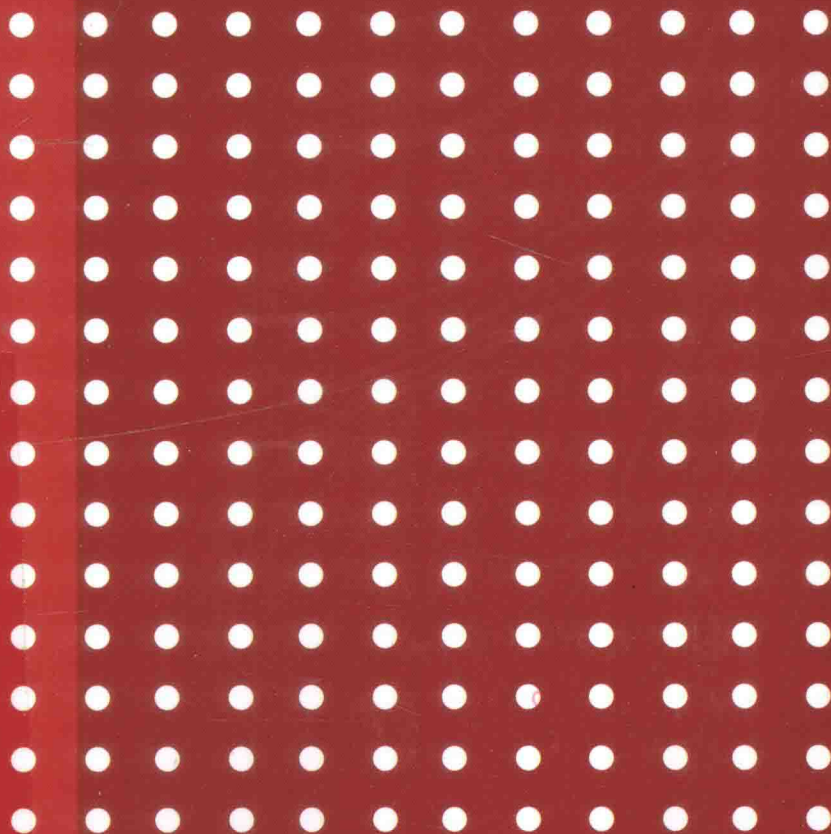


21 世纪高等学校电子信息工程规划教材
卓越工程师教育培养计划校企合作系列教材

控制系统基础习题 及综合创新实训项目指导书

曹荣敏 吴迎年 等 主编



清华大学出版社



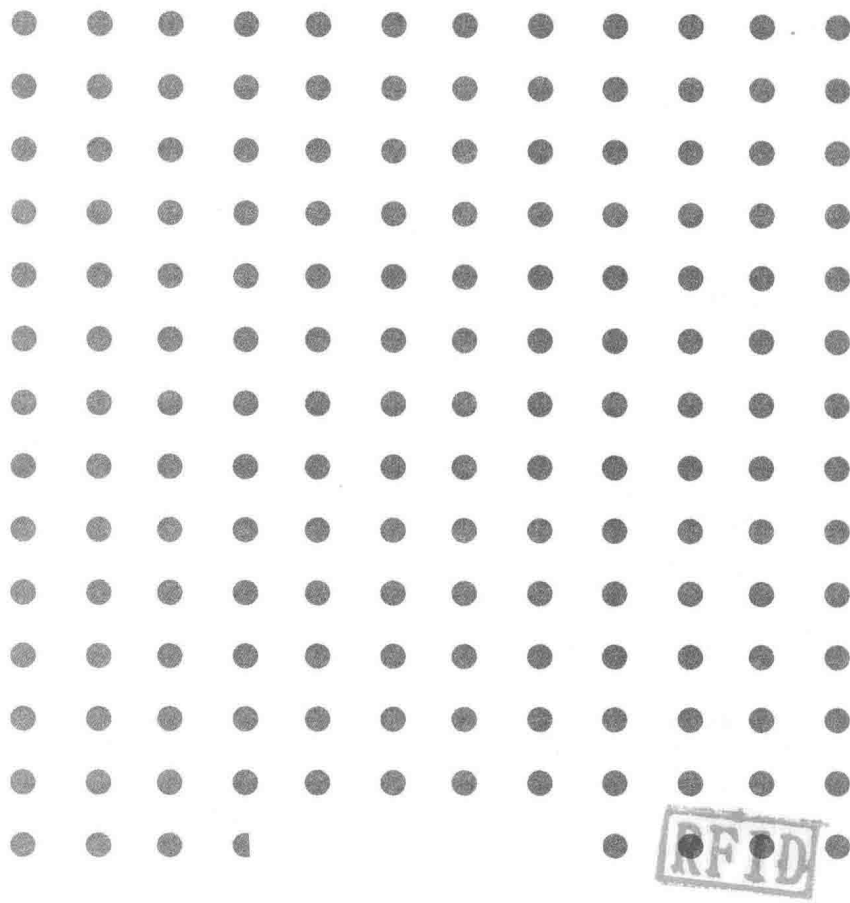
21世纪高等学校电子信息工程规划教材

卓越工程

作系列教材

控制系统基础习题 及综合创新实训项目指导书

曹荣敏 吴迎年 王军茹 王辉 关静丽 侯明 主编
周惠兴 陆海军 刘学东 罗亚非 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书依托北京信息科技大学自动化专业2014年本科生培养-人才培养模式创新试验项目——计算机控制综合实验平台和实时仿真控制平台的建设结果,以及2015年自动化专业本科生培养-人才培养模式创新试验项目——自动化工程实战创新平台项目,根据自动化专业“物联网控制”培养特色和突出工程创新实践教学人才培养目标,为了大力提升教师工程教育思想,加强学生工程实践能力和自主创新能力培养,特编写本书,以便能够为相关教师、学生及工程技术人员提供一本实用的计算机控制系统知识学习和创新实战项目设计与实现的参考书籍。

本书共分3部分:第1部分(第1~6章)针对计算机控制系统知识内容的习题进行系统解答与指导;第2部分(第7~11章)针对计算机控制综合实验平台和仿真控制平台的设备进行介绍及依托此平台的综合实训项目的设计及实现;第3部分(第12~19章)针对自动化工程实战创新平台的设备进行介绍及依托此平台的综合实训项目的设计及实现。

本书针对北京信息科技大学李擎、曹荣敏主编的由机械工业出版社出版的《计算机控制系统》教材提供了配套习题解答。校企合作编著,体现共同培养具有创新实践能力的卓越工程师。将最新自动化产品及技术应用到教学中,与市场接轨,一部分基础理论和两大部分综合创新实训项目,为学生基础理论的实际应用提供实用的参考资料,使学生对自动化领域最新产品能够熟练应用,为就业打下良好的基础。

本书可作为高等学校自动化、电气技术、智能科学与技术、机电一体化、电子信息、测控技术、计算机应用及其他相关专业的教学用书。对于广大的企业工程技术人员,则是一本非常有价值的参考书和培训教材。

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,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

控制系统基础习题及综合创新实训项目指导书/曹荣敏等主编. --北京:清华大学出版社,2015
21世纪高等学校电子信息工程规划教材
ISBN 978-7-302-41871-9

I. ①控… II. ①曹… III. ①自动控制系统—系统仿真—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第254538号

责任编辑:黄 芝 李 晔

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23.5

字 数:571千字

版 次:2015年12月第1版

印 次:2015年12月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

编 委 会

主 编：曹荣敏

北京信息科技大学

吴迎年

北京信息科技大学

王军茹

北京信息科技大学

王 辉

北京信息科技大学

关静丽

北京信息科技大学

侯 明

北京信息科技大学

副主编：周惠兴

郑州微纳科技有限公司

陆海军

北京博创智联科技有限公司

刘学东

北京研华兴业电子科技有限公司

罗亚非

北京凌阳爱普科技有限公司

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用的培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合的方法,使产品性价比很高。如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程

设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,可提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

本书依托北京信息科技大学自动化专业 2014 年本科生培养-人才培养模式创新试验项目——计算机控制综合实验平台和实时仿真控制平台的建设结果,以及 2015 年自动化专业本科生培养-人才培养模式创新试验项目——自动化工程实战创新平台项目,根据自动化专业“物联网控制”培养特色和突出工程创新实践教学人才培养目标,为了大力提升教师工程教育思想,加强学生工程实践能力和自主创新能力培养,特编写本书,以便能够为相关教师、学生及工程技术人员提供一本实用的计算机控制系统知识学习和创新实战项目设计与实现的参考书籍。

北京信息科技大学自动化专业成立于 1986 年,2008 年获批北京市特色专业,并一本招生,2009 年获批国家特色专业建设点,2010 年成为人才创新培养试点专业,2011 年获批教育部“卓越工程师培养计划”,并开始实施,2012 年获批“市级校外人才培养基地(北京研华)”,2013 年获批教育部第一批“本科教学工程”“专业综合改革试点”专业。2014 年自动化专业通过了专业认证校内评估,2015 年准备申请国家专业认证。

本书基于自动化专业建设发展的思想,改革和创新工程教育人才培养模式,创立高校与企业联合培养人才的新机制,校企共同建设接近工程实际的实验平台、共建课程和教材、共同实施培养过程、共同评价培养质量。学生通过使用该教材可以学习企业的先进技术和先进企业文化,深入开展工程实践活动,在学习过程中学生参与企业技术创新和工程开发,培养学生的职业精神和职业道德。

本书主要面向计算机控制技术课程群,涵盖课程面广,在书中所设计的设备选型和实验设计过程中,结合了直线电机控制技术、精密运动控制技术、计算机网络控制技术、惯性技术、MATLAB 在线实时仿真技术、LABVIEW 实时在线仿真技术、工业无线网络技术、智能物联网技术、先进控制理论等前沿技术,对自动化专业的计算机控制系统、自动控制理论、现代控制理论、智能控制技术、运动控制技术课内实验进行扩充和升级;面向自动控制系统综合实验开设新领域的高水平综合实验;面向惯性技术、网络控制技术提供基本实验;面向开放实验、毕业设计环节提供开放性良好、创新空间大的实验项目。

本书共分 3 部分 19 章:第 1 部分(第 1~6 章)针对计算机控制系统原理与组成、计算机控制系统的分析、数字 PID 控制器、数字控制器的直接设计方案、基于状态空间模型的设计法、过程通道等知识内容的习题进行系统分析解答与指导。第 2 部分(第 7~11 章)主要针对计算机控制综合实验平台和仿真控制平台的设备进行介绍及依托此平台的综合实训项目的设计及实现,主要内容为实验支撑平台、直线电机倒立摆数学模型、计算机控制系统基础实训项目、控制系统综合实验设计及实时仿真控制平台项目设计;以伺服驱动技术发展

前沿直接伺服驱动技术为主构建了 U 型直线电机、交直流伺服电机、直线电机驱动的倒立摆和硬件在回路控制系统,这些平台具有国际先进水平,能提供更多更全的实验,并且具有很好的科研开发潜力。在实验教学上能很好地突出层次型、创新型的培养目标。依托这些平台,可以有效促进本学科理论与工程应用相结合,紧密结合本学科研究方向,提高本学科学生专业实践能力,培养优秀的专业人才,锻炼一支知识结构合理、较高水平的教学和科研教师以及实验人员队伍。为卓越工程教育计划的实施提供有力的保障。第 3 部分(第 12~19 章)近年以来,物联网技术作为新科技的代表被广泛运用于许多领域,当今人们享受物联网这一高科技带来的各种便利,这部分主要针对基于物联网的自动化工程实战创新平台的设备进行介绍及依托此平台的综合实训项目的设计及实现,主要内容为远程医疗自动化工程实训平台、智能农业工程自动化实训平台、智慧交通管理自动化工程创新实训平台、面向银行客户的服务自动化工程实训平台、RFID 控制综合创新实训平台、智能温室控制实训系统、远程控制综合自动化工程创新实训系统及家庭自动化工程创新实训平台等项目的设计与实现。

本书第 1 部分的第 1~6 章由北京信息科技大学的曹荣敏和王军茹老师编写整理。第 2 部分的第 7~10 章由北京信息科技大学的关静丽和侯明、郑州微纳科技有限公司技术顾问周惠兴共同编写整理,第 2 部分的第 11 章由北京信息科技大学的王辉编写整理。第 3 部分的第 12~19 章由北京信息科技大学的吴迎年、北京博创智联科技有限公司的总经理陆海军、北京研华兴业电子科技有限公司研华学院经理刘学东、北京凌阳爱普科技有限公司的总经理罗亚非共同编写整理。本书配套的实验装置是由郑州微纳科技有限公司、北京博创智联科技有限公司、北京研华兴业电子科技有限公司及北京凌阳爱普科技有限公司研制开发的。本书中提及的光盘为该实验设备配套光盘。在本书出版之时,我们也非常感谢郑州微纳科技有限公司的李松波工程师、凌阳爱普科技有限公司的刘辉芝、北京博创智联科技有限公司的李桂杰等企业人员在设备研发和资料提供等方面给予的支持,也非常感谢北京信息科技大学硕士研究生季兰龙在习题解答等方面付出的辛勤劳动。感谢所有合作企业给予本书各方面的大力协助。

本书第 1 部分为北京信息科技大学李擎、曹荣敏等主编的由机械工业出版社出版的《计算机控制系统》教材的习题解答。在此,也向该教材的所有作者表示感谢。

同时感谢清华大学出版社对本书的出版给予的大力支持。

由于作者理论水平和实践经验有限,以及研究工作的局限性,书中难免有不妥和不完善之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2015 年 5 月于北京

目 录

第 1 章 计算机控制系统原理与组成系统习题解答	1
1.1 本章内容概要	1
1.2 学习重点及例题	3
1.3 习题及解答	4
第 2 章 计算机控制系统的分析习题解答	6
2.1 本章内容概要	6
2.2 学习重点及例题	9
2.3 习题及解答	11
第 3 章 数字 PID 控制器习题解答	21
3.1 本章内容概要	21
3.2 学习重点及例题	25
3.3 习题及解答	27
第 4 章 数字控制器的直接设计方案习题解答	35
4.1 本章内容概要	35
4.2 学习重点及例题	41
4.3 习题及解答	42
第 5 章 基于状态空间模型的设计法系统习题解答	45
5.1 本章内容概要	45
5.2 学习重点及例题	49
5.3 习题及解答	52
第 6 章 过程通道习题解答	56
6.1 本章内容概要	56
6.2 学习重点	59
6.3 习题及解答	59

第 7 章 实验支撑平台	65
7.1 实验硬件平台	65
7.1.1 模块化控制对象组件	65
7.1.2 控制箱	67
7.2 cSPACE 软件平台	68
7.2.1 cSPACE 软件安装	68
7.2.2 cSPACE 软件模块介绍	71
7.2.3 cSPACE 软件界面与使用说明	76
7.2.4 cSPACE 在 MATLAB/Simulink 控制系统设计中的步骤	81
7.3 cSPACE 控制实验程序包	83
第 8 章 直线电机倒立摆数学模型	84
8.1 直线电机一级倒立摆建模	84
8.2 一级倒立摆实际系统模型	86
8.3 一级倒立摆实际系统的可控性分析及单位阶跃响应	88
8.4 直线电机系统模型	89
第 9 章 计算机控制系统基础实训项目	92
9.1 直线电机 cSPACE 控制系统认知实验	92
9.2 基于直线电机控制系统 PID 控制实验	96
9.3 基于直线电机控制系统动态响应分析	101
9.4 基于直线电机频率特性数据采集实验	103
9.5 基于直线电机采样控制实验	112
9.6 基于直线电机控制系统串联校正实验	113
第 10 章 控制系统综合实验设计	118
10.1 基于一级倒立摆控制系统状态空间极点配置控制	118
10.2 基于一级倒立摆 LQR 最优控制实验	123
10.3 直线电机驱动综合实验	127
10.4 直线电机一级倒立摆控制系统设计	134
第 11 章 虚拟仪器运动控制平台项目设计	140
11.1 基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术基础	140
11.1.1 虚拟仪器简介	140
11.1.2 LabVIEW 简介	140
11.1.3 LabVIEW 的编程环境	140
11.1.4 设计一个温度显示的虚拟仪器系统	145
11.2 NI ELVIS II 数据采集编程基础	147

11.2.1	认识数据采集	147
11.2.2	数据采集编程基础	149
11.2.3	NI ELVIS II 简介	155
11.2.4	基础实验	158
11.3	虚拟仪器运动控制系统项目设计	164
11.3.1	系统组成结构	164
11.3.2	速度采集	164
11.3.3	电机驱动器	165
11.3.4	系统搭建	169
11.3.5	项目设计	169
第 12 章	远程医疗自动化工程实训平台项目设计	171
12.1	实训平台概述	171
12.1.1	系统功能特征	172
12.1.2	硬件资源	172
12.1.3	软件资源	173
12.2	红外测温实验	173
12.3	基于心电传感器的实训	184
12.4	智能医疗综合实训	189
第 13 章	智能农业工程自动化实训平台项目设计	197
13.1	实训平台概述	197
13.1.1	硬件平台简介	197
13.1.2	软件资源及操作说明	200
13.2	ZigBee 无线组网实验	204
13.3	基础控制型设备控制实验	209
13.4	步进电机控制实验(电动窗)	213
13.5	传感器数据采集实验	216
13.6	雨雪传感器实验	220
13.7	Qt 用户界面数据采集线程实验	222
13.8	Qt 摄像头类实验	228
13.9	ZigBee 节点编译方法	232
第 14 章	智慧交通管理自动化工程创新实训平台项目设计	234
14.1	实训平台概述	234
14.1.1	硬件资源	235
14.1.2	软件资源	236
14.1.3	实训开发环境	236
14.2	串口控制闸机实验	237

14.3	停车位状态监测实验	242
14.4	车速/车流量无线采集实验	247
14.5	闸机开关控制实验	252
14.6	停车位状态监测实验	259
第 15 章	面向银行客户的服务自动化工程实训平台项目设计	269
15.1	实训平台概述	269
15.1.1	智能金融银行服务系统组成	269
15.1.2	硬件部分组成	270
15.1.3	软件部分组成	271
15.2	实训系统安装	271
15.2.1	PC 端安装方法	271
15.2.2	手机端安装方法	274
15.2.3	读卡器安装方法	274
15.2.4	门安装方法	274
15.3	实训系统卸载方法	275
15.3.1	PC 端卸载方法	275
15.3.2	Android 客户端卸载方法	275
15.4	PC 端软件的使用	275
15.4.1	系统登录	275
15.4.2	系统管理	277
15.4.3	信息查询	280
15.4.4	常用工具	280
15.4.5	服务器管理	280
15.4.6	帮助	281
15.5	手机客户端的使用	281
第 16 章	RFID 控制综合创新实训平台项目设计	285
16.1	实训平台概述	285
16.2	基于 HF-13.56M(ISO14443)的地铁乘车收费系统	285
16.3	基于 UHF-900M 的 ETC 电子不停车收费系统	290
第 17 章	智能温室控制实训系统项目设计	295
17.1	实训平台概述	295
17.2	物联网智能温室控制实训系统方案设计	297
17.2.1	方案设计概述	297
17.2.2	无线传感器网络节点设计方案	298
17.3	物联网智能温室控制实训系统方案实施	306
17.3.1	硬件系统开发	306

17.3.2	软件系统开发概述	312
17.4	ZigBee 应用程序开发	314
17.4.1	光照度传感器驱动程序编写	314
17.4.2	热释红外传感器驱动程序编写	315
17.4.3	风扇自动控制程序编写	315
17.4.4	手动控制风扇程序编写	316
17.4.5	手动控制加热器程序编写	317
17.5	网关应用程序开发	317
17.5.1	后台服务程序	318
17.5.2	图形用户界面程序	319
17.5.3	控制界面	323
17.5.4	远程控制程序	326
17.5.5	程序编译和安装	331
第 18 章	远程控制综合自动化工程创新实训系统项目设计	332
18.1	实训平台概述	332
18.2	基于物联网的智能热水器	332
18.3	基于 WebAccess 的农业大棚远程控制系统	342
第 19 章	家庭自动化工程创新实训平台项目设计	347
19.1	实训平台概述	347
19.2	门禁控制系统综合实训	349
19.3	智能灯光控制系统综合实训	355
19.4	智能环境控制系统综合实训	358
参考文献		361

第 1 章 计算机控制系统原理与组成系统习题解答

1.1 本章内容概要

1. 计算机控制系统的基本原理与组成

1) 计算机控制系统的基本原理

计算机控制系统就是由数字计算机在自动控制中直接参与控制,承担控制系统中控制器的任务。单回路计算机控制系统的基本原理如图 1.1 所示,计算机承担了系统中控制器(调节器)的工作,该控制器包括计算机硬件和软件,不同于模拟控制器构成的系统只由硬件组成。

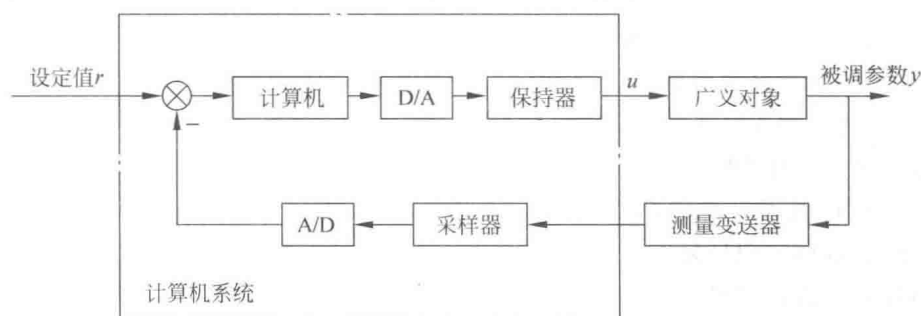


图 1.1 单回路计算机控制系统示意图

计算机控制系统具有如下主要特点:

- (1) 能有效地克服随机扰动;
- (2) 可以有效地抑制噪声,提高系统的抗干扰能力;
- (3) 通常只要修改控制算法而无须修改硬件,就可以适应新的控制要求;
- (4) 可用一台计算机分时控制若干个回路或系统;
- (5) 控制与管理结合,实现企业综合自动化。

计算机控制系统的工作步骤可划分为实时检测、实施决策、实时控制和信息管理,测、算、控、管的四个步骤不断重复,使整个系统能按一定的动态指标工作,且可对被控制量和设备本身所出现的异常状态及时进行监督并迅速做出处理,这就是计算机控制系统最基本的功能。

2) 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机系统、被控对象、检测装置和执行机构等组成,包括硬件设备、控制软件和通信网络三大部分。硬件是指计算机本身及其外围设备;软件是管理计算机的

程序以及过程控制的应用程序；通信网络则负责各个独立的数据采集节点和控制单元之间的数据信息交换，以及各个控制回路之间和网络之间的信息交换，通信可以有有线方式，也可以是无无线方式。被控对象的范围很广，包括各行各业的生产过程、机械装置、交通工具、机器人、实验装置、仪器仪表、家庭生活设施、家用电器和玩具等。

2. 计算机控制系统的分类

(1) 计算机控制系统按控制方式可分为开环控制系统和闭环控制系统。开环控制系统结构比较简单，适合于控制精度要求不高或者元件工作特性比较稳定而干扰又很小的场合；闭环控制可以减小系统偏差，实现高精度控制，对控制元件的要求比开环控制低，但与开环控制系统相比，闭环控制系统成本较高。

(2) 计算机控制系统按功能和系统构成可分为监视控制与数据采集系统(Supervisory Control and Data Acquisition System, SC & DAS)、直接数字控制系统(Direct Digital Control System, DDCS)、计算机监督控制系统(Supervisory Computer Control System, SCCS)和控制网络系统。

监视控制与数据采集系统采集生产过程或各种检测装置的参数，并对参数进行处理，进行参数的越界报警，或者按要求定时制表、打印或将数据处理的结果记录在外存储器中，作为资料保存和供分析使用，属开环系统。其优点是结构简单和控制灵活；缺点是由人工进行操作，操作速度受到了人为的限制，并且不能同时控制多个回路。该系统常用在计算机控制系统设计与调试阶段，进行数据检测、处理及试验新的数学模型，调试新的控制程序等。

直接数字控制系统是计算机在工业应用中最普遍和最基本的一种方式。DDC 系统中的计算机完全取代模拟调节器，参加闭环控制过程。DDC 系统具有如下优点：

① 控制灵活。在 DDC 系统中，由于微机代替了常规模拟调节器，因此要改变控制方法，只要改变程序就可以实现了，无须对硬件线路作任何改动。

② 可以有效地实现较复杂的控制，用来改善控制质量，提高经济效益。

③ 当控制回路较多时，采用 DDC 系统比采用常规控制器控制系统要经济合算，因为一台微机可代替多个模拟调节器。

计算机监督控制系统由监督计算机根据工艺数据和已设定的数学模型，按照某一目标函数，进行优化分析，自动产生最优设定值，再由直接控制系统执行。SCC 系统不仅可以进行给定值控制，并且还可以进行顺序控制、最优控制以及自适应控制等，它是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合与发展。就其结构来讲，SCC 系统有两种形式：一种是 SCC+模拟调节器系统；另一种是 SCC+DDC 系统。SCC+模拟调节器这种系统特别适合老企业的技术改造工程，以便能够充分利用原有的模拟调节器。

控制网络系统是多级分布式网络系统，其理念是地理和功能上的分布式控制、分层优化管理。这里将集散控制系统、现场总线控制系统、工业以太网和计算机集成制造系统等均归入控制网络。它具有如下特点：金字塔结构，可靠性高，设计、开发、维护、操作方便等。

(3) 计算机控制系统按控制规律可分为程序控制、顺序控制、经典控制规律(比例积分微分(PID)控制、串级控制、前馈控制、有限拍控制等)、现代控制规律(最优控制、自适应控制、变结构控制、鲁棒控制、预测控制等)和智能控制规律(模糊控制、专家控制、人工神经元和遗传算法等)等。

3. 计算机控制系统的发展

1) 计算机技术对控制技术的影响

计算机控制的发展同计算机本身的发展有着紧密的联系,计算机每更新换代一次,计算机控制就前进一步,上一个新台阶。

2) 计算机控制理论的发展

计算机控制的发展与控制理论的应用与发展有着密切的关系。在计算机控制系统中,目前主要应用采样系统理论。采样系统理论发展的一些主要思想,大都是连续时间系统思想的扩展。采样定理、差分方程、 z 变换理论、状态空间理论、最优控制、系统辨识、智能控制的出现和发展对计算机控制都起到了积极的推动作用。

3) 计算机控制系统的发展趋势

目前计算机控制系统的发展的主要趋势是微型化和大型化:

- (1) 发展 MEMS(Micro Electro Mechanical System,微电子机械系统)器件和系统;
- (2) 开放化、网络化;
- (3) 普及应用可编程控制器;
- (4) 应用和发展容错技术;
- (5) 发展智能控制。

1.2 学习重点及例题

计算机控制系统是自动控制理论、数字计算机技术与通信技术相结合发展的产物。采样理论为计算机控制系统奠定了理论基础,计算机技术为先进控制规律的实现提供了非常有效的手段,微电子技术的发展给计算机控制系统的工程化应用和发展提供了物质基础。本章从计算机控制系统的基本组成出发,概述计算机控制系统的分类和特点,以及计算机控制系统的发展状况,其中的学习重点是:

- (1) 单回路计算机控制系统的构成框图;
- (2) 计算机控制系统软硬件组成。

例 1-1 计算机控制系统的工作步骤包括哪些?

答: 计算机控制系统完成控制任务的一个循环可归纳为以下步骤:

- (1) 实时检测: 对被控制量的瞬时值进行检测,并且将采样结果输入到计算机;
- (2) 实时决策: 对输入的给定值与被控量的值进行处理,按照预先规定的控制规律进行运算,决定下一步的控制过程;
- (3) 实时控制: 根据决策,实时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务;
- (4) 信息管理: 随着网络技术和控制策略的发展,信息共享和管理也介入到控制系统之中。

上述测、算、控、管的过程不断重复,使整个系统能按一定的动态指标进行工作,且可对被控制量和设备本身所出现的异常状态及时进行监督并迅速做出处理,这就是计算机控制系统最基本的功能。

例 1-2 为什么说计算机集成制造系统是工业自动化的发展趋势?

答: 信息技术和机电一体化技术的发展推动了制造业产业结构的不断变革, 促进了生产过程自动化水平进一步提高。工厂自动化也由“点”(单机自动化)到“线”(由多种自动化设备组成的生产线), 再由“线”发展到“面”(引入柔性制造系统, 实现企业全部作业流程的自动化), 进而由“面”向“立体”(企业全部生产系统和企业内部业务实现综合自动化)的方向发展, 以期实现企业全部业务的一元化、集成化和高效化。计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)技术正是制造业实现这一愿望的技术途径。计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是当代工业自动化领域的前沿学科, 也是集中多种高新技术为一体的现代化制造技术, 是工业自动化发展的必然趋势。

1.3 习题及解答

1-1 什么是计算机控制系统? 它由哪几个部分组成? 请画出一个实际的计算机控制系统原理结构图。

答: (1) 计算机控制系统又称数字控制系统, 是指计算机参与控制的自动控制系统; 计算机控制系统就是利用计算机来实现生产过程控制的系统, 是自动控制理论、计算机技术和通信技术结合发展的产物。

(2) 计算机控制系统由计算机、被控系统、检测装置和执行机构等组成。计算机控制系统包括硬件设备、控制软件和通信网络三大部分。硬件是指计算机本身及其外部设备; 软件是管理计算机以及各个过程过程控制的应用程序; 通信网络负责各个独立的数据采集节点和控制单元之间的数据信息交换, 以及各个控制回路之间的网络之间的信息交换。

(3) 一个典型的实际计算机控制系统原理结构图, 如图 1.2 所示。

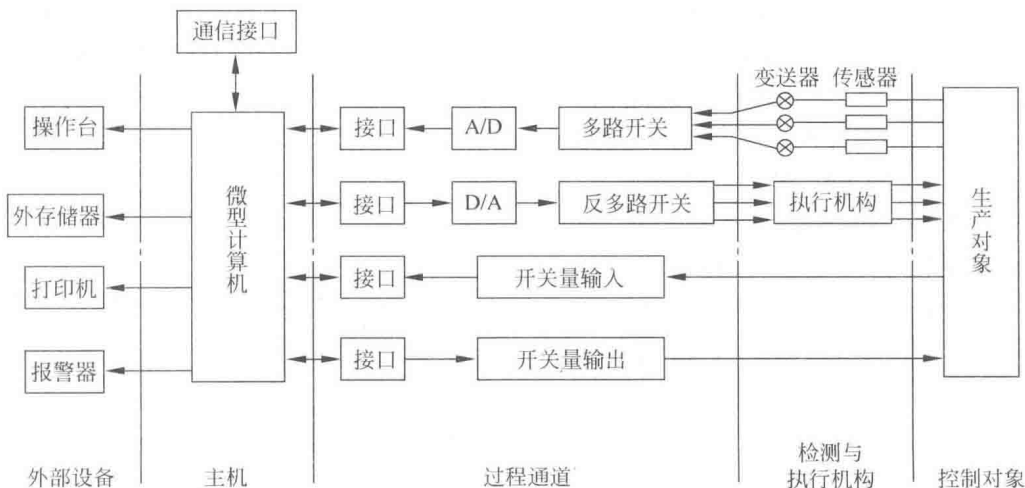


图 1.2 典型计算机控制系统组成框图

1-2 微型计算机控制系统与模拟调节系统相比有什么特点?

答: 微机控制系统与常规的自动控制系统相比, 具有如下特点: