

高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目

Design and Application of
Computer Measurement and Control System

计算机测控系统 设计与应用

李正军 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



计算机测控系统设计与应用

(高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目)

李正军 编著



机械工业出版社

本书从工程实际应用出发,全面系统地介绍了计算机测控系统设计的各个重要环节,力求所讲内容具有较强的可移植性、先进性、系统性、应用性、资料开放性。

全书共分 13 章,主要包括:计算机测控系统概论、微处理器与微控制器总线配置、译码与存储器系统设计、基本输入输出系统设计、键盘和打印机接口技术、测控系统的显示技术、计算机测控系统的控制技术、模拟信号测量与控制接口技术、数字控制与应用程序设计、特殊集成电路及其应用、现场总线技术、测控系统的抗干扰与可靠性设计、测控系统设计实例。

本书是在作者多年教学与科研实践经验的基础上,结合近几年计算机测控系统的发展编写而成的。书中介绍了编者在测控领域的部分最新科研成果。

本书可作为高等院校自动化、计算机应用、信息工程等专业的教材,更适用于从事计算机测控系统设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机测控系统设计与应用/李正军编著. —北京:机械工业出版社,2004.1
ISBN 7-111-13320-X

I. 计... II. 李... III. 计算机控制系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 099801 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划:胡毓坚 刘 青

责任编辑:丁 诚

责任印制:施 红

三河市宏达印刷有限公司印刷·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 ·47.5 印张·2 插页·1179 千字

0 001—5 000 册

定价:65.00 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

出版说明

随着信息科学与技术的迅速发展，人类每时每刻都要面对层出不穷的新技术、新概念。毫无疑问，在节奏越来越快的工作和生活中，人们需要通过阅读和学习大量信息丰富、具备实践指导意义的图书，来获取新知识和新技能，从而不断提高自身素质，紧跟信息化时代发展的步伐。

众所周知，在计算机硬件方面，高性价比的解决方案和新型技术的应用一直备受青睐；在软件技术方面，随着计算机软件的规模和复杂性与日俱增，软件技术受到不断挑战，人们一直在为寻求更先进的软件技术而奋斗不止。目前，计算机在社会生活中日益普及，随着因特网延伸到人类世界的层层面面，掌握计算机网络技术和理论已成为大众的文化需求。由于信息科学与技术在电工、电子、通信、工业控制、智能建筑、工业产品设计与制造等专业领域中已经得到充分、广泛的应用，所以这些专业领域中的研究人员和工程技术人员将越来越迫切需要汲取自身领域信息化所带来的新理念和新方法。

针对人们对了解和掌握新知识、新技能的热切期待，以及由此促成的人们对语言简洁、内容充实、融合实践经验的图书迫切需要的现状，机械工业出版社适时推出了“信息科学与技术丛书”。这套丛书涉及计算机软件、硬件、网络、工程应用等内容，注重理论与实践相结合，内容实用，层次分明，语言流畅，是信息科学与技术领域专业人员不可或缺的图书。

现今，信息科学与技术的发展可谓一日千里，机械工业出版社欢迎从事信息技术方面工作的科研人员、工程技术人员积极参与我们的工作，为推进我国的信息化建设做出贡献。

机械工业出版社

前 言

随着信息科学和微电子技术及计算机技术的飞速发展,特别是针对测控特点而设计的微控制器的出现,把计算机测控系统的设计带到了一个崭新的领域。由于计算机测控系统的设计不仅需要计算机方面的基础知识,而且还需要诸如传感器、仪表、信号检测、自动控制、执行机构、测控对象建模、总体结构设计、数字通信等专业知识,这就给设计者提出了较高的要求。因此设计者迫切需要一本全面介绍计算机测控系统设计的书籍,本书就是为此目的而编写的。

本书的宗旨是实行资料开放和手册化,把应用实例的资料毫无保留地向读者开放,力图将硬件电路详尽绘出。但因程序设计方面的资料太占篇幅,书中只给出部分重要测试程序。本书涉及到许多在测控领域中应用的新技术,如 PLD 可编程逻辑器件的应用技术、LCD 显示技术、双机并行通信技术、模糊控制技术、红外遥控在仪器仪表中的应用技术、 $\Sigma - \Delta$ A/D 转换技术、现场总线技术、测控系统的抗干扰与可靠性设计、电力监控网络仪表的交流采样技术。另外,还讲述了分布式测控系统智能节点的设计、基于 PCI 总线的智能通信适配器的设计、Windows 环境下的设备驱动程序开发等。

本书介绍了微处理器与微控制器的三种存储空间配置结构:冯·诺伊曼(Von·Noreaman)结构、哈佛(Harvard)结构和普林斯顿(Preston)结构,不具体讲述哪种机型,只把上述三种存储空间配置结构的微处理器或微控制器作为核心部件讲述计算机测控系统设计的共性。不论设计者将来选什么机型,均具有较强的可移植性,起到举一反三、抛砖引玉的作用。如能达到此目的,作者将倍感欣慰。

全书共分 13 章。第 1 章介绍了计算机测控系统的发展过程及国内外常用的微处理器、微控制器和 DSP 数字信号处理器;第 2 章介绍了微处理器和微控制器总线配置及总线结构;第 3 章讲述了外设译码及各种存储系统的扩展;第 4 章讲述了通用可编程接口电路及 I/O 系统设计;第 5 章简要介绍了键盘的设计和打印机接口技术;第 6 章讲述了测控系统的显示技术,包括 LED、LCD 显示技术,简单实用,易于掌握;第 7 章讲述了计算机测控系统的控制技术,包括 PID 控制技术、数字 PID 算法、串级控制技术、前馈-反馈控制技术、数字控制器的直接设计方法、大林算法、史密斯预估控制技术和模糊控制技术;第 8 章详尽地讲述了模拟信号测量中所用的传感器、信号检测、模拟信号放大技术、多通道模拟信号测量技术、A/D 和 D/A 转换器及其应用实例;第 9 章讲述了数字控制及应用程序设计;第 10 章介绍了测控系统中所用特殊集成电路;第 11 章讲述了现场总线技术,包括现场总线的现状与发展、数字通信基础、Modbus 通信协议、基于 CAN 和 LonWorks 及 PROFIBUS-DP 现场总线的分布式测控系统智能节点的设计、智能通信适配器和设备驱动程序的开发;第 12 章介绍了测控系统的抗干扰与可靠性设计,并给出了具体对策;第 13 章介绍了分布式测控系统的设计实例。本书取材于作者多年的研究生、本科生教学内容以及近几年发表的科研论文和重点科研攻关项目,并参考了有关专著和技术资料。

本书从 1996 年开始,在山东大学等院校使用多年,1997 年被列为高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目。本书得以公开出版,得到了机械工业出版社计算机编辑室的大力支持,同时得到了山东大学控制科学与工程学院领导、山东大学研究生院及博士生导师

师孙同景教授和博士生导师钟麦英教授等有关同志的大力支持。在本书的编写过程中，我的学生王松磊、宋晓庆、张巍、张强、刘云霞、王朝霞、张劲松、罗永刚等同学协助我做了书稿的校对工作，并绘制了全部插图。对书中所引用的参考文献的作者，在此一并向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 计算机测控系统概论 1

1.1 计算机测控系统的发展过程... 1

1.1.1 基地式仪表 1

1.1.2 单元组合仪表 1

1.1.3 数据采集系统 (DAS) 1

1.1.4 直接数字控制系统 (DDC) ... 2

1.1.5 监督控制系统 (SCC) 2

1.1.6 集散控制系统 (DCS) 3

1.1.7 现场总线控制系统 (FCS) ... 5

1.1.8 工业过程计算机集成制造系统
(流程 CIMS) 5

1.2 微处理器与微控制器技术..... 6

1.2.1 INTEL 公司 7

1.2.2 MOTOROLA 公司 10

1.2.3 Zilog 公司 12

1.2.4 NEC 公司..... 13

1.2.5 HITACHI 公司 15

1.2.6 ATMEL 公司 16

1.2.7 Philips 公司 17

1.2.8 Microchip 公司 17

1.2.9 TOSHIBA 公司..... 18

1.2.10 Winbond 公司 19

1.2.11 Elan 公司 19

1.2.12 TI 公司 19

1.3 数字信号处理器 DSP 技术 ... 20

1.3.1 C2000 系列 20

1.3.2 C5000 系列 21

1.3.3 C6000 系列 21

1.3.4 ADSP-218×M/N 系列 22

1.3.5 ADSP-219×系列 23

1.4 计算机测控系统的发展

趋势 24

1.4.1 可编程控制器 (PLC) 24

1.4.2 采用新型的控制系统..... 25

1.4.3 实现最优控制 25

1.4.4 自适应控制 25

1.4.5 人工智能 25

1.4.6 模糊控制 (Fuzzy Control) ... 26

1.4.7 神经网络控制 26

习题 26

第 2 章 微处理器与微控制器总线

配置 27

2.1 INTEL8088 CPU 三总线的

配置 27

2.1.1 8284 时钟发生器驱动器 27

2.1.2 8288 总线控制器 28

2.1.3 8088 微处理器 29

2.1.4 存储空间的配置 (Von • Noreaman
结构) 33

2.2 MCS-51 系列及其兼容单片微

控制器三总线的配置..... 35

2.2.1 几种常用的 MCS-51 系列及其
兼容单片微控制器 35

2.2.2 三总线的构成 49

2.2.3 存储空间的配置(Harward
结构) 49

2.3 MCS-96 系列单片微控制器三

总线的配置..... 51

2.3.1 几种常用的 MCS-96 系列单片
微控制器 51

2.3.2 三总线的构成 62

2.3.3 存储空间的配置 (Preston
结构) 62

2.4 总线结构 63

2.4.1 总线的概念及分类 63

2.4.2 总线标准简介 64

2.4.3 总线组成及总线功能 66

2.4.4 PCI 总线 68

2.4.5 LPC 接口 77

2.4.6 流行总线的性能比较 81

习题	83	及其扩展方法	134
第3章 译码与存储器系统设计	84	3.7.5 AT93C $\times\times$ 系列串行 EEPROM	
3.1 简单译码集成电路	84	及其扩展方法	144
3.1.1 常用简单译码集成电路	84	3.7.6 FM25040 铁电 NVRAM 及其	
3.1.2 应用举例	86	应用	150
3.2 PLD 可编程逻辑器件	91	3.7.7 X5043/5045 WDT/串行 EEPROM	
3.2.1 可编程逻辑器件的发展	91	及其扩展方法	161
3.2.2 可编程逻辑器件的分类	93	习题	166
3.2.3 PLD 电路的表示方法	94	第4章 基本输入输出系统设计	168
3.2.4 Xilinx 公司及其产品简介	95	4.1 简单 I/O 接口电路的扩展	
3.2.5 Altera 公司及其产品简介	95	方法	168
3.2.6 Lattice 的系列产品	96	4.1.1 用锁存器扩展简单的输出口	168
3.2.7 边界扫描技术	107	4.1.2 用三态缓冲器扩展简单的输	
3.2.8 GAL 器件译码应用举例	108	入口	171
3.3 程序存储器及其扩展方法	113	4.1.3 用移位寄存器扩展 I/O 接口	173
3.3.1 常用程序存储器芯片		4.2 可编程并行接口 8255A 及其	
EPROM	113	应用	176
3.3.2 地址锁存器及其应用	116	4.2.1 8255A 芯片介绍	176
3.3.3 程序存储器扩展实例	117	4.2.2 8255A 与 CPU 的接口电路	182
3.4 数据存储器及其扩展方法	118	4.2.3 双机并行通信接口设计	184
3.4.1 常用数据存储器芯片 RAM	118	4.3 可编程计数器/定时器 8253	
3.4.2 数据存储器扩展实例	120	及其应用	186
3.4.3 SRAM 的掉电保护	120	4.3.1 8253 芯片介绍	186
3.4.4 非易失性 SRAM	121	4.3.2 8253 与 CPU 的接口电路	195
3.5 Flash 存储器及其扩展方法	124	4.3.3 8253 应用实例	196
3.5.1 常用 Flash 存储器	124	4.3.4 8254 在脉冲测量数字滤波中	
3.5.2 AT29C512 及其与 CPU		的应用	199
的接口	124	4.4 可编程双通道异步收发器	
3.6 双端口 RAM 及其扩展方式	127	TL16C552	202
3.6.1 常用的双端口 RAM	127	4.4.1 TL16C552 芯片介绍	202
3.6.2 IDT7130 在双机并行通信中		4.4.2 寄存器选择	205
的应用	131	4.4.3 寄存器操作说明	206
3.7 串行 EEPROM 存储器及其		4.4.4 可编程波特率发生器	211
扩展方法	133	4.4.5 TL16C552 与 CPU 的接口	
3.7.1 I ² C BUS 简介	133	电路	212
3.7.2 SPI 串行外围接口简介	133	4.5 数字量与脉冲量接口技术	214
3.7.3 MICROWIRE/PLUS 串行通信		4.5.1 光耦合器	214
接口	134	4.5.2 数字量输入通道	219
3.7.4 AT24C $\times\times$ 系列串行 EEPROM		4.5.3 数字量输出通道	221

4.5.4 脉冲量输入输出通道·····	228	6.3.5 液晶显示驱动器·····	270
习题·····	229	6.3.6 LCD 接口电路设计·····	273
第 5 章 键盘和打印机接口技术 ···	230	6.4 点阵液晶显示控制器 T6963C	
5.1 独立式键盘接口设计·····	230	及其应用·····	275
5.1.1 键盘的特点及确认·····	230	6.4.1 T6963C 特性·····	275
5.1.2 独立式按键扩展实例·····	231	6.4.2 T6963C 与 CPU 的接口·····	276
5.2 矩阵式键盘接口设计·····	233	6.4.3 T6963C 指令集·····	276
5.2.1 矩阵键盘工作原理·····	233	6.4.4 DMF5000N 系列点阵液晶显示	
5.2.2 按键的识别方法·····	233	模块介绍·····	280
5.2.3 键盘的编码·····	235	6.4.5 DMF5000N 系列液晶显示模块	
5.2.4 键盘工作方式·····	235	的接口技术·····	281
5.2.5 矩阵键盘接口实例·····	238	6.4.6 应用程序设计·····	283
5.2.6 双功能及多功能键的设计···	239	习题·····	288
5.2.7 键盘处理中的特殊问题——		第 7 章 计算机测控系统的控制	
重键和连击·····	240	技术·····	289
5.3 DIP 开关与拨码盘接口		7.1 计算机测控系统的被控对象	
设计·····	241	及性能指标·····	289
5.3.1 DIP 开关·····	241	7.1.1 被控对象·····	289
5.3.2 拨码盘·····	242	7.1.2 性能指标·····	290
5.3.3 BCD 码拨盘与 8255 的接口	243	7.1.3 对象特性对控制性能的影响	295
5.4 打印机接口电路设计·····	243	7.2 PID 控制技术·····	296
5.4.1 标准 Centronics 接口·····	243	7.3 数字 PID 算法·····	299
5.4.2 应用实例·····	244	7.3.1 PID 算法·····	299
习题·····	248	7.3.2 PID 算式的改进·····	308
第 6 章 测控系统的显示技术 ·····	250	7.4 PID 参数整定·····	312
6.1 显示技术的发展及其特点···	250	7.4.1 PID 参数对控制性能的影响	312
6.1.1 显示技术的发展·····	250	7.4.2 采样周期 T 的选取·····	314
6.1.2 显示器件的主要参数·····	252	7.4.3 扩充临界比例度法·····	314
6.2 LED 显示器接口设计·····	253	7.5 串级控制技术·····	316
6.2.1 LED 显示器的结构·····	254	7.5.1 串级控制算法·····	317
6.2.2 LED 显示器的扫描方式···	255	7.5.2 副回路微分先行串级控制	
6.2.3 LED 显示器扩展实例·····	257	算法·····	318
6.2.4 LED 显示驱动器 MAX7219		7.6 前馈-反馈控制技术·····	320
及其应用·····	260	7.6.1 前馈控制的结构·····	320
6.3 段型 LCD 显示器接口设计	266	7.6.2 前馈-反馈控制的结构·····	321
6.3.1 LCD 的发展过程·····	266	7.6.3 数字前馈-反馈控制算法···	322
6.3.2 LCD 的特点·····	267	7.7 数字控制器的直接设计	
6.3.3 LCD 的基本结构及工作原理	268	方法·····	324
6.3.4 LCD 的驱动方式·····	269	7.7.1 基本概念·····	324

7.7.2 最少拍无差系统的设计	325	8.3 多通道模拟信号测量技术...	406
7.7.3 最少拍无纹波系统	333	8.3.1 信号和采样定理	406
7.8 大林算法	336	8.3.2 采样/保持器	411
7.8.1 大林算法的基本形式	336	8.3.3 模拟开关	413
7.8.2 振铃现象的消除	338	8.3.4 32 通道模拟量输入电路设计	
7.8.3 大林算法的设计步骤	340	实例	417
7.9 史密斯预估控制技术	341	8.4 模拟量输入通道	420
7.9.1 史密斯预估控制原理	341	8.4.1 模拟量输入通道的组成	420
7.9.2 史密斯预估控制举例	343	8.4.2 A/D 转换器的工作原理	420
7.10 模糊控制技术	344	8.4.3 量化	422
7.10.1 模糊控制的数学基础	344	8.4.4 A/D 转换器的技术指标	424
7.10.2 模糊控制系统组成	349	8.5 模拟量输出通道	425
7.10.3 模糊控制器设计	355	8.5.1 模拟量输出通道的组成	425
7.10.4 双输入单输出模糊控制器		8.5.2 D/A 转换器的工作原理	426
设计	357	8.5.3 D/A 转换器的技术指标	428
7.10.5 模糊 PID 控制	360	8.6 12 位 A/D 转换器 AD574A	428
习题	362	8.6.1 AD574A 的内部结构与引脚	
第 8 章 模拟信号测量与控制接口		功能	428
技术	364	8.6.2 AD574A 的应用特性及校准	430
8.1 传感器	364	8.6.3 AD574A 与 CPU 的接口 ...	431
8.1.1 传感器的定义和分类及构成	364	8.6.4 AD574A 的应用调试说明 ...	432
8.1.2 传感器的基本性能	366	8.7 6 路 12 位 A/D 转换器	
8.1.3 传感器的应用领域	368	ADS7864	433
8.1.4 基准电压源和恒流源	369	8.7.1 引脚描述	434
8.1.5 温度传感器	374	8.7.2 应用说明	435
8.1.6 湿度传感器	385	8.7.3 ADS7864 与 CPU 的接口 ...	438
8.1.7 流量传感器	386	8.8 24 位 Σ - Δ A/D 转换器	
8.1.8 热释电红外传感器	388	AD7714	439
8.1.9 光电传感器	389	8.8.1 引脚介绍	440
8.1.10 气敏传感器	389	8.8.2 片内寄存器	442
8.1.11 霍尔传感器	390	8.8.3 模拟输入	446
8.1.12 应变式电阻传感器	391	8.8.4 基准输入	447
8.1.13 压力传感器	392	8.8.5 AD7714 数字接口	449
8.1.14 CCD 图像传感器	393	8.8.6 AD7714 与 CPU 的接口	451
8.2 模拟信号放大技术	393	8.8.7 AD7714 的应用	454
8.2.1 放大器	393	8.9 8 路 24 位 Δ - Σ A/D 转换器	
8.2.2 运算放大器及其应用	396	ADS1216	456
8.2.3 测量放大器	401	8.9.1 引脚说明	457
8.2.4 程控增益放大器	403	8.9.2 应用说明	458

8.9.3 寄存器定义	460	9.2.1 逐点比较法直线插补	495
8.9.4 命令	465	9.2.2 逐点比较法圆弧插补	500
8.9.5 ADS1216 与 CPU 的接口 ...	466	9.3 步进电动机控制	505
8.10 12 位串行 A/D 转换器		9.3.1 步进电动机的工作原理	506
ADS7822	470	9.3.2 步进电动机控制系统原理图	507
8.10.1 引脚说明	470	9.3.3 步进电动机的驱动电路	508
8.10.2 应用说明	471	9.3.4 步进电动机的工作方式	509
8.10.3 ADS7822 与 CPU 的接口		9.3.5 步进电动机控制程序设计 ...	510
技术	472	9.4 数字滤波程序	512
8.11 12 位 D/A 转换器		9.4.1 程序判断滤波	512
DAC1208	474	9.4.2 中值滤波	513
8.11.1 DAC1208/1209/1210 的内部		9.4.3 算术平均滤波	513
结构与引脚功能	474	9.4.4 加权平均滤波程序	514
8.11.2 DAC1208 与 CPU 的接口 ...	475	9.4.5 低通滤波	514
8.11.3 DAC1230 系列 D/A 转换器 ...	477	9.4.6 滑动平均滤波	514
8.12 4 路 12 位并行 D/A 转换器		9.4.7 各种滤波方法的比较	515
DAC7624	477	9.5 标度变换程序	515
8.12.1 引脚介绍	478	9.5.1 线性标度变换	515
8.12.2 应用说明	479	9.5.2 非线性标度变换	516
8.12.3 DAC7624/25 与 CPU		习题	517
的接口	480	第 10 章 特殊集成电路及其应用	518
8.13 4 路 12 位串行 D/A 转换器		10.1 DS12C887 实时日历时钟	518
DAC7614	481	10.1.1 引脚介绍	518
8.13.1 引脚介绍	481	10.1.2 DS12C887 的应用说明 ...	519
8.13.2 应用说明	482	10.1.3 各寄存器作用	520
8.13.3 DAC7614 与 CPU 的接口		10.1.4 DS12C887 的中断和更新	
技术	483	周期	521
8.14 电流/电压转换电路	485	10.1.5 DS12C887 与 CPU 的接口	522
8.14.1 电压/0~10mA 转换	485	10.2 X1205 实时日历时钟	524
8.14.2 电流/0~5V 转换	487	10.2.1 引脚介绍	525
8.14.3 集成电压/电流转换器		10.2.2 应用说明	525
XTR110	489	10.2.3 操作说明	529
习题	490	10.2.4 X1205 与 CPU 的接口	531
第 9 章 数字控制与应用程序设计	492	10.3 BL50462AP 及其软件解码	
9.1 数字控制基础	492	技术	531
9.1.1 数字控制的基本原理	492	10.3.1 BL50462AP 特点及引脚	
9.1.2 数字控制方式	493	介绍	531
9.1.3 开环数字控制	494	10.3.2 指令码组成	532
9.2 逐点比较法插补原理	495	10.3.3 发射与接收电路	533

10.3.4 解码电路	534	11.5.4 CAN 应用节点设计	604
10.3.5 解码原理	534	11.6 LonWorks	610
10.3.6 程序设计	535	11.6.1 LonWorks 节点	611
10.4 微控制器监控电路及其 应用	538	11.6.2 路由器	616
10.4.1 MAX703~709/813L 监控 电路及其应用	538	11.6.3 LonTalk 协议	616
10.4.2 MB3773 电源监视器及其 应用	541	11.6.4 通信端口与收发器	619
习题	542	11.6.5 面向对象的开发语言— Neuron C	623
第 11 章 现场总线技术	543	11.6.6 LonWorks 开发工具	624
11.1 现场总线的现状与发展 ..	543	11.6.7 LonWorks 应用节点设计 ..	625
11.1.1 现场总线的产生	543	11.6.8 基于 PCI 总线的 LON 网络 智能适配器	631
11.1.2 现场总线的特点和优点 ..	544	11.6.9 设备驱动程序 WDM 的 开发	636
11.1.3 现场总线标准的制定	545	11.7 PROFIBUS 现场总线	639
11.1.4 现场总线网络的实现	547	11.7.1 PROFIBUS 概述	639
11.1.5 现场总线的现状	548	11.7.2 从站通信控制器 SPC3	645
11.1.6 现场总线技术的发展趋势	553	11.7.3 主站通信控制器 ASPC2 ..	660
11.2 数字通信基础	553	11.7.4 PROFIBUS-DP 开发包 4 ..	662
11.2.1 基本概念	553	11.7.5 PROFIBUS-DP 从站的开发	667
11.2.2 通信系统的组成	555	11.8 M-BUS 收发器 TSS721A	675
11.2.3 数据编码	556	11.8.1 引脚介绍	675
11.2.4 局域网及其拓扑结构	558	11.8.2 数据传输模式	676
11.2.5 网络传输介质	560	11.8.3 从机 3.3V 电源	677
11.2.6 介质访问控制方式	562	11.8.4 防掉电功能	679
11.2.7 CRC 校验	563	11.8.5 应用电路	679
11.3 串行通信接口	564	11.8.6 应用领域	680
11.3.1 RS-232C 串行通信接口 ..	565	习题	681
11.3.2 RS-485 串行通信接口	566	第 12 章 测控系统的抗干扰与可靠 性设计	683
11.3.3 串行异步通信协议	568	12.1 干扰的分类	683
11.4 Modbus 通信协议	568	12.1.1 按干扰产生的原因分类 ..	683
11.4.1 概述	568	12.1.2 按干扰传导模式分类	683
11.4.2 两种传输方式	569	12.1.3 按干扰波形及性质分类 ..	684
11.4.3 Modbus 消息帧	570	12.2 干扰的耦合方式	684
11.4.4 错误检测方法	573	12.2.1 直接耦合方式	685
11.5 CAN 现场总线	576	12.2.2 公共阻抗耦合方式	685
11.5.1 CAN 的技术规范	576	12.2.3 电容耦合方式	685
11.5.2 CAN 通信控制器 SJA1000	588	12.2.4 电磁感应耦合方式	686
11.5.3 CAN BUS 器件	601		

12.2.5 辐射耦合方式	686	13.1.2 选择系统的主机机型	716
12.2.6 漏电耦合方式	686	13.1.3 确定控制算法	717
12.3 计算机测控系统可靠性 设计	686	13.1.4 系统总体方案设计	717
12.3.1 可靠性设计任务	686	13.1.5 硬件设计	718
12.3.2 可靠性设计技术	687	13.1.6 软件设计	719
12.4 电磁兼容性设计	688	13.1.7 选择工业自动化仪表	719
12.4.1 电磁兼容及相关概念	688	13.1.8 系统调试	720
12.4.2 电磁兼容控制技术	690	13.2 计算机油井工况综合监测 系统	720
12.5 抗干扰的硬件措施	691	13.2.1 系统功能	721
12.5.1 抗串模干扰的措施	691	13.2.2 硬件组成	721
12.5.2 抗共模干扰的措施	700	13.2.3 软件设计	726
12.5.3 采用双绞线	701	13.3 PMM2000 多功能电力监控 网络仪表	728
12.5.4 反射波干扰及抑制	703	13.3.1 系统功能特点	728
12.5.5 正确连接模拟地和数字地	705	13.3.2 系统硬件结构	728
12.5.6 电源的抗干扰措施	706	13.3.3 软件设计与算法	732
12.5.7 压敏电阻及其应用	707	13.3.4 应用	734
12.5.8 TVS 瞬变电压抑制器及其 应用	708	13.4 工业锅炉计算机控制系统的 设计	734
12.6 抗干扰的软件措施	710	13.4.1 工业锅炉的工作过程	734
12.6.1 数字信号输入输出中的软件 抗干扰措施	710	13.4.2 工业锅炉计算机控制的 意义	736
12.6.2 CPU 的抗干扰技术	711	13.4.3 工业锅炉计算机控制系统的 基本功能	737
12.7 测控系统的容错设计	712	13.4.4 直接数字控制 (DDC) 系统的 设计	739
12.7.1 硬件故障的自诊断技术	712	13.4.5 系统总体设计	741
12.7.2 软件的容错设计	714	参考文献	744
习题	715		
第 13 章 测控系统设计与实例	716		
13.1 测控系统设计的方法	716		
13.1.1 测控任务的确定	716		

第 1 章 计算机测控系统概论

1.1 计算机测控系统的发展过程

随着信息科学和微电子技术及计算机技术的飞速发展，特别是针对测控特点而设计的微控制器的出现，把测控系统的设计带到了一个崭新的领域。但计算机测控系统的发展经历了一个较为漫长的过程。

1.1.1 基地式仪表

20 世纪 50 年代以前，由于当时企业的生产规模较小，测控仪表处于发展的初级阶段，所采用的仅仅是安装在生产现场，只具备简单测控功能的基于 20.67~103.35kPa 气动信号标准的基地式气动仪表。其信号仅在本仪表内使用，不能传送给别的仪表或系统，即各测控仪表处于封闭的状态，无法与外界沟通信息，操作人员只能通过生产现场的巡视，才可以了解生产过程的状况。

1.1.2 单元组合仪表

20 世纪 60 年代，随着企业的生产规模进一步扩大，操作人员需要综合掌握多点的运行参数和信息，需要同时按多点的信息实行操作控制，因此出现了气动、电动单元组合式仪表，形成了集中控制室。生产现场中的各参数通过统一的模拟信号送往集中控制室。操作人员可以在控制室内观察生产现场的状况，可以把各单元仪表的信号按需要组合成复杂测控系统。

气动单元组合仪表（QDZ）和电动单元组合仪表（DDZ）所使用的信号一般为直流电流信号 0~10mA（0~1.5k Ω 负载），4~20mA（0~500 Ω 负载）。

1.1.3 数据采集系统（DAS）

20 世纪 70 年代，人们在测量、模拟和逻辑控制领域率先使用了数字计算机，从而产生了集中式控制。数据采集系统是计算机应用于生产过程控制最早的一种类型。把需要采集的过程参数经过采样、A/D 转换变为数字信号送入计算机。计算机对这些输入量进行计算处理（如数字滤波、标度变换、越限报警等），并按需要进行显示和打印输出，如图 1-1 所示。

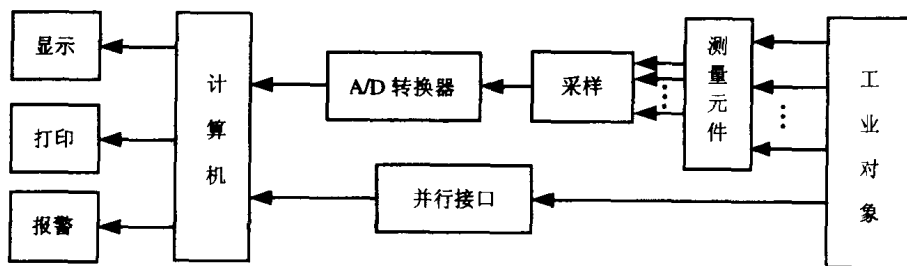


图 1-1 数据采集系统

这类系统虽然不直接参与生产过程的控制，但其作用还是较为明显。由于计算机具有速度快、运算方便等特点，在过程参数的测量和记录中可以代替大量的常规显示和记录仪表，对整个生产过程进行集中监视。数据采集系统主要是对大量的过程参数进行巡回检测、数据记录、数据计算、数据统计和处理、参数的越限报警以及对大量数据进行积累和实时分析。这种应用方式，计算机不直接参与过程控制，对生产过程不直接产生影响。

1.1.4 直接数字控制系统 (DDC)

直接数字控制系统 DDC 是计算机在工业中应用最普遍的一种方式。它是用一台计算机对多个被控参数进行巡回检测，检测结果与给定值进行比较，并按预定的数学模型（如 PID 控制规律）进行运算，其输出直接控制被控对象，使被控参数稳定在给定值上，如图 1-2 所示。

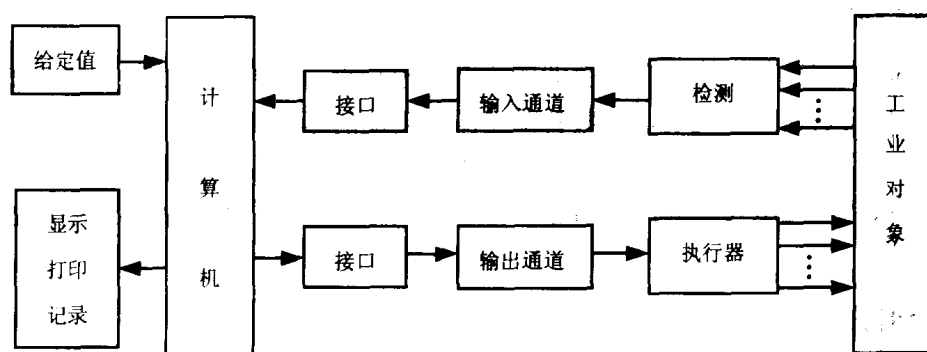


图 1-2 直接数字控制系统 (DDC)

DDC 系统有一个功能齐全的操作控制台，给定、显示、报警等都集中在这个控制台上，操作方便。DDC 系统中的计算机不仅能完全取代模拟调节器，实现多回路的 PID（比例 P、积分 I、微分 D）调节，而且不需要改变硬件，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、串级控制、自适应控制、最优控制、模糊控制等。

DDC 系统是计算机用于工业生产过程控制的一种最典型的系统，在热工、化工、机械、建材、冶金等领域已获得广泛应用。

1.1.5 监督控制系统 (SCC)

在 DDC 系统中是用计算机代替模拟调节器进行控制，对生产过程产生直接影响的被控参数给定值是预先设定的，并存入计算机的内存中，这个给定值不能根据生产工艺信息的变化及时修改，故 DDC 系统无法使生产过程处于最优工况。

在监督控制系统 SCC 中，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 DDC 计算机，模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程，从而使生产过程始终处于最优工况。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，而且还可以进行顺序控制、自适应控制及最优控制等。

监督控制系统有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。

1. SCC+模拟调节器控制系统

该系统结构形式如图 1-3 所示。

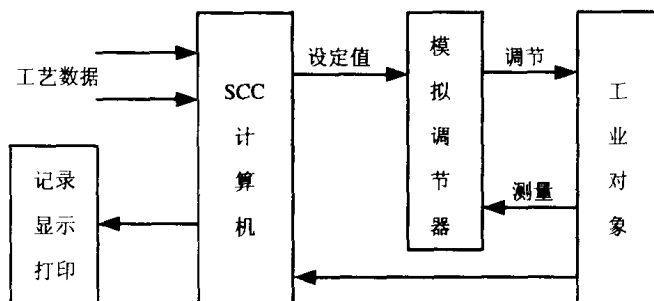


图 1-3 SCC+模拟调节器系统

在此系统中，计算机对被控对象的各物理量进行巡回检测，并按一定的数学模型计算出最佳给定值送给模拟调节器。此给定值在模拟调节器中与测量值进行比较后，其偏差值经模拟调节器计算后输出到执行机构，以达到控制生产过程的目的。这样，系统就可以根据生产工况的变化，不断地改变给定值，以实现最优控制。当 SCC 计算机出现故障时，可由模拟调节器独立完成操作。

2. SCC+DDC 控制系统

该系统结构形式如图 1-4 所示。

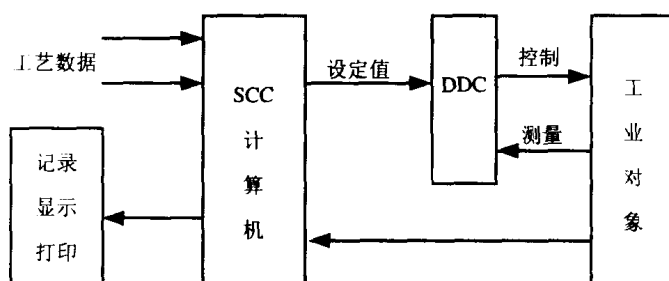


图 1-4 SCC+DDC 系统

该系统实际是一个两级计算机控制系统，一级为监督级 SCC，其作用与 SCC+模拟调节器中的 SCC 一样，用来计算出最佳给定值，送给 DDC 级计算机直接控制生产过程。SCC 与 DDC 之间通过接口进行信息联系。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。

总之，SCC 系统比 DDC 系统具有更大的优越性，它能始终使生产过程在最优状态下运行，从而避免了不同的操作者用各自的办法去调节控制器的给定值所造成的控制差异。SCC 的控制效果主要取决于数学模型，当然还要有合适的控制算法和完善的应用程序，因此对软件要求较高。用于 SCC 的计算机应有较强的计算能力和较大的内存容量以及丰富的软件系统。

1.1.6 集散控制系统（DCS）

20 世纪 80 年代，由于微处理器的出现而产生了集散控制系统（DCS），又称分布式控制

系统。它以微处理器为核心，实现地理上和功能上的控制，同时通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起来，进行集中的监视和操作，并实现复杂的控制和优化。DCS 的设计原则是分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调。

世界上许多国家，包括中国都已大批量生产各种型号的集散控制系统。虽然它们型号不同，但其结构和功能都大同小异，均是由以微处理器为核心的基本数字控制器，高速数据通道、CRT 操作站和监督计算机等组成，其结构如图 1-5 所示。

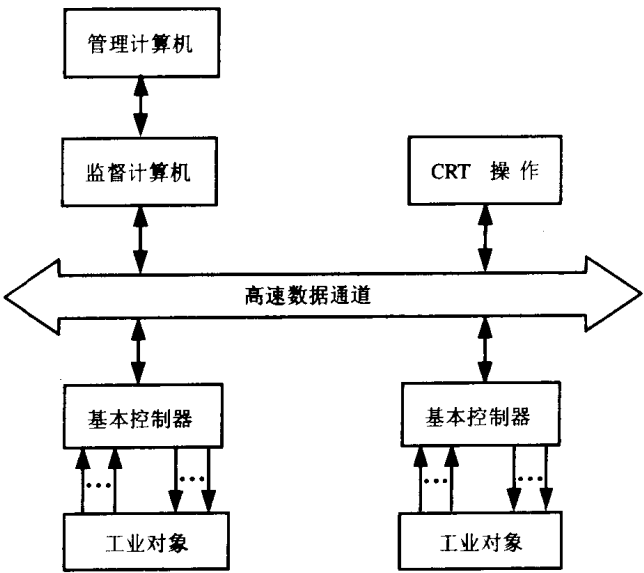


图 1-5 集散控制系统

集散控制系统较之过去的集中控制系统具有以下特点：

1. 控制分散、信息集中

采用大系统递阶控制的思想，生产过程的控制采用全分散的结构，而生产信息则全部集中并存储于数据库，利用高速数据通道或通信网络输送到有关设备。这种结构使系统的危险分散，提高了可靠性。

2. 系统模块化

在集散控制系统中，有许多不同功能的模块，如 CPU 模块、AI 和 AO 模块、DI 和 DO 模块、通信模块、CRT 模块、存储器模块等。选择不同数量和不同功能的模块可组成不同规模 and 不同要求的硬件环境。同样，系统的应用软件也采用模块化结构，用户只需借助于组态软件，即可方便地将所选硬件和软件模块连接起来组成控制系统。若要增加某些功能或扩大规模，只要在原有系统上增加一些模块，再重新组态即可。显然，这种软、硬件的模块化结构提高了系统的灵活性和可扩展性。

3. 数据通信能力较强

利用高速数据通道连接各个模块或设备，并经通道接口与局域网络相连，从而保证各设备间的信息交换及数据库和系统资源的共享。

4. 友好而丰富的人机接口

操作员可通过人机接口及时获取整个生产过程的信息，如流程画面、趋势显示、报警显示、数据表格等。同时，操作员还可以通过功能键直接改变操作量，干预生产过程、改变运