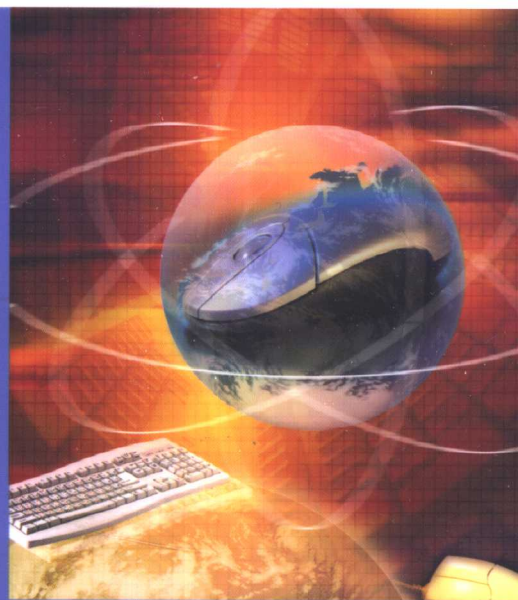


高职高专规划教材

微机控制技术 及应用

韩全立
赵德申

主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高 职 高 专 规 划 教 材

微机控制技术的应用

主 编 韩全立 赵德申

参 编 王 伟 张东辉 胡雪梅

金茂椿 李玉华 朱自勤

主 审 王廷才



机 械 工 业 出 版 社

本书为高职高专规划教材。本书结合微机控制领域中常用的 MCS—51 系列单片机讲述微机控制技术及应用, 内容包括微机控制系统概述、MCS—51 单片机的结构及工作原理、指令系统、中断及定时、串行通信、控制系统扩展、控制系统应用举例、系统开发与仿真等部分。本书紧密结合职业技术教育的特点, 注重理论联系实际, 特别对控制系统的组成、应用及实训等部分作了详细的论述, 重在突出实用性, 加强实践能力的培养。为便于教学或自学, 书中列举了大量的应用实例, 并提供了通用的实验指导书, 每章末附有习题, 可供读者自测和复习。

本书可作为高职高专机电类及电气类等专业的教材, 也可供其他相关专业及有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机控制技术及应用 / 韩全立, 赵德申主编. —北京:
机械工业出版社, 2003.11
高职高专规划教材
ISBN 7-111-13246-7

I. 微... II. ①韩... ②赵... III. 微型计算机—计算机
控制系统—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 096392 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: 王玉鑫

封面设计: 饶 薇 责任印制: 施 红

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.75 印张·410 千字

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书为高职高专规划教材。在本书的编写过程中,编者针对高职高专的教学特点,选材时尽量使教材内容体现“宽、新、浅、用”,加强了实用性,突出了应用能力的培养,力求做到深入浅出、通俗易懂。

本教材结合目前我国常用的 MCS—51 微型计算机,针对职业教育的特点,重点讲述微机在控制系统中的应用,具有以下特点:

1) 突出基本性。在阐述微机的基本概念、基本原理和基本技能方面,具有反映微机技术最新发展方向的结构特点。

2) 突出典型性。教材中所选实例和实验具有一定的典型性和代表性。

3) 突出简约性。教材内容简单明了,即用较少的篇幅阐明教学目标所要求的内容。

4) 突出逻辑性。教材内容的组织与编排既注意符合知识的逻辑顺序,又着眼于符合学生的思维发展规律。

5) 突出实践性。在教材的选材及应用举例中,重点注意理论与实际相结合,务求实用。书中有实验指导书,且每章后均有习题供读者练习。

本课程参考学时数为 90 学时。各校可根据具体情况进行讲授,要求通过本课程的学习,能使学生在微机控制技术应用方面具备一定的能力。

本教材由河南工业职业技术学院韩全立、赵德申担任主编,王伟、张东辉、胡雪梅、金茂椿、李玉华、朱自勤参编。其中韩全立编写第一、二章;张东辉编写第三、十章;胡雪梅编写第四、九章;王伟编写第五章;赵德申编写第七章;李玉华编写第八章;金茂椿编写第十一章;朱自勤编写第六章及附录部分。

本教材由河南工业职业技术学院副教授王廷才任主审,他对本书提出了许多宝贵意见。在教材的编写过程中,得到了河南工业职业技术学院领导的大力支持,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 8 月

目 录

前言

第一章 微机控制系统的基本知识..... 1

- 第一节 微机控制系统的基本概念..... 1
- 第二节 工业控制计算机简介..... 10
- 第三节 计算机中的数制和编码..... 14
- 习题一..... 21

第二章 MCS—51 的基本结构及工作原理..... 23

- 第一节 MCS—51 单片机性能及结构..... 23
- 第二节 单片机的存储器组织..... 26
- 第三节 单片机的工作方式..... 33
- 习题二..... 42

第三章 MCS—51 单片机的指令系统..... 43

- 第一节 指令系统概述..... 43
- 第二节 寻址方式..... 45
- 第三节 指令系统..... 49
- 习题三..... 67

第四章 汇编语言程序设计..... 70

- 第一节 汇编语言程序设计基础..... 70
- 第二节 程序设计举例..... 74
- 习题四..... 88

第五章 中断系统及定时器..... 90

- 第一节 输入与输出..... 90
- 第二节 中断系统..... 92
- 第三节 中断处理过程..... 96
- 第四节 定时/计数器..... 100
- 第五节 定时/计数器应用举例..... 104
- 第六节 外部中断源的扩展..... 109
- 习题五..... 114

第六章 串行接口..... 116

- 第一节 串行通信概述..... 116
- 第二节 MCS—51 单片机的串行口..... 120
- 第三节 MCS—51 串行通信应用举例..... 126
- 习题六..... 132

第七章 微机控制系统的扩展..... 133

- 第一节 系统扩展概述..... 133
- 第二节 程序存储器的扩展..... 135
- 第三节 数据存储器的扩展..... 140
- 第四节 并行 I/O 口扩展..... 145
- 第五节 人机接口扩展——键盘及显示器..... 153
- 习题七..... 161

第八章 微机控制系统应用举例..... 163

- 第一节 构建微机控制系统的基本方法..... 163
- 第二节 单片机控制系统的开发过程..... 164
- 第三节 模/数转换接口及应用..... 168
- 第四节 数/模转换接口及应用..... 172
- 第五节 数字设备的单片机控制..... 178
- 第六节 微机温度控制系统..... 185
- 第七节 电冰箱单片机控制系统..... 195
- 习题八..... 200

第九章 单片机应用系统的设计与开发..... 202

- 第一节 单片机应用系统的设计过程..... 202
- 第二节 单片机应用系统的软硬件开发..... 205
- 第三节 开发系统的功能..... 207
- 第四节 常用单片机开发系统简介..... 209
- 第五节 单片机应用系统调试方法..... 211
- 习题九..... 212

第十章 51 系列兼容机简介..... 213

第一节 AT89 系列单片机 213

第二节 PHILIPS 公司产品及性能简介..... 220

习题十 221

第十一章 微机控制系统实验..... 222

实验一 键盘操作练习 222

实验二 数据传送实验 223

实验三 循环程序 226

实验四 定时/计数器使用练习 229

实验五 外部存储器扩展实验 233

实验六 8255 并行接口扩展实验 237

实验七 A/D 转换实验 239

实验八 D/A 转换实验 242

实验九 步进电动机控制实验 244

附录 248

附录 A MCS—51 指令表 248

附录 B MCS—51 指令编码表 252

附录 C 常用芯片引脚图 254

参考文献..... 259

第一章 微机控制系统的基本知识

随着科学技术的迅猛发展, 自动控制技术在人类活动的各个领域中的应用越来越广泛, 它的水平已成为衡量一个国家生产和科学技术先进与否的一项重要标志。自动控制技术作为自动化的强有力的手段, 越来越多地与计算机技术、电子技术、信息技术结合起来, 对促进我国的现代化建设起到越来越重要的作用。目前, 在一些自动化、智能化等机电设备中, 计算机技术与自动控制技术紧密地结合, 进一步推动了现代工业的发展。

本书将介绍微型计算机的基本知识、计算机控制技术及其在机电设备控制中的应用。

第一节 微机控制系统的基本概念

一、自动控制的基本概念

所谓自动控制, 就是在没有人直接参与的情况下, 利用控制装置操纵被控对象, 使其按照一定的规律运动或者变化。要实现对各种生产过程和生产设备的控制, 常常需要使其中的某些物理量(如温度、压力、位置、速度等)保持恒定, 或者让它们按照一定的规律变化。要满足这种需要, 就应该对生产机械或设备进行及时的控制和调整, 以抵消外界的干扰和影响。

自动控制理论是自动控制、电子技术、计算机科学等多种学科相互渗透的产物。当前, 工业发展的一个明显而重要的趋势就是越来越广泛而深刻地引入自动控制。例如: 程序控制机床能够按照预先设定的工艺程序自动地进刀切削, 加工出预期的几何形状; 焊接机器人可按工艺要求焊接流水线上的各个机械部件; 自动温度控制系统能够保持恒温等等。所有这些系统都有一个共同点, 即它们都是一个或一些被控制的物理量按照给定量的变化而变化, 给定量可以是具体的物理量, 如电压、位移、压力、流量等, 也可以是数字量。所以说, 如何使被控量按照给定量的变化规律而变化, 这就是控制系统所要解决的基本任务。

目前绝大多数自动控制系统都是使用计算机来实现的, 而计算机的广泛使用也大大促进了自动控制技术的应用与发展, 并且出现了许多新的自动控制理论, 使得自动控制技术正向着深度和广度两个方向发展。在广度方面, 已经深入到国民经济的各个领域, 从工业过程控制、农业生产、国防技术到家用电器等都已广泛使用计算机来进行自动控制, 控制对象也从单一对象的局部控制发展到对整个工厂、整个企业等大规模复杂对象进行控制。在深度方面, 则向着智能化方向发展, 出现了自适应、自学习等智能控制方法。

二、开环控制与闭环控制

自动控制系统, 根据有无反馈作用又可分为两类: 开环控制与闭环控制。

1. 开环控制系统

如果系统的输出端和输入端之间不存在反馈回路, 输出量对系统的控制作用没有影响, 这样的系统称为开环控制系统。图 1-1 所示的电动机转速控制系统就是开环控制的。当给定电压改变时, 电动机转速也跟着改变, 但这个控制系统不能抑制诸如负载力矩变化等干扰对

转速的影响，因此，控制精度较低。

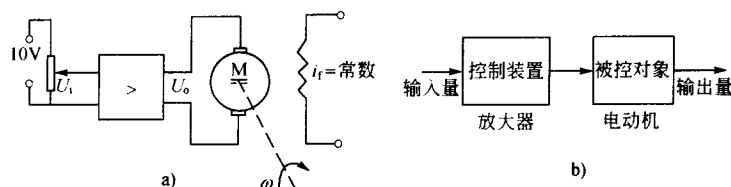


图 1-1 电动机转速开环控制系统
a) 原理图 b) 组成结构框图

2. 闭环控制系统

图 1-2 是一个反馈控制系统，也叫闭环控制系统。这种系统的特点是系统的输出端和输入端之间存在反馈回路，即输出量对控制作用有直接影响。闭环的作用就是利用反馈信号来减少偏差。

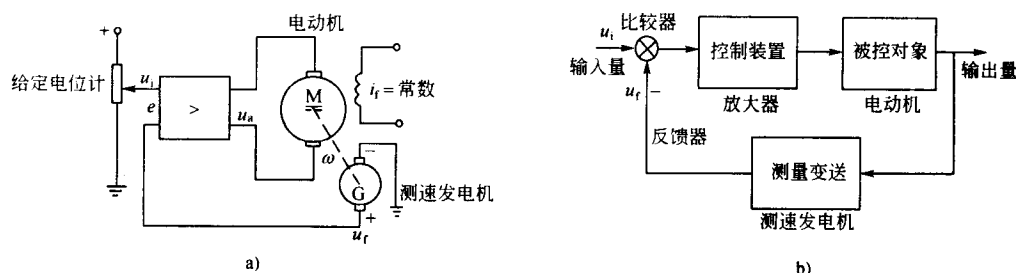


图 1-2 电动机转速闭环控制系统
a) 原理图 b) 组成结构框图

闭环控制突出的优点是控制精度高。不管什么干扰只要是被控制量的实际值偏离给定值，闭环控制就会产生控制作用来减小这一偏差。图 1-2 所示的闭环调速系统能大大降低负载力矩对转速的影响，例如负载加大，转速就会降低，此时，与电动机连接在一起的测速发电机的输出电压就会降低，偏差 $e = u_i - u_f$ 增大，则加在电动机上的电压 u_a 就会升高，转速当然又会升上去。

闭环系统也有它的缺点。第一，这类系统是通过检测偏差来纠正偏差，或者说是靠偏差进行控制，因此，在工作过程中偏差总在系统中存在着；第二，由于元件的惯性（如负载的惯性）作用和系统的控制作用，很容易引起控制系统振荡，若系统的元件或参数选择不当，还可使系统不稳定。因此系统精度和稳定性之间的矛盾始终是闭环系统存在的主要矛盾。

三、对控制系统的基本要求

自动控制系统用于不同的目的，要求也往往不一样。但自动控制技术是研究各类控制系统共同规律的一门技术，因此，无论对任何控制系统都应有一个共同的要求。对于一般的控制系统可归结为稳定、快速、准确。

1. 稳定性

对于一个自动控制系统的首要要求是其必须是稳定的。由于系统存在着惯性，当系统的各个参数配置不当时，将会引起系统的振荡，而使系统失去工作的能力。系统的稳定性指的是系统动态过程的振荡倾向和系统重新恢复平衡工作状态的能力。如果系统受到干扰后偏离

了原来的工作状态，而控制装置再也不能使其恢复到原平衡状态，并且越偏越远，或当输入指令变化以后，控制装置再也无法使受控对象跟随指令运行，并且是越差越大，这样的系统称为不稳定系统，显然这样的系统是根本完不成控制任务的。

在有可能达到平衡的条件下，我们要求系统动态过程的振荡要小，对被控量的振幅和频率应有所限制。过大的波动将会使系统运动部件超载，从而导致系统松动和破坏。

2. 快速性

这是在系统稳定的前提下提出的。对系统快速性的要求，就是对系统动态特性的要求。快速性指的是系统动态过程进行时间的长短。或者说快速性指的是当系统输出量与给定的输入量之间产生偏差时，消除这种偏差过程的快速程度。若动态过程的时间持续很长，将使系统长久地出现大偏差，同时也说明系统反应迟钝，难以跟随快速变化的指令信号；反之，若动态过程的时间越短，则说明系统反应就越快。

稳和快反映了系统在控制过程中的性能。既快又稳，则控制过程中被控量偏离给定值小，偏离的时间很短，系统的动态精度就高。

3. 准确性

准确性指的是系统过渡到新的平衡工作状态以后，或者系统受扰重新恢复平衡以后，系统最终保持的精度。也可以说准确性是指在调整过程结束后输出量与给定的输入量之间的偏差，反映了系统动态过程后期的性能。这时系统的被控量对给定值的偏差，一般应该是很小的。例如数控机床精度越高，则加工精度也越高，而一般恒温和恒速系统的精度都可控制在给定值的 1% 以内。

由于受控对象的具体情况不同，各种系统对稳定性、快速性、准确性的要求也是有所侧重的。例如随动控制系统对快速性的要求较高，而调速系统对稳定性的要求就严格些。

四、计算机控制系统的基本结构

在闭环控制系统中，把用于给定量与被控量的比较器和控制装置用计算机来代替，就构成了一个计算机控制系统。计算机控制系统利用计算机实现对生产过程的自动控制，它主要由计算机系统和工业生产对象（被控对象）两大部分组成。

计算机控制是把被控对象（生产过程）的有关参数（如温度、压力、流量等）进行检测采样，并通过输入通道，将采样到的模拟信号转换成数字信号，然后按照生产要求的控制规律在计算机中进行运算和判断，再把运算和判断的结果通过输出通道，将数字信号转换成模拟信号，去控制被控对象，使被控对象按照一定的控制规律运动或者变化，以达到生产的预期指标。若被控对象的参数是数字量，则计算机可直接进行测控。

把传统闭环控制系统中的比较器和控制装置用计算机来代替，就组成了一个典型的计算机控制系统，如图 1-3 所示。

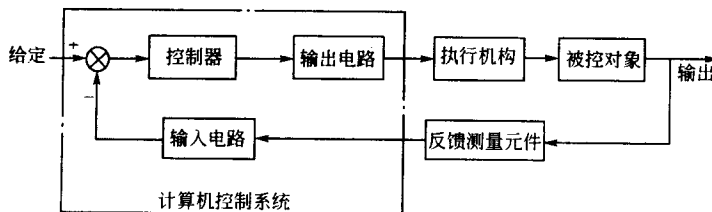


图 1-3 计算机控制系统基本框图

在图 1-3 中, 计算机要完成比较、判断、综合、运算、控制等各项功能。由于计算机的输入和输出信号都是数字信号, 而反馈测量元件输出及执行机构多数是模拟信号, 因此需要使用将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器 (输入电路), 以及将数字信号转换为模拟信号的 D/A 转换器 (输出电路)。对于其他形式的输入、输出信号, 有时需要其他形式的输入、输出电路。例如, 采用光电盘测速装置时, 需要使用计数器方式的输入电路; 采用步进电动机作执行机构的控制系统, 需要能输出步进电动机控制脉冲的输出电路。

计算机控制系统的控制过程可归纳为以下三个步骤:

- (1) 实时数据采集 即对系统输出 (被控参数) 的瞬时值进行检测, 并输入到计算机中。
- (2) 实时决策 对实时的给定值与被控参数的数据按已定的控制规律进行运算和推理, 决定控制过程。
- (3) 实时控制 根据决策, 适时地向执行机构发出控制信号。

上述过程中的实时概念, 是指信号的输入、运算和输出都要在一定的时间内完成。上述过程不断重复执行, 使整个系统能按一定的静态和动态指标进行工作, 这就是计算机控制系统的最基本的功能。

五、计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机和被控制对象两大部分组成, 其中包括硬件和软件。

1. 硬件组成

硬件由计算机主机、接口电路及外围设备等组成, 如图 1-4 所示。控制对象的被测参数经传感器、变送器, 转换成统一的标准信号, 再经多路开关送到 A/D 转换器进行模拟/数字转换, 转换后的数字量、开关量或脉冲量, 通过接口直接加至计算机。计算机对数据进行处理和运算, 然后经模拟量或开关量输出通道输出, 对被测参数进行控制。

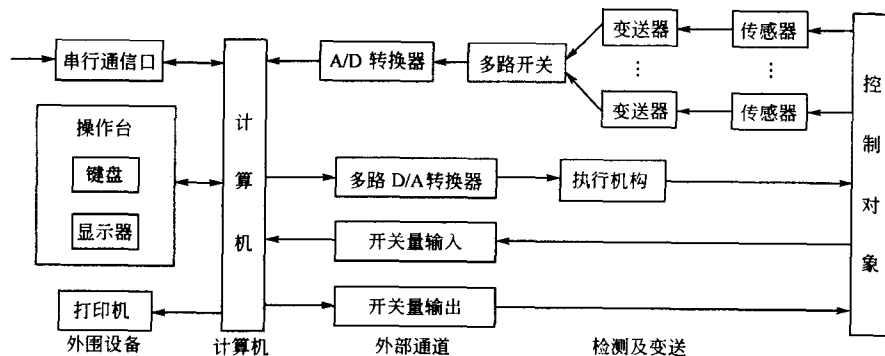


图 1-4 计算机控制系统的组成

(1) 计算机 它是整个控制系统的指挥部。它可以接收从操作台来的命令, 对系统的各参数进行巡回检测, 执行数据处理、计算和逻辑判断、报警处理等, 并根据运算的结果通过接口发出输出命令。它是组成计算机控制系统的主要部分。

根据控制对象和要求的不同, 可使用不同的计算机。对于大型和集中型过程控制, 一般可使用中小型计算机。对于其他控制系统, 现在均使用微型计算机, 特别是目前由于单片微型计算机在一片芯片中集成了控制系统所需要的多种部件, 如 CPU、RAM、ROM、I/O 接口、定时器、计数器、串行通信口、A/D 等, 具有价格低、功能强、体积小、可靠性高等

特点,已被广泛地应用于各种小型的控制系统及智能仪器仪表中,并称其为微控制器(Microcontroller)。

(2) 接口与输入/输出通道 它是计算机与被控对象进行信息交换的纽带。计算机输入数据或向外发送命令都是通过接口及输入输出通道进行的。由于计算机只能接收数字信号,而一般被控参数多数为模拟信号,因此需要把模拟信号变成数字信号输入到计算机,把计算机输出的数字信号变成模拟信号用于控制外部设备。这样,输入输出通道均可分为数字量(包括开关量和脉冲量)和模拟量通道。对于单片微型机,这些接口与输入输出通道都集成在一个芯片上。

(3) 外围设备 计算机控制系统中最基本的外围设备为操作台。它是人一机对话的联系纽带。通过它可发出各种操作命令,显示控制系统的工作状态和数据,并可输入各种数据。不同的控制系统,操作台也不同。一般操作台包括开关(如电源开关、操作方式选择开关等)、功能键(如启动键、显示键、打印键等)、数据键(用于输入数据或修改控制系统的参数)和显示器(用于显示控制系统工作状态和各种被测参数)。

除了操作台外,计算机控制系统还常配有串行通信口,用于和上级计算机或其他设备进行通信。有的控制系统还配有打印机、CRT显示终端等设备。

(4) 传感器和执行机构 计算机控制系统需要使用各种传感器把各种被测参数转变为电量信号(也称为非电量转换),再转换成统一电平(如0~5V)送到计算机中。同时,需要使用各种执行机构,以按计算机的输出去控制被控对象。常见的执行机构有电动、液压和气动等各种驱动方式。

2. 计算机控制软件

计算机软件是指能完成各种功能的计算机程序的总和。对于计算机控制系统来讲,软件可分为两大类:实时软件和开发软件。实时软件指在进行实际控制时使用的软件,开发软件是指在开发、调试控制系统时使用的软件。

(1) 实时软件 它又可分为两大类,即系统软件和应用软件。

系统软件是通用的软件,一般由计算机设计者提供,专门用来使用和管理计算机。对计算机控制系统来讲,最主要的系统软件为实时多任务操作系统。另外还可能使用数据库、中文系统、文件管理系统等。

应用软件是面向用户本身的程序,如控制系统中各种状态显示、报警程序、A/D和D/A转换程序、数据采样滤波程序、计算程序以及各种控制算法程序等。

(2) 开发软件 它包括各种语言处理程序(如汇编程序、编译程序)、服务程序(如装配程序、编辑程序)、调试和仿真程序等。它一般仅在开发计算机控制系统时使用,调试完成后,一般就不再使用开发软件。

六、计算机控制系统的分类

计算机控制系统与其所控制的对象密切相关,控制对象不同,其控制系统也不同。

1. 操作指导控制

这是计算机应用于生产过程中最早,也是最简单的一种形式。计算机将生产过程中的参数进行收集,加工处理,然后显示或打印出来,操作人员根据这些数据进行必要的操作,其组成框图如图1-5所示。

11/10/2010

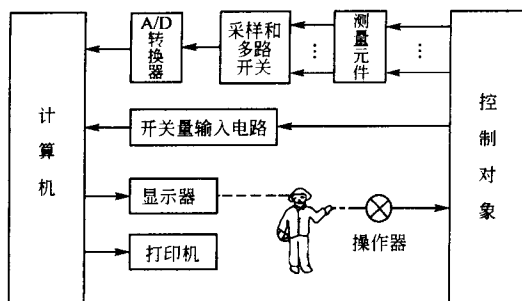


图 1-5 操作指导控制系统原理图

该系统最突出的优点是比较简单，且安全可靠，特别是对于未摸清控制规律的系统更为适用。它常用于数据检测处理、试验新的数学模型和调试新的控制程序。缺点是要由人工操作，速度受到限制。目前电力部门的电力调度控制系统均采用操作指导控制系统。

2. 直接数字控制（DDC）

直接数字控制（Direct Digital Control）简称为 DDC，是用一台计算机对被控参数进行检测，再根据设定值和控制算法进行运算，然后输出到执行机构对生产过程进行控制，使被控参数达到或稳定在给定值上。其系统框图如图 1-6 所示。

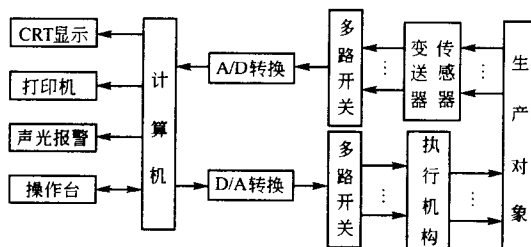


图 1-6 直接数字控制系统原理图

DDC 系统中由于采用计算机完成对生产过程的闭环控制，所以不仅能完全取代模拟调节器，实现对多回路（或单回路）调节控制，而且不需改变硬件，只通过改变程序就能实现各种较复杂的控制，如前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制、模糊控制等。

DDC 系统是当今计算机用于工业生产过程控制的最典型的一种系统，它采用微型机作为控制器，已广泛应用于热工、化工、机械、冶金等部门，并且随着廉价的单片微型计算机的广泛应用，它已发展到冰箱、空调器、洗衣机、照相机等各种家用电器中。

3. 计算机监督控制（SCC）

计算机监督控制（Supervisory Computer Control）系统，简称为 SCC 系统。在 DDC 系统中，计算机是通过执行机构直接进行控制的。而在 SCC 系统中，则是由计算机测量被控参数，按照生产过程的数学模型，计算出最佳给定值通过模拟调节器或者 DDC 计算机控制生产过程，从而使生产过程处于最优工作状态。SCC 系统较 DDC 系统更接近生产变化实际情况，它不仅可以进行给定值控制，还可以进行顺序控制、最优控制及自适应控制等，它是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合与发展。

SCC 系统就其结构来讲,可分为 SCC+模拟调节器和 SCC+DDC 控制系统两类。

(1) SCC+模拟调节器控制系统 该系统的原理图如图 1-7 所示。

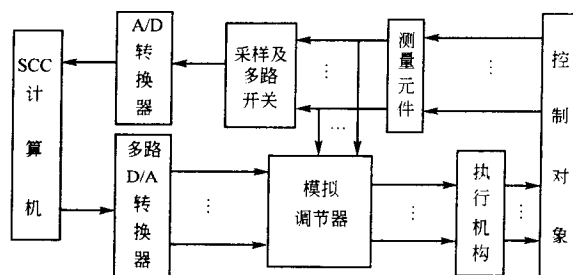


图 1-7 SCC+模拟调节器控制系统原理图

在此系统中, SCC 计算机收集被测参数及管理命令, 然后按照一定的数学模型计算后, 输出给定值到模拟调节器。模拟调节器按给定值和检测值的偏差进行运算后, 输出并控制执行机构, 以达到调节生产过程的目的。这样, 系统可根据生产情况的变化, 不断地改变给定值, 以达到实现最优控制的目的。

在实际系统中, 一台 SCC 计算机可控制多个模拟调节器, 形成一个两级控制系统。

(2) SCC+DDC 控制系统 该系统的原理图如图 1-8 所示。

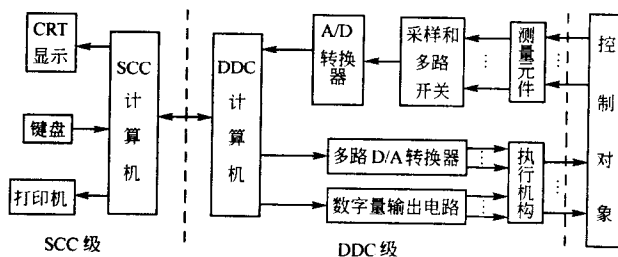


图 1-8 SCC+DDC 控制系统原理图

该系统为两级控制系统, 一级为监督级 SCC, 其作用与 SCC+模拟调节器中的 SCC 一样, 用来计算最佳给定值。另一级直接数字控制 DDC 用来把给定值与测量值进行比较, 并进行数字控制运算, 然后控制执行机构进行调节。与 SCC+模拟调节器系统相比, 其控制规律可以改变, 使用更加灵活, 同时由于 DDC 本身具有 A/D 测量电路。它可直接把测量得到的数字量传送到 SCC, 而 SCC 可把给定值的数字量直接发送给 DDC, 从而可省去 A/D、D/A 及相应的电路。

总之, SCC 系统比 DDC 系统有着更大的优越性, 更接近于生产的实际情况, 并且可构成多级控制系统。但是, 由于生产过程的复杂性, 其数学模型的建立比较复杂, 所以该系统实现起来比较复杂。

4. 分级计算机控制系统

工业生产过程中既存在控制问题, 也存在大量的管理问题。随着生产规模和生产水平的发展, 要求管理级计算机系统直接指挥控制级计算机系统, 同时也要求控制级计算机系统直接向管理级计算机系统汇报, 从而保障合理运用计算机和可靠地完成生产过程控制。这种系

统通常都是由几台大、中、小型计算机，以及数目更多的微型计算机组成，计算机分别执行各种功能，如图 1-9 所示。

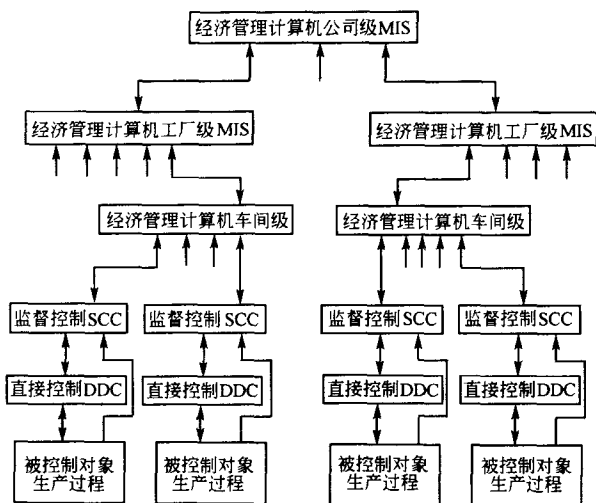


图 1-9 分级式计算机控制系统

这样形成的分级计算机系统中，DDC 级直接作用于控制过程，这一级主要进行 PID 程序等各种直接数字控制，并可进行程序控制、顺序控制、比值控制和延迟补偿等各种控制，还可以进行数据收集、监视报警等工作。SCC 级主要进行最优控制和自适应控制的计算，指挥 DDC 级工作。经济管理级（MIS）主要进行生产的计划管理和调度，并指挥 SCC 级进行工作，这一级可根据企业规模和管理范围的大小，分成公司级、工厂级和车间级等。

5. 集成自动化系统

集成自动化系统是将控制、管理以及系统中的人与组织集成起来的系统。它包括 CIMS、流程工业集成自动化系统（Computer Integrated Process System——CIPS），以及目前正兴起的企业资源规划（Enterprise Resource Planning——ERP）等。

七、计算机控制系统的发展方向

从 20 世纪 50 年代起，计算机开始应用于工业控制领域。在 20 世纪 60 年代，计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。特别是 20 世纪 60 年代后期，由于小型计算机的出现，使可靠性不断提高，成本逐年下降，计算机在生产过程中的应用得到了迅速的发展。20 世纪 70 年代以来，高性能、低价格的微型计算机的大量推广，使得计算机控制进入了一个崭新的阶段。下面介绍计算机控制系统的一些发展趋势。

1. 各种新型计算机控制系统大量涌现

计算机控制正向深度发展，特别是向智能化方向发展，出现了许多新的控制理论。

（1）最优控制 在生产过程中为了提高质量，增加产量，节约原材料和能源，要求生产管理及生产过程处于最佳工作状态。最优控制就是使生产过程获得最好经济效益的控制。最优控制比一般控制要复杂得多。随着控制理论的发展和各种高性能微型计算机的出现，最优控制系统已越来越多。

（2）自适应控制 控制系统具有自适应能力，当环境等发生变化时，系统本身可适应环

境的变化,使系统保持最优。也就是说,在最优控制系统中,当被控对象的参数、环境以及原材料的成分等发生变化时,就不再继续处于最佳状态,控制指标将明显下降。若系统本身能适应外界变化而自动改变控制规律(算法),使系统仍能处于最佳工作状态,这就是自适应系统。自适应系统包括性能估计(辨识)、决策和修改三部分。它是微型计算机控制系统的发展方向。

(3) 模糊控制 对于控制系统来讲,经典控制理论在解决线性定常系统的控制问题方面十分有效。但是,对于那些大滞后、非线性等复杂工业对象,或难以获得数学模型的工业系统,则难以实现自动控制。为此,近几年,出现了一种仿照人的思维方法的模糊逻辑理论,并把它应用于计算机控制系统,取得了良好的效果。目前它在国内外正得到越来越广泛的应用。

(4) 智能控制 智能化是微型计算机应用发展的又一重要方面。所谓人工智能,就是利用计算机来模拟人脑进行逻辑思维、逻辑推理、自主学习、不断积累知识、知识重构和自我完善。总之,使计算机具有人脑的部分思维功能,以解决人们难以解决或至今还不知如何解决的问题。为了实现人工智能,人们一直在进行着智能化计算机的研究,相继出现的专家系统、智能机器人、神经网络技术等都是人工智能研究领域的典型成就。专家系统是指用计算机模拟专家的行为,根据输入的原始数据进行推理,做出判断和决策,从而起到专家的作用,如医疗诊断专家系统,利用电脑可代替名医看病。智能机器人是人工智能领域中各个研究课题的综合产物,其目标是努力为机器人配置各种智能,如感知能力、推理能力、规划能力,使机器人能说话,可以主动适应周围环境的变化和通过学习提高自己的工作能力,如代替人值班、代替人完成有害环境或恶劣环境下的危险工作等。神经网络技术就是模拟人脑的细胞结构和信息传递方式来研制智能计算机,相信在不久的将来,传说中的生物计算机、神经网络计算机将会展现在人们面前。总之,人工智能的发展,将极大地促进智能控制的发展。随着人工智能科学的发展、智能计算机的研制开发以及生物控制论的日臻完善,智能控制必将获得蓬勃的发展,把计算机控制技术推向一个崭新的阶段。

2. 计算机控制系统应用面越来越广

计算机控制系统除了向深度发展外,还在向广度发展。计算机控制系统已不仅应用于常规的工业控制,还广泛应用于国民经济的各个领域。特别是各种价格低廉的单片机的出现和模糊控制理论的发展,使得各种家用电器都使用了计算机来完成各种控制功能。这使计算机控制系统的数量翻了成千上万倍。

3. 分布式控制系统大量使用

采用分布式控制系统是计算机控制系统的发展趋势之一。工业控制一般采用集散式或主从式控制系统。它使用单片机来进行直接数字控制,置于分级控制系统的最底层。而用微型计算机或小型计算机作为上级计算机,完成协调各控制器的工作、优化系统特性、采集数据等功能。另外在需要时,还有更上一级的管理计算机,完成制定生产计划、产品管理、财务管理、人员管理、销售管理等功能,它一般使用高档微机或中、小型计算机实现,具有大容量外存和各种外部设备。

分布式控制系统比起集中控制系统来说,具有可靠性高,速度快,系统模块化、价格低、设计开发维护简便等特点。

但分布式系统也有其特殊点,即必须仔细设计其结构和通信方式、通信规程,如果考虑

不周, 将引起通信出错率高, 甚至引起整个系统停止工作。

随着分布式系统的大量使用, 现在已出现了多种专门用于工业控制的分布式系统结构, 它们有各自的通信方式和通信规程。如 Intel 公司推出的 BITBUS 系统, Motorola 等公司联合推出的 LON Works 系统和适用于汽车等控制系统使用的 CAN Bus 等。

4. 可编程序控制器 (PLC) 的普及使用

以微处理器为基础的可编程序控制器 (简称 PLC 或 PC), 是过程控制的专用微机系统, 它是面向生产过程控制的新型自动化装置。用它取代传统的继电器来完成开关量的控制, 如输入、输出, 以及定时、计数等, 具有体积小、可靠性高、编程方便、使用简单、抗干扰能力强等特点。近几年来, PLC 得到迅速发展。并且出现了具有 A/D、D/A 和 PID 调节等功能的 PLC, 可完成各种工业过程控制。

第二节 工业控制计算机简介

一、冯·诺依曼型计算机

现代计算机经过了半个多世纪的发展, 计算机系统结构发生了重大变化。但冯·诺依曼提出的“存储程序”思想, 即程序和数据都被存放在内存中的工作方式, 仍然被现代计算机所采用。因此, 现在的计算机基本都可被称为冯·诺依曼型计算机。

下面简要说明冯·诺依曼型计算机的主要特点及构成。

1. 采用二进制代替十进制运算

计算机内部的信息都是用二进制编码的。这样设计的主要原因是二进制的“0”和“1”两种状态易于用电路来实现, 且与逻辑代数的真 (True) 和假 (False) 相对应, 运算规则简单。而十进制的十种状态不易用电路来实现, 且运算规则相对复杂。因此, 对于输入计算机的各种信息, 都是被转化为二进制的代码后, 再进行运算的。比如, 键盘上的每一个字符键都对应一组二进制代码, 每次按键操作都意味着向计算机输入了一组二进制代码。目前, 键盘上普遍采用的代码是美国信息交换用标准代码 (American Standard Code for Information Interchange), 简称 ASCII 码。

2. 存储程序工作方法

将计算机要处理的数据和运算方法、步骤, 事先按计算机要执行的操作命令 (即指令) 和有关原始数据编制成程序 (即指挥计算机工作的指令的集合), 存放在计算机内部的存储器中, 计算机在运行时能够自动地、连续地从存储器中取出指令并执行, 不需人工加以干预。

3. 计算机硬件系统的构成

计算机硬件系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个部分组成。图 1-10 所示为计算机硬件系统的基本组成框图。

为了使计算机按照人们的意图进行运算, 必须事先把计算方法和操作步骤编制成可执行的程序, 通过输入设备将程序转换成二进制形式的机器语言输入, 并存放在计算机的存储器中。启动计算机后, 计算机就从存储器的开始地址中取出指令送到控制器中进行分析, 控制器会根据指令的操作要求发出一系列相应的执行命令。程序执行过程中或者执行结束时, 可以通过输出设备将中间或最终结果输出。这样, 计算机便可以在程序的控制下, 按照人们的意图自动工作了。

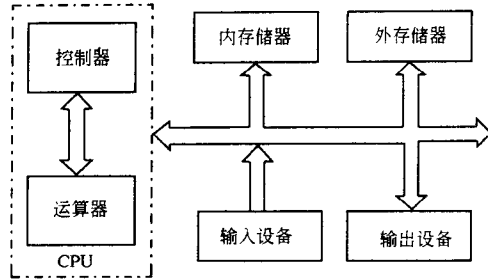


图 1-10 计算机硬件系统的基本组成框图

二、工业控制计算机分类

在工业控制计算机系统中，常用的计算机按其结构可分为以下几类：

(1) 中小型计算机 它们的功能较强、计算速度快、I/O 设备丰富，但价格较贵。常用于各种大型生产过程控制，如石油、化工等生产中。

(2) 微型计算机系统 它是指现成的个人计算机、工作站或类似的微型计算机系统，可分为两种类型：

1) 通用微型计算机：例如常用的 PC 机或其兼容机。它的优点是使用方便、开发速度快、软件丰富、价格适中。缺点是实时性差、连续工作可靠性差，对环境要求较高、需加接控制用扩展板。

2) 控制用微型计算机：即专门用于工业控制的工控微机，例如 Intel 公司的 86/310、286/300 等计算机系统。它的优点是实时性好（一般配有实时多任务操作系统），可靠性高，使用方便，功能强。缺点是价格贵，有的软件与 PC 机不兼容。

(3) 专用控制微机 即用微处理机（MPU）或微计算机（MCU）芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片等设计构成的专用控制微机系统。它的优点是价格最低、可靠性高、体积小。缺点是开发时间长、工作量大。

三、单片微型计算机分类

目前国内外的各种控制系统大部分均采用专用控制微机实现，并且多数采用单片微型计算机，简称单片机。

单片机是一种专门用于控制的计算机。它在一块芯片上集成了 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和各种 I/O 部件，具有体积小、功能强、价格便宜、可靠性高、面向控制等独特的优点，在自动控制、检测设备、医疗器械、机床数控、家用电器等领域得到了广泛的应用。

单片机按其 CPU 处理字的长度、使用范围及各生产厂商的不同，有多种类型。下面简要介绍一下各种单片机。

1. CPU 处理字的长度

就 CPU（中央处理单元）处理字的长度而言，有 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机、32 位单片机等。

(1) 4 位单片机 4 位单片机的字长为 4 位，一次并行处理 4 位二进制数据。单片机的问世及开发利用是从 4 位机开始的。自 1975 年以来，几乎所有的 4 位微型计算机全是单片机结构了。

4 位单片机的特点是价格便宜，结构简单，功能灵活，既有相对的数字处理能力，又有