

普通高等教育规划教材

微机检测与控制 应用系统设计

Computer-based Measurement and Control System Design

余祖俊 史红梅 朱力强 郭保青 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

微机检测与控制应用系统设计

余祖俊 史红梅 朱力强 郭保青 编 著



机械工业出版社

本书从微机测控系统工程应用设计角度出发,着重介绍了传感器技术、微处理器技术、输入输出通道技术、总线接口技术、通信技术、数据存储与转储技术、抗干扰技术等方面的理论及其最新技术发展和工程设计方法,并介绍了大量的软硬件应用实例。

全书共分10章,内容包括:测控系统常测参数及测试方法、微机检测与控制系统的微处理器技术、输入通道信号放大技术、通道配置技术、输出通道配置技术、信号隔离技术、电机驱动技术、各种总线接口技术、并行及串行通信技术、数据存储介质与转储技术、微机系统抗干扰设计等。

本书可作为相关专业的本科生和研究生教学用书。同时,书中列举了大量作者科研成果中成熟的硬件接口实例和软件源程序,可作为科研人员和工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

微机检测与控制应用系统设计/余祖俊等编著. —北京:机械工业出版社, 2011.2

普通高等教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 33207 - 7

I. ①微… II. ①余… III. ①微型计算机—计算机控制系统—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 012755 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:于苏华 责任编辑:于苏华

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23.25 印张 · 574 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 33207 - 7

定价: 46.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心 : (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部 : (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部 : (010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线: (010)88379203

前 言

随着电子技术和微机的迅速发展,微型计算机检测与控制技术(简称微机测控技术)得到了快速发展和广泛应用。微机检测与控制系统的應用已渗透到国民经济的各个部门,在工业控制系统、数据采集系统、自动测试系统、智能仪器仪表、遥感遥测、通信设备、机器人、高档家电中得到了广泛的应用。微机测控技术的开发和应用水平已逐步成为代表一个国家工业发展水平的标志之一。

本书介绍了微机测控系统的基本构成和发展趋势,以及计算机和单片机的最新发展和应用。书中系统阐述了微机测控技术,并列举了大量最新器件和软件技术以及应用实例,内容包括:微机测控系统的主要设计内容及发展趋势;测控系统中主要检测参数及传感器;微机检测与控制系统微处理器(Intel 51 及 96 系列单片机、DSP、ARM、FPGA);微机测控系统中信号调理和前向通道配置技术;微机测控系统后向通道输出驱动技术;总线接口技术(含 SPI、I²C、1-Wire 单总线、ISA、PCI、GPIB、PXI、VXI 等);通信技术(含 USB、RS232、CAN、LonWorks 现场控制总线网络、ZigBee、GPRS 无线通信技术);数据记录及转储技术(含 IC 卡技术等);微机检测与控制系统抗干扰技术(含型式试验、电磁兼容等)以及微机检测与控制系统应用实例等。

作者多年来一直从事相关领域的科研工作,并承担了相关课程的本科生和研究生的教学任务,因缺乏十分合适的教材,结合最新技术资料 and 作者多年来的科研成果,特编写此书,便于相关专业的教学。同时,书中列举了大量作者科研成果中成熟的硬件接口实例和软件源程序,可作为科研人员和工程技术人员的参考资料。

本书是在 2001 年版的基础上修订而成,与 2001 年版相比,在内容上有了大量增加,同时对原有内容进行了删减和整合,主要修订内容有:第 2 章增加了倾角传感器、位移传感器和激光测距传感器;第 3 章整章进行了修改,章名更改为微机测控系统处理器,增加了数字信号处理器 DSP、嵌入式处理器 ARM、现场可编程门阵列 FPGA;第 5 章输出通道技术的步进电动机控制技术、直流伺服电机、串行微型打印机进行了修改,增加了新内容;对第 6~8 章进行了整合,同时增加了新内容;第 9 章增加了 USB 数据转储技术;同时增加了最后一章微机检测与控制系统应用实例。

本书第 1 章、第 3 章、第 4 章由余祖俊编写;第 2 章、第 9 章由史红梅编写;第 6 章、第 7 章由朱力强编写;第 5 章、第 8 章、第 10 章由郭保青编写。在本书编写过程中,博士生许西宁、王尧以及其他研究生也参与了编写、校对及资料查找工作,同时参阅了大量文献资料,在此一并表示深深的谢意。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中存在缺点、错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 概论	1
1.1 引论	1
1.1.1 智能机电一体化	1
1.1.2 测控仪器仪表	3
1.2 微机测控应用系统设计的主要内容	6
1.2.1 微机测控系统的结构	6
1.2.2 微机测控系统的设计	7
1.3 微机测控系统的发展	8
1.3.1 集中型测控系统	8
1.3.2 分布式测控系统	9
1.3.3 集散控制系统	9
1.3.4 现场总线测控系统	10
习题与思考题	11

第2章 微机测控系统主要检测参数及传感器	12
2.1 微机测控系统中主要检测参数	12
2.2 传感器技术	13
2.2.1 温度传感器	13
2.2.2 压力传感器	18
2.2.3 转速及线速度传感器	19
2.2.4 振动传感器	23
2.2.5 烟度(气敏)传感器	24
2.2.6 光电(明火)传感器	24
2.2.7 电流、电压传感器	24
2.2.8 流量传感器	26
2.2.9 CCD图像传感器	27
2.2.10 倾角传感器	27
2.2.11 位移传感器	28
2.2.12 激光测距传感器	30
习题与思考题	31

第3章 微机检测与控制系统微处理器	32
3.1 Intel 51 系列及 96 系列单片机	32
3.1.1 MCS-51 系列单片机	32
3.1.2 MCS-96 系列单片机	37
3.2 数字信号处理器 DSP	48
3.2.1 DSP 特殊功能与特点	48
3.2.2 DSP 内部结构	52
3.3 嵌入式微处理器 ARM	53
3.3.1 RICS 体系结构	54
3.3.2 ARM 处理器系列	55
3.3.3 ARM7 体系结构	55
3.4 现场可编程门阵列	63
3.4.1 FPGA 结构	63
3.4.2 FPGA 设计方法简介	66
习题与思考题	68

第4章 输入通道技术	69
4.1 电阻变化信号提取技术	69
4.1.1 恒流供电检测技术	69
4.1.2 电桥法检测技术	70
4.2 电压信号放大技术	70
4.2.1 基本电路及理想特征	70
4.2.2 常用运算放大器	71
4.2.3 仪表放大器	71
4.2.4 增益可编程控制集成运算放大器	72
4.2.5 AD620 低价格、低功耗仪器用放大器	72
4.3 输入通道配置技术	73
4.3.1 输入通道的基本形式	73
4.3.2 信号隔离技术	73
4.3.3 多路切换技术	75
4.3.4 多路信号采集系统应用举例	76
4.3.5 V/F、F/V 变换技术	76
4.3.6 A/D 变换技术	78

4.3.7 开关量输入的 CPU 接口	86	5.6.4 基于 PC 的 ISD 语音开发 装置简介	144
4.3.8 MCS-96 系列单片机 HSI 中断子程序 和 A/D 变换子程序	88	5.6.5 ISD 语音芯片的应用	145
4.3.9 单总线 4 通道 A/D 变换器 DS2450	89	5.7 步进电动机控制技术	146
4.3.10 键盘输入技术和触摸屏技术	99	5.7.1 步进电动机的工作原理	147
4.4 单片机采集系统举例	103	5.7.2 步进电动机的方向控制	147
4.4.1 单片机对频率量的采集	103	5.7.3 步进电动机控制的软件设计	148
4.4.2 单片机对于多路模拟量的 循环采集	106	5.7.4 步进电动机的特点	149
4.5 实时时钟技术	106	5.7.5 步进电动机的驱动	150
4.5.1 RAM 插座 DS1216B	106	5.8 直流伺服电动机	155
4.5.2 实时时钟集成电路 DS1287 和 DS12887	110	5.8.1 直流伺服电动机运行特性	155
4.5.3 微电流充电式实时时钟芯片 DS1302	114	5.8.2 直流伺服电动机接口	156
习题与思考题	119	5.8.3 与执行机构配用的接口 集成电路	156
第 5 章 输出通道技术	120	5.9 微型打印机	156
5.1 输出通道基本结构	120	5.9.1 TPup-40T 串行微型打印机	156
5.2 输出接口隔离技术	120	5.9.2 RD-T 系列微型打印机	158
5.2.1 正向驱动	120	5.10 水阻极板控制输出电路实例	162
5.2.2 反向驱动 (输出为 OC 门)	121	习题与思考题	164
5.3 继电器输出驱动技术	122	第 6 章 总线接口技术	165
5.3.1 电流和电压继电器	122	6.1 总线的接口概述	165
5.3.2 时间继电器	122	6.1.1 总线的分类	165
5.3.3 热 (温度) 继电器	123	6.1.2 总线功能	166
5.3.4 固态继电器	123	6.1.3 总线握手	166
5.3.5 晶闸管	126	6.1.4 总线约定或协议	167
5.3.6 继电器选用及驱动电路设计	126	6.1.5 同步总线传输与非同步 总线传输	167
5.4 输出显示技术	128	6.2 串行总线接口技术	171
5.4.1 LED 数码管定义及扫描方式	128	6.2.1 SPI 总线技术	171
5.4.2 LED 显示器驱动实例	129	6.2.2 I ² C 总线技术	177
5.4.3 FYD12864 液晶显示模块	134	6.2.3 1-Wire (单总线) 总线技术	184
5.5 模拟仪表驱动技术	137	6.3 ISA 总线	190
5.5.1 D/A 变换器 AD558	137	6.3.1 ISA 总线插槽	190
5.5.2 MAX528/529 串行 D/A 变换器	138	6.3.2 ISA 总线引脚定义	192
5.6 语音技术	141	6.3.3 ISA 总线的特点	195
5.6.1 概述	141	6.4 PCI 总线	196
5.6.2 串行大容量 ISD 语音芯片的 功能原理	142	6.4.1 PCI 总线概述	196
5.6.3 ISD4003 系列语音芯片分段录放 功能的开发	143	6.4.2 PCI 总线命令及总线协议	199
		6.4.3 PCI 总线的数据传输过程	201
		6.4.4 基于 PCI 总线的数据采集 系统的应用	203
		6.5 GPIB 总线	205

VI 微机检测与控制应用系统设计

6.5.1 GPIB 总线概述	205	8.1.1 数据记录存储介质	290
6.5.2 GPIB 接口芯片	210	8.1.2 车载数据记录压缩算法	294
6.5.3 应用电路设计	215	8.2 数据转储技术	299
6.6 VXI 总线	220	8.2.1 串行口转储技术	299
6.6.1 VXI 总线规范	221	8.2.2 USB 转储技术	307
6.6.2 VXI 总线接口电路	223	8.2.3 IC 卡转储技术	310
6.7 PXI 总线	225	8.2.4 无线智能卡技术	311
6.7.1 PXI 总线接口	227	习题与思考题	317
6.7.2 PXI Express 总线	228	第9章 微机系统抗干扰技术	318
6.8 软件例程	230	9.1 微机系统抗干扰设计	318
6.8.1 45D041 操作源程序	230	9.1.1 主要干扰源	318
6.8.2 I ² C 操作源程序	235	9.1.2 电源干扰和接地干扰	318
习题与思考题	240	9.1.3 I/O 通道干扰	321
第7章 通信技术	241	9.1.4 空间静电干扰	321
7.1 并行通信设计	241	9.1.5 印制电路板抗干扰设计	322
7.1.1 用并行接口芯片 8255 实现 并行通信	241	9.1.6 软件抗干扰设计	323
7.1.2 利用 IDT7132/134 双口 RAM 实现 并行通信	242	9.2 型式试验与电磁兼容	324
7.1.3 利用 DS1609 双口 RAM 进行 并行通信	243	9.2.1 型式试验	324
7.2 串行通信技术	244	9.2.2 电磁兼容	329
7.2.1 串行异步通信方式下的三种 同步机制	245	习题与思考题	336
7.2.2 PC 与单片机之间的双机串行 通信技术	245	第10章 微机检测与控制系统 应用实例	337
7.2.3 80C196KB 单片机与单片机之间的 多机通信	249	10.1 电力机务段车顶钥匙管理系统设计	337
7.2.4 PC 为主机的多机通信	250	10.1.1 应用背景	337
7.2.5 RS-485、RS-422 通信技术	251	10.1.2 系统总体方案设计	337
7.3 现场总线技术	255	10.1.3 室外智能节点设计	338
7.3.1 现场总线概述	255	10.1.4 室内钥匙管理柜设计	342
7.3.2 CAN 总线	261	10.1.5 中央控制计算机软件设计	344
7.3.3 LonWorks 技术与 LON 总线	267	10.2 铁路线路限界检测系统设计	345
7.4 无线通信技术	275	10.2.1 应用背景	345
7.4.1 IEEE802.11b 协议	275	10.2.2 系统总体方案设计	345
7.4.2 蓝牙技术	278	10.2.3 基于 FPGA 的限界检测系统 PCI 同步采集卡设计	347
7.4.3 ZigBee 技术	283	10.2.4 现场实验	355
习题与思考题	289	10.3 京沪高铁施工侵限报警装置设计	356
第8章 数据记录与转储技术	290	10.3.1 应用背景	356
8.1 数据记录压缩算法	290	10.3.2 系统总体方案	356
		10.3.3 异物侵限检测系统详细设计	357
		参考文献	364

第 1 章 概 论

电子技术和微型计算机的迅速发展，促进了微型计算机检测与控制技术的迅速发展和广泛应用。可以说，微机检测与控制系统的应用已渗透到国民经济的各个部门。国防技术、航空、航天、铁路、冶金、化工等产业自不必说，在日常生活中，微机测控技术的应用更是无处不在，如电梯、微波炉、电冰箱、电视机、电风扇、智能照相机、玩具、模糊控制洗衣机、模糊控制空调机、便携式心脏监护机等。微机技术开发和应用水平已逐步成为代表一个国家工业发展水平的标志之一。

1.1 引论

单片机具有集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、可靠性高、价格便宜、实用灵活、开发周期短、适合国情等诸多优点，因此，在工业控制系统、数据采集系统、自动测试系统、智能仪器仪表、遥感遥测、通信设备、机器人、高档家电中随处可见其身影。

下面以智能机电一体化和智能仪器仪表的发展来描述微机测控技术的应用和发展趋势。

1.1.1 智能机电一体化

“机电一体化”源于“Mechatronics”，这是一个由机械学（Mechanics）和电子学（Electronics）两个词结合而成的新词，又称为机械电子学。

在以微型计算机为代表的微电子技术、信息技术的迅速发展，向机械工业领域迅猛渗透，机械电子技术深度结合的现代工业的基础上，机电一体化综合应用机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术、传感测试技术、信号变换技术、电力电子技术、接口技术及软件编程技术等群体技术。它从系统的观点出发，根据系统功能目标和优化组织结构目标，以智能、动力、结构、运动和感知组成要素为基础，对各组成要素及其间的信息处理、接口耦合、运动传递、物质流动、能量变换机理进行研究。并在系统程序和微电子电路的有序信息流控制下，形成物质和能量的有规则运动，在高功能、高质量、高精度、高可靠性、低能耗意义上实现多种技术功能复合的最佳功能价值系统。目前，机电一体化正向光机电一体化（Optomechatronics）方向发展，应用范围愈来愈广，它代表着机械工业技术革命的前沿方向。

1. 机电一体化的基本组成要素

一个较完善的机电一体化系统，应包含以下几个基本要素：机械本体、动力与驱动装置、执行机构、传感测试部分、控制及信息处理部分。将这些部分归纳为：结构组成要素，动力组成要素，运动组成要素，感知组成要素，智能组成要素；这些组成要素内部及相互之间，通过接口耦合、运动传递、物质流动、信息控制、能量转换有机融合集成一个完整系统。

数控机床和加工中心机床是典型的机电一体化产品，同时又是用于产品制造的机电一体化生产设备。这种机电一体化生产装备，不仅自身具有很强的功能，而且以此为基础，能够形成更高级的机电一体化制造系统。数控机床和加工中心机床配备自动上下料装置，包括机

床工作台自动交换设备或工业机器人,在上位计算机程序控制下实现多品种加工对象的连续自动化生产,构成柔性制造单元(FMC);根据加工对象的类别范围,合理组织不同种类的FMC,并配置工作、工具等的自动物流传送设备,采用控制组、决策级等层次结构式的多级计算机管理与控制,实现优化自动生产过程,构成能够适应多品种、中小批量自动化生产的柔性制造系统(FMC);而计算机集成制造系统(CIMS)则是计算机管理信息系统,简称MIS,计算机辅助设计、辅助制造、辅助工艺规划及辅助分析(CAD/CAM/CAPP/CAE),简称TIS,质量控制系统,简称QIS,以及以FMS为代表的制造自动化系统,简称MAS,通过网络及数据库两个支持系统的有机集成。

机电一体化产品和机电一体化生产系统是机电制造业进步的必然趋势,也是现代高新技术支持下的综合技术发展的结果。

2. 机电一体化中的关键技术

机电一体化是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、检测传感技术、伺服传动技术和机械技术等多学科技术领域综合交叉的技术密集型系统工程。

信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策,实现信息处理的工具是计算机,因此计算机技术与信息处理技术是密切相关的。

计算机技术包括计算机的软件及硬件技术、网络与通信技术、数据技术、人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等。

在机电一体化系统中,计算机信息处理部分指挥整个系统的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响到系统工作的质量和效率。因此,计算机应用及信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展和变革的最活跃的因素。

系统技术就是以整体的概念组织应用各种相关技术,从全局角度和系统目标出发,将总体分解成相互有机联系的若干功能单元,以功能单元为子系统进行二次分解,生成功能更为单一和具体的子功能单元。这些子功能单元同样可继续逐层分解,直到能够找出一个可实现的技术方案。深入了解系统内部结构和相互关系,把握系统外部联系,对系统设计和产品开发十分重要。

接口技术是系统技术中一个重要方面,它是实现系统各部分有机连接的保证。接口包括电气接口、机械接口、人机接口。电气接口实现系统间电信号的连接;机械接口则完成机械与机械部分、机械与电气装置部分的连接;人机接口提供了人与系统之间的交互界面。

自动控制技术的范围很广,它以控制理论为基础,对具体控制装置或控制系统的设计;设计后进行系统仿真,现场调试;最后使研制的系统可靠地投入运行。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,例如高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现、检索等。随着微型机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机控制技术联系在一起,成为机电一体化的关键技术。

传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相连并将检测到的信息输送到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高。传感与检测的关键元件是传感器。

现代工程技术要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受各种严酷环境的考验。与计算机技术相比,传感器的发展显得缓慢,难以满足技术发展的要求。不少机电一体化装置不能达到满意的效果或无法实现设计的关键原因在于没有合适的传感器。因此,大力开展传感器的研究对于机电一体化技术的发展具有十分重要的意义。

3. 发展趋势

机电一体化技术通过系统级方式,对融合了机械、电子、控制系统和嵌入式软件设计的电机系统进行设计。随着科技的发展和社会经济的进步,对制造工程中的机电一体化技术提出了许多新的和更高的要求,制造工程中出现了新的概念。毫无疑问,机械制造自动化中的数控技术、CNC(计算机数控)、FMS(柔性制造系统)、CIMS(计算机集成制造系统)及机器人等都一致被认为是典型的机电一体化技术、产品及系统。

(1) 机电一体化的高性能化

高性能化一般包含高速化、高精度、高效率和高可靠性。

(2) 机电一体化的智能化趋势

智能化是机电一体化技术的一个重要发展方向。人工智能在机电一体化技术中的研究日益得到重视,机器人与数控机床的智能化就是重要应用。智能机器人通过视觉、触觉和听觉等各类传感器检测工作状态,根据实际变化过程反馈信息并做出判断与决定。

1) 诊断过程的智能化:诊断功能的强弱是评价一个系统性能的重要智能指标之一。INC引入了人工智能的故障诊断系统,采用了各种推理机制,能准确判断故障所在,并具有自动检错、纠错与系统恢复功能,从而大大提高了系统的有效度。

2) 人机接口的智能化:智能化的人机接口,可以大大简化操作过程,这里包含多媒体技术在人机接口智能化中的有效应用。

3) 自动编程的智能化:操作者只需输入加工工件素材的形状和需加工形状的数据,加工程序就可全部自动生成。

4) 加工过程的智能化:通过智能工艺数据库的建立,系统根据加工条件的变更,自动设定加工参数。同时,将机床制造的各种误差预先存入系统中,利用反馈补偿技术对静态误差进行补偿。还能对加工过程中的各种动态数据进行采集,并通过专家系统分析进行实时补偿或在线控制。此外,现代CNC系统大都具有学习与示教功能。

(3) 机电一体化的系统化发展趋势

系统化的表现特征之一是系统体系结构进一步采用开放式和模式化的总线结构。系统可以灵活组态,进行任意剪裁和组合。特征之二是通信功能的大大加强,一般除RS-232、RS-422/485之外,现场总线技术也越来越受到大家的重视和应用。同时,考虑通信联网需要,建立通信局部网络(LAN)。

(4) 机电一体化的模块化发展趋势

模块化设计将系统划分为一系列功能模块,再将各个模块进行组合,构成新的不同功能或性能的系统。

(5) 机电一体化的轻量化及微型化发展趋势

一般机电一体化产品,除了机械主体部分,其他部分均涉及电子技术,随着片式元器件(SMD)的发展,表面组装技术(SMT)正在逐渐取代传统的通孔插装技术(THT)成为电子组装的重要手段,电子设备正朝着小型化、轻量化、多功能、高可靠方向发展。因此,机电一体化中具有智能、动力、运动、感知特征的组成部分将逐渐向轻量化、小型化方向发展。

1.1.2 测控仪器仪表

自20世纪70年代以来,测量技术与仪器的不断发展进步,智能化仪器仪表、PC仪器、

虚拟仪器（VI）和互换性虚拟仪器等微机化仪器及其测控系统相继诞生。计算机与测量仪器之前的界限日益模糊，“计算机就是仪器”的理念已被广泛地应用。计算机技术与微电子技术的飞速发展，对测控技术领域的不断渗透，与计算机网络等技术的紧密结合已成为测控技术发展的主流。

计算机和仪器的密切结合是目前仪器发展的一个重要方向。粗略地说，这种结合有两种方式。一种是将计算机装入仪器，其典型的例子就是所谓智能化的仪器。随着计算机功能的日益强大及其体积的日趋缩小，这类仪器功能也越来越强大。另一种方式是将仪器装入计算机，即虚拟仪器。

作为测控系统的基本组成部分，测控仪器是对被控参数进行数据采集与检测控制的基础。测控仪器已经历了模拟仪器、数字仪器、与微机相结合的智能化仪器的阶段，而目前高速发展的虚拟仪器技术则正体现了“计算机就是仪器”、“软件就是仪器”的理念。而伴随计算机网络进一步发展完善，测控仪器的网络化也必将成为其发展趋势。NI 公司虚拟仪器开发软件 LabVIEW、LabWINDOWS/CVI，HP 公司的 VEE 等均为网络开发提供了工具包，为虚拟仪器的网络化提供了技术支持。

下面就对目前应用最普遍的智能仪器与虚拟仪器进行介绍。

1. 智能化测控仪器仪表

智能仪器是含有微型计算机或者微型处理器的测量仪器，是仪器仪表技术发展的重要阶段。智能仪器拥有对数据的存储运算逻辑判断及自动化操作等功能，既能自动测试，也具有数据处理功能。它的出现极大地扩充了传统仪器的应用范围。智能仪器凭借其体积小、功能强、功耗低等优势，迅速地在家用电器、科研单位和工业企业中得到广泛的应用。

传统测控仪表对于输入信号的测量准确性完全取决于仪表内部各功能部件的精密性和稳定性水平。其校准费时费力。智能仪器仪表采用自动校准技术来消除仪表内部器件所产生的漂移电压，这种校准方法完全基于单片机的计算与存储功能，校准时间短，操作方便，不用打开机盖，不需调整任何元件，非专业人员也可操作。自动校准是智能化测量控制仪表的一大功能特点，它可降低仪表对于内部器件（如衰减器、放大器等）稳定性的要求。智能化测量控制仪表都设置有自检功能。所谓自检，就是仪表对其自身各主要部件进行的一种自我检测过程，目的是检查各部件的状态是否正常，以保证测量结果的正确性。单片机是仪表的主体，可以充分利用单片机对于数据的处理能力，根据统计平均的方法最大限度地消除仪表的随机误差和系统误差。用单片机对于测量数据的计算处理能力，是智能化测量控制仪表提高测量和控制准确度的一个重要方法。同时，利用软件编程，可以对智能仪器进行标度变换、数字调零、非线性补偿、温度补偿等。

随着微电子技术的飞速发展及计算机应用的日益广泛，微控制器的性能逐渐提高，智能化测量控制仪表也取得了巨大的进展。从技术背景上来说，硬件集成电路的不断发展和创新是一个重要因素。各种集成电路芯片都在朝超大规模、高集成度、小型化、低功耗方向发展。目前，单片机内部一般都集成了 A/D 转换器、片内看门狗电路（WATCH DOG TIMER）、片内脉宽调制器（PWM）、芯片间串行总线（I²C BUS）等，使对测量数据的处理、控制信号的输出更为方便。智能化测量控制仪表还可以带有串行或并行通信接口，而使之具有数据远传和远地程控的能力。专用的数字信号处理芯片的应用，如美国 TI 公司生产的 TMS320 系列数字信号处理芯片，特别适用于数字信号处理仪表，如各种分析仪等，大大提

高了智能仪器仪表的硬件运算和处理能力。随着计算机功能的日益强大及其体积的日趋缩小,这类仪器功能也越来越强大,目前已经出现含嵌入式系统的仪器。利用若干台带有 GPIB、VXI 等接口的智能化测量控制仪表,可以方便地组成一个自动测控系统。

智能化测量控制仪表的应用已经十分普遍。国内市场上各种各样的智能化测量控制仪表,例如,能够进行差压补偿的智能节流式流量计,能够对各种谱图进行分析和数据处理的智能色谱仪,能够进行程序控温的智能多段温度控制仪,以及能够实现数字 PID 和各种复杂控制规律的智能式调节器等。国际上智能化测量控制仪表更是品种繁多,例如,美国 FLUKE 公司生产的直流电压标准器 5440A,内部采用了三个微处理器,其短期稳定性可达到 1ppm,线性度可达到 0.5ppm;美国 RACA-DANA 公司的 9303 型超高电平表,利用微处理消除电流流经电阻所产生的热噪声,测量电平可低达 -77dB;英国 JISKOOT AUTOCONTROL 公司生产的在线取样系统、在线调和系统,能够对原油、精炼化学品等各种非均匀液体自动取样分析,并能对两种以上形成分流,按精确的配比进行调和;法国 TE 电器公司生产的 TSX 系列可编程控制器,能够完成各种顺序控制、定位调速、机床数控及系统识别等功能;美国 HONEYWELL 公司生产的 DSTJ-3000 系列智能变送器,能进行差压值状态的复合测量,可对变送体本体的温度、静压等实现自动补偿,其测量精度可达到 $\pm 0.1\%$ FS;美国 FOXBORO 公司生产的数字化自整定调节器,采用了专家系统技术,能够像有经验的控制工程师那样,根据现场参数迅速地整定调节器,这种调节器特别适用于对象变化频繁或非线性的控制系统,由于这种调节器能够自动整定调节参数,可使整个系统在生产过程中始终保持最佳品质。

2. 虚拟仪器仪表

虚拟仪器 (Virtual Instrument) 是现代计算机技术与仪器技术深层次结合的产物,这个概念最早由美国国家仪器公司 (NI) 提出,并引发了传统仪器领域的一场重大变革,从而开创了“软件即是仪器”的先河。

虚拟仪器,是通过以计算机为核心,根据用户对仪器的设计定义,用软件实现虚拟控制面板设计和测试功能的一种计算机仪器系统。用户可通过鼠标、键盘或触摸屏来操作虚拟仪器面板,就如同使用一台专用测量仪器一样,实现所需要的测量测试目的。

虚拟仪器也由硬件系统与软件系统两部分构成。

1) 硬件组成:虚拟仪器的硬件平台由计算机硬件平台与 I/O 接口设备构成。计算机硬件平台一般采用 PC 或工作站。而主要完成输入信号采集、调理、A/D 转换的 I/O 接口设备一般根据总线不同,分为 PC 总线的数据采集卡/板 (DAQ)、GPIB 总线仪器、VXI 总线仪器模块、PXI 总线仪器和串口总线仪器五种标准体系结构,如图 1-1 所示。

2) 软件构成:虚拟仪器的软件平台包括仪器面板控制软件、数据分析处理软件和 I/O 接口仪器驱动。仪器面板控制软件是用户与仪器之间交流信息的纽带。数据分析处理软件利用计算机强大的计算能力和虚拟仪器开发软件的函数库对采集数据进行处

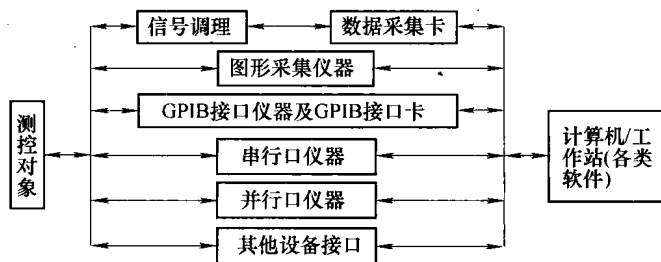


图 1-1 虚拟仪器系统框图

理, 极大提高了虚拟仪器系统的数据处理能力, 节省了开发时间。I/O 接口仪器驱动程序完成特定外部硬件设备的扩展、驱动与通信。

与传统仪器相比，虚拟仪器有以下几方面的特点。

(1) 高性能

虚拟仪器技术完全融合了计算机强大的硬件资源，包括功能超卓的处理器和文件 I/O 等，突破了传统仪器在数据处理、显示、存储方面的限制，功能方面大大增强。此外，不断发展的因特网和越来越快的计算机网络使得虚拟仪器技术展现其更强大的优势。

(2) 灵活性

利用开发虚拟仪器的软件资源如 LabVIEW、LabWINDOWS/CVI, 可实现了部分仪器硬件的软件化, 增强了系统的灵活性。通过软件技术和相应的数值算法就能实时对采集数据进行分析处理; 通过图形用户界面 (GUI) 技术, 做到界面友好, 人机交互。

(3) 网络化与模块化

基于计算机网络技术与接口技术,虚拟仪器系统可实现方便、灵活的互联,支持 CAN、Fieldbus、Profibus 等各种工业总线标准。通过虚拟仪器,能方便地构建自动测试系统,并实现测控过程的网络化、自动化。此外,虚拟仪器软件平台为 I/O 设备提供了标准的接口,实现硬件的模块化,用户可轻松地将多个测量设备进行集成。

虚拟仪器彻底打破了传统仪器只能由生产厂家定义、用户无法改变的局面,使任何一个用户都可以方便灵活地用鼠标或按键在计算机显示屏幕上操作虚拟仪器软面板的各种“旋钮”进行测试工作,并可以根据不同的测试要求通过窗口切换不同的虚拟仪器,或通过修改软件程序来改变、增减虚拟仪器系统的功能与规模。虚拟仪器具有的这种“可开发性”和“可扩展性”等优越特点使虚拟仪器具有强大的生命力和竞争力,标志着仪器设计进入了一个新时代。

1.2 微机测控应用系统设计的主要内容

1.2.1 微机测控系统的结构

微机测控系统的结构如图 1-2 所示。它主要由控制器、应用软件、总线与接口、外围设

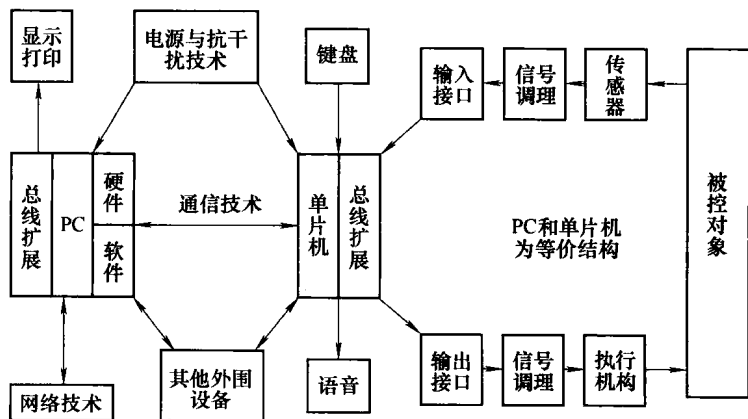


图 1-2 微机测控系统结构示意图

备、被控对象五个部分构成。此结构具有很好的灵活性和可扩充性，设计者可以根据自己的实际情况增减，其中 PC 和单片机具有同等的地位，所有的外围接口均适合 PC 和单片机。

1.2.2 微机测控系统的设计

1. PC 的总线扩展和硬件配置

PC 发展到今天，已有多种不同总线的结构，本书将介绍 ISA、PCI、GP-IB、PXI、VXI 总线。

2. PC 的软件配置

随着 PC 硬件的不断发展，PC 的软件也取得了惊人的发展，现在系统软件的功能已逐渐完善，功能越来越强大，具有友好的人机界面，同时软件的开发也越来越容易。Windows 环境下，常用软件环境的配置如下：

文字处理：Office；

电路设计：Protel 原理图、PCB 图设计软件包、Protel DXP；

应用软件：VB、VC、MATLAB、LabVIEW、LabWINDOWS/CVI 等。

3. 电源技术

电源是微机测控系统的能源系统，它的稳定性和抗干扰能力直接影响微机测控系统的正常工作，电源常是微机系统的故障多发点。本文电源部分包括：UPS 电源、微机用开关电源、DC/DC 集成电源模块、电源转换集成芯片、电源监控技术等。

4. 单片机总线扩展技术

为了对机电系统进行检测和监控，就必须对单片机的外围总线进行扩展，以满足设计要求。随着电子技术的不断进步，现在有许多特殊功能的集成芯片，可以用来满足某些特殊的要求，使接口方便、简捷、功能强大，同时也具有较强的抗干扰能力，如集成的语音芯片、FLASHRAM、各类串行接口芯片（串行显示、串行 A/D、D/A、串行 EEPROM 等）。

本书重点论述了 SPI、I²C 及 1-Wire 等最新总线扩展技术。

5. 传感器技术

机电系统中，常用的传感器包括：压力、温度、速度、转速、位移、距离、角位移、频率、振动、流量、电流、电压、图像（视频）、倾角等传感器。

6. 信号调理技术

传感器采集到的信号，一般不能直接接入 CPU，需要对传感器的信号进行调理，对其进行放大、隔离、整形、多路切换、A/D 变换等处理。

7. 输出控制技术

微机系统通过前向通道技术和微机采集处理，对系统状态进行判断，有时需要输出控制系统状态，这样就需要采用适合的控制算法，输出相应的量，通过隔离、驱动后带动执行机构控制系统状态，常用的执行机构包括继电器、步进电动机等。

8. 人机界面设计

一个微机系统，常常需要人工输入一些参数和控制命令，以适合不同的工作条件或执行不同的功能，同时还要将一些参数和控制结果输出。常用的输出装置有信号灯显示、数码管显示、液晶显示、语音提示等。

9. 通信技术

随着控制系统的不断发展，常常采用多个 CPU 对系统进行多微机检测与监控，这样就必须采用合适的方式将多个微机连接起来，以完成多微机之间的并行或串行通信，包括 PC 和 PC、PC 和单片机、单片机之间的多机通信、无线通信设计。

10. 计算机控制网络

一个较大规模的、复杂的工业测控系统，常有几十、几百甚至更多的测量和控制对象，对系统有很多的可靠性、灵活性要求。因此引出了计算机控制网络的概念，现在最流行的是“现场控制网络”。

11. 软件设计

数据的正确采集处理是测控系统的控制前提条件，我们常常需要对数据进行非线性补偿误差修正和标度变换处理，同时还要进行数字滤波处理等。

单片机的软件设计常常采用汇编语言进行程序设计，本书中将重点介绍 96 系列单片机的汇编语言的软件方法。

PC 上的 Windows 系统具有良好的人机界面特征，常常利用 PC 来对数据进行处理显示、制表、存储、打印等。为了开发 Windows 下的程序，可利用 VB 和 VC 来编程。VB 比 VC 编程直观易学，但 VB 对 Windows 的接口、对硬件的低级访问及计算能力都很简单、笨拙和低效，常常需要利用 VC 来编写动态链接库，以便 VB 调用。

12. 微机抗干扰设计

微机系统的抗干扰能力直接影响其工作的可靠性和使用寿命。微机系统需要在硬件和软件两方面都进行抗干扰设计。本书还论述了产品型式试验和电磁兼容试验的相关内容。

1.3 微机测控系统的发展

由于微机使传统的检测手段、方法、仪器、设备发生了根本性的变化，形成了自动化、实时化、智能化的以微机为核心的测控系统。图 1-3 所示为测控系统的基本组成部分。测控系统的结构取决于硬件的配置、工作环境、系统对精度和实时性的要求等。

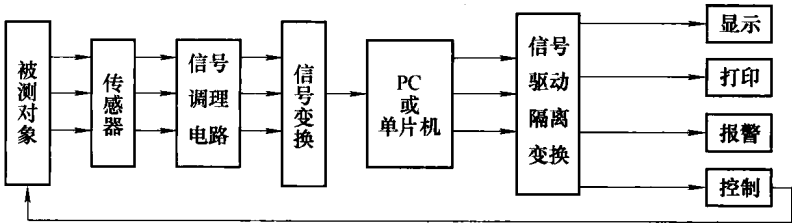


图 1-3 测控系统的基本组成部分

伴随计算机网络技术与微电子技术的发展，测控技术也日新月异。测控技术的发展主要分为以下几个阶段：模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统、分布式测控系统、现场总线控制系统、基于交换式连接的工业以太网及分布式、测量控制管理一体化的测控系统。

1.3.1 集中型测控系统

集中型测控系统由一台计算机和单片机担当检测、控制、输出任务。如利用智能仪器对

工业过程进行集中监视、对检测参数进行自动化测量、报警和闭环控制。集中型测控系统大多是专用计算机系统，其缺点是可靠性差、干扰大、开发复杂、周期长。

积木式或模块式自动测试系统也属于集中型测控系统之列：

- 建立在通用接口总线（IEEE-488、HP-I）基础上的积木式测试系统；
- 多机并行处理结构：采用总线仲裁模式工作。

1.3.2 分布式测控系统

分布式测控系统（DMCS）成功地实现了信息集中管理、过程分散控制的有机结合，管理与控制相分离。上位机用于集中监视管理功能，若干台下位机下放分散到现场实现分布式测量与控制，上、下位机之间用控制网络互联以实现相互之间的信息传递。其网络结构如图 1-4 所示。其特点是：以测量为手段，网络为通信媒介，控制为目的。

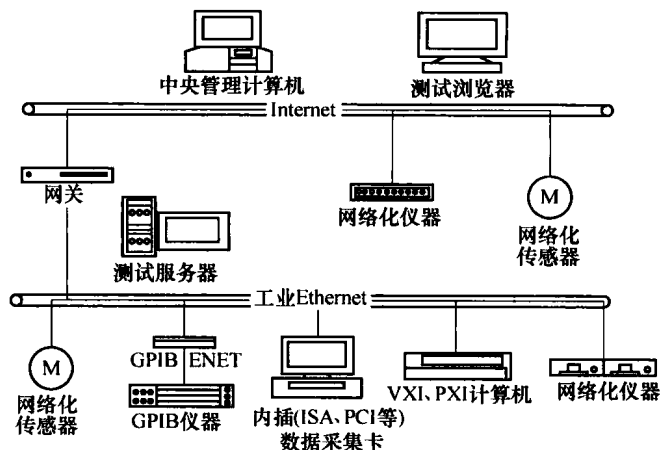


图 1-4 分布式测控系统的网络结构

1.3.3 集散控制系统

集散控制系统（DCS）是以微处理机技术为基础的集中分散型综合控制系统的简称，它是在集中式控制系统的基础上发展、演变而来的，综合了计算机（Computer）、数据通信（Communication）、控制（Control）、模/数转换（Convert）、图形显示（CRT）的五“C”高新技术为一体的系统。它具有可靠性高、通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装简单规范化、调试方便、运行安全可靠的特点。其网络结构如图 1-5 所示。

集散控制系统初期是由上位机经网络与分散的执行器、控制微机之间进行信息交换，如美国的 TDC2000。随着当今 IT 技术开放化、标准化、网络化、高速化、易用化的发展趋势，今天的 DCS 除了处理器性能大大提高之外，还实现开放式的系统通信，向上能与 MAP 和 Ethernet 接口，或通过网关与其他网络联系，构成综合管理系统；向下支持现场总线，使过程控制或车间的智能变送器、执行器和就地控制器之间实现可靠的实时数字数据通信。

DCS 自 19 世纪 80 年代问世以来，经历了 20 多年的发展历程。在这 20 多年中，DCS 虽然在系统的总的体系结构上没有发生重大改变，但是经过不断的发展和完善，其功能和性能都得到了巨大的提高。现在的 DCS 正在向着更加开放、更加标准化、更加产品化的方向发展。计算机技术的突飞猛进使得更多新技术应用于 DCS 之中：PLC 是一种针对顺序逻辑控制发展起来的电子设备，它主要用于代替不灵活而且笨重的继电器逻辑。现场总线技术在进入 90 年代中期以后发展十分迅猛，以至于有些人已做出预测：基于现场总线的 FCS 将取代 DCS 成为控制系统的主角。

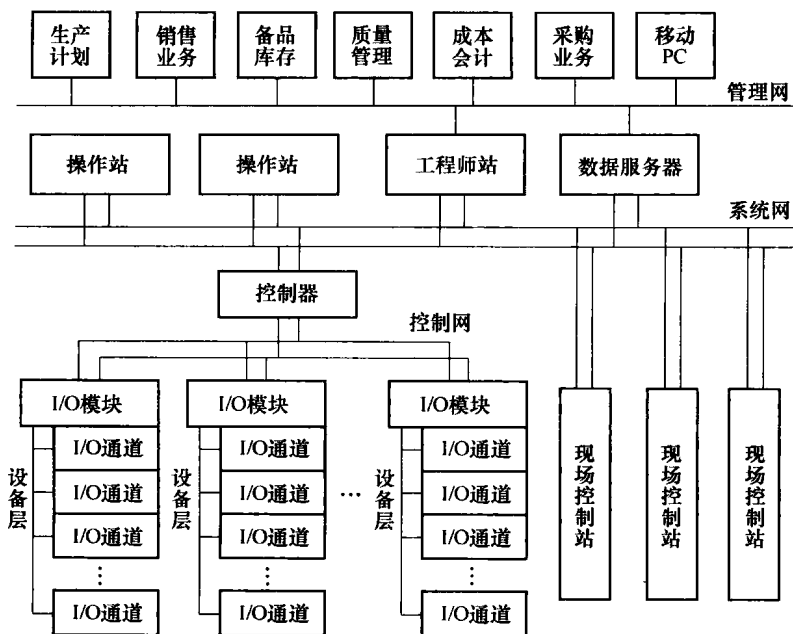


图 1-5 集散控制系统的网络结构

1.3.4 现场总线测控系统

现场总线 (Field Bus) 是指应用在生产现场的, 测量设备之间实现双向、串行、多点通信的数字通信系统。基于现场总线的测控系统称为现场总线测控系统 (FCS)。

现场总线测控系统是一种开放式的、具有互操作性的、彻底分散的分布式测控系统。它利用现场总线这一开放的、具有互操作性的网络将现场各控制器及仪器仪表设备互连, 构成现场总线测控系统, 同时将控制功能彻底下放到现场, 降低了设备的安装成本和维护费用。

下面以现场控制网络 (LonWorks) 技术为例, 介绍现场总线测控系统。

1990 年 12 月, 美国 Echelon 公司发布了 LonWorks 测控技术, 它提供了一个开放的、可互操作的、无专利权的低 (下) 层设备控制网络——局部操作网络 (简称 LON)。LonWorks 是实现跨越式发展的新一代 FCS 控制网技术。在诸多现场总线中, LonWorks 是唯一遵守 ISO/OSI 全部七层模型的网络协议, 涵盖传感器总线 (Sensor Bus)、设备总线 (Device Bus) 和现场总线 (Field Bus) 三种应用层次的总线技术, 是目前各种现场总线中技术最完整、应用领域最广泛的一种高新技术。

LON 网络系统由智能节点组成, 其技术的核心之一就是 Neuron 芯片, 智能节点是基于 Neuron 芯片开发的, 每个智能节点可具有多种形式的 I/O 功能, 节点之间可通过不同的传输媒介进行通信, 并遵守 ISO/OSI 的七层模型, 采用 LonWorks 技术的通信协议标准 LonTalk。LonWorks 节点的构成如图 1-6 所示。

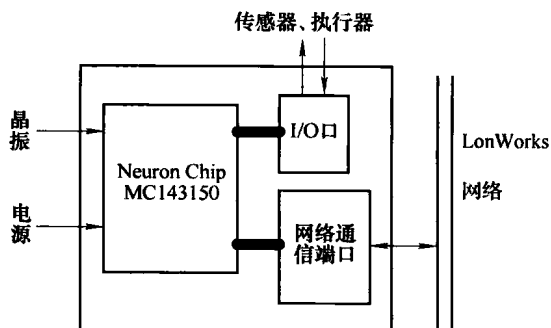


图 1-6 LonWorks 节点的构成图