

Универсальный синтезатор частот "TURBO-LED" для КВ+50 МГц радиоприёмников и трансиверов с ОДНИМ или ДВУМЯ преобразованиями частоты, с 8-ми разрядным светодиодным дисплеем 0,56 дюймов на MAX7219 и двумя SI 5351



Малогабаритный всеволновой универсальный синтезатор частот «**TURBO-LED**», разработан Андреем Радченко (UR3ILF) и Вячеславом Яременко (UR3IQH) в 2023 году. Синтезатор со светодиодным индикатором 0,56" на драйвере MAX7219 предназначен для замены штатных ГПД и опорных генераторов (модернизации) или создания новых ДВ, СВ, КВ + 50 МГц приемников и трансиверов как прямого преобразования, так и супергетеродинного типа. Как с классической структурной схемой, так и с преобразованием вверх (инфрадин) с одним или двумя преобразованиями частоты. Благодаря ряду схемных и конструктивных решений замена максимально упрощена и, как правило, не требует значительной механической доработки лицевой панели трансивера/приёмника. Конструктивно она сводится к замене штатной цифровой шкалы, на синтезатор, верньера с КПЕ на энкодер, а для переключения режимов работы синтезатора используются уже имеющиеся штатные органы управления - кнопки или переключатель для переключения диапазонов и кнопки без фиксации для включения/отключения расстройки и боковой полосы USB/LSB. Синтезатор создан на основе двух микросхем SI 5351 тактируемых одним общим кварцевым генератором и под управлением микроконтроллера фирмы ATMEL ATmega168/328. Первая SI 5351 формирует только сигнал первого гетеродина (VFO), чем обеспечивается его максимальная спектральная чистота, вторая SI 5351 формирует сигналы второго (при двойном преобразовании) и опорного (BFO) гетеродинов. Таким образом, синтезатор позволяет получить один, два или сразу три выходных сигнала частотой от 0,15 до 160 МГц. Предусмотрено питание синтезатора от стандартного напряжения +12В. Частота гетеродина при одном преобразовании частоты на выходе может быть как всегда выше частоты приёма на величину ПЧ, так и «классика», когда на диапазонах 160-80-40-30 м частота на выходе будет равна принимаемая частота плюс ПЧ, а на диапазонах 20-17-15-12-10 м равна принимаемая частота минус ПЧ.

При этом для режима одного преобразования частоты (**IF2 – off**) в меню можно выставить две частоты: ПЧ **A** – для SSB режима (частота нижнего ската SSB фильтра по уровню – 6 дБ минус 200-300 Гц) и ПЧ **B** – для SSB режима (частота верхнего ската SSB фильтра по уровню – 6 дБ плюс 200-300 Гц). Переключение режимов **USB/LSB** кнопкой без фиксации **MODE**.

При включении режима двойного преобразования (**IF2 – on**) в меню можно выставить три значения частоты. При этом ПЧ **A** - частота нижнего ската основного SSB фильтра по уровню – 6 дБ минус 200-300 Гц, частота ПЧ **B** - частота верхнего ската основного SSB фильтра по уровню – 6 дБ плюс 200-300 Гц, частота ПЧ **C** – частота нижнего ската ЭМФ по уровню – 6 дБ минус 200-300 Гц. Переключение режимов **LSB/USB** также кнопкой без фиксации **MODE**.

Режимы работы USB/LSB отображаются в конце строки буквами «**U**» или «**L**» соответственно.

В синтезаторе также предусмотрены:

- ✓ выбор режима работы – одно преобразование или двойное преобразование, при двойном преобразовании частота гетеродина всегда выше частоты на дисплее на частоту ПЧ
- ✓ выбор режима работы - частота гетеродина при одном преобразовании частоты на выходе может быть как всегда выше частоты приёма на величину ПЧ, так и «классика», когда на диапазонах 160-80-40-30 м частота на выходе будет равна принимаемая частота плюс ПЧ, а на диапазонах 20-17-15-12-10 м равна принимаемая частота минус ПЧ
- ✓ расстройка (RIT) в пределах включенного диапазона. Включение/отключение режима осуществляется кнопкой без фиксации. При включении расстройки в конце дисплея отображается буква «r» и текущая частота. При отключении расстройки вернётся та частота, которая была до включения режима расстройки
- ✓ две устанавливаемых пользователем и независимых друг от друга частоты опорного генератора для работы телефоном в режимах нижней (LSB) и верхней (USB) боковой полос и выдача соответствующего сигнала для переключения режимов тракта ПЧ
- ✓ одна устанавливаемая пользователем и независимая частота опорного гетеродина (детектора) для двойного преобразования, что обеспечивает возможность применять ЭМФ или другие
- ✓ программная калибровка опорной частоты SI 5351
- ✓ установка пользователем 4-х значений выходного тока микросхем SI 5351 синтезатора 2-4-6-8 мА
- ✓ переключаемый шаг перестройки энкодера 5, 10, 20, 50, 100 Гц с интеллектуальным ускорением шага перестройки
- ✓ при постоянно нажатой кнопке STEP предусмотрен обзорный режим (режим быстрой перестройки по частоте с шагом 1 кГц)
- ✓ программный выбор одной из 10 градаций яркости свечения LED индикатора
- ✓ режим работы для приёмников/трансиверов прямого преобразования, когда выходной сигнал синтезатора с ПЧ=0 и с учетверённой частотой, при этом все установленные в меню значения ПЧ игнорируются и включается режим прямого преобразования
- ✓ реверс выходных сигналов VFO и BFO при передаче для варианта одного преобразования частоты, что может быть полезным при использовании совместно с трансиверами структуры «Радио-76» и ему подобных
- ✓ выбор одного из трёх режимов управления переключением диапазонов:
 - галетным переключателем с набором резисторов
 - десятью кнопками без фиксации с набором резисторов
 - двумя кнопками без фиксации «**BAND+**» и «**BAND-**»

При переключении диапазонов галетным переключателем или кнопками с набором резисторов можно исключить неиспользуемые диапазоны. При этом одному положению галетного переключателя или одной кнопке будет соответствовать один диапазон. Для этого резисторы неиспользуемых диапазонов и их кнопки/галеты не подключаются или применяется галетный переключатель на нужное число положений с набором резисторов согласно перечню используемых диапазонов.

Если для переключения диапазонов использовать только две кнопки «**BAND+**» и «**BAND-**», то ненужные диапазоны можно отключить в меню синтезатора.

- ✓ выбор типа используемого энкодера - механический или оптический. Можно использовать механические энкодеры на 20/24 импульсов. При этом, для большей комфортности, путём программной обработки фронтов и спадов число импульсов управления увеличивается до 80/96. Если использовать энкодеры с кнопкой, то кнопкой можно оперативно переключать шаг перестройки. Можно использовать оптические энкодеры с числом импульсов от 30 до 600 на оборот и отдельную кнопку переключения шага. Скорость поступления импульсов от многоимпульсного оптического энкодера можно

понижить в сервисном меню на свой вкус посредством включения программного делителя с коэффициентов деления от 1 до 6.

Тип используемого энкодера желательно указывать при заказе. Ничего критичного, тип выбирается в меню, но для оптических энкодеров >100 имп./об. не устанавливаются два конденсатора 4700 пФ и два резистора 3,3 кОм заменяются на 0R. Это для того, чтобы все импульсы считались корректно.

- ✓ блокировка энкодера – включается нажатием и удержанием кнопки расстройки, при включении блокировки в последнем разряде светится точка «.»
Поскольку в трансиверах, как правило, уже есть штатный S-метр, да и переключение режимов работы RX/TX производится посредством механических переключателей, фактически уже индицирующих включённый режим, то необходимости выводить и дублировать эту информацию на индикатор синтезатора нет.
Это обстоятельство позволило применить в качестве индикатора однострочный цифровой восьмиразрядный 7-сегментный светодиодный индикатор. Он выполнен на драйвере МАХ7219 и имеет высоту цифр индикации 14 мм, цвет индикаторов зелёный, что не напрягает глаза и обеспечивает хорошую читаемость в разных условиях освещения. Динамическая индикация на МАХ7219 с питанием от отдельного стабилизатора и внимание, уделённое фильтрации по питанию, обеспечивает отсутствие помех от работы платы индикации.
- ✓ отключение неиспользуемых выходов (второй гетеродин и опорный генератор) при использовании штатных кварцевых генераторов
- ✓ выбор перекрытия по частоте – сплошное перекрытие или с небольшим запасом по краям диапазонов
- ✓ стандартный ABCD дешифратор – формирует управляющие сигналы (код) для управления реле ПДФ, ФНЧ и т.п.

Не знаю, зачем может понадобиться, но полный сброс всех настроек (выполняется только после сборки и при первичной настройке и калибровке синтезатора) – подать питание на синтезатор с зажатыми кнопками расстройки и переключения шага. Если его сделать, то потребуется калибровка SI 5351.

Переключение отображения символов на дисплее (может понадобиться для некоторых дисплеев) – подать питание при зажатых кнопках «**BAND+**» или «**BAND-**».

Вход в сервисное меню – подать питание при нажатой кнопке расстройки. Сохранение параметров выполняется этой же кнопкой и подтверждается надписью «**StOrE**» на дисплее.

Весь диапазон рабочих частот разбит на десять поддиапазонов.

При сплошном перекрытии граничные частоты в Герцах такие:

| | |
|-------|---------------------------------------|
| 160 м | Fmin = 100 000 : Fmax = 2 500 000 |
| 80 м | Fmin = 2 500 000 : Fmax = 4 500 000 |
| 40 м | Fmin = 4 500 000 : Fmax = 8 000 000 |
| 30 м | Fmin = 8 000 000 : Fmax = 12 000 000 |
| 20 м | Fmin = 12 000 000 : Fmax = 16 000 000 |
| 17 м | Fmin = 16 000 000 : Fmax = 20 000 000 |
| 15 м | Fmin = 20 000 000 : Fmax = 24 000 000 |
| 12 м | Fmin = 24 000 000 : Fmax = 26 000 000 |
| 10 м | Fmin = 26 000 000 : Fmax = 30 000 000 |
| 6 м | Fmin = 30 000 000 : Fmax = 60 000 000 |

При отключении режима сплошного перекрытия граничные частоты по диапазонам такие:

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 160 м | Fmin = 1 805 000 : Fmax = 2 005 000 |
| 80 м | Fmin = 3 495 000 : Fmax = 3 805 000 |
| 40 м | Fmin = 6 995 000 : Fmax = 7 205 000 |

| | |
|------|---------------------------------------|
| 30 м | Fmin = 9 990 000 : Fmax = 10 205 000 |
| 20 м | Fmin = 13 995 000 : Fmax = 14 355 000 |
| 17 м | Fmin = 18 063 000 : Fmax = 18 173 000 |
| 15 м | Fmin = 20 995 000 : Fmax = 21 455 000 |
| 12 м | Fmin = 24 885 000 : Fmax = 24 995 000 |
| 10 м | Fmin = 27 995 000 : Fmax = 29 705 000 |
| 6 м | Fmin = 49 000 000 : Fmax = 55 000 000 |

При достижении нижней границы диапазона синтезатор переходит на верхнюю границу диапазона и наоборот, т.е. диапазоны закольцованы.

На разъёме ABCD CODE формируется стандартный для двоично десятичных дешифраторов K155ИД10, K555ИД10, 74LS145, 74НС154 и им подлобных ABCD код для управления реле полосовых фильтров, фильтров низкой частоты и пр. согласно таблице:

| |
|---------------------|
| Диап 1,8 МГц = 0000 |
| Диап 3,5 МГц = 1000 |
| Диап 7 МГц = 0100 |
| Диап 10 МГц = 1100 |
| Диап 14 МГц = 0010 |
| Диап 18 МГц = 1010 |
| Диап 21 МГц = 0110 |
| Диап 24 МГц = 1110 |
| Диап 28 МГц = 0001 |
| Диап 50 МГц = 1001 |

Потребляемый ток зависит от типа энкодера и установленных в меню уровня яркости, количества активных выходов и величины выходного тока SI 5351. С механическим энкодером, при яркости «7», токе «2 мА» и всех активных выходах потребляемый ток порядка 170 мА, а при максимальных значения яркости и тока выходов, нагруженных на сопротивление 51 Ом, не более 240 мА. С оптическим энкодером ток потребления увеличится ещё на 20 мА.

Форма выходных сигналов гетеродинов - меандр величиной примерно 3,0 В (Ur-p).

Лучше всего оптический энкодер запитывать отдельно, то есть непосредственно от напряжения питания синтезатора, поскольку оптические энкодеры уже имеют в своём составе встроенный стабилизатор напряжения. Такое включение не будет дополнительно нагружать стабилизатор самого синтезатора.

Рекомендуемое напряжение питания синтезатора +10 ...12 В.

Принципиальная схема синтезатора «TURBO-LED» вместе с типовой схемой внешних подключений показана на рисунке в конце руководства пользователя.

Её основные особенности

Для переключения диапазонов служат:

- свободная секция штатного переключателя диапазонов, освободившаяся после удаления ГПД на которой и распаиваются соответствующие диапазонные резисторы, причём нужно установить только те резисторы, что соответствуют диапазонам, имеющимся в трансивере (режим **rod = 1**)
- кнопки переключения диапазонов (максимум десять кнопок без фиксации) на которые распаиваются соответствующие диапазонные резисторы, причём нужно установить только те кнопки и резисторы, что соответствуют диапазонам, имеющимся в трансивере (режим **rod = 2**)
- две кнопки без фиксации «**BAND+**» или «**BAND-**» (режим **rod = 3**)

Управление всеми режимами синтезатора осуществляется кнопками без фиксации - кратковременным замыканием соответствующего вывода на общий провод, кроме педали/тангенты «РТТ». Режим TX включён до тех пор, пока нажата педаль/тангента.

Внимание!

Подача отрицательных напряжений на выводы переключения режимов недопустима!!!

Кнопка выбора шага **STEP** – та, что встроена в механический энкодер. При использовании оптического энкодера на передней панели устанавливается отдельная кнопка без фиксации. Например, вместо теперь уже ненужного регулятора расстройки.

Сервисное меню.

Установка основных параметров и калибровка частоты производится в сервисном меню. Для входа в сервисное меню нужно нажать кнопку расстройки и подать питание при нажатой кнопке расстройки.

Сохранение параметров выполняется этой же кнопкой и подтверждается надписью «**StOrE**» на дисплее, а изменение параметра - вращением энкодера.

Меню содержит следующие пункты:

A 8863.00 – значение ПЧ1 для SSB режима (частота нижнего ската SSB фильтра по уровню – 6 дБ минус 200-300 Гц)

B 8866.00 – значение ПЧ2 для SSB режима (частота верхнего ската SSB фильтра по уровню – 6 дБ плюс 200-300 Гц)

Si2 on/off – включение/отключение второй микросхемы SI 5351 (ПЧ2 и ПЧ3)

IF2 on/off – включение/отключение режима двойного преобразования частоты

C 500.000 – значение ПЧ3, частота опорного генератора для детектора (частота нижнего ската ЭМФ по уровню – 6 дБ минус 200-300 Гц)

SiCL on/off – включение/отключение ПЧ3

F25000.00 – меню калибровки SI 5351, к выходу VFO1 подключается частотомер и энкодером выставляется частота 25 МГц

IF UP on/off – переключение режимов преобразования, частота гетеродина при одном преобразовании частоты на выходе может быть как всегда выше частоты приёма на величину ПЧ, так и «классика», когда на диапазонах 160-80-40-30 м частота на выходе будет равна принимаемая частота плюс ПЧ, а на диапазонах 20-17-15-12-10 м равна принимаемая частота минус ПЧ

TPPF on/off – включение/отключение режима прямого преобразования, при включении режима прямого преобразования все установки ПЧ игнорируются, значение ПЧ обнуляется и выходная частота на выходе становится в четыре раза больше чем на дисплее

bFOr on/off – включение/отключение реверса выходов VFO и BFO при переходе на передачу

rod=1...2...3 – выбор режима переключения диапазонов: 1 – галетным переключателем с набором резисторов, 2 – кнопочной клавиатурой с набором резисторов, 3 – двумя кнопками «BAND+» и «BAND-»

bnd 1,8 on/off – включение/отключение диапазона 1,8 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 3,5 on/off – включение/отключение диапазона 3,5 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 7,0 on/off – включение/отключение диапазона 7,0 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 10 on/off – включение/отключение диапазона 10 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 14 on/off – включение/отключение диапазона 14 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 18 on/off – включение/отключение диапазона 18 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 21 on/off – включение/отключение диапазона 21 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 24 on/off – включение/отключение диапазона 24 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 28 on/off – включение/отключение диапазона 28 МГц (активен только в режиме rod=3)

bnd 50 on/off – включение/ отключение диапазона 50 МГц (активен только в режиме rod=3)

PLL 450...1200 – установка тактовой частоты SI 5351, по умолчанию 900

SI Cur 2...4...6...8 – установка выходного тока SI 5351, по умолчанию 2 мА

dCont 0...10 – установка яркости дисплея, по умолчанию 7

bndF on/off – включение/отключение режима сплошного перекрытия частот

tun 10...650 – установка чувствительности интеллектуального энкодера, по умолчанию 500

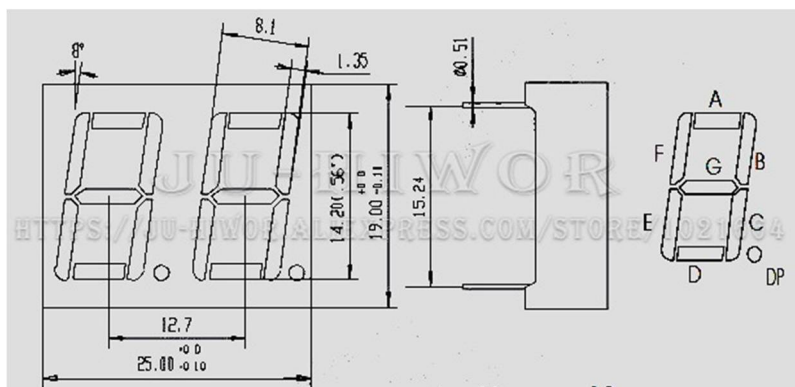
Opt on/off – оптический энкодер/механический энкодер

deL oPt 1...6 – настройка делителя для оптического энкодера, только когда Opt on

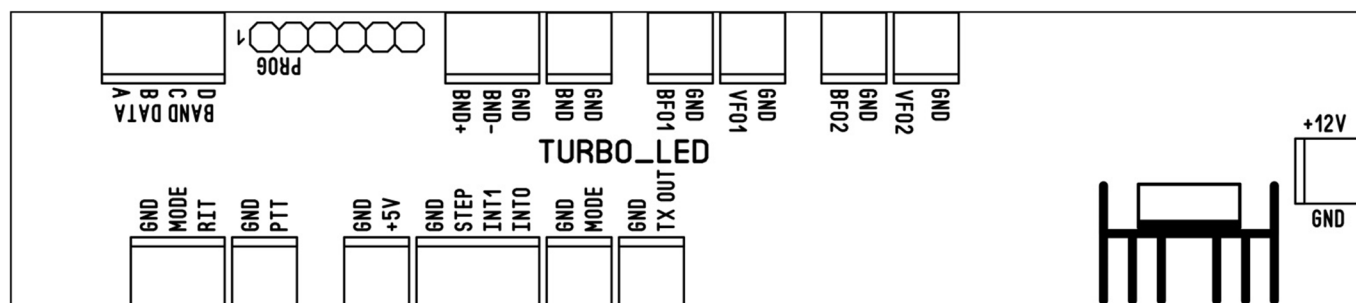
Всегда пролистывать полностью всё меню не нужно. Дойдя до нужного пункта установок и сделав изменения, можно перейти к следующему пункту меню и перезапустить синтезатор по питанию.

В комплект синтезатор «TURBO-LED» входят: комплект крепёжных винтов м2,5х6 (под потай), ответные части разъёмов для внешних подключений, контакты для разъёмов и руководство пользователя.

Размеры плат синтезатора 119х26 мм, толщина по самому высокому элементу (радиатору) составляет 38 мм. Четыре светодиодных индикатора с высотой знака 14,2 мм расположены вплотную точно по центру платы индикации. Крепёжные отверстия в четырёх латунных стойках М2,5 расположены по углам прямоугольника 111х18 мм



Разъёмы на плате синтезатора (вид на синтезатор сзади):



VFO1 – выход ГПД

VFO2 – выход второго гетеродина «А/В»

BFO2 – выход опорного генератора «С»

Энкодер в комплект синтезатора не входит, он заказывается, при необходимости, отдельно!

Можно использовать механические и оптические энкодеры.

Схема внешних подключения синтезатора «TURBO-LED»

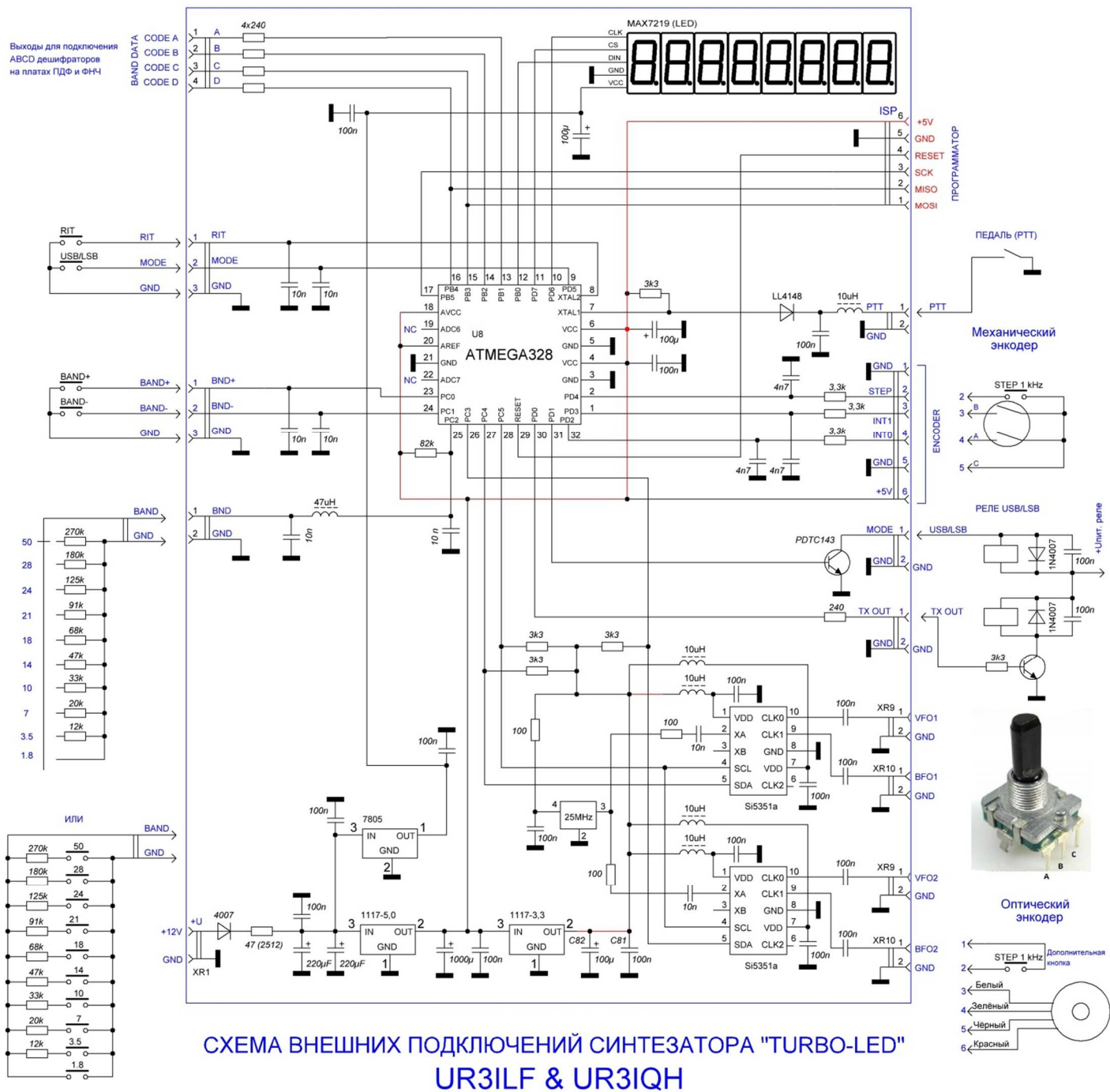


СХЕМА ВНЕШНИХ ПОДКЛЮЧЕНИЙ СИНТЕЗАТОРА "TURBO-LED" UR3ILF & UR3IQH