



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



全国高等学校自动化专业系列教材
教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会牵头规划

国家级精品教材
国家精品课程教材

Computer Aided Control Systems Design
Using MATLAB Language (Third Edition)

控制系统计算机辅助设计

——MATLAB语言与应用

(第3版)

薛定宇 著
Xue Dingyu



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



全国高等学校自动化专业系列教材
教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会牵头规划

国家级精品教材
国家精品课程教材

Computer Aided Control Systems Design
Using MATLAB Language (Third Edition)

控制系统计算机辅助设计 ——MATLAB语言与应用 (第3版)

薛定宇 著
Xue Dingyu

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了国际控制界应用最广的 MATLAB 语言及其在控制教学与研究中的应用,侧重于介绍 MATLAB 语言编程基础与技巧、科学运算问题的 MATLAB 求解、线性系统的建模和计算机辅助分析、非线性系统的仿真分析、控制系统的计算机辅助设计方法等,包括串联控制器、状态反馈控制器、多变量系统频域设计、PID 控制器设计、QFT 控制器、最优控制器设计、多变量频域设计与解耦、LQG/LTR 控制器设计、 H_2/H_∞ 最优控制、分数阶控制、自适应控制、模糊控制、神经网络控制、遗传算法优化控制等。本书还介绍了基于 dSPACE 和 Quanser 的实时控制系统实验方法。

本书可作为自动化专业高年级本科生和研究生“控制系统仿真与 CAD”或“控制系统计算机辅助设计”课程的教材,也可供相关专业的研究人员与研究生参考。

MATLAB, Simulink, Symbolic Toolbox, Optimization Toolbox, Control Systems Toolbox, Robust Control Toolbox, System Identification Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox 等为 MathWorks 公司的注册商标

图书在版编目(CIP)数据

控制系统计算机辅助设计——MATLAB 语言与应用/薛定宇著. —3 版. —北京:清华大学出版社,2012.12

(全国高等学校自动化专业系列教材)

ISBN 978-7-302-30128-8

I. ①控… II. ①薛… III. ①自动控制系统—计算机辅助设计—MATLAB 软件
IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 222525 号

责任编辑:王一玲

封面设计:傅瑞学

责任校对:白蕾

责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

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

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:175mm×245mm 印 张:33.75 字 数:718 千字

版 次:1996 年 4 月第 1 版 2012 年 12 月第 3 版 印 次:2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数:44501~47500

定 价:59.00 元

出版说明

《全国高等学校自动化专业系列教材》

为适应我国对高等学校自动化专业人才培养的需要,配合各高校教学改革的进程,创建一套符合自动化专业培养目标和教学改革要求的新型自动化专业系列教材,“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”(简称“教指委”)联合了“中国自动化学会教育工作委员会”、“中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会”、“中国系统仿真学会教育工作委员会”和“中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科委员会”四个委员会,以教学创新为指导思想,以教材带动教学改革为方针,设立专项资助基金,采用全国公开招标方式,组织编写出版了一套自动化专业系列教材——《全国高等学校自动化专业系列教材》。

本系列教材主要面向本科生,同时兼顾研究生;覆盖面包括专业基础课、专业核心课、专业选修课、实践环节课和专业综合训练课;重点突出自动化专业基础理论和前沿技术;以文字教材为主,适当包括多媒体教材;以主教材为主,适当包括习题集、实验指导书、教师参考书、多媒体课件、网络课程脚本等辅助教材;力求做到符合自动化专业培养目标、反映自动化专业教育改革方向、满足自动化专业教学需要;努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材。

本系列教材在“教指委”的领导下,从2004年起,通过招标机制,计划用3~4年时间出版50本左右教材,2006年开始陆续出版问世。为满足多层次、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

本系列教材的主要读者群是自动化专业及相关专业的大学生和研究生,以及相关领域和部门的科学工作者和工程技术人员。我们希望本系列教材既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和适于教学的教材或参考书,也能为广大科学工作者和工程技术人员知识更新与继续学习提供适合的参考资料。感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并欢迎提出批评和意见。

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会

2005年10月于北京

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会

顾问 (按姓氏笔画):

王行愚(华东理工大学)	冯纯伯(东南大学)
孙优贤(浙江大学)	吴启迪(同济大学)
张嗣瀛(东北大学)	陈伯时(上海大学)
陈翰馥(中国科学院)	郑大钟(清华大学)
郑南宁(西安交通大学)	韩崇昭(西安交通大学)

主任委员: 吴澄(清华大学)

副主任委员: 赵光宙(浙江大学) 萧德云(清华大学)

委员 (按姓氏笔画):

王雄(清华大学)	方华京(华中科技大学)
史震(哈尔滨工程大学)	田作华(上海交通大学)
卢京潮(西北工业大学)	孙鹤旭(河北工业大学)
刘建昌(东北大学)	吴刚(中国科技大学)
吴成东(沈阳建筑工程学院)	吴爱国(天津大学)
陈庆伟(南京理工大学)	陈兴林(哈尔滨工业大学)
郑志强(国防科技大学)	赵曜(四川大学)
段其昌(重庆大学)	程鹏(北京航空航天大学)
谢克明(太原理工大学)	韩九强(西安交通大学)
褚健(浙江大学)	蔡鸿程(清华大学出版社)
廖晓钟(北京理工大学)	戴先中(东南大学)

工作小组(组长): 萧德云(清华大学)

(成员): 陈伯时(上海大学) 郑大钟(清华大学)
田作华(上海交通大学) 赵光宙(浙江大学)
韩九强(西安交通大学) 陈兴林(哈尔滨工业大学)
陈庆伟(南京理工大学)

(助理): 郭晓华(清华大学)

责任编辑: 王一玲(清华大学出版社)

自动化学科有着光荣的历史和重要的地位,20世纪50年代我国政府就十分重视自动化学科的发展和自动化专业人才的培养。五十多年来,自动化科学技术在众多领域发挥了重大作用,如航空、航天等,两弹一星的伟大工程就包含了许多自动化科学技术的成果。自动化科学技术也改变了我国工业整体的面貌,不论是石油化工、电力、钢铁,还是轻工、建材、医药等领域都要用到自动化手段,在国防工业中自动化的作用更是巨大的。现在,世界上有很多非常活跃的领域都离不开自动化技术,比如机器人、月球车等。另外,自动化学科对一些交叉学科的发展同样起到了积极的促进作用,例如网络控制、量子控制、流媒体控制、生物信息学、系统生物学等学科就是在系统论、控制论、信息论的影响下得到不断的发展。在整个世界已经进入信息时代的背景下,中国要完成工业化的任务还很重,或者说我们正处在后工业化的阶段。因此,国家提出走新型工业化的道路和“信息化带动工业化,工业化促进信息化”的科学发展观,这对自动化科学技术的发展是一个前所未有的战略机遇。

机遇难得,人才更难得。要发展自动化学科,人才是基础、是关键。高等学校是人才培养的基地,或者说人才培养是高等学校的根本。作为高等学校的领导和教师始终要把人才培养放在第一位,具体对自动化系或自动化学院的领导和教师来说,要时刻想着为国家关键行业和战线培养和输送优秀的自动化技术人才。

影响人才培养的因素很多,涉及教学改革方方面面,包括如何拓宽专业口径、优化教学计划、增强教学柔性、强化通识教育、提高知识起点、降低专业重心、加强基础知识、强调专业实践等,其中构建融会贯通、紧密配合、有机联系的课程体系,编写有利于促进学生个性发展、培养学生创新能力的教材尤为重要。清华大学吴澄院士领导的《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会,根据自动化学科对自动化技术人才素质与能力的需求,充分吸取国外自动化教材的优势与特点,在全国范围内,以招标方式,组织编写了这套自动化专业系列教材,这对推动高等学校自动化专业发展与人才培养具有重要的意义。这套系列教材的建设有新思路、新机制,适应了高等学校教学改革与发展的新形势,立足创建精品教材,重视实

践性环节在人才培养中的作用,采用了竞争机制,以激励和推动教材建设。在此,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写的老师致以诚挚的感谢,并希望该系列教材在全国高等学校自动化专业人才培养中发挥应有的作用。

吴怡迪 教授

2005年10月于教育部

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会在对国内外部分大学有关自动化专业的教材做深入调研的基础上,广泛听取了各方面的意见,以招标方式,组织编写了一套面向全国本科生(兼顾研究生)、体现自动化专业教材整体规划和课程体系、强调专业基础和理论联系实际的系列教材,自2006年起将陆续面世。全套系列教材共50多本,涵盖了自动化学科的主要知识领域,大部分教材都配置了包括电子教案、多媒体课件、习题辅导、课程实验指导书等立体化教材配件。此外,为强调落实“加强实践教学,培养创新人才”的教学改革思想,还特别规划了一组专业实验教程,包括《自动控制原理实验教程》、《运动控制实验教程》、《过程控制实验教程》、《检测技术实验教程》和《计算机控制系统实验教程》等。

自动化科学技术是一门应用性很强的学科,面对的是各种各样错综复杂的系统,控制对象可能是确定性的,也可能是随机性的;控制方法可能是常规控制,也可能需要优化控制。这样的学科专业人才应该具有什么样的知识结构,又应该如何通过专业教材来体现,这正是“系列教材编审委员会”规划系列教材时所面临的问题。为此,设立了《自动化专业课程体系结构研究》专项研究课题,成立了由清华大学萧德云教授负责,包括清华大学、上海交通大学、西安交通大学和东北大学等多所院校参与的联合研究小组,对自动化专业课程体系结构进行深入研究,提出了按“控制理论与工程、控制系统与技术、系统理论与工程、信息处理与分析、计算机与网络、软件基础与工程、专业课程实验”等知识板块构建的课程体系结构。以此为基础,组织规划了一套涵盖几十门自动化专业基础课程和专业课程的系列教材。从基础理论到控制技术,从系统理论到工程实践,从计算机技术到信号处理,从设计分析到课程实验,涉及的知识单元多达数百个、知识点几千个,介入的学校50多所,参与的教授120多人,是一项庞大的系统工程。从编制招标要求、公布招标公告,到组织投标和评审,最后商定教材大纲,凝聚着全国百余名教授的心血,为的是编写出版一套具有一定规模、富有特色的、既考虑研究型大学又考虑应用型大学的自动化专业创新型系列教材。

然而,如何进一步构建完善的自动化专业教材体系结构?如何建设基础知识与最新知识有机融合的教材?如何充分利用现代技术,适应现代大学生的接受习惯,改变教材单一形态,建设数字化、电子化、网络化等多元

形态、开放性的“广义教材”？等等，这些都还有待我们进行更深入的研究。

本套系列教材的出版，对更新自动化专业的知识体系、改善教学条件、创造个性化的教学环境，一定会起到积极的作用。但是由于受各方面条件所限，本套教材从整体结构到每本书的知识组成都可能存在许多不当甚至谬误之处，还望使用本套教材的广大教师、学生及各界人士不吝批评指正。

吴澄 院士

2005年10月于清华大学

本书第 1 版曾是国内最早系统介绍 MATLAB 语言并和控制理论有机结合的教材,在海内外中文读者中曾有很大影响且被控制界学生与学者广泛参考与引用。本书的风格、内容与课程设置得到国内外同行专家的肯定,2008 年本书第 2 版获批国家级精品教材,同年,以本书为主要教材的“控制系统仿真与 CAD”课程获批国家级精品课程。另外,2007 年在美国 SIAM 出版社出版了英文简写版,美国学者在 IEEE 控制系统杂志上刊出了对该书评价较高的书评,相关教学成果被国内专家组成的鉴定委员会认定为达到国际先进水平。

本书第 2 版出版 6 年多来,无论在 MATLAB 与 Simulink 的功能与控制科学与方法上都有了很大的发展,所以需要对其原有的内容进行必要的更新,以适应日益增长的需求。

第 2 章增加了图形用户界面设计方面的内容。如果读者掌握了图形用户界面程序设计技术,将能够更好地理解本书新编的几个程序界面,并能为自己擅长的或独特的研究成果开发出通用程序,提高程序的可重用性,并为其他研究者提供宝贵的借鉴经验。本版将与控制相关的科学运算问题求解独立成新的第 3 章,充实了和控制问题密切相关的数学问题求解内容,增加了代数方程求解一节,尤其是提出并编写了非线性矩阵方程全部根的求解函数,此外,将原附录 A 的 Laplace、 z 变换内容移入本章,使得科学运算的知识结构更加完整。

第 4~6 章侧重于控制系统的建模与分析方法,增加了复杂框图模型的代数化简方法、内部延迟的状态方程模型、模型辨识阶次选定、直接积分的解析解求解、基于 Laplace、 z 变换的时域响应解析解方法、非零初值的仿真方法等,并给出了基于 Simulink 的各种控制系统仿真方法,为下一步的控制系统设计奠定了必要的基础。

控制系统计算机辅助设计是本版改动幅度最大的部分,本版对原有的控制系统设计专题进行了整合,并把 PID 控制器设计与分数阶控制器设计两个部分单独成章,扩充了很多新的内容,如在 PID 控制器整定一章中系统介绍了 PID 类控制器的整定方法,并开发了最优 PID 控制器设计程序界面,在分数阶控制器设计一章建立了全新的分数阶系统建模、分析与设计的框架。在其他相关章节中也融入了全新的内

容,如多变量系统的解耦控制、定量反馈理论(QFT)设计方法、线性矩阵不等式方法(LMI)、基于粒子群优化的(PSO)全局最优控制器等。

本书增加的部分内容可能在理论上较深,用这样短的篇幅全面介绍相关内容是不可能的,所以读者若遇到不熟悉的深奥理论,如果想再深入研究的话可以参阅其他参考文献。对一般读者来说,不一定非得把所涉及的理论研究得特别透彻,只需了解这些理论是解决什么问题的,然后侧重于学习本书介绍的相应函数的调用方法,直接获得原问题的解。

本书尽量介绍目前最新的 MATLAB 8.0 版(即 R2012b),但相应的内容对 MATLAB 及相关工具箱的版本依赖程度不高,所以这里介绍的算法函数绝大多数均可以在 MATLAB 7.x 甚至更早期版本下正常运行。

本书相关教学成果鉴定中得到系统仿真界权威李伯虎院士、王子才院士与自动化教育界著名学者清华大学王雄教授、北京航空航天大学申功璋教授、上海交通大学田作华教授等老师的关怀和具体指导,本书新内容酝酿与写作过程中,感谢美国加州大学的陈阳泉教授、英国 Sussex 大学的 Derek Atherton 教授、斯洛伐克 Kosice 技术大学的 Igor Podlubny 教授、哈尔滨工业大学张晓华教授、马广富教授、清华大学孙增圻教授、北京航空航天大学刘金琨教授、华中科技大学王永骥教授、上海大学李常品教授、山东大学李岩博士、西班牙 Extremadura 大学的 Blas Vinagre 教授、Concepción Monje 博士等,作者在与他们的交流与合作中受益匪浅,有些内容已经为本版增色不少。清华大学出版社王一玲编辑为本书的出版事宜及安排给了作者很大帮助。在教材与课程建设方面与东北大学潘峰博士、陈大力博士、崔建江博士、佟国峰博士等的深入讨论催生了本版许多新的内容,博士生孟丽、关驰、白鹭,硕士生董雯彬、马红林、郭晓静、李萧彤、黄敏、王伟楠、刘禄、李艳慧、安哲、梁婷婷等为本书的代码验证、课件开发与教学视频制作等做出了很多贡献,分数阶系统部分内容的写作还受到国家自然科学基金资助(基金号:61174145),在此一并表示感谢。

在国家级精品课程项目资助下,本书全部教学课件都已经改写,并录制了全程教学录像,可供同行教师和同学参考。另外,在全国高校教师网络培训中心组织的精品课程教师培训班上还录制了本课程面向教师讲座的录像,可供授课教师参考。

多年来,我的妻子杨军和女儿薛杨在生活和事业上给予了我莫大的帮助与鼓励,没有她们的鼓励和一如既往的支持,本书和前几部著作均不能顺利面世,谨以此书献给她们。

薛定宇

2012年10月18日于沈阳东北大学

教学网站: <http://www.matlab-edu.com/>

作者邮箱: xuedingyu@mail.neu.edu.cn

第二版前言

FOREWORD >>>

美国 The MathWorks 公司推出的 MATLAB[®]语言一直是国际科学界应用和影响最广泛的三大计算机数学语言之一。从某种意义上讲,在纯数学以外的领域中, MATLAB 语言有着其他两种计算机数学语言 Mathematica 和 Maple 无法比拟的优势和适用面。在控制类学科中, MATLAB 语言更是科学研究者首选的计算机语言。

近十年来,随着 MATLAB 语言和 Simulink[®]仿真环境在控制系统研究与教学中日益广泛的应用,在系统仿真、自动控制等领域,国外很多高校在教学与研究中都把 MATLAB/Simulink 语言作为首选的计算机工具。我国的科学工作者和教育工作者也逐渐认识到 MATLAB 语言的重要性。MATLAB 语言是一种十分有效的工具,能轻松地解决在系统仿真及控制系统计算机辅助设计领域的教学与研究中遇到的问题,它可以将使用者从繁琐的底层编程中解放出来,把有限的宝贵时间更多地花在解决科学问题中。MATLAB 语言虽然是计算数学专家倡导并开发的,但其普及和发展离不开自动控制领域学者的贡献。在 MATLAB 语言的发展进程中,许多有代表性的成就是和控制界的要求与贡献分不开的。MATLAB 具有强大的数学运算能力、方便实用的绘图功能及语言的高度集成性,它在其他科学与工程领域也有着广阔的应用前景和无穷的潜能。因此,以 MATLAB/Simulink 作为主线,为我国高校自动化专业的一门很重要课程——“控制系统仿真与计算机辅助设计”或“计算机仿真”编写一本实用的教材就显得非常迫切。

十年前,作者的著作《控制系统计算机辅助设计——MATLAB 语言与应用》由清华大学出版社出版。该书受到很多专家学者的关注,并被公认为国内关于 MATLAB 语言方面书籍中出版最早、影响最广的著作。该书被国内期刊文章和著作引用数千次,被数万篇硕士、博士论文引用,为我国高校师生和研究人员认识和掌握 MATLAB 语言,并用其解决自己学习、教学科研中遇到的问题起到了积极的作用。

多年来,作者一直在试图以最实用的方式将 MATLAB 语言介绍给国内的读者,并在清华大学出版社、机械工业出版社出版了 6 部有关 MATLAB 语言及其应用方面的著作,受到了国内外广大中文读者

的普遍欢迎。作者的著作总共有三个大的方向: MATLAB 语言与数学运算问题求解、MATLAB 语言在控制系统中的应用与 MATLAB 语言及其在系统仿真中的应用。本书继承了作者早期几部控制领域著作的优点,从使用者的角度出发,并结合作者十数年的实际编程经验和丰富的教学经验,系统地介绍 MATLAB 语言的编程技术及其在控制系统仿真与计算机辅助设计中的应用。本书先介绍 MATLAB 语言的基础内容,并以其为主线,系统介绍控制系统的计算机辅助分析与计算机辅助设计的方法。本书覆盖面较广,除了经典控制的内容外,还较深入地探讨了 MATLAB 语言在状态反馈控制器、多变量系统频域设计、PID 控制器设计、最优控制器设计、LQG/LTR 控制器设计、 H_∞ 最优控制、自适应控制、模糊控制、神经网络控制、遗传算法优化控制等方面的应用。本书还将介绍基于 dSPACE 和 Quanser 的实时控制系统实验方法。本书尽量避免过于深奥理论的介绍,着重介绍用计算机求解理论问题的方法,提供了大量的 MATLAB 程序、Simulink 封装模块及仿真系统框图,可以用于实现书中介绍的全部内容,所有的程序语句都是可重复的,可以供读者参考和直接使用。书中融合了作者的许多编程思想和第一手材料,内容精心剪裁,相信仍然会受到读者的欢迎。

作者从 1988 年开始系统地使用 MATLAB 语言进行程序设计与科学研究,积累了丰富的第一手经验,也了解 MATLAB 语言的最新动态。作者用 MATLAB 语言编写的程序曾作为英国 Rapid Data 软件公司的商品在国际范围内发行,新近编写的几个通用程序在 The MathWorks 公司的网站上可以下载,其中反馈系统分析与设计程序 CtrlLAB 长期高居控制类软件的榜首,已经用于国际上很多高校的实际教学。

本书的大部分内容在东北大学自动化专业本科生课程“控制系统仿真与 CAD”与研究生课程“控制系统计算机辅助设计”中讲授过,受到普遍欢迎。本书配有全套的、适用于计算机辅助教学的 CAI 课件材料及其他相关材料。书中除简单介绍 MATLAB 的基础知识外,其余内容均围绕其在控制系统中的应用展开介绍。所以本书还可以作为“自动控制原理”等课程的计算机实践材料。

本书主要介绍目前最新的 MATLAB 7.1 版,即 MATLAB Release 14 Service Pack 3,但相应的内容对 MATLAB 及相关工具箱的版本依赖程度不高,所以这里介绍的算法函数绝大多数均可以在 MATLAB 6.x 甚至更早期版本下正常运行。

在本书编写过程中,作者的一些师长、同事和朋友也先后给予作者许多建议和支持,包括英国 Sussex 大学 Derek P. Atherton 教授、东北大学任兴权教授和徐心和教授、美国 Utah 州立大学陈阳泉教授、东北大学信息学院院长刘建昌教授、北京交通大学朱衡君教授、英国 Sussex 大学杨泰澄博士、中科院系统科学研究院韩京清研究员、南开大学王治宝教授、中科院科学与工程计算国家重点实验室张林波研究员、中科院上海应用物理研究所陈之初先生等,还有在互联网上进行过交流的众多知名的和不知名的同行与朋友。本书部分内容及仿真模型由博士生潘峰、陈大

力、高道祥、李殿起共同编写,教学文件由哈尔滨工程大学张望舒同学、东北大学研究生解志斌、鄂大志同学协助开发,在此表示深深的谢意。

本书由哈尔滨工业大学张晓华教授主审,承蒙张老师的仔细审读并得到许多建设性建议。本书编写过程中一直得到本系列教材编委会副主任、清华大学萧德云教授的关注与帮助,本书从初版开始就得到清华大学出版社蔡鸿程主编的帮助与关怀,本书的出版还得到了美国 The MathWorks 公司图书计划的支持,在此表示谢意,并特别感谢 Noami Fernandez 女士、Courtney Esposito 女士为作者提供的帮助。

由于作者水平所限,书中的缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指教。

谨以此书献给数十年来一直全心全意培养我支持我的父母。

薛定宇

2005年10月1日

于沈阳东北大学

第一版前言

FORWORD >>>

控制系统计算机辅助设计 (CACSD) 从成为一门单独的学科以来至今已经有二十多年的历史,在其发展过程中出现了各种各样的实用工具和理论成果。CACSD 课程是高校自动控制类专业研究生的一门重要课程,可选用的教材也很多,但由于其中大部分教材出现得较早,已经不能反映当代 CACSD 领域的最新成果。

MATLAB 语言的出现不但对 CACSD 算法的研究,也对其他 CACSD 软件环境的开发起到了巨大的推动作用,它已经成为国际控制界应用最广的语言和工具了。该软件早期版本 80 年代末传入我国以来,在高校中已经有了一些应用,但大部分用户苦于没有该软件相应的资料,难于系统地掌握该语言,有效地解决自己遇到的实际问题。

作者从 1988 年开始接触 MATLAB,使用过早期和现代的各个版本,曾用 MATLAB 为基础开发过几个商品软件,并在研究中一直使用 MATLAB 作为主要工具,所以熟悉 MATLAB 的特点及编程。

1995 年作者受辽宁省系统仿真学会邀请,在 '95 中国自动化教育学术年会会后于秦皇岛举办“MATLAB 语言与控制系统计算机辅助设计新技术”讨论班,并为该讨论班编写了试用讲义,这就是本书的雏形。在该讲义的编写和整理过程中作者还在东北大学自动控制系研究生的“控制系统计算机辅助设计”课程中试用过其中的大部分章节,并在自控系本科生“系统仿真”课程中也试用过其中部分的内容,得到了较好的反映。

本书大致分为两个部分,前一个部分系统地介绍了 MATLAB 语言编程与应用,侧重于介绍 MATLAB 语言编程基础与技巧、数值分析算法及 MATLAB 实现、动态系统的数学模型及仿真工具 Simulink 等,最后还以作者开发的一个控制系统计算机辅助教学软件 Control Kit 为例,介绍利用 MATLAB 进行 Windows 图形界面设计的方法,其中既包含了 MATLAB 软件的入门知识,也介绍了其应用的高级技术,融合了作者多年来的实际编程经验和体会。第二个部分以 MATLAB 语言及其相应工具箱为主要手段介绍并探讨了经典的和当前最新的控制系统计算机辅助设计方法,包括多变量系统的频域设计、自整定 PID 控制方法、定量反馈理论、经典设计方法、状态空间 LQ 及 LQG/LTR 设计、 H_∞ 最优控制等。

本书可作为自动控制类专业的研究人员参考,也可作为高校该类专业的研究生与高年级本科生控制系统计算机辅助设计课程的教材和参考书,还可供其他专业的学生和科技工作者、教师作为自动控制原理、系统仿真等课程的实验辅助教材,以及科学计算与图形绘制等方向的工具和参考书。

本书由东北大学研究生院副院长徐心和教授主审。本书从酝酿到整个写作过程始终得到徐老师的鼓励和支持,他仔细地阅读了全书原稿,并提出了许多建设性的宝贵意见。作者还感谢他的导师,原 IEEE 控制系统委员会主席,英国 Sussex 大学 Derek Atherton 教授,是他将作者引入 MATLAB 编程的乐园,并指导作者涉足先进的 CACSD 方法。几年来和他们的合作与学术交流使作者受益匪浅,他们严谨的学风与敬业精神亦对作者有很深的影响。

作者在国外学习工作期间的一些同事和朋友也给予作者许多建议和鼓励,使作者获得许多有益的信息与材料,在这当中包括现英国威尔士 Swansea 大学的庄敏霞博士、上海同济大学的赵之凡副研究员、英国 Sussex 大学的姚莉华博士等。本书试印本完成以来还得到很多国内外同行的建议和意见,在此一并表示最诚挚的谢意。

本书写作过程中承蒙东北大学控制仿真研究中心主任李彦平博士等同事的大力支持和鼓励,在此作者表示衷心的感谢。

本书承蒙清华大学自动化系主任、中国自动化学会教育委员会主任胡东成教授的大力推荐,在出版过程中又得到清华大学出版社蔡鸿程副社长的关怀和帮助,在此作者深表谢意。

本书写作与出版部分得到国家教委留学回国人员基金和辽宁省博士启动基金资助。

几年来,作者的妻子杨军在生活和事业上给予了作者莫大的帮助与鼓励,作者谨以此书献给她和女儿薛杨。

由于作者水平有限,书中的缺点错误在所难免,欢迎读者批评指教。

薛定宇

1996年3月于东北大学

《全国高等学校自动化专业系列教材》丛书书目

教材类型	编 号	教 材 名 称	主 编 / 主 审	主 编 单 位	备 注
本科生教材					
控制理论与工程	Auto-2-(1+2)-V01	自动控制原理(研究型)	吴麒、王诗宓	清华大学	
	Auto-2-1-V01	自动控制原理(研究型)	王建辉、顾树生/杨自厚	东北大学	
	Auto-2-1-V02	自动控制原理(应用型)	张爱民/黄永宣	西安交通大学	
	Auto-2-2-V01	现代控制理论(研究型)	张嗣瀛、高立群	东北大学	
	Auto-2-2-V02	现代控制理论(应用型)	谢克明、李国勇/郑大钟	太原理工大学	
	Auto-2-3-V01	控制理论 CAI 教程	吴晓蓓、徐志良/施颂椒	南京理工大学	
	Auto-2-4-V01	控制系统计算机辅助设计	薛定宇/张晓华	东北大学	
	Auto-2-5-V01	工程控制基础	田作华、陈学中/施颂椒	上海交通大学	
	Auto-2-6-V01	控制系统设计	王广雄、何朕/陈新海	哈尔滨工业大学	
	Auto-2-8-V01	控制系统分析与设计	廖晓钟、刘向东/胡佑德	北京理工大学	
Auto-2-9-V01	控制论导引	万百五、韩崇昭、蔡远利	西安交通大学		
Auto-2-10-V01	控制数学问题的 MATLAB 求解	薛定宇、陈阳泉/张庆灵	东北大学		
控制系统与技术	Auto-3-1-V01	计算机控制系统(面向过程控制)	王锦标/徐用懋	清华大学	
	Auto-3-1-V02	计算机控制系统(面向自动控制)	高金源、夏洁/张宇河	北京航空航天大学	
	Auto-3-2-V01	电力电子技术基础	洪乃刚/陈坚	安徽工业大学	
	Auto-3-3-V01	电机与运动控制系统	杨耕、罗应立/陈伯时	清华大学、华北电力大学	
	Auto-3-4-V01	电机与拖动	刘锦波、张承慧/陈伯时	山东大学	
	Auto-3-5-V01	运动控制系统	阮毅、陈维钧/陈伯时	上海大学	
	Auto-3-6-V01	运动体控制系统	史震、姚绪梁/谈振藩	哈尔滨工程大学	
	Auto-3-7-V01	过程控制系统(研究型)	金以慧、王京春、黄德先	清华大学	
	Auto-3-7-V02	过程控制系统(应用型)	郑辑光、韩九强/韩崇昭	西安交通大学	
	Auto-3-8-V01	系统建模与仿真	吴重光、夏涛/吕崇德	北京化工大学	
	Auto-3-8-V01	系统建模与仿真	张晓华/薛定宇	哈尔滨工业大学	
	Auto-3-9-V01	传感器与检测技术	王俊杰/王家祯	清华大学	
	Auto-3-9-V02	传感器与检测技术	周杏鹏、孙永荣/韩九强	东南大学	
	Auto-3-10-V01	嵌入式控制系统	孙鹤旭、林涛/袁著祉	河北工业大学	
	Auto-3-13-V01	现代测控技术与系统	韩九强、张新曼/田作华	西安交通大学	
	Auto-3-14-V01	建筑智能化系统	章云、许锦标/胥布工	广东工业大学	
Auto-3-15-V01	智能交通系统概论	张毅、姚丹亚/史其信	清华大学		
Auto-3-16-V01	智能现代物流技术	柴跃廷、申金升/吴耀华	清华大学		