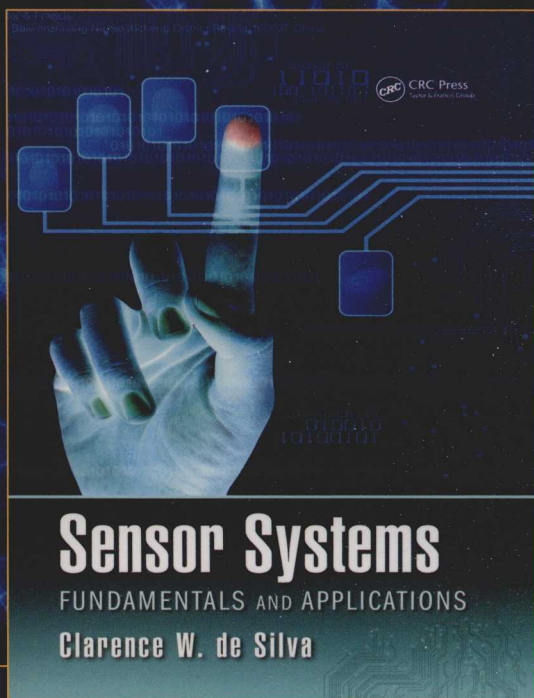


传感器系统 基础及应用

[加] 克拉伦斯·W. 德席尔瓦 (Clarence W. de Silva) 著
詹惠琴 崔志斌 等译

Sensor Systems
Fundamentals and Applications



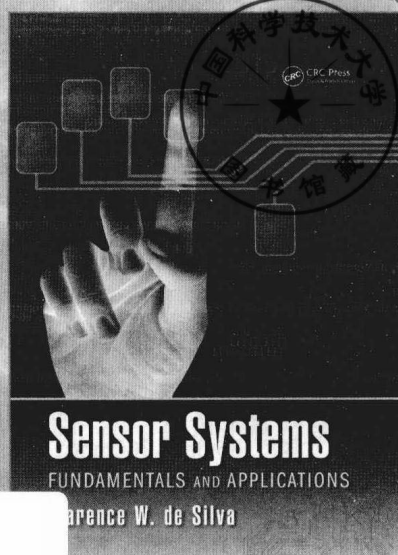
传感器系统

基础及应用

[加] 克拉伦斯·W. 德席尔瓦 (Clarence W. de Silva) 著

詹惠琴 崔志斌 彭杰纲 古军 译

Sensor Systems
Fundamentals and Applications



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器系统：基础及应用 / (加) 克拉伦斯·W. 德席尔瓦 (Clarence W. de Silva) 著；詹惠琴等译. —北京：机械工业出版社，2019.3
(国外电子与电气工程技术丛书)
书名原文：Sensor Systems: Fundamentals and Applications

ISBN 978-7-111-62879-8

I. 传… II. ①克… ②詹… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 103341 号

本书版权登记号：图字 01-2017-3405

Sensor Systems: Fundamentals and Applications by Clarence W. de Silva (ISBN: 978-1-4987-1624-6)

Copyright © by Taylor & Francis Group, LLC

Authorized translation from the English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All rights reserved.

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下 CRC 出版公司出版，并经授权翻译出版。版权所有，侵权必究。

本书中文简体字翻译版授权由机械工业出版社独家出版并仅限在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）销售。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何内容。

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签，无标签者不得销售。

本书包括传感器相关的数学、物理、电路等基础理论，介绍了相关的性能指标、性能选择以及集成到工程系统所需的软硬件，讲述了先进的传感器技术、分析建模、实际应用和设计研究实例。全书共 12 章，前面 7 章是传感器的基础知识，第 8~11 章分别讨论了不同种类传感器的结构及实际应用，第 12 章涉及先进的传感器技术。

本书可以作为高等学校测控技术与仪器、自动化、机电一体化、电气工程等专业高年级本科生和研究生教材，也可供相关科研和工程技术人员学习参考。

出版发行：机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037）

责任编辑：蒋 越

责任校对：殷 虹

印 刷：北京文昌阁彩色印刷有限责任公司

版 次：2019 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：185mm×260mm 1/16

印 张：27.25

书 号：ISBN 978-7-111-62879-8

定 价：139.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991 88379833

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

出版者的话

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，信息学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的信息产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对我国教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其信息科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀教材将对我国教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与Pearson、McGraw-Hill、Elsevier、John Wiley & Sons、CRC、Springer等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Alan V. Oppenheim、Thomas L. Floyd、Charles K. Alexander、Behzad Razavi、John G. Proakis、Stephen Brown、Allan R. Hambley、Albert Malvino、Peter Wilson、H. Vincent Poor、Hassan K. Khalil、Gene F. Franklin、Rex Miller等大师名家的经典教材，以“国外电子与电气工程技术丛书”和“国外工业控制与智能制造丛书”为系列出版，供读者学习、研究及珍藏。这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也越来越多被实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着电气与电子信息学科、自动化、人工智能等建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外电气与电子信息类、控制类、智能制造类等相关教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzsj@hzbook.com

联系电话：(010)88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



华章科技图书出版中心

译 者 序

传感器(sensor/transducer)是获取信息的工具,它能感受到被测量,并按照一定规律将其转换成可用的输出信号。随着科学技术的发展和信息时代的到来,在现代化生产、交通运输、环境监测和保护以及人们的日常生活中,传感器和传感器技术的重要性越来越显著。传感器既是现代信息系统的源头,又是信息社会赖以存在和发展的基础。有关传感器的教材和技术书籍已有许多,各有特色。然而,本书可以说是在工程系统中对传感器讲解很全面的参考书,涵盖了本科生和研究生教学所需的相关理论和技术,以及科学研究和工程应用的有关领域。本书包括传感器的相关数学和物理原理、电路基础理论、传感器结构和原理、先进的传感器技术、分析建模、实际应用和设计研究实例,内容十分丰富。我们将这本著作翻译出版,希望能对国内相关领域的教学、科研和生产有一定帮助。

全书共12章,第1~7章是传感器系统的基础,第8~11章分别讨论不同种类的传感器结构、原理、分析方法和实际应用,第12章涉及先进传感器技术。具体来说,第1章简述传感器、传感器系统的基本概念,描述常见的控制系统架构。第2章讲述组件互连,研究了电气系统和机械系统的组件互连和阻抗匹配。第3章讨论信号调理问题,重点是放大器和滤波器。第4章的主题是信号转换,讨论了调制器和解调器、ADC、DAC、电桥。第5章讲述工程系统中的设备、组件或仪器的性能分析和指标。第6章研究传感器系统和仪器的带宽、数据采样和误差分析。第7章研究测量数据的参数和信号估计,包括最小二乘估计(LSE)、最大似然估计(MLE)和卡尔曼滤波器。第8章讲解运动量测量的模拟传感器,包括电位计、差动变压器、永磁传感器、转速计、涡流传感器、电容传感器、压电传感器以及陀螺仪和科里奥利传感器。第9章讨论力、转矩和触觉传感器。第10章讨论一些常用的传感器,包括光纤、激光、超声、磁致伸缩、声发射、热流体和水质传感器。第11章研究数字传感器、数码相机等。第12章研究微机电系统(MEMS)传感器、无线传感器网络和多传感器数据融合。每章后面都有许多题目供学生思考、练习和设计。

本书的特点如下:一是内容全面,体系合理,技术先进;二是着重于传感器系统,而不是单个传感器,适合机电控制系统设计的大背景;三是包括有关电路设计、信号估计和分析、数据融合等综合知识,以及MATLAB工具的应用;四是提供了大量的论证性实例、设计实例、实践应用和实际研究案例,鼓励学生跨学科综合思考问题,培养学生的设计能力。

本书可以作为高等学校测控技术与仪器、自动化、机电一体化、电气工程等专业高年级本科生和研究生教材,也可供相关科研和工程技术人员学习参考。

本书由电子科技大学自动化工程学院詹惠琴教授主持翻译和审校,具体分工如下:詹惠琴翻译第1、5、7、11、12章,崔志斌翻译第6、8、10章,彭杰纲翻译第2、9章,古军翻译第3、4章,江曼婷、贾程栋、周胜阳、刘可心、杜婉玲、贾俊舒等参加了本书部分章节和前言、附录的初稿翻译,以及图表修改、公式录入和排版工作。

在本书的翻译过程中，得到了电子科技大学古天祥教授、钟洪声教授、习友宝教授以及自动化学院领导的指导和帮助，还得到机械工业出版社华章公司计算机出版中心王颖及有关工作人员的支持和帮助，在此一并致谢。

由于时间和水平有限，书中难免会出现错误和不妥之处，敬请读者指正。

译者

2019年2月

本书不仅涉及传感器,还涉及由多传感器和其他必要组件组成的“系统”,包括传感器网络和多传感器数据融合等方面。本书介绍了相关的物理原理和工作原理、评定等级、性能指标、性能选择,集成到工程系统所需的硬件和软件、信号处理和数据分析、参数估计、决策,以及与传感器和传感器系统有关的实际应用。由于本书不仅具有教材的所有内容,还包含了大量关于该领域课题的实用信息,因此,本书也是极具价值的参考工具,特别是对于特定的专业。在本书中,术语传感器系统指在实际应用中多个传感器系统或实施所必需的传感器及其他附件。

本书以学生容易理解和产生兴趣的方式阐述传感器的内容,除此之外,本书还运用了一些不同于其他传感器书籍的教学方式,如下所示:

- 使用简单的数学运算表达物理原理和分析方法。
- 以有条理、统一的方式将不同类型的传感器呈现在各种不同的领域(电子、磁、电感、电容、电阻、压电、压阻、磁致伸缩、半导体、光纤、超声波、机械、流体、热等),以便于具有各种工程背景(机械、电气、土木、材料、采矿、生物力学、制造、航空航天等)的读者都能够受益。
- 传感器的创新和先进主题包括无线传感器网络、微机电系统(Micro Electronic Mechanical System, MEMS)传感器和多传感器数据融合等。
- 为实际应用中的传感器及其附件的设计、选择和集成提供了实用方法。
- 提供了大量的工作实例、分析实例、数值实例、仿真、设计实例、仪器实例、案例研究和章末思考题(附完整答案),它们都与现实生活和实际工程应用相关。
- 书中提出的关键问题将在各章的不同位置集中总结,以便于参考、复习和以 PowerPoint 形式呈现。
- 每章开始部分总结了该章涉及的主要课题及内容,每章末尾的关键术语提供了各章的主要内容和公式。
- 不方便整合到某一章中的重要内容将在最后以单独的附录^①形式给出。
- 在本书学习过程中需要使用辅助软件工具,如 MATLAB。
- 简洁明了,避免不必要的和冗长无趣的讨论,以便于参考和理解。
- 内容丰富,可以分别为本科生和研究生提供为期 14 周的课程。
- 鉴于本书中讨论的实际问题,比如设计问题、产业技术问题和商业信息问题,同时鉴于对更为先进的理论、概念和实用信息的简化以及快照式介绍,本书可作为有效的参考工具,为工程师、技术人员、项目经理以及其他行业和实验室的专业人员服务。
- 为进一步的学习和研究提供了参考和阅读建议。
- 详细介绍了一套实验练习和实践项目。
- 对于章末计算题,提供了详尽的解答,以便于教师教学^②。

① 可在华章网站 www.hzbook.com 上获取附录。

② 关于本书教辅资源,只有使用本书作为教材的教师才可以申请,需要的教师可到原出版社网站注册下载,若有问题,请与泰勒·弗朗西斯集团北京代表处联系,电话 010-82503061,电子邮件 janet.zheng@tanfchina.com。——编辑注

背景

在我编写的《控制传感器和执行器》(Prentice Hall, 1989)出版几年之后,我收到了很多修改和更新版本的建议,此次修订是在2000年休假期间进行的。由于我同时参与了机械电子学的本科生和研究生的课程开发,所以我能够收集大量最新且有深度的材料,这个项目迅速推进,并出版了一本里程碑式的高达1300页的教科书《机电一体化的综合方法》(Taylor&Francis Group, CRC Press, 2005)。然而为实现最初的目标,《传感器和执行器:控制系统仪器》(第1版)一书随后变为《机械电子学》的精简版本,并且兼顾控制类传感器和执行器。我从本科生的“控制系统仪表和控制系统设计”课程,以及卡内基-梅隆大学研究生课程“控制系统仪器”的笔记中整理出了原始手稿。本科课程包含较多高级选修课,其中包含了大约一半的高级机械工程类课程,研究生课程的主要对象是电气和计算机工程、机械工程和化学工程专业的学生。学习这两门课程的基础是关于反馈控制的传统入门课程以及导师的指导。在积累本书材料的过程中,我们试图涵盖麻省理工学院机械工程系的两门课程(模拟和数字控制系统综合以及计算机控制实验)的大部分教学大纲。在不列颠哥伦比亚大学,我进一步研究并修改和补充了机械电子学、控制传感器和执行器教学课程的原始资料。通过我在IBM公司、西屋电气公司、布鲁尔和克亚尔公司、美国国家航空航天局的刘易斯和兰利研究中心等地的工程经验,本书中的材料已经有了应用方向。

在澳大利亚墨尔本大学完成另一个版本的《传感器和执行器》期间,我有机会教授综合本科生和研究生的“传感器系统”课程,这是该大学机械电子学的重要课程。先前教过该课程的老师已经在使用《传感器和执行器》一书中的相关内容,他们表示这本书是此课程现有的最佳教材,他们让我确信,讨论传感器系统的书籍应该与讨论传感器的书籍有所不同,本书做到了这一点。

本书范围

本书中介绍的内容为以后学习传感器系统的专业知识奠定了坚实的基础,无论是在工业环境还是学术研究实验室中,它都将促进学生进一步了解硬件知识及实验步骤,增强动手开发和实验的能力并在此过程中获得分析技能。同时为了取得最佳教学效果,有关传感器系统的课程应该包含配套实验或者典型的工程项目。本书介绍并强调了实际实施、实验室实验和实践项目的各个方面。

本书由12章和4个附录(在线资源)组成。为了最大限度地发挥本书的作用,我将以浅显易懂的方式来介绍材料,使得任何具有基础工程背景(无论是土木、电气、机械、制造、材料、采矿、航空航天还是生物力学)的人都能看懂。本书提供了案例研究、实例(基于分析、数值和硬件/软件)以及练习题。尽管本书包含的所有习题都有答案,但是为了鼓励独立思考,本书最后只给出了数值类习题的答案。解答手册中提供了完整的习题答案,以供采用本书的教师使用。其他材料可从下列网站获得:<http://www.crcpress.com/product/isbn/9781498716246>。

本书优势

传感器系统正发展成为机械电子学、机械工程、电气电子计算机工程、制造工程、航空航天工程等多门工程课程的重要课题。根据我在传感器、执行器、仪器仪表、机械电子学等方面的本科生和研究生课程教学经验,现有的有关传感器的书籍如作为教科书有若干显著的缺点,以下是一些常见的缺点:

1. 很少在物理/应用领域选定一组传感器。
2. 没有解决许多工程应用中存在的多域性问题。
3. 将传感器集成到实际应用时,不考虑其他所需的附件。

4. 传感器选型问题在很多情况下都没有得到解决。在选定传感器后，又不能同时考虑工程性能规格和实际/商业产品的额定参数。
5. 没有适当地考虑在传感器应用中的仪器。
6. 不提供实验室实验、工程项目和案例研究。
7. 不处理多传感器系统，特别是网络传感器(无线传感器网络)和多传感器数据融合系统。
8. 除专业出版物外，没有考虑诸如 MEMS 传感器这样的现代传感器。
9. 没有充分使用传感器数据来处理信号和参数估计。
10. 没有充分包含教科书的功能(如详细的工作实例、综合的章末习题、案例研究、设计问题、实验练习、习题答案等)。

然而，我们预计本书将是一本高度易读和实用的教科书，它克服了以上缺点。

致谢

编写本书的过程中，我得到了很多人的帮助，但因篇幅有限，无法一一致谢。首先，感谢我的研究生、研究助理和技术人员的直接或间接贡献。其次，特别感谢我的研究助理兼实验室经理 Tony Teng Li，同时也感谢 CRC Press/Taylor & Francis 团队的执行编辑 Jonathan W. Plant 对整个项目的热情和支持。是他们不断的鼓励和建议，推动了本书的顺利出版。我还要感谢 CRC 出版社的相关工作人员，特别是 Ed Curtis 和 Vijay Bose。最后，感谢我的妻子和孩子们坚定不移的爱与支持。

Clarence W. de Silva
加拿大温哥华

作者简介

Clarence W. de Silva, PE, ASME 和 IEEE 会士, 是加拿大温哥华的不列颠哥伦比亚大学机械工程系教授, 在机械电子学和工业自动化领域担任加拿大高级研究委员会的讲座教授。在此之前, 他自 1988 年以来一直在工业自动化领域担任 NSERC-BC 自动包装研究委员会主席。他曾在卡内基-梅隆大学担任讲师(1978~1987 年), 在剑桥大学担任 Fulbright 客座教授(1987/1988 年)。

他在麻省理工学院(1978 年)和英国剑桥大学(1998 年)获得博士学位, 并在加拿大安大略省滑铁卢大学获得荣誉工程学博士学位(2008 年)。de Silva 博士还曾在新加坡国立大学电子与计算机工程系获得美孚颁发的讲座教授职位, 同时还是一些大学的荣誉教授, 如厦门大学等。

其他职位: 加拿大皇家学会会士, 加拿大工程学院会士, 卡内基-梅隆大学 Lilly 研究员, NASA-ASEE 研究员, 剑桥大学 Fulbright 高级研究员, 不列颠哥伦比亚高级系统研究所研究员, Killam 研究员, 坎特伯雷大学 Erskine 研究员, 墨尔本大学教授, 不列颠哥伦比亚大学 Peter Wall 学者。

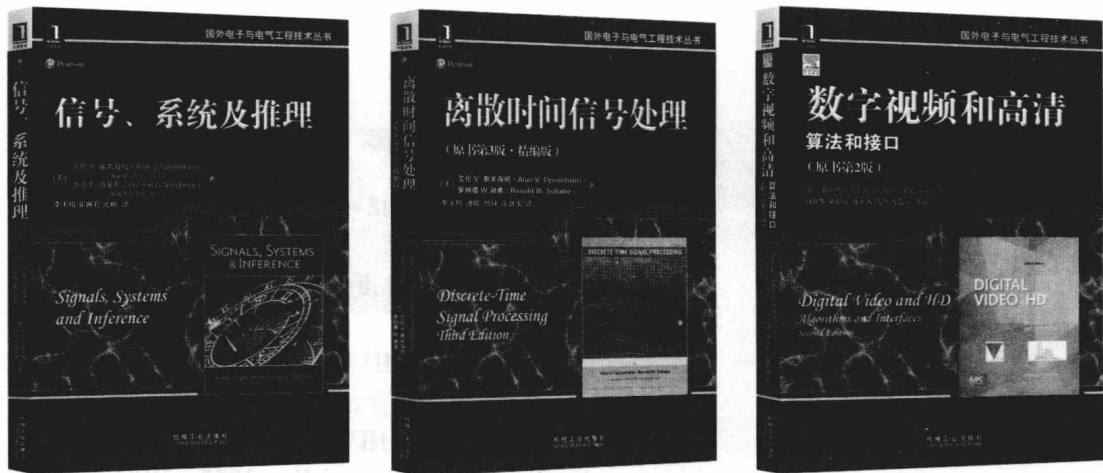
奖项: 美国机械工程师协会动态系统和控制部的 Paynter 优秀研究者奖和高桥教育奖, Killam 研究奖, IEEE 加拿大杰出工程教育家奖, 世界自动化会议终身成就奖, IEEE 授予的第三个千年奖章, 不列颠哥伦比亚专业工程师协会荣誉成就奖, IEEE 系统、人与计算机学会杰出贡献奖。同时, 他还在国际会议上发表过 32 次主题演讲。

期刊编辑方面的职位: 他在 14 个期刊任职, 包括《IEEE 控制系统技术会刊》《动态系统、测量与控制期刊》《美国机械工程师协会学报》; 他还是《控制与智能系统国际期刊》和《基于知识的智能工程系统国际期刊》的主编, 《测量与控制》高级技术编辑, 北美地区《人工智能工程应用——IFAC 国际期刊》编辑。

出版物: 22 本技术书籍, 19 本编辑书籍, 50 本书的某些章节, 240 篇期刊文章和 260 多篇会议论文。

近期书籍: 《Sensors and Actuators: Engineering System Instrumentation》(2nd edition, Taylor & Francis Group/CRC, 2016); 《Mechanics of Materials》(Taylor & Francis Group/CRC, 2014); 《Mechatronics: A Foundation Course》(Taylor & Francis Group/CRC, 2010); 《Modeling and Control of Engineering Systems》(Taylor & Francis Group/CRC, 2009); 《Vibration: Fundamentals and Practice》(2nd edition, Taylor & Francis Group/CRC, 2007); 《Mechatronics: An Integrated Approach》(Taylor & Francis Group/CRC, 2005); 《Soft Computing and Intelligent Systems Design: Theory, Tools, and Applications》(Addison Wesley, 2004)。

推荐阅读



信号、系统及推理

作者：(美) Alan V. Oppenheim George C. Verghese 译者：李玉柏 等
中文版 ISBN：978-7-111-57390-6 英文版 ISBN：978-7-111-57082-0 定价：99.00元

本书是美国麻省理工学院著名教授奥本海姆的最新力作，详细阐述了确定性信号与系统的性质和表示形式，包括群延迟和状态空间模型的结构与行为；引入了相关函数和功率谱密度来描述和处理随机信号。本书涉及的应用实例包括脉冲幅度调制，基于观测器的反馈控制，最小均方误差估计下的最佳线性滤波器，以及匹配滤波；强调了基于模型的推理方法，特别是针对状态估计、信号估计和信号检测的应用。本书融合并扩展了信号与系统时频域分析的基本素材，以及与此相关且重要的概率论知识，这些都是许多工程和应用科学领域的分析基础，如信号处理、控制、通信、金融工程、生物医学等领域。

离散时间信号处理（原书第3版·精编版）

作者：(美) Alan V. Oppenheim Ronald W. Schaffer 译者：李玉柏 潘晔 等
ISBN：978-7-111-55959-7 定价：119.00元

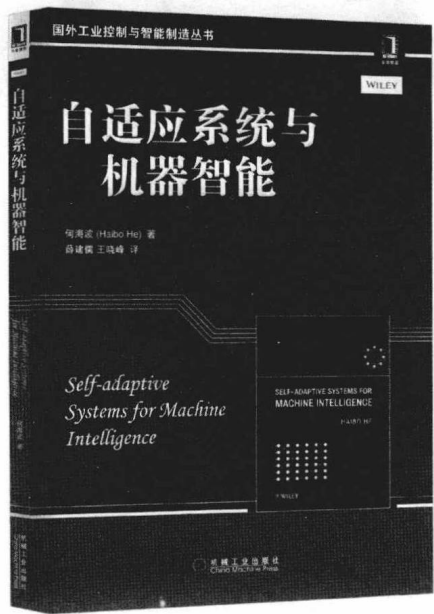
本书是我国数字信号处理相关课程使用的最经典的教材之一，为了更好地适应国内数字信号处理相关课程开设的具体情况，本书对英文原书《离散时间信号处理（第3版）》进行缩编。英文原书第3版是美国麻省理工学院Alan V. Oppenheim教授等经过十年的教学实践，对2009年出版的《离散时间信号处理（第2版）》进行的修订，第3版注重揭示一个学科的基础知识、基本理论、基本方法，内容更加丰富，将滤波器参数设计法、倒谱分析又重新引入到教材中。同时增加了信号的参数模型方法和谱分析，以及新的量化噪声仿真的例子和基于样条推导内插滤波器的讨论。特别是例题和习题的设计十分丰富，增加了130多道精选的例题和习题，习题总数达到700多道，分为基础题、深入题和提高题，可提升学生和工程师们解决问题的能力。

数字视频和高清：算法和接口（原书第2版）

作者：(加) Charles Poynton 译者：刘开华 褚晶辉 等 ISBN：978-7-111-56650-2 定价：99.00元

本书精辟阐述了数字视频系统工程理论，涵盖了标准清晰度电视（SDTV）、高清晰度电视（HDTV）和压缩系统，并包含了大量的插图。内容主要包括了：基本概念的数字化、采样、量化和过滤，图像采集与显示，SDTV和HDTV编码，彩色视频编码，模拟NTSC和PAL，压缩技术。本书第2版涵盖新兴的压缩系统，包括NTSC、PAL、H.264和VP8 / WebM，增强JPEG，详细的信息编码及MPEG-2系统、数字视频处理中的元数据。适合作为高等院校电子与信息工程、通信工程、计算机、数字媒体等相关专业高年级本科生和研究生的“数字视频技术”课程教材或教学参考书，也可供从事视频开发的工程技

推荐阅读



自适应系统与机器智能

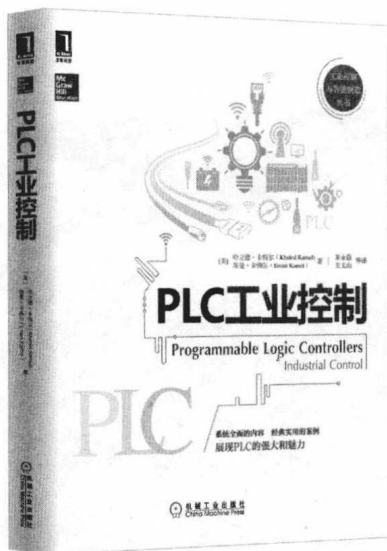
书号：978-7-111-54114-1 作者：何海波（Haibo He）译者：薛建儒等 定价：59.00元

机器智能研究是关于自适应系统的原理、基础和设计的研究，这种自适应系统能够学习、预测和优化，并通过与不确定的环境交互做出决策，从而完成系统目标。本书有助于对自适应智能系统的基本理解，促进读者向模拟某些类脑智能水平的长期目标前进，同时也使如今许多复杂系统的智能水平更接近现实。

本书分为以下4个主要部分

- 第一部分介绍了用于机器智能研究的自适应系统，给出了研究的意义以及传统计算机与类脑智能的主要区别。
- 第二部分重点讨论了机器智能研究的数据驱动方法，着重介绍了增量学习、不平衡学习和集成学习。
- 第三部分着重介绍机器智能研究的生物启发式方法，详细讨论了自适应动态规划、联想学习和序列学习。
- 第四部分简要介绍机器智能关键硬件的设计，如功耗、设计密度、内存和速度，目的是实现大规模、复杂的综合智能硬件系统。

推荐阅读



PLC工业控制

作者：(美) 哈立德·卡梅 (Khaled Kamel) 埃曼·卡梅 (Eman Kamel) 译者：朱永强 王文山 等

书号：978-7-111-50785-7 定价：69.00元

本书是一本介绍PLC编程的书，其关注点集中于实际的工业过程自动控制。全书以西门子S7-1200 PLC的硬件配置和整体式自动化集成界面为基础，利用一套小型、价格适中的培训套件介绍编程概念和自动控制项目，并在每章末尾给出一些课后问题、实验设计题、编程题、调试题或者项目程序改错题，最后给了一个综合性设计项目。

本书特色：

- 内容丰富、体系完备，涉及工业自动化及过程控制的基本概念、继电器逻辑程序设计的基本知识、定时器和计数器编程、算术逻辑等常用控制指令、梯形图编程、通用设计和故障诊断技术、数字化的开环闭环过程控制等内容。

- 结构合理、讲解细致，结构由浅入深，对重点、难点进行了细致的讲解和举例分析，有利于读者自学，容易入门。

- 实践性强、案例经典，作者拥有丰富的过程控制经验，对文中的案例和课后习题都进行了精心的挑选和设计，涉及不同工业应用场合，实践性很强。

- 课后习题丰富，每章末尾有课后问题、实验设计题、编程题、调试题或者项目程序改错题，可帮助读者查漏补缺，巩固所学知识。

- 提供多媒体教学帮助。本书网站(<http://www.mhprofessional.com/Programmable-Logic-Controllers>)上有一个Microsoft PowerPoint格式的多媒体演示文稿，其中包含一些用于示意PLC控制原理的模拟仿真器，可用于交互学习。

4.2.1 幅度调制	76
4.2.2 幅度调制的应用	78
4.2.3 解调	80
4.3 数据采集硬件	82
4.3.1 数-模转换器	85
4.3.2 模-数转换器	89
4.3.3 采样-保持硬件	93
4.3.4 多路复用器	94
4.4 电桥	96
4.4.1 惠斯登电桥	96
4.4.2 恒流电桥	98
4.4.3 电桥输出的硬件线性化	99
4.4.4 半桥电路	100
4.4.5 阻抗电桥	101
4.5 装置的线性化	102
4.5.1 非线性的性质	102
4.5.2 模拟线性化硬件	104
4.6 其他信号转换硬件	107
4.6.1 移相器	108
4.6.2 电压-频率转换器	109
4.6.3 频率-电压转换器	111
4.6.4 电压-电流转换器	111
4.6.5 峰值保持电路	112
关键术语	113
思考题	114
第5章 性能指标和参数	120
5.1 性能指标	120
5.1.1 性能指标的参数	120
5.1.2 动态参考模型	122
5.2 时域指标	124
5.3 频域指标	127
5.3.1 增益裕度和相位裕度	128
5.3.2 频域内简单的振荡器 模型	129
5.4 线性度	129
5.5 仪表额定值	133
5.5.1 额定参数	133
5.5.2 灵敏度	134
关键术语	141

思考题	143
-----------	-----

第6章 带宽、采样和误差传递 ... 146

6.1 引言	146
6.2 带宽分析	146
6.2.1 带宽	147
6.2.2 静态增益	150
6.3 由信号采样而产生的混叠 失真	151
6.3.1 采样定理	151
6.3.2 混叠的简要说明	152
6.3.3 抗混叠滤波器	152
6.3.4 控制系统的带宽设计	155
6.4 仪器误差的注意事项	157
6.5 误差传递与合成	159
6.5.1 灵敏度在误差合成中的应用 ...	159
6.5.2 绝对误差	160
6.5.3 方和根误差	160
6.5.4 来自单项误差的同等贡献	160
关键术语	164
思考题	166

第7章 测量结果的估计

7.1 传感与估计	171
7.2 最小二乘估计	172
7.2.1 最小二乘点估计	172
7.2.2 数据和估计的随机性	173
7.2.3 最小二乘线估计	176
7.2.4 估计的质量	177
7.3 MLE	179
7.3.1 MLE的分析依据	179
7.3.2 通过贝叶斯定理证明 MLE ...	180
7.3.3 MLE与正态分布	181
7.3.4 递归最大似然估计	182
7.3.5 离散 MLE 的示例	183
7.4 标量静态卡尔曼滤波器	184
7.4.1 标量静态卡尔曼滤波器的 概念	184
7.4.2 贝叶斯公式的使用	185

7.4.3 标量静态卡尔曼滤波器算法	186	8.6.5 电容传感器的应用	249
7.5 线性多变量动态卡尔曼滤波器	190	8.7 压电传感器	250
7.5.1 状态空间模型	191	8.7.1 电荷灵敏度和电压灵敏度	251
7.5.2 系统响应	192	8.7.2 电荷放大器	252
7.5.3 可控性与可观测性	192	8.7.3 压电加速度计	254
7.5.4 离散时间状态空间模型	193	8.8 陀螺仪传感器	256
7.5.5 线性卡尔曼滤波器算法	194	8.8.1 速率陀螺仪	256
7.6 扩展卡尔曼滤波器	196	8.8.2 科里奥利力设备	257
7.7 无迹卡尔曼滤波器	199	关键术语	257
7.7.1 无迹变换	200	思考题	260
7.7.2 无迹卡尔曼滤波器算法	202		
关键术语	206	第9章 力传感器	268
思考题	209	9.1 传感器	268
第8章 模拟运动传感器	215	9.1.1 力传感器	268
8.1 传感器和换能器	215	9.1.2 用于运动测量的力传感器	269
8.1.1 相关术语	216	9.1.3 力传感器的位置	269
8.1.2 传感器的类型与选型	217	9.2 应变片	270
8.2 传感器的机电应用	219	9.2.1 应变片测量的公式	270
8.3 电位计	220	9.2.2 半导体应变片	276
8.3.1 旋转电位计	221	9.2.3 温度自动补偿(半导体应变片)	279
8.3.2 性能方面的考量	223	9.3 转矩传感器	281
8.3.3 光学电位计	225	9.3.1 应变片转矩传感器	281
8.4 可变电感传感器	227	9.3.2 设计方面的注意事项	282
8.4.1 电感、电抗和磁阻	228	9.3.3 挠度转矩传感器	290
8.4.2 线性可变差动变压器式传感器	229	9.3.4 反作用转矩传感器	292
8.4.3 互感接近传感器	235	9.3.5 电动机电流转矩传感器	292
8.4.4 旋转变压器	236	9.3.6 力传感器	294
8.5 永磁和涡流传感器	238	9.4 触觉传感	295
8.5.1 直流转速计	238	9.4.1 触觉传感器的要求	296
8.5.2 交流转速计	243	9.4.2 触觉传感器的结构和操作	297
8.5.3 涡流传感器	244	9.4.3 光学触觉传感器	298
8.6 可变电容传感器	245	9.4.4 应变片触觉传感器	299
8.6.1 电容传感器的测量电路	246	9.4.5 其他种类的触觉传感器	300
8.6.2 电容位移传感器	248	9.5 阻抗传感和控制	301
8.6.3 测量旋转和角速度的电容传感器	248	关键术语	303
8.6.4 电容液位传感器	248	思考题	304
		第10章 多种传感器	309
		10.1 引言	309

10.2 光学传感器和激光器	309	11.6.2 分辨率	350
10.2.1 激光器	309	11.6.3 速度测量	350
10.2.2 光纤传感器	311	11.6.4 优点和缺点	350
10.2.3 光学传感器例子	312	11.7 编码器误差	351
10.2.4 光传感器	315	11.8 各种数字传感器	354
10.2.5 光学耦合器的应用	317	11.8.1 二进制传感器	354
10.3 几种传感器技术	318	11.8.2 数字旋转变压器	355
10.3.1 超声波传感器	318	11.8.3 数字转速计	356
10.3.2 磁致伸缩位移传感器	319	11.8.4 莫尔条纹位移传感器	357
10.3.3 声发射传感器	319	11.9 霍尔效应传感器	359
10.4 热流体传感器	320	11.9.1 霍尔效应运动传感器	359
10.4.1 压力传感器	320	11.9.2 特性	360
10.4.2 流量传感器	321	11.10 图像传感器	360
10.4.3 温度传感器	323	11.10.1 图像处理和计算机视觉	360
10.5 监测水质的传感器	325	11.10.2 基于图像的感觉系统	360
10.5.1 pH 值传感器	326	11.10.3 相机	360
10.5.2 溶解氧传感器	326	11.10.4 图像帧的采集	361
10.5.3 氧化-还原电位传感器	326	11.10.5 彩色图像	361
关键术语	327	11.10.6 图像处理	362
思考题	329	11.10.7 有关应用	362
		关键术语	362
		思考题	364
第 11 章 数字传感器	331		
11.1 创新的传感器技术	331	第 12 章 微机电系统与多传感器	
11.1.1 模拟与数字传感	331	系统	369
11.1.2 数字传感器的优点	333	12.1 先进的多传感器技术	369
11.2 轴编码器	333	12.2 微机电系统传感器	369
11.3 增量式光电编码器	336	12.2.1 微机电系统的优点	369
11.3.1 旋转方向	337	12.2.2 MEMS 传感器建模	370
11.3.2 编码器的硬件特性	338	12.2.3 MEMS 的应用	371
11.3.3 线性编码器	339	12.2.4 MEMS 的材料与制造	372
11.4 编码器的运动感测	340	12.2.5 MEMS 传感器例子	373
11.4.1 位移测量	340	12.3 无线传感器网络	374
11.4.2 速度测量	343	12.3.1 无线传感器网络体系	
11.5 编码器数据的采集和处理	346	结构	374
11.5.1 利用微控制器进行		12.3.2 无线传感器网络的优点和	
数据采集	346	问题	377
11.5.2 利用台式机进行数据		12.3.3 通信问题	379
采集	347	12.3.4 定位	381
11.6 绝对式光电编码器	348	12.3.5 无线传感器网络的应用	384
11.6.1 格雷码	349		