

RX USB WID PRE 10Hz
14 150 kHz
AGC RIT +0.100
B 14.150.000
oooooooooooooooooooooooo
S 3 6 9 +30

HAM
RADIO

СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ «ДРУЖБА»

Оглавление

Введение	3
Основные характеристики	3
Конструкция и детали	4
Программирование микроконтроллера	5
Отображаемая на дисплее информация.....	9
Назначение кнопок управления.....	10
Границы диапазонов по умолчанию	11
Режим RIT	12
Меню установок синтезатора.....	13
Развёрнуто о некоторых настройках	14
Калибровка S-метра	15
Сброс настроек синтезатора.....	16
Версия документа и история изменений	17

Введение

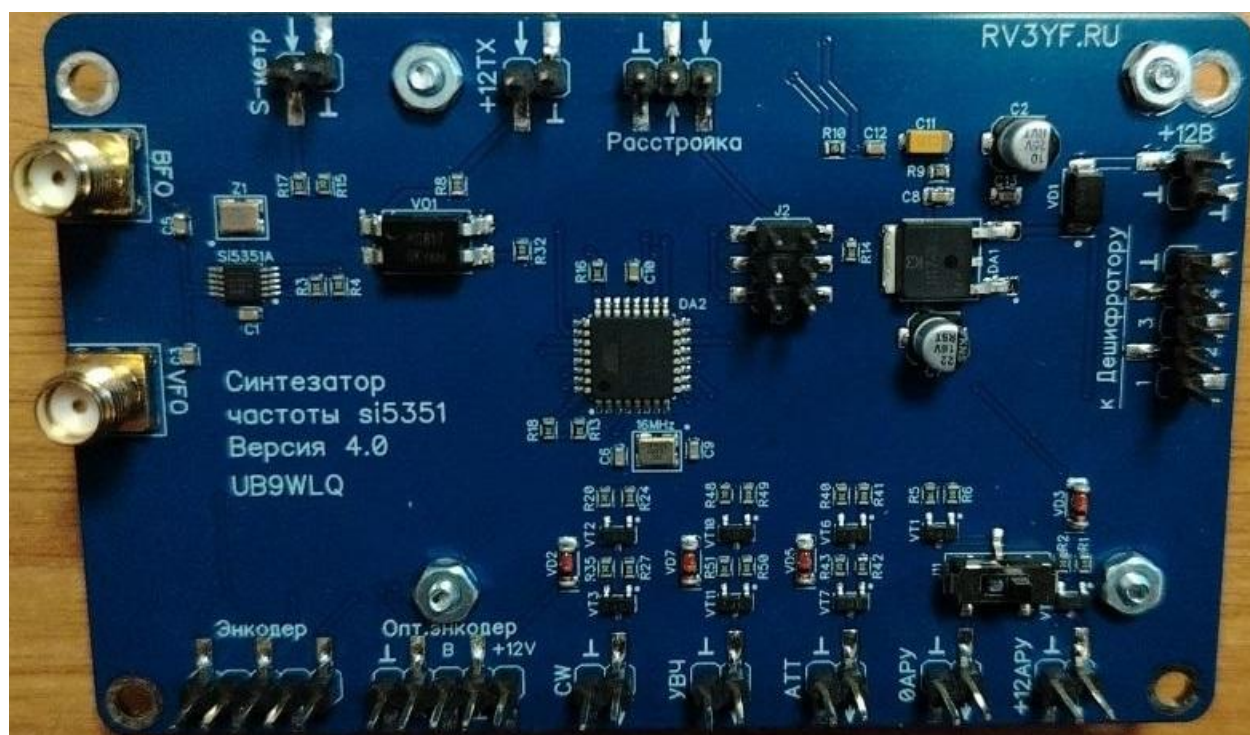
Синтезатор предназначен для применения в качестве гетеродина в трансивере или приёмнике с одной ПЧ. Синтез частоты осуществляется микросхемой Si5351A. Перестройка частоты осуществляется валкодером.

Основные характеристики

- Напряжение питания: 9 - 14 В
- Потребляемый ток: 60-70 мА
- Диапазон частот: 100 кГц - 32 МГц
- Выходное сопротивление: 50 Ом
- Форма выходного напряжения: меандр
- Размах выходного напряжения: до 3 В
- Частота ПЧ: 110 кГц – 12 МГц (Устанавливается в настройках)
- Индикатор: ST7565 128x64
- Клавиатура: 10 кнопок (АЦП)

Конструкция и детали

Синтезатор собран на печатной плате размером 92х61 мм. Печатная плата изготовлена из стеклотекстолита FR-4 толщиной 1.6мм в заводских условиях.



Программирование микроконтроллера

Программирование микроконтроллера осуществляется через сервисный разъём J2. Программатор подключается к разъёму J2 согласно распиновке изображённой на рис. 1.

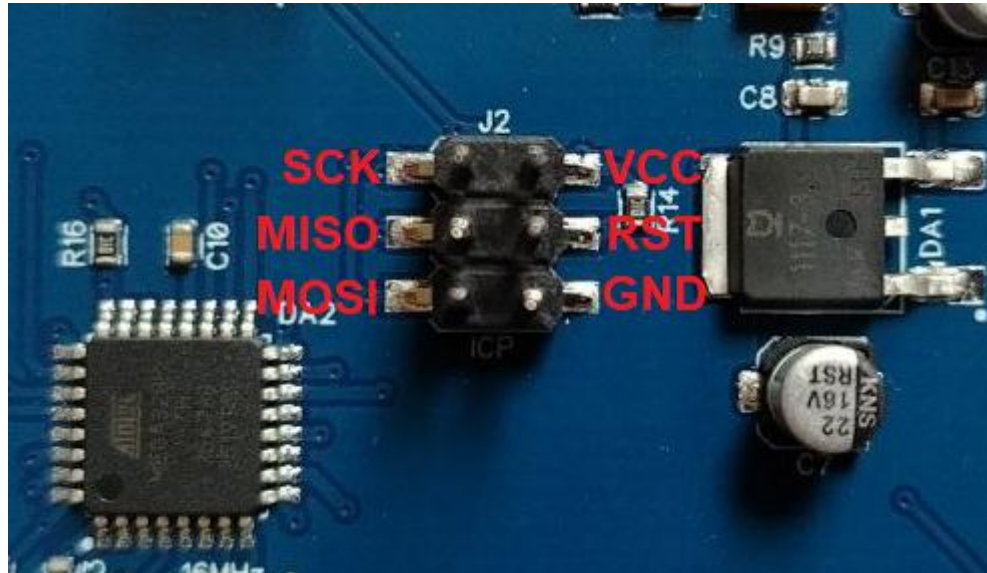


Рис. 1. Распиновка разъёма J2



ВАЖНО! Питание микроконтроллера, синтезатора частот и дисплея 3.3 В, а питание от программатора для внутрисхемного программирования как правило 5 В. Чтобы не повредить элементы схемы повышенным напряжением, контакт VCC (питание) разъёма J2 к программатору не подключать! При этом основное питание 12 В должно быть подано на соответствующий разъём синтезатора.

Программирование микроконтроллера показано на примере программатора STK500 и ПО AvrDudeProg 5.6. Программа доступна на сайте разработчика <https://yourdevice.net/projects/avrdudeprog5/>

Установка и запуск программы особенностей не имеют. На рис. 2 показано основное окно программы.



Рис. 2 Вкладка «Programming»

Вкладка «Programming»:

1. Выбор языка интерфейса (требуется перезагрузка программы);
2. Выбор программатора;
3. Выбор COM порта, к которому подключен программатор и скорость обмена;
4. Выбор микроконтроллера;
5. Выбор файла прошивки;
6. Кнопки записи и проверки Flash-памяти микроконтроллера.

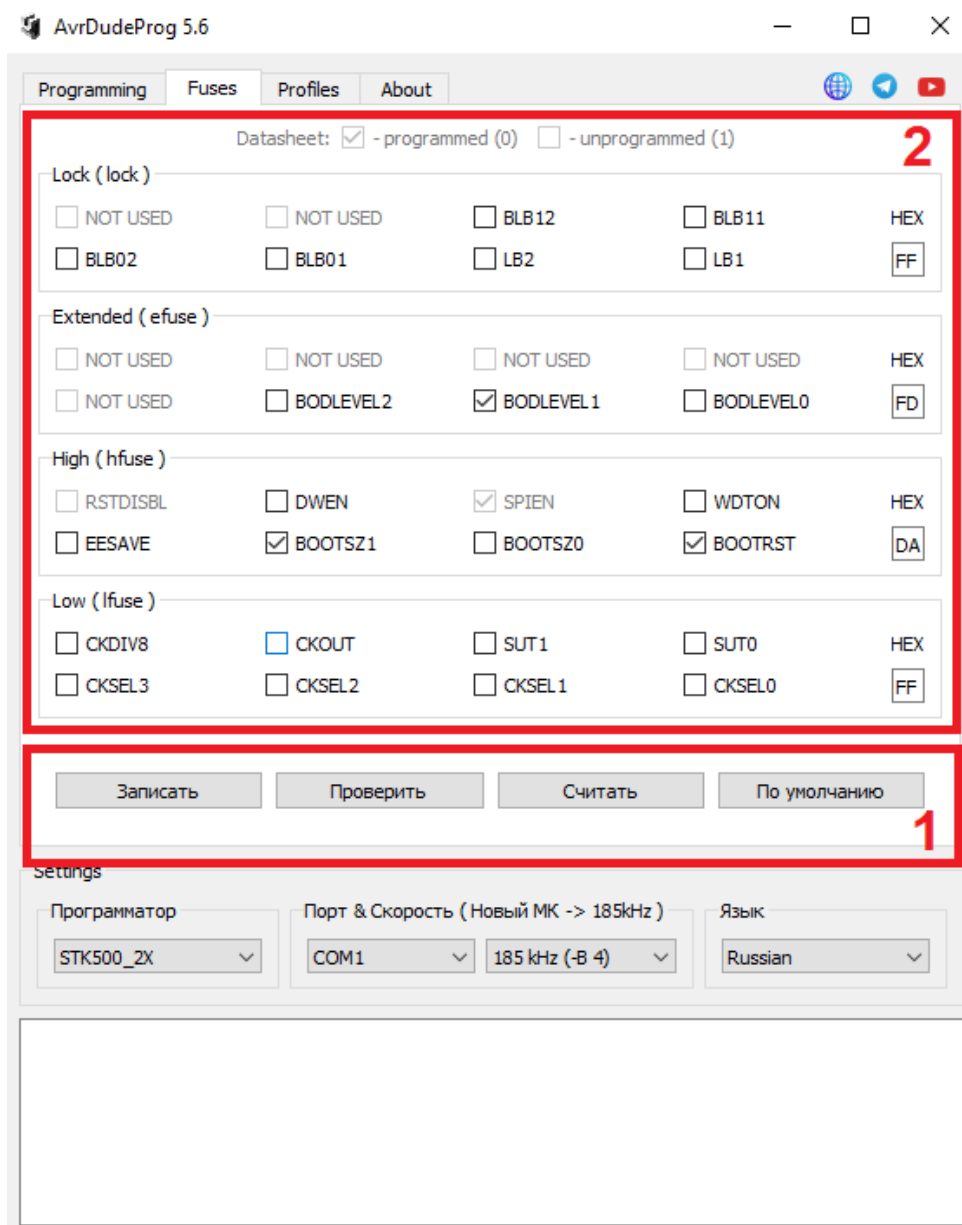


Рис. 3 Вкладка «Fuses»

Вкладка «Fuses»:

1. Кнопки записи, чтения и проверки фьюзов микроконтроллера;
2. Битовые поля выбора фьюзов.

Во вкладке «Programming», выбираем микроконтроллер ATmega328P. Переходим во вкладку «Fuses». Для правильной работы микропрограммы необходимо выставить фьюзы микроконтроллера:

- Extended Fuse = 0xFD;
- High Fuse = 0xDA;
- Low Fuse = FF;
- Lock Fuse = FF.

Или ориентироваться на рис. 3. После установки фьюзов нужно нажать кнопку «Записать».

Далее, переходим во вкладку «Programming», выбираем нужный файл прошивки с расширением .hex и нажимаем кнопку «Записать». После записи файла прошивки происходит автоматическая проверка записанного содержимого. Чтобы удостовериться в правильности записи можно дополнительно проверить содержимое Flash памяти микроконтроллера нажав соответствующую кнопку.

После программирования микроконтроллер записывает в EEPROM настройки по умолчанию. При этом на дисплее синтезатора будут выводиться информационные сообщения. Для принудительного сброса настроек по умолчанию обратитесь к соответствующему разделу данного руководства.

Отображаемая на дисплее информация

На дисплее синтезатора в режиме приёма (см. рис. 4) и передачи (см. рис. 5) отображается следующая информация:

1. режим работы трансивера: **RX** – приём, **TX** – передача;
2. текущий режим модуляции: **LSB**, **USB**, **CWU**, **CWL**;
3. активный фильтр: **WID** – широкий (SSB), **NAR** – узкий (CW);
4. входные цепи приёмника: **PRE** – УВЧ, **ATT** – аттенюатор;
5. шаг настройки частоты;
6. частота настройки активного VFO;
7. отображение активации АРУ;
8. отображение расстройки VFO в режиме приёма – **RIT**;
9. частота настройки неактивного VFO;
10. шкала S метра;
11. шкала излучаемой мощности в режиме передачи.

1	2	3	4	5
RX	USB	WID	PRE	10Hz
6				
7	AGC	8	RIT +0.100	
		9	B 14.150.000	
				
6	3	6	9	+30 10

Рис. 4 Отображение информации в режиме приёма

TX USB MID PRE 10Hz
4 50 kHz
AGC
E 14.150.000
P 50 11 100

Рис. 5 Отображение информации в режиме передачи

Назначение кнопок управления

В режиме RX:

«*PRE*» - быстрое нажатие включает УВЧ. Если УВЧ или аттенюатор были включены, отключает УВЧ или аттенюатор. Долгое нажатие принудительно включает УВЧ, если при этом был включен аттенюатор, то он отключается.

«*ATT*» - работает аналогично кнопке «*PRE*», переключая аттенюатор.

«*DOWN*» - быстрое нажатие переключает диапазоны по кругу вниз.

«*UP*» - быстрое нажатие переключает диапазоны по кругу вверх.

«*STEP*» - быстрое нажатие переключает шаг настройки по кругу: 1 Гц – 10 Гц – 50 Гц.

«*CW/SSB*» - быстрое нажатие переключает модуляцию: LSB – USB – CWU – CWL. Долгое нажатие переключает полосу: LSB – USB или CWU – CWL.

«*RIT*» - быстрое нажатие включает или отключает расстройку в пределах ± 9 кГц. Долгое нажатие в режиме включенной расстройки устанавливает частоту активного VFO с учётом расстройки. При этом режим расстройки отключается, а её значение обнуляется. Долгое нажатие в режиме выключенной расстройки включает расстройку и обнуляет её значение.

«*A/B*» - быстрое нажатие переключает VFO-A / VFO-B. Долгое нажатие включает / отключает АРУ.

«*A=B*» - быстрое нажатие уравнивает частоту активного VFO с частотой неактивного VFO, при этом активным VFO становится VFO-A. Долгое нажатие переключает фильтр: широкий, узкий.

«*MENU*» - быстрое нажатие - вход в меню. Долгое нажатие – сохранение настроек текущего диапазона. Примечание: при переключении диапазона настройки предыдущего диапазона сохраняются.

В режиме TX:

Все кнопки блокируются.

Границы диапазонов по умолчанию

Границы диапазонов можно устанавливать произвольно в меню синтезатора в пределах $1000000 - 32000000$ Гц. Однако следует учитывать, что на входе трансивера или приёмника установлены диапазонные полосовые фильтры, которые ослабят сигнал вне полосы прозрачности.

Установленное по умолчанию распределение частот по диапазонам приведено в таблице 1.

Диапазон	Нижняя граница, Гц	Верхняя граница, Гц
0	1.790.000	2.010.000
1	3.490.000	3.810.000
2	6.990.000	7.210.000
3	9.990.000	10.160.000
4	13.990.000	14.360.000
5	18.000.000	18.300.000
6	20.990.000	21.460.000
7	24.800.000	25.000.000
8	27.990.000	29.800.000

Таблица 1. Границы диапазонов по умолчанию

Режим RIT

При включении режима *RIT* частота расстройки в пределах диапазона запоминается и восстанавливается при переходе из режима передачи в режим приёма. Включение расстройки долгим нажатием соответствующей кнопки обнулит значение частоты расстройки. Отключение режима *RIT* долгим нажатием кнопки, кроме обнуления значения частоты расстройки, установит частоту активного VFO с учётом текущего значения расстройки. При смене диапазона значение частоты расстройки обнуляется. В режиме приёма частоту расстройки устанавливают валкодером.

Меню установок синтезатора

Вызов меню осуществляется нажатием кнопки «MENU». Кнопками «DOWN» и «UP» осуществляется выбор пункта меню. Изменение значения пункта меню осуществляется валкодером. Сохранение значения пункта меню осуществляется кнопкой «CW/SSB». Если значение сохранять не нужно или оно было изменено случайно, то переключение пунктов меню вернёт предыдущее значение пункта меню.

Пункты меню и краткое описание сведены в таблицу 2.

Пункт меню	Название	Диапазон значений	Описание
000	BFO SSB Low Freq	100000-32000000	Частота нижнего ската широкого фильтра (SSB)
001	BFO SSB High Freq	100000-32000000	Частота верхнего ската широкого фильтра (SSB)
002	BFO CW Low Freq	100000-32000000	Частота нижнего ската узкого фильтра (CW)
003	BFO CW High Freq	100000-32000000	Частота верхнего ската узкого фильтра (CW)
004	Band 0 Low Freq	100000-32000000	Нижняя граница диапазона 0
005	Band 0 High Freq	100000-32000000	Верхняя граница диапазона 0
-//-	-//-	-//-	-//-
020	Band 8 Low Freq	100000-32000000	Нижняя граница диапазона 8
021	Band 8 High Freq	100000-32000000	Верхняя граница диапазона 8
022	Si5351 Xtal	100000-32000000	Частота опорного генератора синтезатора Si5351
023	Si5351 Out0 Curr	0-3	Ток драйвера выхода 0 Si5351 (0-2mA, 1-4, 2-6, 3-8mA)
024	Si5351 Out1 Curr	0-3	Ток драйвера выхода 1 Si5351 (0-2mA, 1-4, 2-6, 3-8mA)
025	Si5351 Out1	0-1	Активация выхода 1 Si5351 (0 – отл. 1 – вкл.)
026	VFO Mode	0-1	Режим работы VFO (см. развёрнутое описание)
027	----	---	---
028	Band 0 Enable	0-1	Активация диапазона 0
-//-	-//-	-//-	-//-
036	Band 8 Enable	0-1	Активация диапазона 8
037	Enc Divider	1-4-8-16-32	Делитель валкодера
038	----	---	---
039	S-meter: S1	0-1023	Калибровочное значение для S –метра (-121 дБм)
-//-	-//-	-//-	-//-
053	S-meter: S9 +60	0-1023	Калибровочное значение для S –метра (-13 дБм)
054	LCD: Contrast	0-31	Контраст изображения на дисплее
055	Enc Sens	1-31	Чувствительность интеллектуального валкодера

Таблица 2. Меню синтезатора

Развёрнуто о некоторых настройках

Для упрощения установки значений частот в пунктах меню 000 – 022 кнопкой «STEP» можно установить необходимый шаг настройки.

Если выход 1 (Out 1) микросхемы Si5351 (п.м. 025) не активирован (значение 0), то предполагается, что используется внешний кварцевый генератор для второго гетеродина, настроенный на нижний скат фильтра (выделяется верхняя боковая полоса). Такой режим предполагает классический расклад частот (частота VFO выше частоты приёма на диапазонах ниже 20 м, а на диапазонах 20 м и выше, частота VFO ниже частоты приёма). При этом, если промежуточная частота ниже частоты приёма, то значение частоты на выходе VFO рассчитывается по формуле:

$$F_{VFO} = F_{RX} - F_{IF}$$

А если промежуточная частота выше частоты приёма, то значение частоты на выходе VFO рассчитывается по формуле:

$$F_{VFO} = F_{IF} - F_{RX}$$

Если выход 1 (Out 1) микросхемы Si5351 (п.м. 025) активирован (значение 1), то VFO всегда выше частоты приёма, а переключение боковой полосы осуществляется BFO.

Активация (значение 1) пункта меню 026 (VFO Mode) позволяет переключать VFO и BFO между выходами Out0 и Out1 микросхемы Si5351. Такой режим позволяет избавиться от внешнего коммутатора гетеродинов для трансиверов «Радио – 76» и с аналогичной структурной схемой.

Если диапазон не активирован (п.м. 028 – 036), т.е. установлено значение 0, то этот диапазон исключается из списка, при переключении кнопками «DOWN» и «UP».

Чувствительность интеллектуального валкодера (п.м. 055) позволяет регулировать автоматическое переключение на большой шаг настройки при высокой скорости вращения. Чем меньше число, тем выше будет скорость вращения для переключения шага. Примечание: интеллектуальный валкодер не работает в меню, где предусмотрен большой шаг перестройки значений.

Калибровка S-метра

В режиме калибровки S метра отображается величина постоянного напряжения, поступающего с детектора АРУ или детектора S-метра на вход АЦП синтезатора. Если нет необходимости менять настройки S-метра, то пункты его калибровки можно пропустить.

Для проведения калибровки нужно подать на вход приёмника или трансивера ВЧ напряжение, соответствующее показаниям S-метра и уровням, указанными в столбце 3 ($R_{вх} = 50 \text{ Ом}$) или 4 ($R_{вх} = 75 \text{ Ом}$) таблицы 3. После установки напряжения соответствующего 1 баллу S-метра нужно нажать кнопку «CW/SSB». Это действие сохранит калибровочное значение. При необходимости, калибровочное значение можно скорректировать вручную валкодером. Последовательность действий нужно повторить для всех калибровочных значений показаний S-метра.

Уровень S-метра, балл	Уровень сигнала, dBm	Напряжение на входе ($R_{вх} = 50 \text{ Ом}$), мкВ	Напряжение на входе ($R_{вх} = 75 \text{ Ом}$), мкВ
1	-121	0.2	0.24
2	-115	0.4	0.49
3	-109	0.8	0.98
4	-103	1.6	1.9
5	-97	3.2	3.9
6	-91	6.3	7.7
7	-85	12.6	15.4
8	-79	25	30.7
9	-73	50	61.3
9+10dB	-63	158	194
9+20dB	-53	500	612
9+30dB	-43	1580	1940
9+40dB	-33	5000	6120
9+50dB	-23	15800	19400
9+60dB	-13	50000	61200

Таблица 3. Соответствие уровней S-метра и уровней сигнала на входе приёмника

Сброс настроек синтезатора

Чтобы сбросить настройки синтезатора нужно:

- отключить питание;
- нажать и не отпускать кнопку «MENU»;
- включить питание;
- дождаться отображения надписи «Default settings»;
- отпустить кнопку «MENU».

Версия документа и история изменений

Текущая версия документа: v. 2 (21.10.2026)

Версия документа v.1

Дата создания документа: 23.09.2026

Версия документа v.2

Дата изменения документа: 21.10.2026

Добавлен раздел «Программирование микроконтроллера». В описании меню добавлены актуальные данные.

Удалены неактуальные данные, в том числе в описании меню.

Исправлены ошибки, осуществлена корректировка таблиц и рисунков.