



全国高等职业教育规划教材

# RFID技术与应用

方龙雄 主编



电子教案下载网址 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

# RFID 技术与应用

主编 方龙雄

参编 胡国胜 吴俊 邵凯



YZLI0890168996



机械工业出版社

RFID 技术是物联网最重要的前端核心技术之一,因为它具备非接触自动识别的特点,所以应用领域在近年来得到了快速扩展。本书内容汲取了国内外企业的 RFID 系统实施工程经验,突出了 RFID 工程现场实施技术内容。主要介绍 RFID 技术的基本原理以及 RFID 系统实施、调试优化方法。全书共七章。第 1 章帮助读者初步了解 RFID 技术和物联网的基本概念,第 2、3 章介绍 RFID 技术的基本原理和主流技术标准。第 4、5、6 章以 RFID 系统的导入和实施为主线,结合 RFID 的技术特点,论述了系统实施的一系列流程、现场调试优化方法以及系统安全和对策。第 7 章从 RFID 应用系统设计的角度,列举了 RFID 公交卡、RFID 仓储管理、RFID 图书预约系统以及基于 RFID 的酒类防伪平台设计案例。

本书可作为高职高专院校相关专业的教材,也可供 RFID 应用工程实施人员参考。

需要本书配套的授课电子课件的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

## 图书在版编目(CIP)数据

RFID 技术与应用/方龙雄主编;胡国胜,吴俊编. —北京:机械工业出版社, 2012. 10

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-40444-6

I. ①R… II. ①方…②胡…③吴… III. ①无线电信号-射频-信号识别-  
高等职业教育-教材 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 273903 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:鹿征

责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10.75 印张·265 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-40444-6

定价:27.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面防伪标均为盗版

# 全国高等职业教育规划教材计算机专业

## 编委会成员名单

主 任 周智文

副 主 任 周岳山 林 东 王协瑞 张福强  
陶书中 眭碧霞 龚小勇 王 泰  
李宏达 赵佩华

委 员 (按姓氏笔画顺序)

马 伟	马林艺	万雅静	万 钢
卫振林	王兴宝	王德年	尹敬齐
史宝会	宁 蒙	安 进	刘本军
刘新强	刘瑞新	余先锋	张洪斌
张瑞英	李 强	何万里	杨 莉
杨 云	贺 平	赵国玲	赵增敏
赵海兰	钮文良	胡国胜	秦学礼
贾永江	徐立新	唐乾林	陶 洪
顾正刚	曹 毅	黄能耿	裴有柱

秘 书 长 胡毓坚

## 出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多个品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

# 前 言

物联网技术目前正处于推广应用阶段，毋庸置疑下一个 10 年将是物联网技术应用的爆发期。RFID 技术是物联网最重要的前端核心技术之一，因为它具备非接触自动识别的特点，所以应用领域在近年来得到了快速扩展，是一个充满活力和创意，深受相关领域关注和期待的信息采集技术。

作为高职高专的物联网专业和计算机网络应用专业的学生，应该了解 RFID 技术的概念、特点，理解 RFID 的基本原理，掌握电子标签、RFID 读写器的系统组成并能够进行实际设备的安装调试，以满足迅猛发展的物联网产业对应用型工程技术人员的需要。

本书以培养 RFID 技术工程应用型、技术技能型或操作型的高技能人才为目的，把焦点放在 RFID 技术现场应用人才的教育上，对 RFID 技术的应用特性、现场测试、工程实施等内容进行了较详细的讲解，在原理性知识点及工程技术技能环节都安排了大量的实验室实验，做到融“教、学、做”为一体。

本书由方龙雄主编，其中第 1 章由方龙雄、胡国胜编写，第 2~6 章由方龙雄编写，第 7 章由邵凯编写，RFID 基础实验部分由吴俊编写，全书的统稿、定稿由方龙雄负责完成。

在本书的编写过程中，上海张江 RFID 物联网应用测试公共服务平台提供了基础实验设备，上海交通大学博士生导师王东、上海张江 RFID 与物联网应用测试公共服务平台李天宝、上海浦东软件平台有限公司孙传奇对书稿提出了许多宝贵意见，并提供了一部分 RFID 应用系统的案例，上海交通大学软件学院博士生赵润提供了基于 RFID 的酒类防伪平台系统架构设计案例，在此深表感谢！另外在编写过程中我们参考了很多国内外文献和资料，在此对有关资料的作者一并表示感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

出版说明	
前言	
第 1 章 认知 RFID	1
1.1 RFID 和 RFID 系统	2
1.1.1 RFID 技术	2
1.1.2 RFID 系统	3
1.2 RFID 和条形码	3
1.3 RFID 和 IC 卡	6
1.4 RFID 电子标签的分类	7
1.5 RFID 技术标准	9
1.6 物联网	10
1.6.1 物联网的概念	10
1.6.2 物联网与 RFID 技术	11
1.6.3 物联网的应用	11
1.7 RFID 基础实验项目 (1) —— 实验的准备工作	12
习题 1	13
第 2 章 RFID 系统的工作原理	14
2.1 RFID 系统的基本组成	14
2.1.1 RFID 通信的物理学原理	15
2.1.2 RFID 信号的调制解调和 数据传送信道	16
2.1.3 RFID 读写器和电子标签的 基本工作流程	18
2.1.4 RFID 的数据编码基础	19
2.1.5 RFID 的数据通信校验	20
2.1.6 RFID 的多标签读写防碰撞	22
2.1.7 RFID 的多读写器防碰撞	23
2.1.8 RFID 系统的识读率和误码率	24
2.2 RFID 电子标签	25
2.2.1 电子标签芯片的系统构成	25
2.2.2 电子标签存储空间的划分	26
2.3 RFID 读写器	27
2.3.1 RFID 读写器的系统构成	28
2.3.2 RFID 读写器的用户接口	28
2.3.3 RFID 天线包络图	29
2.4 飞利浦的 Mifare 标准 IC 卡 —MF1 IC S50	30
2.4.1 MF1 IC S50 的性能特征	30
2.4.2 MF1 IC S50 芯片构成概要	31
2.4.3 MF1 IC S50 存储器构成	31
2.4.4 MF1 IC S50 存储器存取控制	33
2.5 飞利浦的 ICODE 标准 ICODE SLI 系列 SL2 ICS20 卡	35
2.5.1 ICODE SLI 系列 SL2 ICS20 卡的性能特征	35
2.5.2 ICODE SLI 系列 SL2 ICS20 芯片构成概要	36
2.5.3 ICODE SLI 系列 SL2 ICS20 存储器构成	36
2.6 RFID 基础实验项目 (2)	38
2.6.1 高频 (HF) 读写器的基本 认知实验	39
2.6.2 ISO14443A、ISO15693 协议下标签 ID 读取实验	41
2.6.3 ISO14443A 协议下标签 密钥修改实验	42
2.6.4 ISO14443A 协议下存取控制位 修改实验	44
2.6.5 ISO14443A 协议下标签 数据读写实验	45
2.6.6 ISO14443A 协议下标签加值 减值得实验	46
2.6.7 ISO14443A 协议下多个标签的 读取实验	47
2.6.8 ISO 15693 协议下标签数据 读写实验	48

2.6.9 ISO 15693 协议下标签 AFI 的读写和块锁定实验 .....	50	4.4 RFID 系统的设计 .....	82
2.6.10 ISO 15693 协议下标签 DSFID 的读写和锁定实验 .....	52	4.5 RFID 系统的实施 .....	84
习题 2 .....	53	4.6 RFID 基础实验项目 (4) .....	85
<b>第 3 章 RFID 系统体系和标准</b> .....	<b>54</b>	4.6.1 金属物对 RFID 的影响实验 .....	85
3.1 EPC 技术 .....	54	4.6.2 水气对 RFID 的影响实验 .....	86
3.2 EPC 系统的组成 .....	54	习题 4 .....	86
3.2.1 EPC 编码体系 .....	55	<b>第 5 章 RFID 系统的优化</b> .....	<b>88</b>
3.2.2 EPC 射频识别系统——EPC 标签和 读写器 .....	56	5.1 RFID 硬件系统的优化 .....	88
3.2.3 EPC 信息网络系统——中间件、 EPCIS、ONS .....	57	5.1.1 读写器、天线的组合方式及安装 位置的优化 .....	88
3.3 EPC Gen2 概要 .....	57	5.1.2 电子标签的粘贴方式和 粘贴位置的优化 .....	90
3.3.1 EPC Gen2 规范的要点 .....	58	5.1.3 读写器输出功率的优化 .....	90
3.3.2 EPC Gen2 规范的特点 .....	58	5.2 RFID 软件系统的优化 .....	91
3.3.3 EPC Gen2 电子标签的存储结构 .....	59	5.2.1 读写器读写模式和方式的优化 .....	91
3.3.4 EPC Gen2 电子标签的信息 安全机制 .....	60	5.2.2 命令序列的优化 .....	92
3.4 RFID 基础实验项目 (3) .....	63	5.2.3 读写重试次数的优化 .....	93
3.4.1 超高频 (UHF) 读写器的 基本认知实验 .....	63	5.2.4 读写数据格式的优化 .....	93
3.4.2 EPC Gen2 协议下标签读写实验 .....	66	5.3 其他优化技术手段 .....	95
3.4.3 EPC Gen2 协议下标签锁实验 .....	69	5.3.1 晃一晃 RFID 对象物 .....	95
3.4.4 EPC Gen2 协议下标签密钥 修改实验 .....	70	5.3.2 调一调读写器天线 .....	95
3.4.5 EPC Gen2 协议下对标签 TID 区 数据的读取分析实验 .....	71	5.3.3 规避射频信号盲点 .....	96
习题 3 .....	72	5.3.4 防电磁波反射 .....	96
<b>第 4 章 RFID 系统的实践</b> <b>策略与方法</b> .....	<b>74</b>	5.4 RFID 系统的性能评价 .....	98
4.1 RFID 系统成败的几个因素 .....	74	5.4.1 通信范围的测定 .....	98
4.2 RFID 系统的现场因素 .....	75	5.4.2 识读率、误码率的测定 .....	100
4.2.1 RFID 对象物 .....	75	5.4.3 读写时间的测定 .....	101
4.2.2 RFID 现场使用环境 .....	77	5.5 RFID 基础实验项目 (5) .....	101
4.2.3 RFID 现场作业方式 .....	77	5.5.1 标签角度、天线角度对 RFID 读取效果的影响实验 .....	101
4.3 RFID 系统的规划 .....	78	5.5.2 读写器频率对标签读取 距离影响的实验 .....	103
4.3.1 业务流程分析 .....	78	5.5.3 读写器输出功率对标签读取 距离影响实验 .....	104
4.3.2 可行性分析 .....	80	5.5.4 动手绘制天线包络图的实验 .....	104
		5.5.5 蚀刻法手工制作 RFID 电子标签 的实验 .....	106
		习题 5 .....	110



第6章 RFID系统的安全课题 与对策 .....	111	7.2 RFID仓储管理系统 .....	132
6.1 电子标签的安全课题和对策 .....	112	7.2.1 RFID仓储管理系统应用背景 .....	132
6.1.1 篡改电子标签数据 .....	112	7.2.2 RFID仓储管理系统架构 .....	132
6.1.2 往电子标签植入病毒 .....	112	7.2.3 RFID仓储管理系统工作原理 .....	134
6.1.3 盗窃或伪造电子标签 .....	113	7.2.4 RFID仓储管理系统 设计与制作 .....	135
6.1.4 泄露电子标签数据格式 .....	114	7.3 RFID图书预约书架系统 .....	140
6.1.5 非法读取电子标签数据 .....	114	7.3.1 RFID图书预约书架系统 应用背景 .....	140
6.1.6 非法截取读写器的无线信号 .....	115	7.3.2 RFID图书预约书架系统运行 流程及硬件组成 .....	140
6.2 读写器的安全课题和对策 .....	116	7.3.3 RFID图书预约书架系统 工作原理 .....	142
6.3 服务器的安全课题和对策 .....	116	7.3.4 RFID图书预约书架系统设计 .....	142
6.4 电子标签运营课题和对策 .....	116	7.4 基于RFID的酒类防伪平台 .....	144
6.5 读写器运营课题和对策 .....	117	7.4.1 基于RFID的酒类防伪平台 应用背景 .....	144
6.6 RFID基础实验项目(6)—— Gen2协议下标签操作编程 实验 .....	118	7.4.2 基于RFID的防伪平台 系统架构 .....	146
习题6 .....	122	7.4.3 发现服务(Discovery Service) .....	150
第7章 RFID典型应用仿真 .....	123	7.4.4 信息服务(Information Service) .....	154
7.1 RFID公交车计费系统 .....	123	7.5 RFID的实训项目 .....	163
7.1.1 RFID公交车计费系统 应用背景 .....	123	习题7 .....	163
7.1.2 RFID公交车计费系统架构 .....	123	参考文献 .....	164
7.1.3 RFID公交车计费系统 工作原理 .....	125		
7.1.4 RFID公交车计费系统 设计与制作 .....	129		

# 第1章 认知 RFID

## 导学

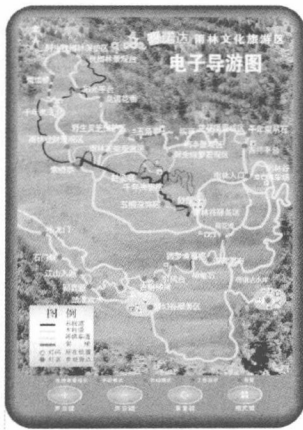
在本章中，你将学习：

- RFID 的定义
- RFID 最小系统构成
- RFID 和条形码的区别
- RFID 电子标签的分类
- 什么是物联网
- 物联网系统的应用

第二次世界大战时期，盟军为了解决因天气原因造成能见度差而导致的难以识别敌我飞行器的问题，成功研发出一套利用无线电波来进行敌我飞行器识别（Identification Friend or Foe, IFF）的装置。这个 IFF 装置是世界上公认的第一个利用 RFID（Radio Frequency Identification, 射频识别）技术的应用实例。

20 世纪六、七十年代，RFID 技术在美国开始被应用于商品防盗、汽车防盗、工业自动化等商业领域，大约在同一时期欧洲一些国家也利用 RFID 技术进行了家畜的识别和跟踪系统的构建。到了 20 世纪八十年代，随着半导体芯片技术的革命性发展，RFID 技术的非接触通信手段和半导体处理器、半导体存储器以及网络信息技术相结合的应用，开始有了迅速的发展，美国和挪威率先把电子标签应用于电子不停车收费系统（Electronic Toll Collection, ETC），显示出 RFID 技术在大规模社会公共综合服务系统中的巨大应用潜力。进入 20 世纪九十年代，很多研究机关和企业开始进入 RFID 技术行业，并开展了一系列的投资和基础研发。九十年代后期，RFID 电子标签已基本实现了小型化和低成本化，达到了市场可以基本接受的程度，至此技术标准化和技术支撑体系也得到了充分重视并逐渐建立起来，RFID 技术开始走进了人们的日常生活之中。

进入 21 世纪，RFID 技术得到了进一步的完善和发展，应用领域也得到了极大扩展。我国虽然在基础研究方面起步比欧美等发达国家晚，但在 RFID 技术的应用和普及方面却已经走在很多国家的前面，我国相继利用 RFID 技术研究开发了第二代身份证、城市交通一卡通、电子门票，近年来新的应用案例更是层出不穷。现在人们到景区游览，只要在景区入口租借一台电子导游机（图 1-1），则不论走到哪个景点和展位，电子导游机都会自动提供规范、详尽的多语种讲解。在城市交通领域，电车站和住宅之间最后的 1~3 km 交通是多年遗留的最难解决的问题，上海市闵行区政府为解决这一交通顽疾利用 RFID 技术建立了覆盖全区域的免费公共自行车租赁系统（图 1-2），将自行车纳入到公共交通系统中，随用随借，公共使用，极大地方便了广大市民的出行，获得了良好的社会效益和经济效益。



a)



b)

图 1-1 景区电子导游机的应用

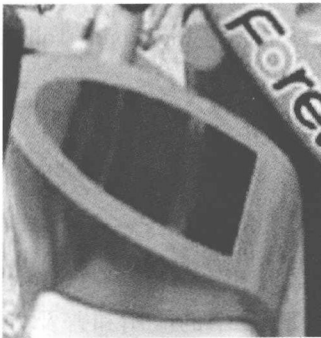
a) 电子导游机 b) 景区入口电子导游机租赁处



a)



c)



b)

图 1-2 上海市闵行区公共自行车免费租赁系统

a) 免费租赁诚信卡 b) 刷卡机 c) 公共自行车无人租赁站

## 1.1 RFID 和 RFID 系统

### 1.1.1 RFID 技术

RFID 是 Radio Frequency Identification (射频识别) 的简称, 是利用可用于无线电通信的

电磁波（射频）来自动识别个体的技术。

RFID 技术是一种先进的非接触式自动识别技术，自动识别技术（Automatic Identification and Data Capture, AIDC）是将信息数据自动识别、采集并输入计算机的重要手段和方法，自动识别技术的范围十分广泛，常用的有条形码识别、指纹识别、虹膜识别、签名（印章）识别、语音识别、图像识别、磁条（卡）识别、接触式智能卡识别、光学字符识别等技术。RFID 技术因其非接触识别的特性及同时能识别多个个体的特点而具有应用范围广、系统效率高、成本低等优势。

### 1.1.2 RFID 系统

RFID 系统从广义来讲即是利用了 RFID 技术的系统，通常大规模的业务系统的数据采集可能包含多种不同的数据识别采集技术，如现阶段很多物流系统上条形码和 RFID 电子标签是并存的。像这种只是部分利用 RFID 技术的系统，也可以称为 RFID 系统。从狭义来讲，RFID 系统是指专用于处理 RFID 电子标签数据的系统。

RFID 系统的最小硬件系统构成如图 1-3 所示，主要由以下几部分组成。

- 1) 内部存有人或物的个体信息或管理 ID 的电子标签。
- 2) 与电子标签进行通信的读写器和读写器天线。
- 3) 记录并处理个体信息或管理 ID 的服务器。

在软件层面上，服务器和读写器的接口驱动程序、服务器的操作系统、数据库系统以及数据业务处理程序都是必不可少的。

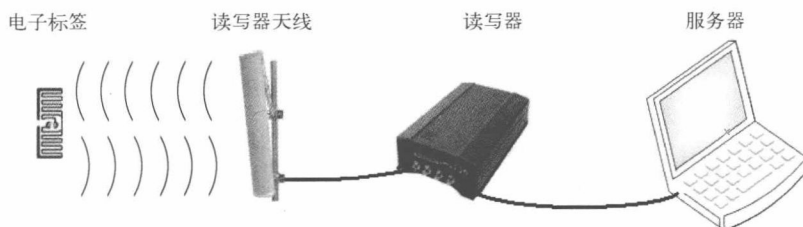


图 1-3 RFID 系统的最小硬件系统构成

## 1.2 RFID 和条形码

条形码技术被认为是最古老、最成熟且应用最成功、最广泛的自动识别技术。如今我们到超市买任何东西都要通过扫描附在商品上的条形码来进行结算。常用的条形码有一维条形码和二维条形码，如图 1-4 所示。

一维条形码由一组排列规则的条、空及对应字符组成，用以表示字符、数字符号信息；二维条形码是在一维条形码的基础上发展而来的，与一维条形码相比，具有信息量大、可靠性高、防伪性能好等特点，用它可以表示出数据（包括汉字）、图片等各种信息。由于二维条形码具有保密和防伪功能，近年来世界上的很多国家在护照、身份证、驾照、签证栏上都印有二维条形码，在报纸、广告上也经常印有二维条形码，条码里存储着相关网页的 URL 信息，读者只要用手机对条码进行扫描，将信息读入手机，就可以直接访问相关网址了。



图 1-4 条形码

a) 一维条形码 b) 二维条形码

条形码的工作原理是用扫描器发出的红外线或可见光照射条码符号，由于深色条吸收光，浅色条反射光，扫描器将光反射信号转换为电子脉冲，再由译码器转换成二进制码传送到主机。

在 RFID 技术普及以前，应用最广泛的自动识别手段是条形码技术，进入本世纪人们充分意识到了 RFID 技术的优越性，纷纷采用 RFID 电子标签来替代原来的条形码。2005 年，美国国防部和零售业巨头沃尔玛要求供应商所供应的商品必须贴有 RFID 电子标签，如图 1-5 所示，中心部位的小长方体是标签芯片，其四周围绕着形状比较特别的感应天线。很多业务系统面临从条形码过渡到 RFID 电子标签的系统改造和升级问题，图 1-6 分别为条形码结账系统和智能商店 RFID 电子标签一次性自动结账系统。

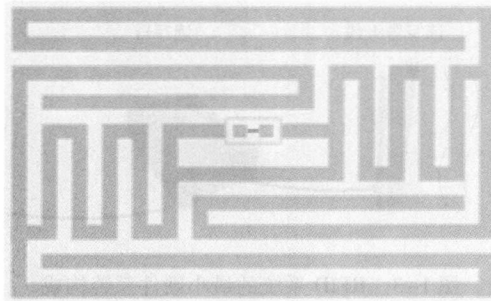


图 1-5 沃尔玛的 RFID 电子标签

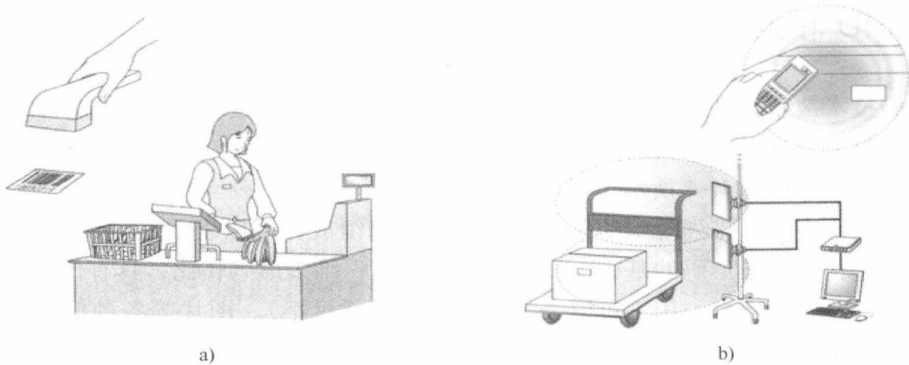


图 1-6 购物结账

a) 条形码结账 b) RFID 电子标签结账

条形码识别技术的核心是光学技术，而 RFID 技术的核心是无线通信技术，两者的工作方式不同，主要区别如下。

### 1. 数据的读取

读取条形码时必须把扫描器贴近条形码，由于印有条形码的标签纸片容易变形，在超市购物结账时常常会碰到由于条形码读取失败，工作人员不得不用肉眼识别数字号码并用键盘将数字逐一输入计算机的情况。而 RFID 电子标签则不需要刻意贴近读码器的特定位置，只要把商品轻轻划过读码器周边就可以准确读取，并且读码器可一次读取多个标签。

### 2. 数据的写入

条形码不具备数据写入功能，如需更改只能重新编码打印粘贴。而 RFID 电子标签可以直接写入和变更数据，这项功能可将商品流程处理的信息直接写入标签，供下一段处理流程读取判断，因而可大大提高物流效率。此外，这种电子标签可以回收重复使用，在避免浪费的同时也节约了成本（注：也有一些电子标签不可以重写数据）。

### 3. 尺寸和形状

条形码有严格的标签尺寸、形状和印刷品质的要求，而 RFID 电子标签不受尺寸和形状的限制，容易实现小型化和形状多样化，以满足不同产品的应用需求。

### 4. 使用环境要求

条形码容易脏污和涂鸦，而 RFID 电子标签根据需要经过封装后对水、油甚至化学药品都有抗污抗腐蚀的特点。

### 5. 穿透障碍物

条形码只能穿透透明障碍物读取数据，而 RFID 电子标签可以穿透纸箱、木材、塑料、人体等读取数据，因此可以完全嵌入到物体里面来放置。当然，对金属材质的物体要进行特殊的处理。

### 6. 数据容量

RFID 电子标签可容纳比条形码多得多的数据，并且可根据需要扩展数据容量。

表 1-1 是条形码和 RFID 电子标签的主要特性比较。

表 1-1 条形码和 RFID 电子标签的主要特性比较

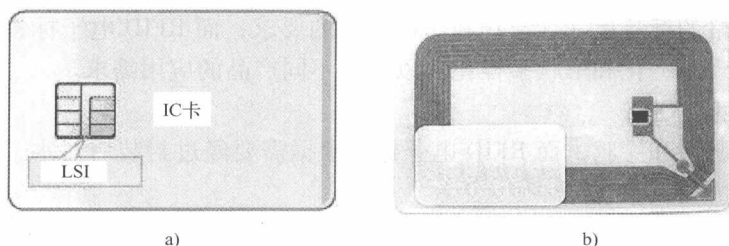
特性 \ 种类	RFID 电子标签	一维条形码	二维条形码
1. 单价	较高 (几角至几十元)	低 (几分至几角)	低 (几分至几角)
2. 可读距离范围	较长距离 (几厘米至几米) * 有些主动式电子标签可读距离可达几十米	短距离 (几厘米)	短距离 (几厘米至几十厘米)
3. 数据的重写和追加	能	不能	不能
4. 小型化 (多形状)	能	不能	不能
5. 抗污能力	较强	弱	弱
6. 障碍物穿透能力	较强	弱	弱
7. 违法复制	极难	容易	较容易
8. 一次性读取多个标签	能	不能	不能
9. 数据存储量	大容量 (几十至几十千字节) * 可根据需要进行扩容, 有些可达到几兆字节	小容量 (几十字节)	较小容量 (几十至几千字节)

### 1.3 RFID 和 IC 卡

IC 卡又称智能卡，是一种电子数据存储器系统，分为接触式和非接触式两种。

图 1-7a 所示是接触式 IC 卡，其特征是长方形卡的左侧中部有小的方形金属片露出，在这个小方形区域内嵌有微电子芯片，通常有处理器、存储器和通信模块，当 IC 卡插进阅读器内，阅读器的接触弹簧和 IC 卡之间的触点产生连接，通过接触点阅读器给 IC 卡提供电能和时钟脉冲，并通过双向串口进行数据传输。如今大多数信用卡金卡、社会保障卡等都使用接触式 IC 卡。

非接触式 IC 卡（图 1-7b）是一种 RFID 技术的典型应用，它和阅读器之间利用 RFID 无线通信技术实现非接触通信。人们经常用的第二代身份证、城市交通一卡通、电子门票等都属于非接触式 IC 卡。人们往往把非接触式 IC 卡和 RFID 电子标签画上等号，但实际上非接触式 IC 卡在系统结构、安全对策、无线通信协议标准等方面自成独立的体系，与一般意义上的 RFID 电子标签还是有区别的。



a)

b)

图 1-7 IC 卡（智能卡）

a) 接触式 IC 卡 b) 非接触式 IC 卡

非接触式 IC 卡用于通信的无线频率是 13.56 MHz，而 RFID 电子标签的频率分布于四个频段，低频（135 kHz 以下）、高频（13.56 MHz）、超高频（433 MHz/860 ~ 960 MHz）和微波段（2.45 GHz）。虽然非接触式 IC 卡和一般物品管理用高频 RFID 电子标签使用的是同一个频率（13.56 MHz），但由于两者和读写器之间的无线通信协议不同，他们之间是无法进行通信的。

另外非接触式 IC 卡要求具有高强度的加密防伪认证功能，需要快速进行复杂的演算，因此要搭载高性能主控制微处理器和相应程序，而大多数 RFID 电子标签并不需要。表 1-2 所示为 RFID 电子标签和非接触式 IC 卡的区别。

表 1-2 RFID 电子标签和非接触式 IC 卡的区别

	RFID 电子标签	非接触式 IC 卡
1. 管理对象	一般物体（主要是物品、动物）	人
2. 形状	不固定	较固定（卡片）
3. 使用频率	多频率	13.56 MHz
4. 通信距离	几厘米至几米 * 有些主动式电子标签可读距离可达几十米	10 厘米（ISO/IEC 14443） 60 厘米（ISO/IEC 15693）
5. 存储器容量	（几十至几十千字节）	（几千至几百千字节）
6. 主控制处理器	一般不载有主控制处理器	载有主控制处理器
7. 应用程序	无	搭载（多任务）
8. 单价	低	高

## 1.4 RFID 电子标签的分类

RFID 电子标签的种类很多，装有电源（电池）的叫有源标签，没有电源（电池）的叫无源标签。有的可通过读写器重写数据即读写型标签，有的只能读数据为只读型标签。另外，RFID 电子标签有各种各样的封装和形状，这里主要以标签的工作方式和工作频率来划分大类。

### 1. 按工作方式分类

按工作方式可分为被动式和主动式标签。

#### (1) 被动式标签

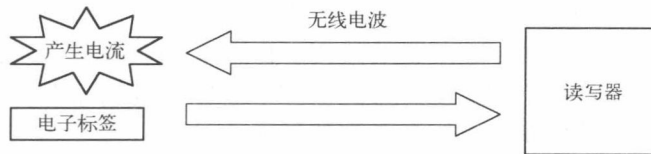
被动式标签由读写器发出的信号触发后进入通信状态，通信能量从读写器发射的电磁波获得。被动式标签通常是无源标签，但有些具有传感器功能的标签为了给传感器供电而含有电源。

#### (2) 主动式标签

主动式标签用自身的能量主动定期地发射数据。主动式标签一定是有源标签。

如果将电子标签比作找人过程中被找的人，被动式标签只有在听到“你在哪里？”的呼声后，才被动地回答“我在这里！”，而主动式标签每隔一段时间就会主动地大声呼喊“我在这里！”。现阶段大量使用的是被动式标签，主动式标签由于成本高、电池寿命有限等原因，主要用于对人或特定设备的位置探查、定位管理等较特殊领域。

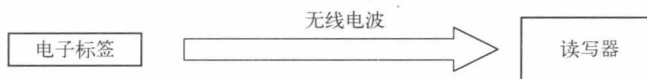
图 1-8 和图 1-9 分别为被动式标签和主动式标签的工作方式示意图。



标签自身没有电源（电池），通过接收读写器的无线电波产生感应电流，把数据传回给读写器。

通信距离	几厘米至几米
电池	无
小型化	可能
价格	低廉

图 1-8 被动式标签的工作方式示意图



标签自身装有电源（电池），主动把数据传给读写器。

通信距离	几米至几十米
电池	有
小型化	受电源尺寸的限制
价格	较高

图 1-9 主动式标签的工作方式示意图



## 2. 按工作频率分类

电子标签的工作频率决定着系统的射频识别工作原理（下一章具体论述）、识别距离、读写速度，还决定着设备的用途、设备的成本及工程建设的复杂度。国际上广泛采用的频率分布分为4个波段（图1-10），即低频（135 kHz 以下，LF 段）、高频（13.56 MHz，HF 段）、超高频（433 MHz/860 ~ 960 MHz，UHF 段）和微波段（2.45 GHz，5.8 GHz，Microwave）。对于超高频的频段（UHF 段）由于各个国家无线电频谱的管制法令不同，所分配的频段也有所不同，比如美国是 902 ~ 928 MHz，而我国的 UHF 频段是 840 ~ 845 MHz 和 920 ~ 925 MHz。

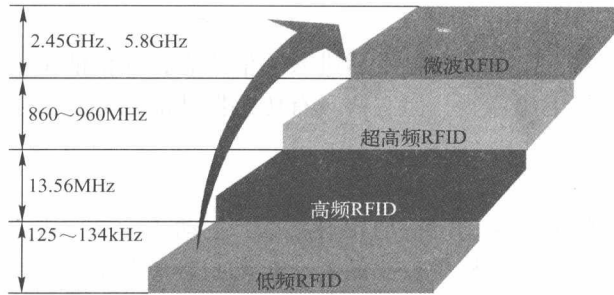


图 1-10 RFID 的工作频率波段

低频标签的主要特点是识别距离短，读写速度低，易受环境中电磁场的影响，但对障碍物的可穿透性比较强，一般用于动物的识别。高频标签的识别距离稍好于低频标签，读写速度较快，穿透性能不如低频标签，主要应用于非接触式 IC 卡。超高频标签的识别距离较长，读写速度快，能够同时识别多个标签，适合应用于物流、资产管理等行业。微波标签读写速度快，读取数据的可靠性高，但使用频率接近 WiFi 无线网的频率，容易受到周围无线网通信的干扰，主要应用于定位管理、集装箱管理等领域。

图 1-11 是各个频段标签的识别空间范围比较示意图，图中可以看出，低频的识别空间范围像横放的橄榄球，高频像排球，而超高频和微波像竖立着的棒槌状物，说明低频和高频标签较少

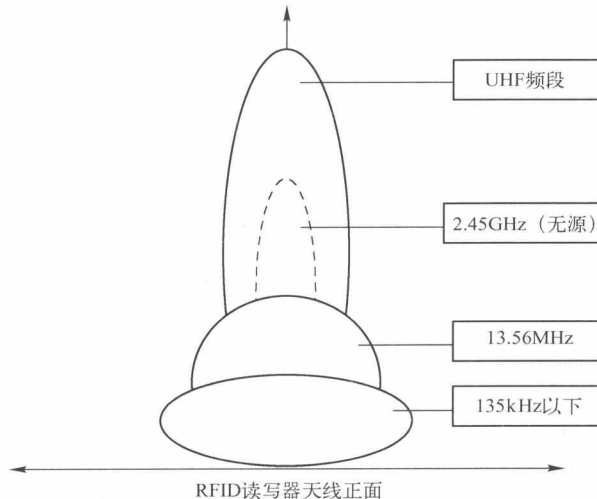


图 1-11 各个频段标签的识别空间范围比较示意图