И на биполярном…

Продолжая тему “лимонного” передатчика [1, 3], автор решил попробовать устройство на биполярном транзисторе - используется часть передатчика [2, 4], но теперь уже на КВ, а именно в диапазоне 14 МГц.

На Рис. 1 приведена схема такого передатчика, он собран на p-n-p транзисторе VT1, резисторы R1 и R2 образуют делитель, напряжение фиксированного смещения с которого подаётся на базу транзистора VT1. Резистор R3 также участвует в установке режима по постоянному току VT1, обеспечивая дополнительное автоматическое смещение, что обеспечивает стабилизацию работы транзистора в условиях изменяющейся температуры и напряжения питания. Конденсаторы C2 и C3 обеспечивают положительную обратную связь в кварцевом генераторе и отвечают за её степень (соотношение емкостей конденсаторов), частота генерации определяется кварцевым резонатором подключенным к базе транзистора. Для обеспечения работы передатчика в некотором участке диапазона (не на одной частоте), между резонатором ZQ1 и “общим проводом” включен конденсатор переменной ёмкости C1. Изменяя его ёмкость, можно перестраивать частоту генерации в передатчике (вверх от частоты, указанной на корпусе “необертонного” резонатора). Первая гармоника напряжения кварцевого генератора, определяемая частотой основного резонанса ZQ1 (возможно эффективное выделение гармоник по пятую, включительно), выделяется контуром L1C4 в коллекторной цепи VT1, конденсатор C5 служит для развязки друг от друга РЧ цепи и цепи постоянного тока, которая замыкается и размыкается для осуществления CW работы передатчика ключом SA1 (манипуляция). Дроссель L3, в союзе с тем же конденсатором C5 и диодом VD1, отвечают за форму CW импульсов, L3 и VD1 могут и отсутствовать, если к форме импульсов манипуляции не предъявляется особых требований. Цепь L3C5VD1 может служить также и для устранения РЧ наводок на длинные провода, идущие к передатчику от манипулятора (ключа).

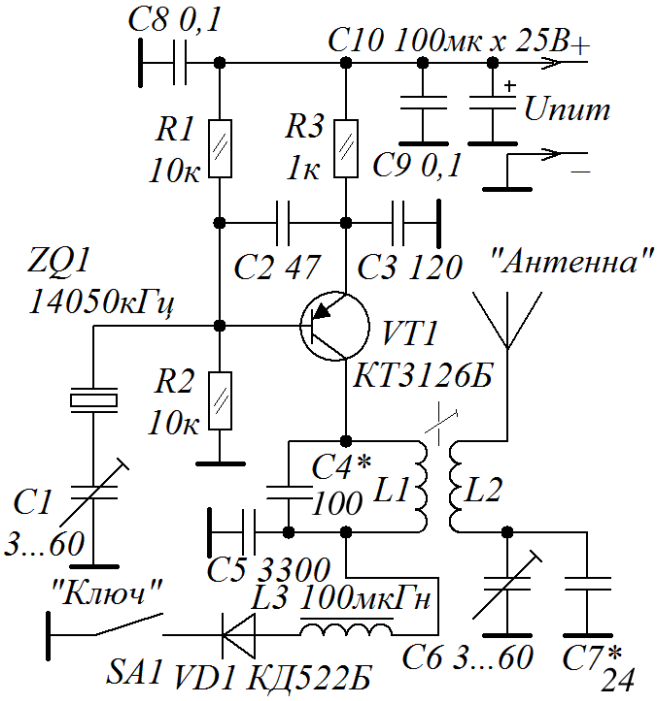

Рис. 1. QRPP-передатчик на биполярном транзисторе. Схема принципиальная электрическая

Конденсаторы С8, С9 и С10 – развязка передатчика по источнику питания. Катушка L2 – катушка связи передатчика с антенной. Конденсаторы С6 и С7 включены параллельно и служат для обеспечения согласования выхода передатчика с антенной, могут быть заменены КПЕ (желательно) с воздушным диэлектриком ёмкостью до 500 пФ. Здесь предпринята попытка сократить габариты передатчика: поскольку согласование с антенной происходит в достаточно узком диапазоне перестройки ёмкости КПЕ, то появляется возможность заменить КПЕ конденсатором постоянной ёмкости и параллельно включенным подстроечным конденсатором, который позволяет в некоторых пределах неоперативно варьировать условия согласования антенны с передатчиком в случае, например, изменения параметров антенны (погода, изменение высоты подвеса и т. п.). В передатчике, с целью сокращения габаритов, и в качестве С1 применён подстроечный конденсатор с перекрытием по ёмкости 20 (3…60 пФ), хотя, более бы подошёл КПЕ с воздушным диэлектриком.

Настройка передатчика довольно проста: подключив к нему источник питания, нажимаем на ключ и стараемся “поймать” сигнал на приёмнике, настроенном на частоту кварцевого резонатора (в участке плюс – минус килогерц десять от этой частоты) в режиме приёма телеграфа или SSB. Обычно, кварцевые резонаторы хорошего качества “заводятся” без проблем и остаётся только подстроить контур L1C4 на рабочую частоту, устанавливаемую конденсатором С1, вращая ферритовый подстроечный сердечник катушки L1, в случае крайних положений этого сердечника в каркасе L1, следует уточнить значение ёмкости конденсатора С4 (сердечник выведен – уменьшить С4, сердечник введён - увеличить), крайняя мера: уточнение числа витков катушки L1. Можно и вместо С4 включить градуированный КПЕ, сердечник катушки L1/L2 установить в среднее положение, вращая ротор КПЕ, начиная с большей ёмкости, настраиваем контур в резонанс на первой гармонике кварца – рабочей частоте передатчика (используя градуированный КПЕ, автор настраивал с его помощью контур и на вторую гармонику (при меньшей ёмкости КПЕ), поэтому, чтобы не ошибиться, нужно начинать настройку с большей ёмкости КПЕ, т. е., от положения ротора, когда пластины его введены). По шкале КПЕ определяем необходимую ёмкость С4 и устанавливаем конденсатор постоянной ёмкости с найденной ёмкостью в контур. Если, при первом включении, на приёмнике не обнаруживается сигнал кварцевого генератора, коим (в первом приближении) собственно и является передатчик, следует проверить исправность деталей, правильность монтажа и уже после приступать к перестройке контура L1C4 по частоте, контролируя возбуждение кварцевого резонатора на контрольном приёмнике. Контроль выходного напряжения нужной гармоники и максимальной амплитуды напряжения этой гармоники следует осуществлять с помощью резонансного волномера (приёмник, как правило, очень чувствителен для этого, но и его можно использовать, отключив АРУ, настраивая на слух или (при АРУ) по показаниям S-метра). Набор частот кварцевых резонаторов можно расширить в нижнюю сторону, применить резонаторы кратные рабочей частоте, т. е, 14060, 7030, 4666, 3,515, 2812 кГц), но, при этом, следует учесть два обстоятельства: наличие в выходном спектре передатчика всех субгармоник сигнала требуемой (умноженной) частоты и уменьшение амплитуды выходного сигнала, она будет тем меньше, чем выше номер используемой гармоники,

поэтому в передатчике лучше использовать, всё-таки, резонаторы сразу на рабочую частоту (основная рабочая частота = первой гармонике резонатора ≈ 14060 кГц).

Возможно применение данного передатчика и на других диапазонах (максимальная рабочая частота применённого транзистора находится в районе (по паспорту) не менее 500 МГц, обычно - 800…1000 МГц), при условии применения нужных кварцевых резонаторов без активной помощи дополнительных умножителей и усилителей, возможны диапазоны 1,8…50 МГц, при условии коррекции значений емкостей конденсаторов делителя C2/C3 и частоты настройки контура L1C4.

Результаты испытания передатчика: с помощью подстроечного конденсатора C1 частота кварцевого резонатора в стеклянном малогабаритном корпусе с надписью “14050 кГц“ в генераторе перестраивалась в пределах 14053,9…14065,7 кГц, т.е., в пределах 11,9 кГц, что вполне достаточно для работы QRP вблизи от соответствующей частоты 14060 кГц, отведённой для экспериментов с пониженной мощностью. Выходная мощность передатчика зависит от напряжения питания и составила 0,165; 11,1; 37,8 мВт, при напряжениях питания 1,53; 6,0; 13,8 В и токах, потребляемых передатчиком 0,215; 3,7; 5,48 мА, соответственно. Минимальное напряжение питания, при котором присутствует генерация, зависит от многих факторов (активности кварцевого резонатора, коэффициента усиления по току транзистора, емкостей его переходов, добротности деталей генератора) и составило в данном экземпляре передатчика 1,33 В, максимальное зависит от применённого транзистора - по паспорту на транзистор КТ3126 оно составляет 30 В, но надёжно аппаратура работает тогда, когда максимальные режимы его составляющих не превышают 33,333% (трети) от паспортных (в крайнем случае, по одному параметру, - 50%). Значит, наш передатчик должен питаться максимально током при напряжении в 12…15 В. При отсутствии возможности точно измерить выходную РЧ мощность QRPP передатчика (РЧ вольтметры на дороге не валяются), можно примерно оценивать её как: Рвых = 0,5 (Uк * Iк), где Рвых – выходная РЧ мощность, мВт; Uк – постоянное напряжение на коллекторе транзистора VT1, В; Iк – ток коллектора Iк VT1, мА.

Плата передатчика (Рис. 2) выполнена из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, фольгированного с одной или двух сторон, имеет размеры 50 х 60 мм. Расположение деталей на монтажной плате приведено на Рис. 3, фото собранной платы – на Рис. 4.

В случае применения печатной платы с фольгированием с двух сторон, отверстия, под выводы деталей, не соединённых с общим проводом, зенкуются сверлом диаметром 2…5 мм со стороны установки деталей. Отверстия по углам платы предназначены для её крепления, под каркасом катушки – для его крепления к плате винтом с резьбой М3, отверстие у кварцевого резонатора ZQ1 служит для соединения металлического корпуса резонатора (или экрана над ним) с общим проводом.

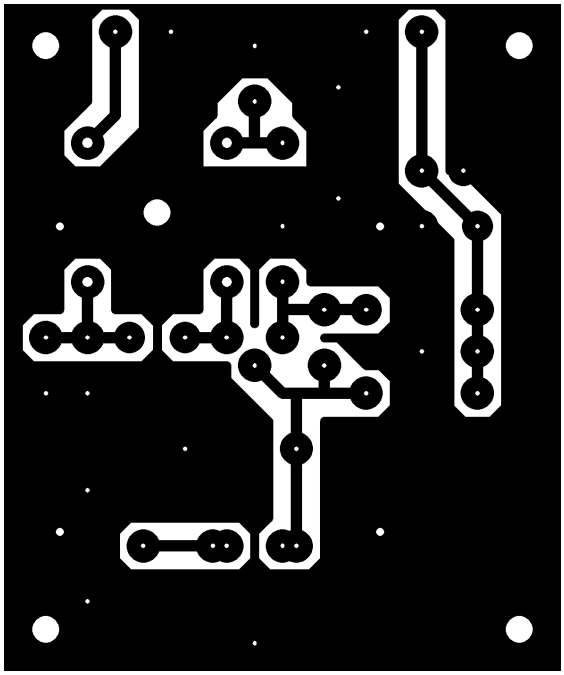

Рис. 2. Эскиз монтажной платы QRPP передатчика. Вид со стороны проводников.
Размеры: 50 х 60 х 1,5 мм

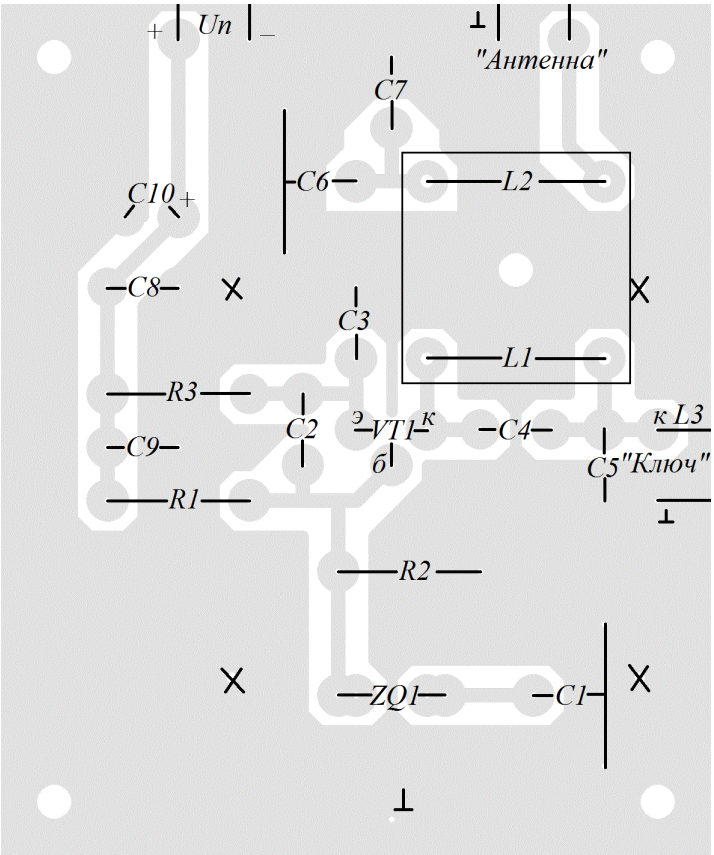

Рис. 3. Эскиз монтажной платы QRPP передатчика. Вид со стороны расположения деталей

Рис. 4. Фото собранной платы передатчика

По традиции [1, 3] размер платы оставлен таким же для возможности совместного использования с интерфейсом, для образования однотипной “этажерки”. Некоторый конструктивный запас размеров платы конструктор может использовать для монтажа дополнительных деталей, какие посчитает нужным установить…

Крестиками на эскизе платы (Рис. 3) обозначены отверстия, в которые впаиваются проволочные перемычки, в случае изготовления платы из стеклотекстолита, фольгированного с двух сторон, одно из отверстий может быть также использовано для соединения с общим проводом защитного экрана катушек L1, L2, в случае применения такового.

На плате указаны выводы к телеграфному ключу, в случае, если применяются дроссель и диод, то их используют в качестве соединительных элементов с гнездом соединителя ключа.

В качестве VT1 можно применить практически любой маломощный РЧ транзистор структуры p-n-p (у автора КТ3126Б), или, со сменой полярности источника питания и С10, - структуры n-p-n. Транзисторы средней мощности тоже применимы, но, при этом, нужно рассчитывать: 1). на больший запас по ёмкости источника питания; 2). применять кварцевые резонаторы, рассчитанные на большие мощности рассеяния на них (например, старых типов в бакелитовых корпусах), чтобы их пластины не смогли при работе разрушиться и 3). рассчитывать на меньшую степень удовлетворения от работы QRPP (Hi!)… Если Вы рассчитываете на работу с QRPP передатчиком в полевых условиях, то резисторы лучше поставить с мощностью рассеяния 0,25 Вт (они надёжнее), хотя, вполне хватит таковых с 0,125 Вт. После отладки, плату передатчика для использования в полевых условиях следует покрыть бесцветным электроизоляционным лаком, например, “ISOTEMP“ или “Plastik“. В передатчике применены конденсаторы типа К10-17 или их зарубежные аналоги, С10 – оксидный или оксидно-полупроводниковый (для полевых условий), который можно заменить и танталовым или несколькими танталовыми,

соединёнными параллельно (SMD-конструкции), припаяв их со стороны проводников на плату. В качестве С1 и С6 применены керамические подстроечные конденсаторы 3…60 пФ, но при возможности, желательно для оперативной подстройки применять КПЕ с воздушным диэлектриком: у С1 критичной является минимальная ёмкость, которая должна быть как можно меньше (около 1 пФ), от этого зависит максимальный увод частоты КГ вверх от указанной на корпусе кварцевого резонатора, максимальная ёмкость С1 может быть сколько угодно большой (вплоть до короткого замыкания с общим проводом). Ёмкость конденсатора С6 может изменяться в пределах 10…500 пФ, правильная настройка (согласование) антенны с передатчиком будет осуществляться в середине этого предела изменения емкостей, поэтому я счёл допустимым заменить КПЕ двумя емкостями С6 и С7, из которых второй – постоянной ёмкости. Среднее значение ёмкости С6 примерно равно 30 пФ, временно подключив вместо С6 и С7 градуированный КПЕ определяем их необходимую общую ёмкость, затем, из суммы вычитаем 30 пФ (С6) и ёмкость численно равную разности считаем за С7 и устанавливаем на его место конденсатор постоянной (найденной) ёмкости (при экспериментах с антенной случайной длины, ёмкость С7 составила 24 пФ).

В качестве L1 применена готовая катушка от радиостанции “Кама-С“ (ШИ4778005) – без экрана, она намотана посеребрённым проводом диаметром 0,51 мм (12 витков, длина намотки 12 мм) по канавке с шагом, исключающим замыкание соседних витков, катушка L2 намотана проводом ПЭВ-2 0,6…0,8 мм поверх L1 у “холодного“ её конца и имеет 3 витка: виток к витку или с небольшим шагом, как “позволит“ каркас с канавкой катушки L1 (провод катушки не натянут, а находится на расстоянии в полмиллиметра от провода катушки L1), можно использовать для надёжности и провод в изоляции, например, МГТФ, закрепив его от перемещения, например, ниточным бандажом. Диаметр каркаса катушки - 10 мм, каркас имеет подстроечный сердечник из карбонильного железа (МР-3…МР-20) с резьбой М6 х 0,75 мм.
На месте VD1 можно применить любые маломощные кремниевые диоды: КД503, КД509, КД 521, КД 522, 1N4148 и диоды Шоттки 1N5817…1N5819 и т. п.
Отмечена интересная особенность передатчика, его частота, несмотря на отсутствие стабилизации напряжения питания как таковой, не изменяется до уменьшения его примерно до 2 В, после, немного повышается на несколько десятков Гц и, после, - генерация срывается.
При работе в полевых условиях передатчик лучше всего поместить в герметичный корпус или контейнер, проложив внутри полоски листового пенопласта (работают в совокупности в качестве пассивного термостата).
На передатчике проведено несколько связей в радиусе 1 км, с использованием суррогатной антенны.

Литература: 1. В. Беседин. “Лимонный” передатчик. История продолжается… Радиолюбитель № 7 2017 г стр. 34…37

2. В. Беседин. Приёмопередатчик “Бекас-М”. Радиолюбитель № 11 2016 г стр. 52…55; № 12 2016 г стр. 48…52

3. В Беседин. Средства связи “без питания”… CQ-QRP № 57 стр.23…32; № 58 стр. 26…31

4. В. Беседин. Приёмопередатчик “Бекас-М”. CQ-QRP № 34 стр. 14…22

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень