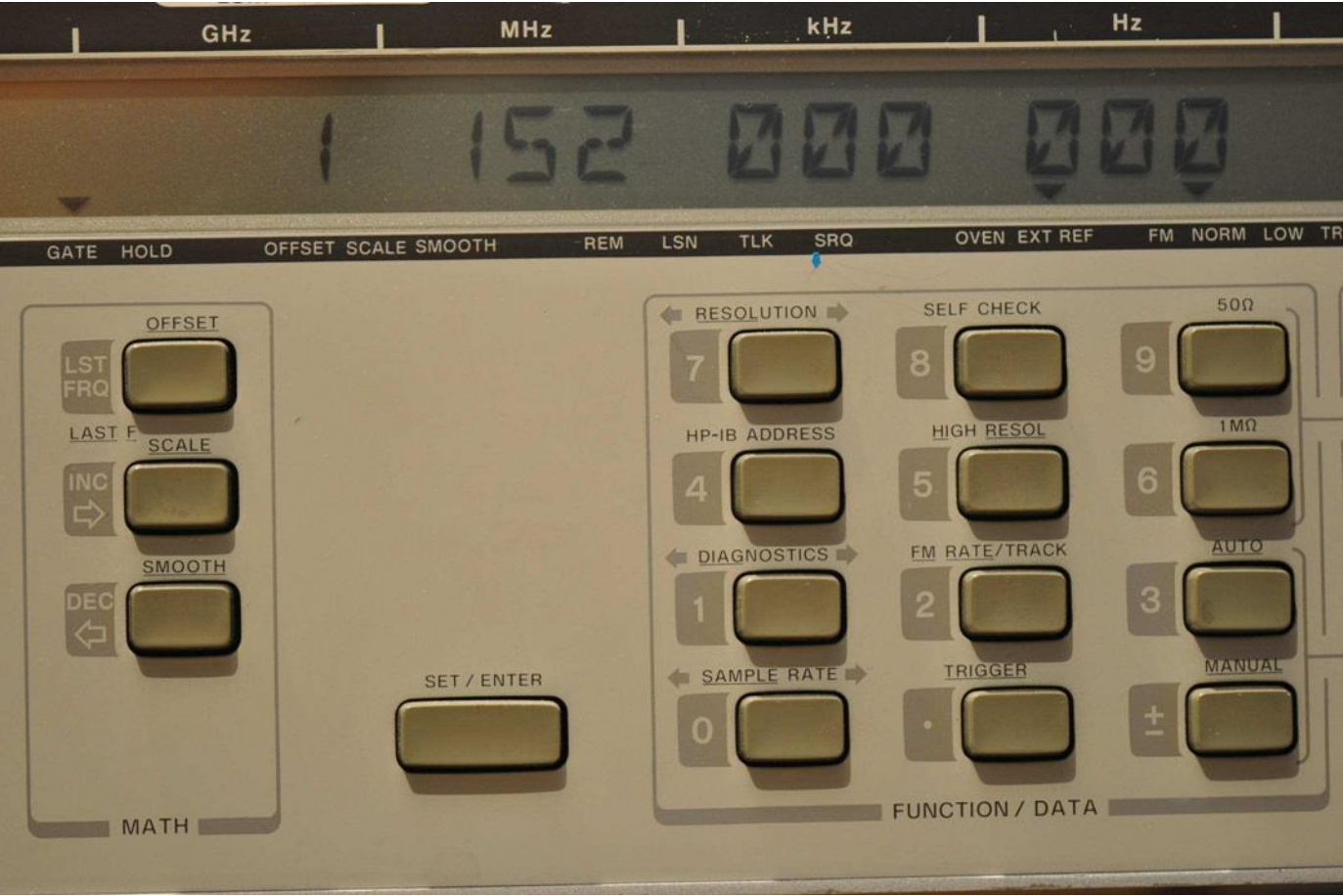
Впервые за эту игру я был приятно удивлен:



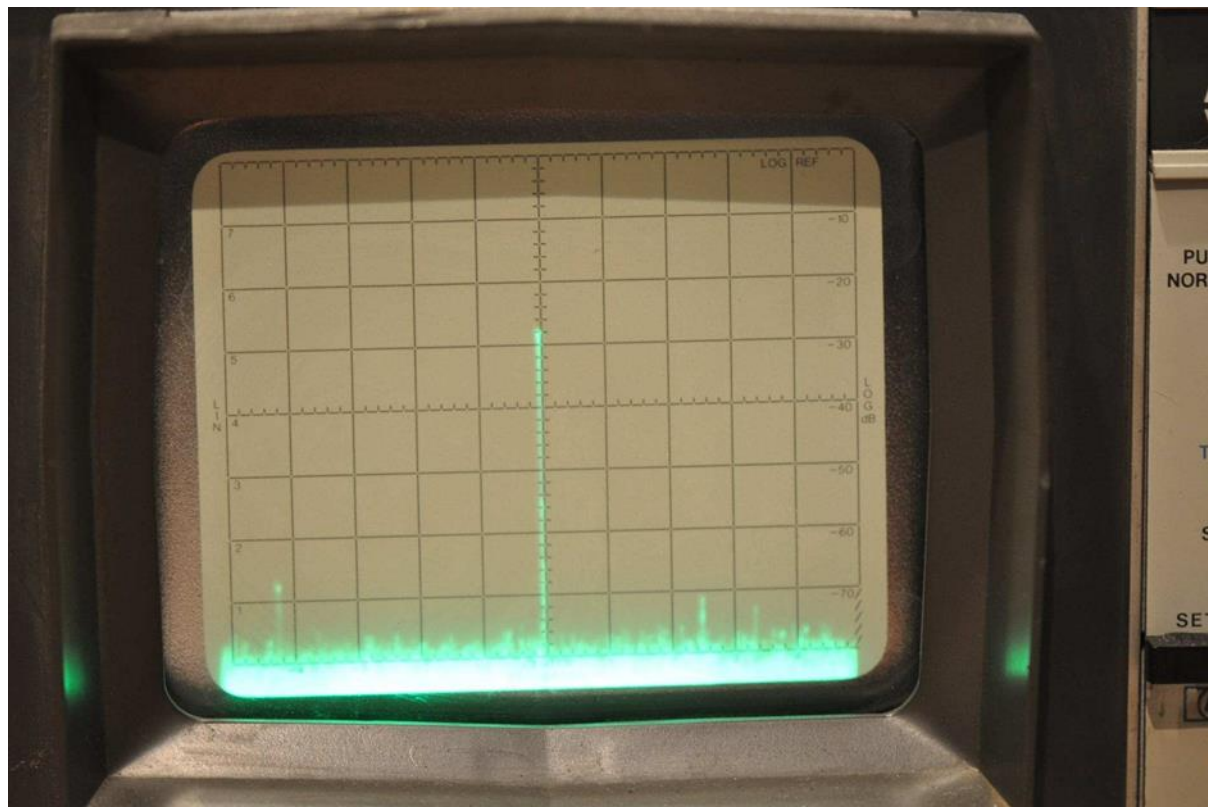
Сигнал гетеродина на частоте 1152 МГц. Почти идеальный сигнал; где-то на 150МГц выше - небольшая нежелательная полоска на уровне -55дБ (с этим расширением не видно).



Измеренная мощность OSC на уровне 20мВт

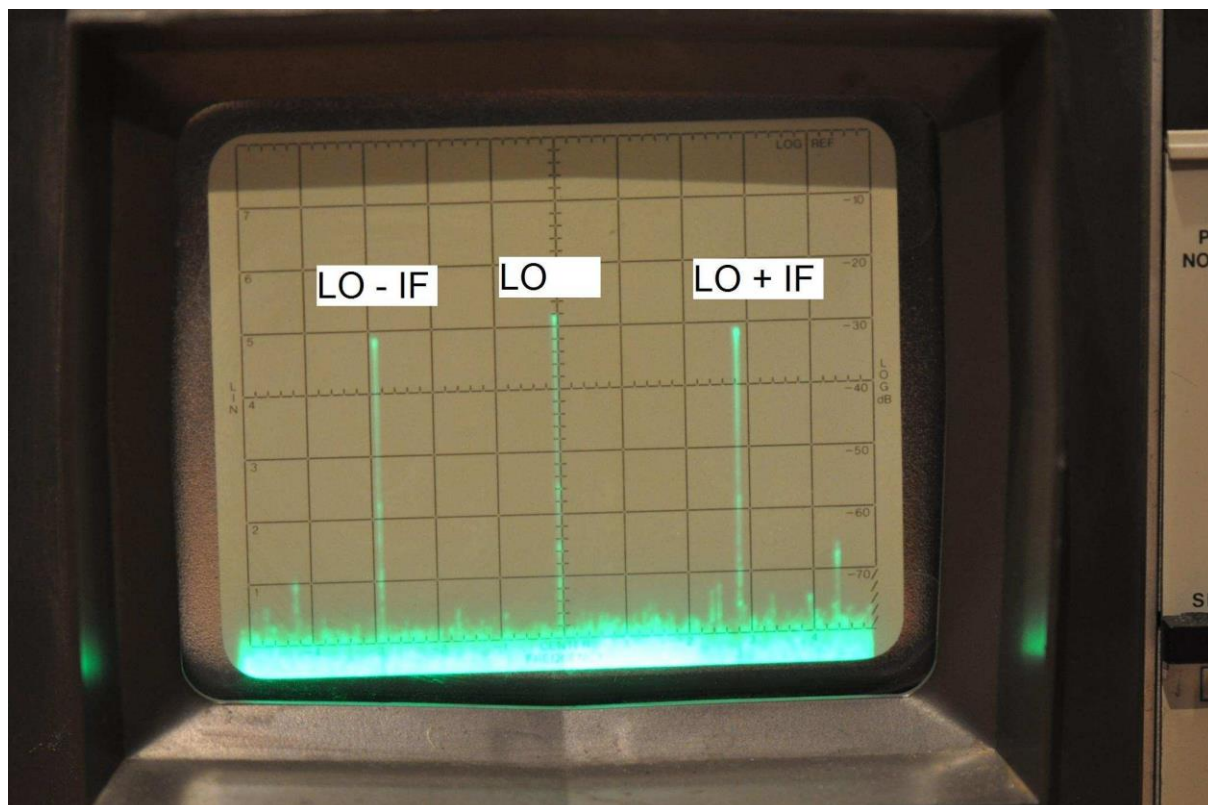


Удивленный сигналом генератора, я начал исследовать хэш-функцию TX. Я снова перерезал дорожку между микшером и первым полосовым фильтром и увидел именно то, что и ожидал.



Сигнал таунхауса TX без сигнала ПЧ.

Четкий сигнал LO и "еще немного фигни", которую могли внести диоды смесителя.

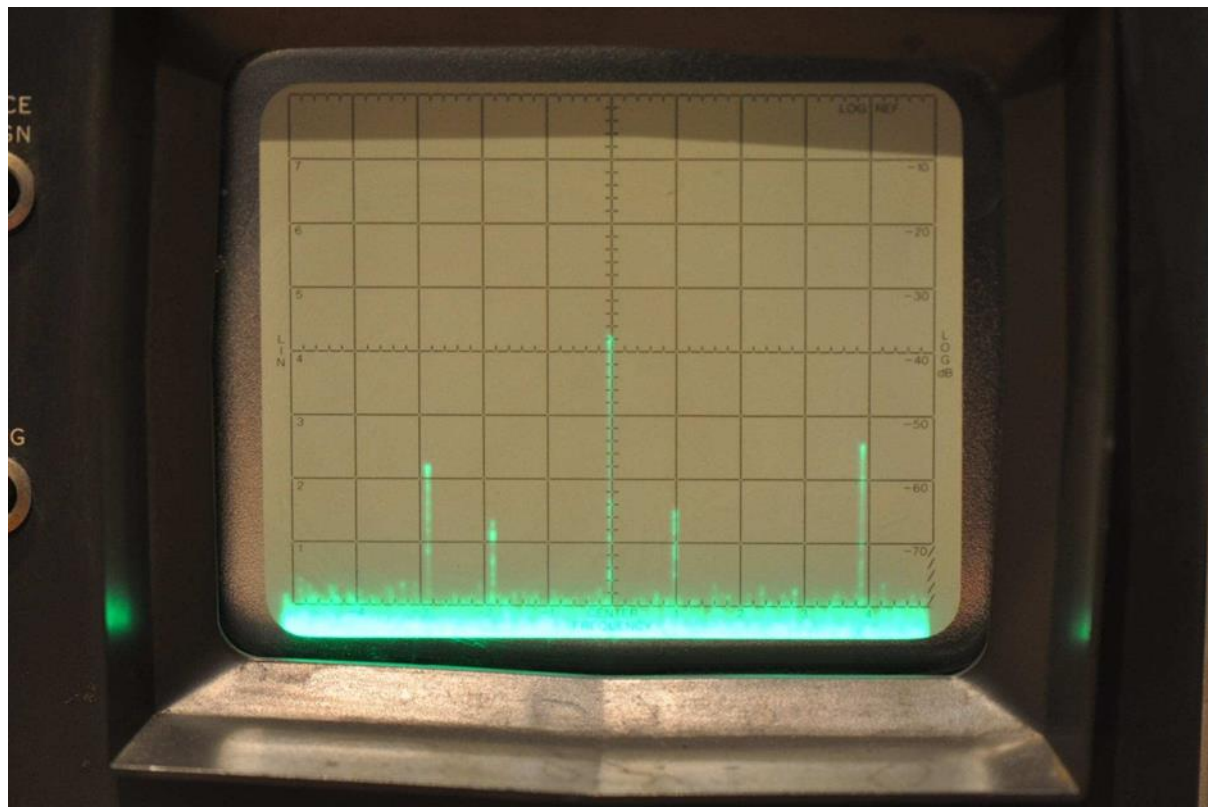




И снова знаменитая «картинка». Полностью рабочий микшер и несколько нежелательных сигналов, о которых должны заботиться полосовые фильтры!!

Размер гетеродинного сигнала в спектре смесителя указывает на несколько высокий уровень мощности на частоте 1152 МГц.

Чтобы быть уверенным, я также посмотрел диапазон спектра для второй гармоники сигналов.



Смеситель близок к 2,6 ГГц.

Ну и снова много нежелательных сигналов, но для нелинейных систем-смесителей ничего особенного.

В самом начале мы рассмотрели функцию полосового фильтра. На первый взгляд резервов было не много. Частотная характеристика была там, где это было необходимо. Подавление гетеродина было хорошим, потери в фильтре немного велики, но это может сказаться только на общем усилении передающего каскада.

Смеситель нормальный, усилители широкополосные (усиливают все между диапазоном МГц и несколькими ГГц), почему спектр передатчика такой плохой?

Причина почти сейчас найдена, для уверенности проверю функции передатчика передающего тракта.

Задача ясна: Два широкополосных усилителя и два фильтра на 1270 +/- 30 МГц должны в значительной степени подавить нежелательные продукты.



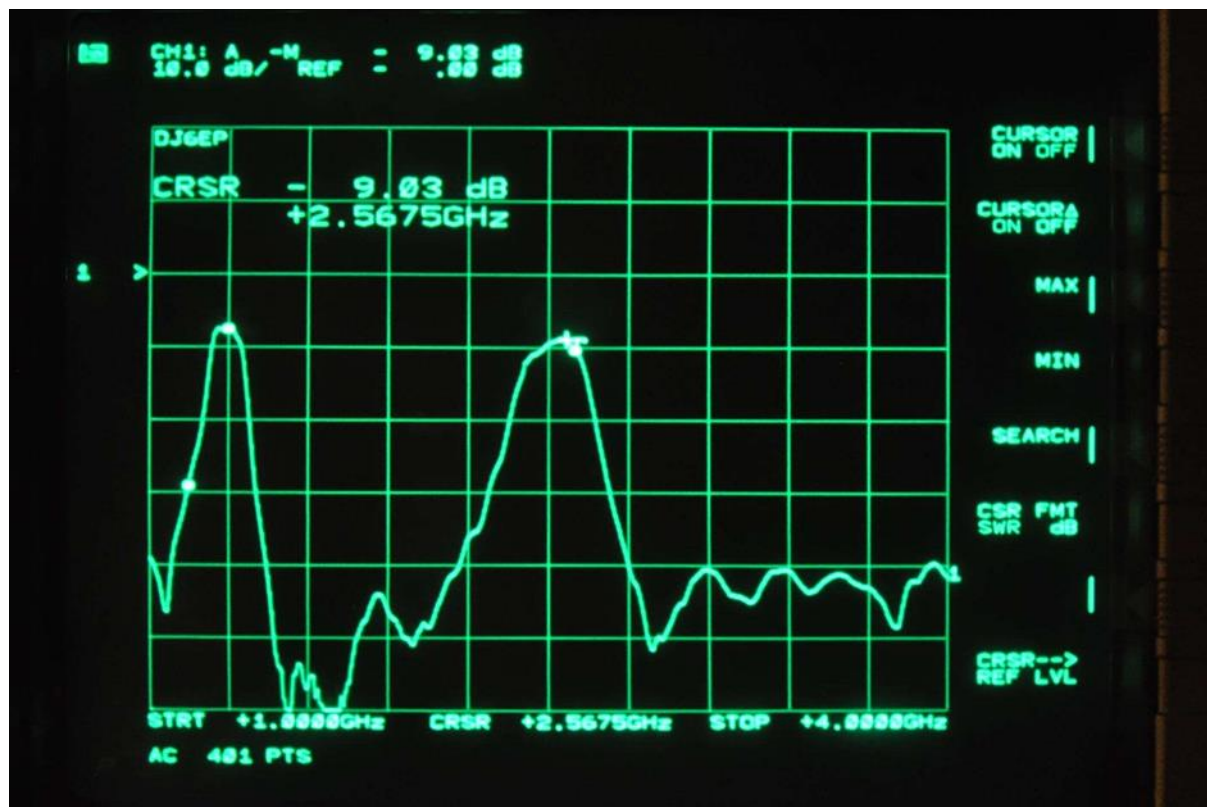
На практике это усиление тракта передачи в зависимости от частоты между 1000 и 4000 МГц. Как видите, усиление для фармацевтических частот, выходящих из микшера, настолько мощное, что выходная полоса передатчика может быть только «сборкой мусора».

Если усилители работают (допустим с одинаковым коэффициентом усиления) в широком диапазоне частот, это может означать только то, что указанная выше характеристика является «раздвоением» фильтров. и это то, что мы будем делать ниже.

Характеристики фильтра, как выяснилось изначально, были неплохими для нужной частоты (1000-1500 МГц). Тот факт, что передающий усилитель также работает в районе 2,6 ГГц, требует более детального изучения средств селекции.

Я снова подключился к тестируемому фильтру и проверил его работу, но уже в другом частотном диапазоне.





Закалка однополосного фильтра в преобразователе US4IC1 (найдена на основе тестируемой пластины) между 1000 и 4000 МГц.

Следующие два предложения немного сложны после трехкратного прочтения, однако все будет понятно.

Они объясняют всю проблему конструкции этого трансвертера!

(Не скрою, что использовал знания других авторов, найденные в Интернете. Подавляющее большинство написано «современной речью», поэтому найденные понятия я вставлял в свои предложения).

Параллельные полосовые фильтры с использованием параллельно соединенных полосковых линий (которые используются в тестируемом преобразователе) имеют основную частотную характеристику /Bandpass/ и среднюю частоту /Center Frequency/ или, другими словами, основной резонанс /Fundamental Resonance/.

К сожалению, помимо этого, такой фильтр характеризует также несколько других нежелательных частотных диапазонов /Spurious Resonance/ и принадлежащие им средние частоты.

Здесь следует отметить, что средние частоты отдельных нежелательных полос могут быть, а могут и не совпадать со средней частотой основной полосы.

(Глядя еще раз на характеристики нашего полосового фильтра, мы должны сделать вывод, что первый нежелательный резонанс почти точно находится в диапазоне 2-й гармоники полезного сигнала).

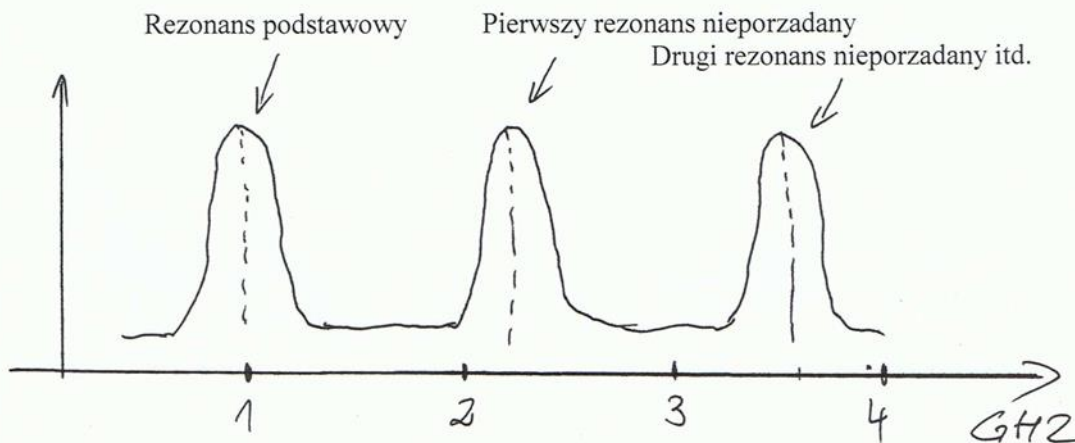
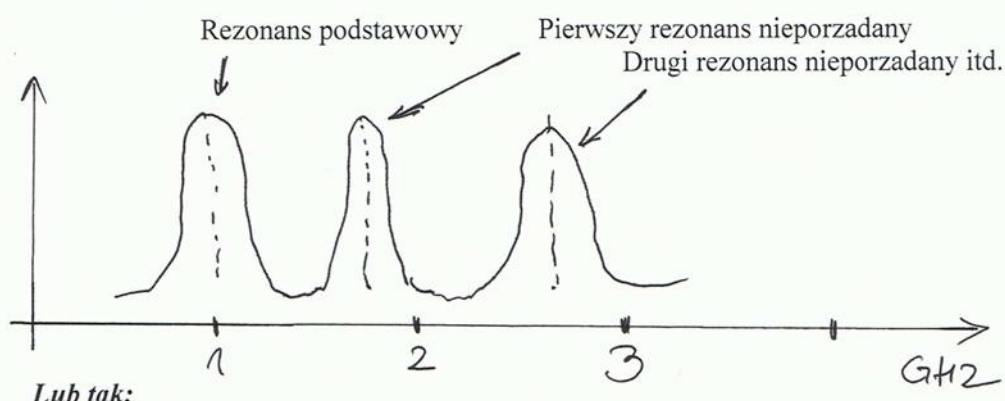
Используя возможности соответствующей конструкции фильтров, можно сдвинуть средние частоты побочных/нежелательных/резонансов в безвредные диапазоны. Не меняя ничего, кроме электрической длины одной фильтрующей ленты, мы достигаем этого за счет использования соответствующей длины элементов, соединяющих отдельные фильтрующие элементы, и за счет изменения импеданса линии конкретного элемента.

Это о:

«Полосовые фильтры с использованием параллельно соединенных полосковых резонаторов со ступенчатым импедансом»

*W zależności od konstrukcji filtr SIR mogłby wyglądać tak:*

(przykładowy filtr dla częstotliwości środkowej rezonansu głównego 1,0 GHz)



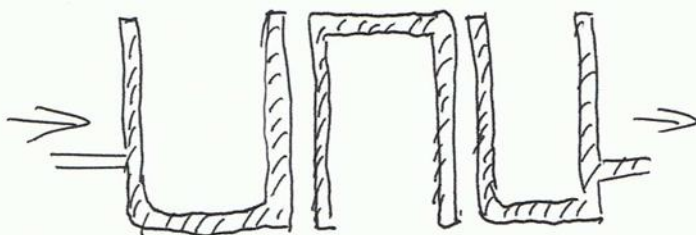
Допустим, первый нежелательный резонанс (или его средняя частота) для диапазона 23 см будет лежать на частоте 2,3 ГГц, а не на частоте 2,6 ГГц, где все каскады, смеситель и усилители «хотят протолкнуть» какие-то гармоники в спектр. сигнал передачи, а фильтры выполняют свою задачу и подавляют эти сигналы.

Все указывает (????) на то, что конструктор этого трансвертера не использовал эту возможность соответствующей конструкции фильтра и резонанс фильтра, скорее всего, является случайной величиной и лежит именно там, где они наиболее мешают.

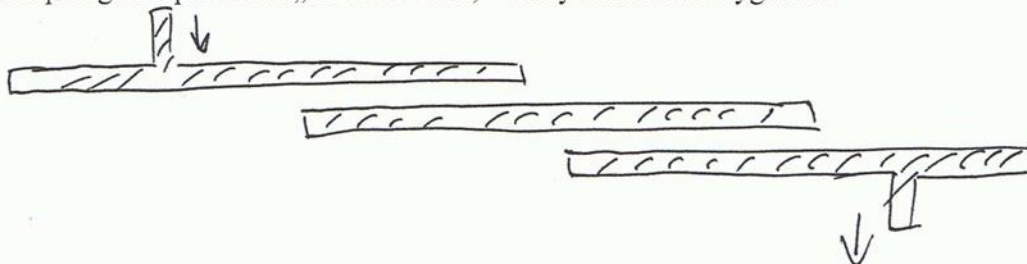
Восстановление /в смысле изменения импеданса и т.п./ готового протравленного фильтра на пластине практически невозможно.

Может будет еще вариант исправить ошибку?

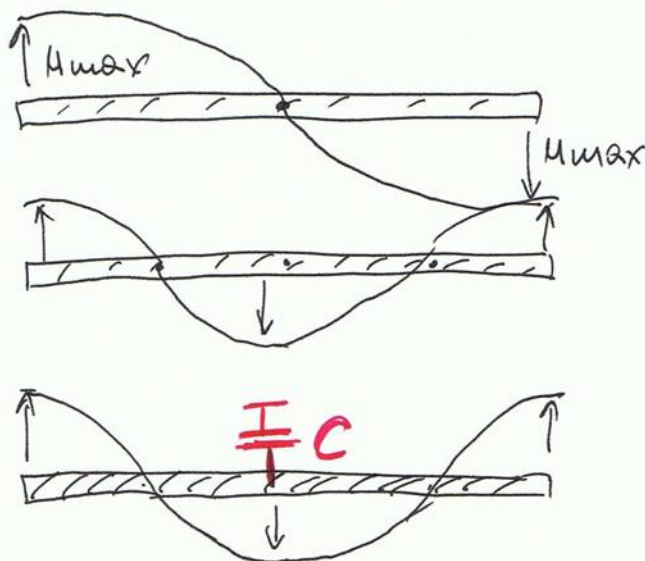
Tak wygląda filtr w transwerterze



Dla lepszego rozpatrzenia „rozwinę” filtr, który będzie tak wyglądał:



Przebieg napięć na poszczególnych paskach dla różnych rezonansów:



Dla rezonansu podstawowego każdy pasek jest rezonatorem półfalowym.

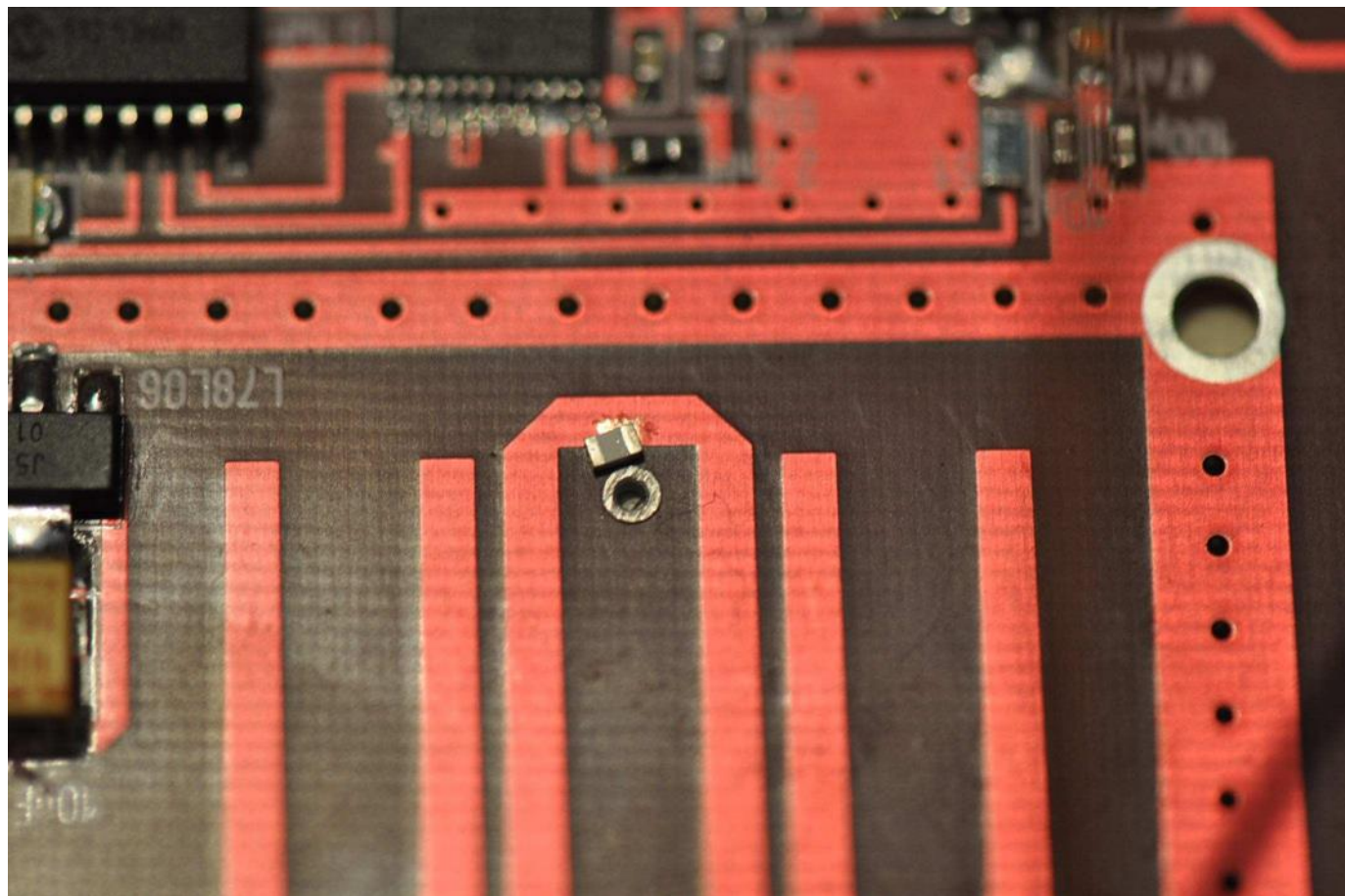
Dla pierwszego rezonansu nieporzadanego paski są rezonatorem pełnofalowym

Aby pozbyć się tego sygnału zrobimy na rezonatorze zwarcie dla pierwszego nieporzadanego rezonansu

Конечно, это не суперэлегантное решение, но оно действительно эффективно. При таком расположении он лежит в геометрическом центре фильтра для первого резонанса нежелательного максимального напряжения. Замкнув их на землю (тут можно использовать конденсатор SMD 2,2 на 4,7 пФ), мы снимаем этот сигнал и для нужной частоты здесь остается «нулевое» напряжение.

Мы достигаем этого механически, повторно контактируя с пластиной и устанавливая конденсатор.

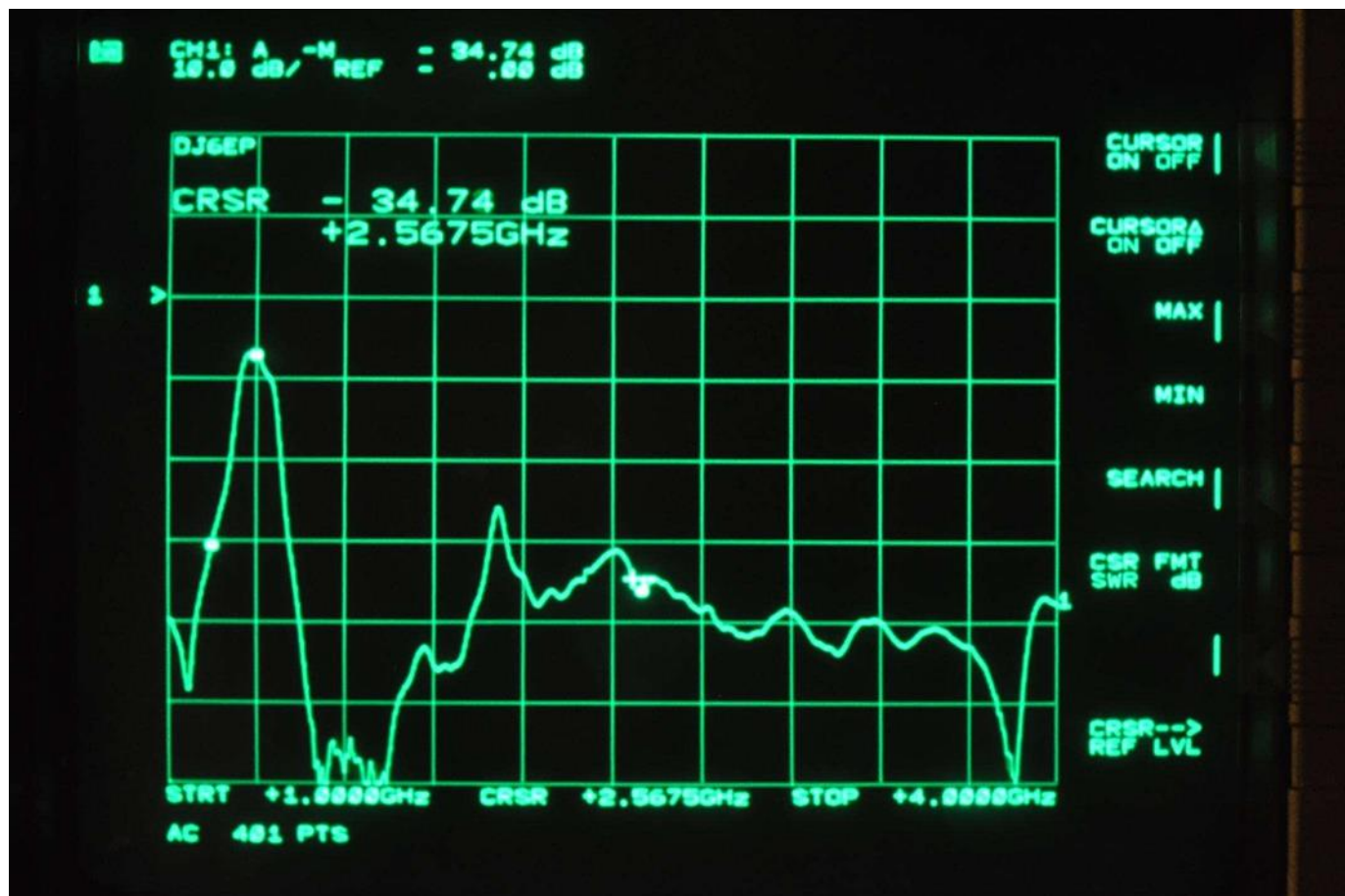




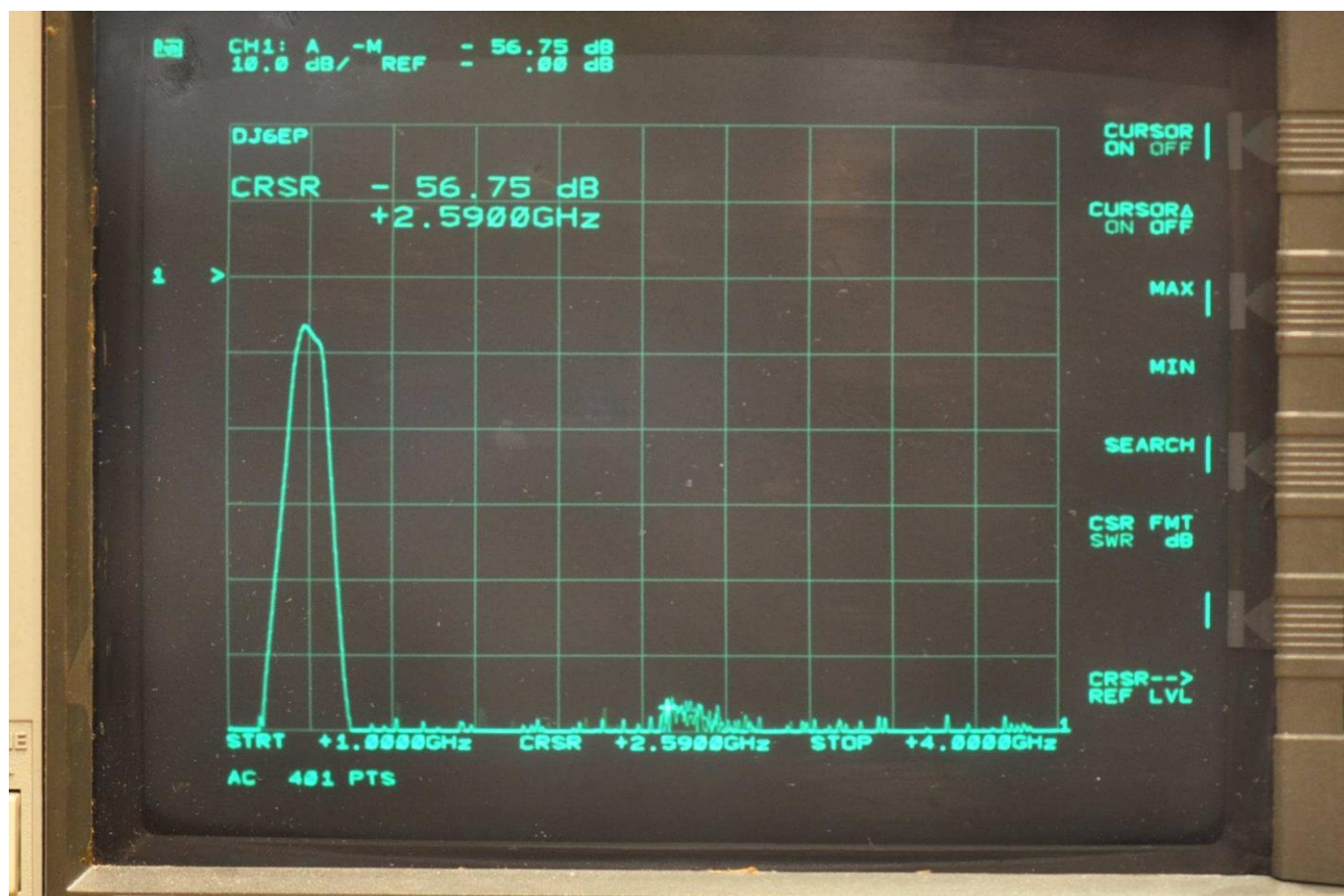
В приемном тракте предусмотрено одно «замыкание» на фильтр, и оно находится на центральной полосе как показано на фото выше. В уже готовом тракте трансмиссии я сделал короткое замыкание на две фильтрующие планки и неважно на какую. Ничто не мешает вам преобразовать ленту, но это не обязательно.

### **Внимание!**

В ходе дальнейшей работы с трансветером я обнаружил, что лучше закорачивать полосы фильтров, которые подключены к усилителям. См. рисунок платы во второй части описания.

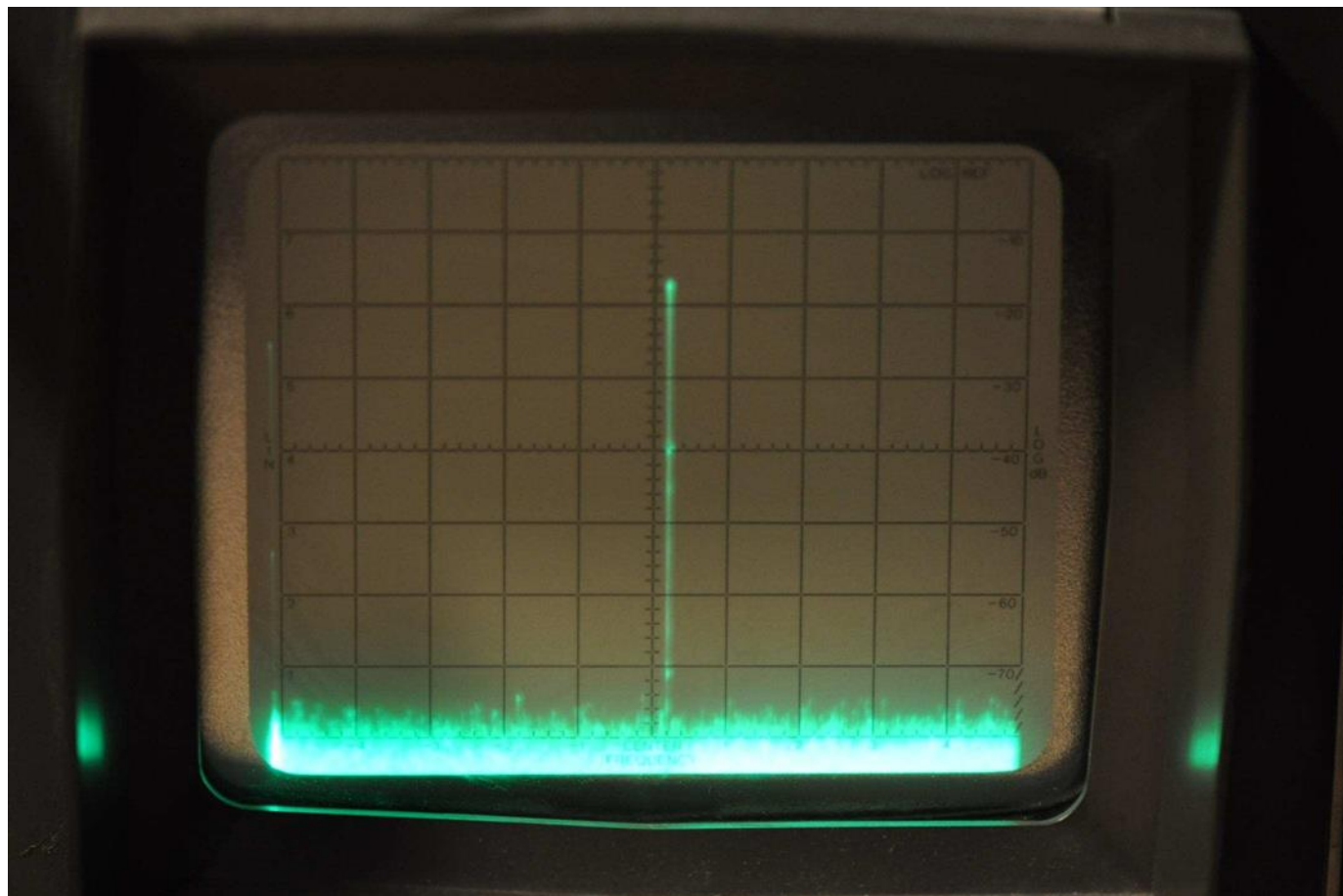


Тестирование в начале входного фильтра с одним "коротком" в центральной полосе. Первое подавление резонанса более 25 дБ!



Вот как сейчас выглядит сигнал вещания в диапазоне от 1 до 4 ГГц. (две перемычки на каждом фильтре) Диапазон 2,6 ГГц подавлен примерно на 50 дБ.

И, наконец, самое главное:

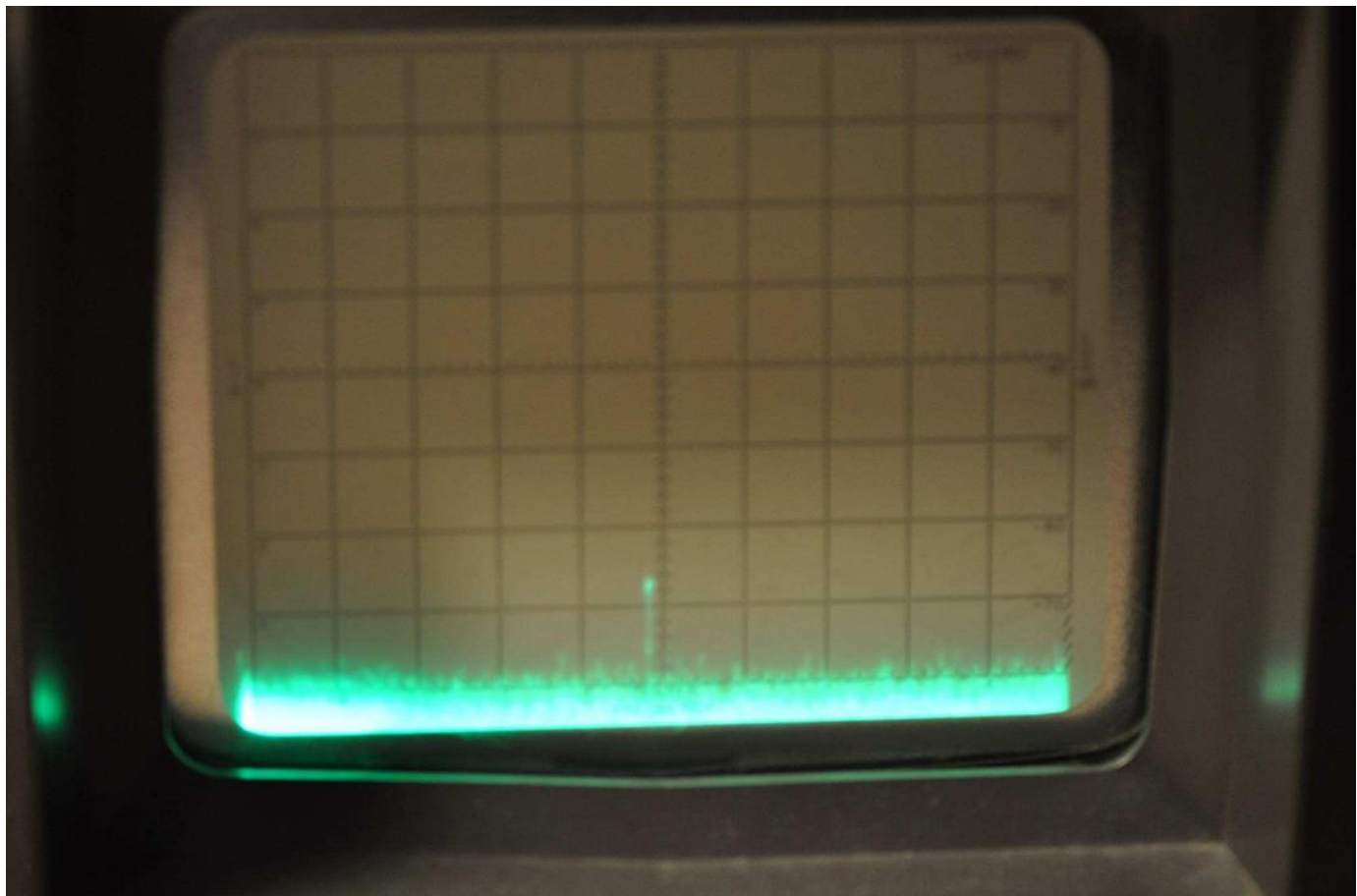


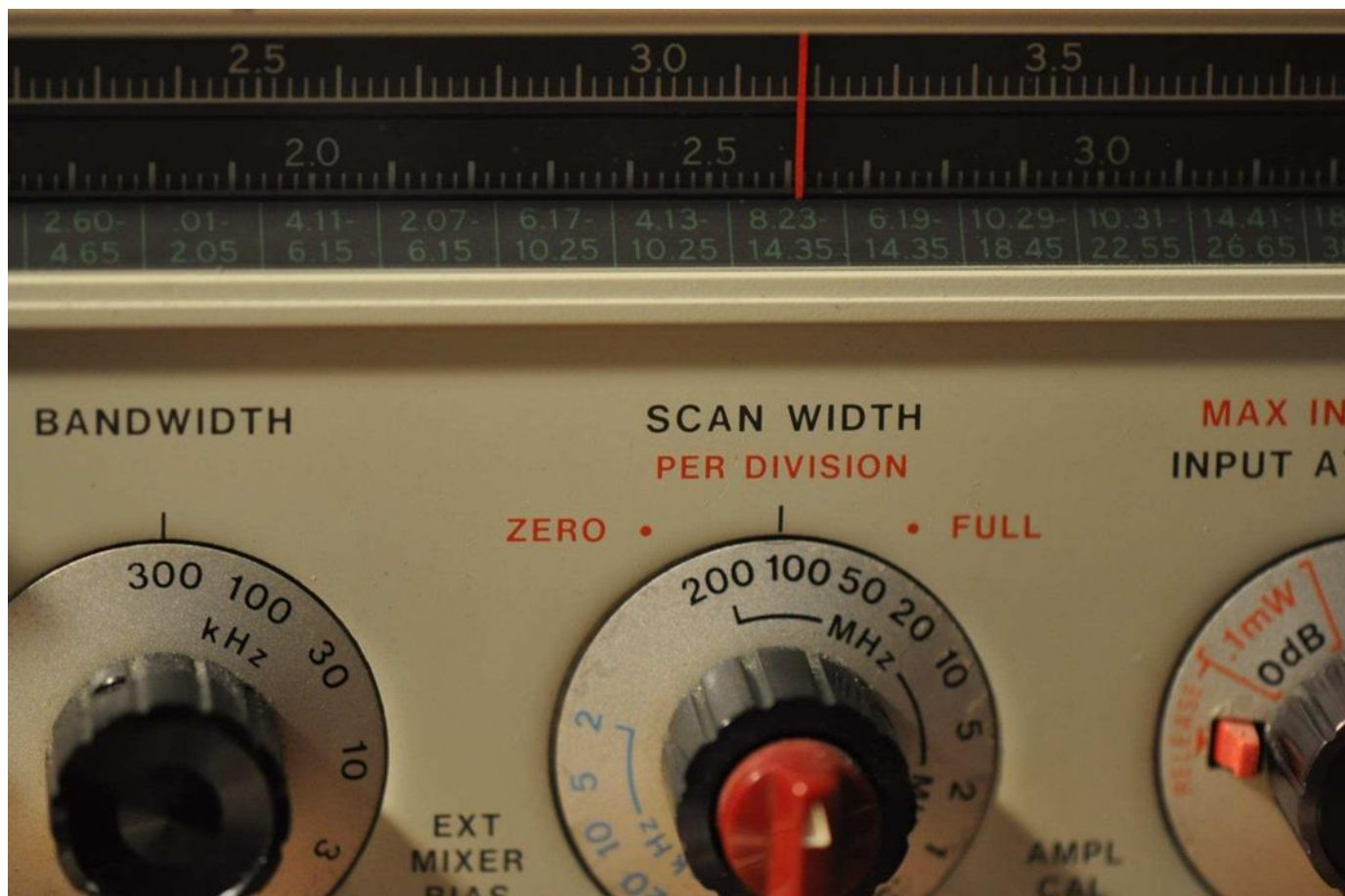
Спектр передатчика на частоте 1290 МГц.





И, наконец, спектр в области второй гармоники:





Часть 2.

- Коммутаторы и стабилизаторы напряжения,
- Входные каскады,
- Смеситель и его защита.
- Выходной фильтр РА

Приведенное выше описание (сделанное в конце прошлого года) основано на опыте с преобразователем (ниже TRV1), который мне предоставил для измерений Czesław SQ9MTS.

Тем временем я получил от Якуба СП2ИПТ (для проведения опытов с другим вариантом входной цепи приемника) еще одну, почти готовую пластину ТРВ (ниже ТРВ2).

Стабилизаторы и селектор напряжения (+ небольшие изменения в цепях постоянного тока).

Схема АГ 604 требует напряжения питания 6 Вольт (тоже в приемной цепи)!!! При пяти вольтах усилитель потребляет слишком мало тока покоя, не имеет достаточного усиления и склонен к возбуждению.

(соответствующие стабилизаторы доступны в корпусах "D-Pack" и могут быть легко размещены на плате)

После переключения преобразователя в режим RX можно констатировать, что на входе контроллера VR1 по-прежнему измеряется напряжение около 2 вольт. (совершенно случайное значение, возникающее в результате потребления тока передающей частью с комбинацией резисторов в переключателе напряжения).

Причиной этого является неблагоприятный подбор резисторов R10 и R12.

R10 следует увеличить до 10 Ком, а R 12 следует изменить на 22 килограмма. Параллельно входу VR1 подключите резистор 1кОм и на выходе стабилизатора теперь должно быть ноль вольт.

По крайней мере, при использовании АГ 604 во втором приемном каскаде и напряжении приемной цепи 6В следует применить предварительное ограничение напряжения питания первого приемного усилителя.

Незадолго до блокировочного конденсатора C16 пересекаем цепь питания и устанавливаем резистор R100=47 Ом. Мы предполагаем, что D-стабилитрон 3,9 В за резистором.

В режиме TX, а также в режиме RX, если мы используем AG 604, ток потребления преобразователя превышает значение 200 мА. Диод VD3 использовался для защиты системы от неправильной подачи напряжения питания. Максимальный ток LL4148 составляет 200 мА и должен быть изменен.

Преобразователь предназначен для изменения режима работы Rx/Tx только посредством функции РТТ.

После выполнения следующих функций защиты приемной цепи можно изменить режим работы TPB с помощью постоянного напряжения на кабеле ПЧ.

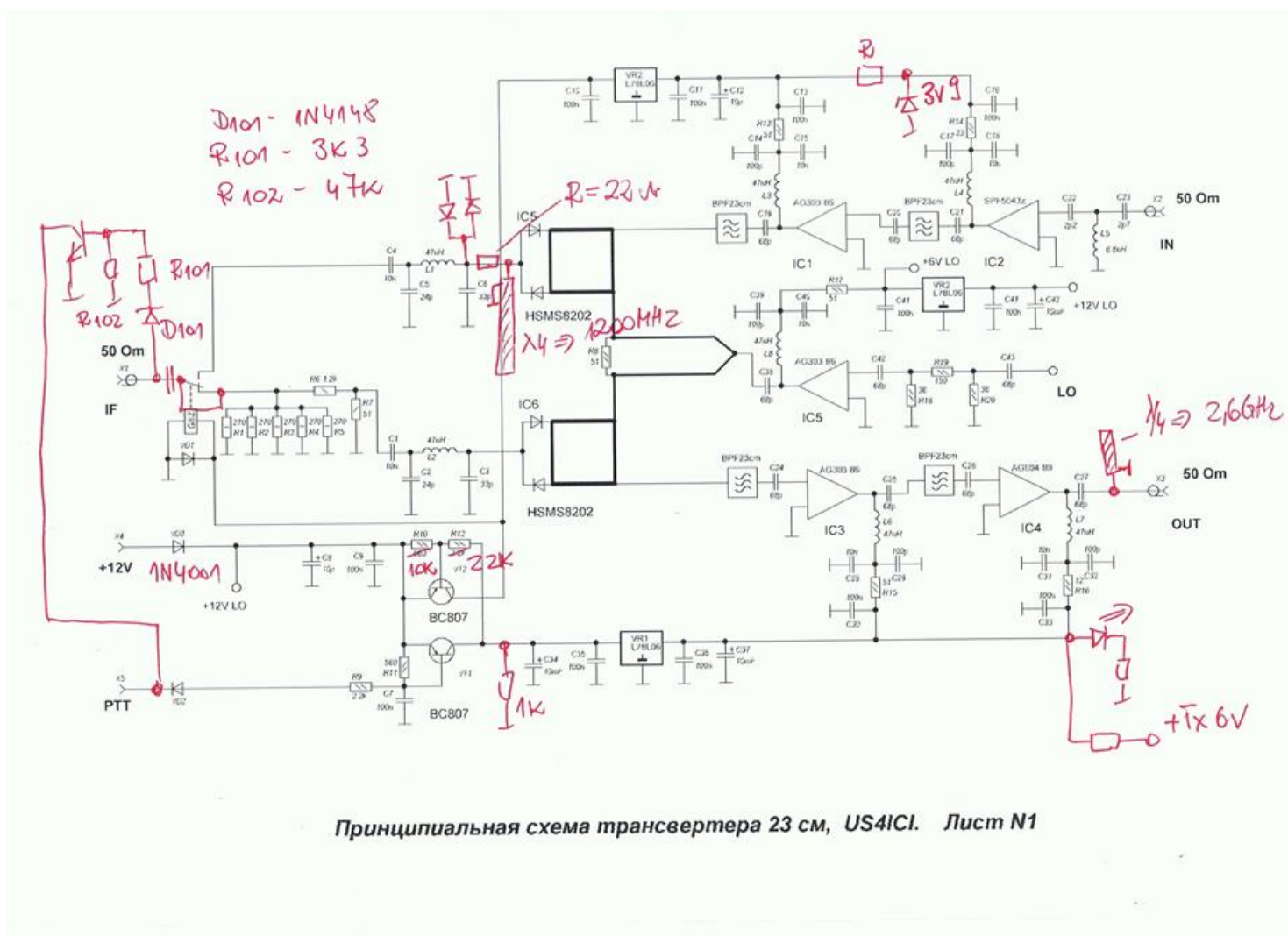
Транзистор T100, управляемый постоянным напряжением на промежуточном проводнике, закорачивает вывод РТТ преобразователя и управляет устройством.

Последовательно с резистором R101 включенный диод Д101 выполняет функции детектора ВЧ сигналов. и система также работает как VOX RF.

Напряжение +Tx 6V я взял вне TRV и его можно использовать для расширения станции.

Снаружи корпуса светодиод 100, управляемый напряжением +Tx 6В, объясняет некоторые сомнения.





Принципиальная схема трансвертера 23 см, US4IC1. Лист N1

Входной этап.

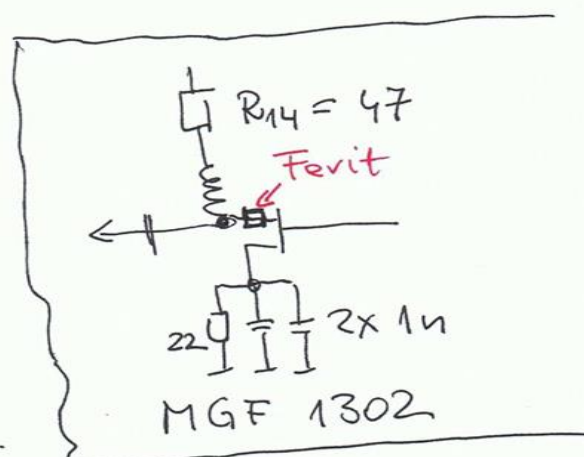
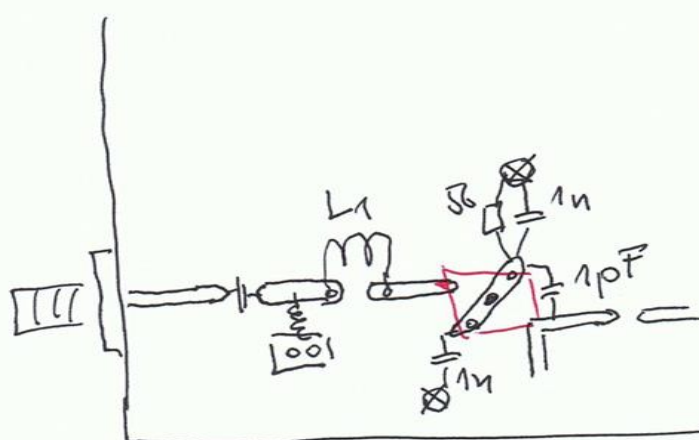
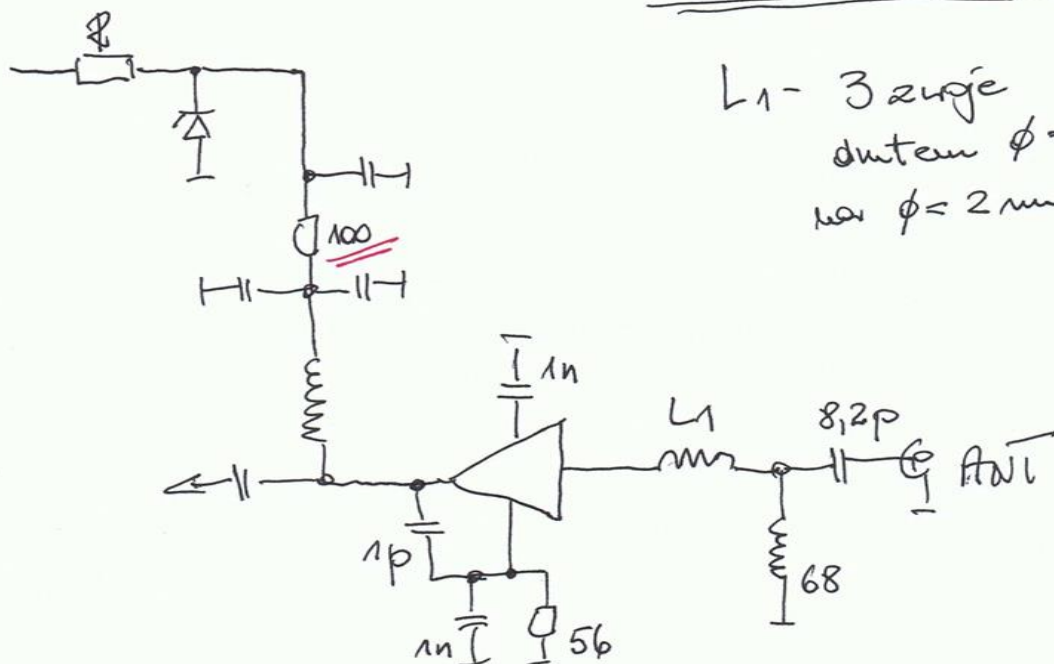
В TRV1 я использовал на входе MGA 71543. Схема этого каскада показана на рисунке ниже.

$$R = 50 \Omega \Rightarrow 5V$$

$$R = 100 \Omega \Rightarrow 6V$$

MGA 71543

$L_1$  - 3 витка  
 диаметром  $\phi = 0,5 \text{ mm}$   
 на  $\phi = 2 \text{ mm}$

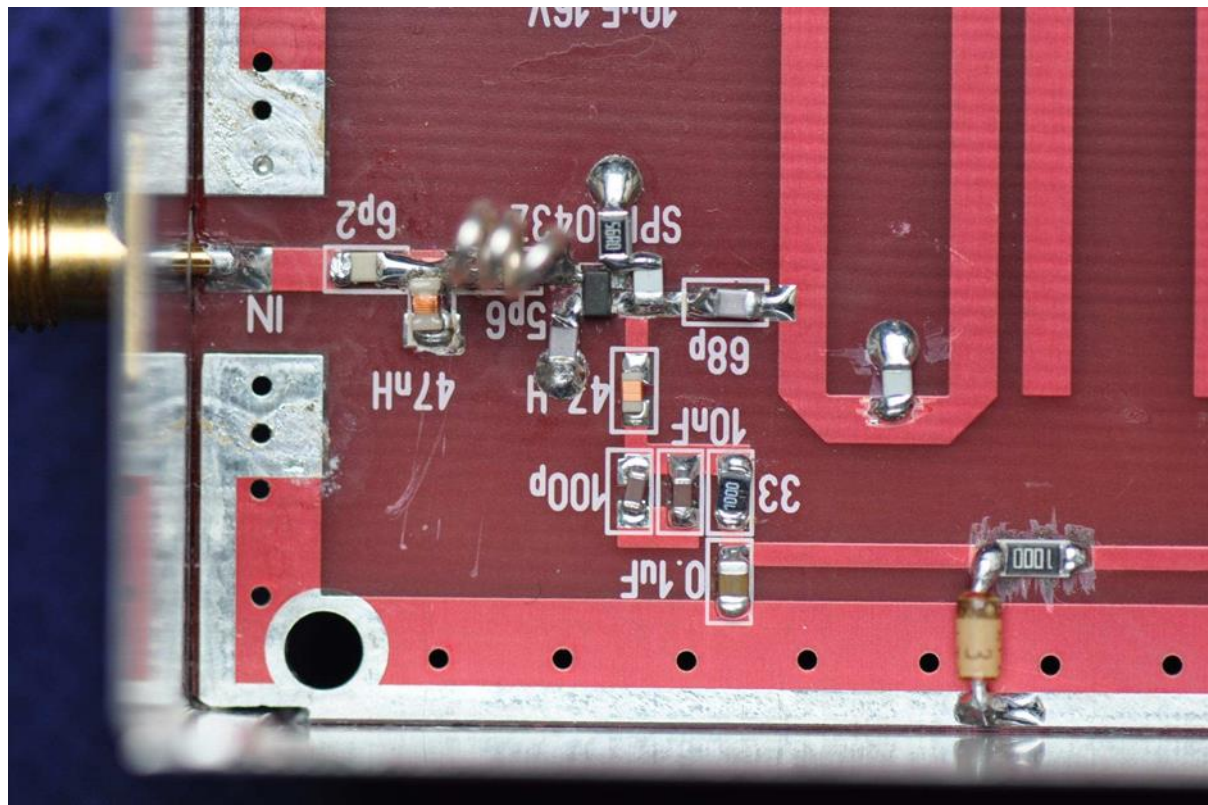


(значение R14 изменено на 100 Ом).

Я просверлил три первоначальных повторных контакта траектории массы входной системы со стороны поверхности массы.

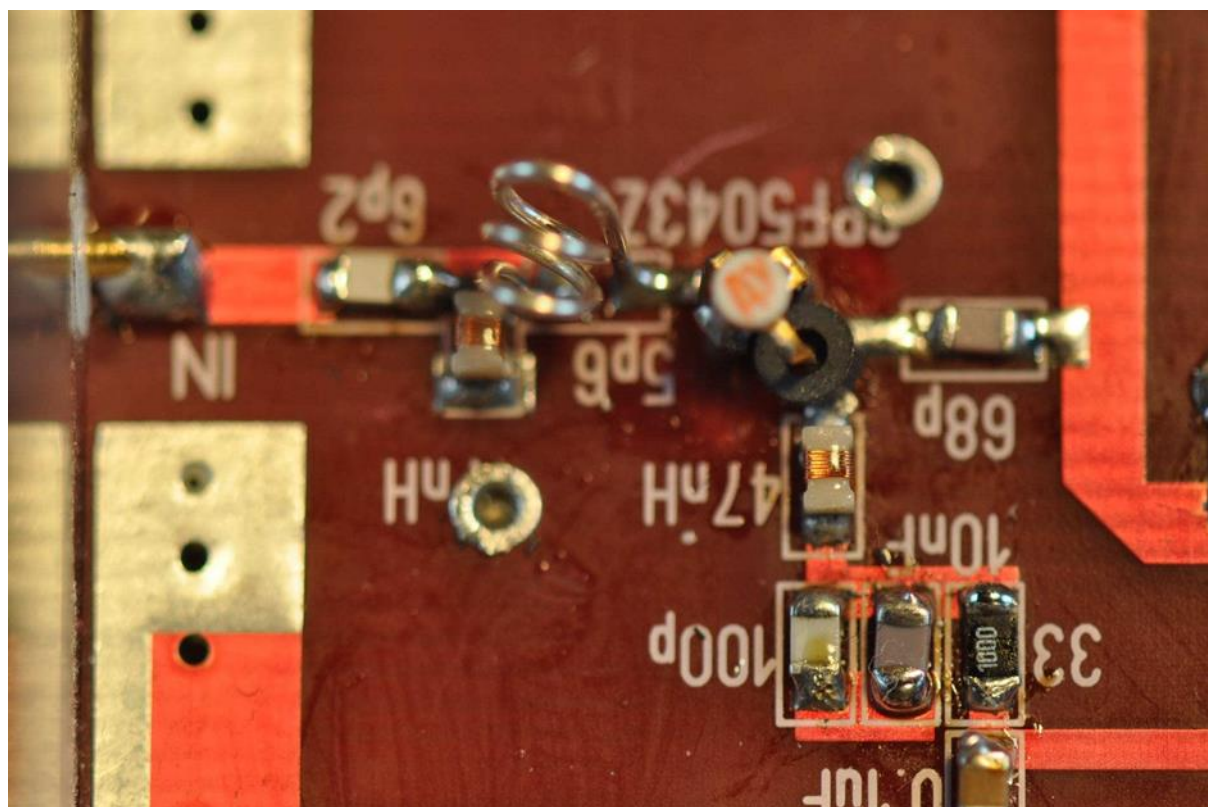
Чтобы собрать блокировочные конденсаторы, я установил две заклепки, скрепляющие пластину. Резистор R припаян к блокировочному конденсатору. Катушка L1 (ее припаяем вместо конденсатора C22) представляет собой 3 витка, намотанных проводом диаметром 0,5 мм на сверле  $\phi = 2 \text{ mm}$ . Конденсатор C23 меняем на 8,2 пФ. Растягивая витки катушки, настраиваем приемник на максимальное усиление.

MGA 71543 в сочетании с AG 604 дали суммарный коэффициент усиления 19дБ (напомню, что у нас потери 14дБ в фильтрах), шумовой коэффициент усилителя NF составил 1,7дБ.



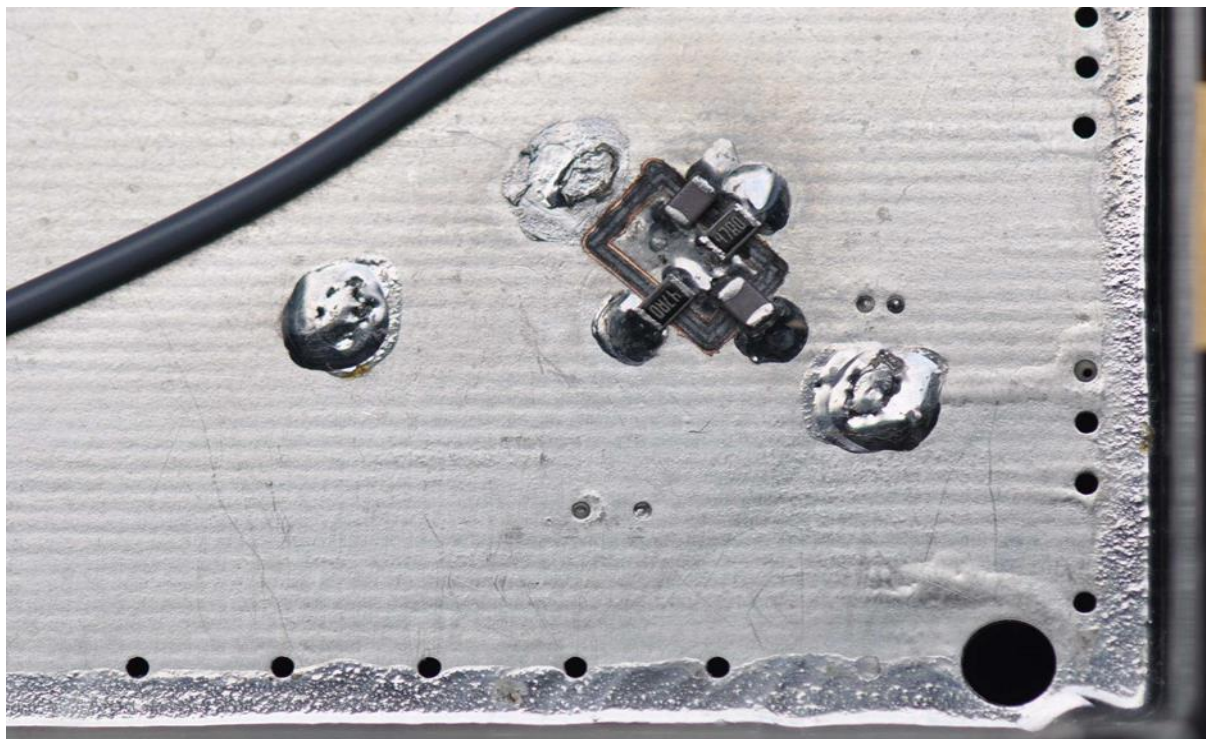
Ради любопытства напишу, что примерно через 2 минуты параметры усилителя немного ухудшились в результате повышения температуры второго градуса.

В TRV2 он работает на входе MGF 1302. Транзистор монтируется примерно на 4 мм над платой путем отгиба выводов. На соединении стока маленькая ферритовая жемчужина, без которой усилитель имеет свойство возбуждаться.





В этой версии я сделал "небольшой остров" для коннектора источника (он должен быть как можно меньше) и установил соответствующие компоненты.



Дроссель L1 и конденсатор C23 как в TRV1. Во втором каскаде усилителя я применил слаботочный контур вместо АГ 303. Параметры всей схемы были немного лучше. NF = 1,2 дБ Усиление = 24 дБ.



Оба входа преобразователей работают достаточно тихо и не имеют склонности к возбуждению. Использование отбеливающих средств, таких как наклеивание впитывающей губки и т. д., не требуется. В TRV2 можно наблюдать лишь минимальное влияние крышки корпуса на приемный тракт.

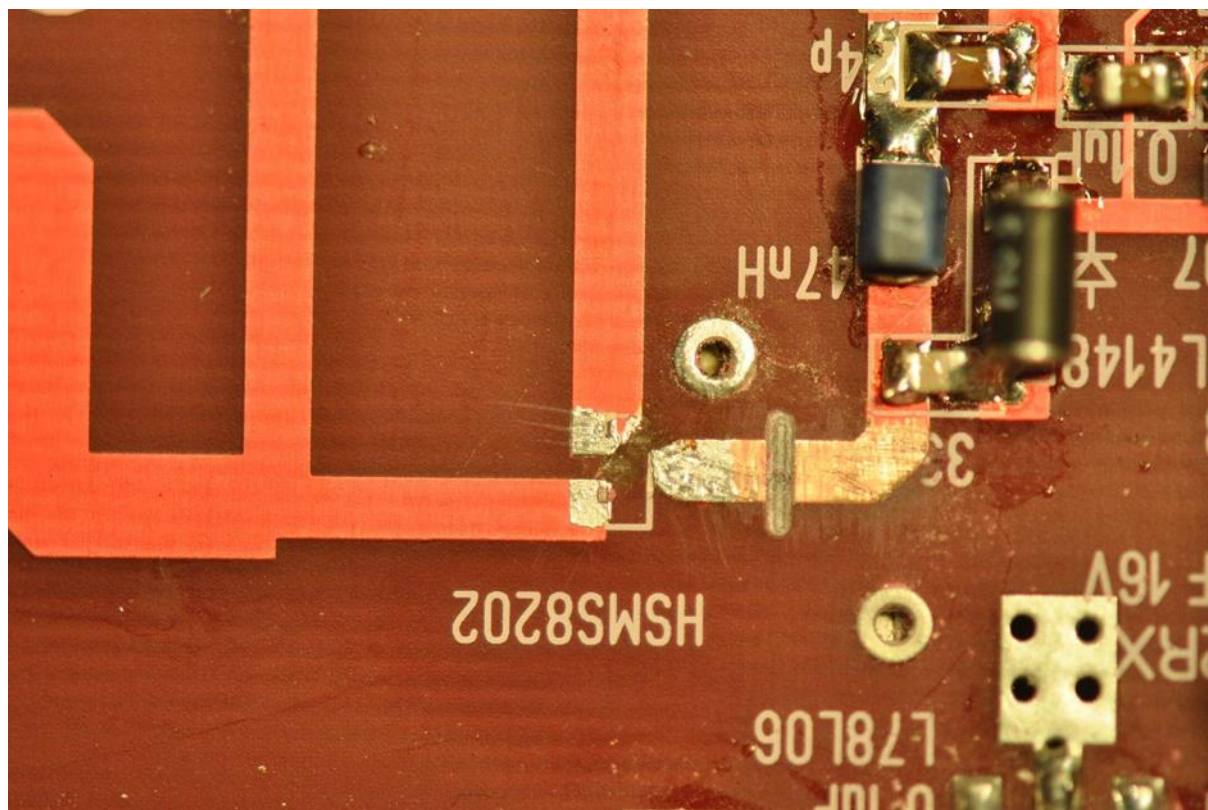
Трансвертерные смесители.

(необходимые поправки я рассмотрю на примере приемного смесителя).

После включения двухкаскадного антенного усилителя TRV1 я соединил перерезанные тракты, подав усиленный приемный сигнал на смеситель, на промежуточный подключил приемник и с удивлением обнаружил, что приемная часть практически не работает (нет нарастания шумов в промежуточном приемнике после подключения питающего напряжения к преобразователю).

Прежде чем мы разберем смеситель, напишу вкратце о градусных измерениях. На вход микшера подал сигнал 1280МГц (примерно середина полосы) от генератора на уровне -13дБм (50мкВт), на выходе микшера измерил выборочно на 144МГц -37дБм. Простой результат - около 24 дБ потерь в микшере!

К сожалению, только много позже я узнал, что основной причиной такого плохого результата была «непереваренная» пластина. Перед установкой смесительных диодов рекомендую увеличить расстояние между дорожками светодиодов как на фото ниже.



Наверное, "настоящего короткого замыкания" в этом месте не будет, но близкородственные дорожки составляют емкость, параллельную нижнему диоду смесителя, и портят его КПД.

В преобразователе можно использовать диодные смесители. Соединительный элемент -3дВ/90°Купплера. Для него характерна большая изоляция отдельных портов/разъемов, но только при условии правильного согласования каждого разъема гибрида.

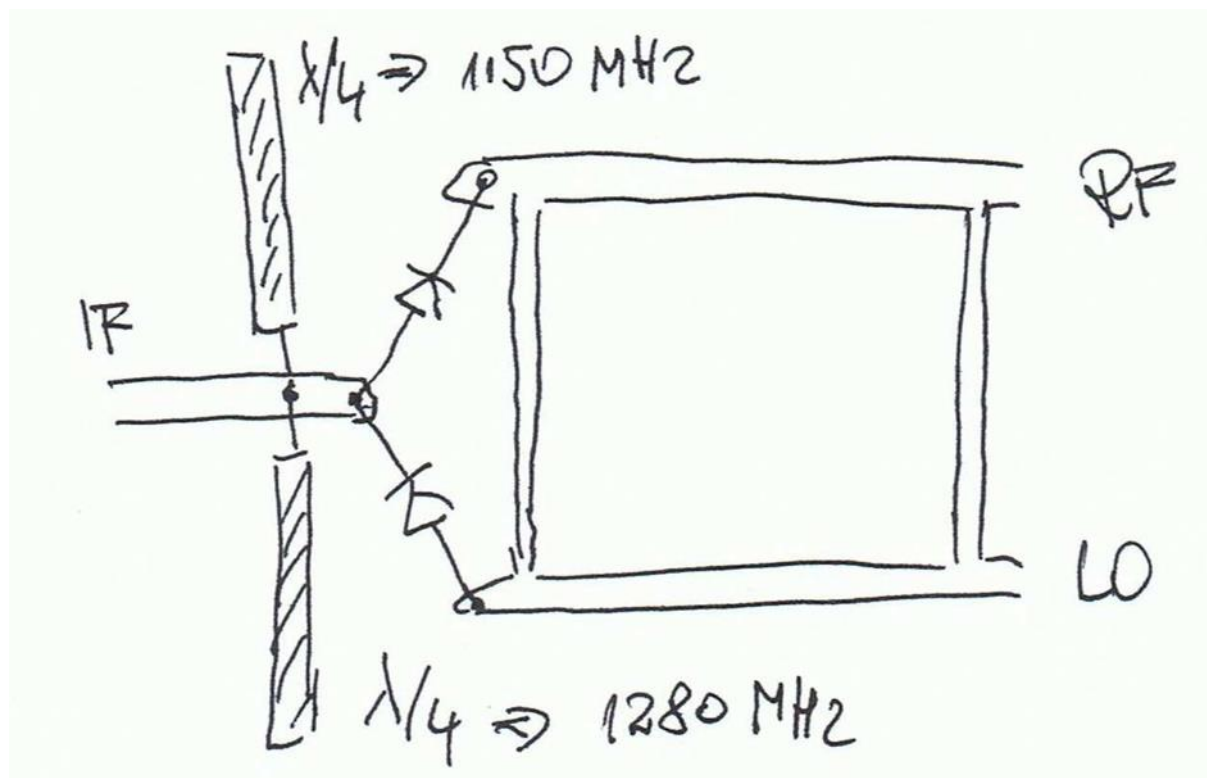
Сами смесительные диоды в таком решении представляют собой очень большую неизвестность. Зависимость импеданса диода от протекающего через него тока (энергии от гетеродина) очень велика. Как определить, подходят ли диоды для куплера?

Здесь используемый здесь смеситель характеризуется еще одной деталью. Ну а нижний смесительный диод питается от полосковой линии, электрическая длина которой на  $\lambda/4$  больше, чем питание верхнего смесительного диода. Дополнительная линия  $\lambda/4$ , вызывающая фазовый сдвиг на 90 градусов, дважды преобразует гибридный выход в зависимости от импеданса диода и наоборот.

Напряжение с гетеродина, подаваемое на диоды смесителя, должно иметь определенную нагрузку для данной частоты, чтобы ток мог протекать через них вообще.

Собственно говоря, на выходе диодов должно быть два трансформатора. Первый содержит гетеродинный сигнал и одновременно уменьшает отток энергии в промежуточный тракт. Однако в микшере у нас есть еще один сигнал с похожей частотой, то есть RF, в нашем случае, скажем, 1280 МГц. Для этих сигналов на выходе микшера не будет соответствующих межсетевых экранов, мы потеряем эффективность микшера.

Учитывая вышеизложенное, миксер должен выглядеть так:



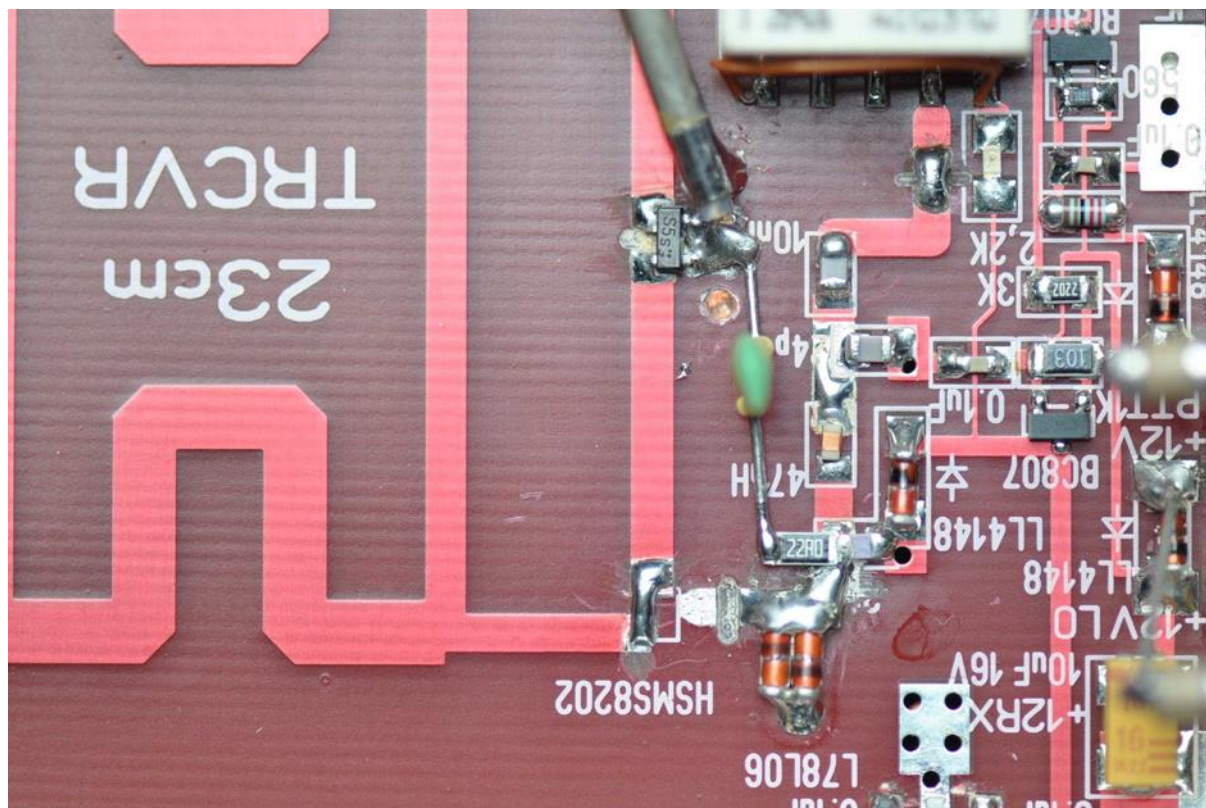
Реализация такой системы на нашей плате, наверное, невозможна.

Следующие модификации микшера уменьшили потери еще на 4 дБ и, по крайней мере, могут использоваться при слишком низком входном усилении.

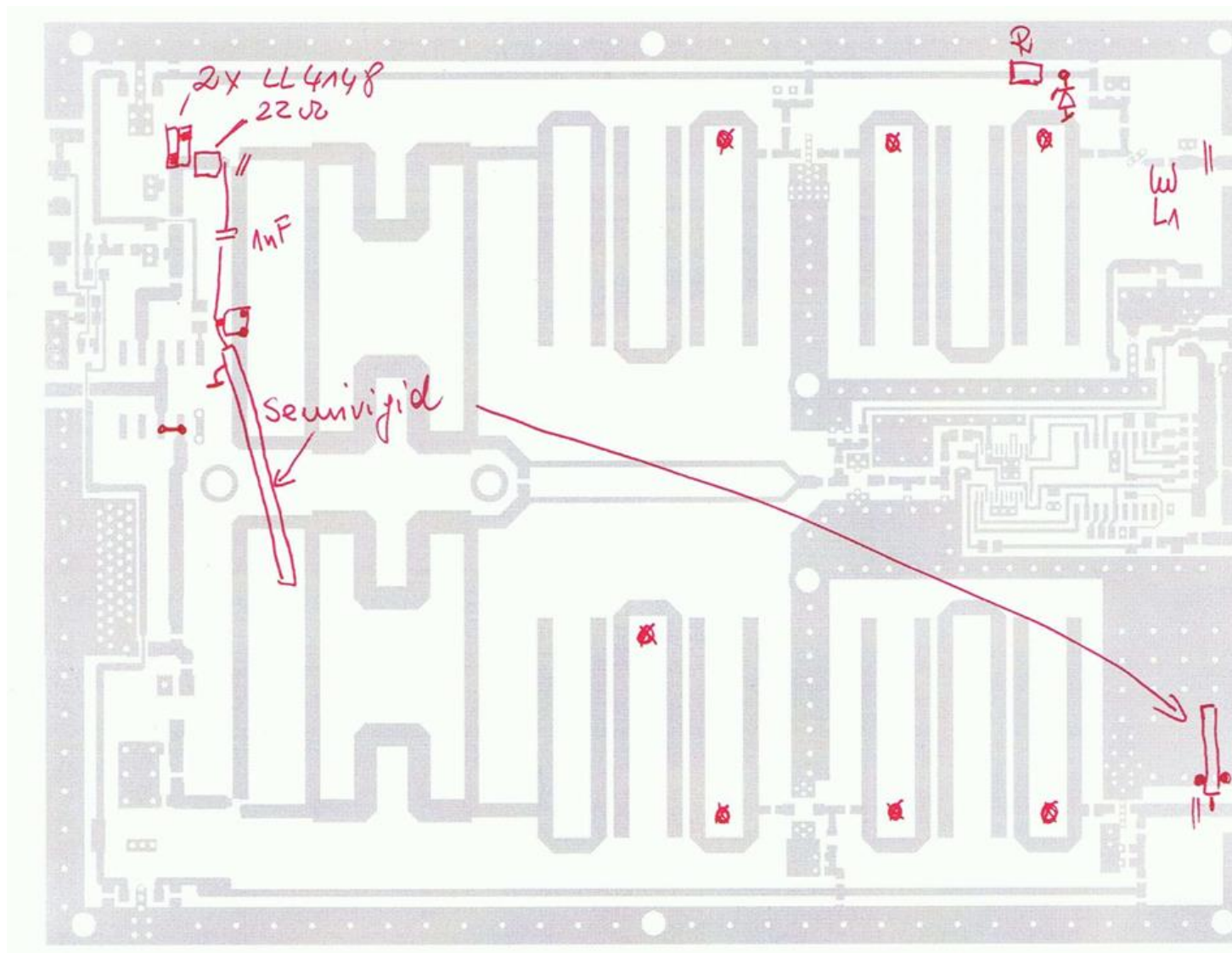


1. Изменив положение диодов смесителя, я сдвинул фазу напряжения гетеродина по отношению к диодам и избавился от дополнительной трансформации импеданса для нижнего диода.

2. На выходе смесителя установил отрезок кабеля (полужесткий 2,2 мм общей длиной 42 мм, длина оплетки 38 мм) составляющий короткозамкнутое преобразование на частоту около 1220 МГц (примерно посередине гетеродинных и радиочастотных сигналов)



Вы можете прочитать больше об этом, среди прочего, в Ultimate Waves Guide, глава 5.4.5.6.



При испытаниях с преобразователями мне «удалось» сжечь в два раза больше мощности трансивера, управляющего диодами в приемном смесителе и одновременно усилителем гетеродина.

Наилучшей защитой от аварий такого типа является снижение мощности управляющего передатчика до уровня около 100 мВт. После нижеописанного преобразования я поставил на преобразователь 3-ваттную непрерывную несущую и переключил преобразователь с помощью РТТ. Эффект - "ноль урона".

1. Поставить маленькую перемычку на реле, чтобы резистор 50 Ом - 5Вт был постоянно подключен к трансиверу.
2. После смесителя поставить два диода (например, 1N4148 или LL4148) и соединить их резистором 22 Ом со смесителем. Этот резистор очень важен и без него не обойтись.

Единственным недостатком этого решения является уменьшение усиления приемной цепи примерно на 3 дБ.

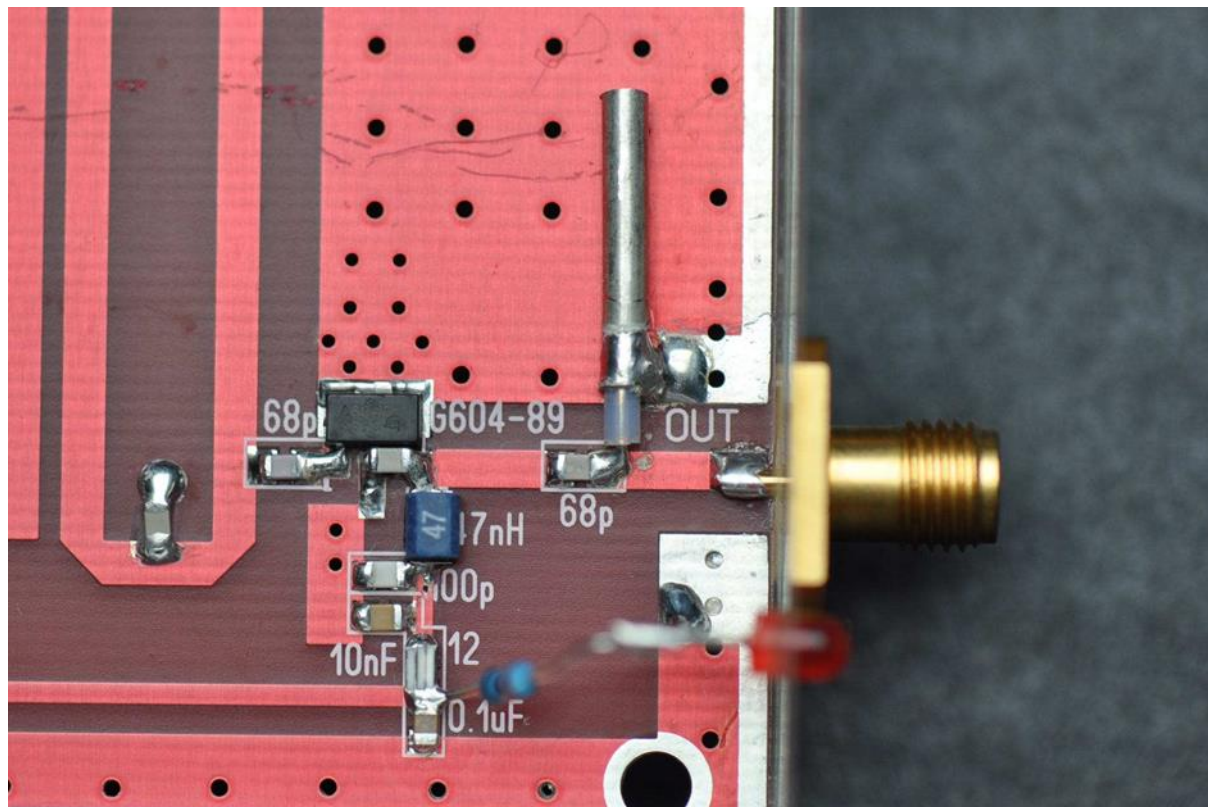
### Выходной фильтр.

Наконец, я еще раз посмотрел на силовой каскад преобразователя.

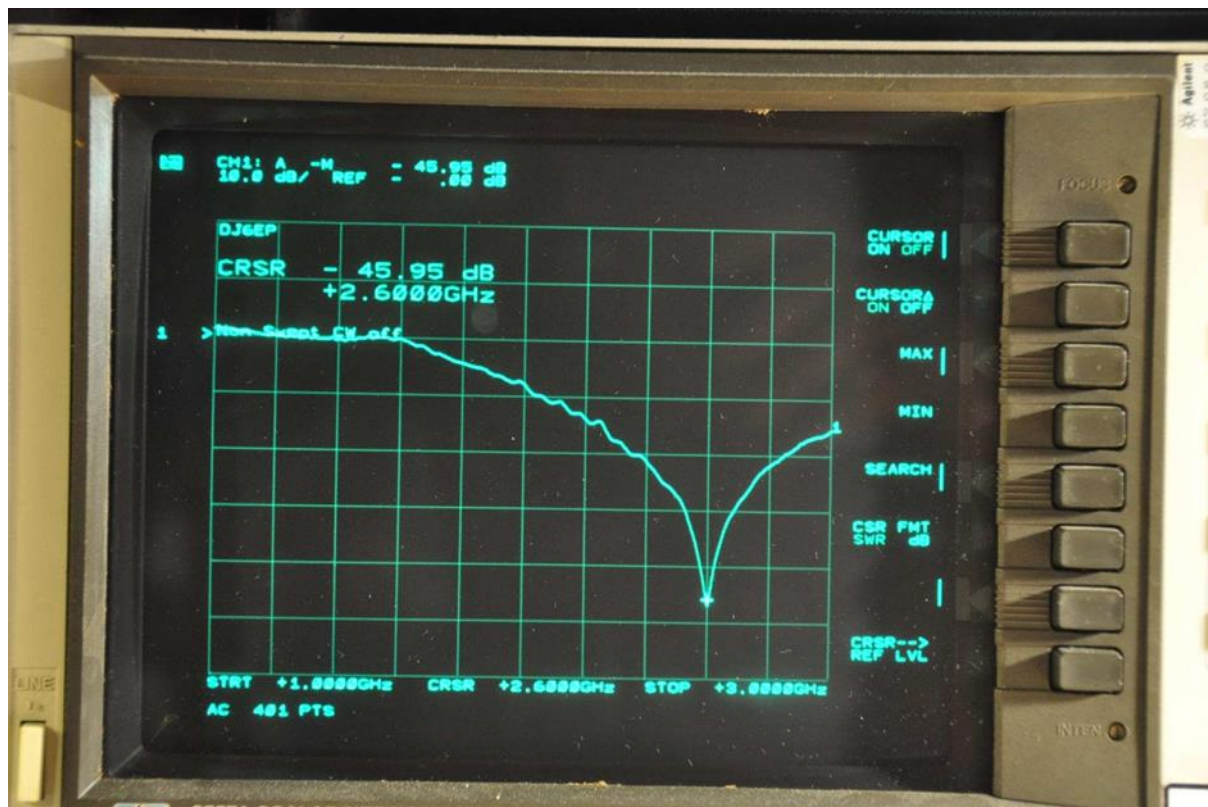
Доводя AG 604 до выходной мощности 120 мВт (я подключил генератор прямо к входу усилителя и в этом случае я обнаружил, что точка компрессии -1 дБ действительно составляет 20,4 дБм), схема начала производить все больше и больше нежелательных сигналов. продукты, где самой сильной была 2-я гармоника полезного сигнала.



В TRV2 я установил простой 1/4-волновой трансформатор на частоту 2,6 ГГц, сделанный из куска коаксиального кабеля. Я думаю, что таким образом мы добьемся наибольшей повторяемости этого преобразования.



Длина 14,2 мм (измеряется на оплетке) и на конце открытый кусок полужесткой 2,2 мм трансформирует бесконечный импеданс в простое короткое замыкание на выходе оконечного каскада для 2-й гармоники диапазона 23 см.



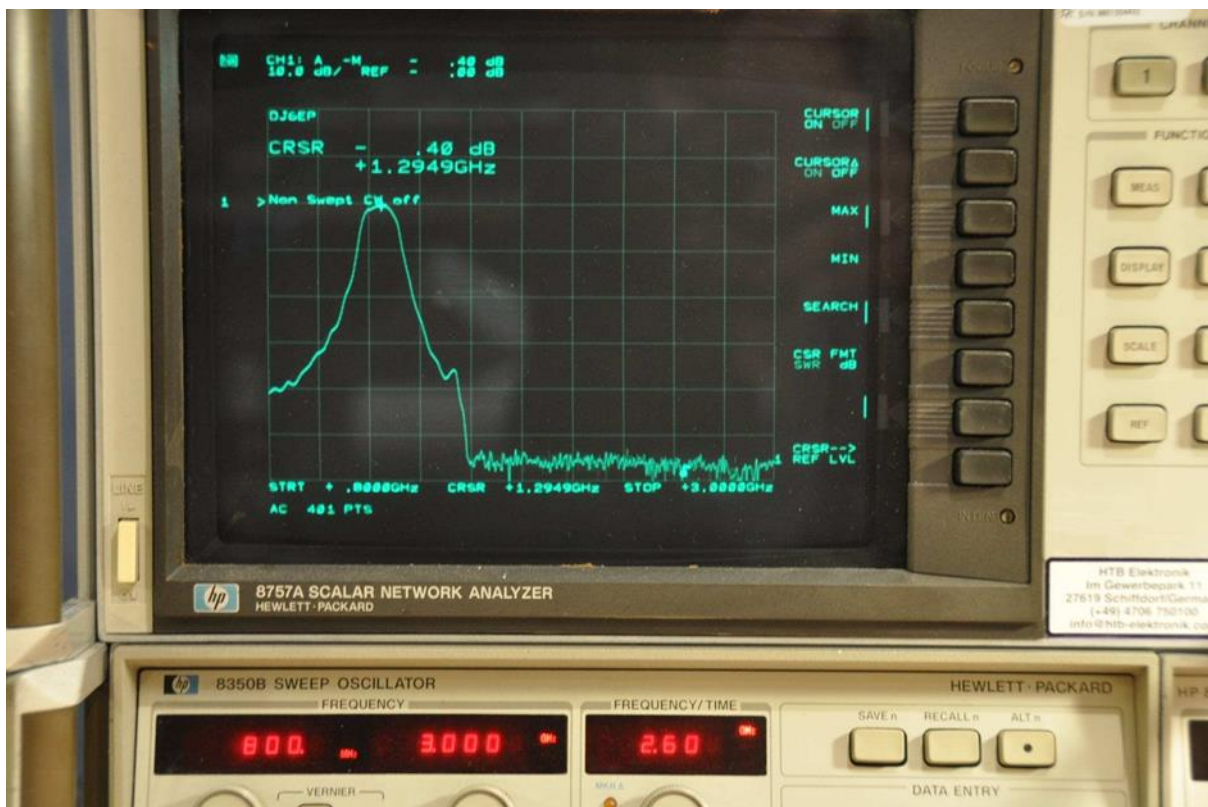
Выходной фильтр ослабляет 2-ю гармонику самого усилителя более чем на 40 дБ.



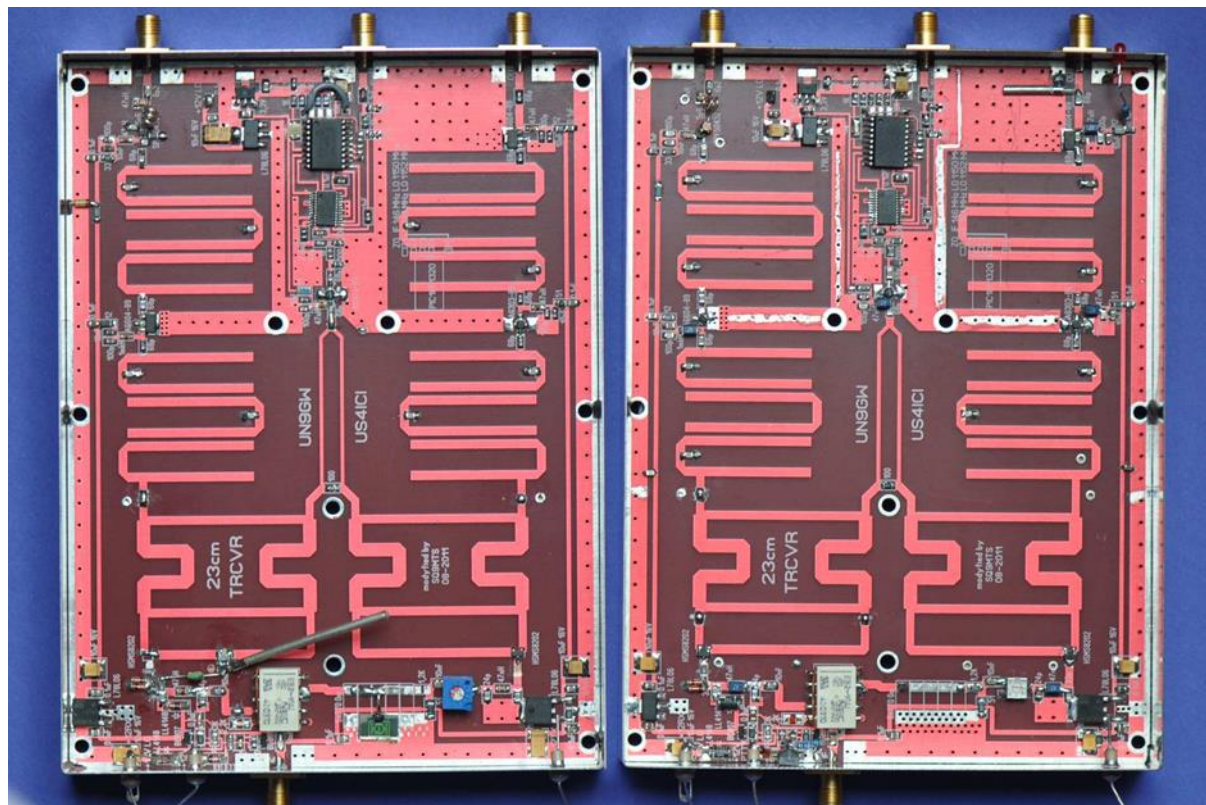
После применения этого фильтра уровень всех нежелательных продуктов в спектре передатчика был ниже 50дБ при выходной мощности 100мВт.

Детали конструкции показаны на следующем фото.

Чип AG 604 представляет собой широкополосный усилитель с частотой около 5 ГГц. После использования выходного фильтра выходная мощность в зависимости от частоты выглядит следующим образом: Вы можете точно видеть, что сигналы вблизи 2,6 ГГц сильно затухают.



Измерение мощности УМ только на уровне 100 мВт, но с полосовым фильтром на входе.



Удачи в постройке преобразователя!

73 джер.



