混合式教学在 ASIC 实验课程中的研究与应用

刘 雯[1] 蒋世文[1] 苗享天[1] 徐桦泽[2]

(1. 北京邮电大学 电子工程学院, 北京 100876)
(2. 北京邮电大学 计算机程学院, 北京 100876)

摘要:随着在线教育平台的迅速发展,集成电路设计类专业实验课程的教学方式已不再满足当下教育的需求。将传统课堂教学与网络教学有机融合,并汲取翻转课堂教学的优势,构建了"课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论"的混合式教学模式。实施效果表明该教学模式能有效提高学生的学习自主性和对知识的掌握程度,为培养集成电路行业人才,弥补国家集成电路行业的人才缺口奠定了基础。

关键词:混合式教学;线上线下;ASIC
中图分类号:G642.0 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-0686(2022)05-0114-05

Research and Application of Hybrid Teaching in ASIC Experimental Course

LIU Wen[1] JIANG Shiwen[1] MIAO Xiangtian[1] XU Huaze[2]

(1. *School of Electronics and Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing* 100876, *China*)
(2. *School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing* 100876, *China*)

Abstract: As online education platforms develop, the teaching modes of IC (integrated circuit) design experimental courses no longer meet the demands of current education. Combining traditional classroom teaching and network teaching organically and taking advantage of flipped classroom, a hybrid teaching mode of "classroom teaching—extracurricular experiment, free discussion—classroom group discussion" is constructed. The result shows that this hybrid teaching mode can effectively improve students' learning autonomy and the mastery of knowledge, laying a foundation for cultivating professional talents in the IC industry and making up for the talent gap in the IC industry.

Key words: hybrid teaching; online and offline; ASIC

近年来,随着信息技术的迅速发展,依托在线教育平台进行授课的方式已经广泛应用于高校教学。基于慕课(Massive Open Online Course, MOOC)、翻转课堂和移动端在线应用等平台的在线教学模式在教学研究中已经取得了显著的成效,得到了广大教师和学生的认可[1-6]。MOOC 的产生打破了教育的时空限制,颠覆了传统大学课堂教学的方式,但在实践中也存在诸如受众面广、内容浅显以及师生缺乏交流沟通等问题。因此,美国哈佛大学以及我国清华大学、北京大学等高校采用了小规模限制性在线课程(Small Private Online Course, SPOC)形式,将优质的 MOOC 资源与课堂教学内容有机结合,应用于小规模的实体班级以提升教学质量[7-8]。

相比于理论教学,实验课程更加注重学生实践能力的培养,而传统的实验教学受到实验设备在管理、数量和场地等因素的制约,学生难以在实验室之外的其他空间完成实验操作。针对传统实验教学中存在的问题,2013 年国家教育部提出开展虚拟仿真实验教学中心建设的方案,利用虚拟现实等先进的网络通讯等技术,学生可在线上虚拟环境中完成实验操作,达到教学目的[9]。2015 年美国斯坦福大学的一个教学团队提出了"口袋"实验室理念,对电子电工类专业实验课程的实验设备进行升级,将功能浓缩到一块体积较小的开发板上,便于随身携带,学生可以随时随地完成课程实验内容或自主进行项目研发,打破了实验室的时空限制,打造出一个课内外一体化的自主学习平台[10-11]。

随着在线教育平台的发展和传统实验教学模式的不断改革,线上与线下相结合的混合式实验教

收稿日期:2021-04-14;修回日期:2021-06-09
基金项目:教育部高等教育司 2019 年第二批产学合作协同育人项目(201902300001);北京邮电大学产教融合项目(2020C006)
第一作者:刘雯(1967—),女,博士,教授级高工,主要从事 ASIC 方面的教学以及无线传感网络、天地一体融合定位技术的研究工作,E-mail:liuwen@bupt.edu.cn

学模式成为了教学改革的新目标[12]。然而,通过大量的文献调研发现,线上线下相结合的实验课程目前存在以下问题:线上理论知识教学环节与线下实践操作环节之间衔接不完善;课程考核方式单一,忽视了线上与线下相结合的学习过程评价等[13-14]。针对上述问题,以北京邮电大学“ASIC 专业实验”课程为例,研究如何对课程进行合理设计,将线上与线下教学的优势互补,探索更为合理的教学模式,提高教学质量,为培养出更多满足集成电路行业需求的专业型人才,弥补国家集成电路行业的人才缺口奠定基础。课程依托爱课堂、腾讯会议等平台,建立课程学习资源库,并构建“课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论”的混合式教学模式。结果表明相比于传统的实验教学模式,混合式教学模式能有效提高教学质量。

1　实验教学现状分析

ASIC 是专用集成电路,是指为满足特定客户要求和特定电子系统的需要而设计、制造的集成电路。ASIC 实验课程是学习集成电路理论知识后开设的一门实践性课程,其内容涵盖了从电路建模、仿真、综合到半定制版图设计的 ASIC 设计全流程。该课程使学生在实践中深化理论知识的理解,起到了连接理论知识和实践操作的桥梁作用,是集成电路学科教学中必不可少的关键环节。为了有针对性地对现有教学模式进行改革,将从 ASIC 课程实验教学内容和考核方式两个方面对课程教学现状进行客观分析,并指出其存在的不足和未来改进的方向。

1.1　实验教学内容现状

ASIC 实验课程是电子、通信类专业的主要专业实验课,随着微电子领域集成电路技术的快速发展,电子设计技术也处于日新月异的变化过程中,设计手段不断更新,为使学生了解和掌握先进的电子设计工具,结合通信系统领域的发展,培养学生 ASIC 设计的基本能力。通过对该课程的学习,学生可以了解数字系统的构成,掌握电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)工具的使用方法,掌握完整的 ASIC 设计流程,掌握 Verilog 硬件描述语言的组合和时序电路的编程方法、状态机控制器电路的设计原理和编程技巧、存储器电路的设计,提高学生 ASIC 设计能力。该课程围绕设计一个 8 位 RSIC-CPU 展开教学,以 CPU 各功能模块进行电路建模和门级仿真为教学重点,对其中的状态控制模块进行逻辑综合,分析其时序、功耗和生成面积等信息,在保证门级电路后仿真功能正确之后,进行控制器的版图设计验证,其中理解电路综合级版图的物理意义是课程教学难点[15]。在目前的教学内容中,验证性实验所占比例较大,开放性设计实验内容较少,易使学生拘泥于课程框架内,难以激发学生的求知欲。此外,电路综合和版图设计阶段涉及 TCL 脚本语言,有一定的学习难度,缺少过渡环节,不利于学生实验能力的培养。

1.2　实验考核方式现状

目前的课程成绩评定由课堂出勤率、阶段性一对一实验考核情况和实验报告三部分构成。该实验中的所有实验完成后,学生需要在设计实现的 CPU 上进行功能验证,遍历 CPU 全部指令,功能验证通过视为完成全部实验。此外,学生需要提交实验报告,阐述实验原理、实验中遇到的问题及解决办法等。目前的成绩评定方式倾向于结果考核,缺乏有效的过程考核,难以考察学生对 ASIC 设计流程中重难点知识的掌握程度,导致考核评价不及时、不够客观,实验成绩难以体现学生的水平和能力。

2　混合式教学模式研究与设计

基于上述问题,提出并构建了“课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论”的混合式教学模式,将线下与线上的教学优势相结合,并引入讨论式教学,做到真正使学生成为学习的主体,有效提高了教学质量。

2.1　教学内容设计

新型教学方法的引入对传统教学方法和手段是一种改革和挑战,如何进行权衡和调整是教学改革面临的一大问题。教学方法和内容的设计应符合以实验为基础的特点,做到理论与实际紧密结合,充分考虑传统教学与新型教学方法的相互配合和灵活运用,更好地发展学生分析、综合、概括和判断的能力。基于以上基本要求,“ASIC 专业实验”课程摒弃了以往的灌输式教学方式,引入了讨论式教学环节,并采用目标驱动式教学方法,合理地权衡了传统教学与新型教学方式之间的关系,使学生真正成为学习的主体。教师布置课程任务,同时提出关键知识点,引导学生对任务进行分解;针对每一个子任务,学生需查阅文献进行调研和小组讨论,构建对重、难点知识的初步认知,确定任务技术路线,完成实验方案的设计,合作完成 CPU 的开发;最后由教师统一验收。基于线上线下混合教学模式的 ASIC 实验课程包含三个阶段,即构建课程

资源库阶段、讨论式教学阶段和总结拓展阶段。其中讨论式教学阶段的教学活动又分为三个环节，即“课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论”。具体教学安排流程如图 1 所示。

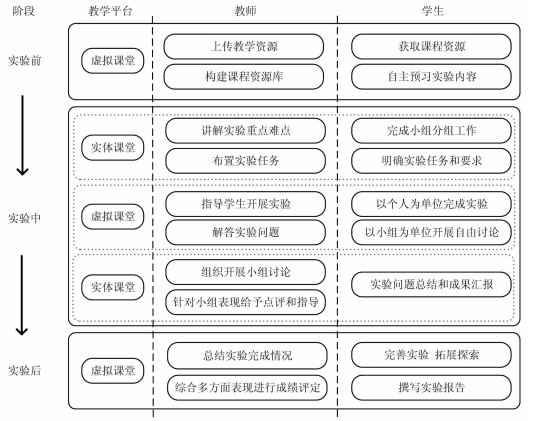


图 1 混合式教学设计

1）构建课程资源库阶段

在这一阶段，教师将整理好的课程资源，如教学课件、教学视频和相关的学习要求等上传至虚拟教学平台，并设立反馈板块，学生自主完成预习。学生登录虚拟教学平台后自行获取课程资源，按照要求完成预习工作，并将问题提交到反馈板块。教师对学生遇到的问题归纳总结，对学生课程的预习情况有一个初步的判断，有助于设计和调整下一阶段的教学内容和教学安排。

2）讨论式教学阶段

本课程加入了不同形式的讨论环节，将课程的探究过程延伸至课堂外，学生可以在课后借助网络平台以小组的形式进行问题的探讨学习，使学生参与实验教学的时间不再仅局限于课堂，调动了学习的积极性，同时提高了学生对知识的吸收率。讨论环节由课外自由讨论和课堂小组讨论汇报两部分构成。在课外自由讨论环节，各小组针对实验中遇到的问题进行交流探讨，通过与团队中其他同学合作的方式分析问题、解决问题，有利于激发不同思维的碰撞。在课堂小组讨论汇报环节，各小组推选一名成员对实验进行总结，内容包括但不限于实验结果及遇到的问题。课堂小组讨论汇报的特点在于集中和深入，而自由讨论的特点在于广泛，二者结合使课程的讨论环节更为立体化，内容更为丰富。然而，灵活的教学方法只是引导学生开阔思路和自主学习的手段，教师应采用讲授法和协作法来满足学生的需要并促成他们的个性化学习，帮助学生构建系统完整的知识体系。为了避免发生知识传授中的舍本逐末现象，教师根据学生的讨论情况动态调整授课计划，安排好理论授课、实践教学与讨论环节的教学时间。传统教学与新型教学方法的相互配合才能起到事半功倍的效果，真正调动起学生的学习兴趣，提高学习效率。以其中一项实验内容为例详细阐述讨论环节的设计，讨论式教学阶段包含三个环节，即“课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论”。课堂实验安排，教师针对教学内容进行实验分组和任务安排，学生明确实验任务；课外实验、自由讨论以学生自主实验和小组讨论问题为主，师生之间通过虚拟教学平台进行交流答疑；课堂小组讨论，小组间讨论并汇报学习成果和心得，教师给予指导和点评。

在课堂教学环节中，教师根据学生在虚拟教学平台的反馈情况，对实验重难点进行针对性地讲解，并明确实验任务。学生根据任务要求，以 10 个人为单位完成分组工作，并确定小组组长，投入到自主实验和自由讨论环节。

在课外自主实验和自由讨论环节中，学生自己熟悉 EDA 电子设计软件的使用方法，并查阅相关资料完成实验任务，并根据实验结果整理数据，对实验结果进行分析。该环节采用以小组为单位的互动探讨学习方式，进行实验问题的讨论与解决。教师在此环节中引导学生正视实验过程中出现的问题，并及时指出问题的痛点，引导学生自己分析问题、针对问题提出可行的解决办法、解决问题，从而培养学生向深层思维发展。最后，学生对实验结果及实验过程中遇到的问题进行收集整理，将问题撰写成报告或设计文稿，在课堂小组讨论环节与其他同学进行沟通和交流。

在课堂小组讨论环节中，各小组针对实验结果及实验过程中遇到的问题进行总结汇报，小组之间可借此开展交流，对实验内容进行深层次地讨论。教师将引导学生积极思考、发散思维，进一步了解学生对实验内容的掌握情况，并在最后对讨论情况进行分析和总结。

3）总结拓展阶段

实验后，学生需对实验内容进行整理归纳，将复杂的工程问题撰写成报告，并以作业的形式上传至虚拟教学平台。此外，学生可根据讨论环节的内容和教师的反馈，对尚未完全掌握的内容以及重难点进行巩固复习。如果发现新的问题，学生可自主研究探索，使学习过程在不断探索和内化的过程中得到延续。教师在实验后将查阅实验报告，综合多方面表现给予成绩评定。

2.2　考核方式设计

相比于传统的课程考核评价方式,基于线上线下混合教学模式的考核评价不再仅局限于实验完成情况和实验报告,还包括学生在课堂外的讨论环节中的参与度、贡献度和在课堂讨论环节中的个人表现等多个方面,成绩考核贯穿整个教学过程。这样的评价方式贯穿于整个教学过程,因此可以更真实地反映学生的学习效果,有利于激发学生的主观能动性,避免了学生轻过程重结果的思维导向,提高了教学评价的有效性,也有利于教师为后续的教学设计提供参考依据。具体成绩评定标准见表 1。

表 1　成绩评定标准

评价项目	评价内容	分数
考勤	考察学生课堂出勤情况	10
讨论环节表现	考察学生在线下和线上讨论环节的参与度和贡献度	30
实验完成情况	考察学生实验的完成情况、完成效果和理论掌握程度	30
实验报告	考察学生对实验结果的总结能力、撰写报告的规范性	20
实验拓展	考察学生发现问题、分析问题和解决问题的能力(加分项)	10

3　混合式教学模式实施效果分析

经过一个学期的课程开展测试,混合式教学模式得到了教师和学生的积极评价,引导了学生发挥主观能动性主动学习,为实验教学的改革提供了一个新的思路。

3.1　打破了时间和地域的限制

学生可以在任何时间、任何地点完成实验,有利于学生在个人最高效的时间段内学习、汲取知识,充分利用碎片化时间完成实验任务,小组成员之间也可借助互联网随时随地展开交流和探讨。

3.2　激发了学生的主观能动性

传统的教学模式中,很多学生对实验课程的重视程度不够,甚至会有个别学生在课程结束后还不了解实验原理的情况发生。加入了讨论环节的线上线下混合教学模式,调动了学生的主观能动性,引导学生遇到问题后从多角度分析问题,寻找正确的解决方案,形成正向激励,不断推动学生自主学习,从而加深学生对知识的理解。

3.3　提高了实验的参与度

在授课过程中加入讨论环节后,学生可以在线下自由讨论环节中通过相互协作和交流的方式分析问题、解决问题。学生的状态从被动吸收知识向主动探索知识转变,对知识的吸收率和掌握程度也相应提升。图 2 为讨论环节展示。

3.4　提高了教师的信息化教学水平

信息技术的迅速发展推动了线上授课平台的普及,对教师的信息素养提出了更高的要求,混合式教学也是提升教师信息化教学水平的机会。教师信息化教学水平的提高将成为推动信息技术与教学深度融合的助力,为提升人才培养质量奠定坚实基础。

4　结语

依托在线授课平台,线上线下混合教学模式的授课方式打破了时间、空间对课堂的限制,将讨论环节与实践环节完美融合,合理地权衡了传统教学与新型教学方式之间的关系,充分激发了学生的主观能动性,调动了学生参与实验的积极性,使学生真正成为学习的主体。实际教学实施效果表明“课堂教学 - 课外实验、自由讨论 - 课堂小组讨论”的混合式教学模式能有效提高实验课程的教学质量,得到了授课教师和学生的积极评价,为提升人才培养质量,培养更多满足集成电路行业需求的专业型人才,弥补国家集成电路行业的人才缺口打下了坚实的基础。同时,该教学模式也存在着一些局限性,如学生反映相比其他课程负担稍重,部分实验由于学习资源受限无法脱离实验室完成等问题。在今后的教学中,将优化教学模式,探索出更加成熟的教学模式,提高教学质量。



(a)课堂讨论参与人员



(b)课堂讨论演示文稿

图 2　讨论环节展示

参考文献

[1]俎云霄,侯宾,李巍海,等. MOOC 和基于 SPOC 的翻转课堂教学[J]. 电气电子教学学报,2016,38(1):5-8.

[2]周晓晶,常兴国,彭维锋,等. 工程类慕课建设与应用模式研究[J]. 电气电子教学学报,2020,42(6):6-9.

[3]刘艳,江冰,朱昌平,等. 本科实验课程翻转课堂教学设计与实践[J]. 实验室研究与探索,2016,35(4):201-204,227.

[4]朱桂萍. 翻转课堂的教学设计[J]. 电气电子教学学报,2017,39(4):8-11.

[5]姚婉清,彭梦侠,曾育才,等. 基于移动终端的混合式学习实践探索——以高校实验课程为例[J]. 大学教育,2020(4):100-102.

[6]吴晓雪,何东钢,李响,等. "互联网+实验教学"的线上线下混合教学模式研究[J]. 高教学刊,2018(9):115-117.

[7]叶朝辉,华成英,张利伟,等. 基于 FPGA 的 SOPC 电子系统设计实验研究[J]. 实验技术与管理,2018,35(3):161-164.

[8]曾明星,李桂平,周清平,等. 从 MOOC 到 SPOC:一种深度学习模式建构[J]. 中国电化教育,2015,(11):28-34,53.

[9]李平,毛昌杰,徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索,2013,32(11):5-8.

[10]王嵘,张元树,杨富琴,等. 基于 FPGA 的数字电路"口袋实验室"设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(3):107-111,115.

[11]张景璐,徐海阳,于海波. 美国基于"口袋"实验室的实验教学及启示[J]. 物理教学探讨,2016,34(9):36-40.

[12]孙盾,李天健,邓高峰,等. "电路原理"线上线下混合式教学初探[J]. 电气电子教学学报,2020,42(3):96-99.

[13]吴霞. 实验课程线上线下相结合的教学模式设计与实践[J]. 实验室研究与探索,2019,38(5):173-176,199.

[14]陈玲玲. 线上线下混合式教学中学习评价机制探讨[J]. 科教文汇(上旬刊),2020(12):65-66.

[15]刘雯,路卫军,韩可. ASIC 设计理论与实践——RTL 验证、综合与版图设计[M]. 北京:人民邮电出版社.