

清华大学精品课程建设项目

LabVIEW7.1编程与虚拟仪器设计

侯国屏 王 琿 叶齐鑫 编著
赵 伟 吴 静 审校

清华大学出版社

内 容 简 介

本书以 LabVIEW7.1 为基础, 介绍 LabVIEW 程序设计的基本内容和虚拟仪器设计的若干问题。

全书 20 章, 第 1 章到第 11 章介绍 LabVIEW 语言的基本内容和编程方法, 内容包括虚拟仪器及 LabVIEW 基础、VI 编辑与调试技术、程序结构、数组、簇和波形、图形显示、Express VI、字符串和文件 I/O、数据采集、信号分析、动态程序控制和仪器控制。第 12 章到第 20 章是一些虚拟仪器设计应用的实例, 包括扫频仪、元件伏安特性的测量、交流参数测量、频率测量、录波仪、参数辨识、网络应用、仪器控制应用和声卡在数据采集中的应用等。书中给出了多个难易程度不同, 可用于教学的虚拟仪器设计方案。

本书可作为大专院校虚拟仪器及相关课程的教材或教学参考书, 也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计/侯国屏, 王琬, 叶齐鑫编著. —北京: 清华大学出版社, 2005.2
ISBN 7-302-10248-1

I. L… II. ①侯… ②王… ③叶… III. 软件工具, LabVIEW7.1—程序设计 IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 141301 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 陈国新

文稿编辑: 马幸兆

版式设计: 肖 米

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 28 字数: 658 千字

版 次: 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10248-1/TP·6984

印 数: 1~3000

定 价: 39.80 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

前

言

虚拟仪器技术是基于计算机的仪器及测量技术。与传统仪器技术不同,虚拟仪器技术指在包含数据采集设备的通用计算机平台上,根据需求可以高效率地构建起形形色色的测量系统。对大多数用户而言,主要的工作变成了软件设计。虚拟仪器技术突破了传统仪器的局限,可以将许多信号处理的方法方便地应用于测量中,并且为自动测量和网络化测量创造条件。早期的虚拟仪器技术主要用于军事、航空、航天等领域和科研院所,现在已经越来越多地出现在工厂及其他民用场合。

美国国家仪器公司(National InstrumentsTM, NI)多年来在虚拟仪器技术的标准制定、软硬件研发方面坚持不懈地努力使它成为业界公认的权威。LabVIEW 是 NI 公司提供的虚拟仪器开发平台。与大多数程序语言不同,LabVIEW 是一个图形化的编程环境,编程的过程不是写代码,而是画“流程图”。LabVIEW 的使用者是各个领域的工程技术人员,而非计算机专业人员。LabVIEW 力求使用户从烦琐的程序设计中解放出来,而将注意力集中在测量等物理问题本身。经过近 20 年的不断改进,目前 LabVIEW 已拥有众多用户,成为数据采集和仪器控制的首选程序设计语言。1995 年我们开始接触 NI 公司的产品,2000 年建成了一个用于教学的虚拟仪器实验室。在该实验室中,使用自己开发的虚拟仪器开设了几个实验,并融入电路实验课程,而后又转向为全校的本科生和研究生开设虚拟仪器设计课程。这些课程被定位为设计型的实验课程,其典型的课程安排是 32 学时,其中 1/3 学时用于介绍 LabVIEW 语言的基本内容;2/3 学时是在教师的指导下,学生完成一个虚拟仪器设计的题目,题目可以在教师列出的清单内选择,也可以做教师认可的自带题目。课外时间,实验室向选课学生半开放。学生的选题必须是一个含数据采集的测量题目,一般不允许做仿真题目。本书大体上就是在这些教学实践的基础上完成的。

虚拟仪器技术为教学双方都提供了很好的舞台。其内容新,反映了当前测量技术的发展方向;涉及面广,包括数学、物理、电工电子技术、计算机软硬件、信号处理及相关专业的测试技术。它要求学生在理论与实际结合的基础上解决一两个测量问题,同时为学生的创造性学习提供充分的空间。该课程的难点在于,根据学生的实际情况、实验室的设备条件及课时的限制,确定恰当的设计选题。这些教学选题应当有别于实际工程题目,功能相对简单,包含一定的算法及信号处理内容。

考虑到学生在此之前已经学习过软件编程的有关课程,课上只花较少的时间介绍 LabVIEW 的入门知识,本书中大部分有关 LabVIEW 的内容要求学生在使用中自学。该课程的重点不是程序设计,学生不应当在编程上



投入过多的时间,而应该更多地思考测量问题本身,考虑如何确立一个合理的设计方案,进而安排算法,配置参数,确定实验步骤,编程,调试并得到验证,最后提交程序和实验报告。我们力求给学生一个宽松的环境,希望他们经过努力,在各自的基础上前进一步。

虚拟仪器和 LabVIEW 为各个学科的测量问题提供了一个大致相同的软、硬件平台,这使得我们有可能面对众多专业的学生开设一门共同的课程,为他们各自的课题指出一个基本通用的解决问题的思路。众多专业的学生坐在一起讨论问题是很意思的。许多学生在这门课程中第一次体会到数字信号处理的重要性。

本书的定位是教材或教学参考书,主要反映 LabVIEW 的基本内容和笔者的一些教学经验。考虑到读者自学的需要,书中第 1~11 章对 LabVIEW 的基本内容做了详细介绍,而第 12~20 章则反映我们在课程设计中涉及的内容。

本书由侯国屏主编。侯国屏编写了第 9, 13~16 和 19~20 章;王坤编写了第 1~5, 10~11 和 18 章;叶齐鑫编写了第 6~8, 12 和 17 章;在三位作者互校的基础上吴静对全书内容进行了仔细的校对。赵伟教授审阅了第 12~20 章的书稿,并提出了许多中肯的修改意见。

感谢赵伟教授对本书编写工作的支持和帮助,作为学术带头人,多年来他和他的学生为虚拟仪器实验室的建设和相关教学及研究工作的开展做出了重要的贡献。

感谢本研究室的黄松岭老师的热情帮助。感谢本室在读的或已毕业的崔伟、张小牛、石晶、付先学、石秋兰、黄明俊、刘灿涛及祝中山等同学。

感谢中科泛华测控技术有限公司及总经理左毅、资深工程师赵榭,在与他们多年的合作中获益匪浅。

最后,特别感谢 NI 中国有限公司对本书编写工作的支持,高校市场部陈庆全经理热情地帮助我们解决了许多具体问题。

书中有关虚拟仪器设计部分的程序源代码的所有权归作者所有,仅供教学免费使用。除第 18, 19 两章外,可到清华大学出版社网站下载。网址是: www.thebook.com.cn。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

读者如需与作者联系,可发电子邮件至: houg@263.net。

作 者

2004 年 8 月于清华园

目 录

第 1 章 虚拟仪器及 LabVIEW 基础 1

1.1 虚拟仪器概述 1

1.2 LabVIEW 简介 2

1.3 启动 LabVIEW 2

1.4 LabVIEW 程序的基本构成 4

1.4.1 前面板和框图 4

1.4.2 前面板和框图工具条 6

1.4.3 图标和连接器窗格 9

1.5 LabVIEW 的模板 9

1.5.1 工具模板 9

1.5.2 控件模板 11

1.5.3 函数模板 12

1.5.4 Controls 和 Functions 模板操作 12

1.6 LabVIEW 文档和帮助 14

1.7 创建一个 VI 18

1.8 子 VI 21

1.8.1 创建和编辑图标 21

1.8.2 定义连接器 23

1.8.3 创建子 VI 举例 24

1.9 数据流编程 26

1.10 简单数据类型和操作 26

1.10.1 数值数据类型 27

1.10.2 布尔数据类型 31

第 2 章 VI 编辑和调试技术 34

2.1 VI 编辑技术 34

2.1.1 创建前面板和框图对象 34

2.1.2 选择对象 37

2.1.3 拖动功能 38

2.1.4 移动对象 38

2.1.5 堆叠和重排序对象 38

2.1.6 对齐和分布对象 40

2.1.7 复制和删除对象 40

R3559/19

2.1.8 给对象加标签	40
2.1.9 改变文本字体	43
2.1.10 改变对象大小	45
2.1.11 改变对象颜色	46
2.1.12 建立和编辑连线	49
2.1.13 其他编辑技术	54
2.2 VI 调试技术	54
第3章 程序结构	56
3.1 循环结构	56
3.1.1 While 循环	56
3.1.2 For 循环	58
3.1.3 循环结构内外的数据交换与自动索引	60
3.1.4 移位寄存器和反馈节点	64
3.2 分支结构	67
3.3 顺序结构	71
3.3.1 堆叠的顺序结构	71
3.3.2 平铺的顺序结构	74
3.4 公式节点	75
3.5 事件结构	79
3.6 局部变量和全局变量	86
3.6.1 局部变量	86
3.6.2 全局变量	87
3.6.3 慎用局部变量和全局变量	88
3.7 定时循环	89
3.8 菜单	91
3.8.1 使用菜单编辑器建立菜单	92
3.8.2 在框图中响应菜单操作	94
第4章 数组、簇和波形	100
4.1 数组	100
4.1.1 数组的创建	100
4.1.2 数组操作函数	105
4.2 簇	112
4.2.1 簇的创建	112
4.2.2 簇的操作函数	115
4.2.3 error in 和 error out 簇	118
4.3 波形	120



4.3.1 波形的创建	120
4.3.2 波形操作函数	122
第 5 章 图形控件和图形数据显示	126
5.1 波形 Graph	126
5.1.1 波形 Graph 的数据格式	127
5.1.2 设定波形 Graph 的属性	129
5.2 XY Graph	133
5.3 波形 Chart	135
5.4 亮度 Chart 和 Graph	136
5.5 三维图形控件	140
第 6 章 Express VI	143
6.1 认识 Express VI	143
6.2 动态数据类型	146
6.3 Express VI 中的信号合并与分离	148
6.4 Express VI 列表简介	149
第 7 章 字符串和文件 I/O	153
7.1 字符串	153
7.1.1 字符串控件	153
7.1.2 字符串的显示方式	156
7.1.3 字符串函数	157
7.1.4 字符串程序实例	158
7.2 文件 I/O	161
7.2.1 概述	161
7.2.2 文件 I/O 函数简介	162
7.2.3 文本文件的使用	167
7.2.4 二进制文件的使用	170
7.2.5 数据记录文件的使用	172
7.2.6 其他文件类型简介	173
第 8 章 数据采集	178
8.1 数据采集基础	178
8.1.1 数据采集系统的构成	178
8.1.2 信号调理	180
8.1.3 测量系统的连接方式	180
8.1.4 采样定理的应用	184



8.1.5	数据采集卡及其设置与测试	186
8.1.6	多通道的采样方式	187
8.2	模拟输入	189
8.2.1	模拟输入的相关参数	189
8.2.2	模入 VI 的组织与简介	190
8.2.3	DAQ 单点模入	194
8.2.4	DAQ 波形模入	195
8.2.5	DAQ 连续模入	196
8.2.6	使用 DAQmx 和 DAQ Assistant 模入	199
8.3	模拟输出	205
8.3.1	模拟输出的相关参数	205
8.3.2	模出 VI 的组织与简介	206
8.3.3	DAQ 单点模出	207
8.3.4	DAQ 波形模出	208
8.3.5	DAQ 连续模出	209
8.3.6	周期信号的连续模出	210
8.3.7	DAQmx 模出的使用	212
8.4	触发采集	214
8.4.1	触发原理	214
8.4.2	数字边沿触发	215
8.4.3	模拟边沿触发	216
8.4.4	模拟窗口触发	217
8.4.5	软件触发	218
8.5	模入、模出的并行安排	219
第 9 章	信号分析与处理	223
9.1	概述	223
9.2	LabVIEW 中的分析工具	224
9.3	应用举例	227
9.3.1	信号发生	227
9.3.2	频域分析	229
9.3.3	数字滤波	235
9.3.4	时域分析	237
9.3.5	曲线拟合	239
第 10 章	动态程序控制	241
10.1	控制器和指示器的属性	241
10.1.1	控件通用属性	242

10.1.2	其他控件属性举例	245
10.2	控制器和指示器的方法	246
10.3	VI Server 和动态程序控制	247
10.3.1	获取对象的 reference	248
10.3.2	属性节点和调用节点的一般用法	250
10.3.3	动态调用 VI	256
第 11 章	仪器控制	259
11.1	GPIB 总线标准	259
11.1.1	GPIB 总线的诞生和发展历程	259
11.1.2	GPIB 总线的结构和工作方式	260
11.1.3	GPIB 数据传输的层次结构	261
11.2	VXI 和 PXI 总线系统简介	262
11.3	仪器控制软件结构	263
11.3.1	可编程仪器标准命令	263
11.3.2	虚拟仪器软件架构	264
11.3.3	仪器驱动程序	265
11.4	使用 LabVIEW 编写仪器控制程序	266
11.4.1	配置仪器和接口资源	266
11.4.2	使用 VISA 函数编写仪器控制程序	269
11.4.3	仪器 I/O 助手	273
第 12 章	网络频率特性的测量	282
12.1	概述	282
12.2	扫频仪 (多步法)	283
12.2.1	原理与算法	283
12.2.2	程序前面板	283
12.2.3	程序框图	284
12.2.4	替代方案	287
12.3	使用正弦波组合的单步法	290
12.3.1	原理与算法	290
12.3.2	程序说明	292
12.4	使用 Chirp 信号的单步法	294
12.4.1	Chirp 信号简介	294
12.4.2	方案 1	296
12.4.3	方案 2	299
12.4.4	方案 3	300
12.5	使用随机信号的单步法	302



12.5.1	原理与算法	302
12.5.2	程序说明	304
12.5.3	实验数据处理	306
12.6	小结	309
第 13 章	元件伏安特性的测量	312
13.1	概述	312
13.2	二极管正向伏安特性的测量	312
13.2.1	原理与算法	312
13.2.2	电压扫描法程序	313
13.2.3	Monte-Carlo 法程序	314
13.3	三极管特性的测量	316
13.3.1	原理与算法	316
13.3.2	电压扫描法程序	317
13.3.3	Monte-Carlo 法程序	319
13.4	音频铁磁材料磁滞回线的测量	320
13.4.1	概述	320
13.4.2	程序与算法	321
13.4.3	讨论和小结	324
第 14 章	交流电路参数的测量	325
14.1	概述	325
14.2	双路正弦信号源	326
14.2.1	方案 1 的程序及说明	326
14.2.2	方案 2 的程序及说明	328
14.2.3	运行模式	329
14.3	补偿测量法方案	330
14.4	影响测量精度的因素 (1)	331
14.4.1	通道间的延时	332
14.4.2	采样率和样本数	333
14.4.3	噪声	334
14.4.4	非整周期采样	335
14.5	RCL 串联电路的测量	337
14.6	影响测量精度的因素 (2)	338
14.7	小结与讨论	339
第 15 章	频率测量	340
15.1	概述	340

15.2	时域方法	340
15.2.1	多周期的平均计数方法	340
15.2.2	线性插值法	342
15.2.3	三点法	344
15.3	频域方法	346
15.3.1	概述	346
15.3.2	能量矩平衡法	347
15.3.3	比例法	351
15.3.4	多项式逼近法	353
15.3.5	关于 Extract Single Tone Information 函数	355
15.4	使用计数器的频率测量	356
15.5	频率跟踪	358
15.6	小结	360
第 16 章	录波仪：波形的采集与存储	361
16.1	概述	361
16.2	连续采集方案	361
16.2.1	连续采集与存储	361
16.2.2	连续采集与索引存储	363
16.2.3	数据检索与回放	366
16.3	触发采集与存储：电路中的过渡过程	367
第 17 章	参数辨识与软测量	370
17.1	概述	370
17.2	从频率特性出发来辨识参数	372
17.2.1	原理与算法	372
17.2.2	基于频率特性进行参数辨识的两种思路	373
17.2.3	程序介绍	373
17.2.4	实验结果分析	376
17.2.5	小结与讨论	377
17.3	利用阶跃响应面积法辨识参数	377
17.3.1	原理与算法	377
17.3.2	求解元件参数的思路	378
17.3.3	程序前面板	378
17.3.4	程序框图	379
17.3.5	小结与讨论	383
17.4	利用递推最小二乘法辨识参数	383
17.4.1	原理与算法	383



17.4.2	程序设计总体思路	386
17.4.3	程序说明	386
17.4.4	实验结果	388
17.4.5	小结与讨论	389
17.5	小结	389
第 18 章	仪器控制应用实例	390
18.1	示波器控制程序主界面	390
18.2	控制程序组织结构	392
18.3	初始化代码	393
18.4	用户界面操作响应	398
18.4.1	用户操作响应程序结构	398
18.4.2	用户操作响应中用到的子 VI	399
18.4.3	操作响应典型代码示例	403
18.5	控制程序退出代码	405
第 19 章	网络应用	407
19.1	LabVIEW 中的网络通信功能	407
19.1.1	TCP 通信	407
19.1.2	浏览器方式	408
19.1.3	RDA 方式	410
19.1.4	DataSocket 技术	410
19.2	用 DataSocket 实现采集卡共享程序的例子	413
19.2.1	背景	413
19.2.2	方案 1	414
19.2.3	方案 2	415
第 20 章	基于声卡的数据采集	419
20.1	从数据采集的角度认识声卡	419
20.1.1	声卡的作用	419
20.1.2	声卡的硬件结构	419
20.1.3	声卡的主要技术参数	420
20.1.4	声卡频率范围与频率响应	421
20.1.5	声卡用于数据采集时的一些设置	422
20.2	LabVIEW 中有关声卡的函数简介	423
20.3	应用程序举例	424
20.3.1	示波器	424
20.3.2	信号发生器	426

附录 A LabVIEW System Identification Toolkit 简介	428
附录 B 数据拟合的最小二乘法	429
参考文献	431

虚拟仪器及 LabVIEW 基础

1.1 虚拟仪器概述

虚拟仪器的起源可以追溯到 20 世纪 70 年代,那时计算机测控系统在国防、航天等领域已经有了相当的发展。PC 机的出现使仪器的计算机化成为可能。在仪器计算机化领域中,NI 公司走在了前列,甚至在 Microsoft 公司的 Windows 诞生之前,NI 公司已经在 Macintosh 计算机上推出了 LabVIEW 2.0 以前的版本。对虚拟仪器和 LabVIEW 长期的、系统的和有效的研究开发使得 NI 公司成为业界公认的权威。

虚拟仪器(virtual instrument)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,这种结合有两种方式。一种方式是将计算机装入仪器,其典型的例子就是所谓智能化的仪器。随着计算机功能的日益强大以及其体积的日趋缩小,这类仪器的功能也越来越强大,目前已经出现含有嵌入式系统的仪器。另一种方式是将仪器装入计算机,以通用的计算机硬件及操作系统为依托,实现各种仪器功能。虚拟仪器主要是指这种方式。图 1-1 反映了常见的虚拟仪器组建方案。

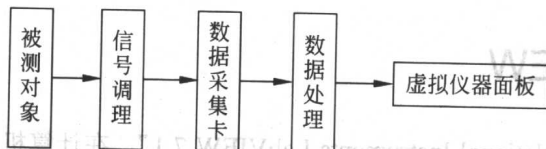


图 1-1 常见的虚拟仪器组建方案

虚拟仪器的主要特点有:

- (1) 尽可能采用通用的硬件,各种仪器的差异主要是软件。
- (2) 可充分发挥计算机的能力,有强大的数据处理功能,可以创造出功能强大的仪器。
- (3) 用户可以根据自己的需要定义和制造各种仪器。

虚拟仪器实际上是一个按照仪器需求组织的数据采集系统,其研究中涉及的基础理论主要是数据采集和数字信号处理。目前在这一领域内,使用较为广泛的计算机语言和开发环境是美国 NI 公司的 LabVIEW。

普通的 PC 机有一些不可避免的弱点,用它构建的虚拟仪器或计算机测试系统性能不可能太高。为了提高虚拟仪器和基于计算机的测试系统的性能, VXI 标准被制定并且被作为计算机化仪器的一个重要发展方向。VXI 仪器是一种插卡式的仪器。每一种仪器是一个插卡,这些卡式仪器本身都没有面板,其面板仍然通过虚拟的方式在计算机屏幕上出现。这些卡插入标准的 VXI 机箱,再与计算机相连,就组成了一个测试系统。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。

虚拟仪器研究的另一个问题是各种标准仪器的互连及与计算机的连接,也可以称为仪器控制。目前使用较多的是 IEEE 488,即 GPIB 协议。未来的仪器也应当是网络化的。

1.2 LabVIEW 简介

LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench) 是一种图形化的编程语言和开发环境,它广泛地被工业界、学术界和研究实验室所接受,被公认为是标准的数据采集和仪器控制软件。LabVIEW 不仅提供了与遵从 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,还内置了支持 TCP/IP, ActiveX 等软件标准的库函数,而且其图形化的编程界面使编程过程变得生动有趣。LabVIEW 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。

以 LabVIEW 为代表的图形化程序语言,又称为“G”语言。使用这种语言编程时,基本上不需要编写程序代码,而是“绘制”程序流程图。LabVIEW 尽可能利用工程技术人员所熟悉的术语、图标和概念,因而它是一种面向最终用户的开发工具,可以增强工程人员构建自己的科学和工程系统的能力,可为实现仪器编程和数据采集系统提供便捷途径。

利用 LabVIEW,可产生独立运行的可执行文件。LabVIEW 是真正的 32 位编译器。像其他软件一样,LabVIEW 提供了 Windows, UNIX, Linux 和 Macintosh 等多种版本。目前,LabVIEW 的最新版本是 LabVIEW 7.1,本书所介绍的内容正是基于该版本。

1.3 启动 LabVIEW

从开始菜单中运行“National Instruments LabVIEW 7.1”,在计算机屏幕上将出现如图 1-2 所示的欢迎窗口。

单击 Continue 按钮之后进入如图 1-3 所示的 LabVIEW 对话框,在这个对话框中可以直接访问某些 LabVIEW 资源和工具,而不需要打开程序窗口。

在 LabVIEW 对话框中单击 New...按钮,将弹出如图 1-4 所示的 New 对话框。

在 New 对话框左边的 Create new: 中,树形控件用于选择新建文档类型。其中,Blank VI 用于建立一个新程序;VI from Template 按类型列出 LabVIEW 系统提供的程序模板,用户可以以这些模板为基础,建立自己的程序;Other Document Types 列出其他文档类型,比如全局变量、自定义控件、运行时菜单等。当选定某一个模板 VI 时,Front panel preview 和 Block diagram preview 子窗口给出其前面板和框图预览。Description 子窗口给出所选文档类型的简单描述。选中适当的文档类型后,单击 OK 按钮,将打开对应的新文档窗口。

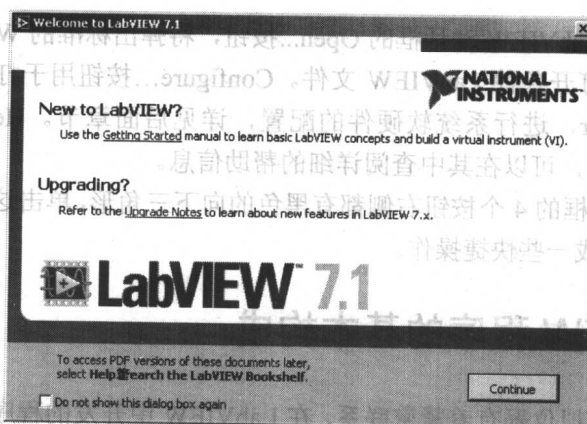


图 1-2 LabVIEW 欢迎窗口

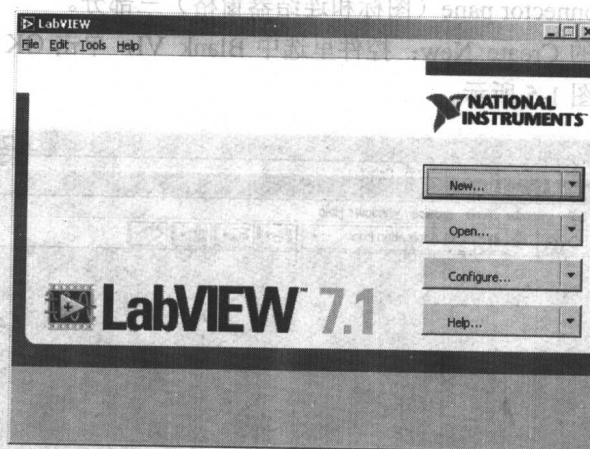


图 1-3 LabVIEW 对话框

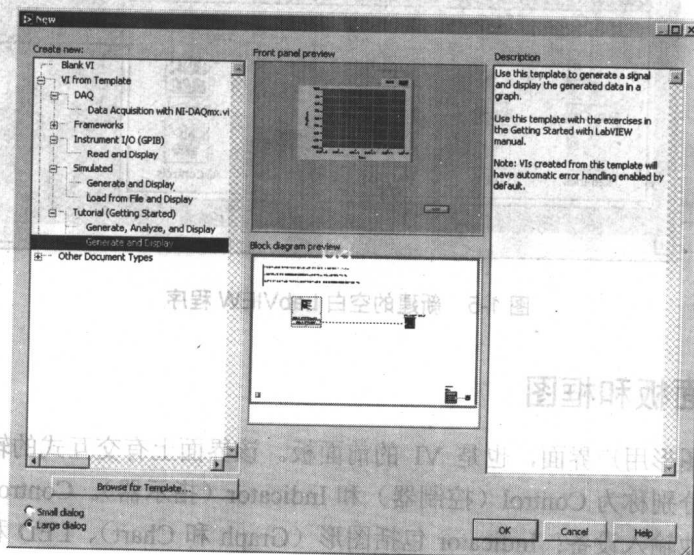


图 1-4 New 对话框