

РАДИОЧАСТОТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЕСТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Сегодня изделия, выполненные по технологии радиочастотной идентификации (RFID), формируют один из многообещающих сегментов рынка высокочастотных приборов. А ведь многие "новые" применения RFID-устройств предсказывались почти 40 лет назад! Причина вдруг вернувшегося интереса к этой технологии — революция в беспроводной электронике, когда успехи проектирования, совершенствование компонентов и снижение стоимости систем привели к убеждению в том, что "в беспроводном виде может быть выполнено все что угодно". RFID позволяет решать такие задачи, о которых еще несколько лет назад никто и не помышлял. Благодаря широким функциональным возможностям RFID-устройств, способных регистрировать/считывать данные на достаточно больших расстояниях от их источника, изменять при необходимости контролируемые данные, функционировать вне пределов зоны прямой видимости, потребность в них неуклонно растет. И сейчас вопрос стоит не о том, найдут ли RFID-системы применение, а когда они получат широкое распространение. И, по мнению аналитиков, уже в 2006 году начнется значительный рост продаж RFID-устройств.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Технология радиочастотной идентификации появилась еще в 20-е годы прошлого столетия. Во время Второй мировой войны RFID-устройства уже применялись в радиолокационных системах опознавания "свой-чужой". Правда, используемые в них транспондеры были громоздкими, потребляли большую мощность, имели малый объем кодов идентификации (ID-кодов) и, к тому же, были дорогими. В середине 60-х годов началась разработка различных методов идентификации с помощью менее дорогих устройств, работающих на более коротких длинах волн. В начале 70-х была разработана схема, использующая методы выпрямления ВЧ-сигнала для питания тэга (опрашиваемой метки), модуляции поднесущей обратно рассеянного сигнала и генерации ID-кода. А в 90-е годы Министерство обороны США начало применять сложные (и дорогие) активные ВЧ-тэги с батарейным питанием для слежения за прохождением транспортной тары. И лишь в конце 90-х благодаря снижению



В.Шурыгина

стоимости кремниевых микросхем цена RFID-устройств оказалась приемлемой для существенного расширения их применения. Это потребовало разработки стандартов и протоколов, устанавливающих способы доступа к средствам связи, структуру передаваемых данных, порядок их кодирования и модуляции. В 1999 году при Массачусетском технологическом институте было сформировано отделение AutoID Center с пятью лабораториями в Великобритании, Австралии и Японии. Основная задача Центра — создание единой системы идентификации EPCglobal Network, своего рода "Интернета вещей", позволяющей единственным образом идентифицировать и описывать релевантными данными каждый физический объект, даже выбрасываемые после употребления бытовые изделия. Позже, в 2003 году, американским Советом по унифицированному коду (UPC) и Международной ассоциацией товарной нумерации (EAN International) была организована компания EPCGlobal Inc., призванная реализовать глобальную сеть и обеспечить ее функционирование. В конце того же года почти одновременно с переходом от разработки к стандартизации и распространению RFID-технологии крупнейшая мировая фирма розничной торговли Wal-Mart Stores поручила 100 своим основным поставщикам к январю 2005 года снабдить все транспортные стеллажи, тару и контейнеры RFID-тэгами, соответствующими стандартам EPCGlobal. Это поручение, а также заказы других крупных фирм розничной торговли (Tesco, Metro, Target, Best Buy), Министерства обороны США (к январю 2007 года все изделия, отгружаемые Министерству, должны иметь RFID-тэги), Государственного департамента США, намеренного использовать RFID-устройства в новых паспортах, Администрации по контролю за продуктами питания и лекарствами США привели к тому, что ранее малоизвестная RFID-технология привлекла внимание фирм-производителей средств связи, и в меньшей степени — внимание общественности. Эти разнообразные поручения и заказы принудили многих конечных пользователей обратиться к технологии, которая в противном случае их, по-видимому, не заинтересовала бы до полной своей отработки. Согласно опросу, проведенному компанией Frost & Sullivan по заказу Ассоциации промышленности компьютерной технологии, более половины из опрошенных в 2005 году 500 американских фирм либо уже располагают RFID-системами, либо планируют их применение.

В результате уже несколько лет наблюдается стабильное развитие этой технологии, и в период 2006–2009 годы ожидаются высокие темпы прироста продаж RFID-изделий.

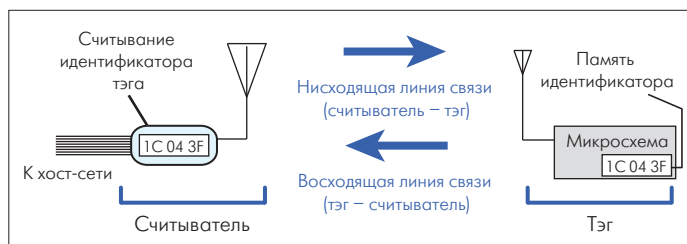


Рис. 1. Архитектура типичной RFID-системы

Но RFID – сложная и все еще развивающаяся технология, свойства которой зависят от многих факторов: ориентации RFID-тэга на объекте; типа изделия, на котором он крепится; условий хранения изделия с тэгом. Каждое применение RFID-устройства отличается от других. Такого понятия, как RFID-блок, пригодный для любого приложения, нет. На любой стадии реализации RFID-системы могут возникнуть непредвиденные проблемы, и для успешного выполнения поставленной задачи необходимо понимать все достоинства и недостатки этой технологии.

RFID-УСТРОЙСТВО

Простейшая RFID-система включает электронный тэг и опросное устройство/считыватель (далее считыватель) (рис. 1). Тэг содержит одну или больше микросхем с энергонезависимой памятью объемом от 64–96 бит до нескольких килобит и ВЧ-передатчик или транспондер. Кроме того, в схему тэга входят индуктивные согласующие ответвления, резонирующие с емкостью микросхемы, и нагрузочные структуры, позволяющие уменьшить линейные размеры тэга (рис.2). В новейших конструкциях предусмотрены также средства предотвращения конфликтов при опросе нескольких близко расположенных в системе тэгов. Микросхема обычно крепится на вкладыше, содержащем антенну, изготовленную на тонкой пластиковой подложке. Такой вкладыш может использоваться как автономный тэг с неизменяемыми данными, а может встраиваться в обычную бумажную этикетку, при этом тэг должен быть совместим с объектом, к которому он крепится.

Используемые в тэгах антенны в общем случае делятся на три типа: одноканальные с симметричным излучателем, с изогнутым/меандровым излучателем и двухканальные с симметричным излучателем. Дальность действия антенны с одним излучателем достаточно большая при ориентации тэга вдоль оси поляризации сигнала, излучаемого антенной считывателя. Но размеры тэгов с такими антеннами велики и при ортогональной поляризации принимаемого сигнала работа их ухудшается. Длина антенны может быть уменьшена за счет ее изгиба, в пределе возможно применение меандрового излучателя, но при этом эффективность антенны минимальна. Применение двухканальных антенн с симметричным излучателем приводит к увеличению размера тэга, но при этом его функционирование не зависит от ориентации.

Второй основной элемент RFID-системы – считыватель (рис.3). Мощность его передатчика выше, чем у тэга (~1 Вт). Для передачи сигнала опроса и приема ответного сигнала тэга в нем используются одна или две антенны больших

размеров. Сигнал тэга в считывателе с одной антенной выделяется циркулятором или направленным ответвителем. Применение двух антенн (приемной и передающей) упрощает задачу развязки каналов приема и передач, но – за счет увеличения размера и сложности считывателя. Для снижения уровня утечек передаваемого сигнала, которые даже при высоких характеристиках антенны могут достигать 10 дБВт (при требуемом уровне принимаемого сигнала удаленного тэга -60 дБВт), в приемнике необходим фильтр, а для успешной демодуляции сигнала тэга – схема защиты. Принимаемый сигнал может смешиваться с фазовым шумом гетеродина, что приводит к появлению шума в полосе передачи и, тем самым, ограничению дальности действия считывателя.

Современные считыватели могут также выполнять функцию перепрограммирования тэга. Считыватель выполняется в виде периферийного стационарного или малогабаритного карманного устройства и часто (но не всегда) для более эффективного использования собранных данных интегрирован в сеть.

Тип RFID-системы определяется тремя ее ключевыми параметрами: источником питания тэга, рабочей частотой и протоколом связи. В свою очередь используемый источник питания определяет три основных типа системы – с пассивным, полупассивным и активным тэгом (рис.4).

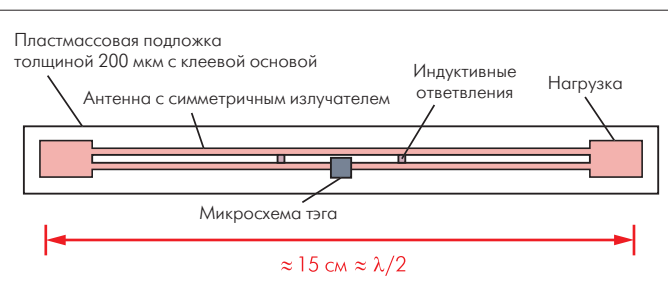


Рис.2. Типичный тэг с одной дипольной антенной

Пассивный тэг не имеет ни собственного источника питания, ни радиопередатчика. Энергию, необходимую для работы, он получает за счет выпрямления принятого его антенной ВЧ-сигнала опроса считывателя. Параллельный канал тэга с меньшей постоянной времени принимает ВЧ-сигнал считывателя, что позволяет выделить передаваемые им АМ-данные.

Для функционирования такой системы расстояние между тэгом и считывателем должно быть в пределах длины волны сигнала, т.е. в пределах ближнего поля, или в магнитном поле передающей антенны. В результате RFID-система представляет собой трансформатор, первичной обмоткой которого служит антенна считыва-

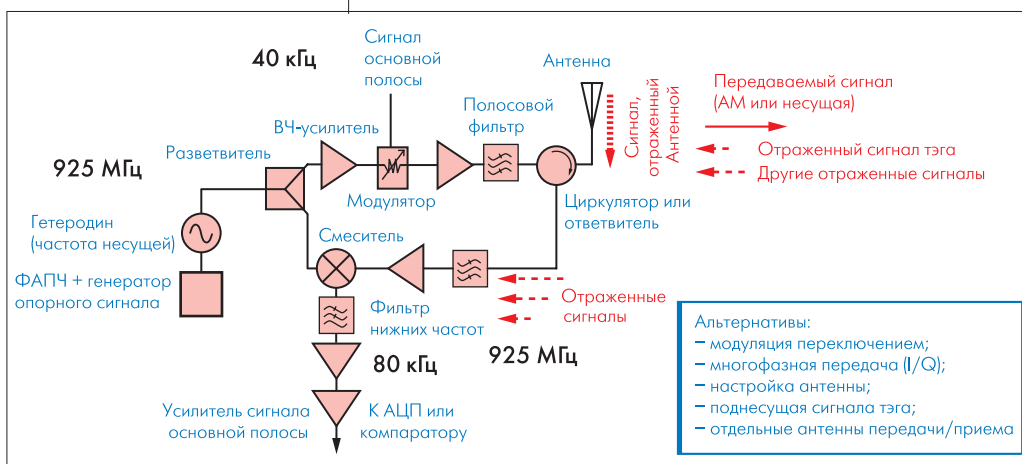


Рис.3. Блок-схема гомодинного считывателя УВЧ RFID-системы

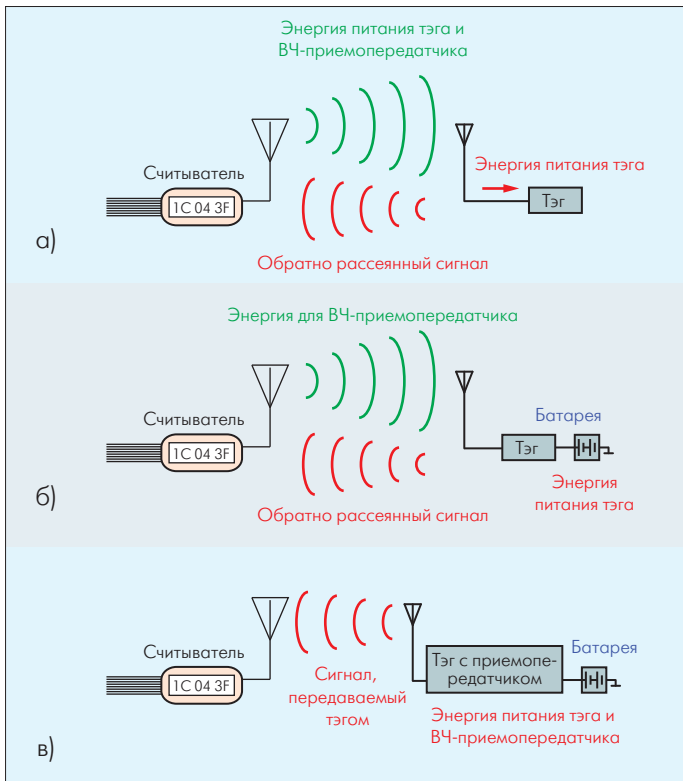


Рис.4. Архитектуры систем на базе пассивного (а), полупассивного (б) и активного (в) тэгов

теля, а вторичной – антенна тэга (рис.5). Таким образом, расстояние между считывателем и тэгом зависит от частоты сигнала и размера антенны. В пассивном тэге нет дорогих и энергоемких компонентов (синтезатора, смесителя, маломощного усилителя и т.п.), и он не передает собственный сигнал считывателю, а модулирует принятый ВЧ-сигнал и рассеивает его в обратном направлении за счет изменения импеданса антенны при передаче последовательности двоичных разрядов, образующих его идентификатор. При таком режиме работы тэг должен лишь выполнять функцию переключения со скоростью, сопоставимой со скоростью передачи данных. Правда, мощность АМ-сигнала, принимаемого антенной считывателя, обратно пропорциональна кубу расстояния до тэга. В результате дальность прямой связи пассивных тэгов лежит в пределах от нескольких метров до ~15 м в зависимости от мощности сигнала и усиления антенн. Так, широко используемые в каналах поставки дешевые пассивные тэги могут находить-

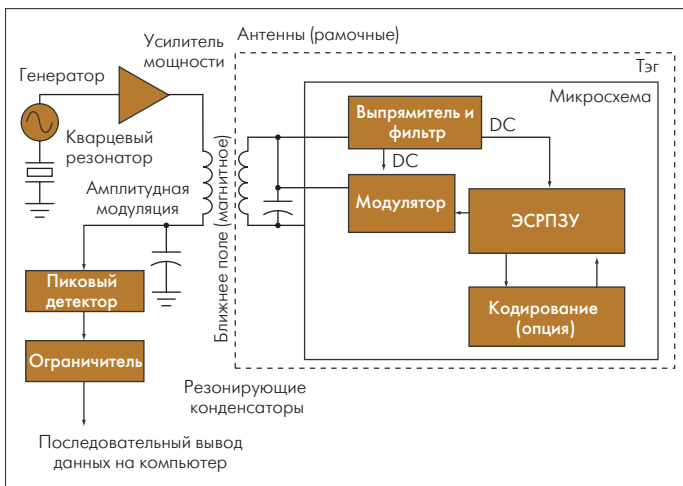


Рис.5. Блок-схема типичной RFID-системы

ся на расстоянии до 10 м от считывателя (хотя, как правило, это расстояние равно 3 м). Типичные значения скорости передачи данных – 50–150 Кбит/с.

Ограниченная мощность пассивных тэгов не позволяет хранить и обрабатывать большой объем информации. Такие тэги не могут выполнять многие функции, присущие обычным радиостанциям. Но все эти недостатки компенсируют низкая стоимость и простота конструкции пассивных тэгов. Сегодня такие тэги продаются по цене 0,2–1,5 долл. при закупке крупных партий, и вполне вероятно, в ближайшем будущем их стоимость снизится до 0,1 долл. Пассивные тэги малых размеров и толщины могут быть встроены в приклеиваемые к объекту этикетки или в другие малозаметные структуры. А поскольку у них нет батареи, они не требуют технического обслуживания и срок службы их достаточно большой.

Полупассивные (или полуактивные) тэги имеют батарею, но у них также нет передатчика, и работают они в режиме обратного рассеяния. В сравнении с пассивными, дальность действия полупассивных тэгов больше. Ограничена она в основном чувствительностью приемника считывателя и составляет от нескольких десятков до 100 м. Надежность их работы намного выше, поскольку питание элементов тэга не зависит от сигнала считывателя. При тщательном проектировании возможно отключение большей части схем тэга в нерабочем режиме, благодаря чему срок службы батарей достигает пяти лет. Размеры полупассивных тэгов больше, чем пассивных, и стоимость их выше: 10–30 долларов.

Активные тэги по своей архитектуре напоминают обычные радиостанции. В их состав входят питаемые от батареи передатчик, приемник и микросхемы управления. Срок службы батарей активных тэгов достигает 10 лет. Дальность действия при работе вне помещения – несколько сотен метров. Но их габариты больше, а цена выше, чем у пассивных устройств. Поэтому сейчас их применение ограничено "маркировкой" ценного имущества и слежением за передвижением людей. Для минимизации потребляемой мощности в активных тэгах часто применяется метод передачи с большой скважностью коротких пакетов данных, используя псевдослучайное кодирование.

Зависимость качества связи от дальности двух коммутирующих устройств в активных системах не столь проста, как в пассивных. В ходе сеанса связи тэг, считыватель или оба эти устройства могут перемещаться для достижения максимальной интенсивности сигнала тэга в течение, по крайней мере, одного сигнала опроса считывателя.

Рабочие частоты RFID-систем лежат в диапазоне, выделенном для некоммерческого использования в системах промышленного, научного и медицинского назначения (ISM) (рис.6). Большой частью рабочая частота RFID-систем составляет 125/134 кГц, 13,56 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц. Размеры антенн варьируются не столь широко. Антенны, рассчитанные на частоту 125/134 кГц, много меньше длины волны передаваемого сигнала (~2000 м), и практически их размер не превышает ~50 см.

В пассивных НЧ-тэгах для увеличения индуцированного напряжения используются многovitковые антенны, а иногда и антенны с ферритовыми сердечниками. Такие антенны трудны в изготовлении, что приводит к удорожанию системы. Кроме того, скорость передачи в этом случае не превышает 1 Кбит/с. Таким образом, низкочастотные RFID-устройства неприемлемы для применений, требующих высокой скорости передачи и считывания данных или работы с большим объемом данных. Но они широко используются в системах малого радиуса действия, оперирующих с малым объемом данных. Так, к сегодняшнему дню в пользовании находится 150 млн. автомобиль-



Частота, Гц	100к	1М	10М	100М	1Г	10Г
	НЧ	СЧ	ВЧ	ОВЧ	УВЧ	
Длина волны, м	3000	300	30	3	0,3	0,03
Полосы частот, часто используемые RFID-системами		125/134 кГц	13,58 МГц	860–980 МГц	2,4 ГГц	
Полосы частот, редко используемые RFID-системами			5–7 МГц	433 МГц	5,2–5,8 ГГц	

Рис.6. Диапазоны частот, используемые в RFID-системах

ных ключей с RFID-тэгами. Широко используются НЧ RFID-тэги и для идентификации скота и домашних животных, поскольку глубина проникновения поля 125-кГц сигнала при удельной проводимости объекта 5 мСм/см (проводимость живых тканей и разбавленных водных солевых растворов) равна ~2 м, т.е. излучение на такой частоте легко проникает в живую ткань и воду.

Высокочастотные пассивные тэги обычно работают на частоте 13,56 МГц (длина волны около 20 м). Скорость передачи может достигать нескольких десятков бод. Значение индуцированного напряжения ВЧ-тэгов больше, чем у низкочастотных, поэтому в них можно применять четырех-восьмивитковые антенны диаметром несколько сантиметров. Это позволяет организовать массовое производство таких тэгов в формате кредитной карты. Используются ВЧ-тэги в основном в системах контроля доступа, продажи и покупки билетов, смарт-картах и в системах контроля за ценными предметами имущества.

Длина волны сигнала УВЧ-тэгов, работающих в диапазоне от 860–960 МГц до 2,4 ГГц, сопоставима с размером антенн. Такие

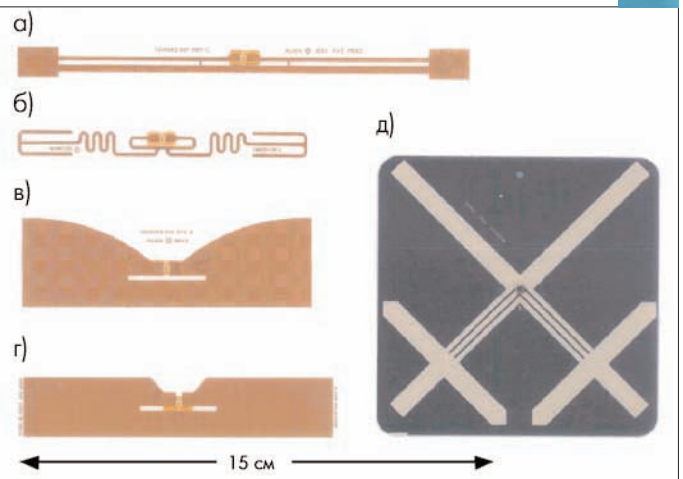


Рис.7. Виды УВЧ-тэгов: а) I-тэг; б) T-тэг; в) большой M-тэг; г) малый M-тэг; д) X-тэг

системы работают в дальнем поле, т.е. в "излучающем" режиме. При этом расстояние между антеннами, а следовательно, между тэгом и считывателем может быть больше, чем в предыдущих системах. Поскольку пассивные УВЧ-тэги не имеют источника питания и вычислительная мощность их мала, проблема замирания сигнала для них может оказаться более серьезной, чем для сотовых телефонов. Как правило, размер антенн УВЧ-систем равен половине длины волны излучения, т.е. ~15 см, что для некоторых применений велико. Для уменьшения размеров антенны УВЧ-систем разработчики изгибают проводящие области или используют структуры большой площади, хотя при этом возможно ухудшение параметров устройства. Кроме того, поскольку на этих частотах тэги чувстви-

тельны к воздействию внешней среды, конструкция их варьируется в зависимости от материала, к которому они крепятся, вследствие чего УВЧ RFID-тэги могут иметь разнообразные конфигурации (рис. 7).

ПРОТОКОЛЫ СВЯЗИ

Один из основных факторов, препятствующих широкому распространению RFID-технологии, – отсутствие глобального стандарта связи, гарантирующего защиту персональной информации. Сейчас для множества RFID-приложений существует и множество отличающихся друг от друга протоколов, отвечающих требованиям различных актов и организаций: Свода федеральных нормативных актов, Американского национального института стандартов, Международной организации по стандартизации (ISO), международной организации EPCGlobal (табл. 1,2). В результате RFID-системы различных стандартов и их компоненты плохо совместимы, а в некоторых случаях и полностью несовместимы. Так, RFID-тэг стандарта ISO15693 не может обнаружить или принять сигнал считывателей стандартов ISO11783 и EPCGlobal. НЧ- ВЧ- и УВЧ-тэги, как правило, используют различные средства кодирования и модуляции. В НЧ-устройствах (125/134 кГц) в основном используется частотное манипулирование сигналов считывателя (нисходящего канала), в ВЧ-системах – кодируемая амплитудная модуляция несущей в нисходящем канале, зачастую при модуляции поднесущей восходящего канала связи на 847 кГц. В УВЧ-системах, как правило, в нисходящем канале применяется кодируемая амплитудная модуляция, в восходящем канале – различные схемы связи на поднесущей. Модуляция сигнала считывателя пассивных систем затруднена тем, что передаваемый сигнал должен одновременно обеспечивать питание тэга. Простые схемы с возвращением к нулю, в которых логическая 1 кодируется как сигнал высокого уровня, а логический 0 – отсутствием сигнала, при длинных последовательностях нулей могут привести к потере питания тэгом. Поэтому для пассивных тэгов такие схемы модуляции неэффективны в сравнении с обычными методами модуляции, принятыми в технике беспроводной связи (такими, как QPSK или QAM).

Как правило, структуры пакетов данных различных протоколов также отличаются друг от друга и несовместимы, хотя в большинстве случаев общепринятая структура – заголовок/команда/данные – присутствует. Во многих структурах предусмотрен простейший метод проверки ошибок с помощью циклического избыточного кода (CRC).

Таблица 1. Некоторые протоколы RFID-систем в соответствии с рабочими частотами и типом тэга

Частота/Тип тэга	Пассивные	Полупассивные	Активные
125 кГц	ISO 117845, 14223 ISO18000-2	–	–
5–7 МГц	ISO 10536 Систем DF/IFX фирмы iPico	–	–
13,56 МГц	MIFARE фирмы Philips (ISO 14443) Системы Tag-IT фирмы Texas Instruments (ISO15693) ISO18000-3	–	–
303/433 МГц	–	–	ANSI 371.2 ISO18000-7 RFCode
860–960 МГц	ISO18000-6 EPC класс 0 EPC класс 1 EPC Gen II Системы Intellitag (раздел 21) AAR S918	AAR S918 Системы Intellitag (раздел 21)	–
2,45 ГГц	ISO18000-4 Системы Intellitag Микросхем μ -chip фирмы Hitachi	ISO18000-4 ANSI 371.1	ISO18000-4 ANSI 371.1

Таблица 2. Стандарты EPC

Класс EPC	Назначение	Программирование
0	Пассивные тэги только для считывания	В ходе процесса изготовления полупроводниковой схемы
1	Пассивные тэги с однократной записью и многократным считыванием	Заказчиком с последующей фиксацией программы
2	Пассивные тэги с возможностью перезаписи	Многократное перепрограммирование
3	Полупассивные тэги	
4	Активные тэги	
5	Считыватели	–

В большинстве случаев в любом физическом пространстве работает только один считыватель, поэтому контроль доступа в RFID-системе сфокусирован на решении конфликтов между несколькими тэгами, присутствующими в зоне действия считывателя. Как правило, используется метод двоичного дерева, согласно которому просматриваются тэги каждой заселенной ветви дерева, образованного всеми возможными уникальными идентификаторами, или метод случайного доступа (метода Алоха), когда тэги связываются со считывателем произвольно или псевдопроизвольно и освобождают канал связи при безуспешной попытке установить связь.

Привлекают сегодня внимание пользователей и стандарты компании EPCGlobal, перед которой при ее образовании были поставлены задачи разработки и распространения стандартов для всех составляющих глобальной сети поставок EPCglobal Network и связанных с ней приложений. Для однозначной идентификации изделия в канале поставок EPCGlobal использует код электронной продукции (Electronic Product Code – EPC) длиной 64, 96 бит (в будущем возможно длиной 128 бит или больше). EPC содержит: заголовок, идентификатор владельца объекта (компании или организации), объектный класс (аналогичен номеру модели или единице складского хранения) и серийный номер, который и обеспечивает уникальность идентификатора конкретного физического объекта в канале поставок. Код может включать и несколько общепринятых идентификаторов, таких как универсальный торговый идентификационный номер, известный большинству как штрих-код потребительских товаров, серийный номер транспортной тары и т.п. Для обнаружения ошибок в EPC используется 16-бит CRC.

Стандарты EPCGlobal первого поколения, – классы 0 (для RFID-систем с возможностью только считывания) и 1 (однократно программируемые устройства) – хотя и не были полностью закончены, сейчас используются достаточно широко*. Если первоначально тэги класса 0 представляли собой программируемые поставщиком 64-бит устройства, сейчас все большее распространение получают 96-бит устройства. А в микросхемы для систем этого стандарта компаний Matrics-Symbol Technology и Impinj можно записывать данные в память тэга в условиях эксплуатации.

В считывателях этого стандарта предусмотрена фазово-импульсная модуляция, использующая импульсы переменной длительности для обозначения логического 0, 1 и "null" (редко применяемый для изменения состояния тэга символ) (рис.8). Системы класса 0 работают с протоколом побитовой связи, согласно которому отклик тэга на каждый бит данных, передаваемых считывателем, накладывается на несущую с помощью поднесущей на 2,2 или 3,3 МГц. Проблема конфликтов в системах с несколькими тэгами решается за счет побитового просмотра двоичного дерева, в ходе которого каждый тэг передает следующий бит своего кода. Если считыватель откликается на этот бит, тэг продолжает передачу, в противном случае он возвращается в состояние покоя до следующего опроса и передачи.

* Стандарты организации EPCGlobal доступны на ее сайте www.epcglobalinc.org

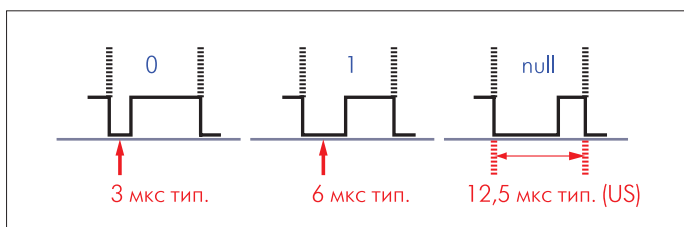


Рис. 8. Символы считывателя при прямой передаче сигнала считывателя

Стандарт класса 1 также распространяется на тэги с 64- и 96-бит EPC. Хотя номинально тэги класса 1 рассчитаны на однократную запись, сейчас на рынке имеются тэги с возможностью перезаписи, в том числе и в условиях эксплуатации. Символы, пересылаемые считывателем, аналогичны символам систем класса 0, но null в них отсутствует. В тэгах систем класса 1 используется F2F кодирование символов. Скорость передачи восходящего канала в два раза выше, чем нисходящего. Вследствие относительного малого числа переходов из одного состояния в другое, боковые полосы сигнала FMO-тэга обычно близки к частоте несущей. Считыватели класса 1, как правило, реализуются с I/Q-каналами с тем, чтобы тэг был виден даже если отраженный им сигнал сдвинут по фазе на 90° по отношению к сигналу считывателя. Кроме того, предусмотрена фильтрация сигнала, с тем чтобы отсекал постоянную составляющую, обусловленную влиянием паразитных отражений, и минимизировать фазовый шум.

Конфликты в считывателях класса 1 решаются с помощью гибридного метода фильтрации/двоичного дерева: считыватель в пакете запроса передает подгруппу EPC, и на запрос отвечают только те тэги, EPC которых содержит эту подгруппу. Если в заданном временном интервале отвечает только один тэг, считыватель может запросить его полный идентификатор.

В начале 2005 года компания EPCGlobal выпустила второе поколение стандарта радиоинтерфейса (Generation II, или Gen II), пока для систем класса 1. Стандарт определяет требования к характеристикам RFID-систем на базе пассивных УВЧ-тэгов (860–900 МГц) с возможностью перезаписи данных в условиях эксплуатации и EPC длиной не менее 96 бит плюс 16-бит CRC. Скорость передачи AM-сигнала, поддерживаемая стандартом, лежит в пределах от 5 до 640 Кбит/с, дальность действия — ~8 м. Согласно этому стандарту, считыватель использует ФИМ передаваемого сигнала, но импульс низкого уровня приходится на окончание каждого символа и длительность его фиксирована, тогда как длительность импульса высокого уровня варьируется. Формат отклика тэга сложен и может использовать либо FMO-кодирование, при котором длительность каждой логической 1 стабильна, а логический 0 претерпевает переход из одного состояния в другое в середине периода передачи символа, либо модуляцию Миллера. В последнем случае обеспечивается большая помехозащищенность, но скорость передачи данных снижается. Для исключения конфликтов в системах Gen II применяется метод Алоха. Память тэга разбита на четыре банка, содержащих каждый пароль доступа или аннулирования данных, EPC, идентификаторы тэга и пользователя.

Системы, построенные в соответствии со стандартом Gen II, могут работать друг с другом в любой части мира при соответствии их частоты и питания основным региональным нормам. Благодаря использованию перспективной технологии кодирования, паролей и идентификации стандарт обеспечивает высокую защиту данных. Сейчас, по утверждению специалистов EPCGlobal, Gen II — единст-

венный открытый стандарт, отвечающий требованиям крупных каналов поставок и не только им.

ИНТРИГА МЕЖПЛАТФОРМЕННОГО ПО

Важную роль при формировании RFID-системы играет межплатформенное ПО, обеспечивающее прозрачную работу приложений в неоднородной сетевой среде и позволяющее разработчикам сортировать и обрабатывать данные с помощью существующего прикладного программного обеспечения. Так, межплатформенное ПО Dat-Link компании Acscis, выполняемое сервером, содержит драйверы для большинства представленных на рынке RFID-считывателей. Это ПО, способствующее работе RFID-системы в реальном времени, поддерживает сбор и хранение данных, их фильтрацию, группировку и нормализацию, после чего устанавливает связь с прикладными программами.

Согласно исследованию компании Venture Development Corp. (VDC), конечный пользователь выделяет следующие, необходимые в первую очередь, пять функций межплатформенного ПО для RFID-систем:

- обеспечение единообразного по стилю, по виду и по управлению интерфейса для инфраструктуры RFID-считывателя/опросного устройства. В различных решениях современных RFID-считывателей пока нет стандартных интерфейсов для взаимодействия с человеком, машиной, сетью, приложением;
- фильтрация и передача данных. Подобно отсутствию стандартных интерфейсов, пользователи отмечают проблему разнообразия методов фильтрации, сбора и маршрутизации данных как ключевую при реализации и интеграции RFID-устройств в систему. Межплатформенное ПО RFID-систем должно учесть все эти различия и последовательно их устранить;
- управление инфраструктурой RFID-считывателя/опросного устройства, т.е. выполнение таких ключевых функций, как локальный и дистанционный контроль, предоставление возможности модернизации программного обеспечения/конфигурации системы и дистанционного включения-выключения;
- поддержка множества хост-платформ, запрашивающих RFID-данные, в том числе складских систем управления, систем ввода/управления заказами, управления транспортом, управления материально-техническим обеспечением, систем управления каналами поставки и т.п. Поддержка унаследованных систем (систем, переставших удовлетворять потребностям приложения, но всё ещё находящихся в эксплуатации из-за трудностей их замены, так как при их проектировании не была предусмотрена возможность модернизации).

Сейчас ключевые изделия отвечают основным требованиям агрегирования данных, их фильтрации и маршрутизации, но по мере лучшего понимания деловой ценности RFID-систем пользователи будут требовать все большего числа выполняемых ими задач и функциональных возможностей.

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ RFID-СИСТЕМ

Сегодня изделия для RFID-систем выпускают многие компании. Одной из первых их разработку и производство в 1989 году начала фирма EM Microelectronic, продукция которой и сейчас находит широкое применение. Выпущенная недавно компанией аналоговая микросхема входного усилителя EM4094, предназначенная для 13,56-МГц RFID-считывателей, способна работать с разнообразными микроконтроллерами и многочисленными протоколами связи. Благодаря своей конструкции, гибкости и универсальности схема может использоваться в считывателях, работающих на поднесущих частотах в диапазоне 212–848 кГц, удовлетворяя требованиям стандартов ISO14443 и



ISO15693. Предназначена микросхема для применения в считывателях недорогих или малогабаритных систем.

Напряжение питания микросхемы – 3–5 В, выходная мощность – до 200 мВт на 50-Ом нагрузку. В нее входит 848-кГц декодер сигнала с двоичной фазовой манипуляцией, что избавляет работающий совместно с ней микроконтроллер от выполнения этой функции в соответствии с требованиями стандарта ISO14443 и, следовательно, позволяет изготовителю выбрать наиболее дешевый для конкретного применения микроконтроллер. Начальная цена EM4094 – 2,65 долл. при закупке партии в 1 тыс. шт.

На Международной конференции по твердотельным схемам (ISSCC) 2006 года компания Hitachi представила новую микросхему семейства μ -chip для пассивных УВЧ-тэгов, по утверждению разработчиков, самых малых размеров из представленных на рынке устройств этого типа. Размер микросхемы – 0,15x0,15 мм, толщина – 7,5 мкм (для сравнения толщина листа бумаги равна 80–100 мкм). Схема выполнена по 0,18-мкм технологии с четырехслойной металлизацией на кремниевой пленке, выращенной поверх изолирующего слоя. Кремниевая подложка, на которой формировалась КНИ-структура, стравливалась, что и позволило получить толщину всего 7,5 мкм. В отличие от микросхем семейства предыдущих поколений, в которых для изоляции высокочастотных элементов использовались защитные кольца, в новой схеме эти элементы изготовлены в специальных карманах, окруженных слоем двуокиси кремния. Как и остальные микросхемы семейства μ -chip, новое пассивное устройство принимает сигнал на частоте 2,45 ГГц. Скорость передачи – 12,5 Кбит/с, дальность действия – до 30 см.

Пока большинство поставщиков RFID-устройств готовились к выпуску изделий, удовлетворяющих стандарту Gen II, компания Impinj

одна из первых в начале 2005 года представила систему GrandPrix Solution, предназначенную для "маркировки" таких объектов, как лекарственные препараты, одежда, CD/DVD и многие другие высокоценные товары и товары широкого применения. Система GrandPrix выполнена на базе тэга, в котором использована микросхема Monza, и считывателя Speedway, отвечающих требованиям стандарта Gen II. Микросхема Monza размером 9 мм работает в полосе 900 МГц, дальность считывания ее составляет 8 м, дальность записи – 6 м. Быстродействие микросхемы позволяет производить запись 15 тэгов в 1 с. Важнейший элемент микросхемы – запатентованная компанией Impinj AEON (перспективная неизменная встраиваемая в кристалл энергонезависимая – Advanced Eternal On-chip Nonvolatile) память, способная хранить 96-бит EPC и отличающаяся гибкостью, долговечностью и высокой отказоустойчивостью. Возможности средств фильтрации микросхемы превосходят требования стандарта Gen II, благодаря чему Monza пригодна для работы в средах с высокими ВЧ-помехами. Предусмотрена и поддержка различных методов обратного рассеяния передаваемых тэгом сигналов. Двойной антенный вход обеспечивает максимальную дальность действия (~10 м), практически не зависящую от ориентации тэга. Выполнена микросхема по запатентованной компанией 0,25-мкм КМОП-технологии Self-Adaptive Silicon, позволяющей изготавливать энергонезависимую память на основе модифицированных р-канальных МОП-транзисторов с плавающим затвором.

В считыватель Speedway встроен высокопроизводительный процессор IXP фирмы Intel на частоту 566 МГц, поддерживающий требуемые для конкретного приложения протокол связи, программы управления, фильтрации и отчетности при работе с ОС Linux или WinCE. Считыватель может работать с четырьмя антеннами и

**Доля доходов различных секторов рынка RFID-приложений
(данные компании In-Stat)**

Сектор	Доля доходов, %
Средства безопасности/контроля доступа/закупок (в том числе и RFID-устройства для автомобильных ключей).....	62,6
Тэги для животных (скота, домашних животных).....	28,2
Контейнеры/средства для канала поставок.....	4,9
Бытовые устройства.....	0,78
Крупные транспортные средства.....	0,64
Персональные средства.....	0,34
Другие.....	2,5

имеет по одному порту на каждую антенну, что, по утверждению разработчиков, позволит пользователю сэкономить пару сотен долларов при установке системы. Уровень мощности передаваемого сигнала, регулируемый шагами в 0,25 дБ, достигает 36 дБВт, скорость считывания – 1600 тэгов/с, чувствительность приема сигнала равна -80 дБВт при скорости передачи 160 Кбит/с.

В начале 2006-го компания сообщила о расширении возможностей GrandPrix и создании системы, предоставляющей единую инфраструктуру, позволяющую использовать RFID-технологии для идентификации объектов различных классов, как высокоценных товаров, так и контейнеров и транспортной тары. Для этого потребовалась разработка серии тэгов различных размеров и форм, которые можно крепить на различных изделиях малых размеров, а также усовершенствование структуры антенны, практически задающей форм-фактор тэга. В итоге компанией были разработаны шесть новых антенных структур, каждая из которых предназначена для конкретного приложения. Антенны могут изготавливаться методами трафаретной печати проводящей пасты, вытравливаться на медной пластине или штамповаться из алюминия. Применение таких антенн позволяет изготавливать тэги малых размеров, которые можно шить в этикетки для одежды или крепить на компакт-дисках. Вкладыши на основе новых тэгов компании должны появиться на рынке в мае–сентябре 2006 года. Кроме того, Impinj планирует передать вкладыши и считыватель Speedway с такими антеннами компании EPCGlobal для проводимого в марте испытания ВЧ- и УВЧ-аппаратных средств RFID-систем, предназначенных для идентификации различных физических объектов.

В конце 2005 года УВЧ-микросхему для пассивных тэгов стандарта Gen II (на диапазон частот 860–960 МГц) выпустила и фирма STMicroelectronics. Основной элемент КМОП-микросхемы XRAG2 – энергонезависимое ЭСРПЗУ емкостью 423 бит с функциями решения конфликтов и аннулирования программы. Новая микросхема компании предназначена для тэгов, работающих в диапазоне 860–960 МГц. В микросхеме реализован быстрый и гибкий механизм решения конфликтов с использованием надежного, однозначно определяемого 16-бит идентификатора. XRAG2 может применяться и в системах, работающих в режиме "плотного считывания", позволяющего минимизировать взаимные помехи благодаря передаче сигнала считывателя в поддиапазоне, отличном от диапазона сигнала отклика тэга. Средства защиты данных микросхемы предусматривают применение пароля и команды аннулирования программ, с тем чтобы дезактивировать тэг и предотвратить доступ к его данным. Микросхема выпускается с памятью двух конфигураций: с тремя банками данных (64 бит идентификатора тэга, 304 бит EPC и 64 бит резервных) или с четырьмя банками (128 бит идентификатора пользователя, 64 бит идентификатора тэга, 176 бит и 64 бит резервных). Микросхема допускает 10 тыс. циклов перезаписи, срок сохранности данных – 40 лет. Освоение

полномасштабного производства микросхемы компания планировала на декабрь 2005 года.

Интерес представляет сообщение компании Philips Research о создании полностью функционального RFID-тэга на частоте 13,56 МГц, выполненного на базе органических электронных компонентов. Это позволит формировать электронные схемы тэга методом печати органических материалов на пластмассовую подложку и тем самым исключить операции сборки. Для демонстрации возможности построения пластмассовых электронных микросхем, пригодных для применения в системах идентификации различных предметов, специалистами компании создан и генератор 64-бит кода.

СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК RFID-СИСТЕМ

Как и сами RFID-устройства, оценка их рынка пока самая разнообразная. Согласно данным аналитической компании IDTechEx (Великобритания), рынок RFID-техники, включая RFID-системы и их приложения (сервисы), за период 2006–2010 годы возрастет с 2,7 млрд. до 12,3 млрд. долл., а к 2016 году достигнет 26,2 млрд. долл. По данным компании, с момента выхода на рынок к 2006 году было продано 2,4 млрд. тэгов, причем только в 2005-м – 600 млн. шт., а в 2006 году продажи их составят 1,3 млрд. шт. на сумму 2,7 млрд. долл. Правда, пока рост спроса на RFID-системы сдерживается относительно высокой стоимостью тэгов – от 0,15 до 100 долл. за одно устройство. Тем не менее, объем продаж RFID-тэгов в 2010 году, по прогнозам IDTechEx, достигнет 12,3 млрд. долл., а в 2016 году будет продано в 450 раз больше тэгов, чем в 2006-м. В результате тэги могут стать самыми популярными после сотовых телефонов изделиями на рынке средств беспроводной связи.

Но пока, по данным аналитиков компании Venture Development Corp. (VDC), наибольшим спросом на рынке пользуются НЧ- и ВЧ-тэги. Положение выправится к 2008 году, когда, по прогнозам, доля доходов от продаж УВЧ-тэгов составит 35% от общих доходов рынка в стоимостном выражении, а доля отгрузок таких тэгов будет равна 41%.

Специалисты VDC, кроме того, утверждают, что до 2008 года самыми высокими по сравнению с любым другим сектором RFID-рынка будут ежегодные темпы прироста межплатформенного ПО. Так, если за период 2004–2008 годы среднегодовые темпы прироста всего рынка составят 36%, "железа" – 27,6%, услуг – 47,8%, то среднегодовые темпы прироста рынка межплатформенного ПО достигнут 59,8%.

Сейчас, по данным компании Gartner, наибольшее применение RFID-тэги находят в розничной торговле, аэрокосмической и оборонной промышленности. Но наиболее быстрое признание они получают в медицине, системах материально-технического обеспечения и фармацевтической промышленности. До 2009 года крупнейшими потребителями RFID-тэгов останутся поставщики потребительских товаров. На их долю придется 35,1% рынка этих устройств (против 4,9% в 2004 году). Второй по объему продаж сектор этого рынка – бытовая техника, доля которой составит 11,9%. Одновременно возникает множество новых применений RFID-устройств, в том числе в системах определения местоположения в реальном времени на базе активных RFID-тэгов, продажи которых к 2016 году, согласно прогнозам IDTechEx, достигнут 6 млрд. долл. Рост продаж пассивных тэгов стимулирует "маркировка" товаров высокого спроса, таких как бытовые изделия, медикаменты и почтовые отправления. Многие компании уделяют все больше внимания прибыльным нишам рынка с высокой добавочной стоимостью, предоставляющим возможность заработать "миллиард долларов за миллиард тэгов", таким как тэги для книг, шин, билетов, секретных документов, багажа, скота.



Лидируют на рынке по-прежнему тэги на частоту 13,56 МГц. Согласно данным VDC, объем продаж EPC УВЧ-тэгов все еще мал, и достижение объемов продаж в несколько миллиардов штук в течение следующих пяти лет маловероятно.

Таким образом, уже сегодня RFID-системы получили широкое распространение. Помимо каналов поставки, их можно найти в бирках животных, библиотечных книгах, в системах сигнализации и замках автомобилей, средствах регистрации перемещений. И возможности этой технологии не ограничены. Но для реализации этих возможностей необходимо не только решить такие проблемы, как повышение выхода годных при приемлемой стоимости, освоение требуемых диапазонов частот, принятие открытых глобальных стандартов (по мнению аналитиков, принятие таких стандартов позволит снизить стоимость микросхем для таких систем на 80%), но и проведение широких программ обучения как разработчиков, так и пользователей основам RFID-технологии. Такие программы уже ведутся. В первой половине 2005 года было открыто несколько центров обучения и повышения квалификации специалистов в области RFID-систем. К ним относятся Центр решения RFID-проблем, образованный пятью Университетами штата Огайо при поддержке частных компаний и администрации штата, Исследовательский центр RFID при Университете шт. Арканзас, Лаборатория RFID-альянса при Университете шт. Канзас и др. Европейский союз ассигновал ~10 млн. долл. на проведение так называемого Перспективного (Promise) проекта по созданию RFID-систем для слежения за товарами на протяжении их жизненного цикла. Страны АТР вложили несколько десятков миллионов долларов в исследования RFID-технологии. Все это – инвестиции в технологию будущего. ○