



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

虚拟仪器及应用



主 审 金崇源
主 编 曹 锋 王海文 汪 源
副主编 李世涛 张春志 苏明霞
李 敏 于广艳 车 玮



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

应用型本科信息类专业“十三五”规划精品教材

只有无知，没有不满。

Only ignorant, no resentment.

(按姓氏笔画排列)

卜敏峰 于震力 王中达 王伯平 王世法 王健刚
王艳秋 王爱平 王海文 王彩霞 方强心 房树军
.....迈克尔·法拉第(Michael Faraday)
刘黎明 李思为 李长俊 杨玉清 杨有安 杨建方
张兴方 张怀宁 张锦红 陈伟强 陈朝太 周永恒
周洪玉 孟德贵 赵振华 姜峰 骆耀祖 姜德军
顾利民 郭学敏 姜太平 谈新权 傅妍芳 高 刚
曹升印 赵光梅 周年琴 霍泰山 鞠尚平 魏平业

迈克尔·法拉第 (1791—1867)：英国著名物理学家、化学家，在电磁学、化学、电化学等领域都做出过杰出贡献。

前

应用型本科信息大类专业“十三五”规划精品教材

审稿委员会名单

(按姓氏笔画排列)

卜繁岭	于惠力	王书达	王伯平	王宏远	王俊岭
王艳秋	王爱平	王海文	云彩霞	方连众	厉树忠
卢益民	尼亚孜别克		朱秋萍	刘锐	刘仁芬
刘黎明	李见为	李长俊	杨玉蓓	杨有安	杨旭方
张义方	张怀宁	张绪红	陈传德	陈朝大	周永恒
周洪玉	孟德普	赵振华	姜峰	骆耀祖	莫德举
顾利民	郭学俊	容太平	谈新权	傅妍芳	富刚
雷升印	路兆梅	熊年禄	霍泰山	鞠剑平	魏学业

随着电子技术和计算机技术的飞速发展及在电子测量技术与仪器领域中广泛应用,虚拟仪器技术应运而生。虚拟仪器技术是20世纪90年代兴起的一个高新技术,它是利用计算机强大的运算能力和丰富的图形环境,通过友好的图形界面及图形化编程语言控制运行,构成多种测量方式,完成对被测量的采集、分析、判断、显示、存储及数据生成的仪器。也就是说,虚拟仪器是利用计算机显示器模拟传统仪器控制面板,以多种形式输出检测结果,利用计算机软件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、测量与调整,从而完成各种测试功能的一种计算机仪器系统。

本书共分 11 章,第 1 章介绍虚拟仪器的基本概念、结构、特点及发展趋势等知识,第 2 章介绍虚拟仪器软件开发平台 LabVIEW 2015,第 3 章介绍 LabVIEW 的数据操作,第 4 章介绍变量、数组、链与波形数据,第 5 章介绍 LabVIEW 的程序结构及程序设计方法,第 6 章介绍数据的图形显示,第 7 章介绍文件操作与管理,第 8 章介绍虚拟仪器的通信技术,第 9 章介绍数据采集的有关知识,第 10 章介绍 LabVIEW 常用外部接口,第 11 章介绍虚拟仪器设计实例。全书讲练结合,重点强化学生的动手操作能力,属于实用性、操作性比较强的教材。

本书在教学使用过程中,可根据专业特点和课时安排选取教学内容。本书可作为高等院校本科自动化、计算机应用、电子信息、机电工程、测控技术与仪器等专业虚拟仪器的教材,也可作为各职业院校专科层次相关专业类似课程的选用教材,并可作为从事计算机测控系统研发的技术人员的参考书。

本书由大连工业大学艺术与信息工程学院负责编,大连工业大学王海文、三亚学院汪源担任主编,由大连工业大学艺术与信息工程学院李淑娟、哈尔滨石油学

前言

PREFACE

随着电子技术、计算机技术和网络技术的高速发展及其在电子测量技术与仪器领域中的应用,新的测试理论、方法以及新的仪器结构的不断出现,虚拟仪器技术应运而生。

虚拟仪器技术的出现,改变了人们对仪器的传统观念,顺应了现代测控系统网络化、智能化的发展趋势。总体而言,虚拟仪器是测量/测试领域的一个创新概念,它是计算机技术介入仪器领域所形成的一种新型仪器,是利用计算机强大的图形环境,组合相应的硬件,编制不同的测试软件,建立界面友好的虚拟面板(即软面板),通过友好的图形界面及图形化编程语言控制运行,构成多种测量方式,完成对被测量的采集、分析、判断、显示、存储及数据生成的仪器。也就是说,虚拟仪器是利用计算机显示器模拟传统仪器控制面板,以多种形式输出检测结果,利用计算机软件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、测量与调整,从而完成各种测试功能的一种计算机仪器系统。

本书共分 11 章,第 1 章介绍虚拟仪器的基本概念、结构、特点及发展趋势等知识,第 2 章介绍虚拟仪器软件开发平台 LabVIEW 2015,第 3 章介绍 LabVIEW 的数据操作,第 4 章介绍变量、数组、簇与波形数据,第 5 章介绍 LabVIEW 的程序结构及程序设计方法,第 6 章介绍数据的图形显示,第 7 章介绍文件操作与管理,第 8 章介绍虚拟仪器的通信技术,第 9 章介绍数据采集的有关知识,第 10 章介绍 LabVIEW 常用外部接口,第 11 章介绍虚拟仪器设计实例。全书讲练结合,重点强化学生的动手操作能力,属于实用性、操作性比较强的教材。

本书在教学使用过程中,可根据专业特点和课时安排选取教学内容。本书可作为高等院校本科自动化、计算机应用、电子信息、机电工程、测控技术与仪器等专业虚拟仪器的教材,也可作为各类院校专科层次相关专业类似课程的选用教材,并可作为从事计算机测控系统研发的工程技术人员参考书。

本书由大连工业大学艺术与信息工程学院曹锋、大连工业大学王海文、三亚学院汪源担任主编,由大连工业大学艺术与信息工程学院李世涛、哈尔滨石油学

院张春志、武汉华夏理工学院苏明霞、南宁学院李敏、哈尔滨石油学院于广艳、西北师范大学知行学院车玮担任副主编。其中,第1章由王海文编写,第2章由曹锋、车玮编写,第3章由汪源编写,第4、5、6章由曹锋编写,第7章由李世涛编写,第8章由张春志编写,第9章由苏明霞编写,第10章由李敏编写,第11章由于广艳编写。王璐璐、李政莹、吴凡、费子林、刘苏萱协助进行了资料的整理工作。全书由大连工业大学艺术与信息工程学院的金崇源担任主审。

在本书编写的过程中,我们参考了兄弟院校的相关资料及其他相关教材,并得到许多同人的关心和帮助,再次谨致谢意。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

限于篇幅及编者的业务水平,在内容上若有局限和欠妥之处,真诚希望同行和读者给予宝贵的意见。

编者
2017年12月

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	(1)
1.1 虚拟仪器的基本概念	(1)
1.2 虚拟仪器的组成	(2)
1.2.1 虚拟仪器的硬件结构	(2)
1.2.2 虚拟仪器的软件结构	(4)
1.2.3 虚拟仪器系统	(5)
1.3 虚拟仪器的特点	(6)
1.4 虚拟仪器的应用	(7)
1.5 虚拟仪器技术发展趋势	(8)
习题	(9)
第2章 虚拟仪器软件开发平台 LabVIEW	(10)
2.1 LabVIEW 概述	(10)
2.1.1 LabVIEW 的含义	(10)
2.1.2 LabVIEW 的特点	(10)
2.1.3 LabVIEW 的发展	(11)
2.1.4 LabVIEW 2015 的安装与运行	(12)
2.2 LabVIEW 2015 编程环境	(13)
2.2.1 LabVIEW 2015 的基本开发平台	(13)
2.2.2 LabVIEW 2015 的操作选板	(16)
2.2.3 LabVIEW 2015 的菜单和工具栏	(20)
2.3 LabVIEW 2015 的初步操作	(21)
2.3.1 创建虚拟仪器	(21)
2.3.2 调试虚拟仪器	(22)
2.3.3 创建和调用子 VI	(26)
2.3.4 虚拟仪器创建举例——虚拟温度计	(29)
习题	(31)
第3章 数据操作	(32)
3.1 数据类型	(32)

3.1.1	数值型	(32)
3.1.2	布尔型	(37)
3.1.3	字符串与路径	(38)
3.2	数值运算	(40)
3.3	布尔运算	(42)
3.4	字符串运算	(42)
3.5	比较运算	(46)
	习题	(47)
第4章	变量、数组、簇与波形数据	(48)
4.1	局部变量	(48)
4.1.1	局部变量的创建	(48)
4.1.2	局部变量的使用	(49)
4.1.3	局部变量的特点	(49)
4.2	全局变量	(50)
4.2.1	全局变量的创建	(50)
4.2.2	全局变量的使用	(51)
4.2.3	全局变量的特点	(51)
4.3	数组	(52)
4.3.1	数组的组成与创建	(52)
4.3.2	数组的使用	(54)
4.3.3	数组的特点	(56)
4.4	簇	(57)
4.4.1	簇的组成与创建	(57)
4.4.2	簇的使用	(57)
4.4.3	簇的特点	(60)
4.5	波形数据	(61)
4.5.1	波形数据的组成	(61)
4.5.2	波形数据的创建与使用	(64)
4.5.3	波形数据的特点	(66)
	习题	(66)
第5章	程序结构	(67)
5.1	For 循环	(67)
5.2	While 循环	(70)
5.3	顺序结构	(70)
5.4	条件结构	(72)
5.5	事件结构	(74)
5.6	公式节点	(80)
5.7	属性节点	(81)
5.7.1	属性节点的直接创建法	(81)
5.7.2	属性节点的编程创建法	(85)
	习题	(86)

第 6 章 数据的图形显示	(87)
6.1 波形显示	(87)
6.1.1 波形图	(87)
6.1.2 波形图表	(92)
6.2 XY 图和 Express XY 图	(95)
6.2.1 XY 图	(95)
6.2.2 Express XY 图	(97)
6.3 强度图形	(98)
6.3.1 强度图	(99)
6.3.2 强度图表	(100)
6.4 三维图形	(101)
6.4.1 三维曲面图形	(101)
6.4.2 三维参数图形	(102)
6.4.3 三维曲线图形	(103)
6.5 数字波形图	(104)
习题	(106)
第 7 章 文件操作与管理	(107)
7.1 支持的文件类型	(107)
7.2 文件操作	(108)
7.2.1 文件的基本操作	(108)
7.2.2 文件 I/O 选板	(109)
7.3 文件输入/输出操作	(111)
习题	(116)
第 8 章 通信	(117)
8.1 串行通信	(117)
8.1.1 串口简介	(117)
8.1.2 串行通信节点	(120)
8.1.3 串行通信编程实例	(122)
8.2 网络通信	(124)
8.2.1 TCP 协议简介	(124)
8.2.2 TCP 函数	(124)
8.2.3 TCP 通信编程实例	(128)
8.3 DataSocket 通信	(130)
8.3.1 DataSocket 概述	(130)
8.3.2 DataSocket 技术在 LabVIEW 中的实现	(132)
习题	(135)
第 9 章 数据采集	(136)
9.1 数据采集基础	(136)
9.1.1 奈奎斯特采样定理	(136)
9.1.2 信号类型	(136)
9.1.3 信号的参考点与测量系统	(138)

9.1.4	数据采集系统构成	(140)
9.2	数据采集卡的选用与配置	(143)
9.2.1	选用数据采集卡的基本原则	(143)
9.2.2	数据采集卡的配置	(144)
9.3	NI-DAQmx 简介	(146)
9.3.1	NI-DAQmx 数据采集 VI	(146)
9.3.2	DAQ 助手的使用	(148)
9.4	NI-DAQmx 应用实例	(151)
9.4.1	模拟信号输入	(151)
9.4.2	模拟信号输出	(152)
	习题	(153)
第 10 章	LabVIEW 常用外部接口	(154)
10.1	调用库函数	(154)
10.1.1	DLL 简介	(154)
10.1.2	API 简介	(156)
10.1.3	调用库函数实例	(156)
10.2	MATLAB 接口	(157)
10.2.1	Matlab 节点	(157)
10.2.2	Matlab 节点应用	(158)
10.3	ActiveX	(159)
10.3.1	ActiveX 简介	(159)
10.3.2	ActiveX 控件	(160)
10.3.3	ActiveX 自动化	(161)
	习题	(163)
第 11 章	虚拟仪器设计实例	(164)
11.1	虚拟仪器的设计原则	(164)
11.1.1	总体设计原则	(164)
11.1.2	硬件设计的基本原则	(164)
11.1.3	软件设计的基本原则	(165)
11.2	虚拟仪器的设计步骤	(165)
11.3	虚拟仪器设计实例	(166)
11.3.1	虚拟数字电压表	(166)
11.3.2	基于 LabVIEW 和声卡的数据采集系统	(171)
	习题	(178)
	参考文献	(179)

第1章

绪论



1.1 虚拟仪器的基本概念

随着电子技术、计算机技术和网络技术的高速发展及其在电子测量技术与仪器领域中的应用,随着新的测试理论、方法及新的仪器结构的不断出现,电子测量仪器的功能和作用也发生了变化。在这种背景下,20世纪80年代,由美国国家仪器有限公司(简称NI公司)提出了虚拟仪器的概念。虚拟仪器技术作为计算机技术与仪器技术相结合的创新技术,应用前景十分广泛。虚拟仪器技术的出现,改变了人们对仪器的传统观念,适应了现代测控系统网络化、智能化的发展趋势。总体而言,虚拟仪器是测量/测试领域的一个创新概念,它是计算机技术介入仪器领域所形成的一种新型仪器,是利用计算机强大的图形环境,组合相应的硬件,编制不同的测试软件,建立界面友好的虚拟面板(即软面板),通过友好的图形界面及图形化编程语言控制运行,构成多种测量方式,完成对被测量的采集、分析、判断、显示、存储及数据生成的仪器。也就是说,虚拟仪器是利用计算机显示器模拟传统仪器控制面板,以多种形式输出检测结果,利用计算机软件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。

1. 虚拟仪器的主要含义

1) 虚拟仪器的硬件是通用的

在虚拟仪器设计过程中用到的基本知识都是通用的数据采集知识,当然基于这些知识设计的硬件都是通用的。

2) 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“元器件”所完成的功能是相同的,由各种开关、按键、显示控件等实现仪器电源的“通”“断”,对被测信号“输入通道”“放大倍数”等参数进行设置,实现测量结果的“数值显示”“波形显示”等。

传统仪器面板上的元器件都是“实物”,可由“手动”和“触摸”进行操作,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”等动作是通过用户对计算机鼠标或键盘的操作来完成的。因此,设计虚拟仪器前面板的过程就是在前面板设计窗口中摆放所需的图标,然后对图标的属性进行设置。

3) 虚拟仪器的测量功能是由用户软件来实现的

在以计算机为核心组成的硬件平台的支持下,利用软件编程设计来实现仪器的功能,可以通过不同测试功能软件模块的组合来实现多种测试功能。因此,在硬件平台确定后,有“软件就是仪器”的说法,这也体现了测试技术与计算机深层次的结合。

2. 如何理解“软件就是仪器”的说法

软件就是仪器,但软件不等于仪器,确切地说,软件就是仪器的一部分。虚拟仪器之所以称为仪器,就在于它直接面对和处理的对象是信号,而计算机则只能处理数字信号。软件加硬件才能构成一个功能完整的仪器。

1.2 虚拟仪器的组成

虚拟仪器包括硬件和软件两个基本要素。

1.2.1 虚拟仪器的硬件结构

虚拟仪器的硬件结构如图 1.1 所示。硬件是虚拟仪器工作的基础,主要完成被测信号的采集、传输、存储处理和输入/输出等工作,由计算机和 I/O 接口设备组成。计算机一般为 一台计算机或工作站,是硬件平台的核心,它包括微处理器、存储器和输入/输出设备等,用来提供实时高效的数据处理工作。I/O 接口设备即采集调理部件,包括计算机总线的数 据采集(data acquisition,DAQ)卡、GPIB 总线仪器、GPIB 接口卡、VXI/PXI/LXI 总线仪器模 块、串口总线仪器/PLC 和现场总线仪器模块等标准总线仪器,主要完成被测信号的采集、放 大和模数转换。



图 1.1 虚拟仪器的硬件结构

根据构成虚拟仪器接口总线的不同,虚拟仪器可分为如下几种。

1. 基于数据采集卡的虚拟仪器

在以计算机为基础的虚拟仪器中,插入式数据采集卡是虚拟仪器中最常用的接口形式之一。其功能是将现场数据采集到计算机中,或将计算机中的数据输出给受控对象,典型结构如图 1.2 所示。



图 1.2 基于数据采集卡的虚拟仪器的典型结构

这种系统采用计算机本身的 PCI 或 ISA 总线,将数据采集卡插入计算机的 PCI 或 ISA 总线插槽中,并与专用的软件相结合,完成测试任务。它充分利用了微型计算机的软、硬件资源,更好地发挥了微型计算机的作用,大幅度降低了仪器成本,并具有研制周期短、更新改进方便的优点。这种插卡式实现方案性价比极佳。

2. 基于 GPIB 总线方式的虚拟仪器

通用接口总线(general purpose interface bus,GPIB)是由 HP 公司于 1978 年制定的总

线标准,是传统测试仪器在数字接口方面的延伸和扩展。

典型的基于 GPIB 总线方式的虚拟仪器系统由一台计算机、一块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 形式的仪器通过 GPIB 电缆连接而成,如图 1.3 所示。通过 GPIB 技术,人们可以实现计算机对仪器的操作和控制,替代了传统的人工操作方式,从而提高了测试、测量效率。



图 1.3 典型的基于 GPIB 总线方式的虚拟仪器系统构成示意图

3. 基于 VXI 总线方式的虚拟仪器

在虚拟仪器技术中最引人注目的应用是基于 VXI(VMEbus extension for instrumentation)总线的自动测试仪器系统。VXI 总线具有标准开放、结构紧凑、数据吞吐能力强、定时和同步精确、模块可重复利用、众多厂家支持等优点,所以得到了广泛应用。经过 30 多年的发展,VXI 系统的组建和使用越来越方便,尤其是在组建大、中规模自动测试仪器系统和对速度、精度要求高的场合,具有其他仪器无法比拟的优势。典型的基于 VXI 总线方式的虚拟仪器系统的构成如图 1.4 所示。

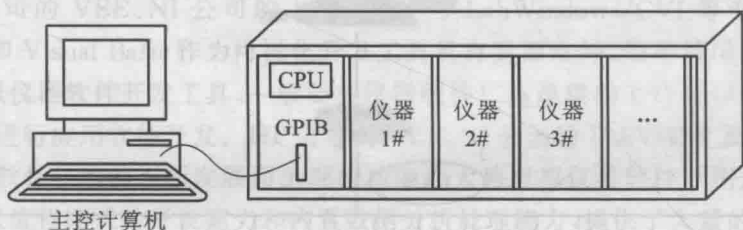


图 1.4 典型的基于 VXI 总线方式的虚拟仪器系统构成示意图

4. 基于 PXI 总线方式的虚拟仪器

PXI(PCI extension for instrumentation)总线是 NI 公司在 1997 年 9 月 1 日推出的全新的开放性模块化仪器总线规范。它以 Compact PCI 为基础,是 PCI 总线面向仪器领域的扩展。PXI 总线符合工业标准,在机械、电气和软件特性方面充分发挥了 PCI 总线的全部优点。PXI 总线的传输速率已经达到 132 MBps(32 位数据总线)或 264 MBps(64 位数据总线)。

目前,由于 PXI 模块仪器系统具有良好的性价比,所以越来越多的工程技术人员开始关注 PXI 的发展,尤其是在某些要求测试系统体积小的使用场合。另外,由于 PXI 测试系统的数据传输速率高,所以某些高频段的测试已经采用了 PXI 测试系统。

把台式计算机的性价比和 PCI 总线面向仪器领域的扩展优势结合起来,将形成未来主流的虚拟仪器平台之一。典型的基于 PXI 总线方式的虚拟仪器的构成如图 1.5 所示。

5. 基于 LXI 总线方式的虚拟仪器

2004 年 9 月,VXI 公司(VXI Global Solution, LLC)和安捷伦公司共同推出一种适用于自动测试系统的新一代基于局域网(LAN)的模块化测量仪器接口标准 LXI(LAN-based extension for instrumentation),即基于 LAN 的仪器扩展。开放式的 LXI 标准于 2005 年 9

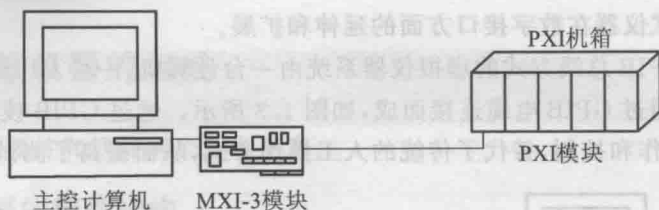


图 1.5 典型的基于 PXI 总线方式的虚拟仪器构成示意图

月正式公布,随后,LXI 标准的特有模块仪器和测量系统投入市场。LXI 是整合了可编程仪器标准 GPIB 协议和工业标准 VXI 的成果而发展起来的接口总线技术,它将台式仪器的内置测量技术、计算机标准 I/O 接口与基于插卡框架系统的模块化集于一体,具有数据吞吐量大、模块化结构好、开放性强、即插即用等特点。

作为以太网技术在自动化测试领域的应用扩展,LXI 为高效能的仪器提供了一个自动测试系统的 LAN 模块式平台。无论是相对 GPIB、VXI 还是 PXI, LXI 都将是未来总线技术的发展趋势。以 LXI 为主体的虚拟仪器网络结构如图 1.6 所示。在这种构成方案中, GPIB、VXI、PXI、LXI 共存于系统,它们通常仅是 LAN 上的一个节点,这样不仅能够最大地发挥各自的功能和优势,而且可以相互进行数据的传输和资源的共享。

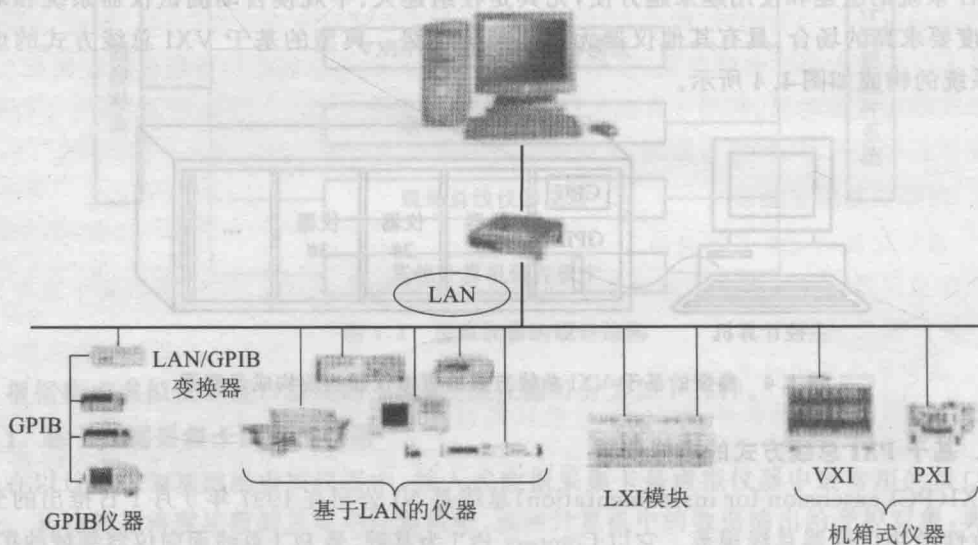


图 1.6 以 LXI 为主体的虚拟仪器网络结构

1.2.2 虚拟仪器的软件结构

当虚拟仪器的硬件平台建立起来之后,设计、开发、研究虚拟仪器的主要任务就是编制应用程序。软件是虚拟仪器的关键,通过运行在计算机上的软件,一方面实现虚拟仪器图形化仪器界面,给用户提供一个检验仪器通信、设置仪器参数、修改仪器操作和实现仪器功能的人机接口;另一方面使计算机直接参与测试信号的产生和测量特征的分析,完成数据的输入、存储、综合分析和输出等功能。虚拟仪器的软件一般采用层次结构,包含以下三部分。

1. 输入/输出(I/O)接口软件

I/O 接口软件存在于仪器与仪器驱动程序之间,是一个完成对仪器内部寄存单元进行直接存取数据操作、为仪器驱动程序提供信息传递的底层软件,是实现开放的、统一的虚拟

仪器系统的基础和核心。虚拟仪器系统 I/O 接口软件的特点、组成、内部结构与实现规范等在 VPP(VXI plug & play)系统规范中有明确的规定,并被定义为 VISA(virtual instrument software architecture)软件。虚拟仪器软件框架如图 1.7 所示。

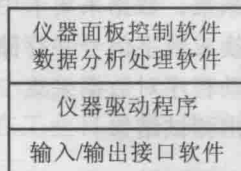


图 1.7 虚拟仪器软件框架

2. 仪器驱动程序

仪器驱动程序的实质是为用户提供用于仪器操作的较抽象的操作函数集。对于应用程序,它和仪器硬件的通信、对仪器硬件的控制操作是通过仪器驱动程序来实现的,仪器驱动程序对于仪器的操作和管理,又是通过调用 I/O 软件所提供的统一基础与格式的函数库来实现的。对于应用程序的设计人员,一旦有了仪器驱动程序,在不是十分了解仪器内部操作过程的情况下,他们也可以进行虚拟仪器系统的设计。仪器驱动程序是连接顶层应用软件和底层 I/O 软件的纽带和桥梁。虚拟仪器的组成结构和实现在 VPP 规范中也做了明确定义,并且要求仪器生产厂家在提供仪器模块的同时提供仪器驱动程序文件和 DLL 文件。

3. 应用软件

顶层应用软件主要包括仪器面板控制软件 and 数据分析处理软件,完成的任务有:利用计算机强大的图形功能实现虚拟仪器面板,给用户 提供操作仪器、显示数据的入机接口,以及数据采集、分析处理、显示和存储等功能。VPP 规范要求应用软件具有良好的开放性和可扩展性。

虚拟仪器软件的开发可以利用 Visual C++ 和 Visual Basic 等通用程序开发工具,也可以利用 HP 公司的 VEE、NI 公司的 LabVIEW 与 LabWindows/CVI 等专用开发工具。Visual C++ 和 Visual Basic 作为可视化开发工具具有界面友好、简单易用、实用性强等优点,但作为虚拟仪器软件开发工具,一般要在仪器硬件厂商提供的 I/O 接口软件、仪器驱动程序的基础上进行应用软件开发。HP 公司的 VEE、NI 公司的 LabVIEW 及 LabWindows/CVI 等是随着软件技术的不断发展而出现的功能强大的虚拟仪器软件专用开发工具,具有直观的前面板、流程图式的开发能力和内置数据分析处理能力,提供了大量的功能强大的函数库供用户直接调用,是构建虚拟仪器的理想工具。

1.2.3 虚拟仪器系统

以 PC-DAQ 接口的虚拟仪器为例,虚拟仪器系统的整体结构如图 1.8 所示。

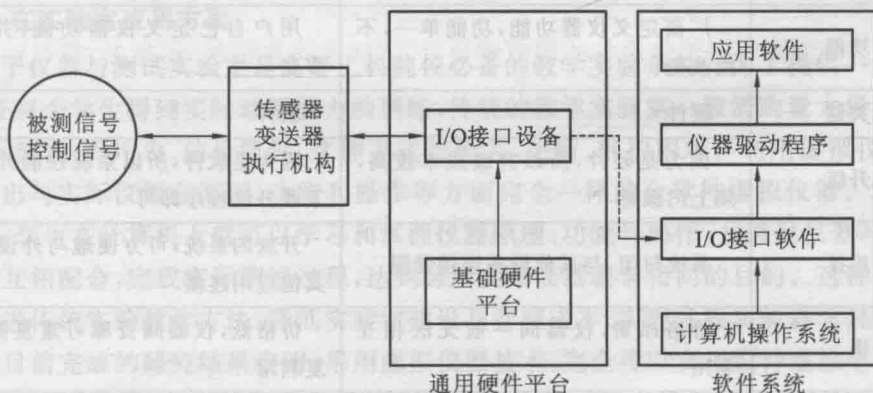


图 1.8 虚拟仪器系统的整体结构

传感器将被测信号转换为电信号,经信号调理电路调整为标准信号后,送数据采集卡进

行采集。数据采集卡中通过多路模拟开关、A/D 转换芯片和数据缓存几个部件将模拟信号转换成数字信号并存储在缓存中。计算机通过虚拟仪器编程软件开发的应用程序调用设备驱动程序对数据采集卡进行控制,读取并处理采集的数据,通过虚拟仪器面板,显示、打印、输出测试结果。

1.3 虚拟仪器的特点

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等方面都发生了根本性的变化,概括地说,虚拟仪器有以下特点:

(1) 软件是虚拟仪器的核心。虚拟仪器的硬件确定后,它的功能主要是通过软件来实现的,软件在虚拟仪器中具有重要的地位。NI 公司曾提出“软件就是仪器”的口号。

(2) 虚拟仪器丰富和增强了传统仪器的功能。虚拟仪器融合计算机强大的硬件资源,突破了传统仪器在数据显示、处理、存储等方面的限制,大大增强了传统仪器的功能。虚拟仪器将信号分析、显示、存储、打印等功能集中交给计算机处理,充分利用了计算机的数据处理、传输和发布能力,使得组建系统变得更加灵活、简单。

(3) 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,用户可根据自己的喜好,通过编制软件来定义面板形式。

(4) 虚拟仪器具有开放的工业标准。虚拟仪器硬件和软件都制定了开放的工业标准,因此用户可以将仪器的设计、使用和管理统一到虚拟仪器标准之中,使资源的可重复利用率提高,功能易于扩展,管理规范,生产、维护和修护费用降低。

(5) 虚拟仪器便于构成复杂的测试系统,经济性好。虚拟仪器可以作为独立仪器使用,也可以通过计算机网络构成分布式测试系统,进行远程测试、监控与故障诊断。此外,用基于软件体系结构的虚拟仪器代替基于硬件体系结构的传统仪器,还可以大大节约仪器购买和维护费用。

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

项 目	传统仪器	虚拟仪器
仪器功能	厂商定义仪器功能,功能单一,不能改变	用户自己定义仪器功能,并可灵活多变
系统关键	硬件	软件
系统升级	因为是硬件,所以升级成本较高,须上门服务	因为是软件,所以系统性能升级方便,下载升级程序即可
系统连接	系统封闭,与其他设备连接受限	开放的系统,可方便地与外设、网络及其他应用连接
价格	价格昂贵,仪器间一般无法相互利用	价格低,仪器间资源可重复配置和重复利用
技术更新周期	5~10 年	1~2 年
开发与维护费用	开发与维护费用高	软件开发使得开发与维护费用降低

1.4 虚拟仪器的应用

虚拟仪器技术应用领域非常广泛,下面主要针对虚拟仪器技术在工业自动化、仪器制造和实验室应用方面的前景和效益进行分析。

1. 在工业自动化方面

我国工业基础比较落后,工业自动化程度远不能满足市场经济快速发展的需求。制约工业自动化水平提高的一个关键因素是:企业缺乏开发自动化控制与管理软件的专业人才。许多生产第一线的工程师熟悉设备与工艺流程,但不具备程序员的专门编程能力,往往控制系统软件都是交给研究所或大学的程序员编写,软件设计与使用脱节。传统的软件设计方法使得实际工程人员很难掌握和修改专业人员编写的软件,不但工作积极性和创造性受到影响,而且许多项目实际应用效果并不理想。虚拟仪器设计所采用的图形化编程语言,十分适合工程师使用,有利于提高企业自主开发和管理项目的能力,降低工业自动化技术改造的成本。另一方面,采用虚拟仪器技术,根据实际工艺流程和控制要求,将分布在不同位置的各种测量仪表和控制装置连接为一个网络系统,通过计算机实时集中控制和管理,可以改变采用传统单元仪表分散工作时成本高、维护困难、资源配置重复等缺点,提高工业自动化改造的经济效益,降低管理成本。

2. 在仪器制造方面

仪器制造业是代表国家科技和工业发展水平的一个重要领域,是否具备制造各种先进和高性能仪器的能力,对整个国家的科技开发能力、国防高科技水平和工业现代化水平都有直接或潜在的重要影响。由于工业基础比较落后,我国的仪器制造,尤其是高性能科学仪器的制造还远远不能满足国防与经济建设发展的需要。目前,像数字示波器、频谱分析仪和逻辑分析仪等高档仪器还主要依赖进口,即使像数字万用表、函数发生器等基础测量仪器,国产与进口产品在功能、易用性等方面也仍然存在差距。由于传统台式仪器制造水平的提高不仅取决于设计创新,还依赖于工艺和加工水平的提高,因此,在短期内实现有一定的困难。而采用虚拟仪器技术,将过去仪器中许多靠硬件实现的功能用软件来代替,利用商品化的数据采集和计算机技术,完全可以开发出各行各业急需的各种测量仪器,缩短我国与先进国家在仪器领域的差距。因此,这是采用高新技术改造传统产业的一个大有可为的领域。

3. 在实验室应用方面

电子仪器与测试实验室是高等工科院校必备的教学实验条件。为了提供一定的实验场地,保证每个学生得到实际动手能力的训练,传统的教学实验室一般需购置大量的基础测量仪,如示波器、万用表、信号源等,这种方式投资大,更新、维护困难。利用虚拟仪器技术,可以设计出与实际仪器在原理、功能和操作等方面完全一样的全软件虚拟仪器。利用这些虚拟仪器,学生在计算机上就可以学习和掌握仪器原理、功能与操作,并通过仪器与仪器、仪器与电路互相配合,完成实际测试过程,达到与用实际仪器教学相同的目的。这种思想对从根本上改进传统实验教学方法、降低实验室建设与管理成本、实现远程实验教学具有重要参考价值。目前完成的研究结果表明,采用虚拟仪器技术,完全可以实现设计虚拟电子仪器实验室的设想,通过这样一种实验方式,还可以培养学生的求知兴趣和创新能力,而且随着计算机的普及,虚拟仪器甚至可以进入中学物理和化学实验课堂。目前,虚拟仪器在实验教学、科学研究、远程教育中发挥着巨大的作用,利用虚拟仪器构建虚拟实验室已经被认为是有广

阔前景的事业。



1.5 虚拟仪器技术发展趋势

自从 NI 公司于 1986 年提出虚拟仪器的概念至今,虚拟仪器的发展大约可分为三个阶段。

第一阶段:利用计算机增强仪器的功能。由于 GPIB 总线标准的确立,计算机和外界通信成为可能。只需要把传统仪器通过 GPIB 总线和 RS-232C 总线同计算机连接起来,用户就可以用计算机控制仪器了。

第二阶段:开放式的仪器结构。在仪器硬件上出现了两大技术进步,一是插入式计算机数据处理卡,二是 VXI 仪器总线标准的确立。这些新技术使仪器的构成得以开放,消除了第一阶段内在的由用户定义和供应商定义仪器功能的区别。

第三阶段:虚拟仪器框架得到广泛认同和采用。软件领域中的面向对象技术把任何用户构建虚拟仪器需要知道的东西封装起来。许多行业标准在硬件和软件领域已经产生,几个虚拟仪器平台已经得到认可,并逐渐成为虚拟仪器行业的标准工具。

虚拟仪器技术的不断发展取决于三个重要因素:计算机的发展是动力,软件是主宰,高性能的 A/D 采集卡、调理放大器及传感器是关键。随着微电子技术、计算机软/硬件技术、通信技术和网络技术的飞速发展,虚拟仪器技术日新月异。

1. 虚拟仪器网络化

将网络技术和虚拟仪器相结合,构成网络化虚拟仪器系统,是自动测试仪器系统的发展方向之一。网络化测试的最大特点就是可以实现资源共享,使现有资源得到充分利用,从而实现多系统、多专家的协同测试与诊断。网络化测试解决了已有总线在仪器台数上的限制,使一台仪器能被多个用户同时使用,不仅实现了测量信息的共享,而且实现了整个测控过程的高度自动化、智能化,同时减少了硬件的设置,有效降低了测控系统的成本。另外,网络不受地域限制,使网络化测试系统能够实现远程测试,这样测试人员可以不受时间和空间的限制,随时随地获取所需的信息。同时网络化测试系统还可以实现被测设备的远距离测试与诊断,从而提高了测试效率,减少了测试人员的工作量。正是网络化测试系统的这些优点,使得网络化测试技术备受关注。近年来,世界著名仪器开发商安捷伦公司与 NI 公司联手致力于网络化测试软硬件的研发。国内一些实力较强的公司如北京中科泛华测控技术有限公司也在积极探索虚拟仪器网络设备的研究和设计。“网络就是仪器”的概念,确切地概括了仪器的网络化发展趋势。

2. 虚拟仪器标准化

VI 的标准化主要是硬件平台和软件模块的标准化。目前的虚拟仪器硬件平台,已经有了标准化和通用化趋势,如 VXI 联盟、PXI 规范、PCI 规范等自发性标准化组织和措施;另一些要求,如标准化触发方式,不同通道的公用时基,同步、延迟及执行参数是否连续可调或断续可调等,涉及信号及其质量和相互关系等方面,尚未形成标准化和通用化规范,这将影响其不同平台的互换性和移植性,也将影响虚拟仪器软件模块的标准化。1998 年 9 月成立的 IVI(Interchangeable Virtual Instrument)基金会努力从基本的互操作性到可互换性,为仪器驱动程序提升标准化水平。为仪器类制定一个统一的规范,可使测试工程师获得更大的硬件独立性,使得用户在测试过程中不需要更改软件程序就可以替换设备,减少了软件维