

Синтезатор мини Ёжик OLED ver.2.1. Руководство пользователя.

Миниатюрный всеволновый (от 100 кГц до 60 МГц) синтезатор мини Ёжик OLED разработан Андреем Радченко (UR3ILF), Вячеславом Яременко (UR3IQH) и Сергеем Беленецким (US5MSQ). Синтезатор предназначен для создания ДВ, СВ и КВ приемников и трансиверов как прямого преобразования, так и с классической структурной схемой или с преобразованием вверх (инфрадин), в том числе и для радиолюбителей 5 категории. Благодаря малым габаритам и экономичности (минимально допустимое напряжение питания 3,1В, ток потребления всего 35мА!) его можно с успехом применять в малогабаритных аппаратах с автономным (батарейным или аккумуляторным) питанием.

Синтезатор мини Ёжик OLED создан на основе популярной микросхемы Si5351. Для управления Si5351 используется микроконтроллер фирмы ATmega168. Синтезатор позволяет получить один или два выходных сигнала: первого гетеродина (**VFO**) частотой от 0,1 до 240 МГц и опорного гетеродина (**BFO**) с частотой от 0 до 50 МГц. А при необходимости синтезатор мини Ёжик может выполнять функции генератора сигналов частотой от 400 кГц до 240 МГц.

Для отображения информации использован OLED дисплей с диагональю 1,3" (синий или белый) с контроллером SH1106 и подключается к микроконтроллеру по шине I2C. Для удобства и продления срока службы дисплея программно предусмотрена регулировка яркости свечения дисплея.

В синтезаторе также предусмотрены:

- питание синтезатора от стандартного напряжения +12...+14В, так и от +3,7...+4,2В (один Li-on аккумулятор)
- возможность на свой вкус активировать или сделать неактивными любые из 10 диапазонов
- смена режима учёта ПЧ: +- ПЧ для классической структурной схемы или всегда +ПЧ для схем с преобразованием вверх (инфрадин)
- реверс выходов гетеродинов: при передаче выходы гетеродинов (VFO и BFO) меняются местами, что позволяет существенно упростить коммутацию трансиверов структуры «Радио-76» или «Аматор»
- умножитель частоты первого гетеродина 4 раза от заданной, что позволяет применить синтезатор в технике прямого преобразования
- блокировка энкодера (LOCK)
- расстройка (**RIT**) в пределах включенного диапазона. При включении расстройки (RIT) длительный нажатием кнопки **BAND+** текущая на момент включения частота будет использоваться при переходе на передачу. Отключение расстройки производится повторным нажатием на кнопку **BAND+** и возможно в двух вариантах: если нажатие короткое, то расстройка отключится и останется на новой частоте. Если нажатие на кнопку длительное, то вернётся частота, на которой включалась расстройка.
- две устанавливаемых пользователем и независимых друг от друга частоты опорного гетеродина для работы в режимах **LSB\USB** и выдача соответствующих им сигналов управления для переключения режимов тракта ПЧ (этот выход на плате обозначен как **CW**)
- режим приема/передачи **AM** сигналов и выдача соответствующего сигнала управления для переключения режимов тракта ПЧ (этот выход на плате обозначен как **TX**), при работе на передачу на втором выходе (**BFO**) генерируется сигнал несущей АМ с частотой, равной рабочей и указанной на индикаторе, для последующего усиления и модуляции в выходном каскаде УМа
- возможность управления аттенюатором (**ATT**) и усилителем высокой частоты (**PRE**) приёмника и выдача соответствующих им сигналов управления для переключения (**ATT/PRE**)
- программная калибровка опорной частоты Si5351
- установка пользователем четырёх значений выходного тока синтезатора (2-4-6-8 мА)
- переключаемый шаг перестройки механического энкодера (**STEP**) с интеллектуальным ускорением шага перестройки.
- установка пользователем порога ускорения энкодера
- при постоянно нажатой кнопке **STEP** режим быстрой, с шагом 10 кГц, перестройки по частоте
- программная калибровка чувствительности S-метра и измерителя выходной мощности PWR
- практически плавная регулировка яркости дисплея
- возможность выбора в меню формы шрифта, выводимого на дисплей –стилизованного под семисегментный индикатор или стандартного

- по выбору в меню возможно формирование стандартного ABCD кода для управления дешифратором или режим прямого управления ПДФ, ФНЧ
- включение/отключение выхода BFO
- возможность импульсного управления внешним DC-DC повышающим преобразователем, что обеспечивает надёжную и экономичную работу дешевых 27вольтовых реле при питании от 12В.

OLED дисплей обеспечивает хорошую читаемость под любым углом зрения и в различных условиях освещения. На него выводится следующая информация:

- рабочая частота в МГц
- режим работы прием (**RX**) или передача (**TX**)
- включение аттенюатора (**ATT**) или предусилителя (**PRE**)
- включение режима расстройки (**Rit**) и её частота в МГц
- режим работы (**USB/LSB/AM**)
- шаг перестройки энкодера в Гц (**STEP=**)
- индикатор уровня сигнала, работающий в качестве S-метра в режиме приема (**RX**) или индикатором выходной мощности в режиме передачи (**TX**). При этом индикатор работает в режиме фиксации пиковых значений с плавным возвратом к текущим показаниям.

Управление синтезатором производится всего 3 кнопками. При этом используются режимы короткого (менее 0,5 Сек) или длительного (более 1,5 Сек) нажатия. Переключение диапазонов производится по кругу кнопками **BAND±**: короткое нажатие **BAND+** переключает диапазоны вверх, а продолжительное нажатие включает режим **RIT**. Короткое нажатие **BAND-** переключает диапазоны вниз, а продолжительное нажатие переключает последовательно режимы **LSB/USB/AM**. Переключение **ATT** и **PRE** производится короткими нажатиями на кнопку **ATT/PRE/LOCK**, а блокировка энкодера включается и отключается продолжительным нажатием на эту кнопку. О включении блокировки сигнализирует появление символа «ключик» в верхней части дисплея. Применяется механический энкодер без «трещётки» со встроенной кнопкой на 20/24 импульса на оборот. За счёт программного учетверения получается 80/96 импульсов.

Перекрытие рабочих частот сплошное от 0,1 до 60 МГц и разбито на 10 диапазонов.

Граничные частоты в герцах такие:

Diap 0 = 0000 : Fmin = 100000 : Fmax = 2500000

Diap 1 = 1000 : Fmin = 2500000 : Fmax = 4500000

Diap 2 = 0100 : Fmin = 4500000 : Fmax = 8000000

Diap 3 = 1100 : Fmin = 8000000 : Fmax = 12000000

Diap 4 = 0010 : Fmin = 12000000 : Fmax = 16000000

Diap 5 = 1010 : Fmin = 16000000 : Fmax = 20000000

Diap 6 = 0110 : Fmin = 20000000 : Fmax = 24000000

Diap 7 = 1110 : Fmin = 24000000 : Fmax = 26000000

Diap 8 = 0001 : Fmin = 26000000 : Fmax = 30000000

Diap 9 = 1001 : Fmin = 30000000 : Fmax = 60000000

В этой таблице Diap= код ABCD, выставяемый на дешифратор диапазонов. Логическая единица соответствует постоянному напряжению +3В. В качестве дешифратора диапазонов удобно применить микросхемы CD4028(K561ИД1) или SN74LS145 (K155ИД10, K555ИД10). Последние имеют достаточно мощный (ток до 80 мА) выход с открытым коллектором, что позволяет управлять реле без дополнительных транзисторных ключей. При достижении нижней границы диапазона синтезатор переходит на верхнюю границу диапазона и наоборот, т.е. диапазоны закольцованы. Форма выходных сигналов гетеродинов - меандр величиной примерно 2,5 В (U_{p-p}). Потребляемый ток с механическим энкодером и средним уровнем яркости дисплея не превышает 35 мА. Рекомендуемое напряжение питания синтезатора +3,7 ...+ 5 В. **ВНИМАНИЕ: напряжение питания синтезатора не должно превышать +7 В!!!** Излишек напряжении питания нужно погасить дополнительным внешним резистором. Например, при питании от 12В гасящий резистор должен быть

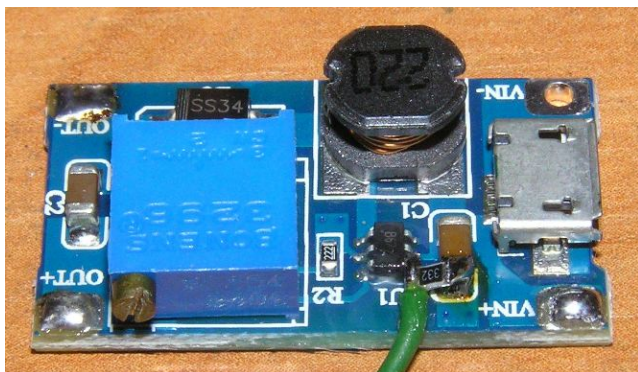
сопротивлением 180-200 Ом. А при напряжении питания 9В резистор 82-100 Ом. Габаритные размеры синтезатора (без учёта ответных частей разъёмов) 67(Ш)х35(В)х20(Г) мм.

Принципиальная схема синтезатора мини Ёжик вместе с типовой схемой внешних подключений при релейной коммутации показана в приложении. Здесь предусмотрено два варианта питания синтезатора:

1. Напряжение питания +12...+14 В через гасящий резистор 180 Ом, «гасящий» избыток напряжения питания на питания, подаётся на плату синтезатора и одновременно на преобразователь постоянного напряжения 12В>27В. Преобразователь постоянно запитывает реле напряжением 12В и только кратковременно, по команде с микропроцессора (контакт ON на плате синтезатора), подачу напряжения +27В на реле для их надёжного срабатывания. Поскольку напряжение надёжного удержания реле во включённом состоянии в несколько раз меньше рабочего напряжения (для советских реле разница достигает 2-3 раз, для импортных до 3-4 раз), то всё остальное время включённые реле надёжно работают при 12В в экономичном режиме. Т.о. реализуется возможность применения дешёвых 27-вольтовых реле при напряжении питания 12В.

2. Питание синтезатора от одного Li-ON напряжением +3,7...+4,2В подаётся напрямую на плату синтезатора. Рабочий режим стабилизатора HT7330, а значит и всего синтезатора, сохраняется вплоть до уровня входного напряжения 3,1В, т.е. практически до полного разряда аккумулятора. При этом преобразователь постоянного напряжения настраивается на преобразование 4В>9...12В и от него можно запитать реле с рабочим напряжением 9...12В

Преобразователь постоянного напряжения 12В>27В выполнен выполненном в данном случае на широко распространённом DC-DC повышающим преобразователем на микросхеме MT3608(SX1308). Но сначала преобразователь нужно немного доработать: освободить управляющий вывод 4 микросхемы MT3608(SX1308)



от вывода 5. Это можно сделать 2 способами: аккуратно поднять ножку, прогревая её паяльником и поддевая иглой или перерезать скальпелем дорожку между 4 и 5 выводом. Затем попать к выводу 4 резистор (SMD, как сделано у меня – см. фото, или обычный выводной), второй конец которого подключить на общий провод, и провод подключения к плате синтезатора.

В исходном состоянии на выходной разъём (OUT+) DC-DC повышающего преобразователя подаётся напряжения +12...+14В для «удержания» включённых реле. При нажатии любой из трёх кнопок: **BAND+**, **BAND-**, **ATT/PRE**, а так же при переходе на передачу (нажатии кнопки **PTT**) и последующем возврате на приём микропроцессор подаёт на 4 вывод MT3608 положительный импульс амплитудой +3В и длительностью примерно 0,4 Сек, запускающих преобразователь. В результате на разъёме питания реле +27v кратковременно (на те же 0,4 Сек) повышается примерно +27В. Малая длительность работы преобразователя исключает помехи работе трансивера, но вполне достаточна для надёжного срабатывания современных малогабаритных реле. Для надёжной работы DC-DC повышающего преобразователя на микросхеме MT3608(SX1308) суммарный ток нагрузки (одновременно включённых обмоток реле) не должен быть больше 200 мА.

Вход в сервисное меню – нажать кнопку ATT/PRE/LOCK и подать питание.

```
► Si5351 27000.000
LSB      8863.000
USB      8866.000
SI CLK   2      CUR 2
VAL INT  50     BRT 100
SM KD    20     TPP OFF
TX KD    20     AM  OFF
IF UP    OFF
```

На экране высветится меню первой страницы:

Выбор пунктов меню осуществляется кнопками **±BAND**, переход на вторую станицу меню производится длительным нажатием кнопки **ATT/PRE/LOCK**, запись установленных параметров и выход из меню производится коротким нажатием кнопки **ATT/PRE/LOCK**. Изменение значений выполняется вращением энкодера.

Пункты первой страницы меню:

Si5351=27000.000 Калибровка выходной частоты в кГц. Подключить на выход **VFO** частотомер и вращая энкодер добиться на выходе частоты ровно 25000000 Герц.

Затем устанавливаются значения частоты опорного гетеродина на разные скаты АЧХ фильтров для получения нужной боковой. В варианте с одним активным выходом (**Si CLK =1**) в расчёте выходной частоты **VFO** используются эти заданные пользователем в меню опорные частоты гетеродина. Значение промежуточной частоты режима **AM** формируется автоматически как среднеарифметическое из введённых пользователем значений **LSB** и **USB**, т.е. **ПЧ AM=(LSB+USB)/2**. Ускоренную перестройку частоты в широком диапазоне можно осуществить удерживая нажатой кнопку **STEP** на энкодере.

LSB=8863.00 устанавливается, как правило, примерно на 300 Гц ниже нижней границы полосы пропускания КФ по уровню -6дБ

USB=8866.00 устанавливается, как правило, примерно на 300 Гц выше верхней границы полосы пропускания КФ по уровню -6дБ

Si CLK=2 Указываем сколько выходов использовать с Si5351 1 или 2. На первом выходе **VFO**, на втором **BFO** - если установить два выхода. Если установить **Si CLK=1**, то выход **BFO** в режиме **LSB** и **USB** отключён, но в режиме передачи **AM** работает, а реверс гетеродинов, даже если он разрешён в меню, игнорируется

VAL INT=50 Настройка порога умножения интеллектуального валкодера. Чем больше значение, тем быстрее нужно будет крутить ручку настройки для увеличения скорости перестройки. Диапазон установок 1-100. Повторить данную настройку несколько раз, подстроив под себя.

SM KD=20 Настройка чувствительности S-метра в режиме приёма. Чем больше значение, тем больше нужно подавать на вход. Если S-метр индицирует мало, то уменьшить число. Полную шкалу при числе=1 вызовет напряжение на входе 95 милливольт. При числе=35 полная шкала будет при напряжении 3,3 вольта на входе.

TX KD =20 Аналогичная предыдущей настройка для Р-метра в режиме индикации выхода передатчика.

IF UP = ON Разрешение режима преобразования, когда частота **VFO** всегда +ПЧ для схем с преобразованием вверх (инфрадин), если же установить **=OFF**, то будет «классика», когда на диапазонах 160-80-40-30 частота на выходе будет равна принимаемая частота + ПЧ, а на 20-17-15-12-10 равна принимаемая частота минус ПЧ.

CUR=2-4-6-8 Установка четырёх значений выходного тока синтезатора 2-4-6-8 мА.

По измерениям US5MSQ, реальная амплитуда выходного тока на нагрузке 51 Ом составляет:

установке 2 мА - 6-7 мА

установке 4 мА - 13 мА

установке 6 мА - 17 мА

установке 8 мА - 20 мА

BRI=100 Установка яркости свечения дисплея от 1 до 255

TPP= ON/OFF при значении **=ON** включается режим учетверения частоты VFO и устанавливается значения **IF UP = 1**, **Si CLK= 1**, **Rev = 0** : **AM = 0**, а установленные в меню соответствующие значения игнорируются. Этот режим применяется в приемниках и трансиверах прямого преобразования с фазовым подавлением боковой полосы. Также в этом режиме синтезатор мини Ёжик может выполнять функции импровизированного генератора сигналов частотой от 400 кГц до 240 МГц. Не забывайте при этом, что реальная выходная частота будет в 4 раза больше показанной на дисплее.

AM=ON/OFF при значении **=ON** включается режим приема/передачи **AM** сигналов и выдача соответствующего сигнала управления для переключения режимов тракта ПЧ (этот выход на плате обозначен как **TX**)

```
▶ 1.8MHz ON 24MHz ON
  3.5MHz ON 28MHz ON
  7.1MHz ON 50MHz ON
 10MHz ON REV OFF
 14MHz ON Light OFF
 18MHz ON Font OFF
 21MHz ON AM TX OFF
    US5MSQ 2023
```

Переход на вторую страницу меню производится длительным нажатием кнопки **ATT/PRE/LOCK**

Пункты второй страницы меню:

1,8MHz...50MHz= ON/OFF - разрешение или запрет диапазона.

REV=ON/OFF. Разрешение реверса выходов для трансиверов структуры «Радио-76» или «Аматор». При передаче выходы

гетеродинов меняются местами. Эта функция будет работать только, если включены два выхода, т.е. включён режим **Si CLK=2**. Иначе игнорируется. В меню можно поставить **REV=ON**, но при работе проверяется сколько выходов включено и если только один, то не обрабатывается. При включенном реверсе (**REV=ON**) запрещён режим AM независимо от установки в меню.

Diap 0 = 0000 : Fmin = 100000 : Fmax = 2500000
 Diap 1 = 1000 : Fmin = 2500000 : Fmax = 4500000
 Diap 2 = 0100 : Fmin = 4500000 : Fmax = 8000000
 Diap 3 = 0010 : Fmin = 8000000 : Fmax = 16000000
 Diap 4 = 0001 : Fmin = 16000000 : Fmax = 30000000

Light=ON/OFF Разрешение режима прямого (без дешифратора) управления ДПФ,ФНЧ по шине ABCD. Позволяет в некоторых случаях, например, при применении октавных ПДФ, упростить схему и обойтись без отдельного дешифратора. Сигнатура выходных сигналов управления по шине ABCD приведена в таблице. Логическая единица

соответствует постоянному напряжению +3В.

Font=ON/OFF выбор в меню формы шрифта, выводимого на дисплей – стилизованного под семисегментный индикатор или стандартного

AM TX=ON/OFF включение режима передачи **AM**. При этом в режиме приема на выходе VFO генерируется гетеродина, а на выходе BFO сигнала нет. При переходе на передачу выход VFO отключается, а на выходе BFO появляется сигнал несущей AM с частотой, равной рабочей и указанной на индикаторе. Это существенно упрощает коммутацию в AM трансиверах и позволяет избежать «удара по ушам» при переходе на передачу. В режиме передачи AM разрешена перестройка по частоте энкодером

При необходимости можно выполнить **общий сброс установок** меню к исходным значениям, если нажать одновременно две кнопки **BAND+**, **BAND-** и включить питание синтезатора.

Установочный чертеж синтезатора:

