



高等院校EDA系列教材

Electronic Design Automation

# LabVIEW虚拟仪器

## 技术及应用

李江全 © 编著



- ▶ 详细介绍LabVIEW 2015的基本使用方法和程序设计技术
- ▶ 操作实例多来自企业和培训应用，满足不同行业读者需求
- ▶ 内容难度循序渐进，利于教学及读者快速自学



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等院校 EDA 系列教材

# LabVIEW 虚拟仪器技术及应用

李江全 编著



机械工业出版社

本书从实际应用出发,系统地介绍了虚拟仪器软件 LabVIEW 的程序设计方法及其测控应用技术。全书共 9 章,首先介绍 LabVIEW 程序设计的基本知识,包括虚拟仪器的含义和特点、组成和构成方式、软件结构与开发平台; LabVIEW 的特点及应用, LabVIEW 2015 中文版的编程环境, LabVIEW 中的基本概念, VI 前面板设计; LabVIEW 的数据操作、流程控制、变量、节点、图形显示及文件 I/O 等;然后采用 LabVIEW 实现智能仪器、远程 I/O 模块和数据采集卡的串口通信及测控功能。各章每个知识点都安排相应的实例,通过操作训练使学生轻松掌握虚拟仪器技术。

本书内容丰富,讲解深入浅出,有较强的实用性和可操作性,可供测控仪器、工业控制、自动化、机电等专业学生及工程技术人员学习和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

LabVIEW 虚拟仪器技术及应用 / 李江全编著. —北京:机械工业出版社, 2018.9

高等院校 EDA 系列教材

ISBN 978-7-111-61476-0

I. ①L… II. ①李… 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 (2019) 第 028908 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:尚晨 责任编辑:尚晨

责任校对:张艳霞 责任印制:张博

北京华创印务有限公司印刷

2019 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15 印张·363 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-61476-0

定价:49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
电话服务

服务咨询热线:(010) 88379833

读者购书热线:(010) 88379649

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com



# 前 言

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，是对传统仪器观念的一次巨大变革，它的出现使测试技术进入一个全新的发展阶段。虚拟仪器既有传统仪器的特征，又有一般仪器不具备的特殊功能，在实际应用中表现出传统仪器无法比拟的优势，可以说虚拟仪器是测控系统的关键组成部分。

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 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广泛应用。

LabVIEW 的全称是实验室虚拟仪器工程平台（Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench），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，把复杂、烦琐、费时的语言编程简化成选择功能图标，并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。

本书从实际应用出发，系统地介绍了虚拟仪器软件 LabVIEW 2015 中文版的程序设计方法及其测控应用技术。首先介绍 LabVIEW 程序设计的基本知识，包括虚拟仪器的含义和特点、组成和构成方式、软件结构与开发平台；LabVIEW 的特点及应用，LabVIEW 的编程环境，LabVIEW 中的基本概念，VI 前面板设计；LabVIEW 的数据操作、流程控制、变量、节点、图形显示及文件 I/O 等；然后采用 LabVIEW 实现智能仪器、远程 I/O 模块和数据采集卡的串口通信及测控功能。

本书各章每个知识点都安排相应的实例，各实例项目由学习目标、设计任务和任务实现等部分组成。每个实例都有详细完整的操作步骤，读者只需按照给定的步骤进行操作，就可完成设计任务，使学生轻松掌握虚拟仪器基本设计方法及其测控应用技术。

本书内容丰富，讲解深入浅出，有较强的实用性和可操作性，可供测控仪器、工业控制、自动化、机电等专业学生及工程技术人员学习和参考。

本书由石河子大学李江全教授编著。北京研华科技股份有限公司等为本书提供了大量的技术支持，在此对他们致以深深的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 虚拟仪器概述</b> .....	1
1.1 虚拟仪器含义与特点.....	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 虚拟仪器的组成与构成方式.....	4
1.2.1 虚拟仪器的基本结构.....	4
1.2.2 虚拟仪器的构成方式.....	5
1.2.3 构建虚拟仪器的步骤.....	7
1.3 虚拟仪器的软件结构与开发平台.....	8
1.3.1 虚拟仪器的软件结构.....	8
1.3.2 虚拟仪器的开发平台.....	9
<b>第 2 章 LabVIEW 程序设计基础</b> .....	11
2.1 LabVIEW 的特点及应用.....	11
2.1.1 LabVIEW 的特点.....	11
2.1.2 LabVIEW 的应用.....	11
2.2 LabVIEW 的编程环境.....	12
2.2.1 启动窗口.....	12
2.2.2 菜单栏.....	14
2.2.3 工具栏.....	17
2.2.4 操作选板.....	19
2.3 LabVIEW 编程的基本概念.....	23
2.3.1 VI 与子 VI.....	23
2.3.2 前面板.....	23
2.3.3 程序框图.....	24
2.3.4 数据流驱动.....	25
2.4 VI 前面板设计.....	25
2.4.1 前面板对象的创建.....	26
2.4.2 前面板对象的属性配置.....	27
2.4.3 前面板对象的修饰.....	28
2.5 VI 与子 VI 设计步骤.....	31
实例 1 体验 VI 设计.....	31

实例 2 子 VI 的创建与调用	34
2.6 VI 的调试方法	37
2.6.1 找出语法错误	37
2.6.2 设置断点调试	38
2.6.3 设置探针	39
2.6.4 高亮显示程序的运行	39
2.6.5 单步执行和循环运行	40
<b>第 3 章 LabVIEW 的数据操作</b>	<b>41</b>
3.1 VI 数据类型	41
3.1.1 常用的数据类型	41
3.1.2 常量	41
3.2 数值型数据	42
3.2.1 数值型数据的分类	42
3.2.2 数值型数据的创建	43
3.2.3 设置数值型控件的属性	44
实例 3 数值型数据操作	45
3.3 布尔型数据	46
3.3.1 布尔数据的创建	46
3.3.2 设置布尔型控件的属性	47
实例 4 布尔型数据操作	48
3.4 字符串数据	49
3.4.1 字符串数据的作用	49
3.4.2 字符串数据的创建	50
3.4.3 设置字符串数据的属性	50
实例 5 字符串数据操作	52
3.5 数组数据	54
3.5.1 数组数据的组成	54
3.5.2 数组数据的创建	55
实例 6 数组数据操作	56
3.6 簇数据	60
3.6.1 簇数据的组成	60
3.6.2 簇数据的创建	61
实例 7 簇数据操作	62
3.7 VI 数据运算	64
3.7.1 基本数学运算	64
3.7.2 比较运算	64
3.7.3 逻辑运算	66
实例 8 数据运算操作	66
<b>第 4 章 LabVIEW 的程序流程控制</b>	<b>71</b>

4.1	条件结构	71
4.1.1	条件结构的组成与建立	71
4.1.2	条件结构分支的添加、删除与排序	72
4.1.3	条件结构数据的输入与输出	72
	实例 9 条件结构操作	73
4.2	顺序结构	75
4.2.1	平铺式顺序结构的组成与建立	75
4.2.2	层叠式顺序结构的组成与建立	76
4.2.3	顺序结构局部变量的创建	77
	实例 10 平铺式顺序结构操作	77
	实例 11 层叠式顺序结构操作	79
4.3	For 循环结构	81
4.3.1	For 循环结构的组成和建立	81
4.3.2	移位寄存器与框架通道	82
4.3.3	For 循环结构的时间控制	82
	实例 12 For 循环结构操作	83
4.4	While 循环结构	85
4.4.1	While 循环结构的组成和建立	85
4.4.2	While 循环编程要点	86
	实例 13 While 循环结构操作	86
4.5	定时结构	89
	实例 14 定时循环结构操作	90
	实例 15 定时顺序结构操作	92
4.6	事件结构	94
4.6.1	事件驱动的概念	94
4.6.2	事件结构的创建	94
	实例 16 事件结构操作	95
4.7	禁用结构	97
	实例 17 禁用结构操作	98
<b>第 5 章</b>	<b>LabVIEW 的图形显示</b>	<b>99</b>
5.1	波形图表与波形图控件	99
5.1.1	波形图表控件概述	99
5.1.2	波形图控件概述	100
	实例 18 波形图表与波形图控件操作	100
	实例 19 滤除信号噪声	105
5.2	XY 图控件	107
	实例 20 XY 图控件操作	107
5.3	强度图表与强度图控件	108
	实例 21 强度图表与强度图控件操作	108

5.4	三维图形控件	110
	实例 22 三维曲面控件操作	110
<b>第 6 章</b>	<b>LabVIEW 的变量与节点</b>	<b>113</b>
6.1	局部变量	113
6.1.1	局部变量的作用	113
6.1.2	局部变量的使用	113
6.1.3	局部变量的特点	114
	实例 23 局部变量操作	114
6.2	全局变量	117
6.2.1	全局变量的作用	117
6.2.2	全局变量的特点	117
6.2.3	全局变量的使用	118
	实例 24 全局变量操作	118
6.3	公式节点	121
6.3.1	公式节点的作用	121
6.3.2	公式节点的语法	121
6.3.3	公式节点的特点	122
	实例 25 公式节点操作	122
6.4	反馈节点	123
	实例 26 反馈节点操作	124
6.5	表达式节点	125
	实例 27 表达式节点操作	125
6.6	属性节点	126
	实例 28 属性节点操作	126
<b>第 7 章</b>	<b>LabVIEW 文件 I/O 与人机界面设计</b>	<b>129</b>
7.1	文件 I/O 概述	129
7.1.1	文件类型	129
7.1.2	文件操作	130
	实例 29 写入与读取文本文件	131
	实例 30 写入与读取二进制文件	134
	实例 31 写入与读取波形文件	136
	实例 32 写入与读取电子表格文件	139
7.2	人机界面设计	142
	实例 33 创建登录对话框	142
	实例 34 菜单的设计与使用	144
<b>第 8 章</b>	<b>LabVIEW 串口通信</b>	<b>148</b>
8.1	串口通信概述	148
8.1.1	串口通信的基本概念	148
8.1.2	串口通信标准	150



8.1.3	PC 中的串行接口	152
8.1.4	PC 串口通信线路连接	153
8.2	LabVIEW 中的串口通信	155
8.2.1	LabVIEW 中的串口通信功能模块	155
8.2.2	LabVIEW 串口通信步骤	157
8.3	LabVIEW 串口通信实例	158
实例 35	PC 与 PC 串口通信	158
实例 36	智能仪器温度检测	162
实例 37	远程 I/O 模块温度测控	169
实例 38	三菱 PLC 温度测控	178
<b>第 9 章</b>	<b>LabVIEW 数据采集</b>	<b>189</b>
9.1	数据采集系统概述	189
9.1.1	数据采集系统的含义	189
9.1.2	数据采集系统的功能	189
9.1.3	数据采集系统的输入与输出信号	190
9.2	数据采集卡	192
9.2.1	数据采集卡的类型	192
9.2.2	数据采集卡的选择	193
9.2.3	基于数据采集卡的测控系统	194
9.3	LabVIEW 与数据采集	196
9.3.1	基于 LabVIEW 的数据采集系统	196
9.3.2	DAQ 助手的使用	197
9.4	典型数据采集卡	200
9.4.1	NI 公司 PCI-6023E 数据采集卡	200
9.4.2	研华公司 PCI-1710HG 数据采集卡	202
9.5	数据采集卡测控实例	206
实例 39	NI 数据采集卡数字量输入	206
实例 40	NI 数据采集卡温度测控	211
实例 41	研华数据采集卡电压采集	218
实例 42	研华数据采集卡数字量输出	223
	<b>参考文献</b>	<b>230</b>

# 第 1 章 虚拟仪器概述

虚拟仪器是用通用计算机硬件和软件来仿真传统测量仪器的设备，是一种以测量、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 虚拟仪器含义与特点

### 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、数字仪器、智能仪器和虚拟仪器。

模拟仪器，以电磁感应基本定律为基础的指针式仪器仪表。其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、晶体管电压表等。

数字仪器，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，如数字电压表、数字频率计等。

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功能。智能仪器的功能模块以硬件和固化的软件形式存在，对用户而言，无论在开发还是应用上，都缺乏灵活性。

虚拟仪器 (Virtual Instrument, VI) 是由美国国家仪器公司 (National Instruments, NI) 提出的，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行接口和计算机连接起来后就可以用计算机控制仪器了。

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。

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。

## 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，对各种各样的数据进行计算机处理、显示和存储的测量仪器。

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、测量与调试，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”等动作通过用户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 机强大的图形环境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，就称之为虚拟仪器。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。

要注意到“Virtual”一词通常被译成“虚拟”，在测控仪器领域，“Virtual”不仅仅指用计算机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际问题。

### 1.1.3 虚拟仪器的特点

传统的测量仪器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、频谱分析仪等。由于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，虚拟仪器应运而生。

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。借助于一台通用数据采集系统（或板卡），用户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（NI）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。

4) 扩展性强。NI 公司的软、硬件工具使得工程师和科学家不再局限于当前的技术。得益于 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。

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他所喜爱的面板形式。

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联的能力。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，以实现对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。

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
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，因而常被称为“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。它的应用已经遍及各行各业的测量活动。

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实时监控、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 虚拟仪器的组成与构成方式

### 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、仪器硬件和虚拟仪器软件三部分构成，如图 1-1 所示。

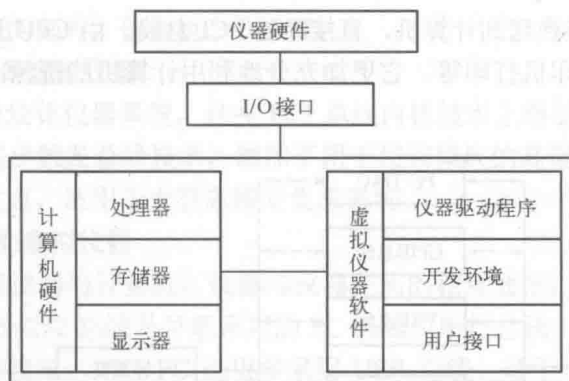


图 1-1 虚拟仪器系统的组成框图

### 1. 计算机硬件

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硬件、软件资源，是虚拟仪器的硬件基础。

### 2. 仪器硬件

仪器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。

仪器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、传输和显示测量结果。

### 3. 虚拟仪器软件

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。

在虚拟仪器系统中，硬件仅仅解决信号的输入、输出和软件赖以生存、运行的物理环境，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。任何使用者只要通过调整或修改仪器的软件，便可方便地改变和增减仪器的功能和规模，甚至仪器的性质。

虚拟仪器软件的开发又有着自身的特殊性，这种特殊性主要体现在虚拟仪器软件在某种程度上是传统硬件的“仿真”，其设计目的之一就是用软件来实现硬件的功能。

## 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：基于 PC 的插卡式（PC-DAQ）、GPIB 总线、VXI 总线、PXI 总线、串行接口总线、现场总线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 机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）送

来的模拟信号经 A-D 转换送到计算机，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。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性和扩展性。

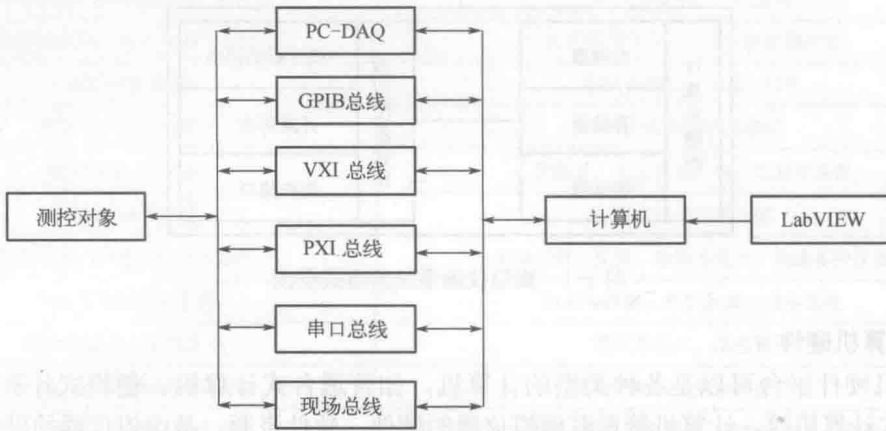


图 1-2 虚拟仪器的构成方式

这种方式受 PC 机箱、总线限制，存在电源功率不足、机箱内噪声电平较高、无屏蔽、插槽数目不多、尺寸较小等缺点。但因个人计算机数量非常庞大，插卡式仪器价格便宜，因此其用途广泛，特别适合于工业测控现场、各种实验室和教学部门使用。

## 2. 基于 GPIB 总线的虚拟仪器

GPIB (IEEE 488 标准) 是计算机和仪器间的标准通信协议，也是最早的仪器总线。一个典型的 GPIB 测试系统由 1 台 PC、1 块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 仪器通过 GPIB 电缆连接而成。每台 GPIB 仪器有单独的地址，由计算机控制操作。GPIB 接口板插入计算机的插槽中，建立起计算机与具有 GPIB 接口的仪器设备之间的通信桥梁。

利用 GPIB 技术，可以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，可以方便地将多台仪器组合起来，形成较大的自动测试系统。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作相应改动，就可高效、灵活地完成各种不同规模的测试任务。

GPIB 测试系统的结构和命令简单，造价较低，主要用于台式仪器，适用于精确度要求高，但对计算机速率和总线控制实时性要求不高的传输场合。

## 3. 基于 VXI 总线的虚拟仪器

VXI 总线是一种高速计算机总线在仪器领域的扩展。VXI 系统由 VXI 标准机箱、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。

VXI 总线标准具有标准开放、即插即用、结构紧凑、数据吞吐能力强、定时与同步精确、模块可重复利用、众多仪器生产厂商支持等优点，应用越来越广。VXI 规范使得用户在组建 VXI 系统时可不局限于一家厂商的产品，允许根据自己的要求自由选购各仪器厂商的仪器模块，从而使系统达到最优。

尤其在组建大中型自动测量控制系统，以及对速度、精度要求非常高的场合，有其他仪器无法比拟的优点。另外，VXI 总线的组建方案功能最为强大、组建的系统最为稳定，但

VXI 总线实现强大功能的同时，价格也十分昂贵。

#### 4. 基于 PXI 总线的虚拟仪器

PXI 是一种新型模块化仪器系统，是在 PCI 总线内核技术上增加了成熟的技术规范和要求形成的，包括多板同步触发总线技术，增加了用于相邻模块的高速通信的局部总线，并具有高度的可扩展性等优点，适用于大型高精度集成系统。

#### 5. 基于串口总线的虚拟仪器

通过串行口可实现仪器与计算机、仪器与仪器之间的相互通信，从而组成由多台仪器构成的自动测试系统。RS-232 总线是早期采用的 PC 机通用串行总线，适合于单台仪器与计算机的连接，但控制性能较差。当今 PC 已更多采用 USB 总线，基于 USB 总线的虚拟仪器开发已经受到重视。但是，USB 总线目前只用于较简单的测试系统。在用虚拟仪器组建自动测试系统时，目前最有发展前景的是采用 IEEE 1394 高速串行总线。

#### 6. 基于现场总线的虚拟仪器

现场总线是一种全数字化、串行、双向、多站的通信网络，现场总线系统以现场总线 (FieldBus) 为纽带，把多个分散的智能仪表、控制设备 (包括智能传感器) 连接成可以相互沟通信息、共同完成自控任务的网络与控制系统。用于现场总线系统的智能传感器、变送器、仪表等统称为现场总线仪表。各种现场总线仪表采用标准化的、开放式通信协议，这样不同厂商的产品可以方便地挂接在现场总线上，使系统具有可操作性。

### 1.2.3 构建虚拟仪器的步骤

在实验室里有各种各样的仪器与设备。如何提高它们的综合使用效率？如何对它们进行更有效的管理？最有效的方法是采用“虚拟仪器”技术，即充分利用计算机强大的管理与处理能力，以此为基础，将实验室相关设备搭配起来，构成一种全新的实验环境。实验室中的仪器与设备一般都是具有特定功能的单台设备，如果它们具有某种总线接口，就有可能进行虚拟仪器的构造。

构建虚拟仪器系统的步骤如下：

#### 1. 确定所用仪器或设备的接口形式

如果仪器设备具有 RS-232 串行总线接口，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 或 HP-IB 接口，则需要额外配备一块 GPIB 接口板卡，将接口板卡插入计算机的 ISA 插槽，建立起计算机与仪器设备之间的通信渠道。

#### 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，看它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. 确定应用程序的编程语言

如果用户有专业的图形化编程软件，如 LabVIEW、LabWindows、CVI 等，那么就可以采用专业的图形化编程软件进行编程了。若没有此类软件，则可以采用通用编程语言，如 Microsoft 公司的 Visual Basic。



#### 4. 编写用户的应用程序

在硬件连接无误的情况下，编写用户的应用程序。可根据仪器的功能，确定应用程序所采用的算法、处理分析方法和显示方式。

同其他应用程序一样，虚拟仪器软件的设计也要经历需求分析、总体设计、模块设计、代码编写、总体测试等过程。

#### 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。

### 1.3 虚拟仪器的软件结构与开发平台

虚拟仪器的核心就是仪器功能的软件化。就是利用计算机的软件和硬件资源，使本来需要硬件或电路实现的技术软件化和虚拟化，最大限度地降低系统成本，增强系统的功能与灵活性。

#### 1.3.1 虚拟仪器的软件结构

虚拟仪器的软件结构如图 1-3 所示。

从低层到顶层，虚拟仪器的软件系统框架包括三个部分：VISA 库、仪器驱动程序和应用程序。

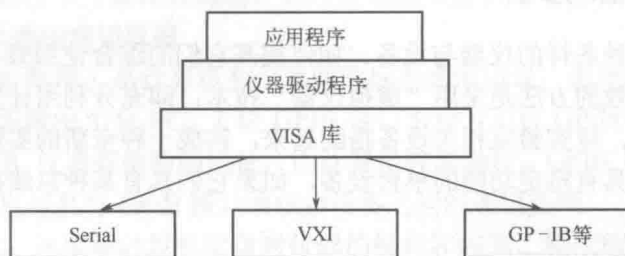


图 1-3 虚拟仪器的软件结构

##### 1. VISA 库

即虚拟仪器软件体系结构，其实质就是标准的 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，以实现了对仪器的程控。对于仪器驱动程序开发者来说，VISA 库是一个可调用的操作函数集。

##### 2. 仪器驱动程序

仪器驱动程序主要用来初始化虚拟仪器，设置特定的参数和工作方式，使虚拟仪器保持正常的工作状态，用户在设计应用程序时需调用仪器驱动程序。

对于市场上的大多数计算机内置插卡，厂家都配备了相应的设备驱动程序。用户在编制应用程序时，可以像调用系统函数那样，直接调用仪器驱动程序，进行设备操作。如果所用计算机内置插卡和外设插卡没有仪器驱动程序，用户也可以采用高级语言自行编写。