

内 附

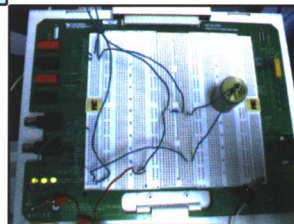
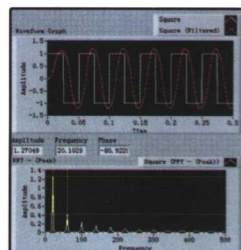
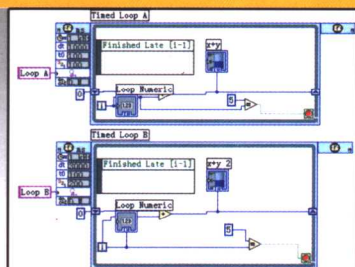


LabVIEW 7 Express
测试版及本书例程

LabVIEW 7.1

测试技术与仪器应用

邓焱 王磊 等编著



机械工业出版社
China Machine Press



LabVIEW 7.1 测试技术与仪器应用

邓焱 王磊 等编著



机械工业出版社

本书以测试技术与仪器专业应用为背景,介绍虚拟仪器软件平台 LabVIEW 7.1 及其实现测试技术及仪器应用的方法。

全书包括两部分:第一部分为 LabVIEW 7.1 编程基础,介绍 LabVIEW 7.1 编程的基础知识;第二部分为测试技术与仪器应用,从测试技术与仪器的基本概念和方法入手,详细介绍 LabVIEW 7.1 中测试技术和仪器领域常用的虚拟仪器模块的使用方法和应用实例。本书光盘中附带了 LabVIEW Express 7 测试版软件,以及书中所举例子的绝大部分例程,以方便读者学习使用。

本书可作为高等院校测试技术与仪器相关专业的教材或教学参考书,也可供相关专业的工程技术人员和软件工程师参考。

图书在版编目(CIP)数据

LabVIEW 7.1 测试技术与仪器应用/邓焱等编著.

-北京:机械工业出版社,2004.7

ISBN 7-111-15000-7

I.L… II.邓… III.软件工具,LabVIEW 7.1-程序设计
IV.TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 075934 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:朱英彪 责任编辑:王金航 版式设计:谭奕丽

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·22.25 印张·516 千字

0001-5000 册

定价:38.00 元(含 1CD)

凡购本图书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

测试技术和仪器是工程科学领域中应用非常广泛的专业知识，也是高等院校中机械、自动化或信息技术相关专业学生必学的课程。虚拟仪器以及 LabVIEW 是近年来在国内迅速推广的一种测试仪器和系统的概念及相关软件，LabVIEW 正在成为国内外测试技术和仪器科学中的通用编程语言。笔者在多年的研究和教学中应用虚拟仪器以及 LabVIEW，深感有必要将 LabVIEW 介绍给更多的读者，因此，结合自身经验和体会编写此书，希望更多的工程人员利用 LabVIEW 来提高工作效率。

本书第 1 篇介绍 LabVIEW 的最新版本 LabVIEW 7.1 的编程基础知识，已有 LabVIEW 使用经验的读者可以直接阅读第 2 篇，第 2 篇结合测试技术和仪器的专业知识介绍在 LabVIEW 中实现测试和测试系统的方法。全书各章的主要内容如下：

- 第 1 章介绍 LabVIEW 的基本概念，重点介绍 LabVIEW 7.1 的编程环境。
 - 第 2 章介绍 LabVIEW 前面板的设计方法。
 - 第 3 章讲述 LabVIEW 编辑程序代码的思路和方法。
 - 第 4 章介绍 LabVIEW 数据类型的概念、创建方法、相关 VI 的使用方法和技巧。
 - 第 5 章介绍 LabVIEW 程序流程控制方法。
 - 第 6 章介绍 LabVIEW 数据表达的方法。
 - 第 7 章介绍 LabVIEW 中文件输入/输出操作的方法。
 - 第 8 章介绍现代测试系统设计尤其是虚拟仪器的基本知识。
 - 第 9 章介绍 LabVIEW 中的信号发生器，并归纳实现信号分析和处理功能的 VI。
 - 第 10 章介绍 LabVIEW 中实现测试信号时域处理的方法。
 - 第 11 章介绍测试信号的频域分析处理方法及其在 LabVIEW 中的实现。
 - 第 12 章介绍测试系统的信号调理和数据采集的知识以及 LabVIEW 实现数据采集的方法。
 - 第 13 章阐述 LabVIEW 支持的各类总线的应用。
 - 第 14 章介绍远程测控的几种方法。
 - 第 15 章演示基于 LabVIEW 的典型虚拟测试系统。
- 本书参考了大量的相关专业教材和参考资料，并基于笔者多年测试技术和仪器专业领域的研究和教学经验编写而成，充分考虑了高校学生和中等水平测试专业读者的特点，本书有以下几个主要特点：

- 深入浅出，力求具有测试技术和仪器入门知识的读者也能够很快掌握 LabVIEW 7.1 的基本编程方法，并且针对自身设计的不同测试任务快速设计出自己“量身定制”的测试仪器或系统。
- 针对笔者教学过程中常常听到同学抱怨不知从哪里找到需要的函数模块，书中提

供大量的表格详细列出相关的函数模块及应用功能，希望读者能够充分利用这些表格。

- 本书第 2 篇对相关测试技术和仪器的知识有详细的阐述，因此，本书也不失为测试技术与仪器的专业参考书。
- 另外，本书用大量的应用实例 VI 说明 LabVIEW 的使用，这些例子在附录索引中列出并可以在本书所附的光盘中找到。

本书是集体工作的成果，其中：第 1~7 章由王磊编写，第 8~12 章以及第 15 章由邓焱编写，第 13、14 章由傅琦编写，李鹏、赵志刚、吴艳华、陈松勇、张万利、乔陶鹏、许武、张平祖、何川、李小武、邓霆、薛雯参加了部分章节和例程的编写及校对工作。本书由邓焱和王磊担任主编。全书由邓焱统稿。

感谢清华大学精密仪器与机械学系严普强、杨毅华、毛乐山、吴正毅等多位老师指导和大力支持笔者学习虚拟仪器技术及 LabVIEW 软件，并将该技术和软件用于测试技术与仪器相关课程的教学；同时也感谢清华大学精密仪器与机械学系历届学习该课程的学生们的积极参与，书中的应用例子都经过了他们的使用和检验。

感谢美国国家仪器公司中国公司提供虚拟仪器教学软件和硬件用于编者的测试仪器及技术教学使用，同时提供本书附带光盘中 LabVIEW 7 Express 软件（测试版）的版权，感谢该公司院校市场部陈庆全先生在本书编写过程中提供的支持。

在编写本书过程中，尽管编者竭尽全力，但终因自身能力所限，时间仓促，不能尽如人意，书中的缺点、错误在所难免，敬请各位读者指正，不胜感激！

编 者

目 录

前言

第 1 篇 LabVIEW 7.1 编程基础

第 1 章 LabVIEW 7.1 概述	2
1.1 快速创建一个 VI	2
1.2 图形化编程语言	6
1.3 LabVIEW 的基本概念	7
1.3.1 VI (Virtual Instrument) 的概念	7
1.3.2 节点、端点、图框和连线	8
1.3.3 子 VI 和图标	9
1.3.4 LabVIEW 的操作模板	9
1.3.5 LabVIEW 中的 Express VIs	14
1.3.6 LabVIEW 7.1 的帮助系统	16
1.4 LabVIEW 7 系列的新特性	18
1.4.1 LabVIEW 7 Express 相对 LabVIEW 6.1 的新特征	18
1.4.2 LabVIEW 7.1 相对 LabVIEW 7 Express 的新特征	21
1.5 本章小结	22
第 2 章 前面板设计	23
2.1 前面板对象类型及属性	23
2.1.1 前面板上的数值型控件	23
2.1.2 前面板上的图形型控件	24
2.1.3 前面板上的 Express VIs	27
2.1.4 前面板对象的属性	28
2.2 前面板对象操作	30
2.3 面板设计外观和风格	33
2.3.1 修饰前面板的显示效果	33
2.3.2 前面板对象属性节点的使用	34
2.3.3 程序外观和前面板的风格设计	36
2.4 本章小结	38

第3章 编辑和调试程序代码.....	39
3.1 基本数据类型及其转换.....	39
3.1.1 LabVIEW 中的数据类型.....	39
3.1.2 数据类型间的转换.....	41
3.2 从元素开始——逐步构建完整的应用程序.....	45
3.2.1 构建程序的元素.....	45
3.2.2 创建 LabVIEW 的代码.....	46
3.3 子程序和图标.....	48
3.3.1 创建子程序.....	48
3.3.2 调用子程序.....	51
3.4 使用 Express VI 进行程序设计.....	52
3.5 程序菜单设计.....	55
3.6 数据流驱动和事件驱动.....	56
3.7 程序调试和运行.....	57
3.7.1 单步运行和高亮运行方式.....	59
3.7.2 设置断点和探针.....	61
3.7.3 循环运行方式.....	62
3.8 本章小结.....	63
第4章 数据结构.....	64
4.1 数组.....	64
4.1.1 创建一个数组.....	64
4.1.2 数组函数.....	66
4.2 字符串.....	75
4.2.1 前面板上的字符串控件.....	76
4.2.2 字符串函数.....	76
4.3 簇结构.....	79
4.3.1 创建“簇”.....	80
4.3.2 “簇”函数.....	81
4.4 波形数据.....	84
4.4.1 产生波形数据.....	84
4.4.2 波形数据的处理函数.....	87
4.5 动态数据类型.....	93
4.6 局部变量和全局变量.....	94
4.6.1 新建一个局部变量.....	94
4.6.2 局部变量的使用方法.....	95
4.6.3 新建一个全局变量.....	96
4.6.4 全局变量的使用方法.....	97

4.6.5 在使用局部变量和全局变量时需要注意的问题	98
4.7 本章小结	98
第 5 章 程序流程和结构	99
5.1 循环结构	99
5.1.1 While 循环	99
5.1.2 For 循环	103
5.1.3 定时循环	104
5.2 选择结构	107
5.2.1 创建选择结构	108
5.2.2 设置选择结构	108
5.2.3 使用选择结构编写程序	109
5.3 顺序结构	110
5.3.1 建立顺序结构	111
5.3.2 建立顺序结构的局部变量	111
5.3.3 使用顺序结构编写程序	112
5.3.4 使用平面顺序结构函数 Flat Sequence Structure	112
5.4 事件结构	113
5.5 公式节点	116
5.5.1 创建公式节点	117
5.5.2 公式节点的语法	118
5.6 反馈节点	118
5.7 本章小结	120
第 6 章 数据表达	121
6.1 文本数据表达	121
6.2 指示元件数据表达	122
6.3 二维图形示波	123
6.3.1 Waveform Chart	123
6.3.2 Waveform Graph	129
6.3.3 XY Graph 和 Express XY Graph	131
6.3.4 Digital Waveform Graph	132
6.4 三维图形示波	132
6.4.1 Intensity Chart	133
6.4.2 Intensity Graph	133
6.4.3 3D Surface Graph	133
6.4.4 3D Parametric Graph	134
6.4.5 3D Curve Graph	135

6.5 其他图形的表达与显示	135
6.6 本章小结	138
第7章 文件的输入输出	139
7.1 基本文件类型及输入输出函数	139
7.2 文本文件的输入输出	143
7.2.1 文本文件的输入	143
7.2.2 文本文件的输出	145
7.3 电子表格文件的输入输出	146
7.3.1 电子表格文件的输入	146
7.3.2 电子表格文件的输出	147
7.4 二进制文件的输入和输出	148
7.4.1 二进制文件的输入	148
7.4.2 二进制文件的输出	149
7.4.3 一些复杂的二进制文件的输入和输出	150
7.5 数据记录文件的输入输出	151
7.6 波形文件的输入输出	152
7.7 利用 Express VIs 进行文件的输入和输出操作	153
7.8 本章小结	155

第2篇 测试仪器与技术应用

第8章 现代测试系统和虚拟仪器	158
8.1 现代测试系统设计几个问题	158
8.2 虚拟仪器	163
8.2.1 计算机技术和测试仪器	163
8.2.2 虚拟仪器和 LabVIEW	164
8.3 本章小结	166
第9章 信号基础	167
9.1 测试信号的基本类型、描述及分析处理	167
9.1.1 测试信号的基本类型	167
9.1.2 测试信号的描述	169
9.1.3 测试信号的分析处理	173
9.2 LabVIEW 中的信号来源	174
9.2.1 信号发生器产生仿真信号	174
9.2.2 公式节点产生仿真信号	182
9.2.3 从文件读入和直接采集测试信号	184

9.3 LabVIEW 中的测试信号分析处理函数库简介	184
9.4 本章小结	187
第 10 章 测试信号的时域分析处理	188
10.1 信号特征值处理及 LabVIEW 实现	188
10.1.1 信号的幅值特征值	188
10.1.2 信号的时间特征值	192
10.1.3 信号的相位特征值	193
10.2 信号运算及 LabVIEW 实现	195
10.3 滤波器及 LabVIEW 实现	197
10.3.1 滤波器分类	198
10.3.2 理想滤波器	198
10.3.3 实际滤波器的参数和类型	199
10.3.4 调用数字滤波器子程序的几个问题	204
10.3.5 在 LabVIEW 中应用滤波器	205
10.4 测试信号的相关分析和卷积运算	211
10.4.1 测试信号的相关分析	211
10.4.2 卷积积分	212
10.4.3 在 LabVIEW 中进行相关分析和卷积运算	215
10.4.4 在 LabVIEW 中实现相关滤波	217
10.5 波形修整、越限监测和波形操作	220
10.5.1 波形修整	220
10.5.2 越限监测	223
10.5.3 波形操作	225
10.6 本章小结	226
第 11 章 测试信号的频域分析与处理	227
11.1 离散时间傅里叶变换及其 LabVIEW 实现	227
11.1.1 从连续的 FT 到时频域离散的 DFT	227
11.1.2 数字信号处理中存在的误差及其解决办法	229
11.1.3 DFT 的快速计算工具 FFT	231
11.1.4 LabVIEW 中利用 FFT 计算 VI	232
11.2 测试信号谱分析及 LabVIEW 实现	233
11.2.1 频谱分析及其 VI	234
11.2.2 功率谱分析及其 VI	241
11.2.3 频率响应函数分析及其 VI	242
11.2.4 相干函数分析及其 LabVIEW 实现	246
11.3 截断加窗及 LabVIEW 中的窗函数 VI	248

11.4	谐波分析及其 LabVIEW 实现	251
11.5	LabVIEW 中其他频域分析处理 VI	255
11.6	本章小结	255
第 12 章	信号调理和数据采集	258
12.1	信号调理及其硬件选用	258
12.2	数据采集及其硬件选择	261
12.2.1	模数转换基本原理	261
12.2.2	模数转换芯片的几种类型及其选用	262
12.2.3	数据采集卡的选用	266
12.3	在 LabVIEW 中实现最简单的数据采集	268
12.3.1	了解 Measurement & Automation Explorer	268
12.3.2	LabVIEW 中的数据采集 VI	270
12.3.3	LabVIEW 中模拟信号输入 VI 应用	275
12.4	外部数据采集卡控制的 LabVIEW 实现	276
12.4.1	在 VC 下编写外部数据采集卡的驱动程序	277
12.4.2	在 LabVIEW 中调用外部数据采集卡的驱动程序	280
12.5	本章小结	282
第 13 章	总线技术	283
13.1	总线技术基本概念及常见总线类型	283
13.1.1	总线的基本概念	283
13.1.2	总线的构成与分类	283
13.1.3	总线的发展及常见类型	284
13.2	LabVIEW 支持的总线	287
13.2.1	PCI 总线	287
13.2.2	GPIB 总线	288
13.2.3	PXI 总线	288
13.2.4	VXI 总线	289
13.2.5	串口总线	289
13.3	正确选用和应用 LabVIEW 支持的总线	290
13.3.1	各类总线比较	290
13.3.2	应用 PCI 总线	291
13.3.3	应用 GPIB 总线	292
13.3.4	应用 PXI 总线	294
13.3.5	应用 VXI 总线	295
13.3.6	应用串口总线	296
13.3.7	VISA	299

13.4 本章小结	301
第 14 章 远程测控	302
14.1 最简单的远程桌面方式	302
14.2 利用 DataSocket 技术实现数据共享	304
14.2.1 DataSocket 的组成	305
14.2.2 DataSocket 子模板	306
14.2.3 DataSocket 应用实例	308
14.3 利用网络协议进行通信	309
14.3.1 TCP 通信	309
14.3.2 UDP 通信	312
14.4 在 Web 上发布程序	315
14.4.1 服务器端的 Web 发布配置	315
14.4.2 客户端的远程测控	317
14.5 本章小结	319
第 15 章 基于 LabVIEW 的测试系统实例	320
15.1 基于 LabVIEW 的桥梁动态测试系统	320
15.1.1 数据采集和分析处理总体设计	320
15.1.2 数据采集和分析处理各环节剖析	321
15.2 基于声卡的测试技术教学系统及其 LabVIEW 编程	325
15.2.1 声卡的基本常识	325
15.2.2 LabVIEW 中的声音输入/输出控件介绍	325
15.2.3 基于声卡的测试技术教学系统的 LabVIEW 实现	326
15.3 基于 LabVIEW 的检波器测试仪	330
15.3.1 检波器测试仪工作原理及系统框图	330
15.3.2 检波器测试仪的硬件组成	331
15.3.3 检波器测试仪的软件实现	332
15.4 本章小结	333
附录	334
参考文献	339

第 1 篇

LabVIEW 7.1 编程基础

C++是面向对象的编程语言，广泛适用于和计算机相关的计算、软件管理和硬件控制；Matlab 是演算纸式的编程语言，适用于科学计算、推导和数据表达。本书将要向大家介绍一种图形化的编程语言——LabVIEW 语言，它适用于测量和控制仪器或系统的组建和控制。

1986 年，美国国家仪器公司（National Instruments, NI）推出了虚拟仪器的概念以及 LabVIEW 语言，直到十年前，国内知道虚拟仪器和 LabVIEW 的人还寥寥无几。就在这十年间，LabVIEW 从 4.0 版本更新至 7.1 版本，而虚拟仪器（Virtual Instrument, VI）和 LabVIEW 在国内拥有了一批使用者和推崇者，在笔者所在的高校中尤其发展起来一批 VI 迷。虚拟仪器技术在中国的推广是很快的，但和国外使用的普遍程度对比，我们对这种技术和软件的优势利用得远远不够。因此，在这里向读者介绍这种虚拟仪器技术和 LabVIEW 语言。

下面是笔者经历的几件小事，相信读者看完会对学习 LabVIEW 语言有所启发。

1999 年，笔者偶然走进比利时根特大学的一个普通公共计算机房，赫然发现每一台计算机中都安装了 LabVIEW 软件，要知道这所大学并不是该国很著名的大学。

2000 年，有朋友介绍过来一位年轻人，要求学习 LabVIEW 语言，原因是他在美国找到了一份工作，而对方要求他在赴美之前必须要掌握 LabVIEW 语言。

2004 年，笔者在美国密执根大学机械系和电子系参观，发现那里的研究生凡是涉及到测试和控制的工作都在使用 LabVIEW 进行编程。

现在，首先看看如何利用 LabVIEW 进行编程。

第 1 章 LabVIEW 7.1 概述

LabVIEW 是美国国家仪器公司 (National Instruments, NI) 推出的一种基于“图形”方式的集成化程序开发环境, 是目前国际上惟一的编译型图形化编程语言。在以 PC 机为基础的测量和工控软件中, LabVIEW 的市场普及率仅次于 C++/C 语言。

LabVIEW 开发环境具有一系列优点, 从流程图式的编程, 不需预先编译就存在语法检测和调试过程使用的数据探针, 到其丰富的函数、数值分析、信号处理和设备驱动等功能, 都为人称道。

LabVIEW 7.1 是迄今为止 NI 公司推出的 LabVIEW 软件的最新版本, 它相对以前的版本, 功能更加强大, 使用更加方便, 编写程序的效率更高。下面就来揭开 LabVIEW 神秘的面纱, 领略它的风采。

1.1 快速创建一个 VI

翻开墨香飘逸的书卷, 或许你已经按捺不住激动的心情, 想要用 LabVIEW 亲手创建一个应用程序——在 LabVIEW 中称之为 VI。那好, 让我们暂时抛开 LabVIEW 中那些琐碎的概念, 先来快速创建一个 VI, 相信在这个过程中你会体会到 LabVIEW 7.1 强大的功能和用它开发应用程序的轻松自如。

首先启动 LabVIEW 7.1, 在启动的初始化界面中选择 New → Blank VI, 创建一个新的 VI。程序初始化界面如图 1-1 所示。

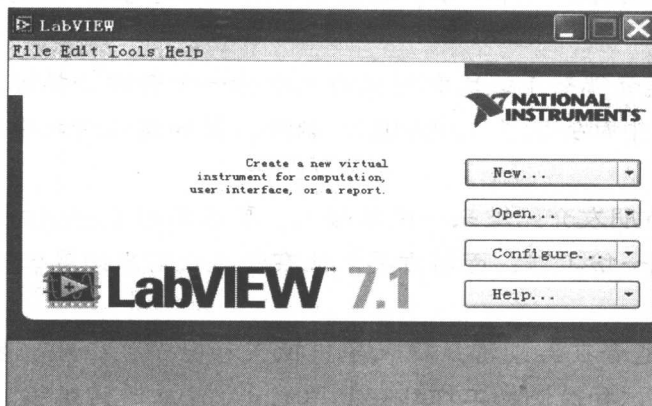


图 1-1 创建新的应用程序

这时展现在我们面前的是 LabVIEW 7.1 的程序设计界面, 即常说的前面板 (应用程序界面) 和后面板 (程序的代码窗口), 如图 1-2 所示。

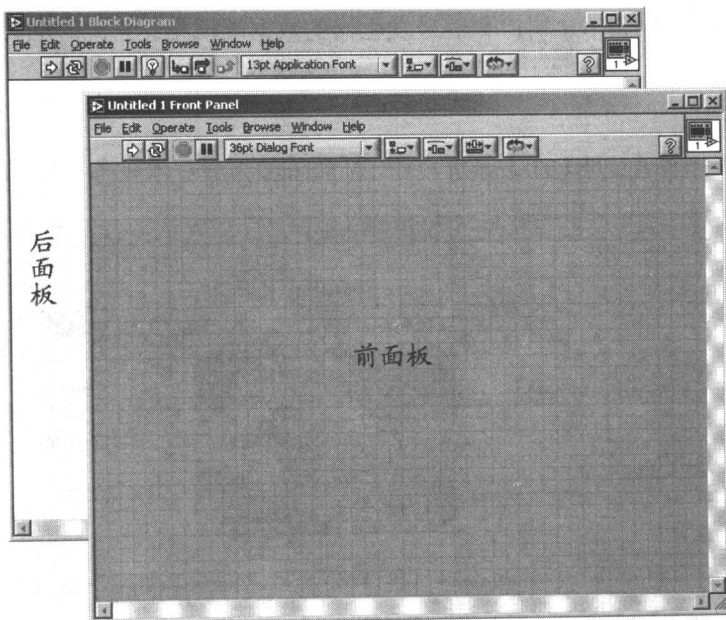


图 1-2 LabVIEW 7.1 程序设计界面

小技巧：

可以通过选择菜单 Window → The Left and Right 将前面板和后面板纵向平铺窗口，这样可以同时显示前面板和后面板；同样，选择 Window → The Up and Down 可以将前面板和后面板横向平铺窗口。

用鼠标单击工具模板顶端的按钮 ，使之处于自动选择状态。如果没有显示工具模板则可以选择菜单 Window → Show Tools Palette，显示工具模板。在控件模板中单击 Graph Indicator 子模板  Control → Graph Indicator，并在其中选择 Waveform Graph ，单击并将其放置在前面板上，此时 Waveform Graph 的标签处于编辑状态，可以修改标签文本，输入“信号发生器”。如果没有控件模板则选择菜单 Window → Show Controls Palette，显示控件模板。

这时，程序的前面板如图 1-3 所示。

下面编写程序的代码部分，用鼠标单击代码窗口 Block Diagram 便可以激活后面板，即通常所说的代码窗口，也可以通过菜单 Window → Show Block Diagram 来激活代码窗口。

如果没有函数模板则通过选择菜单 Window → Show Function Palette 显示函数模板。

在函数模板中单击分析子模板中的信号发生子模板 (All Functions → Analyze → Waveform generation)，从中选择“基本函数发生器” ，并放置在后面板的适当位置。将鼠标移近“基本函数发生器”，直到该函数出现“signal type”数据端口 ，单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择 Create → Control，分别用鼠标右键单击 frequency、amplitude 和 phase 3 个数据端口，并从弹出的快捷菜单中选择 Create → Control。然后将

基本函数发生器的 signal out 端口和信号发生器的数据端口相连。此时的代码窗口如图 1-4 所示。

小技巧：

可以通过快捷键【CTRL+E】在 LabVIEW 的前面板和后面板之间实现快速切换。

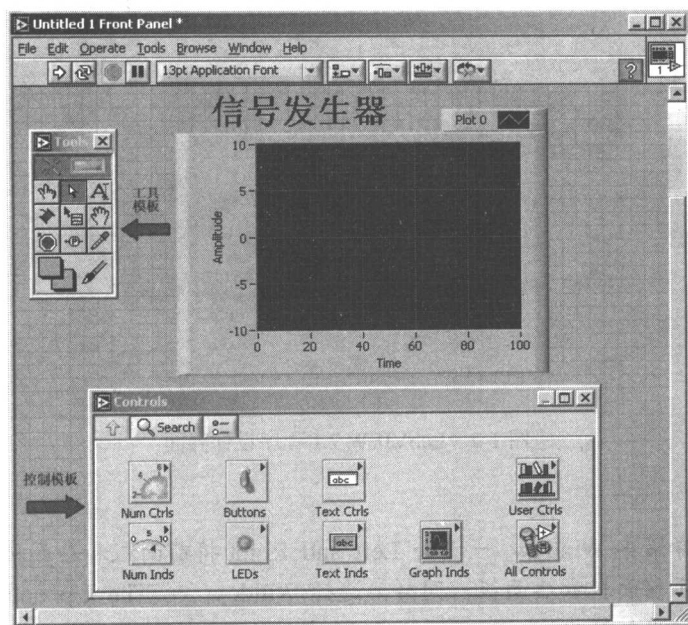


图 1-3 编辑前面板

下面编写程序的结构控制代码，在函数模板上单击结构子模板（All Function → Structures），并选择 While 循环 ，在图 1-4 所示的代码左上角单击，移动鼠标画出矩形框，直到图 1-4 中的所有代码都在矩形框内。其中左下角的  和右下角的  分别表示循环的次数和退出循环的条件，右击 ，从弹出的快捷菜单中选择 Create → Control。这样程序的代码编写部分结束，程序的循环结构代码如图 1-5 所示。

切换到前面板，右键单击停止按钮（STOP），并从弹出的快捷菜单中选择 Visible Items →  Label，以取消按钮标签显示。合理排布前面板上控件的位置，程序的前面板如图 1-6 所示。

一个简单的“信号发生器”程序就这样产生了，下面是程序的运行效果。

单击工具栏图标 ，或者从菜单中选择 Operation → Run，运行程序。当程序运行时，可以从 signal type 中选择信号发生器发出信号的类型，分别从 frequency、amplitude 和 phase 中选择信号的频率、幅值和相位，在信号发生器的观察窗口中可以看到波形相应的变化。单击 STOP 将结束程序的运行。

或许仅从上面的程序，读者已经体会到用 LabVIEW 编写程序是多么快捷和高效了。在下面的章节将系统介绍用 LabVIEW 进行程序设计的方法和技巧。

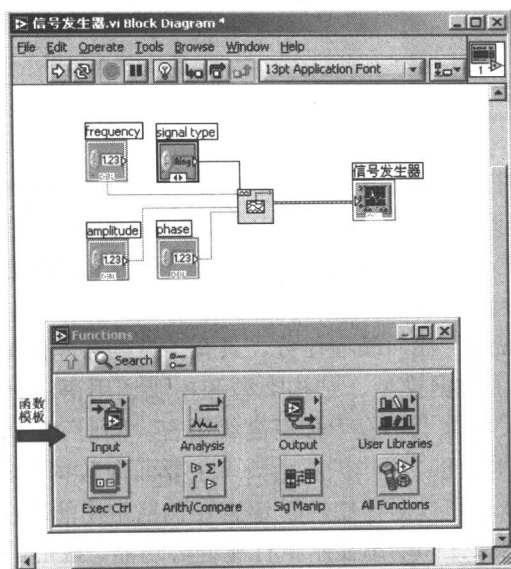


图 1-4 程序的代码窗口

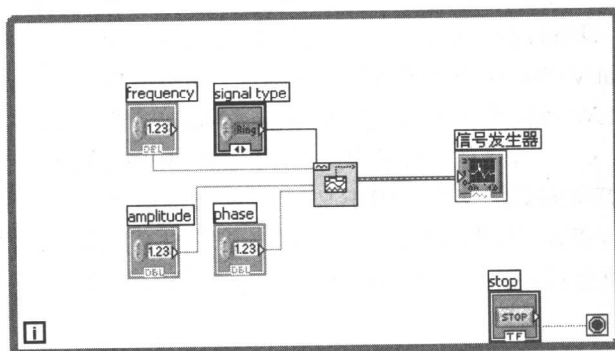


图 1-5 程序循环结构代码窗口

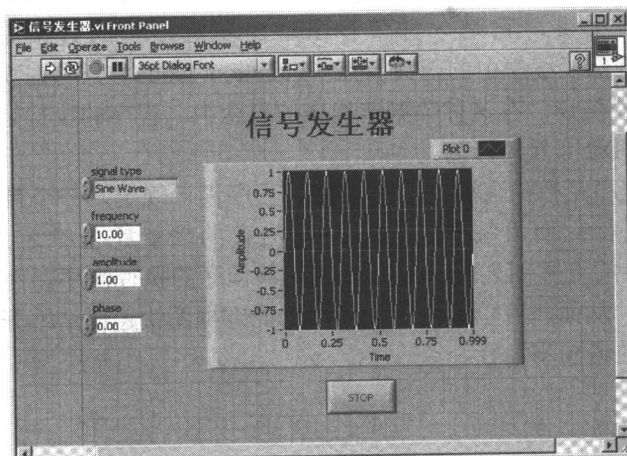


图 1-6 程序前面板