



现代测试与控制丛书

本书含CD光盘1张

虚拟仪器设计 测控应用典型实例

李江全 等编著

- ◆ 本书通过十余个典型应用实例，详细地介绍了利用虚拟仪器软件LabVIEW和LabWindows/CVI设计数据采集与串口通信应用程序的方法
- ◆ 本书弥补了虚拟仪器设计同类书籍在测控应用实践方面的缺憾，对LabVIEW和LabWindows/CVI在测控领域的学习者有很高的参考价值
- ◆ 本书提供超值配套光盘，内容包括所有实例的源程序、教学视频、软硬件资源、电子课件等



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内容简介

现代测试与控制丛书

虚拟仪器设计 测控应用典型实例

李江全 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从科学实验与工程实际出发,系统地讲述了虚拟仪器软件 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 在测控系统设计方面的应用技术。首先介绍了虚拟仪器的基本知识和常用的开发平台,然后通过基于串口通信的测控系统、基于数据采集卡的测控系统、基于声卡和网络的测控系统等十余个典型应用实例,详细地讲解了利用虚拟仪器软件设计测控应用程序的方法。每个实例的设计任务均采用 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 同时实现。

本书内容丰富,论述深入浅出,有较强的实用性和可操作性,可供自动化、计算机应用、电子信息、机电一体化、测控仪器等专业的本科生、研究生以及计算机测控系统研发的工程技术人员学习和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器设计测控应用典型实例/李江全等编著. —北京:电子工业出版社,2010.8

(现代测试与控制丛书)

ISBN 978-7-121-11610-0

I. ①虚… II. ①李… III. ①软件工具, LabVIEW、LabWindows/CVI—程序设计 IV. ①TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 161147 号

策划编辑:田宏峰

责任编辑:窦 昊 特约编辑:牛雪峰

印 刷: 北京市铁成印刷厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 25.25 字数: 640 千字

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 55.00 元(含 CD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展，测试技术与计算机深层次的结合引起了测试仪器领域里一场新的革命，一种全新的仪器结构概念导致了新一代仪器——虚拟仪器的出现。它是现代计算机技术、通信技术和测量技术相结合的产物，是传统仪器观念的一次巨大变革，是引起产业发展的一个重要方向，它的出现使得人类的测试技术进入一个新的发展纪元。

虚拟仪器在实际应用中表现出传统仪器无法比拟的优势，可以说虚拟仪器技术是现代测试技术的关键组成部分。虚拟仪器由计算机和数据采集卡等相应硬件和专用软件构成，既有传统仪器的特征，又有一般仪器不具备的特殊功能，在现代测控应用中有着广泛的应用前景。

作为测试工程领域的强有力工具，近年来，由美国国家仪器公司（National Instruments, NI）开发的虚拟仪器软件 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 得到了业界的普遍认可，在测试系统分析、设计和研究方面得到了广泛的应用。

LabVIEW 是一种基于 G 语言（Graphics Language，图形化编程语言）的测试系统软件开发平台。它采用了工程人员熟悉的术语、图标等图形化符号来代替常规基于文字的语言程序。它把复杂、烦琐、费时的语言编程简化成用菜单或图标提示方法来完成某些功能的选择功能图标，并提供用线条把各种功能图标连接起来的简单图形编程方式。利用 LabVIEW，用户可通过定义和连接代表各种功能模块的图标，方便迅速地创建虚拟仪器。

LabWindows/CVI 是 32 位的面向计算机测控领域的虚拟仪器软件开发平台，它是以 ANSI C 为核心的交互式虚拟仪器开发环境，它将功能强大的 C 语言与测控技术有机结合，具有灵活的交互式编程方法和丰富的库函数，为开发人员建立检测系统、自动测试环境、数据采集系统、过程监控系统等提供了理想的软件开发环境。

LabWindows/CVI 主要应用在各种测试、控制、故障分析及信息处理软件的开发中，与 LabVIEW 相比，它更适合中、大型复杂测试软件的开发。基于 LabWindows/CVI 设计的虚拟仪器，在无损检测、电力仪表系统、温控系统、流程控制系统、故障诊断和医疗等领域中发挥着重要作用。LabWindows/CVI 已经成为测控领域最受欢迎的开发平台之一，并且已得到较为广泛的应用。

虚拟仪器软件要实现仪器功能，一项重要的任务是获取被测对象的数据，因此，数据采集和通信是 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 的核心技术。

本书从科学实验与工程实际的角度出发，系统地讲述了虚拟仪器软件 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 在测控系统设计方面的应用技术。首先介绍了虚拟仪器的基本知识和常用的开发平台，然后通过基于串口通信的测控系统、基于数据采集卡的测控系统、基于声卡和网络的测控系统等十余个典型应用实例，详细地讲解了利用虚拟仪器软件设计测控应用程序的方法。每个实例的设计任务均采用 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 同时实现。

书中提供的测控应用实例都有详细的操作步骤，读者可以在实验室动手操作，按步骤去实现虚拟仪器的各种测控功能，即实践操作性强是本书的特色。

本书弥补了市面上虚拟仪器设计同类书籍在测控实践方面的不足，因此，对 LabVIEW 和

LabWindows/CVI 在测控领域的学习者有很好的参考价值。

书中提供的程序代码完整且全部在 Windows XP 环境下 LabVIEW8.2 及其以上版本, LabWindows/CVI8.0 及其以上版本编译运行通过, 并经过系统测试, 读者可以直接拿来使用或者稍加修改便可用于自己的项目设计中。

本书内容丰富, 论述深入浅出, 有较强的实用性和可操作性, 可供自动化、计算机应用、电子信息、机电一体化、测控仪器等专业的本科生、研究生以及计算机测控系统研发的工程技术人员学习和参考。

为方便读者学习, 本书提供配套光盘, 内容包括所有实例的源程序、教学视频、软硬件资源、电子课件等。

本书由石河子大学李江全、毛姣姣、孟庆建、王玉巍、严海娟等编著, 由李江全教授策划并统稿。参与程序调试、资料收集、插图绘制和文字校核工作的人员还有刘恩博、田敏、胡蓉、任玲、郑重、李宏伟、张茜、王洪坤、郑瑶、朱东芹等老师, 研华科技、电子开发网等公司为本书提供了大量的技术支持, 编者借此机会对他们致以深深的谢意。

编者要特别感谢石河子大学研究生处教材出版项目对本书出版所做的支持和帮助。由于编者水平有限, 书中难免存在不妥或错误之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 虚拟仪器设计概述	1
1.1 虚拟仪器简介	1
1.1.1 虚拟仪器的产生	1
1.1.2 虚拟仪器的概念	2
1.1.3 虚拟仪器的特点	3
1.1.4 虚拟仪器的应用	4
1.2 虚拟仪器的结构	5
1.2.1 虚拟仪器的基本结构	5
1.2.2 虚拟仪器的构成方式	6
1.2.3 构建虚拟仪器的步骤	9
1.3 虚拟仪器的软件	10
1.3.1 虚拟仪器的软件结构	10
1.3.2 虚拟仪器的开发平台	11
1.4 虚拟仪器的设计原则和方法	12
1.4.1 虚拟仪器的设计原则	12
1.4.2 虚拟仪器的设计方法	14
1.5 虚拟仪器实验教学	15
1.5.1 将虚拟仪器系统引入实验教学	15
1.5.2 基于虚拟仪器的虚拟实验的实施	16
第 2 章 LabVIEW 程序设计基础	18
2.1 LabVIEW 编程语言概述	18
2.1.1 LabVIEW 的特点	18
2.1.2 G 语言与虚拟仪器	19
2.1.3 LabVIEW 的应用	20
2.1.4 LabVIEW 的程序设计方法	20
2.2 LabVIEW 的基本概念	22
2.2.1 VI 与子 VI	22
2.2.2 前面板	23
2.2.3 框图程序	23
2.2.4 数据流驱动	25
2.3 LabVIEW 程序设计步骤	26
2.3.1 建立新 VI	26
2.3.2 前面板设计	26
2.3.3 框图程序设计——添加节点	27

2.3.4	框图程序设计——连线	28
2.3.5	运行程序	29
2.3.6	程序的保存与载入	29
2.4	VI 的调试方法	30
第 3 章	LabWindows/CVI 程序设计基础	36
3.1	LabWindows/CVI 编程语言概述	36
3.1.1	LabWindows /CVI 的特点	36
3.1.2	LabWindows/CVI 的工作空间	37
3.1.3	LabWindows/CVI 的文件类型	38
3.1.4	LabWindows/CVI 中的对象编程概念	38
3.2	LabWindows/CVI 的控件	39
3.2.1	控件概述	39
3.2.2	基本控件的属性含义及设置	40
3.2.3	高级控件	49
3.3	LabWindows/CVI 程序设计步骤	54
3.3.1	建立工程文件	54
3.3.2	创建用户界面文件	55
3.3.3	生成源代码文件	58
3.3.4	运行和调试程序	67
3.3.5	生成可执行文件和发布文件	69
第 4 章	虚拟仪器设计串口通信基础	71
4.1	串口通信与 RS-232C 接口标准	71
4.1.1	串口通信的基本概念	71
4.1.2	RS-232C 串口通信标准	74
4.1.3	RS-485 串口通信标准	77
4.1.4	串口通信线路连接	78
4.1.5	个人计算机中的串口	80
4.1.6	串口通信调试	81
4.1.7	虚拟串口的使用	82
4.2	LabVIEW 与串口通信	84
4.2.1	LabVIEW 中的串口通信功能模块	84
4.2.2	LabVIEW 串口通信步骤	86
4.3	LabWindows/CVI 串口通信函数	86
4.3.1	串口打开/关闭函数	86
4.3.2	串口输入/输出函数	87
4.3.3	串口控制函数	88
4.3.4	串口状态查询函数	89
4.3.5	串口事件处理函数	89

4.3.6	调制解调文件传输函数	90
第 5 章	基于串口通信的虚拟仪器设计	91
5.1	PC 与 PC 串口通信	91
5.1.1	硬件线路	91
5.1.2	设计任务	92
5.1.3	利用 LabVIEW 实现	92
5.1.4	利用 LabWindows/CVI 实现	95
5.2	PC 与单片机串口通信	99
5.2.1	硬件线路	99
5.2.2	设计任务	100
5.2.3	利用 Keil C51 实现任务 1	100
5.2.4	利用 LabVIEW 实现任务 1	103
5.2.5	利用 LabWindows/CVI 实现任务 1	107
5.2.6	利用 Keil C51 实现任务 2	110
5.2.7	利用 LabVIEW 实现任务 2	113
5.2.8	利用 LabWindows/CVI 实现任务 2	115
5.3	PC 与智能仪器串口通信	121
5.3.1	硬件线路	121
5.3.2	设计任务	125
5.3.3	利用 LabVIEW 实现	125
5.3.4	利用 LabWindows/CVI 实现	130
5.4	PC 与 PLC 串口通信	135
5.4.1	硬件线路	136
5.4.2	设计任务	137
5.4.3	S7-200 PLC (下位机) 程序	137
5.4.4	S7-200 PLC (上位机) LabVIEW 程序	140
5.4.5	S7-200 PLC (上位机) LabWindows/CVI 程序	141
5.4.6	三菱 FX _{2N} PLC (下位机) 程序	145
5.4.7	三菱 FX _{2N} PLC (上位机) LabWindows/CVI 程序	146
5.5	PC 与 GSM 短消息模块串口通信	157
5.5.1	硬件线路	157
5.5.2	设计任务	157
5.5.3	利用 LabVIEW 实现	158
5.5.4	利用 LabWindows/CVI 实现	159
5.6	PC 与智能仪器构成 DCS	165
5.6.1	硬件线路	165
5.6.2	设计任务	167
5.6.3	利用 LabVIEW 实现	167
5.6.4	利用 LabWindows/CVI 实现	173

5.7	PC 与远程 I/O 模块构成 DCS	178
5.7.1	硬件线路	178
5.7.2	设计任务	182
5.7.3	利用 LabVIEW 实现	182
5.7.4	利用 LabWindows/CVI 实现	187
第 6 章	虚拟仪器数据采集系统设计基础	193
6.1	数据采集系统概述	193
6.1.1	数据采集系统的含义	193
6.1.2	数据采集系统的功能	194
6.1.3	数据采集系统的硬件	194
6.1.4	数据采集系统的软件	196
6.1.5	数据采集系统的输入与输出信号	197
6.2	基于 PC 的 DAQ 系统组成	199
6.2.1	硬件子系统	200
6.2.2	软件子系统	201
6.2.3	DAQ 仪器的特点	202
6.3	数据采集卡	202
6.3.1	数据采集卡的产生	203
6.3.2	数据采集卡的组成	203
6.3.3	数据采集卡的功能	204
6.3.4	数据采集卡的类型	205
6.3.5	数据采集卡的性能指标	206
6.3.6	数据采集卡的选择	208
6.4	典型数据采集卡的安装与测试	209
6.4.1	NI PCI-6023E 数据采集卡	209
6.4.2	研华 PCI-1710HG 数据采集卡	215
6.5	LabVIEW 与数据采集	222
6.5.1	基于 LabVIEW 的数据采集系统	222
6.5.2	用于数据采集的 VI	223
6.5.3	DAQmx 节点及其编程	224
6.5.4	DAQ Assistant 的使用	231
6.6	LabWindows/CVI 数据采集函数库的使用	232
6.6.1	Traditional NI-DAQ 函数库	232
6.6.2	Easy I/O for DAQ 函数库	237
6.6.3	数据采集卡的端口操作函数	239
第 7 章	基于 NI 数据采集卡的虚拟仪器设计	240
7.1	模拟量输入 (AI)	240
7.1.1	硬件线路	240

7.1.2	设计任务	240
7.1.3	利用 LabVIEW 实现	240
7.1.4	利用 LabWindows/CVI 实现	245
7.2	开关量输入 (DI)	256
7.2.1	硬件线路	256
7.2.2	设计任务	257
7.2.3	利用 LabVIEW 实现	257
7.2.4	利用 LabWindows/CVI 实现	262
7.3	开关量输出 (DO)	264
7.3.1	硬件线路	264
7.3.2	设计任务	265
7.3.3	利用 LabVIEW 实现	265
7.3.4	利用 LabWindows/CVI 实现	270
7.4	温度测量与报警控制	272
7.4.1	硬件线路	272
7.4.2	设计任务	273
7.4.3	利用 LabVIEW 实现	273
7.4.4	利用 LabWindows/CVI 实现	278
第 8 章	基于研华数据采集卡的虚拟仪器设计	283
8.1	模拟量输入 (AI)	283
8.1.1	硬件线路	283
8.1.2	设计任务	283
8.1.3	利用 LabVIEW 实现	283
8.1.4	利用 LabWindows/CVI 实现	289
8.2	模拟量输出 (AO)	297
8.2.1	硬件线路	297
8.2.2	设计任务	297
8.2.3	利用 LabVIEW 实现	297
8.2.4	利用 LabWindows/CVI 实现	301
8.3	开关量输入 (DI)	308
8.3.1	硬件线路	308
8.3.2	设计任务	308
8.3.3	利用 LabVIEW 实现	309
8.3.4	利用 LabWindows/CVI 实现	312
8.4	开关量输出 (DO)	318
8.4.1	硬件线路	318
8.4.2	设计任务	319
8.4.3	利用 LabVIEW 实现	319
8.4.4	利用 LabWindows/CVI 实现	322

8.5	温度测量与报警控制	328
8.5.1	硬件线路	328
8.5.2	设计任务	329
8.5.3	利用 LabVIEW 实现	329
8.5.4	利用 LabWindows/CVI 实现	336
第 9 章	虚拟仪器设计实验室应用	346
9.1	基于声卡的数据采集	346
9.1.1	声卡的基本常识	346
9.1.2	利用 LabVIEW 实现虚拟示波器	350
9.1.3	利用 LabWindows/CVI 实现虚拟示波器	357
9.2	虚拟仪器的网络与通信	363
9.2.1	网络化测控仪器概述	363
9.2.2	TCP/IP 协议	366
9.2.3	DataSocket 技术	375
9.2.4	在 LabVIEW 中利用 TCP/IP 协议实现网络通信	379
9.2.5	在 LabWindows/CVI 中利用 TCP/IP 协议实现网络通信	381
9.2.6	在 LabVIEW 中利用 DataSocket 技术实现网络通信	388
	参考文献	392

第1章 虚拟仪器设计概述

虚拟仪器是用通用计算机硬件加上软件来仿真传统测量仪器的设备，是以测量、分析、显示为主，控制为辅的更加先进的科学仪器，它为仪器的测量分析带来了更加辉煌的未来。虚拟仪器技术是计算机测控技术的重要分支。

1.1 虚拟仪器简介

1.1.1 虚拟仪器的产生

测量仪器发展至今，大体可分为四个阶段：模拟仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器。

模拟仪器：这类仪器是以电磁感应基本定律为基础的指针仪器仪表。基本结构是电磁机械式的，借助指针来显示最终结果，如指针式万用表、三级管电压表等。这类仪器在某些实验室仍能看到。

数字化仪器：这类仪器目前相当普及，如数字电压表、数字频率计等。这类仪器将模拟信号的测量转化为数字信号测量，并以数字方式输出最终结果，适用于快速响应和较高准确度的测量。

智能仪器：这类仪器内置微处理器，既能进行自动测试又具有一定的数据处理功能。智能仪器的功能模块全部都是以硬件和固化的软件的形式存在，无论是开发还是应用，都缺乏灵活性。

虚拟仪器：是现代计算机软、硬件技术和测量技术相结合的产物，是传统仪器观念的一次巨大变革，是将来仪器发展的一个重要方向。

虚拟仪器技术是由美国国家仪器公司（National Instruments, NI）在1986年提出的一种构成仪器系统的新概念，其基本思想是：用计算机资源取代传统仪器中的输入、处理和输出等部分，实现仪器硬件核心部分的模块化和最小化；用计算机软件和仪器软面板实现仪器的测量和控制功能。

虚拟仪器技术的出现和发展是与计算机技术的不断发展分不开的。一方面，计算机技术的进步为新型的测控仪器产生提供了现实基础，主要表现在：

- 微处理器和 DSP（Digital Signal Processing）技术的快速进步及其性价比不断上升，大大改变了传统电子行业的设计思想和观念，原来许多由硬件完成的功能今天能够依靠软件实现；
- 面向对象技术、可视化程序开发语言在软件领域为开发更多的易于使用、功能强大的软件提供了可能。

另一方面，传统的测量仪器越来越满足不了科技进步的要求，主要表现在：

- 现代测量要求仪器不仅仅能单独测量某个量，而且更希望它们之间能够互相通信，实现信息共享，从而完成对被测系统的综合分析、评估，得出准确判断，传统仪器在这

方面显然存在严重的不足:

- 对于复杂的被测系统,面对各个厂家的不同测试设备,使用者需要的知识很多,这样的仪器不仅使用频率和利用率低,而且硬件存在冗余。

鉴于上述原因,基于计算机的测试仪器逐渐变得现实,并且随着计算机软、硬件技术不断创新而不断发展。

虚拟仪器的发展大致可分为三个阶段:

第一阶段是利用计算机来增强传统仪器的功能。通用接口总线 GPIB 标准的确立,使计算机与外部仪器通信成为可能,因此把传统的仪器通过串口和计算机连接起来后就可以用计算机控制仪器。

第二阶段主要在功能硬件上实现了两大技术进步:其一是插入计算机总线槽上的数据采集卡的出现;其二是 VXI 仪器总线标准的确立,这些新技术的应用奠定了虚拟仪器硬件的基础。

第三阶段形成了虚拟仪器体系结构的基本框架,主要是由于采用面向对象的编程技术构筑了几种虚拟仪器的软件平台,并逐渐成为标准的软件开发工具。

由于虚拟仪器技术的飞速发展,这三个发展阶段几乎是同步进行的。

1.1.2 虚拟仪器的概念

所谓虚拟仪器,就是在以计算机为核心的硬件平台上,其功能由用户设计和定义,具有虚拟面板,其测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。

虚拟仪器的实质是利用计算机显示器的显示功能来模拟传统仪器的控制面板,以多种形式表达输出检测结果;利用计算机强大的软件功能实现信号数据的运算、分析和处理;利用 I/O 接口设备完成信号的采集、测量与调理,从而完成各种测试功能的一种计算机仪器系统。使用者利用鼠标或键盘操作虚拟面板,就如同使用一台专用测量仪器一样。因此,虚拟仪器的出现,使测量仪器与计算机的界限模糊了。

虚拟仪器的“虚拟”两字主要包含以下两方面的含义:

(1) 虚拟仪器的面板是虚拟的。虚拟仪器面板上的各种“图标”与传统仪器面板上的各种“器件”所完成的功能是相同的。由各种开关、按钮、显示器等图标实现仪器电源的“通”、“断”,被测信号的“输入通道”、“放大倍数”等参数的设置,及测量结果的“数值显示”、“波形显示”等。

传统仪器面板上的器件都是“实物”,而且是由“手动”和“触摸”进行操作的;虚拟仪器前面板是外形与实物相像的“图标”,每个图标的“通”、“断”、“放大”等动作都可以通过操作计算机鼠标或键盘来完成。因此,设计虚拟仪器前面板就是在前面板设计窗口中摆放所需的图标,然后对图标的属性进行设置。

(2) 虚拟仪器测量功能是通过图形化软件流程图的编程来实现的。虚拟仪器是在以 PC 为核心组成的硬件平台支持下,通过软件编程来实现仪器的测量功能的。因为可以通过不同测试功能软件模块的组合来实现多种测试功能,所以在硬件平台确定后,就有“软件就是仪器”的说法。这也体现了测试技术与计算机深层次的结合。

虚拟仪器是一种概念仪器,迄今为止,业界对它还没有一个明确的国际标准和定义。虚拟仪器实际上就是一种基于计算机的自动化测试仪器系统。业界一般认为,所谓虚拟测量仪器,就是采用计算机开放体系结构取代传统的单机测量仪器,对各式各样的数据进行计算机

处理、显示和存储的测量仪器。

容 要注意到“Virtual”一词被通常译成“虚拟”，在测控仪器领域，“Virtual”不仅仅指用计算机屏幕去虚拟各种传统仪器的面板，“Virtual”还有“实质上的”、“实际上的”、“有效的”和“似真的”的含义，完全不同于虚拟现实中的虚拟人、虚拟太空、虚拟海底、虚拟建筑等非“实际”的概念，测控仪器强调的是“实”而不是“虚”。因此，在研究与发展虚拟仪器技术时，要注重利用计算机的软硬件技术实现测控仪器的特点和功能，而不能仅强调虚拟的、只是视觉上的内容，要强调面向测控领域快速有效地解决实质问题。

虚拟仪器（Virtual Instrument, VI）概念是为了适应PC卡式仪器而提出的。众所周知，传统仪器主要包括三个部分：数据采集与控制、数据分析和处理、数据显示。而PC卡式仪器由于自身不带仪器面板，有的甚至不带微处理器，因此必须借助于PC作为其数据分析与显示的工具，利用PC强大的图形环境和在线帮助功能，建立图形化的虚拟仪器面板，完成对仪器的控制、数据分析与显示。这种包含实际仪器使用，操作信息的软件与PC结合构成的仪器，就称为虚拟仪器。或者说，虚拟仪器是指具有虚拟仪器面板的PC仪器，它由PC、一系列功能化硬件模块和控制软件组成。

由于借助一块通用的数据采集板，用户就可以通过软件构造任意功能的仪器，软件变成了构建仪器的核心。因此，美国国家仪器公司提出“软件就是仪器”的概念。

1.1.3 虚拟仪器的特点

传统的测量仪器通常由三大功能模块组成，即信号采集与控制：信号分析与处理、测量结果的存储、显示与输出等。这些功能模块基本上是以硬件形式或固化的软件形式存在，测量仪器只能由制造商来定义与设计，因而其灵活性和适应性较差。

在实验室、生产车间和户外现场，为完成某项测试和维修任务，通常需要许多仪器，如信号源、示波器、磁带机、频谱分析仪等。由众多的仪器构成的测试系统，价格昂贵，体积庞大，连接和操作复杂，测试效率低。

虚拟测试仪器系统的概念是测控系统的抽象。不管是传统的还是虚拟的仪器，它们的功能都是相同的：采集数据，对采集来的数据进行分析处理，然后显示处理结果。它们之间的不同主要体现在灵活性方面。虚拟仪器由用户自己定义，这意味着用户可以自由组合计算机平台的硬件、软件以及各种完成应用系统所需要的附件，而这种灵活性是由供应商定义的，功能固定独立的传统仪器是不具备的。

与传统测量仪器相比，虚拟仪器的设计理念、系统结构和功能定位方面都发生了根本性的变化。概括地说，虚拟仪器主要有以下特点：

(1) 软件是虚拟仪器的核心。虚拟仪器的硬件确立后，它的功能主要是通过软件来实现的，软件在虚拟仪器中具有重要的地位。美国国家仪器公司（NI）就曾提出一个著名的口号——“软件就是仪器”。

(2) 虚拟仪器的性价比高。一方面，虚拟仪器能同时对多个参数进行实时高效的测量，同时，由于信号的传送和数据的处理几乎都是靠数字信号或软件来实现的，所以还大大降低了环境干扰和系统误差的影响。另一方面，用户也可以随时根据需要调整虚拟仪器的功能，这缩短了仪器在改变测量对象时的更新周期。此外，采用虚拟仪器还可以减少测试系统的硬件环节，从而降低系统的开发成本和维护成本，因此，使用虚拟仪器比传统仪器更为经济。

(3) 虚拟仪器的出现缩小了仪器厂商与用户之间的距离。虚拟仪器使得用户能够根据自

己的需要定义仪器功能，而不像传统仪器那样，受到仪器厂商的限制，出现厂商提供的仪器功能与用户要求不相符合的情况。利用虚拟仪器，用户可以组建更好的测试系统，并且更容易增强系统的功能。由于 PC 能提供远胜于仪器内部的处理能力，因此，借助于一台通用数据采集系统（或板卡），用户就可以通过软件构造几乎任意功能的仪器。

(4) 扩展性强。NI 的软、硬件工具使得工程师和科学家不再局限于当前的技术。由于 NI 软件的灵活性，只需更新用户的计算机或测量硬件，就能以最少的硬件投资和极少的、甚至无须软件上的升级即可改进用户的整个系统。在利用最新科技的时候，用户可以把它们集成到现有的测量设备，最终以较少的成本加速产品上市的时间。

(5) 虚拟仪器具有良好的人机界面。在虚拟仪器中，测量结果是通过软件在计算机显示器上生成的，与传统仪器面板相似的图形界面由软面板来实现。因此，用户可根据自己的爱好，通过编制软件来定义所喜爱的面板形式。

(6) 通过软、硬件的升级，可以方便地提升测试系统的能力和水平。更为可贵的是，用户可以运用通用的计算机语言和软件，诸如 C++、Visual Basic、LabVIEW、LabWindows/CVI 等，扩充、编写软件，从而使虚拟仪器技术更适应、更符合用户自己测试工作的特殊需求。

(7) 虚拟仪器具有和其他设备互连的能力。如和 VXI 总线或现场总线等的接口能力。此外，还可以将虚拟仪器接入网络，如 Internet 等，以实现现场生产的监控和管理。

(8) 虚拟仪器的软、硬件都具有开放性、模块化、可重复使用及互换性等特点。因此，用户可以根据自己的需要灵活组合，大大提高了使用效率，减少了投资。

当然，虚拟仪器的特点还不只这些，作为新型仪器，它有许多传统仪器无法比拟的地方。这使得虚拟仪器的应用领域非常广泛。

表 1-1 列出了传统仪器与虚拟仪器的主要区别。

表 1-1 传统仪器与虚拟仪器的比较

传统仪器	虚拟仪器
硬件是关键，必须由专业厂家升级	软件是关键，升级方便
基于硬件体系，开发与维护费用高	基于软件体系，开发与维护费用低
数据无法编辑	数据可编辑、存储、打印
硬件技术更新周期长	软件技术更新周期短
通用性差，价格高	价格低，并且可重用性与可配置性强
厂商定义仪器功能	用户定义仪器功能
系统封闭、功能固定不可更改	系统开放、灵活，功能可更改，构成多种仪器
不易与其他设备连接	容易与网络、外设及其他设备连接
自己编程硬件，二次开发强	无法自己编程硬件，二次开发差
图形界面小，信息量小	图形界面大，信息量大
部分具有时间记录和测试说明	完整的时间记录和测试说明
信号电缆和开关多，操作复杂	信号电缆少，采用虚拟旋钮，故障率低，有操作保护
测试部分自动化	测试过程完全自动化

1.1.4 虚拟仪器的应用

虚拟仪器由于其功能灵活，很容易构建，所以应用面极为广泛。尤其在科研、开发、测量、计量、测控等领域更是不可多得的好工具。虚拟仪器技术先进，十分符合国际上流行的

“硬件软件化”的发展趋势，因而常被称做“软件仪器”。它功能强大，可实现示波器、逻辑分析仪、频谱仪、信号发生器等多种普通仪器的全部功能。虚拟仪器系统已成为仪器领域的一个基本方案，是技术进步的必然结果。今天，它的应用已经遍及各行各业。

在仪器计量系统方面，示波器、频谱仪、信号发生器、逻辑分析仪、电压电流表是科研机构、企业研发实验室、大专院校必备的测量设备。随着计算机技术在测绘系统的广泛应用，由于传统的仪器设备缺乏相应的计算机接口，因而配合数据采集及数据处理十分困难。在完成某个测试任务时，需要许多仪器，如示波器、电压表、频率分析仪、信号发生器等，对复杂的数字电路系统还需要逻辑分析仪、IC测试仪等。这么多的仪器不仅价格昂贵、体积大，占用空间，而且相互连接起来也费时费事。而虚拟仪器将计算机资源与仪器硬件、DSP 技术结合，在系统内共享软硬件资源，既有传统仪器的功能，又有传统仪器所没有的特殊功能。它把由厂家定义仪器功能的方式转变为由用户自己定义，用户可根据测试功能的需要，自己设计所需要的仪器系统，只要将具有一种或多种功能的通用模块相组合，并且调用不同功能的软件模块，就能组成不同的仪器功能。

在专用测量系统方面，虚拟仪器的应用空间更为广阔。环顾当今社会，随着信息技术的迅猛发展，各行各业无不转向智能化、自动化、集成化。无所不在的计算机应用为虚拟仪器的推广提供了良好的基础。虚拟仪器的概念就是用专用的软硬件配合计算机实现专用设备的功能，并使其自动化、智能化。因此，虚拟仪器适合于一切需要计算机辅助进行数据存储、数据处理、数据传输的计量场合。测量与处理、结果与分析相脱节的面貌将大为改观。数据的采集、存储、处理、分析一条龙操作，既有条不紊又迅捷快速。推而广之，一切计量系统，只要技术上可行，都可用虚拟仪器代替。

在自动控制和工业控制领域，虚拟仪器同样应用广泛。绝大部分闭环控制系统要求精确地采样，及时地数据处理和快速地数据传输。虚拟仪器系统恰恰符合上述特点，十分适合测控一体化的设计。尤其在制造业，虚拟仪器的卓越计算能力和巨大数据吞吐能力必将使其在温控系统、在线监测系统、电力仪表系统、流程控制系统等工控领域发挥更大的作用。

虚拟仪器的出现是仪器发展史上的一场革命，代表着仪器发展的最新方向和潮流，是信息技术的一个重要领域，对科学技术的发展和工业生产将产生不可估量的影响。虚拟仪器可广泛应用于电子测量、振动分析、声学分析、故障诊断、航天航空、军事工程、电力工程、机械工程、建筑工程、铁路交通、地质勘探、生物医疗、教学及科研等诸多方面。

1.2 虚拟仪器的结构

通常传统测量仪器是一个能实现特定功能的独立硬件盒子，其功能在制造时就确定（如示波器、信号发生器等），而基于相关技术的虚拟仪器，其物理硬件不必限定在同一盒子中，可以分布在现场各处。

无论哪种虚拟仪器系统，都是将仪器硬件搭载到笔记本电脑、台式 PC 或工作站等各种计算机平台加上应用软件而构成的。

1.2.1 虚拟仪器的基本结构

虚拟仪器的基本结构由计算机硬件平台、模块化的 I/O 接口硬件和虚拟仪器软件三部分构成，如图 1-1 所示。

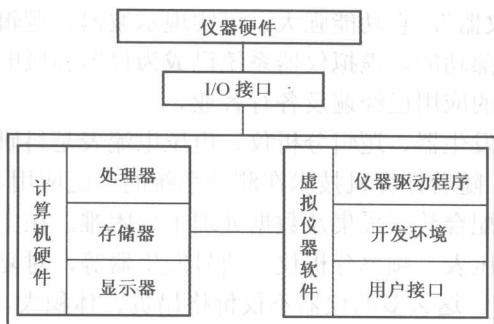


图 1-1 虚拟仪器系统的组成框图

1. 计算机硬件平台

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软硬件资源，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，导致了虚拟仪器系统的快速发展。

2. 模块化的 I/O 接口硬件

I/O 接口硬件根据不同的标准接口总线转换输入或输出信号，供其他系统使用，在此基础上组成虚拟仪器测试系统。

I/O 硬件部分可由数据采集卡、GPIB 接口、串/并行接口、VIX 接口、LAN 接口、现场总线接口等构成，它们的主要功能是完成对被测信号的采集、传输和显示测量的结果。

面对如今日益复杂的测试测量应用，NI 提供了全方位的软、硬件的解决方案。无论是使用 PCI、PXI、PCMCIA、USB 还是 IEEE 1394 总线，NI 都能提供相应的模块化的硬件产品，其种类从数据采集、信号调理、声音和震动测量、视觉、运动、仪器控制、分布式 I/O 到 CAN 接口等工业通信领域，应有尽有。

3. 虚拟仪器软件

软件是虚拟仪器技术中最重要的部分。使用正确的软件工具并通过设计或调用特定的程序模块，工程师和科学家们可以高效地创建自己的应用以及友好的人机交互界面。有了功能强大的软件，用户就可以在仪器中创建智能应用程序和决策功能，从而发挥虚拟仪器技术在测试应用中的强大优势。

虚拟仪器的软件是核心、关键部分，用于实现对仪器硬件通信和控制，对信号进行分析处理，对结果表达和输出。

虚拟仪器实质上是“软硬结合”、“虚实结合”的产物，它充分利用最新的计算机技术来实现和扩展传统仪器的功能。它强调软件的作用，提出“软件就是仪器”的概念，在虚拟仪器中，硬件仅仅解决信号的输入/输出，软件才是整个仪器系统的关键。用户可根据自己的需要通过编制不同的测试软件来构成各种功能的测试系统，其中许多硬件功能可直接由软件实现，系统具有极强的通用性和多功能性。

1.2.2 虚拟仪器的构成方式

虚拟仪器的硬件平台由计算机和其 I/O 接口设备两部分组成。I/O 接口设备主要执行信号的输入、数据采集、放大、模/数转换等任务。

根据 I/O 接口设备总线类型的不同，虚拟仪器的构成方式主要有插卡式 DAQ、GPIB、VXI、PXI、串口总线、现场总线等六种标准硬件体系结构，如图 1-2 所示。

1. 基于 PC 的插卡式 (PC-DAQ) 虚拟仪器

通过在 PC 内直接插入一块内插式多功能数据采集卡，将前端仪器（如传感器等）传来的模拟信号采集到计算机，直接经过 PCI 总线，由 CPU 进行分析、处理，再通过显示器显示，外接打印机打印等。微处理器可以立即访问这些数据。数据由微处理器和数据采集板共