

虚拟仪器与 数据采集

阎芳 郭奕崇 刘军 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气信息工程丛书

虚拟仪器与数据采集

阎芳 郭奕崇 刘军 编著



机械工业出版社

本书以 LabVIEW 2012 版本为对象,系统介绍了 LabVIEW 程序设计的基本概念、关键技术和数据采集原理、编程方法的专业知识。本书内容分为四部分,第一部分(第 1 章)介绍虚拟仪器的基本概念、图形化编程语言的基本原理与特点、LabVIEW 编程环境;第二部分(第 2 章)系统介绍 LabVIEW 程序设计的基本语法规则、程序结构和基本编程技巧;第三部分(第 3~5 章)介绍数据采集的基本原理、LabVIEW 在数据采集和仪器控制等方面的应用;第四部分(第 6 章)以物流包装材料无害化加工数据采集系统项目开发为例,讲解数据采集系统的设计和数据分析的方法。

本书内容丰富,论述深入浅出,书中提供的应用实例都有详细的操作步骤和程序框图,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、测控仪器等专业的高等院校师生阅读,还可作为从事计算机测控系统研发的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器与数据采集 / 阎芳, 郭奕崇, 刘军编著. —北京: 机械工业出版社, 2014.12

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-49442-3

I. ①虚… II. ①阎…②郭…③刘… III. ①虚拟仪表②数据采集
IV. ①TH86②TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 037207 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: 时 静 责任校对: 张艳霞

责任编辑: 刘 悦

责任印制: 李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2015 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12.75 印张·310 千字

0001-3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-49442-3

定价: 33.00 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

网络服务

服务咨询热线:(010) 88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

虚拟仪器技术是测试技术和计算机技术相结合的产物，是这两门学科的最新技术的结晶。它融合了测试理论、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。

本书从数据采集的实际应用出发，系统地讲述了虚拟仪器软件 LabVIEW 的数据采集应用技术。首先介绍了虚拟仪器的含义、功能、结构、特点和常用开发平台。接着讲述了 LabVIEW 程序设计基本知识，数据采集的原理，基于 LabVIEW 进行数据采集的基本方法。最后，详细描述了实际的工程项目——基于 LabVIEW 的物流包装材料无害化加工数据采集系统的设计开发、数据采集和数据分析的方法，帮助读者完整地掌握 LabVIEW 测控应用技术。

本书主要内容安排如下：

- 第 1 章简要介绍了虚拟仪器的基本概念、特点、体系结构，虚拟仪器软件，数据采集技术的基本概念，以及虚拟仪器的应用与发展趋势。
- 第 2 章详细介绍了 LabVIEW 程序设计的基本过程、数据类型、程序结构和模块化应用程序开发的相关知识。
- 第 3 章对数据采集的基本原理、数据采集硬件进行了详细介绍。重点讲解 LabVIEW 中数据采集方法和编程方法，包括 LabVIEW DAQ 的安装、设置和编程，模拟输入/输出、数字输入/输出、测量数据的显示和存储等内容。
- 第 4 章介绍了仪器控制的基本概念、GPIB 接口概念、应用 GPIB 接口模块对 GPIB 仪器进行编程控制、VISA 的基本概念、应用 VISA 模块对各种仪器进行编程控制等方面的内容。
- 第 5 章重点介绍了几种典型的设计模式，包括状态机模式 (State Machine)、队列消息模式 (Queued Message Handler)、用户界面事件模式 (UI Event Loop)、主/从结构模式 (Master/Slave) 和生产者/消费者模式 (Producer/Consumer)。
- 第 6 章以物流包装材料无害化加工数据采集系统项目开发为例，讲解数据采集系统的设计和数据分析的方法。

本书由阎芳、郭奕崇、刘军编著。本书在编写和出版过程中得到了北京高等学校青年英才计划项目（项目编号：YETP1532）、北京市教育委员会科技计划项目（项目编号：KM201410037001）和北京市委组织部“北京市优秀人才培养资助”项目（项目编号：2013D005009000003）资助。

由于编者水平和经验有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2014 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 虚拟仪器与数据采集概述	1
1.1 虚拟仪器概述	1
1.1.1 虚拟仪器介绍	1
1.1.2 虚拟仪器的基本工作原理与组成	2
1.1.3 虚拟仪器的特点	2
1.2 虚拟仪器软件	3
1.2.1 LabVIEW 介绍	4
1.2.2 LabVIEW 程序的基本构成	4
1.3 虚拟仪器的体系结构	6
1.4 数据采集技术	7
1.4.1 数据采集系统的基本组成	7
1.4.2 虚拟仪器的数据采集功能	8
1.5 虚拟仪器的应用与发展趋势	11
1.5.1 虚拟仪器的产生与发展	11
1.5.2 虚拟仪器的应用	12
第 2 章 LabVIEW 程序设计基础	14
2.1 LabVIEW 程序设计引导	14
2.1.1 项目浏览器	14
2.1.2 VI 的组成部分	16
2.1.3 控件选板、函数选板和工具选板	17
2.1.4 数据流	20
2.1.5 创建一个简单的 VI	21
2.1.6 程序调试	22
2.2 LabVIEW 数据类型	23
2.2.1 基本数据类型	23
2.2.2 数组与簇	28
2.3 LabVIEW 程序结构	30
2.3.1 顺序结构	30
2.3.2 While 循环	32
2.3.3 For 循环	34
2.3.4 移位寄存器	34
2.3.5 反馈节点	37

2.3.6	条件分支结构	37
2.3.7	事件结构	40
2.3.8	公式节点	44
2.4	模块化应用程序开发	44
2.4.1	模块化概述	44
2.4.2	创建子 VI	45
2.4.3	调用子 VI	47
第 3 章	基于 LabVIEW 的数据采集	48
3.1	数据采集的基本原理	48
3.1.1	概述	48
3.1.2	数据采集系统的组成	49
3.1.3	数据采集的信号类型	53
3.1.4	数据采集的基本原理	56
3.1.5	测量系统分类	57
3.2	数据采集硬件	60
3.2.1	数据采集硬件概述	60
3.2.2	数据采集硬件配置	62
3.2.3	数据采集硬件的主要性能指标	63
3.3	LabVIEW DAQ	65
3.3.1	LabVIEW DAQ 的安装与配置	65
3.3.2	DAQ 助手	70
3.3.3	DAQmx 编程	73
3.4	测量模拟输入	78
3.5	产生模拟输出	82
3.6	数字输入/输出	84
3.7	测量数据的图形显示	86
3.7.1	波形图	87
3.7.2	波形图表	89
3.7.3	XY 图	92
3.7.4	Express XY 图	93
3.7.5	强度图	94
3.7.6	数字波形图	95
3.8	测量数据存储	95
3.8.1	数据存储的时机	95
3.8.2	文件 I/O	96
第 4 章	仪器控制	102
4.1	概述	102
4.1.1	仪器的发展	102
4.1.2	仪器控制系统	102

4.1.3	总线	104
4.2	GPIB	105
4.2.1	GPIB 系统组成	106
4.2.2	基于 GPIB 总线的虚拟仪器	106
4.3	VXI	107
4.3.1	VXI 技术的发展	108
4.3.2	VXI 技术特征	108
4.3.3	VXI 系统组成	109
4.3.4	VXI 总线规范简介	110
4.4	PXI	111
4.4.1	PXI 概述	111
4.4.2	PXI 硬件架构	112
4.4.3	PXI 外部设备	112
4.5	仪器驱动程序	113
4.5.1	概述	113
4.5.2	串口通信	114
4.5.3	VISA	115
4.5.4	IVI	119
第 5 章	LabVIEW 应用程序框架和设计模式	123
5.1	程序设计模式	123
5.2	状态机设计模式	123
5.2.1	顺序型状态机	124
5.2.2	标准状态机	126
5.2.3	消息队列型状态机模式	131
5.2.4	用户界面事件模式	136
5.2.5	状态机和事件结构的结合	141
5.3	LabVIEW 程序的动态调用	149
5.4	生产者/消费者设计模式	152
5.4.1	主/从设计模式	152
5.4.2	队列 (queue)	153
5.4.3	生产者/消费者设计模式	154
第 6 章	基于 LabVIEW 的物流包装材料无害化加工数据采集系统	158
6.1	项目背景	158
6.2	无害化生产过程及数据采集实验条件的准备	159
6.2.1	聚合物制品的生产过程及常用发泡材料	159
6.2.2	发泡材料生产面临的问题	164
6.2.3	发泡材料生产的无害化工艺及技术关键	165
6.2.4	无害化发泡实验用注塑设备与工艺	166
6.2.5	实验硬件条件的准备	168

6.3	数据采集系统设计	169
6.3.1	数据采集方案设计	170
6.3.2	采集系统硬件设计	170
6.3.3	物流包装材料无害化生产过程数据采集系统软件设计	171
6.4	无害化注塑发泡过程的数据采集实验	183
6.4.1	实验设计	183
6.4.2	实验与实验结果	185
6.4.3	对过程工艺参数的初步分析	188
	参考文献	191

第 1 章 虚拟仪器与数据采集概述

虚拟仪器技术是测试技术和计算机技术相结合的产物，是这两门学科最新技术的结晶，它融合了测试理论、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。本章简要地介绍虚拟仪器的基本概念、数据采集技术和虚拟仪器编程语言，以及虚拟仪器的发展和应用。

1.1 虚拟仪器概述

虚拟仪器是在计算机基础上通过增加相关硬件和软件构建而成的、具有可视化界面的仪器。虚拟仪器具有可分开发性和可扩展性。它的出现打破了只能由生产厂家定义仪器功能，用户无法改变的局面。

1.1.1 虚拟仪器介绍

虚拟仪器（Virtual Instrument）由美国国家仪器（National Instruments）公司于 1986 年提出，是指在通用计算机上添加软件和一些硬件模块构成一套根据个人需求来获取数据、分析数据和输出可视化数据的计算机仪器系统。它利用 PC 的显示功能模拟真实仪器的控制面板，以多种形式表达输出检测结果，利用软件功能实现信号的运算、分析、处理，由 I/O 接口设备（卡）完成信号的采集、测量与调理，从而完成各种测试功能。用户操作这台计算机时就像操作一台真实的仪器。

一般地，电子测量仪器的功能有信号采集、信号处理、结果表达与仪器控制三部分。在传统的模拟测量仪器中，这三部分都是用电子线路来实现的，即都是采用硬件来实现的。随着计算机技术的发展，尤其是数字信号处理技术的进步，实现各种信号处理功能的软件算法精度越来越高，速度越来越快，用软件代替仪器的信号处理部分和结果表达与仪器控制部分的硬件成为可能，把传统仪器的后两部分（信号处理、结果表达与仪器控制）用计算机软件来实现，而不再采用硬件（电子线路），基于这种思想形成的仪器，即为虚拟仪器。传统测量仪器和虚拟仪器的构成比较如图 1-1 所示。

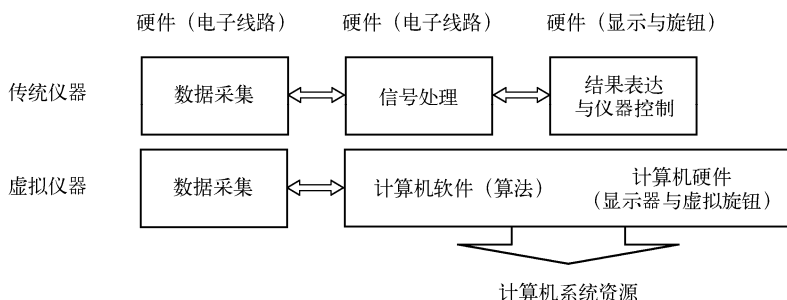


图 1-1 传统测量仪器和虚拟仪器的构成比较

因此虚拟仪器可以简要描述为：用户自定义的，基于 PC 技术的仪器解决方案。虚拟仪器集成了计算机强大的计算处理能力和仪器硬件的测量、控制能力。用户可通过友好的图形化界面（虚拟前面板）来操作计算机，就像在操作自己定义、自己设计的一台仪器一样，从而完成对被测试量的采集、分析、判断、显示和数据存储等。虚拟仪器的实质是将传统硬件和最新计算机软件技术充分结合起来，以实现并扩展传统仪器的功能。

1.1.2 虚拟仪器的基本工作原理与组成

虚拟仪器可以完成信号采集、信号处理、结果表达与仪器控制三大主要功能。工作过程如下：

用户通过虚拟仪器面板设置好仪器的功能、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，其结果发送显示，由用户读取或打印输出。如图 1-2 所示。

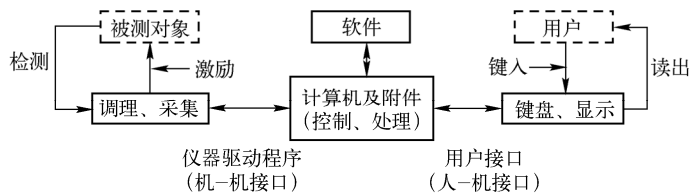


图 1-2 虚拟仪器的工作原理框图

因此虚拟仪器的基本组成应包含以下几部分。

(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。

(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，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转换（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、工控机、工作站等）及附件。其软件为控制、分析、处理程序。

1.1.3 虚拟仪器的特点

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

软件，“虚拟”主要包括以下两方面的含义：

- 1) 虚拟的仪器面板。
- 2) 由软件编程来实现的虚拟仪器测量功能。

虚拟仪器充分利用计算机技术、模块化的数据采集与调理电路、总线技术等，可以实现普通仪器的全部功能以及一些在普通仪器上无法实现的特殊功能，它利用数据采集模块完成数据采集功能，利用计算机系统完成一般测试仪器的数据分析和输出显示等功能。

虚拟仪器与传统仪器的比较见表 1-1。

表 1-1 虚拟仪器与传统仪器的比较

仪 器	虚 拟 仪 器	传 统 仪 器
费用	开发与维护的费用低	开发与维护的费用高
技术更新周期	短	长
价格	低、可重用性与配置性强	高
功能定义	用户定义	厂商定义
开发性	系统开发灵活，与计算机进行同步	系统封闭、固定
连接性	容易与其他设备连接	不易与其他设备连接

根据表 1-1 所见，虚拟仪器的主要特点有以下几点。

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，即任何功能的仪器都可利用或共享这些公共资源，而无须重复设置。

2) 开放性好。具有开放性的模块化设计，便于用户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，甚至无需改变硬件，只需应用模块化的软件包重新搭配，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从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。

虚拟仪器在性价比、灵活性以及用户化方面，具有传统仪器不可比拟的优势。随着被测试的装置和测试这些装置所需的仪器复杂性不断增加，开放测试程序的成本持续上升。而采用虚拟仪器技术，在任何一种情况下，软件界面可按照应用软件的需要或复杂或简单，硬件部分可以使用插入式主板、外围仪器，或者两者的结合。用户可以通过虚拟仪器来简化一台复杂的独立仪器的操作，因为虚拟仪器只是集中控制仪器全部功能的一个子集。

1.2 虚拟仪器软件

虚拟仪器在相同的硬件平台下，通过不同的软件就可以模拟出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”。LabVIEW 是美国 NI (National

Instruments)公司开发的软件平台,将计算机的数据分析和显示能力与仪器驱动器融合在一起,为用户设计虚拟仪器提供了软件工具和开发环境。

1.2.1 LabVIEW 介绍

根据仪器的三大功能,设计仪器必须解决好人机接口(即用户接口)和机机接口(即计算机与仪器模块接口)问题。因此虚拟仪器软件有三个主要功能,即提供一个集成的开发环境、一个与仪器硬件的高级标准接口和一个与用户图形的接口。虚拟仪器的标准软件有两大类:编程设计软件,如NI公司的LabVIEW或LabWindows/CVI;仪器驱动程序与用户接口开发工具软件,主要软件模块有数据采集、数据分析、数据显示、文件管理、硬件拷贝输出等。

LabVIEW是实验室虚拟仪器集成环境(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)的简称,是美国国家仪器(NATIONAL INSTRUMENTS, NI)公司的创新软件产品,也是目前应用最广、发展最快、功能最强的图形化软件集成开发环境。目前它广泛地被工业界、学术界和研究实验室所接受,视为一个标准的数据采集和仪器控制软件。

NI公司推出的虚拟仪器开发平台LabVIEW和C及C++一样,是一种程序开发语言,但其区别在于它是使用图形化编程语言——G语言(Graphical Language),这种编程语言采用流程图形式开发应用程序。它自带的函数库可用于数据采集、串行设备的控制、数据分析和显示等;LabWindows/CVI是基于C语言的开发平台,面对的是熟悉C语言的用户,在程序设计上它具有更好的灵活性。

同时,LabVIEW集成了满足GPIB、VXI、RS-232和RS-485协议的硬件及数据采集卡通信的全部功能,内置了便于应用TCP/IP、ActiveX等软件标准的库函数,是一个功能强大且灵活的软件。利用它可以方便地建立自己的虚拟仪器,其图形化的界面使得编程及使用过程都生动有趣。其编写的程序称为虚拟仪器VI(Virtual Instrument),并以VI后缀。使用这种语言编程时,基本上不写程序代码,取而代之的是流程图。它尽可能利用了技术人员、科学家、工程师所熟悉的术语、图标和概念。因此,LabVIEW是一个面向最终用户的工具。它可以增强使用者构建自己的科学和工程系统的能力,提供了实现仪器编程和数据采集系统的便捷途径。使用它进行原理研究、设计、测试并实现仪器系统时,可以大大提高工作效率。

1.2.2 LabVIEW 程序的基本构成

使用LabVIEW开发平台编制的程序称为虚拟仪器程序(Virtual Instrument, VI)。VI包括三个部分:程序前面板(Panel)、框图程序(Diagram)和图标/连接器(Connector)。

在LabVIEW环境下,每创建一个虚拟仪器,相当于传统编程语言中的函数,可作为子VI调用。

程序前面板是图形用户界面,用于显示控制端子和显示端子,便于在程序运行过程中操作和观测。前面板有交互式的输入和输出两类对象,分别被称为Control(控制器)和Indicator(显示器)。Control(控制器)包括各种开关、旋钮和按键等,Indicator(显示器)包括图形、Chart、LED和其他显示输出对象。下面是一个温度计程序(Thermometer VI),前面板如图1-3所示。

每一个程序前面板都对应着一段框图程序。框图程序用LabVIEW图形编程语言编写,可以把它理解成传统程序的源代码。框图程序由端口、节点、图框和连线构成。其中端口被用

来同程序前面板的控制和显示传递数据，节点被用来实现函数和功能调用，图框被用来实现结构化程序控制命令，而连线代表程序执行过程中的数据流，定义了框图内的数据流动方向。上述温度计程序的框图如图 1-4 所示。

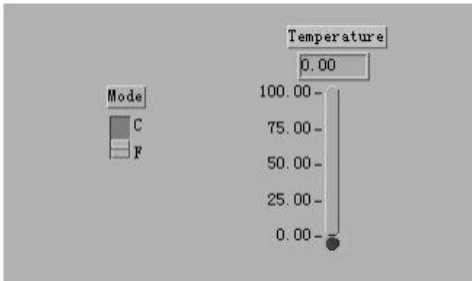


图 1-3 温度计程序前面板

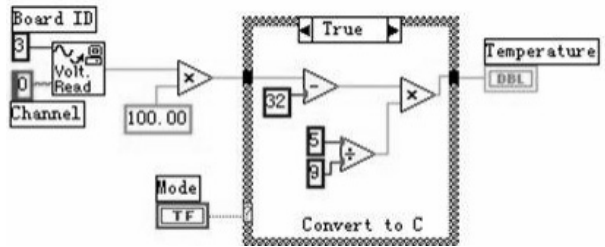


图 1-4 温度计程序框图

框图程序的作用是从前面板上的输入控件获得信息，然后进行计算和处理，最后在输出控件中显示结果，在框图程序上的编程元素除了有与前面板对应的连线端子外，还有函数、子 VI、常量、结构和连线等。

LabVIEW 的强大功能归因于它的层次化结构，用户可以把创建的 VI 程序当作子程序调用，以创建更复杂的程序，而这种调用的层次是没有限制的。举一个例子，把前面创建的温度计程序（Thermometer VI）作为一个子程序用在当前新建程序里，当前程序的前面板如图 1-5 所示，先前的温度计子程序用于采集数据，而当前的程序用于显示温度曲线，并在前面板上设定测量次数和每次测量间隔的延时。

当前程序的框图如图 1-6 所示，它把温度计子程序放置在一个 FOR 循环里，每次循环过程采集一次测量结果，当循环执行了设定的次数后，程序把采集的数据送到前面板的图表上显示。

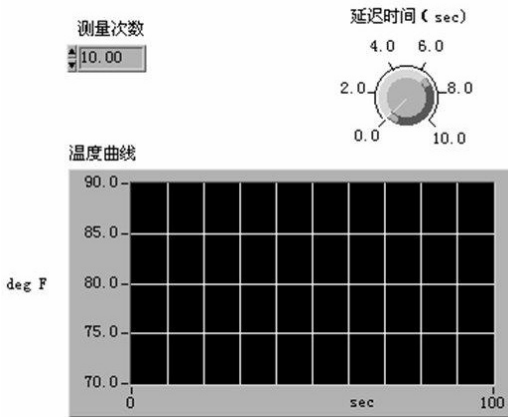


图 1-5 当前程序前面板

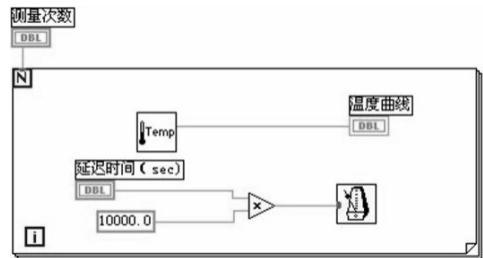


图 1-6 当前程序框图

LabVIEW 这种创建和调用子程序的方法，使创建的程序结构模块化，更易于调试、理解和维护。VI 具有层次化和结构化的特征，一个 VI 可以作为另一个 VI 的子程序被调用，图标/连接器用于在主程序中调用子程序。其中，图标用于在主 VI 的流程图中标识被调用的子程

序，连接器相当于图形化的子程序参数。

如果将虚拟仪器与标准仪器相比较，那么前面板相当于仪器面板，而流程图相当于仪器箱内的功能部件。

1.3 虚拟仪器的体系结构

根据使用仪器硬件的不同，虚拟仪器可分为 PC-DAQ、GPIB、VXI、PXI 等不同的体系结构。无论哪种体系，都是将总线系统、模块化硬件、应用软件集成在一起，实现系统硬件、软件功能的优化集成配置。

虚拟仪器体系的硬件与软件相对独立，因此，不同的应用可以选择不同的软硬件组合，在此基础上，可以达到一个应用对应多个设备或一个设备对应多个应用的要求，这也是传统仪器做不到的地方，设备与应用的组合如图 1-7 所示。

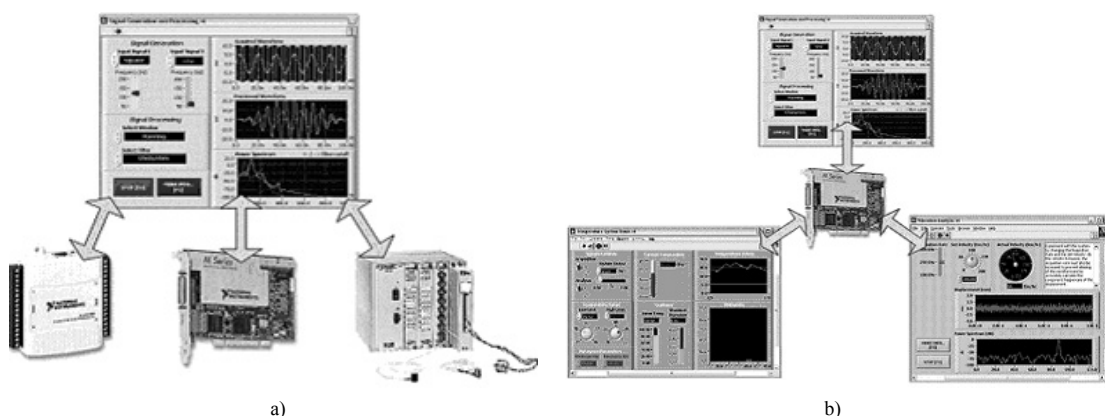


图 1-7 设备与应用的组合

a) 一个应用对应多个设备 b) 一个设备对应多个应用

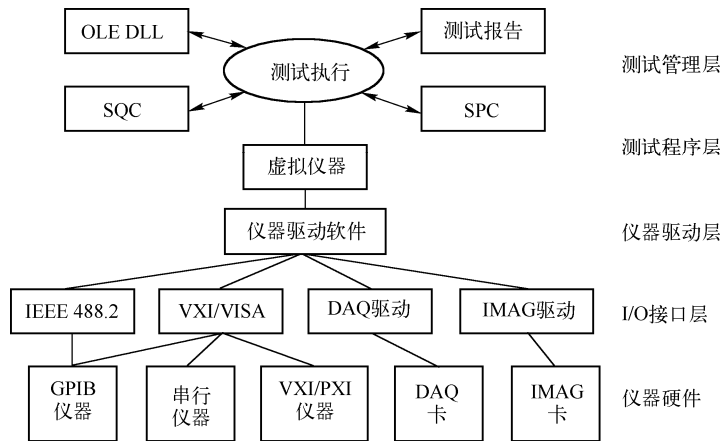
硬件是虚拟仪器（VI）的基础。VI 的硬件主要由计算机硬件平台和 I/O 接口设备组成，其中计算机管理着 VI 的软、硬件资源，是 VI 硬件平台的核心。计算机在显示、存储能力、网络、总线标准等方面的发展，促进了虚拟仪器的迅速发展。I/O 接口设备根据不同的标准接口总线转换输入或输出信号，供其他系统使用。在此基础上，组成以虚拟仪器为核心的虚拟仪器系统。

软件在虚拟仪器中的地位十分重要，它担负着对数据进行分析与处理的重任。在很大程度上，软件决定了虚拟仪器系统的运行能否成功。应用软件为用户构造或使用 VI 提供了集成开发环境、高端的仪器硬件接口和直观的用户接口。

VI 软件标准的确立极大地简化了编程。一般测试仪器的软件结构主要分为四层：测试管理层、测试程序层、仪器驱动层和 I/O 接口层。仪器驱动程序和 I/O 接口程序均实现了工业标准化，由仪器厂商随仪器配套提供。因此，用户可以把注意力集中在测试程序和测试管理两个软件层的开发上。对于这两层，标准测试开发工具包含了大量不同类型、预先编制好的程序库，用于数据分析、显示、报表等；测试管理软件开发工具也具有强大、灵活的性能来满足用户的广泛需求。VI 的软件框架如图 1-8 所示。在图 1-8 中，DLL 为动态链接库，SPC 为

统计过程控制，SQC 为统计质量控制，VISA 为 VI 软件结构，DAQ 为数据采集，IMAG 为图像采集。

软件开发平台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、HPVEE 等。

文本式编程语言具有编程灵活、运行速度快等优点。而图形化编程语言具有编程简单、直观、开发效率高等优点。

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 LabVIEW 编程语言进行的 NI 虚拟仪器系统设计和开发。

1.4 数据采集技术

1.4.1 数据采集系统的基本组成

在计算机广泛应用的今天，数据采集的重要性是十分显著的。所谓的数据采集（Data Acquisition, DAQ）是指将被测对象的各种参量（物理量、化学量和生物量等）通过各种传感元件做适当转换后，再经过信号调理、采样、量化、编码、传输等步骤，最后送到控制器（计算机）进行数据处理或存储记录的过程。数据采集是计算机与外部物理世界联系的桥梁，具有十分重要的作用。用于数据采集的成套设备称为数据采集系统，一个完整的数据采集系统如图 1-9 所示。

框图中各环节的功能如下。

- 1) 传感器：把非电的物理量转变成模拟电量，通常把传感器输出到 A-D 转换器输出的这一段信号通道称为模拟通道。
- 2) 放大器：放大和缓冲传感器输出的信号，以满足大多数 A-D 转换器的满量程输入要求。
- 3) 滤波器：用来减弱由于电路中耦合以及工频产生的噪声，提高模拟输入信号的信噪比。

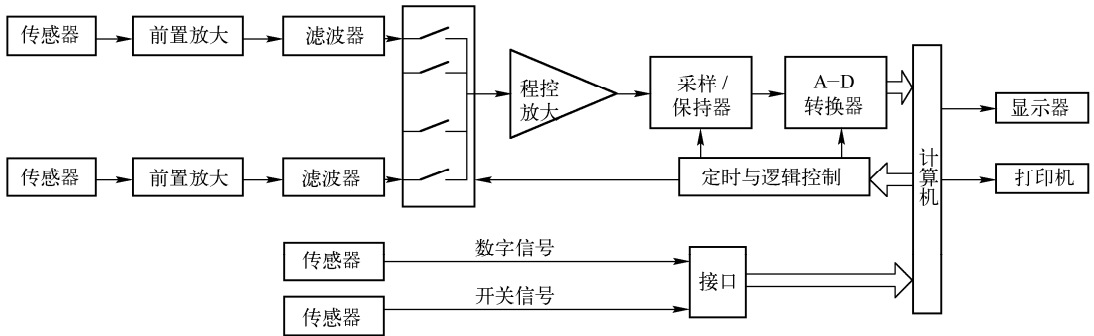


图 1-9 完整的数据采集系统框图

- 4) 多路采样开关：分时选通来自多个输入通道的信号。
- 5) 采样保持器：快速拾取多路模拟开关输出的子样脉冲，并保持幅值恒定。
- 6) A-D 转换器：实现模拟信号向数字信号的转换。

1.4.2 虚拟仪器的数据采集功能

数据采集是虚拟仪器中最具竞争力的核心技术之一。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。

同时，LabVIEW 能轻松实现与任何 NI 公司所提供的硬件设备通信，LabVIEW 内置了丰富的软件资源，通过丰富的驱动程序，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。不仅如此，通过通用的驱动程序或接口，例如 VISA、IVI、OPC、ActiveX 和 DLL 等，LabVIEW 几乎能与任何厂商甚至自制的硬件通信。

LabVIEW 驱动程序的安装界面如图 1-10 所示，它包含了丰富的硬件驱动程序，此外还包括 NI-DAQmx、NI-Instrument I/O Assistant 等硬件配置工具和仪器助手。通过这些驱动和工具，LabVIEW 与各种设备的连接与通信就变得非常简单，用户不必再为编写复杂的驱动程序和 API 调用所烦恼了。

1. NI-DAQmx

NI-DAQmx 是 DAQ 驱动软件发展的新一代产品。与传统的 DAQ 驱动软件相比，它有更好的性能。NI-DAQmx 利用了传统驱动程序所不具备的几项技术，包括多线程、简化应用程序编程接口（API）、交互式配置以及智能多设备同步。此外，NI-DAQmx 支持更大范围的编程语言、设备、总线、传感器，甚至于混合信号类型。使用 NI-DAQmx，NI-DAQ 开发者可以仅仅简单地使用交互式、基于配置的编程方式，开发采用并行处理以及多设备同步的应用程序。

除了新型技术之外，每一份 NI-DAQmx 都附带一系列测量服务，用于为数据采集系统开发者节省时间和资金。NI 测量与自动化浏览器（Measurement & Automation Explorer, MAX）就是测量服务软件体现无限价值的典型例子。

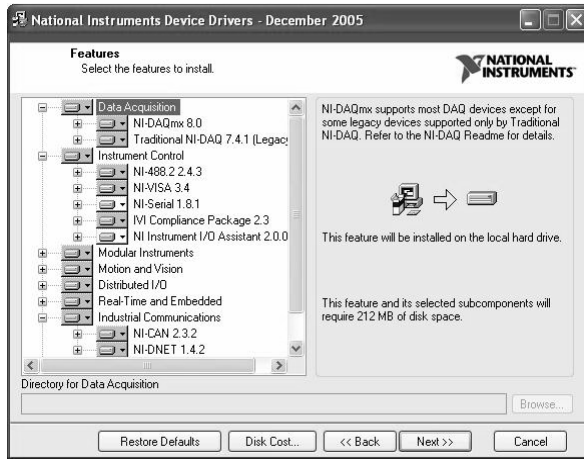


图 1-10 设备驱动程序安装界面

LabVIEW 的设备驱动程序安装后，在开始菜单的 National Instruments 下就能看到 MAX。通过 MAX 可以对硬件设备进行配置和管理。它针对硬件设备的主要功能包括：

- 1) 快速检测及配置所有硬件。
- 2) 通过测试面板验证硬件的运作状况。
- 3) 实施简便、交互式的测量。
- 4) 给 I/O 通道命名。

MAX 给每块 DAQ 卡分配一个逻辑设备号，以供 LabVIEW 调用时使用。MAX 提供图形化简易配置方式，其界面如图 1-11 所示，左栏目录 Data Neighborhood 中存储了关于配置和修改任务、虚拟通道的信息，其中任务和虚拟通道都是测量参数设置的集合，因此可以形象地给任务或虚拟通道命名。通过 Devices and Interfaces，可以配置本地或远程硬件设备的属性，比如配置数据采集卡、串口、并口等。Scales 用于标定运算。

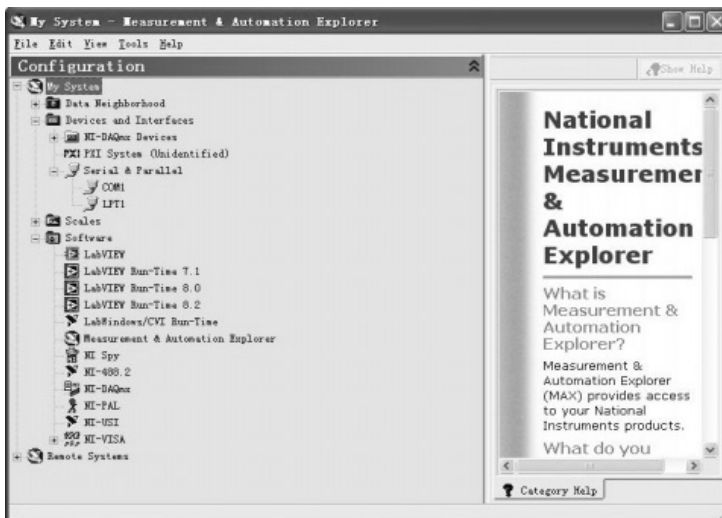


图 1-11 MAX 的图形化配置界面