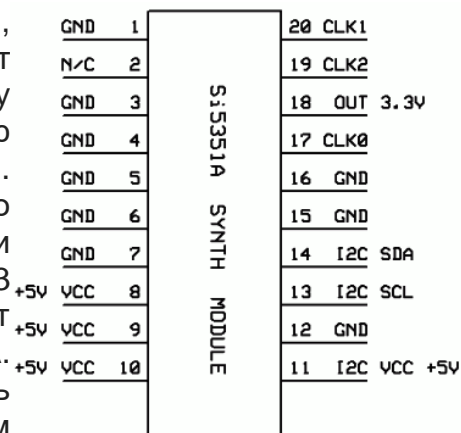


# Модуль синтезатора на основе Si5351A QRP Labs

Модуль синтезатора QRP Labs на базе Si5351A может одновременно генерировать до 3 различных прямоугольных импульсных сигналов в диапазоне от 8 кГц до 160 МГц с выходным импедансом 50 Ом. Модуль несложен в сборке, и не требует пайки элементов поверхностного монтажа. Микросхема Si5351A имеет очень маленькие размеры (корпус 3 x 3 мм, 10 выводов с расстоянием 0.5 мм между ними), но для вашего удобства она поставляется производителем уже на печатной плате. Микросхема построена с использованием двухпроводного интерфейса I2C последовательного протокола передачи данных.

Модуль синтезатора Si5351A имеет коннектор 2 x 10-пин, расположение и разводка напоминает (см. Рисунок справа от текста) разводку популярного модуля AD9850 DDS (есть на eBay и в других местах). В настоящее время модуль полностью совместим с набором Ultimate3 QRSS/WSPR (U3) [см. приложение 1], он может быть использован вместо оригинального модуля AD9850 DDS, без необходимости модернизации аппаратной части. Использование с набором U3 требует прошивки версии v3.07 или более новой, которые могут управлять запрограммированную I2C логику Si5351A. Расположение компонентов на плате позволяет разместить разъемы SMA на краю платы для каждого из трёх выходов, таким образом можно использовать модуль как отдельную плату генератора на Si5351A.

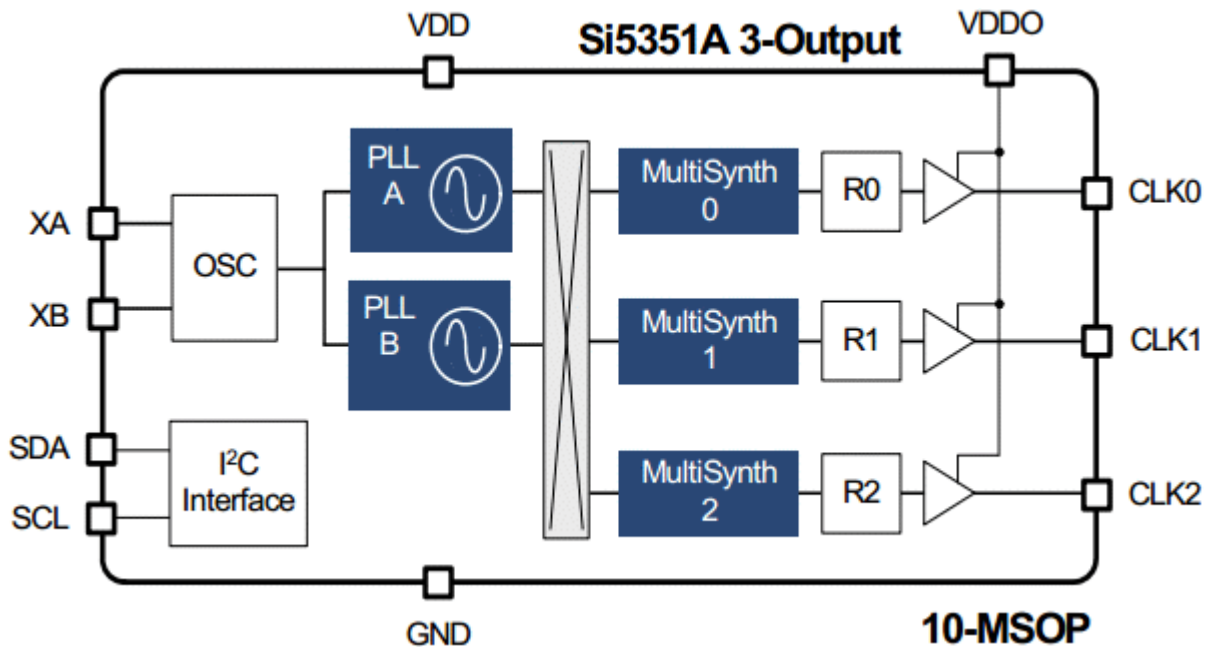


Питание модуля осуществляется от источника 5V, имеется встроенный регулятор напряжения для питания микросхемы Si5351A напряжением 3.3V. Это напряжение от стабилизированного источника также выведено на 18 вывод модуля. Схема также включает конвертеры интерфейса к 5V шине I2C. Если это необходимо, регулятор напряжения и конвертеры уровней могут быть вынесены за пределы платы, при использовании напряжения 3.3V.

## Принцип действия

Микросхема SiLabs Si5351A является «племянником» известного и популярного чипа Si570 с той разницей, что она значительно дешевле его. Однако, в отличие от Si570, у Si5351A внутри корпуса отсутствует кварцевый кристалл. Должен присутствовать либо внешний опорный генератор, либо кварц. Опорная частота может быть 25 МГц или 27 МГц.

В данном модуле используется кристалл с частотой 27 МГц. Такая частота выбрана из тех соображений, что появляется возможность конфигурировать чип для получения точного тонового расстояния (tone spacing) 1.46 Гц для WSPR, на любом любительском диапазоне от 2200 м (136 кГц) до 2 м (145 МГц). Кристалл с частотой в 25 МГц не может обеспечить тоновое расстояние (tone spacing) для WSPR на 2 м диапазоне.

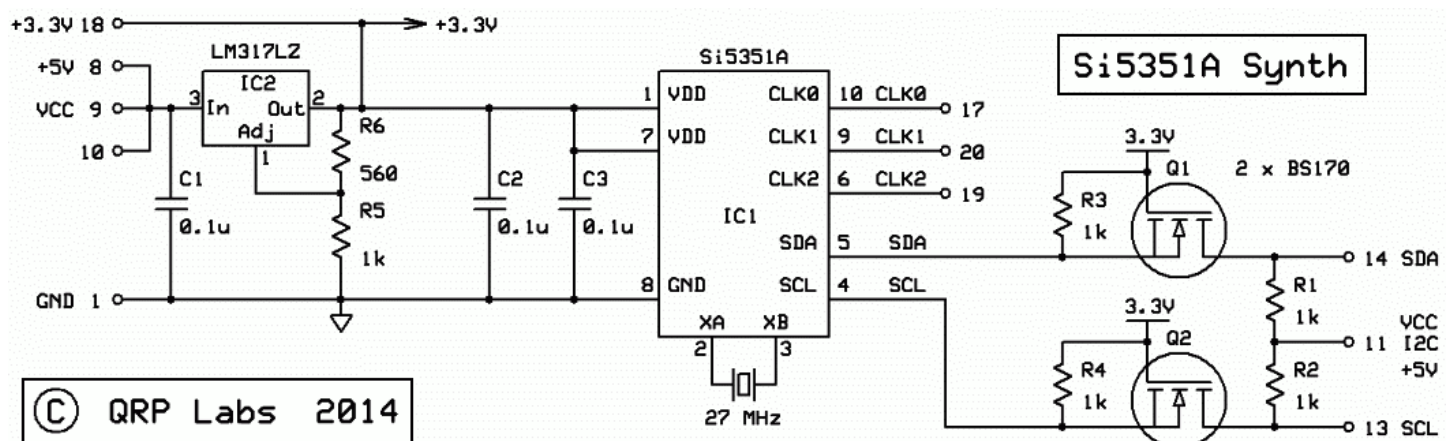


В общем, микросхема Si5351A синтезирует частоты на выходах в три этапа. Выше приведена структурная схема построения данного чипа (из документации к Si5351A).

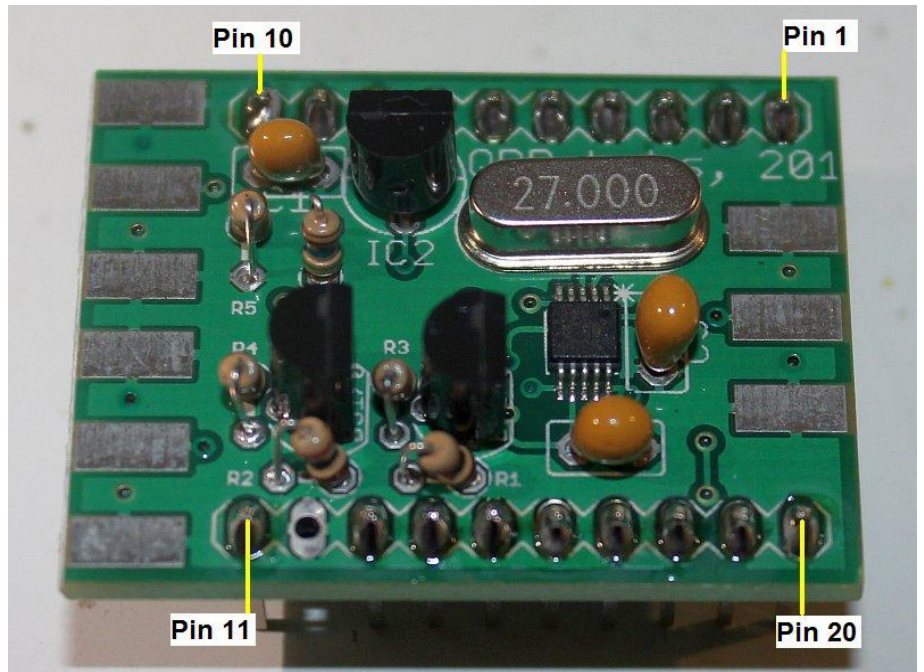
Изначально частота кварцевого опорного генератора умножается до внутренней частоты в диапазоне 600-900 МГц. В каждом чипе есть два модуля ФАПЧ, каждый из которых может использоваться для выбора другой внутренней частоты. На втором этапе одна из частот модулей ФАПЧ делится для получения трёх требуемых частот на выходе. Как умножение до внутренней частоты, так и деление до частот на выходе, используют дробные коэффициенты – целая и дробная части состоят из 20-битного числителя и знаменателя. Как вариант, третья ступень деления может быть сконфигурирована для деления на 2 в степени  $n$ , с максимальным коэффициентом деления 128. Это используется для получения низкочастотных сигналов между 8 кГц и 500 кГц.

Существует еще множество других функций и возможностей у данного чипа синтезатора. Более подробно с ними можно ознакомиться в документации на Si5351A [Приложение 2].

Кроме чипа Si5351A, на плате установлены: переменный регулятор напряжения LM317LZ, сконфигурированный для получения 3.3V на выходе, а также два двунаправленных конвертера из 3.3 в 5V для интерфейса I2C. Схема преобразования уровней с использованием двух транзисторов BS170 MOSFETs довольно известна и хорошо себя зарекомендовала. Далее приведена принципиальная схема синтезатора на основе Si5351A.



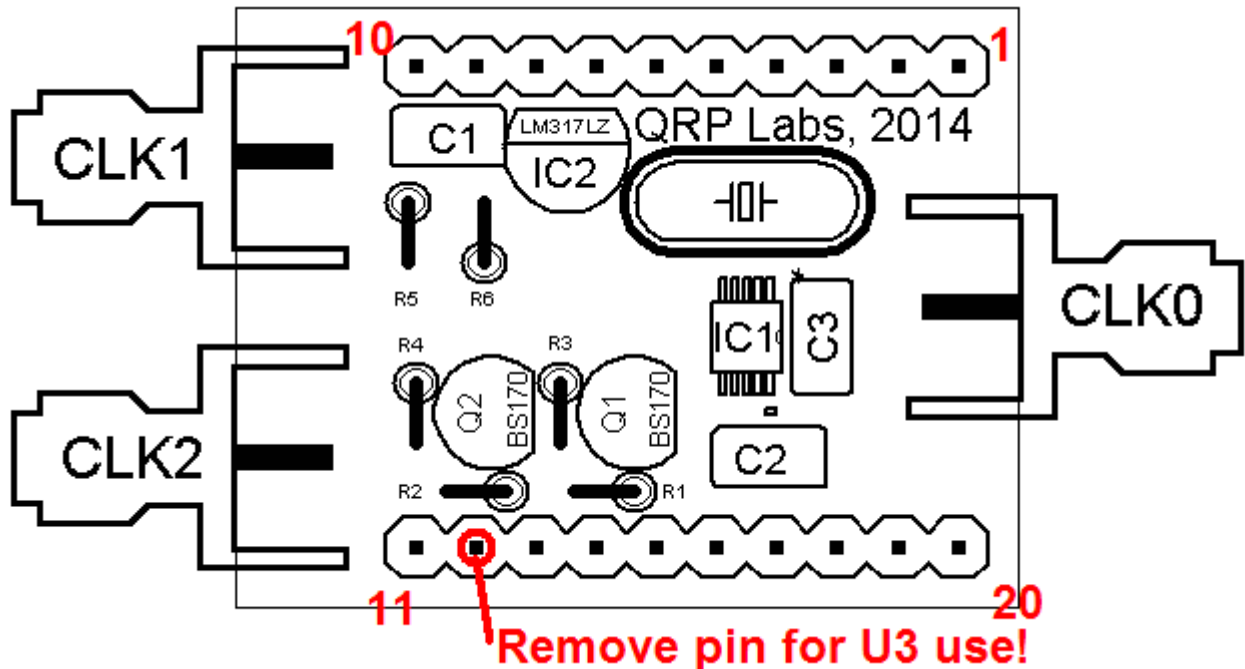
Все контакты модуля, маркированные "GND", соединены внутри модуля. Аналогично, контакты +5V (8, 9, 10) также соединены внутри модуля на плате. Контакт 11 – это резистор положительного напряжения питания для преобразователей уровня. Для вариантов обычного использования, с шиной +5V I2C, контакт 11 должен быть подключен к +5V. Соединение должно быть сделано дополнительно (оно не подключено к +5V внутри



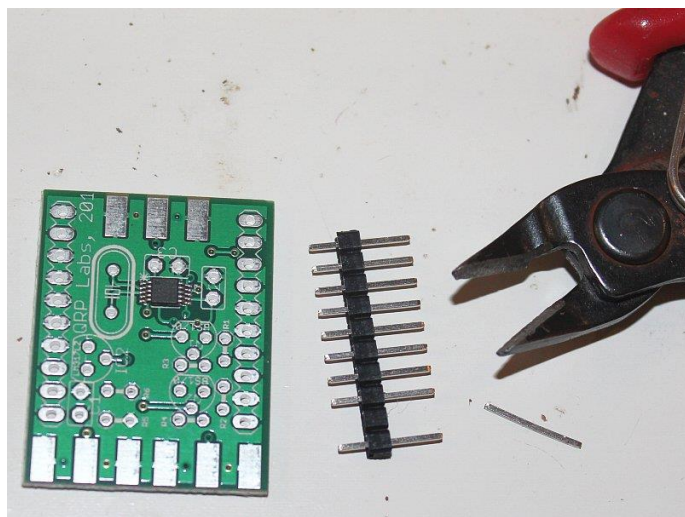
схемы) в случае, если вы собираетесь использовать другое напряжение питания шины I2C. Обратите внимание, что относительно физического расположения модуля, обозначенный контакт 1 находится около более короткого края модуля, как это показано на фотографии.

## Сборка

Сборка модуля не является сложной, так как она содержит не очень много компонентов и плотность монтажа невысока. Ознакомьтесь с расположением элементов на следующей схеме.



Если вы собираетесь использовать данный модуль с набором Ultimate3 QRSS/WSPR [Приложение 1], вы должны демонтировать контакт 12 из контактной колодки, как это показано на фотографии и на схеме, расположенной на предыдущей странице. Это требуется потому, что данный контакт соединен с землей в данном модуле, но в U3 это соединение используется для сигналов управления данными модуля AD9850 DDS, и также является общим для контакта данных LCD-экрана. Соединение данного контакта с землей приведет к тому, что на U3 LCD-экране ничего не будет отображаться, поэтому этот контакт должен быть удален перед монтажом колодки. Контакт легко вытаскивается с помощью плоскогубцев или кусачек (см. фото справа). **Для набора U3S этот контакт удалять не надо.**



Будьте внимательны и следуйте надписям на печатной плате для правильной установки и ориентации IC2 (LM317LZ) и транзисторов Q1/Q2. Конденсаторы C1, C2 и C3 имеют одинаковый номинал (0.1uF). Будьте бдительны – проверьте номиналы резисторов перед установкой на плату:

R1-5: 1 КОм (цветовой код: коричневый-черный-красный)

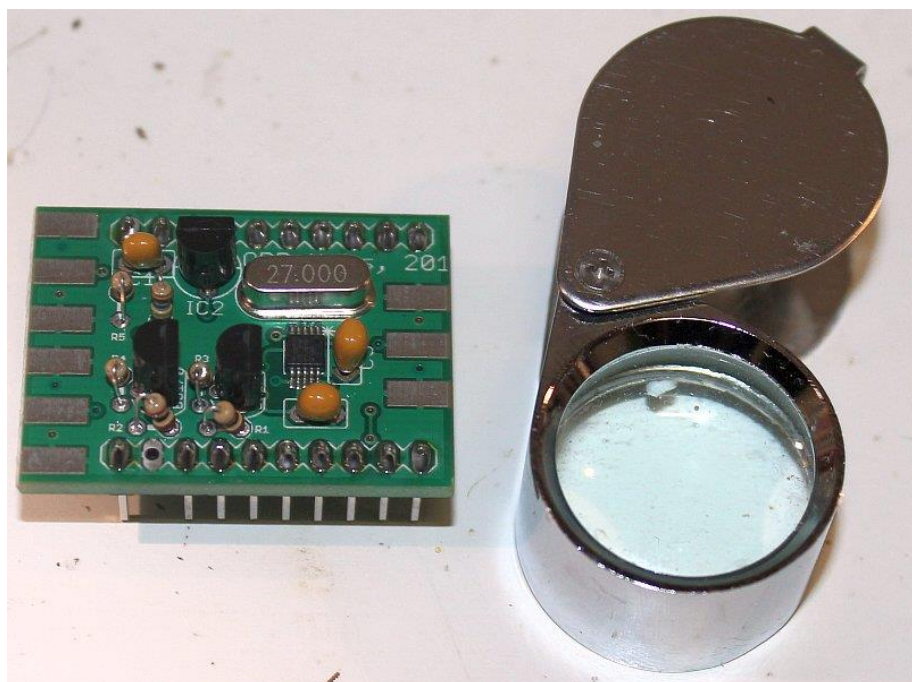
R6: 560 Ом (цветовой код: зеленый-синий-коричневый)

Я рекомендую использовать следующий порядок монтажа: резисторы, конденсаторы, кварц, затем транзисторы/регулятор напряжения, а затем уже 10-контактные колодки. Намного легче припаивать элементы до установки колодок. На самом деле, порядок установки, в принципе не очень важен.

Если вы используете модуль синтезатора на Si5351A для своих собственных проектов (не в составе Ultimate3), вы можете захотеть установить SMA-разъемы для выходов CLK0, CLK1, как это обозначено на схеме, приведенной раньше.

После завершения пайки, неплохо внимательно рассмотреть (и проверить!) результаты работы с помощью увеличительного стекла или ювелирной лупы как это показано на рисунке.

Проверьте, что резисторы установлены на корректных позициях (помните, что сопротивление R6 560 Ом), проверьте расположение регулятора напряжения IC2 (не перепутайте LM317LZ и BS170!). Проверьте, что чип Si5351A припаян надежно: даже фабричные SMD-роботы иногда ошибаются!



Для тех, кто будет использовать модуль в Ultimate3 kit, проверьте, что вы не забыли удалить контакт 12 из колодки.

После подключения напряжения питания к плате, вы можете проверить наличие примерно 3.3V (до 3.5V) на контакте 18 модуля. На выходах модуля не будет наблюдаться никаких частотных сигналов, пока вы не запрограммируете конфигурационные регистры Si5351A через I2C интерфейс.

## **Ссылки:**

- 1) Набор Ultimate3 QRSS/WSPR: <http://www.qrp-labs.com/ultimate3>
- 2) Страница SiLabs Si5351A (включая описание):  
<http://www.silabs.com/products/clocksoscillators/clock-generator/Pages/clock-vcxo.aspx>
- 3) Интернет-магазин QRP Labs: <http://www.qrp-labs.com>
- 4) Форум группы QRP Labs Yahoo: <https://groups.yahoo.com/neo/groups/QRPLabs>
- 5) QRP Labs в Twitter @qrplabs и Facebook <http://www.facebook.com/QRPLabs>