新工科背景下模拟电子技术虚拟仿真实验教学模式探究

郑莲和，黄昊
江南大学集成电路学院，江苏 无锡 214401
DOI: 10.61369/TACS.2026080030

摘　　要： 新工科建设对应用型人才的工程实践、创新能力提出了更高要求，但在模拟电子技术实验教学中却一直面临着设备不足、模式固化、过程评价缺失等现实困境，成为影响学生综合能力发展的重要因素。本文在剖析传统实验教学深层次矛盾基础上，从虚拟仿真技术入手，创建理论、仿真、实物三者一体、分层递进的实验教学体系，建设包含新工科元素的模块化工程项目资源，推行课前虚境探学、课中虚实辨究、课后拓实创新的混合式教学流程，并由此打造数据驱动的多元动态评价体系，以此激发学生主体性和创新思维，为新工科背景下的电类基础课程实验改革赋予系统方案。

关 键 词： 新工科；模拟电子技术；虚拟仿真；实验教学模式；虚实结合

Research on Virtual Simulation Experimental Teaching Mode of Analog Electronic Technology Under the Background of Emerging Engineering Education

Zheng Lianhe, Huang Hao
School of Integrated Circuits, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214401

Abstract: The construction of emerging engineering education puts forward higher requirements for engineering practice and innovative capabilities of applied talents. However, the experimental teaching of analog electronic technology faces practical dilemmas including insufficient experimental equipment, rigid teaching mode and inadequate process evaluation, which restrict the development of students' comprehensive abilities. By analyzing deep-seated contradictions in traditional experimental teaching, this paper applies virtual simulation technology to construct a hierarchical and progressive experimental teaching system integrating theoretical teaching, virtual simulation and physical operation. It develops modular engineering project resources embedded with emerging engineering elements, and implements a blended teaching process consisting of pre-class virtual exploration, in-class virtual-physical verification and after-class practical innovation. Meanwhile, a data-driven multi-dimensional dynamic evaluation system is established to stimulate students' subjective initiative and innovative thinking. The research provides a systematic reform scheme for experimental teaching optimization of basic electronic courses under emerging engineering education.

Keywords: emerging engineering education; analog electronic technology; virtual simulation; experimental teaching mode; virtual-physical integration

引言

新工科建设正在推动工程教育由知识传授向能力培养变革，其着重关注学生解决复杂工程问题跨界整合能力和创新实践能力的培养。模拟电子技术是电子信息类专业的核心基础课程，其实验环节具有内化抽象理论、培养工程思维的作用，无法被其他课程所取代。但是传统实验教学一直存在硬件资源匮乏、课时不足、内容侧重于验证等问题，难以给学生提供足够的探究空间和试错机会，高阶思维培养匮乏。虚拟仿真技术凭借可逆操作、无限复现、安全高效等特点，为解决上述困境提供了新途径。在新工科理念引领下，职业院校应将虚拟仿真技术有机融入模电实验教学中，创建促进创新能力发展的新型教学模式。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

一、模拟电子技术实验教学面临的现实困境

（一）实验硬件资源与课时配置的双重瓶颈，个性化创新空间严重不足

模拟电子技术实验对仪器设备、元器件要求高，硬件条件成为影响教学效果的主要因素。就设备数量而言，部分高校模电实验室所配备的实验箱或者成套设备数量有限，却要面对三百人以上的学生人数，使得人均实际动手操作的时间大大缩减。从设备更新速度来说，传统模拟实验箱内部电路固定，元件参数不能随意调节，难以支持电路参数的扫描分析以及“假设—验证”探索式学习，与目前业界主流的可重构、模块化设计理念严重脱节[1]。就维护成本而言，电阻、电容、晶体管、集成运放等元件长期反复插拔，损耗率很高，实验室需要经常更换器件，由此不仅容易造成经费紧张，甚至还会影响学生的体验。

（二）教学模式固化与内容工程性缺失，学生主体性与高阶思维培养乏力

传统模电实验教学一直沿用“教师讲解演示、学生照图操作、课后提交报告”的线性过程。高度结构化的配方式实验模式使学生放弃主动思考，遇到故障就直接求助，而不是用理论分析进行排查。在此情况下引发的深层次的问题在于实验内容的工程性严重缺乏，具体表现为“三重三轻”，即重单一电路静态、动态指标测试，轻从系统需求出发的信号链路设计和参数权衡；重理想条件下理论值验证，轻考虑元器件离散性、温度漂移、寄生效应等非理想因素；重分立实验独立完成、轻跨单元、跨课程的系统集成[2]。

（三）实验安全风险与过程“黑箱化”并存，形成性评价体系难以落地

模拟电子技术实验包含交流电源、电烙铁焊接、高压电路等内容，虽然实验箱电压一般不高，但是误操作也会造成元件烧毁、设备损坏甚至人身伤害。在此安全风险下，学生普遍存在着“不敢错、错不起”的心理障碍，对于非书本推荐的电路进行尝试时会感到害怕，从而极大抑制了学生基于试错的创新意识[3]。教师为了防止事故发生，也更倾向于对学生实验行为进行限制，从而加强了按部就班的实验文化。在此背景下，实验过程的黑箱化成为更为隐蔽的问题。学生在实验过程中仅关注操作技能，却忽视了思维过程，比如对“如何判断故障、为什么选择某组参数、怎样通过微调波形作出推论”等内容缺乏深层思考[4]。教师在评价环节也仅能涉及表象，而不能追溯到学生整个调试链条上的每一个关键决策和认知曲折。

二、新工科背景下模拟电子技术虚拟仿真实验教学模式构建策略

（一）重构“理论－仿真－实物”三位一体、分层递进的实验教学架构

破解硬件资源和时空限制的根本办法就是把虚拟仿真平台当作联结理论认识和物理实践的桥梁，重新塑造实验教学的整体架构。该结构按照“基础验证—综合设计—创新探索”三个阶梯展开，每一层级均体现“先虚后实、虚实印证”的认知逻辑。

基础验证环节强调巩固理论、熟练操作仪器、掌握基本方法。教师可以利用 Multisim 等仿真平台，引导学生在课前搭建共射放大、差分对、有源滤波等典型电路，自由调节偏置电阻、信号频率和幅度，即时观察直流工作点、增益和波形畸变的变化，把抽象的小信号模型、饱和截止等概念形象化[5]。进入实验室之后，学生所面对的不再是陌生的电路，而是在虚拟环境中已经熟悉了的内容，实物操作时的认知负担大大减轻，可以更多的关注焊接、布局、干扰排查等实体工程技能。

综合设计环节从系统指标入手，强调对电路进行设计和权衡。教师可以发布设计任务，例如设计“带宽100Hz—10kHz、增益40dB 的心电信号前端放大器”，学生可以先用仿真软件完成结构选型、参数计算、多方案性能比较，用参数扫描、蒙特卡洛分析等方法把握元件容差对性能的影响，形成优化方案后再转入实体搭建[6]。

创新探索环节围绕跨学科系统集成与新工科主题展开，鼓励学生将模拟前端与微控制器、无线模块等组合，从而构建不同功能指向的微系统。同时也可以依托 Proteus 等支持混合仿真环境，实现软硬件协同验证。

（二）开发融合新工科元素的模块化、工程化虚拟仿真项目资源

新工科理念下，高校应抛弃单验证性的旧项目，创建包含模块化、工程化的虚拟仿真案例库。项目设计应遵循三个原则，即真实工程情境驱动、参数可配置与故障可注入以及跨学科融合。

以“智能温控风扇调速电路”为例，该项目需要用温度传感器、仪表放大器、比较器、功率驱动电路构成一个完整的闭环系统。学生在仿真环境中先理解热敏电阻的分压特性以及非线性补偿，然后设计差分放大电路提取微弱的温差信号，最后设置滞回比较器防止电机频繁启停[7]。项目包含模电核心单元，同时自然而然地把传感器选型、接口匹配以及简单控制逻辑融入实验环节，从而达到电路和系统相贯通的目的。

在资源建设方面，高校可以采用模块化结构，把基本单元如运放应用、滤波、振荡等做成独立的虚拟模块，师生可以根据自己的需要自由组合，使用不同模块搭建系统而满足不同的实验需求[8]。此外还应同步创建在线共建共享平台，吸纳企业工程案例并进行教学转化，保证教学内容同产业需求同步发展。

（三）实施“课前虚境探学—课中虚实辩究—课后拓实创新”的混合式教学流程

在新工科建设中，高校应将虚拟仿真技术引入教学的全部环节中，创建三阶段递进闭环，冲破传统课堂束缚，重新塑造师生的教学行为。

课前“虚境探学”阶段，教师可以在平台上发布基础仿真的任务和微课视频。任务以问题为引导，例如“改变偏置电阻，静态工作点会怎样移动？何时会出现波形的饱和失真？”等，学生可以自主搭建虚拟电路、调节参数、观察波形并回答引导性问题，平台则会把操作日志和耗时记录。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

课中“虚实辩究”阶段，教师可以在实体实验室组织学生思辨活动。首先，应围绕共性问题进行简短讨论，然后学生分成小组进行虚实结合的探究。比如一组成员搭建实体实验箱的基本放大电路，另一组在仿真环境中同步仿真并用虚拟仪器测量，两者的波形实时对比，从而研究分布电容、接地不良等非理想因素的影响[9]。教师在此过程中可以提出“放大输出叠加了高频振荡，请从仿真波特图中找出相位裕度不足的证据，并尝试补偿”等衔接问题。故障排查环节，小组成员则可以通过模拟故障现象验证假设，然后再对实物进行修复，从而达到安全试错的目的。

课后“拓实创新”阶段，教师应发布有挑战性的拓展项目，例如在前端放大器基础上增加自动增益控制电路。学生继续利用仿真平台完成设计和优化，提交仿真文件、设计报告、实物照片或者视频。此外还可以通过线上社区，实现生生互评和技术问答，拓展了互动时空。

（四）构建数据驱动、多元协同的过程性评价与持续改进机制

虚拟仿真平台天然具有全程记录学习行为数据的优势，应该将其转化为形成性评价载体，破解只看报告、不见过程的评价困境。

高校应设置“仿真预习和先备知识、虚拟实验过程表现、实物实现和虚实对比分析、创新拓展和综合报告”四个方面的评价内容[10]。其中虚拟实验过程表现可以根据平台记录的迭代次数、参数修改序列、故障出现点和自主排除路径、协作讨论次数等日志数据展开评判，甚至可以通过预设算法生成调试策略系统性、容错能力的评分建议。实物实现考核时，需要提供指定测试点的波形实测截图和对应的仿真波形对比图，分析偏差的原因，考查其从理想世界到物理世界的认知迁移能力。创新拓展环节则考核学生改进方案、编写技术报告、口头答辩等工程交流能力。

三、结语

综上所述，新工科建设为模电技术课程实践教学提出了一个从“验证知识”到“创造知识”的深刻命题。本文所建立的模拟电子技术虚拟仿真实验教学模式，以“虚实结合、以虚补实”为理念，从架构重塑、内容重构、流程再造、评价转型四个方面入手，有效解决了传统实验在资源、模式、评价等方面存在的问题，为工程基础课程注入了新的活力。需要指出的是，虚拟仿真永远是手段而不是目的，它不能也不能完全取代实物焊接、仪器操作和现场排故所特有的工程质感。未来由于 VR/AR 以及人工智能技术的深入发展，沉浸式虚拟实验环境、智能导学、自适应诊断等将成为实践教学革新的新方向。教师应在虚实融合的路上不断探索，准确把握介入时机，始终把工程思维和创新能力的培养作为重点，真正实现新工科背景下模电实验教学质量的提升。

参考文献

[1] 杨春雷 . 基于虚拟仿真技术的模拟电子技术实验教学改革优化研究 [J]. 机械制造与自动化 ,2025,54(1):163-165+186.

[2] 李燕 , 袁蓉 , 张园田 . 基于移动端虚拟仿真技术的电工电子技术课程实验教学模式的研究与应用 [J]. 重庆电力高等专科学校学报 ,2024,29(6):54-57.

[3] 韩科健 , 张英 , 王妮 , 杨来宝 . 虚拟仿真实验的双主式互动教学模式研究——以电工电子技术课程为例 [J]. 信息与电脑 (理论版),2024,36(16):231-233.

[4] 袁海娣 . 数字化发展下应用型本科虚拟仿真实验教学探究——以 " 电路与电子技术实验 " 课程为例 [J]. 通化师范学院学报 ,2024,45(8):92-98.

[5] 刘丽媛 . 基于云端虚拟仿真的模拟电子技术课程仿真教学方法研究 [J]. 创新创业理论研究与实践 ,2024,7(12):36-38.

[6] 冼灿娇 , 郑鑫 . 基于线上虚拟仿真的数字电子技术实验教学改革与实践 [J]. 中国设备工程 ,2023,(23):254-257.

[7] 姚鹏 , 杨卫军 , 任静 , 于泽祥 , 闫四海 , 陈晨 . 基于虚仿实验的模电理论教学与实验教学融合 [J]. 实验室科学 ,2023,26(4):128-131.

[8] 石婷 , 雷飞 , 奥顿 , 宋洪光 . 电子技术的远程虚拟仿真实验教学模式探索 [J]. 教育教学论坛 ,2023,(32):86-89.

[9] 王永玲 , 李剑锋 , 赵玉杰 , 刘功亮 , 王季刚 , 赵扬 . 基于虚拟仿真技术的模拟电子技术实验教学模式改革 [J]. 高教学刊 ,2023,9(8):10-15.

[10] 李薇 . 虚拟仿真技术在模拟电子技术课程教学中的应用 [J]. 现代职业教育 ,2021,(28):48-49.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.