

基于 AI 赋能和分层实践的嵌入式系统课程教学改革探索*

卜艳玲** 易畅言 卢晓珍

南京航空航天大学计算机科学与技术学院, 南京 211106

摘 要 传统嵌入式系统课程存在理论抽象、硬件实操门槛高、教学资源单一滞后等痛点, 难以匹配工程教育培养要求。本文以南京航空航天大学国家级一流本科课程《嵌入式系统原理及应用》为载体, 剖析传统教学短板, 构建“AI 赋能理论+分层递进实践”教改模式。依托 OpenMAIC、超星学习通与自研实验平台, 搭建交互动画、知识图谱等数字化资源, 设计编程填空、硬件验证、嵌入式游戏项目三阶实践路径。初步的教学实践表明, 学生随堂练习正确率超 90%, 完成 60 余项嵌入式游戏作品, 有效缓解畏难情绪, 搭建完整知识体系, 提升软硬件协同工程能力。文末指出资源分散、智能学情评价缺失等问题, 后续将整合教学平台、完善自动评价体系, 为嵌入式人才培养提供可借鉴方案。

关键词 嵌入式系统, AI 赋能, 分层实践, 教学改革, 工程教育

Exploration on Teaching Reform of Embedded System Course Based on AI Empowerment and Hierarchical Practice*

Yanling Bu** Changyan Yi Xiaozhen Lu

College of Computer Science and Technology
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
Nanjing 211106, China
byling@nuaa.edu.cn

Abstract—Traditional embedded system courses are confronted with prominent pain points including abstract theories, high barriers to hardware hands-on practice, and monotonous and outdated teaching resources, which can hardly satisfy the training requirements of engineering education. Taking Principles and Applications of Embedded Systems, a national-level first-class undergraduate course at Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, as the carrier, this paper analyzes the deficiencies of traditional teaching and constructs a teaching reform model of “AI-empowered theory + layered progressive practice”. Supported by OpenMAIC, Chaoxing Learning Platform and self-developed experimental platforms, digital resources such as interactive animations and knowledge graphs are established. A three-stage practical path is designed, consisting of fill-in-blank programming, hardware verification and embedded game projects. Preliminary teaching practice demonstrates that the accuracy rate of students’ in-class exercises exceeds 90%, and over 60 embedded game works have been completed. This model effectively relieves students’ fear of difficulties, helps them build a complete knowledge system, and enhances their hardware-software co-engineering capabilities. Finally, this paper identifies existing problems such as scattered resources and the absence of intelligent learning-status evaluation. Subsequent work will integrate teaching platforms and improve the automatic evaluation system, so as to provide referable solutions for embedded talent cultivation.

Keywords—embedded system; AI empowerment; hierarchical practice; teaching reform; engineering education

1 引言

嵌入式系统是国家战略性新兴产业发展的重要支撑。南京航空航天大学计算机科学与技术学院作为教育部首批特色化示范性软件学院的建设单位, 深耕嵌入式软件特色领域。国家级一流本科课程《嵌

入式系统原理及应用》, 不仅是计算机科学与技术、物联网工程专业的必修课, 也支撑信息安全、软件工程专业嵌入式方向的人才培养, 是学生构建系统工程思维、掌握软硬件协同设计能力的核心课程。相关专业均已通过工程教育专业认证, 要求课程建设秉承以学生为中心、产出导向、持续改进的教育理念, 保障人才培养质量^[1-4]。

本课程依托江苏省“十三五”重点教材、自编实验教程及自研 WEEEDK 系列嵌入式实验开发平台, 搭建了完善的立体化教学资源体系。但教学中仍存

***基金资助**: 本文得到江苏省自然科学基金项目(BK20241377)、国家自然科学基金项目(62402217)、南京航空航天大学首批专业核心课程教学团队“计算机系统课程教学团队”项目的支持。

**通讯作者: 卜艳玲 byling@nuaa.edu.cn。

在“理论抽象难懂、硬件实操门槛高”的突出问题：硬件原理、寄存器操作等理论知识抽象晦涩，学生理解难度大；软硬件协同调试流程复杂，初学者易因环境配置、硬件接线等问题受挫，学习主动性不足。

在此背景下，融合生成式 AI、知识图谱等前沿技术开展教学改革极具实践价值。智能教学工具可落地个性化教学，提升教学与学习效率^[5-8]；同时，前沿技术融入传统课程，结合项目式实践教学，能够培养学生解决复杂工程问题的能力^[9-14]。基于此，本课程构建“AI 赋能理论+分层递进实践”创新教学模式，通过优化教学方法、重构实践体系，降低课程学习门槛、强化学生系统能力，为特色化嵌入式软件人才培养提供可借鉴的教改范式。

2 嵌入式课程教学现状与痛点分析

本课程基于 ARM Cortex-M3 处理器，构建了涵盖嵌入式系统概论、处理器架构、程序设计、硬件接口、操作系统等十大模块的教学体系。然而，当前教学在理论理解、实践操作、资源利用三方面存在突出矛盾。

2.1 理论教学的“深”与“散”：抽象性与系统性之间的失衡

嵌入式课程内容深度大、知识点分布广，若缺乏有效引导，学生极易陷入“学得深却理不清”的困境。

(1) 抽象概念的认知挑战。对于硬件基础薄弱的计算机类专业学生而言，底层硬件架构、寄存器配置、操作系统运行机制等内容枯燥晦涩，传统灌输式教学难以将 GPIO 工作模式等抽象概念与硬件实际行为相结合，导致认知门槛高，学习兴趣逐步弱化。

(2) 知识体系的碎片化。课程按模块线性推进，缺乏跨章节知识串联，难以形成系统级思维。学生多机械记忆知识点，无法实现新旧知识联动（如 I²C 的线与时钟与 GPIO 的开漏输出），导致知识碎片化，难以完成知识迁移与灵活应用。

2.2 实践环节的“高”与“陡”：高门槛与低支撑之间的落差

实践教学入门门槛高、坡度陡，学生从“理解代码”到“编写代码”之间缺乏有效过渡。

(1) 软硬件协同的复杂性。嵌入式开发要求严格的软硬件协同，环境配置、引脚接线等细微失误都会导致实验失败，学生实操试错成本高，可能花费整节课时间仍无法完成一个简单的走马灯实验，极易产生挫败厌学情绪。

(2) 浅层化的实验教学。现有实验以验证性操作为主，学生依托现成例程仅被动复刻实验，难以深入理解内在逻辑，普遍存在“知其然不知其所以然”

的问题。同时，现有综合项目往往缺乏真实应用场景，无法有效锻炼学生的工程创新与问题解决能力。

2.3 教学资源的“旧”与“单”：资源形态与个性化需求之间的不匹配

课程资源在数字化、智能化方面的建设与应用仍显不足，难以满足学生个性化、即时性的学习需求。

(1) 资源形态的静态化。现有教学多依赖 PPT 与板书，难以动态展示芯片内部数据流向、总线时序等抽象过程，虽有意向开发可视化资源，但受限于制作成本与时间投入，往往推进缓慢。

(2) 辅导支持的滞后性。课后辅导力量有限，教师难以实时响应学生在课外实践中的问题，缺乏一个能够提供 7×24 小时支持的智能辅助工具，导致学生在遇到问题时“求助无门”，学习中断频发，影响整体学习体验与成效。

综上，如何借助前沿技术降低理论理解的抽象性，如何通过分层递进的实践体系缓解动手门槛的陡峭性，是本次课程教学改革亟需突破的问题。

3 基于 AI 赋能与分层实践的课程改革总体框架

针对上述教学痛点，本次改革确立了“降低认知门槛、强化系统思维、提升工程能力”的改革目标。依托生成式 AI 技术与自研硬件平台，构建了“AI 赋能理论+分层递进实践”的新型教学模式。该模式旨在通过技术手段将抽象理论具象化，同时将复杂的工程实践任务阶梯化，从而实现从知识传授向能力培养的转变。

为了避免老师讲学生听的单向灌输模式，利用 OpenMAIC^[15]、超星学习通等工具构建了以学生为中心的双向互动教学架构，转变为 AI 互动、分层闯关的双向模式。改革方案从理论教学和实践体系两个维度进行了系统性重构，具体思路如表 1 所示。

表 1 教学改革思路对照表

维度	传统教学痛点	改革后的创新模式	核心技术和手段
理论教学	概念抽象枯燥、知识点离散、教学资源滞后	AI 驱动的可视化与交互式教学	利用 OpenMAIC 生成动态交互网页，利用超星学习通构建知识图谱和智能助教系统，并针对关键知识点建设微课资源
实践教学	验证性实验为主、综合项目门槛高	分层递进的游戏化项目驱动	阶梯式开发任务：先基于 OpenMAIC 完成编程填空，再基于自研实验开发平台完成进阶的验证实操，以及综合的游戏开发

4 理论教学改革：AI 赋能认知重构

针对理论深、概念散的问题，改革聚焦于利用 AI 技术将隐性的知识逻辑显性化，通过“交互演示、图谱构建、智能助教”三个层面，降低学生的认知负荷。

4.1 生成 AI 交互动画，实现抽象概念具象化

嵌入式课程中寄存器操作、中断响应、PWM 控制等底层机理较为抽象，静态图片展示效果有限，传统人工制作交互动画门槛高、周期长、不易维护。为此，引入清华大学开源的 OpenMAIC 多智能体互动课堂平

台，依托生成式 AI 技术高效构建教学资源。教师输入教题或上传课件，平台即可自动生成具备交互逻辑的 HTML5 动态网页。学生可通过调整界面参数，实时观察寄存器数值、内存跳转、电平变化等动态过程，直观掌握底层运行机理。

图 1 展示了 PWM 占空比调控风扇转速的交互动画。这种“所见即所得”的交互方式，将晦涩的硬件原理转化为可视化可操作的直观现象，有效降低教学资源制作成本，帮助学生快速理解嵌入式抽象机理，显著提升课堂学习效果。



图 1 OpenMAIC 生成的交互动画案例

4.2 构建可视化知识图谱，强化系统思维

依托超星学习通重构课程资源，打破传统教材章节线性排布的局限，整合梳理嵌入式课程零散知识点，搭建可视化知识图谱。借助学习通的知识架构与资源关联功能，梳理知识点的层级逻辑与衔接关系，形成系统化知识结构，有效解决“只见树木不见森林”的碎片化学习问题。学生可通过知识图谱明晰知识点内在联系，逐步建立完整知识框架，以及匹配个性化学习路径，循序渐进夯实基础、塑造系统思维。

图 2 展示了基于超星学习通构建的嵌入式知识图谱，点开知识点即可清晰呈现知识点层级、依赖关系与关联强度。

4.3 引入智能助教，开展个性化辅导

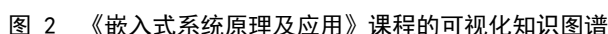
一方面，利用超星学习通平台构建课程专属 AI 助教。通过导入课程大纲、高频问答及教材重点内容训练模型，使其具备专业出题与精准答疑能力。结合知识图谱生成题库，支持学生自主发起随堂测试，实

现学情动态监测；同时 AI 助教提供全天候在线答疑，有效弥补传统课后辅导资源不足的问题。

另一方面，针对汇编指令格式、GPIO 寄存器操作等课程重难点，同步建设微课资源库。除常规课件录播外，还借助 OpenMAIC 平台生成配套教学微课，方便学生随时回看复习。部分微课主题如表 2 所示。

表 2 部分微课主题列表

章节	微课主题
第三章 嵌入式系统程序设计	嵌入式汇编指令格式、第二操作数合法性判断、数据传送方式
第四章 嵌入式最小系统	JTAG调试接口和SWD调试接口对比
第五章 数字输入输出系统设计	GPIO工作原理、GPIO汇编操作、GPIO寄存器操作、GPIO固件库函数操作
第六章 定时计数器组件	三类通用定时器的功能对比、更新定时、比较定时、PWM对齐与占空比
第八章 互通信接口设计	UART字符格式和波特率、UART/RS-232/RS-485比较、I ² C仲裁与线与功能



5.2 进阶层：软硬结合验原理，强化底层交互

在掌握基础编程语法后,基于自编实验教程及配套实验开发平台,开展标准化的验证性实验教学。

在硬件架构方面,采用模块化设计,集成了数字输入输出、模拟输入输出、多模通信等丰富接口。如图4所示,其底板集成常用外围电路,同时预留核心板插座,具备良好的扩展性与兼容性,能够满足从基础控制到复杂通信的多样化实验需求。在实验设置方面,采用ARM-MDK(KEIL uVision5)集成开发环境,并在实验平台上移植 μ C/OS-II 嵌入式实时操作系统,构建了工程化实验场景。实验内容遵循“由浅入深、软硬协同”的认知规律,划分为多个实验章节(详见表3)。每个实验包含明确的知识目标、软硬件资源配置说明、规范化的操作步骤及参考工程代码。教学过程中,要求学生在完成基础验证性任务的基础上,进一步开展数据分析与拓展性应用的探究,包括但不限于人体感应传感器感应实验、气体传感器测量气体实验、基于振动传感器的振动实验、基于超声波测距传感器测距实验、SD卡存储实验、RFID读写卡实验等。这种“理论-实践-反馈”的迭代训练,使学生能够深刻理解各组件的工作原理,有效夯实了软硬件协同设计的底层交互能力与工程实践基础。

图3展示了OpenMAIC生成的编程填空案例。界面采用任务驱动与智能反馈结合的交互设计：代码编辑区预留TODO注释并提供关键术语提示，引导学生补全代码；结果区实时反馈配置是否达标。这种“目标-提示-验证”的仿真训练，将陌生嵌入式编程转化为可操作的填空任务，让学生在即时反馈中快速掌握编程要点，缓解底层驱动开发的入门焦虑。

代码实战：HAL库配置GPIO

编写STM32初始化代码，为游戏手柄和显示屏配置正确的输出模式。

任务目标：

- 配置 GPIOA Pin 5 为推挽输出 (Push-Pull)，无上下拉，高速。用于显示屏背光控制。
- 配置 GPIOB Pin 6 为开漏输出 (Open-Drain)，带上拉电阻 (Pull-up)，低速。模拟 I2C 的 SCL 时钟线。

关键词语：

- GPIO_MODE_OUTPUT_PP：推挽输出
- GPIO_MODE_OUTPUT_OD：开漏输出
- GPIO_PULLUP / GPIO_NOPULL
- GPIO_SPEED_FREQ_HIGH

提示 1： 推挽输出 (Push-Pull) 常用于直接驱动信号，电平在 0V 和 VCC 之间切换。

提示 2： 开漏输出 (Open-Drain) 在驱动 I2C 总线时必须配合上拉电阻，否则无法输出高电平 (High-Z)。

提示 3： 记得检查结构体字段名：GPIO_InitStruct.Mode, GPIO_InitStruct.Pull, GPIO_InitStruct.Speed。

运行 & 验证 获取提示 Ready

```

1 void MX_GPIO_Init(void) {
2     GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};
3
4     /* 开启时钟 */
5     __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();
6     __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();
7
8     /* 任务 1：配置 PA5 (显示屏背光) */
9     GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_5;
10    // TODO: 设置为推挽输出
11    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
12    // TODO: 设置为无上下拉
13    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP;
14    // TODO: 设置为高速频率
15    GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH;
16    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);
17
18    /* 任务 2：配置 PB6 (模拟I2C) */
19    GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_6;
20    // TODO: 设置为开漏输出
21    // TODO: 设置为上拉
22    // TODO: 设置为低速频率
23
24    HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);
25 }
                
```

验证结果

Passed PA5 是否配置为 Push-Pull (推挽)

Passed PA5 是否配置为 High Speed (高速)

Failed PB6 是否配置为 Open-Drain (开漏)

Failed PB6 是否配置为 Pull-up (上拉)

控制台

> 正在解析寄存器配置逻辑...

> 验证未通过，请检查 GPIO_InitStruct 配置参数。

> 错误：PB6 应该是 Open-Drain 模式。

图 3 OpenMAIC 生成的编程填空案例

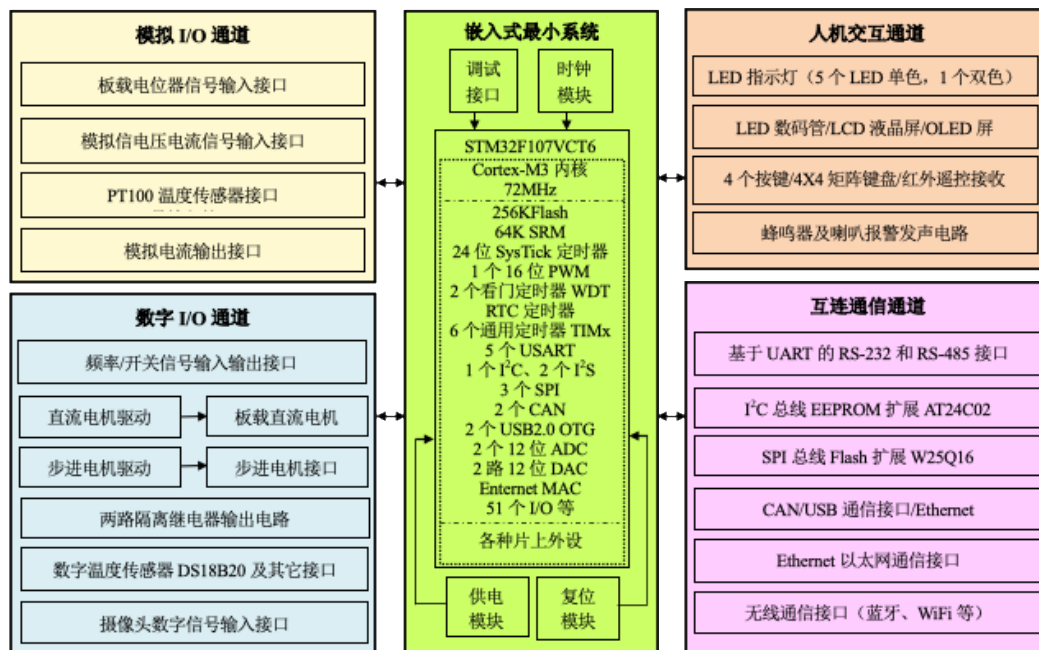


图 4 自研实验开发平台的实物图与硬件组成

表 3 嵌入式基本实验内容列表

类别	基本实验内容
数字输入输出	GPIO基本实验（LED跑马灯、按键与蜂鸣器控制、直流电机控制）、GPIO中断实验（普通中断、中断计数）、TFT LCD显示实验、GPIO扩展实验（继电器驱动输出、四相步进电机控制、红外遥控）
定时计数器	系统节拍定时器SysTick实验（查询定时、中断定时）、定时器TIMx实验（更新定时、比较定时、PWM输出控制电机、输入捕获）、RTC日历实验、看门狗实验
模拟输入输出	模拟输入接口实验（板载电位器测量电压值、外接模拟电压或电流测量相关量）、模拟输出接口实验（控制灯泡或电机、DAC波形生成演奏音乐）
互连通信	USART通信接口实验（RS-232通信、RS-485通信）、基于I2C的EEPROM实验、基本SPI的Flash实验、CAN通信接口实验、蓝牙通信控制实验
嵌入式操作系统	μ C/OS-II的应用程序实验（任务调度、消息队列、信号量、消息邮箱）
综合实验	无操作系统下或 μ C/OS-II下的综合实验，融合GPIO、TIMx等丰富组件，实现功能集成与综合应用开发

5.3 综合层：游戏驱动创新，构建系统思维

上节的综合实验为验证性实验的简单拼凑，缺乏真实工程场景支撑，难以激发学生内驱力。为此，确立了寓教于乐的课程设计建设思路，引入嵌入式游戏开发作为高阶能力培养载体，利用 WEEEDK 实验平台的显示与交互优势，开展基于真实作品产出的项目式学习。

在项目载体方面，选择贪吃蛇、俄罗斯方块、打砖块、推箱子等经典小游戏，此类项目趣味性强、逻辑闭环，且对实时性要求较高，迫使学生深入理解操作系统的调度机制与硬件资源的抢占问题。相比于机器人等复杂平台，小游戏开发仅需屏幕与按键，大幅降低了硬件成本与环境配置门槛，适合计算机类学生开展软硬件协同设计。

在教学实施方面，要求学生分组完成从需求分析到成果展示的全生命周期开发，具体包括需求分析和系统设计、模块划分和接口定义、并行开发和集成测试、系统优化和性能调优、项目总结和成果展示。学生需综合运用 GPIO、定时器、ADC/DAC、通信接口、RTOS 任务调度及 GUI 显示等知识解决复杂工程问题，例如通过 GPIO 实现用户操作输入响应、利用定时器完成定时控制、借助 ADC/DAC 处理模拟信号等。同时也需基于 μ C/OS-II 设计合理的任务优先级，例如显示任务优先级高于背景音乐任务，以保证游戏画面流畅且能实时响应按键，从而深刻掌握多任务并发编程技巧。具体要求如表 4 所示。

表 4 嵌入式游戏化项目的教学要求

类别	具体要求
系统开发	实现完整嵌入式交互系统逻辑：运用GPIO、定时器、嵌入式操作系统等知识，合理设计按键功能，利用喇叭输出音效，确保按键响应灵敏、音效适配；通过 μ C/OS-II进行任务调度，保障响应实时性
交互设计	阐述交互设计思路及目标，说明按键、喇叭等硬件连接方式，以及交互功能实现的软件编程逻辑
团队协作	合理分工，明确职责；建立沟通机制，讨论进展与问题，促进协作高效
设计报告	包括项目概述、系统设计（含硬软件设计）、交互说明、测试调试过程及结果、风险评估和改进方案、团队分工协作、总结与展望等内容
展示汇报	进行项目介绍、系统演示，阐述设计思路、技术实现、个人收获及团队协作情况，展示课程设计成果

在考核评价方面，建立多元化的评价体系。通过考查设计报告质量、嵌入式交互应用现场演示与答辩情况，综合评价学生正确运用嵌入式组件知识进行系统设计与开发的能力，重点考核系统功能、代码质量、创新性、团队协作、影响分析、风险改进、成果表达等方面的综合水平。

这种基于“游戏化”的综合实践模式，不仅有效降低了硬件成本，更通过趣味性的任务激发了学生的探索欲，促使其主动钻研复杂工程问题，实现了从验证知识到系统创造的能力跃升。

6 课程改革效果

经过一学期的教学实践，结合课程平台教学数据与学生反馈综合分析，本次教改在知识掌握、能力培养和学习态度三个方面均取得了显著成效。

（1）提升学习主动性，缓解课程畏难情绪。引入 AI 生成的交互动画、编程填空等数字化教学资源后，课堂趣味性与直观性明显增强，有效激发学生自主学习动力。平台数据表明，课程选修人数激增 60 余人，学生平均自主练习时长较往年有所增加；随堂练习正确率由原来 60%~70%提升至 90%以上，学习参与度和知识掌握程度显著改善。

（2）构建系统认知，改善碎片化学习现状。利用可视化知识图谱与递进式实践体系，帮助学生梳理知识点关联，建立嵌入式系统整体认知。考核结果显示，学生面对复杂工程问题时分析与方案设计能力明显提升，综合性实验任务完成质量同比提高近 10%，有效破解知识点零散、不成体系的学习问题。

（3）强化工程实践能力，落实产出导向培养。基于 WEEEDK 实验开发平台开展游戏化项目驱动教学，

引导学生从单纯代码编写转向系统设计与集成开发。本学期学生共完成高质量嵌入式游戏作品 60 余项,能够熟练运用 GPIO、UART 等各类接口技术,理解嵌入式操作系统运行机制,程序调试、故障排查以及复杂工程问题解决能力得到切实锻炼。

7 结束语

本文针对嵌入式课程理论抽象难懂、硬件实操门槛高两大教学痛点,构建了 AI 赋能理论教学和分层递进实践体系相结合的创新模式。在理论教学层面,通过引入交互演示动画、可视化知识图谱与智能助教,将晦涩的底层硬件原理具象化,实现个性化学习与全天候辅导。在实践教学层面,设置编程填空、进阶验证、游戏化综合项目三级递进训练,降低入门难度,循序渐进提升学生实操能力与创新实践水平。

目前改革已取得良好成效,但仍存在优化空间。第一,OpenMAIC 平台虽能快速生成交互教学页面,但部分成品可用性有限,需基于半成品资源进行二次开发与功能完善。第二,现有多平台教学资源较为分散,实践成果仍依赖人工评价,编程实操等过程数据未能自动纳入学情统计,需进一步整合教学资源,完善自动化评价机制,构建更加全面的学情画像。

未来,将持续深化人工智能在嵌入式教学中的应用,不断优化课程体系与培养模式,为特色化软件人才工程素养与创新能力培养提供支撑。

参考文献

- [1] 蒋金橙,付红,蒋建春,等.大学生“嵌入式系统及应用”课程思政教学融合路径探索与实践[J].大学,2026(8):157-160.
- [2] 刘晨,邓庆绪,陈郭成,等.新工科背景下物联网专业嵌入式系统实验教学改革与实践[J].实验室研究与探索,2023,42(10):196-199.
- [3] 田金琴,丁红胜,王晓峰.基于GD32F303RET6的单片机实验板研发及教学实践[J].计算机技术与教育学报,2025,13(3):122-127.
- [4] 胡亚慧,胡俊,刘亮,等.计算机类课程螺旋式能力进阶探索与教学实践[J].计算机技术与教育学报,2025,13(7):127-130.
- [5] 梁杨.人工智能背景下嵌入式类课程实践教学体系建设——以湖南中医药大学为例[J].计算机教育,2026(3):271-276.
- [6] 柴晨,冯蕊.基于生成式人工智能的智能车路系统课程教学创新实践[J].高教学刊,2026(13):55-58.
- [7] 周书贤.生成式人工智能赋能设计思维教学:模式构建与实践[J].教育科学论坛,2026(5):16-21.
- [8] 沈博,董云卫,李晓锋,等.生成式AI背景下嵌入式软件课程融合航天元素的案例教学设计[J].计算机技术与教育学报,2025,13(4):117-121.
- [9] 康一梅,张莉.嵌入式软件设计课程教学实践[J].计算机教育,2023(4):30-33.
- [10] 吴耀耀,魏杨,黄毅,等.《嵌入式系统设计与开发》应用型课程实践教学研究[J].电脑知识与技术,2022,18(4):152-153.
- [11] 杨燕红,彭忆强,黄晓蓉,等.产教融合背景下案例式教学的探索及实践——以汽车嵌入式系统设计课程为例[J].高教学刊,2026(9):122-126.
- [12] 姜开永,胡赞,周小明.“嵌入式系统应用开发”应用型课程实践教学模式研究[J].物联网技术,2025,15(7):159-162.
- [13] 赵帅,李博洋,陈浩然,等.基于国产无人机的智能化嵌入式系统课程设计探索[J].计算机技术与教育学报,2025,13(2):67-73.
- [14] 马宝泽,唐梁,谢文希,等.AI赋能的6E教学模式在电路课程教学改革中的探索[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):146-151.
- [15] 清华大学MAIC团队.OpenMAIC[EB/OL].(2026-03-26)[2026-05-19].<https://open.maic.chat/>.