

# БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

wireless technologies

www.compitech.info



№ 1 (02) 2006

 Sony Ericsson

## GSM/GPRS/EDGE МОДУЛИ

*просто*



*гибко*

*надежно*



 **Элтех**  
Оригинальный дистрибьютор

[www.eltech.spb.ru](http://www.eltech.spb.ru)  
[sonyericsson@eltech.spb.ru](mailto:sonyericsson@eltech.spb.ru)

-  Санкт-Петербург
-  Москва
-  Екатеринбург
-  Ростов-на-Дону
-  Новосибирск
-  Ижевск
-  Представительство в Минске  
БЕЛЛАТЕХ

Новая продукция  
фирмы Enfoqa  
для высокоскоростной  
передачи данных  
в режимах  
GPRS и EDGE

стр. 16

Кирпичики  
для построения  
сети ZigBee:  
трансиверы стандарта  
802.15.4, трансиверы,  
микромодули  
и программные  
реализации стека

стр. 34

Однокристалльные  
приемопередатчики  
ISM-диапазона  
Nordic Semiconductor

стр. 46

Турбокоды —  
мощные алгоритмы  
для современных  
систем связи

стр. 63

# БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ

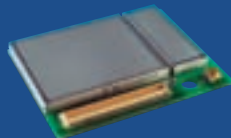


## ◆ GSM/GPRS модули и терминалы:

Четырехдиапазонные компактные GSM/GPRS/EDGE радиомодемы  
Встроенный TCP/IP стэк  
FTP Клиент – Протокол Передачи Файлов  
Протоколы: V21, V22, V23, V22bis, V26ter, V32, V34, V42 (Компрессия V42bis), GPRS класса 10



**Sony Ericsson**



## ◆ CDMA модули

Самый малогабаритный и самый быстрый в мире CDMA Протоколы IS-95 A/B, IS-98A, IS-126, IS-637A, IS-707A, IS-2000  
Скорость передачи данных до 153,6 кбит/с



**AnyDATA**  
AnyTime AnyPlace AnyWireless  
Data Solutions™



## ◆ GPS модули

Сверхкомпактные, высоконадежные, с низким энергопотреблением  
Точность определения координат, м  
Горизонталь менее 2 м  
Высота (над уровнем моря) менее 10 м  
Скорость менее 0,06 м/с



**tyco** | Electronics  
Electronic Modules

**MITSUMI**

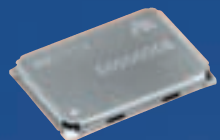
**ZIPPY**



## ◆ Bluetooth модули

Новое поколение беспроводных Bluetooth Ver. 1.2 модулей.  
Скорость передачи данных 721 кбит/с  
Количество каналов 79  
Расстояние более 200 м  
Размер (без антенны) 11,8x12,6x1,9 мм  
Размер (с антенной) 11,8x17,6x1,9 мм

**MITSUMI**



## ◆ ZigBee модули

Стандартный BDM интерфейс для программирования и отладки приложений.  
Скорость передачи: до 250 кбит/с  
Модуляция: O-QPSK,  
16 каналов с шагом 5 МГц

Powered by Motorola  
**freescale**  
semiconductor

**Технические консультации  
Готовые решения для телеметрии,  
телематики, охранных систем  
и мобильного доступа в Интернет**

 **ПетроИнТрейд**  
[www.petrointrade.ru](http://www.petrointrade.ru)



194214, Санкт-Петербург  
пр. Энгельса, 71  
Тел.: +7 812 324-6350  
Факс: +7 812 324-6611  
e-mail: semicond@petrointrade.ru

426011, Ижевск  
Северный пер., 61, оф. 511  
Тел.: +7 3412 22-1742, 22-1442  
Факс: +7 3412 22-1804  
e-mail: semicond@izh.petrointrade.ru

620049, Екатеринбург  
пер. Автоматики, 3, к. 1, оф. 109  
Тел.: +7 343 217-3524  
Факс: +7 343 217-3526  
e-mail: semicond@ekb.petrointrade.ru

630005, Новосибирск  
ул. Семьи Шамшиных, 99  
Тел./факс: +7 383 211-0202  
e-mail: semicond@nsk.petrointrade.ru

125315, Москва  
ул. Часовая, 24/1  
Тел.: +7 495 926-5267  
Факс: +7 495 926-5268  
e-mail: semicond@msk.petrointrade.ru

603107, Нижний Новгород  
ул. Маршала Голованова, 23, оф. 213  
Тел.: +7 8312 69-3078  
Факс: +7 8312 75-9120  
e-mail: semicond@nnov.petrointrade.ru

03124, Киев  
б-р Ивана Лепсе, 8  
Тел.: +38 044 494-4702  
Факс: +38 044 494-4703  
e-mail: semicond@petrointrade.kiev.ua

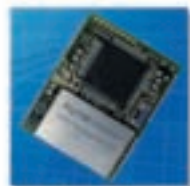
**GPS приемники**

**Демонстрационные платы и средства разработки**



**A1029A**

- SMD исполнение
- 22 x 28 x 3,2 мм
- Питание 3.0...3.6 В
- Холодный старт < 60 секунд



**A1029C**

- 100% совместим и взаимозаменяем с A1029A
- Термостабилизированный кварц (ТСХО)
- Холодный старт < 45 секунд



**A1030A**

- SPI/I<sup>2</sup>C, CAN, USB
- 6 Мбит FLASH
- 2.5 Мбит SRAM
- Питание 3.1... 3.5 В
- SMA разъем

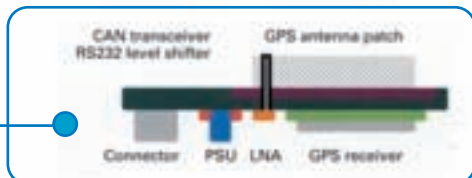


**Серия A1035:**

- GPS-приемник A1029A + антенна
- Возможно исполнение в герметичном корпусе
- Серия состоит из 3 антенных модулей:

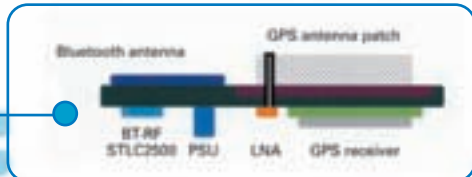
**A1035A**

- 88 x 36 x 11 мм
- CANbus
- NMEA on RS232



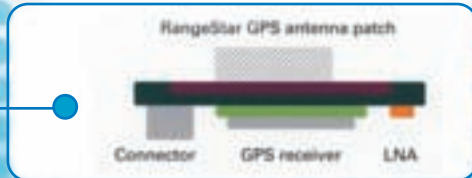
**A1035B**

- 60 x 36 x 11 мм
- Bluetooth



**A1035C**

- 46 x 33 x 11 мм
- SPI, NMEA on TTL



**EVA 1029A Evaluation Kit**

- Отладочная плата для A1029A
- Доступ ко всем портам ввода/вывода
- RS232
- Активная антенна и ПО в комплекте



**USB 1029A Demo Kit**

- Демонстрационная плата для A1029A
- Быстрая демонстрация и тестирование
- USB
- Активная антенна и ПО в комплекте



**DEV 1030A Development Kit**

- Среда разработки для A1029A и A1030A
- Cross works, OS20, GPS библиотеки
- Плата DKS 1030A, JTAG
- Активная антенна и ПО в комплекте



**DR 1030A Dead Reckoning Demo Board**

- Демонстрация функции Dead Reckoning
- Гироскоп на борту
- Питание 9...34 В
- Активная GPS антенна в комплекте



**Общие технические характеристики GPS приемников TYCO Electronics**

- 12 каналов
- Низкое энергопотребление (менее 50 мА)
- Высокая чувствительность (-153 dBm)
- -40°C... +85°C
- NMEA: GGA, GSA, GSV, VTG, RMC
- Реализация Dead Reckoning

техническая поддержка • сопровождение проектов • обширный склад

**официальный дистрибьютор**

Санкт-Петербург,  
ул. Калинина, 13

Тел. (812) 325-3685  
Факс (812) 786-8579

http: www.mt-system.ru  
e-mail: micro@mtgroup.ru



**Главный редактор**

Павел Правосудов | pavel@finestreet.ru

**Заместитель главного редактора**

Ольга Зайцева | olga\_z@finestreet.ru

**Научный редактор**

Роман Александров | roman.aleksandrov@finestreet.ru

**Выпускающий редактор**

Ксения Притчина | ksenia.pritchina@finestreet.ru

**Редакционная коллегия**

Александр Фрунзе, Павел Асташкевич,  
Светлана Муромцева, Андрей Лапин

**Руководитель дизайн-группы**

Рафаэль Макаев | rafael@finestreet.ru

**Дизайн и верстка**

Борис Божков | boris.bozhkov@finestreet.ru

**Отдел рекламы**

Ирина Запрягаева | irina@finestreet.ru  
Инна Маркевич | inna.markevich@finestreet.ru

**Отдел подписки**

Ольга Карпова | podpiska\_kit@finestreet.ru

**Отдел распространения**

Москва: Марина Трофимова  
Санкт-Петербург:  
Денис Чернобаев | denis.chernobaev@finestreet.ru

**Москва**

127015, Бутырская ул., 41/47  
Тел./факс (495) 363-4308, 777-1215  
e-mail: kit@dian.ru

**Санкт-Петербург**

190121, Садовая ул., 122  
Тел. (812) 438-1538  
Факс (812) 346-0665  
e-mail: compitech@finestreet.ru  
web: www.finestreet.ru

**Республика Беларусь**

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

Подписано в печать 20.02.06

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:

190121, г. Санкт-Петербург,

наб. р. Фонтанки, д. 193Б

Издатель ООО «Издательство Файнстрит»

190121, г. Санкт-Петербург,

наб. р. Фонтанки, д. 193Б

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»,

197374, г. Санкт-Петербург, ул. Оптиков, 4.

Редакция не несет ответственности

за информацию, приведенную в рекламных

материалах. Полное или частичное

воспроизведение материалов допускается

с разрешения ООО «Издательство Файнстрит».

Все рекламируемые товары и услуги имеют

необходимые лицензии и сертификаты.

# Содержание

## Рынок

Некоторые тенденции развития технологий

Wi-Fi, WiMax, действующих на частоте 2,4 ГГц ..... 4

## Основные термины и определения

GPS: основные понятия и термины ..... 7

## Технологии и стандарты

Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi ..... 10

## Компоненты

Новая продукция фирмы Enfora для высокоскоростной передачи данных в режимах GPRS и EDGE ..... 16

GSM-шлюзы для выхода в ГТС и GSM/CDMA-шлюзы с выходом в сети Ethernet ..... 20

Работа GSM/GPRS-терминалов Enfora в непрерывном режиме без выключения питания ..... 23

Лидер китайского рынка GSM/GPRS/EDGE-модемов — компания SIMCom выходит на российский рынок ..... 25

Модемы Teltonika T-Modem: технологии EDGE приходят на смену GPRS ..... 27

GSM/GPRS-модемы производства компании Sim Technology ..... 29

Новый высокоскоростной Bluetooth 2.0 + EDR модуль с радиусом действия до 300 м производства Bluegiga ..... 32

Кирпичики для построения сети ZigBee: трансиверы стандарта 802.15.4, трансиверы, микромодули и программные реализации стека ..... 34

Профиль поддержки последовательного порта и пользовательских вводов/выводов для работы модулей ZigBee с беспроводными датчиками и управляющими устройствами ..... 40

Новые возможности автоматизации с беспроводным управлением ..... 42

Однокристалльные приемопередатчики ISM-диапазона Nordic Semiconductor ..... 46

## Интеграция

Использование сети GSM и технологии ISaGRAF для построения системы сбора данных ..... 51

## Обмен опытом

Пути реализации беспроводных технологий в акустических гарнитурах и переговорных устройствах ..... 53

## Схемотехника

Новаторский подход к проектированию скоростных RFIC-передатчиков ..... 56

Турбокоды — мощные алгоритмы для современных систем связи ..... 63

## **SIMCom – GSM/GPS/EDGE модули**

***#1 manufacturer in China CE certificate***

49,9 у.е

## **ORCAM – GPS модули на базе технологий SiRF**

***SiRF – #1 world GPS chipsets  
and software supplier***

Высокая чувствительность: до -158dBm  
Низкое потребление: 40mA  
SMD модуль 25.4x22.86мм

Внедря качество



**МАКРО  
ГРУПП**  
Санкт-Петербург

196105, Санкт-Петербург, Свеаборгская ул., 12  
Тел.: (812) 370 60 70 (многоканальный),  
Факс: (812) 370 50 30  
E-Mail: [sales@macrogroup.ru](mailto:sales@macrogroup.ru), [www.macrogroup.ru](http://www.macrogroup.ru)

107076, Москва  
Стромынский пер., д.6,  
оф.403  
Тел.: (095) 775-85-02

# Некоторые тенденции развития технологий Wi-Fi, WiMax, действующих на частоте 2,4 ГГц

Михаил ГУДИН  
m.gudin@vital-ic.com

Михаил ФЕДОРОВ  
m.fedorov@vital-ic.com

**Согласно китайской астрологии, 2005 был годом Петуха – временем, когда преобладает пракτικότητα и целенаправленность. Похоже, именно это и произошло в беспроводной промышленности, в которой пришло время консолидации (как в плане слияния компаний, так и в плане объединения технологий). Хаос был побежден, или, по крайней мере, далеко спрятан, поскольку, наконец, начали появляться единые стандарты для многих конкурирующих технологий, что, возможно, было замечено не столько общественностью, сколько самими разработчиками.**

Сейчас многие из этих незамеченных усилий просто обязаны принести обильные плоды. В новом, 2006 году астрология сулит компаниям безграничные возможности, но также и потенциальную опасность разорения, если компании и клиенты не будут принимать мудрые и дальновидные решения. Так ли это на самом деле, попробуем обсудить в данной статье.

## Мировой рынок

Невероятно быстрые слияния компаний и высокая активность по завоеванию рынка, которыми был насыщен 2005 год, так же как и остановка развития на некоторых сегментных рынках, вынудили небольшие компании искать убежище у больших партнеров или даже бывших конкурентов, союз с которыми позволил бы им показать положительную динамику развития в 2006 году. Поэтому список имен основных игроков на беспроводном рынке в этом году начинался с названий небольших фирм и подразделений, таких как Sprint Nextel Corp., Cingular Wireless LLC и AT&T Wireless, а заканчивался акционерными обществами и компаниями с мировым именем, такими как Cisco Systems Inc и Juniper Networks

Inc, озабоченными консолидацией и получением преимуществ перед конкурентами на рынке. Приобретение Cisco компании Airespace почти за \$450 млн в начале года было важнейшим определяющим моментом для рынка Wireless LAN, демонстрируя, что не будет никакого возвращения к концепции централизованно управляемых сетей Wi-Fi. Пока, однако, в основной массе реализованных приложений для voice-over-WLAN, RFID и управления мультимедиа через Wi-Fi не наблюдается выполнение основных запланированных этапов по переходу от старой концепции, но ожидается, что все изменится в ближайший год или полтора (табл. 1).

## Технологии

Теперь уже точно можно говорить о том, что большинство новых стандартов и технологий, анонсированных как скорое и необходимое развитие уже существующих, остались практически на той же стадии развития, что и 12 месяцев назад. Для некоторых из самых громких, таких, как работа в сети с ячейками (Mesh Networking), WiMax, сближение стационарных и мобильных технологий и высокоскоростная беспроводная связь 802.11n, заинтересованная общественность наблюдала существенные технологические события в 2005 году, но все они фактически не появились на рынке до 2006-го, а 802.11n, вероятно, не появится и до 2007 года.

При этом, как это ни парадоксально, муниципальная Mesh Networking получила серьезное «впрыскивание адреналина», в котором она давно нуждалась благодаря громким дебатам, окружающим планы штата Филадельфия относительно охвата всего города сетью открытого доступа. Контракт по реализации этого проекта был подписан в 2005 г., а сеть должна быть создана и введена в строй в следующем году. Это сегодня, пожалуй, самый яркий пример того, когда общественность действительно опробует и проверит, как хорошо Mesh Network функционирует в переполненной радиосигналами окружающей среде с точки зрения корпоративного и муниципального применения данной технологии.

Год 2005 также был годом так называемой технологии pre-WiMax, поскольку корпорация Intel и сообщество заинтересованных продавцов громко рассказывали о выгодах мобильной широкополосной сети (WiMax), в то время, как фактическое тестирование совместимости и возможностей едва успевало за таким разви-

Т а б л и ц а 1 . Мировой рынок оборудования для беспроводных локальных сетей (WLAN)

| Год                                | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006* |
|------------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Количество точек доступа, тыс. шт. | 20   | 35   | 43   | 70   | 100   |
| Объем рынка, \$ млрд.              | 1,5  | 2,43 | 2,8  | 3,5  | 5     |
| * прогноз                          |      |      |      |      |       |

ем событий. Но первые стадии испытаний (выполненные в Пекине, как и полагается) теперь полностью завершены, и технология 802.16e — основа мобильного стандарта WiMax — была совсем недавно ратифицирована. Это означает, что фактически мы должны увидеть первые образцы серийного WiMax-оборудования в следующем году и, если немного повезет, частичную функциональную совместимость между быстродействующими широкополосными сетями.

В то время как остальная часть мира ждет все откладываемого испытания функциональной совместимости WiMax, жители Южной Кореи настойчиво продвигаются с их отечественным мобильным вариантом беспроводной технологии MAN. Сообщения в местной печати описывают, как Samsung демонстрирует пересылку сообщений между базовыми станциями WiBro на скорости до 80 миль в час. Корпорация представляет свою новую технологию во время встречи на высшем уровне государств АРЭС в ноябре. Причина такой спешки очевидна — Samsung хочет заранее захватить преимущество в мобильном беспроводном широкополосном рынке, особенно гарантируя возможность простого перехода на технологии корпорации Intel, которая является основной компанией, управляющей рынком WiMax. Есть все основания полагать, что планы Samsung сбудутся, ведь, в конце концов, WiBro получен на основе спецификации 802.16e, которая формирует основу мобильного WiMax и WiBro. Последний при этом, как ожидается, будет очень похож на WiMax в конечной ратифицированной спецификации.

Следует отметить, что максимальный радиус охвата Wi-Fi обычно не превышает нескольких сотен метров (типичный радиус охвата в помещении составляет 20-50 м, на улице — до 100 м). Станции же WiMax передают сигналы большой мощности, которая зависит от используемого радиодиапазона, а зона покрытия в среднем составляет 2...3 км. Исходя из этого, можно говорить о том, что WiMax и Wi-Fi вряд ли будут соперниками. WiMax скорее будет конкурировать с системой сотовой связи третьего поколения (3G), которая будет обеспечивать доступ к информационным ресурсам сначала в городах, а затем и в сельской местности. Скорее всего, Wi-Fi, WiMax и 3G сети будут сосуществовать вместе, занимая различные рыночные ниши. В связи с этим можно предвидеть появление в ближайшем будущем КПК, ноутбуков и других мобильных устройств, оснащенных модулями, позволяющими работать в беспроводных сетях различной технологии (в помещении с Wi-Fi, в других местах — с WiMax или 3G).

Что касается «классического» Wi-Fi, самым заметным событием в этом году стала попытка внедрения этой технологии в самолетах. Идея состоит в том, чтобы обеспечить пассажирам возможность беспроводного доступа к WEB-ресурсам в течение полета, для чего необходимо установить соответствующее оборудование на борту самолета. Однако это один из тех сервисов, которые явно не торопятся внедрять американские авиалинии. Во-первых, установка подобного оборудования — недешевое удовольствие, во-вторых, в США Федеральная Комиссия по связи FCC (Federal Communications Commission) только недавно одобрила основную концепцию. Тем не менее, множество азиатских авиалиний изу-

чают эту технологию, а Lufthansa, которая уже имеет подобный работающий сервис, берет \$30 в час за предоставление такого доступа в бизнес-классе при перелетах через Атлантику.

Не утихает дискуссия и об обеспечении безопасности в сетях Wi-Fi. В США, по меньшей мере, один мегаполис сообщил об утечках информации из-за нарушения систем безопасности Wi-Fi. Проблемы безопасности в беспроводных коммуникациях, судя по всему, будут в центре внимания и в следующем году, когда начнут вводиться в строй сети с технологией Mesh Network в метрополитенах крупных городов и начнется внедрение сетей WiMax. А пока получается, что в офисе работник предприятия не беспокоится за сохранность своих данных, передаваемых по протоколу 802.11, что является заслугой системных администраторов, однако, выйдя на улицу, этот же самый работник попадает совсем в другой беспроводной мир. Действительно, если охватившие весь город широкополосные беспроводные сети легко поддаются взлому, то в скором времени появится и форма «кибер-грабежа с насилием». Большинство новых пользователей Wi-Fi не знают, что при WEB-серфинге с помощью новых беспроводных сетей их компьютерные данные находятся в значительной степени в открытом доступе. А контролировать все пункты беспроводной сети в масштабах города, как это делает администратор в офисе, на сегодня кажется невыполнимой задачей.

## Конвергенция

Конвергенция стационарных и мобильных технологий широко рекламировалась лидерами промышленности в этом году, но транспортная и клиентская часть все еще находится в фазе тестирования и испытаний, по крайней мере в американских компаниях Cingular Wireless LLC и Sprint Nextel Corp., именно в тех, которые были самыми агрессивными при выступлениях с планами конвергенции. Кроме того, не совсем ясно, что происходит с 802.11n — основой высокоскоростной беспроводной связи. Очевидно, что это был не самый удачный год для 802.11n, который использует «умную» технологию для антенны, чтобы обеспечивать скорость передачи данных 108 Мбит/с и более, что соответствует нормам по передаче данных для следующего поколения Wireless LAN. В сообществе производителей, наконец, ликвидирован раскол, возникший в ходе спора о лучшем способе осуществить обновление, которое представляет собой активацию возможностей оборудования для обслуживания Wi-Fi-мультимедиа. Но теперь, судя по всему, единая спецификация имеет все шансы быть одобренной в следующем году институтом IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), что фактически означает появление первых сертифицированных продуктов на рынке к 2007 году.

## Распространение

Несмотря на многочисленные задержки и обходные пути, используемые при продвижении технологий, главным результатом прошедшего года можно назвать сдвиг в сознании общественности. Производители четко осознали один факт о Wi-Fi и других формах быстрых беспроводных технологий: большинство людей в ближайшем будущем ожидает, что быстрое (и предпочтительно бесплатное) беспроводное подключение будет

доступным, когда они открывают свои портативные компьютеры в аэропортах, кафе, офисах, гостиницах и других общественных местах.

Этот, казалось бы, незаметный поворот означает фактически новую эру в обеспечении мобильной связи. Несмотря на откровенно малые зоны покрытия беспроводными технологиями в мире, проблемы безопасности, завышенные тарифные планы и другие препятствия, люди все более и более приучаются к идее, что вокруг может существовать «невидимый» Wi-Fi и вообще намного более осведомлены о новых появляющихся технологиях, чем это было когда-либо прежде. Именно это изменение в социальных ожиданиях позволит сетевым менеджерам, продавцам, провайдерам и производителям развивать и выгодно продавать созданные решения. При этом внимание общественности совершенно не акцентируется на проблемах, которые могут возникнуть при широком распространении и внедрении беспроводных технологий. 2006 год может стать годом, когда интерференция и сетевая перегрузка действительно начнут доставлять серьезные проблемы в таких технологиях как Bluetooth, Wi-Fi и в сетях WiMax, действующих на общественной нелицензируемой частоте 2,4 ГГц. Такая перегрузка уже является серьезной головной болью при проведении больших IT-выставок и подобных мероприятий. С каждым новым ноутбуком, КПК, и даже телефоном с установленным интерфейсом 802.11, с вводом в строй первых сетей WiMax интерференция и сетевая перегрузка станут настоящими «бичами» мобильных пользователей.

## Технические проблемы

Проектировщики Wi-Fi сетей должны обеспечить надежное соединение, высокую скорость приема и передачи данных, непрерывную зону покрытия, безопасность и конфиденциальность информации. Тут их и подстерегает основная трудность, заключающаяся в том, что беспроводные ЛВС всецело полагаются на радиосвязь, которая сама по себе имеет определенные отрицательные стороны. Качество сигнала, приходящего на базовую станцию или мобильное устройство клиента, ухудшается по следующим причинам:

1. Радиосигнал ослабляется с расстоянием, даже если на его пути нет физических преград.
2. Радиоволны отражаются от стен, мебели и оборудования и идут от передатчика к приемнику сразу несколькими путями. В результате интерференции волн в точке приема могут возникать замирания сигнала.
3. Сигнал искажается радиопомехами от микроволновых печей, стартеров автомобильных двигателей, ламп дневного света и другого электрооборудования.

Связистам хорошо знакомы эти проблемы, но, к сожалению, их решение связано со снижением скорости передачи данных. В обычных проводных ЛВС скорость передачи лежит в пределах от 10 до 1000 Мб/с, а в соответствующих стандарту IEEE 802.11b беспроводных ЛВС не превышает 11 Мб/с. Оборудование, в котором реализованы новые протоколы IEEE 802.11a и IEEE 802.11g, позволяет достигать 54 Мб/с. Практически подготовлен новый стандарт IEEE 802.11, предусматривающий передачу данных со скоростью до 108 Мб/с.

Т а б л и ц а 2. Российский рынок оборудования для беспроводных локальных сетей (WLAN)

| Год                           | 2003 | 2004 | 2005 | 2006* |
|-------------------------------|------|------|------|-------|
| Количество точек доступа, шт. | 171  | 220  | 540  | 1000  |
| Объем рынка, млн. долл.       | 5    | 7    | 10   | 15    |
| *прогноз                      |      |      |      |       |

Указанные цифры отражают весьма оптимистичный взгляд на возможности Wi-Fi. На самом деле, скорость приходится снижать, чтобы компенсировать затухание радиосигнала, интерференцию переотраженных волн и влияние радиопомех.

В недавно опубликованных материалах Алекс Хиллс — специалист по электронике и вычислительной технике, профессор Университета Карнеги-Меллона — представил модификацию технологии, названную Smart Wi-Fi. Свою карьеру Хиллс посвятил созданию беспроводных технологий передачи данных, именно он спроектировал первую в мире беспроводную ЛВС Wireless Andrew и разработал инструмент для проектирования Wi-Fi сетей (Rollabout), поэтому есть все основания полагать, что Smart Wi-Fi может стать существенным шагом вперед.

В качестве эксперимента в Университете Карнеги-Меллона была установлена современная Wi-Fi сеть, которая ярко продемонстрировала все проблемы, с которыми сталкивается технология. В первую очередь наблюдалась серьезная перегрузка базовых станций и падение скорости передачи данных в местах скопления студентов (лекционные залы, столовая и пр.), связанная с ограниченными возможностями протокола множественного доступа с контролем несущей и предотвращением конфликтов CSMA/CA. Чтобы устранить эту проблему, в Smart Wi-Fi реализованы тщательная настройка каналов и так называемое выравнивание нагрузки. Сеть Smart Wi-Fi может обслуживать множество пользователей, равномерно распределяя их по доступным базовым станциям. При этом, в случае изменения условий прохождения радиосигнала, Wi-Fi станция может увеличить или уменьшить свою соту за счет изменения мощности передатчика. В настоящее время базовые станции могут менять только собственную мощность, но в скором времени должны появиться дополнения к стандарту 802.11, согласно которым мобильные устройства также будут регулировать мощность своих передатчиков под управлением базовых станций. Вместе с динамическим выделением каналов все эти особенности должны заинтересовать производителей и потенциальных клиентов. Так, Cisco Systems недавно приобрела компанию Airespace, занимавшуюся развитием технологии Smart Wi-Fi, и теперь выпускает собственный продукт, наделенный подобными функциями под названием Aironet.

Наибольшее внимание уделяется вопросу конфиденциальности в Wi-Fi сетях. Изначально стандарт IEEE 802.11 предусматривал шифрование данных по протоколу WEP (Wired Equivalent Privacy) — сетевому стандарту конфиденциальности. Но большинство пользователей беспроводных ЛВС и в голову не приходит активировать в своем программном обеспечении функцию шифрования, поэтому сигнал посылается открытым и без труда может быть перехвачен. Впрочем, злоумышленники неоднократно

получали доступ и к информации, зашифрованной по протоколу WEP.

Другая ахиллесова пята Wi-Fi сетей — авторизация доступа. Обычно клиенты авторизуются при помощи имени и пароля, но если злоумышленник может получить доступ к передаваемым данным, то ему не составит труда получить неавторизованный доступ к сети. В 2004 г. Появились стандарты WPA (Wi-Fi Protected Access) — защищенного доступа к Wi-Fi, а также IEEE 802.11X, регламентирующие усиленные методы шифрования и более надежные методы получения доступа к сети за счет применения шифровальных ключей. Все эти новшества были включены в Smart Wi-Fi, позволяя ей достигнуть принципиально нового уровня информационной защищенности.

Следует отметить, что некоторые изготовители Wi-Fi оборудования принимают собственные меры по улучшению безопасности беспроводных ЛВС. Так, некоторые типы беспроводных ЛВС позволяют определить местоположение сетевого взломщика и заблокировать его сетевое устройство.

### Российский рынок

Особенностью российского рынка беспроводной связи является то, что соотношение установленных к настоящему времени систем в сегментах беспроводных локальных сетей (WLAN) и беспроводного широкополосного доступа в масштабах города (Wireless Access) в денежном выражении составляет 10% и 90% соответственно.

Хотя рынок WLAN демонстрирует заметный рост (табл. 2), его объемы несопоставимы с инвестициями в оборудование Wireless Access. В начале января текущего года крупнейший американский производитель VoIP и WiMax-оборудования — GlobeTel Communications (GTC) — объявила о подписании с российской компанией «Интернафта» рекордного контракта на строительство WiMax-сети в 30 главных российских городах. По условиям сделки, «Интернафта» четырьмя траншами заплатит GlobeTel Wireless («дочке» GTC) \$600 млн, но большинство аналитиков весьма скептически смотрят на этот проект. ■

### Литература

1. <http://en.json.ru>
2. <http://www.cnews.ru>
3. <http://rmt-net.ru>
4. <http://en.json.ru>
5. <http://www.connect.ru>
6. <http://rmt-net.ru>
7. <http://www.cnews.ru>
8. <http://www.wireless.ru>
9. <http://www.iks-consulting.ru>
10. <http://www.wi-fiplanet.com>
11. <http://www.alwayson-network.com>
12. <http://www.3g.co.uk>
13. <http://www.insight-corp.com>
14. <http://www.bbwwexchange.com>

### Новый дистрибьюторский контракт компании «ПетроИнТрейд»

Компания «ПетроИнТрейд» в ноябре 2005 года получила эксклюзивный дистрибьюторский сертификат на поставку продукции M2M мирового лидера по производству высоконадежных CDMA-модемов компании AnyDATA (<http://www.anydata.com>). Продукция компании AnyData отличается компактными размерами и самой высокой скоростью передачи данных из всех доступных моделей на мировом рынке. Флагманской моделью компании является CDMA-модуль DTU-450X, на сегодняшний день самый малагабаритный и



быстрый в мире. Он построен на базе новой микросхемы MSM6050, выпускаемой компанией Qualcomm. Микросхема имеет встроенный стек TCP/IP, используемый при программировании приложений.

Модуль имеет габаритные размеры 38,5×38,5×5,8 мм и передает информацию со скоростью до 153 кбит/с. Данный модуль полностью совместим с технологией BREW, поддерживает загрузку и выполнение приложений пользователя. Помимо этого он имеет интерфейс R-UIM/MIDI/MP3. Модем также поддерживает передачу факсов и канальных данных.

Модуль оптимизирован для применения в ОЕМ-приложениях, включая PDA и терминалы беспроводного доступа. Модуль можно использовать для дистанционного управления освещением, доступа к данным через Интернет, контроля и управления промышленными роботами, позиционирования объектов на местности, для дистанционных охранных систем, наблюдения.



# GPS: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Александр МАХАНЬКОВ  
plusik@rambler.ru

**Начиная с 60-х годов XX века вооруженные, военно-морские и военно-воздушные силы США независимо друг от друга проводили работы над созданием радионавигационных систем, позволяющих независимо от погодных условий круглосуточно точно определять координаты объектов на Земле.**

В 1973 году данные программы объединили в одну, и военно-воздушные силы США назначили руководящими в разработке системы NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) — глобальной системы местопределения (Global Positioning System). С 1983 года, после того, как к ее информации получили доступ гражданские лица, а в 1991 году были сняты ограничения на продажу GPS-оборудования

в страны бывшего СССР, распространение получила широко известная аббревиатура GPS.

Изначально планировалось, что система будет служить для высокоточного наведения боевых ракет, а навигационные функции системы были отодвинуты на второй план.

Первый спутник системы был запущен в 1978 году, а основная часть спутников системы были запущены на орбиты в середине 80-х годов. В 1994-м на орбиту был помещен спутник, позволивший завершить построение системы из 24 спутников.

Период нахождения спутника на орбите примерно равен 10 годам. Отработавшие свой срок спутники планомерно выводятся из системы и утилизируются.

В России действует аналогичная система спутниковой навигации ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система), принцип работы которой во многом подобен GPS, точность определения координат которой, однако, заметно меньше.

Спутниковые радионавигационные системы — это всепогодные системы космического базирования. Они позволяют определять текущие местоположения подвижных объектов и их скорость, а также осуществлять точную координату времени.

В состав системы входят:

- созвездие ИСЗ (космический сегмент);
- сеть наземных станций слежения и управления (сегмент управления);
- GPS-приемники (аппаратура потребителей).

Космический сегмент (орбитальная группировка) системы GPS на данный момент содержит 24 спутника. У каждого спутника имеется порядковый номер (PRN), всего номеров зарезервировано 32. По состоянию на 27 декабря 2005 года, на орбите находилось 29 рабочих спутников, 5 из которых либо уже отработали свой срок, либо готовились к вводу в систему для замены отработавших. Период обращения одного спутника составляет 11 часов 56,9 минут. Вес каждого спутника около 835 кг, линейный размер более 5 м (с развернутыми солнечными батареями). На борту каждого спутника установлены атомные часы, обеспечивающие точность  $10^9$  (0,000000001) с, вычислительно-кодирующее устройство и передатчик мощностью 50 Вт. Спутники размещены на 6 орбитальных плоскостях. Высота орбит примерно равна 20 200 км, угол наклона орбит составляет 55 градусов (рис. 1).

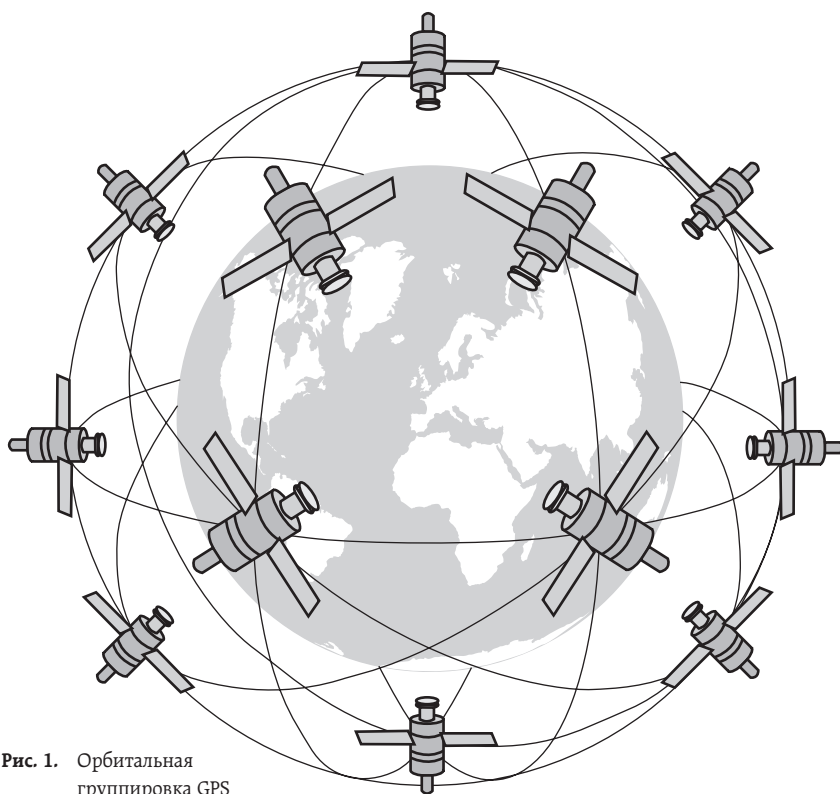


Рис. 1. Орбитальная группировка GPS

Передающая аппаратура излучает синусоидальные сигналы на двух частотах: L1 = 1575,42 МГц и L2 = 1227,60 МГц. Перед этим сигналы модулируются псевдослучайными цифровыми последовательностями (эта процедура называется фазовой манипуляцией). Причем частота L1 модулируется двумя видами кодов: C/A-кодом (код свободного доступа) и P-кодом (код санкционированного доступа), а частота L2 — только P-кодом. Кроме того, обе несущие частоты дополнительно кодируются навигационным сообщением, в котором содержатся данные об орбитах ИСЗ, информация о параметрах атмосферы, поправки системного времени. Частота L1 предназначена для широкого круга гражданских потребителей, а доступ к сигналам частоты L2 в основном получают военные и федеральные службы США. Точность автономного определения расстояния по P-коду примерно на порядок выше, чем по C/A-коду.

Данные параметры расположения группировки космических аппаратов выбраны не случайно. В любой момент времени в любой точке земного шара можно получить сигналы как минимум от 3-х спутников, что является необходимым условием определения координат. Для более точного определения местоположения необходим сигнал от четвертого спутника.

Наземный сегмент системы представляют контролирующие-измерительные станции для мониторинга спутников. Они расположены на Кваджалейне, на острове Вознесения, на Гавайях, Диего-Гарсия и Колорадо-Спрингс. Также в системе работают три наземные антенны (остров Вознесения, Диего-Гарсия и Кваджалейн). Управление осуществляется на центральной станции, расположенной на авиабазе в Шривере, Колорадо (Schriever Air Force Base, Colorado).

Приемные устройства — GPS-навигаторы — работают в комплексе со спутниками. GPS-навигатор получает со спутников следующую информацию: «псевдослучайный код» (PRN — pseudo-random code), «эфемериды» (ephemeris) и «альманах» (almanach). По наличию этих данных в GPS-навигаторах определяют вид старта или, по-другому, инициализации (под

Т а б л и ц а 1. Информация, передаваемая со спутника.

| Содержание кадра       | Содержание подкадра |           |   |
|------------------------|---------------------|-----------|---|
|                        | Слово TLM           | Слово HOW | Содержание подкадра   |
| Подкадр 1              | Слово TLM           | Слово HOW | Номер недели GPS, точность, состояние и параметры коррекции времени спутника  |
| Подкадр 2              | Слово TLM           | Слово HOW | Информация об эфемеридах спутника   |
| Подкадр 3              | Слово TLM           | Слово HOW | Информация об эфемеридах спутника   |
| Подкадр 4 (25 страниц) | Слово TLM           | Слово HOW | Альманах и состояние спутников с номерами 25-32, конфигурация спутников, признаки, данные ионосферы и всемирной шкалы времени (UTC), специальные сообщения, резервные разряды |
| Подкадр 5 (25 страниц) | Слово TLM           | Слово HOW | Альманах и состояние спутников с номерами 1-24, опорное время, номер недели альманаха, резервные разряды  |

Т а б л и ц а 2. Данные альманаха спутника 01.

| ***** Week 335 almanac for PRN-01 ***** | Расшифровка обозначений |  |
|---|-------------------------|--|
| ID:                                     | 01                      | Порядковый номер спутника  |
| Health:                                 | 000                     | Состояние спутника: старший разряд «0» — вся навигационная информация в норме;               |
| Eccentricity:                           | 0,6335258484E-002       | Эксцентриситет (пониженная точность)   |
| Time of Applicability(s):               | 14 7456,0000            | Опорное время привязки альманаха, с  |
| Orbital Inclination(rad):               | 0,9863340671            | Отклонение от номинального угла наклона орбиты спутника, рад                                 |
| Rate of Right Ascen(r/s):               | -0,7691748964E-008      | Скорость изменения прямого восхождения (пониженная точность), рад/с                          |
| SQRT(A) (m 1/2):                        | 5153,637695             | Корень квадратный из большой полуоси орбиты спутника (пониженная точность), м <sup>1/2</sup> |
| Right Ascen at Week(rad):               | -0,1589676350E+001      | Долгота восходящего узла орбитальной плоскости на недельную эпоху (пониженная точность), рад |
| Argument of Perigee(rad):               | -1,713295128            | Аргумент перигея (пониженная точность), рад  |
| Mean Anom(rad):                         | 0,2555473800E+001       | Средняя аномалия на время привязки (пониженная точность), рад                                |
| Af0(s):                                 | 0,3337860107E-004       | Коэффициент (постоянной составляющей) аппроксимации временных параметров альманаха, с        |
| Af1(s/s):                               | 0,3637978807E-011       | Коэффициент (первого порядка составляющей) аппроксимации временных параметров альманаха, с/с |
| week:                                   | 335                     | Полный номер недели, к которой относится опорное время привязки альманаха (toa)              |

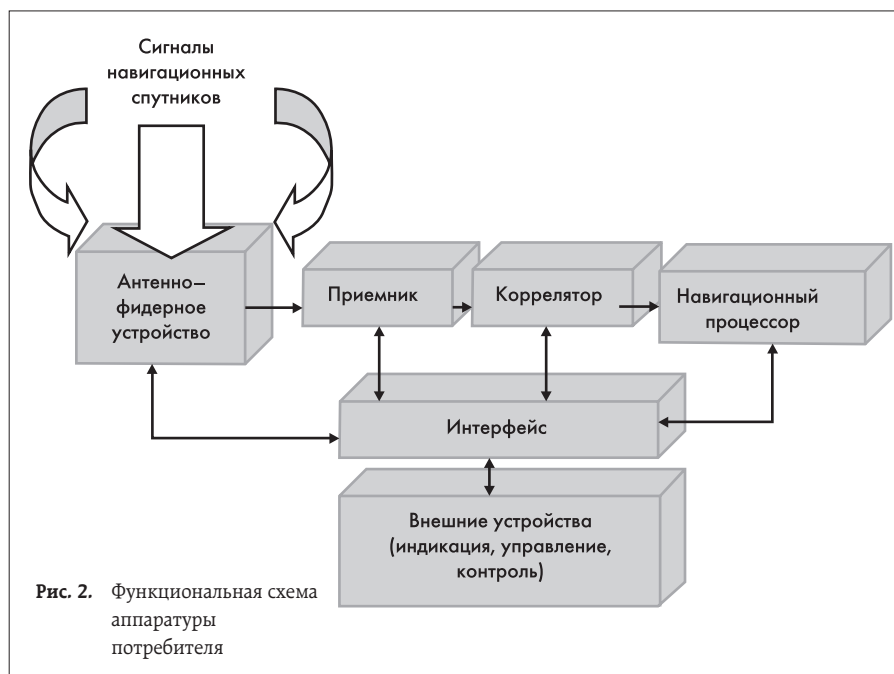


Рис. 2. Функциональная схема аппаратуры потребителя

стартом подразумевается начало процесса получения данных хотя бы с 3 спутников, что достаточно для 2D-навигации). Каждый спутник передает только собственную эфемериду, в то время как альманах передается каждым спутником обо всех спутниках сразу. Стартовать приемник может в разных режимах. «Холодный старт» происходит в том случае, когда информация об альманахе и эфемеридах сильно устарела. Данные могут утеряться в случае переноса GPS-приемника на большое расстояние, или же если часы приемника сбились. Как правило, «холодный старт» занимает от нескольких до 45 минут. «Теплый старт» — альманах сохранился, но эфемериды уже потеряны и часы приемника еще «знают» точное время. Такой старт занимает меньше времени, от 30 секунд до 10–15 минут, в зависимости от условий приема. В этом случае GPS-приемнику необходимо получить данные только эфемерид. И, наконец, самый быстрый старт — «горячий». Занимает от нескольких секунд до 5 минут. «Горячий старт» может быть осуществлен, когда в навигаторе имеется и альманах, и эфемериды.

Таким образом, большей частью время между включением и началом выдачи координат зависит от того, как давно было выключено устройство, а также от чувствительности прибора; модель приемника влияет на скорость захвата спутников в меньшей степени.

Функционирование аппаратуры потребителя можно понять из обобщенной схемы (рис. 2).

Основное сообщение, передаваемое с каждого навигационного спутника GPS, формируется в виде кадра. Поток навигационных данных передается со скоростью 50 бит/с. Длительность информационного символа «0» или «1» равна 20 мс. Кадр состоит из пяти под-кадров, причем четвертый и пятый подкадры разделены на 25 страниц каждый. Подкадры с первого по третий, а также каждая страница четвертого и пятого подкадров содержат по 300 символов, которые разделены на 10 слов по 30 символов в слове.

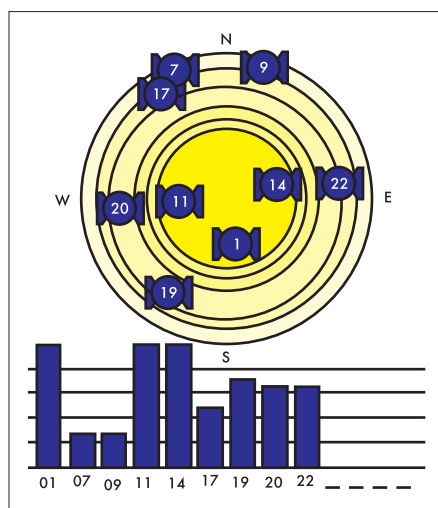


Рис. 3. Расположение спутников на информационном экране навигатора

В таблице 1 показана информация, передаваемая с навигационного спутника.

Альманах, содержащий информацию о параметрах орбит каждого из спутников системы, приведен в таблице 2.

Нулевой отсчет времени GPS определен в полночь с 5 на 6 января 1980 года. Неделя является самой большой единицей измерения времени в системе GPS. Неделя определена как 604 800 с.

Эфемериды представляют собой уточненные параметры движения спутников. Основываясь на данных альманаха, GPS-приемник «сканирует» небо и при получении данных от спутника уточняет его эфемериды.

Чтобы понять, как GPS-навигатор определяет координаты, необходимо иметь представление о системе координат, в которой происходит движение спутников и определение координат конечных потребителей.

Наблюдатель на Земле может представить небесную сферу, спроецированную на плоскость так, чтобы центр совпадал с местоположением наблюдателя.

Именно в этой проекции пользователю GPS-навигатором показывается примерное расположение спутников (рис. 3).

Как видно из рисунка (снимок с экрана GPS-навигатора), спутников в пределах видимости

находится девять (снимок производился при включенном режиме симуляции, то есть когда навигатор не ловит сигналы со спутников, а моделирует возможные ситуации). В реальности спутников на проекции сферы видно не более восьми, а сигналы принимаются максимум с четырех-шести. Закрашенный столбик над номером спутника показывает на устойчивый прием сигналов, а высота столбца позволяет оценить качество приема. В момент, когда GPS-навигатор начинает получать информацию со спутника, над его номером появляется незакрашенный прямоугольник. Закрашивается он при уточнении параметров орбиты спутника и начале получения данных, на основе которых идет непосредственный расчет координат пользователя.

Данные спутниковых систем и параметры орбит спутников рассчитываются относительно центра масс Земли. В бытовых GPS-навигаторах используется единая система координат, наиболее популярная в системах гражданской авиации, WGS-84.

Глобальная система координат WGS-84 определена следующим образом.

Начало координат 0 расположено в центре массы Земли:

- ось OX — пересечение плоскости исходного меридиана WGS-84 и плоскости экватора;
- ось OZ — направлена на Северный полюс Земли;
- ось OY — дополняет систему до правой системы координат.

Исходный меридиан WGS-84 совпадает с нулевым меридианом, определенным Международным бюро времени (BIN).

При наличии сигнала от одного спутника (№1), известной скорости распространения электромагнитного сигнала в пространстве (300 000 км/с) и времени, за которое сигнал дошел от спутника до GPS-приемника, стало возможным рассчитать геометрическое место точек нахождения приемника сигнала (им будет являться сфера с радиусом, равным расстоянию от спутника до приемника, в центре которой находится спутник).

Если GPS-навигатор начал принимать сигналы от второго спутника, то аналогично первому случаю, строится сфера вокруг спутника № 2. Так как GPS-приемник должен находиться на обеих сферах сразу, то теперь строим пересечение двух сфер. Каждая точка получившейся окружности может являться местом нахождения приемника в пространстве.

Наконец, когда приемник поймает сигнал от спутника № 3, строится еще одна сфера, при пересечении с окружностью она дает нам две точки. Одна из этих точек, как правило, имеет довольно неправдоподобное расположение, и в процессе вычисления по алгоритму она отбрасывается. Таким образом, мы получаем результат: широту и долготу.

Но если учитывать огромную скорость распространения электромагнитной волны, ошибка в расчетах на тысячные доли секунды может привести к довольно серьезным погрешностям в вычислении расстояния до спутника, а затем и в построении сфер и определении координат. Таким образом, мы подобрались к одному важному нюансу — для корректного определения координат необходим четвертый спутник.

После построения трех сфер приемник начинает манипулировать с временной задержкой. При каждом новом сдвиге времени приемника строятся новые сферы, точка пересечения их «расплывается» в треугольник. То есть сферы перестают пересекаться, а местоположение GPS-приемника может с определенной вероятностью быть в любой из точек треугольной области. Затем временные сдвиги продолжаются до тех пор, пока все три сферы снова не пересекутся в одной точке. Получаем довольно точные координаты. И чем больше спутников «видит» навигатор, тем точнее мы можем скорректировать время с вытекающим из этого увеличением точности позиционирования. При наличии четвертого спутника начинает работать так называемая 3D-навигация, и мы имеем возможность определить высоту над уровнем моря, скорость передвижения по поверхности и скорость вертикального перемещения.

Немного о точности. При создании системы в нее специально внесли так называемый режим S/A (Selective Availability — ограниченный доступ). Этот режим разработан для того, чтобы не дать возможному противнику тактического преимущества в определении местоположения с помощью GPS. Принцип действия данного режима заключается в искусственном рассогласовании часов спутника и приемника. Поэтому даже при хорошем приеме сигналов нескольких спутников точность не превышала 100 метров. Однако в 2000 году данный режим был отменен, и официально система GPS стала давать возможность определять координаты более точно. Как правило, указывают точность в 20...30 метров. Если использовать специальные алгоритмы пост-обработки, точность можно повысить вплоть до нескольких миллиметров, но это умеют делать геодезические системы. Для работы с такими системами нужен сертификат и разрешение, а их стоимость превышает стоимость бытовых навигаторов в десятки раз.

На точность определения координат существенное влияние оказывают ошибки, возникающие при выполнении процедуры измерений. Природа этих ошибок различна.

1. Неточное определение времени. Вносит погрешность порядка 1 метра.
2. Погрешности вычисления орбит спутников (уточнения эфемерид). Вносят погрешность порядка 1 метра.
3. Ионосферные задержки сигнала. Вносят погрешность до 10 метров.
4. Многолучевое отражение от высоких зданий, других объектов. Вносит погрешность до 2 метров.
5. Геометрическое расположение спутников.
6. Тропосферные задержки сигнала. **Б**

## Литература

1. Лекции доктора технических наук Валерия Викторовича Коница. [http://www.kvantn.com.ua/resourse/All/lections/lect\\_cont.html](http://www.kvantn.com.ua/resourse/All/lections/lect_cont.html)
2. Информация с сайта <http://www.datalogger.ru/gps/>
3. Информация с сайта <http://www.ixbt.com/mobile/gps.html>
4. Информация на форуме сайта <http://www.gpsinfo.ru/>
5. Информация с сайта <http://www.minsvyaz.ru>.

# Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi

Николай АГАФОНОВ  
nicaga@yandex.ru

**В статье рассматриваются три технологии беспроводной передачи данных, названия которых, что называется, у всех на слуху: ZigBee, Bluetooth и Wi-Fi, а также приводятся возможные области их использования и рекомендации по выбору технологии для конкретной задачи.**

## Технология беспроводной передачи данных Bluetooth

Технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15) стала первой технологией, позволяющей организовать беспроводную персональную сеть передачи данных (WPAN — Wireless Personal Network). Она позволяет осуществлять передачу данных и голоса по радиоканалу на небольшие расстояния (10–100 м) в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц и соединять ПК, мобильные телефоны и другие устройства при отсутствии прямой видимости.

Своему рождению Bluetooth обязана фирме Ericsson, которая в 1994 году начала разработку новой технологии связи. Первоначально основной целью являлась разработка радиointерфейса с низким уровнем энергопотребления и невысокой стоимостью, который позволял бы устанавливать связь между сотовыми телефонами и беспроводными гарнитурами. Однако впоследствии работы по разработке радиointерфейса плавно переросли в создание новой технологии.

На телекоммуникационном рынке, а также на рынке компьютерных средств успех новой технологии обеспечивают ведущие фирмы-производители, которые принимают решение о целесообразности и экономической выгоде от интеграции новой технологии в свои новые разработки. Поэтому, чтобы обеспечить своему детищу достойное будущее и дальнейшее развитие, в 1998 году фирма Ericsson организовала консорциум Bluetooth SIG (Special Interest Group), перед которым ставились следующие задачи:

- дальнейшая разработка технологии Bluetooth;
- продвижение новой технологии на рынке телекоммуникационных средств.

В консорциум Bluetooth SIG входят такие фирмы, как Ericsson, Nokia, 3COM, Intel, National Semiconductor.

Логично было бы предположить, что первые шаги, предпринимаемые консорциумом

Bluetooth SIG, будут заключаться в стандартизации новой технологии с целью совместимости Bluetooth-устройств, разработанных разными фирмами. Это и было реализовано. Для этого были разработаны спецификации, детально описывающие методы использования нового стандарта и характеристики протоколов передачи данных.

В результате был разработан стек протокола беспроводной передачи данных Bluetooth (рис. 1).

Технология Bluetooth поддерживает как соединения типа «точка-точка», так и «точка-многоточечек». Два или более использующих один и тот же канал устройства образуют пикосеть (piconet). Одно из устройств работает как основное (master), а остальные — как подчиненные (slave). В одной пикосети может быть до семи активных подчиненных устройств, при этом остальные подчиненные устройства находятся в состоянии «парковки», оставаясь синхронизированными с основным устройством. Взаимодействующие пикосети образуют «распределенную сеть» (scatternet).

В каждой пикосети действует только одно основное устройство, однако подчиненные устройства могут входить в различные пикосети. Кроме того, основное устройство одной пикосети может являться подчиненным в другой (рис. 2).

С момента появления на рынке первых модулей Bluetooth их широкому применению в новых приложениях препятствовала сложная программная реализация стека протокола Bluetooth. Разработчику необходимо было самостоятельно реализовать управление Bluetooth-модулем и разработать профили, определяющие взаимодействие модуля с другими Bluetooth-устройствами с помощью команд интерфейса хост-контроллера (HCI — Host Controller Interface). Интерес к технологии Bluetooth возрастал с каждым днем, появлялись все новые и новые фирмы, разрабатывающие для нее компоненты, но не было решения, которое бы в значительной степени упростило бы управление Bluetooth-модулями. И такое решение было найдено. Финская фирма, изучив ситуацию на рынке, одной из первых предложила разработчикам следующее решение.

В большинстве случаев технология Bluetooth используется разработчиками для замены проводного последовательного соединения между двумя устройствами на беспроводное. Для организации соединения и выполнения передачи данных разработчику необходимо программно,

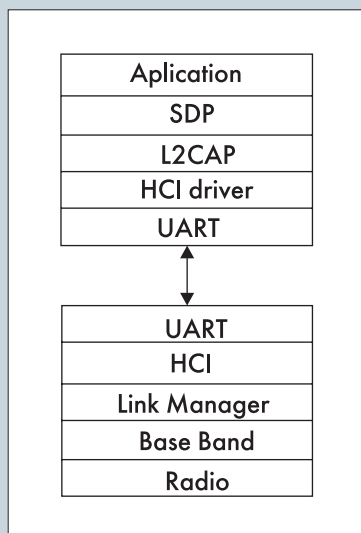


Рис. 1. Стек протокола Bluetooth

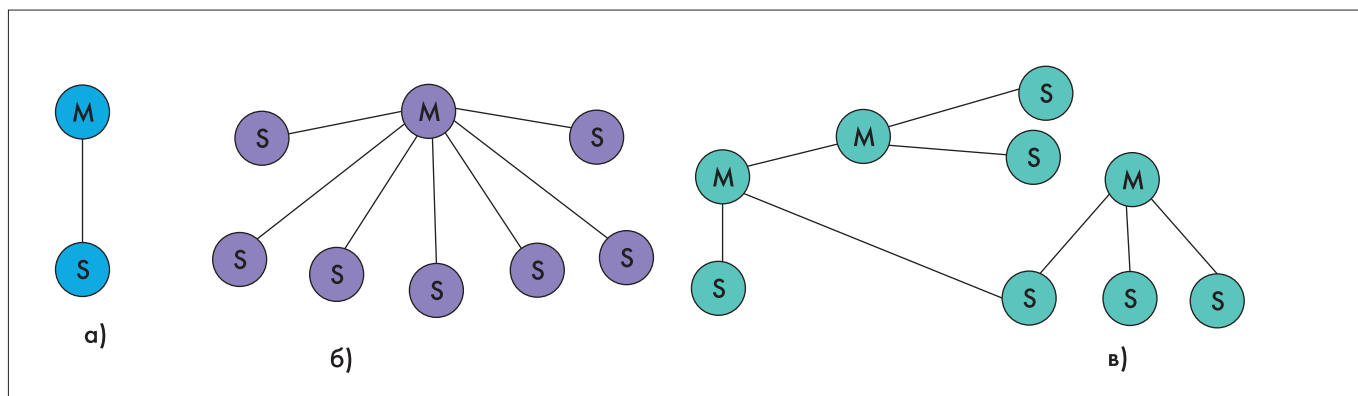


Рис. 2. Пикосеть с подчиненными устройствами. а) с одним подчиненным устройством. б) несколькими. в) распределенная сеть

с помощью команд интерфейса хост-контроллера реализовать верхние уровни стека протокола Bluetooth, к которым относят: L2CAP, RFCOMM, SDP, а также профиль взаимодействия по последовательному порту — SPP (Serial Port Profile) и профиль обнаружения услуг SDP (Service Discovery Profile). На этом и решила сыграть финская фирма, разработав вариант прошивки Bluetooth-модулей, представляющий законченную программную реализацию всего стека протокола Bluetooth (рис. 1), а также профилей SPP и SDP. Это решение дает возможность разработчику осуществлять управление модулем, устанавливать беспроводное последовательное соединение и выполнять передачу данных с помощью специальных символьных команд, точно так же, как это делается при работе с обычными модемами через стандартные AT-команды.

На первый взгляд, рассмотренное выше решение позволяет существенно сократить время интеграции технологии Bluetooth во вновь разрабатываемые изделия. Однако это накладывает определенные ограничения на использование возможностей технологии Bluetooth. В основном это сказывается на уменьшении максимальной пропускной способности и количестве одновременных асинхронных соединений, поддерживаемых Bluetooth-модулем.

В середине 2004 года на смену спецификации Bluetooth версии 1.1, которая была опубли-

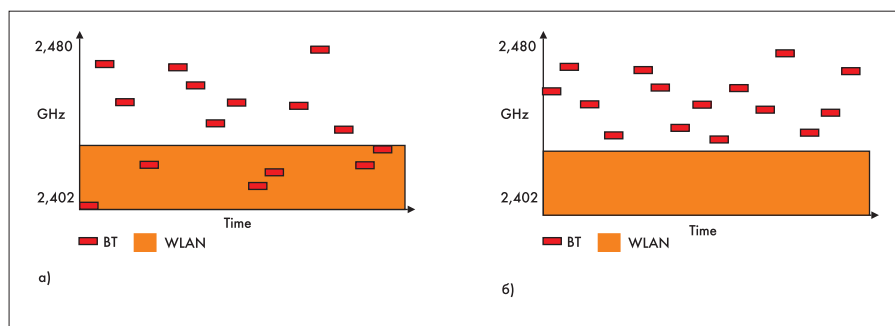


Рис. 3. Принцип действия технологии AFH. а) коллизии б) уход от коллизий при помощи адаптивной перестройки частоты канала

кована в 2001 году, принята спецификация Bluetooth версии 1.2. К основным отличиям спецификации 1.2 от 1.1 относят:

1. Реализация технологии адаптивной перестройки частоты канала (Adaptive Frequency hopping, AFH).
2. Усовершенствование голосового соединения.
3. Сокращение времени, затрачиваемого на установление соединения между двумя модулями Bluetooth.

Известно, что Bluetooth и Wi-Fi используют один и тот же нелицензируемый диапазон 2,4 ГГц. Следовательно, в тех случаях, когда Bluetooth-устройства находятся в зоне действия устройств Wi-Fi и осуществляют обмен данными между со-

бой, это может привести к коллизиям и повлиять на работоспособность устройств. Технология AFH позволяет избежать появления коллизий: во время обмена информацией для борьбы с интерференцией технология Bluetooth использует скачкообразную перестройку частоты канала, при выборе которой не учитываются частотные каналы, на которых осуществляют обмен данными устройства Wi-Fi. На рис. 3 проиллюстрирован принцип действия технологии AFH.

Развитие технологии Bluetooth не стоит на месте. Консорциумом SIG разработана концепция развития технологии до 2008 года (рис. 4).

В настоящее время на рынке работает большое количество фирм, предлагающих моду-

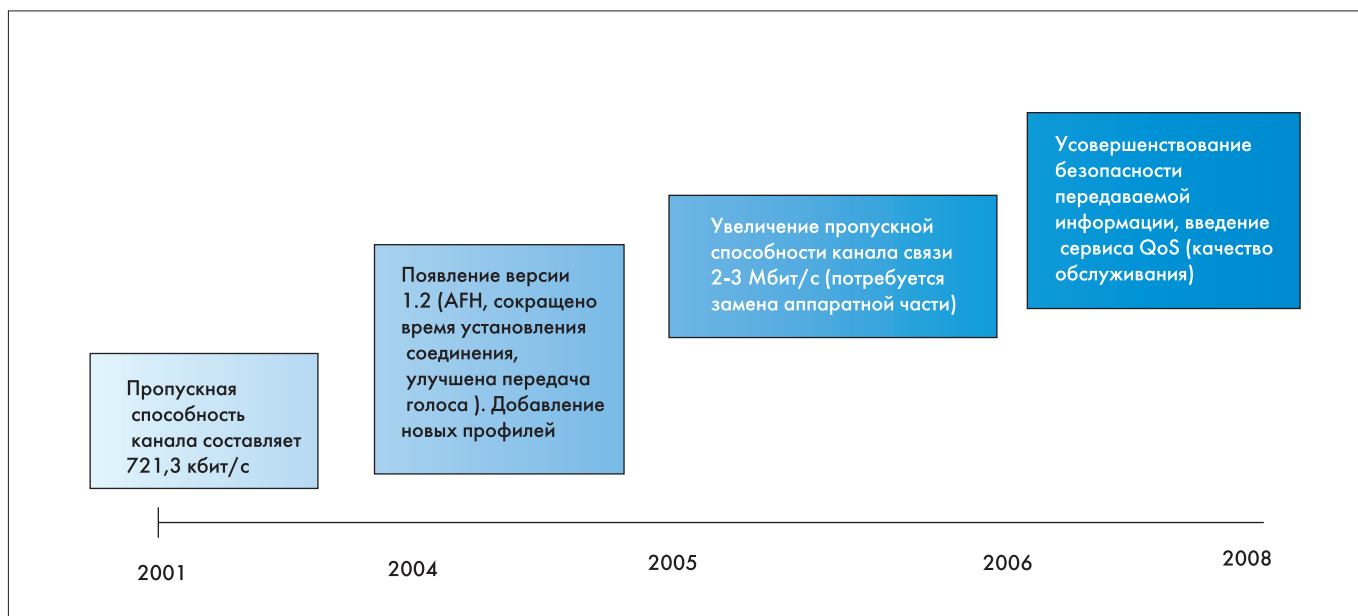


Рис. 4. Этапы развития технологии Bluetooth

ли Bluetooth, а также компоненты для самостоятельной реализации аппаратной части Bluetooth-устройства. Практически все производители предлагают модули, поддерживающие спецификации Bluetooth версии 1.1 и 1.2 и соответствующие классу 2 (диапазон действия 10 м) и классу 1 (диапазон действия 100 м). Однако, несмотря на то, что версия 1.1 полностью совместима с 1.2, все рассмотренные выше усовершенствования, реализованные в версии 1.2, могут быть получены, только если оба устройства соответствуют версии 1.2.

В ноябре 2004 года была принята спецификация Bluetooth версии 2.0, поддерживающая технологию расширенной передачи данных (Enhanced Data Rate, EDR). Спецификация 2.0 с поддержкой EDR позволяет осуществлять обмен данными на скорости до 3 Мбит/с. Первые серийно изготавливаемые образцы модулей, соответствующие версии 2.0 и поддерживающие технологию расширенной передачи данных EDR, были предложены производителями в конце 2005 года. Радиус действия таких модулей составляет 10 м при отсутствии прямой видимости, что соответствует классу 2, а при наличии прямой видимости он может достигать 30 м.

Как уже отмечалось ранее, основное назначение технологии Bluetooth — замена проводного последовательного соединения. При этом профиль SPP, используемый для организации соединения, конечно же, не единственный профиль, который разработчики могут использовать в своих изделиях. Технологией Bluetooth определены следующие профили: профиль общего доступа (Generic Access Profile), профиль обнаружения услуг (Service Discovery Profile), профиль взаимодействия с беспроводными телефонами (Cordless Telephony Profile), профиль интеркома (Intercom Profile), профиль беспроводных гарнитур для мобильных телефонов (Headset Profile), профиль удаленного доступа (Dial-up Networking Profile), профиль факсимильной связи (Fax Profile), профиль локальной сети (Lan Access Profile), профиль обмена данными (Generic Object Exchange), профиль передачи данных (Profile Object Push Profile), профиль обмена файлами (File Transfer Profile), профиль синхронизации (Synchronization Profile).

## Технология беспроводной передачи данных Wi-Fi

С Wi-Fi сложилась несколько запутанная ситуация, поэтому для начала определимся с используемой терминологией.

Стандарт IEEE 802.11 является базовым стандартом для построения беспроводных локальных сетей (Wireless Local Network — WLAN). Стандарт IEEE 802.11 постоянно совершенствовался, и в настоящее время существует целое семейство, к которому относят спецификации IEEE 802.11 с буквенными индексами a, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, u, v, w. Однако только четыре из них (a, b, g и i) являются основными и пользуются наибольшей популярностью у производителей оборудования, остальные же (c-f, h-n) представляют собой дополнения, усовершенствования или исправления принятых спецификаций.

В свою очередь, Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) только разрабатывает и принимает спецификации, на вышеле-

рчисленные стандарты. В его обязанности не входят работы по тестированию оборудования различных производителей на совместимость.

Для продвижения на рынке оборудования для беспроводных локальных сетей (WLAN) была создана группа, которая получила название Альянс Wi-Fi. Этот альянс осуществляет руководство работами по сертификации оборудования различных производителей и выдает разрешения на использование членами Альянса Wi-Fi логотипа торговой марки Wi-Fi. Наличие на оборудовании логотипа Wi-Fi гарантирует надежную работу и совместимость оборудования при построении беспроводной локальной сети (WLAN) на оборудовании различных производителей. В настоящее время Wi-Fi-совместимым является оборудование, построенное по стандарту IEEE 802.11a, b и g (может также использовать стандарт IEEE 802.11i для обеспечения защищенного соединения). Кроме того, наличие на оборудовании логотипа Wi-Fi означает, что работа оборудования осуществляется в диапазоне 2,4 ГГц или 5 ГГц. Следовательно, под Wi-Fi следует понимать совместимость оборудования различных производителей, предназначенного для построения беспроводных локальных сетей, с учетом изложенных выше ограничений.

Первоначальная спецификация стандарта IEEE 802.11, принятая в 1997 году, устанавливала передачу данных на скорости 1 и 2 Мбит/с в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц, а также способ управления доступом к физической среде (радиоканалу), который использует метод множественного доступа с опознаванием несущей и устранением коллизий (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA-CA). Метод CSMA-CA заключается в следующем. Для определения состояния канала (занят или свободен) используется алгоритм оценки уровня сигнала в канале, в соответствии с которым выполняется измерение мощности сигналов на входе приемника и качество сигнала. Если мощность принятых сигналов на входе приемника ниже порогового значения, то канал считается свободным, если же их мощность выше порогового значения, то канал считается занятым.

После принятия спецификации стандарта IEEE 802.11 несколько производителей представили на рынке свое оборудование. Однако оборудование стандарта IEEE 802.11 не получило широкого распространения вследствие того, что в спецификации стандарта не были однозначно определены правила взаимодействия уровней стека протокола. Поэтому каждый производитель представил свою версию реализации стандарта IEEE 802.11, не совместимую с остальными.

Для исправления сложившейся ситуации в 1999 году, IEEE принимает первое дополнение к спецификации стандарта IEEE 802.11 под названием IEEE 802.11b. Стандарт IEEE 802.11b стал первым стандартом построения беспроводных локальных сетей, получившим широкое распространение. Максимальная скорость передачи данных в нем составляет 11 Мбит/с. Такую скорость разработчикам стандарта удалось получить за счет использования метода кодирования последовательностью дополнительных кодов (Complementary Code Keying). Для

управления доступом к радиоканалу используется тот же метод, что и в первоначальной спецификации стандарта IEEE 802.11 — CSMA-CA. Приведенное выше значение максимальной скорости передачи данных, конечно же, является теоретическим значением, так как для доступа к радиоканалу используется метод CSMA-CA, не гарантирующий наличия свободного канала в любой момент времени. Поэтому на практике при передаче данных по протоколу TCP/IP максимальная пропускная способность составит около 5,9 Мбит/с, а при использовании протокола UDP — около 7,1 Мбит/с.

В случае ухудшения электромагнитной обстановки оборудование автоматически снижает скорость передачи в начале до 5,5 Мбит/с, затем до 2 Мбит/с, используя для этого метод адаптивного выбора скорости (Adaptive Rate Selection, ARS). Снижение скорости позволяет использовать более простые и менее избыточные методы кодирования, отчего передаваемые сигналы становятся менее подверженными затуханию и искажениям вследствие интерференции. Благодаря методу адаптивного выбора скорости оборудование стандарта IEEE 802.11b может осуществлять обмен данными в различной электромагнитной обстановке.

Следующим стандартом, пополнившим семейство стандарта IEEE 802.11, является стандарт IEEE 802.11a, спецификация которого была принята IEEE в 1999 году. Основное отличие спецификации стандарта IEEE 802.11a от первоначальной спецификации стандарта IEEE 802.11 заключается в следующем:

- передача данных осуществляется в нелицензируемом диапазоне частот 5 ГГц;
- используется ортогональная частотная модуляция (OFDM);
- максимальная скорость передачи данных составляет 54 Мбит/с (реальная скорость — около 20 Мбит/с).

Так же, как в стандарте 802.11b, в 802.11a реализован метод выбора адаптивной скорости (ARS), снижающий скорость передачи данных в следующей последовательности: 48, 36, 24, 18, 12, 9 и 6 Мбит/с. Передача информации осуществляется по одному из 12 каналов, выделенных в диапазоне 5 ГГц.

Использование диапазона 5 ГГц при разработке спецификации 802.11a обусловлено прежде всего тем, что данный диапазон менее загружен, чем диапазон 2,4 ГГц, а следовательно, передаваемые в нем сигналы менее подвержены влиянию интерференции. Несомненно, данный факт является преимуществом, но в то же время использование диапазона 5 ГГц приводит к тому, что надежная работа оборудования стандарта IEEE 802.11a обеспечивается только на прямой видимости. Поэтому при построении беспроводной сети требуется установка большего количества точек доступа, что, в свою очередь, влияет на стоимость развертывания беспроводной сети. Кроме того, сигналы, передаваемые в диапазоне 5 ГГц, более подвержены поглощению (мощность излучения оборудования IEEE 802.11b и 802.11a одна и та же).

Первые образцы оборудования стандарта IEEE 802.11a были представлены на рынке в 2001 году. Следует отметить, что оборудование, поддерживающее только стандарт IEEE 802.11a, не пользовалось большим спросом на рынке по нескольким

причинам. Во-первых, на тот момент оборудование стандарта IEEE 802.11b уже зарекомендовало себя на рынке, во вторых, все отмечали недостатки использования диапазона 5 ГГц и, в-третьих, оборудование стандарта IEEE 802.11a не совместимо с IEEE 802.11b. Однако впоследствии производители для продвижения IEEE 802.11a предложили устройства, поддерживающие оба стандарта, а также оборудование, позволяющее адаптироваться в сетях, построенных на оборудовании стандарта IEEE 802.11b, 802.11a, 802.11g.

В 2003 году была принята спецификация стандарта IEEE 802.11g, устанавливающая передачу данных в диапазоне 2,4 ГГц со скоростью 54 Мбит/с (реальная скорость составляет около 24,7 Мбит/с). Для управления доступом к радиоканалу используется тот же метод, что и в первоначальной спецификации стандарта IEEE 802.11 — CSMA-CA, а также ортогональная частотная модуляция (OFDM).

Оборудование стандарта IEEE 802.11g полностью совместимо с 802.11b, однако, из-за влияния интерференции, в большинстве случаев реальная скорость передачи данных 802.11g сопоставима со скоростью, обеспечиваемой оборудованием стандарта 802.11b. Поэтому единственным правильным решением для потенциальных пользователей беспроводных локальных сетей является покупка оборудования, поддерживающего сразу три стандарта: 802.11a, b и g.

Wi-Fi-совместимое оборудование у большинства разработчиков ассоциируется прежде всего с организацией точек доступа для выхода в Интернет и с абонентским оборудованием. Следует отметить, что и индустрия встроенных систем не обошла своим вниманием стандарты IEEE 802.11a, b и g. Уже сейчас на этом сегменте рынка есть предложения, позволяющие сделать любое устройство Wi-Fi-совместимым. Речь идет о OEM-модулях стандарта IEEE 802.11b, в состав которых входят: приемопередатчик, процессор обработки приложений и исполнения ПО. Таким образом, эти модули представляют собой полностью законченное решение, позволяющее существенно сократить время и стоимость реализации Wi-Fi-совместимости разрабатываемого изделия. В основном OEM-модули стандарта IEEE 802.11b интегрируются в изделия для удаленного мониторинга и управления через Интернет. Для подключения OEM-модуля стандарта IEEE 802.11b к изделию используется последовательный интерфейс RS-232, а управление модулем выполняется АТ-командами. Максимальное расстояние между OEM модулем стандарта IEEE 802.11b и точкой доступа при использовании специальной выносной антенны может составлять до 500 м. В помещении максимальное расстояние не превышает 100 м, а при наличии прямой видимости увеличивается до 300 м. Существенным недостатком таких OEM-модулей является их высокая стоимость.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики стандартов IEEE 802.11a, b и g.

## Технология беспроводной передачи данных ZigBee

Технология беспроводной передачи данных ZigBee была представлена на рынке уже после появления технологий беспроводной передачи данных Bluetooth и Wi-Fi. Появление

Т а б л и ц а 1. Основные технические характеристики стандартов IEEE 802.11a, b и g

| Стандарт                           | IEEE 802.11b  | IEEE 802.11a                   | IEEE 802.11g  |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| Частотный диапазон                 | 2,4–2,483 ГГц | 5,15–5,25 ГГц<br>5,67–5,85 ГГц | 2,4–2,483 ГГц |
| Метод доступа к радиоканалу        | CSMA-CA       | CSMA-CA                        | CSMA-CA       |
| Метод модуляции                    | BPSK, CCK     | OFDM                           | OFDM          |
| Максимальная скорость передачи     | 11 Мбит/с     | 54 Мбит/с                      | 54 Мбит/с     |
| Количество абонентов на один канал | 64            | 64                             | 64            |
| Дальность связи в помещениях       | 20–100 м      | 10–20 м                        | 20–50 м       |

Т а б л и ц а 2. Основные характеристики оборудования

|         | Диапазон частот | Количество каналов | Скорость передачи данных | Тип модуляции |
|---------|-----------------|--------------------|--------------------------|---------------|
| 868 МГц | 868–870 МГц     | 1                  | 20 кбит/с                | BPSK          |
| 915 МГц | 902–928 МГц     | 10                 | 40 кбит/с                | BPSK          |
| 2,4 ГГц | 2,4–2,4835 ГГц  | 16                 | 250 кбит/с               | O-QPSK        |

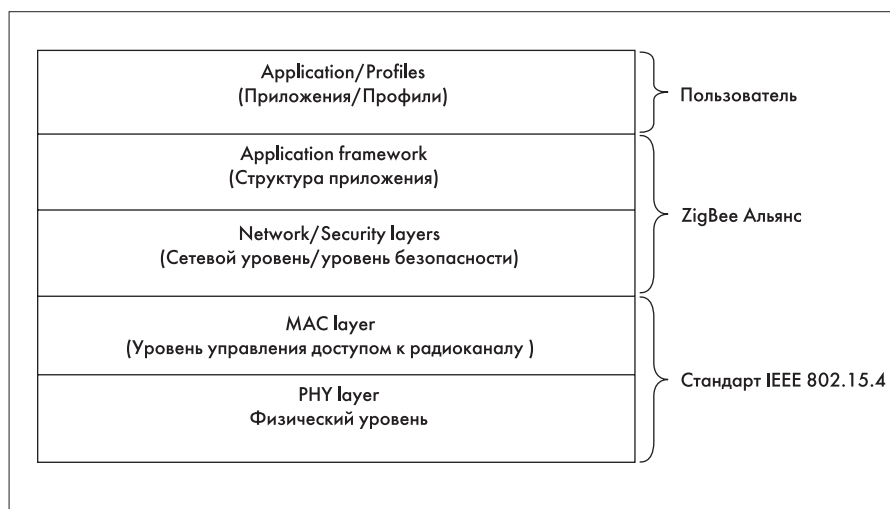


Рис. 5. Модель взаимодействия стандарта IEEE 802.15.4, технологии беспроводной передачи данных ZigBee и конечного пользователя

технологии ZigBee обусловлено, прежде всего, тем, что для некоторых приложений (например, для удаленного управления освещением или гаражными воротами, либо считывания информации с датчиков) основными критериями при выборе технологии беспроводной передачи является малое энергопотребление аппаратной части и ее низкая стоимость. Из этого следует малая пропускная способность, так как в большинстве случаев электропитание датчиков осуществляется от встроенной батареи, время работы от которой должно превышать несколько месяцев и даже лет. Иначе ежемесячная замена батареи для датчика открывания-закрывания гаражных ворот кардинально изменит отношение пользователя к беспроводным технологиям. Существующие на тот момент времени технологии беспроводной передачи данных Bluetooth и Wi-Fi не соответствовали этим критериям, обеспечивая передачу данных на высоких скоростях, с высоким уровнем энергопотребления и стоимости аппаратной части. В 2001 году рабочей группой № 4 IEEE 802.15 были начаты работы по созданию нового стандарта, который бы соответствовал следующим требованиям:

- очень малое энергопотребление аппаратной части, реализующей технологию беспроводной передачи данных (время работы от батареи должно составлять от нескольких месяцев до нескольких лет);

- передача информации должна осуществляться на не высокой скорости;
- низкая стоимость аппаратной части.

Результатом стала разработка стандарта IEEE 802.15.4. Во многих публикациях под стандартом IEEE 802.15.4 понимают технологию ZigBee и наоборот под ZigBee — стандарт IEEE 802.15.4. Однако это не так. На рис. 5 приведена модель взаимодействия стандарта IEEE 802.15.4, технологии беспроводной передачи данных ZigBee и конечного пользователя.

Стандарт IEEE 802.15.4 определяет взаимодействие только двух низших уровней модели взаимодействия: физического уровня (PHY) и уровня управления доступом к радиоканалу для трех нелицензируемых диапазонов частот: 2,4 ГГц, 868 МГц и 915 МГц. В таблице 2 приведены основные характеристики оборудования, функционирующего в этих диапазонах частот.

Уровень MAC отвечает за управление доступом к радиоканалу с использованием метода множественного доступа с опознаванием несущей и устранением коллизий (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA-CA), а также за управление подключением и отключением от сети передачи данных и обеспечение защиты передаваемой информации симметричным ключом (AES-128).

В свою очередь, технология беспроводной передачи данных ZigBee, предложенная альянсом ZigBee, определяет остальные уровни модели взаимодействия, к которым относят сетевой

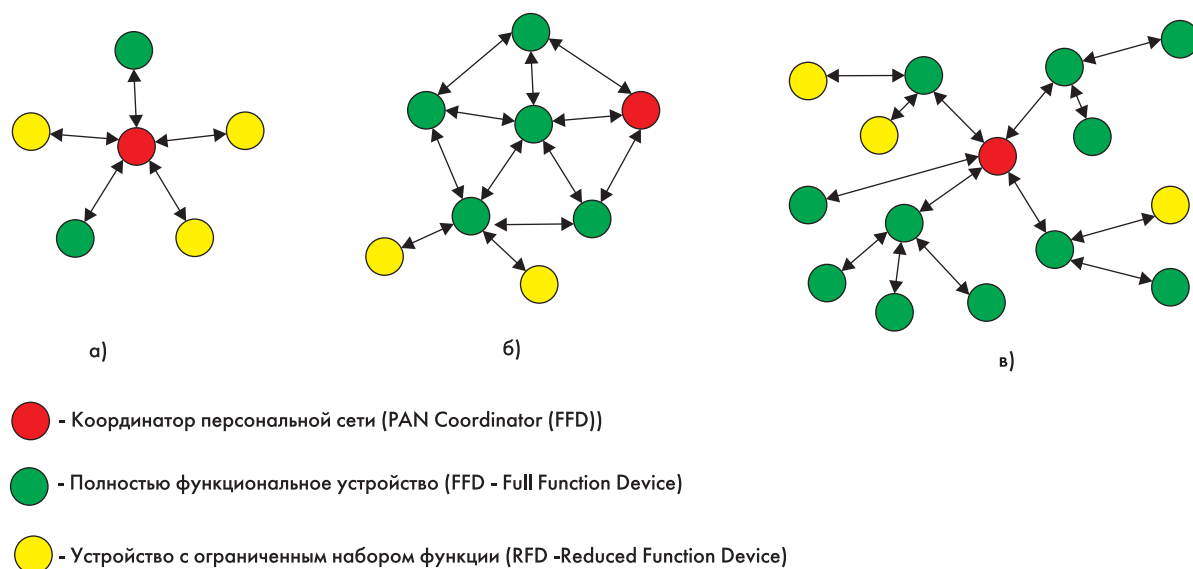


Рис. 6. Три варианта топологии сети

Т а б л и ц а 3. Перечень функций, выполняемых устройствами FFD и RFD

| RFD-устройства   | FFD-устройства   |
|--|--|
| При объединении RFD-устройств может использоваться только топология «звезда»                     | При объединении FFD-устройств могут быть следующие топологии сети: «звезда», «каждый с каждым» и «кластерное дерево» |
| В роли сетевого координатора выступать не могут  | Могут выполнять функции сетевого координатора, обеспечивающего маршрутизацию передаваемых данных в сети              |
| Для обмена данными могут устанавливать соединение только сетевым координатором (FFD-устройством) | Обмен данными может осуществляться с сетевым координатором, другим FFD-устройством и RFD-устройством                 |
| Как правило, питание RFD-устройств осуществляется от встроенной батареи                          | Как правило, питание FFD-устройств осуществляется от внешнего источника питания                                      |

Т а б л и ц а 4. Сравнительные характеристики технологий Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee

| Технология беспроводной передачи данных (стандарт)   | ZigBee (IEEE 802.15.4)            | Wi-Fi (IEEE 802.11b)  | Bluetooth (IEEE 802.15.1)       |
|--|-----------------------------------|---|---------------------------------|
| Частотный диапазон                                   | 2,4-2,483 ГГц                     | 2,4-2,483 ГГц   | 2,4-2,483 ГГц                   |
| Пропускная способность, кбит/с                       | 250                               | 11 000  | 723,1                           |
| Размер стека протокола, кбайт                        | 32-64                             | более 1000  | более 250                       |
| Время непрерывной, автономной работы от батареи, дни | 100-1000                          | 0,5-5   | 1-10                            |
| Максимальное количество узлов в сети                 | 65 536                            | 10  | 7                               |
| Диапазон действия, м (средние значения)*             | 10-100                            | 20-300  | 10-100                          |
| Области применения                                   | Удаленный мониторинг и управление | Передача мультимедийной информации (Интернет, электронная почта, видео) | Замещение проводного соединения |

\* Примечание. Диапазон действия зависит от материалов среды между приемником и передатчиком. Например, железобетонные перекрытия и электромагнитные помехи снижают максимальную дальность связи. На открытой местности в зоне прямого видения максимальное расстояние может достигать 300 м. В офисных зданиях расстояние равно примерно 50 м. В заводских корпусах оно меньше 50 м.

уровень, уровень безопасности, уровень структуры приложения и уровень профиля приложения. Сетевой уровень, технология беспроводной передачи данных ZigBee, отвечает за обнаружение устройств и конфигурацию сети и поддерживает три варианта топологии сети, приведенные на рис. 6.

Для обеспечения низкой стоимости интеграции технологии беспроводной передачи ZigBee в различные приложения физическая реализация аппаратной части стандарта IEEE 802.15.4 выполняется в двух исполнениях: устройства с ограниченным набором функций (RFD) и полностью функциональные устройства (FFD). При

реализации одной из топологий сети, приведенной на рис. 6, требуется наличие, по крайней мере, одного FFD-устройства, выполняющего роль сетевого координатора. В таблице 3 приведен перечень функций, выполняемых устройствами FFD и RFD.

Низкая стоимость аппаратной части RFD-устройств обеспечивается за счет ограничения набора функций при организации взаимодействия с сетевым координатором или FFD-устройством. Это в свою очередь, отражается на неполной реализации модели взаимодействия, приведенной на рис. 5, а также предъявляет минимальные требования к ресурсам памяти.

Кроме деления устройств на RFD и FFD, альянсом ZigBee определены три типа логических устройств: ZigBee-координатор (согласующее устройство), ZigBee-маршрутизатор и оконечное устройство ZigBee. Координатор осуществляет инициализацию сети, управление узлами, а также хранит информацию о настройках каждого узла, подсоединенного к сети. ZigBee-маршрутизатор отвечает за маршрутизацию сообщений, передаваемых по сети от одного узла к другому. Под оконечным устройством понимают любое оконечное устройство, подсоединенное к сети. Рассмотренные выше устройства RFD и FFD как раз и являются оконечными устройствами. Тип логического устройства при построении сети определяет конечный пользователь посредством выбора определенного профиля (рис. 5), предложенного альянсом ZigBee. При построении сети с топологией «каждый с каждым» передача сообщений от одного узла сети к другому может осуществляться по разным маршрутам, что позволяет строить распределенные сети (объединяющие несколько небольших сетей в одну большую — кластерное дерево) с установкой одного узла от другого на достаточно большом расстоянии и обеспечить надежную доставку сообщений.

Трафик, передаваемый по сети ZigBee, как правило, разделяют на периодический, прерывистый и повторяющийся (характеризующийся



небольшим временным интервалом между посылками информационных сообщений).

Периодический трафик характерен для приложений, в которых необходимо дистанционно получать информацию, например от беспроводных сенсорных датчиков или счетчиков. В таких приложениях получение информации от датчиков или счетчиков осуществляется следующим образом. Как уже упоминалось ранее, любое оконечное устройство, в качестве которого в данном примере выступает беспроводной датчик, подавляющую часть времени работы должно находиться в режиме «засыпания», обеспечивая тем самым очень низкое энергопотребление. Для передачи информации оконечное устройство в определенные моменты времени выходит из режима «засыпания» и выполняет поиск в радиозфире специального сигнала (маяка), передаваемого устройством управления сетью (ZigBee-координатором или ZigBee-маршрутизатором), к которой подсоединен беспроводной счетчик. При наличии в радиозфире специального сигнала (маяка) оконечное устройство осуществляет передачу информации устройству управления сетью и сразу же переходит в режим «засыпания» до следующего сеанса связи.

Прерывистый трафик свойственен, например, для устройств дистанционного управления освещением. Представим ситуацию, когда необходимо при срабатывании датчика движения, установленного у входной двери, передать команду на включение освещения в прихожей. Передача команды в данном случае осуществляется следующим образом. При получении устройством управления сетью сигнала о срабатывании датчика движения оно выдает команду оконечному устройству (беспроводному выключателю) подключиться к беспроводной сети ZigBee. Затем устанавливается соединение с оконечным устройством (беспроводным выключателем) и выполняется передача информационного сообщения, содержащего команду на включение освещения. После приема команды соединение разрывается и выполняется отключение беспроводного выключателя от сети ZigBee.

Подключение и отключение оконечного устройства к сети ZigBee только в необходимые для этого моменты позволяет существенно увеличить время пребывания оконечного устройства в режиме «засыпания», обеспечивая тем самым минимальное энергопотребление. Метод использования специального сигнала (маяка) является гораздо более энергоэффективным.

В некоторых приложениях, например охранных системах, передача информации о срабатывании датчиков должна осуществляться практически мгновенно и без задержек. Но надо учитывать тот факт, что в определенный момент времени могут «сработать» сразу несколько датчиков, генерируя в сети так называемый повторяющийся трафик. Вероятность данного события невелика, но не учитывать его в охранных системах недопустимо. В беспроводной сети ZigBee для сообщений, передаваемых в беспроводную сеть при срабатывании сразу нескольких охранных датчиков (оконечных устройств), предусмотрена передача данных от каждого датчика в специально выделенном временном слоте. В технологии ZigBee специально выделяемый временной слот называют гарантированным временным слотом (Guaranteed Time Slot, GTS). Наличие в

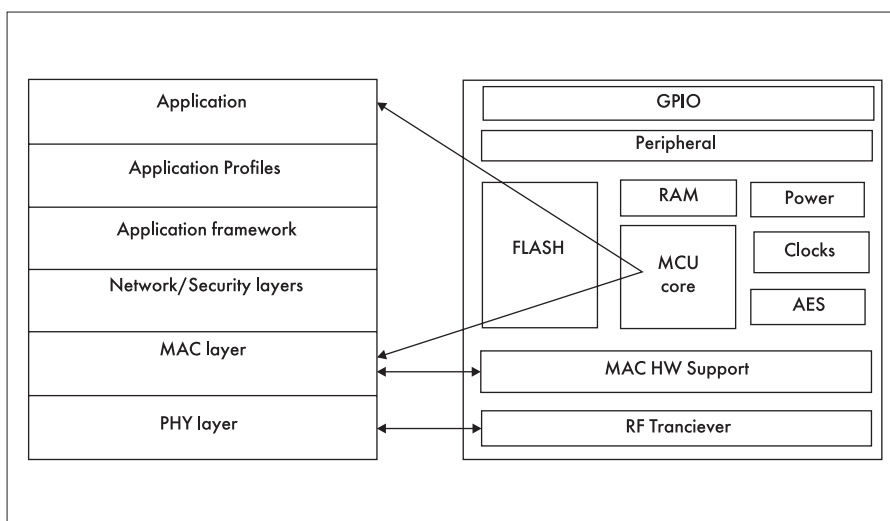


Рис. 7. Концепция исполнения аппаратной части технологии беспроводной передачи данных ZigBee

технологии ZigBee возможности предоставлять гарантированный временной слот для передачи неотложных сообщений позволяет говорить о реализации в ZigBee метода QoS (качество обслуживания). Выделение гарантированного временного слота для передачи неотложных сообщений осуществляется сетевым координатором (рис. 6, PAN Coordinator).

При разработке аппаратной части технологии беспроводной передачи данных ZigBee, реализующей модель взаимодействия, практически все производители придерживаются концепции, в соответствии с которой вся аппаратная часть размещается на одном чипе. На рис. 7 приведена концепция исполнения аппаратной части технологии беспроводной передачи данных ZigBee.

Для построения беспроводной сети (например, сеть с топологией «звезда») на основе технологии ZigBee разработчику необходимо приобрести по крайней мере один сетевой координатор и необходимое количество оконечных устройств. При планировании сети следует учитывать, что максимальное количество активных оконечных устройств, подсоединенных к сетевому координатору, не должно превышать 240. Кроме того, необходимо приобрести у производителя ZigBee-чипов программные средства для разработки, конфигурирования сети и создания пользовательских приложений и профилей. Практически все производители ZigBee-чипов предлагают на рынке целую линейку продукции, отличающейся, как правило, только объемом памяти ROM и RAM. Например, чип со 128 Кбайт ROM и 8 Кбайт RAM может быть запрограммирован на работу в качестве координатора, маршрутизатора и оконечного устройства.

Высокая стоимость отладочного комплекта, в состав которого входит набор программных и аппаратных средств для построения беспроводных сетей ZigBee любой сложности, является одним из сдерживающих факторов массового распространения технологии ZigBee на рынке России. Необходимо отметить, что появление технологии беспроводной передачи ZigBee стало определенным ответом на потребности рынка создания интеллектуальных систем управления частными домами и строениями, спрос на которые с каждым годом увеличивается. Уже в ближайшем бу-

дущем частные дома и строения будут оснащены огромным количеством беспроводных сетевых узлов, осуществляющих мониторинг и управление системами жизнеобеспечения дома. Инсталляция данных систем может быть произведена в любое время и за короткие сроки, так как не требует разводки в здании кабелей.

Перечислим приложения, в которые может быть интегрирована технология ZigBee:

- Системы автоматизации жизнеобеспечения домов и строений (удаленное управление сетевыми розетками, выключателями, реостатами и т. д.).
- Системы управления бытовой электроникой.
- Системы автоматического снятия показаний с различных счетчиков (газа, воды, электричества и т. д.).
- Системы безопасности (датчики задымления, датчики доступа и охраны, датчики утечки газа, воды, датчики движения и т. д.).
- Системы мониторинга окружающей среды (датчики температуры, давления, влажности, вибрации и т. д.).
- Системы промышленной автоматизации.

## Заключение

Приведенный в статье краткий обзор технологий беспроводной передачи данных Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee показывает, что даже для имеющих опыт разработчиков бывает затруднительно однозначно отдать предпочтение той или иной технологии только на основании технической документации.

Поэтому подход к выбору должен основываться на комплексном анализе нескольких параметров. Сравнительные характеристики технологий Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee приведены в таблице 4. Эта информация поможет принять правильное решение при выборе технологии беспроводной передачи данных. ■

## Литература

1. В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. «Системы и сети радиодоступа», М.:ЭкоТрендз, 2005 г.
2. www.ieee.com
3. www.chipcon.com
4. www.ember.com
5. www.BlueTooth.org

# Новая продукция фирмы Enfora

для высокоскоростной  
передачи данных  
в режимах GPRS и EDGE

Виктор АЛЕКСЕЕВ  
info@telemetry.spb.ru

**Новые модели GPRS/EDGE-модулей и терминалов позволяют за счет большой скорости эффективно использовать передачу больших объемов данных. Основное применение EDGE – это высокоскоростной доступ в Интернет, организация мобильного офиса, обмен видео, фотографиями, картографической информацией в реальном масштабе времени. В статье рассмотрен новый внешний терминал американской фирмы ENFORA с поддержкой EDGE.**

## Введение

Аббревиатура EDGE расшифровывается как Enhanced Data rates for GSM Evolution. Также используется акроним EGPRS — Enhanced General Packet Radio Service.

Общие вопросы EDGE, а также оборудование, поддерживающее эту технологию, достаточно подробно рассмотрены в статьях [1–5].

Технология EDGE представляет собой расширение технологии пакетной передачи данных и использует существующую структуру GPRS-сетей.

Радиоинтерфейс EDGE надстраивается над существующей схемой радиодоступа GSM. При этом используется тот же спектральный диапазон и не требуется изменение инфраструктуры сетей GSM/GPRS.

В стандарте EDGE применяется восьмипозиционная фазовая манипуляция (8-PSK). Для технологии GPRS используется гауссовая модуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Поэтому число бит на символ в EDGE увеличено до трех [1].

Благодаря использованию модуляции 8-PSK достигается значительное увеличение скорости передачи данных при переходе в режим EDGE.

При передаче информации в EDGE используется аналогичная GPRS схема распределения тайм-слотов между каналами на прием и передачу. Однако эффективность использования спектра в EDGE значительно выше. Предельная скорость в одном тайм-слоте в EDGE достигает 59,2 кбит/с (для пакетной коммутации), а в восьми тайм-слотах — до 473 кбит/с. (Максимальная скорость потока в одном тайм-слоте в режиме GPRS равна 9,6 кбит/с.)

В стандарте EDGE принята отличная от GPRS модуляция. Поэтому для поддержки EDGE необходимы EDGE-совместимые передатчики на базовых станциях и специальные терминалы или телефоны GSM/GPRS/EDGE.

Также как и в сетях GPRS, для терминалов с поддержкой EDGE предусматривается мультислотный режим работы (2/1, 4/1 и т. д.).

Перспективы внедрения технологии EDGE в РФ представляются достаточно хорошими. Поскольку развитие сетей сотовой связи шло в России с отставанием на несколько лет, то российские операторы изначально закупили современное оборудование, совместимое с EDGE. Поэтому в России сейчас сложилась уникальная ситуация, когда внедрение технологии EDGE будет представлять собой модернизацию уже развернутой к настоящему времени сети GSM/GPRS.

В настоящее время несколько российских сотовых операторов ввели данную технологию в коммерческую эксплуатацию («Би Лайн GSM», «МегаФон» и др.). Технология EDGE поддерживается в Москве, Санкт-Петербурге, в некоторых городах Центрального, Северо-Западного, Приволжского и Уральского регионов.

В Москве и Санкт-Петербурге в зоне покрытия «Би Лайн GSM» и «МегаФон» технологию EDGE поддерживают примерно 70% базовых станций.

Структура блока и механизм передачи в стандарте EDGE аналогичны механизмам, принятым для сетей GPRS. Блок радиоинтерфейса автоматически распознает тип модуляции в канале и подстраивается под заданный режим (GPRS/EDGE).

Для доступа к EDGE достаточно использовать терминал или мобильный телефон с поддержкой технологии EDGE. В зоне эксплуатации такие устройства автоматически выбирают EDGE вместо GPRS. При этом никаких дополнительных действий от пользователя не требуется. Тарификация осуществляется аналогично GPRS — оплата производится за объем переданных данных по тем же тарифам [6].

## Новые модели Enfora SA-EL EDG1228 и Enfora EDGE PC Card EDG0200-00

В начале 2005 года фирма Enfora (www.enfora.com) выпустила базовый модуль EDG0100 с поддержкой EDGE на базе однокристального микропроцессора OMAP850 производства Texas Instruments. Модуль OMAP850 содержит на одном кристалле процессор для специальных приложений ARM926EJ-S и цифровой baseband-процессор для реализации EDGE производства Texas Instruments [2].

Ядро системы разработано на основе микропроцессора ARM926TEJ, позволяющего работать с максимальной частотой до 200 МГц. Модуль содержит встроенный Java-ускоритель и имеет многофункциональные интерфейсы.

Это позволяет реализовывать на его основе самые современные системы GSM/GPRS/EDGE. Модель EDG0100 представляет собой 4-диапазонный GSM/GPRS-модуль (GSM/E-GSM/DCS/PCS-GPRS 850/E-900/1800/1900) с поддержкой EDGE. Эти модули поддерживают все основные опции GSM 2.5G, GPRS класс 10.

В моделях EDG0100-xx поддерживаются GPRS класс 10 (CS1-CS4) и EDGE (MCS1-MCS9).

Модули серии Enabler IIE GSM/GPRS/EDGE могут быть использованы в сетях EDGE со схемами кодировки (MCS1-MCS9).

В конце 2005 года Enfora приступила к серийному производству модели SA-EL (EDG1228). Эта модель представляет собой полностью готовый к работе 4-диапазонный (850/900/1800/1900 МГц), внешний GSM/GPRS/EDGE-терминал, изготовленный на базе модуля EDG0100. В этой модели, как и в базовом модуле, реализованы GPRS класс 10 (CS1-CS4) и EDGE (MCS1-MCS9). Передача данных в GSM может проводиться в непрозрачном и прозрачном режимах со скоростью до 14,4 кбит/с. Терминал подключается к внешним устройствам через шину USB 1.1. Питание осуществляется непосредственно от шины USB, без дополнительного внешнего источника. Терминал может быть использован в качестве беспроводного модема в комплекте с любыми типами компьютеров, имеющих шину USB 1.1 — как для работы в Интернете в режиме GPRS/EDGE, так и для решения прикладных задач под управлением AT-команд.

Терминал EDG1228 выполнен в ударопрочном металлическом корпусе, предназначенном для эксплуатации в жестких промышленных условиях. Габаритные размеры 63×63×24 мм. Это самый маленький из существующих сегодня внешних терминалов с поддержкой EDGE.

Внешний вид EDG1228 показан на рис. 1.

На передней панели размещены SMA-разъем для внешней антенны, держатель SIM-карты (SIM Molex-lock) и светодиодный индикатор режимов работы. На задней панели размещены: разъем для подключения гарнитуры и USB-штекер (AB).

Для управления терминалом имеется расширенный набор AT-команд с интегрированными стандартными функциями. Например, предусмотрены автоматическая регистрация в GSM и GPRS при включении питания и автоматический перезапуск через определенные интервалы времени. Подробный перечень специальных AT-команд приведен в инструкции [7].

Основное отличие терминала EDG1228 от предыдущих моделей заключается в скорости передачи данных.

Работа терминала EDG1228 тестировалась в сети «МегаФон» в Санкт-Петербурге. Результаты измерения скорости, приведенные на рис. 2, показывают, что на сегодняшний день этот оператор обеспечивает скорость передачи в режиме EDGE больше 200 кбит/с, в то время как в обычном режиме GPRS эта скорость не превышает 50 кбит/с.

В январе 2006 года американская фирма ENFORA приступила к серийному производству еще одной новой модели с поддержкой EDGE.

Модель «Enfora EDGE PC Card EDG0200-00 EDG0200-00» — это PCMCIA 4-диапазонная

(850/900/1800/1900 МГц) карта с поддержкой EDGE, предназначенная для работы с Notebook и PDA. Основные технические характеристики EDG0200-00 совпадают с отмеченными выше характеристиками внешнего терминала EDG1228. (Основное отличие заключается в конструктиве.)

В комплект поставки терминала EDG1228 и компьютерной карты EDG0200 (рис. 3) входит служебная программа Phone Tools, позволяющая работать с терминалом с помощью удобного интерфейса пользователя, показанного на рис. 4.

Как было отмечено выше, модель EDG1228 может быть запрограммирована с помощью AT-команд и работать как стандартное телеметрическое GSM/GPRS/EDGE-устройство. Одновременно с этим программа Phone Tools позволяет использовать EDG1228 в качестве стационарного телефона GSM/GPRS/EDGE последнего поколения с компьютерным экраном и клавиатурой. Сочетание этих свойств делает данную модель уникальной в своем классе.

Программа Phone Tools включает в себя следующие основные блоки:

- почтовая программа (прием и отправка SMS и e-mail, почтовый ящик, адресная книга);

тия меню. Например, при нажатии на кнопку «Dialer» на экране появляется клавиатура и дисплей стандартного мобильного телефона со всеми необходимыми функциями.

Информация о входящих SMS выводится в главной заставке программы (рис. 4).

Работа с короткими сообщениями аналогична работе с этой опцией на обычном сотовом телефоне. Разница заключается в том, что вместо табло и клавиатуры телефона пользователь работает с экраном и клавиатурой компьютера.



Рис. 1. Внешний вид терминала Enfora SA-EL EDG1228

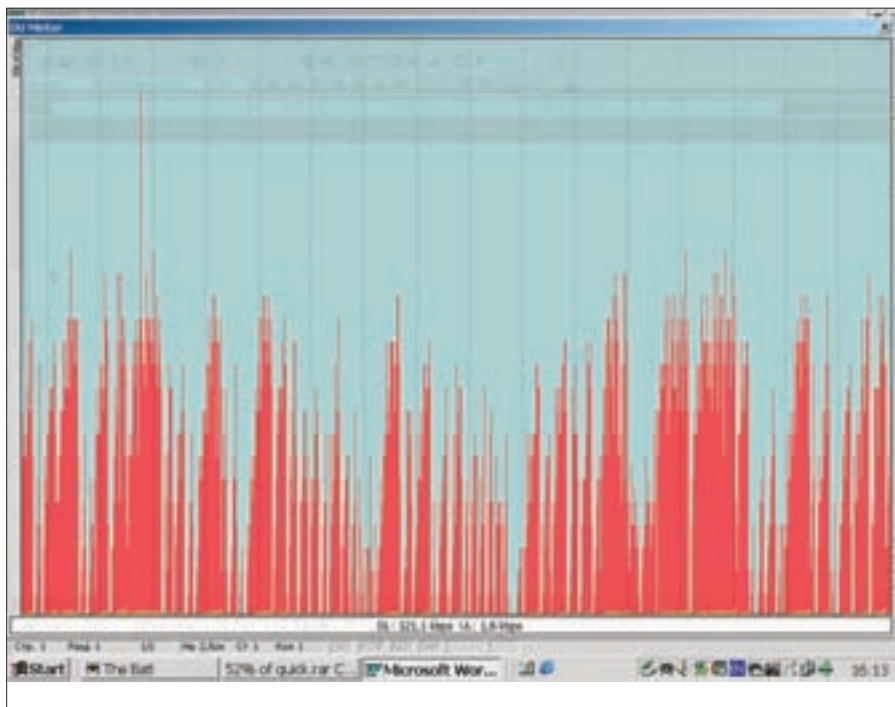


Рис. 2. Результаты измерения скорости передачи данных с помощью терминала EDG1228 в сети «МегаФон» в Санкт-Петербурге в режиме EDGE

- программа обработки звонков (дозвон и ответ, телефонная книга, запрет входящих и исходящих звонков, таймер, тарификация, конференц-связь и многое другое);
- органайзер (записная книжка, календарь);
- программа приема и отправки факсов;
- программа синхронизации с компьютером;
- программа работы в Интернете (установка GPRS-соединения, выход в Интернет, список сайтов).

Переключение между соответствующими окнами в программе Phone Tools осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей кнопке экранного интерфейса (рис. 4). При этом используется стандартный алгоритм откры-



Рис. 3. Внешний вид PCMCIA-карты Enfora PC card, EDG0200

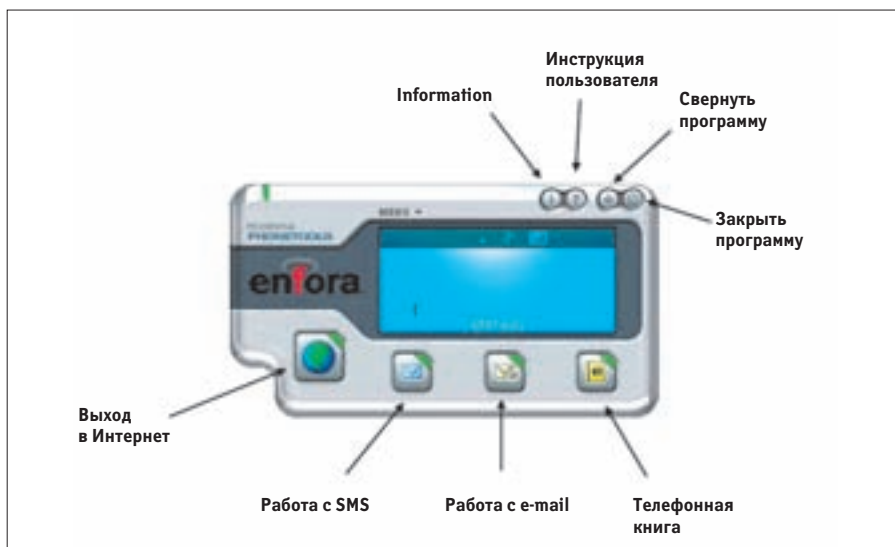


Рис. 4. Интерфейс пользователя программы Phone Tools

Очень удобна почтовая программа, не уступающая по функциональным возможностям таким известным программам, как The Bat или Outlook. Интерфейс почтовой программы показан на рис. 5.

При работе с почтовой программой можно задавать адрес получателя из адресной книги, пересылать прикрепленные файлы, назначать определенное время отправки и т. д.

Программа обработки звонков позволяет вести статистику входящих и исходящих вызовов, работать с телефонной книгой, запрещать входящие звонки с определенных номеров. Следует отметить специальную AT-команду \$CHLD (Call Hold and Multiparty), позволяющую реализовать конференц-связь).

Опция «Организатор» — это хорошо знакомая пользователям структура с будильником, «напоминалками», записками и т. д.

Блок отправки факсов напоминает известную программу FaxPro.

Блок синхронизации с компьютером позволяет перекачать все содержимое Flash-памяти моде-

ма в ПК, редактировать данные и хранить их на внешнем носителе.

Программа работы в Интернет автоматически устанавливает и поддерживает GPRS-соединение. По специальному заказу программа дополняется блоком Multimedia Studio.

Эта программа дает возможность присоединять к отправляемому сообщению данные в различных форматах: текст, голосовые записи аудио, картинки (фото, графика, анимация).

### Заключение

Учитывая существующие расценки на услуги операторов сотовой связи, эксперты считают, что в России целесообразно вкладывать деньги в модернизацию существующих сетей с добавлением технологии EDGE.

Этот путь оценивается как более дешевый и перспективный по сравнению с организацией выделенного тайм-слота под GPRS.

Зарубежный опыт эксплуатации сетей GSM/GPRS/EDGE показывает, что удельная стоимость скорости передачи данных (инвестиции,

оборудование, тарификация) в сетях с EDGE значительно ниже, чем в других сетях переходных поколений. **БТ**

### Литература

1. Кузнецов М. А., Абатуров П. С., Никодимов И. Ю., Певцов Н. В., Рыжков А. Е., Сиверс М. А. GPRS-технология пакетной передачи данных в сетях GSM. СПб.: Судостроение, 2002.
2. Алексеев В. Новые модули производства ENFORA для высокоскоростной передачи данных по EDGE-технологии // Компоненты и технологии. 2005. № 5.
3. Пушкарев О. EDGE — технология высокоскоростной передачи данных в GSM-сетях // Беспроводные технологии. 2005. № 1.
4. Стариков О. Новые перспективные GSM/GPRS модули Siemens для M2M приложений // Беспроводные технологии. 2005. № 1.
5. Алексеев В. Новые GSM/GPRS модемы производства Sony Ericsson // Беспроводные технологии. 2005. № 1.
6. <http://www.megafonnw.ru/site/rus/services/servlist/edge.html>.
7. Enfora Enabler II-E AT Command Set Reference. Version 1.01.

## БТ НОВОСТИ

### Группа разработчиков Bluetooth SIG начинает сотрудничество с конкурентами

В целях совершенствования беспроводных технологий и обеспечения их совместимости друг с другом группа разработчиков Bluetooth Special Interest Group (SIG) объединяет свои усилия с организациями, фактически являющимися их конкурентами: Wi-Fi Alliance и Near Field Communication Forum (NCF).

В партнерских планах заявлена разработка новых стандартов и популяризация беспроводных технологий среди пользователей.

В частности, область, где объединят усилия группы Bluetooth SIG и Wi-Fi Alliance, будет поиск путей минимизации габаритов и потребления беспроводных устройств. Общей задачей Bluetooth для SIG и NCF будет разработка процедур паринга и идентификации Bluetooth-совместимых устройств.

Руководство Bluetooth SIG считает, что объединение преимуществ передовых технологий беспроводной связи с мощью и наработанным опытом традиционных решений позволит технологии Bluetooth развиваться быстрее.

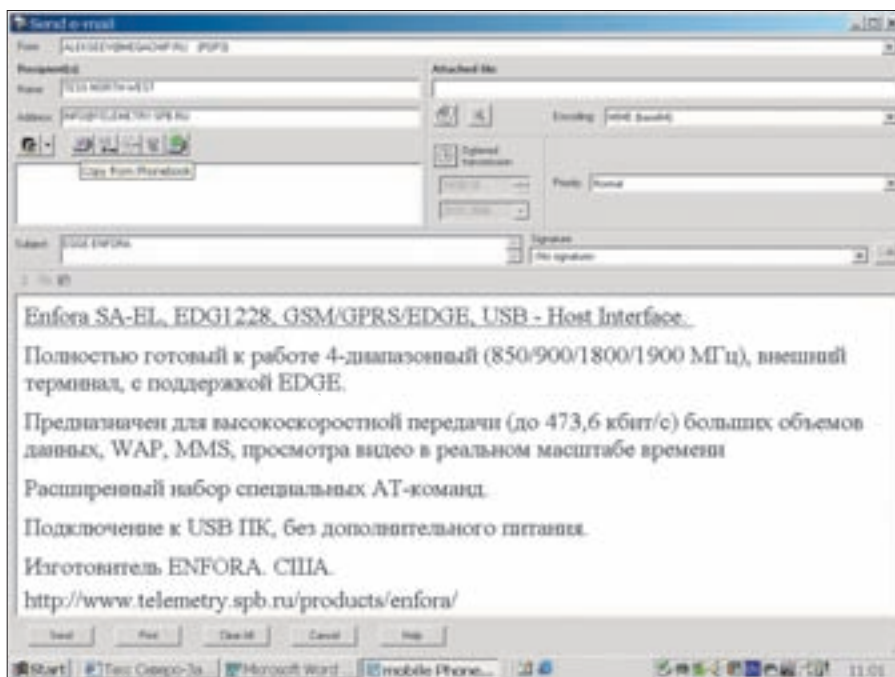


Рис. 5. Интерфейс почтового блока программы Phone Tools

**MERATEK** 2006

**7-я Международная выставка  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
МОСКВА, СК "ОЛИМПИЙСКИЙ"**



**16-19 МАЯ  
2006**



**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

**ПРИМЭ СПО**



Тел.: (812) 380 60 02/00

Факс: (812) 380 60 01

E-mail: [mera@primexpo.ru](mailto:mera@primexpo.ru)



"Всероссийский партнер"  
Специальный проект конкурса



РОССИЯ  
ЧЛЕН  
МЕЖДУНАРОДНОГО  
СОЮЗА ВЫСТАВОК  
И ФЕРМАК



[www.meratek.ru](http://www.meratek.ru)

# GSM-шлюзы для выхода в ГТС и GSM/CDMA-шлюзы с выходом в сети Ethernet

Виктор АЛЕКСЕЕВ  
info@telemetry.spb.ru

**В местах, где нет подводки ГТС или такая подводка затруднена, телефонные GSM-шлюзы дают возможность по одному GSM-каналу реализовать связь с несколькими абонентами офисной АТС. Эти устройства позволяют также в полной мере использовать преимущества предложений операторов сетей сотовой связи с использованием льготной внутрисетевой тарификации.**

Шлюзы GSM — Ethernet позволяют подключить несколько ПК или промышленных компьютеров к одному каналу GSM. Эти шлюзы используются в M2M-приложениях для связи систем сбора данных по проводным сетям Ethernet и дальнейшей передачи информации по беспроводным каналам.

## Универсальный сотовый GSM/GPRS-шлюз для выхода в ГТС и Интернет

Сотовый телефонный шлюз — это электронное устройство на базе модуля GSM/GPRS, линейного абонентского модуля и управляющего микропроцессора. Это устройство соединяет по заданной схеме проводную телефонную сеть и беспроводную сотовую.

Иными словами, GSM-шлюз предназначен для преобразования сигналов проводных телефонных аппаратов в сигналы беспроводной GSM-сети и обратно.

Иногда такие устройства в российской прессе называют также GSM-мостами [1].

GSM-шлюз является идеальным решением в местах, где затруднена или невозможна подводка новых проводных телефонных пар.

Российская фирма «ТЭСС-Электроникс» ([www.telemetry.ru](http://www.telemetry.ru)) выпускает GSM-шлюз марки G-4, который представляет собой стационарный сотовый терминал GSM/GPRS с выходом на проводные телефонные сети. Эти шлюзы выпускаются серийно и имеют все необходимые сертификаты.

GSM-шлюз G-4 разработан для использования в комплекте с любым стационарным проводным телефонным аппаратом, а также с радиотелефонами стандарта DECT.

Кроме того, в этом терминале-шлюзе имеется телефонный интерфейс с набором типа DTMF и линейным напряжением 48 В. Это позволяет подключать через стандартный порт RJ-11 шлюз к офисной или сельской АТС. Для запуска шлю-

за G-4 в работу необходимо иметь стандартную SIM-карту любого оператора сотовой связи.

Для начала работы с G-4 достаточно вставить SIM-карту, подключить антенну; подключить телефонный аппарат или мини-АТС, используя стандартный телефонный кабель и включить блок питания. Структурная схема работы G-4 показана на рис. 1.

Входящие звонки осуществляются по номеру сотового оператора в соответствии с номером SIM-карты, вставленной в шлюз. Принимать звонки через офисную АТС сотрудники могут на своем рабочем месте на обычные стационарные телефоны или радиотелефоны DECT.

Исходящие звонки отправляются на любой номер, любым из сотрудников с обычного телефона, подключенного через офисную АТС к GSM-шлюзу. Естественно, что это является одной из наиболее привлекательных черт GSM-шлюза.

С другой стороны, модель G-4 позволяет получить существенную экономию для предприятия, имеющего удаленные филиалы и большое число сотрудников с мобильными телефонами. Расходы такой организации на ежедневную сотовую связь могут быть заметной статьей корпоративных затрат.

В этом случае очень полезным может оказаться использование GSM-шлюза.

Практически все операторы сотовой связи имеют так называемые корпоративные, семейные тарифы или различного рода абонементы. Идея заключается в том, что при звонках между определенными номерами сотовой связи предоставляются значительные тарифные скидки.

Например, «МегаФон Северо-Запад» предлагает тарифную опцию «Абонемент», заказав которую, нужно внести одновременно плату в размере 200 руб. для номеров с федеральными номером и 700 руб. для номеров с дополнительным городским номером, после чего в течение шести месяцев можно будет пользоваться услугами связи, входящими в основной пакет, без абонентской платы.

В период действия «Абонемента» абонентская плата по действующему тарифному плану не начисляется. По окончании действия «Абонемента» порядок оплаты ежемесячной абонентской платы за основной пакет услуг возобновляется согласно действующему тарифному плану.

Таким образом, объединив всех сотрудников фирмы, использующих мобильные телефоны для связи с головным офисом, и сотовый номер GSM-шлюза в одну тарифную группу «Абонемент», можно существенно снизить статью корпоративных затрат на оплату сотовой связи.

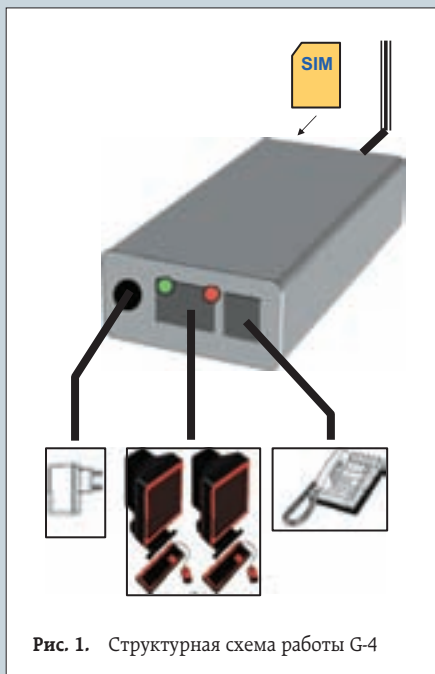


Рис. 1. Структурная схема работы G-4

Немаловажное значение имеет также тот факт, что сотрудник может дозвониться до своих коллег в головном офисе на обычные служебные телефоны через GSM-шлюз. Но при этом тарификация будет осуществляться как за звонок с мобильного на мобильный по наименьшему, внутрисетевому тарифу. То же самое можно сказать и о звонках с рабочего места на мобильный телефон вашего коллеги.

Выход на проводную телефонную сеть соответствует российским стандартам. Ток шлейфа при снятой трубке равен 40 мА. Сопротивление шлейфа — 600 Ом (комплексное). Напряжение вызова составляет 70 В.

В модели G-4 используется GSM/GPRS-модуль Enfora GSM0108 для диапазона частот 850/900/1800/1900 МГц. Модули изготовлены на базе чипов Texas Instruments [2], выполняют все базовые функции стандарта EGSM и поддерживают GPRS класса 10.

GSM-шлюз G-4 имеет последовательный порт, благодаря чему он может быть подключен к персональному компьютеру по интерфейсу RS-232. При этом можно работать как с AT-командами, так и с Интернетом в режиме GPRS. В этом случае G-4 используется как мобильный офис для работы с электронной почтой и компьютерными программами обработки факсов.

В настоящее время модуль GSM0108 лучше прочих поддерживает специальные AT-команды, подробное описание которых приведено в документации [3]. Поэтому GSM-шлюз G-4 исключительно стабильно работает в условиях российских неустойчивых сотовых сетей.

Это достигается за счет дополнительных настроек, обеспечивающих автоматическое восстановление подключения к сети GSM и автоматическое восстановление сессии GPRS. Будучи один раз установлены, дополнительные настройки записываются в память модема и в дальнейшем обрабатываются автоматически.

В качестве примера можно привести специальную команду \$NETMON, которая предназначена для мониторинга соединения через GSM/GPRS/IP-сеть и его активного восстановления.

При отсутствии трафика через модем он будет посылать ring-пакет через заданный интервал времени на заданные IP-адреса. Посылки ring-пакетов будут продолжаться до тех пор, пока какой-нибудь из указанных серверов не окажется в сети GPRS и не ответит. Параметры этой команды задают время в минутах, в течение которого сеть должна оставаться недоступной до того, как будет предпринята попытка установить новое соединение, в то время как старое соединение еще активно. Кроме того, можно задать количество соединений, реализованных перед тем, как модем сотрет в памяти временные адреса сети и предпримет попытку установления нового соединения, а также интервал в минутах между ring-пакетами, которые модем шлет по заданным IP-адресам известных серверов. В любом случае, через *n* минут, при отсутствии трафика через него, модем будет посылать ring-пакеты сначала на первый заданный IP-адрес, потом на все остальные, чтобы проверить, есть ли связь через GSM/GPRS/IP-сеть или нет. В случае потери связи модем автоматически ее восстановит.

Можно также запрограммировать принудительный автоматический перезапуск модема через определенные интервалы времени.

Данная настройка полезна в тех случаях, когда модемы не могут зарегистрироваться в сети в течение длительного времени (1–5 мин). Последнее может быть связано с тем, что для базовой станции сотового оператора каждый раз требуется новая перерегистрация в сети. Обычно такие проблемы характерны для устройств, работающих под управлением дополнительного программного обеспечения.

Также следует иметь в виду, что поскольку практически все операторы поддерживают GPRS-сессию не дольше 24 ч, то даже в самых лучших условиях оператор разрывает установленное соединение через 24 ч непрерывной работы.

Если использовать прозрачный режим работы GSM-шлюза G-4 под управлением AT-команд, то можно использовать в полной мере весь программный потенциал модулей Enfora. Например, можно через ПК реализовать переадресацию входящих звонков, принимать SMS, отправлять сообщения SMS и UDP в ответ на звонки с известных номеров или в соответствии с известным текстом принятого короткого сообщения. Подробно об этих дополнительных возможностях говорится в другой статье автора [2].

## Шлюзы GSM/CDMA с выходом в сеть Ethernet

В настоящее время в России, как и во всем мире, возрастает число пользователей, нуждающихся в качественных широкополосных сетях. Существуют несколько вариантов технического решения подключения к Интернету. Одним из вариантов решения этой проблемы является Ethernet.

Современный уровень развития Ethernet вполне приемлем для передачи магистрального IP-трафика (сети Интернет). Поэтому он доминирует в локальных сетях.

Стандарты Ethernet, IEEE группы 802.3 определяют несколько вариантов технологии передачи информации в компьютерных сетях по витой паре или оптоволоконному кабелю. Эти стандарты регламентируют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат пакетов и протоколы управления доступом к среде для скоростей передачи от 10 до 1000 Мбит/с.

В спецификациях группы стандартов 802.3 определяется шинная топология сети, методы кодирования данных, множественный доступ, идентификация Ethernet-устройств (MAC-адреса). Стандартами определено, что в качестве передающей среды могут быть использованы как витая пара, так и оптоволоконные кабели. В зависимости от скорости передачи и используемого кабеля существует несколько спецификаций стандарта 802.3.

В спецификации 803.2a 10Base2 используется кабель RG-58 с максимальной длиной сегмента 200 м. В спецификации 10BaseT IEEE 802.3i используется 4 провода кабеля витой пары (две скрученные пары) категории 3 или 5. Максимальная длина сегмента 100 м. Добавлены регламентации по физической топологии «звезда» и концентраторам.

Передача данных по оптическому кабелю описывается стандартами 10Base-T IEEE 802.3i (максимальное расстояние передачи данных без повторителя 1 км) и 10Base-F/FL IEEE 802.3j (максимальное расстояние передачи данных без повторителя 2 км). Скорость передачи 10 Мбит/с.

В сетях 100 Мбит/с Fast Ethernet (100Base-TX IEEE 802.3u) используется топология «звезда», задействованы две пары кабеля категории 5, максимальная скорость передачи данных 100 Мбит/с. Длина сегмента до 100 м.

Технология 100Base-FX регламентирует передачу со скоростью 100 Мбит/с с помощью оптоволоконного кабеля. Максимальная длина сегмента 400 м в полудуплексном режиме или 2 км в дуплексном режиме передачи данных.

Технологии с адресной передачей данных определяются стандартом 802.3p (полный дуплекс, групповая адресация и 8-уровневая система приоритетов).

Технологии передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с Gigabit Ethernet описываются стандартом 1000Base-T IEEE 802.3ab (витая пара категории 5e или категории 6).

Стандарт 1000Base-SX IEEE 802.3z определяет передачу со скоростью 1 Гбит/с через многомодовое оптоволокно (дальность без повторителя до 550 м). Оптимизированные варианты этой технологии позволяют передавать данные на расстояние до 10 км при использовании одномодового волокна.

Известно, что серьезная проблема в сетях широкополосного доступа связана со способом передачи информации из Ethernet-сетей к Интернет-провайдеру. Одним из решений этой проблемы являются модемы для беспроводной связи в открытых частотных диапазонах GSM и CDMA.

Российская фирма «ТЭСС-ЭЛЕКТРОНИКС» разработала и серийно выпускает шлюзы Ethernet — CDMA (модель MTE920C) и Ethernet — GSM (модель MTE920G).

Модель MTE920C разработана на базе CDMA-модуля компании Any Data DTU-450 стандарта 450 МГц, предназначенного для работы в российских сетях SkyLink. Модель MTE920G разработана на базе GSM/GPRS-модуля Enfora GSM0108, который был рассмотрен в предыдущем разделе.

Обе модели размещены в корпусах одного конструктива. Внешний вид модели MTE920C показан на рис. 2.

Габариты (Д×Ш×В) составляют 110×58×30 мм. Напряжение питания — 9–30 В. Рабочий диапазон температур для CDMA-шлюза — от 0 до +70 °С, для GSM-шлюза — от –20 до +85 °С.

На передней панели шлюза размещены антенный разъем SMA, разъем источника питания и консольный порт Debug.

Структурная схема шлюза MTE920G приведена на рис. 3. (Структурная схема CDMA-шлюза в общем аналогична. Разница заключается в модуле для беспроводной связи.)

Шлюз Ethernet — GSM MTE920G включает в себя блок питания, радиомодуль Enfora GSM0108, Ethernet-модуль, интерфейс SIM-карты и управляющий модуль с ядром ARM920T. Блок питания преобразовывает входное напряжение питания (+9/30 В) в стабилизированное напряжение 5 В. Модуль Ethernet имеет поддержку двух скоростей передачи данных 10 и 100 Мбит/с и использует режим автоопределения. При этом для выбора оптимального режима соединения в автоматическом режиме определяется скорость и дуплексность. В случае, когда автоматическое определение не



Рис. 2. Внешний вид шлюза MTE920C

дает результатов, скорость подстраивается под партнера, и включается режим полудуплексной передачи данных. Модуль GSM0108 Enfora выполняет функции по приему, обработке и пересылке информации в стандарте EGSM 850/900/1800/1900 МГц.

Вся система работает под управлением процессорного модуля с ядром Atmel ARM920T [5]. Процессор ARM920T ARM Thumb имеет скорость обработки 200 MIPS на частоте 180 МГц. В процессоре есть 16 кбайт ОЗУ, 128 кбайт ПЗУ, кэш данных 16 кбайт и буферная память 16 кбайт для кодов. Также в процессоре имеются встроенная интерфейсная шина EBI, два кварцевых генератора частот, четыре программируемых входа для внешних тактовых сигналов, часы реального времени, двухпроводной UART, поддержка порта Debug. Процессор поддерживает стандарты Ethernet MAC 10/100 Base-T. Из других важных характеристик процессора ARM920T можно отметить четыре 32-разрядных контроллера с 122 программируемыми вводами-выводами, 8-уровневый приоритет прерывания (7 внешних источников и один быстрый внешний источник прерывания). Процессор имеет порт USB 2.0 (12 Мбит/с), обеспечивает поддержку Smart Card ISO7816 T0/T1, RS485, IrDA, USART1, Master/Slave SPI, TWI. Подробное описание процессора ARM920T приведено в документации [5].

Благодаря мощному процессорному ядру и современным беспроводным модулям, шлюзы MTE920G/C компании «ТЭСС-Электроникс» обеспечивают канал передачи данных через сети мобильной связи по протоколу IP. Эти шлюзы позволяют организовать информационный обмен между удаленным хостом (RH), имеющим доступ в глобальную сеть Internet, и хос-



Рис. 3. Структурная схема шлюза MTE920G

том, подключенным к шлюзу через интерфейс Ethernet (LH).

Шлюз имеет интерфейс Ethernet 10/100BaseTX RJ45, который может быть использован для подключения контроллера. Отметим, что IP-адрес данного интерфейса должен быть назначен в качестве Default Gateway в настройках протокола IP на интерфейсе Ethernet-контроллера.

При включении питания шлюз автоматически устанавливает соединение с сетью передачи данных GSM (CDMA для модели MTE920C) и поддерживает установленное соединение в работоспособном состоянии, гарантирующем двусторонний сетевой обмен по протоколу IP между RH и подключенным LH.

Инициатором сеанса информационного обмена может выступать как устройство в Ethernet-сети, так и удаленный хост. Сеансы информационного обмена между RH и LH могут происходить в произвольные моменты времени.

При этом может быть использован любой алгоритм. Следует подчеркнуть, что устройство постоянно контролирует связь с Internet и автоматически ее восстанавливает в случае потери, поддерживая тем самым непрерывный режим передачи данных по протоколам TCP и UDP.

В качестве транспортных протоколов могут применяться как UDP, так и TCP. В этом случае происходит перенаправление всех пакетов, которые адресованы на IP-адрес шлюза, полученного у Интернет-провайдера, на IP-адрес LH, назначенный ему в локальной сети.

Встроенный DHCP-сервер (Dynamic Host Configuration Protocol) позволяет поддерживать протокол динамической конфигурации устройств, который используется для настройки часто изменяемых сетевых параметров клиентских устройств. Эта функция очень полезна в тех случаях, когда в заданном диапазоне адресов нужно реализовать динамическое распределение IP-адресов устройств, подключенным в одной локальной сети со шлюзом MTE920C.

Встроенная ОС Linux позволяет легко настраивать шлюз MTE920C (G) под конкретные задачи пользователя. Например, пользователь может организовать встроенный веб-сервер, FTP-сервер, дистанционный доступ к телеметрическим устройствам, снятие показаний с приборов учета и т. д. Структурная схема проекта с использованием шлюза MTE920G приведена на рис. 4.

Следует подчеркнуть, что RH обращается к LH по IP-адресу, назначаемому шлюзу после соединения с сетью передачи данных MCC, а не по собственному IP-адресу LH, назначаемому на интерфейс Ethernet.

Шлюз выступает в качестве статического NAT-маршрутизатора. Во всех IP-пакетах, направленных в глобальную сеть Интернет от LH, IP-адрес отправителя (source IP) заменяется на IP-адрес, полученный шлюзом по протоколу PPP у оператора сотовой связи. Во всех IP-пакетах, полученных шлюзом на интерфейс PPP, IP-адрес получателя (destination IP) заменяется на IP-адрес LH.

Необходимо отметить, что скорость передачи данных в Интернете будет определяться скоростью работы радиоканала. В настоящее время в модели MTE920G используется GSM/GPRS-модуль GSM0108, обеспечивающий реальную скорость передачи данных около 60 кбит/с. В существующей модели MTE920GC используется

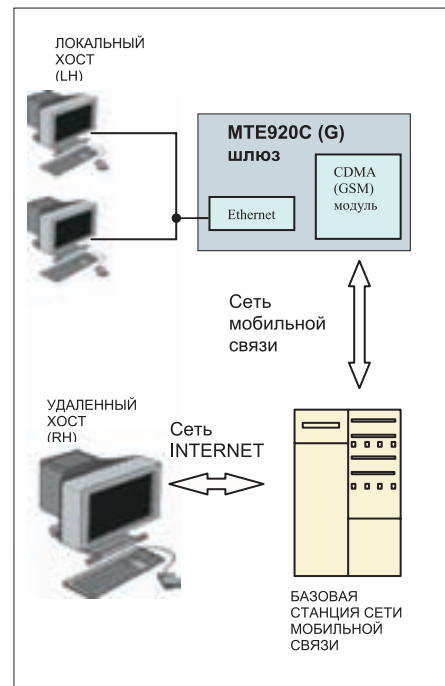


Рис. 4. Структурная схема проекта с использованием шлюза MTE920G

DMA модуль DTU450, позволяющий получать скорости до 121 кбит/с в сети CDMA.

В 2006 году компания «ТЭСС-Электроникс» планирует выпустить шлюзы с новыми модулями GPRS/EDGE Enfora EDG0108 и CDMA DTU450x, которые значительно увеличат скорости передачи данных. Так, например, новый модуль Enfora EDG0100 с поддержкой EDGE дает реальные скорости передачи в режиме EDGE больше 200 кбит/с в GPRS/EDGE-сетях сотового оператора «МегаФон» [6].

Новые модули DTU450x могут обеспечить скорости до 2,4 Мбит/с в зоне действия Sky Turbo в сетях SkyLink [7].

Шлюз MTE920G предназначен для круглосуточного использования. Он может быть установлен в непосредственной близости от контроллеров и размещен в металлических монтажных шкафах. Благодаря возможности подключения внешней антенны GSM или CDMA, можно использовать шлюз в местах с недостаточным уровнем радиосигнала. ■

## Литература

1. Букин М. По невидимым мостам // Сети. 2005. № 18. [http://www.osp.ru/nets/2005/18/020\\_1.htm](http://www.osp.ru/nets/2005/18/020_1.htm).
2. Алексеев В. GSM/GPRS-терминалы и модули производства Enfora с расширенным набором AT-команд для M2M-приложений // Компоненты и технологии. 2005. № 3.
3. Enfora Enabler-IIG. GSM/GPRS Radio Modem. AT Command Set Reference.
4. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3-2002.pdf>.
5. ARM920T-based MicrocontrollerAT91RM9200. Rev. 1768IS-ATARM-30-Sep-05.
6. Алексеев В. Внешний терминал Enfora SA-EL с расширенным набором AT-команд для высокоскоростной передачи данных в режимах GPRS и EDGE // Беспроводные технологии. 2006. № 2.
7. <http://www.skylink.ru/news/article.aspx?id=1266&r=78>.



# Работа GSM/GPRS-терминалов Enfora в непрерывном режиме без выключения питания

Виктор АЛЕКСЕЕВ  
info@telemetry.spb.ru

**Наибольшее число нареканий пользователей на работу GSM/GPRS-терминалов связано с потерей связи во время GSM/GPRSсоединения.**

Годовая эксплуатация терминалов ENFORA показала, что они весьма стабильно работают в сложных условиях российских сетей сотовой связи. Такая стабильность достигается за счет дополнительных настроек, обеспечивающих автоматическое подключение к сети GSM и GPRS, постоянный автоматический контроль состояния подключения и восстановление подключения к GSM и GPRS в случае потери соединения. Будучи один раз установлены, дополнительные настройки записываются в память терминала и в дальнейшем обрабатываются терминалом самостоятельно. В статье рассмотрены специальные AT-команды фирмы ENFORA, гарантирующие непрерывный режим работы терминала. Подробнее специальные команды приведены в [1].

## Автоматическая регистрация в сети GSM и GPRS

Автоматическая регистрация в сети GSM и GPRS обеспечивается соответственно командами:

AT\$AREG=1 (авторегистрация в GSM);

AT%CGAATT=0,1 (авторегистрация в GPRS)



## Мониторинг соединения через GSM/GPRS/IP-сеть и его активное восстановление

Если обмен по GPRS сети происходит достаточно редко, то на базовой станции GPRS соединение закрывается по инициативе сотового оператора. Большинство сотовых операторов не поддерживают GPRS соединение больше 24 часов.

Специальная команда \$NETMON предназначена для мониторинга соединения через GSM/GPRS/IP и его активного восстановления при разрыве. При отсутствии трафика терминал будет посылать ring-пакет через заданный интервал времени на заданные IP-адреса (\$Friend). Посылки ring-пакетов будут продолжаться до тех пор, пока какой-нибудь из указанных серверов не окажется в режиме online и не ответит на запрос.

## Формат команды

AT\$NETMON= <net\_unavail\_min>,<reset\_cnt>,<ping check>,<rst timers>

Первый параметр <net\_unavail\_min> определяет время в минутах, в течение которого сеть должна оставаться недоступной до того, как будет предпринята попытка установить новое соединение, в то время как старое соединение еще активно.

Если параметр равен нулю, то это значит, что соединение никогда не будет реализовано командой \$NETMON.

Этот параметр может принимать значение в диапазоне от 5 до 1440 и не может иметь значение, равное 1.

Второй параметр <reset\_cnt> определяет количество соединений, реализованных перед тем, как терминал сотрет в памяти временные адреса сети и предпримет попытку установления нового соединения.

Если параметр равен нулю, то соединение никогда не будет реализовано командой \$NETMON.

Третий параметр <ping check> определяет интервал в минутах между ring-пакетами, которые терминал шлет по заданным командой \$FRIEND IP-адресам известных серверов.

В любом случае через n-минут, при отсутствии трафика через него, терминал будет посылать ring-пакеты сначала на первый заданный IP-адрес, потом на все остальные, чтобы проверить есть связь через GSM/GPRS/IP-сеть или нет.

Четвертый параметр <rst timer> задает режим работы мониторинга IP-сети и может принимать только два значения: 0 и 1.

Возможны два режима работы.

**Первый режим** задается значением, равным нулю, и определяет наличие какой-либо активности со стороны COM-порта. Если такая активность регистрируется, то терминал будет инициировать обнуление таймера мониторинга IP-сети.

Таким образом, при наличии активности со стороны последовательного порта подразумевается, что в этом режиме не надо тестировать GSM/GPRS/IP-соединение в течение последующего интервала времени, который был задан первым параметром.

**Второй режим** задается значением, равным единице. В этом случае, при проявлении активности со стороны COM-порта, при мониторинге IP-сети таймер провалов сети не сбрасывается. Следует учитывать, что обычно при зависании терминалов удаленное подключение не прерывается. В окне состояния видна информация, показывающая, что пакеты отправляются. Однако при этом нет ответов. Таким образом, активность со стороны последовательного порта обычно присутствует. Поэтому нецелесообразно значение четвертого параметра выбирать равным нулю.

### Пример настройки терминала для режима активного восстановления соединения через GSM/GPRS/IP-сеть

Необходимо подчеркнуть, что параметры настроек определяются в каждом конкретном случае отдельно, и нет единых рекомендаций по параметрам для всех операторов сетей сотовой связи.

### IP-адрес контрольного сервера

AT\$FRIEND=01,1,"213.180.204.011"

Эта команда задает IP-адрес контрольного сервера.

В данном случае это адрес [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru)

### Активное восстановление соединения

AT\$NETMON=5,1,5,1

Эта команда заставляет терминал посылать каждые пять минут ring-пакеты на известные IP-адреса, заданные приведенной выше командой \$FRIEND, для контроля состояния GPRS-соединения. При отсутствии соединения терминал начнет процедуру его активного восстановления. Количество реализованных ранее соединений, до попытки установления нового соединения, задано равным одному. Интервал в минутах между ring-пакетами, которые терминал должен посылать сначала на первый заданный IP-адрес, потом последовательно на все остальные, задано равным пяти минутам. В данной настройке при мониторинге IP-сети таймер провалов сети не сбрасывается.

Указанные параметры «5,1,5,1» не являются жестко заданными. Они определяются в зависимости от конкретной задачи пользователя. Рекомендуется подбирать их значения опытным путем.

При отсутствии трафика через терминал он будет посылать ring-пакет через заданный интервал времени на заданные IP-адреса (friend). Посылки ring-пакетов будут продолжаться до

тех пор, пока какой-нибудь из указанных серверов не окажется в режиме online и не ответит. Заводскую настройку можно вернуть командой AT\$NETMON=0,0,0,0

### Перезагрузка терминала с помощью AT-команды

Перезагрузка терминала осуществляется с помощью специальной команды AT\$RESET.

При отработке этой команды происходит полная перезагрузка программного обеспечения терминала и соответственно автоматическое корректное завершение работы всех текущих процессов. После этого терминал самостоятельно возобновляет работу. Внешне это выглядит так же, как при выключении и повторном включении питания, т. е. гаснет зеленый индикатор, затем он мигает при регистрации в сети, после чего горит постоянно.

Если терминал управляется внешней программой, то в эту программу достаточно легко вставить строку перезапуска, соответствующую приведенной выше команде.

### Автоматическая перезагрузка терминала через заданные интервалы времени

Терминал можно запрограммировать для автоматического перезапуска через определенные интервалы времени. Это можно сделать, используя опцию Event Tools [2] с помощью перечисленных ниже AT-команд.

Интервал перезапуска задается командой:

AT\$EVTIM1=3600.

Этой специальной командой задается таймер входных событий утилиты Event Tools. Всего может быть задано четыре таймера, различающиеся значением временного интервала в 1 с.

Формат команды:

AT\$EVTIM#=<rate>

где <rate> — интервал в секундах между событиями (от 0 до 604 800 с); # — номер события.

Примечание: При использовании команды AT\$WAKEUP нельзя использовать AT\$EVTIM4.

Входящие события определяются как:

AT\$EVENT=5,1,12,1,1

Исходящие события определяются как:

AT\$EVENT=5,3,44,1,0


Установка перезапуска

AT\$STOATEV=1,at\$reset

Данная настройка полезна в тех случаях, когда терминалы не могут зарегистрироваться в сети в течение длительного времени и терминал зависает.

Это может быть связано с тем, что для базовой станции сотового оператора требуется новая перерегистрация в сети.

Обычно такое зависание характерно для устройств, работающих под управлением дополнительного программного обеспечения.

Дополнительную информацию о продукции компании Enfora можно найти на сайте производителя [www.enfora.com](http://www.enfora.com). 

### Литература

1. Enfora Enabler-IIG, GSM/GPRS Radio Modem, AT Command Set Reference, Version 1.02
2. GSM0000PB003MAN, Enfora Event Tools, Rev.1.00, User Manual.

## БТ НОВОСТИ

### Технология Wireless USB становится ближе

Беспроводная замена USB-интерфейса становится реальностью с появлением серийных образцов от фирмы Wisair. Интерфейс Wireless USB, способный работать со скоростями передачи данных до 480 Мбит/с, использует технологию сверхширокополосной связи на короткой дистанции (UWB). Группа разработчиков, возглавляемая фирмой Intel, недавно опубликовала официальную версию стандарта Wireless USB, являющуюся дополнением к основному стандарту протокола USB.

Фирма Wisair представила действующие образцы устройств, поддерживающих стандарт Wireless USB и позволяющих связывать проводные и беспроводные устройства друг с другом. Комплект состоит из переходника, подключающегося к USB-порту компьютера, и беспроводного USB-хаба со стандартными разъемами USB для подключения устройств. Связь между переходником и хабом осуществляется по интерфейсу Wireless USB.



В фирме Wisair считают, что со временем стандарт Wireless USB вытеснит стандартные проводные соединения компьютера с периферией. Тем не менее именно для поддержки беспроводного соединения миллионов устройств, существующих на данный момент — камер, винчестеров, принтеров и многих других, — и предлагается концепция переходников от проводных к беспроводным соединениям.

Стандарт Wireless USB включает высокоуровневые USB-протоколы и физический уровень сверхширокополосной связи UWB, разработанный группой WiMedia. В декабре 2005 года группа WiMedia, поддерживаемая фирмой Intel, объявила о принятии стандарта UWB рабочей группой Европейской ассоциации по стандартизации в области коммуникаций (ETSI), несмотря на то, что американская ассоциация IEEE выбрала предложение конкурирующей фирмы Freescale. В связи с этим может развернуться нешуточная борьба «форматов», особенно с учетом того, что фирма Intel уже анонсировала собственное решение в области беспроводного USB под названием ExtremeUSB, базирующееся на физическом уровне, предложенном фирмой Freescale.

# Лидер китайского рынка GSM/GPRS/EDGE-модемов — компания SIMCom выходит на российский рынок

Глеб ПЫХТИН  
Gleb.Pykhtin@macrogroup.ru

**Настоящая статья представляет собой обзор продукции ведущего китайского производителя GSM-модемов для M2M-приложений — компании SIMCom Limited, входящей в холдинг Sim Technology Inc.**

## О компании SIMCom Limited

Шанхайская компания SIMCom Limited основана в 2002 году как одно из основных направлений бизнеса группы SIM Technology Group, в сферу деятельности которой входит разработка и производство мобильных телефонов, LCD-дисплеев для портативной электроники, GSM/GPRS/EDGE-модулей и ряда других сопутствующих комплектующих. В группу SIM Technology входят три основные компании:

- Shanghai Sunrise — производитель LCD для мобильных телефонов и другой портативной электроники;
- Shanghai SIMCom — ведущий китайский производитель мобильных телефонов и на данный момент лидер китайского рынка встраиваемых модулей;
- Suncom Logistic — компания, ответственная за логистику, продажи и маркетинг товаров группы SIM Technology.

К 2004 году стремительно развивающаяся компания SIMCom Limited выпускала свыше 50 различных моделей мобильных телефонов стандарта GSM, отвечающих всем требованиям современного рынка. Телефоны SIMCom обладают таки-

ми функциями как цветной дисплей (262 тыс. оттенков), встроенная 1,3-мегапиксельная камера, MMS, MP3 и др., ничуть не уступая аналогам ведущих европейских производителей.

Важнейшим направлением деятельности SIMCom считает разработку и производство встраиваемых GSM/GPRS/EDGE-модулей. По прогнозам ведущих мировых исследовательских агентств мировой рынок M2M-приложений к году обгонит рынок мобильных телефонов и будет составлять порядка \$100 млрд.

С ростом рынка и ужесточением конкуренции среди производителей GSM-модемов падает их цена, открывая новые потенциальные области для их применения, о которых несколько лет назад никто и не думал. К основным телеметрическим приложениям, которые «на слуху» у российских производителей, можно отнести следующие:

- охранные системы;
- системы мониторинга транспорта и персональные навигационные системы;
- системы контроля и учета энергоресурсов;
- торгово-кассовое оборудование;
- WLL – стационарная телефония;
- телемедицина.

## Модемы SIMCom

Как уже отмечалось, SIM Technology ставит своей целью идти в ногу с основными тенденциями развития рынка беспроводных M2M-решений, что находит отражение в ее продукции. В настоящее время компания производит модули SIM100, SIM200, SIM300 и SIM600, основные характеристики которых представлены в таблице. Остановимся подробнее на ключевых параметрах и основных отличиях модулей.

Базовыми модулями, которые SIMCom позиционирует для российского рынка, являются SIM100 и SIM300. Оба модуля представляют собой трехдиапазонные модемы GSM/GPRS 900/1800/1900 МГц. Устройства обладают сходными характеристиками и отличаются размерами и версией чипсета Analog Devices, который лежит в их основе. При этом SIM300 является новым модемом, информация о нем еще не размещена на официальном сайте SIMCom [1]. Миниатюрный размер модема SIM300 (40×33×2,85 мм) позволяет разработчикам интегрировать его в мобильные устройства, такие как PDA и Smart phones. Модуль SIM100S (рис. 1), напротив, выпускается уже два года и является хорошо известным и самым распространенным на китайском рынке.



Т а б л и ц а . Основные характеристики модулей SIM100S, SIM200, SIM300 и SIM600

| SIM100S  | SIM300  | SIM200  | SIM600   |
|--|---|---|--|
| Основные характеристики  |   |   |  |
| Трёхдиапазонный GSM/GPRS 900/1800/1900 МГц   |   | Четырёхдиапазонный GSM/GPRS 850/900/1800/1900 МГц   | Четырёхдиапазонный GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 МГц |
| Размеры 53 × 33 × 3 мм<br>Вес 11 г   | Размеры 40 × 33 × 2,85 мм<br>Вес 8 г  | Размеры 39,5 × 32,5 × 3 мм<br>Вес 8 г   | Размеры 54 × 33 × 2,5 мм<br>Вес 14 г                   |
| Напряжение питания 3,4–4,5 В   |   |   |  |
| Диапазон рабочих температур: –25... +70 °С. Хранение при –40... +80 °С                                   |   |   |  |
| GPRS Class 10, max 85,6 кбит/с при приеме max 42,8 кбит/с<br>при приеме схема кодирования: CS-1, 2, 3, 4 |   | GPRS/EGPRS multi-slot Class12 max.<br>180 кбит/с при приеме   |  |
| Передача данных  |   |   |  |
| Встроенный стек TCP/IP   |   |   |  |
| PAP (Password Authentication Protocol)   |   | стек PPP, PAP   |  |
| PBCCH (Packet Switched Broadcast Control Channel)  |   | PBCCH   |  |
| CSD max 14,4 кбит/с  |   |   |  |
| Режимы SMS: MT, MO, CB, Text и PDU<br>Поддержка SMS через CSD или GPRS                                   |   |   |  |
| Fax Group 3 Class 1  |   | Fax Group 3 class 1, 2  |  |
| Интерфейсы и управление  |   |   |  |
| 60-выводной разъем<br>JAE Company<br>IL-312-A60P-VF-A1<br>50-омный ВЧ-разъем                             | 60-выводной разъем<br>ENTERY Company<br>1008-G60N-01R<br>или MOLEX-53729-0608<br>50-омный ВЧ-разъем | 60-выводной разъем<br>JAE Company<br>IL-312-A60P-VF-A1<br>50-омный ВЧ-разъем                              | 100-выводной разъем<br>50-омный ВЧ-разъем              |
| Поддержка клавиатуры, LCD, RTC backup  |   | Поддержка LCD, фотокамеры, IrDA, USB,<br>BlueTooth, 5 × 5 клавиатуры, интерфейса<br>с доп. модулем памяти |  |
| 2 аналоговых аудио-интерфейса  |   |   |  |
| Управление через AT-команды GSM07.07 07.05<br>и дополнительные от SIMCom по последовательному интерфейсу |   | Управление через AT-команды<br>по последовательному интерфейсу  |  |
| SIM-карты: 1,8 В, 3 В  |   |   |  |
| Антенна  |   |   |  |
| Внешняя, подключение через 50-омный ВЧ-разъем<br>или отдельный вывод 60-контактного разъема              |   | Внешняя, подключение через<br>50-омный ВЧ-разъем или отдельный вывод<br>100-контактного разъема           |  |
| Дополнительно  |   |   |  |
| Поддержка управления телефонной книгой типов: SM, FD, LD, RC, ON, MC                                     |   |   |  |
| Встроенные часы реального времени  |   |   |  |
| Функция таймера  |   |   |  |

Оба модуля поддерживают GPRS Class 10 и содержат встроенный стек TCP/IP, что существенно расширяет диапазон их применений. Модули также обладают всеми стандартными для данного класса устройств функциями, такими как поддержка SMS, CSD 14,4 кбит/с, USSD, Fax Group 3 Class 1, SIM Application Toolkit, программирование по последовательному интерфейсу с помощью AT-команд GSM07.07 07.05 и дополнительные команды SIMCom. Напряжение питания 3,4–4,5 В, рекомендованное — 4 В. Ток потребления в режиме SLEEP — 2,5 мА.

К важным преимуществам всех модемов SIMCom следует отнести встроенный интерфейс SPI для управления внешним LCD-дисплеем. Помимо этого все модули обладают поддержкой аудио-интерфейсов — двумя встроенными аудиоканалами, включающими два микрофонных входа и два выхода. Детальные характеристики аудиоканалов приведены в технической документации.

Еще одной полезной особенностью модемов Simcom является наличие альтернативного подключения антенны, как к 50-Ом ВЧ коннектору, так и непосредственно, пайка кабеля к металлизированной площадке на модеме, что довольно удобно для портативных приложений и при включении собственных антенн заказчика.

В модуль SIM300 также встроен АЦП общего назначения, предназначенный для мониторинга внешнего аналогового напряжения (например, от температурного датчика). Пользователь может с помощью специальной AT-команды определить значение напряжения, поданного на отдельный вывод модуля.

Модем SIM200 (рис. 2) является 4-диапазонным модулем GSM/GPRS 850/900/1800/1900 МГц. Та-

кая универсальность позволяет включать его в проекты, требующие перемещения конечного устройства между странами с различной базовой инфраструктурой GSM-сети. В остальном по функциональности SIM200 не отличается от описанного выше SIM100S и имеет сходные с SIM300 размеры.

Наконец, одна из последних разработок SIMCom — SIM600 — высокопроизводительный GSM/GPRS/EDGE-модуль, тоже работающий в четырех диапазонах GSM. SIM600 обладает 100-выводным разъемом и расширенной функциональностью. Поддержка EGPRS/EDGE, уже работающего у операторов большой тройки в ряде российских регионов в тестовом режиме, позволяет модулю принимать данные со скоростью 180 кбит/с. Помимо этого, модуль обладает поддержкой LCD, внешней камеры, IrDA, USB, BlueTooth, клавиатуры 5 × 5, а также интерфейсом с дополнительным модулем памяти.

В планах SIMCom — производство модуля с интегрированным GPS-приемником на основе последнего чипсета компании SiRF Technology.

Резюмируя все выше сказанное, можно сказать, что у ведущих европейских производителей Wavcom, Siemens и SonyEricsson появился серьезный конкурент, линейка модулей которого не уступает последним. И пусть модули Simcom не обладают некоторыми особенностями, присущими Wavcom и SonyEricsson, как, например, возможность использования внутренних ресурсов процессора, практика показывает, что определяющими факторами в большинстве случаев являются цена и надежность модема. А здесь, SIM Technology есть, что сказать конкурентам. **BT**

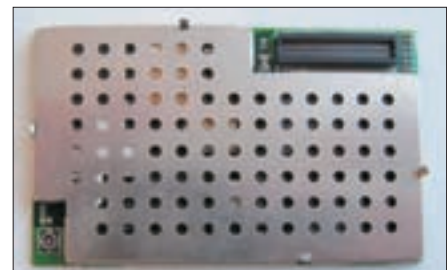


Рис. 1. Внешний вид модуля SIM100S



Рис. 2. Внешний вид модуля SIM200

## Литература

1. <http://www.sim.com>
2. <http://www.macrogroupp.ru/documentation/manufacturer.xhtml?id=666>
3. <http://www.macrogroupp.ru/manufacturers/page.xhtml?id=89>
4. Пушкарев О. EDGE — технология высокоскоростной передачи в GSM-сетях // Беспроводные технологии. 2005. № 1.

# Модемы Teltonika T-Modem: технологии EDGE приходят на смену GPRS

Алексей МИХАЙЛОВ  
mikhaylov@euroml.ru

**В статье кратко рассмотрены беспроводные модемы литовской фирмы Teltonika, использующие помимо всем привычной технологии передачи данных GSM/GPRS относительно новый стандарт EDGE.**

Teltonika позиционирует себя как компания, предлагающая решения в области встроенных приложений, информационных технологий и коммуникаций. Изделия для сегмента M2M могут быть использованы при решении широкого круга задач, таких как контроль и мониторинг различного рода удаленного оборудования по сетям сотовой связи стандарта GSM, отслеживания событий и мониторинг местоположения транспортных средств с использованием системы глобального позиционирования GPS, охраны удаленных объектов, мобильного доступа в Интернет. Компания также занимается разработками различного вида оборудования (GPS, RFID и ZigBee) на заказ.

В 2005 году практически все GSM-операторы приступили к развертыванию в своих сетях поддержки протокола передачи данных EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution — усовершенствованная технология передачи данных

для развития GSM). EDGE — это промежуточный этап между технологией GPRS и стандартами связи третьего поколения, например технологией UMTS.

В настоящее время технология EDGE заменяет уже ставшую привычной передачу данных GPRS, активно тестируется и вводится в коммерческую эксплуатацию. Технология теоретически позволяет передавать данные по мобильной сети со скоростью до 200 кбит/с, что было подтверждено на практике. В среднем скорость EDGE-соединения в три-четыре раза быстрее, чем GPRS. Для доступа к современным услугам через EDGE достаточно использовать любое устройство с поддержкой этой технологии — в тестовой зоне оно автоматически выбирает EDGE вместо GPRS, никаких дополнительных действий от пользователя не требуется.

Основным преимуществом EDGE перед GPRS является именно скорость. Таким образом, при той же тарификации абонент получает возможность передачи больших объемов данных за то же время и при том же количестве используемых таймслотов в радиоэфире, что и через GPRS. Тарификация опять же зависит не от длительности соединения, а от объема переданных данных.

Мы рассмотрим линейку продукции Teltonika, объединенную общим названием Teltonika T-Modem, построенную на базе известного модуля Nokia 12i. Эта линейка представляет собой ряд модемов с различными интерфейсами. В настоящее время доступны две корпусные модели, подключаемые по COM-порту и USB 2.0, а также модем виде PCI-платы. Помимо этого существует модель, сочетающая в себе GSM/GPRS/EDGE-модем и интерфейс, эмулирующий телефонную линию (включая звонокое напряжение) — так называемый GSM-шлюз.

Все устройства выпускаются в двух модификациях — с поддержкой частотного диапазона 900/1800 МГц (европейская и азиатская версия) и 850/1900 МГц (американская). Все корпусные устройства могут поставляться в вариантах со встроенной в устройство GSM-антенной и разъемом под внешнюю антенну типа SMA (female). На корпусе устройства расположен разъем питания (исключение — Teltonika T-Modem USB, питание которого осуществляется непосредственно от интерфейса компьютера), два LED-индикатора состояния устройства и непосредственно системный интерфейс.



Рис. 1. Внешний вид корпусного устройства Teltonika T-modem USB

На всех модемах реализована функция «автоматический PIN-код», которая позволяет пользователю не вводить PIN-код каждый раз, когда включается устройство.

Все устройства имеют следующие технические характеристики:

- EDGE класс 6 (до 177 кбит/с);
- GPRS класс 10 (до 114 кбит/с);
- HSCSD (до 43,2 кбит/с);
- CSD (до 14,4 кбит/с);
- размеры корпуса (без соединителей), Д×Ш×В: 98×55×20 мм;
- диапазон рабочих температур –25... +55 °С.

В ближайшее время производитель предполагает выпустить версии устройств с реализацией EDGE класс 10.

Teltonika T-modem USB (рис. 1) имеет встроенный USB-интерфейс, что позволяет, просто соединив его кабелем с любым ноутбуком или настольным компьютером, получить возможность доступа в Интернет. Устройство поддерживает интерфейс USB 2.0, что обеспечивает высокую скорость передачи данных и удобство в использовании. Питается модем напрямую от интерфейса USB, поэтому не требует никакого зарядного устройства или внешнего адаптера.

Teltonika T-modem COM обладает аналогичными характеристиками и выполнен в том же формфакторе, но требует наличия внешнего блока питания (поставляется в комплекте, так же как и внешняя GSM-антенна и соединительный кабель RS-232). Здесь стоит отметить, что Teltonika T-Modem COM может не подходить для быстрых протоколов RS-232 с короткими периодами блокировки, однако данное устройство поддерживает скорость GSM-оператора.

Teltonika T-modem PCI (рис. 2) является стационарным модемом GSM/GPRS/EDGE для ПК или сервера. Дополнительные возможности для серверов: контроль перезагрузки, температурный

контроль и контроль работы вентилятора, безопасная конфигурация и дополнительное соединение с Интернет. Кроме того, системные администраторы могут использовать этот модем для удаленного конфигурирования сервера.



Рис. 2. Внешний вид корпусного устройства модем Teltonika T-modem PCI

Teltonika T-modem PCI предназначен для тех случаев, когда необходимо подключить настольный ПК к Интернет, а единственно возможным способом сделать это является сеть GSM. Кроме того, модем GSM предоставляет все специальные возможности, присущие только модемам GSM, например отправку SMS с ПК.

Помимо того, модем Teltonika T-modem PCI может действовать и как сторожевой таймер для сервера и обеспечивать контроль при перезагрузке компьютера при зависании программ или по требованию администратора.

Teltonika T-Voice является по сути тем же корпусным USB-модемом, дополненным лишь интерфейсом телефонной линии (посредством стандартного разъема RG11), что превращает его в межсетевой мост (GSM-шлюз). Данный шлюз, в зависимости от способа программного конфигурирования, может служить для совершения звонков по GSM-сети посредством обыкновенного аналогового телефона, а также может

быть подключен к городской или офисной АТС для организации доступа в GSM-сеть, что позволяет организовать дополнительные телефонные линии или добиться существенной экономии средств за счет использования внутрисетевых тарифов. Настройка переадресации вызовов по определенным условиям осуществляется с компьютера посредством программного конфигурирования. Доступно большое количество функций, таких как ограничение вызовов, call-back, защита паролем, и многих других. Данное устройство отличается от своих собратьев по весу и размерам, а также имеет внешний блок питания. Габариты Teltonika T-Voice составляют 111×68×26 мм.

Интересным решением является также другой GSM/GPRS/EDGE-модем — T-Wireless COM, который может служить в качестве GSM-удлиителя COM-порта. Данный модем способен подключить любое удаленное устройство, имеющее стандартный интерфейс RS-232, к вашему компьютеру или серверу. При этом отпадает необходимость в каком-либо дополнительном контроллере на удаленном устройстве. T-Wireless COM при соединении может выступать как в качестве ведущего, так и в качестве ведомого устройства. Специальное программное обеспечение позволяет создавать на компьютере виртуальный COM-порт или использовать стандартный TCP socket. Возможно подключение к компьютеру любого количества устройств. ■

#### Литература

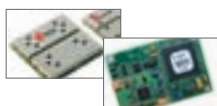
1. [www.teltonika.lt](http://www.teltonika.lt)
2. [www.euroml.ru](http://www.euroml.ru)
3. <http://www.pcweek.ru/?ID=504391>
4. <http://www.sotaland.ru/mobile/tests/141/>
5. <http://euromobile.name/technology.php>
6. [http://euromobile.name/products.php?m=14&PH\\_PSESSID=b793163e75189e47efa6f43934de822](http://euromobile.name/products.php?m=14&PH_PSESSID=b793163e75189e47efa6f43934de822)

## БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ – ЭТО РЕАЛЬНОСТЬ!

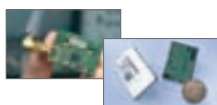
ВСЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ



#### GSM/GPRS



#### GPS



#### Nanonet

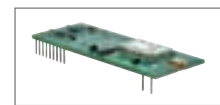


Микросхемы  
Модули  
Модемы  
Аксессуары

#### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- мониторинг и управление
- охранные системы
- медицинское оборудование
- коммерческий учет тепла, газа, электроэнергии

#### Bluetooth



#### ZigBee



#### Аксессуары



#### ООО «ЭФО» – ПОСТАВКА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ:  
Т.: (812) 327-8654, Ф.: (812) 320-1819  
E-MAIL: ZAV@EFO.RU

МОСКВА:  
ТЕЛ./ФАКС: (095) 933-0743  
E-MAIL: MOSCOW@EFO.RU

КАЗАНЬ:  
ТЕЛ./ФАКС: (843) 518-7920  
E-MAIL: KAZAN@EFO.RU

ЕКАТЕРИНБУРГ:  
ТЕЛ./ФАКС: (343) 378-4122  
E-MAIL: URAL@EFO.RU

РОСТОВ-НА-ДОНУ:  
ТЕЛ./ФАКС: (863) 220-3679  
E-MAIL: ROSTOV@EFO.RU

# GSM/GPRS-модемы производства компании Sim Technology

Алексей МИХАЙЛОВ  
mikhailov@euroml.ru

**В настоящее время рынок решений m2m (machine-to-machine) переживает этап бурного развития. Технологии межмашинного взаимодействия все активнее входят в самые различные сферы. Если изначально данная технология предусматривала взаимодействие главным образом между стационарными объектами, то с развитием современных средств связи взаимодействие объектов перестали играть роль.**

Связка технологий m2m и GSM нашла широкое применение в самых различных областях, многие из которых уже стали для нее традиционными:

- в системах безопасности и оповещения;
- в системах контроля доступа;
- в платежных системах (банкоматы и платежные терминалы);

- в системах мониторинга окружающей среды;
- для сбора информации со счетчиков учета энергоносителей;
- для управления производственными процессами;
- в системах мониторинга положения автотранспорта;
- для сбора информации с торговых автоматов;
- для мобильного доступа в Интернет и другие сети.

Хочется также отметить, что возможности беспроводного приложения m2m не сводятся только к сбору или обмену различной информацией о состоянии устройств или систем, они позволяют также передавать исполнительным устройствам команды. Развитие именно этого качества позволяет находить все новые применения.

Несмотря на то что передача данных по сетям GSM как таковая уже не является инновацией, интерес разработчиков к данной области растет с каждым годом.

Одной из основных причин этого явления, помимо высокой востребованности мобильного взаимодействия конечными пользователями и чрезвычайно широкого охвата сетей в стандарте GSM во всем мире, является постоянное удешевление производителями выпускаемых ими устройств, а следовательно, и более низкая стоимость решений для конечного пользователя.

Помимо этого снижение стоимости оборудования открывает возможности применения его в новых сферах, вытесняя «проводные» решения, так как это становится экономически целесообразно. Технические специалисты предсказывают определенного рода стандартизацию интерфейсов оборудования, позволяющую облегчить взаимодействие m2m.

По оценкам многих маркетологов, под влиянием вышеперечисленных факторов рынку средств связи для беспроводной передачи данных предстоит бурный рост, по крайней мере в течение ближайшего десятилетия.

Если брать в расчет сегмент решений на базе использования технологий беспроводной передачи данных по сетям сотовых операторов в стандарте GSM/GPRS, то очередной весомый шаг в снижении стоимости модулей сделан компанией Sim Technology.

Компания Sim Technology, входящая в холдинг SIMCOM, является одним из самых перспектив-

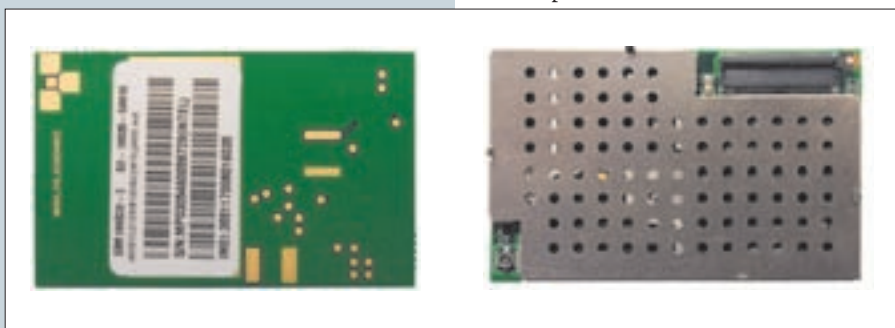


Рис. 1. Внешний вид GSM/GPRS-модуля Sim 100

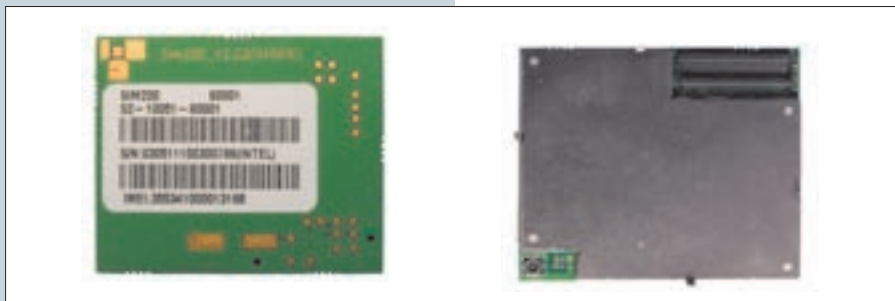


Рис. 2. Внешний вид GSM/GPRS-модуля Sim 200

ных и быстро развивающихся производителей подобного оборудования и помимо модулей беспроводной связи имеет другие линейки высокотехнологичной продукции: мобильные телефоны и LCD-модули.

Компания имеет производственные мощности и офис в Шанхае, а также управляющий офис в Гонконге. Sim Technology начала свою деятельность в качестве производителя электронных компонентов для беспроводной связи в 2003 году. Секрет ее успеха и быстрого роста кроется в проведении целенаправленной маркетинговой политики, которая включает в себя хорошо скоординированное финансирование, наличие необходимых производственных мощностей, разработчиков высокой квалификации и организацию каналов сбыта.

В 2005 году Sim Technology представила на российский рынок новую продукцию — модемы GSM/GPRS Sim 100 и Sim 200. Данные модули реализованы на базе чипсетов хорошо известного американского разработчика Analog Devices (Analog Devices AD20msp430 baseband chipset AD6521/AD6525). Данные модемы ориентированы на специалистов и представляют собой бескорпусные устройства, интегрируемые на плату или в другое устройство и требующие монтажа дополнительных элементов — стандартных разъемов, источника питания, держателя SIM-карты, антенны и т. п.

Основной маркетинговой директивой компании Sim Technology является обеспечение отличного качества при минимальной стоимости, что и было успешно доказано на практике в очередной раз. Недавно появившиеся модули Sim 100 (рис. 1) и Sim 200 (рис. 2) уже успешно конкурируют со своими «брендовыми» собратьями, реально позволяя разработчикам снизить себестоимость изделия на \$10–15 при серийном производстве без потери функциональности и сохранении компактности изделия.

Модуль Sim 100 является оптимальным решением по соотношению «цена–качество» для широкого круга разработок. Данный модуль наиболее подходит для применения в системах мониторинга различного рода, в системах охраны мобильных и стационарных объектов, системах удаленного управления и прочих решениях. Отличительными особенностями SIM 100 являются: высокое и стабильное качество передачи речи, SMS, данных и факсимильных сообщений, небольшие габариты и низкое потребление энергии. При проведенных испытаниях модуль показал стабильную работу в широком интервале температур: от –35 до +75 °C. Модуль представлен в особо тонком исполнении — толщина корпуса составляет всего 3 мм. Это облегчает его монтаж на печатной плате любого устройства. Sim 100 имеет размеры 53×33×3,0 мм и вес 18 г (рис. 3).

Sim 100 может работать в трех диапазонах GSM/GPRS 900/1800/1900 МГц, поддерживает GPRS multi-slot class 10, а также полностью совместим со стандартом GSM phase 2/2+. Излучаемая мощность соответствует Class 4 (2 Вт) для диапазона 900 МГц и Class 1 (1 Вт) для диапазона 1800/1900 МГц. Отдельно хочется подчеркнуть возможность надежной передачи данных не только посредством протокола GPRS, но и по каналу CSD со скоростью до 14,4 кбит/с (поддерживается протокол V.42bis), а также реализацию факсимильной передачи Group 3 Class 1, что обеспечивает скорость 9,6 кбит/с.

Передача по голосовому каналу может осуществляться в режимах full rate (ETS 06.20), half rate (ETS 06.10), enhanced full rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80). Модуль обеспечивает поддержку передачи DTMF-сигналов.

#### Спецификация GPRS:

- поддержка протокола GSM 03.64;
- до 21,4 кбит на слот в секунду (зависит от установок оператора);
- максимум 42,8 кбит/с для передачи данных;
- максимум 85,6 кбит/с для приема данных;
- поддержка расширенных AT-команд протоколов GSM 07.07 и GSM 07.05;
- протокол PPP (Point-to-point).

Стоит отметить, что в реальных условиях при использовании данного устройства для передачи данных в сетях GSM на территории России приведенные скорости приема-передачи данных являются избыточными. На практике из-за ограничений, накладываемых всеми GSM-операторами на передачу данных, и высокого приоритета голосового трафика реальная скорость приема не превышает 40 кбит/с.

Sim 100 имеет интегрированный TCP/IP-стек, управляется стандартными AT-командами, поддерживает AT-команды в стандарте протоколов мультиплексирования GSM 07.07 и 07.05, а также ряд специализированных AT-команд SIMCOM. Модуль имеет напряжение питания от 3,3 до 4,6 В, и, несмотря на рекомендованное производителем напряжение питания 4,2 В, стабильно работает во всем указанном диапазоне независимо от температуры окружающей среды. Sim 100 поддерживает современные SIM-карты с питанием 1,8 и 3,0 В.

Потребляемый модулем Sim 100 ток в различных режимах работы соответственно составляет (типичные значения):

- 4 мА в режиме ожидания CSD;
- 250 мА в режиме вызова (1 Rx, 1 Tx, CS operation);
- 500 мА в режиме вызова (1 Rx, 2 Tx, GPRS operation);
- 1700 мА — пиковое значение в режиме вызова;
- 560 мА в режиме GPRS: 3 слота прием, 2 слота передача;
- 125 мА в режиме GPRS: 4 слота прием, без передачи;
- в режиме Stand By 50мкА.

Средняя чувствительность приемника модуля Sim 100 в диапазоне 900 МГц составляет 106 дБм, а в диапазоне 1800/1900 МГц — 104 дБм, при этом минимальная чувствительность отличается от этих показателей незначительно — не более чем на 2 дБм.

Модуль имеет выход на индикатор (LED), который может сигнализировать о режимах работы устройства, выход для перезагрузки устройства, аудиовыходы (2 микрофонных входа и 2 выхода на динамик), а также выводы для подключения 20-клавишной клавиатуры.

Системная шина подключается с помощью 60-контактного разъема (типа IL-312-A60P-VF-A), на него подключены все перечисленные выводы, включая выводы на SIM-карту. Шина обмена данными представляет собой стандартный 9-контактный интерфейс RS-232. Антенный коннектор выполнен отдельно на разъеме GCS (male) и рассчитан на волновое сопротивление 50 Ом.

В целом технические характеристики Sim 100 и Sim 200 схожи, поэтому подробнее остановимся

на различиях. Модуль Sim 200 отличается от Sim 100 прежде всего меньшим форм-фактором, позволяющим использовать его в портативных устройствах, таких как мобильные и

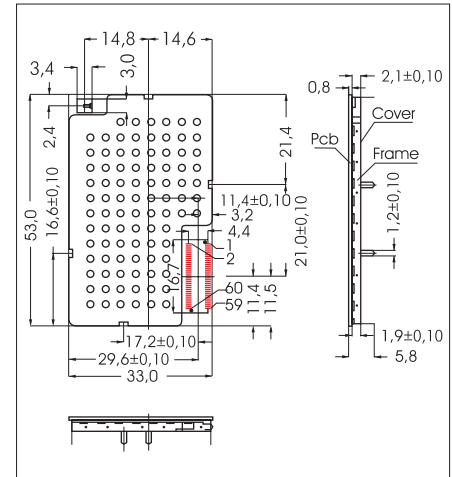


Рис. 3. Установочные размеры GSM/GPRS-модуля Sim 100

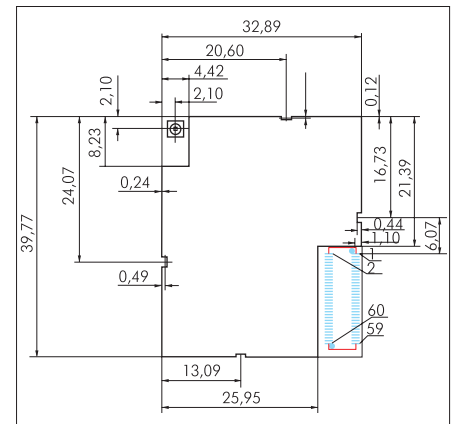


Рис. 4. Установочные размеры GSM/GPRS-модуля Sim 200

портативные компьютеры (PDA), смартфоны, различного рода мобильные аксессуары и прочие мобильные устройства. Габариты этого устройства 39,5×32,5×3 мм, а вес составляет всего 8 г (рис. 4). Модуль рассчитан на использование Li-Ion батареи и поддерживает контроль ее состояния и заряд (рекомендовано: емкость не менее 580 мА·ч, напряжение 3,7 В). Поддерживаются методы заряда постоянный ток (Constant Current) и постоянное напряжение (Constant Voltage). Состояние заряда батареи и режим ее использования могут быть получены с помощью специальных AT-команд.

Sim 200 поддерживает четыре частотных диапазона GSM/GPRS 850/900/1800/1900 МГц. Чувствительность модуля аналогична Sim 100. Системная шина реализована на том же типе разъема, 8 выводов из 60 являются программируемыми выводами входа-выхода. Температурный режим работы данного модуля лежит в пределах от –25 до +70 °C, а допустимый диапазон напряжений питания составляет от 3,4 до 4,5 В. В качестве дополнительной функции энергосбережения предусмотрена поддержка «спящего режима».

Sim 200 отличается также более низким энергопотреблением (в различных режимах работы — типичные значения):





Рис. 1. Внешний вид GSM/GPRS-модуля Sim 300

- 3 мА в режиме ожидания CSD;
- 230 мА в режиме вызова (1 Rx, 1 Tx CS operation);
- 400 мА в режиме вызова (1 Rx, 2 Tx GPRS operation);
- 394 мА в режиме GPRS: 3 слота прием, 2 слота передача;
- 50 мкА в режиме Stand By.

GSM/GPRS-модемы Sim 100 и Sim 200 входят в комплектацию многих устройств различного назначения, производимых на территории России и по всему миру.

Все специалисты, применяющие модули производства компании Sim Technology в своих изделиях, отмечают высокую надежность продукции в целом, простоту интеграции и наличие доступной документации, предоставляемой производителем.

В настоящее время холдинг SIMCOM существенно расширяет ассортимент производимых модемов. Во втором квартале 2006 года планируется начать поставки в Россию новой линейки продукции. На смену получившему широкое распространение модему Sim100 придет его аналог Sim300. При схожих в целом технических харак-

теристиках и аналогичной цене он будет иметь меньший форм-фактор и вес, приближаясь по этим показателям к Sim200. Габариты модуля составят 40×33×2,85 мм, а вес — 8 г. К сожалению, изменения габаритных характеристик заставили производителя изменить тип системного разъема (60-pin типа MOLEX-53729-0608). Но даже отсутствие повысодной совместимости, по мнению большинства разработчиков, не вызовет существенных проблем при переходе с Sim100 на Sim300 как для устройств находящихся в стадии разработки, так и для уже готовых устройств.

Вслед за Sim300 на российский рынок придут и другие модули.

**Sim600** — 4-диапазонный (850/900/1800/1900 МГц) GSM/GPRS/EDGE-модуль, обладающий помимо поддержки протокола высокоскоростной передачи данных EDGE (multi-slot Class 12, скорость до 180 кбит/с), пожалуй, наиболее широкими возможностями для интеграции. Обладая всеми функциональными и интерфейсными возможностями своих предшественников, модуль поддерживает интерфейс USB 2.0, к нему можно довольно просто подключить Bluetooth и IrDA-порт, а также дополнительную Flash-па-

мять. Кроме того, модуль имеет интерфейс для подключения внешней камеры. Размеры модуля будут составлять 54×33×2,5 мм при весе не более 14 г.

В качестве второго модуля с расширенной функциональностью, готовящегося к выпуску в 2006 году и заслуживающего особого внимания, хочется назвать совмещенный GSM/GPRS/GPS модуль **Sim508** (GPRS multi-slot Class 10). Модуль будет производиться в 3- и 4-диапазонной модификациях и иметь ограниченный температурный диапазон (–25... +75 °С). Модуль имеет систему автоматического отключения при достижении температуры +85 °С. В модуль интегрирован 20-канальный GPS-приемник с низким энергопотреблением (200 мВт), временем холодного пуска менее 38 с и объемом встроенной памяти 4 Мб Flash-памяти и 1 Мб памяти SDRAM. Модуль выполнен в традиционном «тонком» форм-факторе (34×55×3 мм). Вес модуля 10 г.

Помимо перечисленных выше продуктов, в течение текущего года планируется выпуск еще двух «вариаций» на тему модулей Sim100 и Sim300 – 4-диапазонного Sim340 и модуля с альтернативным форм-фактором Sim300C. **BT**

#### Литература

1. SIM200 Hardware Interface Description, Release 01.03. [http://euroml.ru/files/documents/SIM200\\_HD\\_0102\\_v06\\_041220.pdf\\_hid=1.2&bid=1.pdf](http://euroml.ru/files/documents/SIM200_HD_0102_v06_041220.pdf_hid=1.2&bid=1.pdf).
2. SIM100E User Guide. <http://euroml.ru/files/documents/SIM100-E%20USER%20GUIDE.pdf>.
3. SIM100S Hardware Interface Description, Version: 01.01. <http://euroml.ru/files/documents/SIM100S%20HD%20Released.pdf>.
4. Fact Sheet. <http://www.sim.com/english/aboutus/overview.htm>.
5. Module List. <http://www.sim.com/english/productsolutions/wirelessmodule/list.htm>.

19-21 сентября 2006



Новосибирск

## СИБИРСКИЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ:



**СИБСВЯЗЬ. СИБКОМПЬЮТЕР. СИБИНТЕРНЕТ**

XIV международная специализированная выставка средств связи и телекоммуникаций, коммуникационного оборудования, информационных технологий и компьютерной техники, сервисов Интернет

**ЭЛЕКТРОНСИБ**

Специализированная выставка электронных компонентов и технологического оборудования

**СИБИРЬ-ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ**

Специализированная выставка кабельного и спутникового телевидения, радиовещания и широкополосных телекоммуникаций

**Выставочное Общество СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА**

Россия, 630049, Новосибирск, Красный пр-т, 220/10 Телефон: (383) 210-62-90, факс: (383) 225-98-45  
E-mail: [ponkrat@sibfair.ru](mailto:ponkrat@sibfair.ru); [www.sibfair.ru](http://www.sibfair.ru)

# Новый высокоскоростной Bluetooth 2.0 + EDR модуль с радиусом действия до 300 м производства Bluegiga

Виктор АЛЕКСЕЕВ, к. ф.-м. н.  
info@telemetry.spb.ru

**Российским разработчикам хорошо знакомы Bluetooth-модули фирмы Bluegiga, управляемые как с помощью набора простых команд, так и через HCI интерфейс. Последняя разработка фирмы представляет собой полностью законченный Bluetooth-модуль WT11, который позволяет передавать данные со скоростью до 3 Мбит/с на расстояния до 300 м.**

Производство фирмой Bluegiga предназначена для системных интеграторов, которые не имеют ресурсов для подробного изучения работы Bluetooth, но хотят в кратчайшие сроки реализовать в своих изделиях все преимущества этой технологии.

В последнее время в отечественной литературе и в Интернет появилось огромное количество публикаций, посвященных различным технологиям и стандартам беспроводной связи для международного нелицензируемого диапазона частот ISM, 2,4 ГГц. В этих работах технологии Wi-Fi, Bluetooth и ZigBee рассматриваются как конкурирующие. На самом деле каждая из упомянутых технологий имеет свой уникальный набор характеристик, обуславливающих оптимальные области ее применения. Так, например неправомерны заявления о том, что ZigBee идет на смену Bluetooth и вытесняет его с рынка. Изначально ZigBee разрабатывалась как средство передачи небольших объемов телеметрической информации на частоте 2,4 ГГц с минимально возможным энергопотреблением и небольшой скоростью. Эта технология предназначена для переносных устройств с батарейным питанием. Скорость передачи данных между устройствами ZigBee, базирующимися на стандарте 802.15.4, зависит от числа занятых каналов и находится в диапазоне от 20 до 256 кбит/с. Поэтому ZigBee представляет собой сугубо нишевое направление, стоящее особняком от других технологий широкополосного доступа на частоте 2,4 ГГц. Среди основных преимуществ ZigBee можно отметить микропотребление, большое максимально возможное количество узлов в сети (до 65 536) и различные виды топологии сети («Звезда», «Каждый-с-каждым» (Mesh), «Кластерное дерево»).

Высокоскоростные технологии Bluetooth и Wi-Fi используются для организации персональных и локальных сетей беспроводного доступа. Области применения этих технологий частично перекрываются в на частоте 2,4 ГГц при создании

беспроводных сетей для выхода в Интернет, беспроводной передачи звуковой и видеoinформации.

В настоящее время в технологии Wi-Fi используются в основном четыре направления, базирующиеся на стандартах IEEE 802.11a, b, g, i.

В стандарте IEEE 802.11a поддерживается скорость передачи до 54 Мбит/с на частоте 5 ГГц. Реальная скорость передачи данных — около 20 Мбит/с. Устройства, работающие в стандарте IEEE 802.11b, могут передавать данные со скоростью до 11 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц. В стандарте IEEE 802.11g предусмотрена дополнительная техника модуляции для частоты 2,4 ГГц, обеспечивающая скорости передачи до 54 Мбит/с. Стандартом 802.11i регламентируются проблемы безопасности передачи данных. Максимальное количество узлов в сети Wi-Fi равно 10.

Технология Bluetooth основана на стандарте IEEE 802.15.1. В настоящее время существуют три версии спецификации. Версия Bluetooth 1.1 соответствует классу 2 и обеспечивает скорость передачи до 721 кбит/с на расстояниях около 10 м в помещениях и около 30 м в зоне прямой видимости на открытом воздухе. Версия Bluetooth 1.2 соответствует классу 1 с диапазоном действия больше 100 м в зоне прямой видимости. Спецификация Bluetooth версии 2.0 поддерживает технологию расширенной передачи данных (EDR — Enhanced Data Rate) и позволяет передавать данные со скоростью до 3 Мбит/с. Устройства, поддерживающие Bluetooth 2.0 + EDR, могут быть как первого (10 м), так и второго (>100 м) классов. Более подробную информацию о различных устройствах Bluetooth можно найти в статьях [1–5].

В конце 2005 года фирма Bluegiga выпустила в коммерческую продажу модель WT12 — полностью готовый к работе модуль Bluetooth 2.0 + EDR, класс 2 (3 Мбит/с, 10 м) [5]. С февраля 2006 года началась коммерческая продажа новой модели WT11 Bluetooth 2.0 + EDR, класс 1 (3 Мбит/с, 300 м).

Одним из основных преимуществ технологии Bluetooth является поддержка как топологии «точка-точка», так и топологии «точка-многоточка». Это дает возможность различным устройствам Bluetooth мгновенно связываться друг с другом без какой-либо предварительной подготовки. Несколько устройств, использующих один и тот же канал, могут образовывать пикосеть (piconet). При этом одно из устройств будет работать как основное (master), а остальные — в качестве подчиненных (slaves). В одной пикосети может быть



Рис. 1. Внешний вид модуля WT11

Т а б л и ц а 1. Сравнительные характеристики модуля WT11, Bluetooth, Bluegiga и технологий Wi-Fi, ZigBee

| Наименование параметра   | ZigBee (IEEE 802.15.4) | Wi-Fi (IEEE 802.11b) | WT11 Bluegiga Bluetooth (IEEE 802.15.1) |
|--|------------------------|----------------------|---|
| Частотный диапазон   | 2,4–2,483, ГГц         | 2,4–2,483, ГГц       | 2,4–2,483, ГГц                          |
| Пропускная способность, кбит/с   | 250                    | 11000                | 3000                                    |
| Максимальное расчетное время непрерывной автономной работы от батареи, дни | 1000                   | 5                    | 10                                      |
| Максимальное количество узлов в сети                                       | 65536                  | 10                   | 7                                       |
| Максимальный диапазон действия в зоне прямой видимости, м                  | 100                    | 300                  | 300                                     |

Т а б л и ц а 3. Модификации модуля WT11

| Наименование | Описание                           | Программное обеспечение |
|--------------|------------------------------------|-------------------------|
| WT11-A-AI    | WT11, встроенная антенна           | iWRAP                   |
| WT11-E-AI    | WT11, внешняя антенна, разъем U.FL | iWRAP                   |
| WT11-A-HCI   | WT11, встроенная антенна           | HCI                     |
| WT11-E-HCI   | WT11, внешняя антенна, разъем U.FL | HCI                     |

до семи активных slaves-устройств. Остальные подчиненные устройства при этом будут находиться в режиме ожидания, оставаясь синхронизированными с основным. Несколько пикосетей образуют распределенную сеть (scatternet). Сравнение характеристик WT11 с параметрами других беспроводных технологий для частоты 2,4 ГГц, приведено в таблице 1.

### Новый Bluetooth модуль WT11 фирмы BlueGiga

Новый модуль WT11 — это первая модель следующего поколения продукции Bluegiga, не имеющая сегодня мировых аналогов [6]. Модуль изготовлен на базе CSR's Bluescore-4 и соответствует требованиям стандарта Bluetooth 2.0 + EDR, класс 1.

Модуль WT11 обеспечивает максимальную скорость передачи данных до 3 Мбит/с на расстоянии до 300 м в зоне прямой видимости.

Как и предыдущие модели фирмы Bluegiga, WT11 содержит полностью законченную аппаратную часть и встроенное программное обеспечение (стек протоколов Bluetooth, профили и API, операционную систему uCLinux, поддержку JAVA, TCP/IP-стек и др.). Модуль имеет в своем составе процессор и встроенную память, предназначенную для согласования пользовательских приложений.

На плате модуля размещены радиомодуль, baseband-контроллер, RAM, 8-Мбит Flash-память, кварцевый генератор, предусилитель, усилитель мощности, радиочастотные фильтры. Модуль выполнен в конструктиве для печатного монтажа. В зависимости от модификации WT11 поставляется либо со встроенной антенной (ACX AT3216 chip antenna), либо с разъемом U.FL для подключения внешней антенны.

По сравнению с предыдущей моделью, в WT11 увеличена выходная мощность до 19дБ•м. Чувствительность приемника модуля составляет –85дБ.

Для начала работы с модулем достаточно распаять его на печатной плате и подать питание.

Модули управляются как с помощью набора простых команд, так и через HCI-интерфейс. Это позволяет конечному пользователю практически сразу приступить к работе с модулем.

WT11 поставляются с базовой прошивкой iWRAP, обеспечивающей работу в соответствии со спецификацией Bluetooth 2.0 + EDR [7, 8].

В моделях поддерживается функция AFH (adaptive frequency hopping), позволяющая Bluetooth-устройствам работать в зоне действия Wi-Fi устройств. Технология AFH осуществляет прослушивание всех 1600 рабочих каналов. Если на каком-либо из каналов работают Wi-Fi устройства, то на этом канале передача информации Bluetooth-устройств не осуществляется.

В модулях поддерживаются профили SPP, DUN, OBEX, HCI. Модель WT11 имеет USB 1.2 и UART с функцией bypass mode. Модуль WT11 имеет 6 цифровых программируемых вводов/выводов. Следует отметить специальную модуляцию PCM (Pulse Code Modulation) в модуле WT11, используемую для оцифровки голосовых сообщений. В этих модулях имеется двунаправленный цифровой аудиоинтерфейс, с помощью которого осуществляется прямой доступ к уровню baseband контроллера, минуя уровень HCI протокола. В том случае, когда модуль сконфигурирован как ведущее устройство, он генерирует сигналы WT11 generates PCM\_CLK and PCM\_SYNC.

Аппаратная часть WT11 позволяет принимать и посылать данные через SCO-соединение. В модели WT11 одновременно может поддерживаться три SCO-соединения.

Модуль WT11 совместим с различными форматами, включая Long Frame Sync, Short Frame Sync, GCI и может напрямую взаимодействовать со следующими PCM-аудиоустройствами:

- Qualcomm MSM 3000, MSM 5000, CDMA;
- OKI MSM7705;
- Motorola MC145481;
- Motorola MC145483;
- STW 5093, 5094.

Внешний вид модуля WT11 показан на рис. 1.

Габариты WT11 составляют 35×14 мм. Модель предназначена для работы в температурном диапазоне от –40 до +85 °С.

Модуль WT11 полностью совместим по контактам с WT12.

Основные технические характеристики WT11 приведены в таблице 2.

Для разработки и настройки оборудования на базе WT11, фирма Bluegiga выпускает комплект EKWT11-A, содержащий отладочную плату, документацию и дополнительное программное обеспечение для работы с HCI-интерфейсом.

В настоящее время для заказа доступны модели, перечисленные в таблице 3.

Т а б л и ц а 2. Технические характеристики WT11


| Параметр                       | WT11                               |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Спецификация Bluetooth         | 2.0+EDR                            |
| Класс Bluetooth                | 1                                  |
| Антенна                        | Встроенная/внешняя                 |
| Температурный диапазон         | –40...+85 °С                       |
| Максимальная скорость передачи | 3 Мбит/с                           |
| Максимальный диапазон действия | 300 м                              |
| Конструктивное исполнение      | SMD                                |
| Интерфейсы                     | UART, RS232, USB, SPI, PCM, 6×GPIO |
| USB                            | 2.0                                |
| Напряжение питания             | 3.2–3.4 В                          |
| Поддержка AFH                  | Да                                 |
| Совместимость с 802.11         | Да                                 |
| Память                         | 48-кбит RAM, 8-Мбит Flash          |
| Базовый чипсет                 | BlueCore-04                        |
| Сертификаты                    | BQB, CE, FCC                       |

Основные области применения модуля WT12 связаны прежде всего со следующими направлениями:

- локальные системы беспроводной связи;
- беспроводные аудиосистемы;
- торговые автоматы;
- кассовые аппараты;
- считыватели штрих-кодов;
- медицинское оборудование;
- офисное оборудование;
- складское оборудование;
- M2M;
- автоматизированные системы контроля различных технологических и физических параметров.

Подробную техническую документацию по продукции Bluegiga можно посмотреть на сайте производителя [www.Bluegiga.com](http://www.Bluegiga.com).

Информацию о ценах и сроках поставки можно найти на сайте российского дистрибьютора [www.telemetry.spb.ru](http://www.telemetry.spb.ru).

Технические консультации можно получить по электронной почте [info@telemetry.spb.ru](mailto:info@telemetry.spb.ru). 

### Литература

1. Агафонов Н. «ОЕМ-модули Bluetooth на российском рынке», Современная электроника, 2005, №1, стр. 42.
2. Алексеев В. «Готовые модули Bluetooth фирмы Bluegiga для системных интеграторов телеметрического оборудования», «Компоненты и технологии», 2004, № 7, стр. 78.
3. Агафонов Н, Алексеев В. «Универсальные интерфейсы пользователя Bluetooth-модулей производства фирмы Bluegiga», «Компоненты и технологии», 2004, № 8, стр. 56.
4. Алексеев В. «Проектирование Bluetooth устройств, с использованием модулей BlueGiga», «Беспроводные технологии», 2005, №1.
5. WT12, Data Sheet Version 1.1 Monday, June 13, 2005.
6. WT11-Data Sheet Version 1.3 Monday, February 06, 2006.
7. iWRAP 2.0.2 User Manual Version 2.1, 2005.
8. iWRAP 2.0.2 User Guide.pdf

# Кирпичики для построения сети ZigBee:

## трансиверы стандарта 802.15.4, трансиверы, микромодули и программные реализации стека

Олег ПУШКАРЕВ  
wireless-202@a.compel.ru

**В статье дается обзор выпускаемых сегодня микросхем-трансиверов стандарта 802.15.4, интегрированных модулей, программного обеспечения и отладочных средств.**

Новый стандарт ZigBee у всех на слуху. Не проходит и месяца, чтобы не появился очередной пресс-релиз о появлении микросхем, модулей или программных продуктов, так или иначе связанных с ZigBee. Как известно, ZigBee опирается на стандарт 802.15.4, который описывает физическую среду передачи сигнала (PHY уровень) и способы доступа к ней (MAC уровень). Другими словами, стандарт 802.15.4 оговаривает следующие параметры радиосети: диапазон частот, тип модуляции, структуру пакетов, правила формирования контрольной суммы, способы предотвращения коллизий и т. д. Все эти характеристики, в большей или меньшей степени, реализуются в микросхеме приемопередатчика (трансивера). Трансиверы, отвечающие стандарту 802.15.4, могут использоваться как самостоятельные устройства, если разработчику нужно организовать связь типа точка-точка или звезда. Для реализации полноценной сети ZigBee необходимо добавить микроконтроллер, в который должен быть загружен набор управляющих программ, так называемый стек протоколов ZigBee. К управляющему контроллеру выдвигаются определенные требования — память программ должна быть не менее 64 кбайт, если устройство будет исполнять роль координатора, а для окончательного устройства достаточно 4 кбайт программной памяти.

### Аппаратные средства

Сегодня трансиверы стандарта 802.15.4 выпускает не так уж много производителей (табл. 1). Все они работают в диапазоне частот от 2400 до

2483 МГц, имеют 16 каналов передачи с шагом 5 МГц, обеспечивают скорость 250 кбит/сек и используют расширение спектра кодовой последовательностью. В таблицу не попал трансивер 86RF210 от Atmel и ZMD44101 от ZMD Group, т. к. они работают только в диапазоне 868/915 МГц.

Freescale и Chipcon — безусловные лидеры в производстве приемопередатчиков стандарта 802.15.4. Они регулярно объявляют о новых разработках в этой области. Chipcon уже успел продать более 1 млн своих чипов. Компания Ember лицензировала свой чип EM2420 у компании Chipcon. Это «брат-близнец» трансивера CC2420. Ember ориентирован на продажу своих чипов OEM-производителям аппаратуры в совокупности со своими программными наработками — стеками EmberNet, EmberZNet, EmberZNet v2. Одна из первых реально работающих сетей 802.15.4 развернута в Корее — это система сбора показаний бытовых счетчиков электроэнергии. В данной сети из 250 узлов используются чипы и стек от Ember. Jennic позиционирует себя как первого производителя интегрированного ZigBee чипа (трансивер и управляющий микроконтроллер в одном корпусе). Об этом чипе довольно мало информации, хотя UBEC и является членом ZigBee альянса. Трансивер UBEC uz2400 анонсирован в сентябре 2004 года, а в сентябре 2005 года Microchip объявила, что его версия стека ZigBee будет поддерживать эту микросхему. Что же касается чипа ML7065, то в действительности это совместная разработка с компанией ComX, которая представляла ранее его как CX1540. Компания ComX разработала также отладочные средства для этого трансивера. Документацию по чипу CX1540 еще можно найти в Интернете, однако сайт ComX уже не доступен, т. к. фирма ComX была приобретена компанией Integration Associates (fabless компания из Силиконовой долины, член альянса ZigBee).

Рассмотрим краткие технические характеристики трансиверов.

### MC13192

Рекомендованное напряжение питания от 2.0 до 3.4 В; три режима энергосбережения: < 1 мкА в состоянии Off, 3.0 мкА в режиме Hibernate, 40 мкА в режиме Doze; чувствительность приемника -91 дБм (типичное) при 1.0% ошибок передачи пакетов; выходная мощность передатчика

Т а б л и ц а 1. Трансиверы стандарта 802.15.4

|                     | Freescale                          | Chipcon                                   | Ember                      | Jennic                             | UBEC                                  | OKI (ComX)                 |
|---------------------|------------------------------------|---|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Трансивер           | MC13192                            | CC2420                                    | EM2420                     | JN5121                             | uz2400                                | ML7065 (CX1540)            |
| Корпус              | QFN32 EP 5SQ*1                     | QLP48 7×7 мм <sup>2</sup>                 | QLP48 7×7 мм <sup>2</sup>  | QFN56 выводной 8×8 мм <sup>2</sup> | QFN40 безвыводной 6×6 мм <sup>2</sup> | VQFN48 7×7 мм <sup>2</sup> |
| Отладочные средства | Стартовый набор разработчика \$299 | SmartRF@CC2420DK Набор разработчика \$540 | Набор разработчика \$13950 | Оценочный набор \$499              | Нет данных                            | CX1540 Оценочный набор     |

от 0 дБм (типовая) до 3,6 дБм (максимальная); буферы приема и передачи для упрощения программы управляющего микроконтроллера, четыре внутренних таймера для упрощения программы управляющего микроконтроллера; управление через SPI с частотой до 10 МГц; выход тактового сигнала; семь линий ввода/вывода; температурный диапазон от -40 до 85 °С.

## CC2420

Напряжение питания 2,1...3,6 В; ток потребления приемника 18,8 мА, передатчика 17,4 мА (8,5 мА при снижении выходной мощности до -24 дБм); программируемая выходная мощность — 8 ступеней; формирование пакетов до 128 байт с применением входного и выходного буферов; измерение силы принимаемого сигнала (RSSI); аппаратная шифрация и аутентификация (AES-128); встроенный монитор батареи; не требуется внешний антенный фильтр или коммутатор; полностью IEEE 802.15.4/ZigBee™-совместимый трансивер с поддержкой протокола MAC; подходит для реализации любых узлов сети: FFDs (Full Function Devices) и RFDs (Reduced Function Devices)

## EM2420

Напряжение питания 2,0...3,6 В при использовании встроенного регулятора напряжения или 1,6...2,0 В от внешнего стабилизированного источника; потребление энергии 30 мВт в работе и менее 1 мкА в спящем режиме; чувствительность приемника -90 дБм при 1% ошибок передачи пакетов емкостью 20 байт; выходная мощность передатчика — 0 дБм, возможно снижение мощности до -24 дБм (8 ступеней); дальность связи 75 м при прямой видимости; встроенные функции — CRC и AES-128 шифрование; полная буферизация пакетов при приеме и отправке; управление через SPI с частотой до 10 МГц; встроенный антенный коммутатор; температурный диапазон от -40 до +85 °С.

## JN5121

### Чип со встроенным микроконтроллером

#### Параметры трансивера:

Напряжение питания от 2,2 до 3,6 В; встроенный монитор питания и режим снижения энергопотребления; ток потребления в спящем режиме менее 5 мкА; потребление в режиме приема менее 50 мА, в режиме передачи менее 40 мА; чувствительность приемника -93 дБм; выходная мощность +1 дБм; стоимость внешних компонентов менее \$1.

#### Параметры

#### встроенного микроконтроллера:

- 16 МГц 32-битный RISC-процессор, оптимизированный по потреблению (3MIPS/мА);
- 96 кбит RAM для программ, данных и таблиц;
- 64 кбит ROM для программного кода;
- 4 входа 12-битного АЦП, 2 выхода 11-битного ЦАП, 2 компаратора, датчик температуры;
- 2 таймера-счетчика для применения в пользовательских целях; 3 системных таймера;
- 2 интерфейса UART (один для отладочных целей);
- Интерфейс SPI;
- Двухпроводный последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C;
- 21 вывод ввода/вывода общего назначения.

## uz2400

Чувствительность приемника -95 дБм; выходная мощность 0 дБм, может программно снижаться до -31 дБм; дифференциальный V<sub>Ч</sub> вход и выход; встроенные таймеры 20 МГц и 100 кГц; выход частоты 20 МГц для тактирования внешнего микроконтроллера; встроенный АЦП разрешением 8 бит и двойной ЦАП разрешением 4 бит; есть режим энергосбережения; ток потребления в спящем режиме 5 мкА; напряжение питания ядра 1,8 В; для линий ввода-вывода требуется напряжение питания 3,3 В; для производства используется технология 0,18 мкм.

## ML 7065 (CX1540)

Напряжение питания от 2,4 до 3 В; выходная мощность 1 мВт; чувствительность приемника -90 дБм; потребление передатчика 56 мА, потребление приемника 57 мА; потребление в режиме сна менее 2 мкА; управление по интерфейсу SPI; три режима энергосбережения — Idle, Sleep и Suspend; температурный диапазон от -25 до +70 °С; используется технология 0,22 мкм.

У всех трансиверов поддержка уровня MAC включает в себя следующие возможности:

- Автоматическая генерация преамбулы
- Вставка/обнаружение синхрослова
- Формирование и проверка контрольной суммы CRC-16
- Оценка занятости канала перед передачей
- Цифровой измеритель уровня принимаемого сигнала (RSSI)
- Индикатор качества радиолинии
- Встроенные процедуры обеспечения безопасности

Несмотря на то, что все трансиверы отвечают требованиям стандарта 802.15.4, изделия разных производителей имеют некоторые отличия и могут интегрировать в себе разный уровень MAC протокола. В связи с этим невозможна прямая замена одного трансивера на чип другого бренда. В этом плане разработчика ожидает более простая жизнь при создании ZigBee «систем на кристалле» (SoC), когда и трансивер, и управляющий микроконтроллер будут реализованы в едином чипе. Данные решения уже анонсированы производителями. У Jennic это чип JN5121 (8051-совместимый микроконтроллер), Ember — EM260 (16-битный XAP-2 микропроцессор), Freescale анонсировала MC1321x1 (HC508), Chipcon готовится завоевывать рынок с помощью CC2430 (8051-совместимый микроконтроллер). Не все из этих SoC-чипов реально доступны для заказа, но направление движения определено, и массовый выпуск ZigBee устройств будет опираться именно на такие интегрированные решения.

## Модули ZigBee

Пока ZigBee «системы на кристалле» существуют в виде пресс-релизов и опытных образцов, на рынке безраздельно властвуют ZigBee-модули (табл. 2). Это небольшие платы (3...5 см<sup>2</sup>), на которых установлен чип трансивера, управляющий микроконтроллер и необходимые дискретные элементы. В управляющий микроконтроллер, в зависимости от желания и возможностей производителя, закладывается либо полный стек протоколов ZigBee, либо иная программа, реализующая возможность простой связи между однотипными модулями. В последнем случае модули именуются

ZigBee-готовыми (ZigBee-ready) или ZigBee-совместимыми (ZigBee-compliant). Все модули очень просты в применении — они содержат широко распространенные интерфейсы (UART, SPI) и управляются с помощью небольшого набора несложных команд. Некоторые производители, например американская компания MaxStream, предоставляют подробнейшую документацию по своим модулям, которая включает в себя как информацию по применению, так и вспомогательные программы для ПК, причем уровень подачи отдельных материалов позволяет работать с ZigBee-модулями даже школьнику!

## Отладочные комплекты

Отладочный комплект включает в себя все необходимое для организации связи точка-точка либо небольшой сети. С помощью такого комплекта удобно отлаживать как собственную систему передачи данных, так и знакомиться с работой сети на основе стека протоколов ZigBee. Каждый производитель трансиверов 802.15.4 выпускает свой комплект разработчика. Без применения этого комплекта разработчику довольно проблематично начать работу с микросхемой — в силу малого размера ее невозможно распаять «на коленке», как минимум необходимо заказывать печатную плату, желательно с рекомендованной топологией производителя чипа (рис. 1).

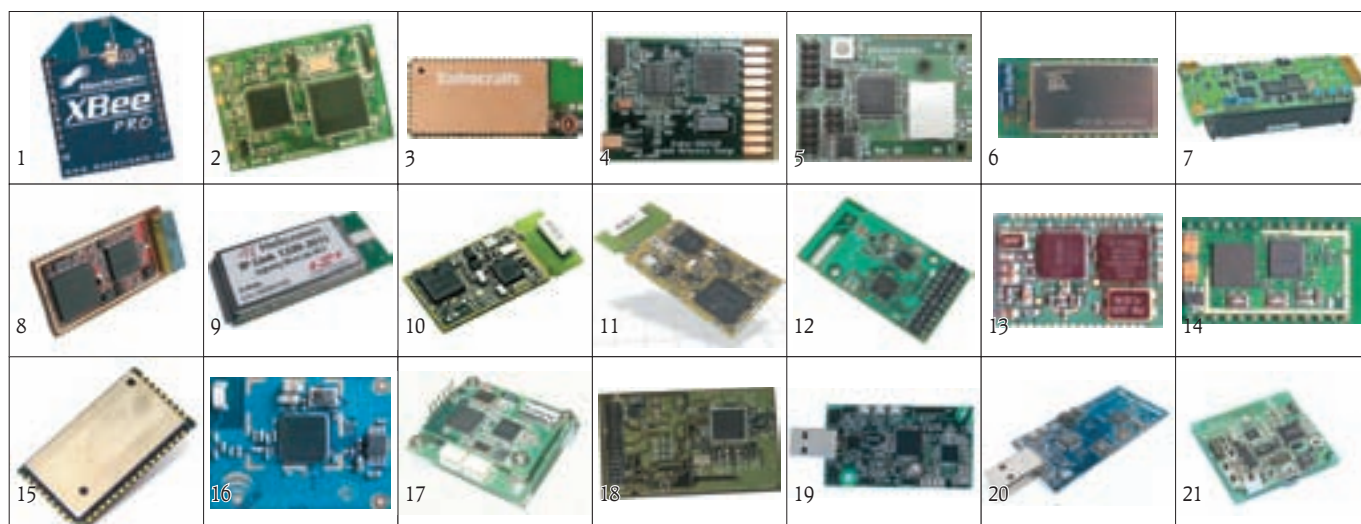


Рис. 1. Примеры монтажа трансивера CC2420 на переходную плату для отладочных целей

Более удобно начинать работу с модулем ZigBee. Очень прост в применении модуль XBee от MaxStream — он имеет стандартные штырьковые разъемы с шагом 2 мм. Кроме трансивера MC13193 модуль XBee содержит управляющий микроконтроллер, благодаря которому передача данных по радиоканалу приравнивается для разработчика к передаче данных по стандартному последовательному интерфейсу. Компания бесплатно распространяет программу для программирования модулей и проверки дальности связи. Для выполнения теста дальности один модуль подключается к ПК, а на удаленный модуль ставится заглушка, соединяющая выход и вход UART. На экране ПК можно наблюдать индикатор силы принимаемого сигнала (рис. 2). MaxStream выпускает законченный отладочный комплект «XBee™/XBee-PRO™ OEM Development Kit» который включает в себя CD с программным обеспечением, 5 модулей XBee™ и XBee-PRO™, антенны, все необходимые переходники

Таблица 2. ZigBee-модули

|    | Компания  | Трансивер      | Контроллер        | Дальность  | Питание  | Порты ввода-вывода                                      | Примечания  |
|----|---|----------------|-------------------|------------|--|---|---|
| 1  | MaxStream Xbee-PRO                                  | MC13193        | HCS08             | 1,6 км     | 2,8...3,4 В  | UART, GPIO, АЦП   | Готовы к применению «из коробки», управление AT-командами, есть ZigBee модемы для системных интеграторов. |
| 2  | Cirronet ZMN-2400                                   | CC2420         | ATMega            | Нет данных | 2,7...5,5 В  | SPI GPIO; 10-бит АЦП; PWM; UART                         | Встроенный стек. Допускает загрузку программ разработчика   |
| 3  | Radiocraft RC2200                                   | CC2420         | ATMega32L         | 100 м      | 2,7...3,6 В  | UART, GPIO цифровые и аналоговые                        | Имеется стек ZigBee от AirBee   |
| 4  | Ember Reference module                              | EM2420         | Atmega128L        | 75 м       | 3,3 В  | UART  | Для изучения стека ZigBee от Ember  |
| 5  | Panasonic PAN802154HAR00                            | MC13193        | MC9S08GT60CFB     | Нет данных | 2,2...3,4 В  | RS-232; 2 Аналоговые входы 10-бит АЦП; GPIO             | Лицензирован для использования всех стеков от Freescale   |
| 6  | Telegesis ETRX1                                     | EM2420         | Atmega128L        | Нет данных | 2,7...3,6 В  | UART, 8 general-purpose I/O lines and 2 analogue inputs | Использует стек от Ember; управление AT-командами.  |
| 7  | Luxoft Labs/ MeshNetics MeshBean                    | Chipcon CC2420 | Atmel ATMega 128L | Нет данных | 1,8...3,0 В (питание от батарей); 5 В +/- 5% (внешнее питание) | USB1.1/2.0; RS-232C, I2C; SPI; UART                     | Универсальный кирпичик для построения ZigBee-сети.  |
| 8  | Luxoft Labs / MeshNetics ZigBee Drop-In Module      | Chipcon CC2420 | TI MSP430         | Нет данных | 1,8...4,5 В  | UART/SPI/I2C; GPIO, АЦП                                 | Базовый модуль для построения ZigBee-совместимых устройств.   |
| 9  | Helicomm IP_Link                                    | Нет данных     | 8051-based F121   | 400 м      | 3 В  | 2 RS232, SMB, C2  | Используется собственная версия стека.  |
| 10 | SenTec Zebra  | MC13193        | MC9S08GT60        | 500 м      | 2,0...3,4 В  | SCI, I <sup>2</sup> C, GPIO, АЦП                        | Поставляются с SMAC протоколом. ZigBee-стек — выборочно.  |
| 11 | Falcom M-ZigBee                                     | MC13192        | MC9S08GT60        | 300 м      | 3,3 В  | GPIO, UART, I2C   | Версия с усилителем — до 3 км.  |
| 12 | Tecnova ZigRay                                      | MC13193        | MC9S08GT60)       | Нет данных | 2,5...3,0 В  | TTL serial 19.2, 4 10-битный АЦП; GPIO                  | Выходная мощность передатчика 15 мВт.   |
| 13 | EaziX EZZBM01                                       | CC2420         | ATMega32L         | Нет данных | 3,3 В  | UART, GPIO, SPI   | Есть прошивки для беспроводного UART и пульта ДУ. Управление AT-командами.                                |
| 14 | FlexiPanel PICZee                                   | CC2420         | PIC18LF6720       | Нет данных | 2,1...3,6 В  | GPIO; 8-канальный 10-битный АЦП; UART; SPI              | Бесплатный стек от Microchip  |
| 15 | OneRF Technology TinyOne                            | CC2420         | Freescale         | 75 м       | 2,2...3,6 В  | RS232   | Есть USB-версия.  |
| 16 | IWTwireless AXON                                    | Chipcon        | MSP430            | Нет данных | 3,3...6 В  | UART; GPIO; 12-битный АЦП; SPI                          | Есть собственный стек Synatrix™.  |
| 17 | Korwin KW-ZM-2420                                   | CC2420         | ATMEGA128L        | Нет данных | Нет данных   | UART; GPIO; АЦП; JTAG                                   | Выпускают также анализатор радиопотокола ZigBee   |
| 18 | Linköping University RF+MCU module                  | CC2420         | ATMEGA128L        | 180 м      | 2,7...10 В   | USART; SPI; I2C; JTAG; GPIO; 10-битный АЦП              | Диссертация Johan Lönn, Jonass Olson  |
| 19 | Crafton C701  | CC2420         | MSP430            | 100 м      | 3 В  | JTAG; GPIO; 12-битный АЦП                               | Используется смена каналов при наличии помех. Батарейное питание.   |
| 20 | Moteiv TMoteSky                                     | CC2420         | MSP430            | 125 м      | 2,1...3,6 В  | JTAG; GPIO; 12-битный АЦП; USB; UART; I2C               | На плате установлена флэш-память 1 Мбайт  |
| 21 | NEC ZigBee™-ready Wireless Network Evaluation Board | CC2420         | NEC78K0/KF1+      | Нет данных | 5 В  | GPIO; АЦП; USB  | Входит в демонстрационный комплект RELEASE-IT   |



и кабели. Стоимость отладочного комплекта около \$300. С целью экономии бюджета разработчик может ограничиться приобретением только двух модулей (в сумме около \$50) — для подключения к ПК можно использовать простейший согласователь уровней на микросхеме MAX232. Для подключения модуля к собственному микроконтроллеру достаточно задействовать 4 линии — 2 линии питания и линии приема-передачи UART. Модули поставляются полностью готовыми для «прозрачной» передачи данных со скоростью 9600 бод без какого-либо дополнительного программирования.

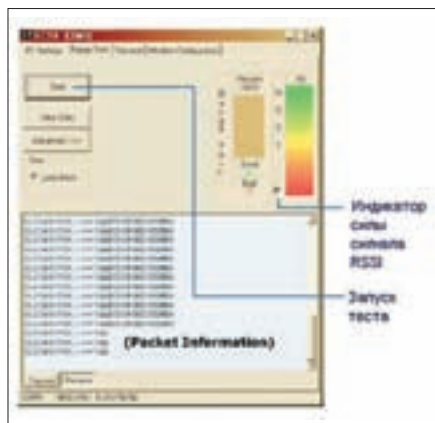


Рис. 2. Измерение дальности связи для модулей XBee компании MaxStream

Компания SoftVaugh выпускает отладочную плату DZ1612 с процессором MSP430 и трансивером CC2420 (рис. 3).

В комплекте поставки идет программное обеспечение от компании AirBee (Airbee-ZNS Lite Version T12.03), которое позволяет построить сеть ZigBee из 4 узлов. Тестовая программа позволяет сформировать сеть (обнаружение и связывание 4 устройств) и организовать эстафетную передачу, когда два узла сети находятся вне зоны действия друг друга и передача пакетов осуществляется через промежуточный роутер (рис. 4а). Стек протоколов также поддерживает процедуру самовосстановления сети. Даже если

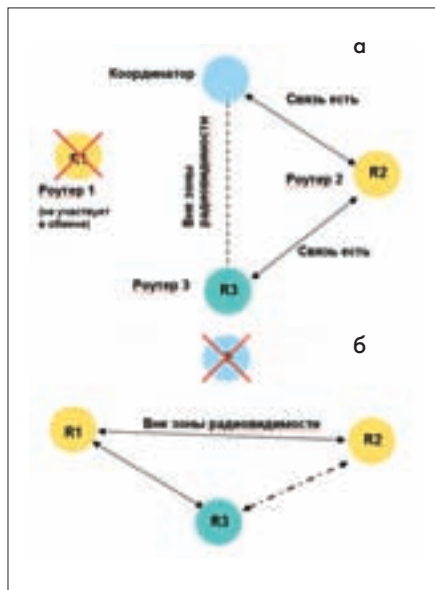


Рис. 4. Передача пакетов через промежуточный роутер и режим самовосстановления сети

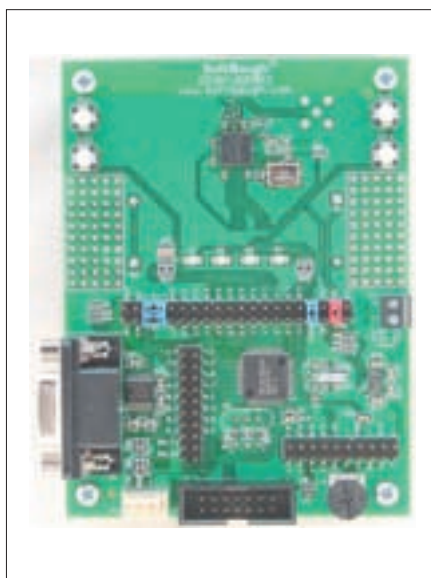


Рис. 3. Отладочная плата DZ1612 с микроконтроллером MSP430 и трансивером CC2420

отключить питание координатора, пакеты все равно будут доставлены адресату через другие роутеры (рис. 4б).

Отладочный модуль MC13192DSK компании Freescale (рис. 5) представляет собой две законченные платы с интерфейсом RS-232 и установленным измерителем ускорения (микросхемы MMA6261Q и MA1260D). Плата позволяет строить беспроводные сетевые решения, совместимые со стандартом IEEE® 802.15.4. В состав набора входит документация и программное обеспечение для быстрой разработки собственных беспроводных сетей передачи данных. Программное обеспечение позволяет выполнить следующие демонстрационные операции: проверка дальности связи и оценка количества ошибок (Packet Error Rate), беспроводной UART, акселерометр, управление освещением.

На базе модулей MC13192DSK энтузиастами создан ряд забавных практических разработок. Например, усилитель низкой частоты с пультом дистанционного управления. В этом бы не было ничего необычного, если только не учитывать тот факт, что для изменения громкости достаточно взмахнуть пультом в воздухе. Данные об ускорении передаются платой MC13192DSK в усилитель и используются для регулировки

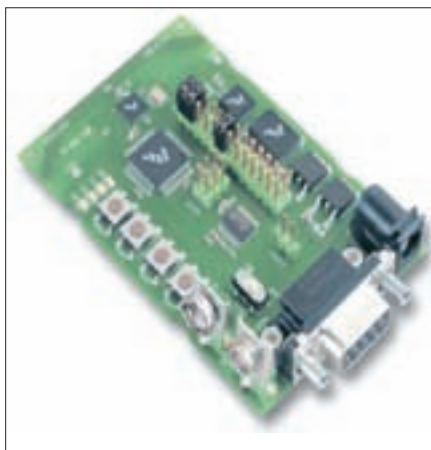


Рис. 5. Отладочный модуль MC13192DSK компании Freescale

звука. Другая разработка — беспроводная система авторизации. Для получения доступа пользователю достаточно «расписаться» рукой в воздухе (рис 6).



Рис. 6. «Невидимая подпись» на базе MC13192DSK

Программное обеспечение ZBDemo, входящее в комплект разработчика от компании Cirronet (рис. 7) позволяет организовать сеть из координатора и от одного до четырех роутеров. Плата



Рис. 7. Комплект разработчика от компании Cirronet

координатора подключается к ПК и самостоятельно обнаруживает находящиеся в зоне его действия роутеры. После обнаружения координатор выводит на экран MAC-адрес каждого обнаруженного модуля и может передавать и принимать сообщения с использованием этого адреса. Разработчик может менять программное обеспечение входящих в комплект модулей. Cirronet предоставляет пользователю API к запрограммированному в модуль стеку протоколов. Для доступа к ресурсам модуля используется профиль Cirronet Standard Module (CSM). Управление идет через UART интерфейс помощью набора команд записи-чтения регистров во внутренней памяти модуля (кластеров). API пользователя поддерживает следующие группы функций: организация сети, обнаружение устройств, конфигурация модуля, передачи и прием данных, обслуживание линий ввода-вывода модуля. Отличительной особенностью комплекта является то, что модули имеют выходную мощность до 100 мВт, что позволяет строить сети даже для сложных промышленных применений. Стоимость комплекта порядка \$400.

Microchip разработала собственную версию протоколов для построения беспроводной сети на базе микроконтроллера семейства PIC18F и трансивера CC2420. Отладочный комплект PICDEM Z 2.4 GHz Demonstration Kit (рис. 8) позволяет изучить следующие возможности стека от Microchip: организация сети типа «звезда», процедуру связывания устройств, работу оконечного устройства с минимизацией энергопотребления, дистанционное управление (кнопка-светодиод). Все программы поставляются в исходных кодах на языке C и могут использоваться разработчиком в собственных изделиях без лицензионных отчислений. Описанный

в Application Note AN965 набор программ устарел и не является полностью ZigBee-совместимым, но в архиве, доступном для скачивания с сайта [www.microchip.com](http://www.microchip.com), содержится намного более функциональная версия ПО. Ориентировочная цена комплекта \$250.

Комплект разработчика Ember Developer Kit 9 (рис. 9) включает в себя все необходимое для быстрого развертывания беспроводной сети и проверки работы собственной разработки Ember. CD с программным обеспечением, отладочные средства и 12 собранных плат обойдутся разработчику в солидную сумму — \$13 950.

Компанией Luxoft Labs/Meshnetics создан модульный отладочный ZigBee комплект (ZDK) предназначенный для дизайна оптимизированных беспроводных систем. ZDK представляет собой полный набор компонент и программного обеспечения, необходимых для создания функциональных приложений. Расширяемая аппаратная архитектура на базе Meshnetics CUBE (рис. 10) предоставляет необходимую гибкость при выборе различных комбинаций микроконтроллеров, приемно-передающих устройств и датчиков. Пакет программного обеспечения ZigBee включает базовые сетевые решения стандарта IEEE 802.15.4, поддерживающие звездообразные и ветвистые Mesh-топологии а также ZigBee-совместимые программные интерфейсы (API), облегчающие создание приложений. Luxoft Labs/Meshnetics предлагает также отладочные ZigBee-комплекты, основанные на модуле MeshBean (табл. 2).

### Программные решения стека ZigBee

Когда вы последний раз писали собственный стек протоколов Ethernet? Скорей всего, никогда. То же самое верно и для ZigBee. Производители чипов и независимые компании-разработчики предлагают свои стеки протоколов для построения полнофункциональных сетей ZigBee. Кроме ZigBee-совместимых решений на рынке имеется много собственных (proprietary) разработок, которые позволяют строить сети 802.15.4 с довольно сложной топологией. Стеки ZigBee сегодня написаны для многих популярных микроконтроллеров: MSP430, ATmega, HCS08 и других.

Некоторые производители стека ZigBee ориентированы на продажу своих разработок только производителям чипов или модулей и не работают с конечными потребителями напрямую.



Рис. 8. Комплект разработчика от компании Microchip

Т а б л и ц а 3. Производители стеков протоколов для построения беспроводных сетей 802.15.4

| Разработчик                      | Продукт   | Примечание   |
|----------------------------------|---|--|
| Airbee                           | Airbee-ZNS™, Airbee-ZNMS™                                   | Независимый разработчик стека для контроллеров MSP430, ATmega, HCS08.  |
| Luxoft Labs (Meshnetics)         | eZeeNet, ZigBeeNet  | Поддержка Chipcon, Jennic, MSP430, Atmega, Renesas, ARM7   |
| Chipcon                          | Z-Stack   | Разработчиком стека является компания Figure 8 Wireless (приобретена компанией Chipcon в январе 2005 года).              |
| Figure 8 Wireless                | Z-Stack, Z-Tool   | Для трансиверов CC2420 и MC13192.  |
| Ember                            | EmberNet, EmberZNet, EmberZNet v2.0                         | EmberNet — собственное решение, EmberZNet, EmberZNet — ZigBee стек. Ориентированы на чипы EM2420 собственной разработки. |
| Freescale                        | MAC 802.15.4  | Нижний уровень протокола для трансиверов MC1319X.  |
| Microchip                        | Microchip Stack for the ZigBee™ Protocol                    | Процессор PIC18F. Для CC2420 и uz2400. Версия 3.3 поддерживает 254 узла сети.  |
| Helicomm                         | Helicomm's ZigBee stack, IEEE 802.15.4 MAC, IPv6 Mesh Stack | Стеки ориентированы на ZigBee модули собственной разработки на основе 8051-совместимого процессора.                      |
| Innovative Wireless Technologies | IWT's Synaptrix™  | Собственные стеки для своих модулей AXON™ module IEEE 802.15.4 (MSP430)  |

После выпуска ZigBee систем на кристалле, последние, по-видимому, будут поставляться с уже загруженным стеком ZigBee и стоимость ПО будет включена в стоимость чипа. В таблице 3



Рис. 9. Комплект разработчика от компании Ember



Рис. 10. Комплект разработчика на базе Meshnetics CUBE компании Luxoft Labs/Meshnetics

приведен список разработчиков стеков ZigBee. Уровень цен на законченные стеки ZigBee-протокола лежат в диапазоне \$5000...25 000. Таких существенных затрат можно избежать, если разработчик планирует строить собственную беспроводную систему, опираясь только на стандарт 802.15.4 без использования полного стека протоколов ZigBee. Необходимое для этого программное обеспечение нижнего уровня предоставляется бесплатно практически всеми производителями чипов или модулей. Еще один вариант оплаты за ZigBee-стек — это отчисления с каждого проданного конечного устройства, использующего стек. По экспертным оценкам размер отчислений при таком подходе может составить \$0,2...1 на устройство, что на текущий момент составляет где-то от 5 до 20% от стоимости «железной» части окончательного узла ZigBee.

При построении большой сети (десятки узлов) невозможно обойтись без управляющей программы, которая отображает структуру сети, позволяет менять параметры работы, показывает неисправные узлы и т.д. Как правило, для таких целей используется отдельный компьютер со стандартной операционной системой Windows. Управляющая программа имеет простой и наглядный графический интерфейс, позволяющий видеть топологию сети в реальном времени, содержимое пакетов от конкретного узла и другую информацию. Если постоянный мониторинг ZigBee сети не требуется, то управляющая программа может запускаться обслуживающим специалистом на ноутбуке или даже PDA только для проверки функционирования или при изменении конфигурации сети. **Б**

Компания Texas Instruments (TI) объявила о приобретении компании Chipcon — ведущего производителя беспроводных устройств радиочастотной передачи данных. Поглощение Chipcon упрочит позиции компании в сегменте ZigBee™. Таким образом, на рынке ZigBee решений появляется новый, очень мощный игрок. Приобретение Chipcon обойдется TI примерно в \$200 млн, завершить сделку планировалось в январе 2006 года.



# КОМПОНЕНТЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, АКСЕССУАРЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

## GSM/GPRS



## CDMA



## GPS



## GSM/GPRS/GPS



## Bluetooth



## ZigBee



## RF



## Аксессуары



- СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
- СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
- ТЕЛЕМЕТРИЯ
- БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ
- ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА
- НАВИГАТОРЫ
- ОХРАННЫЕ СИСТЕМЫ
- ТОРГОВЫЕ АВТОМАТЫ
- БАНКОМАТЫ
- МОБИЛЬНЫЙ ДОСТУП В ИНТЕРНЕТ
- МОНИТОРИНГ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ
- ПРОТИВОУГОННЫЕ СИСТЕМЫ
- ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

wavocom<sup>®</sup>

National  
Semiconductor  
*The Sight & Sound of Information*

AnyDATA

LocSense  
Technology

SIEMENS

Sony Ericsson

freesc<sup>®</sup>ale  
semiconductor  
Launched by Motorola

apm

EIKON



МОСКВА  
Тел.: (095) 995-0901  
Факс: (095) 995-0902  
E-mail: msk@compel.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403  
E-mail: spb@compel.ru

Компэл  
www.compel.ru

# Профиль поддержки последовательного порта

## и пользовательских вводов/выводов для работы модулей ZigBee с беспроводными датчиками и управляющими устройствами

Peder MARTIN EVJEN  
p.m.evjen@radiocrafts.com

**Технология беспроводной связи ZigBee, разработанная на основе стандарта IEEE 802.15.4, характеризуется сверхнизким энергопотреблением. Она предназначена для передачи данных с небольшой скоростью и очень удобна для создания сетей сбора данных от различных датчиков и исполнительных устройств.**

В прошлом огромное количество датчиков на промышленных предприятиях или в многоэтажных жилых домах соединялись с центральным пультом через кабели. Технология ZigBee позволяет отказаться от кабельных соединений и создавать беспроводные PAN-сети (Personal Area Network) в конфигурации «каждый с каждым» (mesh).

В стандартном варианте контроля каких-либо параметров данные передаются между двумя устройствами с согласованными интерфейсами. При этом программируемый логический контроллер (PLC) или датчик обмениваются информацией только с одним исполнительным устройством (топология «точка-точка»).

В случае контроля многих параметров данные от различных датчиков могут собираться на один центральный сервер (топология «звезда»). Большинство датчиков имеют на выходе цифровой или аналоговый сигнал, а также могут быть оснащены интерфейсами типа RS-232 и RS-485. Для подключения любых типов датчиков к ZigBee-модулям фирма Radiocrafts совместно с фирмой Airbee Wireless разработала профиль последовательного порта с поддержкой пользовательских вводов-выводов (SPPIO).

Профиль SPPIO обеспечивает следующие возможности:

- буферизованная передача пакета данных через UART;
- переменная длина пакета, завершающий символ или тайм-аут;
- обмен данными между парными устройствами (до 16 цифровых сигналов);
- обмен данными между парными устройствами (до 8 аналоговых сигналов);
- передача данных по прерыванию или через определенные промежутки времени;

- адресация пакетов на конкретный узел;
- конфигурирование радиомодема при помощи AT-команд.

Индивидуальная локальная сеть (PAN) может включать три типа сетевых устройств: координатор, маршрутизатор и оконечные устройства. В сети PAN может быть только один координатор. Маршрутизаторы предназначены для транспортировки пакетов данных. Поскольку оконечные устройства не принимают постоянного участия в передаче данных, они могут быть отключены в те промежутки времени, когда бездействуют. Это очень удобно с точки зрения экономии энергопотребления, поскольку большинство оконечных устройств имеет батарейное питание. Каждое устройство имеет свой уникальный физический адрес (MAC-адрес).

В технологии ZigBee маршрутизаторы и оконечные устройства автоматически соединяются с сетевым координатором и создают сеть сразу после включения питания.

Сеть обеспечивает маршруты передачи данных между различными узлами, и в случае исчезновения одного из узлов включается протокол самовосстановления ZigBee.

Для профиля SPPIO поддержка режимов организации и самовосстановления сети реализована на базе платформы Airbee — ZNMS.

Процесс объединения узлов, которые будут обмениваться данными, называют связыванием. Этот процесс реализуется путем программирования адреса в каждом узле. Для контроля каких-либо параметров обмен данными обычно осуществляется между двумя устройствами. Если установлено два узла, MAC-адреса которых служат адресами назначения друг для друга, то составляется пара из этих двух устройств.

В случае использования сети для сбора данных все датчики конфигурируются с одинаковым адресом назначения — адресом центральной станции, на которую стекается вся информация. Цифровые или аналоговые данные с датчиков передаются на центральную станцию и посылаются на последовательный порт центрального сервера. Программная среда Airbee — ZNMS Lite облегчает процесс связывания благодаря наличию графического интерфейса с возможностями drag-and-drop.



Рис. 1. Внешний вид модуля RC2200AT-SPPIO

Модуль RC2200AT-SPPIO от фирмы Radiocrafts представляет собой готовый ZigBee-модуль с профилем SPPIO и стеком сетевых протоколов.

Он может быть сконфигурирован как координатор, маршрутизатор или оконечное устройство. Модуль имеет последовательный порт UART, а также 16 вводов-выводов, из которых 8 могут быть аналоговыми.

В устройстве используется стандартный стек протоколов ZigBee для беспроводных сетей на основе стандарта IEEE 802.15.4, соответствующий уровням PHY и MAC, и обеспечивающий 16 каналов в безлицензионном ISM-диапазоне 2,45 ГГц. Экранированный модуль имеет малые габаритные размеры: 16,5×35,6×3,5 мм. Модули оснащены встроенной антенной. Внешний вид модуля RC2200AT-SPPIO показан на рис. 1.

Для работы модуля не требуется внешних компонентов. Типовая дальность действия в помещении составляет 10–30 м, а на открытом воздухе — более 100 м. Модули предназначены для поверхностного монтажа и поставляются в лентах для автоматической установки.

Типичными интерфейсами сопряжения (рис. 2) различных датчиков и исполнительных устройств являются последовательные порты UART или RS-232, параллельный порт RS-485, а также простейшие цифровые или аналоговые вводы-выводы.

Если добавить к модулю RC2000AT-SPPIO схемы формирователя RS-232 или RS-485, то его можно будет соединить с любым оборудованием, имеющим последовательный или параллельный порт. В этом случае модуль можно сконфигурировать так, чтобы он действовал как простой заменитель кабеля.

Логические уровни на линиях ввода-вывода совместимы с КМОП 3,0 В. При необходимости подключения устройства с TTL-уровнями используются преобразователи уровней.

Структурная схема модуля RC2000AT-SPPIO показана на рис. 3.

Аналоговые датчики можно подключать к встроенному 10-разрядному АЦП. Для этого необходимо предварительно согласовать токовые выходные сигналы с датчика (4–20 мА) или сигнал напряжения с входными уровнями сигналов АЦП (0–3 В).

В модуле имеются выводы сигналов с ШИМ-модуляцией, которые перед подачей на другие устройства необходимо пропускать через внешний фильтр нижних частот. Интерфейсы модуля RC2000AT-SPPIO схематически показаны на рис. 4. Конфигурирование модулей осуществляется при помощи AT-команд. В период сборки и отладки системы это можно делать при помощи персонального компьютера или КПК. На начальном этапе осуществляется формирование одного модуля в качестве координатора сети PAN, а всех остальных модулей — в качестве маршрутизаторов или оконечных устройств. Следующий этап — это связывание устройств путем прописывания MAC-адресов. Если предполагается использовать линии вводов-выводов, то необходимо предварительно сконфигурировать их тип — цифровой или аналоговый.

Кроме того, необходимо указать направление передачи данных (ввод или вывод), а также выбрать схему передачи данных (последовательная, по прерыванию или с регулируемым временными интервалами). Конфигурация хранится в энергонезависимой памяти модуля.

При этом маршрутизаторы и оконечные устройства автоматически связываются с координатором

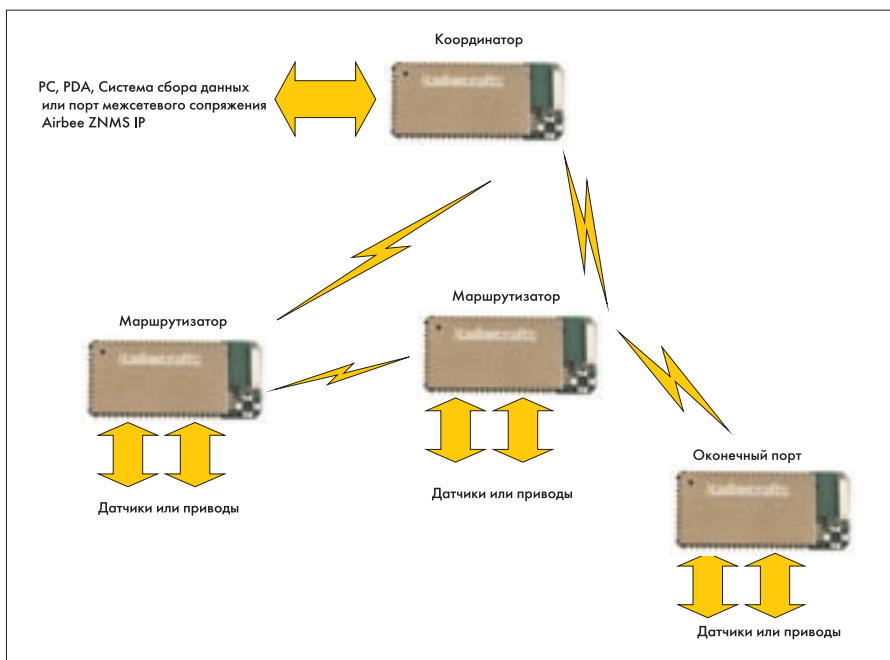


Рис. 2. Схема сети для беспроводной передачи данных на базе модулей RC2000AT-SPPIO

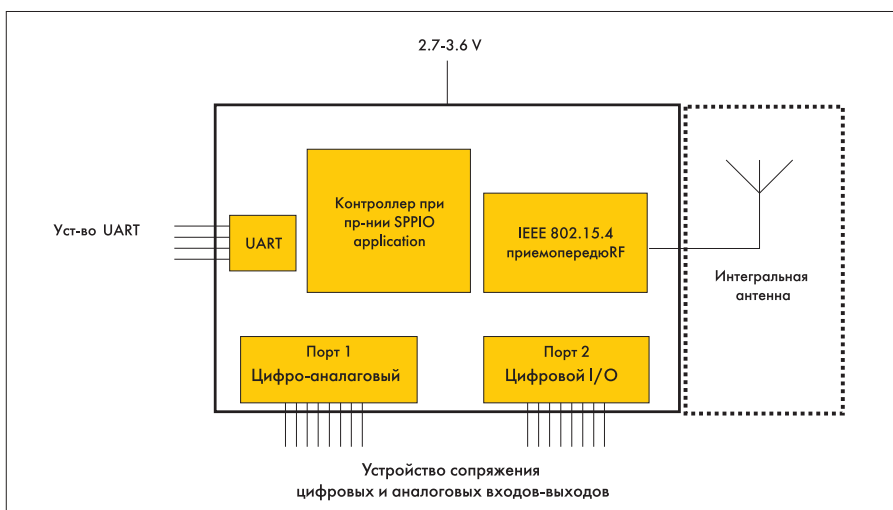


Рис. 3. Структурная схема модуля RC2000AT-SPPIO

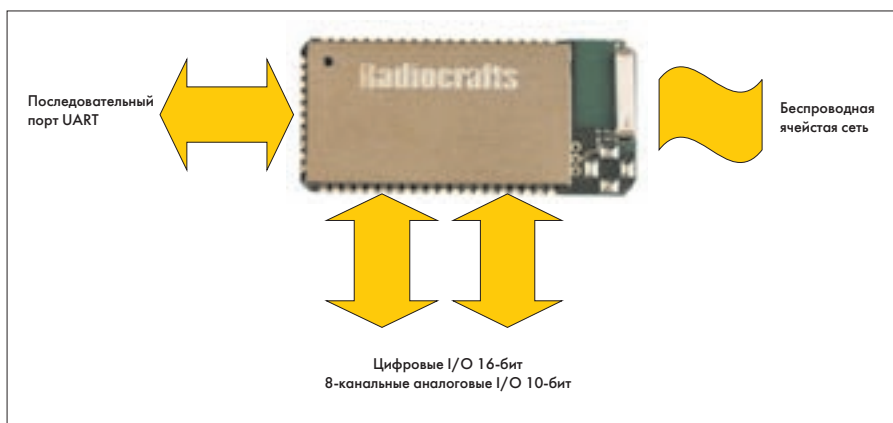


Рис. 4. Интерфейсы модуля RC2000AT-SPPIO

натором сети и организуются в сеть сразу, как только на них будет подано питание. Затем может происходить обмен данными между устройствами, объединенными в пары, а также вывод данных на последовательный порт UART или на линии ввода-вывода.

Для оценки возможностей модуля и быстрого создания прототипа устройства выпускается

отладочный комплект RC2200DK-SPPIO Demo Kit, который поставляется со всеми аппаратными и программными средствами, необходимыми для организации беспроводной сети. Более подробную информацию можно найти на сайте [www.radiocrafts.com](http://www.radiocrafts.com) или у официального дистрибьютора в России компании Rainbow Technologies. **BT**

# Новые возможности автоматизации с беспроводным управлением

Роман АЛЕКСАНДРОВ  
roman@finestreet.ru

*В статье рассмотрен продукт компании Lantronix — беспроводной встраиваемый сервер WiPort, обладающий высокой степенью*

*интеграции и позволяющий вывести решение задач автоматизации на принципиально новый уровень.*

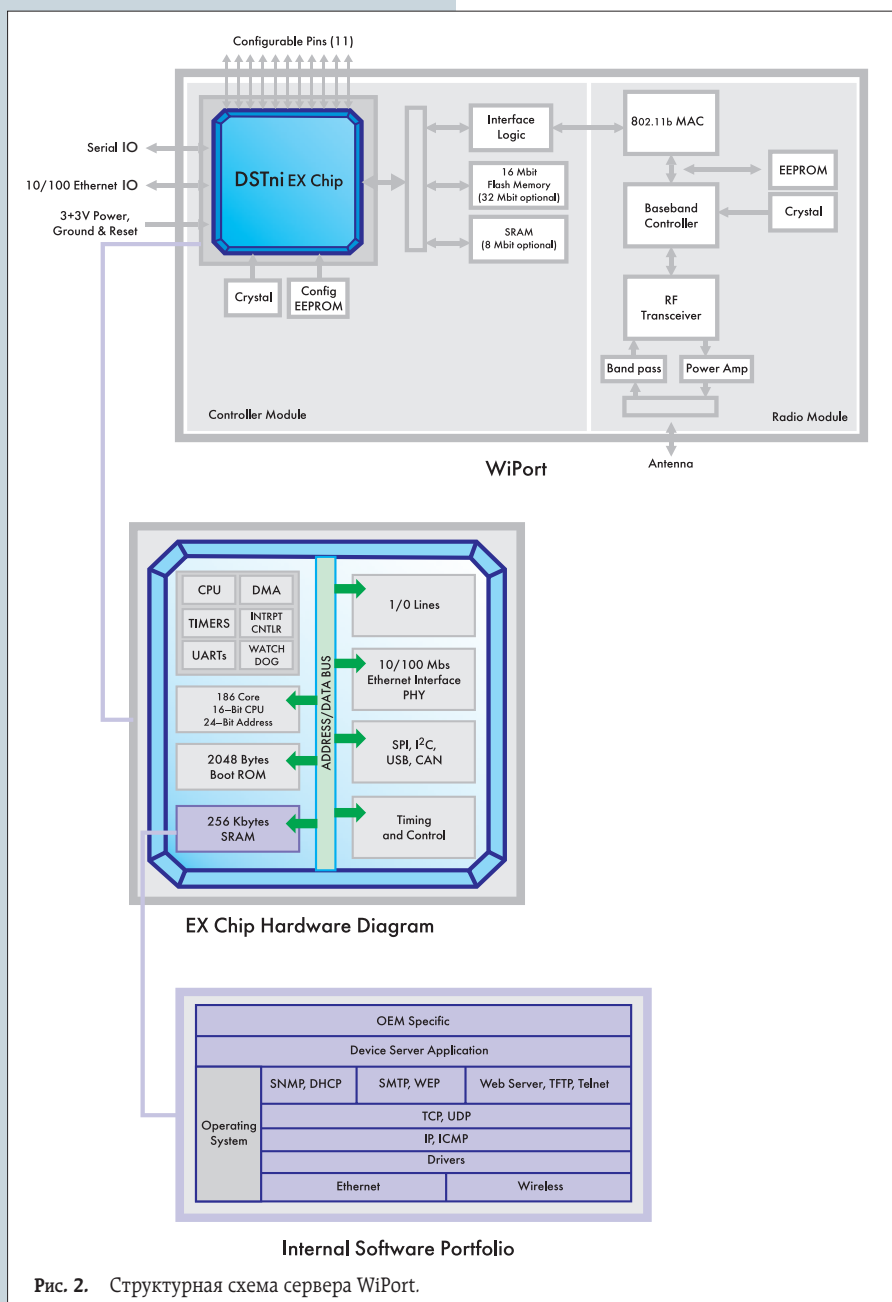


Рис. 2. Структурная схема сервера WiPort.

В настоящее время мы переживаем бум информационных технологий, а точнее — последствия этого самого бума, который привел к гигантскому росту объемов получаемой, обрабатываемой и передаваемой информации. При этом растут требования не только к производительности (для центральных звеньев вычислительных систем), но и к оперативной зоне (для индивидуальных звеньев системы). Особенно актуально сказанное для всевозможных систем сбора данных, среди которых основными направлениями являются инженерные системы, распределенные охранные системы, системы АСУ ТП и системы жизнеобеспечения. Большая площадь зоны мониторинга оставляет несколько возможностей. Одной из них является централизованная архитектура системы сбора данных, в которой информация со всех датчиков стекается на один общий центральный компьютер, осуществляющий последующую системную обработку информации и производящий соответствующие реакции на определенные события. Другим вариантом может являться создание так называемой кластерной архитектуры, в которой вся сеть сбора данных состоит из кластеров (в состав каждого из них входит массив из нескольких датчиков, сгруппированных по территориальному признаку). В каждом конкретном случае свой подход имеет как преимущества, так и недостатки, однако любая высокоуровневая упорядоченность структуры системы косвенным образом положительно влияет на ее общую надежность. С другой стороны, при использовании беспроводных технологий для организации рассматриваемой системы сбо-



Рис. 1. Внешний вид сервера WiPort.

| Категория  | Описание  |
|--|---|
| Процессор, память  | Процессор Lantronix DSTni-EX ×86, 256 кбайт статического ОЗУ с нулевым временем ожидания 2 или 4 Мбайт флэш-памяти, 1 Мбайт статического ОЗУ, 16 кбайт загрузочного ПЗУ.                      |
| Микропрограмма   | С возможностью обновления по протоколу TFTP и через последовательный порт   |
| Цель сброса  | Импульс установки в исходное состояние после включения и выключения питания длительностью 200 мс. При ручном сбросе генерируется импульс установки в исходное состояние длительностью 200 мс. |
| Последовательный интерфейс                                 | КМОП (асинхронные) сигналы уровня 3,3 В<br>Программный выбор скорости (от 300 бит/с до 921,6 кбит/с)  |
| Режимы последовательного порта                             | 7 либо 8 битов данных, 1-2 стоповых бита, проверка по четности: четные биты, нечетные биты, без проверки.   |
| Управление модемом   | DTR, DCD.   |
| Управление потоками данных                                 | XON/XOFF (программное), CTS/RTS (аппаратное), отсутствует.  |
| Сетевой интерфейс  | Беспроводной интерфейс 802.11b либо 10/100 Ethernet.  |
| Поддерживаемые протоколы                                   | 802.11b ARP, UDP, TCP/IP, Telnet, ICMP, SNMP, DHCP, BOOTP, TFTP, Auto IP, HTTP, SMTP.   |
| Скорость передачи с возможностью автоматического изменения | 11 Мбит/с; 5,5 Мбит/с; 2 Мбит/с; 1 Мбит/с.  |
| Управление доступом к среде передачи                       | CSMA/CA с подтверждением получения.   |
| Диапазон частот  | 2,401–2,495 ГГц.  |
| Радиус действия  | Около 100 м в помещении   |
| Модуляция  | Расширение спектра с применением кода прямой последовательности.  |
| Способы модуляции  | ССК (11 Мбит/с); ССК (5,5 Мбит/с); DQPSK (2 Мбит/с); DBPSK (1 Мбит/с).  |
| Выходная мощность в режиме передачи                        | 14 дБм ± 1 дБм  |
| Чувствительность приемника                                 | –82 дБм для 11 Мбит/с; –87 дБм для 5,5 Мбит/с; –89 дБм для 2,0 Мбит/с; –93 дБм для 1,0 Мбит/с.  |
| Управление   | Внутренний веб-сервер, авторизация через последовательный порт по протоколу SNMP (только чтение), авторизация через Telnet, утилита DeviceInstaller.  |
| Безопасность   | Защита с использованием пароля, функции блокировки, дополнительная возможность модернизации для поддержки 64/128-битового шифрования WEP/WPA.   |
| Внутренний web-сервер                                      | Поддержка веб-страниц и Java-апплетов.<br>Объем памяти: 1,8 Мбайт либо 3,8 Мбайт (в зависимости от объема доступной флэш-памяти).   |
| Масса  | 29 г.   |
| Материал   | Металлический корпус.   |
| Температура  | Диапазон рабочих температур, режим WLAN: от –40 до +70 °С.<br>Диапазон рабочих температур, режим Ethernet: от –10 до +75 °С.<br>Диапазон температур хранения: от –40 до +85 °С.               |
| Гарантия   | 1 год ограниченной гарантии.  |
| Поставляемое программное обеспечение                       | Программа конфигурирования DeviceInstaller для платформы MS Windows 98/NT/2000/XP и Comm Port Redirector для Windows.   |



Рис. 3. Внешний вид набора разработчика WiPort.

ра данных вопрос архитектуры отодвигается на второй план, поскольку группировка и переконфигурирование сети датчиков может осуществляться программно и, более того, изменяться во времени, адаптируя, тем самым, систему в целом к воздействию на нее факторам. Среди перечисленных вариантов существует и еще один существенный — это модернизация существующей традиционной инфраструктуры за счет использования возможностей беспроводных технологий. В этой ситуации важна просто-

та аппаратных компиляций и низкие затраты в расчете на один датчик. Эти факторы также немаловажны при реализации систем малой и средней сложности. Весьма удобным инструментом в таких случаях могут являться всевозможные преобразователи интерфейсов, например, RS-232 — 802.11xx.

Вы когда-нибудь задумывались, каким образом можно управлять устройством через последовательный интерфейс без проводов? В большинстве случаев такую проблему можно решить интегрированием в устройство радиомодема. Основные проблемы, с которыми в этом случае сталкивается разработчик — довольно большие массогабаритные характеристики создаваемого устройства, малая дальность действия, недостаточная скорость обмена данными.

Компания Lantronix предлагает свое решение данной проблемы, позволяя избавиться одновременно от всех перечисленных недостатков традиционного метода. Таким решением является встраиваемый сервер WiPort. Он представляет собой прибор, позволяющий объединять устройства с последовательным интерфейсом в беспроводные сети стандарта 802.11b. Его внешний вид приведен на рис. 1. WiPort довольно компактен и при этом содержит контроллер DSTni ×86, память, приемопередатчик стандарта 802.11b и два высокос-

коростных последовательных порта. Кроме того, удобна возможность модификации конфигурации WiPort программными средствами, без внесения аппаратных изменений. Прибор снабжен операционной системой со встроенным полноценным стекком протоколов TCP/IP, а для удаленной настройки и мониторинга предусмотрен веб-интерфейс, который в ряде случаев можно использовать для выявления неполадок подключенных к WiPort устройств. Удобно также, что WiPort способен отправлять веб-страницы на браузер при необходимости получения информации либо связи с устройствами в сети. Кроме того, он может сообщать о некоторых событиях, посылая сообщение по электронной почте. В этом случае WiPort играет роль связующего звена между пользователем и устройством, находящимся в локальной сети или Интернет.

Прилагающееся программное обеспечение для MS Windows — Device Installer — используется для конфигурирования и позволяет существенно облегчить установку и настройку устройства. Настройка WiPort также может осуществляться локально через последовательный порт, по сети с использованием протокола telnet или при помощи веб-браузера. Встроенная флэш-память не требует обслуживания и обеспечивает энергонезависимое хранение веб-страниц. Из других особенностей

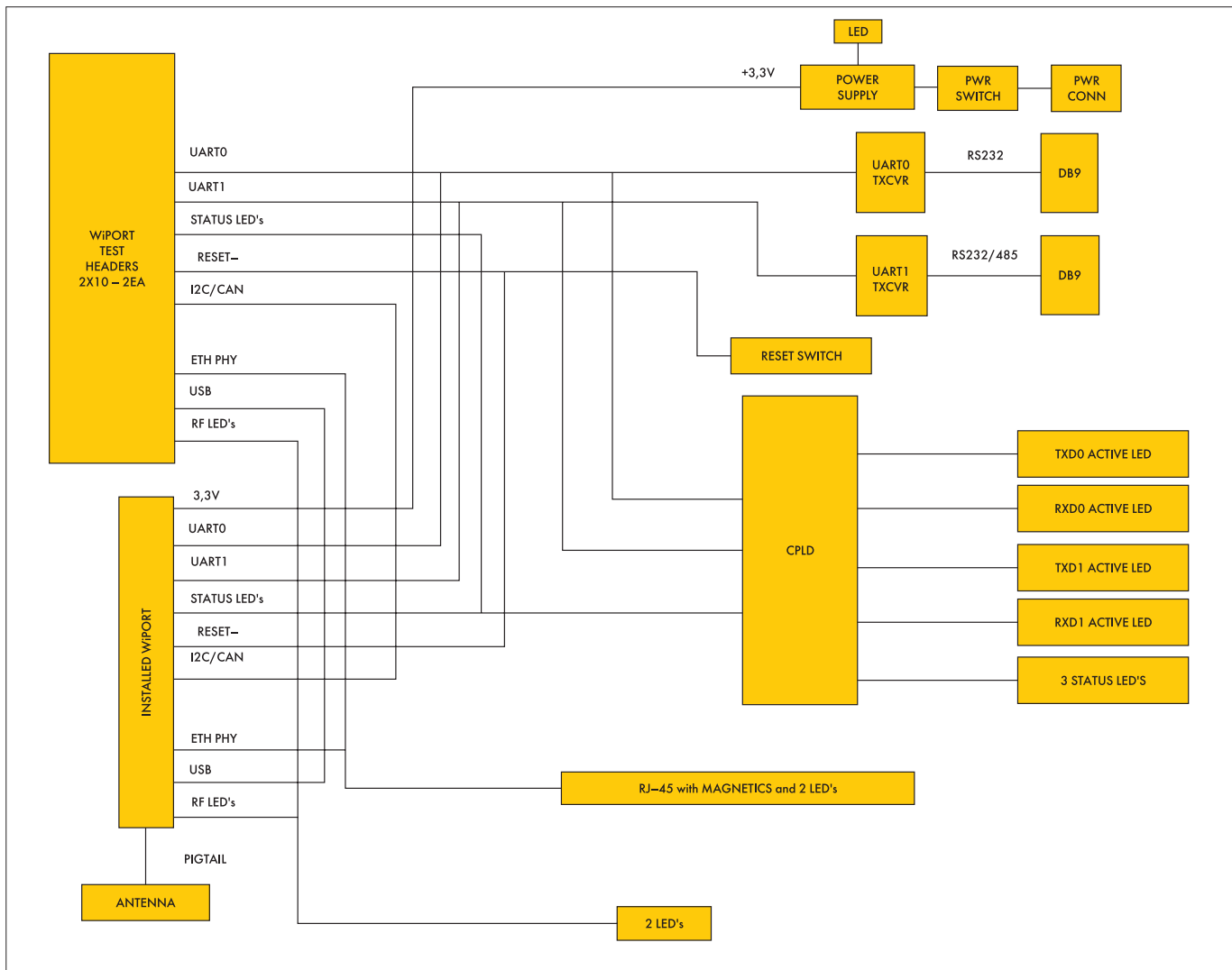


Рис. 4. Схема электрическая принципиальная оценочной платы

**WiBox  
И  
WiPort?**

**РОДНИК**  
СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР

Официальный дистрибьютор  
компании Lantronix в СНГ  
[www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru)  
(495) 113-7001

нельзя не отметить встроенный веб-сервер и средства безопасности WEP/WPA (поддерживается 128-битное шифрование). Применяемый в составе сервера контроллер Lantronix DSTn1 имеет статическое ОЗУ объемом 256 Кбайт, а также загрузочное ПЗУ объемом 2 Кбайт. Для связи WiPort с периферийными устройствами используется последовательный интерфейс с рабочим напряжением 3,3 В. Устройство также оснащено 2 Мбайт флэш-памяти для хранения микропрограммы и кэширования веб-страниц.

Структурная схема сервера WiPort приведена на рис. 2.

По выбору заказчика WiPort может поставляться с расширенной флэш-памятью объемом до 4 Мбайт и дополнительным статическим ОЗУ объемом до 1 Мбайт. Рабочее напряжение WiPort составляет 3,3 В, ток потребления в режиме приема информации — 465 мА, а в режиме передачи — 505 мА. Встроенный супервизор питания инициирует перезапуск сервера при выходе напряжения питания за пределы допустимых значений. Рабочее ядро контроллера требует питания напряжением 1,8 В. Основные параметры сервера WiPort сведены в таблицу.

С помощью коаксиального кабеля к WiPort можно подключить внешнюю антенну, что упрощает интеграцию в конечные устройства и позво-

ляет добиться требуемой помехозащищенности беспроводного канала связи.

Для облегчения разработки устройств на основе встроенного сервера WiPort компания Lantronix предлагает набор разработчика (рис. 3), который включает в себя:

- оценочную плату WiPort;
- модуль WiPort;
- источник питания напряжением 3,3 В;
- нуль-модемный кабель RS-232 типа DB9F/F;
- Ethernet-кабель — витую пару 5 категории типа RJ45M/M;
- компакт-диск с программным обеспечением и документацией;
- антенну.

Оценочная плата предназначена для упрощения отладки устройств на базе сервера WiPort. Для ее работы требуется стабилизированное напряжение 3,3 В. Она имеет порт ввода-вывода RS-232 и комбинированный порт RS-232/422/485 с преобразователями уровней. Конфигурирование этих интерфейсов производится установкой соответствующих перемычек. Для удобства работы и оценки состояния устройства на плате предусмотрен ряд индикаторных светодиодов. Схема оценочной платы приведена на рис. 4. На сайте производителя доступно много полезной информации по работе и настройке сервера WiPort, а также руководство «быстрый старт». ■



# **MOBILE & WIRELESS**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА  
БЕСПРОВОДНЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

**21 - 23 ноября 2006**

**РОССИЯ, МОСКВА, СК ОЛИМПИЙСКИЙ**

**[www.inconex.ru](http://www.inconex.ru)**

Организатор:



ИНКОНЭКС

Тел.: +7(495) 739 55 09

Факс: +7(495) 641 22 38

e-mail: [electronica@list.ru](mailto:electronica@list.ru)

- Радиоэлектронное оборудование для систем связи
- GSM/GPRS/GPS модули
- Радиомодули ISM диапазона
- Устройства Bluetooth
- Беспроводная телефония
- Решения «последней мили»
- Оборудование для беспроводных сетей и систем
- Сети передачи данных Wi-Fi, WiMax, UWB
- Оборудование оптической беспроводной связи
- Информационная безопасность беспроводных систем
- Электронные компоненты и элементная база
- МикроЭлектроМеханические системы
- Микросхемы и встраиваемые технологии
- Мобильные IT оборудование и системы
- Программное обеспечение и сервис
- Источники и блоки питания
- Контрольно-измерительное оборудование
- Системы автоматизации
- Дистанционное управление
- Системы отображения информации, дисплеи
- Датчики и беспроводные системы безопасности
- Интеллектуальные карты
- Средства радиолокации
- Средства радионавигации
- Беспроводные системы в телеметрии

# Однокристалльные приемопередатчики ISM-диапазона Nordic Semiconductor

Вячеслав БУРЛАКОВ  
burlakov@dodeca.ru

Олег СТАРИКОВ  
oleg.starikov@symmetron.ru

**В статье рассматриваются однокристалльные приемопередатчики диапазона ISM (Industrial, Scientific, Medical), разработанные норвежской компанией Nordic VLSI ASA и предназначенные для построения радиочастотных систем передачи данных, функционирующих в нелицензируемых частотных диапазонах.**

Продукцию компании Nordic VLSI ASA условно можно разделить на две группы по используемому частотному диапазонам:

- Семейство nRF9x5, которое представляет собой универсальные однокристалльные приемопередатчики, работающие на частотах 433, 868 и 915 МГц. Для данной группы продуктов частота функционирования задается внешними пассивными компонентами.

- Семейство однокристалльных приемопередатчиков и передатчиков серии nRF24xx, работающих на частоте 2,4 ГГц. Оба семейства продуктов имеют микросхемы, которые помимо тракта приема-передачи содержат процессорное ядро 8051 с набором цифровых и аналоговых каналов ввода-вывода.

Однокристалльные приемопередатчики серии nRF905 функционируют на частотах 433, 868 и 915 МГц, выполняются по технологическим нормам 0,18 мкм и поставляются в 32-выводном корпусе QFN размером 5×5 мм. Структурная схема данного устройства приведена на рис. 1. В данном устройстве используется модуляция GFSK и манчестерский код для передачи и кодирования данных. Максимальная скорость передачи данных — 100 кбит/с. Ширина полосы пропускания радиоканала составляет 100 кГц для частоты 433 МГц и 200 кГц для частот 868 и 915 МГц. Благодаря наличию встроенной схемы управления напряжением питания данная ИС функционирует в широком диапазоне напряжений: от 1,9 до 3,6 В. Использование запатентованной технологии ShockBurst позволяет повысить соотношение сигнал/шум и уменьшить нагрузку на внешний управляющий процессор. Суть данной технологии заключается в том, что вместе с основными данными передается автоматически сформированный приемопередатчиком код CRC, позволяющий контролировать целостность принятой информации и формировать сигнал готовности для внешнего процессора. Благодаря технологии ShockBurst в приемопередатчиках данной серии используется радиоканал с шириной полосы пропускания, значительно превышающей действительную скорость передачи данных, благодаря чему обеспечивается высокая помехоустойчивость радиоканала. Управление приемопередатчиком осуществляется по интерфейсу SPI. Не требуются внешние ПАВ-фильтры. Приемопередатчики серии nRF905 имеют два активных режима работы — ShockBurst RX и TX (прием и передача данных соответственно) и два режима экономии энергии — Power Down и Standby Mode. В режиме Power Down радиочастотная часть и кварцевый генератор выключены и производится только обмен данными по интерфейсу SPI, в результате чего ток потребления снижается до 2 мкА. В режиме Standby Mode радиочастотная часть также выключена, но кварцевый

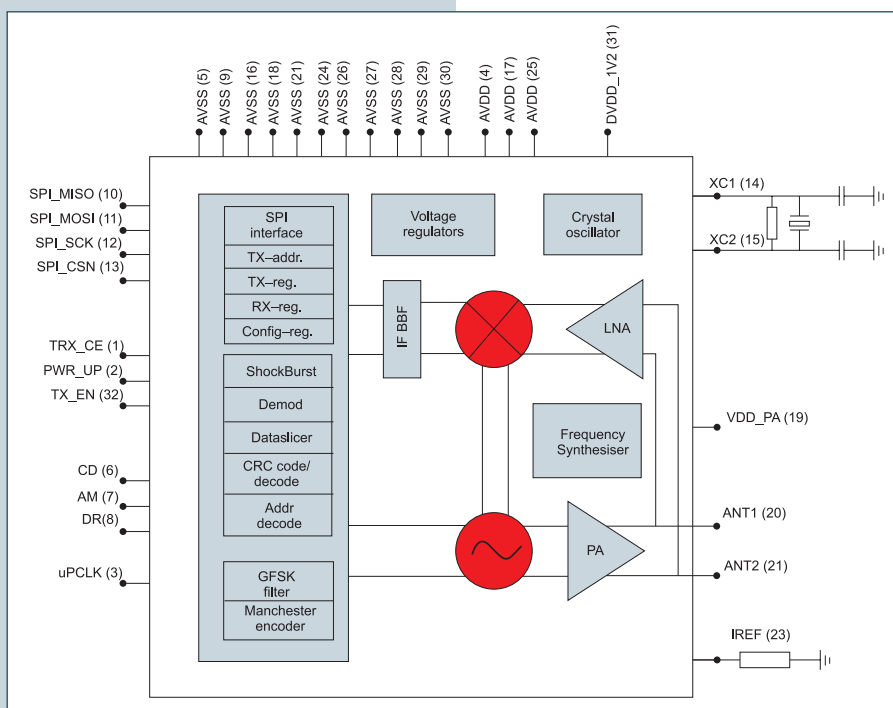


Рис. 1. Структурная схема однокристалльного приемопередатчика серии nRF905



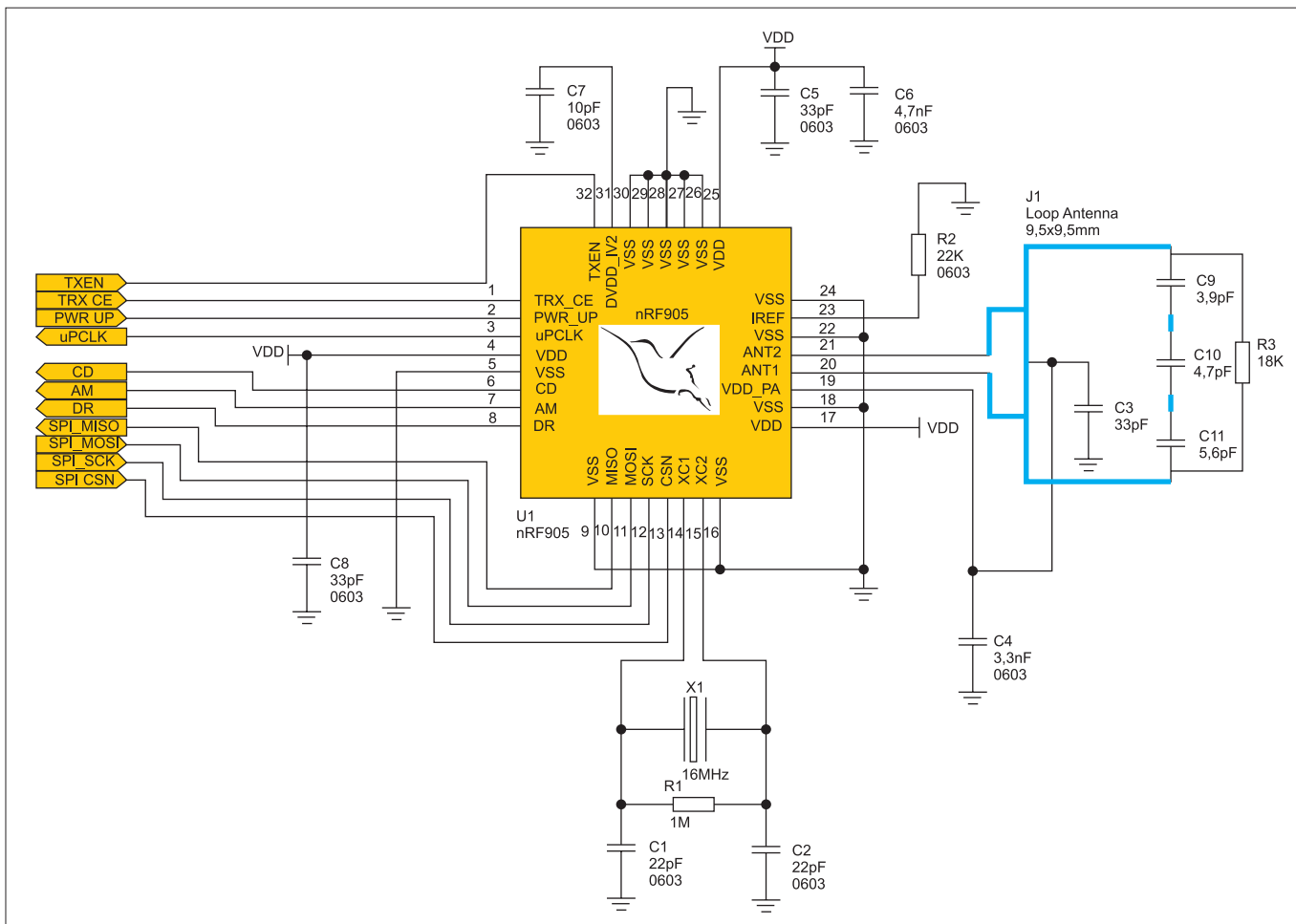


Рис. 2. Типовая схема включения приемопередатчика серии nRF905

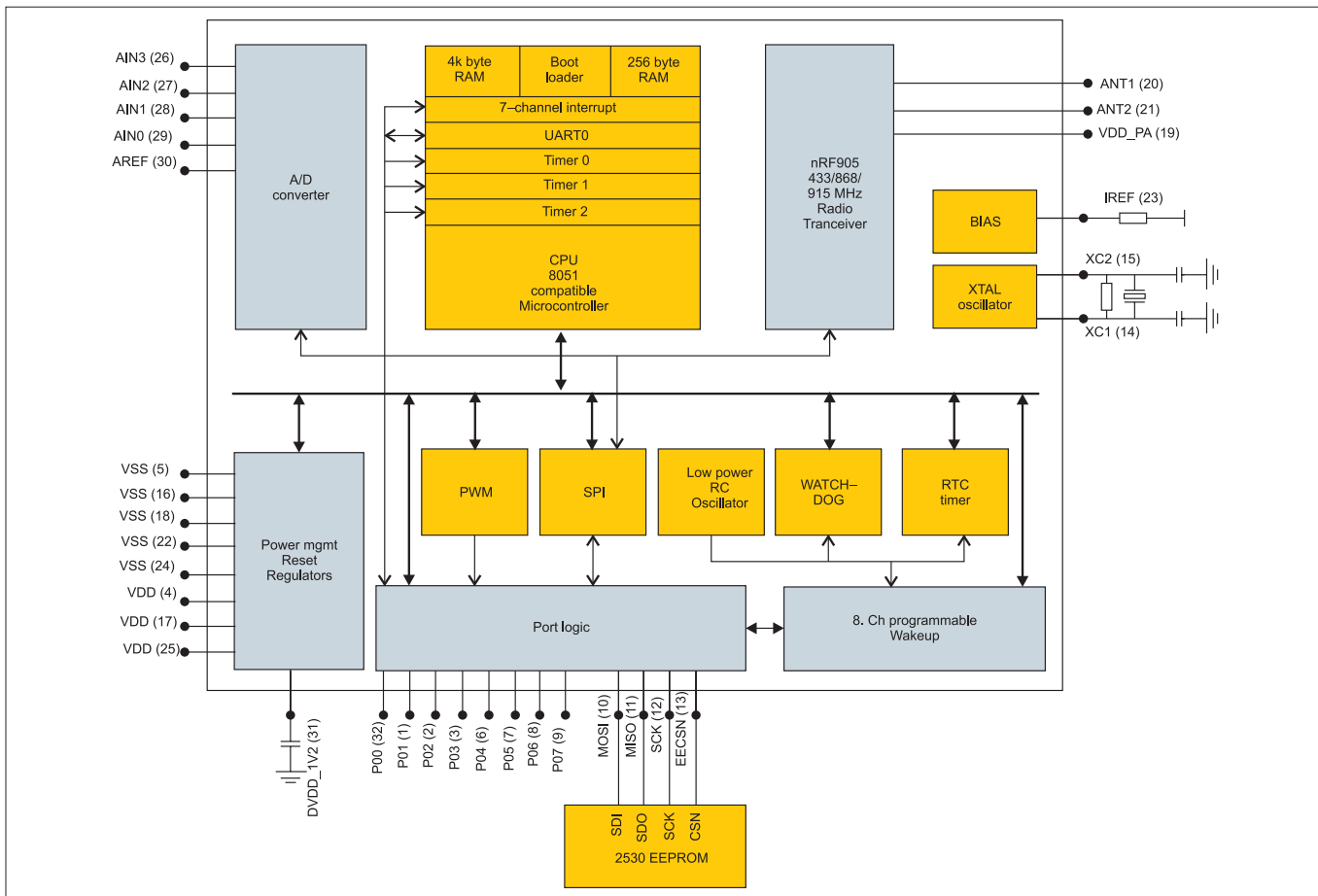


Рис. 3. Структурная схема однокристалльного передатчика nRF905

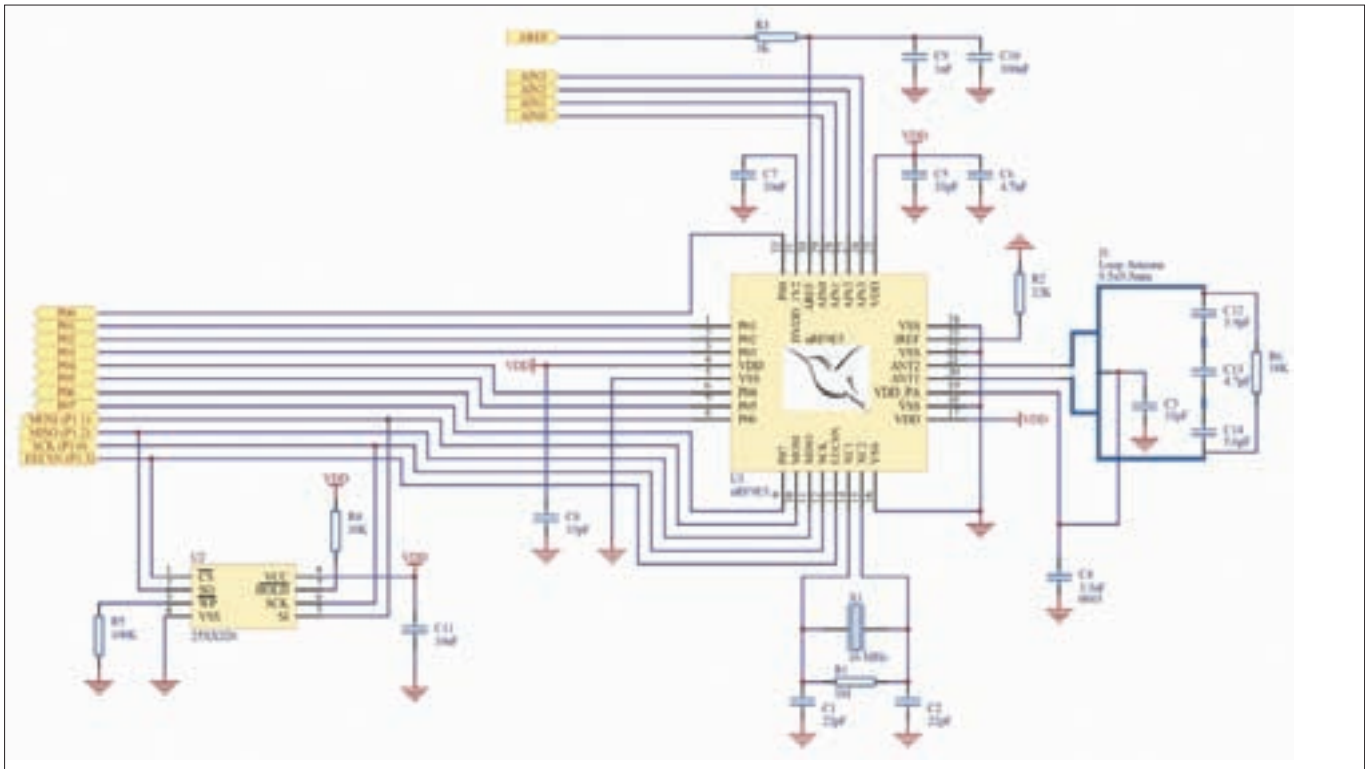


Рис. 4. Структурная схема однокристалльного приемопередатчика серии nRF9E5

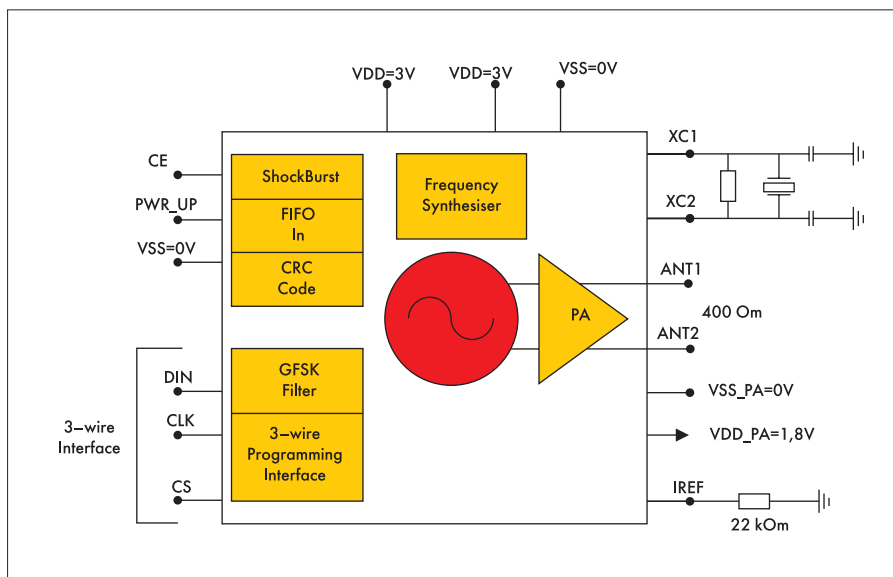


Рис. 5. Типовая схема включения однокристалльного приемопередатчика nRF9E5

генератор продолжает функционировать. При этом значительно ускоряется переход из экономичного режима в один из активных режимов. Также можно оптимизировать энергопотребление приемопередатчика благодаря возможности управления чувствительностью приемника и мощностью излучения передатчика. Типовая схема включения приемопередатчика серии nRF905 показана на рис. 2.

Следующим представителем семейства однокристалльных приемопередатчиков, работающих на частотах 433, 868 и 915 МГц, является ИС серии nRF9E5, содержащая помимо радиочастотной части 8051-совместимое процессорное ядро, стабилизатор напряжения, восемь двунаправленных портов ввода-вывода, 10-битный четырехканальный АЦП с частотой выборки 80 кГц, встроенный источник опор-

ного напряжения и сторожевой таймер. Связь между компонентами приемопередатчика nRF9E5 осуществляется посредством мультиплексируемой шины SPI.

Встроенный микроконтроллер ИМС nRF9E5 содержит масочное ПЗУ объемом 512 байт, 256 байт ОЗУ данных и 4 Кбайт ОЗУ программ. Загрузка пользовательской программы осуществляется через интерфейс SPI. Порты ввода-вывода могут использоваться для обмена данными с внешними устройствами, либо как выходы прерываний для асинхронного контроллера, ШИМ-контроллера или таймера. Структурная схема приемопередатчика серии nRF9E5 приведена на рис. 3, типовая схема включения — на рис. 4.

Еще одно семейство однокристалльных приемопередатчиков и передатчиков компании Nordic VLSI ASA — ИС, функционирующие на частоте

2,4 ГГц. Для данных устройств характерна повышенная скорость передачи данных при пониженной выходной мощности передатчика.

Приемопередатчики серии nRF2401 используют модуляцию GFSK и поставляются в корпусе QFN24 размером 5×5 мм. Скорость передачи данных составляет до 1 Мбит/с. Имеется 125 каналов со скоростью переключения между ними менее 200 мкс. В приемопередатчике используются технологии ShockBurst и DuoCeiver. Суть технологии DuoCeiver заключается в возможности одновременного приема данных со скоростью 1 Мбит/с по двум каналам, разнесенным на 8 МГц.

На базе ИМС nRF2401 Nordic Semiconductor разработан однокристалльный приемопередатчик nRF24E1 с встроенным микропроцессорным ядром 8051, 10-разрядным 9-канальным АЦП и цифровыми линиями ввода-вывода.

Помимо приемопередатчиков, Nordic Semiconductor выпускает передатчики — микросхемы серии nRF2402 и nRF24E2.

Структурные схемы ИМС передатчиков nRF2402 и nRF24E2 приведены на рис. 5 и 6 соответственно. Nordic Semiconductor выпускает инструментальные отладочные средства nRF9x5 EVKIT и nRF24xx EVKIT, позволяющие быстро интегрировать продукцию компании в законченную разработку. В комплектацию отладочных средств входят две платы приемопередатчиков, две антенны, компакт-диск, содержащий документацию и программное обеспечение. Для приемопередатчиков со встроенными микроконтроллерами дополнительно поставляются две платы с USB-портом для программирования ПЗУ команд. На сайте Nordic Semiconductor находится дополнительная информация, например, файлы разводки печатных плат PCB и GERBER.

На рис. 7 показан внешний вид инструментального отладочного средства nRF9E5 EVKIT.

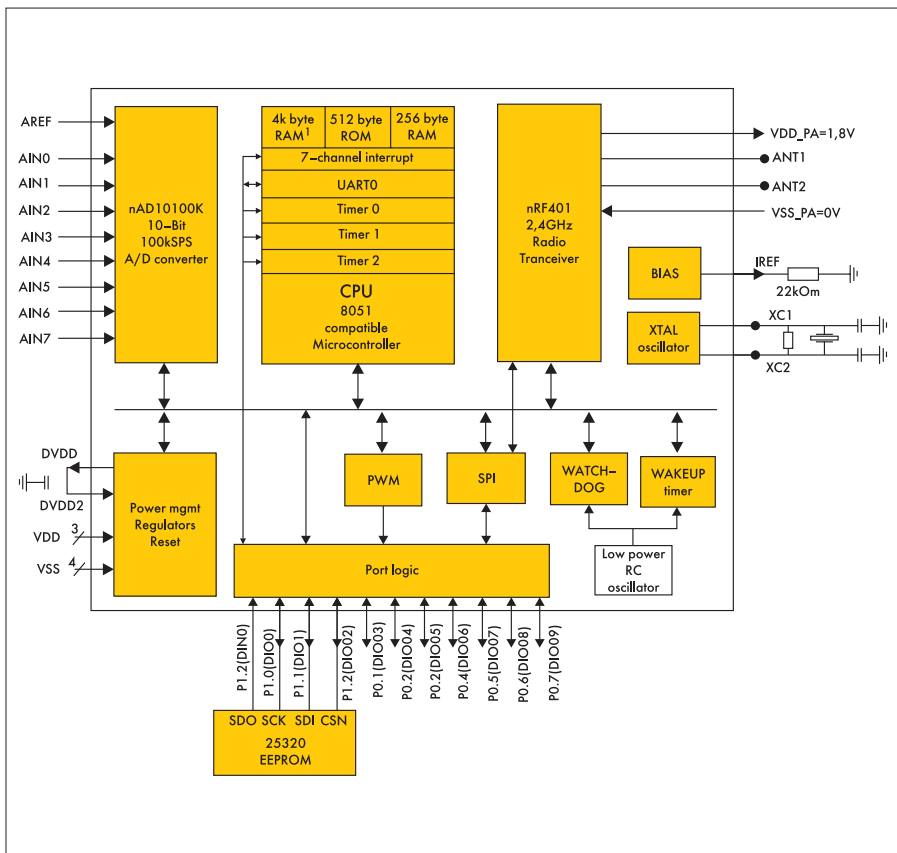


Рис. 6. Структурная схема однокристалльного передатчика nRF24E2



Рис. 7. Внешний вид инструментального отладочного средства nRF9E5 EVKIT.

Компанией Nordic Semiconductor в недавнем времени анонсированы новые продукты — микросхемы nRF24Z1, nRF24AP1 и nRF24L01. ИС nRF24Z1 представляет собой устройство для беспроводной передачи аудиоданных с качеством компакт-диска на частоте 2,4 ГГц со скоростью до 4 Мбит/с без использования компрессии. Поддерживается формат 24 бит/96 кГц. Для передачи данных используется интерфейс, совместимый с S/PDIF, для подачи управляющих сигналов — интерфейс SPI или двухпроводный интерфейс, совместимый с I<sup>2</sup>C. Благодаря архитектуре MegaZtream обеспечивается безошибочная передача данных и дополнительная управляющая информация, например, для изменения громкости или отображения на дисплее. Использование ИС nRF24Z1 позволяет сократить число проводных соединений в музыкальных центрах, MP3-плеерах и другой бытовой аппаратуре без потери качества звучания и существенно увеличения стоимости. На рис. 8 приведена структурная схема ИС nRF24Z1.

ИМС nRF24AP1 компании Nordic Semiconductor представляет собой однокристалльный приемопередатчик с полной реализацией стека протоколов ANT, разработанного фирмой Dynastream Innovations для использования в пользовательских сетях (PAN).

Этот протокол рассчитан на работу в сетях устройств с батарейным питанием и 32-битной адресацией, объединенных в равноправные или иерархические конфигурации типа «звезда». В ANT-сетях используется временное разделение каналов, одно- и двухсторонний обмен сообщениями со скоростью более 100 сообщений в секунду и контроль целостности данных с помощью кодов CRC. Поддерживается режим широковещательной передачи данных. ИС nRF24AP1 работает в диапазоне 2,4 ГГц, имеет 80 каналов с модуляцией GFSK и скоростью передачи данных до 1 Мбит/с. Структурная схема ИС nRF24AP1 приведена на рис. 9.

Еще одним новым продуктом компании Nordic Semiconductor является ИС nRF24L01 — приемопередатчик, работающий на частоте 2,4 ГГц с пониженной выходной мощностью и имеющий 125 радиочастотных каналов с малым временем переключения между ними 130 мкс и скоростью передачи данных до 2 Мбит/с. Данное устройство позволяет поддерживать одновременную

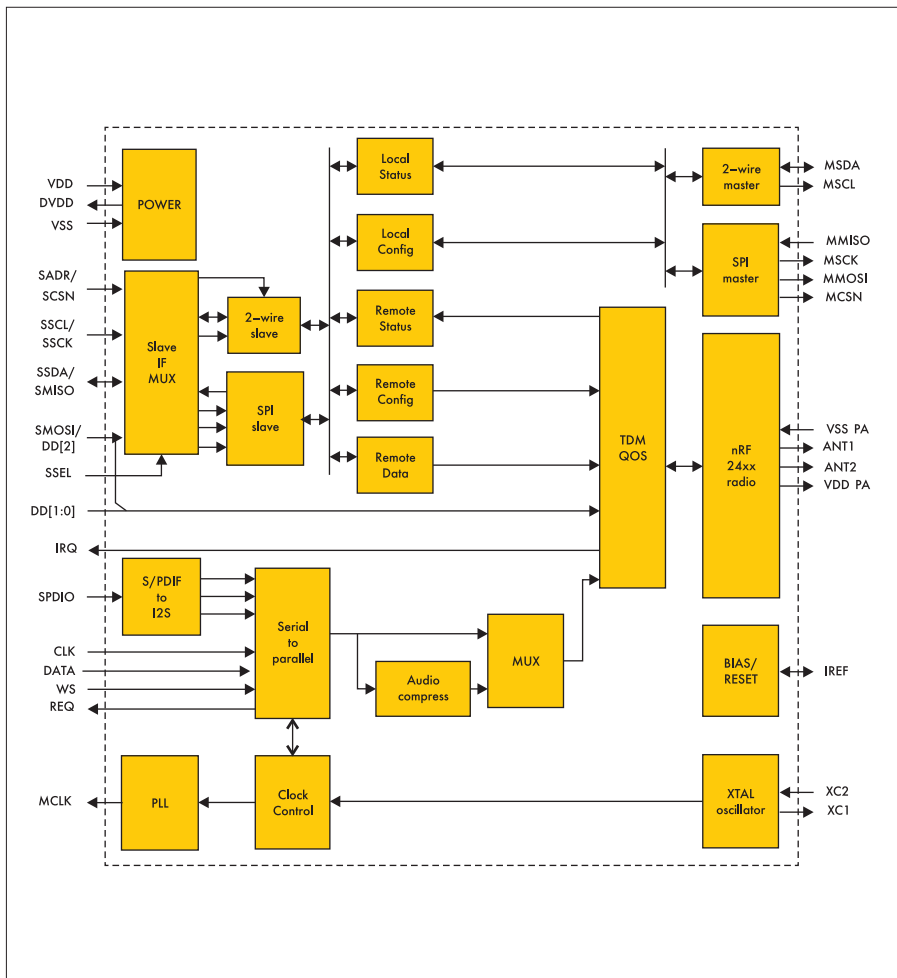


Рис. 8. Структурная схема ИМС nRF24Z1 предназначенная для беспроводной передачи аудиоданных с качеством компакт диска

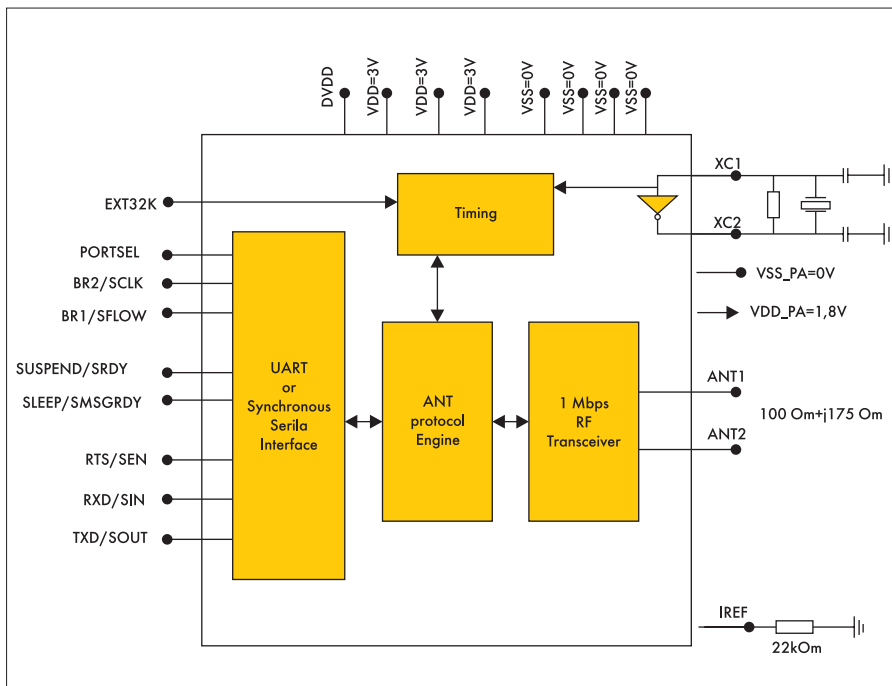


Рис. 9. Структурная схема ИМС nRF24AP1 предназначенная для использования в пользовательских сетях

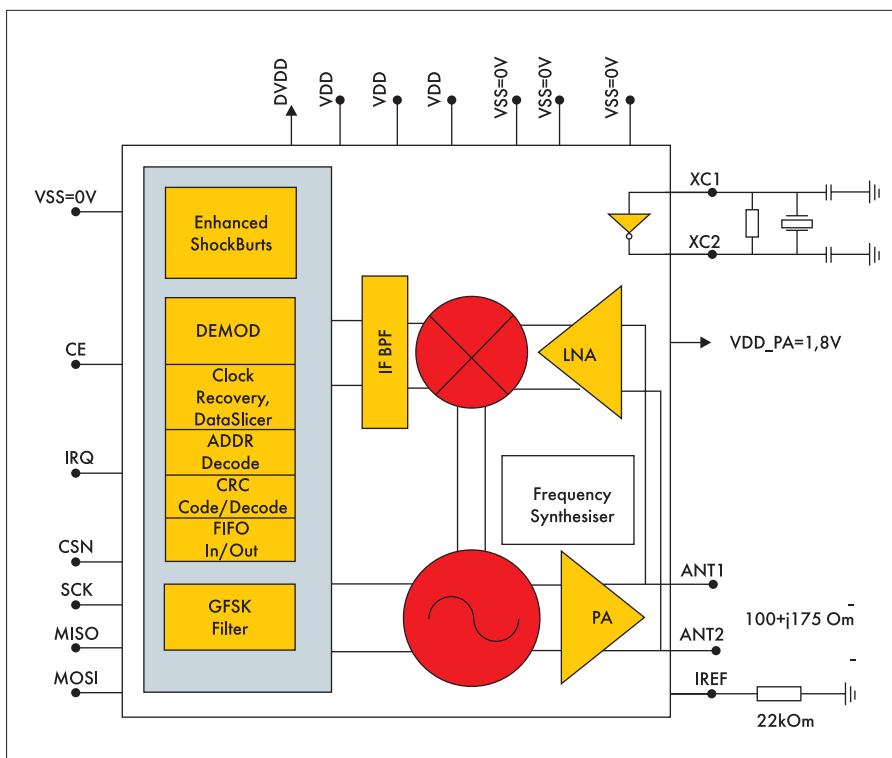


Рис. 10. Структурная схема ИМС nRF24L01

синхронную двунаправленную беспроводную связь с шестью другими беспроводными устройствами, такими как компьютерная клавиатура и мышь, джойстики, системы безопасности и оповещения, системы домашней автоматизации, системы телеметрии, беспроводные промышленные датчики и др.

Устройство выполняется в 20-выводном корпусе QFN20 размером 4×4 мм.

Структурная схема ИС nRF24L01 показана на рис. 10.

Техническая документация и инструментальные отладочные средства для работы с однокристальными приемопередатчиками и пе-

редатчиками компании Nordic Semiconductor позволяют сокращать время разработки и создавать недорогие законченные и полнофункциональные устройства для нелицензируемых диапазонов частот.

Более подробную информацию о продукции компании Nordic Semiconductor можно получить на их официальном сайте [1].

#### Литература

1. www.nordicsemiconductor.com.
2. В. Бурлаков. Однокристальные приемопередатчики Nordic // Электронные компоненты. 2005. № 5.

## БТ НОВОСТИ

### Новости российской промышленности

ОО «Глобал Ориент» анонсирует выпуск нового изделия «Навигатор» на базе уже известной и хорошо зарекомендовавшей себя системы мониторинга транспорта «Гранит» Р-БД-АЦ.02 «Черный ящик».

В «Навигаторе» к существующей платформе добавлены GSM-модуль, встроенный аккумулятор и возможность подключения внешних устройств (датчиков или исполнительных устройств), что позволяет расширить область применения данной системы и увеличить круг решаемых задач для уже существующих приложений.

Принцип действия стал уже классическим для подобных систем: мобильный блок, установленный на транспортное средство, принимает и обрабатывает сигналы спутниковой системы GPS. Полученные таким образом данные о местоположении и скорости объекта регулярно сохраняются во внутренней памяти мобильного блока.

По запросу от базовой станции эти данные передаются на диспетчерский пункт, где обрабатываются специали-



рованным программным обеспечением, позволяющим отображать эти данные в удобном для восприятия и анализа виде. Совмещение двух каналов связи — GSM и радиосвязь ближнего действия (433 МГц) — позволяет минимизировать трафик GSM-канала, используя его для запросов базовой станции в реальном времени только в случаях необходимости, основной же объем информации передается через радиомодем (дальность до 100 м) после возвращения транспортного средства на базу.

# Использование сети GSM и технологии ISaGRAF для построения системы сбора данных

Александр ЛИПОВЕЦ  
lipovets@fiord.com

**За последнее десятилетие связь стандарта GSM прочно вошла в нашу жизнь благодаря возможности передачи речи и данных между различными удаленными объектами. В данной статье описывается реализация системы сбора данных от датчиков, в которой используется сотовая связь GSM.**

В простейшем случае система передачи данных состоит из двух GSM-терминалов, подключенных к сети. Под GSM-терминалом будем понимать компьютер или контроллер с подключенным к нему GSM-модемом. Допустим, один из терминалов является «клиентом», а другой — «сервером». Эти названия достаточно условны, поскольку клиент и сервер в принципе могут обмениваться данными как угодно.

В качестве GSM-модема в настоящее время может использоваться большинство современных

мобильных телефонов, имеющих в продаже и подключаемых к компьютеру через последовательный порт (COM-порт) посредством кабеля.

Как правило, GSM-модем управляется с компьютера по последовательному порту так же, как и обычный модем для коммутируемых линий.

Стандарт GSM предусматривает не только голосовой сервис, но и различные сервисы передачи данных, например, CSD и HSCSD. О GPRS будет сказано чуть позже.

Все современные мобильные телефоны стандарта GSM имеют встроенную поддержку технологии CSD (Circuit Switched Data) — передача данных по коммутируемым линиям. CSD совместима со всеми распространенными протоколами передачи данных (v.110, v.32 и т. д.) и позволяет передавать данные со скоростью до 14,4 кбит/с. При этом для передачи данных используется голосовой канал без выделения дополнительного канала. В случае поддержки оператором протокола v.110 именно он является наиболее желательным, так как при его использовании существенно сокращается время установки соединения.

В настоящее время всеми операторами в зависимости от выбранного тарифа поддерживается услуга «Передача данных», которая поначалу использовалась для связи с Интернетом посредством сервиса CSD. Поэтому использование CSD — наиболее простой с точки зрения реализации способ построения системы передачи данных, поскольку есть широкий выбор оборудования и поддержка протокола со стороны оператора.

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) — протокол высокоскоростной передачи данных по сетям с коммутацией каналов. Технология базируется на использовании существующих каналов GSM, в которых каналные интервалы объединены в группы (до 4 каналов), образуя общий групповой канал со скоростью 38,4 кбит/с (четыре канала по 9,6 кбит/с) или, теоретически, 57,6 кбит/с (четыре канала по 14,4 кбит/с). Реальная скорость 28,8–43,2 кбит/с. HSCSD не получила большого распространения и встречается лишь у нескольких операторов: ее считают как бы промежуточным этапом при внедрении более мощных технологий радиопередачи, таких как GPRS.

GPRS является альтернативой HSCSD, о достоинствах и недостатках этой технологии уже много писалось, отметим лишь некоторые из них. GPRS является удобной в использовании технологией, поскольку не занимает голосовой канал, а также не является слишком затратной. Однако GPRS работает далеко не везде и связь при этом осуществляется через Интернет, что накладывает дополнительные требования к уровню защищенности информации.

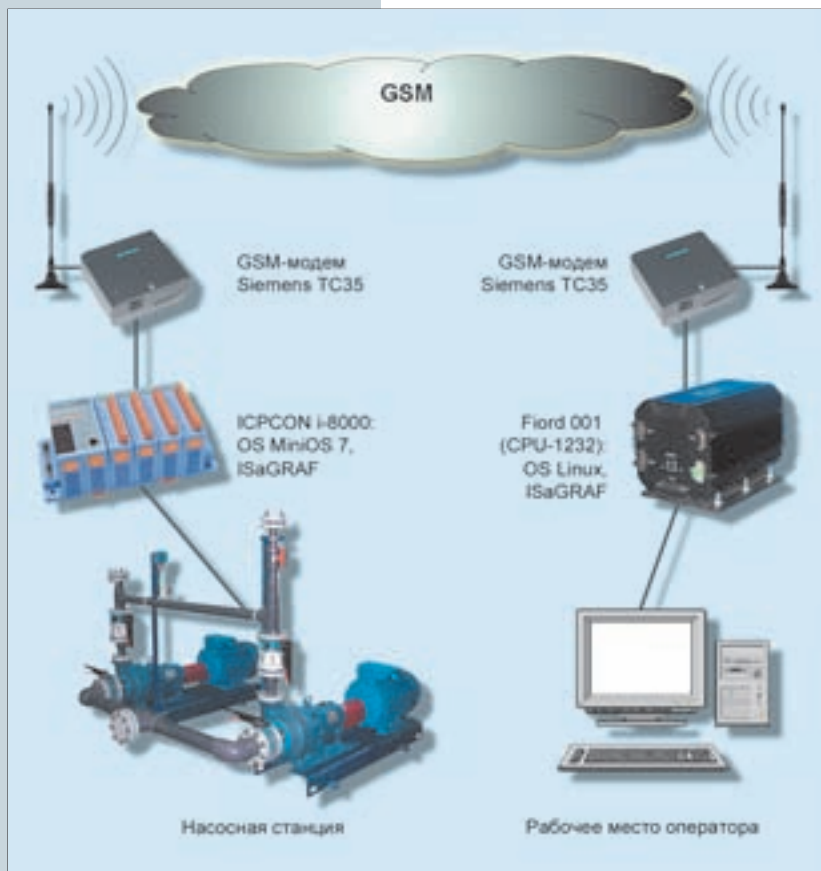


Рис. 1. Схема проекта

Обмен данными посредством SMS-сообщений используется сравнительно редко, поскольку этот тип обмена является довольно специфичным: ограничена длина сообщения, время его доставки не гарантировано.

В простейшем варианте взаимодействия «клиент» периодически дозванивается до «сервера», получает или передает очередную порцию данных и разрывает связь. Это позволяет избежать расходов на оплату времени соединения в промежутки «простоя», когда нет передачи информации. Но есть также и «минус» — для установки соединения требуется определенное время. Справедливости ради надо сказать, что все схемы с применением коммутируемых соединений имеют смысл использовать лишь в проектах, в которых периодичность опроса измеряется как минимум секундами или десятками секунд. Также стоит отметить, что некоторые операторы предлагают безлимитные тарифы на услуги связи, использование которых избавляет от необходимости периодически устанавливать и разрывать связь, достаточно установить связь единожды и восстанавливать ее лишь в случае незапланированного обрыва.

При выборе данного варианта необходимо использовать какой-либо из уже существующих протоколов (например, ASCII, Modbus) либо реализовывать собственный, что, конечно же, является более затратным способом, но может быть необходимым при выполнении конкретной задачи.

В ряде операционных систем (например, в Windows, Linux) уже существуют встроенные средства удаленного доступа: сервер входящих звонков и клиенты удаленного доступа, позволяющие получить полноценное соединение двух машин по TCP-протоколу. Например, в Linux — это пакет rppd и утилита mgetty. Эти средства дают возможность построить мобильную систему контроля и отображения информации, позволяющую отображать данные технологического процесса или управлять им, находясь на значительном расстоянии от самих объектов.

### Пример действующего проекта

В 2005 году компанией ФИОРД по заказу компании «Профис» (Инженерный центр «Профис», г. Иркутск, <http://www.evvaasgr.ru>) была разработана система сбора данных с насосных станций, расположенных в различных районах города. Компания «Профис» занимается разработкой, созданием и сопровождением комплексов охранно-пожарной сигнализации, видеонаблюдения, контроля доступа, вычислительных и телефонных сетей, энергоснабжения, пожаротушения и оповещения.

В связи с отсутствием телефонных линий в месте расположения насосных станций был сделан выбор в пользу реализации связи на основе использования GSM-канала. Насосные станции, с которых необходимо собирать данные, оборудованы подмешивающими насосами, работающими попеременно.

Система сбора данных представляет собой классический случай опроса нескольких устройств типа slave одним устройством типа master, при этом master является «клиентом», а slave-устройства являются «серверами». На верхнем уровне в качестве «клиента» используется кон-

троллер Eurotech CPU-1232 под управлением Linux, работающий совместно с GSM-модемом Siemens TC35. В качестве контроллера нижнего уровня был выбран ICPCON I-8000 с установленной ОС MiniOS 7, к которому также подключен GSM-модем Siemens TC35. Кроме того, на контроллерах, используемых в данном проекте, установлены целевые системы ISaGRAF PRO.

Схема данного проекта на примере одного «клиента» и одного «сервера» представлена на рис. 1.

На аналоговые входы контроллера I-8000 поступают сигналы с датчиков температуры и давления в прямом и обратном трубопроводах. В группу дискретных сигналов входят: сигнал от пожарной сигнализации, сигнал от охранной сигнализации, сигнал наличия электропитания, сигнал затопления дренажного приемка, сигналы работы насосов. Для измерения температуры сигналы с термосопротивлений поступают на входы модуля I87013.

Помимо передачи данных на диспетчерский пункт, система выводит информацию на пульт оператора.

Непосредственная передача данных между ведущим и ведомыми контроллерами реализована на базе распространенного протокола Modbus-RTU, ранее реализованного специалистами компании ФИОРД в виде драйвера для ISaGRAF.

При этом возможно как чтение, так и запись переменных следующих основных типов: BOOL, SINT (однобайтовое знаковое целое), DINT (4-байтовое знаковое целое) и REAL (4-байтовое вещественное).

При построении проекта в ISaGRAF необходимо задать соответствующие параметры устройств в конфигураторе проекта.

Для «сервера» задаются следующие параметры (рис. 2):

**PortName** — порядковый номер последовательного порта, к которому подключен модем;

**Baud** — скорость обмена последовательного порта с модемом;

**Parity** — четность;

**TimePacket** — максимальное время ожидания пакета в пределах одного цикла ISaGRAF (в миллисекундах);

**TimeCommon** — максимальное время бездействия, то есть отсутствия передачи данных, по истечении которого соединение разрывается (в секундах);

**Speed** — выбор типа протокола и скорости передачи данных модема.

На стороне «клиента» также настраиваются параметры (рис. 3) последовательного порта и работы модема (в параметрах ISaGRAF-устройства RS\_Contr), а также задаются параметры ISaGRAF-устройств (IN\_real, OUT\_real, IN\_dint и т. д.), обеспечивающих чтение или запись данных одного из вышеперечисленных типов:

**phone** — телефонный номер «сервера»;

**bar** — адрес памяти, по которому доступна переменная;

**device** — порядковый номер последовательного порта;

**t\_connect** — максимальное время ожидания соединения;

**t\_disconnect** — максимальное время бездействия, то есть отсутствия передачи данных, по истечении которого соединение разрывается (в секундах);

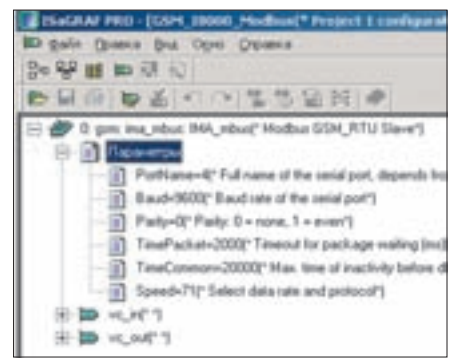


Рис. 2. Задание параметров «сервера»

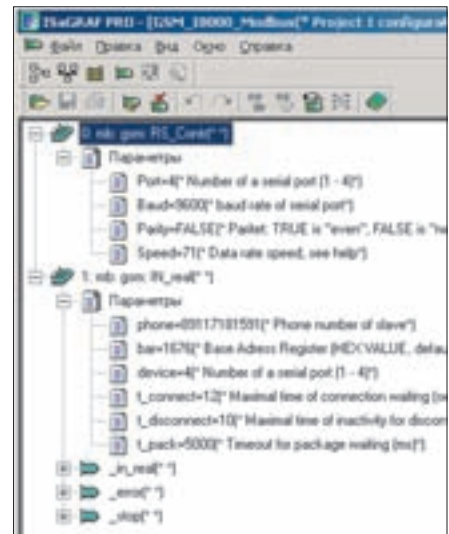


Рис. 3. Задание параметров «клиента»

**t\_pack** — максимальное время ожидания пакета в пределах одного цикла ISaGRAF (в миллисекундах).

Поскольку в данном проекте инициатором связи может быть только опрашивающее устройство — «клиент», то на стороне «серверов» используется вполне обычный тариф местного оператора сотовой связи, включающий услугу «Передача данных». Входящие звонки при этом являются бесплатными, поэтому единственными затратами на связь является оплата времени исходящих звонков с номера модема «клиента» на номера модемов «серверов». Поскольку проект предусматривает частую передачу небольших порций информации, фирмой-заказчиком был выбран специальный безлимитный тариф местного оператора сотовой связи.

Данный проект успешно работает и соответствует всем требованиям заказчика.

Описанный пример иллюстрирует возможность технологии передачи данных по сети GSM при использовании технологии ISaGRAF и открывает широкие перспективы к применению их в автоматизации, а именно в построении систем сбора и передачи данных. ■

### Литература

1. Моисеенко Д, Бараев А. Оптимизация работы модемов Wavesom в режиме передачи данных по сети GSM // Компоненты и технологии. 2003. № 4.
2. Хонкасало Х. Эволюция GSM // Сети и системы связи. 1996. № 4. [http://www.ccc.ru/magazine/depot/96\\_04/read.html?0305.htm](http://www.ccc.ru/magazine/depot/96_04/read.html?0305.htm).

# Пути реализации беспроводных технологий в акустических гарнитурах и переговорных устройствах

Александр РОЗИН  
okb.oktava@tula.net

**В статье показаны возможные применения для передачи речи и проблемы, ограничивающие это применение, рассмотрены некоторые инновационные проекты и достигнутые практические результаты, предлагаются перспективные решения, которые развивает ОКБ «Октава» в акустических гарнитурах и переговорных устройствах.**

## Состояние рынка беспроводных технологий в акустических приборах

Беспроводные технологии на российском рынке развиваются быстро, но неравномерно в различных областях применения. Они, без сомнения, являются очень перспективными, хотя и сталкиваются с рядом проблем, ограничивающих их быстрое и широкое практическое применение. В частности, передача речи на десятки и сотни метров вне сотовых технологий встречает еще массу трудностей и не реализована в должной

мере в отечественных оконечных акустических устройствах (беспроводных гарнитурах ближней связи).

Тульское ОКБ «Октава» начало заниматься беспроводными гарнитурами в середине 90-х годов, когда современные цифровые беспроводные технологии в Россию еще не проникли. Тогда эта проблема решалась методом индуктивной связи. Было создано и серийно освоено семейство гарнитур индуктивной связи ГИС. В их основе лежит прием на вкладной акустический приемник ПА-1 электромагнитного излучения звукового диапазона от индуктора [1]. Эта технология востребована и сейчас. ОКБ «Октава» входит в пятерку ведущих фирм в мире, разрабатывающих и изготавливающих гарнитуры индуктивной связи. На рис. 1 показана простейшая модификация гарнитуры ГИС-3, состоящая из индуктора и беспроводного акустического приемника ПА-1.

Справедливости ради следует отметить недостатки таких оконечных устройств связи:

- беспроводным является только тракт приема;
- радиус действия не превышает 0,5 м в пределах разумных массо-габаритных и энерго-экономических характеристик;



Рис. 1. Гарнитура индуктивной связи ГИС-3



Рис. 2. Области применения ближней беспроводной связи

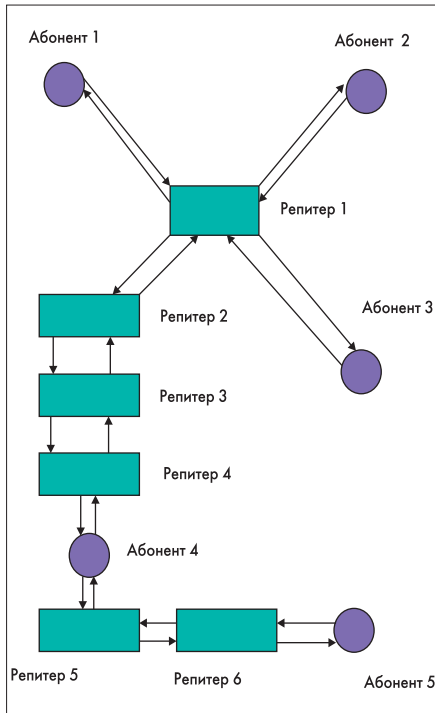


Рис. 3. Возможная структура локальной сети беспроводной связи

- помехоустойчивость таких систем невысока. Современные цифровые технологии беспроводного доступа свободны от этих недостатков. Со временем они смогут вытеснить индуктивную связь. Но до последнего времени в России не было отечественных гарнитур беспроводной связи, хотя потребность в них ощущается во многих областях применения: в социальной сфере, в силовых структурах, у корпоративных и индивидуальных пользователей (рис. 2).

### Инновационные проекты акустических устройств с использованием беспроводных технологий

Развитие технологий беспроводной связи и элементной базы для нее идет такими темпами, что немислимое год-два назад становится сейчас реальным.

Появление модулей Bluetooth класса 1 позволяет увеличить дальность радиодоступа к компьютерам, телефонным аппаратам и базовым диспетчерским пультам до 70–100 м на открытом пространстве и до 30–50 м в помещениях, разделенных стенами и межэтажными перекрытиями. На этой элементной базе появляется возможность создания компактных передающих блоков радиомикрофонов как в ручном, так и в настольном исполнении. Последнее открывает новые возможности проектирования беспроводных систем конференц-связи.

По-новому может решаться и задача беспроводного прослушивания с помощью головных телефонов вещательных и музыкальных программ от бытовой радиоэлектронной аппаратуры.

Появление быстродействующих репитеров позволило предложить удлиненные микросотовые сети ближней радиосвязи с формируемой конфигурацией и дальностью [2]. Такие сети могут быть полезны вдоль трасс, охраняемых перимет-

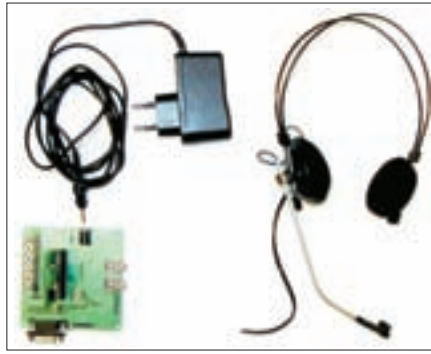


Рис. 4. Макет гарнитуры беспроводной связи



Рис. 5. Опытный образец гарнитуры беспроводной связи

ров, горных выработок с изменением направления и в метро (рис. 3).

Одним из существенных преимуществ акустических оконечных устройств в виде гарнитур является предоставление пользователю режима «свободные руки». Другое преимущество такого конструктива состоит в возможном увеличении энергоемкости источников питания с увеличением времени работы за счет использования объема заглушек [3].

Третье преимущество состоит в возможности повышения шумостойкости абонентского устройства по сравнению с существующими гар-

нитурами Bluetooth серийного типа и трубок стандарта DECT [4]. Наилучший результат дает применение телефонных заглушек и контактного микрофона [5].

Наконец, наличие оголовья дает гарнитурам четвертое преимущество — возможность увеличения длины антенны с размещением ее в конструкции как жесткого, так и мягкого оголовья, что может существенно увеличить дальность устойчивой связи [6].

Если учесть, что в конструктивах гарнитур могут быть реализованы полезные акустические решения (открытые телефоны, обеспечивающие эффект присутствия; шумостойкие микрофоны, пассивное и активное шумоподавление и т. п.), акустические устройства представляют полезное развитие беспроводных абонентских терминалов.

### Практические решения

Первые практические результаты по реализации гарнитуры беспроводной связи с использованием технологии Bluetooth были получены на отладочных стендах, представленных нашими партнерами — фирмой «ПетроИнТрейд» и их консультационно-техническим центром. Располагая большой номенклатурой микрофонов, телефонов и гарнитур собственной разработки и изготовления, мы можем подобрать наиболее оптимальные акустические устройства с точки зрения наилучшего сопряжения с входными и выходными цепями отладочного стенда.

Предпочтение было отдано легкой гарнитуре ГНШ-6 с электретным микрофоном и динамическим телефоном.

Макет беспроводной гарнитуры показан на рис. 4. Он построен на основе отладочной платы Starter Kit BT 2409 M и упомянутой выше легкой гарнитуры ГНШ-6.

При макетировании использовалась антенна SMD Phycomp. Действующий макет показал



Рис. 6. Радиогарнитуры в действии



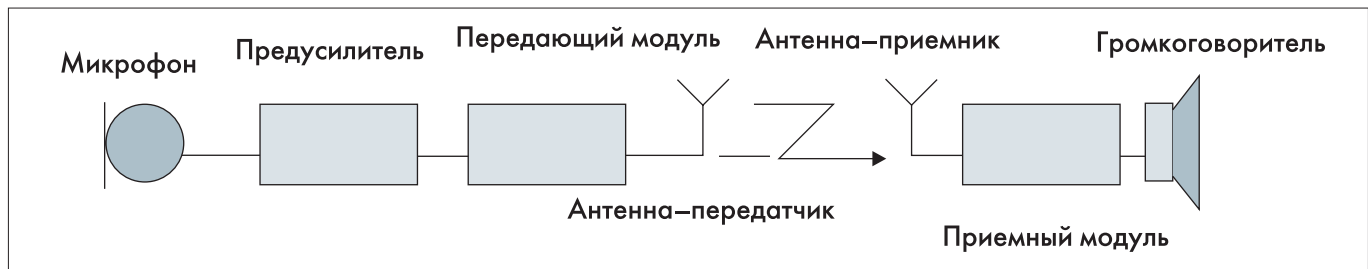


Рис. 7. Блок-схема беспроводного громкоговорящего устройства

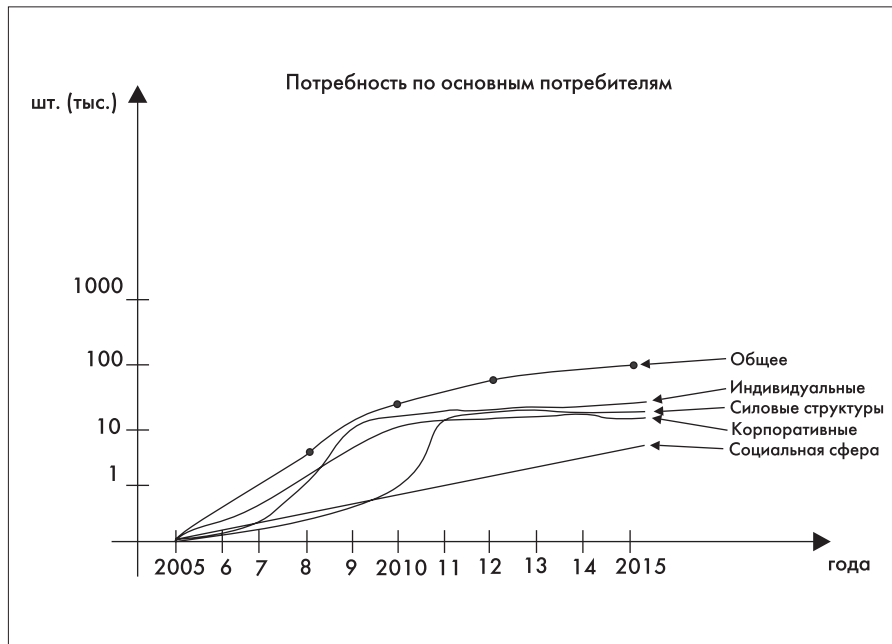


Рис. 8. Потребность по основным потребителям (прогноз)

хороший результат, что позволило перейти к созданию опытного образца.

За базовую конструкцию была взята гарнитура ТМГ-22, которая содержала гарнитуру ГНШ-6 без усилителя тракта передачи. Приемопередающая плата монтировалась в переходном модуле гарнитуры ТМГ-22, содержащем источник питания.

Таким образом, опытный образец гарнитуры содержал оголовье с микрофоном и телефоном и приемопередающий блок с антенной и питанием. В качестве приемопередающего модуля использовался модуль Bluetooth класса 1 WML-C20 фирмы Mitsumi.

Оба абонентских устройства были выполнены одинаковыми. Испытания показали работоспособность опытных образцов беспроводных гарнитур связи в режиме «точка-точка». Дальность связи в помещении — больше 30 м (определялась длиной коридора), на улице — около 100 метров. Опытный образец показан на рис. 5. Разборчивость речи хорошая. На пределе дальности речь начинает прерываться. Дальность речевой связи резко ограничивается металлическими дверями и железобетонными перегородками в промышленном здании. На рис. 6 показано общение через радиогарнитуру.

### Перспективы развития беспроводных гарнитур и переговорных устройств

Прежде всего, для широкого использования беспроводных модулей в интересах их изготовите-

лей и продавцов необходимо создать грамотные и оснащенные группы технической поддержки, которые на первых порах предложили бы заинтересованным предприятиям на очень льготных условиях отладочные блоки, пробные образцы модулей, программное обеспечение и обучение.

Затраты на это очень быстро окупятся благодаря быстрому росту спроса на модули. В противном случае этот рынок будет тлеющим еще несколько лет.

В социальной сфере, несмотря на ее низкую платежеспособность, наиболее вероятным потребителем окажутся секторы спорта, туризма и коммунального хозяйства. В сфере культуры будут востребованы гарнитуры для экскурсионного бизнеса и зрелищных мероприятий. При этом они могут обеспечивать связь в одну сторону, что несколько упрощает и удешевляет аппаратуру. Беспроводное громкоговорящее устройство должно появиться раньше других — оно уже востребовано на элитных дачах, в тренажерных залах, в бассейнах, на спортивных площадках. Такое устройство (рис. 7) мы предлагаем уже сейчас.

Среди корпоративных пользователей одни из самых перспективных — это строители и работники топливно-энергетического комплекса. В этой сфере применения предпочтение может быть отдано технологиям DECT. Чтобы Bluetooth-технологии могли успешно конкурировать, надо предложить на рынок сопрягающиеся репитеры. Силовые структуры как потребитель этого вида связи перспективны, но в

силу своей консервативности и недостаточного финансирования будут развивать это направление долго и поэтому малозэффективно. В то же время принцип «радиогарнитуру каждому бойцу» мог бы стать каркасом мощной системы локальной низовой связи, связывающей малоинформированную и изолированную боевую единицу в управляемый коллектив, многократно усиленный взаимной поддержкой в виде локальной сети, реализующей режимы «точка-точка» и «точка-многоточка». Индивидуальные пользователи начнут использовать ближнюю беспроводную связь раньше других, но темпы роста здесь определяются покупательной способностью.

Предполагаемый прогноз внедрения акустических беспроводных устройств показан на рис. 8. Это более реалистичный, так называемый пессимистический вариант развития.

Это авторский прогноз, ориентированный, в основном, на городское население и промышленно развитые районы страны. Он сделан на основании опыта и анализа изучения потребности в окончательных акустических устройствах по каждой из упомянутых групп потребителей, с учетом их психологических, экономических и поведенческих особенностей.

Разумеется, все эти предположения столкнутся с ценовой политикой и могут быть существенно деформированы.

На наш взгляд, для ускоренного внедрения беспроводных технологий передачи речи цена модуля должна быть около \$10. В этом случае возможна эффективная конкуренция с проводной связью и интенсивное заполнение ниши ближней беспроводной связи. **Б**

### Литература

1. Бабкин В. А., Розин А. Г., Трофимова В. А. Приемник акустический. Авторское свидетельство на полезную модель № 19632, 2001.
2. Розин А. Г. Система локальной радиосвязи. Патент на ПМ № 44219, 2004.
3. Клобуков В. Е., Простаков А. Н., Пыко В. Н., Розин А. Г. Радиогарнитура. Патент на ПМ № 44217, 2004.
4. Бабкин В. А., Бабкина Л. К., Иванова И. В., Розин А. Г., Трофимова В. А. Радиогарнитура Bluetooth. Заявка на полезную модель с решением о выдаче патента с приоритетом от 6.09.04.
5. Бабкина Л. К., Бабкин В. А., Иванова И. В., Розин А. Г., Трофимова В. А. Радиогарнитура. Патент на ПМ № 44020, 2004.
6. Клобуков В. Е., Простаков А. Н., Розин А. Г., Хохлунова И. И., Чемоданова Т. М. Гарнитура беспроводной связи. Патент на ПМ № 44218, 2004.

# Новаторский подход к проектированию скоростных RFIC-передатчиков

Энди ХАУАРД  
(Andy Howard)

*Для проектирования приемопередатчиков (трансиверов) на основе радиочастотных интегральных схем (RFIC) необходимо использовать различные технологии и возможности моделирования. В этой статье представлен целый ряд методов моделирования в частотной области (гармонический баланс), смешанного моделирования в частотной и временной областях (анализ огибающей модулирующего сигнала), электромагнитного моделирования и смешанного моделирования в числовой, частотной и временной областях (испытательные стенды для беспроводной связи), которые применяются в передатчиках интегрированных RFIC-трансиверов для беспроводных локальных сетей (WLAN), соответствующих стандарту IEEE 802.11b.*

Все перечисленные выше методы моделирования являются в большинстве случаев быстрыми и эффективными, вследствие чего должны вызывать повышенный интерес у проектировщиков радиочастотных интегральных схем, по-прежнему пользующихся традиционными средствами моделирования во временной области.

Передатчик с прямым преобразованием (рис. 1) состоит из генератора, управляемого напряжением (ГУН или VCO), и предварительного делителя частоты, предназначенных для генерирования дифференциальных квадратурных сигналов гетеродина (Local Oscillator — LO), возбуждающих смесители I и Q. Аналоговые широкополосные перестраиваемые фильтры и усилители группового спектра, а также усилитель мощности (относительно небольшой) встроены в чип.

## История вопроса

Предположим, что в рамках данного процесса проектирования системотехник выполнил высокоуровневое проектирование с использованием поведенческих моделей и передал приблизительные спецификации для каждого блока проектировщику радиочастотных интегральных схем. У проектировщика RFIC может иметься какой-либо существующий проект, который, возможно, используется в другом производственном процессе, работает в другом диапазоне частот, имеет слишком маленькую или слишком большую выходную мощность, либо недостаточно эффективен и т. д. Поэтому предположим, что этот конструктор начнет переделку каждого блока в своем проекте в соответствии с требованиями целевого производственного процесса. Для обеспечения основных функциональных возможностей проектировщику потребуется изменить проектное решение (главным образом, напряжения и токи смещения, а также размеры устройств) для каждого блока. После этого могут понадобиться дополнительные исследования и проектирование для обеспечения необходимого уровня рабочих характеристик каждого блока, а также для «анализа пространства проектных

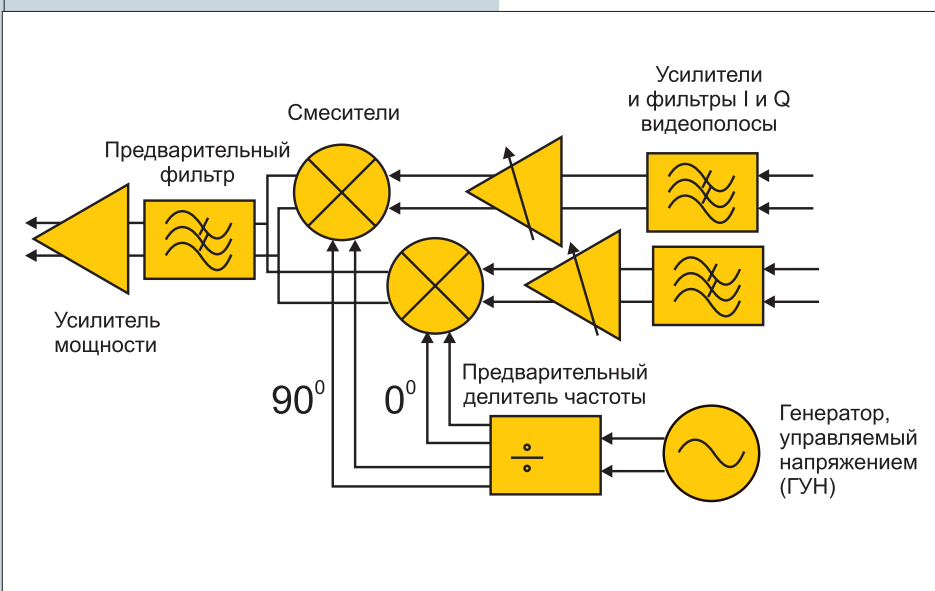


Рис. 1. Блок-схема передатчика

параметров» в целях выявления возможностей для повышения рабочих характеристик при одновременном снижении стоимости (за счет уменьшения потребляемой мощности, экономии места и т. д.).

Во время проектирования необходимо найти ответы на целый ряд важных вопросов.

Будет ли ГУН генерировать колебания, и в каком диапазоне частот? Какова его характеристика управления частотой? Как обстоит дело с фазовым шумом? Как изменяются характеристики ГУН при изменении температуры? Имеет ли выходной сигнал предварительного делителя частоты достаточную мощность для возбуждения смесителя? Будет ли ГУН продолжать генерировать колебания после подключения к предварительному делителю частоты? Как зависит усиление преобразования смесителя от амплитуды сигнала гетеродина? Как улучшить IP3 (точку пересечения третьего порядка) смесителя? Как она изменяется в зависимости от тока смещения? Можно ли ее оптимизировать? Как смеситель искажает сигналы с модуляцией WLAN? Кроме того, необходимо найти ответы на те же вопросы и в отношении усилителя канала видеополосы и мощности.

Что касается эффективности, важно, чтобы на этапе предварительного проектирования используемые средства автоматизированного проектирования электронных устройств (EDA) позволяли проектировщикам легко свипировать, настраивать и оптимизировать параметры, которые оказывают непосредственное влияние на важные характеристики схем. Кроме того, важно, чтобы такие инструментальные средства позволяли проектировщикам получать четкие результаты моделирования и обладали необходимой гибкостью, давая возможность осмысления и четкого документирования полученных результатов.

Основная часть интересующих характеристик схемных узлов передатчика может быть рассчитана непосредственно по спектру частотной области, если блок управляется небольшим количеством синусоидальных частот. Поэтому имеет смысл использовать средства моделирования в частотной области при условии, что такие средства рассчитаны на работу со схемами подобной сложности, и мы хотели бы показать здесь, что средства моделирования в частотной области способны определять характеристики гораздо более сложных схем, чем можно было бы предположить. Средства моделирования в частотной области имеют дополнительное преимущество в том, что они могут работать с моделями частотных областей и данными измерений напрямую, не требуя генерирования какой-либо эквивалентной схемы с сосредоточенными параметрами.

Для моделирования сложных модулированных сигналов (например, сигналов WLAN, WCDMA и т. д.) в современных системах связи одного лишь моделирования в частотной области недостаточно (в связи с тем, что этот вид моделирования предназначается только для определения характеристик в установившемся режиме, а сложные модулированные сигналы могут произвольно изменяться во времени). Поэтому мы рассмотрим несколько различных способов моделирования таких модулированных сигналов.

## Применение моделирования в частотной области при проектировании ГУН

Двумя важными начальными характеристиками проектирования ГУН являются определение диапазона резонансных частот настраиваемого резонатора и ответ на вопрос, будет ли схема генерировать колебания.

Можно начать с резонансного контура, включая варакторные диоды и идеальную катушку индуктивности вместо спиральной. Моделирование S-параметров в частотной области с изменением напряжения настройки в качестве параметра позволит узнать диапазон настройки резонатора. Регулировка величины индуктивности и размера варакторных диодов должна дать возможность установить диапазон настройки резонатора. После того как вы получите резонатор, работающий в требуемом диапазоне настройки, необходимо заменить идеальную катушку индуктивности планарной спиралью с той же номинальной индук-

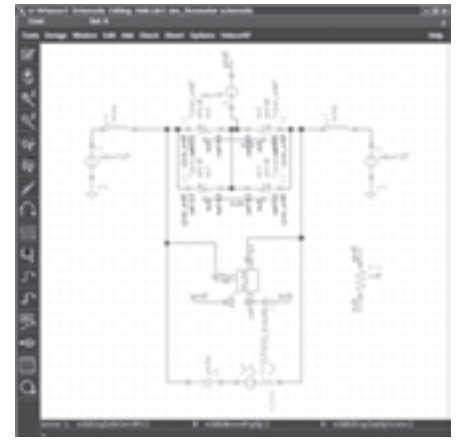


Рис. 2. Моделирование характеристик резонатора в зависимости от напряжения смещения, повторное использование результатов электромагнитной имитации для моделирования спиральной индуктора

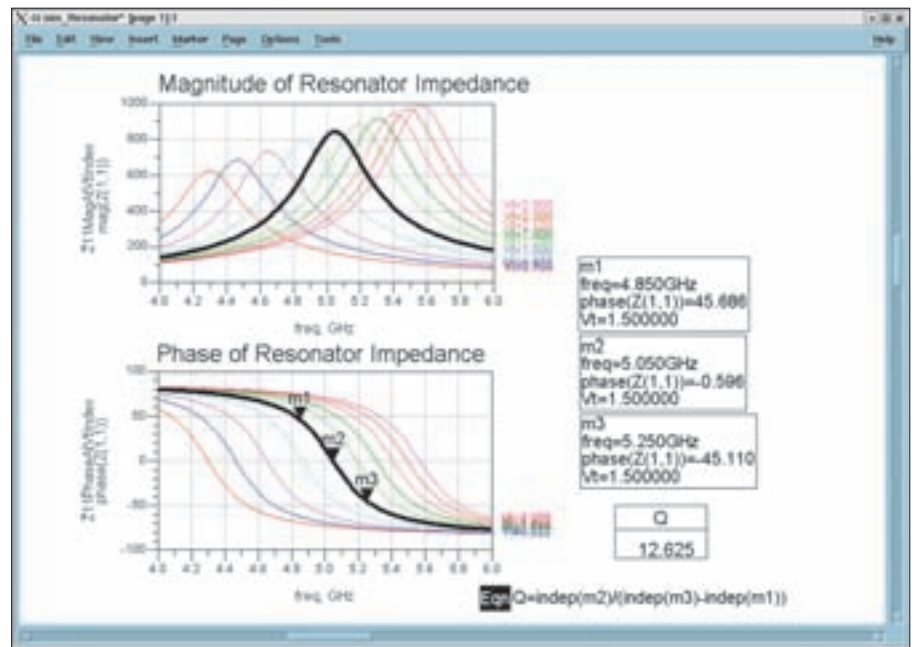


Рис. 3. Частотная характеристика резонатора при изменении напряжения настройки в качестве параметра. Величина Q вычисляется по маркерам

тивностью. (Для синтеза спиральных катушек с нужной величиной индуктивности можно воспользоваться инструментальным средством VelocERF от компании Helic.) Для моделирования спирального индуктора и создания точной модели частотной области, которая может применяться во всех последующих операциях моделирования ГУН, можно использовать какое-либо планарное электромагнитное решающее устройство. Схема моделирования для тестирования диапазона настройки резонатора показана на рис. 2. На рис. 3 изображены частотная характеристика и диапазон настройки резонатора при изменении напряжения настройки в качестве параметра.

Что делать, если ГУН не генерирует колебания? Как использовать средства моделирования для выяснения причины и поиска путей решения проблемы? Одна часть задачи проектирования ГУН связана с резонатором, а вторая — с активной схемой, которая создает отрицательное сопротивление в определен-

ном диапазоне частот, который достаточно велик для того, чтобы компенсировать потери в резонаторе. Если средство моделирования указывает на то, что ГУН не будет генерировать колебания, то можно удалить резонатор, заменить его каким-либо испытательным сигналом, осуществлять изменение сигнала по частоте и амплитуде и использовать его для определения полного сопротивления резонатора. Если действительная часть полного сопротивления не является отрицательной или слишком мала, можно поэкспериментировать с регулировкой таких параметров, как ток смещения и размеры устройств, до тех пор, пока не будут соблюдены условия генерирования колебаний.

Когда вы получите работающий ГУН, важно убедиться в том, что он продолжает генерировать колебания после подключения к предварительному делителю частоты и в требуемом диапазоне частот. На рис. 4 показан выходной сигнал предварительного делителя частоты, воз-

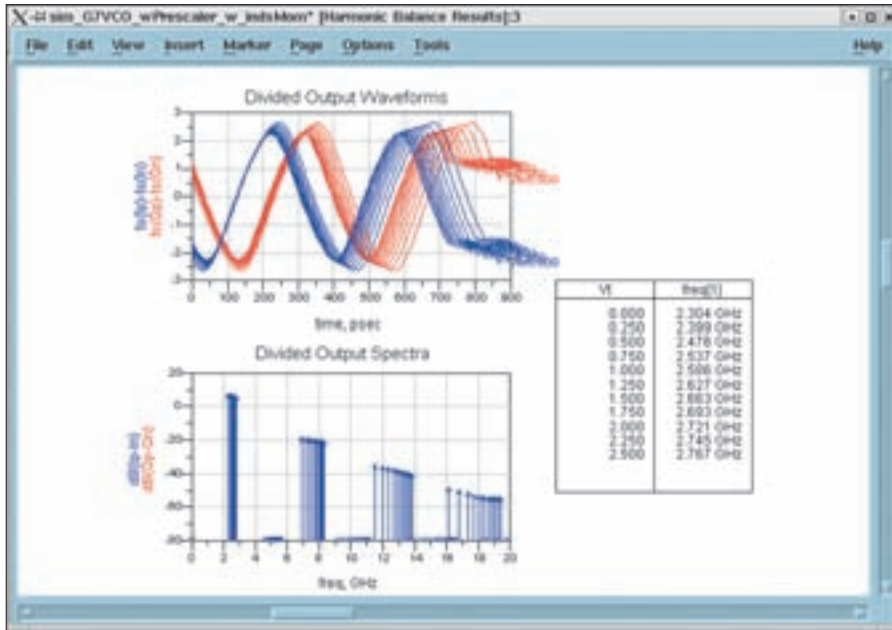


Рис. 4. Формы кривой и спектры выходного сигнала предварительного делителя частоты при изменении напряжения настройки в качестве параметра

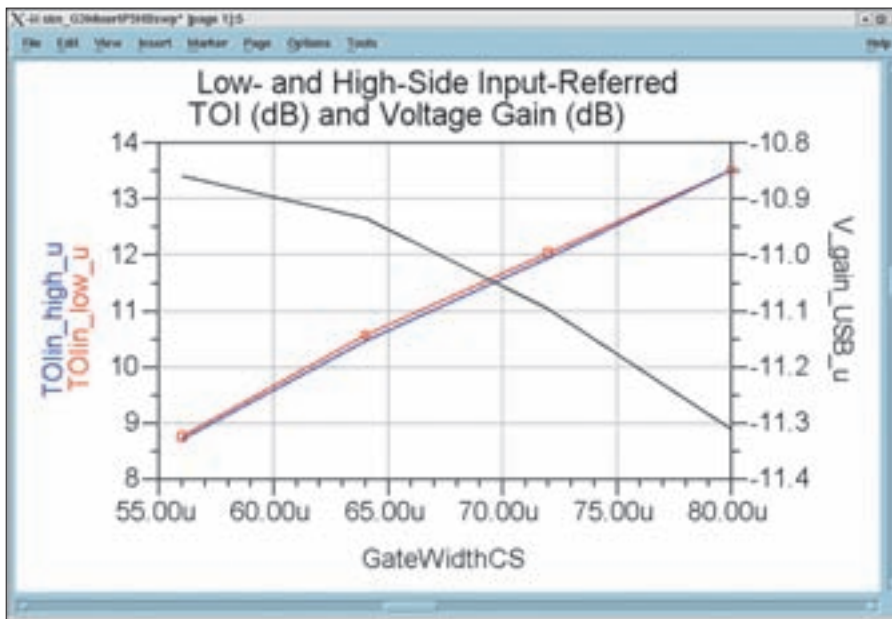


Рис. 5. Компромиссное соотношение между точкой пересечения третьего порядка (часто называемой IP3) и усилением преобразования напряжения в зависимости от длительности стробирующего импульса полевого транзистора

буждаемого ГУН в зависимости от напряжения настройки.

Чтобы убедиться в том, что сочетание ГУН и предварительного делителя частоты нормально работает при изменении температуры и условий производственных процессов, требуется какое-либо инструментальное средство, которое легко определяет характеристики ГУН и предварительных делителей частоты в зависимости от изменения параметров. Для такого вида моделирования с изменением параметров особенно хорошо подходят средства моделирования в частотной области (с учетом начального предположения на основании переходных процессов) при определении характеристик предварительных делителей частоты), которые позволяют наблюдать характеристики схемы в установленном режиме в зависимости от некоторого параметра. Это объясняется тем, что при изме-

нении параметров средство моделирования в частотной области использует характеристики схемы для значения качаемого параметра  $n-1$  в качестве начального предположения для определения характеристик схемы для значения изменения параметра  $n$ . Характеристики определяются быстро и легко при условии, что они не изменяются слишком сильно относительно изменения значений качаемого параметра.

### Применение моделирования в частотной области при проектировании смесителей

В системах с прямым преобразованием смесители обычно используются для преобразования РЧ-сигналов в модулирующие (в приемнике) и модулирующих сигналов в РЧ-сигналы (в передатчике). Такие характеристики смесителей, как,

например, усиление преобразования и IP3 (точка пересечения третьего порядка), могут вычисляться непосредственно по спектрам частотной области входных и выходных сигналов в установленном режиме. Чем больше отношение частоты выходного сигнала к частоте входного сигнала (а величина этого отношения может быть особенно большой для систем с прямым преобразованием, поскольку видеополоса является близкой к нулю по частоте), тем больше времени требуется для моделирования, если используется какое-либо средство моделирования исключительно во временной области, например SPICE. Это связано с тем, что при применении средства моделирования во временной области приходится использовать достаточно малую величину такта для дискретизации радиочастоты и ее гармоник, а также достаточно большое время остановки для захвата полного периода сигнала самой низкой частоты. При использовании средств моделирования в частотной области данная проблема с частотным коэффициентом не возникает, поскольку в этом случае время, необходимое для моделирования, не зависит от частоты сигналов.

Во время определения характеристик смесителей (и других блоков в проекте) и оптимизации их производительности полезно иметь возможность изменения и оптимизации параметров. При моделировании в частотной области можно составлять график зависимости рабочих характеристик, которые необходимо улучшить, от некоторого произвольного качаемого параметра, либо осуществлять оптимизацию напрямую. Таким образом, можно легко увидеть, например, зависимость усиления преобразования напряжения от амплитуды возбуждения гетеродина и определить необходимую величину выходной мощности предварительного делителя частоты. Кроме того, можно увидеть зависимость усиления преобразования от амплитуды входного сигнала, которая показывает, насколько высокой может быть мощность модулирующего сигнала, прежде чем характеристики нелинейных искажений станут неприемлемыми. На рис. 5 показано компромиссное соотношение между усилением преобразования напряжения и точкой пересечения третьего порядка по мере изменения длительности стробирующего импульса одного из устройств (которая определяет величину тока смещения).

При подобном плавном изменении параметров проектировщики должны хотя бы примерно представлять, какие из параметров оказывают наиболее сильное влияние на коэффициент усиления по напряжению и пересечение третьего порядка. Однако если такое изменение параметров может производиться быстро (в рассматриваемом случае установка четырех различных значений длительности импульса полевого транзистора и вычисление усиления преобразования и IP3 занимает всего 75 с), определить, какие параметры имеют значение, а какие нет, очень просто.

Оптимизация позволяет изменять несколько параметров одновременно при попытке улучшения различных рабочих характеристик. В данном случае мы устанавливали несколько различных величин длительности импульса полевого транзистора для одновременной максимизации усиления преобразования и IP3. Для проверки надежности оптимизатора начальные значения параметров были специально установ-

лены таким образом, чтобы рабочие характеристики были неудовлетворительными. Меньше чем за 25 минут оптимизатор улучшил точку IP3 примерно на 14 дБ и усиление преобразования напряжения более чем на 3 дБ.

### Как блоки искажают сигналы беспроводной локальной сети (WLAN)

Характеристики и спецификации смесителей и других блоков традиционно определяются с помощью синусоидальных колебаний. Тем не менее синусоидальные характеристики (обычно это компрессия усиления и IP3) могут недостаточно точно предсказывать ухудшение рабочих характеристик, вносимое каждым блоком при обработке комплексных модулированных сигналов. Для выполнения подобного моделирования требуется следующее:

- возможность математической обработки процесса генерации сигналов;
- возможность преобразования этих сигналов в нестационарные сигналы, с которыми способно работать средство моделирования на уровне транзисторов;
- средство смешанного моделирования в частотной и временной областях для эффективной обработки как высокочастотных РЧ-сигналов, так и относительно медленно изменяющихся модулирующих сигналов;
- возможность быстрой характеристики поведения схем и создания моделей, которые могут имитироваться гораздо эффективнее, чем схемы на уровне транзисторов;
- готовые шаблоны для отображения результатов, такие как шаблоны EVM, спектра, пиковой и средней мощности, звездные диаграммы и т. д.

Инструментальные средства, применяемые для моделирования сигналов беспроводной локальной сети (WLAN), основываются на использовании имитатора Ptolemy, разработанного Калифорнийским университетом в Беркли (обработка числовых данных), моделировании по двум источникам входных данных (которое предусматривает одновременное выполнение обработки числовых данных и моделирование на уровне транзисторов и функциональном уровне), применении технологии огибающей модулирующего сигнала (для смешанного моделирования в частотной и временной областях), автоматическом проверочном моделировании (для быстрого создания моделей по результатам моделирования в частотной области с автоматическим изменением мощности) и отображении данных. Все перечисленные возможности были объединены в «испытательный стенд для беспроводной связи» (Wireless Test Bench), поэтому для получения значимых результатов совершенно не обязательно быть крупным специалистом в области всех инструментальных средств и технологий, на которых основывается рассматриваемое решение.

На рис. 6 изображен спектр выходного сигнала смесителя, а также показано, что требование к спектральной маске WLAN соблюдено.

### Применение моделирования в частотной области и WTB для канала видеополосы

Моделирование аналоговых цепей видеополосы традиционно осуществлялось с помощью

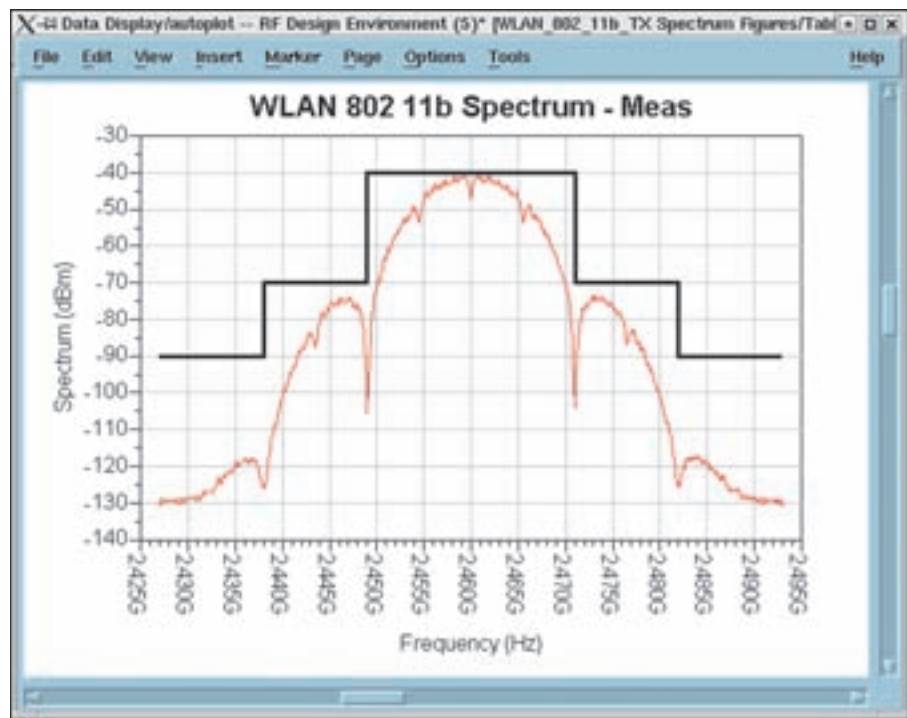


Рис. 6. Спектр выходного сигнала смесителя для входного сигнала стандарта 802.11b

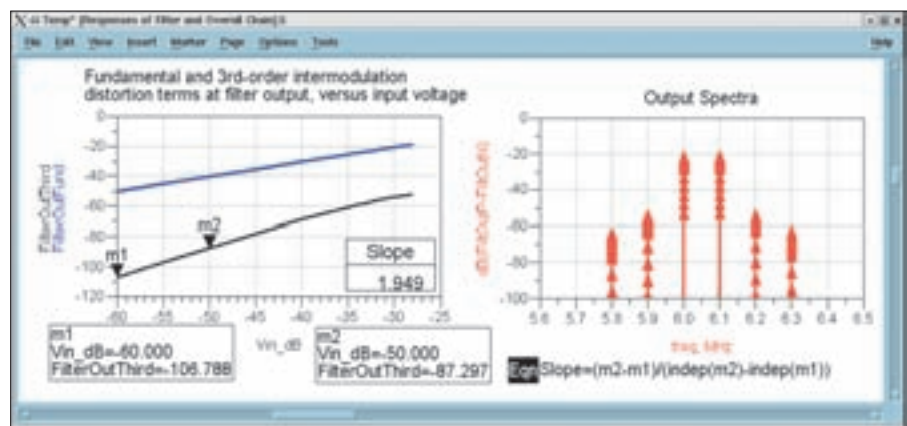


Рис. 7. Основной выходной сигнал и выходной сигнал интермодуляционных искажений фильтра группового спектра

средств моделирования во временной области, таких как SPICE. Тем не менее не существует причин, по которым в данном случае нельзя применять моделирование в частотной области. Для цепей видеополосы в частотной области могут применяться те же самые виды моделирования усиления и IP3, но только без преобразования частоты.

Авторами была предпринята попытка определения характеристик нелинейности (точки IP3) канала видеополосы (фильтра Gm-C [1] и усилителя с регулируемым коэффициентом усиления). Тем не менее, из-за своих особенностей этот фильтр не имеет традиционной нелинейности третьего порядка. Это можно увидеть при проведении двухчастотного моделирования с плавным изменением амплитуды и построении графика зависимости основных частот и частот интермодуляционных искажений третьего порядка от амплитуды входного сигнала, как показано на рис. 7.

Крутизна повышения характеристики тонового интермодуляционных искажений меньше углового коэффициента «3 к 1», а, значит, вычислить точку IP3 нельзя. В этом случае для того,

чтобы увидеть степень искажения модулирующих сигналов каналом видеополосы, лучше применять моделирование с использованием «испытательного стенда для беспроводной связи». Применение данной методики показывает, что характеристика EVM, вносимая каналом группового спектра, сильно зависит от ширины полосы фильтра, и если последняя уже, чем требуется, даже всего на несколько МГц, то характеристика EVM стремительно ухудшается до неприемлемого уровня (от 15 до 25%).

### Моделирование усилителя мощности

В связи с ограниченностью места в статье кратко рассматривается только несколько вопросов, связанных с моделированием усилителя мощности. В этом проекте усилитель мощности интегрирован с остальной частью трансивера и предназначается для применения в беспроводных локальных сетях (стандарта 802.11b) с относительно низкой выходной мощностью. Плавное изменение параметров и быстрое моделирование в частотной области позволяют

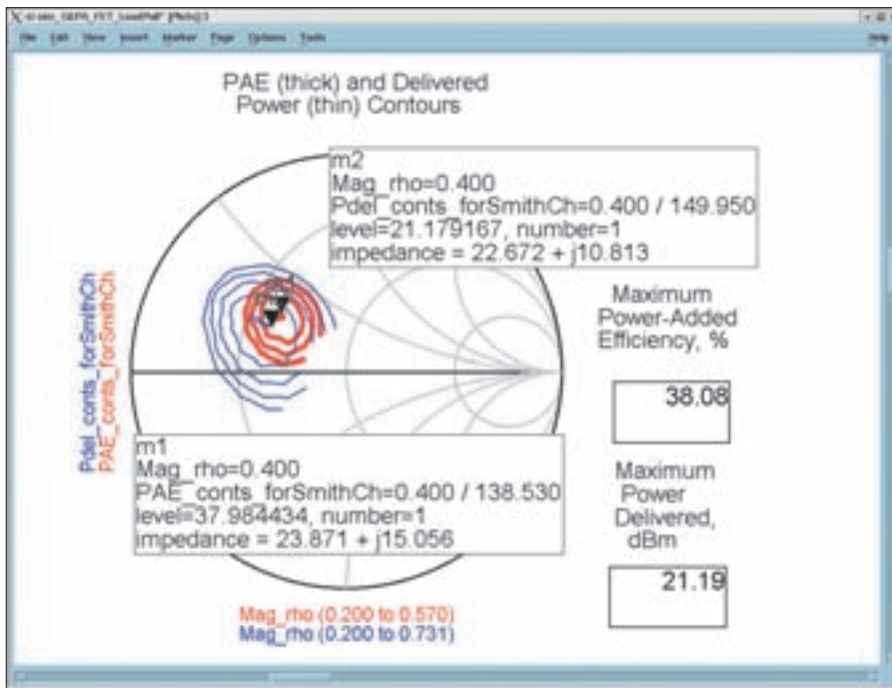


Рис. 8. Результаты моделирования согласования нагрузки

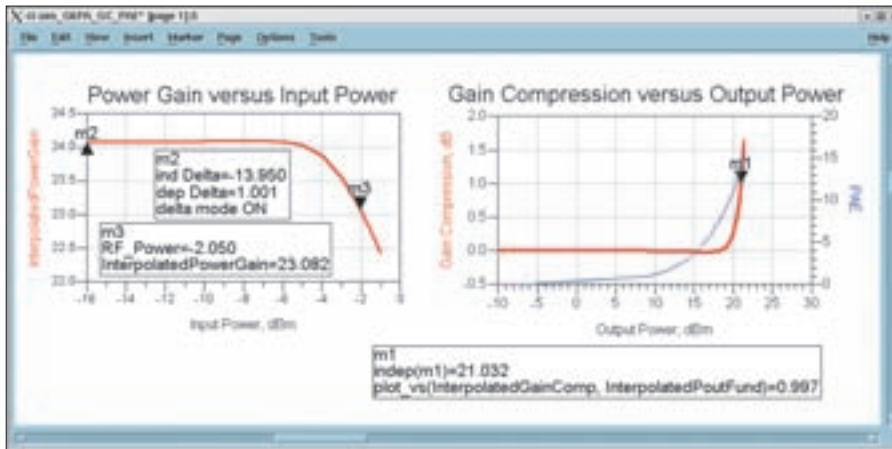


Рис. 9. Результаты однотонового моделирования с изменением мощности извлеченной модели усилителя мощности. Выходная мощность в точке компрессии 1 дБ составляет 21,03 дБм

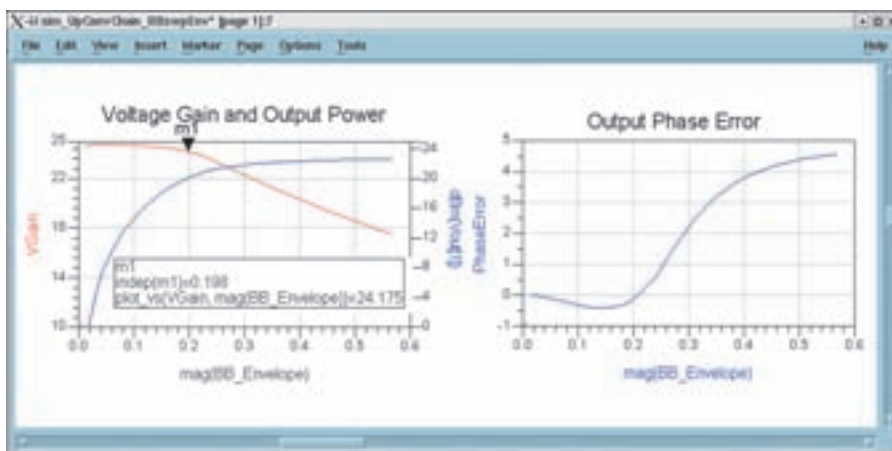


Рис. 10. Фазовая погрешность и нелинейные искажения усилителя при изменении амплитуд модулирующего сигнала I и Q

эффективно моделировать согласование нагрузки и источников активных устройств, которое должно показывать оптимальные величины полного сопротивления согласования нагрузки и источников (и величины гармонического полного сопротивления в случае необходимос-

ти) для максимизации отдаваемой мощности и КПД суммирования мощности. На рис. 8 показаны результаты моделирования согласования нагрузки для одного из полевых транзисторов, используемых в выходном каскаде усилителя мощности.

После того как вы узнали оптимальные величины полного сопротивления, скорее всего, для достижения таких величин потребуются спиральные индукторы. Как указано выше, электромагнитное моделирование плоских спиральных структур позволяет создавать высокоточные модели, которые могут очень эффективно имитироваться в частотной области. В этом случае однотоновое моделирование с изменением мощности за пределами точки нелинейных искажений 3 дБ занимает всего 5 с, а двухтоновое моделирование с изменением мощности точки IP3 — всего 30 с.

Следующим шагом является создание извлеченной модели усилителя, имеющего свыше 250 000 паразитных элементов (включая 754 нелинейных), с помощью инструментального средства Cadence AssuraRF. При использовании того же самого имитатора гармонического баланса в частотной области, который был описан выше, для проведения однотонового моделирования с изменением мощности этой извлеченной модели до уровня за пределами точки нелинейных искажений 1,5 дБ требуется около 2 ч 38 мин. Это свидетельствует о том, что имитаторы гармонического баланса способны работать с очень большими схемами. Результаты подобного моделирования извлеченной модели показаны на рис. 9. Для определения максимальной входной мощности, которая могла бы подаваться при условии соблюдения требований к спектральной маске выходного сигнала, было проведено моделирование усилителя (но не извлеченной модели) с использованием «испытательного стенда для беспроводной связи», что потребовало около 40 с.

### Моделирование всего передатчика целиком

Заключительное испытание — это проверка рабочих характеристик всего проекта передатчика. Описанные ниже испытания проводятся с моделированием всех блоков на уровне транзисторов.

Первое моделирование представляет собой медленное изменение амплитуд модулирующего сигнала I и Q на входах в каналы видеополосы I и Q. В идеале амплитуда сигнала на выходе усилителя мощности должна линейно следовать за модулем вектора, создаваемого комбинацией входов I и Q. Любое отклонение линейности амплитуды и изменение фазы выходного сигнала будет считаться искажением. Можно проверять усиление по напряжению и изменение фазы в различных точках передатчика, чтобы увидеть, в каком месте вносятся искажения. Или просто следить за тем, чтобы амплитуды модулирующего сигнала находились ниже уровней, на которых искажение фазы и амплитуды выходного сигнала становится недопустимо большим. Это крупномасштабное моделирование, и его схема включает почти 3500 устройств, из которых более 1500 являются нелинейными, но оно занимает всего 8 мин 20 с после проведения разового моделирования продолжительностью 6 мин 8 с для определения начальных предположений. Результаты моделирования показаны на рис. 10 и свидетельствуют о том, что если модуль вектора, построенного по модулиру-

ющим сигналам I и Q, составляет менее 0,25, нелинейность амплитудной характеристики и фазовая погрешность являются достаточно небольшими.

Также можно одновременно изменять амплитуды и фазы модулирующих сигналов I и Q, чтобы результирующая амплитуда и фаза выходного сигнала усилителя изменялись по спирали. На рис. 11 показаны спираль входного модулирующего сигнала и спираль на выходе каналов группового спектра (с меткой «IF», даже несмотря на отсутствие смещения частоты) слева и спираль на выходе усилителя мощности справа. Обратите внимание на то, что спираль уже демонстрирует нелинейные искажения еще до какой-либо обработки РЧ. Это позволяет получить быстрый способ проверки того, насколько хорошо многочисленные комбинации модулирующих сигналов I и Q соответствуют выходному РЧ-сигналу. Время, необходимое для моделирования, зависит от разрешения создаваемой спирали. Например, для создания спирали с крупным шагом, показанной на рис. 12, потребовалось всего около 10 мин.

Для проверки двухполосной модуляции используются входные сигналы I и Q в виде синфазных синусоид с частотой 1 МГц. ГУН устанавливается на частоту, близкую к 5 ГГц, что дает гетеродину около 2,5 ГГц. Таким образом, выходной сигнал усилителя мощности имеет двухполосный спектр, центрированный вокруг частоты гетеродина. Амплитуды модулирующих синусоид могут качаться, демонстрируя соответствующее увеличение интермодуляционных искажений. Это моделирование занимает 1 ч 19 мин, что немного дольше описанных выше более простых проверок точности модуляции. Результаты моделирования показаны на рис. 13.

В качестве заключительного испытания передатчика на уровне транзисторов с помощью имитатора Ptolemy были генерированы модулирующие сигналы беспроводной локальной сети I и Q во временной области. Эти сигналы были переданы в модель передатчика из некоторого набора данных и использовались для возбуждения каналов группового спектра I и Q. На проведение этого моделирования потребовалось почти 10 ч для 666 символов. Такое моделирование занимает много времени, но его можно выполнять в ночное время. По результатам моделирования нам удалось увидеть график траектории выходного сигнала и мощность, а также узнать, соблюдаются ли требования к спектральной маске, как показано на рис. 14.

## Заключение

Проектирование беспроводных трансиверов требует использования многочисленных методов и возможностей моделирования, которые часто намного превышают возможности традиционных средств моделирования во временной области, таких как, например, SPICE. В последние годы возможности средств моделирования в частотной области и смешанного моделирования в частотной и временной областях значительно повысились, что показывают представленные в настоящей статье данные о моделировании. Если вы работаете

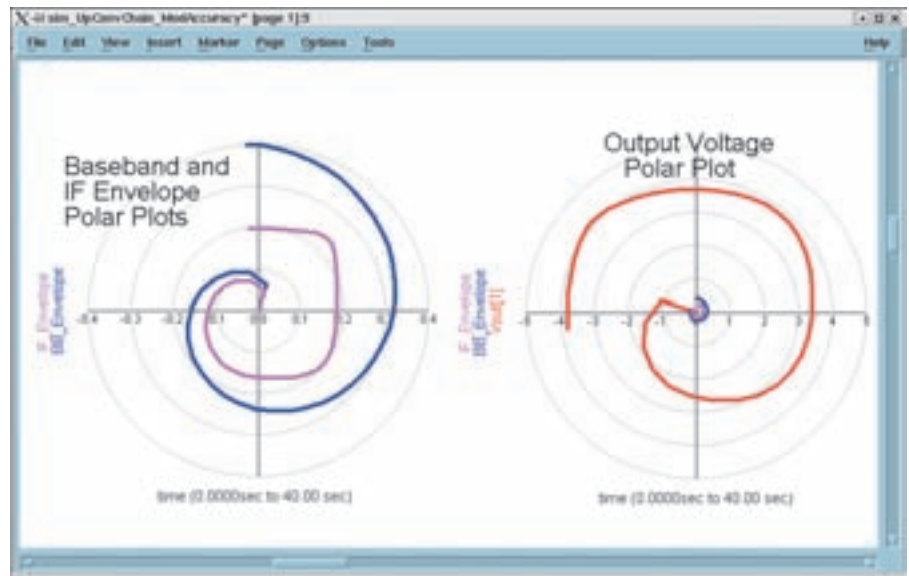


Рис. 11. Проверка точности модулирования передатчика путем изменения амплитуды и фазы входных модулирующих сигналов I и Q для проверки спирали во всем диапазоне. Спираль справа представляет собой выходной сигнал усилителя



Рис. 12. Искажение коэффициента усиления по напряжению и фазовая погрешность выходного сигнала на выходе усилителя мощности при спиральной характеристике входного модулирующего сигнала

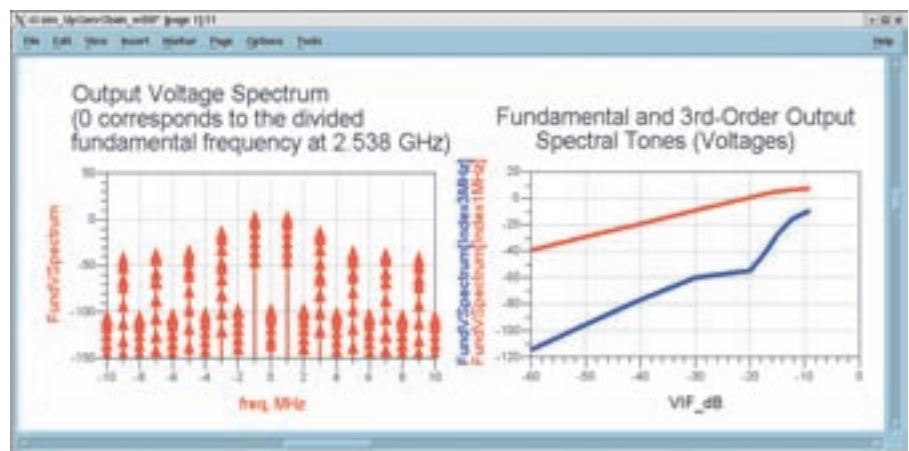


Рис. 13. Искажения на выходе усилителя при проведении моделирования двухполосной модуляции с изменением

в данной области в качестве конструктора РЧ-устройств, возможно, опробование указанных методов моделирования при проектировании будет стоить затраченного времени.

Дополнительную информацию об RFDE (среде радиочастотного проектирования Radio Frequency Design Environment, инструментальных средствах моделирования и отображения

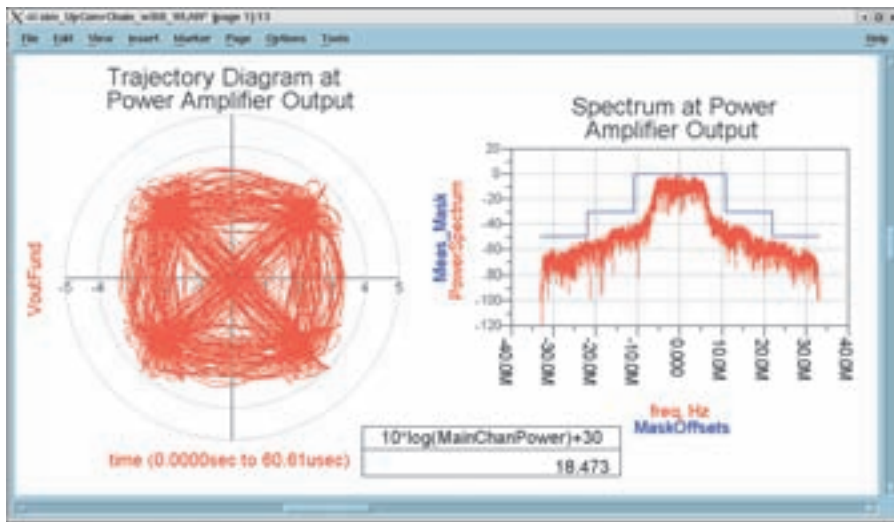


Рис. 14. Спектр выходного сигнала и графики траекторий для модулирующих входных сигналов I и Q беспроводной локальной сети

данных, доступных в среде проектирования Cadence Virtuoso Analog Design Environment) и испытательных стендах для беспроводной связи (являющихся частью RFDE) можно найти в Интернете по следующим адресам: <http://eesof.tm.agilent.com/products/rfde.html> и <http://eesof.tm.agilent.com/docs/rfdoc2004A/rfdemanuals/rfdewtbsim.html>.

База данных по проектированию передатчиков (включая топологию) и результаты моделирования, рассматриваемые в настоящей статье (а также результаты, не включенные в нее), будут доступны позднее. **Б**

## Литература

1. Tsividis Y. P., Voorman J. O. Integrated Continuous-Time Filters, Principles, Design, and Applications. IEEE Press, 1993.

# БТ НОВОСТИ

## Петербургская компания «Евромобайл» становится дистрибьютором SIMCOM

Между российской компанией «Евромобайл» ([www.euroml.ru](http://www.euroml.ru)) и холдингом SIMCOM ([www.sim.com](http://www.sim.com)) в лице входящей в холдинг компании Suncom Logistics подписан договор о предоставлении компании «Евромобайл» статуса авторизованного дистрибьютора на территории России.

Компания «Евромобайл» (Санкт-Петербург) основана в 2000 году, специализируется на оптовых и розничных поставках компонентов и устройств для беспроводной передачи данных, таких как GSM/GPRS/EDGE-модемы, CDMA/EVDO-модемы, модули Bluetooth, модули систем позиционирования GPS, антенн GSM и GPS, обвязки и других комплектующих, и активно сотрудничает с ведущими производителями оборудования, такими как SonyEricsson, Siemens, Nokia, Wavcom, Mitsumi, Tyco, Zippy.



## Семинар компании «ПетроИнТрейд» на выставке MIPS 2006

В рамках выставки MIPS «Охрана, безопасность и противопожарная защита», которая пройдет в Москве 4–7 апреля 2006 года в СК «Олимпийский», компания «ПетроИнТрейд» организует технический семинар. Семинар пройдет 5 апреля с 12:15 до 13:15 в конференц-зале № 1.

Тема семинара — построение высоконадежных M2M-решений на базе новой линейки продукции GSM/GPRS/EDGE компании Sony Ericsson. Докладчик — А. А. Редько, технический специалист отдела беспроводной связи компании «ПетроИнТрейд». Оформить заявку на участие можно на сайте компании [www.petrointrade.ru](http://www.petrointrade.ru)

## Модули беспроводной передачи данных от компании «Прософт»

Компания «Прософт» совместно с компанией «Фаствелл» начала производство модулей собственной разработки для беспроводной передачи данных. Благодаря использованию в конструкции однокристалльных трансиверов Nordic Semiconductor модули имеют компактные размеры,

малый потребляемый ток и высокую надежность. Уникальной особенностью модулей является наличие встроенного микроконтроллера 8051 с интерфейсом для программирования JTAG, доступным пользователю. Это позволяет запрограммировать модуль под конкретную задачу и сделать его логически законченным устройством. Также может быть использована универсальная прошивка, предлагаемая производителем.

Беспроводные модули работают на частоте 433 МГц и способны передавать аналоговые и цифровые сигналы по радиоканалу на расстоянии до 250 метров. Имеются конфигурации модулей с различными цифровыми интерфейсами, а также модификации со встроенной печатной антенной и BNC-разъемом под внешнюю антенну (в комплекте могут поставляться различные внешние антенны производства компании Aurel).

### Некоторые технические характеристики модулей PWD-433:

|   |                    |
|---|--------------------|
| Максимальная мощность передатчика                 | 10 дБм             |
| Чувствительность приемника                        | -100 дБ            |
| Число частотных каналов                           | 50                 |
| Максимальная скорость передачи                    | 50 кбит/с          |
| Напряжение питания                                |                    |
| Модули PWD-433-XXX-URT, 232                       | 1,9–3,6 В          |
| Модули PWD-433-XXX-USB                            | 5 В от разъема USB |
| Потребляемый ток (модули PWD-433-XXX-URT)         |                    |
| Режим передачи (макс. мощность)                   | 28 мА              |
| Режим приема                                      | 12,5 мА            |
| Режим покоя (включ. по прерыванию или по таймеру) | менее 2 мкА        |
| Встроенный микроконтроллер                        |                    |
| Ядро  | 8051               |
| Тактовая частота                                  | до 16 МГц          |
| Объем памяти программ                             | 4 Кб               |
| Интерфейсы  |                    |
| АЦП   | 4 канала, 12 бит   |
| Цифровой параллельный                             | 4 разряда I/O      |
| Цифровой последовательный                         |                    |
| Модули PWD-433-XXX-URT                            | UART, 19200 бод    |
| Модули PWD-433-XXX-232                            | RS-232, 19200 бод  |
| Модули PWD-433-XXX-USB                            | USB, эмуляция COM  |
| Диапазон рабочих температур                       | -40...+85 °С       |





# Турбокоды — мощные алгоритмы для современных систем связи

Андрей АРХИПКИН  
andrey.arkhipkin@kedah.ru

**В статье рассмотрены базовые принципы построения турбокодов, их характеристики, а также вопросы реализации и применения в современных системах связи.**

## Введение

Широкое применение помехоустойчивого кодирования в современных цифровых системах связи обусловлено тем, что оно является эффективным средством приведения параметров системы к желаемому компромиссу между достоверностью передачи, необходимой мощностью и пропускной способностью.

Обратимся к рис. 1. В передатчике кодер вносит в информационное сообщение избыточность в виде проверочных символов. Закодированные символы поступают на модулятор, который пре-

образует их в аналоговый сигнал. В приемнике демодулятор преобразует принятый сигнал в последовательность чисел, представляющих оценку переданных данных — метрики. Метрики поступают в декодер, который исправляет возникающие при передаче ошибки, используя внесенную кодером избыточность.

В настоящее время известно большое количество достаточно мощных кодов с высокой исправляющей способностью при высоких информационных скоростях. Однако их применение ограничено сложностью реализации оптимальных декодеров, обеспечивающих минимум вероятности ошибочного декодирования. По этой причине на практике чаще всего используются составные или каскадные коды. В таких конструкциях множество символов кодового слова может быть разбито на различные подмножества, сформированные на основе коротких кодов, допускающих простые в реализации процедуры декодирования.

## Принцип построения турбокодов

Турбокоды представляют собой сравнительно новый тип кодов для исправления ошибок, возникающих при передаче цифровой информации по каналам связи с шумами. Впервые они были введены в рассмотрение французским исследователем К. Берру в 1993 году и сразу же привлекли к себе пристальное внимание специалистов в области помехоустойчивого кодирования. Причина этому — уникальная способность турбокодов обеспечивать характеристики помехоустойчивости передачи информации, близкие к теоретически достижимым значениям при умеренной сложности реализации кодеров [1]. Разработка турбокодов развивается по двум направлениям: сверточные турбокоды, образованные путем параллельного соединения двух или более сверточных кодеров, и блочные турбокоды, образованные путем последовательного соединения двух или более блочных кодеров. Как показали исследования [2], блочные турбокоды (Block Turbo Code, BTC) являются более эффективными при относительно высоких кодовых скоростях.

Проиллюстрируем принцип построения турбокодов на примере двумерного блочного турбокода (рис. 2).

Двухмерный блочный турбокод изображается в виде прямоугольника и основан на двух систематических кодах: горизонтальных  $C_x = (n_x; k_x)$  и вертикальных  $C_y = (n_y; k_y)$ . Общая информационная емкость кода  $k = k_x \cdot k_y$ , длительность  $n = n_x \cdot n_y$ .

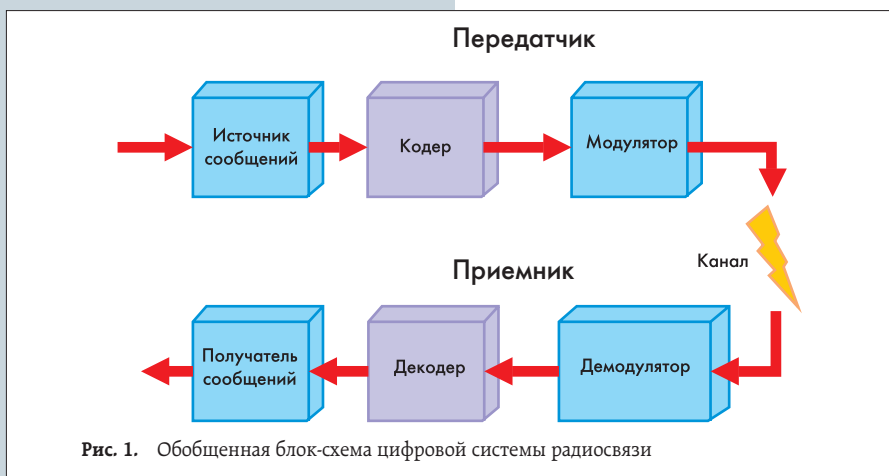


Рис. 1. Обобщенная блок-схема цифровой системы радиосвязи

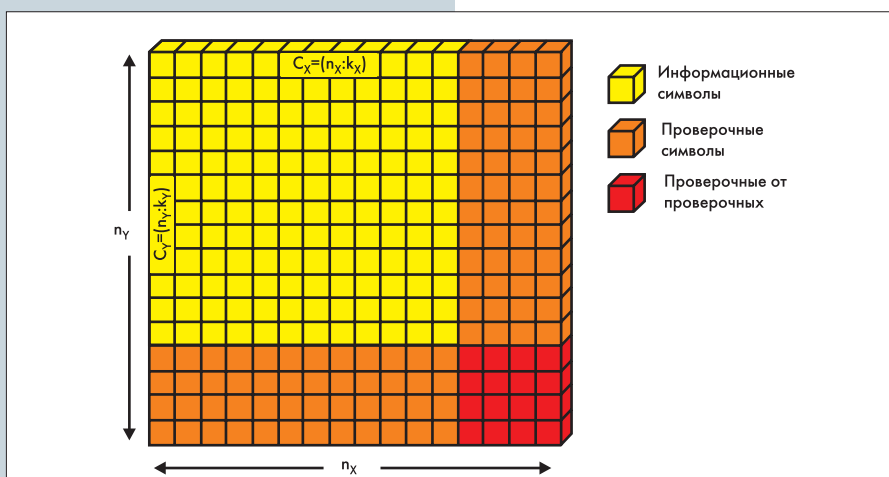


Рис. 2. Иллюстрация принципа построения двумерных блочных турбокодов

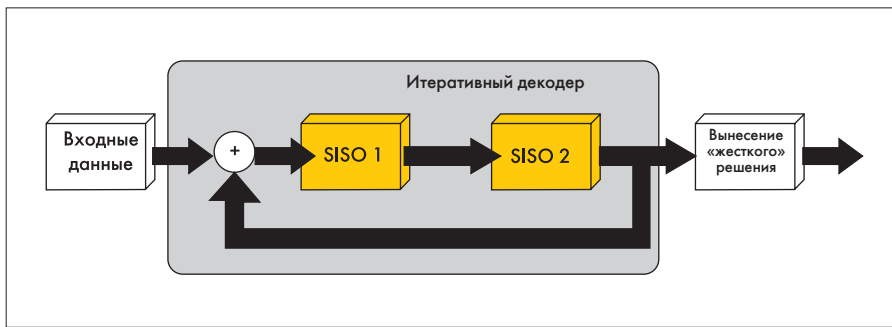


Рис. 3. Блок-схема итеративного декодера

Входной поток битов, поступающих на кодер, построчно записывается в матрицу. Сначала кодируется  $k_x$  строк, затем  $n_x$  столбцов, в результате чего получается кодированная матрица, содержащая как информационные, так и проверочные символы. Каждая строка матрицы представляет собой кодовое слово  $C_x = (n_x; k_x)$  и состоит из  $k_x$  информационных символов и  $n_x - k_x$  проверочных. Каждый столбец, соответственно, представляет собой кодовое слово  $C_y$  и состоит из  $k_y$  информационных символов и  $n_y - k_y$  проверочных. Как правило, передача бит из кодированной матрицы в последующие цепи осуществляется построчно.

### Итеративное декодирование

Достоинство турбокодов состоит в том, что они допускают итеративную процедуру декодирования, в которой на каждой итерации с помощью простых процедур декодирования анализируются данные, принадлежащие простым парциальным кодам.

Схема построения итеративного декодера представлена на рис. 3. Итеративный декодер двумерного блочного турбокода представляет собой последовательное соединение двух элементарных декодеров и основан на вычислении апостериорных вероятностей двоичных символов кодовых слов  $C_x$  и  $C_y$ . Каждый из элементарных декодеров выносит решение о переданном символе на основе критерия максимальной апостериорной вероятности, чем обеспечивается минимум вероятности ошибочного декодирования каждым элементарным декодером.

На первой итерации от демодулятора на вход первого декодера поступают оценки («мягкие» решения) символов. На выходе первого декодера формируется «мягкое» решение символов, которое затем используется в качестве входной информации для второго декодера.

На второй и последующих итерациях декодирования входные данные обновляются и используются как априорная информация о переданных символах для первого декодера. Процедура повторяется от итерации к итерации, увеличивая вероятность правильного декодирования. Окончание процесса декодирования происходит после выполнения заданного количества итерационных циклов. В этом случае после последней итерации от «мягких» решений берется знаковый разряд, который и является выходом итеративного декодера.

Таким образом, на вход элементарных декодеров — также «мягкое» решение. По этой причине такие схемы получили название декодеров

с мягким входом и мягким выходом (Soft Input Soft Output — SISO). Изложенный алгоритм декодирования обладает высокой эффективностью, так как каждая последующая итерация увеличивает достоверность декодирования, а количество итераций ограничено допустимой задержкой на декодирование.

### Характеристики турбокодов

Согласно последним исследованиям и разработкам, наилучшие практические результаты достигаются при использовании турбокодов на основе кодов Хэмминга или кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ) [1, 4].

На рис. 4 представлены характеристики итеративного декодирования двумерного блочного турбокода на основе парциальных кодов Хэмминга (64,57) с проверкой на четность в канале с белым гауссовским шумом. На этом же рисунке представлена характеристика работы распространенной схемы каскадного кодирования, в которой для внутреннего кода применяется сверточное кодирование и декодирование по алгоритму Витерби, а для внешнего — коды Рида-Соломона (RS). Для того чтобы такое сравнение было корректным, рассмотрены коды с близкими скоростями  $R \approx 0.8$ .

Энергетический выигрыш, получаемый при использовании турбокодирования в канале с белым гауссовским шумом, составляет от 2 до 4 дБ по сравнению с другими распространенными методами, такими как рассмотренный каскадный код.

Очевидно, что при энергетическом выигрыше в 3 дБ мощность передатчика может быть уменьшена в 2 раза при прочих равных условиях, либо допустимый коэффициент шума приемника может быть увеличен на 3 дБ. Из литературы [3] известна формула для дальности радиосвязи:

$$R = \sqrt{\frac{P_{TX} \cdot G_{TX} \cdot G_{RX} \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot P_{RX}}}$$

где  $P_{TX}$  — мощность передатчика,  $P_{RX}$  — мощность на входе приемника,  $G_{TX}$  — коэффициент усиления передающей антенны,  $G_{RX}$  — коэффициент усиления приемной антенны, а  $\lambda$  — длина волны. Из этой формулы легко получить, что энергетический выигрыш в 3 дБ позволяет увеличить дальность связи на 40%, либо сократить размеры приемной или передающей антенны на 30%, поскольку коэффициент усиления и эффективная площадь антенны связаны следующим соотношением [3].

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2}$$

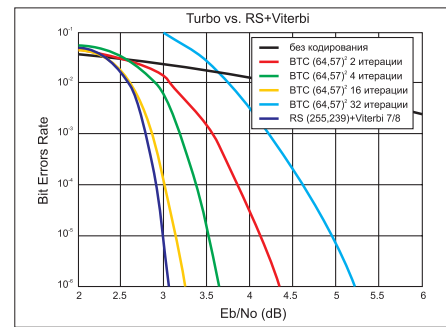


Рис. 4. Результаты итеративного декодирования

Компромисс между этими параметрами должен находиться разработчиками исходя из требований к конкретной системе.

### Аппаратная реализация турбокодов

Первая коммерческая реализация турбокода в виде интегральной схемы была произведена компанией Advanced Hardware Architectures (АНА). Микросхема АНА4541 содержит кодер и итеративный декодер, поддерживает поток со скоростью до 360 Мбит/с, полнодуплексный режим работы и скорости кодирования от 0,25 до 0,98 [4].

В то же время современные тенденции развития телекоммуникационного рынка диктуют разработку так называемых «систем на кристалле» — устройств, содержащих на одном кристалле один или несколько процессоров (в том числе специализированных), некоторый объем памяти, ряд периферийных устройств и интерфейсов, то есть максимум того, что необходимо для решения поставленных перед системой задач. Разработка «систем на кристалле» предполагает оптимизацию разрабатываемой схемотехники, что непосредственно сказывается на потребляемой мощности, площади кристалла, и, как следствие, стоимости. Такие разработки ведутся российской компанией «Кедах Электроникс Инжиниринг» в рамках реализации системы связи на базе стандарта WiMax, в котором определено использование турбокодирования.

### Заключение

В настоящее время теория турбокодирования и технология микроэлектронной реализации турбокодов интенсивно развивается в системах спутниковой связи, беспроводного широкополосного доступа и цифрового телевидения. Разработка платформы, реализующей этот перспективный вид помехоустойчивого кодирования, является важным шагом на пути к созданию конкурентоспособных отечественных систем радиосвязи. ■

### Литература

1. В. Thomson. Advanced Error Correction Enables Broadband Wireless // Wireless Systems Design. June 2000.
2. Brian Edmonston. Comparison of Turbo-Convolutional Codes and Turbo Product Codes for QPSK-64QAM Channels. <http://iee802.org/16>.
3. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю., Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. М.: ЭкоТрендз, 2005.
4. www.aha.com.

## Решения в области беспроводных технологий

### Продукция

- Bluetooth модули
- CDMA-модемы
- CDMA-модули
- CDMA-терминалы
- CDMA-шлюзы
- GPS-модули
- GSM-модули
- GSM-терминалы
- GSM-шлюзы
- GSM/GPRS/EDGE-модемы
- GSM/GPRS/GPS-сигнализаторы
- GSM/GPS-модули
- Антенны
- Блоки питания
- Кабели
- Коннекторы
- Блоки питания

### Производители

- Adactus
- AMP
- Antey
- AnyDATA
- Asian Pacific Microsystems
- Bluegiga
- Mitsumi
- Molex
- Nokia
- RWT
- Siemens
- Sim Technology
- Sony Ericsson
- SPK
- Teltonika
- Trimble
- Tyco
- ТЭСС Электроникс
- Wavcom
- Zippy
- Морсион
- НПК «Антенна XXI»

194214, Санкт-Петербург,  
пр. Энгельса, 71, офис 314  
Тел./факс: +7 (812) 331-7576,  
+7 (812) 715-4694  
[www.euoml.ru](http://www.euoml.ru),  
e-mail: [info@euoml.ru](mailto:info@euoml.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
GSM-МОДЕМОВ  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
GSM-МОДЕМОВ  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
СВЯЗИ БАНКОМАТОВ

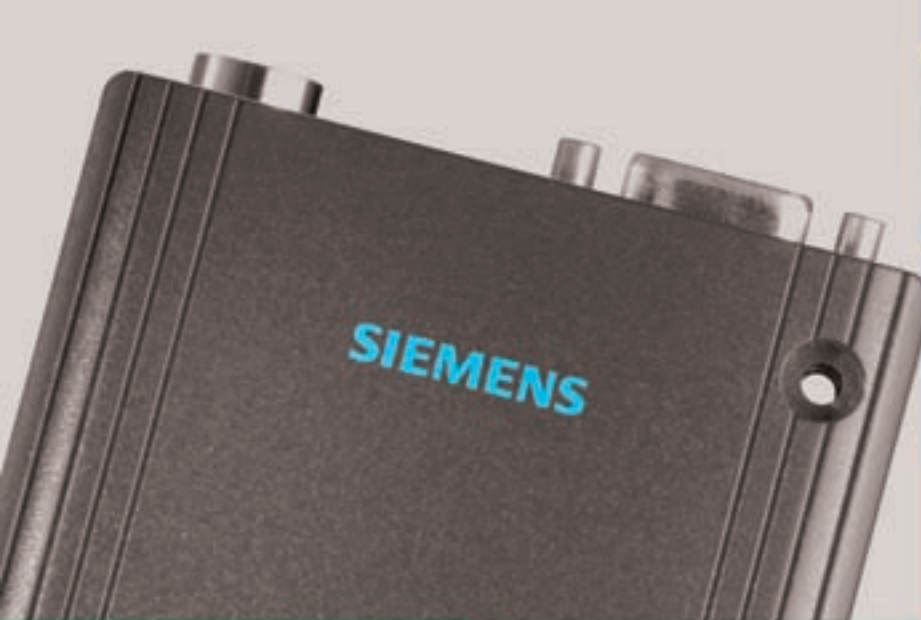


ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
GSM-МОДЕМОВ  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА



ПРИМЕНЕНИЕ  
GSM-МОДЕМОВ  
В ПРОТИВОУГОННЫХ  
УСТРОЙСТВАХ И  
СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ  
МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ





# КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Модули и терминалы GSM/GPRS-модемов  
от ведущих производителей

Радиочастотная идентификация RFID –  
от компонентов до решений

Однокристалльные СВЧ-приемопередатчики  
для беспроводной передачи данных

Модули GPS-приемников

[wireless.symmetron.ru](http://wireless.symmetron.ru)  
[wireless@symmetron.ru](mailto:wireless@symmetron.ru)

 **Симметрон**  
группа компаний

ГРУППА КОМПАНИЙ СИММЕТРОН:

Санкт-Петербург (812) 449-4000 Москва (095) 797-5585, 797-5545 Новосибирск (3832) 119-295 Киев +38 (044) 239-2065