



经典译丛

微波与射频技术



RFID Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC  
6. Auflage

# 射频识别技术 原理与应用

(第六版)

RFID Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen  
von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC  
6. Auflage

【德】Klaus Finkenzeller 著

王俊峰 宋起柱 彭 潇 马爱文 等译  
马爱文 任迁兵 审校



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

经典译丛·微波与射频技术

# 射频识别技术原理与应用

(第六版)

RFID-Handbuch

Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern,  
kontaktlosen Chipkarten und NFC  
6. Auflage

[德] Klaus Finkenzeller 著

王俊峰 宋起柱 彭 潇 马爱文 等译  
马爱文 任迁兵 审校

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书全面综合了射频识别(RFID)技术基础资料,填补了RFID系统参考文献的一个空白,是一本面向实际应用的专业基础技术书籍。本书主要介绍了RFID技术的工作原理、物理特性、数据传输技术的基本知识、国际标准与规范、编码与调制、数据的完整性与安全性、读写器与应答器的结构与制造、对RFID系统的各种攻击手段与防范措施、RFID测试技术以及RFID的各种应用案例等。

本书针对不同的目标读者群,包括初次接触RFID的工程技术人员和在校学生,以及正在从事RFID相关工作,并希望或有必要全面了解并掌握RFID的发展现状及相关法律条例或实际应用的技术人员。

Copyright © 2012

Carl Hanser Verlag, Munich/FRG

All right reserved.

Authorized translation from the original German language edition published by Carl Hanser Verlag, Munich/FRG.

本书版权归 Carl Hanser Verlag, Munich/FRG 所有。

本书中文简体字版译自于 Carl Hanser Verlag, Munich/FRG 出版的德语原版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2011-5862

## 图书在版编目(CIP)数据

射频识别技术原理与应用:第6版/(德)芬肯策勒(Finkenzyler, K.)著;王俊峰等译.

北京:电子工业出版社,2015.1

(经典译丛·微波与射频技术)

书名原文:RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC 6. Auflage

ISBN 978-7-121-24990-7

I. ①射… II. ①芬… ②王… III. ①射频-无线通信-信号识别 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第278993号



策划编辑:马 岚

责任编辑:马 岚 特约编辑:姚 旭

印 刷:北京季峰印刷有限公司

装 订:北京季峰印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:28.25 字数:723千字

版 次:2001年6月第1版(原著第2版)

2015年1月第3版(原著第6版)

印 次:2015年1月第1次印刷

定 价:79.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

## 译 者 序

近年来,自动识别技术已经逐步发展成为一门独立的跨学科的专业技术。它与任何传统学科都不同,是将诸多专业领域的技术综合到一起的,包括射频技术、电磁兼容、半导体技术、数据保护、密码学、通信技术、制造技术和其他应用技术等。随着电子技术的迅猛发展和制造技术水平的不断提高,射频识别(RFID)技术在诸如货物采购与分配、商业贸易、生产制造、防盗技术、识别技术和医学应用等领域得到了广泛应用。

此外,射频智能卡在国内已广泛应用于公交、地铁等公共事业的收费系统;同时,具有接触通信和射频通信功能的双界面 CPU 卡也越来越受到人们关注。自动识别技术和应用发展迅猛,但比较全面的专业书籍目前还较少,难以满足广大技术人员和管理人员了解和学习自动识别技术的需要。

本书是一本面向实际应用的专业性射频识别技术的书籍,共有 15 章,涉及 RFID 技术的工作原理、物理特性、数据传输技术的基本知识、国际标准与规范、编码与调制、数据的完整性与安全性、读写器与应答器的结构与制造、对 RFID 系统的各种攻击手段与防范措施、RFID 测试技术以及 RFID 的各种应用案例等内容。本书作为一本注重实际应用的专业性技术参考书,不仅适用于从事射频识别技术的工程技术人员、射频识别产品的设计人员及有关专业的大专院校师生,同时也适用于复合型的现代企业管理人员。

在本书的翻译工作中,马爱文负责翻译第 1 章至第 4 章,宋起柱负责翻译第 5 章,王俊峰负责翻译第 6 章和第 7 章,彭潇负责翻译第 8 章至第 10 章,任迁兵负责翻译前言和第 11 章至第 15 章,并由马爱文和任迁兵进行了全书审校。本书译自德文版,为忠实于原文,文中涉及参考文献时原样列出(其中只有部分文献有英文版)。

本书在翻译过程中,得到了电子工业出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于本书内容专业技术性较强,涉及专业领域较广,如有错漏之处,衷心希望得到大家的批评指正。

# 前 言

本书针对不同的目标读者群。首先,对于初次接触射频识别(RFID)技术的工程技术人员和在校学生,书中用几章的篇幅介绍了RFID的工作原理、物理特性及数据传输技术的基本知识。此外,本书还适用于正在从事RFID相关工作,并希望或有必要全面了解并掌握RFID的发展现状及相关法律条例或实际应用的技术人员。

虽然在相关文献中已发表了大量有关RFID的论文资料,但在需要时将这些“分散”的信息收集在一起,是一件相当费时费力的事情,每次为再版而收集新的技术资料时,笔者对此深有体会。因此,本书也算是填补了关于RFID系统参考文献的一个空白。本书业已翻译成7种语言<sup>①</sup>并出版发行,有力地证明了行业内对该专业基础技术文献资料有大量需求。

本书使用了大量的图片和图标,对RFID做了最直观的描述。本书中篇幅最大、内容最丰富的一章重点阐述了射频识别技术的物理基础知识。此外,书中对数据载体(应答器)和读写器的基本结构及相关标准和无线电技术规范也做了描述。近年来,RFID的安全性显得越来越突出,因此本书用较大的篇幅介绍了各种攻击手段与防范措施。

尽管近期对2000年以来出现的过分夸大RFID技术的现象有所降温,但RFID技术仍在飞速发展,以至于像本书这样全面的基础资料也难以动态反映最新出现的新产品、新标准和新规范。由于RFID技术的不断发展,因此很难对其实际应用领域做出精准的判断,因为我们几乎每周都可以在媒体上看到有关RFID技术的新的应用领域。由于采用NFC技术制作的终端设备可以在数据载体(应答器)和读写器的功能之间随意切换,因此近期媒体报道的有关将NFC技术应用于移动电话的新型接口在行业内引起了极大重视。在此,对工业界为本书提供的有关新技术的建议和意见表示衷心的感谢。我相信,本书所提供的基本概念和物理原理仍为该领域最新发展的基础知识。

值得一提的是,本书和我的两位同事Rankl和Effing所著的《智能卡手册》于2008年2月5日在达姆士丹特(Darmstadt)举办的智能卡研讨会上同时获得了由Fraunhofer基金会颁发的智能卡大奖。该奖项旨在奖励那些在智能卡技术方面做出突出贡献的人。当时该书已走过卓有成效的10个年头。本书的第一版于1998年3月出版,当时只有德语版,全书共280页,而且当时RFID还属于生疏技术,几乎不被大众所知。但这一状况逐渐得到改善。目前,射频识别技术这个概念通过在电子护照及其作为电子产品代码(EPC)的应用已深入人心,并得到大众的关注。

由于RFID系统越来越成为一门多学科的复杂技术并快速发展着,作为个体作者,很难单独编写具有一定深度的文献资料。为了在一本书中尽量全面地阐述RFID技术,在本书的

<sup>①</sup> 有关本书德文版及其他语种翻译版的信息请参阅本书主页 <http://RFID-handbuch.com>。目前,本书已出版下列语言的版本:德语、英语、日语、简体中文、韩语、俄语和繁体中文(中国台湾版)。

第六版中首次纳入了其他作者编写的章节，并在今后再版时将继续采用这种合作方式。在此，对 Michael E. Wernle 先生、Michael Gebhart 先生、Josef Preishuber-Pflüegl 先生和 Peter Raggam 先生同意将其作品收入本书深感荣幸。

在此，我想对所有为本书提供了大量技术数据、技术文稿、图纸及图片的公司表示衷心感谢。

Klaus Finkenzeller

2012 年春于慕尼黑

# 缩 略 语

$\mu$ P	微处理器	CLK	时钟脉冲(时钟信号)
$\mu$ s	微秒( $10^{-6}$ s)	CRC	循环冗余码校验
ABS	丙烯腈丁二烯苯乙烯	DAC	数模转换器
ACM	存取配置矩阵	dBm	对数功率计量单位, 与 1 mW 高频功率有关 (0 dBm = 1 mW, 30 dBm = 1 W)
AFC	自动收费	DBP	差分双向编码
AFI	识别符的应用系列(参见 ISO14443-3)	DFT	离散傅里叶变换
AI	应用识别符	DIN	德国工业标准
AM	幅度调制	DoD	美国国防部
APDU	应用数据单元	DS	电子产品编码发现服务
ASCI	美国信息交换标准代码	DUT	待测设备
ASIC	专用集成电路	DWD	德国气象局
ASK	幅移键控	EAN	欧洲商品条形码
ATR	复位应答	EAS	电子商品防盗
ATQ	对请求的应答(ATQA, ATQB: 参见 ISO14443-3)	EC	欧洲支票或电子现金
AVI	自动车辆识别(铁路)	ECC	欧洲通信委员会
AWG	任意波形发生器	ECTRA	欧洲电信事务管理委员会
BAC	基础接入控制(手段)	EDI	电子文档交换
BAPT	德国联邦邮政电信局(现在提供电力、天然气、通信、邮政和铁路的联邦网络代理)	EEPROM	电可擦可编程只读存储器
Bd	波特, 传输速度(比特/秒)	EIRP	等效全向辐射功率
BGT	(数据)块保护时间	EMC	电磁兼容
BKA	德国联邦调查局	EMD	电磁干扰
BMBF	德国联邦教育和科研部(以前的 BMFT, 联邦科研和技术部)	EMV	欧陆卡、万事达卡和维萨卡联合组织
BMI	德国联邦内务部	EOF	帧结束
BP	带通滤波器	EPC	电子产品编码
BSI	德国联邦信息安全局	EPCIS	电子产品编码信息服务
C	电容(电容器的容量)	ERC	欧洲无线电通信委员会
CCG	德国的欧洲商品条形码分配中心	ERM	电磁兼容性和无线电频谱
CCITT	国际电话电报咨询委员会	ERO	欧洲无线电通信局
CEN	欧洲标准委员会	ERP	等效辐射功率
CEPT	欧洲邮政电信会议	ESB	等效电路图
CERP	欧洲邮政委员会	ETCS	欧洲铁路控制系统
CICC	紧耦合集成电路芯片卡	ETS	欧洲电信标准
CIU	非接触式接口单元	ETSI	欧洲电信标准研究所
		EVC	欧洲核心计算机(欧洲火车控制系统的组成部分)
		EVU	能源供应企业



FCC	联邦通信委员会	NVB	有效位的编号(参见 ISO/IEC 14443-3)
FDX	全双工	OCR	光学符号识别(清晰文字的识别)
FHSS	跳频扩频	OEM	原始设备制造商
FM	频率调制	OFW	表面波
FRAM	铁电随机存取存储器	ONS	物件名称服务
FSK	频移键控	OPNV	公共交通
GIAI	全球个人资产标识符(EPC)	OTA	空中接口(基于 SIM 卡或手机的 GPRS/UMTS 接口进行编程)
GID	通用标识符(EPC)	OTP	一次性可编程
GRAI	全球退还资产标识符(EPC)	PC	个人计算机
GSM	全球移动通信系统	PCD	疏耦合卡设备(参见 ISO/IEC 14443)
GTAG	全球标签(EAN 和 UCC 的射频识别系统的初始化)	PICC	疏耦合 IC 卡(参见 ISO/IEC 14443)
HDX	半双工	PIN	个人识别号码
HF	高频(3 ~ 30 MHz)	PKI	公共密钥结构
I <sup>2</sup> C	集成电路内部总线	PM	相位调制
ICAO	国际民航组织	PMU	电源管理单元
ICC	IC 卡(集成电路卡)	POS	销售点
ID	识别	PP	塑料包装
ISM	工业科学医疗(频率范围)	PPS	聚苯硫化
ISO	国际标准化组织	PSK	相移键控
ITU	国际电信联盟	PUPI	伪单一 PICC 标识符(参见 ISO/IEC 14443-4)
L	电感	PVC	聚氯乙烯
LAN	计算机局域网	R&TTE	无线电通信终端设备
LBT	先听后说	RADAR	无线电探测和测距
LF	低频(30 ~ 300 kHz)	RAM	随机存取存储器
LPD	低功率无线电装置(指能对数据或语音信号传输几百米的无线电装置)	RCS	雷达横截面(有效反射面、散射面)
LRC	纵向冗余码校验	REQ	请求
LSB	最低有效位	RFID	射频识别
MAD	MIFARE 应用指南	RFU	留作备用
MRZ	机器的可读区域	RTI	可重复利用商品
MSB	最高有效位	RTI	公路运输信息系统
NAD	节点地址	RTTT	公路运输及交通(运输)量的遥测
NFC	近场无线通信	RWD	读写装置
nömL	地区非官方的移动无线电(工业无线电、运输企业无线电、出租汽车无线电等)	SAM	安全鉴别模块
NRZ	不归零编码	SCL	串行时钟脉冲(I <sup>2</sup> C - 总线接口)
NTC	负温度系数(热敏电阻)	SDA	串行数据地址输入、输出(I <sup>2</sup> C - 总线接口)
NTWC	新技术工作组(ICAO)	SEQ	时序系统
		SGLN	序列化全球位置码(EPC)
		SMD	表面安装装置
		SNR	序列号
		SOF	帧开始



SRAM	静态随机存取存储器	UPU	万国邮政联盟
SRD	短距离设备(用于在几百米范围内传输语言或数据信号的无线电装置)	VCD	疏耦合卡设备(参见 ISO/IEC 15693)
SSCC	系列货运包装箱代码	VDE	联邦德国电工协会
TR	技术规程	VHF	特高频(30 ~ 300 MHz)
UART	通用异步接收/发送器(用于计算机接口的接收/发送器)	VICC	疏耦合非接触式 IC 卡(参见 ISO/IEC 15693)
UCC	通用代码委员会	VSWR	电压驻波比
UHF	超高频(300 MHz ~ 3 GHz)	XOR	异或
UN	联合国	ZV	允许使用的规范
UPC	通用产品代码		

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

第1章 导论 .....	1
1.1 自动识别系统 .....	2
1.1.1 条形码系统 .....	2
1.1.2 光学符号识别 .....	2
1.1.3 生物识别 .....	2
1.1.4 智能卡 .....	3
1.1.5 射频识别(RFID)系统 .....	4
1.2 各种识别系统的比较 .....	5
1.3 射频识别(RFID)系统的组成 .....	5
第2章 射频识别(RFID)系统的特征区别 .....	7
2.1 基本特征区别 .....	7
2.2 应答器的构造形式 .....	9
2.2.1 盘状和硬币状 .....	9
2.2.2 玻璃外壳 .....	9
2.2.3 塑料外壳 .....	10
2.2.4 工具和气体瓶子的识别 .....	10
2.2.5 钥匙和钥匙扣 .....	11
2.2.6 手表式 .....	11
2.2.7 ID-1型非接触式智能卡 .....	11
2.2.8 智能标签 .....	12
2.2.9 片上线圈 .....	12
2.2.10 其他的结构形式 .....	13
2.3 频率、作用距离和耦合 .....	13
2.4 有源应答器和无源应答器 .....	14
2.5 应答器中的信息处理 .....	15
2.6 射频识别系统的选择准则 .....	16
2.6.1 工作频率 .....	17
2.6.2 作用距离 .....	17
2.6.3 安全性要求 .....	18
2.6.4 存储器容量 .....	18
第3章 基本工作原理 .....	19
3.1 1位应答器 .....	19
3.1.1 射频 .....	20
3.1.2 微波 .....	22
3.1.3 分频器 .....	23

3.1.4	电磁法	24
3.1.5	声磁法	26
3.2	全双工和半双工	27
3.2.1	电感耦合	28
3.2.2	电磁反向散射耦合	35
3.2.3	紧耦合	37
3.2.4	电耦合	39
3.3	时序过程	41
3.3.1	电感耦合	41
3.3.2	表面波应答器	43
3.4	近场通信	44
3.4.1	有源模式	46
3.4.2	无源模式	46
<b>第4章</b>	<b>射频识别系统的物理基础</b>	<b>47</b>
4.1	磁场	47
4.1.1	磁场强度 $H$	47
4.1.2	磁通量和磁通量密度	50
4.1.3	电感 $L$	51
4.1.4	互感 $M$	51
4.1.5	耦合因数 $k$	53
4.1.6	感应定律	54
4.1.7	谐振	56
4.1.8	应答器的实际工作	59
4.1.9	工作磁场强度 $H_{\min}$	61
4.1.10	应答器-读写器系统	65
4.1.11	系统参数的测量	78
4.1.12	磁性材料	81
4.2	电磁波	84
4.2.1	电磁波的产生	84
4.2.2	辐射功率密度(坡印廷矢量) $S$	86
4.2.3	场波阻抗和电场强度 $E$	87
4.2.4	电磁波的极化	87
4.2.5	天线	89
4.2.6	微波应答器的实际工作	97
4.3	表面波	109
4.3.1	表面波的形成	109
4.3.2	表面波的反射	110
4.3.3	表面波应答器的功能结构	111
4.3.4	传感器效应	113
4.3.5	转换传感器	116

<b>第 5 章 频率范围和允许使用的无线电规范</b> .....	117
5.1 使用的频率范围 .....	117
5.1.1 频率范围 9 ~ 135 kHz .....	118
5.1.2 频率范围 6.78 MHz(ISM) .....	120
5.1.3 频率范围 13.56 MHz(ISM, SRD) .....	120
5.1.4 频率范围 27.125 MHz(ISM) .....	120
5.1.5 频率范围 40.680 MHz(ISM) .....	120
5.1.6 频率范围 433.920 MHz(ISM) .....	121
5.1.7 UHF 频率范围 .....	121
5.1.8 频率范围 2.45 GHz(ISM, SRD) .....	121
5.1.9 频率范围 5.8 GHz(ISM, SRD) .....	122
5.1.10 频率范围 24.125 GHz .....	122
5.1.11 电感耦合式射频识别系统的频率选择 .....	122
5.2 国际电信联盟 (ITU) .....	124
5.3 允许使用的欧洲规范 .....	125
5.3.1 CEPT/ERC REC 70-03(欧洲邮政电信会议/电子研究中心) .....	126
5.3.2 标准测试流程 .....	129
5.4 在欧洲允许使用的国家规范 .....	131
5.4.1 德国 .....	131
5.5 允许使用的国家规范 .....	133
5.5.1 美国 .....	133
5.6 国家规范的比对 .....	134
5.6.1 13.56 MHz 时的转换 .....	134
5.6.2 UHF 频段的转换 .....	135
<b>第 6 章 编码与调制</b> .....	136
6.1 基带编码 .....	136
6.2 数字调制法 .....	138
6.2.1 幅移键控(ASK) .....	139
6.2.2 二进制频移键控(2FSK) .....	140
6.2.3 二进制相移键控(2PSK) .....	141
6.2.4 副载波调制法 .....	142
<b>第 7 章 数据的完整性</b> .....	144
7.1 校验和法 .....	144
7.1.1 奇偶校验 .....	144
7.1.2 纵向冗余校验(LRC)法 .....	145
7.1.3 循环冗余校验(CRC)法 .....	145
7.2 多路存取法——防碰撞法 .....	147
7.2.1 空分多路法(SDMA) .....	148
7.2.2 频分多路法 .....	150

7.2.3	时分多路法	150
7.2.4	防碰撞法举例	151
<b>第8章</b>	<b>RFID 系统的安全性</b>	<b>162</b>
8.1	RFID 系统受到的攻击	163
8.1.1	对应答器的攻击	163
8.1.2	对射频接口的攻击	165
8.2	加密防御措施	186
8.2.1	加密功能及加密系统的特点	188
8.2.2	加密协议	196
<b>第9章</b>	<b>标准化</b>	<b>201</b>
9.1	动物识别	201
9.1.1	ISO/IEC 11784——代码结构	201
9.1.2	ISO/IEC 11785——技术概念	201
9.1.3	ISO/IEC 14223——增强型应答器	203
9.2	非接触式智能卡	206
9.2.1	国际标准 ISO/IEC 10536——紧耦合智能卡	207
9.2.2	ISO/IEC 14443——近耦合智能卡	207
9.2.3	ISO/IEC 15693——疏耦合智能卡	229
9.2.4	国际标准 ISO 10373——识别卡的测试方法	233
9.3	ISO/IEC 69873——工具和夹具用的数据载体	238
9.4	ISO/IEC 10374——集装箱自动识别	238
9.5	德国工程师协会规范 VDI 4470——货物安全系统	239
9.5.1	第1部分: 安检门系统的验收规范	239
9.5.2	第2部分: 灭活设备的检查规范	240
9.6	货物与商品管理	240
9.6.1	ISO/IEC 18000 标准系列	240
9.6.2	GTAG 倡议	244
9.6.3	电子产品编码全球化网络	245
9.6.4	EPCglobal UHF AI Class 1 Gen 2/ISO/IEC 18000-6 Type C/ISO/IEC 18000-63	250
9.7	RFID 标志	264
<b>第10章</b>	<b>电子数据载体的结构</b>	<b>267</b>
10.1	具有存储功能的应答器	267
10.1.1	高频接口	268
10.1.2	地址和安全逻辑	272
10.1.3	存储器结构	274
10.2	微处理器	282
10.2.1	双端口卡	284
10.3	存储器技术	287
10.3.1	RAM	287

10.3.2	EEPROM	288
10.3.3	FRAM	289
10.3.4	FRAM 和 EEPROM 的性能比较	290
10.4	物理参数的测量	290
10.4.1	具有传感器功能的应答器	290
10.4.2	用微波应答器进行的测量	291
10.4.3	表面波应答器的传感器效应	292
<b>第 11 章</b>	<b>读写器</b>	<b>294</b>
11.1	应用系统中的数据流	294
11.2	读写器的组成	295
11.2.1	高频接口	296
11.2.2	控制单元	299
11.3	集成读写器 IC 卡	300
11.3.1	集成高频接口	301
11.3.2	单片读写器 IC 卡	303
11.4	电感耦合系统的天线连接	307
11.4.1	利用电流匹配连接	307
11.4.2	通过同轴电缆供电	309
11.4.3	品质因数 $Q$ 的影响	311
11.5	读写器的结构形式	312
11.5.1	OEM 读写器	312
11.5.2	工业用读写器	312
11.5.3	便携式读写器	312
11.6	近场通信	313
11.6.1	安全的 NFC	314
<b>第 12 章</b>	<b>RFID 系统的测试技术</b>	<b>318</b>
12.1	近场通信系统的高频测试技术	318
12.1.1	接触式测试技术	319
12.1.2	非接触式测试技术	321
12.1.3	对近场智能卡的选定测试项	326
12.1.4	近场读写器的测试项	335
<b>第 13 章</b>	<b>应答器和非接触式智能卡的制造</b>	<b>340</b>
13.1	集成电路(芯片)的制造	341
13.1.1	半导体材料	341
13.1.2	集成电路制作	342
13.1.3	集成电路的测试	344
13.1.4	硅片的锯切	345
13.1.5	供货形式	345
13.1.6	其他包装	345



13.2	天线制作 .....	346
13.2.1	芯轴缠绕技术 .....	346
13.2.2	空心线圈的缠绕技术 .....	346
13.2.3	布线技术 .....	347
13.2.4	丝网印刷工艺 .....	348
13.2.5	蚀刻工艺 .....	349
13.2.6	冲压技术 .....	349
13.3	触点接通工艺 .....	349
13.3.1	封装半导体芯片的触点接通工艺 .....	350
13.3.2	未封装半导体芯片的触点接通技术 .....	351
13.4	特殊结构 .....	354
13.4.1	玻璃应答器 .....	354
13.4.2	塑料卡片式应答器 .....	356
13.4.3	制作嵌体(Inlay) .....	357
13.4.4	非接触式智能卡 .....	357
13.4.5	电子标签 .....	358
13.5	制作过程中的测试 .....	360
13.5.1	工艺参数 .....	360
13.5.2	高频参数的测试 .....	361
13.5.3	对产品性能的测试 .....	363
<b>第 14 章</b>	<b>应用实例 .....</b>	<b>364</b>
14.1	非接触式智能卡 .....	364
14.2	公共交通 .....	365
14.2.1	状况 .....	365
14.2.2	要求 .....	365
14.2.3	RFID 系统的好处 .....	366
14.2.4	电子车票的收费模式 .....	366
14.2.5	市场潜力 .....	367
14.2.6	项目实例 .....	368
14.3	非接触付费系统 .....	371
14.3.1	万事达卡 .....	373
14.3.2	运通支付卡 .....	373
14.3.3	非接触维萨卡 .....	373
14.3.4	ExxonMobil 速通装置 .....	373
14.4	近场通信(NFC)应用 .....	373
14.5	电子护照 .....	376
14.6	订滑雪票 .....	379
14.7	门禁控制 .....	380
14.7.1	在线系统 .....	380
14.7.2	离线系统 .....	380

14.7.3	应答器系统 .....	381
14.8	交通系统 .....	382
14.8.1	Eurobalise S21 .....	382
14.8.2	国际集装箱运输 .....	383
14.9	动物识别 .....	384
14.9.1	家畜的饲养 .....	384
14.9.2	信鸽竞赛 .....	387
14.10	电子闭锁防盗装置 .....	388
14.10.1	闭锁防盗装置的功能 .....	388
14.10.2	进展情况回顾 .....	390
14.10.3	未来展望 .....	391
14.11	容器识别 .....	391
14.11.1	储气瓶和化学容器 .....	391
14.11.2	垃圾清除 .....	392
14.12	体育活动 .....	393
14.13	工业自动化 .....	394
14.13.1	工具识别 .....	394
14.13.2	工业化生产 .....	396
14.14	医学应用 .....	401
<b>第 15 章</b>	<b>补充资料 .....</b>	<b>402</b>
15.1	作者简介 .....	402
15.2	联系地址、协会和专业杂志 .....	403
15.2.1	工业协会 .....	403
15.2.2	专业杂志 .....	405
15.2.3	射频识别系统的网址 .....	406
15.3	相关的标准和规范 .....	407
15.3.1	标准体系 .....	407
15.3.2	标准列表 .....	407
15.3.3	标准及规范的获取来源 .....	412
15.4	印制电路板布线 .....	413
15.4.1	符合 ISO/IEC 14443 标准的测试卡 .....	413
15.4.2	场发生器线圈 .....	416
15.4.3	13.56 MHz 读写器 .....	417
<b>参考文献</b>	.....	<b>422</b>