Application Research of Virtual Simulation Technology in Experimental Teaching of Electronic Information in Colleges and Universities

Li He

Lanzhou Petrochemical University of Vocational Technology, Lanzhou, Gansu, 730060, China

Abstract

Against the backdrop of ongoing advancements in new engineering education, engineering education accreditation, and educational digitalization, experimental teaching in electronic information disciplines is transitioning from single-objective bench training to a new paradigm of virtual-real collaboration. Virtual simulation technology can transform circuit behavior, signal transmission, device fabrication processes, network operations, and system debugging into observable, manipulable, and replayable teaching scenarios, enabling the delivery of high-cost, high-risk, strongly coupled, and difficult-to-replicate experimental content. For university instructors, the key lies in reconstructing experimental chains, interactive steps, and result interpretation methods around course objectives, allowing students to develop comprehensive engineering cognition through pre-class preparation, operation, error correction, and post-analysis. This paper elaborates on the teaching value and application essentials of virtual simulation technology based on the practical experience of electronic information experimental teaching in Chinese universities.

Keywords

virtual simulation technology; electronic information engineering in higher education; experimental teaching; application; value; key points

虚拟仿真技术在高校电子信息类实验教学中的应用研究

何莉

兰州石化职业技术大学，中国·甘肃 兰州 730060

摘要

在新工科建设、工程教育认证和教育数字化持续推进的背景下，电子信息类实验教学正在从单一实物台架训练转向虚实协同的新形态。虚拟仿真技术能够把电路行为、信号传输、器件工艺、网络运行和系统调试过程转化为可观察、可操作、可回放的教学场景，用来承接高成本、高风险、强耦合和难重复实验内容。对高校教师而言，关键在于围绕课程目标重构实验链路、交互步骤和结果判读方式，使学生在预习、操作、纠错和复盘中形成较完整工程认知。本文结合中国高校电子信息类实验教学实际，对虚拟仿真技术的教学价值和应用要点进行阐述。

关键词

虚拟仿真技术；高校电子信息类；实验教学；应用；价值；要点

1 引言

电子信息类专业实验通常具有器件参数变化快、系统连接关系复杂、调试过程细碎和设备投入较大的特点。仅依靠传统实验箱、示波器和固定机房开展教学，往往难以覆盖通信链路分析、芯片工艺演示、网络攻防推演等内容[1]。虚拟仿真技术依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术，突破“时、空”限制，将先进的软件和模块化的硬件相结合，构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象，能够更好地将理论和实践相结合，激发学生的兴趣，深化学生对实验的理解。

【作者简介】何莉（1982–），女，中国甘肃陇南人，本科，副教授，从事电子与电气技术研究。

2 高校电子信息类实验教学中虚拟仿真技术应用价值

虚拟仿真技术首先能够补上电子信息类实验中看不清、进不去的教学短板。许多课程中的载流子运动、信号调制解调、协议交互过程、芯片制造步骤和网络攻击路径，本来就不适合只靠板书或静态图片讲解，学生即使记住公式，也不一定真正理解系统内部的因果关系。通过仿真平台把波形变化、参数漂移、链路时延和故障位置动态呈现出来，教师更容易把抽象原理讲透。其次，该技术能够缓解设备投入与学生规模之间的矛盾。电子信息类专业常见实验设备价格较高，机房容量有限，部分学校还面临设备型号老旧、授权不足和维护压力大的现实问题，虚拟仿真可把高频次基础训练、危险工艺演示和复杂场景推演前移到线上或共享平台。再次，虚拟仿真有助于把实验教学从按步骤完成转到按任务调试。学生可以在同一项目中反复改动参数、观察不同结果、定位错误原因，训练过程更接近工程岗位中的联调、排障和优化。最后，电子信息领域的建设思路已经由单门课程扩展到公共基础、专业基础和专业方向模块，这为课程衔接和能力递进提供了更稳定的支撑[2]。

3 虚拟仿真技术在高校电子信息类实验教学中的应用要点

3.1 按真实工程流程搭建实验场景

围绕高校电子信息类实验教学构建虚拟场景时，教师应先把实验任务改写为可连续执行的工程链条，使学生进入平台后面对的是一套能够复现课堂实验组织方式与工程处置顺序的操作体系，并使实验环境与设备配置尽量贴近真实职业场景和工作情境，形成可训练、可复盘的操作闭环。第一，项目脚本不能停留在单个知识点演示，而应依照器件选型、原理连接、参数配置、上电联调、波形采集、结果判读的顺序组织界面，使学生按前后依赖关系完成操作，通信类项目可按网络拓扑搭建、设备配置、连通性验证推进，嵌入式项目则应保留开发环境设置、程序下载、接口测试与联机调试环节，并允许学生在未完成前序步骤时看到后续环节无法成立的状态。第二，模型压缩主要压缩外观而不能压缩功能关系，场景中应稳定保留数字示波器、函数信号发生器、频谱分析仪、逻辑分析仪、直流稳压电源、交换机或路由节点等关键对象，并把测点、端口、总线和封装工序做成可追踪节点，让输入、处理中间量和输出结果始终处于同一观察链内。第三，系统要把接反电源、量程选择不当、采样率设置偏差、时钟与时序配置冲突、VLAN或路由参数误填等高频失误写入流程，错误触发后同步呈现波形失真、频谱异常、链路中断或下载失败，使学生根据现象回查步骤，并在修正后立即观察系统恢复过程。第四，场景说明需明确实验目的、实验要求和操作流程，同时补入企业网络组建、射频链路调试、电子装联检测等任务背景，并设置完成判据，如电压范围、误码状态、接口响应和通信连通结果，避免学生只会点按页面而不会按工程顺序处理问题。上述表述综合依据教育部关于国家虚拟仿真实验教学项目建设与申报的要求，以及电子信息类实训场所设备配置和路由交换虚拟仿真实验的工程化组织方式归纳形成。

3.2 围绕关键参数组织交互训练

在电子信息类虚拟仿真实验中，交互训练只有围绕决定系统行为的关键参数展开，学生的调试过程才不会停留在界面浏览和步骤记忆层面。第一，教师设计任务时应把增益倍数、阈值电压、电容电阻取值、采样周期、载波频率、信噪比和路由开销等直接影响输出状态的变量设为首层操作入口，并把参数调节顺序固定为先单点设定、再区间扫描、后组合修正，避免学生一开始就同时改动多项参数而失去判断依据；对模电、数电和通信实验，还应把参数允许范围、默认值和越界后的异常现象写入同一界面，在信号采集类实验中尤其要让学生明确采样频率低于最高频率两倍会出现混叠[3]。第二，平台反馈界面要同步给出波形、频谱、误码率、时延、吞吐量、温升或逻辑电平变化，不宜只显示对错；现有教学与设备配置中，误码率、信噪比测试以及虚拟示波器实时显示已是常见配置，部分高校实验仪器带宽为100MHz、实时采样率达2GSa/s，因而仿真界面也应保持与实测链路一致的读数逻辑、坐标刻度和触发方式。第三，系统应保留重复试验与对照试验功能，同一任务至少形成两至三组参数记录，并自动关联结果曲线、异常点和修改轨迹，使学生能够比较最优值附近的变化趋势、临界值位置以及失效点出现前后的响应差别，并据此决定保留、回退或继续逼近参数边界，而不是只提交一次结果。第四，教师指导时应按单参数扰动、双参数耦合、多参数联调的次序推进，例如先调载波频率，再叠加噪声功率观察误码率拐点，再结合接收门限与滤波系数处理偏差，最后回看各次调参记录，按故障定位顺序完成修正。

3.3 把虚拟操作与实物实验前后衔接

电子信息类实验课要把虚拟仿真嵌入实物实验全流程，而不能把线上操作与台架训练分开安排。第一，课前环节应先在仿真平台完成器件识别、原理图绘制、参数初设、仪器菜单熟悉和风险点核对，并要求学生提交含电路功能说明、关键节点电压预判、仿真波形截图和预搭接思路的预习材料，教师再依据后台记录检查学生是否真正完成连线、参数调节与测量读数操作练习，对接线顺序混乱、量程选择失当、测试路径不清、供电极性判断失误等共性问题提前修正，并把需要在实物环节重点核查的步骤提前标注出来。第二，进入实验室后，教师不宜再让学生从零起步，而应以课前仿真结果为参照，直接组织面包板搭接、上电自检、示波器取样和关键节点测量，把有限课时集中用于观察阈值漂移、寄生参数、接触电阻、器件离散性和环境噪声作用下的真实响应，并让学生按同一测点比较仿真值与实测值，对偏差较大的环节立即复测，必要时插入短时故障复现和参数回调。第三，课后处理不能停留在提交原始数据，应要求学生把实测波形、异常现象和排障过程重新带回平台，逐项回填并校正元件参数、信号源幅值、采样步长、接地方式和负载条件，写清误差究竟

来自模型简化、器件偏差还是操作失当，避免把全部问题笼统归入测量误差。第四，课程还应统一虚拟报告与实物报告的评价口径，固定任务编号、测点名称、数据表格、排障记录和修正说明的填写方式，使学生在同一份学习档案中连续呈现预习、实测、复测和复核过程，教师也可据此追踪学生从方案理解到动手实现的完整变化，并根据同类失误重新调整后续实验的训练顺序与指导重点[4]。

3.4 突出复杂故障与综合联调训练

在高校电子信息类实验教学中，复杂故障定位与多模块联调不能停留在演示层面，虚拟仿真更适合被组织成可重复进入、可分层排查、可留痕评价的训练单元。第一，教师布置故障时应按器件层、接口层和系统层递进投放，基础环节可先放入虚接、短路、量程误设与参数漂移，再逐步叠加时钟异常、协议不匹配和缓存拥塞，使学生先依据波形、误码、时延和逻辑状态判读异常，再回到测点、连线和配置项逐项核验，避免把故障训练做成“点一下看答案”的流程。第二，平台中的故障库不能只保留单点错误，而应允许同一任务并存主故障与伴随故障，例如供电纹波叠加通信丢包、前端采样偏置叠加后级阈值失准，学生排查时须先分清症状传播路径，再按供电、信号链、控制链、软件参数四条线并行缩小范围。第三，综合联调训练要覆盖采集、处理、传输、显示的前后级关系，前一级修复后必须立即复测后一级输入是否恢复，不能把局部模块调通就判为完成，这与现行电子信息类专业教学标准中强调的安装、调试、运行维护和系统集成训练是一致的。第四，教师在评价综合联调训练结果时，不能只依据系统是否恢复正常运行给分，而应把故障定位的证据链、排查顺序和修复过程一并纳入考核。具体实施中，教师可要求学生按“现象识别—测点设定—分段隔离—参数复核—修复验证”的顺序提交联调记录，记录内容应覆盖首发异常、关键测试节点、判断依据、排除过程以及恢复后复测结果，避免学生只报结论、不报过程。对于同一类系统异常，教师还应引导学生比较不同排查路径的适用条件，区分先查硬件连接、先查供电状态、先查通信配置或先查程序逻辑的差异，使评分真正落到诊断思路是否清晰、操作步骤是否规范、修复依据是否充分上，而不是停留在答案对错这一单一层面。

3.5 根据课程类型分层配置仿真资源

高校电子信息类实验教学中虚拟仿真资源配置只有与课程层级、知识结构和设备条件同步对应，平台内容才能真正进入实验教学主线。第一，基础课资源建设应按“元器件识别—仪器接入—波形读取—误差记录”组织任务，电路、模电和数电实验优先保留示波器、信号源、万用表等常用仪器的操作界面，把量程切换、接地方式、探头衰减和数据记录格式做成必经步骤，并把短路、反接、过量程等失误嵌入训练流程，同时要求学生按表格完成测值、偏差和原因备注，使后续课程能够沿用同一套基础操作方法[5]。第二，专业基础课应把资源重心转到链路级建模，通信原理、数字信号处理和射频课程宜设置采样率、载噪比、调制方式、滤波阶次等可连续调参数，要求学生在同一任务中同时查看时域波形、频谱结果和误码率变化，完成公式推导、系统搭建与性能判读的对应，并通过对照参数保留临界点的实验现象，避免只记结论不看过程。第三，专业方向课要按岗位场景拆分项目，集成电路课程突出原理图、版图与工艺流程衔接，嵌入式和物联网课程强化驱动配置、总线时序、协议联调与软硬件协同，信息安全课程则应把漏洞复现、访问控制和日志分析放在封闭环境内完成，任务书中还要写清接口约束、日志留存和回退步骤。第四，课程组在平台建设时应预留资源更新口，原因在于教育部2018年已认定296个国家虚拟仿真实验教学项目，后续管理又明确要求持续建设与完善；同时本科专业类教学质量国家标准把实验条件、信息资源和教学经费纳入基本办学要求，因此学校在更新国产EDA、国产开发板和新版本协议时，宜采用模块化替换而非整平台推倒重建，并把版本号、适配驱动和旧资源停用时间写入课程说明。

4 结语

高校电子信息类实验教学应用虚拟仿真技术，关键不在于界面新不新，而在于能否把抽象原理、复杂流程和高门槛场景转化为可训练、可重复和可比较的实验过程。后续建设仍应围绕真实工程流程、关键参数交互、虚实衔接、综合联调和课程分层配置持续推进，使虚拟仿真真正成为电子信息类实验教学中稳基础、补短板和强能力的常用手段。

参考文献

[1] 赖子良.基于XR技术的电子信息类虚拟仿真实验研究与设计[D].北京邮电大学,2023.

[2] 方振国,李峥,李素文,等.电子信息类虚拟仿真实验中心建设研究[J].淮北师范大学学报：自然科学版, 2016, 37(1):3.

[3] 韦权峰.电子信息类虚拟仿真实验教学发展探究[J].中国教育技术装备, 2022(10):131−134.

[4] 马健,贺媛,李昕,等.基于虚拟仿真技术的高校实验在线教学系统研究[J].现代电子技术, 2022(011):045.

[5] 郜祥.探微中职电子技术教学中虚拟仿真技术的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)教育科学, 2023(5):3.