



应用型本科规划教材

JISUANJI KONGZHI JISHU

计算机控制技术

◆ 主 编 庞文尧
副主编 丁金婷 徐红伟
孙勇智 王媛媛



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

应用型本科规划教材

计算机控制技术

主 编 庞文尧
副主编 丁金婷 徐红伟
孙勇智 王媛媛

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 庞文尧主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2009. 1

应用型本科自动化专业规划教材

ISBN 978-7-308-06455-2

I. 计… II. 庞… 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 (2008) 第 201670 号

计算机控制技术

庞文尧 主编

丛书策划 樊晓燕 王 波

责任编辑 邹小宁

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571-88925592, 88273066(传真)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11.5

字 数 287 千

版 次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-06455-2

定 价 21.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

应用型本科院校自动化专业规划教材

编 委 会

主 任 宋执环

委 员 (以姓氏笔画为序)

卫 东 马修水 王培良 石松泉

刘勤贤 那文波 任国海 邵世凡

肖 铎 庞文尧 胡即明

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内涌现了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的全方位、持续、健康发展具有重大的意义。

应用型本科院校以着重培养应用型人才为目标,开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但目前所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用于研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用型本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于研究型本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须有利于进一步强化应用能力的培养。

在人类科技进步的历史进程中,自动化科学和技术的产生改变了人们的生产方式和工作方式,控制和反馈思想则一直影响着人们的思维方式。蒸汽机和电机的应用,延伸了人的体力劳动,推动了自动化技术的发展,催生了工业革命,使人类社会通过工业化从农业社会发展到工业社会。而现代信息技术的应用,则延伸了人的脑力劳动,引发了以数字化、自动化为主要特征的新的工业革命,使人类社会通过信息化从工业社会发展到信息社会。信息时代的自动化技术有了更加宽广的应用领域和难得的发展机遇。为了满足当今社会对自动化专业应用型人才的需要,国内百余所应用型本科院校都设置了自动化及相关专业。

针对这一情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校自动化类专业的教师共同开展了“应用型本科自动化专业教材建设”项目的研究,共同研究

目前教材的不适应之处,并探讨如何编写能真正做到“因材施教”、适合应用型本科层次自动化类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校自动化专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以就业为导向,以应用型人才为培养目的,讲透关键知识点,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。突出实用性、基础性、先进性,强调基本知识,结合实际应用,理论与实践相结合。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,注重基本概念,追求过程简明、清晰和准确,重在原理,压缩繁琐的理论推导。做到重点突出、叙述简洁、易教易学。还注意掌握教材的体系和篇幅能符合各学院的计划要求。

在作者的遴选上强调作者应具有丰富的应用型本科教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了两支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到广大院校的认可,对于应用型本科院校自动化专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任

宋执环

2008年11月12月

前 言

随着计算机技术的发展,以电路网络为中心的传统控制系统逐步被计算机控制系统所替代。以计算机为核心的控制系统可以达到更精确的控制效果,能对复杂系统、非线性系统实现复杂、智能的控制算法,达到良好的效果。更进一步,通过各种协议和标准,计算机控制系统可以实现联网控制、远程控制,如DCS、FCS等,实现大范围的全局优化。计算机控制是目前控制领域的主流,也是自动控制专业的重要课程。

本书是一本针对应用型本科院校的教材,对应用型本科院校的学生的定位在于“实用、够用”。一般的计算机控制教材对理论强调较多,而对工业控制的实际控制和调试方法却涉及较少,这对应用型人才来说是不适合的。因此,本书以一个实际控制系统为主线,将设计方法、分析方法、算法编写等过程讲述完整清楚,大胆摒弃一些复杂不实用或者已经过时的内容,将内容集中到目前工业生产现场实用的技术上。

本书内容分为六章,第1章介绍计算机控制技术的发展历程,计算机控制系统的分类、特点和设计原则;第2章从控制系统的外围开始,介绍信号的输入输出技术,包括模拟量、数字量,传感器技术等;第3章介绍总线接口技术,包括从物理量到数字控制系统的关口;第4章阐述数字控制器的设计,这是本书的重点内容,主要从实用角度介绍PID控制器的设计和调试,模糊控制器的设计和调试,并简单介绍有模拟支撑的直接数字设计;第5章从控制系统高端角度,介绍控制系统从下位机到上位机的连接,面向用户层的上位机的控制系统的设计和调试,其中以组态软件为例进行了详细阐述;第6章从工业现场实用角度介绍了信号的各种抗干扰技术和可靠性问题。全书内容精简,结构紧凑,符合应用型人才培养的定位目标。

本书的编写者都是长期工作在应用型本科院校第一线的资深教师,在计算机控制方面有丰富的经验。本书第1章由浙江大学城市学院庞文尧编写,第2章由中国计量学院徐红伟、黄镇海编写,第3章由浙江大学宁波理工学院王媛媛编写,第4章由浙江科技学院孙勇智编写,第5章由浙江科技学院于爱华编写,

第6章由浙江大学宁波理工学院李英道编写。全书的统稿修订由浙江大学城市学院丁金婷完成。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008年10月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 计算机控制系统概述	1
1.1.1 常规控制系统回顾	1
1.1.2 计算机控制系统介绍	2
1.2 计算机控制系统的组成	3
1.3 计算机控制系统的特点	4
1.4 计算机控制系统的分类	6
1.4.1 数据采集系统(DAS)	6
1.4.2 直接数字控制系统(DDC)	6
1.4.3 监督计算机控制系统(SCC)	7
1.4.4 集散控制系统(DCS)	8
1.4.5 现场总线控制系统(FCS)	9
1.4.6 工业过程计算机集成制造系统(CIMS)	10
1.5 计算机控制系统工程的发展概况	11
1.6 计算机控制系统工程的设计原则	12
1.6.1 设计计算机控制系统的一般步骤	13
1.6.2 过程计算机控制系统的分析和设计方法	13
第 2 章 计算机信号与调理技术	15
2.1 传感器技术	15
2.2 模拟量输入接口	15
2.2.1 A/D 转换器	16
2.2.2 信号处理	17
2.2.3 多路开关	18
2.2.4 放大器	19
2.2.5 采样保持	20
2.3 模拟量输出接口技术	21
2.3.1 D/A 转换器	21

2.4 开关量输入输出接口技术	25
2.4.1 开关量输入通道接口	25
2.4.2 开关量输出通道接口	26
2.5 人机接口	27
2.5.1 键盘	27
2.5.2 LED 显示	29
2.5.3 LCD 显示技术	32
2.6 控制系统设计中输入输出技术的应用	33
2.6.1 PCI-1710/1710HG 概述	33
2.6.2 PCI-1710/1710HG 特点	34
2.6.3 PCI-1710/1710HG 的一般特性	34
2.6.4 信号连接	35
2.6.5 用法举例	37
第3章 总线接口技术	41
3.1 概述	41
3.1.1 总线的概念	41
3.1.2 总线的分类	41
3.1.3 总线的性能指标	43
3.2 串行通信总线	43
3.2.1 RS-232C 标准	43
3.2.2 RS-485 标准	49
3.3 PCI 总线技术	53
3.3.1 PCI 总线的系统结构	53
3.3.2 PCI 总线操作	54
3.3.3 PCI 总线的电气规范	58
3.4 USB 总线技术	59
3.4.1 USB 总线的拓扑结构	60
3.4.2 USB 总线的物理层	61
3.4.3 USB 设备	61
3.4.4 USB 主机	63
3.4.5 USB 总线的数据传输方式	64
3.4.6 USB 总线协议	64
3.5 现场总线	65
3.5.1 现场总线产生的背景	65
3.5.2 现场总线的组成	66
3.5.3 几个有影响的现场总线标准化组织及标准	67

第 4 章 数字控制器的设计	69
4.1 计算机控制中的数据处理技术	69
4.1.1 数字滤波技术	69
4.1.2 标度变换技术	74
4.1.3 插值技术	76
4.2 数字 PID 算法	80
4.2.1 计算机控制系统的性能指标	80
4.2.2 PID 控制	83
4.2.3 位置型 PID 控制算法	85
4.2.4 增量型 PID 控制算法	86
4.2.5 PID 控制程序设计	87
4.3 数字 PID 算法的改进	88
4.3.1 积分饱和问题及积分算法的改进	88
4.3.2 微分算法的改进	92
4.3.3 带不灵敏区的 PID 控制	94
4.3.4 数字控制器在计算机中的实现	95
4.4 数字 PID 参数的整定	98
4.4.1 确定采样周期 T	98
4.4.2 扩充临界比例度法	100
4.4.3 扩充响应曲线法	101
4.4.4 凑试法	102
4.5 模糊控制技术	103
4.5.1 模糊理论	103
4.5.2 模糊控制系统	108
4.5.3 模糊控制器设计	110
4.5.4 模糊控制器的实现	112
4.5.5 模糊控制的特点及其发展趋势	114
第 5 章 组态控制技术	118
5.1 组态软件简介	118
5.2 MCGS 组态软件	119
5.2.1 MCGS 组态软件的结构	119
5.2.2 MCGS 的实时数据库	120
5.2.3 MCGS 的数据对象	121
5.3 MCGS 的设备窗口组态	122
5.3.1 设备在线调试	124
5.3.2 网络数据同步	129
5.3.3 数据前处理	131

5.4 脚本程序	135
5.4.1 脚本程序语言要素	135
5.4.2 脚本程序基本语句	136
5.5 设计实例——水位控制系统的组态	138
5.5.1 水位控制系统分析	139
5.5.2 工程创建和动画组态	139
5.5.3 画面动态属性设置	141
5.5.4 模拟设备连接	145
5.5.5 控制流程编写	145
第6章 抗干扰和可靠性技术	149
6.1 计算机控制系统常见的各种电气干扰	149
6.1.1 各种常用电气干扰的名词解释	149
6.1.2 噪声的分类和耦合方式	150
6.2 硬件抗干扰技术	152
6.2.1 隔离技术	152
6.2.2 屏蔽技术	154
6.2.3 电源干扰的抑制与接地技术	156
6.2.4 停电保护和热插拔技术	160
6.2.5 印制板的抗干扰措施	163
6.2.6 串模干扰	164
6.2.7 共模干扰	165
6.3 软件的可靠性与抗干扰技术	166
参考文献	171

第1章 绪论

由于计算机技术的快速发展以及应用计算机进行控制的众多优点,计算机在工业生产的控制系统中得到了广泛的应用。在计算机发展初期,其可靠性较差、体积庞大、价格昂贵,仅能用于科学计算与数据处理。后来由于大规模集成电路研究的突破,计算机技术得到了迅速发展,更新换代速度加快。另一方面,生产技术的进步和先进科技的发展,必然要求对象系统在静态性能和动态过程上达到更高的精度和更快的速度,实现更高的经济效益。因此计算机在生产过程的实时控制和分布控制上的应用越来越广泛,计算机的发展与控制理论的结合,也使工业生产控制水平不断提高。使用计算机控制的领域非常广泛,如航空航天工业、机械制造业、化工工业、核工业等,控制对象从小到大,由简到繁,既可以是单个设备,也可以是生产线、工厂,甚至企业集团,计算机控制技术正在成为改造与优化生产过程的主要手段。

本章重点介绍计算机控制系统的基本概念、组成、特点、系统分类、发展概况以及工程设计相关知识等。

1.1 计算机控制系统概述

1.1.1 常规控制系统回顾

系统指的是为完成一定任务的一些器件按照一定的规律组合而成的一个有机整体。能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统即控制系统,它一般由被控装置(控制器)和被控对象所组成。自动控制系统有两种最基本组成方式:开环控制和闭环控制。

开环控制是一种最简单的控制方式,其特点在于控制器和被控对象之间只有正向作用而没有反馈作用,即系统的输出量对控制量没有影响,开环控制系统方框图如图 1-1 所示。

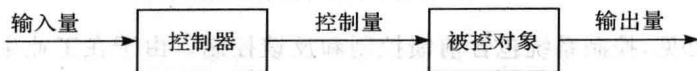


图 1-1 开环控制系统方框图

在开环控制系统中,对于每一个参考输入量,都对应了一个工作状态和输出量。系统的精度取决于各器件的精度。当系统的内外部扰动不大,并且控制精度要求不高时,可以选择开环控制方式。

闭环控制的特点是在控制器与被控对象之间既存在正向作用,又有反馈作用,即系统的输出量对控制量有直接影响。输入信号和反馈信号间的差值,称为偏差信号。偏差信号作用于控制器,以使系统的输出量趋于给定值。其实质是利用负反馈的作用来减少系统误差,因此闭环控制又称为反馈控制,系统方框图如图 1-2 所示。反馈控制是一种基本控制规律,具有自动修正被控制量偏离给定值的作用,可以抑制内外扰动所引起的误差。在系统组成的各器件精度相对不高的情况下,采用反馈控制同样可以达到较高的控制精度,因此应用很广。

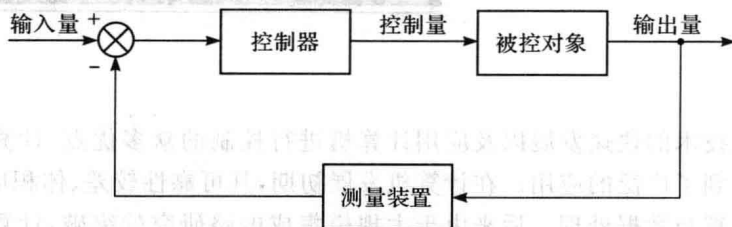


图 1-2 闭环控制系统方框图

有时,通过适当地把开环控制与闭环控制组合成为复合控制系统,往往能取得较好的控制效果。

1.1.2 计算机控制系统介绍

利用计算机参与生产过程控制的系统,即为计算机控制系统。如果将计算机控制系统与常规控制系统相比较,那么计算机在控制系统中的作用相当于常规控制系统中的模拟调节器。典型的计算机闭环实时控制系统方框图如图 1-3 所示。

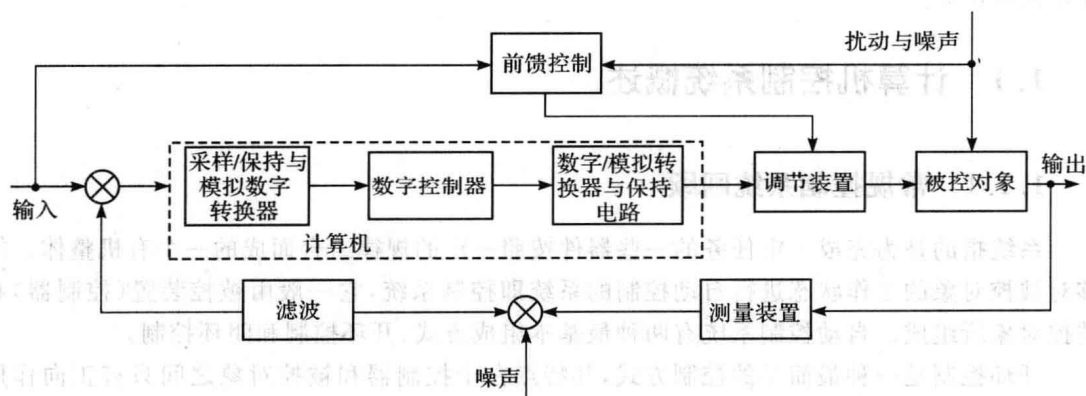


图 1-3 计算机闭环实时控制系统方框图

从图 1-3 中可见,控制系统包含前馈控制和反馈控制。由于在工业生产中被控对象的物理参数大部分是连续信号,而计算机采用的信号是数字信号,因此为了信号匹配,在计算机与被控对象之间必须采用模/数转换器(A/D)和数/模转换器(D/A),以实现两种信号间的相互转换。即控制系统的输入量与反馈量是连续信号,经采样/保持电路和模/数(A/D)转换器,变换成为数字量。计算机根据控制需要制定某一种控制算法,经过运算处理后,得到所需要的控制量,再经过数/模(D/A)转换器,变换成模拟信号,作为调节装置的输入量,

这样就构成了一个闭环的计算机控制系统。

在计算机控制系统中,计算机不仅要完成原来由模拟调节器完成的控制任务,还应发挥其特有优势,完成更多模拟调节器所不能完成的任务。通常,计算机在控制系统中能实时数据处理、实时监督决策和实施控制及输出。计算机控制系统工作方式主要分在线方式和离线方式,并且十分重视实时性。

1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统和常规控制系统一样,有闭环控制系统和开环控制系统之分,控制对象也有连续生产过程和间隔生产过程之分,但是系统组成是大同小异的。

控制系统中的计算机由硬件和软件两部分组成。硬件部分如图 1-4 所示,主要由主机、外部设备、过程输入输出设备等组成。

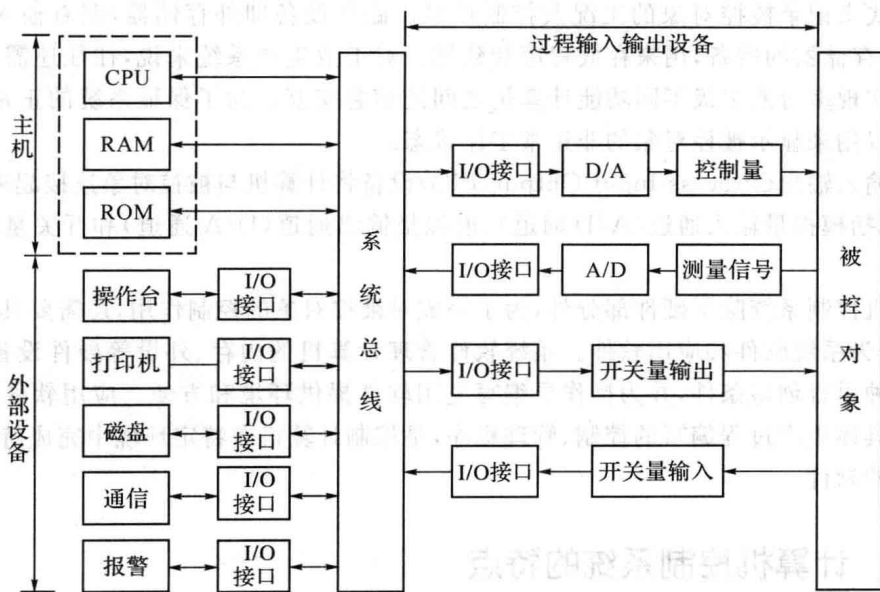


图 1-4 计算机控制系统的硬件部分

主机是计算机系统的核心,通常由中央处理器(CPU)和内存储器(RAM, ROM)组成。它根据过程输入设备传递过来的被控对象实时工况信息,以及预先设定的控制算法,对信息进行处理和计算,并及时形成相应控制策略,以实时通过过程输出设备向生产过程发送控制命令。内存储器中预存了实现信号输入、运算控制和命令输出的程序,即施加于被控对象的调节规律。启动系统后,CPU 就开始从内存储器中取出指令并执行,达到预定控制目的。

目前,工业生产中常用到包含 CPU 的工业控制装置有工控机、单片机以及 PLC 等。工控机(Industrial Personal Computer, IPC)即专门为工业现场而设计的计算机,是一种加固的增强型个人计算机,它可以作为一台工业控制器在工业环境中可靠运行。其主要有以下特点:①机箱采用钢结构,有较高的防磁、防尘、防冲击的能力;②机箱内有专用底板,底板上有 PCI 和 ISA 插槽;③机箱内有专门电源,电源有较强的抗干扰能力;④具有连续长时间工作能力。早在 20 世纪 80 年代初期,美国 AD 公司就推出了类似 IPC 的 MAC-150 工控机,

随后美国 IBM 公司正式推出工业个人计算机 IBM7532。由于 IPC 的性能可靠、软件丰富、价格低廉,已被广泛地应用于钢铁冶金、石油化工、机电成套设备、医药食品、数控机床、工业炉窑等工业领域以及军工和科研设备中。单片机(Single Chip Microcomputer, SCM)又称单片微控制器或嵌入式微控制器,它不是完成某一个逻辑功能的芯片,而是把一个计算机系统集成到一块芯片上,即一块芯片就成了一台计算机。它体积小、质量轻、价格便宜,为学习、应用和开发提供了便利条件。此外,可编程控制器(Programmable Logic Controller, PLC)是近年来发展起来的一种新型、有用的工业控制装置,由于它既具有计算机的编程灵活、功能齐全、应用广泛的特点,又具有继电器—接触器控制系统控制简单、使用方便、价格便宜的特点,本身兼具体积小、重量轻、功耗低、可靠性好等优点,已成为当代工业自动化的主要控制装置之一。

外部设备按功能可分为输入设备、输出设备、通信设备和外存储器。操作台是一种人—机交互设备,实现操作员与计算机之间的信息交互。打印机等设备是用字符、曲线、表格和图形等形式来记录被控对象的工况及控制信息。磁盘设备即外存储器,兼有输入、输出功能,作为内存储器的后备,用来存放程序和数据。对工业生产系统来说,往往还需要通过通信设备来实现多台或多级不同功能计算机之间的信息交互。为了保证系统的正常运行,报警设备可以用来显示被控对象的非正常工作状态。

过程输入输出(Process Input Output,PIO)设备将计算机与被控对象连接起来,进行信息交互,包括模拟量输入通道(A/D 通道)、模拟量输出通道(D/A 通道)和开关量输入输出通道。

计算机控制系统除了硬件部分外,为了完成对被控对象的控制作用,还需要具有软件部分,通常分为系统软件和应用软件。系统软件管理计算机的内存、外设等硬件设备,为操作员使用各种语言创造条件,并为操作员编写应用软件提供环境和方便。应用软件指系统操作员针对具体生产过程编写的控制、管理程序,是控制计算机在特定环境中完成特定控制功能所必需的软件。

1.3 计算机控制系统的特点

计算机控制系统与常规控制系统的最大区别在于控制策略是由计算机实现,还是由模拟控制器实现的。由于过程计算机控制系统的控制对象往往是连续变化的过程物理量,而计算机是以数字量形式处理信息的,故过程计算机控制系统是模拟信号与数字信号并存的混合系统。计算机控制系统包括工作于离散状态下的计算机和连续工作状态的生产过程两部分,其信号的具体变换与传输过程,如图 1-5 所示。

其中,模拟信号是指时间、幅值都连续的信号,如 $y(t)$ 、 $u(t)$ 。离散模拟信号是指时间离散而幅值连续的信号,如 $y^*(t)$ 、 $u^*(t)$ 。数字信号是指时间、幅值均离散的信号,计算机中常用二进制表示,如 $y(kT)$ 、 $u(kT)$ 。量化是指采用一组数码(如二进制数)来逼近离散模拟信号的幅值,以转变成数字信号。

将时间和幅值均连续的模拟信号,按一定的时间间隔 T (称为采样周期)转变成只在 $0, 1T, 2T, \dots, kT$ 才有脉冲输出离散模拟信号的过程称为采样过程。实现采样的装置称为采样器或采样开关。采样器的输入信号 $y(t)$ 称为原信号,采样器的输出信号 $y^*(t)$ 称为采样

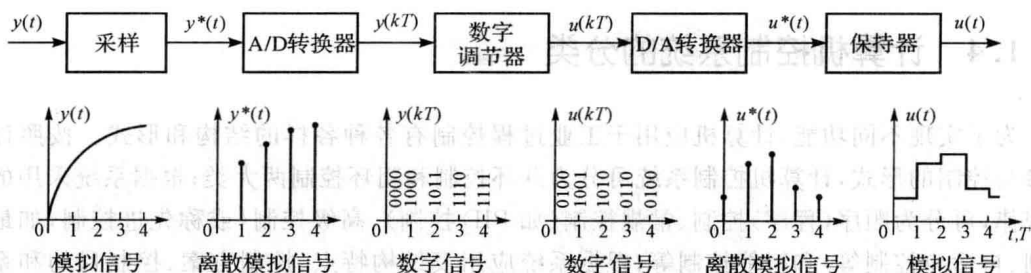


图 1-5 计算机控制系统中信号变换与传递

信号。选择一个合理的采样周期 T 是很有必要的： T 过大会损失必要的信息， T 过小会增加计算机的运算负担，即存储与运算数据过多。香农采样定理给出了合理选择 T 的理论指导原则。设原信号频率的最高频率为 $\omega_{\max}$ ，采样频率为 ω_s ，则采样定理指出，采样信号 $y^*(t)$ 能唯一复原信号 $y(t)$ 所必需的最低采样频率 ω_s 必须满足 $\omega_s \geq 2\omega_{\max}$ 或 $T \leq \pi/\omega_{\max}$ 的条件，即采样频率必须大于原信号频谱中最高频率的两倍。

由于采样信号仅在采样时刻有输出值，其余时刻输出均为零，故在两次采样的中间，为实现计算机控制，必须保持采样信号，即在满足采样定理的条件下，用保持器将离散采样信号恢复为被控对象能感知的连续模拟信号。保持器的原理是根据现在或过去时刻的采样值，用常数、线性函数和抛物线函数等去逼近两个采样时刻间的原信号。可分为零阶保持器、一阶保持器和高阶保持器。

与采用模拟调节器的控制系统相比，计算机控制系统具有以下优点：

①控制规律灵活，可以在线修改，应用计算机按照设计的控制规律进行运算求得控制量，即执行程序的结果。因此，不需要改变系统硬件结构，而只需要修改系统应用软件，就能改变控制规律，以达到控制要求。

②可以实现复杂的控制规律，以提高系统的性能指标。随着控制技术的发展，经典控制理论已经难以满足很多复杂系统的设计要求。像多变量解耦控制、时变控制、非线性控制、最优控制和自适应控制等复杂控制算法，难以通过模拟调节器实现，但却能通过计算机编写软件得到实现。

③抗干扰能力强、稳定性好。计算机用二进制代码表示数字量，不易受外界影响。

④控制精度高。计算机采用的数字调节器精度取决于字长，理论上讲，字长可以达到任意长度。

⑤性价比高。由于计算机计算和记忆功能强大，可以在其输入、输出通道中设置多路开关和反多路开关，组成多路模拟输入、输出通道，实现分时控制，实现一机多用，以提高性价比。

⑥便于实现控制、管理与通信相结合，提高生产的自动化程度。

⑦促进制造系统的自动化、集成化、智能化发展。

正因为计算机控制有上述诸多优点，因此现在绝大多数控制现场都实现了计算机控制系统，但根据功能和规模的不同，系统所采用的硬件系统和复杂程度有所区别。