

自动化

专业本科系列教材

Zhineng Yiqi Sheji Yu Shixian

智能仪器设计与实现

0101001000100001

卢胜利 主编

胡新宇 程森林 副主编

重庆大学出版社

智能仪器设计与实现

卢胜利 主编
胡新宇 程森林 副主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书全面系统地阐述了智能仪器的体系结构、基本的硬件和软件设计原理、实现方法以及智能仪器的发展方向等内容。全书共分10章,分别介绍智能仪器中的微型计算机、输入/输出通道、人机界面、标准通信接口、常用运算程序和数据处理方法以及抗干扰技术等。最后一章介绍基于双CPU的井深测量仪及其设计过程。

本书可作为普通高等院校自动化、测控技术与仪器等专业的教学用书和教学参考书,也可供从事智能仪器开发研制的广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器设计与实现/卢胜利等编著. —重庆:重庆大学出版社,2003.6
自动化专业本科教材
ISBN 7-5624-2847-6

I. 智... II. 卢... III. 智能仪器—高等学校—教材 IV. TP23

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第005356号

智能仪器设计与实现

卢胜利 主编

胡新宇 程森林 副主编

责任编辑:谭 敏 曾令维 版式设计:谭 敏

责任校对:任卓惠 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆铜梁正兴印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:443千

2003年6月第1版 2003年6月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2847-6/TP·397

定价:22.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

智能仪器是计算机技术与测量仪器相结合的产物,近年来得到了迅速发展,已成为现代仪器仪表发展的主流。随着新技术、新器件、新标准的不断涌现和应用领域的不断扩大,智能仪器的体系结构、设计和实现的方法等都在不断地变革之中。本书在全面系统地阐述智能仪器的体系结构、基本的硬件和软件设计原理及实现方法的基础上,力求反映近年来智能仪器领域的技术进步和发展方向。

全书共分10章。第1章为概述,介绍智能仪器的发展历史、分类方法、结构特点、工作原理和智能仪器的发展等。第2章介绍智能仪器中的微型计算机,先以8086/8088 CPU为范例,介绍以通用CPU为核心组成微型计算机的方法,接着介绍MCS—51系列单片机和其他典型的单片机(PIC系列、51LPC系列等),对日趋流行的I²C总线技术也做了概要介绍。第3章阐述智能仪器中的输入通道技术,介绍前置放大、程控放大、A/D转换以及数据采集系统的工作原理和设计方法。第4章阐述智能仪器中的输出通道技术,介绍D/A转换、功率放大、隔离驱动等设计方法。第5章阐述智能仪器的标准通信接口技术,串行通信方面主要介绍基本概念,典型的RS—232C、RS—485、RS—422等串行总线标准;并行通信主要介绍Centronics标准、GP—IB总线、VXI总线技术和基于以上两种总线技术构成的自动测试系统,对USB技术和现场总线技术也做了简要介绍。第6章阐述智能仪器的人机界面和外设控制技术,介绍键盘、LED数码显示器、笔画式和点阵式液晶显示器(LCD)的工作原理及硬件和软件设计,介绍打印机和绘图仪及其接口电路和控制程序。第7章阐述智能仪器中常用的运算程序和数据处理方法。第8章阐述智能仪器中的抗干扰技术,介绍系统的屏蔽和接地技术、电源滤波、布线、Watchdog以及常用的软件抗干扰措施。第9章阐述智能仪器设计和实现的方法,介绍设计指导思想、设计和调试的方法步骤等,在硬件设计方面强调“器件解决”的指导思想,对传感器接口电路、信号处理电路、可编程逻辑器件、DSP芯片以及ISP技术等做了较为全面的介绍;软件设计方面强调结构化程序设计方法,对智能仪器设计中常遇到的监控主程序设计方法做了较为详细的

介绍。第 10 章以作者亲自研制的“基于双 CPU 的井深测量仪”进一步阐述智能仪器设计和实现的全过程,以使读者加深对智能仪器设计和实现过程的深入了解和把握。

本书由西北第二民族学院卢胜利研究员、重庆工学院胡新宇副教授和重庆大学程森林博士共同编写。卢胜利负责编写第 1、2、5、9 章;胡新宇负责编写第 3、4、8 章;程森林负责编写第 6、7、10 章。祝玲等年轻教师和许多硕士研究生协助整理书稿并绘制了大量的插图。在本书编写过程中,重庆大学出版社以及编者所在单位的领导和同事给予了极大的关心和帮助,在此一并表示深深的谢意。由于作者水平有限,书中难免有不当或疏漏之处,敬请读者批评指正!

编 者

2002 年 11 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 智能仪器概述	1
1.2 智能仪器的基本组成及功能	3
1.3 智能仪器的发展	6
1.4 智能仪器的应用	11
第2章 智能仪器中的微型计算机	12
2.1 通用微处理器构成的微型计算机	12
2.2 单片机与外围扩展芯片	19
2.3 I ² C 总线技术	40
2.4 多微处理机系统	43
第3章 智能仪器的输入通道及数据采集	45
3.1 模拟信号放大电路	45
3.2 量程自动转换与程控放大器	52
3.3 A/D 转换芯片及接口技术	55
3.4 数据采集系统	60
第4章 智能仪器的输出通道	68
4.1 输出通道信号种类	68
4.2 D/A 转换器及其接口技术	70
4.3 数字波形合成技术	75
4.4 开关量输出	77
第5章 智能仪器的标准数据通信接口	84
5.1 串行数据通信	84
5.2 并行数据通信	92
5.3 USB 总线技术	100
5.4 现场总线技术	104
第6章 智能仪器的人机界面与外设控制技术	112
6.1 键盘及 LED 显示器接口技术	112
6.2 液晶显示器(LCD)及接口技术	150
6.3 打印机及其接口技术	163
6.4 绘图仪及其接口	167

第 7 章 智能仪器所涉及的运算程序及数据处理	174
7.1 数学运算与常用函数算法	174
7.2 数据结构及典型数据操作	183
7.3 系统误差校正技术	193
7.4 随机误差抑制技术	202
第 8 章 智能仪器的自检功能与抗干扰技术	209
8.1 故障自动检测及诊断	209
8.2 常见干扰源分析	214
8.3 智能仪器系统的抗干扰措施	216
第 9 章 智能仪器的设计与实现	227
9.1 设计思想和设计原则	227
9.2 智能仪器的设计开发过程	228
9.3 智能仪器的硬件设计	229
9.4 智能仪器的软件设计	238
9.5 智能仪器的调试与性能测试	250
9.6 智能仪器设计中应注意的问题	251
9.7 智能仪器中的 ISP 技术与 Internet 接入	253
第 10 章 智能仪器实例分析——基于双 CPU 的井深测量仪设计	256
10.1 井深测量原理与测量要求	256
10.2 系统方案设计	257
10.3 仪器电路设计	262
10.4 双 CPU 通讯	273
参考文献	276

第 1 章

绪 论

1.1 智能仪器概述

仪器仪表所采用的电子器件经历了真空管、晶体管和集成电路三个时代;从组成结构、工作原理和功能特点等方面考察,仪器仪表则经历了模拟式、数字式和智能化三个发展阶段。人们通常把模拟式仪器称为第一代,大量指针式的电压表、电流表、功率表及一些通用的测试仪器均是典型的模拟式仪器。模拟式仪器功能简单、精度低、响应速度慢。第二代是数字式仪器,它的基本特点是将待测的模拟信号转换成数字信号进行测量,测量结果以数字形式输出显示并向外传送。数字式万用表、数字式频率计等均是典型的数字式仪器。数字式仪器精度高、响应速度快,读数清晰、直观,测量结果可打印输出,也容易与计算机技术相结合。同时因数字信号便于远距离传输,所以数字式仪器也适用于遥测、遥控。智能仪器属于第三代,它是在数字化的基础上发展起来的,是计算机技术与仪器仪表相结合的产物。概括地讲,微处理器在智能仪器中的作用主要体现在对测试过程的控制和对测试数据的处理两个方面:对测试过程的控制表现在微处理器可接受来自键盘或通讯接口的命令,解释并执行这些命令,从而控制仪器仪表各部分的工作过程,同时对工作状态进行监测;对测试数据的处理则表现为硬件电路只须具备最基本的测试能力,向微型计算机提供原始数据。对数据的进一步加工处理,如信号滤波、数据的组装、运算、确定小数点位置和工程单位、将最终结果转换成七段码或显示字符码送显示器显示,或按规定格式从通讯接口输出等工作均可由专门的软件来完成。因为具有数字存储、运算、逻辑判断能力,可根据被测参数的变化自动选择量程,具有自动校正、自动补偿、自寻故障等功能,可以完成需要人类的智慧才能胜任的工作,即具备了一定的“智能”,故称之为智能仪器。

自从 1971 年世界上出现了第一种微处理器(美国 Intel 公司 4004 型 4 位微处理器芯片)以来,微计算机技术得到了迅猛的发展,对于科学技术的各个领域都产生了极大的影响。电子计算机从庞然大物缩小到可嵌入仪器仪表之中,引起了仪器仪表技术领域的一场革命。出现了“计算机就是仪器”的提法。近年来,智能仪器已开始从较为成熟的数据处理向知识处理发展。体现为具有模糊判断、故障诊断、容错、传感器融合、机件寿命预测等功能,使智能仪器向

更高的层次发展。

我国电磁测量信息处理仪器学会于 1984 年正式成立了“自动测试与智能仪器专业学组”,1986 年 IMEKO(International Measurement Confederation,国际测量联合会)以“智能仪器”为主题召开了专门的讨论会,IFAC(International Federation of Automatic Control,国际自动控制联合会)1988 年的理事会正式确定“智能元件及仪器(Intelligent Components and Instruments)(TC25)(C&I)为其系列学术委员会之一。1989 年 5 月在我国武汉召开了第一届测试技术与智能仪器国际学术讨论会(ISMT II' 89)。如今,在国内外的学术会议上,以智能仪器为内容的研讨活动已非常普遍。

现代自然科学的发展,多学科技术的创新与融合以及测量仪器与计算机及通信的互动,使测量目的、测试过程、测试结果等均发生了观念上的变化。测量作为信息技术的源头和基础,已很难再找到其以纯原始的方式出现——各种传感器的出现和日益完善,使人们已不太关心某个测量需求是属于电测量范畴还是属于非电测量领域,测试、数据采集、控制三者之间的界限已模糊不清;对测试现场化、远地化和网络化的要求不断升温;出现了状态监测、系统可控性判别、状态预测、智能控制、模式识别、对不可直接测量对象的间接测量、对特殊预知对象的测量以及信号滤波等等;测量结果也根据实际需要从传统的数值加误差值,扩展为可以用自然语言以及高度抽象的文字或符号来表征,出现了所谓“符号化测量”的概念。传统意义上的十大测量门类中不包含软件测试,而今软件已成为现代智能仪器及其他各种微机化仪器设备的组成部分,甚至出现了“软件就是仪器”的提法。为了保证软件的安全性能和质量,国外几年前就已开始着手制定测试软件的规范或标准。由于现代测试与测控技术的飞速发展,传统意义上测量的含义、目的和作用等均得到了丰富和拓展。预示着测量技术与仪器仪表观念的进一步更新。

21 世纪仪器仪表的概念将是一个开放的系统概念。以 PC 机和工作站为基础,通过组建网络来构成各种实用测控系统,提高工作效率并实现信息资源共享,已成为现代仪器仪表发展的方向之一。从某种意义上讲,计算机网络也就是通用的仪器仪表网络,如果在测控系统中有更多不同类型的智能设备也像计算机和工作站一样成为网络的节点连入网络,比如各种智能仪器、虚拟仪器和智能传感器等,它们充分利用目前已比较成熟的 Internet 网络设施,不仅能实现更多资源的共享、降低组建系统的费用,还可提高测控系统的功能,并拓宽其应用范围。由于仪器仪表网络化发展的趋势日渐明朗,继“计算机就是仪器”和“软件就是仪器”的提法之后,又出现了“网络就是仪器”的提法。一些公司已推出了网络化流量计、网络化传感器、网络化电能表、网络化示波器和网络化逻辑分析仪等网络化仪器仪表产品。这些产品将 TCP/IP 协议嵌入仪器仪表中,使信号的接收和发送均以 TCP/IP 方式进行。如此,网络化仪器仪表可以成为测控网络上的节点,具有网络节点的组态性和互操作性。利用局域网和广域网,处在测控点的仪器仪表将测控信息按照通讯协议的要求做必要的处理后登临网络,联网的其他设备便可获取这些测控信息,并进行相应的分析和处理。

目前,测控系统的设计明显受到计算机网络技术的影响,基于网络化、模块化、开放性为原则,测控系统由传统的集中模式转变为分布模式,成为具有开放性、可互操作性、分散性、网络化和智能化的测控系统。网络的节点上不仅有计算机、工作站,还有承担测量和控制任务的各种智能仪器仪表,测控网络具有与信息网络相似的体系结构和通信模型。比如目前测控系统中迅猛发展的现场总线,它的通信模型和 OSI 模型相统一,将现场的智能仪表和装置作为节点,通过网络将此节点连同控制室内的仪器仪表和控制装置联成有机的测控系统,即可构成所

谓的现场总线控制系统(FCS)。

以 Internet 为代表的计算机网络正在迅猛发展,随着网络信道频带不断扩宽,网络运行速度将不再成为网络应用的障碍。在国防、通信、航空、航天、气象、制造等领域,迫切需要大范围的网络化测控系统。Internet 的发展将使网络化、分布式测控系统的组建更为方便。从而有力地带动和促进现代网络化测量技术的进步,促使计算机技术、传感器技术、网络技术与测控技术紧密结合,以适应大范围网络化测控系统发展的需要。也促使网络化仪器很快发展并成熟起来。有专家预言:在不久的将来,地球将披上一层由各种各样测量仪器仪表组成的“外壳”,它们将负责监控城市、公路甚至整个环境,随时将测得的数据信息直接输入网络。测量技术与仪器仪表也将在网络时代发生更大的变革。

智能仪器是多种学科门类、多种技术综合的产物。主要涉及:传感与测量技术、信号与系统分析技术、电路设计技术、可编程逻辑应用技术、微机接口技术、单片机应用技术、数据库技术以及数据结构、计算机操作系统、汇编语言程序设计、高级语言程序设计、软件工程、数据网络通信、数字信号处理、自动控制、误差分析、仪器仪表结构设计和制造工艺等。要求从事智能仪器设计和维护的专业人员具有广博的知识、较强的专业能力和丰富的实践经验。

1.2 智能仪器的基本组成及功能

智能仪器的结构主要有“微机嵌入式”和“微机扩展式”两种基本类型。

1.2.1 微机嵌入式智能仪器

微机嵌入式智能仪器将微处理器及外围芯片与仪器有机地结合在一起,嵌入式微型计算机在其中主要起测量过程控制及数据处理的作用。这类智能仪器一般为专用或多功能产品。具有小型化、便携式、低功耗、易于密封、适应恶劣环境、成本低廉等特点。目前在工业控制、科学研究、军工企业、家用电器等方面广为应用。微机嵌入式智能仪器仍保持着仪器原有的面貌,是智能仪器最基本的组成形式。其结构如图 1-1 所示。CPU 为仪器的核心,它通过内部总线及接口电路与仪器内存、输入通道、输出通道、仪器面板以及标准通信总线接口相连。程序存储器和数据存储器分别存放智能仪器的监控程序、应用程序和各类数据。外部数字信号须

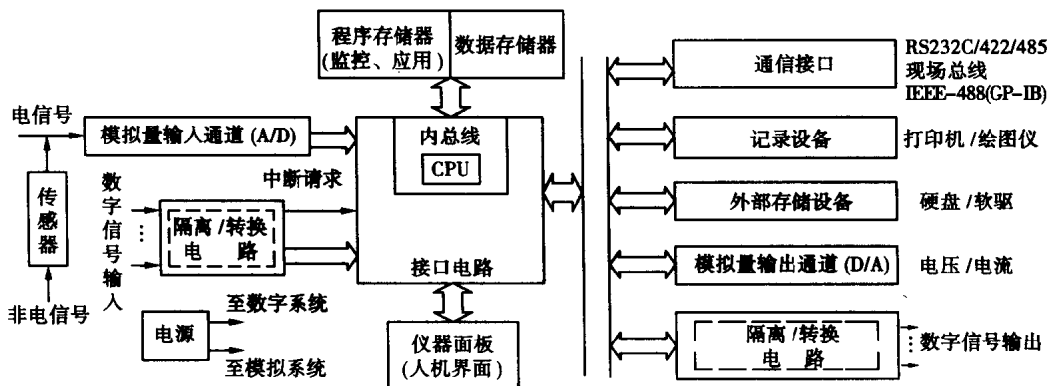


图 1-1 微机嵌入式智能仪器结构示意图

转换为微计算机可以接收的电平,直接送微型计算机或经过隔离电路处理再送入微型计算机,为使智能仪器能够快速灵活地对外部事件做出反应,设有若干外部中断申请。模拟输入通道往往是决定智能仪器测量准确度的关键部位,各类测量信号先由相应的传感器变换成电信号,再经智能仪器的模拟量输入通道(A/D)送入微型计算机处理。模拟输入通道包括信号放大器、滤波器、多路转换器、采样/保持器、A/D转换器、三态缓冲器等部分,特殊场合尚需在模拟量输入通道中设置信号隔离功能。在智能仪器的输出部分,如果要求模拟量输出,则需经过模拟量输出通道(D/A),它主要由D/A转换器、多路分配器、模拟保持器、低通滤波器等部分构成。智能仪器的数字量输出一方面根据控制需要进行隔离、电平转换和驱动处理;另一方面也可与磁盘、光盘驱动器、X-Y绘图仪或打印机相接,以获得测量结果数据的拷贝和记录。通信接口起着沟通与外部系统联系的作用,需符合某种通信总线的标准。与传统仪器相比,智能仪器的面板功能更强大、传递的信息更丰富、操作更方便。功能简单的仪器一般采用LED或液晶数码显示器显示各类数据,功能复杂的仪器则需要配置CRT显示器或点阵式液晶显示器显示数据和图形等。

1.2.2 微机扩展式智能仪器

微机扩展式智能仪器依托通用微型计算机(PC)扩展而成,并取名为个人计算机仪器(PCI)。由于PC的软硬件资源非常丰富、应用十分普遍、价格处于不断下降的趋势,可将测量部分的各种功能电路板插入到PC机的总线插槽或扩展机箱中,把智能仪器中所需的人机交互、测量过程控制、数据存储、数据处理和显示、打印等任务都移交交给PC机承担。从而大幅度地缩短智能仪器的研制周期,提高仪器系统的数据处理能力、获得友好的人机界面和优良的数据拷贝和记录。PC机配备的各种功能强大的软件包,为个人计算机仪器提供了极大的方便,如果在CRT或液晶屏幕上生成仪器面板的各种操作按钮图形和显示窗口,就可得到“软面板”(如图1-2所示)。采用鼠标或触摸屏在软面板上即可进行仪器的各种操作,观察测量结果。

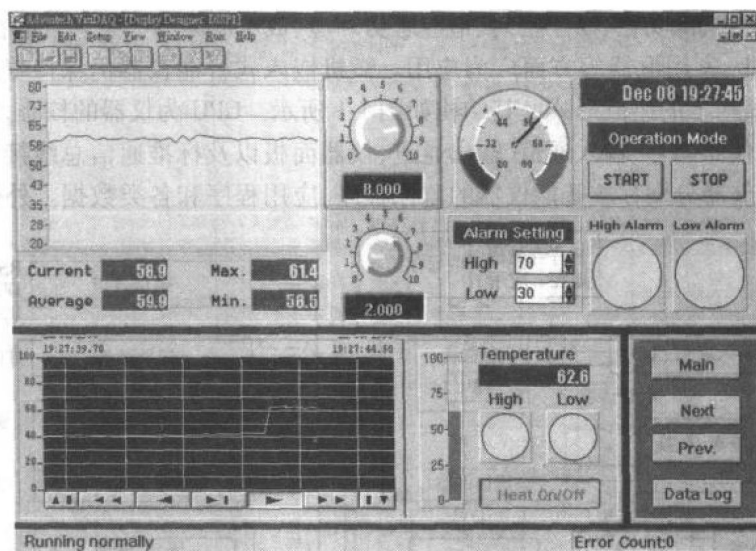


图 1-2 个人计算机仪器(PCI)软面板示意图

PCI中扩展的各种功能插件可以采用“直接插入”和“外附插件箱”这两种不同的方式连

入 PC 机。直接插入方式是将扩展的各种功能插件直接插入 PC 机箱内主板(或底板)的空槽中。此种方式最为方便,但由于空槽数目有限、电源等条件对测量电路不尽适应,使个人计算机仪器的性能受到一定的影响;外附插件箱方式是将扩展的各种功能插件集中在一个专用的机箱中,这种机箱备有专用电源,必要时还可配置专用微机控制器,这种结构适用于多通道、高速数据采集或一些特殊要求的仪器系统。随着标准化功能插件不断增多,组成 PCI 的硬件系统将更加方便、灵活。个人计算机仪器(PCI)的结构如图 1-3 所示。

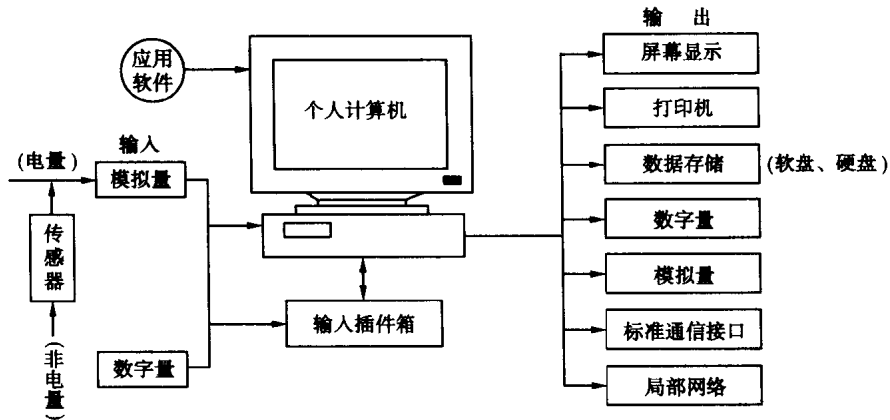


图 1-3 个人计算机仪器(PCI)结构图

1.2.3 智能仪器的特点

与传统仪器相比,智能仪器主要具有如下特点:

1. 仪器功能强大

智能仪器是硬件和软件的综合体。由于软件强大的运算能力和灵活性,在数据存储、数据处理和测量过程自动控制等方面,仪器的功能均大大增强。例如传统的频率计数器仅能测量频率、周期、时间间隔等参数,而带有微处理器和 A/D 转换器的通用计数器还能测量电压、相位、上升时间、占空比、压摆率、漂移等多种信号参数;又如传统的数字万用表只能测量交流与直流电压、电流及电阻,而带有微处理器的数字万用表,还能测量百分率偏离、偏移、比例、最大/最小、极限、统计等多种参数,配置适当的传感器,还可测量温度、压力等非电参数。智能仪器中常用的数据处理有如下几项:

1) 乘常数: $R = cx$, 将测量结果 x 乘以用户从键盘输入的常数 c 。此种改变直线斜率的运算常用于将电量变成其他工程单位。例如,采用数字电压表通过传感器测量压力时,将测量结果乘以特定系数后即得到被测的压力值,可以直接输出并显示。

2) 百分率偏离: $R = 100(x - n)/n$, 此运算可确定测量结果对一个标称值的百分率偏离。用户从键盘输入标称值 n , 每次把测量结果与标称值进行比较即可得到百分率偏离。在检验元件的容差时,可直接输出并显示。

3) 偏移: $R = x - \Delta$, 这是许多智能仪器都具备的一种功能,将测量结果减去或加上一个从键盘输入的常数 Δ , 即得到偏移值。

4) 比例: 比例是一个量相对于另一个量的关系,在数学上是进行除法运算。比例可分为以下几种情况:

①线性的: $R = x/r$, 其中 r 是参考量, 例如是一个电阻值。如果测得该电阻上的电压, 通过比例运算, 就可获得通过电阻的电流值。

②对数的: $R = 20\lg(x/r)$, 用户从键盘输入常数 r 后, 仪器自动进行对数计算, 将结果以分贝(dB)为单位输出并显示。

③功率: $R = x^2/r$, 将测量结果平方后除以参考量 r 。如果 r 是负载电阻, x 是该电阻上的电压, 则通过该计算可直接输出并显示功率值。

④最大/最小: 求多个测量结果中的最大值、最小值和峰-峰值。智能仪器无须保存每个测量结果, 仅需保存当前的最大值和最小值。当发现新的最大值或最小值时, 就更新原来的最大值或最小值。

⑤极限: 在某些测量中, 用户关心的是被测量(如温度和压力等)是否越出安全范围。这时用户可先设置高、低极限。当被测量超出该极限时, 仪器就给出某种警告。在测量结束后, 分别输出并显示超出高限、低限和未超出界限的测量次数。

⑥统计: 计算测量结果的算术平均值、方差、标准偏差、方均根值等。

2. 仪器性能优越

智能仪器中通过微处理器进行数据存储和运算处理, 很容易实现多种自动补偿、自动校正、多次测量平均等技术, 使测量精度大大提高。通过执行适当和巧妙的算法, 常常可以克服或弥补仪器硬件本身的缺陷或弱点, 改善仪器的性能。智能仪器中, 对随机误差通常用求平均值的方法来克服, 对系统误差, 则根据误差产生的原因采用适当的方法处理。例如: HP3455 型数字电压表的实时自动校正是先进行三次不同方式的测量, 然后由微处理器自动把测量数据代入自校准方程进行计算, 以消除由漂移及放大器增益不稳定所带来的误差。借助于微处理器, 不仅能校正由漂移、增益不稳定等引起的误差, 还能校正由各种传感器、变换器及电路引起的非线性或频率响应等误差。

3. 仪器操作自动化

智能仪器自动化程度高, 被称之为自动测试仪器。传统仪器面板上的开关和按钮大部分被键盘所代替, 操作人员仅需按键即可完成所有的操作。智能仪器通常都能自动选择量程、自动校准, 有的还能自动调整测试点, 既方便了操作, 也排除了人为因素的影响, 提高了测试的准确性和可靠性。

4. 数据传送与通信

智能仪器通常都具有 GP—IB 标准通信接口, 能够很方便地接入自动测试系统, 接受遥控命令、实现自动测试。许多智能仪器还配置有 RS—232C/RS—422/RS—485 等标准串行接口、现场总线接口等, 具有远距离数据通信功能, 便于组成测控网络。

1.3 智能仪器的发展

在计算机技术和微电子技术迅猛发展的推动下, 测量技术与仪器仪表技术不断进步, 相继诞生了 PC 仪器、VXI 仪器、虚拟仪器等微机化仪器及其自动测试系统。计算机与现代仪器设备间的界限日渐模糊, 测量领域和范围不断拓宽。由于仪器仪表对微计算机技术的依赖日益加剧, 出现了“计算机就是仪器”和“软件就是仪器”的提法。由于仪器仪表网络化发展的趋势

日渐明朗,近来又出现了“网络就是仪器”的提法。随着人类文明的进步和科学技术的发展,智能仪器技术也在不断地进步和发展。以下仅介绍在智能仪器发展中具有代表性的自动测试系统、虚拟仪器、网络化仪器以及智能传感器系统。

1.3.1 自动测试系统

自动测试系统(ATS, Automatic Test System)最早是为适应多点自动巡回检测的需要而开发的。当采用计算机技术之后,自动测试系统有了极大的发展,不但可以快速自动地完成对上百个物理参数和开关状态的巡回检测,而且具有过程监测、数据分析、故障诊断及预测等多项功能。由智能仪器组成的自动测试系统是一个分布式多微机系统,各智能仪器在任务一级并行工作,相互间通过标准外部总线进行必要的通信,协同完成原来由大型系统才能胜任的综合测试任务。

1. CAMAC 系统

CAMAC(计算机自动测试及控制)系统是适用于宇航、交通和工业自动化等方面的大型自动测试系统。它最早由欧洲电子学标准化委员会提出,后被 IEEE(美国电气及电子工程师协会)及 IEC(国际电工协会)承认,成为国际标准。CAMAC 主要用于解决计算机和各功能组件,即各测量或控制用仪器装置之间的接口问题。其主要特点是数据传输速率高、通用性及灵活性强,可兼容不同设备。我国在 20 世纪 80 年代完成了 CAMAC 系统的开发,并在一些军工和普通工业部门获得应用,但如今这种系统已逐渐被淘汰。

2. GP—IB 系统

GP—IB(通用接口总线)是 1972 年由美国 HP 公司最早提出的,1975 年被 IEEE 承认为 IEEE—488 标准;1979 年又被 IEC 承认为 IEC—625 标准;1984 年我国将此标准承认为 ZBY207,并正式命名为“可编程测量仪器的接口系统”。GP—IB 的应用十分广泛,智能仪器大都配有 GP—IB 通信接口。不管是哪个国家、哪家企业生产的智能仪器产品,只要配有 GP—IB 标准接口,都可以借助一条无源电缆总线互联,灵活地组成各种不同用途的自动测试系统,以完成较复杂的测试任务。典型的 GP—IB 自动测试系统如图 1-4 所示。

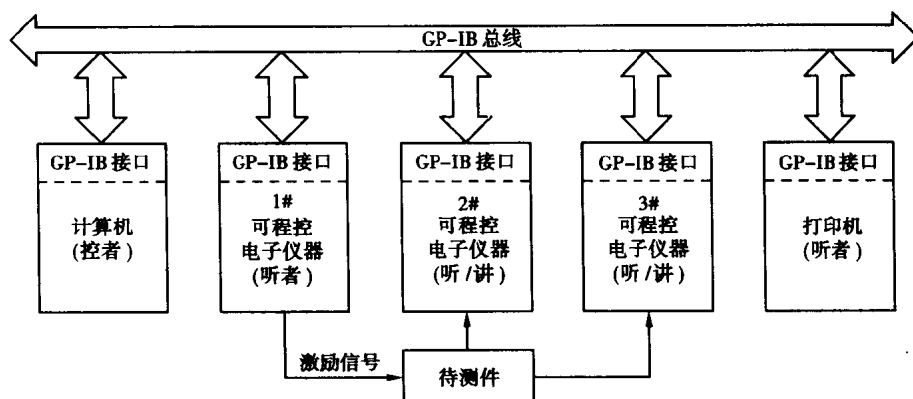


图 1-4 GP—IB 自动测试系统示意图

GP—IB 自动测试系统由微型计算机、若干台不同用途的可程控仪器(须配有 GP—IB 接口)以及 GP—IB 总线三者组成。微型计算机作为系统的控制者,通过执行测试软件,实现对测量全过程的控制和测量数据的综合处理;每台可程控仪器均是自动测试系统中的任务执行

单元。GP—IB 总线由微型计算机中的接口板和每台程控仪器中的 GP—IB 标准接口以及 GP—IB 标准电缆三部分组成。GP—IB 标准总线共有 16 条信号线(双向数据总线 8 条、数据传输控制总线 3 条、管理总线 5 条),将各种仪器设备有机地连接起来,完成系统内各种信息的变换和传输。GP—IB 自动测试系统通用性强、功能完善,只需增减或更换“挂”在它上面的程控仪器设备、编制相应的测试软件,即可完成不同的测试任务。在要求测量时间极短、数据处理量大、测试现场对操作人员有害或操作人员参与容易产生人为误差等测试任务中极为适用。

3. VXI 系统

VME 总线(Versabus Module European)是 Motorola 公司 1981 年针对 32 位微处理器 68000 而开发的微机总线。VXI 总线(VME bus Extensions for Instrumentation)系 VME 总线标准在智能仪器领域的扩展,是 HP 等 5 家美国有影响的仪器公司于 1987 年联合提出的面向模块的总线标准,以适应测量仪器从分立的台式或框架式结构发展为更为紧凑的模块式或插件式结构的需要。VXI 总线仪器系统采用 40MHz 带宽的 VME 总线作为机箱背板总线。背板总线的功能相当于 GP—IB 标准总线,但具有更高的数据吞吐率。各种卡式仪器(IAC, Instrument At Card)均挂载在背板总线上,从而在测控软件的支持下实现自动测试系统的全部功能。VXI 系统是一种微型计算机控制的新型仪器系统,允许不同厂家生产的符合 VXI 总线接口标准的 IAC 与微型计算机共存于主机箱内(主控微型计算机也可安放在机箱外部,通过多种标准通信总线与 VXI 系统连接)。采用这种总线标准的新型仪器系统具有尺寸紧凑、信息吞吐率高、配置灵活、可靠性高等特点,可以组成不同规模的自动测试系统。我国已投入了大量的人力及资金开发 VXI 自动测试系统,并在一些军工和科研部门得到了成功的应用。但是,VXI 系统价格较昂贵,某种程度上限制了它的推广应用。

1.3.2 虚拟仪器

仪器仪表技术经历了模拟仪器、数字化仪器、智能仪器三个发展阶段,也形成了单台仪器、叠架式仪器系统、虚拟仪器这样三条发展主线。虚拟仪器(VI, Virtual Instrument)是指在通用微型计算机上添加必要的仪器硬件模块和仪器专用软件,使操作通用微型计算机如同操作一台传统意义的智能仪器。虚拟仪器的出现,打破了仪器功能只能由厂家定义,用户无法改变的模式。用户可以充分发挥想像力和才能,设计个性化的仪器系统,以满足多种多样的应用需要。由于软件是关键,可以很方便地改变软件来适应不同的需要,功能更加灵活;由于以通用计算机为基础平台、虚拟仪器很容易同网络、外设及其他应用连接,也能够很快地跟上计算机的发展,不断升级,乃至重建自己个性化的仪器系统。

早在 20 世纪 70 年代,人们就有了虚拟仪器的设想,但真正实现则是在个人计算机仪器(PCI)之后。多年来,以 PCI 为硬件平台的虚拟仪器已受到各方面的关注,但 PCI 始终没有统一的规格,而且 PC 机的 AT 总线或 ISA 总线并未兼顾仪器的需要,加之机箱供电能力有限,噪音干扰较大,电磁兼容能力较低,插槽数目有限,插件规模尺寸受限制等等因素,制约了 PCI 硬件平台虚拟仪器的发展。为此,美国国家仪器公司(NI, National Instrument)率先在 PC 机中另辟单独插件箱,将 PCI 总线扩充成为仪器总线 PXI(PCI Extention for Instrument),并在数据采集器方面推出了一系列成功的产品。PXI 总线在某些方面与 VXI 总线有相似之处,如增加了触发总线、时钟总线、局部总线、电源总线等等。所用的机箱功率为 300W,有内附奔腾控制器,机箱可容纳 8 个插卡等等。扩充了仪器总线(PXI)的个人计算机仪器的性能虽比 VXI 系

统低,但价格较便宜,体积较小,使用灵活。与 GP—IB(机架台式)系统和 VXI(插卡式)系统形成了三分市场之势。

在基本硬件系统确定以后,软件即成为构造虚拟仪器系统的关键,提高软件编程效率也就成了非常现实的问题。虽然采用面向对象的编程技术可以提高软件编程效率,可视化编程语言(VC、VB)的推出,又进一步简化了人机界面编程过程。但对于虚拟仪器系统的应用程序设计,还需要更方便、更快捷的编程工具。为此,许多公司都推出了与本公司的虚拟仪器配套的图形化软件编程平台。如NI公司的LabVIEW和LabWindows/CVI,HP公司的VEE,Tektronix公司的TekTMS等,这些软件开发工具可以把复杂、烦琐、费时的编程简化为直观、易学的图形编程方式,并提供自动纠错及方便的调试功能。下面以NI公司的LabVIEW为例,对这种图形化软件编程平台做简要介绍:

LabVIEW是一种基于G语言的、面向仪器的图形化编程环境,它具有以下特点:

1)使用“所见即所得”的可视化技术建立人机界面。可提供大量测量和控制领域中仪器面板的控制对象,如表头、旋钮、图表等。用户还可以通过控制编辑器将现有的控制对象改造成适合自己工作领域的控制对象。

2)使用图标表示功能模块,使用图标间的连线表示各功能块之间的数据传递关系,使用为大多数人熟悉的数据流程图式的语言书写源程序,使编程过程与思维过程非常相似。

3)提供程序调试功能。用户可以在源程序中设置断点,采用单步执行等;在源程序中的数据流连线上设置探针,观察程序运行过程中数据流的变化;在数据流程图中以较慢的速度运行程序;根据连线上显示的数据值检查程序运行的逻辑状态。

4)继承了传统编程语言中结构化和模块化的优点。

5)采用编译方式运行应用程序,提高了图形化编程平台的运行速度。

6)支持多种系统平台,如Macintosh,Power—Macintosh,HP—UX,Sun SPARC,Windows3. X,Windows 95/98和Windows NT等。任何平台开发的LabVIEW应用程序均可直接移植到其他平台上运行。

7)提供大量的函数库供用户直接调用。从基本的数学函数、字符串函数、数组运算函数和文件I/O函数到高级的数字信号处理函数以及各种数值分析函数。

8)具有实时性,支持数据采集板和GP—IB、串口设备、VXI仪器、PLC、现场总线以及用户特殊的硬件板卡,提供世界各大仪器厂商的多种GP—IB仪器、串口设备、VXI仪器、CAMAC设备的驱动程序,便于用户快速组建自己的应用系统。

9)提供DLL接口和CIN代码调用,用户可以在LabVIEW平台上使用其他软件平台(如C)编译的模块。LabVIEW即是一个开发平台,用户在该平台上也可以使用其他软件平台生成模块。

虚拟仪器的软件主要分为四层结构:测试管理层、测试程序层、仪器驱动层和I/O接口层。虚拟仪器标准的出现极大地改善了开发环境,使这些软件层的设计均以“与设备无关”为特征。I/O接口软件与仪器驱动程序实现了工业化,且由仪器制造厂随仪器模块配套提供;标准测试开发工具包含了大量预先编好的不同类型的程序库,用于数据分析、显示、报表等;测试管理软件可以满足用户广泛的需求。虚拟仪器软件工具的另一个重要特征是用户可以使用单一的、前后一致的开发工具完成测试程序的所有部分,包括用户应用程序、测试程序和仪器驱动程序等。由于虚拟仪器的本质是面向对象,由不同开发人员采用不同开发工具编写的测

试程序可以方便地集成在一个系统中。完整的虚拟仪器系统的构成如图 1-5 所示。

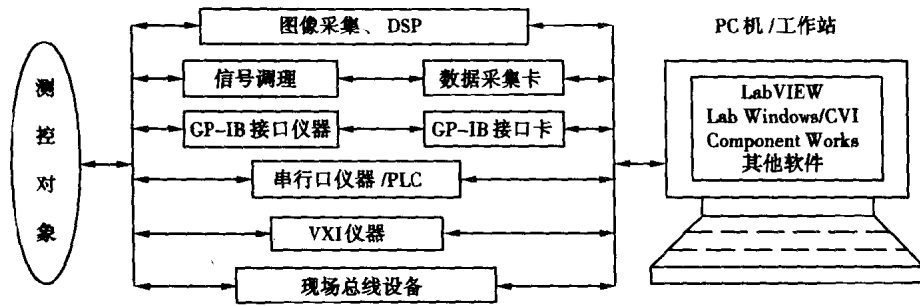


图 1-5 虚拟仪器系统结构图

1.3.3 网络化仪器

当今时代,以 Internet 为代表的计算机网络的迅速发展以及相关技术的日臻完善,突破了传统通信方式的时空限制和地域障碍,使更大范围内的多媒体数据通信变得十分容易。Internet 拥有的硬件和软件资源正在越来越多的领域中得到应用,比如电子商务、网上教学、远程医疗、远程数据采集与控制、高档测量仪器设备资源的远程实时调用、远程设备故障诊断等等。与此同时,高性能、高可靠性、低成本的网关、路由器、中继器以及网络接口芯片等网络互联设备的不断进步,大大方便了 Internet 与不同类型的测控网络和企业管理网络间的互联,为测量与仪器技术带来了前所未有的发展机遇。网络化测量技术与具备网络功能的新型仪器即“网络化仪器”应运而生。所谓“网络化仪器”,是指在智能仪器中将 TCP/IP 协议等作为一种嵌入式应用,使测量过程中的数据和控制命令等均能够以 TCP/IP 方式传送;使智能仪器可以接入 Internet,构成分布式远程测控系统。以下是网络化仪器的几个例子。

1. 网络化流量计

网络化流量计即具有联网能力的流量计。在其安装过程中用户可通过网络浏览器对流量计若干参数进行远程配置;嵌入 FTP 服务器后,可将流量数据通过 Internet 传送到指定计算机中作为特殊文件保存;电子邮件服务器可将预先设定的流量报警信息发送给指定信箱或收信人(电话或寻呼机),收到报警信息后,可利用该网络化流量计的互联网地址做远程登录,运行适当的诊断程序、重新进行配置或下载新的固件,以排除障碍,而无须赶赴现场处理。

2. 网络化传感器

网络化传感器是在智能传感器基础上,将 TCP/IP 协议嵌入现场智能传感器的程序存储器中,处在测控点的网络传感器将测控参数信息加以必要的处理后登临网络,使联网的其他设备从网上获取这些参数,再进行相应的分析和处理。网络化传感器应用范围很大,比如在广袤地域的水文监测中,对江河从源头到入海口,在关键测控点用传感器对水位乃至流量、雨量进行实时在线监测,网络化传感器就近登临网络,组成分布式流域水文监控系统,可对全流域的现状及动向进行在线监控。在进行广大地区耕地的质量监测中,也可利用网络化传感器,采集大范围的各类信息。随着分布式测控网络的兴起,网络化传感器必将得到更广泛的应用。

3. 网络化示波器和网络化逻辑分析仪

美国安捷伦公司前几年即将联网功能作为其系列数字存储示波器产品的标准功能配置,推出了一系列网络化示波器产品。最近该公司又推出了具有网络功能的 16700B 型逻辑分析