

高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育电子技术类专业规划教材

现代虚拟仪器 测量技术

XIANDAI XUNI YIQI
CELIANG JISHU

主 编 袁夫全 杨立宏 彭建宇



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育电子技术类专业规划教材

现代虚拟仪器测量技术

主编 袁夫全 杨立宏 彭建宇

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要从项目开发的视角介绍了基于 LabVIEW 虚拟仪器的测控系统的构建和编程,从硬件平台到 LabVIEW 编程形成了完整的内容链条,目的是使读者能独立、快速地开发自己的测控系统。全书包含 9 个模块,模块一和模块二介绍虚拟仪器和数据采集基础;模块三和模块四介绍虚拟仪器的通用硬件平台;模块五介绍 LabVIEW 基础;模块六至模块九介绍各类现代测量技术的项目开发和实践,提供的项目实例由能力目标、知识目标、项目特点与分析 and 项目实施等部分组成,并有详细的操作步骤。

本书可作为虚拟仪器课程的教材或教学参考书,可供测控仪器、计算机应用、电子信息、机电一体化、自动化等专业的学生以及虚拟仪器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

现代虚拟仪器测量技术/袁夫全,杨立宏,彭建宇主编. --北京:电子工业出版社,2015. 9
ISBN 978-7-121-27137-3

I. ①现… II. ①袁… ②杨… ③彭… III. ①软件工具—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311. 56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 216019 号

策划编辑:朱怀永

责任编辑:朱怀永 特约编辑:王 纲

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:北京季蜂印刷有限公司

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:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:360 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:32.00 元

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 zltz@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

虚拟仪器在实际应用中表现出传统仪器无法比拟的优势，虚拟仪器技术是现代测控技术的关键组成部分。虚拟仪器由计算机和数据采集设备等硬件与专用软件构成，实现了工业测量与控制和计算机的完美结合，既有传统仪器的特征，又有一般仪器不具备的特殊功能，在现代测控领域有着广阔的应用前景。

作为测试工程领域的强有力工具，近年来，虚拟仪器软件 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, 实验室虚拟仪器工程平台) 得到了业界的普遍认可，并在测控领域得到了广泛应用，它是美国 National Instruments 公司为虚拟仪器设计的图形化软件开发环境，作为业界最优秀的虚拟仪器软件开发平台，具有简单直观、易于理解和开发效率高等特点。

本书定位为虚拟仪器课程的入门教材及教学参考书，在内容编写上具有以下特色。

1. 本书主要从项目开发的视角介绍了基于 LabVIEW 虚拟仪器的测控系统的构建和编程，从硬件平台到 LabVIEW 编程形成了完整的内容链条，目的是使读者能独立、快速地开发自己的测控系统。

2. 遵循当下大力倡导的项目教学法，以项目为单位进行内容编写。

3. 理论知识的介绍以满足项目实践需求为目的，充分贯彻了教、学、做一体化的教学模式。

4. 书中提供的项目实例均由能力目标、知识目标、项目特点与分析和项目实施等部分组成，并有详细的操作步骤。书中项目都具有实际参考价值，读者可以直接使用或者稍加修改后用于自己的设计中。

考虑到 LabVIEW 各版本向下兼容而不向上兼容，且各版本编程环境及用法基本相同，本书选用了 LabVIEW 8.5 中文版作为设计平台，LabVIEW 8.5 以上版本均能运行本书程序。

本书内容丰富，有较强的实用性和参考价值，可供测控仪器、计算机应用、电子信息、机电一体化、自动化等专业的大学生、研究生以及虚拟仪器研发的工程技术人员学习和参考。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 12 月

目 录

模块一 虚拟仪器概述	1
1.1 虚拟仪器的概念	1
1.2 虚拟仪器的系统构成	2
1.2.1 虚拟仪器系统总体结构	2
1.2.2 通用仪器硬件平台	4
1.2.3 虚拟仪器软件结构	7
1.3 虚拟仪器软件开发平台	8
1.3.1 常用的虚拟仪器软件开发平台	8
1.3.2 LabVIEW 简介	9
模块二 数据采集基础	12
2.1 输入信号类型	12
2.1.1 数字信号和模拟信号	12
2.1.2 接地信号和浮动信号	14
2.2 数据采集的过程	14
2.3 采样频率与信号频率	15
模块三 数据采集设备	18
3.1 数据采集设备的主要功能	18
3.2 数据采集设备常见 I/O 信号描述	21
3.3 数据采集设备的分类	23
3.4 数据采集设备的技术指标	24
3.5 数据采集设备的选择	27
3.6 数据采集设备的配置与测试	28
3.6.1 安装 DAQ 设备驱动程序	28
3.6.2 DAQ 设备配置与测试工具: MAX	29
3.6.3 创建 NI-DAQmx 仿真设备	31
3.6.4 在 MAX 中配置和测试 DAQ 设备	32
3.7 测量信号时的连线	34
3.7.1 测量信号三类连线方式	34
3.7.2 测量接地信号时的连接	38
3.7.3 测量浮动信号时的连接	39

模块四 数据采集中的信号调理	43
4.1 信号调理的类型	43
4.1.1 放大	44
4.1.2 隔离	45
4.1.3 滤波	47
4.1.4 传感器激励	47
4.1.5 线性线	48
4.1.6 数字信号处理	48
4.2 常用的信号调理设备形式	48
4.3 信号调理器与数据采集设备的通信	50
4.4 信号调理设备安装与设置	50
模块五 LabVIEW 基础	54
5.1 启动 LabVIEW	54
5.2 LabVIEW 程序的基本构成	55
5.2.1 前面板和程序框图	55
5.2.2 子 VI、图标和连接器	58
5.3 LabVIEW 的选板	59
5.3.1 工具选板	59
5.3.2 控件选板	60
5.3.3 函数选板	62
5.4 示例演示	64
5.4.1 NI 范例查找器	64
5.4.2 温度系统示例	65
5.4.3 频率响应示例	67
5.4.4 更多完美示例	69
5.5 使用 LabVIEW 在线帮助系统	69
5.6 温度监视器练习	70
5.6.1 创建一个温度计	71
5.6.2 创建温度计子 VI	74
5.6.3 温度监视器	79
模块六 测量模拟输入信号	85
项目一 快速模拟数据单点采集	85
项目特点与分析	85
项目实施	86
项目拓展	100
项目二 硬件定时多通道模拟信号 N 采集	101

项目特点与分析·····	101
项目实施·····	102
方案一：使用 NI-DAQmx API 编程实现 ·····	102
方案一拓展：波形图显示控件 ·····	113
方案二：在 MAX 中创建 NI-DAQmx 任务编程实现 ·····	116
方案二拓展：通过 DAQmx 任务常量快捷生成配置和范例 ·····	121
方案三：利用 DAQ 助手生成 NI-DAQmx 代码编程实现 ·····	123
项目三 硬件定时多通道模拟信号连续采集·····	125
项目特点与分析·····	126
项目实施·····	126
方案一：使用 NI-DAQmx API 编程实现 ·····	126
方案一拓展：确定合理的缓冲区读写速度 ·····	137
方案二：在 MAX 中创建 NI-DAQmx 任务编程实现 ·····	141
方案二拓展：通过 DAQmx 任务常量快捷生成代码 ·····	143
方案三：利用 DAQ 助手生成 NI-DAQmx 代码编程实现 ·····	144
项目四 多通道模拟信号连续采集数据存储与读取·····	146
项目特点与分析·····	147
项目实施·····	148
方案一：以文本文件格式存取数据 ·····	148
方案一拓展：提高文本文件的可读性 ·····	157
方案二：以二进制文件格式存取数据 ·····	163
方案三：以数据记录文件格式存取数据 ·····	169
方案四：以波形文件格式存取数据 ·····	173
方案五：以 TDMS 二进制测量文件格式存取数据 ·····	176
项目五 信号触发的模拟信号采集·····	179
项目特点与分析·····	179
子项目 1：数字边沿触发的多通道模拟信号 N 采集 ·····	179
子项目 2：模拟边沿触发的多通道模拟信号 N 采集 ·····	181
子项目 3：模拟窗触发的多通道模拟信号 N 采集 ·····	181
模块七 产生模拟输出信号·····	183
项目一 输出多通道直流电压信号·····	183
项目特点与分析·····	183
项目实施·····	184
项目二 输出一段模拟波形数据·····	187
项目特点与分析·····	188
项目实施·····	188
项目三 连续输出模拟波形数据·····	190
项目特点与分析·····	191

项目实施	191
模块八 使用数字 I/O	192
项目一 读取 DAQ 设备 N 位数字线	192
项目特点与分析	192
项目实施	192
方案一：使用 DAQ 助手快捷 VI 编程读取	192
方案二：使用 DAQmx API 编程读取	194
项目二 从多位数字线读取 N 采样	195
项目特点与分析	195
项目实施	195
项目三 连续读取多位数字线	196
项目特点与分析	196
项目实施	197
项目四 输出 N 位数字线	197
项目特点与分析	197
项目实施	197
方案一：使用 DAQ 助手快捷 VI 编程输出	197
方案二：使用 DAQmx API 编程输出	198
项目五 从多位数字线输出 N 采样	199
项目特点与分析	199
项目实施	199
项目六 连续输出多位数字线	200
项目特点与分析	200
项目实施	201
模块九 使用计数器	203
项目一 数字脉冲计数	203
项目特点与分析	203
项目实施	204
方案一：使用 DAQ 助手快捷 VI 编程实现	204
方案二：使用 DAQmx API 编程实现	205
项目二 脉冲宽度测量	206
项目特点与分析	207
项目实施	207
项目三 数字脉冲信号频率测量	208
项目特点与分析	208
子项目 1：低频脉冲频率测量	209
子项目 2：高频双计数器频率测量	211

子项目 3：大范围双计数器频率测量	213
项目四 生成脉冲序列.....	214
项目特点与分析.....	214
项目实施.....	215
术语表.....	217
参考文献.....	219

模块一

虚拟仪器概述

随着电子技术、计算机技术和数字信号处理技术的发展，以及它们在测量领域的应用，新的测量技术、方法以及测量仪器不断出现。虚拟仪器的出现给信号测量领域带来了新的突破，它从根本上颠覆了测量技术和检测设备的概念，正受到越来越多的关注。本模块主要介绍虚拟仪器的概念、工作原理、系统构成及软件编程环境。

1.1 虚拟仪器的概念

虚拟仪器（Virtual Instrumentation）的起源可以追溯到 20 世纪 70 年代，它是传统仪器设备与计算机结合发展的结果。传统仪器设备与计算机的结合发展通常有两个方向：一是以计算机为主体，在计算机上添加某些必要的硬件设备，完成传统仪器设备的功能；二是以传统设备为基础，在其上添加计算机软硬件。不论采用哪种结合方式，传统设备的功能都被革命性地增强了，而其成本却不断降低。例如在计算机上，可以把电话的单纯语音通话功能扩展为语音视频交流，而每次通信的边际成本几乎为零；时下流行的各种手机，在嵌入计算机设备后，除了用于通话，更可以用于娱乐甚至办公，这些都是传统电话所不能比拟的。

在测试测量领域，测试仪器经历了与电话极其类似的发展过程。它们或者被植入 CPU、内存、安装软件，具备了计算机的基本功能；或者被拆解开来，取其核心部件插入计算机中，使计算机具备测试功能。这两种发展方向都使得仪器的功能更强大，速度更快。但其区别之处在于，把仪器移植到计算机上，更多考虑的是降低成本、便捷；而把计算机移植到仪器上，则更多的是为了满足仪器小型化、专业化的需要。

在计算机运算能力强大到一定程度之后，以“虚拟”为前缀的各项技术纷纷出现，比如虚拟现实、虚拟机、虚拟仪器等。虚拟机是指在一台计算机上模拟多台计算机；同样，虚拟仪器是指在计算机上完成仪器的功能，是计算机和传统仪器设备在前一种结合方向上发展的结果，是基于计算机的仪器。

虚拟仪器的概念是相对于传统仪器而言的。实训室中常用到的万用表、示波器等仪器，每一台就是一个固定的方盒子，所有的测量功能都在这个盒子内完成，这就是所谓的传统仪器，而进入虚拟仪器时代，这种单一功能的方盒子开始逐渐被计算机所取代。

对于传统仪器，使用者看不到其内部，更无法改变其结构，因此一台传统仪器离开生

产线后，其功能和外观就固定下来了。人们只能利用一台传统仪器完成某个功能固定的测试任务。一旦测试需求改变，则必须再次购买满足新需求的仪器。

相对于传统仪器，虚拟仪器的最大优势是除了基础的信号采集部分，其他软硬件全部是通用的计算机软硬件设备。这些通用的软硬件设备可以以相对低廉的价格进行升级，或者进行自定义配置。例如，可以通过升级计算机来提高虚拟仪器的运行速度，可以自己编写程序改变仪器的测试功能和交互界面，因此“虚拟”的含义主要是强调了软件在这类仪器中的作用，体现了虚拟仪器与主要通过硬件实现的传统仪器的不同。由于虚拟仪器结构形式的多样性和适用领域的广泛性，目前对于虚拟仪器的概念还没有统一的定义。美国国家仪器公司（National Instruments Corporation）认为，虚拟仪器是由计算机硬件资源、模块化仪器硬件和用于数据分析、过程通信及图形用户界面的软件组成的测控系统，是一种计算机操纵的模块化仪器系统。

虚拟仪器技术已成为仪器领域的一个基本方法，这是技术进步的必然结果。今天它的应用已遍及各行各业，使用虚拟仪器技术进行研究、设计、测量，大幅降低了仪器系统研究和制作成本，增强了系统功能和灵活性，便于普及和推广。它是仪器计算机化的产物，是集成化仪器的基础，是仪器行业的一场革命，它的研制与开发具有深远的意义。

1.2 虚拟仪器的系统构成

1.2.1 虚拟仪器系统总体结构

虚拟仪器由通用仪器硬件平台（简称硬件平台）和应用软件系统两大部分构成。常见的虚拟仪器方案如图 1-1 所示。

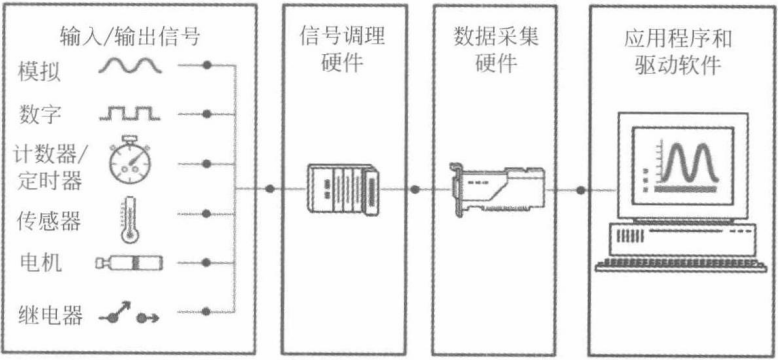


图 1-1 常见的虚拟仪器方案

一个完整的基于虚拟仪器的数据采集系统，通常由原始信号、信号调理硬件、数据采集硬件和计算机 4 个部分组成。但多数情况下自然界中的原始物理信号并非直接可测的电信号，如温度、压力、位移等非电参数，此时通常通过传感器将这些物理量转换为数据采集硬件可以接受的电信号，如电压或电流信号。在通常情况下，传感器输出的电信号并不

适合直接进行测量，这时就需要信号调理硬件，其主要作用是诸如放大、滤波、隔离、匹配、变换等信号预处理。而数据采集硬件的作用是将模拟的电信号转换为数字信号，以便送给计算机进行处理，为了工程应用的方便，该过程还可能包括放大、采样保持、多路复用等功能；多功能的数据采集硬件还具备将计算机编辑好的数字信号转换为模拟信号输出的功能。为了能够识别并与数据采集硬件进行交互，进而完成数据采集任务，还需要在计算机上安装驱动，然后通过编写应用软件对采集到的数据进行后续分析和处理，因此可以认为虚拟仪器实际上是一个按照仪器需求组织的数据采集（Data Acquisition, DAQ）系统，它是以计算机作为整个仪器的运算核心，添加少量外部硬件，并设计定义虚拟的仪器控制面板，测量功能由虚拟仪器软件实现，直接在计算机显示器上呈现结果，并能够实现自动保存的一整套仪器系统。

如果把虚拟仪器系统按内部功能划分，则可分为三大功能模块：数据采集与控制、数据分析与处理、结果表达与输出，如图 1-2 所示。传统仪器将这三部分放在一个仪表机箱内，而虚拟仪器则是一种功能意义上的仪器，其数据处理、分析和结果呈现由相应的应用软件来定义完成，数据采集与控制则由通用的硬件平台来完成，硬件平台是虚拟仪器的基础，而软件是其核心。

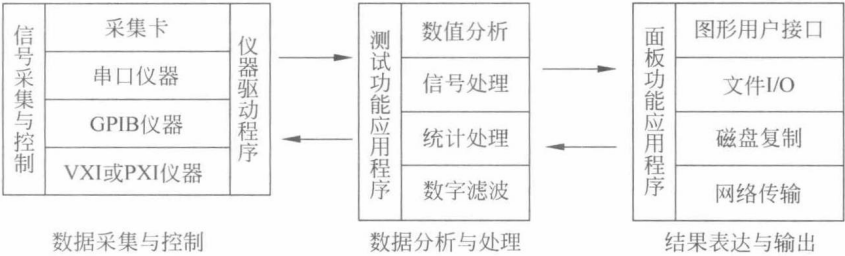


图 1-2 虚拟仪器系统的三大功能模块

1. 数据采集与控制

该部分主要包括计算机的外围硬件（如信号调理电路等）和直接连接计算机的各类数据采集设备（如采集卡、各类仪器），它们与计算机主机一起构成了虚拟仪器的硬件平台，是应用软件的基础。

该部分工作过程是先将传感器转换的电信号送给信号调理单元，经信号调理（如放大、整形、隔离等）处理后，由数据采集设备转换成数字信号送入计算机进行处理，有时数据采集设备还可将计算机内部的数字信号经数模转换后输出模拟信号。

2. 数据分析与处理

数据分析与处理是虚拟仪器系统的一个重要环节。在此过程中借助于通用计算机强大的计算能力，可充分利用自身软件的优势，具有方便灵活、功能强大的特点，是传统仪器无法比拟的。

传统仪器一般不能进行较复杂的数据分析和处理，通常只能在测量中首先把数据记录下来，然后借助手工或特定的设备分析和处理数据，这种处理数据的方法不方便，实时性也差。

3. 结果表达与输出

该部分用于数据分析的结果表达或处理结果的输出，编写的应用软件可以直接控制各种硬件接口的驱动程序，通过底层设备驱动程序与数据采集设备进行交互，并像传统仪器面板上各类操作控件一样以虚拟仪器面板的形式在计算机显示器上显示，在这些虚拟控件中集成了对应仪器的程控信息，利用计算机强大的图形用户界面（GUI），采用多种方式显示采集数据、分析结果和控制过程，真正做到“界面友好、人机交互”，用户可以通过“虚拟”操作界面控制虚拟仪器，虚拟仪器则相应输出自身的状态与测量结果。对虚拟仪器面板的操作当然是通过鼠标完成的，而操作虚拟仪器的面板就像操作真实仪器一样真实与方便。

与传统仪器相比，虚拟仪器具有非常多的优势和特点，概括起来主要具有以下特点。

- (1) 虚拟仪器的软件和硬件具有开放性、模块化、互换性及可重复使用等特点。例如，为了增强仪器的功能，可加入一个仪器模块，或者更换一个仪器模块，而不必重新购买整个仪器。
- (2) 虚拟仪器搭建在通用硬件平台之上，仪器的具体功能则由软件来实现，即软件在虚拟仪器中起到核心的作用。
- (3) 虚拟仪器的功能是由用户根据实际需要通过软件来定义的，而不是事先由仪器厂商定义的。
- (4) 虚拟仪器研制的周期较传统仪器大为缩短。
- (5) 虚拟仪器的性价比较高。
- (6) 由于虚拟仪器技术是建立在计算机技术和数据采集技术之上的，因而技术更新较快，成本较低，测量自动化程度较高，并可与网络及其他设备互连。
- (7) 虚拟仪器具有友好、灵活的人机界面。

1.2.2 通用仪器硬件平台

虚拟仪器通用硬件平台包括计算机和数据采集硬件，有时还包括信号调理硬件，计算机是虚拟仪器硬件平台的核心，用于完成数据的处理、显示和配置数据采集硬件设备的有关参数。数据采集硬件则是指通过各种计算机接口方式与计算机连接的各类 I/O 接口设备，如图 1-3 所示。

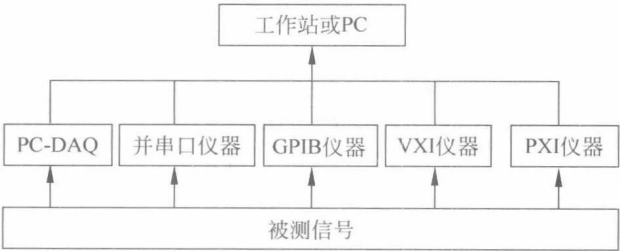


图 1-3 常用的虚拟仪器 I/O 接口设备

为了满足计算机及其兼容机用于数据采集与控制的需要,国内外许多厂商生产了各种各样的虚拟仪器 I/O 接口设备(数据采集设备)。这类虚拟仪器 I/O 接口设备均参照计算机的总线技术标准设计和生产。I/O 接口设备按其与计算机接口方式分为 PC-DAQ 插卡式虚拟仪器系统、并串口总线虚拟仪器、GPIB (General-Purpose Interface Bus, 通用接口总线) 虚拟仪器系统、VXI (VMEbus Extension for Instrumentation, VME 总线在仪器领域的扩展) 总线虚拟仪器测量系统、PXI (PCI Extensions for Instrumentation, 面向仪器系统的 PCI 扩展) 总线虚拟仪器测量系统 5 种类型,如图 1-3 所示。其中第一种 I/O 接口设备使用插入式设备采集数据并把数据直接传送到计算机内存中,而其他的 I/O 接口设备把数据采集硬件与计算机分隔开,通过并行或串行接口和 PC 相连,用户可根据测量需要和现有条件选择合适的虚拟仪器 I/O 接口设备。下面简要介绍以上 5 种 I/O 接口设备。

1. PC-DAQ 插卡式虚拟仪器系统

这种类型的 I/O 接口设备是插入计算机或工控机内的数据采集卡,与专用软件(如 LabVIEW)相结合,完成各类测量任务。插卡类型有 ISA (Industrial Standard Architecture, 工业标准结构) 卡、PCMCIA (Pcmciapersonal Computer Memory Card International Association, PC 内存卡国际联合会) 卡和 PCI (Peripheral Component Interconnection, 外围组件互连) 卡。

ISA 总线是一种 8 位或 16 位非同步数据总线,工作频率为 8MHz,数据传输速率 8 位时为 1Mb/s,16 位时为 2Mb/s。ISA 总线只适用于低速数据采集,对基于高性能计算机的高速数据采集系统而言,ISA 总线已无法满足要求。

PCI 总线是一种独立于 CPU 的 32 位或 64 位局部总线,时钟频率为 33MHz,数据传输速率高达 132~264Mb/s,PCI 总线技术用无限读写突发方式,可在一瞬间发送大量数据。PCI 总线上的外围设备可以和 CPU 并行工作,因此 PCI 总线得到了广泛的应用。随着计算机技术的发展,ISA 卡逐渐被 PCI 卡取代。PCMCIA 卡受到结构连接强度太弱的限制,这影响了它的工程应用。PC-DAQ 插卡式虚拟仪器系统的特点是充分利用计算机的总线、机箱、电源及软件的灵活性,特别是 ADC 转换技术,仪器价格便宜,用途广泛,非常适合于教学部门和各种实验室使用。NI 公司官方网站 (<http://www.ni.com/data-acquisition/pci/zhs/>) 展示了该公司出品的各类 PCI 总线的 DAQ 设备。

2. 并串口总线虚拟仪器

计算机的各种端口(如 LPT 并行口、USB 口和 1394 口)的发展使得数据采集设备与计算机的连接有了更多的方式,在这些方式下数据采集设备就是一个采集盒或一个探头。这种方式的最大好处是可以与笔记本电脑相连,方便移动作业,同时又可与台式计算机或工控机相连,非常方便。特别是 USB 口和 1394 口具有传输速率高、可以热插拔、联机使用方便的特点,逐渐成为虚拟仪器的主流平台。USB 通用串行总线和 IEEE 1394 总线是两种被计算机广泛采用的总线,通常被集成到计算机主板上。USB 总线能连接 127 个装置,需要一对信号线及电源线。USB 2.0 标准的数据传输速率能达到 480Mb/s,该总线具有轻巧简便、价格便宜、连接方便快捷的特点,现在已被广泛用于扫描仪、打印机及

存储设备。IEEE 1394 总线是苹果公司于 1989 年设计的高性能串口总线，目前传输速率为 100Mb/s、200Mb/s、400Mb/s，将来可达 3.2Gb/s。这种总线需要两对信号线和一对电源线，可以用任意方式连接 63 个装置，它是专为需要大数据量串行传送的数码相机、硬盘等设计的。USB 及 IEEE 1394 总线均具有即插即用 (plug&play) 的能力，与并行总线相比，更能满足连接外设的需要。基于 USB 总线，NI 公司推出了 USB-6008 和 USB-6009 等多款数据采集卡，更多信息请查看 NI 公司官方网站。

3. GPIB 虚拟仪器系统

GPIB 即通用接口总线，大多数台式仪器是通过 GPIB 与计算机相连的，它是美国虚拟仪器 IEEE 488 标准的早期发展阶段，是在 HP 公司 1965 年设计的 HP-IB 仪器接口总线的基础上发展而来的，已经经历 IEEE 488-1975、IEEE 488.1-1987、IEEE 488.2-1987 几个不断改进完善的阶段。目前市面上使用的是 IEEE 4882 标准的 GPIB。该标准的成功之处在于，它标准化了测量系统之间的互连和通信，它的应用使电子测量由独立的单台手工操作向大规模自动测量系统发展。典型的 GPIB 系统由一台计算机、一块 GPIB 接口卡和若干台通过 GPIB 电缆连接的 GPIB 仪器构成。在标准情况下，一块 GPIB 接口卡可带多达 14 台仪器，电缆长度可达 20m。

GPIB 技术可用计算机实现对仪器的操作和控制，替代传统的人工操作方式，能很方便地把多台仪器组合起来，形成大型自动测量系统。GPIB 测量系统的结构和操作命令简单，造价较低，非常适用于对数据精确度要求较高，但并不要求高速传输的场合。

4. VXI 总线虚拟仪器测量系统

基于通用计算机构建的虚拟仪器有无法回避的局限，其测量系统性能不可能太高。为了突破该局限，目前虚拟仪器的一个重要发展方向是 VXI 总线虚拟仪器测量系统。VXI 总线是一种高速计算机总线，是 VME 总线在虚拟仪器领域的扩展。VXI 总线虚拟仪器是一种插卡式的仪器，每个插卡就是一种仪器，而总线制作在标准的 VXI 机箱底板上，然后与计算机相连，但这些卡式仪器本身都没有面板，必须通过软件面板来实现。VXI 总线虚拟仪器测量系统还有一个显著的优势是可以利用现有的网络资源，实现基于网页交互式的远程通信和测量，它将成为 21 世纪远程测量系统的主流。

VXI 总线具有标准开放、结构紧凑、传输速率高、定时和同步准确、模块可重复利用等优点，得到了众多仪器厂家的支持，但是其价格昂贵，主要应用于尖端领域，如军工业。

5. PXI 总线虚拟仪器测量系统

VXI 仪器价格昂贵，目前又推出了一种较为便宜的 PXI 标准仪器。

PXI 是 PCI 总线在仪器领域的扩展，它在 Compact PCI 规范定义的 PCI 总线技术基础上发展成适合于试验、测量与数据采集场合应用的机械、电气和软件规范，从而形成了新的虚拟仪器体系结构。PXI 总线方式是在 PCI 总线内核技术上增加了成熟的技术规范形成的，增加了多板同步触发总线的参考时钟。PXI 具有很好的可扩展性，可以有 8 个扩展槽，而台式 PCI 系统只有 3 个或 4 个扩展槽，通过使用桥接技术 PXI 系统可扩展到 256 个

扩展槽，通用的计算机平台和 PXI 总线面向仪器领域的扩展优势结合起来，将形成理想的主要虚拟仪器平台之一。

综上所述，无论哪种 VI 系统，都是将仪器硬件连接到笔记本电脑、台式计算机或工作站等各种计算机平台，再加上应用软件而构成的，实现基于计算机的全数字化的数据采集、测量和分析。

1.2.3 虚拟仪器软件结构

虚拟仪器最核心的思想就是利用计算机的硬、软件资源来代替本来需要使用硬件电路实现的功能，最大程度地降低了系统成本，增强了系统的功能和灵活性。在虚拟仪器系统中，硬件平台是基础，软件是核心。基于软件在虚拟仪器中的重要作用，本节介绍虚拟仪器的软件结构。从低层到高层，虚拟仪器的软件系统框架包括三个部分：VISA（Virtual Instrumentation Software Architecture，虚拟仪器软件架构）库、仪器驱动程序和应用软件。虚拟仪器软件结构如图 1-4 所示。

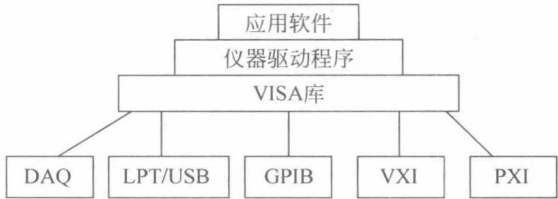


图 1-4 虚拟仪器软件结构

1. VISA 库

VISA 库是对包含 GPIB、VXI、PXI、串口（RS 232/485）、以太网、USB 和/或 IEEE 1394 接口的仪器系统进行配置、编程和故障排除的标准，是标准的 I/O 函数库及其相关规范的总称，因此 VISA 库为虚拟仪器系统的统一性和扩展性奠定了基础。它驻留于计算机系统之中，执行仪器总线的特殊功能，是仪器驱动程序与仪器之间的软件层接口，用于实现对仪器的控制，是开放统一的虚拟仪器系统的基础与核心。对于实现简单测量任务，VISA 库提供了简单易用的控制函数集，在使用上也相当简单；而对于构建复杂系统，VISA 库提供了非常强大的仪器控制与资源管理功能。对于仪器驱动程序的开发，VISA 库是一个可调用的函数库或集合，这种调用是通过 DLL（Dynamic Link Library，动态链接库）的形式来实现的。动态链接提供了一种方法，使仪器驱动程序可以调用不属于其可执行代码的函数。VISA 库中 I/O 函数的可执行代码位于一个 DLL 中，该 DLL 包含多个已被编译、链接的仪器驱动程序与仪器之间的 I/O 函数，并与使用它们的仪器驱动程序分开存储。

2. 仪器驱动程序

在虚拟仪器系统中，每个仪器模块均有自己的仪器驱动程序，它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，而仪器驱动程序对于

仪器的操作与管理是通过调用 VISA 库函数来实现的。仪器厂商通常以源码的形式提供其驱动程序，一旦有了仪器驱动程序，用户即使不十分了解仪器内部操作过程，也可以在应用程序中通过调用仪器驱动程序来开展虚拟仪器的设计工作。

3. 应用软件

应用软件直接面对操作，是建立在驱动程序之上的，通过提供直观、友好的操作界面和丰富的数据分析与处理功能来完成自动测量任务。通常使用各类功能函数完成数据分析与处理，如频谱分析的功率谱估计、FFT 和细化分析等，时域分析的相关分析、卷积分析、均方根估计、差分运算和排序等，滤波器设计中的数字滤波等，这些功能函数为用户进一步开发虚拟仪器的功能提供了极大的便利。

1.3 虚拟仪器软件开发平台

1.3.1 常用的虚拟仪器软件开发平台

虚拟仪器应用程序开发环境的选择因开发人员喜好的不同而不同，但无论哪种开发环境，其提供的界面都必须友好，功能要强大。目前虚拟仪器应用程序的开发环境主要有两种：一种是基于传统文本语言的软件开发环境，常用的有 VC (Microsoft Visual C++)、VB (Microsoft Visual Basic)、Lab Windows/CVI 等，虽然都是可视化的开发工具，但它们仍然对开发人员的编程能力要求很高，而且开发周期较长；另外一种是基于图形化语言的软件开发环境，常用的有 LabVIEW 和 HP 的 HP VEE。其中，图形化软件开发系统用编程人员所熟悉的术语和图形化符号代替常规的文本语言编程，界面友好，操作简便，可大大缩短系统开发周期，深受专业人员的喜爱。下面简要介绍 3 个常用的虚拟仪器软件开发平台：Lab Windows/CVI、LabVIEW 和 HP 的 HP VEE。

1. Lab Windows/CVI

Lab Windows/CVI 是一个完全的标准 C 开发环境，用于开发虚拟仪器应用系统。Lab Windows/CVI 提供内置式函数库用于完成数据采集、分析和显示任务，它还提供简单的拖放式界面编辑器以及自动代码生成工具。利用这些功能，用户可以在将代码加入某项目之前，先对其进行互动式的测量。可以利用 Lab Windows/CVI 定义和设计界面，生成或运行 ActiveX 组件及开发多线程应用。Lab Windows/CVI 为熟悉 C 语言的开发人员提供了一个功能强大的软件开发环境，多用于组建大型测量系统或复杂的虚拟仪器。

Lab Windows/CVI 是一个完全集成式的开发环境，特别为建立以 GPIB, PXI, VXI 和插入式数据采集板卡为基础的测量系统而设计。该环境将互动性、简单易用的开发方式与 ANSI C 编译代码所特有的强大编程功能和灵活性有机地结合在一起。Lab Windows/CVI 提供了许多实用的特性，使用户无须牺牲 C 代码的运行速度或源代码可管理性，便能高效地改进工作效率。