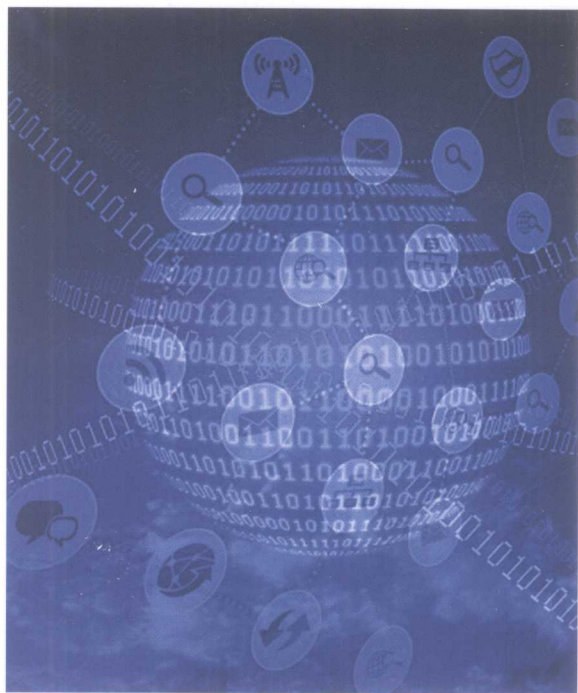


计算机控制技术

- ◆ 计算机控制系统
- ◆ 接口技术
- ◆ 过程输入输出通道
- ◆ 两级控制系统
- ◆ 程序设计
- ◆ 控制算法
- ◆ 模拟化设计方法
- ◆ 离散化设计方法
- ◆ 复杂控制规律



蓝益鹏 主编



清华大学出版社

高等学校计算机应用规划教材

计算机控制技术

蓝益鹏 主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机控制技术的基本理论、设计方法以及工程应用。其主要内容包括计算机控制系统概述、计算机控制系统的接口技术、过程输入输出通道、两级计算机控制系统、计算机控制系统程序设计、数字控制器的模拟化设计方法、数字控制器的离散化设计方法和复杂控制规律。本书在编写上注重理论联系实际,既重视理论体系的完整性,又注重工程实际应用。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、电子信息工程、计算机科学与技术、新能源科学与工程、机电一体化、数控技术等专业的本科生和研究生教材,同时也可作为有关工程技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 蓝益鹏 主编. — 北京:清华大学出版社, 2016

(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-44411-4

I. ①计… II. ①蓝… III. ①计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 168665 号

责任编辑:李 磊

封面设计:孔祥峰

版式设计:牛静敏

责任校对:曹 阳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62781730

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:17.25

字 数:431 千字

版 次:2016 年 9 月第 1 版

印 次:2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:39.00 元

产品编号:070841-01

前言

计算机控制技术研究以计算机为控制载体的自动控制系统的分析与设计问题。今天,计算机控制技术已经在工业过程控制、运动控制、数控机床、机器人、航空航天等领域获得了广泛的应用,计算机控制技术日益彰显出勃勃生机。由于 Intel MCS-51 系列单片机技术成熟,量大面广,作为控制算法的载体在计算机控制技术中具有得天独厚的作用。

本书系统地介绍了计算机控制系统的基本理论、设计方法以及工程应用,全书共 8 章,主要内容如下。

第 1 章 计算机控制系统概述,介绍计算机控制系统的组成、计算机控制系统的分类、计算机控制系统的发展趋势。

第 2 章 计算机控制系统的接口技术,包括存储器及 I/O 接口的编址方式、可编程并行接口 8255A 和 8155 接口技术、键盘与显示器接口。

第 3 章 过程输入输出通道,包括过程通道及其分类、数字量输入/输出通道、模拟量输入通道、模拟量输出通道、模数转换器 ADC0809、数模转换(D/A)接口。

第 4 章 两级计算机控制系统,包括串行接口基础、MCS-51 的串行接口、MCS-51 与 PC 通信程序。

第 5 章 计算机控制系统程序设计,包括判断程序、巡回检测程序、越限报警程序、步进电机控制程序、控制算法 PID 程序、数字滤波程序、标度变换程序、线性化处理程序。

第 6 章 数字控制器的模拟化设计方法,包括数字控制器的模拟化设计方法概述、模拟控制器的离散化方法、数字 PID 控制算法及其改进、采样周期的选择、PID 数字控制器的参数整定。

第 7 章 数字控制器的离散化设计方法,包括数字控制器的离散化设计方法、最小拍有波纹控制系统的设计、最小拍无波纹控制系统的设计、控制算法在计算机上的实现。

第 8 章 复杂控制规律,包括 Smith 预估计器、Dahlin 算法、前馈控制、串级控制、多变量解耦控制。

在本书的编写过程中,作者特别注意理论联系实际,在总结多年从事计算机控制系统设计工作的经验和教训的基础上,吸收国内外先进的理论、方法和技术,从工程实际出发精选大量的工业控制实例,给出了计算机控制系统中的控制算法、硬件电路和软件程序,使读者建立起计算机控制系统的概念。同时,通过该课程的学习,使读者掌握计算机控制系统的分析与设计方法,培养其独立设计和开发计算机控制系统的能力。本书立足于工程实践,突出基本概念、基本理论和基本方法,既注重计算机控制理论体系的先进性、系统性和完整性,又注重这些理论在实际中应用的实用性,力争做到重点突出、层次分明、条理清晰、言

简意赅。

本书第 1~3 章和第 5~7 章由蓝益鹏编写,第 4 章和第 8 章由刘桂秋编写。在本书的编写过程中,硕士生陈其林、胡学成和黄洋洋进行了部分文字和图片的编辑工作,在此对他们表示感谢。

本书在编写过程中参考和引用了书后的参考文献,在此对各位作者表示由衷的感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中疏漏和不足之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

本书提供的电子教案请到 <http://www.tupwk.com.cn> 下载。

编 者

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述	1
1.1 计算机控制系统的组成	1
1.1.1 计算机控制系统的硬件	1
1.1.2 计算机控制系统的软件	2
1.2 计算机控制系统的分类	3
1.2.1 操作指导控制系统	3
1.2.2 直接数字控制系统(DDC)	4
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)	8
1.3 计算机控制系统的发展趋势	9
习题与思考题	11
第 2 章 计算机控制系统的接口技术	13
2.1 存储器及 I/O 接口的编址方式	13
2.1.1 编址方法	13
2.1.2 程序存储器的扩展	19
2.1.3 数据存储器的扩展	19
2.2 可编程并行接口 8255A	19
2.2.1 8255A 的结构	19
2.2.2 8255A 的操作方式	22
2.2.3 接口方法	26
2.3 8155 与 MCS-51 接口技术	30
2.3.1 8155 的结构	30
2.3.2 8155 RAM/IO 接口寻址 方法	31
2.3.3 命令寄存器及状态寄存器	32
2.3.4 8155 的定时器/计数器	34
2.3.5 8155 与 MCS-51 接口方法 举例	35
2.4 键盘与显示器接口	36

2.4.1 LED 显示器接口	36
2.4.2 键盘接口	42
2.4.3 8155 键盘显示器接口	43
习题与思考题	47
第 3 章 过程输入输出通道	49
3.1 过程通道及其分类	49
3.2 数字量输入/输出通道	49
3.2.1 数字量输入通道	50
3.2.2 数字量输出通道	50
3.3 模拟量输入通道	51
3.3.1 输入信号的处理	52
3.3.2 放大器	52
3.3.3 采样/保持器(S/H)	53
3.3.4 多路开关	56
3.3.5 模数转换器	60
3.4 模数转换器 ADC0809	60
3.4.1 A/D 转换的原理	60
3.4.2 A/D 转换器的技术指标	61
3.4.3 ADC0809 的结构	61
3.4.4 ADC0809 与 MCS-51 接口	64
3.5 模拟量输出通道	66
3.6 数模转换(D/A)接口	66
3.6.1 D/A 转换的原理	67
3.6.2 DAC0832 的结构	68
3.6.3 DAC0832 与 MCS-51 的 接口方法	69
习题与思考题	72
第 4 章 两级计算机控制系统	75
4.1 串行接口基础	75
4.1.1 串行接口的常用术语	75

4.1.2 RS-232C 总线	77	5.6 数字滤波程序	139
4.2 MCS-51 的串行接口	80	5.6.1 程序判断滤波	139
4.2.1 串行接口的组成和特性	80	5.6.2 中值滤波	143
4.2.2 多机通信	82	5.6.3 算术平均值滤波	144
4.2.3 串行接口应用举例——双机 通信	83	5.6.4 加权平均值滤波	145
4.3 MCS-51 与 PC 通信程序	87	5.6.5 RC 数字低通滤波	145
4.3.1 用汇编语言编写的 MCS-51 与 PC 通信程序	87	5.6.6 复合数字滤波	146
4.3.2 用 C 语言编写的 MCS-51 与 PC 通信程序	92	5.6.7 数字滤波程序小结	147
4.3.3 PC 与 8031 多机通信技术	93	5.7 标度变换程序	147
4.3.4 PC 与 MCS-51 单片机组成的 两级控制系统	94	5.7.1 线性参数标度变换程序	148
习题与思考题	94	5.7.2 非线性参数标度变换程序	149
第 5 章 计算机控制系统程序设计	97	5.8 线性化处理程序	150
5.1 判断程序	97	5.8.1 线性插值	151
5.1.1 算术判断程序	97	5.8.2 抛物线插值	151
5.1.2 逻辑判断程序	100	5.8.3 线性插值法的应用举例	152
5.1.3 标志判断程序	102	习题与思考题	158
5.2 巡回检测程序	103	第 6 章 数字控制器的模拟化设计	
5.2.1 巡回检测中的模拟量输入 通道	103	方法	161
5.2.2 采样定理与采样周期的 选取	104	6.1 数字控制器的模拟化设计方法 概述	161
5.2.3 巡回检测系统程序的设计	105	6.1.1 模拟化设计方法	161
5.3 越限报警程序	108	6.1.2 模拟化设计方法的应用	161
5.3.1 软件报警程序	108	6.2 模拟控制器的离散化方法	162
5.3.2 直接报警程序	112	6.2.1 零阶保持器法	162
5.4 步进电机控制程序	113	6.2.2 双线性变换法	163
5.4.1 步进电机的工作原理	113	6.2.3 差分变换法	165
5.4.2 步进电机的控制	114	6.3 数字 PID 控制算法及其改进	166
5.4.3 步进电机控制程序的设计	121	6.3.1 数字 PID 控制算法	166
5.5 控制算法 PID 程序	125	6.3.2 数字 PID 控制算法的改进	169
5.5.1 PID 控制算法	125	6.4 采样周期的选择	175
5.5.2 PID 控制算法程序设计	128	6.5 PID 数字控制器的参数整定	177
		6.5.1 凑试法	177
		6.5.2 优选法	178
		6.5.3 扩充临界比例度法	179
		6.5.4 扩充响应曲线法	180
		6.5.5 归一参数整定法	181

6.5.6 PID 数字控制器设计举例	181
习题与思考题	185
第 7 章 数字控制器的离散化设计	
方法	187
7.1 Z 变换	187
7.1.1 采样函数的拉氏变换	187
7.1.2 采样函数的 Z 变换	187
7.1.3 Z 变换的性质	190
7.1.4 用 Z 变换解线性常系数差分方程	194
7.1.5 Z 反变换	196
7.1.6 扩展 Z 变换	199
7.2 数字控制器的离散化设计方法概述	205
7.2.1 离散化设计方法	205
7.2.2 离散化设计方法的基本原理	205
7.2.3 设计步骤	206
7.2.4 系统的性能指标	206
7.3 最小拍有波纹控制系统的	
设计	207
7.3.1 确定闭环脉冲传递函数 $W_B(z)$ 的方法	207
7.3.2 最小拍有波纹系统的设计举例	213
7.3.3 最小拍有波纹系统的局限性	217
7.4 最小拍无波纹控制系统的	
设计	220
7.4.1 最小拍系统产生波纹的原因	220
7.4.2 最小拍无波纹系统 $W_B(z)$ 的确定方法	220
7.4.3 最小拍无波纹系统的设计举例	220
7.5 控制算法在计算机上的实现	223
7.5.1 直接程序法	223
7.5.2 串行程序法	224
7.5.3 并行程序法	225
习题与思考题	227
第 8 章 复杂控制规律	229
8.1 Smith 预估计器	229
8.1.1 纯滞后补偿原理	229
8.1.2 带 Smith 预估计器的 DDC 系统	231
8.2 Dahlin 算法	233
8.2.1 数字控制器 $D(z)$ 的形式	233
8.2.2 振铃现象及其消除	235
8.2.3 具有纯滞后系统的数字控制器的直接设计步骤	237
8.2.4 Dahlin 算法与 Smith 补偿法的比较	237
8.3 前馈控制	238
8.3.1 前馈控制原理	238
8.3.2 前馈—反馈控制	240
8.4 串级控制	243
8.4.1 串级控制系统的组成和工作原理	243
8.4.2 串级控制系统的特点	245
8.4.3 串级控制系统的应用范围	250
8.4.4 用计算机实现的串级控制系统	251
8.4.5 串级控制系统的设计	255
8.5 多变量解耦控制	259
8.5.1 多变量解耦控制问题的概述	259
8.5.2 解耦控制原理	260
8.5.3 多变量解耦控制器的设计	262
习题与思考题	264
参考文献	265

第1章 计算机控制系统概述

1.1 计算机控制系统的组成

计算机控制技术是计算机技术与自动控制理论有机结合而产生的一门新兴学科,研究以计算机为控制载体的自动控制系统——计算机控制系统的分析与设计问题,因此可以说,计算机控制系统是指有计算机参与并完成控制的系统。

计算机控制系统可以充分发挥计算机运算速度快、精度高、存储量大的优点,通过软件来实现用模拟元件难以实现的复杂控制规律,如自适应控制、最优控制、模糊控制、神经网络控制等,并且控制规律容易修改,使用灵活。一台计算机可以代替多台模拟调节器,控制多个回路。还可以使控制与管理相结合,大大提高自动化程度。

计算机控制系统由计算机和工业生产对象组成,其中包括硬件和软件。

1.1.1 计算机控制系统的硬件

硬件部分由主机 CPU、接口及 I/O 通道、外部设备、检测元件及执行机构、操作台和实时时钟等组成。

- 主机 CPU: 主机 CPU 向系统的各个部分发出命令,对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理及逻辑判断等。所以,主机 CPU 的选用直接影响到系统的功能及接口电路的设计。
- 接口及 I/O 通道: 常用接口如并行接口 8255、8155,串行接口 8251、8250,定时器/计数器接口 8253、8254,模拟量与数字量之间的转换接口 ADC0809,以及数字量转换为模拟量的接口 DAC0832 等。I/O 通道中的模拟量输入通道 A/D 把模拟量转变成数字量,模拟量输出通道 D/A 把数字量变成模拟量,以及数字量输入/输出通道等。
- 外部设备: 外部设备用于扩大主机的功能,包括输入设备,如键盘、鼠标;输出设备,如 CRT 显示、打印机、记录仪等;存储设备,如磁盘、磁带等。
- 检测元件及执行机构: 检测元件把非电量变成电量(传感器),如热电偶、节流装置、压力变送器。变送器把传感器的输出信号变成 CPU 所能接收的电压信号。执行机构接收 CPU 输出的控制量并加以动作,以对生产参数进行控制,如阀、开关、电机等。

- 操作台和实时时钟：操作台是人机对话的联系纽带。作用包括：①开关，如电源开关，数据、地址选择开关，操作方式选择开关等；②功能键，用于向 CPU 申请中断，以得到相应的服务，如复位键、启动键、打印键、显示键、连接工作或单步工作方式键等；③显示用 LED 或 CRT 显示器件，显示数据，如图、表、流程图等；④数字键，用于输入数据或修改控制系统参数。典型计算机控制系统原理框图如图 1-1 所示。

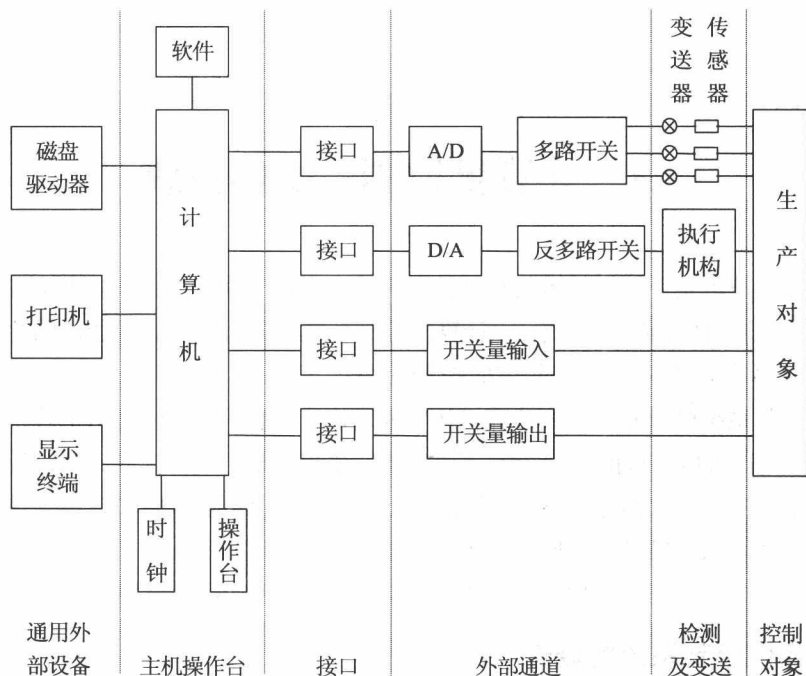


图 1-1 典型计算机控制系统原理框图

1.1.2 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的软件是指能够完成各种功能的计算机程序的总和。整个控制系统的动作都是在软件的统一指挥下协调工作的。软件就其功能而言可以分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件：由厂家提供，用于管理计算机本身的程序。它包括操作系统，如 DOS、Windows 等，故障诊断程序，监控程序，解释以及编译程序等。

应用软件：面向用户的程序，一般都是用户根据控制系统的需要自行设计的。如工业过程控制系统中各种各样的 A/D 或 D/A 转换程序、数字滤波程序、控制算法程序、标度变换程序。运动控制系统中的转速、电流 PI 调节器，CLARKE 变换、PARK 变换、IPARK 逆变换、SVPWM 算法、磁链观测器、电流采样、转速计算等。

计算机控制系统的软件分类如图 1-2 所示。

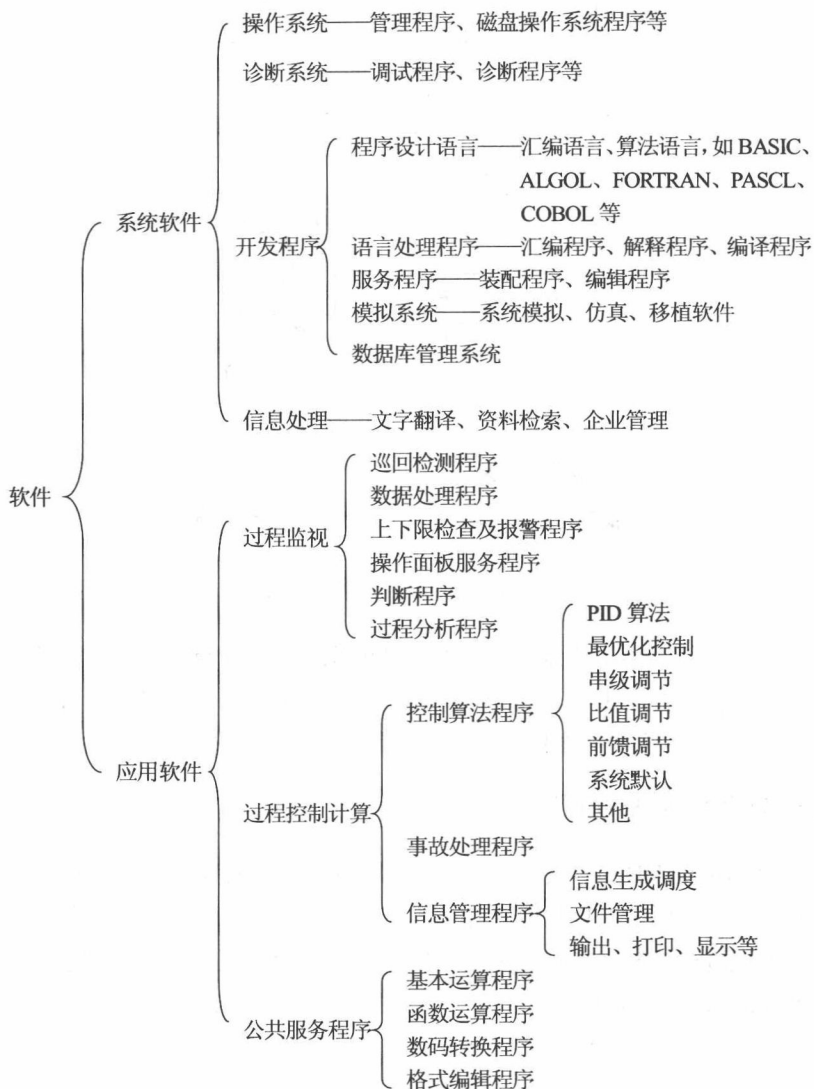


图 1-2 计算机控制系统的软件分类

1.2 计算机控制系统的分类

根据被控对象的特点、环境、要求，可采用不同类型的控制系统。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统，是指计算机的输出不直接用来控制生产对象，而只是对系统过程参数进行收集、加工和处理，然后输出数据，由操作人员根据这些数据进行控制操作的计算机控制系统。每隔一定时间，计算机就进行一次采样，经过 A/D 转换后送入操作指导计算机进

行加工、处理，然后报警、显示、打印，属于开环控制结构，如图 1-3 所示。

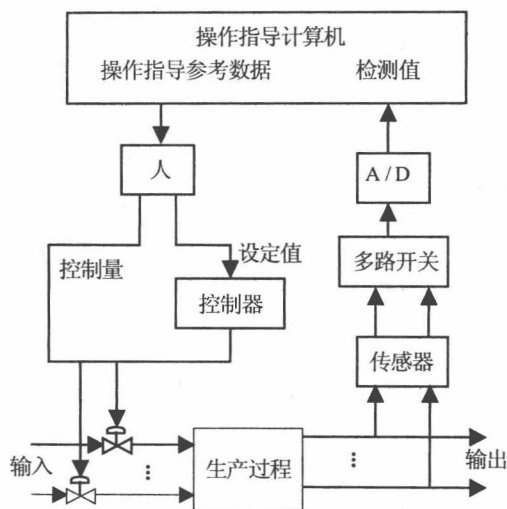


图 1-3 操作指导控制系统

操作指导控制系统适用于尚未摸清控制规律的系统，是计算机系统的初级阶段，用于摸索新系统的数学模型和控制规律。其突出特点是简单、可靠，缺点是需要人工操作，速度不能太快，而且不能同时控制多个回路。

1.2.2 直接数字控制系统(DDC)

直接数字控制系统(DDC)，就是用一台计算机对多个被控参数进行巡回检测，将检测结果与设定值进行比较，再按 PID 控制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。直接数字控制系统属于闭环控制结构，其工作原理如图 1-4 所示。

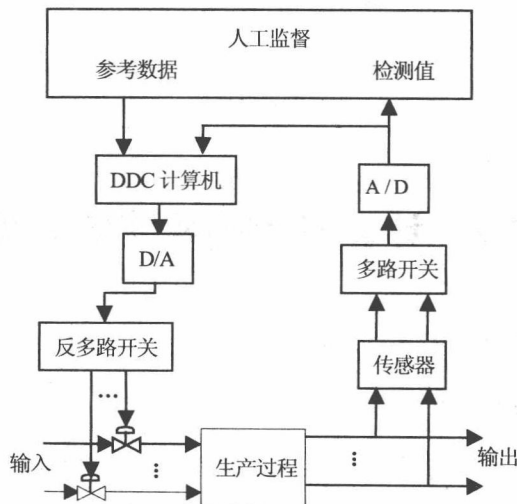


图 1-4 DDC 控制系统原理图

直接数字控制系统(DDC), 适用于一台计算机同时控制多个回路的情况, 可替代多个模拟调节器, 可靠性高。其特点是控制灵活, 可以实现各种复杂的控制规律, 如非线性控制、自适应控制、最优控制、鲁棒控制等。

例如, 计算机控制的直流电动机转速、电流双闭环直流调速系统就是一个直接数字控制系统。 $W_{ASR}(s)$ 和 $W_{ACR}(s)$ 分别表示转速调节器和电流调节器的传递函数, 如果采用 DDC 控制, 那么, DDC 计算机可以实现数字给定、数字触发、数字测速以及转速和电流数字 PI 调节器等功能, 这样就可以用一台计算机同时进行电流环和速度环的控制, 如图 1-5 所示。

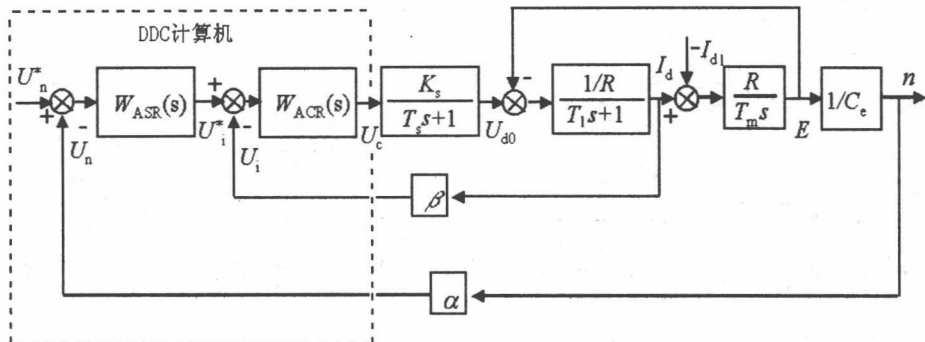


图 1-5 直流电动机转速、电流双闭环直流调速系统

1.2.3 计算机监督系统(SCC)

计算机监督系统(SCC)是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模拟调节器或者 DDC 计算机, 再由模拟调节器或者 DDC 计算机控制生产过程, 从而使生产过程处于最优工作状态。

计算机监督系统(SCC)包括两种不同的结构形式。一种是 SCC+模拟调节器, 另一种是 SCC+DDC 控制系统。

SCC+模拟调节器: 此系统中, SCC 监督计算机的作用是收集检测信号及管理命令, 按照描述生产过程的数学模型计算后, 输出给定值到模拟调节器, 与检测值进行比较, 其偏差值经模拟调节器计算后输出到执行机构, 以达到调节生产过程的目的。其工作原理如图 1-6 所示。

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。而一般的模拟系统是不能随意改变给定值的, 因此, 它特别适用于老企业的技术改造, 既利用了原来的模拟调节器, 又实现了对最佳给定值的控制。

SCC+DDC 控制系统: SCC+DDC 控制系统是一个两级计算机控制系统。其中, 一级为监督级 SCC, 作用与 SCC+模拟调节器中的 SCC 一样, 用于计算最佳给定值。二级为直接数字控制器(DDC), 用于将给定值与测量值进行比较, 偏差由 DDC 计算机按照一定的控制规律计算, 再经 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。其工作原理如图 1-7 所示。

与 SCC+模拟调节器相比, 其控制规律可由 DDC 计算机改变, 方便灵活, 用一台单片机

代替多台调节器,可控制多个回路。缺点是由于生产过程的复杂性,难以准确建立系统的数学模型,所以实现起来比较困难。

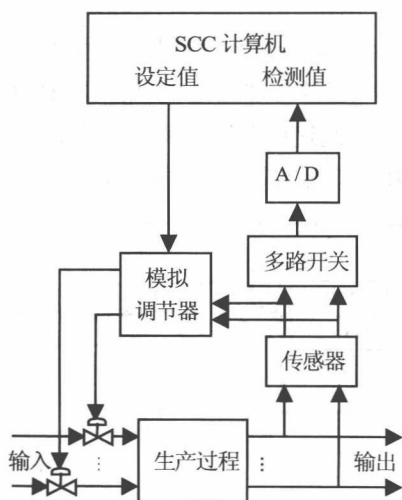


图 1-6 SCC+模拟调节器控制系统

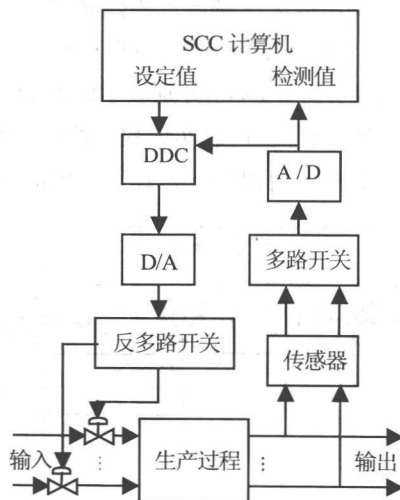


图 1-7 SCC+DDC 控制系统

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被称为计算机的设备或器材。它包括硬件和软件两部分。嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。

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,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(要求实时和多任务操作)和应用程序。简单地说,嵌入式系统集成系统的应用软件与硬件于一体。

据不完全统计,目前全世界嵌入式处理器的种类总量已达 1000 多种,流行体系结构有 30 多个系列,其中 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 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,越来越多的公司拥有自己的处理器设计部门。

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,这样可以大幅度减少系统体积和功耗。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和标准微处理器基本相同,但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面均做了各种增强。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,但是电路板必须包括 ROM、RAM、总线接口、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、外设等均安装在一块电路板上,称为单板计算机,如 STD-BUS、PC104 等。

2. 嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)

嵌入式微控制器又称单片机,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 等各种必要功能和外设。

为适应不同的应用需求,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。微控制器片上的外设资源一般比较丰富,适合于控制,因此被称为微控制器。

嵌入式微控制器有代表性的通用系列,包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16、68300 等。另外还有许多半通用系列,如支持 USB 接口的 MCU 8XC930/931、C540、C541,支持 I2C、CAN-BUS、LCD 及众多专用 MCU 和兼容系列。目前,MCU 约占嵌入式系统 70% 的市场份额。

特别值得注意的是近年来提供 X86 微处理器的著名厂商 AMD 公司,将 Am186CC/CH/CU 等嵌入式处理器称为 Microcontroller, MOTOROLA 公司把以 Power PC 为基础的 PPC505 和 PPC555 也列入单片机行列。TI 公司也将其 TMS320C2×××系列 DSP 作为 MCU 进行推广。

3. 嵌入式 DSP 处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合执行 DSP 算法,编译效率较高,指令执行速度也较快。在数字滤波、FFT、谱分析等方面 DSP 算法正在大量进入嵌入式领域,DSP 应用正在从通用单片机以普通指令实现 DSP 功能,向采用嵌入式 DSP 处理器过渡。嵌入式 DSP 处理器有两个发展来源,一是 DSP 处理器经过单片化、EMC 改造、增加片上外设成为嵌入式 DSP 处理器, TI 的 TMS320C2000/C5000 等属于此类;二是在通用单片机或 SoC 中增加 DSP 协处理器,例如 Intel 的 MCS-296 和 Infineon(Siemens) 的 TriCore。

嵌入式 DSP 处理器中比较有代表性的产品是 Texas Instruments 的 TMS320 系列和 Motorola 的 DSP56000 系列。TMS320 系列处理器包括用于控制的 C2000 系列,用于移动通信的 C5000 系列,以及性能更高的 C6000 和 C8000 系列。TMS320F2812/28335/28345 在运动控制中扮演了重要的角色,对于数字运动控制起到了极大的推动作用。

4. 嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)

随着 EDI(电子数据交换)的推广、VLSI(超大规模集成电路)设计的普及化及半导体工艺的迅速发展,在一个硅片上实现一个更为复杂的系统的时代已来临,这就是 System on Chip(SoC)。SoC 可以分为通用和专用两类。通用系列包括 Infineon(Siemens)的 TriCore、Motorola 的 M-Core、某些 ARM 系列器件、Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 芯片等。专用 SoC 一般专用于某个或某类系统中,不为一般用户所知。

在嵌入式片上系统中,C8051F 系列单片机是高度集成的混合信号 SoC 系统级 MCU 芯片,具有与 8051 单片机兼容的内核,与 MCS-51 指令集完全兼容。片内集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件及其他数字外设部件,是一种典型的嵌入式片上系统。

嵌入式系统几乎包括了生活中的所有电器设备,如掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、手机上网、数字电视、多媒体、汽车、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、消费电子设备、工业自动化仪表与医疗仪器等。

与通用型计算机系统相比,嵌入式系统功耗低、可靠性高;功能强大、性价比高;实时性强,支持多任务;占用空间小,效率高;面向特定应用,可根据需要灵活定制。

1.2.5 现场总线控制系统(FCS)

现场总线控制系统(Focus Control System, FCS)在 20 世纪 90 年代兴起,将网络通信与管理的概念联系起来,是数字通信,它改变了传统的信息传送方式。现场总线控制系统是集散控制系统 DCS(Distributed Control System)的换代产品,其特点如下所述。

(1) 数字化信息传递。无论是现场底层传感器、执行器、控制器之间的信息传递,还是与上层工作站及高速网之间的信息交换,全部使用数字信号。而传统的 DCS 中,底层到控制站之间是用 4~20mA 电流传送的。

(2) 分散的系统结构。DCS 中采用“操作站——控制站——现场仪表”的三层主从结构模式。FCS 把 I/O 单元、控制站的功能分散到智能化现场仪表;在现场仪表中,每个仪表(作为一个节点)都含有 CPU,分别完成测量、校正、调节、诊断等功能;靠网络协议将各节点联系起来统筹工作;节点出问题只影响其本身,不影响全局。

(3) 方便的互操作性。不同结构的 FCS 产品,可组成统一的系统——兼容性好。

(4) 开放的互联网络。FCS 技术级标准均采用开放式政策,面向所有的产品制造商和用户。通信网络可以和其他系统网络、高速网络相连,即用户可共享网络资源。

(5) 传输媒介和拓扑结构。FCS 的出现改变了传统的信息交换方式,包括其信号形式和系统结构,改变了传统的自动化仪表功能概念和结构形式,也改变了系统的设计及调试方法,开创了控制领域的新纪元,根本原因是采用了数字通信方式。现场总线控制系统的结构如图 1-8 所示。

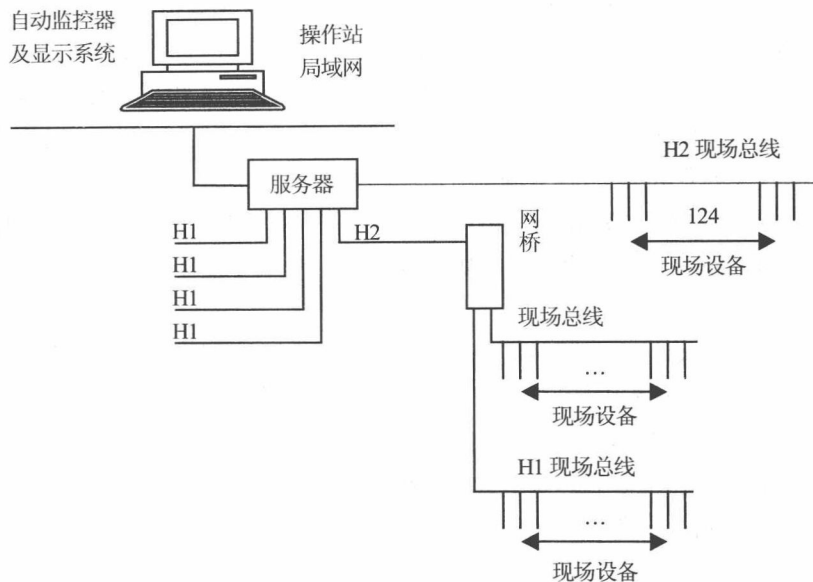


图 1-8 现场总线控制系统的结构

现场总线的节点设备称为现场设备或现场仪表，节点设备的名称及功能随所应用的企业而定。用于过程自动化构成 FCS 的基本设备如下。

- 变送器：常用的变送器有温度、压力、流量、物位和分析 5 大类，每类又有多个品种。变送器既有检测、变换和补偿功能，又有 PID 控制和运算功能。
- 执行器：常用的执行器有电动、气动两大类，每类又有多个品种。执行器的基本功能是信号驱动和执行，还内含调节阀输出特性补偿、PID 控制和运算等功能，另外还有阀门特性自校验和自诊断功能。
- 服务器和网桥：服务器下接 H1 和 H2，上接局域网 LAN(Local Area Network)；网桥上接 H2，下接 H1。
- 辅助设备：H1/气压、H1 / 电流和电流 / H1 转换器、安全栅、总线电源、便携式编程器等。
- 监控设备：工程师站供现场总线组态，操作员站供工艺操作与监视，计算机站用于优化控制和建模。

FCS 的核心是现场总线。从本质上说，它是一种数字通信协议，是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、全分散、双向传输、多分支结构的通信网络，是控制技术、仪表工业技术和计算机网络技术三者的结合，具有现场通信网络、现场设备互连、互操作性、分散的功能块、通信线供电、开放式互连网络等技术特点。

1.3 计算机控制系统的发展趋势

忆往昔，计算机控制系统的发展，促进了工业控制的进步。迄今为止，已有各种各样的