

Синтезатор частоты «Дружба-3М»

(модель RUStatic-8A, версия 5.0 2025г.)

Универсальный синтезатор частоты со статической индикацией RUStatic-8A разработан для работы с трансивером «Дружба-М», но фактически является универсальным и для других радиолюбительских конструкций от приемника до трансивера. Отличительной чертой данного синтезатора является простой, доступный и удобный в использовании индикатор на 7-сегментах. Данная индикация хорошо себя зарекомендовала во многих конструкциях по всему Миру. На экране – только частота! Глаз не устает от безумного количества информации в отличие от больших современных дисплеев трансиверов!

В качестве основных компонентов для разработки синтезатора мы выбрали высокопроизводительный процессор Atmel, микросхему-генератор Si5351, уже зарекомендовавшую себя с лучшей стороны в радиолюбительских кругах, а также систему управления статической индикацией с помощью микросхем 74НС595, что делает синтезатор малозумным.

Технические характеристики

- Генератор частоты организован на микросхеме Si5351a
- Два гетеродина: основной и опорный – от 10 кГц до 99 МГц
- Управление синтезатором производится энкодерами и кнопками верхнего и нижнего ряда вокруг индикации
- Шаг перестройки основного энкодера 1Гц, 10Гц или 100Гц. На один оборот энкодера 100Гц, 1 кГц или 10 КГц соответственно. Шаг перестройки вспомогательного энкодера можно устанавливать любой в пределах от 1 Гц до 10 МГц.
- Возможность задать любую частоту кнопками
- Управление переключением УВЧ, АТТ, АРУ, CW и RIT (на выходах напряжение 12В для переключения соответствующих реле на платах трансивера). Индикация переключений светодиодная рядом с кнопками.
- Быстрое переключение между радиолюбительскими диапазонами – 160, 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 и 10метров
- Возможность убрать неиспользуемые диапазоны, а также установить «любимые» частоты для каждого из диапазонов.
- Сохранение всех частот и функций при выключении питания.
- Режим расстройки управляется энкодером до ± 5 КГц от установленной частоты с шагом 10 Герц
- Поддержка сохраняемых частот VFO-A и VFO-2, а также быстрое переключение между ними (A=B, A/B)
- 4-х битный выход на переключение диапазонов на платах фильтров модификаций BPF-9, BPF-6, BPF-3 Дружба-3М, ФНЧ-2.11, ФНЧ-3М
- Встроенное меню для быстрой и удобной настройки промежуточной частоты (ПЧ), частоты опорного генератора и точной калибровки синтезатора
- Автоматический режим работы ПЧ:
 - до 10,5 Мгц складываем «+ПЧ»
 - выше 10,5 Мгц вычитаем «-ПЧ»
- Возможность переключаться на другую боковую полосу
- Высокопроизводительный процессор Atmel ATMEGA328A
- Светодиодная 8 разрядная индикация
- Потребление – до 250 mA
- Рекомендуемое питание синтезатора 12В.

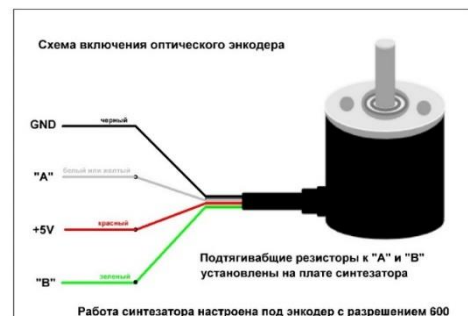
Подключение синтезатора в работу



Перед началом работы убедитесь, в правильности подключения энкодеров согласно иллюстрациям. В случае, если основной энкодер крутится не в ту сторону, то необходимо поменять местами выводы «А» и «В». В случае, если вспомогательный энкодер крутится не в ту сторону, то по аналогии с основным – поменять местами выводы «стрелка вверх» и «стрелка вниз».

Питание синтезатора +12В постоянного тока. При подключении питания необходимо соблюдать полярность, согласно нанесенной на плате маркировке.

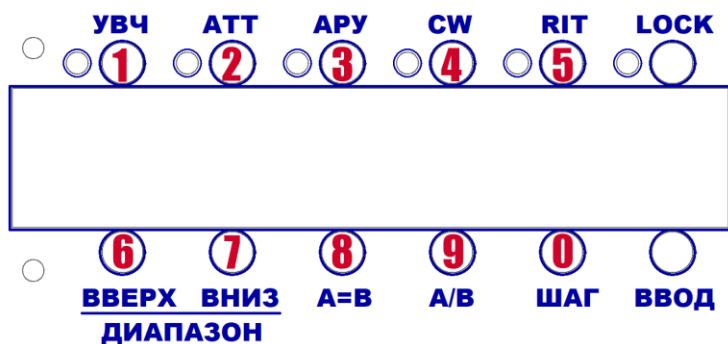
В рабочем режиме индикатор синтезатора отображает частоту активного основного гетеродина. Точность индикатора 8 разрядов, то есть 1 Герц. Над экраном установлены светодиоды для отображения активных режимов работы, а именно: УВЧ, АТТ, АРУ, CW, RIT (расстройки) и кнопки блокировки (LOCK). Под экраном располагаются кнопки переключения диапазонов, выбор активной частоты, установка шага и кнопка «Ввод» для подтверждения операций и ввода частоты вручную. Убедившись, что все работает, подключают все остальные кабели для управления трансивером.



Управление синтезатором

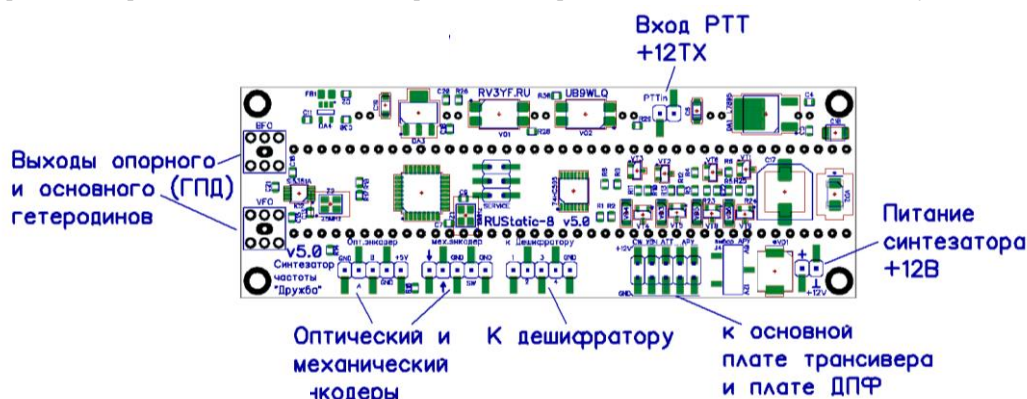
Перестройка частоты осуществляется с помощью энкодеров: основного оптического и вспомогательного механического.

- Основной оптический энкодер** имеет три варианта шага: 1Гц, 10Гц и 100Гц. Большое рабочее разрешение энкодера позволяет комфортно за один оборот перестраиваться на 100Гц, 1 кГц или 10 кГц соответственно. Это удобно как для точной настройки на частоту оператора, так и быстрого прохождения по диапазону. Шаг перестройки оптического энкодера изменяется однократным нажатием кнопки «Шаг» под экраном синтезатора. Оптический энкодер не входит в стандартный пакет комплектации. Синтезатор может работать без подключения оптического энкодера к плате.
- Вспомогательный механический энкодер** также используется для перестройки по частоте с заданным шагом. Шаг перестройки изменяется нажатием кнопки энкодера (по умолчанию установлено значение 1000 Герц). Для изменения шага перестройки необходимо выбрать необходимое значение энкодером, вращая вал влево-вправо. Значение меняется с шагом 50, а для значений менее 50 – с интервалом 1 Герц. Для подтверждения изменения шага перестройки частоты необходимо еще раз нажать кнопку энкодера. Экран подтвердит ввод данных коротким мерцанием, и вернется в рабочий режим, отобразив текущую частоту основного гетеродина. Перестройка ведется кратно выставленному шагу, и если единицы или десятки Герц в значении шага равны нулю, а до изменения шага на экране была частота с точностью до герц или десятков Герц, то с первой перестройкой значения частоты будут округляться. Например, частота на экране 7.085.120 Гц. Выставлен шаг перестройки вспомогательным энкодером 1100 Гц. В таком случае следующая частота при перестройке вверх будет 7.086.200, а если крутить в обратную сторону – 7.084.000.
- При помощи **кнопок «ВВЕРХ» и «ВНИЗ»** происходит смена диапазона в соответствующую сторону. В памяти процессора запрограммированы девять радиолюбительских диапазонов. При смене диапазона информация о частоте сохраняется, и, вернувшись в эту ячейку, Вы можете продолжить работу. Изначально все девять ячеек настроены на радиолюбительские частоты: 160, 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 и 10 метров.



частоту до «нуля» и ожидает ввода новой частоты. Цифры для набора соответствуют от 1 до 5 в верхнем ряду и от 6 до 0 в нижнем ряду (см. иллюстрацию выше). Например, для того, чтобы ввести частоту в синтезатор 14.170.500 необходимо нажать «Ввод». Далее, на индикаторе будет отображен «0». Кнопками, соответствующим цифрам вводим 14170500. По окончании ввода частота несколько раз мерцает и готова к работе. В случае, если новая частота будет менее 8 цифр, например, 7.100.000 то для подтверждения необходимо ввести 7100000, и нажать «Ввод». Новая частота также будет подтверждена коротким мерцанием индикатора.

- Кнопки «УВЧ», «АТТ» осуществляют управление соответствующими режимами: включают/отключают усилитель высокой частоты или аттенюатор. При активации режима отображается соответствующий светодиод над экраном, а на одноименном выходе на плате синтезатора появляется напряжение +12В, которое подается плату диапазонных фильтров к разъему УВЧ и АТТ.
- Кнопка «АРУ» осуществляет включение/выключение автоматической регулировки усиления трансивера. В трансивере «Дружба-3М» АРУ постоянно включена, и выключается замыканием выхода АРУ на «землю». В других трансиверах, наоборот, необходимо подавать +12В по аналогии с УВЧ и АТТ. В качестве универсальности на плате присутствует переключатель возле разъема АРУ. Переключатель устанавливает, какое напряжение будет подаваться при активации функции АРУ: ноль или +12В. На плате соответственно два выхода: для работы с «нулем», и «+12В». Выбираем тот, что подходит в Вашей конструкции.
- Кнопка «CW» переключает режим трансивера между SSB и телеграфом, подавая +12В на соответствующем выходе с синтезатора к основной плате трансивера. Трансивер в свою очередь переключает фильтры ПЧ.
- Кнопка «CW» - долгое нажатие 1-2 сек, в режиме SSB (то есть, индикация CW не горит) происходит переключение между боковыми полосами. Есть три переключения: SSB (автоматический режим выбора боковой), USB – верхняя боковая и LSB – нижняя боковая полоса. При переключении на индикации отображается “USB, LSB или SSB”. В случаях, когда опорный гетеродин выключен, а также при выключенном опорном гетеродине, но при значении «BFO_SHIFT=0» (см. описание установки BFO_SHIFT), то переключение боковых полос происходит с помощью изменения частоты основного гетеродина, прибавляя или вычитая значения промежуточной частоты. Например, при ПЧ 8.865МГц на частоте 14.170.000 по умолчанию верхняя боковая. Частота основного гетеродина равна 5.305 МГц. В случае изменения боковой полосы частота гетеродина изменится по правилу «Частота + ПЧ», и будет равна 23.035 МГц. В случаях, когда частота приема меньше, чем значение ПЧ (в данном примере менее 8.865 МГц), то переключение на верхнюю боковую изменением частоты основного гетеродина выполнить невозможно, т.к. частота не может быть меньше нуля. В случае, если опорный гетеродин включен и значение BFO_SHIFT, отличное от нуля, то переключение боковых полос происходит с помощью сдвига опорной частоты с нижнего ската фильтра на верхний. Например, фильтр с центральной частотой 8.865 МГц и полосой 3 КГц. Опорный гетеродин настроен на нижний скат фильтра на частоту 8.863500 МГц. При нижней боковой полосе частота основного гетеродина будет 8.863500 + частота приема. При переключении на верхнюю боковую полосу частота основного гетеродина изменится на значение +BFO_SHIFT, т.е. будет равен 8.866,500. Опорный гетеродин в свою очередь будет настроен на верхний скат фильтра на той же частоте 8.866,500.
- Кнопка «RIT» «расстройка». Активный режим расстройки отображается свечением светодиода. В режиме трансивера RX («на прием») при включенной расстройке перестройка частоты основным оптическим энкодером приостанавливается, а частота корректируется вспомогательным механическим энкодером с шагом 10 Герц. Значение этого шага не изменяется. Расстройку можно выполнять на 5 КГц выше или на 5КГц ниже установленной частоты, что вполне достаточно для выполнения своих функций. При переходе трансивера в режим TX («на передачу») синтезатор возвращает значение установленной частоты на выходе основного гетеродина, временно отключая расстройку. При переходе обратно на «прием» режим расстройки снова возвращается к работе на той же частоте. Значение дельты частоты расстройки, т.е. то изменение, на которую происходит изменение от основной частоты сохраняется при отключении/включении расстройки, а также на других частотах до отключения питания синтезатора. Для быстрого обнуления частоты сдвига необходимо нажать кнопку “RIT” в течение 1-2 секунд.
- Кнопка «LOCK» блокирует остальные кнопки от случайных нажатий, а также приостанавливается работа обоих энкодеров. Это удобно для работы в полях, в движении или при наличии рядом детей. Для выхода из режима блокировки необходимо нажать на кнопку “LOCK” в течение 1-2 секунд. Индикатор потухнет, и работа синтезатора вернется в обычный режим
- Отключение питания. При отключении питания синтезатор мгновенно сохраняет все включенные режимы и текущую частоту. При следующем включении все данные будут сохранены, за исключением значений частоты расстройки и блокировки кнопок.



Настройка и калибровка

- «Установка ПЧ» выполняется с помощью одновременного нажатия кнопок «УВЧ» и «ДИАПАЗОН-ВВЕРХ», то есть две смежные кнопки верхнего и нижнего ряда. При успешном входе в меню установки ПЧ на индикаторе высветится «ПЧ» на несколько секунд, и синтезатор будет отображать текущую частоту ПЧ (По умолчанию – 0). В момент установки частоты индикация мерцает, что позволяет убедиться, что синтезатор находится в режиме настройки. Установка частоты производится несколькими способами:

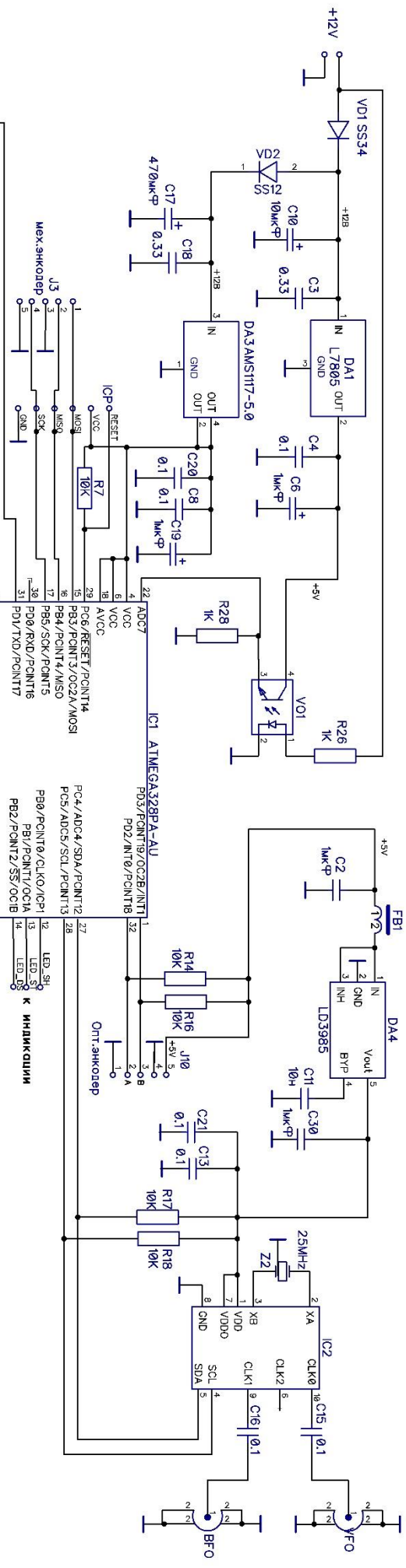
- Выбором частоты из памяти кнопками «ВВЕРХ-ВНИЗ». Доступно 9 ячеек памяти с ПЧ. По умолчанию добавлены следующие частоты: 0, 8.865 МГц, 455 КГц, 465 КГц, 500 КГц, 5 МГц, 5.5 МГц, 9 МГц, 10.7 МГц. Каждую ячейку можно редактировать. Все частоты будут сохраняться в энергонезависимую память.
- Перестройкой частоты основным энкодером или вспомогательным энкодером. Это удобно делать, если нужно незначительно скорректировать текущую частоту ПЧ.
- С помощью ввода частоты кнопками (нажатие кнопки «Ввод», и далее установка частоты – см. выше в описании кнопки «Ввод»). Этот способ удобен для ввода любой частоты. После ввода частоты синтезатор автоматически выходит из меню настройки в обычный режим работы, и перестает мерцать.
- Для подтверждения установки частоты и выхода из меню «Установка ПЧ» необходимо еще раз одновременно нажать кнопки «УВЧ» и «ДИАПАЗОН-ВВЕРХ». При успешном выходе из меню индикация перестанет мерцать – синтезатор в рабочем режиме.
- **«Установка частоты опорного гетеродина – BFO»** выполняется с помощью одновременного нажатия кнопок «АТТ» и «ДИАПАЗОН-ВНИЗ», то есть две вертикально смежные кнопки верхнего и нижнего ряда. При успешном входе в меню установки опорного гетеродина на индикаторе высветится «BFO» на несколько секунд, и синтезатор будет отображать текущую частоту (по умолчанию – 0 – выход отключен). В момент установки частоты индикация мерцает, что позволяет убедиться, что синтезатор находится в режиме настройки. Установка частоты производится по аналогии «установки ПЧ» – также именуются 9 ячеек памяти с такими же частотами. Для Выхода из меню установки BFO выполняется одновременного нажатия кнопок «АТТ» и «ДИАПАЗОН-ВНИЗ»
 - **Внимание!** Если предыдущее значение частоты ОГ было нулевым, то для активации и включения выхода «BFO» требуется перезагрузка синтезатора. Или, наоборот, если нужно отключить выход, устанавливается значение «0», и опять следует перезагрузить устройство.
- **«Калибровка si5351».** При отклонении частот гетеродинов от реальных необходимо выполнить калибровку синтезатора к частоте кварца 25МГц, который используется в качестве опорного для микросхемы Si5351. Одновременное нажатие кнопок «APY» и «A=B», то есть смежных по вертикали для верхнего и нижнего ряда, переводит в режим калибровки кварца 25 МГц. На экране отобразится «OSC25» на 2 секунды, и на индикаторе будет отображаться текущая частота кварца 25 МГц с точностью до Герца. Корректировка частоты производится основным или вспомогательным энкодером, т.к., как правило, корректировка выполняется плюс минус несколько сотен Герц. Калибровку необходимо выполнять, имея точный частотомер для контроля частоты гетеродинов. Для подтверждения установки частоты и выхода из меню «Калибровка si5351» необходимо еще раз одновременно нажать кнопки «APY» и «A=B». При успешном выходе из меню индикация перестанет мерцать – синтезатор в рабочем режиме.
- **«Настройка диапазонов и их частот».** Переход в меню выполняется с помощью одновременного нажатия кнопок «CW» и «A/B», то есть две смежные кнопки верхнего и нижнего ряда. При успешном входе в меню индикация начнет мерцать, отображая последнюю частоту. Навигация между диапазонами осуществляется кнопками «ВВЕРХ» и «ВНИЗ». Для перестройки и установки частоты используются энкодеры. Нажатием кнопки «ВВОД» можно выключить или включить диапазон для использования. Однократное нажатие «ВВОД» - появляется сообщение «OFF». Это означает, что выбранный диапазон будет исключен из списка используемых в трансивере, и отображаться не будет. Повторное нажатие кнопки «Ввод» отобразит сообщение «ON», что означает, что выбранный диапазон снова включен в работу. Можно выключить не более восьми диапазонов одновременно, т.е. последний выключить не получится. По завершению корректировок и выбора диапазонов для сохранения и подтверждения изменённых данных необходимо выйти из меню настройки одновременным нажатием кнопок «CW» и «A/B». По факту выхода из меню настройки, синтезатор сохранит все корректировки по частотам и диапазонам, и будет выводить их при навигации в обычном режиме.
- **«Установка BFO_SHIFT».** Данное значение используется для смены боковых полос с помощью опорного гетеродина. Как правило, это значение должно соответствовать полосе используемого фильтра ПЧ. Например, для SSB это обычно около 3 КГц. Вход в меню установки осуществляется одновременным нажатием кнопок «RT» и «ШАГ» при условии, что опорный гетеродин включен, и имеет значение частоты, отличной от нуля. Если опорный гетеродин отключен, то вход в меню настройки BFO_SHIFT невозможен.

Восстановление заводских настроек

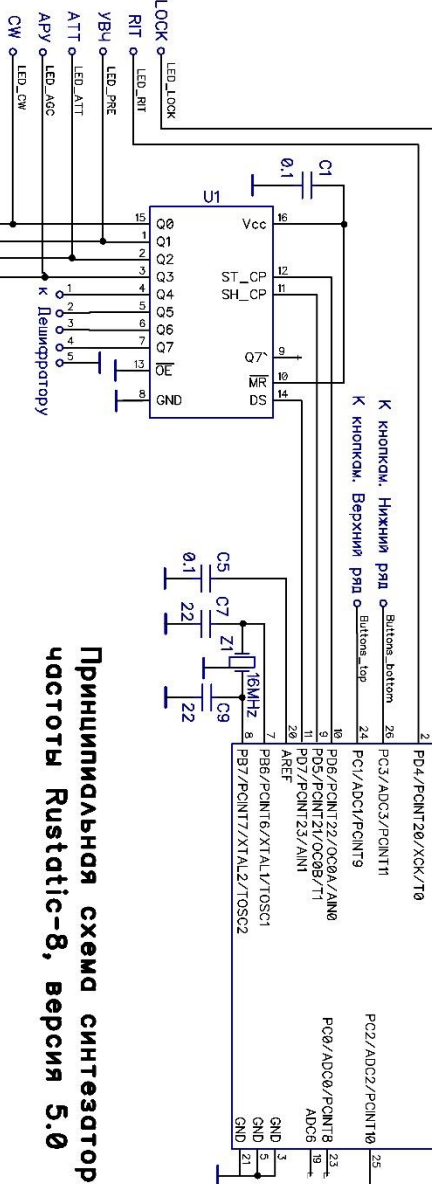
При необходимости вернуть заводские настройки необходимо выполнить следующую последовательность действий: одновременно нажать кнопки «УВЧ» и «ВВОД». Цифры на экране начнут мерцать. Далее в течение последующих 5 секунд необходимо нажать и удерживать кнопку энкодера до тех пор, пока на экране не появится «88888888». После этого синтезатор перезагрузится. Если в течение 5 секунд кнопка энкодера не будет нажата, синтезатор вернется в обычный режим работы.

Разъемы

- **Выход основного сигнала ГПД «VFO»** подключается к разъему на основной плате трансивера (на основной плате трансивера «Дружба-М» – вход «ГПД»). Во избежание наводок и помех, рекомендуется использовать специализированный ВЧ кабель
- **Выход опорного генератора BFO** подключается к соответствующему входу на плате трансивера. Например, на основной плате трансивера «Дружба-М» есть разъем «Внешний ОГ». Штатный аналоговый опорный генератор на плате при этом отключают (см. документацию к основной плате трансивера)
- **Разъем «к дешифратору GND 4,3,2,1»** соединяется с соответствующими выводами на плате дешифратора, который переводит двухбитный сигнал на переключение реле плат ФНЧ и ДПФ.
- **Разъем «APY и Выбор APY»** – как правило, подключается к основной плате трансивера. На плате трансивера «Дружба-М» - это вывод разъема APY ВКЛ/ВЫКЛ. Так как данный синтезатор ориентирован преимущественно для трансивера «Дружба-М», то при активации APY с выхода синтезатора будет «0», то есть замыкаем на землю. Например, в трансивере «Роса», нужно наоборот подавать +12В на вход APY, поэтому для «Росы» данный переключатель нужно перевести +12В и использовать соответствующий выход APY с синтезатора.
- **Разъем «АТТ» (Аттенюатор)** – Включение/выключение аттенюатора. Выход подключается к плате «ДПФ-9, «ДПФ-6» на соответствующий разъем. При активации с выхода подается напряжение +12В. Для надежного переключения реле на плате ДПФ необходимо, чтобы питание синтезатора было не менее 12В, т.к. именно с него берется опорное напряжение для транзисторов переключения.
- **Разъем «УВЧ» (Усиление ВЧ)** – Включение/выключение усилитель ВЧ на плате «ДПФ-9» или «ДПФ-6». Выход активирует +12В и управляет реле на плате ДПФ. Подключается к соответствующему разъему. По аналогии с выходом «АТТ» следим за питанием синтезатора - не менее 12В.
- **Разъем «CW» (телеграфный режим)** – включение/выключение телеграфного режима работы трансивера. При активации с выхода подается напряжение +12В (в зависимости от питания синтезатора) на соответствующий вход на трансивере (или телеграфный блок). На основной плате трансивера «Дружба-М» выход «CW» подключается к разъему CW ON/OFF
- **Разъем RTTin** – переводит синтезатор в режим передачи, тем самым отключая функцию расстройки, и отключая работу перестройки частоты. Данный разъем предназначен для подачи на него +12В с основной платы трансивера с разъема «+12V TX». Процессор защищен от высокого напряжение на этом разъеме через оптопару VO2, поэтому ошибок нет – подаем +12В.



Светодиоды

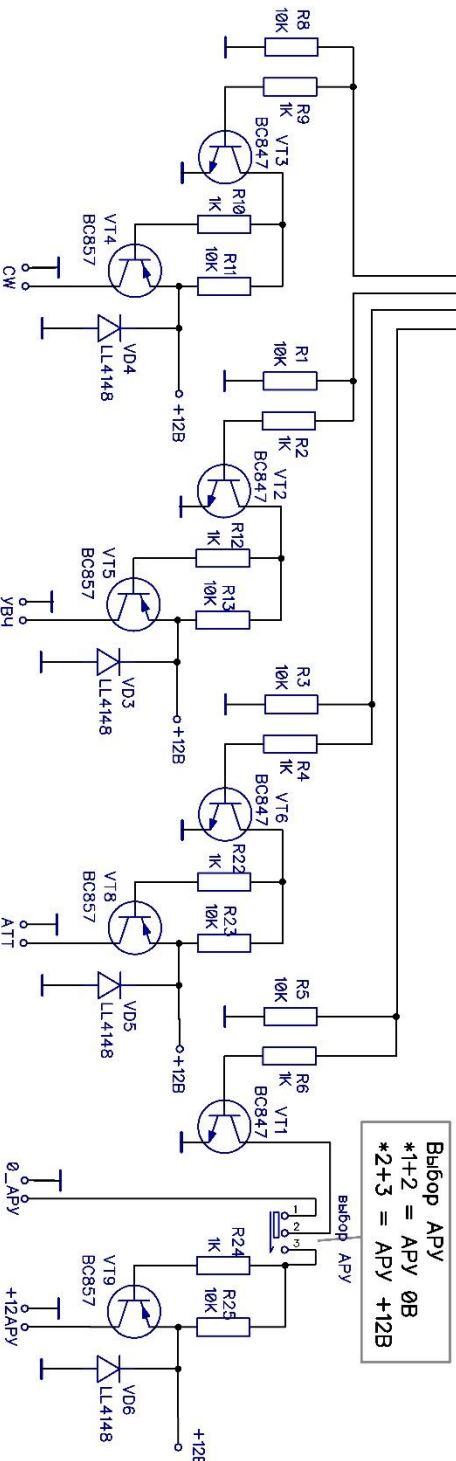


Принципиальная схема синтезатора частоты Rustatic-8, версия 5.0

Подключение энкодера
 А - Зеленый провод
 В - Белый провод
 +5V - Красный провод
 Т - черный провод и оплетка

Таблица дешифратора

Номер вывода	4	3	2	1
1,8 МГц	0	0	0	1
3,5 МГц	0	0	1	0
7 МГц	0	0	1	1
10 МГц	0	1	0	0
14 МГц	0	1	0	1
18 МГц	0	1	1	0
21 МГц	0	1	1	1
24 МГц	1	0	0	0
28 МГц	1	0	0	1



Выбор АРУ
 *1+2 = АРУ 0В
 *2+3 = АРУ +12В

Если +12V, то активно
 Если 0V, но неактивно