

# LabWindows 虚拟仪器设计

史君成 张淑伟 律淑珍 编著

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书详尽、系统地介绍了利用当前最流行的一种虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI(C For Virtual Instruments)在测量、控制领域如何构建计算机仪器系统——虚拟仪器的工作原理和方法。内容包括虚拟仪器设计的方法和步骤、信号分析和处理技术、数据采集和总线接口、仪器驱动器设计和网络虚拟仪器的设计,以及利用 LabWindows/CVI 设计虚拟仪器时常用的高级编程技术和算法,最后对总体设计虚拟仪器进行了技术分析。本书内容丰富,论述简洁,密切联系测量实际,并提供了大量不同层次的示例与实例,对读者学习虚拟仪器设计和开发具有极大的帮助。

本书既可作为大专院校测试、仪器及相关专业的教科书,也可作为工程技术人员学习设计虚拟仪器系统的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

LabWindows 虚拟仪器设计/史君成,张淑伟,律淑珍编著. —北京:国防工业出版社,2007.4  
ISBN 978-7-118-05051-6

I. L... II. ①史... ②张... ③律... III. 软件工具—程序设计 IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 026680 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 22½ 字数 517 千字

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 33.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

20 世纪 80 年代,美国成功地将虚拟现实技术引入了仪器设计中,研制了虚拟仪器,从而给仪器领域带来了深刻的变化。自此以后,伴随着计算机技术的高速发展,虚拟仪器的概念逐渐被越来越多的人所认识和了解,经过了 20 年的技术改进和发展,它已经成为 21 世纪测试技术与仪器技术发展的一个重要方向,并且在研究和开发等众多领域得到广泛的应用。

所谓虚拟仪器,就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。使用者用鼠标或键盘操作虚拟面板,就如同使用一台专用的测量仪器。虚拟仪器的出现使测量仪器和个人计算机的界限消失,这是仪器领域的一次革命。

虚拟仪器的实质就是用户在通用计算机平台上,根据测试任务需求,定义和设计仪器的测试功能,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,以多种形式来表达输出检测结果,利用计算机强大的软件功能来实现信号数据的运算、分析和处理,利用 I/O 接口设备来完成信号的采集、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。用户在操作这台计算机时,就像是在操作一台由他自己设计的测试仪器,实现了计算机与测试仪器的一体化。虚拟仪器的出现,打破了传统仪器由厂家事先定义,用户无法改变的工作模式,使得用户可以根据自己的需要,自行设计软件来定义或扩展测量功能,构成自己的仪器系统。与传统仪器相比,虚拟仪器在经济性、灵活性、扩展性和可维护性等方面都具有独特的优势,它代表的是一种新的仪器的设计思想。

在虚拟仪器中“软件就是仪器”,这是指按照测量原理采用适当的信号分析技术与处理技术编制某种测量功能的软件就可构成该种功能的测试仪器。由此可看出软件是虚拟仪器系统的关键。设计虚拟仪器必须有合适的软件工具。目前流行的软件开发工具主要有两类:文本式编程语言和图形化编程语言。

文本式编程语言(LabWindows/CVI)是美国国家仪器(National Instruments, NI)公司开发的 32 位面向计算机测控领域的交互式 C 语言软件开发平台,可以在多种操作系统(如 Windows 98/XP/NT/2000, Mac OS 和 UNIX)下运行。LabWindows/CVI 以 AN-SI C 为核心,将功能强大、使用灵活的 C 语言平台与用于数据采集分析和显示的测控专业工具有机地结合起来。它的集成化开发平台、交互式编程方法、丰富的功能面板和库函数大大增强了 C 语言的功能,为熟悉 C 语言的开发人员开发建立检测系统、自动测试环境、数据采集系统、过程监控系统、虚拟仪器等提供了一个理想的软件开发环境。鉴于 LabWindows/CVI 的这些特点,它已经成为测控领域最受欢迎的软件开发平台之一,在我国已经得到了较为广泛的使用。

目前,由于虚拟仪器技术在国内普及和广泛应用,各地陆续出版了许多关于虚拟仪器软件编程和系统设计的教材或专著。本书有别于这些教材或专著的特点主要体现在两方面:首先是重视内容的全面性;其次是应用实例选取的实用性。本书内容体系以虚拟仪器的设计与开发为主线,将设计开发时需要考虑的硬件和软件各个方面进行全面而深入的分析,并利用 LabWindows/CVI 这种虚拟仪器软件开发工具,对硬件和软件设计中各部分的功能的实现给出具体的例程。同时为了密切联系测量实际,本书提供了大量不同层次的示例与实例,所举例子具有很强的实用性和针对性,便于读者阅读和理解,对读者学习虚拟仪器设计和开发具有极大的帮助。

全书共 10 章,第 1 章从历史的角度追溯了虚拟仪器的发展,并给出了虚拟仪器设计的方法和步骤。第 2 章具体介绍了 LabWindows/CVI 这种虚拟仪器编程语言。第 3 章是 LabWindows/CVI 中面板和控件的设计及常用的函数。第 4 章为虚拟仪器中信号分析和处理技术及分析处理的库函数。第 5 章介绍了数据采集和总线接口设备的知识。第 6 章和第 7 章为仪器驱动器设计和网络虚拟仪器的设计。第 8 章和第 9 章举例说明了利用 LabWindows/CVI 设计虚拟仪器时常用的高级编程技术和算法。第 10 章对总体设计虚拟仪器进行了技术分析。

本书可作为工科院校仪器仪表、自动化测试与控制专业的本科生、研究生学习掌握 LabWindows/CVI 编程技术的教材,也可供从事仪器仪表、检测技术、自动化测试与控制技术等领域的工程技术人员参考。

由于作者工作繁忙、编写任务紧迫,加之本书篇幅较多,涉及技术内容广泛,书中难免有错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2007 年 2 月

# 目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 虚拟仪器的概念 .....	1
1.2 虚拟仪器的组成 .....	2
1.2.1 虚拟仪器的硬件系统 .....	2
1.2.2 虚拟仪器的软件结构 .....	4
1.3 虚拟仪器的设计与实现步骤 .....	5
1.4 虚拟仪器的发展 .....	6
1.4.1 仪器的发展历程 .....	6
1.4.2 虚拟仪器的发展方向 .....	6
1.5 虚拟仪器的特点 .....	7
第 2 章 虚拟仪器开发语言 LabWindows/CVI .....	9
2.1 LabWindows/CVI 概述 .....	9
2.1.1 LabWindows/CVI 的特点 .....	9
2.1.2 LabWindows/CVI 的对象编程概念 .....	10
2.1.3 LabWindows/CVI 下虚拟仪器软件的组成 .....	12
2.1.4 用 LabWindows/CVI 设计虚拟仪器的步骤与方法 .....	13
2.2 LabWindows/CVI 集成开发环境 .....	13
2.2.1 工程窗口.....	13
2.2.2 用户界面编辑窗口.....	18
2.2.3 源代码编辑窗口.....	22
2.2.4 函数面板.....	23
2.2.5 示例程序.....	24
第 3 章 仪器面板、控件及常用函数.....	27
3.1 LabWindows/CVI 的面板和控件 .....	27
3.1.1 面板属性含义及设置.....	27
3.1.2 控件属性含义及设置.....	29
3.1.3 面板和控件的事件.....	38
3.2 菜单的设计.....	39
3.3 常用函数介绍.....	42
3.3.1 用户界面库函数的分类.....	42
3.3.2 常用用户界面库函数的使用.....	43

3.4	高级控件.....	52
3.4.1	选项卡.....	52
3.4.2	滚动条.....	54
3.4.3	工具栏.....	55
<b>第4章</b>	<b>信号处理和分析技术</b> .....	<b>58</b>
4.1	高级分析库.....	58
4.2	信号产生函数.....	60
4.2.1	SineWave()函数的使用 .....	61
4.2.2	WhiteNose()函数的使用.....	65
4.2.3	设计实例——虚拟正弦波扫频信号发生器.....	69
4.3	信号处理函数.....	74
4.3.1	时域分析.....	74
4.3.2	频域分析.....	80
4.3.3	加窗处理.....	88
4.3.4	滤波处理.....	94
4.4	常用信号分析处理技术实例 .....	104
4.4.1	非线性校正器 .....	104
4.4.2	虚拟积分器 .....	111
4.4.3	虚拟微分器 .....	115
4.4.4	调幅波解调器 .....	118
4.4.5	基于相关法的相位差计 .....	123
4.4.6	基于谱分析法的相位差计 .....	133
4.4.7	基于数字滤波技术的虚拟动态特性补偿仪 .....	142
<b>第5章</b>	<b>数据采集和总线接口</b> .....	<b>155</b>
5.1	数据采集原理和数据采集卡 .....	155
5.1.1	被测信号的实时采集原理 .....	155
5.1.2	数据采集卡的组成 .....	156
5.1.3	性能指标 .....	156
5.1.4	数据采集卡参数设置 .....	158
5.2	DAQ 函数库和 Easy I/O for DAQ 函数库 .....	158
5.3	PC-DAQ 系统 .....	159
5.3.1	仪器的特点 .....	159
5.3.2	仪器设计基础和发展趋势 .....	160
5.3.3	应用实例 .....	162
5.4	串行通信与 RS-232 库函数 .....	166
5.4.1	串行接口 RS-232 总线参数 .....	166
5.4.2	RS-232 库函数 .....	166

5.4.3	软件编程的步骤 .....	167
5.4.4	串行接口总线通信虚拟仪器的组成 .....	167
5.4.5	应用实例 .....	167
5.5	GPIB 总线 .....	169
5.5.1	GPIB 总线接口的特点 .....	169
5.5.2	GPIB 总线结构 .....	169
5.5.3	GPIB 总线虚拟仪器测试系统 I/O 接口设备的组成 .....	171
5.5.4	软件编程设计步骤 .....	171
5.5.5	应用实例 .....	171
5.6	VXI 总线 .....	172
5.6.1	VXI 总线概述 .....	172
5.6.2	VXI 总线的优点 .....	174
5.6.3	VXI 总线仪器系统的集成 .....	174
5.6.4	VXI 总线系统的集成实例 .....	175
5.7	PXI 总线 .....	179
5.7.1	PXI 总线结构 .....	180
5.7.2	PXI 总线特点 .....	184
<b>第 6 章</b>	<b>虚拟仪器的仪器驱动器设计 .....</b>	<b>185</b>
6.1	虚拟仪器软件结构 VISA .....	185
6.1.1	VISA 简介 .....	185
6.1.2	VISA 的特点 .....	187
6.1.3	VISA 的基本内部结构 .....	187
6.1.4	VISA 的发展现状 .....	188
6.1.5	VISA 资源描述 .....	188
6.1.6	VISA 事件处理机制 .....	190
6.1.7	应用实例 .....	192
6.2	可编程仪器标准命令 SCPI .....	195
6.2.1	仪器模型 .....	195
6.2.2	命令句法和常用命令 .....	196
6.3	VPP 仪器驱动程序开发 .....	202
6.3.1	VPP 概述 .....	202
6.3.2	VPP 仪器驱动程序的特点 .....	204
6.3.3	结构模型 .....	205
6.3.4	仪器驱动函数简介 .....	207
6.3.5	驱动程序功能面板 .....	209
6.3.6	仪器驱动程序设计实例 .....	211
6.4	IVI 仪器驱动程序 .....	217

6.4.1	IVI 规范与体系结构 .....	218
6.4.2	IVI 函数库 .....	220
6.4.3	开发 IVI 特定的驱动程序 .....	222
<b>第 7 章</b>	<b>网络化虚拟仪器原理和设计 .....</b>	<b>226</b>
7.1	网络体系结构与协议 .....	226
7.1.1	网络体系结构 .....	226
7.1.2	LabWindows/CVI 中的主要协议 .....	229
7.2	DataSocket 技术 .....	233
7.3	组建网络化智能传感器系统的模式 .....	236
7.3.1	C/S 模式 .....	237
7.3.2	B/S 模式 .....	237
7.4	设计实例 .....	238
7.4.1	基于 C/S 模式的远程开关设计 .....	238
7.4.2	基于 C/S 模式的网络虚拟正弦波发生器 .....	241
<b>第 8 章</b>	<b>LabWindows/CVI 的常用高级技术介绍 .....</b>	<b>250</b>
8.1	动态数据交换 .....	250
8.1.1	DDE 中有关概念 .....	250
8.1.2	DDE 技术简介 .....	251
8.1.3	DDE 函数库 .....	252
8.1.4	实例应用 .....	255
8.2	静态库与动态链接库 .....	264
8.2.1	调用外部功能模块 .....	264
8.2.2	静态库 .....	265
8.2.3	动态链接库 .....	265
8.2.4	加载外部模块函数 .....	268
8.2.5	实例应用 .....	268
8.3	ActiveX 技术 .....	273
8.3.1	ActiveX 技术简介 .....	273
8.3.2	ActiveX 控件的使用 .....	274
8.3.3	ActiveX 自动化库 .....	277
<b>第 9 章</b>	<b>虚拟仪器设计中的常用算法 .....</b>	<b>279</b>
9.1	系统辨识 .....	279
9.1.1	系统辨识原理 .....	279
9.1.2	相关辨识原理 .....	280
9.1.3	伪随机信号——相关辨识实际采用的激励信号 .....	282
9.1.4	由脉冲响应序列拟合系统传递函数 .....	291
9.1.5	设计实例——系统辨识仪的实现 .....	293

9.2	神经网络算法 .....	313
9.2.1	神经网络基础知识 .....	314
9.2.2	设计实例——虚拟压力传感器温度补偿器 .....	316
<b>第 10 章</b>	<b>总体设计技术分析 .....</b>	<b>328</b>
10.1	系统设计的基本原则和步骤 .....	328
10.2	软件设计的总体分析 .....	331
10.2.1	概述 .....	331
10.2.2	虚拟仪器系统对应用软件的要求 .....	332
10.2.3	软件评价 .....	333
10.2.4	总体规划 .....	334
10.3	实时多任务技术 .....	335
10.3.1	问题的提出和基本要求 .....	335
10.3.2	实时多任务处理方法 .....	336
10.3.3	多线程技术 .....	340
10.4	实例分析——静态标测定仪 .....	342
	参考文献 .....	349

# 第 1 章 绪 论

从 20 世纪 40 年代开始, 计算机革命给当代社会的发展注入了活力, 计算机技术的高速发展和普及带动了各个行业的进步, 有力地促进了多年来发展相对缓慢的仪器技术的飞跃, 给仪器仪表领域带来了深刻的变化; 新的测试理论、测试方法、测试领域以及仪器结构不断出现, 而电子测量技术的功能和作用也发生了质的变化。由于计算机处于核心地位, 计算机软件技术和测试系统更紧密地结合在一起。20 世纪 80 年代, 美国成功地将虚拟现实技术引入了仪器设计中, 研制了虚拟仪器, 从而开辟了仪器领域的新时代。

## 1.1 虚拟仪器的概念

虚拟仪器(Virtual Instrument, VI)是日益发展的计算机硬、软件和总线技术在向其他相关技术领域密集渗透的过程中, 与测试技术、仪器技术深层次结合的产物, 是当今计算机辅助测试(CAT)领域的一项重要技术。虚拟仪器是计算机硬件资源、仪器与测控系统硬件资源和虚拟仪器软件资源三者的有效结合。

所谓虚拟仪器, 就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。使用者用鼠标或键盘操作虚拟面板, 就如同使用一台专用的测量仪器。虚拟仪器的出现使测量仪器和个人计算机的界限模糊了。

虚拟仪器的实质就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, 以多种形式来表达输出检测结果, 利用计算机强大的软件功能来实现信号数据的运算、分析和处理, 利用 I/O 接口设备来完成信号的采集、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。

“虚拟”主要包括以下两方面的含义。

### 1. 虚拟的虚拟仪器的面板

虚拟仪器面板上的各种“控件”与传统仪器面板上的各种“器件”所完成的功能是相同的。如由各种开关、按键、显示器等实现的仪器电源的“通”、“断”, 被测信号“输入通道”、“放大倍数”等参数设置, 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, 而且是用手动和触摸进行操作的, 而虚拟仪器的面板控件是外形与实物相像的图标, “通”、“断”、“放大”等对应着相应的软件程序。这些软件已经设计好了, 用户不必设计, 只需选用代表该软件程序的图形控件即可, 由计算机的鼠标来对其进行操作。因此, 设计虚拟面板的过程就是在面板设计窗口中摆放所需的控件, 然后编写相应的程序。大多数初学者可以利用虚拟仪器的软件开发工具, 如

LabWindows/CVI、LabVIEW 等编程语言，在短时间内轻松完成美观而又实用的虚拟仪器面板的设计。

2. 由软件编程来实现的虚拟仪器测量功能

在以 PC 为核心组成的硬件平台上，虚拟仪器不仅可以通过软件编程设计来实现仪器的测试功能，而且可以通过具有不同测试功能的软件模块的组合来实现多种测试功能。因此在硬件平台确定后有“软件就是仪器”的说法，这也体现了测试技术与计算机技术深层次的结合。

## 1.2 虚拟仪器的组成

虚拟仪器的结构如图 1-1 所示。下面就从硬件和软件两个方面介绍虚拟仪器的构成。

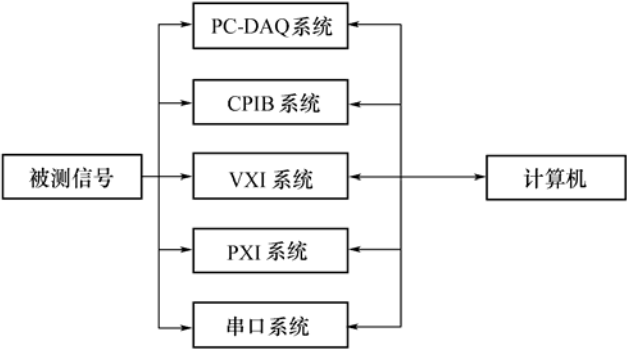


图 1-1 虚拟仪器的构成框图

### 1.2.1 虚拟仪器的硬件系统

虚拟仪器的硬件系统一般分为计算机硬件平台和 I/O 接口设备。

1. 计算机硬件平台

虚拟仪器的计算机硬件平台可以使各种类型的计算机，如台式计算机、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，是虚拟仪器硬件平台的核心。计算机在显示、存储能力、处理性能、网络、总线标准等方面的发展，促进了虚拟仪器的迅速发展。

2. I/O 接口设备

I/O 接口设备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，组成以虚拟仪器为核心的虚拟仪器系统。

根据接口硬件的不同，虚拟仪器的构成方式主要有下面五种类型：

(1) PC-DAQ 系统

它是以数据采集板、信号调理电路及计算机为仪器硬件平台组成的插卡式虚拟仪器系统。

DAQ 是基于计算机标准总线(如 ISA、PCI、PC/104、USB 等)的内置功能插卡，它更加充分地利用计算机的资源，大大增加了测试系统的灵活型和扩展性。利用 DAQ 可

方便、快速地组建虚拟仪器，实现“一机多型”和“一机多用”。

在性能上，随着 A/D 转换技术、仪器放大技术、抗混叠滤波技术与信号调理技术的迅速发展，DAQ 的采样速率已达到了 1Gb/s，精度高达 24 位，通道数高达 64 个，并能任意结合数字 I/O、模拟 I/O、计数器/定时器等通道。

仪器厂家生产了大量的 DAQ 功能模块可供用户选择，如示波器、数字万用表、串行数据分析仪、动态信号分析仪、任意波形发生器等。在 PC 上挂接 DAQ 功能模块，配合相应的软件，就可以构成一台具有若干功能的 PC 仪器。这种基于计算机的仪器，既可享受 PC 固有的智能资源，具有高档仪器的测量品质，又能满足测量需求的多样性。对大多数用户来说，这种方案实用性强，应用广泛，且具有很高的性能价格比，是一种特别适合我国国情的虚拟仪器方案。

## (2) GPIB 系统

它是以 GPIB 标准总线仪器与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。

GPIB 是计算机和仪器间的标准通信协议，GPIB 的硬件规格和软件协议已纳入国际工业标准 IEEE 488.1 和 IEEE 488.2。GPIB 是最早的仪器总线，目前多数仪器都配置了遵循 IEEE 488 标准的 GPIB 接口。

典型的 GPIB 测试系统包括一台计算机、一块 GPIB 接口控制器和若干 GPIB 仪器。每台 GPIB 仪器都有单独的地址，由计算机控制操作。系统中的仪器可以增加、减少或更换，只需对计算机的控制软件做相应改动。这种概念已被应用于仪器的内部设计。

在价格上，GPIB 仪器覆盖了从比较便宜的到异常昂贵的仪器。由于 GPIB 的数据传输速率一般低于 500Kb/s，因此不适合对系统速度要求较高的应用。

## (3) VXI 系统

它是以 VXI 标准总线仪器模块与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。

VXI 总线是 VME 总线在仪器领域的扩展，1987 年在 VME 总线、Eurocard 标准(机械结构标准)和 IEEE 488 标准的基础上，由主要仪器制造商共同制定的开放性仪器总线标准。

VXI 系统最多可包含 256 个装置，主要由主机箱、“零槽”控制器、具有多种功能的模块仪器和驱动软件、系统应用软件等组成。系统中各功能模块可随意更换，即插即用(Plug&Play)组成新系统。目前，国际上有两个 VXI 总线组织：

① VXI 联盟。该联盟负责制定 VXI 的硬件(仪器级)标准规范，包括机箱背板总线、电源分布、冷却系统、零槽模块、仪器模块的电气特性、机械特性、电磁兼容性以及系统电源管理和通信规程等内容。

② VXI 总线，即插即用(VXI Plug&Play, VPP)系统联盟。该联盟的宗旨是，通过制定一系列 VXI 的软件(系统级)标准来提供一个开放性的系统结构，真正实现 VXI 总线产品的“即插即用”。

上述两个联盟制定的标准组成了 VXI 标准体系，从而实现了 VXI 的模块化、系列化、通用化以及 VXI 仪器的互换性和互操作性。VXI 的价格相对过高，适合于尖端的测试领域。

## (4) PXI 系统

它是以 PXI 标准总线仪器模块与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。

PXI 是 PCI 在仪器领域的扩展,是美国国家仪器(National Instrument, NI)公司于 1997 年发布的一种新的开放性、模块化仪器总线规范,其核心是 Compact PCI 结构和 Microsoft Windows 软件。

PXI 是在 PCI 内核技术上增加了成熟的技术规范和要求形成的。PXI 增加了用于多板同步的触发总线和参考时钟、用于精确定时的星形触发总线以及用于相邻模块间高速通信的局部总线等,以满足试验和测量用户的要求。PXI 兼容 Compact PCI 机械规范,并增加了主动冷却、环境测试(温度、湿度、振动和冲击试验)等要求。这样可以保证众多厂商产品的互操作性和系统的易集成性。

### (5) 串口系统

它是以 Serial 标准总线仪器与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。

无论上述哪种虚拟仪器系统,都是通过应用软件与通用计算机相结合,其中,PC-DAQ 测量系统是构成虚拟仪器最基本的方式,也是最廉价的方式。

## 1.2.2 虚拟仪器的软件结构

虚拟仪器的核心思想是利用计算机的硬件和软件资源,使本来由硬件或电路实现的技术软件化和虚拟化,以便最大限度地降低系统成本,增强系统的功能与灵活性。基于软件在虚拟仪器系统中的作用,从底层到顶层,虚拟仪器的软件系统框架包括三部分: VISA 库、I/O 接口仪器驱动程序、应用软件。虚拟仪器的软件结构如图 1-2 所示。

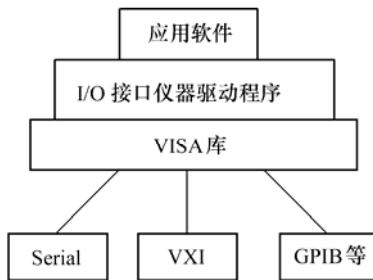


图 1-2 虚拟仪器的软件结构

### 1. VISA(Virtual Instrument 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,用以实现对仪器的程控。

### 2. I/O 接口仪器驱动程序

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. 应用程序

应用程序含两个方面:

- ① 实现虚拟面板功能的前面板软件程序。
- ② 定义测试功能的流程图软件程序。

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，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。

应用软件开发系统是涉及开发虚拟仪器所必需的软件工具。目前，较流行的虚拟仪器软件开发工具有如下两类：

- ① 文本式编程语言，如 Visual C++、Visual BASIC、LabWindows/CVI 等。
- ② 图形化编程语言，如 LabVIEW、HPVIEE 等。

文本式编程语言具有编程灵活、运行速度快等特。图形化编程语言具有编程简单、直观、开发效率高的特点。

这些软件开发工具为用户设计虚拟仪器应用软件提供了最大限度的方便条件与良好的开发环境。本书介绍的是利用 LabWindows/CVI 编程语言进行的虚拟仪器设计和开发。

### 1.3 虚拟仪器的设计与实现步骤

虚拟仪器的设计方法与实现步骤和一般软件的设计方法及实现步骤基本相同，只不过虚拟仪器在设计时要考虑硬件部分。

#### (1) 确定所设计仪器的接口形式

如果仪器设备具有 RS-232 串行接口，则不用进行处理，直接用连线将仪器设备与计算机的 RS-232 串行接口连接即可；如果是 GPIB 接口，需要额外配备一块 GPIB-488 接口板，将接口板插入计算机的 ISA 插槽，建立计算机与仪器设备之间的通信渠道；如果使用计算机来控制 VXI 总线设备，则也需要配备一块 GPIB 接口卡，通过 GPIB 总线和 VXI 总线、VXI 主机箱零槽模块通信，零槽模块的 GPIB-VXI 翻译器将 GPIB 命令翻译成 VXI 命令并把各模块返回的数据以一定的格式传回主控计算机。

#### (2) 确定所选择的接口卡是否具有设备驱动程序

接口卡的设备驱动程序是控制各种硬件接口的驱动程序，是连接主控计算机与仪器设备的纽带。如果有设备驱动程序，则判断适合于何种操作系统；如果没有，或者所带的设备驱动程序不符合用户所用的操作系统，用户就有必要针对所用接口卡，编写设备驱动程序。

#### (3) 确定仪器应用程序的编程语言

既可使用本书所介绍的可视化虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI 进行编程，也可用图形化编程语言 LabVIEW 进行编程。如果没有此类软件，可以采用通用编程语言，如 Visual C++、Visual BASIC 等。

#### (4) 设计仪器的面板，编写用户的应用程序

在虚拟仪器开发平台上，利用各类仪器控件创建用户界面，即虚拟仪器的面板，并根据仪器功能要求，确定软件所采用的算法、处理分析方法和显示方式，编写应用程序。

#### (5) 调试运行应用程序

用数据或仿真的方法，验证仪器功能的正确性，调试并运行仪器。

从上面五个方面可以看出，在计算机和仪器等资源确定的情况下，对应不同的应用

程序，就有不同的虚拟仪器。由此可见软件在虚拟仪器中的重要作用。

## 1.4 虚拟仪器的发展

### 1.4.1 仪器的发展历程

电子测量仪器发展至今，大体可以分成四代：模拟仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器。

第一代：模拟仪器。如指针式万用表、指针式电压表、指针式电流表等，它们的基本结构是电磁机械式的，借助指针来显示最终结果。

第二代：数字化仪器。数字式仪器目前相当普及，如数字式电压表、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。

第三代：智能仪器。智能仪器内置微处理器，既能进行自动测试，又具有一定的数据处理，可取代部分脑力劳动，习惯上称为智能仪器。它的功能全部都是以硬件(或固化的软件)的形式存在，无论是开发还是应用，都缺乏灵活性。

第四代：虚拟仪器。虚拟仪器是现代计算机技术、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，是仪器行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了一个新的发展纪元。

### 1.4.2 虚拟仪器的发展方向

随着计算机技术、仪器技术和网络通信技术的不断完善，虚拟仪器将向三个方向发展：

#### (1) 外挂式虚拟仪器

PC-DAQ 式虚拟仪器是现在比较流行的虚拟仪器系统，但是，由于基于 PCI 总线的虚拟仪器在插入 DAQ 时都需要打开机箱，比较麻烦，而且，主机上的 PCI 插槽有限，再加上测试信号直接进入计算机，各种现场的被测信号对计算机的安全造成很大的威胁，同时，计算机内部的强电磁干扰对被测信号也会造成很大的影响，故以 USB 接口方式的外挂式虚拟仪器系统将成为今后廉价型虚拟仪器测试系统的主流。

#### (2) PXI 型高精度集成虚拟仪器测试系统

PXI 系统高度的可扩展性和良好的兼容性，以及比 VXI 系统更高的性价比，将使它成为未来大型高精度集成测试系统的主流虚拟仪器平台。

#### (3) 网络化虚拟仪器

随着计算机、通信和微电子技术的不断提高，以及网络时代的到来和信息化要求的不断提高，网络技术应用到虚拟仪器领域中将是虚拟仪器发展的大趋势。尽管 Internet 技术最初并没有考虑如何将嵌入式智能仪器设备连接在一起，不过 NI 等公司已开发了通过 Web 浏览器观测这些嵌入式仪器设备的产品，使人们可以通过 Internet 操作仪器设备。根据虚拟仪器的特性，用户能够方便地将虚拟仪器、外部设备、被测试点以及数据库等资源纳入网络。利用网络技术将分散在不同地理位置不同功能的测试设备联系在一起，

使昂贵的硬件设备、软件在网络上得以共享，共同完成测试任务，减少了设备重复投资。使用网络化虚拟仪器，可以在任何地点、任意时刻都能获取测量数据信息。网络化虚拟仪器也适合异地或远程控制、数据采集、故障监控、报警等。

现在，有关 MCN(Measurement and Control Networks)方面的标准正在积极进行，并取得了一定进展。由此可见，网络化虚拟仪器将具有广泛的应用前景。

与以计算机为核心的虚拟仪器相比，网络化虚拟仪器是仪器发展史上的又一次革命。网络化虚拟仪器将单台虚拟仪器实现的数据获取、数据分析及图形化显示三大功能分开处理，分别使用独立的基本硬件模块实现传统仪器的三大功能，进而实现信息资源的共享。

## 1.5 虚拟仪器的特点

虚拟仪器和传统仪器相比，有以下几个特点：

### (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，从而大大增强了仪器的功能，降低了仪器的成本。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、联网和升级十分方便，可更新配置测试功能模板，甚至无需改变硬件，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

传统仪器的面板只有一个，其上布置着种类繁多的显示和操作元件。由此导致许多认读和操作错误。虚拟仪器与之不同，它们采用图形界面，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。这样可以提高操作的正确性和便捷性。同时，虚拟仪器的面板上的显示元件和操作元件的种类与形式不受标准件和加工工艺的限制，而由编程来实现，设计者可以根据用户的认知要求和操作要求设计仪器面板。

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。

决定虚拟仪器具有上述传统仪器不可能具备的特点的根本原因在于：虚拟仪器的关键是软件。

虚拟仪器在工程应用和社会效益方面还具有突出的优势。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，这些仪器的加工工艺复杂，要求很高的制造技术，国内生产尚有困难，而采用虚拟仪器技术可以通过只采购必要的通用数据采集硬件来设计自己的高性能价格比的仪器系统。另一方面，用户可以将一些先进的数字信号处理方法应用于虚拟仪器设计，提供传统台式仪器不具备的功能，而且完全可以通过软件配置实现多功能集成的仪器设计。因此，可以说虚拟仪器代表了未来测量仪器设计发展的方向。

虚拟仪器正在继续迅速发展。它可以取代测量技术传统领域的各类仪器。虚拟仪器在组成和改变仪器的功能和技术性能方面具有灵活性与经济性，因而特别适应于当代科学技术迅速发展和科学研究不断深化所提出的更高更新的测量课题和测量需求。“没有测量就没有鉴别，科学技术就不能前进”。虚拟仪器将会在科学技术的各个领域得到广泛应用。