

# Всеволновый uSDX трансивер

Автор Guido PE1NNZ

uSDX - это простой и экспериментальный (управляемый классом E) приемопередатчик SSB и CW SDR. Его можно использовать в режиме QRP SSB или (в сочетании с ПК) использовать для цифровых режимов, таких как FT8, JS8, FT4. Он может быть настроен в диапазонах 80 м-10 м в режимах LSB/USB (верхней и нижней боковой полосой) с полосой пропускания 2400 Гц. Трансивер имеет выход PEP SSB мощностью до 5 Вт и оснащен программным обеспечением full Break-In VOX для быстрого переключения RX / TX в голосовых и цифровых операциях.

Каскад передачи SSB реализован полностью цифровым и программным способом: в основе ATMEGA328P лежит дискретизация входного аудио и восстановление SSB-сигнала путем управления фазой PLL SI5351 (посредством крошечных изменений частоты более 800 Кбит / с I2C) и управления мощностью PA (через ШИМ на схеме формирования ключа). Таким образом, может быть реализован SSB-сигнал с высокой энергоэффективностью класса E; конструкция с ШИМ-управлением класса E делает SSB-трансивер простым, крошечным, прохладным, энергоэффективным и недорогим (т.е. нет необходимости в неэффективном по мощности и сложном линейном усилителе с громоздким теплоотводом, как это часто наблюдается в SSB-трансиверах).

Для приемника большинство деталей реализованы цифровым способом (программное обеспечение): ATMEGA328P реализует схему сдвига фазы на 90 градусов, схему фильтра (CW / SSB) и схему аудиоусилителя (теперь усилитель класса D). Это значительно упростило схему uSDX, и у нее есть ряд преимуществ и особенностей (по сравнению с аналоговым подходом): больше нет необходимости в процедуре выравнивания ввода-вывода из-за очень точного 90-градусного фазовращателя Гильберта; и теперь есть регулируемые фильтры IF DSP для CW и SSB; и есть АРУ, и есть функция формирования сигнала DSP с шумоподавлением, и есть три независимых встроенных аттенюатора в аналоговом интерфейсе, которые помогают использовать весь динамический диапазон. Динамик подключается напрямую и приводится в действие ATMEGA. Цифровой смеситель с узкой полосой нижних частот (2 кГц), резким снижением частоты (-45 дБ / декада) в сочетании с передискретизацией и децимирующим АЦП обеспечивают коэффициент усиления при обработке, динамический диапазон и подавление соседних станций, достаточный для обработки слабых и сильных сигналов (например, конкурсы или прослушивание на расстоянии 40 м рядом в полосе вещания).

Этот эксперимент создан для того, чтобы опробовать, чего можно достичь с минимальными аппаратными средствами при одновременном переходе от сложности к программному обеспечению; здесь применяемый подход заключается в упрощении дизайна, где это возможно, при сохранении разумной производительности. В результате получается дешевый, простой в сборке, универсальный приемопередатчик QRP SSB, который на самом деле вполне подходит для создания QSO (даже в условиях соревнований), однако из-за экспериментального характера некоторые детали все еще находятся в стадии разработки и, следовательно, ограничены. Не стесняйтесь попробовать это или поэкспериментировать с этим эскизом, дайте мне знать ваши мысли или внесите свой вклад здесь: <https://github.com/threeme3/usdx>

73, Гвидо [pe1nnz@amsat.org](mailto:pe1nnz@amsat.org) (перевод Yandex translate)

**Вероятно, это самый экономичный и простой в сборке автономный SDR / SSB приемопередатчик, который вы можете найти.**

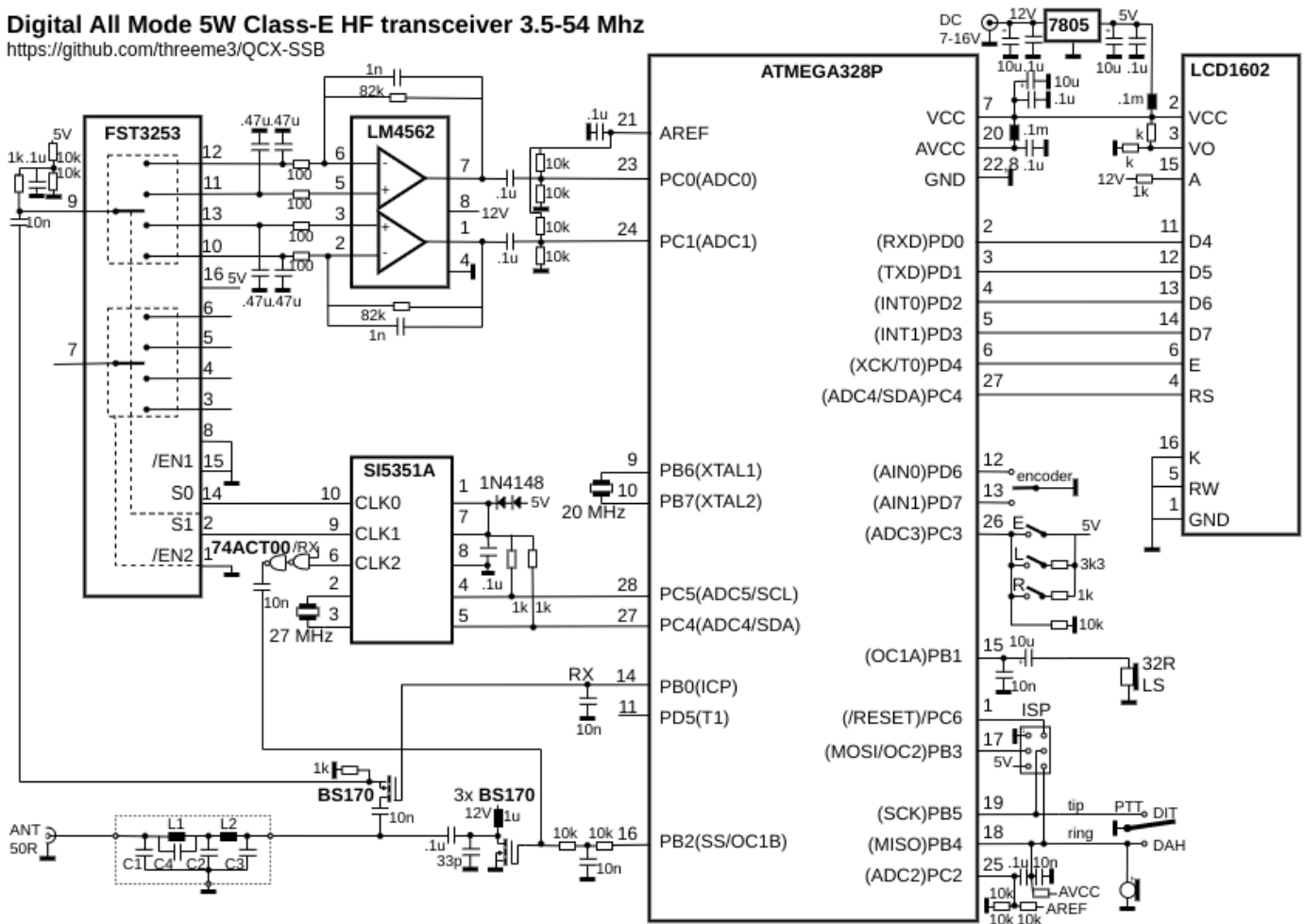
**Очень упрощенная схема и универсальна в использовании.**

## Список функций:

- Простой, веселый и универсальный КВ-трансивер QRP SSB со встроенными функциями DSP и SDR;
- Степень передачи SSB с приводом от EER класса E
- Мощность PEP SSB примерно 5 Вт от источника питания 13,8 В
- Поддержка всех режимов: фильтры USB, LSB, CW, AM, FM
- DSP: 4000, 2500, 1700, 500, 200, 100, 50 Полоса пропускания в Гц
- Функции DSP: Автоматическая регулировка усиления (AGC), шумоподавление (NR), голосовое управление Xmit (VOX), усилители RX и аттенюатор (ATT), TX noise gate, TX drive control, регулятор громкости, dBm / S-метр.
- SSB противоположный боковой диапазон /подавление несущей при передаче: лучше, чем -45dBc, IMD3 (двухтональный) -33dBc, прием: лучше, чем -50dBc
- Многополосная поддержка, непрерывно настраиваемая в диапазонах 160м-10м
- Прошивка с открытым исходным кодом, созданная с помощью Arduino IDE; позволяет экспериментировать, можно добавлять новые функции, делиться вкладами через Github, сложность программного обеспечения: 2000 строк кода
- Программный ВОКС, который может использоваться для быстрого полного включения (QSK и полу-QSK операции) или для помощи в переключении RX / TX для работы в цифровых режимах (не требуется интерфейс CAT или PTT), внешний выход PTT / управление PA с задержкой TX
- Простая аппаратная конструкция всего с 4 микросхемами, микроконтроллером и несколькими транзисторами / пассивами

### Digital All Mode 5W Class-E HF transceiver 3.5-54 Mhz

<https://github.com/threeme3/QCX-SSB>



- Легкая и недорогая конструкция приемопередатчика: благодаря каскаду EER-передатчика класса E он отличается высокой энергоэффективностью (не требуются громоздкие радиаторы) и имеет простую конструкцию (не требуется сложный сбалансированный линейный усилитель мощности).
- Полностью цифровой и основанный на программном обеспечении каскад передачи SSB: отсчитывает микрофонный вход и восстанавливает SSB-сигнал, управляя фазой ФАПЧ SI5351 (посредством крошечных изменений частоты более 800 Кбит/с I2C) и амплитудой PA (через ШИМ схемы формирования ключа PA).
- Полностью цифровой и основанный на программном обеспечении SDR-приемник-каскады (опционально): отсчитывает входной / Q (комплексный) сигнал с цифрового микшера детектора квадратурной выборки и выполняет математический сдвиг фазы на 90 градусов в программном обеспечении (преобразование Гильберта) и отменяет одну боковую полосу, добавляя их
- Три независимых переключаемых аналоговых аттенюатора фронтального приемника (0 дБ, -13 дБ, -20 дБ, -33 дБ, -53 дБ, -60 дБ, -73 дБ)
- Минимальный уровень шума приемника MDS: -135 дБм при 28 МГц (при 200 Гц BW)
- Селективность на переднем конце приемника: резкое отклонение - 45 дБ/декада +/-2 кГц от настроенной частоты
- Блокирующий динамический диапазон: смещение 20 кГц 123 дБ, смещение 2 кГц 78 дБ
- Декодер CW, прямой/ямбический ключ A/B
- VFO A/B + RIT и Split и соответствующее переключение полосового фильтра реле через I2C
- Поддержка CAT (подмножество TS480), возможность потоковой передачи аудио, клавиш, отображения текста через CAT
- Дополнительный KCV / измерение мощности и КПД PA / контроль перегрузки
- Индикатор напряжения батареи

Меню	Функция	Кнопка
1.1 Громкость (volume)	Уровень звука (0..16) и выключение / включение питания (поворот налево)	Кнопка энкодера + поворот влево или право
1.2 Режимы (Mode)	Модуляция (LSB, USB, CW, AM, FM)	Правая кнопка
1.3 Фильтр (Filter BW)	Управление полосой фильтра (полный, 300..3000, 300..2400, 300..1800, 500, 200, 100, 50 Герц). Это полоса также актуальна на передачу	Двойное нажатие на правую кнопку
1.4 Диапазон (Band)	Диапазон - переключение на заранее определенные частоты CW/FT8 (80,60,40,30,20,17,15,12,10,6m)	<b>Двойное нажатие на кнопку энкодера</b>
1.5 Tuning Rate (Шаг перестройки)	Шаг перестройки: 10МГц, 1МГц, 0.5МГц, 100кГц, 10кГц, 1кГц, 0.5кГц, 100Герц, 10Герц, 1 Герц	Короткое или долгое нажатие кнопки энкодера
1.6 VFO Mode (Режим работы ГПД)	Переключает режимы работы ГПД, сплит RX/TX, а также A, B, Split	Двойное долгое нажатие на правую кнопку
1.7 Расстройка (RIT)	RX in transit (ON, OFF). Включение, выключение.	Долгое нажатие на правую кнопку
1.8 АРУ (AGC)	Автоматическая регулировка громкости ВКЛ/ВЫКЛ (ON, OFF)	Через меню
1.9 NR	Уровень шумоподавления (0-8), пропускание нагрузки и плавность	Через меню
1.10 АТТ	Аналоговый аттенюатор (0, -13, -20, -33, -40, -53, -60, -73 дБ)	Через меню
1.11 АТТ2	Цифровой аттенюатор в СИС-каскаде (0-16) с шагом 6 дБ	Через меню
1.12 S-meter	Тип S-метра (ВЫКЛ., dBm, S, S-бар)	Через меню
2.1 CW Decoder	Включить/отключить декодер CW (ВКЛ., ВЫКЛ.)	Через меню
2.2 CW Tone	Телеграфный фильтр + боковой тон (600, 700 Герц)	Через меню
2.4 Semi QSK	На TX отключает звук RX на CW знаки и пробелы в словах	Через меню
2.5 Keyer speed (скорость ключа)	Скорость CW Keyer в Paris-WPM (1..35)	Через меню
2.6 Keyer mode	Тип ключа (ямб-А, -В, прямой)	Через меню
2.7 Keyer swap	для замены ключа DIN, ДАН входов (ВКЛ., ВЫКЛ.)	Через меню
2.8 Practice	Отключение режима передачи TX для практических целей (ВКЛ., ВЫКЛ.)	Через меню

Меню	Функция	Кнопка
3.1 VOX	Xmit с голосовым управлением (ВКЛ., ВЫКЛ.)	Через меню
3.2 Noise Gate	Пороговое значение звука для SSB TX и VOX (0-255)	Через меню
3.3 TX Drive	Коэффициент усиления звука при передаче (0-8) с шагом 6 дБ, 8=постоянная амплитуда для SSB	Через меню
3.4 TX Delay	Задержка TX, позволяющая полностью включить реле PA перед TX (0-255 мс)	Через меню
3.5 MOX	Монитор на Xmit (звук отключен во время передачи)	Через меню
4.1 CQ Interval	Время простоя в секундах до выдачи нового сообщения CQ (0-60)	Через меню
4.2 CQ Message	Текст сообщения CQ, нажатие левой кнопки в меню начнет отправку	Левая кнопка
8.1 PA Bias min	Уровень ШИМ с амплитудой PA (0-255) для представления 0% радиочастотного выхода	Через меню
8.2 PA Bias max	Уровень ШИМ с амплитудой PA (0-255) для представления 100% радиочастотного выхода	Через меню
8.3 Ref freq	Фактическая частота кристалла si5351, используемая для калибровки частоты	Через меню
8.4 IQ Phase	Смещение фазы RX I/Q в градусах (0..180 градусов)	Через меню
10.1 Backlight	Подсветка дисплея (ВКЛ., ВЫКЛ.)	Через меню
power-up	Сброс к заводским настройкам	Очень долгое нажатие на кнопку энкодера
Главное управление	Частота настройки (20 кГц..99 МГц)	Перестройка энкодером влево/вправо
Главное управление	Быстрое меню	Левая кнопка + влево/вправо энкодером
Главное управление	Вход в меню	Левая кнопка
RIT	Возврат из расстройки	Правая кнопка
menu	Возврат из меню	Правая кнопка

## Инструкция по эксплуатации

Настройку можно выполнить, повернув поворотный энкодер. Размер его шага может быть уменьшен или увеличен коротким или длительным нажатием. Смена полосы может быть произведена двойным нажатием. Режим работы изменяется коротким нажатием на правую кнопку; двойное нажатие на правую кнопку сужает полосу пропускания фильтра приемника, полоса пропускания сбрасывается при каждом изменении режима. Громкость изменяется поворотом поворотного энкодера при нажатии.

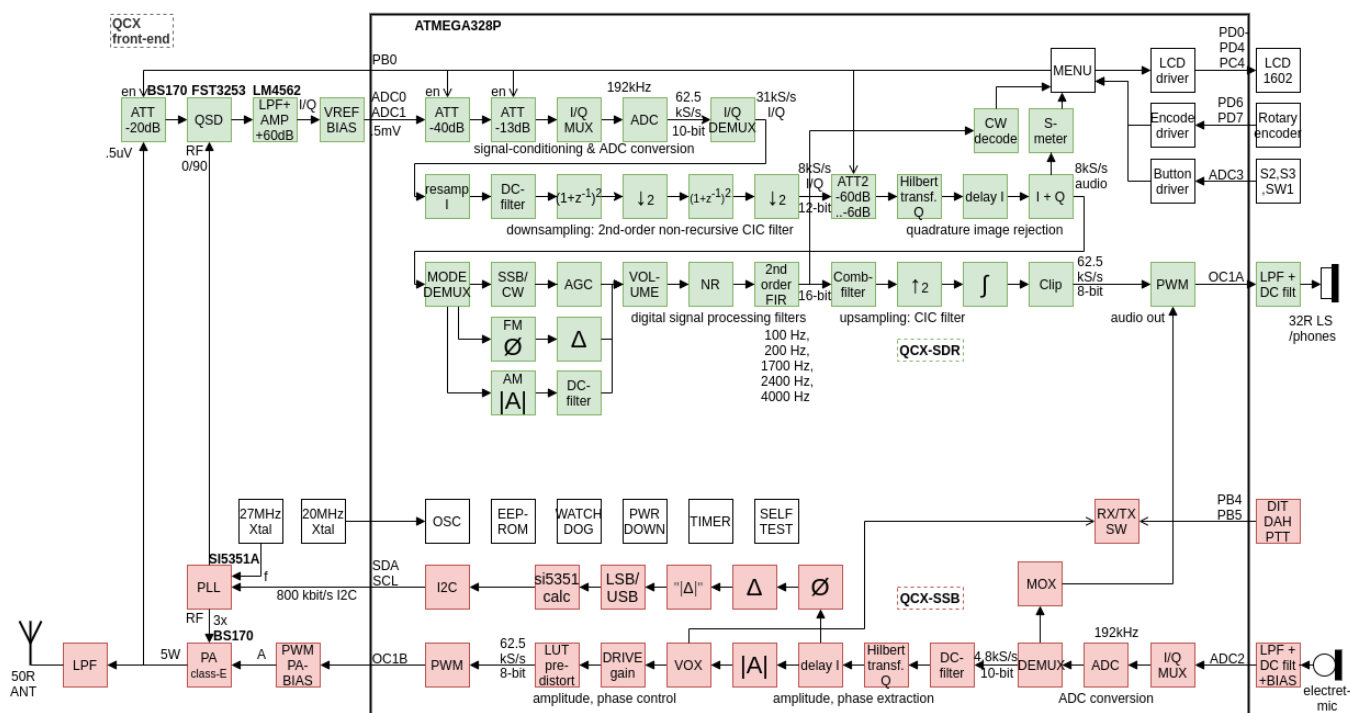
Доступно меню, доступ к которому можно получить коротким нажатием левой кнопки мыши. С помощью энкодера можно перемещаться по этому меню. Когда вы хотите изменить параметр меню, нажатие левой кнопки позволяет вам изменить параметр с помощью энкодера. С помощью правой кнопки можно выйти из меню в любое время. Быстрый доступ к меню и параметру может быть достигнут нажатием левой кнопки при повороте энкодера, как только вы поднимете левую кнопку, вы можете немедленно изменить параметр, повернув энкодер.

Для приема по умолчанию включен AGC (APU). Это увеличивает громкость при наличии слабых сигналов и уменьшает при сильных сигналах. Это хорошо для сигналов SSB, но может раздражать при работе CW. APU можно отключить в меню, это делает приемник менее шумным, но требует большего ручного изменения громкости. Чтобы еще больше снизить уровень шума, в меню с параметром NR можно включить функцию шумоподавления. Чтобы оптимально использовать доступный динамический диапазон, вы можете ослабить входящий сигнал, включив внешний аттенюатор с параметром "ATT". Особенно на частотах 3,5-7 МГц уровни атмосферного шума намного выше, поэтому вы можете увеличить производительность приемника, добавив ослабление (например, 13 дБ), чтобы уровень шума все еще был слышен. Чтобы откалибровать частоту приемопередатчика, вы можете настроиться на калиброванный источник сигнала (например, WWV на частоте 10 МГц) и обнулить сигнал, изменив параметр "Ref freq"; в качестве альтернативы вы можете измерить частоту XTal с помощью счетчика и установить параметр. Выбранный S-метр (dBm, S, S-bar) можно выбрать с помощью параметра S-meter. При выборе S-бара отображается индикатор уровня сигнала, где каждый тик представляет S-точку (6 дБ).

Для голосового управления SSB подключите микрофон к гнезду paddle, нажатие PTT или встроенной "клавиши" переведет передатчик в режим передачи. С помощью параметра "TX Drive" можно установить глубину modulation или PA drive, по умолчанию она установлена на 4. Увеличение дает немного больше перфорации (сжатие для SSB). Установка его в значение 8 в SSB означает, что модуляция SSB передается с постоянной амплитудой (возможно, уменьшая RFI, но за счет качества звука). Чтобы контролировать свою собственную модуляцию, вы можете временно увеличить параметр MOX. Установка пункта меню "VOX" в положение ON переводит приемопередатчик в режим Voice-On-Xmit (в режиме TX при обнаружении звука), чувствительность VOX можно настроить в меню с помощью параметра "Порог вокса". Параметры PA Bias min и max устанавливают рабочий диапазон сигнала огибающей PWM, диапазон 0-255 - это полный диапазон, который подходит, если вы используете схему формирования ключа для управления огибающей, но когда вы непосредственно смещаете МОП-транзисторы PA (примечание 3) с помощью сигнала PWM, вы указываете оптимальный рабочий диапазон от чуть выше порогового уровня MOSFET до максимальной пиковой мощности, которую вы хотели бы использовать (0-180 - хорошие значения для моего uSDX).

Для работы с FT8 (и любым другим цифровым) выберите один из предварительно запрограммированных диапазонов FT8 двойным нажатием поворотного энкодера, подключите разъем для наушников к разъему для микрофона звуковой карты, разъем для динамика звуковой карты к разъему для микрофона и длительное нажатие правой кнопки для перехода в режим VOX. Уменьшите громкость до минимума и запустите свое любимое приложение FT8 (например, JTDX). Чувствительность вокса можно установить в параметре "Порог вокса".

При запуске приемопередатчик выполняет самопроверку (когда включена опция DIAG). Это проверка напряжения питания и смещения, связи I2C и алгоритмической производительности. В случае отклонений дисплей сообщит об ошибке во время запуска. Он также определяет возможности приемопередатчика в зависимости от сделанных модификаций.



Для приема SSB используется цифровой каскад фазирования SDR; это означает, что квадратурный детектор Tayloe Sampling выдает отдельные выходы I и Q, которые непосредственно подаются на входы АЦП ATMEGA328P для обработки сигнала. ATMEGA328P (over-) производит выборку входного сигнала АЦП с частотой дискретизации 62 кГц, уменьшает эту частоту дискретизации с высокой частотой дискретизации до более низкой частоты дискретизации, выполняет сдвиг фазы с помощью преобразования Гильберта, суммируя результат для получения подавления боковой полосы; затем применяется фильтрация нижних частот, Функции АРУ и шумоподавления. Входы АЦП фильтруются по нижним частотам (-40 дБ / декада при срезе 1,5 кГц) для предотвращения сглаживания, а на вход подается аналоговое опорное напряжение 1,1 В для получения дополнительной чувствительности и динамического диапазона. Благодаря 10-разрядному АЦП и 4-кратной частоте дискретизации теоретический динамический диапазон 72 дБ может быть получен в полосе пропускания SSB 2,4 кГц. Переключение режимов LSB/USB осуществляется путем изменения сдвига фазы на 90 градусов в сигналах CLK0/CLK1 PLL SI5351. Для оптимального использования динамического диапазона доступны три встроенных аттенюатора; первый аттенюатор - это переключатель RX MOSFET Q5, отвечающий за ослабление на 20 дБ, второй аттенюатор - это диапазон АЦП (1,1 В или 5 В), выбранный логикой ATMEGA ADC analog reference (AREF) и отвечающий за ослабление на 13 дБ, третий аттенюатор представляет собой выдвигной аналоговый вход на ATMEGA с порт GPIO, отвечающий за ослабление на 53 дБ. Объединение трех аттенюаторов обеспечивает ступени ослабления 0 дБ, -13 дБ, -20 дБ, -33 дБ, -53 дБ, -60 дБ, -73 дБ.

Для передачи SSB uSDX использует выделенный вход АЦП в качестве аудиовхода. Электретный микрофон (с переключателем РТТ) объединен с входом Paddle jack, при этом точечный вход действует как РТТ, а ТИРЕ-вход - как аудиовход. Электретный микрофон подается на напряжение 5 В через резистор 10 Ком. Блокирующий конденсатор 10 НФ предотвращает утечку

радиосигнала в цепь. Аудио подается на вход ADC2 микропроцессора ATMEGA328P через развязывающий конденсатор 220 нФ. Вход ADC2 смещен на 0,55 В через сеть делителей 10К до аналогового опорного напряжения 1,1 В. При разрешении АЦП 10 бит это означает, что чувствительность микрофонного входа составляет около 1 мВ (1,1 В / 1024), что как раз достаточно для обработки неусиленной речи.

Прошивка uSDX загружается в ATMEGA328P и облегчает технологию генерации цифровых SSB полностью программным способом. Алгоритм DSP производит выборку аудиовхода ADC2 со скоростью 4х4800 сэмплов / с, выполняет преобразование Гильберта и определяет фазу и амплитуду комплексного сигнала; изменения фазы ограничены примечанием 2 и преобразуются либо в положительные (для USB), либо в отрицательные (для LSB) изменения фазы, которые в очередь преобразуются во временные изменения частоты, которые передаются 4800 раз в секунду по I2C со скоростью 800 Кбит/с к PLL SI5351. Это приводит к изменению фазы сигнала несущей SSB и обеспечивает SSB-сигнал с полосой пропускания 2400 Гц, в результате чего паразитные составляющие в противоположной боковой полосе ослабляются.

Амплитуда комплексного сигнала управляет напряжением питания РА и, следовательно, огибающей SSB-сигнала. Схема формирования ключа управляется ШИМ-сигналом 32 кГц, который может регулировать напряжение РА от 0 до примерно 12 В с шагом 256, обеспечивая динамический диапазон ( $\log_2(256) * 6 =$ ) 48 дБ в сигнале SSB. С31 удален, чтобы гарантировать, что Q6 работает как цифровой переключатель, это повышает эффективность, термостабильность, линейность, динамический диапазон и время отклика. Хотя информация об амплитуде не является обязательной для обеспечения разборчивости сигнала SSB, добавление информации об амплитуде улучшает качество. Комплексная амплитуда также используется в VOX-режиме для определения того, когда предполагается осуществлять переходы RX и TX. Вместо использования схемы формирования ключа для управления envelope можно напрямую смещать МОП-транзисторы РА с помощью (отфильтрованного) сигнала PWM. Преимущество этого заключается в меньших потерях и упрощении за счет линейности, что приводит к большему сжатию сигнала SSB (что на самом деле хорошо).

Производительность IMD напрямую зависит от качества системы: линейности (точности) амплитудной и фазовой характеристики и точности (динамического диапазона) этих величин. Особенно важна разрядность DSP, точность, используемая в алгоритмах DSP, ШИМ и схема формирования ключа, которая обеспечивает РА и фазовый отклик РА. Уменьшение (или удаление) С32 улучшает характеристики IMD, но за счет увеличения продуктов PWM вокруг несущей.



## Результаты

Вот пример того, как я звоню в CQ на 40m с моим uSDX на 5 Вт и получаю ответ от Hack Green websdr примерно в 400 км отсюда, обратите внимание, что с тех пор качество звука еще больше улучшилось.

Несколько OM сообщили об успешных контактах QRP DX.

Измерения: Были проведены следующие измерения производительности: модифицированный RTL-SDR, Spektrum-SVmod-v0.19, USB-аудиоустройство Sweex 5.0 и Audacity player. Следует признать, что эта измерительная установка имеет свои собственные ограничения, следовательно, динамический диапазон измерений несколько ограничен RTL-SDR, поскольку это устройство легко перегружается. Измерения проводились со следующими настройками: USB-модуляция, без предварительного искажения, двухтональный вход 1000 Гц / 1200 Гц, где уровень звука устанавливается непосредственно перед точкой, где начинается сжатие. Результаты:

Продукты интермодуляционных искажений (двухтональные; SSB с изменяющейся огибающей) IMD3, IMD5, IMD7: соответственно -33dBc; -36dBc; -39dBc

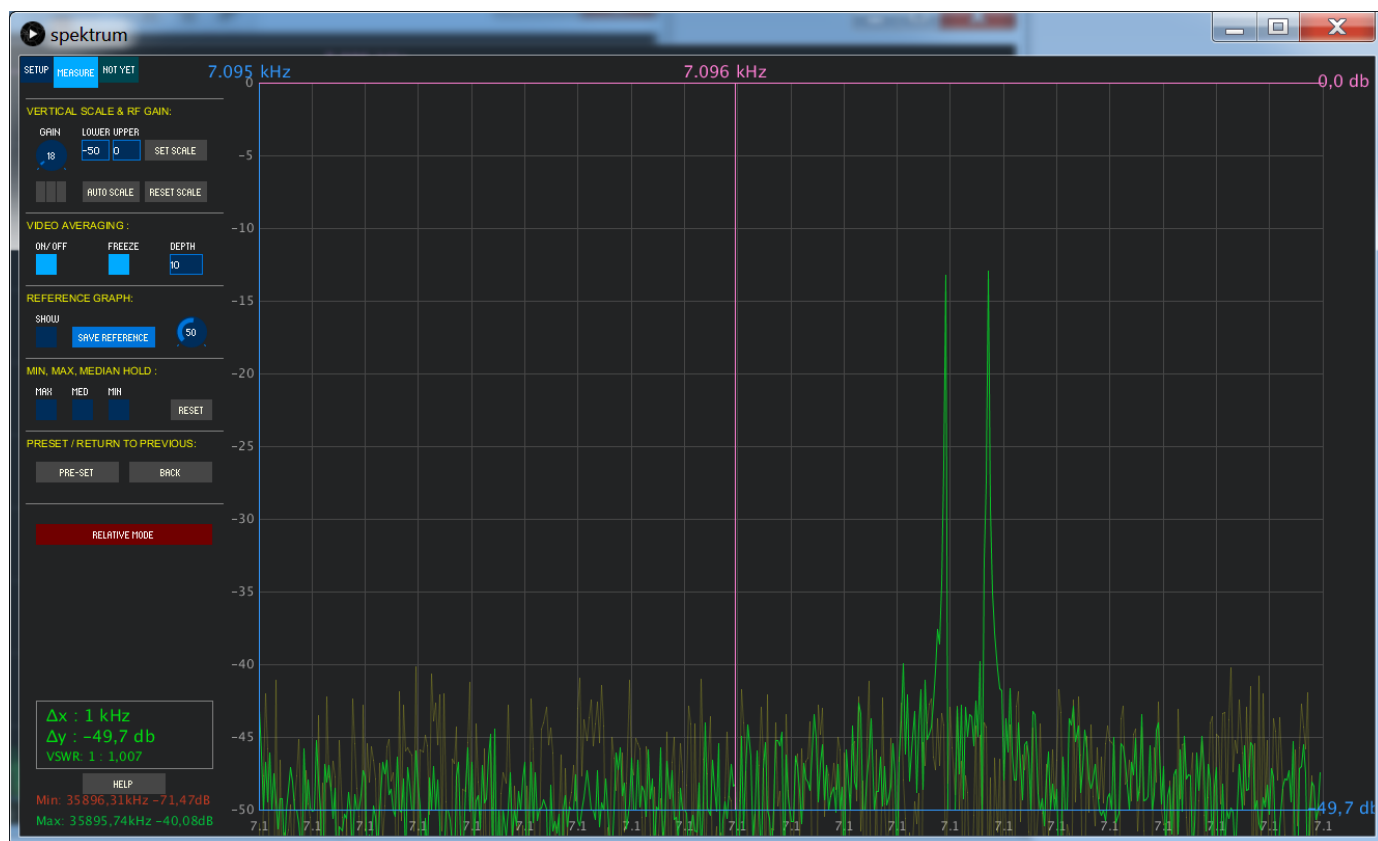
Продукты интермодуляционных искажений (двухтональные; SSB с постоянной огибающей) IMD3, IMD5, IMD7: соответственно -16dBc; -16dBc; -19dBc

Отклонение противоположной боковой полосы (двухтональное): лучше, чем -45dBc

Отклонение несущей (двухтональный сигнал): лучше, чем -45dBc

Широкополосный паразитный (двухтональный): лучше, чем -45dBc

Полоса пропускания 3 дБ (развертка): 0..2400 Гц



## Комментарии

Варианты загрузки встроенного ПО:

Инструмент AVRdude или интерфейс командной строки avrdude (avrdude -c avrisp -b 19200 -P /dev/ttyACM0 (или: /dev/ttyUSB0) -p m328p -e -U efuse:w:0xFD:m -U hfuse:w:0xD6:m -U lfuse:w:0xFF:m -U flash:w:R1.0x.hex) может использоваться для загрузки прошивки через разъем ISP на uSDX. Следуйте инструкциям Arduino as ISP, если у вас есть доступная плата Arduino UNO (совет: используйте макетные кабели для подключения Arduino к перемычке uSDX ISP); или инструкциям USBasp, если у вас есть программатор USBasp, в качестве альтернативы используйте USPasp ExtremeBurner; но многие другие программисты ISP могут быть использованы аналогичным образом, такие как USBtiny или AVRisp mkII. Во время подключения к интернету микрофон должен быть отключен, источник питания должен быть подключен; в инструменте не стирать, запрограммируйте EEPROM или установите настройки предохранителя (по умолчанию они в порядке: E = FD H = D6 L = FF).

В качестве альтернативы, если у вас есть чип ATMEGA328P с загрузчиком Arduino, вы можете поместить чип в плату Arduino UNO и загрузить напрямую (без использования кабеля ISP и uSDX), указав программатор arduino и скорость передачи данных 115200.

В качестве альтернативы, если у вас установлена среда Arduino 1.8.10 (или новее), вы можете загрузить эскиз uSDX непосредственно из среды Arduino (без использования AVRdude и файла прошивки); убедитесь, что "Инструменты > Плата > Arduino/Genuino Uno", "Инструменты > Порт > /dev/ ttyUSB0 или ttyACM0", а затем выбирается "Эскиз > Загрузить", в то время как чип ATMEGA328P помещается в гнездо Arduino UNO. Также возможно использовать метод Arduino как ISP: загрузите этот вариант ArduinoISP на плату Arduino и выберите "Инструменты > Программатор > Arduino как ISP" и "Эскиз > Загрузить с помощью программатора".

Занимаемую полосу пропускания SSB можно дополнительно уменьшить, ограничив максимальное изменение фазы (установите MAX\_DP равным половине единичного круга  $\pi/2$  (эквивалентно 180 градусам)). Аудиовход можно ослабить, увеличив параметр MIC\_ATTEN (6 дБ на шаг).

Альтернативно, МОП-транзисторы PA могут быть непосредственно смещены сигналом огибающей PWM, что в основном делает схему формирования ключа избыточной. Для этого Q6, Q4, R41, R42, C32, C31 могут быть полностью удалены, при этом подключаются С-Е колодки Q6, и где конденсатор 10nF вставляется на IC3A-pin3 и G Q1-3, и где резистор 10k помещается на G-D колодки из Q4, конденсатор 10nF между S-D площадками Q4, и где резистор 10k размещен между D из Q4 и G из Q1-3.

## Заключение

uSDX был первоначально анонсирован на форуме QRPLabs как модификация SSB для QCX: QCX - это комплект QRP Labs CW Xcvr, разработанный Хансом Саммерсом (G0UPL), первоначально созданный для YOTA summer camp 2017 RSGB, высокопроизводительный приемопередатчик постоянного тока с отклонением изображения.; по сути, это упрощенная реализация NorCal 2030 Дэна Тейлоу (N7VE), разработанного в 2004 году, в сочетании с фильтром Hi-Per-Mite Active Audio CW Дэвида Крипа (NMØS), фильтрами нижних частот из статей Ed (W3NQN) 1983 года, схемой формирования ключа Дональда Хаффа (W6JL)., архитектура MOSFET PA с коммутацией BS170, управляемая CMOS, используемая в проектах ATS Стивеном Вебером (KD1JV) (происходящая от революции Power MOSFET в середине 70-х), фильтрующая сеть класса E Ghetto, опубликованная Полом Харденом (NA5N) и микропроцессор Atmel ATMEGA328P., ЖК-дисплей Hitachi HD44780 и тактовый генератор Silicon Labs SI5351 (и с использованием сдвига фазы в часах SI5351).

Каскад передатчика и приемника uSDX, оба работающие на ATMEGA328P, включая его многополосный интерфейс и технологию прямого смещения PA / генерации огибающей; его концепция, схема, код разработаны Guido (PE1NNZ); программный каскад передачи SSB является производным от более ранних экспериментов с цифровым SSB технология генерации на Raspberry Pi. Многослойная печатная плата uSDX и конструкция LPF класса E - это работа Мануэля (DL2MAN). Большое спасибо всем вам, кто заинтересовался этим проектом и принял вызов и приложил усилия, чтобы опробовать и далее развивать uSDX; без ваших ценных отзывов и вклада проект не смог бы продолжать двигаться дальше, совершенствуясь и бросая вызов новым идеям!

**//Перевод осуществлен с помощью системы Yandex translate с корректировками .**