

Андрей КРУТОВ

Развитие беспроводных технологий в последние годы происходит очень динамично. Это многие замечают, об этом многие говорят, это у всех на слуху и уже немного набило оскомину. Тем не менее мне хотелось бы подчеркнуть сей факт еще раз и добавить к не единожды сказанному то, что беспроводные технологии весьма структурированы, что имеет немаловажное значение. Конкурирующих между собой технологий очень мало. Жесткая конкуренция, когда, например, за право быть включенным в опцию мобильного телефона наряду с Bluetooth боролись еще с два-три десятка аналогичных технологий. Мое личное мнение по этому поводу — это связано с тем, что с технической точки зрения, несмотря на обширную научную базу за счет наработок предыдущих десятилетий (например, теории помехоустойчивого кодирования для радиопередачи информации), беспроводные технологии все-таки находятся на одном из начальных этапов развития. И мне кажется, что в будущем конкуренция соудет, и довольно жесткая. Впрочем, я могу ошибаться, и время покажет, был я прав или нет.

Продолжая тему отсутствия конкуренции, я бы хотел уточнить, что речь идет о конкуренции между различными технологиями, предназначенными для решения одного и того же круга задач, т. е. относящихся к одной и той же категории. Собственно сейчас к каждой категории относится практически одна-две технологии, не считая баталий развивающихся в области сверхширокополосной беспроводной связи. Итак, если говорить о наиболее перспективных и динамичных категориях, то мне бы хотелось выделить ZigBee (стандарт IEEE 802.15.4) как представителя категории низкоскоростной беспроводной передачи данных на малых расстояниях (до 240 кбит/с), Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1) как технологию передачи данных со средними скоростями (до 3 Мбит/с) на малые и средние дистанции, а также технологию беспроводных локальных сетей WiFi (стандарт IEEE 802.11a/b/g/n), которая представляет собой технологию, обеспечивающую беспроводной обмен данными с большой скоростью (108 Мбит/с и больше при использовании специализированных методик повышения скорости) на средних расстояниях. В этой статье я хочу познакомить вас с некоторыми наиболее интересными рос-

сийскому разработчику модулей Wireless LAN, WLAN.

WLAN является во многих отношениях удобной, поскольку подразумевает организацию привычных всем локальных сетей, и без труда позволяет абстрагироваться от физического уровня, делая прозрачным администрирование сети. С другой стороны, существует огромное количество (и надо признаться, их большинство) приложений в промышленной автоматизации, которые не требуют передачи таких больших объемов данных: в таких приложениях достаточно пропускной способности на уровне десятков и сотен килобит в секунду. Поэтому в приложениях промышленной автоматизации больше востребованы технологии с малыми скоростями, такие как ZigBee, а также различные виды радиомодемов ISM-диапазона. Тем не менее дальнейший технологический прогресс во всех областях приводит к существенному росту объемов передаваемых данных и одна из таких областей — охранные системы. Для передачи видео- и аудиоинформации требуется высокая пропускная способность, и для таких систем, пожалуй, единственным выходом может служить использование технологии WLAN. Крайне удобным для охранных систем также является возможность простого объединения возможностей WLAN и VoIP для организации точек «тревожной связи», телефонного сообщения с диспетчерскими и наблюдательными пунктами. Именно поэтому сегодня я хочу сконцентрироваться на обсуждении аппаратной базы WLAN для таких приложений. При этом речь пойдет не только о модулях, но и о терминалах и корпусированных модулях WLAN (с фланцевыми креплениями и для монтажа на DIN-рейку).

Начну свой обзор я с устройства компании Hoft&Wessel — модуля стандарта IEEE 802.11b с наименованием HW86050 (рис. 1). Он представляет собой простое решение для широкого круга самых различных приложений. Он может легко интегрироваться в ваше устройство без необходимости использования дорогостоящих разъемов, достаточно просто управлять его параметрами без необходимости использования драйверов протоколов во встраиваемых приложениях. Модуль HW86050, как говорилось выше, выполнен в соответствии со стандартом IEEE 802.11b (скорость передачи данных до 11 Мбит/с), который на данный момент является наиболее употребительным в приложениях промышленной автоматизации и охранных системах. Структурная схема модуля приведена на рис. 2. Отмечу также малые габариты модуля, а также то, что для управления и обработки данных используется 16-битный RISC-процессор. Пожалуй, одним из основных преимуществ модуля HW86050 является наличие двух последовательных интерфейсов — UART и SPI — при отсутствии необхо-



Рис. 1. Внешний вид модуля HW86050

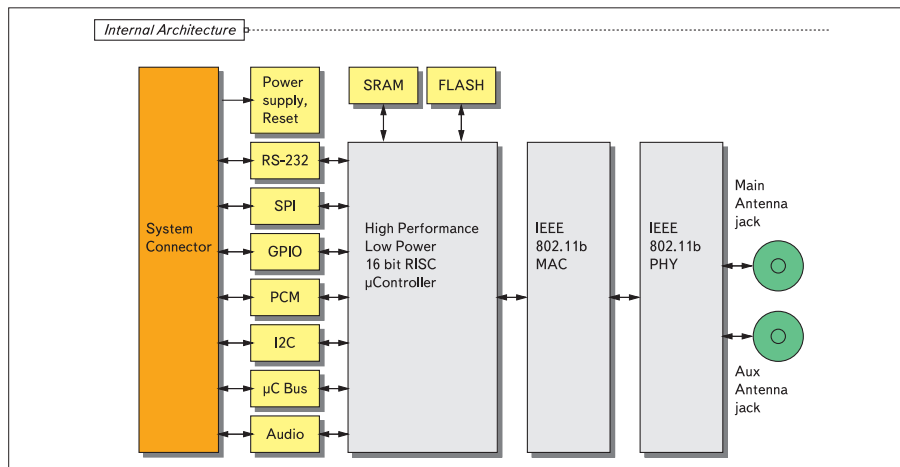


Рис. 2. Структурная схема модуля HW86050

димости в реализации каких-либо протоколов в вашем приложении. Достаточно подключить питание и передать команду и данные по последовательному интерфейсу. Этот факт позволяет существенно сократить время разработки конечного приложения, а также упростить и ускорить этап отладки и ремонта изделия. Модуль имеет встроенный TCP/IP-стек, очень малые габаритные размеры, экономичен, может осуществляться как одноранговые соединения с другими WLAN-клиентами напрямую, так и работать в составе сети, управляемой точкой доступа. Важно отметить также, что модуль поддерживает не только протокол WEP128, но и WPA. Среди других отличительных особенностей модуля назову легкое обновление микропрограммного обеспечения, наличие аналогового аудио-интерфейса для голосовых приложений и совместимость с другими модулями компании.

Интересный WLAN-модуль OWLAN211b (рис. 3) предлагает компания ConnectBlue. Его размеры всего 23×36 мм, что почти вдвое меньше, чем у ранее рассмотренного, он выполнен в соответствии стандарту IEEE 802.11b. Основным назначением модуля, по мнению его разработчика, являются всевозможные приложения промышленной автоматизации, охранные системы, где требуется малая потребляемая мощность. Модуль не обеспечивает прозрачную передачу данных, но, тем не менее, разработчики сделали все, чтобы упростить использование этого модуля. Программный драйвер работает как интерфейс между стеком TCP/IP в устройстве и самим модулем (рис. 4). За счет этого работа по реализации совместимости со стандартом WLAN сводится к минимуму. Драйвера доступны для операционных систем Linux и Windows CE и могут быть портированы на любой микроконтроллер. Отмечу еще одну интересную особенность модуля OWLAN211b: по габаритам он полностью совместим с аналогичными модулями Bluetooth этой компании. Это большой плюс, если вы про-

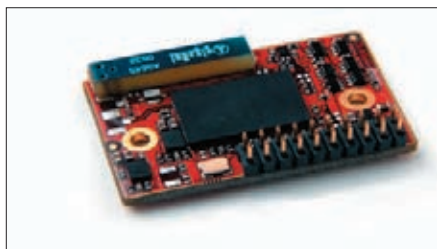


Рис. 3. Внешний вид модуля OWLAN211b

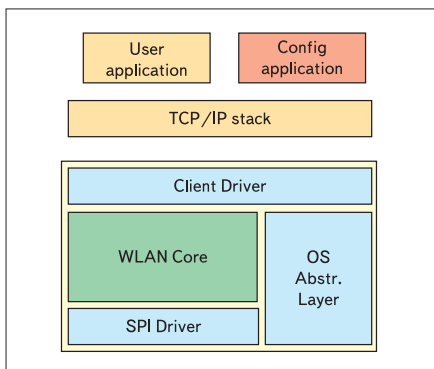


Рис. 4. Структура программного обеспечения модуля OWLAN211b

ектируете универсальное устройство, которое поддерживает два варианта исполнения: WLAN или Bluetooth. Модуль прошел тестирование радиоинтерфейса для Европы, сертифицирован по уровню EMI. Рабочий диапазон температур составляет $-30... +85^{\circ}\text{C}$, поддерживаются такие протоколы безопасности, как WEP64/128, WPA, WPA2 (TKIP/PSK). Модуль имеет встроенную антенну, кроме того, имеется возможность подключения двух внешних антенн.

Другой интересный модуль компании ConnectBlue — OWSPA311g — представляет собой последовательный модуль WLAN (рис. 5). Как и предыдущий, он имеет малые габариты, небольшое энергопотребление. Конструкция его специально разрабатывалась с учетом применения модуля в устройствах, эксплуатируемых в сложных условиях. Модуль обеспечивает прозрачную передачу данных, поэтому не требуется никаких внешних драйверов. Как и предыдущий модуль, OWSPA311g может легко быть использован в универсальных устройствах с опциями Bluetooth/WLAN. Функционировать модуль может в диапазоне температур $-30... +85^{\circ}\text{C}$, а храниться при $-40... +85^{\circ}\text{C}$.



Рис. 5. Внешний вид модуля OWSPA311g



Рис. 6. Внешний вид модуля XG-880M

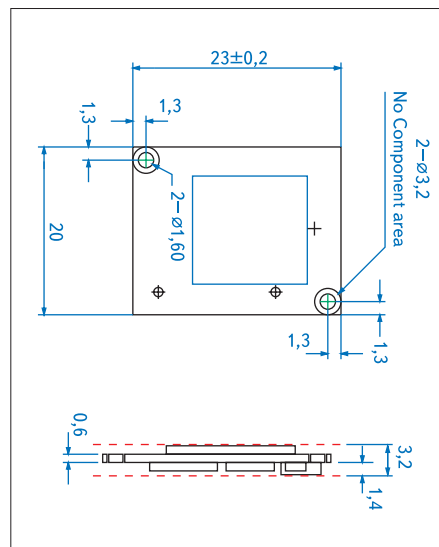


Рис. 7. Габаритные и присоединительные размеры модуля XG-880M

Модуль XG-880M компании ZComax настолько миниатюрен, насколько это вообще возможно — его габаритные размеры составляют всего 23×20 мм (рис. 6, 7). Модуль совместим со стандартом IEEE 802.11g, поддерживает скорость обмена данными до 54 Мбит/с. Благодаря своей миниатюрной конструкции модуль может быть без труда интегрирован практически в любое устройство. Его размеры позволяют без труда использовать его в картах CompactFlash. Модуль представляет собой надежное устройство, поддерживается операционными системами Windows CE, PPC2003 и Linux. Основа модуля — радиоинтерфейс Marvel 88W8010, что обеспечивает отличные характеристики устройства. Для ознакомления с возможностями модуля и отладки ваших приложений производитель предлагает два адаптера, через которые можно подключить модуль к персональному компьютеру: CompactFlash (рис. 8) и SDIO (рис. 9).

На этом модуле мне бы хотелось закончить обзор модулей и перейти к рассмотрению предлагаемых решений WLAN в формате miniPCI, которые могут с успехом использоваться во встраиваемых промышленных системах. Несколько таких решений предлагает компания Smart Network Devices (SND) (рис. 10). Они имеют 32-битную шину PCI (шины данных и адреса мультиплексированы). Одновременно может работать до 4 таких моду-



Рис. 8. Внешний вид модуля XG-880M с адаптером CompactFlash



Рис. 9. Внешний вид модуля XG-880M с адаптером SDIO

лей. Модули компании SND соответствуют стандартам IEEE 802.11b (частота 2,4 ГГц, скорость до 11 Мбит/с), IEEE 802.11g (2,4 ГГц, скорость до 54 Мбит/с) и IEEE 802.11a (частота 5 ГГц, скорость до 54 Мбит/с). Режимы функционирования: одноранговое соединение, либо сеть на основе точки доступа.

Компания Ezix производит целый ряд WLAN модулей формата miniPCI. Рассмотрим наиболее интересные из них. Модуль EZWFM05-01 (рис. 11) выполнен в соответствии со стандар-

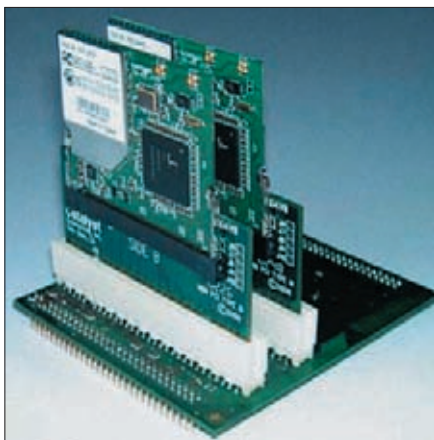


Рис. 10. Внешний вид WLAN-модулей компании SND формата miniPCI

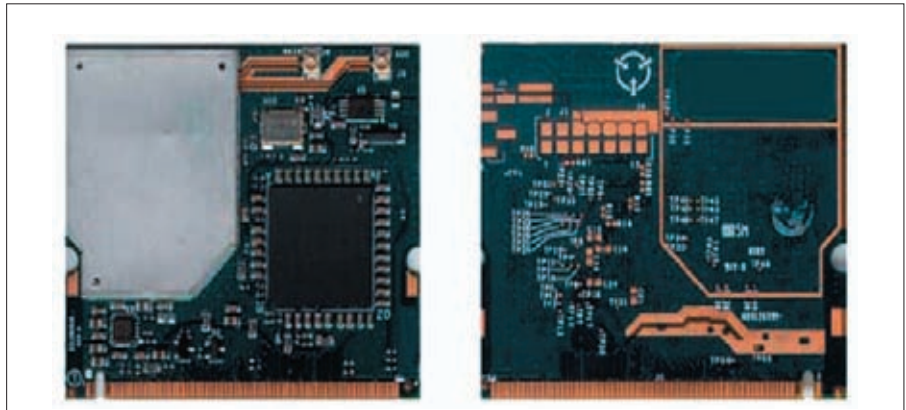


Рис. 11. Внешний вид модуля EZWFM05-01

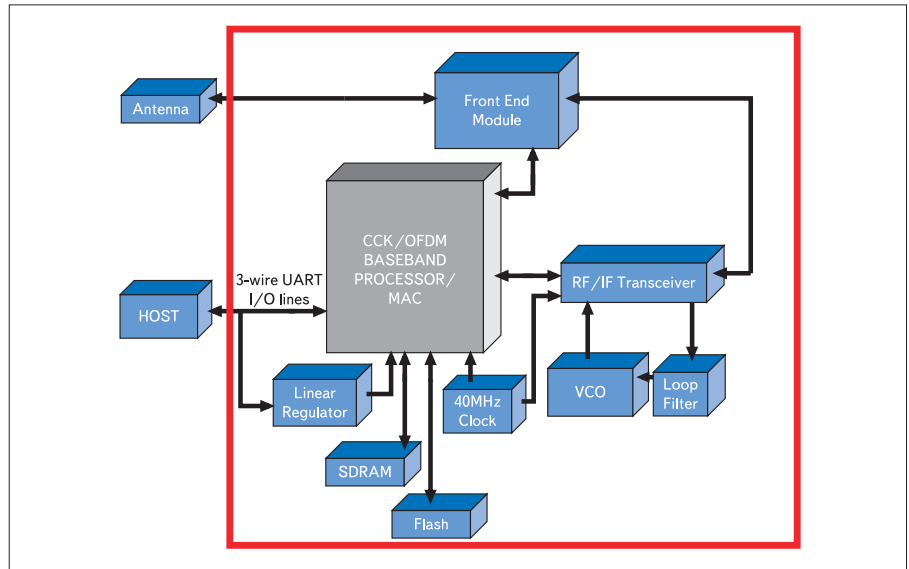


Рис. 12. Структурная схема модуля EZWFM05-01

том 801.11g и поддерживает скорости обмена данными до 54 Мбит/с. Модуль очень удобен для использования во встраиваемых системах, имеет малые габариты $59,75 \times 50,95 \times 3,2$ мм и способен работать в широком диапазоне температур от 0 до +55 °С, а храниться при температуре от -20 до +65 °С. Структурная схема модуля приведена на рис. 12. Модуль EZWFM06 (рис. 13) представляет собой недорогое встраиваемое решение с интерфейсом miniPCI, совместимое со стандартами IEEE 802.11a/b/g, при этом поддерживаются скорости передачи данных 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 и 6 Мбит/с в обоих частотных диапазонах — 5 ГГц и 2,4 ГГц. Отмечу, что этот модуль выполнен на чипсете Conexant PRISM World Radio. Дальность связи на открытой местности составляет 100 м, модуль поддерживает возможности шифрования 64 и 128 бит WEP и способен работать в широком диапазоне температур от -20 до +70 °С. Модуль EZWFM11 с прозрачной передачей данных, строго говоря, не относится к рассматриваемой категории модулей с интерфейсом miniPCI, однако за счет повторного использования наработок инженеров, его характеристики во многом схожи с аналогичными miniPCI-модулями этой компании. Этот модуль соответствует требованиям стандарта IEEE 802.11g и обеспечивает прозрачную транспортировку данных между беспроводной сетью WLAN и последовательным интерфейсом UART. Структурная схема устройства приведена на рис. 14. Модуль поддерживает скорость обмен-



Рис. 13. Внешний вид модуля EZWFM06

на данными до 54 Мбит/с, работает в диапазоне частот 2,4 ГГц и обеспечивает дальность связи до 100 м на открытой местности. При этом он довольно миниатюрен: его габаритные размеры составляют $55 \times 49 \times 7,5$ мм. Внешний вид модуля EZWFM09-02 показан на рис. 15. Это модуль точки доступа WiFi, соответствующей стандарту IEEE 802.11g. Фактически он представляет собой полностью законченную точку доступа, готовую к использованию. Структурная схема модуля приведена на рис. 16. Модуль имеет интерфейс MIP и снабжен обычным для встраиваемых приложений разъемом 2×20 . Скорость обмена данными, поддерживаемая точкой доступа, — до 54 Мбит/с. Отмечу также, что модуль выполнен на базе чипсета Conexant PRISM APDK.

В заключительной части небольшого обзора мне бы хотелось познакомить вас с еще одним классом устройств, которые не являются встраиваемыми решениями, но представляют собой

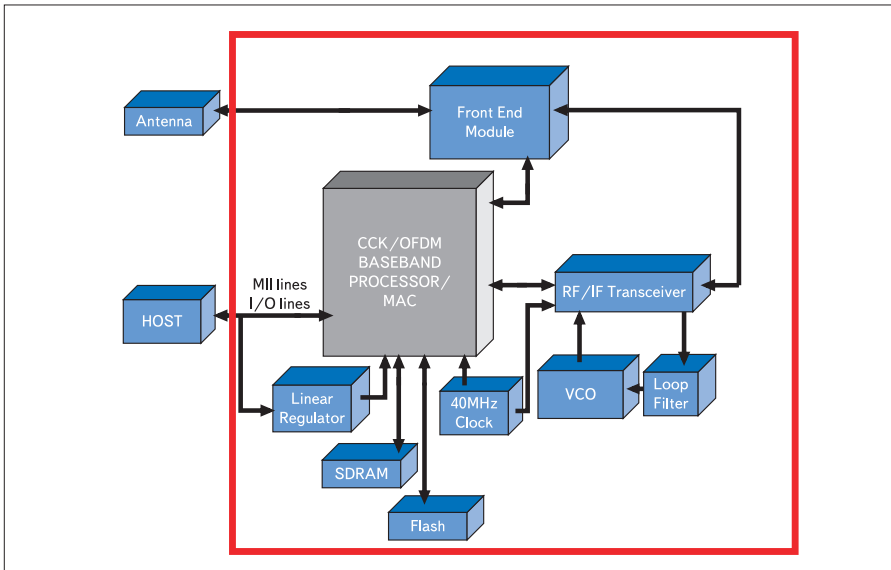


Рис. 14. Структурная схема модуля EZWFM11

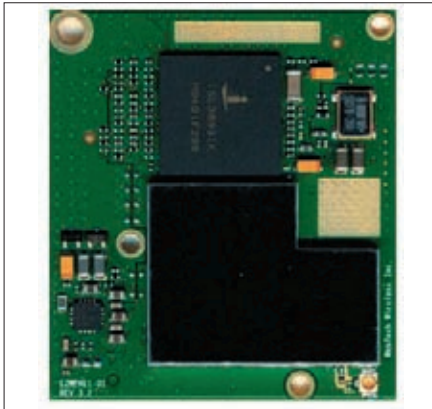


Рис. 15. Внешний вид модуля EZWFM09-02

доступа интегрирует в себе гигабитный Ethernet-коммутатор на 4 порта (1 × 10/100/1000Base-T, 3 × 10/100Base-TX и 2 × 1000Base-X). По беспроводному интерфейсу поддерживаются скорости вплоть до 54 Мбит/с. Точка доступа поддерживает протоколы безопасности WEP54, WEP128, WPA и WPA2. Отмечу также, что поддерживается функция питания по Ethernet-кабелю Power-over-Ethernet в соответствии с IEEE 802.3af. Один из наиболее типичных примеров использования беспроводной точки доступа в инфраструктуре промышленного предприятия показан на рис. 18. Параметры всех рассмотренных устройств сведены в таблицу, которая поможет вам сориентироваться при выборе наиболее подходящего для вашего приложения.

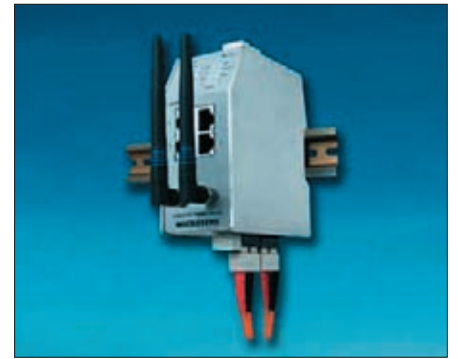


Рис. 17. Внешний вид WLAN-модуля компании MicroSens для монтажа на DIN-рейку

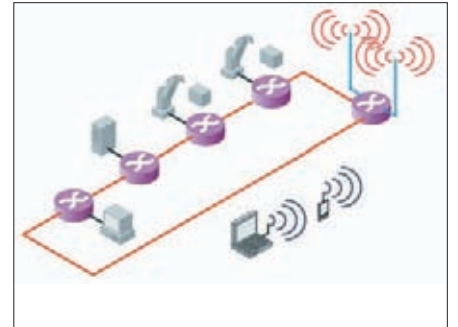


Рис. 18. Пример использования

протоколы WEP, надежность которых, как доказано на настоящее время, крайне низка. Тем не менее не стоит отказываться от использования таких модулей в ваших приложениях. В системах промышленной автоматизации широко используются всевозможные радиомодемы ISM-диапазонов, обеспечивающие беспроводной транзит данных. И эти данные никак не защищены от несанкционированного доступа. В случае если информация носит телеметрический характер и получается с массива некоторых датчиков, то доступ к ней вряд ли как-то повлияет на функционирование системы. Ситуация несколько сложнее, если по беспроводному интерфейсу также осуществляется управление удаленными устройствами. Тем не менее необходимо отметить тот факт, что в промышленных системах данные редко передаются в «сыром» виде: они упакованы в собственный протокол, исследование и понимание которого — далеко не быстрая и не тривиальная задача. С другой стороны, необходимо также принимать во внимание тот факт, что для просмотра трафика, передаваемого, скажем, в диапазоне 433 МГц, требуется специальное оборудование. А для случая WLAN достаточно прийти с ноутбуком или вставить WLAN-адаптер в компьютер, чтобы получить доступ к данным. Как видите, здесь идет речь об уровне сложности доступа к физическому уровню беспроводных систем. Для WLAN это сделать проще, поэтому использование хотя бы WEP128 настоятельно рекомендуется. Кроме того, никто не мешает в вашем устройстве осуществить потоковое шифрование данных, и на беспроводной модуль WLAN подавать уже зашифрованный поток данных. Взломать такую систему будет непросто. В любом случае: решений довольно много, их можно комбинировать, и то, что вы будете использовать в вашей системе, диктуется выбором оптимального соотношения между стоимостью и обеспечением требований технического задания. ■

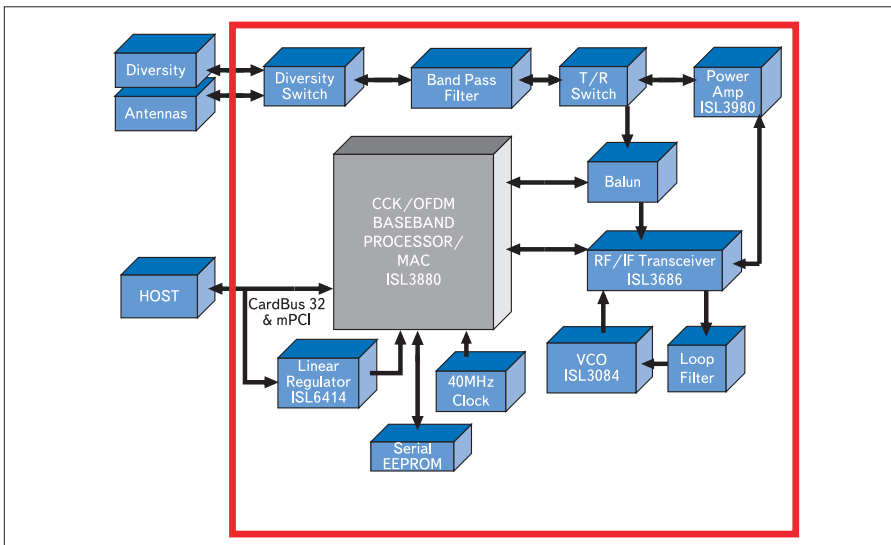


Рис. 16. Структурная схема модуля EZWFM09-02

функционально законченные корпусированные устройства для промышленных применений, предназначенные для монтажа в шкафы. Я подчеркну, что хочу лишь представить этот класс беспроводных устройств — он настолько широк, настолько своеобразен, что заслуживает рассмотрения в отдельных статьях. Одной из компаний, производящих такие устройства, является MicroSens. Примером может служить промышленная точка доступа для монтажа на DIN-рейку (рис. 17). Точка

Мы рассмотрели несколько классов аппаратного обеспечения беспроводных сетей WLAN для приложений промышленной автоматизации, охранных систем и т. п. Радиочастотная часть устройств имеет схожие характеристики, а вот остальные параметры определяются использованными производителем элементной базой и уровнем отработки встроенного микропрограммного обеспечения. Как мы видели, некоторые из модулей поддерживают только

Т а б л и ц а . Основные технические характеристики модулей WLAN

Наименование	Производитель	Размеры, мм	Вес, г	Диапазон рабочих температур, °С	Напряжение питания, В	Потребляемый ток, мА	Частотный диапазон	Мощность передатчика, дБм	Чувствительность приемника, дБм	Скорость обмена данными, Мбит/с	Протоколы безопасности	Соответствие стандартам	Интерфейсы	Антенна	Дальность связи
HW86050	Hoff & Wessel	52×37×5	10	-20...+70	3,1...3,5	200 тип., 20 в режиме энергосбережения	2,4 ГГц	15	-93 при 1 Мбит/с -84 при 11 Мбит/с	11/5,5/2/1	WEP64 WEP128 WPA	IEEE 802.11b	UART, SPI, параллельный порт	2 разъемов 50 Ом	300 м на открытой местности 60 м внутри помещения
EZWFM11	Eazix	55×49×7,5	-	0...+60	3,3 номинал	-	2,4 ГГц	16 для скорости 11 Мбит/с 13,5 для скорости 54 Мбит/с	-81 при 11 Мбит/с -66 при 54 Мбит/с	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128	IEEE 802.11b/g	UART	Внешняя	100 м на открытой местности
EZWFM09-02 (точка доступа)	Eazix	55×49×7,5	-	0...+60	3,3 номинал	-	2,4 ГГц	16 для скорости 11 Мбит/с 13,5 для скорости 54 Мбит/с	-81 при 11 Мбит/с -66 при 54 Мбит/с	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128	IEEE 802.11b/g	MII	Внешняя	100 м на открытой местности
EZWFM06	Eazix	-	-	0...+60	miniPCI	-	2,4 ГГц 5 ГГц	18 для скорости 6 Мбит/с (2,4 ГГц) -75 при 54 Мбит/с (2,4 ГГц) 16,5 для скорости 6 Мбит/с (5 ГГц)	-90 при 11 Мбит/с -75 при 54 Мбит/с (2,4 ГГц) -72 при 54 Мбит/с (5 ГГц)	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128	IEEE 802.11a/b/g/h/i	miniPCI	100 м на открытой местности	
EZWFM05-01	Eazix	59,75×50,95×3,2	-	0...+55	miniPCI	-	2,4 ГГц	17 (средняя)	-80 при 11 Мбит/с -68 при 54 Мбит/с	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128	IEEE 802.11g	miniPCI	100 м на открытой местности	
WLAN miniPCI	Smart Network Devices	-	-	0...+60	miniPCI	-	2,4 ГГц 5 ГГц	-	-	54/11	-	IEEE 802.11a/b/g	miniPCI	100 м на открытой местности	
OWLAN211b	ConnectBlue	23×36×5	-	-30...+85	3,3...5	470 мВт при приеме 760 мВт при передаче	2,4 ГГц	-	-	11/5,5/2/1	WEP64 WEP128 WPA-EAP-TLS WPA-PSK WPA2-PSK TKIP CCMP (AES)	IEEE 802.11b	SPI	встроенная или две внешние	встроенная или две внешние
OWSPA311g	ConnectBlue	23×36×3	-	-30...+85	3,3...5	-	2,4 ГГц	-	-	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128 WPA-EAP-TLS WPA-PSK WPA2-PSK TKIP CCMP (AES)	IEEE 802.11b/g	UART	встроенная или две внешние	встроенная или две внешние
XG-880M	ZComax	20×23×3,2	<10	0...+55	3,3 номинал	250 мА при приеме 300 мА при передаче	2,4 ГГц	16 для скорости 11 Мбит/с 13,5 для скорости 54 Мбит/с	-80 при 11 Мбит/с -65 при 54 Мбит/с	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WPA-PSK TKIP WPA WPA2	IEEE 802.11b/g	CF, SDIO, SPI	внешняя	внешняя
MS650621	MicroSens	50×108×116	-	-20...+60	18...36	250 мА (максимальное)	2,4 ГГц	-	-	54/48/36/2 4/18/12/1/1/9/6/5,5/2/1	WEP64 WEP128 WPA WPA2	IEEE 802.11b/g	Ethernet, Gigabit Ethernet	две внешние	две внешние