

# ВЧ/СВЧ-компоненты компании SYNERGY

## Генераторы управляемые напряжением и синтезаторы частоты

**Ни для кого не секрет, что на рынке ВЧ/СВЧ-компонентов представлено великое множество сходных по функциональному назначению решений. Как правило, данные решения незначительно отличаются по своим характеристикам, поскольку каждый из производителей старается представить прибор, не уступающий аналогам конкурентов. В связи с этим, выбор того или иного решения определяется лишь его доступностью и предпочтениями разработчика. Однако у многих производителей существуют отдельные компоненты и серии, значительно отличающиеся от подобных им на рынке. Именно о таких компонентах и пойдет речь ниже.**

Станислав Дидилев

sd@may.ru

**П**режде чем непосредственно рассмотреть компоненты и их характеристики, будет уместно сказать несколько слов о компании-производителе.

SYNERGY Microwave ([www.synergymwave.com](http://www.synergymwave.com)) была основана в 1982 году. Чуть позднее, в феврале 1983 года компания получила статус корпорации и стала называться SYNERGY Microwave Corporation. Основным полем деятельности компании является разработка и производство активных, а также пассивных ВЧ/СВЧ-компонентов. Основной офис компании располагается в Нью-Джерси (New Jersey, США). Там же расположены лаборатории и производственные мощности компании. Компания SYNERGY производит достаточно широкий спектр приборов: аттенюаторы, ключи, фильтры, делители мощности, удвоители и синтезаторы частоты, генераторы, управляемые напряжением (ГУН), фазовращатели, фазовые детекторы, модуляторы, монолитные усилители и т. д. Помимо стандартной продукции компания занимается изготовлением приборов с характеристиками, необходимыми заказчику. Компания имеет сертификат соответствия ISO 9001.

В данном материале мы не станем рассматривать весь спектр продукции компании, а остановимся лишь на тех компонентах, чьи характеристики позволяют выделить их среди общей массы предложений на рынке. Далее речь пойдет о генераторах, управляемых напряжением (ГУН, VCO — Voltage Controlled Oscillator) и синтезаторах частоты (Frequency Synthesizer).

Разработка и производство подобных приборов традиционно является сильной стороной компании SYNERGY. Любопытно отметить, что у президента компании Ульриха Л. Роде (Ulrich L. Rohde) есть несколько научных работ в этой области. Например, статья «A New and Efficient Method of Designing Low

Noise Microwave Oscillators» («Новый и эффективный метод разработки ВЧ/СВЧ-генераторов с низкими шумами»).

Среди ГУН, производимых SYNERGY, можно выделить следующие группы:

- ГУН с возможностью перестройки частоты более чем на октаву (Larger than octave bandwidth VCO's);
- ГУН, обладающие высокой температурной стабильностью параметров (Temperature stable VCO's);
- ГУН с двумя входами управляющего напряжения (Dual tuning port VCO's).

### ГУН с возможностью перестройки частоты более чем на октаву

Данная группа представлена моделями DCFO-35105, DCMO-190410, DCMO-150320 и DCMO-60170. Эти генераторы перекрывают диапазон частот от 150 до 4100 МГц, причем они позволяют изменять рабочую частоту в достаточно широких пределах. Например, для модели DCFO-35105 рабочая частота может меняться от 350 до 1050 МГц. Генераторы этих серий могут работать в диапазоне температур от  $-30$  до  $+75$  °С при напряжении питания 5 В. Выход генераторов согласован на нагрузку 50 Ом. Следует также особо отметить достаточно низкие значения спектральной плотности фазового шума и достаточно высокую термостабильность данных приборов. Как видно из графика, приведенного на рис. 1, для DCMO-190410 значение спектральной плотности фазового шума составляет  $-90$  дБс/Гц при смещении на 10 кГц. Зависимость частоты генератора DCFO-35105 от управляющего напряжения для различных температур приведена на рис. 2. Все вышеперечисленные приборы предназначены для поверхностного монтажа. Основные параметры генераторов приведены в таблице 1.

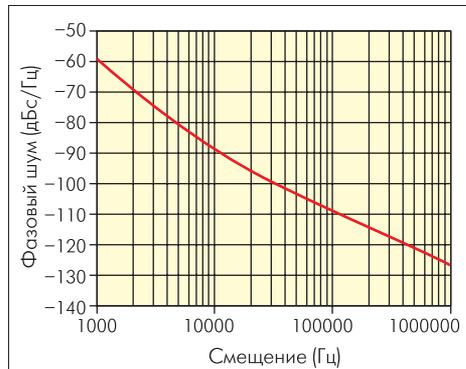


Рис. 1. Зависимость спектральной плотности фазового шума от смещения для DCMO-190410

**ГУН, обладающие высокой температурной стабильностью параметров**

В качестве примера подобных приборов можно привести CSO-1000 и CSO-2507. Данные модели используют в качестве частотно-задающей цепи резонатор на основе ПАВ (поверхностных акустических волн), что обеспечивает им низкие значения спектральной плотности фазового шума и крайне высокую термостабильность, а также равномерность изменения параметров в зависимости от температуры. Это хорошо иллюстрируют графики, приведенные на рис. 3–5. Помимо этого, применение резонатора на основе ПАВ обеспечивает стойкость генератора к внешним воздействиям (например, вибрации). Однако при всех достоинствах данное решение обладает одним существенным недостатком: использование ПАВ резко снижает диапазон перестройки частоты (рис. 4). Например, для CSO-1000 диапазон перестройки составляет всего 4 МГц (от 998 до 1002 МГц), в то время как у моделей предыдущего семейства он на несколько порядков больше.

Конструктивно CSO-1000 и CSO-2507 выполнены в корпусах размером 19,05×19,05×6,7 мм для поверхностного монтажа, и могут работать в диапазоне температур от -40 до +85 °С.

Основные параметры вышеуказанных генераторов приведены в таблице 2.

**ГУН с двумя входами управляющего напряжения**

Модели DTMFO-900A, DTMFC-1025A и DTMFC-2100A являются типичными представителями данной группы. Особенностью

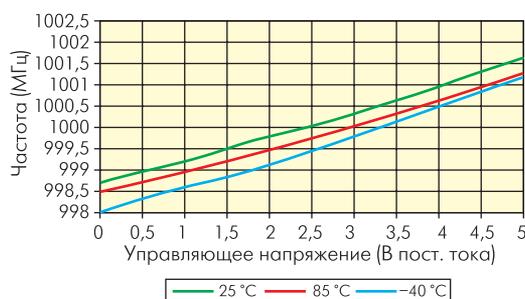


Рис. 4. Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения при различных температурах (для CSO-1000)

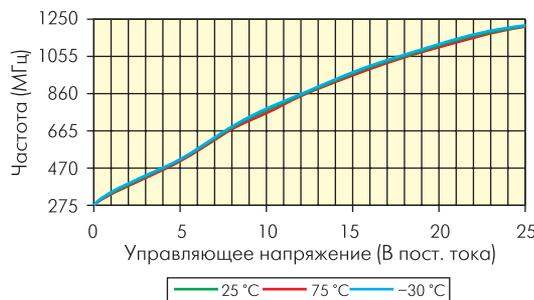


Рис. 2. Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения при различных температурах (для DCFO-35105)

Таблица 1. Основные параметры ГУН с возможностью перестройки частоты более чем на октаву

Модель	Диапазон частот, МГц	Напряжение перестройки, В	Питающее напряжение, В	Спектральная плотность фазового шума на 10 кГц, дБс/Гц	Спектральная плотность фазового шума на 100 кГц, дБс/Гц
DCFO-35105	350–1050	0–20	+5	-112	-132
DCMO-1545	150–450	0,5–25	+5	-115...-108	-135...-128
DCMO-60170	600–1700	0–25	+5	-99	-120
DCMO-150320	1500–3200	0,5–20	+5	-92	-112
DCMO-190410	1900–4100	0,5–20	+5	-90	-110

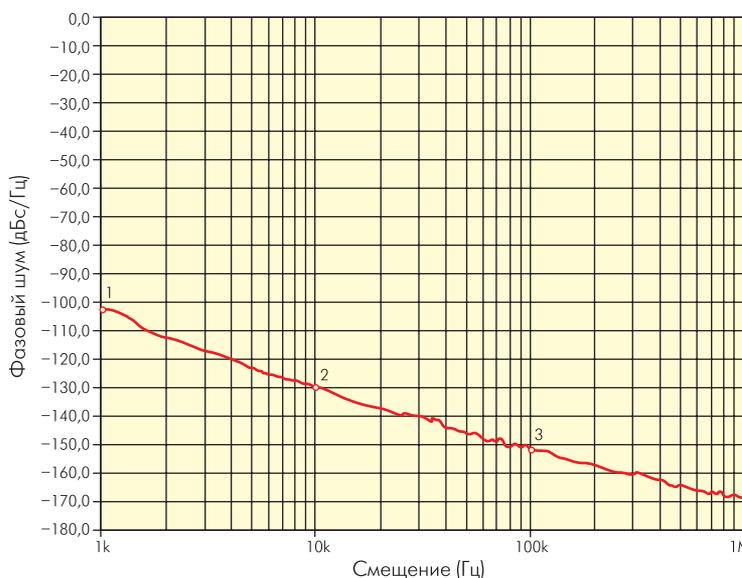


Рис. 3. Зависимость спектральной плотности фазового шума от смещения для CSO-1000

Таблица 2. Основные параметры генераторов, управляемых напряжением, обладающих высокой температурной стабильностью параметров

Модель	Центральная частота, МГц	Напряжение перестройки, В	Питающее напряжение, В	Спектральная плотность фазового шума на 10 кГц, дБс/Гц	Спектральная плотность фазового шума на 100 кГц, дБс/Гц
CSO-1000	1000	0,5–4,5	+8	-125	-145
CSO-2507	2506,7	0,5–4,5	+11	-125	-143

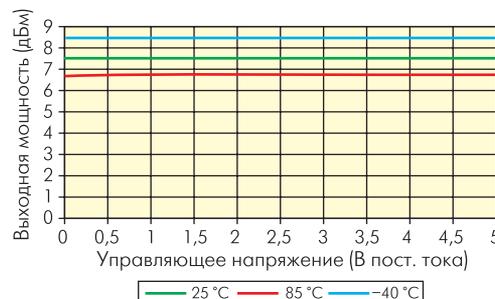


Рис. 5. Зависимость выходной мощности генератора от управляющего напряжения при различных температурах (для CSO-1000)

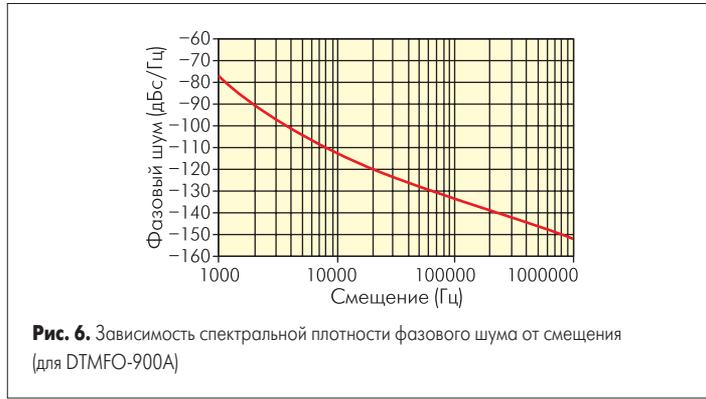


Рис. 6. Зависимость спектральной плотности фазового шума от смещения (для DTMFO-900A)

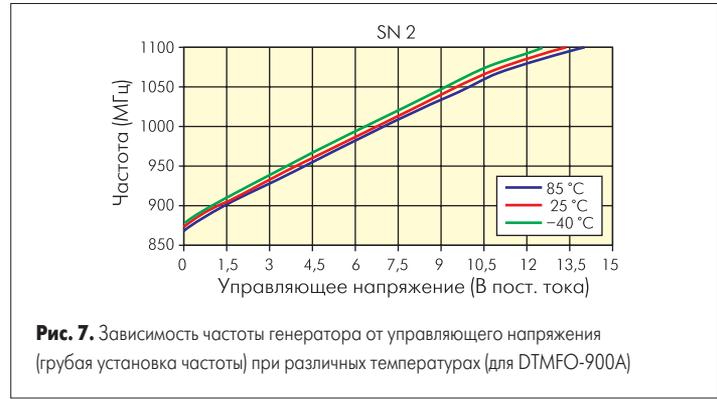


Рис. 7. Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения (грубая установка частоты) при различных температурах (для DTMFO-900A)

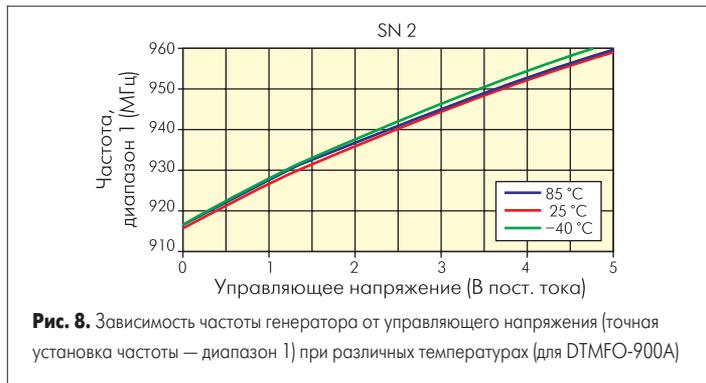


Рис. 8. Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения (точная установка частоты — диапазон 1) при различных температурах (для DTMFO-900A)

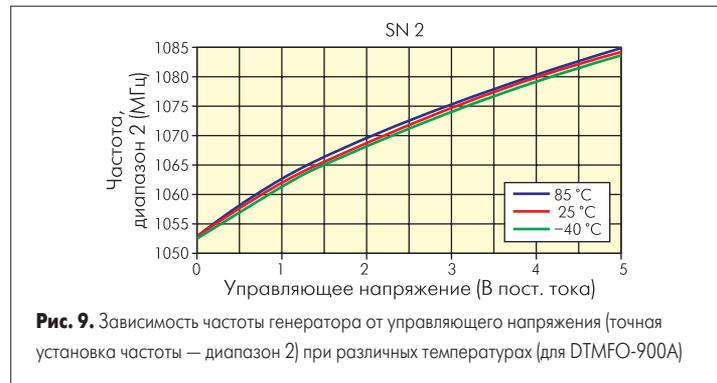


Рис. 9. Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения (точная установка частоты — диапазон 2) при различных температурах (для DTMFO-900A)

Таблица 3. Основные параметры ГУН с двумя входами управляющего напряжения

Модель	Диапазон частот, МГц	Напряжение перестройки (груб./ точн.), В	Питающее напряжение, В	Спектральная плотность фазового шума на 10 кГц, дБс/Гц	Спектральная плотность фазового шума на 100 кГц, дБс/Гц
DTMFO-900A	900–1050	0,5–15 / 1–5	+8	-110	-130
DTMFC-1025A	1000–1700	0,5–15 / 1–5	+8	-103...-100	-123...-120
DTMFC-2100A	2100–2950	0,5–15 / 1–5	+8	-90...-85	-110...-105

данных приборов является наличие двух входов управляющего напряжения. Один из входов служит для грубой установки частоты, а другой — для точной. Например, для модели DTMFO-900A напряжение перестройки может колебаться от 0,5 до 15 В при крутизне перестройки частоты 13–26 МГц/В (грубая установка частоты). Для входа точной установки частоты эти параметры составляют 1–5 В и 2–4 МГц/В соответственно. ГУН этих серий могут работать в диапазоне температур от -40 до +85 °С при напряжении питания 8 В. Следует отметить достаточно низкие значения спектральной плотности фазового шума данных приборов, что хорошо проиллюстрировано графиком на рис. 6, где показана зависимость спектральной плотности фазового шума от смещения (для модели DTMFO-900A). Зависимость частоты генератора DTMFO-900A от управляющего напряжения для различных температур по каждому управляющему входу приведена на рис. 7–9. Генераторы серий DTMFO и DTMFC выполнены в корпусах для поверхностного монтажа (аналог LPCC). Основные параметры генераторов приведены в таблице 3.

**Синтезаторы частоты**

Компания SYNERGY выпускает широкий спектр синтезаторов частоты для различных применений. В рамках данного материала мы не станем рассматривать всю продукцию подобного типа, а остановимся лишь на несколь-

ких ее группах: высококачественных синтезаторов частоты на основе DDS (Direct Digital Synthesis — прямого цифрового синтеза) и широкополосных маломощных синтезаторов.

Типичными представителями первого семейства являются модели серий MTS-2500 и MTS-3000. В основном данные синтезаторы предназначены для инструментальных измерений, а также для работы в доплеровских РЛС. Данные синтезаторы характеризуются широким диапазоном рабочих частот, малым

шагом перестройки (до 1 Гц), быстрым захватом частоты после перестройки, стабильностью к внешним воздействиям, низкими значениями спектральной плотности фазового шума, легким программированием, высокой спектральной чистотой выходного сигнала. Следует отметить богатый выбор интерфейсов управления: по умолчанию используется SPI, однако возможно использование RS232, I<sup>2</sup>C и USB. Синтезаторы данного типа выполнены в законченных корпусах для монтажа в стойку или на шасси. В качестве примера приведем некоторые параметры синтезатора MTS300950DS:

- диапазон рабочих частот: 300–950 МГц;
- напряжение питания: 13 В (±3 В);
- шаг перестройки частоты: 1 Гц;
- спектральная плотность фазового шума:
  - при смещении на 10 кГц: -104 дБс/Гц;
  - при смещении на 100 кГц: -125 дБс/Гц;
- диапазон рабочих температур: от 0 до +50 °С;

Таблица 4. Основные параметры широкополосных маломощных синтезаторов частоты

Модель	Диапазон частот, МГц	Шаг перестройки, кГц	Питающее напряжение, В	Спектральная плотность фазового шума на 1 кГц, дБс/Гц	Спектральная плотность фазового шума на 10 кГц, дБс/Гц
FSW1545-50X*	150–450	500	+5; +25	-98	-98
FSW60170-50X	600–1700	500	+5; +25	-95	-100
FSW150320-50X	1500–3200	500	+5; +25	-80	-90
FSW190410-50X	1900–4100	1000	+5; +20	-85	-85
LFSW1545-50X	150–450	500	+5	-102	-102
LFSW35105-50X	350–1100	500	+5	-105	-110
LFSW60170-50X	600–1700	500	+5	-95	-100
LFSW150320-50X	1500–3200	500	+5	-85	-92
LFSW190410-50X	1900–4100	1000	+5	-80	-90
FSH2050A	2050–2600	1000	+5; +15	-	-90
FSH55155A	550–1550	5000	+5; +25	-95	-100

\* X — тип интерфейса: I<sup>2</sup>C = I; 3-проводной = W; SPI = S; RS232 = R (CMOS 5 В RS232).

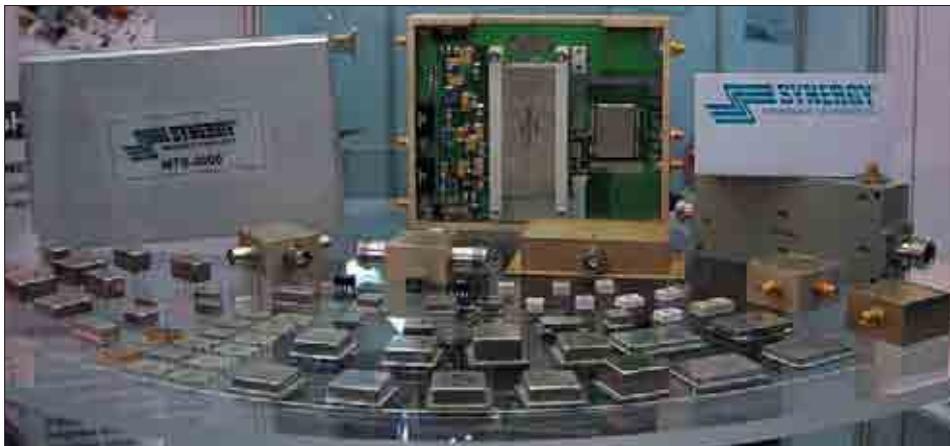


Рис. 10. Продукция SYNERGY Microwave Corporation

- время установки частоты во включенном состоянии составляет менее 15 мс, при включении — менее 1 с;
- выходная мощность: +12 дБм.

Второй большой группой продуктов, на которую следует обратить внимание, являются широкополосные малошумящие синтезаторы серий FSH, FSW и LFSW. Эти синтезаторы характеризуются низкими значениями спектральной плотности фазового шума и широким рабочим диапазоном. Модели серии FSH построены на основе чипа компании Analog Devices ADF4113 и имеют последовательный интерфейс. Модели серий FSW и LFSW выпускаются с несколькими типами интерфейсов: I<sup>2</sup>C, 3-проводной, SPI, RS232. Как и другая продукция компании, синтезаторы этих серий предназначены для поверх-

ностного монтажа. Некоторые параметры вышеуказанных синтезаторов приведены в таблице 4.

Суммируя все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что SYNERGY удалось представить на рынок интересные, и главное, вполне конкурентоспособные (а по некоторым параметрам — и превосходящие аналоги конкурентов) решения. А если вернуться к началу статьи и вспомнить, что создание приборов подобного класса является в некотором роде «коньком» компании, то в ближайшем будущем можно смело ожидать появление новых интересных разработок.

Более полную информацию о продукции компании SYNERGY можно получить на сайте [www.synergymwave.com](http://www.synergymwave.com).