



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

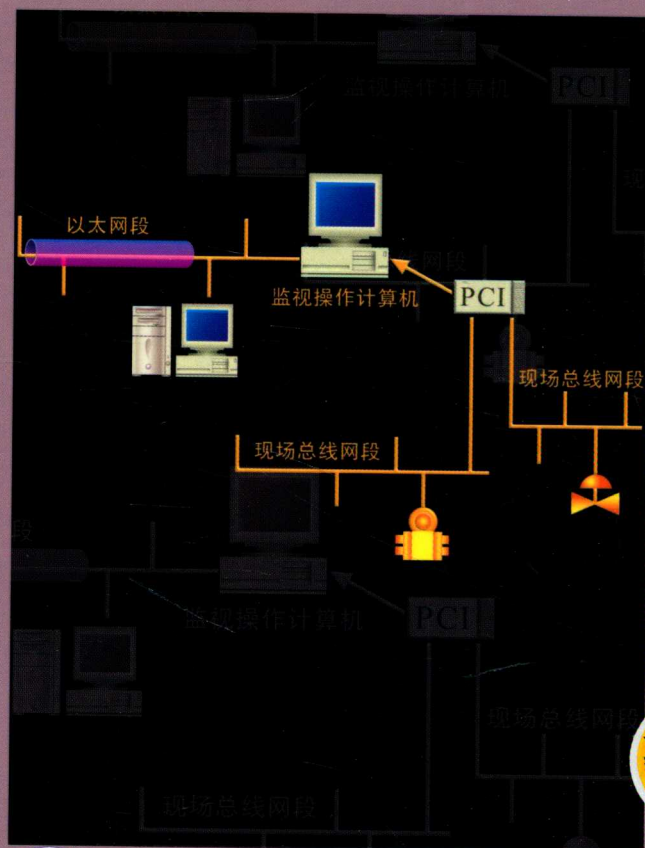
21 世纪高等院校

••••• 自动化专业系列教材 •••••

计算机控制系统

第3版

李正军 编著



免费提供电子教案
<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪高等院校自动化专业系列教材

计 算 机 控 制 系 统

第 3 版

李正军 编著



机械工业出版社

本书是“十一五”国家级规划教材。本书理论联系实际,突出工程应用,全面系统地介绍了计算机控制系统的各个重要组成部分,是在编者三十多年教学与科研实践经验的基础上,吸收了国内外计算机控制系统设计中所用的最新技术编写而成的。书中还介绍了编者在计算机控制领域的最新研究成果。

全书共分10章,主要内容包括:计算机控制系统的组成和发展趋势、计算机控制系统设计基础、HMI与打印机接口技术、过程输入输出通道、数字控制技术、计算机控制系统的控制规律、计算机控制系统的软件设计、现场总线与工业以太网控制网络技术、计算机控制系统的电磁兼容与抗干扰设计、基于现场总线与工业以太网的新型DCS的设计及其计算机控制系统的设计方法。全书内容丰富,体系先进,结构合理,理论与实践相结合,尤其注重工程应用技术。

本书可作为高等院校各类自动化、电子与电气工程、计算机应用、信息工程、自动检测等专业的本科教材,同时可以作为相关专业的研究生教材,也可供从事计算机控制系统设计的工程技术人员参考。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 308596956, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统/李正军编著. —3版. —北京:机械工业出版社, 2015.9
21世纪高等院校自动化专业系列教材
ISBN 978-7-111-51412-1

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机控制系统—高等学校—教材 IV.
①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第202814号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:时静 责任编辑:时静 张利萍

版式设计:赵颖喆 责任校对:陈立辉

责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2015年11月第3版第1次印刷

184mm×260mm·27印张·669千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-51412-1

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

21 世纪高等院校自动化专业系列教材

编 审 委 员 会

主 任 袁著祉 南开大学

副主任 王桂增 清华大学

席裕庚 上海交通大学

委 员 (以姓氏笔画为序)

田作华 上海交通大学

李华德 北京科技大学

陈大钦 华中科技大学

张长水 清华大学

胡毓坚 机械工业出版社

贾 磊 山东大学

韩崇昭 西安交通大学

薛定宇 东北大学

出版说明

自动化技术是一门集控制、系统、信号处理、电子和计算机技术于一体的综合技术,广泛用于工业、农业、交通运输、国防、科学研究以及商业、医疗、服务和家庭等各个方面。自动化水平的高低是衡量一个国家或社会现代化水平的重要标志之一,建设一个现代化的国家需要大批从事自动化事业的人才。高等院校的自动化专业是培养国家所需要的专业面宽、适应性强,具有明显的跨学科特点的自动化专门人才的摇篮。

为了适应新时期对高等教育人才培养工作的需要,以及科学技术发展的新趋势和新特点,并结合最新颁布实施的高等院校自动化专业教学大纲,我们邀请清华大学、南开大学、上海交通大学、西安交通大学、东北大学、华中科技大学、山东大学、北京科技大学等名校的知名教师、专家和学者,成立了教材编写委员会,共同策划了这套面向高校自动化专业的教材。

本套教材定位于普通高等院校自动化类专业本科层面。按照教育部颁发的《普通高等院校本科专业介绍》中所提出的培养目标和培养要求、适合作为高校相关专业的教材,反映了当前教学与技术发展的主流和趋势。

本套教材的特色:

1. 作者队伍强。本套教材的作者都是全国各院校从事一线教学的知名教师和相关专业领域的学术带头人,具有很高的知名度和权威性,保证了本套教材的水平和质量。
2. 观念新。本套教材适应教学改革的需要和市场经济对人才培养的要求。
3. 内容新。近20年,自动化技术发展迅速,与其他学科的联系越来越紧密。这套教材力求反映学科发展的最新内容,以适应21世纪自动化人才培养的要求。
4. 体系新。在以前教材的基础上重构和重组,补充新的教学内容,各门课程及内容的组成、顺序、比例更加优化,避免了遗漏和不必要的重复。根据基础课教材的特点,本套教材的理论深度适中,并注意与专业教材的衔接。
5. 教学配套的手段多样化。本套教材大力推进电子讲稿和多媒体课件的建设工作。本着方便教学的原则,一些教材配有习题解答和实验指导书,以及配套学习指导用书。

机械工业出版社

第3版前言

本书是在《计算机控制系统》第2版的基础上修改而成的。

第3版教材中,首次采用了先进的 ARM Cortex-M3 和 M4 嵌入式控制器作为背景机,讲述计算机控制系统的设计。删除了第2版教材中较为繁琐的或一些过时的教学内容,如矩阵键盘的详细设计、采样定理的详细证明、AD574A-D 转换器、DAC1208D-A 转换器等。由于目前现场总线技术已经作为一门独立的课程,考虑到教学学时的限制,删除了 CAN 总线和 PROFIBUS-DP 总线的详细设计;更新了现场总线与工业以太网的最新发展技术,如工业以太网技术、netX 网络控制器等;增加了监控与数据采集系统(SCADA)、复杂流程工业控制系统、嵌入式控制系统(ECS)的介绍,并引入了第四次工业革命——工业4.0的概念;为了学习的方便与知识的系统化,将“总线技术与 MODBUS 通信协议”一章修改为“计算机控制系统设计基础”,增加了微处理器和微控制器的存储空间配置结构的介绍、常用译码电路和 PLD 可编程逻辑器件译码电路的应用设计、I/O 接口电路的扩展技术;增加了旋转编码器在 HMI 人机接口中的应用设计;在过程输入输出通道的设计中,增加了传感器、变送器、执行器的介绍,同时,增加了模拟信号放大技术与最新的带可编程接口的 A-D 和 D-A 转换器的详细设计;对计算机控制系统的软件设计进行了重点修改,如计算机控制系统软件设计中的关键技术、OPC 技术、Web 技术,同时增加了双机热备技术的论述及 IIR 数字滤波器的算法和程序设计;考虑电磁兼容与抗干扰技术在计算机控制系统的设计中越来越重要,增加了“计算机控制系统的电磁兼容与抗干扰设计”一章;根据编者承担的国家重点科研公关课题的最新研究成果,增加了基于现场总线与工业以太网的新型 DCS 的设计实例,并给出了主控卡与各种测控板卡的实物图,这一章与“计算机控制系统的软件设计”合在一起,将给读者一个非常直观的认识,非常有助于读者对计算机控制系统设计的整体理解和学习。

本书是编者教学和科研实践的总结,书中实例均是取自编者近几年的计算机控制系统的科研攻关课题。对本书中所引用的参考文献的作者,在此一并向他们表示真诚的感谢。由于编者水平有限,加上时间仓促,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。

编 者

第2版前言

本书是在《计算机控制系统》第1版的基础上修改而成的。

第2版教材中，删除和修改了第1版教材中比较繁琐的或非重点讲解的内容，如 Σ - Δ 型A-D转换器的详细工作原理、显示器接口设计、离散状态空间设计、基于工业以太网和现场总线技术的新型控制系统等，并对部分内容进行了更正。

在计算机控制系统的分类中，增加了对网络控制系统(NCS)的介绍，对计算机控制系统采用技术和发展趋势的部分内容做了修改；增加了MODBUS通信协议和人机接口HMI触摸屏的内容介绍；增加了计算机控制系统的软件设计，包括计算机控制系统软件的组成和功能、实时多任务系统、现场控制层的软件系统平台、新形DCS系统组态软件的设计、组态软件数据库系统设计、组态软件驱动程序设计、组态软件可视化环境设计、OPC技术、Web浏览与控制技术、应用程序设计；增加了现场总线与工业以太网控制网络技术，包括现场总线技术概述、现场总线与企业网络、现场总线简介、CAN与PROFIBUS现场总线及其应用技术、工业以太网技术；增加了计算机控制系统设计实例，如PMM2000电力网络仪表的系统设计等。

编者

第1版前言

随着现代化工业生产过程复杂性与集成度的提高,计算机控制系统已发展到了一个崭新的阶段。计算机控制系统利用计算机的软件和硬件代替自动控制系统中的控制器,它以自动控制理论和计算机技术为基础,综合了计算机、自动控制和生产过程多方面的知识。当前,计算机控制系统已成为许多大型自动化生产线不可缺少的重要组成部分。这就要求从事自动控制的工程技术和研发人员不仅要掌握生产工艺流程和自动控制理论的基础知识,而且还必须掌握计算机控制系统的有关硬件、软件、控制规律、数据通信、现场总线网络技术和数据库等方面的专门知识和技术,从而达到设计和应用计算机控制系统的目的。

本书为“十一五”国家级规划教材,全面系统地讲述了计算机控制系统的基础知识、系统设计及应用技术。

全书共分9章。第1章为绪论,介绍了计算机控制系统的概念、组成、分类和发展趋势;第2章介绍了计算机控制系统的总线技术,包括STD总线、PCI总线、IEEE-488总线、RS-232和RS-485总线及MODBUS通信协议;第3章简要介绍了人机接口技术,包括键盘的设计、LED和LCD显示技术、触摸屏技术与打印机接口技术;第4章重点介绍了过程输入输出通道接口技术,包括信号和采样、模拟开关、模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道、数字量输出通道、电流/电压转换和过程通道的抗干扰与可靠性设计;第5章讲述了数字控制技术;第6章详述了计算机控制系统的控制规律,包括PID控制、数字PID算法、串级控制、前馈-反馈控制、数字控制器的直接设计方法、大林算法、史密斯预估控制、模糊控制和模型预测控制;第7章介绍了计算机控制系统的软件设计,包括计算机控制系统软件的组成和功能、实时多任务系统、现场控制层的软件系统平台、新型DCS系统组态软件的设计、组态软件数据库系统设计、组态软件驱动程序设计、组态软件可视化环境设计、OPC技术、Web浏览与控制技术和应用程序设计;第8章重点讲述了现场总线与工业以太网控制网络技术,包括现场总线技术概述、现场总线与企业网络、典型现场总线简介、CAN与PROFIBUS-DP现场总线及其应用技术、工业以太网技术;第9章介绍了计算机控制系统的设计方法和设计实例,最后介绍了PMM2000电力网络仪表的系统设计。本教材取材于作者多年的教学内容以及近几年发表的科研论文和国家重点科研攻关项目,并参考了有关专著和技术资料。

本教材得以公开出版,得到了机械工业出版社计算机分社的大力支持,上海交通大学的席裕庚教授审阅了编写大纲,同时得到了山东大学控制科学与工程学院领导及有关同志的大力支持。在本书的编写过程中,我的学生张明、王丛先、刘俊杰、赖园园、陈亮、韩英昆、周旭、杨洪军、薛凌燕等协助我做了书稿的校对工作,并绘制了全部插图。对书中所引用的参考文献的作者,在此一并向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处敬请广大读者不吝指正。

目 录

出版说明

第3版前言

第2版前言

第1版前言

第1章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的概念	1
1.1.1 常规控制系统	1
1.1.2 计算机控制系统	2
1.2 计算机控制系统的组成	3
1.2.1 计算机控制系统的硬件	3
1.2.2 计算机控制系统的软件	5
1.3 计算机控制系统的分类	10
1.3.1 数据采集系统 (DAS)	10
1.3.2 直接数字控制 (DDC) 系统	11
1.3.3 监督控制 (SCC) 系统	11
1.3.4 集散控制系统 (DCS)	12
1.3.5 监控与数据采集 (SCADA) 系统	13
1.3.6 现场总线控制系统 (FCS)	14
1.3.7 工业过程计算机集成制造系统 (流程 CIMS)	15
1.3.8 网络控制系统 (NCS)	16
1.3.9 复杂流程工业控制系统	17
1.3.10 嵌入式控制系统 (ECS)	18
1.4 计算机控制系统采用的技术和发展趋势	19
1.4.1 采用可编程序控制器 (PLC)	20
1.4.2 采用新型的控制系统	20
1.4.3 实现最优控制	20
1.4.4 自适应控制	20
1.4.5 人工智能	20
1.4.6 模糊控制	21
1.4.7 预测控制	21
1.4.8 第四次工业革命——工业 4.0	22
习题	22
第2章 计算机控制系统设计基础	23
2.1 微处理器与微控制器	23
2.1.1 Von. Noreaman 存储空间配置结构	24
2.1.2 Harward 存储空间配置结构	26
2.1.3 Preston 存储空间配置结构	28
2.2 译码电路的设计	29

2.2.1	简单译码集成电路	29
2.2.2	可编程逻辑器件	30
2.2.3	通用阵列逻辑器件	33
2.2.4	边界扫描技术	34
2.2.5	GAL 器件译码应用实例	35
2.3	I/O 接口电路的扩展技术	39
2.3.1	用锁存器扩展简单的输出口	39
2.3.2	用三态缓冲器扩展简单的输入口	40
2.3.3	用移位寄存器扩展 I/O 接口	41
2.4	内部总线	42
2.4.1	PCI 总线	42
2.4.2	PC104 总线	44
2.5	外部总线	45
2.5.1	IEEE-488 总线	45
2.5.2	USB 接口	46
2.5.3	串行通信基础	47
2.5.4	RS-232C 串行通信接口	48
2.5.5	RS-485 串行通信接口	50
2.6	MODBUS 通信协议	52
2.6.1	MODBUS 通信协议概述	52
2.6.2	两种传输方式	53
2.6.3	MODBUS 消息帧	53
2.6.4	错误检测方法	55
2.6.5	MODBUS 的编程方法	55
	习题	55
第3章	HMI 与打印机接口技术	56
3.1	独立式键盘接口设计	56
3.1.1	键盘的特点及确认	56
3.1.2	独立式按键扩展实例	57
3.2	矩阵式键盘接口设计	57
3.2.1	矩阵式键盘的工作原理	57
3.2.2	按键的识别方法	58
3.2.3	键盘的编码	58
3.3	旋转编码器接口设计	58
3.3.1	旋转编码器的工作原理	58
3.3.2	旋转编码器的接口电路设计	59
3.3.3	旋转编码器的时序分析	59
3.3.4	旋转编码器的软件设计	60
3.4	显示技术的发展及其特点	63
3.4.1	显示技术的发展	63
3.4.2	显示器件的主要参数	63
3.5	LED 显示器接口设计	64
3.5.1	LED 显示器的结构	65
3.5.2	LED 显示器的扫描方式	66

3.6 段型 LCD 显示器接口设计	69
3.6.1 LCD 的发展过程	69
3.6.2 LCD 的特点	69
3.6.3 LCD 的基本结构及工作原理	70
3.6.4 LCD 的驱动方式	71
3.7 触摸屏技术及其在工程中的应用	71
3.7.1 触摸屏的发展历程	71
3.7.2 触摸屏的工作原理	72
3.7.3 工业常用触摸屏产品介绍	73
3.7.4 触摸屏在工程中的应用	73
3.8 打印机接口电路设计	74
3.8.1 标准 Centronics 接口	74
3.8.2 应用实例	75
习题	76
第4章 过程输入输出通道	77
4.1 传感器	77
4.1.1 传感器的定义和分类及构成	77
4.1.2 传感器的基本性能	79
4.1.3 传感器的应用领域	80
4.1.4 基准电压源和恒流源	81
4.1.5 温度传感器	84
4.1.6 湿度传感器	91
4.1.7 流量传感器	92
4.1.8 热释电红外传感器	95
4.1.9 光电传感器	96
4.1.10 气敏传感器	96
4.1.11 霍尔传感器	97
4.1.12 应变式电阻传感器	98
4.1.13 压力传感器	99
4.1.14 CCD 图像传感器	100
4.1.15 位移传感器	100
4.1.16 加速度传感器	101
4.1.17 PM2.5 传感器	101
4.2 变送器	102
4.2.1 变送器的构成原理	102
4.2.2 差压变送器	102
4.2.3 温度变送器	104
4.3 执行器	104
4.3.1 执行机构	105
4.3.2 调节机构	105
4.3.3 执行器的选用	105
4.3.4 阀门定位器	106
4.4 模拟信号放大技术	107
4.4.1 运算放大器及其应用	107

4.4.2	测量放大器	110
4.4.3	程控增益放大器	111
4.5	采样和模拟开关	113
4.5.1	信号和采样定理	113
4.5.2	采样/保持器	114
4.5.3	模拟开关	115
4.5.4	32 通道模拟量输入电路设计实例	117
4.6	模拟量输入通道	119
4.6.1	模拟量输入通道的组成	119
4.6.2	A-D 转换器的工作原理	120
4.6.3	A-D 转换器的技术指标	120
4.7	8 位 A-D 转换器及其接口技术	121
4.7.1	ADC0808/0809 介绍	121
4.7.2	8 位 A-D 转换器与 CPU 的接口	123
4.7.3	8 位 A-D 转换器的程序设计	124
4.8	12 位低功耗 A-D 转换器 AD7091R	125
4.8.1	AD7091R 引脚介绍	125
4.8.2	AD7091R 的应用特性	125
4.8.3	AD7091R 的数字接口	126
4.8.4	AD7091R 与 STM32F103 的接口	126
4.9	22 位 Σ - Δ 型 A-D 转换器 ADS1213	127
4.9.1	引脚介绍	127
4.9.2	片内寄存器	129
4.9.3	ADS1213 的应用特性	132
4.9.4	ADS1213 的数字接口	132
4.9.5	ADS1213 与 STM32F103 的接口	133
4.10	模拟量输出通道	133
4.10.1	模拟量输出通道的组成	133
4.10.2	D-A 转换器的技术指标	134
4.11	8 位 D-A 转换器及其接口技术	134
4.11.1	DAC0832 介绍	134
4.11.2	8 位 D-A 转换器与 CPU 的接口	136
4.12	12/16 位 4~20mA 串行输入 D-A 转换器 AD5410/AD5420	137
4.12.1	引脚介绍	137
4.12.2	片内寄存器	138
4.12.3	AD5410/AD5420 应用特性	140
4.12.4	AD5410/AD5420 的数字接口	140
4.12.5	AD5410/AD5420 与 STM32F103 的接口	141
4.13	数字量输入输出通道	141
4.13.1	光耦合器	141
4.13.2	数字量输入通道	143
4.13.3	数字量输出通道	144
4.13.4	脉冲量输入输出通道	145
4.14	电流/电压转换电路	146

4.14.1 电压/电流转换	146
4.14.2 电流/电压转换	147
习题	148
第5章 数字控制技术	149
5.1 数字控制基础	149
5.1.1 数字控制的基本原理	149
5.1.2 数字控制方式	150
5.1.3 开环数字控制	151
5.2 逐点比较法插补原理	151
5.2.1 逐点比较法直线插补	152
5.2.2 逐点比较法圆弧插补	156
5.3 步进电动机控制	162
5.3.1 步进电动机的工作原理	162
5.3.2 步进电动机控制系统原理图	163
5.3.3 步进电动机的驱动电路	164
5.3.4 步进电动机的工作方式	165
5.3.5 步进电动机控制程序设计	166
习题	168
第6章 计算机控制系统的控制规律	169
6.1 被控对象的传递函数与性能指标	169
6.1.1 计算机控制系统被控对象的传递函数	169
6.1.2 计算机控制系统的性能指标	170
6.1.3 对象特性对控制性能的影响	174
6.2 PID 控制	175
6.2.1 PID 概述	175
6.2.2 PID 调节的作用	175
6.3 数字 PID 算法	177
6.3.1 PID 算法	177
6.3.2 PID 算式的改进	186
6.4 PID 参数整定	190
6.4.1 PID 参数对控制性能的影响	190
6.4.2 采样周期 T 的选取	191
6.4.3 扩充临界比例度法	192
6.5 串级控制	194
6.5.1 串级控制算法	194
6.5.2 副回路微分先行串级控制算法	195
6.6 前馈-反馈控制	197
6.6.1 前馈控制的结构	197
6.6.2 前馈-反馈控制的结构	197
6.6.3 数字前馈-反馈控制算法	198
6.7 数字控制器的直接设计方法	200
6.7.1 基本概念	200
6.7.2 最少拍无差系统的设计	201
6.7.3 最少拍无纹波系统	208

6.8 大林算法	211
6.8.1 大林算法的基本形式	211
6.8.2 振铃现象	213
6.8.3 大林算法的设计步骤	215
6.9 史密斯预估控制	215
6.9.1 史密斯预估控制原理	216
6.9.2 史密斯预估控制举例	218
6.10 模糊控制	218
6.10.1 模糊控制的数学基础	219
6.10.2 模糊控制系统组成	224
6.10.3 模糊控制器设计	229
6.10.4 双输入单输出模糊控制器设计	232
6.11 模型预测控制	235
6.11.1 动态矩阵控制 (DMC)	235
6.11.2 模型算法控制 (MAC)	244
习题	249
第7章 计算机控制系统的软件设计	251
7.1 计算机控制系统软件概述	251
7.1.1 计算机控制系统应用软件的分层结构	251
7.1.2 计算机控制系统软件的设计策略	252
7.1.3 计算机控制系统软件的功能和性能指标	253
7.2 实时多任务系统	254
7.2.1 实时系统和实时操作系统	254
7.2.2 实时多任务系统的切换与调度	255
7.3 现场控制层的软件系统平台	258
7.3.1 软件系统平台的选择	258
7.3.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核调度基本原理	258
7.4 新型 DCS 组态软件的设计	259
7.4.1 新型 DCS 的总体结构	259
7.4.2 新型 DCS 组态软件的总体结构设计	262
7.4.3 新型 DCS 组态软件开发环境	267
7.4.4 新型 DCS 组态软件的关键技术	269
7.5 组态软件数据库系统设计	271
7.5.1 组态软件中的数据管理	272
7.5.2 数据库系统结构	272
7.5.3 组态数据库的设计与实现	273
7.6 组态软件驱动程序设计	275
7.6.1 驱动程序采用的技术	275
7.6.2 驱动程序的分析与设计	276
7.7 组态软件可视化环境设计	277
7.7.1 组态框架和运行框架	277
7.7.2 组态信息的文件管理	278
7.7.3 组态框架设计和实现	281
7.7.4 运行框架设计和实现	283

7.8 OPC 技术	285
7.8.1 OPC 技术概述	285
7.8.2 OPC 关键技术	285
7.8.3 OPC DA 规范	286
7.8.4 工业控制领域中的 OPC 应用实例	288
7.9 Web 技术	290
7.9.1 Web 技术概述	290
7.9.2 Web 服务端技术	290
7.9.3 Web 客户端技术	291
7.9.4 SCADA 系统中的 Web 应用方案设计	291
7.10 双机热备技术	292
7.10.1 双机热备技术概述	293
7.10.2 双机热备系统的工作模式	293
7.10.3 双机热备系统的数据存储方式	294
7.10.4 DCS 中的双机热备方案设计	294
7.11 常用数字滤波算法与程序设计	296
7.11.1 程序判断滤波	296
7.11.2 中值滤波	297
7.11.3 算术平均滤波	297
7.11.4 加权平均滤波	297
7.11.5 低通滤波	298
7.11.6 滑动平均滤波	298
7.11.7 各种滤波方法的比较	298
7.12 数字滤波器的算法与程序设计	299
7.12.1 数字滤波器的分类与特点	299
7.12.2 IIR 数字滤波器的设计原理	299
7.12.3 基于 C 语言的 IIR 数字滤波器程序设计	301
7.12.4 IIR 数字滤波器的滤波效果分析	302
7.13 标度变换程序	302
7.13.1 线性标度变换程序	303
7.13.2 非线性标度变换程序	304
习题	305
第 8 章 现场总线与工业以太网控制网络技术	306
8.1 现场总线技术概述	306
8.1.1 现场总线的产生	306
8.1.2 现场总线的本质	306
8.1.3 现场总线的特点和优点	307
8.1.4 现场总线的现状	309
8.1.5 现场总线网络的实现	310
8.1.6 现场总线技术的发展趋势	312
8.2 工业以太网的产生与发展	312
8.2.1 以太网引入工业控制领域的技术优势	312
8.2.2 工业以太网与实时以太网	314
8.2.3 IEC61786-2 标准	314

8.2.4	工业以太网技术的发展现状	315
8.2.5	工业以太网技术的发展趋势与前景	317
8.3	现场总线与企业网络	320
8.3.1	企业网络	320
8.3.2	企业网络技术	321
8.3.3	企业网络的体系结构	322
8.3.4	信息网络与控制网络	324
8.4	流行现场总线简介	325
8.4.1	基金会现场总线 (FF)	325
8.4.2	PROFIBUS	326
8.4.3	CAN	326
8.4.4	DeviceNet	327
8.4.5	LonWorks	328
8.4.6	ControlNet	329
8.4.7	CC-Link	330
8.4.8	CompoNet	331
8.5	工业以太网简介	331
8.5.1	工业以太网的主要标准	331
8.5.2	IDA	333
8.5.3	Ethernet/IP	333
8.5.4	EtherCAT	335
8.5.5	Ethernet Powerlink	336
8.5.6	PROFINET	336
8.5.7	HSE	341
8.5.8	EPA	342
8.6	netX 网络控制器	344
8.6.1	netX 系列网络控制器	344
8.6.2	netX 系列网络控制器的软件结构	346
8.6.3	netX 可用的协议堆栈	347
8.6.4	基于 netX 网络控制器的产品分类	347
	习题	348
第9章	计算机控制系统的电磁兼容与抗干扰设计	349
9.1	电磁兼容性概述	349
9.1.1	电磁兼容技术的发展	349
9.1.2	电磁干扰	350
9.2	电磁兼容性设计	352
9.2.1	电磁兼容的含义	352
9.2.2	电磁兼容控制技术	352
9.3	干扰的耦合方式	354
9.3.1	直接耦合方式	354
9.3.2	公共阻抗耦合方式	354
9.3.3	电容耦合方式	355
9.3.4	电磁感应耦合方式	355
9.3.5	辐射耦合方式	355

9.3.6 漏电耦合方式	355
9.4 计算机控制系统可靠性设计	355
9.4.1 可靠性设计任务	356
9.4.2 可靠性设计技术	356
9.5 抗干扰的硬件措施	358
9.5.1 抗串模干扰的措施	358
9.5.2 抗共模干扰的措施	360
9.5.3 采用双绞线	360
9.5.4 反射波干扰及抑制	361
9.5.5 正确连接模拟地和数字地	362
9.5.6 电源的抗干扰措施	362
9.5.7 压敏电阻及其应用	364
9.5.8 瞬变电压抑制器及其应用	365
9.6 抗干扰的软件措施	367
9.6.1 数字信号输入输出中的软件抗干扰措施	367
9.6.2 CPU 的抗干扰技术	367
9.7 计算机控制系统的容错设计	368
9.7.1 硬件故障的自诊断技术	369
9.7.2 软件的容错设计	370
习题	371
第10章 计算机控制系统设计	372
10.1 基于现场总线与工业以太网的新型 DCS 的设计	372
10.1.1 新型 DCS 概述	372
10.1.2 现场控制站的组成	374
10.1.3 新型 DCS 通信网络	376
10.1.4 新型 DCS 控制卡的硬件设计	377
10.1.5 新型 DCS 控制卡的软件设计	382
10.1.6 控制算法的设计	390
10.1.7 8 通道模拟量输入板卡 (8AI) 的设计	394
10.1.8 8 通道热电偶输入板卡 (8TC) 的设计	395
10.1.9 8 通道热电阻输入板卡 (8RTD) 的设计	397
10.1.10 4 通道模拟量输出板卡 (4AO) 的设计	399
10.1.11 16 通道数字量输入板卡 (16DI) 的设计	400
10.1.12 16 通道数字量输出板卡 (16DO) 的设计	402
10.1.13 8 通道脉冲量输入板卡 (8PI) 的设计	403
10.2 工业锅炉计算机控制系统的设计	404
10.2.1 工业锅炉的工作过程	404
10.2.2 工业锅炉计算机控制的意义	406
10.2.3 工业锅炉计算机控制系统的基本功能	407
10.2.4 直接数字控制 (DDC) 系统的设计	409
10.2.5 系统总体设计	411
参考文献	414