

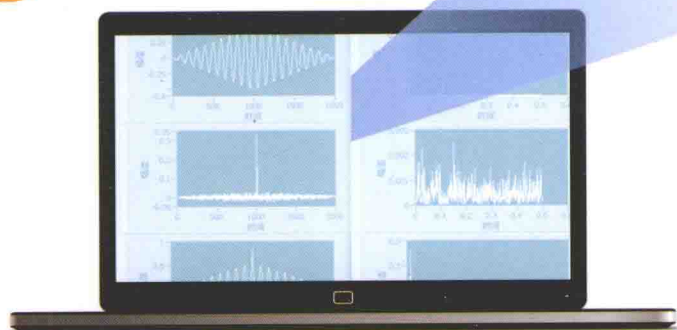
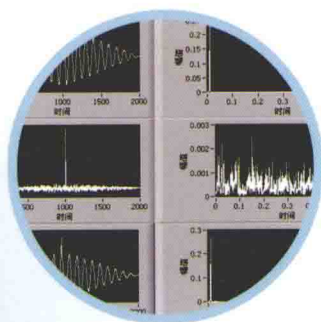


教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Fundamentals of Virtual Instrumentation

虚拟仪器设计教程

黄松岭 王坤 赵伟 编著
Huang Songling Wang Shen Zhao Wei



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学
高等学校电子信息类专业系列教材

Fundamentals of Virtual Instrumentation

虚拟仪器设计教程

黄松岭 王坤 赵伟 编著

Huang Songling

Wang Shen

Zhao Wei

清华大学出版社

内 容 简 介

本书以 LabVIEW 的最新版本 2014 中文版为基础,介绍虚拟仪器设计的基本知识。全书共 11 章,可分为三个部分:第 1 章介绍虚拟仪器的概念和虚拟仪器设计方法;第 2~10 章,介绍 LabVIEW 语言的基本内容和编程方法,包括 LabVIEW 基础、VI 创建、编辑与调试技术、程序结构、数据类型、图形显示、字符串和文件 I/O、采集卡条件下的数据采集、LabVIEW 中的信号分析和一些高级应用;第 11 章介绍一些虚拟仪器设计与应用的实例,包括轴承缺陷故障诊断、功率测量、信号发生器、基于声卡的声音识别、太阳能电池板自动跟踪系统、基于 NI-CompactRIO 的大跨空间结构健康监测系统、基于加速度传感器的多功能手势感应控制器和大型储罐底板缺陷检测器,这些例子难易程度不同、应用方面各异,较好地反映了虚拟仪器技术的广阔应用空间。

本书可作为大专院校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。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器设计教程/黄松岭,王坤,赵伟编著. —北京:清华大学出版社,2015

高等学校电子信息类专业系列教材

ISBN 978-7-302-39915-5

I. ①虚… II. ①黄… ②王… ③赵… III. ①虚拟仪表—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 085511 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:梁毅

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16

字 数:397 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:33.50 元

产品编号:061124-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学（教指委高级顾问）	郁道银	天津大学（教指委高级顾问）
廖延彪	清华大学（特约高级顾问）	胡广书	清华大学（特约高级顾问）
华成英	清华大学（国家级教学名师）	于洪珍	中国矿业大学（国家级教学名师）
彭启琮	电子科技大学（国家级教学名师）	孙肖子	西安电子科技大学（国家级教学名师）
邹逢兴	国防科学技术大学（国家级教学名师）	严国萍	华中科技大学（国家级教学名师）

一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋 峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳 伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

虚拟仪器技术及其 LabVIEW 开发环境为各个学科的仪器研制提供了一个通用的软、硬件平台,这就使得我们可以面向不同专业的学生开设一门共同的课程,为其各自的检测问题指出一个基本通用的解决问题的思路。

1995 年,我们开始接触美国国家仪器公司的产品,2000 年建成了一个用于教学的虚拟仪器实验室,先后为本系、全校的本科生和研究生开设多门课程。这些课程定位为设计型的实验课程。典型的安排是 32 学时,其中,用 $1/3 \sim 1/2$ 学时介绍 LabVIEW 语言的基本内容,其余时间,在教师的指导下,学生各自独立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选题目。

在教材建设方面,我们实验室先后编写了《虚拟仪器实验》校内讲义、《LabVIEW 7.1 编程与虚拟仪器设计》、《虚拟仪器设计基础教程》等教材和电子课件。本书的定位在于能满足大多数本科专业,甚至专科教学的需要,例如,可以作为面向全校理工科本科学生开设的虚拟仪器选修课的教材。鉴于此,本书在第 1 章介绍了虚拟仪器涉及的基础知识,方便学生自学及上课时参考;第 8 章介绍了数据采集和信号调理的基本知识,然后介绍如何用 LabVIEW 实现模拟输入和模拟输出;第 9 章介绍了信号处理的基本知识和相应的 LabVIEW 实现函数。另外,在最后一章中,给出了 8 个具有代表性的虚拟仪器设计的例子,基本涵盖了虚拟仪器应用的大部分领域,有利于开拓学生的视野。这些例子大部分取材于学生的课程设计论文或全国虚拟仪器设计大赛的参赛作品,每个例子只给出了一种实现方法,并尽可能重现学生“原汁原味”的原创特点,个别例子的实现方法是学生“独创”的,对学生和读者具有一定的启发意义,并能引起学生的共鸣。需要说明的是,例子的实现方法可能不是最优的,也可能有的看起来实现得有点“笨拙”,这也是第 11 章希望达到的效果之一,能够起到抛砖引玉的效果。本书的其他章节主要介绍 LabVIEW 编程的基本内容,不求全,但对 LabVIEW 编程的基本知识介绍较详细,便于读者自学。

本书由黄松岭统稿,并执笔编写了第 4~8 章;第 1~3 章由赵伟执笔编写;第 9~11 章由王坤执笔编写;刘新萌参与编写了书内例子和插图工作。

感谢本研究所的汪芙平老师,他对第 9 章中信号处理内容提出了很多宝贵的修改意见。感谢本研究所的郝丽老师、董甲瑞老师在虚拟仪器实验方面的热情帮助。感谢黄昕元、柳志栋、刘洋、朱丹、李旦、刘倩、任亮、王磊、和珊、孙喆、寒超等老师和同学,本书第 11 章参考了这些同学完成的论文、课程报告和全国虚拟仪器设计大赛参赛作品。

感谢清华大学出版社一直以来对我们的帮助和支持,其中,特别要感谢盛东亮编辑对本书编审所做的工作。

最后,感谢美国国家仪器有限公司对本书编写工作的支持,院校市场部倪斌经理、刘洋工程师热情地帮助我们解决了许多具体问题。

由于水平有限,书中难免存在某些疏漏和错误,敬请读者指正,读者如需与作者联系,可发邮件至: huangsling@tsinghua.edu.cn。

作 者

2015 年 1 月

于清华园

目录

CONTENTS

第 1 章 虚拟仪器基础	1
1.1 虚拟仪器的概念	1
1.1.1 仪器控制	1
1.1.2 数据采集	2
1.2 虚拟仪器的硬件系统	2
1.3 虚拟仪器的软件系统	3
1.3.1 驱动程序和 API	4
1.3.2 虚拟仪器开发环境	4
1.3.3 自定义的测量和测试程序	4
1.4 LabVIEW 简介	4
1.5 虚拟仪器设计方法	5
1.5.1 确定虚拟仪器的类型	5
1.5.2 选择合适的虚拟仪器软件开发平台	6
1.5.3 开发虚拟仪器应用软件	6
1.5.4 系统调试	6
1.5.5 编写系统开发文档	6
1.5.6 测量 = 采集 + 计算	6
第 2 章 LabVIEW 基础	7
2.1 启动 LabVIEW	7
2.2 LabVIEW 程序的基本构成	8
2.2.1 前面板和程序框图	8
2.2.2 前面板和程序框图工具条	11
2.2.3 图标和连线板	13
2.3 LabVIEW 的选板	13
2.3.1 工具选板	13
2.3.2 控件选板	14
2.3.3 函数选板	15
2.3.4 选板操作	17
2.4 LabVIEW 的基本数据类型	19
2.4.1 数值数据类型	19
2.4.2 布尔数据类型	23
2.5 获取帮助	25

第 3 章 VI 创建、编辑和调试	29
3.1 创建一个 VI	29
3.2 子 VI	31
3.2.1 创建和编辑图标	31
3.2.2 定义连线板	33
3.2.3 创建子 VI 举例	34
3.3 VI 编辑技术	35
3.3.1 创建对象	35
3.3.2 选择对象	37
3.3.3 移动对象	38
3.3.4 复制和删除对象	38
3.3.5 标注对象	38
3.3.6 改变文本字体、大小、形状和颜色	40
3.3.7 排列对象	42
3.3.8 改变对象大小	42
3.3.9 改变对象颜色	43
3.3.10 建立和编辑连线	45
3.3.11 其他编辑技术	47
3.4 VI 调试技术	47
3.4.1 单步执行	48
3.4.2 设置执行程序高亮	48
3.4.3 探针工具	48
3.4.4 断点	48
第 4 章 程序结构	49
4.1 循环结构	49
4.1.1 While 循环	49
4.1.2 For 循环	51
4.1.3 循环结构内外的数据交换与自动索引	52
4.1.4 移位寄存器和反馈节点	54
4.2 条件结构	57
4.3 顺序结构	60
4.3.1 层叠式顺序结构	60
4.3.2 平铺式顺序结构	61
4.4 公式节点	62
4.5 事件结构	65
第 5 章 数组、簇和波形	69
5.1 数组	69
5.1.1 数组的创建	69
5.1.2 数组操作函数	73
5.2 簇	79
5.2.1 簇的创建	79
5.2.2 簇操作函数	81

5.3	波形	85
5.3.1	波形的创建	85
5.3.2	波形操作函数	87
第 6 章	图形显示控件	89
6.1	波形图	89
6.1.1	波形图的数据格式	90
6.1.2	定制波形图的属性	92
6.2	波形图表	96
6.3	XY 图	97
6.4	强度图表显示控件	98
6.5	数字波形图	100
6.6	三维图形控件	103
第 7 章	字符串和文件 I/O	106
7.1	字符串	106
7.1.1	字符串控件	106
7.1.2	字符串的显示方式	109
7.1.3	字符串函数	109
7.2	文件 I/O	112
7.2.1	文件 I/O 函数	113
7.2.2	文本文件	115
7.2.3	二进制文件	117
7.2.4	数据记录文件	119
7.2.5	其他文件类型	119
第 8 章	数据采集	121
8.1	数据采集的基本概念	121
8.1.1	信号调理简介	121
8.1.2	采样率和采样定理	123
8.1.3	分辨率	125
8.1.4	测量系统的连接方式	125
8.1.5	通道和任务	128
8.1.6	触发	129
8.1.7	多通道的采样方式	130
8.2	数据采集卡设置与测试	132
8.2.1	数据采集卡的功能	132
8.2.2	数据采集卡的软件配置	132
8.2.3	数据采集卡的相关参数	133
8.3	数据采集 VI	135
8.3.1	DAQ 助手 Express VI 简介	135
8.3.2	DAQmx VI 简介	139
8.3.3	DAQmx 的任务状态模型	142
8.4	模拟输入	143
8.4.1	单点模入	144

8.4.2	软件定时的多点模入	144
8.4.3	模入一段数据	145
8.4.4	连续模入	145
8.5	模拟输出	147
8.5.1	单点模出	147
8.5.2	软件定时的多点模出	148
8.5.3	模出一段数据	148
8.5.4	连续模出	150
8.6	触发采集	152
8.6.1	模拟边沿触发	152
8.6.2	模拟窗口触发	152
8.6.3	数字边沿触发	153
8.7	数字 I/O	153
8.7.1	基本知识	153
8.7.2	数字 I/O 简介	154
8.8	计数器	155
8.8.1	事件计数器	155
8.8.2	脉冲发生	156
8.8.3	频率测量	156
8.8.4	周期脉宽测量	157
第 9 章	信号分析与处理	158
9.1	信号分析和处理基础理论	158
9.1.1	模拟信号和傅里叶变换	158
9.1.2	数字信号和离散时间傅里叶变换	158
9.1.3	离散傅里叶变换和 FFT	159
9.1.4	数字信号时频分析	163
9.1.5	数字滤波器	165
9.1.6	相关分析	174
9.2	LabVIEW 中的信号分析和处理工具	175
9.3	应用举例	178
9.3.1	信号发生	178
9.3.2	频域分析	179
9.3.3	数字滤波	182
9.3.4	时域分析	185
9.3.5	曲线拟合	186
第 10 章	局部、全局变量和属性节点	188
10.1	局部变量	188
10.2	全局变量	189
10.3	属性节点	189
10.3.1	控件通用属性	190
10.3.2	特定控件属性举例	192
10.4	并行访问局部、全局变量和属性节点的竞态条件	193

第 11 章 虚拟仪器设计举例	195
11.1 轴承缺陷故障诊断	195
11.1.1 轴承故障测试系统概述	195
11.1.2 故障滚动轴承振动的数学模型	196
11.1.3 故障诊断算法	197
11.1.4 故障诊断算法的 LabVIEW 实现	198
11.1.5 实验结果	201
11.2 功率测量	202
11.2.1 功率算法	202
11.2.2 算法仿真	203
11.2.3 实采测量	207
11.3 信号发生器	209
11.3.1 算法实现	209
11.3.2 基本波形发生	209
11.3.3 公式波形发生	209
11.3.4 验证发生波形	210
11.3.5 结果分析	212
11.4 基于声卡的声音识别	213
11.4.1 声卡的工作原理和性能指标	213
11.4.2 声音识别技术	214
11.4.3 LabVIEW 中有关声卡的函数简介	214
11.4.4 声音身份识别的软件实现	215
11.4.5 结果分析	219
11.5 太阳能电池板自动跟踪系统	219
11.5.1 太阳能电池板自动跟踪系统概述	219
11.5.2 主要模块功能简介	220
11.5.3 实验测试与结果分析	224
11.6 基于 NI-CompactRIO 的大跨空间结构健康监测系统	225
11.6.1 大跨空间结构健康监测系统概述	225
11.6.2 系统主要功能模块简介	226
11.6.3 系统运行测试	228
11.7 基于加速度传感器的多功能手势感应控制器	230
11.7.1 控制器系统特点和功能概述	230
11.7.2 工作原理和算法设计	230
11.7.3 系统运行	232
11.8 大型储罐底板缺陷检测器	235
11.8.1 储罐底板缺陷检测器概述	235
11.8.2 储罐底板漏磁检测器结构	235
11.8.3 虚拟仪器软件设计	235
11.8.4 实验结果	237
附录 32 学时教学大纲	238
参考文献	240

传统的电子仪器如示波器、电压表、频率计,是具有特定功能和仪器外观的测试设备,随着电子、计算机和数字信号处理技术在测量领域中的广泛应用,仪器的概念与设计理论也发生了巨大的变化,以计算机技术为基础的新的测试方法如虚拟仪器(virtual instrumentation, VI)受到了越来越多的关注。本章主要介绍虚拟仪器的概念,软、硬件系统的组成以及虚拟仪器的设计方法。

1.1 虚拟仪器的概念

虚拟仪器的概念最早是美国国家仪器公司(National Instruments Corporation, NI)于 20 世纪 70 年代提出,NI 公司提出了口号“软件就是仪器”,即强调了软件在虚拟仪器中的作用,指出了虚拟仪器与主要通过硬件实现各种功能的传统仪器的不同。传统仪器把所有软件和测量电路封装在一起,利用仪器前面板为用户提供一组有限的功能。而虚拟仪器系统提供的则是完成测量或控制任务所需的所有软件开发环境和硬件设备,功能完全由用户自定义。虚拟仪器系统的价格通常比传统仪器低很多。虚拟仪器在测量任务需要改变时具有更大的灵活性,节省成本。总体来说,虚拟仪器是由计算机硬件资源、模块化仪器硬件和用于数据分析、通信等功能具有图形用户界面的软件组成的测控系统,是一种计算机操纵的模块化仪器系统。

1.1.1 仪器控制

仪器控制的功能是把实际存在的仪器和设备与计算机连接起来协同工作,同时还可以根据需要延伸和拓展仪器的功能。仪器控制要想顺利进行,要求仪器本身支持和计算机的通信功能,仪器和计算机之间存在适当的连接通路,计算机在硬件上支持该连接通路,而且在计算机上应含有实现仪器控制的程序。多数仪器都有适当的通信接口引出端,用于与计算机之间的通信。仪器和计算机之间的连接通路有很多标准接口可以使用,包括 GPIB、串口线等。如果使用 GPIB 电缆进行连接,则一般要求计算机上有 GPIB 卡;如果采用串口进行连接,则可以直接利用计算机上的串口。在安装了适当的硬件驱动程序之后,使用软件开发环境都可以建立仪器控制程序。相对应于开放、标准化的虚拟仪器硬件模块,虚拟仪器的软件系统也需要具有开放的、统一的格式与标准。1993 年 9 月 22 日 VXIplug&Play 系统

联盟成立,虚拟仪器软件构架 VISA 是 VXIplug&Play 系统联盟的重要工作成果之一,它定义了新一代 I/O 接口的软件规范。其 VPP-4.3 规范提供了 VISA 库的标准,VPP-4.3.2~4 定义了文本编程语言、G 语言和 COM 组件中实现 VISA 的参考规范。目前,VPP 规范已被广大的仪器生产厂家所接受和使用。

1.1.2 数据采集

数据采集是虚拟仪器的重要组成部分,要将数据采集到计算机里,并对其进行合理的组织,需要构建一个完整的数据采集系统。它包括传感器和变换器、信号调理设备、数据采集卡(或装置)、驱动程序、硬件配置管理软件、应用软件和计算机等。使用不同的传感器和变换器可以测量不同的物理量,并将它们转化成电信号;信号调理设备可对采集到的电信号进行加工,使它们适合数据采集卡等设备的需求;计算机通过数据采集卡获得测量数据;软件则控制整个测量系统,告诉采集设备什么时候从哪个通道获取数据,同时还对原始数据做分析处理。数据采集系统本身虚拟了一台完整的仪器。

1.2 虚拟仪器的硬件系统

计算机是虚拟仪器硬件平台的核心,虚拟仪器充分发挥计算机的作用,具有强大的数据分析和处理能力,可创造出功能更多、更强的测量或测控仪器及其系统,用户可根据自己的实际需求,自主构建新的虚拟仪器。

然而,虚拟仪器的突出成就不仅可以利用计算机组建灵活的虚拟仪器,更重要的是它可以通过各种不同的接口总线结合不同的接口硬件来组建不同规模的自动测试系统。根据所使用硬件系统和总线方式的不同,虚拟仪器的硬件系统可以分为 PC-DAQ 系统、GPIB 系统、VXI/PXI/LXI 系统、串口系统、现场总线系统等。

1. PC-DAQ 系统

PC-DAQ 系统是一个具有仪器特征的数据采集系统。该系统借助插入计算机 ISA 或 PCI 总线卡槽内的具有信号调理、数据采集、图像采集的硬件板/卡,与如 LabVIEW、LabWindows/CVI 或通用编程工具 Visual C++ 和 Visual Basic 相结合,可实现具有电压测量、示波器、频率计、频谱仪等多种功能的仪器。

该硬件系统组成的虚拟仪器具有性价比高的优点,但是该类虚拟仪器受计算机机箱结构和总线类型的限制,并且存在电源功率不足、机箱内噪声电平较高、插槽数目较少以及机箱内无屏蔽等缺陷,该类虚拟仪器曾有 ISA、PCI 和 PCMCIA 三种总线,现今应用广泛的为 PCI 总线。

2. GPIB 系统

GPIB 系统是一类仪器控制系统。GPIB(general purpose interface bus)总线也称为 HPIB 或 IEEE 488 总线,其技术最初是由 HP 公司于 20 世纪 70 年代提出的,该类虚拟仪器是虚拟仪器与传统仪器结合的典型例子。

典型的 GPIB 系统由一台计算机、一块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 总线仪器通过 GPIB 电缆连接而成。在标准配置下,一块 GPIB 接口卡可连接 14 台仪器,电缆长度可达 40m。

利用 GPIB 仪器控制系统实现计算机对仪器的操作和控制,可以简单地组合多台仪器,形成自动测量系统,该测量系统的结构和命令简单,适合于精度要求高,但不要求对计算机高速传输状况时的应用。GPIB 系统的缺点是,无法提供多台仪器同步和触发的功能,在传输大量数据时带宽不足。

3. VXI/PXI/LXI 系统

VXI/PXI/LXI 是一类模块化的仪器系统,每种仪器均为计算机的一个插件,通过计算机显示屏幕作为仪器面板。

VXI(VMEbus extensions for instrumentation)总线技术是一种高速计算机 VME 总线在仪器领域的扩展应用,该总线电源稳定,冷却能力较强,且具有严格的 PFI/EMI 屏蔽。VXI 总线的出现将高级测量与测试设备带入模块化领域,尤其在组建大、中规模的自动测量系统,具有非常大的优势。然而,VXI 总线对机箱、零槽管理器、嵌入式控制器有一定的要求,成本较高,目前已逐渐退出市场。

PXI(PCI extensions for instrumentation)总线技术是在 PCI 总线内核技术基础上增加了成熟的技术规范和要求而形成的,包括多板同步触发总线技术的同时,增加了局域网总线用于相邻模块之间的高速通信。该总线具有高度的可扩展性,包括 8 个扩展槽,通过使用 PCI-PCI 桥接器,可扩展到 256 个扩展槽,传输速率可达到 132Mb/s。对于多机箱系统,则可利用 MXI 接口进行连接,PXI 系统是现今应用较多的一类模块化虚拟仪器系统。

LXI(LAN extensions for instrumentation)总线技术是继 GPIB、VXI/PXI 技术之后,基于以太网网络技术,由中小型总线模块组成的新型仪器平台。LXI 总线技术提供了基于 Web 的人机交互和程序接口,模块采用自集成和标准化设计,使系统搭建更为方便灵活,具备灵活的仪器驱动程序和编程接口,以支持仪器的互换性、互操作性和软件的可移植性。因此,LXI 系统逐渐成为虚拟仪器系统的发展方向。

4. 串口系统

串口式虚拟仪器系统是利用 RS-232 总线、USB 通用串行总线和 IEEE 1394 总线等计算机提供的标准总线,解决采用 PCI 总线的虚拟仪器需要打开机箱进行插拔卡操作及受卡槽数目限制的问题。

RS-232 串口总线是传统的串口总线方式,主要用于仪器控制。USB 通用串行总线和 IEEE 1394 总线具有传输速率高、可以热插拔、联机使用方便等特点,其中 IEEE 1394 高速串行总线,数据传速率可以达到 400Mb/s,用于虚拟仪器组件的自动测试系统,具有更好的发展前景。

5. 现场总线系统

现场总线(field bus)是一个网络通信标准,用于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种全分散、全数字化的智能双向、多变量、多点、多站的通信系统,其可靠性高,稳定性好,抗干扰能力强,通信速率快,造价低,维护成本低,具有广阔的市场前景。

1.3 虚拟仪器的软件系统

软件系统是虚拟仪器技术中最重要的组成部分,软件系统主要用于实现对数据的读取、分析处理、显示以及对硬件的控制等功能,使用正确的软件工具并通过设计或者调用相应的

程序模块,工程师们可以高效地建立直观的、友好的人机交互界面。

1.3.1 驱动程序和 API

驱动程序是一种可以使计算机和设备通信的特殊程序,相当于硬件的接口,这一接口实现了对硬件的控制,假如某设备的驱动程序未能正确安装,便不能正常工作。NI-DAQmx 是 NI 公司提供的控制着 DAQ 数据采集系统的驱动程序,实现从配置、NI LabVIEW 编程到底层操作系统和设备控制,通过具有即测即用功能的虚拟通道和 DAQ 助手快速收集实际数据,利用测量 VI、函数、数据类型和分析功能集成,建立应用程序,借助优化的 DMA 数据传输和单点 I/O,测试更快、更稳定。

API(application programming interface)是一些预先定义的函数模块,它为应用程序与软件开发人员提供了基于某软件或硬件的访问一组例程的能力,却不需要访问源代码,且不需要理解其内部工作机制的细节。API 是操作系统提供的一组函数模块,通常以库的形式存在,供用户调用,所以,API 代码可能完全是用户空间代码,也有的 API 调用了系统调用。

1.3.2 虚拟仪器开发环境

构造一个虚拟仪器系统,基本硬件确定后,即可通过不同虚拟仪器开发环境实现不同的功能。虚拟仪器开发环境的选择,因开发人员的喜好不同而不同。但是,无论哪种开发环境,都必须给用户界面友好、功能强大的应用程序。虚拟仪器开发环境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。

目前的虚拟仪器开发环境主要分为两大类,一类是文本式编程语言;另一类是图形化编程语言。文本类编程语言包括 Visual C++ 配合 NI 的 Measurement Studio、NI 公司的 LabWindows/CVI 等;图形化的编程语言包括 Agilent 的 HP-VEE 和 NI 公司的 LabVIEW。其中最具代表性的虚拟仪器开发环境为 LabWindows/CVI 和 LabVIEW,这两种开发环境均涵盖仪器控制、通信、数据分析的丰富的数据库,对图形用户界面有良好的支持,且操作简单。

1.3.3 自定义的测量和测试程序

随着测量种类的增多与测试功能的复杂化,普通的功能测试台已经无法实现一些特殊的功能测试(如音频、视频测试等),虚拟仪器利用高效灵活的软件开发环境可以实现各种自定义的测量、测试程序,创建完全自定义的用户界面,全方位地满足用户的测量和测试需求。

1.4 LabVIEW 简介

LabVIEW(Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench)于 1992 年由美国国家仪器公司(NI 公司)推出,是用于设计虚拟仪器的一种图形化的编程语言工具,人机界面友好,功能函数库丰富、强大,被世界各国的工业界、科研机构 and 高校等广泛认同,是多种虚拟仪器设计工具软件中最成功的一种。经过 20 多年不断改进和完善,现在已发展至 2014 版本,本书所介绍的内容正是针对该版本。

LabVIEW 是目前国际上唯一基于数据流的编译型图形编程环境,在测控领域具有越