

Фронтально-оконечные микросборки Skyworks

Одним из способов существенного снижения себестоимости любого беспроводного устройства является отказ от покупки законченных модулей и переход на использование микросхем для производства собственного беспроводного модуля. Использование микросборок компании Skyworks Solutions позволяет существенно упростить разработку ВЧ-части и снизить ее стоимость.

Андрей Бренёв
bav@efo.ru

Компания Skyworks Solutions, являющаяся инновационным лидером в области производства полупроводниковых высокочастотных микросхем, изготавливает полупроводниковые приборы на базе кремния и арсенида галлия с применением передовых технологических процессов [1]. Фронтально-оконечные микросборки Skyworks содержат практически всю необходимую ВЧ-обвязку, что значительно упрощает стоящую перед разработчиком задачу. В одном корпусе объединены усилители с высокой линейностью, симметрирующие преобразователи, согласующие цепи, ключи с малыми потерями и возможностью цифрового управления.

Важнейшим преимуществом микросхем Skyworks являются их компактные размеры. Например, в ассортименте компании есть модели, выпускаемые в миниатюрных корпусах QFN размерами 3×3 мм и MCM размерами 1,7×2,3 мм. В дальнейшем в статье будет использоваться термин «фронтально-оконечные микросборки», поскольку они объединяют в себе несколько различных кристаллов,

но при этом выпускаются именно в корпусах микросхем.

Цена фронтально-оконечных микросборок значительно ниже, чем беспроводных приемопередатчиков. Для большинства микросхем она составляет примерно \$1–2. Еще одним достоинством микросхем Skyworks является то, что они предназначены для использования с конкретными моделями приемопередатчиков Atmel, Silicon Labs, Texas Instruments, STMicroelectronics и других ведущих производителей таких устройств. Это существенно облегчает выбор необходимой фронтально-оконечной микросборки и ускоряет процесс разработки.

В статье рассматриваются типовые схемы и основные характеристики фронтально-оконечных микросборок для технологий ZigBee, Wi-Fi, ГЛОНАСС/GPS, а также для субгигагерцового диапазона.

Фронтально-оконечные микросборки для ZigBee

Основные характеристики наиболее популярных моделей приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики фронтально-оконечных микросборок для ZigBee

Артикул	Частотный диапазон, МГц	Интерфейс	Наличие LNA	Антенные выходы	Выходная мощность, дБм	Напряжение питания, В	Корпус (размеры, мм)
SE2431L	2400–2483	Несимметричный, совмещенный	Да	2	24	2,0–3,6	24-pin QFN (3×4×0,85)
SE2432L-R	2400–2500	Симметричный, раздельный		2	24	2,0–3,6	24-pin QFN (3×4×0,85)
SE2438T	2400–2500	Симметричный, совмещенный		1	16	2,0–3,6	20-pin QFN (3×3×0,55)
SKY65336-11	2400–2500	Симметричный, раздельный		1	20	3	28-pin MCM (8×8×1,3)
SKY65343-11	2400–2500		Нет	1	20	3,3	20-pin MCM (6×6×1,3)
SKY65344-21	2400–2500		1	20	3,3	20-pin MCM (6×6×1,3)	
SKY66108	2400–2483	Симметричный, совмещенный	Да	1	16	2,0–3,6	20-pin QFN (3×3×0,55)
SKY66109-11	2400–2483	Симметричный, раздельный		2	21	2,0–3,6	20-pin MCM (3×4×0,9)

Представленные микросборки специально разработаны для таких популярных микросхем ZigBee, как EM250, EM351, EM357 (Silicon Labs), AT86RF233, ATmegaXXXRFR2 (Atmel), CC253x (Texas Instruments), STM32W (STMicroelectronics) и др.

Фронтально-оконечная микросборка, предназначенная для приемопередатчиков ZigBee, содержит следующие основные узлы: выходной усилитель мощности, входной малошумящий усилитель (МШУ), антенный переключатель (рис. 1). Для повышения помехоустойчивости маломощные имеют симметричный выход. Поэтому большая часть представленных в табл. 1 микросборок имеет на входе симметрирующие трансформаторы.

Большинство микросборок имеют цифровые управляющие входы, которые позволяют не только конфигурировать высокочастотные узлы, но и программно управлять их режимами. В частности, имеется возможность отключать и включать малошумящий усилитель, а также переводить всю микросборку в режим пониженного энергопотребления. Наличие двух антенных выводов и возможность переключения радиочастотного сигнала между ними открывает богатые возможности для проектирования антенного узла прибора — от создания универсального антенного блока с программным выбором внутренней или внешней антенны до использования технологии пространственно разнесенных антенн.

Важным преимуществом фронтально-оконечных микросборок является высокая эффективность встроенного выходного усилителя мощности. Использование встроенного в микросхемы Skyworks усилителя позволяет не только значительно увеличить дальность действия приемопередатчиков ZigBee, но и понизить потребляемый ток. Например, на рис. 2 приведены графики зависимости тока потребления двух ZigBee-модулей, один из которых использует усилитель мощности, встроенный в приемопередатчик EM357, а другой — усилитель фронтально-оконечной микросборки SE2438T [2]. При значениях мощности выходного сигнала более 5 дБм использование SE2438T позволяет понизить ток потребления системы более чем на 10% по сравнению с автономным применением EM357. Если же в процессе работы планируется передавать сигнал с невысокой мощностью (до 3 дБм), то целесообразнее использовать EM357 без внешнего усилителя.

Фронтально-оконечные микросборки для ГЛОНАСС/GPS

В ассортименте компании представлены также микросхемы для навигационных модулей. Эти микросхемы предназначены для обработки сигналов таких глобальных навигационных систем, как ГЛОНАСС, GPS, BeiDou.

Преимуществами фронтально-оконечных микросборок для ГЛОНАСС/GPS являются

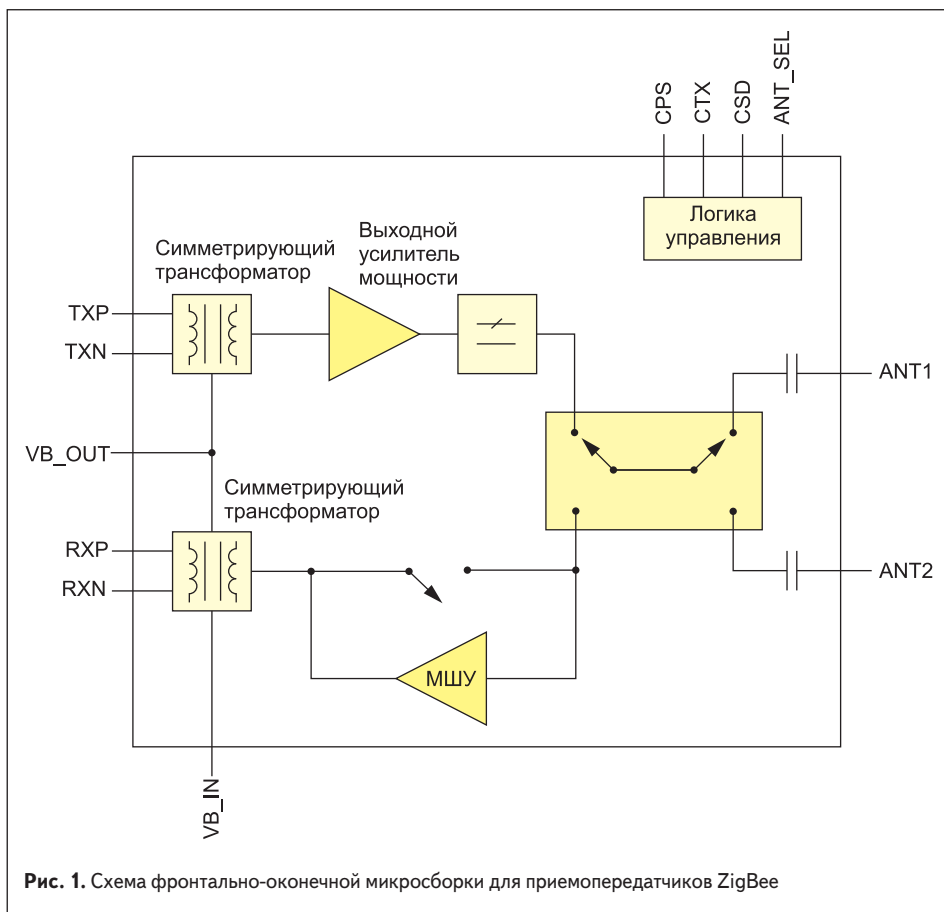


Рис. 1. Схема фронтально-оконечной микросборки для приемопередатчиков ZigBee

высокие линейность и коэффициент усиления, а также малый коэффициент шума (табл. 2). Интегрированный в микросборку предфильтр отличается низкими вносимыми потерями и обеспечивает подавление помех,

которые могут вызывать устройства GSM и Wi-Fi. Встроенный в микросборку МШУ выполнен на основе GaAs-транзисторов с высокой подвижностью электронов. Все микросборки имеют цифровые входы, пред-

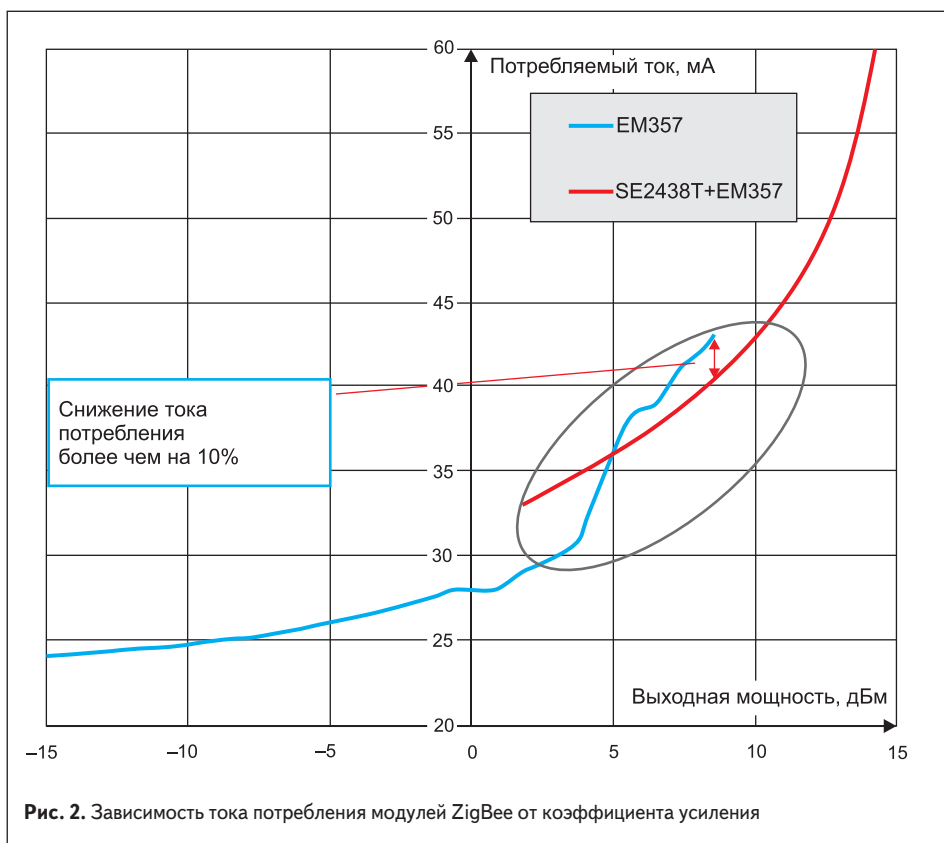


Рис. 2. Зависимость тока потребления модулей ZigBee от коэффициента усиления

Таблица 2. Основные характеристики фронтально-оконечных микросборок для ГЛОНАСС/GPS

Артикул	Частотный диапазон, МГц	Спутниковые системы	Коэффициент усиления, дБ	Коэффициент шума, дБ	Точка компрессии, дБм	Напряжение питания, В	Корпус (размеры, мм)
SKY65702-11	1565-1606	GPS/ГЛОНАСС	13,5	1,8	-5,6	1,8-3,6	8-pin MCM (2,5×2,0)
SKY65704-22	1565-1606	GPS/ГЛОНАСС	14,0	2,5	-7	1,8	10-pin MCM (2,8×2,5)
SKY65708-11	1565-1606	GPS/ГЛОНАСС	13,9	1,95	-7	1,8-3,6	6-pin MCM (1,7×2,3)
SKY65708-51	1565-1606	GPS/ГЛОНАСС	14,4	1,75	-4,5	1,8-3,6	6-pin MCM (1,7×2,3)
SKY65709-51	1565-1606	GPS/ГЛОНАСС	14,5	2,0	-10	1,8-3,6	8-pin MCM (2,5×2,0)
SKY65709-81	1561-1606	GPS/ГЛОНАСС/BeiDou	14,5	1,9	-10	1,8-3,6	6-pin MCM (1,7×2,3)

назначенные для включения/выключения встроенного МШУ (рис. 3). Важной характеристикой малошумящего усилителя является точка децибелной компрессии (One-decibel Compression Point). Эта величина определяет амплитуду сигнала на входе МШУ, при превышении которой отклонение амплитуды сигнала на выходе усилителя от линейной зависимости превышает 1 дБ.

Фронтально-оконечные микросборки для субгигагерцового диапазона

Skyworks Solutions производит фронтально-оконечные микросборки для следующих субгигагерцовых диапазонов: 169–170, 400–500, 450–470, 860–930, 890–960 и 902–928 МГц (табл. 3). Эти микросборки сильно различаются по своей структуре. Они могут в простейшем варианте содержать только усилитель мощности и антенный ключ или иметь достаточно сложную схему, как, например, микросборка SKY65366-11 (рис. 4).

SKY65366-11 содержит все функциональные блоки передающей и приемной цепей, необходимые для согласования приемопередатчика и антенны. Передающая цепь включает выходной усилитель мощности, выход которого согласован и имеет стандартный импеданс 50 Ом. Сигнал с выхода усилителя мощности подается на фильтр подавления гармоник, после чего коммутируется антенным ключом. Выходная мощность передатчика контролируется входным сигналом модуля VPC. Динамический диапазон изменения коэффициента усиления при этом составляет 50 дБ.

Приемная цепь содержит МШУ с обходным выключателем. Согласующие цепи на входе и выходе МШУ обеспечивают минимальные обратные потери. Выход антенного ключа

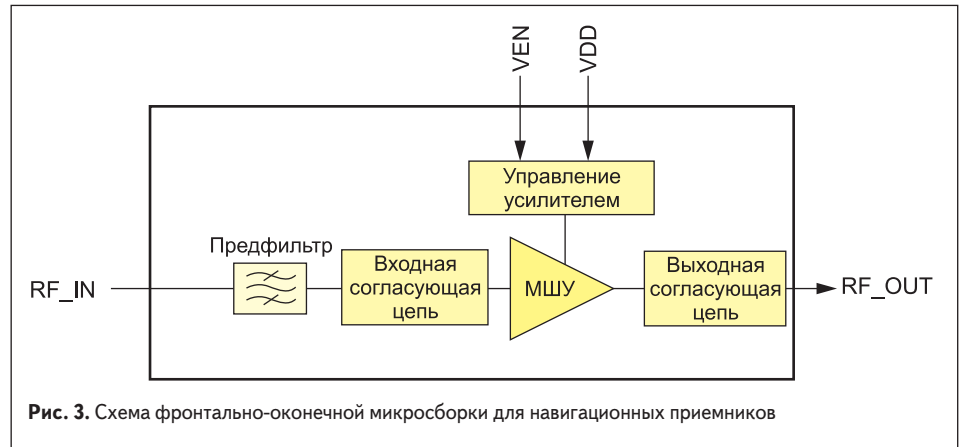


Рис. 3. Схема фронтально-оконечной микросборки для навигационных приемников

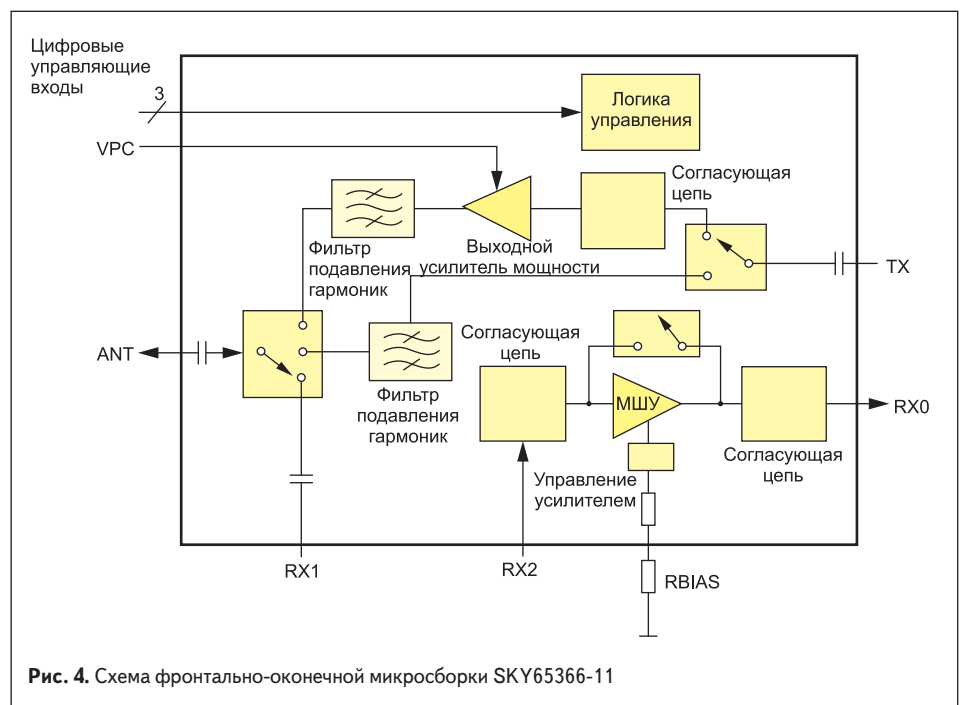


Рис. 4. Схема фронтально-оконечной микросборки SKY65366-11

Таблица 3. Основные характеристики фронтально-оконечных микросборок для субгигагерцового диапазона

Артикул	Частотный диапазон, МГц	Интерфейс	Наличие LNA	Антенные выходы	Выходная мощность, дБм	Напряжение питания, В	Корпус (размеры, мм)
SE2435L	860-930	Несимметричный, раздельный	Да	2	31,5	2,0-4,8	24-pin QFN (4×4×0,9)
SE2442L	902-928		Нет	1	31,5	2,0-4,8	24-pin QFN (4×4×0,9)
SKY65313-21	860-960		Да	1	30,5	3,3	28-pin MCM (6×6×0,9)
SKY65338-21	450-470		Нет	1	27	3,6	12-pin MCM (8×8×1,35)
SKY65366-11	400-500		Да	1	30,2	3,0-3,8	28-pin MCM (6×6×0,9)
SKY65367-11	169-170		Нет	1	30	3,3	16-pin MCM (4×4×0,9)
SKY65378-11	860-930		Да	2		2,0-4,8	24-pin QFN (4×4×0,9)
SKY66100-11	169-170		Нет	1	24	2,0-3,6	16-pin MCM (4×4×0,9)
SKY66101-11	902-928	Tx несимметричный, Rx симметричный	Да	2	30	2,0-4,8	36-pin MCM (6×6×0,9)

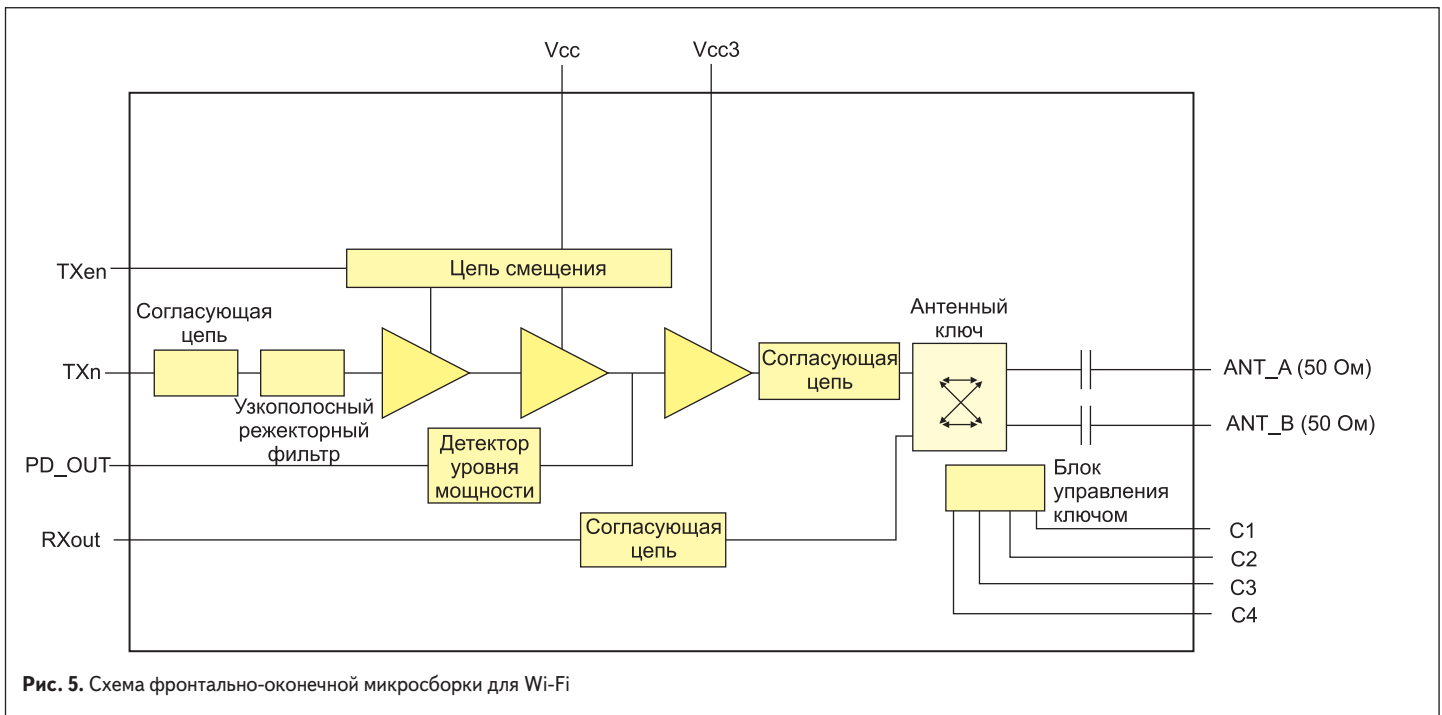


Рис. 5. Схема фронтально-оконечной микросборки для Wi-Fi

Таблица 4. Основные характеристики фронтально-оконечных микросборок для Wi-Fi

Артикул	Стандарт связи	Интерфейс	Антенные выходы	Среднее значение силы тока, мА	Выходная мощность, дБм	Среднее значение коэффициента усиления, дБ	Корпус (размеры, мм)
SE2521A60	b/g	Раздельный	2	205/180	23/18	29/29	24-pin LGA (8×7×1,1)
SE2521A80		Раздельный	2	300/275	20/20	30/30	24-pin LGA (8×7×1,2)
SE2564L		Раздельный	2	160/130	17/17	27/27	24-pin QFN (3×4×0,9)
SE2611T		Раздельный, наличие порта Bluetooth	1	215/185	20/19	27/27	20-pin QFN (3×3×0,6)
SE2613T		Раздельный, наличие порта Bluetooth	1	160/140	20/17,5	26/26	16-pin QFN (3×3×0,6)
SE2614BT		Раздельный	1	190/160	18/18	30/30	20-pin QFN (3×3×0,6)
SE2621L	b/g/n	Раздельный	2	160/130/130	19/17/17	27	24-pin QFN (3×4×0,9)
SKY85302-11	b/g/n/ac	Раздельный, наличие порта Bluetooth	1	180	19	26	16-pin QFN (2,5×2,5×0,45)

и вход МШУ выведены на контактные площадки микросборки, что дает возможность установить дополнительный внешний фильтр во входную цепь [3].

Управление микросборкой SKY65366-11 осуществляется с помощью трех цифровых входов. Изменяя состояние этих входов, можно выбрать один из пяти режимов работы: передача, передача с выключенным усилителем мощности, прием, прием с выключенным МШУ и режим остановки, обеспечивающий минимальное энергопотребление.

Фронтально-оконечные микросборки для Wi-Fi

В отличие от технологии ZigBee, приемопередатчики Wi-Fi обычно излучают сигнал значительно большей мощности. Поэтому проблема защиты от помех не стоит так остро, и симметричный интерфейс, как правило, не используется. Основными элементами фронтально-оконечной микросборки для Wi-Fi являются выходной усилитель мощности (может быть двух- или трехкаскадным), согласующие цепи и антенные ключи с возможностью цифрового управления (рис. 5). С помощью входных управляющих сигналов можно коммутировать передаваемый сигнал на любую из двух антенн и, наоборот, ком-

мутировать сигнал с любой антенны на приемный тракт. Это позволяет использовать в конечном изделии две пространственно разнесенные антенны.

Характеристики наиболее востребованных моделей для диапазона 2,4 ГГц представлены в табл. 4. Также в ассортименте Skyworks Solutions имеется широкий выбор микросхем для диапазона 5 ГГц и комбинированные варианты, поддерживающие оба диапазона частот [4].

Разработка ВЧ-части с использованием микросхем Skyworks

Для того чтобы разработчики могли быстро протестировать фронтально-оконечные микросборки, Skyworks предлагает тестовые платы (рис. 6), содержащие уже распаянную микросборку, ВЧ-разъемы для присоединения антенн и приемопередатчика, все необходимые согласующие элементы, а также разъем, на который выведены все низкочастотные цепи. Также производитель предоставляет разработчикам полную конструкторскую документацию на эти платы (принципиальную схему, пример разводки печатной платы, Gerber-файлы, перечень элементов), которую можно использовать

в качестве примера при разводке платы своего изделия.

Использование фронтально-оконечных микросборок Skyworks значительно облегчает разработку ВЧ-части, но не освобождает от выполнения общих правил, которых следует придерживаться в любом случае:

- использовать непрерывный «земляной» полигон как можно большей площади;
- избегать разделений «земляного» полигона;



Рис. 6. Тестовая плата для микросборки SE2621L

- использовать как можно большее число переходных отверстий в «земляном» полигоне (особенно вблизи заземляющих выводов компонентов) для минимизации паразитных индуктивностей;
- избегать длинных и/или тонких печатных проводников для соединения компонентов (с той же целью);
- использовать последовательность переходных отверстий вдоль краев печатной платы и «земляных» полигонов для уменьшения собственного излучения платы;
- не устанавливать вблизи друг от друга на печатной плате ориентированные в одном направлении катушки индуктивности во избежание возникновения электромагнитных связей между ними;
- использовать печатные проводники конусо-видной формы для соединения проводящих дорожек различной ширины с целью уменьшения внутренних отражений сигнала;
- избегать длинных печатных проводников и проводников в форме петли во избежание резонансных явлений;
- устанавливать достаточное количество развязывающих конденсаторов в цепях питания (особенно в рабочем диапазоне частот).

Заключение

Основными преимуществами фронтально-оконечных микросборок Skyworks являются:

- значительное сокращение времени разработки ВЧ-части;
- уменьшение количества используемых компонентов и занимаемой площади на печатной плате;
- увеличение дальности действия беспроводного модуля при одинаковом уровне энергопотребления;
- возможность гибко управлять усилителями мощности, антенными переключателями, а также переводить всю микросхему в спящий

режим с помощью цифровых управляющих входов.

В настоящее время на рынке представлено множество недорогих приемопередатчиков для различных беспроводных технологий. Микросхемы Skyworks Solutions могут стать к ним тем необходимым дополнением, которое позволит разрабатывать собственные конкурентоспособные радиомодули для технологий ZigBee, ГЛОНАСС/GPS, Wi-Fi и Bluetooth. ■

Литература

1. www.wless.ru
2. Data sheet SE2438T: 2.4 GHz ZigBee/Smart Energy Front-End Module / Skyworks Solutions Inc., 2014.
3. Data sheet SKY65366-11: 400 MHz Transmit/Receive Front-End Module / Skyworks Solutions Inc., 2013.
4. www.skyworksinc.com