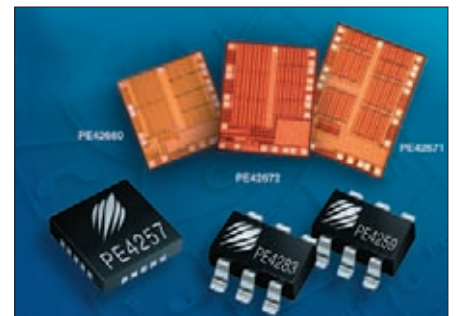


# Вопрос-ответ

**В.** Мне необходимо коммутировать СВЧ-сигнал малой мощности (от антенны или входного малошумящего усилителя). Существуют ли какие-либо средства, позволяющие выполнять такую коммутацию без механической коммутации вручную (без механических СВЧ-переключателей)? Как с ними работать?

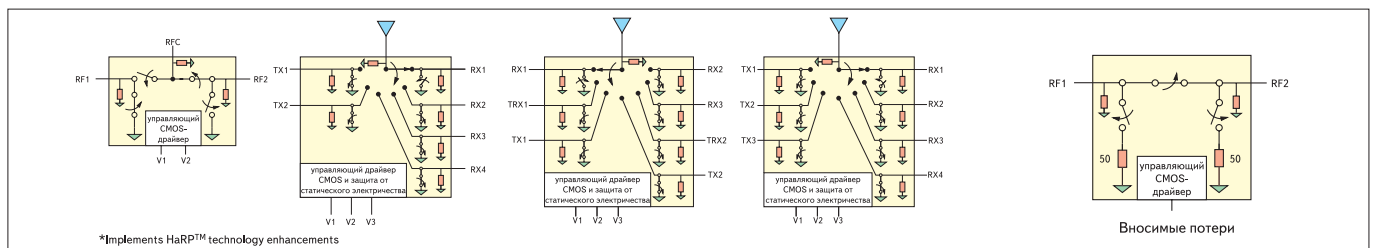
**О.** Устройства для коммутации СВЧ-сигналов находят весьма широкое применение в современной беспроводной электронике. Среди основных применений можно отметить коммутацию высокочастотного сигнала для переключения синтезаторов и фильтров, для переключения антенны с приема на передачу, а также подключение одной из нескольких антенн. Такие переключатели широко используются во входных каскадах устройств для GSM и CDMA, в других телематических беспроводных устройствах. Основными показателями качества СВЧ-переключателей являются диапазон рабочих частот, линейность, вносимое затухание, межканальная изоляция и тип коммутации.

Существует два типа маломощных СВЧ-переключателей: механические и твердотельные. Механические переключатели, как правило, устанавливаются на плату для того, чтобы расширить функциональность изделия и используются, например, для переключения антенного входа на малошумящий усилитель. Очевидно, что механические СВЧ-переключатели не подразумевают автоматизированного управления направлением подачи СВЧ-сигнала и используются лишь на этапе конфигурирования конкретного изделия. Кроме того, механические СВЧ-переключатели обладают меньшей наработкой на отказ, что делает невоз-



**Рис. 1.** Внешний вид твердотельных СВЧ-переключателей компании Peregrine Semiconductor

можным их применение в целом ряде устройств. Твердотельные СВЧ-переключатели, не имеющие механических частей, избавлены от этих недостатков и предоставляют широкие возможности по коммутации маломощных сигналов высокой частоты. Кроме того, ими очень легко управлять при помощи одного или нескольких выводов микроконтроллера общего назначения. В качестве примера можно привести переключатели компании Peregrine Semiconductor ([www.psemi.com](http://www.psemi.com)). В линейке этой категории продуктов присутствуют 50-омные СВЧ-переключатели (RF Switch) и СВЧ-переключатели для применения в приложениях сотовой связи (рис. 1). Высокочастотные переключатели выполнены по патентованной технологии UltraCMOS «кремний-на-сапфире», обеспечивают хорошую изоляцию, низкие вносимые потери (0,3–0,75 дБ на частоте 1 ГГц в зависимости от конкретной модели), совместимость по уровням с CMOS/TTL. Поскольку эти переключатели обладают весьма малыми вносимыми потерями, подключать антенну к ним можно напрямую.



**Рис. 2.** Варианты исполнения твердотельных переключателей

Т а б л и ц а 1. Сводная таблица технических характеристик твердотельных СВЧ-переключателей

Наименование	Рабочая частота, ГГц	Изоляция, дБ на частоте 1 ГГц	P1dB, дБм	IP3, дБм	Напряжение питания, В	Потребляемый ток, мкА	Вносимые потери, дБ на частоте 1 ГГц	Тип	Корпус	Примечание
AWS5502	DC-2,5	20	28	45			0,4	SPDT	SOT26	
AWS5503	DC-3	20	35	55			0,55	SPDT	MSOP8	
AWS5506	DC-2,5	20	28	45			0,4	SPDT	SOT26	
AWS5522	DC-2,5	25-27	—	—			0,5	SPDT	S26	
AWS5523	2,5	25-27	—	—			0,5	SP3T	D1	
AWS5524	2,5	25-27	—	—			0,8	SP4T	D1	
AWS5532	0,5-2,5	>25	+40,5	+71			0,45	SPDT	3×3×1 мм QFN	
AWS5533	DC-2,5	27-28	—	—			0,45	SP3T	S26	
AWS5534	0,5-2,5 GHz	26 @ 1 ГГц 20 @ 2 ГГц	—	+68 @ 800 МГц +66 @ 1900 МГц			0,45 @ 1 ГГц 0,6 @ 2 ГГц	SP3T	3×3×1 мм MLF	
PE4210	DC-3000	36	15 на 2 ГГц	34 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,30	SPDT (рис. 2, а)	8L MSOP	общего назначения
PE4220	DC-2500	37	23 на 2 ГГц	44 на 2 ГГц	2,7-3,3	30	0,25	SPDT (рис. 2, а)	8L MSOP	общего назначения
PE4230	DC-3000	39	32 на 2 ГГц	55 на 2 ГГц	2,7-3,3	29	0,35	SPDT (рис. 2, а)	8L MSOP	общего назначения
PE4235	DC-4000	40	15 на 2 ГГц	36 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,40	SPDT (рис. 2, а)	6L 3×3 DFN	общего назначения
PE4237	DC-4000	43	32 на 2 ГГц	55 на 2 ГГц	2,7-3,3	29	0,35	SPDT (рис. 2, а)	6L 3×3 DFN, DIE	общего назначения
PE4239	DC-3000	32	27 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,33	0,25	0,70	SPDT (рис. 2, а)	6L SC70, DIE	общего назначения
PE4241	DC-3000	30	27 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,70	SPDT (рис. 2, а)	6L SOT23	общего назначения
PE4242	DC-3000	32	27 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,70	SPDT (рис. 2, а)	6L SC70	общего назначения
PE4243	DC-3000	30	27 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,70	SPDT (рис. 2, а)	6L SOT23	общего назначения
PE4244	DC-3000	39	26 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,60	SPDT (рис. 2, а)	8L MSOP	общего назначения
PE4245	DC-4000	42	27 на 2 ГГц	45 на 2 ГГц	2,7-3,3	0,25	0,60	SPDT (рис. 2, а)	6L 3×3 DFN	общего назначения
PE4246	DC-5000	55	33 на 2 ГГц	53 на 2 ГГц	2,7-3,3	33	0,80	SPDT (рис. 2, д)	6L 3×3 DFN	общего назначения
PE4257	DC-3000	64	31* на 2 ГГц	55 на 2 ГГц	2,7-3,3	8	0,75	SPDT (рис. 2, д)	20L 4×4 QFN	общего назначения
PE4259	DC-3000	30	33* на 2 ГГц	55 на 2 ГГц	2,3-3,3	9	0,35	SPDT (рис. 2, а)	6L SC70	общего назначения
PE4268	100-3000	50	20(min) на 2 ГГц	40 на 2 ГГц	2,4-2,8	13	0,60	SP6T – 2Tx/4Rx	20L 4×4 QFN	общего назначения
PE4283	DC-4000	33,5	32 на 2 ГГц	57 на 2 ГГц	2,0-3,3	8	0,65	SPDT (рис. 2, а)	6L SC70	общего назначения
PE4261	100-3000	39	—	—	2,4-2,8	13	0,55	SP4T – 2Tx/2Rx	Flip Chip	сотовые приложения
PE4263	100-3000	48	—	—	2,4-2,8	13	0,55	SP6T – 2Tx/4Rx	DIE	сотовые приложения
PE42660	100-3000	48	—	—	2,4-2,8	13	0,55	SP6T – 2Tx/4Rx	DIE	сотовые приложения
PE42671	100-3000	47	—	—	2,4-2,8	13	0,65	SP7T – 4Tx/3Rx	DIE	сотовые приложения
PE42672	100-3000	44	—	—	2,4-2,8	13	0,6	SP7T – 3Tx/4Rx	DIE	сотовые приложения
PE4268	100-3000	50	—	—	2,4-2,8	13	0,60	SP6T – 2Tx/4Rx	20L 4×4 QFN	сотовые приложения

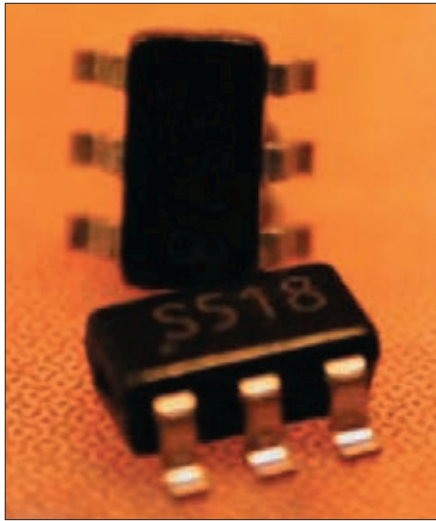


Рис. 3. Внешний вид СВЧ-переключателей

Кроме того, некоторые переключатели имеют дополнительную функцию NaRP, которая обеспечивает значительные улучшения параметров и линейности до уровня требований спецификации 3GPP стандартов GSM/WCDMA (+70 дБм IPR3 и -115 дБм IMD3,  $2f_0 = -85$  дБс и  $3f_0 = -83$  дБс, и все это в корпусе размерами 1,0×1,2 мм). Варианты исполнения приведены на рис. 2.

Другими устройствами, подходящими для этих целей, являются маломощные СВЧ-переключатели компании ANADIGICS (w [www.anadigics.com](http://www.anadigics.com)). Для изготовления своих переключателей ANADIGICS использует технологию GaAs pHEMT. Это семейство (рис. 3) обладает хорошей линейностью во всем частотном диапазоне от 500 МГц до 2,5 ГГц и может быть использовано в приложениях и модулях, поддерживающих стандарты GSM, CDMA, EDGE и WCDMA. Хорошая изоляция (межпортовая изоляция более 20 дБ) и малые вносимые потери (в зависимости от модели составляют от 0,45 дБ до 0,7 дБ на частоте 2 ГГц) позволяют свести на нет перекрестные помехи между портами. Среди других особенностей этих переключателей хотелось бы отметить низкое рабочее напряжение, что позволяет продлить срок работы устройств с автономным питанием, а также исполнение в двух различных конфигурациях (SPDT и SP3T), что превращает приборы в довольно гибкое решение.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики твердотельных СВЧ-переключателей.

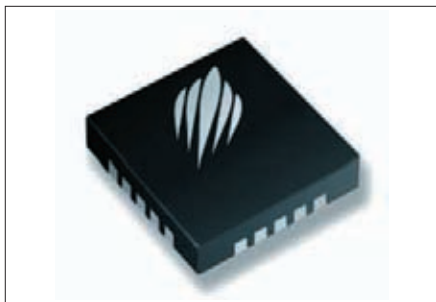


Рис. 4. Внешний вид цифрового шагового attenuатора компании Peregrine Semiconductor

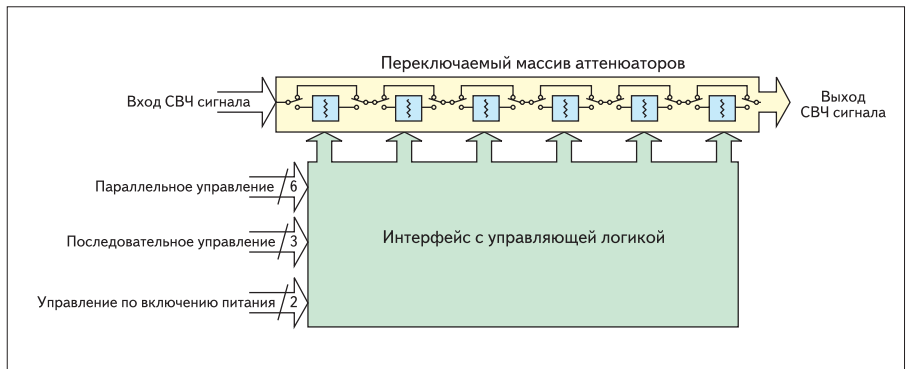


Рис. 5. Структурная схема цифрового шагового attenuатора

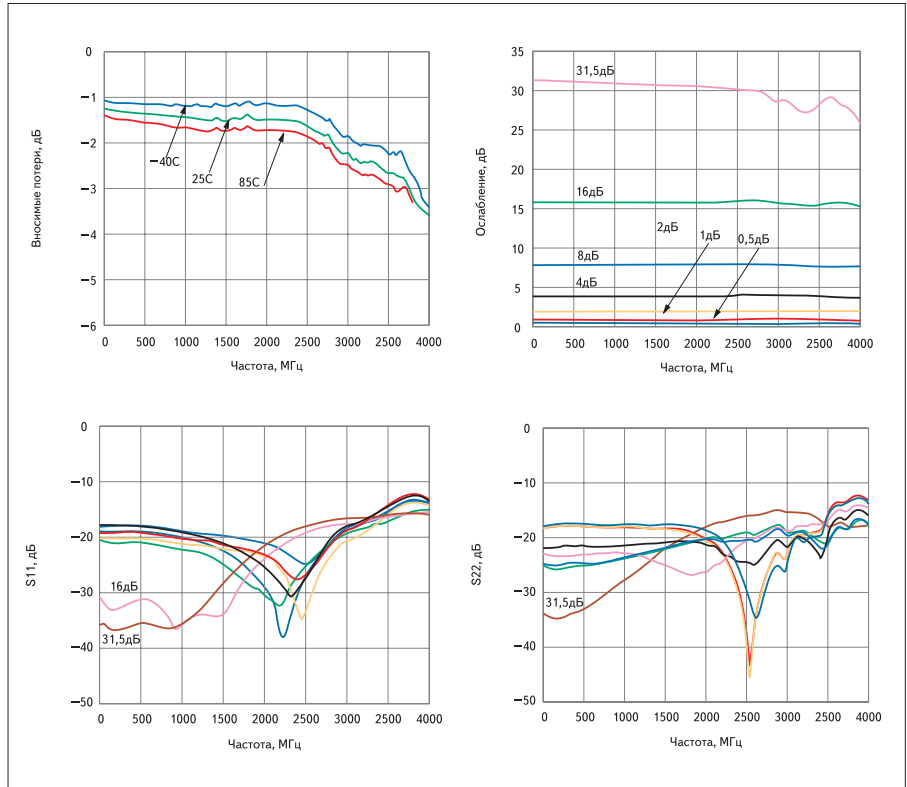


Рис. 6. Основные параметры СВЧ-attenuатора в зависимости от частоты сигнала

### В. Какие вы могли бы посоветовать СВЧ-attenuаторы с минимальными вносимыми искажениями?

О. Твердотельные СВЧ-attenuаторы производятся рядом специализированных фирм. Среди основных областей применения этих устройств можно назвать беспроводные базовые станции, устройства для фиксированной беспроводной связи, различные СВЧ, спутниковые и широкополосные приложения, а также самые разнообразные военные приборы, спутниковую технику и контрольно-измерительное оборудование. Например, такие приборы есть в линейке компании Peregrine Semiconductor (w [www.psemi.com](http://www.psemi.com)) и SkyWork Solutions (w [www.skyworksinc.com](http://www.skyworksinc.com)). Линейка attenuаторов первой представлена 50-омными цифровыми attenuаторами серии PE43xx для СВЧ-приложений общего назначения и attenuаторами для широкополосных приложений. Среди них 5-битные и 6-битные приборы с максимальным ослаблением от 15,5 до 31,5 дБ и с шагом 0,5 или 1 дБ, в зависимости от конкретного прибора. Для удобства разработчиков устройства имеют несколько режимов програм-

мирования: параллельный, последовательным и прямой. Один из наиболее важных параметров — вносимые искажения — составляет всего 1,5 дБ. Приборы весьма миниатюрны и без труда могут быть интегрированы в любое беспроводное приложение. Рассмотрим один из этих приборов (PE4302) подробнее. PE4302 представляет собой монолитный 6-битный цифровой attenuатор (в англоязычной литературе DSA — Digital Step Attenuator) с высокой линейностью (рис. 4). Максимальное ослабление, которое он способен обеспечить, составляет 31,5 дБ, при этом шаг изменения составляет 0,5 дБ. Напряжение питания устройства — 3 В. Среди прочих характеристик хотелось бы отметить хорошую точность ослабления в зависимости от частоты и температуры окружающей среды. Еще одной особенностью является возможность программирования пользователем начального значения ослабления, которое будет иметь attenuатор сразу после подачи напряжения питания. Структурная схема attenuатора, иллюстрирующая принцип его работы, показана на рис. 5. Из нее видно, что в зависимости от кода, поданного по одному из трех интерфейсов, осуществляется

коммутация соответствующих резистивных блоков. Таким образом, обеспечивается требуемое ослабление. На рис. 6 приведены наиболее важные характеристики аттенюатора в зависимости от частоты сигнала: вносимые потери (рис. 6а), ослабление сигнала (рис. 6б), входные возвратные потери (рис. 6в) и выходные возвратные потери (рис. 6г). Пользуясь этой информацией, вы без труда сможете определить, подходит ли прибор с такими характеристиками для вашего приложения. Сводная таблица параметров монолитных аттенюаторов для устройств общего назначения и для широкополосных приложений приведена в табл. 2.

Компания SkyWork Solutions предлагает твердотельные аттенюаторы с более широким диапазоном рабочих частот: линейка в пластиковых корпусах предоставляет возможности ослабления сигналов с частотой от 0 Гц до 6 ГГц, другая линейка имеет диапазон рабочих частот 0–40 ГГц. К сожалению, ограниченный объем этой рубрики не позволяет разместить сводную таблицу всех твердотельных аттенюаторов этого производителя. Рассмотрим только один из этих аттенюаторов — AA113-310 (AA113-310LF). AA113-310 представляет собой арсенид-галлиевый цифровой шаговый 6-битный аттенюатор с рабочей частотой 0–1 ГГц. Его основные параметры практически идентичны рассмотренному выше аттенюатору компании Peregrine Semiconductor. Шаг ослабления составляет 0,5 дБ, при этом максимальное ослабление, которое может быть получено при использовании этого аттенюатора, составляет 31,5 дБ. Микросхема экономична и может с успехом использоваться в устройствах с батарейным питанием.

### В. В англоязычных каталогах компонентов для беспроводных технологий часто встречаются обозначения Power Divider, Crossover, Coupler. В чем отличие этих компонентов и их функциональное назначение?

**О.** Power Divider представляет собой делитель мощности и может иметь корпусное исполне-

ние в защищенном от внешних воздействий корпусе (рис. 7) или в виде микросхем и кристаллов (рис. 8). Делители мощности широко используются в беспроводной технике, например в базовых станциях мобильной связи для подачи СВЧ-сигнала на дополнительные антенны (для таких приложений обычно используются делители с максимально допустимой мощностью от 1 до 50 Вт). Другим распространенным применением делителей мощности являются узлы, реализующие технологию MIMO в устройствах WLAN (в этом случае, как правило, используются делители мощности в микросхемных корпусах с максимально допустимой мощностью до 1 Вт). Crossover представляет собой устройство, которое применяется в тех случаях, когда требуется по одной и той же физической среде одновременно передавать СВЧ-сигнал и сигнал постоянного тока. Часто кроссоверы используются как заменители коаксиальных джамперов. Чтобы наглядно представить себе преимущества использования кроссоверов по сравнению с другими решениями, обратимся к рис. 9. На рис. 9а показано использование кроссовера, на рис. 9б — использование коаксиальной перемычки для транспортировки СВЧ-сигнала, а на рис. 9в — альтернативный вариант: применение дополнительного слоя в печатной плате. Как видно из этих рисунков, кроссовер представляет собой наиболее современное и эффективное решение. Использование коаксиальных перемычек существенно снижает надежность системы и приводит к увеличению потерь на отражение, а увеличение числа слоев печатной платы не только ухудшает электромагнитную совместимость, но и довольно ощутимо



Рис. 7. Вид исполнения в защищенном от внешних воздействий корпусе

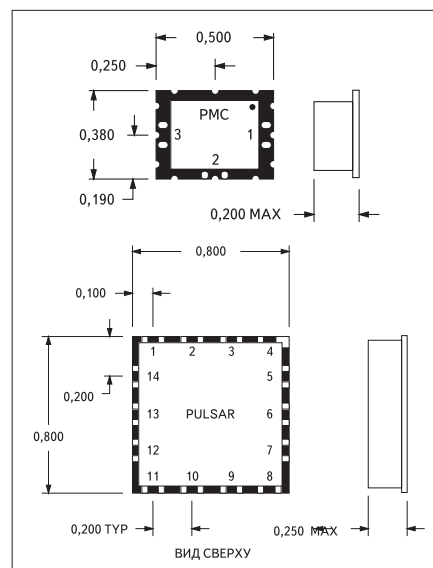


Рис. 8. Вид исполнения в виде микросхемы

удорожает конструкцию. Решения на базе кроссоверов от этих недостатков избавлены. Coupler — это ответители СВЧ-сигнала. Они существуют различных видов: гибридные и направленные ответители. Область их применения понятна из названия. Как и делители мощности, ответители в зависимости от условий эксплуатации и максимально допустимой мощности выполняются либо в металлических защищенных корпусах (рис. 7), либо для маломощных приложений в виде чипов и микросхем (рис. 8). Главными показателями качества ответителей являются уровень изоляции между портами, а также уровень вносимых в сигнал потерь.

### В. Имеются ли цифровые модуляторы (например, GFSK) в виде компонентов для монтажа на печатную плату?

**О.** Безусловно. Такие компоненты часто используются в электронных модулях базовых станций мобильной связи и в других передающих устройствах. В качестве примера

Т а б л и ц а 2. Основные параметры монолитных цифровых шаговых аттенюаторов компании Peregrine Semiconductor

Наименование	Описание	Рабочая частота, МГц	Ослабление, дБ	Режим программирования	Вносимые потери, дБ	Входной IP3, дБм	Точность ослабления (при 1 ГГц)	Скорость переключения, мкс	Корпус	Применение
PE4302	6-бит, 50 Ом	0...4000	31,5 диапазон/0,5 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,5	52	$\pm(0,10+3\%)$	1	20L 4x4 QFN	Общего назначения
PE4305	5-бит, 50 Ом	0...4000	15,5 диапазон/0,5 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,5	52	$\pm(0,25+3\%)$	1	20L 4x4 QFN	Общего назначения
PE4306	5-бит, 50 Ом	0...4000	31 диапазон/1,0 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,5	52	$\pm(0,30+3\%)$	1	20L 4x4 QFN	Общего назначения
PE4304	6-бит, 75 Ом	0...2000	31,5 диапазон/0,5 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,4	52	$\pm(0,15+4\%)$	1	20L 4x4 QFN	Широкополосные
PE4307	5-бит, 75 Ом	0...2000	15,5 диапазон/0,5 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,4	52	$\pm(0,15+4\%)$	1	20L 4x4 QFN	Широкополосные
PE4308	5-бит, 75 Ом	0...2000	31,5 диапазон/1 шаг	Параллельный, последовательный, прямой	1,4	52	$\pm(0,20+4\%)$	1	20L 4x4 QFN	Широкополосные

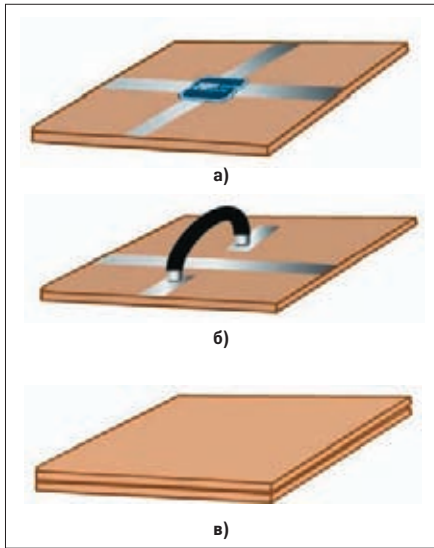


Рис. 9. Варианты организации транзита СВЧ-сигнала на печатной плате: преимущества использования кроссоверов

можно привести QPSK-модуляторы (рис. 10) производства компании ET Industries (w ww.etiworld.com). Модуляция QPSK используется в устройствах, соответствующих стандарту беспроводной мобильной связи CDMA2000. Выбрать наиболее подходящее устройство поможет табл. 3.

#### В. Какие специализированные ГУНы для поверхностного монтажа вы бы могли посоветовать для использования в RFID-считывателях UHF-диапазона?

О. При проектировании RFID-считывателей UHF-диапазона ряду компонентов предъявляются особые требования. Одним из таких компонентов является генератор, управляемый напряжением. Среди множества специализированных ГУНов для считывателей систем радиочастотной идентификации хотелось бы выделить наиболее популярные среди разработчиков устройства производства компании Z-Communications (w ww.zcomm.com). Для этих целей компания предлагает специализированные ГУНы серий SMV, V, CLV, CRO, SLV и SFS. Параметры всех устройств из этой линейки

Т а б л и ц а 3. Модули QPSK-модуляторов производства компании ET Industries

Наименование	Частота RF/LO, МГц	Ширина модуляции данных (номинал)	Амплитудный баланс, дБ	Фазовый баланс, °	Потери преобразования, дБ	Подавление несущей, дБ	КСВН
M-625-QPSK	500–750	DC to 100 МГц	0,5	3	6	35	1,5:1
M-975-QPSK	750–1200	DC to 100 МГц	0,5	3	8	35	1,5:1
M-1350-QPSK	1000–1700	DC to 100 МГц	0,5	3	9	38	1,7:1
M-1700-QPSK	1400–2000	DC to 300 МГц	1	4	9	38	1,7:1
M-2250-QPSK	1900–2600	DC to 300 МГц	1	4	10	35	1,7:1
M-2400-QPSK	2100–2700	DC to 300 МГц	1	4	10	35	1,9:1
M-3450-QPSK	3200–3700	DC to 100 МГц	1,5	5	11	35	1,9:1
M-5000-QPSK	4700–5300	DC to 500 МГц	1,5	5	11	30	1,9:1
M-5500-QPSK	5100–5900	DC to 500 МГц	1,5	5	12	30	1,9:1
M-8000-QPSK	7500–8500	DC to 500 МГц	2	5	12	30	2,5:1



Рис. 10. Внешний вид QPSK-модуляторов компании ET Industries

привести не позволяет объем, но в табл. 4 сведены наиболее популярные модели.

#### В. Я слышал, что компания Rabbit Semiconductor предлагает набор разработчика Bluetooth. Какие возможности предоставляет этот набор?

О. Известный производитель дешевых 8-рядных микроконтроллеров компания Rabbit Semiconductor (w ww.rabbitsemiconductor.com) начала активно осваивать область беспроводных технологий. Например, она предлагает набор разработчика решений на базе ZigBee, Bluetooth, GSM/GPRS и набор для разработчиков m2m-приложений. Обзор этих уникальных по своим возможностям наборов достоин отдельной статьи, здесь же остановимся конкретно на интересующем автора вопроса наборе разработчика Bluetooth-устройств (рис. 11). Стоимость этого продукта составляет \$399, что, принимая во внимание широкие возможности набора,



Рис. 11. Фотография набора Bluetooth компании Rabbit Semiconductor

является невысокой ценой. Набор поддерживает одноплатные компьютеры BL2500 и BL2600, и в качестве основы в нем использован модуль производства компании A7 Engineering eb506-AHC-IN под торговой маркой EmbeddedBlue (рис. 12). Необходимо отметить, что все компоненты стека Bluetooth уже включены в ПО, благодаря чему не требуется написание дополнительного кода хост-процессора. Устройство может напрямую подключаться к компьютеру при помощи последовательного интерфейса, оно экономично и обеспечивает длительную работу от батарей. С его помощью можно организовать беспроводную связь на расстоянии более

Т а б л и ц а 4. Технические характеристики специализированных ГУНов компании Z-Communications для применения в UHF RFID-считывателях

Наименование	Частота, МГц	ØN на частоте 10 кГц, дБс/Гц	Напряжение управления, В	Чувствительность управления, МГц/В	Мощность, дБм	Рабочая температура, °С	Напряжение питания, В	Потребляемый ток, мА	Корпусное исполнение
CLV868E-LF	850...896	-113	0,5...4,5	25	-1,25±2,25	-40...+85	5	21	MINI-14S
CLV1025E-LF	865...1180	-112	1,0...14,0	29	5,50±4,50	-40...+85	5	28	MINI-14S
CLV0950E-LF	865...1035	-114	1,0...10,0	30	6,75±2,75	-40...+85	5	25	MINI-14S
CLV0925E-LF	869...959	-114	0,3...4,7	22	-5,00±2,00	-40...+85	5	12	MINI-14S
CLV0910A-LF	902...928	-112	0,5...3,0	27	1,00±2,00	-40...+85	3,3	15	MINI-14S
V580ME03-LF	800...890	-110	1,0...8,0	26	-4,00±3,00	-40...+85	5	19	MINI-14S
V880ME08-LF	820...940	-107	0,5...4,5	36	0±3,00	0...+75	2	15	MINI-14S-L
V868MEM1-LF	850...896	-108	0,5...4,5	27	3,00±3,00	-40...+85	5	22	MINI-14MS-LOW
V580ME02-LF	900...960	-110	1,0...4,0	37	5,50±2,50	-40...+85	5	19	MINI-14S
SLV0915C-LF	902...928	-122	1,0...11,0	3	5,00±2,00	-40...+85	10	27	MINI-16
SLV0868C-LF	864...870	-122	1,0...11,0	3	5,00±2,00	-40...+85	10	27	MINI-16H
SMV0915L-LF	905...925	-100	0,5...2,5	75	3,50±2,50	-40...+85	3	6	SUB-L

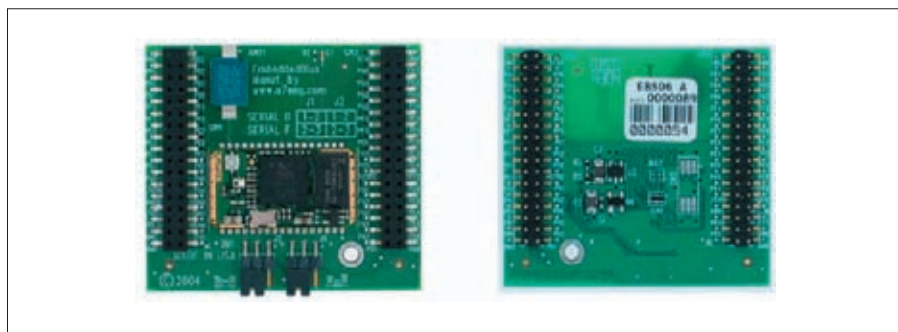


Рис. 12. Внешний вид модуля eb506-ANC-IN производства компании A7 Engineering

50 метров. Подробную информацию о наборе разработчика Bluetooth можно найти на сайте производителя.

### В. Имеются ли на мировом рынке беспроводные программируемые модули, предназначенные для использования в системах сбора данных?

О. Да, одним из производителей, предлагающих такие решения, является компания chip45 (w ww.chip45.com). К устройствам этой категории относится модуль iDwaRF-168. Для демонстрации его возможностей компания разработала и предлагает блок iDwaRF-SensorBox, внешний вид которого с открытой верхней крышкой приведен на рис. 13. Это довольно простая готовая платформа для построения несложных сетей сбора данных. В блоке установлен цифровой термометр с однопроводным интерфейсом, а также потенциометр, подключенный к входу АЦП модуля iDwaRF-168.



Рис. 13. Блок iDwaRF-SensorBox с открытой верхней крышкой



Рис. 14. Внешний вид коммуникационного узла на базе модуля WN-100-CB



Рис. 15. Готовые беспроводные решения компании Newtrax Technologies

### В. Какие готовые решения на базе mesh-сетей для беспроводных сетей датчиков имеются на рынке?

О. Наиболее яркие и функциональные решения в этой области предлагает компания Newtrax Technologies (w ww.newtraxtech.com). Компания предлагает беспроводной коммуникационный узел на базе модуля WN-100-CB (рис. 14). Модуль работает в нелицензируемом диапазоне 915/868 МГц или 2,4 ГГц (в зависимости от модификации модуля), выходная мощность передатчика составляет от  $-4$  до  $+14$  дБм, а чувствительность приемника достигает 108 дБм. При этом модуль поддерживает 64 частотных канала шириной по 200 кГц. Модуль поддерживает технологии TDMA/FHSS, может использоваться для организации одноранговых и распределенных беспроводных сетей, поддерживает создание mesh-сетей, для чего имеет уникальный 32-битный сетевой адрес и 16-битный короткий адрес. Модуль весьма экономичен: в спящем режиме он потребляет ток 50 мкА, в режиме приема данных — 18,3 мА, при передаче с выходной мощностью 4 дБм потребляемый ток не превышает 31,7 мА, а при мощности 14 дБм — 70,0 мА. Габаритные размеры модуля составляют  $45,7 \times 50,8 \times 19,2$  мм, рабочий диапазон температур весьма широк: от  $-40$  до  $+85$  °C. Для этого модуля выпускается также оценочная плата, выполненная на базе 16-разрядного микроконтроллера MSP4301612, работающего на частоте 8 МГц. Необходимо также отметить, что для системных интеграторов на базе модуля WN-100-CB компания Newtrax Technologies предлагает готовые корпусированные решения (рис. 15). Размеры блоков

составляют  $180 \times 120 \times 60$  мм,  $120 \times 120 \times 60$  мм и  $120 \times 120 \times 60$  мм, в зависимости от конкретной модели.

### В. Существуют ли компоненты Bluetooth для использования в промышленной автоматизации в корпусном исполнении для жестких условий эксплуатации?

О. Да, за рубежом технология Bluetooth очень часто применяется в устройствах промышленной автоматизации и сбора данных, а также в медицинской технике. Примером такого фун-

кционально законченного и готового к использованию решения может служить блок AIRcable Industrial XR (рис. 16) компании AIRcable (w ww.aircable.net). Блок помещен в хорошо защищенный корпус, что дает возможность применять его в условиях промышленного



Рис. 16. Внешний вид блока AIRcable Industrial XR

предприятия. Это полностью совместимое со стандартом Bluetooth устройство, имеющее удобный интерфейс с датчиками. Габаритные размеры —  $83 \times 65 \times 23$  мм, диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+85$  °C. Блок включает в себя перезаряжаемую литий-ионную батарею емкостью 1000 мА·ч, импульсный источник питания 4–14 В, а также панель солнечной батареи на напряжение 12 В общей мощностью 3–5 Вт. С другими характеристиками этого устройства можно ознакомиться на сайте производителя. **Б**