Передающий конвертер на 2400 МГц для OSCAR Phase 4-A STC_7013 комплект

Руководство пользователя

Версия 1.2R от 19/04/2020

Назначение

Передающий конвертер STC_7013 совместно с UHF радиостанцией предназначен для работы в аналоговых (CW, SSB) и цифровых режимах через геостационарный спутник AMSAT Phase 4-A (Es'hail-2/QO-100) в диапазоне частот передачи 2400.050 – 2400.300 МГц.

Совместно с дополнительными опциональными блоками (опции №2 и №3) возможен прием со спутника Phase 4-A в диапазоне частот приема 10489.550 – 10489.800 МГц.

Технические характеристики

- Диапазон частот передачи — 2400.050 – 2400.300 МГц
- Диапазон частот UHF с трансивера — 432.050 – 432.300 МГц
- Входная мощность UHF сигнала с трансивера — от 1 до 3 Вт
- Выходная мощность с платы передающего конвертера — +17 дБм
- Уровень гармонических составляющих на выходе платы передающего конвертера (перед усилителем мощности)
  - вторая гармоника — - 50 дБн
  - третья гармоника — - 68 дБн
- Уровень внеполосных излучений (в линейном режиме) на выходе платы передающего конвертера — не хуже - 53 дБн
- Выходная мощность на диапазоне 2400 МГц (линейный режим) с оконечным усилителем
  - усилитель EDUP EP-AB003 — 2.5 Вт
  - усилитель на базе MW7IC2725 (опция 1) — 12 Вт (при питании 24В)
20 Вт (при питании 28 В)
- Частота сигнала синтезатора — 1968.000 МГц
- Уровень фазового шума сигнала синтезатора на частоте 1968 МГц при отстройке 10 кГц — не хуже -98 дБн/Гц
- Опорный генератор — ОСХО 10.000 МГц
- Стабильность частоты синтезатора (девиация Аллана) — 2.4 E (-11) при тау 100 с
- Управление сигналом PTT (прием/передача) — замыкание на «землю»
- Автоматическое переключение в режим передачи при подаче входного сигнала 430 МГц — реализовано
- Напряжение питания
  - все платы кроме выходного усилителя — 12 В
  - усилитель мощности EDUP EP-AB003 — 12 В
  - усилитель мощности MW7IC2725 (опция 1) — от 12 до 28 В
- Потребляемый ток
  - все платы кроме выходного усилителя — не более 0.8 А
  - усилитель мощности EDUP EP-AB003 — не более 0.8 А
  - усилитель мощности MW7IC2725 (опция 1) — 2.3 А
- Размеры плат
  - плата передающего конвертера — 98 x 65 мм
  - плата опорного генератора — 76 x 48 мм
  - плата ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов — 83 x 57 мм
- Входное сопротивление
  - Входного сигнала UHF — 50 Ом
  - Выходного сигнала 2400 МГц — 50 Ом

- Тип ВЧ разъема на платах
  - Для входного сигнала UHF U.FL
  - Для выходного сигнала 2400 МГц U.FL
- Тип ВЧ внешнего разъема на корпусе устройства
  - Для входного сигнала UHF SMA
  - Для выходного сигнала 2400 МГц SMA

Особенности данного решения

При разработке наземной станции для QO-100 главными критериями были формирование радиоканала с гарантированно высокими параметрами, а именно:

- Высокая стабильность частоты передающего канала, позволяющего стабильно успешно безподстроечно работать даже узкополосными цифровыми видами связи – типовое значение девиации Аллана на передающей частоте 2400 МГц эквивалентно среднеквадратическому отклонению примерно в 1 Гц !!!
- Высокое подавление внеполосных сигналов на выходе передающего конвертера — типовое значение составляет не хуже – 53 дБн
- Высокое подавление сигнала синтезатора частоты 1968 МГц в спектре выходного сигнала передающего конвертера – типовое значение -64 дБн
- Низкий фазовый шум опорного синтезатора 1968 МГц – типовое значение -98 дБн/Гц при отстройке 10 кГц на частоте 1968 МГц
- Высокая стабильность частоты приемного канала с помощью формирования высокостабильного опорного сигнала 25 МГц для синтезатора LNB 10 ГГц (опция 2) – типовое значение девиации Аллана на приемной частоте 10.489 ГГц эквивалентно среднеквадратическому отклонению примерно в 4 Гц !!!
- Высокая стабильность частоты приемного канала с помощью формирования высокостабильного опорного сигнала для синтезатора приемного конвертера (опция 3) – типовое значение девиации Аллана на приемной частоте 739 МГц эквивалентно среднеквадратическому отклонению примерно в 0.3 Гц !!!
- Высокое подавление гармоник выходного усилителя мощности 20 Вт за счет дополнительного выходного фильтра
- Гибкость решений/модификаций и высокое качество сигнала за счет выполнения изделия в виде отдельных функциональных блоков
- Возможность работы без переделки как с недорогим китайским усилителем мощности EDUP EP-AB003 (2 Вт) так и с мощным 20 Вт усилителем мощности
- Изменение напряжение питания (с 18 до 28 В) усилителя мощности 20 Вт для получения разной выходной мощности позволяет успешно использовать его для позиций с любым углом места на геостационарный спутник
- Комплексная настройка всех блоков в соответствии с конкретными параметрами оборудования заказчика
- Возможность видео демонстрации результатов измерений комплекта для заказчика по Viber/WhatsApp/Skype перед отправкой заказа (по запросу)
- Техническая поддержка в Москве по телефону (Viber / WhatsApp) и email
- Документальное подтверждение каждого конкретного комплекта STC7013 набором протоколов измерений (по запросу):
  - спектр синтезатора частоты 1968 МГц в полосе 1 ГГц
  - фазовый шум синтезатора частоты 1968 МГц
  - девиация Аллана (стабильность частоты) опорного генератора
  - спектр выходного сигнала 2400 МГц передающего конвертера при полосе обзора 100 МГц
  - спектр выходного сигнала 2400 МГц передающего конвертера при полосе обзора 1000 МГц
  - уровень гармоник выходного сигнала 2400 МГц передающего конвертера

- уровень подавления сигнала синтезатора на выходе передающего конвертера
- спектр выходного сигнала усилителя мощности
- уровень гармоник усилителя мощности

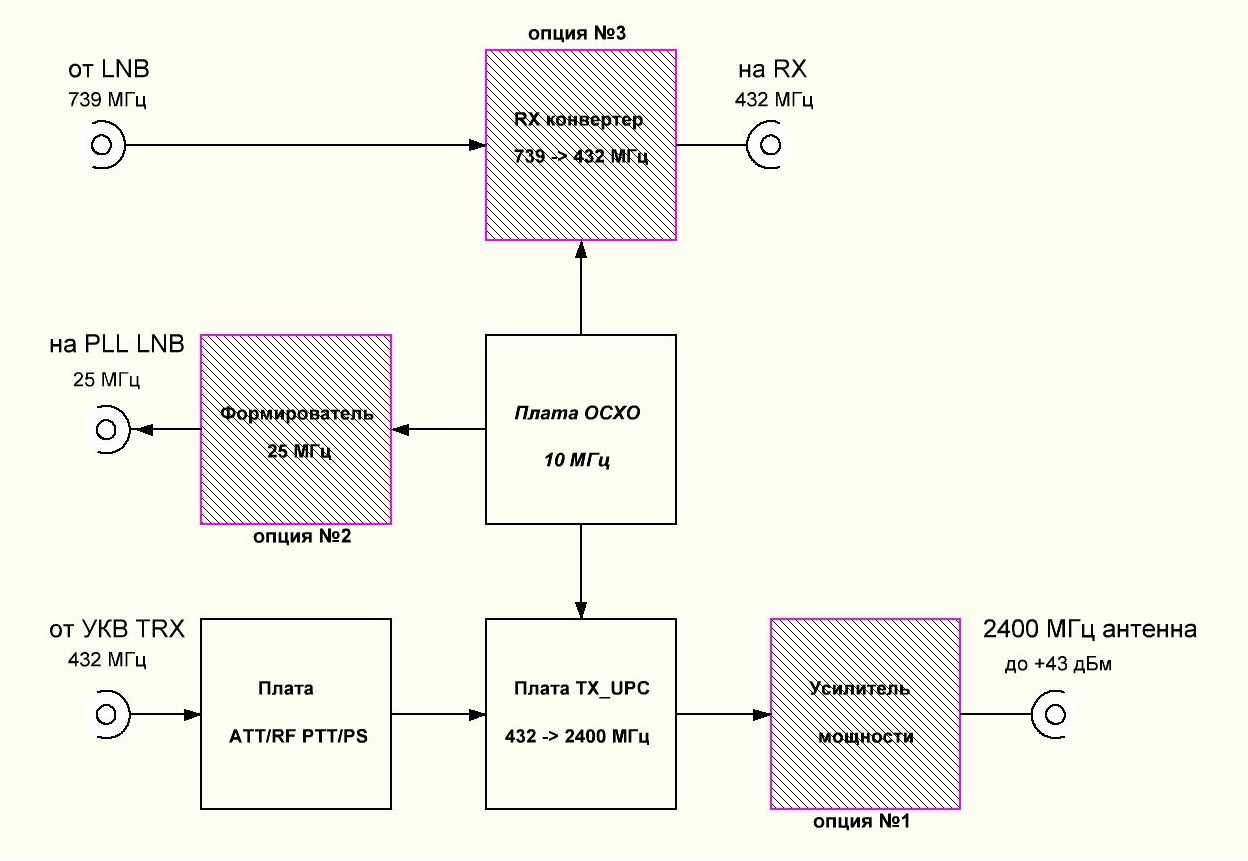
Комплект поставки:

1. Плата передающего конвертера (TX_STC) – 1 шт.
2. Плата опорного генератора (OCXO) – 1 шт.
3. Плата ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов (ATT_PTT_PS) – 1 шт.
4. ВЧ кабель с ВЧ разъемами U.FL - U.FL для межплатных соединений – 2 шт.
5. ВЧ кабель с ВЧ разъемами U.FL - SMA для установки на корпус – 1 шт.
6. Техническое описание – 1 шт.

Все платы поставляются в настроенном и работоспособном состоянии и требуют только межплатного соединения для начала использования.

Металлический корпус и элементы, предназначенные для установки на корпус устройства (светодиодные индикаторы, переключатель питания, НЧ разъемы и т.п.) в комплект поставки не входят.

Общая структурная схема (прием и передача в дуплексе)



Внимание: на общей структурной схеме представлены все платы устройства для режимов приема и передачи, включая опции №1 - №3. В комплект поставки передающего комплекта входят только платы, указанные в разделе «Комплект поставки».

Описание плат, входящих в комплект передающего конвертера

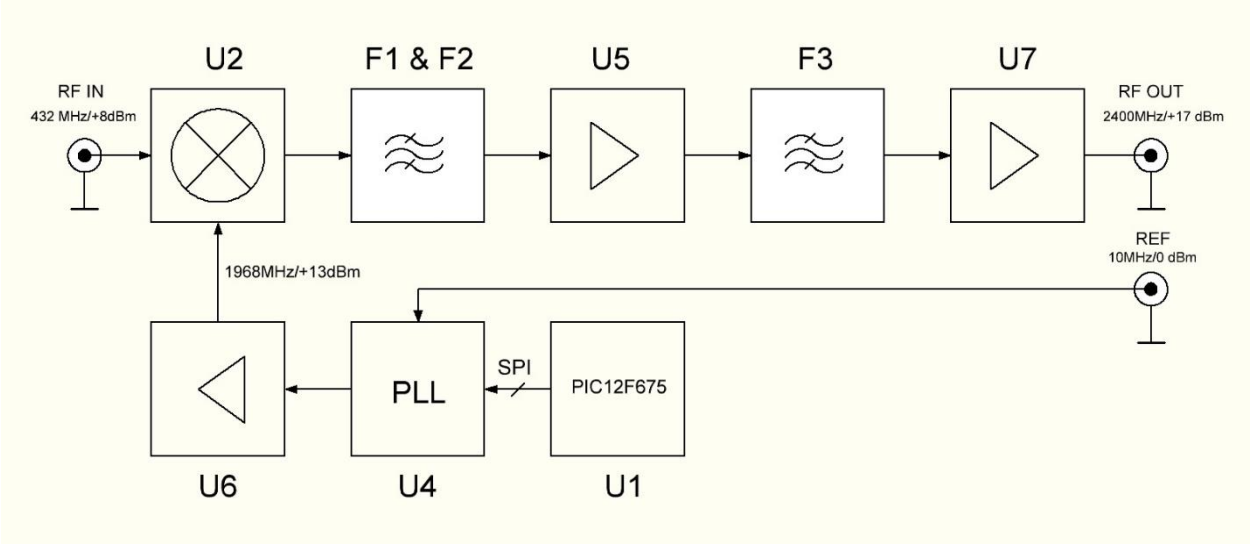
Плата передающего конвертера (TX_STC)

Плата передающего конвертера (TX_STC) предназначена для преобразования входного сигнала с УКВ трансивера частотой 432 МГц в выходной сигнал частотой 2400 МГц с необходимой мощностью для раскачки выходного усилителя мощности.

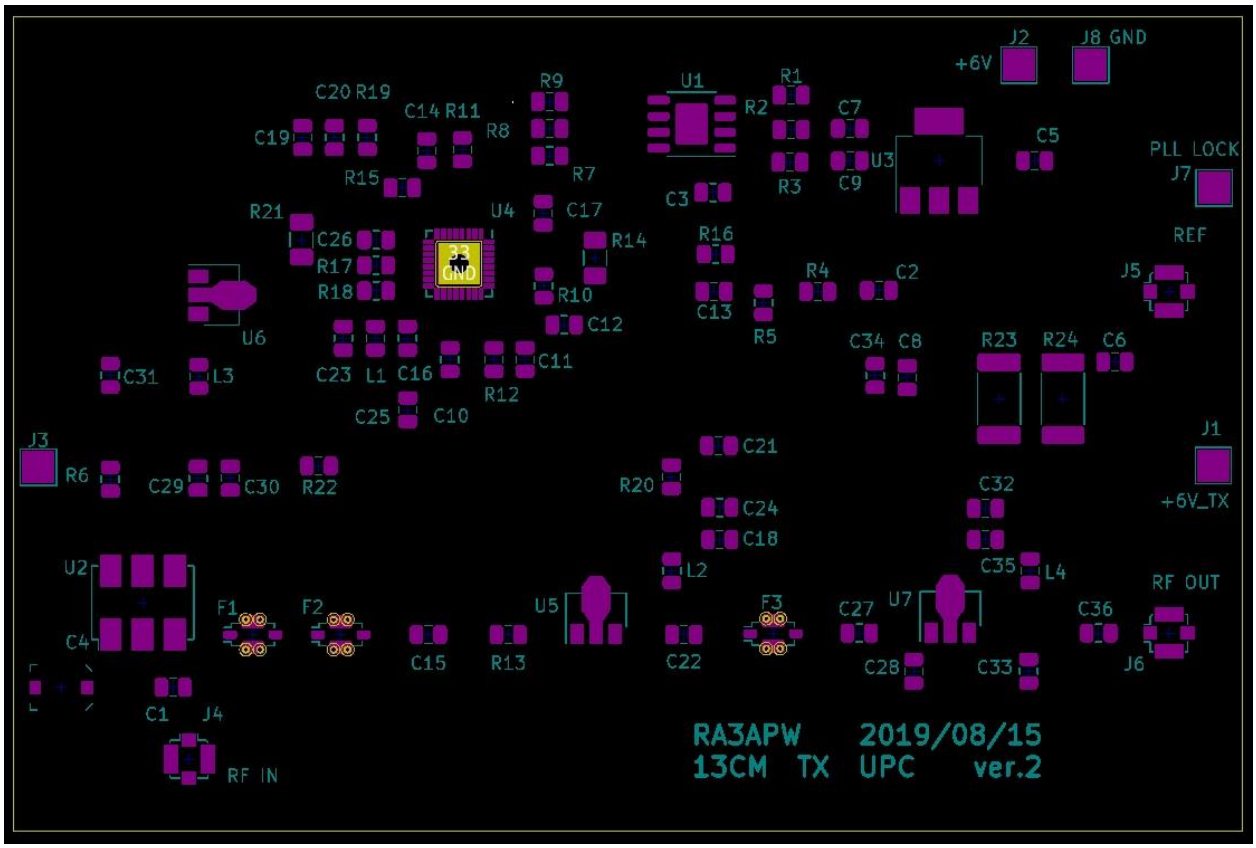
Входной сигнал 432 МГц с максимальной мощностью до +8 дБм с разъема J4/RF IN подается на высокоуровневый смеситель U2.

На второй вход смесителя подается сигнал гетеродина 1968 МГц с мощностью +13 дБм с выхода усилителя U6. Сигнал высокостабильной опорной частоты 10 МГц для синтезатора подается на разъем J5/REF. При включении питания управляющий код по шине SPI с микроконтроллера U1 инициирует работу синтезатора на заданной частоте 1968 МГц и обеспечивает контроль захвата петли ФАПЧ. Синтезатор частоты U4 обеспечивает малый уровень фазового шума – 98 дБн/Гц при отстройке 10 кГц.

С выхода смесителя U2 сигнал проходит два полосовых фильтра F1 и F2 (2400 МГц) и подается на усилитель U5. Далее с выхода усилителя U5 сигнал проходит дополнительный полосовой фильтр F3 (2400 МГц) и подается на выходной драйвер U7, который доводит выходную мощность до +17 дБм на разъеме J6/RF OUT, требуемую для работы выходного усилителя мощности.

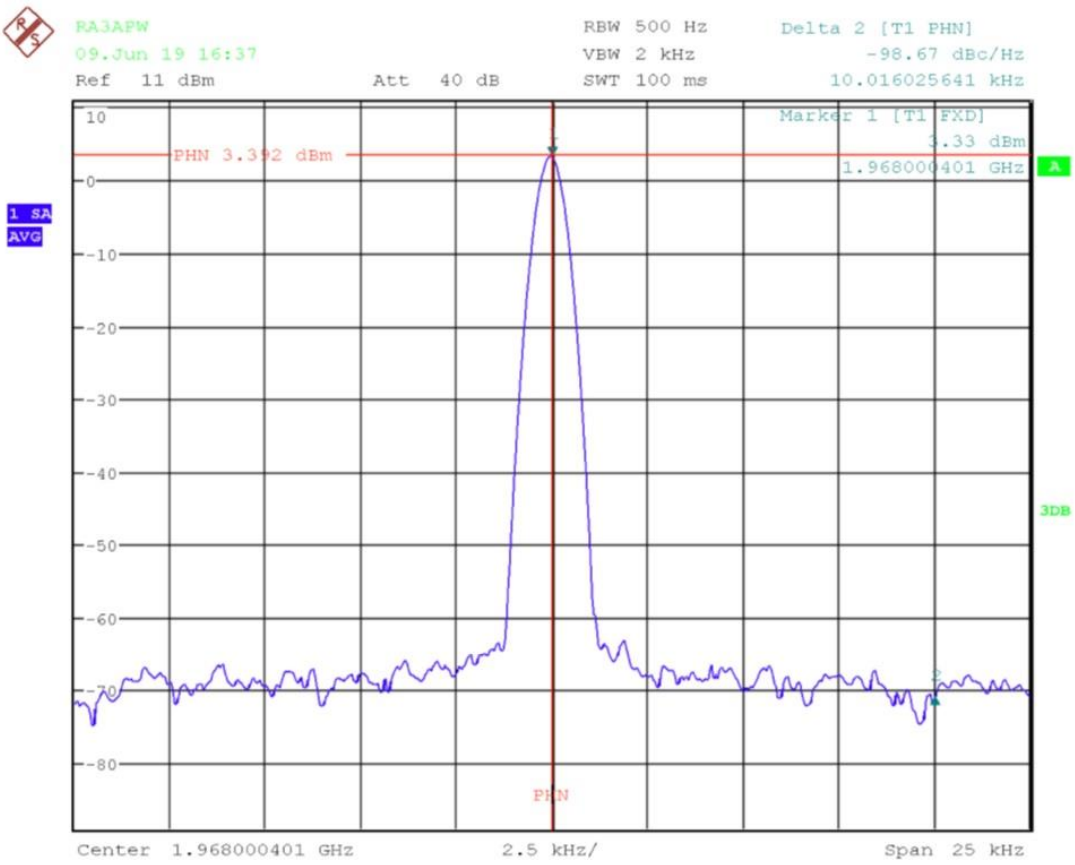


Структурная схема платы передающего конвертера (TX_STC)

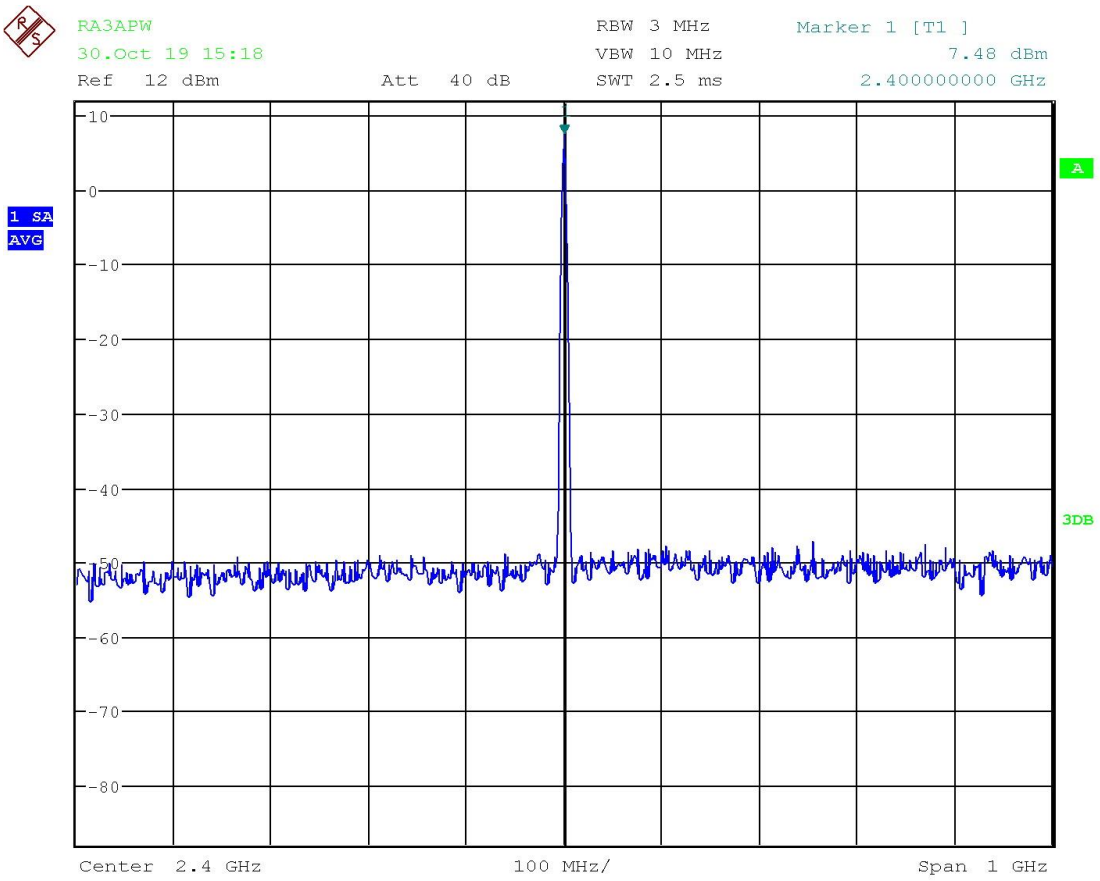


Разъем	Название сигнала	Вход/выход	Тип разъема	Примечание
J1	+6V_TX	вход	площадка	Питание +6В в режиме передачи
J2	+6V	вход	площадка	Питание +6В
J3	GND	вход	площадка	Общий провод
J4	RF IN	вход ВЧ	U.FL	Входной сигнал от платы аттенюатора
J5	REF	вход ВЧ	U.FL	Входной опорный сигнал 10 МГц от платы опорного генератора ОСХО
J6	RF OUT	выход ВЧ	U.FL	Выход 2400 МГц/+17 дБм на усилитель мощности
J7	PLL Lock	выход	площадка	Выход на анод светодиода захвата ФАПЧ синтезатора. Катод светодиода подключить к общему проводу.
J8	GND	вход	площадка	Общий провод

Таблица 1. Сигналы на плате передающего конвертера (TX_STC)

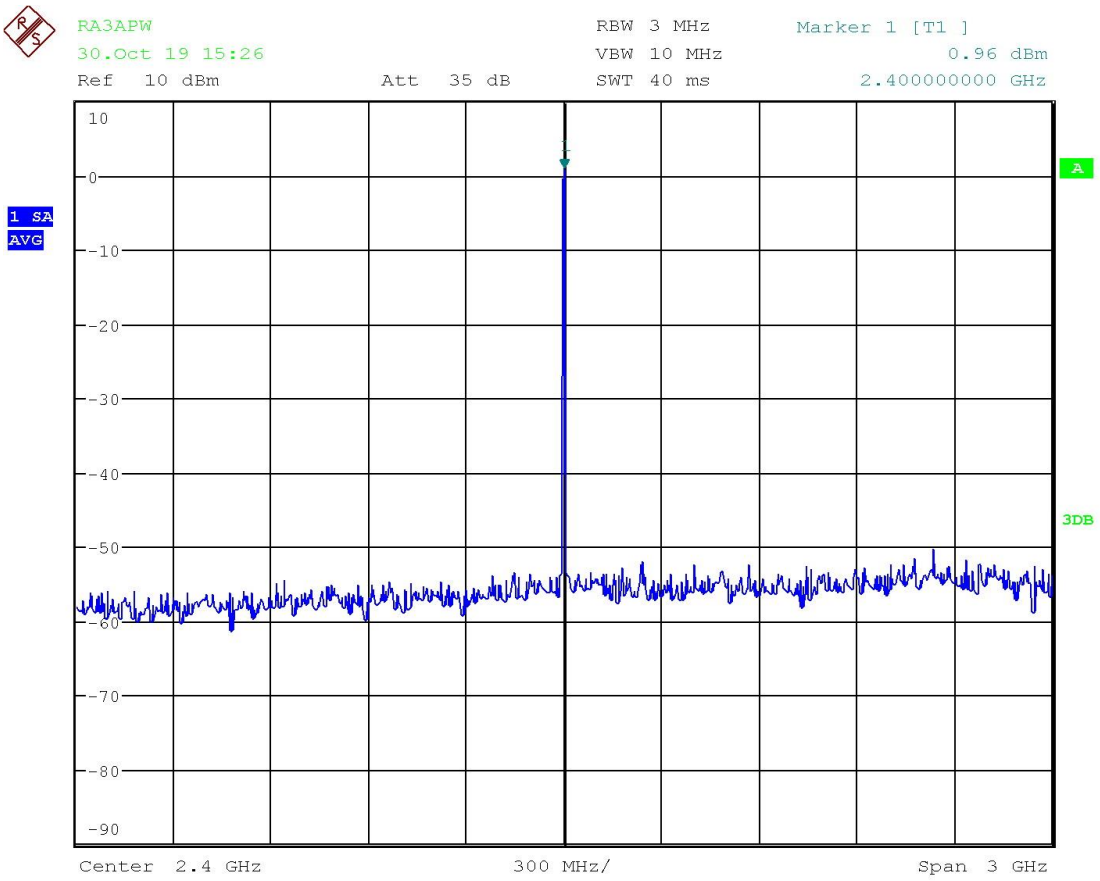


Фазовый шум синтезатора на частоте 1968 МГц равен -98 дБн/Гц при отстройке 10 кГц



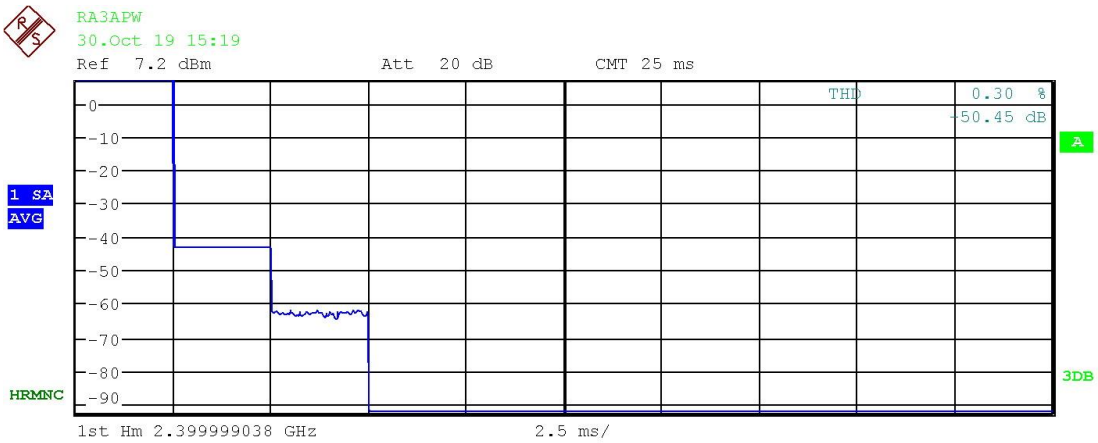
Date: 30.OCT.2019 15:18:34

Спектр на выходе платы передающего конвертера
(внешний аттенюатор 10 дБ)



Date: 30.OCT.2019 15:26:19

Спектр на выходе платы передающего конвертера
(внешний аттенюатор 10 дБ)



No	Frequency	RBW	Power
1	2.40 GHz	200 kHz	7.22 dBm
2	4.80 GHz	500 kHz	-50.49 dBc
3	7.20 GHz	1 MHz	-70.19 dBc
4	out of range		---
5	out of range		---
6	out of range		---
7	out of range		---
8	out of range		---
9	out of range		---
10	out of range		---

Date: 30.OCT.2019 15:19:11

Уровень гармоник на выходе платы TX_STC

Плата опорного генератора (OCXO)

Плата опорного генератора (OCXO) обеспечивает три выхода (OUT1; OUT2; OUT3) высокостабильной опорной частоты 10 МГц с малым фазовым шумом через три малошумящих буферных усилителя.

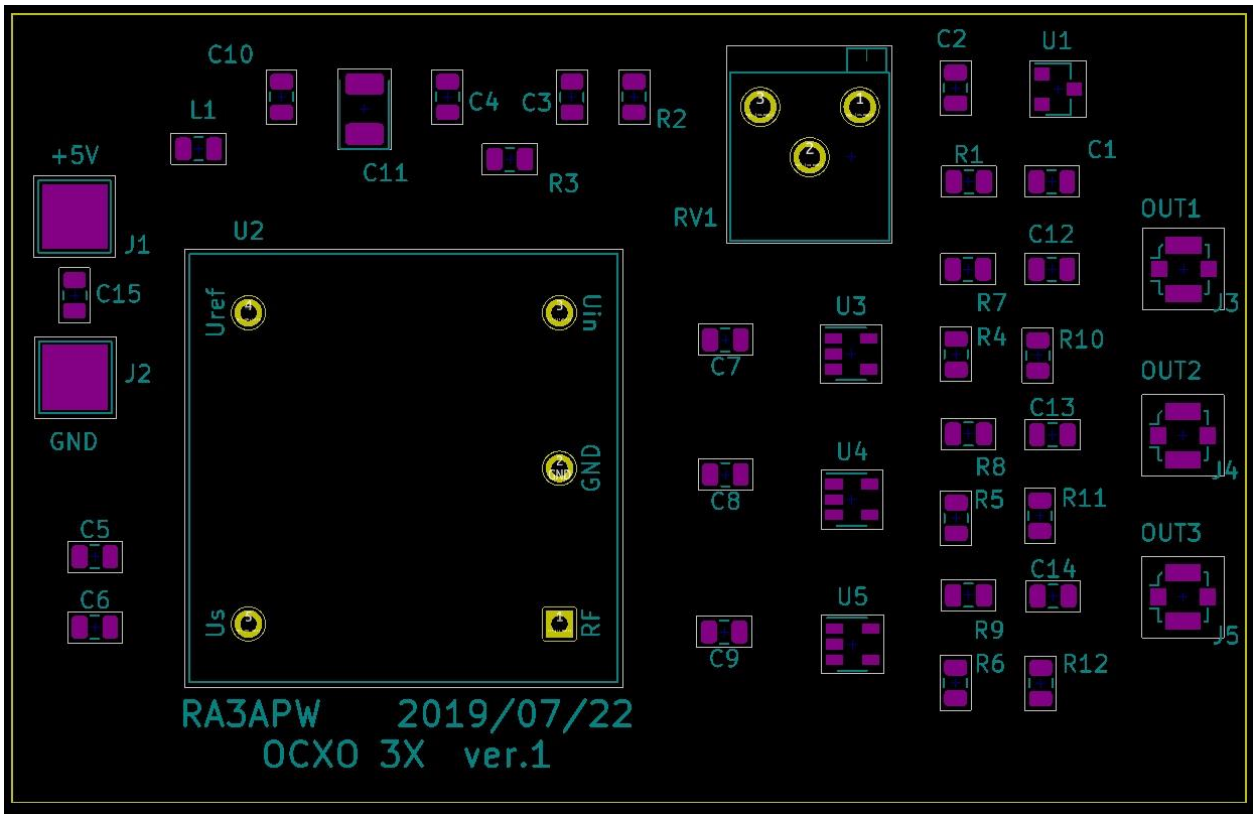
Использование более дорогого решения на базе термостабилизированного кварцевого генератора (OCXO) вместо термокомпенсированного кварцевого генератора (TCXO) позволило снять вопрос о стабильности частоты для работы в режимах приема и передачи через узкополосный транспондер геостационарного спутника на частотах 2.4 и 10 ГГц.

Три сигнала опорной частоты 10 МГц подаются на:

- синтезатор частоты 1968 МГц платы передающего конвертера – выход OUT3
- формирователь сигнала 25 МГц платы для синтезатора частоты приемного конвертера 10 ГГц (опция №2) - выход OUT2
- синтезатор частоты 307 МГц платы приемного преобразователя частоты с 739 МГц на 432 МГц (опция №3) - выход OUT1

Термостабилизированный кварцевый генератор OCXO имеет следующие параметры:

- Частота – 10.000 МГц
- Температурная стабильность частоты – лучше +/- 10 E(-9)
- Кратковременная стабильность частоты – лучше 0.05 E (-9) на градус (через 1 час после включения)
- Средневременная стабильность частоты (девиация Аллана) – 2.34 E(-11) для тау 100с
- Фазовый шум – лучше -150 дБн/Гц при отстройке 10 кГц



Разъем	Название сигнала	Вход/выход	Тип разъема	Примечание
J1	+5V	вход	площадка	Питание +5В
J2	GND	вход	площадка	Общий провод
J3	OUT1	выход ВЧ	U.FL	Выход №1 опорной частоты 10 МГц
J4	OUT2	выход ВЧ	U.FL	Выход №2 опорной частоты 10 МГц
J5	OUT3	выход ВЧ	U.FL	Выход №3 опорной частоты 10 МГц

Таблица 2. Сигналы на плате опорного генератора (ОСХО)

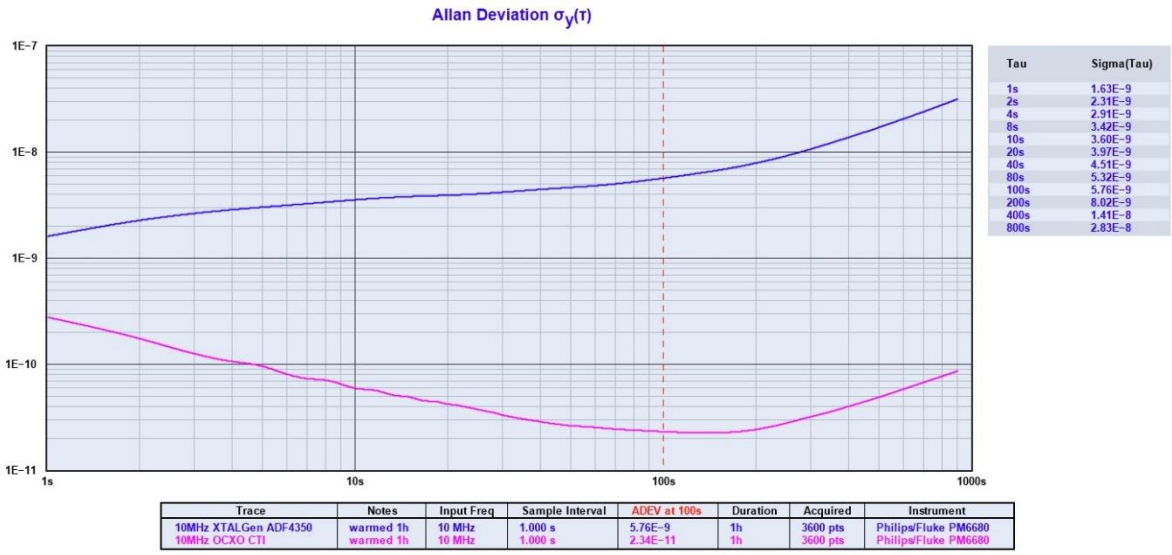


График девиации Аллана ОСХО (малиновый график).
Для сравнения синий график – для обычного кварцевого генератора.

Плата ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов (ATT_PTT_PS)

Плата ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов (ATT_PTT_PS) предназначена для:

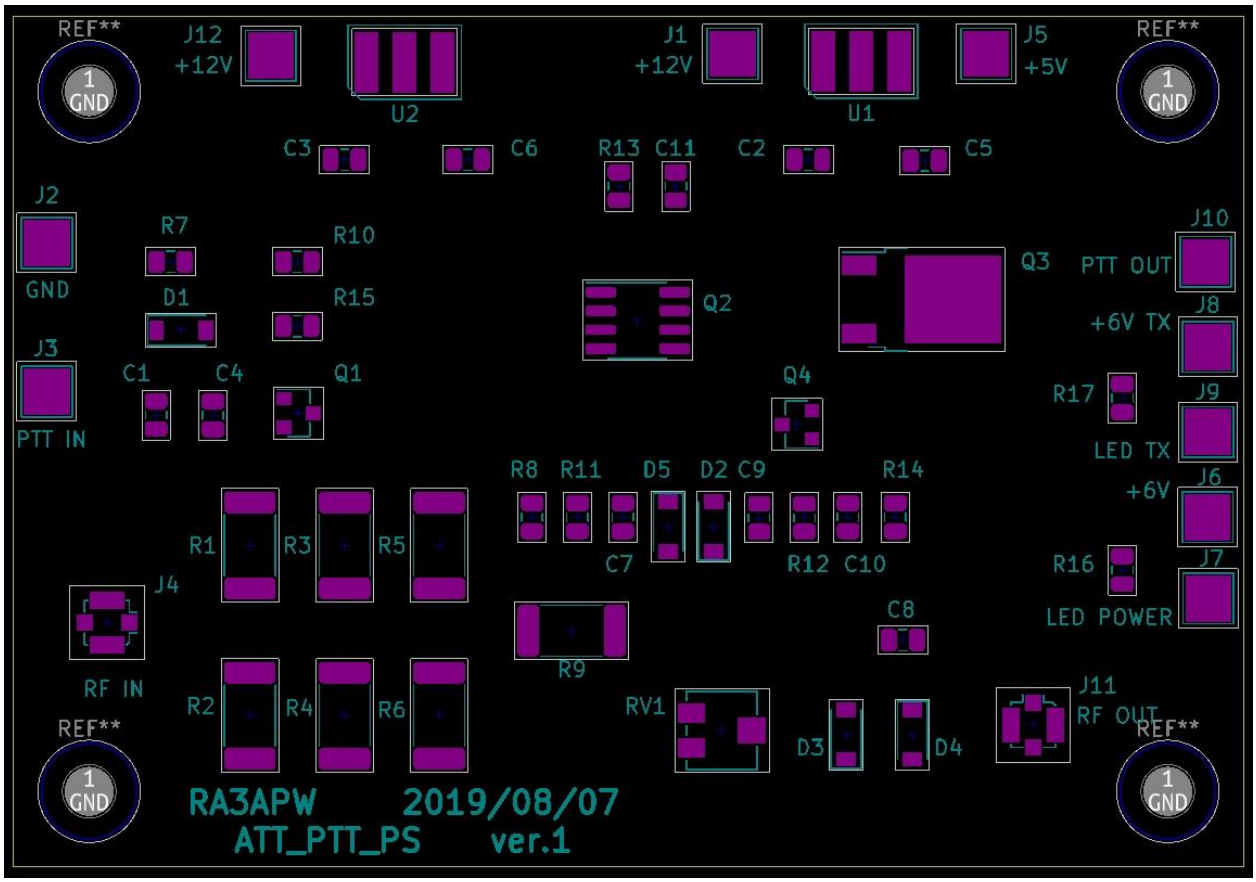
- ослабления уровня входного сигнала 432 МГц с УКВ трансивера до уровня, необходимого для подачи на смеситель передающего конвертера
- формирование сигнала автоматического переключения на передачу при подаче входного сигнала 432 МГц с УКВ трансивера
- формирование стабилизированных напряжений +5 и +6 В для питания остальных плат устройства.

Переключение в режим передачи может происходить двумя способами:

- замыкания контакта «PTT IN» на общий провод
- автоматически при подаче ВЧ сигнала на вход платы «RF IN»

При переходе на передачу на контакте «+6V TX» появляется напряжение +6В, которое подается на плату передающего конвертера.

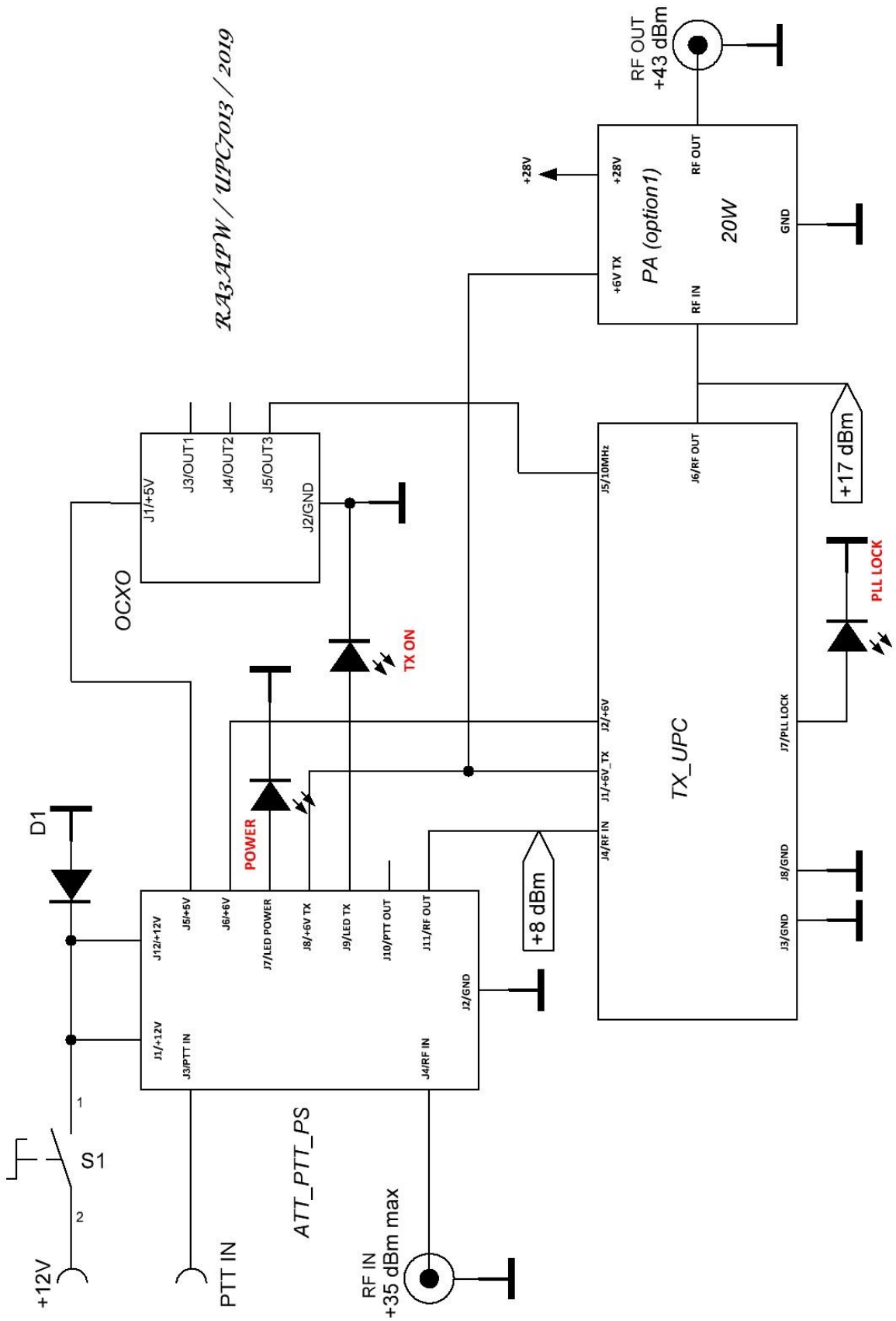
Уровень аттенюации регулируется подстроечным резистором RV1. При входном уровне с УКВ трансивера мощностью от 1 до 3 Вт (сигнал RF IN на разъеме J4) следует установить подстроечным резистором RV1 в режиме SSB уровень (при громком звуке «Аааaa») сигнала RF OUT блока на разъеме J11 в пределах +8 дБм (для работы передающего конвертера в линейном режиме).



Разъем	Название сигнала	Вход/выход	Тип разъема	Примечание
J1	+12V	вход	площадка	Питание +12В
J2	GND	вход	площадка	Общий провод
J3	PTT IN	вход	площадка	Перевод в режим передачи при замыкании контакта на общий провод
J4	RF IN	вход ВЧ	U.FL	Входной сигнал 432 МГц от трансивера
J5	+5V	выход	площадка	Выход стабилизатора напряжения +5В
J6	+6V	выход	площадка	Выход стабилизатора напряжения +6В
J7	LED POWER	выход	площадка	Выход на анод светодиода индикации включения питания. Катод светодиода подключить к общему проводу.
J8	+6V TX	выход	площадка	Выход стабилизатора напряжения +6В в режиме передачи
J9	LED PTT	выход	площадка	Выход на анод светодиода индикации режима передачи. Катод светодиода подключить к общему проводу.
J10	PTT OUT	выход	площадка	Сигнал режима передачи для внешних устройств - замыкание контакта на общий провод
J11	RF OUT	выход ВЧ	U.FL	Выходной сигнал 432 МГц с выхода аттенюатора с выходной мощностью 8 дБм
J12	+12V	вход	площадка	Питание +12В

Таблица 3. Сигналы на плате ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов (ATT_PTT_PS)

Схема соединения блоков



Описание планируемых опций

- Опция 1 - **выходной усилитель мощности на 2400 МГц**
  - Выходная мощность: не менее 12 Вт при напряжении питания 24 В
  - Выходная мощность: не менее 20 Вт при напряжении питания 28 В
  - Входная мощность: + 17 дБм

  Статус: планируется в 2020 г.

- Опция 2 - **высокостабильный по частоте источник сигнала 25 МГц для синтезатора частоты приемного конвертера 10 ГГц**
  Статус: планируется в 2020 г.

- Опция 3 – плата **приемного преобразователя частоты с 739 МГц на 432 МГц**
  Статус: планируется в 2020 г.

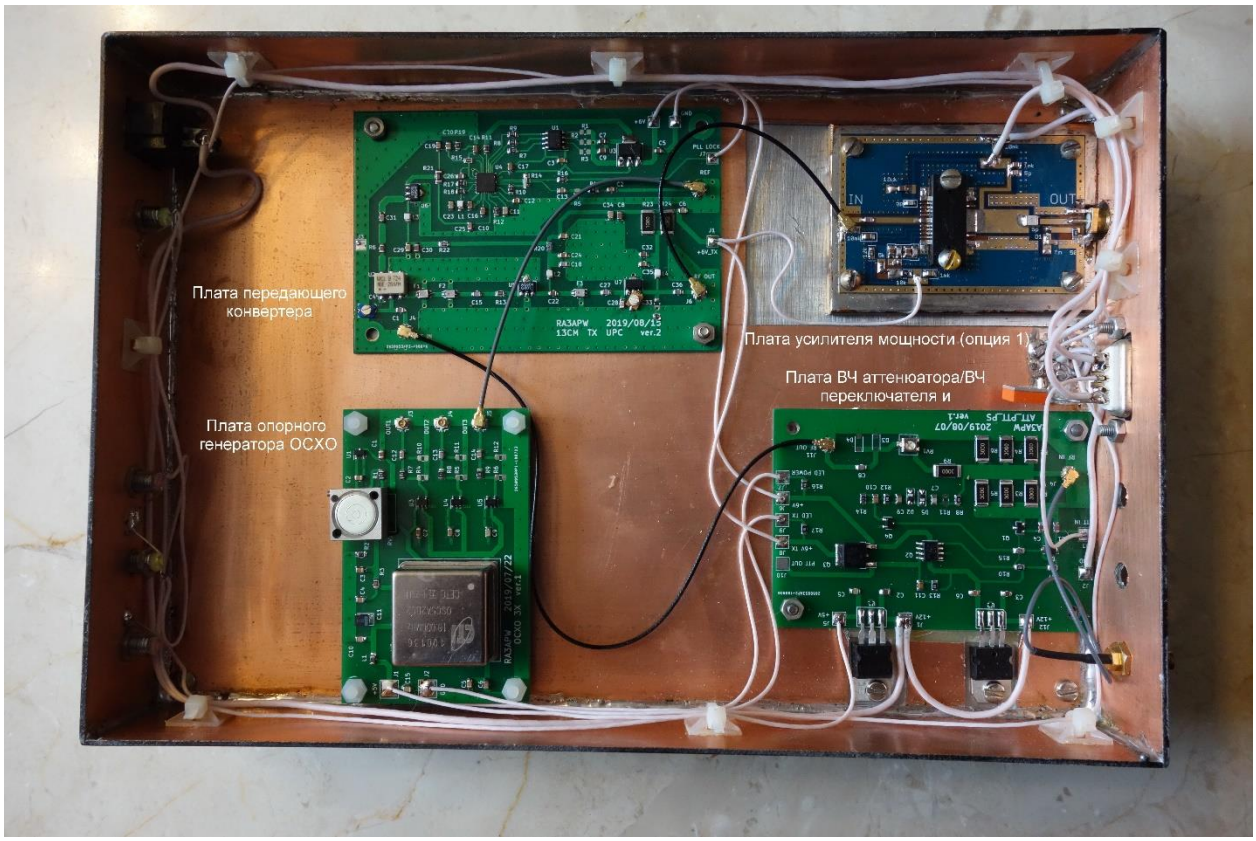
- Опция 4 – **измерительный блок** (напряжение питания, потребляемый ток, температура усилителя мощности, ВЧ выходная мощность передачи).
  Статус: планируется в 2020 г.

Конструкция

Поставляемые платы могут быть установлены в металлический корпус, например, герметичный корпус BS19BK фирмы Gainta.

Межплатные низкочастотные соединения выполняются проводом МГТФ, высокочастотные межплатные соединения – кабельными сборками различной длины с разъемами U.FL – U.FL, а высокочастотные соединения между платами и внешними разъемами на корпус устройства – кабельными сборками с разъемами U.FL – SMA.

Комплект ВЧ кабельных сборок с разъемами U.FL – U.FL и U.FL – SMA входит в комплект поставки.



В представленном выше корпусе зарезервированы места для:

- высокостабильный по частоте источник сигнала 25 МГц для синтезатора частоты приемного конвертера 10 ГГц (опция 2)
- приемный преобразователь частоты с 739 МГц на 432 МГц (опция 3)

Индикация

На переднюю панель корпуса устройства могут быть вынесены следующие светодиодные индикаторы:

- включения питания (зеленый)
- активный режим «передача» (красный)
- индикация захвата частоты синтезатора (зеленый)
- перегрев выходного каскада усилителя мощности (красный)

Разъемы

На заднюю панель корпуса устройства могут быть вынесены следующие разъемы:

- вход 432 МГц от УКВ трансивера (входная мощность от 1 до 3 Вт). Тип ВЧ разъема SMA
- разъем питания +12 и +24/28В, а также сигнал PTT. Тип разъема DB9-M.
- выход передачи на антенну 2400 МГц.
  Тип разъема SMA.

- Опция 2: выход опорного сигнала 25 МГц для синтезатора LNB.
  Тип разъема – SMA.
- Опция 3: выход с приемного преобразователя частоты с 739 МГц на 432 МГц – на УКВ трансивер (режим приема).
  Тип разъема – SMA.

Измерительное оборудование

Для разработки и настройки плат передающего конвертера используется следующее измерительное оборудование:

- Анализатор спектра Rohde&Schwarz FSQ8
- Генератор сигналов Rohde&Schwarz SML02
- Векторный генератор сигналов Anritsu MG3681A
- Генератор сигналов IFR 2041
- Измеритель мощности Anritsu ML2437A с датчиком MA2472A
- Измеритель мощности М3-56
- Аттенюатор 30 дБ 50 Вт 18 ГГц MECA 650-30-1
- Частотомер/анализатор Pendulum CNT-91
- Блок GPSDO Lucent RFTG-u KS-24361
- Осциллограф LeCroy WaveSurfer 424
- Мультиметр Agilent 34401A
- Контроллер Prologix GPIB-USB

Как начать работать с передающим конвертером

Для начала работы необходимо иметь:

- Комплект поставки передающего конвертера STC_7013, а именно:
  - Плата передающего конвертера (TX_STC) – 1 шт.
  - Плата опорного генератора (OCXO) – 1 шт.
  - Плата ВЧ аттенюатора/ВЧ переключателя и стабилизаторов (ATT_PTT_PS) – 1 шт.
  - ВЧ кабель с ВЧ разъемами U.FL - U.FL для межплатных соединений – 2 шт.
  - ВЧ кабель с ВЧ разъемами U.FL - SMA для установки на корпус – 1 шт.
  - Техническое описание – 1 шт.
- Усилитель мощности 2400 МГц в виде:
  - EDUP EP-AB003 или
  - Усилитель мощности на MW7IC2725 (опция №1)
- Металлический корпус для установки трех плат передающего конвертера и усилителя мощности 2400 МГц, например герметичный корпус BS19BK фирмы Gainta
- Светодиодные индикаторы (4 шт.), разъем питания, выключатель для установки на металлический корпус блока
- Блок питания на 12 и 24/28В (в зависимости от применяемого усилителя мощности)
- УКВ трансивер на 430 МГц (CW, SSB, digital)
- Передающую антенну на 2400 МГц
- Измеритель мощности ВЧ
- Цифровой мультиметр

Выполните следующие действия:

1. Установите в металлический корпус блока, например, герметичный корпус BS19BK фирмы Gainta:
    a. три платы передающего конвертера из комплекта поставки
    b. выходной усилитель мощности 2400 МГц (EDUP EP-AB003 или MW7IC2725 (опция №1))
2. Установите на переднюю панель корпуса блока светодиодные индикаторы POWER (питание); PTT (передача); PLL LOCK (захват синтезатора); TEMP (температура усилителя мощности)
3. Установите на заднюю панель корпуса блока ВЧ входной разъем (типа SMA) с УКВ трансивера и разъем питания типа DB9
4. Сделайте соединения в соответствии с разделом «Схема соединения блоков», кроме подключения питания с платы ATT_PTT_PS (выходы J5/+5V; J6/+6V; J8/+6V_TX) на остальные платы
5. Подайте стабилизированное напряжение питания +12В на плату ATT_PTT_PS – выводы J1/+12V и J12/+12V
    a. проверьте напряжение на выходе J5/+5V – оно должно быть +5В
    b. проверьте напряжение на выходе J6/+6V – оно должно быть +6В
6. На разъем J4/RF IN платы ATT_PTT_PS подключите выход 432 МГц УКВ трансивера. Установите выходную мощность от УКВ трансивера от 1 до 3 Вт (подача полной выходной мощности с выхода трансивера может привести с выходу из строя передающего конвертера). На разъем J11/RF OUT платы ATT_PTT_PS подключите ВЧ измеритель мощности. Уровень аттенюации регулируется подстроечным резистором RV1. При входном уровне с УКВ трансивера мощностью от 1 до 3 Вт (сигнал RF IN на разъеме J4) следует установить подстроечным резистором RV1 в режиме SSB при громком звуке «Аааа» уровень сигнала RF OUT блока на разъеме J11 в пределах +8 дБм (для работы передающего конвертера в линейном режиме)
7. Убедитесь, что при включении на передачу УКВ трансивера загорается светодиод, подключенный к выводу J9/LED TX и на выводе J8/+6V_TX появляется напряжение +6В
8. Восстановите питание с платы ATT_PTT_PS (выходы J5/+5V; J6/+6V; J8/+6V_TX) на остальные платы
9. Разъем J11/RF OUT платы ATT_PTT_PS соедините ВЧ кабельной сборкой с ВЧ разъемами U.FL - U.FL с разъемом J4/RF IN платы TX_STC
10. Включите питание и убедитесь, что светодиод PLL LOCK, подключенный к выводу J7/PLL LOCK платы TX_STC горит постоянно – это обозначает нормальную работу синтезатора частоты на 1968 МГц
11. На выход разъема J6/RF OUT платы TX_STC подключите измеритель мощности. Убедитесь, что при переводе УКВ трансивера в режим передачи и при громком звуке «Аааа» в режиме SSB выходная мощность на выходе разъема J6/RF OUT платы TX_STC составляет +17 дБм (для работы передающего конвертера в линейном режиме). При наличии анализатора спектра проконтролируйте спектр выходного сигнала
12. Подключите ВЧ кабельной сборкой вход усилителя мощности (не входит в комплект поставки – опция №1 или усилитель EDUP EP-AB003) к разъему J6/RF OUT платы TX_STC. К выходу усилителя мощности подключите ВЧ измеритель мощности. Проверьте выходную мощность на выходе усилителя (2.5 Вт для усилителя EDUP EP-AB003 и до 20 Вт для усилителя мощности на базе MW7IC2725 (опция №1)
13. Вместо измерителя мощности подключите на выход усилителя мощности передающую антенну на 2400 МГц

14. Перейдите на передачу на УКВ трансивере, контролируя свой сигнал через спутник по приемному каналу 10 ГГц
    Убедитесь, что при переходе на передачу загорается красный светодиод “PTT”
15. Все. Комплект готов к работе на передачу с геостационарным спутником OSCAR Phase 4-A/ QO-100.

ВНИМАНИЕ!!!

- *Не включайте блок передающего конвертера без подключенной передающей антенны*
- *Не превышайте напряжение питания выходного усилителя более 28 В (для опции №1)*
- *Периодически контролируйте КСВ передающей антенны*
- *Для начала работы в эфире следует дать прогреться опорному высокостабильному генератору ОСХО в течении не менее 10 минут*
- *При включении устройства следует убедиться, что горят зеленые светодиоды «Power» и “PLL Lock”. Если при включении светодиод “PLL Lock” не загорелся следует выключить питание и заново включить его через 5 секунд.*

Гарантийные обязательства

Гарантийный срок на передающий конвертер составляет 12 месяцев с момента поставки. Претензии не принимаются в следующих случаях:

- наличие следов постороннего вмешательства и/или ремонтных работ
- нарушение условий эксплуатации
- механические повреждения.

Поддержка проекта

Информацию по проекту Вы можете найти на сайте http://www.ra3apw.ru/

Заказ изделий и контактные координаты

Вы можете заказать передающий конвертер, а также получить консультацию по использованию по координатам:

Карен Тадевосян

моб. +7 925 517 18 93

Email: ra3apw@mail.ru

http://www.ra3apw.ru

г. Москва, Россия