

基于人工智能迭代思想的数字逻辑与 数字系统课程教学改革

杨秦, 靳秀国

北京邮电大学计算机学院(国家示范性软件学院), 北京 100876

DOI: 10.61369/TACS.2026020033

摘 要 : 数字逻辑和数字系统课程设计属于电子信息类和计算机类专业培养工程实践能力和系统设计能力的必修教学内容。在新工科的背景下, 传统的课程设计教学存在着工程约束弱化、设计过程碎片化、学生缺少迭代优化意识等状况。本文采用人工智能模型训练中随机梯度下降法来优化迭代改进的思想, 用这种方法类比到数字逻辑工程的设计教学改革当中, 提出一种融合人工智能迭代学习思想的课程设计教学改革模式。以创建起“基础-拓展-创新”三个层次的课程设计项目体系, 借助过程引领的教学安排形式以及多种类型的评价办法, 使学生产生出不断改进设计方案的动力。两轮教学实践结果显示, 此种模式很好地强化了学生对于工程约束的认识以及系统优化的能力, 提高了学生解决复杂工程问题的能力, 给电子信息类课程设计教学改革给予了可供借鉴的实践途径。

关 键 词 : 数字逻辑课程设计; 实践教学改革; 人工智能迭代思想; 工程约束; OBE

Reform of Digital Logic and Digital Systems Course Design Based on AI-Inspired Iterative Learning Principles

Yang Qin, Jin Xiuguo

School of Computer Science (National

Pilot Software Engineering School), Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876

Abstract : Course Design of Digital Logic and Digital Systems is one of the main teaching links that cultivate the engineering practice and system design capabilities of students in computer-related and electronic information majors. In the background of New Engineering Education, the traditional design of courses and teaching does not have strong engineering constraints, has a fragmented Design process, and fails to promote students' sense of iterative optimization. To solve the above problems, this paper will present the iterative optimization principle of stochastic gradient descent (SGD) for training artificial intelligence models and apply it to the engineering Design process of digital logic course design. On the basis of the idea of AI-inspired iterative learning, a practice-oriented teaching reform model has been developed. Through the construction of a three-tier project system, one can design basic, extended and innovative course design tasks, and in conjunction with process-oriented teaching organization and a multi-dimensional assessment mechanism, students will be led to constantly optimize their designs under resource and performance constraints. Based on the results of the two rounds of teaching practice, it has been determined that the proposed model can improve students' awareness of engineering constraints and system optimization ability to some extent and provides a practical basis for the reform of course design in computer-related subjects.

Keywords : digital logic and digital systems course design; practice teaching reform; AI-inspired iterative learning; engineering constraints; outcome-based education

引言

数字逻辑与数字系统课程是电子信息类与计算机类专业的重要专业基础课程, 其中课程设计环节承担着将理论知识转化为工程能力的重要功能。随着新工科建设的不断推进, 高等工程教育对人才培养提出了更高要求, 强调学生在真实工程约束条件下进行系统设计与综合优化的能力^[1]。

作者简介: 杨秦(1971—)女, 重庆人, 硕士, 高级工程师, 研究方向计算机系统与智能硬件
Email: youngq@bupt.edu.cn。

然而,在实际教学中,数字逻辑与数字系统课程设计仍不同程度地沿用以验证性实验为主的教学模式,设计任务工程复杂度不足,约束条件设置相对宽松,学生往往按照既定思路完成设计,对资源限制、性能权衡以及系统级优化缺乏深入理解^[2]。这一现状在一定程度上制约了课程设在工程能力培养中的作用。

近年来,人工智能技术的快速发展为工程教育改革提供了新的方法论启示。人工智能模型训练过程以误差反馈和参数更新为核心,通过在约束条件下不断调整模型参数,实现性能的逐步优化^[3]。这一迭代学习机制与工程设计中“在约束下不断修正方案、逼近最优解”的过程具有高度一致性。

基于以上的认识,本文以数字逻辑和数字系统课程设计作为研究对象,把随机梯度下降(SGD)算法的迭代优化思想引入到课程设过程中,把课程设计的工程实践过程映射出来,探寻一种用约束驱动、迭代优化为主线的课程设教学改革模式,提高课程设的高阶性、创新性和挑战性,符合两性一度课程建设的要求。

一、基于人工智能迭代学习思想的课程设教学体系的建立

(一) 方法论映射: SGD 迭代思想与工程设计过程的同构

随机梯度下降算法就是用计算出的损失函数反向传播来不断地更新模型参数,直到找到最优解为止。本文把这一过程应用到数字逻辑和数字系统课程设教学当中,创建起工程实践同人工智能学习过程之间的方法论映射联系,把初始设计方案当作模型初始参数,把资源超限,时序违例等工程问题当作损失函数反馈,把代码重构,结构调整类比成参数更新过程。

经过该映射过程之后,学生便逐渐形成起“设计-反馈-优化-再设计”这种工程认识模式来,在课程设中把调试、修改当做设计流程里不可或缺的一部分,而不是仅仅用来纠错的手段,于是就形成了面对复杂工程问题时的迭代改良意识^[4]。

(二) 课程设架构: “基础-拓展-创新”三级项目体系

为了达到学生工程能力分层次递进培养的目的,在课程设中创建了一个由基础、拓展、创新三个层次组成的项目体系^[5]。

基础层课程设项目以 CPLD 平台为载体,主要训练学生对组合逻辑、时序逻辑的结构化设计能力,用严格的限定条件让学生在有足够的资源去完成任务时,在限制的范围内对逻辑进行简化和结构上的优化。

拓展层和创新层课程设项目依托 FPGA 和 ARM 平台,以系统级设计需求为向导,采用软硬协同设计的理念,开展有关 RISC 处理器以及简易 AI、智能交互系统等综合系统的设计课题研究,加深学生对于完整的数字系统架构及性能权衡联系的认识。

根据上面的迭代优化主线,设计出如下图 1 所示的数字逻辑课程设实验教学体系。该体系把课程设任务当作载体,设立基础、拓展和创新三层结构,基础层主要关注资源受限情况下完成核心功能的设计,拓展层重视系统性能改善和模块间的配合,创新层允许学生展开系统级设计以及综合运用活动。通过一个层层深入的项目体系来使学生在不断的设计与反馈中体会工程约束和设计改进的内在关系。

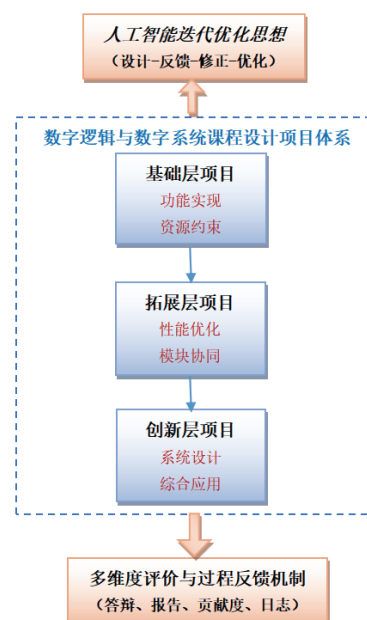


图1 融合人工智能迭代思想的数字逻辑课程设实验教学体系结构示意图

二、过程导向的课程设教学组织与实施

课程设教学实施过程中,用基于 OBE 理念的项目式教学组织方式^[6],参照人工智能模型训练中 Epoch(完整训练轮次)为单位的迭代学习方式,把一次完整的“设计-实现-测试-优化”过程看作是教学的每一个迭代周期,通过多次循环来提高设计的质量。

基础层课程设置的时候,依照清晰的资源与时间约束,产生出资源限制之下的一种倒逼效果,促使学生积极去剖析设计上的瓶颈。在拓展和创新层课程设中,用调试工具对设计结果进行实时分析,使学生在多次调试之后逐渐提高系统的结构。

用基础层课程设任务来举例,学生要在 CPLD 芯片资源的基础上构建完整的电子钟模块,开始设计时很容易出现资源利用率过高或者硬件适配资源超过标准的错误。教师在学生的指导之

下，在权衡之后采取了以速度、精度代替资源的策略，在多次的设计、分析、调整中将逻辑结构进行重新构建、优化，使得功能要求得到满足并且资源消耗大大降低。该过程很好地加强了学生对于工程约束和迭代优化之间的联系的认识，并且促使学生慢慢形成了迭代改进的工程思维模式。

三、课程设计考核与多维评价机制

本文建立的工程过程为核心的多维评价体系，对于传统课程设计考核重结果轻过程的问题有积极意义^[9]。总成绩是由课程设计答辩成绩和设计报告成绩共同组成，其中答辩成绩占70%，设计报告成绩占30%。

在此基础上再将个人贡献度、调试日志加入到过程性评价的调节变量中。个人贡献度以学生任务分工完成情况自我评价和答辩表现为基础，调试日志是对设计迭代中遇到问题进行分析，提出修改意见和优化的过程。两者的结合可以反映学生在课程设计中真正的参与情况，也是过程性评价内容的一部分记入总分。通过实践结果可知，该评价机制可以提高学生在设计过程中不断的投入程度，有利于学生对工程问题进行深层次的剖析，并且主动地去优化^[10]。

四、教学效果分析

本文在本科第二学年用两年时间开展了关于学生学习逻辑电路、数字系统的教学研究。参加学生共314名。把课程设计成果作为主要分析对象，对改革前后教学效果展开比较分析。经过检测可知学生课程设计作品的逻辑单元占比较上届降低约15%左右，其设计方案在资源使用及结构上的合理程度得到改善。

学生在系统级课程设计项目上，在软硬件的配合设计、性能测试、系统调优方面更成熟。通过问卷调查、教学观察发现，学生对于课程设计挑战度、工程真实性有了明显的认识，并且对课程设计教学改革也取得了很好的效果。

五、结论

本文以数字逻辑与数字系统课程设计为研究对象，用人工智能模型训练中的随机梯度下降迭代学习思想，建立了一个以工程约束为驱动、以迭代优化为主线的课程设计教学改革模式。经过教学实践发现，该种模式很好地提高了学生的工程约束意识、系统设计能力和复杂工程问题解决能力，契合了新工科背景下的工程人才培养需求，给电子信息类和计算机类课程设计教学改革给予了可资借鉴的实践经验。

参考文献

- [1] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济 [J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [2] 王金明, 杨菲. 基于“两性一度”的数字逻辑与数字系统课程教学改革 [J]. 计算机教育, 2023(5): 120-124.
- [3] 陈莹, 孙力. 人工智能赋能工程教育: 逻辑、图景与路径 [J]. 高等工程教育研究, 2024(2): 22-28.
- [4] 桂小林, 等. 新工科背景下的计算机系统能力培养实践教学改革 [J]. 中国大学教学, 2019(11): 35-40.
- [5] 刘延飞, 等. FPGA 课程“基础-综合-创新”三级实践教学体系构建 [J]. 实验室科学, 2022, 25(3): 125-128.
- [6] 李晓峰, 罗蕾, 等. 电子信息类专业“系统级”工程实践教学体系构建与实施 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39(4): 198-202.
- [7] 陆佳华, 等. 软硬协同的嵌入式系统课程实验设计与探索 [J]. 计算机教育, 2022(9): 15-19.
- [8] 张林, 陈立伟. 基于 OBE 理念的数字电路课程项目式教学改革与实践 [J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 189-193.
- [9] 赵辉, 等. 工程教育认证背景下实验教学过程化考核体系构建 [J]. 实验技术与管理, 2021, 38(1): 215-219.
- [10] 梁宝莹, 陈爱霞, 郭恺. 人工智能技术背景下插画设计课程教学改革研究 [J]. 前卫, 2024(23): 0007-0009.