

# СВЧ-аттенюаторы фирмы Herley General Microwave с аналоговым и цифровым управлением

Печатается с разрешения журнала CHIP NEWS Украина (<http://chipnews.com.ua>)

**Игорь Очеретянко (г. Киев, Украина)**

**Поскольку современная электроника достигает пределов быстродействия, требуются всё более скоростные решения. Один из способов увеличения скорости передачи и обработки информации, функциональных возможностей и надёжности устройств – использование СВЧ-технологий. В статье рассмотрен наиболее интересный модельный ряд СВЧ-аттенюаторов.**

Сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон электромагнитного излучения, расположенный в спектре между световым излучением и радиоволнами, обладает некоторыми свойствами, характерными для обоих соседних диапазонов. Например, СВЧ-излучение, как и свет, поляризуется, фокусируется, распространяется по прямой линии и отражается. Перечисленные особенности распространения волн широко используются в радиолокации для обнаружения и сопровождения целей. Фокусировка излучения осуществляется с помощью направленных антенн и позволяет увеличить дальность передачи при уменьшении мощности излучаемого сигнала. СВЧ-излучение генерируется таким же методом, как и радиоволны. Основная причина использования СВЧ-диапазона в современных системах связи – существенное снижение потребляемой мощности при значительном увеличении пропускной способности канала.

Кроме вышеперечисленных сфер применения, СВЧ-технологии заняли достойное место в медицине, народном хозяйстве, системах передачи и

обработки информации, научных исследованиях, микроэлектронике и др.

Современный рынок электронных компонентов предлагает широчайший спектр СВЧ-устройств, производимых большим количеством компаний. В статье рассмотрены одни из наиболее востребованных компонентов СВЧ-техники – аттенюаторы.

Аттенюаторы предназначены для регулируемого ослабления СВЧ-сигнала, причём коэффициент ослабления определяется стандартным соотношением:

$$P, \text{дБм} = 10 \lg \frac{P_{\text{вых}}, \text{мВт}}{P_{\text{вх}}, \text{мВт}}$$

Аттенюаторы можно разделить по типу управления на активные и пассивные (рис. 1). В свою очередь, среди активных аттенюаторов можно выделить два класса: управляемые аналоговыми сигналами и цифровыми. Если пассивные аттенюаторы, как правило, являются дискретными, то активные позволяют менять коэффициент ослабления непрерывно. Эта возможность позволяет применять аттенюаторы такого типа в качестве амплитудных модуляторов, что делает их более универсальными.

Активные аттенюаторы в качестве элементов затухания используют PIN-диоды, которые идеально подходят для таких целей, поскольку в открытом состоянии они характеризуются очень малым сопротивлением (около 0,1 Ом), а в закрытом – большим (1...5 МОм). Также PIN-диоды отличаются от больших р–п-диодов тем, что в закрытом состоянии они имеют малую динами-

ческую ёмкость (0,05...0,5 пФ), что на несколько порядков меньше ёмкости р–п-диодов. Эта особенность позволяет PIN-диодам работать на более высоких частотах и вносить меньшие искажения в выходной сигнал.

При написании статьи выбор пал на продукцию компании Herley General Microwave. И для этого есть ряд причин. Во-первых, компания производит аттенюаторы с цифровым и аналоговым управлением, что является актуальным для применения в современной электронике. Активные аттенюаторы этой компании, в отличие от пассивных, более надёжны, имеют повышенную точность, легко интегрируются в любую электронную схему и имеют компактные размеры. Во-вторых, номенклатура выпускаемой продукции достаточно большая и позволяет перекрыть радиочастотный спектр от 200 МГц до 40 ГГц. Среди всего ассортимента можно найти как универсальные многооктавные аттенюаторы с широким рабочим частотным диапазоном (0,2...18 ГГц), так и узкополосные.

Компания Herley General Microwave имеет многолетний опыт разработки. Она была основана в 1985 г. и является дочерней фирмой корпорации General Microwave USA. Помимо продукции для оборонной и аэрокосмической промышленности компания занимается разработками для медицины. Herley General Microwave специализируется на такой продукции: СВЧ-переключатели, управляемые аттенюаторы (с цифровым и аналоговым управлением), разветвители, резонаторы/генераторы, управляемые напряжением, синтезаторы с цифровым управлением и др.

Компания Herley General Microwave имеет широчайшую линейку аттенюаторов. Для быстрого и удобного поиска интересующего изделия продукция разделена на рассмотренные ниже серии.



**Рис. 1. Аттенюаторы:**  
а) активный; б) пассивный



Рис. 2. Поглощающий attenuator, управляемый током



Рис. 3. Поглощающий линейный attenuator, управляемый напряжением

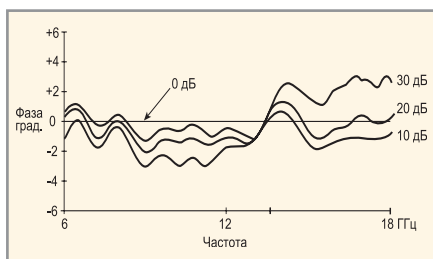


Рис. 4. Зависимость смещения фазы от частоты



Рис. 5. Цифровой герметичный поглощающий attenuator

Поглощающие attenuаторы, управляемые током (рис. 2). Эта серия состоит из девяти типов устройств. Каждый из них имеет свой частотный диапазон и позволяет плавно изменять коэффициент поглощения от 0 до 60 дБ. При этом управляющий ток меняется в пределах 15...70 мА. Отличительной особенностью серии является быстрое действие всех входящих в неё attenuаторов. Время, необходимое для достижения максимального коэффициента ослабления, не превышает

125 нс. Конструкция приборов симметрична, что даёт возможность пользователю выбирать разъём, на который будет подаваться входной сигнал.

Поглощающие линейные attenuаторы, управляемые напряжением (рис. 3). В серию входит 13 моделей, каждая из которых интегрирует в себе attenuатор предыдущей серии и преобразователь напряжения в ток. Преобразователь – это законченный высококачественный усилитель, который питается биполярным напряжением  $\pm 12$  В. При подаче напряжения на вход усилителя увеличивается ток, управляющий attenuатором. При увеличении управляющего напряжения на 0,1 В выходной сигнал ослабляется на 1 дБ. Attenuаторы этой серии можно использовать и как амплитудные модуляторы. Ширина полосы частот модуляции достигает в некоторых моделях 500 кГц.

Герметичные поглощающие линейные attenuаторы, управляемые напряжением. Для условий эксплуатации, связанных с повышенной влажностью, компания Herley General Microwave производит attenuаторы, имеющие герметичные корпуса. Входной/выходной SMA-разъём также позволяет осуществить герметичность соединения. Серия состоит из одной модели с частотным диапазоном 2...18 ГГц. Максимальное ослабление, которое можно осуществить при использовании этого устройства, достигает 60 дБ.

Поглощающие линейные attenuаторы, управляемые напряжением с постоянной фазой. В состав серии входят три модели с большим рабочим динамическим частотным диапазоном. Устройства имеют симметричную двухкаскадную схему, что обеспечивает синфазность входного и выходного сигналов с достаточно неплохой точностью, зависящей от ослабления и типа attenuатора (рис. 4). Из-за такой конструкции они питаются биполярным источником  $\pm 12$  В. Коэффициент ослабления определяется управляющим напряжением с линейной зависимостью 10 дБ/В. Максимальное ослабление выходного сигнала может достигать 32 дБ.

Цифровые герметичные поглощающие attenuаторы (рис. 5). Два attenuатора этой серии являются высокоскоростными переключателями коэффициента ослабления с шагом 1 дБ. Скорость переключения не превышает 30 нс, а время выхода на рабочий режим меньше 10 нс. Attenuаторы ис-



СВЧ-переключатели  
управляемые attenuаторы  
источники сигналов  
разветвители  
синтезаторы  
резонаторы  
генераторы



UNIVERSALL  
RID

РТД-УНИВЕРСАЛ -  
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
В РОССИИ

#### ■ Московский офис

«РТД-Универсал», Россия, 109129  
г. Москва, 8-я ул. Текстильщиков, д.11,  
т./ф.: (495)919 87 44, 919 87 36,  
e-mail: info@rtd-universal.ru

#### ■ С-Петербургский офис

«РТД-Универсал»,  
Россия, 190020, г. Санкт-Петербург,  
ул. Циолковского, д. 9а, корп.2, оф.106  
т./ф.: (812) 331-35-11, 331-35-16  
e-mail: piter@rtd-universal.ru

#### ■ Новосибирский офис

«РТД-Универсал», Россия, 630017  
г. Новосибирск, ул. Гаранина, д. 15  
т.: (3832) 60-74-46, т./ф.: (3832) 60-76-18  
e-mail: sibir@rtd-universal.ru

www.rtd-universal.ru

Реклама



Рис. 6. Ультраширокополосный цифровой поглощающий аттенуатор



Рис. 7. Цифровой многооктавный поглощающий аттенуатор



Рис. 8. Цифровые поглощающие аттенуаторы уменьшенных габаритов



Рис. 9. Цифровой однооктавный поглощающий аттенуатор

пользуют шестивыводный управляющий TTL-интерфейс. Выводу 1 соответствует ослабление 16 дБ, выводу 2 – 8 дБ, выводу 3 – 4 дБ, выводу 5 – 1 дБ, выводу 6 – 32 дБ, выводу +V – напряжение питания +5 В, выводу –V – напряжение питания –12 В, а выводу G – общий провод (корпус). Лог. 0 соответствует напряжению –0,3...+0,8 В, а лог. 1 – +2,0...+5,0 В. Подавая единицу на несколько выводов одновременно, можно получить суммарное ослабление, соответствующее этим выводам. Если

подать лог. 1 на все выводы (с 1 по 6), можно получить максимальное ослабление. Минимальный шаг ослабления 1 дБ. Изделия имеют защиту по питанию от неправильного включения.

*Ультраширокополосный цифровой поглощающий аттенуатор* (рис. 6). Этот аттенуатор позволяет ослаблять СВЧ-сигнал до 60 дБ в частотном диапазоне от 200 МГц до 18 ГГц. Устройство состоит из T-образного PIN-диодового аттенуатора, цифроаналогового преобразователя (ЦАП) и модуля преобразователя тока в напряжение. Управление может осуществляться шестибитовым сигналом или двоично-десятичным кодом. Минимальный шаг ослабления составляет 1 дБ, а время переключения не превышает 1 мкс. Управляемые интерфейсы являются согласованными, выбор разъёма, на который будет подаваться/сниматься сигнал, остаётся за пользователем.

*Цифровые многооктавные поглощающие аттенуаторы* (рис. 7). В серию входит четыре модели, которые перекрывает частотный спектр от 500 МГц до 18 ГГц. Устройства этой серии состоят из трёх узлов: ЦАП, преобразователя напряжения в ток и самого аттенуатора на PIN-диодах. Коэффициент ослабления задаётся при помощи десятибитового цифрового сигнала в пределах 0...60 дБ с шагом 0,06 дБ. Имеется возможность осуществлять управление аналоговым сигналом по линейной зависимости (0,1 дБ/В). Аттенуаторы этой серии имеют высокую точность и низкий температурный дрейф ослабления.

*Цифровые многооктавные поглощающие аттенуаторы с малым сдвигом фазы*. В серию вошло три аттенуатора, перекрывающих частотный диапазон 2...18 ГГц. Коэффициент ослабления задаётся через восьмибитовый TTL-интерфейс. Он позволяет изменять ослабление от 0 до 32 дБ с шагом 0,125 дБ. Время, необходимое на переключение, не превышает 350 нс. Специальная конструкция аттенуаторов позволяет получить минимальное смещение фазы, которое зависит от модели аттенуатора и ослабления. Так, максимальный сдвиг фазы между входным и выходным сигналами не превышает  $\pm 10$  град. Это является достаточно неплохим показателем.

*Цифровые поглощающие аттенуаторы уменьшенных габаритов* (рис. 8). Десять моделей, составляющих эту серию, отличаются своими компактны-

ми габаритами (34 × 34 × 12,7 мм). Каждая модель имеет свой рабочий частотный диапазон. Коэффициент ослабления у всех аттенуаторов этой серии можно варьировать от 0 до 60 дБ. Управление осуществляется при помощи восьмибитового TTL-интерфейса с шагом 0,25 дБ или аналогового сигнала по линейному закону (10 дБ/В). Есть два варианта реализации устройств: стандартный и герметичный. Вход и выход аттенуаторов имеют симметричную конструкцию, из-за чего они взаимозаменяемы.

*Цифровой многооктавный поглощающий аттенуатор уменьшенных габаритов*. Для систем, где масса и габариты имеют критическое значение, компания Herley General Microwave разработала специальную модель. Габариты аттенуатора – 34 × 34 × 12,7 мм. Несмотря на свою миниатюрность, по техническим характеристикам он ничем не уступает остальным моделям. Аттенуатор работает в диапазоне 2...18 ГГц. Управляющий сигнал подаётся на семибитовый TTL-интерфейс, что позволяет изменять ослабление с шагом 0,5 дБ. Время переключения ниже 1 мкс. Лог. 0 соответствует напряжению –0,3...+0,8 В, а лог. 1 – +2,0...+5,0 В. Питание осуществляется биполярным источником напряжения  $\pm 12$  В. Ток, потребляемый каждым полюсом, не превышает 100 мА. Управляющий ток не больше 10 мкА.

*Цифровые однооктавные поглощающие аттенуаторы* (рис. 9). Эта серия состоит из 15 моделей. Она отличается тем, что позволяет ослаблять входной сигнал до 80 дБ. Коэффициент ослабления может задаваться с помощью 11-битового цифрового сигнала, двоично-десятичного кода или аналогового сигнала. При использовании первого сигнала ослабление меняется с шагом 0,08 дБ, а второго – 0,2 дБ. Серия состоит из аттенуаторов двух типов: в стандартном корпусе и герметичном. Небольшой рабочий диапазон аттенуаторов обеспечивает высокую точность и линейность коэффициента ослабления. Ошибка не превышает 1,7 дБ на границе диапазона.

Компания Herley General Microwave продолжает развивать все направления СВЧ-электроники. Каждое из них имеет свои особенности и специфику применения. Более подробную информацию о продукции компании можно получить на сайте производителя: [www.herley.com](http://www.herley.com).



## Новости мира News of the World Новости мира

### Соединители полевых шин

Фирма Erni расширила свою программу соединителей полевых шин для Profibus, Can- и Safety-шин. Имеются версии с выключателями (подключаемые нагрузочные резисторы) или чистые узловые и нагрузочные варианты для использования полевых шин. Кроме того, имеются варианты с горизонтальными (0 или 180 градусов) или вертикальными кабельными ответвлениями, с интерфейсами программирования и металлические Slimline-исполнения. Теперь выключатели Profibus с интерфейсом программирования или без него подверглись доработке с целью доведения их до уровня требований S7 SPS. У версий ERbic для Profibus уменьшен наружный контур, прилагаемые части предшествующей версии монтируются теперь таким образом, что не могут быть потеряны. Имеются кабельные хомуты для кабелей различных наружных диаметров от 6 до 9 мм.

[www.erni.com](http://www.erni.com)

### Блоки питания 300 и 960 Вт высотой 1U

Блоки питания серии NV-300 с габаритами 184 × 95 × 34 мм фирмы Lambda являются, по заявлению производителя, самыми миниатюрными из имеющихся на рынке приборов 300 Вт. В распоряжение пользователя предоставляется на выбор от одного до пяти выходов. Первый выход выдаёт к тому же сигнал исправности питания. В соответствии с директивой по электромагнитной совместимости (89/336/ЕЕС) гарантируется устранение радиопомех по кривой В. Значительный вклад в это вносит специальный трансформатор, понижающий шумы. Ток заземления составляет менее 300 мкА. Этот фактор позволяет применять серию в медицинских приложениях. Пригодность применения в медицине распространяется и на серию NV-700. При габаритах 257 × 127 × 40,6 мм она также соответствует типу размеру 1U.

Блоки питания имеют выходные мощности до 960 Вт. Различные выходные модули с одним или двумя выходами могут свободно сочетаться друг с другом. Заказчик может таким образом выбирать от одного до девяти выходных напряжений. При входных напряжениях от 90 до 264 В при частоте 45...63 Гц КПД блоков питания достигает 90%. Блоки питания имеют допуски по следующим

нормам безопасности: IEC/EN/UL/CSA 60950-1 для общего применения, IEC/EN/UL/CSA 60601-1 для медицинских электрических устройств и IEC/EN/61010-1 для электрических измерительных, контрольных, регулирующих и лабораторных устройств.

[www.lambda-germany.com](http://www.lambda-germany.com)

### Maxwell Technologies анонсирует ультраконденсаторный модуль для тяжёлых гибридных и электрических транспортных средств

Компания Maxwell Technologies разработала компактный 125-В BOOSTCAP® – ультраконденсаторный модуль для хранения энергии. Модуль может использоваться в устройствах, предназначенных для поставки мощности к тяжёлым гибридным и электрическим транспортным средствам на топливных элементах с напряжением до 1500 В. Высокоэффективный модуль разработан специально для того, чтобы удовлетворить быстро растущие потребности транспортного машиностроения в ультраконденсаторах, обеспечивающих высокие пиковые нагрузки в режиме разгон/торможение.

Новый модуль, получивший название HTM BMOD0063-P125 (HTM125), базируется на 2,7-В BOOSTCAP® BCAP3000 и имеет внутреннюю балансировку ячеек и встроенный температурный контроль, что гарантирует стабильные характеристики циклов заряд/разряд, а также высокую надёжность и долговечность изделия.

Технические характеристики HTM125:

Номинальное рабочее напряжение, В .....	125
Напряжение перегрузки, В .....	142
Номинальная ёмкость, Ф .....	63
Допуск, % .....	+20%
Сопротивление постоянному току, мОм .....	17
Сопротивление на частоте 100 Гц, мОм .....	14
Энергия, Вт час .....	101,7
Максимальный постоянный ток, А .....	150
Максимальный ток в течение 5 с (разряд до $U_{1/2}$ ), А .....	750
Количество циклов заряд/разряд .....	1 000 000



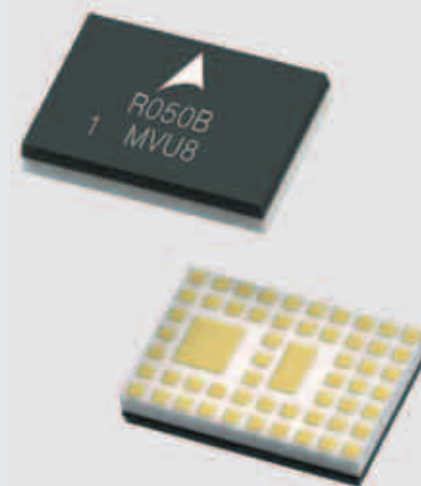
Напряжение изоляции по постоянному току, В..  
.....4000  
Степень защиты .....

IP65

[www.west-l.ru](http://www.west-l.ru)

### WLAN-модуль

R050B является Single-package WLAN-модулем фирмы Epcos. Он соответствует стандарту 802.11 b/g и может использоваться также и для Bluetooth-приложений.



Модуль интегрирует в одном элементе весь HF-Frontend, PA (Power Amplifier), LNA (Low Noise Amplifier), а также чипсет 88W8686 Marvell. Размеры модуля 8,2 × 5,5 × 1,4 мм.

[www.epcos.de](http://www.epcos.de)

### Проверочный адаптер светодиодных панелей

Фирма IPTe разработала проверочный адаптер для проверки светодиодных панелей. Он позволяет тестировать соответствующие оптические и электрические параметры. Адаптер обеспечивает проверку светодиодных панелей, содержащих 300 и более светодиодов. В число параметров, которые могут проверяться с помощью светодиодного тестера, входит яркость светодиодов, цветовой состав, а также прямое напряжение и обратный ток каждого светодиода панели. Процесс проверки занимает менее 25 с. Для оптической проверки в распоряжении имеются два варианта: использование светодиодных сенсоров или камеры. Светодиодный тестер может поставляться в двух исполнениях: вариант под ключ с 19-дюймовой стойкой со специальным местом под установку проверяемой панели или In-Line-версия по требованию заказчика.

[www.ipte.com](http://www.ipte.com)