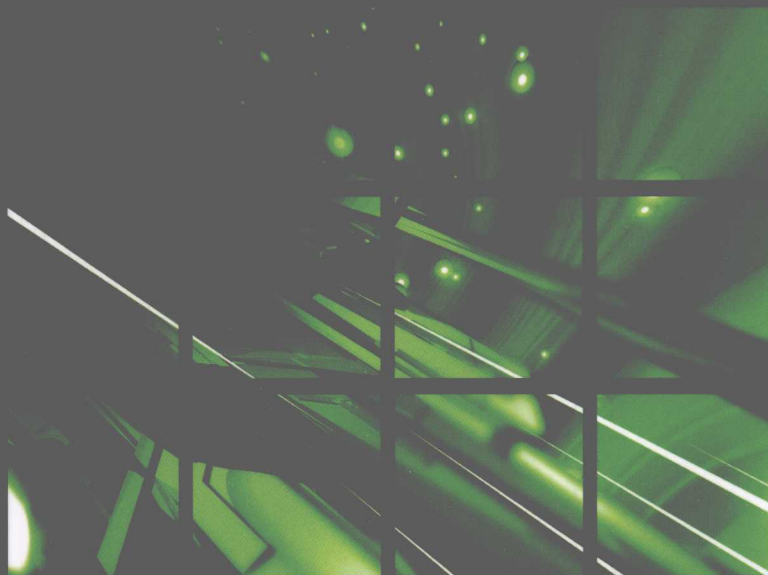


- ✦ 17个主流的典型案例
- ✦ 基于乙板卡的测控程序设计典型案例
- ✦ 基于研华板卡的测控程序设计典型案例
- ✦ 串口通信程序设计典型案例



LabVIEW

虚拟仪器数据采集 与串口通信测控应用实战

LabVIEW Virtual Instrument Data Acquisition and Serial Port
Communication

■ 李江全 刘恩博 胡蓉 等 编著



超值光盘

- 510分钟的视频和全部源程序
- 赠送300多页的Delphi数据采集与串口通信测控应用实战电子书
- 赠送PPT电子课件

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



LabVIEW

虚拟仪器数据采集 与串口通信测控应用实战

LabVIEW Virtual Instrument Data Acquisition and Serial Port
Communication

李江全 刘恩博 胡蓉 等 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

LabVIEW虚拟仪器数据采集与串口通信测控应用实战
/ 李江全等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.6
ISBN 978-7-115-22714-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第060494号

内 容 提 要

本书从工业测控的实际应用出发,系统地讲述了虚拟仪器软件 LabVIEW 的测控应用技术。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,接着系统地讲述了 LabVIEW 程序设计基本知识,然后通过基于板卡的测控系统、串口通信测控系统等 19 个典型应用实例,详细地讲解了利用 LabVIEW 设计测控程序的方法,帮助读者完整地掌握 LabVIEW 测控应用实战技术。

书中提供的测控应用实例都有详细的操作步骤,读者可以按步骤用 LabVIEW 实现各种测控功能,因此实践操作性强是本书的一大特色。

本书内容丰富,论述深入浅出,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,还可供从事计算机测控系统研发的工程技术人员参考。

LabVIEW 虚拟仪器数据采集与串口通信测控应用实战

◆ 编 著 李江全 刘恩博 胡 蓉 等
责任编辑 张 涛

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21.25

字数: 534 千字

印数: 1—3 000 册

2010 年 6 月第 1 版

2010 年 6 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22714-0

定价: 49.00 元(附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展,测试技术与计算机深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,是引导产业发展的一个重要方向,它的出现使得人类的测试技术进入了发展的新纪元。

虚拟仪器在实际应用中表现出与传统仪器无法比拟的优势,可以说虚拟仪器技术是现代测控技术的关键组成部分。虚拟仪器由计算机和数据采集卡等相应硬件和专用软件构成,既有传统仪器的特征,又有一般仪器不具备的特殊功能,在现代测控应用中有着广泛的前景。

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,并在测试系统分析、设计和研究等方面得到广泛应用。

本书特色

本书从测控实际应用出发,系统地讲述了虚拟仪器软件 LabVIEW 及其测控应用技术。首先介绍了虚拟仪器的基本知识,LabVIEW 程序设计基础,VI 前面板设计,VI 数据操作,VI 框图程序设计,VI 波形显示与文件 I/O 等;然后系统地讲述了 LabVIEW 数据采集编程基础,基于 NI 数据采集卡的 LabVIEW 程序设计,基于研华数据采集卡的 LabVIEW 程序设计,LabVIEW 实验室应用,LabVIEW 串口通信基础,LabVIEW 串口通信程序等。通过 19 个典型应用实例详细地讲解了利用 LabVIEW 设计测控程序的方法,使读者能轻松掌握 LabVIEW 测控应用技术。

本书的编写填补了 LabVIEW 同类书籍在测控实践方面较少的现状,因此,对于学习 LabVIEW 测控领域知识的读者有很好的参考价值。

书中提供的测控应用实例都有详细的操作步骤,读者可以按书中讲解的步骤实现 LabVIEW 的各种测控功能,实践操作性强是本书的一大特色。

书中提供的程序具有实际参考价值,在 LabVIEW 8.6 中文版本运行检验通过,并经过系统测试,读者可以直接使用或者稍加修改便可用于自己的设计中。

超值配套光盘

- **源代码** 提供了所有测控项目的完整源代码,这些代码均编译通过,并经过实际的测试应用,其中很多代码具有非常高的实用价值。
- **教学开发视频** 录制了软件应用以及程序的设计、调试、运行全过程的视频,读者通过观看视频操作,可以快速完成项目程序的建立。
- **电子课件** 制作了计算机测控系统的教学幻灯片,其中包含大量的多媒体素材,方便读者全面地学习计算机测控系统的软、硬件知识。
- **软、硬件资源** 提供了本书用到的板卡、模块的驱动程序。另外还以视频的方式给读者介绍了本书用到的硬件产品的网络资源。还提供了大量与测控系统有关的专业图片。

读者对象

本书内容丰富,论述深入浅出,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、研究生,以及从事计算机测控系统研发的工程技术人员学习和参考。

书中内容的编写分工:石河子大学郑瑶编写第1章~第2章,朱东芹编写第3章~第4章,胡蓉编写第5章~第7章,刘恩博编写第8章~第9章,李江全编写第10章和第13章,田敏编写第11章~第12章,全书由李江全教授担任主编。参与程序调试、资料收集、插图绘制和文字校核工作的人员还有曹卫兵、查志华、任玲、郑重、汤智辉、李宏伟、邓红涛、王平、王洪坤、张茜等老师,北京研华科技、电子开发网等公司为本书提供了大量的技术支持,编者借此机会对他们致以深深的谢意。

感谢兵团高新技术研究发展计划以及石河子大学教材出版项目对本书出版所给予的支持和帮助。

由于编写水平有限,书中难免存在不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正,联系邮箱为 zhangtao@ptpress.com.cn。

编者

目 录

第 1 章 虚拟仪器设计概述	1
1.1 虚拟仪器简介	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 虚拟仪器的结构	5
1.2.1 虚拟仪器的基本结构	5
1.2.2 虚拟仪器的构成方式	6
1.2.3 构建虚拟仪器的步骤	9
1.3 虚拟仪器的软件	10
1.3.1 虚拟仪器的软件结构	10
1.3.2 虚拟仪器的开发平台	11
1.4 虚拟仪器的设计原则和方法	12
1.4.1 虚拟仪器的设计原则	12
1.4.2 虚拟仪器的设计方法	14
第 2 章 LabVIEW 程序设计基础	16
2.1 LabVIEW 概述	16
2.1.1 LabVIEW 简介	16
2.1.2 G 语言与虚拟仪器	17
2.1.3 LabVIEW 应用解决方案	18
2.1.4 LabVIEW 程序设计方法	18
2.2 LabVIEW 8.6 中文版的编程环境	21
2.2.1 启动 LabVIEW 8.6 中文版	21
2.2.2 LabVIEW 8.6 中文版的菜单简介	22
2.2.3 LabVIEW 8.6 中文版的工具栏	26
2.2.4 LabVIEW 8.6 中文版的操作选板	27
2.3 LabVIEW 中的基本概念	30
2.3.1 VI 与子 VI	31
2.3.2 前面板	31
2.3.3 框图程序	32
2.3.4 数据流驱动	33
2.4 LabVIEW 程序设计步骤	34
2.4.1 建立新 VI	34
2.4.2 前面板设计	34
2.4.3 框图程序设计——添加节点	35
2.4.4 框图程序设计——连线	37
2.4.5 运行程序	38
2.4.6 程序的保存与载入	38
2.5 子程序的创建与调用	39
2.5.1 创建 SubVI	39
2.5.2 调用 SubVI	41
2.6 VI 的调试	42
第 3 章 VI 前面板设计	47
3.1 前面板对象设计基础	47
3.1.1 前面板对象的基本设计方法	47
3.1.2 前面板对象的基本属性配置方法	48
3.1.3 前面板对象快捷键设置	49
3.2 前面板对象的编辑与属性设置	50
3.2.1 数值型控件	51
3.2.2 文本型控件	53
3.2.3 布尔型控件	54
3.2.4 图形型控件	56
3.3 前面板的修饰	56
3.3.1 设置前面板对象的颜色	57
3.3.2 设置前面板对象的文字风格	57
3.3.3 前面板对象的位置与排列	57
3.3.4 调整前面板对象的大小	58
3.3.5 用修饰控件装饰前面板	59
3.3.6 前面板对象的显示和隐藏	59
第 4 章 VI 数据操作	60
4.1 数据类型	60
4.1.1 数据类型概述	60
4.1.2 数值型数据	63
4.1.3 布尔型数据	65
4.2 数组数据	66
4.2.1 数组数据的组成	66

4.2.2	数组数据的创建	67	6.3.5	数据记录文件的读写	136
4.2.3	数组数据的使用	68	6.3.6	波形文件的读写	137
4.3	簇数据	72	第 7 章	数据采集系统设计基础	139
4.3.1	簇数据的组成	72	7.1	数据采集系统概述	139
4.3.2	簇数据的创建	73	7.1.1	数据采集系统的含义	139
4.3.3	簇数据的使用	74	7.1.2	数据采集系统的功能	140
4.4	字符串数据	77	7.1.3	数据采集系统的硬件	141
4.4.1	字符串的概念	77	7.1.4	数据采集系统的软件	142
4.4.2	字符串的创建	77	7.1.5	数据采集系统的输入与 输出信号	143
4.4.3	字符串的使用	79	7.2	基于 PC 的 DAQ 系统组成	145
第 5 章	VI 框图程序设计	85	7.2.1	硬件子系统	146
5.1	局部变量与全局变量	85	7.2.2	软件子系统	147
5.1.1	局部变量	85	7.2.3	DAQ 仪器的特点	148
5.1.2	全局变量	87	7.3	数据采集卡	149
5.2	程序流程控制	90	7.3.1	数据采集卡的产生	149
5.2.1	For 循环结构	91	7.3.2	数据采集卡的组成	150
5.2.2	While 循环结构	94	7.3.3	数据采集卡的功能	150
5.2.3	定时结构	97	7.3.4	数据采集卡的类型	151
5.2.4	条件结构	98	7.3.5	数据采集卡的性能指标	152
5.2.5	顺序结构	100	7.3.6	数据采集卡的选择	155
5.2.6	事件结构	103	7.4	典型数据采集卡的安装与 测试	155
5.3	节点	106	7.4.1	NI PCI-6023E 数据采集卡	156
5.3.1	公式节点	106	7.4.2	研华 PCI-1710HG 数据采集卡	161
5.3.2	反馈节点	109	7.5	基于 LabVIEW 的数据采集 系统	169
5.3.3	表达式节点	110	第 8 章	LabVIEW 数据采集编程基础	170
5.3.4	属性节点	110	8.1	DAQ VIs 简介	170
第 6 章	VI 图形显示与文件 I/O	113	8.1.1	DAQ VIs 子选板	170
6.1	图形显示控件	113	8.1.2	DAQ VIs 通用输入输出 端口介绍	171
6.1.1	波形图表控件	113	8.2	模拟输入 VIs	172
6.1.2	波形图控件	118	8.2.1	简易模拟输入 VIs	173
6.1.3	XY 图控件	120	8.2.2	中级模拟输入 VIs	173
6.1.4	强度图控件	121	8.3	模拟输出 VIs	176
6.2	波形数据	122	8.3.1	简易模拟输出 VIs	177
6.2.1	波形数据的创建	122	8.3.2	中级模拟输出 VIs	178
6.2.2	波形数据的使用	126	8.4	数字 I/O	179
6.3	文件 I/O	130	8.4.1	数字 I/O 简介	179
6.3.1	文件 I/O 概述	130			
6.3.2	文本文件的读写	131			
6.3.3	电子表格文件的读写	133			
6.3.4	二进制文件的读写	135			

8.4.2 简易数字 I/O VIs	180	10.1.2 基于研华数据采集卡的 LabVIEW 程序设计任务	208
8.5 DAQmx 节点及其编程	181	10.1.3 基于研华数据采集卡的 LabVIEW 程序任务实现	209
8.5.1 DAQ 节点常用的参数简介	181	10.2 模拟量输出 (AO)	214
8.5.2 DAQmx 节点的使用	183	10.2.1 硬件线路	214
8.5.3 DAQ Assistant 的使用	187	10.2.2 设计任务	214
第 9 章 基于 NI 数据采集卡的 LabVIEW 程序设计	190	10.2.3 任务实现	214
9.1 模拟量输入 (AI)	190	10.3 开关量输入 (DI)	217
9.1.1 硬件线路	190	10.3.1 硬件线路	217
9.1.2 设计任务	190	10.3.2 设计任务	218
9.1.3 任务实现	191	10.3.3 任务实现	218
9.2 开关量输入 (DI)	194	10.4 开关量输出 (DO)	222
9.2.1 硬件线路	194	10.4.1 硬件线路	222
9.2.2 设计任务	195	10.4.2 设计任务	222
9.2.3 任务实现	195	10.4.3 任务实现	223
9.2.3.1 任务实现 (一): 采用读写 一条数字线的方式实现 数字量输入	195	10.5 脉冲量 (Pulse) 输出	226
9.2.3.2 任务实现 (二): 采用读写 一个数字端口的方式实现 数字量输入	197	10.5.1 硬件线路	226
9.3 开关量输出 (DO)	199	10.5.2 设计任务	226
9.3.1 硬件线路	199	10.5.3 任务实现	227
9.3.2 设计任务	199	10.6 温度测量与报警控制	229
9.3.3 任务实现	199	10.6.1 硬件线路	229
9.3.3.1 任务实现 (一): 采用读写 一条数字线的方式实现 数字量输出	199	10.6.2 设计任务	230
9.3.3.2 任务实现 (二): 采用读写 一个数字端口的方式实现 数字量输出	202	10.6.3 任务实现	230
9.4 温度测量与报警控制	204	第 11 章 LabVIEW 实验室中数据采集 应用案例	237
9.4.1 硬件线路	204	11.1 基于声卡的数据采集	237
9.4.2 设计任务	204	11.1.1 声卡的基本常识	237
9.4.3 任务实现	204	11.1.2 与声卡相关的函数节点	241
第 10 章 基于研华数据采集卡的 LabVIEW 程序设计	208	11.1.3 基于声卡的双声道模拟输入	243
10.1 模拟量输入 (AI)	208	11.1.4 基于声卡的双声道模拟输出	245
10.1.1 基于研华数据采集卡的 LabVIEW 程序硬件线路	208	11.1.5 声音信号的采集与存储	246
		11.1.6 声音信号的功率谱分析	247
		11.2 虚拟仪器的网络与通信	248
		11.2.1 网络化测控仪器概述	249
		11.2.2 TCP/IP 概述	251
		11.2.3 LabVIEW 中的 TCP 节点	253
		11.2.4 DataSocket 技术概述	256
		11.2.5 LabVIEW 中的 DataSocket 函数节点	258

11.2.6 在 LabVIEW 中利用 TCP/IP 实现网络通信	259	与 PC 串口通信任务一	289
11.2.7 在 LabVIEW 中利用 DataSocket 技术实现 网络通信	261	13.2.3.2 利用 LabVIEW 实现 PC 与 单片机串口通信任务一	291
11.2.7.1 在 LabVIEW 中利用 DataSocket 技术实现 网络通信实例一	261	13.2.3.3 利用 Keil C51 实现单片机 与 PC 串口通信任务二	295
11.2.7.2 在 LabVIEW 中利用 DataSocket 技术实现 网络通信实例二	263	13.2.3.4 利用 LabVIEW 实现 PC 与 单片机串口通信任务二	298
第 12 章 LabVIEW 串口通信基础	265	13.3 PC 与智能仪器串口通信 案例	300
12.1 串口通信与 RS-232C 接口 标准	265	13.3.1 PC 与智能仪器串口通信 硬件线路	301
12.1.1 串口通信的基本概念	265	13.3.2 设计任务	304
12.1.2 RS-232C 串口通信标准	268	13.3.3 任务实现	305
12.1.3 RS-485 串口通信标准	271	13.4 PC 与 PLC 串口通信案例	309
12.1.4 串口通信线路连接	272	13.4.1 PC 与 PLC 串口通信硬件 线路	309
12.1.5 计算机中的串行端口	274	13.4.2 设计任务	310
12.1.6 串口通信调试程序的使用	275	13.4.3 任务实现	310
12.1.7 虚拟串口的使用	276	13.4.3.1 PLC 端(下位机)程序 实现	310
12.2 LabVIEW 与串口通信	278	13.4.3.2 PC 端(上位机) LabVIEW 程序实现	313
12.2.1 LabVIEW 中的串口通信 功能函数	278	13.5 PC 与 GSM 短信模块串口 通信案例	313
12.2.2 LabVIEW 串口通信步骤	280	13.5.1 PC 与 GSM 短信模块串口 通信硬件线路	314
第 13 章 LabVIEW 串口通信程序 设计	282	13.5.2 PC 与 GSM 短信模块串口 通信设计任务	314
13.1 PC 与 PC 串口通信	282	13.5.3 任务实现	314
13.1.1 PC 与 PC 串口通信硬件 线路	282	13.6 PC 与智能仪器构成 DCS 案例	316
13.1.2 设计任务	283	13.6.1 PC 与智能仪器构成 DCS 硬件线路	316
13.1.3 任务实现	283	13.6.2 设计任务	317
13.2 PC 与单片机串口通信程序 设计	287	13.6.3 任务实现	318
13.2.1 PC 与单片机串口通信程序 设计硬件线路	288	13.7 PC 与远程 I/O 模块 构成 DCS	323
13.2.2 PC 与单片机串口通信程序 设计任务	288	13.7.1 硬件线路	323
13.2.3 任务实现	289	13.7.2 设计任务	326
13.2.3.1 利用 Keil C51 实现单片机		13.7.3 任务实现	326
		参考文献	332

第 1 章 虚拟仪器设计概述

虚拟仪器是用通用计算机硬件加上软件来仿真传统测量仪器的设备，是以测量、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 虚拟仪器简介

1.1.1 虚拟仪器的产生

测量仪器发展至今，大体可分为 4 个阶段：模拟仪器、数字化仪器、智能仪器和虚拟仪器。

模拟仪器：这类仪器是以电磁感应基本定律为基础的指针仪器仪表。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。这类仪器在某些实验室仍能看到。

数字化仪器：这类仪器目前相当普及，如数字电压表、数字频率计等。这类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。

智能仪器：这类仪器内置微处理器，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全部都是以硬件和固化的软件形式存在，无论是开发还是应用，都缺乏灵活性。

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。

虚拟仪器技术是由美国国家仪器公司（National Instruments, NI）在 1986 年提出的一种构成仪器系统的新概念，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。

虚拟仪器技术的出现和发展与计算机技术的不断发展密不可分的。

一方面，计算机技术的进步为新型测控仪器的产生提供了现实基础，主要表现在以下两方面。

(1) 微处理器和（Digital Signal Processing, DSP）技术的快速进步及其性能价格比不断上升，大大改变了传统电子行业的设计思想和观念，原来许多由硬件完成的功能今天能够依靠软件实现。

(2) 面向对象技术、可视化程序开发语言在软件领域为开发更多的易于使用、功能强大的应用软件提供了可能。

另一方面，传统的测量仪器越来越满足不了科技进步的要求，主要表现在以下两方面。

(1) 现代测量要求仪器不仅仅能单独测量某个量，而且更希望它们之间能够互相通信，实现信息共享，从而完成对被测系统的综合分析、评估，得出准确判断。传统仪器在这方面显然存在着严重不足。

(2) 对于复杂的被测系统，面对各个厂家的不同测试设备，使用者需要掌握的知识很多。

这样的仪器不仅利用率低，而且硬件存在冗余。

鉴于上述原因，基于计算机的测试仪器逐渐变得现实，并且随着计算机软、硬件技术不断创新而不断发展。

虚拟仪器的发展大致可分为 3 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端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。主要是利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。

由于虚拟仪器技术的飞速发展，这 3 个发展阶段几乎是同步进行的。

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、测量与调理，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之间的界限模糊了。

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。有各种开关、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放置所需的图标，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量功能软件模块的组合来实现多种测量功能，所以，在硬件平台确定后，就有“软件就是仪器”的说法。这也体现了测量技术与计算机的深层次结合。

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量仪器系统。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。

要注意到“Virtual”一词被通常译成“虚拟”，在测控仪器领域，“Virtual”不仅仅指用计算机屏幕来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VI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、视觉上的内容，要强调面向测控领域快速有效地解决实质问题。

虚拟仪器（Virtual Instrument, VI）概念是为了适应PC卡式仪器而提出的。传统仪器主要包括3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强大的图形环境和在线帮助功能，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及一系列功能化硬件模块和控制软件组成。

由于借助一块通用的数据采集板，用户就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，美国国家仪器公司提出“软件就是仪器”的概念。

1.1.3 虚拟仪器的特点

传统的测量仪器通常由3大功能模块组成，即信号采集与控制、信号分析与处理、测量结果的存储、显示与输出等。这些功能模块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、磁带机及频谱分析仪等。由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。

虚拟测试仪器系统的概念是测控系统的抽象。不管是传统的还是虚拟的仪器，它们的功能都是相同的：采集数据，对采集来的数据进行分析处理，然后显示处理结果。它们之间的不同主要体现在灵活性方面，虚拟仪器由用户自己定义，这意味着用户可以自由组合计算机平台的硬件、软件以及各种完成应用系统所需要的附件，而这种灵活性由供应商定义，功能固定独立的传统仪器是达不到的。

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，它的功能主要通过软件来实现，软件在虚拟仪器中占有重要的地位。

(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，还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，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。

(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。由于 PC 能提供远胜于仪器内部的处理能力，因此，借助于一台通用数据采集系统（或板卡），用户就可以通过软件构造几乎任意功能的仪器。

(4) 扩展性强。NI 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需软件上的升级即可改进用户的整个系统。在利用最新科技的时候，用户可以把它们集成到现有的测量设备，最终以较少的成本加速产品上市的时间。

(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连的能力。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，减少投资成本。

当然，虚拟仪器的特点还不止这些，作为新型仪器，它有许多传统仪器无法比拟的地方。这使得虚拟仪器的应用领域非常广泛。

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
自己定义硬件	无法自己定义硬件
图形界面小，信息量少	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、测控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,常被称做“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。

在仪器计量系统方面,示波器、频谱仪、信号发生器、逻辑分析仪、电压电流表是科研机关、企业研发实验室、大专院校的必备测量设备。随着计算机技术在测试系统的广泛应用,由于传统的仪器设备缺乏相应的计算机接口,因而,配合数据采集及数据处理十分困难。在完成某个测试任务时,需要许多仪器,如示波器、电压表、频率分析仪、信号发生器等,对复杂的数字电路系统还需要逻辑分析仪、IC测试仪等。这么多的仪器不仅价格昂贵、体积大,占用空间,而且相互连接起来也费时费力。而虚拟仪器将计算机资源与仪器硬件、DSP技术结合,在系统内共享软/硬件资源,既有传统仪器的功能,又有传统仪器所没有的特殊功能。它把由厂家定义仪器功能的方式转变为由用户自己定义,用户可根据测试功能的需要,自己设计所需要的仪器系统,只要将具有一种或多种功能的通用模块相组合,并且调用不同功能的软件模块,就能组成不同的仪器功能。

在专用测量系统方面,虚拟仪器的应用空间更为广阔。随着信息技术的迅猛发展,各行各业无不转向智能化、自动化、集成化。无所不在的计算机应用为虚拟仪器的推广提供了良好的基础。虚拟仪器的概念就是用专用的软/硬件配合计算机实现专用设备的功能,并使其自动化、智能化。因此,虚拟仪器适合于一切需要计算机辅助进行数据存储、数据处理、数据传输的计量场合。测量与处理、结果与分析相脱节的面貌将大为改观。数据的拾取、存储、处理、分析一条龙操作,既有有条不紊又迅捷快速。推而广之,一切计量系统,只要技术上可行,都可用虚拟仪器代替。

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温控系统、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 虚拟仪器的结构

传统测量仪器是一个能实现特定功能的独立硬件盒子,其功能在制造时就确定(如示波器、信号发生器等),而基于相关技术的虚拟仪器,其物理硬件不必限定在同一盒子中,可以分布在现场各处。

无论哪种虚拟仪器系统,都是将仪器硬件搭载到笔记本电脑、台式PC或工作站等计算机平台上并附上应用软件而构成的。

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平台、模块化的I/O接口硬件和虚拟仪器软件3部分

构成,如图 1-1 所示。

1. 计算机硬件平台

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、工作站及嵌入式计算机等。计算机管理着虚拟仪器的软/硬件资源,是虚拟仪器的硬件基础。计算机技术在显示、存储能力、处理速度、网络、总线标准等方面的发展,促进了虚拟仪器系统的快速发展。

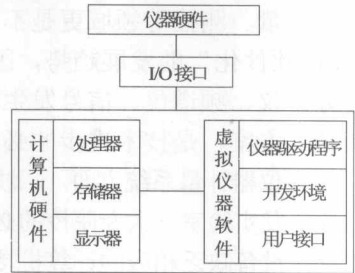


图 1-1 虚拟仪器系统的组成框图

2. 模块化的 I/O 接口硬件

I/O 接口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,在此基础上组成虚拟仪器测试系统。

I/O 硬件部分可由数据采集卡、GPIB 接口、串/并行接口、VIX 接口、LAN 接口及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、传输和显示测量的结果。

面对日益复杂的测试、测量应用,NI 提供了全方位的软、硬件解决方案。无论是使用 PCI、PXI、PCMCIA、USB,还是 IEEE1394 总线,NI 都能提供相应的模块化的硬件产品,其种类从数据采集、信号处理、声音和振动测量、视觉、运动、仪器控制、分布式 I/O 到 CAN 接口等工业通信领域应有尽有。

3. 虚拟仪器软件

软件是虚拟仪器技术中最重要的部分。使用正确的软件工具并通过设计或调用特定的程序模块,工程师们可以高效地创建自己的应用软件,以及友好的人机交互界面。有了功能强大的软件,用户就可以在仪器中创建智能和决策功能,发挥虚拟仪器技术在测试应用中的强大优势。

虚拟仪器的软件是核心和关键部分,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,在虚拟仪器中,硬件仅仅解决信号的输入、输出,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写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。

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、放大及模/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:插卡式 DAQ、GPIB、VXI、PXI、串口总线、现场总线等 6 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 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

的模拟信号采集到计算机,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。微处理器可以立即访问这些数据。数据由微处理器和数据采集板共享。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

在性能上,随着 A/D 转换技术、仪器放大技术、抗混叠滤波技术与信号调理技术的迅速发展,DAQ 的采样速率已达到 1 Gbit/s,精度高达 24 位,通道数高达 64 个,并能任意结合数字 I/O、模拟 I/O 及计数器/定时器等通道。

许多仪器厂家生产了大量的 DAQ 功能模块以供选择,如示波器、数字万用表、动态信号分析仪、任意波形发生器等。在 PC 上挂接若干 DAQ 功能模块,配合相应的软件,就可以构成一台具有多种功能的 PC 仪器。

一块 DAQ 卡可以完成 A/D 转换、D/A 转换、数字输入/输出及计数器/定时器等多种功能,再配以相应的信号调理电路组件,即可构成各种虚拟仪器硬件平台。这种仪器功能灵活、通用性强、可靠性高、性价比高,是一种非常实用的虚拟仪器结构方案,应用非常广泛。

2. 基于 GPIB 总线的虚拟仪器

GPIB (IEEE 488) 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 测试系统包括 1 台计算机、1 块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 仪器,每台 GPIB 仪器有单独的地址,由计算机控制操作。1 块 GPIB 接口卡最多可连接 15 台 GPIB 仪器。GPIB 接口板卡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,由此替代传统的人工操作方式,排除人为因素造成的测量误差。同时,由于可以预先编制好测试程序,实现自动测试,提高了测试的可靠性和效率。

利用 GPIB 技术,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。

利用 GPIB 技术,还可以方便地扩展传统仪器的功能。例如,把示波器的信号送到计算机后,增加频谱分析计算法,就可以把示波器扩展为频谱分析仪。

在价格上,GPIB 仪器覆盖了从比较便宜的到异常昂贵的仪器。但是 GPIB 的数据传输速度一般低于 500 kbit/s,不适用于有实时性要求及高速测试的系统。

目前,多数测试仪器配有 GPIB 接口。

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 总线是在 VME 总线、IEEE 488 等基础上形成的一种开放型仪器总线标准。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。它最多可包含 256 个模块，系统中各功能模块可随意更换、即插即用组成新的系统。

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、模块可重复利用及众多仪器生产厂商支持等优点，其应用范围越来越广。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，可以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。

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，VXI 总线的虚拟仪器有其他仪器无法比拟的优点。此外，VXI 总线的组建方案功能十分强大，组建的系统也比较稳定，但要实现其强大的功能，价格也十分昂贵。

4. 基于 PXI 总线的虚拟仪器

NI 公司于 1997 年推出 PXI 控制方案，它是基于 PCI 总线的虚拟仪器系统构架。PXI 将主流 PCI 计算技术和控制器采用流行的奔腾 MMX 处理器，带有标准 GPIB 接口、并/串口、以太网接口及显示器接口，为用户组建速度快、成本低、结构紧凑的测试系统提供了可行性。

PXI 是一种新的基于工业标准 PCI 总线的开放式、模块化仪器总线规范，其核心是 Compact PCI 结构和 Microsoft Windows 软件。PXI 是在 PCI 总线内核技术基础上增加了成熟的技术规范和要求形成的，例如，增加了多板卡同步的触发总线和参考时钟，用于精确定时的星形触发总线以及用于相邻模块间高速通信的局部总线等。

PXI 兼容 Compact PCI 机械规范，并增加了主动冷却、环境测试（振动、冲击、温度、湿度试验）等要求，这样确保了多供应商产品的互操作性和系统的集成性。PXI 总线系统成本低、运行速度快、体积紧凑，并且 PXI 的传输速度可达到 100Mbit/s。因此，PXI 总线目前已成为搭建虚拟仪器的首选硬件平台。

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 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 已更多地采用 USB 和 IEEE 1394 总线，基于 USB 和 IEEE 1394 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，因为，当前虚拟仪器所用的 IEEE 1394 总线的传输速度最高已达到 100 Mbit/s。

6. 基于现场总线的虚拟仪器

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