



基于数字电路的线上实验教学模式探索

刘洁怡, 许 辉, 李 翔, 周佳社, 任爱锋

(西安电子科技大学 电子工程学院, 西安 710071)

摘要: 数字电路实验是理工科高等院校的基础实验课程, 现有实验箱授课方式时空不够灵活, 虚拟仿真实验授课方式无法还原真实实验操作, 两者均不能满足学生的课程学习需求。针对以上问题, 该文构建了基于实际硬件电路的远程在线实验教学平台, 通过互联网保证学生能随时随地在真实的硬件电路上进行实验操作。设计多层次多类型的实验教学内容和利用线上数字化教学资源, 构建远程数字电路课程的实验教学体系, 使在线实验教学与线下实验教学在实验设计、操作方法、测试步骤等方面实质等效, 提升了实验教学效果。

关键词: 数字电路; 线上实验; 教学资源建设; 课程建设

中图分类号: G482

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230415

Exploration on Teaching Mode of Online Experimental Based on Digital Circuits

LIU Jieyi, XU Hui, LI Xiang, ZHOU Jiashe, REN Aifeng

(School of Electronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Digital circuit experiment is a fundamental experimental course in science and engineering colleges. Existing teaching methods of experimental box are not flexible enough in time and space, and virtual simulation experiment cannot restore the real experiment operation, both of which can not meet the needs of students' course learning. In response to the above problems, a remote online experimental teaching platform based on actual hardware circuits has been built. By using the internet, students can operate real hardware circuit experiments at any place and any time. Multi-level and multi-type experimental teaching content and online digital teaching resources are designed to construct an experimental teaching system for remote digital circuit courses. The online experimental teaching achieves substantial equivalence with offline experimental teaching in the experimental design, operation methods, testing steps and other aspects, improving the effectiveness of experimental teaching.

Key words: digital circuit; online experiment; teaching resources construction; course construction

数字电路实验是高校电子信息、计算机等电类专业必修的基础实验课程, 是培养学生实践能力、知识理解能力、错误分析能力、问题解决能力和团队协作能力的重要环节^[1]。然而, 线下实验教学需要高成本的仪器设备, 现有课程均是安排多名学生在统一的时间、使用标准化的实验箱完成验证性教学内容, 影响了学生实验时间的灵活性, 增加了实验室管理老师的时间和人力成本^[2]。此外, 实验箱教学模式固定, 无法开设具有综合性、创新性和挑战度的实验内容^[3-4]。

为解决这些问题, 近年来, 一些虚拟实验

平台逐步应用于工科实验教学中, 为研究者提供了更便捷、安全和可复制的实验条件。虚拟实验平台成本较低, 学生可自由选择实验时间和实验环境, 增加了针对理论知识实验验证的便捷性, 也为学生提供更多自主学习的机会^[5-6]。然而虚拟实验是利用软件仿真出的实验环境, 实验场景受限且无法还原真实实验操作, 学生缺乏交互性, 不具备动手能力的训练, 也不存在意外状况来培养学生的问题处理能力。因此虚拟实验可以作为一种辅助工具, 但不能完全替代真实硬件实验平台。

收稿日期: 2023-09-08; 修回日期: 2024-01-25

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(220802455240156); 西安电子科技大学教育教学改革研究项目(C21042)。

作者简介: 刘洁怡(1991-), 女, 博士, 副教授, 主要从事电路系统、人工智能技术方面的研究。E-mail:

jjeyiliu@xidian.edu.cn

为顺应当前在线实验教育的发展趋势,给学生提供更方便、灵活的学习方式,西安电子科技大学电工电子实验教学中心建设了远程在线实验教学平台,设计基于实际硬件电路的教学方法,通过互联网进行操作,保证学生随时随地都能在真实的硬件电路进行实验操作^[7]。这种全新的实验教学新模式解决了传统实验教学受地点和时间制约的问题,有效提高了学生的学习效率。

该在线实验平台有机融合了多层次、多类型的实验教学内容和线上数字化教学资源,构建了远程数字电路课程的实验教学新方法^[8-11]。实验内容不仅有基础实验,还有拓展实验和综合实验,教学要点均为数字电路理论课程的重难点知识。数字化教学资源平台包含实验指导书、实验视频、实验报告等内容,这些资源能够帮助学生更好地理解 and 掌握数字电路的知识,学生根据指导视频实现自主化的实验操作。通过该教学方式,

可以达到在线实验教学与线下实验教学实质等效,保证学生从以往被动学习知识转变为主动获取知识,使实验课程中的教与学变得更加灵活自由,提升了实验教学效果。

1 在线实验平台与环境建设

在线实验平台的硬件环境是实验教学体系的基础,依托南京润众科技有限公司的实验设备,西安电子科技大学电工电子实验教学中心搭建了基于实际硬件电路的实验平台,如图1所示。该平台采用3U标准机箱式结构,客户端学生的实验项目均有实际硬件电路相对应,平台使用中没有任何模拟仿真软件,学生可通过局域网或互联网远程访问硬件设备,保证了真实的硬件电路搭建。该在线实验平台实现了硬件资源动态分配,可满足40个学生同时进行实验,并且可以在任意时刻进行实验操作。

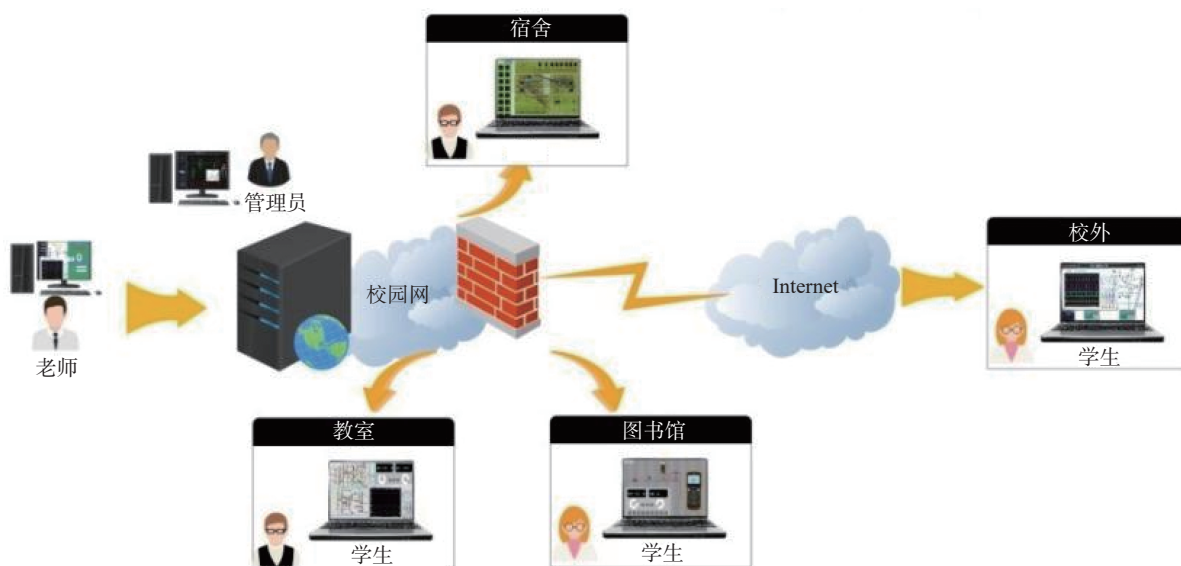


图1 在线实验平台系统结构图

平台使用中没有任何模拟仿真软件,操作界面和真实实验箱高度相似,所用到的元器件尽量以实物化方式呈现,操作界面如图2所示。在使用时,实验系统在网管软件和操作平台的支持下,学生能在客户端浏览器上实时自由搭建和控制硬件电路,实验平台配置实验电路激励参数,可远程控制内置测试仪器,实时查看测试点真实电信号。

在线实验平台配置双踪通道示波器、8通道逻辑

分析仪、函数信号源、双路稳压电源、万用表等多种实测仪器显示界面,实验中用到的仪器仪表显示界面均与实际仪表保持一致的操作使用风格,仪器操作界面如图3所示。仪器上显示的实验测量结果均来自线下真实实验电路采集到的数据、波形结果。学生通过各种检测仪器既能测量真实电路的实际电信号,又能训练仪器操作,达到和线下实验设计、操作、测量各环节的实质等效。

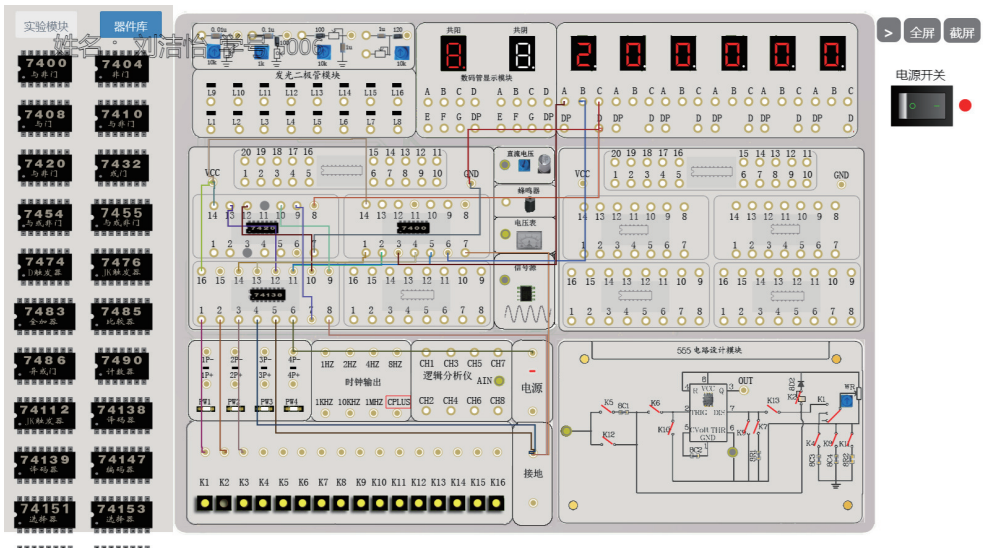


图 2 在线实验平台操作界面图

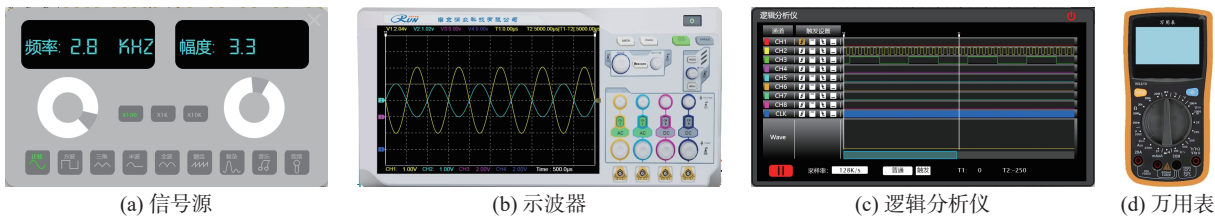


图 3 在线实验平台仪器检测界面图

2 在线网络管理系统建设

在线网管平台是配合在线实验设备而专门设计的实验管理系统，可对实验室线上实验设备的管理调用、实验预约、设备分配、课程内

容管理、实验报告、实验过程信息等进行综合管理。

所有的线上实验可以做到全部在 web 浏览器中完成，无需安装任何第三方软件。网络管理系统共分为以下 3 个部分，界面图如图 4 所示。



(a) 线上实验设备管理界面

图 4 网络管理系统界面图



(b) 线上实验用户管理界面



(c) 线上实验统计界面数据分析

图 4 (续)

1) 线上实验设备管理功能

线上实验设备可设置为用户自选或者系统自动分配等模式, 实验设备使用分配依据在线课程的预约和指定实验信息。管理员可管理设置线上设备的状态, 如空闲、占用、维护中, 也可强制接入对设备的控制管理。

2) 用户管理功能

管理系统可对接现有的教务管理系统, 按照现有的教务信息自动部署选课, 也可将用户文件批量导入系统, 做到高效管理接入。

3) 实验统计功能

支持多种维度的实验数据统计, 如实验课程、实验日活量、实验项目、实验用户数。

3 多层次实验教学内容建设

数字电路实验是通过在线实验平台, 基于理论课程的重难点内容来设置实验内容。课程内容包含电子仪器的使用、组合逻辑器件相关应用、时序器件相关应用 3 个有代表性的实验方向, 具体的实验教学安排如表 1 所示。

表 1 实验教学安排表

实验项目	实验名称	实验类型	教学内容
引入实验	实验平台与操作介绍	基础实验	1)讲解万用表、三路稳压电源、函数信号发生器、双踪示波器的工作原理、主要技术性能及面板上各旋钮的功能; 2)通过让学生动手操作,学会仪器的正确使用方式
实验1	组合逻辑研究(一)	基础实验	1)掌握SSI门电路设计三变量多数表决器电路; 2)掌握SSI门电路设计一个一位全加器电路; 3)掌握74LS283实现四位加法; 4)掌握74LS148和74LS248、数码管实现编码、译码、显示电路; 5)掌握74LS283和74LS85实现5421BCD码到8421BCD码的转换电路
实验2	组合逻辑研究(二)	基础实验	1)掌握3-8译码器实现三变量多数表决器电路; 2)掌握3-8译码器实现函数表达式; 3)掌握8选1数据选择器实现函数表达式; 4)掌握3-8译码器实现数字显示报警电路
实验3	集成触发器	基础实验+拓展实验	1)掌握D触发器实现四进制异步减法计数器; 2)掌握JK触发器实现四进制同步加法计数器; 3)掌握触发器设计广告流水灯电路; 4)掌握触发器和门电路实现三相脉冲信号源电路
实验4	计数器及其应用研究实验	基础实验+拓展实验	1)掌握四位二进制计数器74LS161设计模7加法计数器,用两种方法实现; 2)掌握四位二进制计数器74LS161设计模50计数器,用两种方法实现
实验5	移位寄存器及其应用研究实验	基础实验+拓展实验	1)掌握四位双向移位寄存器74LS194与门电路构成具有自启动特性的环形计数器; 2)掌握四位双向移位寄存器74LS194与门电路构成具有自启动特性的扭环形计数器
实验6	序列码发生器及其应用实验	拓展实验+综合实验	1)掌握计数器和8选1数据选择器实现序列码产生器电路; 2)掌握四位双向移位寄存器74LS194设计反馈移位型序列码产生器; 3)掌握双向移位寄存器74LS194、计数器74LS161和门电路设计简单四路彩灯系统

以上实验项目覆盖了大部分数字电路课程的知识要点,以逻辑器件为基础,学习小规模集成电路器件(SSI)和中规模集成电路器件(MSI)的使用方法;以各类触发器、计数器、寄存器为拓展,学习元器件的级联;以设计性实验为导向,锻炼学生解决综合问题的工程能力。

4 数字化教学资源建设

为提高远程在线真实实验效果及教学质量,在学习平台上,需建设远程在线实验课程相

关资源,包括操作指南、实验指导书、讲解视频、实验报告要求及格式等,具体呈现形式如图5所示。

学生无需等待统一的上课时间,只要在线实验平台有空余设备,便可以利用课余的碎片化时间进行自主线上实验操作,对比理论数据,完成实验分析。同时,教师可以通过交流软件为学生提供全天候的讲解服务,保障实验实践教学正常进行。这不仅方便了学生进行远程在线实验,也确保了实验教学质量。



(a) 课程整体安排目录

图 5 实验课程线上资源

3) 节约资源和成本

传统的实验教学需要投入大量的实验室设备、材料和人力资源,学生可能因为操作不熟练,过度消耗实验材料。而在线实验教学通过网页操作实验室硬件设备,当发生因错误连接而导致的短路等现象,实验设备可自动断电并予以提示,避免了资源浪费,也降低了实验室的维护成本。

4) 提升创新思维

传统实验教学由于元器件和时间固定,难以保证师生进行实验拓展需求。在线实验教学鼓励教师和学生创新,面对同一问题,在线实验平台提供多样化的实验思路,激发学生的学习兴趣。学生通过验证不同的设计方案,培养创新思维能力。同时在线实验教学平台提供实时反馈和个性化指导,帮助学生及时纠正错误,提高学习效果。

6 结束语

该文介绍了基于实际硬件电路的远程在线实验教学平台,通过互联网达成了学生能随时随地进行真实硬件电路实验操作的目标,极大地提升了实验教学的灵活性和自由度。基于此平台设计了多层次、多类型的实验教学内容和线上数字化教学资源,为学生提供了更为丰富和个性化的学习选择,有助于提升实验教学效果。平台实现了在线实验教学与线下实验教学的实质等效,对于促进教育资源的均衡分布、解决地域限制等问题具有重要意义。

然而,尽管该平台在多个方面具有显著的优势,但也存在一些不足。例如,远程实验操作可能受到网络稳定性和设备性能的影响,导致实验过程中出现延迟或中断等问题。此外,由于无法直接面对面交流,师生之间的实时互动和沟通也可能受到一定的限制。针对以上不足,未来的研究工作可以从以下 3 个方面展开:

1) 进一步优化平台的网络架构和设备性能,提高实验操作的稳定性和可靠性;

2) 加强师生之间的在线交流和互动,利用虚拟现实、增强现实等先进技术,构建更加逼真的实验环境和场景;

3) 继续丰富和完善实验教学内容和数字化教

学资源,以满足不同学生的学习需求和兴趣。

通过这些努力,远程在线实验教学平台将能够更好地服务于广大师生,推动实验教学模式的创新和发展。

参考文献

- [1] 吴亚琼,韩雪岩,曹晰,等.基于“雨课堂+雷实验”的实验教学改革模式研究:以“电子技术实验课程”为例[J].现代教育技术,2019,29(6):109-114.
- [2] 刘刚,郭漪,肖嵩,等.混合式教学在“信息论与编码理论”中的探索[J].电气电子教学学报,2020,42(6):106-109.
- [3] 董庆华,郭广生.混合式学习环境下合作学习模型的结构及实证研究[J].高等工程教育研究,2020(6):176-181.
- [4] 熊光明,龚建伟,陈慧岩,等.以慕课和实验项目驱动的智能车辆课程混合式教学实践[J].实验技术与管理,2021,38(1):184-186.
- [5] 吴屏,杨静,姜倩倩,等.虚实结合的电路实验教学建设与实践[J].电气电子教学学报,2021,43(2):148-152.
- [6] 曾勇.后疫情时代我国新工科教育发展的机遇、挑战及应对[J].高等工程教育研究,2020(6):1-5.
- [7] 魏心波,刘德弟,郑建洲,等.新冠疫情期间大学物理实验线上教学:在大连民族大学的实践与探索[J].大学物理实验,2020,33(6):108-110.
- [8] 胡秋月,胡宗举.电子技术类课程线上实验教学模式探索[J].无线互联科技,2021,18(13):138-139.
- [9] 李辉勇,牛建伟,豆渊博,等.基于3D可视的嵌入式系统Web在线仿真实验平台设计与实现[J].实验技术与管理,2021,38(9):256-261.
- [10] 徐海玲,葛世伦,魏晓卓.虚拟学习情境下MOOC学习中知识转移绩效影响因素研究[J].高校教育管理,2020,14(4):61-72.
- [11] 孙慧然,应红霞,王红梅.基于云在线平台的智慧实验教学改革与实践[J].计算机时代,2021(8):130-132.
- [12] 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.
- [13] 马超,曾红,王宏祥.线上线下混合实验教学模式研究[J].实验室研究与探索,2019,38(5):185-189.
- [14] 顾荣,殷瀚,王肇康,等.大数据在线实训平台及综合实验课程体系设计[J].实验技术与管理,2021,38(7):201-207.
- [15] 贾文军,郭玉婷,赵泽宁.大学生在线学习体验的聚类分析研究[J].中国高教研究,2020(4):23-27.

编辑 王燕