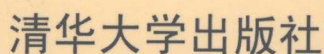


传感技术 与应用教程

张洪润 孙悦 张亚凡 编著



“十一五”高等院校电子信息工程规划教材

传感技术与应用教程

(第2版)

张洪润 孙悦 张亚凡 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据 21 世纪高等院校课程教学大纲的要求,结合现代电子技术、计算机技术发展的最新趋势,由作者总结多年的教学和科研经验,从实用角度出发,对《传感技术与应用教程》一书修订(对第 1 版个别章节的文字内容修改)而成的一本独具特色的教材。

全书共 10 章,分别介绍传感技术的作用、原理、结构特征以及实用方法。内容包括光电式传感器、数字式传感器、热电式传感器、电阻电感电容式传感器、霍尔传感器、生物传感器、超导传感器、智能传感器以及传感器的特性评价与信号处理等。对每一种传感器的介绍,都配有典型的应用案例,以进一步加强读者对技术应用的理解决;通过课后练习题,读者可以巩固所学知识,强化应用能力。

本书深入浅出,通俗易懂,是一本理论、实践并重的实用教程,除可用作高等院校电子信息、物理、仪器仪表、工业自动化、自动控制、机电一体化、计算机应用、生物医学、精密仪器测量与控制、汽车与机械类等专业的教材外,还可以作为科学研究人员、工程技术人员及自学人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,翻印必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

传感技术与应用教程/张洪润,孙悦,张亚凡编著.—2 版.—北京:清华大学出版社,2008.11
ISBN 978-7-302-18950-3

I. 传… II. ①张…②孙…③张… III. 传感器—高等学校—教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 183490 号

责任编辑:郑奎国

封面设计:林 陶

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京市鑫山源印刷有限公司

经 销:新华书店总店北京科技发行所

开 本:185×260

印 张:21.5

字 数:523 千字

版 次:2009 年 2 月第 2 版

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4 000

定 价:35.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
退换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:030444-01

再版丛书序

随着现代科学技术的不断发展,世界正面临一场新的大规模工业革命(又称信息革命)。特别是我国加入 WTO(世界贸易组织)后,各行各业都经历着深刻变革,人们对于信息资源的需求也日益增长。对于信息技术来说,其关键在于信息采集和信息处理两个环节,因此,在现代的信息技术中,被人们誉为“电子技术的五官”的传感器技术和被称为“电子技术的脑”的计算机技术就显得尤为重要。简单地说,电子技术、传感技术、计算机技术(包括单片计算机技术)已经成为 21 世纪最基础、最常用也最实用的技术。

除了对理论知识的学习外,实践能力也成为一项考核信息技术从业人员的重要指标,能够实际动手解决科研难题才是最终目的,所以,作为信息技术培训基地的高等院校进行教改势在必行。但是,目前能满足实践操作方面的教材相当缺乏,并且已有教材涉及的内容大多比较陈旧。为此,我们组织了大量有教学、科研经验的专家、教授,参照国家教育部“高等院校基础课程教学大纲”的要求,从“能够解决实际问题”的角度出发,精心编写了这套“十一五”高等院校电子信息工程规划教材。再版推出的教材有如下 5 本:

- 《模拟电路与数字电路》(《电子线路与电子技术》的升级版)
- 《电子器件原理及应用——元器件外形特征、模拟与数字电路实验》(《电子线路及应用》的升级版)
- 《单片机原理及应用》(第 2 版)
- 《单片机应用技术教程》(第 3 版)
- 《传感技术与应用教程》(第 2 版)

其中:

《模拟电路与数字电路》由《电子线路与电子技术》一书升级而成,主要内容包括:半导体二极管、三极管、基本放大电路,模拟集成电路,晶闸管(可控硅)电路,脉冲数字电路及逻辑时序电路,半导体存储器及信号转换处理电路等电子线路与电子技术中的基本内容。该书讲解由浅入深,并且配合了大量实例,另外每章附有小结、习题,并在书末附有习题参考答案,非常适合在校大学生和技术人员使用。

《电子器件原理及应用——元器件外形特征、模拟与数字电路实验》可作为《模拟电路与数字电路》的配套教材使用,是由《电子线路及应用》修订而成的,着重介绍了电子线路中的各种元器件及电子技术综合实践知识,更加突出了电子技术实践性强的特点。该教程分上、下两篇,上篇介绍了电阻、电容、电感、晶体管、电声器件、数码管、转换器以及继电器等各种常用电子元器件的外形特征、选用方法、使用注意

事项；下篇主要介绍模拟电路与数字电路实验，其中包括 19 个基本技能培训实验和 6 个综合技能培训实验。

《单片机原理及应用》是在第 1 版基础上修订而成的，主要介绍了单片机结构原理、单片机指令系统及程序设计、单片机中断、单片机串行接口、定时器/计数器、A/D 和 D/A 转换接口、单片机系统的工程设计实例、计算机系统的扩展技术及单片机 C 语言程序设计等内容，非常注重实用性。

《单片机应用技术教程》是在第 2 版基础上修订而成的，主要内容包括：单片机组成原理，应用系统的研制过程，指令系统与汇编语言和 C 语言的程序设计技巧，系统扩展 D/A、A/D 转换接口技术，单片机硬、软件加密技术，数据采集浮点放大技术，系统可靠性技术。全书通过 14 种工控实例，进一步阐述了单片机的应用技术以及 PC 机与单片机的通信实验和综合的步进电机控制实验等内容。

《传感技术与应用教程》是在第 1 版基础上修订而成的，主要介绍了传感技术的作用、原理、结构特征及使用方法，其内容包括光电式传感器、数字式传感器、热电式传感器、电阻电感电容式传感器、霍尔传感器、生物传感器、超导传感器以及智能传感器等。

正是由于采用了新的教育理念，本套再版教材严格遵循以下编写原则：

- ◆ 内容新颖，结构严谨，系统全面，语言精练。
- ◆ 图文并茂，讲述深入浅出、通俗易懂，注重理论与实践的紧密结合。
- ◆ 详尽介绍其他书籍中未有涉及的技术细节、技术关键，实用性强。

所以，本套教材具有非常广泛的应用范围。它不仅适合作为高等院校电子技术专业、电子信息专业、仪器仪表专业、应用物理专业、机械制造专业、测控计量专业、工业自动化专业、自动控制专业、生物医学专业、微电子专业、机电一体化专业及计算机应用等专业的教学参考书，同时也是科学研究人员、工程技术人员、维护修理人员自学参考的重要书籍。

本套再版教材在修订过程中，得到了四川大学、中国科技大学、南京大学、清华大学、重庆大学、北京大学、四川师范大学、复旦大学、浙江大学、南开大学、西南交通大学、电子科技大学、成都理工大学、北京科技大学、贵州教育学院等高校众多老师的支持，他们客观地提出了许多宝贵意见；同时，北京科海电子出版社的成洁老师也给予了大力支持和帮助；特别要感谢的是高洁院士，他在百忙之中审定了本套教材并做出特别推荐，他认为“这套教材内容实用、叙述清晰、深入浅出、体系完整，特别注重对学生动手能力的培养”。在此谨向参与本书编写的所有人员表示衷心感谢。

新世纪，新教材，新尝试。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评、指正。

丛书编委会

2009 年 1 月

再版前言

当今是“信息时代”。在这个时代，计算机被称为“大脑”，传感器被称为“五官”，信息的获取和处理都离不开“大脑”和“五官”。

由于传感技术的空前发展，其应用领域也不断深入，人们对这方面知识的需求愈显迫切。为此，我们应高等院校师生及广大科研工程技术人员的要求，组织有教学、科研经验的专家、教授，根据广大读者的建议和要求，适时对本书第1版的个别文字内容进行了修改。本版教材保留了原教材的系统和风格，并保留了其结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂、便于自学等特点。修订后的教材更具时效性、实用性。

全书共10章，分别介绍传感技术的作用、原理、结构特征以及使用方法，内容包括光电式传感器（色敏光、红外光、激光、核辐射光、CCD图像传感器等）、数字式传感器（光栅、磁栅、码盘、感应同步器）、热电式传感器（铂电阻、铜电阻、热电偶、热开关、集成温度传感器）、电阻电感电容式传感器、霍尔传感器、生物传感器（酶、微生物、免疫、生物分子、仿生传感器等）、超导传感器、智能传感器以及传感器的特性评价与信号处理等。各章末均有小结、习题及典型应用案例。

本书可作为电子信息、物理、仪器仪表、工业自动化、自动控制、机电一体化、计算机应用等专业的大学本科及研究生的必修课教材，建议讲授60~80学时。

本书内容系统、全面、新颖、实用，图文并茂，讲述深入浅出、通俗易懂，除可作为高等院校教材外，也可作为科学研究人员、工程技术人员、维护修理人员的自学参考书。

本书在编写和再版过程中，得到了清华大学、北京大学、四川大学、南京大学、重庆大学、北京科技大学、复旦大学、四川师范大学、南开大学、西南交通大学、浙江大学、成都理工大学和电子科技大学等高校众多老师的支持和帮助，他们客观地提出了许多宝贵意见，北京科海电子出版社的成洁老师也给予了大力的支持和帮助，在此，一并表示衷心的感谢。

本书由张洪润、孙悦、张亚凡担任主编，负责全书的统稿和审校。参加编写的人员还有冉鸣、王德超、邓洪敏、廖勇明、刘俊超、陈旭等。

限于编者水平，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2009年1月

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 传感技术的定义及作用	(1)
1.2 传感技术的组成与分类	(3)
1.2.1 传感技术的组成	(3)
1.2.2 传感器的分类	(3)
1.3 传感技术器件的特性参数及选择	(5)
1.3.1 静态参数	(5)
1.3.2 动态参数	(6)
1.3.3 选择传感器应注意的事项	(7)
1.4 传感技术器件的发展趋势	(8)
小结	(9)
习题	(10)
第2章 光电式传感技术	(11)
2.1 光敏二极管	(12)
2.1.1 光敏二极管的结构和工作原理	(12)
2.1.2 光敏二极管的基本特性	(12)
2.1.3 光敏二极管的型号参数	(14)
2.1.4 光敏二极管的应用	(15)
2.2 光敏三极管	(16)
2.2.1 光敏三极管的结构和工作原理	(16)
2.2.2 光敏三极管的基本特性	(16)
2.2.3 光敏三极管的型号参数	(18)
2.2.4 光敏三极管的应用	(19)
2.3 光敏电阻	(22)
2.3.1 光敏电阻的工作原理与结构	(22)
2.3.2 光敏电阻的主要参数和基本特性	(23)
2.3.3 常用光敏电阻的性能参数	(24)
2.3.4 光敏电阻的应用	(25)
2.4 光电池	(27)
2.4.1 光电池的工作原理和结构	(27)
2.4.2 光电池的基本特性	(28)

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 传感技术的定义及作用	(1)
1.2 传感技术的组成与分类	(3)
1.2.1 传感技术的组成	(3)
1.2.2 传感器的分类	(3)
1.3 传感技术器件的特性参数及选择	(5)
1.3.1 静态参数	(5)
1.3.2 动态参数	(6)
1.3.3 选择传感器应注意的事项	(7)
1.4 传感技术器件的发展趋势	(8)
小结	(9)
习题	(10)
第2章 光电式传感技术	(11)
2.1 光敏二极管	(12)
2.1.1 光敏二极管的结构和工作原理	(12)
2.1.2 光敏二极管的基本特性	(12)
2.1.3 光敏二极管的型号参数	(14)
2.1.4 光敏二极管的应用	(15)
2.2 光敏三极管	(16)
2.2.1 光敏三极管的结构和工作原理	(16)
2.2.2 光敏三极管的基本特性	(16)
2.2.3 光敏三极管的型号参数	(18)
2.2.4 光敏三极管的应用	(19)
2.3 光敏电阻	(22)
2.3.1 光敏电阻的工作原理与结构	(22)
2.3.2 光敏电阻的主要参数和基本特性	(23)
2.3.3 常用光敏电阻的性能参数	(24)
2.3.4 光敏电阻的应用	(25)
2.4 光电池	(27)
2.4.1 光电池的工作原理和结构	(27)
2.4.2 光电池的基本特性	(28)

2.4.3	光电池的型号参数	(30)
2.4.4	光电池的应用	(30)
2.5	高速光电二极管	(32)
2.5.1	高速光电二极管的类型结构	(32)
2.5.2	高速光电二极管的特性参数	(33)
2.6	光电倍增管	(34)
2.6.1	光电倍增管的结构	(35)
2.6.2	光电倍增管的工作原理	(35)
2.6.3	光电倍增管的主要参数	(35)
2.6.4	光电倍增管的应用	(36)
2.7	色敏光电传感器	(37)
2.7.1	色敏光电传感器的基本工作原理	(38)
2.7.2	色敏光电传感器的基本特征	(38)
2.7.3	色敏光电传感器的应用	(39)
2.8	光位置传感器	(40)
2.8.1	光位置传感器的结构原理	(40)
2.8.2	光位置传感器的主要用途	(40)
2.9	红外光传感器	(40)
2.9.1	红外辐射	(40)
2.9.2	红外光传感器的工作原理与结构	(41)
2.9.3	红外光传感器的应用	(44)
2.10	光固态 CCD 图像传感器	(46)
2.10.1	电荷耦合器件 (CCD)	(46)
2.10.2	MOS 图像传感器	(54)
2.10.3	CCD 器件的应用	(57)
2.11	光纤传感器	(59)
2.11.1	光纤的传光原理	(59)
2.11.2	光纤传感器的原理	(60)
2.11.3	光纤传感器实例	(63)
2.12	激光传感器	(66)
2.12.1	激光产生的机理	(66)
2.12.2	激光的特性	(67)
2.12.3	激光器分类及其特性	(68)
2.12.4	激光传感器的应用	(68)
2.13	核辐射 (光) 传感器	(70)
2.13.1	核辐射源——放射性同位素	(70)
2.13.2	核辐射的物理特性	(71)
2.13.3	核辐射传感器	(73)
2.13.4	核辐射传感器的应用	(74)

2.14 典型应用举例	(74)
2.14.1 光电式传感器的模拟量检测	(74)
2.14.2 光电式传感器的数字量检测	(75)
小结	(79)
习题	(80)
第3章 数字式传感技术	(82)
3.1 光栅传感器	(82)
3.1.1 光栅的结构和类型	(82)
3.1.2 光栅传感器的工作原理	(83)
3.1.3 细分技术	(85)
3.1.4 光栅数显装置	(87)
3.1.5 光栅传感器的应用	(88)
3.2 磁栅传感器	(89)
3.2.1 磁栅传感器的组成及类型	(89)
3.2.2 磁栅传感器的工作原理	(90)
3.2.3 磁栅数显装置	(92)
3.2.4 磁栅传感器的应用	(93)
3.3 接触式编码器	(94)
3.3.1 接触式编码器的结构与工作原理	(94)
3.3.2 接触式编码器提高精度的途径	(96)
3.3.3 接触式编码器的优缺点	(97)
3.4 光电式编码器	(97)
3.4.1 光电式编码器的结构和工作原理	(97)
3.4.2 提高分辨率的方法——插值法	(98)
3.4.3 光电式编码器的主要技术指标	(99)
3.4.4 光电式编码器的优缺点	(99)
3.5 电磁式编码器	(99)
3.5.1 电磁式编码器的结构和工作原理	(99)
3.5.2 电磁式编码器的优缺点	(100)
3.6 脉冲盘式数字传感器	(100)
3.6.1 脉冲盘式数字传感器的结构与工作原理	(100)
3.6.2 旋转方向的判别	(100)
3.6.3 脉冲盘式数字传感器的优缺点	(101)
3.7 RC 振荡器式频率传感器	(101)
3.7.1 RC 振荡器式频率传感器的工作原理	(102)
3.7.2 RC 振荡器式频率传感器的基本测量方法	(102)
3.7.3 RC 振荡器式频率传感器的使用测量注意事项	(102)
3.8 弹性体频率式传感器	(103)
3.8.1 弹性体频率式传感器的工作原理	(103)

3.8.2	弹性体频率式传感器的结构	(104)
3.8.3	弹性体频率式传感器的激励电路	(104)
3.8.4	弹性体频率式传感器的输入-输出特性	(105)
3.9	直线式感应同步器	(106)
3.9.1	直线式感应同步器的类型	(106)
3.9.2	直线式感应同步器的结构	(106)
3.9.3	直线式感应同步器的工作原理	(107)
3.9.4	直线式感应同步器的数显装置	(108)
3.9.5	直线式感应同步器和数显表的型号及参数	(110)
3.9.6	直线式感应同步器的安装使用注意事项	(111)
3.10	旋转式感应同步器	(112)
3.10.1	旋转式感应同步器的结构	(112)
3.10.2	旋转式感应同步器的特性参数	(113)
3.11	旋转变压器	(114)
3.11.1	旋转变压器的结构	(114)
3.11.2	旋转变压器的工作原理	(115)
3.11.3	旋转变压器的主要参数	(117)
3.11.4	旋转变压器的应用	(117)
3.12	典型应用举例	(118)
3.12.1	位置检测	(118)
3.12.2	转速测量	(119)
3.12.3	机床闭环控制	(120)
3.12.4	定位控制	(120)
3.12.5	随动控制	(121)
	小结	(121)
	习题	(122)
第4章	热电式传感技术	(123)
4.1	热敏电阻	(123)
4.1.1	热敏电阻的结构形式	(123)
4.1.2	热敏电阻的温度特性	(124)
4.1.3	热敏电阻输出特性的线性化处理	(125)
4.1.4	热敏电阻的应用	(128)
4.2	热电开关	(128)
4.2.1	双金属片式热电开关	(128)
4.2.2	陶铁磁体式热电开关	(130)
4.2.3	热电开关的应用	(131)
4.3	铂电阻	(133)
4.3.1	铂电阻与温度的关系	(133)
4.3.2	铂电阻体结构	(133)

4.3.3 铂电阻分度特性表	(134)
4.4 铜电阻	(135)
4.4.1 铜电阻与温度的关系	(135)
4.4.2 铜电阻体结构	(135)
4.4.3 铜电阻分度特性表	(135)
4.4.4 铜电阻的缺点	(135)
4.5 热电偶	(136)
4.5.1 热电偶的基本工作原理	(136)
4.5.2 热电偶的基本定律	(136)
4.5.3 热电偶的结构	(138)
4.5.4 热电偶冷端的温度补偿	(139)
4.6 温敏二极管	(141)
4.6.1 温敏二极管工作原理	(141)
4.6.2 温敏二极管的基本特性——(U_F-T) 关系	(142)
4.7 温敏三极管	(142)
4.7.1 温敏三极管的基本原理	(142)
4.7.2 温敏三极管测温的基本电路	(142)
4.8 温敏晶闸管(可控硅)	(143)
4.8.1 温敏晶闸管的工作原理	(143)
4.8.2 温敏晶闸管的温度特性	(144)
4.8.3 温敏晶闸管的开关温度控制	(145)
4.8.4 温敏晶闸管(可控硅)的应用	(146)
4.9 集成温度传感器	(147)
4.9.1 电压型集成温度传感器	(147)
4.9.2 电流型集成温度传感器(AD590)	(148)
4.10 新型及特种温度传感器	(151)
4.10.1 热辐射温度传感器	(151)
4.10.2 热敏电容	(153)
4.10.3 石英温度计	(154)
4.10.4 表面波温度传感器	(154)
4.10.5 超声波温度传感器	(154)
4.10.6 谐振式温度计	(154)
4.10.7 音叉式水晶温度传感器	(155)
4.10.8 光纤温度传感器	(155)
4.11 典型应用举例	(157)
4.11.1 温度检测及指示	(157)
4.11.2 温度补偿电路	(157)
4.11.3 过热保护	(158)
4.11.4 自动延时电路	(159)

4.11.5	控温电路	(159)
4.11.6	降温报警器	(161)
4.11.7	温度控制器	(161)
4.11.8	摄氏温度计	(162)
4.11.9	温差测量	(162)
	小结	(163)
	习题	(165)
第5章	R 、 L 、 C 传感技术	(166)
5.1	电阻式传感器	(166)
5.1.1	电位器式传感器	(166)
5.1.2	电阻应变式传感器	(168)
5.1.3	电阻式传感器的应用	(170)
5.2	电感式传感器	(172)
5.2.1	自感型电感式传感器	(172)
5.2.2	互感型-差动变压器式电感传感器	(175)
5.2.3	电感传感器的应用	(177)
5.3	电容式传感器	(178)
5.3.1	电容式传感器工作原理	(178)
5.3.2	电容式传感器的结构类型	(178)
5.3.3	电容式传感器的优缺点及一些特殊问题	(180)
5.3.4	电容式传感器的应用	(183)
5.4	典型应用举例	(184)
5.4.1	罐内液重测量	(184)
5.4.2	料位测量	(185)
5.4.3	高频反射式涡流厚度测量	(186)
5.4.4	电容测厚仪	(187)
5.4.5	电子皮带秤	(188)
	小结	(189)
	习题	(190)
第6章	压电磁敏传感技术	(191)
6.1	压电式传感器	(191)
6.1.1	压电式传感器的工作原理	(191)
6.1.2	压电材料及压电元件的结构	(193)
6.1.3	压电式传感器的测量电路	(195)
6.1.4	压电式传感器的应用	(197)
6.2	磁敏电阻	(198)
6.2.1	磁阻效应	(198)
6.2.2	磁敏电阻的结构	(199)
6.2.3	磁敏电阻的应用	(200)

6.3 磁敏二极管	(201)
6.3.1 磁敏二极管的结构	(202)
6.3.2 磁敏二极管的工作原理	(202)
6.3.3 磁敏二极管的主要特性	(203)
6.3.4 磁敏二极管的应用	(206)
6.4 磁敏三极管	(208)
6.4.1 磁敏三极管的结构	(208)
6.4.2 磁敏三极管的工作原理	(208)
6.4.3 磁敏三极管的主要特性	(209)
6.4.4 磁敏三极管的应用	(210)
6.5 霍尔传感器	(210)
6.5.1 霍尔效应及霍尔元件	(210)
6.5.2 霍尔式传感器的应用	(216)
6.6 典型应用举例	(218)
6.6.1 位移检测	(218)
6.6.2 转速检测	(218)
6.6.3 钢绳断裂(丝)检测	(218)
6.6.4 功率测量	(219)
6.6.5 霍尔无损探伤	(219)
6.6.6 霍尔开关带载电路	(220)
6.6.7 霍尔计数装置	(220)
6.6.8 霍尔汽车点火器	(221)
6.6.9 霍尔线性集成传感器测磁感强度	(222)
小结	(222)
习题	(223)
第7章 声、气、湿敏传感技术	(224)
7.1 声/超声波传感器	(224)
7.1.1 声/超声波及其物理性质	(224)
7.1.2 声敏传感器	(225)
7.1.3 超声波传感器	(230)
7.2 气敏传感器	(236)
7.2.1 电阻型半导体气敏材料的导电机理	(236)
7.2.2 电阻型半导体气敏传感器的结构	(237)
7.2.3 气敏器件的基本特性	(239)
7.2.4 非电阻型气敏器件	(240)
7.2.5 气敏传感器的主要参数与特性	(242)
7.2.6 气敏传感器的应用	(243)
7.3 湿敏传感器	(246)
7.3.1 氯化锂湿敏电阻	(246)

7.3.2 半导体陶瓷湿敏电阻	(246)
7.3.3 湿敏传感器的应用	(248)
7.4 典型应用举例	(251)
7.4.1 超声波探伤	(251)
7.4.2 烟雾报警器电路	(252)
7.4.3 酒精测试仪	(253)
7.4.4 酒精检测报警器	(254)
7.4.5 直读式湿度计	(254)
7.4.6 浴室镜面水汽清除器	(255)
7.4.7 土壤缺水告知器	(256)
7.4.8 电容式谷物水分测量仪	(256)
小结	(258)
习题	(258)
第8章 生物传感技术	(259)
8.1 生物分子传感器	(259)
8.1.1 生物分子传感器的定义	(259)
8.1.2 生物分子传感器的基本结构	(259)
8.1.3 生物分子传感器的工作原理及类型	(260)
8.2 酶传感器	(262)
8.2.1 葡萄糖传感器	(263)
8.2.2 氨基酸传感器	(264)
8.2.3 乙醇传感器	(264)
8.2.4 尿素传感器	(265)
8.2.5 青霉素传感器	(265)
8.3 微生物传感器	(265)
8.3.1 电流型微生物传感器	(267)
8.3.2 电位型微生物传感器	(268)
8.4 免疫传感器	(269)
8.4.1 免疫传感器的结构	(269)
8.4.2 免疫传感器的分类和测定原理	(272)
8.4.3 免疫传感器应用实例	(274)
8.5 生物电子学传感器	(277)
8.5.1 酶场效应晶体管的结构与工作原理	(277)
8.5.2 免疫场效应晶体管的结构与工作原理	(278)
8.6 仿生传感器	(279)
8.6.1 视觉传感器	(279)
8.6.2 听觉传感器	(282)
8.6.3 接触觉传感器	(282)
8.6.4 压觉传感器	(283)

8.6.5 接近觉传感器	(286)
8.6.6 力觉传感器	(287)
8.6.7 滑觉传感器	(287)
8.7 典型应用举例	(288)
8.7.1 微生物传感器在甲烷测定中的应用	(288)
8.7.2 微生物传感器在抗生素测量中的应用	(289)
小结	(291)
习题	(292)
第9章 超导、智能传感技术	(293)
9.1 超导传感器	(293)
9.1.1 超导效应	(293)
9.1.2 SCQID 超导传感器的工作原理	(294)
9.1.3 几种超导传感器器件的结构	(294)
9.1.4 超导传感器	(295)
9.1.5 SCQID 测量系统	(298)
9.2 智能传感器	(300)
9.2.1 智能传感器的定义及其功能	(300)
9.2.2 传感器智能化的技术途径	(301)
9.2.3 智能传感器举例	(303)
9.2.4 智能传感器的发展前景	(304)
9.3 典型应用举例	(306)
9.3.1 ST-3000 系列智能压力传感器	(306)
9.3.2 EJA 差压变送器	(306)
9.3.3 利用通用接口 (USIC) 构成的智能温度压力传感器	(307)
9.3.4 人工神经网络智能传感器	(309)
9.3.5 其他智能传感器	(310)
小结	(311)
习题	(311)
第10章 传感器件的特性评价与信号处理	(312)
10.1 传感器的静态特性	(312)
10.1.1 线性度	(312)
10.1.2 灵敏度	(314)
10.1.3 迟滞和重复性	(314)
10.1.4 稳定性和零漂	(314)
10.2 传感器的动态特性	(315)
10.2.1 频率响应特性	(316)
10.2.2 阶跃响应特性	(318)
10.2.3 动态特性的评价	(319)
10.3 传感器的误差及信噪比	(320)

