

基于 EDA 的计算机组成与结构实践教学模式探索

刘桃丽,张 健

(广东海洋大学 信息学院,广东 湛江 524088)

摘 要:针对当前计算机组成原理与结构实验课程中普遍存在的实验设备陈旧、实验模式单一、学生学习积极性低、畏难情绪普遍而无法达到课程和人才培养目标等问题,提出了基于 EDA 技术的实验课程新模式。首先变革实验目标,从传统的验证已有组件的功能转为创造自己的组件,学生由被动的接线转变为主动的设计;其次,改革实验内容,新实验不局限于实验所给定的具体要求,也不受实验器材和实验时间的约束,实现了实验内容从固定到弹性的转变,从课内到课外的延伸;再者,改变实验方法和过程;最后,采用新的考核方式,整个课程的考核提高实验部分的成绩比例。通过该模式,有效地解决了实验设备陈旧、内容僵化、学生学习热情低下等问题。在大部分高校现有的实验条件下,此方法可操作性强,易于实现。

关键词:EDA 技术;计算机组成与结构;实验教学;变革

中图分类号:TP391.3

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)09-0091-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.09.021

Study on Experimental Teaching Model of Computer Organization and Structure Based on EDA Technique

LIU Tao-li, ZHANG Jian

(College of Information, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: Aiming at the drawbacks in the experiment course of computer composition and structure, including old experiment device, homogeneous experimental model, low students' learning enthusiasm and fear of difficulty generally and unable to achieve curriculum and talent training goal, a new mode of experimental courses based on EDA technique is put forward. Firstly, changing experimental objectives from the traditional verification of the existing components of the function to create their own components, so students will change from passive to active design. Secondly, reforming the experiment content, the new experiments are not limited to the specific requirements of the experiments given and not affected by the experimental apparatus and time constraints, achieving experiment content from fixed to the elastic transformation, from the class to the extracurricular extension. Thirdly, changes the method and process of experiment. Finally, using new assessment methods, improves the experimental part of the results in the whole course assessment to do the proportion. By this model, it effectively solves the problems of obsolete equipment, rigid, low learning enthusiasm of the students. In most of the existing experimental conditions, this method is easy to implement.

Key words: EDA technology; computer organization and structure; experimental teaching; transformation

0 引 言

计算机组成与结构是计算机类相关专业本科生的必修课程,也是该专业的核心课程之一^[1]。课程的主要目标是让学生从底层深入剖析数字电子计算机的基本结构和工作原理,掌握数字电子计算机的基本设计理论,培养学生分析和解决数字系统的实践能力。随着电子技术的发展,计算机内部结构日趋复杂,使得该课程存在难学、难懂、概念抽象、感性认识较差等问题,

需要实验来对其进行弥补。好的实验课程可以将抽象的概念具体化,增加感性认识,灵活运用所学的知识,增强对整个系统的理解^[2]。如何更好地设计其实验课程,是一个非常重要的问题,但是目前计算机组成与结构传统的实验课设置与安排却无法达到这个目的。

为了解决此问题,结合当前课程实验的现状,文中提出结合 EDA 技术来开展实验课程,分析其可行性与必要性,重新制定实验目标,设计新的实验内容,使用

收稿日期:2015-08-06

修回日期:2015-12-17

网络出版时间:2016-08-23

基金项目:广东省教育创新强校工程(2014KTSCX072);广东海洋大学教育教学改革(XJG201349)

作者简介:刘桃丽(1981-),女,硕士研究生,从事嵌入式方向教学与研究;张 健,教授,从事嵌入式方向的教学与研究。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160823.1343.022.html>

新的实验方式,采用新的考核方式,使学生在实验中不断提升创新和实践能力,改善教学效果,提升教学效率,达到课程培养目标。

1 实验课程的现状

计算机组成与结构实验课程是依附于其理论课程而开设的一门独立的实验课程,主要目的是通过实验加强对理论的理解,并在实验中提高学生的硬件设计以及软硬结合的综合实践能力^[3]。目前,大部分高校都是按照传统的实验方法来开设此课程的实验课,即在现有的实验设备基础上,根据电路图来手动将电路进行连接,检查无误后,再查看实验结果,结果正确则实验结束,结果有误,排除设备本身的问题,即可确定是接线错误,重新检查接线。这种方法存在以下几个弊端:

(1)实验设备更新无法跟上器件的发展水平。目前计算机硬件技术的高速发展,处理器、存储器等技术每天都有新的进展和变化,如果本门实验课想要与时俱进,必定要求实验室要经常性地更换设备,这对于大部分高校来说是无法做到的。

(2)实验模式单一,不具备培养创新人才的条件。学生的设计都局限于实验室的现有设备,所有的实验内容只能在现有设备的基础上展开,综合性、设计性的实验难以开展,极大限制了学生的创新能力,在实验中大部分精力花在如何正确接线,实验结果是否正确上,而不是多想多问为什么。

(3)学生学习积极性低,畏难情绪普遍,无法达到课程和人才培养目标。对于计算机类的学生,“欺软怕硬”、“重软轻硬”的现象非常严重,因为软件教学的实施相对容易,实时性强,可以做到急用现学、立竿见影的效果,而硬件知识从客观上来说存在不直观、讲述起来抽象、枯燥等问题,学生学起来也比较困难。此外大部分学生对于软件和硬件之间的联系认识存在一定误区,认为学习软件就是写代码,硬件就是底层的电路连接,从实验中无法找出它们之间的联系,从而造成软硬件学习之间的脱节,严重降低了学生的学习热情,打击学生学习的积极性。

综上所述,传统的实验方法已经无法达到计算机组成与结构实验课程的教学目的,对本门实验课程进行改革,改变现行的状况,已经迫在眉睫。

2 可行性与必要性

EDA 是电子设计自动化(Electronic Design Automation)的缩写,是二十世纪九十年代初发展起来的一种电子电路设计方法。它以计算机为工作平台,融合了应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技术

的最新成果,进行电子产品的自动设计^[2]。EDA 技术利用可编程逻辑器件,如 CPLD、FPGA 等,结合软件编程的方法,对其硬件结构和工作方式进行重构,从而使得硬件设计与软件设计一样方便和快捷。正是由于这种软硬结合的设计方法,EDA 技术在电子设计领域得到了广泛应用。将 EDA 技术引入计算机组成与结构的实验课中,可以对实验中涉及到的硬件和软件进行协同设计,是一种先进、可行的实验方法,也是近年来计算机组成与结构实验课程发展的一个趋势^[4]。

在大部分高校的实验室设置中,EDA 实验室已经成为一个必建的实验室,计算机组成与结构的实验课程即可使用 EDA 实验室进行。实验使用 FPGA 等芯片作为硬件支撑^[5],在开发平台如 QuartusII 上进行硬件设计,亦可根据需要进行相关的软件开发,调试仿真无误后再将设计好的软硬件系统下载至芯片中运行调试,即可完成整个系统的设计。采用这种设计方法,可以摆脱硬件对于设计的束缚,完全按照设计者的需要设计硬件。同时 EDA 的编程软件,设计方法简单,语言易掌握,难度较低,设计方式多样化,有助于学生更好地理解计算机的构造原理,降低硬件实验难度,将硬件设计与软件设计形式完美地结合在一起,极大激发学生的兴趣。

3 实验课程的变革与创新

基于 EDA 技术的计算机组成与结构课程实验,从根本上是应用先进的实验方法和手段对传统实验教学理念的变革,主要表现在以下 4 个方面:

1)实验目标的变革。

实验目标应从传统的验证已有组件的功能转为创造自己的组件,学生由被动的接线转变为主动的设计。传统实验主要目的在于验证计算机各个组成部分的功能,学生按照教师提供的电路图接好电路后,观察实验结果,就算完成实验,对于设计以及原理的掌握部分要求不多。采用 EDA 的实验方法则是以设计计算机的组成部件为目的,学生必须对各个组成部件的原理和结构有深入的理解,才能顺利完成整个设计。

2)实验内容的变革。

与传统的实验内容相比,新实验不再局限于实验所给定的具体要求,也不再受实验器材和实验时间的约束,实现了实验内容从固定到弹性的转变,从课内到课外的延伸,是时间、空间、思想上的一次解放。

整个实验课程可分为两大部分,课程实验(约 12 课时)和课程设计(约 20 课时)^[6]。根据 EDA 技术的设计思想,采用自顶向下的方法进行系统设计,划分主要功能模块,再对各功能模块进行分层次多模块细化。系统实现采用自底向上的实现方法,从最底层设计开

始,逐层向上,最终整合成一个完整的系统^[5]。根据此方法,将实验的最终目标定位为设计一个 8 位字长的模型计算机,该模型机最少可以分为八个模块^[1]:

- (1) 时序发生器;
- (2) 算术运算逻辑单元 (ALU);
- (3) 寄存器组 R_0-R_4 ;
- (4) 指令寄存器 (IR);
- (5) 程序计数器 (PC);
- (6) 微程序控制器;
- (7) 地址寄存器 (AR);
- (8) 标志寄存器 (PSW)。

模块结构图如图 1 所示。

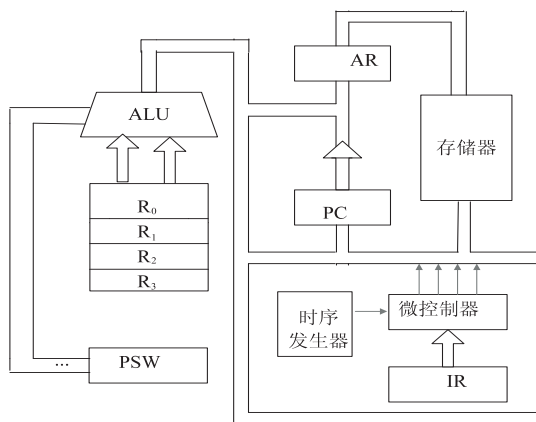


图 1 八位模型机 CPU 模块结构图

图 1 中每一个模块都对应于微机中的一个功能组件,皆可以当成一个独立、完整的实验单元来作为课程实验的主要内容。在课程实验阶段,主要是根据计算机的各个模块的功能来对其进行重新设计。此阶段要求学生在进行实验之前,必须充分理解和掌握组件的功能,根据功能细划整个组件的功能模块结构图,即采用自顶向下的设计方法进行组件的顶层设计,再根据顶层设计模块图,采用自底向上实现的方法,让学生尝试从最底层开始设计各个功能模块,最后将各模块组合在一起,即成为一个完整的组件。采用此设计方法,其设计的结果与学生个人的水平息息相关,因此在这一阶段,教师可以根据学生的整体提出基本的要求,学生在完成基本要求的基础上,根据个人的理解,逐步完善其功能。

目前,大部分计算机组成与结构课程对于模型机的理论教学安排,大致分为三部分:第一部分是介绍运算器,包括算术运算逻辑单元 (ALU),工作寄存器组 (R) 和标志寄存器 (PSW) 等相关组件;第二部分介绍存储器的存储原理和使用方法,包括与其相关的地址寄存器 (AR) 和程序计数器 (PC);第三部分介绍控制器,包括指令寄存器 (IR)、时序发生器和微控制器。与此相对应的实践课程同样分为三个阶段来进行。

第一阶段的实验可安排为简易运算器的设计与实现^[7]。此阶段的实验目的是让学生掌握运算器的组成以及各种运算方法。运算器是模型机的核心运算部件,其主要功能是对数据进行加工和处理,其运算功能强大,控制逻辑复杂,主要由算术逻辑单元 (ALU)、工作寄存器组 (R) 和标志寄存器 (PSW) 构成。作为第一阶段入门实验,如果想实现其全部功能,一方面是工作量太大,另一方面,学生的设计和对系统的理解能力尚有所欠缺。因此,教师应该给出最基本的简化模型,即对其运算功能和相关组件进行简化,带领学生熟悉开发流程,掌握设计方法,增强对系统的理解,让学生更快地进入到设计状态。学生根据自身的水平,在最简模型的基础上,各自完善其相关功能。

第二阶段的实验以存储器为主。存储器是整个模型机的存储器件,分为程序存储器和数据存储器。此阶段的设计目的是让学生掌握存储器的组成及其读写的控制方法。实验中可以选择程序存储器作为基本模型,并为其添加地址寄存器,组成一个完整的程序寄存器控制系统。同时,在计算机中,系统通过程序计数器 (PC) 来提供程序存储器的地址,根据 PC 的功能对 PC 进行设计就显得尤为重要^[8]。

第三阶段的实验以控制器为主,控制器为整个系统提供控制和时序信号,使整个系统的工作有条不紊。此阶段的实验目的是使学生掌握时序发生器的工作原理、微程序控制的概念和使用方法以及微指令、微程序的输入方法,因此微控制器的设计与实现是这一阶段的重要内容。

在各阶段的课程实验中,教师可选取部分或者全部的相关功能模块作为实验内容,由学生自主开发设计。通过这三个阶段的基础实验,可以使学生的基础知识得到进一步加强,在实验中逐步建立起整体、系统工作的概念,为下一阶段的课程设计打下扎实的基础。

在课程设计阶段,主要是以提高学生的综合设计和应用能力为主。此阶段时长为一周左右,约 20 课时^[9]。流程大致如下:首先教师提出整个设计基本任务和目标,然后学生自行分组,每组人数控制在 3~4 人,最后由组员自行分工合作直至完成最后的设计。其过程大致分为三步:第一步,组内共同讨论系统架构,划分功能模块,确定各模块之间具体协同工作方式,撰写前期报告;第二步,组员分工,完成各自所负责的模块;第三步,共同完成系统的整合、调试,撰写最后的设计报告。

在此设计阶段,学生无需从头开始实验,可以利用已有的课程实验阶段的设计成果,将各个功能模块进行完善后再整合、调试、验证,即成一个完整的系统。设计的难点在于系统的整合与调试,整个过程有助于

学生建立起完整的系统观念,较高的工程实践开发能力和正确的团体合作观念。

通过这种实验内容的安排,可以极大激发学生的学习热情,增强学生综合应用知识的能力,提高工程实践能力,在实验中不断加深对理论知识的理解。

3) 实验方法和过程的变革。

传统的实验方式要求学生按照教师提供的电路图连接好电路,然后查看实验结果^[10]。这种方法基本是在实验室完成,一旦离开实验室,学生无法继续实验。使用 EDA 技术进行实验,学生根据教师的要求自主在计算机开发平台上设计硬件电路,根据需要还可以配以适当的软件,调试、仿真和测试,确定功能无误后,下载到相应的实验系统比如 FPGA 的开发板中,进行板级的调试,验证设计结果。采用方式,只有在板级验证这最后一步需要在实验室完成,其他全部可以在计算机上自行进行开发。根据实验内容的安排,学生如果无法在实验课上完成实验,可以在课外继续进行,不受实验地点和实验时间的限制,也不局限于教师布置的设计任务,可以根据自己的想法和兴趣进行更多的实验,方便学生更深入更灵活地进行设计开发。

4) 考核方式的变革。

本门课程传统的考核以理论考试为主^[11],在最后的总成绩当中基本占到 70% 以上^[12],实验部分只是作为一个平时成绩的参考,导致学生只是将实验当成一个可有可无的过程,成了走过场的形式主义。为了适应创新性、应用型人才培养的要求,该教学模式采用新的考核方式。根据本课程理论和实践联系紧密的特点,整个课程的考核大大提高实验部分的成绩比例,实验成绩在最后的总成绩当中应该占到总分的 50% 以上。具体方法为在最后的课程设计结束后,设计者进行系统现场演示、答辩,由教师和同学共同提问^[13-14]。根据系统演示的结果,现场答辩的表现,再综合平时课程实验的设计,具体给出每个学生的成绩。学生只有做到融会贯通,活学活用,将理论与实践完美结合起来,才能在考试中过关。该方式使学生从死记硬背的应考式学习模式中解放出来,转而更加注重理论与实践的联系,大大提高了学生的学习积极性。

文中提出的基于 EDA 技术的计算机组成与结构课程实验教学新模式已经在该校软件工程专业进行了 3 个教学轮次的教学实践,结果表明,该实验教学模式极大地提高了学生的学习热情,从被动接受到主动思考,学生的创造性得到充分发挥,教学效果明显改善。

4 结束语

计算机组成与结构这门课程的特点是其理论与实
万方数据

践密不可分^[12],实验课程是不可或缺的重要组成部分,实验课程的设置对于本门课程的学习有着非比寻常的意义。采用 EDA 技术的设计、实验方法是该课程发展的必然选择。文中所采用实验方法是对传统实验教学理念的一次彻底变革,EDA 技术在实验中所展现的灵活性、直观性和趣味性,可以极大地激发学生的学习热情,从根本上培养学生的自主创新能力。新的教学评价方式让学生从应付考试的思想误区中解放出来,全身心投入到开发设计当中,将课本上的知识最大限度地与实践相结合,达到应用性、创新性人才培养的目的。

参考文献:

- [1] 潘松,潘明,黄继业.现代计算机组成原理[M].第2版.北京:科学出版社,2013.
- [2] 王建新,张丽媛,盛羽,等.基于组件的计算机组成原理虚拟实验室的设计与实现[J].系统仿真学报,2008,20(9):2469-2474.
- [3] 李丽萍,盛琳阳.基于 EDA 技术的计算机组成原理实验课开放性教学模式研究[J].计算机教育,2010(10):55-57.
- [4] 白中英,戴志涛.计算机组成原理[M].第5版.北京:科学出版社,2013.
- [5] 苏昭,吴金舟,黄菁.EDA 仿真技术在计算机组成原理实践教学中的应用研究[J].电脑知识与技术,2012,8(35):8449-8452.
- [6] 解争龙.《计算机组成原理》课程教学改革探讨[J].教育与职业,2006(36):127-127.
- [7] 翟文正,管功湖.将 EDA 技术引入“计算机组成与结构”实验教学的研究[J].实验室研究与探索,2008,27(12):34-36.
- [8] 郑玉彤.《计算机组成原理》课程实现的比较研究[J].中央民族大学学报:自然科学版,2003,12(1):79-82.
- [9] 王庆香,蔡逸仪,彭业开,等.“计算机组成原理”实践教学的新方法探索[J].实验室研究与探索,2007,26(12):361-363.
- [10] 张光河,刘芳华,万隆昌.计算机组成原理[M].北京:人民邮电出版社,2013:99-114.
- [11] 罗福强.计算机组成与结构[M].北京:人民邮电出版社,2014:29-56.
- [12] 刘建英,徐爱萍.计算机组成原理实验课教改方案的设计[J].实验室研究与探索,2005,24(2):57-58.
- [13] Casini M, Prattichizzo D, Vicino A. The automatic control telelab: a user-friendly interface for distance learning[J]. IEEE Transactions on Education, 2003, 46(2): 252-257.
- [14] Wang Jianxin, Liu Lijuan, Jia Weijia. The design and implementation of digital signal processing virtual lab based on components[C]//Proc of ICWL 2005. Berlin: Springer-Verlag, 2005: 291-301.