

虚拟仪器结构及其可视化编程的技术进展

乐德广¹, 郭东辉¹, 刘瑞堂¹, Gerard Parr²

(1. 厦门大学技术物理研究所, 福建 厦门 361005; 2. 英国 Ulster 大学信息学院, N. Ireland, BT52 1SA)

摘要: 阐述了在仪器和测试领域中具有广泛发展前景的虚拟仪器的硬件结构、测控技术以及虚拟仪器测试软件结构及其开发软件平台。

关键词: 虚拟仪器; I/O 接口; 可视化编程

Progress of Virtual Instrument Architecture and Its Visual Programming Technology

LE De guang¹, GUO Dong-hui¹, LIU Rui-tang¹, Gerard Parr²

(1. Institute of Technical Physics, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Faculty of Informatics, University of Ulster, BT52 1SA, N. Ireland, UK)

Abstract: This paper elaborates the hardware architecture, the measuring technology, the software architecture and its developing software platform of virtual instrument, which have the bright and board prospect in the measurement field.

Key words: virtual instrument; I/O interface; visual programming

1 引言

现代科技的日新月异, 促使今天的测控仪器行业经历着一场翻天覆地的变化。现代测控要求仪器不仅能单独测量某个量, 而且希望它们之间能够互相通信, 实现信息共享, 从而完成对被测各系统的综合分析、评估, 得出准确判断, 传统仪器在这方面显然不足; 另一方面, 由于微电子技术、计算机技术、软件技术、网络技术的高速发展及其在电子测量技术上的应用, 新的测试理论, 新的测试方法以及新的仪器结构不断出现, 在许多方面已经冲破了仪器的概念。在这个背景下, 1986年美国国家仪器公司(National Instruments)首先提出了虚拟仪器的概念。所谓虚拟仪器(Virtual instrument)是指通过应用程序将通用计算机与功能化模块结合起来, 用户可以利用计算机强大的图形环境和在线帮助功能, 建立中(或英)文界面的虚拟仪器软面板, 完成对仪器的控制、数据分析、存储和显示, 改变传统仪器的使用方式, 提高仪器的功能和使用效率, 大幅度降低仪器的价格, 且使用户可以根据自己的需要定义仪器的功能。虚拟仪器广泛应用于电子测量、电子工程、军用电子系统的测量、工农业各个领域的系统检测及教学科研等多方面。

2 虚拟仪器测试测量技术的演变与发展

电子测量仪器经历了由模拟仪器、带 GPIB (IEEE488) 接口^[1]的智能化仪器到全部可编程虚拟仪器的发展历程。随着计算机软硬件技术的发展, 测试和测量专家把 PC 作为虚拟仪器的基础, 现在 PC 已成为测试工程中的核心和标准平台。这

些仪器系统包括 GPIB (IEEE488)、VXI BUS、插入式数据/图像采集 (plug-in DAQ)、PXI 等 I/O 接口, 其系统构成如图 1 所示。

通用接口总路线 (GPIB, General Purpose Interface Bus) 又称 IEEE488 标准接口总线, 是传统测试仪器在数字接口方面的延伸和扩展, 它是由 HP 公司于 1978 年制定的总线标准。GPIB 被认为是使用最为广泛的仪器标准。利用 GPIB 接口、VXI-GPIB 转换器等实现计算机对仪器的操作和控制, 代替传统的人工操作方式, 提高了测试测量效率。IEEE488.2 标准使基于 GPIB 的计算机测试系统进入了一个新的发展阶段。虽然它的传输速度较低, 但它的高准确度依然是连接计算机和仪器的通行选择。

另一个发展迅速的虚拟仪器测试系统是模块化插卡式 VXI 仪器^[2-3]。VXI 总线的诞生是本世纪仪器历史上的另一个里程碑, 它开创了仪器系统进入信息时代的新纪元。VXI (VEM bus Extensions for Instrumentation) 是 1987 年由主要的仪器制造商 (Colorado 数据系统公司、HP 公司、Racal 公司、Tek 公司和 Wavetex 公司) 共同开发的一种模块化的仪器标准, 为其设计了稳定的电源, 强劲的冷却能力, 以及严格控制的 RFI/EMI 屏蔽, 自测试功能使每一模块在运行前首先通过检验, 良好的设计软件协议确保了正确的总线仲裁^[2-3]。这样 VXI 总线系统就能以高速率、大容量完成信号处理。

此外, VXI 总线联盟在过去几年里一直致力于对 VXI 技术规范进行修改和补充^[4], 如增加数据传输速率, 控制器和模块间更有效的通信, VXI Plug & Play 软件工具的应用, 使 VXI 总线技术呈现出旺盛的生命力。

随着 A/D、D/A 转换技术、仪用放大器、抗混叠

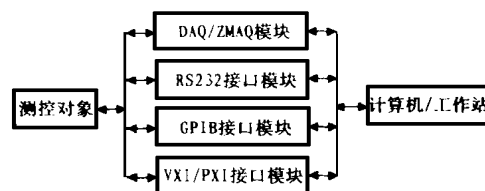


图 1 虚拟仪器测试系统的构成框图

收稿日期: 2000-07-21。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (69886002); 福建省自然科学基金重点项目 (F982001)。

作者简介: 乐德广 (1975-), 男, 福建省三明市人, 厦门大学物理系硕士生, 主要从事电子设计、系统编程等方面的研究;

郭东辉 (1967-), 男, 福建省莆田市人, 博士, 副教授, 厦门大学技术物理研究所副所长, 主要从事有关人工智能、网络通讯、集成电路设计等方面的科研和教学工作。

滤波器、信号波形处理技术的不断改进,使插入式数据采集(DAQ)图像采集(ZMAQ)板卡成为发展最快的虚拟仪器结构之一。最近十几年来 ISA 总线(工业标准结构总线)^[5]技术已从单一的只是作为其它总线(如 GPIB)的仪器控制工具发展到具有多种应用的平台,把 ISA 总线的体积小、速度快、集成费用低的优点与微处理器、DSP 和板上存储器相结合,使得虚拟仪器在功能上可以超过传统仪器。PCI 总线是一种同步的独立于 CPU 的 32 位或 64 位局部总线^[6]。基于 PCI 总线的数据采集板比 ISA 板的数据采集率高,其数据传输率高达 132~264 MB/S,并且 PCI 板卡同时还提供即插即用(plug& play)功能。具有 DSP 芯片的高效 PCI 板将进一步提高总线处理能力。

1997 年 9 月 1 日 NI 发布了一种全新的开放性模块化仪器总线规范—PXI^[7]。PXI 是 PCI 在仪器领域的扩展(PCI extensions for Instrumentation),它将 Compact PCI 规范定义的 PCI 总线技术发展成适合于试验、测量与数据采集场合应用的机械、电气和软件规范,从而形成了新的虚拟仪器体系结构。

PXI 结构类似于 VXI 结构,但由于它基于 PCI 总线,因此与 VXI 相比设备成本低、运行速度快、体积更紧凑,而且目前基于 PCI 总线的软硬件均可应用于 PXI 系统中,从而使 PXI 系统具有良好的兼容性和可扩展性。

随着 PC 价格的不断下降,当前 PC 设计的主要趋势是减少扩展槽的数目,取而代之的将是 USB(Universal Serial Bus,通用串行总线)接口^[8]。USB 的单根电缆就能使数据采集设备具有高速通信且同时提供电源,此外 USB 还可以热插拔和即插即用。采用 USB 总线与 PC 连接的虚拟仪器成为今后虚拟仪器发展的一个方向。目前,一些大的仪器制造商如 HP、NI 等都已开发出基于 USB 的虚拟仪器产品,如 NI 的双通道、深存储 DSO NI 5102 等。

Firewire(IEEE 1394)是更高的数据总线^[9],目前传输速率为 100、200、400MB/S,将来可达 800MB、1.6GB/S、3.2GB/s,火线采用了高性能的数字数据输入输出接口,无需数字信号和模拟信号间的转换,避免了转换时的数据损失。火线也支持即插即用功能,其数据传输有同步、异步和等步等多种方式。这样火线不仅可以传送文件数据,还可以传送连续的声音数据流,因此具有实时性,支持即时传输。Firewire 很快就会与 USB 一起出现在虚拟仪器市场上。

3 虚拟仪器系统的软件结构

自 1986 年 NI 提出虚拟仪器(Virtual Instrument)的概念以来,虚拟仪器这种计算机操纵的模块化仪器系统在世界范围内得到了广泛的认同和应用。在虚拟仪器系统中用灵活强大的计算机软件代替传统仪器的某些硬件,特别是系统中应用计算机直接参与测试信号的产生和测量特征的解析,使仪器中的一些硬件甚至整件仪器从系统中“消失”,而由计算机的软硬件资源来完成它们的功能。虚拟仪器测试系统的软件主要分为:仪器面板控制软件,数据分析处理软件,仪器驱动软件和通用 I/O 接口软件(如图 2 所示)。

3.1 仪器面板控制软件

即测试管理层,是用户与仪器之间交流信息的纽带。利用计算机强大的图形化编程环境,使用“所见即所得”的可视化技术,从控制模块上选择你所需要的对象,放在虚拟仪

器的前面板上^[10]。控制模板上的对象包括开关、滑尺、下拉表、控制按钮和弹出式对话框等输入对象和数字显示、仪表盘、温度计、表和可显示波形的 XY 图、极化图、Smith 图、幅度相位图等显示对象,并能很容易通过标记、颜色、点线和标尺等各种各样的可视化方式对数据进行灵活显示。当虚拟仪器

完成后,就能在虚拟仪器工作时利用前面板去控制整个系统。与传统仪器前面板相比,虚拟仪器软面板的最大特点就是软面板由用户自己定义。因此,不同用户可以根据自己的需要和爱好组成灵活多样的虚拟仪器控制面板。

3.2 数据分析处理软件

利用计算机强大的计算能力和虚拟仪器开发软件功能强大的函数库极大提高了虚拟仪器的数据分析处理能力。如 HP VEE^[10]可提供 200 种以上的数学运算和分析功能,从基本的数学运算到微积分、数字信号处理和回归分析。LabVIEW^[11-12]的内置分析能力能对采集到的信号进行平滑窗口、数字滤波、频域转换等分析处理。用户只需在开发平台上以图形或对象方式相应调出软件分析库中的分析函数,即能完成用户对信号的分析处理要求,节省了大量的开发时间。

3.3 仪器驱动软件

虚拟仪器驱动程序是处理与特定仪器进行控制通信的一种软件^[13-14]。仪器驱动器与通信接口及使用开发环境相联系,它提供一种高级的、抽象的仪器映象,它还能提供特定的使用开发环境信息,例如图形化的表达方式,以此来支持使用开发环境。仪器驱动器是虚拟仪器的核心,是用户完成对仪器硬件控制的纽带和桥梁。

虚拟仪器驱动程序的核心是驱动程序函数/VI 集,函数/VI 是指组成驱动程序的模块化子程序。驱动程序一般分两层,低层是仪器的基本操作,如初始化仪器配置仪器输入参数、收发数据、查看仪器状态等。高层是应用函数/VI 层,它根据具体测量要求调用低层的函数/VI。一些虚拟仪器开发软件,如 LabVIEW 和 HP VEE,不但提供世界各地主要厂家生产的多种仪器驱动程序,为用户程序设计节约了时间和精力,而且为用户提供了重要的模块化代码,使用户很方便地进行仪器驱动程序的开发设计。

3.4 通用 I/O 接口软件

在虚拟仪器系统中,I/O 接口软件作为虚拟仪器系统软件结构中承上启下的一层,其模块化与标准化越来越重要。VXI 总线即插即用联盟,为其制定了标准,提出了自底向上的 I/O 接口软件模型即 VISA(Virtual Instrumentation Software Architecture)^[14-15]。

作为通用 I/O 标准,VISA 具有与仪器硬件接口无关性的特点,即这种软件结构是面向器件功能而不是面向接口总线的。应用工程师为带 GPIB 接口仪器所写的软件,也可用于 VXI 系统或具有 RS 232 接口的设备上,这样不但大大缩短了应用程序的开发周期,而且彻底改变了测试软件开发的方式和手段。这个接口软件已经被当今主要仪器厂商所接受,能确保当前仪器所写的代码能够在不同的操作系统间进行移植。

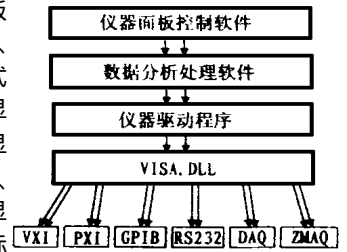


图 2 虚拟仪器测试系统的软件结构

4 虚拟仪器的软件编程

在过去, 虚拟仪器的软件开发通常采用 C/C++ 或 VC、VB 来编程。C/C++ 属于传统文本式编程, 对开发人员的编程能力和对仪器硬件的掌握要求很高, 开发周期长, 且软件移植和维护也不容易。因此这种编程方式将会逐步为可视化编程工具所代替。VB 和 VC 作为可视化开发工具有着友好的界面、丰富的 API 应用程序接口函数, 简单, 易用, 实用性强, 并且与 Microsoft Access Word 及 Excel 等软件无缝连接, 因而是一个良好的构筑虚拟仪器的平台。

随着软件技术的不断进步, 新的可视化仪器开发工具不断出现, 功能也越来越强大和完善, 其中最具代表性的是 NI 的 LabVIEW 和 HP 的 HP VEE。

NI 的 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering work bench) 被称为“科学家与工程师的语言”, 是直观的前面板与流程图式编程方法的结合, 是构建虚拟仪器的理想工具^[11~12]。LabVIEW 不仅为测试测量和过程控制领域提供了大量仪器面板的控制对象, 用户还可以通过控制编程器将现有的控制对象改成适合自己工作领域的控制对象。LabVIEW 的基于数据流编译型图形编程环境, 解决了其他按解释方式工作的图形编程环境速度慢的问题。LabVIEW 提供了大量功能强大的函数库, 从低层的 I/O 接口控制子程序到大量的仪器驱动程序, 从基本的数学函数、字符串处理函数到高级的分析库, 供用户直接调用。此外, LabVIEW 还支持 Window95/98/NT, Macintosh, HP, SPARC 等操作系统平台, 在不同平台上开发的应用程序可直接进行移植, 并提供了 DDL 接口和对 OLE 的支持。

最新版本的 LabView 5.1 跟踪了基于 Web 的应用程序开发, 提高了程序的开发能力。新的模块化结构使用户可以建立更好的执行程序, 获得更好的系统性能。此外, 还扩展了 Activex (com) 技术应用并与 Mathworks 的 Matlab 及 NI 的 HiQ 数字和交互分析能力进行无缝集成。

HP VEE 是 HP 公司推出的功能强大的可视化虚拟仪器编程语言^[10], 用于管理仪器控制、测量处理、测试报告和测试结果显示等编辑任务。其最新版本为 HP VEE 5.0。

HP VEE 通过系统集成、调试、结构化的程序设计和文档功能的增强, 简化了测试程序的开发。它采用流线式的仪器控制方式通过仪器管理器对总线设备进行扫描, 并自动控制接口的诸要素。HP VEE 可以加载和运行任何 Activex 控制, 如条码读出器、文件加密器、压缩实用程序等, 都可添加到 HP VEE 程序中, 从而使用户能很快地为特定的应用程序编制专门的程序。HP VEE 内置的 Web 服务器可以使用户在公司的 intranet 上用标准 HTTP 协议远地控制和访问测量系统, 可在 intranet 或 Word Wide Web 上访问 HP VEE 的控制面板, 因而用户能进行远地系统排错, 恢复 HP VEE 信息和监控测试系统。HP VEE 程序可调用任何 C/C++ 程序, 也可与 VB、HP Basic、Fortran Labview 和 Pascal 组合运行 HP VEE 程序。在最近版本的 HP VEE 中增加的编译技术满足了快速执行程序的需要。

5 虚拟仪器的主要发展趋势

虚拟仪器技术经过十几年的发展, 标准化、模块化、软

件化、网络化的开放式的体系结构将成为未来虚拟仪器的重要发展方向。

为了更方便用户使用, 各仪器制造商和各仪器标准化组织不断致力于对硬件和软件的标准化^[16]。VXI 技术的开放式的体系结构和模块化的自动测试技术使之成为未来虚拟仪器的理想硬件。USB、firewire 由于其简单、快速、价格便宜, 将在未来的虚拟仪器中得到广泛应用。VXI 即插即用系统联盟为实现接口独立, 将 VISA 标准定为编程接口。可互换虚拟仪器基金会即 Interchangeable Virtual Instruments (IVI) Foundation 提出一种新的虚拟仪器驱动技术, 即 IVI 规范^[17~18], 比 VPP (VXI plug& play) 规范又迈进了一步, 使测试界工程师能够建立与测试系统无关的高性能硬件设备, 使仪器驱动程序成为仪器测试系统中的标准部件。

随着软件技术的发展, 新的虚拟仪器软件开发工具不断涌现, 并朝着可视化编程方向发展, 软件在虚拟仪器系统中的地位和作用越来越大, NI 甚至提出了“软件就是仪器”(The Software Is The Instrument) 的口号。

Activex 控制、COM、c/s 模型、Internet 等通信技术和网络技术的应用, 使用户能够通过 Internet 实现远距离控制, 将信息和多维空间相连, 使远距离监测和控制变得更加容易, 虚拟仪器正朝着网络化方向发展。

参考文献

- [1] 杨安禄, 陈长龄. 电子仪器接口技术 [M]. 西安: 电子科技大学出版社, 1994.
- [2] VXI Bus System Specification Revision 1.3 [S].
- [3] 张洪生, 胡光荣, 刘志勇. 基于 VXI 总线的虚拟仪器 [J]. 中国仪器仪表, 2000, 2.
- [4] <http://www.vxipnp.org> [DB/OL].
- [5] 姚栋. ISA 总线系统及其应用 [J]. 仪表技术与传感器, 1998, 11.
- [6] T. Shanly D, Anderson. PCI System Architecture (Third Edition) [M]. New York, 1995.
- [7] National Instruments corporation. The PXI System Architecture [M]. 1997, 9.
- [8] Universal Serial Bus Specification: Compaq, Intel, Microsoft, NEC Revision 1.1 [S]. September 23, 1998.
- [9] 谈思民, 邵根富, 陈尚松. 火线 (IEEE-1394) 用于虚拟仪器的研究 [J]. 电测与仪表, 2000, 2.
- [10] (美) Robert Helsel [R. 赫尔塞尔]. HP VEE 可视化编程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [11] National Instruments Corporation. LabVIEW User Manual [M]. 1997.
- [12] Measurement and Automation Catalogue [M]. National Instruments Corporation, 1999.
- [13] 陈之炎. VXI 总线仪器驱动程序的结构设计 [J]. 国外电子测量技术, 1996, 1.
- [14] 周泓, 汪乐宇, 陈祥献. 虚拟仪器系统软件结构的设计 [J]. 计算机自动测量与控制, 2000, 8(1): 21-24.
- [15] VISA 标准仪器驱动程序的编程 [J]. 计算机工程, 1998(11).
- [16] 祝中山, 赵伟, 庞海波. PC 卡虚拟仪器软件标准化讨论 [J]. 电测与仪表, 1998, 6.
- [17] 扬乐平, 曾敏. IVI-虚拟仪器驱动器 [J]. 计算机自动测量与控制, 1999, 7(4).
- [18] 韩洁. 通用虚拟仪器 IVI 技术 [J]. 国外电子测量技术, 2000, 1.