

第 5 章

CHAPTER 5

RFID 通信技术

教学提示

射频识别(RFID)是通过无线射频方式获取物体的相关数据,并对物体加以识别的一种非接触式自动识别技术。作为实现物联网的关键技术,RFID 和互联网技术等相结合,可以实现全球范围内物体的透明化追踪及其信息的共享,从而赋予物体智能,实现人与物、物与物的沟通。RFID 技术的应用已经渗透到人们日常生活和工作的各个方面,如票务、身份证、门禁、电子钱包、物流、动物识别等,给人们的社会活动、生产活动、行为方法和思维观念带来了巨大的变革。

学习目标

- 了解 RFID 的现状与发展趋势。
- 掌握 RFID 的原理和工作频率。
- 理解 RFID 的天线工作模式、射频前端电路。
- 掌握 RFID 的编码和防碰撞技术。
- 理解 RFID 的调制技术。
- 了解 RFID 的应用领域。

知识结构

本章的知识结构如图 5.1 所示。

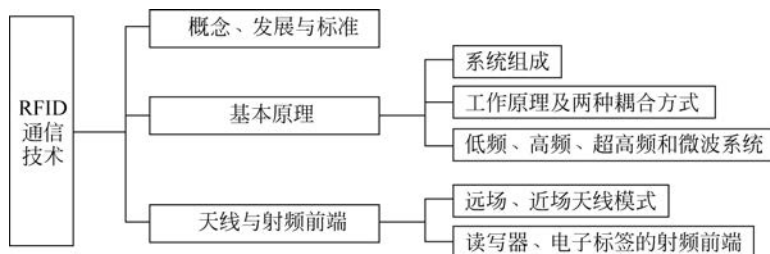


图 5.1 本章知识结构图

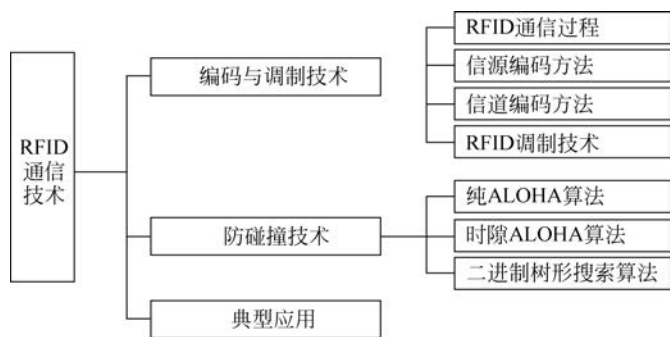


图 5.1 (续)

5.1 RFID 概述

RFID(Radio Frequency Identification, 射频识别)是实现物联网的关键技术,它利用射频信号无接触信息传递,进而自动识别物理对象。RFID 无须识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触,识别目标过程中无须人工干预,可工作于各种恶劣环境。RFID 技术可识别高速运动的物体,并可同时识别多个标签,可实现数据远程读取,操作快捷方便。RFID 技术如同物联网的触角,使自动识别每个物体成为可能。

美国埃森哲技术实验室的首席科学家弗格森认为 RFID 是一种突破性的技术,他说:“第一,可以识别单个的非常具体的物体,而不是像条形码那样只能识别一类物体;第二,其采用无线电射频,可以透过外部材料读取数据,而条形码必须靠激光来读取信息;第三,可以同时多个物体进行识读,而条形码只能一个个地读。此外,储存的信息量也非常大。”

5.1.1 RFID 发展历程

RFID 技术是一种自动识别技术,最早起源于英国,在第二次世界大战中用于辨别敌我飞机的身份,自 20 世纪 60 年代开始商用。美国国防部规定,2005 年 1 月 1 日以后,所有军需物资都要使用 RFID 标签;美国食品与药品管理局(FDA)建议制药商从 2006 年起利用 RFID 跟踪药品。Walmart、Metro 等零售业企业应用 RFID 技术的一系列行动更是推动了 RFID 在全世界的应用热潮。2000 年,每个 RFID 标签的价格是 1 美元。当时许多研究者认为 RFID 标签非常昂贵,只有降低成本才能大规模应用。到 2005 年,每个 RFID 标签的价格降至 12 美分左右,如今超高频 RFID 的价格已低于 10 美分。RFID 要大规模应用,一方面是要降低 RFID 标签价格,另一方面要看应用 RFID 之后能否带来增值服务。

RFID 技术的发展可按十年期划分如下。

1940—1950 年: 雷达的改进和应用催生了 RFID 技术,1948 年奠定了 RFID 技术的理论基础。

1950—1960 年: 早期 RFID 技术的探索阶段,主要处于实验室实验研究。

1960—1970 年: RFID 技术的理论得到了发展,开始了一些应用的尝试。

1970—1980 年: RFID 技术与产品研发处于一个大发展时期,各种 RFID 技术测试得到加速。出现了一些最早的 RFID 应用。

1980—1990 年：RFID 技术及产品进入商业应用阶段，各种规模应用开始出现。

1990—2000 年：RFID 技术标准化问题日趋得到重视，RFID 产品得到广泛采用，RFID 产品逐渐成为人们生活中的一部分。

2000 年后：标准化问题日趋被人们重视，RFID 产品种类更加丰富，有源电子标签、无源电子标签及半无源电子标签均得到发展，电子标签成本不断降低，规模应用行业扩大。

至今，RFID 技术的理论得到了丰富和完善。单芯片电子标签、多个电子标签识读、无线可读可写、无源电子标签的远距离识别、适应高速移动物体的 RFID 技术与产品正在成为现实并走向应用。

RFID 系统如同物联网的触角，使自动识别物联网中的每个物体成为可能。RFID 技术的应用范围非常广泛，如电子不停车收费管理(ETC)、物流与供应链管理、集装箱管理、车辆管理、人员管理、图书管理、生产管理、金融押运管理、资产管理、钢铁行业、烟草行业、国家公共安全、证件防伪、食品安全、动物管理等多个领域。

5.1.2 RFID 系统与物联网

2005 年，国际电信联盟(ITU)发布的《ITU 互联网报告 2005：物联网》全面分析了物联网的概念，认为物联网是一种通过诸如射频自动识别以及智能计算等技术将全世界的设备连接起来所实现的网络。物联网是通过信息传感设备，按照约定的协议把任何物品连接起来进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络，它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

“物联网就是物物相联的互联网”，如图 5.2 所示。这包含两层意思：第一，物联网核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。



图 5.2 物物相联的互联网

互联网发展到现在已非常成熟，已然具备作为物联网的核心和基础的条件。物联网要解决的就是物与物之间、物与互联网之间的连接与信息交换。目前能够实现物与互联网“连

接”功能的技术包含红外技术、地磁感应技术、RFID 技术、条码识别技术、视频识别技术、无线通信技术等,可以将物以信息形式连接到互联网中。而所有这些技术中,RFID 技术相较于其他识别技术,在准确率、感应距离、信息量等方面具有非常明显的优势。

RFID 技术是物联网技术的基础,也只有了解和掌握 RFID 相关技术的发展及相关技术,才能理解物联网的实现原理。在物联网的构想中,每个物品都有一个电子标签,电子标签中存储着相应物品的信息。RFID 技术利用读写器自动采集电子标签的信息,再通过网络将其传输到中央信息系统。在物联网环境中,RFID 技术通过电子标签将“智能”嵌入物理对象中,让简单的物理对象也能“开口说话”。电子标签具有唯一的 ID 号,类似于互联网中计算节点的“IP 地址”,可使物理对象被唯一地识别。RFID 技术提供了一种低成本的通信方式以实现节点间的有效联通,在无源的环境下实现了物理对象的“被动智能”,为“物与物相联”提供了根本保障。在互联网时代,人与人之间的距离变近了。而在继互联网时代之后出现的物联网时代,物联网利用 RFID 技术将人与物、物与物之间的距离变近了。

物联网与 RFID 技术关系紧密,RFID 技术是物联网发展的关键技术之一,RFID 技术的飞速发展无疑对物联网领域的进步具有重要的意义。

5.1.3 RFID 的标准体系

RFID 技术的发展对每个人的日常生活产生了广泛的影响,为了规范电子标签及读写器的开发工作,解决 RFID 系统的互联和兼容问题,实现对世界范围内的物品进行统一管理,RFID 的标准化是当前亟待解决的重要问题,为此,各个国家及国际相关组织都在积极参与和推进 RFID 技术标准的制定。

RFID 的标准化涉及标识编码规范、操作协议及应用系统接口规范等多个部分。其中,标识编码规范包括标识长度、编码方法等;操作协议包括空中接口、命令集合、操作流程等。主要的 RFID 相关规范有欧美的 EPCglobal 标准体系、ISO 18000 系列标准和日本的 Ubiquitous ID 规范。其中,ISO 标准主要定义电子标签和读写器之间互操作的空中接口。因此,RFID 技术也存在 3 个主要的技术标准体系,即欧美的 ISO 制定的 RFID 标准体系、EPCglobal 标准体系和日本的 Ubiquitous ID 标准。

1. ISO 制定的 RFID 标准体系

根据国际标准化组织 ISO/IEC 联合技术委员会 JTC1 子委员会 SC31 的标准化工作计划,RFID 标准可以分为四方面:数据标准(如编码标准 ISO/IEC 15961、数据协议 ISO/IEC 15962、ISO/IEC 15963,解决了应用程序/标签和空中接口多样性的要求,提供了一套通用的通信机制);空中接口标准(ISO/IEC 18000 系列);测试标准(性能测试标准 ISO/IEC 18047 和一致性测试标准 ISO/IEC 18046);实时定位(RTLS)(ISO/IEC 24730 系列应用接口与空中接口通信的标准)方面的标准。RFID 标准的逻辑框架结构如图 5.3 所示。

2. EPCglobal 标准体系

与 ISO 通用性 RFID 标准相比,EPCglobal 标准体系是面向物流供应链领域的,可以看成是一个应用标准。EPCglobal 的目标是解决供应链的透明性和追踪性,透明性和追踪性是指供应链各环节中所有合作伙伴都能够了解单件物品的相关信息,如位置、生产日期等信息。为此,EPCglobal 制定了 EPC(Electronic Product Code)编码标准,它可以实现对所有

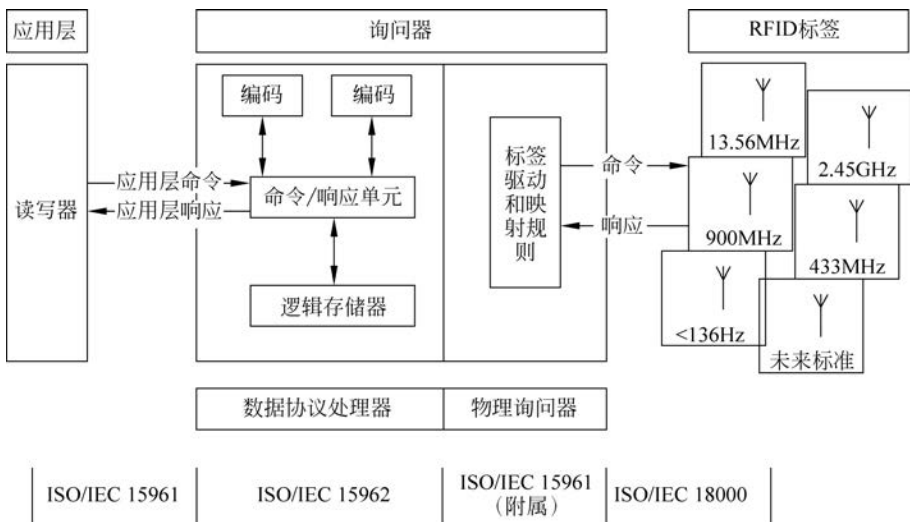


图 5.3 IRFID 标准的逻辑框架结构

物品提供单件唯一标识；也制定了空中接口协议、读写器协议。这些协议与 ISO 标准体系类似。在空中接口协议方面，目前 EPCglobal 的策略尽量与 ISO 兼容，如 Gen2 UHF RFID 标准递交 ISO 将成为 ISO 18000 6C 标准。但 EPCglobal 空中接口协议有它的局限范围，仅仅关注 UHF 860~930MHz。

除了信息采集以外，EPCglobal 为供应链各方的 EPC 信息共享提供了一个共同的平台，通过该平台实现信息的共享与交互，并制定了相关物联网标准，包括 EPC 中间件规范、对象名解析服务（Object Naming Service, ONS）、物理标记语言（Physical Markup Language, PML）。这样从信息的发布、信息资源的组织管理、信息服务的发现以及大量访问之间的协调等方面做出规定。

EPC 系统由 EPC 编码标准、射频识别系统、EPC 中间件、对象名称解析服务（ONS）、EPC 信息服务（EPCIS）组成。在 EPC 系统中，读写器读出的 EPC 只是一个信息参考（指针），由这个信息参考从 Internet 找到 IP 地址，并获取该地址中存放的相关的物品信息，并采用分布式的 EPC 中间件处理由读写器读取的一连串 EPC 信息。由于在标签上只有一个 EPC 代码，计算机需要知道与该 EPC 匹配的其他信息，这就需要 ONS 来提供一种自动化的网络数据库服务，EPC 中间件将 EPC 代码传给 ONS，ONS 指示 EPC 中间件到一个保存着产品文件的服务器（EPC IS）查找，该文件可由 EPC 中间件复制，因而，文件中的产品信息就能传到供应链上。EPC 系统的工作流程如图 5.4 所示。

3. Ubiquitous ID 标准体系

日本泛在 ID（Ubiquitous ID, UID）中心制定 RFID 相关标准的思路类似于 EPCglobal，目标也是构建一个完整的标准体系，即从编码体系、空中接口协议到泛在网络体系结构，但是每部分的具体内容存在差异。

为了制定具有自主知识产权的 RFID 标准，在编码方面制定了 Ucode 编码体系，它能够兼容日本已有的编码体系，同时也能兼容国际上其他的编码体系。在空中接口方面积极参与 ISO 的标准制定工作，也尽量考虑与 ISO 相关标准的兼容性。在信息共享方面主要依赖于日本的泛在网络，它可以独立于因特网实现信息的共享。

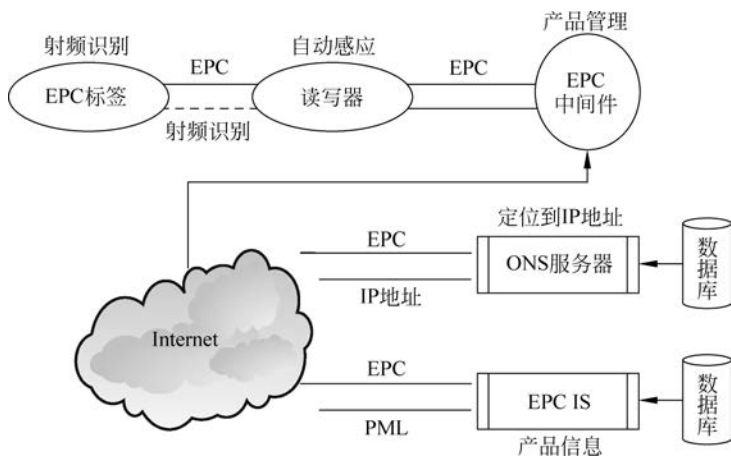


图 5.4 EPC 系统的工作流程

泛在网络与 EPCglobal 的物联网还是有区别的。EPC 采用业务链的方式,面向企业,面向产品信息的流动(物联网),比较强调与互联网的结合。UID 采用扁平式信息采集分析方式,强调信息的获取与分析,比较强调前端的微型化与集成。

UID 的核心是赋予现实世界中任何物理对象唯一的泛在识别号(Ucode)。它具备了 128 位(128 bit)的充裕容量,可以提供 340×10^{36} 个编码,更可以用 128 位为单元进一步扩展至 256 位、384 位或 512 位。

Ucode 的最大优势是能包容现有编码体系的元编码设计,可以兼容多种编码,包括 JAN、UPC、ISBN、IPv6 地址,甚至电话号码。

Ucode 标签具有多种形式,包括条码、射频标签、智能卡、有源芯片等。泛在识别中心把标签进行分类,并设立多个不同的认证标准。

4. RFID 中国标准化情况

我国目前已经从多个方面开展了相关标准的研究制定工作。制定了《集成电路卡模块技术规范》《建设事业 IC 卡应用技术》等应用标准,并且得到了广泛应用;在频率规划方面,已经做了大量的实验;在技术标准方面,依据 ISO/IEC15693 系列标准已经基本完成国家标准的起草工作。此外,中国 RFID 标准体系框架的研究工作也已基本完成。

根据中华人民共和国信息产业部 2007 年发布的《800/900MHz 频段射频识别(RFID)技术应用规定(试行)》的规定,中国 800/900MHz RFID 技术的试用频率为 840~845MHz 和 920~925MHz,发射功率为 2W。

5.2 RFID 的基本原理

5.2.1 RFID 的系统组成

RFID 系统因应用的不同,其组成也会有所不同。典型的 RFID 系统由电子标签、读写器、系统高层三部分组成。RFID 的基本组成如图 5.5 所示。

1. 电子标签

电子标签(Electronic Tag)又被称为应答器或射频卡。电子标签附着在待识别的物品

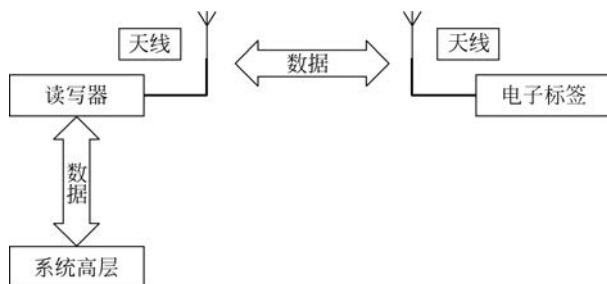


图 5.5 RFID 的基本组成

上,每个电子标签具有唯一的电子编码,是 RFID 的数据载体。电子标签是 RFID 系统的核心,读写器则是根据电子标签的性能设计的,电子标签和读写器通过射频信号进行通信。

1) 电子标签结构

电子标签由 IC 芯片和无线通信天线组成,RFID 标签芯片对接收到的信号进行解调、解码等各种处理,对需要返回的信号进行编码、调制等各种处理。不同频段的电子标签芯片的结构基本类似,一般包含射频前端/模拟前端、数字电路等模块,如图 5.6 所示。

射频前端连接电子标签天线与芯片数字电路部分主要用于对射频信号进行整流和调制解调;逻辑控制单元传出的数据只有经过射频前端的调制后,才能加载到天线上,成为天线传送的射频信号;解调器负责将经过调制的信号加以解调,获得最初的信号;电压调节器主要用于将从读写器接收到的射频信号转换成电源,通过稳压电路来确保稳定的电压供应。

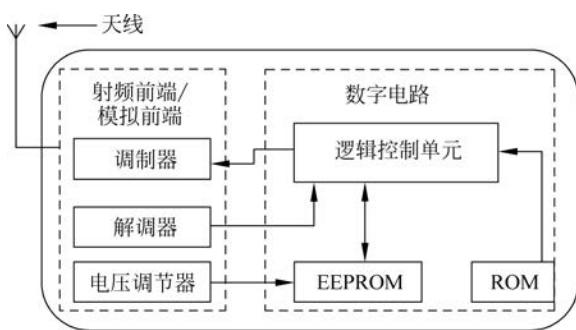


图 5.6 电子标签结构示意图

逻辑控制单元主要用于对数字信号进行编码/解码以及防碰撞协议的处理,另外还对存储器进行读写操作;存储器用于存储被识别物体的相关信息,常用的存储器有 ROM 和 EEPROM 等。

电子标签天线主要用于收集读写器发射到空间的电磁信号,并把电子标签本身的数据信号以电磁信号的形式发射出去。常见的电子标签天线主要有线圈型、微带贴片型、偶极子型等几种基本形式。

2) 电子标签形式

常见的 RFID 电子标签一般有卡片形电子标签、标签类电子标签和植入式电子标签,如图 5.7 所示。

卡片形电子标签被封装成卡片的形状,通常称为射频卡。第二代身份证、城市一卡通和门禁卡等都属于这种形式的电子标签。标签类电子标签形状多样,有条形、盘形、钥匙扣形和手表形等,可以用于物品识别和电子计费等,如航空行李用标签、托盘用标签等,其特点是携带方便。有些标签类电子标签还具有粘贴功能,可以在生产线上由贴标机粘贴在箱、瓶等物品上,也可以手工粘贴在物品上。植入式电子标签一般很小,例如,将电子标签做成动物

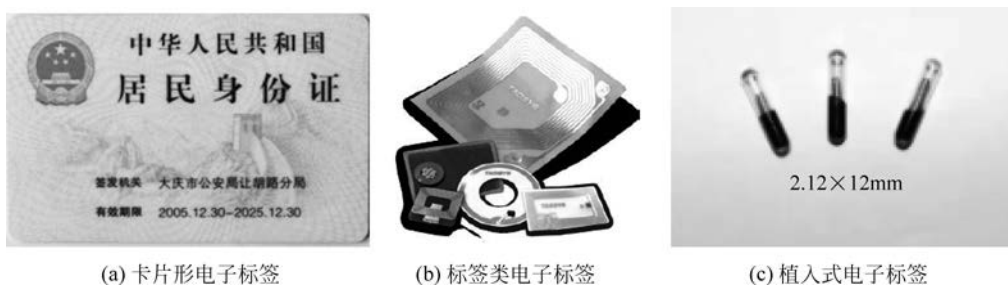


图 5.7 电子标签的形式

跟踪电子标签,可以将其嵌入动物的皮肤下,这称为“芯片植入”。这种电子标签采用注射的方式植入动物两肩之间的皮下,用于替代传统的动物牌进行信息管理。

2. 读写器

读写器又被称为阅读器或询问器,是读取和写入电子标签数据的设备,它可以是单独的个体,也可以被嵌入其他系统中。读写器也是构成 RFID 系统的重要部件之一,它能够读取电子标签中的数据,也能够将数据写入电子标签中。读写器还可以与系统高层进行连接,以通过系统高层完成数据信息的存储、管理与控制,是电子标签与系统高层的连接通道。

1) 读写器的基本组成

读写器由射频模块、控制处理模块和天线组成,如图 5.8 所示。射频模块用于将射频信号转换为基带信号,对天线接收的信号进行解调,对控制处理模块需要发送的数据进行调制。

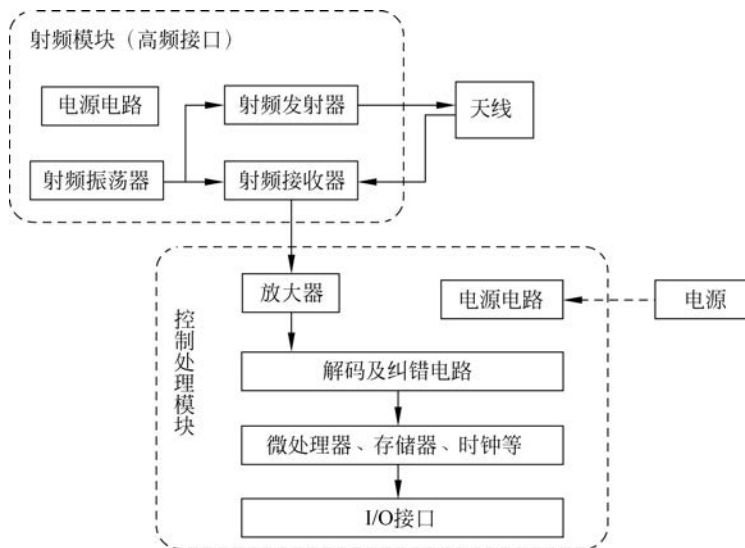


图 5.8 RFID 读写器结构示意图

控制处理模块是读写器的核心,是读写器芯片有序工作的指挥中心。其主要功能是:与系统高层中的应用系统软件进行通信;执行从应用系统软件发来的动作指令;控制与电子标签的通信过程;对基带信号进行编码与解码;执行防碰撞算法;对读写器和电子标签之间传送的数据进行加密和解密;进行读写器与电子标签之间的身份认证;对键盘、显示

设备等其他外部设备控制。控制处理模块最重要的功能是对读写器进行控制操作。

天线是一种能将接收到的电磁波转换为电流信号,或将电流信号转换成电磁波发射出去的装置。在 RFID 系统中,读写器必须通过天线来发射能量,形成电磁场,通过电磁场对电子标签进行识别。天线可以是一个独立的部分,也可以被内置到读写器中。

2) 读写器的结构形式

读写器没有固定的模式,根据天线与读写器模块是否分离,读写器可分为集成式读写器和分离式读写器;根据读写器外形和应用场合,读写器又可分为固定式读写器、原始设备制造商(Original Equipment Manufacturer, OEM)模块式读写器、手持便携式读写器、工业读写器和读卡器等,如图 5.9 所示。



图 5.9 RFID 读写器形式

固定式读写器一般将天线与读写器的主控机部分分离,主控机部分和天线可以分别安装在不同位置,可以有多个天线接口和多种 I/O 接口。读写器没有经过外壳封装,以 OEM 模块的形式嵌入应用系统中,构成了 OEM 模块式读写器。手持便携式读写器是将天线、射频模块和控制处理模块封装在一个外壳中,适合用户手持使用的电子标签读写设备。手持便携式读写器一般带有液晶显示屏,配有输入数据的键盘,常用在巡查、识别和测试等场合。与固定式读写器不同的是,手持便携式读写器可能会对系统本身的数据存储量有要求,并要求能够防水和防尘等。

工业读写器是指应用于矿井、自动化生产或畜牧等领域的读写器,一般有现场总线接口,很容易集成到现有设备中。工业读写器通常与传感设备组合在一起。读卡器也称为发卡器,主要用于电子标签对具体内容的操作中,如建立档案、消费纠错、挂失、补卡和信息修正等。读卡器可以与计算机上的读卡管理软件结合使用。读卡器实际上是一个小型电子标签读写装置,具有发射功率小、读写距离近等特点。

3. 系统高层

对于某些简单的应用,一个读写器就可以独立满足应用的需要。但对于大多数应用来说,RFID 系统是由许多读写器构成的综合信息系统,每个读写器要同时对多个电子标签进行操作,并须实时处理数据信息,因此,系统高层是必不可少的。读写器可通过标准接口与系统高层连接,系统高层可将许多读写器获取的数据有效地整合起来,实现查询、管理与传输数据等功能。系统高层一般由中间件和应用软件构成。

中间件是介于 RFID 读写器与后端应用程序之间的独立软件,可以与多个读写器和多个后端应用程序相连,中间件位于客户机、服务器的操作系统之上,管理计算资源和网络通信。应用程序通过中间件连接到读写器,读取电子标签中的数据。这样的好处在于,即使存储电子标签信息的数据库软件或后端应用程序增加或改由其他软件取代,或者 RFID 读写器种类增加等情况发生时,应用端不需要修改也能处理,减轻了设计和维护的复杂性。

随着经济全球化进程的不断推进,不同领域 RFID 应用的与日俱增,加之计算机技术、互联网技术以及无线通信技术的飞速发展,对全球每个物品进行识别、跟踪与管理将成为可能。借助于 RFID 技术,将物品信息传送到计算网络的信息控制中心,可以构建一个全球统一的物品信息系统,从而实现全球信息资源共享。

5.2.2 RFID 的工作原理

RFID 的基本原理是利用射频信号的空间耦合(电磁感应或电磁传播)传输特性,实现对静止的或移动的待识别物品的自动识别。RFID 系统的工作原理如图 5.10 所示。由读写器通过发射天线发送特定频率的射频信号,当电子标签进入有效工作区域时产生感应电流,从而获得能量被激活,使电子标签将自身编码信号通过内置射频天线发送出去;读写器的接收天线接收到从标签发送来的调制信号,经天线调节器传送到读写器信号处理模块,经解调和解码后将有效信号送至后台系统高层进行相关处理;系统高层根据逻辑运算识别该标签的身份,针对不同的设定做出相应的处理和控制,最终发出指令信号控制读写器完成对电子标签不同的读写操作。

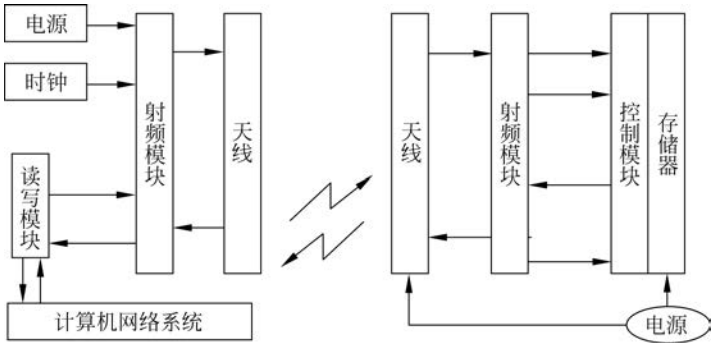


图 5.10 RFID 系统的工作原理

射频标签与读写器之间通过天线架起空间电磁波的传输通道。射频标签与读写器之间的电磁耦合包含两种情况,即近距离的电感耦合与远距离的电磁反向散射耦合,如图 5.11 所示。

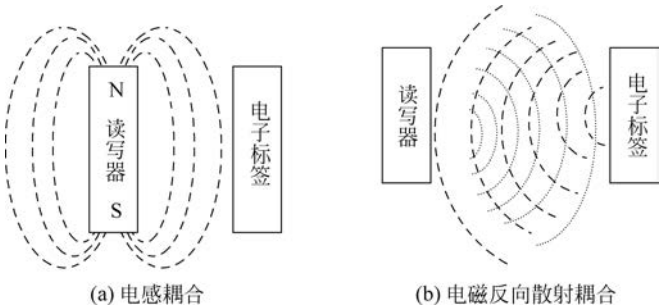


图 5.11 RFID 系统耦合方式

在电感耦合方式中,读写器一方的天线相当于变压器的一次绕组,电子标签一方的天线相当于变压器的二次绕组,耦合介质是空间磁场,耦合磁场在一次绕组与二次绕组之间构成闭合回路,因而电感耦合方式是变压器方式。

在电感耦合方式中,天线将读写器产生的能量以电磁波的方式发送到定向的空间范围内,形成读写器的有效识别区域。位于读写器有效识别区域中的电子标签从读写器天线发出的电磁场中提取工作能量,并通过电子标签的内部电路及标签天线将标签中存储的数据信息传送到读写器。电感耦合方式适用于低频和高频近距离无接触射频识别系统。识别作用距离小于 1m,典型的作用距离为 10~20cm。

电磁反向散射耦合方式采用雷达原理模型,发射出去的电磁波碰到目标后反射,同时带回目标信息,依据的是电磁波空间传输规律。如图 5.12 所示,功率 P_1 是从读写器天线发射出来的,其(由于自由空间衰减)只有一部分到达电子标签天线。到达电子标签天线的功率 P'_1 为电子标签天线提供电压,整流后为电子标签芯片供电。 P'_1 的一部分被天线反射,其反射功率为 P_2 。反射功率 P_2 经自由空间后到达读写器,被读写器天线接收。读写器无线接收的信号经收发耦合器电路传输至收发器,放大后经电路处理获得有用信息。电磁反向散射耦合方式一般适合于超高频、微波工作的远距离 RFID 系统。识别作用距离大于 1m,典型的作用距离为 3~10m。

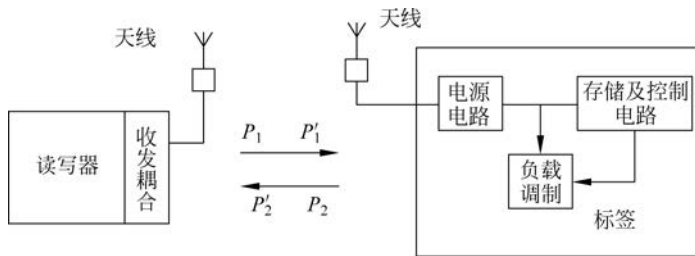


图 5.12 电磁反向散射耦合原理模型

电磁耦合与电感耦合的差别是：在电磁耦合方式中,读写器将射频能量以电磁波的形式发送出去；在电感耦合方式中,读写器将能量束缚在电感线圈周围,通过交变闭合的线圈磁场来连通读写器线圈和电子标签绕组之间的电子通道,并没有向空间辐射电磁能量。

5.2.3 RFID 系统的频率

根据电子标签和读写器之间传递信息所使用的频率将 RFID 系统分为低频(LF)、高频(HF)、超高频(UHF)与微波 RFID 系统。各个频率所使用的电子标签也各不相同。

1. 低频 RFID 系统

低频 RFID 系统的工作频率为 30~300kHz,采用电感耦合方式通信。低频信号穿透性好,抗金属和液体干扰能力强,能在水、木材和有机物质等环境中应用,但难以屏蔽外界的低频干扰信号。一般来说,低频 RFID 标签读取距离一般短于 10cm,读取距离与标签大小成正比。低频 RFID 标签一般在出厂时就已初始化好不可更改的编码。一些低频标签也加入了写入和防碰撞功能。低频标签主要应用在动物追踪与识别、门禁管理、汽车流通管理、POS 系统和其他封闭式追踪系统中。

2. 高频 RFID 系统

高频 RFID 系统的工作频率为 3~30MHz,常见的有 6.75MHz、13.56MHz 和 27.125MHz。高频系统也采用电磁感应方式来进行通信,具有良好的抗金属与液体干扰的

性能,读取距离大多在 1m 以内。高频 RFID 标签传输速度较高,但抗噪声干扰性较差,一般具备读写与防冲突功能。目前,高频 RFID 标签是 RFID 领域中应用最广泛的,如证、卡、票领域(二代身份证、公共交通卡、门票等),还包括供应链的物品追踪、门禁管理、图书馆、医药产业、智能货架等应用。高频 RFID 标签以 Mifare one 及其兼容卡为代表。高频的电子标签按照 ISO 协议可以分为以下三种类型。

(1) ISO 14443A: 通信距离在 10cm 以下,这种卡为逻辑加密卡,如果对安全性要求更高,请使用 CPU 卡。

(2) ISO 14443B: 二代身份证采用此协议,通信距离在 10cm 以下。

(3) ISO 15693: 理论通信距离可以达到 1m,读写距离通常也在 10cm 以下,可用在物流管理上。

低频和高频 RFID 系统基本都采用电感耦合识别方式,电感耦合方式的电子标签几乎都是无源的,这意味着电子标签工作的全部能量都要由读写器提供。由于低频和高频 RFID 系统的波长较长,电子标签基本都处于读写器天线的近场区,电子标签通过电磁感应而不是通过辐射获得信号和能量,因此电子标签与读写器的距离很近,这样电子标签可以获得较大的能量。低频和高频 RFID 系统电子标签与读写器的天线基本都采用线圈的形式,两个线圈之间的作用可以理解为变压器的耦合,两个线圈之间的耦合功率的传输效率与工作频率、线圈匝数、线圈面积、线圈间的距离,以及线圈的相对角度等多种因素有关。

3. 超高频 RFID 系统

被动式超高频 RFID 系统的工作频率为 860~960MHz,主动式超高频 RFID 系统的工作频率为 433MHz。在超高频频段,各个国家都有自己规定的频率,我国一般以 915MHz 为主。超高频 RFID 系统的优点是传输距离远,最远可以达到 15m,具备防碰撞性能,并且具有锁定与消除标签的功能。

被动式超高频 RFID 系统有分别支持近场通信与远场通信两种工作方式。远场被动式超高频 RFID 系统采用反向散射耦合方式进行通信,可以用蚀刻、印刷等工艺制作成不同的样式,其最大的优点是读写距离远,一般是 3~5m,最远可达 10m,但是由于抗金属与液体性差,所以较少用于单一物品的识别,主要应用于以箱或者托盘为单位的追踪管理、行李追踪、资产管理和防盗等场合。近场被动式超高频 RFID 系统通信使用的天线与高频 RFID 系统相类似,但线圈数量只需要一圈,而且采用的是电磁感应方式而非反向散射耦合方式,也具备高频 RFID 系统的抗金属液体干扰的优点,其缺点是读取距离短,约为 5cm。近场超高频 RFID 系统通信主要应用于单一物品识别追踪,以取代目前高频 RFID 系统的应用。

超高频的 ISO 标准主要有以下两种。

(1) ISO 18000-6B: 这种标签包含 8 字节不可修改且唯一的 UID 号,包括 UID 在内共有 256 字节内存,但是相对 ISO 18000-6C 标签,其价格较高。

(2) ISO 18000-6C: 以 Gen2 电子标签为主,其优点是具有可以修改的 EPC 码,并且可以直接读取 EPC 码,而且价格便宜。

4. 微波 RFID 系统

微波 RFID 系统主要工作在 2.45GHz,有些则为 5.8GHz,因为其工作频率高,在 RFID 系统中传输速度最大,但抗金属液体能力最差。

被动式微波 RFID 系统主要使用反向散射耦合方式进行通信,传输距离较远。如果要

加大传输距离还可以改为主动式。微波 RFID 系统非常适合用于高速公路等收费系统。微波电子标签与读写器的距离较远,一般大于 1m,典型情况为 4~10m,最大可达 10m 以上;有很高的数据传输速率,可以在很短的时间内读取大量的数据,在读取高速运动物体的数据的同时,还能读取多个电子标签的信息。

5.3 RFID 的天线与射频前端

5.3.1 RFID 的天线

天线是各种无线系统不可或缺的部件,同时又是直接影响系统性能的关键核心器件,是整个无线系统的“瓶颈”,天线性能的优劣决定系统能否正常工作或各项功能能否顺利运行。同样,不同 RFID 系统天线的选择和设计直接影响读写距离、功率等系统性能指标。

受应用场合的限制,RFID 标签通常需要贴于不同类型、不同形状的物体表面,甚至需要嵌入物体内部。那么,标签天线就会受到所标识物体的形状及物理特性的影响,如标签到附着物体的距离、附着物体的介电常数、金属表面的反射、局部结构对辐射性能的影响等。

天线结构决定天线的方向图、极化方向、阻抗特性、驻波比、天线增益和工作频段等特性。方向性天线由于具有较少的回波损耗,因此,比较适合电子标签应用;由于 RFID 标签放置方向不可控,读写器天线的极化方式必须采用圆极化;天线增益和阻抗特性会对 RFID 系统的作用距离产生较大影响;天线的工作频段会对天线尺寸以及辐射损耗产生较大影响。天线特性受所标识物体的形状及物理特性影响,表现在金属物体对电磁信号有衰减作用;金属表面对信号有反射作用;弹性基层会造成标签及天线变形;物体尺寸对天线大小有一定限制等。由于多重因素的影响,RFID 天线的种类繁多,与 RFID 系统的耦合方式相对应,天线的工作方式分为近场天线工作模式和远场天线工作模式,不同的工作模式天线的结构、工作原理、设计方法和应用方式有很大差异。

1. 近场天线工作模式

感应耦合模式主要是指读写器天线和标签天线都采用线圈形式,主要应用于低频和高频频段。读写器在阅读标签时会发出未经调制的信号,处于读写器天线近场中的标签天线接收到该信号并激活标签芯片之后,由标签芯片根据内部存储的全球唯一识别号(ID)控制标签天线中电流的大小。这一电流的大小进一步增强或者减小了读写器天线发出的磁场。这时,读写器的近场分量展现出被调制的特性,读写器内部电路检测到这个由于标签而产生的调制量并解调,得到标签信息。

当 RFID 的线圈天线进入读写器产生的交变磁场中时,RFID 天线与读写器天线之间的相互作用就类似于变压器,两者的线圈相当于变压器的一次绕组和二次绕组。由 RFID 的线圈天线形成的谐振回路,包含 RFID 天线的线圈电感 L 、并联电容 C ,其谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5.1)$$

RFID 应用系统就是通过这一频率载波实现双向数据通信的。常用的 ID-1 型非接触式 IC 卡的外观为一小型塑料卡(85.72mm×54.03mm×0.76mm),天线线圈谐振工作频率通常为 13.56MHz。目前已研发出线圈天线面积最小为 0.4mm×0.4mm 的短距离 RFID 实

用系统。某些应用要求 RFID 天线线圈外形很小,且需一定的工作距离,如用于动物识别的 RFID,但若线圈外形(即面积)小,RFID 与读写器间的天线线圈互感不能满足实际需要,作为补救措施,通常在 RFID 天线线圈内插入具有较高磁导率的铁氧体,以增大互感,从而可以补偿因线圈横截面减小而产生的缺陷。

2. 远场天线工作模式

在反向散射工作模式中,读写器和标签之间采用电磁波来进行信息的传输,一般适用于微波频段。当读写器对标签进行阅读识别时,首先发出未经调制的电磁波,此时,位于远场的标签天线接收到电磁波信号,并在天线上产生感应电压,标签内部电路将这个感应电压进行整流并放大,用于激活标签芯片。当标签芯片被激活后,用自身的全球唯一标识号对标签芯片阻抗进行变换,当标签天线和标签芯片之间的阻抗匹配较好时,基本不反射信号;而阻抗匹配不好时,则将几乎全部反射信号,这样,反射信号就出现了振幅的变化,这种情况类似于对反射信号进行幅度调制处理。读写器通过接收到经过调制的反射信号,判断该标签的标识号并进行识别。

远场天线主要包括微带贴片天线、偶极子天线和阵列天线。

微带贴片天线是由贴在带有金属底板的介质基片上的辐射贴片导体所构成的。根据天线辐射特性的需要,可把贴片导体设计为各种形状。通常,贴片天线的辐射导体与金属底板的距离为波长的几十分之一。

假设辐射电场沿导体的横向与纵向两个方向没有变化,仅沿约半波长的导体长度方向变化,则微带贴片天线的辐射基本上是由贴片导体开路边沿的边缘场引起的,辐射方向基本确定,因此一般适用于通信方向变化不大的 RFID 应用系统中。

在远距离耦合的 RFID 应用系统中,最常用的是偶极子天线(又称对称振子天线)。偶极子天线由处于同一直线上的两段粗细和长度均相同的直导线构成,信号由位于其中心的两个端点馈入,使在偶极子的两臂上产生一定的电流分布,从而在天线周围空间激发出电磁场。求取辐射场电场的公式为

$$E_{\theta} = \int_{-l}^l dE_{\theta} = \int_{-l}^l \frac{60\alpha I_z}{r} \sin\theta \cos(\alpha z \cos\theta) dz \quad (5.2)$$

其中, I_z 为沿振子臂分布的电流; α 为相位常数; r 为振子中观察点的距离; θ 为振子轴到 r 的夹角; l 为单个振子臂的长度, z 为沿振子到原点的平行距离。同样,也可以得到天线的输入阻抗、输入回波损耗、带宽和天线增益等特性参数。

当单个振子臂的长度 $l = \lambda/4$ 时(半波振子),输入阻抗的电抗分量为零,天线输出为一个纯电阻。在忽略电流在天线横截面内不均匀分布的条件下,简单的偶极子天线设计可以取振子的长度 l 为 $\lambda/4$ 的整数倍,如对于工作频率为 2.45GHz 的半波偶极子天线,其长度约为 6cm。

阵列天线是一类由不少于两个天线单元按规则排列或随机排列,并通过适当激励获得预定辐射特性的天线。就发射天线来说,简单的辐射源(如点源、对称振子源等)是常见的。阵列天线将它们按照直线或者更复杂的形式排成某种阵列形式,进而构成阵列形式的辐射源,并通过调整阵列天线的馈电电流、间距、电长度等参数来获取最好的辐射方向性。

智能天线技术利用各用户间信号空间特征差异,通过阵列天线技术在同一信道上接收和发射多个用户信号而不会发生相互干扰,使无线电频谱的利用和信号的传输更为有效。

自适应阵列天线是智能天线的主要类型,可以实现全向辐射,完成用户信号的接收和发送。

5.3.2 RFID 的射频前端

1. 读写器的射频前端

读写器典型的天线电路有 3 种:串联谐振电路、并联谐振电路和具有初级与次级线圈的耦合电路。由于读写器的天线主要用于产生磁通,该磁通通过电子标签(向其提供电源),实现读写器和电子标签之间的能量和数据信息传递。串联谐振电路由于具有电路简单,谐振时可获得最大的回路电流(使读写器线圈能够产生最大的磁通),通过调整谐振电路的品质因数,可得到足够的频带宽度等特点,从而被广泛用于读写器天线电路。

在图 5.13 所示的串联电路中,电感 L 存储磁能,电容 C 存储电能。当电感 L 存储的磁能和电容 C 存储的电能相等时,电路发生串联谐振,输入阻抗表现为纯电阻。

在图 5.13 所示的 RLC 串联电路中,总阻抗为

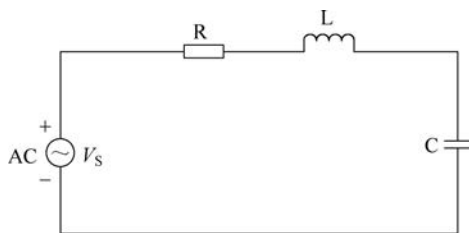


图 5.13 串联电路

$$Z = R + jX = R + j(X_L + X_C) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (5.3)$$

电路发生串联谐振,电路的总阻抗呈现纯电阻特性,即电感 L 存储的磁能和电容 C 存储的电能相等。可以得到串联谐振的条件为

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (5.4)$$

由此可以得出,RLC 电路产生串联谐振时的角频率 ω_0 和频率 f_0 分别为

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5.5)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5.6)$$

由于谐振时阻抗 $Z=R$ 为最小值,表现为纯阻性;端口电压和电流的相位相同,回路电流最大,则可以得到电压与电流的关系为

$$I_0 = \frac{V_s}{R} \quad (5.7)$$

谐振时各元件上的电压分别为

$$\dot{V}_R = \dot{I}_0 R = \dot{V}_s \quad (5.8)$$

$$\dot{V}_{L0} = \dot{I}_0 j\omega_0 L = \frac{\dot{V}_s}{R} j\omega_0 L = j \frac{\omega_0 L}{R} \dot{V}_s = jQ \dot{V}_s \quad (5.9)$$

$$\dot{V}_{C0} = \dot{I}_0 \frac{1}{j\omega_0 C} = -j \frac{\dot{V}_s}{R} \frac{1}{\omega_0 C} = -j \frac{1}{\omega_0 CR} \dot{V}_s = -jQ \dot{V}_s \quad (5.10)$$

由式(5.9)和式(5.10)可知,谐振时电感和电容两端电压的模值相等,且等于外加电压

的 Q 倍。 Q 称为回路的品质因数,是一个与电路参数有关的常数,可以用来表征谐振电路的性能。通常,回路的 Q 值可达几十或近百,谐振时电感和电容两端的电压将比信号源电压大十到百倍,所以在选择电路元件时,须考虑元件的耐压问题。

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{R} \rho \quad (5.11)$$

串联谐振时,电容和电感上的电压大小相等,方向相反,互相抵消,电阻上的电压等于电源电压,所以串联谐振也称为电压谐振。

当电流幅值由最大值 I_0 下降到 $0.707I_0$ 时,频率会由 ω_0 下降到 ω_1 或由 ω_0 上升到 ω_2 。 ω_1 称为下限截止频率, ω_2 称为上限截止频率, $\omega_1 \sim \omega_2$ 的频率范围称为通频带(BW)。

$$BW = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\pi} = \frac{\omega_0}{2\pi Q} = \frac{f_0}{Q} \quad (5.12)$$

由式(5.12)可以得出,品质因数 Q 越大,通频带越小,对频率的选择性越好。

2. 电子标签的射频前端

电子标签的天线主要用于耦合读写器的磁通,该磁通不仅给电子标签供电,还可实现读写器和电子标签之间的能量和数据信息传递。并联谐振又称为电流谐振,在谐振时,电感和电容支路中的电流到达最大值,即谐振回路两端可获得最大的电压,从而使电子标签最大程度地耦合来自读写器的能量;能拥有足够的频带宽度。无源电子标签的天线电路多采用并联谐振电路。

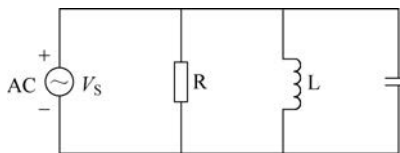


图 5.14 并联谐振电路

并联谐振电路如图 5.14 所示,由电阻 R 、电感 L 和电容 C 并联而成,其中电感 L 是由电子标签的线圈构成的。对于某一频率的正弦信号,当出现电路端口的电压和电流相位相同的现象时,表明该电路发生了谐振。

并联谐振电路的导纳:

$$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C \quad (5.13)$$

电路发生并联谐振时,电路的总阻抗呈现纯电阻特性,即端口的电压和电流的相位相同。可以得到并联谐振的条件为

$$\omega C = \frac{1}{\omega L} \quad (5.14)$$

并且由此可以得出,RLC 电路产生并联谐振时的角频率 ω_0 和频率 f_0 分别为

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5.15)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5.16)$$

与串联谐振类似,要使电路发生并联谐振同样有两种方式:一是改变电路中电感 L 或电容 C 的值,让电路的谐振频率与输入信号频率相等;二是改变输入信号频率,让输入频率与电路的谐振频率相等。

谐振时, 导纳 $Y = \frac{1}{R}$ 为最小值, 表现为纯电导特性:

$$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) = \frac{1}{R} \quad (5.17)$$

谐振时, 端口电压和电流的相位相同, 端口电压最大。

$$U_0 = \frac{I}{Y_0} \quad (5.18)$$

谐振时, 电感和电容各支路的电流的模值相等。各元件上的电流分别为

$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}_S}{R} \quad (5.19)$$

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}_S}{j\omega_0 L} = -j \frac{R}{\omega_0 L} \dot{I}_R = -jQ \dot{I}_R \quad (5.20)$$

$$\dot{I}_C = j\omega_0 C \dot{U}_S = j\omega_0 C R \dot{I}_R = jQ \dot{I}_R \quad (5.21)$$

由式(5.20)和式(5.21)可看出, 并联谐振时, 电容和电感上的电流大小相等, 方向相反, 相互抵消, 电阻上的电流等于电源电流, 所以并联谐振也称为电流谐振。且 Q 为并联谐振的品质因素, 即

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = \omega_0 C R \quad (5.22)$$

与串联谐振电路一样, 并联谐振电路的通频带(BW)为

$$BW = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\pi} = \frac{\omega_0}{2\pi Q} = \frac{f_0}{Q} \quad (5.23)$$

由式(5.23)可以得出, 品质因数 Q 越大, 通频带越小, 对频率的选择性就越好。

5.4 RFID 编码与调制

5.4.1 RFID 系统的通信过程

在 RFID 系统中, 读写器和电子标签之间的数据传输方式与基本的数字通信系统结构类似。读写器到电子标签的信号流向是这样的: 读写器中的信号经过信号编码、调制器、信道, 以及电子标签中的解调器和信号译码等处理, 如图 5.15 所示。读写器与电子标签之间

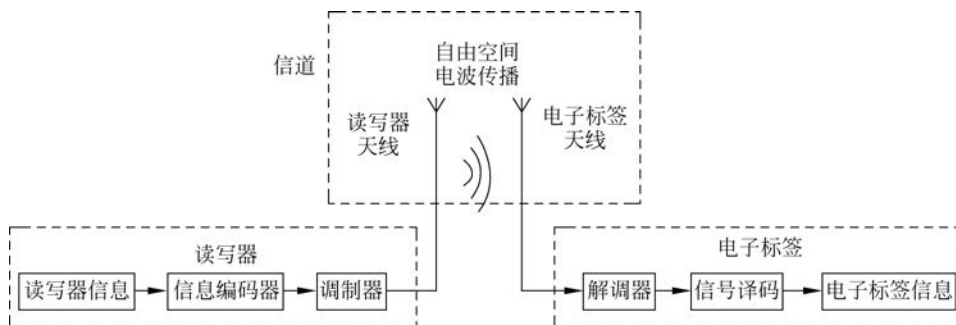


图 5.15 RFID 系统基本通信结构框图

的数据传输是双向的,而电子标签到读写器的过程是相反的。

1. 编码与解码

信号编码的作用是对发送端要传输的信息进行编码,使传输信号与信道相匹配,防止信息受到干扰或发生碰撞。根据编码目的的不同,可分为信源编码和信道编码。

信源编码是对信源输出的信号进行变换,信源解码是信源编码的逆过程。在 RFID 系统中,当电子标签是无源标签时,经常要求基带编码在每两个相邻数据位元间具有跳变的特点,相邻数据间的码跳变不仅可以在连续出现“0”时保证对电子标签的能量供应,且便于电子标签从接收码中提取时钟信息。

信道编码是对信源编码器输出的信号进行再变换,目的是前向纠错,是为了区分通路、适应信道条件以及提高通信可靠性而进行的编码。数字信号在信道传输时会受到噪声等因素影响引起差错,为了减少差错,发送端的信道编码器对信号码元按一定的规则加入保护成分(监督元),组成抗干扰编码。接收端的信道编码器按相应的逆规则进行解码,从而发现或纠正错误,提高传输可靠性。

2. 调制与解调

调制的目的是把传输的模拟信号或数字信号变换成适合信道传输的信号。调制的过程应用于通信系统的发送端,调制就是将基带信号的频谱搬移到信道通带中的过程,经由调制器改变高频载波信号,使载波信号的振幅、频率或相位与要发送的基带信号相关来实现这个过程,经过调制的信号称为已调信号。已调信号的频谱具有带通的形式,因此已调信号又称为带通信号或频带信号。在接收端须将已调信号还原成原始信号,解调是将信道中的频带信号恢复为基带信号的过程。信号需要调制的因素包括:

(1) 工作频率越高带宽越大。要使信号能量能以电场和磁场的形式向空中发射出去传向远方,需要较高的振荡频率方能使电场和磁场迅速变化。例如,当工作频率为 1GHz 时,若传输的相对带宽为 10%,可以传输 100MHz 带宽的信号;当工作频率为 1MHz 时,若传输的相对带宽也为 10%,只可以传输 0.1MHz 带宽的信号。通过比较可以看出,工作频率越高,带宽就越大。

(2) 工作频率越高天线尺寸越小。只有当馈送到天线上的信号波长和天线的尺寸可以相比拟时,天线才能有效地辐射或接收电磁波。波长 λ 和频率 f 的关系为

$$\lambda = c/f \quad (5.24)$$

式中, c 为光速,即 $c=3\times 10^8$ m/s。

如果信号的频率太低,则无法产生迅速变化的电场和磁场,同时它们的波长又太大,如 20 000Hz 频率下波长仍为 15 000m,实际中是不可能架设这么长的天线。因此,要把信号传输出去,必须提高频率,缩短波长。常用的一种方法是将信号“搭乘”在高频载波上,也就是高频调制,借助于高频电磁波将低频信号发射出去。

(3) 信道复用。一般每个需要传输的信号占用的带宽都小于信道带宽,因此,一个信道可由多个信号共享。但是未经调制的信号很多都处于同一频率范围内,接收端难以正确识别,一种解决方法是将多个基带信号分别搬移到不同的载频处,从而实现现在一个信道里同时传输许多信号,提高信道利用率。

5.4.2 RFID 信源编码方法

信源编码是指将模拟信号转换成数字信号,或将数字信号编码成更适合传输的数字信号。RFID 系统中读写器和电子标签所存储的信息都已经是数字信号了,信源编码只涉及数字信号编码。RFID 常用的信源编码方式有反向不归零(Non-Return to Zero, NRZ)编码、曼彻斯特(Manchester)编码、密勒(Miller)编码、修正密勒编码。

1. 反向不归零编码

反向不归零编码(NRZ)是一种简单的数字基带编码方式,用高电平表示二进制“1”,低电平表示二进制“0”。如图 5.16 所示,由于码元之间无空隙间隔,在全部码元时间内传送,所以称为反向不归零码。一般不宜用于实际传输,主要有以下原因。

(1) 存在直流分量,信道一般难以传输零频附近的频率分量。

(2) 收端判决门限与信号功率有关,使用不方便。

(3) 不能直接用来提取位同步信号,因为 NRZ 中不含有位同步信号频率成分。

(4) 要求传输线中有一根接地。

在 RFID 系统应用中,为了能很好地解决读写器和电子标签通信时的同步问题,往往不使用数据的反向不归零编码直接对射频信号进行调制,而是将数据的反向不归零码进行某种编码后再对射频信号进行调制,所采用的编码方法主要有曼彻斯特编码、密勒编码和修正密勒编码等。

2. 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码也称为分相编码,某位的值由半个位周期(50%)的电平变化(上升/下降)表示。在半个位周期时的负跳变(即电平由 1 变为 0)表示二进制“1”,正跳变表示二进制“0”,如图 5.17 所示。

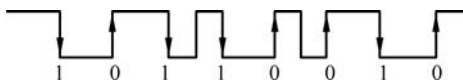


图 5.17 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码有如下特点。

(1) 曼彻斯特编码的跳变发生在每个码元的中间,既可作为时钟信号,又可作为数据信号,是具有自同步能力和良好的抗干扰性能,也成为自同步的编码。

(2) 在采用副载波的副载调制或者反向散射调制时,曼彻斯特编码通常用于从电子标签到读写器方向的数据传输,这有利于发现数据传输的错误。

(3) 曼彻斯特编码是一种归零编码。

3. 密勒编码

密勒编码(见图 5.18)规则:对于原始符号“1”,用码元起始不跳变而中心点出现跳变来表示,即用 10 或 01 表示;对于原始符号“0”,则分成单个“0”还是连续“0”予以不同的处理。单个“0”时,保持“0”前的电平不变,即在码元边界处电平不跳变,在码元中间点电平也不跳变;对于连续两个“0”,则使连续两个“0”的边界处发生电平跳变。



图 5.18 密勒编码

4. 修正密勒编码

相对于密勒编码来说,修正密勒编码将其每个边沿都用负脉冲代替,如图 5.19 所示。

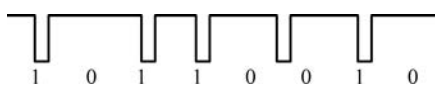


图 5.19 修正密勒编码

由于负脉冲的时间较短,可以保证数据在传输过程中能够从高频场中持续为电子标签提供能量。修正密勒编码在电感耦合的 RFID 系统中,主要应用于从读写器到电子标签的数据传输。

5.4.3 RFID 信道编码方法

信道编码的目的是改善通信系统的传输质量,对于不同类型的信道要设计不同类型的信道编码,这样才能收到良好的效果。从构造方法来看,信道编码的基本思路是根据一定的规律在待发送的信息码元中加入一些多余的码元,以保证传输过程的可靠性。信道编码的任务是构造出以最小冗余度代价换取最大抗干扰性能的“好码”。

信道编码的实质是在信息码中增加一定数量的多余码元(也称为监督码元),使它们满足一定的约束关系,这样,信息码元和监督码元就可以共同组成一个由信道传输的码字。一旦传输过程中发生错误,信息码元和监督码元间的约束关系就会被破坏。在接收端可按照既定的规则校验这种约束关系,从而达到发现和纠正错误的目的。

最常用的差错控制编码有奇偶校验法和循环冗余校验法等。这些方法用于识别数据是否发生传输错误,并且可以启动校正措施,或者舍弃传输发生错误的数据,要求重新传输有错误的数据块。

1. 奇偶校验法

奇偶校验法是一种很简单并且广泛使用的校验方法,这种方法是在每一字节中加上一个奇偶校验位,并被传输,即每个字节发送 9 位数据。数据传输以前通常会确定是奇校验还是偶校验,以保证发送端和接收端采用相同的校验方法进行数据校验。若校验位不符,则认为传输出错。奇偶校验法又分为奇校验法和偶校验法。

奇偶校验的编码规则:把信息码先分组,形成多个许用码组,在每一个许用码组最后(最低位)加上 1 位监督码元,加上监督码元后使该码组 1 的数目为奇数的编码称为奇校验码,为偶数的编码则称为偶校验码。根据编码分类,可知奇偶校验码属于一种检错、线性、分组系统码。奇偶校验码的监督关系可以用以下公式进行表述。假设一个码组的长度为 n (在计算机通信中,常为 1 字节),表示为 $A = (a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)$,其中前 $n-1$ 位是信息码,最后一位 a_0 为校验码(或监督码),那么,对于偶校验码必须保证

$$a_{n-1} \oplus \dots \oplus a_1 \oplus a_0 = 0 \quad (5.25)$$

校验码元(或监督码元) a_0 的取值(0 或 1)可由下式决定,即

$$a_0 = a_{n-1} \oplus \dots \oplus a_1 \quad (5.26)$$

对于奇校验来说,要求必须保证

$$a_{n-1} \oplus \dots \oplus a_1 \oplus a_0 = 1 \quad (5.27)$$

校验码元(或监督码元) a_0 的取值(0 或 1)可由下式决定,即

$$a_0 = a_{n-1} \oplus \dots \oplus a_1 \oplus 1 \quad (5.28)$$

奇偶校验法并不是一种安全的检错方法,其识别错误的能力较低。如果发生错误的位数为奇数,那么错误可以被识别,而当发生错误的位数为偶数时,错误就无法被识别了,这是

因为错误互相抵消了。数位的错误,以及大多数涉及偶数个位的错误都有可能检测不出来。它的缺点在于:当某一数据分段中的一个或者多位被破坏时,并且在下一个数据分段中具有相反值的对应位也被破坏,那么这些列的和将不变,因此接收端不可能检测到错误。常用的奇偶校验法为水平奇偶校验、垂直奇偶校验和水平垂直奇偶校验。

2. 循环冗余校验

循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check, CRC)法是数据通信领域中最常见的一种差错校验方法,具有较强的检错能力,且硬件实现简单,因而在 RFID 中获得了广泛的应用。

CRC 校验基于多项式技术进行编码,并且利用除法及余数的原理来进行错误检测。在 CRC 编码中,将长度为 k 的整个数据块当成多项式 $M(x)$ 的系数序列,在发送时将多项式 $M(x)$ 用另一个多项式(被称为生成多项式 $G(x)$)来除,然后利用余数进行校验。从代数角度看, $M(x)$ 是一个系数是 0 或 1 的多项式,一个长度为 k 的数据块可以看成 x^{k-1} 到 x^0 的 k 次多项式的系数序列。例如,一个 8 位二进制数 10110101 可以表示为

$$1x^7 + 0x^6 + 1x^5 + 1x^4 + 0x^3 + 1x^2 + 0x + 1 \quad (5.29)$$

CRC 码的算法步骤如下。

(1) 在计算 CRC 码之前,发送方和接收方必须采用一个共同的生成多项式 $G(x)$, $G(x)$ 的阶次应低于 $M(x)$,且最高和最低阶的系数为 1。

(2) 将二进制数据块写成 $k-1$ 阶的多项式 $M(x)$ 。

(3) 设生成多项式 $G(x)$ 为 r 阶,并且在数据块末尾附加 r 个零,将数据块变为 $m+r$ 位,则相应的多项式为 $x^r M(x)$ 。

(4) 利用模 2 除法计算 $x^r M(x)/G(x)$,获得余数 $R(x)$ 。

(5) 利用模 2 减法计算传送多项式 $T(x)$, $T(x) = x^r M(x) - R(x)$,即从 $x^r M(x)$ 对应的位串中减去余数,则 $T(x)$ 多项式系数序列的前 k 位为数据位,后 r 位为校验位,总位数为 $n = k + r$ 。

在实际应用时,发送装置计算出 CRC 校验码,并将 CRC 校验码附加在二进制数据 $M(x)$ 后面一起发送给接收装置,接收装置根据接收到的数据重新计算 CRC 校验码,并将计算出的 CRC 校验码与收到的 CRC 校验码进行比较,若两个 CRC 校验码不同,则说明数据通信出现错误,要求发送装置重新发送数据。该过程也可以表述为:发送装置利用生成多项式 $G(x)$ 来除以二进制数据 $M(x)$,将相除结果的余数作为 CRC 校验码附在数据块之后发送出去,接收时先对传输过来的二进制数据用同一个生成多项式 $G(x)$ 去除,若能除尽即余数为 0,说明传输正确;若除不尽说明传输有差错,可要求发送方重新发送一次。

5.4.4 RFID 调制技术

在通信中,通常会有基带信号和频带信号。基带信号也就是原始信号,通常具有较低的频率成分,不适合在无线信道中进行传输。在通信系统中,由一个载波来运载基带信号,调制就是使载波信号的某个参量随基带信号的变化而变化,从而实现基带信号转换成频带信号。在通信系统的接收端要对应解调过程,其作用是将信道中的频带信号恢复为基带信号。

数字调制是指把数字基带信号调制到载波的某个参数上,使载波的参数(幅度、频率、相

位)随数字基带信号的变化而变化,因此数字调制信号也称键控信号。数字调制中的调幅、调频和调相分别称为幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK)。

1. 幅移键控

调幅是指载波的频率和相位不变,载波的振幅随调制信号的变化而变化。调幅有模拟调制与数字调制两种,RFID系统中用到的是数字调制,即幅移键控(ASK)。ASK是利用载波的幅度变化来传递数字信息的。在二进制数字调制中,载波的幅度只有两种变化,分别对应二进制信息的1和0。目前电感耦合RFID系统常采用ASK调制方式,如ISO/IEC 14443及ISO/IEC 15693标准均采用ASK调制方式。

二进制幅移键控信号可以表示成具有一定波形的二进制序列(二进制数字基带信号)与正弦载波的乘积,即

$$v(t) = s(t)\cos(\omega_c t) \quad (5.30)$$

其中, $\cos(\omega_c t)$ 为载波, $s(t)$ 为二进制序列,即

$$s(t) = \sum a_n g(t - nT_s) \quad (5.31)$$

式中, T_s 为码元持续时间, $g(t)$ 为持续时间为 T_s 的基带脉冲波形; a_n 表示第 n 个符号的电平取值。

载波振幅在0、1两种状态之间切换(键控),即

$$a_n = \begin{cases} 1, & \text{概率为 } P \\ 0, & \text{概率为 } 1 - P \end{cases} \quad (5.32)$$

2ASK信号产生原理及其波形图如图5.20所示。

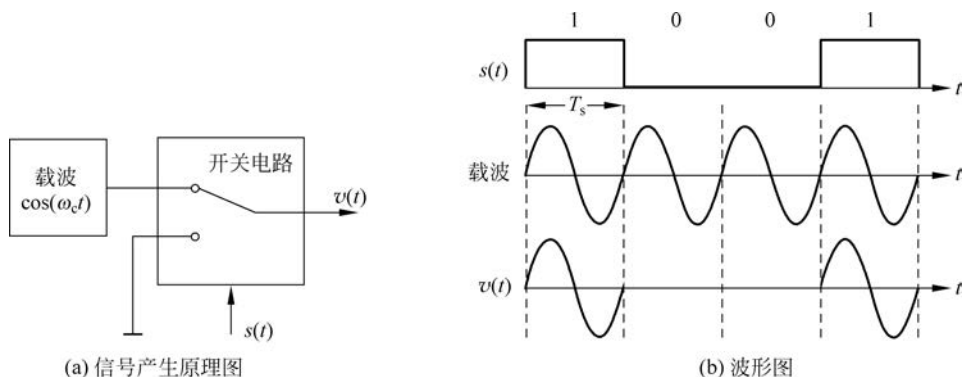


图 5.20 2ASK 信号产生原理及其波形图

2. 频移键控

数字频移键控是用载波的频率来传输数字消息的,即利用所传输的数字消息来控制载波的频率。数字频率调制又称为频移键控调制(Frequency Shift Keying,FSK),即用不同的频率来表示不同的符号。二进制频移键控记为2FSK,二进制符号0对应于载波 f_1 ,符号1对应于符号 f_2 , f_1 与 f_2 之间的改变是在瞬时完成的,例如,2kHz表示0,3kHz表示1。频移键控是数字传输中应用比较广泛的一种方式。

在2FSK中,载波的频率随二进制基带信号在 f_1 和 f_2 两个频率点间变化。其表达式为

$$v(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_1 t + \theta_n), & \text{发送 1} \\ A \cos(\omega_2 t + \theta_n), & \text{发送 0} \end{cases} \quad (5.33)$$

从式(5.33)可以看出,发送 1 和发送 0 时,信号的振幅不变,角频率在变。

$$\omega_1 = 2\pi f_1 \quad (5.34)$$

$$\omega_2 = 2\pi f_2 \quad (5.35)$$

2FSK 信号典型的波形图如图 5.21 所示,2FSK 信号的波形 $v(t)$ 可以看成两个不同载频的 2ASK 信号波形 f_1 和波形 f_2 的叠加。

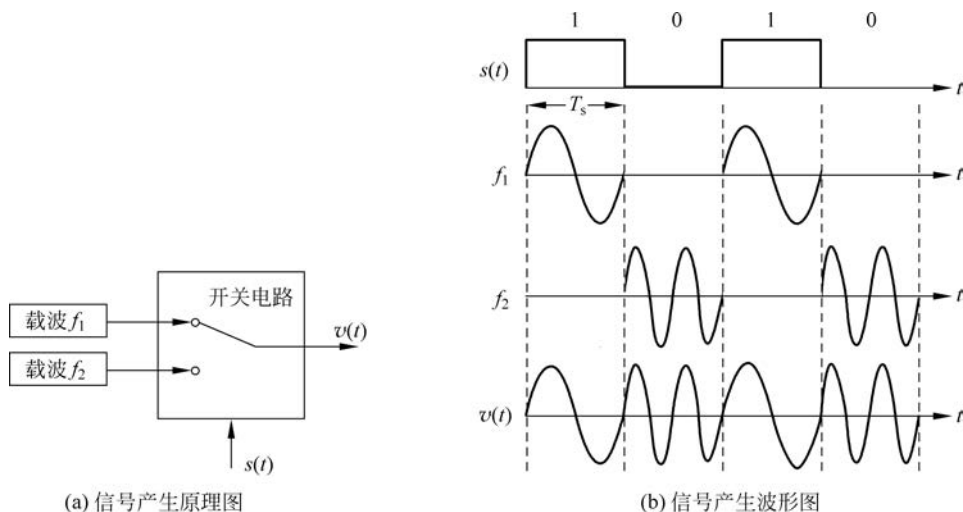


图 5.21 2FSK 信号典型的波形图

3. 相移键控

数字相位调制又称为相移键控调制(Phase Shift Keying, PSK)。二进制相移键控方式 2PSK 是键控的载波初始相位按基带脉冲序列的规律而改变的一种数字调制方式,即根据数字基带信号的两个电平(或符号)使载波初始相位在两个不同的数值之间切换的一种相位调制方法,载波的初始相位通常为 0 和 π 两种状态。

二进制相移键控(2PSK)的表达式为

$$v(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n) \quad (5.36)$$

式中, φ_n 表示第 n 个字符的绝对相位。 φ_n 为

$$\varphi_n = \begin{cases} 0, & \text{发送 1} \\ \pi, & \text{发送 0} \end{cases} \quad (5.37)$$

载波振荡器在相位 φ_n 按二进制编码的两种状态间切换,具体波形如图 5.22 所示。

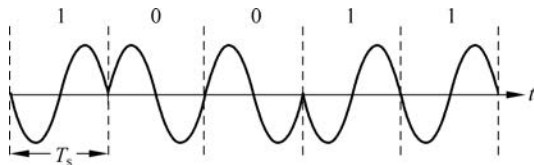


图 5.22 2PSK 信号波形图

5.5 RFID 防碰撞算法

RFID 利用射频信号进行无接触的数据采集和信息传递,识别过程无须人工干预,即可完成物品信息的采集和传输,可用于识别高速运动的物体,并且能够实现多个目标的同时识别。但在 RFID 系统中也经常遇到“多路存取”的通信方式,即在读写器的作用范围内,多个应答器同时传输数据给读写器。这种情况就会出现通信冲突,产生数据的相互干扰,即碰撞。

为了防止碰撞的产生,RFID 系统中需要采取相应的技术措施来解决碰撞(冲突)问题,这些措施称为防碰撞(冲突)协议。解决防碰撞的方法主要包括空分多路(SDMA)法、频分多路(FDMA)法、码分多路(CDMA)法和时分多路(TDMA)法。在 RFID 系统中,一般采用 TDMA 法来解决碰撞。TDMA 是一种把整个可供使用的通路容量按时间分配给多个用户的技术。防碰撞算法利用多路存取技术,使 RFID 系统中读写器与应答器之间的数据能够完整地传输。在很多应用中,系统的性能在很大程度上取决于系统的防碰撞算法。常用的防碰撞算法有 ALOHA 算法和二进制树形搜索算法。

1. 纯 ALOHA 算法

在纯 ALOHA 算法中,若读写器检测出信号存在相互干扰,读写器就会向电子标签发出命令,令其停止向读写器传输信号;电子标签在接收到命令信号之后就会停止发送信息,并会在接下来的一个随机时间段内进入待命状态,只有当该时间段过去后,才会重新向读写器发送信息。各个电子标签待命时间片段的长度是随机的,再次向读写器发送信号的时间也不相同,这样可减少碰撞的可能性。

当读写器成功识别某一个标签后,就会立即对该标签下达命令使之进入休眠的状态。而其他标签则会一直对读写器所发出的命令进行响应,并重复发送信息给读写器,当标签被识别后,就会一一进入休眠状态,直到读写器识别出所有在其工作区内的标签后,算法过程才结束。

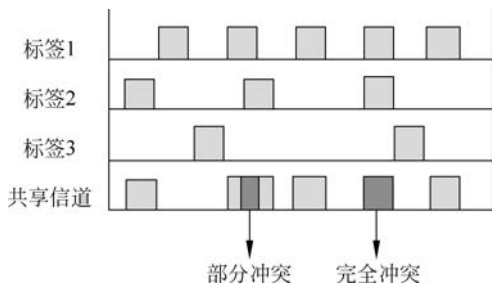


图 5.23 纯 ALOHA 算法碰撞模型图

纯 ALOHA 算法中的信号碰撞分为两种情况：一种是信号部分碰撞，即信号的一部分发生了冲突；另一种则是信号的完全碰撞，是指数据完全发生了冲突。

如图 5.23 所示,发生冲突的数据都无法被读写器所识别。

2. 时隙 ALOHA 算法

时隙 ALOHA 算法把时间分成多个离散的时隙,每个时隙长度等于或稍大于一个帧,标签只能在每个时隙的开始处发送数据。这样标签要么成功发送,要么完全碰撞,避免了纯 ALOHA 算法中的部分碰撞冲突,碰撞周期减半,提高了信道利用率。时隙 ALOHA 算法需要读写器对其识别区域内的标签校准时间。时隙 ALOHA 算法是随机询问驱动的 TDMA 防碰撞算法,工作过程如图 5.24 所示。

在时隙 ALOHA 算法中,所需的时隙数量对信道的传输性能有很大影响。如果有较多

应答器处于读写器的作用范围内,而时隙数有限,再加上还须另外进入的应答器,则系统的吞吐率会很快下降。在最不利时,没有一个应答器能单独处于一个时隙中而发送成功,这时就需要进行调整,以便有更多的时隙可以使用。

如果准备了较多的时隙,但工作的应答器较少,则会造成传输效率降低。因此,在时隙 ALOHA 算法的基础上,人们还发展了动态时隙 ALOHA 算法,该算法可动态地调整时隙的数量。

动态时隙 ALOHA 算法的基本原理是:读写器在等待状态中的循环时隙段内发送请求命令,该命令使工作应答器同步,然后提供 1 或 2 个时隙给工作应答器使用,工作应答器将选择自己的传送时隙,如果在这 1 或 2 个时隙内有较多应答器发生了数据碰撞,则读写器就用下一个请求命令增加可使用的时隙数(如 4,8,...),直至不出现碰撞为止。

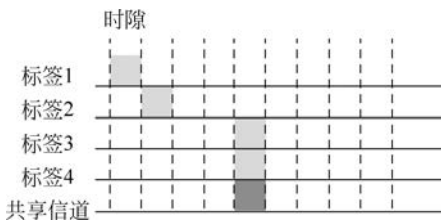


图 5.24 时隙 ALOHA 算法

3. 二进制树形搜索算法

在 RFID 防碰撞算法中,二进制树形搜索算法是目前应用最广的一种算法。在该算法的执行过程中,阅读器会多次发送命令给电子标签,并采用递归的方式工作:先将这些信息包随机地分为两个子集,如果子集遇到碰撞就再分为两个子集,如果再次发生碰撞,就继续将子集随机地分为两个子集。该过程不断重复,这些子集会越来越小,直到多次分组后最终得到唯一的一个电子标签或者为空,然后返回到上一个子集。这个过程遵循“先入后出”的原则,等所有子集中的信息包都成功传输后,再来传输第二个子集。在这个分组过程中,将对应的命令参数以节点的形式存储起来,就可以得到一个数据的分叉树,而这些数据节点又是以二进制的形式出现的,每次分割使搜索树增加一层分支,所以称其为“二进制树”,这种算法被称为“二进制树形搜索算法”。

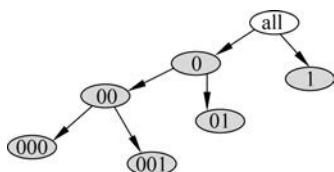


图 5.25 二进制树形搜索算法的模型

二进制树形搜索算法的模型如图 5.25 所示,其基本思想是将处于冲突的标签分成左右两个子集 0 和 1,先查询子集 0,若没有冲突,则正确识别标签,若仍有冲突则再分裂,把子集 0 分成 00 和 01 两个子集,以此类推,直到识别出子集 0 中所有标签,再按此步骤查询子集 1。可见,标签的序列号是处理碰撞的基础。

如果以电子标签发生碰撞的位进行分支,则二进制树形搜索算法的步骤如下。

(1) 阅读器以广播的形式发送探测包,探测包序列号最大,查询条件为 Q 。在作用范围内的电子标签如果收到该探测包,则将它们序列号分别传送至阅读器。

(2) 当阅读器收到电子标签回传的应答后,将进行响应。如果发现收到的序列号不一致(即有的序列号为 0,而有的序列号为 1),则可以判定通信产生了碰撞。

(3) 当确定存在碰撞后,再次分析,如果序列号不一致,则将最高位置 0,然后输出查询条件 Q ,依次排除序列号大于 Q 的电子标签。

(4) 识别出序列号最小的电子标签后,对其进行操作,使其进入“无声”状态,即对阅读器发送的查询命令不进行响应。

(5) 重复步骤(1),从中选出序列号倒数第二的电子标签。

如果采用随机的分支方法,则将信息包随机地分为两个分支,在第一个分支里,认为是“抛正面”(取值为0)的信息包,在第二个分支里,认为是“抛反面”(取值为1)的信息包。如图5.26所示为四层($m=4$)树算法的原理示意图。每个顶点表示一个时隙,每个顶点为后面接着的过程产生子集。如果该顶点包含的信息包个数大于或等于2,那么就产生碰撞,于是就产生了两个新的分支。算法从树的根部开始,在解决这些碰撞的过程中,假设没有新的信息包达到。

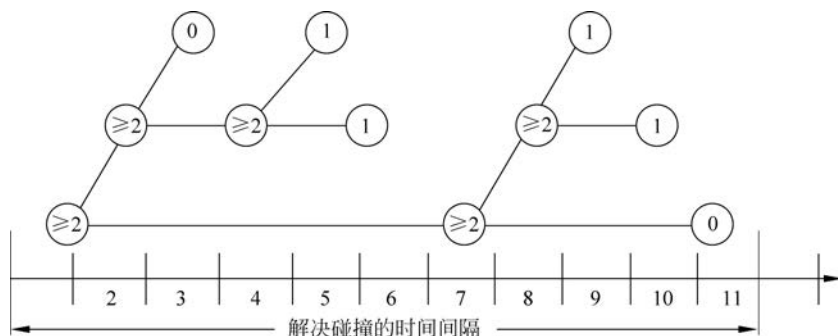


图 5.26 四层树算法的原理示意图

在图 5.26 中,第一次碰撞在时隙 1 发生,开始并不知道共有多少个信息包产生碰撞,每个信息包好像抛硬币一样,抛 0 的在时隙 2 内传输。第二次发生碰撞是在时隙 2 内,在图 5.26 所示的例子中,两个信息包都是抛 1,以致时隙 3 为空。在时隙 4 内,时隙 2 中抛 1 的两个信息包又一次发生碰撞和分支,抛 0 的信息包在时隙 5 内成功传输,抛 1 的信息包在时隙 6 内成功传输,这样所有在时隙 1 内抛 0 的信息包之间的碰撞得以解决。在树根时抛 1 的信息包在时隙 7 内开始发送信息,新的碰撞发生。这里假设在树根时抛 1 的信息包有两个,而且由于两个都是抛 0,所以在时隙 8 内再次发生碰撞并再一次进行分割,抛 0 的在时隙 9 内传输,抛 1 的在时隙 10 内传输。在时隙 7 内抛 1 的实际上没有信息包,所以时隙 11 为空闲。

二进制树形算法是在碰撞发生后如何解决碰撞问题的一种算法。需要指出的是,当碰撞正在进行时,新加入这个系统的信息包禁止传输信息,直到该系统的碰撞问题得以解决,并且所有信息包成功发送完后,才能进行新信息包的传输。例如,在上例中,在时隙 1 到时隙 11 之间,新加入这个系统的信息包只有在时隙 12 才开始传输。二进制树形算法也可以按照堆栈的理论进行描述。在每个时隙,信息包堆栈不断地弹出与压栈,在栈顶的信息包最先传输。当发生碰撞时,先把抛 1 的信息包压栈,再把抛 0 的信息包压栈,这样,抛 0 的信息包处在栈顶,在下个时隙弹出,能进行传输。当完成一次成功传输或者出现一次空闲时隙时,栈顶的信息包被继续弹出,依次进行发送。显然,当堆栈为空时,则碰撞问题得以解决,所有信息包成功传输。接下来,把新到达这个系统的信息包压栈,操作过程与前面的一样。

5.6 RFID 技术应用

RFID 作为非接触的无线射频双向识别技术,已经有了较长的应用历史,RFID 标准也日趋完备。随着 RFID 技术在安全性方面的进展以及成本的不断降低,RFID 产品的种类不

断丰富,RFID 应用领域也日益扩大,已经渗透到日常生活的各个方面。

1. 门禁安防

门禁系统应用 RFID 技术可以实现持有效电子标签的车不停车,方便通行又节约时间,提高路口的通行效率,更重要的是可以对小区或停车场的车辆出入进行实时的监控,准确验证出入车辆和车主身份,维护区域治安,使小区或停车场的安防管理更加人性化、信息化、智能化、高效化。

2. 电子溯源

溯源技术大致有三种:一种是 RFID 无线射频技术,在产品包装上加贴一个带芯片的标识,产品进出仓库和运输就可以自动采集和读取相关的信息,产品的流向都可以记录在芯片上;一种是二维码,消费者只需要通过带摄像头的手机扫描二维码,就能查询到产品的相关信息,查询的记录都会保留在系统内,一旦产品需要召回就可以直接发送短信给消费者,实现精准召回;还有一种是条码加上产品批次信息(如生产日期、生产时间、批号等),采用这种方式,生产企业基本不增加生产成本。

电子溯源系统可以实现所有批次产品从原料到成品、从成品到原料 100% 的双向追溯功能。这个系统最大的特色功能就是数据的安全性,每个人工输入的环节均被软件实时备份。

采用 RFID 技术进行食品药品的溯源,在一些城市已经开始试点,包括宁波、广州、上海等地,食品药品的溯源主要解决食品来源的跟踪问题,如果发现了有问题的产品,可以简单地追溯,直到找到问题的根源。

3. 产品防伪

RFID 技术经历了几十年的发展应用,技术本身已经非常成熟,应用于防伪实际就是在普通的商品上加一个 RFID 电子标签,电子标签本身相当于一个商品的身份证,伴随商品生产、流通、使用各个环节,在各个环节记录商品的各项信息。

电子标签本身具有以下特点。

1) 唯一性

每个电子标签具有唯一的标识信息,在生产过程中将电子标签与商品信息绑定,在后续流通、使用过程中标签都唯一代表了所对应的那一件商品。

2) 高安全性

电子标签具有可靠的安全加密机制,正因为如此,现今的我国第二代居民身份证和后续的银行卡都采用这种技术。

3) 易验证性

不管是在售前、售中、售后,只要用户想验证时都可以采用非常简单的方式对其进行验证。随着 NFC 手机的普及,用户自身的手机将是最简单、可靠的验真设备。

4) 保存周期长

一般的电子标签保存时间都可以达到几年、十几年甚至几十年,这样的保存周期对于绝大部分产品来说都已足够。

为了考虑信息的安全性,RFID 在防伪上的应用一般采用 13.56MHz 频段的电子标签,RFID 电子标签配合一个统一的分布式平台,这就构成了一套全过程的商品防伪体系。

RFID 技术防伪虽然优点很多,但是也存在明显的劣势,其中最重要的是成本问题,成

本问题主要体现在标签成本和整套防伪体系的构建成本,标签成本一般在1元左右,对于普通廉价商品来说,想要使用RFID技术防伪还不太现实,另外,整套防伪体系的构建成本也比较高,并不是一般企业可以花得起这个钱去实现并推广出去的,对于规模不大的企业来说比较适合直接使用第三方的RFID防伪平台。

4. 其他应用案例

在实际应用中,RFID电子标签附着在待识别物体的表面,其中保存着约定格式的电子数据。读写器可非接触地读取并识别标签中所保存的电子数据,从而达到自动识别物体的目的。读写器通过天线发送出一定频率的射频信号,当标签进入磁场时产生感应电流,从而获得能量并发送出自身编码信息,然后被读写器读取并解码后送至计算机主机进行相关处理。

(1) 医院采用超高频RFID追踪病历。

法国Bassin de Thau医院采用超高频RFID追踪病历系统,能够更快、更高效、更方便地在海量病例仓库中查找、追踪病例(医院的中央档案室内大约有4万份病历粘贴Tageos的RFID标签)。该系统实现了以下主要功能。

① 病历管理部门对每份病历粘贴Tageos超高频RFID标签。

② 桌面RFID读写器读取标签编码,并将数据发送到后台数据记录软件,与特定病人的信息数据相关联。

③ 医生查看病历,需要从档案管理室中取出放到病历车中。然后用手持RFID读写器读取病历的编码,以便系统记录病历的借出状态。

④ 通过部署固定RFID读写通道,这样当病历车通过读写通道时,会自动读取车内所有病历的电子标签编码,而无须医生再手持读写,减少人为遗忘导致的差漏。

(2) 博物馆采用RFID技术为游客提供个性化体验。

荷兰一家博物馆通过采用RFID技术为游客提供更好的参观体验。具体说来,一是便于记录游客参观路线,以供博物馆人员分析顾客行为;二是可以将门票ID与展品相关联,即提供信息记录的增值功能。

① 在门票中内嵌超高频RFID电子标签(EPC Gen2)。

② 在博物馆出入口及展品周围放置固定式读写器。

③ 游客进入读写器范围时,固定读写器在游客进入、离开时两次读取游客门票ID。博物馆可根据相关数据判定展品的受欢迎程度,特别是那些轮换展品,以制定展品轮换规则和频率。

此外,游客参观过程中还可将自己感兴趣的展品与所持门票的ID相关联,回家后登录博物馆网站,输入门票上的ID编码,便可以再次欣赏展品。

系统中使用的产品参数型号如下。

电子标签:采用Impinj Monza 5芯片,读取距离控制在3~5m。

读写器:采用Motorola FX7400和FX 9500读写器,每台读写器附带8条AN480天线。

(3) 艺术品储藏工作室采用RFID技术进行艺术品保护。

为了保障艺术品安全,香港Beautiful Mind工作室采用RFID技术对艺术品进行保护。具体做法如下。

① 进出艺术品保存室的人员佩戴内嵌 RFID 电子标签的出入证,以记录人员进入情况。

② 艺术品粘贴无源超高频电子标签,电子标签具有唯一的编码,与艺术品的所有者、所在存储单位等信息相关联。

③ 工作室共安装 37 台超高频 RFID 读写器,包括艺术品保存室出口处、VIP 保存室内部、艺术品保存室、主要进入通道及修复室门口。

④ 如果艺术品移出艺术品保存室,门口的读写器读取电子标签的 ID,后台数据软件将计算出艺术品所在的位置、出入时间等信息。

系统中使用的产品参数型号如下。

电子标签:人员出入证内嵌 13.56MHz 无源高频 RFID 电子标签,符合 ISO 14443A 标准;艺术品上粘贴无源 EPC Gen2 超高频 RFID 电子标签。

读写器:多种型号,包括 Alien ALR 9650 读写器、Alien ALR 9900 读写器等。

(4) 医院借助 RFID 实现药品安全配送。

依据国家对特殊和管制药物的规定,对麻醉药品、精神药品和温度敏感类的药品在配药过程中必须进行严格的跟踪监测工作。采用 RFID 技术可以实现药品安全配送,提高整个药品流通过程的可追溯性,最终确保病人的安全并实现质量的全面监督。

① 在药品包装箱上粘贴电子标签;

② 在检测点设置固定 RFID 读写器,辅助以手持式 RFID 终端,跟踪记录药品的位置状态;

③ 后台软件系统配置警报系统;

④ 警报系统会对超过预定运送时间的药物(或用电子邮件或短信方式)发出报警。

(5) 垃圾处理公司采用低频 RFID 电子标签标识垃圾箱。

提供先进的垃圾回收、分类处理解决方案,不仅管理垃圾回收过程,而且能够准确计费,拒绝处理未付费居民的垃圾。

① 将电子标签粘贴在垃圾箱外侧(贴在垃圾箱盖开口处,一般由垃圾箱生产商添加),读写器安装在卡车的升降抓手上,回收车安装随机计算机,为司机和管理后台提供实时信息。

② 回收车抓手抓起垃圾箱时读取电子标签信息。回收车可检测出垃圾箱所属居民是否付费,未付费客户的垃圾则不予处理,同时将未付费信息发送到居民手机。

③ 同时,该系统还可以对垃圾箱进行称重,GPS 设备进行定位,然后通过有线网络将标签 ID、重量、位置、时间等信息发送到后台数据库。

系统中使用的产品参数型号如下。

电子标签: HID Global 提供的 125kHz 低频 RFID 标签。

读写器:垃圾管理追踪方案的提供商 AMCS 提供的 RFID 读写器。

(6) RFID 技术在仓储物流领域的应用。

仓储物流就是利用自建或租赁的库房、场地,存储、保管、装卸、搬运、配送货物。仓储物流是以满足供应链上下游的需求为目的,仓储物流的角色包括物流与供应链中的库存控制中心,物流与供应链中的调度中心,是物流与供应链中的增值服务中心、现代物流设备与技术的主要应用中心。

RFID 技术在仓储物流领域的应用可以实现对企业物流货品进行智能化、信息化管理,而且可以实现自动记录货品出入库信息、智能仓库盘点、记录及发布货品的状态信息、输出车辆状态报表等。RFID 系统在物流管理中的应用系统分为 5 部分,包括物品监控、物流控制、便携式数据采集、移动载体定位、扩展应用。其系统架构如图 5.27 所示。

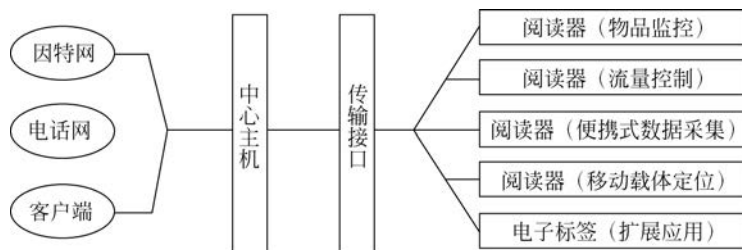


图 5.27 基于 RFID 的仓库管理系统架构

本章小结

本章介绍了 RFID 通信技术的概念、发展和主要标准,RFID 技术与物联网的关系;RFID 的组成、工作原理和不同频率 RFID 系统;RFID 的天线与射频前端;RFID 的编码与调制技术;RFID 的防碰撞算法;RFID 技术的典型应用。通过本章的学习,使读者了解和掌握 RFID 技术的相关概念和原理,并能应用 RFID 技术进行简单的设计。

习题

一、填空题

1. 让物理对象“开口说话”的物联网通信技术是_____技术。
2. RFID 的英文全称是_____。
3. EPC 系统由_____,_____,EPC 中间件、对象名称解析服务(ONS)、EPC 信息服务(EPCIS)组成。
4. RFID 系统通常由_____,_____和_____三部分组成。
5. 电子标签又被称为应答器或_____。
6. 电子标签由_____和_____组成。
7. RFID 电子标签的形式一般有_____,_____和_____。
8. 读写器由_____,_____和_____组成。
9. 中间件是介于_____和_____之间的独立软件。
10. 在 RFID 系统中,读写器与电子标签之间能量与数据的传递都是利用耦合元件实现的,RFID 系统中的耦合方式有两种:_____、_____。
11. RFID 系统按照工作频率分类,可以分为_____,_____,_____,_____和四类_____。
12. 低频 RFID 系统典型的工作频率是_____。
13. 高频 RFID 系统典型的工作频率是_____。

14. 超高频 RFID 系统的识别距离一般为_____。
15. 超高频 RFID 系统数据传输速率高,可达_____。
16. 远场天线主要包括_____、_____和_____。
17. 在近场天线工作模式下,由 RFID 的线圈天线形成的谐振回路,包括 RFID 天线的线圈电感 L ,电容 C ,则其谐振频率 f 需要满足的条件是_____。
18. 读写器天线电路一般采用_____电路。
19. 电子标签天线电路一般采用_____电路。
20. 根据编码目的不同,RFID 信号编码可分为_____和_____。
21. _____是指把数字基带信号调制到载波的某个参数上,使载波参数随数字基带信号的变化而变化。
22. 调幅是指载波的频率和相位不变,载波的_____随调制信号的变化而变化。
23. RFID 射频前端电路发生并联谐振,谐振频率 f_0 需要满足的条件是_____。
24. RFID 射频前端电路发生串联谐振,谐振频率 f_0 需要满足的条件是_____。
25. 电感耦合式系统的工作模型类似于变压器模型。其中变压器的初级和次级线圈分别是_____和_____。

二、单项选择题

1. 低频段 RFID 系统的工作频率范围是_____。
A. 125~134kHz B. 13.553~13.567MHz
C. 400~1000MHz D. 2.45GHz
2. 频段 RFID 系统的工作频率范围是_____。
A. 125~134kHz B. 13.553~13.567MHz
C. 400~1000MHz D. 2.45GHz
3. 超高频段 RFID 系统的工作频率范围是_____。
A. 125~134kHz B. 13.553~13.567MHz
C. 400~1000MHz D. 2.45GHz
4. 微波频段 RFID 系统的工作频率范围是_____。
A. 125~134kHz B. 13.553~13.567MHz
C. 400~1000MHz D. 2.45GHz
5. 下列_____载波频段的 RFID 系统拥有最高的带宽和通信速率、最长的识别距离和最小的天线尺寸。
A. <150kHz B. 433.92MHz 和 860~960MHz
C. 13.56MHz D. 2.45~5.8GHz
6. 工作在 13.56MHz 频段的 RFID 系统,其识别距离一般为_____。
A. <1cm B. <10cm C. <75cm D. 10m
7. ISO 14443 和 ISO 15693 这两项通信协议针对的是_____ RFID 系统。
A. 低频 B. 高频 C. 超高频 D. 微波
8. FID 标准 ISO 18000-6B 工作的频段是_____。
A. 低频频段 B. 高频频段 C. 超高频段 D. 微波频段
9. 电子标签芯片各部分中,连接电子标签天线与芯片数字电路,并且用于对射频信号

进行整流和调制解调的电路是_____。

- A. 天线
- B. 逻辑控制单元
- C. 射频前端
- D. 存储器

10. 读写器中负责将读写器中的电流信号转换成电磁波信号并发送给电子标签的装置是_____。

- A. 射频模块
- B. 天线
- C. 读写模块
- D. 控制模块

11. 低频和高温频段 RFID 系统天线一般采用的是_____。

- A. 线圈天线
- B. 微带贴片天线
- C. 偶极子天线
- D. 阵列天线

12. 以下算法中,不是用来解决 RFID 标签碰撞问题的算法是_____。

- A. 纯 ALOHA 算法
- B. 时隙 ALOHA 算法
- C. 二进制树形搜索算法
- D. 冒泡算法

13. RFID 系统对信源输出的信号进行变换的过程称为_____。

- A. 信源编码
- B. 信道编码
- C. 检错编码
- D. 纠错编码

14. RFID 系统对信源编码器输出的信号进行变换的过程称为_____。

- A. 信源编码
- B. 信道编码
- C. 检错编码
- D. 纠错编码

15. 以下编码中属于 RFID 自同步信源编码的是_____。

- A. NR 编码
- B. 曼彻斯特编码
- C. 密勒编码
- D. 修正密勒编码

16. 在 RFID 技术中,利用载波的幅度变化来传递数字信息的调制技术是_____。

- A. 幅移键控
- B. 频移键控
- C. 相移键控
- D. 副载波调制

17. 在 RFID 技术中,利用载波的频率变化来传递数字信息的调制技术是_____。

- A. 幅移键控
- B. 频移键控
- C. 相移键控
- D. 副载波调制

18. 在 RFID 技术中,利用载波的初相位变化来传递数字信息的调制技术是_____。

- A. 幅移键控
- B. 频移键控
- C. 相移键控
- D. 副载波调制

19. RFID 系统中,把整个可供使用的通路容量按时间分配给多个用户的技术是_____。

- A. 空分多路(SDMA)
- B. 频分多路(FDMA)
- C. 码分多路(CDMA)
- D. 时分多路(TDMA)

三、简答题

1. 简述 RFID 技术的应用范围。
2. 简述 EPC 系统的工作流程。
3. 简述 RFID 系统的基本组成。
4. 简述 RFID 的工作原理。
5. 简述读写器的逻辑控制模块的功能。
6. 简述电感耦合的原理。
7. 简述电磁反向散射耦合的原理。
8. 简述电感耦合与反向电磁散射耦合的区别。
9. 简述低频 RFID 系统的特点。

10. 简述高频 RFID 系统的特点。
11. 简述 RFID 信号需要调制的因素。
12. 简述曼彻斯特编码的特点。
13. 简述纯 ALOHA 算法的原理。
14. 简述帧时隙 ALOHA 算法的原理。
15. 简述二进制树形搜索算法的步骤。

四、计算题

选择生成多项式为 $G(x) = x^4 + x + 1$, 请把 6 位有效信息 110011 编码成 CRC 码。

五、综合题

1. 基于 RFID 技术设计一个小区门禁系统,使其能够实现对居民出入小区的大门进行管理,具体的功能包括:通过发卡操作给用户设置出入门禁的许可,从而可以实现刷卡开门,并且用户的出入门禁记录将上传至上位机,同时在数据库保存记录;通过销卡管理可以删除用户在数据库的记录,从而取消用户进入小区的权限;权限管理可以通过修改数据库中用户的权限信息,从而实现用户入门权限的修改;记录查询功能可以查询用户出入门禁的记录。系统设计包括软件、硬件两部分,请画出系统的整体框图和上位机软件图,并给出具体的设计方案。

2. 基于 RFID 技术设计一个资产管理系统,使其能够实现对一些贵重物品进行监控管理,具体的功能包括:首先为需要管理的物品贴上 RFID 标签,并且通过资产登记操作可以将这些物品的信息录入数据库系统,便于物品的清点,同时也方便查看系统所有物品的状态;通过资产监控操作可以查看不同物品的监控状态;通过资产回收操作可以对不需要继续监控的物品进行注销。系统设计包括软件、硬件两部分,请画出系统的整体框图和上位机软件图,并给出具体的设计方案。

3. 基于 RFID 技术设计一个票务防伪系统,帮助各种票务机构、大型场馆和展馆等实现方便快捷的售票、检票工作。系统由中央数据管理子系统、制票售票系统、验票查票系统等模块组成,并且在管理系统中还需要实现对门票发售情况的统计、门禁真假防伪核准、座位人员统计分析、入口流量统计分析等功能。硬件除了配备常规的计算机网络系统设备外,还需要配备门票发行设备、门票检票设备和 RFID 电子门票。请画出系统的整体框图,并给出具体的设计方案。