



高等学校信息工程专业规划教材

基于 LabVIEW 的数据采集 与处理技术

白云 高育鹏 胡小江 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程专业规划教材

基于 LabVIEW 的数据采集与处理技术

白云 高育鹏

编著

胡小江 李刚

西安电子科技大学出版社

2009

XDP 237001-1

ISBN 978-7-5506-2080-0 TP · 1069

定价 30.00 元

印数 1-4000 册

字数 330 千字

开本 787 毫米 × 1002 毫米 1/16 印张 14.125

版次 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印刷单位 陕西光大街印刷厂

经销 新华书店

网址 www.xdpub.cn

电话 (029) 88542882 88201407 邮编 710071

出版发行 西安电子科技大学出版社 (西安 710032)

责任编辑 江修善 版式设计 张延群

封面设计 魏红琴

内 容 简 介

本书以测试技术所涉及到的基本模块为主线,对虚拟仪器技术,以及围绕着基于 LabVIEW 的数据采集与处理技术进行了全面、系统的阐述。全书共 10 章,内容包括虚拟仪器技术、数据采集系统设计基础、模拟信号的采集、信号调理、图形控件和图形显示、数字量输入/输出和计数器、LabVIEW 中信号分析与处理、虚拟仪器控制及应用实例、SQL 与数据库访问以及 LabVIEW 与仿真技术。

本书可作为高等院校与测试相关专业的基础教材,也适合于有一定虚拟仪器开发经验、希望学习使用虚拟仪器技术来完成测试的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于 LabVIEW 的数据采集与处理技术/白云,高育鹏,胡小江等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2009.3

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

ISBN 978-7-5606-2080-0

I. 基… II. ①白… ②高… ③胡… III. 软件工具, LabVIEW—程序设计—高等学校—教材
IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 096716 号

策 划 臧延新

责任编辑 任倍萱 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 14.125

字 数 330 千字

印 数 1~4000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978-7-5606-2080-0/TP·1069

XDUP 2372001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

近年来,随着个人计算机应用的迅速普及,以及测试测量和自动化仪器系统的革新,虚拟仪器技术这一新技术在测试与控制领域的应用越来越广泛。尤其是以NI公司为代表的国外厂商不断对新的硬件平台和软件平台的研发,使得虚拟仪器在各个方面都得到了长足的发展,也促进了国内虚拟仪器技术的迅速发展。

目前,有关虚拟仪器及技术方面的教材已经非常多了,但针对测试专业领域的教材还比较欠缺。于是,我们以实际测试工程中所涉及到的基本模块为主线,就虚拟仪器技术,以及围绕着基于LabVIEW的数据采集与处理技术进行了全面、系统的阐述。希望读者能更多地精力放在虚拟仪器在测试专业的应用上,同时也是抛砖引玉,希望能看到更多虚拟仪器技术在相关专业领域的书籍。

全书共10章,主要内容包括虚拟仪器技术、数据采集系统设计基础、模拟信号的采集、信号调理、图形控件和图形显示、数字量输入/输出和计数器、LabVIEW中信号分析与处理、虚拟仪器控制及应用实例、SQL与数据库访问以及LabVIEW与仿真技术。书中不仅有大量的实例分析,还在大部分章末安排了练习与思考,以便读者对本章所学内容进行复习与巩固。

全书由空军工程大学导弹学院白云同志主编。第1、5和6章由白云同志编写,第2、3、4和8章由高育鹏同志编写,第7、9和10章由胡小江同志编写,李刚同志参加了部分章节的编写工作。在此,对在本书编写过程中提供帮助的所有同志以及所列参考文献中的作者一并致以谢意!尤其要感谢西安电子科技大学出版社的领导和同志们的大力支持。

本书内容丰富翔实、涉及面广、适用性强,可作为高等院校与测试相关专业的基础教材,也可供有关工程技术人员参考。

因编者水平有限,加之时间比较仓促,书中欠妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2008年9月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~“十一五”国家级规划教材~~~~~	数控机床故障分析与维修(高职)(第二版)	25.00	25.00
计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00	液压与气动技术(第二版)(朱梅)(高职)	23.00
计算机系统安全(第二版)(马建峰)	30.00	~~~~~计算机提高普及类~~~~~	
计算机网络(第三版)(蔡皖东)	27.00	计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)(高职)	22.00
计算机应用基础教程(第四版)(陈建铎)		计算机文化基础(高职)(游鑫)	27.00
(for Windows XP/Office XP)	30.00	计算机文化基础上机实训及案例(高职)	15.00
计算机应用基础(冉崇善)(高职)		计算机科学与技术导论(吕辉)	22.00
(Windows XP & Office 2003 版)	23.00	计算机应用基础(高职)(赵钢)	29.00
《计算机应用基础》实践技能训练		计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00
与案例分析(高职)(冉崇善)	18.00	《计算机应用基础——信息处理技术教程》	
微型计算机原理(第二版)(王忠民)	27.00	习题集与上机指导(张郭军)	14.00
微型计算机原理及接口技术(第二版)(裘雪红)	36.00	计算机组装与维修(中职)(董小莉)	23.00
微型计算机组成与接口技术(第二版)(高职)	28.00	微型机组装与维护实训教程(高职)(杨文诚)	22.00
微机原理与接口技术(第二版)(龚尚福)	37.00	~~~~~计算机网络类~~~~~	
单片机原理及应用(第二版)(李建忠)	32.00	计算机网络技术基础教程(高职)(董武)	18.00
单片机应用技术(第二版)(高职)(刘守义)	30.00	计算机网络管理(雷震甲)	20.00
Java程序设计(第二版)(高职)(陈圣国)	26.00	网络设备配置与管理(李飞)	23.00
编译原理基础(第二版)(刘坚)	29.00	网络安全与管理实验教程(谢晓燕)	35.00
人工智能技术导论(第三版)(廉师友)	24.00	网络安全技术(高职)(廖兴)	19.00
多媒体软件设计技术(第三版)(陈启安)	23.00	网络信息安全技术(周成全)	17.00
信息系统分析与设计(第二版)(卫红春)	25.00	动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
信息系统分析与设计(第三版)(陈圣国)(高职)	20.00	ASP动态网页制作基础教程(中职)(苏玉雄)	20.00
传感器原理及工程应用(第三版)	28.00	局域网组建实例教程(高职)(尹建璋)	20.00
数字图像处理(第二版)(何东健)	30.00	Windows Server 2003组网技术(高职)(陈伟达)	30.00
电路基础(第三版)(王松林)	39.00	组网技术(中职)(俞海英)	19.00
模拟电子电路及技术基础(第二版)(孙肖子)	35.00	综合布线技术(高职)(王趾成)	18.00
模拟电子技术(第三版)(江晓安)	25.00	计算机网络应用基础(武新华)	28.00
数字电子技术(第三版)(江晓安)	23.00	计算机网络基础及应用(高职)(向隅)	22.00
数字电路与系统设计(第二版)(邓元庆)	35.00	~~~~~计算机技术类~~~~~	
数字信号处理(第三版)(高西全)	29.00	计算机系统结构与组成(吕辉)	26.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00	电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
现代通信原理与技术(第二版)(张辉)	39.00	数据结构—使用 C++语言(第二版)(朱战立)	23.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00	数据结构(高职)(周岳山)	15.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00	数据结构教程——Java 语言描述(朱振元)	29.00
物理光学与应用光学(第二版)(石顺祥)	42.00	离散数学(武波)	24.00

软件工程(第二版)(邓良松)	22.00	微机装配调试与维护教程(王忠民)	25.00
软件技术基础(高职)(鲍有文)	23.00	《微机装配调试与维护教程》实训指导	22.00
软件技术基础(周大为)	30.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
嵌入式软件开发(高职)(张京)	23.00	C程序设计与实例教程(曾令明)	21.00
~~~~~计算机辅助技术及图形处理类~~~~~		程序设计与C语言(第二版)(马鸣远)	32.00
电子工程制图(第二版)(高职)(童幸生)	40.00	C语言程序设计课程与考试辅导(王晓丹)	25.00
电子工程制图(含习题集)(高职)(郑芙蓉)	35.00	Visual Basic.NET程序设计(高职)(马宏锋)	24.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	40.00	Visual C#.NET程序设计基础(高职)(曾文权)	39.00
电子线路CAD实用教程(潘永雄)(第三版)	27.00	Visual FoxPro数据库程序设计教程(康贤)	24.00
AutoCAD实用教程(高职)(丁爱萍)	24.00	数据库基础与Visual FoxPro9.0程序设计	31.00
中文版AutoCAD 2008精编基础教程(高职)	22.00	Oracle数据库实用技术(高职)(费雅洁)	26.00
电子CAD(Protel 99 SE)实训指导书(高职)	12.00	Delphi程序设计实训教程(高职)(占跃华)	24.00
计算机辅助电路设计Protel 2004(高职)	24.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	22.00
EDA技术及应用(第二版)(谭会生)	27.00	Visual C++基础教程(郭文平)	29.00
数字电路EDA设计(高职)(顾斌)	19.00	面向对象程序设计与VC++实践(揣锦华)	22.00
多媒体软件开发(高职)(含盘)(牟奇春)	35.00	面向对象程序设计与C++语言(第二版)	18.00
多媒体技术基础与应用(曾广雄)(高职)	20.00	面向对象程序设计——JAVA(第二版)	32.00
三维动画案例教程(含光盘)(高职)	25.00	Java程序设计教程(曾令明)	23.00
图形图像处理案例教程(含光盘)(中职)	23.00	JavaWeb程序设计基础教程(高职)(李绪成)	25.00
平面设计(高职)(李卓玲)	32.00	Access数据库应用技术(高职)(王趾成)	21.00
~~~~~操作系统类~~~~~		ASP.NET程序设计与开发(高职)(眭碧霞)	23.00
计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	19.00	XML案例教程(高职)(眭碧霞)	24.00
计算机操作系统(修订版)(汤子瀛)	24.00	JSP程序设计实用案例教程(高职)(翁健红)	22.00
计算机操作系统(第三版)(汤小丹)	30.00	Web应用开发技术: JSP(含光盘)	33.00
计算机操作系统原理——Linux实例分析	25.00	~~~~~电子、电气工程及自动化类~~~~~	
Linux网络操作系统应用教程(高职)(王和平)	25.00	电路(高贲)	26.00
Linux操作系统实用教程(高职)(梁广民)	20.00	电路分析基础(第三版)(张永瑞)	28.00
~~~~~微机与控制类~~~~~		电路基础(高职)(孔凡东)	13.00
微机接口技术及其应用(李育贤)	19.00	电子技术基础(中职)(蔡宪承)	24.00
单片机原理与应用实例教程(高职)(李珍)	15.00	模拟电子技术(高职)(郑学峰)	23.00
单片机原理与应用技术(黄惟公)	22.00	模拟电子技术(高职)(张凌云)	17.00
单片机原理与程序设计实验教程(于殿泓)	18.00	数字电子技术(高职)(江力)	22.00
单片机实验与实训指导(高职)(王曙霞)	19.00	数字电子技术(高职)(肖志锋)	13.00
单片机原理及接口技术(第二版)(余锡存)	19.00	数字电子技术(高职)(蒋卓勤)	15.00
新编单片机原理与应用(第二版)(潘永雄)	24.00	数字电子技术及应用(高职)(张双琦)	21.00
MCS-51单片机原理及嵌入式系统应用	26.00	高频电子技术(高职)(钟苏)	21.00
微机外围设备的使用与维护(高职)(王伟)	19.00	现代电子装联工艺基础(余国兴)	20.00
		微电子制造工艺技术(高职)(肖国玲)	18.00

现代控制理论基础(舒欣梅)	14.00	数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	23.00
过程控制系统及工程(杨为民)	25.00	数控加工工艺学(任同)	29.00
控制系统仿真(党宏社)	21.00	数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00
模糊控制技术(席爱民)	24.00	数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00
工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00	数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00
工程力学(张光伟)	21.00	数控机床与编程(高职)(饶军)	24.00
工程力学(皮智谋)(高职)	12.00	数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00
理论力学(张功学)	26.00	数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00
材料力学(张功学)	27.00	机床电器与 PLC(高职)(李伟)	14.00
材料成型工艺基础(刘建华)	25.00	电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00
工程材料及应用(汪传生)	31.00	电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00
工程材料与应用(戈晓岚)	19.00	电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00
工程实践训练(周桂莲)	16.00	供配电技术(高职)(杨洋)	25.00
工程实践训练基础(周桂莲)	18.00	金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00
工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00	模具制造技术(高职)(刘航)	24.00
工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00	模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00	冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
现代设计方法(李思益)	21.00	塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
液压与气压传动(刘军营)	34.00	液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00	发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00	机动车辆保险与理赔实务(高职)	23.00
机械工程科技英语(程安宁)	15.00	汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
机械设计基础(郑甲红)	27.00	汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
机械设计基础(岳大鑫)	33.00	汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
机械设计(王宁侠)	36.00	汽车车身电气设备系统及附属电气设备(高职)	23.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00	汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00	汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
机械 CAD/CAM(葛友华)	20.00	汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
机械 CAD/CAM(欧长劲)	21.00	汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
机械 CAD/CAM 上机指导及练习教程(欧)	20.00	汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	22.00
画法几何与机械制图(叶琳)	35.00	汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
《画法几何与机械制图》习题集(邱龙辉)	22.00	汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00	汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00	汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00	现代汽车典型电控系统结构原理与故障诊断	25.00

欢迎来函索取本社书目和教材介绍! 通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部
 邮政编码: 710071 邮购业务电话: (029)88201467 传真电话: (029)88213675。

1.1	虚拟仪器概述	1
1.1.1	虚拟仪器的基本概念	1
1.1.2	虚拟仪器的构成	2
1.1.3	虚拟仪器的特点	3
1.1.4	虚拟仪器接口总线技术	4
1.2	虚拟仪器技术前景展望	6
	本章小结	7
	练习与思考	7
第2章	数据采集系统设计基础	8
2.1	数据采集的过程	8
2.2	采样频率、抗混叠滤波器和样本数	9
2.3	数据采集系统的构成	12
2.3.1	缓冲	12
2.3.2	触发	13
2.4	输入信号类型	13
2.4.1	数字信号	14
2.4.2	模拟信号	14
2.5	数据采集设备与指标	15
2.5.1	数据采集设备	15
2.5.2	数据采集设备的主要指标	16
2.6	测试信号的连接	19
2.6.1	信号的连接	19
2.6.2	信号的测试系统	20
2.6.3	测量接地信号	22
2.6.4	测量浮动信号	22
2.7	虚拟数据采集系统总体结构	23
2.7.1	数据采集设备的设置与测试	25
2.7.2	测试与自动化资源管理器	25
2.7.3	在 NI-DAQ 系统中进行设备设置与测试	27

第3章	模拟信号的采集	47
3.1	在传统 DAQ 系统中进行模拟信号的采集	47
3.1.1	数据采集通道	47
3.1.2	数据采集函数	50
3.1.3	数据采集函数的参数多态	51
3.1.4	数据采集函数的常用参数	52
3.1.5	数据采集函数的数据组织	52
3.1.6	模拟输入常用的基本术语	53
3.2	在 DAQmx 系统中创建应用程序	53
3.2.1	数据采集助手的应用	53
3.2.2	生成图形代码	57
3.2.3	DAQmx 数据采集函数	59
3.3	测量直流电压信号	61
3.3.1	单点采样	61
3.3.2	多点采样	64
3.4	课程练习	70
	本章小结	72
2.7.4	在 NI-DAQmx 系统中进行设备设置与测试	30
2.8	数据采集卡	32
2.8.1	数据采集卡的功能	32
2.8.2	数据采集卡的软件配置	32
2.8.3	多通道的采样方式	33
2.8.4	LabVIEW 的数据采集模块分类	35
2.8.5	模拟输入	36
2.8.6	模拟输出的基本参数与术语	38
2.8.7	简易模拟输出	38
2.9	课程练习	39
	本章小结	46
	练习与思考	46

练习与思考.....	72	本章小结.....	115
第4章 信号调理	74	练习与思考.....	115
4.1 信号调理的类型.....	74	第7章 LabVIEW 中	
4.1.1 放大.....	75	信号分析与处理	116
4.1.2 隔离.....	75	7.1 Waveform Generation VI 模块.....	116
4.1.3 滤波.....	76	7.2 Waveform Measurements VI 模块.....	124
4.1.4 传感器激励.....	77	7.3 Waveform Conditioning VI 模块.....	131
4.1.5 线性化.....	77	7.4 Waveform Monitoring VI 模块.....	136
4.1.6 数字信号调理.....	77	本章小结.....	142
4.2 常用的信号调理设备形式.....	77	练习与思考.....	142
4.2.1 信号调理器.....	77	第8章 虚拟仪器控制及应用实例	143
4.2.2 信号调理附件.....	78	8.1 虚拟仪器控制软件结构.....	143
4.2.3 便携式信号调理模块.....	78	8.1.1 虚拟仪器软件架构.....	144
4.2.4 信号调理模块(5B 系列).....	79	8.1.2 VISA 资源描述及事件处理.....	144
4.2.5 分布式信号采集设备.....	79	8.1.3 可编程仪器控制标准命令.....	147
4.3 信号调理器与数据采集卡的通信.....	80	8.1.4 仪器驱动程序结构.....	147
4.4 信号调理设备安装与设置.....	80	8.2 仪器控制程序的编写.....	149
4.4.1 在 DAQmx 中进行.....	81	8.2.1 VISA 的事件处理方法.....	149
4.4.2 在传统 DAQ 中进行.....	81	8.2.2 使用 VISA 函数编写仪器.....	151
4.4.3 信号调理器设置.....	83	8.2.3 SCPI 命令的基本描述.....	154
4.5 课程练习.....	86	8.2.4 验证仪器驱动软件.....	157
本章小结.....	92	8.3 通用的 I/O 控制方法.....	158
练习与思考.....	93	8.3.1 串行通信.....	158
第5章 图形控件和图形显示	94	8.3.2 IEEE 488(GPIB)通信.....	160
5.1 波形 Graph 控件.....	95	8.3.3 VISA 编程.....	161
5.2 波形 Chart 控件.....	98	8.4 仪器控制与应用实例.....	163
5.3 XY 图形控件.....	100	8.4.1 采集电压并绘制波形图.....	163
5.4 强度图形控件.....	101	8.4.2 仪器通信.....	166
5.5 数字波形图控件.....	102	8.4.3 实例主要概念总结.....	168
5.6 三维图形显示控件.....	103	8.5 课程练习.....	169
本章小结.....	104	本章小结.....	173
练习与思考.....	104	练习与思考.....	173
第6章 数字量输入/输出和计数器	105	第9章 SQL 与数据库访问	174
6.1 数字量输入/输出.....	105	9.1 Microsoft ADO 控件.....	174
6.2 计数器.....	107	9.1.1 Microsoft ADO 简介.....	174
6.2.1 计数器概述.....	107	9.1.2 Microsoft ADO 编程模型基础.....	175
6.2.2 LabVIEW 计数器 VI.....	107	9.2 SQL 及 LabSQL 的安装与配置.....	181
6.3 非 NI 产品的数字量输入/输出控制.....	112	9.2.1 结构化查询语言 SQL.....	181

9.2.2 LabSQL 的安装及配置	185	10.2.1 LabVIEW 中的数字仿真简介	203
9.2.3 LabSQL VI 模块及使用方法	187	10.2.2 LabVIEW 中的数字仿真	
本章小结	201	算法模块	203
练习与思考	201	本章小结	215
第 10 章 LabVIEW 与仿真技术	202	练习与思考	216
10.1 仿真技术概述	202	参考文献	217
10.2 LabVIEW 中的数字仿真	203		



第 1 章 虚拟仪器技术

图 1-1 虚拟仪器系统内部结构图

图 1-1 虚拟仪器系统内部结构图

图 1-1 虚拟仪器系统内部结构图

1.1 虚拟仪器概述

1.1.1 虚拟仪器的基本概念

所谓虚拟仪器(Virtual Instrument, VI),是指以通用计算机作为系统控制器,由软件来实现人机交互和大部分仪器功能的一种计算机仪器系统。用户操作这台通用计算机就像操作一台为自己专门设计的传统电子仪器一样。虚拟仪器的出现,使得测量仪器与计算机之间的界线逐渐模糊。

虚拟仪器通过 I/O 接口设备完成信号的调理、采集与测量,利用个人计算机强大的软件功能实现信号数据的运算、分析、处理,由个人计算机显示器模拟传统仪器的控制面板,以多种形式输出检测结果,从而完成各种测试功能。“虚拟”二字主要包含以下两方面含义:

(1) 虚拟仪器的面板是虚拟的。虚拟仪器面板上的各种“控件”与传统仪器面板上的各种“器件”所完成的功能是相同的。

传统仪器面板上的器件都是实物,需要通过手动或触摸进行操作;而在虚拟仪器中,物理的开关、按键等器件均由与实物外观相似的图形控件来代替,它们分别对应着相应的软件程序。这些程序是已设计好的,用户可直接通过鼠标或键盘操纵这些控件来完成对仪器的操控。

(2) 虚拟仪器的测量功能是由软件编程来实现的。在虚拟仪器系统中,硬件仅仅用来处理信号的输入/输出,软件才是整个测试仪器系统的关键。用户可以通过软件编程来实现仪器的测试功能,还可以通过组合不同测试功能的软件模块来实现多种测试功能。当测试要求发生变化或者需要增加(减少)测试项目时,用户只需要适当地更改软件程序,即可生成满足测试要求的全新的测试仪器系统。因此,在硬件平台确定后,有着“软件就是仪器”的说法,它体现了测试技术与计算机深层次的结合。

1.1.2 虚拟仪器的构成

从内部功能来讲,虚拟仪器与传统仪器一样,均由数据采集与控制、数据分析与处理及结果显示三部分组成,如图 1-1 所示。



图 1-1 虚拟仪器的内部功能划分

从构成要素来讲，虚拟仪器由硬件系统和软件系统两大部分组成，如图 1-2 所示。

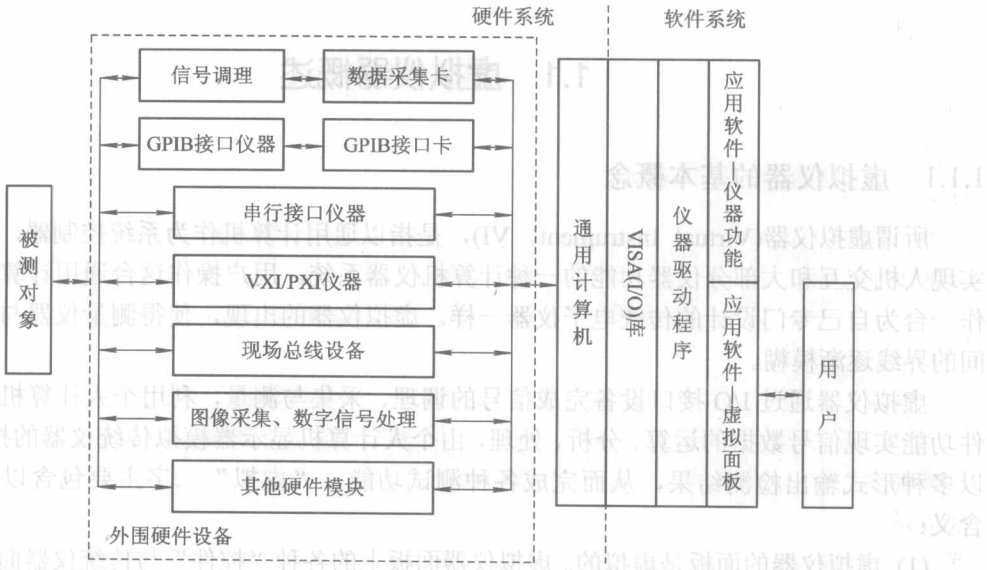


图 1-2 虚拟仪器的系统构成

1. 虚拟仪器的硬件系统

虚拟仪器的硬件系统通常包括通用计算机和外围硬件设备。其中，通用计算机可以是笔记本电脑、台式机或工作站等。外围硬件设备可分为 GPIB(General Purpose Interface Bus)、VXI(VMEbus eXtension for Instrumentation)、PXI(PCI eXtension for Instrumentation)和 DAQ(Data Acquisition)四种标准体系结构。构成系统时，可以选择单一的，也可以选择由两种或两种以上硬件系统构成的混合系统。其中，最简单、最廉价的形式是采用 ISA 或 PCI 总线的数据采集卡，或是基于 RS-232 或 USB 总线的便携式数据采集模块。

2. 虚拟仪器的软件系统

虚拟仪器的软件系统从底层到顶层共包括三部分，即 VISA(I/O)库、仪器驱动程序与应用软件。

1) VISA 库

VISA(Virtual Instrumentation Software Architecture)即虚拟仪器软件体系结构，实质是标准的 I/O 函数库及其相关规范的总称。一般称这个 I/O 函数库为 VISA 库，它驻留于计算机系统之中，执行仪器总线的特殊功能，是计算机与仪器之间的软件层连接，可实现对仪器

的程控。对于仪器驱动程序开发者来说,它是一个个可调用的操作函数集。

2) 仪器驱动程序

仪器驱动程序是完成对某一特定仪器控制与通信的软件程序集,它是应用程序实现仪器控制的桥梁。每个仪器模块都有自己的仪器驱动程序,仪器厂商将仪器驱动程序以源码的形式提供给用户。

3) 应用软件

应用软件建立在仪器驱动程序之上,直接面对操作用户。它通过直观、友好的测控操作界面,丰富的数据分析与处理功能,来完成自动测试任务。虚拟仪器应用软件的编写大致可分为两种方式:

(1) 用通用编程软件进行编写。通用编程软件主要有 Microsoft 公司的 Visual Basic 与 Visual C++、Borland 公司的 Delphi、Sybase 公司的 PowerBuilder 等。

(2) 用专业图形化编程软件进行开发。专业图形化编程软件如 HP 公司的 VEE、NI 公司的 LabVIEW 和 Lab Windows/CVI 等。

应用软件还包括通用数字处理软件,它主要由用于数字信号处理的各种功能函数(如频域分析的功率谱估计、FFT、FHT、逆 FFT、逆 FHT 和细化分析等;时域分析的相关分析、卷积运算、反卷运算、均方根估计、差分积分运算和排序等)及数字滤波等部分组成。这些功能函数为用户进一步扩展虚拟仪器的功能奠定了基础。

1.1.3 虚拟仪器的特点

虚拟仪器具有如下六个特点:

(1) 突出“软件就是仪器”的新概念,用户可自定义测量功能。在通用硬件平台确定后,可由软件取代传统仪器中的硬件来完成仪器的功能。软件的灵活性和复用性使用户可以按自己的需要定义(设置)测量功能,这就给用户提供了一个充分发挥自己能力和想象力的空间。

(2) 强大的数据处理功能。虚拟仪器将信号分析、显示、存储、打印和其他管理交由计算机来集中处理,充分利用了计算机强大的数据处理、传输和发布功能。信号处理理论的不完善以及计算机运算速度的大大提高,为虚拟仪器快速、准确地处理数据提供了良好的基础。

(3) 灵活性和可扩展性强,性价比高,便于组成复杂的测试系统。当希望测试系统增加一个新的测量功能时,只需通过增加软件来执行新的功能或增加一个通用模块来扩展系统的测量范围;为提高测试系统的性能,可以通过加入一个通用仪器卡或更换一个仪器卡来实现,这样有利于系统的扩展,也可大大节约购买和维护仪器的费用。

(4) 良好的人机界面。虚拟仪器的操控界面是一种虚拟面板,亦称为软面板。虚拟面板可以模拟传统仪器面板的风格来设计,也可以由用户根据实际需求自行设计。测量结果可以通过计算机显示器以曲线、图形数据或表格等形式方便灵活地显示出来。

(5) 与其他设备互连的能力强。虚拟仪器通常具有标准化的总线或通信接口,具有与其他设备互连的能力。近年来,随着网络技术的发展,已经形成了网络虚拟仪器。这是一种新型的基于 Web 技术的虚拟仪器,它使得虚拟仪器测试系统成为 Internet/Intranet 的一部分,可实现远程测试、监控和故障诊断等功能,以便充分利用有效资源,提高测试效率。

(6) 技术更新快。由于虚拟仪器技术是建立在当今世界最新的计算机技术、数据采集技

术和通信技术基础上的，因而技术更新速度快于传统仪器。

1.1.4 虚拟仪器接口总线技术

随着计算机技术、测试仪器和测试技术的不断发展，虚拟仪器接口总线技术也得到了不断的完善和提高。目前用于虚拟仪器和测试系统的总线技术有 GPIB 总线、VXI 总线、PXI 总线、IEEE 1394 总线和 USB 总线等。

1. GPIB 总线

GPIB 在 20 世纪 70 年代由惠普公司率先提出，经批准后成为 IEEE 488 标准，是业界所接受的第一个程控通用仪器总线。GPIB 包括 IEEE 488.1-1978 标准和 IEEE 488.2-1987 标准两部分，前者定义了硬件标准，后者则定义了软件标准。GPIB 总线接口有 24 线(IEEE 488 标准)和 25 线(IEC-625 标准)两种形式，其中以 IEEE 488 的 24 线 GPIB 总线接口应用最多。在我国，国家标准中规定采用 24 线的电缆及相应的插头插座。如今，GPIB 已经成为计算机与仪器间最通用的总线标准。由于历史悠久，GPIB 具有广泛的软/硬件支持，几乎所有的独立仪器都配有 GPIB 接口。因 GPIB 的最大带宽为 1.8 Mb/s(最新的高速版 HS488 更是将最大带宽提高到了 8 Mb/s)，所以最为适合与分立仪器通信，并对分立仪器进行控制。GPIB 中的数据传递采用基于信息的通信模式，并常使用 ASCII 字符。

典型的 GPIB 测试系统包括一台计算机、一块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 仪器，其总距为 20 m，带宽为总线上的所有仪器共享。GPIB 测试系统的仪器之间可采用总线型连接或星型连接，如图 1-3 所示。每台 GPIB 仪器有单独的地址，由计算机控制操作。整个测试系统中的仪器若要增加、减少或更换，只需对计算机的控制软件做相应改动即可。

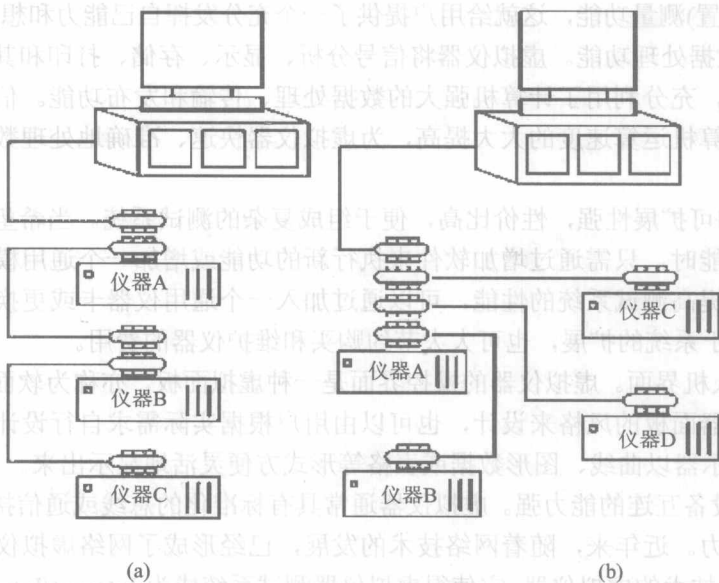


图 1-3 GPIB 测试系统仪器间的连接方式

(a) 仪器间采用总线型连接；(b) 仪器间采用星型连接

GPIB 测试系统的结构和命令简单,有专为仪器控制所设计的接口信号和接口插件,具有突出的坚固性和可靠性。网络上也有各种 GPIB 驱动,因而具有较好的兼容性。GPIB 适用于现有的自动化测试设备、混合测控系统和有特殊要求的专用仪器系统。GPIB 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。

2. VXI 总线

VXI 即 VME 总线在仪器领域的扩展,它于 1987 年,由主要仪器制造商在 VME 总线、Eurocard 标准(机械结构标准)和 IEEE 488 等基础上,共同制定的开放性仪器总线标准。目前,国际上有两个 VXI 总线组织:一是 VXI 联盟,负责制定 VXI 的硬件(仪器级)标准规范,包括机箱背板总线、电源分布、冷却系统、“0 槽”模块、仪器模块的电气特性、机械特性、电磁兼容性以及系统资源管理和通信规程等内容;二是 VXI 总线即插即用(VXI Plug&Play, VPP)系统联盟,宗旨是通过制定一系列 VXI 的软件(系统级)标准来提供一个开放性的系统结构,真正实现 VXI 总线产品的“即插即用”。这两套标准组成了 VXI 标准体系,实现了 VXI 的模块化、系列化、通用化,提高了 VXI 仪器的互换性和互操作性。

VXI 系统最多可包含 256 个装置,主要由主机箱、“0 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。系统中各功能模块可随意更换,即插即用,可组成新系统。1998 年, VXI 2.0 版采用了 VME 总线的最新扩展技术,提供有 64 位的扩展能力,数据传输率可达 80 Mb/s,而且经过一段时间的努力, VXI 总线系统已成功地应用于微波频段。目前,可用的 VXI 仪器已有将近 2000 种,并还在以每年 150~200 种的速度增加,基本上可以满足绝大多数 VXI 系统的需要。

由于 VXI 的价格相对较高,而且许多 GPIB 仪器还能满足实际的需要,再则在集成 VXI 系统时,需要有系统设计能力、系统调试经验、误差分析修正定标、校准技术及测试程序开发能力,因此 VXI 仪器的使用和推广受到了一定的限制。目前, VXI 主要应用于国防、航空航天、通信以及其他需要高性能、高质量、大批量产品的生产环境或实验室及研究开发中。

3. PXI 总线

PXI 是 PCI 在仪器领域的扩展, NI 公司于 1997 年发布的一种新的开放性、模块化仪器总线规范,其核心是 CompactPCI 结构和 Microsoft Windows 软件。PXI 是在 PCI 内核技术上增加了成熟的技术规范和要求而形成的。PXI 增加了用于多板同步的触发总线 and 参考时钟、用于精确定时的星型触发总线以及用于相邻模块间高速通信的局部总线等,以满足试验和测量用户的要求。PXI 兼容 CompactPCI 机械规范,并增加了主动冷却、环境测试(温度、湿度、振动和冲击试验)等要求。这样,可保证多厂商产品的互操作性和系统的易集成性。

与 VXI 模块相比, PXI 模块体积更小、传输速率更高、价格也较便宜,而且组建一个 PXI 系统要比 VXI 系统简单。PXI 与台式机的区别在于, PXI 将计算机和插卡式仪器模块安装在带有许多扩展槽的工业机箱中。从软件角度上说,安装一个 PXI 模块就像在台式机上安装一块 PC 卡, PXI 模块作为标准的即插即用 PCI 器件能被自动识别和设置,并配置有相应的 Windows 驱动程序。由于 PXI 和主流计算机技术完全兼容,因此在许多测试领域,由台式机组成的系统与 PXI 系统可以相互替代,而且 PXI 系统在性能上还远远超过了台式机。

4. USB 总线和 IEEE 1394 总线

USB 总线和 IEEE 1394 总线是目前广泛使用的两种总线接口, 它们支持热插拔, 可以自动识别、自动组态, 实现即插即用。与并行总线比较, 它们更适合连接多外设的需要, 且传输速率高, 目前已有一些测量仪器使用了这两种总线。

USB(Universal Serial Bus)主要用来连接外围设备, 如键盘、扫描仪、磁盘机等。苹果电脑率先于 1998 年使用 USB 做为其唯一的串口, 目前在 PC 机上已被广泛使用。由于其即插即用的易用性和 USB 2.0 高达 480 Mb/s 的传输速率, USB 总线已逐渐成为仪器控制的主流总线技术。USB 总线只有一对信号线和一对电源线, 轻巧简便、价格便宜, 能连接 127 个装置。现在计算机上的 USB 接口越来越多, 这使得工程师可以很方便地将基于 USB 的测量仪器连接到整个系统中。但是 USB 在仪器控制方面亦有一些缺点。比如说 USB 的排线没有工业标准的规格, 在恶劣的环境下, 可能造成数据的丢失; 此外, USB 对排线的距离也有一定的限制。

IEEE 1394 总线又称火线总线, 是苹果电脑公司于 1989 年设计的高性能串行总线, 目前的标准为 IEEE 1394-1995。IEEE 1394 总线的传输速率为 100 Mb/s、200 Mb/s、400 Mb/s, 甚至可以达到 3.2 Gb/s。IEEE 1394 总线具有两对信号线和一对电源线, 可采用任意方式连接 63 个装置。

5. 其他总线

安捷伦科技和 VXI Technology 公司于 2004 年推出了 LXI (LAN eXtensions for Instrumentation)总线。2004 年 11 月, LXI 联盟(LXI Consortium)成立, 旨在开发、支持和促进 LXI 标准。2005 年 9 月, LXI 联盟正式公布了 LXI 1.0 标准。2006 年第一季度首批通过 LXI 认证的产品即被推出。

LXI 基于 IEEE 802.3 以太网技术, 是以太网在仪器领域的扩展。LXI 总线速度现在最快达到千兆位每秒, 还将发展为万兆位每秒。LXI 理论上支持的设备数目不受限制, 并且通过使用路由器、交换机和中继器, 对线缆长度几乎没有限制, 还可以使用无线局域网技术。LXI 不受地理限制, 可以实现远程测量应用。LXI 被认为在未来将取代 GPIB, 但相比 GPIB, LXI 还存在一定的延迟问题。

除了上述几种总线技术外, 虚拟仪器还广泛采用其他的总线, 如 RS-232C、标准并行接口(Standard Parallel Port, SPP)、增强型并行接口(Enhanced Parallel Port, EPP)以及以太网(Ethernet)等。用户可根据自己的实际情况选用适当的产品。

1.2 虚拟仪器技术前景展望

虚拟仪器技术经过二十多年的发展, 正沿着总线与驱动程序标准化、软/硬件模块化, 以及编程平台图形化和硬件模块即插即用(Plug&Play)化等方向发展。其发展前景主要体现在以下几方面:

- (1) 开放式数据采集标准将使虚拟仪器走上标准化、通用化、系列化和模块化的道路。
- (2) 数据采集产品性能的不提高, 为测试技术水平的提高提供了可靠的保证。
- (3) 随着 Web 技术的迅猛发展, 以及它与虚拟仪器技术的结合, 会形成基于 Web 技术

的虚拟仪器。新一代的虚拟仪器将能够快速、方便地与蓝牙、无线以太网和其他标准的网络技术相融。“网络即仪器”也将成为新的概念，而网络化仪器必将推动仪器界新的革命。

本章小结

本章简要介绍了虚拟仪器的基本概念、构成、特点以及虚拟仪器接口总线技术。通过本章的学习，希望读者能够对虚拟仪器及接口总线技术有一个总体的了解，以便于以后进一步的学习。

练习与思考

1. 什么是虚拟仪器？简述虚拟仪器的组成及特点。
2. 虚拟仪器主要采用哪些总线接口技术？它们各有什么优、缺点？