

面向专业需求的计算机组成原理仿真实验设计研究

吴燕,高卓,王启源,史家俊

(北京信息科技大学计算机学院,北京 102206)

摘要:文章围绕目前计算机组成原理实践教学中的具体问题,以学生为中心,针对不同专业方向对组成原理实践教学内容深度的不同需求,提出了面向专业需求的计算机组成原理仿真实验教学改革思路,采用分层的仿真实验教学方案,在加深学生对于理论知识的理解和掌握的同时,满足学生对于硬件设备的操作需求,为后续CPU设计课程的开展打下良好的基础。实践证明该方案在夯实学生的基础知识的同时,增强了动手能力和逻辑设计的能力,有效提高学生自主学习兴趣,达到课程教学效果。

关键词:专业需求;计算机组成原理;实践教学;分层仿真实验;教学改革

中图分类号:G642 文献标识码:A

文章编号:1009-3044(2024)14-0153-03

DOI:10.14004/j.cnki.ckt.2024.0717

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

计算机组成原理是高校计算机相关专业的一门重要专业基础课程,也是计算机硬件课程体系中的核心环节,是学好计算机硬件的关键课程。通过课程的学习,使学生理解计算机各个组成部件的工作原理及设计方法,并建立CPU级和硬件系统级的整机概念,同时掌握一些计算机中广泛采用的先进结构及总线、外围设备等基本知识^[1-2]。计算机组成原理课程涉及计算机硬件底层知识,理论性较强且抽象,只有通过足够的实验操作才能理解掌握课程的基础理论和应用技术,初步具备计算机技术的应用开发能力^[3]。学生的动手实践是学好计算机组成原理,提高学生设计创新能力必不可少的重要环节^[4-5]。

北京信息科技大学计算机学院的计算机组成原理课程的实验使用定制的32位计算机组成原理硬件实验系统,实验具有以下特点:

- 1) 学生现场根据指令流程控制相关信号完成实验项目,对于实际操作能力要求较高。
- 2) 各个实验项目关联性强,前期的实验掌握程度直接影响后期的实验效果。

计算机组成原理硬件实验系统对学生动手能力的锻炼有非常好的效果,但在实验实施过程中也出现了以下问题:

- 1) 实验完全依赖硬件实验箱,在目前经费和实验室空间有限的前提下,实验箱台套数难以满足日益增长的学生规模和自主学习的需求。
- 2) 实验环境以现场为主,无法支持学生进行实验

前预习、演示和验证等工作。

3) 实验时间和空间有限,学生在有限的时间内只能进行理论知识的验证性实验,无法进行自主的设计,对于培养创新能力不足。

4) 由于硬件实验箱的特殊性,一旦某一个部件出现故障,整台实验箱就需要返厂维修,不利于实验室的正常运行。

1 计算机组成原理实验课程教学改革思路

1.1 混合实验教学模式研究

针对硬件实验系统在使用中出现的问题,我们对计算机组成原理实验教学模式进行了研究,提出了线上线下实验教学结合的混合实验模式:线上仿真实验场景,为学生提供开放学习的平台和自主弹性的实验时间,让学生能更好地理解理论知识;线下使用硬件实验平台,为学生提供直接动手操作的硬件实验设备,增强学生的动手能力。将仿真实验和硬件实验系统配合使用可以极大地提高实验教学效果,进一步培养学生计算机应用能力和创新能力^[6-12]。

在混合实验教学模式的研究中,我们使用虚拟仿真软件开展组成原理的线上实验,从相关电路、原理的仿真实验入手,要求学生分析电路组成、工作原理、工作过程及控制方法,通过实验进一步了解计算机组成原理的核心概念、知识结构和典型方法,熟悉计算机体系结构等基本原理解。仿真实验可以满足计算机组成原理实验教学的要求。

收稿日期:2023-11-20

基金项目:北京信息科技大学教学改革项目(项目编号2023JGYB22)

作者简介:吴燕(1973—),女,回族,宁夏银川人,硕士,实验师,主要研究方向为计算机系统结构。

1.2 多层仿真实验研究方案

在仿真实验具体实施过程中也出现了一些问题：虚拟仿真软件没有考虑各专业对实践教学内容的具体要求，没有考虑与硬件实验系统无缝切换的问题。目前我院有计算机科学技术、软件工程、网络工程、大数据共4个专业开设了计算机组成原理实验课，但只有计算机科学与技术专业开设了后续的CPU设计课程实践课。对于软件工程、网络工程和大数据专业的同学，他们通过仿真实验就能满足课程的要求；而对于计算机科学与技术专业的同学，除了通过仿真实验理解和掌握实验原理和电路外，由于他们后续开设的CPU设计实践课程要求使用硬件设备进行芯片的烧录和指令系统的调试，因此还需要熟练使用32位计算机组成原理硬件实验系统，而仿真实验没有涉及具体硬件实验系统的内容，所以在线下实践课程开始之前还需要大量的时间安排学生熟悉硬件实验设备，因此对具体硬件实验设备的仿真成为计科专业计算机组成原理仿真实验急需解决的问题。

针对不同专业对于计算机组成原理实验深度要求的不同，我们进一步提出了面向专业需求的多层计算机组成原理仿真课程实验研究方案：选择Proteus和Unity作为虚拟仿真系统的开发环境，应用Proteus进行电路一层的仿真，应用Unity+C#实现硬件设备、指令流程一层的仿真，结合现有的实验项目进行仿真模拟实验。

2 面向专业需求的计算机组成原理仿真实验的研究

2.1 基于Proteus的计算机组成原理仿真实验

Proteus软件是英国Lab Center Electronics公司出版的用于电路设计和模拟的软件，它提供了完整的电子设计流程、仿真和测试工具，并且可以与其他CAD工具、MCU仿真器、PCB布局软件等协同工作^[13-14]。Proteus中提供了大量的虚拟仪器仪表和超过27000种元器件的器件库，用户可以方便地创建新元件，灵活地设计修改电路^[15]。

2.1.1 Proteus仿真实验

下面以简单运算器实验为例。运算器原理图如图1所示。参与运算的操作数从总线分别存储到锁存器DR1和DR2中，然后根据ALU的操作码进行相应的运算，运算结果输出到总线上。

在Proteus仿真实验中，简单八位运算器由两个74LS181级联构成，拨码开关作为输入单元通过三态门74LS244输入参与运算的数据，寄存器74LS194构成锁存器DR1和DR2，存储总线送来的数据，输出给运算器，执行运算的类型由ALU控制端S3、S2、S1、S0、M和Cn控制，可以实现32种不同的运算。运算结果通过三态门74LS244输出到输出单元数码管上，具

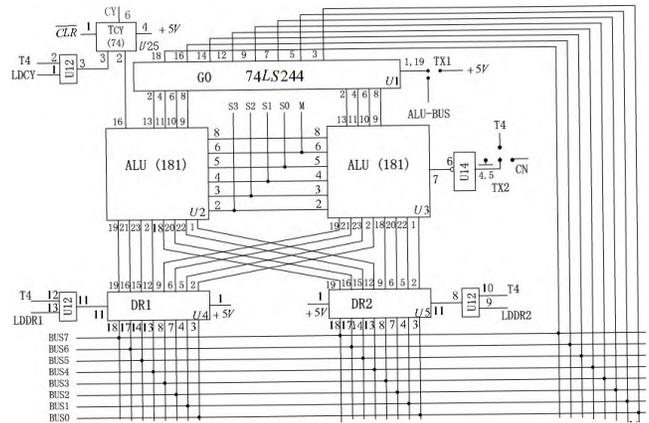


图1 简单运算器原理图

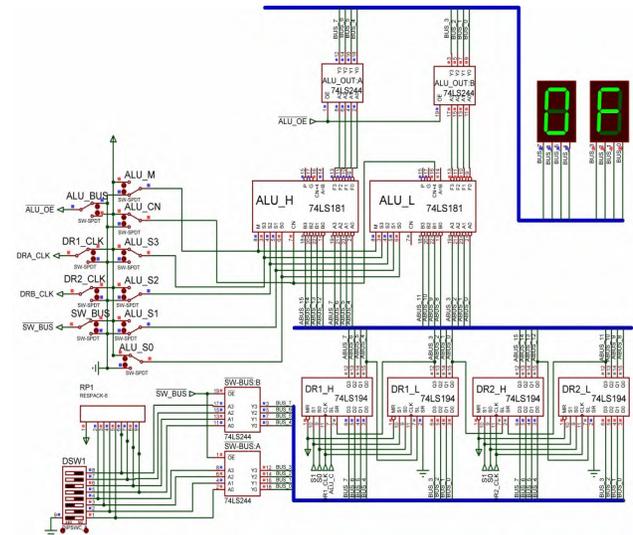


图2 简单运算器Proteus仿真实验图

体电路如图2所示。

通过设置操作码S3S2S1S0=1001, M=0, CN=0, 运算器进行算术运算F=A加B运算，图中A(DR1)=1AH, B(DR2)=05H, 运算结果为F=1FH, 在输出单元数码管上显示，实现运算器的功能。

在实现简单运算器仿真的基础上，可以通过加入74LS299芯片构建通用寄存器组、74LS161构成程序计数器和地址寄存器、2114芯片构成存储器，通过寄存器、存储器和运算单元相结合，实现多数数据运算；在数据通路仿真的基础上，可以进一步实现微程序控制器、计算机硬布线、流水线CPU设计等，通过总线对各个模块进行连接整合，设计出完整的计算机模型。

2.1.2 Proteus组成原理仿真系统的优点

1) Proteus计算机组成原理仿真实验可以让学生自行设计电路并进行调试，帮助学生更好地理解电路原理，从而提高他们的学习能力。

2) 由Proteus实现的仿真系统可以摆脱硬件实验平台的束缚，为传统硬件实验教学中实验设备数量有限、实验空间不足以及实验时间受限制等各种问题提供了有效的解决办法，为学生提供开放学习的平台和自主弹性的实验时间，让学生有更多的接触硬件的机

会,有利于更好地理解理论知识,促进学生的感性认识,在培养学生计算机应用能力和创新能力等方面起了积极的作用。

3) 仿真实验系统可以为教师提供便捷的线上硬件实验环境,有助于实验教师开发、设计和测试新的实验内容。

2.2 基于Unity的计算机组成原理仿真实验

Unity是一款强大的跨平台游戏开发引擎,同时也可用于制作应用程序,它提供了用户界面(UI)设计工具,用于创建交互式应用程序界面,包括按钮、菜单、表单等;Unity的物理引擎可用于模拟物理交互,适用于模拟应用程序和教育应用程序^[16]。我们使用Unity+C#语言,对32位组成原理硬件实验系统的控制信号和指令流程进行仿真模拟,为学生提供与硬件环境非常类似的实验平台。

2.2.1 Unity 仿真实验

还是以简单运算器实验为例:在Unity仿真实验中,学生根据数据通路原理,按照硬件实验设备的控制信号和操作流程,从SW端输入数据开始,控制三态门G2信号SW-BUS将数据1输入到总线上,用控制信号LDDR1将数据1输入到锁存器DR1中,然后采用同样的流程将数据2输入锁存器DR2;通过设置操作码S3S2S1S0=1001, M=0, CN=0,运算器进行算术运算F=A加B运算。具体原理如图3所示。图中A(DR1)=1AH, B(DR2)=05H,运算结果为F=1FH,在总线上显示。

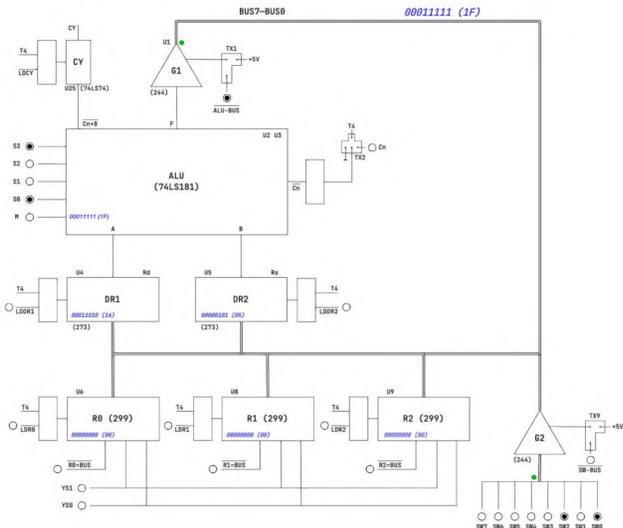


图3 Unity实现的简单运算器原理图

在实验过程中,随着控制信号和数据通路的变化,窗口右边会自动生成微指令流程,如图4所示。这个流程中出现的控制信号与硬件实验平台的控制信号是一致的,也是后续微指令系统和CPU设计的基础;学生可以通过分析相关部件和操作的流程加深对实验内容的理解,也可以通过分析指令流程来进行排错和改错,增强学生对相关控制信号和微指令的理解

和掌握。

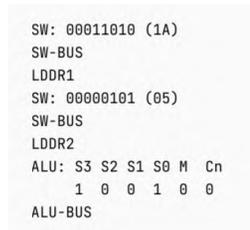


图4 微指令流程

2.2.2 Unity 仿真实验的优点

Unity仿真实验通过对32位计算机组成原理实验系统的控制信号板和数据通路板中的各类微控制命令和运算器、寄存器等部件操作流程进行真实模拟,使学生通过仿真实验系统就能熟悉各类硬件相关的微控制命令,理解数据通路的内容,掌握硬件实验设备的具体操作,为后续更好地学习微指令、进行CPU设计打好基础。

3 结论

面向专业需求的计算机组成原理仿真实验设计研究是适应学科特色、“以学生为中心”的实践教学的体现。通过硬件实验系统与不同虚拟仿真平台的结合,一方面打破了时间空间和硬件实验设备数量的限制,为学生自主学习能力的培养创造条件,学生可以根据自己对相关知识的理解和掌握程度随时进行相应的练习,加深对各个器件和数据通路的了解和掌握,还能根据自身的能力自行设计硬件操作和数据通路流程,并验证其可行性,在培养学生的基本学习能力和解决问题的能力外,更关注学生的创造性思维、分析和综合设计的能力等,提高学生的学习兴趣和积极性;另一方面通过使用仿真实验系统使学生掌握对具体硬件设备的控制和操作,实现线上线下实验的无缝切换,显著提高实验教学的效果。后续,我们将进一步探索和完善,研究应用更多的部件实验和综合设计的仿真系统,服务于学科发展和专业建设。

参考文献:

- [1] 张海英.《计算机组成原理》硬件实验线上线下混合教学模式探讨[J]. 电脑知识与技术,2020,16(23):103-104.
- [2] 王颖锋,杨程博,赵静玉,等.《计算机组成原理》实验教学研究及探讨[J]. 电子质量,2023(7):119-121.
- [3] 吴旭. 计算机组成原理课程的实验教学改革探讨[J]. 福建电脑,2020,36(2):116-117.
- [4] 李晓波,张国晨,谭瑛,等. 基于分层级系统能力培养的计算机组成原理课程教学探索[J]. 计算机教育,2023(2):187-191.
- [5] 林玲,许东耀. 计算机硬件课程改革方法分析:以计算机组成原理课程为例[J]. 数字技术与应用,2023,41(2):85-87.
- [6] 王莉. 基于多思虚拟平台的计算机组成原理实验仿真[J]. 山西大同大学学报(自然科学版),2021,37(6):30-32,35.
- [7] 曹明才,詹孟于. 应用型高校专业核心课程混合式教学改革探索:以成都大学《中级财务会计》教学实践为例[J]. 高教学刊,2020(20):140-143.

(下转第165页)

4.3 以新观念作为指引,开展校级研修活动

近年来,中小学教师的信息技术能力培养活动频繁,但此举并未显著转变教师的角色定位。此问题的根源在于:一方面,教师工作繁重,导致培训时间紧张;另一方面,培训理念相对滞后。鉴于此,学校管理者应依据本校教师的实际情况,制定校级培训方案,并以新的教育理念指导技术培训。首先,教育行政部门应协助学校设立专门的信息技术部门,为教师提供技术支持。信息技术培训人员需指导教师深入研究各类教学媒体在学科教学中的优势和不足,以及它们与学科教学的契合度,以切实提升教育技术在学科教学中的应用效果^[7]。其次,教育行政部门应安排专家定期对教师进行针对性指导,基于新教育理念,改变传统教学环境下的教学习惯,学习数字化环境下的新教学方法,协助实践翻转课堂、同步课堂、智慧课堂、移动学习等数字化教学方式,充分发挥数字化新教师角色的优势。

4.4 全面深化教育改革,革除应试教育弊端

受到传统教育模式的影响,特别是分数衡量教学质量制度的惯性推动,使得数智化背景下的教师角色转变陷入了困境。为了实现教育的目标,我们必须坚定不移地推进教育改革,解决教育理念、体制、机制、活动以及人际关系中存在的各种问题。跨过教育改革的“深水区”,我们必须全面而深入地推动教育变革,努力消除应试教育的不良影响,从而促进教育的进步^[8]。只有不再将升学率作为评价学校的主要标准时,重点学校和重点班级的废除才有可能实现。只有对招生考试制度进行改革,只有优质教育资源得到合理分配,过度补习的现象才能得以消除,素质教育才能真正实现,教师角色才能真正发生转变。

5 结束语

数智赋能教学时代教师的角色转变将成为教师成长的关键所在。未来学校的发展要超越传统教室的框架,借助科技之力,推动教师角色的转型,扩大教师影响力。人工智能可辅助教师开展教学工作,使教师从繁重的工作中解脱,但是教师不能把所有的教学工作都寄托于数智技术,这样只会使教师在教育中迷失自我,反而是要发挥自己作为教育者的主导作用,积极地去面对这些机遇和挑战,努力加强自身的核心素养和综合素质,深入了解新兴技术的最佳性能,并充分利用科技优势,以实现个性化、精准化的教育,从而推动教育事业的高质量发展。

参考文献:

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[J]. 青海党的生活, 2022(11):4-23.
- [2] 教育部关于印发《教育信息化2.0行动计划》的通知[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018(4):118-125.
- [3] 吴永和,许秋璇,颜欢,等. 数字化赋能未来教育开放、包容与高质量发展[J]. 开放教育研究, 2023, 29(3):104-113.
- [4] 刘磊,刘瑞. 人工智能时代的教师角色转变:困境与突围:基于海德格尔技术哲学视角[J]. 开放教育研究, 2020, 26(3):44-50.
- [5] 刘心蕊,马海群. 数智赋能时代的中国情报学教育变革宏观路径探究[J]. 图书馆理论与实践, 2023(4):72-80.
- [6] 冯永刚,陈颖. 智慧教育时代教师角色的“变”与“不变”[J]. 中国电化教育, 2021(4):8-15.
- [7] 黄荣怀,王运武,焦艳丽. 面向智能时代的教育变革:关于科技与教育双向赋能的命题[J]. 中国电化教育, 2021(7):22-29.
- [8] 罗莎莎,靳玉乐. 智能时代教师角色的危机、成因及其应对:基于场景理论的视角[J]. 教师教育研究, 2020, 32(3):53-59.

【通联编辑:王力】

(上接第155页)

- [8] 蔺智挺. 基于虚拟仿真实验的模拟集成电路实验教学[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(1):122-126.
- [9] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12):5-8.
- [10] 陈小勇,张丽. 基于虚拟机技术的实验平台研究[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(2):124-126.
- [11] 万桂怡,崔建军,张振果. 高校虚拟实验平台的设计及实践[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(3):386-389.
- [12] 熊宏齐. 虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融

- 合改革与创新[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(5):1-4, 16.
- [13] 周鸿,王宗武,刘志娟. 8086 PROTEUS 仿真中若干问题释疑[J]. 实验教学与仪器, 2021, 38(10):41-44.
- [14] 庞宝麟,封岸松,李帅. Proteus 仿真软件在单片机教学实践中的应用[J]. 科技与创新, 2023(1):176-177, 181.
- [15] 赖晓铮. 基于Proteus的计算机系统实验教程:逻辑、组成原理、体系结构、微机接口[M]. 北京:机械工业出版社, 2017.
- [16] 黄裕玲. Unity3D 简介[EB/OL]. (2020-4-9). <https://zhuanlan.zhihu.com/p/128084962>.

【通联编辑:王力】