

# Новые высокоскоростные трансиверы

от Infineon Technologies

Большинство существующих транспортных сетей мобильной связи (Backhaul Mobile Networks, BMN) ограничены скоростями «вниз/вверх» в 100 и 50 Мбит/с соответственно. Для перехода на скорости свыше 1 Гбит/с необходимы комплектующие нового поколения. Специалисты компании — производителя чипсетов Infineon Technologies AG закончили испытания и приступили в 2014 г. к серийному выпуску высокоскоростных трансиверов миллиметрового диапазона серии BGTxx.

Виктор Алексеев

## Транспортные сети мобильной связи Backhaul Mobile Networks

Концерн Infineon Technologies AG в 2014 г. приступил к серийному производству однокристалльных приемопередатчиков серии BGTxx, предназначенных для транспортных сетей мобильной связи нового поколения. Сам производитель подчеркивает, что эта продукция предназначена именно для сетей BMN.

В англоязычной телекоммуникационной литературе под термином «Backhaul» в общем случае подразумевается совокупность всех ресурсов, выполняющих функции обмена информацией между базовой станцией (БС) и опорной сетью (ОС) оператора сотовой связи (core network).

В сетях 2G изначально использовался медный кабель. Следующим этапом было оптоволокно. Оба этих способа имеют ряд недостатков, связанных, прежде всего, с высокой стоимостью монтажа и эксплуатации. В сетях нового поколения, в которых используются микросоты,

единственным рентабельным способом передачи информации между БС и ОС является беспроводная связь. При использовании технологии беспроводной связи сети, связывающие БС с оборудованием ОС сотового оператора, называют BMN (Backhaul Mobile Networks). Структура такой сети показана на рис. 1 [1].

В настоящее время большинство операторов сотовой связи используют беспроводные IP ОС, которые позволяют наращивать пропускную способность и предоставлять новые сервисы, такие, например, как VoIP, IPTV, Long Term Evolution (LTE) и др.

В наиболее распространенном варианте сети BMN используется технология MPLS, которая позволяет реализовать следующие функции: поддержка изолированного от БС трафика, возможность предоставления всех необходимых сервисов, подключение корпоративных клиентов с использованием услуги L2VPN/L3VPN, поддержка необходимых показателей качества обслуживания (QoS), возможность синхронизации БС по IP (IEEE 1588) [2].

Следует обратить внимание, что именно BMN, в конечном итоге, определяют скорости передачи и то качество связи и услуг, которые предоставляет конкретный оператор сотовой связи.

В сетях LTE BMN обеспечивает также возможность соединения БС напрямую между собой. В настоящее время сети поколения 4G (LTE) развернуты в большинстве развитых стран мира. Как уже было сказано, многие из этих сетей позволяют работать со скоростями «вниз» (от БС к абоненту) 100 Мбит/с и «вверх» (от абонента к БС) 50 Мбит/с.

Вместе с тем уже сегодня «стандартные» LTE-сети не могут полностью удовлетворить таким, например, требованиям мобильного рынка, как:

- необходимость увеличения скорости передачи данных (более 100/50 Мбит/с);

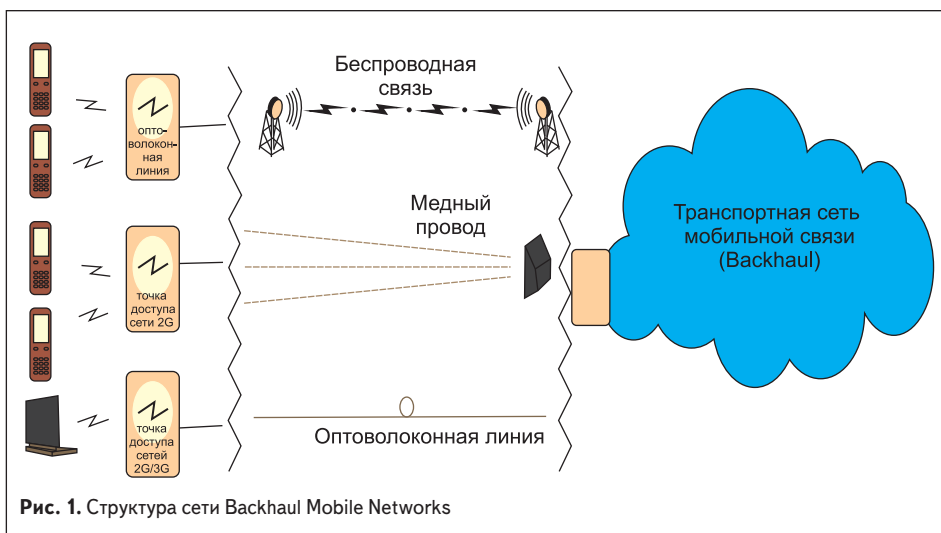


Рис. 1. Структура сети Backhaul Mobile Networks

- лавинообразный рост абонентского и служебного мобильного трафика передачи данных;
- нарастающее увеличение объемов данных, передаваемых в сегменте «машина–машина» (M2M);
- минимизация расходов на создание и поддержание новых сетей.

Поэтому ведущие мировые производители вкладывают огромные средства в разработку сетей нового поколения.

В первую очередь следует отметить LTE Advanced — стандарт мобильной связи, одобренный рабочей группой 3GPP «Международного союза электросвязи» как главное улучшение стандарта LTE. Данный стандарт соответствует спецификации 3GPP Rel. 10, согласно которой скорость передачи от БС к абоненту может превышать 1 Гбит/с. Уже сегодня такие сети реально существуют и развиваются.

Кроме того, в мире разрабатывается несколько проектов сетей поколения 5G.

Согласно оценке, приведенной в [1], сети 5G должны обеспечивать улучшение (по сравнению с 4G) следующих параметров:

- увеличение объема передаваемых данных более чем в 1000 раз в каждой области обслуживания;
- увеличение количества присоединенных абонентских устройств в 100 раз (LTE обеспечивает работу до 200 абонентов в соте);
- увеличение скорости передачи данных на порядки (LTE обеспечивает работу со скоростями 100/50 Мбит/с «вниз/вверх» соответственно);
- уменьшение задержки в цепочке «end-to-end» на порядок (LTE поддерживает 10 мс).

Таким образом, в ближайшем будущем можно ожидать массового появления сетей со скоростями несколько гигабит в секунду.

Естественно, что при создании новых сетей возникает множество технических проблем. Одна из них связана с обеспечением связи на скоростях выше 1 Гбит/с в транзитных сетях мобильной связи. Как уже упоминалось, большинство существующих сетей BMN ограничены скоростями 100 и 50 Мбит/с, поэтому для перехода на скорости больше 1 Гбит/с необходимы комплектующие нового поколения.

Выпускаемые компанией Infineon Technologies AG высокоскоростные трансиверы (приемопередатчики) миллиметрового диапазона серии BGTxx предназначены для работы в беспроводных системах связи на частотах 57...64, 71...76 или 81...86 ГГц.

Новые чипсеты позволяют создавать компактное и надежное оборудование для инфраструктуры БС мобильной связи нового поколения [3].

## Высокоскоростные приемопередатчики серии BGTxx

Семейство BGTxx включает три модели:

- BGT60 для ISM-диапазона 57...64 ГГц;
- BGT70 для диапазона Low Band 71...76 ГГц;
- BGT80 для диапазона High Band 81...86 ГГц.

Модель BGT60 предназначена для работы в нелицензируемом диапазоне частот 57...64 ГГц,

который используется в США. Некоторые поддиапазоны также доступны в Японии и Южной Корее. Планируется разрешить свободное использование этого устройства во всех странах Евросоюза. Модели BGT70 и BGT80 разработаны для использования в диапазоне E-Band (71...76, 81...86 ГГц). Параметры оборудования, предназначенного для работы в диапазоне E-band, регламентированы документом ETSI [4].

Идея применения диапазона E-band в сетях BMN заключается в последовательной координации работы приемопередатчиков с использованием метода pencil beam, который предъявляет очень жесткие требования к диаграмме направленности антенны. В частности, необходимо обеспечить коэффициент преобразования антенны не меньше 43 дБи и отклонение ширины луча не более 2°.

Для обеспечения высокой пропускной способности отводится 19 каналов шириной по 250 МГц. Кроме того, предусмотрены дополнительные полосы шириной по 125 МГц на краю каждой 5-Гц зоны.

При этом допускается агрегация всех 19 каналов, которая позволяет более эффективно использовать пропускную способность и упрощает управление сетью. Поскольку агрегация осуществляется в точках, где сходится большое количество трафика от различных сот, ее значение будет возрастать по мере роста и развития широкополосных беспроводных услуг.

При использовании схемы модуляции 128-QAM и RIC (Minimum Radio Interface Capacity), равным 150, максимальная скорость передачи может достигать для этой технологии 19 Гбит/с. Радиус действия ограничен отношением сигнал/шум и составляет 2...3 км.

Следует отметить, что строгие требования, предъявляемые к уровню сигнал/шум, обуславливают уникальные характеристики оборудования, предназначенного для использования в сетях E-band Backhaul. Так, например, трансиверы,

изготовленные по стандартной технологии, могут работать в таких сетях только при условии, если будут иметь BER (bit error rate) меньше одной миллионной. Поэтому развитие приемопередатчиков миллиметрового диапазона сдерживалось вплоть до последних лет.

Новейшие полупроводниковые материалы и новые технологии, появившиеся в последние годы, сделали возможным массовое производство трансиверов для миллиметрового диапазона. Так, при производстве серии BGTxx использована уникальная биполярная технология Infineon V7HF200 SiGeC. Все модели серии BGTxx изготовлены в одном конструктиве Infineon Embedded Wafer Level Ball-Grid Array (eWLB) Package.

Внешний вид трансивера BGT80 показан на рис. 2. Габаритные размеры 6×6×0,8 мм.

Структурная схема трансивера BGT80 приведена на рис. 3.

На одном кристалле (SiGe) размещен полностью законченный радиочастотный блок (RF), который включает в себя следующие устройства:

- малошумящий усилитель (LNA);
- усилитель мощности (PA);
- программируемый линейный усилитель (PGA);
- контроллер напряжения питания (VC);
- контроллер выходной мощности (PW);
- смеситель (M);
- кварцевый генератор (VCO);
- датчик температуры;
- контроллер интерфейса SPI;
- периферийные устройства.

Контроллер выходной мощности позволяет регулировать ее по петле обратной связи. Благодаря открытой архитектуре, передатчик прямого преобразования может быть подсоединен непосредственно к baseband-процессору через сбалансированные выходы I и Q. Выбор каналов и режимов Tx/Rx осуществляется через порт SPI.

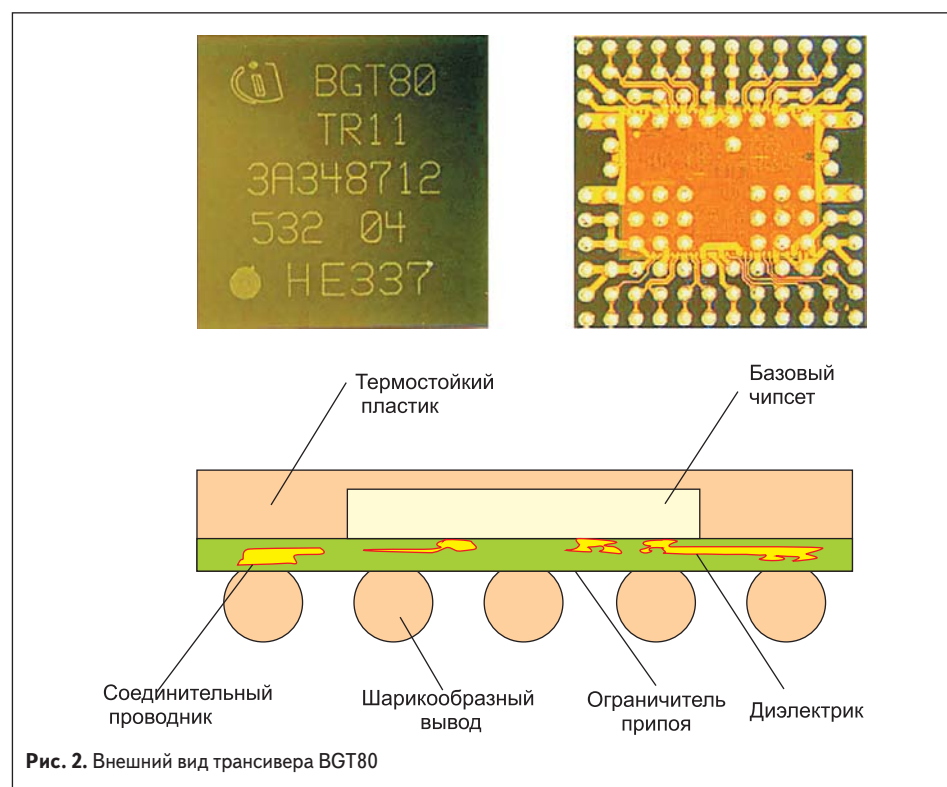


Рис. 2. Внешний вид трансивера BGT80

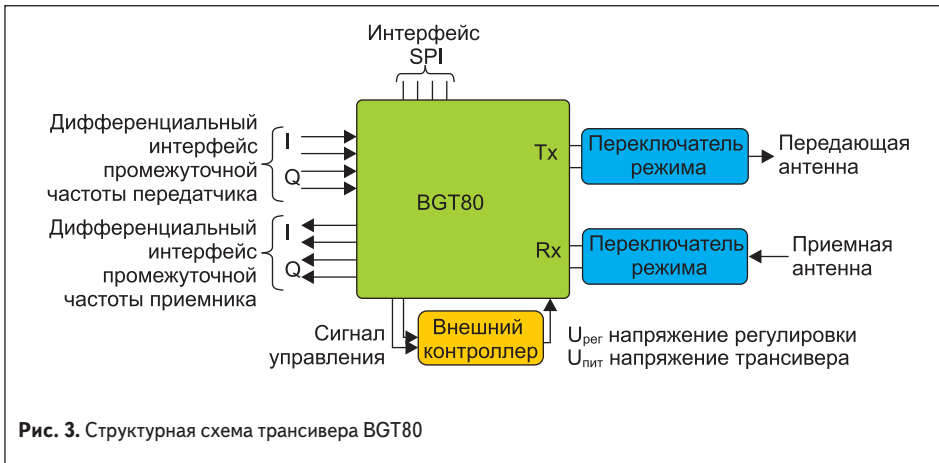


Рис. 3. Структурная схема трансивера BGT80

Кроме того, этот интерфейс можно использовать для калибровки приемопередатчика. В таблице 1 приведены технические характеристики приемопередатчика BGT80.

Трансиверы серии BGT могут работать в дуплексном режиме с частотным (FDD) разделением каналов или в полудуплексном режиме с временным разделением каналов.

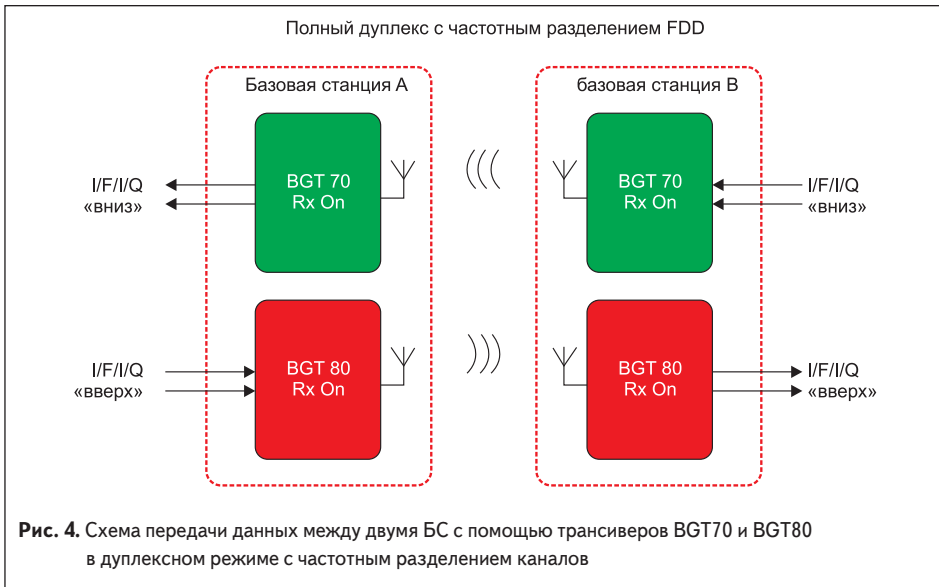


Рис. 4. Схема передачи данных между двумя БС с помощью трансиверов BGT70 и BGT80 в дуплексном режиме с частотным разделением каналов

Таблица 1. Технические характеристики приемопередатчика BGT80

Диапазон рабочих частот, ГГц	BGT60	57–64
	BGT70	71–76
	BGT80	81–86
Полоса ПЧ, МГц		50–1000
Модуляция		QAM32/QAM64
Скорость передачи данных, макс, Гбит/с		1,25
Радиус действия, км		2,5
Ток потребления (max), мА	Tx off, Rx off	270
	Tx on, Rx on	520
Напряжение питания, В		3,135–3,465
Выходная мощность, max (регулируемая), дБм		18
Коэффициент шума (по отношению к выходу LNA), дБ		6
Случайные флуктуации частоты генератора (VCO phase noise)		-85 дБс/Гц на 100 кГц
Коэффициент ошибки передачи данных (Bit Error Rate BER)		10 <sup>-5</sup>
Конструктив		eWLB PG-WFVLB-119-1
Электростатическая защита (ESD HBM)		1 кВ (все контакты DC, I/O, RF)
Габаритные размеры, мм		6×6×0,85
Диапазон рабочих температур, °С		-40...+85

Таблица 2. Интерфейсы отладочной платы Infineon BGT80e evaluation board

Наименование	Назначение
DMOD	Широкополосный выход PPD MOD
Muxout	Переключение напряжения питания в соответствии с режимами PPD PA или PPD MOD
IF I_TX/IF Ix_TX	Синфазный/Дополнительный вход передатчика «I»
IF Q_TX/IF Qx_TX	Квадратурный/Дополнительный вход передатчика «Q»
IF I_RX/IF Ix_RX	Синфазный/Дополнительный выход приемника «I»
IF Q_RX/IF Qx_RX	Квадратурный/Дополнительный выход приемника «Q»
TX/RX Port	Передача/прием



Рис. 5. Внешний вид отладочной платы Infineon BGT80e evaluation board

На рис. 4 схематически показан пример передачи данных между двумя базовыми станциями с помощью трансиверов BGT70 и BGT80 в дуплексном режиме с частотным (FDD) разделением каналов.

В сетях с FDD E-Band одна из двух частот (71–76 или 81–86 ГГц) используется для передачи, а другая — для приема. В системах с TDD E-Band одни и те же частоты используются и для приема, и для передачи.

Специально для разработки новых изделий на базе приемопередатчиков серии BGTxx выпускается отладочная плата Infineon BGT80e evaluation board. На ней размещены все необходимые интерфейсы, описание которых приведено в таблице 2.

Внешний вид отладочной платы показан на рис. 5.

Трансиверы серии BGTxx вместе с соответствующим модулем радиосвязи позволяют создавать быстродействующие системы для сетей BMN. Так, в октябре 2014 г. на выставке European Microwave Week в Италии компания Infineon Technologies продемонстрировала полностью законченное устройство для связи между БС в сетях Wireless Backhaul на базе BGT80 и Altera FPGA-250 МГц. Система успешно работает при скоростях выше 1,2 Гбит/с на расстояниях до 2,5 км [6].

### Литература

1. Unified MPLS Mobile Transport Design Guide, Cisco Community, <https://communities.cisco.com>
2. <http://habrahabr.ru/post/184132/>
3. Single-Chip Packaged RF Transceivers for Mobile Backhaul // Microwave Journal, August, 2013.
4. ETSI TS 102 524 «Fixed Radio Systems; Point-to-Point equipment; Radio equipment and antennas for use in Point-to-Point Millimeter wave applications in the Fixed Services (mmwFS) frequency bands 71 GHz to 76 GHz and 81 GHz to 86 GHz».
5. One-chip packaged RF Solution for E-band Radio Backhaul Transceiver Chipsets — BGT70 and BGT80. [www.infineon.com/cms/en/search.html#term=BGT80&view=all](http://www.infineon.com/cms/en/search.html#term=BGT80&view=all)
6. Infineon to Demonstrate Gigabit Backhaul System for 3G/4G LTE // Technology Media, October, 2014.