

# Простой лабораторный синтезатор сверхвысокой частоты

**Проблема стабильности частоты в приемопередающих устройствах существовала всегда. На относительно низких частотах (до 100–150 МГц) она решалась применением кварцевых резонаторов, на более высоких (400 МГц) — с помощью резонаторов на поверхностно-акустических волнах (ПАВ-резонаторах), для стабилизации же сверхвысоких частот часто применяют диэлектрические резонаторы из высокодобротной керамики или другие высокодобротные резонаторы [1]. Описанные способы стабилизации с помощью пассивных компонентов имеют свои достоинства — простоту и сравнительную дешевизну реализации, но их главный недостаток — невозможность сколько-нибудь существенной перестройки частоты без смены частотодающего элемента — резонатора. Невозможность быстрой электронной перестройки рабочей частоты при сохранении ее стабильности резко ограничивает применение радиоустройств, не позволяя, например, реализовать многоканальность.**

**Николай Штуркин,  
Иван Малыгин, к.т.н.**

ivm@institute-rt.ru

Получившие в настоящее время широкое распространение интегральные синтезаторы частоты различных зарубежных фирм позволяют осуществить быструю электронную перестройку рабочей, в том числе и сверхвысокой, частоты, сохраняя при этом ее высокую стабильность. Такие синтезаторы частоты бывают прямого и косвенного типов [2]. К достоинствам прямого синтеза относится высокое быстродействие при малом шаге сетки частот, но из-за необходимости фильтрации большого количества спектральных компонент, вызванных многочисленными нелинейными преобразованиями сигнала, в СВЧ-схемах устройства прямого синтеза применяются редко [3]. Для синтеза сверхвысоких частот обычно применяют синтезаторы косвенного типа, или синтезаторы с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Существует два основных типа интегральных синтезаторов с ФАПЧ — программируемые, значения частоты в которых задается внешним микроконтроллером по трехпроводной шине, и непрограммируемые, где коэффициенты деления внутренних делителей частоты фиксированы, а опорная

частота задается внешним кварцевым резонатором. В простых СВЧ-схемах обычно применяют непрограммируемые интегральные синтезаторы, например, MC12179 фирмы Motorola [4], к недостаткам которых следует отнести необходимость точного выбора кварцевого резонатора, что не всегда возможно. Программируемые синтезаторы частоты, например, UMA1020M фирмы Philips, лишены этого недостатка, а поскольку в современных системах связи обязательно присутствует управляющий микроконтроллер, осуществить программирование такого синтезатора технически несложно. Автогенераторы сверхвысокочастотного диапазона используются в виде функционально законченных модулей, выполненных по гибридной технологии [5].

Примером применения описанных решений может служить простой лабораторный синтезатор сверхвысокой частоты, позволяющий с высокой точностью генерировать и стабилизировать частоту в диапазоне 1900–2275 МГц.

Структурная схема спроектированного синтезатора показана на рис. 1, внешний вид — на рис. 2.

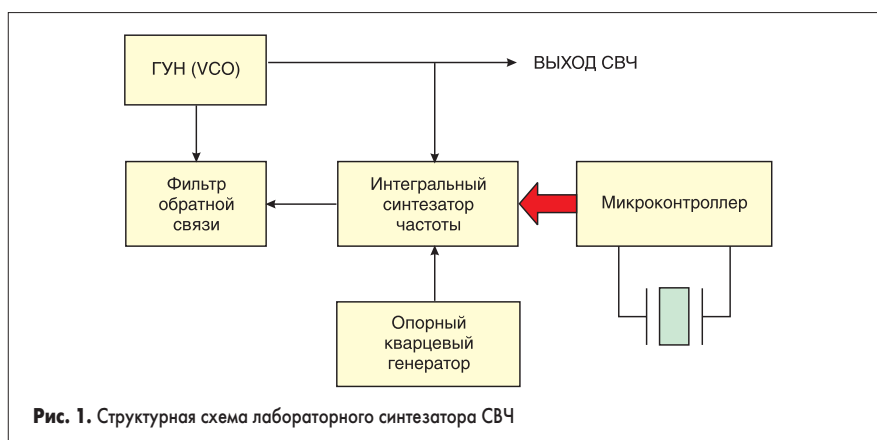


Рис. 1. Структурная схема лабораторного синтезатора СВЧ

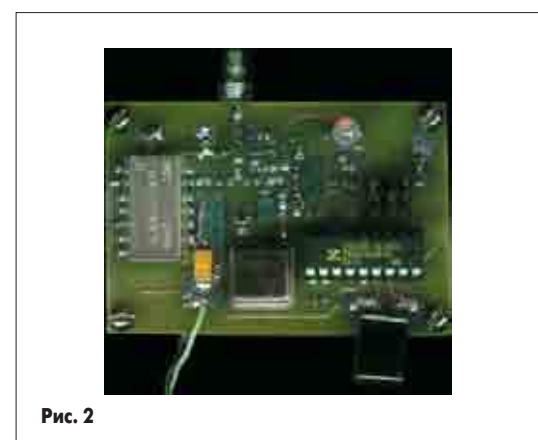


Рис. 2



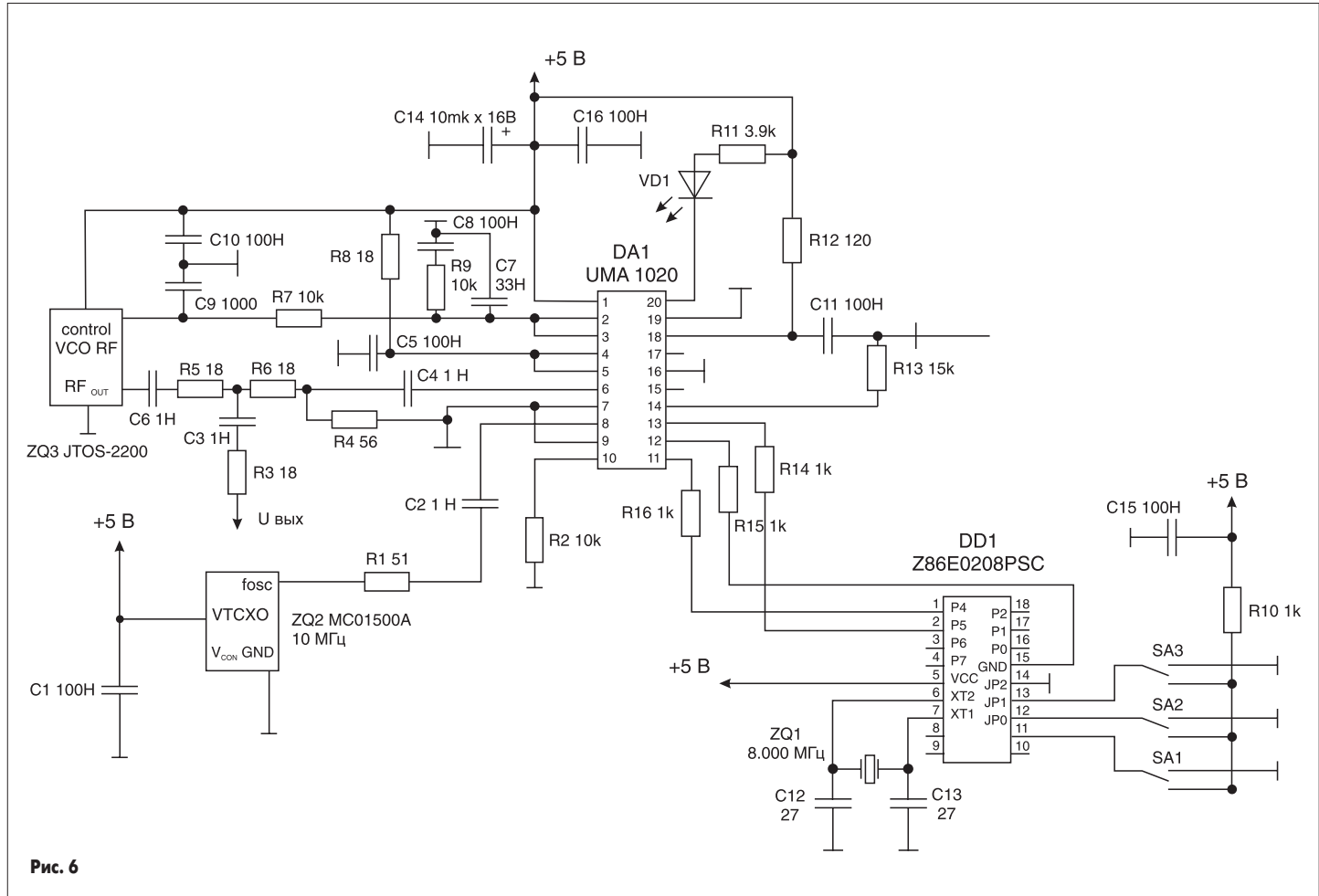


Рис. 6

Более подробно о программировании микроконтроллеров фирмы Zilog можно прочитать в соответствующей литературе [6, 7], полная техническая документация доступна на сайте [www.zilog.com](http://www.zilog.com).

Особенностью применяемого ГУНа JTOS-2200 является диапазон напряжения настройки: от 0,5 до 5 В. То есть, если значение напряжения настройки будет меньше 0,5 В, фирма-производитель не гарантирует устойчивую генерацию колебаний. Проведенные

эксперименты показали правдивость данного утверждения.

Принципиальная схема синтезатора показана на рис. 6, расположение элементов — на рис. 7.

Принцип функционирования ФАПЧ, а также методика расчета фильтра обратной связи (Loop filter) довольно широко рассматривались в технической литературе [8], поэтому в данной статье мы этой теме касаться не будем. Существует несколько бесплатно распространяемых программ, позволяющих рассчитывать параметры фильтров обратной связи, их можно найти в Интернете на сайте [www.analog.com](http://www.analog.com) или [www.national.com](http://www.national.com).

Для контроля правильности работы схемы синтезатора на плате установлен светодиод, свечение которого говорит об ошибке синтеза частоты. При корректной работе лабораторного синтезатора светодиод гореть не должен, однако эта функция может быть отключена программно.

Себестоимость собранного лабораторного синтезатора не превышает \$40. В качестве удешевления предлагаемого устройства можно предложить два пути: во-первых, можно объединить кварцевый источник опорных колебаний синтезатора и микроконтроллера, при этом надо помнить, что максимальная тактовая частота Z86E0208PSC составляет 8 МГц, в то время как для UMA-1020M она может быть в пределах 5–40 МГц. Во-вторых, ГУН можно разработать самостоятельно на транзисторах или усилительных интегральных микросхемах, используя методику, приведенную в специальных пуб-

ликациях [9, 10]. Желающие повторить описанный синтезатор могут воспользоваться архивом, который находится по адресу: <http://www.institute-rt.ru/info/freqsyn1.rar> — он содержит все файлы, необходимые для изготовления печатной платы и программирования микроконтроллера.

**Литература**

1. Диэлектрические резонаторы / Под ред. М. Е. Ильченко. М.: Радио и связь. 1989.
2. Пестряков А. В. Интегральные схемы для устройств синтеза и стабилизации частот // Chip News. 1996. № 2.
3. Лобов В., Стешенко В., Шахтарин Б. Цифровые синтезаторы прямого синтеза частот // Chip News. 1997. № 1.
4. Wireless Semiconductor Solutions. Motorola. Device Data. Vol. 1. DL 110/D, Rev 9.
5. VCO Designer's Handbook 2001. VCO/HB-01. Mini-Circuits.
6. Гладштейн М. А. Микроконтроллеры семейства Z86 фирмы Zilog. Руководство программиста. М.: Додэка. 1999.
7. The Z8 Application Note Handbook. Zilog. DB97Z8X0101.
8. Стариков О. Метод ФАПЧ и принципы синтеза высокочастотных сигналов // Chip News. 2001. № 6.
9. Microwave Oscillator Design. Application Note A008 // Hewlett-Packard Co. Publication number 5968-3628E (6/99).
10. Shveshkeyev P. A VCO Design for WLAN Applications in the 2.4 to 2.5 GHz ISM Band // Applied Microwave&Wireless. 2000. № 6.

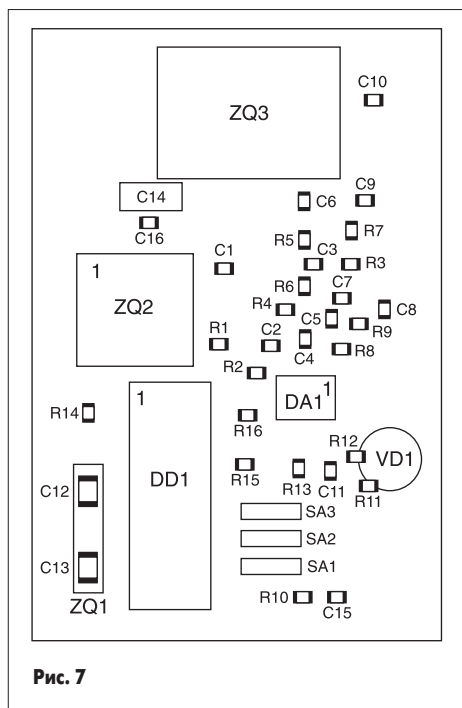


Рис. 7