

Новые LPWA-модули производства Quectel Wireless Solutions

с поддержкой NB-IoT

Компания **Quectel Wireless Solutions**, основанная в 2009 году, за короткий срок сумела войти в пятерку мировых лидеров по производству модулей мобильной связи. Компания **Quectel** является одной из первых, кто вывел на мировой рынок модули NB-IoT. На сегодня **Quectel** изготовлено свыше 1 млн модулей NB-IoT.

В статье рассматриваются новые LPWA-модули **Quectel**, предназначенные специально для «Интернета вещей» (IoT). Модули **BC95**, **BC66**, **BC68** поддерживают технологию NB-IoT (Cat NB1 LTE, release 13 3GPP). Модуль **BC96** представляет собой универсальный модуль глобального использования, поддерживающий стандарты LTE Cat-M1 (eMTC) и Cat NB-1 (NB-IoT) в широком диапазоне частот (15 LTE). Кроме того, эти решения имеют встроенный навигационный приемник GNSS, предназначенный для работы со спутниковыми системами: GPS, GLONASS, Beidou, Galileo.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

Quectel Wireless Solutions

Основной вид деятельности компании **Quectel Wireless Solutions** (в дальнейшем **Quectel**) связан с разработкой и производством модулей мобильной связи 2G, 3G, 4G, 4G+, а также LPWA-модулей для приложений «Интернета вещей». Тщательный анализ потребностей современного рынка и эффективная маркетинговая политика позволили компании за короткий срок успешно развить продажи в разных странах. По объему продаж **Quectel** входит в число мировых лидеров [1].

Головной офис фирмы находится в Шанхае (Китай). В Хефэе расположен основной R&D-центр **Quectel**, оснащенный самым современным оборудованием и лабораторией. Кроме того, часть продукции изготавливается на одном из ведущих контрактных предприятий

Китая — **Flextronix** [3], на мощностях которого собирают свои изделия крупнейшие мировые производители электроники.

Со дня основания фирма стремительно продвигалась на зарубежных рынках. В настоящее время региональные отделения **Quectel** есть в Италии, Франции, Дании, России, Польше, Израиле, США, Латинской Америке, Бразилии, Австралии, Сингапуре, Южной Кореи, Индии.

Успех **Quectel** на международном рынке в немалой степени обусловлен тем, что в своих разработках компания использует новейшие модели чипов таких мировых лидеров, как, например, **Qualcomm**, **Intel**, **MediaTek**, **Huawei**, и других.

Компания **Quectel** одной из первых вывела на мировой рынок решения NB-IoT и к настоящему моменту выпустила более 1 млн модулей.

Пристальное внимание **Quectel** уделяет сертификации своей продукции. Фирма является членом Международного сертификационного союза GCF (Global Certification Forum) и имеет все необходимые сертификаты для разных регионов — США, Канады, Европы, России, стран Азии. На все модули, реализуемые на территории РФ, есть декларации соответствия, зарегистрированные в Федеральном агентстве связи Российской Федерации.

Во втором квартале 2017 года компания сертифицировала и выпустила в коммерческую продажу на мировом рынке модуль **BC95**, разработанный специально для рынка «Интернета вещей». Этот модуль, действующий по технологии NB-IoT (Cat NB1 LTE, release 13 3GPP), успешно используется



Рис. 1. Беспроводной интеллектуальный датчик расхода воды на базе модуля BC95

в Китае в системах беспроводного контроля расхода воды, газа. Например, NB-IoT-сети уже больше года функционируют в г. Фучжоу для систем беспроводного контроля расхода воды (рис. 1) [4].

В России компания Quectel начала работать в 2009 году, со дня основания [5]. За это время российские разработчики и системные интеграторы смогли по достоинству оценить основные преимущества продукции Quectel по сравнению с другими производителями. Несмотря на то, что в РФ процесс тестирования и развертывания сетей NB-IoT находится на начальном этапе, на базе модуля Quectel BC95 разработано оборудование для сети NB-IoT, используемой в системе учета и контроля ресурсов ЖКХ в наукограде Иннополис, расположенном в 35 км от Казани. Иннополис — особая экономическая зона, в которой находятся офисы и лаборатории инновационных IT-проектов. Поэтому Иннополис все чаще в СМИ называют IT-столицей России [6]. Установку модулей, которые могут быть подключены сразу к нескольким счетчикам расхода электричества, воды и газа, осуществило подразделение по внедрению и развитию M2M/IoT-продуктов корпоративного бизнеса ПАО «МегаФон». Базовое оборудование сетей NB-IoT «МегаФон» разрабатывает совместно с технологическим партнером — концерном Huawei. В качестве интеллектуальных датчиков NB-IoT в рамках данного проекта тестировались изделия различных изготовителей [7]. Следует отметить, что в проекте принимало участие несколько ведущих производителей NB-IoT-модулей. Для каждого проекта проводился тендер с участием российских и зарубежных разработчиков. При этом одним из критериев выбора модулей была его цена. Это позволило снизить суммарную стоимость конечной продукции для управляющих компаний. С этой точки зрения модули Quectel обладают несомненным преимуществом.

Комплексное решение по учету и контролю ресурсов ЖКХ «МегаФона» включает систему сбора и обработки данных, ПО для хранения и просмотра этой информации, а также комплект отчетной документации для управляющей компании.

На первом этапе коммерческой эксплуатации «МегаФон» оборудовал NB-IoT-модулями один дом города Иннополис, в котором в труднодоступных местах и подвальных помещениях размещено около 15 интеллектуальных датчиков. В ближайшее время «МегаФон» планирует реализовать проект по учету расхода коммунальных ресурсов во всем Иннополисе [8].

В настоящее время Quectel постоянно развивает линейку модулей NB-IoT. В качестве примера можно привести такие новинки, как BC95-G, BC66, BC68, BC96.

Quectel уделяет пристальное внимание вопросам технической поддержки. Инженеры компании помогают оптимальным образом выбрать модель для конкретной задачи, правильно разработать печатную плату, избежать ошибок при организации опытного и серийного производства.

Для каждой серии предусмотрены переходные модели, выполненные в одном конструктиве, которые позволяют с наименьшими затратами

Таблица 1. Сравнительные характеристики технологий EC-GSM-IoT, LTE-MTC, NB-IoT

Наименование	eMTC	EC-GSM-IoT	NB-IoT
Частотный диапазон	Основные рабочие полосы частот LTE	Основная полоса частот GSM	Основная и защитная полосы частот LTE, выделенные частоты (800, 900, 1800 МГц)
Уровень покрытия (в соответствии с TR 36.888/45.820)	155,7 дБ	164 дБ, (33 дБм power class), 154 дБ, (23 дБм power class)	164 дБ для выделенной полосы
Схема кодирования (передача вниз)	OFDMA, 15 кгц, 16 QAM, 1 Rx	TDMA/FDMA, GMSK, 8 PSK 1 Rx	OFDMA, 15 кгц, TBCC, 1 Rx
Схема кодирования (передача вверх)	SC-FDMA, 15 кгц, 16 QAM	TDMA/FDMA, GMSK 8 PSK	Single tone, 15 кгц, 3,75 кгц, SC-FDMA, 15 кгц
Ширина полосы частот приемника ME	1,08 МГц (1,4 МГц carrier bandwidth)	200 кгц	180 кгц (200 кгц carrier bandwidth)
Скорость передачи данных «вниз» (DL) и «вверх» (UL)	1 Мбит/с (DL/UL)	250 кбит/с (DL); 250 кбит/с, (UL: multi-tone), 20 кбит/с (UL single tone)	Для DL и UL (4 временных слота): 70 кбит/с (GMSK) и 240 кбит/с (8PSK)
Дуплексная передача	FD и HD (type B), FDD и TDD	HD, FDD	HD (type B), FDD
Энергосберегающий режим	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX	PSM, ext. I-DRX, C-DRX
Категория мобильного устройства	Cat. M1	Уточняется	Cat.NB1
Класс мощности	23 дБм, 20 дБм	23 дБм, TBD	33 дБм, 23 дБм

заменять старые модули на модули следующего поколения.

Устройства LPWA: малое энергопотребление и широкий территориальный охват

К ряду устройств, предназначенных для использования в различных проектах «Интернета вещей», предъявляются специальные требования, среди которых одно из основных — минимальная цена при оптимальной функциональности. Огромное количество различных датчиков в IoT-приложениях должны выходить в эфир только периодически и лишь для того, чтобы отправить накопленную информацию. При этом очень большое значение имеет энергопотребление.

В таких приложениях, как контроль перемещения грузов, агропромышленные системы, сети сбора метеоданных, системы контроля воды, газа и электричества, пожарные системы, системы контроля доступа, и в других аналогичных приложениях необходимы интеллектуальные сенсоры с крайне низким энергопотреблением. Эти устройства с автономным батарейным питанием должны обеспечивать работу без замены батареи в течение нескольких лет. В англоязычной литературе данный тип устройств, обеспечивающий малое энергопотребление и широкий территориальный охват, получил название LPWA (Low Power Wide Area). Технологии лицензируемых диапазонов IoT, предназначенные для устройств LPWA eC-GSM-IoT, eMTC и NB-IoT в базовом варианте, стандартизованы в документе 3GPP Release 13 (Rel 13) [9].

Основные технические характеристики технологий LPWA, стандартизованных в Rel 13, приведены в таблице 1.

Следует отметить, что развитие и разработки новых стандартов для IoT продолжаются в настоящее время и в других рабочих группах 3GPP. В рамках проекта 3GPP Release 14 (Rel 14) основное внимание уделено следующему поколению технологий eMTC и NB-IoT. Для устройств Cat-M2 несущие частоты увеличены до 5 МГц, а скорости передачи возрастают до: DL — 2,4 Мбит/с, UL — 2,6 Мбит/с. Для

устройств NB-IoT Cat-NB2 также увеличены скорости передачи: DL — 120 кбит/с, UL — 160 кбит/с. Для устройств UE Cat NB2 определены требования на одноадресную многоадресную рассылку. Кроме того, большое внимание в Rel 14 уделяется технологиям, связанным с перемещающимися объектами, например Vehicle-to-Everything V2X с новым интерфейсом D2D для быстро движущихся средств (до 250 км/ч). В документах Rel 14 для приложений IoT стандартизируются мультимедийные приложения, такие, например, как Multimedia Broadcast Supplement for Public Warning Systems, Mission-critical video, Mission-critical data services. Следует обратить внимание на то, что в Rel 14 определены критерии поддержки сервисов Voice over LTE VoLTE, Channel modelling above 6 GHz, eLAA, 4 band Carrier Aggregation, Inter-band Carrier Aggregation и других в сетях LTE. Окончательная редакция этих документов намечена на 2018 год.

Предварительные требования, предъявляемые к оборудованию 5G и сетям LTE-Advanced Pro, определены в Rel 15. Для частотных диапазонов выше и ниже 6 ГГц рассмотрены различные варианты контроля устройств. Возможны два сценария: NO Standalone NSA NR и Standalone SA NR. Вариант NSA предусматривает контрольную плоскость LTE по отношению к NR. В случае SA реализуется полный контроль функциональности NR. Конечной целью проекта Rel 16 является разработка стандартов для сетей 5G.

Несмотря на то, что окончательные стандарты устройств для технологий 5G будут готовы не раньше начала 2020 года, ведущие мировые производители беспроводных чипов и модулей уже начали массовый выпуск устройств с поддержкой LPWA.

Хотя нелицензионные технологии LPWA, в частности LoRa и Sigfox, были разработаны раньше, экосистемы NB-IoT и LTE-M развиваются значительно быстрее. Во многом это связано с ростом рынка чипсетов. Варианты чипов с поддержкой двух технологий предоставили возможность использовать существующие сети LTE для развертывания сетей LPWA. Это позволяет задействовать как вариант LTE-M

с более высокой пропускной способностью, поддерживающий как голос и мобильность, так и протоколы NB-IoT в одном устройстве. Согласно прогнозам [10], в 2025 году в мире будет эксплуатироваться более 1 млрд устройств LPWA. При этом около половины придется на долю NB-IoT.

В настоящее время более тридцати компаний в различных регионах мира выпускают модули с поддержкой LPWA. Среди ведущих производителей модулей NB-IoT и LTE-M можно отметить следующие: Huawei, Sierra Wireless, Gemalto, Multitech, Quectel, SimCom, Telit, u-blox, ZTE, LinkLabs. По данным [11], Quectel входит в пятерку ведущих мировых производителей модулей NB-IoT, речь о которых пойдет в следующем разделе.

Подробно стандарты Rel 13 были рассмотрены в журнале «Беспроводные технологии» № 3'2016. Поэтому, в соответствии с темой данной статьи, целесообразно здесь напомнить только основные особенности стандарта NB-IoT.

Технология Narrow-Band IoT (NB-IoT) регламентирована наряду с отмеченными выше технологиями в стандарте 3GPP Rel 13. Другое название, встречающееся в англоязычной литературе, — LTE Cat NB1.

Мобильные устройства, стандартизованные в Rel 13, получили название User Equipment Cat-NB1 (UE Cat-NB1). Встречается и наименование User Device Cat-NB1 (UD Cat-NB1). Все дальнейшие упоминания NB-IoT в настоящей публикации, если это не оговорено особо, относятся к NB-IoT Cat-N1 Rel 13.

Сама технология NB-IoT Cat-NB1 базируется на так называемом методе узкополосной радиосвязи (narrowband), который используется для передачи небольших пакетов данных с малыми скоростями (табл. 1). Скорости передачи в технологии NB-IoT составляют 70 кбит/с (GMSK) и 240 кбит/с (8PSK) для направлений вверх и вниз соответственно. Ширина полосы — 180 кГц. Технология NB-IoT разработана специально для широкого круга устройств IoT, среди которых можно назвать оборудование для приложений «умного дома», устройства для контроля перевозки грузов, персональные медицинские датчики непрерывного мониторинга, уличное освещение и другие аналогичные устройства.

Ниже перечислены основные характерные особенности оборудования пользователя технологии UE NB-IoT Cat-N1:

- сокращенный размер транспортного блока для обоих направлений (DL и UL);
- упрощенный процесс гибридного автоматического запроса на повторную передачу данных (HARQ) для обоих направлений (DL и UL);
- поддержка только однополосного режима передачи в обоих направлениях (DL и UL);
- только одна антенна в мобильном устройстве;
- нет необходимости в турбокодекере при использовании канала ТВСС в режиме (DL);
- отказ от контроля регистрации в сети при нормальном режиме работы (контроль оставлен только для Idle mode);
- маленькая скорость передачи;
- узкая полоса пропускания;
- возможность работы только в экономичном полудуплексном режиме (HD-FDD);
- класс мощности мобильного устройства: 23 дБм;
- встроенный усилитель мощности;
- только последовательная обработка при приеме и передаче сообщений.

В стандарте 3GPP Rel 13 рассмотрены три варианта частотных диапазонов для технологии NB-IoT (рис. 2):

- Stand Alone — использование несущей стандартной технологии GSM для полосы NB-IoT;
- Guard Band — в качестве рабочего диапазона применен защитный интервал стандартного варианта технологии LTE Rel 8;
- In Band — рабочая полоса частот находится внутри разрешенного спектра стандартного варианта технологии LTE Rel 8.

При первом включении мобильные устройства NB-IoT способны самостоятельно выбирать один из трех возможных сценариев работы (рис. 2), которые им предлагает базовая станция. Аналогично тому, как это организовано в стандартных сетях LTE Rel 8, мобильные устройства NB-IoT при регистрации в сети ищут опорную несущую в растре 100 кГц. При этом опорная несущая может быть размещена только в определенных ресурсных блоках PRB.

В технологии NB-IoT необходима минимальная полоса пропускания 180 кГц — как для передачи данных от базовой станции к мобильному устройству, так и в обратном направлении. Поэтому операторы существующих сетей 2G

могут использовать одну несущую (200 кГц) для работы с устройствами NB-IoT в режиме Stand Alone. Наиболее просто этот режим можно реализовать на существующих сетях в диапазоне 700, 800 и 900 МГц.

Если имеющаяся сеть поддерживает 2G, 3G, 4G, то технология NB-IoT позволяет использовать все три полосы, показанные на рис. 2. В таком случае в сетях LTE для устройств IoT предполагается диапазон 800 МГц.

Операторы сетей LTE могут реализовать поддержку NB-IoT внутри существующих сетей за счет выделения одного из ресурсных блоков (PRB) 180 кГц под нужды LTE Cat NB1.

Радиоинтерфейс NB-IoT оптимизирован для совместного использования с классическим LTE Rel 8 таким образом, чтобы избежать любых возможных коллизий этих технологий внутри рабочей полосы устройств IoT.

При работе в режиме In Band технология NB-IoT использует основные базовые характеристики классического LTE Rel 8 — например, методы доступа к среде OFDMA («вниз») и SC-FDMA («вверх»), канальное кодирование, согласование скорости передачи, побитовое перемежение и другие.

В нисходящем канале NB-IoT, базирующемся на методе OFDMA, предусмотрен тот же интервал между поднесущими, что и в классическом LTE Rel 8 — 15 кГц. Так же как в стандарте LTE Rel 8, в технологии NB-IoT длительности кадров, подкадров и интервалов между фреймами составляют 0,5, 1, 10 мс соответственно. Кроме того, в этих технологиях формат слота, циклический префикс и количество OFDM-символов в слоте одинаковые. По существу, в технологии NB-IoT несущие в частотной области используют один физический ресурсный блок LTE PRB. Таким образом, двенадцать поднесущих, каждая по 15 кГц, в результате определяют полосу 180 кГц.

При передаче данных от мобильного устройства к базовой станции в технологии NB-IoT поддерживается два режима: Multi-tone transmission (MTT) и Single-tone transmission (STT). Режим MTT, основанный на методе Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SCFDMA), использует те же, что и в классическом варианте LTE, параметры поднесущих (15 кГц/0,5 мс) и подкадра (1 мс). В немодулированном варианте режима STT в технологии NB-IoT применяются две частоты поднесущих. Одна из них, 15 кГц, совпадает с классическим вариантом LTE Rel

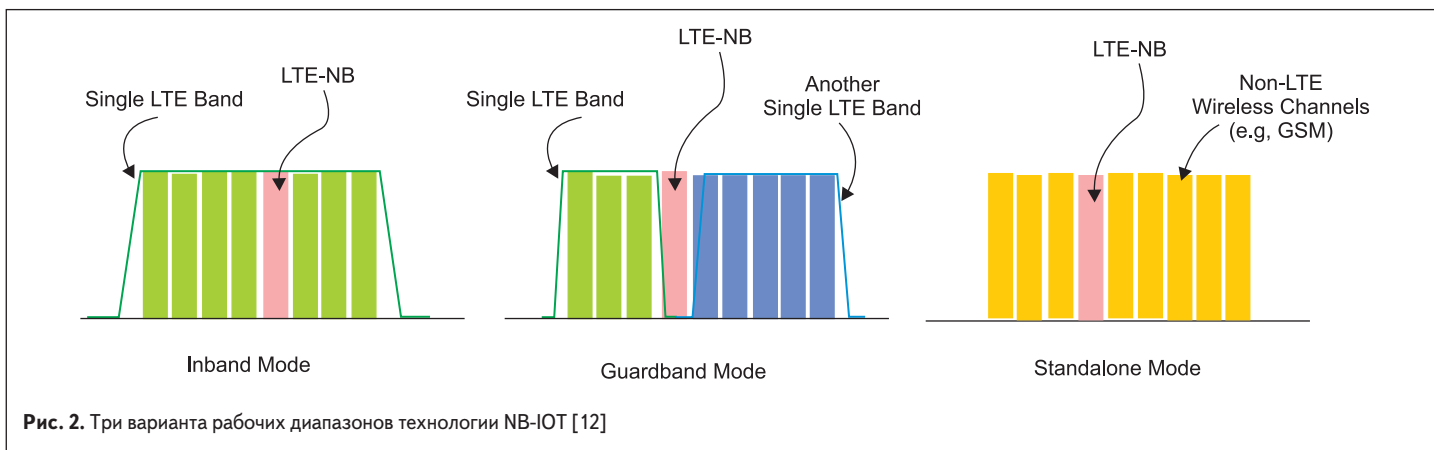


Рис. 2. Три варианта рабочих диапазонов технологии NB-IoT [12]

8. В другом диапазоне, 3,75 кГц, предусмотрен интервал между слотами 2 мс, что является особенностью технологии NB-IoT. Ширина полосы в восходящем канале равна 180 кГц.

В технологии NB-IoT передача от базовой станции к мобильному устройству реализуется с помощью трех физических каналов: узкополосный физический радиовещательный канал (Narrowband Physical Broadcast Channel — NPBCH), узкополосный физический контрольный канал передачи «вниз» (Narrowband Physical Downlink Control Channel — NPDCCH) и узкополосный физический мультиплексный канал передачи «вниз» (Narrowband Physical Downlink Shared Channel — NPDSCH).

Мобильное устройство NB-IoT поддерживает в режиме приема работу следующих сигналов по физическим каналам:

- узкополосный сигнал первичной синхронизации (Narrowband Primary Synchronization Signal — NPSS);
- узкополосный сигнал вторичной синхронизации (Narrowband Secondary Synchronization Signal — NSSS);
- узкополосный опорный сигнал (Narrowband Reference Signal — NRS).

В отличие от стандартного LTE Rel 8 в технологии NB-IoT работа физических каналов и транслируемые сигналы предварительно распределяются по времени. Например, сигнал NPSS передается в подкадре № 5 каждые 10 мс, сигнал NSSS транслируется с периодом в 20 мс в подкадре № 9 (11 PRB) ресурсных блоков. В общей сумме сигнал NSSS представляет собой 132 элемента, распределенных по кодированным временным промежуткам. Информационные данные (MIB) передаются по каналу NPBCH в каждом фрейме в подкадре № 0, оставаясь неизменными в течение 640 мс интервала времени передачи (TTI).

По каналу NPDCCH транслируются инструкции совместного использования каналов для обоих направлений передачи (UP и DL). Более подробно эти моменты описаны в [13].

Важно подчеркнуть, что с небольшими затратами сети NB-IoT можно реализовать на базе существующих сетей LTE Rel 8-11, без ущерба

обслуживания пользователей сложных планшетов, гаджетов и смартфонов, которые полностью поддерживают все функции стандартов 3G-4G+.

Так же как и в других технологиях стандарта 3GPP Rel 13, в NB-IoT поддерживаются режимы энергосбережения и увеличения радиуса действия. Например, мобильное устройство NB-IoT с покрытием 164 дБ может работать 10 лет от одной батарейки, если оно передает 200 байт информации один раз в день [13].

Важная особенность NB-IoT, на которую следует обратить внимание, состоит в возможности поддержки множества устройств IoT при использовании только одного ресурсного блока (PRB) в обоих направлениях (DL и UL). Это достигается за счет того, что в технологии NB-IoT введена дополнительная поднесущая NPUSCH для режима UL, существенным образом оптимизирующая передачу данных в ресурсном блоке. Кроме того, технология позволяет использовать метод с несколькими несущими. Поэтому одна базовая станция способна поддерживать до 52 500 мобильных NB-IoT-устройств.

Модули Quectel с поддержкой NB-IoT

В линейку новых модулей Quectel с поддержкой NB-IoT входят следующие модели: BC95 (B8, B5, B20); BC95-G (B1, B3, B8, B5, B20, B28); BC68 (B1, B3, B8, B5, B20, B28); BG96 (B1, B2, B3, B4, B5, B8, B12, B13, B18, B19, B20, B26, B28, B39 Cat M1 LTE-TDD), BC66 (B1, B2, B3, B5, B8, B12, B13, B17, B18, B19, B20, B25, B26, B28, B66). Стоит отметить, что модули BC95 и BG96 были протестированы на совместимость российскими офисами компаний производящих телекоммуникационное оборудование (Nokia, Huawei, Ericsson) и операторами сотовой связи (МТС и Мерафон).

Модули Quectel с поддержкой NB-IoT покрывают практически все частотные диапазоны LTE Duplex Mode FDD, используемые в различных регионах: B1 — 2100 МГц, B2 — 1900 МГц, B3 — 1800 МГц, B8 — 900 МГц, B5 — 850 МГц, B12/B13/B17 — 700 МГц, B18/B19 — 850 МГц, B20 — 800 МГц, B25 — 1800 МГц, B26 — 850 МГц, B28 — 700 МГц, B66 — 1700 МГц. Поэтому они могут эксплуатироваться во многих странах

мира. Модули с поддержкой NB-IoT используют узкую полосу 200 кГц лицензируемого диапазона частот сотовой связи. Доступность перечисленных модулей Quectel с поддержкой NB-IoT представлена на рис. 3.

Основные технические характеристики новых модулей Quectel с поддержкой NB-IoT приведены в таблице 2.

Семейство модулей BC95

Модули BC95, BC95-G изготовлены на базе чипа Boudica производства фирмы HiSilicon, которая является дочерним предприятием Huawei. Базовый чип содержит на одном кристалле радиочастотный трансивер, аналоговый блок обработки, модуль сигнального процессора, блок электропитания, интерфейс SPI и память (SRAM, FLASH).

BC95 выпускается в четырех версиях, рассчитанных на работу в одном определенном частотном диапазоне BC95-B5 (850 МГц), BC95-B8 (900 МГц), BC95-B20 (800 МГц), BC95-B28 (700 МГц) [14].

Последняя модель этой группы — BC95-G, поступившая в коммерческую продажу в конце 2017 года, — отличается тем, что может работать в нескольких диапазонах:

- Band 1, H-FDD 2100 МГц;
- Band 3, H-FDD 1800 МГц;
- Band 8, H-FDD 900 МГц;
- Band 5, H-FDD 850 МГц;
- Band 20, H-FDD 800 МГц;
- Band 28, H-FDD 700 МГц.

На сайте производителя отмечается, что BC95-G поддерживает работу устройств Cat-NB2. Это касается увеличенных в Rel 14 скоростей передачи данных. Однако, поскольку окончательная редакция Rel 14 появится во второй половине 2018 года, некоторые технологические нововведения из Rel 14 могут остаться недоступными для BC95-G.

Модуль BC95-G имеет 54-контактные площадки SMT с шагом 1,1 мм, на которые выведены все интерфейсные группы:

- Power supply;
- UART interfaces;
- USIM interface;

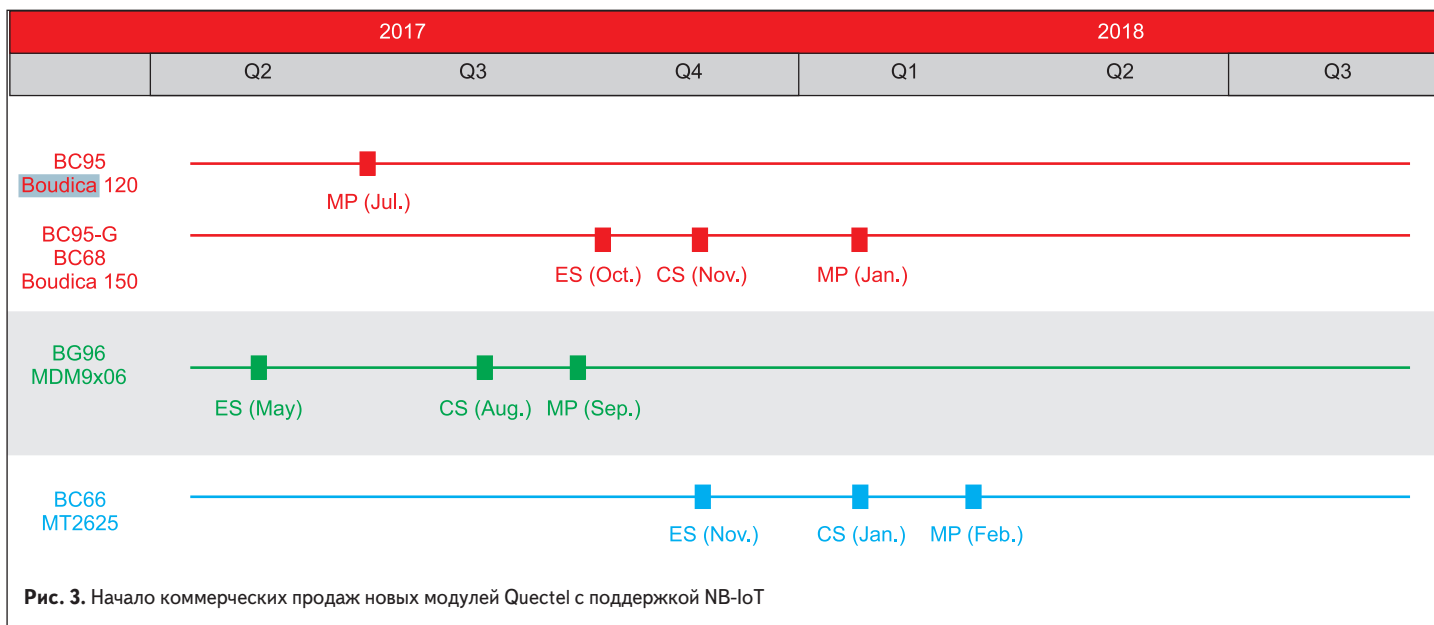


Рис. 3. Начало коммерческих продаж новых модулей Quectel с поддержкой NB-IoT

Таблица 2. Основные технические характеристики новых модулей Quectel с поддержкой NB-IoT

Модуль	BC95/ BC95-G/ BC68	BC66	BG96
Чип	HiSilicon Boudica	MTK M2625	Qualcomm MDM9206
Стандарты	BC95: Cat.NB1, BC95-G & BC68: Cat.NB1, NB2*	Cat.NB1, NB2	Cat.M1/Cat.NB1, EGPRS, GSM850/ GSM900, DCS1800/PCS1900
Частоты LTE-FDD	BC95-B5: B5, BC95-B8: B8, BC95-B20: B20, BC95-B28: B28, BC95-G & BC68: B1/B3/B5/B8/B20/B28	B1/B2/B3/B5/B8/B12/B13/B17/B18/B19/B20/B25/B26/B28/B66	CAT. M1: B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13/B18/B19/B20/B26/B28, B39 @LTE-TDD (for Cat.M1 only)
Напряжение питания	BC95: 3,1–4,2 В	2,1–3,7 В	3,3–4,3 В
Управление	AT-команды 3GPP Rel 13 and Quectel Enhanced AT		
Скорость передачи данных	Single Tone: DL: 24 кбит/с, UL: 15,625 кбит/с; Multi Tone: DL: 24 кбит/с, UL: 62,5 кбит/с	Single Tone: DL: 25,5 кбит/с, UL: 16,7 кбит/с; Multi Tone: DL: 25,5 кбит/с, UL: 62,5 кбит/с	LTE Cat.M1: Max. 375 кбит/с (DL), Max. 375 кбит/с (UL); LTE Cat.NB1: Max. 32 кбит/с (DL), Max. 70 кбит/с (UL); GPRS: Max. 85,6 кбит/с (DL), Max. 85,6 кбит/с (UL); EGPRS: Max. 236,8 кбит/с (DL), Max. 236,8 кбит/с (UL)
Протоколы	IPv4/IPv6*/UDP/CoAP/ TCP/ MQTT/LwM2M/DTLS	UDP/CoAP/TCP/PPP/SSL/ TLS/LWM2M/FTP/HTTP/ MQTT/HTTP _s	PPP/TCP/UDP/SSL/TLS/FTP(S)/ HTTP(S)/NITZ/PING/MQTT
Токи потребления	5 мкА @PSM; 6 мА @Idle Mode; 230 мА @TX Power	Уточняется	LTE Cat.M1: Power Caving Mode: 10,4 мкА; Standby Cate: 1,99 мА @DRX=1,28 с; 190 мА @23 дБм; LTE Cat. NB1: Power Caving Mode: 9,8 мкА; Standby State: 2,77 мА @e-I-DRX = 20,48 с
Выходная мощность	23 дБм	22,5 дБм	23 дБм
Чувствительность	-129 дБм	Уточняется	-117 дБм (Cat NB1)
Приемник GNSS	Нет	Нет	Поддержка GPS, GLONASS, BeiDou/Compass, Galileo, QZSS
Интерфейсы	USIMx1 1.8V/3.0V,UARTx2, ADC*x1, Network Status Indication, Antenna, RI behaviors, PWRKEY (BC66), SPI (BC66), USB (BG96), I2C (BG96), USB_BOOT (BG96), GNSS antenna (BG96)		
Короткие сообщения	Point-to-point MO, MT, Text/PDU Mode		
Голосовая связь	Нет	Нет	VoLTE по сети LTE Cat M1
Обновление ПО	DFOTA	FOTA	DFOTA
Рабочие температуры	-40...85 °C (На границах диапазона могут наблюдаться отклонения нескольких параметров, например, Pout)		
Сертификаты	CE*/GCF* (Europe), FCC* (North America), CCC*/NAL*/SRRC* (China)		
Размеры	BC95/BC95-G: 19,9x23,6x2,2 мм; BC68: 17,7x15,8x2,3 мм	17,7x15,8x2,3 мм	22,5x26,5x2,3 мм
Вес	BC95: 1,8 г; BC68:1,1 г	1,2 г	3,1 г
Корпус	LCC-94	LCC	102-pin LGA

Примечание.* Опции, которые в данный момент находятся в разработке.

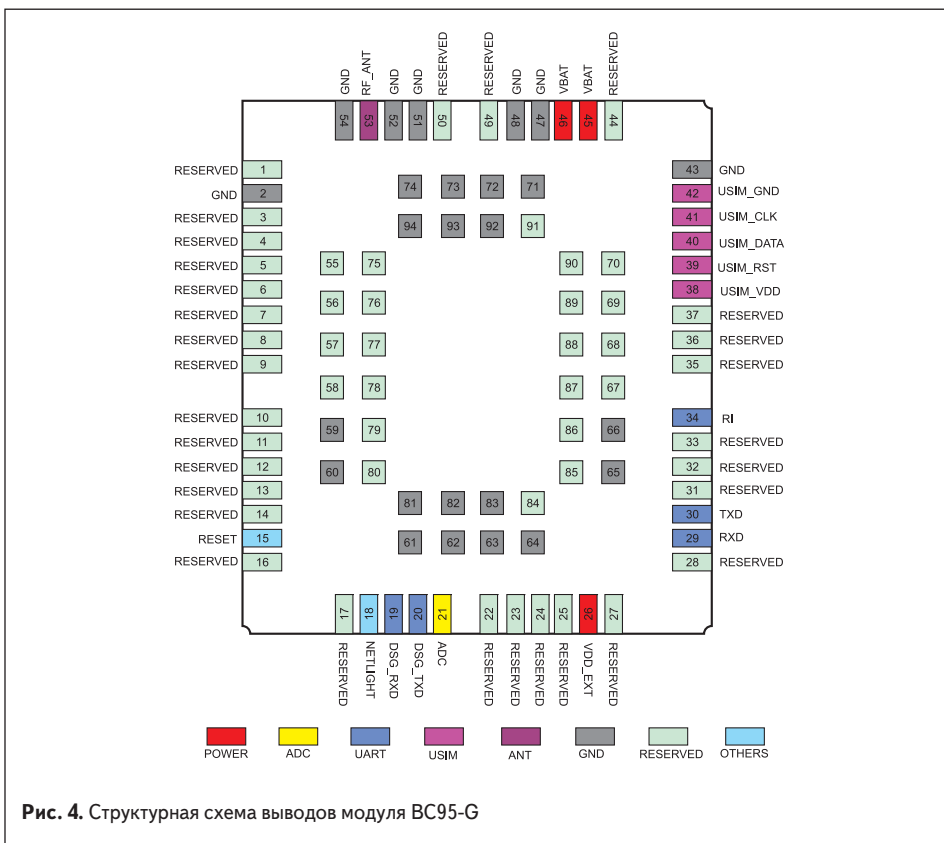


Рис. 4. Структурная схема выводов модуля BC95-G

- ADC interface*;
- Network status indication*;
- RF interface.

Примечание.* Дорабатывается в настоящее время.

Кроме того, на корпусе BC95-G расположены 40 зарезервированных площадок, которые заземлены в текущих моделях. Габаритные размеры: 23,6x19,9x2,2 мм.

Структурная схема выводов модуля BC95 показана на рис. 4, внешний вид модуля BC95-G — на рис. 5.

К особенностям модулей Quectel с поддержкой NB-IoT следует отнести:

- крайне низкое энергопотребление;
- маленькие габаритные размеры;
- высокую чувствительность;
- небольшую скорость передачи данных;
- последовательный интерфейс;
- промышленный температурный диапазон;
- возможность работы с eSIM;
- аппаратную совместимость с GSM/GPRS- и LTE-модулями;
- удобные отладочные средства и техническую поддержку.

Ультранизкое энергопотребление, позволяющее модулю работать автономно без смены батареи в течение нескольких лет, обеспечивается режимами Extended Discontinuous Reception (eDRX) и Power Saving Mode (PSM). Эти технологии помогают снизить периодичность обязательных сигнальных сообщений, оптимизировать интервалы приема и получения информации, в течение которых устройство остается подключенным к сети, не передавая и не получая информацию.

В режиме PSM ток потребления модуля BC95-G составляет всего 5 мкА.

Схема работы режима PSM модуля BC95-G показана на рис. 6.

В течение выполнения процедуры отслеживания и добавления зоны контроля (Tracking Area Update — TAU) модуль отправляет запрос на вход в режим PSM «ATTACH REQUEST». После того как сеть приняла этот запрос, включается таймер активного режима (T3324). Когда время таймера T3324 истекает, модуль переходит в режим PSM на период T3412 (периодический таймер TAU). После окончания действия этого таймера модуль выйдет из режима PSM. Также модуль выходит из режима PSM в том случае, если передается исходящее сообщение типа Mobile Originated.

Следует отметить, что модуль не может запросить PSM, когда он устанавливает аварийное



Рис. 5. Внешний вид модуля Quectel BC95-G

сообщение или инициирует соединение PDN (Public Data Network). Если модуль находится в режиме PSM, он остается в режиме ограниченной активности. Например, он не может быть отключен от данной соты или перемещен в другую соту. Устройство обладает улучшенной чувствительностью -129 дБм во всех частотных диапазонах (B1, B3, B8, B5, B20, B28).

Скорость передачи данных «вниз» составляет 25 кбит/с. При передаче «наверх», в зависимости от режима, максимальная скорость передачи может достигать 54 кбит/с (табл. 2). Следует обратить внимание на то, что модуль BC95-G устойчив к колебаниям напряжения питания в диапазоне 3,1–4,2 В, что позволяет эксплуатировать его в течение нескольких лет при постепенной потере заряда батареи. Расширенный температурный диапазон обеспечивает надежную работу модуля при температурах $-40...+85$ °С. Для управления устройством используются стандартные AT-команды, соответствующие 3GPP TR 45.820. Кроме того, специально для этого модуля Qualcomm разработал ряд уникальных команд.

Модуль BC95-G оснащен двумя портами UART. Обмен данными осуществляется с помощью основного порта.

В соответствии со стандартом Rel 13 на DCE-DTE (Data Terminal Equipment) Main UART имеет следующие коммуникационные линии (уровни 3 В):

- TXD: Send data;
- RXD: Receive data;
- RI: Ring indicator.

Основной порт может использоваться для передачи AT-команд и данных. Кроме того, с помощью основного UART можно обновлять прошивку со скоростью 115 200 бит. Этот основной порт доступен в активном режиме, режиме ожидания и PSM. Сигнал Ring indicator соответствует случаю получения SMS или передачи данных.

Второй порт UART Debug, предназначенный для загрузки и отладки ПО, имеет две линии:

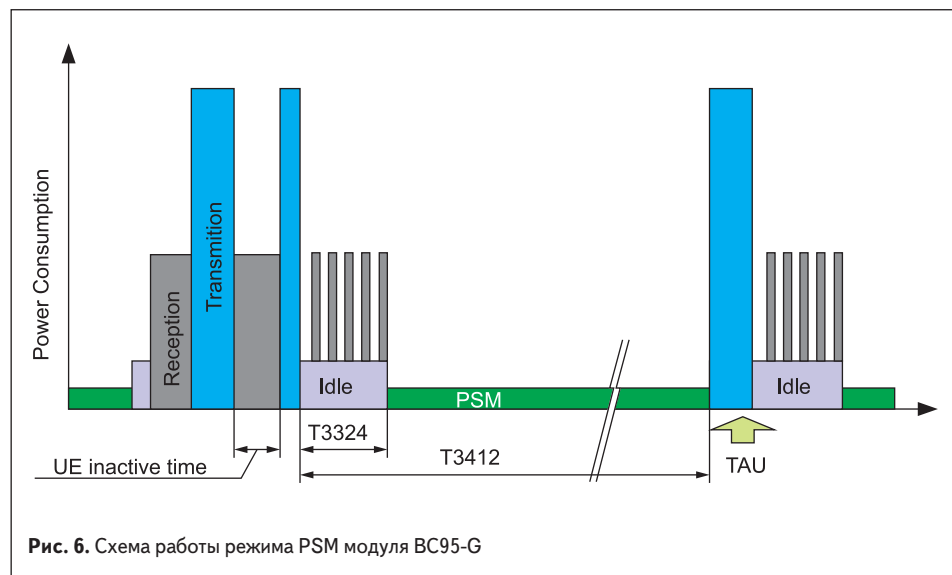
- DBG_TXD: Send data to the COM port of DTE;
- DBG_RXD: Receive data from the COM port of DTE.

Этот простой и удобный интерфейс, позволяющий получать информацию через две информационные линии, поддерживает скорость 921 600 бит/с и используется для отладки прошивки с помощью специального программного обеспечения UEMonitor [15].

Модуль имеет интерфейс USIM, соответствующий спецификации 3GPP, который позволяет получать доступ к внешней USIM-карте. Интерфейс карты USIM поддерживает стандарты USIM-1.8V и USIM-3.0V.

Модуль BC95-G оснащен 10-разрядным АЦП, предназначенным для считывания показаний различных датчиков с выходным аналоговым сигналом. Этот интерфейс доступен как в активном режиме, так и в режиме ожидания.

Для внешнего перезапуска имеется специальный вывод (pin 15), на который подается отрицательный импульс длительностью 100 мс. Аналогичным образом можно удаленно подавать и снимать внешнее питание модуля. Кроме того, предусмотрена возможность



перезагрузить модуль с помощью AT-команды AT+NRB [15].

Для подключения внешней антенны с импедансом 50 Ом есть специальный вывод.

Специальный вывод NETLIGHT предназначен для светодиодной сигнализации состояния модуля. Светодиод загорается при регистрации модуля в сети.

Модули BC95 выполнены в стандартном конструктиве LCC, позволяющем переходить от существующих стандартных GSM/GPRS-модулей M95 к мобильным устройствам с поддержкой NB-IoT. Функциональное назначение, уровни сигналов и расположение основных контактных площадок на корпусах модулей M95 и BC95 совпадают. Так, у модуля BC95 контактные площадки (рис. 4) — VBAT (45), VBAT (46), GND (47), RXD (29), TXD (30), RI (34), USIM_VDD (38), USIM_RST (39), USIM_DATA (40) и другие — по расположению на печатной плате и по назначению совпадают с контактными площадками модуля M95: VBAT (33), VBAT (34), GND (38), RXD (21), TXD (22), RI (28), SIM_VDD (27), SIM_RST (28), SIM_DATA (29) [16]. Аналогичным образом совпадают и все остальные выводы модуля BC95. Тот же подход реализован и в конструктиве модуля BG96. То есть модули BG96, BC95 и M95 совместимы pin-to-pin, поскольку их основные контактные площадки совпадают по расположению, назначению, логике и уровням сигналов. Таким образом, старую печатную плату для изделия на базе GSM/GPRS-модуля M95 можно в принципе использовать в качестве прототипа платы для изделия на базе NB-IoT-модулей BC95 и BG96. Подобная конструкция модулей позволяет с минимальными затратами осуществлять адаптацию интеллектуальных датчиков предыдущего поколения к новым сетям IoT.

Для отладки модулей рекомендуется использовать комплект GSM/NB-IoT EVB Kit.

Модуль BC68 изготовлен на базе чипа HiSilicon Voidica и поддерживает те же частоты, что и модуль BC95-G: B1, B3, B8, B20, B28 [17].

Габаритные размеры BC68: 17,7×15,8×2,0 мм. Вес: 1,1 г. Таким образом, модуль BC68 меньше и легче, чем BC95-G (табл. 2).

Модуль BC68 выполнен в корпусе для поверхностного монтажа SMD-типа, который имеет 44 LCC-вывода и 14 LGA-площадок, куда выведены те же интерфейсы, что и в модели BC95: напряжение питания, UART, USIM, ADC*, RI, Network status* (* — дорабатывается в настоящее время).

Структурная схема выводов модуля BC68 показана на рис. 7. Внешний вид модуля Quectel BC68 показан на рис. 8.

Как видно на рис. 4–8, основное различие между модулями семейства BC95 и модулем BC68 заключается в конструктиве и расположении контактных выводов. В остальном технические характеристики этих модулей совпадают.

Модули BC68 совместимы pin-to-pin с GSM/GPRS-модулями M66, а также с NB-IoT-модулями BC66 благодаря совпадению контактных площадок по расположению, назначению и уровням сигналов.

Модуль BC66 разработан на базе чипа M2625 производства MediaTek Inc [18].

Новая высокоинтегрированная система на кристалле M2625, созданная специально для стандарта NB-IoT, обеспечивает низкое энергопотребление и экономичное решение для широкого спектра сетевых устройств, функционирующих в диапазоне 450 МГц — 1,2 ГГц. Чип MT2625 содержит на одном кристалле: цифровой сигнальный процессор модема NB-IoT, радиочастотный блок обработки аналогового сигнала, микроконтроллер ARM Cortex-M, псевдостатическое ОЗУ с произвольным доступом (PSRAM), флэш-память и блок управления питанием. Этот чип имеет расширенный набор интерфейсов, среди которых можно выделить такие, например, как SDIO, UART, I²C, I²S, SPI, PWM. Система на кристалле MT2625 удовлетворяет всем требованиям спецификации 3GPP R14.

Использование MT2625 позволило внести в модуль BC66 ряд улучшений по сравнению с предыдущими моделями BC95 и BC68.

Модуль BC66 поддерживает 15 частотных диапазонов: B1/B2/B3/B5/B8/B12/B13/B17/B18/B19/B20/B25/B26/B28/B66.

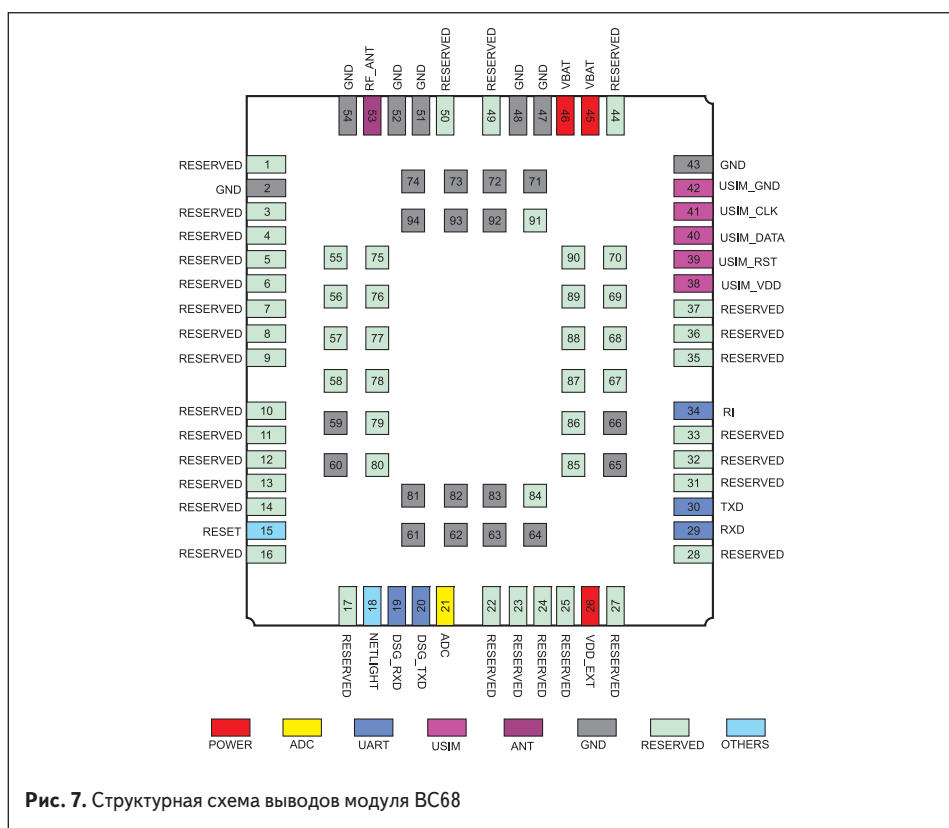


Рис. 7. Структурная схема выводов модуля BC68

Скорость передачи у модуля BC66 немного выше, чем у BC95-G и BC68: DL — 25,5 кбит/с; UL — 62,5 кбит/с (Multi Tone).

Система питания устройства обеспечивает устойчивую работу в диапазоне напряжений 2,1–3,7 В. Смещение допустимого интервала рабочих напряжений в низкую область позволяет использовать новые типа батарей и увеличить срок автономной работы устройства без замены источника питания.

Предварительные испытания (Quectel NB-IoT Module BC66, Product Overview) [15] показали, что модуль имеет токи потребления несколько меньше, чем другие модули Quectel: 5 mA @ Idle mode, 4 μA @ PSM. Однако в доступной в настоящее время технической документации отмечено, что данный параметр требует дополнительных тестов.

В модуле BC66 поддерживаются следующие интерфейсы:

- Power Supply;
- RESET;
- PWRKEY;



Рис. 8. Внешний вид модуля Quectel BC68

- UART Interfaces;
- SPI Interface;
- USIM Interface;
- ADC Interface*;
- Network Status Indication*;
- Antenna Interface.

Примечание. *Дорабатывается в настоящее время.

Отличие от модулей BC95 и BC68 заключается в UART- и SPI-интерфейсах. Основные параметры остальных интерфейсов одинаковы во всех моделях.

Модуль BC66 имеет три порта UART. Главный интерфейс Main UART Port используется для работы с AT-командами, для передачи данных и может быть задействован для обновления программного обеспечения. Максимальная скорость передачи для Main UART составляет 115 200 бит/с.

Порт Main UART имеет две линии:

- TXD: Send data to RXD of DTE;
- RXD: Receive data from TXD of DTE.

Второй Debug UART Port, предназначенный для отладки программного обеспечения, поддерживает два сигнала:

- TXD_DBG: Send data to RXD of DTE;
- RXD_DBG: Receive data from TXD of DT.

Дополнительный порт Auxiliary UART Port используется в некоторых ситуациях для дублирования работы главного порта с AT-командами и передачи специальных сообщений:

- TXD_AUX: Send data to the RXD of DTE;
- RXD_AUX: Receive data from the TXD of DTE.

Все сигнальные линии последовательных портов выведены на отдельные контактные площадки: Main UART (pin 17, 18), Debug UART (pin 38, 39), Auxiliary UART (pin 28, 29).

Кроме того, на контактную площадку pin 20 выведен сигнал Ringing Signal — RI, соответствующий приему SMS или URC.

Модуль BC66 оснащен интерфейсом SPI, поддерживающим режим master. Этот интерфейс имеет четыре сигнальные линии с уровнями напряжения 1,8 В:

- SPI_MISO — вход master и выход slave интерфейса SPI;
- SPI_MOSI — выход master и вход slave интерфейса SPI;
- SPI_SCLK — тактовый сигнал интерфейса SPI;
- SPI_CS — выбор чипа интерфейса SPI.

Функция PWRKEY позволяет включать и выключать модуль с помощью импульса отрицательной полярности длительностью 500 мс, а также выводить модуль из режима PSM.

Внешний вид модуля BC66 показан на рис. 9. На корпусе BC66 расположено 44 LCC-контакта и 14 LGA-контактов.

Модуль BC66 совместим по контактным площадкам с 2G GSM/GPRS M66. Для отладки и тестирования модуля можно использовать набор BC66-TE-B [19].

В модуле BG96 используется новый чип Qualcomm MDM9206, разработанный на базе ЦПУ ARM Cortex-A7 с тактовой частотой 1,3 ГГц, поддерживающий стандарты LTE Cat-M1 (eMTC) и Cat NB-1 (NB-IoT) в широком диапазоне частот (15 LTE частот). В сетях LTE возможна работа как в режиме HD-FDD, так и в TDD-режиме. Чип может функционировать и в сетях E-GPRS. Максимальные скорости передачи данных для режимов DL и UL составляют соответственно 300 и 375 кбит/с. Оба чипа имеют встроенный GNSS-приемник. Особенностью чипа является аудиоопция — голос в LTE-сетях (VoLTE).

Чип MDM9206 поддерживает платформу Verizon ThingSpace, что значительно упрощает разработку IoT-приложений для «умных» домов и городов, а также для индустриальной автоматизации, носимой электроники и других аналогичных проектов.

Модуль BG96, сочетающий все преимущества чипа MDM9206 является наиболее универсальным в линейке модулей Quectel с поддержкой NB-IoT. Он может работать как в сетях Cat. M1 (LTE FDD и B39 LTE TDD), так и в 13 частотных диапазонах в режиме Cat.N1 (B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13/B18/B19/B20/B26/B2). Кроме того, модули BG96 функционирует в режиме GSM, EGPRS и имеют встроенный



Рис. 9. Внешний вид модуля Quectel BC66

GNSS-приемник. Поддерживаются следующие системы спутниковой навигации: GPS, GLONASS, Beidou, Galileo.

Основные технические характеристики модуля BG96 приведены в таблице 2, внешний вид представлен на рис. 10.

Модуль BG96 оснащен следующими интерфейсами:

- USIM interface;
- USB interface;
- UART interfaces;
- PCM*;
- I²C*;
- Status indication;
- USB_BOOT;
- ADC interfaces*;
- GNSS**.

Примечание.* Находится в разработке.

****** Опционно.

Из характерных особенностей модуля BG96 можно отметить расширенный набор интернет-протоколов, USB, 3xUART, Audio-PCM, I²C, USB_BOOT.

В модуле BG96 поддерживаются интернет-протоколы PPP/TCP/UDP/SSL/TLS/FTP(S)/HTTP(S). Следует упомянуть и о поддержке PAP (Password Authentication Protocol) и CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol), которые обычно используются для PPP-соединения.

Универсальный интерфейс USIM работает с картами USIM/SIM 1.8V и 3.0V.

Модуль BG96 оснащен современным цифровым аудиоинтерфейсом с поддержкой импульсно-кодовой модуляции Pulse Code Modulation Interface (PCM).

Цифровой PCM-интерфейс модуля имеет сигнальные линии:

- PCM_CLK — тактовая частота (1,8 В);
- PCM_SYNC — синхронизация фрейма (1,8 В);
- PCM_IN — вход данных (1,8 В);
- PCM_OUT — выход данных (1,8 В).

Цифровой аудиоинтерфейс модуля BG96 позволяет использовать его для связи с другими устройствами с поддержкой PCM в таких приложениях, как голосовая связь в сетях LTE (VoLTE — Voice over LTE), цифровые беспроводные аудиосистемы, охранная сигнализация, беспроводные системы аварийного оповещения, и т. д.

Для конфигурирования цифрового аудиоинтерфейса модуля BG96 используются специальные AT-команды.



Рис. 10. Внешний вид модуля Quectel BG96

Таблица 3. Технические характеристики GNSS-приемника модуля BG96

Параметр	Описание	Режим	Значение
Чувствительность, дБм	Холодный старт	Автономный	-146
	Повторный захват	Автономный	-157
	Слежение	Автономный	-157
Время до первого местоопределения, с (открытое небо)	Холодный старт		31
	Холодный старт	Qualcomm's gpsOneXTRA Assistance technology	Тестовые испытания
	Теплый старт		
	Теплый старт	Автономный	21
	Горячий старт	Автономный	2,7
Погрешность определения плановых координат, м	CEP 50	Автономный	2,5

В модуле BG96 поддерживается двухпроводной интерфейс I²C:

- I²C_SCL — тактовая частота (необходим внешний подтягивающий резистор к 1,8 В);
- I²C_SDA — данные (необходим внешний подтягивающий резистор к 1,8 В).

Данный интерфейс предназначен для управления аудиокодеками и для связи с другими устройствами.

Модуль BG96 имеет интерфейс USB, соответствующий стандарту USB 2.0 и поддерживающий передачу данных со скоростью до 480 Мбит/с (только в режиме slave). Интерфейс поддерживает драйверы: USB drivers for Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8/8.1, Windows 10, Windows CE 5.0/6.0/7.0, Linux 2.6/3.x/4.1, Android 4.x/5.x/6.x/7.x

В модуле BG96 предусмотрено три последовательных порта.

Главный интерфейс UART1, поддерживающий RTS и аппаратный CTS-контроль потока, предназначен для передачи данных со скоростями вплоть до 115 200 бит/с. Также UART 1 можно использовать для работы с AT-командами. По умолчанию установлен формат передачи 8N1 (8 data bits, no parity, 1 stop bit).

Интерфейс UART2 предусмотрен для отладочных целей. Скорость передачи 115 200 бит/с.

Интерфейс UART3 используется для передачи данных GNSS-спутников и навигационных сообщений NMEA. Скорость передачи 115 200 бит/с.

Модуль BG96 имеет встроенный GNSS-приемник, поддерживающий навигационную систему идентификации данных спутников Gen8C-Lite of Qualcomm (GPS, GLONASS, BeiDou/Compass, Galileo and QZSS). Приемник GNSS работает со стандартными NMEA-0183-протоколами и сообщениями через интерфейс USB с интервалом обновлений 1 Гц. По умолчанию GNSS-приемник выключен. Включение и управление навигационным приемником осуществляется с помощью специальных AT-команд. На корпусе модуля есть отдельный вывод для подключения GNSS-антенны.

Технические характеристики GNSS-приемника модуля BG96 приведены в таблице 3. Модуль BG96 изготовлен в конструктиве LGA. На корпусе модуля расположены 102 контактные площадки.

Более подробную информацию о модуле BG96 можно найти на сайте производителя [15].

Для разработки предлагается Complete Initial Evaluation Kit for BG96-GG LTE/M1 Module.

Следует обратить внимание на то, что BG96-модуль совместим по выводам с NB-IoT-модулем BC95, GSM/GPRS-модулем M95 R2.0, LTE-модулями EG91, EG95, UMTS/HSPA-модулями UG96, UG95. Подробное описание процесса замены этих модулей на BG96 приведено в документах EG9x&BG96&UG96&UG95 Compatible Design и BG96&BC95&M95 R2.0 Compatible Design, доступных у региональных дистрибьюторов Quectel.

Заключение

Развитие новых технологий во многом определяется политикой и соответствующими правовыми актами конкретной страны. Для РФ важной является программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная 28 июля 2017 года (распоряжение правительства № 1632-р) [21].

Эта программа включает комплекс мер государственной политики РФ по созданию необходимых условий для развития цифровой экономики, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности.

Тема роли четвертой промышленной революции, Industry 4.0, в развитии экономики России на ближайшие десятилетия становится все более популярной. Концепция Industry 4.0, включающая IoT («Интернет вещей»), PoT (промышленный «Интернет вещей»), IoA («Интернет животных и другие новейшие технологии»), предусматривает «цифровизацию» практически всех физических активов и их интеграцию в глобальную цифровую экосистему.

Уже сегодня примеры инновационного цифрового производства можно наблюдать в медицине, космонавтике, аддитивных технологиях. Прототипирование и аддитивные технологии (Additive Manufacturing), использующие метод послойного синтеза, будут интенсивно развиваться в ближайшем будущем. В качестве примера можно привести технологии 3D-печати, которые все больше используются в производстве микроэлектроники и медицинских микромашинок.

По прогнозам специалистов, наиболее перспективными являются технологии eMTC и NB-IoT. Низкая потребляемая мощность (10–20 мВт) устройств пользователя в сетях NB-IoT может обеспечить непрерывную работу

интеллектуальных датчиков от одной батареи CR в течение десяти лет. Простота протокола взаимодействия с базовой станцией позволяет соединить десятки тысяч мобильных устройств с модулем NB-IoT в районе действия одной БС. Сеть NB-IoT с такими мобильными устройствами может быть развернута на базе существующих станций стандарта 2G/3G.

Согласно исследованиям, проведенным фирмой ON World, в ближайшие годы следует ожидать экспоненциального роста сетей NB-IoT [22]. В феврале 2018-го крупнейший по количеству абонентов оператор сотовой связи США корпорация Verizon объявила, что к концу текущего года будет построена общенациональная сеть NB-IoT. Это направление поддерживают также Sprint и T-Mobile. Кроме того, большая часть США, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона будет покрыта по меньшей мере одной сетью NB-IoT.

Исследования, проведенные фирмой ON World, показали, что сегодня проекты систем уличного освещения и мониторинга автомобильных парковок, разрабатываемых на базе сетей NB-IoT, составляют более 80% от всех заявок, рассмотренных государственными органами США. Быстро развиваются и муниципальные проекты на основе сетей NB-IoT, связанные с управлением трафиком, утилизацией бытовых отходов, телемедициной, «умными» зданиями и т. д.

Анализ планов развития ста ведущих мировых операторов сотовой связи показал, что большинство из них планирует развертывать в ближайшие годы сети NB-IoT и LTE-M (eMTC), включая такие известные бренды, как Deutsche Telecom, Vodafone, China Mobile, China Telecom, China Unicom, KDDI, NTT Docomo, Singtel,

SoftBank, Sprint, Telecom Italia, Telefónica, Telia, Telkomsel и Verizon.

В соответствии с Решением Государственной комиссии по радиочастотам при Минкомсвязи России от 28 декабря 2017 года, частоты 453–457,4; 463–467,4; 791–820; 832–862; 880–890; 890–915; 925–935; 935–960; 1710–1785; 1805–1880; 1920–1980; 2110–2170; 2500–2570 и 2620–2690 МГц могут быть использованы радиоэлектронными средствами (РЭС) стандарта LTE и последующими его модификациями в режиме NB-IoT на территории России [23].

В августе 2017 года «МегаФон» и Qualcomm Technologies объявили о завершении совместного тестирования технологии NB-IoT, проведенного на базе Федерального центра исследований и разработок «МегаФона» в Санкт-Петербурге. В настоящее время «МегаФон» готовит инфраструктуру для массового подключения устройств «Интернета вещей» с использованием технологии NB-IoT [25]. Оператор сотовой связи Beeline первым в Казахстане протестировал технологию NB-IoT для «Интернета вещей» и продемонстрировал несколько примеров его применения на «умных» счетчиках для ЖКХ [26].

Вполне вероятно, что вскоре можно будет наблюдать интенсивный рост сетей NB-IoT в крупных российских городах. ■

Литература

1. www.quectel.com
2. www.quectel.com.ru
3. www.flextronics.com/
4. www.auroramobile.ru/userfiles/images/nb-iot_bc95.JPG
5. www.linkedin.com/pulse/european-machine-m2m-communications-market-jayson-bilag

6. www.innopolis.ru
7. www.innopolis.ru/media/news/1414/
8. www.iot.ru/promyshlennost/umnoe-zhkh-i-nb-iot-pervyy-opyt-innopolisa
9. www.3gpp.org/DynaReport/36300-CRs.htm
10. www.iotbusinessnews.com/2018/03/14/20954-nb-iot-ignites-the-race-to-a-billion-lpwa-connected-devices-by-2025/
11. www.onworld.com
12. www.sharetechnote.com/html/Handbook_LTE_NB_LTE.html
13. www.arxiv.org/abs/1606.04171
14. www.quectel.com/UploadImage/Download/Quectel_BC95_Hardware_Design_V1.3.pdf
15. www.quectel.com/support/downloads/UserGuide.htm
16. www.quectel.com/UploadImage/Download/M95_Hardware_Design_V1.3.pdf
17. www.quectel.com/product/bc68.htm
18. www.quectel.com/product/bc66.htm
19. www.store.comet.bg/download-file.php?id=17297
20. www.quectel.com/product/bg96.htm
21. www.m.government.ru/all/28653/
22. www.iotbusinessnews.com/2018/03/14/20954-nb-iot-ignites-the-race-to-a-billion-lpwa-connected-devices-by-2025/
23. www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71755462/#ixzz5ABz0uYqt
24. www.1234g.ru/novosti/567-mts-i-ericsson-vnedryat-5g-v-rossii
25. www.iot.ru/gorodskaya-sreda/megafon-i-qualcomm-proveli-sovmestnoe-testirovanie-tekhnologii-nb-iot
26. www.forbes.kz/process/technologies/beeline_priblijaet_epohu_interneta_veshey