

## Простой синтезатор для SDR приемников и трансиверов

### В качестве вступления:

Заинтересовавшись технологией SDR и собрав для пробы приемник по схеме YU1LM, я столкнулся с проблемой гетеродина для него... Использование для этой цели генератора сигналов – громоздко, кварцевые же генераторы, кроме затруднений в поисках нужного кварца, еще и ограничивали диапазон приема. Приспосабливать для этих целей синтезаторы, разработанные для «обычных» трансиверов – тоже не решение, поскольку не все они для этого годятся, да и, если речь идет не о создании законченной конструкции, а об «ознакомительных» экспериментах, подобные переделки просто нецелесообразны...

Однако, выход есть и идея «лежит на поверхности»: для работы с программами SDR нужны «опорные» частоты с достаточно большим интервалом, определяемым частотой дискретизации звуковой карты, а это, как минимум, 48 КГц – значит можно использовать доступные микросхемы синтезаторов частоты для вещательных приемников, которые без труда обеспечат такой шаг. Но такой микросхемой надо как-то управлять, и тут тоже само напрашивается решение – поскольку SDR немыслимо без компьютера, то пусть тот же компьютер и управляет синтезатором! Подобные решения применяются и есть в сети, но они предназначены, как правило, для вещательных УКВ диапазонов, по крайней мере, мне не удалось найти готового решения для SDR, что и заставило взяться за разработку самостоятельно... Что получилось – судить вам...

Сразу оговорюсь – я не программист и не разработчик радиоэлектронных устройств, все это – чистое «хобби»...

### Вариант первый:

Первое, с чем надо было определиться – с микросхемой синтезатора. Выбор пал на LM7000, по очень простой причине – она была в наличии в магазине... Да и остальные детали недефицитны – по принципу «что есть в тумбочке»...

Получилось так (рис.1):

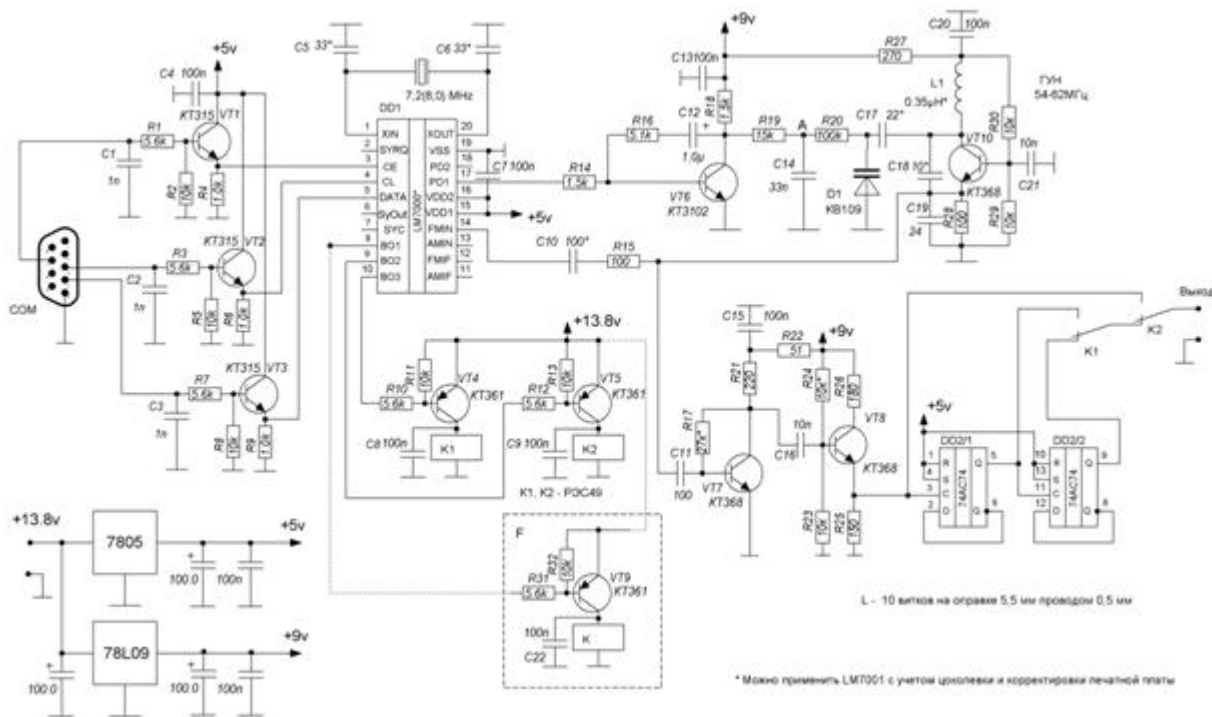


рис.1

Некоторые пояснения к схеме (рис.1):

На транзисторах VT1-VT3 собран узел сопряжения синтезатора с COM-портом компьютера. Транзисторы включены как повторители. Конденсаторы и резисторы в базах служат для защиты от помех и согласования уровней. Микросхема синтезатора включена по даташиту Кварцевый резонатор 7200 или 8000 КГц. Транзистор VT6 – ключ фазового детектора. ГУН на транзисторе VT10 – обычная емкостная трехточка. На транзисторе VT7 выполнен усилитель ГУН, на транзисторе VT8 – эмиттерный повторитель для лучшей развязки с ГУН-ом и согласования с ТТЛ входом микросхемы DD2 (74AC74). Связь транзистора VT8 и микросхемы DD2 – гальваническая, необходимый уровень обеспечен подбором номиналов резисторов R25, R26. Транзисторы VT4, VT5 – ключи управления реле K1 и K2, которыми изменяется коэффициент деления микросхемы DD2. Ключ на VT9 на печатной плате не разведен, монтируется при необходимости управления дополнительными узлами (УВЧ, АТТ). Питается схема от 13,8 вольт: ключи управления реле – напрямую, микросхемы DD1, DD2 – через стабилизатор +5 вольт, аналоговые узлы – через маломощный стабилизатор +9 вольт.

Как это работает:

Управляющая программа, запущенная на компьютере, через узел сопряжения с COM-портом передает микросхеме DD1 последовательность бит, определяющую выходную частоту синтезатора. Частота эта лежит в пределах 54-62 МГц. На формирователь гетеродинного сигнала смесителя SDR приемника надо подавать частоту в четыре раза большей частоты настройки. Это необходимо для получения пары выходных сигналов со сдвигом фазы в 90 градусов. Таким

образом, при частоте ГУН-а 54-62 МГц мы можем перекрыть 20-ти метровый любительский диапазон. Поделив частоту ГУН-а на два и на четыре триггерами микросхемы DD2, можно настроиться, соответственно, на частоты диапазонов 40 и 80 метров. В пределах указанных диапазонов частоту можно изменять с шагом 40 КГц, что позволяет даже при 48-ми кГц звуковой карте получить непрерывное перекрытие.

Конструктивное исполнение:

Синтезатор собран на односторонней печатной плате размером 110 на 70 мм. (рис.2, 3)

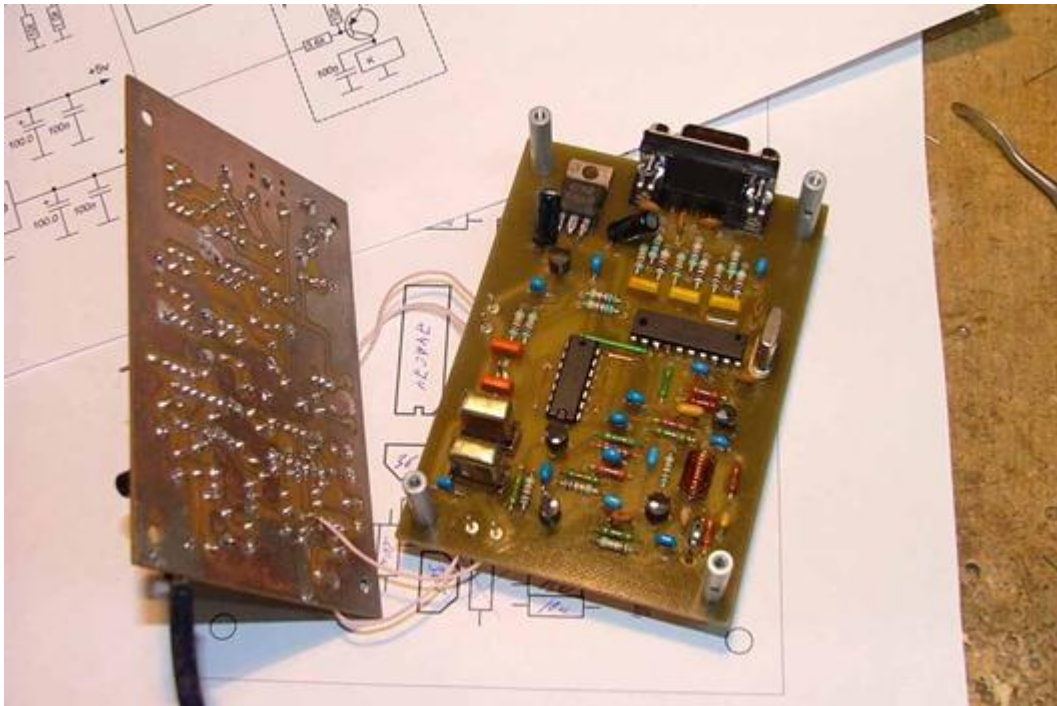


рис. 2

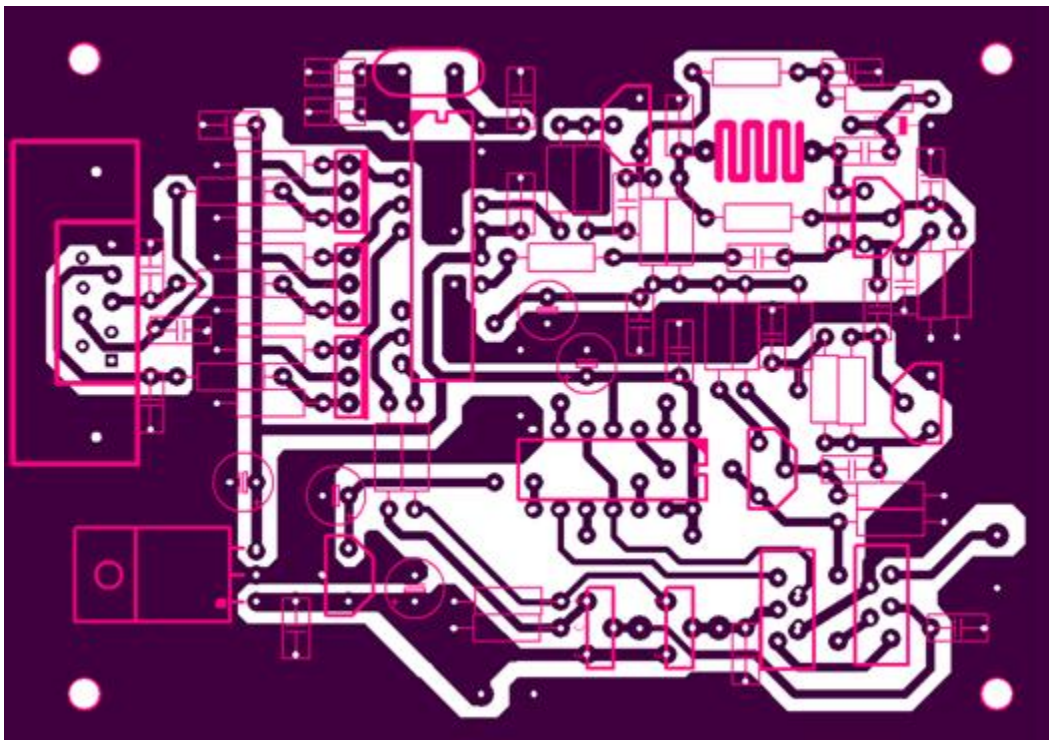


рис. 3

Настройка:

Самый критичный к настройке узел – ГУН. Необходимо, чтобы при изменении напряжения в точке соединения резисторов R19, R20 (точка А) от 0,5 до 8,5 вольт, частота ГУН-а менялась в пределах 54-62 МГц. Удобнее это делать так: отсоединить вывод резистора R20 от точки А и соединить его со средним выводом дополнительного переменного резистора номиналом в несколько десятков килоом. Крайние выводы дополнительного резистора соединить с корпусом и +9 вольт соответственно. Изменяя напряжение на варикапе D1 при помощи этого резистора, подбором емкости конденсатора C17 и количества витков катушки L1 (при точной настройке сдвигая-раздвигая витки) надо уложить частоту ГУН-а в нужный диапазон.

Точность выходной частоты синтезатора зависит от точности установки частоты опорного кварца (7200 или 8000 КГц). Эту настройку удобнее делать на работающем синтезаторе, измеряя его выходную частоту и подбирая номиналы конденсаторов C5, C6. Для удобства настройки конденсатор C5 можно заменить подстроечным.

Остальные узлы при исправных деталях в настройке, как правило, не нуждаются.

Программа управления: (Файл SyntSDR\_1.zip [Скачать](#))

Рабочее окно программы (рис.4):

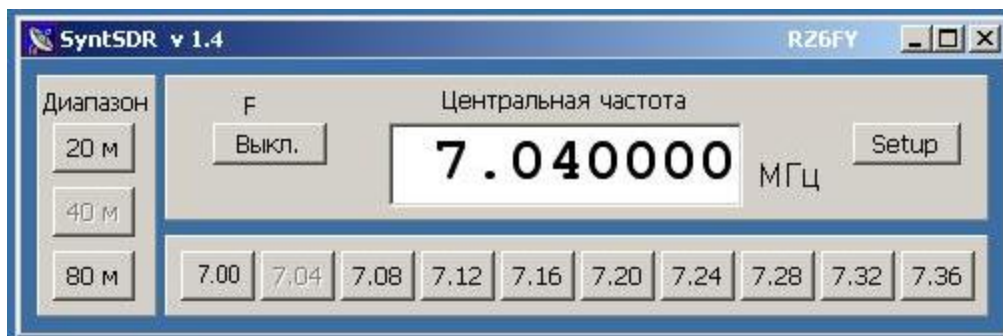


рис. 4

Окно установки параметров (рис.5):

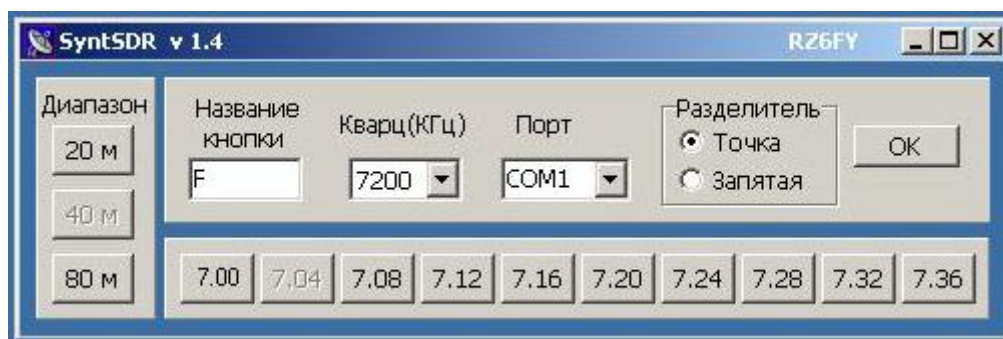


рис. 5

Управлять программой несложно (рис.4) – слева кнопки выбора диапазона, внизу – кнопки выбора центральной частоты в пределах диапазона. Выбранная центральная частота отображается в соответствующем окне с точностью до единиц Гц. Кнопка, по умолчанию обозначенная буквой F, служит для включения/выключения дополнительного реле К (рис.1). Нажатием кнопки Setup открывается небольшое окно предварительных установок (рис.5). В нем можно дать название кнопке F (например, АТТ или УВЧ) длиной не более 6 знаков. Также нужно выбрать номинал кварца, реально включенного в схему, и номер COM-порта, к которому подключен синтезатор. Необходимость выбора разделителя (точка или запятая) после единиц мегагерц в окне центральной частоты объясняется следующим: в программе предусмотрено автоматическое сохранение значения выбранной центральной частоты в буфере обмена. Это сделано для того, чтобы при работе с программой PowerSDR в режиме SoftRock удобнее было вносить это значение в окно CenterFreq. Т.е. достаточно только, после изменения значения центральной частоты в программе управления синтезатором, переместить курсор в поле CenterFreq программы PowerSDR и дать команду «Вставить». Но, в зависимости от настройки операционной системы, PowerSDR принимает это число или только с запятой, или только с точкой в качестве разделителя. Чтобы приспособить настройки программы управления под операционную систему, и предусмотрен этот выбор.

Нажатием кнопки ОК сохраняются произведенные настройки и программа возвращается в рабочее окно. При закрытии программа управления синтезатором создает в той папке, откуда была запущена, файл с расширением .INI, в котором хранятся настройки пользователя и, при последующих запусках, она загрузится с теми настройками, с которыми была закрыта.

Плата синтезатора соединяется с COM-портом компьютера «прямым» кабелем, и можно работать (рис.6)...

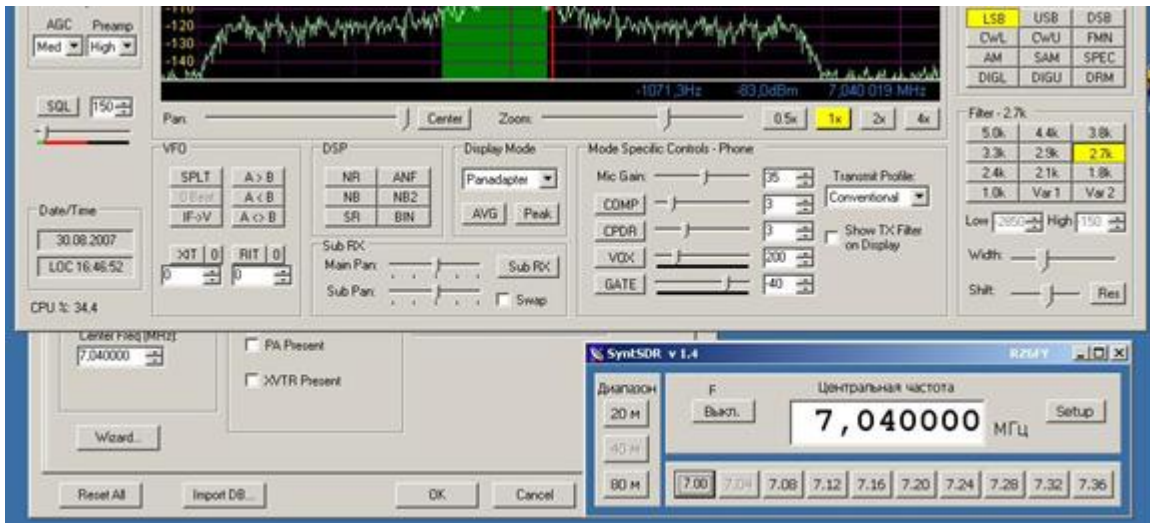


рис. 6

Разводку печатной платы в формате .lay и схему в формате .spl можно взять здесь: (Файл Dok\_1.zip [Скачать](#))

### Вариант второй:

При более детальном знакомстве с программой PowerSDR привлекла внимание одна ее особенность, а именно – при включенном режиме Spur Reduction (нажата кнопка SR на передней панели) PowerSDR перестраивает синтезатор подключенного SDR-1000 с шагом 3051-3052 Гц, а в пределах этого шага перестраивается программно с дискретностью 1 Гц. Причем, момент переключения на следующий сегмент шириной 3051-3052 Гц жестко привязан к абсолютному значению частоты. И еще, в программе PowerSDR есть CAT-интерфейс, работающий через COM-порт по Kenwood-овскому протоколу. Причем, обмен данными успешно проходит не только через физический COM-порт, но и через виртуальные COM-порты с другими программами (например, Hyper Terminal).

Эти два свойства PowerSDR натолкнули на мысль – написать программу управления синтезатором на LM7000, которая по CAT-интерфейсу через виртуальный COM-порт будет периодически запрашивать у PowerSDR данные о режиме работы (RX/TX) и текущей частоте, и, через физический COM-порт, устанавливать выходную частоту синтезатора с шагом 3051-3052 Гц таким образом, чтобы она наиболее точно соответствовала частоте текущего 3-х килогерцового сегмента. В пределах же этого сегмента частота будет перестраиваться программно (кнопка SR при этом должна быть нажата). Это позволит работать с программой PowerSDR не только в режиме SoftRock, но и в режиме SDR-1000, что гораздо удобнее, т.к. позволяет переключать диапазоны и перестраиваться по частоте в пределах трех любительских диапазонов органами управления PowerSDR.

Для реализации такого режима необходимо, чтобы шаг синтезатора был равен 3051-3052 Гц. Поскольку набор коэффициентов деления опорной частоты LM7000 ограничен, необходим кварцевый резонатор определенной частоты. При переборе вариантов оказалось, что вполне подходит для этой цели распространенный кварц 8867 КГц. При его использовании шаг будет 3079 Гц, что не соответствует необходимому на 27-28 Гц. Это несоответствие будет проявляться в том, что при перестройке по частоте через каждые 3051-3052 Гц будет «пропущенный» участок шириной 27-28 Гц, на частоту внутри которого невозможно настроиться. Мне кажется, это небольшая плата за простоту схемы. Еще одной платой за простоту является то, что частоты приема и передачи будут точно совпадать только через каждые 3051-3052 Гц. Это объясняется тем, что в режиме приема в PowerSDR используется промежуточная частота 11,025 КГц, а при передаче сигнал формируется на «нулевой» ПЧ (речь идет о SSB). При переходе в режим передачи, PowerSDR перестраивает синтезатор SDR-1000 точно на 11,025 КГц. Рассматриваемый же синтезатор «шагнуть» с такой точностью не может, но он может «шагнуть» на четыре своих шага, т.е. 12208 Гц ( $3052 \cdot 4$ ), что позволит попасть в участок программной перестройки, в одной из точек которого частоты приема и передачи совпадут (рис.7).

Поскольку абсолютные значения частоты, на которых PowerSDR при включенном режиме SR делает переход на следующий 3-х килогерцовый сегмент, «вычислялись» эмпирическим путем – «прошагиванием» диапазонов, синтезатор в этом режиме может работать только в пределах трех любительских диапазонов (на большее терпения не хватило)...



рис. 7

Изменения в схеме по сравнению с предыдущим вариантом минимальны (рис.8) – заменить кварц (на 8867 КГц) и, если предполагается работа на передачу, смонтировать ключ на VT9, который в этой версии переключает режимы TX/RX:

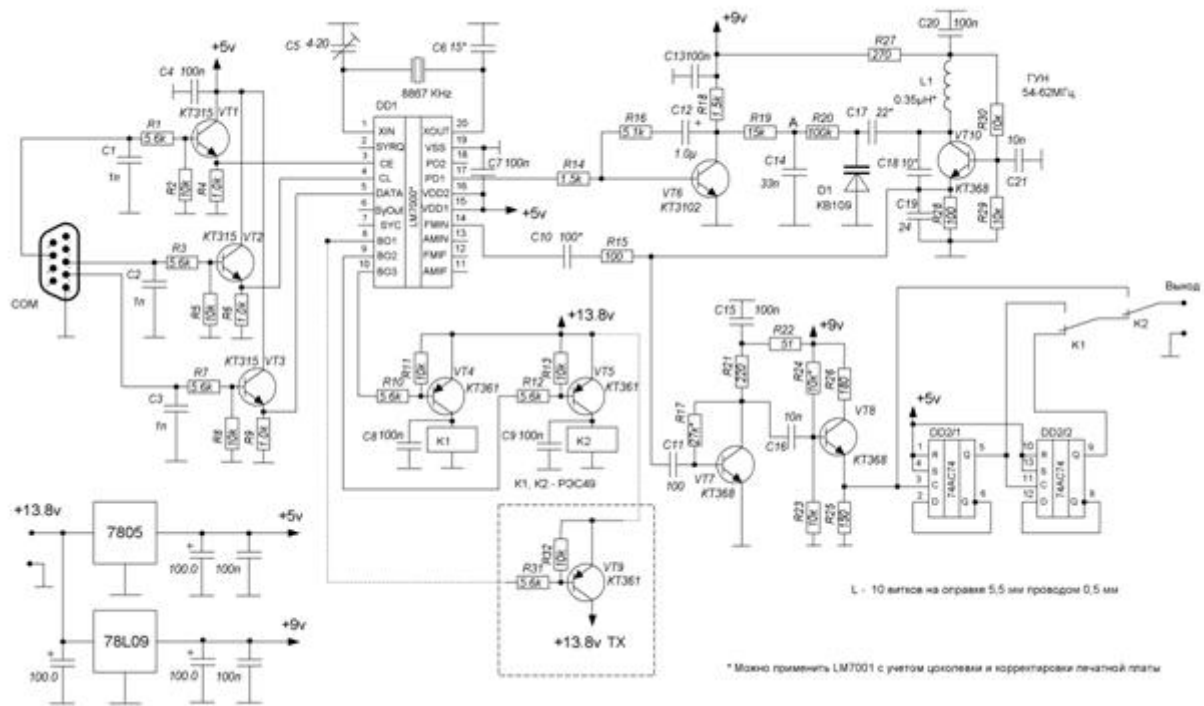


рис. 8

При работе над схемой синтезатора были опробованы другие решения некоторых узлов (рис.9):

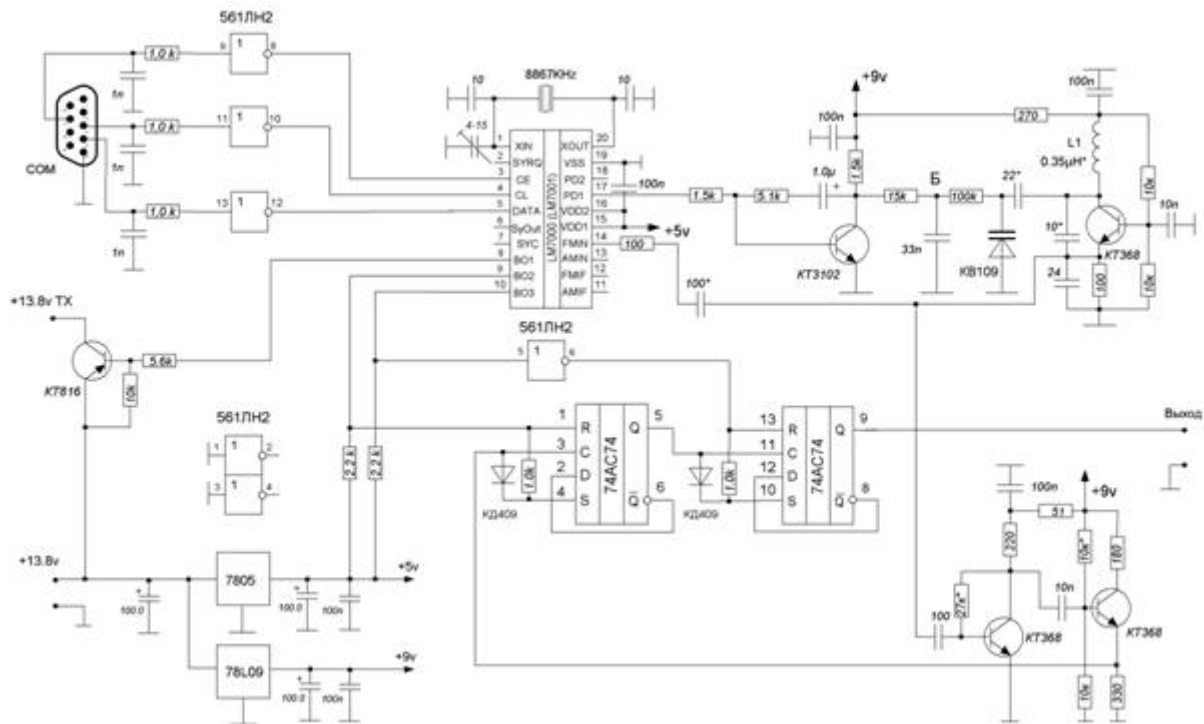


рис. 9

В этом варианте схемы (рис.9) для изменения коэффициента делителя делителя на микросхеме 74AC74 использовано свойство D-триггера при подаче на вход R низкого уровня работать как инвертор по входу S и выходу Q, т.е. без деления входной частоты. Это позволило исключить из схемы ключи на транзисторах VT4, VT5 и реле, сохранив возможность получать на выходе частоту ГУН-а как непосредственно, так и поделенную на 2 или на 4. Поскольку для управления таким делителем потребовался инвертор (из-за особенностей LM7000), в качестве которого был использован элемент 561ЛН2, еще три элемента этой микросхемы применены для узла сопряжения с COM-портом. Работа такого варианта схемы проверена на макете, печатная плата не разводилась.

Программа управления: (Файл SyntSDR\_2.zip [Скачать](#))

Для работы программы необходима пара виртуальных COM-портов, которую можно создать при помощи программы-драйвера, например: (Файл N8VbCOMSetup-226a.zip [Скачать](#))

Далее будет подразумеваться, что виртуальные порты на компьютере созданы...

Рабочее окно, режим SoftRock (рис.10):



рис.10

В этом режиме (рис.10) программа управления синтезатором никак не связана с программой PowerSDR и синтезатор формирует сетку частот с шагом около 44 КГц. Поскольку значение опорной частоты не «круглое», и шаг, и центральная частота тоже не «круглые». Так же, как и в первой версии, значение центральной частоты автоматически сохраняется в буфере обмена для более простого ввода в поле CenterFreq программы PowerSDR. Изменять центральную частоту можно пошагово «вверх – вниз» кнопками «Частота». Центральной кнопкой можно вернуться к начальному значению, близкому к началу SSB участка соответствующего диапазона. Переключение диапазонов производится кнопками «Диапазон» по «кольцу». В отдельном окне отображается выходная частота синтезатора (вычисленная). Именно этого значения надо добиваться подстройкой опорного кварцевого генератора.

Рабочее окно, режим SDR-1000 (рис.11):

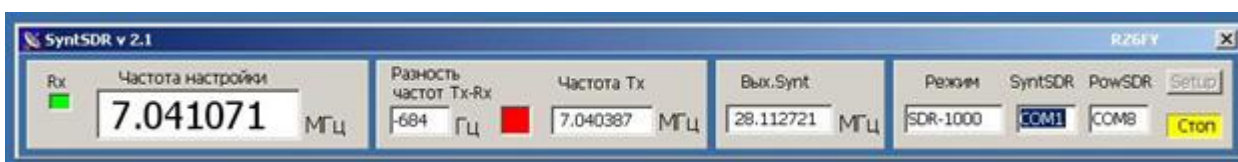


рис. 11

В этом режиме (рис.11) программа управления синтезатором по CAT-интерфейсу периодически опрашивает PowerSDR о текущей частоте и настраивает синтезатор на начало текущего 3-х килогерцового участка (кнопка SR на панели PowerSDR должна быть нажата). В пределах этого участка перестройка происходит программно. Частота, отображаемая в поле «Частота настройки», хоть и незначительно, но отличается от частоты, отображаемой в соответствующем окошке PowerSDR. Это связано с крупным шагом сетки частот синтезатора. Правильная частота – в окне программы управления синтезом.

Как упоминалось ранее, частота передачи будет совпадать с частотой приема только при определенных значениях каждые 3051-3052 Гц. Момент совпадения этих частот отображается на панели программы цветным индикатором (рис.15). Причем, если разность частот не превышает 50 Гц – индикатор зеленый, при разности 100 Гц – желтый, в остальных случаях – красный. Отображается также знак и значение текущей разности частот приема-передачи и текущая частота передачи. В отдельном поле отображается выходная частота синтезатора.

Окно установки параметров (рис.12):

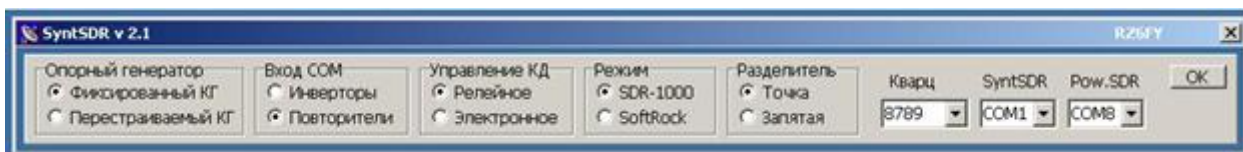


рис. 12

Нажатием кнопки Setup открывается окно предварительных установок (рис.12). В нем выбирается вид опорного кварцевого генератора (для представленных выше схем – фиксированный), вид схемы узла сопряжения с COM-портом, вид схемы управления коэффициентом деления микросхемы 74AC74, режим работы, тип разделителя.

В поле выбора частоты опорного кварца два значения – 8867 и 8789 КГц. О первом значении говорилось выше. Второе значение – это частота, при которой шаг синтезатора будет равен точно 3052 Гц, что позволит перестраиваться по диапазону без пропусков в 27-28 Гц. Для кого это важно, могут постараться найти такой кварц, или подстроить частоту кварца 8867 КГц известными методами, например, при помощи отработанного фиксажа...

В поле SyntSDR выбирается COM-порт, к которому подключен синтезатор, а в поле Pow.SDR – виртуальный COM-порт для связи с программой PowerSDR.

Все настройки сохраняются в .INI-файле, который при закрытии программа управления синтезом создает в той папке, из которой была запущена. При последующих запусках, она загружается с теми настройками, с которыми была закрыта.

Порядок запуска программы управления в режиме SDR-1000 следующий:

1. Запустить программу PowerSDR;
2. В Setup PowerSDR выбрать режим SDR-1000, или Demo (рис.13);
3. В установках CAT Control PowerSDR выбрать протокол TS-50, порт из виртуальной пары, скорость 57600 (рис.14);
4. В поле Clock Offset (General - Hardware Config - DDS) записать 0 (значение может измениться при запуске калибровки, что для данного синтеза делать не рекомендуется, т.к. не имеет смысла);
5. На панели PowerSDR нажать кнопку SR;
6. Запустить программу управления синтезом;
7. В окне предварительных установок программы (рис.12) выбрать второй порт из виртуальной пары, физический порт синтеза, частоту кварца, режим SDR-1000 и нажать OK;
8. Нажать кнопку «Старт» - во всех окошках рабочего окна программы должны появиться значения соответствующих частот.

Если программа управления по какой-то причине теряет связь с PowerSDR, в поле «Частота настройки» появляется сообщение: «Нет связи с Pow.SDR». В таких случаях для восстановления связи бывает достаточно заново активировать CAT-интерфейс PowerSDR, для чего в поле CAT Control надо снять и тут же поставить «галочку» в окошке Enable CAT, после чего нажать последовательно кнопки Apply, OK и кнопку «Старт» программы управления. Если перечисленные

действия не привели к восстановлению связи – перезапустите программу управления, если не помогло и это - перезапустите PowerSDR. Надо отметить, что потеря связи между программами происходит, как правило, при экспериментах и частых перенастройках в обеих программах. При обычной работе (например, при прослушивании диапазонов), программы не теряли связи часами. Кстати, CAT-интерфейс в PowerSDR работает, даже если она не включена (кнопкой Standby), а просто запущена и находится на рабочем столе или в трее.

В режиме Soft Rock (рис.16) данный синтез совместно с программой управления работают автономно, как генератор сетки частот, и могут использоваться совместно с любой другой программой SDR приемника или трансивера.

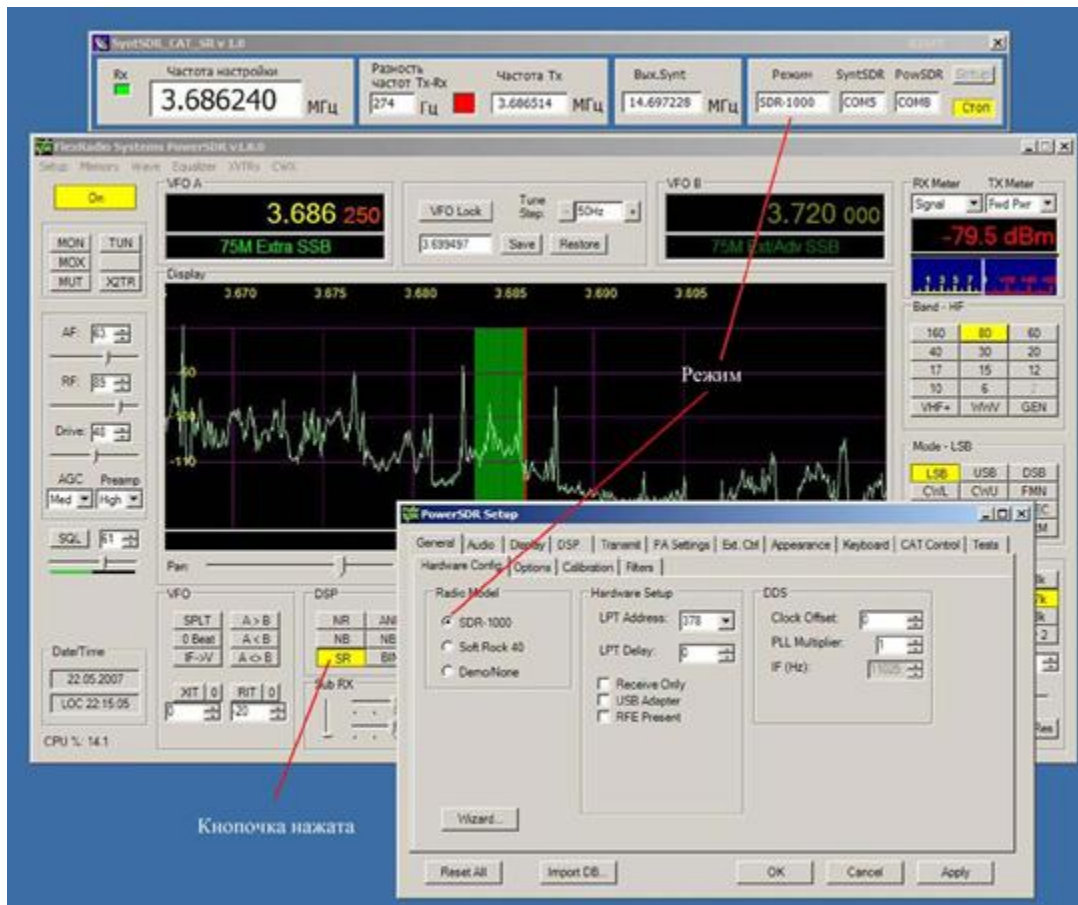


рис. 13



рис. 14

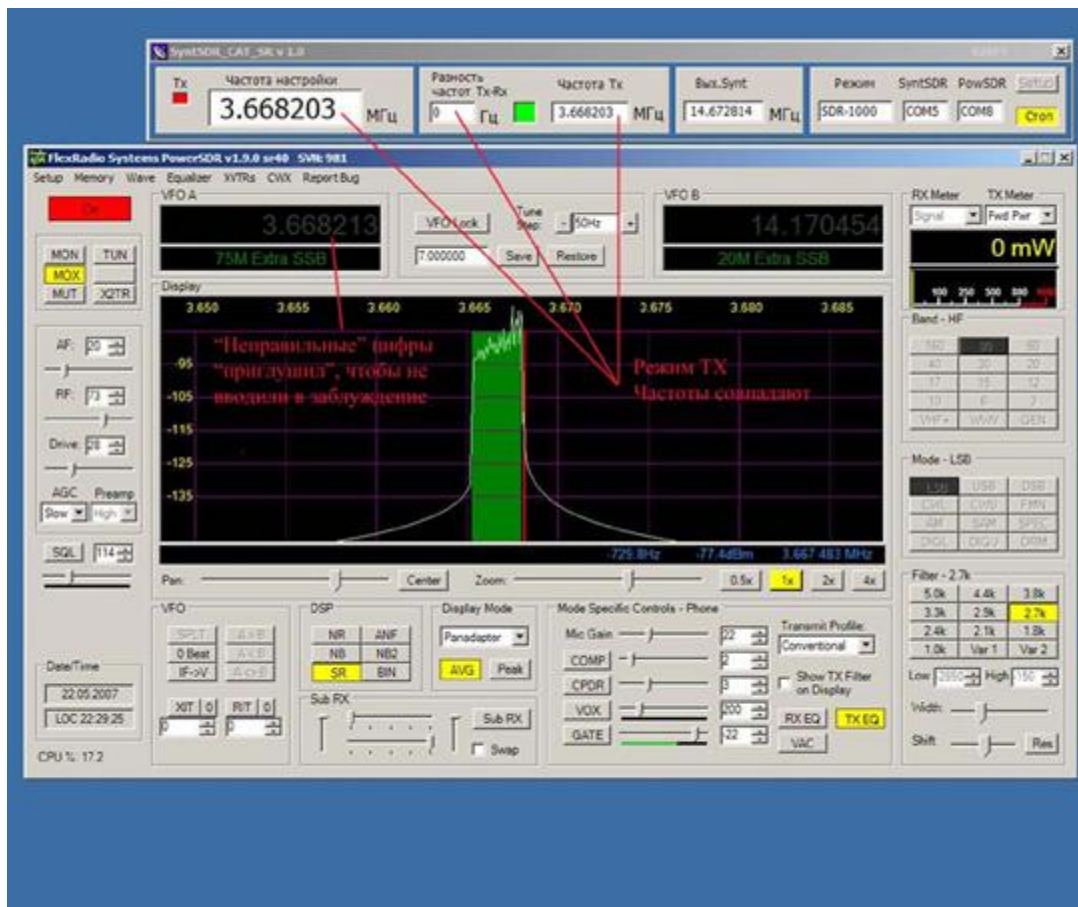


рис.15

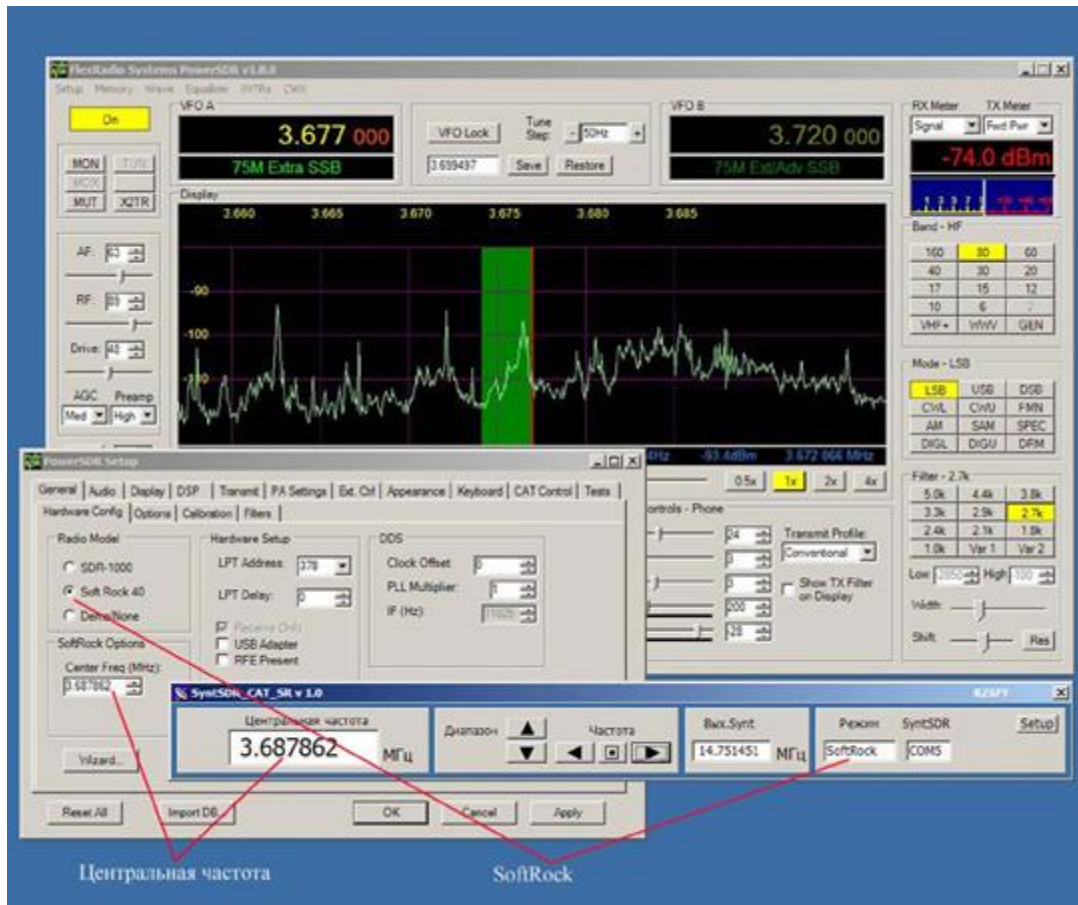


рис. 16

Схемы в формате .sprl можно взять здесь: (Файл Dok\_2.zip [Скачать](#))

### Вариант третий:

Для полноценной работы синтезатора на LM7000 с программой PowerSDR в трансиверном режиме, т.е. с возможностью перехода на передачу на любой частоте диапазона, необходимо уменьшить шаг частоты хотя бы до 10-20 Гц. Наиболее просто это сделать «уводом» частоты опорного кварцевого генератора. Такое решение давно и достаточно успешно применяется радиолюбителями. Подобный узел был добавлен и в ранее предложенную схему простого синтезатора для SDR.

Такая доработка позволила отказаться от привязки к шагам PowerSDR, хотя и ценой меньшей точности настройки. Поэтому кнопку SR, как при использовании предыдущей версии нажимать не нужно, точнее – нельзя, во избежание казусов с установкой частоты.

Шаг настройки составляет 3-4 Гц на диапазоне 80 м, 6-8 Гц на 40-ке и 12-16 на 20-ке. На передачу можно переходить на любой частоте рабочего диапазона, частоты RX/TX будут совпадать с указанной выше точностью.

Схема доработанного синтезатора (рис.17):

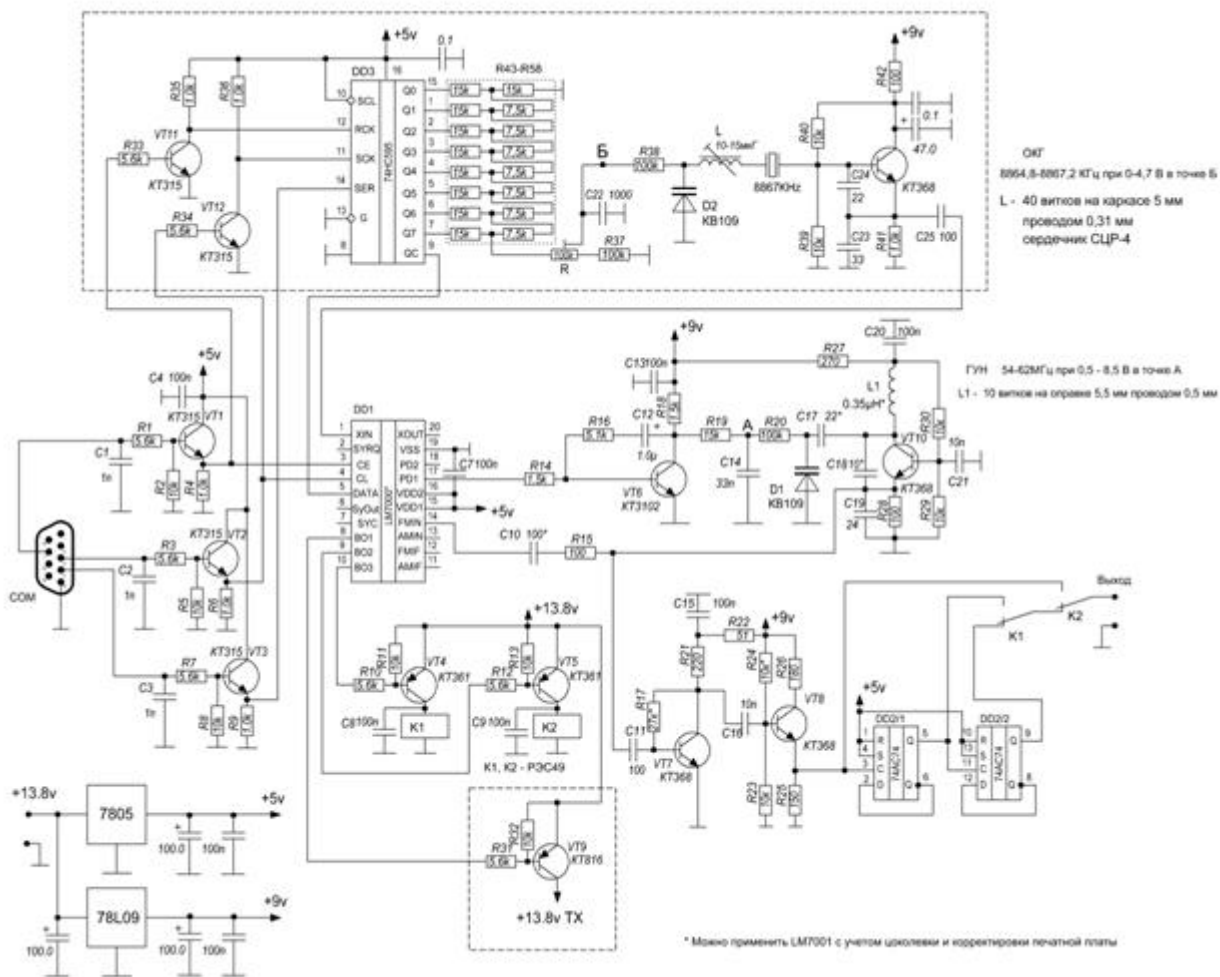


рис.17

На регистре 74HC595 (DD3) и резисторах R43-R58 собран ЦАП, формирующий ступенчато меняющееся напряжение. При восьми разрядах регистра получается 255 «ступенек», что и определяет указанный выше шаг синтезатора. Кварцевый генератор – обычная емкостная «трехточка». Частота подстраивается в пределах 3-х килогерц варикапом D2 типа KB109. Границы «увода» частоты устанавливаются подстройкой индуктивности L и подстроечным резистором R. По управляющим входам регистр на 74HC595 включен последовательно с микросхемой синтезатора LM7000, инверторы на транзисторах VT11, VT12 необходимы для согласования фазы управляющих сигналов 74HC595 и LM7000. Остальные узлы синтезатора остались без изменений.

Был отмакетирован и другой вариант схемы (рис.18):



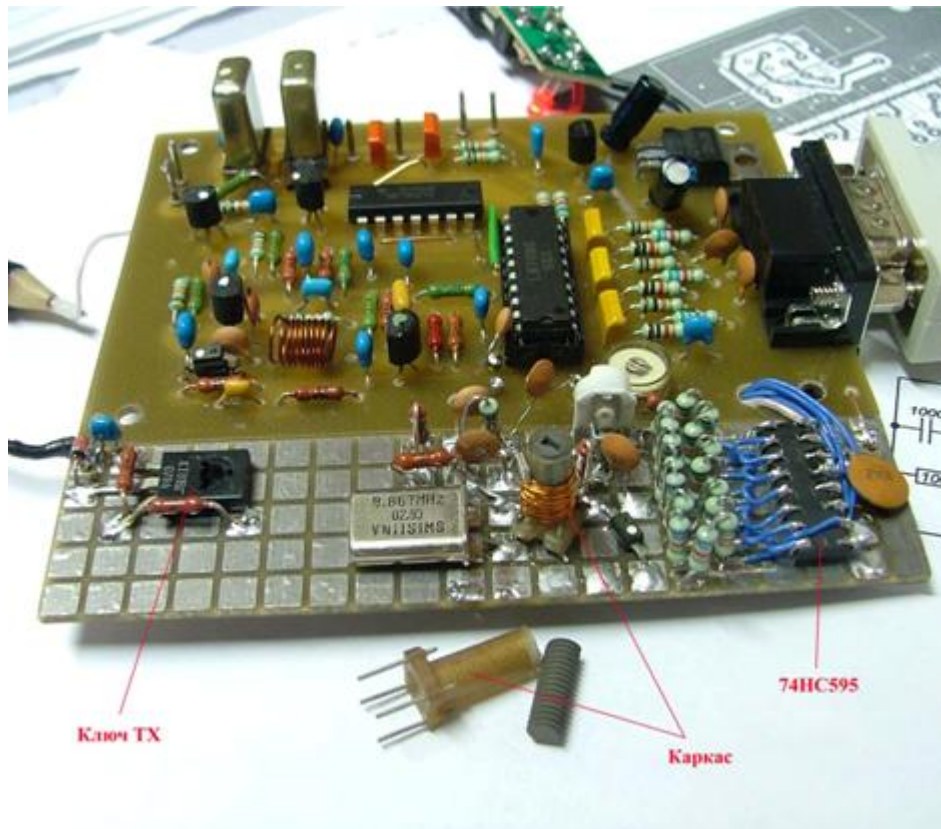


рис.19

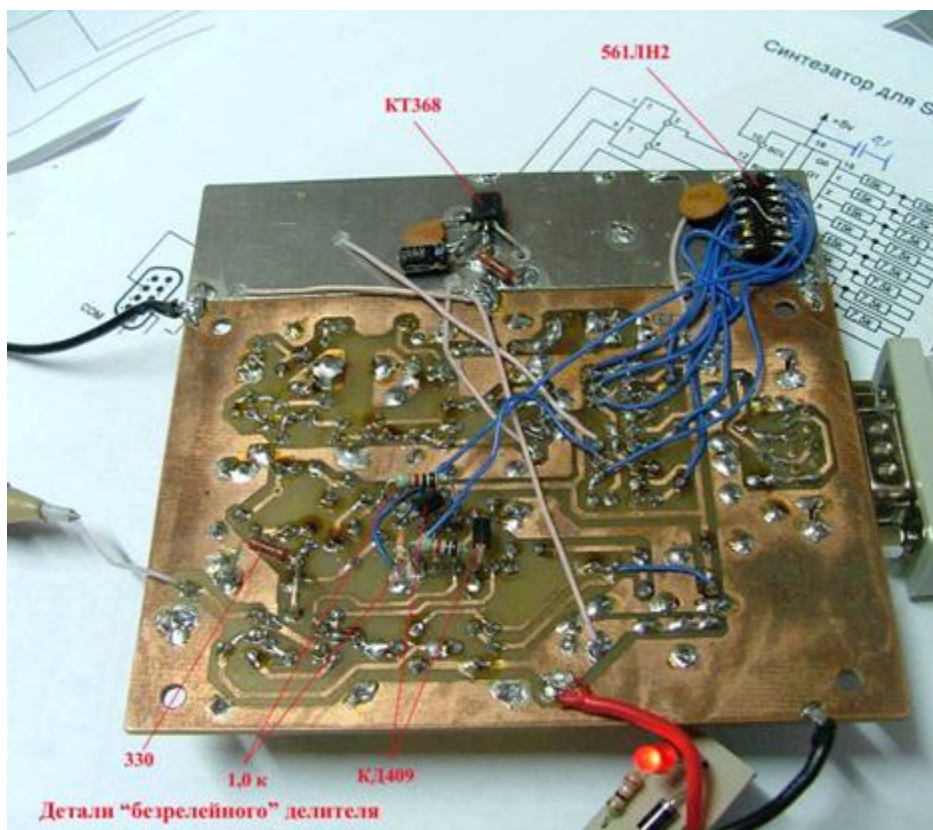


рис. 20

Программа управления: (Файл SyntSDR\_3.zip [Скачать](#))

Программа управления этим вариантом синтезатора претерпела не только внутренние, но и внешние изменения. Рабочее окно программы уменьшено в размерах для того, чтобы его можно было накладывать поверх окна программы PowerSDR (рис.21). Для этого в настройках программы есть галочка «Поверх всех окон». При желании это свойство можно отменить. Из-за уменьшенных размеров окна пришлось отказаться от пояснительных надписей к кнопкам управления, но понять их назначение не сложно, особенно, если приходилось работать с предыдущими версиями программы. Частота настройки в соответствующем поле программы отображается с точностью до десятков Герц. Запуск программы и ее предварительные настройки не отличаются от аналогичных настроек в предыдущей версии (рис.22). По-прежнему, возможны два режима работы программы – SDR-1000 и SoftRock. Для облегчения отладки перестраиваемого опорного генератора предусмотрены дополнительные поля, доступные при щелчке по кнопке без названия в левом нижнем углу (рис.23, 24, 25). В них отображается состояние регистра ЦАП в виде десятичного числа 0-255, выходная частота синтезатора, а также вид регулируемого элемента и момент, когда его нужно подстраивать, причем, в режиме SoftRock в регистре ЦАП можно установить как крайние, так и любое промежуточное значение соответствующими кнопками. Общий принцип такой – при зеленом индикаторе и букве L над ним – подстраивать индуктивность катушки L, добиваясь на выходе синтезатора фактического значения частоты, отображаемого в поле «Выход Synt», при зеленом индикаторе и букве R над ним – вращать подстроечный резистор R, добиваясь того же. Настройки взаимозависимые, их нужно повторить

несколько раз. При красном индикаторе настройку производить не рекомендуется. Хотя выходная частота отображается с точностью до единиц Герц, на последний разряд внимания обращать не стоит – достаточна настройка с точностью до десятков Герц.

Галочка «Расширенный диапазон» снимает программные ограничения перестройки частоты в режиме SoftRock, пределы перестройки будут ограничены полосой ГУН-а.



рис. 21

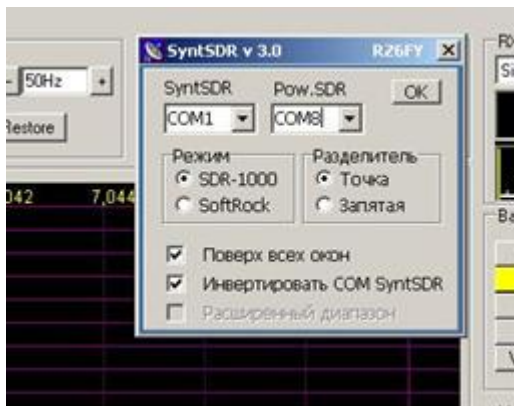


рис. 22

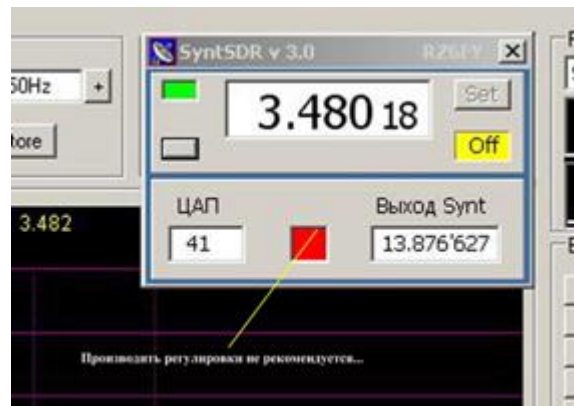


рис.23

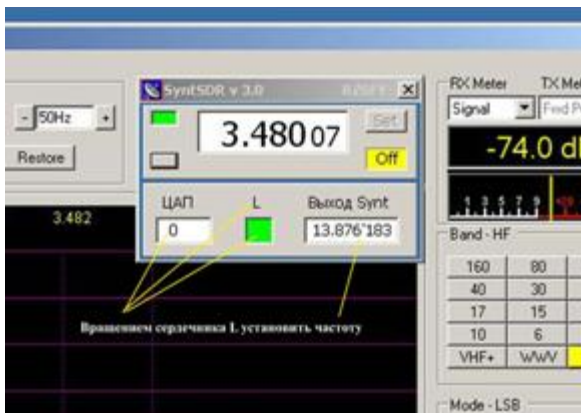


рис. 24

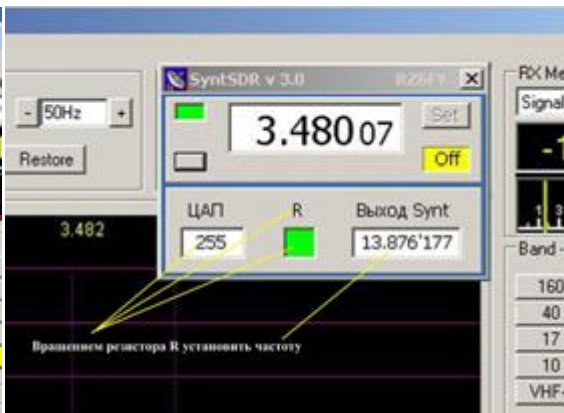


рис.25

Схемы в формате .spl можно взять здесь: (Файл Dok\_3.zip [Скачать](#))

**RZ6FY, Бакулин Павел, Ставрополь, 2007г.**

#### [Глас народа](#)

- 20.09.2007 11:34 [Предыдущий пост мой, забыл подписаться, прошу прощения.....](#) -- RZ6FY, Павел...
- 20.09.2007 09:55 [То giza... Если оечь идет о "вер.1" предложенного мной синтеза,...](#) -- giza
- 20.09.2007 07:45 [Где можно взять прогу Power SDR 1.6.3 или ранше не хочет работать...](#) -- giza
- 20.09.2007 07:42 [Где можно взять прогу Power SDR 1.6.3 или ранше не хочет работать...](#) -- giza
- 17.09.2007 19:50 [Что-бы развеять возможные сомнения, сообщаю, что последняя версия...](#) -- UR0VS
- 17.09.2007 09:30 [Первый вариант программы для пробы запускал на стареньком ноутбук...](#) -- Павел, RZ6FY...
- 17.09.2007 05:06 [Павел молодец.Какие требования к компу при использовании вашего с...](#) - giza
- 17.09.2007 02:40 [Молодец! Разул LM-ку по полной! ...](#) -- Serg
- 16.09.2007 20:00 [Молодец Павел ! Очень интересное решение.Когда-то чего-то подобно...](#) - 4Z5KY



Hits .....48399961  
 20262  
 Visitors .....9574018  
 3233  
 Sp<sup>10</sup>LoG 48