

Обзор компонентов систем радиочастотной идентификации и их применения

Вячеслав Бурлаков (Москва)

В статье описаны RFID-компоненты ведущих производителей, предназначенные для различных областей применения.

Система радиочастотной идентификации (RFID) состоит из метки или тэга (транспондера), несущей информацию об объекте, считывающего устройства, получающего информацию, и хост-устройства, которое обрабатывает полученные данные. Блок-схема подобной системы показана на рисунке 1. Передача информации между меткой и считывающим устройством осуществляется посредством радиоволн.

Системы RFID условно можно разделить на две группы в зависимости от используемого типа метки – активные и пассивные.

В *активных* системах используют транспондеры с источником питания (см. рис. 2). Преимущество систем, построенных по этому принципу, – хорошее отношение сигнал/шум и как следствие – большая дальность взаимодействия между меткой и считывающим устройством. Однако применение в транспондере питающего элемента влечёт его высокую стоимость и ограничивает срок службы.

В *пассивных* системах применяется метка без питающего элемента, а взаимодействие между считывате-

лем и транспондером основывается на принципе взаимной индукции. Антенна метки попадает в электромагнитное поле, создаваемое антенной считывателя, и в ней посредством взаимной индукции наводится ток; затем полученная энергия переизлучается меткой, и это излучение принимается считывателем. Недостаток пассивных систем – малый радиус действия; достоинства – низкая стоимость и долгий срок службы метки (ограничивающийся только её физическим износом и количеством циклов перезаписи EEPROM).

Пассивные системы применимы для решения многих задач; они получили наибольшее распространение. Им и будет посвящена данная статья.

Для примера рассмотрим применение наиболее простых меток, называемых *однобитными транспондерами*. Такая метка представляет собой LC-контур. Считывающее устройство состоит из передатчика и приёмника (см. рис. 3).

Транспондер, попадая в зону действия передающей антенны считывателя, начинает излучать электромагнитные колебания, которые улавливаются приёмной антенной, и система получает информацию о присутствии объекта в зоне считывателя. Подобные системы, как правило, применяются в противокражных системах магазинов. Однобитные транспондеры изготавливаются в виде этикетки, которая наклеивается на товар. В случае проноса товара мимо антенн происходит срабатывание сигнализации. Деактивация такой метки осуществляется путём разрушения LC-контура.

Описанная система не позволяет различать объекты и способна лишь извещать о факте попадания метки в зону действия считывателя. Для того чтобы идентифицировать объекты, применяются *мультибитные транспондеры*.

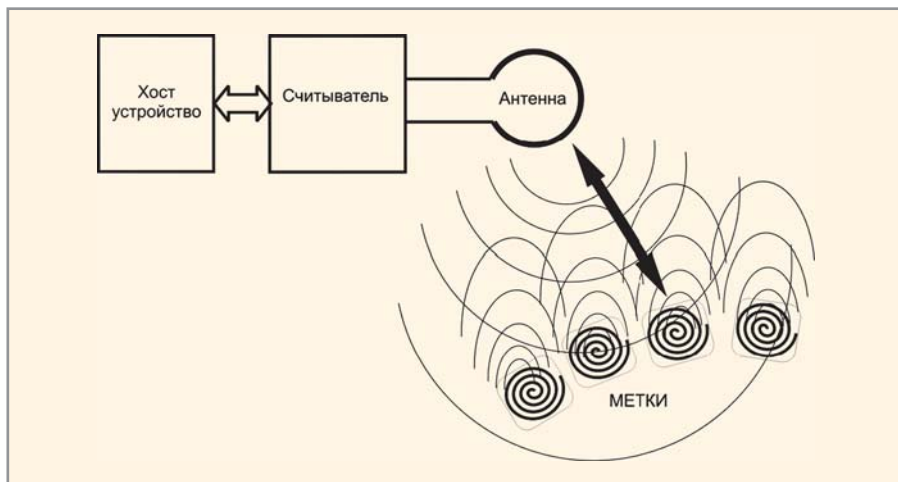


Рис. 1. Структурная схема системы RFID

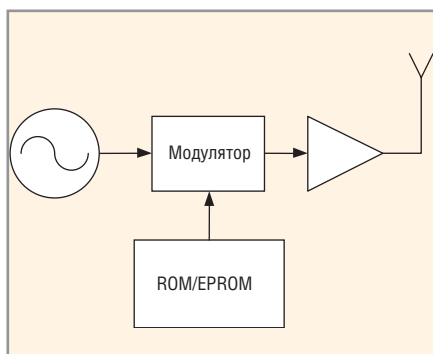


Рис. 2. Схема активной метки

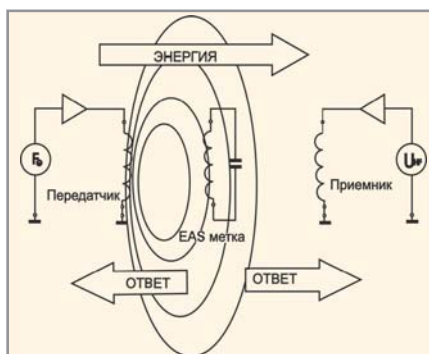


Рис. 3. Пассивная 1-битная система

Мультибитный транспондер представляет собой пассивный приёмопередатчик с элементом памяти (см. рис. 4). В самом простом варианте это однократно программируемая память, в которую на заводе-изготовителе заносят уникальный серийный номер – UID. Метка, получая энергию в поле считывателя, начинает излучать колебания, промодулированные данными из памяти, передавая UID считывателю.

Выпускаются разнообразные метки, различающиеся внутренней организацией. Среди них – метки, работающие только на считывание имеющейся в них информации, и более сложные – как для чтения, так и для оперативной записи данных через радиointерфейс. Метки различаются также объёмом памяти и её организацией. Для приложений, в которых необходима повышенная защищённость передачи данных, применяются метки с криптозащитой. В последних поколениях транспондеров применяются кристаллы, имеющие не только энергонезависимую память, но и микропроцессор, что даёт транспондеру возможность самому производить необходимые вычисления (JAVA CARD). Системы с такими метками применяются в банковском секторе (кредитные карты), в качестве электронных паспортов и в других приложениях с повышенными требованиями к защищённости данных. Использование «интеллектуальных» меток разгружает систему, что упрощает её и, как следствие, удешевляет.

Существует огромное множество форм, в которых производятся метки (см. рис. 5). Например, цикл производства тэгов в форме пластиковых карт начинается с производства самого кристалла метки. Затем кристалл крепится к антенне, находящейся на гибкой пластиковой подложке. В итоге получается так называемый инлей (от англ. inlay – вкладыш). Полученный вкладыш ламинируется пластиком, и получается транспондер в виде стандартной пластиковой карты.

Системы радиочастотной идентификации можно классифицировать также по частоте, на которой происходит взаимодействие. В ходе эволюции RFID сформировались три основные группы:

- низкочастотные (LF) с рабочей частотой 100...150 кГц;

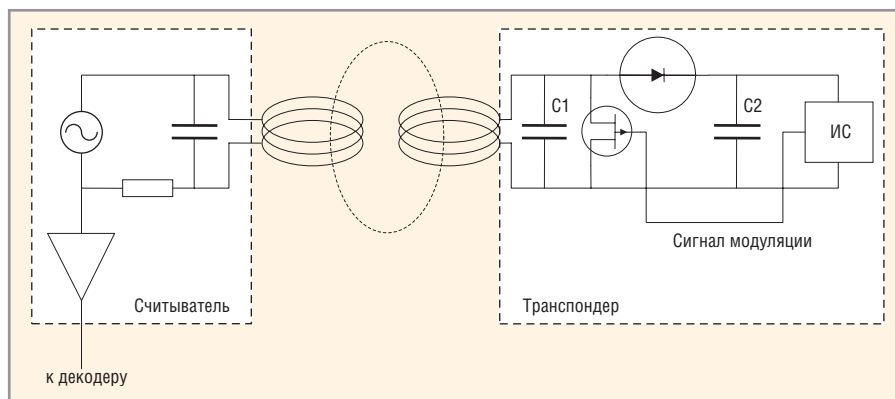


Рис. 4. Схема системы с пассивным мультибитным транспондером

- высокочастотные (HF) с рабочей частотой 13,56 МГц;
- ультравысокочастотные (UHF) с рабочей частотой 868,915 МГц... 2,4 ГГц.

Низкочастотные системы применяются для контроля доступа, логистики, маркировки. В силу физики распространения радиоволн в этом диапазоне LF можно применять для маркировки объектов, содержащих жидкость и/или имеющих металлические поверхности, – газовых баллонов, пивных кегов, а также для маркировки животных. Характерное для таких систем расстояние взаимодействия метки и считывателя достигает 1,5 м (так называемое VISINITY-расстояние). Для некоторых объектов разработаны специальные стандарты, например, для маркировки животных был создан международный стандарт ISO11784/85.

Высокочастотные системы применяются для контроля доступа, маркировки изделий, в качестве электронных паспортов, банковских карт, проездных билетов, в системах сортировки и контроля техпроцессов. В этом диапазоне частот характерна высокая скорость передачи данных. Типичное расстояние взаимодействия метки со считывателем – 10 см (так называемое PROXIMITY-расстояние). Как и для LF-систем, для высокочастотных также разработаны международные стандарты – это ISO14443, ISO15693, ISO18000, EPC. Для ID-документов, банковских и транспортных приложений используется ISO14443. Совместимые с ISO15683 и ISO18000 VISINITY-системы применяются для маркировки и учёта изделий на пред-



Рис. 5. Транспондеры

приятиях и в торговле, сортировке багажа, посылок и писем. Стандарт EPC разработан для замены штрихового кодирования товаров (EAN).

Ультравысокочастотные системы характеризуют увеличенная дальность чтения/записи – как правило, до 7 м. Они применяются в логистике и складском хозяйстве, системах управления парковками и т.п. Транспондеры UHF-систем можно использовать на металлических поверхностях.

В этой статье будем классифицировать RFID-системы по области их применения. Разумеется, спектр RFID-решений, предлагаемых различными производителями, гораздо шире, чем может быть описано в журнальной статье, поэтому ограничимся примерами продукции ведущих игроков данного рынка.

Обозначим следующие области применения RFID:

- метки и этикетки:
 - приложения для коротких дистанций;
 - маркировка металлических поверхностей и влагосодержащих объектов;
 - применение для крупных складов, логистики, автомобильного и ЖД-транспорта;
- защита от подделок;

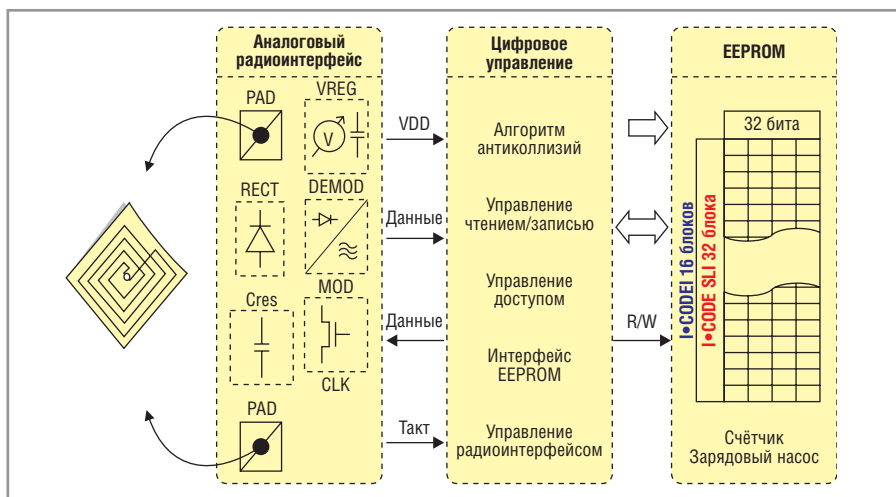


Рис. 6. Внутренняя организация I-CODE 1 и I-CODE SLI

- транспорт и контроль доступа;
- банковские и паспортные приложения.

МЕТКИ И ЭТИКЕТКИ

Приложения

для коротких дистанций

Метки и этикетки прочно вошли в повседневную жизнь. Ими маркируют товары в магазинах, кассеты в пунктах проката, книги в библиотеках, багаж в аэропорту, контейнеры, железнодорожные вагоны.

Сейчас широко распространено штриховое кодирование товаров в системе EAN. Недостаток такой маркировки в том, что необходимо считывать каждый штрих-код отдельно, поднося его непосредственно к сканеру и определённым образом позиционируя этикетку относительно него. При большом количестве объектов это довольно утомительно и занимает много времени.

Проблему решают системы RFID. Когда в поле действия считывателя попадает группа RFID-меток, они начинают передавать в систему информацию о маркированных ими объектах. Благодаря системе антиколлизий считыватель может одновременно работать с несколькими метками; при этом отсутствует необходимость позиционировать их определённым образом. В магазине достаточно пронести корзину с покупками мимо считывателя на кассе, а на складе – провезти погрузчик с коробками мимо ридера, и вся информация о товаре тут же будет отражена в системе. Применение RFID-этикеток для маркировки багажа в аэропорту позволяет не только маркировать и регистрировать багаж, но

и автоматически отслеживать его доставку на нужный рейс. Такое же применение RFID-этикетки могут найти и в почтовой службе. Для библиотек, пунктов проката, супермаркетов внедрение RFID-этикеток позволяет не только быстро учитывать товар, но и служит как противокражная система. Установив считывающие антенны на стеллажах складских помещений, можно в любой момент знать, где находится каждая товарная единица, – процесс инвентаризации превращается в нажатие одной кнопки.

На этикетки можно заносить информацию о товаре, его происхождении и сроке годности. Система сможет сама определить товар, срок хранения которого подходит к концу, и позволит избежать потерь. RFID-этикетками, в которых будет содержаться информация о режимах чистки и стирки, можно маркировать одежду. При считывании такой этикетки интеллектуальная стиральная машина сама выберет необходимую программу.

Системы, предлагаемые производителями, можно разделить на две категории – с малым расстоянием чтения/записи (до 1...1,5 м) и с дальностью действия в несколько метров.

К первой категории можно отнести системы для малых складских помещений, супермаркетов, библиотек, пунктов проката, почт, служб обработки багажа.

Компания Philips предлагает для таких приложений семейство, получившее название I-CODE. Philips принимал активное участие в разработке международного стандарта ISO 15693. На данный момент в это семейство входят четыре продукта:

- I-CODE 1;
- I-CODE SLA;
- I-CODE EPC;
- I-CODE UID.

Начнём рассмотрение семейства по порядку.

В I-CODE 1 использован собственный протокол для общения с транспондерами. Внутренняя организация чипа показана на рисунке 6. Он имеет уникальный серийный номер длиной 64 бит и EEPROM объёмом 512 бит, функции защиты от записи в память; используется оригинальный алгоритм антиколлизий. Дальность взаимодействия – до 1,5 м, срок хранения данных – до 10 лет, а количество циклов стирания/перезаписи – не менее 10 тыс. Беспроводный интерфейс использует 10-% амплитудно-импульсную модуляцию и передаёт данные от метки к ридеру в манчестерском коде. Память имеет блочную структуру – 16 блоков по 32 бита. Скорость передачи данных – до 26,5 Кбит/с.

I-CODE SLI полностью соответствует стандарту ISO15693. Как и в I-CODE 1, система имеет 64-битный UID, но объём EEPROM увеличен до 1024 бит. Организация памяти – блочная: 32 блока по 32 бита (см. рис. 6). Поддерживается алгоритм антиколлизии, полностью соответствующий ISO15693. Дальность взаимодействия со считывающим устройством – до 1,5 м, скорость передачи данных – до 53 Кбит/с; обрабатывается до 60 меток в секунду.

I-CODE EPC – это наиболее дешёвый тип меток, который призван заменить метки со штрих-кодом. Данный тип не имеет уникального номера, но у него есть EEPROM объёмом 136 бит, из которых 96 бит – пользовательских, которые могут быть запрограммированы лишь однократно. Скорость передачи данных – до 53 Кбит/с; обрабатывается до 200 меток в секунду. Дальность чтения – до 1,5 м. Поддерживается протокол EPC. Есть область памяти, отведённая для Destroy-кода (кода уничтожения), который активируется специальной командой со считывателя, после чего метка перестаёт функционировать.

I-CODE UID по структуре похож на I-CODE EPC и также поддерживает команду уничтожения метки, но имеет некоторые отличия в организации EEPROM. В отличие от EPC, здесь пре-

дусмотрен уникальный 40-битный серийный номер, а также 96 бит пользовательской памяти, но уже с возможностью многократной перезаписи. Обработывается до 200 меток в секунду. Дальность действия – до 1,5 м.

Для построения считывающих устройств с небольшой дальностью действия Philips производит микросхемы SLRC400 и CLRC632. Их параметры сведены в таблицу 1.

Для больших расстояний используются считыватели, построенные на дискретных элементах, с антеннами более сложной конструкции.

Philips предлагает два оценочных комплекта для семейства I-CODE: SLEV400 для коротких дистанций (до 10 см) и SLEV900 – для дистанций до 60 см. В комплект SLEV400 входит ридер PEGODA, основанный на микросхеме SLRC400, который поддерживает две скорости передачи – 1,66 и 26,5 Кбит/с и имеет USB-интерфейс. В комплект входят также компакт-диск с необходимым ПО и комплект образцов меток. Комплект SLEV900 поставляется вместе со считывающим устройством и антенной, демо-ПО, документацией и образцами меток.

Philips предлагает также готовый считыватель CLRM701 на базе микросхемы CLRC632, который поддерживает все стандарты диапазона 13,56 МГц (ISO14443A, mifare, ICODE 1, ISO15693). Сведения по считывателям сведены в таблицу 2.

Компания STMicroelectronics также предлагает микросхемы, которые полностью поддерживают ISO15693, – LRI512 и LRI64.

В LRI512 передача данных к метке от считывателя осуществляется 10-% или 100-% АМ. Микросхема может работать в двух режимах передачи данных – со скоростью 26 Кбит/с и 1,6 Кбит/с. При передаче данных от метки используется манчестерский код и две поднесущие – 423 и 484 кГц в быстром (26 Кбит/с) и медленном (1,6 Кбит/с)

режимах. Имеется 512 бит, отведённых под нужды пользователя, и 64-битный уникальный серийный номер. Метка выдерживает 100 тыс. циклов записи и способна хранить данные в EEPROM в течение 40 лет.

В LRI64 используется 10-процентная АМ; скорость передачи данных – 26 Кбит/с. Для передачи данных в направлении к считывающему устройству применяется манчестерский код с использованием поднесущей 423 кГц. Поддерживается 64-битный уникальный номер и команда уничтожения метки. Имеется 120 бит энергонезависимой памяти, которая организована в 15 блоков по 8 бит; каждый седьмой блок является управляющим (WORM – Write Once, Read Many).

Разработчикам и системным интеграторам предлагается оценочный комплект DEMOKITLRI512 – для систем с расстояниями до 1 м (см. рис. 7). Комплект отвечает требованиям ISO15693 и содержит ПО, считыватель, антенну 340/240, комплект образцов меток, блок питания на 12 В, кабель для подключения считывателя по интерфейсу RS-232 и документацию.

Ещё один производитель микросхем для приложений RFID – компания Infineon Technologies, выпускающая семейство Му-d™ с дальностью



Рис. 7. Оценочный комплект DEMOKITLRI512

считывания до 70 см, поддерживающее ISO15693. В номенклатуру входят четыре кристалла, которые отличаются друг от друга организацией памяти (см. табл. 3). Для отладки предлагаются оценочные комплекты Му-dФ Vicinity Kit.

Наряду с другими производителями RFID-компонентов в разработке международного стандарта ISO15693 принимала участие компания Texas Instruments, предлагающая RFID-системы под маркой TAG-IT™, объединяющей и транспондеры (см. рис. 8), и считывающие устройства.

Транспондеры выпускаются в виде вкладышей (инлеев) различных размеров (45 × 45, 45 × 76, 22,5 × 38 мм), в виде цилиндров диаметром 32,5 мм, пласти-

Таблица 1. Микросхемы считывателей Philips

Наименование	MFRC500	MFRC530	MFRC531	SLRC400	CLRC632
Дистанция чтения/записи, см	10				
FIFO, байт	–	64			
Интерфейс	8 бит, параллельный				
Аналоговый интерфейс	Полностью интегрированный				
Частота, МГц	13,56				
Модуляция	АИМ 100%	АИМ 100% и 10%	АИМ 10%	АИМ 100% и 10%	
Скорость передачи данных, Кбит/с	106	106/212/424/868		1,66/26,5	1,66/26,5/106/212/424/868
Поддерживаемые стандарты и протоколы	ISO14443 A, mifare Classic		ISO15693, ICODE1, EPC	ISO14443 A/B, mifare Classic, ISO15693, ICODE1, EPC	
Корпус	S032				

Таблица 2. Считывающие устройства

Наименование	H10112BM	H6160BB	H102016	H102022	PR-P03	PR-P08	PR-P09	MPR-2010AR	MP9320
Частота, МГц	0,125	13,56				915			902...928, 868
Поддерживаемые протоколы	Hitag1, Hitag2, EM4x0X, EM4x50	ISO15693, ISO14443A/B, Tag-it, TempSens, ICODE1	ISO14443A/B	ISO15693, ISO14443A/B, Tag-it, TempSens, ICODE1	ISO14443-4 A, ISO15693	ISO14443-4 A, ISO15693	ISO14443-4 A, ISO15693	ISO18000, EPC C1, EM	ISO18000, EM
Антенна	Да								До 4 внешних
Дальность чтения/записи, м	До 0,1							3,6..5,5	н/д
Интерфейс	RS-232			PCMCIA	RS-232	RS-232/USB	WIEGAND	RS-232	RS-232/RS-485
Исполнение	OEM		Настольный	Ручной	OEM	Настольный	Настенный	Стационарный	

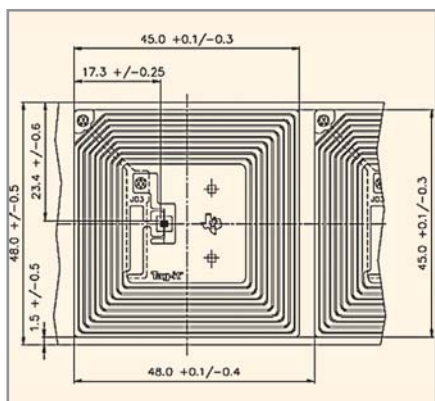


Рис. 8. TAG-IT транспондер

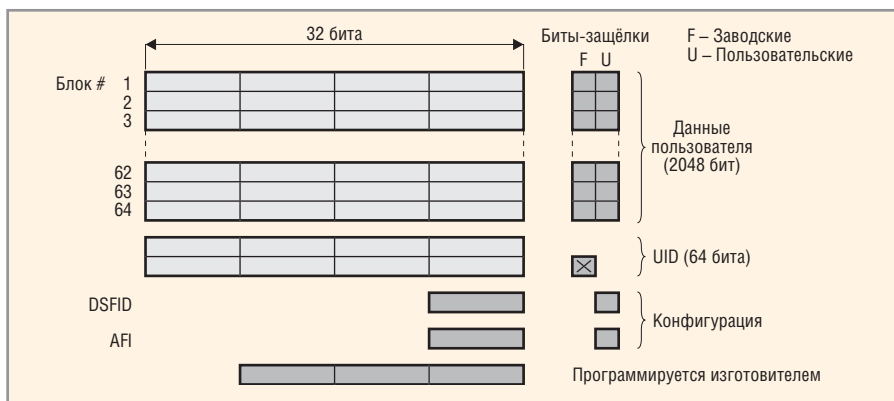


Рис. 9. TAG-IT транспондер, организация памяти

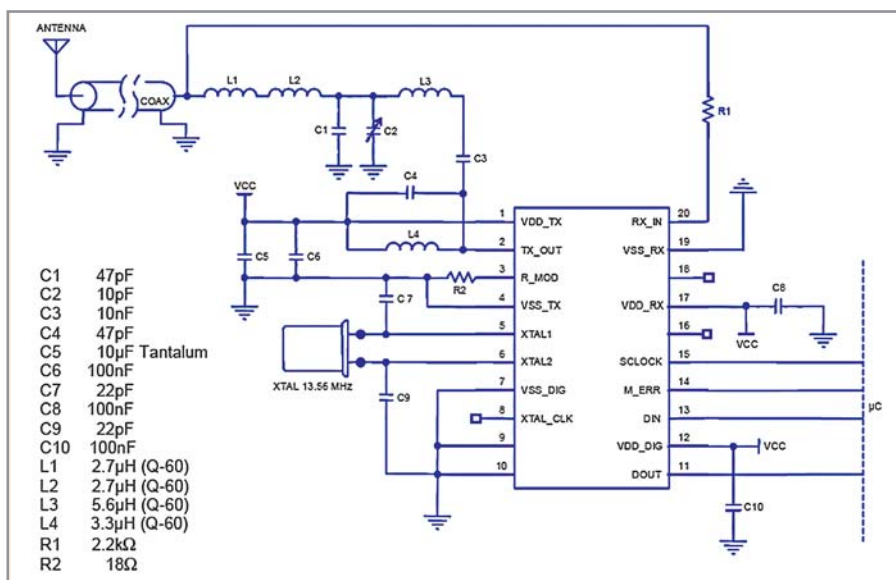


Рис. 10. Принципиальная схема на базе RI-R6C-001A

ковых карточек, дисков и бейджей (рис. 8). В TAG-IT имеется алгоритм антиколлизий; обрабатывается до 50 меток в секунду. Выпускаются метки с 64-битным уникальным номером, объёмом памяти 2048 бит с организацией в 64 блока по 32 бита (см. рис. 9), а также метки с 32-битным серийным номером и памятью объёмом 256 бит, организованной в 8 блоков по 32 бита.

Для работы с метками выпускается серия считывающих модулей «6000». Для небольшой дальности действия предназначен считыватель RI-STU-TRDC-02. Он имеет порт RS-232 для связи с хост-устройством, поддерживает TAG-IT и ISO-протоколы. Для приложений, а которых необходимо использовать большую дальность чтения/записи, предлагаются RI-STU-

Таблица 3. Семейство Infineon My-d TM

Наименование	SRF55V02P	SRF55V10P	SRF55V02S	SRF55V10S
Интерфейс	ISO15693			
Организация памяти	1 сектор		До 16 секторов, полностью конфигурируемых	
Объём пользовательского EEPROM, Кбит	2	8	2	8
Рабочая частота, МГц	13,56			
Скорость передачи данных, Кбит/с	26			
Антиколлизия	Да			
Дистанция чтения/записи, см	0...70			
Функции защиты	Уникальный серийный номер, индивидуальная блокировка страниц		Транспортный ключ, уникальный серийный номер, взаимная аутентификация с 64-битным ключом	
Исполнение	Инлеи 76 × 45 мм, 45 × 45 мм, модуль MCC2, wafer			

650A и RI-STU-655A, которые могут общаться с хост-устройством через RS-232 и RS-485. Кроме того, выпускается микросхема RI-R6C-001A, на базе которой можно создать собственное считывающее устройство (пример дан на рис. 10). Она поддерживает Tag-it, ISO15693, ISO14443-2 (Type A), а для интеграции необходимы лишь несколько дополнительных элементов.

Кроме самих систем, TI производит миниатюрные антенны и антенны-ворота для систем с большой дальностью чтения/записи.

Для разработчиков и системных интеграторов предлагаются инженерные комплекты, содержащие всё необходимое оборудование и образцы меток, а также документацию и демо-ПО.

Системы для маркировки металлических поверхностей и влагосодержащих объектов

Системы на частоте 13,56 МГц прекрасно справляются со своими задачами при маркировке многих объектов. Однако они абсолютно бесполезны, если стоит задача промаркировать металлическую поверхность или влагосодержащий предмет. Для таких объектов используют системы, работающие либо на низкой частоте – 100...130 кГц, либо в UHF-диапазоне (о них будет рассказано ниже).

Сферы применения низкочастотных систем – маркировка газовых баллонов, пивных кегов, металлических контейнеров, изделий из металла, маркировка животных, мясных туш на мясокомбинатах. Кроме того, возможно применение в деревообрабатывающей промышленности, а также внедрение меток в объекты, предназначенные для отслеживания

технологических процессов. Интересное применение – помещение транспондера в фишку казино для определения её подлинности и организации учёта.

Рассмотрим низкочастотные системы, предлагаемые производителями.

Компания Philips предлагает ряд продуктов под торговой маркой HITAG. Первым представителем ряда является микросхема транспондера HITAG1. Её рабочая частота – 100...150 кГц, скорость передачи данных: от ридера к метке – 5,2 Кбит/с; от метки к ридеру – 4 Кбит/с. Объем EEPROM – 2 Кбит; предусмотрена защита содержимого памяти от чтения/записи, конфигурация доступа, возможность одновременной работы множества меток, криптозащита передаваемых данных. Память состоит из 16 блоков; каждый блок содержит 4 страницы по 4 байта. Доступ к памяти может осуществляться постранично или поблочно. 32 байта доступно пользователю. Имеются алгоритмы антиколлизий и криптозащиты.

Ещё один представитель низкочастотного семейства от Philips – это HITAG2. Его рабочая частота – также 100...150 кГц. Имеется 256 бит EEPROM с возможностью конфигурирования функций чтения/записи, организованной в 8 блоков по 4 байта; 4 блока (128 бит) отведено для пользователей. Поддерживаются алгоритмы криптозащиты и антиколлизий, 32-битный уникальный серийный номер. Метка отвечает ISO11784/85 – стандарту на идентификацию животных и ISO 14223/1 (расширенный ISO11784/85).

Новая линейка в семействе HITAG – это HITAGS, в которую входят три различных чипа, отличающихся друг от друга объемом EEPROM (32, 256 и 2048 бит). Чипы имеют уникальный 32-битный серийный номер. Память организована блочно, каждый блок содержит 4 страницы по 4 байта, доступ к памяти – постраничный или поблочный. Есть алгоритм антиколлизии; обрабатывается до 30 меток в секунду. Дистанция чтения/записи – до 1,5 м. Чипы совместимы с международными стандартами ISO11784/85 и ISO14223/1 (только HITAG S 256 и HITAG S2048).

Кроме микросхем для построения транспондеров, компания Philips производит и микросхемы

для построения считывающих устройств. NTTC110 – это ИС считывателя для транспондеров семейства HITAG. ИС представляет собой однокристалльную микросхему, поставляемую в корпусе SO14, которая применяется на коротких и средних дистанциях чтения/записи (до 30 см). Рабочая частота – 120...140 кГц. Ток, выдаваемый в антенну – 200 мА, чувствительность – 2 мВ. Для создания считывателя требуется минимальное количество дополнительных элементов. Возможно использование ИС в паре с криптоконтроллером.

В помощь разработчику Philips предлагает отладочные комплекты, которые содержат в необходимую документацию, считыватель и комплект образцов транспондеров:

- NT EV 401 – отладочный комплект для коротких дистанций чтения/записи;
- NT EV 801 – отладочный комплект для длинных дистанций чтения/записи;
- TED – KIT – отладочный комплект, поставки которого начинаются в 2005 г.

На рынок RFID поставляется множество моделей готовых считывателей. Познакомимся с некоторыми из них.

HTRM440 – считыватель, поддерживающий все семейство HITAG. Он имеет широкий диапазон напряжения питания – 9...16 В постоянного тока. Рабочая частота – 125 кГц. Считыватель поставляется с интерфейсами RS-232/RS-485/RS-422 (9600 Кбод). Дистанция чтения/записи – до 20 см. В комплект поставки входят драйверы и библиотеки, а также исходные тексты программ.

HTRM801 также «понимает» все семейство HITAG. Частота несущей – 125 кГц. Питается считыватель от двух источников питания +15 В и –15 В. Он предназначен для работы на увеличенных расстояниях – до 1 м. Поддерживается механизм антиколлизий. Считыватель поставляется с интерфейсами RS-232/RS-485/RS-422 (9600 Кбод), драйверами, библиотеками, исходными текстами программ.

Другим крупным производителем низкочастотных систем является Texas Instruments. Компоненты и системы этого диапазона получили название TIRIS™. Texas Instruments выпускает готовые решения в виде от-

дельных блоков, из которых можно собрать систему, необходимую для решения той или иной задачи.

Достоинство TIRIS в том, что передача данных между транспондером и считывателем осуществляется посредством частотной модуляции несущей 134,2 кГц. Такой способ делает системы TI менее чувствительными к промышленным помехам.

В TIRIS входят транспондеры различных форм-факторов – в том числе и в виде стеклянных транспондеров с различной формой, объемом памяти, диапазоном рабочих температур и дальностью считывания. Существуют транспондеры длиной 23, 32 и 50 мм, диаметром 3,85 мм. Стеклянные цилиндрические транспондеры длиной 32 мм, как правило, работают на расстояниях до 1 м. Уменьшение размера до 23 мм сокращает рабочую дистанцию до 60 см. Транспондеры же длиной 50 мм и диаметром 16 мм могут работать на расстоянии до 1,65 м. Некоторые модели меток могут функционировать в промышленном диапазоне температур (–40...85°C); в моделях экономичной линии этот диапазон уменьшен. В каждой группе транспондеров есть как модели только для чтения информации, так и модели с возможностью многократной перезаписи (до 100 тыс. циклов) данных в EEPROM.

Выпускаются также транспондеры в виде пластиковых дисков различных размеров: это и 30-мм диски с дальностью действия до 60 см, и 85-мм диски с увеличенной дальностью – до 1,5 м, а также специальные транспондеры в виде брелоков и стандартных пластиковых карт. Дальность их считывания достигает 1 м, но, как правило, они имеют ограниченный диапазон рабочих температур. Среди подобных транспондеров также есть как модели только для чтения, так и с возможностью чтения/записи.

Для систем с повышенными требованиями к защите данных TI предлагает транспондеры с криптозащитой (RI-TRP-BRHP, RI-TRP-B9WK, RI-TRP-V9WK, RI-TRP-BFOB).

Для считывателей Texas Instrument предлагает серию «2000», в которую входят как готовые считывающие устройства, такие как RI-STU-251B, RI-STU-MB2A, RI-STU-MB6A, RI-STU-MRD1, так и отдельные модули, например RI-RFM-007B (для подключе-

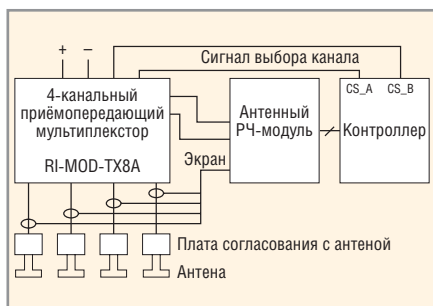
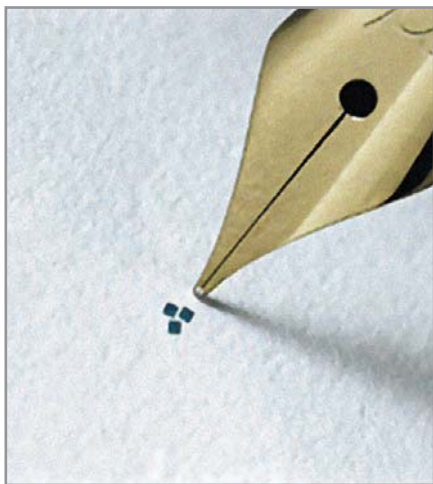
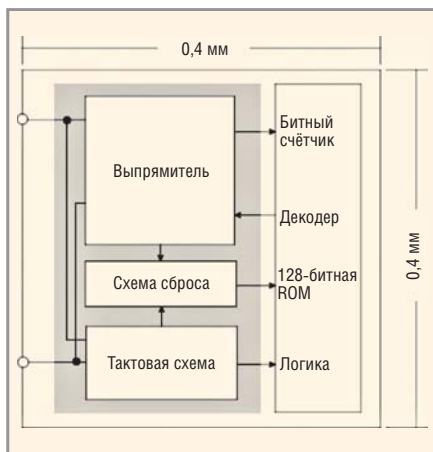


Рис. 11. Схема мультиплексора RI-MOD-TX8A

Рис. 12. μ -chip кристаллыРис. 13. Внутренняя организация μ -chip

ния к нему антенны выпускается блок компенсации потерь в кабеле RI-RFM-008B, а также блок согласования с антенной RI-ACC-008B). Для передачи в хост-устройство информации, принятой считывателями, служат модули управления RI-CTL-MB2A или RI-CTL-MB6A, различающиеся выходным интерфейсом – RS-232 и RS-422/485 соответственно. Помимо этого, Texas Instruments предлагает мультиплексор RI-MOD-TX8A (см. рис. 11) для подключения до четырёх антенн к одному считывающему модулю, что позволяет экономить на

уменьшении количества считывателей в системе.

Системы для крупных складов, логистики, автомобильного и ЖД-транспорта

Для логистики, больших складов, маркировки ЖД-вагонов и автотранспорта вышеописанные системы не подходят, т.к. работают на относительно малых расстояниях между считывателем и меткой. Для таких приложений необходимо использовать системы, работающие в СВЧ-диапазоне.

Компания Philips не обошла своим вниманием это направление, создав семейство UCODE. Данное семейство состоит из двух типов кристаллов.

Транспондер UCODEHSL может работать на частотах 868,915 МГц и 2,4 ГГц. Он имеет 64-битный уникальный серийный номер, EEPROM ёмкостью 2048 бит с организацией в 64 блока по 4 байта. Поддерживается ISO18000, алгоритм антиколлизии; скорость передачи данных – до 40 Кбит/с. Расстояние взаимодействия со считывающим устройством – до 7 м.

UCODE EPC 1.19 имеет такой же частотный диапазон, 96-битный уникальный номер, 256 бит в EEPROM с возможностью перезаписи, алгоритм антиколлизии. Память организована в 11 блоков по 4 байта. Дальность взаимодействия со считывателем – до 7 м.

В данном семействе нет интегральных решений для построения считывающих устройств. Ридеры производятся на дискретных элементах, а протокольная часть выполняется на DSP. В таблице 2 приведены параметры некоторых моделей считывателей разных производителей.

RFID для защиты от подделок

Ещё одно интересное применение RFID-систем – защита от подделок фармацевтической продукции, дорогих спиртных напитков, книг, документов государственного и корпоративного значения, денежных знаков. Безусловно, все вышеописанные компоненты можно использовать для этих целей, поскольку, к примеру, транспондер на чипе I-CODE, Hitag или UCODE, как и любой другой, будет иметь уникальный серийный номер. Если чип с

антенной встроить в обложку книги или упаковку, продукт будет защищён этим серийным номером. Считав его и сравнив с номерами, заявленными производителем, можно убедиться в подлинности товара.

Однако для подобных применений существуют и специальные модели. Один из таких продуктов, получивший название μ -chip, предлагает фирма Hitachi. Транспондеры семейства μ -chip представляют собой миниатюрный чип (размером всего 0,4 × 0,4 мм) (см. рис. 12), выполненный по CMOS-технологии 0,18 мкм, работающий на частоте 2,4 ГГц. С присоединённой антенной транспондер может функционировать на расстоянии до 20 см (блок-схема представлена на рис. 13). В нём имеется 128 бит однократно программируемого (при изготовлении) ROM. Hitachi предлагает законченную систему, в которую входят готовые транспондеры, считывающие устройства, программные продукты. В отличие от описанных выше систем, система μ -chip не обладает антиколлизией и не пригодна для одновременной обработки меток. Однако этого и не требуется в той области, для которой предназначена система μ -chip, – она идеально подходит защиты от подделок продукции, документов, денежных купюр, билетов. Hitachi гарантирует уникальность серийного номера, а также его защищённость благодаря закрытости системы.

В номенклатуре есть готовые считывающие устройства: плоский ридер настольного или настенного расположения с USB-интерфейсом и дальностью считывания до 40 см; ручной ридер NH1 миниатюрного дизайна с LCD-дисплеем (100 × 32 точек) с USB-интерфейсом и зоной считывания 15 см, ручной ридер NH2 в водонепроницаемом корпусе и с дисплеем с подсветкой, совместимый с ISO802.11.xx, т.е. имеющий беспроводный Wi-Fi-интерфейс для связи с хост-компьютером.

Для системных интеграторов предлагается оценочный комплект, состоящий из считывателя, набора меток и необходимого ПО.

Hitachi предлагает готовое ПО для работы системы, в которое входят различные приложения для реше-

ния многих задач конечных пользователей.

ТРАНСПОРТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ И КОНТРОЛЬ ДОСТУПА

Эта часть посвящена системам для ограничения доступа, где транспондеры выступают в качестве пропусков на предприятия, в школы, здания или служат платёжными документами. Транспондеры этой группы более сложны и способны не только записывать информацию в EEPROM, но и ограничивать доступ к памяти. Один и тот же транспондер способен работать в разных приложениях и даже выполнять простые арифметические операции. Такие возможности позволяют использовать пластиковую карту, содержащую RFID-чип и антенну, как для контроля доступа, так и в качестве проездного билета или электронного кошелька.

Начнём описание с продукции компании Philips – семейства mifare, которое легло в основу международного стандарта ISO14443 тип А. В семейство входят как микросхемы для построения транспондеров, так и микросхемы считывателей. В России это семейство нашло применение в системах по сбору тарифов на транспорте (московская железная дорога и метрополитен), в социальной сфере (карта москвича), а также в банковских системах (в качестве кредитных карт), системах контроля доступа и в качестве электронного паспорта.

Рабочая частота mifare – 13,56 МГц. Для передачи информации используется амплитудная модуляция. Данные, передаваемые от ридера к метке, кодируются кодом Миллера со 100%-амплитудной модуляцией. Передача данных в обратном направлении осуществляется в манчестерском коде с использованием ампли-

тудной модуляции поднесущей (см. рис. 14). Для mifare характерна повышенная скорость передачи данных по радиointерфейсу – 106/212/424/848 Кбит/с.

Начнём с описания наиболее простого и недорогого члена семейства – mifare Ultralight. Это кристалл для очень дешёвых устройств, таких как одноразовые проездные билеты. Он имеет 7-байтный уникальный серийный номер; объём EEPROM – 512 бит с организацией в 16 страниц по 4 байта, из них 384 бита отведены для пользовательского применения. Чип совместим с ISO14443-3 тип А. Скорость передачи данных – 106 Кбит/с; используется 16-битное кодирование с CRC. Предусмотрен алгоритм антиколлизии. Срок хранения данных – 5 лет, количество циклов перезаписи – 10 тыс. На рисунке 15 показана блок-схема mifareUltralight.

Следующий представитель mifare – mifare Classic 1K. Название отражает объём памяти – 1024 байт, из них 768 байт доступно для приложений. У каждой микросхемы имеется уникальный 32-битный серийный номер. Память поделена на 16 секторов; доступ к каждому сектору ограничен при помощи двух 48-битных ключей, причём каждому сектору можно назначить собственную пару ключей. Это даёт возможность использования каждого сектора для своего приложения, что позволяет использовать один и тот же транспондер, снабжённый чипом mifare Classic1K, в различных системах (например, как проездной билет в метро и как пропуск на предприятие). Возможности доступа к секторам могут свободно конфигурироваться в зависимости от поставленной задачи. Количество циклов чтения/записи – до 10 тыс.; срок хранения данных – не менее 10 лет. Имеется мощный арифметиче-



Рис. 14. Виды модуляции, применяемые в mifare-системах

ский аппарат, который позволяет кристаллу производить операции сложения/вычитания, что позволяет использовать транспондеры в качестве электронного кошелька. Блок-схема транспондера показана на рисунке 16.

Mifare Classic 4K отличается от mifare Classic 1K увеличенным объёмом EEPROM (4 Кб). Память разбита на 40 секторов – 32 сектора с четырьмя блоками на сектор и 8 секторов с 16 блоками. Каждый блок состоит из 16 байт. Так же, как и в mifare 1K, доступ к секторам ограничен при помощи двух 48-битных ключей. Чип может выполнять арифметические операции и рассчитан на 100 тыс. циклов записи и 10 лет хранения данных.

Следующий представитель семейства – mifare DESFire, блок-схема которого показана на рисунке 17. Структура DESFire ещё более сложна. Предназначен он в первую очередь для использования в системах, где необходима повышенная защищённость передаваемых данных. На кристалле помещён микропроцессор с EEPROM и DES-криптосопроцессором. Mifare DESFire полностью под-

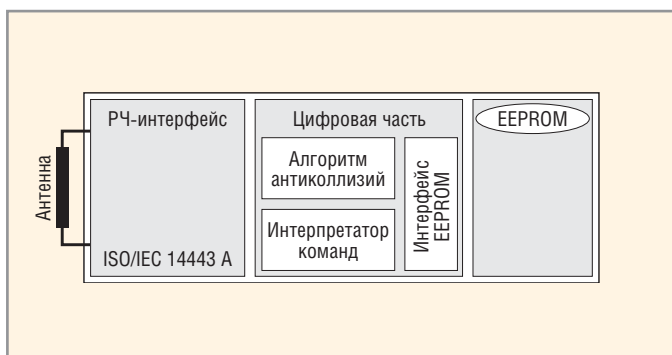


Рис. 15. Внутренняя организация mifare Ultralight

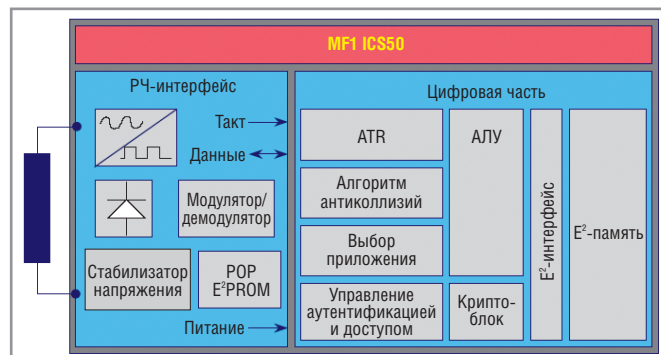


Рис. 16. Внутренняя организация mifare Standart

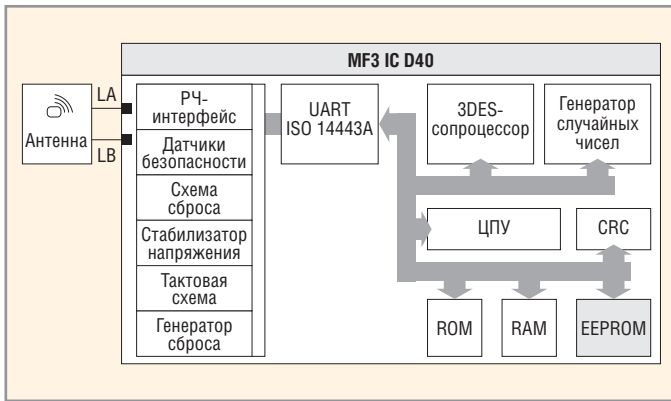


Рис. 17. Внутренняя организация mifare DESFire

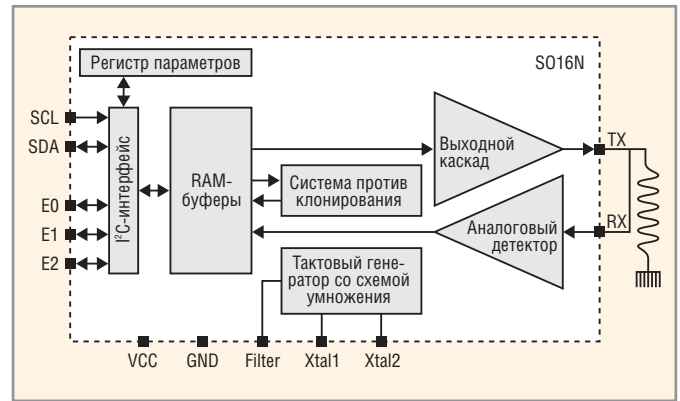


Рис. 18. Микросхема считывателя CRX14



Рис. 19. Комплект разработчика DEMOKITSR

держивает ISO/IEC14443 (части с 1 по 4). Имеется 7-байтный уникальный серийный номер. Дистанция чтения/записи – до 10 см. По сравнению с младшими моделями, DESFire имеет повышенную скорость передачи данных – от 106 до 424 Кбод. Он совместим со всеми считывающими устройствами mifare. На кристалле находится 4096 байт EEPROM. Для осуществления операции записи или стирания информации достаточно 1 мс. Память организована по принципу файловой системы. Один транспондер может обслужи-

вать до 28 приложений, каждое из которых может использовать до 16 файлов. Доступ к каждому приложению ограничен при помощи 14 ключей. Имеется один мастер-ключ для доступа к обслуживанию карты. Данные передаются с криптозащитой по алгоритму 3DES. Количество циклов записи – до 10 тыс.; срок хранения информации – не менее 10 лет.

Для создания считывателей выпускаются микросхемы MFRC500, MFRC530, MFRC531, CLRC632 – некоторые их параметры приведены в таблице 1. Для создания готового считывателя требуется минимум дополнительных компонентов.

Philips выпускает также два комплекта разработчика – MFEV700 и MFEV800, в которые входит считыватель Pegoda (RD700) с USB-интерфейсом, образцы карт, демо-ПО и документация.

Ряд моделей для контроля доступа, систем по сбору тарифов на общественном транспорте выпускает и компания Infineon Technologies. Системы совместимы с ISO14443 тип А. Каждый продукт имеет уникальный серийный номер. Память транспорт-

ных ключей для доступа к информации на кристалле поделена на секторы. Скорость передачи данных – 106 Кбит/с. Параметры кристаллов приведены в таблице 4.

В помощь разработчику выпускается отладочный комплект CR-EVA-kit.

Для построения считывающих устройств в номенклатуре есть микросхема SLF9000N, которая поддерживает ISO14443 (тип А и В), имеет восьмиразрядный параллельный интерфейс, работает на частоте 13,56 МГц. Скорость передачи данных по бесконтактному интерфейсу составляет 106 Кбит/с. Поддерживается антиколлизия в соответствии с ISO14443. Микросхема выпускается в пластиковом 44-выводном корпусе LQFP.

Теперь перейдем к продукции, предлагаемой STMicroelectronics.

Бесконтактная память SR176 поддерживает ISO14443 тип В до уровня 3, работает на частоте 13,56 МГц, с поднесущей 847 кГц, имеет скорость передачи данных 106 Кбит/с. Передача данных от ридера к метке осуществляется при помощи 10%-амплитудной модуляции; при обратной передаче (от метки к ридеру) используется модуляция BPSK. Метка имеет EEPROM объемом 176 бит, доступных пользователю, 64-битный уникальный серийный номер. Чтение и запись осуществляется блоками по 16 бит. Метка выдерживает до 100 тыс. циклов записи; срок хранения данных – не менее 40 лет.

SRIX512 поддерживает протокол, соответствующий стандарту ISO14443 тип В до 3 уровня. Частота основной несущей – 13,56 МГц с использованием поднесущей 847 кГц, скорость передачи данных – 106 Кбит/с. Передача данных от ридера к метке осуществляется при помощи 10%-ампли-

Таблица 4. Микросхемы бесконтактной памяти фирмы Infineon для ISO14443

Наименование	SLE55R01	SLE55R04	SLE55R08	SLE55R16	SLE44R35S	SLE66R35
Интерфейс	ISO1443 (type A)					
Организация памяти	До 16 секторов, полностью конфигурируемых				16 фиксированных секторов	
Объем пользовательского EEPROM	128 байт	616 байт	1K	2K	768 байт	
Рабочая частота, МГц	13,56					
Скорость передачи данных, Кбит/с	106					
Антиколлизия	Да					
Дистанция чтения/записи, см	До 10					
Функции защиты	Транспортный ключ, UID, взаимная аутентификация с 64-битным ключом				Транспортный ключ, UID, взаимная аутентификация с 48-битным ключом	
Исполнение	MCC2, wafer				MCC2, wafer, bumped wafer	MCC8, MCC2, wafer, bumped wafer

тудной модуляции, при обратной передаче используется BPSK; поддерживается антиколлизия. Имеется 512 бит EEPROM, 5 блоков OTP-памяти (однократно программируемой), два двоичных счётчика, девять блоков памяти с возможностью блокировки данных (блок состоит из 32 бит с возможностью перезаписи), 64-битный уникальный номер, ресурс – 1 млн. циклов перезаписи и 40 лет хранения данных.

SRX4K поддерживает протокол, соответствующий стандарту ISO14443 тип В до 3 уровня. Частота основной несущей – 13,56 МГц, частота поднесущей – 847 кГц, скорость передачи данных – 106 Кбит/с. Передача данных от ридера к метке осуществляется при помощи 10%-амплитудной модуляции, обратная передача (от метки к ридеру) использует BPSK. Система поддерживает антиколлизии. Объём EEPROM – 4096 бит с блочной организацией по 32 бита, а также пять блоков OTP-памяти. Имеется два двоичных таймера, девять блоков с защитой, 64-битный уникальный номер. Ресурс – 1 млн. циклов перезаписи, 40 лет хранения данных.

Микросхема считывателя CRX14 поддерживает протокол ISO14443 В, требует только одного питающего напряжения 5 В, имеет 400-килогерцовую I²C шину, выпускается в корпусе SO16 (см. рис. 18).

Комплект разработчика DEMOKITSR предназначен для систем, работающих на коротких дистанциях в стандарте ISO14443. В комплект входит диск с ПО, считыватель, антенна 8 × 8 см, источник питания 12 В, кабель для подключения по интерфейсу RS-232, комплект образцов меток (см. рис. 19).

БАНКОВСКИЕ И ПАСПОРТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Существуют RFID-системы, специально разработанные для применения там, где нужна повышенная защищённость данных, а также большой объём памяти. Такие системы применяются в качестве банковских кредитных карт, электронных паспортов, миграционных карт и для контроля доступа. На кристалле таких транспондеров находится уже не просто EEPROM с возможностью перезаписи и процессор с простыми арифметическими функциями, а микроконтроллер с крипто-сопроцессором. Объём памяти таких

Таблица 5. Security и PKI контроллеры SmartMX от Philips

Наименование	P5SD009	P5CD009	P5CD036	P5CD072	P5CT072
ЦП	Secure_MX51				
Контактный интерфейс	ISO7816			ISO7816/USB2.0	
Бесконтактный интерфейс	ISO14443 (тип А)				
ROM, Кб	64	96	128	160	160
RAM, Кб	2,25		4,5		
EEPROM, Кб	10		36	72	
Дистанция чтения/записи, см	До 10				
Функции защиты	DES3	Frame_XE, DES3, Firewall			
Эмуляция mifare	Да				
Исполнение	Swan wafer, module				

Таблица 6. Семейство контроллеров Infineon с дуальным интерфейсом

Наименование	SLE66CL80P	SLE66CL81P	SLE66CLX320P	SLE66CLX31P
Интерфейс	Дуальный (ISO7816/ISO14443A)	Бесконтактный (ISO14443A)	Дуальный (ISO7816/ISO14443A)	Бесконтактный (ISO14443A)
ROM, Кб	72		136	
EEPROM, Кб	8		32	
RAM, байт	2,304		4352 + 700 байт крипто	
ЦП, разрядов	16			
Криптопроцессор	Нет		Да	
Антиколлизия	Да			
Дистанция чтения/записи, см	До 10			
Исполнение	M8.4, bumped wafer, wafer	MCC8, wafer	M8.4, bumped wafer, wafer	MCC8, wafer

транспондеров достаточен для хранения не только традиционных персональных данных о владельце паспорта, но и биометрических данных и электронной фотографии.

Опять же лидером здесь является Philips с системами mifare ProX и mifare SmartMX. Подробное рассказ об этих контроллерах – тема отдельной статьи, поэтому здесь дадим лишь их краткое описание.

Семейство ProX состоит из Security-контроллеров – кристаллов P8RF6005, P8RF6010, P8RF6016 и PKI-контроллера P8RF5016. В качестве CPU используются Secure 8-bit 80C51. Все микросхемы поддерживают ISO7816 и ISO14443-4, т.е. имеют контактный и бесконтактный интерфейсы. Имеется также режим эмуляции mifare Classic 1К и 4К. Память – ROM, RAM и EEPROM. В ROM объёмом 64 Кб размещается операционная система, например JCOP (JAVA Card Open Platform). Объём оперативной памяти – 256 байт. В EEPROM загружаются пользовательские приложения и данные. Объём EEPROM – от 4 до 16 Кб. Семейство ProX, благодаря своим возможностям, приходит на смену обычным контактными картам, явля-

ясь гибким инструментом решения разнообразных задач.

Семейство SmartMX – следующее поколение. Некоторые его характеристики приведены в таблице 5. В семейство входят микроконтроллеры с расширенным ядром 80C51. Такие устройства, как правило, поставляются с предустановленной операционной системой (например, JCOP). Семейство отличает увеличенный объём памяти (до 72 Кб), что позволяет хранить большие объёмы информации. Наличие двойного интерфейса позволяет использовать SmartMX в различных системах, а встроенный процессор может выполнять приложения непосредственно в транспондере. Перечисленные возможности, а также функции криптозащиты данных делают Smart_MX идеальным в тех областях, где необходима повышенная защищённость данных.

В области банковских карт и электронных паспортов предлагает свои решения и компания Infineon, выпускающая ряд крипто-контроллеров как с бесконтактным, так и с двойным интерфейсом (контактным ISO7816 и бесконтактным ISO14443). Их характеристики приведены в таблице 6. ©