



基于自主学习能力培养的数字系统设计实验考核改革

乔世坤, 李 明, 董光辉

(东北林业大学 信息与计算机工程学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 在分析数字系统设计课程原有实验考核不足的基础上, 以提升学生自主学习能力为目的, 构建实验教学考核体系, 实施了包括实验课上验收、实验报告批阅、课外开放实验测评、PBL 评价、期末考试 5 种考核方式的综合实验考核。实践证明, 该实验考核体系取得了良好的教学效果, 有效地培养了学生自主学习能力与工程实践能力。

关键词: 实验教学; 考核体系; 自主学习能力; PBL

中图分类号: G642.4

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20220070](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20220070)

Experimental Evaluation Reform of Digital System Design Course Based on the Cultivation of Autonomous Learning Ability

QIAO Shikun, LI Ming, DONG Guanghui

(College of Information and Computer Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Based on the analysis of the insufficiency of the original experiment evaluation of the digital system design course, this article aims to improve students' autonomous learning ability and construct an experimental teaching evaluation system. A comprehensive experimental evaluation with five evaluation methods has been implemented, including in-class experimental inspections, experimental report review, extracurricular open experiment assessments, problem based learning (PBL) evaluations, and final exams. Practice has proved that the experimental evaluation system has improved the teaching effect and effectively cultivated students' autonomous learning ability and engineering practice ability.

Key words: experimental teaching; evaluation system; autonomous learning ability; PBL

实验教学是工科专业培养学生工程实践能力的重要环节。培养自主学习能力, 提升工程实践能力, 是本科实验教学的基本要求, 所以在实验教学中培养学生自主学习能力是工科专业人才培养的一项重要任务^[1]。

实验考核是实验教学的重要环节, 不仅能够考核学生的学习情况、检验实验教学的效果, 而且具有影响学生学习方式、指引学习方向的作用。科学合理的实验考核体系会增强学生自主学习的主动性, 激发学生创新意识, 开展实验教学考核改革是促进实践教学内涵建设、提升学生自主学习能力与实践创新能力的重要途径^[1-3]。

1 实验考核原有状况分析

数字系统设计是东北林业大学通信工程专业的必修课程, 是独立设置的 32 学时实验课程。依据工程教育专业认证的培养目标在课程教学大纲中设置了 8 个课内实验项目以实现 3 个课程目标。课程目标 1 是培养学生在 EDA (electronic design automation) 集成开发环境中在可编程逻辑器件上实现数字电路的基本设计能力; 课程目标 2 是培养学生在可编程逻辑器件上实现典型数字电路的设计能力, 并运用一定的技巧与方法; 课程目标 3 为培养学生能够根据数字系统的工程问题

收稿日期: 2022-02-21; 修回日期: 2022-04-02

基金项目: 东北林业大学教育教学研究项目(DGY2020-54)。

作者简介: 乔世坤(1970-), 女, 硕士, 高级实验师, 主要从事数字信号处理、高频电子线路方面的实验教学工作。

E-mail: shikunqiao@163.com

需求,分析系统电路的特点,进行方案设计并实现数字系统。

为提高实验教学质量,完成课程目标,实验教学考核一直在不断探索改进,数字系统设计课程原实验考核包括实验结果验收、实验报告批阅与期末考试3种考核方式,能够保证实验教学质量,但仍然存在一定问题。

1) 学生在实验课程上的学习比较“被动”,虽然按要求完成了实验项目,但主动性不足,自主学习意识不强。

2) 在实验教学中,存在“重结果轻过程”现象,学生更多的是追求实验结果的正确,对实验中涉及的设计方法与技巧的学习不够深入。

3) 在教学过程中考核形式少,且具体评测标准或者要求不够详细,不能充分考核学生个体实验学习情况与完成质量,拉不开平时实验考核档次。

实验考核有效评价了实验操作技能,但是没有充分激发学习主动性,对于有效评价学生自主解决问题能力、提升学生工程实践水平的作用有限。

2 实验考核模式改革实践

为更好地培养学生自主学习能力和工程实践能力,提升认知层次,改革数字系统设计课程实验考核模式,从提升实验课程考核目标、更新考核内容、探索新型实验教学考核方式3个方面考虑构建科学合理的实验考核体系^[3]。

考核目标从侧重知识与操作的考核扩展到对应用、分析、综合、评价能力的考核^[4-6],提升课程考核目标,要考核评测出学生实践能力与解决问题的设计能力,并引导学生提升学习目标,改变学习方式。

基于数字系统设计课程实践性强,考核内容设置由验证性内容为主转化为设计性内容为主,尽可能具有应用性,考虑学生的知识水平与能力,选择对学生而言具有一定难度、需要通过自主努力学习才能完成的内容进行实验考核,激发学生的上进心与主动性,加强学生的自主学习能力和与实践能力的锻炼。

考核方式根据课程性质与教学条件加强形成性考核,让考核存在于实验学习中的每一环节,成为重要的学习组成部分。寻求更多地以学生为中心的考核方式,尝试开放实验测评与基于问题的学习(problem based learning, PBL)评价两种实

验考核方式,以问题为导向,调动学生实验学习积极性,引导学生通过自主学习完成实验考核。

数字系统设计课程在借鉴、总结实验考核经验的基础上^[6-11],对东北林业大学通信工程专业2018级、2019级学生尝试实行多种考核方式的贯穿整个教学过程的综合考核,具体包括实验课上验收、实验报告批阅、课外开放实验测评、PBL评价、期末考试5个考核方式。

2.1 实验课上验收

翻转课堂教学近年被证实适用于实验教学^[12],适度安排课前自主学习任务,既能节省课上时间,也有利于培养学生自主学习能力。实验课上指导教师结合课前自主学习情况进行实验讲解和实验指导,学生独立实验。

改进课上验收方式,增加问答环节,进行实验结果验收的同时,提问实验相关问题,根据学生实验项目完成质量及回答问题准确度评定本次实验成绩并指出实验中的问题与不足,允许学生多次验收,取最高成绩,鼓励学生多问多学,充分与指导教师交流沟通。

问答环节的问题一般是针对学生代码随机提出的,多数情况提问并不难,如有关Verilog HDL语法的问题有:判断代码中的case语句是否会产生锁存器,并查看RTL图验证;计数器加1写成“+1”,问与“+1'b1”的区别是什么;说明代码中显示例化语句如何修改为隐式例化等等。提问有关实现电路功能的问题:指明并解释某项功能的具体实现代码;说明代码中某变量的作用;判断利用always语句实现同步电路与异步电路的区别;改变所完成“计数器”的进制说明如何修改代码;当LED数码管由共阴改为共阳类型代码如何处理等等问题。

问题的随机性,使学生必须清楚解读自己的程序代码并熟练掌握实验的实现过程,设问答环节的更多的是督促学习,让学生捋清实验设计思路,熟悉语法,掌握设计的方法与技巧,同时起到防止实验抄袭的作用。

2.2 实验报告批阅

数字系统设计实验教学为节省学生时间、提高效率,实验报告采用线上作业形式。根据课程性质与特点,实验报告被设计成“实验原理、项目分析”“程序代码与实现”“实验结果、讨论与分析”3部分内容,依据具体每个实验项目内容

提出相应的实验报告要求,并设置各部分分值,要求学生在一周内提交实验报告。

下面以“有限状态机设计”实验为例说明实验报告设计。

1)“实验原理、项目分析”中要求简答:

①根据输出是否与输入有关,有限状态机分哪两大类?②有限状态机描述方式有哪些?③有限状态机常采用哪几种编码方式?④给出选做的两个题号,并简要说明采用哪类有限状态机完成。

2)“程序代码与实现”中要求提交:①编写的 Verilog HDL 代码及关键语句注释;②引脚分配图;③State Machine 视图。

3)“实验结果、讨论与分析”中总结以下3个问题:①设计采用的状态机是哪种描述方式?②设计采用的状态机应用了哪种状态编码方式?③给出实验运行结果。

4)实验报告要求尽可能真实反映学生个人完成情况,如“LCD1602 显示控制”实验要求在 LCD1602 液晶屏上显示学生的个人学号等信息,上传结果照片或视频;“PS2 键盘控制”实验要求注释说明代码控制了哪些键盘按键,提交的运行结果与代码设计要一致。

5)指导老师依据报告各部分评分标准细则进行批阅评分,设置批阅后评语、评分、答案可见,方便学生后续学习。

2.3 课外开放实验测评

学生经过数字系统设计8个实验项目学习训练后,已经具备了一定的设计能力,接下来安排课外开放实验,要求学生利用课外时间独立自主完成项目,进一步锻炼并考核学生实践能力。

开放实验要求学生在备选的12个题目中根据自己学习情况选做一题,满分100分,其中,1~5题难度系数0.7,6~10题难度系数0.85,11~12题难度系数1,开放实验测评成绩等于评分×难度系数,即层次化的实验要求。采用的实验板是前一学期在“电子工艺训练”实践教学完成的内容之一——本校自主设计、学生自己制作的FPGA开发板(如图1(a)所示)或者借用实验室的友晶DE2-115开发板(如图1(b)所示),使实验不受场地的限制。

课外开放实验要求两周内完成,验收时学生需解释代码,操作运行展示所设计电路功能,回答教师提问。

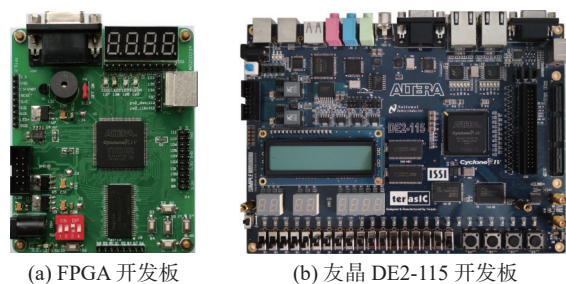


图1 课外开放实验采用的实验开发板

2.4 PBL 评价

PBL 教学法是一种以学生为主体、以问题为导向的教学方法^[13-16]。数字系统设计课程在完成课内实验与开放实验后,开展PBL教学,学生自由组合,5人1组,指导教师给出研究问题,学生组队对问题进行研究、设计、调试、实现。

设立的PBL问题具体内容:进行基于FPGA的逻辑运算与算术运算专用CPU设计,能够实现多种逻辑与算术运算指令,可以在此专用CPU上运行应用了所设计逻辑运算与算术运算指令的汇编程序。

PBL研究问题的设立主要考虑到CPU设计系统性强,涉及控制器、运算器、存储器、指令译码器等组成部分,各部分相互协调工作,有利于培养学生系统设计的能力;CPU设计会应用前期实验中分频器、选择器、译码器、存储器、状态机设计等相关内容,但在内容实现上更有深度,难度适宜,学生通过自主学习、查阅资料、协同工作能够完成设计,有利于培养学生自主学习能力与团队协作能力;再有CPU设计扩展创新空间广阔,有利于培养学生的创新思维。

PBL安排两周时间完成,要求提交PBL报告、设计的讲解视频与演示视频和全部工程文件源代码等材料。从完成情况看,2018级、2019级每组同学均较好完成了设计任务,每组CPU设计都有相对突出闪光点,也都有瑕疵,图2是第1小组设计的顶层CPU原理图。

学生们都表现出很高的学习积极性与自主学习能力,如有小组同学尝试进行16位指令码设计,有40%以上小组同学利用Quartus II自带仿真器或者ModelSim软件进行了仿真验证,而之前没有进行过仿真学习与训练,PBL教学效果良好。

PBL评价成绩设置由组内互评、组间互评、教师评价3部分组成,分别占测评成绩的20%、40%、40%。教师与学生从总体方案设计,顶层与各功能模块设计、PBL设计报告与视频录制质量3方面进行测评。

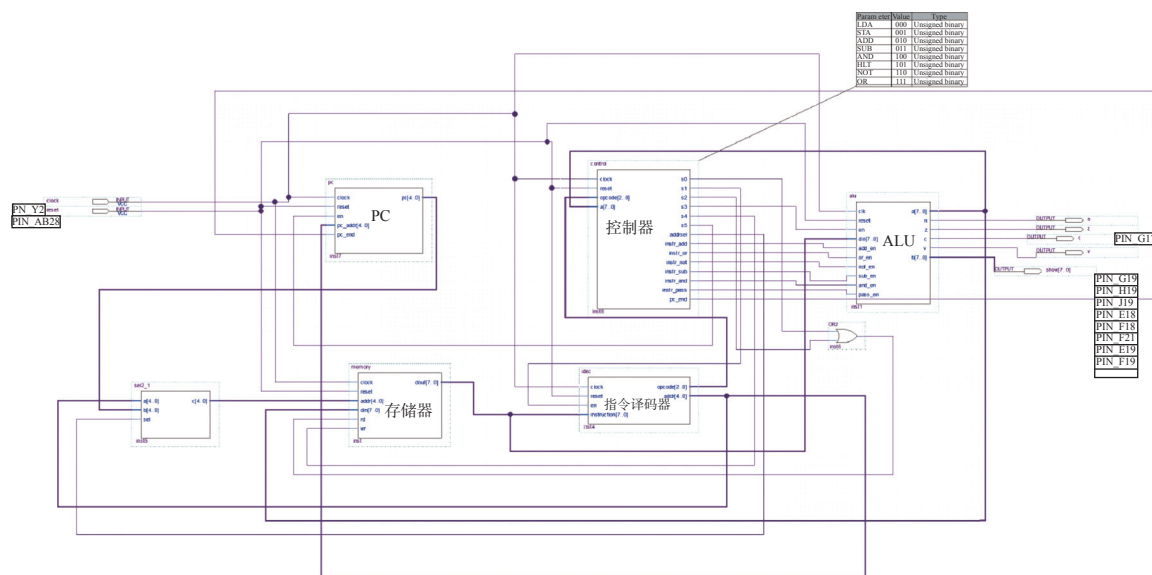


图 2 第 1 小组设计的 CPU 顶层原理图

2.5 期末考试

期末笔试依然是数字系统设计课程重要的考核形式,采用闭卷形式,考试范围涵盖本门课程全部教学内容,学生需要全面系统复习备考。

通信工程专业 2018 级、2019 级数字系统设计的期末试卷中 90% 是主观试题,代码分析题、设计题为主要题型,且题量较大,题目尽可能具有应用性、实用性,全面考核学生利用 Verilog 硬件描述语言进行数字电路设计能力与掌握方法技巧的熟练程度。

3 考核效果

新构建的数字系统设计实验考核体系加强了实践能力的考核,应用性与设计性考核占比很高,全面支撑了课程目标的达成,特别是开放实验与 PBL 加强了解决工程问题的训练与考核,有力支撑了原本薄弱的课程目标 3 的达成。表 1 汇总了 2019 级数字系统设计课程考核内容及占比与其支撑课程目标的达成情况。可以看到,达成情况良好,符合预期,最终课程目标 3 有关培养学生数字系统工程问题实践能力的达成度为 0.76,课程总达成度为 0.79。

表 1 数字系统设计考核内容及占比与其支撑课程目标达成情况表

考核方式	总成绩占比/%	2019级实验考核内容	内容占比/%	课程目标	达成度/%
课上验收与实验报告	32	①加法器;多路数据选择器;流水灯控制电路;3-8、4-16译码器	40	1	93
		②计数器;状态机设计(包括:交通灯控制电路、流水灯控制电路、序列检测器、计数器等选做 2 题)	40	2	89
		③LCD1602显示控制;PS2键盘控制	20	3	92
开放实验测评	8	①1~5 题:二-十进制编码器;优先等级的 8-3 线编码器;m 序列生成电路;双向移位寄存器;应用 ALTPLL 锁相环模块实现倍频和分频	100	1~3	79
		②6~10 题:基于 DDS 的简单正弦波数字量发生器;电子钟设计;汽车尾灯控制电路;数字跑表;自制 FPGA 开发板质量检测设计			
		③11~12题:拔河游戏设计;卡式电话计费器设计			
PBL评价	20	PBL题目:基于FPGA的逻辑运算与算术运算专用CPU设计	100	3	93
期末考试(闭卷)	40	①选择题:Verilog HDL 中的数值表示、数据类型定义、不完全条件语句、casez 语句、过程 initial 语句	38	1	66
		②填空题:Verilog HDL 中有关运算符、内置元件的例化、带参数例化、存储器定义与赋初值、边沿检测等小段实例代码结果填空			
		③分析题:有关阻塞赋值、非阻塞赋值的四段代码结果分析;分析实现比较器代码;分析实现数据选择器及其应用例化电路代码;分析实现多个分频输出电路代码	48	2	65
		④编程题:设计 JK 触发器电路;设计具有异步复位同步置数功能的四位二进制可逆计数器			
		⑤设计题:采用状态机设计自动饮料销售机	14	3	60

2018级、2019级学生数字系统设计课程成绩统计直方图如图3所示,成绩分布合理。

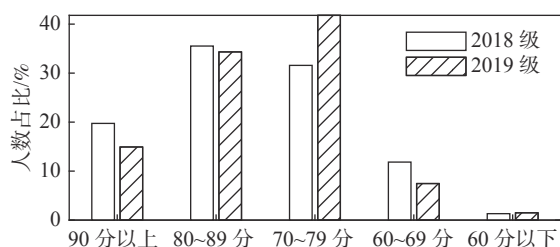


图3 数字系统设计课程成绩分布直方图

课程结束后,通过腾讯问卷平台发布课程问卷调查,学生按满意度分别为非常满意(100%)、满意(80%)、一般(60%)、不满意(40%)、非常不满意(20%)的等级,对课程目标达成情况进行满意度的五级评价。对两届学生发出问卷,问卷回收率达到95%,问卷统计情况如表2所示,课程目标综合满意度为98.4%。

表2 数字系统设计课程问卷情况统计表

课程目标	各等级的人数比/%					满意度/%
	非常满意	满意	一般	不满意	非常不满意	
1	93.4	6.6	0	0	0	98.7
2	93.4	6.6	0	0	0	98.7
3	89.1	10.9	0	0	0	97.8

4 结束语

数字系统设计实验教学考核总体上循序渐进提高要求,由简单、具体、验证性内容考核逐渐向复杂、开放、设计性内容的考核过渡,全面综合地考核了学生课程学习情况,取得了理想的实验教学考核效果。

1) 学生在实验课程中的学习主动性加强了,由含问答环节课上验收考核到教师完全放手学生团队协作完成PBL评价,每一阶段都有学习“成果”,使学生获得成就感,激发了学生学习主动性,逐步增强了自主学习的学习意识与学习能力,逐步锻炼了学生自主解决问题的实践能力。

2) 伴随学习全过程的多角度的实验考核,驱使学生全面深入学习,更注重实验实现的过程与质量,提升了学生的认知层次。

3) 采用了多种方式的平时实验考核,细化考

核标准,拉开了实验成绩的档次,更真实地反映学生个体实验学习情况与完成质量。

新的数字系统设计考核体系务实且可操作性强,秉承“培养自主学习能力,提高工程实践能力”目标,相比原有考核体系提升了考核目标,扩展了考核内容,引导学生改进实验学习方式,自主实践学习能力得到了提高。

参考文献

- [1] 张晓芬,周鲜华. “以学生为中心”的大学生工程实践能力多元评价研究[J]. 现代教育管理, 2021(2): 77-83.
- [2] 强华,李正网,武时会. 高校实践教学考核方式探索[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(6): 170-173.
- [3] 郭庆,海莺,赵中华,等. 基于创新实践能力培养的实验教学考核模式改革探索[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(7): 175-177.
- [4] 郑建. 浅谈布鲁姆掌握学习理论[J]. 外国教育研究, 1990(1): 27-30.
- [5] 蒋华林,张玮玮. “985”院校课程认知目标达成度及国际比较[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 75-79.
- [6] 廖荣,李蓓,张振杰,等. VHDL数字系统设计实验教学研究[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(12): 227-229.
- [7] 蔡佩君,王晓萍,王立强,等. 构建以效果和能力的培养为主导的实验教学模式[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(4): 186-189.
- [8] 杨宁,张进,马立香,等. “新工科”背景下“综合课程设计”实验课程多元化考核改革实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(10): 190-196.
- [9] 谷善茂,杜德,刘云龙,等. EDA课程创新实验教学方法探索[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(3): 40-46.
- [10] 唐朝晖,刘木根. 多维度综合开放实验教学考核体系[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(3): 171-174.
- [11] 顾秋洁,谭爱国. 模拟电子实验教学考核体系的改革与实践[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(3): 81-84.
- [12] 黄琰,蒋玲,黄磊. 翻转课堂在“现代教育技术”实验教学中的应用研究[J]. 中国电化教育, 2014(4): 110-115.
- [13] 王卫杰,李英帅,陈新民. 基于自律学习者培养的PBL教学探索[J]. 黑龙江高教研究, 2020(1): 144-146.
- [14] 顾庆水,贾聪智,陈伟. 基于PBL模式的EDA技术课程教学改革[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(2): 124-128.
- [15] 吴迪,符策,李涛,等. 基于PBL模式的EDA技术实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(2): 159-163.
- [16] 曹高辉,陈菁,王丹. 基于PBL的数据分析课程实验设计与实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 181-186.

编辑 张莉