

Всесоволновый uSDX трансивер

Версия платы 3.0. Модификация UB9WLQ от «Радиолавки RV3YF.RU»

За основу проекта легла схема турецкого радиолубителя WB2CBA (прямая ссылка на страницу автора тут: <https://antrak.org.tr/projeler/usdx-an-arduino-based-sdr-all-mode-hf-transceiver-pcb-iteration-v1-02/>).

Мне понравилась простота его идеи со сборкой трансивера методом «бутерброда». Я рассматривал прошивку, которую использует WB2CBA, но она не подошла по ряду причин, поэтому для реализации проекта отталкивался от оригинальной авторской версии прошивки 1.02 от 2021-10-23 (автор Guido PE1NNZ) с небольшими корректировками, в основном относящиеся к управлению переключения платой ФНЧ. Основная часть авторского кода по приему, управлению настройками и прочими функциями, мной не изменялась. Исходный код, а также его компиляции, которые используются в текущем проекте, доступен для скачивания на нашем сайте www.rv3yf.ru

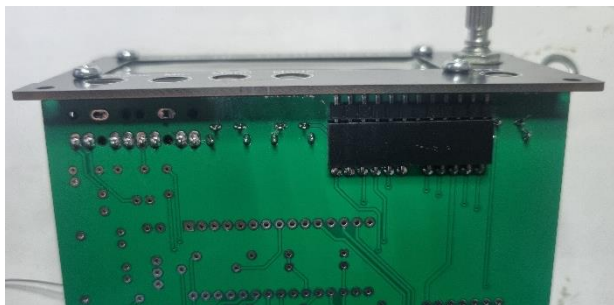
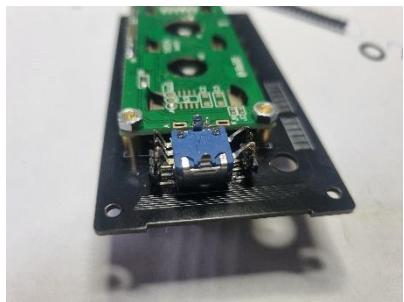
Изначально, печатная плата 1.0 проектировалась под выводные элементы по причине, прежде всего, простоты монтажа, которая важна начинающим радиолубителям, а также тем, кому сложно паять SMD компоненты. Но, все же на плате присутствуют несколько классических SMD компонентов, которых в DIP корпусах не существует, либо находятся в дефиците, например, микросхема FST3253. Их монтаж не должен затруднить рядового радиолубителя, т.к. специальных фен и паяльных станций использовать не нужно. Несмотря на то, что печатная плата на выводных компонентах получилась немного больше, она практически подходит для популярного корпуса из алюминиевого профиля (размеры 55x106x150 мм). Корпус можно приобрести у китайцев, например в маркетплейсе Aliexpress, либо у нас в Радиолавке (по наличию).

Изменения по отношению к авторскому проекту

- Принципиальная схема нашего проекта на последней странице документации.
- У меня не было возможности сравнить микросхемы LM4562 и NE5532 в работе текущего проекта, но согласно тестам от немецких и польских радиолубителей, разница в работе практически незаметна. Поэтому исходя из стоимости NE5532 решение в пользу этой микросхемы очевидно.
- Турецким автором добавлен транзистор VT5 на усилителе. Но среди радиолубителей, собиравших трансивер, есть много критики «за» и «против» этого транзистора. Поэтому, я решил его все-таки добавить на плату версии 1.05. При необходимости его можно убрать, а выводы соединить, чтобы получить оригинальную схему усилителя. Полагаю, это компромиссный вариант. В версии 3.0 этот транзистор все-таки убрали из схемы.
- Для разных типов микросхем FST3253 используется неоднозначное подключение вывода «1». В одном случае, этот вывод подключают к питанию +5В, в другом – к «земле». В виду того, проект собирают не только из комплекта компонентов, поставляемых с Радиолавки, то принято решение сделать небольшой разъем на плате для подключения вывода «1» микросхемы FST3253. В настоящее время в наших наборах используются микросхемы с подключением вывода «1» FST3253 к «земле». **Исходя из этого в процессе монтажа платы необходимо соединить центральный вывод разъема с землей (вывод правее)**
- В отличие от моделей турецкого автора, я принял решение сделать универсальную плату: для базовой версии на один (два) диапазона, а также всеволновой версии с применением ФНЧ от трансивера «Дружба-3М» с релейным переключением.

Изменения в версии платы 3.0

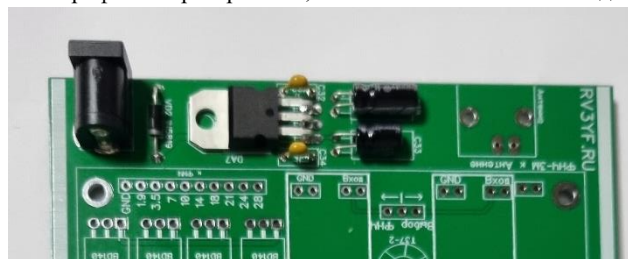
- Микросхемы LM386, NE5532, 74ACT00 переведены в корпус SMD. Это позволило выделить немного места на плате для установки второй платы ФНЧ-1. То есть на платы версии 3.0 могут быть установлены две платы ФНЧ-1 на разные диапазоны. На плате организовано переключение между ними с помощью разъемов. Для удобства переключения между диапазонами можно применить тумблер 2ПЗН
- В виду дефицита Реле РЭС-49 на 12 Вольт на плате ФНЧ все реле заменены на работу с напряжением от 5-6В.
- Исправлены площадки для пайки транзисторов 2N7000, убран VT5.
- Добавлена полноценная маркировка компонентов на печатной плате с отображением номера и номинала. Это позволяет определенно быстро и производить монтаж компонентов без ошибок.
- Полностью переделана фронтальная плата – лицевая панель из комплекта плат версии 3.0 выполнена в виде печатной платы, и монтаж компонентов производится непосредственно на ней. Это решение позволило избежать дополнительных затрат на производство лицевых панелей, что делает проект экономически интересным. В виду простоты монтажа задняя лицевая панель используется стандартная из комплекта корпуса.
- Сердце трансивера - процессор ATMEGA328 заменен на готовую плату Arduino Nano. Это решение позволило получить возможность вносить изменения в прошивку без программатора. Достаточно только mini-USB кабеля и персонального компьютера.
- Из схемы предыдущих версий плат убраны дорогостоящие микросхемы UDN2981, MCP23008 в пользу простого дешифратора на микросхеме K155ИД10, а точнее его аналога в SMD корпусе 74LS145.
- Удаление микросхемы MCP23008 затронуло несколько управляющих выводов для работы с Arduino, поэтому в качестве расплаты за экономию средств для всеволновой версии трансивера изменение прошивки производится немного сложнее. Тем не менее изменения вносить можно, но требуют опыта в работе с микропроцессорами. Порядок подключения Arduino, прошивки и полезная информация подробно описаны в отдельной статье на нашем сайте в архиве с прошивками.
- По причине освобождения рабочей «шины» от микросхемы MCP23008 в версии плат 3.0 модуль si5351 больше не нужно подвергать распайке, и менять резисторы. Теперь все работает «из коробки». Одни плюсы от того, что убрали MCP23008, за исключением сложностей с прошивкой, но эта проблема не касается плат Arduino из набора для сборки трансивера. Мы уже все сделали. Нужно только установить Arduino на плату, и включить.



2. Затем переходим на основную плату. Устанавливаем кнопки на печатную плату. Отверстия под кнопки небольшие, т.к. выполнены для достижения максимальной точности установки как высоте, так и ширине. Для удобства перед монтажом кнопок их выводы необходимо выровнять, и далее можно аккуратно помочь пассатижами вогнать их на свое место. Это второй наиболее сложный и неудобный момент при сборке трансивера. Не менее ответственный монтаж разъемов микрофона и наушников. В виду различия поставщиков этих разъемов, мы были вынуждены сделать отверстия

в наличии корпус, то с его помощью платы автоматически соединяются там, где и положено. Если корпуса нет, то для ориентира: плата дисплея должна прикасаться к корпусу кнопок «Menu» и «Mode», то есть очень плотно друг к другу! (см. фото). После монтажа плат между собой еще раз проверяем правильно положение разъемов наушников и микрофона в пространстве, и паяем все остальные выводы.

Устанавливаем диод 1N5819 («защиту от дурака полярности»), добавляем микросхему L7805, конденсаторы C30-C34, а также дроссель L3. Производим монтаж разъема питания на плату, и можно включать. Подаем +12В на вход трансивера. Проверяем напряжение на дросселе L3 (как до, так и после него должно быть +5В), а также на разъеме J10 (+5В к дисплею). Если все напряжения в норме, то можно добавить фронтальную плату. Экран при включенном питании должен иметь подсветку. В этот момент удобно отрегулировать контрастность дисплея построечным резистором R26 на фронтальной плате. Соглашусь, не очень отвертки движок резистора свободно крутится. Добиваемся того, чтобы перекручивать контрастность не нужно, в противном случае в будущем б



Учтем это в следующей версии! После пайки пассивных компонентов пришло время установить блок ардуино на своё место. Но подавать питание рано. Известно, что на Arduino тоже установлен стабилизатор

по питанию AMD1117-5.0, у которого входное напряжение должно быть немного выше, чем +5В, в противном случае внутреннее напряжение работы Ардуино будет значительно ниже, что приведет к сбою в работе кнопок и управлению трансивером. По ряду причин мы не можем сделать входное питание трансивера больше +5В, поэтому на основной плате с обратной стороны необходимо соединить выводы ардуино +5V и Vin. Это сделать удобно прямой перемычкой от резистора R25 к выводу 5V (см. иллюстрацию).





5. Если монтаж выполнен верно, то на экране мы должны видеть надпись uSDX R1.02x, Reset settings, а далее последующий запуск работы (см. фото). На этом этапе проверяем работу кнопок, энкодера. Крутим влево-вправо, нажимаем всё, что нажимается, попутно изучая меню трансивера.

6. На шестом этапе производим монтаж модуля Si5351. Разъем для платы не предусмотрен, т.к. в противном случае плата будет мешать подключению кабеля к Ардуино. Дополнительно, в обвязке модуля предусмотрены два разъема по «шине»: SDA, SCL. Устанавливаем монтажные стойки, добавляем перемычки. Включаем трансивер, частотомером (осциллографом, ВЧ пробником) проверяем наличие ВЧ на CLK0, CLK 1 с частотой, указанной на экране. При переходе в режим передачи та же частота должна быть на выходе CLK2.

7. Если все работает, переходим к следующему этапу: монтаж УНЧ на LM386. Устанавливаем микросхему на плату, а также пассивные компоненты обвязки

микросхемы, согласно принципиальной схеме. Также устанавливаем монтажные стойки на разъемы «Динамик» и «к УНЧ». Выход с процессора по умолчанию отключен от LM386, т.к. на прошлых версиях плат были сложности при запуске процессора с подключенным УНЧ (нужно было удалять LM386 с платы). Теперь эта проблема решена с помощью разъема «к УНЧ». Проверка работы УНЧ осуществляется касанием пинцета к выводу «3» LM386. В наушниках или динамике должен быть резкий звук. Если процессор и УНЧ работают нормально, то устанавливаем перемычку в этот разъем для соединения с модулем УНЧ. Включаем трансивер – должен быть шум в наушниках/динамике. В дополнение сообщая, что при подключенных наушниках, выход на динамик отключается.

8. После УНЧ пришло время собрать приемный тракт трансивера: производим монтаж микросхем 74CBT3253, NE5532, 74ACT00, резисторы, конденсаторы в их обвязке, устанавливаем VT1 – все имеющиеся компоненты из набора, за исключением выходных транзисторов VT2-VT4, конденсатора C6, C8 и дросселя L1, а также резисторов R22, R26, R27 (1 КОм) – они не участвуют сборке базовой комплектации. В базовой версии трансивера на два диапазона транзисторы VT6-VT7, резисторы R15, R20, R21, диод VD1 устанавливаются при необходимости использовать в дальнейшем внешний усилитель мощности. Рядом с микросхемой CBT3253 устанавливаем перемычку «земля»-«средний вывод» разъема (это правило работает для микросхем из набора Радиолавки). После завершения монтажа, смываем остатки флюса, и запускаем трансивер. Рабочий ток около 60-80 мА. Если не терпится включить и послушать прием, то подключаем антенну или генератор к разъему «RX». Проверяем работу приемной части, а также проверяем наличие напряжение на разъеме «+5V TX».

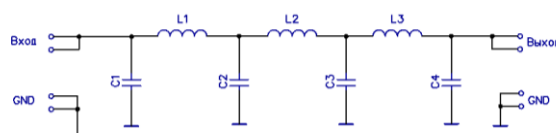
9. После запуска трансивера на прием необходимо собрать тракт на передачу. Собираем дроссель L1 (10 витков проводом 0.35-0.4мм), производим монтаж транзисторов 2N7000 VT2-VT4, а также конденсаторов C6, C8. Устанавливаем разъем антенны на плату. На плате отверстия разъема немного «убежали» в сторону, поэтому перед монтажом аккуратно двигаем выводы, как на фото.

10. Далее этапы сборки ФНЧ подразделяются на монтаж плат ФНЧ-1 двух-диапазонной базовой версии или платы ФНЧ с релейным управлением.



Сборка ФНЧ для базовой версии на два диапазона

11. Производим монтаж разъемов PBS-2 для установки плат ФНЧ, а также монтажные стойки «Выбор ФНЧ». Разъемы «Выбор ФНЧ» имеют три вывода: центральный вывод – сигнальный, а левее или правее от него выбор в сторону используемого ФНЧ. Например, для выбора платы ФНЧ, расположенного левее относительно T37-2, необходимо все перемычки на разъемах «Выбор ФНЧ» установить между «левым» выводом и центральным (см. фото). Далее, собираем платы ФНЧ на выбранные диапазоны. Фильтры ФНЧ используются для подавления нежелательных излучений на частотах гармоник. Фильтры, используемые в данной конструкции, разработаны по схеме Ed Wetherhold (W3NQN). В схеме используются четыре конденсатора и три дросселя, намотанные на тороидальных сердечниках Amidon либо отечественных аналогах. На небольшой печатной плате размещены 4-пиновые контактные разъемы для подключения входа и выхода. Конструкция разработана для универсального использования в любых типах QRP.



ФНЧ трехконтурный универсальный

12. Ниже приведена таблица номиналов конденсаторов и намоточные данные, соответствующих требуемому диапазону фильтра. Ёмкости обозначены в пикофарадах (пФ), а для индуктивностей L1-L3 приведено количество витков для намотки на тороидальном сердечнике.

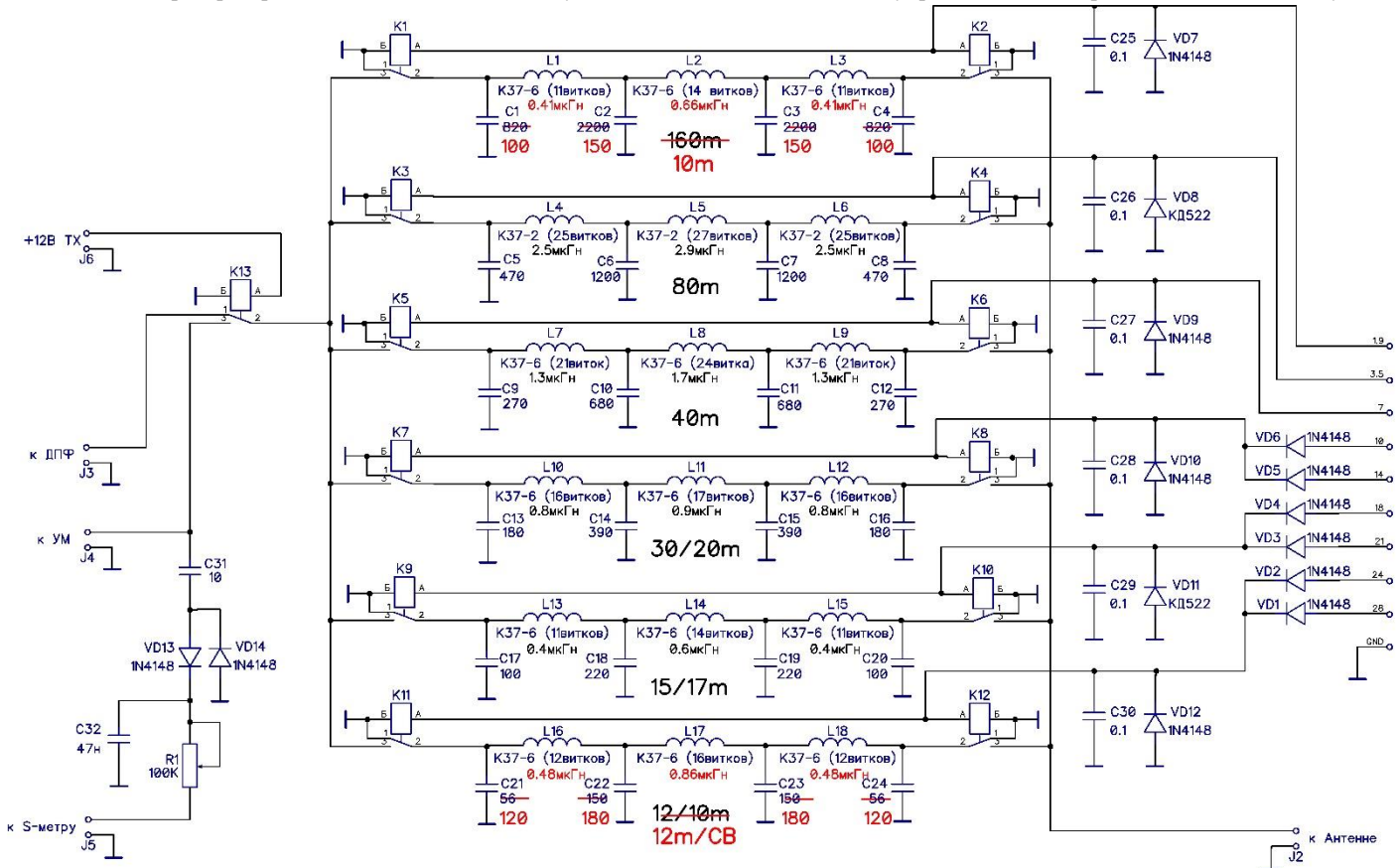
13. Намотка индуктивностей на тороидальных сердечниках несложная; прилагаемого провода достаточно для намотки всех трех дросселей, просто разделите его на три части. Помните, что каждый раз, когда провод обмотки проходит через центр сердечника, это считается как один виток. Вы должны стремиться занять около 90% сердечника (330-градусов). Оставляйте небольшое расстояние между концами обмотки, приблизительно 10% катушки (30-градусов) для предотвращения появления паразитной емкости между её концами. Маркируйте готовые дроссели, это очень поможет в дальнейшем! Обрежьте концы провода, зачистите эмаль и облудите их.

14. Если все собрано верно, то переводим трансивер в режим CW. На антенный выход добавляем нагрузку 50 Ом или настроенную антенну, и переходим в режим «передачи». Проверяем, что транзисторы «целы», не греются. Подключаем микрофон или телеграфный ключ ко входу. Контролируем параметры по имеющимся приборам измерения мощности. При необходимости корректируют дроссель L1 и емкость C8 для получения максимального выходного сигнала.

Диапазон	C1, C4	C2, C3	L1, L3	L2	Тип сердечника
160 м (1.9 МГц)	820 пФ	2200 пФ	30 витков (4.44 мкГн)	34 витка (5.61 мкГн)	K50-2 или T50-2
80 м (3.5 МГц)	470 пФ	1200 пФ	22 витка (2.42 мкГн)	25 витков (3.01 мкГн)	K50-2 или T50-2
60 м (5 МГц)	680 пФ	1200 пФ	21 виток (2.12 мкГн)	22 витка (2.30 мкГн)	K50-2 или T50-2
40 м (7 МГц)	270 пФ	680 пФ	19 витков (1.38 мкГн)	21 виток (1.70 мкГн)	K50-6 или T50-6
30 м (10 МГц)	270 пФ	560 пФ	17 витков (1.09 мкГн)	18 витков (1.26 мкГн)	K50-6 или T50-6
20 м (14 МГц)	180 пФ	390 пФ	14 витков (0.77 мкГн)	15 витков (0.90 мкГн)	K50-6 или T50-6
17 м (18 МГц)	100 пФ	270 пФ	12 витков (0.55 мкГн)	13 витков (0.67 мкГн)	K50-6 или T50-6
15 м (21 МГц)	82 пФ	220 пФ	11 витков (0.44 мкГн)	12 витков (0.56 мкГн)	K50-6 или T50-6
12 м (24 МГц)	100 пФ	220 пФ	11 витков (0.44 мкГн)	12 витков (0.52 мкГн)	K50-6 или T50-6
10 м (28 МГц)	56 пФ	150 пФ	9 витков (0.30 мкГн)	10 витков (0.38 мкГн)	K50-6 или T50-6
6 м (50 МГц)	22 пФ	82 пФ	7 витков (0.17 мкГн)	8 витков (0.27 мкГн)	K50-6 или T50-6

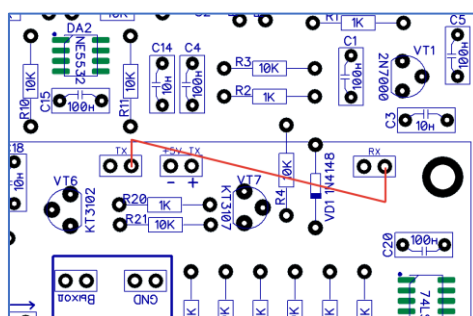
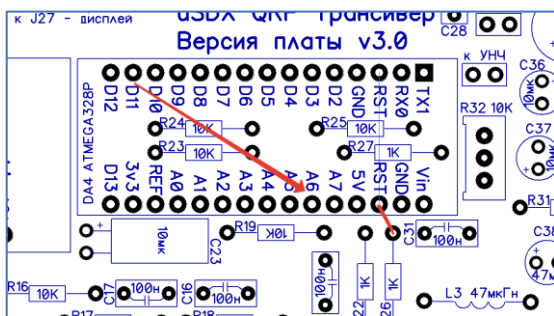
Доработка трансивера до всеволновой версии

- Доработка до всеволновой версии заключается в установке платы ФНЧ фильтров на 8 диапазонов с релейным управлением с помощью дешифратора на микросхеме 74LS145 и транзисторах BD140. Соответственно, после окончания сборки базовой части трансивера переходим к монтажу дешифратора: устанавливаем R22, R26, R27 (1 КОм), микросхему 74LS145, резисторы R28-R30, R34-R36, транзисторы BD140, а также разъемы PBS-2: «RX», «+5VTX», «к S метру», «к ФНЧ», и разъем без обозначения, рядом с разъемом «вход» платы ФНЧ-1. Фильтры с применением трех звеньев хорошо зарекомендовали себя в популярных трансиверах, как аналоговых, так и SDR. За счет своей универсальности этот блок может использоваться в любой конструкции. Фильтры собраны на универсальной плате ФНЧ-Дружба-3М. Отличие заключается в используемых сердечниках К37 и толщине провода. На плате применяются шесть трехзвенных фильтров нижних частот, коммутация звеньев фильтра при переходе с одного диапазона на другой производится реле типа РЭС-49 (РЭК-23) с рабочим напряжением 5В. На плате ФНЧ установлен подстроечный резистор R1 для регулировки уровня выходного сигнала.
- В виду того, что в трансивере uSDX отсутствует диапазон 160 метров (1.9 МГц), то на плате ФНЧ этот диапазон заменен на 28 МГц (10 метров), а диапазон 24 МГц выделен в отдельный фильтр для работы на 24-27МГц. **Плата ФНЧ универсальная и содержит шелкографию для сборки фильтров на все диапазоны, поэтому при монтаже платы ФНЧ ориентируемся на схему, где указаны номиналы намотки и индуктивность, которая составлена специально для uSDX трансивера.** Монтаж фильтров нижних частот выполняется на односторонней печатной плате 90х62 мм. В связи с появлением на отечественном рынке высокодобротных колец из карбонильного железа различных типоразмеров, была оптимизирована комплектация набора. Для изготовления звеньев ФНЧ применяются тороидаильные сердечники К37-2 и К37-6, которые являются полными аналогами импортных сердечников фирмы Amidon T37-2/T37-6. Проверка работоспособности платы осуществляется методом подачи управляющего напряжения на соответствующие



входы для переключения диапазонов и реле RX/TX. При наличии генератора качающейся частоты или анализатора можно проверить и настроить АЧХ фильтров. Собранные ФНЧ, согласно представленных на схеме данных по индуктивности в настройке не нуждаются. Тем не менее для более точной настройки фильтров применяется методика сжимания или разжимания витков сначала центрального кольца, а затем колец по краям фильтра. Это позволяет добиться первоклассных показателей параметров АЧХ каждого из фильтров.

- После выпуска плат в производство было принято решение об изменении управляющих выводов в работе многодиапазонной платы ФНЧ. По этой причине требуется выполнить несколько дополнительных соединений навесным монтажом (см. иллюстрации ниже):
 - На печатной плате с обратной стороны соединить вывод Arduino D11 с выводом A6
 - На печатной плате с обратной стороны соединить вывод Arduino A7 с выводом RST
 - На печатной плате с обратной стороны или на плате ФНЧ соединить выводы разъемов «TX» и «RX»



приборам измерения мощности на всех диапазонах. При необходимости корректируют дроссель L1 и емкость C8 для получения максимального выходного сигнала.

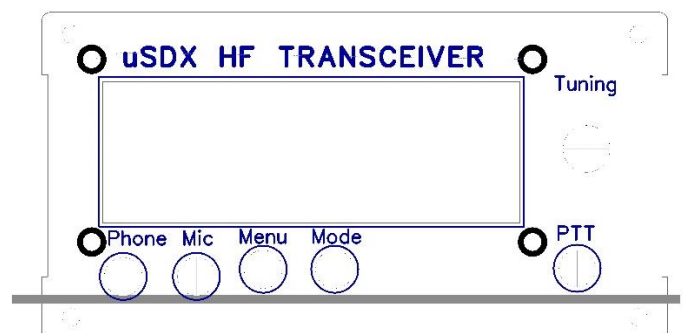
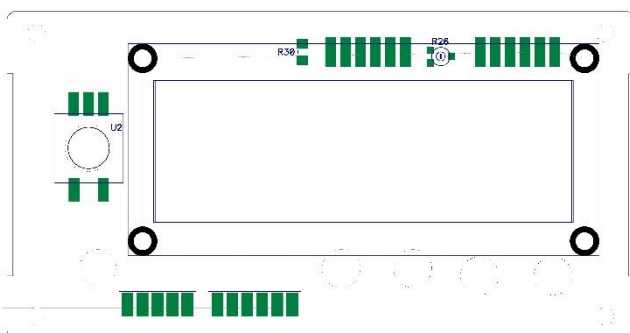
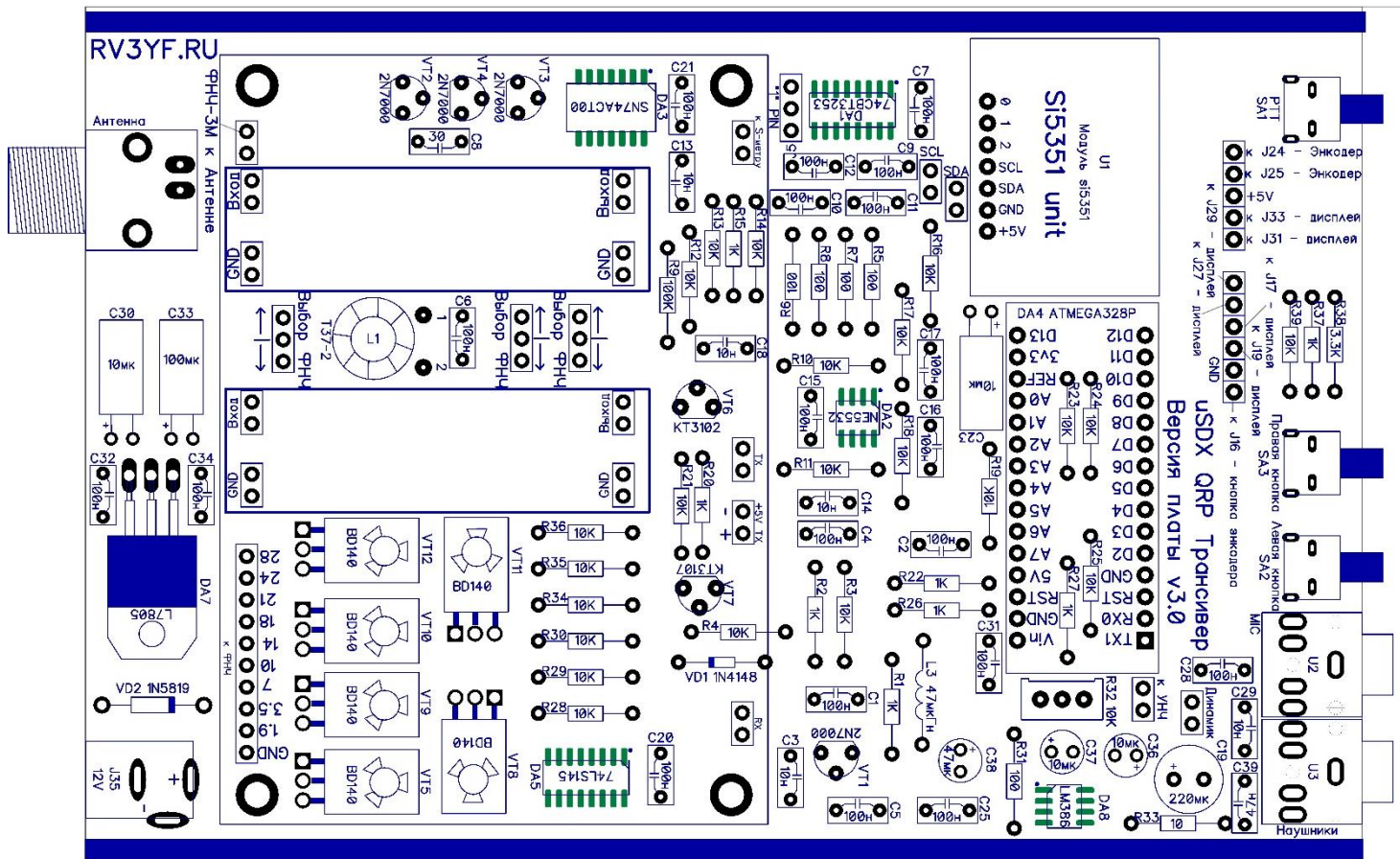
- Если все собрано верно, то переводим трансивер в режим CW. На антенный выход добавляем нагрузку 50 Ом или настроенную антенну, и переходим в режим «передачи». Проверяем, что транзисторы «целы», не греются. Подключаем микрофон или телеграфный ключ ко входу. Контролируем параметры по имеющимся

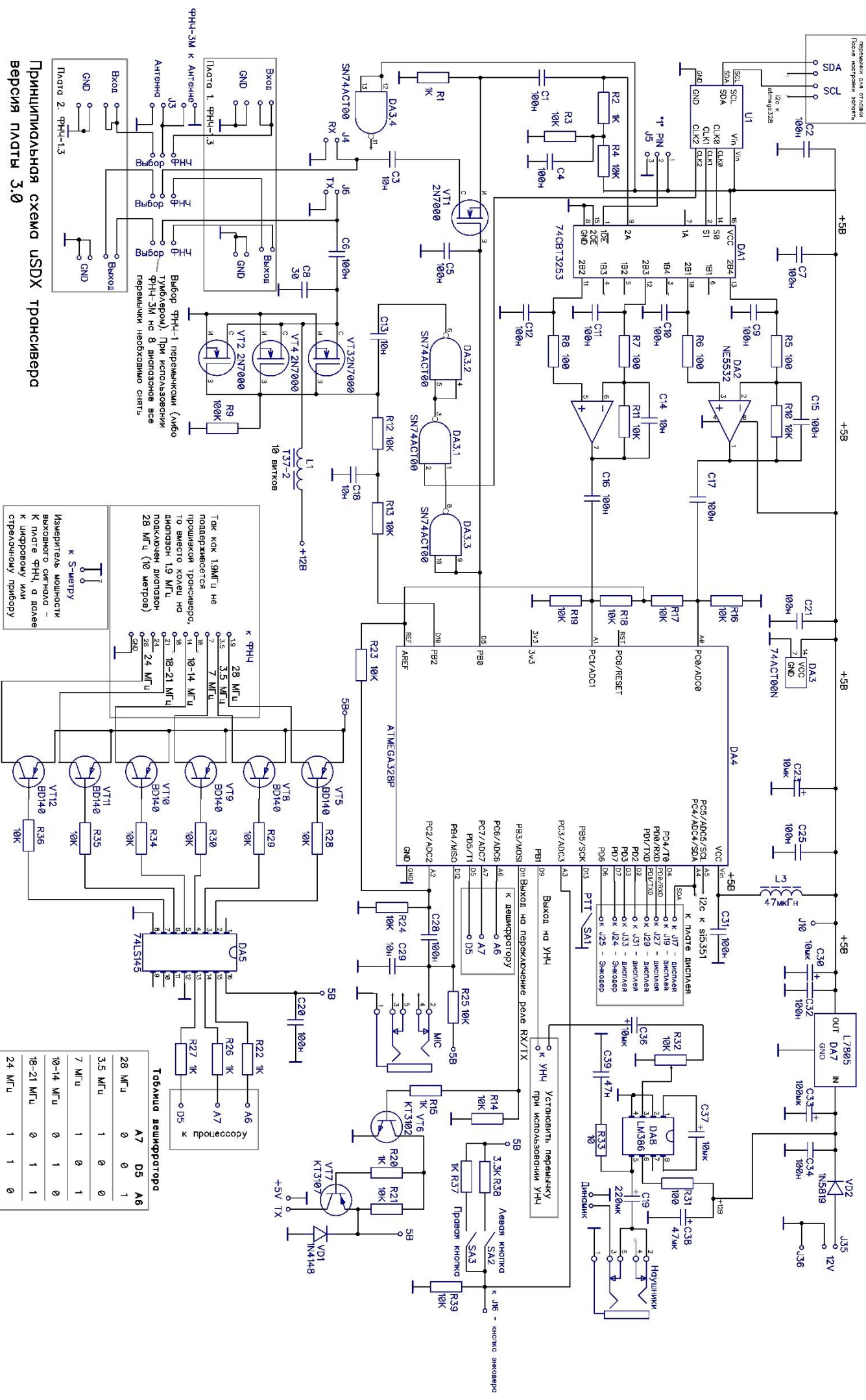
Завершение монтажа

- На следующем этапе трансивер собирают в корпус, и ее раз проверяют все параметры. При необходимости «перепрограммировать» Arduino под собственные задачи рекомендуется удалять Arduino из разъема, и «прошивать отдельно», т.к. через USB кабель поступает питание платы, и она незамедлительно после перепрошивки начинает работать. По этой причине возможен выход из строя микросхем, а также непосредственно USB порта компьютера. На этом сборка трансивера завершена.
- Трансивер – экспериментальный, поэтому ожидать от него «Вау-Вау эффекта» не нужно, но конструкция очень интересная по сегодняшний день. Ниже привожу информацию, которая получена самостоятельно, а также от других радиолюбителей. Эта информация может быть полезна при сборке или эксплуатации трансивера:
 - После монтажа всех компонентов базовой версии рекомендуется смыть остатки флюса и канифоли. Внимательно проверить плату на предмет «соплей» из припоя.
 - При правильном монтаже плата запускается сразу. Ток потребления базовой платы без ФНЧ около 50-60мА. Если ток значительно больше, немедленно отключить питание и проверить монтаж еще раз.
 - Также замечено, что при уровне громкости более 13 при сильных сигнала приема микросхема может отключаться. Генерация отключается. Трансивер нужно перезагрузить, уменьшить громкость. Как выход из сложившейся ситуации рекомендуется использовать дополнительный УНЧ, например на микросхеме LM386 или TDA2003. При уровне громкости 10 с микросхемы в динамиках будет очень громко, и процессор работает стабильно.
 - Что касается микрофонного входа – ситуация, обратная УНЧ. Процессор «защищается» от слишком громкого сигнала, а также не передает ничего в эфир, если говорить слишком тихо или далеко от микрофона. Эта задача решается добавлением микрофонного усилителя (можно использовать любой из простейших на транзисторах). Данные проблемы не считаются недоработками, и оставлены в авторском варианте.

При возникновении вопросов, обращайтесь ко мне по электронной почте sales@rv3yf.ru или телеграм группу, где есть отдельная ветка, посвящённая сборке uSDX. Трансивер «свежий», поэтому многие вопросы, полагаю, будут возникать. Будем решать, дорабатывать вместе.

Олег, UB9WLQ





Принципиальная схема USDX трансивера
версия платы 3.0