

计算机组成原理虚拟实验环境的设计及实现

郝尚富¹, 张志强², 孙佰利¹

(1. 河北北方学院信息科学与工程学院, 河北 张家口 0750002 河北北方学院信息中心, 河北 张家口 075000)

摘要: 根据实验教学的需要, 结合计算机组成原理的特点, 对计算机组成原理虚拟实验环境进行了研究。该实验环境基于清华大学计算机厂设计研制的 Tec-XP 实验箱, 开发软件平台采用 Microsoft Visual C++ 6.0 语言和 SQL Server 2003 数据库技术。该实验环境的搭建从系统的需求分析出发, 采用面向对象的仿真方法进行建模, 同时结合计算机系统的功能特性和计算机组成原理教学的特点, 应用了离散事件系统仿真的基本理论和方法, 使得虚拟环境的操作如同在真实的设备上一样。该虚拟实验环境的实施, 给学生提供一个具有自主性的实验环境, 具有良好的开放性、通用性和实用价值。

关键词: 虚拟实验环境; 计算机组成原理; 离散事件仿真; 面向对象语言

中图分类号: G434 **文献标识码:** B

Design and Implementation of Virtual Experiment Environment of Computer Organization Principle

HAO Shang-fu, ZHANG Zhi-qiang, SUN Bai-li

(1. Information Science and Engineering Institute, Hebei North College, Zhangjiakou Hebei 075000, China

2. Information Center, Hebei North College, Zhangjiakou Hebei 075000, China)

ABSTRACT: According to the needs of experimental teaching, the virtual experiment environment of "computer organization principle" is studied combining with the characteristics of this principle. Based upon the Tec-XP test box designed by Tsinghua University Computer Factory, Microsoft Visual C++ 6.0 and SQL Server 2003 database technology are adopted as the software development platform. Starting from the system need analysis, the Object-oriented simulation mode is adopted for modeling in this environment. Meanwhile combining with the function characteristic of computer system and "computer organization principle" teaching, the basic theory and methods of discrete event system simulation are applied, which make the operation just the same as on the real equipment. The implementation of the virtual experiment provides for the students a free experiment environment with good opening-up, generality and practical values.

KEYWORDS: Virtual experimental environment; Computer organization principle; Discrete event simulation; Object-oriented language

1 引言

目前, 各高校对硬件实验课的教学大都存在着学生人数越来越多与实验设备、器材、场地、经费的保障相对滞后的矛盾, 实验保障条件的制约在一定程度上影响了实验教学的开展。随着计算机技术的飞速发展与广泛应用, 虚拟实验环境的构建为解决上述矛盾提供了可行之路。相对于传统实验室, 虚拟实验室具有投资少, 受益广, 高效率, 低损耗, 维护简单, 更新容易和受限条件少等特点, 能解决目前实验教学的不足之处, 改善实验教学的环境, 使实验教学达到提高学生实践与创新能力的最终目的。

《计算机组成原理》是计算机科学及相关专业开设的一门专业基础课。计算机组成原理的实验是该课程学习的一个重要环节, 把实验教学看作是培养和锻炼学生处理计算机组成中若干问题的综合能力的一个途径。计算机组成原理实验一般先分解成若干单元实验(运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等), 按照教学进度再逐一进行。由于实验设备电路复杂、元器件多、排布线密度高、操作逻辑性强、调试困难等众多因素的影响, 使得实验课程始终不能达到满意的效果。为此, 在实验教学过程中结合清华大学计算机厂设计研制的 Tec-XP 计算机组成原理教学计算机系统, 采用面向对象的 Microsoft Visual C++ 6.0 软件, 通过系统分析、系统设计, 采用离散事件系统仿真的基本理论和方法,

实现了一个计算机组成原理虚拟实验的原型系统^[1,2]。

2 Tec-xp计算机组成原理教学计算机系统简介

该教学计算机硬件系统组成中,功能部件是完整齐备的,包括运算器、控制器、存储器、计算机总线、输入输出接口等。教学机的线路上设置了大量的开关、指示灯、跳接线插针、插孔等,学生实验操作时观察计算机运行过程中各种数据和控制信号的状态及其时空关系。通过数据线和微机相连进行实验操作,能支持计算机主要部件和整机的硬件教学实验,还支持监控程序(操作系统)、汇编语言程序设计等软件方面的教学实验。它的功能设计和实现技术,都是紧紧围绕加大对课程教学内容的覆盖程度和提高所能完成教学实验项目目的^[3]。

3 计算机组成原理虚拟实验的设计

总体设计目标是利用面向对象的设计方法和离散事件系统仿真理论基础,实现一个基于校园网的虚拟实验室环境,该虚拟环境主要完成计算机组成原理课程的相关实验,应该具有视觉效果逼真、交互性强、资源丰富、仿真程度高等特点,真正突破空间上和时间上的限制,达到实验教学的目的。

计算机组成原理虚拟实验的核心部分是针对 Tec-xp 计算机组成原理教学机在计算机上进行功能仿真,即通过微机模拟实现组成原理教学机的所有功能。本系统在设计中充分利用面向软件工程的开发思想,按照真正实验系统的原理以及面向对象程序设计方法,对运算器、控制器、存储器、中断控制、通信接口等功能部件进行仿真。

在实现虚拟实验的同时,还需要建立相对应的网上实验教学,作为虚拟实验环境的一个组成部分。在网络实验系统中采用了图形窗口界面,操作简便,用户界面友好、直观,同时还附有帮助文档,以使本系统具有良好的可操作性。在网上虚拟实验环境中做实验时,首先要使学生能够通过校园网、方便地选择自己需要做的实验,了解所做实验的要求、原理、内容和方法;还要求学生可以下载虚拟实验平台,在做完实验后,把实验的设计、测试结果保存下来,在完成实验后,填写电子实验报告,利用“上传作业”功能上传给教师;在做实验过程中若遇到疑难问题,可以通过“疑难解答”功能模块向教师提问,并可查阅教师对问题的回答。其总体设计框图如图1所示。

4 计算机组成原理虚拟实验的实现

4.1 功能部件实验操作界面的设计

为能更真实、直观地对 Tec-xp 计算机组成原理教学机进行仿真,本系统采用图形用户界面。系统界面采用数码相机拍摄的 Tec-xp 计算机组成原理教学机的面板图片,镂空实验中用到的各个按钮、开关、指示灯、元器件等,用 PhotoShop 软件制作实验所需的各种按键和指示灯,并对应加载

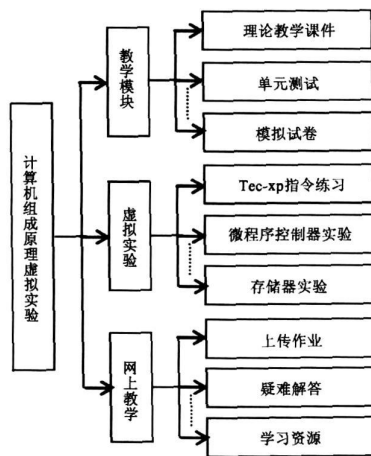


图1 虚拟实验系统总体设计框图

VC++的按钮控件和静态控件。按钮分为两类,一类是集成电路,这类按钮事件在设置时在项目窗格中添加新的窗体作为点击按钮时弹出的对话框,并在这个新的窗体中添加面板容器且在上面加载与按钮相应的元件的原理图,因此在点击这类按钮时就会弹出相应的原理图。另一类是控制开关,这些开关分别对应不同的微操作控制信号,点击这些按钮可相当于将不同的命令送到了 Tec-xp 计算机组成原理教学机,教学机界面上的指示灯即可显示相应的运行结果^[6]。操作方法完全模拟 Tec-xp 教学机,学生按照实验指导书的操作步骤,用鼠标点击图片界面上的各个模拟开关和按钮,就像在真实仪器面前操作一样,有一种身临其境的感觉。

4.2 虚拟实验环境的技术实现路线及测试

该虚拟实验环境采用离散事件系统仿真的理论方法,离散事件系统仿真是通过实验来分析求解问题的技术,本质上就是建立仿真模型,然后利用仿真模型进行各种仿真实验来分析研究系统状态变化规律。利用标准 Microsoft Visual C++ + 6.0 语言构建整个系统平台,该语言不但具有很高的代码执行效率,而且编写的代码具备很好的模块性和重用性,同时本虚拟实验环境还预先定义了很多常用的功能模块可供用户直接使用。虚拟开发人员只须具备基本的 Microsoft Visual C++ + 6.0 水平,就可以方便的重用现有的代码块,从而减少编程工作量,提高工作效率。使用 SQL Server 2003 用来进行数据库存储用户登录后,在客户端选择实验器件,开始操作。客户端将实验操作和数据以文本文件的形式传送到服务器端,服务器端对实验操作进行判断,并进行仿真计算,然后将仿真结果传回客户端。客户端再将仿真结果显示出来。

本虚拟实验环境采用面向对象的仿真方法进行建模,从系统的需求分析出发,应用离散事件系统仿真的基本理论和方法,按照面向对象的仿真建模框架,虚拟实验室系统的仿真建模过程为:由最底层的面向对象程序设计语言源代码(如 VC++)编写出对象结构,并组成相应的基本类,再组合

成仿真建模所需的、具有一定功能的仿真类;由仿真类构造各种预定义的标准仿真功能模块,组成仿真建模包,并在此基础上建立起仿真模型^[7],仿真模型结构如图2所示。

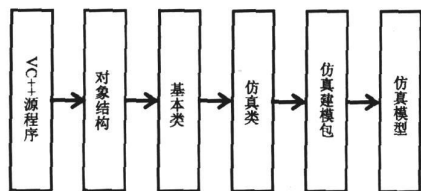


图2 仿真模型结构图

下面以微程序控制器为例,说明它的虚拟实现原理。微程序控制的基本思想是把操作控制信号编成所谓的“微指令”存放到一个只读存储器里,当机器运行时,一条一条读出这些微指令,从而产生全机所需要的各种操作控制信号,使相应部件执行所规定的操作。Tee-xp计算机组成原理教学机的微程序控制器实验支持两种工作方式:11010(即:单步、手动置指令、微程序控制器、联机、16位机时)和00010(即:连续运行程序、微程序控制器、联机、16位机)。虚拟实验也按照这两种工作方式设计。在前一种工作方式下,借助虚拟实验环境上的指示灯可以查看某一条指令的微程序执行的过程;在后一种工作方式下,可以启动模拟监控程序,运行一段程序,查看多条指令的执行结果。程序设计是交互式的,程序流程图如图3所示。

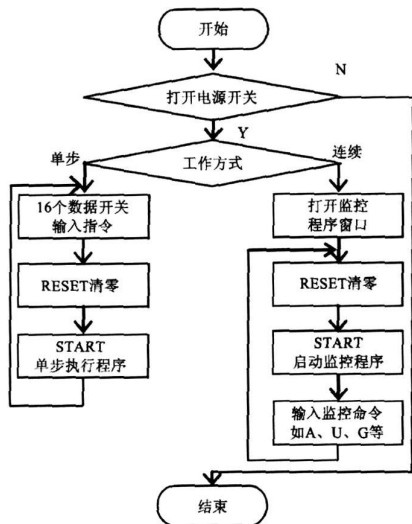


图3 程序流程图

通过各按键的响应函数实现具体实现如下:

1) 监控程序按键响应函数

若监控程序界面未打开,则打开;否则,不执行任何操作。

2) 电源开关的响应函数

当电源打开时,电源标识 $PowerFlag = true$ 电源指示灯亮,调用函数 $ResetBackCtrl()$,设置工作方式。若工作方式 $WorkType = 4$ 调用函数 $ResetDataCtrl()$,确定输入指令,输出状态提示文字“电源已经接通,可以开始试验了,设置相关的控制开关及数据开关”。当电源关闭时,标识 $PowerFlag = False$ 所有指示灯灭,此时需要判断工作方式,若 $WorkType = 4$ 调用函数 $InitVariable()$,恢复变量初始值;若 $WorkType = 2$ 监控程序窗口打开,判断监控程序运行标识 $RUNNING$ 若为真,则向监控程序发送消息,停止其运行,并输出状态提示文字,“电源已断开,如果要重行试验,请拨通电源,否则,点击右上角的红(关闭该实验系统!)”。

3) 控制开关、数据开关成批处理函数

标识 $C_Bkbut[5]$, $C_Redbut[24]$, $D_Buton[16]$ 相应置0或置1根据标识设置图标。

对于五个黑色控制开关,若 $PowerFlag = True$ 调用“设置工作方式”函数 $ResetBackCtrl()$ 。若 $WorkType = 2$ 输出“工作方式:连续运行程序、微程序控制器、联机、16位机”,如果监控程序窗口打开,检测监控程序运行标识 $RUNNING$ 若为真,则向监控程序发送 WM_STOP 消息,停止其运行;若 $WorkType = 4$ 输出状态提示文字“工作方式:单步、手动置指令、微程序控制器、联机、16位机”; $WorkType$ 为其他值时,输出“工作方式与微程序控制器试验不对应,请选择正确的工作方式”。

对于16位数据开关,若 $PowerFlag = true$ 调用函数 $ResetDataCtrl()$,确定输入指令,设置其对应的微指令执行时的状态提示文字。

4) RESET按键响应函数

如果 $PowerFlag = true$,判断工作方式,若 $WorkType = 4$ 则将变量“清零”,标识 $RESET = 0$ 输出状态提示文字“清零”操作已完成,请继续试验”;若 $WorkType = 2$ 监控程序窗口打开,判断监控程序运行标识 $RUNNING$ 若为真,则向监控程序发送“复位”消息 WM_CLEAR 输出状态提示文字“复位”操作已完成,请继续实验”,将 $RESETFLAG$ 设为 $true$ 否则,不执行任何操作。

5) START按键响应函数

如果 $PowerFlag = true$ 判断工作方式,对于“11010”工作方式,解释执行指令的每条微指令对应一个节拍,根据当前节拍和指令判断应执行哪一条微指令。不同微指令的有效执行,取决于一组控制变量。先调用 $ProcessCLK()$,获得当前节拍,再调用 $SetVariable()$ 根据节拍,设置控制变量,最后根据节拍和控制变量选择微指令执行。

对于“00010”工作方式,若监控程序窗口已打开, $RESETFLAG = TRUE$ $RUNNING = TRUE$ 发送 WM_STOP 消息,停止当前运行的监控程序,发送 WM_START 消息,重启监控程序,若 $RUNNING = FALSE$ 则不发送 WM_STOP 消息,输出状态提示文字“操作失败,先按下 RESET 再按 START 才能启动监控程序”。如果监控程序窗口未打开,则输出

“操作失败, 监控程序窗口未打开, 请按左上方的“监控程序窗口”按键”。其他工作方式不予处理。

START按键响应函数流程图如图 4所示。程序代码省略。

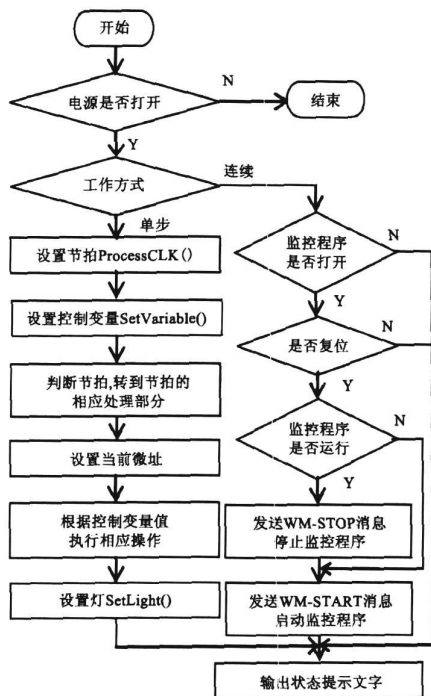


图 4 START按键响应函数流程图

按照实验指导书的操作步骤在虚拟实验环境下进行微程序控制器实验, 首先实验教学计算机中已经设计好并正常运行的几条典型指令(例如, ADD, MVR, OUT, MVR, JC, CAL, RET等指令)的功能, 观察虚拟实验界面上各操作功能所对应的控制信号的显示; 其次使用者设计几条指令的功能、格式和执行流程, 并在虚拟实验环境上实现、调试正确(例如, ADC, JRS, JRN, LDRA, STAR, CALR等指令, 可以从给出的 19条扩展指令中任意选择等)。实验中使用单条运行指令, 查看指令的功能、格式和执行流程, 虚拟实验界面上显示完全正确; 使用监控程序的 A E(扩展指令必须用 E命令置入)命令编写一段小程序, 观察虚拟实验界面上显示运行的结果也完全正确。

5 结论

计算机组成原理虚拟实验环境不仅节省了大量的硬件成本, 能构建最基础最必要的实验, 也可以构建复杂的难以开展的真实实验。虚拟实验环境可以充分调动学生的想象力, 培养学生的动手能力, 实现了程序的静态性与程序执行效果的动态性相结合。计算机组成原理虚拟实验环境经过测试, 能够完全采用软件方式模拟 Tec- xp计算机组成原理教学机的实验过程, 运行过程真实、直观, 具有较好的开放性、通用性和实用价值, 它的推广与应用必将对实验教学过程产生积极的影响。

参考文献:

- [1] 王爱英. 计算机组成与结构(第3版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [2] 王诚. Tec- xp技术说明和实验指导[M]. 北京: 清华大学科教仪器厂, 清华大学计算机系, 2007.
- [3] David J Kruglinski, Scott Wingo, George ShePherd. Visual C++ 6.0技术内幕(第五版)[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002
- [4] 明日科技. Visual C++ 程序开发范例宝典[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008
- [5] 朱思峰, 李慧敏. 计算机组成原理虚拟实验室系统的设计及实现[J]. 科学技术与工程, 2006, 6(17): 2684—2687
- [6] 杨欣宇, 郭江鸿. 基于 JAVA 的组成原理虚拟实验系统的研究[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2006, 22(6): 47—49.
- [7] 徐隽. 虚拟教学实验室仿真算法及实验规则研究[D]. 西北工业大学硕士学位论文, 2006—3
- [8] Spanias Andreas, Atti Venkatesan. Interactive Online Undergraduate Laboratories using J- DSP[J]. IEEE Transactions on Education (S0018—9359), 2005, 48(4): 735—749.
- [9] Wang Jianxi, Lu Wei, Ji Wei, Ji Wei. AW eb- Based Environment for Virtual Laboratory with CORBA Technology[J]. International Journal of Computer Processing of Oriental Languages (S0219—4279), 2003, 16(4): 261—274.



[作者简介]

郝尚富(1964—), 男(汉族), 河北阳原人, 工程师, 研究方向为计算机硬件技术、计算机仿真应用;
张志强(1968—), 男(汉族), 河北保定人, 工程师;
孙佰利(1980—), 女(汉族), 辽宁丹东人, 硕士研究生, 助教, 研究方向为计算机安全。