

微型计算机 控制技术 实用教程

潘新民 王燕芳 编著

■系统介绍微型计算机在嵌入式系统中的应用

!软件和硬件相结合，突出实用性，内容精练

!实例丰富，使读者深入理解设计方法，提高应用技能



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

微型计算机控制技术 实用教程

潘新民 王燕芳 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了微型计算机在嵌入式系统中的各种应用技术。全书共分9章,主要内容有:微型计算机控制系统的组成及分类、A/D和D/A转换、键盘接口技术、LED及LCD显示、报警技术、串行通信及其接口总线(RS-232-C、SPI、I²C)、数字滤波、PID控制、模糊控制、微型计算机控制系统设计方法及实例等。全书以目前应用最多的MCS-51系列单片机为主,也兼顾一些其他型号的单片机。

为了适应专业教学学时数逐渐减少的特点,本书在《微型计算机控制技术》一书的基础上,进行了大量的修订和删改,去掉了一些理论推导和原理性的论述,增加了一些更加实用的内容。

本书可作为高等院校、职业技术学院的微型计算机应用、自动化、仪器仪表、电子、通信、机电一体化等专业的相关课程教材,也是广大从事微型计算机过程控制系统设计技术人员的一本实用参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术实用教程 / 潘新民, 王燕芳编著. —北京: 电子工业出版社, 2006.1
ISBN 7-121-02050-5

I. 微… II. ①潘… ②王… III. 微型计算机—计算机控制—教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第142647号

责任编辑: 张 毅 zhangyi@phei.com.cn

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 500千字

印 次: 2006年1月第1次印刷

印 数: 6000册 定价: 29.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着大规模集成电路的发展,微型计算机的应用愈来愈广泛,愈来愈深入。其中,由单片微型计算机(简称单片机)构成的嵌入式系统已经愈来愈受到人们的关注。现在可以毫不夸张地说:**没有微型计算机的仪器不能称为先进的仪器,没有微型计算机的控制系统不能称其为现代控制系统的时代已经到来。**嵌入式系统正是为了适应这一领域的需要而发展起来的一门新技术。嵌入式系统是内部含有微型计算机用于完成智能化功能的电子系统。它是先进的半导体技术、计算机技术和电信技术与各个行业的具体应用相结合的产物。一般由嵌入式微处理器、I/O 接口设备、嵌入式操作系统以及应用程序四部分组成。嵌入式系统的最大特点是它的“嵌入”性,也就是它“嵌入”到仪器仪表和控制系统的内部,使用者甚至感觉不到它的存在,但是,它却在那里“默默”地工作着。

嵌入式系统的优点是体积小、成本低、功能强、智能化。现在,随着社会对嵌入式系统开发人员的需求,讲述嵌入式系统的“微型计算机控制技术”相关课程已成为我国高等学校的计算机应用、自动化、电子与电气工程、机电一体化等专业的主干课程。

本书就是为了适应这一形势而编写的,是专门介绍嵌入式系统设计的专业教科书。全书共分 9 章。第 1 章介绍微型计算机控制系统的组成及分类;第 2 章介绍模拟量输入/输出的通道接口技术;第 3 章介绍人机交互接口技术;第 4 章介绍常用控制程序设计;第 5 章介绍串行通信及其接口总线,重点讲述了 SPI、I²C 总线的接口及程序设计;第 6 章介绍过程控制的数据处理方法;第 7 章介绍数字 PID 及其算法;第 8 章介绍模糊控制,讲述模糊控制的规律以及在微型计算机中的实现方法;第 9 章介绍微型机控制系统的设计方法及实例。以上这些都是构成嵌入式微型机系统的主要内容。掌握这些知识,即可独立进行嵌入式微型机系统的分析与设计。

本书的主要特点体现在以下几个方面:

1. 以目前应用最多的 MCS-51 系列单片机为主,同时也兼顾其他类型的单片机。
2. 软件和硬件相结合。本书既对硬件接口进行了详细的论述,同时又对软件的设计思想、程序流程图以及汇编语言程序进行了全面的说明。
3. 突出实用性,本书很多实例都取自于作者多年的科研课题。学完本书后,只要把本书的内容稍加修改,串联起来即可构成一个实用的课题。因此,本书对学生毕业设计、首次涉足嵌入式微型机系统设计的人员特别有用。
4. 内容精练。本书摒弃了一些较深的理论推导,深入浅出,言简意赅。
5. 本书在编写过程中,有意识地培养和建立读者的思维能力,使读者真正建立数据流及信息流的概念,以便在控制应用中,能够使软件和硬件有机地结合。通过各章实例的分析,可使广大读者真正掌握微型计算机嵌入式系统的设计方法。
6. 每章最后都附有习题,内容包括选择题、思考题和练习题,而且书后附有部分习题参考答案。

本书第2章、第3章、第4章和第6章由王燕芳编写，其余部分由潘新民编写。此外，潘莉帮助整理了大量书稿，以及部分绘图工作。潘峰收集了大量资料，并编写和调试了部分程序。

本书在编写过程中，承蒙福建师范大学闽南科技学院出版基金的支持，在此，表示衷心的感谢。

由于水平有限，加上时间仓促，书中错误和不当之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

作 者

于福建师范大学闽南科技学院

2005年10月

E-mail: xmppxm@163.com

目 录

第 1 章 微型计算机控制系统概述	1
1.1 微型计算机控制系统的组成	1
1.1.1 微型机控制系统的硬件结构	2
1.1.2 微型机控制系统的软件	3
1.2 微型机控制系统的分类	4
1.2.1 操作指导控制系统	4
1.2.2 直接数字控制系统 (DDC)	5
1.2.3 计算机监督系统 (SCC)	5
1.2.4 嵌入式系统	6
1.2.5 现场总线控制系统 (FCS)	9
1.3 微型计算机控制系统的发展概况及趋势	11
1.3.1 单片微型计算机	11
1.3.2 可编程逻辑控制器	12
1.3.3 STD 总线工业控制机	14
1.3.4 工业 PC	14
1.3.5 微型计算机控制系统的发展趋势	15
习题一	17
第 2 章 模拟量输入/输出通道的接口技术	19
2.1 多路开关及采样-保持器	19
2.1.1 多路开关	19
2.1.2 采样-保持器	25
2.2 模拟量输出通道的接口技术	27
2.2.1 8 位 D/A 转换器及其接口技术	27
2.2.3 高于 8 位的 D/A 转换器及其接口技术	32
2.3 模拟量输入通道接口技术	34
2.3.1 8 位 A/D 转换器	35
2.3.2 8 位 A/D 转换器的接口技术	37
2.3.3 8 位 A/D 转换器的程序设计	41
2.3.4 高于 8 位的 A/D 转换器及其接口技术	44
习题二	49
第 3 章 人机交互接口技术	53
3.1 键盘接口技术	53
3.1.1 键盘设计需解决的几个问题	53
3.1.2 少量功能键的接口技术	55
3.1.3 矩阵键盘的接口技术	57

3.1.4 键盘特殊功能的处理	60
3.2 LED 显示接口技术	63
3.2.1 LED 数码管的结构及显示原理	63
3.2.2 LED 动态显示接口技术	66
3.2.3 LED 静态显示接口技术	70
3.2.4 硬件译码显示电路	72
3.3 LCD 的显示接口技术	75
3.3.1 LCD 的基本结构及工作原理	75
3.3.2 LCD 的驱动方式	76
3.3.3 4 位 LCD 静态驱动芯片 ICM7211	78
3.3.4 点阵式 LCD 的接口技术	80
习题三	92
第 4 章 常用控制程序的设计	95
4.1 报警程序的设计	95
4.1.1 常用的报警方式	95
4.1.2 简单报警程序的设计	97
4.1.3 越限报警程序的设计	102
4.2 开关量输出接口技术	106
4.2.1 光电隔离技术	106
4.2.2 继电器输出接口技术	107
4.2.3 固态继电器输出接口技术	108
4.2.4 大功率场效应管开关接口技术	111
4.2.5 可控硅接口技术	112
4.2.6 电磁阀接口技术	114
4.3 电机控制接口技术	115
4.3.1 小功率直流电机调速原理	115
4.3.2 开环脉冲宽度调速系统	117
4.3.3 PWM 调速系统设计	118
4.3.4 闭环脉冲宽度调速系统	122
4.3.5 交流电机控制接口技术	127
4.4 步进电机控制接口技术	128
4.4.1 步进电机的工作原理	128
4.4.2 步进电机控制系统的原理	129
4.4.3 步进电机与微型机的接口及程序设计	132
4.4.4 步进电机步数及速度的确定方法	137
4.4.5 步进电机的变速控制	138
习题四	139
第 5 章 总线接口技术	145
5.1 串行通信基本概念	145

5.1.1	数据传送方式	145
5.1.2	异步通信和同步通信	147
5.2	串行通信标准总线 (RS-232-C)	148
5.2.1	RS-232-C	148
5.2.2	RS-423/RS-422/RS-485	152
5.3	SPI 总线	157
5.3.1	SPI 的内部结构	157
5.3.2	SPI 的工作原理	160
5.3.3	多机 SPI 系统	162
5.3.4	串行时钟的极性和相位	163
5.3.5	SPI 中断	163
5.3.6	直接采用 SPI 总线接口芯片的应用	164
5.3.7	SPI 总线模拟程序设计	165
5.4	I ² C 总线	166
5.4.1	I ² C 总线概述	167
5.4.2	I ² C 总线的数据传送	168
5.4.3	寻址	171
5.4.4	仲裁和时钟同步化	174
5.4.5	I ² C 总线的电气特性	176
5.4.6	I ² C 时序规范	178
5.4.7	直接采用 I ² C 总线接口芯片的应用	178
5.4.8	I ² C 总线模拟实用程序	180
5.5	现场总线技术	185
5.5.1	现场总线技术的发展概况	186
5.5.2	现场总线控制系统的特点	187
5.5.3	5 种典型的现场总线	187
5.5.5	现场总线的应用	190
	习题五	192
	第 6 章 过程控制数据处理的方法	194
6.1	数字滤波技术	195
6.1.1	程序判断滤波	195
6.1.2	算术平均值滤波	198
6.1.4	加权平均值滤波	201
6.1.5	滑动平均值滤波	201
6.1.6	RC 低通数字滤波	202
6.1.7	复合数字滤波	203
6.1.8	各种数字滤波性能的比较	204
6.2	量程自动转换和标度变换	204
6.2.1	量程自动转换	205
6.2.2	线性参数标度变换	209

6.2.3	非线性参数标度变换	211
6.3	测量数据预处理技术	212
6.3.1	线性插值算法	213
6.3.2	分段插值算法程序的设计方法	213
6.3.3	插值法在流量测量中的应用	214
6.3.4	系统误差的自动校正	220
6.4	DSP 在数据处理中的应用	221
6.4.1	DSP 简介	221
6.4.2	DSP _s 芯片	222
6.4.3	DSP 在数据处理中的应用	224
	习题六	226
第 7 章	数字 PID 及其算法	229
7.1	PID 调节算法	230
7.1.1	比例 (P) 调节器	231
7.1.2	比例—积分调节器 (PI)	231
7.1.3	比例—微分调节器	233
7.1.4	比例—积分—微分作用调节器 (PID)	234
7.2	PID 算法的数字实现	234
7.2.1	PID 算法的数字化	234
7.2.2	PID 算法的程序设计	237
7.3	数字 PID 调节中的几个实际问题	238
7.3.1	正、反作用问题	238
7.3.2	饱和作用的抑制	239
7.3.3	手动/自动跟踪及手动后援问题	242
7.4	PID 算法的发展	244
7.4.1	不完全微分的 PID 算式	244
7.4.2	积分分离的 PID 算式	245
7.4.3	变速积分的 PID 算式	247
7.4.4	带死区的 PID 算式	248
7.4.5	PID 比率控制	248
7.5	PID 参数的整定方法	251
7.5.1	采样周期 T 的确定	251
7.5.2	归一参数整定法	252
7.5.3	优选法	252
	习题七	253
第 8 章	模糊控制技术	256
8.1	模糊控制概述	256
8.1.1	模糊控制的发展概况	256
8.1.2	模糊控制的特点	257

8.1.3	模糊控制的应用	258
8.1.4	模糊控制的发展	259
8.2	模糊控制算法的设计	259
8.2.1	常见的模糊控制规则	259
8.2.2	反映控制规则的模糊关系	262
8.3	基本模糊控制器	262
8.3.1	查询表的建立	262
8.3.2	基本模糊控制器实例	263
8.4	模糊数模型的建立	267
8.4.1	模糊控制器语言变量值的选取	268
8.4.2	双输入单输出模糊控制器的模糊控制规则	268
8.4.3	建立模糊数模型	269
8.5	模糊 - PID 复合控制器	272
8.5.1	比例 - 模糊 - PI 控制器	273
8.5.2	参数模糊自整定 PID 控制器	274
	习题八	277
第 9 章	微型机控制系统的设计	278
9.1	微型机控制系统的设计方法及步骤	278
9.1.1	控制系统总体方案的确定	279
9.1.2	微型计算机及接口的选择	281
9.1.3	控制算法的选择	282
9.1.4	控制系统的硬件设计	283
9.1.5	控制系统软件设计	288
9.1.6	微型计算机控制系统的调试	289
9.2	微型计算机控制的自动装箱系统	290
9.2.1	自动装箱控制系统的原理	290
9.2.2	控制系统硬件设计	291
9.2.3	控制系统软件设计	294
9.3	单片机多功能转速表	301
9.3.1	单片机多功能转速表系统组成及工作原理	301
9.3.2	转速的测量	304
9.3.3	串行显示接口及程序	305
9.3.4	其他软件的设计	307
	习题九	308
附录一	MCS-51 系列单片机指令及位地址速查表	310
附录二	选择题参考答案	316
	参考文献	317

第 1 章 微型计算机控制系统概述

本章要点:

- ☒ 微型计算机控制系统的组成
- ☒ 微型计算机控制系统的分类
- ☒ 微型计算机控制系统的发展概况及趋势

自从 20 世纪 70 年代初第一个微处理器 Intel 4004 问世以来,随着半导体技术的进步,微型计算机以惊人的速度向前发展。在短短的三十几年时间里,经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几个大的发展阶段,目前 64 位机已经问世。就微型机的种类而言,不但有 8088、8086、80286、80386、80486、80586、Pentium 这样功能齐全的高性能微处理器相继问世,而且还出现了许多小巧灵活的单片机,如 Intel 公司的 MCS-51 系列、小巧玲珑的 PCI 系列单片机、Motorola 公司的 6805 系列。近年来 DSP 处理器的出现,更使微型机在工业控制领域中锦上添花,取得了长足的进步。从 20 世纪 90 年代初的单片机,到更加实用的嵌入式系统,从结构简单、可靠性高的 STD 总线工业控制机,到具有更加强大功能的工业 PC,从简单的单机控制到复杂的集散型多机控制,无不反映微型计算机在工业控制中的强大生命力。特别是最近几年出现的嵌入式系统,更将微型计算机的应用推向一个高峰。如今,完全可以这样说:没有微处理器的仪器不能称其为先进的仪器,没有微型机的控制系统更谈不上是现代的工业控制系统。作为现代从事工业控制和智能化仪表的研究、开发和使用的人员,不懂微型计算机,在工业控制领域内简直寸步难行。

在本章里,主要介绍微型机控制系统的基本概念、组成和分类。

1.1 微型计算机控制系统的组成

微型计算机控制系统由微型计算机、接口电路、外部通用设备和工业生产对象等组成,本书主要以嵌入式系统为主(关于嵌入式系统的概念将在 1.2.4 节讲述),其典型结构如图 1.1 所示。

图 1.1 中,被测参数经传感器、变换器,转换成统一的标准信号,再经多路开关分时送到 A/D 转换器进行模拟/数字转换;转换后的数字量通过接口送入计算机;这就是模拟量输入通道。在计算机内部,用软件对采集的数据进行处理和计算,然后经模拟量输出通道输出。输出的数字量通过 D/A 转换器转换成模拟量,再经过反多路开关与相应的执行机构相连,以便对被测参数进行控制。

下面介绍微型机控制系统的硬件结构和软件功能。

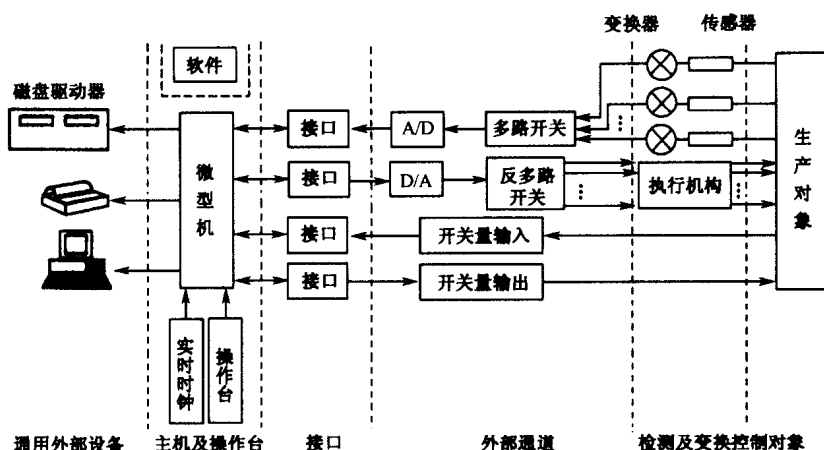


图 1.1 典型微型机控制系统的组成

1.1.1 微型机控制系统的硬件结构

硬件是由主机 CPU、接口电路及外部设备组成的。由于系统的不同，组成微型机控制系统的硬件也不同，一般可根据系统的需要进行扩展。现在已经生产出具有各种功能的接口板，并用标准总线连接起来。用户可根据实际需要进行挑选，使用非常方便，如 STD 总线工业控制机、PC 总线工业控制机等，即属此类工业控制机。本书主要以嵌入式系统为主，重点讲述嵌入式系统的原理与设计。

1. CPU

它是整个控制系统的指挥部，通过接口及软件可向系统的各个部分发出各种命令，对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理以及逻辑判断等操作。因此，主机是微型机控制系统的重要组成部分。主机的选用将直接影响到系统的功能及接口电路的设计等。目前最常用的 CPU 是 Intel 8051 系列单片机，如 AT89C51、8XC51 和 8XC552 等。由于单片机种类繁多，功能各异，因此，在选用单片机作为 CPU 时，对接口电路的设计必须引起高度重视。

2. I/O 接口

I/O 接口是主机与被控对象进行信息交换的纽带。主机通过 I/O 接口与外部设备进行数据交换。目前，绝大部分 I/O 接口电路都是可编程的，即它们的工作方式可由程序进行控制。目前在工业控制机中常用的接口有：①并行接口，如 8155、8255；②串行接口，如 8251；③直接数据传送接口，如 8237；④中断控制接口，如 8259；⑤定时器/计数器接口，如 8253 等。此外，由于计算机只能接收数字量，而一般的连续化生产过程的被测参数大都为模拟量，如温度、压力、流量、液位、速度、电压以及电流等，因此，为了实现计算机控制，还必须把模拟量转换成数字量，即进行 A/D 转换。同样，外部执行机构也多为模拟量，所以计算机计算出被调参数之前，还必须把数字量变成模拟量，即进行 D/A 转换。因此，A/D、D/A 转换也是微型机控制系统和智能化仪器的重要接口之一。

3. 通用外部设备

通用外部设备主要是为了扩大主机的功能而设置的, 主要用来显示、打印、存储及传送数据。目前已有许多专门厂家生产各种各样的通用外部设备, 如电传打印机、CRT 显示终端、纸带打孔机、纸带读入机、卡片读入机、声光报警器、磁带机、磁盘驱动器、光盘驱动器、扫描仪等。这些设备就像微型机的眼、耳、鼻、舌、四肢一样, 大大扩充了主机的功能。

4. 检测元件及执行机构

在微型机控制系统中, 为了对生产过程进行控制, 首先必须对各种数据, 如温度、压力、流量、液位、成分等进行采集。为此, 必须通过检测元件, 即传感器, 把非电量参数转换成电量。如热电偶可以把温度转换成 mV 信号; 压力变换器可以把压力转变成电信号。这些信号经变换器转换成统一的标准信号 ($0\sim 5V$ 或 $4\sim 20mA$) 后, 再送入微型机。因此, 检测元件精度的高低, 直接影响到微型机控制系统的精度。

此外, 为了控制生产过程, 还必须有执行机构。它们的作用就是控制各参数的流入量。例如, 在温度控制系统中, 根据温度的误差来控制进入加热炉的煤气(或油)量; 在水位控制系统中控制进入容器的水的流量。执行机构有的采用电动、气动、液压传动控制, 也有的采用电机、步进电机以及可控硅元件等进行控制。关于这部分内容将在第4章详细介绍。

5. 操作台

操作台是人-机对话的联系纽带。通过它人们可以向计算机输入程序, 修改内存的数据, 显示被测参数, 以及发出各种操作命令等。它主要由以下4部分组成:

(1) 作用开关。如电源开关、数据及地址选择开关以及操作方式(如自动-手动)选择开关等。通过这些开关, 人们可以对主机进行启停操作、设置和修改数据, 以及修改控制方式等。作用开关可通过接口与主机相连。

(2) 功能键。设置功能键的目的主要是通过各种功能键向主机申请中断服务, 如常用的复位键、启动键、打印键、显示键等。此外, 面板上还有工作方式选择键, 如连续工作方式或单步工作方式。所有这些功能键通常以中断方式与主机进行联系。

(3) LED 数码管及 CRT 显示。用来显示被测参数及操作人员感兴趣的内容。随着微型机控制技术的发展, CRT 显示的应用越来越普遍。它不但可以显示数据表格, 而且能够显示被控系统的流程总图、棒状指示图、开关状态图、时序图、变量变化趋势图、调节回路指示图、表格式显示, 以及报警、索引等。

(4) 数字键。用来送入数据或修改控制系统的参数。

关于键盘及显示接口的设计将在第3章中讲述。

1.1.2 微型机控制系统的软件

对于微型机控制系统而言, 除了上述硬件组成部分以外, 软件也是必不可少的。所谓软件是指完成各种功能的计算机程序的总和, 如操作、监控、管理、控制、计算和自诊断程序等。软件分系统软件和应用软件两大部分。它们是微型机系统的神经中枢, 整个系统的动作都是在软件指挥下进行协调工作的。按使用语言来分, 软件可分为机器语言、汇编语言和高级语言; 就其功能来分, 软件可分为系统软件、应用软件。

系统软件一般由计算机厂家提供,专门用来使用和管理计算机的程序。系统软件包括:

①各种语言的汇编、解释和编译软件,如 8051 汇编语言程序, C51、C96、PL/M、Turbo C、Borland C、MS-C 等;②监控管理程序、操作系统、调整程序以及故障诊断程序等。这些软件一般不需要用户自己设计,对用户来讲,它们只作为开发应用软件的工具。

应用软件是面向生产过程的程序,如 A/D 或 D/A 转换程序、数据采集程序、数字滤波程序、标度变换程序、键盘处理程序、显示程序、过程控制程序(如 PID 运算程序、数字控制程序)等。应用软件大都由用户根据实际需要自行开发。本书将在以后各章中详细讲述这些程序的设计方法。目前也有一些专门用于控制的应用软件,如 LEBTECH/CONTROL、ONSPEC 等。这些应用软件的特点是功能强,使用方便,组态灵活,可节省设计者大量时间,因而越来越受到用户的欢迎。

对于嵌入式系统,如中小型控制系统、专用控制系统以及智能化仪器,主要使用汇编语言和高级语言,如 WAVE、C51 等。

1.2 微型机控制系统的分类

微型计算机控制系统与其所控制的生产对象密切相关。控制的对象不同,其控制系统也不同。下面根据微型机系统的工作特点分别进行介绍。

1.2.1 操作指导控制系统

所谓操作指导是指计算机的输出不直接用来控制生产对象,而只对系统过程参数进行收集、加工处理,然后输出数据。操作人员根据这些数据进行必要的操作。其原理方块图如图 1.2 所示。

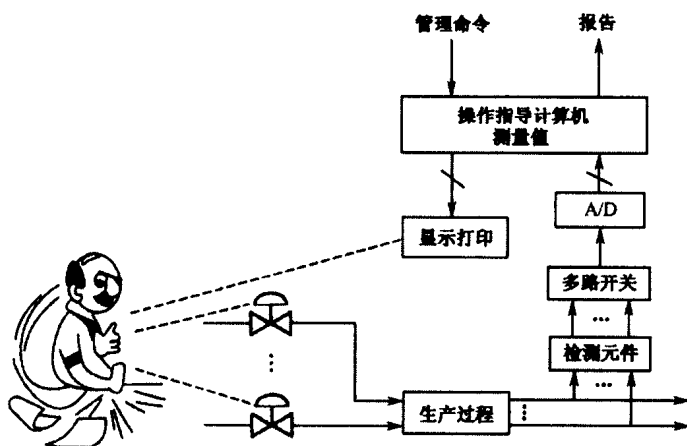


图 1.2 操作指导控制系统的原理

如图 1.2 所示,在这种系统中,每隔一定的时间,计算机进行一次采样,经 A/D 转换后送入计算机进行加工处理,然后再进行报警、打印或显示。操作人员根据此结果进行设定值

的改变或必要的操作。

该系统最突出的特点是比较简单，且安全可靠，特别是对于未摸清控制规律的系统更为适用。它常常被用于计算机系统的初级阶段，或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。它的缺点是仍要进行人工操作，所以操作速度不能太快，太快了人跟不上计算机的变化，而且不能同时操作几个回路。它相当于模拟仪表控制系统的手动与半自动工作状态。

1.2.2 直接数字控制系统（DDC）

所谓 DDC（Direct Digital Control）系统就是用一台微型机对多个被控参数进行巡回检测；检测结果与设定值进行比较，再按 PID 规律或直接数字控制方法进行控制运算；然后输出到执行机构对生产过程进行控制，使被控参数稳定在给定值上。其工作原理如图 1.3 所示。

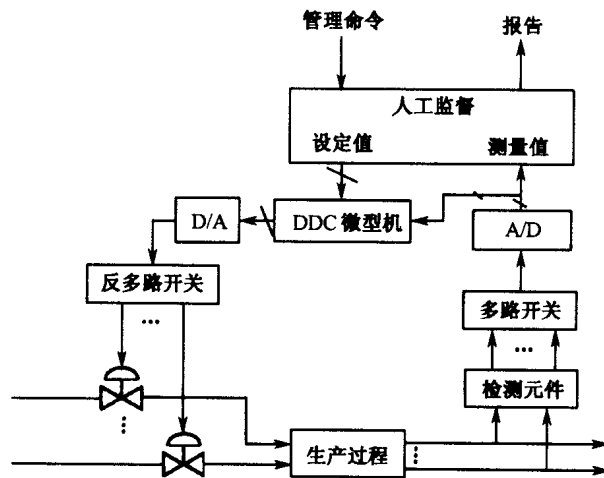


图 1.3 DDC 系统原理

由于微型计算机的速度快，所以一台微型机可代替多个模拟调节器，这是非常经济的。

DDC 系统的另一个优点是功能强、灵活性大、可靠性高。因为计算机的计算能力强，所以用它可以实现各种比较复杂的控制，如串级控制、前馈控制、自动选择控制，以及大滞后控制等。正因为如此，DDC 系统得到了广泛的应用。

1.2.3 计算机监督系统（SCC）

计算机监督系统（Supervisory Computer Control）简称 SCC 系统。在 DDC 系统中，是用计算机代替模拟调节器进行控制的，而在计算机监督系统中，则由计算机按照描述生产过程的数学模型，计算出最佳给定值送给 DDC 计算机，最后由 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的实际情况。它不仅可以进行给定值控制，同时还可以进行顺序控制、最优控制，以及自适应控制等，它是操作指导和 DDC 系统的综合与发展。

SCC 系统就其结构来讲有两种。一种是 SCC+模拟调节器，另一种是 SCC+DDC 系统。

现在, 主要应用的是 SCC+DDC 系统。

SCC+DDC 系统的工作原理, 如图 1.4 所示。

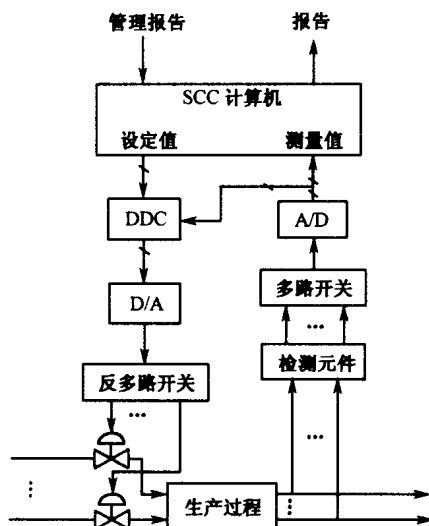


图 1.4 SCC+DDC 系统的工作原理

该系统为两级计算机控制系统。一级为监督级 SCC，一级为直接数字控制级 DDC。SCC 监督计算机的作用是收集检测信号及管理命令，然后，按照一定的数学模型计算后，输出给定值到 DDC。这样，系统就可以根据生产工况的变化，不断地改变给定值，以达到实现最优控制的目的。直接数字控制器（DDC）用来把给定值与测量值（数字量）进行比较，其偏差由 DDC 进行数字控制计算，然后经 D/A 转换器和反多路开关分别控制各个执行机构进行调节。

总之，SCC+DDC 系统比 DDC 系统有着更大的优越性，更接近生产的实际情况。另一方面，当系统中的 DDC 控制器出了故障时，可用 SCC 系统代替调节器进行调节。这样就大大提高了系统的可靠性。

但是，由于生产过程的复杂性，其数学模型的建立是比较困难的，所以此系统实现起来难度较大。

1.2.4 嵌入式系统

嵌入式系统一般指非 PC 系统，有计算机功能但又不称之为计算机的设备或器材。它包括硬件和软件两部分。嵌入式系统的硬件部分，包括处理器/微处理器、存储器及外设器件和 I/O 端口、图形控制器等。嵌入式系统有别于一般的计算机处理系统，它不具备像硬盘那样大容量的存储介质，而大多使用 EPROM、EEPROM 或闪存（Flash Memory）作为存储介质。嵌入式系统的软件部分包括操作系统软件（具备实时和多任务操作）和应用程序。应用程序控制着系统的运作和行为；而操作系统控制着应用程序编程与硬件的交互作用。简单地说，嵌入式系统集系统的应用软件与硬件于一体，类似于 PC 中 BIOS 的工作方式，具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点，特别适合于要求实时和多任务的体系。它是可独立工作的

“器件”。

嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备以下4个特点：

(1) 对实时多任务有很强的支持能力，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。

(2) 具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化，而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用，需要设计强大的存储区保护功能，同时也有利于软件诊断。

(3) 可扩展的处理器结构，能最迅速地开发出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。

(4) 嵌入式微处理器必须功耗很低，尤其是用于便携式的无线及移动的计算和通信设备中靠电池供电的嵌入式系统更是如此，如需要功耗达到 mW 甚至 μ W 级。

目前据不完全统计，全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 种，流行体系结构有 30 几个系列，其中属于 8051 体系的占有多半。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个，共有 350 多种衍生产品，仅 Philips 就有近 100 种。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器，越来越多的公司有自己的处理器设计部门。嵌入式处理器的寻址空间一般从 64KB 到 16MB，处理速度从 0.1 MIPS 到 2000 MIPS，常用封装从 8 个引脚到 144 个引脚。根据其现状，嵌入式计算机可以分成下面几类。

1. 嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor Unit, EMPU)

嵌入式微处理器的基础是通用计算机中的 CPU。在应用中，将微处理器装配在专门设计的电路板上，只保留和嵌入式应用有关的母板功能，这样可以大幅度缩小系统体积并降低功耗。为了满足嵌入式应用的特殊要求，嵌入式微处理器虽然在功能上与标准微处理器基本是一样的，但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面一般都做了各种增强。和工业控制计算机相比，嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点，但是在电路板上必须包括 ROM、RAM、总线接口和各种外设等器件，从而降低了系统的可靠性，技术保密性也较差。嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等安装在一块电路板上，称为单板计算机，如 STD-BUS、PC104 等。近年来，德国、日本的一些公司又开发出了类似“火柴盒”式名片大小的嵌入式计算机系列 OEM 产品。我国也有此类产品。

嵌入式处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM 系列等。

2. 嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)

嵌入式微控制器又称单片机，顾名思义，就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心，芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、WatchDog、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM 等各种必要功能模块和外设。为适应不同的应用需求，一般一个系列的单片机具有多种衍生产品，每种衍生产品的处理器内核都是一样的，不同的是存储器和外设的配置及封装。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配，功能不多不少，从而减少功耗和成本。和嵌入式微处理器相比，微控制器的最大特点是单片化，体积大大减小，从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流。微控制器的片上外设资源一般比较丰富，适合于控制，因此称微控制器。