

< 1 mm

< 0.1°

< 1 W

ГЛОНАСС GPS Galileo BeiDou NavIC



NTLab-SK.ru

Навитех-2018 - стенд 81А44



Главный редактор

Павел Правосудов | pavel@fsmedia.ru

Заместитель главного редактора

Ольга Зайцева | olga_z@fsmedia.ru

Редактор

Екатерина Трофимова
ekaterina.trofimova@fsmedia.ru

Новостной редактор

Наталья Новикова | natalia.novikova@fsmedia.ru

Дизайн и верстка

Дмитрий Никаноров | dmitry.nikanorov@fsmedia.ru

Отдел рекламы

Ирина Миленина | irina@fsmedia.ru

Отдел подписки

Наталья Виноградова | podpiska@fsmedia.ru

Отдел распространения

Москва

105120, Нижняя Сыромятничская ул.,
д. 10, стр. 4, оф. 218
Тел./факс (495) 987-3720

Санкт-Петербург

197101, Санкт-Петербург,
Петроградская наб., д. 34, лит. Б
e-mail: compitech@fsmedia.ru
web: www.fsmedia.ru

Республика Беларусь

«ПремьерЭлектрик»
Минск, ул. Маяковского, 115, 7-й этаж
Тел./факс: (10*37517) 297-3350, 297-3362
e-mail: murom@premier-electric.com

Подписано в печать 30.03.2018

Тираж 3000 экз.

Свободная цена

Журнал «Беспроводные технологии» зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС2-7791 от 07.11.2005.

Учредители

ООО «Издательство Файнстрит»

Дружинина Галина Алексеевна

Адрес редакции:

Издатель, редакция: ООО «Медиа Кит»
197101, г. Санкт-Петербург,
Петроградская наб., 34Б

Отпечатано в типографии

«Принт24» 192102, Санкт-Петербург,
ул. Самойлова, д.5, литер В

Редакция не несет ответственности за информацию, приведенную в рекламных материалах. Полное или частичное воспроизведение материалов допускается с разрешения ООО «Медиа Кит». Все рекламируемые товары и услуги имеют необходимые лицензии и сертификаты.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

На сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные тексты статей. Статьи из номеров журнала текущего года предоставляются на платной основе.

Содержание

Рынок

Sierra Wireless: новые модули, новые преимущества..... 6

Компоненты

Даян Хафизов

Возможности бюджетного 3G/GSM-модуля HL8518 8

Луи Френцель (Lou Frenzel)

Перевод: Владимир Рентюк

Bluetooth: 20 лет спустя..... 12

Кейси О'Грейди (Casey O'Grady)

Перевод: Владимир Рентюк

Bluetooth 5: мифы и реальность 14

Дмитрий Новинский

SIM7020E: NB-IoT-модуль в знакомом форм-факторе..... 16

Виктор Алексеев

Новые LPWA-модули производства Quectel Wireless Solutions
с поддержкой NB-IoT 20

Евгений Рахно

Бюджетный Wi-Fi-модуль ESP8266:
быстрый старт без регистрации и SMS 30

Алексей Рудневский

Перспективные модули Wi-Fi для IoT от компании Telit 34

Системы позиционирования

Сергей Платонов

Относительная точность навигационного космического аппарата
и оптимизация навигационного решения..... 37

Владимир Махонин, Валерий Чудников, Илья Рудаков

Метод определения координат мобильных абонентов в RTLS..... 42

Интернет вещей

Адам Тейлор (Adam Taylor), Майкл Запке (Michael Zapke), Перевод: Владимир Рентюк

TSN: конвергентные сети для улучшения работы IIoT 46

Интеграция

Полина Панчук

Система автоматизированного тестирования
программного обеспечения роутеров iRZ 50

Измерение

Аллен Хенли (Allen Henley)

Перевод: Артем Вахитов

Диагностика качества работы беспроводных устройств стандарта BLE..... 52

Новые технологии

Санджай Гупта (Sanjay Gupta)

Перевод: Алексей Гречишников

Мифы о технологии беспроводной зарядки
на основе магнитного резонанса..... 54

Роберт Джометти (Robert Giometti), Марк Д. Мелоне (Mark D. Melone),

Д-р Винит Сингх (Vinit Singh)

Перевод: Артем Вахитов

Руководство по беспроводным соединителям..... 58

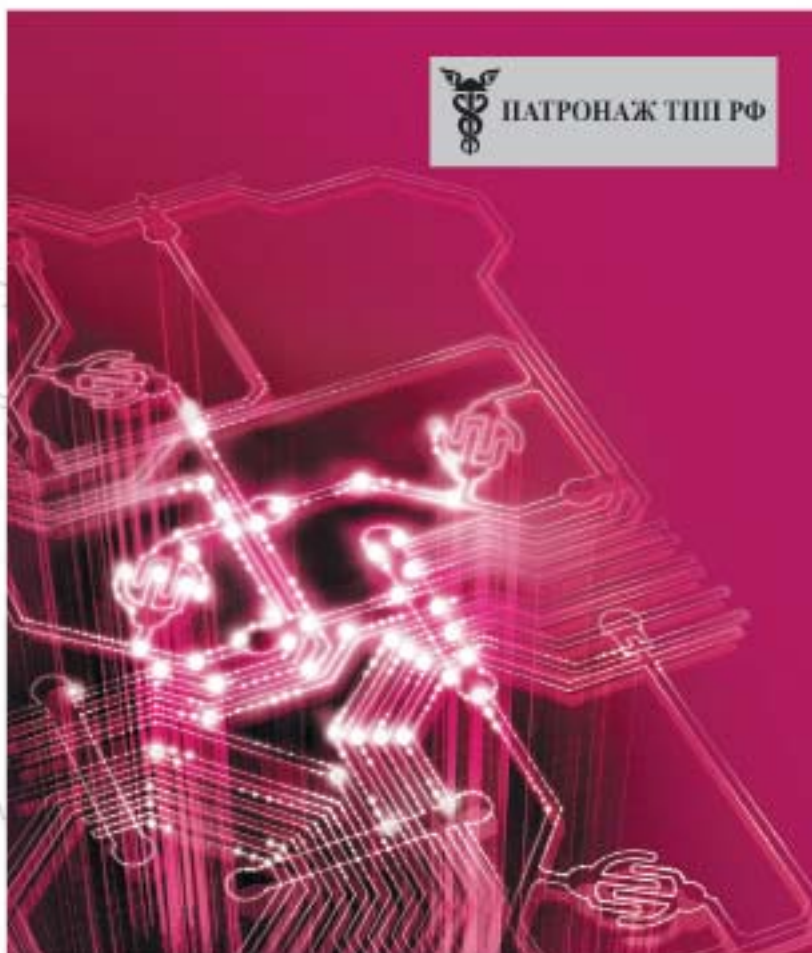


РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Робототехника
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организатор выставки:



FarEXPO
PROFESSIONAL BUSINESS & COOPERATION EXHIBITION



тел.: +7 (812) 777-04-07
radel2@farexpo.ru

18 – 20 сентября 2018

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»,
Петербургское шоссе 64/1, павильон F
<http://radelexpo.ru/>

Новый модуль SIM7020E для LTE NB-IoT от SIMCom Wireless Solutions



Компания SIMCom Wireless Solutions анонсировала новый модуль SIM7020E, обеспечивающий скорость передачи данных до 62,5 кбит/с. Он отличается компактными габаритами (вес 1,3 г) и низким потреблением в сетях NarrowBand IoT (5 мкА). SIM7020E предназначен для работы в сетях LTE Cat NB1 (NB-IoT).

Основная сфера применения данного решения — стационарные устройства, где не требуется передача больших объемов данных, но важно энергопотребление (в режиме Power Saving Mode — 5 мкА): счетчики, датчики, промышленные модемы, стационарные охранно-пожарные устройства, медицинское оборудование, а также системы управления освещением.

Модуль выполнен в корпусе с LCC-контактами (15,7×17,6×2,3 мм). SIM7020E поддерживает различные протоколы для передачи данных, включая TCP, UDP и MQTT. По посадочному месту и основным AT-командам он совместим с SIM800C, что позволяет, с учетом небольших отличий, использовать их на одной плате.

Обновленный модуль TPCast для VR-очков



Китайский производитель беспроводных адаптеров для очков виртуальной реальности HTC Vive и Oculus Rift — компания TPCast анонсировала новый беспроводной модуль TPCast Plus. Он подходит для обеих моделей VR-очков и при этом обладает более совершенной программной и аппаратной частью. В частности, оснащен новой системой крепления с поддержкой замены батареи в горячем режиме. Кроме того, TPCast упростила процесс настройки. Новый адаптер поддерживает автоматический перезапуск, уменьшение помех и автоматическое обнаружение беспроводных каналов, что существенно улучшает стабильность беспроводной связи для виртуальной реальности. Производительность модуля поддерживает разрешение 2K на каждый глаз со скоростью 90 кадров/с и задержкой менее 2 мс. Батарея и беспроводной адаптер устройства интегрированы на одной плате.

Модуль BGM13P с поддержкой Bluetooth 5.0



Компания Silicon Labs начала производство нового модуля BGM13P по стандарту Bluetooth 5.0. Модуль обеспечивает беспроводную передачу данных на расстояние до 200 м и работает под управлением микропроцессорного ядра ARM Cortex-M4 с набором DSP-инструкций и арифметическим сопроцессором (FPU). Модуль располагает встроенной flash-памятью объемом 512 кбайт и оперативной памятью объемом 64 кбайт. Производитель заявляет возможность использования BGM13P для развертывания mesh-сетей на базе стандарта Bluetooth.

Новинка отличается низким энергопотреблением в энергосберегательных режимах (например, 1,14 мкА в режиме EM3) и коротким временем перехода в активный режим (3,8 мкс). Выпускается в корпусе 12,9×15 мм. Доступны варианты исполнения как со встроенной чип-антенной, так и с U.FL-разъемом для присоединения внешней антенны. BGM13P имеет широкий набор периферийных интерфейсов для подключения внешних датчиков: 3×USART, Low Energy UART, 2×I²C, АЦП, 2×ЦАП. Обмен данными с хост-процессором осуществляется через интерфейс UART.

Многопротокольный модуль КИП FN310



Компания Yokogawa вывела многопротокольный модуль КИП FN310 на российский рынок. При использовании совместно с модулем связи КИП FN110 новинка позволяет передавать данные различных полевых устройств (датчиков, преобразователей и т. п.) по беспроводной сети. Адаптер имеет всю необходимую разрешительную документацию для эксплуатации на промышленных предприятиях РФ, в том числе на опасных производствах во взрывоопасных зонах. При использовании совместно с модулем КИП FN110 новый FN310 действует как адаптер, позволяющий интегрировать традиционные полевые устройства, работающие по протоколу HART или Modbus, в беспроводную сеть ISA100. Одновременно с передачей данных от полевых устройств КИП FN310 обеспечивает их питание, что позволяет размещать оборудование

в труднодоступных местах, где отсутствует возможность подключения внешнего питания. Благодаря передаче полного объема данных от устройств, работающих по HART- или Modbus-протоколу, в беспроводную сеть могут быть интегрированы любые устройства.

Государство инвестирует в создание IoT-сетей в России



Министерство связи и массовых коммуникаций в 2018 году намерено разработать проект концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории России и план ее реализации. В концепцию войдет определение перечня технологий, протоколов и стандартов, в том числе в отношении информационной безопасности и криптографической защиты данных.

Разработка проекта предусмотрена федеральной целевой программой «Цифровая экономика», на которую из резервного фонда правительства РФ в 2018 году выделены 3,04 млрд руб. (из них более половины получит Минкомсвязь РФ). На эти средства ведомство должно разработать, в частности, схему развития сетей связи России в 2018–2024 гг. и определить принципы построения сетей 5G/IMT-2020 с использованием лицензируемого и нелицензируемого диапазонов частот в полосах 694–790 МГц, а также 3,4–3,8, 4,4–4,99, 5,9, 24,25–29,5, 30–55, 66–76, 81–86 ГГц. В свою очередь, Министерство транспорта РФ разработает проект концепции развития сетей узкополосной связи по технологии LPWAN сбора телеметрической информации на транспортной инфраструктуре, а ФСБ установит принципы и требования к информбезопасности сети 5G/IMT-2020, основанные на применении российских криптографических алгоритмов и аппаратных средств, в частности отечественных USIM-карт с доверенным ПО и ключами.

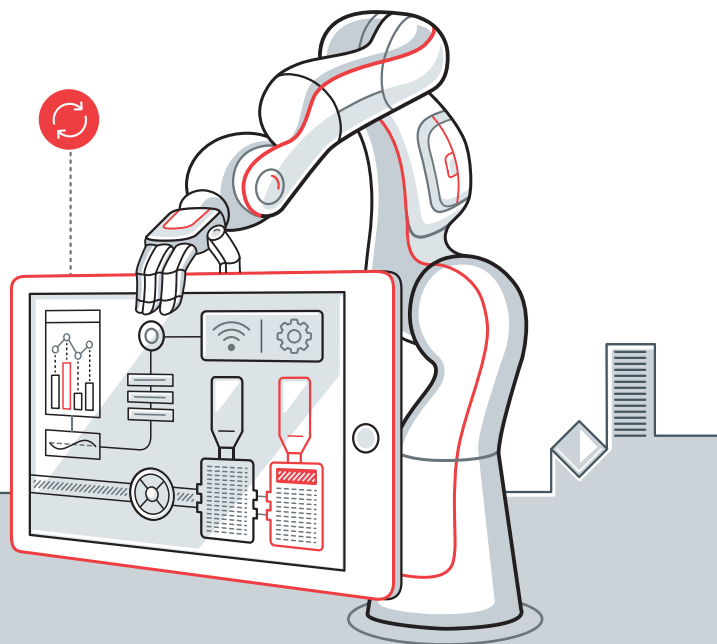
Мир на грани 5G

По прогнозам GSMA Intelligence, к 2025 году две трети мобильных соединений в мире будет происходить в сетях 5G и 4G. На 4G к 2025 году придется 53% мобильных подключений против 29% в 2017-м, тогда как к сетям 5G будет относиться 14%. Запуск первой коммерческой 5G-сети запланирован на 2018 год. Первая волна запусков 5G произойдет в Северной Америке, Азии и Европе. Исследователи прогнозируют, что к 2025 году общее количество подключений к 4G и 5G составит 1,2 млрд. GSMA Intelligence также предвидит, что количество IoT-подключений увеличится к 2025 году более чем в три раза и достигнет 25 млрд. Толчком к развитию инфраструктуры IoT станет расширение сфер применения технологий для «умных» домов, городов, зданий и предприятий.



VIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

4.0



АПСС-СИБИРЬ 2018

АВТОМАТИЗАЦИЯ: ПРОЕКТЫ. СИСТЕМЫ. СРЕДСТВА

23 МАЯ 2018 / НОВОСИБИРСК, GORSKY CITY HOTEL

ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



Автоматизация технологических
процессов/диспетчеризация



Интеллектуальное управление
производственными процессами



Автоматизированное проектирование
и управление данными



Планирование ресурсов
предприятия

УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИЙ



Enabling an Intelligent Planet



ЭНЕРГЕТИКА
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
АВТОМАТИКА



МИПАНДР
ГРУППА КОМПАНИЙ

Организатор **Экспогруппа** +7 (495) 234-22-10 / event@pta-expo.ru / www.pta-expo.ru

Sierra Wireless:

НОВЫЕ МОДУЛИ, НОВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

В этом году Sierra Wireless выпустила ряд новых продуктов, поддерживающих NB-IoT и LTE Cat M1. Подробнее о перспективах их применения нашему журналу рассказал вице-президент компании Иоахим Дресслер (Joachim Dressler).

— **Каковы перспективы использования 5G в сфере «Интернета вещей» (IoT)? Не упадет ли необходимость в сетях LPWA с появлением 5G?**

— Мы считаем, что 5G и LPWA будут существовать параллельно. Операторы связи и производители будут поддерживать обе технологии. 5G больше подходит для таких направлений, как подключенные автомобили (connected car), которые требуют передачи большого объема данных. А, например, для удаленного мониторинга транспорта и для диагностики больше подойдет LPWA, так как она предполагает низкое энергопотребление и больше соответствует решению таких задач.

— **В стандарте 3GPP Rel. 13 описаны три наиболее перспективные технологии для IoT LPWA: EC-GSM-IoT, eMTC, NB-IoT. Какие из этих технологий будет развивать Sierra Wireless?**

— Основная идея заключается в том, что наши модули будут поддерживать два стандарта: NB-IoT и LTE Cat M1. Такие сети пока в России не развернуты, но наши заказчики хотят их тестировать уже сейчас. И перед их запуском в коммерческую эксплуатацию необходимо использовать какую-то уже имеющуюся сеть. В наших модулях есть поддержка 2G, который подходит для старта, а NB-IoT и LTE Cat M1 можно включить при необходимости в любой момент.

— **Какой частотный диапазон будет использоваться в этих моделях?**

— Наши модули рассчитаны на поддержку всего диапазона частот, с точки зрения аппаратной части, для этого не потребуются каких-либо изменений. Единственное — в программной части нужно будет либо обновить прошивку, либо установить новые настройки. Это удобно нашим заказчикам, особенно тем, кому требуется экспортировать оборудование в Европу или Америку: для этого им не придется покупать другой модуль.

— **Удовлетворяют ли новые модули Sierra Wireless требованиям минимальной поддержки только необходимых для IoT функций?**

— В данном случае предполагается, что модули с LPWA будут использоваться для передачи данных, но в минимальных количествах, для того чтобы снизить энергопотребление самого модуля. Возвращаясь к вопросу об энергоэффективности модулей LPWA — они работают от одной батареи от пяти до десяти лет и интересны в любых сферах, где используются устройства с датчиками и батарейным питанием, к примеру счетчики ЖКХ. Важно уточнить, что технологии NB-IoT и LTE Cat M1 возможно развернуть только на базе LTE. Заказчики должны понимать, что, если базовая станция поддерживает только 2G, никакой речи об использовании NB-IoT и LTE Cat M1, к сожалению, быть не может.

— **Какой тип SIM-чипов вы собираетесь использовать в новых модулях?**

— Технология eUICC предполагает возможность обновления профайлов операторов по воздуху. Это основная функция данной технологии. Новые модули Sierra Wireless будут содержать в себе SIM-чип с предустановленным профайлом Sierra, который операторы смогут обновить на свой. В нашей компании сейчас активно решают эту задачу. Также в модулях предусмотрен разъем для SIM-карты.

— **Каковы основные преимущества ваших новых модулей перед конкурентными аналогами?**

— Основным отличием и преимуществом наших модулей является новый форм-фактор CF3 (Common Flexible Form Factor). В нем будут выполнены все новые модули, что позволит заказчику не делать редизайн самой платы при переходе с одного типа модуля на другой. Например, клиент хочет перейти с 2G/3G на LPWA-технологии. В данном случае ему нужно будет заменить только сам модуль, а пины и все прочее менять нет необходимости. Кроме того, модемы Sierra Wireless будут выпускаться со встроенным SIM-чипом и будут сразу готовы для подключения сети и передачи данных, что тоже является достаточно важным для заказчика. Со следующего года мы начнем выпускать модули с предустановленной опе-



Иоахим Дресслер (Joachim Dressler),
вице-президент Sierra Wireless

рационной системой реального времени, что позволит заказчику избавиться от внешнего микроконтроллера для простых приложений. Потребуется только датчик, модем, батарейка и антенна.

— **В каких сферах ваши технологии наиболее востребованы?**

— Новые технологии будут применяться в первую очередь в сфере подключенных автомобилей, так как к 2020 г. мы ожидаем, что практически все новые автомобили будут поставляться с функционалом для подключения к облачным сервисам. Также 5G и LPWA будут активно применяться для обеспечения работы терминалов оплаты: сейчас все больше людей предпочитают осуществлять расчеты не наличными деньгами, а кредитными картами, и этот тренд подталкивает производителей активнее использовать энергосберегающие технологии. В портфеле нашей компании есть, например, проект по мониторингу велосипедов. Другой проект связан с мониторингом буев на реках, которые устанавливаются в прибрежной зоне и передают данные о погоде, глубине и т. д. В эти буи будут встроены модули NB-IoT, потому что они должны бесперебойно проработать в течение 10 лет на одной батарее.

— **Недавно вы приобрели компанию BlueCreation. Как она встроена в структуру Sierra Wireless?**

— Sierra Wireless за последнее время сделала два больших приобретения: помимо

BlueCreation, состоялась сделка по покупке компании GlobalTop Technology. Это позволило расширить нашу линейку услуг в области IoT. BlueCreation специализируется на технологиях Bluetooth, Bluetooth Low Energy, Wi-Fi — все они активно используются в IoT-экосистемах. Компания GlobalTop уже давно активно работает на российском рынке и успела завоевать доверие у клиентов. С этого года вся продукция этих компаний будет поставляться под единым брендом Sierra Wireless, но их разработки получают свое развитие.

— **Стоит ли ожидать в будущем появления универсальных платформ для промышленного IoT, или в ближайшее время на рынке будут доминировать проприетарные решения?**

— Мы уже сейчас видим, что появляются универсальные платформы, такие как Amazon. Что касается нас, то мы предлагаем свою платформу для заказчиков мобильных и IoT-приложений. Если компании необходимо построить в короткие сроки свою инфраструктуру для IoT, то она может рассчитывать на функциональность нашей платформы, которая полностью сфокусирована на этой тематике. Если говорить про проприетарные платформы, то для их развития компаниям потребуется приложить очень большие усилия. Кроме того, они являются закрытыми, а заказчики сейчас предпочитают открытые и прозрачные решения.

— **Интерес для российских разработчиков может представлять платформа Sierra для автомобильных приложений. Расскажите о ней подробнее.**

— Если говорить о нашей облачной платформе, она состоит из трех частей. Первая из них отвечает за работу прошивки, обновление модулей, а также за удаленный мониторинг и состояние модемов. Вторая часть позволяет управлять и работать с SIM-картами. Наша платформа предоставляет возможность обновлять провайлы операторам связи на SIM-чипах, поддерживающих технологию eUICC. В этом случае пользователю не нужно будет куда-то идти, все функции управления доступны через один интерфейс. Третья, очень важная часть представляет собой облако, которое позволяет удаленно собирать и передавать данные на сервер пользователя. Вся работа осуществляется через общий интерфейс, позволяющий управлять SIM-картами, своими данными и модемом.

— **Каким образом обеспечивается безопасность в ваших IoT-решениях, в частности при использовании облачных платформ?**

— Мы считаем, что кибербезопасность в сфере IoT — это очень важная тема. У Sierra Wireless есть отдельная группа специалистов, которые ищут пути решения проблем, связанных с безопасностью. Самое главное, что они не просто добавляют функциональность в наши проекты, но и помогают заказчикам выявить острые моменты, на которые стоит обратить внимание. Так, например, автопроизводители очень серьезно относятся к обеспечению безопасности своих клиентов, и мы плотно работаем со специалистами этой отрасли по предотвращению возможных проблем. ■

НОВОСТИ

Новая платформа Bluetooth 4.2 от Toshiba для оценки и прототипирования



Компания Toshiba Electronics Europe объявила о выпуске новой платформы для разработки Bluetooth с интерфейсом USB, созданной на основе инновационного расширенного однокристального контроллера Bluetooth с низким энергопотреблением (LE) TC35678 BT 4.2. Плата с интерфейсом USB BMSKUSBBT 1760A(P) сокращает время и стоимость разработки, поскольку предоставляет все необходимое для создания современных устройств Bluetooth с низким энергопотреблением в виде единой и простой в использовании платформы.

При первом подключении устройства к USB-порту драйвер USB автоматически определяется операционной системой Microsoft. Устройство может использоваться через USB-концентратор как целевая платформа в интегрированной среде разработки (IDE) (например, IAR) с управлением при помощи встроенного USB J-LINK, подключенного к интегрированному однопроводному интерфейсу отладки (SWD). Программный инструмент Toshiba (EasyStandAlone) позволяет программировать встроенную флэш-память со стороны ПК.

Также имеется приложение с графическим пользовательским интерфейсом для ПК, которое обеспечивает доступ к БИС Bluetooth через подключение FTDI-UART на плате для управляющих приложений, выполняющихся на ПК. В обоих случаях USB-устройство взаимодействует с комплектом средств разработки программного обеспечения (SDK) Toshiba, который можно загрузить на сайте поставщика.

Система построена на основе контроллера Bluetooth LE Toshiba TC35678FSG, размещенного в модуле Panasonic PAN1760A, который обеспечивает самый низкий в классе потребляемый ток и содержит 256 кбайт встроенного флэш-

ПЗУ для хранения пользовательских программ и данных в режиме автономной работы.

Система получает питание через USB-порт, быстро и легко конфигурируется при помощи набора простых перемычек. Эти перемычки также позволяют применять внешнее управление сбросом системы и подавать внешнее питание от аккумулятора, обеспечивая проектировщикам полную гибкость разработки. Все линии ввода/вывода общего назначения (GPIO) доступны на разъемах или перемычках, благодаря чему проектировщики могут создавать и отлаживать сложные системы интерфейсов.

Плата может быть сконфигурирована для работы с ведущим устройством или в автономном режиме (без внешнего ведущего устройства) путем установки линий GPIO при сбросе. Также доступны три режима питания (спящий, резервный и режим глубокого сна), при этом линии GPIO могут использоваться для пробуждения системы.

Устройство предназначено для применения в качестве платформы разработки, а также для быстрого создания прототипов. Оно служит простым средством для быстрого и экономически эффективного создания приложений.

www.toshiba.semicon-storage.com

Возможности бюджетного 3G/GSM-модуля HL8518

Модули серии AirPrime HL от Sierra Wireless — это линейка бюджетных коммуникационных модулей без встроенной операционной системы. Управление осуществляется внешним контроллером с помощью AT-команд. На данный момент актуальны модули HL6528RD, HL6528RD-G, HL8518 и HL8548-G.

Даян Хафизов
dayan.khafizov@eltech.spb.ru

HL6528RD — это четырехдиапазонный GSM/GPRS-модуль, построенный на базе чипсета MT6121A от компании MediaTek. HL8518 и HL8548-G — 3G/GSM-модули на чипсетах от Intel. Модули HL-серии выполнены в едином форм-факторе, что обеспечивает возможность pin2pin-замены. Это позволяет создать дизайн один раз и в будущем заменять модули с переходом на новые технологии. Остановимся более подробно на модуле HL8518.

Данный модуль будем тестировать на отладочной плате для HL-серии SIERRA HL LIGHT DEVELOPMENT KIT (рис. 1). Это компактная плата, выполненная в виде шилда для Arduino, с разъемом Snap-In для HL-серии, держателем для двух SIM-карт и USB-интерфейсом. Модуль HL8518 оптимизирован для России, что делает его одним из самых доступных решений на рынке. Чипсет XMM6255 от компании Intel гарантирует стабильную и надежную работу.

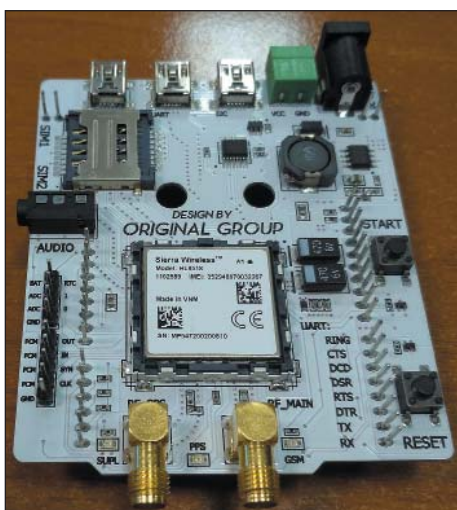


Рис. 1. Внешний вид отладочного комплекта SIERRA HL LIGHT DEVELOPMENT KIT

Помимо основного набора функций (звонки, SMS, TCP/UDP, FTP, HTTP и пр.), модули HL-серии интересны своими особенностями:

1. Работа с SIM-картами. Все модули HL-серии поддерживают технологию DSSS (Dual Sim Single Standby) — оптимизированный алгоритм инициализации SIM-карты и модуля:
 - При переключении между SIM-картами перезагружается только часть стека, относящегося к работе с SIM-картой. Основная программа модуля работает без прерывания.
 - В сеть не отсылается сообщение IMSI_DETACH, и модуль, соответственно, не ждет подтверждения.
 - Оптимизирован старт SIM-карты: инициализация телефонной книги и SMS откладывается до успешной регистрации в сети. В итоге время переключения между SIM-картами составляет всего 5–6 с (обычно 20–40 с).

Несмотря на то, что интерфейс для подключения SIM-карты один, при помощи внешнего переключателя можно подключить вторую SIM-карту (рис. 2). Рекомендуется использовать GPIO6 для переключения между SIM-картами.

Время переключения для модулей HL-серии приведено в таблице (среднее по результатам 10 тестов). Время измерялось от подачи команды AT+KIMSEL до получения от модема ответа +CREG: 1:

```
at+ksimsel=2
+CGREG: 0
OK
+PBREADY
+CREG: 1,»1E9F»,»0070B1E3»,6
+CGREG: 1
+COPS: 0,0,»MegaFon»,2
```

2. Функция сканирования сети и базовых станций. HL8518 может выдавать информа-

цию о базовых станциях. Для этого можно использовать две команды `AT+KCELL` или `AT+KNETSCAN`. `AT+KCELL` показывает информацию о базовых станциях ближайшей соты, в которой зарегистрирован модем. `AT+KNETSCAN` сканирует сеть и выдает информацию всех видимых базовых станциях:

```

ati
HL8518
OK

ati9
BHL85xx.5.14.4.0.20151030.x6255
2015/10/30 11:33:11
OK

at+krat?
+KSRAT: 4 // режим GSM & 3G, 3G приоритет.
OK

at+kcell=0
+KCELL: 6,1,6,55,52f020,ffff,ffff,99,1,11,28,52f020,ffff,ffff,
99,1,13,9,52f020,ffff,ffff,99,1,18,10,52f020,ffff,ffff,99,1,23,
26,52f020,ffff,ffff,99,1,90,14,52f020,ffff,ffff,99 //
для базовых станций GSM
+KCELL: 7,2,10638,52f020,1e9f,70b1e3,476,71,7,255,3,10
638,ffffff,ffff,ffffff,476,255,255,255,3,10638,ffffff,ffff,ff
ffffff,280,255,255,255,3,10638,ffffff,ffff,ffffff,138,255,2
55,255,3,10638,ffffff,ffff,ffffff,510,255,255,255,3,10638,
ffffff,ffff,ffffff,509,255,255,255,3,10638,ffffff,ffff,ffffff
f,511,255,255,255 // для базовых станций 3G
    
```

На микроконтроллере необходимо написать парсер (граббер) для разбора получаемых данных. Ответ на команду `AT+KCELL?` выдается в следующем виде:

Для базовых станций GSM

```

+KCELL:
<nbGSMcells>[,<cell_typei>,<ARFCNi>,<BSiCi>,<PLM
Ni>,<LACi>,<CIi>,<RSSIi>,<TA>][,<cell_typei>,<ARF
CNi>,<BSiCi>,<PLMNi>,<LACi>,<CIi>,<RSSIi>][...]
    
```

Для базовых станций UMTS

```

+KCELL:
<nbUMTScells>[,<cell_typek>,<dl_
UARFCNk>,<PLMNk>,<LACK>,<UMTS_
Clk>,<scrambling_codek>,<rsckpk>,<ecnok>[,<pathlos
sk>][...]]
    
```

где `nbGSMcells` — количество сканируемых базовых станций (0 < i < 7);
`cell_type` — тип базовой станции;
`ARFCN` — номер канала (0–1023);
`BSIC` — идентификатор базовой станции (0–63);
`PLMN` — идентификаторы сети (3 bytes);
`MCC` (Mobile Country Code) и `MNC` (Mobile Network Code);
`LAC` — код локальной зоны (4 цифры);
`CI` — идентификатор соты;
`RSSI` — уровень сигнала несущей (0–63). Для получения значения в дБм необходимо до-
 бавить -110 дБм;
`TA` — компенсация времени прохождения сигнала от модема до базовой станции;

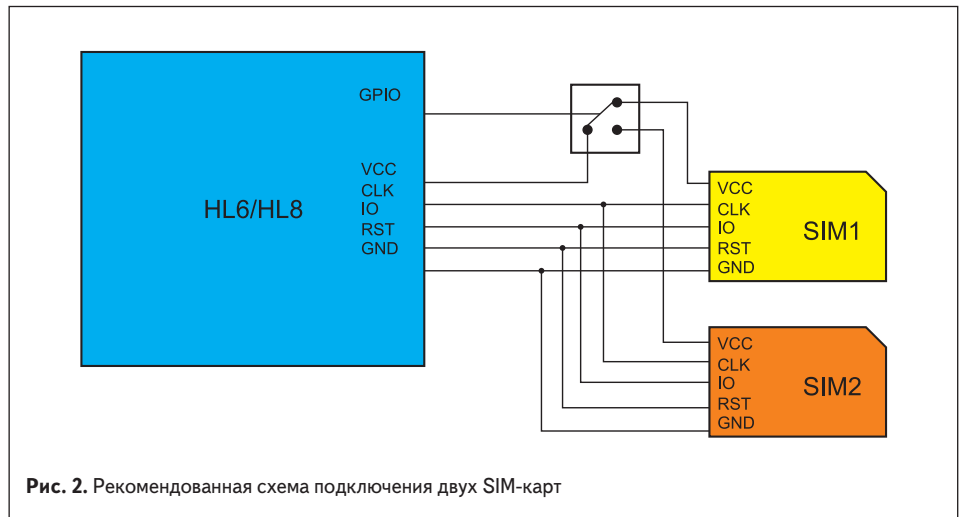


Рис. 2. Рекомендованная схема подключения двух SIM-карт

Таблица. Среднее время переключения между SIM-картами

Тип переключателя SIM-карты	Минимальное время переключения SIM-карты, с		Среднее время переключения SIM-карты, с	
	HL8	HL6	HL8	HL6
(2G или 3G)→2G	4,8	5,7	5,2	6,1
(2G или 3G)→3G	6,3	-	6,9	-

`nbUMTScells` — количество сканируемых базовых станций (0 < k < 25);
`dl_UARFCN` — номер канала;
`UMTS_CI` — идентификатор соты;
`scrambling code` — аналог BSIC для сетей UMTS;
`rsckp` — мощность принимаемого сигнала;
`ecnok` — отношение сигнал/шум;
`pathloss` — потери.

```

at+knetscan?
+KNETSCAN: 1
OK

+KNETSCAN: 7,18,10,52f020,1e9f,690f,57,58,28,52f010,10
4,2cd1,39,13,9,52f020,1e9f,3f4c,36,1022,55,52f010,104,2cd
0,34,76,10,52f099,396e,3ed6,32,64,59,52f010,104,3807,32,
653,35,52f010,104,2cd4,30
+KNETSCAN: 7,10687,52f020,1e9f,70f8b4,476,40,37,10638
,52f020,1e9f,70b1e3,476,38,39,10662,52f020,1e9f,708815,4
76,34,39,10737,52f010,104,40aa207,116,31,39,10713,52f01
0,104,40aa201,116,27,41,10762,52f010,104,40a2cd7,116,27
,41,10587,52f002,4ce6,11681ca,191,24,35
    
```

Ответ на команду `AT+KNETSCAN` имеет следующий вид:

Для базовых станций GSM

```

+KNETSCAN:<nbGSMcells>[,<ARFCN>,<BSiCi>,<PLMN
>,<LAC>,<CI>,<RSSI>[,<ARFCNi>,<BSiCi>,<PLMNi
>,<LACi>,<CIi>,<RSSIi>]]
    
```

Для базовых станций UMTS

```

+KNETSCAN:<nbUMTScells>[,<dl_UARFCN
k>,<PLMNk>,<LACK>,<Clk>,<scrambling_
codek>,<rsckpk>,<ecnok>]
    
```

Для обработки ответа также необходимо написать специальный парсер для обработки данных.

3. Наличие версии модуля со встроенным SIM-чипом. Это действительно уникальное решение. На рынке M2M-модулей оно является на данный момент единственным. По внешнему виду, расположению выводов и AT-командам HL8518-S (рис. 3) ничем

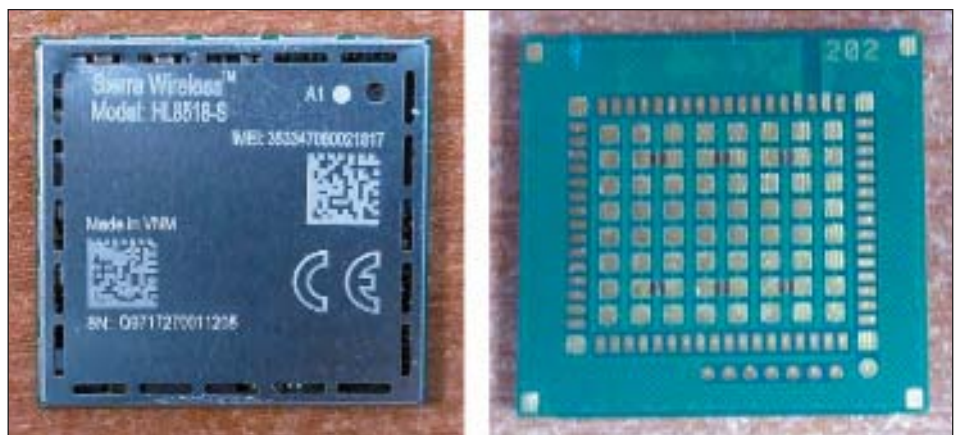


Рис. 3. Внешний вид модуля HL8518-S

не отличается от модуля HL8518, но в корпусе самого модема установлен SIM-чип. В результате можно получить следующие преимущества:

- экономия места на печатной плате, так как не требуется внешнего SIM-держателя и SIM-карты;
- безопасность — SIM-чип нельзя вынуть или заменить на другой, не повредив модем. Исключается нецелевое использование трафика;
- в случае использования внешней SIM-карты внутренний SIM-чип может выполнять функцию экстренной передачи данных, если по какой-то причине основная SIM-карта перестала работать.

Компания Sierra Wireless является мобильным виртуальным оператором связи MNVO (Mobile Network Virtual Operator), то есть в данном случае Sierra Wireless имеет собственное ядро оператора связи, включающее управление SIM-картами и биллинг, базовые станции и коммутаторы принадлежат мобильным операторам связи. Договоры роуминга заключены более чем со 120 мобильными операторами связи во всем мире, договоры покрывают всех операторов связи в РФ.

К особенностям следует отнести то, что модемы с SIM-картами Sierra Wireless имеют встроенную возможность для диагностики

подключения в сети оператора и выбирают сеть или базовую станцию в зависимости от доступности канала по передаче данных. Самым главным критерием в данном случае является возможность передать данные от устройства на сервер. Это с высокой степенью гарантирует вероятность (близкую к 100%), что модуль будет на связи во всех регионах России и за ее пределами.

Модули HL8518-S поступают в продажу сразу с предустановленным профилем оператора Sierra Wireless. Первое включение модуля будет таким:

- после подачи питания на модуль он начнет сканировать все доступные сети;
- модуль будет регистрироваться по очереди в каждой из сетей через каждые 15 с, проводя при этом диагностику подключений;
- после диагностики подключений модуль выбирает наиболее подходящую для передачи данных сеть и регистрируется в ней. Основным критерием при этом является качество передачи данных.

Далее, после каждого включения, если качество передачи данных не меняется, то модуль будет регистрироваться в выбранной сети. Если же ухудшатся параметры передачи данных, HL8518-S автоматически переходит на другую сеть. Весь процесс реализуется автоматически либо принудительно через AT-команды.

Модули HL8518-S находят применение в устройствах охраны, автомобильных и персональных трекерах, где встроенный SIM-чип может быть как основным идентификатором, так и экстренным. А также в миниатюрных устройствах без возможности установки обычной SIM-карты (например, газо-, водо-, электросчетчики и уличные светильники со встроенным модемом).

В заключение отметим, что модули HL-серии позволяют создать универсальный дизайн устройства и без проблем переходить на более современные технологии передачи данных. Единый форм-фактор и повышающая совместимость этих устройств помогают создать высокотехнологичное решение с минимальными габаритами. ■

Литература

1. Алексеев В., Беспалов А. Новые модули HL-серии от Sierra Wireless для систем спутникового мониторинга. Часть 1 // Беспроводные технологии. 2014. № 3.
2. AirPrime HL6 and HL8 Series AT Commands Interface Guide Rev13. 2016. May.
3. AirPrime HL Series Firmware Over-The-Air Guidelines. 2016. September.
4. AirPrime HL6 and HL8 Series — Dual SIM Single Standby Application Note.
5. AirPrime HL Series Scalability Guide.

НОВОСТИ

Контроллеры приемника систем беспроводной передачи энергии TS81000 и TS81001 от Semtech

Корпорация Semtech поставляет контроллеры приемников систем беспроводной передачи энергии TS81000 и TS81001.

Контроллер приемника системы беспроводной передачи энергии выполняет операции кодирования и передачи команд для регулировки процесса зарядки. В настоящее время компания Semtech предлагает две версии таких устройств: TS81000 и TS81001. Оба контроллера поддерживают стандарты WPC и AirFuel



и могут работать в системах с максимальной мощностью до 40 Вт.

По своей структуре они во многом соответствуют контроллерам на передающей стороне: содержат RISC-процессор с интегрированной

флэш- и SRAM-памятью, три таймера (один 8- и два 16-битных), сторожевой таймер, восемь конфигурируемых выводов общего назначения и АЦП (10-разрядный у TS81000 и 12-разрядный у TS81001).

В системах беспроводной зарядки контроллеры TS81000 и TS81001 используются в связке с высокоинтегрированным синхронным выпрямителем TS51111. В качестве коммуникационного интерфейса используется I²C. Рекомендуемый диапазон напряжений питания 2,95–5,5 В, тактовая частота 16 МГц. Контроллеры выпускаются в 20-выводных QFN-корпусах размером 3×3 мм.

www.icquest.ru

Беспроводной зарядный модуль DMTX-19V15W-EZ-SYS от Semtech мощностью 15 Вт

Корпорация Semtech объявила о выпуске готовых к применению беспроводных зарядных устройств DMTX-19V15W-EZ-SYS мощностью 15 Вт, предназначенных для монтажа в неметаллические поверхности.

Сфера применения беспроводных зарядных устройств не ограничивается зарядкой аккумуляторов высокотехнологичных гаджетов — смартфонов, планшетных компьютеров, цифровых фото- и видеокамер. Кроме потребительского рынка электроники, их можно обнаружить в медицинских приборах, автотранспортных средствах, светотехническом оборудовании и в других отраслях промышленности. Такая

популярность обусловлена в первую очередь давним желанием пользователей отказаться от множества проводных зарядных устройств и получить одно универсальное решение, способное заряжать любое мобильное устройство, поддерживающее выбранную технологию.

Номенклатура изделий компании Semtech включает микросхемы различного функционального назначения и достаточно широкий перечень демонстрационных плат, необходимых для реализации систем беспроводной зарядки. Кроме этого, компания Semtech производит готовое, оформленное в корпусе устройство DMTX-19V15W-EZ-SYS, выполненное на базе передатчика TS80000.

Модуль мощностью 15 Вт может быть вмонтирован в неметаллические предметы интерьера, например столешницы, и предназначается для



использования внутри офисных помещений, гостиниц, ресторанов, аэропортов и т. д. Имеет внешние габариты 91×100×14,7 мм, диаметр рабочей поверхности 56 мм, а для его питания требуется источник с выходным напряжением (19±1,5) В и током не менее 1,3 А.

www.icquest.ru

ChipEXPO-2018

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

СОВМЕСТНО С



16-я
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОНИКИ

РОССИЯ | МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ

- Экспозиция предприятий радиоэлектронной промышленности России «Участники Федеральных целевых программ Минпромторга России»
- Экспозиция «Участники Конкурса «Золотой Чип»
- Экспозиция «Испытания и контроль качества ЭКБ»
- Экспозиция «Новинки производителей электронных компонентов»
- Экспозиция «Другая электроника»
- Экспозиция предприятий Зеленограда (Корпорация развития Зеленограда)
- Экспозиция предприятий АО «Росэлектроника»

www.chipexpo.ru

17.10-
19.10



Bluetooth: 20 лет спустя

Разве кто-нибудь мог предположить в 1998 году, что спустя каких-то двадцать лет беспроводные технологии станут поистине всецудскими?

Луи Френцель (Lou Frenzel)
Перевод: Владимир Рентюк

Технологии беспроводной связи, известной как Bluetooth (www.bluetooth.com), в этом году исполняется уже 20 лет. Вы можете в это поверить? Как поется в известной песне «О, Господи, как же быстро летит мое время»¹. Кто бы тогда, в 1998-м, мог подумать, что только зарождающаяся технология станет важной и неотъемлемой частью нашей повседневной жизни? Сегодня технология Bluetooth буквально повсюду. Если вы сомневаетесь, то посмотрите вокруг и подсчитайте количество устройств с Bluetooth, которыми вы ежедневно пользуетесь, поверьте — вы будете просто поражены.

Проводя ревизию своей домашней электроники, я насчитал около полудюжины устройств со встроенным Bluetooth. Эта технология успешно прижилась в наших смартфонах, в автомобилях, благодаря ей мы имеем возможность набирать номер или разговаривать, не снимая трубки, по мобильному телефону, используя опцию hands-free («свободные руки»); она также присутствует в различных беспроводных гаджетах типа Bluetooth-динамиков и наушников. Кстати, она есть и в моем слуховом аппарате, без которого мне не обойтись. Возможно, я здесь что-то и упустил, поскольку сегодня Bluetooth широко распространена в целом ряде других устройств вместе с Wi-Fi. Для того чтобы понять весь масштаб применения этой технологии беспроводной связи, следует принять во внимание, что в 2018 г. ожидается поставка на рынки почти 4 млрд устройств с Bluetooth, и это в добавление к девайсам, уже имеющимся в настоящее время у потребителей.

Если возвратиться назад в 1998-й, то тогда существовало очень мало стандартов радиосвязи ближнего радиуса действия, то есть с малой зоной покрытия одним устройством. Но если глубже заглянуть в историю вопроса, все началось с того момента, когда 33 года назад, в 1985-м, FCC (Federal Communications Commission — Федеральная комиссия по связи США) открыла для свободного использования не требующий лицензирования участок спектра радиочастот, получивший название ISM (от англ. Industrial, Science, Medical, буквально «индустрия–наука–медицина»). Частоты этого диапазона, судя по его названию,

были выделены для нужд промышленности, медицинского оборудования и научной аппаратуры. Затем в 1997 г. появилась технология Wi-Fi с ее первоначальным стандартом IEEE 802.11, разработанным международной некоммерческой ассоциацией специалистов в области электроники и радиосвязи — Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers). В то время устройства с радиоканалом, отвечающие требованиям правил и норм Федеральной комиссии по связи FCC CFR 47 Part 15, могли быть построены с помощью лишь нескольких доступных на рынке микросхем от компаний Motorola (затем Freescale, теперь NXP), Micrel и некоторых других. Но в целом рынок микросхем для радиосвязи ближнего радиуса действия тогда так и не развился.

Однако нашлась смелая компания Cambridge Silicon Radio, а вы еще помните ее? Она закрылась в августе 2015-го, хотя еще за год до этого момента имела чистый доход в \$96,8 млн. Фирма Cambridge Silicon Radio пошла на риск — разработала и выпустила несколько первых микросхем для технологии ближней радиосвязи с непонятной дальнейшей судьбой. Именно с их помощью Bluetooth и отправился в большое плавание в нынешнем океане беспроводной связи, внедрившись сначала в принтеры, освободив их от кабелей связи, а потом и в другие устройства. Теперь у нас есть целый ряд стандартов радиосвязи ближнего действия, обычно с типичным радиусом покрытия 10–30 м, среди них ZigBee, Z-Wave и другие производные стандарта IEEE 802.15.4 (стандарт, определяющий физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости передачи данных), а также NFC (Near field communication — система связи, основанная на взаимодействии в условиях ближнего поля, технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 см) и полдюжины или более того запатентованных продуктов ISM-диапазона, которые нацелены на пространство «Интернета вещей».

¹ Автор имеет в виду широко известную композицию «My my! Time flies!» ирландской певицы Энии (Enya) из ее альбома «And Winter Came...», который был выпущен 10 ноября 2008 г. (www.youtube.com/watch?v=Cmy7Yul1sbE).

Bluetooth — это очень сложная беспроводная технология. Она основана на методе расширения спектра с использованием псевдослучайной перестройки рабочей частоты FHSS (frequency-hopping spread spectrum), чья особенность заключается в частой смене несущей частоты. FHSS применяется с Гауссовой частотной модуляцией с минимальным сдвигом GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) и другими прогрессивными методами модуляции в нелицензированной полосе частот 2,4 ГГц. Технология Bluetooth достаточно устойчива, чтобы выдерживать все фоновые шумы и электромагнитные помехи (ЭМП) от Wi-Fi и целого ряда других устройств и сервисов, действующих в этом весьма популярном спектре радиочастот. Разработать первые устройства Bluetooth было весьма непросто. Но сегодня это все реализуется намного проще, поскольку уже имеется целый ряд поставщиков чипов и решены многие сложные проблемы. Этим занимается контролирующая данный стандарт некоммерческая организация — специальная группа Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), деятельность которой и консорциума, созданного на ее основе, направлена на развитие и поддержку технологии Bluetooth. В качестве примера по продвижению можно, например, вспомнить, что на первом этапе ее эксплуатации заставить устройства распознавать и связываться между собой было весьма сложно, а теперь все осуществляется почти автоматически.

На протяжении последующих лет группа Bluetooth SIG развила свой первый стандарт в гораздо более гибкую технологию широкого применения в самых различных областях и для решения самых разных задач. Так, спецификация Bluetooth 2.0 увеличила максимальную скорость передачи данных от первоначальных 1 Мбит/с до 3 Мбит/с. А спецификация Bluetooth 3.0 совместима со стандартом 802.11 и обеспечивает передачу данных со скоростью до 24 Мбит/с (сравнима со скоростью сетей Wi-Fi). Выбор радиосистемы для передачи данных здесь зависит от размера отправляемого файла. Небольшие файлы передаются по медленному каналу, а большие — по высокоскоростному. Bluetooth 3.0 использует более общий стандарт

802.11 (без суффикса), то есть несовместим с такими спецификациями Wi-Fi, как 802.11b/g или 802.11n.

Затем начальные версии диверсифицировались в Bluetooth 4.0 (Bluetooth low energy, Bluetooth LE, представляемый еще и как Bluetooth Smart), который предназначен для использования в IoT-устройствах и преимущественно действует по протоколу BLE, специально созданному для устройств со сверхмалым потреблением энергии. Это решение с минимальным энергопотреблением и рядом специальных функций делает технологию Bluetooth чрезвычайно привлекательной для IoT-приложений. Из последних достижений отметим Bluetooth 5. Спецификация была принята в 2016 г. и обеспечивает более низкую скорость, но гораздо больший радиус покрытия, и даже вариант организации ячеистой сети — mesh. Без сомнения, возможно и дальнейшее развитие этой технологии, поскольку группа Bluetooth SIG не собирается почитать на лаврах и останавливаться на достигнутом.

Одна из главных причин столь широкого распространения Bluetooth — его профили, которые определены и одобрены группой разработки Bluetooth SIG и представляют собой подробное описание того, как реализовать множество самых различных его приложений. Профиль Bluetooth, если говорить в общем, — это набор функций или возможностей, доступных для определенного устройства Bluetooth. Для совместной работы Bluetooth-устройств необходимо, чтобы все они поддерживали общий профиль, что помогает обеспечить совместимость Bluetooth-устройств, а также сократить время и стоимость их разработки.

Свой вариант применения Bluetooth нашел практически в каждом приложении с радиоканалом, будь то домашнее аудио, автомобильное оборудование и смартфоны, которые являются крупнейшими рынками для этой технологии. Большие перспективы для Bluetooth открывает и IoT, а именно системы автоматизации зданий, промышленное оборудование, «умные города» — целый ряд применений, где Bluetooth работает в тесной кооперации с другими беспроводными технологиями. А как насчет тех же Bluetooth-маячков, их еще называют «биконы» (от англ.

beacon — «маячок»), своеобразных миниатюрных датчиков с автономным питанием, оснащенных технологией BLE, которые устанавливаются в нужных пользователю местах и передают сигнал мобильному устройству при его приближении к Bluetooth-маячку на определенное расстояние, например в радиусе 5 м, а мобильное приложение уведомляет об этом владельца?

Сейчас имеется достаточно много поставщиков решений для Bluetooth. Недавно я познакомился с компанией Nordic Semiconductor (www.nordicsemi.com), предлагающей интересную линейку чипов Bluetooth Low Energy (серия nRF52) и множество хороших инструментов для разработки. Так что я, с целью оценки, приобрел одну из их демоверсий Thingy52 Bluetooth и комплект для разработки.

Также не менее популярны полностью завершенные и готовые к применению Bluetooth-модули, например Lemos International (www.lemosint.com) выпускает весьма широкий спектр модулей, беспроводных интерфейсов и аксессуаров, таких как точки доступа. (Если вы не являетесь экспертом в области беспроводной связи, то можете встроить свой продукт в беспроводную сеть без проблем, установив его в такой модуль, и не морочить себе голову.)

Bluetooth — это, без сомнения, отличная беспроводная технология, которая будет с нами в течение еще очень длительного времени. Учитывая, что консорциум Bluetooth SIG теперь насчитывает свыше 33 тыс. членов, мы с большой долей вероятности можем предположить, что он продолжит развиваться в стандарты более высокого уровня. Ну что же, поздравляем Bluetooth с днем рождения и поблагодарим группу Bluetooth SIG за его создание и деятельность по его продвижению в массы. ■

Литература

1. www.electronicdesign.com/communications/bluetooth-its-prime-turns-20?NL=ED-001&Issue=ED-001_20180201_ED-001_348&sfvc4enews=42&cl=article_2_b&utm_rid=CPG05000007973182&utm_campaign=15173&utm_medium=email&elq2=d8ff4e5ca07d49c9828c8bc4fbc022
2. www.controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/putivoditel-iot-2

НОВОСТИ

Гибкие сотовые антенны от Molex



Компания Molex представила новые широкополосные антенны, которые надежно защищают беспроводные приложения для поддержки эволюционирующих сотовых технологий LTE и 4G. Новые антенны обладают сбалансированной конструкцией передачи, что минимизирует эффекты наземной плоскости и значительно сокращает затраты и инженерные ресурсы, необходимые для дополнительной схемы, настройки частоты и интеграции электронных компонентов.

Гибкая двусторонняя липкая лента позволяет легко монтировать антенну в любом месте корпуса устройства.

Шесть доступных вариантов длины микроаксиального кабеля обеспечивают максимальную

гибкость дизайна при удовлетворении потребностей в подключении.

Области применения:

- телекоммуникации/сетевое оборудование;
- инфраструктура/сетевая промышленная автоматизация;
- интеллектуальные концентраторы;
- интеллектуальные счетчики;
- удаленные датчики;
- системы сигнализации и мониторинга;
- домашние развлечения;
- домашний офис;
- бытовая техника;
- сетевые серверы.

www.ptelectronics.ru

Bluetooth 5:

мифы и реальность

Представление новой спецификации беспроводных персональных сетей Bluetooth 5 было встречено с большим энтузиазмом, однако появление на свет этой версии Bluetooth вызвало целый ряд ошибочных представлений и даже откровенной лжи. Предлагаемая статья направлена на то, чтобы развеять наиболее распространенные мифы о Bluetooth 5.

Кейси О'Грейди (Casey O'Grady)
Перевод: Владимир Рентюк

Bluetooth 5 следует выделить из общего семейства спецификации беспроводных персональных сетей этой технологии. Несомненно, на текущий момент это тренд. Тем не менее новая спецификация вызвала и новую волну переживаний по поводу возможных проблем, с которыми могут столкнуться разработчики систем с Bluetooth, что связано со множеством различных типов оборудования, которым можно будет управлять и непосредственно с таких устройств, как смартфоны (рис. 1). Теперь, когда мы понимаем, что проблемы нарастают как снежный ком, который может превратиться в лавину, несущуюся с горы, давайте проясним основные волнующие нас детали этого процесса. Именно такой подход позволит нам развеять самые большие мифы о Bluetooth 5.

Миф 1. Спецификация Bluetooth 5 не является совместимой с устаревшими Bluetooth-устройствами

Достоинство и красота Bluetooth 5 заключаются в том, что он гарантирует полную

совместимость с устройствами Bluetooth 4.0, 4.1 и 4.2. Еще одним дополнительным преимуществом является то, что вы можете применить к Bluetooth 5 и использовать все функции устаревших базовых спецификаций Bluetooth. Например, чтобы использовать оптимальный набор функций для разрабатываемого устройства, можно использовать увеличение длины слова данных из Bluetooth 4.2 в сочетании с высокой скоростью, которую дает вам в руки Bluetooth 5.

Миф 2. Bluetooth 5 имеет более высокую скорость и больший радиус покрытия

Одна из самых больших ошибок в отношении Bluetooth 5 заключается в утверждении, что пользователи могут работать со скоростью 2 Мбит/с с расширенным радиусом покрытия. Это совершенно не соответствует реальному положению вещей. Такие функциональные возможности, как высокая скорость передачи данных и большая зона покрытия, — два антагониста. Вы должны сами оценить



Рис. 1. Bluetooth 5 позволяет управлять многими устройствами при помощи смартфонов и других девайсов

и сделать осознанный выбор, что вам более важно — скорость или дальность связи, поскольку устройство не может обеспечить и то, и другое одновременно. Например, для достижения максимального покрытия придется пожертвовать скоростью передачи данных, которая в этом случае снижается до 125 кбит/с.

Миф 3. Большой диапазон покрытия Bluetooth 5 достигается за счет увеличения выходной мощности радиопередатчика

Большим преимуществом для устройств, обеспечивающих большую зону покрытия, несомненно, является отсутствие при этом увеличения потребления энергии. При использовании кодирования данных на физическом уровне Coded PHY чувствительность приемника улучшается при одновременном поддержании одинакового тока как в режиме передачи (TX), так и приема (RX), относительно Bluetooth 4.0, 4.1 и 4.2. Причина кроется в том, что Bluetooth 5 использует технологию прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction, FEC), что позволяет отказаться от повторной передачи данных при высоком уровне внешних помех. Этот метод позволяет обнаруживать и исправлять ошибки на приемной стороне, а не запрашивать повторную передачу пакетов, как это было в Bluetooth 4.0. При этом используется удлинение кодирования битов данных от 1 до 2 (логическая единица представляется, как последовательность «10») или от 1 до 4 (представляется последовательностью «1100»). Скорость передачи данных при этом уменьшается до 500 кбит/с или 125 кбит/с соответственно, однако это позволяет приемнику на фоне шумов и помех более легко различать и выделять полезный информационный сигнал.

Миф 4. Bluetooth 5 включает в себя BLE для Mesh-сети

Все разработчики оборудования с Bluetooth с нетерпением ожидали выхода спецификации устройств Bluetooth с низким энергопотреблением (Bluetooth Low Energy, BLE, или Bluetooth Smart) вместе с Bluetooth 5. К удивлению многих, спецификация BLE для Mesh-сети (Mesh, или ячеистая топология, — сетевая топология компьютерной сети, построенная на принципе ячеек, в которой рабочие станции сети соединяются друг с другом и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных участников) была выпущена как отдельная спецификация уже после представления Bluetooth 5. Таким образом, BLE для Mesh-сети находится за пределами ядра спецификации Bluetooth, а это означает, что Mesh-сеть можно использовать в сочетании с Bluetooth 4.0, 4.1, 4.2 или Bluetooth 5.

Миф 5. Bluetooth 5 улучшает совместную работу с устройствами Wi-Fi

Bluetooth 5 при выходе на рынок был анонсирован как устройство, улучшающее

беспроводную коммуникацию и совместимость. Это заявление можно было неверно истолковать таким образом, как будто это нечто, улучшающее передачу данных с устройствами технологии Wi-Fi. Реально же мы имеем только улучшение в части работоспособности с другими, расположенными по соседству устройствами BLE. Технология передачи с переключением несущей по случайному закону, использованная в Bluetooth 5, снижает вероятность одновременной передачи соседнего устройства BLE на одном и том же радиочастотном канале, что повышает общую надежность отдельного беспроводного подключения.

Миф 6. В высокоскоростном режиме скорость передачи возрастает, поскольку время между передачей пакетов сокращается

Еще одно в корне ошибочное представление о Bluetooth 5. На самом деле это не так. Исторически сложилось, что для BLE скорость передачи ограничивалась скоростью передачи данных в 1 Мбит/с. А с Bluetooth 5 она удваивается до 2 Мбит/с. Это означает, что для передачи пакетов данных требуется только половина времени, но при этом временной интервал между пакетами сохраняется неизменным.

Миф 7. Соединение на скорости 2 Мбит/с имеет тот же диапазон покрытия, что и для 1 Мбит/с

При использовании с Bluetooth 5 на скорости передачи данных 2 Мбит/с, по сравнению с 1 Мбит/с, наблюдается уменьшение чувствительности приемника. Так что более высокая скорость передачи данных уменьшает диапазон покрытия по отношению к передаче на скорости 1 Мбит/с. Но эта небольшая потеря зоны покрытия компенсируется более усовершенствованной архитектурой радиоканала по отношению к первым устройствам BLE. Так, даже по сравнению с устройством, использующим протокол Bluetooth 4.0, радиосвязь с Bluetooth 5 со скоростью 2 Мбит/с будет иметь существенный выигрыш в части пропускной способности канала для приложений, размещенных на одном и том же расстоянии друг от друга.

Миф 8. Устройства Bluetooth 5 могут напрямую подключаться в режиме 2 Мбит/с

Это не так. Два устройства Bluetooth 5 должны сначала установить соединение со скоростью 1 Мбит/с, а уже затем перейти в режим 2 Мбит/с. Такая тактика обмена между устройствами аналогична упомянутой ранее функции расширения длины пакета данных для Bluetooth 4.2. Согласование функций дает гибкость для динамического изменения скорости передачи данных на основе потребностей конкретного приложения и обеспечивает совместимость с устройствами BLE, которые не поддерживают функцию высокоскоростного обмена.

Миф 9. Установление дальнего соединения для Bluetooth 5 должно быть кратковременным

Будь это правдой, то это было бы существенное ограничение! К счастью, с помощью спецификации Bluetooth 5 устройство может инициировать подключение и подключаться на большом расстоянии через так называемые широкоэмиттерные расширения (они же advertising extension — «рекламные расширения»), когда каждый переданный пакет в случае пакетной передачи предназначен для приема всеми участниками сети. Разгрузка рекламных каналов и использование каналов передачи данных обеспечивают более эффективное соединение на большом расстоянии и дают значительные преимущества при использовании, когда именно зона покрытия имеет решающее значение.

Миф 10. Устройство дальнего действия может связываться со смартфоном, который не поддерживает Bluetooth 5

Это еще один важный миф, который надо развенчать. Чтобы использовать функции высокой скорости и дальности Bluetooth 5, центральное и периферийное устройства должны иметь поддержку Bluetooth 5. Для того чтобы иметь возможность организации канала связи между датчиком и смартфоном на большом расстоянии, и смартфон, и сенсорный узел сети должны поддерживать Bluetooth 5 и использовать кодирование данных на физическом уровне (Coded PHY).

Миф 11. BLE предназначен только для сетевых приложений

Сохраняя рассмотрение этой важной темы на будущее, давайте все же снимем мистический флер с приложений BLE. Сразу после зарождения технологии BLE возник стереотип, что она предназначена для персональных сетей с акцентом на носимую электронику (буквально — «нателную», от англ. wearable, то есть надеваемую на себя) и фитнес-трекеры. С появлением Bluetooth 5 эти барьеры ломаются, поскольку данная технология распространяется на различные торговые сети, домашние, промышленные и автомобильные приложения. Представление о том, что здесь возможно покрытие, скажем так, только лишь в пределах одной комнаты, теперь уходит в прошлое, поскольку в настоящее время возможны подключения в пределах всего дома.

Bluetooth 5 способствует расширению подключенных вещей, мест и транспортных средств. От промышленных датчиков до брелоков, заменяющих ключ для отмыкания дверцы автомобилей, BLE проникает в самые инновационные пространства. Мы пока можем лишь фантазировать на тему всего того множества новых применений, в которых разработчики будут использовать технологию Bluetooth 5 уже в самом ближайшем будущем. ■

SIM7020E:

NB-IoT-модуль в знакомом форм-факторе

Сегодня на рынке M2M-устройств преобладают GSM-модули. Этому способствуют их низкая стоимость и повсеместное наличие сетей. Однако есть ряд применений, в которых требуется длительная работа от АКБ и передача данных по сотовому каналу связи не пригодна из-за сравнительно высокого потребления. Возможное решение было предложено в 13 редакции стандарта 3GPP [1] — применение LTE Cat-NB1 (далее — NB-IoT). Модули, использующие данную технологию, способны обеспечить рекордные показатели энергопотребления. Ранее компания SIMCom Wireless Solutions уже презентовала ряд решений для данного стандарта. В статье речь пойдет о новом продукте — LTE NB-IoT-модуле SIM7020E.

Дмитрий Новинский
novinsky.d@mt-system.ru

Основные особенности работы в стандарте NB-IoT, практические примеры работы на базе решений SIMCom, а также обзор SIM7000E и SIM7000E-N (eMTC/NB-IoT/GSM и NB-IoT-модули соответственно) были приведены в ранее вышедшей статье [2]. Внедрение сетей на базе NB-IoT и eMTC — мировая тенденция. В первую очередь это вызвано необходимостью разгрузить GSM-сети и создать инфраструктуру для энергоэффективных M2M-устройств. Если говорить про NB-IoT в России, их внедрение продолжается и первые коммерческие запуски ожидаются уже в этом году, а базовый функционал (режимы Power Saving Mode и eDRX, передача данных) можно проверить уже сейчас в лабораториях операторов сотовой связи.

А значит, устройства, имеющие в своей основе NB-IoT-модуль и находящиеся в разработке, станут актуальны уже довольно скоро. Этим и объясняется появление нового решения в линейке — SIM7020E (рис. 1), способного обеспечить преемственность с самыми массовыми на сегодняшний момент модулями SIMCom Wireless Solutions. Обзору основных особенностей, а также вопросам совместимости и посвящена данная статья.

В большинстве устройств, использующих сотовые сети в качестве канала передачи данных, предусмотрены модули стандарта GSM. Если говорить о решениях SIMCom Wireless Solutions, то самым популярным модулем данного стандарта является SIM800C — бюджетное и компактное решение с богатым функционалом, что и обеспечило его популярность и широкое распространение. Модуль SIM7020E был разработан с учетом аппаратных и программных особенностей SIM800C: выполненный в том же форм-факторе, он позволяет организовать общее посадочное место под оба решения или с минимальными затратами перевести текущие GSM-устройства в стандарт NB-IoT. Сравнительная характеристика обоих модулей приведена в таблице.

Сравнение двух модулей позволяет выделить основные преимущества SIM7020E: более высокую чувствительность и меньшее потребление — как в пиковом, так и в энергосберегающем режиме. Другим немаловажным преимуществом является поддержка широкого спектра частот — B1, B3, B5, B8, B20 и B28, — это делает модуль универсальным решением не только для рынка РФ, но и стран Европы и Азии.



Рис. 1. NB-IoT-модуль SIM7020E

Модули SIM800C и SIM7020E совместимы в части стандартных команд (V.25TER, 3GPP TS 27.007) и специализированных команд SIMCom. В статье, посвященной модулям SIM7000 [2], приведены примеры работы с режимами eDRX и PSM. Для SIM7020E указанная информация также справедлива: переход в эти режимы осуществляется путем задания параметров с помощью AT-команд: ‘AT+CEDRX’ для eDRX и ‘AT+CPSMS’ для PSM. Основным же отличием от SIM800C и SIM7000 является другой стек для встроенных протоколов передачи данных — TCP/UDP/HTTP.

SIM7020E поддерживает различные способы обмена информацией. Стандартные протоколы, такие как HTTP, довольно громоздки с точки зрения передачи небольших объемов данных. Для более эффективного обмена в сетях NB-IoT в модуле предусмотрен ряд протоколов: MQTT (реализован) и LWM2M/CoAP (ожидается).

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) — открытый протокол обмена данными, действующий по принципу «издатель/подписчик» (в отличие от HTTP — запрос/ответ). Обмен происходит на прикладном уровне поверх TCP/IP. Основные преимущества данного протокола: встроенный механизм контроля соединения, малый размер заголовка на транспортном уровне (2 байт), минимизированный протокол обмена. По сравнению с протоколом HTTP это позволяет при передаче одинакового объема полезных данных снизить объем трафика в 4 раза при чтении и в 7 раз при записи [3].

Обмен в протоколе происходит между клиентом (издатель/подписчик) и брокером. Издатель отправляет данные брокеру с указанием темы (topic). Подписчики получают данные в зависимости от того, на какие темы они подписаны. Если говорить о SIM7020, то в нем реализована клиентская часть протокола. Модуль может выступать в роли как издателя, так и подписчика [4].



В ближайшее время также будет добавлена поддержка LWM2M и CoAP. CoAP (Constrained Application Protocol) — клиент-серверный протокол для передачи данных [5], также предназначенный для устройств, где передаются небольшие объемы данных. В отличие от HTTP, CoAP действует поверх UDP и имеет меньший размер передаваемых пакетов. Протокол работает по стандартной клиент-серверной модели: клиенты посылают запросы, серверы передают запрашиваемую информацию в ответ. Для клиентской стороны доступны стандартные операции: GET, PUT, POST, DELETE.

LWM2M — протокол прикладного уровня, специально созданный как общий стандарт для управления M2M- и IoT-устройствами. В его основе лежит взаимодействие клиент-сервер, поэтому зачастую он функционирует поверх CoAP-протокола [6].

Наряду с базовыми протоколами, такими как TCP/UDP, наличие специализированных протоколов, предназначенных для IoT, в том числе MQTT, CoAP и LWM2M, позволяет с легкостью интегрировать SIM7020E в систему любой сложности.

С точки зрения аппаратной части большинство выводов модулей SIM800C и SIM7020E совпадают. Их сравнение приведено на рис. 2. Разница

Т а б л и ц а . Сравнительная характеристика модулей SIM800C и SIM7020E

		SIM800C	SIM7020E
			
Платформа		MediaTek	MediaTek
Корпус		LCC 15,7×17,6 мм	LCC 15,7×17,6 мм
Диапазоны частот	LTE NB-IoT	-	B1/3/5/8/20/28
	GSM	800/900/1800/1900	-
Пакетная передача данных (выгрузка/скачивание), кбит/с	LTE NB-IoT	-	62,5/26,15
	GSM	85,6/85,6	-
Напряжение питания, В		3,4–4,4	2,1–3,6
Минимальное потребление с сохранением регистрации в сети, мА		0,9 (Sleep)	0,005 (PSM)
Пиковое потребление, А		2	0,5
Чувствительность приемника, дБм	LTE NB-IoT	-	-115
	GSM	-109	-
Интерфейсы	UART	2	2
	USB	1	1
	GPIO	-	2
	Аудио	1 (Аналоговый вход и выход)	-
	АЦП	1	1
Программные возможности		TCP/UDP; HTTP/FTP/SSL; eMail	TCP/UDP; HTTP/FTP*/SSL*/DTLS*; LWM2M*/COAP*; MQTT
Температурный диапазон		-40...+85 °С	
Обновление ПО		UART, USB	UART, FOTA*

Примечание. * — ожидается.

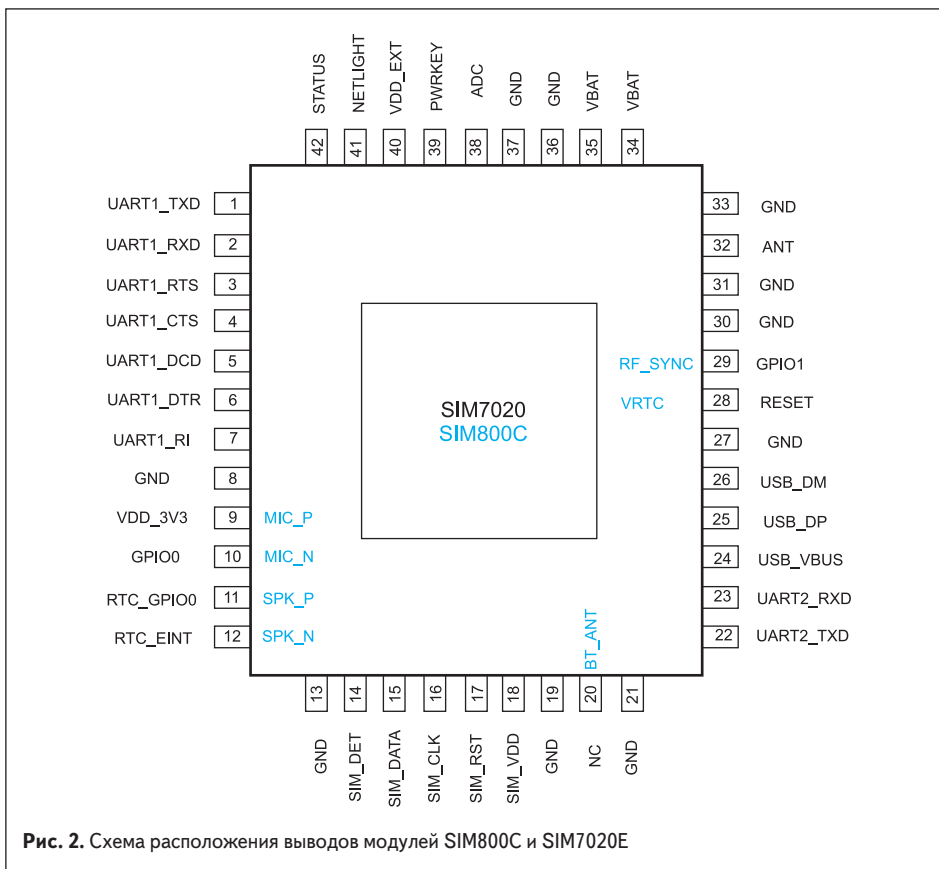


Рис. 2. Схема расположения выводов модулей SIM800C и SIM7020E

в выводах в первую очередь обусловлена новой платформой: отсутствует Bluetooth-антенна, выводы часов реального времени и синхронизации теперь предназначены для выводов GPIO и сброса соответственно.

Основные выводы, на которые следует обратить внимание при переходе, — 9–12. В SIM800C они являются аналоговым аудиовходом/выходом. В связи с тем что передача голоса в сетях NB-IoT не предусмотрена, на них были выведены выход LDO 3,3 В, GPIO, а также выводы RTC, предназначенные для управления и контроля

режима Power Saving Mode. Свое состояние RTC_GPIO0 меняет с высокого уровня на низкий, когда модуль успешно входит в режим PSM, а вывод RTC_EINT может быть использован для пробуждения, наряду с PWRKEY.

Диапазон питающих напряжений SIM7020E составляет 2,1–3,6 В. Поэтому для ряда изделий на SIM800C (3,4–4,4 В) необходима переработка домена питания, если напряжение выходит за требуемый диапазон. Тем не менее есть два фактора, которые делают замену оправданной:

- меньшее значение максимального тока (0,5 А), что позволяет удешевить источник питания;
- более эффективное использование заряда АКБ, так как появляется возможность эксплуатировать ее до полного разряда.

Схема шины питания представлена на рис. 3. Источник должен обеспечивать ток до 0,5 А. Чтобы избежать просадок напряжения, емкость на шине должна быть не менее 100 мкФ.

Если говорить о схеме включения, то существенных изменений она не претерпела. Для включения также рекомендуется внешний ключ, который бы замыкал вывод PWRKEY на «землю» (> 0,8 с). В отличие от SIM800C, внутри он подтянут не к 3 В, а питанию VBAT. Рекомендованная схема приведена на рис. 4.

Управление модулем происходит посредством UART-интерфейса. Здесь и кроется другое важное отличие — уровни сигналов: они составляют 1,8 В для SIM7020E и 2,8 В для SIM800C. Поскольку чаще всего уровни управляющего контроллера составляют 3,3 В, наиболее универсальным решением является применение буферной микросхемы, на которой задаются опорные напряжения. В качестве источника этого напряжения со стороны SIM800C/SIM7020E может быть использован вывод VDD_EXT. Пример реализации на базе микросхемы от Texas Instruments приведен на рис. 5.

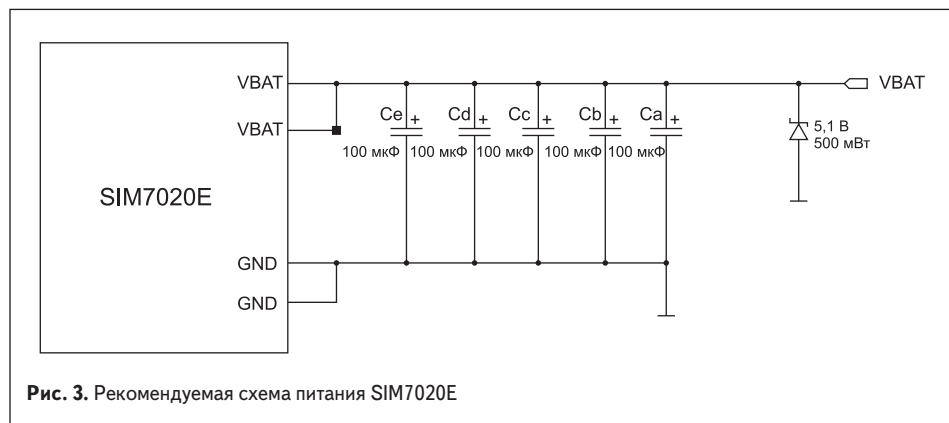


Рис. 3. Рекомендуемая схема питания SIM7020E

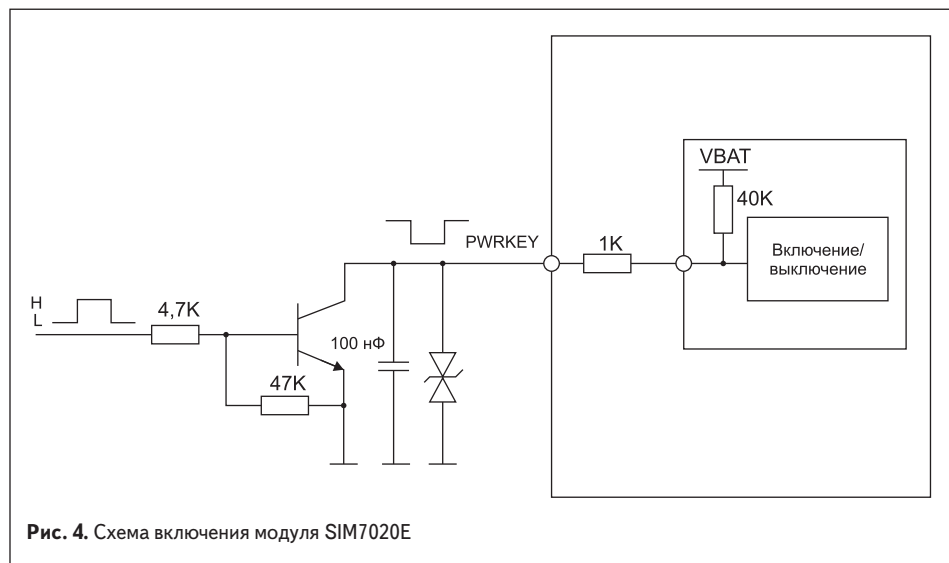


Рис. 4. Схема включения модуля SIM7020E

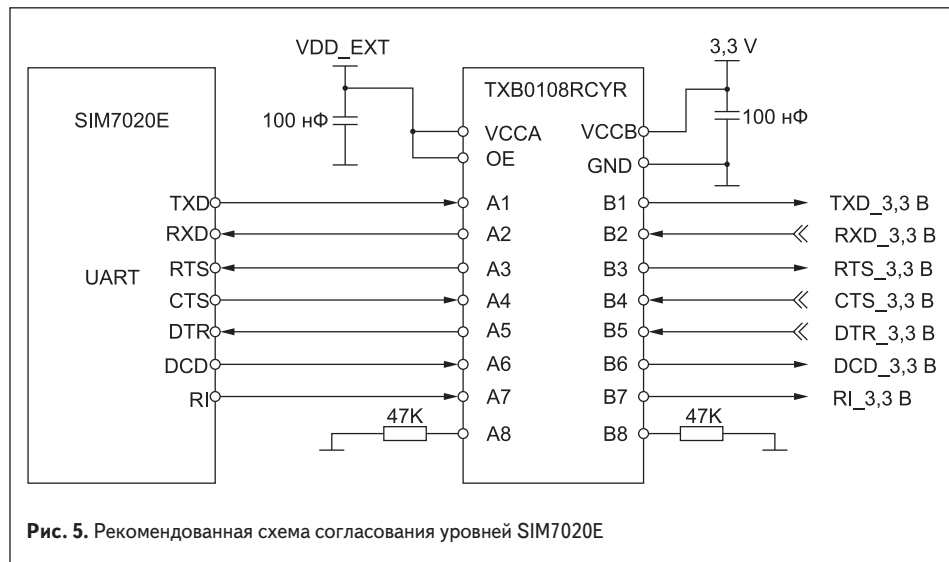


Рис. 5. Рекомендуемая схема согласования уровней SIM7020E

Заключение

С появлением стандарта NB-IoT стало возможным создание энергоэффективных устройств с большой автономностью: счетчики, датчики, охранно-пожарные устройства, медицинское оборудование, а также системы управления освещением. При наличии инфраструктуры решения, способные работать на батарейном питании несколько лет и даже более, превратятся в промышленный стандарт не только в России, но и по всему миру. Указанная технология позволит упростить построение систем на базе M2M-устройств, а также внедрить дистанционное управление/передачу данных в те области, где это было недостижимо (в первую очередь, где нет возможности питать устройства от сети). С этой точки зрения новый NB-IoT-модуль SIM7020E выглядит оптимальным решением: низкое потребление, компактные габариты и богатый функционал позволяют адаптировать его под любую выполняемую задачу. Другой немаловажной особенностью является его совместимость с SIM800C, что позволяет с минимальными доработками добавить поддержку нового стандарта в серийно выпускаемые или новые устройства. ■

Литература

1. www.3gpp.org/release-13
2. Батуев Б. Б. SIM7000E/SIM7000E-N: применение энергосберегающих режимов PSM и eDRX в сети NB-IoT // Беспроводные технологии. 2017. № 2.
3. www.mqtt.org
4. SIM7020 Series AT Command Manual.
5. www.tools.ietf.org/html/rfc7228
6. www.openmobilealliance.org/wp/index.html



SSD от GS Nanotech Российские твердотельные накопители

Характеристики:

- Форм-фактор: 2,5" либо другой согласно требованиям заказчика
- Объем: до 2 ТБ
- Интерфейс: SATA 3.0, 6 Гбит/с либо иной под требования заказчика
- Максимальная скорость последовательной записи: 450 Мб/с
- Максимальная скорость последовательного чтения: 550 Мб/с
- Максимальная скорость произвольной записи: 65 000 IOPS
- Максимальная скорость произвольного чтения: 75 000 IOPS
- Коэффициенты резервирования: 1/16, 1/8, 1/4, 1/2
- Ресурс: до 5 циклов перезаписи полного объема накопителя в день
- Тип используемой памяти: MLC NAND
- Диапазон рабочих температур: 0–70 °C / -40–85 °C
- Срок службы: 3 года

Поддерживаемые функции:

- Встроенный код коррекции ошибок (ECC)
- S.M.A.R.T. технология
- Поддержка команды TRIM
- Реализация функции фоновой сборки мусора (background garbage collection)
- Функция выравнивания износа (wear leveling)
- Автоматический переход в режим сна

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 расстре 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

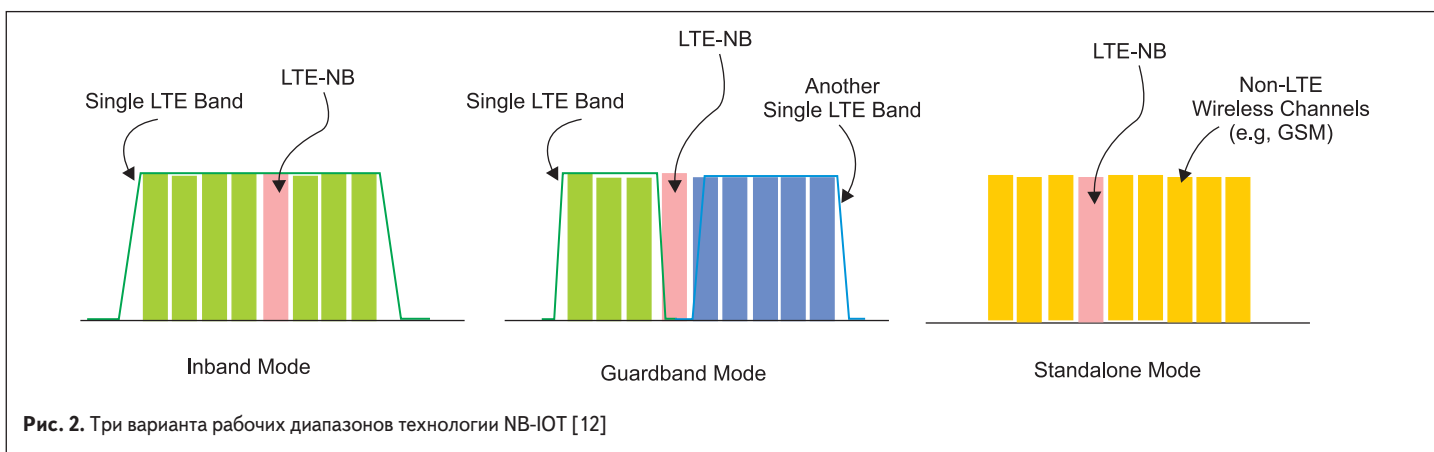


Рис. 2. Три варианта рабочих диапазонов технологии NB-IoT [12]

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 Мегафон).

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;

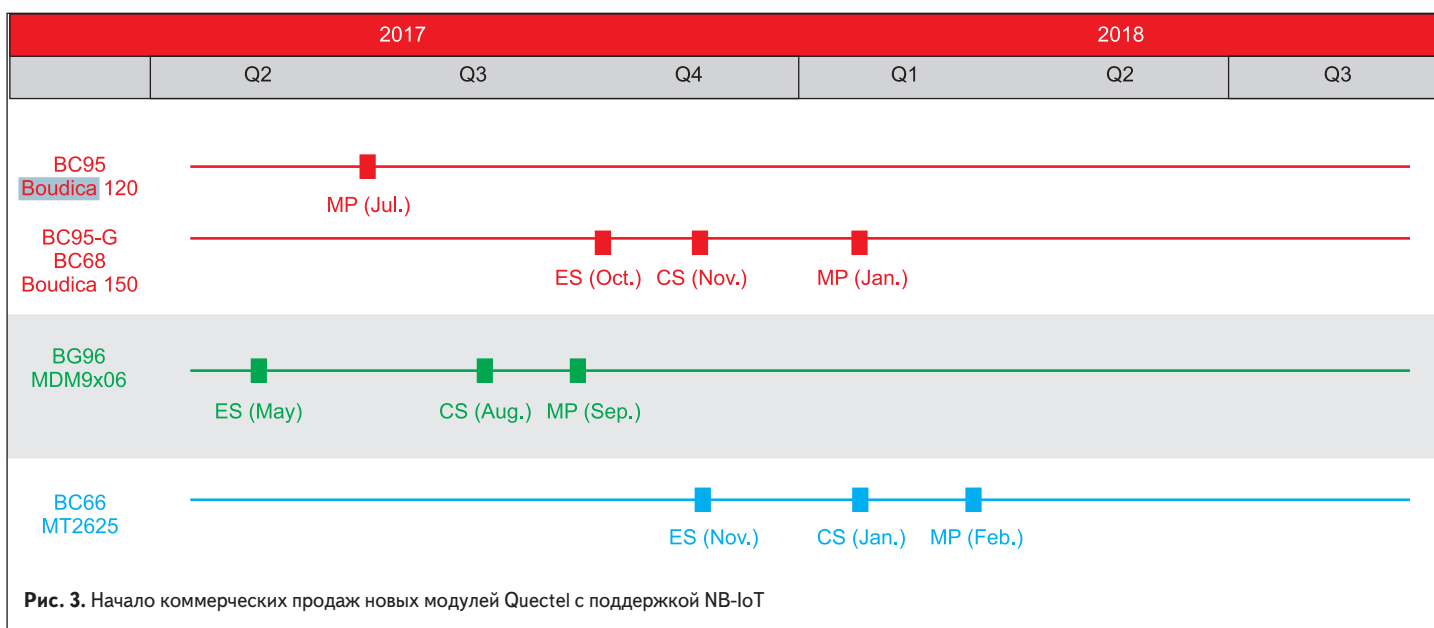


Рис. 3. Начало коммерческих продаж новых модулей Quectel с поддержкой NB-IoT

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.

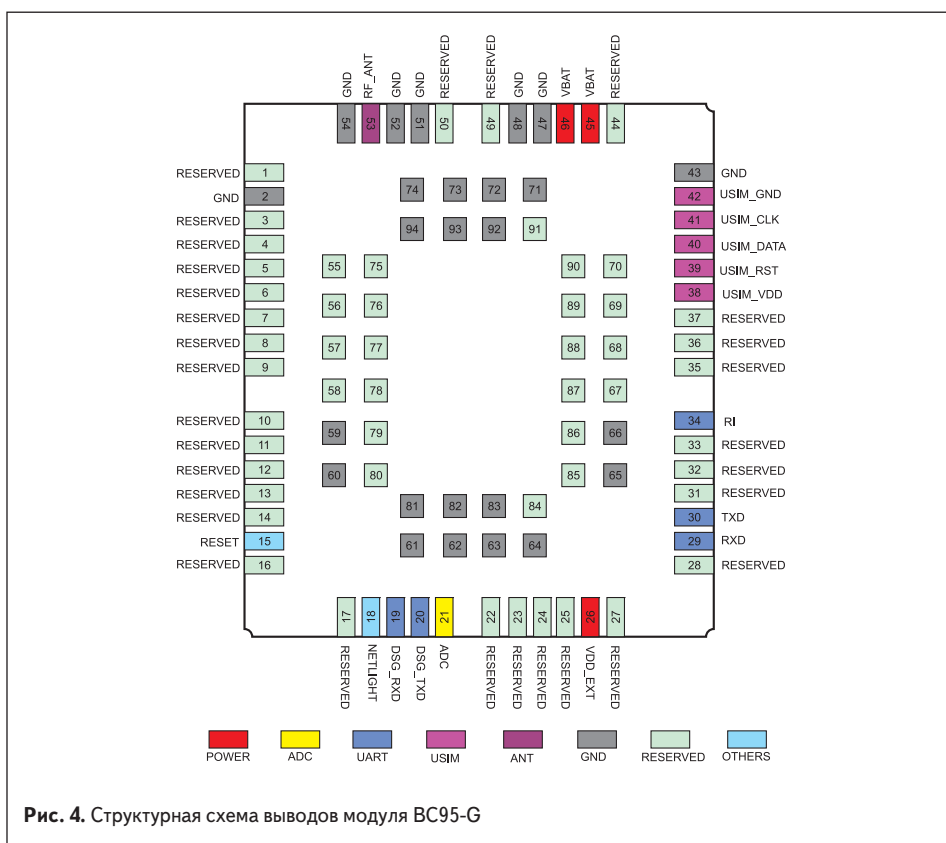


Рис. 4. Структурная схема выводов модуля BC95-G

- 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-G 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 получить 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

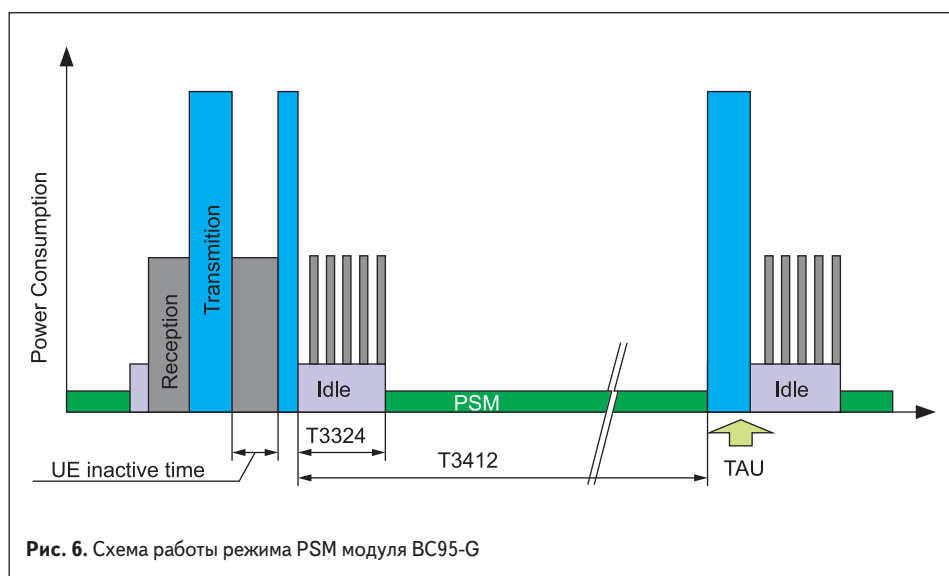


Рис. 6. Схема работы режима PSM модуля BC95-G

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.

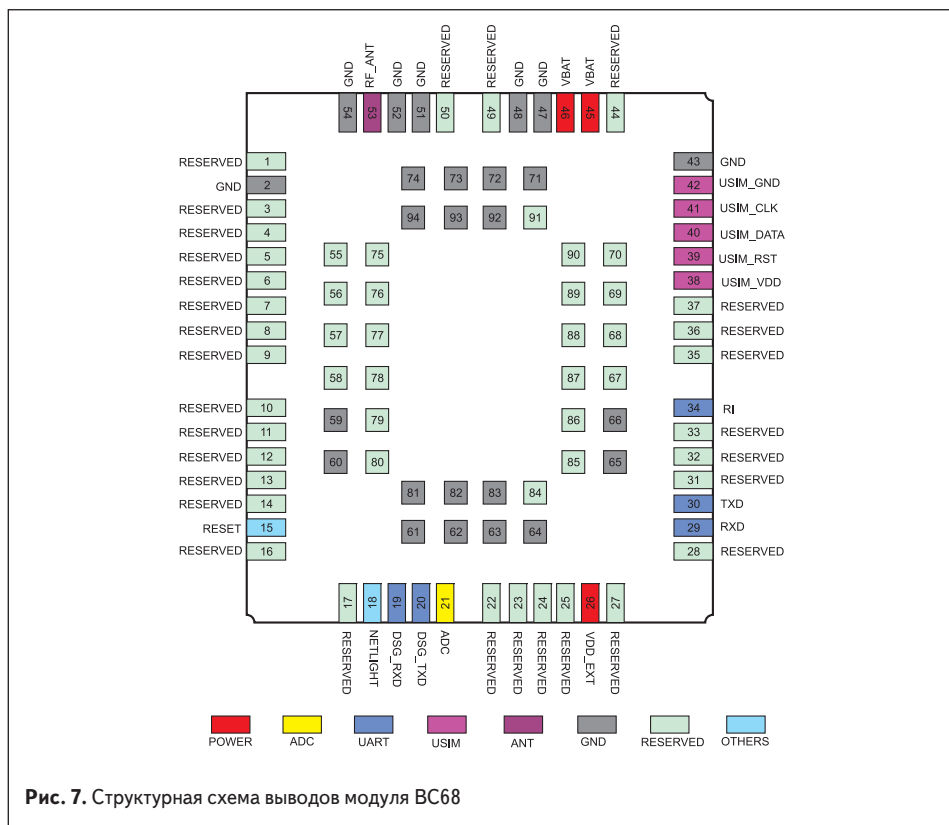


Рис. 7. Структурная схема выводов модуля BC66

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 BC66

- 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 передачей 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 промышленной 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, модуль 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 (необходимо внешний подтягивающий резистор к 1,8 В);
- I²C_SDA — данные (необходимо 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»), IIoT (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-zhkhkhi-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

НОВОСТИ

LoRaWAN-модемы ARF8190BA и ARF8200AA от Adeunis для аналоговых выходов датчиков



Компания Adeunis представила ARF8190BA и ARF8200AA — модемы для сетей стандарта LoRaWAN на частоте 868 МГц, предназначенные для сбора и передачи информации с датчиков с аналоговыми выходами 0–10 В/4–20 мА.

Модем ARF8190BA может использоваться для беспроводного измерения температуры, давления, уровня, влажности, CO₂, контроля движения, освещенности и т. д., которые необходимы в инженерных системах управления зданиями (отопления, кондиционирования, вентиляции), промышленном оборудовании различного назначения и телеметрической аппаратуре. Каждое устройство способно одновременно обслуживать до двух сенсоров, а их подключение осуществляется через резьбовые клеммные колодки.

Данные с датчиков оцифровываются при помощи встроенного АЦП с разрядностью 12 бит. Два дополнительных цифровых канала

позволяют выполнять функции контроля и управления. Прошитый стек протокола LoRaWAN упрощает процедуру подключения устройства к существующей сети. Для питания предназначен гальванический элемент серии LS компании SAFT, выполненный в корпусе форм-фактора AA, имеет ток саморазряда менее 1% в год и может работать при температурах окружающей среды –60...+85 °С. Выпускается в корпусах размерами 105×50×27 мм со степенью защиты IP 67 или IP 68.

Такие же задачи решает модем ARF8200AA, отличающийся от ARF8190BA лишь применением внешнего питания. Модем не имеет батарейки и может быть полезен при наличии источника постоянного тока с напряжением 6–24 В, позволяющего увеличить срок эксплуатации модема.

www.icquest.ru

14-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ



Организаторы



Поддержка



Международные партнеры



Стратегический
партнер



Ключевые
партнеры выставки

Генеральный
партнер



Устроитель
и выставочный оператор



**ДИРЕКЦИЯ
ФОРУМА** 129344, Москва, ул. Искры, д. 31, корп. 1
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

metrol@expoprom.ru
www.metrol.expoprom.ru



ПРОГРАММА ФОРУМА



METROLEXPO Метрология и Измерения

14-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.



CONTROL&DIAGNOSTIC Контроль и Диагностика

7-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.



RESMETERING Учёт энергоресурсов

7-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов.



LABTEST

Лабораторное оборудование

6-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.



PROMAUTOMATIC

Приборостроение и автоматизация

6-я выставка оборудования и программного обеспечения для технологических и производственных процессов.



WEIGHT SALON

Весовой салон

2-я выставка весового оборудования.

Технология NB-IoT — в преддверии 5G



Мультиплатформенность



Работа во всех NB-IoT диапазонах



Решение широкого спектра IoT-задач



P2P Совместимость с GSM-модулями



Уже доступно по лучшим ценам



AuroraMobile Technologies — крупнейший дистрибьютор Quectel в РФ и СНГ

www.auroramobile.ru

8(812)646-10-46

info@auroramobile.ru

Бюджетный Wi-Fi-модуль ESP8266: быстрый старт без регистрации и SMS

В статье рассматривается Wi-Fi-модуль ESP-WROOM-02 (ESP8266) компании Espressif Systems, приведены примеры из набора Arduino IDE.

Евгений Рахно
evgenij.rakhno@microchip.ua

Первоначально, в момент выхода на рынок, модуль ESP8266 представлял собой «черный ящик» и был предназначен для реализации подключения встроенных приложений к сети Wi-Fi. Взаимодействие с микроконтроллером осуществлялось при помощи AT-команд. Именно в таком виде модуль надежно закрепился на рынке, так как ближайшие конкуренты, предоставляющие подобный функционал, стоили, как минимум, вдвое дороже.

Однако спустя некоторое время Espressif пришла к выводу, что ресурсов микроконтроллера ESP8266 хватит не только на поддержку Wi-Fi, но и на программу пользователя, и предоставила разработчикам комплект документации на него. Так появился «легендарный ESP8266», столь любимый «ардуинщиками».

Политика продвижения данного модуля на мировой рынок была весьма необычной: «У нас есть модуль. Он такой, какой есть. Схемотехнику модуля мы берем на себя, а софт отдаем вам. Внутри модуля, непосредственно к регистрам, мы вас не пустим, но предоставим библиотеки для работы со всей периферией, имеющейся в модуле». И, судя по всему, такая маркетинговая стратегия сработала, ведь модули компании Espressif заняли довольно-таки устойчивое положение на рынке.



Рис. 1. Модуль ESP-WROOM-02

Физически ESP-WROOM-02 представляет собой SMD-модуль, в состав которого входят микроконтроллер ESP8266EX, микросхема SPI Flash-памяти емкостью 2 Мбайт и интегрированная PCB-антенна (чувствительность 2 дБи). Для обеспечения всех требований EMI компоненты модуля экранированы металлической крышкой. Геометрические размеры ESP-WROOM-02 составляют 18×20×3 мм (рис. 1).

Внутри ESP8266 находится 32-битный микроконтроллер Tensilica L106 и 16-битный RISC-микроконтроллер с ультранизким энергопотреблением, радиотракт (с этой точки зрения называть ESP8266EX микроконтроллером не совсем правильно, однако давайте согласимся с этой условностью). Тактовая частота процессора составляет 80 МГц и в режиме максимальной производительности может подниматься до 160 МГц. В настоящее время, по заявлениям производителя, поддержка сети Wi-Fi отнимает примерно 20% процессорного времени. Оставшееся время (около 80% MIPS) может быть занято под приложение пользователя. Необходимо отметить, что внутри модуля находится RTOS (операционная система реального времени), что значительно упрощает интеграцию пользовательских задач в его софт.

В распоряжении разработчика находятся следующие периферийные модули: GPIO, UART, I²C, HSPI, I²S, PWM, ADC, IR (Infrared remote). ESP8266 обеспечивает поддержку IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP. Надежность беспроводной передачи данных (Wi-Fi 802.11 b/g/n) обеспечивается применением технологий WPA/WPA2, WEP/TKIP/AES.

Модулем поддерживаются следующие режимы Wi-Fi-соединения: Wi-Fi-клиент, Wi-Fi-точка доступа (SoftAP), точка доступа плюс клиент. Напряжение питания — 2,7–3,6 В, ток потребления (средний) — 80 мА, ток потребления (макс.) — 500 мА. Диапазон рабочих температур –40...+85 °С (по спецзаказу –40...+125 °С).

Сразу отметим, что приведенные выше значения актуальны для модуля ESP-WROOM-02 и могут отличаться от параметров ESP других моделей. Дело в том, что Espressif является производителем микроконтроллера ESP8266EX («производитель» — это еще одна

условность, так как компания не имеет своих фабрик, и все кристаллы выпускаются на производственных мощностях сторонних компаний (т. н. fables), а конечной целью любого коммерческого предприятия является получение прибыли. С этой точки зрения ESP8266EX — это продукт, который можно и нужно продавать, и компания, имеющая соответствующие знания и квалификацию, может обратиться к дистрибьюторам Espressif и приобрести «микроконтроллер» ESP8266EX (естественно, существует MOQ, однако принципиальных проблем с приобретением ESP8266EX нет).

Благодаря высокой степени интеграции любой разработчик может собрать модуль ESP-WROOM-02, всего лишь добавив кварц, микросхему памяти, антенну и несколько пассивных элементов. В Интернете можно легко найти более двух-трех десятков модулей, подобных ESP-WROOM-02, и, на первый взгляд, между ними нет никакой разницы. Но, как говорится, «дьявол кроется в деталях»: поставили хорошую внешнюю антенну — модуль получился лучше, но дороже. Поставили дешевый кварц — модуль получился чуть хуже и чуть дешевле. Есть опыт в разработке PCB-антенн и не пожалели денег на «правильный» текстолит — получили хороший модуль по приемлемой цене. Взяли дешевый FR4, не сделали экранирование и скопировали чертеж антенны из Интернета — получили «дешевый Китай», который не пройдет ни одну сертификацию. Кстати, если говорить о сертификации, то «оригинальный ESP8266» ESP-WROOM-02 имеет следующие сертификаты: FCC/CE/TELEC/KCC/SRRC/IC/NCC.

Чем же модуль ESP8266 так полюбился «ардуинщикам»? Во-первых, встроенный Wi-Fi плюс стеки (TCP/UDP/HTTP/FTP). Во-вторых, очень хорошая программная поддержка, хорошая документированность. В-третьих, быстрый старт. Вот как раз о быстром старте мы и поговорим.

Чтобы ознакомиться с модулем ESP-8266, необходимо установить среду Arduino. Узнав о таких возможностях модуля, как дальность связи, уровни энергопотребления, функционал, можно либо остаться на Arduino, либо перейти к более «взрослым» средам разработки, но начинать мы предлагаем именно с Arduino.

Для установки Arduino нужно зайти на сайт www.arduino.cc и на вкладке **SOFTWARE** найти «Arduino IDE». Далее необходимо следовать всем инструкциям этого сайта и установить Arduino IDE на компьютер. После установки запустите Arduino IDE и пошагово следуйте инструкциям, приведенным ниже:

- Нажмите **File** → **Preferences** и на вкладке **Settings** найдите строку «Additional Board Manager URLs» (рис. 2). В этой строке необходимо прописать адрес: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.
- Добавьте ESP8266 в Arduino (рекомендую именно такую последовательность действий): **Tools** → **Board: ...** → **Boards Manager...** (рис. 3).
- В поиске наберите ESP8266. В нижнем окне появится esp8266 by ESP8266 Community (рис. 4).
- Нажмите **Install** и ждите окончания установки.
- Выберите отладочную плату: **Tools** → **Board: «...»** → **Generic ESP8266 Module** (рис. 5) (если у вас уже есть отладочная плата для ESP8266, выберите ее).
- Следующий шаг: **Sketch** → **Include Library** → **Manage Libraries...** (рис. 6).

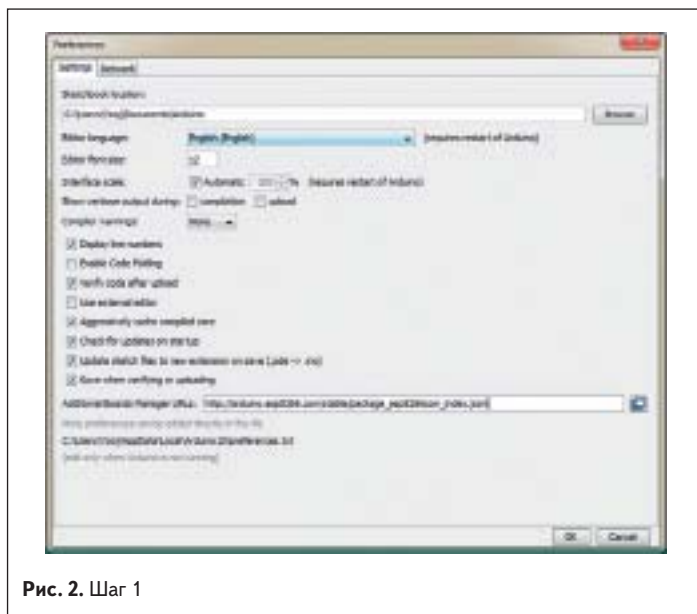


Рис. 2. Шаг 1



Рис. 4. Шаг 3

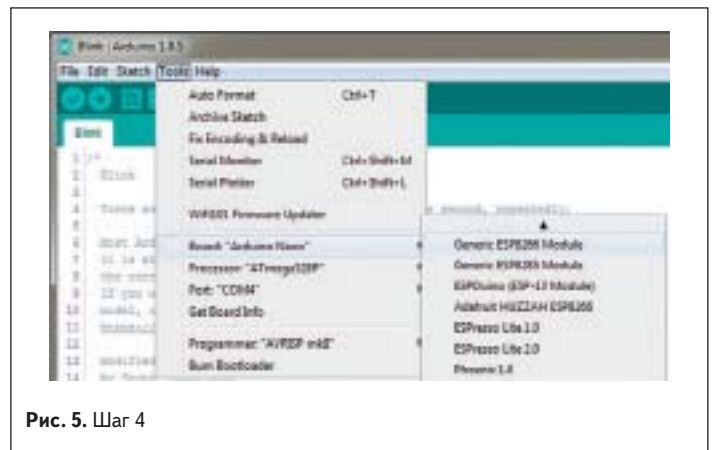


Рис. 5. Шаг 4

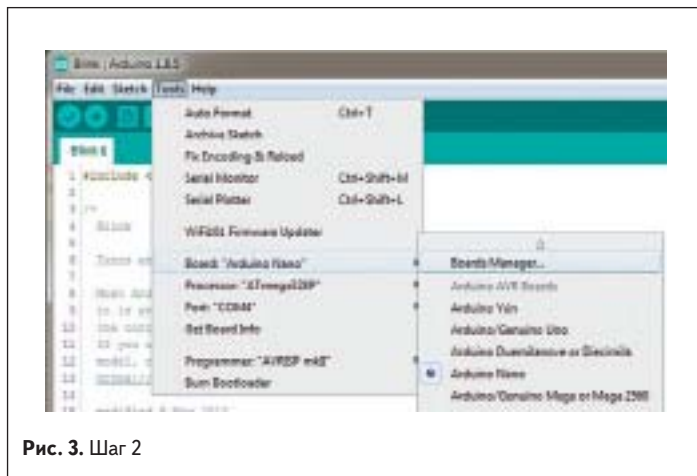


Рис. 3. Шаг 2

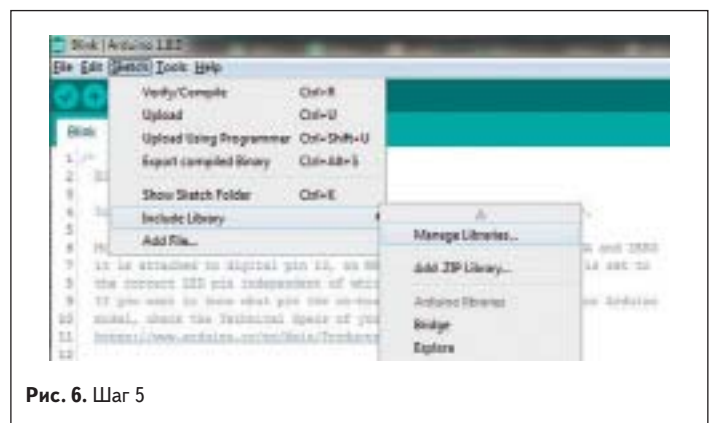


Рис. 6. Шаг 5



Рис. 7. Шаг 6

- Снова наберите в поиске ESP8266 и найдите библиотеку ESP8266 BuiltIn by Simon Peter, Markus Sattler, Ivan Grokhotkov (рис. 7). Если она не установлена, установите ее.
- Для выбора и покупки отладочной платы нажмите **Tools** → **Board:** «...» → Все, что есть в разделе ESP8266, поддерживается Arduino IDE.
- После того как плата приобретена и подключена к компьютеру, установлены все необходимые драйверы (для преобразователя USB-UART), запустите Arduino IDE. На вкладке **Tools** → **Port:** ... → ... выберите COM-порт, к которому подключен ваш отладочный комплект (рис. 8).
- А теперь самое интересное — «быстрый старт»: **Examples** → **Basics** → **Blink** (рис. 9). Запустится еще одна среда Arduino с примером «Blink» (старую можно закрыть). Нажмите **Verify/Upload** — начнется компиляция и загрузка кода в модуль ESP8266 (возможно, понадобится нажать Reset или Flash). Выглядеть это будет примерно так, как на рис. 10, а светодиод на отладочной плате начнет мигать.

Приятная особенность Arduino заключается в том, что все примеры, идущие в комплекте с данной средой разработки, всегда работают.

Если загрузка в модуль прошла успешно, но светодиод не мигает, то либо ваша отладочная плата вообще не имеет светодиода, либо он подключен к другому порту ввода/вывода, но для перехода к следующему примеру крайне необходимо добиться работы этого примера.

Будем считать, что у вас все получилось, и светодиод наконец-то замигал.

Теперь перейдем ко второму примеру — мигание светодиода через Интернет.

Нажмите **File** → **Examples** → **ESP8266WiFi** → **WiFiWebServer**. В тексте кода найдите строки:

```
const char* ssid = «yourssid»;
const char* password = «yourpassword»;
```

Затем «yourssid» замените на имя вашего роутера, а «yourpassword» — на пароль к нему.

Компилируйте и заливайте. Затем нажмите **Tools** → **Serial Monitor** (рис. 11). В результате вы получите сообщение, что модуль успешно подключился к Wi-Fi-роутеру, и ему был присвоен IP 192.168.1.152.

Откройте браузер. Для включения светодиода введите в браузере <http://192.168.1.152/gpio/0>, для выключения — <http://192.168.1.152/gpio/1>.

У вас теперь есть простенькое устройство, управлять которым можно через Интернет.

Перейдем к третьему примеру — Wi-Fi-клиент.

Отключаем первую плату (WiFiWebServer) и подключаем вторую. После этого запускаем Arduino IDE: **File** → **Examples** → **ESP8266WiFi** → **WiFiWebClientBasic**.

В вызове функции `WiFiMulti.addAP(«SSID», «passpasspass»)` вводим логин и пароль такие же, как во втором примере.

В функции loop находим строку

```
const char * host = «192.168.1.1»;
```

и меняем этот адрес на значение из второго примера. В нашем случае это

```
const char * host = «192.168.1.152»;
```

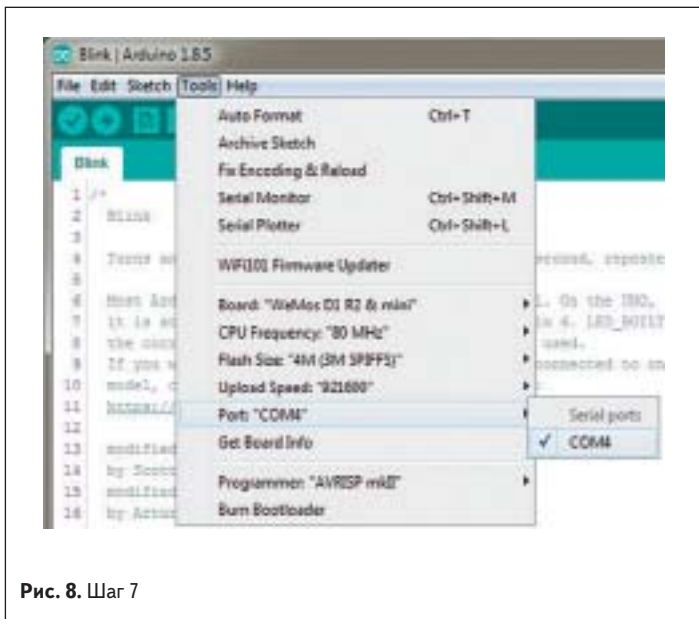


Рис. 8. Шаг 7

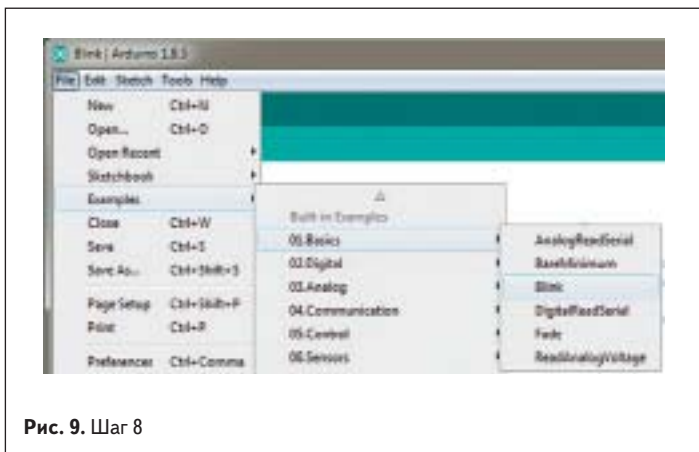


Рис. 9. Шаг 8

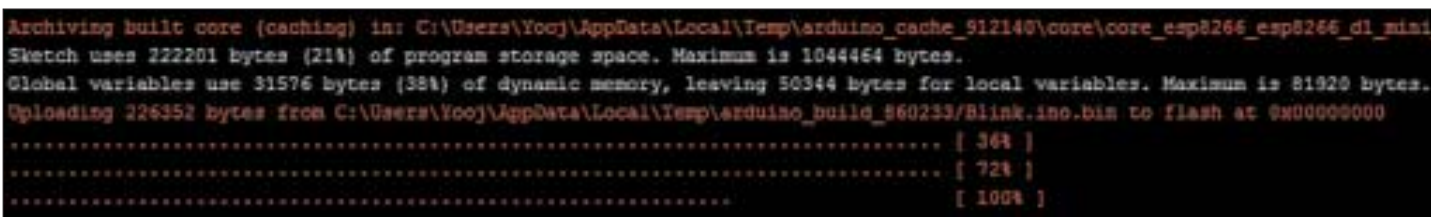


Рис. 10. Шаг 9

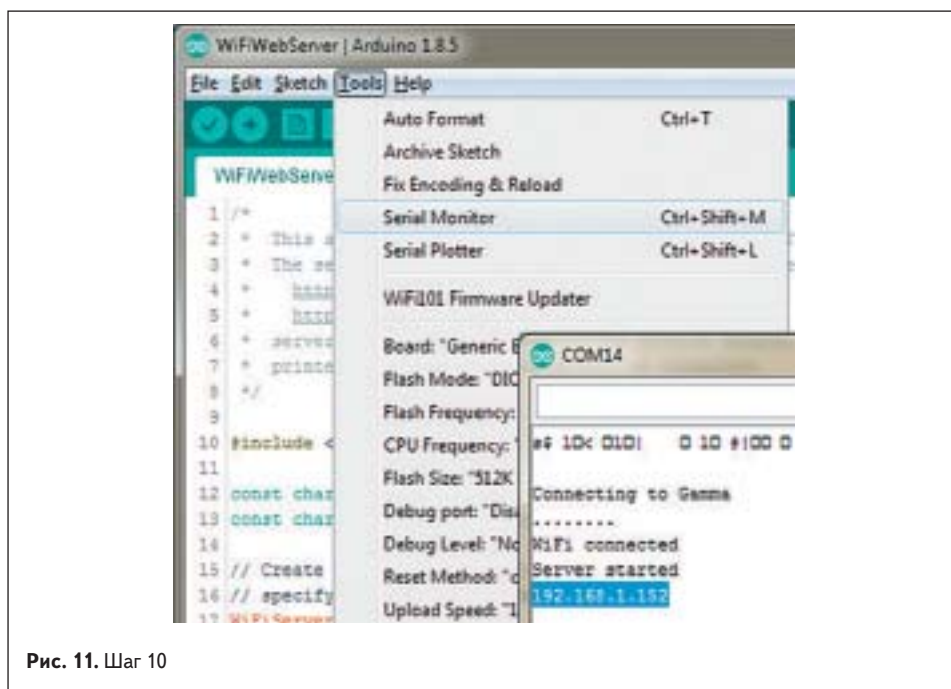


Рис. 11. Шаг 10

а у вас адрес будет другой. Далее в функции `loop` находим строки

```
//read back one line from server
String line = client.readStringUntil('\r');
client.println(line);
```

и удаляем их. Выделяем фрагмент, начиная с `if (!client.connect...)` и до конца функции, копируем его в буфер обмена и вставляем затем в конец функции. Должно получиться так, как показано на рис. 12. Находим первую строку

```
client.print(«Send this data to server»);
```

и заменяем ее на

```
client.print(«GET /gpio/0 HTTP/1.1»);
```

Находим вторую строку

```
client.print(«Send this data to server»);
```

и заменяем ее на

```
client.print(«GET /gpio/1 HTTP/1.1»);
```

Компилируем, запускаем. Включаем первую плату (с примером `WiFiWebServer`) и смотрим на мониторе ее сообщения (нас интересует, не изменился ли IP-адрес). Если он не изменился, то все хорошо; если изменился, надо будет внести соответствующие правки в код `WiFiWebClientBasic`.

Суть данного примера: клиент посылает Get-запрос (`/gpio/0` или `/gpio/1`), и, в зависимости от содержимого этого запроса, светодиод на плате `WiFiWebServer` включается либо выключается

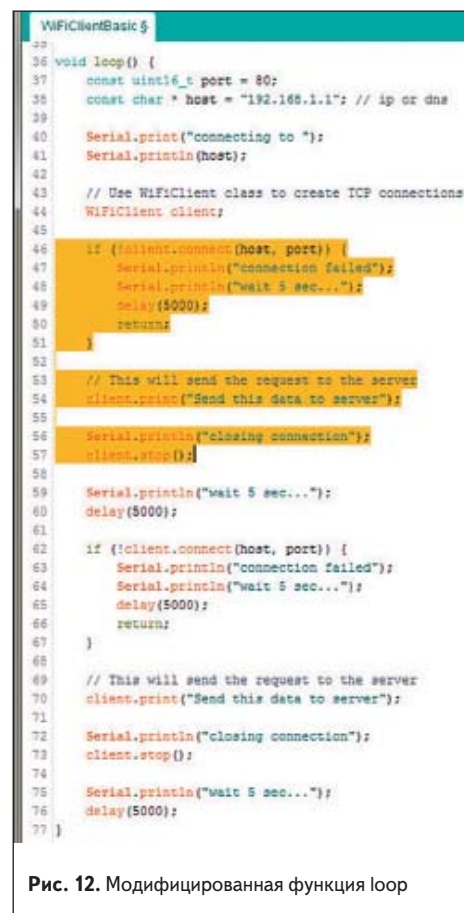


Рис. 12. Модифицированная функция loop

(для тренировки попробуйте самостоятельно изменить код таким образом, чтобы программа клиента (`WiFiWebClientBasic`) анализировала ответ сервера, и светодиоды на обеих платах работали синхронно).

Таким образом, у нас получился «комплект», состоящий из `WiFiServer` и `WiFiClient`, а дальнейшее самостоятельное изучение примеров, входящих в комплект Arduino IDE, лишь укрепит вашу уверенность в том, что после появления Espressif Wi-Fi стал намного доступнее. ■

НОВОСТИ

Новая платформа u-blox F9



Компания u-blox представляет новую платформу u-blox F9, которая создана, чтобы задать новый уровень точности определения местоположения по спутниковым системам позиционирования. Платформа поддерживает работу GNSS-навигации

в мультисистемном многочастотном режиме, предоставляющем новые возможности в автомобильных и промышленных применениях.

Следуя традициям, u-blox будет предлагать продукты на базе новой платформы в нескольких взаимозаменяемых вариантах. Опциональная поддержка технологии Real Time Kinematic (RTK) на кристалле позволяет достигать сантиметровой точности при определении местоположения в устройствах, требующих минимальных габаритов и максимальной энергоэффективности. Используя передовую систему дифференциальных поправок, платформа u-blox F9 впервые предлагает доступ к функционалу RTK для массового рынка. Опциональная система инерциального определения местоположения — Dead Reckoning — повышает качество определения координат в условиях ограниченного или затрудненного приема сигнала со

спутников. В совокупности обе технологии, RTK и Dead Reckoning, являются оптимальным решением для мегаполисов и городов с плотной застройкой.

Основные преимущества платформы u-blox F9:

- сантиметровая точность определения местоположения (технология RTK);
- опциональная система для надежной навигации в сложных условиях приема сигнала (Dead Reckoning);
- минимальное время от момента включения до выхода на валидные координаты;
- совместимость с передовыми сервисами дифференциальной коррекции;
- расширенные возможности определения глушения сигнала спутниковой навигации (Anti-Jamming) и подмены получаемых данных (Anti-Spoofing).

www.ultran.ru

Перспективные модули Wi-Fi для IoT

от компании Telit

В статье представлены как серийные модули GainSpan (теперь выпускающиеся под брендом Telit), так и перспективные модули из серии WE866.

Алексей Рудневский
rudnevsky.a@atoma.spb.ru

Год назад компания Telit приобрела GainSpan — известного американского производителя встраиваемых модулей Wi-Fi [1]. За это время была произведена обширная работа по интеграции продукции GainSpan в линейку Telit, а также проявились основные тенденции по развитию Wi-Fi в объединенной компании. Для Telit является традицией при приобретении нового бизнеса не снимать старую линейку с производства, а выпускать ее достаточно долгое время, при этом проводя разработки по интеграции вновь полученных технологий в стандартный модельный ряд. Так происходит и в этом случае.

Основным продуктом GainSpan является система на кристалле (System on Chip, SoC) GS2000. Архитектура GS2000 показана на рис. 1. Микросхема имеет два вычислительных ядра Cortex M3 с частотой 20–120 МГц, одно из которых обеспечивает работу стека протоколов

802.11 b/g/n, а второе может использоваться для пользовательских приложений. На борту имеется по 1 Мбайт ПЗУ и ОЗУ, предусмотрено подключение до 16 Мбайт внешней flash-памяти. Также GS2000 содержит большое количество внешних интерфейсов: высокоскоростной SDIO (до 40 Мбит/с), три SPI (до 30 Мбит/с), три UART, I²C, I²S, 38 портов ввода/вывода, 16-битные и 12-битные АЦП, ЦАП и ШИМ.

Чип обеспечивает поддержку 802.11 b/g/n на скорости до 72 Мбит/с. Также имеется аппаратная поддержка 802.15.4, но она пока не реализована на уровне прошивки. GS2000 имеет в своем составе криптомодуль, поддерживающий алгоритмы WPA2, TLS 1.2, ECC и RSA. GS2000 существует в двух модификациях — в 124-выводном корпусе QFN габаритами 9×9 мм и в 68-выводном QFN 8×8 мм. 68-выводный вариант имеет несколько сокращенный вариант набора

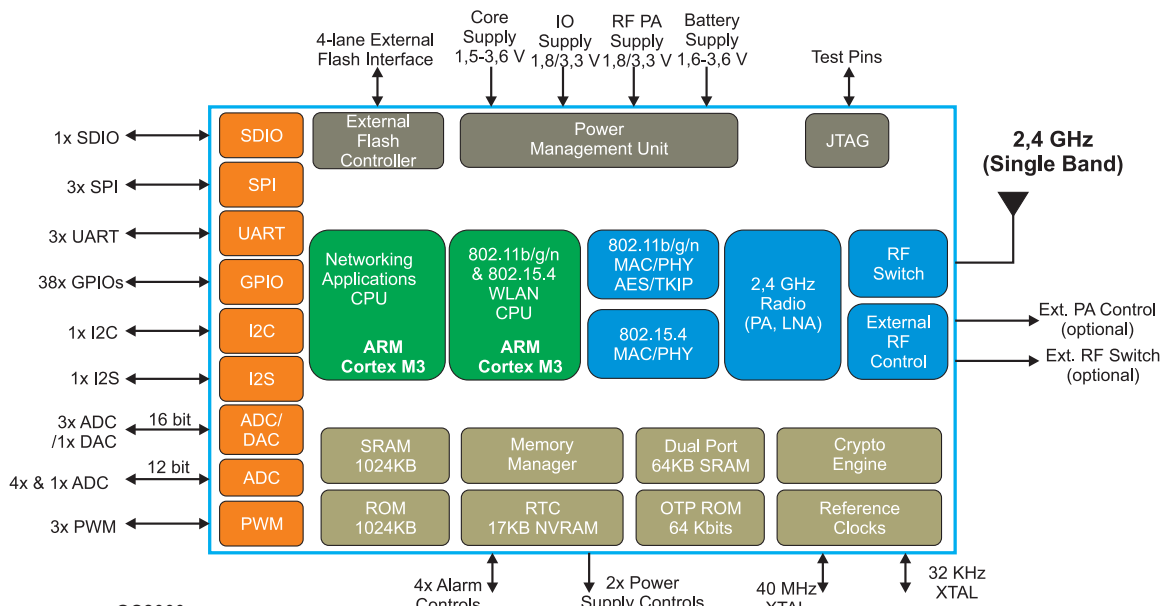


Рис. 1. Структурная схема GS2000

интерфейсов. А 124-выводная модификация имеет механизмы расширенного управления энергопотреблением. Благодаря этому модули на базе GS2000 обладают примечательными характеристиками в своем классе:

- в спящем режиме потребление составляет 0,26–8,4 мкА;
- выход из спящего режима по таймерам, внешним событиям или команде из сети;
- в активном режиме модуль потребляет 95–270 мА;
- среднее потребление тока за длительный период 10–18 мкА (режим клиента точки доступа).

Таким образом, изделие на основе GS2000 может работать от одной батарейки до нескольких лет и при этом передавать данные по Wi-Fi.

На базе GS2000 разработаны два модуля: GS2101 [2] и GS2200 [3] (табл. 1). GS2101 построен на базе 68-выводного варианта чипа, поэтому стоит дешевле, но он не поддерживает расширенные режимы энергосбережения и поэтому рекомендуется для применений с внешним питанием. В качестве простого примера применения GS2101 рассмотрим экосистему Apple HomeKit (рис. 2). Модули Telit интегрируются в различные устройства «умного дома», контролировать и управлять которыми возможно удаленно, при помощи устройств Apple. Как показывают приведенные в табл. 1 данные, протокол Apple HomeKit поддерживается модулями Telit, поэтому интеграция модулей Wi-Fi будет существенно упрощена.

GS2200 создан на базе 128-выводного GS2000 и поэтому способен полностью раскрыть потенциал чипсета. На рис. 3 показана структура веб-камеры с передачей данных по Wi-Fi, ядром которой как раз является GS2200. Быстродействие модуля GS2200 позволяет обрабатывать и отправлять видеопоток с разрешением 1080p, а режимы энергосбережения — питать все изделие от одной батарейки емкостью 2000 мА/ч.

И GS2101, и GS2200 имеют модификации как со встроенной антенной, так и с разъемом под внешнюю антенну, благодаря чему расстояние,

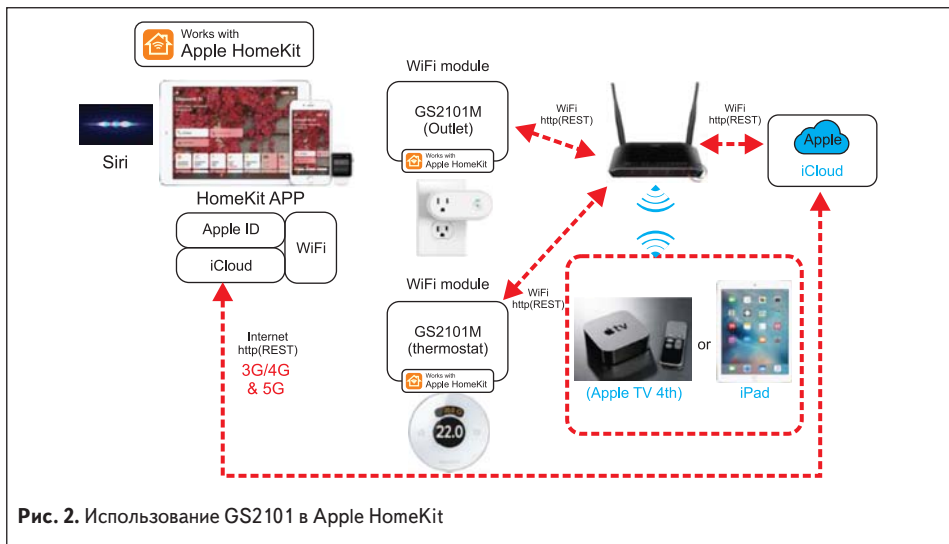


Рис. 2. Использование GS2101 в Apple HomeKit

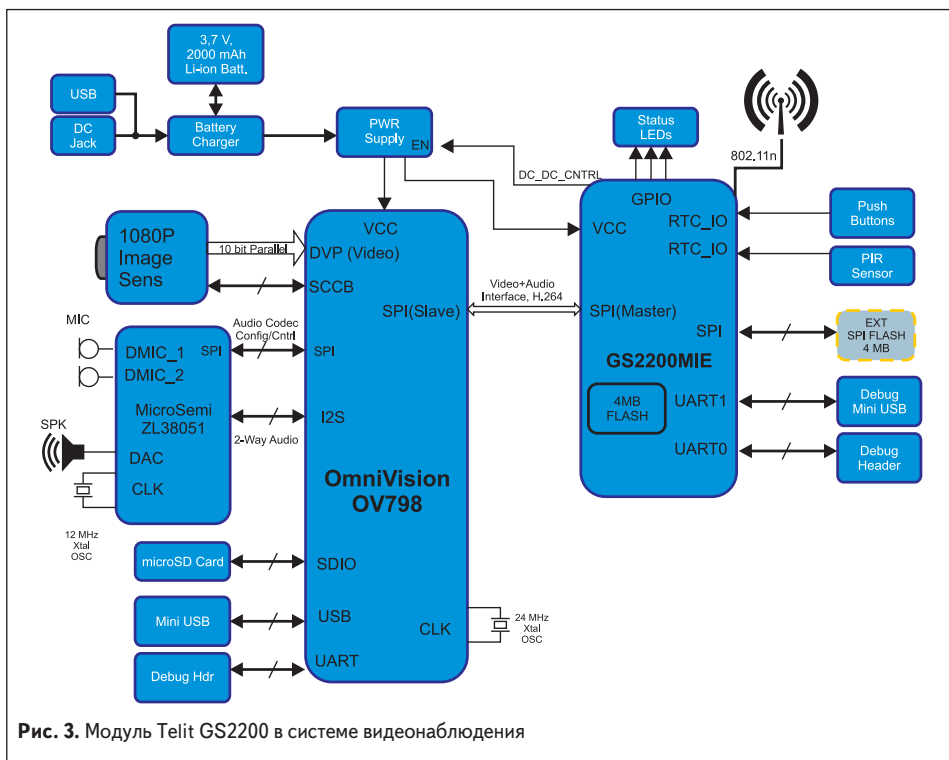


Рис. 3. Модуль Telit GS2200 в системе видеонаблюдения

Таблица 1. Модули Wi-Fi компании Telit

Параметр	GS2101	GS2200	WE866A1	WE866C3	WE866E2	WE866E4
Чипсет	GS2000		Qualcomm			
Диапазоны, ГГц	2,4		2,4/5			
Стандарты Wi-Fi	802.11 b/g/n		802.11 ac/a/b/g/n		802.11 a/b/g/n	
Режимы работы	Клиент точки доступа; точка доступа; конкурентный режим	Точка доступа (до четырех клиентов); клиент точки доступа; Wi-Fi direct	Конкурентный режим	Конкурентный режим	Клиент точки доступа; точка доступа; конкурентный режим; Wi-Fi direct	Конкурентный режим (точка доступа + клиент); конкурентный режим (Wi-Fi+BLE); Wi-Fi direct; BLE&mesh
Стандарты Bluetooth	-		BLE 4.2		-	
Загрузка приложений пользователя	Есть		Нет		Есть	
Сетевые сервисы	HomeKit, IPv4, IPv6, TCP, UDP, DHCP, DNS, SNMP, HTTP/S, MQTT, mDNS, DNS-SD, XML/JSON		IPv4, IPv6, TCP, UDP, DHCP, DNS, SNMP, HTTP/S	Реализуются на внешнем процессоре	HomeKit, IPv4, IPv6, TCP, UDP, DHCP, DNS, SNMP, HTTP/S, MQTT, mDNS, DNS-SD, XML/JSON	
Интерфейсы	SDIO, SPI, UART, I ² C, GPIO, АЦП, ШИМ, JTAG		SPI, UART		SDIO 3.0, UART/PCM	
Объем flash-памяти, Мбайт	4		-		4	
Антенна	Встроенная или антенный разъем		Контакт	Встроенная	Встроенная или антенный разъем	Внешняя
Напряжение питания, В	2,7–3,6		3,1–4,5		3,3	
Температурный диапазон, °С	-40...+85		-40...+70		-40...+85	
Габариты, мм	18×25	13×18	15×19	15×13	15×19 (без антенны), 15×25 (с антенной)	15×19
Статус	Выпускается			В разработке		

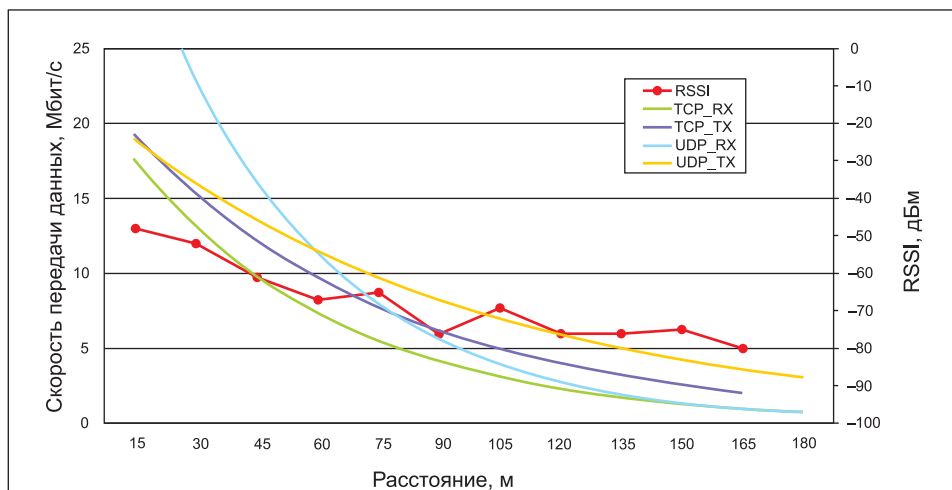


Рис. 4. Зависимость уровня сигнала и скорости передачи данных от расстояния

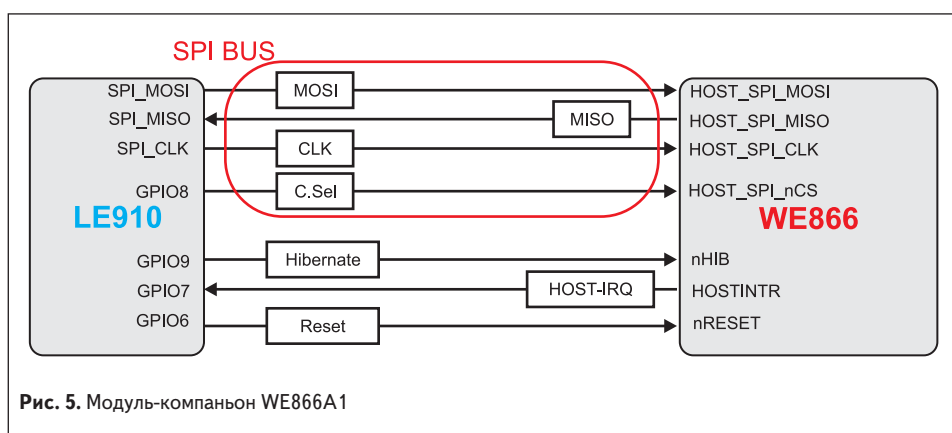


Рис. 5. Модуль-компаньон WE866A1

Таблица 2. Программная поддержка различных микроконтроллеров

Производитель	Тип	Интерфейсы	Стек Telit	Внешний стек	IDE	ОС
Renesas	RL78	UART/SPI	X		IAR	-
	RX600/RX700	UART/SPI	X		IAR	-
	RX600/RX700	SPI	X		E2 Studio	-
	RX600/RX700	SPI		X	IAR	Micrium uC/OS-II
	RX200	UART	X		IAR	-
	RX100	SPI	X		IAR	-
	SH series	SDIO	X		HEW	-
	RZ	SDIO	X		IAR	-
	RZ	SDIO		X	IAR	ThreadX
	Sinergy	SPI	X		E2 Studio	-
Freescale	Kinetis K60/K53/K40	UART/SPI	X		IAR	-
	Kinetis K60/K53	UART/SPI		X	CW/ IAR	MQX 4.1
	Kinetis L	UART/SPI	X		IAR	-
	Kinetis (with KSDK)	UART/SPI	X		IAR	-
	Kinetis (with KSDK)	UART/SPI		X	IAR	MQX
	i.MX	SDIO	X		IAR	Linux
NXP	LPC1718/40/43	UART/SPI	X		IAR	-
	LPC1718/40/43	SDIO	X		IAR	-
STMicro	STM32	UART/SPI	X		IAR	-
	STM32	SDIO	X		IAR	-
Atmel	AVR	UART/SPI	X		IAR	-
Microchip	PIC 24	UART/SPI	X		Hi Tech	-
	PIC 32	UART/SPI	X		Hi tech	-
TI	MSP430	UART/SPI	X		CC	-
	LM3Sxxx	SPI	X		IAR	-

на которое могут передаваться данные, может достигать 180 и более метров (рис. 4).

Несмотря на выдающиеся характеристики модулей серии GS2000, их формфактор сильно отличается от стандартных форматов модулей Telit. Поэтому было принято решение продолжать производство GS2200 и GS2101, но при этом новые Wi-Fi-модули будут разрабатываться в широко известном формате xE866 [4]. Один из таких модулей уже выпускается — WE866A1 [5] (см. табл. 1). Это так называемый модуль-компаньон, который предназначен для совместного использования с модулями сотовой связи Telit [4].

На рис. 5 показана типичная схема соединения WE866A1. Ведущим в связке является модуль сотовой связи (любой модуль Telit с поддержкой AppZone), в него загружается специальное приложение для работы с WE866A1. Передача данных идет по интерфейсу SPI, плюс используется несколько линий ввода/вывода для управления взаимодействием. При этом используются сетевые стеки, имеющиеся уже в модуле сотовой связи, WE866A1 выступает в роли трансивера и поддерживает нижние уровни 802.11 b/g/n. На верхних уровнях модуль может выступать как точкой доступа (с ограничением до четырех клиентов), так и клиентом (обеспечивая экономию трафика сотовой связи при наличии Wi-Fi).

Еще один аналогичный модуль-компаньон WE866C3 находится в стадии разработки. Его отличием от предшественника будет поддержка высокоскоростного протокола 802.11 ac, причем в двух диапазонах — 2,4 и 5 ГГц. Поскольку SPI недостаточно для обеспечения высоких скоростей передачи данных, для обмена данными с внешним процессором будет использован SDIO 3.0. Также WE866C3 поддерживает Bluetooth версии 4.2, причем передача данных по Bluetooth идет по UART.

Еще два разрабатываемых модуля в формате WE866 — это WE866E2 и WE866E4. Это тоже двухдиапазонные 2,4/5-ГГц модули, но их архитектура позволит загружать приложения пользователя, по аналогии с GS2000. WE866E4 также будет поддерживать и Bluetooth 5.0. Набор сетевых протоколов обоих модулей идентичен набору, используемому в GS2000, на основании чего можно предположить, что Telit планирует использовать программные наработки GainSpan, сделанные ранее. В табл. 2 показаны типы микроконтроллеров, для которых Telit предоставляет драйверы или исходные коды для работы с модулями Wi-Fi. Перечень довольно обширный, и он постоянно дополняется с тем, чтобы максимально удовлетворить все запросы потребителей. ■

Литература

- www.telit.com/wp-content/uploads/2017/06/Telit_acquires_Silicon_Valley_based_GainSpan_leader_in_ultra-low-power_Wi-Fi_1_February_2017_RNS_FINAL.pdf.
- www.telit.com/products/wifi-and-bluetooth-modules/g2101m.
- www.telit.com/products/wifi-and-bluetooth-modules/wi-fi-gs2200m.
- Рудневский А. Новая концепция унификации Telit: «гнездовая» система в семействе xE866 // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
- www.telit.com/products/wifi-and-bluetooth-modules/wi-fi-we866a1-p.

Относительная точность навигационного космического аппарата

и оптимизация навигационного решения

В статье рассматривается параметр оценки точностных характеристик радионавигационных полей спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС, BeiDou, GPS и др., необходимый для оценки влияния каждого навигационного спутника на общую точность геопозиционирования с целью оптимизации текущего созвездия для получения максимальной точности навигационно-временного решения.

Сергей Платонов
sergeyplatonovcgs@gmail.com

Введение

При решении навигационной задачи с использованием спутниковых навигационных систем (СНС) возникает проблема неоднородности точностных характеристик навигационных космических аппаратов (НКА), что приводит к ухудшению точностных показателей решения навигационно-временной задачи вследствие повышенных ошибок отдельных НКА.

Возникает задача фильтрации измерений отдельных НКА для оптимизации используемого навигационной аппаратурой потребителя (НАП) созвездия СНС с целью получения максимально возможной точности геопозиционирования.

Решение данной задачи имеет большое значение для улучшения точностных характеристик геопозиционирования и повышения надежности и непрерывности геопозиционирования с требуемой точностью. Конечная цель решения данной проблемы — повышение качества спутниковой навигации в различных отраслях (персональный трекинг, М2М, геодезия и др.).

Погрешности НКА

Как известно, при обработке навигационных измерений (кодовых и фазовых) НКА возникает целый бюджет ошибок измерения — как случайных, так и систематических:

- ошибки эфемеридно-временной информации (ЭВИ);
- ошибки, вызванные задержками сигнала в трактах аппаратуры НКА;
- ошибка из-за сдвига фазового центра антенны НКА;
- задержка при распространении сигнала от бортового генератора до излучателя антенны для НКА ГЛОНАСС (групповая задержка);

- остаточные ошибки из-за влияния ионосферы, тропосферы, вращения Земли за время распространения сигнала;
- межлитерные задержки сигнала;
- межканальные задержки сигнала;
- ошибки многолучевости;
- сдвиг фазового центра антенны НАП;
- задержки сигнала в трактах НАП;
- инструментальная погрешность измерения для НАП;
- инструментальная погрешность измерения для НКА.

Бюджет ошибок навигационных измерений уникален для каждого НКА:

- Присутствуют инструментальные систематические ошибки, присущие конкретному НКА: погрешности измерений, задержки в трактах аппаратуры НКА, сдвиг фазового центра антенны НКА.
- Ошибки штатной ЭВИ, закладываемой на НКА, также различны для каждого НКА.
- Каждый НКА имеет уникальную погрешность, обусловленную геометрическим фактором расположения НКА относительно НАП (в первую очередь, это относится к значению угла места, который влияет и на геометрический фактор созвездия, и на уровень сигнал-шум для сигнала НКА).
- В силу неоднородности ионосферы и тропосферы и в совокупности с различной геометрией расположения НКА относительно НАП ионосферные и тропосферные задержки сигнала сильно разнятся для каждого НКА.
- Присутствует уникальная ошибка измерений для различных моделей НАП, причем эта ошибка представляет собой множество индивидуальных погрешностей для каждого НКА и для каждой комбинации измерений — для кодовых (причем для каждого

типа кода — СТ, ВТ, С/А, Р(Y) и др.) на каждой несущей частоте и для фазовых на каждой несущей частоте.

- Ошибка многолучевого распространения сигнала вследствие его переотражения от металлических поверхностей и конструкций всегда может возникнуть в любой сфере применения.

Бюджет ошибок широк и разнообразен по своей физической природе.

Некоторые из них могут быть выявлены и отфильтрованы только в конкретной точке местонахождения НАП, например низкий угол места НКА и многолучево́сть. Другие носят системный характер: относятся к ошибкам самой орбитальной группировки СНС и должны выявляться и устраняться при эксплуатации внешних систем мониторинга СНС. К ним относятся повышенные ошибки штатной ЭВИ («старая» закладка ЭВИ, повышенные ошибки вычисления ЭВИ), а также повышенные ошибки измерений (инструментальные случайные или систематические, межлитерные и межканальные задержки, сбои НКА).

Точный учет ошибок, вызванных средой распространения навигационного сигнала, требует не только более совершенных моделей учета данных ошибок, но и использования в этих моделях внешних данных (тропосферные карты, характеристики ионосферы, такие как Total Electron Content).

Для учета систематических ошибок измерений для каждой пары «НАП–НКА» требуется уточнение этих систематических погрешностей для каждого измерения НКА, выполняемого конкретной моделью НАП, а затем, при решении навигационно-временной задачи, потребуются калибровка каждого измерения с использованием данных об этих погрешностях. С учетом многообразия и моделей НАП, и навигационных сигналов СНС решение этой задачи представляет собой большую научно-исследовательскую работу, включающую развертывание сети постоянно действующих станций с различными моделями НАП.

Таким образом, для оптимизации и повышения точности решения навигационно-временной задачи по СНС принципиально важна оценка влияния каждого отдельного НКА.

Относительная точность НКА

Для решения задачи оценки влияния погрешности отдельного НКА на общую точность решения навигационно-временной задачи по созвездию СНС предлагается использование нового параметра — относительной точности НКА (Relative Accuracy — RA).

Цель использования параметра «относительная точность» НКА — оценка влияния бюджета ошибок каждого отдельного НКА, используемого в решении навигационно-временной задачи, на общую точность геопозиционирования в текущей точке в режиме реального времени.

Теоретически относительная точность НКА рассчитывается следующим образом:

$$RA = \frac{\sigma_{НКА}}{\sigma_{СНС}} \times 100\%, \quad (1)$$

где: $\sigma_{НКА}$ — точность отдельного НКА; $\sigma_{СНС}$ — точность позиционирования по созвездию СНС.

Относительная точность показывает, как влияет точность отдельного НКА $\sigma_{НКА}$ на общую точность решения навигационно-временной задачи по созвездию СНС $\sigma_{СНС}$. Таким образом, относительная точность показывает — ухудшает или улучшает отдельный НКА конечную пользовательскую точность местоопределения.

Использование параметра «относительная точность» в режиме реального времени в точке геопозиционирования НАП должно позволить выявлять НКА, ухудшающие общую точность позиционирования, фильтровать их из текущего созвездия, таким образом оптимизируя созвездие СНС для получения максимально возможной точности решения навигационно-временной задачи.

Для выполнения оптимизации созвездия СНС по показателям относительной точности НКА необходимо на эпоху решения навигационно-временной задачи вычислить значения RA для каждого НКА, отфильтровать НКА с завышенными значениями RA и снова провести решение навигационно-временной задачи. В отличие от алгоритма RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), подразумевающего перебор всех комбинаций созвездий СНС с последовательным исключением каждого наблюдаемого НКА, алгоритм оптимизации созвездия

по показателю относительной точности может быть выполнен быстрее, так как он позволяет отфильтровать НКА с повышенными ошибками сразу после первого решения навигационно-временной задачи.

Параметр «относительная точность» имеет теоретическое предельно допустимое значение, равное 100%, так как превышение 100% означает, что точность измерения отдельного НКА превосходит точность геопозиционирования по всему созвездию СНС.

Рассмотрим геометрический смысл параметра «относительная точность».

Точность измерения по отдельному НКА есть ошибка измерения дальности от НАП до НКА, которая по физическому смыслу представляет собой разницу между измеренной и вычисляемой величинами дальности «НАП–НКА». При этом измеряемая даже по одному НКА дальность «НАП–НКА» уже задает поверхность положения точки наблюдения в пространстве — сферу. Таким образом, ошибка измерения НКА, определяемая как разность этих двух сфер, задает величину пространственной линейной ошибки местоопределения по исследуемому НКА (рис. 1).

Точность геопозиционирования по всему созвездию СНС также представляет собой пространственную оценку вычисленного положения НАП относительно истинного — радиус-вектор, который задает вероятностное положение вычисленной точки стояния НАП относительно истинной (рис. 2).

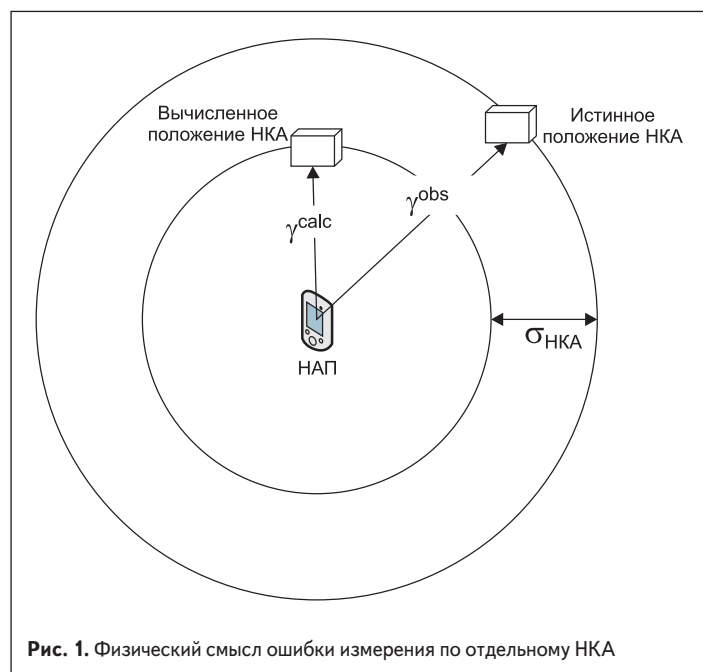


Рис. 1. Физический смысл ошибки измерения по отдельному НКА

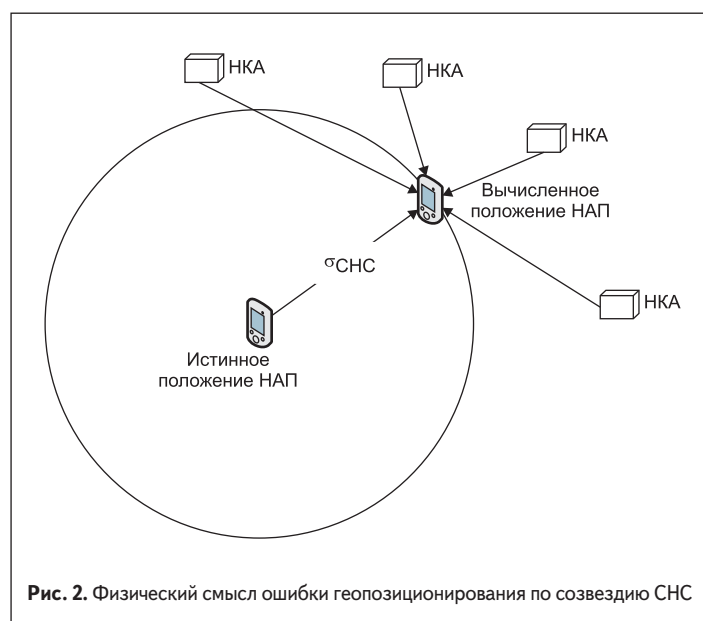


Рис. 2. Физический смысл ошибки геопозиционирования по созвездию СНС

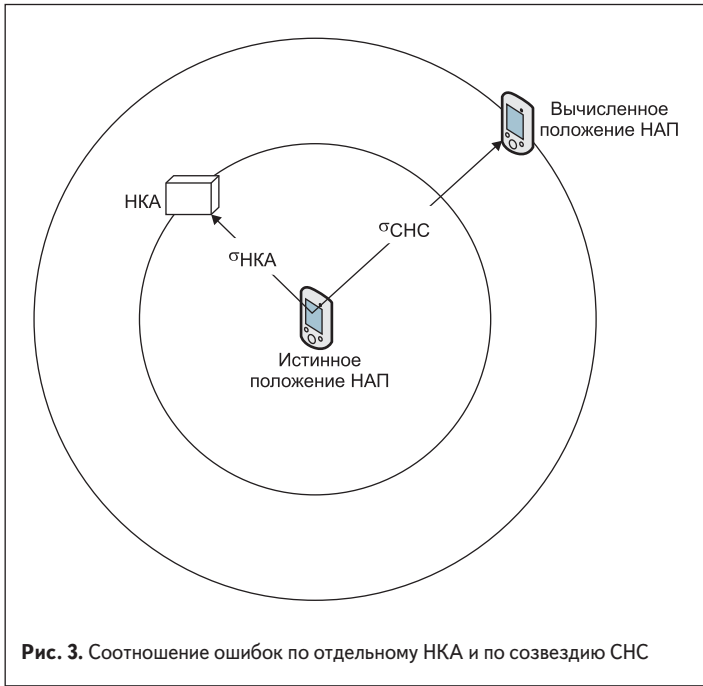


Рис. 3. Соотношение ошибок по отдельному НКА и по созвездию СНС

Таким образом, и ошибка измерения по отдельному НКА, и ошибка геопозиционирования по всему созвездию СНС задают геометрическую поверхность — сферу, описывающую смещение в пространстве вычисляемого положения НАП относительно истинного положения (рис. 3).

В предлагаемой методике вычисления параметра «относительная точность» происходит сопоставление радиус-векторов двух сфер, задающих вероятностное положение в пространстве точки наблюдения, — по измеряемому НКА и по всему созвездию СНС, что позволяет оценить влияние отдельного НКА на общую точность позиционирования.

Для решения задачи оптимизации созвездия СНС по показателю относительной точности НКА вычисление RA должно выполняться во встроенном программном обеспечении (ПО) НАП в режиме реального времени на каждую эпоху навигационных измерений. Для вычисления RA необходимо иметь оценки точности измерений каждого НКА и точности решения навигационно-временной задачи по всему созвездию СНС, полученные в рамках одной методики оценки точности. При этом возникает проблема: истинное местоположение НАП в общем случае неизвестно, а в случае использования НАП на движущемся объекте истинное положение неизвестно в каждой точке маршрута. В связи с этим невозможно оценить ошибки геопозиционирования и ошибки измерений отдельных НКА относительно точных координат точки стояния НАП.

Предлагается следующий вариант расчета относительной точности.

При решении координатно-временной задачи по созвездию СНС исходным уравнением связи измеряемых величин и уточняемых параметров является уравнение следующего вида:

$$r = \sqrt{(X_{НКА} - X_{НАП})^2 + (Y_{НКА} - Y_{НАП})^2 + (Z_{НКА} - Z_{НАП})^2} + \Delta t_{НАП}, \quad (2)$$

где: r — измеряемая дальность от НАП до НКА; $X_{НКА}, Y_{НКА}, Z_{НКА}$ — координаты НКА на момент измерения; $X_{НАП}, Y_{НАП}, Z_{НАП}$ — координаты точки местонахождения НАП на момент измерения; $\Delta t_{НАП}$ — уход часов НАП относительно системного времени СНС.

Линеаризуем исходное уравнение связи (2) в окрестности точки начальных условий (приближенные координаты точки местонахождения НАП) путем разложения уравнения связи в ряд Тейлора с удержанием только линейных членов. В результате получим уравнение поправок:

$$\frac{\partial r}{\partial X_{НАП}^0} \Delta X_{НАП} + \frac{\partial r}{\partial Y_{НАП}^0} \Delta Y_{НАП} + \frac{\partial r}{\partial Z_{НАП}^0} \Delta Z_{НАП} + \frac{\partial r}{\partial \Delta t_{НАП}} \Delta(\Delta t_{НАП}) + (r^{calc} - r^{obs}) = v, \quad (3)$$

где: $X_{НАП}^0, Y_{НАП}^0, Z_{НАП}^0$ — приближенные значения координат точки местоположения НАП; $\Delta X_{НАП}, \Delta Y_{НАП}, \Delta Z_{НАП}$ — поправки в приближенные значения координат точки местоположения НАП; $\Delta(\Delta t_{НАП})$ — поправка в уход часов НАП относительно системного времени СНС; r^{calc} — вычисленное по математической модели расстояние от НАП до НКА; r^{obs} — измеренная дальность от НАП до НКА; v — невязка, обусловленная ошибками НКА.

При синхронном наблюдении нескольких НКА возникает система уравнений поправок:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial r_1}{\partial X_{НАП}^0} \Delta X_{НАП} + \frac{\partial r_1}{\partial Y_{НАП}^0} \Delta Y_{НАП} + \\ & + \frac{\partial r_1}{\partial Z_{НАП}^0} \Delta Z_{НАП} + \frac{\partial r_1}{\partial \Delta t_{НАП}} \Delta(\Delta t_{НАП}) + (r_1^{calc} - r_1^{obs}) = v_1 \\ & \frac{\partial r_2}{\partial X_{НАП}^0} \Delta X_{НАП} + \frac{\partial r_2}{\partial Y_{НАП}^0} \Delta Y_{НАП} + \\ & + \frac{\partial r_2}{\partial Z_{НАП}^0} \Delta Z_{НАП} + \frac{\partial r_2}{\partial \Delta t_{НАП}} \Delta(\Delta t_{НАП}) + (r_2^{calc} - r_2^{obs}) = v_2 \\ & \dots \\ & \frac{\partial r_N}{\partial X_{НАП}^0} \Delta X_{НАП} + \frac{\partial r_N}{\partial Y_{НАП}^0} \Delta Y_{НАП} + \\ & + \frac{\partial r_N}{\partial Z_{НАП}^0} \Delta Z_{НАП} + \frac{\partial r_N}{\partial \Delta t_{НАП}} \Delta(\Delta t_{НАП}) + (r_N^{calc} - r_N^{obs}) = v_N \end{aligned}, \quad (4)$$

где N — число наблюдаемых НКА.

Система уравнений (4) в матричной форме имеет вид:

$$B \times X + L = V, \quad (5)$$

где: B — матрица коэффициентов (частные производные уравнений связи по определяемым параметрам) уравнений поправок; X — вектор-столбец определяемых параметров (координаты точки местоположения и уход часов НАП); L — вектор-столбец свободных членов уравнений поправок (разности между вычисленными и измеренными дальностями от НАП до НКА); V — вектор-столбец поправок в измерения (невязки, обусловленные ошибками НКА).

Далее при решении навигационно-временной задачи применяется метод наименьших квадратов (для повышения точности решение выполняется итерационно). Составляется система нормальных уравнений вида:

$$B^T B X + B^T L = 0. \quad (6)$$

Решение системы нормальных уравнений (6) позволяет вычислить определяемые параметры:

$$X = -(B^T B)^{-1} B^T L. \quad (7)$$

Для вычисления параметра «относительная точность» в качестве точности отдельного НКА $\sigma_{НКА}$ предполагается использование невязки измерения v по данному НКА, которая вычисляется после решения навигационно-временной задачи:

$$V = B \times X + L. \quad (8)$$

Вектор невязок представляет собой столбец, содержащий невязки измерений по каждому НКА, используемому в навигационно-временном решении.

В качестве точности навигационно-временного решения по всему созвездию СНС предлагается использовать среднюю квадратическую ошибку единичного измерения, вычисляемую после решения навигационной задачи по методу наименьших квадратов:

$$\mu = \sqrt{\frac{v^T v}{n - m}}, \quad (9)$$

где: n — число НКА, используемых в решении; m — число определяемых параметров.

Таким образом, вычисление относительной точности предлагается по следующей формуле:

$$RA = \frac{v_j}{\mu} \times 100\%, \quad (10)$$

где: v_j — невязка измерения по исследуемому НКА; μ — средняя квадратическая ошибка единичного измерения.

В формуле (10) для вычисления относительной точности используются две характеристики, полученные в рамках одной методики оценки точности, что позволяет объективно оценивать влияние точности отдельного НКА на общую точность навигационно-временного решения.

В предлагаемой методике оценки относительной точности невязка измерения по отдельному НКА включает в себя полный бюджет ошибок измерений по НКА, что позволяет рассматривать параметр «относительная точность» в качестве универсального параметра оценки влияния НКА, учитывающего как случайные ошибки измерений, так и системные ошибки СНС и ошибки, вызванные средой распространения навигационного сигнала.

Оценка параметра «относительная точность НКА» для НКА ГЛОНАСС

С использованием параметра «относительная точность» было проведено исследование влияния НКА системы ГЛОНАСС на общую точность геопозиционирования.

Исследование проводилось при следующих условиях:

- Использовался двухчастотный (L1+L2) двухсистемный (ГЛОНАСС+GPS) навигационный приемник «Legacy».
- Решение выполнялось в абсолютном режиме позиционирования с использованием кодовых измерений на несущих частотах L1 и L2 с компенсацией ионосферной задержки по комбинации двухчастотных измерений.
- Интервал решения навигационно-временной равен 8 суткам — это интервал повторяемости орбит НКА ГЛОНАСС.
- Шаг решения навигационно-временной задачи составлял 30 секунд.

Полученные результаты оценки относительной точности для каждого НКА ГЛОНАСС на заданном интервале исследования приведены на рис. 4–6.

На этих рисунках приведены значения RA на каждую эпоху решения навигационно-временной задачи и отмечена граница в 100% — это точность позиционирования по всему созвездию СНС.

Результаты показывают, что большая часть НКА ГЛОНАСС имеет ошибки измерения навигационных параметров, не превышающие общую точность позиционирования по всему созвездию. На рис. 7 для каждого НКА ГЛОНАСС приведено число эпох, в которые ошибка по НКА не превышала ошибки по созвездию, в процентном соотношении от всего 8-суточного интервала.

Согласно графику на рис. 7 для большинства НКА ГЛОНАСС ошибка измерения не превышала общую ошибку позиционирования практически в 100% эпох наблюдений. В среднем по всей орбитальной группировке на 8-суточном интервале было получено 96,6% измерений, не ухудшающих общую точность позиционирования.

Стоит отметить, что для двух НКА (орбитальные слоты № 14 и 15) число измерений с $RA > 100\%$ составило около 90% и 79% соответственно. При использовании методики оценки относительной точности НКА в режиме реального времени в прошивке НАП была бы возможность исключить эти НКА в соответствующие эпохи из навигационно-временного решения и тем самым повысить точность геопозиционирования.

Также стоит отметить, что подобные результаты оценки влияния отдельных НКА на общую точность геопозиционирования могут быть применены в системной задаче мониторинга состояния орбитальной группировки СНС. В частности, повышенные значения RA, имеющие явную систематическую составляющую в своих значениях, могут сигнализировать о возникновении систематических ошибок в функционировании СНС (ошибки в штатной ЭВИ, задержки сигнала в трактах

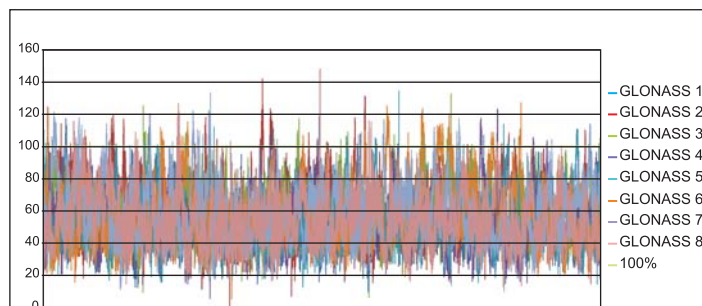


Рис. 4. Значения RA для НКА ГЛОНАСС № 1–8

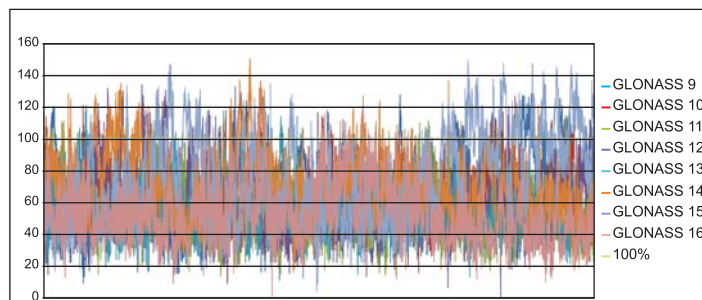


Рис. 5. Значения RA для НКА ГЛОНАСС № 9–16

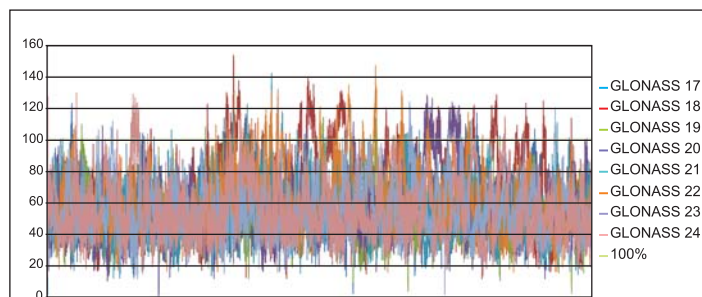


Рис. 6. Значения RA для НКА ГЛОНАСС № 17–24

аппаратуры НКА и т. п.). Это может быть полезной информацией для органов управления СНС при решении задач выявления сбоев НКА, их оперативного устранения и анализа потребительских характеристик как каждого НКА, так и всей СНС в целом.

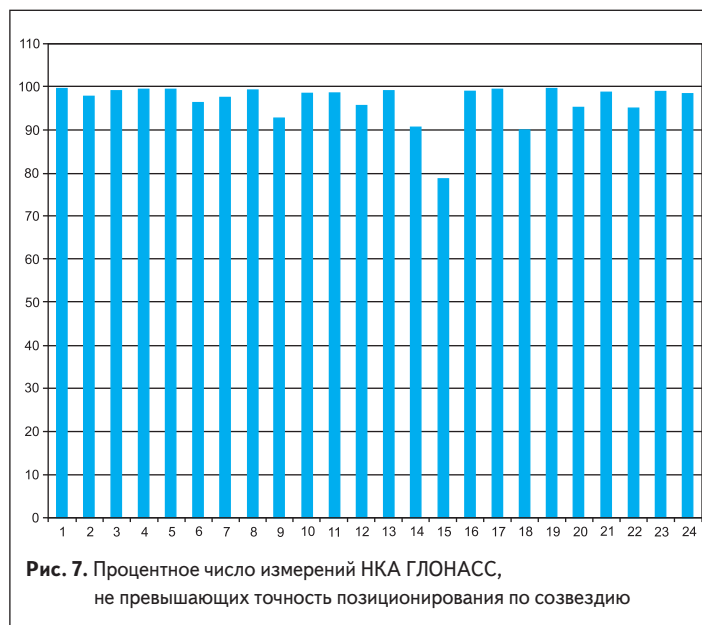


Рис. 7. Процентное число измерений НКА ГЛОНАСС, не превышающих точность позиционирования по созвездию

Заключение

Рассмотренный в статье параметр «относительная точность» позволяет оценивать влияние на общую точность геопозиционирования точности каждого НКА СНС, причем в отношении каждого типа или комбинации измерений (кодовые, фазовые, на разных частотах, с разными псевдослучайными кодами). Данный параметр позволяет учитывать влияние всего бюджета ошибок измерений.

Параметр «относительная точность» имеет важное преимущество перед существующими способами оценки точностей отдельных НКА и точности по созвездию СНС — он позволяет оценить именно влияние (ухудшение/улучшение) каждого НКА на конечную точность позиционирования по созвездию СНС, в то время как абсолютные погрешности каждого НКА не дают понимания, как они повлияют на общую точность и при каких условиях НКА следует исключить из решения. Проблема абсолютных погрешностей измерений НКА заключается в том, что неизвестно, какое пороговое значение погрешности следует использовать для фильтрации НКА из созвездия СНС в целях улучшения точности позиционирования. Задать универсальное абсолютное пороговое значение погрешности измерения НКА практически невозможно, так как существуют систематические погрешности в измерениях СНС, рост которых может привести к тому, что у большинства НКА будет превышено пороговое значение погрешности измерения. К тому же точность штатного эфемеридно-временного обеспе-

чения постоянно улучшается для каждой СНС (вследствие улучшения математических моделей обработки, использования новых станций слежения, использования межспутниковых измерений и пр.), что ведет к тому, что пороговые значения погрешностей измерений со временем должны корректироваться (это становится проблемой, когда какое-то значение уже «зашито» в прошивку НАП). Для абсолютных погрешностей измерений НКА возможно задать корректно только достаточно завышенное пороговое значение, превышение которого будет говорить о серьезном сбое НКА (когда произошел системный сбой и требуется вмешательство центра управления СНС). Параметр «относительная точность» позволяет проводить оценку точности измерений отдельных НКА на более «тонком» уровне и выявлять ухудшения точности измерений, значения которых могут быть не так велики по абсолютной величине, но их влияние на общую точность геопозиционирования будет негативное.

Использование оценки относительной точности НКА во встроенном ПО НАП в режиме реального времени позволит выполнять фильтрацию НКА с повышенными ошибками измерений с целью оптимизации созвездия СНС для получения максимальной точности геопозиционирования.

Также параметр «относительная точность» может быть полезен при решении системной задачи мониторинга радионавигационных полей СНС для оценки качества радионавигационного сигнала каждого НКА. ■

НОВОСТИ

5G Radio Dot от Ericsson



Компания Ericsson выпустила обновленную систему малых сот 5G Radio Dot, позволяющую передавать большие объемы мобильного трафика. 5G Radio Dot работает в средних частотных диапазонах (3–6 ГГц) и поддерживает скорость передачи данных на уровне 2 Гбит/с. Система устанавливается на той же сетевой инфраструктуре, где уже действуют системы Radio Dot для сетей 4G. При этом решения для разных поколений связи могут располагаться рядом друг с другом. Апгрейд позволит операторам начать применение новых технологий и нарастить частотный ресурс. Тестовые испытания 5G Radio Dot стартуют в конце 2018 года, а для коммерческого использования решение будет доступно в 2019 году.

27-я Международная выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты.

securika
St. Petersburg

Санкт-Петербург

**30 октября –
1 ноября 2018**

ВК «Ленэкспо»

- СКУД и системы охраны периметра
- Системы охранного видеонаблюдения
- Системы и средства обеспечения пожарной безопасности
- Системы связи и оповещения
- Технические средства и программное обеспечение для защиты информации
- Средства охраны труда

Организаторы:

+7 (812) 380 601110
security@primgro.ru

Забронируйте стенд
securika-spb.ru

12+

Метод определения координат мобильных абонентов в RTLS

В статье приводится описание алгоритма решения навигационной задачи для локальных систем позиционирования реального времени (Real-time Locating Systems, RTLS), основанного на распространенном алгоритме псевдодальностей. Приведены результаты имитационного моделирования для простейшей конфигурации системы.

Владимир Махонин
vladimir.makhonin@gmail.com

Валерий Чудников
chudnikov@bmstu.ru

Илья Рудаков
herrjohan@gmail.com

В настоящее время значительное количество мобильных технических систем имеют в своем составе различные системы позиционирования. Как правило, это приемники сигналов глобальных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Однако в условиях затруднений приема сигналов либо в случае их полного отсутствия система теряет часть своего функционала. Поэтому для таких условий (промышленные объекты большой протяженности, карьеры, шахты, местность со сложным рельефом и т. д.) необходимы альтернативные методы позиционирования для определения координат мобильных объектов. Альтернативой может стать разворачиваемая локальная радионавигационная система малого радиуса действия, работающая в режиме реального времени (RTLS). Такая навигационная система обычно состоит из стационарных объектов с известными координатами — якорей (маяков) и мобильных объектов, координаты которых неизвестны (меток).

Для вычисления текущего местоположения метки чаще всего используется метод, основанный на измерении дальности от метки до якорей. Некоторые технологии оценивают дальность по мощности принимаемого сигнала. В этом случае и якоря, и метки могут оснащаться Bluetooth либо Wi-Fi-приемопередатчиком. Этот подход удобен, когда в качестве меток выступают различные абонентские устройства: смартфоны, планшеты и т. д. С другой стороны, такие компании, как Nanotron, Time Domain и Decawave, позволяют разработчикам построить RTLS на базе интегральных приемопередатчиков либо модулей-микросборок и используют метод, основанный на измерении времени прохождения сигнала от передатчика к приемнику (Time of Arrival, TOA).

За рамками данной статьи остается еще один распространенный разностно-дальномерный метод (TDOA, MLAT, мультилатерация) ввиду аппаратной сложности его реализации. Однако рассмотренный ниже алгоритм может быть расширен и для подобного случая.

Входными данными алгоритма, вычисляющего положение мобильной метки в пространстве, являются измеренные (оцененные) дальности до якорей. Для решения подобной навигационной задачи можно использовать метод псевдодальностей, подобный тому, что используется в приемниках глобальных спутниковых навигационных систем.

Геометрическое расстояние r_j^i от метки с координатами (x_0, y_0, z_0) до j -го якоря (x^j, y^j, z^j) в прямоугольной локальной системе координат вычисляется как

$$r_0^j = \sqrt{(x^j - x_0)^2 + (y^j - y_0)^2 + (z^j - z_0)^2}. \quad (1)$$

На практике дальность от метки до якоря измеряется с некой погрешностью, поэтому положение метки можно записать через ее истинные координаты и смещение

$$x_i = x_0 + \Delta x_i, \quad y_i = y_0 + \Delta y_i, \quad z_i = z_0 + \Delta z_i, \quad (2)$$

т. е. в общем случае в момент времени t_i расстояние от метки с координатами (x_0, y_0, z_0) до j -го якоря:

$$\begin{aligned} r_i^j &= f(x_i, y_i, z_i) = \\ &= f(x_0 + \Delta x_i, y_0 + \Delta y_i, z_0 + \Delta z_i). \end{aligned} \quad (3)$$

Для решения навигационной задачи в численном виде уравнение (3) необходимо привести

к линейному виду посредством разложения его в ряд Тейлора до производной первого порядка:

$$r_i^j = f(x_0 + \Delta x_i, y_0 + \Delta y_i, z_0 + \Delta z_i) = f(x_0, y_0, z_0) + \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial x_0} \Delta x_i + \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial y_0} \Delta y_i + \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial z_0} \Delta z_i. \quad (4)$$

Частные производные будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial x_0} &= -\frac{x^j - x_0}{r_0^j}, \\ \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial y_0} &= -\frac{y^j - y_0}{r_0^j}, \\ \frac{\partial f(x_0, y_0, z_0)}{\partial z_0} &= -\frac{z^j - z_0}{r_0^j}. \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда дальность до каждого якоря с известными координатами (x^j, y^j, z^j) в поле зрения метки с искомыми координатами записывается через ее некое начальное положение (x_0, y_0, z_0) и смещение $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i$ относительно начального положения:

$$R^j = r_0^j - \frac{x^j - x_0}{r_0^j} \Delta x_i - \frac{y^j - y_0}{r_0^j} \Delta y_i - \frac{z^j - z_0}{r_0^j} \Delta z_i. \quad (6)$$

В качестве начального положения в этом случае могут выступать либо предполагаемые координаты метки в первой итерации работы алгоритма позиционирования, либо координаты, вычисленные в предыдущей итерации.

Преобразуем выражение (6) к более компактному виду:

$$l^j = R^j - r_0^j = a_{x_i}^j \Delta x_i + a_{y_i}^j \Delta y_i + a_{z_i}^j \Delta z_i. \quad (7)$$

Записывая уравнение (7) для всех якорей в поле зрения метки в данный момент, получим:

$$\begin{bmatrix} l^1 \\ l^2 \\ \dots \\ l^j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{x_i}^1 & a_{y_i}^1 & a_{z_i}^1 \\ a_{x_i}^2 & a_{y_i}^2 & a_{z_i}^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{x_i}^j & a_{y_i}^j & a_{z_i}^j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \\ \Delta z_i \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Или в векторно-матричном виде:

$$\vec{L} = A \vec{X}. \quad (9)$$

В левой части данного уравнения — вектор \vec{L} , состоящий из набора разниц между измеренными дальностями до каждого якоря R_j и посчитанными дальностями относительно начального положения метки r_0^j . В правой части: A — матрица частных производных, и \vec{X} — искомый вектор смещения относительно начальных координат метки (x_0, y_0, z_0) .

Очевидно, что для решения системы уравнений (8) необходимо как минимум три измеренных расстояния до трех якорей с известными координатами. Зачастую в поле радиовидимости метки попадает большее количество якорей, и тогда система уравнений становится переопределенной. В таком случае наиболее простым решением является использование метода наименьших квадратов, согласно которому решение матричного уравнения (9) принимает следующий вид:

$$\vec{X} = (A^T A)^{-1} A^T \vec{L}.$$

Наконец, положение метки в данный момент времени вычисляется по формулам (2).

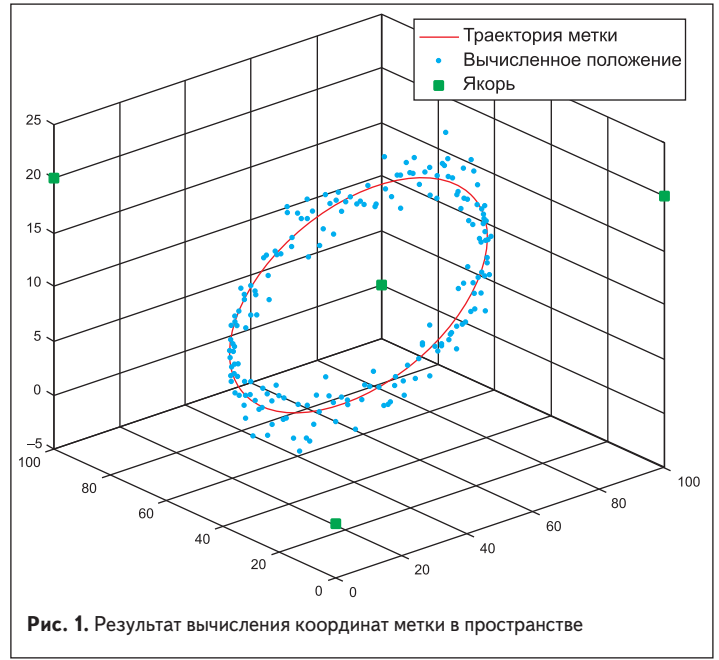


Рис. 1. Результат вычисления координат метки в пространстве

Так называемые факторы снижения точности (DOP factors) находятся из ковариационной матрицы:

$$\Sigma = (A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy}^2 & \sigma_{xz}^2 \\ \sigma_{yx}^2 & \sigma_y^2 & \sigma_{yz}^2 \\ \sigma_{zx}^2 & \sigma_{zy}^2 & \sigma_z^2 \end{bmatrix},$$

которая в случае независимых некоррелированных величин будет диагональной.

$HDOP = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}$ — снижение точности в горизонтальной плоскости.

$VDOP = \sigma_z$ — снижение точности в вертикальной плоскости.

$PDOP = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2)}$ — общее снижение точности по местоположению.

На рис. 1–3 показаны результаты моделирования алгоритма для случая движения метки по замкнутой круговой траектории в пространстве и четырех якорей. Всего используются 200 измерений дальностей, СКО измерения дальности — 1 м.

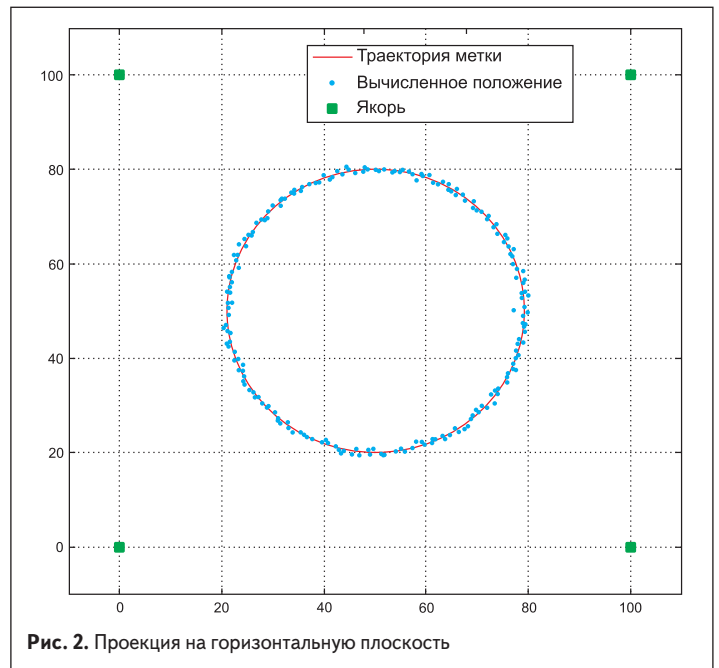


Рис. 2. Проекция на горизонтальную плоскость

По рисункам видно, что точность позиционирования зависит от конфигурации расположения якорей в пространстве. Так, при равномерном распределении якорей в горизонтальной плоскости XY точность определения положения в ней будет выше, чем в вертикальной плоскости, при незначительном разное якорей по оси Z.

Рассмотренный алгоритм обладает невысокой вычислительной сложностью и может быть реализован в различных конфигурациях разворачиваемой локальной системы позиционирования: как при централизованном вычислении координат на сервере, так и в мобильных абонентских узлах на относительно недорогих микроконтроллерах, процессорах и т. п. ■

Литература

1. N. Rahemi, M. R. Mosavi, A. A. Abedi, S. Mirzakuchaki. Accurate Solution of Navigation Equations in GPS Receivers for Very High Velocities Using Pseudorange Measurements. *Advances in Aerospace Engineering*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/435891>.
2. C. A. Ogaja. *Applied GPS for Engineers and Project Managers*. ASCE Press. 2011.
3. B. Dewberry, M. Einhorn. *Indoor Aerial Vehicle Navigation Using UWB Active Two-Way Ranging*.
4. http://nanotron.com/EN/CO_technology.php.
5. <https://www.decawave.com/technology>.

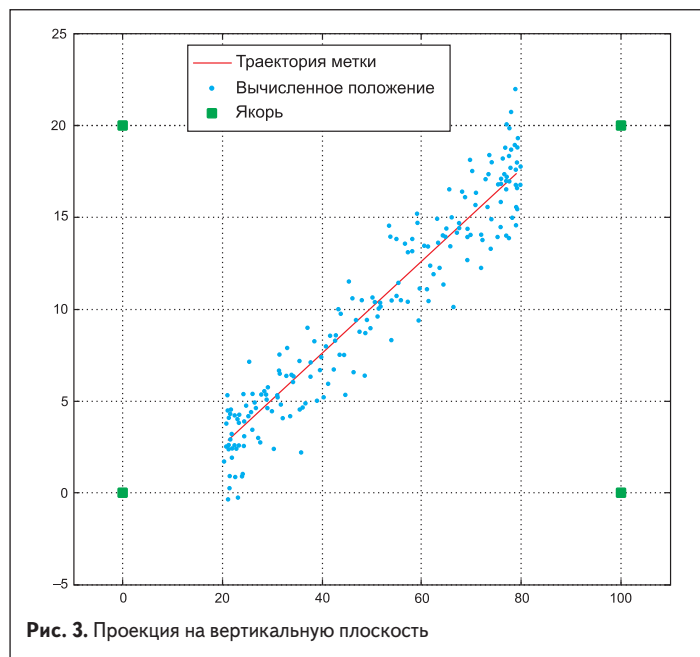
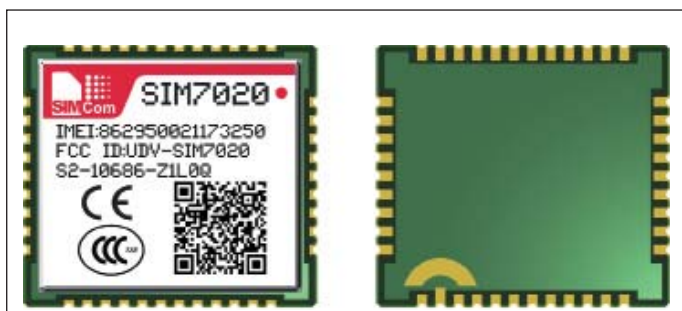


Рис. 3. Проекция на вертикальную плоскость

НОВОСТИ

Миниатюрный многодиапазонный NB-IoT-модуль от SIMCom



Компания SIMCom Wireless Solutions выпустила многодиапазонный модуль NB-IoT SIM7020E. Модуль SIM7020E работает в диапазонах B1/B3/B5/B8/B20/B28 и обеспечивает улучшенное покрытие по сравнению с GSM. SIM7020E построен на чипсете MT2625, что делает его дешевле предшественника — модуля SIM7000E.

В энергосберегающих режимах модуля PSM и eDRX устройство может действовать от батарейки до 10 лет. Кроме того, AT-команды и форм-фактор новинки полностью совместимы с модулем SIM800C, что позволяет сохранить преемственность дизайна.

Технические характеристики SIM7020E:

- Рабочие диапазоны: B1/B3/B5/B8/B20/B28.
- Скорость передачи данных в NB-IoT:
 - до 62,5 кбит/с (выгрузка);
 - до 26,15 кбит/с (скачивание).
- Интерфейсы: UART, GPIO, ADC, Netlight, PSM EINT, Reset.
- Энергопотребление: PSM (Power Saving Mode): 5 мкА.
- Диапазон напряжения питания: 2,1–3,6 В.
- Диапазон рабочих температур: –40...+85 °С.
- Размеры: 17,6×15,7×2,3 мм.
- Вес: 1,3 ± 0,2 г.

Модуль SIM7020E сконструирован для M2M-решений. Рекомендуется использовать в электро-, водо- и газосчетчиках, промышленной телеметрии, E-health, POS-терминалах, удаленном мониторинге объектов, телемедицине и т. д.

www.macrogroupp.ru

Компании «КВЕСТ» и «Вега-Абсолют» подписали дилерское соглашение о поставках продукции для сетей LoRaWAN

Компании «КВЕСТ» и «Вега-Абсолют» (Новосибирск) объединяют усилия по продвижению готовых решений на базе технологии LoRaWAN, включающих оконечные устройства, базовые станции, а также серверное и клиентское программное обеспечение.

В основе принципа передачи данных по технологии LoRaWAN на физическом уровне лежит одно из свойств радиосистем, а именно увеличение дальности связи при уменьшении скорости передачи. LoRaWAN-сеть использует топологию «звезда», где каждое устройство взаимодействует с базовой станцией напрямую. Сети городского или регионального масштаба строятся с использованием конфигурации «звезда из звезд».

Устройство с LoRaWAN-модулем передает данные по радиоканалу на базовую станцию. Станция принимает сигналы от всех устройств

в радиусе своего действия, оцифровывает и направляет на удаленный сервер, используя доступный канал связи (в частности, Ethernet). Полученные на сервере данные применяются для отображения, анализа, построения отчетов и принятия решений. Управление устройствами происходит с помощью обратного канала связи. Для передачи данных по радиоканалу имеется нелицензируемый спектр частот, разрешенных к свободному употреблению в регионе построения сети (например, 864–865 МГц).

Оконечные устройства, выпускаемые компанией «Вега-Абсолют», могут использоваться в ЖКХ для беспроводного сбора показаний с приборов учета, стать частью систем охраны зданий и помещений, а также отслеживать и корректировать нагрузки любых систем освещения, отопления, блокировки и т. п. Благодаря высокой чувствительности приемника и применению модуляции LoRa обеспечивается устойчивая связь на расстоянии до 5 км в городских условиях при плотной застройке и до 15 км в зоне прямой видимости.

www.icquest.ru

МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН № 75
23-26 ОКТЯБРЯ 2018

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

INTERPOLITEX



СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА



WWW.INTERPOLITEX.RU

ОРГАНИЗАТОРЫ



МВД РОССИИ



ФСБ РОССИИ



РОСГВАРДИЯ

ОРГАНИЗАТОР
ВЫСТАВКИ «ГРАНИЦА»



ПС ФСБ РОССИИ

ЭКСПОНЕНТ-КООРДИНАТОР
ОТ МВД РОССИИ



ФКУ «НПО «СТИС»
МВД РОССИИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
УСТРОИТЕЛЬ



ЗАО «ОВК «ЕМЗОН»

TSN:

конвергентные сети для улучшения работы IIoT

Чтобы получить максимальную отдачу от внедрения концепции индустриального «Интернета вещей», необходима слаженная работа информационных и технологических сетей предприятия, управляющих производственными процессами. Облегчить реализацию этого требования могут сети с синхронизацией по времени.

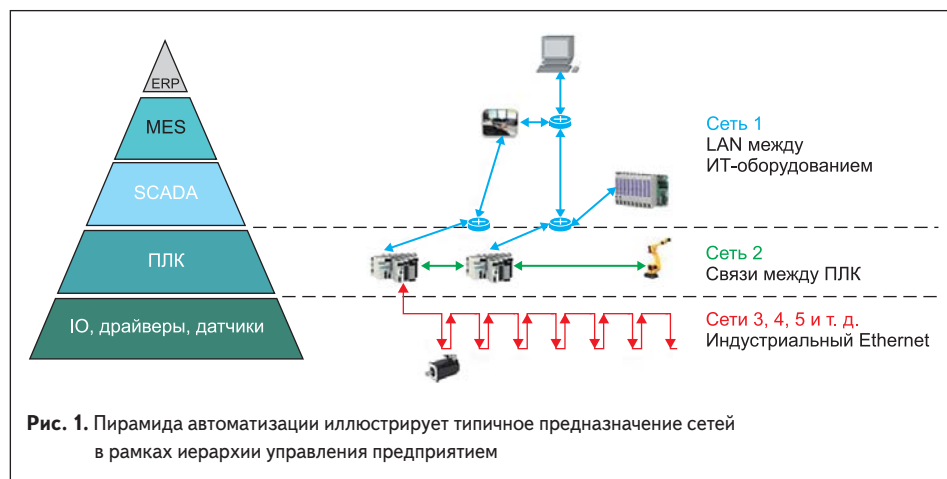
Адам Тейлор (Adam Taylor)
Майкл Запке (Michael Zapke)
Перевод: Владимир Рентюк

Внедрение индустриального «Интернета вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT), безусловно, порождает определенную долю проблем, одной из которых является конвергенция сетей чисто информационных технологий (Information Technology, ИТ) и сетей операционных технологий (Operational Technology, ОТ), управляющих технологическими процессами на предприятии. В настоящее время эти сети зачастую существуют сами по себе и функционируют раздельно. При этом выделенные шлюзы обеспечивают им ограниченную связь в каждом направлении. Однако для использования киберфизических систем¹ они должны тесно контактировать, работать в тандеме, как единое целое.

Как известно, текущая архитектура управления средствами промышленной автоматизации является иерархической. Здесь приложения, ответственные за планирование ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP²), находятся на самом высоком уровне и обеспечивают интегрированное управление и автоматизацию бизнес-процессов, вплоть до автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами (Manufacturing Execution System,

MES³), которые контролируют непосредственно сам производственный процесс. Здесь задачи автоматизации выполняют программируемые логические контроллеры (ПЛК). Для этого они используют подключенные в сеть устройства, такие как электроприводы, различные датчики или устройства входа/выхода (I/O), которые находятся на самом низком уровне в иерархии. Эти уровни в целом часто называют «Пирамидой автоматизации» (рис. 1), представляющей все множество устройств нижних уровней и высокопроизводительные компьютерные системы в ее верхней части. Сами слои или, как их еще называют, уровни пирамиды иллюстрируют ступени в рамках этой сложной иерархии.

Различные уровни в рассматриваемой пирамиде имеют и разные требования к сети. В то время как более высоким уровням требуется более высокая пропускная способность и гибкие сетевые топологии, нижние уровни нуждаются в детерминированном поведении и возможности передачи выборок данных в постоянные интервалы времени с низкой вариацией времени задержки передаваемых пакетов данных. Это и приводит к созданию нескольких отдельных сетей, которые работают бок о бок.



¹ Киберфизическая система — это специализированная вычислительная система, имеющая физические средства взаимодействия, например электрические, химические, оптические, механические, биологические и т. п., с объектом контроля и управления.

² ERP подразумевает планирование и управление ресурсами предприятия на уровне производственных процессов, например полное планирование ресурсов, управления и оптимизации, начиная с поступления заказа и заканчивая поставкой продукции.

³ MES — класс автоматизированных систем, предназначенных для контроля и оптимизации производственной деятельности предприятий. В иерархии управления MES занимают промежуточный уровень между ERP-системами и АСУ ТП.

Рассматриваемая в данной статье конвергентная сеть будет решать сразу несколько проблем, которые в настоящее время присутствуют в имеющейся на текущий момент разрозненной сетевой архитектуре:

- Достижение большей прозрачности: все данные из всех ступеней в иерархии могут быть доступны для каждого элемента на предприятии.
- Сокращение и упрощение сетевого планирования: более гибкие топологии позволяют упростить внесение изменений.
- Снижение капитальных затрат: сокращение числа кабелей; уменьшение количества шлюзов между сетями с различными протоколами.
- Уменьшение эксплуатационных расходов: сокращение затрат на обслуживание и администрирование сети.
- Более широкая полоса пропускания: благодаря устранению ограничения на скорость передачи данных сети.
- Оптимизация для M2M (межмашинного взаимодействия): сеть уже готова для взаимодействия между машинами с общей моделью данных, например OPC UA⁴, в рамках всего предприятия.

Эта конвергенция обеспечивается технологией Time Sensitive Networking (TSN), подразумевающей в своей основе времячувствительную сеть. TSN представляет собой развитие стандартов группы IEEE 802.1 и обеспечивает очень строгую синхронизацию и детерминированную связь по Ethernet между участниками распределенной сети без каких-либо дополнительных соединений, сохраняя тем самым в рамках одной и той же сети максимальные преимущества в части коммуникации. С этой целью TSN вводит разные классы трафика, которые используют одну и ту же линию связи. Конфигурация сети TSN резервирует ресурсы для потоков с детерминированными временными характеристиками. Таким образом, она позволяет реализовать одну общую сеть, поддерживающую несколько стандартов связи.

Такая сеть, по сравнению со стандартным Ethernet, открывает широкие возможности для целого ряда улучшений. Как известно, стандартная связь Ethernet по своей природе не зависит от времени. Здесь данные распределяются по всей ширине полосы пропускания канала связи пакетами, поставленными в очередь для их передачи. TSN согласовывает информацию о времени с запланированным трафиком при настроенных временных смещениях, организовывая передачу циклическими интервалами. Это реализуется расписанием (временным графиком) передач, сформированным контроллером сетевой конфигурации. Дальнейшие функции TSN включают фильтрацию и контроль объемов трафика в сети для потоков TSN, бесшовное сокращение (избыточность)⁵ и поддержку циклической передачи данных, а также обеспечивают приоритетное прерывание обслуживания при поступлении пакетов с более высоким назначенным приоритетом.

Как уже было сказано, технология TSN определяется набором стандартов IEEE 802.1, которые определяют ее имплементацию (табл.).

Таблица. Стандарты IEEE TSN

Стандарты IEEE и проекты	Наименование	Преимущества для пользователя
IEEE 802.1AS (переход на P802.1ASrev)	Network Time Synchronization (Тактирование и синхронизация, протокол точного времени)	Все узлы сети обслуживаются одновременно.
IEEE 802.1Qbv	Scheduled Traffic (Формирование временных меток)	Наличие графика раздачи Ethernet-кадров устраняет коллизии.
IEEE 802.1Qci	Filtering & Policing (Политика входа на основе временных меток)	Удаляет перегруженность и помехи в сети (повышение безопасности).
P802.1CB	Seamless Reluctance (Бесшовное сокращение, копирование и ликвидация кадра для повышения надежности)	Переключение между протоколами без потерь данных.
P802.1Qcc	Stream Reservation (Расширенный протокол резервирования потока)	Предоставление маршрута согласно правилам протоколов IEEE.
IEEE 802.1Qbu и IEEE 802.3br	Frame Pre-emption (Приоритетное прерывание кадра)	Максимальная полоса пропускания канала в реальном времени без компромиссов.

По состоянию на сентябрь 2017 г. четыре из этих стандартов приняты, а остальные по-прежнему находятся на различных этапах реализации в группах по разработке технического задания и в рабочих группах.

Протоколы указанных в таблице стандартов реализуются через физический уровень Ethernet (IEEE 802.3 Physical layer) и поддерживают звездообразные, цепные, кольцевые и смешанные топологии. При этом они не ограничиваются конкретной скоростью передачи данных. Индустриальные приложения будут использоваться в основном скоростью передачи данных 100 Мбит/с и 1 Гбит/с. Таким образом, TSN обеспечивает конвергенцию между ИТ- и ОТ-сетями. Межсетевая конвергенция, как уже было сказано выше, сокращает общие затраты на реализацию сети, что значительно снижает также стоимость ее использования и текущего обслуживания.

Имплементация технологии TSN

Для правильной реализации всех преимуществ технологии TSN требуется решение, которое может обеспечить малую задержку и детерминированный ответ в конечных точках сети и мостах TSN. Эту задачу могут решать многие приложения. Как правило, применяется метод комбинирования процессора и программируемой логики архитектуры FPGA (Field Programmable Gate Array), которые подключены по высокоскоростному каналу, например PCIe. Однако такое двухчиповое решение не только увеличивает занимаемое пространство на плате, но и повышает энергопотребление, увеличивает время разработки и стоимость. Оно также не позволяет выполнить разработку целостного, полностью интегрированного решения. Кроме того, разделение решения между двумя устройствами увеличивает сложность его тестирования и конечной верификации.

Чтобы избежать этих проблем, разработчики таких сетей для реализации своих решений выбирают альтернативные варианты, а именно — использование FPGA Zynq-7000 и Zynq UltraScale+ MPSoC, которые представляют собой полностью программируемые системы на кристалле (SoC). Эти устройства объединяют в себе систему обработки (Processing System, PS) и программируемую логику (Programmable Logic, PL) и предназначены для реализации приложений сбора, управления и обработки данных. Они обеспечивают:

- возможность взаимодействия и управления широким спектром датчиков, исполнительных механизмов, двигателей и других интерфейсов конкретного приложения;
- возможность реализации комплексной обработки на границе сети, например машинного обучения, слияние данных датчиков (объединения данных с множества датчиков с целью снижения неопределенности по сравнению с индивидуальным использованием данных каждого датчика), обработку изображений и аналитику в реальном времени;
- масштабируемость в отношении числа сетевых интерфейсов;
- обеспечение безопасности и способности устройства и системы быть надежными с точки зрения обеспечения передачи и обмена информацией, защиты от несанкционированного доступа и достоверности.

Устройства Zynq также поддерживают любое взаимодействие и возможность объединения PS и PL.

Если посмотреть более пристально на SoC, предлагаемые компанией Xilinx, то они включают в себя подсистему TSN IG/100M LogiCORE IP, которая состоит из логики FPGA для MAC, мост и конечную точку TSN. Решение TSN с выделенными логическими ресурсами гарантирует, что временное поведение такой системы будет строго детерминировано.

Программное обеспечение, которое работает в области PS, предназначено для сетевой синхронизации, инициализации и взаимодействия с контроллерами сетевой конфигурации для целей резервирования потока. Программное обеспечение предназначено для работы на PetaLinux (дистрибутив Linux, поддерживаемый компанией Xilinx) и будет опубликовано для сборок Yocto⁶.

LogiCORE IP также имеет дополнительный интегрированный коммутатор уровня 2 (L2-switch) с синхронизацией по времени, который без выделения другого порта на внешнем коммутаторе TSN создает цепочку или топологию

⁴ OPC UA — спецификация, определяющая передачу данных в промышленных сетях и взаимодействие устройств в них.

⁵ Бесшовное сокращение — см. EC 62439-3-2016 Industrial communication networks - High availability automation networks — Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR) - Edition 3.0 («Промышленные сети связи. Высоконадежные сети автоматизации. Часть 3: Параллельный протокол резервирования (PRP)» и «Высокая доступность — бесшовное сокращение (HSR). Выпуск 3.0»), действует в РФ.

⁶ Yocto Project — это совместный проект с открытым исходным кодом, используемый для разработки шаблонов, инструментов и методов для создания специальных дистрибутивов Linux для встраиваемых систем на базе различных аппаратных архитектур. Само же слово «yocto» означает наименьшую единицу измерения в системе СИ, равную 10⁻²⁴.

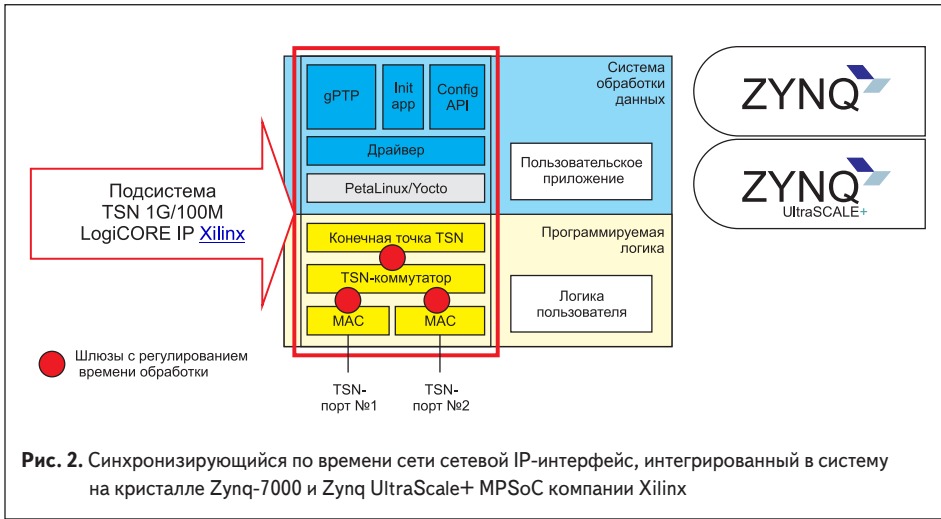


Рис. 2. Синхронизирующийся по времени сети сетевой IP-интерфейс, интегрированный в систему на кристалле Zynq-7000 и Zynq UltraScale+ MPSoC компании Xilinx

дерева, требуемую во многих промышленных приложениях. Для бесшовной избыточности (протокол P802.1CB) также может потребоваться еще и дополнительный порт. Перед синтезом, с полным IP (рис. 2), пользователь может свободно конфигурировать систему исходя из того, должен ли быть интегрирован коммутатор или нет.

После завершения разработки ядро TSN IP обеспечивает отдельные порты потоковой передачи AXI для каждого класса трафика, при этом поддерживаются плановый трафик, зарезервированный трафик и привилегиро-

ванный трафик с максимальной поддержкой. Потоковые порты AXI подключаются к инфраструктуре, которая представлена в среде проектирования Vivado Design Suite от Xilinx. А для конфигурации блоков TSN используется интерфейс AXI Lite.

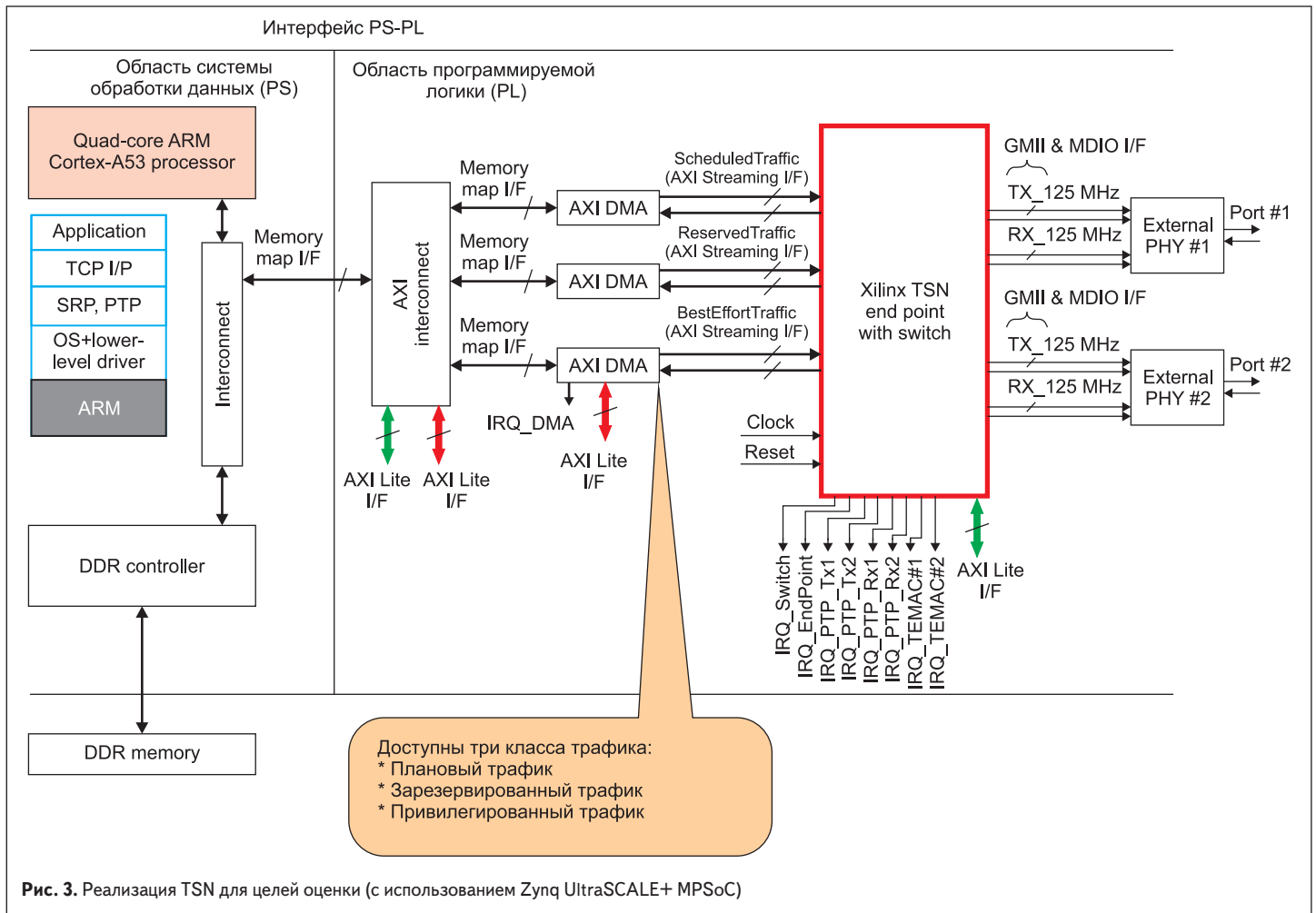
Полностью готовая к использованию и имплементации для целей оценки система включает в себя прямой доступ к памяти (DMA) отдельно для каждого из классов трафика. Система оценки, представленная на рис. 3, может использоваться для проверки поведения компонентов Xilinx как самостоятельно, так и в сочетании с обо-

рудованием сторонних производителей или с анализаторами протоколов.

Поскольку область PL является достаточно гибкой, она также предоставляет возможности обновлять ядро IP, как того требуют стандарты TSN, а также по результатам тестирования на соответствие специфическим требованиям конкретного сегмента рынка. В отличие от использованного подхода устройства с фиксированными аппаратными реализациями, например пользовательские ASIC (интегральная схема, специализированная для решения конкретной задачи) и стандартные приложения для конкретных приложений или ASSP (стандартная интегральная схема, ориентированная на конкретное приложение), не имеют возможности вводить функциональные изменения в эволюцию TSN.

Чтобы продемонстрировать возможности ядра TSN IP в действии, Xilinx создала демонстрационное приложение для обеих плат разработки ZCU102 и ZC702. Подключение двух этих плат (рис. 4) позволяет передавать и получать сетевой трафик, что дает возможность проверить функционирование и выполнить валидацию TSN-сети.

С целью облегчения проектирования и имплементации TSN консорциум промышленного Интернета (Industrial Internet Consortium, IIC), членом которого является Xilinx, предлагает специальный стенд. Данное оборудование предназначено для тестирования сетей технологии TSN, с его помощью компании могут проводить



Доступны три класса трафика:
 * Плановый трафик
 * Зарезервированный трафик
 * Привилегированный трафик

Рис. 3. Реализация TSN для целей оценки (с использованием Zynq UltraSCALE+ MPSoC)

проверку ее совместимости с оборудованием от различных поставщиков, а также тестирование высокопроизводительных и критичных к задержкам передачи и обработки информации приложений. Это тестирование может происходить как в официальном порядке, так и на одном из двух постоянных испытательных стендов, расположенных в США или Европе.

Заключение

Для того чтобы имплементировать развертывание киберфизических систем в рамках «Индустрии 4.0» и IIoT, необходимо обеспечить конвергенцию между ИТ- и промышленными OT-сетями. В этом плане предлагаемая технология TSN позволяет сблизить эти сети, обеспечивая тем самым значительные преимущества в отношении сетевого подключения, масштабируемости, стоимости развертывания и обслуживания таких сетей. ■

Оригинал статьи опубликован на сайте www.electronicdesign.com

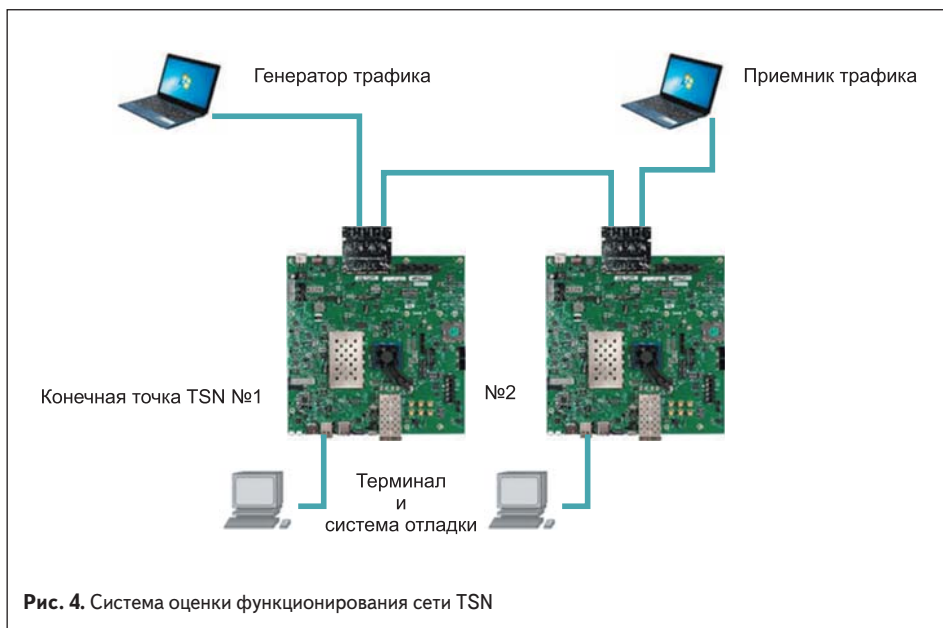


Рис. 4. Система оценки функционирования сети TSN

НОВОСТИ

Контроллер беспроводных передатчиков энергии TS80003 семейства LinkCharge от Semtech



Корпорация Semtech представила контроллер TS80003 — старшую модель линейки беспроводных передатчиков энергии, обладающую всем необходимым функционалом для реализации высокоэффективной системы беспроводной зарядки.

Контроллер TS80003 способен обеспечить 1–100 Вт выходной мощности при работе с одной (по умолчанию) или несколькими катушками индуктивности, имеет широкий диапазон входных напряжений (5–24 В) и рабочих частот (100–205 кГц), а также меньшую стоимость по сравнению с ближайшим аналогом от Semtech (TS80000). Поддерживает стандарты Qi (версия 1.2.2), AirFuel Inductive (бывший PMA) и AirFuel Resonant (бывший A4WP). Изготавливается в стандартном планарном корпусе QFN-40 размерами 5×5 мм, диапазон рабочих температур –40...+105 °С, напряжение питания 1,8–5,5 В.

К основным функциям контроллера TS80003 относятся:

- Генерация сигналов ШИМ с настраиваемой частотой, коэффициентом заполнения и фазовым сдвигом для управления MOSFET-драйверами (TS61001/TS61002) и дальней-

шей регулировки величины передаваемой мощности.

- Обнаружение и демодуляция сигналов обратной связи в соответствии с применяемым стандартом.
- Обнаружение посторонних предметов в зоне действия передающей катушки, а также защита от превышения температуры, напряжения и тока через нее.
- Периодическое детектирование наличия входных напряжений с целью уменьшения потерь мощности в статическом режиме (энергопотребление при этом не превышает 300 мВт). Порог обнаружения задается при помощи обычного делителя напряжения либо программным способом посредством UART.

www.icquest.ru

Контроллер управления передающими катушками TS80002 от Semtech для беспроводной зарядки



Корпорация Semtech объявила о начале серийных поставок контроллера передатчика энергии TS80002 из своего семейства LinkCharge, включающего как отдельные микросхемы различного функционального назначения, необходимые для реализации системы беспроводной зарядки, так и готовые устройства.

Основу системы беспроводной зарядки Semtech составляют специализированные контроллеры передатчика и приемника энергии, работающие совместно с микросхемами управления электропитанием (обязательными и вспомогательными), драйверами транзисторов, передающими и приемными контурами. В настоящее время компания Semtech предлагает различные конфигурируемые микросхемы контроллеров передатчиков, отличающиеся, прежде всего, набором и параметрами пери-

ферийных узлов и вариантом конструктивного исполнения.

Микросхема TS80002, упрощенный вариант контроллера TS80000, позиционируется для маломощных применений до 5 Вт. Она характеризуется миниатюрными размерами (20-выводный QFN-корпус габаритами 3×3 мм) и применяется, как правило, в связке с драйвером TS51231.

Функционально содержит 10-битный АЦП, три таймера общего назначения (один 8- и два 16-битных), сторожевой таймер, четыре конфигурируемых цифровых вывода. В качестве интерфейса связи используется I²C. Рекомендуемый диапазон напряжений питания 2,95–5,5 В, тактовая частота 16 МГц.

www.icquest.ru

Система автоматизированного тестирования программного обеспечения роутеров iRZ

Линейка роутеров iRZ непрерывно расширяется и оптимизируется — происходят обновления как в аппаратной, так и в программной части уже имеющихся моделей. В связи с большим объемом изменений при взаимодействии разных типов устройств часто возникают ошибки, вызванные несовместимостью программного обеспечения. Во избежание таких ситуаций необходимо проводить предварительное тестирование работоспособности ПО всех роутеров.

Полина Панчук

Тестирование может выполняться двумя способами: вручную на лабораторных стендах и автоматически. Учитывая большой объем происходящих изменений, первый способ нерентабелен, поскольку требует значительных временных и человеческих ресурсов. Поэтому для оптимизации процесса была разработана система автоматизированного тестирования программного обеспечения роутеров iRZ.

Составляющие системы тестирования: управляющий сервер (работает на основе ОС GNU/Linux), промежуточный коммутатор и тестируемые роутеры iRZ (рис. 1).

CFDI-агент — специальная программа, которая занимается тестированием ПО и сбором полученных в результате этого данных. CFDI-агент создает Linux-контейнеры для каждого

тестируемого роутера iRZ. Linux-контейнер — изолированная копия операционной системы Linux, взаимодействующая с роутером iRZ для проведения тестов независимо от других роутеров и контейнеров. Для масштабирования всей системы Linux-контейнеры можно вынести на отдельный сервер.

Для работы стенда необходимо объединение всех его элементов в одну общую физическую сеть. Для этой цели служит промежуточный коммутатор, имеющий возможность создания на нем VLAN (Virtual Local Area Network) — логической («виртуальной») локальной компьютерной сети, представляющей собой группу хостов, объединенных в одну сеть на программном уровне. Таким образом, внутри одной физической локальной сети может быть несколько логических локальных сетей,

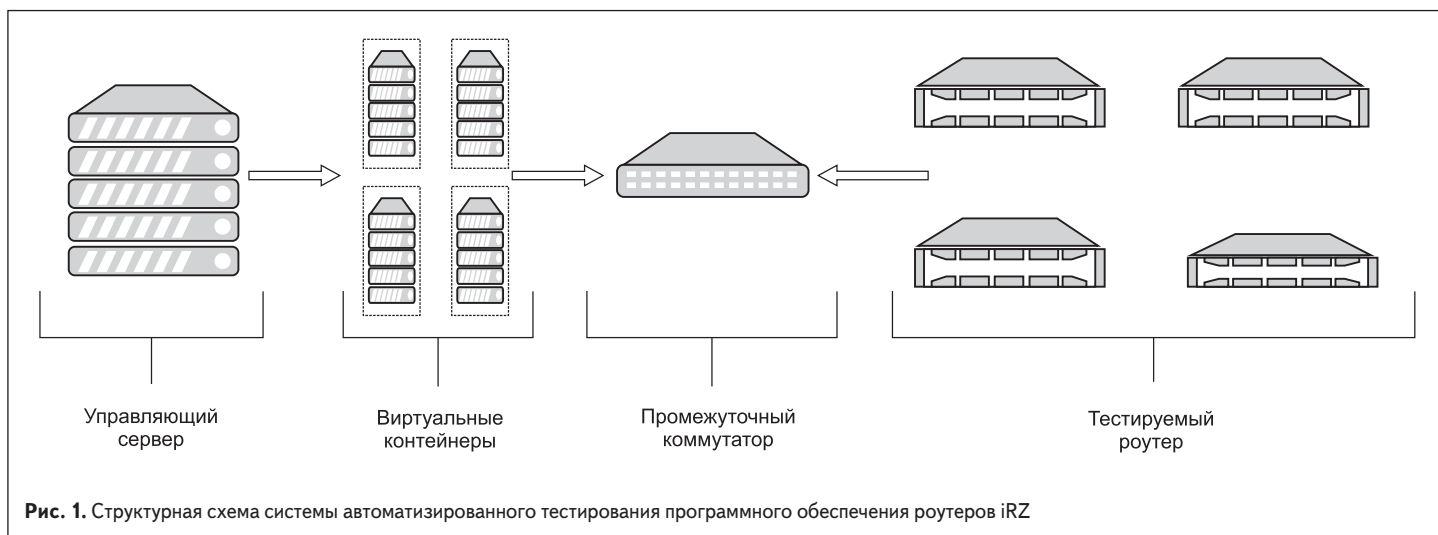


Рис. 1. Структурная схема системы автоматизированного тестирования программного обеспечения роутеров iRZ

которые не могут напрямую взаимодействовать друг с другом. Данная технология необходима для изолированного тестирования каждого из роутеров iRZ. В такую сеть объединяются Linux-контейнер и тестируемый iRZ-роутер. Управление таким коммутатором CFDI-агент осуществляет по протоколу SSH.

CFDI-агент оснащен современным веб-интерфейсом, через который осуществляется весь процесс настройки и запуска тестирования (рис. 2).

В соответствии с заданными тестовыми параметрами CFDI-агент самостоятельно настраивает тестируемые роутеры iRZ. Данная процедура выполняется посредством протокола HTTP через служебную программу, имеющую свой URL, — это позволяет параллельно проводить тестирование работы веб-интерфейса роутера. Управление роутерами осуществляется через Ethernet-порты, таким образом также происходит тестирование их работоспособности.

В настоящее время с помощью данной системы может быть реализовано тестирование ПО только роутеров серии R4. Набор функциональных возможностей, доступных для тестирования, включает:

- работоспособность последовательных портов RS-232 и RS-485;
- работоспособность виртуального коммутатора VRRP;
- работоспособность сервера DHCP;
- работоспособность веб-интерфейса;
- работоспособность Ethernet-портов;
- работоспособность протокола SNMP;
- добавление DNS-серверов;

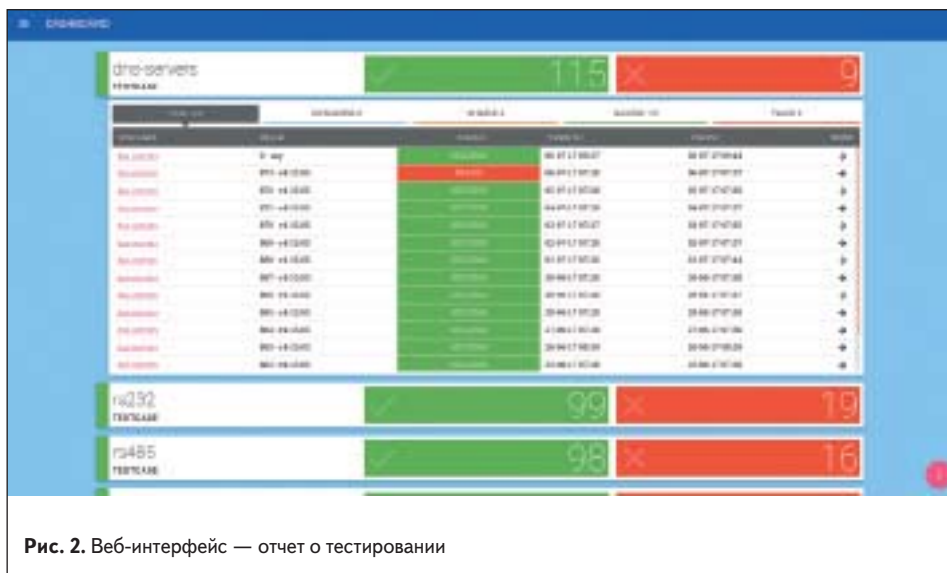


Рис. 2. Веб-интерфейс — отчет о тестировании

- создание GRE-тоннелей;
- создание статических маршрутов;
- создание OpenVPN-тоннелей;
- фильтрация по MAC-адресу;
- работоспособность Wi-Fi.

В данный момент отсутствует возможность тестирования GPIO-интерфейсов, чтения и выполнения команд по SMS, настройки работы SIM-карт с различными операторами и APN, смены WAN-интерфейсов.

В дальнейшем планируется расширение набора функциональных возможностей роутеров, доступных для тестирования системы, а также добавление разграничения прав

доступа к системе, процедуры авторизации и аутентификации.

В заключение можно сказать, что представленная система является масштабируемой и гибкой, благодаря чему она имеет большие перспективы развития. Автоматизированный режим тестирования позволяет оптимизировать данный процесс — снизить операционные затраты, исключить человеческий фактор, а также делает возможным оперативный выпуск кастомизированных прошивок, прошедших контроль качества и соответствующих заявленным как функциональным, так и нефункциональным требованиям. ■

НОВОСТИ

Счетчик импульсов с двумя выходами ВЕГА СИ-12 от «Вега-Абсолют» для сетей LoRaWAN



Компания «Вега-Абсолют» представила счетчики импульсов ВЕГА СИ-12, предназначенные для снятия показаний с приборов учета и передачи этих данных в сеть стандарта LoRaWAN на частотах 860–1000 МГц.

Счетчик импульсов ВЕГА СИ-12 может быть использован на любых приборах учета коммунальных ресурсов и в промышленном обо-

родовании с импульсным выходом, таких как водосчетчики, электросчетчики и теплосчетчики. Кроме того, устройство ВЕГА СИ-12 применяется в качестве охранного блока — все его входы могут быть настроены на использование в качестве охранных.

ВЕГА СИ-12 имеет 10 контактов. Импульсные входы счетчика позволяют подключать цепи со следующими типами замыкающих контактов: геркон, механическая кнопка и «открытый коллектор». Он имеет два дискретных выхода типа «открытый коллектор» и может действовать в качестве устройства управления.

Счетчик импульсов ВЕГА СИ-12 оснащен алгоритмом антидребезга с постоянной времени 5 мс. Подсчет импульсов осуществляется для частот до 200 Гц. Элементом питания для счетчика служит встроенная батарея емкостью 3400 мА·ч, рассчитанная на срок службы до 10 лет при передаче данных один раз в сутки. В отличие от представленного ранее компанией «Вега-Абсолют» LoRaWAN-модема ВЕГА СИ-11, ВЕГА СИ-12 может работать и от внешнего источника питания с напряжением 5 В.

Счетчик импульсов ВЕГА СИ-12 может быть окончательным устройством класса А или класса С

(по классификации LoRaWAN) и обеспечивает следующий функционал:

- автоматическая смена класса с А на С при подключении внешнего питания;
- поддержка ADR (Adaptive Data Rate);
- поддержка отправки пакетов с подтверждением (настраивается);
- снятие показаний с четырех независимых входов одновременно;
- два режима работы: «активный» и «склад» (особый режим, предназначенный для хранения и транспортировки данных);
- возможность переключения входов в режим «охранный» для подключения внешних датчиков протечки, охранных датчиков и т. д.;
- хранение архивов показаний для каждого канала;
- привязка текущих и архивных показаний к внутреннему времени устройства;
- внеочередной выход на связь при срабатывании охранных входов;
- измерение температуры;
- измерение заряда встроенной батареи в %.

www.icquest.ru

Диагностика качества работы беспроводных устройств стандарта BLE

Проверка эксплуатационных характеристик устройств стандарта BLE может быть трудной задачей из-за особенностей их корпусного исполнения, но новые методы «эфирных» измерений помогают успешно решать эту задачу — в частности, измерять коэффициент пакетных ошибок и чувствительность приемника. В статье рассматриваются новые методики измерения, разработанные специально для определения величины ошибок в системе BLE OTA при приеме/передаче.

Аллен Хенли (Allen Henley)

Перевод: Артем Вахитов

Стандарт Bluetooth Low Energy (BLE) стремительно становится одной из наиболее широко применяемых технологий беспроводной связи. Среди прочего, он находит применение в таких областях, как слежение за активами, мониторинг физической активности, геолокация и телеметрия. Часто устройства стандарта BLE имеют миниатюрные размеры и усиленную конструкцию, а во многих случаях полностью заключены в герметичный корпус, защищающий их от воздействия внешних факторов. Таким образом, особенности их корпусного исполнения ставят трудную задачу перед конструкторами и испытателями: как проверить эксплуатационные характеристики радиочастотной части, не подключаясь к радиочастотным или цифровым цепям?

«Эфирные» испытания — один из способов решения этой задачи, позволяющий быстро измерять параметры качества работы передатчиков и приемников. Передатчик и приемник одинаково важны, но проверка таким способом эксплуатационных характеристик приемника стандарта BLE представляет особую трудность

и требует разработки новых методов измерения. В статье исследуются новые методы «эфирных» измерений, специально разработанные для определения коэффициента пакетных ошибок (Packet Error Rate, PER) и чувствительности приемника устройств стандарта BLE.

Две основные проблемы, решаемые «эфирными» испытаниями

Проблема № 1

Обычно при «не-эфирных» испытаниях для управления испытуемым устройством (ИУ) к нему подключаются через цифровой интерфейс, например UART или USB. Для испытаний приемника устройство переводится в режим приема пакетов, после чего испытательная система передает известное число пакетов, а затем устройству направляется запрос о том, сколько пакетов было успешно принято. По этой информации испытательная система рассчитывает коэффициент пакетных ошибок (PER) — принятый в отрасли количественный показатель качества работы приемника. При «эфирных» испытаниях отсутствует прямая проводная связь с устройством, поэтому требуется новый метод, который бы позволял узнать, приняты ли пакеты надлежащим образом.

Решение № 1

Чтобы рассчитывать PER без проводного подключения, система для «эфирных» испытаний должна использовать стандартные сообщения эфирного протокола BLE и по ним определять, приняты пакеты или нет. Устройства стандарта BLE ведут передачу на трех конкретных частотах оповещения, рассредоточенных в диапазоне 2,4 ГГц.

Каждый раз после того, как устройство с приемником передает пакет оповещения (Advertising), оно в течение короткого периода времени прослушивает эфир на предмет стандартного сообщения BLE под названием

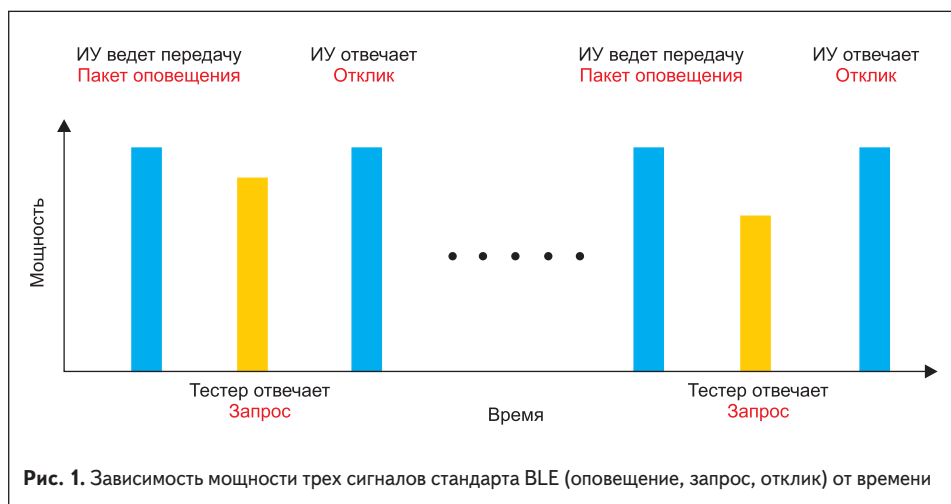


Рис. 1. Зависимость мощности трех сигналов стандарта BLE (оповещение, запрос, отклик) от времени

Scan_Request (запрос в режиме активного сканирования). Это сообщение обычно передают расположенные поблизости устройства, которым требуется связаться с источником оповещения. Если источник оповещения получает сообщение Scan_Request, он отвечает на него сообщением Scan_Response (отклик в режиме активного сканирования). Этот процесс схематически изображен на рис. 1. Источник оповещения передает пакет оповещения (показан синим цветом). За ним следует сообщение Scan_Request от расположенной поблизости станции (показано оранжевым цветом), на которое источник оповещения отвечает сообщением Scan_Response (показано синим цветом, как и пакет оповещения).

Этот обмен сообщениями происходит при нормальной работе устройств стандарта BLE, и система для «эфирных» испытаний пользуется им, чтобы измерять PER. В ходе испытания приемника ИУ передает оповещение, испытательная система отвечает сообщением Scan_Request, а затем ИУ, если оно получило пакет, подтверждает его получение сообщением Scan_Response. Испытательная система ведет учет отправленных сообщений Scan_Request и полученных сообщений Scan_Responses. По этой информации рассчитывается PER приемника.

Для измерения чувствительности испытательная система подбирает такой уровень радиосигнала, при котором достигается определенное значение PER. Этот уровень, называемый чувствительностью приемника, служит распространенным показателем качества приемника. Метод с использованием пакетов оповещения, сообщений Scan_Request и сообщений Scan_Response реализован в «эфирном» тестере устройств стандарта BLE и обеспечивает точное определение PER и чувствительности приемника без непосредственной проводной связи с ИУ.

Проблема № 2

Технология BLE характеризуется низкими скоростями передачи данных по сравнению с другими распространенными технологиями беспроводной связи, например Wi-Fi или сотовой связью. При испытаниях приемников требуется передавать большое число пакетов, чтобы результаты измерений были статистически значимыми и точными.

Соответственно, ввиду низких скоростей передачи данных испытания приемников стандарта BLE на производстве будут занимать слишком много времени, из-за чего существенно повысится себестоимость. Разумеется, это неприемлемо, поэтому возникает вторая проблема: необходим новый метод измерения, позволяющий точно определять PER по значительно меньшему числу пакетов, чем принято в традиционных методах определения этого параметра.

Решение № 2

Чувствительность приемника обычно определяется путем измерения в некотором диапазоне уровней радиосигнала. Организация Bluetooth SIG (Special Interest Group), ведающая стандартизацией технологии Bluetooth, предписывает

измерять чувствительность приемника по 1500 пакетам. Если применять описанный выше метод оповещения, у типичного устройства стандарта BLE уйдет несколько минут на передачу такого количества пакетов при каждом установленном значении уровня радиосигнала. В предположении, что измерение производится при нескольких значениях уровня, весь цикл определения чувствительности может занять более 10 мин.

Это явно неприемлемо во многих случаях, поэтому нужен новый, более быстрый метод. Решить эту проблему можно, применив в системе для «эфирных» испытаний алгоритм быстрого определения кривой распределения PER. Этот т. н. «метод быстрого определения PER» позволяет за короткое время найти уровень сигнала, при котором PER равняется 50%.

Испытание по методу быстрого определения PER начинается с того, что тестер передает одиночный пакет (Scan_Request) при произвольном значении уровня радиосигнала. Если этот пакет принимается, уровень радиосигнала понижается, и следующий пакет передается на этом пониженном уровне. Если этот пакет не принимается, уровень радиосигнала повышается, и следующий пакет передается на этом повышенном уровне. Используя интеллектуальный алгоритм корректировки шага изменения уровня радиосигнала и запоминая, на каких уровнях пакеты принимались, а на каких нет, можно быстро и точно построить кривую распределения коэффициента пакетных ошибок по минимальному числу пакетов.

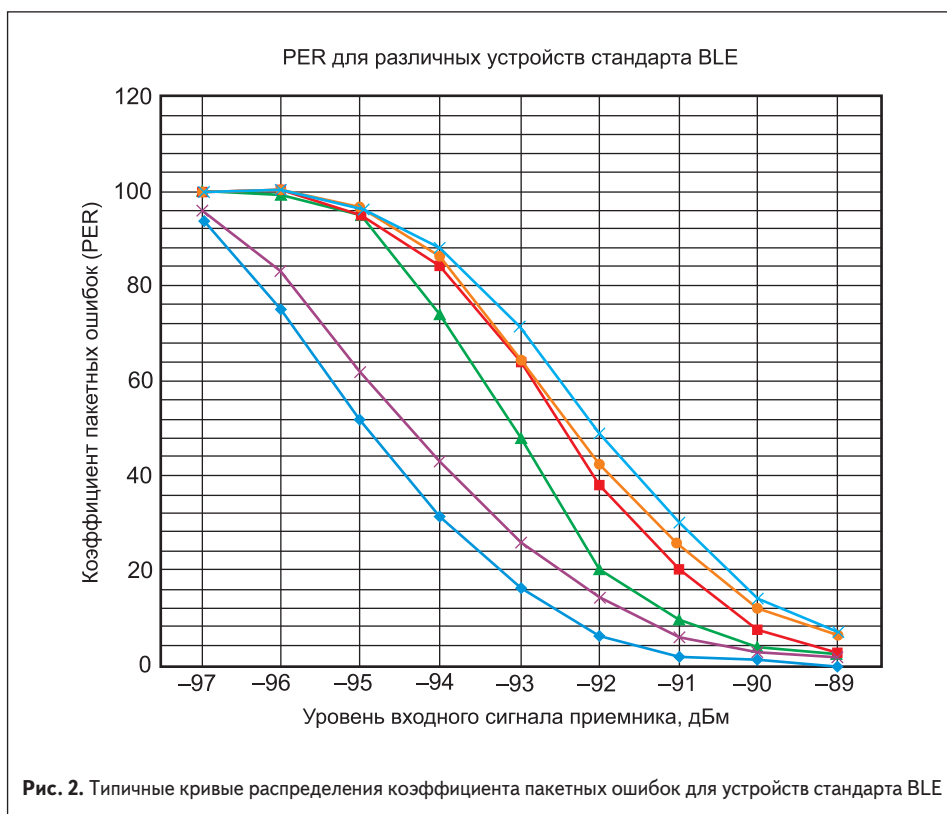
На рис. 2 показана обычная кривая распределения PER для устройства стандарта BLE. Кривая демонстрирует наибольшую чувствительность к изменению уровня радиосигнала в точке, где PER = 50%, поэтому алгоритм быстрого определения PER ищет именно эту точку.

В ходе варьирования уровня радиосигнала большинство пакетов передается при значениях уровня, близких к точке PER = 50%, и по мере схождения алгоритма в ее окрестности шаг изменения уровня уменьшается. Тем самым обеспечивается хорошо повторяемое и очень точное измерение чувствительности приемника ИУ, позволяющее обойтись менее чем 5% от того числа пакетов, которое потребовалось бы для определения PER традиционным методом прямой развертки по уровню радиосигнала в широких пределах.

Резюме

Конструкторам радиоаппаратуры необходимо проверять эксплуатационные характеристики готовых изделий, а не полагаться исключительно на измерения радиочастотных параметров на уровне плат, которые могут давать кардинально иные результаты. Испытатели на производстве зачастую не имеют доступа к радиочастотным и цифровым цепям на уровне плат, поэтому им нужна возможность быстро проводить «эфирные» испытания и получать при этом точные и повторяемые результаты.

Решать эти задачи позволяют системы для «эфирных» испытаний устройств стандарта BLE. С помощью этих систем инженеры могут совершенствовать свои конструкции, а производители — проверять качество готовых изделий по основным параметрам. В контексте технологии BLE эксплуатационные характеристики радиочастотной части имеют первостепенное значение, потому что плохое качество беспроводной связи означает плохую работу всего устройства в целом. Системы для «эфирных» испытаний устройств стандарта BLE облегчают конструктивное совершенствование изделий и проверку качества их изготовления. ■



Мифы о технологии беспроводной зарядки

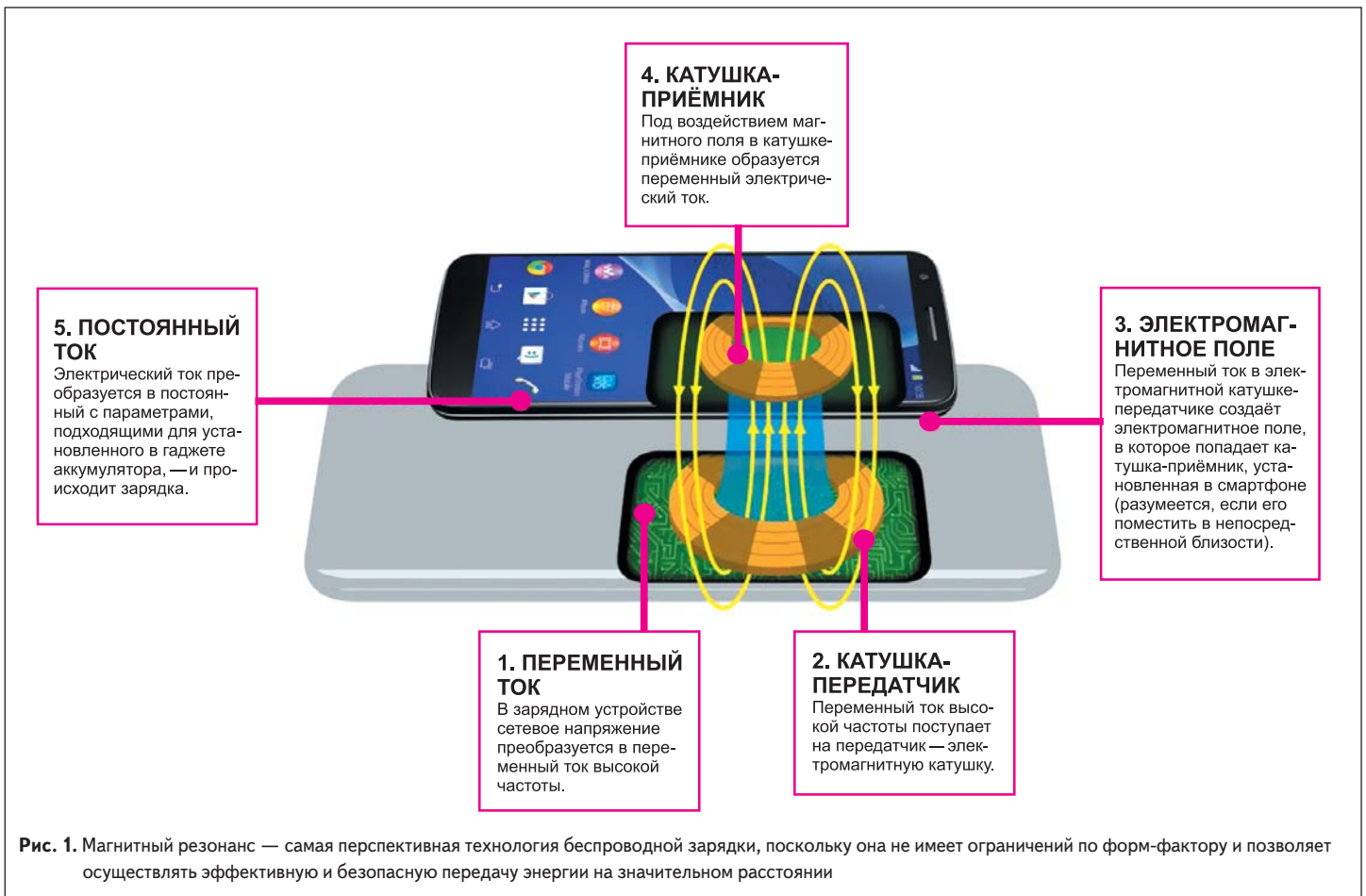
на основе магнитного резонанса

Хотя возможности беспроводной зарядки на основе магнитного резонанса очень интересны и перспективны, большинство непосвященных имеет ошибочные представления о возможностях данной технологии.

Санджай Гупта (Sanjay Gupta)
Перевод: Алексей Гречишников

Сегодня электроника становится такой же мобильной, как и люди. Ежедневно мы используем различные гаджеты, и вполне понятно желание, чтобы все эти устройства могли заряжаться в любое время и были готовыми к использованию, когда это нам необходимо. Однако в настоящее время вся наша «умная» электроника прикована кабелями, как кандалами, к зарядным устройствам и, следовательно,

к электрическим розеткам. Ситуация, когда остаток заряда на используемом гаджете тает буквально на глазах, вызывает нешуточное беспокойство. Естественно, нам хочется, чтобы электронные устройства могли заряжаться сами, даже когда они работают, автономно и незаметно для их обладателя и не требуя какого-либо сознательного вмешательства в процесс зарядки. Что же, есть надежда, что физический «акт подключения» вскоре



станет устаревшей концепцией благодаря технологии, позволяющей поставлять энергию нашим устройствам без обременительных шнуров.

Сама по себе концепция беспроводной зарядки (БЗ) не так уж и нова. В последний десяток лет мы видим активное развитие данной технологии, и индустрия регулярно предлагает очередное решение, позволяющее освободиться от «последнего провода». Однако зачастую те, кто с нетерпением ожидает прихода новой беспроводной эры, все же слабо представляют возможности этой технологии, не в силах отличить вымысел от реальности.

Прежде чем что-либо объяснять, давайте обратимся к краткой истории развития технологий БЗ. Первое поколение устройств для БЗ было чисто индуктивным. Эти устройства были очень ограничены как по передаваемой мощности, так и по эффективному расстоянию зарядки, не предлагая, по сути, никакой свободы пользователям. Но эти первопроходцы на массовом рынке новой технологии (например, электрические зубные щетки) показали, что концепция жизнеспособна. Чуть позже был разработан способ передачи энергии посредством радиоизлучения. Он позволял передавать энергию на гораздо большие расстояния, однако его массовое использование было сопряжено со многими трудностями и не получило широкого распространения.

Магнитный резонанс — это еще одна и самая многообещающая технология БЗ, поскольку она не имеет ограничений по форм-фактору и позволяет осуществлять эффективную и безопасную БЗ на значительном расстоянии (рис. 1). Благодаря этим качествам спектр применения устройств на основе данной технологии очень широк.

Однако хотя возможности технологии магнитного резонанса весьма многообещающи, они зачастую неправильно понимаются теми, кто не занимается ее разработкой. Чтобы рядовые потребители и инженеры могли знать, чего можно ожидать от новых устройств, расскажем, что является реальностью, а что — чистые мифы.

Миф 1. Магнитный резонанс имеет плохой пользовательский интерфейс и неудобен в использовании

Устройства с индуктивной зарядкой, которые представлены сегодня на рынке, все еще требуют непосредственного контакта с зарядным устройством (ЗУ). По сути, это все еще привязывает потребителей к определенному местонахождению и накладывает серьезные ограничения, особенно в случае, если во время зарядки предполагается использовать гаджет. ЗУ на основе технологии магнитного резонанса являются значительно более удобными для пользователя по сравнению с технологией индуктивной зарядки первого поколения, поскольку позволяют осуществлять зарядку на расстоянии, через различные материалы — от дерева и гранита до кожи (включая ткани тела) и воды (рис. 2). Они способны заряжать более одного устройства за один раз. Это значит, что они исключительно удобны в использовании,



Рис. 2. ЗУ на основе технологии магнитного резонанса позволяют осуществлять зарядку на расстоянии, через различные материалы — от дерева и гранита до кожи (включая ткани тела) и воды, а также способны заряжать более одного устройства за один раз

что, в сочетании с масштабируемой подачей питания для различных электронных устройств, позволяет говорить о том, что магнитный резонанс — отличное решение с превосходным пользовательским интерфейсом.

Миф 2. Магнитный резонанс неэффективный, медленный и небезопасный

Магнитный резонанс способен удовлетворять требованиям к зарядке для устройств широкого спектра применений, от носимой электроники до электромобилей. Поскольку питание, подаваемое на устройство, не ограничено системой зарядки аккумулятора на стороне устройства, на самом деле нет никакой разницы в скорости для проводной и беспроводной зарядки.

Хорошо спроектированные магнитно-резонансные системы весьма эффективны. Например, эффективность системы БЗ электро-

мобиля, построенного по этой технологии, может достигать 94% по сравнению с эффективностью современных проводных решений.

Распространенным заблуждением о технологии магнитного резонанса является то, что она якобы небезопасна. Возможно, вследствие того, что эти системы могут передавать энергию на средних расстояниях, потребители предполагают, что они будут подвергаться воздействию потенциально опасных электромагнитных полей. На самом деле относительно низкочастотные электрические и магнитные поля, используемые в магнитно-резонансных системах, не представляют никакой опасности для человека (рис. 3).

ЗУ создаются с соблюдением всех стандартов безопасности, которые устанавливаются глобальными регулирующими органами, такими как ICNIRP и FCC. Данные стандарты распространяются на все электромагнитные потребительские устройства, включая

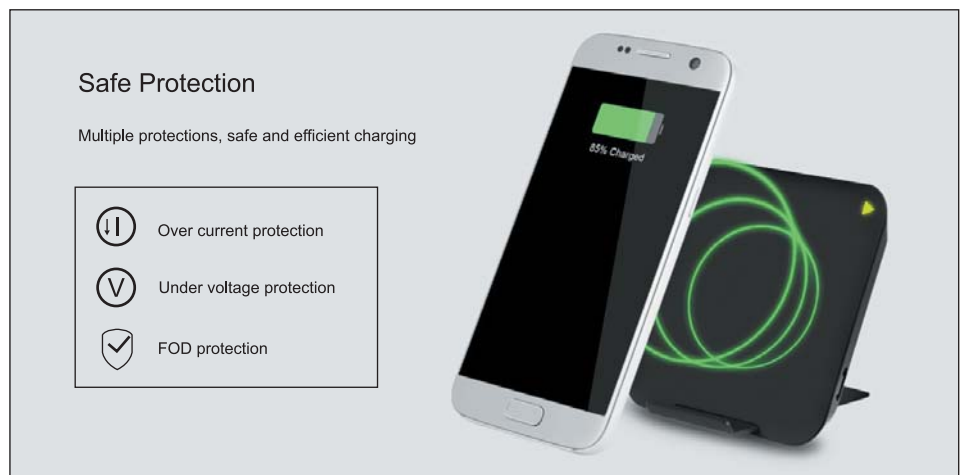


Рис. 3. Хорошо спроектированные магнитно-резонансные системы весьма эффективны, а относительно низкочастотные электрические и магнитные поля, используемые в магнитно-резонансных системах, не представляют никакой опасности для человека



Рис. 4. Технология AirFuel широко внедряется по всему миру: от дома до офисов и общественных мест, от ресторанов, гостиниц и аэропортов до транспортных средств и общественного транспорта

наушники Bluetooth, сотовые телефоны, радиопередатчики и беспроводные маршрутизаторы (рис. 4). Альянс AirFuel (AirFuel Alliance) — организация, объединившая A4WP (Alliance for Wireless Power) и PMA (Power Matters Alliance), — контролирует правильное использование технологий магнитного резонанса, чтобы обеспечить соблюдение стандартов качества БЗ.

Миф 3. Магнитный резонанс вызывает повреждение устройств, использующих технологию радиочастотной идентификации (RFID)

Для работы RFID-устройств используются магнитные поля. Следовательно, метки RFID могут быть повреждены при воздействии мощных магнитных полей, используемых в системах беспроводной передачи энергии (рис. 5). Для того чтобы избежать подобных ситуаций, существуют магнитно-резонансные системы, которые обнаруживают присутствие RFID-меток и уведомляют пользователя об их наличии. Это позволяет пользователю своевременно предпринять действия для предотвращения подобной ситуации. Все резонансные устройства, созданные по стан-



Рис. 6. Стандартные модули передатчика и приемника беспроводной энергии

дартам AirFuel Alliance, обладают данной функциональностью и гарантируют наличие основных функций безопасности.

Миф 4. Магнитный резонанс не может использоваться в устройствах с металлическим корпусом

Многие полагают, что технология магнитного резонанса не может быть использована в устройствах, имеющих металлический корпус, поскольку металл блокирует электромагнитные поля, и токи, индуцированные ими в металле, вызывают его нагрев. Это неправда. Устройства, созданные по стандартам AirFuel Alliance, используют электромагнитные поля с частотой 6,78 МГц, которые не вызывают нагревания большинства обычных металлических предметов, даже тех, которые находятся в непосредственной близости от устройства, например монеты или ключи от машины.

Устройства с металлическим корпусом могут заряжаться при помощи магнитного резонанса, даже если требуется наличие высокочастотного магнитного поля, поскольку для этого могут



Рис. 5. Метки RFID могут быть повреждены при воздействии мощных магнитных полей, используемых в системах беспроводной передачи энергии

быть использованы отверстия и швы, которые могут присутствовать в корпусе. Это свойство очень полезно для инженеров, поскольку дает разработчикам свободу в самовыражении и позволяет интегрировать магнитный резонанс в изделия с металлическим корпусом.

Миф 5. Устройства с технологией магнитного резонанса настолько сложны, что для их создания необходимо быть как минимум доктором наук

Внедрение новых технологий — всегда сложная штука, и магнитный резонанс в этом плане не является исключением. Однако к настоящему времени альянсом AirFuel уже разработаны совершенные технологические стандарты (рис. 6). Это, а также наличие спецификаций ASIC и эталонных образцов позволяет OEM-производителям легко и быстро интегрировать магнитный резонанс в свои продукты. Так что создание устройств магнитного резонанса под силу не только докторам наук.

Миф 6. Технология магнитного резонанса слишком дорогая для массового использования

Поначалу, когда подобные устройства создавались из готовых стандартных ком-

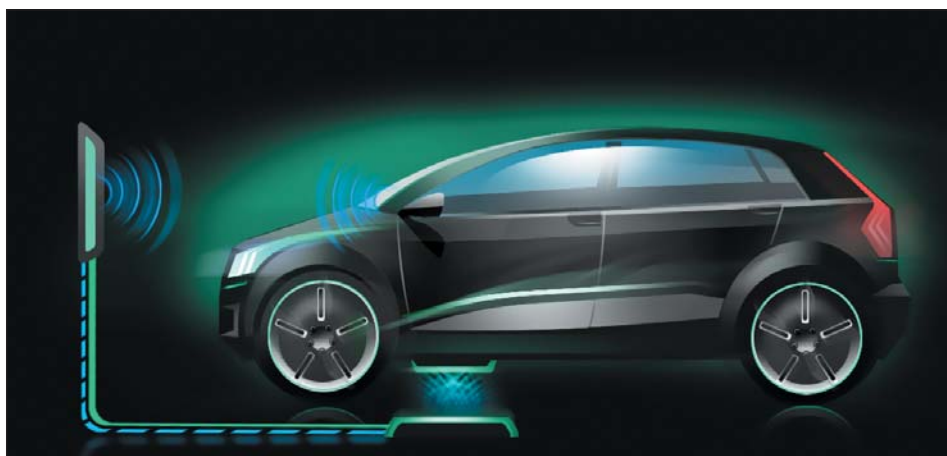


Рис. 7. Технология БЗ пригодна для зарядки электромобиля



Рис. 8. Дрон с беспроводной зарядкой

пONENTов, которые существовали в то время, они действительно не были ни дешевыми, ни компактными, что делало их не особо привлекательными для производителей. Однако современные модули значительно упрощают интеграцию продуктов и снижают общую стоимость расходных материалов, как для передатчика, так и для приемника. Референсные проекты, основанные на таких интегрированных компонентах, сокращают время выхода на рынок и уменьшают инженерные усилия, необходимые для внедрения технологии.

Миф 7. Магнитный резонанс пригоден только для бытовой электроники

Очень распространенное заблуждение состоит в том, что магнитный резонанс может быть использован только в бытовой электронике, например в маломощных устройствах, таких как телефон, ноутбук или смарт-часы. Это утверждение справедливо для других технологий беспроводной передачи энергии — таких как передача посредством радиоизлучения или индуктивности. В отличие от них технология магнитного резонанса эффективна и для передачи большой мощности. Например, устройства для БЗ электромобилей (рис. 7), построенные с применением данной технологии, оперируют мощностями порядка 11 кВт. С ее помощью можно обеспечить передачу беспроводной энергии на расстоянии и для других устройств большой мощности — от военных беспилотных летательных аппаратов до промышленного роботизированного оборудования (рис. 8).

Миф 8. Зарядные устройства, использующие технологию магнитного резонанса, всегда выглядят как плоская поверхность

Для БЗ требуется ЗУ, которое служит источником излучения беспроводной энергии. Этот источник часто реализуется как плоская двумерная поверхность, называемая зарядной площадкой, что является стандартным фактором для других видов БЗ. В отличие

от них магнитный резонанс не накладывает ограничения на форму источника излучения. Излучающие резонаторы могут быть реализованы на тонких гибких печатных платах, сформированы в трехмерные формы, чтобы создать «зарядный объем» (рис. 9). Таким образом, дизайнерам продуктов предлагается уникальная возможность реализации своих самых смелых замыслов для обеспечения наилучшего пользовательского интерфейса для клиентов. Они могут конструировать ЗУ различного вида, создавать эстетически приятные ЗУ, делать их эргономичными, удобными для ношения.

Миф 9. Устройства с магнитным резонансом громоздкие и тяжелые

Резонаторы для магнитного резонанса могут быть изготовлены на тонких гибких печатных платах, что минимизирует их влияние на общую форму и дизайн устройства. Кроме того, устранение порта зарядки чрезвычайно полезно для дизайнеров и их конечных пользователей, поскольку это дает им свободу создавать более инновационные устройства с уникальной конструкцией. Также использование данной технологии позволяет создавать устройства, защищенные от воздействия влаги (воды, пота) или пыли, делая их более «жизнестойкими».

Миф 10. Устройства с магнитным резонансом в ближайшее время не окажут особого влияния на рынок и жизнь людей

Самый распространенный миф — что магнитный резонанс это всего лишь очередная шумиха, просто концепция, и данная техно-

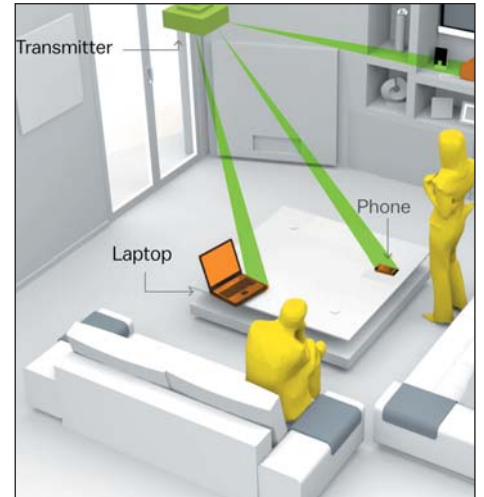


Рис. 9. Магнитный резонанс не накладывает ограничения на форму источника излучения: излучающие резонаторы могут быть реализованы на тонких гибких печатных платах, сформированы в трехмерные формы, чтобы создать «зарядный объем»

логия не станет реальностью на протяжении десятилетий. На фоне кажущегося застоя в индустрии в течение последних одного-двух лет на самом деле происходит значительное развитие технологии. Так, например, в июле этого года компания Dell предложила Latitude 7285 — первый в отрасли ноутбук «2 в 1», позволяющий организовать рабочее пространство без проводов (рис. 10). ■

Оригинал статьи опубликован на сайте electronicdesign.com



Рис. 10. Зарядный коврик использует магнитный резонанс для заряда батарей. Dell сделала ставку на разработку компании WiTricity, наряду с Intel входящей в альянс Alliance For Wireless Power (A4WP)

Руководство по беспроводным соединителям

Можно не без оснований утверждать, что беспроводным соединителям уготована все возрастающая роль в деле замены традиционных электрических соединителей там, где последние плохо справляются со своими функциями. В статье кратко рассматриваются технологии беспроводной передачи энергии, указаны преимущества и недостатки беспроводных соединителей в сравнении с электрическими, приведены соображения, которые необходимо учитывать при конструировании таких изделий. Кроме того, в статье дан пример сверхминиатюрного беспроводного соединителя.

Роберт Джометти (Robert Giometti)

Марк Д. Мелоне (Mark D. Melone)

Д-р Винит Сингх (Vinit Singh)

Перевод: Артем Вахитов

Технология беспроводной передачи электроэнергии (Wireless Power Transfer, WPT) методом электромагнитной индукции (Near-Field Magnetic Coupling, NFMC) привлекает в последнее время пристальное внимание, особенно в таких применениях, как беспроводная зарядка смартфонов. Есть, однако, еще один класс изделий, работающих на том же принципе, которые принято называть «беспроводными соединителями» (Wireless Connectors, WiCo).

WiCo играют важную роль в тех областях применения, где обычные электрические соединители могут работать ненадежно, а в некоторых случаях и вообще неприменимы. К обстоятельствам, затрудняющим использование электрических соединителей, относится, в частности, возможность попадания внутрь жидкостей или грязи, а также эксплуатация изделия в коррозионно-активных средах. Кроме того, электрическое соединение становится сложной задачей, когда ситуация требует свободы перемещения двух и более систем. Такие проблемы могут возникнуть, например, при проектировании широкого круга систем промышленной автоматизации, где требуется передавать электроэнергию или данные через жидкости или стены. Еще одна весьма подходящая область применения WiCo — медицинская аппаратура. От нее требуется высокий уровень надежности даже при воздействии жидкостей и изгибающих усилий. В эту категорию входит хирургический инструмент и другие медицинские устройства. WiCo могут также пригодиться в робототехнике, автомобилях и некоторых бытовых товарах.

Беспроводная передача энергии в применении к соединителям

Глядя на рынок традиционных электрических соединителей, легко заключить, что не бывает универсальных соединителей, годных на все случаи

жизни. Существует широкое разнообразие изделий, различающихся по размерам и числу контактов. Логично ожидать, что и WiCo будут подразделяться на различные типы. Поэтому разработчики и клиенты (в данном случае производители комплектного оборудования) должны осознавать, что, как и в случае традиционных соединителей, для большинства WiCo потребуются заказная разработка.

Большинство представленных на рынке изделий, в которых беспроводная передача энергии применяется для зарядки аккумуляторов, выполнены в соответствии с тем или иным признанным стандартом (например, Qi¹ [1] или AirFuel² [2]), чтобы соблюсти требования к функциональной совместимости и техническим характеристикам. Но эти стандарты предназначены, главным образом, для применения в мобильных гаджетах и бытовой электронике. В некоторых случаях ту же аппаратную часть можно было бы приспособить для других целей, но при этом придется столкнуться с ограничениями — например, наводки, скорость передачи данных, спецификация и т. д., поскольку конструкция системы с WiCo зависит от ряда факторов:

- Радиус действия, т. е. максимально допустимое расстояние (воздушный промежуток) между передатчиком и приемником по всем трем осям (X, Y, Z).
- Потребная выходная мощность приемника (стабилизированное выходное напряжение и максимальный ток нагрузки, которые должен обеспечивать соединитель).
- Тепловые режимы. Этот фактор тесно связан с полным КПД системы (отношением мощности на выходе к мощности на входе). В некоторых применениях не допускается повышение температуры сверх некоторого значения.
- Габариты. Геометрические размеры передатчика и приемника являются зачастую одним из ключевых ограничений.
- Стойкость к воздействию внешних факторов. К примеру, WiCo не страшен контакт с жидкостями.

¹ Стандарт, разработанный и развиваемый Консорциумом беспроводной электромагнитной энергии (WPC). На сегодня эта технология является основной, в своих продуктах ее используют ASUS, HTC, Huawei, LG, Samsung, Sony и др. В теории, Qi обеспечивает зарядку мощностью до 5 Вт и силой тока 1 или 2 А при напряжении 5 В. Эти параметры сопоставимы с проводными зарядными устройствами, но питание идет намного медленнее. — Прим. ред.

² Оригинальный стандарт PMA, продвигаемый с 2015 г. AirFuel Alliance — организацией, объединившей A4WP (Alliance for Wireless Power) и PMA (Power Matters Alliance). Он менее распространен, но некоторые производители мобильных устройств его поддерживают. Отличия между AirFuel и Qi — частота передачи и протоколы соединения. — Прим. ред.

• Себестоимость. В зависимости от применения она может играть значительную роль. Отметим, что для WiCo может не требоваться функциональная совместимость, поскольку системы, в которых они применяются, обычно «закрытые», т. е. всегда комплектуются известными (подобранными друг к другу) передатчиком и приемником. Это открывает разработчикам возможности для индивидуальной модификации и оптимизации себестоимости.

Несмотря на вышесказанное, можно предположить, что некоторые классы WiCo будут стандартизированы, как это произошло с USB в случае электрических соединителей. При этом, чтобы получить статус стандарта, соединитель должен решать некоторую задачу, которая часто встречается в одной или нескольких отраслях.

NFMC и связь

В системах NFMC (Near Field Magnetic Coupling) применяются рамочные антенны самых разных размеров — обычно диаметром более 25 мм. Предпочтительный диапазон частот — от 10 кГц примерно до 13,56 МГц. Высокоуровневое обсуждение системотехнических аспектов и стандартов, определяющих внедрение этой технологии в бытовой электронике, можно найти в [1–4].

Приблизительный максимальный теоретический радиус действия устройства NFMC — это эффективная граница ближнего поля на рабочей частоте. Она определяется как $\lambda/2\pi$, где λ — эффективная длина волны. Например, на частоте 10 кГц максимальный радиус действия приблизительно равняется 4,7 км, а на частоте 13,56 МГц — 3,5 м. Реальный радиус действия гораздо меньше и определяется такими факторами, как среда, размеры антенн, требуемый КПД, уровни мощности, нормативные соображения и т. д.

В обычном и резонансном методах электромагнитной индукции используется один и тот же физический принцип: переменный ток в передающей антенне создает переменное магнитное поле, под действием которого наводится напряжение в приемной антенне. Различать эти

два метода принято по использованию реактивных компонентов для снижения реактивного сопротивления антенной цепи: в резонансном методе электромагнитной индукции они используются, а в обычном нет. В реальности все известные авторам системы содержат емкостные компоненты, изменяющие эффективное полное сопротивление антенной цепи — как на стороне приемника, так и на стороне передатчика.

Обнаружение

Для беспроводной передачи электроэнергии по любому методу потребуются обеспечить обнаружение и управление в той или иной форме. В самом элементарном варианте передатчик обнаруживает присутствие приемника, а тот начинает потреблять электричество, как только выпрямленное напряжение превышает некоторое пороговое значение. Механизм обнаружения может быть предельно простым — например, одиночный бит, сигнализирующий о присутствии или отсутствии приемника и устанавливаемый по изменению полного сопротивления, которое регистрируется как изменение напряжения. Может он быть и относительно сложным, с требованием уникальной идентификации и последующего управления энергопотреблением. Потоки идентификационных битов могут кодироваться путем модуляции нагрузкой сигнала несущей (внутриполосная связь) или реализовываться в отдельном канале связи.

В случае внутрисполосной связи применяются такие виды модуляции, как амплитудная (ASK), частотная (FSK) и фазовая (PSK). Амплитудная манипуляция относительно проста в реализации, но отличается пониженной помехоустойчивостью, что может быть проблемой при малых значениях коэффициента связи. Большей помехоустойчивости можно добиться, используя частотную или фазовую манипуляцию, но эти схемы сложнее.

Для связи по отдельному каналу можно применять несколько стандартных беспроводных технологий, например Transfer Jet, BLE и NFMI. Отдельный канал, скорее всего, обеспечит большую помехоустойчивость и скорость передачи данных, но его реализация потребует дополнительных затрат на разработку, усложнит систему и увеличит ее габариты.

При решении задач, связанных с передачей данных через любую среду, всегда приходится сталкиваться с теми или иными трудностями. Соображения, с которыми необходимо считаться при передаче данных через электрические соединители и WiCo, перечислены в таблице 1.

Конструктор должен учитывать в своей работе те из них, которые применимы к проектируемому изделию. Как и любые конструктивные решения, беспроводные и традиционные механические соединители имеют сравнительные преимущества и недостатки (табл. 2).

Пример решения

Предлагаемый миниатюрный WiCo для передачи электроэнергии можно использовать как поверхностно-монтажный компонент с возможностью автоматической установки в печатных узлах, где неприменимы традиционные соединители. При этом следует учитывать, что все многообразие возможных применений потребует индивидуальной адаптации. Мотивом к разработке данного соединителя послужила необходимость заменить электрический соединитель со штыревыми контактами для работы в жестких условиях эксплуатации, связанных с воздействием жидкостей и механическими перемещениями.

На рис. 1 приведена обобщенная блок-схема системы с WiCo, а на рис. 2 — физическая реализация таких соединителей и их размещение на основной плате.

Для размещения соединителя было доступно пространство размерами приблизительно 11×5 мм. Требовалось передавать 50–200 мВт мощности на расстоянии от 0,5 до 2 мм. Ввиду миниатюрных размеров необходимо было реализовать работу системы в высокочастотном режиме, чтобы получить достаточно высокий коэффициент усиления по напряжению для питания микроконтроллера на приемной стороне. Помимо нормативных соображений, при выборе частоты для передачи электроэнергии через небольшой объем пространства нужно также учитывать потери в материалах, так как на высоких частотах сильнее вихревые токи. Исходя из широких пределов изменения полного сопротивления,

Таблица 1. Передача данных через беспроводные и электрические соединители: факторы, подлежащие учету

	Беспроводные	Электрические
Электрические факторы	<ul style="list-style-type: none"> • Электропитание — сбор энергии из окружающей среды или питание от местного источника. • Тип канала данных — аналоговый или цифровой. • Топология соединения: <ul style="list-style-type: none"> – «точка-точка»; – «точка — много точек». • Направленность: <ul style="list-style-type: none"> – однонаправленная передача; – двунаправленная передача (полудуплексная или дуплексная). • Скорость передачи данных в канале физического уровня. • Центральный интерфейс. • SDIO, UART, SPI и т. д. • Требования к экранированию. 	<ul style="list-style-type: none"> • Омические потери сигнала. • Нарушение целостности сигнала, обусловленное следующими факторами: <ul style="list-style-type: none"> – паразитная связь между контактами; – паразитная связь между контактами и проводящим слоем платы; – переходная помеха на ближнем конце линии связи (NEXT); – переходная помеха на дальнем конце линии связи (FEXT); – суммарная переходная помеха на ближнем конце линии связи (PSNEXT); – сторонняя переходная помеха (AXT).
Механические факторы	<ul style="list-style-type: none"> • Требования к монтажу, диктуемые характером изделия (близость к металлическим объектам). • Геометрические размеры. • Данные о долговременной надежности. 	<ul style="list-style-type: none"> • Усталость материалов: <ul style="list-style-type: none"> – ограничение на количество циклов сочленения/расчленения; – высыхание резины. • Ударные и вибрационные нагрузки. • Требования к монтажу, диктуемые характером изделия (вращающиеся поверхности). • Стойкость к воздействию внешних факторов (попадание внутрь воды, пыли, газа, масла и т. п.). • Добавление и удаление каналов данных.
Затраты	<ul style="list-style-type: none"> • Длительное (от 8 недель) время поставки, только заказные решения. • Объем. 	<ul style="list-style-type: none"> • Длительное (от 6 недель) время поставки заказной системы соединителей.

Таблица 2. Преимущества и недостатки соединителей

	Беспроводные	Механические/физические
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность создавать сложные промышленные конструкции (без отверстий в корпусе): <ul style="list-style-type: none"> - недорогое решение для обеспечения степени защиты IP68. • Свобода перемещения: <ul style="list-style-type: none"> - отсутствие необходимости совмещать части соединителя; - невосприимчивость к вибрации; - защита от попадания внутрь посторонних объектов. • Целостность сигнала, передаваемого через соединитель. • Высокая плотность данных: <ul style="list-style-type: none"> - возможность объединения множества низкоскоростных потоков данных на одной высокоскоростной линии передачи. • Защищенность (шифрование, зона прямой видимости, близость, расстройка антенны). 	<ul style="list-style-type: none"> • Себестоимость. • Зрелая технология: <ul style="list-style-type: none"> - производство с высоким выходом годных изделий; - общепринятое в отрасли решение; - высокооптимизированные решения под конкретное применение. • Независимость от типа сигнала (аналоговый, цифровой, конкретный протокол связи, питание и т. д.).
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> • Себестоимость: <ul style="list-style-type: none"> - первичная разработка (механической, электрической и программной частей), испытания и сертификация; - «интеллектуальные» составляющие, повышающие себестоимость. • Стандартизация и повторное использование: <ul style="list-style-type: none"> - решение не унифицируется для всех типов и скоростей передачи данных; - для передачи данных необходим транспортный протокол, например I²C, UART, SDIO и т. д. • Эмиссия излучаемых помех и восприимчивость к таким помехам. • Температурная чувствительность. 	<ul style="list-style-type: none"> • Существенное повышение себестоимости на скоростях выше 1 Гбит/с. • Сложность конструирования изделий промышленного назначения. • Непригодность для некоторых специализированных применений (высокий уровень вибрации, вращение и т. д.). • Возможность попадания внутрь посторонних объектов. • Ухудшение характеристик, обусловленное циклическим режимом работы, воздействием окружающей среды (коррозия) и другими факторами. • Нарушение целостности сигнала при передаче через соединитель: <ul style="list-style-type: none"> - омические потери сигнала; - паразитная связь между контактами; - паразитная связь между контактами и проводящим слоем платы; - переходная помеха на ближнем конце линии связи (NEXT); - переходная помеха на дальнем конце линии связи (FEXT); - суммарная переходная помеха на ближнем конце линии связи (PSNEXT); - сторонняя переходная помеха (AXT). • Незащищенность (возможность атаки «человек посередине»).

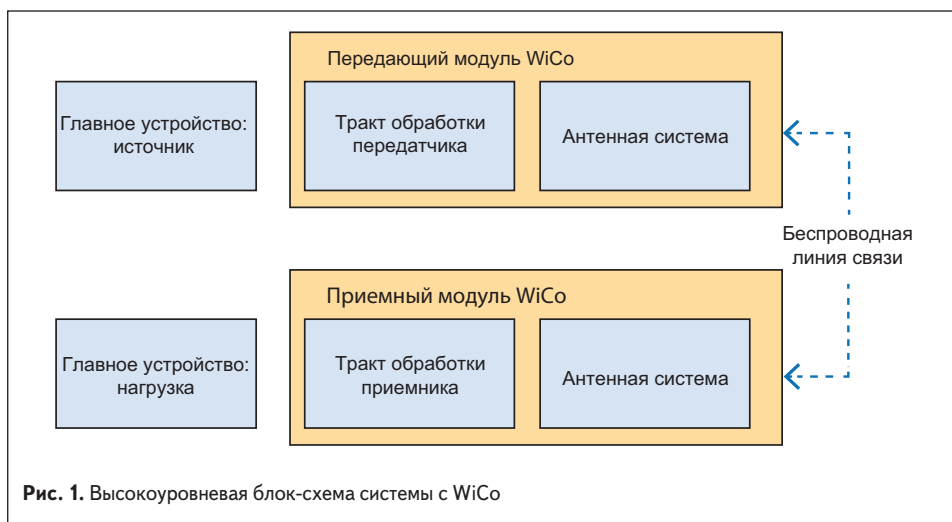


Рис. 1. Высокоуровневая блок-схема системы с WiCo

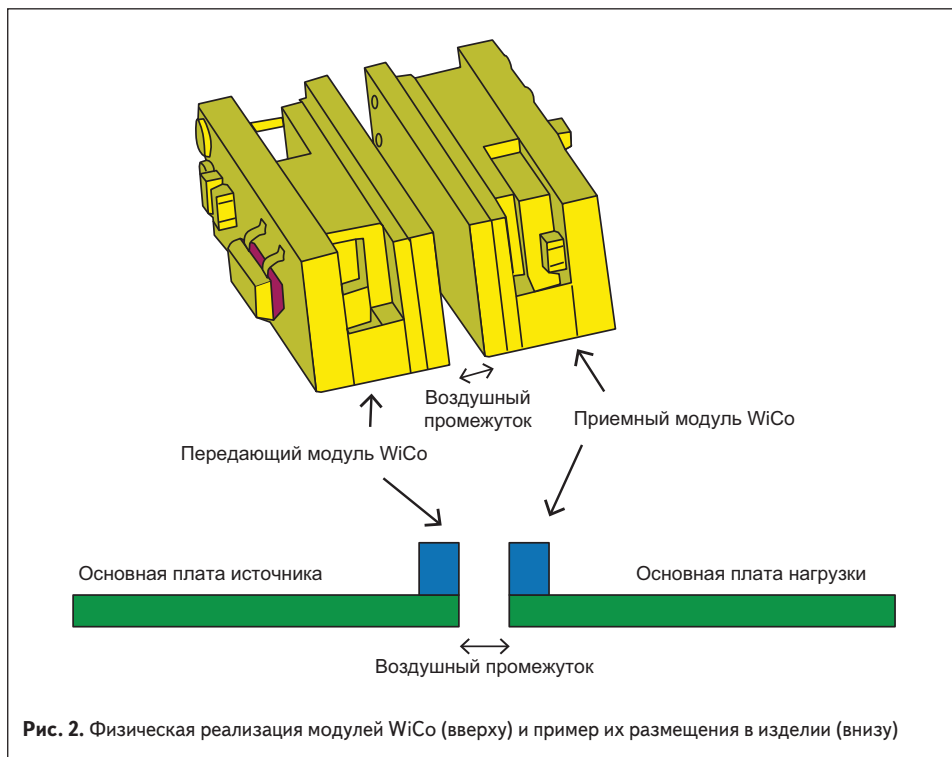


Рис. 2. Физическая реализация модулей WiCo (вверху) и пример их размещения в изделии (внизу)

обусловленных требованиями к нагрузке, и заданного радиуса действия было сочтено оправданным применить нестандартный выпрямитель с параллельно-последовательной нерезонансной емкостной настройкой.

Для монтажа системы использовались стандартные и гибкие печатные платы. На них располагались инверторный каскад, цепь согласования полного сопротивления, цепь обнаружения присутствия приемника и антенна. «Мозг» системы — микроконтроллер — размещался на основной плате, к которой был припаян этот соединитель. В рассматриваемом изделии микроконтроллер отвечал также за выполнение других функций системы.

В миниатюрных NFMC-системах магнитные явления могут быть одним из основных факторов, определяющих рабочую частоту и топологию. Например, высокочастотный режим работы пришлось избрать ввиду миниатюрных размеров соединителя. Магнитные явления становятся сложной проблемой из-за усиления эффектов близости на высокой рабочей частоте и малых размеров антенны. Для поддержания высокого межантенного КПД во всем рабочем диапазоне расстояний без защитного отключения при перегреве необходимо использовать грамотные методы и качественные технологии проектирования.

Выводы

Беспроводные соединители — великолепный выбор для передачи электроэнергии и/или данных в жестких условиях эксплуатации с возможностью свободного перемещения. По мере развития технологии беспроводной передачи электроэнергии и снижения стоимости соответствующих технических решений следует ожидать их более широкого применения. ■

Литература

1. www.wirelesspowerconsortium.com/
2. www.airfuel.org/
3. www.wirelessdesignmag.com/article/2016/10/wireless-charging-standards-reading-tarot-cards
4. www.androidauthority.com/wireless-charging-qi-pad-technology-580015/