

综述

虚拟集成测试与虚拟仪器技术

王建林 刘静宜

(北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 虚拟仪器技术是虚拟测试技术和计算机自动测试技术发展的结果,是目前自动测试技术及测量仪器与系统的重要发展方向。介绍了基于总线技术的虚拟仪器技术的研究现状,对虚拟仪器技术的硬件平台和软件平台进行了较全面地综述,并指出了该技术今后的发展方向。

关键词: 虚拟测试技术; 自动测试技术; 虚拟仪器技术; 计算机总线

中图分类号: TM 933; TP 274

引 言

随着计算机技术、大规模集成电路技术和通信技术的飞速发展,自动测试技术领域发生了巨大的变化,已涉及到现代工业生产和国防科技发展的各个领域^[1,2]。降低测试成本、缩短测试系统的开发时间以及把风险减少到最低限度已成为组建计算机自动测试系统(Computer Automated Test System)的主要目标。设计开放式系统结构和实现标准化、模块化、系列化、通用化的计算机自动测试系统已成为一种必然的趋势。虚拟仪器是虚拟测试技术和计算机自动测试技术及其系统发展的结果,是目前自动测试技术及测量仪器与系统的重要发展方向。

1 虚拟仪器技术的硬件平台

1.1 虚拟集成测试与虚拟仪器

虚拟集成测试是指充分利用计算机技术,将测试仪器的测试功能进行“集成”,在以计算机为母体的环境中,实现测试仪器或系统的全部测试功能。

虚拟仪器是采用计算机技术对传统仪器的部分或全部功能进行软化,通过灵活的控制软件和仪器软面板(虚拟面板)更好地实现仪器的测量和控制功能的个人化计算机仪器。它把计算机资源(微处理器、存储器、显示器等)和通用的模块化功能硬件(信号调理、A/D、D/A、高速缓冲、数字 I/O 等)以及用

于数据采集、过程通信、数据分析和图形化编程的应用软件有效地结合起来。

虚拟仪器系统是对多种硬测试仪器的测试功能进行“集成”,将众多的测试仪器功能、技术参数和精度指标等有序地、保真地集成在一个“测试功能软件库”中,通过与专用的硬件和接口配置,使之在一台工作站或个人计算机中精确无误地实现被集成测试仪器全部功能的计算机测试系统。

虚拟仪器技术的基础是计算机技术,计算机总线技术和软件技术是推动虚拟仪器发展的关键技术。现有的虚拟仪器按硬件工作平台主要分为基于 PC 总线、VXI 总线和 PXI 总线的虚拟仪器

1.2 基于 PC 总线的虚拟仪器技术

在自动测试技术领域,PC 技术的发展使产生于 20 世纪 70 年代的“虚拟仪器”概念变成了现实。基于 PC 总线的虚拟仪器技术发展较为迅速,相继出现了采用该方法的虚拟仪器。采用 PC 总线作为硬件工作平台,结合数据采集、提供信号源及控制信号的仪器硬件和相应的仪器应用软件构成虚拟仪器,从而实现虚拟测试。

1985 年,美国国家仪器(National Instruments)公司提出“软件就是仪器”的概念,把虚拟仪器技术带入新的发展时期。随后,美国惠普(Hewlett-Packard)、泰克(Tektronix)、雷卡(Racal-Dana Instruments)等公司相继推出了基于 PC 总线的虚拟仪器。

从 1995 年开始,国内的一些大学和高科技公司相继开展了基于 PC 总线的虚拟仪器技术的研究和开发工作,研究和开发出一些虚拟仪器产品。

收稿日期: 2001-03-14

基金项目: 北京化工大学青年教师科研基金资助(QN0015)

第一作者: 男,1965 年生,副教授,工学博士

PC总线系统的虚拟仪器充分利用微型计算机的成熟技术,具有结构简单、丰富的软硬件资源、易于升级、成本低等优点,但PC总线平台的插卡物理结构还没有一个统一的标准,而且存在着数据传输速率较低、仪器系统插槽有限、没有仪器系统要求的同步和触发、仪器系统电磁兼容性较差、电源功率低、机箱系统的结构不利于散热和插卡的接触可靠性差等缺点。

1.3 基于VXI总线的虚拟仪器技术

现代科技和工业生产不仅要求自动测试系统实现标准化、小型化和便携式,而且要求自动测试系统具有较高的测试速度,很好的适应性和灵活性,成本低,并能充分发挥计算机的作用。VXI总线及其系统正是为满足这些要求而产生的。

1987年7月,世界上著名的五家测试和仪器公司Colorado Data Systems、Hewlett-Packard、Racal-Dana Instruments、Tektronix和Wavetek组成的联合体提出了VXI总线规范的第一个版本^[3],后几经修改和完善,VXI总线规范于1992年9月被IEEE正式批准为IEEE1155—1992标准^[4]。我国于1997年12月制订了GB2901—97“VXI总线系统规范”^[5]。

VXI总线是工业标准VME总线在仪器领域的扩展,它集中了智能仪器、个人仪器和IEEE-488总线测试系统的许多优点,具有开放性好、数据传递速度快、数据吞吐量大、模块化结构、更精确的定时与同步、体积小、质量轻、系统组建灵活、易与其它总线(如MIL-STD-1553B、ARINC-429总线)接口、模块即插即用和易于升级等优点。VXI总线技术一出现,就引起研究开发、生产测试仪器厂商和用户的注意,很快在国防、航空航天及通信等领域受到特别重视,并得到广泛的应用。

美国军方为实现三军武器维护维修自动测试系统的标准化、通用化的要求,不断完善武器装备维护体系,建立了陆军的IFTE(Integrated Family of Test Equipment)综合测试设备系统、空军的CATS(Common Automated Test System)通用自动测试系统、海军的CASS(Consolidated Automated Support System)联合自动保障系统,这些武器维护维修自动测试系统是武器装备体系中的一个重要组成部分,在这些武器维护维修自动测试系统中大量使用了VXI总线系统产品^[6]。

在航空领域,美军F-22先进战斗机和RAH-66

轻型直升机在从工程设计到生产制造测试及现场维护维修测试的全过程中,都采用了VXI总线虚拟仪器测试系统。法国的阵风战斗机和英国的EH101 Merlin直升机都将VXI总线虚拟仪器测试系统用于各项参数的测试。美国波音飞机制造公司也将多种VXI总线产品组成的虚拟仪器测试系统用于B-757、B-767和B-777等型号飞机的测试^[7],在喷气发动机典型参数、风洞数据采集与导弹多项参数等测试中,也大量使用VXI总线虚拟仪器测试系统^[8]。

在国内,1991年,航天工业总公司开始了VXI总线系统的研究课题,研制成功C尺寸VXI机箱、C尺寸和B尺寸VXI总线系统模块及航天测控专用模块,完成了“VXI总线系统规范”行业标准和国家军标的制定,研制成功VXI-CAMAC模块,解决了VXI系统与CAMAC系统的兼容问题,实现了应用软件开发及软件汉化^[9]。国内的哈尔滨工业大学、成都电子科技大学等高校和一些高科技公司也展开了VXI总线虚拟仪器技术的研究和开发工作,并取得一些成效。

VXI总线以其独特的优势,把计算机技术、数字接口技术和仪器测量技术有机地结合起来,为实现虚拟集成测试及组建虚拟仪器测试系统提供了良好的硬件平台,使提出多年的“虚拟仪器”的概念真正变成了现实,真正实现了降低测试成本,缩短测试系统的开发时间,并得到了世界上许多著名的仪器制造厂商的广泛支持,被誉为21世纪仪器总线和自动测试系统的优秀平台。

1.4 基于PXI总线的虚拟仪器技术

1997年,美国国家仪器公司提出一种新的开放式、模块化仪器总线规范——PXI总线规范^[10]。PXI(PXI Extensions for Instrumentation)是PCI计算机总线在仪器领域的扩展,它将CompactPCI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,从而形成了又一个虚拟仪器硬件平台。美国国家仪器公司制定PXI规范的目的是为了将台式PC的性能价格比优势与PCI总线面向仪器领域的必要扩展完美地结合起来,使之能够成为一种重要的虚拟仪器硬件平台。

PXI总线和VXI总线相比,其主要优点是低成本、具有先进的数字接口与仪器接口功能和很好的性能价格比,用于便携式的、规模较小的测试系统,

VXI 总线系统能够用于复杂的、规模较大的测试系统。

虽 PXI 总线系统出现不久,基于 PXI 总线的虚拟仪器技术及系统的研究与应用也刚刚起步,但 PXI 总线同 PCI 总线的兼容性,使大量成熟的 PC 计算机硬件均可以应用于 PXI 总线系统,最终用户通常在 PC 计算机上所使用过的应用软件和系统软件均可以运行于 PXI 总线系统。随着众多计算机及仪器厂商对 PXI 总线系统的进一步支持,基于 PXI 总线的虚拟仪器技术及系统必将成为基于计算机的自动测试仪器系统领域的一个发展方向。

2 虚拟仪器技术的软件平台

2.1 虚拟仪器软件结构

虚拟集成测试和虚拟仪器技术的基础是计算机技术,其核心是软件技术。良好的软件平台为用户提供了建立虚拟仪器系统及扩展其功能的必要工具。虚拟仪器系统实际上包含各种实际仪器及其操作信息的软件库,通过调用、执行软件来完成测试任务。图 1 为基于 VXI 总线的虚拟仪器系统软件结构简图。

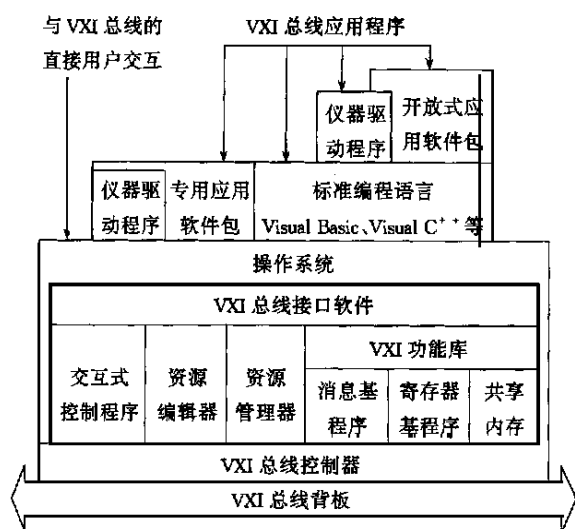


图 1 VXI 总线虚拟仪器系统软件结构简图

Fig. 1 Diagram of software structure of virtual instrument system based on VXIbus

基于总线硬件平台的虚拟仪器测试系统的软件结构分为多个层次,是在一定操作系统环境下,由总线接口软件提供对总线背板的控制,由总线系统模块的仪器驱动器软件和应用软件包构成。

操作系统可以是 SUN 工作站的 Solaris、HP 工作站的 HP-UX、PC 机的 Windows 等。

仪器驱动器软件是完成对某一特定仪器的控制与通信的软件程序,它作为用户应用程序的一部分在计算机上运行,由操作接口(软面板)、I/O 接口、功能库和子程序接口等组成。

1993 年,由世界上主要的 VXI 总线系统产品生产厂商组成的 VXI Plug & Play 联盟,制订了 VISA (Virtual Instrument Software Architecture) 标准^[11],统一工业界各标准的输入输出接口软件,图 2 为 VISA 的结构模型。随后,相继制订了 10 个 VXI Plug & Play 技术规范文件(简称 VPP 规范),这些文件已成为开发标准化 VXI 总线虚拟仪器系统软件的基础,确保了仪器软件的兼容性。图 3 为 VPP 仪器驱动程序的内部设计模型。

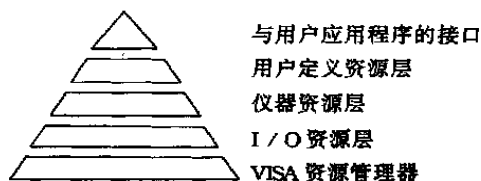


图 2 VISA 的结构模型

Fig. 2 Structure model of VISA

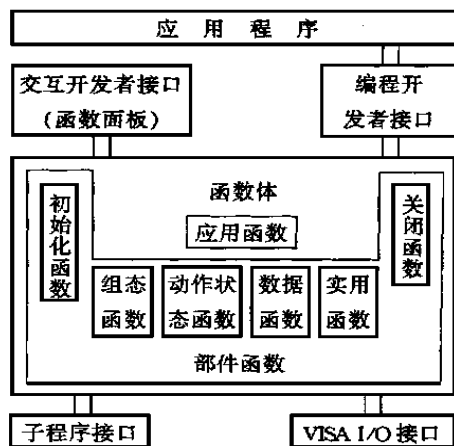


图 3 VPP 仪器驱动程序的内部设计模型

Fig. 3 Internal design model of VPP instrument driver

1998 年,由仪器制造商、系统集成商和最终用户组成的 IVI 基金会 (Interchangeable Virtual Instruments Foundation),发布了 IVI 1.0 规范^[12],该规范为基于 VXI 总线虚拟仪器系统建立了一种可互换式仪器驱动程序的框架结构。在该框架结构中,允许在虚拟仪器系统中更换同类型仪器模块时,无须更换驱动软件,使虚拟仪器系统的开发、维护时间和费用大大降低。

2.2 基于图形编程的虚拟仪器软件开发平台

美国国家仪器公司的 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 软件包是一种基于图形开发、调试和运行程序的集成图形化编程开发平台^[13]。该软件开发平台提供了一个元件库,如各种开关、旋钮、表头、刻度杆和指示灯等,包含了组成一个仪器所需的主要部件。它的程序由前面板、编程平台和图标/连接器组成,采用节点和连线的方式编程,在建立了各个模块的子程序库后,设计人员可以很方便地根据测试需求,组合成一个虚拟仪器测试系统。

LabVIEW 使用“所见即所得”的可视化技术建立人机界面,针对测试测量和过程控制领域的需要,提供了大量的仪器面板中的控制对象,并允许用户通过控制编辑器将现有的控制对象修改成适合自己工作领域的控制对象。在 LabVIEW 中,使用图标表示功能模块,使用图标间的连线表示在各功能模块间的数据传递,使用数据流程图式语言书写程序源代码,并可实现结构化和模块化编程。LabVIEW 提供程序调试功能,使用户能够在源代码中设置断点和单步执行,提供大量的函数库供用户使用,还提供 DLL 接口和 CIN 节点,使用户能够在 LabVIEW 平台上使用其它软件平台编译的模块。LabVIEW 采用编译方式运行 32 位应用程序,运用多线程技术改善系统的运行和可靠性,并可将可重用代码直接嵌入 LabVIEW 中,通过图形编程进行控制。LabVIEW 是一个开放式的软件开发平台,以其强大的功能和方便的图形编程方法,已成为数据采集、数据分析和自动测试系统等方面优秀的软件开发平台。

美国惠普公司也推出了图形化编程软件包 HP—VEE。在 HP—VEE 环境下,根据工作要求通过对各种功能图标进行连接即可完成编程工作。

2.3 基于文本编程的虚拟仪器软件开发平台

LabWindows/ CVI 是美国国家仪器公司开发的另一套基于文本编程语言的软件包^[14],它以 ANSI C 为核心,将功能强大、使用灵活的 C 语言平台与用于数据采集、分析和表达的测控专业工具有机地结合起来。

LabWindows/ CVI 将源码编辑、32 位 ANSI C 编译、联接、调试及标准 ANSI C 库等集成在一个交互式的开发环境中,使用户快速方便地编写、调试和修改应用程序,形成可执行文件在 Windows 和 Sun Solaris 操作系统中运行。LabWindows/ CVI 的编程技术主要采用事件驱动方式和回调函数方式,编程

方法简单。LabWindows/ CVI 运用“所见即所得”的可视化交互技术提供直观、简便的人机交互界面,对每一个函数提供一个函数面板,使用户在函数面板上交交互式输入函数的各个参数,并可在脱离主程序的情况下,在函数面板上执行函数操作,同时能方便地把函数语句嵌入 C 源代码中,用户还可以在变量声明面板中交互式地声明变量。LabWindows/ CVI 提供变量显示窗口和多种调试手段,针对测控领域的应用需要,提供了功能强大的、使用方便的库函数,如 ANSI C、硬件驱动 (GPIO、VXI 和 RS-232)、数据采集和仪器驱动、高级数据分析、DDE 和 TCP/IP 网络等库函数。LabWindows/ CVI 建立在开放式软件结构体系之上,以项目文件为主体框架将 C 源代码文件、头文件、库文件、目标模块和用户界面文件、动态连接库 (DLL) 和仪器驱动程序等多功能组件集于一体,并支持动态数据交换 (DDE) 和 TCP/IP 等网络功能,为用户在原来 C 语言开发的基础上建立虚拟仪器系统提供了完善的兼容性和很大的灵活性。

LabWindows/ CVI 是一个高度集成化的软件开发平台,以其强大的功能和独特的编程方法,已成为测控领域优秀的软件开发平台,得到了广泛的使用。

基于文本编程的开发软件还有 Microsoft 公司的 Visual Basic、Visual C++ 及 Borland 公司的 Borland C++ 等软件。

3 发展方向

从近年来国内外在虚拟集成测试与虚拟仪器技术研究领域所取得的成果来看,基于 PC 总线的虚拟仪器技术充分利用 PC 的成熟技术,具有结构简单、丰富的软硬件资源、易于升级及成本低等优点,但由于 PC 总线只是一种计算机总线,并没有考虑仪器系统所需同步、触发、电磁兼容、电源功率和冷却等方面的要求,且其插卡的接触可靠性差,这些不利因素使其发展受到一定的限制,然而,PC 技术的发展,使基于 PC 总线的虚拟仪器拥有强大的硬件基础、广泛的软件支持和一大批熟练使用的用户,因此,基于 PC 总线系统的虚拟仪器仍将存在。

基于 VXI 总线的虚拟仪器技术是为满足现代电子测量技术及自动测试仪器系统的需求而发展起来的,VXI 总线系统把计算机技术、数字接口技术和仪器测量技术有机地结合起来,为实现虚拟集成测试及组建虚拟仪器测试系统提供了良好的硬件平

台,并已成为 21 世纪仪器总线和自动测试系统的优秀平台,且在组建大型、复杂的虚拟仪器测试系统,甚至是虚拟仪器测试网络系统中具有很大的优势,因此,基于 VXI 总线的虚拟仪器技术及其系统将成为现代电子测量技术及虚拟仪器测试系统的一个主要的发展方向。

基于 PXI 总线的虚拟仪器测试技术是以成熟的 PC 机技术为基础,将充分利用 PC 机现有的软硬件技术,如得到广大厂商支持,将有较大地发展。

从 VXI 总线虚拟仪器技术的发展趋势看,今后将主要在以下几个方面:

(1) VXI 总线虚拟仪器工作频段不断拓展,将向微波、毫米波和通信测试领域发展。

(2) 计算机网络技术、通信技术和 VXI 总线虚拟仪器技术进一步结合,组建网络化 VXI 总线虚拟仪器系统。

(3) 专家系统在 VXI 总线虚拟仪器中的广泛应用,使 VXI 总线虚拟仪器系统高度智能,能够解决更加复杂的测试问题。

参 考 文 献

- [1] Schroer R. System readiness test technology for the last century. IEEE AES System Magazine, 1996, 11(3): 7 ~ 11
- [2] 刘金甫. 航空 VXI 总线应用技术开发中应重视虚拟仪器技术的研究. 测控技术, 1996, 15(6): 26 ~ 28
- [3] Hp Corporation. VMEbus extensions for instrumentation: VXIbus system specification VXF1 revision 1. 4. New York: Hp Corporation, 1992
- [4] IEEE. IEEE standard for VMEbus extensions for instrumentation: VXIbus system specification, IEEEstd 1155 1992. New York: IEEE, 1993
- [5] 中国航天工业总公司测控公司. VXI 总线系统规范. 北京: 中国航天工业总公司测控公司, 1997
- [6] 曲东才. 国外军用测试技术现状及发展趋势. 国外电子测量技术, 1999(4): 4 ~ 5
- [7] 梁 恺. VXI 产品在航空领域内的应用. 测控技术, 1998, 17(1): 32 ~ 34
- [8] 梁 恺. VXI 总线的应用前景十分广阔. 测控技术, 1996, 15(6): 6 ~ 8
- [9] 孟汉城. 航天测试与测试体系结构. 测控技术, 1998, 17(2): 13 ~ 16
- [10] National Instrument Corporation. PCI extensions for instrumentation: PXI specification revision 1. 0. Austin: National Instrument Corporation, 1997
- [11] VXI plug & play Systems Alliance. VPP-4. 1: VISA-1 virtual instrument software architecture main specification. San Antonio: VXI plug & play Systems Alliance, 1994
- [12] National Instrument Corporation. LabWindows/ CVI instrument driver developers guide. Austin: National Instrument Corporation, 1998
- [13] National Instruments Corporation. LabVIEW 5.0 user manual. Austin: National Instrument Corporation, 1998
- [14] National Instruments Corporation. LabWindows/ CVI 5.0 user manual. Austin: National Instrument Corporation, 1998

Virtual integrated test and virtual instrument technology

WANG Jian-lin LIU Jing-yi

(School of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Virtual instrument technology combined with virtual test technology and computer automated test technology is a very important developing way of the current automated test technology and its system. The current research of virtual integrated test and virtual instrument technology based on computer bus, and its hardware and software are described. The further developments of this new technology are discussed also.

Key words: virtual test technology; automated test technology; virtual instrument technology; computer bus