



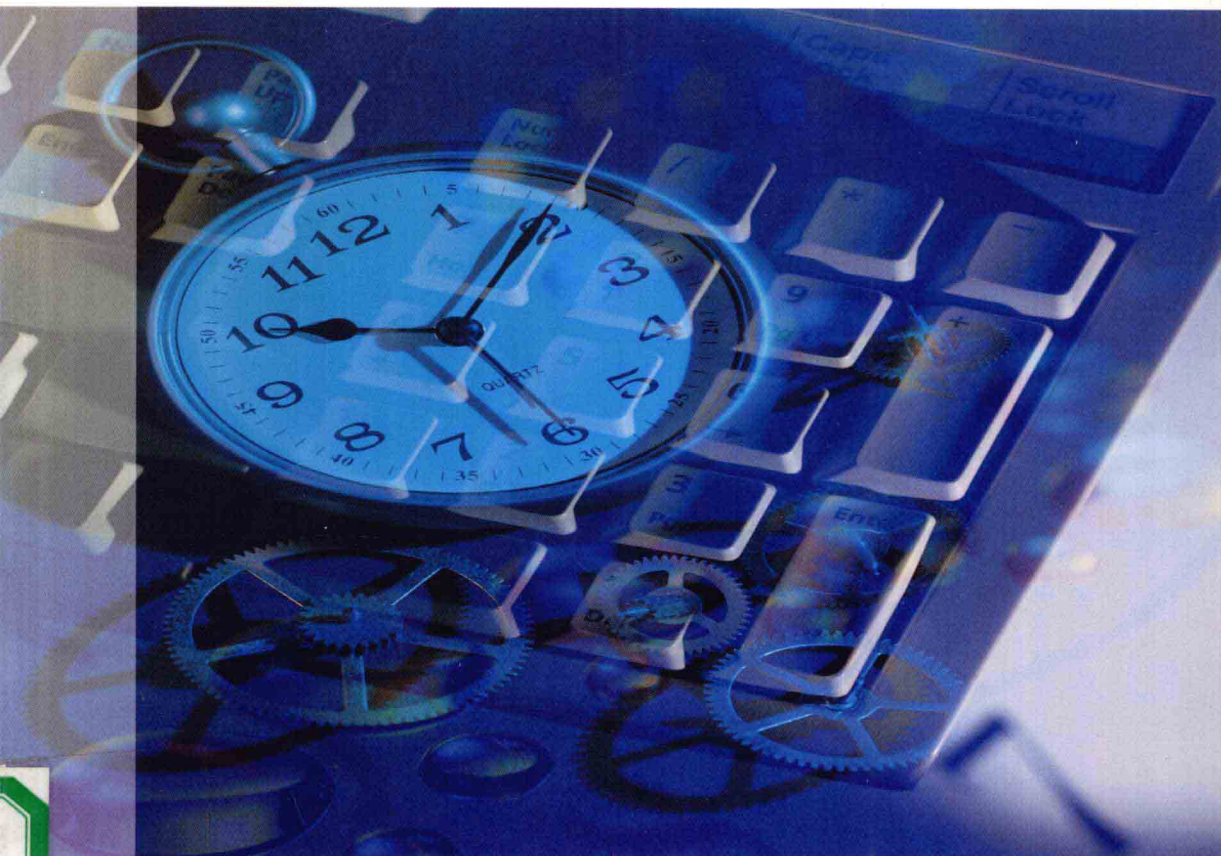
高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专电子信息类教材系列

# 虚拟仪器技术

主 编 丁士心 崔桂梅

副主编 张翠霞 富成科 胡玉叶



---

●高等职业教育人才培养创新教材出版工程

---

高职高专电子信息类教材系列

# 虚拟仪器技术

主 编 丁士心 崔桂梅

副主编 张翠霞 富成科 胡玉叶

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书以美国国家仪器公司 NI(National Instruments)的 LabVIEW 图形化编程语言为虚拟仪器开发平台,以虚拟仪器的基本概念、基本原理、LabVIEW编程环境、编程方法、数据采集、信号分析与处理等方面的应用为基本内容。结合大量实例练习,本着学以致用原则,在内容的编写上以方便读者学习为目的,突出易学易用和系统性及实用性。

全书内容丰富翔实、叙述详细、实用性强,通过编程实践,使读者能够循序渐进地学习掌握虚拟仪器设计的主要方法,以及图形化编程语言的编程原理和应用技术。书中提供的典型程序实例适合不同程度的读者。

本书既可作为 LabVIEW 初学者的学习教程,同时也可作为高等院校电气、电子信息类专业的虚拟仪器技术教学参考书或实训教材,可用于应用型本科、高职高专、技术培训及有关工程技术人员设计开发仪器或自动测试系统的技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器技术/丁士心,崔桂梅主编. —北京:科学出版社,2005  
(高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专电子信息类教材系列)

ISBN 7-03-015146-1

I. 虚… II. ①丁… ②崔… III. 软件工具, LabVIEW 6.1-程序设计-高等教育:技术教育-教材 IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017497 号

责任编辑:许 远 余 丁 姚庆爽/ 责任校对:张 琪

责任印制:安春生/ 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005 年 7 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005 年 7 月第一次印刷 印张:18

印数:1—3 000 字数:339 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

## 前言

虚拟仪器技术是计算机技术、仪器技术、通信技术等多门技术相结合的产物,是人类进入信息时代、网络时代后,在数据采集、自动测试和仪器技术领域中的一场革命。它利用计算机、虚拟仪器软件、硬件接口和测控仪器资源,使本来需要硬件电路实现的技术软件化和虚拟化,以最大限度降低系统成本,增强系统的功能和灵活性。

虚拟仪器的概念首先由美国国家仪器公司 NI (National Instruments) 提出,并在 1986 年推出的 LabVIEW 1.0 虚拟仪器软件平台,由此开创了虚拟仪器发展的新纪元,自 1986 年 NI 公司推出 1.0 版本以来,2004 年 5 月相继有 NI LabVIEW 7.1 版本面世。由 LabVIEW 开发的程序称为虚拟仪器 (virtual instrument),简称 VI。

经过近 20 年的发展,LabVIEW 已经成为目前国内外工业测控领域和科研领域中使用极为广泛的虚拟仪器软件,它事实上已经成为虚拟仪器软件开发平台的工业标准。LabVIEW 这种基于图形化 G 编程语言,代表了未来仪器的发展方向,是未来测试领域中的主流技术。它易学易用、使用方便灵活,程序开发快捷,可极大地提高工作效率,是工程师和科技工作者手中设计测试、测量和控制系统的的首选开发工具。从简单的仪器控制、数据采集到工业自动化系统、科研开发等众多领域,LabVIEW 都得到了广泛的应用。

正是由于 LabVIEW 在国内的普及及长足的发展,许多高等理工院校把虚拟仪器技术课程作为电气、电子信息工程类专业的必修课和选修课,为了满足社会的需求和迎接科技发展的挑战,适应人才培养的需要,实现工程技术型人才培养的目标,作者结合多年来从事虚拟仪器教学和研究实践编写了本教材。

本书共分 12 章,主要内容包括虚拟仪器技术概述,LabVIEW 图形化编程语言基本程序设计,程序结构,数组、簇和波形,图表、图形显示控件的图形显示,字符串和文件 I/O,数据采集,局部变量与全局变量,信号分析与处理,数字 I/O 和计数器等。本教材力求体现以下特色:

(1) 目标明确、内容系统、实用性强、重点突出:为了学习掌握虚拟仪器图形化编程 G 语言的基本设计思想和方法,达到实际应用的学习目标,教材中把每个学习章节模块细化为若干容易掌握的实例练习,通过这些实例练习体现具体的学习目标。在每章开始有学习目标和主要内容介绍,章末有本章基本概念、重点内容的小结、中英文关键技术术语及思考题与习题。

(2) 针对性强、内容合理、图文并茂: 本书中选用的典型示例练习都是本着由浅入深、循序渐进的原则, 使读者通过学习能够学以致用, 达到举一反三的目的。考虑图形化编程 G 语言的特点, 教材中配有众多实例练习, 所举例子具有很强的实用性、针对性, 分析透彻, 突出了本书以实例为中心的特点, 且结构清晰, 便于读者阅读和理解。

本书主编为北华大学丁士心副教授, 书中的 VI 程序示例练习都经过编者亲自调试。参加本书编写的还有内蒙古科技大学崔桂梅副教授、北京联合大学张翠霞副教授、河北交通职业技术学院富成科副院长、淄博职业学院胡玉叶副教授。本书在编写过程中得到了北华大学白晶教授的大力支持和帮助, 谨在此向她表示由衷的感谢。

鉴于时间仓促和作者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 敬请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 虚拟仪器技术                       | 1  |
| 1.1 虚拟仪器的概述                        | 1  |
| 1.2 虚拟仪器的基本概念及组成                   | 2  |
| 1.2.1 虚拟仪器的基本组成                    | 2  |
| 1.2.2 虚拟仪器与传统仪器的比较                 | 2  |
| 1.2.3 虚拟仪器系统的硬件构成                  | 4  |
| 1.3 虚拟仪器系统的集成和总线技术 (硬件环境体系)        | 5  |
| 1.3.1 基于 PCI 总线的 PC-DAQ 数据采集虚拟仪器系统 | 5  |
| 1.3.2 基于 GPIB 通用接口总线接口的仪器系统        | 6  |
| 1.3.3 利用 VXI 总线仪器系统实现虚拟仪器          | 7  |
| 1.3.4 PXI 开放性模块化仪器总线规范             | 8  |
| 1.3.5 STD 工业标准总线                   | 9  |
| 1.3.6 RS-232C 串行通信标准               | 9  |
| 1.3.7 USB 通用串行总线                   | 9  |
| 1.3.8 IEEE1394 高速串行数据总线            | 10 |
| 1.4 虚拟仪器的图形化软件开发平台——LabVIEW        | 11 |
| 1.4.1 虚拟仪器的软件编程环境                  | 11 |
| 1.4.2 LabVIEW 是什么                  | 11 |
| 1.4.3 LabVIEW 图形化开发软件平台的发展历程       | 12 |
| 1.4.4 LabVIEW 有哪些功能, 能做些什么         | 13 |
| 1.4.5 虚拟仪器的 I/O 接口软件模型 VISA        | 14 |
| 1.4.6 G 语言编程环境与特点                  | 15 |
| 1.4.7 虚拟仪器的设计方法                    | 19 |
| 1.5 本章小结与技术术语                      | 20 |
| 思考题与习题                             | 21 |
| 第 2 章 LabVIEW 图形化编程语言入门            | 22 |
| 2.1 LabVIEW 的基本开发环境                | 22 |
| 2.1.1 LabVIEW 的启动与主菜单窗口界面          | 22 |
| 2.1.2 LabVIEW 程序的两个开发窗口            | 24 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 2.1.3 LabVIEW 菜单项和工具条 .....       | 25        |
| 2.1.4 LabVIEW 的图形模板 .....         | 32        |
| 2.2 控制模板中的数字型和布尔型子模板 .....        | 38        |
| 2.2.1 数字型子模板 .....                | 38        |
| 2.2.2 布尔型子模板 .....                | 39        |
| 2.3 函数模板中的基本数学运算子模板 .....         | 39        |
| 2.3.1 数值运算子模板 .....               | 39        |
| 2.3.2 布尔量运算子模板 .....              | 45        |
| 2.3.3 比较运算子模板 .....               | 46        |
| 2.3.4 LabVIEW 的数据类型 .....         | 48        |
| 2.4 LabVIEW 创建应用程序 .....          | 50        |
| 2.4.1 程序库文件 .....                 | 50        |
| 2.4.2 可执行文件的形成 .....              | 50        |
| 2.5 LabVIEW 帮助的使用与系统提供范例的获取 ..... | 52        |
| 2.6 本章小结与技术术语 .....               | 54        |
| 思考题与习题 .....                      | 56        |
| <b>第3章 创建、编辑和调试 VI 程序</b> .....   | <b>57</b> |
| 3.1 创建 VI 程序 .....                | 57        |
| 3.1.1 设计程序前面板 .....               | 57        |
| 3.1.2 设计框图程序 .....                | 59        |
| 3.1.3 创建 VI 程序 实例一 .....          | 61        |
| 3.1.4 创建 VI 程序 实例二 .....          | 64        |
| 3.2 VI 程序编辑技术 .....               | 66        |
| 3.3 VI 程序调试技术 .....               | 69        |
| 3.4 VI 程序设计方法与步骤 .....            | 71        |
| 3.5 本章小结与技术术语 .....               | 71        |
| 思考题与习题 .....                      | 73        |
| <b>第4章 创建子 VI 程序</b> .....        | <b>74</b> |
| 4.1 子 VI 基本概念 .....               | 74        |
| 4.2 创建图标与连接器 .....                | 75        |
| 4.2.1 图标 .....                    | 75        |
| 4.2.2 图标编辑器 .....                 | 76        |
| 4.2.3 连接器 .....                   | 76        |
| 4.3 子 VI 的建立与使用 .....             | 79        |
| 4.3.1 由 VI 创建子 VI .....           | 80        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 4.3.2 从选定的部分创建子 VI .....          | 80         |
| 4.4 VI 程序的层次窗口 .....              | 82         |
| 4.5 本章小结与技术术语 .....               | 83         |
| 思考题与习题 .....                      | 84         |
| <b>第 5 章 结构</b> .....             | <b>85</b>  |
| 5.1 程序结构及子模板 .....                | 85         |
| 5.2 While 循环结构 .....              | 86         |
| 5.2.1 LabVIEW 中的 While 循环结构 ..... | 86         |
| 5.2.2 布尔开关的机械动作 .....             | 91         |
| 5.2.3 移位寄存器 .....                 | 91         |
| 5.3 For 循环结构 .....                | 94         |
| 5.4 Case 分支选择结构 .....             | 98         |
| 5.4.1 Case 分支选择结构的组成和使用 .....     | 98         |
| 5.4.2 定时与对话框 .....                | 99         |
| 5.5 顺序结构 .....                    | 102        |
| 5.5.1 顺序结构概念 .....                | 102        |
| 5.5.2 设置数据范围和精度 .....             | 104        |
| 5.6 公式节点 .....                    | 106        |
| 5.6.1 公式节点概念 .....                | 106        |
| 5.6.2 表达式节点 .....                 | 109        |
| 5.7 本章小结与技术术语 .....               | 110        |
| 思考题与习题 .....                      | 112        |
| <b>第 6 章 数组、簇和波形</b> .....        | <b>113</b> |
| 6.1 概述 .....                      | 113        |
| 6.1.1 数组 .....                    | 113        |
| 6.1.2 簇 .....                     | 114        |
| 6.1.3 波形 .....                    | 114        |
| 6.2 数组的创建及自动索引 .....              | 114        |
| 6.2.1 创建数组 .....                  | 114        |
| 6.2.2 数组控制对象、常数对象和显示对象 .....      | 115        |
| 6.2.3 自动索引 .....                  | 115        |
| 6.2.4 多图区图形(多重曲线图)显示 .....        | 118        |
| 6.3 数组功能函数 .....                  | 121        |
| 6.3.1 数组功能函数概览 .....              | 121        |
| 6.3.2 数组功能函数应用示例 .....            | 122        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 6.4 多态化的概念 .....                  | 129        |
| 6.5 簇 .....                       | 130        |
| 6.5.1 创建簇控制和显示 .....              | 130        |
| 6.5.2 使用簇与子 VI 传递数据 .....         | 131        |
| 6.5.3 用名称捆绑与分解簇 .....             | 132        |
| 6.5.4 数组和簇的互换 .....               | 133        |
| 6.6 波形数据类型 .....                  | 134        |
| 6.6.1 波形数据子模板概览 .....             | 134        |
| 6.6.2 波形数据类型应用实例 .....            | 135        |
| 6.7 本章小结与技术术语 .....               | 137        |
| 思考题与习题 .....                      | 138        |
| <b>第 7 章 图表、图形显示控件的图形显示</b> ..... | <b>140</b> |
| 7.1 基本内容概览 .....                  | 140        |
| 7.2 图形显示控件 .....                  | 142        |
| 7.3 图表显示控件 .....                  | 143        |
| 7.4 XY 图形显示控件 .....               | 146        |
| 7.5 强度图形显示控件 .....                | 147        |
| 7.6 数字波形图显示控件 .....               | 148        |
| 7.7 本章小结与技术术语 .....               | 149        |
| 思考题与习题 .....                      | 150        |
| <b>第 8 章 字符串和文件 I/O</b> .....     | <b>152</b> |
| 8.1 字符串控件与节点 .....                | 152        |
| 8.1.1 字符串控件 .....                 | 152        |
| 8.1.2 创建字符串控制对象和显示对象 .....        | 153        |
| 8.1.3 字符串函数子模板及节点函数 .....         | 155        |
| 8.2 文件的输入/输出 .....                | 160        |
| 8.2.1 文件 I/O 功能函数 .....           | 161        |
| 8.2.2 电子表格数据文件的读出和写入 .....        | 165        |
| 8.3 数据记录文件 .....                  | 171        |
| 8.4 本章小结与技术术语 .....               | 172        |
| 思考题与习题 .....                      | 173        |
| <b>第 9 章 数据采集</b> .....           | <b>174</b> |
| 9.1 数据采集基本概念 .....                | 174        |
| 9.1.1 采样频率、抗混叠滤波器和样本数 .....       | 174        |
| 9.1.2 数据采集系统的构成 .....             | 177        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 9.1.3 模入(模拟输入)信号类型 .....      | 179        |
| 9.1.4 模入(模拟输入)信号的连接方式 .....   | 180        |
| 9.1.5 信号调理 .....              | 184        |
| 9.1.6 数据采集卡 .....             | 185        |
| 9.1.7 多通道的采样方式 .....          | 187        |
| 9.2 模拟输入 .....                | 189        |
| 9.2.1 LabVIEW 数据采集模块的分类 ..... | 189        |
| 9.2.2 模入基本参数与术语 .....         | 190        |
| 9.2.3 简易模入 .....              | 192        |
| 9.2.4 中级模入 .....              | 194        |
| 9.3 模拟输出 .....                | 199        |
| 9.3.1 模拟输出基本参数与术语 .....       | 199        |
| 9.3.2 简易模出 .....              | 199        |
| 9.3.3 中级模出 .....              | 201        |
| 9.4 本章小结与技术术语 .....           | 203        |
| <b>第 10 章 局部变量与全局变量 .....</b> | <b>206</b> |
| 10.1 局部变量 .....               | 206        |
| 10.1.1 局部变量的创建 .....          | 207        |
| 10.1.2 应用举例 .....             | 207        |
| 10.2 全局变量 .....               | 210        |
| 10.2.1 全局变量的创建和调用 .....       | 210        |
| 10.2.2 使用全局变量和局部变量的注意事项 ..... | 213        |
| 10.3 属性节点 .....               | 214        |
| 10.3.1 属性节点的创建 .....          | 214        |
| 10.3.2 属性节点的使用 .....          | 215        |
| 10.4 程序流控制 .....              | 216        |
| 10.4.1 慎用流程框图描述算法 .....       | 216        |
| 10.4.2 使用数据线控制程序流 .....       | 217        |
| 10.5 本章小结 .....               | 217        |
| 思考题与习题 .....                  | 219        |
| <b>第 11 章 信号分析与处理 .....</b>   | <b>220</b> |
| 11.1 数字信号分析概述 .....           | 220        |
| 11.1.1 用于测量的虚拟仪器 .....        | 221        |
| 11.1.2 用于测量的虚拟仪器的特点 .....     | 221        |
| 11.1.3 常用数字信号处理函数 .....       | 222        |

|             |                    |            |
|-------------|--------------------|------------|
| 11.2        | 数字信号的产生            | 223        |
| 11.3        | 标准频率(归一化频率)        | 225        |
| 11.4        | 数字信号处理             | 225        |
| 11.4.1      | FFT变换              | 225        |
| 11.4.2      | 窗函数                | 228        |
| 11.4.3      | 谐波失真与频谱分析          | 231        |
| 11.4.4      | 数字滤波               | 234        |
| 11.4.5      | 曲线拟合               | 240        |
| 11.5        | 本章小结与技术术语          | 245        |
| <b>第12章</b> | <b>数字 I/O 和计数器</b> | <b>246</b> |
| 12.1        | DI/O 的基本知识         | 246        |
| 12.2        | 数字 I/O 立即型 DI/O    | 248        |
| 12.2.1      | 简单应用 Easy I/O VI   | 248        |
| 12.2.2      | 高级 VI              | 249        |
| 12.3        | 定时型 DI/O           | 254        |
| 12.3.1      | 定时型(高级) DI/O VI    | 255        |
| 12.3.2      | 数字缓冲型(中级) DI/O VI  | 257        |
| 12.4        | 计数器                | 260        |
| 12.4.1      | 计数器基本概念            | 260        |
| 12.4.2      | LabVIEW 计数器模板      | 262        |
| 12.5        | 计数器的应用             | 263        |
| 12.5.1      | 事件定时/计数            | 263        |
| 12.5.2      | 发生脉冲               | 265        |
| 12.5.3      | 脉冲宽度测量             | 269        |
| 12.5.4      | 频率测量               | 272        |
| 12.6        | 本章小结与技术术语          | 274        |
| <b>参考文献</b> |                    | <b>277</b> |

## 第 1 章 虚拟仪器技术

## 第 1 章 虚拟仪器技术

## 学习目标

- (1) 学习和了解虚拟仪器技术的基本概念及系统组成。
- (2) 了解 G 图形化编程语言环境与特点。
- (3) 初步了解虚拟仪器软件开发平台的组件及作用。
- (4) 了解 LabVIEW 虚拟仪器程序前面板、流程框图、图标/连接器三个基本组件的基本概念。

## 主要内容

本章介绍 LabVIEW 的基本概念, 主要有如下一些内容:

- 1.1 虚拟仪器的概述
- 1.2 虚拟仪器的基本概念及组成
- 1.3 虚拟仪器系统的集成和总线技术 (硬件环境体系)
- 1.4 虚拟仪器的图形化软件开发平台——LabVIEW

## 1.1 虚拟仪器的概述

虚拟仪器是随着微电子技术、计算机技术、软件技术、现代测量技术、电子仪器技术的发展而产生的一种新型仪器, 它经历了电磁指针式仪器、分立元件式仪器、数字式仪器、智能式仪器发展的一步步进程。特别是 20 世纪 80 年代末以来, 新的测试理论, 新的测试方法以及新的仪器结构不断出现, 在许多方面已经冲破了传统仪器的概念, 电子测量仪器的功能和作用发生了质的变化, 一种全新的虚拟仪器观念出现在人类面前, 它从根本上更新了测量仪器的概念。虚拟仪器的出现是测量仪器领域的一个突破, 它彻底改变了传统的仪器观, 代表着测量仪器发展的最新方向和潮流, 开辟了测量测试技术的新纪元。虚拟仪器技术的发展使现代测量技术和计算机技术真正地融合在一起, 是计算机技术和现代测量技术的高速发展共同孕育出的一项革命性新技术。虚拟仪器广泛地应用于工业自动化和控制系统、图像的采集和分析处理、系统仿真、运动控制、远程监控、物矿勘探、医疗、振动分析、声学分析、故障诊断、电子工程、电力工程及教学科研等诸多领域。它的出现对科学技术的发展和工业生产将产生不可估量的影响。

本章将围绕虚拟仪器的基本概念, 虚拟仪器的软件、硬件组成与特点, 基于图形化编程语言 LabVIEW 的基本用途进行讲述。使学习者对基于图形化虚拟仪

器技术有一个概略的了解。

## 1.2 虚拟仪器的基本概念及组成

虚拟仪器 (Virtual Instrument) 简称 VI, 是以特定的软件支持取代相应功能的电子线路, 它充分利用计算机的软硬件资源, 用计算机完成传统仪器硬件的部分乃至全部功能, 它是以具备控制、处理分析能力的软件为核心的软仪器。它是传统仪器功能与外形的模块化和软件化。在虚拟仪器中, 传统电子仪器的绝大部分功能, 甚至全部功能都由软件来实现。同时, 由于虚拟仪器是以软件为核心的仪器, 它不能脱离计算机硬件平台而独立实现其功能。在虚拟仪器系统中软件占主导地位。在软件支持下使计算机具有信号采集、控制、处理与结果输出的能力。系统的核心功能是由软件实现的, 而硬件则为虚拟仪器的正常运行提供必要的物质基础。它的开发与应用是当前自动化测控技术及仪表领域研究的热点。虚拟仪器主要被用于构建计算机测试分析系统和自动控制系统。

### 1.2.1 虚拟仪器的基本组成

虚拟仪器是在以通用计算机为核心的硬件平台上, 由用户设计定义, 具有虚拟面板, 测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。它是基于计算机的软硬件测试平台, 利用现有的计算机, 加上特殊设计的仪器硬件和专用软件, 形成既有普通仪器的基本功能, 又有一般仪器所没有的特殊功能的高档、低价的新型仪器。

虚拟仪器由计算机、应用软件和仪器硬件三部分构成, 通过软件将计算机硬件资源与仪器硬件有机融合为一体, 把计算机强大的数据处理能力和仪器硬件的测量、控制能力结合在一起。通过软件实现对数据的显示、存储以及分析处理。

### 1.2.2 虚拟仪器与传统仪器的比较

#### 1. 虚拟仪器的特点

(1) 它是一种功能意义上而非物理意义上的仪器。虚拟仪器充分利用计算机的软硬件资源, 以软件技术为核心, VI 通过硬件接口和仪器驱动实现了与测控设备的硬件通信, 将信号采集、分析与处理等多种功能集成为一体。使计算机成为具有数据信号采集、控制及分析功能的处理中心, 用计算机化的软仪器取代了传统的电子仪器。虚拟仪器体现了“软件即仪器”的现代仪器发展观念。

(2) 虚拟仪器具有图形化用户界面, 体现“所见即所得”的思想。传统仪器的控制面板在各种虚拟仪器中都由具有相应设置选项和结果输出控件的软面板所取代。采用 GUI (图形用户接口) 使虚拟仪器的使用更为容易, 并可提供实时

在线帮助。这是传统电子仪器所无法比拟的。

(3) 虚拟仪器的更新速度快,可维护性好,用户可定制其结构和功能。由于它的核心是软件程序,在一定开发环境下,用户可以对现有的虚拟仪器程序作二次开发,修改,增加原有仪器的功能。与开发电子仪器相比,开发周期可大大缩短。

(4) 虚拟仪器采用了模块化结构,系统具有良好的开放性和可扩展性。虚拟仪器软件的开发是基于模块化的设计思想,并大量运用动态链接库 DLL,类库和函数库,代码具有良好的可重用性。一个 VI 往往由多个 VI 组成,这样,在软件组织的树形结构图中,该 VI 是根节点,其他 VI 是叶子节点。一个 VI 既可以作为虚拟仪器系统的主控模块,又可以为其他 VI 所调用,这要由 VI 在整个系统中的具体功能来决定。

## 2. 传统仪器的特点

在传统概念的测量中,所采用的仪器大多是实物,它们自成体系,具有刻度盘、旋钮、开关等固定的用户界面特征。传统的仪器设备缺乏相应计算机接口,因而配合数据采集与数据处理十分困难。

虚拟仪器与传统仪器相比较,虚拟仪器具有如下的优点(表 1-1)。

表 1-1 虚拟仪器与传统仪器的比较

| 传统仪器              | 虚拟仪器                              |
|-------------------|-----------------------------------|
| 功能由仪器厂商定义         | 功能由用户自己定义                         |
| 与其他仪器设备的连接十分有限    | 可方便的与网络外设及多种仪器连接                  |
| 图形界面小,人工读取数据,信息量小 | 界面图形化,计算机直接读取数据并分析处理              |
| 数据无法编辑            | 数据可编辑、存储、打印                       |
| 硬件是关键部分           | 软件是关键部分                           |
| 价格昂贵              | 价格低廉,仅是传统仪器价格的 5%~10%,可复用性、重新配置性强 |
| 系统封闭、功能固定、可扩展性差   | 基于计算机技术开发的功能模块可构成多种仪器             |
| 技术更新慢(5~10 年)     | 技术更新快(1~2 年)                      |
| 开发和维护费用高          | 基于软件体系的结构可大大节省开发费用                |

## 3. 虚拟仪器与传统仪器的共同点

从输入输出功能的构成上看,虚拟仪器的构成和传统仪器一样由 3 部分组成。

(1) 数据输入:进行信号调理并将输入的被测模拟信号转换成数字信号以便于处理。

(2) 数据输出:将量化的数据转换成模拟信号并进行必要的信号调理。

(3) 数据处理:按测试要求对输入信号进行各种分析和处理。

### 1.2.3 虚拟仪器系统的硬件构成

#### 1. 计算机是虚拟仪器系统硬件平台的核心

虚拟仪器系统把 PC 机作为虚拟仪器的硬件标准基础平台, 软件资源与仪器硬件通过它得到融合, 不论是何种虚拟仪器系统构成方案中, 都离不开它。

#### 2. I/O 接口外部设备组成方案

虚拟仪器的硬件构成有多种方案, 目前较为常用的虚拟仪器系统有插入式 (Plug-in DAQ) 数据采集系统、GPIB (IEEE 488) 仪器控制系统、VXI 仪器系统、PXI 仪器系统, 以及由这四者之间任意组合构成的系统。虚拟仪器系统的基本构成框图如图 1-1 所示。

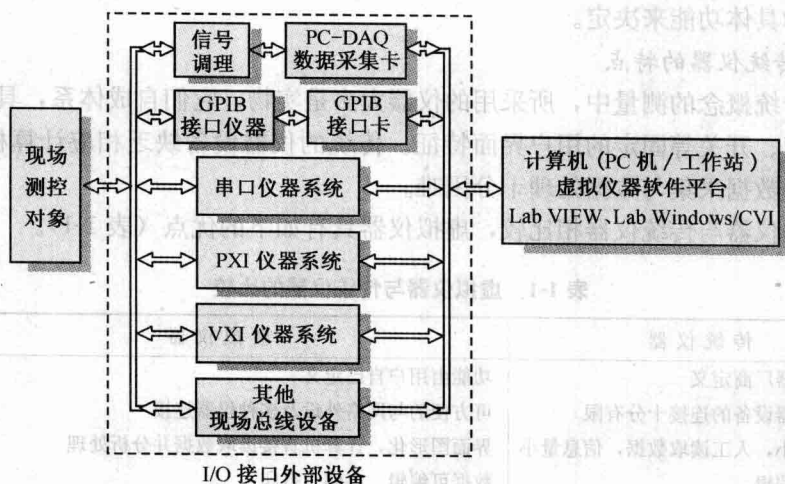


图 1-1 虚拟仪器系统构成的基本框图

#### 3. 典型数据采集系统的构成

虚拟仪器典型的数据采集系统组成框图如图 1-2 所示。

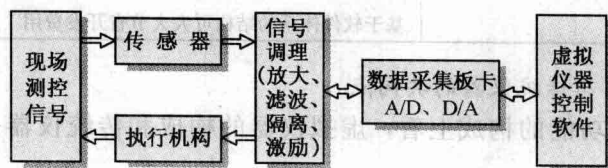


图 1-2 典型数据采集系统组成框图

通过传感器、信号调理电路、A/D 转换把现场控制对象的信号采集输入计算机进行分析、处理、显示等, 并可通过 D/A 转换实现反馈控制。根据需要还

可加入实时的 DSP 软件和硬件模块对系统进行监控。

目前,由于多层电路板技术、可编程仪用放大器技术、即插即用 (Plug & Play) 技术、系统定时控制技术、高速数据采集的双缓冲区技术以及能实现数据高速传送的中断等技术的应用,使得最新的数据采集板、采集卡能保证仪器的性能、精度与可靠性,为用户建立功能灵活、性能价格比高的数据采集系统提供了很好的解决方案。

### 1.3 虚拟仪器系统的集成和总线技术 (硬件环境体系)

虚拟仪器系统集成和总线技术,在虚拟仪器中得以广泛应用。从硬件的构成形式上可分为两大类:

#### 1. 以 PC 机 PCI 总线构成的 DAQ 数据采集

它是一种将仪器仪表设计成为 PC 机的 (DAQ 数据采集卡) I/O 插卡,直接插入计算机的 I/O 扩展槽中,这样可将不同仪器仪表集成于一个系统,大大降低成本。典型的系统是以 PC 机为基本框架平台,将存储器、逻辑分析仪、任意函数发生器、数字万用表、示波器、频率计以及各种类型的专用器件、仪器等针对要求进行功能优化而集成为一块块的仪器插卡,直接插入 PC 机的 I/O 扩展槽中,由此而组成具有多种功能的集成化仪器仪表。所有的这些仪器插卡均在符合统一标准的软件支持下操作,共享计算机资源。

#### 2. 具有独立集成插件机箱的仪器总线结构

它的另一种则是做成具有总线结构的测试仪器的主机板,在总线底板插槽上插入模拟量 I/O、数字量 I/O、频率或脉冲量 I/O 等功能插件,可组成具有不同功能的测试系统,测控机箱与计算机通过互连总线相连,各测试设备与计算机网络通过现场总线相连,从而构成一个自动测控系统。

总线技术在虚拟仪器中得以广泛应用,如在控制系统机箱底板中,通常采用的总线标准有: STD 总线、CAMAC 总线和 ISA 总线 (现已处于逐渐淘汰状态); PCI 总线、Compact PCI 规范、PXI 总线; VXI 总线等。测控机箱与计算机互连的总线有并行总线 (如 IEEE 488 通用接口总线和 VXI 总线), 串行总线 (如 RS-232C、RS-485、USB 和 IEEE 1394 总线) 等。

#### 1.3.1 基于 PCI 总线的 PC-DAQ 数据采集虚拟仪器系统

基于 PCI 总线的 PC-DAQ (Data Acquisition) 数据采集板卡构成的虚拟仪器是最基本的虚拟仪器系统。其结构图如图 1-3 所示, PC-DAQ 数据采集卡可直接插入计算机主板的扩展槽中,通过 A/D 转换,可将模拟信号采集输入计算机进行数据处理和分析及显示,也可通过 D/A 转换实现反馈控制,根据需要还可加入信号调

理和实时数字信号处理 (Digital Signal Processing, DSP) 等硬件模块。

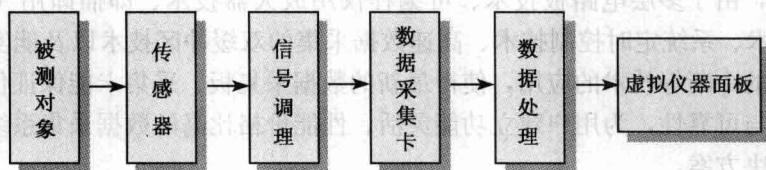


图 1-3 典型 PC-DAQ/PCI 虚拟仪器测试系统的结构图

PCI 总线是一种同步的独立于 CPU 的 32 位或 64 位局部总线。基于 PCI 总线的数据采集板卡比 ISA 板卡的数据采集率高，其数据传输率高达 132~264MB/s，并且 PCI 板卡同时还提供即插即用功能。具有 DSP 芯片的高效 PCI 板卡可进一步提高总线处理能力。

本书将重点围绕基于 PC-DAQ 数据采集的虚拟仪器基本系统进行讲述。

### 1.3.2 基于 GPIB 通用接口总线接口的仪器系统

GPIB (General Purpose Interface Bus) 是通用接口总线的简称，又称 IEEE 488 标准接口总线，是传统测试仪器在数字接口方面的延伸和扩展，它是由 HP 公司于 1978 年制定的总线标准。

GPIB 总线是一种并行方式的外总线，包括 8 条数据线、5 条控制线、3 条挂钩线和 8 条地线，采用比特并行、字节串行的双向异步通信方式。总线上传递消息的逻辑电平为负逻辑的 TTL 电平，数据传输速率一般为 250~500KBps，最

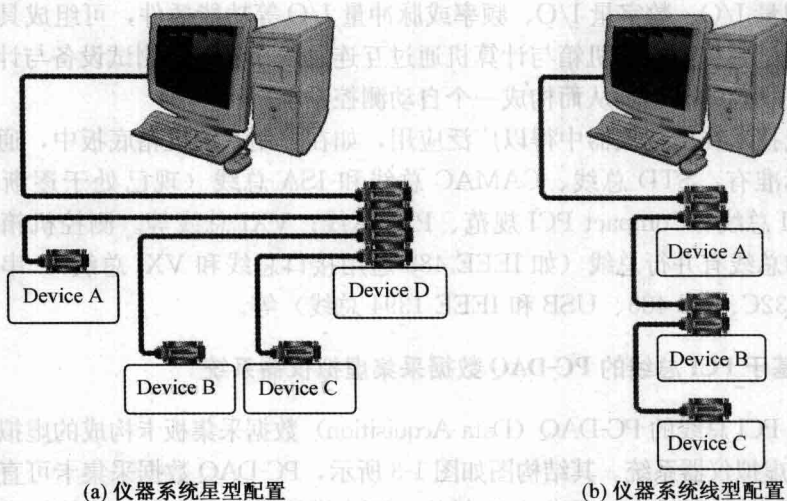


图 1-4 典型的 GPIB 仪器系统