

新工科背景下《模拟电子线路》综合实验教学案例设计与实践 —— 以“蓝牙音频功放 EDA 仿真设计与3D 打印 PCB 实现”为例

范越, 秦金果

海军工程大学, 湖北 武汉 430033

DOI: 10.61369/TACS.2025110053

摘 要 : 针对《模拟电子线路》课程理论抽象、理论与实践脱节、评价机制单一等教学痛点, 结合军校电子信息类专业“计算思维 – 专业能力 – 作战运用”三级人才培养目标, 设计“蓝牙音频功放 EDA 仿真设计与 3D 打印 PCB 实现”综合实践教学案例。本案例采用“线上预习 – 线下实操 – 数智化赋能 – 思政融入”的混合式教学模式, 通过“器件选型 → EDA 仿真 → PCB 设计 → 3D 打印 → 焊接调试 → 系统验收”全链路实践, 实现“理论 – 实践 – 系统 – 产品”的深度融合。教学实践表明, 本案例有效提升了学生的工程实践能力、创新思维及科技报国素养, 为新工科背景下军校电子类课程教学改革提供了可推广的实践范式。

关 键 词 : 模拟电子线路; 综合实践教学案例; EDA 仿真; 3D 打印; 混合式教学; 课程思政; 军校教育

Design and Practice of Integrated Practical Teaching Cases for 'Analog Electronic Circuits' under the New Engineering Background —— Taking 'Bluetooth Audio Amplifier EDA Simulation Design and 3D-Printed PCB Implementation' as an Example

Fan Yue, Qin Jinguo

Naval University of Engineering, Wuhan, Hubei 430033

Abstract : Aiming at teaching pain points such as abstract theory, disconnection between theory and practice, and single evaluation mechanism in the 'Analog Electronic Circuits' course, combined with the three-level talent training goal of 'Computational Thinking – Professional Competence – Operational Application' for information and electronic majors in military academies, this paper designs a integrated practical teaching case named 'Bluetooth Audio Amplifier EDA Simulation Design and 3D Printing PCB Implementation'. This case adopts a blended teaching model of 'Online Preview – Offline Operation – Digital Intelligence Empowerment – Ideological and Political Integration'. Through the full-link practice of 'Component Selection → EDA Simulation → PCB Design → 3D Printing → Soldering and Debugging → System Acceptance', it realizes the deep integration of 'Theory – Practice – System – Product'. Teaching practice shows that this case effectively improves students' engineering practice ability, innovative thinking, and scientific and technological patriotism literacy, providing a promotable practical paradigm for teaching reform of electronic courses in military academies under the new engineering background.

Keywords : analog electronic circuits; integrated practical teaching cases; EDA simulation; 3D printing; blended teaching; ideological and political education in courses; military academy education

引言

在新工科建设深化推进与国防军事人才培养需求升级的双重驱动下,《模拟电子线路》作为军校电子信息类专业的核心基础课程,其教学目标不仅在于夯实学生的电子技术理论基础,更需聚焦战场装备应用场景,培养学员的工程实践能力与创新思维^[1]。然而,传统教学中存在三大痛点,一是认知门槛高,例如 PN 结、非线性器件模型等微观概念抽象,学生易产生畏难情绪;二是理论与实践脱节,验证性实验为主的教学模式导致学生“会计算但不会调试”,面对电路故障无从下手^[2];三是评价机制单一,重笔试轻过程的考核方式难以全面反映学生的工程素养。

为解决上述问题，本文以学员熟悉且感兴趣的“蓝牙音频功放系统”为载体，设计融合电子设计自动化（EDA）仿真与3D打印技术的综合教学案例，通过“虚实结合、理实一体、思政嵌入”的教学设计，打破“器件→电路→应用”的线性教学逻辑，构建“器件－系统－产品”的全链路培养体系，助力学生实现从“知识掌握”到“能力生成”的转化，为军校电子类课程教学改革提供实践参考。

一、课程与案例背景

（一）课程定位与改革基础

《模拟电子线路》是我校电子信息类生长军官本科专业的必修专业基础课，课程兼具“理论性－实践性－工程性”三重属性，目标是为学员后续专业的电子装备的设计、使用与维护奠定基础^[3]。该课程已建成湖北省一流线上线下本科课程，教学团队拥有全国模范教师、全军优秀教师等骨干力量，近5年发表教学改革论文28篇，指导学生获电子类学科竞赛全国一等奖8项，具备扎实的教学改革基础。

课程依据布卢姆教育目标分类学，按“器件－电路－系统－装备”划分能力等级，遵循“强化基础、贴近装备、培养能力”的原则重构教学内容：“强化”课程衔接知识点，通过雨课堂精准推送微课；“增加”军事应用案例，依托MOOC拓展内容深度；“精简”器件内部机理，聚焦应用能力培养；“动态调整”专业需求，实现因材施教^[4]。

（二）案例设计依据与核心任务

案例设计以“工程教育认证”和“军校为战育人”为双重导向，瞄准学员“三级信息作战能力”（计算思维、专业能力、作战运用）培养目标，选取“蓝牙音频功放系统”作为综合实践载体——该系统既涵盖“放大电路、滤波电路、功率放大电路”等课程核心知识点，又可关联军校自主研发的声纳装备发射机技术，实现“民用案例－军事应用”的迁移^[5]。

案例核心任务为：设计并制作一套含蓝牙输入的音频功率放大系统，需满足“三级电路架构（前置放大＋信号处理＋功率放大）、电压增益 ≥ 5 倍、失真率 $\text{THD} \leq 5\%$ 、输出功率 $> 0.4\text{W}$ （驱动 8Ω 喇叭）”的基本要求，同时设置“多频段均衡调节、双声道设计”等高阶任务，兼顾不同层次学生的能力需求^[6]。

（三）学情分析与教学难点

1. 学情分析

为精准掌握学员学习基础，课前通过‘问卷星’平台对学员开展调研，结合先修课程成绩分析，形成如下学情画像：一是基础能力存在差异，以2025学年的授课学员为例，其先修课程‘大学物理实验’平均成绩85.2分（实践类课程兴趣浓厚），‘大学英语’平均成绩72.3分（理论抽象内容接受度较低），反映出学员对实践类课程兴趣浓厚，但理论抽象内容接受度较低；二是数字化工具熟练：83.64%的学员会使用AI工具（如豆包、DeepSeek）解决学习困难，78.18%习惯通过同学讨论协作学习，具备混合式教学的实施基础；学习需求明确：63.64%的学员希望增加案例教学，18.18%期待提高实验比例，但存在“畏难情绪”（69.09%希望“作业少”），需通过趣味化实践降低学习门槛^[7]。

2. 教学难点

认知门槛突破：如何将“虚短虚断”“交越失真”等抽象理论转化为具象实践，帮助学生建立“理论→现象”的关联；

实践能力培养：如何引导学生从“按步骤操作”转向“自主故障排查”，提升“现象观察→理论溯源→方案优化”的工程思维；

过程管控与评价：受限于单次实验班级规模（2025学年平均55人/班）与教师指导精力，如何依托数智化工具构建实验全流程管控体系，规避‘重结果、轻过程’的评价失衡问题，成为实践教学的关键难点^[8]。

二、案例设计与教学实施

（一）案例三维目标

基于“知识－能力－素质”一体化培养理念，设定案例目标如表1。

表1 “蓝牙音频功放系统”综合案例目标

目标维度	具体内容
知识目标	1. 掌握音频功放系统的电路架构（前置放大、滤波、功率放大）；
	2. 理解器件选型依据（如运放UA741、功放芯片TDA2030的参数匹配）；
	3. 熟悉EDA仿真（Multisim）与印制电路板（PCB）设计（Altium Designer）的核心流程。
能力目标	1. 能独立完成“仿真设计→PCB制板→焊接调试”全流程操作；
	2. 能诊断并解决常见电路故障（如虚焊、自激振荡、交越失真）；
	3. 能基于需求优化系统性能（如增加蓝牙模块、调节频响特性）。
素质目标	1. 培塑“严谨求实、持续改进”的工程精神；
	2. 强化“科技报国、服务国防”的家国情怀（结合声纳装备案例）；
	3. 提升“团队协作、有效沟通”的协作能力

（二）案例知识融合与思政嵌入

案例以‘军事应用’为核心牵引，通过‘知识迁移－思政嵌入’双路径实现专业知识与思政元素的深度融合。一方面，在知识融合层面，以军校自主研发的声纳装备发射机为技术原型，将‘声纳信号放大’核心技术转化为‘音频功放系统’实践任务；另一方面，在思政嵌入层面，在器件选型环节引入‘国产芯片替代’案例在器件选型环节，引入“国产芯片替代”案例（如用国产运放LM324替代进口UA741），讨论“卡脖子”技术突破的重要性；在调试环节，通过“声纳装备可靠性设计”案例，强调“严谨操作”对战场装备性能的影响，培塑军人的责任担当^[9]。

（三）教学实施流程

在本门课程中，实验部分仍采用“线上＋线下”混合式教学模式，本案例总学时为12学时（线上2学时＋线下8学时），分4个阶段实施：

1. 线上预习阶段（2学时）

教师通过雨课堂发布“前置学习包”，含：核心资源：运

算放大器原理微课、TDA2030 芯片数据手册、PCB 布线规范视频；任务要求：完成 Multisim 仿真设计（提交仿真报告，含电路拓扑、参数计算、波形图）、制定器件采购清单（BOM 表）；验收重点：仿真电路的合理性（如反馈电阻取值是否匹配增益要

求）、参数计算的准确性。
2. 线下实操阶段（10学时，分 4 环节）
本案例的实施过程，按教学环节、占用学时、教师任务、学员任务以及验收重点五个方面进行说明，具体见表2。

表2 “蓝牙音频功放系统”实施安排情况

环节	学时	教师任务	学生任务	验收重点
EDA 仿真与 PCB 设计	4	1. 讲解 Multisim 仿真技巧（如失真分析）； 2. 指导 PCB 布线规则（如接地环路避免）； 3. 演示 3D 打印机操作流程	1. 优化仿真电路（解决失真问题）； 2. 用 Altium Designer 完成 PCB 设计； 3. 提交 PCB 文件并打印实物	1. 仿真波形无失真； 2. PCB 布线无短路 / 交叉； 3. 3D 打印精度达标
电路焊接	2	1. 示范焊接工艺（如焊点饱满度、引脚防烫）； 2. 巡查并纠正不规范操作； 3. 提供故障排查指引（如万用表使用）	1. 按 PCB 布局焊接器件（运放、功放芯片、蓝牙模块）； 2. 自检焊点质量（避免虚焊、漏焊）； 3. 记录焊接过程问题	1. 焊点质量（无虚焊 / 短路）； 2. 器件安装正确性
系统调试	2	1. 引导故障分析（如无输出→检查电源 / 虚焊）； 2. 演示示波器操作（测量 THD 值、输出功率）； 3. 组织小组间交叉检查	1. 通电测试（蓝牙连接、音频播放）； 2. 诊断并解决故障（如交越失真→调整静态工作点）； 3. 测量系统指标（增益、THD、输出功率）	1. 系统能正常播放音频； 2. 指标达标（增益 ≥ 5 倍，THD $\leq 5\%$ ）； 3. 故障排查记录完整
测试验收	2	1. 设置测试场景（1kHz 正弦波输入，8 Ω 负载）； 2. 质询技术方案（如“为何选 OCL 架构（无电容）而非 OTL（有电容）”）； 3. 依据评分表综合评价	1. 展示系统功能（基本要求 + 高阶任务）； 2. 汇报设计思路与调试过程； 3. 提交实验报告（含仿真 / 实物对比分析）	1. 指标达标率； 2. 方案创新性（如高阶任务完成度）； 3. 汇报逻辑性

3. 数智化支撑

在本案例实施过程中，采取了3方面的数智化手段。一是雨课堂平台，主要实现跟踪预习进度、发布随堂测、收集学生疑问；二是 EDA 工具（Multisim/Altium Designer），实现“仿真验证→设计优化”的闭环；三是3D 打印平台，通过“设计文件直接成型”技术，将 PCB 设计到实物制作的周期从传统制板的 3 天缩短至 2 小时，实现“设计 - 验证 - 迭代”的快速闭环，契合新工科“快速原型开发”的工程教育理念；四是 AI 助教，提供实时故障诊断建议（如“无输出→检查 VCC 引脚电压”），减轻教师指导压力^[10]。

三、结论与展望

（一）教学成效

通过1个学期的教学实践（2025学年的一个班次55 名学员），案例取得显著成效。

1. 能力提升

雨课堂数据显示，学员综合应用题正确率从 45% 提升至 72%，实验故障自主排查率从 28% 提升至 65%。

参考文献

[1] 教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会. 新工科背景下电子信息类专业人才培养体系改革与实践[J]. 中国大学教学, 2023, (11): 45-52.
[2] 刘敏, 陈曦, 赵刚. 《模拟电子技术》线上线下混合式教学实践[J]. 高等工程教育研究, 2024, 38(4): 123-130.
[3] 范越. 课程思政理念下军校“电子技术”类课程教学改革探索与实践[J]. 海军工程大学学报(综合版), 2025, 22(1): 89-94.
[4] 张远, 马晓东, 李娜. 智能互联实验室在模拟电子课程中的应用[J]. 实验技术与管理, 2024, 41(6): 189-195.
[5] Garcia M, Lopez R. Blended Learning for Analog Circuit Design: A Case Study[J]. IEEE Transactions on Education, 2024, 67(1): 45-52.
[6] 陈军波, 周慧. 新工科背景下模拟电子线路教学案例设计[J]. 中国现代教育装备, 2024(12): 58-62.
[7] Lee S, Park J, Kim H. Intelligent Simulation Platform for Analog Electronics Education: Integrating AI Fault Diagnosis[J]. IEEE Transactions on Education, 2023, 66(4): 289-296.
[8] 王海军, 李娜, 张晓娇. 基于 AI 助教的模拟电子实验教学管控系统设计[J]. 实验技术与管理, 2024, 41(10): 198-203.
[9] 叶楠. 基于 x-BL 的“模拟电子技术基础”课程改革与实践[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(2): 63-66.
[10] 黄新明, 李蓬蓬, 杜湘瑜, 等. 新工科背景下模拟电子技术课程的军事特色案例教学探索——以北斗低噪放电路为例[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(4): 82-86.