

电子计算机应用系列教材

微型计算机控制系统 分析与设计

方康玲 陆忠华 郝国法 编著



36-43

KL/1

科学出版社

-11-26-43
FKL/1

电子计算机应用系列教材

微型计算机控制系统 分析与设计

方康玲 陆忠华 郝国法 编著

0023019
科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是“电子计算机应用系列教材”之一,主要介绍微型计算机控制系统的构成原理、性能分析和设计方法,其中包括时域分析、频域分析和数字仿真等,用经典方法和状态空间法设计微机控制系统,还阐述了自适应控制系统和模糊控制系统的原理和设计,最后介绍了系统实现的有关问题,并附有实例.

本书可供高等院校自动控制、计算机应用专业和其他有关专业的高年级学生和研究生学习,也可供有关科研、生产单位作为相应专业的培训教材.

JS502 / 18

电子计算机应用系列教材 微型计算机控制系统分析与设计

方康玲 陆忠华 郝国法 编著

责任编辑 杨家福

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100707

北京市华星计算机公司激光照排

天津市静一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1992 年 8 月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:0001—6 500 字数:382 000

ISBN 7-03-001639-4/TP·122

定价:12.70 元

“电子计算机应用系列教材”主持、组织编著单位

主持编著单位:

国务院电子信息系统推广应用办公室

组织编著单位:

广东、广西、上海、山东、山西、天津、云南、内蒙古、
四川、辽宁、北京、江苏、甘肃、宁夏、江西、安徽、
河北、河南、贵州、浙江、湖北、湖南、黑龙江、福建、
新疆、广州、大连、宁波、西安、沈阳、武汉、青岛、
重庆、哈尔滨、南京等 35 省、市、自治区、计划单列市

电子振兴

计 算 机 领 导 小 组 办 公 室

科技工作

“电子计算机应用系列教材”联合编审委员会名单

(以姓氏笔划为序)

主 编 审 委 员:

王长胤* 苏世生 何守才 陈有祺 陈莘萌* 邹海明* 郑天健
殷志鹤 童 颀 赖翔飞 (注“*”者为常务主编)

常务编审委员:

于占涛 王一良 冯锡祺 刘大昕 朱维华 陈火旺 陈洪陶 余 俊
李 祥 苏锦祥 佟震亚 张广华 张少润 张吉生 张志浩 张建荣
钟伯刚 胡秉光 高树森 徐洁盘 曹大铸 谢玉光 谢育先 韩兆轩
韩培尧 董继润 程慧霞

编审委员:

王升亮 王伦津 王树人 王振宇 王继青 王翰虎 毛培法 叶以丰
冯鉴生 刘开瑛 刘尚威 刘国靖 刘晓融 刘德镇 孙令举 孙其梅
孙耕田 朱泳岭 许震宇 何文兴 陈凤枝 陈兴业 陈启泉 陈时锦
邱玉辉 吴宇尧 吴意生 李克洪 李迪义 李忠民 迟忠先 沈林兴
肖金声 苏松基 杨润生 吕福德 张志弘 张银明 张 勤 张福源
张翼鹏 郑玉林 郑 重 郑桂林 孟昭光 林俊伯 林钧海 周俊林
赵振玉 赵惠溥 姚卿达 段银田 钟维明 袁玉馨 唐肖光 唐楷全
徐国平 徐拾义 康继昌 高登芳 黄友谦 黄 侃 程锦松 楼朝城
潘正运 潘庆荣

秘 书 组:

秘 书 长:胡茂生

副秘书长:何兴能 林茂荃 易 勤 黄雄才

序

当代新技术革命的蓬勃发展,带来社会生产力新的飞跃,引起整个社会的巨大变革.电子计算机技术是新技术革命中最活跃的核心技术,在工农业生产、流通领域、国防建设和科学研究方面得到越来越广泛的应用.

党的十一届三中全会以来,我国计算机应用事业的发展是相当迅速的.到目前为止,全国装机量已突破三十万台,十六位以下微型计算机开始形成产业和市场规模,全国从事计算机科研、开发、生产、应用、经营、服务和教学的科技人员已达十多万人,与1980年相比,增长了近八倍.他们在工业、农业、商业、城建、金融、科技、文教、卫生、公安等广阔的领域中积极开发应用计算机技术,取得了优异的成绩,创造了显著的经济效益和社会效益,为开拓计算机应用的新局面作出了重要贡献.实践证明,人才是计算机开发应用的中心环节.我们必须把计算机应用人才的开发与培养放在计算机应用事业的首位,要坚持不懈地抓住人才培养这个关键.

从目前来看,我国计算机应用人才队伍虽然有了很大的发展,但是这支队伍的数量和质量还远不适应计算机应用事业发展的客观需要,复合型人才的培养与教育还没有走上规范化、制度化轨道,教材建设仍显薄弱,培训质量不高.因此,在国务院电子信息系统推广应用办公室领导、支持下,全国35个省、市、自治区、计划单列市计算机应用主管部门共同组织118所大学和科研单位的400多位专家、教授编写了全国第一部《电子计算机应用人才培训大纲》以及与之配套使用的电子计算机应用系列教材,在人才培训和开发方面做了一件很有意义的工作,对实现培训工作规范化、制度化将起到很好的推动作用.

《电子计算机应用人才培训大纲》和“电子计算机应用系列教材”贯穿了从应用出发、为应用服务,大力培养高质量、多层次、复合型应用人才这样一条主线.大纲总结了近几年各地计算机技术培训正反两方面的经验,提出了计算机应用人才的层次结构、不同层次人才的素质要求和培养途径,制定了一套必须遵循的层次化培训办学规范,编制了适应办学规范的“课程教学大纲”.这部大纲为各地方、各部门、各单位制定人才培养规划和工作计划提供了原则依据,为科技人员、管理人员以及其他人员学习计算机技术指出了努力方向和步骤,为社会提供了考核计算机应用人才的客观尺度.“电子计算机应用系列教材”是培训大纲在教学内容上的展开与体现,是我国目前规模最大的一套计算机应用教材.教材的体系为树型结构,模块化与系统性、连贯性、完整性相兼容,教学内容注重实用性、工程性、科学性,并具有简明清晰、通俗易懂、方便教学、易于自学等特点,是一套很好的系列教材.

这部大纲和系列教材的诞生是各方面团结合作、群策群力的结果,它的公开出版和发行,对计算机应用人才的培训工作将起到积极的推动作用.希望全国各地、各部门、各单位广泛运用这套系列教材,发挥它应有的作用,并在实践中检验、修改、补充和完善它.

通过培训教材的建设,把培训工作与贯彻国家既定的成人教育、函授教育、电视教育和科技人员继续工程教育等制度相结合,逐步把计算机应用人才的培训工作引向规范化、

制度化轨道,为培养和造就大批高素质、多层次、复合型计算机应用人才而努力奋斗,更好地推动计算机应用事业向深度和广度发展.

李 祥 林

1988年10月17日

前 言

随着微型计算机的发展和普及,以微型机为控制器的实时控制系统在科学研究和各种生产过程中起着越来越重要的作用.为了促进和适应这种形势的发展,我们结合《电子计算机应用人才培养大纲》编写了这本教材.

本书主要介绍微型计算机控制系统的构成原理、性能分析和设计方法.全书共八章.第一章为概述,二、三章主要介绍微型计算机控制系统的分析方法和数字仿真,四、五章分别讨论用经典方法和状态空间法设计微型计算机控制系统,从理论设计、仿真分析到系统构成和控制程序设计,给出了系统设计的全过程.第六章以最小方差自校正调节器为主,阐述了自适应控制系统的原理和设计,第七章则是模糊控制系统的原理和设计方法.最后一章介绍系统实现的有关问题.后三章均附有实例,以便读者通过实际系统了解设计方法和步骤.本教材的参考学时数为 80 学时.

本书由方康玲主编,曹大铸主审.方康玲编写第三、四、六、七、八章及第五章的 5.1, 5.2, 5.3 节,陆忠华编写第一章,郝国法编写第二章,张文德编写第五章的 5.4 节.陈国年参加了第四章的编写工作.

何友华为第八章提供了宝贵资料,并审阅了该章实例,书中部分章节引用了张海洲和吴克明的硕士论文的有关内容,谨表诚挚的谢意.

在本书编写过程中,得到空军雷达学院王长胤教授的热情关怀与支持,深表感谢.

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望读者批评指正.

目 录

第一章 概述	1
1.1 计算机控制系统的基本特点	1
1.2 计算机控制系统的分类	4
1.3 微型计算机控制系统的基本结构与组成	5
第二章 微型计算机控制系统分析	9
2.1 分析基础	9
2.2 采样控制系统的时域分析	32
2.3 采样控制系统的频域分析	56
习题	62
第三章 微型计算机控制系统的数字仿真	64
3.1 概述	64
3.2 连续部分的数字仿真	64
3.3 数字控制器的仿真	70
3.4 仿真程序 I	71
3.5 仿真程序 II	79
习题	82
第四章 单输入单输出微型计算机控制系统的设计	84
4.1 概述	84
4.2 数字控制器的物理实现条件	85
4.3 用双线性变换法设计数字控制器	90
4.4 数字 PID 调节器	98
4.5 无纹波响应的微型计算机控制系统的设计	112
4.6 连续控制系统控制器的离散化	127
习题	135
第五章 用状态空间法设计微型计算机控制系统	137
5.1 概述	137
5.2 极点配置设计法	137
5.3 观测器设计法	141
5.4 数字线性最优调节器	149
习题	158
第六章 自适应控制系统	159
6.1 概述	159
6.2 系统辨识与参数估计	161
6.3 自校正调节器	178
6.4 冷连轧机卷取张力的自适应控制系统	185
习题	190
第七章 模糊控制系统	191
7.1 概述	191

7.2 模糊集合的基本概念.....	192
7.3 模糊关系.....	198
7.4 模糊推理.....	204
7.5 模糊控制器设计.....	207
7.6 浮选过程模糊控制系统.....	222
习题	228
第八章 微型计算机控制系统的实现	230
8.1 概述.....	230
8.2 量化效应.....	230
8.3 字长的选择.....	241
8.4 微型计算机位置控制系统.....	243
习题	251
附录	252
A z 变换表	252
B 矩阵求逆公式.....	253
C 求解离散黎卡提方程的 BASIC 程序	254
D 递推最小二乘法公式推导及初始条件的说明	255
E 巴塞伐定理	257
参考文献	258

第一章 概 述

1.1 计算机控制系统的基本特点

计算机控制技术是在计算机技术和自动控制技术飞速发展的基础上产生的,是计算机技术与自动控制技术的结合.由于计算机具有大量存贮信息的能力与强大的计算和逻辑判断能力,因此计算机控制能解决常规控制技术解决不了的难题,能达到常规控制技术所达不到的优异的性能指标.

与采用模拟调节器的自动调节系统相比较,计算机控制系统具有以下优点:

(1) 便于实现复杂的控制规律,从而可保证高精度及其它高性能指标.

例如,化工及热工生产经常可遇到具有纯滞后环节的控制对象.采用常规的 PID 调节规律对纯滞后环节进行调节,其效果很不理想.因此,尽管几十年前人们就已经对纯滞后补偿控制进行了研究并找出了控制规律,但用模拟调节器是很难实现这一控制规律的.有了计算机参与控制,纯滞后补偿控制很容易实现.目前利用一台简易的 8 位微型计算机即可实现史密斯(Smith)预估计纯滞后补偿控制,只要将史密斯预估计算法编成程序就行了.

又如在化工厂乙烯裂解炉自动控制系统中,裂解炉的温度控制是影响产品质量的关键问题.裂解炉由四组炉管和相应的四个燃料阀供给燃料.由于炉体结构紧凑,每个阀门的动作都会引起四组炉管温度的变化.采用常规的模拟调节器,温度很难平稳控制,改用计算机进行多变量解耦控制,可以克服炉管间的相互影响,从而达到平稳而精确地控制温度的目的.

随着科学技术的发展,自动控制系统日益复杂,古典控制理论已难以满足复杂系统分析和设计的要求.50 年代末到 60 年代初,以状态空间法为基础,以最大值原理、卡尔曼滤波技术与线性系统可控性和可观测性为标志,逐渐形成了现代控制理论.将现代控制理论有效地用于过程控制时,首先遇到的问题是能否建立一个基本正确的工艺生产数学模型.所谓数学模型,笼统地说,是指描述控制系统各变量之间的数学表达式.这里,测量误差与各种随机干扰均应和控制变量一样作为输入变量在数学模型中出现.

在采用模拟调节器的情况下,数学模型的建立是无关紧要的.这是由于模拟调节器的控制规律,不管数学模型如何,一般均为固定的 PID 型,其参数基本上只能根据经验整定.因此,没有必要去研究数学模型.在计算机控制情况下,必须根据数学模型作出控制决策,故数学模型的建立十分重要.

然而,要推导建立一个合适的数学模型并不是轻而易举的,一方面并非所有影响系统动态特性的因素都是已知的,另一方面所需要的各种变量的测量往往是困难的,甚至是不可能的,而各种可以通过测量得到的输出变量与产品质量之间的关系又难以用机理分析的办法来建立.关于建立数学模型的方法,可以参考系统辨识方面的专著.这里只需提出一点,即 70 年代以来,已经大量发展了数学模型的各种递推算法,其特点是有可能充分利用计算机的在线计算能力,使计算机控制系统能在运行过程中,在线地利用不断得到的新数据来改进估计量的精度,以便得到尽可能精确的数学模型.

如果没有电子计算机这一有力的工具,现代控制理论在自动控制领域内的应用是难以想象的。

(2) 控制规律灵活,便于在线修改控制方案。

在某些情况下,从控制规律来看,采用常规的方法与采用计算机控制同样可满足生产工艺的要求,但采用计算机控制具有适应性强、修改控制方案方便的优点。例如,顺序控制是按规定好的时间或逻辑顺序进行工作的一种控制方式,其控制规律是比较简单的。我们可用继电器接触器组成顺序控制器,也可用微处理器为核心组成可编程逻辑控制器(简称 PLC)来实现顺序控制。后者的灵活性要比前者好得多,这是由于前者电路一经连接好,修改十分困难,而后者可方便地通过重新编程修改顺序控制流程。因此,在工艺流程改变需要修改控制方案时,后者具有明显的优点。目前在我国工业企业技术革新中,比较流行的可编程逻辑控制器有美国 PC-584 型与日本东芝 EX 系统可编程控制器等。用它们来取代传统的继电器接触器系统,除了具有体积小、重量轻、耗电量小、可靠性高等优点外,更重要的是编程灵活方便。原来的继电器接触器虽已被双向可控硅或功率晶体管所代替,但编程时仍采用等效的继电器接触器梯形逻辑电路图,可由编程器通过键盘在 CRT 或液晶显示器屏幕上画出人们所熟悉的继电器接触器逻辑电路图来实现,操作简便直观。当配备一定的 A/D、D/A 扩展部件时,控制功能还可进一步加强。

同样,采用常规模拟调节器与数字调节器均可实现 PID 调节,但为了得到满意的控制效果,有时需要在控制过程中的一段时间内进行 PI 控制,在一段时间内进行 PD 控制,或需要在线改变 PID 参数。在此情况下,也只有采用计算机控制才能轻而易举地达到控制要求。美国 Honeywell 公司所生产的 TCDS-2000 专用工业控制器系统,采用微处理器组成可编程 PID 调节器,具有体积小、使用灵活方便的特点,可代替各种 DDZ 模拟仪表进行基本 PID 控制、改进 PID 控制、加法运算、乘法运算、除法运算、开方运算和数据采集,根据需要可灵活地改变算法,是模拟调节器向计算机控制过渡的一种容易推广的形式。

(3) 能同时控制多个回路,一机多用,性能价格比高。

计算机在自动控制中,可以代替模拟调节仪表,直接对生产过程进行闭环控制。由于计算机的输入输出都是数字量,所以这种控制系统又叫计算机直接数字控制系统,简称 DDC 控制。它是计算机控制的主要形式。

从表面看,用一台微型计算机代替模拟调节仪表将使控制系统的成本增加。因为计算机并不能代替检测元件和执行机构的作用,而为了进行模拟量与数字量的相互转换,还需增加 A/D 及 D/A 转换通道。这会使成本增加。然而,实际上一台微机配上 A/D、D/A 通道,开关量输出通道和打印机后,其功能远远超过一台模拟仪表的作用。由于计算机的速度快,如利用分时系统,若程序安排恰当,则一台微型计算机可同时控制许多个回路,代替多台模拟调节仪表,而且还可以根据生产工艺需要打开或关闭阀门、采集数据、处理数据、打印制表,并进行越限报警。因此,除了上面两个优点外,它具有一机多能的特点是模拟调节器所不能相比的。

(4) 便于实现控制与管理及通信相结合,使工业企业的自动化程度进一步提高。

在现代化生产中,计算机不但担负着生产过程的控制任务,而且也兼负工厂企业管理任务。从收集商品信息、情报资料、制定生产计划、生产调度到产品销售、仓库管理等均可实行计算机管理。一开始,控制与管理两个方面各自单独进行发展。随着生产管理水平的

提高,两者互相渗透、要求结合、统一安排考虑,以实现最优化.于是,又产生信息交换与通信问题.

在生产规模较大的大、中企业中,若用一台计算机统管过程控制与企业管理,不但要求计算机的容量大、速度高,成本也昂贵,而且一旦计算机发生故障,整个系统将陷于瘫痪,因而显得系统可靠性不高.由于微型计算机(包括可编程逻辑控制器)具有体积小、可靠性高、价格低廉、功耗低等优点,因此以微型计算机为基础的分级分布式控制系统逐渐在大中型企业中推广应用.在分级分布系统中,一般用多台微型计算机进行 DDC 控制,通过总线结构或环形高速数据通道将各个分散点的信息集中起来供上级监督计算机进行监督控制.监督计算机(简称 SCC)一般用中小型计算机,其作用是根据 DDC 级传来的信息,按照一定的数学模型进行最优控制或自适应控制计算,作出控制决策,指挥 DDC,并将有关信息整理后向上级管理机汇报.上级管理机可根据企业规模大小采用大型机或中型机,必要时还可进一步分为若干级,其任务是进行全局性的生产计划和调度,并指挥 SCC 工作.在高速数据通道上还可分布地连接多个 CRT 操作站,以对整个系统的各类参数进行监视.

采用分级分布系统可以较好地处理管理、控制、通信和监视的关系,使企业自动化程度有较大提高.完整的计算机网络的组成可以自下而上,也可以自上而下地逐步进行.有人称这种系统为 4C 技术的综合.所谓 4C 即 Computer, Control, Communication 和 CRT 的缩写.这种综合自动化是计算机控制系统的发展方向.随着卫星通信与光缆通信的发展,计算机控制系统还将有可能进行远距离的数据信息交换和控制管理.

以上对计算机控制系统与常规自动化调节系统进行了对比,说明了用计算机控制系统取代常规自动调节的好处.当然,这并不说明在任何情况下常规控制仪表都应被计算机控制系统所取代,而仅仅说明一种发展趋势而已.下面再来看一下,与通用计算机系统相比较,工业控制计算机系统应当具备什么特点:

(1) 工业控制机应当具有可靠性与良好的可维修性.

由于工业生产一般为连续生产,故要求计算机控制系统首先保证主机的可靠性高,可维修性好.可靠性一般用平均无故障运行时间 MTBF 表示,可维修性用平均修复时间 MTTR 表示.一般希望 MTBF 能达上万小时,MTTR 尽可能短些.

(2) 工业控制机对环境应有较高的适应性.

工业生产现场经常会遇到如强电流、强磁场的干扰与腐蚀性气体以及没有完善的空调系统等恶劣环境.系统的可靠性在很大程度上取决于这些因素,因而应要求工业控制机有较强的抗干扰能力与相当程度的适应恶劣环境的能力.

(3) 工业控制机应当满足控制的实时性要求.

为了满足控制要求,一般要求计算机控制系统有较短的响应时间,即要求从信息输入到生产机械受到控制作用的时间尽可能短.

此外,一般还要求系统能实时地监视现场的各种工艺参数,并进行在线修正,对紧急事故能及时处理.有些系统还要求有对文件进行实时更新和检索的功能.这些均应在系统设计时予以考虑.

(4) 工业控制机应有较完善的输入输出通道.

与通用机相比较,计算机控制系统对主机的精度、速度要求较低.但工业控制机应有

较完善的模拟量输入输出、开关量输入输出等过程通道及较强的人机对话手段。

1.2 计算机控制系统的分类

“计算机控制系统”这一名词的含义并不十分明确。由于计算机控制的领域非常广泛,控制对象从小到大、从简单到复杂均可由计算机参与控制,因此计算机控制系统可以是指控制单个电机或阀门的系统,也可以是指包括多台计算机控制一个工厂甚至一个企业的分级分布系统。同样,计算机控制系统的分类方法也不尽相同。为了便于讨论,本书仅论述计算机控制系统的单机系统,并按照其基本控制规律的差异,将计算机控制系统分类如下:

(1) 顺序控制系统。

工业生产中,不少设备的操作都是按照严格的顺序进行的。有的按照时间规定操作顺序,在不同的时间内进行不同的操作,或者使某一个被控量按照预先规定的时间函数进行变化。有的则按照动作的衔接来规定操作顺序。更一般的则两种规定兼而有之。这些顺序的控制均可以用微型计算机或可编程逻辑控制器来实现。有些情况下,一台微型计算机还可以控制多套设备的操作。

(2) 数据采集处理与巡回检测系统。

数据采集处理与巡回检测系统在工业企业中应用十分普遍。多数系统除有数据采集处理外,还兼有打印制表与故障报警的功能,因此不妨将它们看做初级形式的操作指导系统。这些系统稍加扩充,也可以直接进行过程控制而组成计算机监控系统。

(3) 计算机开关控制位置随动系统。

计算机通过输出一个合适的开关函数使生产机械达到某一指定平衡位置的过渡时间最短。开关函数启动一传动装置产生位移。开关函数的波形可通过时间最优控制或 Bang-Bang 控制理论计算出,也可以根据实际经验调试得出。

(4) 模拟化数字 PID 控制系统。

PID 控制是过程控制中应用最广泛的一种控制规律。由最优控制理论可以证明,它能适应不少工业对象的控制要求,故至今仍然是一种最基本的控制方式。

当系统的通频带 ω_m 比采样角频率低很多时,可以把计算机控制系统近似地看作连续系统。这样的系统称为模拟化数字控制系统。模拟化数字控制系统的设计完全可以沿用模拟仪表调节系统的设计方法进行,例如根据性能指标的要求,用对数频率特性法求出系统的校正网络 $D(s)$,再用差分变换法将 $D(s)$ 离散化,由计算机实现数字调节规律。

(5) 离散化数字调节器控制系统。

一般情况下,当条件 $\omega_m \ll \omega_s$ 不满足时,计算机控制系统不再等效为连续系统。在典型的计算机控制系统中,连续信号被采样后变为采样信号,采样信号经过模/数转换、采样保持及整量化过程后或为数字信号,经数字计算机运算处理后再经数/模转换形成被控制量。数字信号与采样信号之间存在一定的量化误差。当量化误差可以忽略时,若条件 $2\omega_m < \omega_s$ 满足,则计算机控制系统可近似地等效为一采样系统。利用 z 变换分析法可以方便地分析采样系统的稳定性、时域特性与频域特性。其数学模型可用系统辨识方法或其它建模方法得出。本书第二、三章分别论证了采样系统的时域分析、频域分析、稳定性以及数字仿

真方法。

采用双线性变换法可将 z 平面转换到与 s 平面相类似的 W 平面。借助于 W 平面的波德图可用频率法对采样系统进行设计。求出数字调节器的脉冲传递函数 $D(W)$ 及 $D(z)$ 后, 不难用计算机软件来实现它。

数字调节器也可以用根轨迹法来设计。

(6) 基于现代控制理论的微机控制系统。

这类系统的分析与设计方法建立在状态空间法的基础上, 按设计方法可分为如下几类:

1) 按常规性能指标设计的多变量系统。

这种系统具有期望的闭环极点, 因而其响应能满足常规性能指标要求。当系统的所有状态均能被测量时, 可用极点配置法设计出系统, 当系统一部分状态不能被测量时, 可用状态观测器来估计状态值。

2) 数字最优控制系统。

这种系统采用目标函数作为衡量系统性能的指标, 在一定的约束条件下, 使目标函数达到最小的控制, 称为最优控制。目前常用的比较成熟的最优控制系统是基于二次型性能指标的系统。

3) 自适应系统。

当被控对象的动态特性不太清楚或有较大变化时, 一般的反馈控制器不能有效地进行调节, 而自适应控制器能够根据偏差修改控制器的参数, 产生一个附加的控制信号。目前, 比较完善、应用较广的自适应系统有两种: 模型参考适应控制器和自校正调节器。单输入-单输出的自校正调节器较成熟, 近年来已推广到多变量系统中。

(7) 模糊控制系统。

对于时变、非线性的复杂系统, 无法获得精确的数学模型或模型十分粗糙时, 用经典或现代控制理论均无法实现控制。但是, 熟练的操作人员可凭借经验进行控制, 总结人们的经验, 用模糊理论将其定理化, 使控制器模仿人的操作策略, 从而达到满意的控制, 这就是模糊控制系统。这种控制系统实际上是一种智能控制, 应用日益广泛。

(8) 智能控制。

与模糊控制系统相比较, 智能控制系统具有更广泛的含义。智能控制是人工智能与自动控制的有机结合。它也是以知识和经验为基础的非数字化过程, 但其核心在于高层次控制, 即在于对实际环境或过程进行决策和规划, 实现广义问题求解。为了实现这些任务, 需要用符号信息处理、启发式程序设计、知识表示、自动推理和决策论等相关技术。虽然智能控制尚处于新兴开发研究阶段, 但已有不少潜在的应用前景。这些应用包括各种柔性机器人、工业用连续自然语言识别与理解系统、智能检索系统、故障自动诊断与修理系统以及自动质量控制系统。无论在理论上和实践上, 智能控制都还很成熟, 需要控制科学工作者、计算机科学工作者与智能科学工作者共同进一步探索与开发。

1.3 微型计算机控制系统的基本结构与组成

70 年代初, 由于大规模集成技术的发展, 人们有可能将电子计算机的两个主要部件

——运算器与控制器集成在一个大规模集成电路芯片上；这种芯片称为微处理器。从此以后，以各式各样的微处理器为核心的微型计算机系统不断涌现。微型计算机具有价格低、体积小、结构简单、使用灵活、易于操作与维修等特点。它的出现，使电子计算机的应用范围日益扩大，几乎渗透到各个领域。在工业控制中，顺序控制、数据采集和巡回检测，以及各种 DDC 控制目前普遍采用微型计算机控制系统。

与通用微型计算机系统相比较，微型计算机控制系统具有较完善的输入输出通道。典型微型计算机控制系统的基本结构示意图如图 1.1 所示。

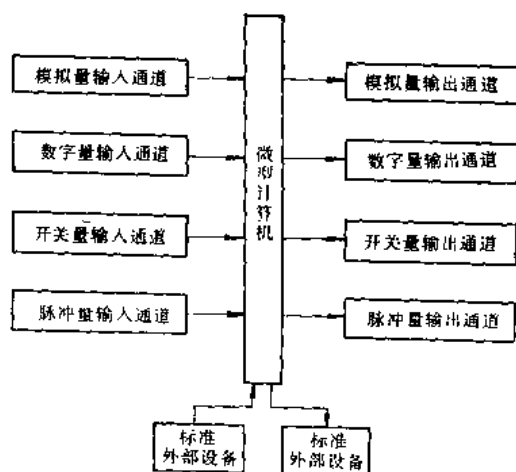


图 1.1 微型计算机系统结构示意图

其组成特点如下：

生产工艺参数一般为连续变化的非电物理量（如位移、速度、压力、温度、流量等），称为模拟量。它们通过传感器被转换成相应的电压或电流信号。由于电子计算机只能处理数字信号，故在传感器与计算机之间必须插入模拟量输入通道，其作用是将模拟信号转换为数字信号。最简单的模拟量输入通道由一个 A/D 转换器组成。它只能对一个模拟信号连续检测。实际上常常要对若干生产参数进行检测或控制。若每一个模拟信号均配置一个 A/D 转换器，它在经济上是不合理的。因此，一般均采用多个模拟输入信号分时共用一个 A/D 转换器的方案。具体作法是在模拟量输入通道中设置一多路转换采样开关，通过它将 A/D 转换器的输入端轮流与各模拟信号接通，从而实现分时采样。采样开关可由干簧继电器、湿簧继电器或多路转换电子开关组成。其优缺点及采样速度分别如表 1.1 所列。同样，为经济起见，通常采用多个模拟输出信号分时共用一个 D/A 转换器的方案，并通过在 D/A 转换器后设置反多路转换开关的办法来实现。多路转换器及反多路转换器的示意图如图 1.2 所示。

表 1.1

种类	优 点	缺 点	采样速度
干 簧	(1) 接触电阻小(约 $<50\text{M}\Omega$) (2) 开路电阻大(一般 $>1000\text{M}\Omega$) (3) 寿命一般为 10^7 次 (4) 适用于小信号、中速度(10~200点/秒) (5) 结构简单,价格便宜 (6) 使用时组合灵活	(1) 因剩磁影响,有吸合不放的现象 (2) 吸合时间、抖动时间及接点热电势的过渡时间的一致性较差 (3) 功率低 (4) 使用时严格挑选	25点/秒至 200点/秒
湿 簧	(1) 可靠性高 (2) 接点容量大 (3) 前沿无抖动现象 (4) 触点功率大,适用于大信号测量、低速	(1) 工作频率低 (2) 安装有一定要求(方向性) (3) 制造工艺复杂	10~25 点/秒
电 子 无 触 点 开 关	晶 体 管 工作频率高,采样速度快,可达到1000点/秒以上 场 效 应 管 (1) 工作频率高,采样速度快 (2) 适用于1000点/秒以上 (3) 断路阻抗高 (4) 无残压影响	(1) 因残压影响,使系统精度受损失 (2) 管子的一致性要求高,须严格挑选 由于输入阻抗高,感应电势太大时易损坏元件,须考虑保护线路	200点/秒 以 上

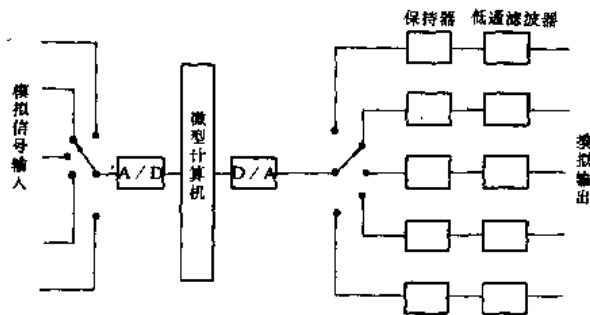


图 1.2 多路转换及反多路转换示意图

比较图 1.2 中模拟量输入与输出的组成,可发现二者有一个重要差别,即在模拟量输出回路中需加接保持器及低通滤波器。

在模拟量输出通道中,由于每个输出回路只能周期性地在一段时间内中得到输出的模拟信号,其它时间它与 D/A 转换器及计算机的联系被反多路开关切断,因此它所得到的模拟量输出信号是不连续的,然而,生产机械却要求得到连续不断的控制信号,即要求

每一回路在反多路开关接通期间所得的电压保持到下一次接通该回路为止。为此,可采用图 1.3 所示的运算放大器作为保持器。在反多路开关接通期间,输入信号将电容 C 充电到 V_{in} 。 K 断开后,电容将保持运算放大器输出不变,直到 K 下一次接通为止。

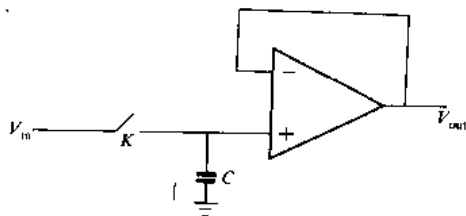


图 1.3 保持器

经保持器后信号变为阶梯状。为了使它更接近于连续变化信号,在保持器后又增加了低通滤波器来改善波形。

对于模拟输入通道, A/D 转换器本身并不要求不间断的模拟输入信号,只要保证多路转换开关接通每一个模拟输入回路的时间(即采样时间)大于 A/D 转换器转换时间就够了,这一点在许多工业过程控制应用中是容易满足的。在输入信号变换缓慢的情况下,在输入接口电路中可不用保持电路。不过,如果输入信号相对于器件的转换时间来讲变化速度比较快的话,例如采用转换速度较慢的器件进行语音分析,那么也应用保持电路,以保证能准确地把给定时刻的模拟量转换成数字量。

考虑到通过传感器给出的生产工艺参数也可能是数字量、开关量或脉冲量,故在图 1.1 中除了模拟量输入通道外,还有数字量输入通道、开关量输入通道与脉冲量输入通道。同样,考虑到需要不同型式的控制信号,图 1.1 中有不同的输出通道。

采用数字调节器的典型 DDC 系统是通过 A/D 转换器及传感器完成闭环控制的系统。其结构如图 1.4 所示。

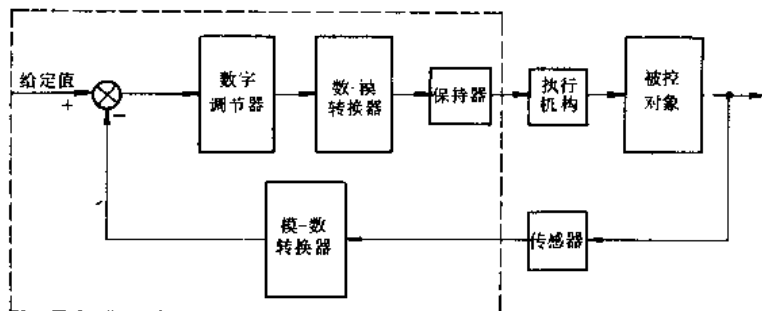


图 1.4 典型的 DDC 系统结构图