

Synthesizer on Mega 2560 + 3.2 TFT LCD + Si5351

V2.e

Предлагаемая конструкция синтезатора предназначена для КВ трансиверов и приёмников, (как для традиционных с ПЧ так и для ППП) и состоит из модуля Arduino Mega 2560, TFT дисплея 3.2 дюйма и микросхемы Si5351. В сервис меню можно выбрать как классический расклад выходной частоты синтезатора, т. е. на частотах до 12 МГц (на диапазонах 1,8 3,6 7,0 и 10 MHz) выходная частота синтезатора равна частоте на шкале плюс ПЧ, на частотах выше 12 МГц минус ПЧ, так и расклад для трансиверов с преобразованием вверх т.е. на всех диапазонах выходная частота синтезатора равна частоте на шкале плюс ПЧ.

К особенностям синтезатора можно отнести следующее:

- простота сборки благодаря применению готовых модулей, плату самого синтезатора не сложно изготовить в домашних условиях
- наличие 2-х независимых частот на выходе синтезатора – VFO (гетеродин), BFO_1 (опорный генератор)
- много кнопок для более удобного управления синтезатором, и гибкость их размещения благодаря тому, что все кнопки подключены к одной шине, а назначение кнопки определяется резистором, включённым последовательно с кнопкой.
- простота программирования (проще не придумаешь)
- возможность подключения до 5 трансвертеров на частоту (пока) до 4.294 ГГц
- гибкость настройки синтезатора под самые разные проекты, так в синтезаторе организовано до 16 каналов (диапазонов) каждый из которого может работать на любой частоте с любой модуляцией (USB/LSB/CW/*AM/*FM *опционально). При этом переключение полосовых фильтров не зависит от номера канала, а зависит от частоты на шкале, и может быть настроено в сервис меню. То есть можно легко настроить любые необходимые диапазоны.

Среди основных функций синтезатора можно выделить следующее:

- возможность калибровки S-метра (основная калибровка + отдельно для аттенюатора и УВЧ)
- запоминание значения частоты и режимов работы на всех диапазонах при отключении питания
- $\text{SHIFT} \pm 500\text{Гц}$ на приём и программируемый на передачу
- интеллектуальный валкодер, с возможностью тонкой настройки под разные энкодеры.
- VFO A/B
- CAT система
- KCB метр
- часы
- встроенный вольтметр

Назначение кнопок управления

BAND+ переключение диапазона вверх.

BAND- переключение диапазона вниз.

(при переходе на другой диапазон запоминается частота, с которой уходим и состояние режимов).

FAST ускорение интеллектуального шага перестройки в 10 раз

ATT включение/выключение аттенюатора.

PRE включение/выключение УВЧ.

(Во время передачи аттенюатор и УВЧ отключаются)

VFO A/B / A=B короткое нажатие - переключение VFO, длинное нажатие уравнивание частоты противоположного VFO с частотой текущего VFO.

SPLIT включение/выключение SPLIT, В режиме TX включается калибровка Shift на передачу, выставляется желаемое значение ручкой «Shift» и при повторном нажатии в режиме TX выбранное значение сохраняется в памяти.

XFC переключение VFO пока держим палец на кнопке

MODE режим работы по кругу LSB-USB-CW-*FM-*AM.

LOCK блокировка валкодера.

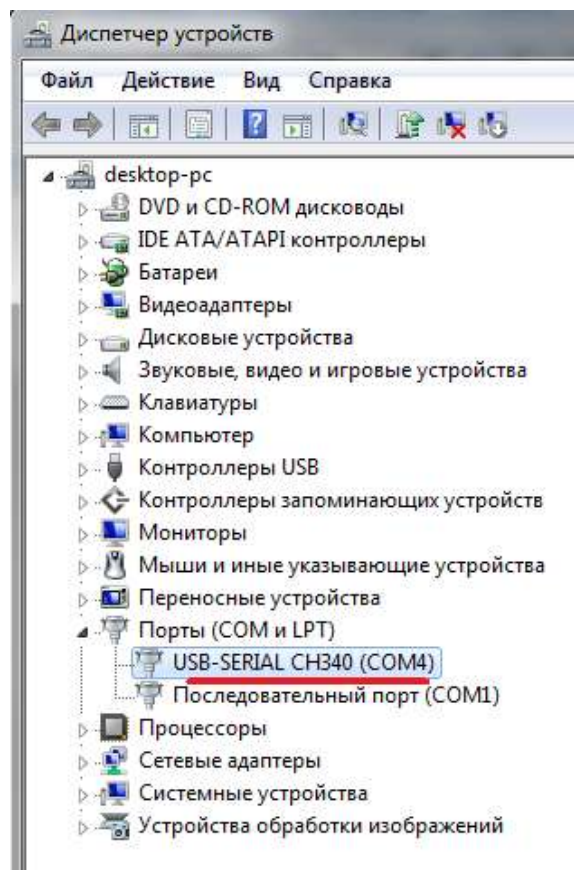
RIT включение/выключение расстройки (± 9.99 кГц при использовании валкодера или ± 500 Гц при использовании переменного резистора)

TRIGGER 1 - 6 данные кнопки предназначены для управления всевозможными функциями, такими как: VOX, Notch-filter, Tune, Compressor, etc на своё усмотрение. (т.е нажали кнопку **TRIGGER 1** появилось +5 В на выходе **TRIGGER 1**, нажали ещё раз +5 В пропало) Состояние триггеров не меняется при переходе на другой диапазон и не сохраняется при выключении питания. В случаи использования режимов FM и AM выход **TRIGGER5** используется для FM, и **TRIGGER6** используется для AM.

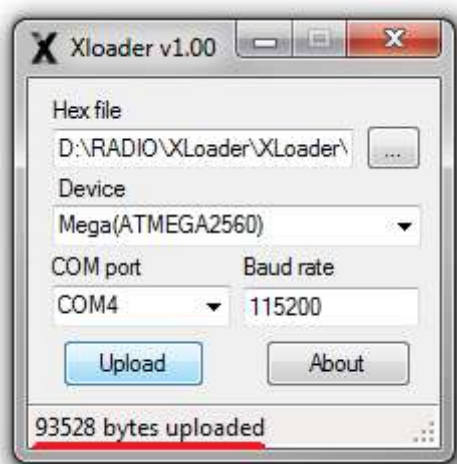
Программирование

Запрограммировать синтезатор очень легко, для этого достаточно:

- установить на компьютер драйвер для CH340G
- подсоединить с помощью USB кабеля синтезатор
- запустить программу **XLoader**
- выбрать прошивку
- выбрать device - MEGA2560
- выбрать COM порт (нужный COM порт можно определить зайдя в диспетчер устройств Пуск - Панель управления - Оборудование и звук - Диспетчер устройств - Порты (COM и LPT) - USB-SERIAL CH340 (COM-4). В моём случаи это COM-4.)



- нажать кнопку Upload и немного подождать



- после программирования, если EEPROM был чистый, автоматически загрузятся начальные настройки, если в EEPROM что-то было, то необходимо выполнить загрузку начальных настроек

Информация только для индивидуального некоммерческого использования !!!

Если у Вас Windows XP для запуска XLoader нужен [Microsoft .NET Framework 4.0](#)

Загрузка начальных настроек

При необходимости загрузить начальные настройки, надо при включении синтезатора нажать и удерживать кнопку **ATT** до появления надписи «**Default data has been loaded!**». Шкала S-метра будет откалибрована линейно, а полному отклонению шкалы будет соответствовать уровень примерно 0,8 В.

Установка значений констант синтезатора

Для установки значений констант синтезатора необходимо при включении питания нажать кнопку **BAND+** при этом на экране отобразится сервисное меню. Перемещение по меню также осуществляется кнопкой **BAND+**, установка нужного значения, в зависимости от пункта меню, осуществляется валкодером или кнопкой **BAND-**, при этом кнопкой **FAST** можно выбрать удобный шаг перестройки. !!!!! (верхний правый угол). В левом верхнем углу отображается значение АЦП порта клавиатуры для проверки кнопок.

Сервисное меню состоит из следующих пунктов:

Freq. Si5351 crystal - калибровка частоты кварца Si5351. Для калибровки необходимо подключить частотомер к выходу VFO out (CLK1) и ввести измеренное значение частоты.

Syn. config. - конфигурация работы синтезатора:

- **VFO = F+-IF** на частоте до 12 МГц (на диапазонах 1,8 3,6 7,0 и 10 MHz) выходная частота синтезатора равна частоте на шкале плюс ПЧ, на остальных диапазонах минус ПЧ.

- **VFO = F+IF** на всех диапазонах выходная частота синтезатора равна частоте на шкале плюс ПЧ (для трансиверов с преобразованием вверх).

USB_IF промежуточная частота для верхней боковой полосы.

LSB_IF промежуточная частота для нижней боковой полосы.

CW_IF промежуточная частота для телеграфной модуляции.

FM_IF промежуточная частота для FM модуляции.

AM_IF промежуточная частота для AM модуляции.

USB_BFO частота опорного генератора для верхней боковой полосы.

LSB_BFO частота опорного генератора для нижней боковой полосы.

CW_BFO частота опорного генератора для телеграфной модуляции.

AM_BFO частота опорного генератора для АМ модуляции, включается только в режиме TX. В режиме FM опорный генератор всегда выключен.

Значения **USB_IF** , **LSB_IF**, **CW_IF** и т.д. используются для смещения выходной частоты синтезатора, а **USB_BFO**, **LSB_BFO** , **CW_BFO** ... для получения, независимо от промежуточной частоты, сигнала опорного генератора.

В случаи использования отдельного опорного генератора или использования в приёмниках прямого преобразования, для отключения сигнала **BFO** необходимо установить все три значения (**USB_BFO**, **LSB_BFO** и **CW_BFO**) в ноль. Для переключения боковой полосы в случаи отдельного опорного генератора используется опция **Rev side signal** смотри ниже.

CW_tone желаемый тон приёма телеграфных посылок. (значение выходной частоты опорного генератора в режиме CW будет равно: на приём **CW_BFO** - **CW_tone**, на передачу **CW_BFO**)

Number of channels желаемое число каналов (диапазонов), до 16 каналов (диапазонов) каждый из которого может работать на любой частоте с любой модуляцией (**USB/LSB/CW/*AM/*FM** *опционально). При этом переключение полосовых фильтров не зависит от номера канала, а зависит от частоты на шкале, и может быть настроено в сервис меню. То есть можно легко настроить любые необходимые диапазоны.

По умолчанию установлено 9 каналов (диапазонов), если к примеру диапазон 10 МГц не нужен, то устанавливаем число каналов (диапазонов) 8, затем 4 канал на котором было 10 МГц перестраиваем на 14 МГц, 5 канал с 14 МГц на 18 МГц, и так далее. При выключении трансивера эти значения сохраняются в памяти EEPROM. Включение соответствующего полосового фильтра также можно настроить в сервис меню (смотри ниже).

FM Mode вкл/откл FM модуляции

AM Mode вкл/откл АМ модуляции

Freq.VFO multiplier множитель выходной частоты гетеродина **x1**, **x2**, **x4** (выбирается кнопкой **BAND-**), однако следует учитывать что на данный момент максимальная выходная частота составляет чуть больше **112,5 МГц** !

Настройка интеллектуального валкодера

Encoder_divider делитель энкодера от 1 до 16. (для энкодеров со слишком большим числом импульсов на оборот)

1st_speed_step шаг перестройки для первой скорости (медленная скорость вращения валкодера)

2nd_speed imp/s скорость вращения валкодера (импульсов в секунду) для перехода на вторую скорость. (средняя скорость вращения валкодера)

2nd_speed step шаг перестройки для второй скорости (средняя скорость вращения валкодера)

3th_speed imp/s скорость вращения валкодера (импульсов в секунду) для перехода на третью скорость. (быстрая скорость вращения валкодера)

3th_speed step шаг перестройки для третьей скорости (быстрая скорость вращения валкодера)

Так типовые значения для валкодера из мышки (48 импульсов на оборот), будут выглядеть следующим образом:

1st_speed step = 10
2nd_speed imp/s = 48
2nd_speed step = 100
3th_speed imp/s = 96
3th_speed step = 1000

Т.е, при скорости меньше 1 оборота в секунду, будет шаг 10 Гц, при скорости больше 1 оборота в секунду будет шаг 100 Гц, при скорости больше 2 оборотов в секунду будет шаг 1000 Гц.

Синтезатор без проблем работает с механическими валкодерами на 24 импульса. При соответствующих настройках интеллектуального валкодера механическим валкодером на 24 импульса вполне удобно настраиваться.

Screen rotation поворот экрана но 0 (авторская версия) или 180 градусов (выбирается кнопкой **BAND-**).

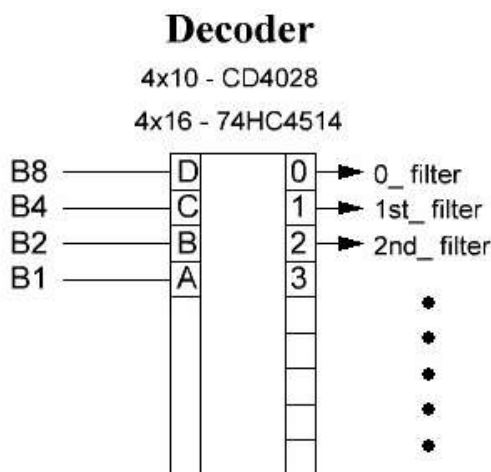
Screen negative опция для дисплеев некорректно отображающих цвет (в негативе).

Grey color correction коррекция серого цвета для дисплеев с зелёным или жёлтым ярлыком.

1st_filter_switch_freq, частота переключения первого фильтра (счёт фильтров начинается с нуля, **0_filter** смотри рисунок ниже)

2nd_filter_switch_freq частота переключения второго фильтра, и так далее до 15 фильтров начиная с нулевого.

Настройка частоты переключения полосовых фильтров должна идти в порядке возрастания частоты! Иными словами полосовые фильтры переключаются в зависимости от частоты на шкале (то есть если перестраиваться с 1 до 30 МГц полосовые фильтры будут переключаться автоматически), если частота на шкале не превышает порог для первого фильтра, то будет включён нулевой фильтр, если частота на шкале превышает порог для первого фильтра но меньше порога второго фильтра, то будет включён первый фильтр, итд.



1st_transverter_freq. частота (на шкале) включения первого трансвертера

1st_transverter LO freq. частота подставки (Local oscillator) первого трансвертера

То есть на частоте (на шкале) выше **1st_transverter_freq.** фактическая частота настройки трансивера будет равна **частоте на шкале минус 1st_transverter LO freq.**

Частоты трансверторов должны идти в порядке возрастания частоты! Включение трансвертеров (до 5 штук) предполагается сигналами с дешифратора для управления полосовыми фильтрами.

VFO_drive_strength - 2/4/6/8 mA уровень выходного тока сигнала гетеродина на нагрузку 50 Ом

BFO_drive_strength - 2/4/6/8mA уровень выходного тока сигнала опорного генератора на нагрузку 50 Ом

Размах выходного напряжения при этом составит:

На нагрузку 50 Ом:	На нагрузку 100 Ом:
2mA Up-p = 0.5V	2mA Up-p = 1.0V
4 mA Up-p = 1.0V	4 mA Up-p = 1.7V
6 mA Up-p = 1.4V	6 mA Up-p = 2.1V
8 mA Up-p = 1.7V	8 mA Up-p = 2.3V

RIT by resistor - опция для использования переменного резистора для изменения частоты расстройки ± 500 Гц. Резистор расстройки подключается к порту A7 также как и резистор SHIFT, то есть на плату необходимо будет добавить резистор между +VCC и портом A7.

Rev side signal - опция для проектов трансиверов с отдельным опорным генератором, предназначенная для переключения боковой полосы. Если конфигурации **VFO = F+-IF** и используется реверсивная боковая полоса или если конфигурации **VFO = F+IF** и используется USB, то с выхода TRIGGER4 будет выходить +5 В для переключения отдельного опорного генератора с частоты нижнего ската фильтра (ФОС), на частоту верхнего ската фильтра. Использование отдельного опорного генератора позволяет снизить количество поражённых частот приёмного тракта, но при такой конфигурации не будет работать функция SHIFT.

Enable RTC - вкл/откл часов. Если выбрано YES, то будет доступен следующий пункт для установки время. Если модуль RTC не подключен или неисправен, включение данной функции приведёт к зависанию основной программы!

Real time clock - установка времени (кнопкой **BAND-**). Если были установлены «часы» и «минуты», после подтверждения **Save and exit - ?** произойдёт установка времени в модуль RTC.

Калибровка S-meter

Для калибровки S-метра в штатном режиме работы на середине любого диапазона (аттенюатор и УВЧ должны быть выключены !) необходимо нажать и удерживать на протяжении 5 секунд кнопку «**FAST**» пока не начнёт мигать первый кубик S-метра при этом на вход трансивера надо подать сигнал с ГССа настроенного на частоту приёма, с уровнем, соответствующим одному балу. Далее нажать на кнопку «**FAST**» при этом текущее значение сигнала запишется для калибровочной точки 1 бал и начнёт мигать кубик 5 баллов. Эта процедура повторяется для каждой калибровочной точки согласно таблице приведённой ниже, при достижении последней точки калибровочные данные записываются в память EEPROM. В режиме калибровки S-метра слева отображается значение АЦП S-метра.

Для отмены калибровки необходимо перезагрузить синтезатор, отключив от него питание (запись в память производится при достижении последней точки).

Максимальное входное напряжение не должно превышать ≈ 4.5 В !

Также имеется возможность отдельной калибровки S-метра с включённым аттенюатором или УВЧ, для этого соответственно после основной калибровки с выключенным аттенюатором и УВЧ, проводят калибровку с включённым

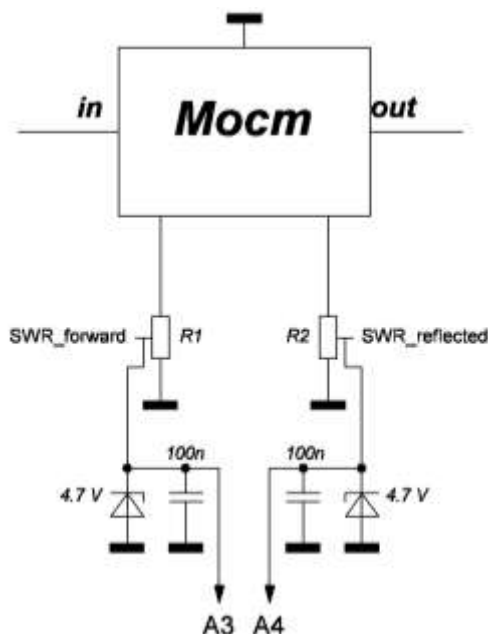
аттенюатором, при этом калибровочные данные записываются в калибровочную таблицу для аттенюатора и используются при включении аттенюатора. Аналогично проводится калибровка для УВЧ. При таком подходе исключается погрешность коррекции показаний из-за нелинейности АРУ. Если калибровка для аттенюатора или УВЧ не проводилась, или если одновременно включить аттенюатор и УВЧ, то при их включении будет использоваться основная калибровочная таблица S-метра.

S, баллы	Uвх, мкВ (при Rвх 50 Ом)
9+50 дБ	15800
9+40 дБ	5000
9+30 дБ	1580
9+20 дБ	500
9+10 дБ	158
9	50
7	12,5
5	3,1
1	0,2

Калибровка P/SWR-meter

Для калибровки P/SWR метра необходимо:

- подключить к мосту нагрузку равную волновому сопротивлению кабеля
- соединить с землёй (SWR_reflected_pin) вывод A4
- подать сигнал с трансивера и отрегулировать уровень сигнала SWR_forward на 100% по шкале
- затем поменять местами вход и выход моста, а на вход A3 подать сигнал SWR_reflected вместо SWR_forward
- подать сигнал с трансивера той же мощности и отрегулировать уровень сигнала SWR_reflected на 100% по шкале.



- далее вернуть всё на своё место и проверить правильность показаний КСВ метра, так для 50 Омного кабеля при подключении различных нагрузок должно получиться следующие:

50 Ом - КСВ 1

75 Ом - КСВ 1.5

100 Ом - КСВ 2

150 Ом - КСВ 3

200 Ом - КСВ 4

Точность показания КСВ метра зависит от качества изготовления и точности балансировки моста! При малых значениях мощности значительная погрешность показаний КСВ метра может быть из-за нелинейности диодов!

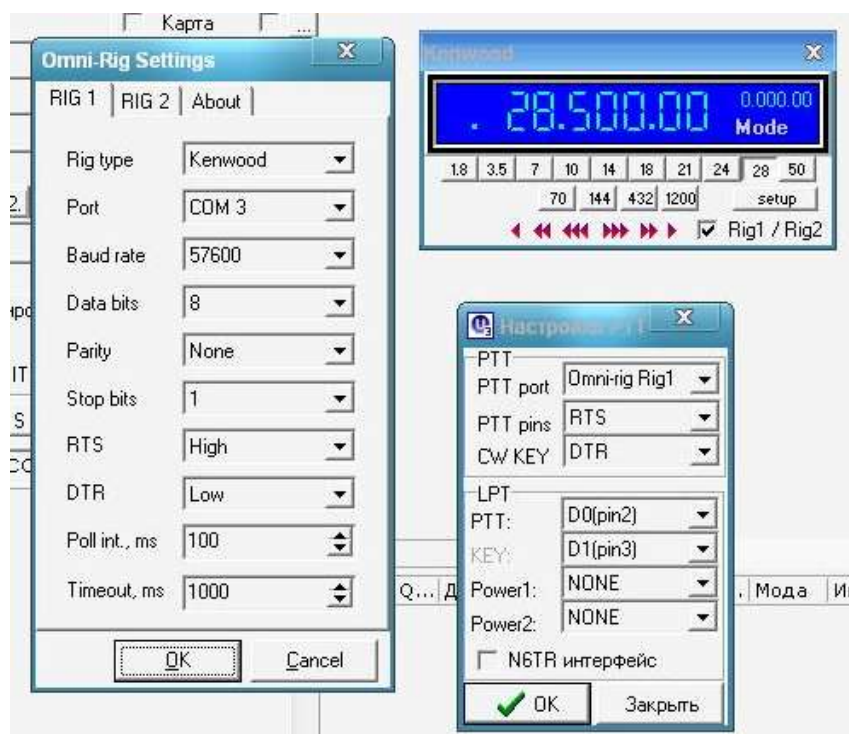
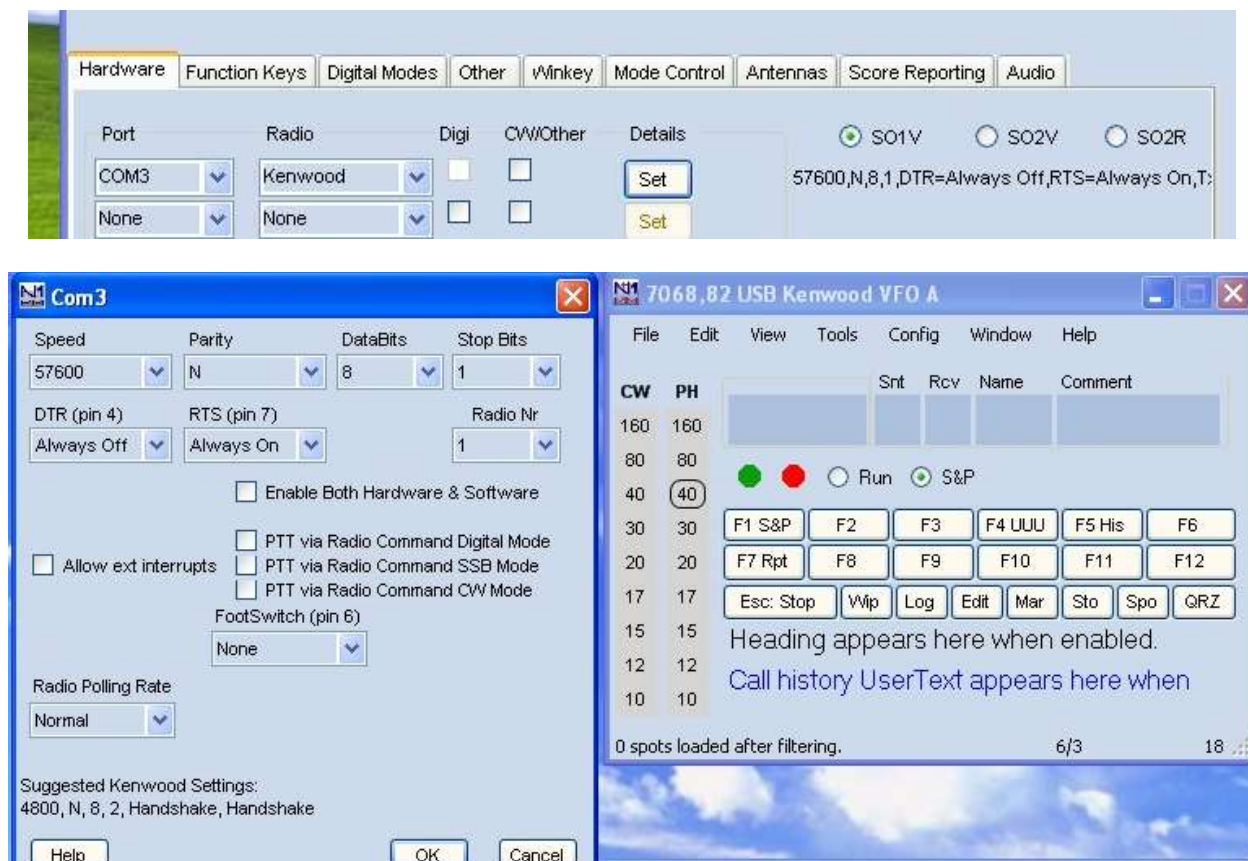
Функция SHIFT

В режиме RX данная функция включена постоянно, при ненадобности надо просто установить ручку «SHIFT» посередине. В режиме TX отображается значение, записанное для SHIFT TX

Настройка CAT системы

В данном синтезаторе также имеется CAT система. Для соединения с компьютером используется штатный USB разъем, используемый для программирования, поэтому нет никакой необходимости в разного рода переходниках и конвертерах, достаточно лишь установить драйвер для CH340G. В CAT системе используется протокол Kenwood. Настройки для программы N1MM Logger+ и UR5EQF_Log приведены

на рисунках ниже. С другими программами не тестировалось, но проблем быть не должно.



В САТ системе реализованы следующие основные команды:

- чтение / запись частоты VFO A/B
- чтение / запись: режима RX/TX, режима работы (Mode), Split, VFO A/B