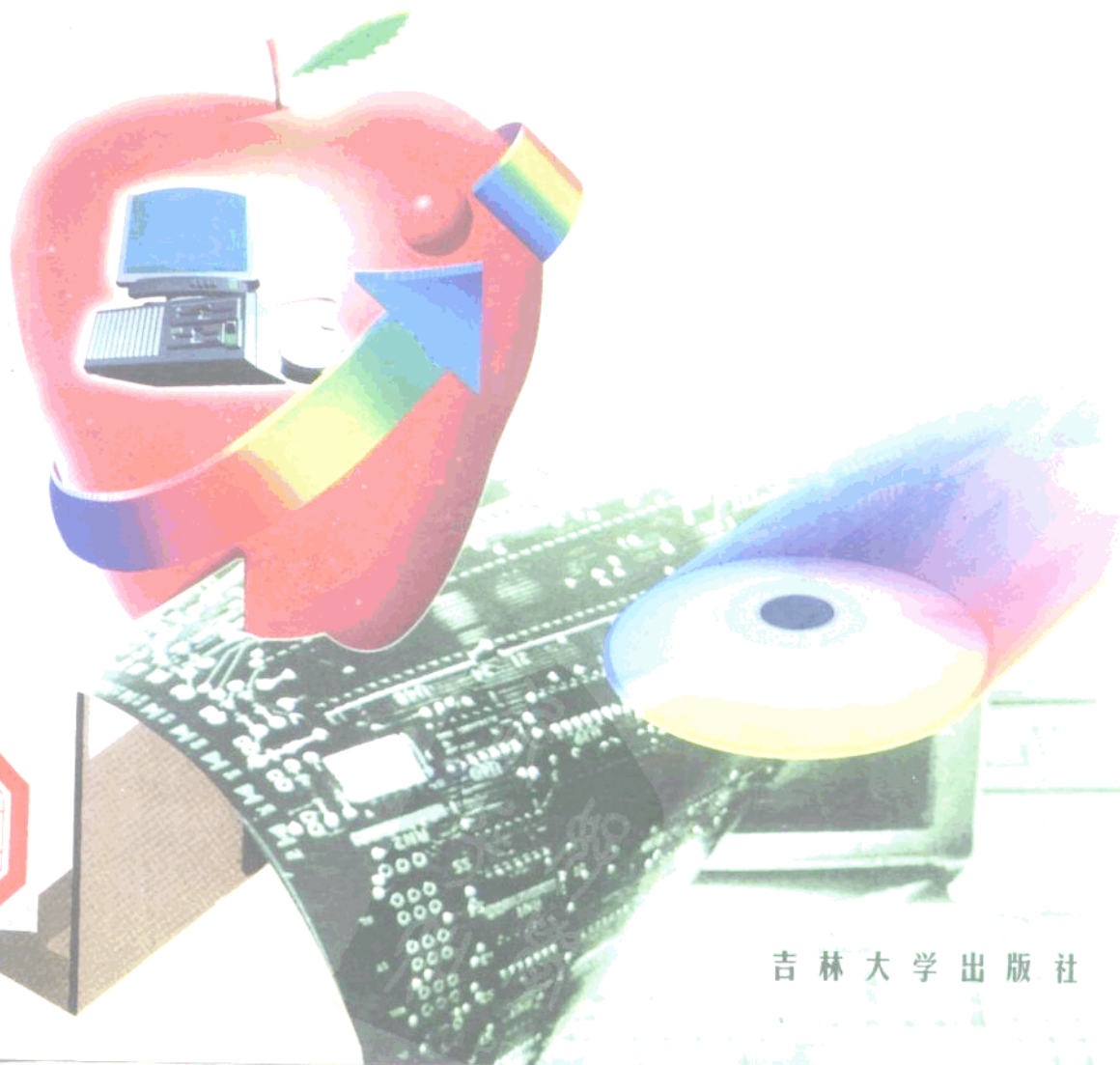


计算机类(本科)系列教材

# 微型 计算机控制技术

主编:李元春



吉林大学出版社

微型计算机控制技术

吉  
TP213  
版社

TP273

L390

449600

# 微型计算机控制技术

主编：李元春

编者：于在河 张立 史志霞



吉林大学出版社

## 内容简介

本书从工程应用的角度系统地介绍计算机控制系统的基本知识及分析和设计的基本方法。全书共分八章,分别介绍了计算机控制系统的基本概念和基本知识、过程通道与接口、数字控制器的模拟化设计方法、数字控制器的直接设计方法、数字控制器的状态空间设计方法、计算机控制系统的可靠性技术及设计举例。

本书可作为与控制工程有关的各专业学生的教材或参考书,也可供有关教师、科研人员及工程技术人员学习参考。

DW20/13

## 微型计算机控制技术

主编 李元春

责任编辑、责任校对:杨巍	封面设计:张沐沉
吉林大学出版社出版 (长春市东中华路 37 号)	吉林大学出版社发行 吉林大学印刷厂印刷
开本:787×1092 毫米 1/16	1998 年 8 月第 1 版
印张:13	1998 年 8 月第 1 次印刷
字数:323 千字	印数:1-4600 册
ISBN 7-5601-2137-3/TP·81	定价:19.00 元

## 《计算机类(本科)系列教材》编委会

顾 问 苑森森  
主任委员 李雄飞  
副主任委员 孟 军 赵宏伟  
委 员 (按姓氏笔划为序)  
付 宏 刘元宁 刘衍珩  
朱洪文 朱晓冬 李元春  
李雄飞 张 伟 张晓旭  
陈思国 孟 军 赵宏伟  
赵永哲 高 强 秦贵和  
黄声烈 臧雪柏 魏 达

## 编者的话

现代科学技术的飞速发展使基础科学领域的理论体系及其在工程领域中的应用产生了重大的变化。特别是在计算机及其应用领域中,社会的不断发展使其学科得到广泛普及应用,继而给人们传统的工作、学习、生活、乃至思维方式带来了巨大变化。倘若不会使用计算机进行读写,不会利用计算机进行思维、工作和学习,将会成为21世纪的“文盲”。

计算机技术与其它学科领域的交叉融合,又促进了学科发展与专业更新,从而引发了新兴交叉学科与技术的不断涌现。人们若不能很好地使用计算机,将无法掌握最先进、最有效的研究和开发手段,这将直接阻碍其所从事专业的发展。为此,我们组织编写了这套《计算机类(本科)系列教材》。

在组织编写过程中,我们认真研究了美国ACM和IEEE/CS联合专题组发表的“Computing Curricula 1991”报告,参照了中国计算机学会教育委员会、全国高等院校计算机教育研究会提出的“计算机教学计划1993”,以培养跨世纪人才为宗旨,全面更新了计算机类的教学内容与课程设置。同时,在总结多年教学实践的基础上汲取国内外较新的理论与技术,并且也参考、吸收了国内外比较成熟的教材和经验。这套系列教材包括《计算机实用软件技术》、《离散数学》、《微型计算机接口技术》、《C语言教程》、《微型计算机控制技术》、《软件工程》、《数据库原理》、《计算机安全技术》、《计算机网络与通信》、《计算机实验技术》等十几册书目,并于1998年起陆续出版。

《计算机类(本科)系列教材》可做计算机类大学本科教学和自学教材推广使用。其中部分教材也可以用于非计算机专业的计算机基础课教学,且对在计算机应用领域从事科研、开发、教学及管理人员也有一定的参考价值。

在本套教材编写过程中,曾得到了吉林省教委、吉林省自学考试指导委员会有关部门及领导的关注与支持;吉林大学出版社的积极配合使该套教材得以顺利出版,在此谨向他们表示衷心的感谢。还有吉林工业大学信息科学与工程学院的教师们也为之付出了辛勤的汗水。在此,教材编委会一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中可能有许多欠妥之处,敬请广大读者批评指正。

计算机类(本科)系列教材编委会

1998年元月

## 前 言

随着计算机技术的迅速发展,尤其是微型计算机的日益普及,越来越多的控制系统采用计算机进行控制。由于计算机控制具有控制灵活、实现的功能强和精度高等许多优点,使得计算机控制技术广泛地应用于工农业生产、交通运输以及国防建设等各个领域。

本书是以微型计算机为控制工具,介绍计算机控制系统的基本知识和基本应用技术。全书共分八章。

第一章介绍计算机控制系统的一些基本概念;计算机控制系统的组成、特点;计算机控制系统的分类;计算机控制理论及计算机控制系统的发展。

第二章介绍计算机控制系统的过程通道与接口;信号的采样与量化以及数字滤波等基本知识。

第三章介绍计算机控制系统的数学基础。包括差分方程、Z变换理论、脉冲传递函数以及线性离散系统的稳态和动态分析方法。

第四章介绍数字控制器的模拟化设计方法。包括模拟控制器与数字控制器的转换以及数字PID控制器的设计方法。

第五章介绍数字控制器直接设计法的原理、方法;介绍最少拍无差有波纹、无波纹系统的设计方法和大林方法,以及数字控制器的根轨迹设计法和频域设计法。

第六章介绍基于状态空间模型的数字控制器设计方法及最优设计方法。

第七章介绍计算机控制系统的设计方法和步骤,以及计算机控制系统的设计实例。

第八章介绍计算机控制系统的可靠性技术,包括干扰的来源及其抗干扰措施、冗余技术、故障诊断技术以及软件可靠性技术。

全书由吉林工业大学李元春主编,于在河、张立、史志霞参编。其中前言、第一章、第七章§7.3由李元春执笔;第二章、第八章、第七章§7.4,§7.5由于在河执笔;第五章、第六章、第七章§7.1,§7.2由张立执笔;第三章、第四章由史志霞执笔。吉林工业大学张广成教授担任本书的主审,并对本书提出了许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,时间又仓促,书中错误之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1998年6月

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)
§ 1.1 计算机控制系统概述 .....	(1)
§ 1.2 计算机控制系统的分类 .....	(4)
§ 1.3 计算机控制理论 .....	(7)
§ 1.4 计算机控制系统的发展 .....	(8)
第二章 计算机控制系统的过程通道与接口 .....	(11)
§ 2.1 过程通道与接口 .....	(11)
§ 2.2 信号采样与保持 .....	(34)
§ 2.3 信号的数字化过程 .....	(45)
§ 2.4 数字滤波 .....	(49)
习 题 .....	(50)
第三章 计算机控制系统的数学描述与分析 .....	(52)
§ 3.1 差分方程 .....	(52)
§ 3.2 $z$ 变换理论 .....	(54)
§ 3.3 脉冲传递函数 .....	(60)
§ 3.4 线性离散系统的稳定性 .....	(62)
§ 3.5 线性离散系统的动态特性 .....	(68)
§ 3.6 线性离散系统的稳态误差分析 .....	(71)
习 题 .....	(73)
第四章 数字控制器的模拟化设计方法 .....	(74)
§ 4.1 概述 .....	(74)
§ 4.2 模拟控制器与数字控制器的转换 .....	(77)
§ 4.3 数字 PID 控制器的设计 .....	(83)
§ 4.4 数字 PID 控制器算法的改进 .....	(86)
§ 4.5 数字 PID 控制器的参数整定 .....	(93)
§ 4.6 设计举例 .....	(97)
习 题 .....	(99)
第五章 数字控制器的直接设计方法 .....	(100)
§ 5.1 最小拍控制系统设计 .....	(100)
§ 5.2 纯滞后对象的控制算法 .....	(110)
§ 5.3 数字控制器的根轨迹设计法 .....	(115)
§ 5.4 数字控制器的频域设计法 .....	(118)
习 题 .....	(124)
第六章 数字控制器的状态空间设计方法 .....	(126)
§ 6.1 线性离散系统的状态空间描述 .....	(126)
§ 6.2 线性离散系统的能控性和能观性 .....	(127)

§6.3	状态反馈设计法 .....	(132)
§6.4	输出反馈设计法 .....	(136)
§6.5	状态观测器设计 .....	(137)
§6.6	离散二次型最优设计法 .....	(143)
	习 题 .....	(147)
<b>第七章</b>	<b>计算机控制系统设计 .....</b>	<b>(149)</b>
§7.1	计算机控制系统的设计步骤 .....	(149)
§7.2	汽车安全性能自动检测系统 .....	(155)
§7.3	双闭环直流数字调速系统 .....	(158)
§7.4	电阻炉温度控制系统 .....	(164)
§7.5	数字程序控制系统 .....	(168)
	习 题 .....	(176)
<b>第八章</b>	<b>计算机控制系统的可靠性 .....</b>	<b>(178)</b>
§8.1	概述 .....	(178)
§8.2	干扰的来源 .....	(179)
§8.3	电源与供电系统的抗干扰措施 .....	(180)
§8.4	接口与过程通道的抗干扰措施 .....	(183)
§8.5	冗余技术 .....	(186)
§8.6	故障诊断技术 .....	(190)
§8.7	软件可靠性技术 .....	(194)
	习 题 .....	(196)
	参考资料 .....	(197)



# 第一章 绪 论

电子计算机的出现,在科学技术上引起了一场深刻的革命。特别是七十年代以来,随着大规模集成电路的发展,出现了微型计算机及单片微型计算机,其运行速度和工作可靠性的提高、成本的不断降低,被广泛应用于工业、农业、国防以及日常生活的各个领域。电子计算机不仅在数据处理、科学计算等方面广泛应用,而且在工业自动控制方面也得到了越来越广泛的应用。本章将介绍计算机控制系统的一些基本概念,为后序各章的学习奠定必要的基础。

## § 1.1 计算机控制系统概述

### 一、计算机控制系统的一般概念

计算机控制系统是在自动控制技术和计算机技术飞速发展的基础上产生的。本世纪 50 年代中期,经典的控制理论已经发展成熟和完备,并在不少工程技术领域中得到了成功的应用。但是,经典的控制理论也有明显的局限性,在对复杂系统的设计和复杂控制规律的实现上很难满足更高的要求。现代控制理论的发展为自动控制系统的分析、设计与综合增添了理论基础,而计算机技术的发展为新型控制规律的实现提供了非常有效的手段,两者的结合极大地推动了自动控制技术的发展。

连续控制系统的典型结构如图 1.1 所示,系统中各处的信号均为连续信号。

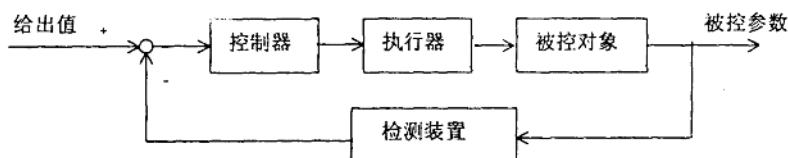


图 1.1 连续控制系统的典型结构

图 1.1 中,给定值与反馈值经过比较器比较产生偏差,控制器对偏差进行调节计算,产生控制信号驱动执行机构,从而使被控参数的值达到期望值。将连续控制系统中的比较器和控制器的功能用计算机来实现,就组成了一个典型的计算机控制系统,其基本框图如图 1.2 所示。如果计算机是微型计算机,就组成微型计算机控制系统。在计算机控制系统中,计算机的输入和输出信号都是数字信号,而被控对象的被控参数一般都是模拟量,执行器的输入信号也大都是模拟量,因此,需要有将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器,以及将数字信号转换为模拟信号的 D/A 转换器。

在计算机控制系统中,除了包含有数字信号外,由于被控对象是连续的,因此其中也包含有连续的信号。所谓数字信号是指在时间上离散、幅值上量化的信号。因此,计算机控制系统也称为数字控制系统。如果忽略幅值上的量化效应,数字信号即为离散信号,此时,计算机控制系统又称采样控制系统。如果将连续的被控对象连同保持器一起进行离散化,那么采样控

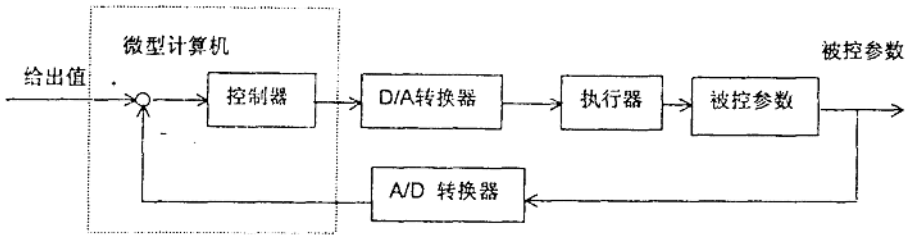


图 1.2 计算机控制系统基本框图

制系统即简化为离散控制系统

计算机控制系统的控制过程通常可以归结为以下两步：

- (1)数据采集及处理,即对被控对象的被控参数进行实时检测,并输给计算机进行处理。
- (2)实时控制,即按已设计的控制规律计算出控制量,实时向执行器发出控制信号。

上述过程的实时概念,是指信号的输入、计算和输出都要在一定时间(采样间隔)内完成。上述过程的不断重复,使整个系统能够按着一定的品质指标工作,并且对被控参数和设备本身所出现的异常状态及时进行监测并作出迅速处理。

## 二、计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机系统和被控对象组成,如图 1.3 所示。计算机系统又由硬件和软件组成。

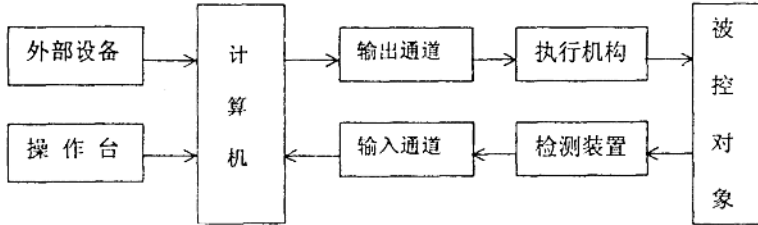


图 1.3 计算机控制系统的组成

### (一)硬件

硬件包括计算机、过程输入输出通道、外部设备和操作台等。

#### 1. 计算机

计算机是计算机控制系统的核心,通过接口可以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。其具体功能是完成程序存储、程序执行、数值计算、逻辑判断、数据处理等工作。

#### 2. 过程输入输出通道

过程输入输出通道是计算机和被控对象(或生产过程)之间设置的信息传送和转换的连接通道。过程输入通道把被控对象(或生产过程)的被控参数转换成计算机可以接受的数字代码。过程输出通道把计算机输出的控制命令和数据,转换成可以对被控对象(或生产过程)进

行控制的信号。过程输入输出通道一般分为:模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道。

### 3. 外部设备

实现计算机和外界交换信息的设备称为外部设备(简称外设)。外部设备包括人一机通信设备、输入/输出设备和外存储器等。

输入设备有键盘、光电输入机等。它主要用来输入程序和数据。

输出设备有打印机、记录仪、纸带穿孔机、显示器(数码显示器或 CRT 显示器)等。它主要用来向操作人员提供各种信息和数据,以便及时了解控制过程。

外存储器(简称外存)有磁带装置、磁盘装置,它们兼有输入输出功能,主要用来存储系统程序和数据。

### 4. 操作台

操作台是操作人员与计算机控制系统进行“对话”的,主要包括如下几部分:

(1)显示装置,如显示屏幕或萤光数码显示器,以显示操作人员要求显示的内容或报警信号。

(2)一组或几组功能键,通过功能键,可向主机申请中断服务。其包括复位键、启动键、打印键、显示键等。

(3)一组或几组数字键,用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。

#### (二)软件

软件是指能够完成各种功能的计算机控制系统的程序系统。它是计算机系统的神经中枢,整个系统的动作,都是在软件的指挥下进行协调工作的。它由系统软件和应用软件组成。

系统软件是指为提高计算机使用效率,扩大功能,为用户使用、维护和管理计算机提供方便的程序的总称。系统软件通常包括操作系统、语言加工系统和诊断系统,其具有一定的通用性,一般随硬件一起由计算机生产厂家提供。

应用软件是用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序。在计算机控制系统中则是指完成系统内各种任务的程序,如控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测及报警程序等。

## 三、计算机控制系统的特点

计算机控制系统与连续控制系统相比,具有以下特点:

1. 在连续控制系统中,各处的信号是连续模拟信号。而在计算机控制系统中,除仍有连续模拟信号外,还有离散信号、数字信号等多种信号。因此,计算机控制系统是模拟和数字的混合系统。

2. 在连续控制系统中,控制规律是由模拟电路实现的,控制规律越复杂,所需要的模拟电路往往越多。如果要修改控制规律,一般必须改变原有的电路结构。而在计算机控制系统中,控制规律是由计算机通过程序实现的(数字控制器),修改一个控制规律,只需修改程序,一般不对硬件电路进行改动,因此具有很大的灵活性和适应性。

3. 计算机具有丰富的指令系统和很强的逻辑判断功能,能够实现模拟电路不能实现的复杂控制规律。

4. 在连续控制系统中,给定值与反馈值的比较是连续进行的,控制器对产生的偏差也是连续调节的。而在计算机控制系统中,计算机每隔一定时间间隔,向 A/D 转换器发出起动转换信号,并对连续信号进行采样,经过计算机处理后,产生控制信号通过 D/A 输出,将离散时间

信号转换成时间连续信号,作用于被控对象。因此,计算机控制系统并不是连续控制的,而是离散控制的。

5. 在连续控制系统中,一般是一个控制器控制一个回路。而在计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,一个数字控制器经常可以采用分时控制的方式,同时控制多个回路。

6. 采用计算机控制,如分级计算机控制、集散控制系统、计算机网络等,便于实现控制与管理一体化,使工业企业的自动化程度进一步提高。

## § 1.2 计算机控制系统的类型

根据计算机在控制系统中的控制功能和控制目的,可将计算机控制系统分为以下几种类型。

### 一、操作指导控制系统

操作指导控制系统的结构如图 1.4 所示。所谓操作指导是指计算机的输出不直接用来控制被控对象,只是每隔一定时间,计算机进行一次采集,将系统的一些参数经 A/D 转换后送入计算机进行计算及处理,然后进行报警、打印和显示。操作人员根据这些结果去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。

操作指导控制系统是一种开环控制结构。该系统的优点是结构简单,控制灵活和安全。缺点是要人工操作,速度受到限制,故不适合用于快速过程的控制和多个对象的控制。它主要用于计算机控制系统研制的初级阶段,或用于试验新的数学模型和调试新的程序。

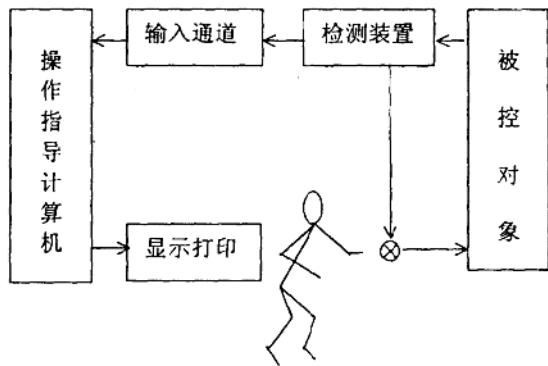


图 1.4 操作指导控制系统

### 二、直接数字控制系统

直接数字控制 DDC(Direct Digital Control)系统是计算机用于工业过程控制最普遍的一种方式,其结构如图 1.5 所示。计算机通过检测元件对一个或多个系统参数进行巡回检测,并经过输入通道送入计算机。计算机根据规定的控制规律进行运算,然后发出控制信号直接去控制执行机构,使系统的被控参数达到预定的要求。

在 DDC 系统中的计算机参与闭环控制过程,它不仅能取代模拟调节器,实现多回路的 PID(比例、积分、微分)调节,而且,只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制,如前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。

### 三、监督计算机控制系统

监督计算机控制(Supervisory Computer Control)系统简称 SCC 系统,其结构如图 1.6 所

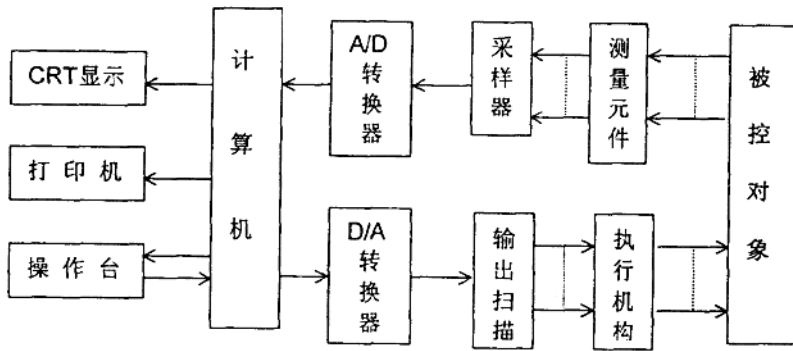


图 1.5 直接数字控制系统

示。在 DDC 系统中,是用计算机代替模拟调节器进行控制的。而在 SCC 系统中,则是由计算机按着描述生产过程的数学模型,计算出最佳给定值送给模拟调节器或者 DDC 计算机,最后由模拟调节器或者 DDC 计算机控制生产过程,从而使生产过程始终处于最佳工作。

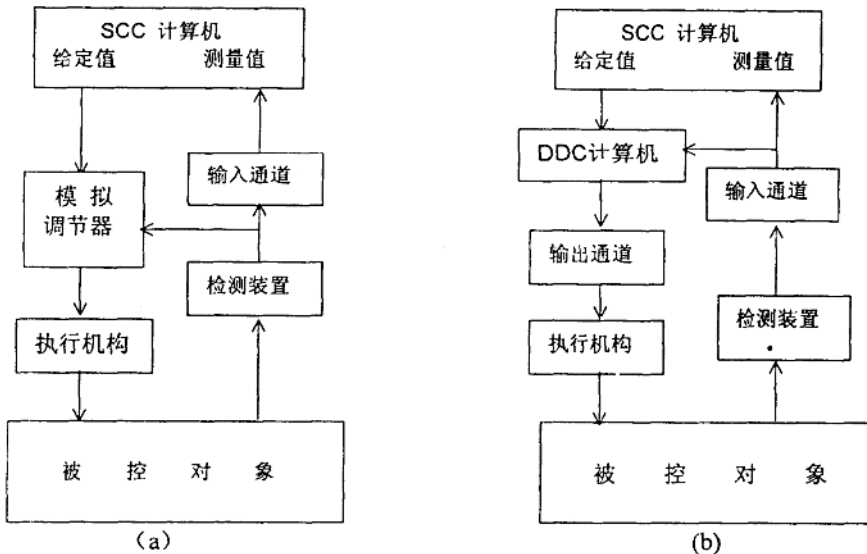


图 1.6 监督计算机控制系统

监督计算机控制系统有两种不同的结构形式。一种是 SCC + 模拟调节器系统,另一种是 SCC + DDC 系统。

(一) SCC 加上模拟调节器的控制系统

该系统原理图如图 1.6(a)所示。在此系统中,计算机对系统的被控参数进行巡回检测,并按一定的数学模型对生产工况进行分析、计算出被控对象各参数的最优给定值送给模拟调节器。此给定值在模拟调节器中与检测值进行比较,其偏差值经模拟调节器计算后输出给执

行机构,以达到被控参数调节的目的。当 SCC 计算机出现故障时,可由模拟调节器独立完成操作。

### (二)SCC 加上 DDC 的控制系统

该系统原理图如图 1.6(b)所示。在此系统中,SCC 与 DDC 组成了二级控制系统,一级为监督控制级 SCC,其作用与 SCC+模拟调节器系统中的 SCC 一样,完成车间或工段等高一级的最优化分析和计算,给出最佳给定值,送给 DDC 级计算机直接控制生产过程。SCC 级计算机与 DDC 级计算机之间通过接口进行信息传送,当 DDC 级计算机出现故障时,可由 SCC 级计算机代替,因此,大大提高了系统的可靠性。

## 四、分级计算机控制系统

生产过程中既存在控制问题,也存在大量的管理问题。同时,设备一般分布在不同的区域,其中各工序,各设备同时并行地工作,基本相互独立,故全系统比较复杂。过去,由于计算机价格高,复杂的生产过程控制系统往往采取集中控制方式,以便对计算机充分利用。这种控制方式由于任务过于集中,一旦计算机出现故障,将会影响全局。价格低廉而功能完善的微型计算机的出现,则可以由若干台微处理器或微型计算机分别承担部分任务,这种分级(或分布式)计算机控制系统有代替集中控制系统的趋势。该系统的特点是将控制任务分散,用多台计算机分别执行不同的任务,既能进行控制又能实现管理。图 1.7 所示的分级计算机控制系统是一个四级系统,各级计算机的任务如下:

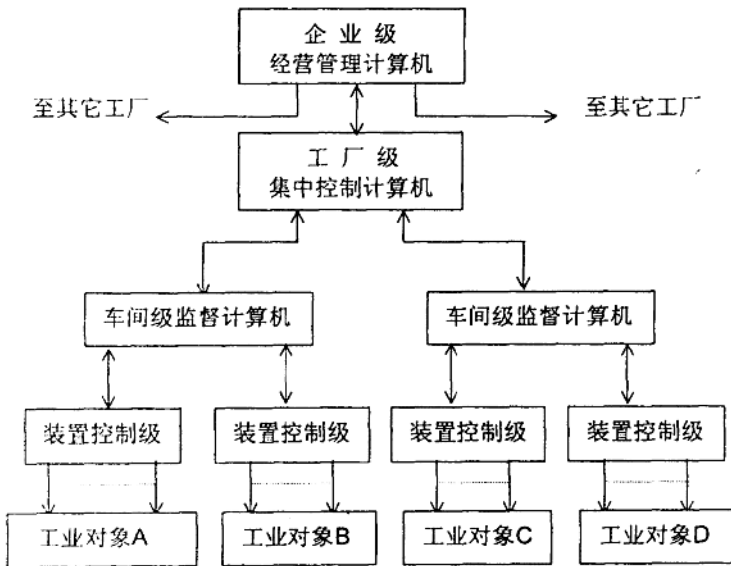


图 1.7 分级计算机控制系统

装置控制级(DDC 级) 它对生产过程或单机直接进行控制,如进行 PID 控制或前馈控制等,使所控制的生产过程在最优的工况下工作。

车间监督级(SCC 级) 它根据厂级下达的命令和通过装置控制级获得的生产过程的数



据,进行最优化控制。它还担负着车间内各个工段的协调控制及担负着对 DDC 级的监督。

工厂集中控制级 它根据上级下达的任务和本厂情况,制定生产计划、安排本厂工作、进行人员调配及各车间的协调。并及时将 SCC 级和 DDC 级的情况向上级反映。

企业管理级 制定长期发展规划、生产计划、销售计划,发命令至各工厂,并接受各工厂、各部门发回来的信息,实行全企业的总调度。

### § 1.3 计算机控制理论

计算机控制系统与通常的连续控制系统的差别在于,控制规律是由计算机通过软件来实现的。由于计算机具有很强的计算、逻辑判断及存储信息能力,因此它可实现过去连续控制系统难以实现的更为复杂的控制规律,如非线性控制、模糊控制、自适应控制和自学习控制等。

计算机控制系统中除了包含连续信号外,还包含有数字信号。由于数字信号所固有的时间上离散、幅值上量化的效应,从而使得计算机控制系统与连续控制系统在本质上有许多不同的性质。当采样周期比较小(时间上的离散效应可忽略)以及计算机转换及运算字长比较长(幅值上的量化效应可忽略)时,可以采用连续控制系统的分析和设计方法来研究计算机控制系统的问题。然而当采样周期比较大(选取较大的采样周期可降低对计算机的要求)以及幅值上的量化效应不可忽略时,必须有专门的理论来分析和设计计算机控制系统。早期人们习惯于用连续系统理论来设计计算机控制系统。当采样周期较大时,实际系统的性能往往比设计时所预期的要差。然而,当采用直接离散化的设计方法时,计算机控制系统甚至可以比相应的连续系统达到更好的性能。例如,对于一个具有双重积分的控制对象,如图 1.8(a)所示,若采用连续的控制方法,其典型的阶跃动态响应如图 1.8(b)所示。而采用计算机控制,并用直接离散化的设计方法,可以获得如图 1.8(c)所示的动态响应。

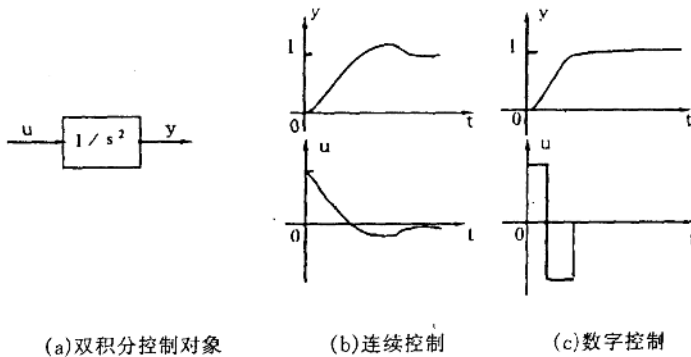


图 1.8 双积分控制对象的阶跃响应

由图看出,在最大控制量相同的情况下,采用数字控制可以获得更满意的动态响应,输出量经过两拍的时间即完全达到稳态,并无超调。

再如,对于简单的一阶惯性控制对象,若只采用比例控制,采用连续的控制方法,无论多大的比例增益系统总是稳定的。但是,采用计算机控制,则可能在某个比例增益下,系统会产生幅度不大的自持振荡,这是应用连续系统的理论甚至离散系统的理论所不能解释的,这是由于数字信号幅值上量化效应所引起的特殊问题。

可见,对于计算机控制系统的分析和设计,不只是简单地推广连续系统的理论,同时也需要一些专门理论来对它进行研究。计算机控制系统理论主要包括离散系统理论、采样系统理论及数字系统理论。

离散系统理论主要指对离散系统进行分析 and 设计的各种方法的研究。它主要包括:

(1)差分方程及 $z$ 变换理论。利用差分方程、 $z$ 变换及传递函数等数学工具来分析离散系统的性能和稳定性。

(2)常规设计方法。以传递函数作为数学模型对离散系统进行常规设计的各种方法的研究。如最小拍控制、根轨迹法设计、离散PID控制及直接解析设计法等。

(3)按极点配置的设计法,其中包括基于传递函数模型及基于状态空间模型的两点极点配置设计方法。在利用状态空间模型时,它包括按极点配置设计控制规律及设计观测器两方面的内容。

(4)最优设计方法。主要包括线性二次型最优控制及状态的最优估计两方面的内容,简称LQG(Linear Quadratic Gaussian)问题。

(5)系统辨识及自适应控制

采样系统理论除了包括离散系统的理论外,还包括以下一些内容:

(1)采样理论。它主要包括香农(shannon)采样定理、采样频谱及混叠、采样信号的恢复以及采样系统的结构图分析等。

(2)连续模型及性能指标的离散化。为了使采样系统能变成纯粹的离散系统来进行分析和设计,需将采样系统中的连续部分进行离散化,这里首先需要将连续环节的模型离散化,由于模型表示主要采用传递函数和状态方程两种形式,因此,连续模型的离散化也主要包括这两个方面。由于实际的控制对象是连续的,性能指标函数也常常以连续的方式给出,因此也需要将连续的性能指标进行离散化。

(3)采样控制系统的仿真。

(4)采样周期的选择。

(5)数字信号整量化效应的研究,如量化误差、非线性特性的影响等。同时还包括数字控制器实现中的一些问题,如计算延迟、控制算法编程等。

## § 1.4 计算机控制系统的发展

### 一、计算机控制系统的发展过程

计算机控制技术是自动控制理论与计算机技术相结合的产物,因此,计算机控制系统的发展是与自动控制理论与计算机的发展密不可分的。1964年美国生产出了世界上第一台电子计算机,50年代初便有人想将计算机用于航天或航空系统的控制。然而由于当时的计算机体积太大、消耗功率太多而且也不太可靠,因此,这样的想法在当时尚不可能实现。到了50年代中期,人们开始研究将计算机用于过程控制。由于工业过程控制对计算机的要求相对较低,计算机的体积和功率消耗不是它在工业过程控制中应用的主要障碍。经过几年的努力,到了50年代末,已经有计算机控制系统在工业生产中投入运行。

60年代是计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。60年代后半期,计算机厂家生产出了各种类型的适合工业过程控制的小型计算机,其主要特点是体积更小、速度更快、工作更



可靠和价格更便宜,这使得对于较小的工程问题也能利用计算机来控制。但这个阶段仍然主要是集中型的计算机控制系统。经验表明,在采用集中型计算机控制时,由于控制任务过于集中,一旦计算机出现故障,将对整个生产过程和整个系统带来严重影响。虽然采用多机并用的方案,可以提高集中控制系统的可靠性,但这样就要增加投资。

自从1972年出现了微型计算机,计算机控制技术进入了崭新的发展阶段。微型计算机的最突出的优点是价格便宜、体积小。这就使得不管多么小的控制任务均可以采用微型计算机进行控制。现代一些工业的特点是高度连续化、大型化,装置与装置、设备与设备之间的联系日趋密切。过去,由于计算机比较昂贵,一台计算机要完成很多任务,因而多采用集中式的控制结构。现在由于计算机比较便宜,并考虑对现代化工业企业进行综合管理和最优控制,已开始采用分散型微处理器控制的分级计算机控制和集散控制系统。

## 二、计算机控制系统的发展趋势

随着大规模及超大规模集成电路的发展,计算机的可靠性和性能价格比越来越高,这使得计算机控制系统得到越来越广泛的应用。同时,生产力的发展,生产规模的扩大,又使人们对计算机控制系统提出新的要求。目前,计算机控制系统有如下几个发展趋势。

### (1)可编程序控制器

在制造业的自动化生产线上,各道工序都是按规定的时间和条件顺序执行的,对这种自动化生产线进行控制的装置称为顺序控制器。以往顺序控制器主要是由继电器组成,改变生产工序、执行次序和条件需改变硬件连线。随着大规模集成电路和微处理器在顺序控制器中的应用,顺序控制器开始采用类似微型计算机的通用结构,把程序存储在存储器中,用软件实现开关量的逻辑运算、延时等过去用继电器完成的功能,形成了可编程逻辑控制器 PLC(Programmable Logic Controller)。

工业用可编程序逻辑控制器,是采用微型机芯片,根据工业生产的特点而发展起来的一种控制器,它具有可靠性高、编程灵活简单、易于扩展和价格低廉等许多优点。尤其是近年来,由于开发了具有智能的 I/O 模块,使得 PLC 除了具有逻辑运算、逻辑判断等功能外,还具有数据处理、故障自诊断、PID 运算及连网等功能,从而大大地扩大了 PLC 的应用范围。可以预料,进一步完善和系列化的 PLC 将作为下一代通用设备,大量地应用在工业生产自动化系统中。

### (2)集散控制系统

目前,在过程控制领域,集散控制系统技术已日趋完善而逐渐成为被广泛使用的主流系统。集散控制系统发展初期是以实现分散控制为主,而进入 80 年代以后,集散控制系统的技术重点转向全系统信息的综合管理,因其具有分散控制和综合管理两方面特征,故称为分散型综合控制系统,简称为集散控制系统。

集散控制系统的体系特征是功能分层,它充分反映了集散控制系统的分散控制、集中管理的特点。按照功能分层的方法,集散控制系统可以分为现场控制级、过程装置控制级、车间操作管理级、全厂优化和调度管理级等。信息一方面自下而上逐渐集中,同时,它又自上而下逐渐分散。从系统结构分析,集散控制系统都由三大基本部分组成。它们是分散过程控制装置部分、集中操作和管理系统部分以及通信系统部分。分散过程控制装置部分由多回路控制器、单回路控制器、多功能控制器、可编程序逻辑控制器及数据采集装置等组成。它相当于现场控制级和过程控制装置级,实现与过程的连接。集中操作和管理部分由操作站、管理机和外部设备等组成。它相当于车间操作管理级和全厂优化和调度管理级,实现人机接口。在每级之间