# ОГЛАВЛЕНИЕ

# ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Данная книга рассчитана на самую широкую аудиторию. В первую очередь она предназначена для студентов и инженеров, которые впервые сталкиваются с RFID-технологиями. Им адресованы те главы, где рассказывается о принципах работы, а также излагаются основы RFID-технологий с физической точки зрения и с точки зрения теории передачи данных. Однако эта книга также рассчитана и на специалистов-практиков, которые хотели бы получить исчерпывающее и концентрированное описание различных технологий радиочастотной идентификации, изучить правовые вопросы, связанные с их использованием, а также ознакомиться с возможностями практического применения таких устройств.

Существует большое количество литературы, посвященной отдельным разделам RFID-технологий, однако найти и объединить все эти материалы в одно полное руководство — достаточно трудная задача, которая требует много времени, о чем свидетельствует работа над каждым новым изданием данной книги. Настоящая книга призвана ликвидировать этот пробел и послужить полным и исчерпывающим руководством в области систем радиочастотной идентификации. Доказательством высокого спроса на техническую литературу, посвященную рассматриваемой теме, является то, что предыдущие издания книги были переведены на английский, японский и китайский языки[1)].

Еще одна особенность данной книги — большое количество рисунков и схем, с помощью которых мы попытались дать как можно более наглядное описание RFID-технологий. При этом основное внимание было уделено физическим основам функционирования систем радиочастотной идентификации, соответствующий материал составляет самую большую главу в данной книге. Также особое внимание было уделено вопросам практического применения; по этой причине одной из наиболее объемных глав книги является глава 13 «Примеры практического применения».

Настоящее издание дает лишь основное представление о современных методах радиочастотной идентификации и не ставит перед собой задачу угнаться за развивающимися с невероятной скоростью RFID-технологиями. Невозможно описать все появившиеся за последнее время устройства, стандарты и методы их

---

[1)] Дополнительную информацию о немецкоязычном издании данной книги, а также о выполненных переводах на другие языки вы сможете найти на сайте http://RFID-handbook.com.

реализации. Автор благодарен всем, кто предоставил в его распоряжение подобную информацию, особенно тем, кто работает непосредственно в промышленной области. Однако в первую очередь задачей автора было дать ясное представление об основополагающих принципах работы устройств радиочастотной идентификации, на базе которых читателю будет легче воспринять новую информацию и составить представление о состоянии дел в этой отрасли.

К сожалению, в третьем издании мы вынуждены были опустить обзор рынка компонентов, так как с ростом количества фирм — производителей транспондеров это становится все более обременительным занятием. Вместе с тем в книге появился новый раздел, в котором подробно описываются главные физические принципы, лежащие в основе высокочастотных и микроволновых систем (раздел 4.2 «Электромагнитные волны»). Именно такие системы все увереннее завоевывают в Европе диапазон частот 868 МГц. Также была расширена весьма важная глава о стандартизации (глава 9), которая представляет особый интерес в связи с быстрым прогрессом в отрасли.

И наконец, следует поблагодарить те компании, которые предоставили в распоряжение автора многочисленные технические данные, статьи, рисунки и фотографии. Все это оказало автору неоценимую помощь в работе над книгой.

Мюнхен, лето 2002 года *Клаус Финкенцеллер*

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

**ACM (Access Configuration Matrix)** — матрица конфигурирования доступа
**ABS (AcrylnitrilButadienStyrol)** — АБС-смола, сополимер акрилонитрила бутадиена и стирола
**AFC (Automatic Fare Collection)** — системы автоматического сбора платы за проезд на транспорте
**AFI (Application Family Identifier, ISO 14443-3)** — идентификатор семейства приложений
**AI (Application Identifier)** — идентификатор приложения
**AM (Amplitude Modulation)** — амплитудная модуляция
**APDU (APplication Data Unit)** — блок данных приложения
**ASIC (Application Specific Integrated Circuit)** — специализированная интегральная микросхема
**ASK (Amplitude Shift Keying)** — амплитудная манипуляция
**ATR (Answer to Reset)** — ответ на сигнал сброса
**ATQ (Answer to Request)** — ответ на запрос (ATQA, ATQB — см. стандарт ISO 14443-3)
**AVI (Automatic Vehicle Identification)** — автоматическая идентификация транспорта (ж/д)

**BAPT (Bundesamt fur Post und Telekommunikation)** — Федеральное управление почты и телекоммуникаций
**Bd (Baud)** — скорость передачи данных, выраженная как бит/с или бод
**BGT (Block Guard Time)** — защитный интервал для блока данных
**BMBF (BundesMinisterium fur Bildung und Forschung)** — Федеральное министерство образования и научно-исследовательских разработок (ранее носило название BMFT)
**BP (BandPass (filter))** — полосовой фильтр

**C (Capacity)** — емкость конденсатора, конденсатор
**CCITT (Comitee Consultatif International Telegrafique et Telephonique)** — Международный консультативный комитет по телеграфной и телефонной связи
**CEN (Comitee Europeen de Normalisation)** — Европейский комитет по стандартизации

**CEPT (Conference Europeenne des Postes et Telecommunications)** — Европейская конференция по почтовой и телеграфной связи
**CICC (Closed-Coupling Integrated Circuit Chip Card)** — содержащая микросхему чип-карта с сильной связью
**CIU (Contactless Interface Unit)** — модуль бесконтактного интерфейса (модуль приемника/передатчика для бесконтактного интерфейса микропроцессора)
**CLK (CLocK)** — тактовый сигнал
**CRC (Cyclic Redundancy Checksum)** — контрольная сумма циклического избыточного кода

**dBm** — мера мощности в логарифмическом масштабе относительно высокочастотного излучения с мощностью 1 мВт (0 дБм = 1 мВт, 30 дБм = 1 Вт)
**DBP (Differential Bi-Phase encoding)** — дифференциальное бифазное (двухфазное) кодирование
**DIN (Deutsche IndustrieNorm)** — Промышленный стандарт Германии

**EAN (European Article Number)** — Европейский товарный код (штрих-код на товарах и продовольственных продуктах)
**EAS (Electronic Article Surveillance)** — электронное наблюдение за предметами (электронные устройства защиты от краж)
**EC (Electronic Cash)** — электронный чек или электронный кошелек
**ECC (European Communications Committee)** — Европейский комитет по связи
**EDI (Electronic Document Interchange)** — электронный документооборот
**EEPROM (Electronic Erasible and Programmable Read Only Memory)** —электрически стираемое и программируемое ПЗУ
**EMC (ElectroMagnetic Compatibility)** — электромагнитная совместимость
**EOF (End of Frame)** — конец кадра
**ERC (European Radiocommunications Committee)** — Европейский комитет по радиосвязи
**ERM (Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters)** — вопросы электромагнитной совместимости и радиочастотного спектра
**ERO (European Radiocommunications Organization)** — Европейская организация по радиосвязи
**ERP (Equivalent Radiated Power)** — эквивалентная излучаемая мощность
**ETCS (European Train Control System)** — Европейская система управления движением поездов
**ETS (European Telecommunication Standard)** — Европейский стандарт по связи
**ETSI (European Telecommunication Standards Institute)** — Европейский институт по стандартизации в области связи
**EVC (European Vital Computer)** — Европейский компьютер для выполнения ответственных функций
**EVU (Energieversorgungsunternehmen)** — энергоснабжающее предприятие

**FCC (Federal Commission of Communication)** — Федеральная комиссия по связи
**FDX (Full-DupleX)** — дуплексный режим (передачи данных)

**FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)** — широкополосный сигнал со скачкообразной перестройкой частоты
**FM (Frequency Modulation)** — частотная модуляция
**FRAM (Ferroelectric Random Access Memory)** — ферроэлектрическое оперативное запоминающее устройство
**FSK (Frequency Shift Keying)** — частотная манипуляция

**GSM (Global System for Mobile communication)** — глобальная система мобильной связи (прежнее название: Groupe Special Mobile)
**GTAG (Global-TAG)** — глобальная метка (инициатива в области RFID, предложенная EAN и UCC)

**$I^2C$** — шина передачи данных Inter-IC-Bus

**HDX (Half-DupleX)** — полудуплексный режим передачи данных
**HF (High Frequency)** — высокая частота (3...30 МГц)

**ICC (Integrated Chip Card)** — интегрированная чип-карта
**ID** — идентификация, идентификатор
**ISM (Industrial Scientific Medical)** — диапазон частот, отведенный для промышленных, научных и медицинских систем
**ISO (International Standardization Organization)** — Международная организация по стандартизации

**L** — индуктивность катушки
**L (Loop)** — петля, шлейф
**LAN (Local Area Network)** — локальная вычислительная сеть
**LF (Low Frequency)** — низкая частота (30...300 кГц)
**LPD (Low Power Device)** — радиоустройство, которое предназначено для передачи голоса или данных на расстояние, не превышающее нескольких сот метров
**LRC (Longitudinal Redundancy Check)** — продольный контроль; метод проверки на четность, при котором проверяется весь блок данных
**LSB (Least Significant Bit)** — младший значащий бит

**MAD (MIFARE® Application Directory)** — директория приложений MIFARE®
**MSB (Most Significant Bit)** — старший значащий бит

**NAD (Node Address)** — адрес узла
**nomL (Nicht-offentlicher mobiler Landfunk)** — закрытая мобильная радиосвязь (для использования в такси, на транспортных предприятиях, в промышленности и т.д.)
**NRZ (Non Return to Zero Encoding)** — кодирование без возврата к нулю
**NTC (Negative Temperature Coefficient)** — отрицательный температурный коэффициент (температурной зависимости сопротивления)
**NVB (Number of Valid Bits)** — количество значащих битов (стандарт ISO 14443-3)

**OCR (Optical Character Recognition)** — оптическое распознавание текста
**OEM (Original Equipment Manufacturer)** — фирма — производитель комплектного оборудования
**OFW (OberflachenWellen)** — поверхностные акустические волны (ПАВ)
**OPNV (Offentliche Personen NahVerkehr)** — общественный пассажирский транспорт
**OTP (One Time Programmable)** — однократно программируемая память

**PC (Personal Computer)** — персональный компьютер
**PCD (Proximity Card Device)** — бесконтактное считывающее устройство категории Proximity (см. стандарт ISO 14443)
**PICC (Proximity Integrated Chip Card)** — интегрированная бесконтактная чип-карта Proximity (см. стандарт ISO 14443)
**PKI (Public Key Infrastructure)** — инфраструктура сертификации открытых ключей (шифрования)
**PMU (Power Management Unit)** — блок управления электропитанием
**PP (Plastic Package)** — пластиковый корпус
**PPS (PolyPhenylenSulfid)** — полифенилсульфид
**PSK (Phase Shift Keying)** — фазовая манипуляция
**PUPI (Pseudo Unique PICC Identifier)** — псевдоуникальный идентификатор PICC-карты (см. стандарт ISO 14443-3)
**PVC (PolyVinilChlorid)** — ПВХ, поливинилхлорид

**R&TTE (Radio and Telecommunication Terminal Equipment)** — оконечное радио- и телекоммуникационное оборудование (Директива по радиочастотному оборудованию и терминальному телекоммуникационному оборудованию, 1995/5/EC)
**RADAR (RAdio Detecting And Ranging)** — радар
**RAM (Random Access Memory)** — ОЗУ, оперативная память с произвольным доступом
**RCS (Radar Cross Section)** — эффективное сечение рассеяния, эффективная площадь рассеяния
**REQ (REQuest)** — запрос
**RFID (Radio Frequency IDentification)** — радиочастотная идентификация
**RFU (Reserved for Future Use)** — зарезервировано для использования в будущем
**RTI (Returnable Trade Items)** — торговое оборудование, подлежащее возврату или пригодное для повторного использования
**RTIS (Road Transport Information System)** — транспортная информационная система
**RTTT (Road Transport & Traffic Telematics)** — телематические устройства транспортных систем и систем наблюдения за дорожным движением
**RWD (Read Write Device)** — устройство, для которого разрешены как чтение, так и запись данных

**SAM (Security Authentication Module)** — модуль обеспечения безопасности данных, который осуществляет аутентификацию

**SCL (Serial CLock)** — тактовый сигнал последовательного интерфейса (шина I2C)
**SDA (Serial Data Address)** — линия ввода/вывода данных и адреса (шина I2C)
**SEQ (Sequentielles System)** — последовательные системы
**SMD (Surface Mount Devices)** — компоненты для поверхностного монтажа
**SNR (Serial Number)** — серийный номер
**SOF (Start of Frame)** — начало кадра
**SRAM (Static Random Access Memory)** — статическая оперативная память
**SRD (Short Range Devices)** — радиоустройства, которые предназначены для передачи голоса или данных на малые расстояния, обычно не превышающие нескольких сот метров

**TR** — технические условия

**UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)** — универсальный асинхронный приемопередатчик
**UCC (Universal Code Council)** — Совет по единому коду (американский стандарт, который определяет использование штрих-кодов для товаров и продовольственных продуктов)
**UHF (Ultra High Frequency)** — СВЧ, сверхвысокая частота (300 МГц...3 ГГц)
**UPC (Universal Product Code)** — универсальный товарный код

**VCD (Vicinity Card Device)** — бесконтактное считывающее устройство категории Vicinity (см. стандарт ISO 15693)
**VDE (Verein Deutscher Elektrotechniker)** — общество немецких электриков
**VICC (Vicinity Integrated Contactless Chip Card)** — интегрированная бесконтактная чип-карта Vicinity (см. стандарт ISO 15693)
**VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)** — коэффициент стоячей волны по напряжению

**XOR (eXlusive-OR)** — логическая операция Исключающее ИЛИ

**ZV (ZulassungsVorschritt)** — процесс приемки в эксплуатацию

**HITAG®, i-Code®, MIFARE®** — зарегистрированные товарные знаки компании Philips electronics N.V.
**LEGIC®** — зарегистрированный товарный знак компании KABA Security Locking Systems AG
**MICROLOGIC®** — зарегистрированный товарный знак компании Idesco
**TagIt®, TIRIS®** — зарегистрированные товарные знаки компании Texas Instruments
**TROVAN®** — зарегистрированный товарный знак компании AEG ID-Systeme

# ГЛАВА 1

# ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в таких сферах деятельности, как оптовая торговля и логистика товаров, розничная торговля, производство или системы управления распределением и учетом материалов, все большее распространение получают системы автоматической идентификации (Auto-ID). Основным назначением подобных систем является сохранение и передача информации о людях, домашних животных, товарах и других объектах.

Первыми в этой области были этикетки со штрих-кодами, появление которых вызвало настоящую революцию. Однако сегодня их возможности не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к подобным системам. Даже низкая стоимость не может компенсировать такие недостатки этих этикеток, как небольшой объем хранимой информации и отсутствие возможности записи новых данных.

Одно из решений указанных проблем состоит в использовании полупроводниковой микросхемы в качестве носителя информации. Из всех подобных электронных носителей данных наибольшей известностью пользуется чип-карта, например телефонная или банковская. Однако и у таких карт имеется слабое место — наличие механических контактов, что существенно ограничивает область их применения. Более удобным оказывается способ передачи данных между носителем и считывающим устройством, при котором не требуется непосредственного контакта между этими устройствами. В идеальном случае устройство считывания должно также являться для электронного носителя информации и источником питания (передавая необходимую для работы энергию), причем тоже без непосредственного контакта. Системы, в которых передача данных и энергии осуществляется без какого-либо механического контакта между устройствами, получили название *бесконтактных*, или *радиочастотных систем идентификации* — сокращенно *RFID-системы* (Radio Frequency IDentification).

О растущем значении этого рынка свидетельствует также увеличение числа компаний, активно занимающихся производством и продажей RFID-систем. Если в 2000 году объем продаж систем радиочастотной идентификации составлял 900 млн долларов, то в 2005 году этот рынок вырос до 2 650 млн долларов [vcd]. Согласно этим данным (см. **Рис. 1.1**) рынок систем радиочастотной идентификации относится к наиболее быстро развивающимся, наряду с мобильной связью и портативными компьютерами.

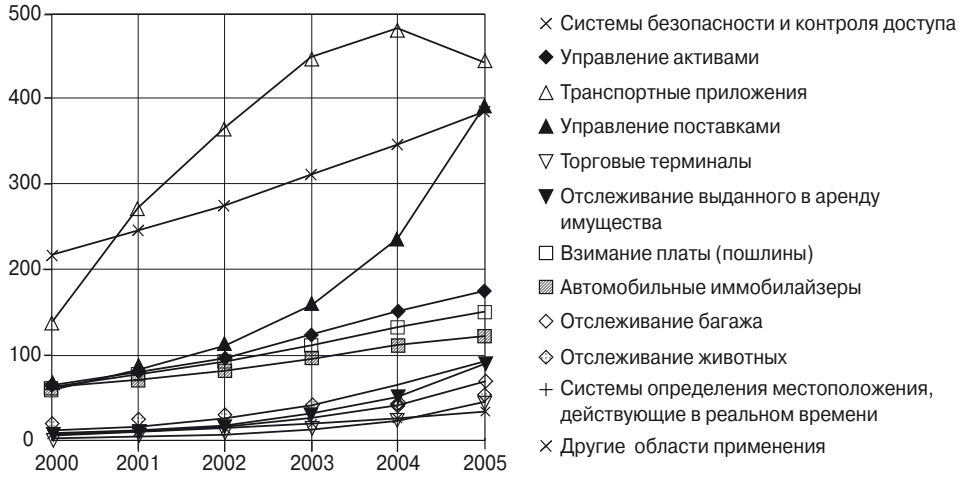


***Рис. 1.1.*** Оценка развития мирового производства RFID-систем в период 2000...2005 гг. в миллионах долларов и области применения RFID-систем.

За последние годы сегмент систем радиочастотной идентификации оформился во вполне самостоятельную область, которую трудно отнести к какому-либо классическому разделу электроники, поскольку здесь переплелись воедино высокочастотные технологии и проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС), полупроводниковые технологии, технологии защиты данных, криптография, телекоммуникации, производственные и другие самые различные технологии.

В качестве введения в эту область электроники рассмотрим основные системы автоматической идентификации (Auto-ID), а также используемые в их составе или связанные с ними системы радиочастотной идентификации (RFID).

## 1.1. Системы автоматической идентификации

Основные системы автоматической идентификации приведены на **Рис. 1.2**.

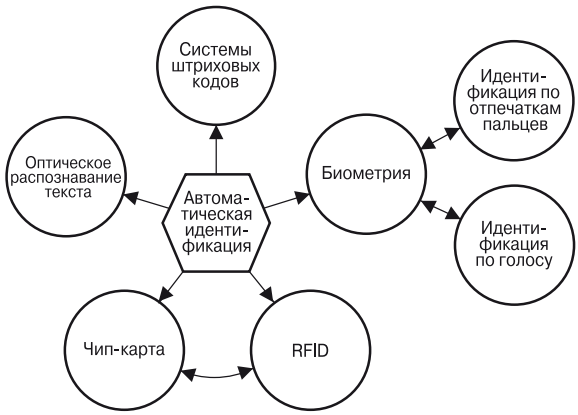


***Рис. 1.2.*** Основные системы автоматической идентификации.

### 1.1.1. Системы с использованием штриховых кодов

Технология *штрихового кодирования* появилась почти 20 лет назад и была первой системой автоматической идентификации. По оценкам экспертов, объем рынка подобных систем в начале 90-х годов составлял около трех миллиардов немецких марок, и это только в пределах Западной Европы [virnich].

Обычный штрих-код — это двоичный код, который отображается в виде упорядоченных параллельных линий (англ. — bar), разделенных пробелами. Подобная структура представляет собой набор цифр или знаков, при этом полосы и пробелы (промежутки) между ними могут иметь различную ширину. Считывание данных производится с помощью лазера — здесь используется различие коэффициентов отражения от белых разделительных пространств и от темных линий штрихового кода [ident 1]. Несмотря на одинаковые физические принципы, существует значительное различие в структуре современных штрих-кодов и штрих-кодов, которые использовались десять лет назад.

Наиболее распространенной среди систем кодирования с использованием штрих-кодов (причем с большим отрывом) является система кодирования EAN (European Article Number), которая появилась в 1976 году и была специально предназначена для торговли продовольственными товарами. Коды EAN были созданы на основе разработанных в США кодов UPS (Universal Product Code), которые были введены в действие в 1973 году. На сегодняшний момент кодировка UPC является разновидностью кода EAN и, следовательно, полностью совместима с европейской кодировкой [virnich]. *Код EAN* состоит из 13 цифр: кода страны, общефедерального номера предприятия, установленного производителем кода товара, а также контрольной цифры PZ (см. **Рис. 1.3**).

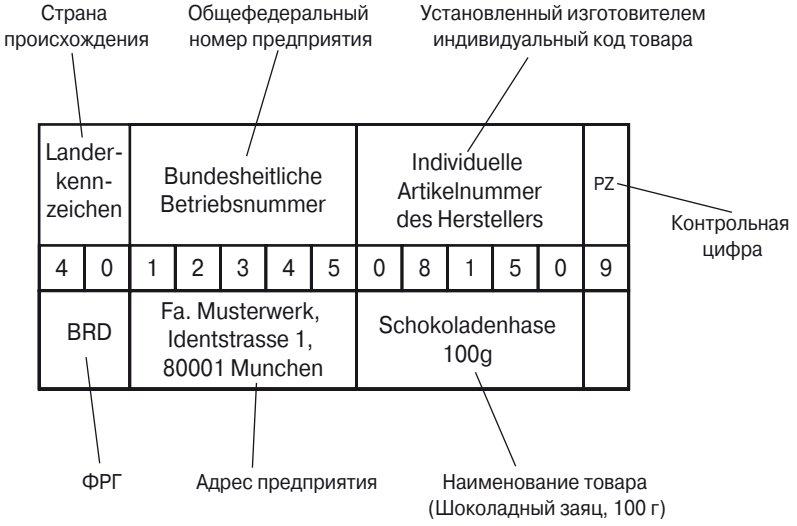


***Рис. 1.3.*** Пример штрих-кода в системе EAN (European Article Number).

Системы штрихового кодирования, получившие распространение в других отраслях, приведены в **Табл. 1.1**.

***Таблица 1.1.*** **Популярные системы штрихового кодирования и области их применения**

| Система | Типичные области применения |
|---|---|
| Code Codabar | Медицинские приложения, приложения, где существуют высокие требования к безопасности |
| Code 2/5 interleaved | Автомобильная промышленность, товарные склады, паллеты, морские контейнеры, тяжелая промышленность |
| Code 39 | Перерабатывающая промышленность, логистика, университеты и библиотеки |

## 1.1.2. Системы оптического распознавания текста

Первые *системы оптического распознавания текста* (Optical Character Recognition — OCR) появились еще в начале 60-х годов. Однако для них требовалась разработка и использование для написания текста специальных типов шрифтов, которые не только были бы понятны человеку, но и могли автоматически считываться машинами. Главным преимуществом систем OCR является высокая плотность информации, а также то, что при необходимости (или в целях контроля) данные могут быть просто считаны без использования каких-либо систем кодирования [virnich]. Эти системы получили наибольшее распространение в области производства и управления, в сфере обслуживания и в банковской отрасли — при обработке чеков[1]. Широкому распространению систем оптического распознавания мешает более высокая по сравнению с другими системами автоматической идентификации цена, а также сложность считывающего оборудования.

## 1.1.3. Биометрические системы

*Биометрика* — согласно словарю иностранных слов — это наука, основанная на описании и измерении характеристик тела живых существ. В применении к системам автоматической идентификации под биметрическими понимают те системы и методы, которые основаны на использовании каких-либо уникальных качеств человеческого организма. На практике чаще всего используются отпечатки пальцев, отпечаток руки, идентификация по голосу или же по глазному дну (реже по радужной оболочке глаза).

### 1.1.3.1. Идентификация по голосу

Для идентификации человека по голосу в последнее время было разработано большое количество систем, работающих по следующему принципу: голос записывается с помощью микрофона, данные с которого передаются в компьютер. Преобразованный в цифровую форму речевой сигнал затем обрабатывается программой идентификации.

Задача подобных систем состоит в сравнении голоса человека с образцом, хранящимся в базе данных. В случае положительного результата система может выполнять какие-либо дополнительные действия, например подать команду «Открыть дверь».

---

[1] В самой нижней строке чека находятся персональные данные (имя и фамилия, номер банковского счета), которые напечатаны шрифтом, понятным для системы оптического распознавания.

### 1.1.3.2. Идентификация по отпечаткам пальцев (дактилоскопия)

Дактилоскопия, или идентификация по отпечаткам пальцев, уже более сотни лет используется в криминалистике для поиска правонарушителей. Здесь идентификация объекта осуществляется по папиллярному рисунку кончиков или подушечек пальцев, которые могут быть получены не только непосредственно с самих пальцев, но и с тех предметов, к которым прикасался этот человек.

В системах идентификации по отпечаткам пальцев, которые чаще всего используются в системах контроля доступа, необходимо приложить подушечку пальца к специальному считывающему устройству. Система преобразует считанное изображение в набор цифровых данных и пытается найти аналогичный образец в базе данных. Современные системы идентификации такого типа осуществляют сканирование и идентификацию менее чем за половину секунды. Для того чтобы усилить защиту от несанкционированного проникновения, в некоторых системах используются дополнительные методы, позволяющие определить, принадлежит ли этот палец живому человеку [schmidhäusler].

## 1.1.4. Чип-карты (Smart-cards)

Под *чип-картами* понимают устройства электронного хранения информации, которые дополнительно имеют встроенный микроконтроллер (микропроцессорные карты) и которые — для удобства обращения — размещаются в пластиковой карточке, размерами напоминающей банковскую карту. Первые такие карты появились в 1984 году и использовались для оплаты телефонных переговоров. При этом чип-карта вставляется в специальное считывающее устройство, и ее контакты электрически соединяются с контактами считывающего устройства (ридера).

После установления электрического контакта считывающее устройство обеспечивает питание для чип-карты и передает сигналы синхронизации. Для передачи данных используется последовательный интерфейс (I/O Port — порт ввода/вывода), передача данных по которому может осуществляться в двух направлениях. В зависимости от устройства карты различают *карты памяти* и микропроцессорные карты.

Одним из важнейших преимуществ чип-карт является то, что они способны защитить хранящиеся в них данные от несанкционированного считывания и модификации. Использование чип-карт позволило значительно упростить, ускорить и удешевить множество операций, связанных с передачей информации или с денежными операциями. В 1992 году в мире было выпущено 200 миллионов чип-карт (из них 20% — в Германии!), в 1995 году — уже 600 миллионов, из них 500 миллионов карт памяти и 100 миллионов микропроцессорных карт. Таким образом, этот рынок превратился в один из наиболее быстрорастущих сегментов рынка электронных устройств.

Важнейшим недостатком чип-карт является уязвимость их контактов — материал подвержен износу, загрязнению, коррозии. Если считывающее устройство интенсивно используется, то оно будет часто выходить из строя и на его обслуживание будут расходоваться значительные средства. Кроме того, если устрой-

ства для считывания чип-карт (например, телефонные автоматы) расположены в открытых местах, то их достаточно сложно защитить от вандализма.

### 1.1.4.1. Карты памяти

В *картах памяти* доступ к внутренней памяти (чаще всего EEPROM) осуществляется с помощью последовательной логики (State Machine — конечный автомат). Кроме того, с помощью этой логики могут быть реализованы простейшие алгоритмы защиты данных (см. **Рис. 1.4**), например поточное шифрование (Streamcipher). Функциональность такой карты ограничена, как правило, какой-то узкой областью, и благодаря высокой степени специализации и отсутствию гибкости и универсальности эти карты очень дешевы. Подобные карты находят применение там, где основное значение имеют низкая цена и большие объемы, например в области медицинского страхования в системе государственных больничных касс [lemme].

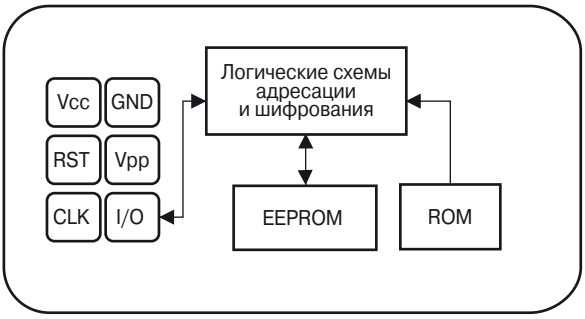


***Рис. 1.4.*** Архитектура чип-карты, в которой реализована схема защиты данных (RST — сигнал сброса, $V_{PP}$ — напряжение програмирования EEPROM, I/O — сигналы ввода/вывода).

### 1.1.4.2. Микропроцессорные карты

Как следует из их названия, *микропроцессорные карты* содержат микропроцессор, который взаимодействует с микросхемами памяти различных типов (ROM, RAM, EEPROM).

В памяти ROM хранится управляющая программа микропроцессора, которая прошивается в эту память в процессе производства карты. Содержание программы идентично для всех карт данной серии и не может быть изменено.

В памяти EEPROM хранятся специфичные для конкретного приложения данные, а также код дополнительных программ. Запись или чтение из этой области памяти производится микропроцессором под управлением операционной системы.

Память RAM необходима для временного (промежуточного) хранения данных, используемых в ходе выполнения программы микропроцессором. Все данные, которые хранятся в этой области памяти, при выключении питания будут утеряны.

Преимуществом микропроцессоров является их высокая гибкость: операционная система современных чип-карт позволяет интегрировать на одной карточке несколько приложений. Коды таких приложений могут записываться в EEPROM в процессе производства чип-карты и при необходимости вызываются операционной системой микропроцессора (см. **Рис. 1.5**).

Наибольшее распространение микропроцессорные карты получили в чувствительных к безопасности приложениях, например чип-карты для мобильных телефонов стандарта GSM или же новые платежные EC-карты (EC — Electronic Cash). Микропроцессорные карты позволяют добавлять новые программы или вносить изменения в существующие, благодаря чему они легко адаптируются к новым требованиям.

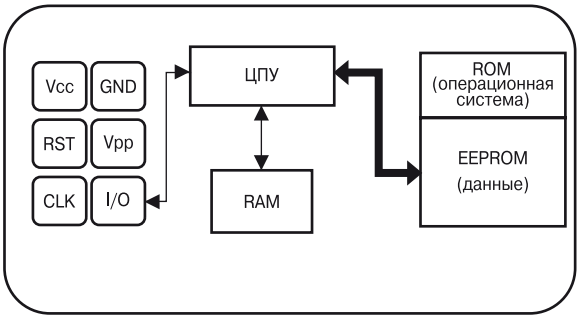


***Рис. 1.5.*** Типичная архитектура микропроцессорной карты.

### 1.1.5. RFID-системы

*Системы радиочастотной идентификации* (RFID) тесно связаны с описанными выше чип-картами. Здесь также носителем данных является электронное устройство — транспондер. Однако подача питания и обмен данными производятся без какого-либо непосредственного контакта — с помощью электромагнитного поля. Основой данной технологии являются методы, получившие широкое распространение в радарных и радиосистемах. Собственно, сокращение RFID образовано от названия Radio-Frequency-Identification (радиочастотная идентификация).

За последнее время благодаря своим очевидным преимуществам перед другими системами автоматической идентификации системы RFID завоевывают все бóльшую долю рынка. Например, они все чаще применяются в виде бесконтактных чип-карт для оплаты проезда в общественном транспорте.

## 1.2. Сравнение различных систем идентификации

В **Табл. 1.2** приведены преимущества и недостатки систем радиочастотной идентификации по сравнению с системами других типов. Анализируя данную таблицу, можно убедиться в тесном родстве RFID и чип-карт, при этом системы радиочастотной идентификации свободны от многих недостатков последних,

так как здесь не требуется непосредственного контакта со считывающим устройством. В связи с этим уменьшается опасность вандализма, загрязнения, а также нет необходимости тратить время на то, чтобы вставить карту в разъем считывающего устройства.

***Таблица 1.2.*** **Сравнение различных систем идентификации**

| Параметр | Система на основе штрих-кодов | OCR-система | Система распознавания речи | Биометрическая система | Чип-карта | RFID-система |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Объем хранимых данных, байт | 1...100 | 1...100 | — | — | 16...64K | 16...64K |
| Плотность данных | Низкая | Низкая | Высокая | Высокая | Очень высокая | Очень высокая |
| Читаемость данных для устройства | Хорошая | Хорошая | Связана с высокими затратами | Связана с высокими затратами | Хорошая | Хорошая |
| Читаемость данных для человека | Относительная | Легко | Легко | Тяжело | Невозможно | Невозможно |
| Влияние загрязнений или влаги | Очень сильное | Очень сильное | — | — | Возможно (контакты) | Не влияет |
| Влияние препятствий (оптических) | Полная неработоспособность | Полная неработоспособность | — | Возможно | — | Не влияет |
| Ограничение на положение и направление | Небольшое | Небольшое | — | — | Определяется конструкцией разъема | Нет |
| Влияние износа и амортизации | Относительное | Относительное | — | — | Контакты | Не влияет |
| Стоимость изготовления электроники | Очень низкая | Средняя | Очень высокая | Очень высокая | Низкая | Средняя |
| Эксплуатационные расходы (например, печать на принтере) | Низкие | Низкие | Отсутствуют | Отсутствуют | Средние (контакты) | Отсутствуют |
| Возможность несанкционированного копирования или изменения | Легко | Легко | Возможно (фонограмма)[1)] | Невозможно | Невозможно | Невозможно |
| Скорость считывания данных (включая подготовку носителя данных) | Низкая, ~ 4 с | Низкая, ~ 3 с | Очень низкая, > 5 с | Очень низкая, > 5 с | Низкая, ~ 4 с | Очень высокая, ~ 0.5 с |