

Experimental teaching design of integrated operational amplifier application circuit

Yanrong Wang Dong Li Xiaoqiang Jia

School of Information Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, Inner Mongolia, 010058, China

Abstract

This paper addresses critical challenges in integrated operational amplifier (OA) experimental education, including theoretical-practical disconnect and insufficient engineering application training. We propose a progressive experimental instructional framework structured as "foundational cognition → parameter analysis → comprehensive application". The innovative design incorporates OA parameter inquiry and analysis components, creating an integrated learning pathway from theoretical foundations to practical implementation through deep integration with core courses. This approach culminates in the design of a simulated obstacle-avoidance vehicle control circuit. The program emphasizes cultivating students' parametric design thinking while systematically enhancing their circuit design capabilities and engineering literacy. By providing actionable solutions to current educational pain points, it establishes a practical pathway for developing application-oriented engineering professionals.

Keywords

Integrated OA; Experimental education; Parameter analysis; AI empowerment

集成运放应用电路实验教学设计

王艳荣 李栋 贾晓强

内蒙古工业大学信息工程学院, 中国·内蒙古 呼和浩特 010058

摘要

本文聚焦集成运放实验教学中理论与实践脱节、工程应用能力培养不足等突出问题, 提出“基础认知-参数分析-综合应用”的递进式实验教学设计方案。该方案创新性地融入运放参数查询与分析环节, 通过与理论课程深度结合, 构建从基础学习到实际应用的完整链条, 最终导向避障小车模拟控制电路设计这一具体工程任务。方案重点强化学生的参数化设计思维, 系统提升其电路设计能力与工程素养, 为解决当前实验教学中存在的痛点提供了切实可行的路径, 有助于培养符合工程需求的应用型人才。

关键词

集成运放; 实验教学; 参数分析; AI赋能

1 引言

随着电子信息技术的快速发展, 创新人才培养已成为高等教育的重要使命。实验教学作为培养学生实践创新能力的关键环节, 其改革与创新备受关注^[1-4]。集成运放应用电路实验作为内蒙古工业大学“电子电路基础实验”课程的主要教学内容, 针对电子信息工程专业, 在电子电路设计和应用创新能力培养方面具有不可替代的作用。然而当前实验设置中过于侧重理想模型下的电路分析而忽视实际参数对电路性能的影响, 同时实验内容呈现碎片化特征, 各功能电路实验内容设置之间缺乏有机联系, 导致学生能力长期停留在理论层面, 面对实际工程问题时常常束手无策。为此内蒙古

工业大学电子技术课程组总结多年教学经验, 提出“基础认知-参数分析-综合应用”的递进式实验教学设计方案, 加入对运算放大器关键参数如输入失调电压、带宽增益积等的实测与分析; 结合 AI 技术, 使用知识图谱建立参数与性能的系统关联; 将“电子电路基础”和“电子电路基础实验”形成课程协同教学, 形成“理论-实践-创新”的完整闭环, 有效培养学生的工程实践能力和创新思维, 为电子信息领域创新人才培养提供有力支撑^[5]。

2 实验内容体系设计

2.1 总体架构设计

电子电路基础实验采用模块化结构设计, 如表 1 所示, 包含信号处理基础实验和综合应用实验两大模块, 每个模块各占 8 学时, 均设置参数查询与分析环节。信号处理基础实验重点训练信号放大、滤波、比较和功率放大四个典型电路的设计与测试能力, 综合应用实验则以避障小车控制系统为

【作者简介】王艳荣 (1972-), 女, 中国内蒙古通辽人, 硕士, 副教授, 从事信息与通信工程研究。

应用场景进行参数化系统集成训练。

表 1 实验内容模块设计方案

实验模块	主要内容	教学目标
信号处理 基础实验 8 学时	放大电路设计与测试	掌握基本电路设计与测试方法
	滤波电路设计与测试	理解频率响应特性
	比较器设计与测试	掌握阈值检测原理
	功放电路实验	理解功率转换原理
综合应用 实验 8 学生	红外传感器信号链设计	培养系统集成能力
	电机驱动系统实现	掌握功率驱动技术

2.2 信号处理基础实验设计

信号处理基础实验设计模块包含四个核心实验内容，每个实验都设置了专门的参数分析环节。在放大电路设计与测试实验中，学生需要完成同相和反相放大电路的设计，通过测量实际增益与理论值的偏差来评估电路性能，实验重点分析输入失调电压和带宽等关键参数对电路的影响。并借助 AI 工具建立参数与性能的对对应关系模型，帮助学生深入理解运放参数的实际意义。滤波电路设计与测试实验要求学生设计二阶有源滤波器，通过实际测量获取电路的截止频率和品质因数等关键参数，在实验过程中，学生需要分析运放带宽对滤波器特性的具体影响，理解实际器件参数与理想模型的差异。比较器设计与测试实验着重训练学生对滞回电压比较器的设计与测试能力，实验内容包括测量比较器的响应时间和回差电压等动态参数，研究压摆率对比较速度的影响规律。功放电路实验主要考察功率放大电路的效率特性，学生需要完成驱动电路的设计与调试，实验过程中需测量输出功率和转换效率等关键指标，重点分析转换速率对信号失真的影响机制，指导学生进行电路参数调整，培养节能设计意识。

这四个基础实验构成了完整的信号处理能力训练体系，每个实验都强调参数分析与工程实践的结合。通过引入 AI 辅助工具，不仅提高了实验效率，更培养了学生的参数化设计思维。实验内容从简单到复杂，循序渐进地提升学生电子电路的设计与测试能力，为后续的综合应用实验打下坚实基础。

2.3 综合应用实验设计

综合应用实验设计模块包括红外传感器信号调理电路设计实验和电机驱动电路设计，着重培养学生的参数化系统设计能力。在红外传感信号调理电路设计中，学生需要将放大、滤波和比较电路进行有机集成，完成系统级参数测量与匹配工作，重点分析各环节参数对整体性能的影响规律，掌握多级电路的设计优化方法。

电机驱动电路设计实验要求学生设计完整的 PWM 驱动电路，通过测量系统的动态响应特性来评估设计质量。实验过程中需要针对功率器件进行参数配置优化，并分析不同负载条件下的系统表现。这两个综合实验强调从系统角度思考问题，培养学生将分立电路模块整合为完整系统的工程能

力，同时深化对参数化设计的理解，为后续创新实践奠定基础。

2.4 创新设计环节

由于电子电路基础实验课程学时有限，因此将创新设计环节设置为与实验课程对应的理论课程“电子电路基础”的课程学习报告环节，实现了理论教学与实践创新的有机融合，形成“理论-实践-创新”的完整闭环。这种模式充分发挥课程协同效应，学生综合运用理论课程和前两个实验模块所学的知识技能，完成避障小车控制系统的参数化设计报告，报告需体现完整的参数化设计思路，展示从理论分析到实践验证的全过程，最终形成兼顾性能和可靠性的优化设计方案，实现夯实基础和拓展创新，培养系统工程能力。

3 实验实施方法

3.1 实验教学流程

实验教学采用“预习-实验-总结”的三段式流程设计，每个阶段都融入 AI 技术的支持，形成完整的闭环学习体验。在预习阶段，学生需要系统学习运算放大器的参数手册，深入理解各项参数的实际意义和工程价值。通过预研典型应用电路的参数配置方案，建立理论知识与实际应用的初步联系。AI 系统会根据学习目标自动生成预习测试题，帮助学生检测知识掌握程度，并针对薄弱环节推送补充学习资料，引导学生思考参数与电路性能的关联性。

实验阶段是教学流程的核心环节，学生需要完成从参数测量到电路优化的全过程实践。在参数测量环节，要求学生规范使用测试仪器，准确记录各项关键参数数据，培养严谨的实验作风。电路性能测试不仅包含基本功能验证，还需考察动态特性和稳定性等工程指标。参数优化调整是实验的升华环节，学生需要根据测试结果分析问题，调整电路参数以改善性能，实验过程中特别强调参数调整的工程思维，要求学生记录每次参数变更对性能的影响，建立参数敏感性的直观认识，为后续的个性化指导提供依据。

总结阶段注重知识的系统化整理和能力提升。学生需要撰写详细的参数分析报告，不仅要呈现测试数据，更要分析数据背后的电路原理和参数影响机制。设计反思环节要求学生回顾整个实验过程，总结成功经验和失败教训，形成系统化的设计思路。通过这样完整的教学流程，学生不仅掌握了实验技能，更培养了系统的工程思维方式和持续改进的职业习惯。

3.2 基于参数的评价体系

本实验课程建立了以参数分析能力为核心的多维评价体系，包括参数测量能力、参数应用能力和系统设计能力，着重考察学生在工程实践中的综合能力表现。评价标准首先关注参数测量能力，包括测试方案设计的科学性、数据采集的准确性以及对测量结果的深入分析程度，这部分占总评分的 40%，培养学生严谨的实验态度和扎实的测试技能；评

价体系的核心部分是参数应用能力, 占总评分的 40%, 评价重点包括参数选取的适当性与依据充分性、多参数协同匹配的合理性, 以及在性能优化过程中采取技术措施的有效性, 这部分评价更重视参数决策的逻辑过程和工程思维体现; 系统设计能力评价占剩余的 20%, 具体考察系统级参数规划的完整性、关键性能指标的达成度, 以及在设计方案中体现的创新性思考, 这部分评价鼓励学生在满足基本要求的基础上进行创造性发挥, 培养解决复杂工程问题的能力。三个维度的评价既相对独立又有机统一, 共同构成了全面客观的能力评估框架。

4 教学特色与创新

本实验教学方案最突出的特色在于强调参数化设计思维的培养, 以及理论与实践课程协同教学模式。在理论学习和实验设计与测试过程中, 学生不仅学习电子电路分析原理, 更要掌握参数选取、测量和优化的完整方法论, 建立起参数与性能的对应关系认知, 形成工程化的设计思维方式。AI 技术在本方案中实现了深度融合, 这种深度融合不仅优化了教学过程, 更重要的是培养了学生运用先进技术解决工程问题的能力, 为未来职业发展奠定基础。

整个教学设计采用工程场景驱动的理念, 以避障小车控制系统作为贯穿始终的应用场景。学生在学完理论知识后, 能够立即看到所学知识在综合系统中的应用价值, 这种

设计使得各个实验模块不再是孤立的单元, 而是构成了有机联系的整体, 大大增强了学习的连贯性和目的性, 有效培养了学生的系统工程思维, 提高了解决复杂工程问题的能力。

5 结语

本文提出的集成运放实验教学设计方案, 通过强化参数分析环节、优化实验内容结构、创新教学方法, 有效培养了学生的参数化设计能力和工程实践素养。特别是将 16 学时实验合理规划分为两个 8 学时模块, 突出参数分析的设计思路, 并结合 AI 技术, 将理论教学与实践创新有机融合, 为电子信息类专业实验教学改革提供了新范式。

参考文献

- [1] 叶朝辉, 华成英, 阎捷, 等. 模拟电子技术实践创新能力培养的探索 [J]. 实验技术与管理, 2017, 34 (1): 29-32.
- [2] 于歆杰, 陆文娟, 王树民. 专业基础课教学内容的选材与创新: 清华大学电路原理课程案例研究 [J]. 电气电子教学学报, 2006, 28 (3): 1-5.
- [3] 郑来波. 提高通信工程专业学生创新思维和工程实践能力的探索 [J]. 高教学刊, 2021, 7 (24): 52-55.
- [4] 彭丹, 陈少昌. 电子技术类课程实验实践教学改革探索 [J]. 实验室研究与探索, 2021, 40 (11): 181-183.
- [5] 田晓华, 王新兵, 钱良, 等. 构建培养本科生科研能力的实践教学体系探索 [J]. 电气电子教学学报, 2017, 39 (3): 12-14.