

# 基于 LabWindows/CVI 网络虚拟仪器实验平台设计

张梦麟, 李念强, 王正生

(济南大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250022)

**摘要:**将虚拟仪器与网络技术相结合, 开发了一个基于局域网的虚拟仪器实验平台, 主要是帮助学生通过局域网来学习各种仪器的功能, 熟悉各种信号处理的方法, 从而改变以理论为主的实验教学模式。对于虚拟仪器实验室的拓扑结构、设计方法、设计要点及涉及到的关键技术做了详细介绍, 着重介绍了本实验平台最为复杂的实验模块——任意波形发生器的开发, 并对其它实验模块做了简要的说明。实践证明实验平台具有耗资少、配置灵活、人机交互能力强和可视程度高等优势, 具有的学习实践价值和工程实用价值。

**关键词:**虚拟仪器实验平台; LabWindows/CVI; 拓扑结构; 任意波形发生器

中图分类号: TP393.01

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)02-0212-03

## Design of Framework for Virtual Instrument Lab Based on LabWindows /CVI

ZHANG Meng-lin, LI Nian-qiang, WANG Zheng-sheng

(Sch. of Info. Sci. and Eng., Jinan Univ., Jinan 250022, China)

**Abstract:** Develops a virtual instrument laboratory using virtual instrument and network technology based on LAN. It helps students to learn the function of various instruments, and be familiar with sorts of signal processing method, in order to change the laboratory teaching mode based mainly on theory. Its topology, design principle, design outline, and involved key technology are described in detail. Also in this paper introduced the most complicated experiment module - arbitrary wave generating device in laboratory emphatically and described other experiments briefly. Low cost, flexible configuration, strong capability between individual and computer, high visual degree are testified in laboratory, it has learning practice value and engineering utility value.

**Key words:** virtual instrument laboratory; LabWindows/CVI; topology; arbitrary wave generating device

将虚拟仪器<sup>[1]</sup>与网络技术相结合, 建立基于局域网的虚拟仪器实验平台, 可帮助学生通过网络来学习各种仪器的功能, 熟悉各种信号处理的方法, 并且具有耗资少、配置灵活、人机交互能力强和可视程度高等优势。稳定可靠的远程测控系统可避免学生在恶劣的现场环境下工作, 而且可以随时随地获取现场情报和实施必要控制, 具有重要的学习实践价值和工程实用价值。同时可解决棘手的教学资源紧张问题, 国外的很多科研院所早已经进行相关的有益尝试。

## 1 虚拟仪器实验室的内容

### 1.1 虚拟仪器实验室的拓扑结构

20 世纪 80 年代末, 人们提出客户机/服务器(C/

S) 结构, 这种结构适合在局域网运行, 得到广泛的运用, 本系统就是专门针对校园网开发的。在本系统中, 将应用程序分为两大部分: 一种是由多个用户共享的信息和功能, 称为服务器; 另一部分是每个用户专用的, 称为客户端, 负责执行前台功能, 如管理用户控制界面、数据处理和发送请求等。这种体系结构由多台计算机分别执行, 使它们有机地结合在一起, 协同完成整个系统的应用, 从而达到系统中软硬件最大限额的使用。其网络拓扑结构如图 1 所示。

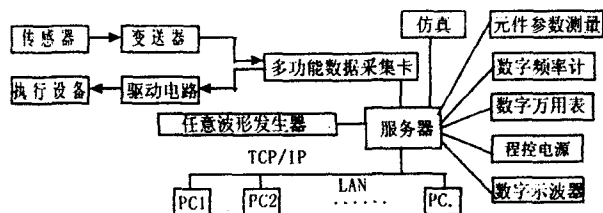


图1 虚拟仪器实验室构成原理图

### 1.2 服务器端的硬件连接

服务器端硬件连接如图1所示。多功能数据采集

收稿日期: 2007-05-23

基金项目: 山东省教育基金资助项目(SJ0410)

作者简介: 张梦麟(1983-), 男, 山东滨州人, 硕士研究生, 从事计算机测控方面的研究; 李念强, 博士, 副教授, 从事计算机测控方面的研究。

卡 PMD-1208FS 通过电缆和外部的变送器,驱动电路相连,变送器外接传感器作为采集信号输入,驱动电路外接设备作为控制输出。

### 1.3 虚拟仪器实验室的软件系统

LabWindows/CVI<sup>[2]</sup> 是美国 NI 公司利用虚拟仪器技术开发的 32 位面向计算机测控领域虚拟仪器的软件开发平台,代表着当今虚拟测控的发展趋势。它最大的特色是提供了功能强大的库函数,其中包括:用户界面库函数,高级数据分析库函数,数据采集, DDE, ActiveX 及 TCP/IP 库函数等。它能够方便地设计出各式各样的仪器面板,自动生成代码,在相应的回调函数里加入想要实现的功能(采用应用广泛的 C 语言编写),可以实现满意的控制效果和仿真结果。本设计采用 LabWindows/CVI 虚拟仪器面板,充分运用数据采集、多线程、TCP/IP 通讯、ADO 数据库访问等高级编程技术对软件进行模块化设计。

## 2 虚拟仪器实验平台的总体设计原则

### 2.1 虚拟仪器实验平台登陆

任何人都可以访问虚拟实验平台的入口,而进行虚拟实验及使用虚拟仪器则需要验证身份后才能登陆。如图 2 所示。

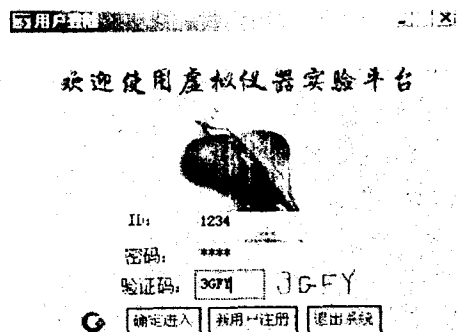


图2 登陆界面

### 2.2 虚拟实验

虚拟试验作为虚拟仪器实验系统中的重要组成部分,包括任意波形发生器、数字存储示波器、元件参数测量等试验。它涵盖了通信专业基础实验,并提供比传统硬件实验更丰富的实验内容,提高了实验效率,改进了学生的学习方式。有助于学生理解通信系统的整体概念及基本理论,突出了训练的重点,增强了学生学习的积极性。

## 3 服务器设计的关键技术

服务器通过 RS-232, PCI, GPIB, USB 接口与硬件方面连接。元件参数测量、数字示波器等模块是对

测量结果进行显示、存储、分析;任意波形发生器模块是通过计算机可控制波形产生模式,并发送波形数据到硬件部分。

本系统软件部分主要涉及到的技术有:

(1)多线程技术<sup>[3]</sup>: CVI 提供线程函数,是同一程序完成多项任务。应用于虚拟实验室举例:服务器端进行仿真同时处理客户端发来的请求,数据采集的同时处理数据等等。LabWindows/CVI 有两种线程机制:线程池和异步定时器,异步定时器与系统的最大分辨率有关,因此在设计中采用线程池的方式。系统对多线程采用分时复用时间片轮回的方法。

(2) Matlab 仿真技术: LabWindows/CVI 虽然有一定的仿真能力,提供了丰富的函数库实现复杂的数据采集处理和事件驱动,还提供了大量的与外部代码或软件进行交互的连接机制,但面对先进的测控理论和方法的实现问题上库函数明显不足。Matlab 具有这种功能, Simulink 作为重要组成部分提供多种多样功能模块。本设计中采用 Matlab 引擎,和 Matlab 进行数据传输来实现仿真目的。LabWindows/CVI 与 Matlab 有对应的接口,可用 ACTIVEX 来实现数据传输。

(3)数据分组传输技术: LabWindows/CVI 提供 TCP 函数库<sup>[4]</sup>,但在使用中发线,库函数传输时每次传送超过约 4200 字节时数据会丢失,但在 4100 字节以下可正常传输。为了可靠传输数据,在传输前对数据进行分包处理,将数据分成多个小包,依次分批传送,设置一个计数变量,发一个数据包自加 1,并等待客户端的确认信号,计数变量再加 1,并通过相应计算得到下一个需要传送的数据包的起始地址。

(4)网络通讯技术:在本系统的网络框架中,服务器对下位机的控制采用网络控制模式,这不仅使服务器更好地做好通讯和管理的工作,也降低了对服务器性能的要求,从而节省实验室的投资。服务器带有 RS-232、GPIB 等通讯接口。LabWindows/CVI 使用下位机制定的通讯协议,向下位机发出控制字,实现对下位机控制。

(5) ADO 数据库访问技术: ADO 技术主要用于前台应用程序和后台主服务器程序进行动态数据交互,比如学生登陆系统需要的身份验证、实验时间的纪录、实验权的认证。

## 4 试验模块软件设计

软面板程序用来提供用户与实验硬件的接口,它产生一个友好的界面,一方面用于显示和处理结果;另一方面,用户也可以通过控制面板上的开关和按钮,模拟传统的仪器操作。由于篇幅有限,仅对本试验平台

的任意波形发生器试验模块详加介绍。

根据任意波形发生器的特点和应用情况,结合新一代高性能芯片设计一种使用简单、性能优良的任意波形发生器,该任意波形发生器能产生正弦波、方波、三角波等常用的标准信号,还能根据用户的需要生成任意波形,整个系统采用单片机控制,任意波形编辑软件主要用于产生各种标准或非标准波形的作用,用户可以通过鼠标对软件进行操作,如选取波形类型、设置波形参数。

本系统的主要技术参数为:

标准波输出:正弦波,方波,三角波。

任意波输出:4096点(抽样)。

输出频率范围:0.1~50MHz。

频率分辨率:0.1Hz。

控制芯片采用 ATMEL 公司的 AVR 系列单片机 ATmega8<sup>[5]</sup>,用于控制键盘显示和 FPGA 的工作,AVR 单片机由于采用了精简指令集 RISC 结构,工作在 16MHz 时能达到 16MIPS,因此具有高速运行处理能力,同样以 12MHz 的晶振为例,AVR 单片机的一个机器周期为 1/12ls,因此,使用 AVR 单片机来控制整个系统,对于提高整个系统的运行速率和性能都是十分有利的。此外,在 AVR 家族中,ATmega8 是一种非常特殊的单片机,它的芯片内部集成了较大容量的存储器和丰富强大的硬件接口电路,具备 AVR 高档单片机 MEGA 系列的全部性能和特点,并且在省电性能、稳定性、抗干扰性及灵活性方面都比 AT90 系列更加周全和完善,并且支持在线编程(ISP)和应用程序(IAP),由于采用了小引脚封装(为 DIP28 和 TQFP/MLF32),不仅能够有效减小硬件系统的体积,而且其价格仅与低档单片机相当,成为具有极高性价比的单片机。

FPGA 采用的芯片是 ALTERA 公司的 FLEX10K 系列器件。它主要完成相位累加、地址总线控制、数据总线控制等功能。

如图 3 所示,本硬件系统主要由单片机部分、DDS 主通道部分、键盘及显示部分以及输出信号调理等部分组成。同时片外还扩展了 1 片 4k 程序存储器 SRAM 和 6k 数据存储器 ROM,分别用来存放所需波形抽样数据和三种标准输出波形,把 DDS 原理用 FP-

GA 来实现,并用单片机来控制整个系统实现任意波形的产生,但波形存储器不用 ROM 而是用 SRAM,这样做是为了让本设计系统能产生任意信号的波形,而波形的抽样数据不是直接存放在 SRAM 里,而是存放在扩展的 ROM 里,SRAM 作为一个波形抽样数据的“公共存储器”,当要产生某种波形时,输入相应的控制信息,系统将抽样数据从 ROM 里加载到 SRAM 里,以供 FPGA 工作时寻址查表使用。

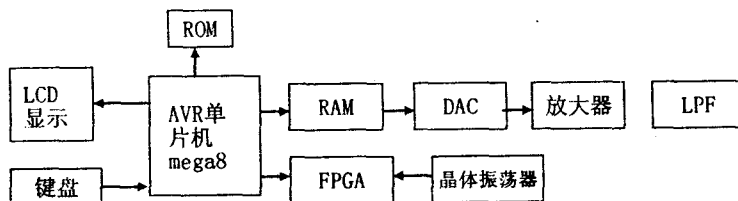


图 3 硬件结构

通过 RS-232 串口将系统硬件电路与 PC 机结合起来,使用 PC 软件来控制系统运行。不仅可以合成标准的方波、三角波、锯齿波、正弦波等函数波形,而且用鼠标绘制一个任意波形,系统首先对改波形进行采样量化等处理,然后将采样数据下载到硬件部分的波形存储器中。任意波形发生器通过上位机(PC 机)的软件控制面板<sup>[6]</sup>操作,对下位机下达指令,获得需要的波形。主界面如图 4 所示。

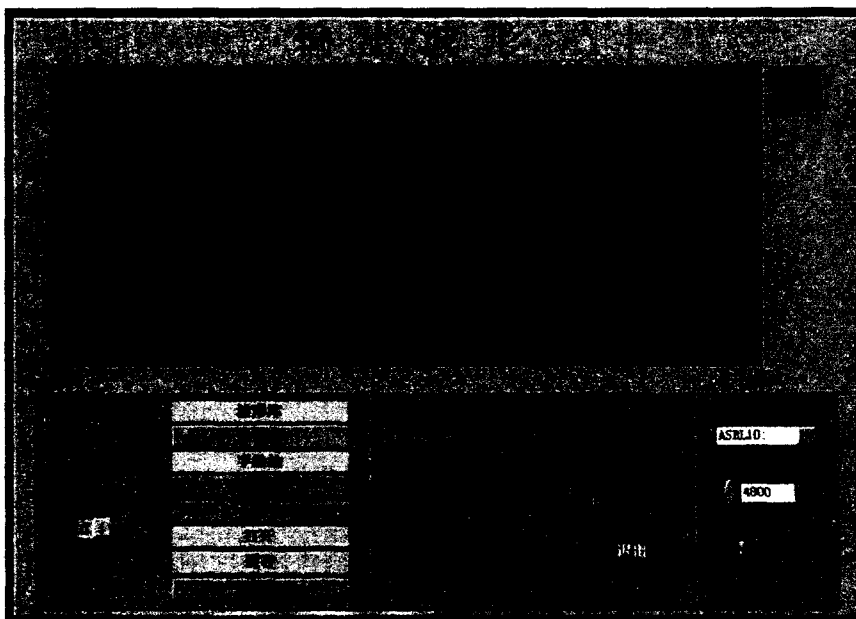


图 4 任意波形发生器

## 5 结 论

本虚拟仪器实验平台主要用于实验教学与科研,同时也为有需求的其它用户提供实验培训。它具有先进性和共享性的特点,易扩充,也易更改训练项目,可

(下转第 219 页)

别可重用的程序模块,建立通用类库,进一步形成构件对象资源库。

(5)采用单元测试与集成测试相交互,黑盒测试与白盒测相结合的方式,进行严格的软件测试。

(6)按照应用软件开发技术文档规范,提交详细的应用系统设计技术文档,包括函数、变量说明、流程说明等。

(7)提供多层次的安全控制功能,包括用户权限管理、操作日志监控、数据的联机备份和恢复机制。



图5 企业集成化网络化信息系统建设实施方案框架

(8)应用系统使用与维护培训,系统优化与维护跟踪,应用系统评估。

企业集成化网络化信息系统建设实施方案的框架

如图5所示:在信息资源规划方案的基础上,组织实施通信—计算机网络工程、数据库工程、应用软件工程。

#### 4 结束语

为解决“信息资源整合与共享问题”,提出一种基于IRP的企业信息化工程整体解决方案。本方案提出了一整套由“方法论+标准规范+支持工具”组成的技术体系,并进行了详细描述,从而提高了办事效率,促进了企业现代化管理水平的提高,增强了企业的市场竞争能力。

#### 参考文献:

- [1] 陈文伟.决策支持系统及其开发[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [2] Inmon W H.数据仓库[M].第2版.北京:机械工业出版社,2003.
- [3] Han Jiawei, Kamber M. Data Mining Concepts and Techniques[M]. [s.l.]:Morgan Kaufmann Publishers,2001.
- [4] Cbaudhuri S, Dayal S, Ganti V. Database Technology for Decision Support Systems[J]. Computer,2001(12):48-55.
- [5] Pedersen T B, Jensen C S. Multidimensional Database Technology[J]. Computer,2001(12):40-45.
- [6] 李盛恩,王 珊.多维数据模型 ER[J].计算机学报,2005,28(12):2059-2067.
- [7] 武海平,余宏亮,郑伟民,等.联网审计系统中海量数据的存储与管理策略[J].计算机学报,2006,29(4):618-624.

(上接第211页)

#### 参考文献:

- [1] 杨 涤,李立涛,杨 旭,等.系统实时仿真开发环境与应用[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 梁加红,王奇霞,乔海泉.基于RTLinux的MATLAB实时仿真[J].计算机仿真,2002,19(6):115-118.

(上接第214页)

减少购买昂贵设备,而使学生反复演练,并了解内部结构。因而可以提高教育效益,适应教学与培训的要求。

#### 参考文献:

- [1] 张 毅,周绍磊,杨秀霞.虚拟仪器技术分析与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 张毅刚,乔立岩.虚拟仪器软件开发环境 Lab Windows/CVI 6.0[M].北京:机械工业出版社,2001.

- [3] 孔祥营,柏桂枝.嵌入式实时操作系统 VxWorks 及其开发环境 Tornado[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 姚 俊,马松辉.Simulink 建模与仿真[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [5] 冯 磊,姚新宇.利用C-API的基于RTW实时仿真系统在线调参[J].兵工自动化,2006,25(1):87-88.

- [3] 高亚奎.支持多线程虚拟仪器测试软件的开发[J].计算机测量与控制,2003,12(1):79-81.
- [4] 宋宇峰.LabWindows/CVI 逐步深入与开发实例[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [5] 耿德根,宋建国,马 潮,等. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [6] 周 泓,汪乐宇.虚拟仪器系统软件的设计[J].计算机自动测量与控制,2000,34(1):83-85.