



全国高等职业教育规划教材

射频识别(RFID)应用技术

主 编 唐志凌

副主编 刘旭飞

- 理实一体: 理论够用, 注重技能
- 联系实际: 工程应用, 生动实例
- 深入浅出: 生动形象, 便于自学



电子课件下载网址 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

射频识别（RFID）应用技术

主 编 唐志凌

副主编 刘旭飞

参 编 沈 敏 张小恒



机械工业出版社

本书全面、系统地阐述了射频识别(RFID)技术的基本原理,关键设备和技术应用。全书共分为7章,前3章主要为理论知识学习,介绍了物联网及RFID技术、RFID标准体系、RFID技术的工作原理、RFID的编码和调制原理、RFID的差错控制与数据安全设计以及RFID系统关键设备(电子标签、RFID读写器、RFID中间件)的原理和应用。后4章为RFID实用系统的设计,内容包括RFID人员进出和车辆进出门禁系统设计、RFID企业智能安全管理和校园安全管理系统设计、RFID智能交通管理系统的设计和基于ARM处理器的RFID嵌入式系统开发。

本书理论和实践并重,每章均包含习题和实训项目,结合实训项目有相应的知识点介绍,并有详细的实训步骤和考核要求。

本书适合作为高职高专院校通信及物联网相关专业的教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 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

射频识别(RFID)应用技术 / 唐志凌主编. —北京:机械工业出版社, 2014.10

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-48135-5

I. ①射… II. ①唐… III. ①射频-无线电信号-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(2014)第227240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:王颖 责任校对:张艳霞

责任印制:刘岚

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2014年11月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·12.5印张·304千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-48135-5

定价:29.90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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材

电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》指出：到 2020 年，形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通，体现终身教育理念，具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系，推进人才培养模式创新，坚持校企合作、工学结合，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式，引导社会力量参与教学过程，共同开发课程和教材等教育资源。机械工业出版社组织全国 60 余所职业院校（其中大部分是示范性院校和骨干院校）的骨干教师共同策划、编写并出版的“全国高等职业教育规划教材”系列丛书，已历经十余年的积淀和发展，今后将更加结合国家职业教育文件精神，致力于建设符合现代职业教育教学需求的教材体系，打造充分适应现代职业教育教学模式的、体现工学结合特点的新型精品化教材。

“全国高等职业教育规划教材”涵盖计算机、电子和机电三个专业，目前在销教材 300 余种，其中“十五”“十一五”“十二五”累计获奖教材 60 余种，更有 4 种获得国家级精品教材。该系列教材依托于高职高专计算机、电子、机电三个专业编委会，充分体现职业院校教学改革和课程改革的需要，其内容和质量颇受授课教师的认可。

在系列教材策划和编写的过程中，主编院校通过编委会平台充分调研相关院校的专业课程体系，认真讨论课程教学大纲，积极听取相关专家意见，并融合教学中的实践经验，吸收职业教育改革成果，寻求企业合作，针对不同的课程性质采取差异化的编写策略。其中，核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题以及相关的多媒体配套资源；实践性较强的课程则强调理论与实训紧密结合，采用理实一体的编写模式；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，同时重视企业参与，吸纳来自企业的真实案例。此外，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合和优化。

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疏漏。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

随着互联网、移动通信网、光纤通信网技术的飞速发展,物联网技术也随之得到了突飞猛进的发展。伴随着数字通信技术和大规模集成电路的广泛应用,物联网让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联网的互联、互通。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用,被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

物联网专业作为最近产生的新专业,市场对相关技术人才的需求量大,但与之配套的教材和实训指导书却不能紧跟专业发展的步伐。为满足高职高专人才能力培养的特定需求,我们以重基础、宽口径的原则设置本书内容,本着理论够用、注重实践的思想编写了本书。通过本课程的学习,可以了解射频识别的应用方式和发展方向,掌握射频识别(RFID)的基本体系和关键技术。

本书的编写以满足目标岗位对学生能力的要求为指导思想,前3章主要对RFID技术进行理论介绍,基于高职高专的教学特点,简化了复杂的射频电磁场理论和数字通信专业知识,重点对系统和设备应用进行介绍,让学生在头脑中具备最基础的理论概念。后4章着重于学生能力的培养,以几个RFID典型的实用系统为载体,从系统设计、系统框架组成、设备安装等方面进行编写,力图符合实际工程项目的设计流程,将理论知识融入实训项目中,并对每一个实训提出考核要求,让学生在完成实训项目中逐步掌握RFID系统和设备关键知识点,并具备一定的动手能力。完成本课程之后能够让学生对RFID技术和市场有所了解,对RFID系统和设备原理有足够的理解,熟练掌握RFID系统设计和设备安装的基本技能。

考虑到RFID系统和设备种类繁多,本书力求内容的通用性和实用性,所有实训项目涉及的设备均选取目前市场上广泛应用的设备。本书在编写实训项目中,得到了上海因仑科技有限公司、重庆普天科技有限公司和广州飞瑞敦电子科技有限公司的大力支持,感谢他们提供了部分实训项目和设备。

本书由重庆工商职业学院唐志凌任主编,主要负责第1、2、5章的编写和全书统稿;刘旭飞任副主编,主要负责第3、4、6章的编写;沈敏、张小恒参编,沈敏主要负责第7章的编写;张小恒负责实训任务的编写。本书内容丰富、资料齐全新颖、深入浅出。其中第7章可作为选讲,有一定单片机和编程基础的学生可自学。本书建议参考学时数为80学时,其中40学时为实训学时。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 物联网及 RFID 技术	1	2.1.3 RFID 的天线技术	25
1.1 物联网概述	1	2.1.4 RFID 天线的应用和设计	26
1.1.1 物联网的定义	1	2.2 RFID 的编码、调制与解调	28
1.1.2 物联网的发展背景	1	2.2.1 编码与解码	28
1.1.3 物联网的应用领域	2	2.2.2 RFID 常用编码	29
1.1.4 物联网的体系结构	4	2.2.3 调制与解调	32
1.1.5 物联网产业及市场	5	2.2.4 RFID 常用的调制方法	33
1.2 RFID 技术	5	2.3 RFID 的差错控制与数据安全	
1.2.1 RFID 的技术特点	5	设计	35
1.2.2 RFID 的应用	6	2.3.1 RFID 数据的差错控制	35
1.2.3 RFID 的发展历程	6	2.3.2 纠错编码的基本原理	38
1.3 RFID 系统的组成、工作流程和		2.3.3 差错控制编码的基本概念	39
分类	7	2.3.4 常用纠错的编码分类	41
1.3.1 RFID 系统的组成	7	2.3.5 RFID 编码方式的选择	42
1.3.2 RFID 系统的工作流程	9	2.3.6 RFID 数据的完整性实施及安全	
1.3.3 RFID 系统的分类	9	设计	42
1.4 RFID 标准体系简介	12	2.3.7 RFID 的安全设计	44
1.4.1 ISO/IEC RFID 标准体系概述	12	2.4 RC500 系列 Mifare 射频卡系统	
1.4.2 ISO/IEC 18000 空中接口标准	12	实训 2	47
1.4.3 ISO/IEC 数据标准	14	2.5 习题	49
1.4.4 ISO/IEC 应用标准	15	第 3 章 RFID 系统关键设备	51
1.4.5 软件标准	16	3.1 电子标签	51
1.4.6 实时定位标准	17	3.1.1 电子标签概述	51
1.5 我国 RFID 技术的应用和发展		3.1.2 电子标签的分类	51
前景	17	3.1.3 电子标签的组成及基本工作原理	53
1.6 RC500 系列 Mifare 射频卡系统		3.1.4 电子标签的应用	55
实训 1	18	3.1.5 电子标签的历史与发展趋势	59
1.7 习题	21	3.2 RFID 读写器	60
第 2 章 RFID 技术及数据传输	22	3.2.1 RFID 读写器概述	60
2.1 RFID 技术的工作原理	22	3.2.2 RFID 读写器的分类	61
2.1.1 RFID 物理学原理	22	3.2.3 RFID 读写器的组成	62
2.1.2 数据传输原理	23	3.2.4 RFID 读写器的工作方式	65

3.2.5	RFID 读写器产品	65	实训	100
3.2.6	RFID 读写器的发展与应用	69	4.5.4	高频 RFID 设备的安装及设计
3.3	RFID 中间件	70	实训	106
3.3.1	中间件概述	70	4.5.5	特高频 RFID 设备的安装及设计
3.3.2	RFID 中间件的分类	71	实训	111
3.3.3	RFID 中间件的结构和标准	72	4.6	习题
3.3.4	RFID 中间件产品	73	第 5 章	RFID 智能安全管理系统的
3.3.5	RFID 中间件的发展和未来趋势	75	设计	115
3.4	RC500 系列 Mifare 射频卡系统		5.1	智能安全管理简介
实训 3		75	5.1.1	智能安全管理的发展
3.5	习题	81	5.1.2	智能安全管理的种类
第 4 章	RFID 门禁系统的设计	82	5.2	企业智能安全系统的设计
4.1	门禁系统简介	82	实例	115
4.1.1	门禁系统的发展	82	5.2.1	企业智能安全系统的需求
4.1.2	门禁系统的种类	82	5.2.2	企业智能安全系统的组成
4.1.3	门禁系统的功能	83	5.2.3	企业智能安全系统总体方案
4.2	RFID 门禁系统	84	设计	117
4.2.1	RFID 门禁系统简介	84	5.2.4	周界防入侵报警子系统的设计
4.2.2	RFID 门禁系统的功能	84	5.2.5	企业智能防盗报警子系统的设计
4.2.3	RFID 门禁系统的硬件及软件	84	5.2.6	闭路电视监控子系统的设计
4.3	人员进出控制 RFID 门禁系统的		5.2.7	离线式保安巡更子系统的设计
总体设计		85	5.3	基于 RFID 的校园安全智能管理
4.3.1	门禁系统的控制原理	86	系统的设计实例	120
4.3.2	系统目标	86	5.3.1	校园安全智能管理系统概述
4.3.3	系统网络结构	87	5.3.2	校园安全管理系统的总体组成
4.3.4	系统软件体系结构	87	5.3.3	校园门禁管理系统
4.4	小区车辆自动管理 RFID 门禁		5.3.4	宿舍进出管理系统
系统的设计		88	5.3.5	家校通管理系统
4.4.1	小区车辆自动管理 RFID 门禁系统		5.3.6	越墙报警管理系统
概述		88	5.3.7	校园巡更管理系统
4.4.2	小区车辆自动管理 RFID 门禁系统的		5.3.8	校园一卡通管理系统
构成		88	5.3.9	RFID 校园门禁考勤平安短信系统的
4.5	门禁系统 RFID 设备的设计与		解决方案	125
安装实训		91	5.4	RFID 智能安全管理系统的
4.5.1	RFID 实训开发环境的搭建及硬件		与安装实训	126
测试实训		91	5.4.1	2.4GHz 有源微波 RFID 设备的
4.5.2	低频 RFID 设备的设计与安装		及设计实训	126
实训		94	5.4.2	2.4GHz 有源 RFID 人员定位
4.5.3	高频 RFID 设备的通信协议			

实训	131
5.4.3 RFID 实训箱串口通信实训	135
5.5 习题	139
第 6 章 RFID 智能交通管理系统的设计	140
6.1 RFID 智能交通管理系统简介	140
6.1.1 智能交通管理系统的发展	140
6.1.2 RFID 技术在智能交通管理系统中的应用	141
6.2 RFID 智能交通管理系统架构	142
6.2.1 智能交通系统整体架构	142
6.2.2 智能交通应用系统架构	143
6.2.3 道路交通信息采集系统架构	145
6.2.4 智能信号灯控制系统架构	145
6.3 智能公交管理系统的设计	146
6.3.1 智能公交系统的总体设计	146
6.3.2 系统应用方案设计	147
6.3.3 交通管理系统的组成	147
6.4 智能交通管理系统 RFID 设备的设计与安装实训	151
6.4.1 模拟 LED 信号灯闪烁的安装调试实训	151
6.4.2 模拟 LCD 显示屏显示交通管理信息的安装调试实训	154

6.4.3 模拟交通管理信息控制触摸屏的安装调试实训	158
6.5 习题	163
第 7 章 RFID 嵌入式系统开发	164
7.1 嵌入式系统简介	164
7.1.1 嵌入式系统的特点	164
7.1.2 嵌入式系统的组成	165
7.2 基于 ARM 处理器的嵌入式 Linux 操作系统	167
7.2.1 ARM 处理器	167
7.2.2 嵌入式 Linux 操作系统	168
7.3 嵌入式系统的开发流程	169
7.4 嵌入式系统在 RFID 中的应用	170
7.5 RFID 嵌入式系统 Linux 开发应用实训	170
7.5.1 基于 ARM 9 实训箱的 LED 控制实训	170
7.5.2 基于 ARM 9 实训箱的嵌入式 Linux 内核移植	176
7.5.3 将 ARM 9 开发板接入无线局域网	181
7.6 习题	188
参考文献	189

第 1 章 物联网及 RFID 技术

1.1 物联网概述

1.1.1 物联网的定义

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称是“The Internet of things”。顾名思义，“物联网就是物物相连的互联网”。这有两层意思：第一，物联网的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在任何物品与物品之间进行信息交换和通信。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算和泛在网络的融合应用，被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网是互联网的应用拓展，与其说物联网是网络，不如说物联网是业务和应用。因此，应用创新是物联网发展的核心，以用户体验为核心是物联网发展的灵魂。

物联网这个概念，在我国早在 1999 年就提出来了。当时称为传感网。其定义是，通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网相连接，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。

“物联网概念”是在“互联网概念”的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间，进行信息交换和通信的一种网络概念。

1.1.2 物联网的发展背景

2009 年 1 月 28 日，奥巴马就任美国总统后，与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”。作为仅有的两名代表之一，IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。当年，美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大重点。如今，“智慧地球”战略被不少美国人认为与当年的“信息高速公路”有许多相似之处，同样被他们认为是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。该战略能否掀起如当年互联网革命一样的科技和经济浪潮，不仅为美国关注，更为世界所关注。目前，各国政府主要在医疗、电子政务、电网、教育、交通和城市管理等领域推行物联网。

自 2009 年 8 月，时任总理的温家宝同志提出“感知中国”以来，物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一，写入“政府工作报告”。物联网在我国受到了全社会极大的关注，其受关注程度是与在美国、欧盟以及其他各国不可比拟的。

物联网的概念与其说是一个外来概念，不如说它已经是一个“中国制造”的概念，其覆盖范围与时俱进，已经超越了 1999 年 Ashton 教授和 2005 年国际电信联盟（ITU）报告所指的范围，物联网已被贴上“中国式”标签。截至 2010 年，国家发展和改革委员会（国家发

改委)、国家工业和信息化部(国家工信部)等部委正在会同有关部门,在新一代信息技术方面开展研究,以形成支持新一代信息技术的一些新政策措施,从而推动我国经济的发展。

1.1.3 物联网的应用领域

信息时代,物联网无处不在。物联网应用涉及国民经济和人类社会生活的方方面面。物联网具有实时性和交互性的特点,其应用领域如图 1-1 所示。



图 1-1 物联网应用领域

1. 智能家居

人们将智能家居产品集自动化控制系统、计算机网络系统和网络通信技术于一体,将各种家庭设备(如音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统和网络家用电器等)通过智能家庭网络联网实现自动化,通过中国电信的宽带、固话和 3G 无线网络,可以实现对家庭设备的远程操控。与普通家居相比,智能家居不仅提供舒适宜人且高品位的家庭生活空间,实现更智能的家庭安防系统;而且将家居环境由原来的被动静止结构转变为具有能动智慧的工具,提供全方位的信息交互功能。

2. 智能医疗健康

人们通过智能医疗系统,借助简易实用的家庭医疗传感设备,对家中病人或老人的生理指标进行自测,并将生成的生理指标数据通过固定网络或 3G 无线网络传给护理人或有关医疗单位。根据用户需求,运营商还提供相关增值业务,如紧急呼叫救助服务、专家咨询服务、终生健康档案管理服务等。智能医疗系统真正解决了现代社会子女们因工作忙碌无暇照顾家中老人的无奈,可以随时表达孝子情怀。

3. 智能城市

智能城市产品包括对城市的数字化管理和城市安全的统一监控。前者利用“数字城市”理论,基于 3S[即地理信息系统(Geographic Information System, GIS)、全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、遥感系统(Remote Sensing, RS)]等关键技术,深入开发和应用空间信息资源,建设服务于城市规划、城市建设和管理,服务于政府、企业、公众以及人口、资源环境、经济社会的可持续发展的信息基础设施和信息系统;后者基于宽带互联网的实时远程监控、传输、存储和管理的业务,利用无处不达的宽带和 3G 网络,将分

散、独立的图像采集点进行联网，实现对城市安全的统一监控、统一存储和统一管理、为城市管理和建设者提供一种全新、直观和视听觉范围延伸的管理工具。

4. 智能环保

智能环保产品通过对实施地表水水质的自动监测，可以实现水质的实时连续监测和远程监控，及时掌握主要流域重点断面水体的水质状况，预警、预报重大或流域性水质污染事故，解决跨行政区域的水污染事故纠纷，监督总量控制制度的落实情况。如太湖环境监测项目，通过安装在环太湖地区的各个监控的环保和监控传感器，将太湖的水文、水质等环境状态提供给环保部门，实时监控太湖流域水质等情况，并通过互联网将监测点的数据报送至相关管理部门。

5. 智能交通管理

智能交通系统包括公交行业无线视频监控平台、智能公交站台、电子票务、车管专家和公交手机一卡通 5 种业务。

1) 公交行业无线视频监控平台利用车载设备的无线视频监控和 GPS 定位功能，对公交运行状态进行实时监控。

2) 智能公交站台通过媒体发布中心与电子站牌的数据交互，实现公交调度信息数据的发布和多媒体数据的发布功能，还可以利用电子站牌实现广告发布等功能。

3) 电子票务是二维码应用于手机凭证业务的典型应用。从技术实现的角度，手机凭证业务就是手机凭证，是以手机为平台、以手机身后的移动网络为媒介，通过特定的技术实现完成凭证功能。

4) 车管专家利用全球卫星定位技术 (GPS)、CDMA 码分多址，无线通信技术 (Code-Division Multiple Access, CDMA)、地理信息系统技术 (GIS)、3G 等高新技术，将车辆的位置与速度和车内外的图像、视频等各类媒体信息及其他车辆参数等进行实时管理，有效满足用户对车辆管理的各类需求。

5) 公交手机一卡通将手机终端作为城市公交一卡通的介质，除完成公交刷卡功能外，还可以实现小额支付、空中充值等功能。

6. 智能农业

智能农业产品通过实时采集温室内温度、湿度信号以及光照、土壤温度、CO₂ 浓度、叶面湿度和露点温度等环境参数，自动开启或者关闭指定设备。可以根据用户需求，随时进行处理，为设施农业综合生态信息自动监测、对环境进行自动控制和智能化管理提供科学依据。通过模块采集温度传感器等信号，经由无线信号收发模块传输数据，实现对大棚温、湿度的远程控制。智能农业产品还包括智能粮库系统，该系统通过将粮库内温湿度变化的感知与计算机或手机的连接进行实时观察，记录现场情况，以保证量粮库内的温、湿度平衡。

7. 智能物流零售

智能物流打造了集信息展现、电子商务、物流配载、仓储管理、金融质押、园区安保和海关保税等功能为一体的物流园区综合信息服务平台。信息服务平台以功能集成、效能综合为主要开发理念，以电子商务、网上交易为主要交易形式，建设了高标准、高品位的综合信息服务平台，并为金融质押、园区安保以及海关保税等功能预留了接口，可以为园区用户及管理人员提供一站式综合信息服务。

8. 智能校园

校园手机一卡通和金色校园业务促进了校园的信息化和智能化。校园手机一卡通主要实现电子钱包、身份识别和银行圈存等功能。电子钱包即通过手机刷卡实现主要校内消费；身份识别包括门禁、考勤、图书借阅和会议签到等；银行圈存即实现银行卡到手机的转账充值、余额查询。目前校园手机一卡通的建设，除了满足普通一卡通功能外，还实现了借助手机终端实现空中圈存、短信互动等应用。

1.1.4 物联网的体系结构

物联网系统有 3 个层次：一是感知层，即利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息；二是网络层，通过各种电信网络与互联网的融合，将物体的信息实时准确地传递出去；三是应用层，把从感知层得到的信息进行处理，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等实际应用。物联网技术体系结构如图 1-2 所示。

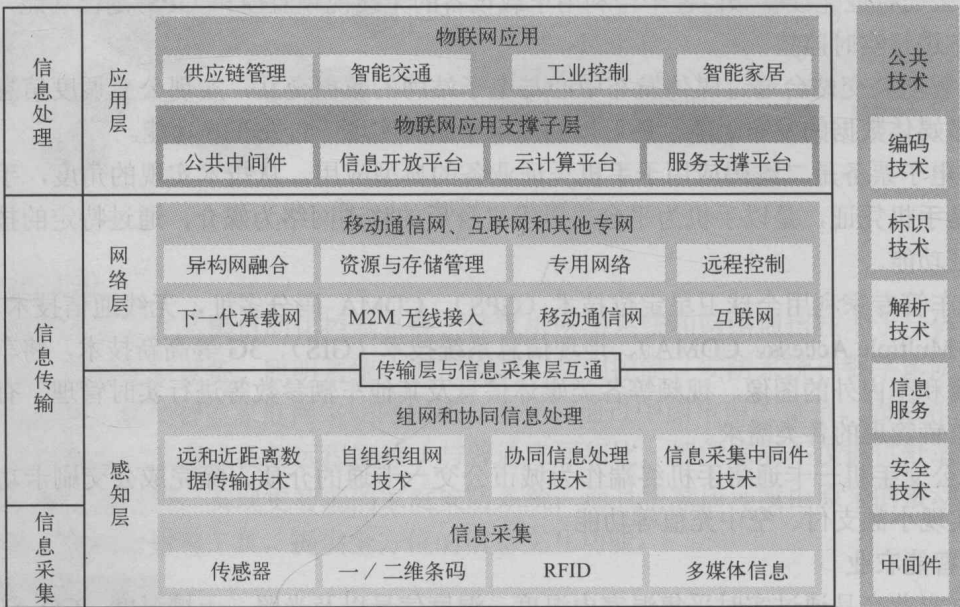


图 1-2 物联网技术体系结构图

1. 感知层

感知层是物联网的“皮肤和五官”。感知层包括二维码标签和识读者、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、终端和传感器网络等，主要是识别物体，采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用相似。

2. 网络层

网络层是物联网的“神经中枢”以及“大脑”信息传递和处理。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和处理，类似于人体结构中的神经中枢和大脑。

3. 应用层

应用层是将物联网的“社会分工”与行业专业技术深度融合，与行业需求结合，实现行

业智能化，类似于人的社会分工，最终构成人类社会。

1.1.5 物联网产业及市场

全球都将物联网视为信息技术的第三次浪潮，是确立未来信息社会竞争优势的关键。据美国独立市场研究机构（Forrester）预测，物联网所带来的产业价值要比互联网高 30 倍，物联网将形成下一个上万亿元规模的高科技市场。

将整体物联网按价值分类，硬件厂商的价值较小，传感器、芯片厂商加上通信模块提供商约占整体产业价值的 15% 左右，电信运营商提供的管道约占整体产业价值 15%，剩下 70% 的市场价值均由系统集成商、服务提供商、中间件及应用商分享，而这类占产业价值大头的公司通常都集多种角色于一体，以系统集成商的角色出现。

1.2 RFID 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。自动识别的方法有多种，包括光学符号识别、智能 IC 卡识别、生物（指纹和语音）识别、条形码识别以及射频识别等。

1.2.1 RFID 的技术特点

射频识别技术（Radio Frequency Identification, RFID）是从 20 世纪 90 年代兴起的一项自动识别技术。它通过磁场或电磁场，利用无线射频方式进行非接触双向通信，以达到识别目的并交换数据。与之前广泛应用的识别方式——条形码相比，RFID 技术无需直接接触、无需光学可视、无需人工干预即可完成信息输入和处理，操作方便快捷。RFID 自动识别技术的优势及特点主要表现在如下几个方面。

1) 快速扫描。条形码一次只能有一个条形码受到扫描，RFID 读写器可以同时辨识读取数个 RFID 标签。

2) 体积小小型化、形式多样化。RFID 在读取上并不受尺寸大小与形状限制，不需要为了读取精确度而配合纸张的固定尺寸和印刷品质。此外，RFID 标签更可向小型化与多样形态发展，以应用于不同产品。

3) 抗污染能力和耐久性。传统条形码的载体是纸张，容易受到污染，而 RFID 对水、油和化学药品等物质具有很强的抵抗性。此外，由于条形码是贴在塑料袋或外包装纸箱上，所以特别容易受到折损，RFID 卷标是将数据存在芯片中，因此可以免受污损。

4) 可重复利用。现今的条形码被印制上去之后就无法更改，而 RFID 标签则可以重复地新增、修改和删除其卷标中内储存的数据，方便信息的更新。

5) 穿透性和无屏障阅读。在被覆盖的情况下，RFID 能穿透纸张、木材和塑料等非金属或非透明的材质，并能进行穿透性通信，而条形码扫描机必须在近距离而且没有物体阻挡的情况下，才能读取条形码。

6) 数据的记忆容量大。条形码最大的容量可存储数千字符，而 RFID 最大容量达到数兆字符。随着时代发展，数据容量有不断扩大的趋势，未来物品所需携带的资料量会越来越

大,对标签所能扩充容量的需求也相应增加。

7) 安全性。RFID 承载的是电子式信息,其数据内容可经由密码保护,使其内容不易被伪造及更改。近几年来,RFID 因其所具备的远距离读取、高存储量等特性而备受瞩目。

1.2.2 RFID 的应用

RFID 技术最早的应用可追溯到第二次世界大战中飞机的敌我目标识别,英国空军受到雷达工作原理的启发开发了敌我飞机识别(Identification Friend or Foe, IFF)系统,希望被物体反射回来的雷达无线电波信号中能够包含敌我识别的信息,从而避免误伤己方飞机,但当时的应用方式仅仅是一种加密的 ID 号而已。随后的 30 年间,随着晶体管、集成电路、微处理器和通信网络等技术相继取得突破,在商场和超市中使用电子防盗器(Electronic Article Surveillance, EAS)来对付窃贼成为 RFID 技术首个世界范围内的商业应用。

RFID 技术在 20 世纪 80 年代全面开花,在不同地域和不同应用方向上焕发生机。美国人的兴趣主要在交通管理、人员控制;而欧洲人则主要关注短距离动物识别以及工商业的应用。挪威于 1987 年建成了全球第一个商业化的公路电子收费系统,美国铁路协会和集装箱管理合作计划委员会也积极推动 RFID 技术的应用,在公路管理和林肯隧道的公共汽车上商业运行 RFID 系统。RFID 技术终于通过电子收费系统找到实用化的立足点,并不断扩大应用领域。20 世纪 90 年代中期,中国建设的铁路车号自动识别系统以 RFID 技术作为解决“货车自动抄车号”的最佳方案,从而为铁路管理信息等系统提供列车、车辆、集装箱实时追踪管理所需的准确和实时的基础信息,成为亚洲 RFID 技术最成功的应用之一。

进入 21 世纪,几家跨国大型零售商 WalMart、Metro、Tesco 等相继宣布了各自的 RFID 计划,以提高供应链的透明度和效率,并得到供应商的支持。从此,RFID 技术打开了一个新的巨大市场。RFID 技术的诸多特点决定了其应用领域具有广泛性,但是各项核心技术的成熟度不同又决定了其应用必是分阶段实现的。20 世纪 70 年代兴起的不停车收费技术是基于管理部门提高服务水平要求的结果,而 RFID 标签的体积和成本则不是主要的考虑内容。随后出现的电子防盗系统关注的是可靠性和成本,尽管功能相对简单,但仍取得了商业上的成功。进入新世纪,一方面大规模集成电路设计技术取得突飞猛进的发展,另一方面企业出于提高自身竞争力的考虑,主动寻找新的技术提高管理和流通效率,成本越来越低的 RFID 标签可被方便地粘贴于射频的包装上,并取代条形码成为供应链管理增值的主要手段。

此外,生物特征识别技术、微电子机械系统技术的兴起,也促成了一些集成多种功能的 RFID 应用,比如集成指纹、虹膜等身份信息的机器可读旅行证件(Machine Readable Traveling Document, MRTD)又称电子护照或集成微传感器的 RFID 标签传感器等。

基于下一代移动通信技术与互联网技术的不断成熟,对物品进行精确管理的涉及公共安全方面的需求也在不断产生,如高价值资产管理、危险品跟踪和食品安全追溯等。特别是 RFID 技术与卫星定位及移动通信技术具有很强的互补性,未来组成的无线传感网可以应用于室内定位和未知环境探测等方面。

1.2.3 RFID 的发展历程

近年来,随着大规模集成电路、网络通信和信息安全等技术的发展,RFID 技术进入商业化应用阶段。RFID 技术具有非接触识别、多目标识别和高速移动物体识别等特点,显示

出巨大的发展潜力和应用空间，被认为是 21 世纪最有发展前途的信息技术之一，已得到全球业界的高度重视。RFID 技术的发展基本可按每 10 年为周期划分为以下几个阶段，如表 1-1 所示。

表 1-1 RFID 技术的发展阶段

时 间	RFID 技术发展
1940—1950 年	雷达的应用催生了 RFID 技术，奠定了 RFID 技术的理论基础，处于实验室实验阶段
1950—1960 年	RFID 技术理论得到了发展，开始一些应用尝试
1960—1970 年	RFID 技术与产品处于大发展时期，各种 RFID 技术测试技术得到加速发展
1970—1980 年	出现了一些最早的 RFID 应用，RFID 产品进入商业应用阶段，各种封闭应用系统开始出现
1980—1990 年	RFID 技术标准化问题日趋为人们所重视，产品得到广泛应用
1990—2000 年	产品标准化得到统一，RFID 产品种类更加丰富
2000 年至今	各种电子标签得到发展，成本降低，中间件系统层出不穷

RFID 技术一方面在不断拓展应用领域的广度，另一方面也在拓展应用领域的深度。例如在制造业中，RFID 技术就正在进入制造过程的核心，在信息管理、制造执行、质量控制、标准符合性、跟踪和追溯、资产管理以及仓储量可视化等方面发挥着越来越大的作用。

RFID 技术涉及信息、制造、材料等诸多高科技领域，涵盖无线通信、芯片设计与制造、天线设计与制造、标签封装、系统集成和信息安全等技术，一些国家和国际跨国公司都在加速推动 RFID 技术的研发和应用进程。在过去 10 年间，共产生数千项关于 RFID 技术的专利。近年来，射频识别技术在国内外发展很快，RFID 产品种类很多，像 TI、Motorola、Philips 和 Microchip 等世界知名厂商都在生产 RFID 产品，并且各有特点，自成体系。RFID 技术已经被广泛应用在工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等诸多领域。随着成本的下降和标准化的实现，RFID 技术的全面推广和应用具有不可逆转的趋势。

2009 年由我国多个部委联合发布的《中国射频识别技术政策白皮书》和《中国射频识别技术发展与应用报告》，不仅为中国 RFID 产业发展指明了方向，而且全面带动了全国范围内 RFID 应用的发展。在推进物联网发展、实现流通现代化的目标后，RFID 应用的全面推进更是指日可待。

1.3 RFID 系统的组成、工作流程和分类

1.3.1 RFID 系统的组成

作为物联网的核心技术之一，RFID 技术的应用领域非常广泛。不同领域的应用需求不同，造成了目前多种标准和协议的 RFID 设备共存的局面，这就使得应用系统架构复杂程度大为提高，但就基本的 RFID 系统来说，其组成相对简单而清晰，主要包括 RFID 标签、读写器、天线、中间件和应用软件等 5 个部分。

(1) RFID 标签

RFID 标签俗称电子标签，也称为应答器 (Transponder Responder, TAG)，根据工作方式可分为主动式 (有源) 和被动式 (无源) 两大类。被动式是 RFID 系统是目前研究的重

点。被动式 RFID 标签由标签芯片和标签天线或线圈组成，利用电感耦合或电磁反向散射耦合原理实现与读写器之间的通信。RFID 标签中存储一个唯一编码，通常为 64bit、96bit 甚至更高。其地址空间大大高于条形码所能提供的空间，因此可以实现单品级的物品编码。图 1-3 所示是一款 RFID 标签芯片的内部结构框图，主要包括射频前端、模拟前端、数字基带处理单元和 E²PROM 存储单元 4 部分。

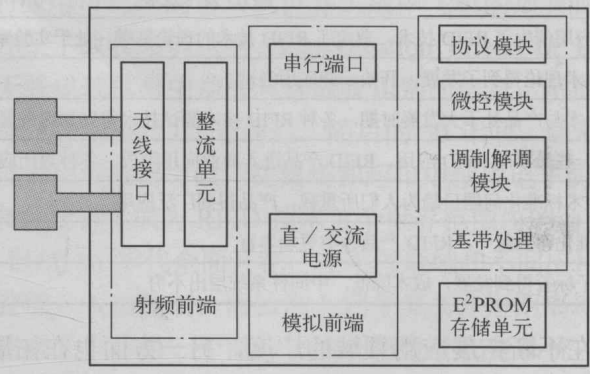


图 1-3 一款 RFID 标签芯片的内部结构框图

(2) 读写器

读写器又称为阅读器 (Reader) 或询问器 (Ingerrogator)，是对 RFID 标签进行读/写操作的设备，主要包括射频模块和数字处理单元两部分。一方面，RFID 标签返回的微弱电磁信号通过天线进入读写器的射频模块并转换为数字信号，再经过读写器的数字信号处理单元对其进行必要的加工整形，最后从中解调并返回信息，完成对 RFID 标签的识别或读/写操作；另一方面，上层中间件及应用软件与读写器进行交互，实现操作指令的执行和数据汇总上传，在上传数据时，读写器会对 RFID 标签数据进行去重过滤或简单的条件过滤，因此在很多读写器中还集成了微处理器和嵌入式系统，实现一部分中间件的功能，如信号状态控制、奇偶位错误校验与修正等。未来的读写器呈现出智能化、小型化和集成化趋势。在物联网系统中，读写器将成为同时具有通信、控制盒、计算 (Communication, Control, Computing) 功能的核心设备。

(3) 天线

天线 (Antenna) 是 RFID 标签与读写器之间实现射频信号空间传播和建立无线通信连接的设备。RFID 系统包括两类天线，一类是 RFID 标签上的天线，与 RFID 标签集成为一体，另一类是读写器天线，既可以内置于读写器中，又可以通过同轴电缆与读写器的射频输出端口相连。在实际应用中，天线设计参数是影响 RFID 系统识别范围的主要因素。对高性能的天线，不仅要求其具有良好的阻抗匹配特性，而且需要根据应用环境的特点对其方向特性、极化特性和频率特性进行专门设计。

(4) 中间件

中间件 (Middleware) 是一种面向消息的、可以接受应用软件端发送的请求，对指定的一个或多个读写器发起操作并接收、处理后向应用软件返回结果数据的特殊化软件。中间件在 RFID 应用中除了可以屏蔽底层硬件带来的多种业务场景、硬件接口、使用标准造成的可靠性和稳定性问题，还可以为上层应用软件提供多层次、分布式、异构的信息环境下业务信