



渐进阶梯式电子线路 CAD 实践课程改革

吴兴强, 王丹, 高聿, 席治俊, 牛晓龙

(汉口学院 电子信息工程学院, 武汉 430212)

摘要: 该文以汉口学院电子信息工程学院的电子线路 CAD 实践教学课程改革为例, 介绍了近年来学院相关专业以提升学生创新实践能力为引领, 采用渐进阶梯式方法对电子线路 CAD 课程的实践教学部分进行 6 大教学阶段和 4 大实践环节划分的举措。各阶段和环节之间渐进提升, 在不断满足学生成就感的基础上激发学生向下一阶段探索的内生驱动力, 在提高学生实践能力的同时, 培养了学生的项目意识、团队意识以及独立思考、分析和解决问题等多方面能力。实践表明, 该课程改革在提升实践教学质量上是一次成功尝试, 有效提高了人才培养质量。

关键词: 电子线路 CAD; 实践教学; 项目驱动; 实践能力

中图分类号: G420

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230505

Design of the Progressive Staged Electronic Circuit CAD Practice Course

WU Xingqiang, WANG Dan, GAO Song, XI Zhijun, NIU Xiaolong

(School of Electronic Information Engineering, Hankou University, Wuhan 430212, China)

Abstract: This article takes the reform of the practical teaching of electronic circuit computer aided design (CAD) in the School of Electronic Information Engineering at Hankou University as an example and introduces that the related majors in the university have adopted a progressive step-by-step method to divide the practical teaching part of the electronic circuit CAD course into six stages and four processes. With gradual improvement between each stage, this method improves students' innovative and practical abilities. By constantly satisfying students' sense of achievement and stimulating their intrinsic motivation to explore the next stage, it not only improves their practical ability, but also cultivates their project awareness, team awareness, as well as multidimensional abilities such as independent thinking, analysis, and problem-solving. The practice demonstrates that this curriculum reform is a successful attempt to improve the quality of practical teaching and effectively enhance the quality of talent cultivation.

Key words: electronic circuit CAD; practical teaching; project-driven; practical ability

2015 年, 国务院办公厅印发了《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》, 指出要推进教学、科研、实践紧密结合, 突破人才培养薄弱环节; 2017 年, 国务院办公厅出台了《关于深化产教融合的若干意见》, 强调要强化实践教学, 完善以应用型人才为主的培养体系; 2020 年, 中共中央国务院印发了《深化新时代教育评价改革总体方案》, 明确提出探索建立应用型本科评价标准, 突出培养相应专业能力和实践能力; 2022 年, 教育部、国家发展改革委、财政部

发布了《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》, 提出建立以提高实践能力为引领的人才培养流程。从国家颁布的这些文件中可以看出, 提高学生实践能力已成为高校, 尤其是应用型高校必须实现的人才培养目标。汉口学院的电子线路 CAD 课程是为电子信息工程、电气工程及自动化、通信工程 3 个专业开设的专业选修课, 是这 3 个专业数模电、传感器、单片机原理等课程的后续课程, 单片机系统设计、数字信号处理等课程的前置课程。该课程可以有效提

收稿日期: 2023-10-28; 修回日期: 2024-04-17

基金项目: 湖北省教育厅 2021 年度科研计划项目(B2021568); 汉口学院 2022 年校级教学研究项目(委托项目)(2022JY44); 汉口学院 2022 年校级课堂教学改革建设项目(2022KG13)。

作者简介: 吴兴强(1981-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事嵌入式及智能控制方面的教学和研究。E-mail: 4501153@qq.com

高学生对电子线路基本知识的理解,实现电子元器件、电子系统由理论到实物的认知转变,培养学生技术实践能力,既能有效促进理论知识消化融合,也能提升学生的就业能力^[1-5]。

1 实践课程设计原则

1.1 传统电子线路CAD教学存在的问题

传统课程教学通常存在以下3方面的问题:

1) 课程设计采取先原理图后印制电路板(printed circuit board, PCB)的组织方式,学生在前半段学习时都接触不到课程核心内容(PCB设计)的弊端;

2) 实践过程更倾向于验证性实验,缺少设计性实验,学生更多是按照教材或实验指导书实例进行“依葫芦画瓢”的机械操作,致使注重实践性和应用性的实验课成为相对枯燥的理论课附属

品,整个实践环节缺乏设计锻炼,不能培养学生独立思考、分析和解决问题的能力;

3) 考核通常以上机考试与个人实验报告加权计算分数作为考评依据,导致学生更加注重考试结果而忽视训练过程,未能引入虚拟岗位背景,给予学生一定的项目压力与利益驱动,不能激发学生主动作为与克服困难的自主性,无法培养学生的项目概念和团队协作意识^[6-9]。

1.2 渐进阶梯式实践教学设计

本课程从理论教学到实践提升的不同阶段,通过设计阶梯式实践教学环节,将整个教学划分为6大阶段,各阶段教学内容、目的及开展形式如表1所示。其中教学实践包含了验证实践、设计实践、创新实践及竞赛实践4个环节,经过层层渐进、环环相扣的教学设计催化,使学生由被动的模仿式学习转变为主动的创新性实践,收到良好的实践效果^[10-12]。

表1 电子线路CAD渐进阶梯式实践教学设计具体安排表

教学阶段	教学内容	教学目的	开展形式
共同教学	EDA入门、原理图绘制	通过理论讲解让所有学生了解EDA软件基本操作及掌握原理图绘制方法	理论讲解、上机实验
分组教学	PCB绘制及PCB打样途径	通过分组,让部分学生先期通过讲授及自学掌握PCB绘制,搜集网络平台制板打样信息并汇总讲解	翻转课堂、同组互助
实践入门 (验证实践)	完成个人PCB实物样板	通过实例讲解及个人绘制,下单网络平台制板打样,将实物PCB板作业提交	平台下单、实物提交
项目复刻 (设计实践)	可调直流电源项目复刻	通过将开源项目电路原理图及PCB图绘制制板后,焊接电子元件,完成实物成品制作	PCB自绘、元件焊接
自研设计 (创新实践)	设计制作一个带MCU的电子作品	通过团队分工协作,设计制作基于单片机8051或STM32的电子系统,有相应的输入输出设备,需要编写一定的单片机程序	团队协作、软硬兼施
学科竞赛 (竞赛实践)	参与蓝桥杯电子类EDA组比赛	通过强化训练,进一步熟悉国产EDA软件,并积极参与蓝桥杯电子类EDA设计比赛,同时可参加智能车竞赛、电子设计竞赛等	学赛结合、相得益彰

2 实践教学实施

2.1 共同教学

在课程教学初始阶段,对所有学生进行同步教学,让学生掌握基本的原理图及PCB图绘制方法。这一阶段,可以尽量缩短课时,使学生在较短时间内掌握由绘制原理图到PCB图的基本技能,而元件及封装绘制、设计规则等高阶操作可以不作前期要求,目的是让所有学生尽快接触到电子线路CAD的核心内容,形成对电子线路CAD课程的整体概要认识。

2.2 分组教学

通过第一阶段学习及上机实验,可以根据课堂及实验表现选出班级中接受能力及自主学习能力较强的学生授予自学任务,选取人数宜取班级总人数的1/4或1/3。学生3~4人为一组,主要对当前互联网中市占率较大的几家PCB制板打样平台(嘉立创、华秋电路、捷配PCB、捷多邦PCB等)进行学习了解,重点掌握各平台制板工艺、周期、EDA、DFM软件及免费打样政策等,同时按制板平台数量对学生进行分组,结合所负责了解的制板平台完成概况介绍PPT,并每组推选1人

以翻转课堂形式向全班学生进行某制板平台打样流程及注意事项介绍。课后，班级其他学生进行制板平台 PCB 打样操作，利用个人 PC 进行实践练习，前期自学学生可作为各组互助小教师予以跟踪指导。

2.3 实践入门

通过第二阶段的制板平台实践练习，每名学生都按照流程完成一份 PCB 样板作为实践作业提交，同时进一步熟悉“原理图绘制—导出网络表—PCB 图布局及布线—制板平台下单打样—收货交板”的完整流程，初次实现“理论—上机实验—PCB 打板实践”的全部体验，建立对 PCB 制板由理论到实践的完整认知，同时了解熟悉 PCB 制板过程中的有关工艺参数、相关流程、基板材料、封装、焊油、钢网、表面组装技术 (surface mount technology, SMT) 贴片等生产实践相关内容。

2.4 项目复刻

结合学生学习和实践基础，选择自购元件散件或全套套件形式进行开源项目复刻实践制作。

该环节主要进行可调直流电源项目的复刻，该项目难易程度适中，具有输入输出接入和数码管显示，且成品可作为后续电子制作的电源重复利用。项目实施要求自绘自制 PCB 板，让学生进一步熟悉双层 PCB 板绘制及制作方式，复刻项目原理图及 PCB 板 3D 仿真图如图 1 和图 2 所示。同时，学生利用学校电工电子实验室将项目套件中的元件焊接到自制 PCB 上，调试好可调电源实物成品，可提升学生学习动力，建立学生学习的成就感。在此过程中，能让学生对元件封装有更深入的理解，学会如何自己绘制元件封装，及绘制元件封装时需利用的测量工具和注意的细节，总结出针对已有元件绘制封装，及依据封装来选购元件的区别。同时，复刻项目让学生更快、更轻松入门的同时，还可教会学生利用 Multisim 仿真软件对项目原理图进行仿真，复刻项目 Multisim 输出电压波形仿真如图 3 所示，并鼓励学习能力强的学生利用所学模数电知识对原理图进行适当调整优化，如增加防反接保护电路、USB 电压输出接口、电流及功率显示等^[11-12]。

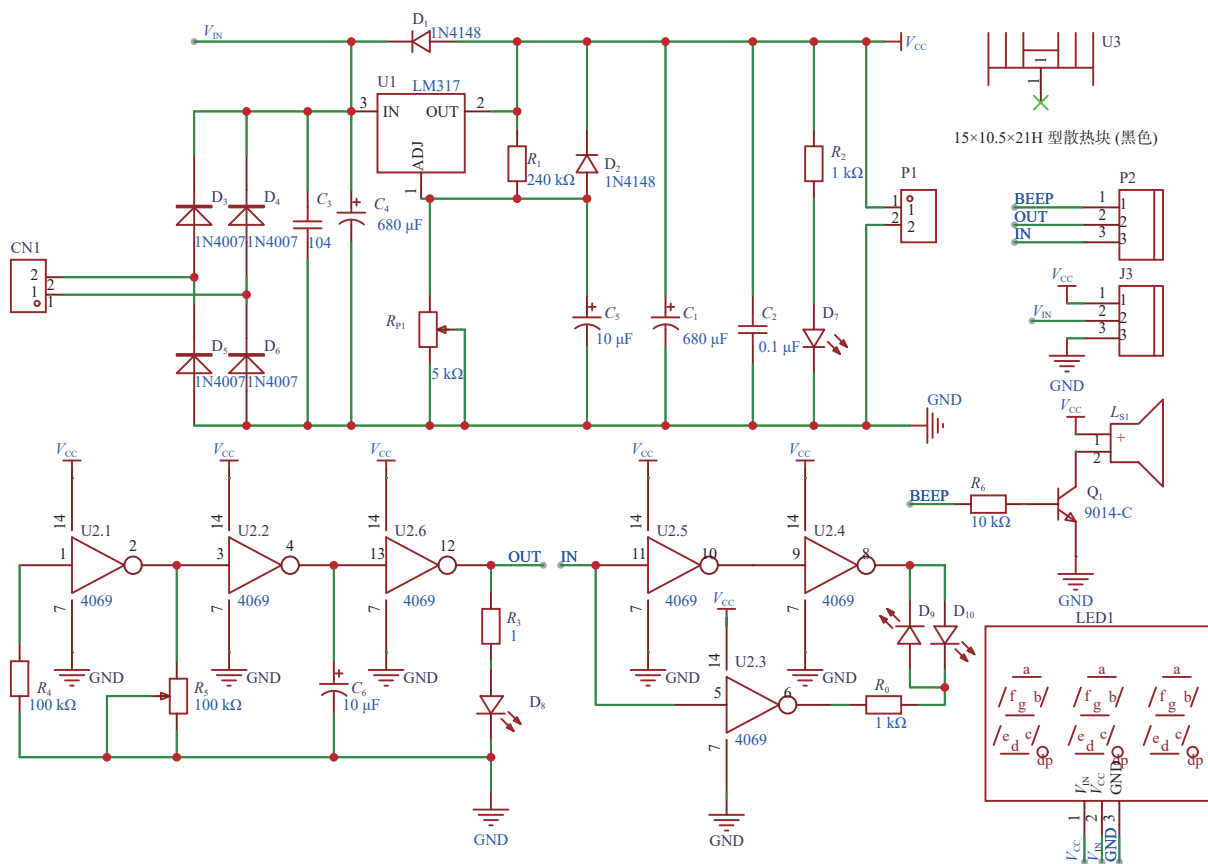


图 1 复刻项目直流可调电源电路原理图

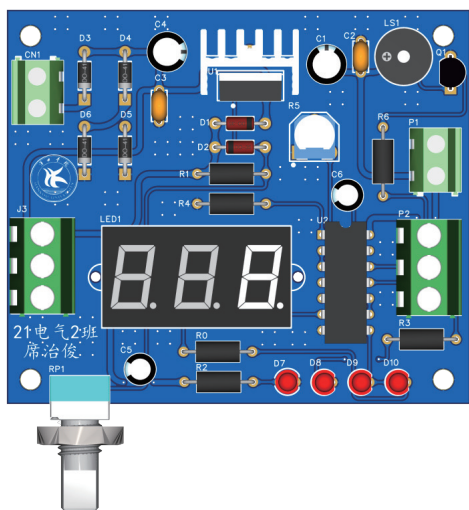


图2 复刻项目直流可调电源 PCB 板 3D 仿真视图

2.5 自研设计

通过前4个阶段, 学生已在 PCB 绘制及元件焊接上有了一定基础, 本阶段需要学生利用已学数模电、传感器、单片机等相关知识自己设计一套电子作品, 原则上要求作品基于单片机 8051 或 STM32 等完成, 有相应的输入输出单元, 需要编写简单单片机程序^[13], 部分学生的设计作品如图4所示。

通过分组完成自研项目后, 各组进一步学会利用图片、视频、PPT、现场演示、口头讲解等方式对本组作品进行功能宣讲及应用推介, 这对学生口头表达和产品宣传能力都是较好的锻炼。本课程实践教学改革自主设计阶段项目评比结果如图5所示, 参赛团队均受到一定物质及精神奖励。

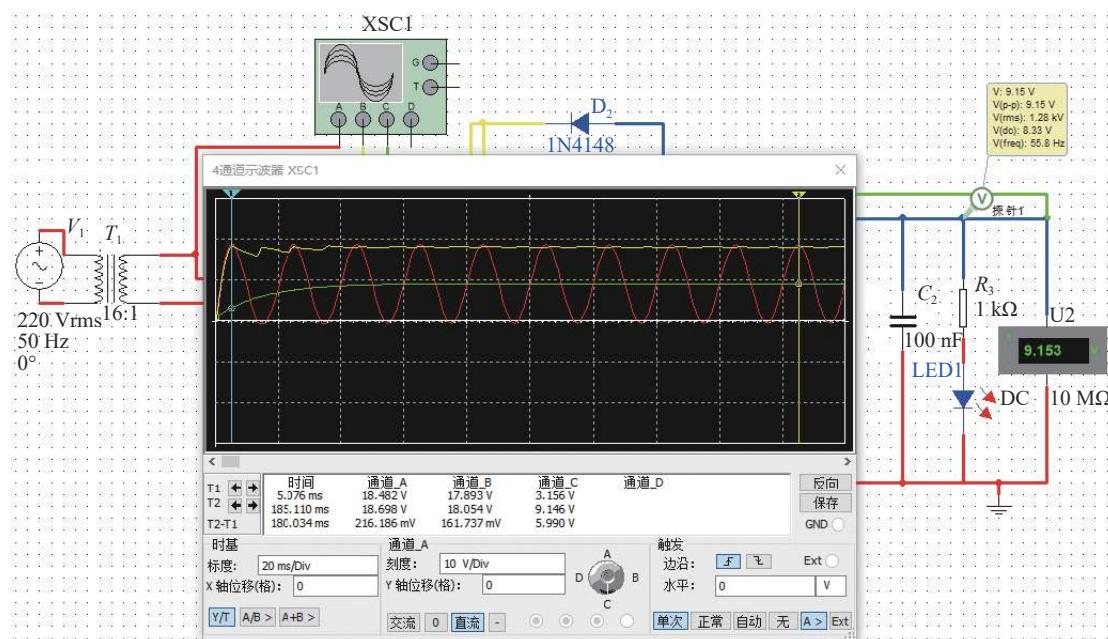
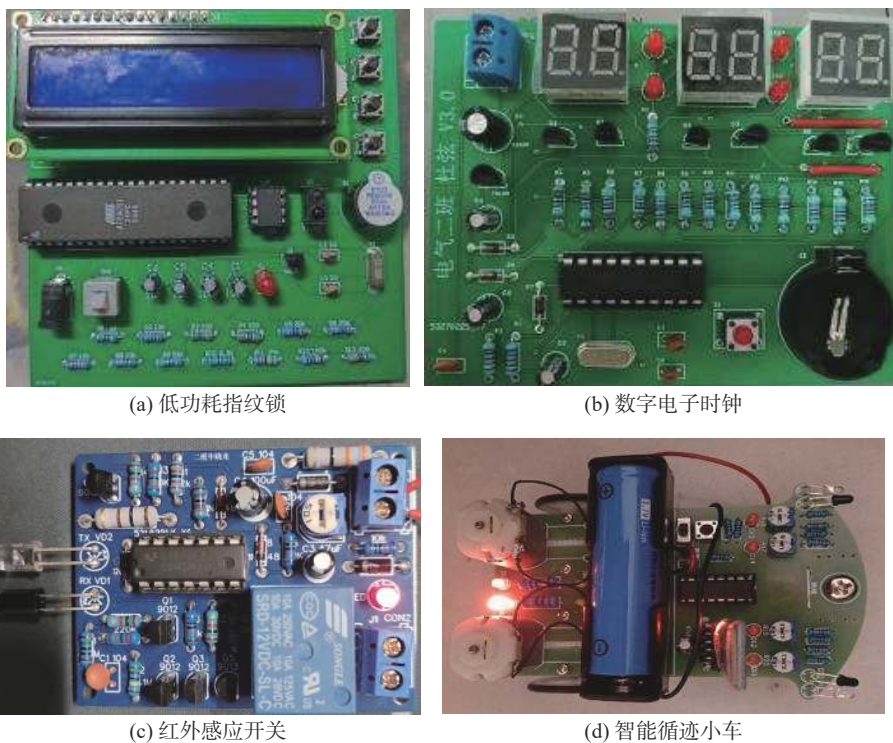


图3 复刻项目直流可调电源 Multisim 仿真输出电压波形图

2.6 学科竞赛

电子线路 CAD 课程一般设置在大二上学期秋季开设, 课程结束后第二年春季可衔接参加蓝桥杯 EDA 组比赛, 在学赛衔接上有较好的接续性, 既可保证参赛成绩, 又可更大程度巩固和提升学习效果。除此之外, 电子类专业的学科竞赛有大学生电子设计竞赛、智能车竞赛等, 这些学科竞赛对于电子线路课程涉及的知识考核也比较多, 需

要参赛学生有相对扎实的理论基础和较强的实践动手能力^[14-15]。虽然团队参赛的学生数量有限, 但参赛学生能够发挥榜样作用带动更多的学生, 形成共同提高理论、实践、创新等方面能力的集群效应。同时, 教师在带领学生备赛和参赛过程中也能总结平时课程教学过程中优点和不足, 从而做到电子线路 CAD 课程理论教学、实践教学和学生课外创新及竞赛活动有机结合、相互促进^[16]。



(a) 低功耗指纹锁

(b) 数字电子时钟

(c) 红外感应开关

(d) 智能循迹小车

图 4 部分学生自研设计作品



图 5 自研项目汇报演示评比结果

3 教学总结

3.1 注重基础，因材施教

在教学设计的整个过程中，做好基础普及的前提下，注重加强对学生个人学习能力和专业基础的及时掌握，适时根据学生能力进行适当的分组分阶梯教学。分组教学既要保证组内先进分子的引领性，也要注重维护后进学生的学习积极性；分阶梯教学既要设计学习阶段的层层渐进关系，又要能够根据授课对象的能力调整各阶梯内的相关授课内容。

3.2 鼓励思考，强调实践

渐进性阶梯式实践过程应把握各阶段目标难度高于大多数学生当前阶段能力，可以推动学生保持学习的兴趣和探究的动力，同时教师应鼓励学生的开放性思维，学习边界不局限于书本知识，可拓展同类 EDA 软件的绘图及仿真学习，勤于动手实践，利用自己完成的项目提升学习的成就感，激发学生深入学习的热情。

3.3 学赛结合，多措并举

由于课程实验教学的课时和条件受限，教师授课时要鼓励学生利用课余时间多参与校内外学

科竞赛,通过竞赛反向推动深入学习,强化学习效果;此外,学生还应以本课程作为基础,利用自学及学科竞赛为抓手,提前进入后续专业课程学习;同时,鼓励学生以项目化思维展开项目设计,利用 Multisim、Proteus、Quartus-II 等软件先期进行项目设计的仿真及论证。

3.4 全程考核,综合评价

课程最终考核摒弃以往考勤、实验及卷面加

权的传统课程评价方式,综合平时过程性评价与期末考核两个层面进行全程考核。平时过程性评价分个人实践与分组实践两种形式对6大教学阶段、3大实践环节(竞赛实践不参与课程结课考评)进行权重考评,同时为了激活分组实践中团队组长的领导力及团队组员的参与积极性,开展了自评、互评、师评的多角色评价方式。各环节考评权重及计算方式如表2所示。

表2 电子线路CAD综合考评权重统计表

平时过程性评价(60%)										期末考核(40%)
个人实践(35%)			分组实践(25%)							
上机实验8次	验证实践2次	复刻实践1次	翻转课堂1次		创新实践1次					
师评	师评	师评	自评	互评	师评	自评	互评	师评	师评	
10%	10%	15%	2%	5%	3%	3%	6%	6%	40%	

注:综合考评=平时过程性评价+期末考核成绩;互评=组长评分×60%+组员评分平均值×40%。

4 结束语

渐进阶梯式电子线路CAD实践教学相比于传统的实验教学设计体现了“以提高实践能力为引领”的人才培养指导思想。以强化学生项目意识为宗旨,激发学生自主学习、独立思考的自觉性和原生动力,勇于动手实践,不畏困难和失败,学会遇到问题—分析问题—解决问题的常规办法。通过渐进性阶梯式的实践环节设计,让学生渐进式提升个人实践能力,将大部分学生通常在毕业设计时才会接触到的实践环节提前,再以本课程获得的实践能力为基础,在后续的专业课学习过程中,也能不断利用项目和竞赛实践实现学习闭环,在理论与实践交织中不断提升,由此形成的正向循环激励将较大提升学校人才培养质量及学生个人就业竞争力。渐进阶梯式电子线路实践课程项目经过2年的实践教学证明,该课程改革可有效提升课程实验课时的利用率,大幅提升学生参与学科竞赛的积极性和竞赛成绩,在高校电子类相关专业具有一定的推广价值^[16-17]。

参考文献

- [1] 蔡坤,洪添胜,王卫星,等.“电子线路CAD”课程实验教学改革的实践[J].实验室研究与探索,2007,26(12):302-303.
- [2] 毛新宇,王志军.实验课研讨式教学实际问题探讨:以北京大学电子线路实验课为例[J].实验技术与管理,2015,32(2):32-35.
- [3] 宋瑾,林红.《电子线路CAD》课程教学改革与实践[J].中国电力教育,2019(11):74-75.

- [4] 司开波,杨亚东.《电子线路CAD》课程项目化教学改革探索[J].电脑知识与技术,2016,12(11):130-131.
- [5] 章伟.电子线路CAD教学改革探索[J].电子世界,2020(20):18-19.
- [6] 白雪梅,李哲,张晨洁,等.基于赛耶模型电子线路实验教学改革的探索[J].实验室研究与探索,2021,40(2):236-238.
- [7] 方天红,张升义.Proteus在“数字逻辑电路”课程项目驱动教学中的应用[J].实验室研究与探索,2014,33(4):195-197.
- [8] 周宇,潘佳辉,卢倩倩,等.电子线路CAD实验课程设计[J].实验室研究与探索,2017,36(2):239-243.
- [9] 王静,张宏伟.电子线路CAD课程改革[J].电子世界,2020(15):63-64.
- [10] 谢建宏.基于项目驱动的传感器原理课程教学改革研究[J].实验室研究与探索,2018,37(10):216-218.
- [11] 王卫兵,李萌,张建华,等.基于PCB工程师岗位要求的“电子CAD”课程设计[J].实验室研究与探索,2012,31(9):207-209.
- [12] 社会静,孙彦龙,郭得峰.可持续开发利用的PCB实践课程设计[J].实验室研究与探索,2017,36(7):214-219.
- [13] 江维,吴雨川,罗维平.电子线路CAD结合单片机教学的探索与实践[J].武汉轻工大学学报,2019,38(1):116-118.
- [14] 刘日龙.电子线路CAD课程项目驱动教学探索与实践[J].电子世界,2021(10):31-32.
- [15] 吴小进,王文成,刘云龙,等.电子线路CAD课程主动式实验教学方法[J].实验室研究与探索,2018,37(12):173-177.
- [16] 张荆沙,张洁,杨万华.基于学科竞赛驱动的大学生创新能力培养研究:以电子设计竞赛为例[J].公关世界,2022(20):62-63.
- [17] 梁丽.基于EDA技术的电子线路设计的改革与实践[J].实验技术与管理,2020,37(2):100-103.

编辑 王燕