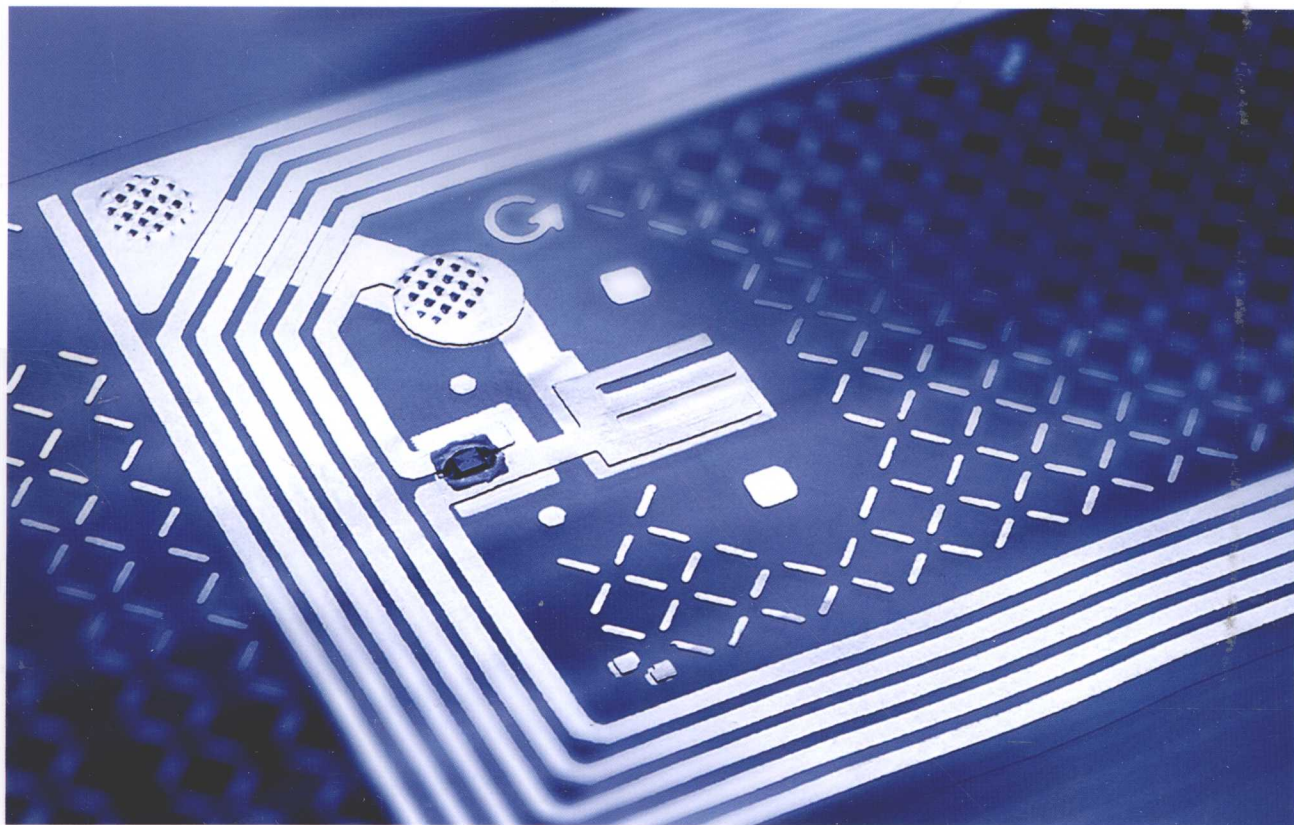


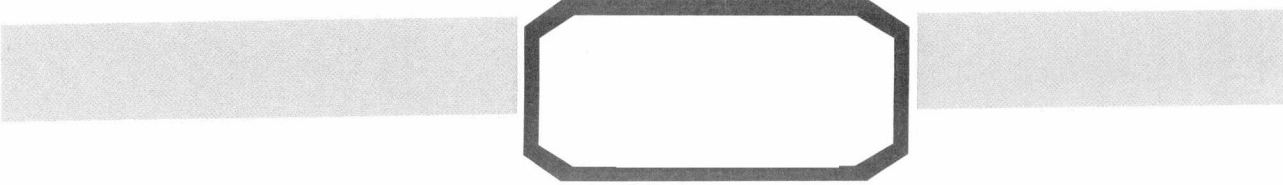
射频识别 (RFID)

与单片机接口应用实例

来清民 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



射频识别 (RFID)

与单片机接口应用实例

来清民 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书阐述了 RFID 的概念、原理、分类和特性,讨论了 RFID 设备构件、中间件和防碰撞技术,介绍了 RFID 的国际标准和相关协议,给出了 RFID 系统的一般设计流程,结合最近几年国内的 RFID 技术的发展和研究成果,给出了 RFID 技术与 MCS-51、PIC、AVR、MSP430 系列单片机的精彩接口设计实例。

本书题材新颖、通俗易懂、图文并茂,将 RFID 理论与实际产品紧密结合,具有很强的实用性,可供加工与制造业的生产自动化、安全认证、商品防伪,图书档案管理,医疗卫生,商业自动化和交通运输控制管理等众多领域,从事物品、仓储和动物识别管理系统,停车场管理系统,火车、汽车等交通监督和收费管理系统设计的工程技术人员使用,也可供相关专业本科生及研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

射频识别(RFID)与单片机接口应用实例 / 来清民编著. —北京:中国电力出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5123-9251-9

I. ①射… II. ①来… III. ①射频-无线电信号-信号识别②单片微型计算机-接口 IV. ①TN911.23②TP368.147

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 085057 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 521 千字

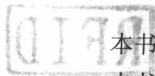
印数 0001—2000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术, 是一种利用射频通信实现的非接触式自动识别技术。RFID 标签具有体积小、容量大、寿命长、可重复使用等特点, 可支持快速读写、非可视识别、移动识别、多目标识别、定位及长期跟踪管理。RFID 技术与互联网、通信等技术相结合, 可实现全球范围内物品跟踪与信息共享。RFID 技术应用于物流、制造、公共信息服务等行业, 可大幅提高管理与运作效率, 降低成本。随着相关技术的不断完善和成熟, RFID 产业已经成为一个新兴的高技术产业群, 成为国民经济新的增长点。因此, 研究 RFID 技术, 发展 RFID 产业对提升社会信息化水平、促进经济可持续发展、提高人民生活质量、增强公共安全与国防安全等方面产生深远影响, 具有战略性的重大意义。

RFID 系统的可靠性主要取决于 RFID 读写器系统的可靠性, 因此 RFID 读写器系统是 RFID 系统的核心技术。近年来, RFID 读写器系统发展特别迅速, 新的 RFID 读写器系统驱动芯片层出不穷, 国内外在 RFID 读写器系统领域的竞争日益激烈, 为了让读者能尽快进入 RFID 读写器系统设计领域, 本书吸收了近年来 RFID 读写器系统技术的科研精髓和 RFID 读写器系统芯片最新应用的精彩实例, 给读者一个全方位的 RFID 读写器系统发展全景。

全书共分 7 章, 第 1 章简单介绍了 RFID 的概念、技术基础和 RFID 系统的构成及工作原理; 第 2 章简要叙述了 RFID 的设备, 包括电子标签、电子标签天线、读写器结构、读写器天线、RFID 系统的中间件和 RFID 防碰撞技术; 第 3 章介绍了 RFID 的相关标准、技术协议和读写器设计流程; 第 4~第 7 章分别介绍了 RFID 与 51 系列单片机、PIC 系列单片机、AVR 系列单片机和 MSP430 系列单片机的接口设计实例。

本书立足近年来 RFID 应用领域和应用实际, 着重研究 RFID 和单片机在各个领域的应用实例, 特别是吸取了近几年来国内外最新 RFID 研究技术和成果, 有针对性地介绍了 RFID 和单片机应用开发和设计要点, 具有很强的实用性和可借鉴性, 使读者能很快进入 RFID 应用设计领域。采用从基础理论到工程实践的叙述方式, 由浅入深, 由简到繁, 各章既自成体系, 前后又有所兼顾。应用实例不仅给出硬件设计方案和电路, 还详细介绍了软件设计思想和流程。

在本书的编写过程中，得到了很多人的支持和帮助。首先感谢我的爱人，是她一直在默默地支持我将这本书顺利完成。还有我的父母，是他们从小培养我的学习能力和对拥有知识的孜孜追求。

本书在编写过程中还得到我的部分学生和同事的帮助，他们帮助我绘制电路图、整理文字和排版，他们是胡荷娟、张玉英、岳肖肖、来俊鹏、白云、樊肖红、王裔娜、胡亚峰、张冬、白昭、于瑞娟、白洁、来春辉、张艳红、杨延生、琚新刚、张习民，在这里向他们表示衷心感谢。本书在编写过程中参考了国内外一些同仁在 RFID 生产及工程应用等方面的文献及资料，在此对他们的辛勤劳动表示深深谢意。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。编者的邮箱：
lqm_911@163.com。

编 者

2016 年 7 月 1 日

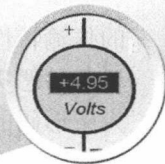
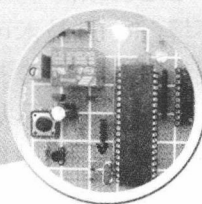
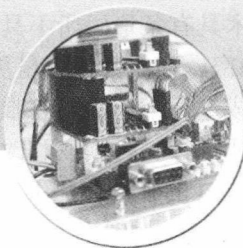
目 录

前言

第 1 章 无线标签 RFID 的基础理论	1
1.1 RFID 的概念	1
1.2 RFID 的系统结构	3
1.3 RFID 的工作原理	4
1.4 RFID 的分类	5
1.5 RFID 的应用和发展趋势	9
1.6 RFID 能量传播的电磁理论	13
1.7 RFID 数据信号的编码和调制	26
第 2 章 RFID 的设备、中间件和碰撞	44
2.1 电子标签	44
2.2 RFID 标签天线	45
2.3 RFID 芯片	47
2.4 读写器简介	49
2.5 RFID 系统中的中间件	57
2.6 读写器碰撞	63
第 3 章 RFID 的通信协议和读写器设计	76
3.1 RFID 标准组织及编码体系	76
3.2 RFID 的标准	80
3.3 ISO/IEC 标准简介	81
3.4 RFID 产业化设计注意的问题	92
3.5 国内外常用 RFID 芯片基本介绍	93
3.6 基于单片机控制的 RFID 读写器设计方法	95
第 4 章 RFID 与 51 系列单片机接口设计	106
4.1 基于 MF RC500 通用射频卡读写模块的设计	106
4.2 基于 MCM200 的射频卡刷卡读写器设计	125

4.3	基于 MF RC522 射频卡的智能饮水机控制系统设计	143
4.4	基于 YHY502ATG 的 RFID 门禁控制系统设计	158
4.5	基于 RI-R6C-001A 的高频 RFID 读写器设计	172
第 5 章	电子标签 RFID 与 PIC 系列单片机接口设计	183
5.1	基于 FM1702SL 的射频卡电能表的设计	183
5.2	基于 RC500 和 PIC16F876 的智能门禁系统的设计	198
5.3	基于 AS3992 的多标准的 UHF RFID 读写器系统设计	222
第 6 章	电子标签 RFID 与 AVR 系列单片机接口设计	236
6.1	基于 EM4100 的 RFID 门禁控制器的设计与实现	236
6.2	基于 TR1000 的 RFID 读卡器设计	251
6.3	基于 TRC101 的 868MHz 射频识别读写器设计	264
第 7 章	电子标签 RFID 与 MSP430 系列单片机接口设计	283
7.1	基于 TRF7960 芯片的 13.56MHz RFID 读写器的设计	283
7.2	基于 nRF2401A 射频收发芯片的 RFID 系统设计	298
7.3	基于 CC1100 的有源 RFID 读写器设计	314
参考文献		332

第 1 章



无线标签 RFID 的基础理论

在现实生活中, 各种各样的活动或者事件都会产生这样或者那样的数据, 这些数据包括人的、物质的、财务的, 也包括采购的、生产的和销售的, 这些数据的采集与分析对于我们的生产或者生活决策来讲是十分重要的。在信息系统早期, 相当部分数据的处理都是通过人工手工录入, 这样, 不仅数据量十分庞大, 劳动强度大, 而且数据误码率较高。随着计算机技术和通信技术的发展, 信息数据自动识读、自动输入成为计算机批量处理数据的重要方法和手段, 这种高度自动化的信息或者数据采集技术就是自动识别技术。

自动识别技术就是应用一定的识别装置, 通过被识别物品和识别装置之间的接近活动, 自动地获取被识别物品的相关信息, 并提供给后台的计算机处理系统来完成相关后续处理的一种技术。

无线标签技术也称射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术, 是一种非接触式的自动识别技术。

作为自动无线识别和数据获取技术的 RFID, 已经使用了多年, 应用领域越来越广。今天, 带有可读和可写并能防范非授权访问的存储器的智能芯片已经可以在很多集装箱、货盘、产品包装、智能识别 ID 卡、书本或 DVD 中看到。

1.1 RFID 的概念

1.1.1 RFID 的定义和特点

RFID 是一项易于操控, 简单实用且特别适合于自动化控制的灵活性应用技术, 其所具备的独特优越性其他识别技术无法企及的。它既可支持只读工作模式也可支持读写工作模式, 且无需接触或瞄准; 可自由工作在各种恶劣环境下; 可进行高度的数据集成。另外, 由于该技术很难被仿冒、侵入, 使 RFID 具备了极高的安全防护能力。

RFID 常称为感应式电子晶片或近接卡、感应卡、非接触卡、电子标签、电子条码等。它是一种非接触式的自动识别技术, 利用射频信号和空间耦合 (电感或电磁耦合) 或雷达反射

的传输特性,通过射频信号识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境。RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。作为条形码的无线版本,RFID 技术具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点。

RFID 由耦合元件及芯片组成,每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体目标对象上。RFID 内编写的程序可按具体需要进行随时读取和改写。RFID 中的内容也可在被改写的同时被永久锁死来进行保护。通常 RFID 的芯片体积很小,厚度一般不超过 0.35mm,可印制在纸张、塑料、木材、玻璃、纺织品等包装材料上,也可以直接制作在商品标签上。此外,RFID 还具有以下特点。

(1) 具有一定的存储容量,存储被识别物品的相关信息。芯片存储容量为 96B,可辨识 1600 万种产品,680 亿个不同序号。

(2) 在一定工作环境及技术条件下,能够对 RFID 的存储数据进行读取和写入操作。

(3) 维持对识别物品的识别及相关信息的完整。

(4) 具有可编程操作,对于永久性数据不能进行修改。

(5) 对于有源标签,通过读写器能够显示电池的工作状况。

(6) 非接触 (No Contact)。间隔 7m (某些超高频设备) 即可感应。快速非接触式读取方式。

(7) 非对准识别 (No Line of Sight)。减少人工手动错误,确保品质,降低成本,提供实时性数据等。

(8) 毫秒级读取速度 (Milliseconds)。每秒可读取 250 个标签,比条形码辨识快数十倍,无须人工手持条形码机逐个扫描。

(9) 多信息同时读取 (Simultaneous Read of Multiple Items)。

(10) 不易被仿制。RFID 可隐藏于物品内,除大型 IC 制造厂外无法被仿制。

1.1.2 RFID 的发展历史和前景

RFID 技术的发展最早可以追溯至第二次世界大战时期,那时它被用来在空中作战行动中进行敌我识别。RFID 直接继承了雷达的概念,并由此发展出一种生机勃勃的 AIDC 新技术。1948 年哈里·斯托克曼发表的“利用反射功率的通讯”奠定了 RFID 的理论基础。

近年来,随着大规模集成电路、网络通信、信息安全等技术的发展,RFID 技术进入商业化应用阶段。由于具有高速移动物体识别、多目标识别和非接触识别等特点,RFID 技术显示出巨大的发展潜力与应用空间,被认为是 21 世纪的最有发展前途的信息技术之一。

RFID 技术的发展可按 10 年期划分如下:

(1) 1941—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。

(2) 1951—1960 年。早期 RFID 技术的探索阶段,主要处于实验室实验研究。

(3) 1961—1970 年。RFID 技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试。

(4) 1971—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。

(5) 1981—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。

(6) 1991—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。

(7) 2001 年至今。标准化问题日趋为人们所重视，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。RFID 技术的理论得到丰富和完善。单芯片电子标签、多电子标签识读、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 正在成为现实。

RFID 读写器设计与制造的发展趋势是读写器将向多功能、多接口、多制式，并向模块化、小型化、便携式、嵌入式方向发展。同时，多读写器协调与组网技术将成为未来发展方向之一。

RFID 技术与条码、生物识别等自动识别技术，以及与互联网、通信、传感网络等信息技术融合，构筑一个无所不在的网络环境。海量 RFID 信息处理、传输和安全对 RFID 的系统集成和应用技术提出了新的挑战。RFID 系统集成软件将向嵌入式、智能化、可重组方向发展，通过构建 RFID 公共服务体系，将使 RFID 信息资源的组织、管理和利用更为深入和广泛。

1.2 RFID 的系统结构

最基本的 RFID 系统由三部分组成。

(1) 电子标签 (Tag) 简称标签。标签由耦合元件及芯片组成，每个标签具有唯一的电子编码，附着在物体上标识目标对象；图 1-1 展现了电子标签及其内部结构。

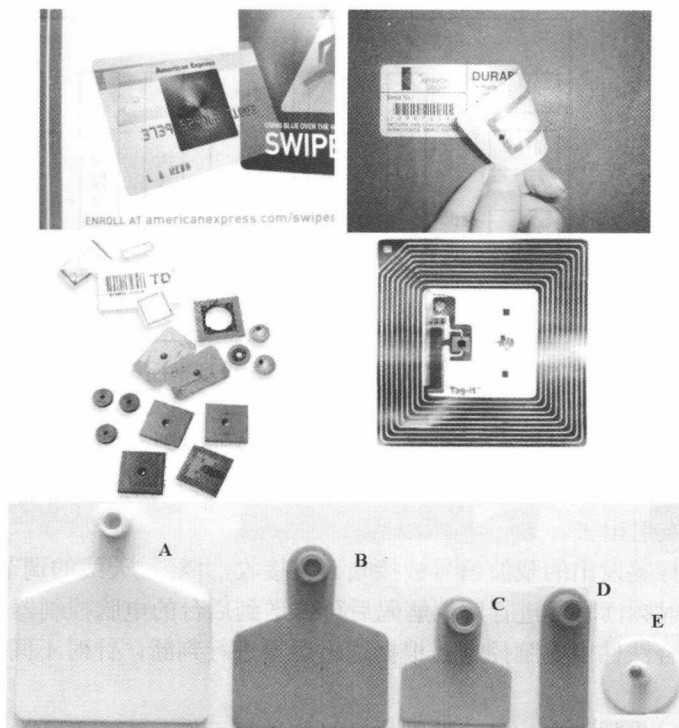


图 1-1 各种电子标签及其内部结构

(2) 天线 (Antenna)。天线在标签和读取器间传递射频信号。

(3) 读写器 (Reader)。读写器是读取 (有时还可以写入) 标签信息的设备, 可设计为手持式或固定式。RFID 读写器 (阅读器) 通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信, 可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的读写器包含有高频模块 (发送器和接收器)、控制单元以及读写器天线, 数据库和软件 (Database & Software)。各种读写器外形如图 1-2 所示。



图 1-2 各种读写器外形

1.3 RFID 的工作原理

RFID 是一种无接触自动识别技术, 其基本原理是利用射频信号实现对静止的或移动中的待识别物品的自动机器识别。

射频识别系统的基本模型如图 1-3 所示, 根据射频系统结构, 它的工作原理是射频读写器发出电磁波, 在周围形成电磁场, 电子标签进入磁场后, 从电磁场中获得能量, 激活标签中的微芯片电路, 然后芯片转换电磁波, 发送出存储在芯片中的产品信息 (无源标签), 或者主动发送某一频率的信号 (有源标签), 读写器读取信息并解码后, 送至中央信息系统进行有关数据处理, 数据信号接收处理流程总共有以下 6 步。

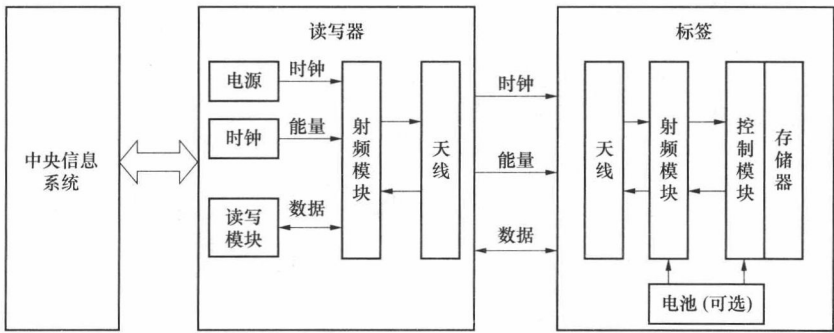


图 1-3 射频识别系统的基本模型框图

- (1) 无线电载波信号经过射频读写器的发射天线向外发射。
- (2) 当射频识别标签进入发射天线的作用区域时, 射频识别标签就会被激活, 经过天线将自身信息的数据发射出去。
- (3) 射频识别标签发出的载波信号被接收天线接收, 并经过天线的调节器传输给读写器。对接收到的信号, 射频读写器进行解调解码后再传送到后台的电脑控制器。
- (4) 该标签的合法性由电脑控制器根据逻辑运算进行判断, 针对不同的设定作出相应的处理和控制。
- (5) 按照电脑发出的指令信号, 控制执行机构进行运作。
- (6) 计算机通信网络通过将各个监控点连接起来, 形成总控信息平台, 根据实际不同的

项目要求可以设计各不相同的相应软件来完成需要达到的功能。

1.4 RFID 的分类

1.4.1 RFID 功能分类

从功能方面来看, RFID 标签分为四种: 只读标签、可重写标签、带微处理器标签和配有传感器的标签。

(1) 只读标签。只读标签的结构功能最简单, 成本最低, 包含的信息较少并且不能被更改; 其程序及数据编码于制造时便写入, 使用者无法更改数据内容。

(2) 可重写标签。可重写标签价格最为贵, 但它却可以让使用者多次写入。它集成了容量为几十字节到几万字节的闪存, 标签内的信息能被更改或重写, 只读型和可重写型 RFID 标签都主要应用于物流系统以及生产过程管理系统和行李控制系统中。

(3) 带微处理器标签。带微处理器标签依靠内置式只读存储器中存储的操作系统和程序来工作, 出于安全的需要, 许多标签都同时具备加密电路, 现在这类标签主要应用于非接触型 IC 卡上, 既用于电子结算、出入管理, 也可用做会员卡; 有些 RFID 标签集成了传感器, 包括温度传感器或压力传感器等, 目前这类标签主要用于动物个体识别和轮胎管理。

1.4.2 RFID 的能量分类

按照能量供给方式的不同, RFID 标签分为有源、无源和半无源 3 种。

(1) 无源 (Passive 被动式)。无源式标签本身并无电源, 其电源是来自读写器, 由读写器发射一频率使感应器产生能量而将数据回传给读写器。体积比较轻薄短小并且拥有相当长的使用年限。感应的距离较短。

(2) 有源 (Active 主动式)。有源式标签价格较高, 因内置电池, 所以体积比无源大。使用年限短。感应距离较长。

(3) 半无源 (Semi-passive)。半无源标签内有电池, 但电池只给标签内的芯片供电, 从天线耦合能量进来给通信电路供电。

还有一种双频标签与双频系统。

无线识别系统的工作频率对系统的工作特性影响比较大。从识别距离、穿透能力等特性看, 不同的射频频率使得系统之间有着较大的工作能力差异, 下面以低频和高频为例, 来说明这个差异。

简单来讲, 低频具有较强的穿透力, 能够穿透水、金属、动物、人的躯体等导体材料。但是在同样功率下, 传播的距离很近。高频或超高频具有较远的传播距离, 但也很容易被上述导体媒质所吸收。因此, 对于可导的这些障碍物, 会影响到系统的工作能力。

如何利用低频和高频这两个频段的长处, 结合起来设计具有较远识别距离, 又具有较强穿透能力的产品, 这就发展出混频和双频技术。混频和双频产品能够广泛的运用在动物识别、导体材料干扰的环境及潮湿的环境中。混频和双频产品的工作形式有两种: 有源系统和无源系统。

有源双频系统:

工作原理: 读头 (读写器) 将低频的加密数据载波信号经发射天线向外发送; 双频标签进入低频的发射天线工作区域后被激活, 同时将加密的载有目标识别码的高频加密载波信号经标签内的高频发射模块发射出去; 接收天线接收到射频卡发来的载波信号, 经读头接收处理后, 提取出目标识别码送至计算机, 完成预设的系统功能和自动识别, 实现目标的自动化管理。有源双频系统原理如图 1-4 所示。

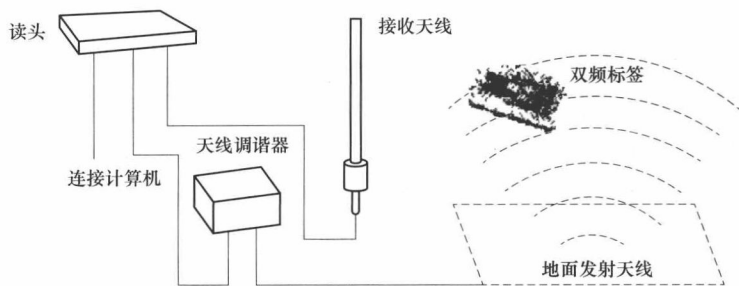


图 1-4 有源双频系统

无源双频系统:

iPico 公司的专利产品无源双频系统, 采用低频和高频两个频段进行工作, 将两个频率特性集成到单一的双频标签和双频读头上, 构成了双频无源系统。

图 1-5 为一个门禁无源双频系统及天线。其体积小、系统紧凑, 成本低廉, 适用于会议签到、门禁控制、人员跟踪、人员管理等环境。人员可以通过佩戴胸卡或放置于衣袋中等形式的标签, 无须刷卡系统就可以准确快速识别出标签, 而且 also 具有良好的多目标识别能力。

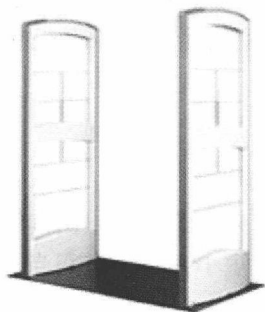


图 1-5 门禁无源双频系统

1.4.3 RFID 的频率分类

按照工作频率的不同, RFID 标签分为低频 (LF)、高频 (HF)、超高频 (UHF) 和微波频段 (MW)。

(1) 低频率。10kHz~1MHz, 以 125kHz 为主。低频率的感应距离较短, 读取速度较慢, 穿透能力好。典型的电感耦合型标签, 天线多为线圈型。一般这个频段的电子标签都是被动式的, 通过电感耦合方式进行能量供应和数据传输。低频的最大优点在于其标签靠近金属或液体的物品上时标签受到的影响较小, 同时低频系统非常成熟, 读写设备的价格低廉。但缺点是读取距离短、无法同时进行多标签读取 (抗冲突) 以及信息量较低, 一般的存储容量为 128~512B。主要应用于门禁系统、动物芯片、汽车防盗器和玩具等。虽然低频系统成熟, 读写设备价格低廉, 但是由于其谐振频率低, 标签需要制作电感值很大的绕线电感, 并常常需要封装片外谐振电容, 其标签的成本反而比其他频段高。

(2) 高频率。1~400MHz, 常见的主要规格为 13.156MHz 这个 ISM 频段。高频率的感应距离略长, 读取速度也较低频率来的快。工作频率高于低频标签, 无线电波较长 (一般为几米), 亦是典型的电感耦合型标签, 天线多为线圈型。这个频段的标签还是以被动式为主,

通过电感耦合方式进行能量供应和数据传输。这个频段中最大的应用就是我们所熟知的非接触式智能卡。和低频相较,其传输速率较快,通常在 100kbps 以上,且可进行多标签辨识(各个国际标准都有成熟的抗冲突机制)。该频段的系统得益于非接触式智能卡的应用和普及,系统也比较成熟,读写设备的价格较低。产品最丰富,存储容量为 128B~8kB,而且有很高的安全特性,从最简单的写锁定,到流加密,甚至是加密协处理器都有集成。一般应用于身份识别、图书馆管理、产品管理等。安全性要求较高的 RFID 应用,目前该频段是唯一选择。

(3) 超高频: 400~1GHz, 常见的主要规格有 433MHz、868~950MHz。超高频的感应距离最长,速度也最快,穿透性差。工作频率远高于低频和高频标签,工作波长较短(分米级或厘米量级),工作方式电磁反向散射耦合方式。这个频段通过电磁波方式进行能量和信息的传输。主动式和被动式的应用在这个频段都很常见,被动式标签读取距离约 3~10m 传输速率较快,一般也可以达到 100kbps 左右,而且因为天线可采用蚀刻或印刷的方式制造,因此成本相对较低。由于读取距离较远、信息传输速率较快,而且可以同时进行了大数量标签的读取与辨识,因此特别适用于物流和供应链管理等领域。但是,这个频段的缺点是在金属与液体的物品上的应用较不理想,同时系统还不成熟,读写设备的价格非常昂贵,应用和维护的成本也很高。此外,该频段的安全性一般,不适合安全性要求高的应用领域。

(4) 微波: 使用的频段范围为 1GHz 以上,常见的规格有 2.45、5.8GHz。微波频段的特性与应用和超高频段相似,读取距离约为 2m,但是对于环境的敏感性较高。由于其频率高于超高频,标签的尺寸可以做得比超高频更小,但水对该频段信号的衰减较超高频更高,同时工作距离也比超高频更小。一般应用于行李追踪、物品管理、供应链管理等。

从分类上看,因为经过多年的发展,13.56MHz 以下的 RFID 技术已相对成熟,目前业界最关注的是位于中高频段的 RFID 技术,特别是 860~960MHz (UHF 频段) 的远距离 RFID 技术发展最快;而 2.45GHz 和 5.8GHz 频段由于产品拥挤,易受干扰,技术相对复杂,其相关的研究和应用仍处于探索的阶段。

1.4.4 按封装形式分类

根据射频系统不同的应用场合及不同的技术性能参数,考虑到标签的成本、环境要求等,可以将射频识别标签封装成不同厚度、不同大小、不同形状的标签。此外,根据标签封装材质的不同,可以将标签制成纸、PP、PET、PVC 等材料形式。例如,在物流管理中最好使用单面的不干胶标签;在门禁系统中最好使用 ISO 卡片形式的标签;在矿井安全管理中最好使用全封闭的塑料标签。下面进行详细介绍。

(1) 封装材质。为了保护标签芯片和天线,同时也便于用户使用,射频 RFID 必须利用某种基材进行封装,不同的封装性质的标签针对不同的场合。主要有纸标签、塑料标签和玻璃标签。

1) 纸标签。一般都具有自粘功能,用来粘贴在待识别物品上。这种标签比较便宜,一般由面层、芯片线路层、胶层、底层组成。

2) 塑料标签。采用特定的工艺将芯片和天线用特定的塑料基材封装成不同的标签形式,如钥匙牌、手表形标签、狗牌、信用卡等形式。常用的塑料基材有 PVC 和 PSP,标签结构包括面层、芯片层和底层。

3) 玻璃标签。应用于动物识别与跟踪, 将芯片、天线采用一种特殊的固定物质植入一定大小的玻璃容器中, 封装成玻璃标签。

(2) 封装形状。常见的有信用卡标签 (一般厚度不超过 3mm)、圆形标签、钥匙和钥匙扣标签、手表标签、物流线性标签等。

1.4.5 按照作用距离分类

- (1) 密耦合标签。作用距离小于 1cm 的标签。
- (2) 近耦合标签。作用距离约为 15cm 的标签。
- (3) 疏耦合标签。作用距离约为 1m 的标签。
- (4) 远距离标签。作用距离为 1~10m 甚至更远的标签。

1.4.6 无芯片标签和 SAW 标签

一般意义上的 RFID 都包含有 RFID 天线及标签电路。标签电路经过集成后, 降低了 RFID 的生产成本和整体功耗。以 IC 芯片为主要特征的 RFID 不是唯一的 RFID 形式。近年来, 随着技术的发展, 出现了无芯片标签。

(1) 声表面波 (SAW) 标签。声表面波标签以声表面波器件为核心, 克服了 IC 芯片工作时要求直流电源供电的缺陷, 同样实现了 RFID 的数据保存功能及无接触空间无限通信的功能。

声表面波标签的工作原理: 天线接收到的射频能量信号经 SAW 标签内部的变换器后形成激励 SAW 存储数据条纹的脉冲, SAW 激励神经脉冲经存储数据条纹图形反射后形成数据脉冲, 数据脉冲再经过变换器体现为天线负载调制, 读写器经过解调反射的负载调制信号提取 SAWRFID 的数据, 原理如图 1-6 所示。

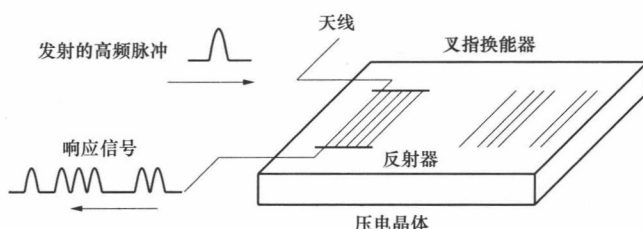


图 1-6 声表面波标签

例如, RFSAW Inc 公司生产的 SAWRFID, 采用铌化锂晶体作为声表面波器件的基地材料, 适应射频读取的工作频率为 1.7~2.5GHz。每个标签具有不可更改的唯一的标识 UID。

(2) 无芯片 RFID。无芯 RFID 标签指的是不含有 IC 芯片的射频识别标签。最具有前景的无芯标签的主要潜在优势在于其最终能以 0.1 美分的花费直接印在产品和包装上, 才有可能在诸如包装消费品、邮递物品、药品和书籍等最大的 RFID 应用领域内全面实施, 以更灵活可靠的特性取代每年十万亿使用量的条形码。无芯片 RFID 最适宜使用的场合有物品管理 (工厂名册、图书馆、洗衣店、药品、消费品、档案、邮件), 大容量安全文档、空运包裹等高价值物流。

无芯片 RFID 的特点是超薄、低成本, 存储数据量少。典型的实现技术有远程磁学技术 (Remote Magnetics)、层状非晶体管电路技术 (Laminar Transistorless Circuits)、层状晶体管电

路技术等。

1.5 RFID 的应用和发展趋势

1.5.1 RFID 国内外状况

国内外目前关于低频和高频 RFID 的应用研究已经比较成熟,目前主要集中在超高频 RFID (915MHz 和 2.45GHz) 的开发和应用上。

从全球的范围来看,美国政府是 RFID 应用的积极推动者,在其推动下美国在 RFID 标准的建立、相关软硬件技术的开发与应用领域均走在世界前列。欧洲 RFID 标准追随美国主导的 EPCglobal 标准。在封闭系统应用方面,欧洲与美国基本处在同一阶段。日本虽然已经提出 UID 标准,但主要得到的是本国厂商的支持,如要成为国际标准还有很长的路要走。RFID 在韩国的重要性得到了加强,政府给予了高度重视,但至今韩国在 RFID 的标准上仍模糊不清。目前,美国、英国、德国、瑞典、瑞士、日本、南非等国家均有较为成熟且先进的 RFID 产品。从全球产业格局来看,目前 RFID 产业主要集中在 RFID 技术应用比较成熟的欧美市场。

美国海军运营 RFID 技术在美国海军资产管控处(ATAC)和国防物流机构(DLA)工厂之间跟踪破损零件,减少了 ATAC 和 DLA 双方的工作负荷,并提高物资数据的精确性和一致性。美国微波及射频方案专业供应公司 M/A—com 推出的新型的传感器主要为基础的 RFID 叉车系统,安装在最新或已有的 RFID 托盘标签读取设备上,在读取托盘标签时使用传感器进行识别,减少了潜在的误差,适应于配销及制造等行业。美国德克萨斯州 El Paso 县的 911 中心,为当地 70 多万居民服务,那里的工作人员每月处理 45 000 多个紧急呼叫。美国亚特兰大大区的医疗保健供应商 Grady Health System 在一年前安装了实时定位系统(RTLS),使该医院的 16 个手术室的使用率提高了 23%。该定位系统由 CenTrak 和 PeriOptimum 提供,可将每个病人在手术过程中的情况告知 Grady Health System 的手术室——病人何时进入的手术室、手术何时完成以及病人术后恢复需要多长时间。医院使用该信息向工作人员和家属提供有关病人情况的更新,并通过这些信息找出瓶颈以改善手术室自身的手术流程。

日本利用 RFID 技术,很早就实现快速路不停车收费,对解决交通阻塞起到了很好的作用。日本大型企业集团 TOPPAN,在其下属的食品生产加工厂三年前就开始利用 RFID 进行从原料管理、生产过程到出厂产品等全面的管理,经过三年的实践,已经为该厂带来的巨大的效益。日本农业水产省利用 RFID 技术,进行了综合型食品跟踪系统开发和验证。通过使用 RFID 技术,对多种产品从生产到消费的多种流通渠道内进行了食品跟踪系统的验证试验。

韩国政府在釜山建立的 RFID 系统,用于在这个亚洲最大的港口之一追踪货物。该项目采用 Savi 公司的一些有源的 RFID,在集装箱沿着供应链移动的时候,标签将收集从方位和安全状况到集装箱内照明,温度和湿度的各种信息。这些信息将被实时收集,并上传到一个可以通过互联网访问的监视网络进行货物的监控管理。韩国 RFID 应用停车管理系统。例如,韩国主要百货店已于 2009 年年底将 RFID 技术应用于停车管理系统中,为百货店的 VIP 顾客提供“智能型停车服务”。启用这个系统后,在 VIP 顾客的车辆进入停车场时,商场就能获得相关信息,不仅能迅速为顾客提供空的停车位,而且在品牌柜台指南方面提供与众不同的高品质服务。

RFID 在国内各个行业应用也蓬勃发展,早在 2006 年中华人民共和国科学技术部等十五部委就制定《中国射频识别 (RFID) 技术政策白皮书》,指出中国发展 RFID 技术的总体目标为:通过技术攻关,突破 RFID 一系列共性关键技术、产业化关键技术和应用关键技术,培养一支与技术和产业发展相适应的人才队伍,建立中国 RFID 技术自主创新体系,取得核心技术的自主知识产权;以自主研发技术为基础,实施竞争前联合战略,通过组织产业联盟、产业基地等企业创新集群,形成联合、协同、掌握自主知识产权技术的产业链,实现自主研制产品占市场主要份额;通过实施示范工程,创新应用模式,带动 RFID 技术在行业的广泛应用,逐步形成大规模、辐射相关领域的公共应用;通过研究与制定相关的国家标准,形成中国 RFID 标准体系。

特别是 2010 年我国物联网发展被正式列入国家发展战略后,中国 RFID 及物联网产业迎来了难得的发展机遇。2011 年 4 月,工业和信息化部、财政部设立物联网专项资金,推动产业快速发展。

2011 年中国 RFID 产业的市场规模达到了 179.7 亿元,比 2010 年增长了 47.94%。2011 年中国 RFID 产业链各环节如射频芯片、标签封装产品与设备、软件/中间件、系统集成都呈现出高速增长的势头。2012 年我国 RFID 市场规模达到 236.6 亿元,位居世界第三。

2012 年 2 月,工信部正式发布《物联网“十二五”发展规划》,指明产业未来发展道路。在政府大力推动物联网产业发展的背景下,国家的一系列促进政策成为中国 RFID 产业发展的强大动力来源。各部委合力推动 RFID 应用示范工程,智能电网、智能交通、金融服务、物流仓储、医疗健康、食品安全等 RFID 相关重点应用项目数量明显增加,范围迅速扩大;商品防伪、资产管理、工业管理等企业市场需求开始升温。

1.5.2 RFID 的应用分析

目前定义 RFID 产品的工作频率有低频、高频和超高频的频率范围内的符合不同标准的不同的产品,而且不同频段的 RFID 产品会有不同的特性。其中感应器有无源和有源两种方式,下面详细介绍无源的感应器在不同工作频率产品的特性以及主要的应用。

1. 低频 (125~134kHz)

其实 RFID 技术首先在低频得到广泛的应用和推广。该频率主要是通过电感耦合的方式进行工作,也就是在读写器线圈和感应器线圈间存在着变压器耦合作用。通过读写器交变场的作用在感应器天线中感应的电压被整流,可作供电电压使用。磁场区域能够很好的被定义,但是场强下降的太快。

低频 RFID 的特性如下:

- (1) 工作在低频的感应器的一般工作频率为 120~134kHz, TI 的工作频率为 134.2kHz。该频段的波长大约为 2500m。
- (2) 除了金属材料影响外,一般低频能够穿过任意材料的物品而不降低它的读取距离。
- (3) 工作在低频的读写器在全球没有任何特殊的许可限制。
- (4) 低频产品有不同的封装形式。好的封装形式就是价格太贵,但是有 10 年以上的使用寿命。
- (5) 虽然该频率的磁场区域下降很快,但是能够产生相对均匀的读写区域。
- (6) 相对于其他频段的 RFID 产品,该频段数据传输速率比较慢。