

Research on the Reform Path of the Course of “Hardware Circuit Design and Application” Based on AI

Xiaobing Yan Xiaochen Dong Yanqing Zhang

School of Communication Engineering, Taishan University of Science and Technology, Tai'an, Shandong, 271000, China

Abstract

Against the backdrop of rapid AI industry development, precision high-layer PCBs—core components of high-end electronic devices—have created growing demand for skilled design professionals. The existing “Hardware Circuit Design and Application” course suffers from critical issues including content-industry disconnection, overemphasis on tool operation at the expense of rule-based logic, and lack of personalized training, failing to meet the dual requirements of industry talent. This paper proposes a curriculum reform framework for precision high-layer PCB design, addressing five dimensions: conceptual approach, content structure, teaching model, practical implementation, and evaluation criteria. It clearly defines the dual value of AI-assisted design and rule verification, facilitating the transition from knowledge transmission to competency cultivation. The study provides replicable references for curriculum reform in new engineering disciplines.

Keywords

AI industry background; hardware circuit design; curriculum reform

基于 AI 的《硬件电路设计与应用》课程改革路径研究

闫晓兵 董晓晨 张燕青

泰山科技学院通信工程学院, 中国·山东 泰安 271000

摘要

在AI产业迅猛发展的背景下,精密多层PCB作为高端电子设备的核心部件,其设计人才需求日益迫切。《硬件电路设计与应用》课程现存“内容与行业脱节、重工具操作轻规则逻辑、个性化培养缺失”等核心痛点,难以适配产业对人才的双重要求。本文针对精密多层PCB的设计过程,从理念、内容、模式、实践、评估五个维度构建课程改革路径,清晰界定了AI辅助设计与规则验证的双重价值,推动课程从知识灌输向能力培养转型,为新工科相关课程改革提供了可复制的参考。

关键词

AI产业背景; 硬件电路设计; 课程改革

1 引言

《硬件电路设计与应用》是电子信息工程、电气工程及其自动化等专业的核心基础课程,兼具理论性与实践性,其教学质量直接影响学生后续专业课程学习与工程实践能力培养。当前,该课程教学面临诸多挑战:一是课程内容与行业技术发展脱节,传统教学侧重经典电路理论讲解,对智能硬件开发等前沿内容覆盖不足;二是实践教学环节存在局限,实验室设备更新滞后,学生难以开展高频次、个性化的设计实践,且教师难以对每位学生的设计过程进行实时指导;三是学生个体差异显著,基础薄弱学生跟不上教学节奏,优秀学生则缺乏拓展空间,分层教学难以有效落地^[1]。

近几年,硬件电路设计的AI应用技术得到了快速发展,

象DeepPCB、Allegro X AI等AI设计平台已逐渐发展成全自动化AI驱动的PCB设计工具,形成了覆盖设计、仿真、评估等多个环节的多元应用生态,为《硬件电路设计与应用》的课程改革提供了可能的技术支撑。国内已有多家高校开展了AI赋能PCB相关课程的教改实践,形成了“师机生”协同教学、虚实融合实践等可复制经验,学生核心能力与产业适配度显著提升。基于此,本文尝试探索以“AI赋能、能力提升、产教融合”为主线的课程改革体系的构建路径,以期推动课程教学更加精准地与产业高端需求对接。

2 《硬件电路设计与应用》传统教学的痛点剖析

首先,教学内容与行业需求脱节较为严重,课程的设计导向有一定错位。多数高校将该课程的大部分课时都用于了单一PCB设计软件的基础操作教学,而对精密多层PCB的设计逻辑、高频信号处理规则、电磁兼容性控制等核心内容涉猎不足^[2],导致多数学生只能依样画葫芦地完成

【作者简介】闫晓兵(1975-),男,中国山东泰安人,硕士,副教授,从事电子信息系统的智能化设计研究。

PCB 绘制,没有完整的设计能力。哪怕是比较优秀的学生,设计的精密高多层 PCB,也会由于线宽线距、阻抗匹配等规则违规,出现“图纸合格但实际无法使用”的问题。学生的专业技能与行业匹配度较低。

其次,实践教学资源与模式双重受限。精密高多层 PCB 的设计规则极其复杂,信号完整性、EMC 等核心指标的测试需要在专门的实验室进行^[3],大多数企业尚且不具备测试条件;而高校的实验设备投入又远低于行业内企业,多数院校仅能开展基础布线练习,复杂场景下的规则验证难以开展。同时,实践模式多是以“按图索骥”的验证性实验为主,学生缺乏从需求分析到设计优化的全流程锻炼,规则故障解决能力达标率较低,导致学生入职后需要再通过 3-6 个月的岗前培训才能适配工作岗位,

最后,个性化培养缺失与创新激励不足。传统“一刀切”的教学模式没有重视学生的基础差异,导致教学过程中的针对性较低。基础薄弱的学生因跟不上讲课节奏,在精密高多层 PCB 设计的入门阶段便掉队了;学有余力的学生则因课程内容过于简单、缺乏高阶挑战的练习,创新需求难以得到满足。考核体系同样存在短板,考核权重过度集中在理论笔试与实验报告的完整性上,对创新思维、人机协作、问题解决等核心能力缺乏科学的评估标准,学生创新积极性受到了严重抑制。

3 AI 技术赋能教学改革的核心优势

3.1 简化原理图设计,适配个性化需求

AI 软件通过“需求匹配+智能辅助”双重逻辑简化了电气原理图设计,大幅降低入门门槛的同时,又高度适配个性化的需求。其核心优势在于内置了海量的行业成熟模板库与智能需求匹配算法^[4],设计者仅需输入精密高多层 PCB 对应的电路功能、性能参数(如高频信号频率、功耗限制)等核心需求,AI 便可在快速地匹配出最优原理图模板,并生成包含元件选型、拓扑结构的个性化建议清单。设计者可结合成本预算、元件供货、性能优先级等实际需求筛选调整,AI 则实时响应并自动完成元件编号分配、网络标号关联等重复性工作,极大的降低了人工失误率。以高频信号处理类精密高多层 PCB 设计为例,AI 可快速生成基础框架并提供多套芯片选型方案及兼容性分析,使原理图的设计周期缩短 60% 以上,助力初学者快速掌握核心设计逻辑。

3.2 遵循布线规则,实现高效 PCB 设计

针对精密高多层 PCB 布线层数多、规则复杂、信号干扰风险高的特点,AI 软件可在严格遵循预设规则的前提下实现高效地自动化布线。设计者通过提前设定线宽线距、阻抗匹配参数、差分线要求等核心规则,AI 会结合原理图信号流向与元件布局,智能规划最优布线路径,优先保障高频信号、关键电源信号的传输质量,精准规避信号串扰、阻抗不匹配等常见问题^[5]。对于多层板层间连接、过孔布局

等技术难点,AI 可通过多算法迭代对比给出最优方案,布线完成后再自动开展全规则校验,标注潜在问题并提供优化建议。实践数据显示,AI 完成一块 16 层精密高多层 PCB 的布线仅需人工时长的 1/10,而布线规则的合规率则高达 98% 以上。既为后续验证环节奠定坚实的基础,也让设计者能够聚焦于布线细节的优化与 PCB 性能的提升。

3.3 全流程协同设计,重构教学逻辑

AI 智能设计平台构建了全流程协同体系,其核心价值在于为精密高多层 PCB 设计提供了“拐棍”支撑,而非替代自主能力。学生可以参考“理论+实操”双轨教学项目经验,引导他们借助 AI 完成精密高多层 PCB 设计中如基础布局、参数初算的重复性工作。在内输入精密高多层 PCB 的设计需求后,系统能自主分析其合理性,修正 AI 方案中的规则漏洞,最终通过 AI 优化规则适配性。主流 AI 平台使精密高多层 PCB 的基础方案设计周期大大缩短,让学生可以把主要精力聚焦于核心规则与设计逻辑。同时,通过可视化的功能,可以深化学生对精密高多层 PCB 设计与产业需求的关联认知,从根源上解决了精密高多层 PCB “规则违规”、“设计失效”的难题。

4 基于 AI 技术的教学改革实施方案

4.1 重构教学理念

重构教学理念是改革的核心前提,聚焦精密高多层 PCB 的设计,确立“AI 赋能、人机协同、能力为本,注重应用”的核心导向,目标是培养“懂设计逻辑、精规则验证、会用 AI 工具”的应用型工程人才。教学中,需强化两大核心认知:一是“工具≠核心能力”,明确精密高多层 PCB 的设计逻辑与规则验证方法是核心,单一软件操作仅是基础技能,重点培养学生对高频、高密度场景下规则的灵活运用能力;二是“AI=精准‘拐棍’”,要清晰界定 AI 的辅助定位,它只承接复杂数据计算、多场景仿真等重复性工作,核心设计决策与规则判断仍需学生自主完成,避免过度依赖。同时,要弱化机械性知识记忆与制板工艺细节讲解,强化核心能力培养,并融入思政元素,通过产业“卡脖子”问题案例引导学生树立产业责任感与科技报国理念。

4.2 优化内容体系

《硬件电路设计与应用》课程的改革方案要突出实践应用。对基础理论,要以“精简冗余、聚焦核心、衔接产业”为原则,精简冗余的理论讲解,保留 PCB 设计的核心原理;同时,增加“精密高多层 PCB 的设计逻辑”、“核心规则体系”、“AI 辅助验证”三大核心模块,重点讲解线宽线距、阻抗匹配、EMC 等核心规则。要结合实际案例,详细解读不同应用场景下,不同规则的选择依据与 AI 仿真验证方法,培养学生针对不同场景的 AI 工具选型与规则验证能力。虽然弱化了制板工艺的实操,但是通过聚焦于设计规则与 AI 验证这一核心,学生在实践过程中需要全程记录设计参数、仿真结果

和优化依据,能够形成完整的实践日志,工程思维得到了不断强化,可以全面培养学生的专业能力和创新能力。

4.3 创新教学模式

《硬件电路设计与应用》课程可以采用线上/线下混合教学模式,并与实践环节紧密融合,形成一套完整的教学闭环。线上自主学习环节,通过搭建基于AI的智能学习平台,集成主流AI设计工具的教学版,并配套精密多层PCB设计案例库、故障排查指南等核心资源,让学生在课下通过平台完成预习任务。线下教学环节,多采用“产业案例驱动+核心问题导向”的教学模式。聚焦精密多层PCB规则,让学生对实际的PCB应用项目,如“高频信号布线的阻抗匹配优化”、“高密度布线串扰控制”等,进行分析讨论,并形成自己的布线方案。之后,再让学生通过虚实结合的实践环节,还原精密多层PCB的复杂设计场景,对自己的布线方案进行规则验证与方案优化。学生依托仿真工具既模拟了PCB的制作流程,又验证了设计的可实现性,便于学生理解并牢记规则,能大幅提升学生的设计经验。

5 教学改革成效与反思

在《硬件电路设计与应用》这门课程的教学改革过程中,我们已经取得了显著的教学成效。一是学生对精密多层PCB规则的掌握程度有了大幅提升,学生的专业核心技能达标率有了明显改善;二是学生入职后的岗位适应周期大幅缩短,企业认可度明显提高;三是学生的学习兴趣得到了有效激活,部分学生已不满足课内学习,通过校外的线上学习继续提高专业能力,为后续更好的对口就业打下了良好的基础。

当然,教学改革实践中也暴露出了一些问题。一是部分基础薄弱的学生存在过度依赖倾向,由于教学过程简化了基础操作的教学,他们的专业能力提高幅度很小;二是师资力量薄弱,老师们普遍对基于AI的硬件电路设计了解不够深,实践资源缺口较大;三基于AI的硬件电路设计教学内容过多,仅仅依靠正常的教学课时,难以完成达成所有的教

学目标。

针对以上问题,在后续的教学过程中,我们将针对性地采取相应的措施。一是在保留改革核心优势的前提下,兼顾不同层次学生的学习需求,构建“基础层-提升层-拓展层”三级分层教学体系。基础层聚焦核心基础操作,重点学习PCB基础绘制技巧,单独设置基础强化课时,确保学生掌握核心基础技能;提升层衔接现有改革内容,重点讲解精密多层PCB规则、实战设计技巧,匹配多数学生的学习进度;拓展层面向学习兴趣浓厚的学生,设置高阶选修任务进行复杂电路设计,满足其拓展需求。二是从“能力提升”和“资源整合”两方面发力,补齐师资与实践资源短板。通过开展靶向性师资培训、定期组织校内教师开展教学研讨与技能比武等多种形式,提升教师的专业能力。同时,积极与企业共建实训基地,引入企业真实项目案例与最新设计设备,让教师和学生同步接触行业前沿实践资源。三是进一步优化教学内容与课时分配,结合行业岗位需求,剔除过于前沿但实用性不强的内容,聚焦AI辅助电路设计的核心流程,如需求分析、仿真优化、布局验证等。针对部分拓展性内容,如AI设计高阶技巧、复杂场景应用等,采用“课下自学+线上答疑”的教学模式进行,节省常规课时。通过不断地进行教学改革尝试,力争高效达成全部的核心教学目标,确保学生的核心专业技能持续适配产业需求。

参考文献

- [1] 谢华燕.层次式模块化PCB设计实践与优化方法研究[J].价值工程,2022,39(5):18-22
- [2] 吴可.数模混合PCB电磁兼容的设计优化分析[J].集成电路应用,2024,41(04):39-41.
- [3] 刘润德.基于深度学习的PCB缺陷检测方法研究[D].长春工业大学,2025.
- [4] 张欣宇.基于深度学习的印刷电路缺陷检测与溯源方法研究[D].北京印刷学院,2025.
- [5] 王硕.深度学习方法在印刷电路板缺陷检测中的研究[D].大连交通大学,2025.