

普通高等教育智能建筑规划教材

计算机控制系统

魏 东 主编



TP273

434

2007

普通高等教育智能建筑规划教材

计 算 机 控 制 系 统

主 编 魏 东
副主编 潘兴华
参 编 庄俊华 张俊红 陈一民
主 审 廖道争

机 械 工 业 出 版 社

本书对计算机控制系统中的基本理论和基本应用技术作了系统介绍,内容深入浅出。全书的主要内容包括:计算机控制的一般概念和工业中的典型应用,计算机控制系统的组成、特点和分类,数字控制理论基础,计算机控制系统常规控制方法,控制系统的过程通道和模/数、数/模转换,控制系统的抗干扰技术,计算机控制系统设计的基本要求、特点及其一般步骤,网络控制系统概述等。本书从培养高等工程技术应用型人才的培养目标出发,以工程技术应用能力培养为主线来组织编写内容,选材注重应用,突出实用性。本书选材还注意跟踪科学技术的发展,讨论了目前正在蓬勃发展的网络控制系统,分别对分散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和以太网控制技术进行了介绍。为了帮助读者掌握各章内容,本书每章后附有习题和思考题。

本书除可作为高等学校电气信息类各专业教材外,还可供有关工程技术人员参考和自学。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统/魏东主编. —北京:机械工业出版社, 2007.6

普通高等教育智能建筑规划教材

ISBN 978-7-111-21373-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 058537 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 霍永明 责任校对: 李 婷

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·437 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-21373-4

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379725

封面无防伪标均为盗版

智能建筑规划教材编委会

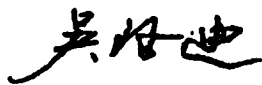
主 任	吴启迪		
副主任	徐德淦	温伯银	陈瑞藻
委 员	程大章	张公忠	王元凯
	龙惟定	王 忱	张振昭

序

20 世纪,电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术获得了空前的高速发展,并渗透到各个领域,深刻地影响着人类的生产方式和生活方式,给人类带来了前所未有的方便和利益。建筑领域也未能例外,智能化建筑便是在这一背景下走进人们的生活。智能化建筑充分应用各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术,并加以研发和整合成智能装备,为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境,并日益成为主导现代建筑的主流。近年来,人们不难发现,凡是按现代化、信息化运作的机构与行业,如政府、金融、商业、医疗、文教、体育、交通枢纽、法院、工厂等,他们所建造的新建筑物,都已具有不同程度的智能化。

智能化建筑市场的拓展为建筑电气工程的发展提供了宽广的天地。特别是建筑电气工程中的弱电系统,更是借助电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术在智能建筑中的综合利用,使其获得了日新月异的发展。智能化建筑也为其设备制造、工程设计、工程施工、物业管理等行业创造了巨大的市场,促进了社会对智能建筑技术专业人才的急速增加。令人高兴的是众多院校顺应时代发展的要求,调整教学计划、更新课程内容,致力于培养建筑电气与智能建筑应用方向的人才,以适应国民经济高速发展需要。这正是这套建筑电气与智能建筑系列教材的出版背景。

我欣喜地发现,参加这套建筑电气与智能建筑系列教材编撰工作的有近 20 个姐妹学校,不论是主编者或是主审者,均是这个领域有突出成就的专家。因此,我深信这套系列教材将会反映各姐妹学校在为国民经济服务方面的最新研究成果。系列教材的出版还说明一个问题,时代需要协作精神,时代需要集体智慧。我借此机会感谢所有作者,是你们的辛劳为读者提供了一套好的教材。



写于同济园

2002 年 9 月 28 日

前 言

计算机的参与,是现代化的自动控制系统实现的前提条件。本书讨论的是采用计算机作为控制器的数字控制系统,即计算机控制系统。计算机控制系统综合了计算机、自动控制理论和自动化仪表等多项技术,并将这些技术集成起来应用于工业生产过程。计算机控制系统存在着一些模拟控制系统所没有的现象,因此对其分析就要采取相应的理论。由于系统中采用了计算机,要处理的是离散数字信息,所以相对连续控制系统而言,计算机控制系统也可以叫做离散控制系统。

本书的主要目的是使读者牢固掌握计算机控制系统的基础理论知识,这些知识对于电气信息类等相关专业的教学是必不可少的内容,对于从事控制系统方面的工程技术人员来说也是必备的基础。

全书共分7章,主要内容包括:计算机控制的一般概念,计算机控制系统的组成、特点和分类,数字控制理论基础,计算机控制系统常规控制方法,过程通道,计算机控制系统的设计与实现,网络控制系统概述等。

本书从培养高等工程技术应用型人才的培养目标出发,以工程技术应用能力培养为主线来组织编写内容,重点突出,选材注重应用,突出实用性,又不失系统性。书中重点介绍了目前工业生产和智能建筑领域中广泛应用的常规控制方法、过程通道的设计和DDC系统的设计,并介绍了计算机控制系统设计实例。本书选材还注意跟踪科学技术的发展,讨论了目前正在蓬勃发展中的网络控制系统,分别对分散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和以太网控制技术进行了介绍,并对目前在智能建筑等领域应用广泛的LonWorks网络控制技术进行了详细讨论。附录中给出了LonWorks技术开发工具的使用方法,便于学生和工程技术人员参考。

本书叙述简单明了,通俗易懂,每章附有习题和思考题,便于教学和自学。

本书教学时数为60学时,其中实验10学时。

本书第4、7章由魏东编写,第1、6章由潘兴华编写,第2、5章由庄俊华编写,第3章由张俊红编写,附录由陈一民编写。魏东任主编,潘兴华任副主编,全书由魏东和潘兴华负责统稿工作。

三峡大学廖道争博士审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的意见和建议;此外,本书的编写得到了北京建筑工程学院陈志新教授的支持和关心;同济大学程大章教授在本书编写之初提供了指导,在此一并致以衷心感谢。本书引用了有关的文献,在此也对这些书刊资料的作者表示感谢。

计算机控制系统正处于快速发展中,新的技术层出不穷。限于编者水平有限,书中不妥之处或错误在所难免,敬请读者和同行批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的组成及特点	1
1.1.1 计算机控制的一般概念	1
1.1.2 计算机控制系统的组成	2
1.1.3 计算机控制系统的特点	4
1.2 计算机控制系统的分类	6
1.2.1 操作指导控制系统	7
1.2.2 直接数字控制系统	7
1.2.3 计算机监督控制系统	8
1.2.4 分散控制系统	8
1.2.5 现场总线控制系统	9
1.3 对控制用计算机系统的一般要求	11
1.3.1 对计算机主机的要求	11
1.3.2 对输入输出通道的要求	12
1.3.3 对软件系统的要求	12
1.3.4 应具有方便的人—机交互功能	12
1.3.5 对系统可靠性及可维护性的要求	13
习题和思考题	13
第 2 章 计算机控制系统信号处理与数学描述	14
2.1 计算机控制系统中信号的种类	14
2.1.1 A/D 转换器	14
2.1.2 D/A 转换器	15
2.1.3 计算机控制系统中信号形式的分类	16
2.2 理想采样过程的数学描述及特性分析	17
2.2.1 信号采样	17
2.2.2 采样机理描述	18
2.2.3 采样定理	19
2.2.4 信号复现与零阶保持器	22
2.3 差分方程	25
2.3.1 离散时间系统的描述	25
2.3.2 离散时间系统的模拟	27
2.4 Z 变换	29
2.4.1 Z 变换的定义	29

2.4.2 脉冲传递函数	31
2.4.3 Z 变换的性质和定理	33
2.4.4 s 域与 z 域的关系	34
2.4.5 采样系统的稳定性	35
2.4.6 采样控制系统的稳态分析	36
2.4.7 用 Z 变换法解线性常系数差分方程	38
2.4.8 逆 Z 变换	38
习题和思考题	41
第 3 章 计算机输入输出技术	43
3.1 模拟量输入通道	43
3.1.1 A/D 转换器	43
3.1.2 A/D 转换器接口	49
3.1.3 模拟量输入通道的结构	51
3.2 模拟量输出通道	58
3.2.1 D/A 转换器	58
3.2.2 D/A 转换器接口	64
3.2.3 模拟量输出通道的结构	66
3.3 数字量输入通道	70
3.3.1 数字量输入接口	71
3.3.2 输入信号调理电路	71
3.4 数字量输出通道	72
3.4.1 数字量输出接口	72
3.4.2 输出信号驱动电路	72
3.5 数字滤波和输入数据处理	73
3.5.1 数字滤波	73
3.5.2 输入数据处理	76
习题和思考题	79
第 4 章 计算机控制系统的控制算法	80
4.1 数字控制器的设计方法	80
4.1.1 模拟化设计方法	80
4.1.2 离散化设计方法 (直接数字设计法)	80
4.1.3 两种方法的比较	81
4.2 模拟控制器的离散化方法	81
4.2.1 一阶后向差分法	81
4.2.2 一阶前向差分法	83
4.2.3 双线性变换法 (突斯汀变换法)	84
4.2.4 其他方法	87
4.3 数字 PID 算法	88
4.3.1 PID 控制规律及其基本作用	88
4.3.2 标准数字 PID 控制算法	89
4.3.3 数字 PID 控制算法的改进	92

4.3.4 数字 PID 控制器参数的整定方法	96
4.4 串级控制	102
4.4.1 串级控制的基本原理	102
4.4.2 串级控制算法	104
4.4.3 串级控制系统中副回路的设计	105
4.4.4 串级控制系统调节器的选型和参数的整定	106
4.5 前馈控制	106
4.5.1 前馈控制的基本原理	107
4.5.2 前馈—反馈控制	108
4.5.3 前馈控制算法	109
4.5.4 前馈控制应用的场合	110
4.6 史密斯 (Smith) 预估控制	110
4.6.1 Smith 预估控制的基本原理	110
4.6.2 Smith 预估控制算法	112
4.6.3 数字 Smith 预估控制系统	114
习题和思考题	115
第 5 章 计算机控制系统的设计与实现	117
5.1 计算机控制系统设计原则和步骤	117
5.1.1 计算机控制系统设计原则	117
5.1.2 计算机控制系统设计步骤	118
5.2 直接数字控制器 (DDC) 设计	120
5.2.1 DDC 系统的设计方法	120
5.2.2 DDC 系统的设计过程	122
5.2.3 DDC 系统的设计内容	123
5.2.4 DDC 控制系统主机的选择	125
5.2.5 DDC 控制系统的应用软件设计	126
5.3 计算机控制系统的抗干扰与可靠性技术	131
5.3.1 干扰的来源	131
5.3.2 抗干扰措施	131
5.3.3 提高计算机控制系统可靠性的措施	138
5.4 控制系统设计实例	140
5.4.1 水槽水位单片机控制系统	140
5.4.2 换热器温度控制系统设计	142
习题和思考题	145
第 6 章 网络控制系统	146
6.1 网络控制技术概述	146
6.1.1 控制网络与信息网络的区别	146
6.1.2 网络控制系统特点	146
6.1.3 企业自动化网络的层次模型	147
6.1.4 控制网络的类型	148
6.2 分散控制系统	148

6.2.1 DCS 的产生过程	148
6.2.2 DCS 的层次结构	151
6.2.3 DCS 的现场控制站	152
6.2.4 DCS 的操作员站	158
6.2.5 DCS 的工程师站	162
6.3 现场总线控制系统	164
6.3.1 现场总线概述	165
6.3.2 FCS 的特点	166
6.3.3 几种有影响的现场总线	167
6.4 工业以太网	182
6.4.1 工业以太网与以太网	182
6.4.2 工业以太网解决非确定性问题的措施	183
6.4.3 以太网的通信帧结构与数据封装	184
6.4.4 基于 Web 技术的远程监控	186
习题和思考题	190
第 7 章 LonWorks 网络控制技术	191
7.1 LonWorks 技术概述及应用系统结构	191
7.1.1 LonWorks 控制网络的基本组成	191
7.1.2 LonWorks 节点	192
7.1.3 路由器	193
7.1.4 LonWorks Internet 连接设备	193
7.1.5 网络管理	194
7.2 LonWorks 现场总线网络技术核心器件——神经元 (Neuron) 芯片	195
7.2.1 神经元芯片的结构特点	195
7.2.2 处理器单元 (CPU)	197
7.2.3 存储器	197
7.2.4 双向 I/O 引脚	198
7.2.5 16 位硬件定时器/计数器	198
7.2.6 网络通信端口	199
7.2.7 收发器	200
7.2.8 睡眠/唤醒机制	206
7.2.9 看门狗定时器	207
7.2.10 复位	207
7.2.11 服务引脚	207
7.3 Neuron C 语言	208
7.3.1 Neuron C 与 ANSI C 语言的区别	208
7.3.2 事件驱动 (event driven)	209
7.3.3 when 语句	209
7.3.4 I/O 对象	211
7.3.5 软件定时器	213
7.4 网络变量 (network variables)	213
7.4.1 网络变量定义	214

7.4.2 赋初值	215
7.4.3 网络变量数据类型	215
7.4.4 网络变量轮询	215
7.4.5 网络变量事件	215
7.4.6 应用实例	216
7.5 显式报文 (explicit message)	217
7.6 神经元芯片的 I/O 对象类别与应用编程	217
7.6.1 直接 I/O 对象	219
7.6.2 并行 I/O 对象	221
7.6.3 串行 I/O 对象	224
7.6.4 定时器/计数器 I/O 对象	228
7.7 LonTalk 网络通信协议	231
7.7.1 物理信道	232
7.7.2 编址和路由	232
7.7.3 通信报文服务	234
7.8 LonWorks 网络的应用开发	236
7.8.1 基于主处理器节点与 LonWorks 网络的接口	237
7.8.2 开发工具	238
7.8.3 应用开发过程	240
7.9 LonWorks 网络控制技术应用实例	241
7.9.1 被控对象	242
7.9.2 控制系统结构	242
7.9.3 控制功能实现	243
习题和思考题	247
附录 NodeBuilder 开发工具的使用	249
1. NodeBuilder 软件的使用	249
2. 简单 LonWorks 网络构建	265
参考文献	272

第 1 章 绪 论

计算机控制系统综合了计算机、自动控制和自动化仪表等技术，并将这些技术集成起来应用于工业生产过程。数字计算机在自动控制系统中的基本应用是直接参与控制，承担了控制系统中控制器的任务。数字计算机强大的计算能力、逻辑判断能力和大容量存储信息的能力使得计算机控制能够解决常规控制技术解决不了的难题，能达到常规控制技术达不到的优异性能指标。与采用模拟调节器的自动调节系统相比，计算机控制能够实现先进的控制策略（如最优控制、智能控制等）以保证控制的精度和性能，而且控制结构灵活，易于在线修改控制方案，性能价格比高，便于实现控制与管理相结合。

1.1 计算机控制系统的组成及特点

1.1.1 计算机控制的一般概念

1. 传统生产过程自动控制系统结构

传统的采用模拟调节器进行自动控制的反馈闭环控制系统框图如图 1-1 所示，测量元件对被控对象的被控参数进行测量，反馈给由模拟调节器组成的控制器，比较环节将反馈信号与给定值进行比较，如有偏差，控制器将产生控制量驱动执行器动作，直至被控参数值满足预定要求为止。

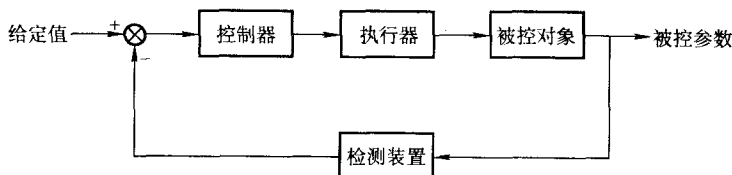


图 1-1 传统闭环自动控制系统典型结构框图

2. 计算机控制系统结构

将图 1-1 中的控制器和比较环节用计算机代替，则可构成计算机控制系统，其框图如图 1-2 所示。由于计算机的输入和输出信号都是数字信号，因此计算机控制系统还需要有模拟量/数字量转换器（Analog/Digital Converter, A/D 或 ADC）和数字量/模拟量转换器（Digital/Analog Converter, D/A 器或 DAC）。

3. 计算机控制系统的控制步骤

计算机控制系统通常按照以下几个步骤完成控制任务：

(1) 实时数据采集 测量元件对生产过程中被控参数的瞬时值进行检测，A/D 转换器将所检测的连续模拟信号转换为数字量二进制信号，输送给计算机。

(2) 实时决策 计算机对所采集到的表征被控参数的状态量进行分析，按照内部存储的相关算法或控制规律决定下一步的控制过程，计算出控制量。

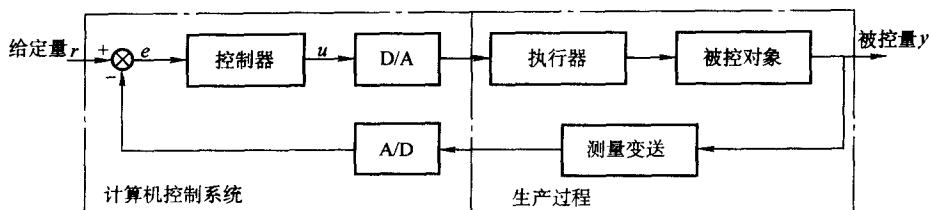


图 1-2 计算机控制系统基本结构框图

(3) 实时控制 计算机输出的数字量控制信号通过 D/A 转换器转换为连续模拟信号，并传送给执行机构，使之执行相应的操作，对被控设备加以控制，完成控制任务。

上述过程不断重复，使整个系统能够按照一定的控制性能工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常情况进行及时监督，同时迅速做出处理。

所谓“实时”，是指信号的输入、计算和输出都是在一定时间范围内完成的，即计算机对输入信息以足够快的速度进行处理，并在一定的时间内作出反应并进行控制，超出了这个时间就会失去控制时机，控制也就失去了意义。

在计算机控制系统中，如果生产过程设备直接与计算机连接，生产过程直接受计算机的控制，叫做“联机”方式或“在线”方式；若生产过程设备不直接与计算机相连接，其工作不直接受计算机的控制，而是通过中间记录介质，靠人进行联系并作相应操作的方式，则叫做“脱机”方式或“离线”方式。

1.1.2 计算机控制系统的组成

为完成控制任务，计算机控制系统应包括硬件和软件两个部分。

1. 计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统的硬件组成框图如图 1-3 所示。

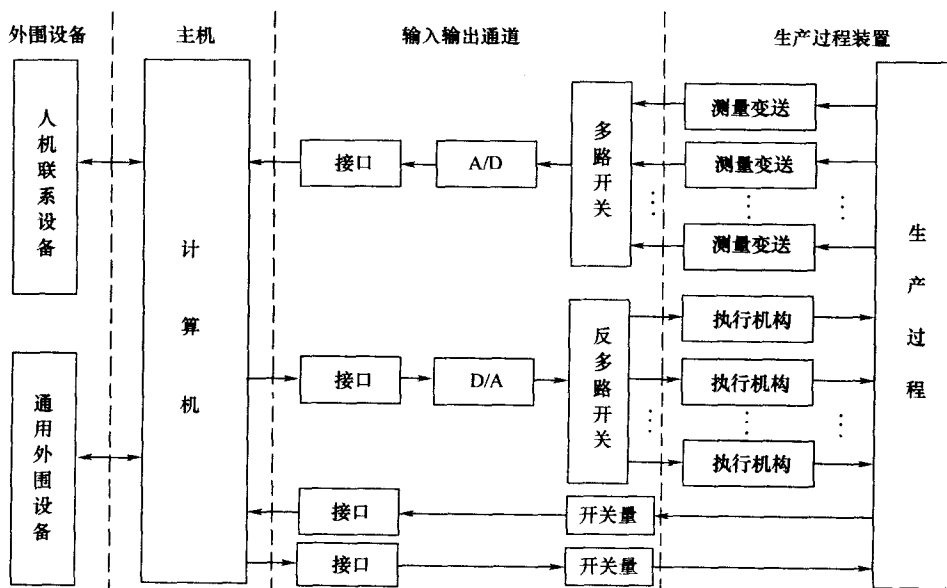


图 1-3 计算机控制系统硬件组成框图

(1) 主机 主机是计算机控制系统的核心, 由中央处理单元 (CPU) 和内部存储器组成。它可以通过接口向系统的各个部分发出各种命令, 同时对被控对象的被控参数进行实时检测及处理。主要功能是控制整个生产过程, 其任务包括: ①按照控制规律进行各种控制运算 (如调节规律运算、最优化计算等) 和操作, 根据运算结果作出控制决策; ②对生产过程进行监督, 使之处于最优工作状态; ③对事故进行预测和报警; ④编制生产技术报告, 打印制表等。

(2) 输入输出通道 计算机与生产过程之间的信息传递是通过输入输出通道进行的, 它在两者之间起到纽带和桥梁的作用。过程输入通道包括模拟量输入通道 (AI 通道) 和开关量/数字量输入通道 (DI 通道), AI 通道由多路采样开关、放大器、A/D 转换器和接口电路组成, 它将模拟量信号 (如温度、压力、流量等) 转换成数字信号再输入给计算机; DI 通道包括光耦合器和接口电路等设备, 它直接输入开关量或数字量信号 (如设备的起/停状态、故障状态等)。过程输出通道包括模拟量输出通道 (AO 通道) 和开关量输出通道 (DO 通道), AO 通道由接口电路、D/A 转换器、放大器等组成, 它将计算机计算出的控制量数字信号转换成模拟信号后再输出给执行机构 (如电动机、电动阀门、电动风门等); DO 通道包括接口电路、光耦合器等设备, 它直接输出开关量信号或数字量信号, 用来控制设备的起/停和故障报警等。

(3) 外围设备 外围设备是实现计算机和外界进行信息交换的设备, 简称外设。常用外围设备按其功能可分为输入设备、输出设备、外存储器和人一机联系设备。输入设备用来输入程序、数据或操作命令, 如键盘终端等。输出设备如打印机、绘图仪、CRT 显示器等, 以字符、曲线、表格、画面等形式来反映生产过程工况和控制信息。外存储器有磁盘、磁带等, 兼有输入和输出两种功能, 用来存放程序和数据, 作为内存储器的后备存储设备。操作员与计算机之间的信息交换是通过人一机联系设备进行的, 如显示器、键盘、专用的操作显示面板或操作显示台等, 其作用主要是用来显示生产过程的状态, 供操作人员和工程师进行操作, 并显示操作结果。其中操作台应具备显示功能, 即根据操作人员的要求, 能立即显示所要求的内容; 还应有按钮, 完成系统的启、停等功能; 操作台还要保证即使操作错误也不会造成恶劣后果, 即应有保护功能。

(4) 检测与执行机构

1) 测量变送单元: 在自动控制系统中, 往往需要对温度、湿度、压力、流量与物位等参量进行检测和控制, 使之处于最佳的工作状态, 以使用最少的材料及能源消耗, 获得较好的经济效益, 为此必须掌握描述它们特性的各种参数, 需要测量这些参数的值。为了收集和测量各种参数, 需要根据不同的控制任务采用各种检测元件及变送器, 其主要功能是将检测参数的非电量转换成电量。例如, 热电偶可以把温度转换成电压信号, 压力传感器可以把压力转换为电信号, 这些信号经变送器转换成统一的标准电信号 ($0 \sim 5V$ 或 $4 \sim 20mA$) 后, 再通过 A/D 转换器送入计算机。

2) 执行机构: 执行机构是计算机控制系统中的重要部件, 其功能是根据计算机输出的控制信号, 直接控制能量或物料等被测介质的输送量。执行机构按照控制器输送的控制量大小改变输出的角位移或直线位移, 并通过调节机构改变被调介质的流量或能量, 使生产过程符合预定的要求。例如, 在温度控制系统中, 计算机根据温度误差调用控制算法计算出相应的控制量, 输出给执行机构 (调节阀) 来控制进入加热炉的煤气 (或油) 量以实现预期的温

度值。常用的执行机构有电动、液动和气动等控制形式，也有的采用电动机、步进电动机及晶闸管元件等进行控制。

2. 计算机控制系统的软件组成

软件是指能够完成各种功能的计算机程序的总和。整个计算机系统的动作，都是在软件的指挥下协调进行的，因此说软件是计算机系统的中枢神经。

(1) 系统软件 它是由计算机设计者提供的专门用来使用和管理计算机的程序，具有一定的通用性。对用户来说，系统软件只是作为开发应用软件的工具，是不需要自己设计的。

系统软件主要包括：

1) 操作系统软件：它是对计算机本身进行管理和控制的一种软件。计算机自身系统中的所有硬件和软件统称为资源，从功能上看，可把操作系统看作是资源的管理系统，实现对处理器、内存、设备以及信息的管理，例如对上述资源的分配、控制、调度和回收等。操作系统软件包括管理程序、磁盘操作系统程序、监控程序等。

2) 诊断系统软件：它是用于维护计算机的软件，包括调节程序及故障诊断程序等。

3) 开发系统软件：它包括各种程序设计语言、语言处理程序（编译程序）、服务程序（装配程序和编辑程序）、模拟主系统（系统模拟、仿真、移植软件）、数据管理系统等。

4) 信息处理软件：它包括文字处理软件、翻译软件和企业管理软件等。

(2) 应用软件 它是面向用户本身的程序，即指由用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序，包括控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测程序和数据管理程序等。

1) 控制程序：它主要实现对系统的调节和控制，可根据各种控制算法和被控对象的具体情况来编写，控制程序的主要目标是满足系统的性能指标。

2) 数据采集及处理程序：它包括数据可靠性检查程序、A/D 转换及采样程序、数字滤波程序和线性化处理程序等。其中数据可靠性检查程序用来检查是可靠输入数据还是故障数据；数字滤波程序用来滤除干扰造成的错误数据或不宜使用的数据；线性化处理程序负责对检测元件或变送器的非线性特性用软件进行补偿。

3) 巡回检测程序：它包括数据采集程序、越限报警程序、事故预告程序和画面显示程序等。其中数据采集程序完成数据的采集和处理；越限报警程序用于在生产中某些量超过限定值时报警；事故预告程序根据限定值，检查被控量的变化趋势，若有可能超过限定值，则发出事故预告信号；画面显示程序用图、表在 CRT 上形象地反映生产状况。

4) 数据管理程序：这部分程序用于生产管理，主要包括统计报表程序、产品销售、生产调度及库存管理程序以及产值利润预测程序等。

1.1.3 计算机控制系统的特点

相对连续自动控制系统而言，计算机控制系统的主要特点可归纳为以下几点：

1. 系统结构特点

计算机控制系统必须包括有计算机，它是一个数字式离散处理器。此外，由于多数系统的被控对象及执行部件、测量部件是连续模拟式的，因此，还必须加入信号变换装置（如 A/D 及 D/A 转换器）。所以，计算机控制系统通常是模拟与数字部件的混合系统。

2. 信号形式上的特点

计算机是数字设备,只能接收和输出数字信号。而被控对象(或生产过程)通常是模拟系统,被控参数(如温度、压力、流量、料位和成分等)通过传感器或变送器输出后是模拟信号,由于计算机是串行工作的,必须按一定的采样间隔(称为采样周期)对连续信号进行采样,故将其变成时间上是断续的信号才能进入计算机。此外,执行器也只能接收模拟信号。因此,计算机和被控对象之间存在信号的互相转换。计算机控制系统的信号流程如图1-4所示,从被控对象开始依次有以下5种信号:模拟信号 $y(t)$ 、离散模拟信号 $y^*(t)$ 、数字信号 $y(kT)$ 、 $r(kT)$ 和 $e(kT)$ 、数字信号 $u(kT)$ 和量化模拟信号 $u^*(t)$ 。

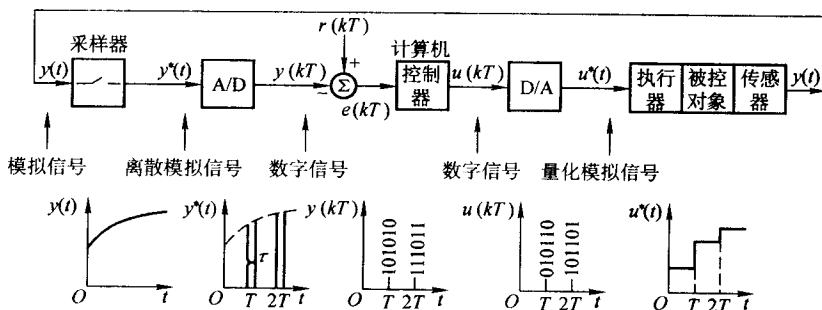


图 1-4 计算机控制系统的信号流程

(1) 模拟信号 $y(t)$ 模拟信号是时间上连续和幅值上也连续的信号,如来自被控对象的温度、压力、流量、料位和成分等传感器或变送器的信号(如 $4 \sim 20\text{mA}$)。

(2) 离散模拟信号 $y^*(t)$ 把模拟信号 $y(t)$ 按一定的采样周期 T 转变为在瞬时 0 、 T 、 $2T$ 、 $\dots$ 、 kT 的一连串脉冲信号 $y^*(t)$ 的过程称为采样过程,实现采样的器件称为采样器或采样开关。在每个采样周期 T 内采样开关闭合时间为 τ , τ 远小于 T , 仅仅在 τ 时间内, $y^*(t)$ 才是连续的。

模拟信号 $y(t)$ 经过采样器就得到离散模拟信号 $y^*(t)$, 离散模拟信号是时间上离散、幅值上连续的信号。

(3) 数字信号 $y(kT)$ 、 $r(kT)$ 和 $e(kT)$ 离散模拟信号 $y^*(t)$ 经过 A/D 转换器转换成数字信号 $y(kT)$, 设定值(如 25°C)在计算机中以数字信号 $r(kT)$ 表示,在计算机内部 $y(kT)$ 和 $r(kT)$ 的差值 $e(kT)$ 也为数字信号。

数字信号是时间上离散、幅值上为二进制数值的信号。

从离散模拟信号到数字信号的转换过程称为量化,即用一组二进制数码来逼近采样的模拟信号值,所以 A/D 转换的过程就是一个量化过程。由于计算机的字长是有限的,因此量化过程会带来量化误差,量化误差 ϵ 的大小取决于量化精度 q 。量化精度 q 取决于 A/D 字长和输入信号量程,若被转换的模拟量满量程为 M ,转换成二进制数字量的位数为 n ,则量化精度定义为

$$q = M / (2^n - 1)$$

如 $0 \sim 5\text{V}$ 输入信号,用 8 位 A/D,量化精度为 19.6mV ,改用 12 位 A/D,量化精度为 1.22mV 。

量化误差 $\epsilon = \pm q/2$,显然 n 越大,量化误差越小。

(4) 数字信号 $u(kT)$ 计算机按控制周期执行控制算法,其运算结果或控制量 $u(kT)$

为数字信号，同样是时间上离散、幅值上为二进制数值的信号。量化精度取决于计算机的运算字长 C ，即为 $1/(2^C - 1)$ 。

(5) 量化模拟信号 $u^*(t)$ 数字信号经过 D/A 转换器可转换成量化模拟信号。如控制量 $u(kT)$ 经过 D/A 转换成量化模拟信号 $u^*(t)$ ，转换精度取决于 D/A 字长和输出信号量程，其公式与量化精度相同，如 4~20mA 输出信号，用 8 位 D/A，转换精度为 0.0627mA，改用 12 位 D/A，转换精度为 0.0039mA。

量化模拟信号是时间上连续、幅值上连续量化的信号。

3. 系统工作方式上的特点

在连续控制系统中，控制器通常都是由不同的电路构成的，并且一台控制器仅为一个控制回路服务。在计算机控制系统中，一台计算机可同时控制多个被控量或被控对象，即可为多个控制回路服务。每个控制回路的控制方式由软件设计。同一台计算机可以采用串行或分时并行方式实现控制。

尽管由常规仪表组成的连续控制系统已获得了广泛的应用，并具有可靠、易维护操作等优点，但随着生产的发展、技术的进步，对自动化的要求越来越高，这种常规连续控制系统的应用受到了极大的限制。例如，难于实现多变量复杂系统的控制，难于实现自适应控制等。与连续控制系统相比，计算机控制系统除了能完成常规连续控制系统的功能外，还表现出如下一些独特的优点：

1) 由于计算机的运算速度快、精度高、具有极丰富的逻辑判断功能和大容量的存储能力，因此，能实现复杂的控制规律，如最优控制、自适应控制及自学习等，从而可达到较高的控制质量。

2) 计算机控制系统的性能价格比值（性价比）高。尽管一台计算机最初投资较大，但增加一个控制回路的费用却很少。对于连续系统，模拟硬件的成本几乎和控制规律的复杂程度、控制回路的多少成正比；而计算机控制系统中的一台计算机却可以实现复杂控制规律并可同时控制多个控制回路，因此，它的性价比较高。

3) 由于计算机控制系统的控制律是由软件程序实现的，并且计算机具有强大的记忆和判断能力，极易实现工作状态的转换，实现不同的控制功能，因此，它的适应性强，灵活性强。此外，计算机是一种可编程的智能元件，易于修改系统功能和特性，构成了一种柔性（弹性）系统。

4) 随着微电子技术的发展，大规模集成电路的出现，计算机的体积减小、重量减轻、成本下降，这使计算机用于自动控制的优点更为突出。

与连续控制系统相比，计算机控制系统也有一些缺点与不足。例如，由于系统中插入数字部件，信号复杂，给设计实现带来一定困难。但全面比较起来，随着对自动控制系统功能要求的不断提高，计算机控制系统的优越性表现得越来越突出。

1.2 计算机控制系统的分类

根据应用特点、控制方案、控制目的和系统构成，计算机控制系统可分成 5 种类型，即操作指导控制系统、直接数字控制（DDC）系统、监督控制（SCC）系统、分散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）。