

虚拟仪器 技术分析与应用

张毅 周绍磊 杨秀霞 编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



虚拟仪器技术分析与应用

张毅 周绍磊 杨秀霞 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了虚拟仪器的相关理论及软硬件技术,并且给出了大量的工程实例和编程语言实现。

本书分为 11 章,首先介绍了虚拟仪器的相关概念,然后从理论基础、信号输入设备、语言环境、总线接口、抗干扰技术仪器驱动、网络虚拟仪器设计、相关的软件总体设计等各方面对虚拟仪器技术做了阐述,最后给出了具体的工程实例,如自动测试设备 ATE 的综合实例和相关的 VXI 模块的设计及实例。本书内容丰富、论述简洁、密切联系实际,提供了大量不同层次的示例与实例。

本书可作为大专院校的教科书,也可作为相关的技术人员和科研工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器技术分析与应用/张毅等编著. —北京:
机械工业出版社, 2004.2

ISBN 7-111-13938-0

I. 虚… II. 张… III. 智能仪器—基本知识
IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 007314 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:吉玲 封面设计:张静

责任印制:施红

煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.5 印张·479 千字

0 001—4 000 册

定价:33.00 元

编辑信箱: jiling@mail.machineinfo.gov.cn

凡购本书,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

虚拟仪器技术是仪器技术和计算机技术深层次相结合的产物。从 20 世纪 80 年代起, 虚拟仪器逐渐为工业界和学术界所认知。经过了近 20 年的发展, 它已经成为 21 世纪测试技术和仪器技术发展的主要方向, 它的出现, 使测量仪器与计算机之间的界限消失, 是仪器领域的一次革命。

虚拟仪器将传统的仪器由硬件实现的数据分析、处理与显示功能改由功能强大的计算机来完成。通过配置以获取调理信号为目的 I/O 接口设备(数据采集(DAQ)卡、GPIB 仪器、VXI 总线仪器模块以及串行口仪器等), 实现不同的测量、测试功能软件对采集获得的信号进行分析与处理。与传统仪器相比, 虚拟仪器的经济性、灵活性和可扩展性等方面都有独特的优势。从某种意义上讲, “软件就是仪器”。

虚拟仪器技术涉及到信号分析与处理、计算机的软硬件及总线仪器技术、软件工程、网络通信、电子技术、控制工程等多个学科。从总体上来说, 它包括硬件和软件两个基本要素。本书的主要目的不是也不可能将这些学科详尽介绍给读者。本书的内容体系以虚拟仪器为主线索, 将有关的理论基础、软硬件技术、总线技术综合为一较为完整的虚拟仪器技术体系, 使读者能从系统集成的高度了解和掌握系统的总体概貌和构成。本书提供的一些虚拟仪器设计技术实例是编著者在参阅国内外大量文献和长期教学科研实践获得的成果与经验总结。

全书分为 11 章, 第 1 章是有关虚拟仪器的概念阐述, 第 2 章是介绍虚拟仪器的相关理论基础, 第 3 章介绍了虚拟仪器相关的总线接口设备, 第 4 章为相关的传感器基础, 第 5 章介绍了当前流行的虚拟仪器的编程语言, 第 6 章举例分析了虚拟仪器的信号分析与处理, 第 7 章为虚拟仪器的仪器驱动功能, 第 8 章为虚拟仪器的抗干扰技术, 第 9 章为网络虚拟仪器技术的相关设计。第 10 章为虚拟仪器系统的软件总体设计, 第 11 章介绍了虚拟仪器的工程实例和综合实例。

本书的第 1、3、4、5、6、11 章由张毅编写, 第 7、9 章由周绍磊编写, 第 2、8、10 章由杨秀霞编写, 最后全书由周绍磊教授做了统审。感谢海军航空工程学院的许爱强教授对书稿做了认真的审查和推敲, 提出了许多宝贵的意见和建议, 感谢海军航空工程学院飞行器自动检测研究所、自动控制系的领导和同仁们, 他们的教与学的经历和反馈意见对本书的完成起着重要的作用, 在此还要感谢参考文献中的所有作者。

本书的出版有赖于机械工业出版社的大力支持, 特别是吉玲编辑的认真负责和热心帮助。

由于作者水平有限, 书中错误和不当之处在所难免, 敬请大家批评指正, 不吝赐教。

编著者

目 录

前 言

第1章 绪 论	1
1.1 虚拟仪器的基本概念	1
1.2 虚拟仪器的基本结构和类型	2
1.2.1 GPIB 仪器控制系统的构成方法	3
1.2.2 数据采集系统的构成方法	3
1.2.3 VXI 仪器系统构成方法	4
1.3 虚拟仪器的发展与演变	4
1.3.1 计算机的发展是动力	4
1.3.2 软件是关键	5
1.3.3 虚拟仪器的发展趋势	6
第2章 数据采集和信号分析理论基础	8
2.1 模拟信号数字化处理	8
2.1.1 概述	8
2.1.2 采样过程及采样定理	8
2.1.3 模拟信号的采样控制方式	11
2.1.4 量化与量化误差	12
2.1.5 编码	15
2.2 信号的时域和频域分析	17
2.2.1 信号的时域分析	17
2.2.2 信号的频域分析	19
2.3 相关函数和相关检测基础	24
第3章 虚拟仪器体系与总线接口设备	29
3.1 虚拟仪器体系结构分析	29
3.1.1 总体结构分析	29
3.1.2 非电量虚拟仪器体系结构分析举例	30
3.2 PC-DAQ (数据采集) 基础及设备	35
3.2.1 DAQ 仪器与总线	35
3.2.2 DAQ 仪器的特点	36
3.2.3 DAQ 仪器设计的关键技术	37
3.2.4 DAQ 仪器的发展趋势	38
3.2.5 DAQ 卡式仪器设计基础	39
3.2.6 DAQ 卡的基本性能指标	45
3.3 智能仪器通信接口	46

3.3.1	GPIB 通用接口总线.....	46
3.3.2	串行口通信接口	52
3.4	VXI 及 PXI 总线设备.....	54
3.4.1	VXI 标准体系结构	54
3.4.2	VXIbus 的系统结构与控制方案	56
3.4.3	PXI 总线系统结构	60
第 4 章	虚拟仪器常用传感器及其误差分析	65
4.1	虚拟仪器常用传感器	65
4.1.1	概述	65
4.1.2	电阻式传感器	69
4.1.3	电容式传感器	70
4.2	典型传感器的特性及信号调理要求.....	72
4.3	信号调理的一般作用及对测试系统体系结构的影响.....	74
4.4	虚拟仪器测量系统误差分析	75
4.4.1	误差的基本概念	75
4.4.2	测量误差的合成	76
4.4.3	测量误差的分配	78
4.4.4	最佳测量方案的选择.....	79
4.5	采集系统与传感器标定	79
4.5.1	标定的基本概念	79
4.5.2	静态标定	80
4.5.3	传感器的动态标定.....	81
第 5 章	虚拟仪器系统编程语言.....	83
5.1	虚拟仪器常用编程语言简介	83
5.1.1	LabVIEW 简介.....	83
5.1.2	LabWindows/CVI 简介	85
5.2	虚拟仪器开发语言 LabWindows/CVI 快速入门	88
5.3	基于 LabWindows/CVI 编程设计及数据采集	99
5.3.1	设计步骤	99
5.3.2	LabWindows/CVI 编程环境.....	100
5.3.3	CVI 中数据采集的应用	102
5.4	虚拟仪器编程语言 LabVIEW 快速入门	108
5.4.1	概述	108
5.4.2	循环结构	115
5.5	基于 LabVIEW 编程语言的数据采集.....	120
5.5.1	数据采集系统的概述.....	120
5.5.2	LabVIEW 数据采集模块的分类	120
第 6 章	虚拟仪器的信号分析与处理	132
6.1	概述	132

6.2 基于 LabWindows/CVI 的信号分析与处理	133
6.2.1 信号的时域分析	133
6.2.2 信号的频域分析	143
6.3 基于 LabVIEW 编程环境的信号处理与分析	149
6.3.1 信号的产生	150
6.3.2 数字信号处理	152
6.3.3 窗函数	154
6.3.4 谐波失真与频谱分析	155
6.3.5 数字滤波	158
6.3.6 曲线拟合	161
第 7 章 虚拟仪器的仪器驱动器设计	163
7.1 虚拟仪器软件结构 VISA	163
7.1.1 VISA 简介	163
7.1.2 VISA 的结构	165
7.1.3 VISA 的特点	165
7.1.4 VISA 的现状	166
7.1.5 VISA 的应用举例	166
7.1.6 VISA 资源描述	169
7.1.7 VISA 事件的处理机制	171
7.2 可编程仪器标准命令——SCPI	173
7.2.1 SCPI 仪器模型	173
7.2.2 SCPI 命令句法	174
7.2.3 常用 SCPI 命令简介	178
7.3 VPP 仪器驱动程序开发	180
7.3.1 VPP 概述	180
7.3.2 VPP 仪器驱动程序的特点	181
7.3.3 仪器驱动程序的结构模型	182
7.3.4 仪器驱动程序函数简介	185
7.3.5 仪器驱动程序功能面板	187
7.3.6 仪器驱动器的设计实例	189
7.4 IVI 仪器驱动程序	196
7.4.1 IVI 规范及体系结构	197
7.4.2 开发 IVI 的特定驱动程序	198
第 8 章 虚拟仪器系统的抗干扰设计	203
8.1 常见的系统干扰	203
8.1.1 概述	203
8.1.2 干扰源及干扰模式	204
8.1.3 干扰耦合途径	207
8.2 虚拟仪器系统抗干扰设计	208

8.2.1	抗干扰设计应采取的措施.....	208
8.2.2	信号传输电缆抗干扰技术.....	208
8.2.3	接地.....	209
8.2.4	隔离与耦合.....	211
8.2.5	布线抗干扰设计.....	212
8.2.6	软件抗干扰设计.....	214
8.3	电磁兼容试验标准介绍.....	215
8.3.1	信息技术设备定义.....	215
8.3.2	限值.....	215
8.3.3	测量方法.....	217
第 9 章	网络虚拟仪器的原理与设计.....	220
9.1	网络体系结构与协议.....	220
9.1.1	网络体系结构.....	220
9.1.2	LabWindows/CVI 中的主要协议.....	223
9.1.3	DataSocket 技术.....	227
9.2	组建网络化虚拟传感器系统的模式.....	229
9.2.1	C/S 模式.....	229
9.2.2	B/S 模式.....	230
9.3	基于 C/S 组网的虚拟正弦波发生器设计.....	231
9.3.1	仪器功能描述.....	231
9.3.2	仪器设计.....	231
9.3.3	编译运行.....	238
9.4	虚拟仪器系统在远程教学中的应用简介.....	239
第 10 章	总体设计技术分析.....	242
10.1	系统设计的基本原则.....	242
10.2	系统总体设计的一般步骤.....	243
10.3	软件设计总体分析.....	245
10.3.1	概述.....	245
10.3.2	虚拟仪器系统对应用软件的要求.....	246
10.3.3	软件评价.....	247
10.3.4	总体规划.....	249
10.4	虚拟仪器系统软件框架举例分析.....	249
10.4.1	软件框架的提出和核心内容.....	249
10.4.2	自动测试软件框架结构.....	250
10.4.3	自动测试软件框架的使用方法.....	251
10.4.4	自动测试流程库的结构.....	252
10.4.5	自动测试软件框架的主调流程.....	253
10.4.6	自动测试软件框架的扩充升级.....	253
10.5	实时多任务处理技术.....	254

10.5.1 问题的提出	254
10.5.2 实时多任务处理的基本要求	255
10.5.3 实时多任务处理方法	255
10.6 实时多任务处理技术举例	259
10.6.1 基于 VXI 中断事件举例	259
10.6.2 多线程技术	261
10.7 虚拟仪器操作软件及其设计	264
第 11 章 工程实例设计与应用分析	267
11.1 虚拟仪器系统的代表—自动检测系统的组建与设计	267
11.1.1 机柜（或机箱）的选择	268
11.1.2 测试资源选型	269
11.1.3 测试接口	269
11.1.4 软件平台内核	270
11.1.5 安全接地和金属件地线	277
11.1.6 测试程序示例	278
11.2 基于 VXI 总线的任意波形发生器设计	284
11.2.1 VXI 模块接口设计	284
11.2.2 波形产生电路设计	285
11.3 基于数据采集的虚拟数字存储示波器	287
11.3.1 虚拟数字示波器	287
11.3.2 主要功能及软件设计	288
11.3.3 结果与讨论	288
11.4 基于虚拟仪器的应变测量技术	289
11.5 虚拟数字滤波器演示仪	291
11.6 调幅波解调器	294
11.7 LabVIEW 在教学测试实验中的应用	297
参考文献	299

第1章 绪 论

在对大规模、自动化、智能化电子测控系统的需求愈发迫切的形势下，计算机技术、仪器技术和通信技术的结合开创了仪器仪表新的里程碑—虚拟仪器技术。

虚拟仪器技术的优势就在于可由用户自己定义自己专用的仪器系统，且功能灵活，构建容易，所以应用面极为广泛，尤其在军事、科研、开发测量、检测、计量、测控领域更是不可多得的工具。

随着科学技术快速发展，新技术、新产品不断涌现，人们对仪器的功能、灵活性的要求越来越高。同时，越来越多的厂商看中虚拟仪器技术领域这一巨大的潜在市场，加入到虚拟仪器技术软硬件产品开发的行列。计算机的快速发展使其使用越来越容易，虚拟仪器技术在更广泛的领域得到应用、普及。

从美国国家仪器公司（NI）提出虚拟仪器（VI——Virtual Instruments）到现在，经过十几年的发展，不仅虚拟仪器技术本身的内涵不断丰富，外延不断扩展，在军事和民用领域均得到了广泛的应用。VI 原来最核心的思想是利用计算机的强大资源使本来需要硬件实现的技术软件化，以便最大限度地降低成本，增强系统的功能和灵活性。

1.1 虚拟仪器的基本概念

1982 年出现了一种与 PC 配合使用的模块式仪器，自动测试系统结构也从传统的机架层叠式结构发展成为模块式结构。与传统仪器不同的是，模块式仪器本身不带仪器面板，因此必须借助于 PC 强大的图形环境和在线帮助功能，建立图形化的“虚拟的”仪器面板，完成对仪器的控制、数据分析与显示。这种与 PC 结合构成的、包含实际仪器使用与操作信息软件的仪器，被称为“虚拟仪器”。

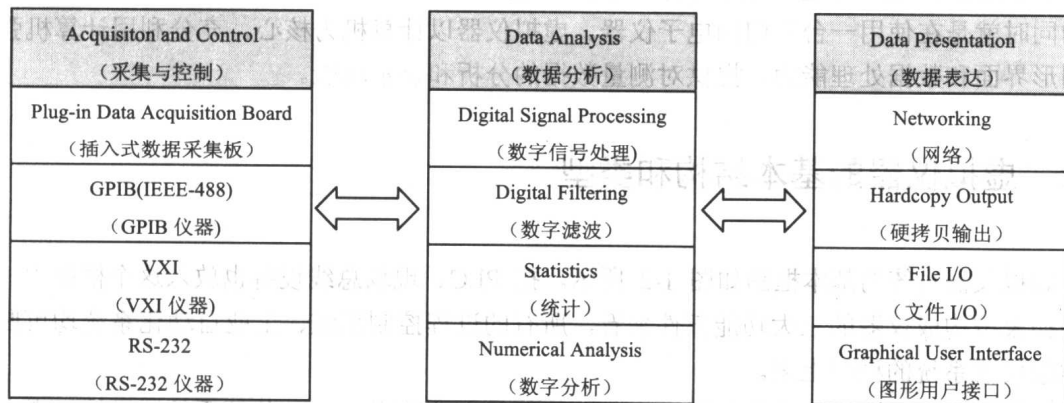


图 1-1 虚拟仪器的内部功能划分

VI 通过应用程序将通用计算机与仪器硬件结合起来，用户可以通过友好的图形界面（通常叫做虚拟前面板）操作这台计算机，就像在操作自己定义、自己设计的一台传统仪器一样。

VI 以透明的方式把计算机资源（如微处理器、内存、显示器等）和仪器硬件（如 A/D、D/A、数字 I/O、定时器、信号调理等）的测量功能、控制能力结合在一起，通过软件实现对数据的分析处理、表达以及图形化用户接口，如图 1-1 所示。

应用程序将可选硬件（如 GPIB、VXI、RS-232、DAQ 板）和可重复使用原码库函数等软件结合在一起，实现了仪器模块间的通信、定时与触发。原码库函数为用户构造自己的 VI 系统提供了基本的软件模块。由于 VI 的模块化、开放性和灵活性以及软件化是关键的特点，当用户的测试要求变化时，可以方便地由用户自己来增减硬、软件模块或重新配置现有系统，以满足新的测试要求。这样，当用户从一个项目转向另一个项目时，就能简单地构造出新的 VI 系统而不丢弃已有的硬件和软件资源。

与传统仪器相比，虚拟仪器具有以下几个特点：

（1）虚拟仪器的硬、软件具有开放性、模块化、可重复使用及互换性等特点。为提高测试系统的性能，可以方便地加入一个通用仪器模块或更换一个仪器模块，而不用购买一个全新的系统，有利于测试系统的扩展。

（2）可由用户定义仪器功能。由于仪器的功能可在用户级上产生，故它不再完全由仪器生产厂家来确定，用户可以根据自己的需要，通过增加或修改软件，为虚拟仪器加入新的测量功能而不用购买一台新的仪器。

（3）测量输入信号特性（如电压、频率、上升时间等）只需要一个量化的数据模块，要测量的信号特性能被数据处理器计算出来，这种将多种测试集于一体的方法缩短了测试时间，从而提高了测试速度。

（4）嵌入式数据处理器出现允许建立一些功能的数学模型[如快速傅里叶变换（FFT）和数字滤波器等]，使测试数据不会随时间发生变化，因此可保证测量精度和重复性，不需要定期进行校准。由于虚拟仪器测量值不会受电缆长度、阻抗和修正因子差异等因素的影响，从而进一步提高了测量精度和可重复性。随着软件在仪器系统中的权重越来越大，虚拟仪器的概念也将进一步得到扩充。

所谓虚拟仪器，就是在通用计算机平台上定义和设计仪器的功能，用户操作和使用计算机的同时就是在使用一台专门的电子仪器。虚拟仪器以计算机为核心，充分利用计算机强大的图形界面和数据处理能力，提供对测量数据的分析和显示功能。

1.2 虚拟仪器的基本结构和类型

虚拟仪器系统的基本框图如图 1-2 所示。把 PLC、现场总线设备也放入这个框图中，是因为如果按构成仪器的三大功能部件来看，所有的过程控制系统、工业自动化系统均可归纳到虚拟仪器系统的框架上来。

目前较常用的虚拟仪器是数据采集系统、GPIB 控制系统、VXI 仪器系统以及这三者之间的任意组合。

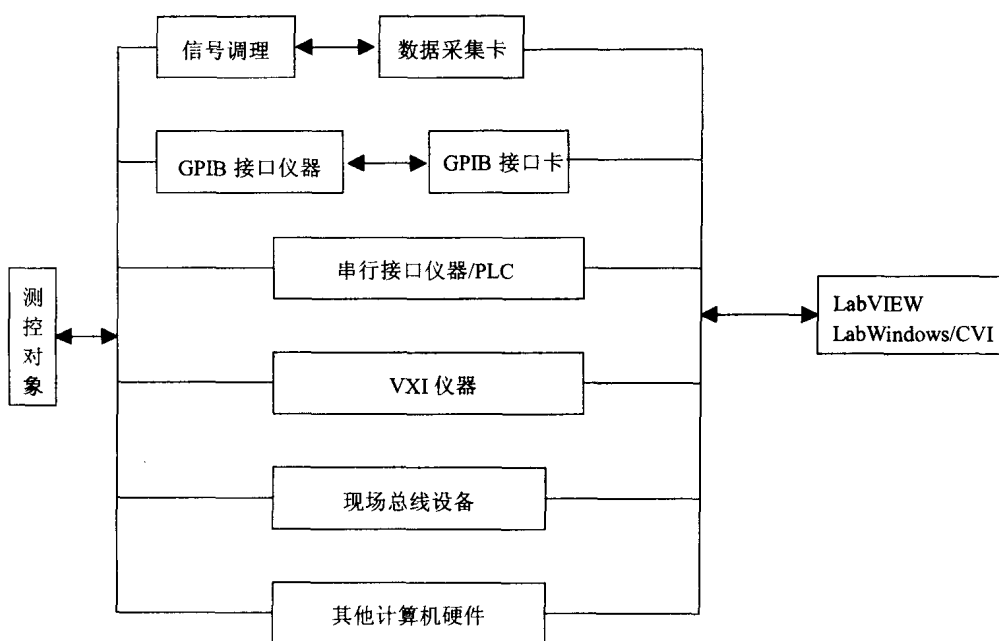


图 1-2 虚拟仪器系统构成框图

1.2.1 GPIB 仪器控制系统的构成方法

GPIB 技术可以说是虚拟仪器技术发展的第一阶段。GPIB（通用接口总线）尤如一座桥梁，把可编程仪器和计算机紧密地联系起来，从此电子测量由独立手工操作的单台仪器向组成大规模测试系统方向迈进。

一个典型的 GPIB 测试系统由一台计算机、一块 GPIB 接口板和若干 GPIB 仪器通过标准 GPIB 电缆连接而成。GPIB 自动测试系统的规模可以进一步扩展。

利用 GPIB 技术，可以通过计算机实现对仪器的操作和控制，替代传统的人工操作方式，排除人为因素造成的测量、测试误差。同时，由于可以用预先编制好的测试程序，实现自动测试，提高系统测量的可靠性和效率。

1.2.2 数据采集系统的构成方法

一个典型的数据采集控制系统由四部分组成，如图 1-3 所示。

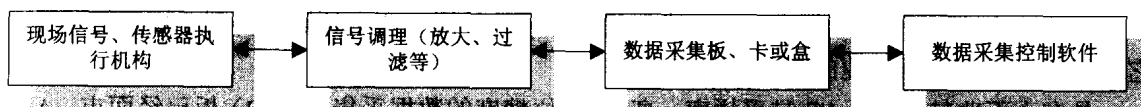


图 1-3 典型的数据采集控制系统框图

一个好的数据采集产品不仅包括高性能、高可靠性，还应该提供高性能的驱动程序、简单易用的高层语言接口。只有这样才能为用户快速建立高可靠性的应用系统提供最大方便。

目前, 由于多层印制电路板技术、可编程仪器放大技术、即插即用技术、系统定时器技术、多数据采集实时系统继承总线技术、高速数据采集的双缓冲区技术以及数据高速传送中断、DMA 等技术的应用, 使得最新的数据采集卡能保证仪器级的性能、精度与可靠性, 为用户建立功能灵活、性能价格比高的数据采集控制系统提供了很好的解决方案。

1.2.3 VXI 仪器系统构成方法

VXI 总线是一种高速计算机总线——VME 总线在仪器领域的扩展。由于它的标准开放、结构紧凑、具有数据吞吐能力强、定时和同步精确、模块可重复利用、众多仪器厂商支持等优点, 因此很快得到了广泛的应用。在近 10 年时间内, 随着 VXI 总线规范的不断完善和发展, VXI 即插即用系统联盟的不懈努力, VXI 系统的组建和使用越来越方便, 其应用面也越来越广, 尤其是在组建大、中规模自动测量测试系统以及对速度、精度要求高的场合有着其他仪器系统无法比拟的优势。

一个基本的 VXI 仪器系统可以有三种不同的配置方法:

- 1) GPIB 控制方案;
- 2) 嵌入式计算机控制方案;
- 3) MXI 总线控制方案。

1.3 虚拟仪器的发展与演变

1.3.1 计算机的发展是动力

如图 1-4 所示, 电子测量仪器经历了由模拟仪器、带 IEEE488 接口的智能仪器到全部可编程 VI 的发展历程。其中每一次飞跃无不以高性能计算机的发展为动力。近年来, 计算机的处理能力一直按指数率提高, 发展之快已把传统仪器远远抛在了后面。比如, 当 Pentium 处理器几乎刚面市的时候, Pentium II 处理器的发展计划就已经展开。此外, 功能强大的处理器和先进的操作系统 (如 Windows NT、Solaris、NextStep 等) 在台式机中得到了迅速应用。计算机具有仪器所需要的、最先进及性能价格比最高的显示与存储能力。高分辨的图形显示与数百兆的硬盘已成为标准配置。同时, 计算机生产厂商之间的激烈竞争保证了计算机在显示、存储能力与处理性能等方面仍将继续高速发展。

值得一提的是, 由于计算机技术、特别是计算机总线标准的发展, 导致 VI 在 PXI (PCI 在仪器领域的扩展) 和 VXI (VME 总线在仪器领域的扩展) 两个领域中得到了快速的发展, 它们将成为未来仪器行业的两大主流产品。

具有上百兆赫、甚至 1G 赫采样率, 高达 24 位精度的数据采集 (DAQ) 板已经面市。A/D 转换技术、仪器放大器、抗混叠滤波器与信号调理技术的进一步发展使数据采集板成为最具吸引力的 VI 选件之一。模块化的 Delta-sigma A/D 转换器和仪器放大器可在 3 μ s 内完成 12 位精度下的参数设置, 抗混叠滤波器可按 1/6 倍频程衰减 90dB, 多通道、完全可编程的信号调理等性能与功能指标仅仅是数据采集板先进技术性能中的几个例子。

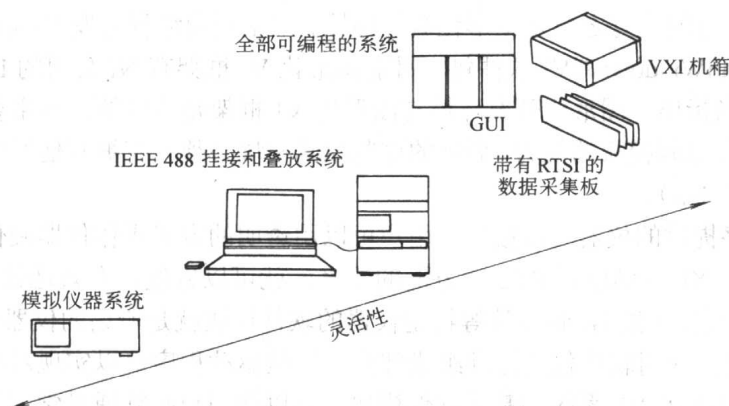


图 1-4 VI 的演变

VXI 是结合 GPIB 仪器和数据采集板的最先进技术而发展起来的高速的、多厂商支持的、开放式工业标准。VXI 技术优化了诸如高速 A/D 转换器、标准化触发协议以及共享内存和局部总线等先进技术和性能，开创了可编程仪器的新领域，并成为电子测量仪器行业目前最热门的领域。现在，已有数百家厂商生产的上千种 VXI 产品面市。

1.3.2 软件是关键

给定计算机的运算能力和必要的仪器硬件之后，构造和使用 VI 的关键在于应用软件，这是因为应用软件为用户构造或使用 VI 提供了集成开发环境、高水平的仪器硬件接口和用户接口（参见图 1-1）。基于软件在 VI 技术中的重要作用，美国国家仪器（NI）公司提出的“软件即仪器”（The Software is the Instrument）形象地概述了软件在 VI 中的重要作用。

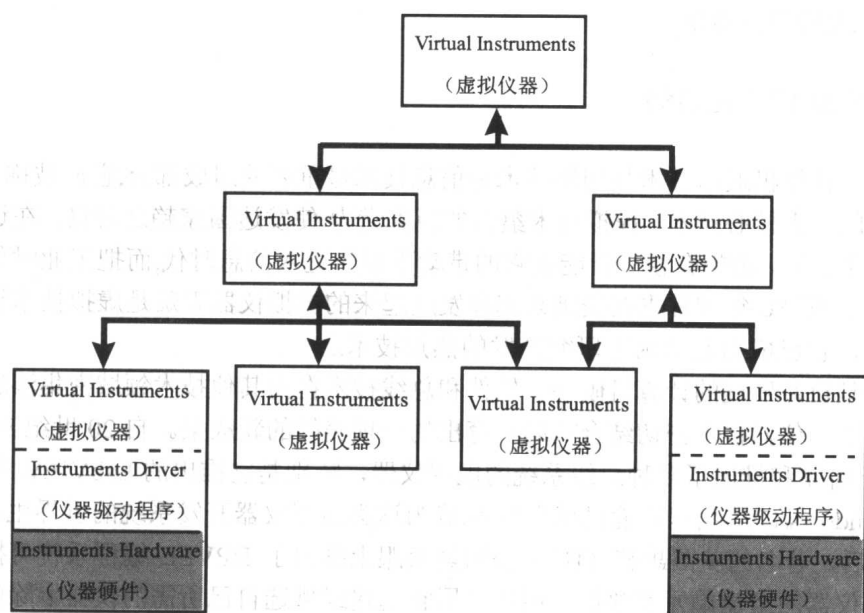


图 1-5 VI 应用软件具有可被其他可复用原码模块继承性调用的能力

应用软件最流行的趋势之一是图形化编程环境。最早利用编程开发 VI 始于 NI 公司推出的 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 软件包。目前图形化 VI 框架有 NI 公司的 LabVIEW 和 HP 公司的 VEE。应当指出,图形化开发环境与图形化 VI 框架是不同的,其主要区别在于用其 VI 组件开发可复用原码模块的能力,后者的这些原码模块必须具有被其他原码模块继承性调用的能力(参见图 1-5)。

通过应用程序提供的仪器硬件接口,用户可以用透明的方式操作仪器硬件。这样,用户不必成为 GPIB、VXI、DAQ 或 RS232 方面的专家,就可以方便、有效地使用这类硬件。

控制诸如万用表、示波器、频率计等特定仪器的软件模块就是所谓的仪器驱动(instrument driver),它已经成为应用软件包的标准组成部分。这些驱动程序可以实现对特定仪器的控制与通信,成为用户建立 VI 系统的基础软件模块。而以往用户必须通过学习各种仪器的命令集、编程选项和数据格式等才能进行仪器编程,采用标准化的仪器驱动程序从根本上消除了这种仪器编程的复杂性,使用户能够把精力集中于仪器的使用而不是仪器的编程。正是由于仪器驱动程序的重要作用,使其成为应用软件供应商之间的一个主要竞争领域。这种竞争给用户带来的一个方便之处是几乎任何一个带标准接口的仪器都有现成的驱动程序可供利用。

除仪器硬件接口(即仪器驱动程序)是 VI 应用软件的标准模块之外,用户接口开发工具(User Interface Development Tools)不仅是通用语言的标准组成部分,而且也成为 VI 应用软件的标准组成部分。导致对用户接口开发工具的这一广泛承诺的直接原因是在传统的程序开发中,用户接口的开发一直是最耗时的任务,而且如何编写从用户接口响应输入到输出的应用程序,其复杂程度无异于学习一种新的语言。而现在 VI 软件不仅包括诸如菜单、对话框、按钮和图形这样的通用用户接口属性,而且还有像旋钮、开关、滑动控制条、表头、可编程光标、纸带记录仿真窗和数字显示窗等 VI 应用接口属性。以上这些属性对于即使应用像 Visual Basic for Windows 和 Visual C++ for Windows 这些推出不久的面向对象语言来开发 VI 的用户也是非常困难的。

1.3.3 虚拟仪器的发展趋势

仪器技术、计算机通信技术与网络技术是信息技术最重要的组成部分,它们被称为 21 世纪科学技术中的三大核心技术。虚拟技术蕴含的巨大潜力,使发达国家趋之若鹜,在这一领域的研究上投入了巨资,希望有朝一日能在它的带动下率先进入信息时代,而把工业时代远远地抛在后面。20 世纪 80 年代首先在美国兴起和发展起来的虚拟仪器无疑是虚拟技术领域中的重要组成部分,它已成为发达国家研究开发的热点技术之一。

虚拟仪器是日益发展的计算机硬件、软件和总线技术在向其他技术领域密集渗透的过程中,与测试技术、仪器技术密切结合共同孕育出的一项美妙的新成果。自 20 世纪 80 年代以来,NI 公司已研制和推出了多种总线系统的虚拟仪器,特别是它推出的 LabVIEW 图形编程环境和 LabWindows/CVI 编程环境已享誉世界,成为这类新型仪器开发系统的世界生产大户。在 NI 公司之后,著名的美国惠普(HP)公司紧紧跟上推出了 HPVEE 编程系统可提供数十至数百种虚拟仪器的组建单元和整机,用户可用它组建或挑选自己所需的仪器。除此之外,世界上陆续有数百家公司,如 Tektronix 公司、Racal 公司等也相继推出了总线系统多达数百个品种的虚拟仪器。作为仪器领域中新兴的技术,虚拟仪器的研究、开发在国内已经过了起步

阶段。从 20 世纪 90 年代中期以来,国内的重庆大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、西安电子科技大学、成都电子科技大学、中科泛华电子科技有限公司等院校和高科技公司,在研究和开发仪器产品和虚拟式仪器设计平台以及引进消化 NI 公司、HP 公司的产品等方面做了一系列有益的工作,取得了一批瞩目的成果。虚拟仪器的出现和兴起,改变了传统仪器的概念、模式和结构,改变了人们的仪器观。据《世界仪表与自动化》杂志报导,21 世纪初叶,虚拟仪器的生产厂家将超过千家,品种将达到数千种,市场占有率将占到电测仪器的 50%,这一预测对整个仪器仪表领域不啻是一次强烈的震撼,使从事电测仪器科学技术研究与开发的科学家和工程师们都看清了虚拟仪器对传统仪器的巨大挑战,认识到在 21 世纪虚拟式仪器不仅将成为电测仪器的发展方向,而且必将取代实验室中的传统硬件化仪器,使成千上万种传统的硬件化仪器都演变成计算机软件,成为一系列有序的文件融入计算机中,那时有许多种类的仪器在广义上已不完全属于仪器领域的某些分支,而可以将它们看成是信息技术的本体。

虚拟仪器的一大特点便是具有集成性。如果将多种测试仪器的测试、虚拟式仪器库功能的形成过程(在传统仪器中由机内的各电子卡决定)软件化,用一个个文件来表示一台台仪器的功能,这样便将多种仪器的测试分析功能集成于计算机内,这称为“测试集成”。同样,如果将仪器的面板控件也一一软件化后集成于机内,并使这些仪器的功能软件和控件软件在机内的“框架协议”软件平台上进行软装配、软调试,最后便形成一个多品种的虚拟仪器库。这时用户便可从仪器库中调用自己需要的仪器或由若干仪器组成的实验研究所需要的虚拟仪器系统。构造虚拟仪器的系统结构在“集成”的基础上,通过软件设计可构造虚拟仪器的功能模块(每个功能模块包括一种功能)和控件模块(每个控件模块包括一种控件)。

VI 技术经过 10 余年的发展,正沿着总线与驱动程序的标准化、硬/软件的模块化和编程平台的图形化和硬件模块的即插即用(Plug&Play)化等方向发展。目前 VI 技术已发展成具有 GPIB、PC-DAQ、VXI 和 PXI 四种标准体系的结构开放的技术。1998 年 NI 公司又发布了虚拟硬件和可互换虚拟仪器的概念,其产品已经面市,IVI 基金会也在 1998 年于美国成立,并颁布了相应的 IVI 技术规范。基于 VXI 技术开发应用完全独立于硬件,提高了程序代码的复用性,大大降低了应用系统的维护费用,必将成为测控技术的主要基础技术之一。随着测量控制过程的网络化,一个真正的虚拟化的测控时代即将到来。

第2章 数据采集和信号分析理论基础

2.1 模拟信号数字化处理

2.1.1 概述

数据采集系统中采用计算机作为处理机。众所周知,计算机内部参与运算的信号是二进制的离散数字信号,而被采集的各种物理量一般都是连续模拟信号。因此,在数据采集系统中同时存在着两种不同形式的信号:离散数字信号和连续模拟信号。在研究开发数据采集系统时,首先遇到的问题是传感器所测量到的连续模拟信号怎样转换成离散的数字信号。

连续的模拟信号转换成离散的数字信号,经历两个断续过程:

1. 时间断续

对连续的模拟信号 $x(t)$,按一定的时间间隔 T_s ,抽取相应的瞬时值(也就是通常所说的离散化),这个过程称为采样。连续的模拟信号 $x(t)$ 经采样过程后转换为时间上离散的模拟信号 $x_s(nT_s)$ (即幅值仍是连续的模拟信号),简称为采样信号。

2. 数值断续

把采样信号 $x_s(nT_s)$ 以某个最小数量单位的整倍数来度量,这个过程称为量化。采样信号 $x_s(nT_s)$ 经量化后变换为量化信号 $x_q(nT_s)$,再经过编码,转换为离散的数字信号 $x(n)$ (即时间和幅值是离散的信号),简称为数字信号。

以上转换过程可以用图 2-1 表示。

在对连续的模拟信号做离散化处理时,必须遵守一个原则,如果随意进行,将会产生如下一些问题:

1) 可能使采样的点增多,导致占用大量的计算机内存单元,严重时将因内存量不够而无法工作;

2) 也可能使采样点太少,使采样点之间相距太远,引起原始数据值的失真,复原时不能复现出原来连续变化的模拟量,从而造成误差。

为了避免产生上述问题,在对模拟信号离散化时,必须依据采样定理规定的原则进行。

2.1.2 采样过程及采样定理

1. 采样过程

采样过程如图 2-2 所示。一个在时间和幅值上连续的模拟信号 $x(t)$,通过一个周期性开闭(周期为 T_s ,开关闭合时间为 τ)的采样开关 S 之后,在开关输出端输出一串在时间上离散的脉冲信号 $x_s(nT_s)$,把这一过程称为采样过程。