

# ВЧ- и СВЧ-приборы компании Mini-Circuits

## Часть 1

Михаил Гудин

m.gudin@vital-ic.com

### Коротко о компании

Компания Mini-Circuits Laboratory была основана в 1961 году и специализируется на производстве ВЧ- и СВЧ-приборов. Компоненты для построения подобной аппаратуры находят применение в различных телекоммуникационных системах гражданского и военного назначения. Уникальная надежность, относительно невысокая стоимость и удобство эксплуатации компонентов, а также удачная торговая стратегия позволили компании успешно наращивать объемы производства и постоянно обновлять модельный ряд.

Спектр производимой продукции компания Mini-Circuits весьма широк и включает в себя:

- усилители (как монолитные, так и гибридные) с питанием от 3 до 28 В, работающие в диапазоне до 10 ГГц;
- аттенюаторы на 50 и 75 Ом (двухфазные, цифровые, фиксированные);
- переключатели на различное количество направлений (на GaAs-структурах и TTL-управляемые);
- сумматоры, разветвители различной мощности с развязкой до 50 дБ;
- смесители для различных диапазонов (от 10 МГц до 10 ГГц);
- пассивные фильтры (низкочастотные, полосовые, высокочастотные) на 50 и 75 Ом, 0–2,2 ГГц;
- управляемые напряжением генераторы (монолитные, малошумящие);
- удвоители частоты на диапазон 5 кГц–3 ГГц;
- ограничители сигнала на диапазон 10 кГц–900 МГц;
- трансформаторы сопротивлений до 1,5 ГГц;
- модуляторы-демодуляторы, фазовые детекторы и многое другое.

В рамках данной статьи мы остановимся на кратком описании популярных новинок компании Mini-Circuits — монолитных интегрированных микроволновых усилителей, а также двойных балансных смесителей на основе LTCC-технологии.

### Интегрированные монолитные усилители группы VNA

Монолитные высокочастотные усилители работают на источниках постоянного тока. На практике их моделируют на основе источника напряжения, радиочастотного дросселя и резистора. На выход и вход подобных усилителей помещают дополнительные разделительные конденсаторы. Все эти

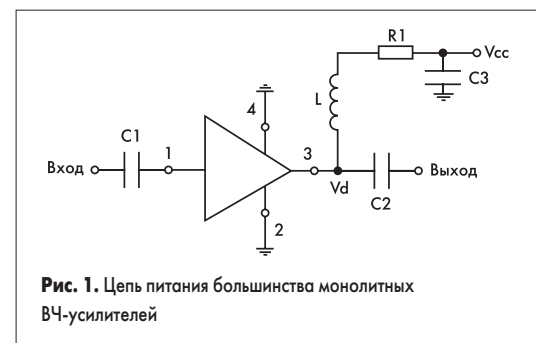


Рис. 1. Цепь питания большинства монолитных ВЧ-усилителей

внешние элементы съедают пространство, увеличивают стоимость и количество компонентов.

На рис. 1 показана цепь питания типичных микроволновых усилителей. В данном случае для подвода питания используется выходной вывод усилителя. Для предотвращения уменьшения коэффициента усиления и выходной мощности необходимо, чтобы суммарное реактивное сопротивление R1 и L было не меньше 500 Ом. Кроме того, резонансная частота дросселя должна быть больше, чем рабочая частота.

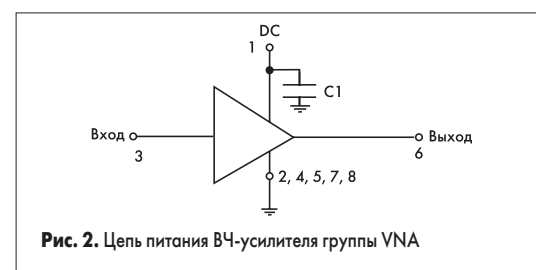


Рис. 2. Цепь питания ВЧ-усилителя группы VNA

Новый монолитный усилитель группы VNA имеет независимые терминалы для подвода напряжения питания и частоты (рис. 2). Подобные усилители предназначены в большей степени для работы с источниками напряжения и фактически не обременены внешними компонентами. Исключением составляет разделительный конденсатор C1, емкость которого должна быть в диапазоне 100 пФ–0,1 мФ, верхний уровень емкости обеспечивает некоторую фильтрацию шумов источника напряжения. Данные усилители имеют корпус для поверхностного монтажа и 8 выводов (рис. 3).

Усилители группы VNA обладают столь высокими значениями коэффициента развязки (табл. 1), что их можно использовать в качестве активных изоляторов. Важной особенностью подобных усилителей является то, что они работают на источни-

Таблица 1. Характеристики усилителей группы VNA

| Модель | Частотный диапазон (ГГц) | Коэффициент усиления (дБ) | IP3 (дБм) | Потребляемый ток (мА) | Тепловое сопротивление (°С/Вт) | Коэффициент развязки (дБ) |
|--------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| VNA-21 | 0,5-2,5                  | 12                        | 18        | 33                    | 105                            | 34                        |
| VNA-22 | 0,5-2,5                  | 13                        | 27        | 80                    | 102                            | 30                        |
| VNA-23 | 0,5-2,5                  | 18                        | 20        | 32                    | 110                            | 33                        |
| VNA-25 | 0,5-2,5                  | 16                        | 27        | 85                    | 125                            | 40                        |
| VNA-29 | 0,5-2,6                  | 20                        | 19        | 35                    | 125                            | 40                        |

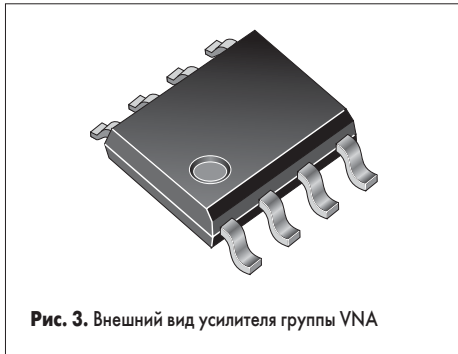


Рис. 3. Внешний вид усилителя группы VNA

ках напряжения в диапазоне 2,8-5 В, а это дает возможность использовать аккумуляторы в качестве питания.

**Двойные балансные смесители группы MSA1**

Для частот, не превышающих уровень 5 ГГц, двойные балансные смесители могут реализовываться на ферритной основе, что делает их достаточно компактными и надежными. Для более высоких частот в качестве основы смесителя выступает полупроводник.

Двойные балансные смесители, изготовленные по технологии Blue Cell LTCC (низкотемпературной керамики), отличаются малой стоимостью и размерами. Данная технология

позволяет создать многоуровневую цепь на основе лент керамического субстрата. Проводящие, диэлектрические и резистивные пасты наносятся на керамические пластины, которые затем запекают с помощью специальной печи при температуре +850 °С в единый многослойный «пирог», обладающий герметичностью и монолитностью. Типичная структура Blue Cell LTCC показана на рис. 4 и состоит из нескольких диэлектрических уровней, проводников, встроенных резисторов и конденсаторов, а также соединительных каналов.

Высокая степень интеграции элементов подобной структуры позволяет реализовывать устройство в корпусе поверхностного монтажа (рис. 5). Корпус имеет высоту 0,065", длину 0,3" и ширину 0,25". Температурная устойчивость керамических материалов, используемых в технологии Blue Cell LTCC, значительно упрощает решение проблемы температурного равновесия. Подобные смесители имеют рабочий диапазон температур от -55 до +100 °С и могут использоваться как в гражданских, так и в военных устройствах. Технические характеристики данной группы смесителей представлены в таблице 2.

В следующих номерах журнала мы продолжим обзор продукции компании Mini-Circuits Laboratory.

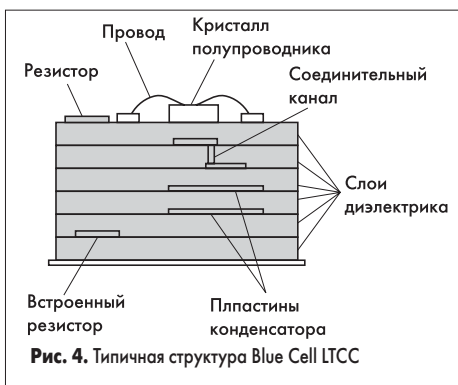


Рис. 4. Типичная структура Blue Cell LTCC



Рис. 5. Внешний вид смесителей группы MSA1

Таблица 2. Характеристика смесителей группы MSA

| Модель    | Частотный диапазон (МГц) |         | Средние потери преобразования (дБ) | Коэффициент развязки (дБ) |       |
|-----------|--------------------------|---------|------------------------------------|---------------------------|-------|
|           | РЧ, ВЧ                   | ПЧ      |                                    | РЧ-ВЧ                     | РЧ-ПЧ |
| MCA1-24   | 3000-2400                | DC-700  | 6.10                               | 40                        | 25    |
| MCA1-24LH | 3000-2400                | DC-700  | 6.50                               | 40                        | 11    |
| MCA1-24MH | 1000-4200                | DC-700  | 6.1                                | 40                        | 25    |
| MCA1-42   | 1000-4200                | DC-150  | 6.10                               | 35                        | 20    |
| MCA1-42LH | 1000-4200                | DC-1500 | 6.00                               | 38                        | 20    |
| MCA1-42MH | 1600-4200                | DC-1500 | 6.20                               | 35                        | 20    |
| MCA1-60   | 1600-4400                | DC-2000 | 6.30                               | 32                        | 17    |
|           | 4400-6000                | DC-2001 | 6.20                               | 23                        | 18    |
| MCA1-60LH | 1700-4400                | DC-2002 | 6.60                               | 35                        | 17    |
|           | 4400-6000                | DC-2003 | 6.00                               | 27                        | 21    |
| MCA1-60MH | 1600-4400                | DC-2004 | 6.90                               | 32                        | 17    |
|           | 4400-6600                | DC-2005 | 6.00                               | 22                        | 15    |