

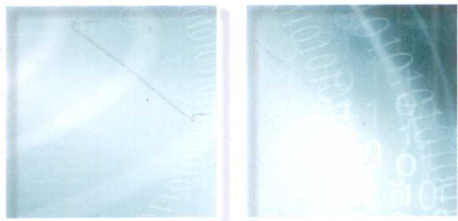
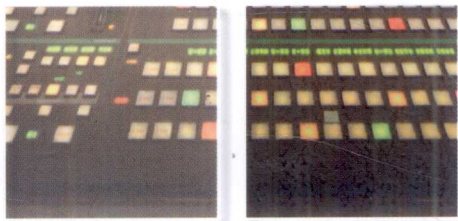
虚拟仪器典型测控 系统编程实践

曹卫彬 主 编

李向阳

万 畅 副主编

李江全



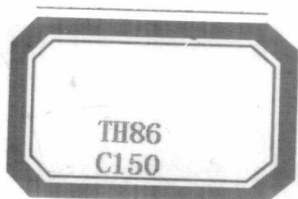
超值 配套光盘，内含：

- 实例的源程序
- 软、硬件资源
- 程序运行录屏
- 系统测试录像



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



郑州大学 *04010804945Z*

虚拟仪器典型测控系统 编程实践

曹卫彬 主编

李向阳 万畅 李江全 副主编



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

TH86
C150

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,比较全面和系统地介绍了虚拟仪器的典型测控系统,内容包括:PC与PCI数据采集卡、PC与单片机、利用PC与PLC、PC与远程I/O模块、PC与USB数据采集模块、PC与CAN总线模块、PC与无线数传模块、PC与智能仪器,以及PC与GSM短信模块等组成的测控系统设计。每个实例首先介绍相关的硬件技术,然后给出具体的测控线路和完整的LabVIEW和LabWindows/CVI程序。

为方便读者学习,本书提供超值配套光盘,内容包括所有实例的源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软/硬件资源等。

本书可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的大学生、研究生学习虚拟仪器技术,也可供计算机测控系统研发的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟仪器典型测控系统编程实践/曹卫彬主编. —北京:电子工业出版社,2012.3

(电子/电气工程师应用技术丛书)

ISBN 978-7-121-15604-5

I. ①虚… II. ①曹… III. ①虚拟仪表—自动检测系统—程序设计②虚拟仪表—自动控制系统—程序设计 IV. ①TH86

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第272879号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:李蕊 特约编辑:吴浩源

印刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:590.4千字

印次:2012年3月第1次印刷

册数:4000册 定价:49.00元(含DVD光盘1张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

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，是引起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一个新的发展纪元。

虚拟仪器在实际应用中表现出传统仪器无法比拟的优势，可以说虚拟仪器技术是现代测试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应用前景。

作为测试工程领域的强有力工具，近年来，由美国国家仪器公司（National Instruments, NI）开发的虚拟仪器软件 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 得到了业界的普遍认可，在测试系统分析、设计和研究方面得到广泛应用。

LabVIEW 是一种基于 G 语言（Graphics Language，图形化编程语言）的测试系统软件开发平台。它采用工程人员熟悉的术语、图标等图形化符号来代替常规基于文字的语言程序。它把复杂、烦琐、费时的语言编程简化成用菜单或图标提示方法来完成某些功能的选择图标，并提供用线条把各种功能图标连接起来的简单图形编程方式。利用 LabVIEW，用户可通过定义和连接代表各种功能模块的图标，方便迅速地创建虚拟仪器。

LabWindows/CVI 是 32 位的面向计算机测控领域的虚拟仪器软件开发平台，它是以 ANSI C 为核心的交互式虚拟仪器开发环境，将功能强大的 C 语言与测控技术有机结合，具有灵活的交互式编程方法和丰富的库函数，为开发人员建立检测系统、自动测试环境、数据采集系统、过程监控系统等提供理想的软件开发环境。

LabWindows/CVI 主要应用在各种测试、控制、故障分析及信息处理软件的开发中，与 LabVIEW 相比，其更适合中、大型复杂测试软件的开发。基于 LabWindows/CVI 设计的虚拟仪器，在无损检测、电力仪表系统、温控系统、流程控制系统、故障诊断和医疗等领域中发挥着重要作用。LabWindows/CVI 已经成为测控领域最受欢迎的开发平台之一，并且得到较为广泛的应用。

虚拟仪器软件要实现仪器功能，一项重要的任务是获取被测对象的数据，因此，数据采集和通信是 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 的核心技术。

为弥补虚拟仪器设计同类书籍在测控应用实践方面的缺憾，提高广大学生的学习兴趣和设计虚拟仪器系统的能力，我们编写了本书。

本书从工程应用的角度出发，比较全面和系统地介绍了虚拟仪器典型测控系统，内容包括：PC 与 PCI 数据采集卡、PC 与单片机、利用 PC 与 PLC、PC 与远程 I/O 模块、PC 与 USB 数据采集模块、PC 与 CAN 总线模块、PC 与无线数传模块、PC 与智能仪器以及 PC

与 GSM 短信模块等组成的测控系统设计。每个实例首先介绍相关的硬件技术，然后给出具体的测控线路和完整的 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 程序。

书中提供的程序代码完整且全部在 Windows XP 环境下 LabVIEW8.2 及其以上版本、LabWindows/CVI8.0 及其以上版本编译运行通过，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项目设计中。需要说明的是，本书仅提供了关键的核心程序，即在程序运行画面中实时显示传感器检测的信号值，超限时输出开关控制信号等，其他如线性化、数字滤波、数据处理、误差分析、数字 PID 控制等与算法程序，读者可以根据自己的系统需求自行设计。

淡化理论，建立测控系统整体概念，以工程实践为主，硬件系统设计采用“搭积木”方式，突出程序设计，重在功能实现，这是本书的特色，也是与已有测控系统类书籍不同的地方，相信对读者学习虚拟仪器测控系统会有很大帮助。

本书内容丰富，提供了典型的虚拟仪器测控应用系统，有较强的先进性、实用性和可操作性，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的大学生、研究生学习虚拟仪器技术，也可供计算机测控系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习，本书提供超值配套光盘，内容包括所有实例的源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软/硬件资源等。

本书由塔里木大学李向阳编写第 1、2、3 章，万畅编写第 4、5、6 章，王丽编写第 7、8 章；石河子大学曹卫彬编写第 9、10 章，刘荣编写第 11 章，葛云编写第 12 章，李江全编写绪论和附录。全书由曹卫彬教授担任主编并统稿，李向阳、万畅、李江全担任副主编。参与编写工作的人员还有田敏、刘恩博、胡蓉、任玲、李宏伟、张茜、王洪坤、郑瑶等老师；电子开发网、北京研华科技、石河子大学电气工程实验中心等硬件和软件方面提供了关键技术支持；电子工业出版社陈韦凯编辑在本书的策划、加工中做了大量工作，编著者借此机会对他们致以深深的谢意。

由于编著者水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

2011 年 11 月

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 虚拟仪器的含义与特点	1
0.1.1 虚拟仪器的产生	1
0.1.2 虚拟仪器的概念	2
0.1.3 虚拟仪器的特点	3
0.1.4 虚拟仪器的应用	5
0.2 虚拟仪器的组成与构成方式	6
0.2.1 虚拟仪器的基本结构	6
0.2.2 虚拟仪器的构成方式	7
0.2.3 构建虚拟仪器的步骤	9
0.3 虚拟仪器系统的输入与输出信号	10
0.3.1 模拟信号	11
0.3.2 数字信号	12
0.4 虚拟仪器的软件结构与开发平台	14
0.4.1 虚拟仪器的软件结构	14
0.4.2 虚拟仪器的开发平台	16
0.5 虚拟仪器的设计原则和方法	17
0.5.1 虚拟仪器的设计原则	17
0.5.2 虚拟仪器的设计方法	19
0.6 本书说明	20
第 1 章 基于单片机的虚拟仪器	22
1.1 典型单片机开发板简介	22
1.1.1 单片机控制系统的组成	22
1.1.2 单片机开发板 B 的功能	24
1.1.3 单片机开发板 B 的主要电路	25
1.2 PC 与单片机开发板 B 组成的虚拟仪器	28
1.2.1 设计任务	28
1.2.2 线路连接	29
1.2.3 利用 C51 语言实现单片机温度测控	30
1.2.4 利用汇编语言实现单片机温度测控	37
1.2.5 利用 LabVIEW 实现 PC 与单片机温度测控	45
1.2.6 利用 LabWindows/CVI 实现 PC 与单片机温度测控	49

第 2 章 基于三菱 PLC 的虚拟仪器	52
2.1 三菱 PLC 特殊功能模块与通信协议	52
2.1.1 FX _{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块	52
2.1.2 三菱 PLC 编程口通信协议	59
2.2 PC 与三菱 FX _{2N} PLC 组成的虚拟仪器	66
2.2.1 设计任务	66
2.2.2 线路连接	67
2.2.3 三菱 PLC 端温度测控程序设计	67
2.2.4 利用 LabVIEW 实现	71
2.2.5 利用 LabWindows/CVI 实现	75
第 3 章 基于西门子 PLC 的虚拟仪器	79
3.1 西门子 PLC 模拟量扩展模块与通信协议	79
3.1.1 西门子 PLC 模拟量输入模块	79
3.1.2 西门子 PLC PPI 通信协议	83
3.2 PC 与西门子 S7-200 PLC 组成的虚拟仪器	87
3.2.1 设计任务	87
3.2.2 线路连接	87
3.2.3 西门子 PLC 端温度测控程序设计	88
3.2.4 利用 LabVIEW 实现	92
3.2.5 利用 LabWindows/CVI 实现	97
第 4 章 基于 NI 数据采集卡的虚拟仪器	101
4.1 PCI-6023E 数据采集卡简介	101
4.1.1 PCI-6023E 数据采集卡的功能	101
4.1.2 安装 DAQ 设备驱动程序	103
4.1.3 数据采集卡的参数设置与测试	104
4.2 PC 与 PCI-6023E 数据采集卡组成的虚拟仪器	108
4.2.1 设计任务	108
4.2.2 线路连接	108
4.2.3 利用 LabVIEW 实现	109
4.2.4 利用 LabWindows/CVI 实现	113
第 5 章 基于研华数据采集卡的虚拟仪器	117
5.1 PCI-1710HG 数据采集卡简介	117
5.1.1 数据采集系统概述	117
5.1.2 基于 PC 的 DAQ 系统组成	120
5.1.3 用 PCI-1710HG 数据采集卡组成的测控系统	123

5.1.4	PCI-1710HG 数据采集卡的安装与测试	126
5.2	PC 与 PCI-1710HG 数据采集卡组成的虚拟仪器	133
5.2.1	设计任务	133
5.2.2	线路连接	133
5.2.3	利用 LabVIEW 实现	134
5.2.4	利用 LabWindows/CVI 实现	140
第 6 章	基于分布式 I/O 模块的虚拟仪器	148
6.1	典型分布式 I/O 模块简介	148
6.1.1	集散控制系统的结构与特点	148
6.1.2	ADAM4000 系列远程数据采集控制系统	150
6.1.3	ADAM4000 系列模块简介	152
6.1.4	ADAM4000 系列模块的软件安装	159
6.2	PC 与 ADAM4000 系列模块组成的虚拟仪器	161
6.2.1	设计任务	161
6.2.2	线路连接	162
6.2.3	利用 LabVIEW 实现	162
6.2.4	利用 LabWindows/CVI 实现	167
第 7 章	基于 CAN 总线模块的虚拟仪器	172
7.1	典型 CAN 总线功能模块简介	172
7.1.1	现场总线控制技术概述	172
7.1.2	CAN 总线控制技术概述	174
7.1.3	CAN 接口卡与 iCAN 系列功能模块简介	178
7.2	PC 与 iCAN-4000 系列模块组成的虚拟仪器	181
7.2.1	设计任务	181
7.2.2	线路连接	181
7.2.3	利用 LabWindows/CVI 实现	182
第 8 章	基于 USB 数据采集模块的虚拟仪器	187
8.1	USB 总线在数据采集系统中的应用	187
8.1.1	USB 总线及其数据采集系统的特点	187
8.1.2	采用 USB 传输的数据采集系统	189
8.1.3	典型 USB 数据采集模块简介	191
8.2	PC 与 USB4711A 数据采集模块组成的虚拟仪器	193
8.2.1	设计任务	193
8.2.2	线路连接	194
8.2.3	利用 LabVIEW 实现	194
8.2.4	利用 LabWindows/CVI 实现	200

第 9 章 基于无线数传模块的虚拟仪器	205
9.1 典型无线数传模块简介	205
9.1.1 无线数传技术概述	205
9.1.2 DTD46X 系列无线数传模块	207
9.2 PC 与 DTD462 无线数传模块组成的虚拟仪器	213
9.2.1 设计任务	213
9.2.2 线路连接	213
9.2.3 利用汇编语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	214
9.2.4 利用 C51 语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	222
9.2.5 利用 LabVIEW 实现无线数传模块温度测控	229
9.2.6 利用 LabWindows/CVI 实现无线数传模块温度测控	232
第 10 章 基于 GSM 短信模块的虚拟仪器	236
10.1 GSM 网络短信测控技术	236
10.1.1 GSM 网络短信测控系统的特点与组成	236
10.1.2 AT 指令介绍	240
10.1.3 超级终端的使用	245
10.2 PC 与 TC35 短信模块组成的虚拟仪器	249
10.2.1 设计任务	249
10.2.2 线路连接	250
10.2.3 利用 C51 语言实现单片机温度检测及短信发送	251
10.2.4 利用 C51 语言实现单片机短信接收及继电器控制	258
10.2.5 利用 LabVIEW 实现 PC 短信接收与发送	264
10.2.6 利用 LabWindows/CVI 实现 PC 短信接收与发送	266
第 11 章 基于智能仪器的虚拟仪器	272
11.1 典型智能仪器简介	272
11.1.1 智能仪器的结构与特点	272
11.1.2 XMT-3000A 型智能仪器的通信协议	273
11.1.3 PC 与 XMT-3000A 型智能仪器串口通信调试	276
11.2 PC 与 XMT-3000A 型智能仪器组成的虚拟仪器	278
11.2.1 设计任务	278
11.2.2 线路连接	278
11.2.3 利用 LabVIEW 实现 PC 与单台智能仪器温度测控	280
11.2.4 利用 LabWindows/CVI 实现 PC 与单台智能仪器温度测控	284
11.2.5 利用 LabVIEW 实现 PC 与多台智能仪器温度测控	288
11.2.6 利用 LabWindows/CVI 实现 PC 与多台智能仪器温度测控	294

第 12 章 基于 Internet 网络的虚拟仪器	299
12.1 网络化测控系统概述	299
12.1.1 工业测控网络	299
12.1.2 网络化测控仪器	302
12.1.3 TCP/IP 协议概述	305
12.1.4 DataSocket 技术概述	307
12.2 基于 LabVIEW 的网络化测控	308
12.2.1 LabVIEW 中的 TCP 节点	308
12.2.2 LabVIEW 中的 DataSocket 函数节点	312
12.2.3 LabWindows/CVI 中的 TCP/IP 函数库	314
12.2.4 在 LabVIEW 中利用 TCP/IP 协议实现网络通信	319
12.2.5 在 LabVIEW 中利用 DataSocket 技术实现网络通信	321
12.2.6 在 LabWindows/CVI 中利用 TCP/IP 协议实现网络通信	325
附录 A LabVIEW 串口通信函数	334
附录 B LabWindows/CVI 串口通信函数	337
附录 C LabWindows/CVI 数据采集函数库	342
参考文献	350

第0章 绪 论

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。

0.1 虚拟仪器的含义与特点

0.1.1 虚拟仪器的产生

测量仪器发展至今，大体可分为四个阶段：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以硬件和固化软件的形式存在，无论在开发还是在应用上，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 and 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是分不开的。

一方面，计算机技术的进步为新型的测控仪器产生提供了现实基础，主要表现在：

（1）微处理器和 DSP（Digital Signal Processing）技术的快速进步及其性能价格比不断提高，大大改变了传统电子行业的设计思想和观念，原来由硬件完成的许多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:

(1) 现代测量要求仪器不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,使用者需要的知识很多。这样的仪器不仅使用频率和利用率低,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三个阶段:

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。

第二阶段主要在硬件功能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。主要是由于采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,这三个阶段几乎是同步进行的。

0.1.2 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,具有虚拟面板,其功能由用户设计和定义,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。由各种开关、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,以及测量结果的“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似的“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摆放所需的图标,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试功能软件模块的组合来实现多种测试功能,所以在硬件平台确定后,就有“软件就是仪器”的说法。这也体现了测试技术与计算机深层次的结合。

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试仪器系统。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“Virtual”一词通常被译成“虚拟”,在测控仪器领域,“Virtual”不仅指用计算机屏幕去虚拟各种传统仪器的面板,还有“实质上的”、“实际上的”、“有效的”和“似真的”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、只是视觉上的内容,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。众所周知,传统仪器主要包括三个部分: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、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。

0.1.3 虚拟仪器的特点

传统的测量仪器通常由三大功能模块组成,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、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测量仪器是达不到的。

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，它的功能主要是通过软件来实现的，软件在虚拟仪器中具有重要的地位。美国国家仪器公司（NI）就曾提出一个著名的口号：“软件就是仪器”。

(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。因此，使用虚拟仪器比传统仪器更经济。

(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合的情况。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、甚至无须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，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，以实现对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，减少了投资。

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，这使虚拟仪器的应用领域非常广泛。

表 0-1 列出了传统仪器与虚拟仪器的主要区别。

表 0-1 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

续表

传统仪器	虚拟仪器
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
自己编程硬件，二次开发强	无法自己编程硬件，二次开发差
图形界面小，信息量小	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

0.1.4 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全部功能。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。今天，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。由于传统的仪器设备缺乏相应的计算机接口，因此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事费时。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广阔。环顾当今社会，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的采样，及时的数据处理和快速的数据传输。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、生物医药、教学及科研等诸多方面。

0.2 虚拟仪器的组成与构成方式

通常,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)了,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,都是由仪器硬件搭载到笔记本电脑、台式 PC 或工作站等各种计算机平台再加上应用软件而构成的。

0.2.1 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三部分构成,如图 0-1 所示。

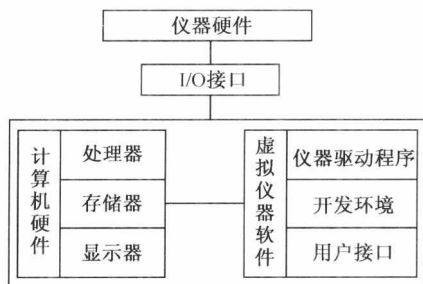


图 0-1 虚拟仪器系统的组成框图

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、嵌入式计算机等。计算机管理着虚拟仪器的硬、软件资源,是虚拟仪器的硬件基础。计算机技术在显示、存储能力、处理性能、网络、总线标准等方面的发展,导致了虚拟仪器系统的快速发展。

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、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。

面对如今日益复杂的测试测量应用,NI 提供了全方位的软、硬件的解决方案。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,工程师和科学家们可以高效地创建自己的应用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决策功能，从而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、关键部分，用于实现对仪器硬件的通信和控制，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制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。

0.2.2 虚拟仪器的构成方式

虚拟仪器的硬件平台由计算机及其 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、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、现场总线等六种标准硬件体系结构，如图 0-2 所示。

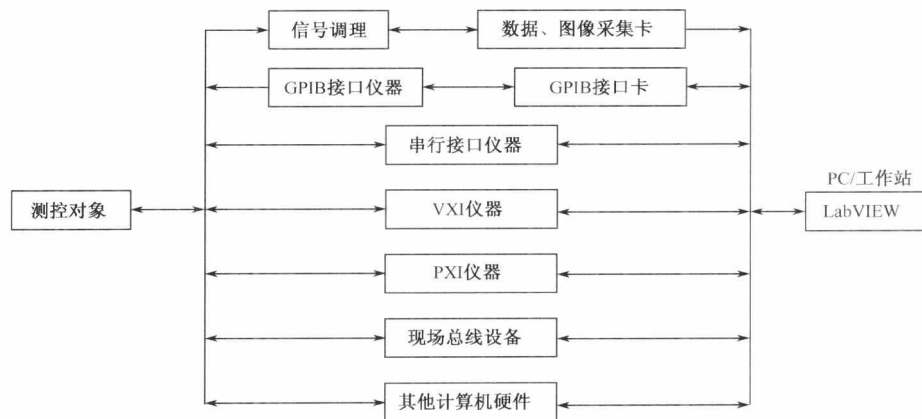


图 0-2 虚拟仪器的构成方式

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）传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。

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 1Gb/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、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。