

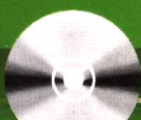


计算机测控系统

与数据采集卡应用

Jisuanji Cekong Xitong

Yu Shuju Caijika Yingyong



附赠光盘

王利强 彭月祥 宁可庆 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

计算机测控系统与数据采集卡应用

王利强 彭月祥 宁可庆 编著



机械工业出版社

随着计算机技术与数据前端处理技术的发展,计算机测控技术获得了广泛的应用。除了在控制领域外,还可作为虚拟仪器、各种实验设备的输入输出采集分析。数据采集卡在控制和教学领域得到广泛应用。本书详尽讲述了计算机测控系统、数据采集卡的结构和原理,以及数据采集的理论,并配有大量的应用实例,包括数据采集卡的 VC 编程、VB 编程、LabVIEW 编程、MATLAB 编程以及高级编程。同时还介绍了外置数据采集系统的开发设计实例。

本书理论与实践相结合,可以作为测控技术工程师的工程参考,也可以作为高校相关专业教师与学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机测控系统与数据采集卡应用/王利强,彭月祥,宁可庆编著.
—北京:机械工业出版社,2007.9
ISBN 978-7-111-22132-6

I. 计… II. ①王…②彭…③宁… III. 数据采集和控制系统
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 124285 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:付承桂 版式设计:冉晓华

责任校对:姜婷 封面设计:张静 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22 印张·541 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22132-6

ISBN 978-7-89482-374-8(光盘)

定价:47.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着计算机技术与数据前端处理技术的发展,计算机测控技术获得了广泛的应用。除了在控制领域外,还可作为虚拟仪器、各种实验设备的输入输出采集分析,计算机测控技术在大学实验室中也被广泛使用。估计目前销售的 PCI 数据 IO 卡在大学教学中就超过 50000 片,而在控制领域可能更多。许多学校已经开设了“测控技术与计算机数据采集”方面的课程,并采购数据采集卡进行教学实验。而包括电路分析、信号与系统实验、自动控制原理实验等设备基本都配置了数据采集卡。

针对目前读者的需要,编写了《计算机测控系统与数据采集卡应用》一书,本书的宗旨是实行资料开放化,把应用实例的资料展现给读者。

本书详尽讲述了计算机测控系统、数据采集卡的结构和原理,以及数据采集的理论,并配有大量的应用实例,包括数据采集卡的 VC 编程、VB 编程、LabVIEW 编程、MATLAB 编程以及高级编程。同时还介绍了外置数据采集系统的开发设计实例。

本书在讲述原理的同时,配有详尽的实际例程。例程范围广,而且通过实际调试,具有极强的应用性,适合老师以及学生应用。

本书共分 12 章,各章内容简介如下:

第 1 章主要介绍计算机测控系统的概述和发展过程,以及现代测控技术的发展趋势;

第 2 章简要介绍了微控制器和计算机总线及其 ISA 总线接口标准、PCI 总线技术和 CPCI 总线技术;

第 3 章介绍了现场总线的特点和数据采集卡的概述;

第 4 章讲解了模拟信号数字化处理中的基本理论、方法,以及 A/D 转换器,并且介绍了模拟多路开关的工作原理和主要技术指标以及程控放大器;

第 5 章介绍了数字/模拟 (D/A) 转换技术和典型的 D/A 转换器的应用;

第 6 章重点介绍了检测基础知识、采样定理及数字滤波;

第 7 章介绍了 PCI 数据采集卡的 VC 编程及应用软件开发;

第 8 章介绍了数据采集卡的 VB 实用例程;

第 9 章介绍了数据采集卡的 MATLAB 编程;

第 10 章介绍了数据采集卡的 LabVIEW 编程,并重点介绍了研华的数据采集卡以及实用例程;

第 11 章介绍了数据采集卡高级编程;

第 12 章介绍了测控系统设计原则和数据采集与控制系统的实现,以及硬件实现、软件实现和系统的调试。

天津工程师范学院王利强老师担任本书的主编,并编写了第 1~6 章内容;北京工业大学彭月祥老师编写了第 7~9 章内容;北京交通大学宁可庆老师编写了第 10~12 章内容。

本书作者具有丰富的工程经验及编程技术。本书理论与实践相结合,可以作为测控技术工程师的工程参考。

本书的出版得到了机械工业出版社吉玲和付承桂编辑的支持与帮助,对她们卓有成效的工作表示诚挚感谢。最后,感谢国家自然科学基金(No. 60671009)和天津工程师范学院科研基金(KYQD06006和KJ-JH2007001)的资助。

由于作者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者
2007年5月

目 录

前言

第 1 章 绪论 1

- 1.1 计算机测控系统概述 1
- 1.2 计算机测控系统的发展过程 4
- 1.3 现代计算机测控系统技术的发展趋势 6

第 2 章 微控制器及其总线接口技术 9

- 2.1 微控制器 9
 - 2.1.1 Intel 公司微控制器 9
 - 2.1.2 Motorola 公司微控制器 11
 - 2.1.3 TI 公司微控制器 13
 - 2.1.4 DSP 13
 - 2.1.5 ARM 微处理器 17
- 2.2 微控制器同步总线 22
 - 2.2.1 Intel8088CPU 三总线的配置 22
 - 2.2.2 MCS-51 系列及其兼容单片微控制器三总线的配置 29
 - 2.2.3 MCS-96 系列单片微控制器三总线的配置 34
- 2.3 计算机总线及其标准 39
 - 2.3.1 总线标准 40
 - 2.3.2 总线的基本操作 41
 - 2.3.3 采用总线的优点 43
- 2.4 ISA 总线接口标准 44
 - 2.4.1 ISA 总线的主要特点 44
 - 2.4.2 ISA 总线结构与信号 44
- 2.5 PCI 总线技术 46
 - 2.5.1 PCI 总线的特点 47
 - 2.5.2 PCI 总线信号的定义 49
 - 2.5.3 PCI 总线的电气规范 53
 - 2.5.4 PCI 总线连接器 54
 - 2.5.5 PCI 总线接口 54
- 2.6 CPCI 总线技术 57

- 2.6.1 Compact PCI 标准 57
- 2.6.2 Compact PCI 特性 59
- 2.6.3 Compact PCI 系统及硬件设计 61
- 2.6.4 Compact PCI 系统热插拔功能与编程 65
- 2.7 计算机接口及其技术 67
 - 2.7.1 接口类型 68
 - 2.7.2 功能和作用 68
 - 2.7.3 控制方式 69

第 3 章 现场总线应用及数据采集卡 71

- 3.1 工业现场总线的产生 71
- 3.2 现场总线的特点和优点 73
- 3.3 现场总线网络的实现与现状 75
 - 3.3.1 现场总线网络 75
 - 3.3.2 现场总线的现状 76
- 3.4 现场总线技术的发展趋势 81
- 3.5 数据采集卡概述 81
 - 3.5.1 数据采集卡选择参数浅释 81
 - 3.5.2 数据采集卡的编程使用简介 82

第 4 章 模拟量数据采集技术 85

- 4.1 ADC 概述 85
- 4.2 模拟多路开关 87
 - 4.2.1 模拟多路开关的种类 87
 - 4.2.2 多路开关的工作原理 88
 - 4.2.3 多路开关的主要技术指标 90
 - 4.2.4 多路开关的选用 90
 - 4.2.5 ADG333A 模拟多路开关 90
- 4.3 程控放大器 92
 - 4.3.1 程控同相放大器 92
 - 4.3.2 程控反相放大器 93
 - 4.3.3 仪用放大器 93
 - 4.3.4 AD526 软件可编程增益放大器 94

4.4 采样保持电路	99	第7章 数据采集卡 VC 编程	157
4.4.1 采样/保持器的基本原理	100	7.1 安装与调试	157
4.4.2 采样/保持器的基本结构	100	7.2 应用软件开发	164
4.4.3 采样/保持器的主要性能参数	102	7.2.1 动态连接库使用方法介绍	164
4.5 A/D 转换器	103	7.2.2 使用 Visual C++ 创建应用 程序	165
4.5.1 A/D 转换器的主要性能指标	103	7.2.3 使用 Visual Basic 创建应用 程序	168
4.5.2 A/D 转换器的分类	104	7.2.4 使用 Borland Delphi 创建应用 程序	170
4.5.3 高速 A/D 转换器	105	7.2.5 使用 Borland C++ 或 C++ Builder 创建应用程序	172
4.5.4 高精度 A/D 转换器 —— $\Sigma\Delta$ -型 ADC	109	7.3 应用软件触发方式进行数据 采集 (ADSOFT)	174
4.5.5 A/D 转换器与计算机的接口 技术	113	7.4 应用中断方式进行数据 采集 (ADINT)	185
4.5.6 PC 系统的中断方式系统设计	115	7.5 应用 DMA 方式进行数据 采集 (ADDMA)	197
4.5.7 ADS774 12 位 A/D 转换器 芯片	116	第8章 数据采集卡 VB 编程	209
第5章 数字/模拟转换技术	120	8.1 Visual Basic 的发展	209
5.1 数字/模拟转换基本原理	120	8.2 安装和运行 Visual Basic 6.0	209
5.2 D/A 转换器的性能指标	120	8.3 Visual Basic 6.0 的集成开发 环境	210
5.3 典型的 D/A 转换器应用	121	8.4 数据采集卡的测试	213
5.3.1 DAC0832 应用	121	8.5 数据采集卡 VB 例程	221
5.3.2 DAC1208 12 位 D/A 转换器	124	8.5.1 数字输出功能	221
5.3.3 DAC7624 4 路 12 位并行 D/A 转换器	127	8.5.2 数字输入功能	224
5.3.4 DAC7614 4 路 12 位串行 D/A 转换器	130	8.5.3 数模转换功能	226
第6章 数据采集信号处理技术	134	8.5.4 模数转换功能	228
6.1 信号检测基础知识	134	8.6 应用实例	231
6.1.1 微弱信号检测的概念	134	第9章 数据采集卡 MATLAB 编程	237
6.1.2 噪声及其抑制方法概述	134	9.1 MATLAB 的概况	237
6.1.3 微弱信号检测方法概述	136	9.1.1 MATLAB 的发展及应用	237
6.1.4 采样积分器原理	137	9.1.2 MATLAB 的语言特点	238
6.2 采样定理与采样方式	141	9.2 MATLAB 数据采集工具箱	239
6.2.1 采样过程概述	141	9.2.1 数据采集工具箱组件	239
6.2.2 采样定理	142		
6.2.3 采样定理的几种基本形式	144		
6.2.4 采样方式	146		
6.2.5 量化与量化误差	147		
6.2.6 编码	150		
6.3 数字滤波	153		

9.2.2 检查数据采集工具箱信息	240	模拟量输入的例程)	298
9.3 数据采集工具箱函数	242	11.7 MAIEXP (扩展的多通道 模拟量输入例程, 软件 触发)	299
9.4 数据采集输入设备对象属性	245	11.8 ALARM (报警例程)	300
9.5 MATLAB 数据采集步骤	246	11.9 DIGOUT (数字量输出)	300
9.6 创建虚拟示波器	247	11.10 COUNTER (计数程序)	301
9.6.1 基于 MATLAB 的虚拟示波器 ...	247	11.11 QCOUNTER (计数 程序)	302
9.6.2 创建图形用户界面	248	11.12 DIGIN (数字量输入 例程)	302
9.6.3 代码分析	253	11.13 PULSE (脉冲输出例程) ...	303
9.6.4 代码编辑	255	11.14 PWM (宽度可调的脉冲 输出)	303
9.6.5 程序测试	260	11.15 PWMIN (输入脉冲宽度 测量)	304
第 10 章 数据采集卡 LabVIEW		11.16 MALINTF (多通道中断 采集例程)	304
编程	262	11.17 CDADINT (看门狗中断 数据传输例程)	305
10.1 LabVIEW 简介	262	11.18 BDADDMA (总线控制 DMA 方式传输)	307
10.1.1 LabVIEW 的基本特点	262	11.19 WDADMA (总线控制 DMA 方式模拟波形 输出)	309
10.1.2 LabVIEW 的具体功能	264	11.20 THERMO (热电偶数 据采集)	310
10.1.3 LabVIEW 在数据采集领域的 应用	272	11.21 FDIGIN (中断事件数字量 输入例程)	311
10.1.4 LabVIEW 面向对象编程的具体 实现方法	274	11.22 CSYNCAO (同步/异步 电流输出)	311
10.1.5 LabVIEW 的调试环境	277	11.23 DiginEx (使用扩展板的 数字量输入例程)	312
10.2 研华 LabVIEW 驱动程序的 安装	279	11.24 CommPort (串行口通信 测试例程)	314
10.3 LabVIEW 下使用研华的数据 采集卡	279	11.25 PortIO (端口输入输出 例程)	315
10.4 显示并存储数据采集结果	284	第 12 章 计算机测控系统实例	317
10.5 数据采集例程	286	12.1 测控系统设计原则	317
第 11 章 数据采集卡高级编程	293		
11.1 ADSOFT/ADTRIG (用软件 触发方式进行数据采集的 例程)	293		
11.2 ADDMA (用 DMA 方式进行 数据采集的例程)	293		
11.3 ADINTF (用中断方式进行 数据采集的例程)	295		
11.4 DAINTE (中断方式模拟量 输出)	296		
11.5 DADMA (DMA 方式模拟 量输出)	297		
11.6 AIEXP (使用扩展板进行			

12.1.1 任务确定	317	12.3.6 PWM 输出部分的实现	326
12.1.2 主机选型	317	12.4 软件实现	326
12.1.3 确定控制算法	318	12.4.1 PID 部分的实现	326
12.1.4 总体方案设计	318	12.4.2 系统计数部分的下位机程序	328
12.1.5 硬件设计	319	12.4.3 系统中 PWM 部分的下位机 程序	329
12.1.6 软件设计	319	12.4.4 采用数字滤波消除随机干扰	330
12.2 数据采集与控制系统的 实现	320	12.5 系统的调试	331
12.2.1 总体方案	320	12.5.1 开发工具	331
12.2.2 采用 AD μ C8XX 芯片进行 数据采集系统设计的原理	321	12.5.2 单片机开发环境	333
12.2.3 串行口通信部分的实现	322	12.5.3 系统调试	334
12.3 硬件实现	324	12.5.4 系统的完整上位机程序及 界面的设计	336
12.3.1 对 AD μ C812 芯片的概述	324	12.5.5 下位机功能调试	337
12.3.2 电路的设计	325	12.5.6 上位机与下位机通信功能的 调试	338
12.3.3 A/D 及 D/A 转换的实现	325	12.5.7 现场调试结果	338
12.3.4 数字量的输入	326		
12.3.5 计数部分的实现	326	参考文献	341

第 1 章 绪 论

计算机自动测量和控制 (Computer Automated Measurement and Control) 系统 (简称测控系统), 以及基于计算机的控制 (PC-Based Control) 系统已经成为一门新兴的技术。它是自动控制技术、计算机科学、微电子学和通信技术有机结合、综合发展的产物。

测量和控制系统包含的内容十分广泛, 它包括各种数据采集和处理系统、自动测量系统、生产过程控制系统、导弹与卫星的检测及发射控制系统等, 广泛用于航空、航天、核科学研究、工厂自动化、实验室自动测量和控制, 以及办公自动化、商业自动化、家庭自动化等人类活动的各个领域。

测控系统用于信号量测、工业过程数据采集与控制、运动控制、通信控制等, 包括工业电脑平台、采集或输出模块、功能卡和应用软件。通过基于某种总线的通信方式, 把 AI/AO 以及 DI/DO 的模块或各种功能卡连接到电脑平台, 然后编写软件, 形成功能强大的数据采集系统以及闭环控制系统。

由于计算机技术和总线通信技术的高速发展, 无论是测量系统, 还是闭环控制系统, 其可靠性极大增加而成本却大大降低。PC-Based 控制技术已经成为测控系统的潮流, 并获得了极大的发展空间。小的系统如几块采集卡或功能卡, 大的系统如 DCS, 已经处处可见, 它们都是基于通用计算机技术。而自动测试系统 (Auto Test System, ATS) 也依赖于计算机技术获得了巨大的发展。

当然 PC-Based 控制技术不是完全把 X86 家用计算机系统直接使用, 测控系统采用了坚固的工业电脑平台, 基于 Windows NT 内核的操作系统, 甚至是基于 QNX、VxWork、uLinux 等嵌入式操作系统。几个非常适合于测控系统工程师编程的软件技术或平台, 例如 ActiveX、COM、LabVIEW、CVI、MATLAB、Delphi、VB 等。

当前 PC-Based 控制技术向更快速、更精确的测控方向发展。核心技术包括:

- 1) 低功耗、宽温度的 CPU, 包括专用于嵌入式系统的处理器, 例如 ARM 微处理器。
- 2) 高速通信技术, 大大提高总线大吞吐量高速传输能力, 例如基于 800MHz 的 PCI 前端总线, 以及 500Mbit/s 的高速 USB 技术。
- 3) Compact PCI, 提供热拔插、双备份、紧固式安装。
- 4) 高速采集技术, 提供同步采集、精确信号触发与同步信号、大吞吐量高速传输。
- 5) 与传统测试仪器联网, 如 GPIB、RS-485 等。
- 6) 易于使用的编程方式, 提供虚拟仪器编程、控件、组态式开发。
- 7) 易于使用和调试。

1.1 计算机测控系统概述

以计算机为中心的测控系统, 采用数据采集与传感器相结合的方式, 能最大限度地完成测试工作的全过程。它既能实现对信号的检测, 又能对所获信号进行分析处理求得有用

信息。

图 1-1 是一般生产过程控制系统的示意图。计算机测控系统借助传感器从生产过程中收集信息,对生产过程进行监视并提供控制信号。被收集的信息在不同层次上进行分析计算,得出对生产装置提供的调节量,完成自动控制,或者为生产管理人员、工程师和操作员提供所需要的信息。

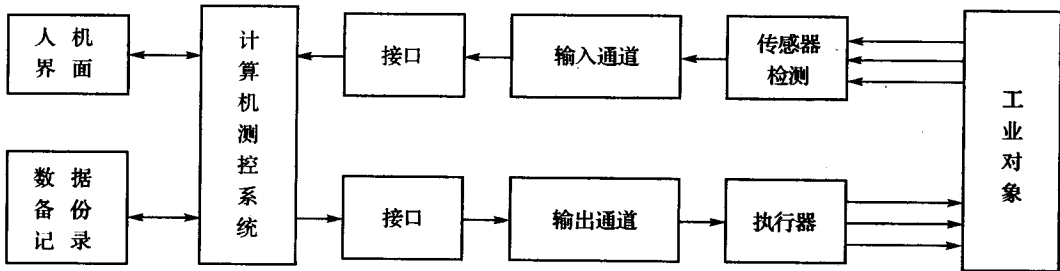


图 1-1 一般生产过程控制系统示意图

由此可以看出,计算机测控系统应当完成下列任务:

1. 测量

生产装置的工作情况是由传感器进行监视的,传感器产生与被测物理量(如温度、压力、流量、液位等)成正比的电信号。被测物理量可以是各种非电气参量,也可以是电气参量。如电力输电线路高电压电网,可通过电压互感器将电网高电压变为 100V 电压,通过电流互感器将电网大电流变为 5A 电流,之后仍需采用电压、电流传感器或变送器再将 100V 电压及 5A 电流分别转换成 5V 低电压、小电流送入数据采集卡(板)中的 A/D 转换器。

传感器信号被接收到计算机系统的接口之后,首先要转换成一种标准形式,通常是把传感器的 0~100% 量程转换成 4~20mA 电流或 1~5V 电压。有时对热电偶或热电阻的温度测量值也采用其它标准形式。

另一类测量值是关于被控过程的状态信息。例如,阀门是否关闭?容器是否注满?泵是否打开?这些信息是以开关量的形式提供给计算机的,如通过继电器触点的开闭或 TTL 电平的变化来表示。

来自传感器的输出信号通常是含有干扰噪声的微弱信号。因此,传感器后面配接的信号调理电路的基本作用有两个:一是放大,将信号放大到与数据采集卡(板)中的 A/D 转换器相适配;二是预滤波,抑制干扰噪声信号的高频分量,将频带压缩以降低采样频率,避免产生混淆。如果信号调理电路输出的是规范化的标准信号,即 4~20mA 电流信号,则称这种信号调理电路为变送器。此外,根据需要还可进行信号隔离与变换等。

变送后的信号送到数据采集卡(板)中,该卡(板)的主要功能有三个:一是由衰减器和增益可控放大器进行量程自动变换;二是由多路切换开关完成对多点多通道信号的分时采样,时间连续信号 $x(t)$ 经过采样后变为离散时间序列 $x(n)$ ($n = 0, 1, 2, \dots$);三是将信号的采样值由 A/D 转换器转换为幅值离散化的数字量,或由 V/F 转换器转换为脉冲频率以适应计算机工作。

计算机是系统的神经中枢,它使整个测量系统成为一个智能化的有机整体,在软件引导下按预定的程序自动进行信号采集与存储,自动进行数据的运算分析与处理,以适当形式输出、显示或记录测量结果。

计算机也可通过串行或并行通信口直接接收数字量信息。目前,很多传感器(例如某些分析仪表)都带有微处理器,可以直接给出数字量信息。

在工作过程中,计算机周期地对被测信号进行扫描,把电信号通过 A/D 转换转变成等效的数字量。有时,对输入信号还必须进行线性化处理,对某些流量传感器的测量值要进行平方根处理,对热电偶产生的电压值要进行多项式处理。

为了检查生产装置是否处于安全工作状态,对大多数测量值还必须检查是否超过上、下限,如果超过,则应发出越限报警信号。越限报警是过程控制计算机的一项重要任务。

图 1-1 所示的基本形式的测控系统是目前以计算机为中心的测量与控制系统的主要形式。还需特别指出的是,随着微电子技术的发展,将传感器与信号调理电路集成为一体化的芯片已经实现,甚至将传感器、信号调理电路、数据采集以及微计算机或微处理器全部系统集成在一块芯片的产品也已面世,因此,传感器与仪器的界线正在消失。

2. 执行机构的驱动

对生产装置的控制通常是通过阀门或伺服机构等执行机构进行调节,对泵和电动机进行控制来达到的。计算机可以产生一串脉冲去驱动执行机构达到所需要的位置,可以通过继电器触点闭合或产生某个电平的跳变去起动或停止某个电动机,也可通过数字/模拟转换(DAC)产生一个正比于某设定值的电压或电流去驱动执行机构。执行机构在收到控制信号之后,通常还要反馈一个测量信号给计算机,以便检查控制命令是否被执行。

3. 控制

利用计算机测控系统可以方便地实现各种控制方案。在工业过程控制系统中,常用的控制方案有三种类型:直接数字控制(DDC)、监督控制(SPC)和集散控制系统(DCS)。大多数生产过程的控制需要其中一种或几种控制方案的组合。

4. 人机界面

计算机控制系统必须为操作员提供关于被控过程和控制系统本身运行情况的全部信息,为操作员直观地进行操作提供各种手段,例如改变设定值、手动调节各种执行机构、在发生报警的情况下进行处理等。因此,它应当能显示各种信息和画面,打印各种记录,通过专用键盘对被控过程进行操作等。

此外,计算机控制系统还必须为管理人员和工程师提供各种信息,例如生产装置每天的工作记录以及历史情况的记录、各种分析报表等,以便掌握生产过程的状态和作出改进生产状况的各种决策。

5. 通信

现今的工业过程控制系统一般都采用分级分散式结构,即由多台计算机组成计算机网络,共同完成上述的各种任务。因此,各级计算机之间必须能按时地交换信息。此外,有时生产过程控制系统还需要与其它计算机系统(例如全厂的综合信息管理系统)进行数据通信。

在一个典型的广泛用于现代化工业生产中的分级分散式计算机控制系统中,第 1 级完成全部的现场测量和对执行器的驱动任务;第 2 级完成 DDC 计算;第 3 级完成顺序控制计算任务;第 4 级作为人机界面,完成与操作员之间的通信;第 5 级完成监督控制计算任务;第 6 级实现与其它计算机系统的通信。当然,各级之间的界限并不需要严格划分,例如第 2 级 DDC 也可实现某些顺序控制任务,或直接与现场的生产装置连接。每个处理单元都包含 1

台微机，各台微机通过串行通信链路连接起来形成一个分级分散式结构，可覆盖很宽的范围，一般距离可达数千米。

1.2 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。但测控系统发展到计算机测控系统经历了一个较长的过程。

1. 非计算机仪表

首先是基地式仪表。在 20 世纪 50 年代以前，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，只是具备简单测控功能的基地式气动仪表。20 世纪 60 年代，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情况，可以把各单元仪表的信号按需要组合成一个复杂测控系统。这些单元仪表都不是基于计算机或微处理器的。

2. 数据采集系统

在 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 1-2 所示。

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累积和实时分析。这种应用方式中，计算机不直接参与过程控制，对生产过程不直接产生影响，但其作用还是较为明显。由于计算机速度快、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。

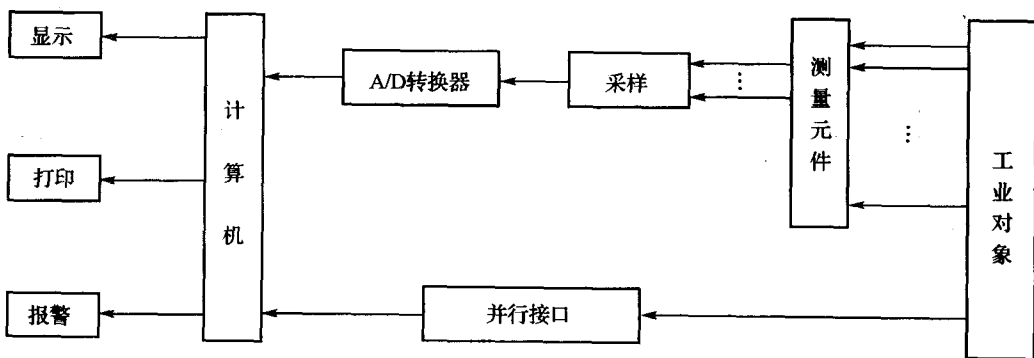


图 1-2 数据采集系统

3. 直接数字控制（DDC）系统

DDC 系统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。

由于计算机具有强大的运算处理能力，使得 DDC 系统具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 系统不仅可以取代模拟调节器，实现多回路的 PID 调节，而且不需要改变硬件，只通过改变程序就能有效实现较复杂的控制，例如前馈控制、串级控制、自适应控制、最优控制、模糊控制等。

4. 集散控制系统 (DCS)

计算机技术的发展，使得 DCS 成为可能。它以高速微处理器为核心，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。而各个工业对象单元由基本控制器进行控制，使得控制更加及时、快速、有效。如果上层控制器出现了故障，下层控制器也能担当控制任务。其结构如图 1-3 所示。

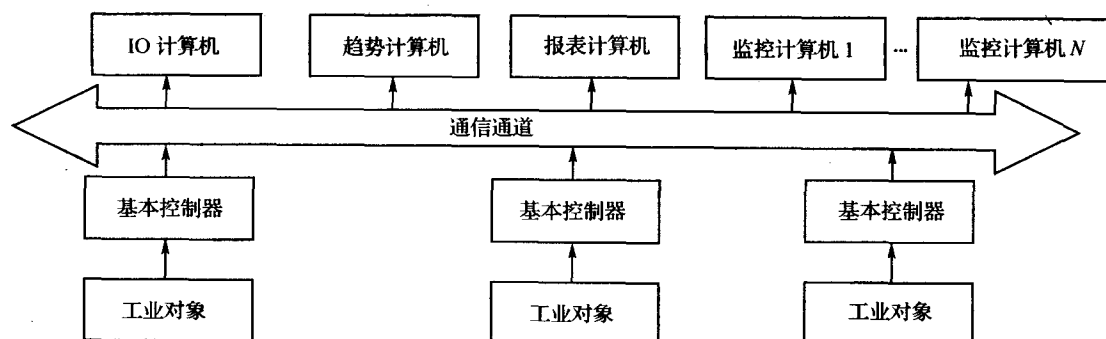


图 1-3 集散控制系统 (DCS)

通信通道可以是双冗余以太网，也可以是 Profibus 等现场总线。监控计算机（或称为监控站）可以有多个。其它设备包括打印机等。

5. 现场总线控制系统 (FCS)

20 世纪 80 年代发展起来的 DCS 基本采用“操作站-控制站-现场仪表”的结构模式，系统成本较高，况且各厂家生产的 DCS 标准不同，不能互连，给用户带来了极大的不方便和使用维护成本的增加。

现场总线控制系统 (Field Control System, FCS) 采用了“工作站-现场总线-智能仪表”的方式。其结构如图 1-4 所示。该系统降低了系统总成本，提高了可靠性，且在统一的国际

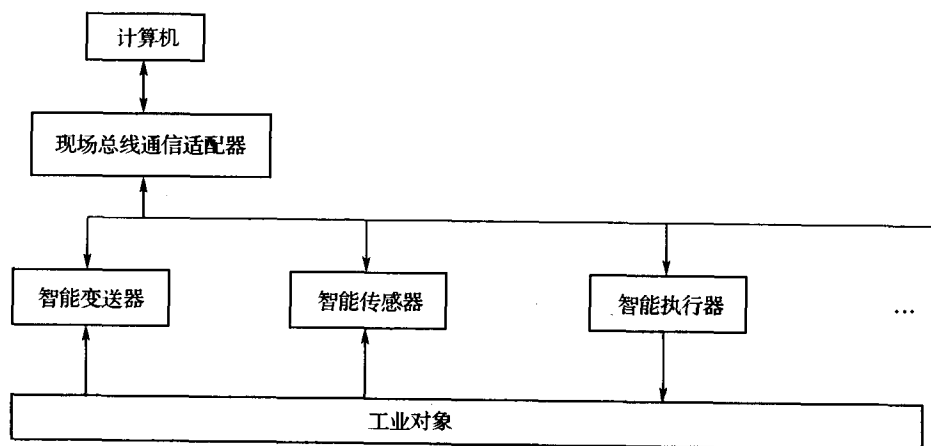


图 1-4 现场总线控制系统 (FCS)

标准下可实现真正意义的开放式互连系统结构。新的 DCS 大多数也采用了现场总线的方式,以提高系统的可靠性、开放性。

6. 工业过程计算机集成制造系统 (CIMS)

随着工业生产过程规模的日益复杂和大型化,现代化工业要求计算机系统不仅要完成直接面向过程的控制和优化任务,而且要在获取生产全部过程尽可能多的信息基础上,进行整个系统过程的综合管理、指挥调度和经营管理。由于自动化技术、计算机技术、数据通信等技术的发展,已完全可以满足上述要求,能实现这些功能的系统称为计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacture System, CIMS)。当 CIMS 用于工业流程时,简称为流程 CIMS 或 CIPS。工业过程计算机集成制造系统按其功能可以自下而上地分成若干层,如基础过程层、过程监控层、生产调度层、企业管理层和经营决策层等,其结构如图 1-5 所示。

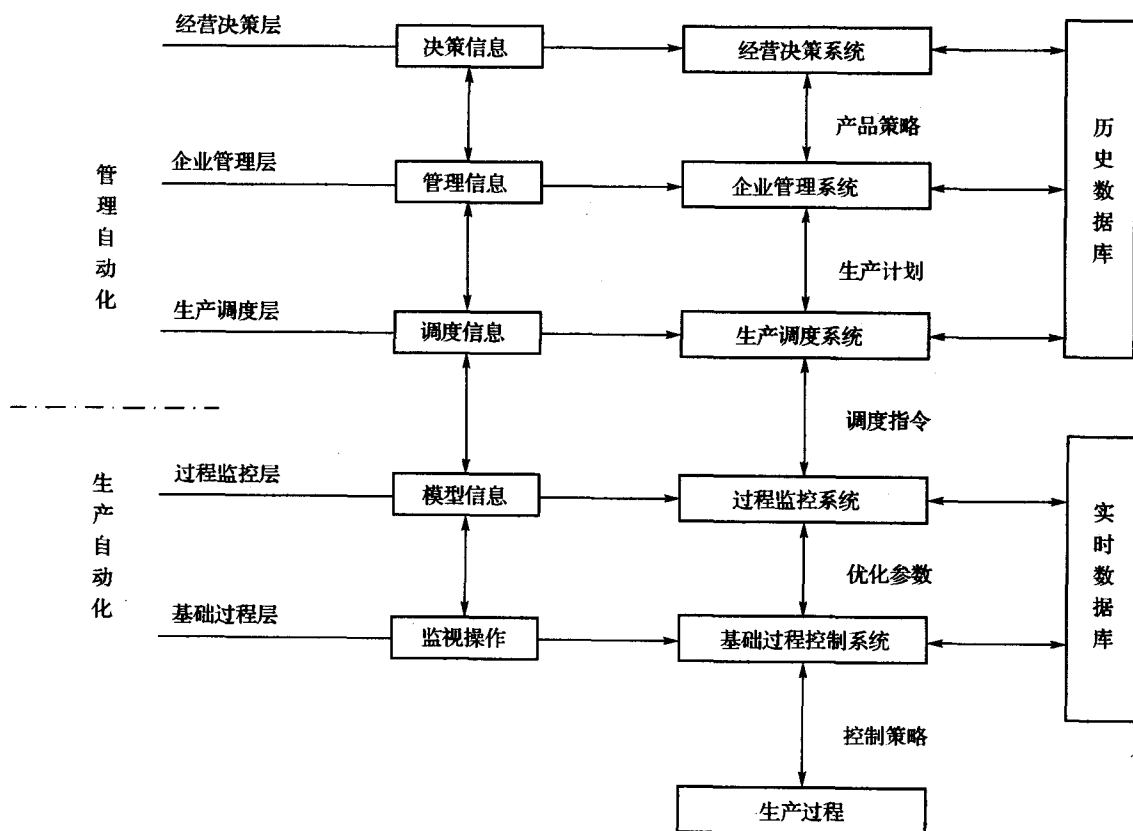


图 1-5 工业过程计算机集成制造系统 (CIMS)

1.3 现代计算机测控系统技术的发展趋势

计算机测控系统诞生于 20 世纪 60 年代,它的出现使人类的工作和生活环境发生了深刻的变化。以工厂自动化为例,计算机在工业生产过程中的应用最先始于 20 世纪 60 年代初期,首先是用于化学工业生产过程的自动控制,但那时只是用计算机实现了简单的程序控

制。20 世纪 70 年代以后,随着微处理器的出现和大量应用,工业生产过程控制的概念已经发生了很大的变化。今天,计算机已经大量进入各个工业部门,承担着生产过程的控制、监督和管理等任务。在工厂的控制室里,操作人员可以通过显示终端对生产过程进行监督和操纵,键盘和显示屏幕代替了庞大的控制仪表盘以及大量的开关和按钮,控制室已变得越来越小,只需很少几个人就能完成对生产过程进行监督和操纵的任务。计算机可以实现复杂的数学分析计算,以便对生产过程实行更有效的控制。管理人员和工程师可以通过计算机测控系统获取大量的有关生产装置工作状态的信息和分析计算的结果,以便及时做出正确的决策,使生产装置更有效地发挥效能。又如,在航空和航天领域中,计算机测控系统已经代替了大量的测试仪器,担负着实验室、导弹总装厂和发射场的各种测试及发射控制任务,使得测试和发射准备时间大大缩短,操作人员和特种车辆大量减少。发射场的指挥员在控制室或指挥车里就可观察到导弹或卫星各系统的工作情况和各种参数,以便做出正确的判断,对发射过程进行有效的控制。

随着微电子技术、计算机技术及数字信号处理(DSP)等先进技术在测试技术中的应用,就共性及基础技术而言,现代电测技术在集成仪器、测试系统的体系结构、测试软件、人工智能测试技术等方面有了长足发展,我们着重说明下述几个方面。

1. 集成仪器概念

仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念。从虚拟仪器、卡式仪器、VXI 总线仪器直至集成仪器概念,至今还未有正式的定义。一般来说,将具有测量功能的模块或仪器卡插入计算机系统总线的空槽中,利用软件在屏幕上生成虚拟面板,在软件引导下进行信号采集、运算、分析、输出和处理,实现仪器功能并完成测试和控制的全过程,就是所谓的虚拟仪器。即由数据采集卡、计算机、输出及显示器这种结构模式组成仪器通用硬件平台,在此平台基础上调用测试与控制软件完成某种功能的测控任务,便构成该种功能的测量或控制仪器,成为具有虚拟面板的虚拟仪器。在同一平台上,调用不同的测控软件就可构成不同功能的虚拟仪器,故可方便地将多种测控功能集于一体,实现多功能集成仪器,因此,出现了“软件就是仪器”的概念。如对采集的数据通过测试软件进行标定和数据点的显示,就构成一台数字存储示波器;若对采集的数据利用软件进行 FFT 变换,则构成一台频谱分析仪。

2. 测试软件

在测试平台上,调用不同的测试软件就构成不同功能的仪器,因此软件在系统中占有十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统的硬件越来越简化,软件越来越复杂;集成电路器件的价格逐年大幅下降,而软件成本费用则大幅上升。测试软件不论对大的测试系统还是单台仪器子系统都是十分重要的,而且是未来发展和竞争的焦点。有专家预言:“在测试平台上,下一次大变革就是软件。”信号分析与处理要求的特征值,如峰值、有效值、均值、方均根值、方差、标准差等,若用硬件电路来获取,其电路是极为复杂的,若要获得多个特征值,电路系统则很庞大。而另一些数据特征值,如相关函数、频谱、概率密度函数等则是不可能用一般硬件电路来获取的,即使是具有微处理器的智能化仪器,如频谱分析仪、传递函数分析仪等(其价格极其昂贵,是“贵族式”仪器)。而在测试平台上,信号数据特征的定义式用软件编程很容易实现,从而使得那些只能是“贵族式”分析仪器才具有的信号分析与测量功能得以在一般工程测量中实现,使得信号分析与处理技术能够广泛普

及地为工程生产实践服务。

软件技术对于计算机测试系统的重要性,表明了计算机技术在现代测试系统中的重要地位。但不能认为,掌握了计算机技术就等于掌握了测试技术。这是因为:其一,计算机软件永远不可能全部取代测试系统的硬件;其二,不懂得测试系统的基本原理就不可能正确地组建测试系统,不可能正确应用计算机。一个专门的程序设计者,可以熟练而又巧妙地编制科学算题的程序,但若不懂测试技术则根本无法编制测试程序。测试程序是专业程序编制人员无法编写的,而必须且只能由精通测试技术的工程人员来编写。因此,现代测试技术既要求测试人员熟练掌握计算机应用技术,更要深入掌握测试技术的基本理论。

因此,通用集成仪器平台的构成技术与数据采集、数字信号分析处理的软件技术是决定现代测试仪器、系统性能与功能的两大关键技术。以虚拟/集成仪器为代表的现代测试仪器、系统与传统测试仪器相比较的最大特点是:用户在集成仪器平台上根据自己的要求开发相应的应用软件,就能构成自己需要的实用仪器和实用测控系统,其仪器的功能不限于厂家的规定。因此,学习、了解计算机测控原理是非常必要的。

3. 新型控制系统

广泛使用智能调节器,不仅可以接收 4~20mA 等多种电流信号,还具有 RS-232 或 RS-485 通信接口,可与上位机一起组成分布式测控网络,进行实时监控和控制策略的改变。智能调节器还提供多种控制策略。

发展以现场总线技术等先进网络通信技术为基础的 DCS 和 FCS 控制结构,采用先进的控制策略,向低成本综合自动化系统的方向发展,实现计算机集成制造系统(CIMS)。

4. 先进控制策略

在生产过程中,为了提高产品的质量和产量、节约原材料、降低成本,常会要求生产过程中处于最佳工作状态。最优控制就是恰当地选择控制规律,在控制系统的工作条件不变以及某些物理条件的限制下,使得系统的某种性能指标取得最大值或最小值,即获得最好的经济效益。

在最优控制系统中,当被控对象的工作条件发生变化时,就不再是最优状态了。若系统本身工作条件变化的情况下,能自动地改变控制规律,使系统仍能处于最佳工作状态,其性能指标仍能取得最佳,这就是自适应控制。自适应控制包括性能估计(系统辨识)、决策和修改三部分。