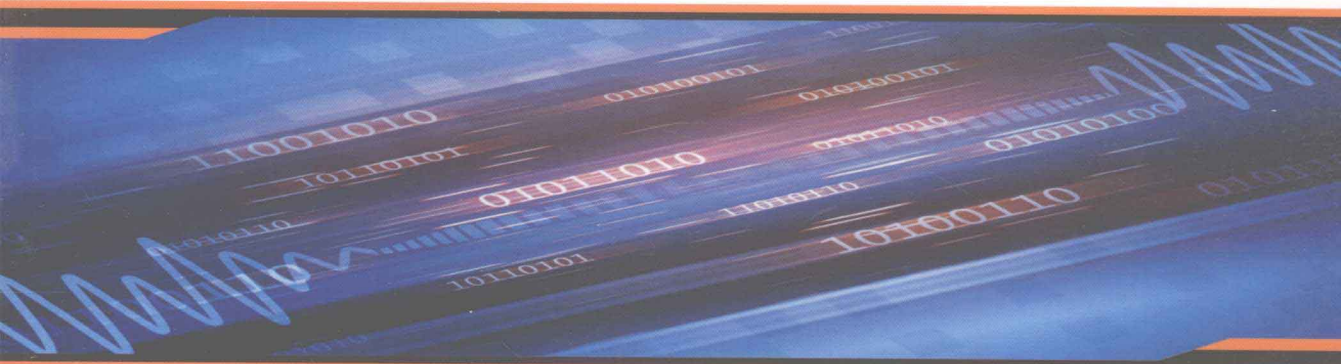




高等学校规划教材·电子、通信与自动控制技术
PROGRAMMING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



智能仪器原理与设计

高立娥 刘卫东 编著

西北工业大学出版社

高等学校规划教材·电子、通信与自动控制技术

智能仪器原理与设计

高立娥 刘卫东 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书全面系统地阐述了智能仪器的体系结构、基本硬件和软件的设计原理及实现方法。其特点是注重理论联系实际,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9章。内容包括智能仪器的分类、组成、特点,智能仪器中的微型计算机,智能仪器的输入/输出通道及数据采集,智能仪器的显示器、键盘及打印机输出接口,智能仪器的可靠性及抗干扰技术,智能仪器的标准通信接口技术,智能仪器的自动测量及典型数据处理功能,智能仪器实例分析以及虚拟仪器设计与开发技术。每章后均附有习题。

本书可作为普通高等学校测控技术与仪器、电子信息、自动化、机电一体化等专业的高年级本科生和低年级研究生教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器原理与设计/高立娥,刘卫东编著. —西安:西北工业大学出版社,2011.9
ISBN 978-7-5612-3141-8

I. ①智… II. ①高…②刘… III. ①智能仪器—理论②智能仪器—设计 IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159333 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西百花印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.625

字 数:351 千字

版 次:2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

定 价:30.00 元

前 言

智能仪器是计算机技术与仪器仪表相结合的产物,因为它具有数字存储、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、自动寻故障等功能,可以完成需要人类智慧才能胜任的工作,即具备了一定的智能化功能。智能仪器是在数字化的基础上发展起来的,是从现场实际问题出发,应用新的处理技术和新的硬件平台,使所设计仪表的精度、可靠性、可维护性和可测试性都得到保证和提高了的仪器。

本书全面系统地阐述了智能仪器的体系结构、基本硬件和软件的设计原理及实现方法。其特点是注重实用,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9章。第1章绪论,概述智能仪器的基本组成、功能特点以及发展趋势。第2章智能仪器中的微型计算机,主要从智能仪器中专用微处理器的角度出发,阐述 MCS-51 单片机的内部结构、工作原理和单片机的扩展技术。第3章智能仪器的输入/输出通道及数据采集,主要介绍 A/D、D/A 转换接口及数据采集系统的接口设计方法。第4章智能仪器的显示器、键盘及打印机输出接口,主要介绍显示器、键盘及打印机接口的设计原理和方法。第5章智能仪器的可靠性及抗干扰技术,主要介绍智能仪器的可靠性设计以及软、硬件抗干扰技术及抗干扰措施。第6章智能仪器的标准通信接口技术,主要介绍通用接口总线(GPIB)、RS-232 串口总线、USB 通用串行总线、CAN 总线功能及接口技术。第7章智能仪器的自动测量及典型数据处理功能,主要介绍智能仪器的自动测量技术、误差的处理方法、PID 控制算法以及故障的自动检测功能。第8章智能仪器实例分析——水温控制系统,主要介绍智能仪器的设计方法以及水温控制系统的软、硬件设计及调试过程。第9章虚拟仪器设计与开发技术,主要介绍虚拟仪器的基本概念、虚拟仪器的开发语言 LabView, LabWindows/CVI,并结合应用实例具体说明 LabView 的应用。

本书融合了编者多年的工程实践经验,是编者多年科研和教学成果的积累。编写本书旨在给高等学校测控技术与仪器以及自动化专业的本科生及研究生提供一本适用的教材或教学参考书。

本书的第1,3,4,7,8章由高立娥副教授编写,第2,5,6,9章由刘卫东教授编写。研究生于莉、李乐协助整理书稿并绘制了大量插图,在此对他们的工作表示感谢。

在本书编写过程中参阅了许多教材、著作和论文,在此,我们谨向参考文献的各位作者以及给予支持和帮助的领导和同事们表示诚挚的谢意。

由于知识变化日新月异,我们的水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正!

编著者

2011年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 智能仪器的发展过程	1
1.2 智能仪器的组成	2
1.3 智能仪器的特点和基本功能	4
1.4 智能仪器的新发展	5
习题 1	13
第 2 章 智能仪器中的微型计算机	14
2.1 单片微型计算机	14
2.2 MCS-51 单片机的硬件结构	16
2.3 MCS-51 单片机的指令系统	28
2.4 MCS-51 单片机的中断系统	34
2.5 MCS-51 单片机的定时器/计数器	40
2.6 MCS-51 单片机的串行口	48
2.7 MCS-51 单片机的扩展技术	55
习题 2	62
第 3 章 智能仪器的输入/输出通道及数据采集	64
3.1 概述	64
3.2 传感器	65
3.3 模拟信号调理电路	66
3.4 采样/保持器和多路开关	69
3.5 A/D 转换芯片及接口技术	71
3.6 D/A 转换芯片及接口技术	78
3.7 多通道输入/输出及数据采集系统	85
习题 3	86
第 4 章 智能仪器的显示器、键盘及打印机输出接口	87
4.1 LED 显示器接口技术	87
4.2 液晶显示器接口技术	91
4.3 键盘接口技术	95

4.4 打印输出接口技术	102
习题 4	107
第 5 章 智能仪器的可靠性及抗干扰技术	108
5.1 硬件可靠性设计	108
5.2 干扰源及其传播途径	109
5.3 硬件抗干扰技术	112
5.4 软件抗干扰措施	117
习题 5	120
第 6 章 智能仪器的标准通信接口技术	121
6.1 概述	121
6.2 串行通信接口	121
6.3 并行数据通信	131
6.4 CAN 现场总线技术	137
6.5 基于以太网的通信技术	143
习题 6	147
第 7 章 智能仪器的自动测量及典型数据处理功能	148
7.1 概述	148
7.2 仪器的自动测量功能	149
7.3 测量误差及典型的误差处理方法	151
7.4 仪器中的非数值处理	158
7.5 控制算法	161
7.6 智能仪器的自检方式与自检项目	170
7.7 故障诊断技术与方法	174
习题 7	178
第 8 章 智能仪器实例分析——水温控制系统	179
8.1 智能仪器的设计方法与过程	179
8.2 智能仪器设计实例	185
习题 8	196
第 9 章 虚拟仪器设计与开发技术	197
9.1 虚拟仪器概述	197
9.2 虚拟仪器开发语言 LabVIEW 简介	200
9.3 虚拟仪器开发语言 LabWindows/CVI 简介	203

目 录

9.4 虚拟仪器应用实例——YFK-1 仿真接口控制台设计	208
习题 9	220
附录 单片机指令系统.....	221
参考文献.....	225

第 1 章 绪 论

智能仪器(intelligent instruments)是计算机技术与测试技术相结合的产物,是含有微计算机或微处理器的测量仪器。由于它具有对数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作功能,有智能的作用,因而被称为智能仪器。

单片机的出现,引起了仪器仪表结构的根本性变革,以单片机为主体取代传统仪器仪表的常规电子线路,将计算机技术与测量控制技术结合在一起,组成新一代的“智能仪器”。这种新型的智能仪器在测量过程的自动化、测量结果的数据处理以及功能的多样化方面,都取得了巨大的进展。目前,智能化仪器已经能够实现四则运算、逻辑判断、命令识别、自诊断、自校正甚至自适应和自学习功能。随着新技术、新器件、新标准的不断出现和应用领域的不断扩大,智能仪器的体系结构、设计和实现方法都在不断地变化,其智能化程度将会越来越高。

智能仪器由于具有功能强大、性能优越、体积小、操作方便等优点,在传统的测量领域得到了广泛应用,出现了如频谱分析仪、医疗监护仪、在线监测仪等新型仪器。PC 仪器、VXI 仪器、PXI 仪器、自动测试系统、虚拟仪器、现场总线仪器和近年来出现的网络化仪器,大大地扩展了仪器的应用领域。

1.1 智能仪器的发展过程

电子仪器从 20 世纪 50 年代发展至今,可以分为四个阶段:模拟仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器。

1. 第一代模拟仪器

模拟式电子仪器又称指针式仪器。模拟仪器应用和处理的信号均为模拟量,如指针式电压表、电流表、功率表及一些通用的测试仪器,均为典型的模拟式仪器。这些仪表的基本结构是电磁式的,基于电磁测量原理使用指针来显示最终测量值。模拟仪器的特点是体积大、功能简单、精度低、响应速度慢。

2. 第二代数字化仪器

数字式电子仪器,如数字电压表、数字测温仪、数字频率计等。它们的基本工作原理是将待测的模拟信号转换成数字信号并进行测量,测量结果以数字形式输出显示。

数字式电子仪器与第一代模拟式电子仪器相比,具有精度高、速度快、读数清晰、直观的特点。其结果既能以数字形式输出显示,还可以通过打印机打印输出。此外,由于数字信号便于远距离传输,因此数字式电子仪器适用于遥测遥控。

3. 第三代智能仪器

智能仪器是计算机科学、通信技术、微电子学、数字信号处理、人工智能、VLSI 等新兴技术与传统电子仪器相结合的产物。智能型仪器的主要特征是仪器内部含有微处理器(或单片机),它具有数据存储、运算和逻辑判断的能力,能根据被测参数的变化自动选择量程,可实现

自动校正、自动补偿、自寻故障,以及远距离传输数据、遥测遥控等功能,可以做一些需要人类的智慧才能完成的工作。也就是说,这种仪器具备了一定的智能,故称为智能仪器,如频谱分析仪、数字存储示波器、数据采集系统以及一些设备的控制台等。

4. 第四代虚拟仪器

虚拟仪器是计算机技术、通信技术和测量技术相结合的产物,是将来仪器产业发展的一个重要方向。

虚拟仪器是指在通用计算机上添加几种带共性的基本仪器硬件模块,通过软件来实现各种性能的仪器或系统,因此,从某种意义上来说,计算机就是仪器,软件就是仪器。虚拟仪器编程语言主要有 LabVIEW, LabWindows/CVI 等。

例如,只使用一块 A/D 卡,借助计算机的功能,在软件的配合下就可实现多种仪器的功能,如数字多用表、数字储存示波器、数字频谱分析仪、数据采集系统、数字频率计等。也就是说,传统仪器的许多硬件被计算机软件所代替。

1.2 智能仪器的组成

智能仪器一般是指采用了微处理器(或单片机)的电子仪器。它主要由硬件和软件两大部分组成。硬件部分主要包括主机电路、模拟量(或开关量)输入/输出通道、人-机联系部件与接口电路、串行或并行数据通信接口等,其组成结构如图 1.1 所示。

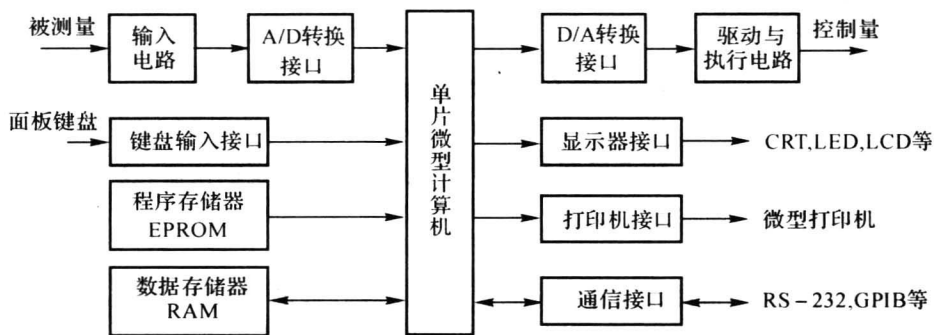


图 1.1 智能仪器硬件组成框图

智能仪器主要是由微处理器(或单片机)及其扩展电路(程序存储器 EPROM、数据存储器 RAM 及输入/输出接口等)组成的。主机电路是智能仪器区别于传统仪器的核心部件,用于存储程序、数据,执行程序并进行各种运算、数据处理和实现各种控制功能。输入电路和 A/D 转换接口构成了输入通道;而 D/A 转换接口及驱动电路则构成了输出通道;键盘输入接口、显示器接口及打印机接口等用于沟通操作者与智能仪器之间的联系,属于人-机接口部件;通信接口则用来实现智能仪器与其他仪器或设备交换数据信息。

智能仪器的软件包括监控程序和接口管理程序两部分。其中,监控程序主要是面向仪器操作面板、键盘和显示器的管理程序。其内容包括通过键盘操作输入并存储所设置的功能、操作方式与工作参数;通过控制 I/O 接口电路对数据进行采集;对所测试和记录的数据与状态进行各种处理;以数字、字符、图形等形式显示各种状态信息以及测量数据的处理结果等。

接口管理程序主要面向通信接口,其作用是接收并分析来自通信接口总线的各种有关信息、操作方式与工作参数的程控操作码,并通过通信接口输出仪器的现行工作状态及测量数据的处理结果来响应计算机的远程控制命令。

智能仪器的工作过程:外部的输入信号(被测量)先经过输入电路进行变换、放大、整形和补偿等处理,然后再经模拟量通道的 A/D 转换接口转换成数字量信号,送入微处理器(或单片机),微处理器(或单片机)对输入数据进行处理、分析、计算等一系列工作,并将运算结果存入数据存储器 RAM 中。同时,可通过显示器接口送至显示器显示,或通过打印机接口送至微型打印机打印输出,也可以将输出的数字量经模拟量通道的 D/A 转换接口转换成模拟量信号输出,并经过驱动与执行电路去控制被控对象,还可以通过通信接口(例如 RS-232, GPIB 等)实现与其他智能仪器的数据通信,完成更复杂的测量与控制任务。

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. 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,嵌入式微型计算机主要起测量过程控制及数据处理的作用。微机嵌入式智能仪器结构示意图如图 1.2 所示。这类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、使用环境恶劣、成本低廉等优点。

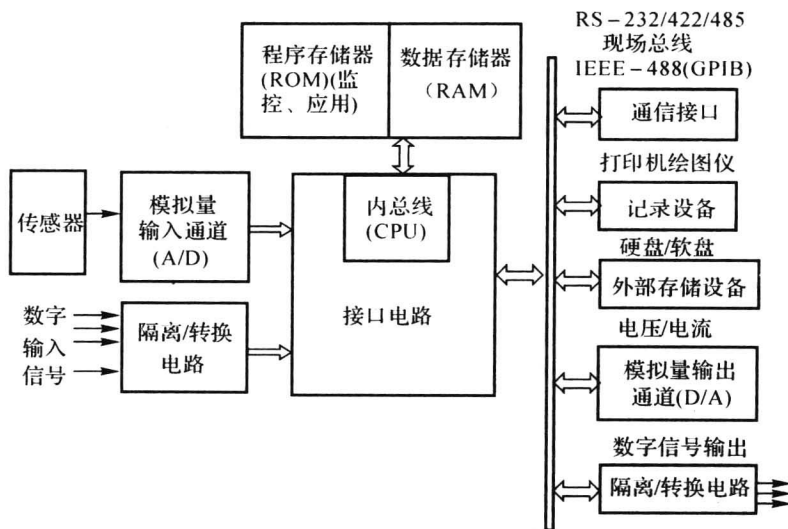


图 1.2 微机嵌入式智能仪器结构示意图

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,也称为个人计算机仪器,如图 1.3 所示。微机扩展式智能仪器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,把智能仪器中需要的人-机交互、测量过程控制、数据存储、数据处理和显示、打印等任务都由 PC 机承担。

微机扩展式智能仪器有两种形式,即内插式和外插式。

(1)内插式。它把仪器插件卡直接插入到 PC 机内部总线扩展槽内。这种结构比较简单,实现方便,成本最低,但难以满足重载仪器对电流功率和散热的要求,机内干扰也比较严重。

(2)外插式。克服内插式缺点的办法之一是定义新的仪器总线,并将仪器插件移到个人计算机外的独立机箱中去。HP 公司 6000 系列模块式 PC 仪器系统就是这种形式的代表产品。这种形式的个人仪器的特点是:独立的机箱和独立的电源,使仪器避免了微机的噪声干扰;设计了专门的仪器总线 PC-IB,组成仪器系统很方便。

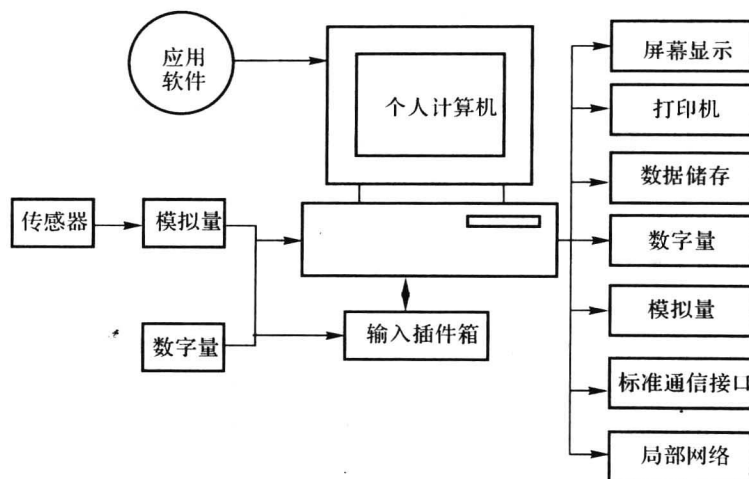


图 1.3 个人计算机仪器(PCI)结构

1.3 智能仪器的特点和基本功能

1.3.1 智能仪器的主要特点

智能仪器具有两个基本特点:

- (1)智能仪器的基本组成具有典型的计算机结构;
- (2)智能仪器具有两种基本工作方式。

本地方式:用户按面板上的键盘,向仪器发布各种命令,指挥仪器完成各种功能。仪器的控制作用由内含的微处理器统一指挥和操纵。

遥控工作方式:用户通过外部的微型机来指挥控制仪器,外部微型机通过接口总线 GPIB 向仪器发送命令和数据。仪器根据这些传送来的命令完成各种功能。这时,面板的键盘将不起作用。

在具有多台仪器的大型测试系统中,遥控工作方式十分有用,便于构成自动检测系统。系统连接的仪器可多达十几台,整个传输范围可达近 20 m。

1.3.2 智能仪器的基本功能

1. 具有友好的人-机对话功能

智能仪器使用键盘代替了传统仪器中的切换开关,操作人员只须通过键盘输入命令,就能实现某种测量功能。与此同时,智能仪器还可以通过显示屏将仪器的运行情况、工作状态以及对测量数据的处理结果及时告诉操作人员,使仪器的操作更加方便、直观。

2. 提高仪器的测量精度

智能仪器的核心是微处理器(或单片机)。随着计算机主频的提高及 A/D, D/A 转换速度的提高,对模拟量进行采集和存储的时间减少,那么在一定的时间内,可对模拟量进行多次重复测量,然后求其平均值,这样就可以排除一些偶然的干扰误差。

3. 自动校正零点、满度和切换量程

智能仪器的自校正功能大大降低了因仪器的零点漂移和特性变化所造成的误差,而量程的自动切换又给使用带来了很大的方便,并可以提高测量精度和读数的分辨率。

4. 自动修正各类测量误差

许多传感器的固有特性是非线性的,且受环境温度、压力等参数的影响,从而给智能仪器带来了测量误差。在智能仪器中,只要能掌握这些误差的规律,就可以依靠软件进行修正。常见的有测温元件的非线性校正、热电偶冷端温度补偿、气体流量的温度压力补偿等。

5. 具有复杂数据处理及数字滤波功能

智能仪器能实现各种复杂运算,对测量数据进行整理和加工处理,例如统计分析、查找排序、标度变换、函数逼近和频谱分析等。通过对主要干扰信号特性的分析,采用适当的数字滤波算法,可以有效地抑制各种干扰(例如低频干扰、脉冲干扰)的影响。

6. 实现各种控制规律

智能仪器能实现 PID 及各种复杂的控制规律。例如,可进行串级、前馈、非线性、纯滞后、自适应、模糊等控制,以满足不同控制系统的需要。

7. 数据通信

智能仪器配有 GPIB, RS-232, RS-485 等标准的通信接口,可以很方便地与其他仪器和计算机进行数据通信,以便构成不同规模的计算机测量控制系统。

8. 具有自诊断和故障监控功能

在运行过程中,智能仪器可以自动地对仪器本身各组成部分进行一系列的测试,一旦发现故障即能报警,并显示出故障部位,以便及时处理。

1.4 智能仪器的新发展

1.4.1 自动测试系统

1. 自动测试系统的组成

自动测试系统(Automatic Test System, ATS)是计算机技术和测试技术相结合的产物,是以计算机为核心,在程控指令下,为完成某种测试任务而组合起来的测量仪器和其他设备的有机整体。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,相互间通过并行总线进行数据通信,完成综合测试任务。其特点为可以快速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。

自动测试系统由控制器、程控仪器及设备、总线与接口、测试软件以及被测对象五部分组成。各部分组成功能如下:

(1)控制器。控制器是系统的指挥、控制中心,包括小型计算机、个人计算机、单片

机、DSP。

(2)程控仪器、设备。程控仪器、设备是指能完成一定测试或控制任务的硬件,包括程控多用表、信号源、控制开关、伺服系统等。

(3)总线与接口。总线与接口是指连接控制器与各种程控仪器、设备的通路,完成命令、数据的传输与交换,包括机械接插件、插槽、电缆等。

(4)测试软件。测试软件是指为完成测试任务而编写的各种应用软件,如测试主程序、驱动程序、测试结果打印程序、I/O 程序。

(5)被测对象。被测对象如坦克、飞机、导弹、鱼雷、卫星、雷达、大型通信交换机等,需要通过电缆、接插件等与程控仪器、设备相连。

典型自动测试系统如图 1.4 所示,自动测试系统由计算机、多台可编程仪器及 GPIB 三者组成。计算机是系统的控制者,通过执行测试软件,实现对测量全过程的控制及处理;各可编程仪器设备是测试系统的执行单元,完成采集、测量、处理等任务;GPIB 由计算机及各可编程仪器中的标准接口和标准总线两部分组成,它把各种仪器设备有机地连接起来,完成系统内的各种信息的变换和传输任务。

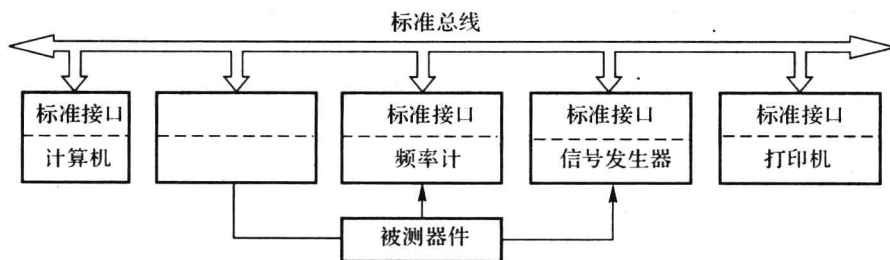


图 1.4 典型自动测试系统组成

2. 自动测试系统常用的总线

自动测试系统采用标准的总线接口把系统中的各台仪器连在一起构成综合化系统,常用的总线有 IEEE 488 总线、VXI 总线、PXI 总线。

(1)IEEE 488 总线。IEEE 488 通用接口总线又称 GPIB(General Purpose Interface Bus)总线,是 HP 公司在 20 世纪 70 年代推出的台式仪器接口总线,因此又叫 HPIB(HP Interface Bus),1975 年 IEEE 和 IEC 确认为 IEEE 488 和 IEC 652 标准。该标准总线在仪器、仪表及测控领域得到了最广泛的应用。这种系统是在微机中插入一块 GPIB 接口卡,通过 25 线电缆连接到仪器端的 GPIB 接口。当微机的内总线变化时,例如采用 ISA 或 PCI 等不同总线,接口卡也随之变更,其余部分可保持不变,从而使 GPIB 系统能适应微机总线的快速变化。由于 GPIB 系统在 PC 出现的初期问世,因而有一定的局限性。如其数据线只有 8 根,传输速率最高为 1 Mb/s,传输距离为 20 m(加驱动器可达 500 m)等。尽管如此,目前仍是仪器、仪表及测控系统与计算机互连的主流并行总线。因为装有 GPIB 接口的台式仪器的品种和数量都明显超过倍受青睐的 VXI 仪器,而且在目前应用的 VXI 系统中,与 GPIB 混合应用比例很大,还有相当数量采用外主控计算机控制的 VXI 系统,其计算机通过 GPIB 电缆和 GPIB-VXI 接口进行控制。以 PCI 为基础的 PXI 系统,也都具有 GPIB 接口。因此,在相当长的时间内,GPIB 系统仍将在实际应用中,特别是中、低速范围内的计算机外设总线应用中占有一定的市场。

(2)VXI总线。VXI(VMEbus eXtension for Instrumentation)总线是VME计算机总线在仪器领域中的扩展,由HP、Tektronix等五家电子仪器公司于1987年提出,1992年成为IEEE1155标准。在该系统中围绕机械、电气、控制方式、通信协议、电磁兼容、软面板、驱动程序、I/O控制乃至机箱、印制电路板的VXI总线产品相互兼容。VXI系统综合了计算机技术、GPIB技术、PC仪器技术、接口技术、VME总线和模块化结构技术的成果,1998年修订的VXI 2.0版本规范采用了VME总线的最新进展,提供了64位扩展能力,数据传输率最高可达80 Mb/s。VXI系统最多可包含256个器件(装置),可组成一个或多个子系统,每个子系统最多可包含13个插入式模块,插入一个机箱内,在组建大、中规模自动测量系统以及对速度、精度要求高的场合,具有其他仪器无法比拟的优势。VXI总线支持即插即用、人机界面良好、资源利用率高、容易实现系统集成,大大地缩短了研制周期,且便于升级和扩展。其当前的一个应用热点是自1986年美国国家仪器公司(NI)推出的虚拟仪器(Virtual Instruments)开发平台LabVIEW,虚拟仪器提出“软件即仪器”(The software is the instrument)的口号,由软件定义各种仪器的功能,带来了测试技术的革命。不足的是VXI系统的成本相对较高。

(3)PXI总线。PXI(PCI eXtensions for Instrumentation)总线是1997年美国国家仪器公司(NI)发布的一种高性能、低价位的开放性、模块化仪器总线。PXI是PCI在仪器领域的扩展,是用于自动测试系统机箱底板总线的规范,在机械结构方面与CompactPCI总线的要求基本相同,不同的是PXI总线规范对机箱和印制电路板的温度、湿度、振动、冲击、电磁兼容性和通风散热等提出了要求,与VXI总线的要求非常相似。CompactPCI是将PCI电气规范与耐用的欧洲卡机械封装和高性能连接器相结合的产物,这种结合使得CompactPCI系统可以拥有多达7个外设插槽,而不是普通PC机的4个插槽。

在电气方面,PXI总线完全与CompactPCI总线兼容。所不同的是PXI总线为适合于测控仪器、设备或系统的要求,增加了系统参考时钟、触发器总线、星型触发器和局部总线等内容。除了PXI系统具有多达8个插槽(1个系统槽和7个仪器模块槽),而绝大多数台式PCI系统仅有3个和4个PCI插槽这点差别之外,PXI总线与台式PCI规范具有完全相同的PCI性能。利用PCI-PCI桥技术扩展多台PXI系统,可以使扩展槽的数量在理论上最多能达到256个。PXI将Windows NT和Windows 95定义为其标准软件框架,并要求所有的仪器模块都必须带有按VISA规范编写的WIN32设备驱动程序,使PXI成为一种系统级规范,保证系统的易于集成与使用,从而进一步降低用户的开发费用,因此在数据采集、工业自动化系统、计算机机械观测系统和图像处理等方面获得了广泛应用。

1.4.2 个人仪器系统

个人仪器(Personal Computer Instruments,也称PC仪器)是在智能化仪器的发展基础上出现的又一种新型微机化仪器,它是个人计算机与电子仪器相结合的产品。这类仪器的基本构想是将原智能仪器仪表中测量部分的硬件电路以附加插件或模板的形式插入到PC机的总线插槽或扩展机箱中,而将原智能化仪器中的控制、存储、显示和操作运算等软件任务都移交给PC机来完成。由于它充分利用了PC机的软件和硬件资源,因而相对于传统的智能仪器来说,极大地降低了成本,方便了使用,提高了可靠性,显示出广阔的发展前景。在此基础上,若将多种测控仪器插件或模板组合在一个PC系统中,还可以构成称之为个人仪器的系统,以代替价格昂贵的GPIB接口测试系统的工作。个人仪器的主要形式有内插式、外插式两种。

个人仪器的硬件是由仪器插件通过总线与个人计算机融合在一起构成的,因而仪器插件硬件部分有接口和测量控制两大部分电路,其基本结构如图 1.5 所示。

个人仪器不同于普通智能仪器的一个显著特点是,用户不再使用仪器的硬面板,而是采用软面板实现对仪器的操作。所谓软面板,是指在高分辨率 CRT 上作图生成的仪器面板图形。用户通过操纵键盘,移动鼠标、光标或触摸屏方式来选择软面板上的“软按键”。显示在 CRT 上的软面板可以采用 C 语言、BASIC 语言及图形化编程语言来绘制。

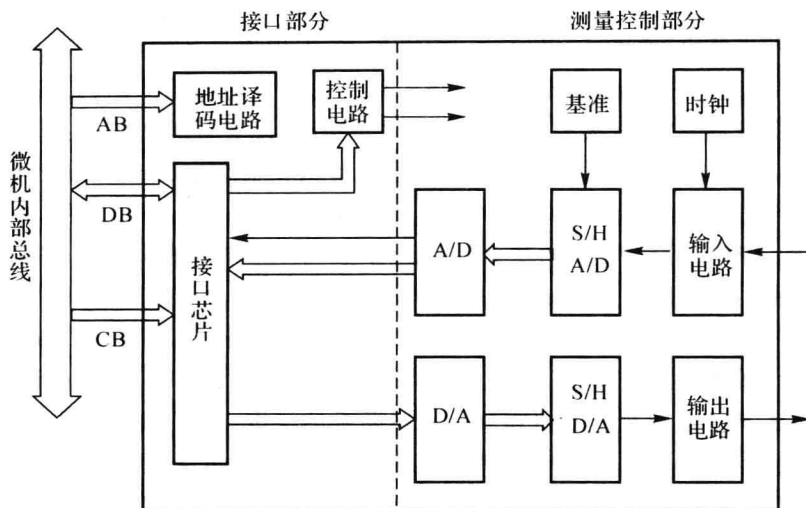


图 1.5 个人仪器插件的一般结构

个人仪器系统一般有人工和程序两种控制方式。在人工控制方式下,系统软件在微机屏幕上产生一个软面板,用户可以像操作传统仪器一样,通过软面板选择功能、量程以及输入有关参数的方式,建立起相应的状态标志,提供给仪器驱动程序。

个人仪器有以下几个主要特点:

(1)成本低。在个人仪器系统中,每个测试功能不是由整机,而是由插件完成的。每个插件不必具有智能仪器所需的微处理器、显示装置、键盘、机箱等部件,因而制造成本大大降低。

(2)使用方便。在个人仪器中,标准的仪器功能写在操作软件中,并备有简单的菜单(Menu)。用户可根据菜单进行选择,无须编制程序就能完成各种测试任务,操作方便。

(3)制造方便。仪器插件卡与个人计算机之间的关系远不如智能仪器中微处理器与测量部件之间的关系密切,而价廉物美的个人计算机可以购买。仪器制造厂可集中精力研制、生产测试插件卡,生产周期短、制造方便。

(4)实时交互作用。个人仪器是通过微机的系统总线连接的,相互间可进行实时的交互联系。例如,可让一台仪器去触发另一台仪器,使其在时间上相互关联;而在 GPIB 系统中,仪器间不能实时交互,它们只接受系统控制器的控制,或向控制器提出服务请求。

1.4.3 虚拟仪器

1. 虚拟仪器的概念

虚拟仪器是指通过应用程序将通用计算机与功能化硬件模块结合起来的一种仪器,用户

可以通过友好的图形界面来操作这台计算机,从而完成对被测控参数的采集、运算与处理、显示、数据存储、输出等任务。虚拟仪器通常由计算机、仪器模块和软件三部分组成。仪器模块的功能主要靠软件实现,通过编程在显示屏上构成波形发生器、示波器或数字万用表等传统仪器的软面板;而波形发生器发生的波形、频率、占空比、幅值和偏置,或者示波器的测量通道、标尺比例、时基、极性、触发信号等都可用鼠标或按键进行设置,如同常规仪器一样使用,不过虚拟仪器具有更强的分析处理能力。随着计算机技术和虚拟仪器技术的发展,用户只能使用制造商提供的仪器功能的传统观念正在改变,而用户自己设计、定义的范围进一步扩大。同一台虚拟仪器可在更多场合应用,比如既可在电量测量中应用,又可在振动、运动和图像等非电量测量中应用,甚至在网络测控中应用。

虚拟仪器强调软件的作用,提出“软件就是仪器”的理念。它克服了传统仪器的功能在制造时就被限定而不能变动的缺陷,摆脱了由传统硬件构成一件件仪器再连成系统的模式,变为由用户根据自己的需要,通过编制不同的测控软件来组合成各种虚拟仪器。其中许多功能直接就由用户软件来实现,打破了仪器功能只能由厂家定义,用户无法改变的模式。当用户的测控要求变化时,可以方便地由用户自己来增减软、硬件模块,或重新配置现有系统以满足要求。因此虚拟仪器通过应用程序将通用计算机与功能化硬件结合起来,用户通过友好的图形界面来操作这台计算机,就像在操作自己定义、自己设计的一台单个仪器一样。

2. 虚拟仪器的组成

(1)虚拟仪器的硬件系统。虚拟仪器(Virtual Instruments)的硬件系统一般分为计算机硬件平台和测控功能硬件。计算机硬件平台可以是各种类型的计算机,如普通台式计算机、便携式计算机、工作站、嵌入式计算机等。计算机管理着虚拟仪器的硬、软件资源,是虚拟仪器的硬件基础。计算机技术在显示存储能力、处理性能、网络、总线标准等方面的发展,引发了虚拟仪器系统的快速发展。

虚拟仪器是指选择一个或几个带共性的基本仪器硬件来组成一个通用硬件平台,通过调用不同的软件来扩展或组成各种功能的仪器或系统。

在传统的智能仪器中,一般情况一种仪器只有一种功能或数种功能。而虚拟仪器是将具有一种或多种功能的通用模块组合起来,通过编制不同的测控软件来构成任何一种仪器,而不是某几种仪器。例如,激励信号可先由微机产生数字信号,再经 D/A 变换产生所需的各种模拟信号,这相当于一台任意波形发生器。被测信号经过采样、A/D 变换成数字信号,再经过处理,可以直接以数字显示而形成数字电压表一类仪器;也可以用图形显示而成为示波器类仪器;或者再对数据进一步分析,即可形成频谱分析类仪器。许多厂家已研制出多种用于构建虚拟仪器的数据采集卡(DAQ)。一块 DAQ 卡即可以完成 A/D 转换、D/A 转换、数字 I/O、计数器/定时器等多种功能,再配以相应的信号调理组件以及 GPIB 仪器、VXI 总线仪器、PC 总线仪器、带有 RS-232 的串行口仪器、现场总线仪器等,形成虚拟仪器,如图 1.6 所示。

(2)虚拟仪器的软件系统。典型的软件产品有 NI 公司的 LabVIEW, LabWindows/CVI, HP 公司的 HP VEE 和 HP TIG, Tektronix 公司的 Ez-Test 和 TNS 等,其中 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 的应用最为广泛。

虚拟仪器最核心的思想,就是利用计算机的软件和硬件资源,使本来需要硬件或电路实现的技术软件化和虚拟化,最大限度地降低系统成本,增强系统的功能与灵活性。虚拟仪器的软件结构如图 1.7 所示。基于软件在虚拟仪器系统中的重要作用,从低层到顶层,虚拟仪器的软

件系统框架包括三个部分:VISA 库、仪器驱动程序、应用软件。

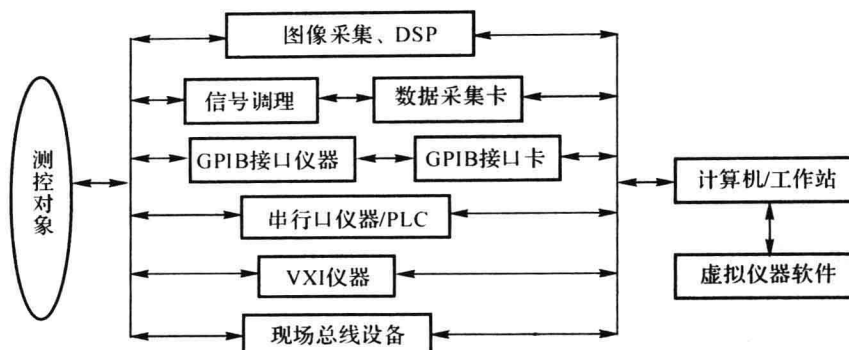


图 1.6 虚拟仪器的基本组成框图

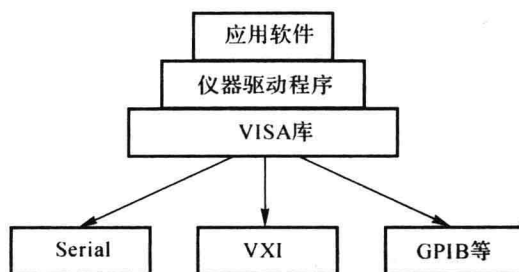


图 1.7 虚拟仪器的软件结构

1)VISA(Virtual Instrumentation Software Architecture)库。VISA 库实质就是标准的 I/O 函数库及其相关规范的总称,一般称这个 I/O 函数库为 VISA 库。它驻留于计算机系统之中,执行仪器总线的特殊功能,是计算机与仪器之间的软件层连接,用来实现对仪器的控制。对于仪器驱动程序开发者来说,VISA 库是一个可调用的操作函数库或集合。

2)仪器驱动程序。仪器驱动程序是完成对某一特定仪器的控制与通信的软件程序集合,是应用程序实现仪器控制的桥梁。每个仪器模块都有自己的仪器驱动程序,仪器厂商将其以源代码的形式提供给用户,用户在应用程序中调用仪器驱动程序。

3)应用软件。应用软件建立在仪器驱动程序之上,直接面对操作用户,通过提供直观、友好的操作界面、丰富的数据分析与处理功能来完成自动测试任务。应用软件还包括通用数字处理软件。通用数字处理软件包括用于数字信号处理的各种功能函数,如频域分析的功率谱估计、FFT、FHT、逆 FFT、逆 FHT 和细化分析等,时域分析、卷积运算、反卷运算、均方根估计、差分积分运算和排序等,滤波设计中的数字滤波等。这些功能函数为用户进一步扩展虚拟仪器的功能提供了基础。

3. 虚拟仪器的特点

与传统仪器相比,虚拟仪器除了在性能、操作性、用户可定制性等方面具有更多优点外,在工程应用和社会经济效益方面也具有突出优势。

一方面,目前我国高档台式仪器如数字示波器、频谱分析仪、逻辑分析仪等还主要依赖进口,这些仪器加工工艺复杂,要求很高的制造技术,国内生产尚有困难。采用虚拟仪器技术,可