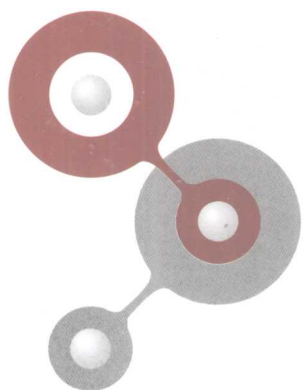




高等学校电子与电气工程及自动化专业“十一五”规划教材



计算机控制技术

汤楠 穆向阳 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与电气工程及其自动化专业“十一五”规划教材

计算机控制技术

汤 楠 穆向阳 主编

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书以计算机控制技术与控制理论有机结合为基础,围绕着计算机闭环数字控制系统这一主线,由浅入深地对计算机控制技术的有关基本理论和应用加以阐述。本书的主要特点是注意加强解决工程实际问题基本方法的介绍;注重理论和实际应用的结合;增加应用实例;结合典型控制系统,介绍和论述计算机控制系统的原理、分析设计方法和应用技术。

本书主要介绍计算机控制系统的输入输出通道技术、数字控制器的设计、计算机控制系统的设计与实现。书中注意本科阶段“计算机控制技术”课程与其它专业基础课程和专业课程的交叉重复部分的处理;充实和扩展了一些现代工业控制应用中的新方法和新理论;适当考虑了计算机辅助设计和分析的相关内容;注意系统性和层次划分,使其在有利于教师对不同层次学生授课的灵活取材的同时也有利于读者自学。

本书可作为普通高等院校自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、电子信息工程等专业及其相关专业的本科生或研究生的教科书或教学参考书,也可作为广大科技工作者和工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/汤楠,穆向阳主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.8

高等学校电子与电气工程及其自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2268-2

I. 计… II. ①汤… ②穆… III. 计算机控制—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 082695 号

策 划 马乐惠

责任编辑 李惠萍 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 15.25

字 数 353千字

印 数 1~4000册

定 价 22.00元

ISBN 978-7-5606-2268-2/TP·1153

XDUP 2560001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~ “十一五” 国家级规划教材 ~~~~~

计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00
计算机系统安全(第二版)(马建峰)	30.00
计算机网络(第三版)(蔡皖东)	27.00
计算机应用基础教程(第四版)(陈建铎)	
(for Windows XP/Office XP)	30.00
计算机应用基础(冉崇善)(高职)	
(Windows XP & Office 2003 版)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练	
与案例分析(高职)(冉崇善)	18.00
微型计算机原理(第二版)(王忠民)	27.00
微型计算机原理及接口技术(第二版)(裘雪红)	36.00
微型计算机组成与接口技术(第二版)(高职)	28.00
微机原理与接口技术(第二版)(龚尚福)	37.00
单片机原理及应用(第二版)(李建忠)	32.00
单片机应用技术(第二版)(高职)(刘守义)	30.00
Java程序设计(第二版)(高职)(陈圣国)	26.00
编译原理基础(第二版)(刘坚)	29.00
人工智能技术导论(第三版)(廉师友)	24.00
多媒体软件设计技术(第三版)(陈启安)	23.00
信息系统分析与设计(第二版)(卫红春)	25.00
信息系统分析与设计(第三版)(陈圣国)(高职)	20.00
传感器原理及工程应用(第三版)	28.00
数字图像处理(第二版)(何东健)	30.00
电路基础(第三版)(王松林)	39.00
模拟电子电路及技术基础(第二版)(孙肖子)	35.00
模拟电子技术(第三版)(江晓安)	25.00
数字电子技术(第三版)(江晓安)	23.00
数字电路与系统设计(第二版)(邓元庆)	35.00
数字信号处理(第三版)(高西全)	29.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00
现代通信原理与技术(第二版)(张辉)	39.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00
物理光学与应用光学(第二版)(石顺祥)	42.00

数控机床故障分析与维修(高职)(第二版) 25.00

液压与气动技术(第二版)(朱梅)(高职) 23.00

~~~~~计算机提高普及类~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)(高职)	22.00
计算机文化基础(高职)(游鑫)	27.00
计算机文化基础上机实训及案例(高职)	15.00
计算机科学与技术导论(吕辉)	22.00
计算机应用基础(高职)(赵钢)	29.00
计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00
《计算机应用基础——信息处理技术教程》	
习题集与上机指导(张郭军)	14.00
计算机组装与维修(中职)(董小莉)	23.00
微型机组装与维护实训教程(高职)(杨文诚)	22.00

~~~~~计算机网络类~~~~~

计算机网络技术基础教程(高职)(董武)	18.00
计算机网络管理(雷震甲)	20.00
网络设备配置与管理(李飞)	23.00
网络安全与管理实验教程(谢晓燕)	35.00
网络安全技术(高职)(廖兴)	19.00
网络信息安全技术(周明全)	17.00
动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
ASP动态网页制作基础教程(中职)(苏玉雄)	20.00
局域网组建实例教程(高职)(尹建璋)	20.00
Windows Server 2003组网技术(高职)(陈伟达)	30.00
组网技术(中职)(俞海英)	19.00
综合布线技术(高职)(王趾成)	18.00
计算机网络应用基础(武新华)	28.00
计算机网络基础及应用(高职)(向隅)	22.00

~~~~~计算机技术类~~~~~

计算机系统结构与组成(吕辉)	26.00
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
数据结构——使用 C++ 语言(第二版)(朱战立)	23.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00
数据结构教程——Java 语言描述(朱振元)	29.00
离散数学(武波)	24.00

软件工程(第二版)(邓良松)	22.00	微机装配调试与维护教程(王忠民)	25.00
软件技术基础(高职)(鲍有文)	23.00	《微机装配调试与维护教程》实训指导	22.00
软件技术基础(周大为)	30.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
嵌入式软件开发(高职)(张京)	23.00	C程序设计 with 实例教程(曾令明)	21.00
~~~~~计算机辅助技术及图形处理类~~~~~		程序设计与C语言(第二版)(马鸣远)	32.00
电子工程制图 (第二版)(高职)(童幸生)	40.00	C语言程序设计课程与考试辅导(王晓丹)	25.00
电子工程制图(含习题集)(高职)(郑芙蓉)	35.00	Visual Basic.NET程序设计(高职)(马宏锋)	24.00
机械制图与计算机绘图 (含习题集)(高职)	40.00	Visual C#.NET程序设计基础(高职)(曾文权)	39.00
电子线路 CAD 实用教程 (潘永雄)(第三版)	27.00	Visual FoxPro数据库程序设计教程(康贤)	24.00
AutoCAD 实用教程(高职)(丁爱萍)	24.00	数据库基础与 Visual FoxPro9.0程序设计	31.00
中文版 AutoCAD 2008 精编基础教程(高职)	22.00	Oracle数据库实用技术(高职)(费雅洁)	26.00
电子CAD(Protel 99 SE)实训指导书(高职)	12.00	Delphi程序设计实训教程(高职)(占跃华)	24.00
计算机辅助电路设计Protel 2004(高职)	24.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	22.00
EDA 技术及应用(第二版)(谭会生)	27.00	Visual C++基础教程(郭文平)	29.00
数字电路 EDA 设计(高职)(顾斌)	19.00	面向对象程序设计与VC++实践(揣锦华)	22.00
多媒体软件开发(高职)(含盘)(牟奇春)	35.00	面向对象程序设计与C++语言(第二版)	18.00
多媒体技术基础与应用(曾广雄)(高职)	20.00	面向对象程序设计——JAVA(第二版)	32.00
三维动画案例教程(含光盘)(高职)	25.00	Java 程序设计教程(曾令明)	23.00
图形图像处理案例教程(含光盘)(中职)	23.00	JavaWeb 程序设计基础教程(高职)(李绪成)	25.00
平面设计(高职)(李卓玲)	32.00	Access 数据库应用技术(高职)(王趾成)	21.00
~~~~~操作系统类~~~~~		ASP.NET 程序设计与开发(高职)(眭碧霞)	23.00
计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	19.00	XML 案例教程(高职)(眭碧霞)	24.00
计算机操作系统(修订版)(汤子瀛)	24.00	JSP 程序设计实用案例教程(高职)(翁健红)	22.00
计算机操作系统(第三版)(汤小丹)	30.00	Web 应用开发技术: JSP(含光盘)	33.00
计算机操作系统原理——Linux实例分析	25.00	~~~~~电子、电气工程及自动化类~~~~~	
Linux 网络操作系统应用教程(高职)(王和平)	25.00	电路(高贇)	26.00
Linux 操作系统实用教程(高职)(梁广民)	20.00	电路分析基础(第三版)(张永瑞)	28.00
~~~~~微机与控制类~~~~~		电路基础(高职)(孔凡东)	13.00
微机接口技术及其应用(李育贤)	19.00	电子技术基础(中职)(蔡宪承)	24.00
单片机原理与应用实例教程(高职)(李珍)	15.00	模拟电子技术(高职)(郑学峰)	23.00
单片机原理与应用技术(黄惟公)	22.00	模拟电子技术(高职)(张凌云)	17.00
单片机原理与程序设计实验教程(于殿泓)	18.00	数字电子技术(高职)(江力)	22.00
单片机实验与实训指导(高职)(王曙霞)	19.00	数字电子技术(高职)(肖志锋)	13.00
单片机原理及接口技术(第二版)(余锡存)	19.00	数字电子技术(高职)(蒋卓勤)	15.00
新编单片机原理与应用(第二版)(潘永雄)	24.00	数字电子技术及应用(高职)(张双琦)	21.00
MCS-51单片机原理及嵌入式系统应用	26.00	高频电子技术(高职)(钟苏)	21.00
微机外围设备的使用与维护 (高职)(王伟)	19.00	现代电子装联工艺基础(余国兴)	20.00
		微电子制造工艺技术(高职)(肖国玲)	18.00

Multisim电子电路仿真教程(高职)	22.00	信息论与编码(邓家先)	18.00
电工基础(中职)(薛鉴章)	18.00	密码学基础(范九伦)	16.00
电工基础(高职)(郭宗智)	19.00	通信原理(高职)(丁龙刚)	14.00
电子技能实训及制作(中职)(徐伟刚)	15.00	通信原理(黄葆华)	25.00
电工技能训练(中职)(林家祥)	24.00	通信电路(第二版)(沈伟慈)	21.00
电工技能实训基础(高职)(张仁醒)	14.00	通信系统原理教程(王兴亮)	31.00
电子测量技术(秦云)	30.00	通信系统与测量(梁俊)	34.00
电子测量技术(李希文)	28.00	扩频通信技术的应用(韦惠民)	26.00
电子测量仪器(高职)(吴生有)	14.00	通信线路工程(高职)	30.00
模式识别原理与应用(李弼程)	25.00	通信工程制图与概预算(高职)(杨光)	23.00
信号与系统(第三版)(陈生潭)	44.00	程控数字交换技术(刘振霞)	24.00
信号与系统实验(MATLAB)(党宏社)	14.00	光纤通信技术与设备(高职)(杜庆波)	23.00
信号与系统分析(和卫星)	33.00	光纤通信技术(高职)(田国栋)	21.00
数字信号处理实验(MATLAB版)	26.00	现代通信网概论(高职)(强世锦)	23.00
DSP原理与应用实验(姜阳)	18.00	电信网络分析与设计(阳莉)	17.00
电气工程导论(贾文超)	18.00	~~~~~仪器仪表及自动化类~~~~~	
电力系统的MATLAB/SIMULINK仿真及应用	29.00	现代测控技术(吕辉)	20.00
传感器应用技术(高职)(王煜东)	27.00	现代测试技术(何广军)	22.00
传感器原理及应用(郭爱芳)	24.00	光学设计(刘钧)	22.00
测试技术与传感器(罗志增)	19.00	工程光学(韩军)	36.00
传感器与信号调理技术(李希文)	29.00	测试技术基础(李孟源)	15.00
传感器技术(杨帆)	27.00	测试系统技术(郭军)	14.00
传感器及实用检测技术(高职)(程军)	23.00	电气控制技术(史军刚)	18.00
电子系统集成设计导论(李玉山)	33.00	可编程序控制器应用技术(张发玉)	22.00
现代能源与发电技术(邢运民)	28.00	图像检测与处理技术(于殿泓)	18.00
神经网络(含光盘)(侯媛彬)	26.00	自动检测技术(何金田)	26.00
电磁场与电磁波(曹祥玉)	22.00	自动显示技术与仪表(何金田)	26.00
电磁波——传输·辐射·传播(王一平)	26.00	电气控制基础与可编程控制器应用教程	24.00
电磁兼容原理与技术(何宏)	22.00	DSP在现代测控技术中的应用(陈晓龙)	28.00
微波与卫星通信(李白萍)	15.00	智能仪器工程设计(尚振东)	25.00
微波技术及应用(张瑜)	20.00	面向对象的测控系统软件设计(孟建军)	33.00
嵌入式实时操作系统 $\mu$ C/OS-II教程(吴永忠)	28.00	计量技术基础(李孟源)	14.00
音响技术(高职)(梁长垠)	25.00	~~~~~自动控制、机械类~~~~~	
现代音响与调音技术(第二版)(王兴亮)	21.00	自动控制理论(吴晓燕)	34.00
~~~~~通信理论与技术类~~~~~		自动控制原理(李素玲)	30.00
专用集成电路设计基础教程(来新泉)	20.00	自动控制原理(第二版)(薛安克)	24.00
现代编码技术(曾凡鑫)	29.00	自动控制原理及其应用(高职)(温希东)	15.00
信息论、编码与密码学(田丽华)	36.00	控制工程基础(王建平)	23.00

现代控制理论基础(舒欣梅)	14.00	数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	23.00
过程控制系统及工程(杨为民)	25.00	数控加工工艺学(任同)	29.00
控制系统仿真(党宏社)	21.00	数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00
模糊控制技术(席爱民)	24.00	数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00
工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00	数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00
工程力学(张光伟)	21.00	数控机床与编程(高职)(饶军)	24.00
工程力学(皮智谋)(高职)	12.00	数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00
理论力学(张功学)	26.00	数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00
材料力学(张功学)	27.00	机床电器与 PLC(高职)(李伟)	14.00
材料成型工艺基础(刘建华)	25.00	电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00
工程材料及应用(汪传生)	31.00	电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00
工程材料与应用(戈晓岚)	19.00	电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00
工程实践训练(周桂莲)	16.00	供电电技术(高职)(杨洋)	25.00
工程实践训练基础(周桂莲)	18.00	金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00
工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00	模具制造技术(高职)(刘航)	24.00
工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00	模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00	冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
现代设计方法(李思益)	21.00	塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
液压与气压传动(刘军营)	34.00	液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00	发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00	机动车辆保险与理赔实务(高职)	23.00
机械工程科技英语(程安宁)	15.00	汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
机械设计基础(郑甲红)	27.00	汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
机械设计基础(岳大鑫)	33.00	汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
机械设计(王宁侠)	36.00	汽车车身电气设备系统及附属电气设备(高职)	23.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00	汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00	汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
机械 CAD/CAM(葛友华)	20.00	汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
机械 CAD/CAM(欧长劲)	21.00	汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
机械 CAD/CAM 上机指导及练习教程(欧)	20.00	汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	22.00
画法几何与机械制图(叶琳)	35.00	汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
《画法几何与机械制图》习题集(邱龙辉)	22.00	汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00	汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00	汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00	现代汽车典型电控系统结构原理与故障诊断	25.00

欢迎来函索取本社书目和教材介绍! 通信地址: 西安市太白南路 2 号 西安电子科技大学出版社发行部
 邮政编码: 710071 邮购业务电话: (029)88201467 传真电话: (029)88213675。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦力	王建中	巨永锋	孙强	陈在平	李正明
吴斌	杨马英	张九根	周玉国	党宏社	高嵩
秦付军	席爱民	穆向阳			

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉	李荣正	余健明
段晨东	郝润科	谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋	刘晓婷	朱建公	朱若燕	何法江	李鹏飞
麦云飞	汪传生	张功学	张永康	胡小平	赵玉刚
柴国钟	原思聪	黄惟公	赫东锋	谭继文	

项目策划：马乐惠

策划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

近些年来,计算机控制技术在工业生产及其它相关领域的应用得到了飞速的发展。计算机控制技术的相关知识不仅是电气信息类专业学生知识结构的最主要部分之一,同时已经成为工科各专业学生常用的必备知识。

为了更好地完成计算机控制技术类课程的教学任务,在总结作者多年来教学和科研经验的基础上,吸取了作者以前出版相关教材的经验,参考教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会制定的“高等学校本科自动化指导性专业规范”中对三种类型(研究主导型、工程研究应用型和应用技术主导型)自动化专业知识领域的基本要求,编写了本教材。该课程的教学可以由各校教师根据教学大纲的要求在 50~70 学时调整实施。

本教材内容围绕着计算机闭环数字控制系统这一主线,以计算机控制系统的硬件结构和软件算法为核心,由浅入深地对相关基本理论和应用加以阐述。作者力求将复杂的技术问题按照读者容易理解的方式叙述出来。书中注重理论和实际应用的结合,在强调工程应用的基础上适当减少总篇幅,充实和扩展了一些现代工业控制应用中的新方法和新理论,注意加强解决工程实际问题基本方法的介绍。

教材编写中参考了许多学校的教学大纲,注意到了本课程与其它专业基础课和专业课在内容上的分工和交叉,内容注意系统性和层次划分,在有利于教师对不同层次和专业授课的灵活取材的同时也有利于读者自学或作为参考书。使用本教材教学时要求的先行课为“自动控制理论”、“微机原理与接口技术”等。后续或平行的限选和任选课程可以有“控制系统数字仿真”、“过程控制系统”、“可编程控制器原理”、“现场总线控制系统”和“集散控制系统”等。

本教材第一章由汤楠和穆向阳老师共同编写,第二章由程为彬老师编写,第三章由高炜欣老师编写,第四章由穆向阳老师编写,第五章由霍爱清老师编写,第六章由霍爱清和汪跃龙老师共同编写,第七章由汤楠老师编写,第八章由汪跃龙老师编写,最后由汤楠、穆向阳老师统稿。

在本教材的编写过程中,得到了许多同事和同行的关心和帮助,在此表示真诚的感谢。另外,由于作者水平所限,书中难免存在缺点和不足之处,殷切希望广大读者批评指正。

作 者

2008 年 12 月于西安

目 录

第一章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的基本概念	1
1.1.1 计算机控制系统的定义	1
1.1.2 计算机控制的发展概况	2
1.1.3 计算机控制系统的组成	3
1.2 计算机控制系统的分类与特点	3
1.2.1 计算机控制系统的分类	3
1.2.2 计算机控制系统的发展	6
1.2.3 计算机控制系统的特点	9
1.2.4 工业控制计算机的要求	9
1.3 计算机控制系统仿真技术	9
习题	15
第二章 过程输入/输出通道	16
2.1 概述	16
2.1.1 过程通道的分类及基本结构	16
2.1.2 人机接口及其应用	18
2.2 采样与量化	28
2.2.1 采样过程与采样定理	28
2.2.2 量化与复现重构	30
2.2.3 采样周期的选择	34
2.3 模拟量输入通道	35
2.3.1 模拟量输入通道的组成	35
2.3.2 A/D 转换器及接口	37
2.3.3 多路转换器	41
2.3.4 采样与保持	42
2.4 模拟量输出通道	45
2.4.1 多路模拟输出的结构形式	45
2.4.2 D/A 转换接口技术	46
2.5 数字量输入/输出通道	51
2.5.1 数字量输入通道	51
2.5.2 数字量输出通道	54
2.5.3 数字量接口典型应用	57
2.6 工业控制计算机 I/O 模板	60
2.6.1 概述	60

2.6.2 典型应用	65
本章小节	70
习题	71
第三章 数据采集与数据处理	72
3.1 概述	72
3.1.1 数据采集系统的基本结构和功能	72
3.1.2 数据采集系统的发展	73
3.2 数字滤波	74
3.2.1 程序判断滤波	74
3.2.2 算术平均滤波	77
3.2.3 加权平均滤波	78
3.2.4 中值滤波	79
3.2.5 惯性滤波	81
3.2.6 复合滤波	83
3.2.7 高通滤波	84
3.2.8 带通滤波	84
3.2.9 数字滤波小结	85
3.3 线性化处理	85
3.3.1 算法	85
3.3.2 查表法与插值逼近	87
3.3.3 折线近似	88
3.4 误差修正和标度变换	89
3.4.1 误差修正	89
3.4.2 标度变换	90
3.5 应用实例——二级分布式数据采集系统	92
3.5.1 系统功能	92
3.5.2 系统硬件组成	92
3.5.3 系统软件组成	93
本章小结	94
习题	94
第四章 程序控制和数值控制	96
4.1 微型计算机顺序控制器	96
4.1.1 顺序控制	97
4.1.2 顺序控制器	97
4.2 数字程序控制	104
4.2.1 微机数控系统的组成与分类	104
4.2.2 数值控制的基本原理	105
4.2.3 逐点比较法插补原理	106
4.3 步进电机的控制	117
4.3.1 步进电机的工作原理	117
4.3.2 步进电机控制系统原理	119

4.3.3 步进电机控制程序的设计	125
4.3.4 步进电机变速控制程序	128
4.3.5 单片机步进电机应用举例	130
本章小结	135
习题	135
第五章 控制规律的离散化设计	136
5.1 最小拍控制器设计	137
5.1.1 最小拍有纹波控制器的设计原理与设计方法	137
5.1.2 最小拍有纹波系统存在的主要问题	142
5.1.3 最小拍无纹波控制器设计	144
5.2 数字控制器的计算机实现	149
5.2.1 直接程序法	149
5.2.2 串行程序法	151
5.2.3 并行程序法	152
5.2.4 小结及例题	153
5.3 应用实例——示教机械手控制	154
5.3.1 工作原理	154
5.3.2 数字调节器的设计与实现	156
本章小结	158
习题	159
第六章 控制规律的模拟化设计	161
6.1 概述	161
6.1.1 模拟化设计方法的主要特点	161
6.1.2 模拟化设计方法的分类	162
6.1.3 模拟化设计方法的基本条件	162
6.2 基本数字 PID 控制	162
6.2.1 位置式 PID	162
6.2.2 增量式 PID	164
6.2.3 几种基本 PID 算法的比较	165
6.3 数字 PID 的改进	165
6.3.1 抑制积分饱和的方法	165
6.3.2 抑制干扰的方法	169
6.3.3 带死区的 PID 算法	172
6.3.4 阻尼 PID 算法	173
6.3.5 采样 PID 算法	173
6.4 模拟校正网络的数字滤波器实现	175
6.4.1 冲激响应不变法	175
6.4.2 零—极点匹配法	177
6.4.3 零阶保持器法	179
6.4.4 双线性变换法	180
6.4.5 差分变换法	181

6.4.6 几种离散化方法的比较	182
6.5 MATLAB 语言在数字控制器模拟化设计中的应用	182
6.6 应用举例——隧道窑计算机控制系统	184
6.6.1 控制系统的功能	184
6.6.2 硬件系统的组成	184
6.6.3 软件系统的设计	185
本章小结	185
习题	186
第七章 复杂控制规律的设计	188
7.1 大林(Dahlin)算法	188
7.1.1 适用对象	188
7.1.2 期望设计目标	189
7.1.3 设计步骤	189
7.1.4 振铃现象及其消除	190
7.2 史密斯(Smith)预估控制	191
7.2.1 Smith 预估控制原理	191
7.2.2 Smith 预估控制算法的数字实现	192
7.2.3 Dahlin 算法和 Smith 预估控制的比较	194
7.3 串级控制	195
7.3.1 串级控制系统的工作原理	195
7.3.2 串级控制系统的特点	196
7.3.3 串级控制的数字实现	197
7.3.4 串级控制系统的设计	198
7.3.5 串级控制系统控制规律的选择	198
7.3.6 串级控制系统的整定	198
7.4 前馈控制	200
7.4.1 前馈控制系统的概念	200
7.4.2 前馈控制系统的完全补偿算法	201
7.4.3 前馈控制系统的特点	201
7.4.4 前馈反馈控制系统	201
7.5 应用实例	203
7.5.1 合成氨温度控制系统	203
7.5.2 锅炉汽包水位控制系统	205
本章小结	206
习题	206
第八章 计算机控制系统的设计与实现	207
8.1 计算机控制系统设计的基本方法和步骤	207
8.1.1 系统设计的基本步骤	208
8.1.2 系统的总体设计和可行性评价	208
8.1.3 控制主机和 I/O 通道的选择	210
8.1.4 控制算法的确定与应用程序设计	211

8.1.5 系统的调试与试运行	212
8.2 计算机控制系统的可靠性	213
8.2.1 概述	213
8.2.2 系统硬件的可靠性	214
8.2.3 系统软件的可靠性	216
8.3 计算机控制系统的抗干扰技术	218
8.3.1 干扰源及其传播路径	219
8.3.2 空间抗干扰措施	219
8.3.3 I/O 通道抗干扰措施	220
8.3.4 电源系统抗干扰措施	221
8.3.5 地线配置抗干扰措施	222
8.3.6 软件系统抗干扰措施	223
8.4 应用举例——工业过程控制系统	224
8.4.1 控制系统的功能	224
8.4.2 硬件系统的组成	225
8.4.3 软件系统的设计	228
本章小结	229
习题	229
参考文献	232

第一章 绪 论

计算机控制技术实质上就是利用数字计算机实现对过程自动检测和自动控制的一门应用技术。控制计算机的应用领域十分广泛,它已经不仅仅是国防、航天、航空等高精尖学科中的主要控制设备,在现代工业生产及农业、交通、通信、楼宇、金融、教育及家电等民用领域中,控制计算机的应用已经十分普及。控制计算机在技术改造和科学研究中已成为一种不可或缺的关键设备。在工业企业中,炼油、石化、电力、冶金、医药、建材等行业一直处于计算机控制应用的领先地位。计算机控制的水平已经成为现代化工业企业的主要标志之一。在作为国家能源基础的石油工业中,计算机控制技术也得到了广泛的应用,其主要应用领域包括钻井、采油、炼油、油气处理、油气集输、石油化工、地质勘探及发配电等所有主要部门。实际上,理论与工程应用并重的计算机控制技术已经成为各行业都不可缺少的基本技术之一。

控制理论、电子技术、计算机技术、软件技术和网络通信技术的不断飞速发展,为计算机控制的发展和应用提供了必需的技术条件。计算机控制系统可以完成常规控制方法不能完成的控制任务,满足现代工业及其它领域对控制指标和系统可靠性更高更复杂的要求,而且可以使用户的操作和维护更加方便。

本章主要介绍计算机控制系统的结构和组成、工业控制计算机的分类及计算机控制系统的发展等基本概念。

1.1 计算机控制系统的基本概念

1.1.1 计算机控制系统的定义

一般地讲,凡含有计算机且由计算机完成部分或全部控制功能的闭环或开环控制系统,就称为计算机控制系统。严格地讲,所谓计算机控制系统,就是建立在采样控制理论基础上的以数字计算机为主要手段的控制系统。若其中的计算机为微型计算机,则可称其为微机控制系统。

图 1.1 所示为一典型的计算机控制系统。

闭环控制只是计算机控制系统的一项最基本的功能。根据现场的不同要求,计算机控制系统还可以实现逻辑控制、顺序控制、开环控制和自动监测等功能。一般说来,现代计算机控制系统完成的主要功能包括:数据采集和处理、实时调节和控制、自动保护和报警、数据通信、数据库管理、优化调度、管理决策以及智能人机接口等。

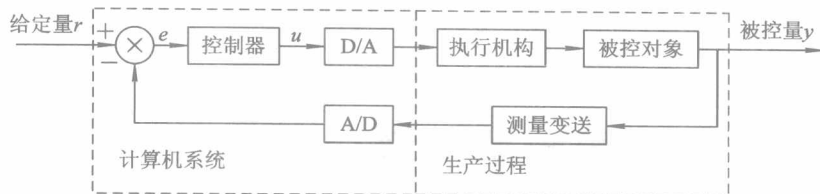


图 1.1 典型的计算机控制系统

1.1.2 计算机控制的发展概况

计算机控制技术在第二次世界大战末开始用于军事领域。20 世纪 50 年代初开始在工业生产的自动测量和数据处理系统中得到应用。1959 年在美国德克萨斯州的波特阿瑟 (Port Arthur) 炼油厂实现了聚合装置的以数据处理和操作指导为主要内容的计算机监控, 开创了工业计算机控制的新时代。尽管其后也有一些应用的例子, 但由于当时的计算机本身存在价格昂贵和可靠性差等缺陷, 这一时期基本上是计算机控制的试验期。

1962 年, 英国的帝国化学工业公司 (ICI) 运用电子计算机代替原有的模拟控制系统, 实现了对 200 多个变量的数据检测和 100 多个执行器的控制, 构成了被称为直接数字控制 (DDC) 的计算机控制系统, 标志着计算机在工业过程控制中进入了实用阶段。

随着微电子技术的发展, 计算机经历了从大型机到小型机, 再到微型机的发展过程, 使计算机控制应用不断普及, 进入到了真正的实用阶段。特别是进入新世纪以来, 计算机技术的日新月异以及与先进控制技术相结合使计算机控制技术深入到了人类社会的各个领域, 进入了一个全新的高速发展时期。

20 世纪 70 年代出现的集散控制系统 (DCS) 和可编程序控制器 (PLC), 是计算机工业控制系统走向柔性化、网络化、集散化和递阶化的开端。20 世纪 90 年代兴起的现场总线控制系统 (FCS) 开创了“现场总线仪表-工作站”的控制结构模式, 使计算机控制系统做到了彻底分散, 更加提高了系统的可靠性。另一方面, 随着个人计算机和单片机的发展, 基于 PC 机的工业控制计算机 (IPC) 也得到了广泛的应用。上世纪末期发展起来的单片机及嵌入式系统等以其价格低和体积小的优势, 使智能仪器和智能仪表在控制场合中的应用也越来越广。

现代工业生产规模的日益复杂化和大型化趋势, 对控制计算机提出了更高的要求。计算机不仅要完成面向过程的控制和优化任务, 还要在获取生产过程各种信息的基础上进行这个过程的信息综合和优化调度, 完成生产、经营管理和其它综合管理工作。这种集企业的管理、监督与控制为一体的计算机综合自动化系统被称为计算机集成制造系统 (CIMS) 或计算机集成过程系统 (CIPS)。此外, 监督控制与数据采集系统 (SCADA)、可编程自动化控制器 (PAC) 和无线传感器网络 (WSN) 等各种控制系统也为计算机控制方法提供了新的应用领域。

计算机控制系统中的数据处理和控制决策运算工作都是由软件完成的, 因此也就为各种复杂的、先进的和智能的算法的应用和实现提供了可能。预测控制、模糊控制、鲁棒控制、智能控制、自适应控制、软测量等等应用于工业生产过程并取得了明显的经济效益和社会效益。计算机显示技术的进步也使作为现代控制系统人机接口 (HMI) 的监控画面及其

操作非常方便直观。由于其实时性和可靠性的特殊要求,控制计算机软件的编程也有着自己的特点。计算机监控程序的编程,根据不同情况可以使用汇编语言或者高级语言实现。专门为现代控制系统所设计的各种组态软件为监控程序提供了非常方便的生成工具,是目前现场技术人员最常用的编程方法之一。

1.1.3 计算机控制系统的组成

不同应用场合的计算机控制系统可能会有很大区别,但一般的计算机控制系统应该是由以下几部分组成。

(1) 被控对象,即由生产过程、测量变送元件和执行机构组成的广义对象。

(2) 数字计算机。这部分组成包括:

① 硬件:主机、通用标准外设、过程输入输出通道、通信设备等。其中主机是指由中央处理器和内存存储器通过系统总线构成的系统核心部分。通用外设是指 CRT 显示器、键盘、鼠标及外存储器等。过程输入输出通道是计算机和生产过程之间信息联系的桥梁,根据过程信号的性质,分为模拟和数字等不同类型。通信系统是和其它计算机或其它计算机系统实现联网的必要设备。

② 软件:系统软件、应用软件等。系统软件是指帮助人们使用和管理计算机系统的软件;应用软件是指用户为完成自己的具体任务的用户程序。

图 1.2 所示为一般计算机控制系统的组成结构。

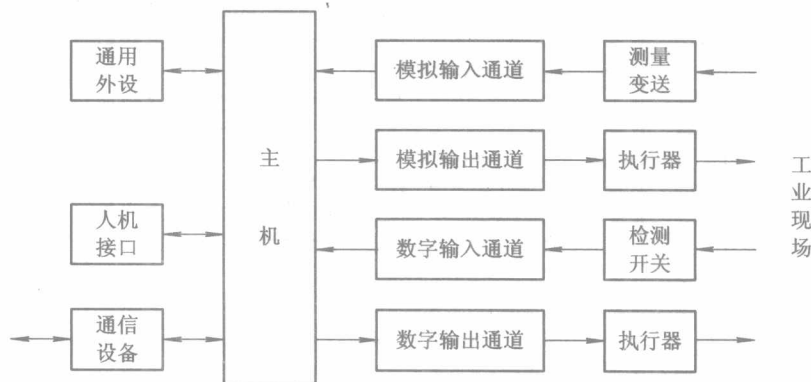


图 1.2 计算机控制系统的组成

1.2 计算机控制系统的分类与特点

1.2.1 计算机控制系统的分类

采用哪种计算机控制系统与被控对象的特点及其复杂程度有关,也与控制的具体要求有关。根据系统结构和控制功能,计算机控制系统可以分为以下几种类型。

1. 数据处理系统

数据处理系统(DSP: Data Processing System)是工业过程中最早应用和最简单的计算