

Модулируемый СВЧ-генератор

Алексей Ложников, Сергей Доберштейн

В статье рассмотрены вопросы реализации малогабаритных СВЧ-генераторов на ПАВ-резонаторах с возможностью импульсной модуляции выходного сигнала.

В настоящее время для различной аппаратуры связи необходимы малогабаритные СВЧ-генераторы с малым уровнем фазовых шумов, относительно высокой температурной нестабильностью в широком интервале рабочих температур (ИРТ) и малым временем включения и выключения при подаче управляющего напряжения. За счёт малого времени включения/выключения возможна модуляция и, соответственно, формирование сигнала в радиопередающих устройствах связи СВЧ-диапазона.

Решению указанных выше проблем посвящена разработка аналога генераторов моделей AXGS10, AXGS20 производства компании Axtal GmbH & Co (Германия) на частоты от 500 МГц до 2 ГГц.

Для перекрытия всего диапазона частот необходимо изготовить ПАВ-резонатор на частоты от 500 до 1000 МГц. Варианты генератора с выходной частотой 1,0...2,0 ГГц реализуются за счёт схемы удвоения частоты.

Такое техническое решение позволяет использовать более низкочастотные ПАВ-резонаторы, являющиеся более технологичными и надёжными, для повышения стабильности параметров генератора.

Для получения низкого уровня фазовых шумов требуется высокая добротность ($Q \geq 8000$), что реализуется в резонаторах на поверхностных поперечных волнах (Surface Transverse Waves – STW). STW-резонаторы на кварце имеют высо-

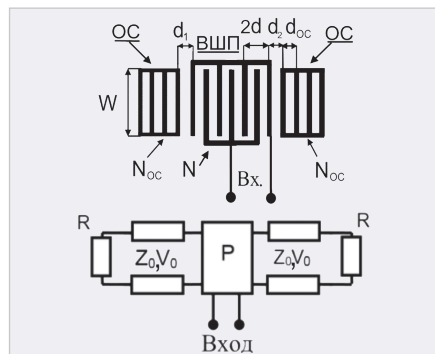


Рис. 1. Топология одноходового ПАВ-резонатора и его эквивалентная схема

кую скорость распространения акустической волны ($V_0=5000$ м/с), низкий температурный коэффициент частоты ($0,05 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}^2$), выдерживают большую мощность подводимого сигнала (до нескольких Вт). Ширина электродов и зазоров встречно-штыревого преобразователя (ВШП) составляет 2,5...1,5 мкм для рабочих частот 500...1000 МГц, что облегчает фотолитографию при изготовлении резонаторов. Всё это позволяет успешно использовать STW для создания высокочастотных резонаторов [1–3]. Однако для обеспечения высокой добротности Q требуется большое число электродов (400) в отражательных решётках (ОР). Это приводит к увеличению размеров резонаторов, особенно на частотах менее 1 ГГц. В ито-

ге для схемы генератора разработаны STW-резонаторы с высокой добротностью и уменьшенными размерами на $\text{YX}/36^\circ+90^\circ$ срезе кварца. Резонаторы выполняются по одноходовой схеме, когда встречно-штыревой преобразователь (ВШП) располагается между двумя ОР с закороченными электродами (см. рис. 1).

Ключ разрешения выхода для обеспечения быстрого включения/выключения выполнен на PIN-диодах. Различные схемы включения PIN-диодов позволяют добиться оптимальных для заданных требований запирающих сигнала и вносимых потерь. Существуют четыре основных вида схем: последовательная, шунтирующая, последовательно-шунтирующая и Т-образная, использующие по одному, по два (последовательно-шунтирующая) и три PIN-диода (Т-образная).

Схема выбирается, исходя из требуемой задачи по ослаблению сигнала в выключенном состоянии и исходя из

Таблица 1. Расчётные данные по типам схем включения PIN-диодов

Тип схемы	Ослабление в выключенном состоянии, дБ	Вносимые потери, дБ	Количество PIN-диодов
Последовательная	12,3	0,5	1
Шунтирующая	14,3	0,02	1
Последовательно-шунтирующая	25,7	0,27	2
Т-образная	48,6	0,53	3

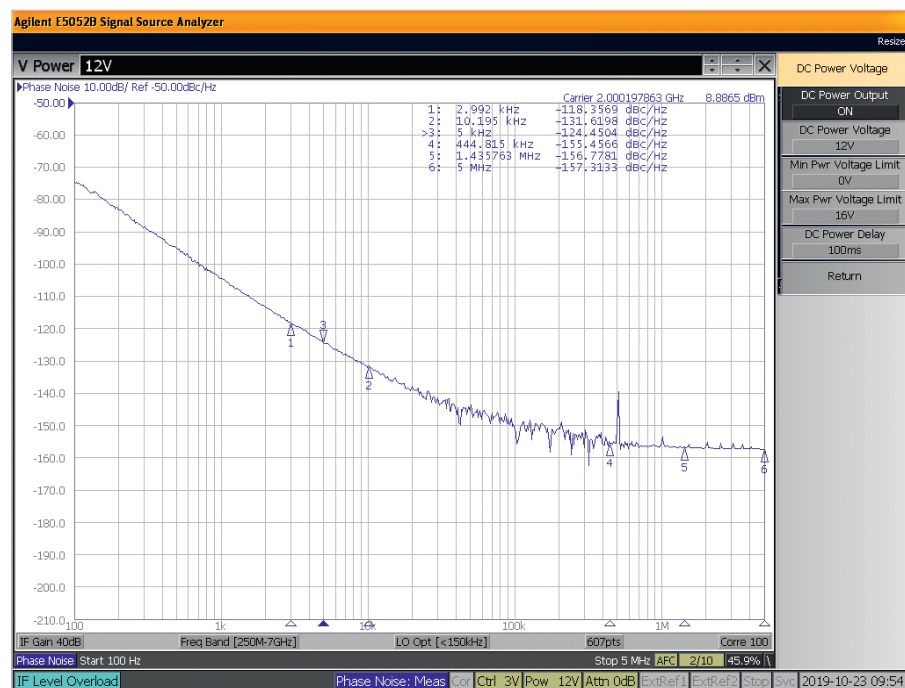


Рис. 2. Результат измерения уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов генератора с выходной частотой 2000 МГц

Таблица 2. Сравнение технических характеристик генераторов-аналогов с разработанным генератором

Параметр	АХGS10(20)	ГК399-С
Диапазон частот, МГц	950...1532	500...2000
Относительная температурная нестабильность частоты, ppm в диапазоне температур, °С	±350 -40...+85	±285 -60...+85
Управляющее напряжение, В лог «0» лог «1»	0...1,5 3,5...5,5	0...0,4 2,4...5,0
Время включения, нс, не более	40	50
Время выключения, нс, не более	30	50
Форма сигнала при нагрузке 50 Ом	Синус	Синус
Напряжение питания, В	4,75...5,25	5,0; 12,0
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+85	-60...+85
Уровень СПМ фазовых шумов при отстройке 5 кГц, дБн/Гц	-	-115
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	20,7×13,1×5,2	20,7×13,1×5,2
Вес, г, не более	5	4
Герметичность	Негерметичный	Герметичный

параметров PIN-диода. Формулы для расчёта приведены в [4, 5]. Результаты расчётов для выбранного PIN-диода приведены в таблице 1.

Результаты расчёта показали, что наиболее оптимальным вариантом для выполнения требований по ослаблению сигнала в выключенном состоянии является использование Т-образной схемы.

Для управления включением/выключением используется драйвер на базе n-p-n транзистора. Схема основана на рекомендациях из [6, 7]. Для увеличения скорости включения/выключения однополярное питание +5 В преобразовано в двухполярное -1,7 и +3,3 В. Смена полярности напряжения на PIN-диоде увеличивает скорость включения/выключения в 20...50 раз, что проверено при макетировании схем.

В итоге получено изделие, содержащее следующие функциональные блоки: ПАВ-резонатор, автогенератор на одном или двух транзисторах, усилитель на одном транзисторе, высоко-

скоростной ключ разрешения выхода. Блоки размещены в одной микросборке, изготовленной из низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (Low Temperature Co-fired Ceramics Technology, LTCC-технология). Подложка микросборки является дном корпуса генератора, на неё методом пайки устанавливается металлическая крышка, обеспечивая герметичность генератора.

Применение ПАВ-резонатора с высокой добротностью после умножения на 2 схемой автогенератора позволило получить следующие фазовые шумы (см. рис. 2).

Генераторы конструктивно исполнены в двух вариантах: в выводном корпусе DIL-14 (четыре вывода, 20,8×13,1×7,3 мм (Д×Ш×В)) для монтажа в отверстия печатной платы и безвыводном (4 контактных площадки, 20,7×13,1×5,2 мм) для монтажа на поверхность печатной платы (см. рис. 3).

Сравнение технических характеристик генераторов-аналогов с разработанным генератором приведено в таблице 2.



Рис. 3. Генераторы GK399-C-B и GK399-C-B

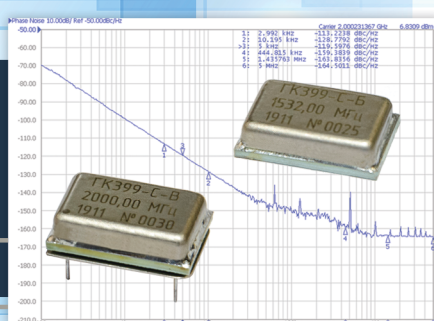
Время включения/выключения выхода генератора при внешнем управлении менее 50 нс позволяет использовать данные генераторы в качестве формирователя сигналов амплитудной манипуляции с технической скоростью до 2 МБод (при времени установления сигнала 1/10 посылки).

Литература

1. Friedt J.-M. Design of Asynchronous STW Resonators for Filters and High Stability Source Applications. Proc. IEEE Ultrason. Symp. 2005. P. 1315–1318.
2. Wang W. Optimization of STW Resonator by Using FEM/BEM. Proc. IEEE Ultrason. Symp. 2006. P. 1863–1865.
3. Kim C. U. High Q-factor STW-Resonators on AT-Cut of Quartz. Proc. IEEE Ultrason. Symp. 2007. P. 2582–2585.
4. Reference Data For Radio Engineers. H. W. Sams & Co. A Subsidiary of ITT. NY. 1979. Ch. 36.
5. W. E. Doherty, Jr., The Use of Transmit Receive Antenna Switches For Wireless Communications Systems. MICRO
6. CURRENTS. Microsemi Corporation. 1997–1998. P. 5–6.
7. Microsemi-Watertown. The PIN-diode Circuit Designers Handbook. 1998.
8. Driving Circuits and Interfaces for PIN Diodes and Ferrite Phase Shifters C. J. Georgopoulos, Interface Control Technologies Inc. 1990. Ch. 3–4.



ОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



АО «ОНИИП» освоил выпуск СВЧ-генераторов, которые могут использоваться как тактовые, так и в качестве формирователя сигналов амплитудной манипуляции в аппаратуре группы 4У.

Основные технические характеристики:

- Диапазон номинальных частот от 500 до 2000 МГц
- Время включения/выключения не более 50 нс
- Выходной сигнал синусоидальный, 7 дБм
- Диапазон рабочих температур от минус 60 до +85 °С
- Габаритные размеры 20,7×13,1×5,2 мм

Россия, Омск, 644009, Масленникова 231, тел. (3812) 514900, факс. (3812) 536673, e-mail: info@oniip.ru, http://www.oniip.ru.