卓越工程师培养计划

http://www.phei.com.cn

张 金 编著

LabVIEW 程序设计与应用

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

卓越工程师培养计划

LabVIEW 程序设计与应用

张　金　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 LabVIEW 在测试技术领域的应用为背景，以 LabVIEW 2012 为对象，系统地介绍了 LabVIEW 程序设计的基本概念、关键技术和实际应用的专门知识，包括虚拟仪器的基础理论、LabVIEW 2012 编程环境安装及介绍、数据操作、变量/数组/簇与波形数据、程序结构、波形显示、文件输入/输出、信号基础、测试信号处理、信号调理和数据采集、总线技术、远程测控及基于 LabVIEW 的测试系统实例等内容。全书理论与实践相结合，步步深入地引导读者熟悉 LabVIEW 编程和在测试领域的应用。

本书结构清晰，体系完整，实例丰富，叙述浅显易懂，可作为电子设计工程师的培训和参考用书，也可作为电子信息工程、通信工程、测试技术与仪器、自动控制、电气控制、机电一体化等相关专业研究生、本科生的教材或参考书。

图书在版编目（CIP）数据

LabVIEW 程序设计与应用 / 张金编著. —北京：电子工业出版社，2015.2
（卓越工程师培养计划）
ISBN 978-7-121-25329-4

Ⅰ. ①L… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①软件工具—程序设计 Ⅳ. ①TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 310161 号

策划编辑：王敬栋（wangjd@phei.com.cn）
责任编辑：谭丽莎
印　　刷：北京京科印刷有限公司
装　　订：三河市华成印务有限公司
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：20.75　字数：531 千字
版　　次：2015 年 2 月第 1 版
印　　次：2015 年 2 月第 1 次印刷
印　　数：3 000 册　　定价：58.00 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 zlts@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，测试技术与计算机层次的结合正引起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，是产业发展的一个重要方向。虚拟仪器在工程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。作为测试工程领域的强有力工具，近年来，虚拟仪器软件 LabVIEW 得到了业界的普遍认可，并在测控应用领域得到了广泛应用。

LabVIEW 是一个成熟的工程技术开发平台，同时也是一个优秀的科学技术创新平台，它不断地吸纳最新的科技成果，完善和发展自身。每个新版本的 LabVIEW 软件都会提供最新的功能以提高效率，它提供获取新技术的途径，并提供对现有软件问题的修补程序。LabVIEW 2012 提供了强大的帮助系统和丰富的实例库，绝大多数应用均可在实例库中找到范例，在此基础上稍作修改即能达到实用的目的。本书提供的实例程序具有实际参考价值，全部在 LabVIEW 2012 环境中调试通过，读者可按照书中提供的前、后面板直接在不同 LabVIEW 版本上练习并编辑修改。

全书共分 14 章，由陆军军官学院张金教授统稿。第 1 章简要介绍虚拟仪器的基本概念、LabVIEW 的作用及优势。第 2 章围绕 LabVIEW 2012 介绍其安装、启动流程，选板、菜单栏、工具栏等编程环境，以及 LabVIEW 2012 帮助系统和网络学习资源获取方法。第 3 章从 LabVIEW 编程的基本概念入手，介绍创建、编辑、运行、调试 VI 及调用子 VI 的方法和步骤。第 4 章介绍 LabVIEW 使用的数据及运算类型。第 5 章讨论局部变量、全局变量，数组、簇、波形数据的创建方法及相关函数。第 6 章讨论 LabVIEW 的程序结构，包括 For 循环、While 循环、反馈节点、顺序/条件/事件结构、公式节点和属性节点等内容。第 7 章介绍 LabVIEW 测试数据的波形显示方法，包括实时趋势图、波形图、强度图及表、三维曲面/参数曲面/线条图。第 8 章介绍文件操作的流程控制及文本、二进制、数据记录、波形等不同类型文件的输入/输出操作方法。第 9 章从信号及其描述、测试信号的分析处理入手介绍 LabVIEW 中的信号来源。第 10 章从时域和频域角度出发讨论测试信号的处理方法，包括信号运算、滤波、相关分析、卷积运算、特征值处理、波形对齐及越限监测等信号时域处理，离散时间傅里叶变换及谱分析等信号频域处理，还介绍了如何用 LabVIEW 进行截断加窗及谐波分析。第 11 章介绍信号调理及其相关硬件选型原则，以及如何利用 NI-DAQmx 编写信号调理和数据采集程序。第 12 章介绍总线的基本概念及类型，以及如何正确选用和应用 LabVIEW 支持的总线。第 13 章介绍 LabVIEW 网络通信功能，包括串行通信、数据共享及 Web 数据发布等内容。第 14 章从测试系统构建角度讨论 LabVIEW 的实际应用，包括基于 NI USRP 的多输入/多输

出系统，BCU 单板测试与诊断试验台，基于 NI Compact RIO 的高精度研磨系统，基于声卡的测试系统等几个典型应用实例。

本书在编写过程中，参考了大量相关专业的教材和参考资料，无法一一列出，在此表示衷心的感谢。

参与本书编写的还有陆军军官学院的尹春雷、郑文达、许刚、黄国锐、韩玮、丁俊香、李鹏辉等。由于作者水平有限，特别是测试技术的理论和工程实践的飞速发展，所以纰漏、不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，并欢迎与作者联系，JGXYZhangJin@163.com。

编著者

2015 年 1 月

反侵权盗版声明

目　录

第1章 概 述

1.1 LabVIEW 概述

1.1.1 LabVIEW 概述

LabVIEW（Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench）是美国国家仪器公司（National Instrument）推出的一种业界领先的工业标准图形化编程工具，主要用于开发测试、测量与控制系统。LabVIEW 是 NI 设计平台的核心，也是开发测量和控制系统的理想选择。 LabVIEW 开发环境集成了工程师和科学家快速构建各种应用所需的所有工具，旨在帮助工程师和科学家解决问题、提高生产力和不断创新。

与 C 和 BASIC 一样，LabVIEW 也是通用的编程系统，有一个可以完成任何编程任务的庞大函数库。LabVIEW 的函数库包括数据采集、GPIB、串口控制、数据分析、数据显示及数据存储等。LabVIEW 也有传统的程序调试工具，如设置断点、以动画方式显示数据及其子程序（子 VI）的结果、单步执行等，便于程序的调试。

LabVIEW 是一种用图标代替文本行创建应用程序的图形化编程语言。传统文本编程语言根据语句和指令的先后顺序决定程序执行顺序，而 LabVIEW 则采用数据流编程方式，程序框图中节点之间的数据流向决定了 VI 及函数的执行顺序。VI 指虚拟仪器，是 LabVIEW 的程序模块。

通过 LabVIEW 的图形化编程环境，编程者可以像搭积木一样搭建所见即所得的程序界面，而程序的执行内容则由一个个表示函数的图标和图表之间的数据流连线构成。这不仅使编程者不需要记忆繁复的语法和函数原型，更使编写程序的过程与工程师们的思维习惯相符合，从而使编写程序的过程也变得生动起来。

利用 NI 的虚拟仪器技术，让以往复杂的数据采集工作变得异常简单，让工程师和科研人员都可集中时间和精力用于实验的执行、数据的分析及结论的总结上，而不是将大量的时间花费在实验系统设备的搭建中。

LabVIEW 提供很多外观与传统仪器（如示波器、万用表等）类似的控件，可用来方便地创建用户界面，LabVIEW 称之为前面板。使用图标和连线，可以通过编程对前面板上的对象进行控制，这就是图形化源代码，又称 G（Graphics）代码。LabVIEW 的图形化源代码在某种程度上类似于数据流流程图，因此又称作程序图代码。前面板上的每一个控件对应于程序图中的一个对象，当数据“流向”该控件时，控件就会根据自己的特性以一定的方式显示数据，如开关、数字或图形等。

如图 1.1.1 所示就是一个 LabVIEW 程序实例的前面板与程序框图，该例模拟了一个液罐液面高度实时监控系统。

LabVIEW 程序被称为 VI，即虚拟仪器，这是因为它的很多界面控件与操作都模拟了现实世界中的仪器，如示波器与万用表等。LabVIEW 的核心概念就是“软件即仪器”。

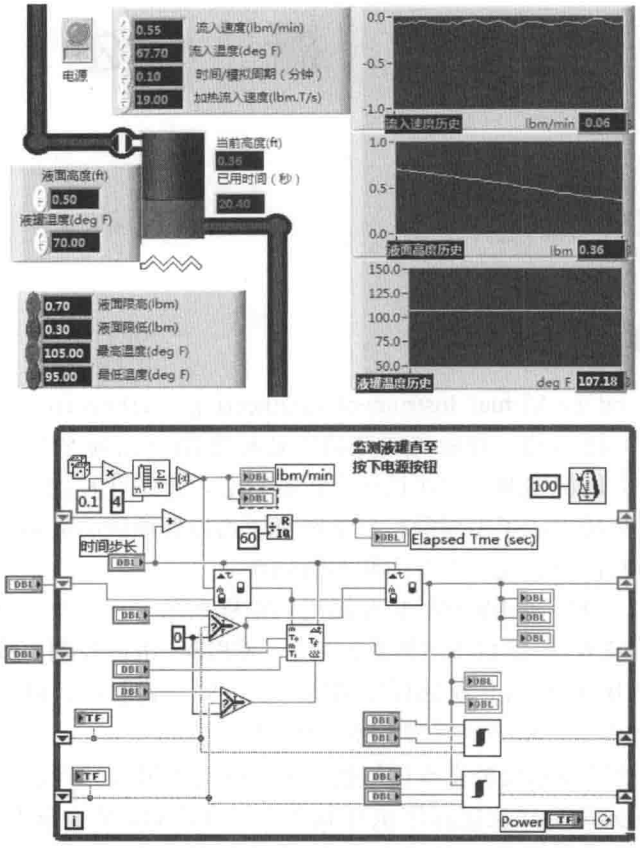

图 1.1.1　LabVIEW 程序实例的前面板与程序框图

1.1.2　LabVIEW 的作用

LabVIEW 不仅可用来创建通用的应用程序，在测试、测量和自动化领域更具有明显的优势，因此 LabVIEW 提供了大量的工具与函数用于数据采集、分析、显示与存储。同时，它还提供了大量常用于自动化测试、测量领域的图形控件。这使得工程师可以轻而易举地在极短的时间内完成一套完整的从仪器连接、数据采集到分析、显示和存储的自动化测试、测量系统。因此，LabVIEW 被广泛应用于汽车、通信、航空、半导体、电子设计生产、过程控制和生物医学等各个领域，涵盖了从研发、测试、生产到服务的产品开发所有阶段。NI 官网（http://www.ni.com/solutions/）上就有上千个应用案例供读者参考。欧美大部分高校的许多非计算机专业的学生选修 G 语言并用它开发应用软件的人数已经超过送修 C 文本语言的人数。

（1）测试、测量：LabVIEW 最初就是为测试、测量而设计的，因而测试、测量也就是现在 LabVIEW 最广泛的应用领域。经过多年的发展，LabVIEW 在测试、测量领域获得了广泛的承认。至今，大多数主流的测试仪器和数据采集设备都拥有专门的 LabVIEW 驱动程序，使用 LabVIEW 可以非常便捷地控制这些硬件设备。同时，用户也可以十分方便地找到各种适用于测试、测量领域的 LabVIEW 工具包。这些工具包几乎覆盖了用户所需的所有功

能，用户在这些工具包的基础上再开发程序就容易多了。有时甚至只需简单地调用几个工具包中的函数，就可以组成一个完整的测试、测量应用程序。

（2）控制：控制与测试是两个相关度非常高的领域，从测试领域起家的 LabVIEW 自然而然地首先拓展至控制领域。LabVIEW 拥有专门用于控制领域的模块——LabVIEWDSC。除此之外，工业控制领域常用的设备和数据线等通常也都带有相应的 LabVIEW 驱动程序。使用 LabVIEW 可以非常方便地编制各种控制程序。

（3）仿真：LabVIEW 包含了多种多样的数学运算函数，特别适合进行模拟、仿真和原型设计等工作。在设计机电设备之前，可以先在计算机上用 LabVIEW 搭建仿真原型，验证设计的合理性，找到潜在的问题。在高等教育领域，有时使用 LabVIEW 进行软件模拟，就可以达到同样的效果，可使学生不致失去实践的机会。

（4）儿童教育：由于图形外观漂亮且容易吸引儿童的注意力，同时图形比文本更容易被儿童接受和理解，所以 LabVIEW 非常受少年儿童的欢迎。对于没有任何计算机知识的儿童而言，可以把 LabVIEW 理解成一种特殊的“积木”：把不同的原件搭在一起，就可以实现自己所需的功能。著名的可编程玩具“乐高积木”使用的就是 LabVIEW 编程语言。儿童经过短暂的指导就可以利用“乐高积木”提供的积木搭建成各种车辆模型和机器人等，再使用 LabVIEW 编写控制其运动和行为的程序。除了应用于玩具外，LabVIEW 还有专门用于中小学生教学使用的版本。

LabVIEW 不仅可以用来搭建小型自动化测试测量系统，还可用来开发大型的分布式数据采集与控制系统。在美国的 Lawrence Livermore 国家实验室，一个花费 2000 万美元的复杂飞秒激光切割系统就是基于 LabVIEW 环境开发的，该系统中的 4 台 Windows NT 工作站用网络连接起来，LabVIEW 用于给激光提供测量、控制和自动定序，同时作为半熟练操作者的高层用户界面。该系统几乎安装了所有类型的 I/O 硬件：DAQ、GPIB、串行、远程控制 SCXI、VME/VXI 及 IMAQ 成像等。该系统开发历时 4 个年度，创建了约 600 个 VI。

基于 LabVIEW 实现的最大系统是 Honeywell-Measurex 公司由 Dirk Demol 小组开发的 MxProline。它是一流的分布式过程控制系统，其 95%的代码用 LabVIEW 编写，总共开发了约 5000 个以上的 VI，可以处理超过 10 万个变量（包括物理 I/O 和计算值）。

1.1.3 选择 LabVIEW 的优势

选择 LabVIEW 开发测试和测量应用程序的一大决定因素是其开发速度，通常使用 LabVIEW 开发应用系统的速度比使用其他编程语言快 4～10 倍，这一惊人速度背后的原因在于 LabVIEW 易用易学，它所提供的工具使创建测试和测量应用变得更为轻松。LabVIEW 的具体优势体现在如下几个方面。

（1）提供了丰富的图形控件，并采用图形化的编程方法，彻底把工程师们从复杂枯涩的文本编程工作中解放出来。

（2）内建的编译器在用户编写程序的同时就在后台自动完成了编译，因此用户在编写程序过程中如果有语法错误，立即就会显示出来。

（3）由于采用数据流模型，实现了自动的多线程，所以能充分利用处理器尤其是多处理器的处理能力。

（4）通过 DLL、CIN 节点、ActiveX、NET 或 MatLAB 脚本节点等技术，可以轻松实现 LabVIEW 与其他编程语言的混合编程。

（5）利用 LabVIEW，可产生独立运行的可执行文件，它是一个真正的 32 位/64 位编译器。通过应用程序生成器可以轻松地发布 Exe、动态链接库或安装包。

（6）LabVIEW 提供了大量的驱动与专用工具，几乎能与任何接口的硬件轻松连接。LabVIEW 集成了与满足 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。

（7）LabVIEW 内建了 600 多个分析函数，用于数据分析和信号处理。

（8）NI 同时提供了丰富的附加模块，用于扩展 LabVIEW 在不同应用领域的应用，如实时模块、PDA 模块、FPGA 模块、数据记录与监控（DSC）模块、机器视觉模块与触摸屏模块等。

（9）LabVIEW 可充分发挥计算机的能力，有强大的数据处理功能，可以创造出功能更强的仪器。用户可以根据自己的需要定义和制造各种仪器。

（10）在同一个硬件的情况下，可以通过改变软件，实现不同仪器仪表的功能，“软件即硬件”。

（11）完成一个功能类似的大型应用软件，熟练的 LabVIEW 程序员所需的开发时间大概只是熟练的 C 程序员所需时间的 1/5 左右。因此，如果项目开发时间紧张，应该优先考虑使用 LabVIEW，以缩短开发时间。

（12）LabVIEW 具有良好的平台一致性。如果同一个程序需要运行于多个硬件设备之上，应优先考虑使用 LabVIEW。LabVIEW 的代码不需任何修改就可以运行在常见的三大台式机操作系统上：Windows、Mac OS 及 Linux。除此之外，LabVIEW 还支持各种实时操作系统和嵌入式设备，如常见的 PDA、FPGA 及运行 VxWorks 和 PharLap 系统的 RT 设备。

1.2 G 语言

G 语言是图形化编程语言（Graphical Programing Language）的缩写。LabVIEW 有时也被叫作 G 语言。可以这样理解：LabVIEW 是一个开发环境（类似的如 Visual Studio 也是一个开发环境），在这个环境下编写的代码就是 G 语言代码（类似的如在 Visual Studio 下写出的 C 代码）。

目前在中国，很多工程师认为 LabVIEW 是一个应用在工业测控领域的应用软件，并不理解它是一个编程语言。原因有两个，首先是因为它和以往其他的编程语言差距太大，第一次看到它的人倒是更容易联想到电路板布线、工业总线配置软件等；其次是因为 LabVIEW 在中国使用的年头不长，大多数用户仅用到了 LabVIEW 的一小部分功能，还没有真正体验到 LabVIEW 的强大。

既然是一门编程语言，在使用 LabVIEW 时，就应该按照程序设计的思想来解决问题。下面举一个例子来说明如何用程序设计的思想来解决问题。

需要解决的问题是求两个正整数的最大公约数，这是一个非常常见的编程例子。

用 LabVIEW 来解决这个问题，与用其他语言求解这个问题的思路是一致的。按照程序设计的一般方法，解决这个问题可以分为以下三个步骤。

第一，确定问题的需求，给出需求的详细说明。对于求最大公约数的问题，这一步需要做的就是写出程序输入/输出的详细定义。如果是用普通的文本语言编程，至少应该以文档的方

式把问题需求记录下来。但是 LabVIEW 程序员在这一步有一个更方便的设计方法——直接在 VI 的前面板上定义程序的输入/输出：程序需要两个输入值(a, b)，用 Numeric control 代表，一个输出(x)用 indicator 代表。输入要求是正整数，可以把 Numeric control 的数据类型设置为 U32，并在这个控件的属性中设置最小值为 1。再为 VI 和它的每个控件添加上帮助信息，这样 VI 的前面板就可以为用户提供一个详细的 VI 功能描述及接口定义了。

第二，设计解决问题的算法。一个问题通常不会只有一种解决方法（算法），如求最大公约数问题，可以采用穷举算法，把 1 到 a 之间所有的整数都试一遍，然后找到那个最大的公约数；也可以使用 g.c.d.算法。多数情况下这一步骤和具体的语言环境无关，如最大公约数问题不论采用哪种语言编写，g.c.d.算法的效率都高于穷举法。但是某些时候可能要考虑 G 语言不同于文本语言的特性，在 G 语言下使用不同于其他语言的算法，如要遍历一棵树，可以使用递归的算法，也可以使用循环的算法。在 C 语言下，一般会选择递归的算法，因为递归算法的思维方式更自然，更容易掌握，实现起来也比较方便；但是在 G 语言下，递归的实现并不那么容易，效率也比较低，因此在 G 语言下，选择循环的算法更加适合。

对于求最大公约数问题，g.c.d.算法的运算过程如下。

Step1: If (a mod b == 0) goto Step3; else goto Step2;

Step2: (a, b) = (b, a mod b); goto Step1;

Step3: x=a; return;

第三，在 LabVIEW 下实现设计好的算法。G 语言之所以被称为图形化的编程语言，并不仅是因为它的程序有图形化的界面（前面板），最本质的原因是它的代码也是通过画图的方式来编写的（程序框图）。在本例中，可以使用 while 循环，a 和 b 分别用循环中的两对移位寄存器表示。在循环体内首先判断 a 是否被 b 整除，如果是，结束循环；否则把 b 和 a mod b 赋给两个移位寄存器，进入下一次循环。

图形化编程语言是数据流驱动（以后再解释）的，与一般文本编程语言的过程驱动机制有很大差别，因而在程序设计的思路上也与文本编程语言有所区别。尤其是有过文本编程经验的程序员在开始使用 LabVIEW 时，会感觉 LabVIEW 缺失了很多文本语言常用的功能，如使用局部变量、跳出循环等，因而 LabVIEW 用起来不是太方便。另外，LabVIEW 编写出来的代码连线乱七八糟，会造成程序阅读和维护的困难。但是这些问题其实不能算是 LabVIEW 本身的问题，主要是由于编程者还没有掌握 G 语言的编程思想造成的。

LabVIEW 虽然不能覆盖所有文本语言的优点，但它具有自己的特色。而且在编写与工业领域设计、测量、控制等相关的程序或系统时，其开发效率大大高于其他语言。

在 LabVIEW 中可以为代码添加图文并茂的注释，再加上人类对图形的识别速度远远超过对文本的分析速度，因此一个优秀程序员编写的 G 语言代码的可读性要高过文本语言一个层次。

1.3　虚拟仪器

LabVIEW 将软件和各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起，建立虚拟仪器（Virtual Instrument）系统，以形成用户自定义的解决方案。虚拟仪器是基于计算机的仪器。计算机和仪器的密切结合是目前仪器发展的一个重要方向。粗略地说，这种结合有两种方