

# **Услуги передачи данных в беспроводных персональных сетях**

## **Лекция Радиочастотная идентификация. RFID-метки**

**RFID (Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация)** — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналовчитываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (читыватель, ридер или интерропратор) и транспондера (RFID-метка или RFID-тег).

По дальности считывания RFID-системы можно подразделить на системы:

- ближней идентификации (считывание производится на расстоянии до 20 см);
- идентификации средней дальности (от 20 см до 5 м);
- дальней идентификации (от 5 м до 300 м)

### **Классификация RFID-меток**

Способы систематизации RFID-меток и систем:

- По рабочей частоте
- По источнику питания
- По типу памяти
- По исполнению

По типу источника питания RFID-метки делятся на:

- Пассивные
- Активные
- Полупассивные

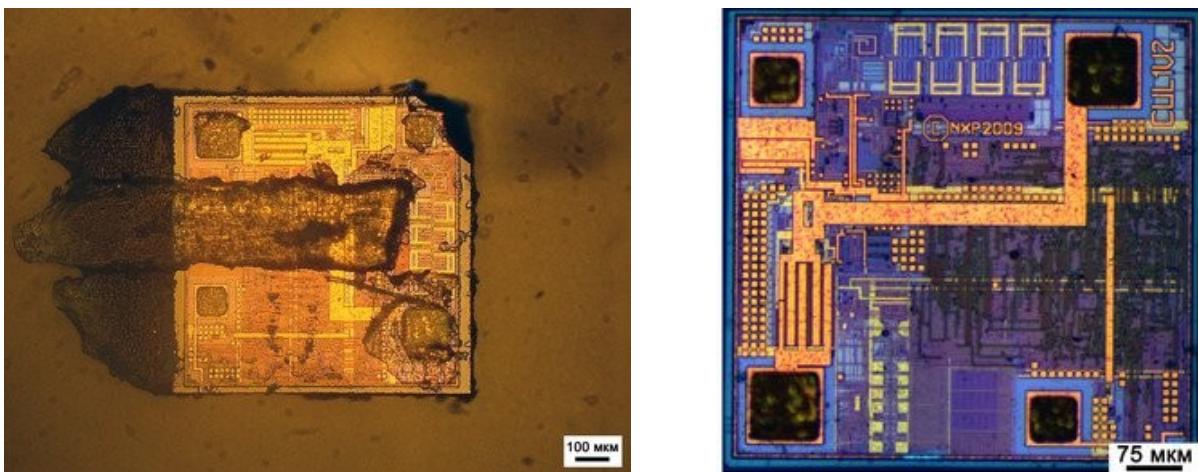
### **Пассивные RFID-метки**

Пассивные RFID-метки не имеют встроенного источника энергии. Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого КМОП-чипа, размещённого в метке, и передачи ответного сигнала.

Метки такого типа являются, самыми распространёнными. Они применяются для создания стикеров для пометки товара в магазинах, для проездных БСК, для карт-ключей для прохода в здания.



Ниже крупнее показана микросхема.



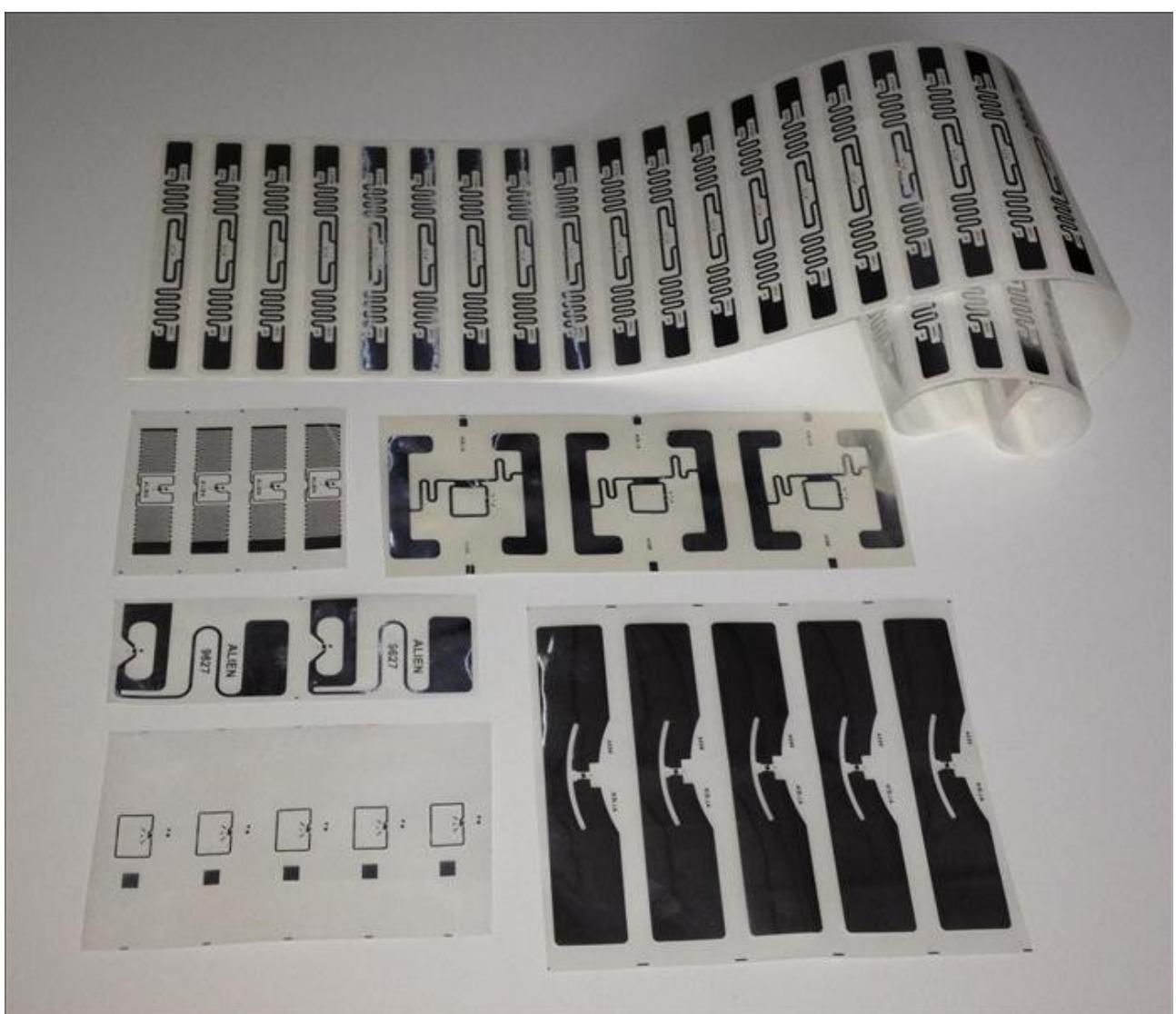
В данном случае, это микрочип производства компании NXP (или по ее лицензии). Используется технология CUL1V2 — Circuit ULtralite 1 Version 2. Такие чипы выпускаются под торговой маркой MIFARE. Исходно MIFARE — это продукт компании Mikron (США). В 1998 она была куплена Philips, а в 2006 от Philips отделилась компания NXP Semiconductors. В зависимости от типа современные чипы MIFARE могут хранить до 8 кбайт памяти. Приведенный на фото чип содержит 192 байта памяти.

Размеры и форма антенны в разных RFID-метках могут отличаться. Именно от размера антенны зависят габариты RFID-меток.

Производством чипов для RFID занимаются различные компании. Помимо NXP это Hitachi, Alien Technology, SmartCode, Symbol Technologies. Существуют, и очень популярны из-за низкой стоимости, микрочипы китайского производства.

Современные технологии производства меток направлены на удешевление их производства. Например, техпроцесс FSA (Alien Tech.) позволяет производить свыше 2 миллионов чипов в час

Пассивные метки УВЧ и СВЧ диапазонов (860–960 МГц и 2,4–2,5 ГГц) передают сигнал методом модуляции отражённого сигнала несущей частоты (Backscattering Modulation — модуляция обратного рассеяния). Антенна считывателя излучает сигнал несущей частоты и принимает отражённый от метки модулированный сигнал. Пассивные метки ВЧ диапазона (13 МГц) передают сигнал методом модуляции нагрузки сигнала несущей частоты (Load Modulation — нагрузочная модуляция). Каждая метка имеет идентификационный номер. Пассивные метки могут содержать перезаписываемую энергонезависимую память EEPROM-типа. Дальность действия меток составляет 1–200 см (ВЧ-метки) и 1–10 метров (УВЧ и СВЧ-метки).



Наиболее массово производятся метки-наклейки на бумажной или пластиковой основе в рулонах, с которых метки отделяются вручную или с помощью аппликатора и наклеиваются на заданный объект.

Конструктивно метки представляют из себя электронный чип, закрепленный с помощью специального клея на контактных площадках металлизированной антенны. Форма антенны рассчитывается специально для удовлетворения оптимальных параметров согласования по радиосигналу с чипом метки и может принимать довольно разнообразные формы, хотя фактически большинство из них является «редуцированными» диполями, т. е., диполями по характеристикам излучения, но меньшими размерами, чем половина длины волны, что в этом диапазоне около 17 см. Антенны разных конфигураций имеют отличия в диаграммах направленности, энергоэффективности и «устойчивости» резонансной настройки антенны при ее размещении на разных объектах.

В среднем действует правило – чем меньше максимальный линейный размер метки, тем меньше ее «чувствительность» и дистанция регистрации, хотя между конкретными моделями меток сравнимого размера есть отличия.

### **Активные RFID-метки**



Активные RFID-метки обладают собственным источником питания и не зависят от энергии считывателя, вследствие чего они читаются на дальнем расстоянии (до 300 м), имеют большие размеры, больший объем памяти и могут быть оснащены дополнительной электроникой. Однако, такие метки наиболее дороги, а у батарей ограничено время работы.

Практически все активные метки построены на основе однокристальных микроконтроллеров с встроенным или внешним радиочастотным приемопередатчиком с синтезатором частоты. Микроконтроллер может иметь дополнительные цифровые и аналоговые порты ввода-вывода (подключение датчиков, линий управления, кнопок), и часы реального времени.

Также активные метки конструктивно содержат антенну (на печатной плате метки или внешнюю, подсоединяемую через разъем), небольшое число согласующих элементов для соединения антенны с чипом, кварцевые генераторы радиочастотного синтезатора и часов реального времени, заменяющую или одноразовую батарею питания (обычный срок службы 1–5 лет, зависит от способа работы и емкости батареи).

В активных метках могут быть реализованы, в зависимости от назначения, разные способы и протоколы обмена со считывателями или другими метками, что определяется «прошитым» в микроконтроллер метки ПО. Для многих современных активных меток в качестве протокола радиоинтерфейса используется стандарт IEEE 802.15.4 (физический уровень низкоскоростных WPAN).

Активные метки в большинстве случаев более надёжны и обеспечивают самую высокую точность считывания на максимальном расстоянии. Активные метки, обладая собственным источником питания, также могут генерировать выходной сигнал большего уровня, чем пассивные, позволяя применять их в более агрессивных

для радиочастотного сигнала средах: воде (включая людей и животных, которые в основном состоят из воды), металлах (корабельные контейнеры, автомобили), для больших расстояний на воздухе. Большинство активных меток позволяет передать сигнал на расстояния в сотни метров при жизни батареи питания до 10 лет. Некоторые RFID-метки имеют встроенные сенсоры, например, для мониторинга температуры скропортиящихся товаров. Другие типы сенсоров в совокупности с активными метками могут применяться для измерения влажности, регистрации толчков/вибрации, света, радиации, температуры и газов в атмосфере (например, этилена).

### **Полупассивные RFID-метки**

Полупассивные RFID-метки, также называемые полуактивными или «БАР» — Battery Assisted Passive, очень похожи на пассивные метки, но оснащены батареей, которая обеспечивает чип энергопитанием.

Постоянное питание чипа таких меток может несколько улучшать ее характеристики по дальности регистрации, но чаще дополнительное питание используется для встроенных датчиков (температуры, ускорения, влажности и т. п.). Батарея используется для питания датчиков и накопления данных при нахождении метки вне поля считывателя, с последующим их считыванием при входе в зону регистрации.

**По типу используемой памяти** RFID-метки делятся на:

- RO (Read Only) — данные записываются только один раз, сразу при изготовлении. Такие метки пригодны только для идентификации. Никакую новую информацию в них записать нельзя, и их практически невозможно подделать.
- WORM (Write Once Read Many) — кроме уникального идентификатора такие метки содержат блок однократно записываемой памяти, которую в дальнейшем можно многократно читать.
- RW (Read and Write) — такие метки содержат идентификатор и блок памяти для чтения/записи информации. Данные в них могут быть перезаписаны многократно.

### **По рабочей частоте**

- Метки диапазона НЧ (LF — 125–134 кГц). Пассивные системы данного диапазона имеют низкие цены, и в связи с физическими характеристиками, используются для подкожных меток при чипировании животных, людей и рыб. Однако, в связи с длиной волны, существуют проблемы со считыванием на большие расстояния, а также проблемы, связанные с появлением коллизий при считывании.
- Метки диапазона ВЧ (HF — 13,56 МГц). Системы 13 МГц дешевы, не имеют экологических и лицензионных проблем, хорошо стандартизованы, имеют широкую линейку решений. Применяются в платежных системах, логистике, идентификации личности. Для частоты 13,56 МГц разработан стандарт ISO 14443 (виды A/B). Используются стандартизованные алгоритмы шифрования. Для существовавших в данном диапазоне частот стандартов были

найдены серьёзные проблемы в безопасности: например, совершенно отсутствовала криптография у дешёвых чипов карты Mifare Ultralight, позднее была взломана считавшаяся более надёжной карта Mifare Classic. Как и для диапазона LF, в системах, построенных в HF-диапазоне, существуют проблемы со считыванием на большие расстояния, считывание в условиях высокой влажности, наличия металла, а также проблемы, связанные с появлением коллизий при считывании.

- Метки диапазона УВЧ (UHF — 860–960 МГц). Метки данного диапазона обладают наибольшей дальностью регистрации, во многих стандартах данного диапазона присутствуют антиколлизионные механизмы. Ориентированные изначально для нужд складской и производственной логистики, метки диапазона UHF не имели уникального идентификатора. Предполагалось, что идентификатором для метки будет служить EPC-номер (Electronic Product Code) товара, который каждый производитель будет заносить в метку самостоятельно при производстве. Однако скоро стало ясно, что помимо функции носителя EPC-номера товара хорошо бы возложить на метку ещё и функцию контроля подлинности. То есть возникло требование, противоречащее самому себе: одновременно обеспечить уникальность метки и позволить производителю записывать произвольный EPC-номер. В 2008 году компания NXP выпустила два новых чипа SL3S1202 и SL3FCS1002 в стандарте EPC Gen 2.0. В них поле памяти TID (Tag ID), в которое при производстве обычно пишется код типа метки (и он в рамках одного артикула не отличается от метки к метке), разбито на две части. Первые 32 бита отведены под код производителя метки и её марку, а вторые 32 бита — под уникальный номер самого чипа. Поле TID — неизменяемое, и, таким образом, каждая метка является уникальной. Новые чипы имеют все преимущества меток стандарта Gen 2.0. Каждый банк памяти может быть защищен от чтения или записи паролем, EPC-номер может быть записан производителем товара в момент маркировки. В UHF RFID-системах по сравнению с LF и HF ниже стоимость меток, при этом выше стоимость прочего оборудования. В настоящее время частотный диапазон УВЧ открыт для свободного использования в Российской Федерации в так называемом «европейском» диапазоне — 863–868 МГц.

## Стандарты RFID

Международные стандарты RFID, как составной части технологии автоматической идентификации, разрабатываются и принимаются международной организацией ISO совместно с IEC.

## Организации-разработчики стандартов

- **EPCglobal** (совместное предприятие GS1 и GS1 US) работает по международным стандартам в области использования RFID, с целью создать возможность идентификации любого объекта в цепи поставок товаров компаний во всем мире.

- **AIM Global** — международная торговая ассоциация, представляющая поставщиков автоматической идентификации и мобильных технологий. Ассоциация активно поддерживает развитие AIM стандартов за счёт собственного технического комитета и группы экспертов RFID, а также через участие в промышленных, национальных (ANSI) и международных (ISO) группах разработок.
- **Ассоциация UNISCAN/GS1 Russia.**
- **GRIFS** (Global RFID Interoperability Forum for Standard) — проект по созданию Форума совместимости Стандартов RFID координируется GS1 совместно с ETSI. Проект финансируется Европейским сообществом. Начал свою деятельность в январе 2008 года.

### Стандарт EPC Gen2

EPC Gen2 — сокращение от «EPCglobal Generation 2».

Electronic Product Code (EPC, Электронный код продукта) — торговая марка организации EPCglobal для набора совместимых технологий по бесконтактной маркировке товаров, в основном для целей логистики розничной торговли.

Технология предусматривает присвоение каждому товару уникального идентификатора по «принципу номерного знака». Физический уровень обмена данными основан на ISO/IEC 18000-63.

Стандарт EPC Gen2 (ISO/IEC 18000-63(C)) был разработан в 2004 и принят в 2006 как общепринятый протокол обмена между считывателями и метками УВЧ диапазона. На сегодня он является наиболее распространённым стандартом технологии RFID в УВЧ диапазоне.

Память меток стандарта Gen2 разделена на 4 банка, адресуемых соответствующими командами радиоинтерфейса:

1. Reserved Memory (00) используется для хранения:
  - KILL-пароля (32 бита). При его ненулевом значении с помощью KILL-команды метка «убивается» навсегда и без возможности восстановления ее работы;
  - ACCESS-пароля (32 бита). При его установке доступ к метке возможен только при знании этого пароля.
2. EPC (01, Electronic Product Code). Уникальный идентификатор метки, по которому метки отличаются друг от друга при их нахождении. Наиболее распространенная длина идентификатора 96 бит, хотя есть метки с 240 бит EPC (можно использовать меньше). «С завода» банк не защищен от записи и может быть перезаписан, а часто и должен быть перезаписан, т. к. метки могут быть с «пустым» EPC или у всех меток с одинаковым значением.
3. TID (10, Transponder ID). Идентифицирует производителя и модель чипа метки выделенным уникальным кодом. Также здесь может находиться дополнительный уникальный идентификатор каждой отдельной метки (Serialized TID), который может использоваться как средство защиты метки от подделки. EPC меток может быть продублирован, но банк TID защищается от

перезаписи при производстве метки и при наличии Serialized TID совместно с идентификатором производителя и чипа гарантировано уникален.

4. User Memory (11) – не обязательный, может отсутствовать. Используется для хранения любой информации. Если есть, то обычный размер от 32 до 512 бит. Есть модели и с большим объемом, но у них часты проблемы совместимости со считывателями.

Содержание банков EPC, User Memory и по отдельности областей KILL и ACCESS может быть защищено от изменения значения, временно или навсегда.

### Особенности

- **ID.** Метки Gen 2 выпускаются как с записанным производителем номером, так и без него. Записанный производителем товара номер можно заблокировать так же, как и изначально встроенный.
- **Антиколлизионный механизм меток.** Современные метки стандарта Gen 2 используют эффективный антиколлизионный механизм, основанный на развитой технологии «слотов» — многосессионном управлении состоянием меток во время «инвентаризации» — считывании меток в зоне регистрации. Данный механизм позволяет увеличить скорость считывания-инвентаризации меток до 1500 меток/сек (запись — до 16 меток/сек) при использовании промышленных портальных считывателей. Считыватель и метки в начале запроса генерируют число  $q$  в диапазоне от 0 до 2 в степени  $n$ . Если число  $q$  считывателя и одной из меток совпало, то они производят обмен информацией. Если же количество отзывавшихся меток не равно единице, то считыватель производит новый запрос, при котором число  $q$  генерируется заново. В случае, если часто возникает ситуация, в которой не произошёл обмен информации с меткой (то есть если меток слишком много или слишком мало по сравнению с диапазоном, в котором лежит число  $q$ ), считыватель корректирует степень двойки  $n$ , изменяя границы диапазона. Данный алгоритм работает гораздо быстрее алгоритма, используемого в Gen1, так как в первом случае считыватель побитно перебирает до 64-х бит, а во втором работает теория вероятности и имеется механизм регулировки.
- **Антиколлизионный механизм считывателей.** Gen 2 метки позволяют эффективно использовать в перекрывающихся и близких зонах несколько считывателей одновременно (Multiple Reader Mode) за счёт разнесения друг от друга частотных каналов считывателей.
- **Цена.** Метки Gen2 в настоящее время уже существенно дешевле меток предыдущего поколения, что также делает их использование предпочтительным, а оборудование (считыватели) первого поколения в большинстве случаев требуют для работы с новыми стандартами лишь перепрограммирования встроенной программы (перепрошивки).
- **Пароли.** Метки Gen2 обладают возможностью установки 32х-битного access-пароля. Кроме того, для каждой метки возможна установка «kill»-пароля, после введения которого метка навсегда прекращает обмен информацией со считывателями.

## Считыватели RFID EPC Gen2:

### Стационарный считыватель:



Стационарные считыватели самые производительные и обеспечивают максимальные скорости и дальности регистрации, что достигается за счет использования высокопроизводительных цифровых сигнальных процессоров, выделяющих слабый сигнал ответа метки на фоне несущей радиочастоты, шумов и помех.

У стационарных считывателей могут быть разные интерфейсы — RS232/485, USB, Wiegand, но «пром-стандартным» является UTP Ethernet.

У стационарных считывателей обычно от 2 до 8 разъемов для подключения антенн через встроенный коммутатор, т. е., одновременно работает только одна антенна. Переключение между антеннами происходит автоматически и довольно быстро, но настройками можно выбирать, какие антенны задействованы и индивидуально настраивать радиочастотные мощности для каждого выхода.

Также обычно все стационарные считыватели имеют специальный разъем с 4–8 цифровыми линиями для управления внешними устройствами — включением сигнальных ламп, открытием дверей, шлагбаумов, получения внешних сигналов — датчиков появления объектов, открытия дверей, и т. п.

Для программной интеграции считывателей в информационную систему или для связи с управляющим компьютером всеми производителями предоставляются SDK и API, а также готовое тестовое ПО, позволяющее проверить работу считывателя и подобрать настройки.

Последнее время все основные производители уже используют стандарт низкоуровневого протокола обмена со считывателем LLRP (Low Level Reader Protocol, стандарт ISO/IEC 24791-5), хотя все считыватели, к сожалению, имеют еще много индивидуальных особенностей, которые необходимо учитывать для достижения максимальной производительности и качества регистрации меток.

### Портальные зоны регистрации



Портальные (воротные) зоны регистрации окружают антеннами, подключенными к стационарному считывателю, зону перемещения объектов с метками с боковых сторон и/или сверху. Например, регистрация меток товаров на провозимой паллете, меток персонала, проходящего через зону контроля, меток товаров, двигающихся по транспортерной ленте, меток книг, проносимых пользователями на выходе из библиотеки. Типичные размеры порталной зоны — до 3 метров в ширину и высоту.

В качестве антенн стандартно использование направленных антенн с круговой поляризацией, что необходимо для обеспечения регистрации меток в разных ориентациях. Возможно использование антенн с линейной поляризацией, что дает выигрыш по дистанции регистрации, но для этого нужна уверенность в постоянной

ориентации всех меток в зоне контроля, например, что все они всегда закреплены длинной стороной горизонтально.

Типичные одноэлементные патч-антенны имеют усиление около 8 дБ и характеристику направленности излучения по уровню 0,5 около  $\pm 60^\circ$ .

### Потолочный считыватель:



В случаях, когда поток перемещения меток через зону регистрации небольшой и установка портального считывателя по бокам от прохода не желательна, возможно расположение антенн сверху. Бывают интегрированные потолочные считыватели, содержащие все в одном корпусе, включая считыватель и antennу.

### Стационарные зоны считывания меток транспорта



Оптимальное расположение меток на автотранспорте — на лобовом стекле или на «торпеде» под ним, хотя также метки встраиваются в номерные знаки.

Регистрирующие antennы располагаются с направлением излучения вертикально вниз над центром полосы проезда, если предполагается двустороннее движение по полосе, либо под углом в сторону приближения автомобилей, что улучшает качество регистрации (но в другом направлении метки могут вообще не регистрироваться — тогда необходимо использовать пару antenn, «смотрящих» в разные стороны).

### RFID-тоннель



При необходимости регистрации большого числа меток в небольшой зоне с линейными размерами менее метра оправдано использование тоннелей или боксов, содержащих antennы, окружающие зону регистрации с возможно большего числа сторон и направлений, и внешние экранирующие элементы, предотвращающие «паразитные» регистрации меток снаружи.

Еще одной эффективной областью применения RFID-тоннелей или боксов является регистрация меток на «сложных» объектах, содержащих воду, электролиты или большое число «вкраплений» металлов (например, при одновременной регистрации 200 меток на бирках ювелирных изделий в групповых упаковках).

В таких условиях считывание меток эффективно только в «ближней» зоне на расстоянии не больше 20–25 см от антенны. При этом для считывания более эффективно использование специальных «ближнепольных» петлевых антенн, а не патч-антенн.

### Мобильные RFID-считыватели (терминалы)



В отличие от мобильных считывателей LF и HF (включая смартфоны с NFC), у которых дистанция регистрации меток составляет несколько сантиметров, мобильные Gen2 считыватели бывают с дистанцией регистрации до нескольких метров.

Возможна быстрая регистрация всех меток полки или вешалки с товарами, проходя мимо нее. Хотя скорость регистрации меток мобильными считывателями меньше, чем стационарными, обычно не более 10 уникальных меток в секунду.

Кроме RFID-считывателя в мобильных терминалах обычно есть сканер штрих кода, Wi-Fi, Bluetooth, и могут быть GPS/ГЛОНАСС и GSM/3G модули.

Большая часть мобильных терминалов работает на Windows Mobile/CE, но появляются модели и на Android.

Мобильные терминалы обычно обладают хорошим классом защиты, позволяющим их использовать в производственных и уличных условиях.

### Настольные считыватели

A compact, rectangular desktop RFID reader unit. It has a dark grey or black finish with a subtle texture. On the top surface, there is a circular logo or sensor area. On the bottom edge, there are several small ports and a power button. The brand name 'DODSON' is visible on the right side.	Современные модели подключаются и питаются по USB и рассчитаны на считывание и запись небольшого числа меток с небольшого расстояния. Важны как сопутствующие считыватели для начальной привязки и нумерации меток, но могут выполнять и важную роль, например, на рабочем месте библиотекаря для быстрого оформления выдачи или приема сразу стопки книг с RFID-метками (и этот же считыватель используется для быстрой идентификации читателя по его пластиковой карте с меткой EPC Gen2).
---	--

### Источники:

1. RFID. <https://ru.wikipedia.org>
2. Взгляд изнутри: RFID и другие метки. <https://habrahabr.ru>
3. RFID-технология. <http://www.idexpert.ru>