

高等学校电子信息类专业教材

# Virtual Instrument Basic Course



# 虚拟仪器 基础教程

◎ 袁 渊 古 军 习友宝 古天祥 编著



电子科技大学出版社

[Http://www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

高等学校电子信息类专业教材

# 虚拟仪器基础教程

袁 渊 古 军 习友宝 古天祥 编 著

电子科技大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器基础教程 / 袁渊等编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2002. 5

ISBN 7—81065—611—5

I. 虚... II. ①袁... III. 智能仪器—教材 IV. TP23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 028438 号

## 内 容 提 要

本书主要介绍虚拟仪器的基本原理以及软件开发技术。本书以图形化编程的虚拟仪器软件开发平台 LabVIEW 为主, 讲述虚拟仪器软件设计的方法, 并结合数据采集卡来组建虚拟仪器系统。全书共分十三章, 由浅入深地介绍了虚拟仪器(VI)程序及子程序的建立、调用、编辑和调试, 循环、Case、Sequence 等多种结构的使用, 数组、图表、图形的建立及文件 I/O 的操作以及 VI 程序的编译及网络通信, 介绍了多功能数据采集卡的原理及使用方法以及结合 LabVIEW 编程来设计一个虚拟仪器系统, 进行实时数据采集和结果显示。第十二章介绍了两个虚拟仪器的设计实例, 供读者在实际应用中参考, 最后一章介绍了另一个虚拟仪器软件开发平台 LabWindows/CVI, 为熟悉 C 语言的读者提供了另一种设计虚拟仪器的途径。为帮助读者理解和掌握, 本书力求叙述详尽、图文并茂, 并且穿插了大量的练习。

本书可作为测试技术、仪器仪表、工业控制、计算机应用、通信工程、电子工程、机电一体化、振动工程等专业本、专科生的教材, 也可供相关专业的工程技术人员参考或作为培训教材。

高等学校电子信息类专业教材

## 虚拟仪器基础教程

袁 渊 古 军 习友宝 古天祥 编著

---

出 版: 电子科技大学出版社(成都建设北路二段四号 邮编: 610054)

责任编辑: 吴艳玲

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张 18.75 字数 457 千字

版 次: 2002 年 5 月第一版

印 次: 2005 年 8 月第二次印刷

书 号: ISBN 7—81065—611—5/TH · 7

定 价: 25.00 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028)83201495 邮编: 610054。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

# 前 言

随着电子科学技术的发展，微电子集成电路技术、计算机技术、通信技术、测控技术互相渗透，互相融合而形成了新兴的电子信息技术。新的理论和技术不断出现，知识不断创新，高新技术成果不断产业化，新的元器件、系统模块、各种信息产品、软件产品、数码产品和网络产品层出不穷。产业结构发生了深刻的变化，在以计算机、通信、微电子等为主体的信息工业周围汇聚了家电工业、消费电子工业、知识产业集团和信息服务业，形成了一个庞大的信息产业。21 世纪将步入知识经济时代，电子信息业的发展对知识经济起着巨大的推动作用。在电子信息的科学研究和新产品开发过程中，不断涌现出新的设计思想和设计工具，新的开发手段和开发系统，新的测试理论方法和测试仪器系统，实验研究技术和手段日新月异。

虚拟仪器技术的出现给现代测试技术带来了一场革命，虚拟仪器技术是测试技术和计算机技术相结合的产物，是两门学科的最新技术的结晶，融合了测试理论、仪器原理和技术、计算机接口技术、高速总线技术以及图形化软件编程技术于一身，实现了测量仪器的智能化、多样化、模块化和网络化，体现出多功能、低成本、应用灵活、操作方便等优点，在很多领域大有取代传统仪器的趋势，成为当代仪器发展的一个重要方向，并受到各国企业界的高度重视。

软件是虚拟仪器的关键，仪器的各种功能是通过软件来实现的。在虚拟仪器软件平台的发展上，美国 NI 公司的 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 颇具代表性。本书介绍的图形化编程的虚拟仪器开发平台 LabVIEW，同传统的文本编程语言相比，LabVIEW 图形编程方式简明快捷，易学易用，可节省大量的学习程序设计及进行程序开发的时间，尤其适合从事科研、开发的科学工作者、工程技术人员。

由于虚拟仪器技术是一门新技术，发展不过十几年，在我国才刚刚起步，目前国内介绍虚拟仪器的书籍很少，为此我们参考了大量的文献资料，在各方面的大力支持下，我们编写此书以满足教学需要，也希望能给从事相关专业的工程技术人员一定的帮助。

本书编者多年从事虚拟仪器教学，积累了一定的教学经验。在教材的编写上力求符合读者的思维习惯，由浅入深，层次分明，条理清晰。本书共分十三章，第一章首先引入虚拟仪器的概念；第二章至第九章主要介绍 LabVIEW 程序设计；第十章介绍数据采集卡的工作原理和使用方法；第十一章介绍 DAQ 配置以及如何通过 LabVIEW 编程来进行实地信号采集和分析；第十二章介绍两个虚拟仪器设计实例，让读者充分体会由虚到实的过程，充分感受虚拟仪器的实用性和强大生命力；第十三章介绍另一个虚拟仪器软件开发平台 LabWindows/CVI，为熟悉 C 语言的用户提供了另一种设计虚拟仪器的途径。

本书第一、二、六、七、八、九、十一章由袁渊同志编写，第三、四、五、十二章由古军同志编写，第十章由古天祥教授编写，第十三章由习友宝同志编写，并由古天祥教授审阅了全书内容。

本书适合 50 学时的课堂教学，上机实验应占主要部分，让学生通过动手操作来切实掌握教学内容。书中第二章至第九章为软件编程部分，涉及到大量的窗口、菜单及鼠标操作，教学形式宜采用屏幕投影、教师演示的方式，第十章至第十三章涉及到硬件及真实信号的采集，除了要配备数据采集卡外，还应配备示波器、信号源、数字万用表等传统仪器，用作信号产生和对虚拟仪器测量结果的验证。

由于本书编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有错误，恳请各位师生和同行多提宝贵意见，以便我们能够及时纠正书中的错误，并作进一步的完善。

编 者  
2002 年 4 月

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第一章 虚拟仪器概述.....              | 1  |
| §1-1 引言 .....                | 1  |
| 1.1.1 什么是虚拟仪器 .....          | 1  |
| 1.1.2 虚拟仪器的特点 .....          | 2  |
| §1-2 虚拟仪器组成 .....            | 3  |
| 1.2.1 虚拟仪器系统的构成 .....        | 3  |
| 1.2.2 虚拟仪器的基本功能 .....        | 4  |
| 1.2.3 虚拟仪器的基本工作原理 .....      | 4  |
| §1-3 虚拟仪器的产生和发展 .....        | 5  |
| §1-4 虚拟仪器软件 .....            | 6  |
| 第二章 LabVIEW 概述.....          | 8  |
| §2-1 引言 .....                | 8  |
| §2-2 LabVIEW 程序设计的一般过程 ..... | 9  |
| §2-3 LabVIEW 的工作环境 .....     | 11 |
| 2.3.1 启动界面 .....             | 11 |
| 2.3.2 前面板窗口和框图程序窗口 .....     | 11 |
| 2.3.3 前面板工具栏 .....           | 13 |
| 2.3.4 框图程序工具栏 .....          | 14 |
| 2.3.5 弹出式菜单 .....            | 15 |
| 2.3.6 下拉式菜单 .....            | 15 |
| 2.3.7 模板 .....               | 18 |
| 2.3.8 VI 库 .....             | 23 |
| 2.3.9 打开 VI 程序 .....         | 24 |
| 2.3.10 LabVIEW 的文件和目录 .....  | 24 |
| 2.3.11 LabVIEW 帮助选项 .....    | 25 |
| 练习 2-1 .....                 | 26 |
| §2-4 总结、提示和技巧 .....          | 27 |
| 第三章 VI 程序的创建、编辑和调试.....      | 29 |
| §3-1 VI 程序的创建 .....          | 29 |

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| 3.1.1 前面板.....                 | 29        |
| 3.1.2 框图程序.....                | 30        |
| 练习 3-1 .....                   | 32        |
| §3-2 V I 程序的编辑 .....           | 34        |
| 3.2.1 创建对象.....                | 34        |
| 3.2.2 选择对象.....                | 35        |
| 3.2.3 移动对象.....                | 35        |
| 3.2.4 删除对象.....                | 35        |
| 3.2.5 复制对象.....                | 35        |
| 3.2.6 标注对象.....                | 36        |
| 3.2.7 连线的选中和删除 .....           | 36        |
| 3.2.8 坏线.....                  | 37        |
| 3.2.9 改变文本的字体、形状、大小、颜色 .....   | 37        |
| 3.2.10 改变对象的尺寸大小 .....         | 38        |
| 3.2.11 排列对象.....               | 38        |
| 3.2.12 调色.....                 | 38        |
| 练习 3-2 .....                   | 38        |
| §3-3 V I 程序的调试技术 .....         | 42        |
| 3.3.1 查找错误.....                | 42        |
| 3.3.2 设置执行程序高亮.....            | 42        |
| 3.3.3 VI 程序的单步执行.....          | 42        |
| 3.3.4 探针.....                  | 42        |
| 3.3.5 断点.....                  | 43        |
| 练习 3-3 .....                   | 43        |
| §3-4 总结、提示和技巧 .....            | 45        |
| 3.4.1 总结.....                  | 45        |
| 3.4.2 提示及技巧.....               | 46        |
| 习题 .....                       | 49        |
| <b>第四章 VI 子程序的创建 .....</b>     | <b>50</b> |
| §4-1 V I 子程序的基本概念 .....        | 50        |
| §4-2 图标和连接口的创建 .....           | 51        |
| 4.2.1 图标的创建.....               | 51        |
| 4.2.2 连接口的创建.....              | 53        |
| §4-3 将一个 VI 程序作为被调用的子程序 .....  | 57        |
| 4.3.1 VI 子程序的打开、运行和改变.....     | 57        |
| 4.3.2 VI 子程序节点的在线帮助.....       | 57        |
| 练习 4-1 .....                   | 59        |
| 4.3.3 选定部分框图程序来创建 VI 子程序 ..... | 64        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 练习 4-2 .....                   | 65  |
| §4-4 总结、提示和技巧 .....            | 67  |
| 第五章 循环和图表 .....                | 68  |
| §5-1 While 循环 .....            | 68  |
| §5-2 波形 Chart .....            | 70  |
| 5.2.1 单曲线 Chart .....          | 71  |
| 5.2.2 多曲线 Chart .....          | 72  |
| §5-3 开关的机械特性 .....             | 72  |
| 练习 5-1 .....                   | 74  |
| 练习 5-2 .....                   | 77  |
| 练习 5-3 .....                   | 78  |
| §5-4 移位寄存器 .....               | 82  |
| 练习 5-4 .....                   | 83  |
| 练习 5-5 .....                   | 84  |
| §5-5 For 循环 .....              | 88  |
| §5-6 数据类型转换 .....              | 89  |
| 练习 5-6 .....                   | 90  |
| §5-7 总结、提示和技巧 .....            | 91  |
| 习题 .....                       | 92  |
| 第六章 数组和图形 .....                | 93  |
| §6-1 数组 .....                  | 93  |
| 6.1.1 创建数组控制器和指示器 .....        | 93  |
| 6.1.2 二维数组 .....               | 94  |
| 6.1.3 创建数组常量 .....             | 94  |
| §6-2 利用循环创建数组 .....            | 95  |
| 6.2.1 创建二维数组 .....             | 96  |
| 6.2.2 利用自动索引来设置 For 循环次数 ..... | 97  |
| §6-3 数组函数 .....                | 98  |
| §6-4 多态性 .....                 | 99  |
| 练习 6-1 .....                   | 100 |
| §6-5 Graph .....               | 102 |
| 6.5.1 簇 .....                  | 103 |
| 6.5.2 单曲线 Graph .....          | 104 |
| 6.5.3 多曲线 Graph .....          | 105 |
| 6.5.4 XY Graph .....           | 105 |
| 练习 6-2 .....                   | 106 |
| 练习 6-3 .....                   | 111 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 练习 6-4 .....                  | 113 |
| §6-6 Chart 和 Graph 使用总结.....  | 115 |
| 6.6.1 波形 Chart.....           | 115 |
| 6.6.2 单曲线波形 Graph.....        | 115 |
| 6.6.3 多曲线波形 Graph.....        | 116 |
| 6.6.4 单曲线 XY Graph .....      | 116 |
| 6.6.5 多曲线 XY Graph .....      | 116 |
| §6-7 总结、提示和技巧 .....           | 117 |
| 习    题.....                   | 117 |
| 第七章 Case 结构和 Sequence 结构..... | 119 |
| §7-1 Case 结构 .....            | 119 |
| 练习 7-1 .....                  | 121 |
| 练习 7-2 .....                  | 123 |
| §7-2 Sequence 结构.....         | 125 |
| 练习 7-3 .....                  | 127 |
| §7-3 公式节点 .....               | 129 |
| 练习 7-4 .....                  | 132 |
| §7-4 总结、提示和技巧 .....           | 133 |
| 习题 .....                      | 134 |
| 第八章 字符串和文件 I/O .....          | 135 |
| §8-1 字符串 .....                | 135 |
| §8-2 字符串函数 .....              | 136 |
| 练习 8-1 .....                  | 139 |
| §8-3 文件 I/O.....              | 141 |
| 8.3.1 中层文件函数.....             | 142 |
| 练习 8-2 .....                  | 147 |
| 练习 8-3 .....                  | 148 |
| 练习 8-4 .....                  | 150 |
| 8.3.2 高层文件函数.....             | 152 |
| 练习 8-5 .....                  | 154 |
| 练习 8-6 (综合练习) .....           | 156 |
| §8-4 总结、提示和技巧 .....           | 157 |
| 习题 .....                      | 157 |
| 第九章 VI 属性、编译及通信 .....         | 159 |
| §9-1 VI 属性设置 .....            | 159 |
| 练习 9-1 .....                  | 166 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| §9-2 按键设置 .....                | 170 |
| §9-3 V I 程序的编译 .....           | 171 |
| §9-4 网络通信 .....                | 175 |
| 练习 9-2 .....                   | 178 |
| 练习 9-3 .....                   | 182 |
| §9-5 总结、提示和技巧 .....            | 185 |
| 第十章 多功能数据采集卡 .....             | 186 |
| §10-1 概述 .....                 | 186 |
| 10.1.1 PCI-1200 采集卡 .....      | 186 |
| 10.1.2 主要性能 .....              | 187 |
| §10-2 PCI-1200 卡的组成原理 .....    | 188 |
| 10.2.1 PCI-1200 卡的组成原理框图 ..... | 188 |
| 10.2.2 I/O 连接器 .....           | 188 |
| 10.2.3 PCI 接口电路 .....          | 191 |
| 10.2.4 定时电路 .....              | 191 |
| 10.2.5 模拟输入电路 .....            | 194 |
| 10.2.6 模拟输出 .....              | 196 |
| 10.2.7 数字 I/O .....            | 198 |
| §10-3 数据采集的工作原理 .....          | 201 |
| 10.3.1 数据采集的定时 .....           | 201 |
| 10.3.2 数据采集的起停控制——采集方式 .....   | 202 |
| 10.3.3 间隔扫描采集 .....            | 204 |
| §10-4 模拟输入信号的连接 .....          | 206 |
| 10.4.1 模拟输入信号的连接 .....         | 206 |
| 10.4.2 输入组态 .....              | 208 |
| 第十一章 数据采集 .....                | 213 |
| §11-1 DAQ 配置 .....             | 213 |
| §11-2 数据采集函数 .....             | 218 |
| 11.2.1 模拟输入 .....              | 218 |
| 练习 11-1 .....                  | 219 |
| 练习 11-2 .....                  | 221 |
| 11.2.2 模拟输出 .....              | 222 |
| 练习 11-3 .....                  | 223 |
| 练习 11-4 .....                  | 225 |
| 11.2.3 多路模拟输入 .....            | 227 |
| 练习 11-5 .....                  | 228 |
| 11.2.4 数字信号的输入和输出 .....        | 230 |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| §11-3 总结、提示和技巧 .....                       | 231        |
| <b>第十二章 虚拟仪器设计实例 .....</b>                 | <b>232</b> |
| §12-1 数字电压表的设计 .....                       | 232        |
| 12.1.1 前面板设计 .....                         | 232        |
| 12.1.2 框图程序设计 .....                        | 233        |
| 12.1.3 软件调试 .....                          | 236        |
| 12.1.4 误差分析 .....                          | 237        |
| §12-2 数字双踪存储示波器的设计 .....                   | 238        |
| 12.2.1 前面板设计 .....                         | 238        |
| 12.2.2 框图程序设计 .....                        | 239        |
| <b>第十三章 Lab Windows/CVI 基础 .....</b>       | <b>249</b> |
| §13-1 概述 .....                             | 249        |
| §13-2 CVI 快速入门 .....                       | 249        |
| 13.2.1 启动 CVI .....                        | 250        |
| 13.2.2 用户界面的设计 .....                       | 250        |
| 13.2.3 程序代码设计 .....                        | 255        |
| 13.2.4 运行程序 .....                          | 262        |
| 13.2.5 菜单结构程序设计示例 .....                    | 263        |
| §13-3 CVI 环境下的程序设计 .....                   | 266        |
| 13.3.1 LabWindows/CVI 程序剖析 .....           | 267        |
| 13.3.2 LabWindows/CVI 编程环境 .....           | 267        |
| 13.3.3 LabWindows/CVI 的函数库 (Library) ..... | 272        |
| §13-4 基于 CVI 的数据采集应用 .....                 | 281        |
| 13.4.1 基于 NI 数据采集卡的应用 .....                | 282        |
| 13.4.2 基于 CVI 的数据采集系统的开发 .....             | 286        |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>289</b> |

# 第一章 虚拟仪器概述

## § 1-1 引言

### 1.1.1 什么是虚拟仪器

传统仪器如示波器、电压表、频率计、信号源等，是由专业厂家生产的具有特定功能和仪器外观的测试设备。

虚拟仪器（Virtual Instrument，简称 VI）也叫计算机仪器，是以计算机为基础，配以相应测试功能的硬件作为信号输入输出的接口，利用虚拟仪器软件开发平台（如 LabVIEW、LabWindows/CVI）在计算机的屏幕上虚拟出仪器的面板（包括显示器、指示灯、旋钮、开关、按键等）并实现相应的功能，人们可以通过鼠标或键盘操作虚拟仪器面板上的旋钮、开关和按键，去选用仪器功能，设置各种工作参数，启动或停止一台仪器的工作，图 1-1 所示的数字电压表和图 1-2 所示的数字示波器就是虚拟仪器的例子。虚拟仪器在计算机软件控制下对外界输入的信号进行采集、分析、处理，测量结果（数据、波形）和仪器工作状态可从虚拟仪器面板上读出。用户在屏幕上通过虚拟仪器面板对仪器的操作如同在真实仪器上的操作一样直观、方便、灵活。



图 1-1 数字电压表

也许有人会以为虚拟仪器是一种纯模拟仿真的软件，只是在计算机上进行一些虚幻的仪器操作，不是真实的。其实不然，虚拟仪器的面板虽是在计算机屏幕上虚拟的，但所见即所得的测试功能却是实实在在的，它对被测对象进行激励、测量、处理和显示，是与传统仪器完全一样的。

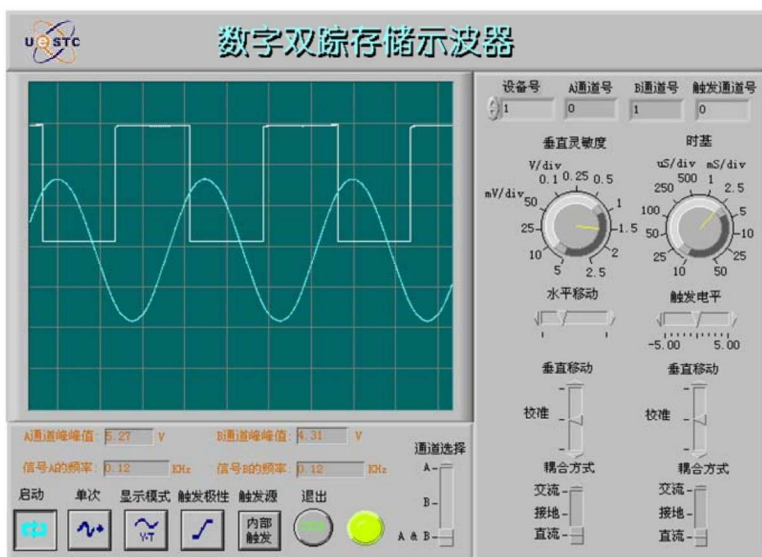


图 1-2 数字示波器

实现虚拟仪器各种功能的关键在软件，采集硬件即是实现测试功能的基础，虚拟仪器是软件与硬件有机结合的产物。

### 1.1.2 虚拟仪器的特点

虚拟仪器具有如下特点：

(1) 性价比高。规模经济效益使通用个人计算机具有很高的性价比，而且基于个人计算机的虚拟仪器和仪器系统可共享计算机硬件资源，从而大大增强仪器功能和降低仪器的成本。传统仪器小而全，而且各仪器的资源不能共享。虚拟仪器把传统仪器的公共部分如显示、存储、控制、打印、通信等都由计算机来完成，即无论任何功能的仪器都可利用或共享这些公共资源，而无需重复设置。

(2) 开放性好。具有开放性的模块化设计，便于用户能根据测试任务随心所欲地组建仪器或系统，仪器扩充、连网和升级十分方便，可重新配置测试函数模板，甚至无须改变硬件，只需应用模块化的软件包的重新搭配，便可构成新的虚拟仪器，提高资源的可再用性。

(3) 智能化程度高。虚拟仪器是基于计算机的仪器，其软件具有强大的分析、计算、逻辑判断等功能，可以在计算机上建立一个普通的智能仪器到智能专家系统。

(4) 界面友好，使用方便。采用图形界面，在屏幕上虚拟出仪器面板，用鼠标操作，简单快捷，仪器功能选择、参数设置、数据处理、结果显示均能通过友好的人机对话来进行。

虚拟仪器技术是测试技术和计算机技术相结合的产物，是两门学科的最新技术的结晶，融合了测试理论、仪器原理和技术、计算机接口技术、高速总线技术以及图形化软件编程技术于一身。

虚拟仪器是计算机技术与仪器技术深层次结合产生的全新概念的仪器，是计算机资源

（处理器、存储器、显示器）和仪器硬件（数/模变换器、模/数变换器、数字输入输出、定时和信号处理等）与用于数据分析、过程通讯及图形用户界面的软件之间的有效结合。它充分地利用了计算机的存储和计算功能，通过软件实现对输入信号的分析处理。

虚拟仪器实现了测量仪器的智能化、多样化、模块化和网络化，体现出多功能、低成本、应用灵活、操作方便等优点。同传统仪器相比，虚拟仪器功能更强，使用更灵活，在很多领域大有取代传统仪器的趋势，成为当代仪器发展的一个重要方向，并受到各国业界的高度重视。

虚拟仪器软件编程环境给用户提供了一个充分发挥自己才能和想象力的空间，可根据用户自己的设想及要求，通过编程来设计、组建自己的仪器系统。虚拟仪器由用户自行设计、自行定义，彻底打破了传统仪器只能由生产厂家定义、用户无法改变的模式。在硬件平台确立之后，是由软件而不是硬件来决定仪器的功能，虚拟仪器可通过改变软件的方法来适应不同的需求，它的功能灵活、开放，容易与其他外设、网络相连，构成更大的系统，技术更新周期短，可随着计算机技术的发展和用户的需求进行仪器与系统的升级，在性能维护和灵活组态等多个方面都有着传统仪器无法比拟的优点，且投入少，收效大。

## § 1-2 虚拟仪器组成

### 1.2.1 虚拟仪器系统的构成

虚拟仪器系统构成的基本框图如图 1-3 所示。

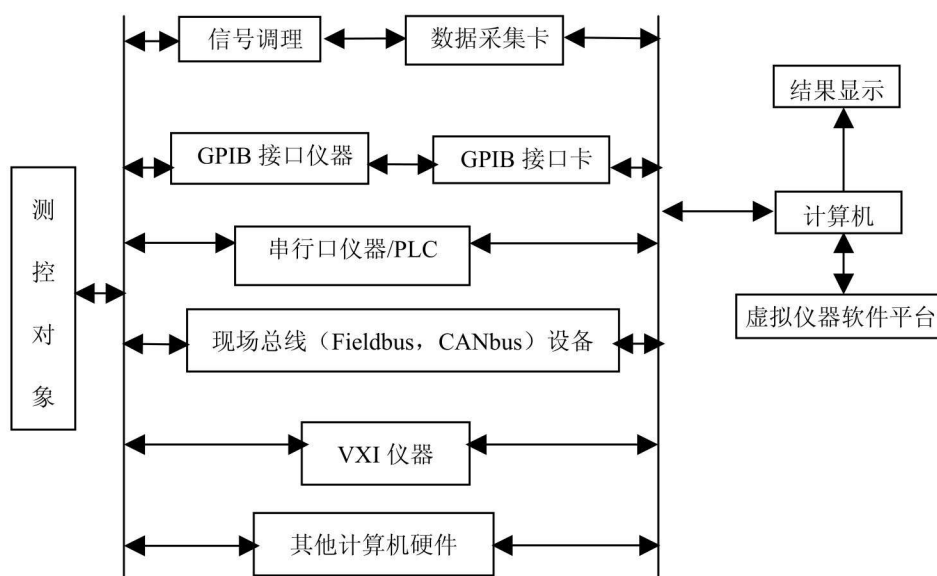


图 1-3 虚拟仪器系统组成框图

图 1-3 表明，虚拟仪器系统有多种构成方式：

- PC-DAQ 测量系统：是以数据采集卡、信号调理电路及计算机为仪器硬件平台组成的。
- GPIB 系统：是以 GPIB 标准总线仪器与计算机硬件平台组成的测试系统。
- VXI 系统：是以 VXI 标准总线仪器与计算机硬件平台组成的测试系统。
- 串口系统：是以 Serial 标准总线仪器与计算机硬件平台组成的测试系统。
- 网络化系统：是以互联网、以太网、Fieldbus 等标准总线仪器与计算机硬件平台组成的测试系统。

### 1.2.2 虚拟仪器的基本功能

任何一台仪器无非由三大功能块组成：信号的采集、数据的处理、结果的输出。虚拟仪器也不例外，它也是按照“信号的调理与采集（ADC）——数据的分析与处理（DSP）——结果的输出（DAC）及显示”的结构模式来建立通用仪器硬件平台的，在这个通用仪器硬件平台上，调用不同的测量软件就构成了不同功能的仪器。因此，虚拟仪器系统是由计算机、仪器硬件和应用软件三大要素构成的，计算机与仪器硬件又称为 VI 的通用仪器硬件平台。

#### 1. 信号调理与采集功能

对被测信号进行调理和采集是虚拟仪器的基本功能。此项功能主要是由虚拟仪器的硬件平台完成的。仪器硬件可以是插入式数据采集卡及必要的外围电路（含信号调理电路、A/D 转换器、数字 I/O、定时器、D/A 转换器等），或者是带标准总线接口的仪器，如 GPIB、VXI、PXI、STD、PC/104 总线仪器和网络化仪器等。

#### 2. 数据分析和处理功能

虚拟仪器充分利用了计算机的高速存储、运算功能，并通过软件实现对输入信号的分析处理，如数字滤波、统计处理、数值计算、信号分析、数据压缩、模式识别等数字信号处理。

#### 3. 参数设置和结果表达

虚拟仪器充分利用计算机的人机对话功能，完成仪器的各种工作参数的设置，如功能、频段、量程等参数的置入，对测量结果的表达与输出有多种方式，如屏幕显示，电、磁、光存储，绘图打印，网络传输等。

### 1.2.3 虚拟仪器的基本工作原理

虚拟仪器完成上述三大功能的原理框图如图 1-4 所示。

工作过程如下：首先用户通过虚拟仪器面板设置好仪器功能、量程、频段等工作参数后，启动仪器进行测量。在计算机控制下，被测对象经仪器部分的调理和采集后变成数据，再经过计算机处理，其结果送显示，由用户读取或打印输出。因此虚拟仪器的基本组成应包含：

#### 1. 用户（人-机）接口部分

此部分完成参数设置和结果显示等人-机对话功能。其硬件有鼠标、键盘、显示器、打印机、绘图仪等，其软件有用户界面。

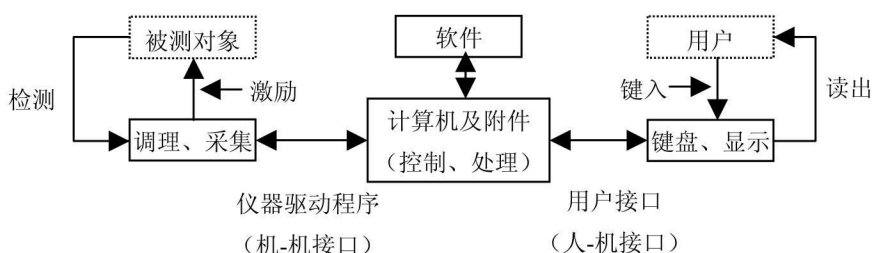


图 1-4 虚拟仪器的原理框图

## 2. 信号（机-机）接口部分

此部分完成信号调理和数据采集功能。它的硬件主要由测量仪器的模拟电路为主构成。由于被测对象是各种各样的，有电或非电的物理量、化学量、生物量等，由于这些被测对象千差万别，因此在采集前通常要进行非电量到电量的变换（各式传感器）、幅度（放大、衰减）、频率（混频、检波、滤波）、阻抗（高阻、低阻、匹配）、隔离、激励（交直流源、恒压恒流源）等各种调理，使之到采集板时为归一化的模拟电信号，最后再由采集板进行 A/D 变换。此外，信号接口部分通常还含 D/A 变换、定时/计数、数字 I/O 等功能模块。这部分的软件称为仪器（或设备）驱动器。

## 3. 控制与处理部分

此部分硬件包括各种高性能的计算机（笔记本、PC 机、工控机、工作站等）及附件。其软件为控制、分析、处理程序。

# § 1-3 虚拟仪器的产生和发展

虚拟仪器的出现得益于测试技术的革新与计算机技术的发展。

美商国家仪器公司（National Instruments Corporation，简称 NI 公司）是世界上最早开发和应用虚拟仪器技术的公司。早在 20 世纪 70 年代，杰姆·特鲁查德和杰夫·柯德斯凯两人（NI 公司创始人）为美国海军研制一种声纳探测器的测试系统，该系统是基于计算机的测试系统，它为用户提供了各层次的交互接口，在计算机的控制下完成指定的测试任务，还可通过对系统的可编程器件进行编程，配置用户所需要的测试系统。但是，该系统的缺点是开发成本高，周期长，而且用户必须学会复杂的操作命令，难以掌握，使用不便。后来，杰姆·特鲁查德和杰夫·柯德斯凯两人由该系统得到启发，提出了测试系统软件的模块化，即由多层 VI（Virtual Instrument）程序构成测试系统软件，每个 VI 具有相同的结构与接口模式，这样大大简化了软件结构与程序设计，为测试系统软件的结构化设计开辟了新的里程。

1983 年 Apple 公司推出了图形界面的个人计算机 Macintosh，使得在计算机屏幕上模拟真实仪器的面板成为可能。在杰夫·柯德斯凯等人的努力下，测试系统软件的操作界面做得更加友好，每个 VI 程序都含有一个形象逼真、操作方便的前面板和一段实现特定功

能的程序代码。但在程序代码的编写上需要技术人员具有相当的技巧和经验，对不熟悉代码编程的仪器工程师来讲，增添了不少困难和障碍。为了使测试系统软件的设计符合易学易用、方便快捷的要求，适合广大的测试系统的专业工作者，杰夫·柯德斯凯在分析比较了多种编程方法之后，采用了数据流框图的编程方式来设计 VI 程序的源代码，于是图形化编程的虚拟仪器设计软件 LabVIEW（Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench）诞生了。1986 年 5 月 NI 公司推出了 LabVIEW Beta 版，同年 10 月 LabVIEW 1.0 版正式发布。

在 Windows 3.0 操作系统出现之前，LabVIEW 都是运行在 Macintosh 平台上的，Windows 3.0 面世后，NI 公司将 LabVIEW 向 Windows 平台移植，于 1993 年 1 月推出了多平台的 LabVIEW 3.0 版，其优异的性能很快得到业界的认可，并成为虚拟仪器技术的主导者。

由于虚拟仪器技术的先进性、优越性和广阔的发展前景，在 NI 公司之后，有不少国际知名的厂商，如美国 HP 公司、Tektronix 公司、PC 仪器公司，迅速加入了虚拟仪器研发的行列，虚拟仪器技术进入了飞速发展时期。到 1994 年虚拟仪器产品的制造厂家达 90 余家，生产 1000 多种各式产品。美国 NI 公司仍然是该行业的领头羊，它不仅能够提供虚拟仪器系统所需的各种硬件产品（包括各种数据采集产品，各种 GPIB 仪器控制产品及各种 VXI 仪器控制产品等），而且能够为不同层次的用户提供简单方便的虚拟仪器软件开发平台，如 LabVIEW、LabWindows/CVI 等。此外，美国 HP 公司也推出了数十至数百种虚拟仪器的组建单元和整机以及虚拟仪器的软件开发平台 HP-VEE 和 HP-ITG，用户可用它组建或挑选自己所需的仪器。除此之外，如 Tektronix 公司、Racal 公司等也相继推出了多种虚拟仪器产品。

虚拟仪器的出现和兴起，改变了传统仪器的概念、模式和结构，并以其特有的优势显示出强大的生命力。

## § 1-4 虚拟仪器软件

虚拟仪器可以在相同的硬件平台下，通过不同的软件就可以实现功能完全不同的各种仪器，即软件是虚拟仪器的核心，因此可以说“软件就是仪器”。

在当今，编写软件普遍采用面向对象的编程技术，从标准的 C 语言发展到 C++，虽说是编程技术的一大进步，但编程难度却大大增加了，不可能让非计算机专业的工程人员都去学复杂的 C++，去成为行业专家和编程专家！可视化编程语言环境 VISUAL 系列的推出，为简化计算机编程迈出了可喜的一步。但对一个普通的计算机用户来说，计算机作为一种工具，如果使用起来很麻烦、很困难，自然也就失去了工具的意义。因此，不少的软件先驱者一直在简化计算机编程技术方面做不懈努力，出现了一种崭新的图形化编程语言（G 语言），即其源程序就是图形化的框图，而不是文本代码，这一点不同于 VISUAL 编程语言，这种编程方式简明快捷，易学易用，不仅界面友好，更重要的是可节省大量的程序开发时间，使程序设计人员着眼于测量方案的设计，而不需要关心仪器的程控代码。如 NI