

基于项目驱动的嵌入式操作系统课程 教学改革与实践*

郝张红** 张楠 罗才喜 种楠楠

天津仁爱学院信息与智能工程学院, 天津 301636

摘 要 针对当前嵌入式操作系统课程存在的路径依赖、内容碎片化、软硬分离及课程思政悬浮化问题, 本文提出以国产 RT-Thread 操作系统替代国外平台, 以 STM32F407 智能小车为统一载体, 构建“项目驱动+思政融合”的一体化教学方案。通过重构教学内容、设计阶梯式项目、实施“项目发布-知识建构-协作探究-成果展示-反思迭代”五阶流程, 并贯穿科技报国、工匠精神、团队协作三条思政主线, 实现“做中学、学中思”。经一学期教学实践验证: 改革后实验班不及格率由对照班的 6.57%降至 0%, 70-79 分中等段占比由 24.59%提升至 47.87%, 成绩分布结构显著优化; 学生学科竞赛参与规模实现量级跃升; 教学案例获全国高校人工智能前沿课程研讨会教学案例特等奖。该模式有效达成知识、能力与价值的有机统一, 为嵌入式课程的本土化改造与课程思政落地提供可操作的路径参考。

关键词 嵌入式操作系统, RT-Thread, 项目驱动, 课程思政

Teaching Reform and Practice of Embedded Operating System Course Based on Project-Driven Approach*

Zhanghong Hao Nan Zhang Caixi Luo Nannan Chong

School of Information and Intelligence Engineering, Tianjin Renai College, Tianjin, 301636, China
zhhao@tjrac.edu.cn

Abstract—In response to the prominent problems existing in the current embedded operating system curriculum, such as path dependence, fragmented content, disconnection between software and hardware, and superficial integration of ideological and political elements, this paper proposes to replace foreign operating system platforms with the domestic RT-Thread operating system, and adopt the STM32F407 smart car as a unified experimental carrier. On this basis, an integrated teaching framework of “project-driven + ideological and political integration” is constructed. Through teaching content restructuring, progressive project design, and the implementation of a five-stage teaching flow that includes project release, knowledge construction, collaborative exploration, achievement demonstration, and reflection iteration, as well as the integration of three core ideological and political themes-serving the country through science and technology, craftsmanship spirit, and teamwork spirit, this reform realizes the concept of “learning by doing and thinking through learning”. One-semester teaching practice has validated the effectiveness of this reform. In the experimental class, the failure rate dropped from 6.57% (in the comparison class) to 0%, and the proportion of students scoring in the 70-79 mid-range rose from 24.59% to 47.87%, reflecting a markedly optimized grade distribution structure. Student engagement in discipline competitions expanded by an order of magnitude, and the teaching reform case derived from this course received the Special Prize at the National Teaching Case Solicitation of the Frontier Course Seminar and Advanced Training Workshop on Artificial Intelligence in Higher Education, demonstrating strong replicability and promotional value. It promotes the organic integration of knowledge instruction, ability cultivation, and value guidance, and provides an operable reference for the localization reform and ideological and political construction of embedded system-related courses.

Keywords—embedded operating system, RT-Thread, project-driven, curriculum ideological and political education

1 引 言

新工科建设对人才培养提出了更高、更全面的要求——既要具备交叉融合的知识结构, 又要具备实践

创新能力, 更需肩负价值引领的使命, 这无疑是更高标准的育人导向^[1]。作为物联网、人工智能、智能汽车等战略新兴产业的底层技术支撑, 嵌入式操作系统课程的教学质量, 直接关系到我国在高端芯片与基础软件领域的自主可控能力与产业竞争力。

然而, 当前国内高校的嵌入式操作系统课程普遍面临教学困境, 难以满足新工科建设的迫切需求^[2-4]。如何将专业教育与价值引领深度融合, 培养“懂技术、

*基金资助: 本文得到教育部产学研合作协同育人项目(251003632301006); 天津市教改项目(A251403801); 校级教师发展基金项目-社科项目(FZ232003)资助。

*通讯作者: 郝张红 zh hao@tjrac.edu.cn。

能实战、有情怀”的嵌入式系统人才，成为亟待解决的关键问题。

针对上述问题，本文提出以国产 RT-Thread 操作系统为核心平台，以 STM32F407 智能小车为载体，实施项目驱动式教学改革，并在教学全过程中融入课程思政。RT-Thread 作为国内装机量最大的嵌入式操作系统，其自主可控的技术路线与课程思政的育人目标高度契合，是开展教学改革理想平台^[5]。本研究旨在探索一条“国产系统+项目实践+思政育人”协同推进的课程改革新路径。

2 课程教学现状与问题剖析

2.1 操作系统选择的路径依赖

国内多数高校在嵌入式课程中选用 Linux 或 FreeRTOS 等国外平台。Linux 内核庞大，不适合在有限学时内深入理解实时操作系统的核心机制^[6-8]；FreeRTOS 虽轻量，但缺乏本土化技术生态与支持。这种对国外技术的依赖，不仅增加了学习门槛，更使学生形成“嵌入式操作系统等同于国外操作系统”的认知定势，与我国发展信创产业的战略需求严重脱节^[9]。

2.2 教学内容的碎片化困境

传统教学遵循“内核原理→任务调度→同步通信→内存管理→驱动开发”的线性逻辑，各知识点相对孤立。学生虽能逐一掌握，却难以在真实工程场景中形成系统性思维^[10]。课程偏重操作系统原理和源码讲解，工程实际应用价值较低，导致学生“知其然，而不知其所以然”，更不知“何处用”。

2.3 实践教学的软硬分离倾向

嵌入式系统是典型的“软硬一体”学科，但当前实验教学普遍“重软件、轻硬件”。学生多使用现成开发板进行验证性实验，硬件电路连接、接口程序设计等内容被严重弱化^[11]。加之实验学时有限，学生课下接触硬件的门槛较高，实践能力培养效果大打折扣。

2.4 思政教育的悬浮化现象

课程思政在实践中常以“贴标签”的方式呈现^[12]，或是在课程首尾增加口号式宣讲，或是在知识点后生硬插入说教内容。这种悬浮化的思政融入难以引发情感共鸣，真正的课程思政应如“盐溶于水”，使技术教育与价值引领自然融合。

3 教学改革方案设计

3.1 改革思路与目标

本课程坚持国产自主可控与项目驱动双螺旋，构建“一核、一平台、一线、一融合”的改革框架，如图 1 所示。以国产 RT-Thread 为教学核心系统（一核）；以 STM32F407 智能小车为统一实践平台（一平台）；以项目式教学贯穿全课程（一线）；将课程思政深度融入教学全环节（一融合）。教学目标涵盖三个维度：知识上，掌握 RT-Thread 内核机制与驱动开发；能力上，具备基于 RT-Thread 与 STM32 的项目开发能力；素养上，厚植家国情怀，培养严谨求实的工匠精神与团队协作意识。

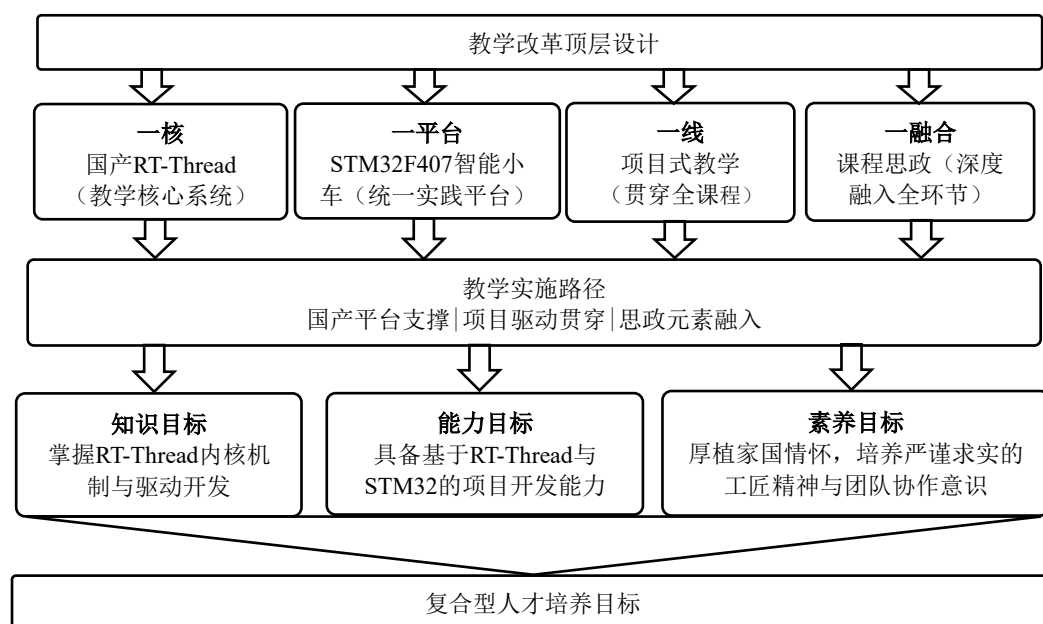


图 1 教学改革框架

3.2 平台与载体的育人逻辑

(1) 教学核心：国产 RT-Thread 操作系统

RT-Thread 是国内自主开发的装机量最大的开源的、免费的嵌入式实时操作系统^[13]，采用“内核+组件”的模块化架构，内核精简，代码结构清晰，适合初学者理解实时内核机制。其丰富的软件包生态为项目开发提供了充足支撑，目前，RT-Thread 全球装机量已突破 25 亿台，汇聚超 30 万的开发者，如今已经与 200 多所高校合作，共建近百个联合实验室^[14]。从育人角度看，RT-Thread 的自主可控属性本身就蕴含着“科技自立自强”的价值符号，当学生了解到该操作系统已应用于国家电网、比亚迪等关键领域时^[15]，技术学习自然升华为使命担当。

(2) 实践载体：STM32F407 智能小车

本课程采用以 STM32F407 为核心控制器的小车作为实践载体，涵盖了嵌入式开发的四大核心模块：处理器编程、实时操作系统、传感器技术与无线通信。项目分解为“内核基础→功能模块→系统集成→创新拓展”四个递进层次，对应“会搭建→会编程→会设计→会创新”的能力进阶路径。小车的功能模块是智能家居、服务机器人等领域典型应用场景的微缩版本，有助于学生建立“课堂项目→工程应用”的认知迁移能力。

3.3 教学内容重构

本课程以五个递进项目为载体，按 RT-Thread 核心知识模块重构教学内容，覆盖操作系统全核心知识点，实现“模块教学+项目落地”一体化，完整包含 RT-Thread 内核、组件、驱动、应用开发全内容。

基础入门模块：完成 RT-Thread 开发环境搭建、系统架构认知、小车硬件适配，工程项目创建，为后续项目筑牢环境基础。

多线程管理模块：聚焦 RT-Thread 线程核心机制，围绕线程创建、调度、优先级、延时等关键知识点展开训练，让学生理解多任务并发思想、掌握多线程程序设计方法、建立实时系统基本思维，具备把复杂控制逻辑拆分成独立任务、并让系统稳定有序运行的工程能力，为后续智能小车多任务协同控制打下底层基础。

线程同步与通信模块：解决多线程并发冲突问题，覆盖信号量、互斥量、消息队列、邮箱等机制，实现小车多任务协同运行。

设备驱动与实时控制模块：融合 RT-Thread 设备驱动模型、定时器、中断机制，完成传感器接入、周期性控制、紧急响应等功能，贴合企业嵌入式开发规范。

综合项目实战模块：整合前期各模块理论与技术知识，开展智能小车系统的整体设计与开发。学生可自主规划小车实现的功能，如循迹、避障、环境温度检测、速度控制、无线通信等，在方案设计中充分发挥创新设计能力。项目完整覆盖需求分析、程序编码、软硬件调试、成果答辩等全工程流程，最终形成可稳定运行、具备完整技术文档的项目成果，有效提升学生的综合工程实践与创新应用能力。

所有模块紧密衔接，全覆盖 RT-Thread 核心知识点，每个模块对应明确项目任务，让学生在实操中掌握操作系统原理与工程应用。模块化重构内容如表 1 所示。

3.4 项目式教学实施：五阶递进流程

课程以基于 RT-Thread 的多任务智能小车系统为总项目载体，按照认知规律与工程开发逻辑，将其分解为四个逐层递进的子项目，形成“总项目统领、子项目支撑、知识点逐级落地”的项目式教学体系。借鉴项目驱动教学设计原则^[16]，构建“项目发布→知识建构→协作探究→成果展示→反思迭代”的教学流程。

第一阶段：项目发布与情境导入。以“基于 RT-Thread 的多任务智能小车系统”为项目总任务，播放无人配送车等应用视频激发兴趣。教师将总功能分解为 RT-Thread 线程创建、信号量同步、设备驱动框架等知识点，建立“完成项目即掌握知识”的认知预期。

第二阶段：知识建构与支架搭建。围绕项目所需知识点，采用“支架式”教学：教师讲授核心概念，学生基于 STM32F407 智能小车平台进行项目设计，每个知识点对应一个微型任务，知识点与任务衔接如表 1 中所示。

第三阶段：协作探究与项目攻坚。学生以 2-3 人为小组开展分工协作，围绕项目任务进行任务分析、拆解、协同开发与联合调试。小组内部依据系统开发流程开展分工配合，强化嵌入式系统开发所需的团队协作、沟通协调与工程化实施能力。

第四阶段：成果展示与同行评议。各小组进行项目路演，展示小车功能并讲解技术方案，接受其他小组和教师的提问与评分，锻炼技术表达能力并创造“同伴学习”机会。

第五阶段：反思迭代与思政升华。教师点评各小组方案的优缺点，引导学生思考改进方向。并由此自然过渡到思政讨论：从小车避障算法的优化讨论“精益求精的工匠精神”；从团队协作中的沟通摩擦讨论“集体主义与协同创新”；从 RT-Thread 的国产化历程讨论“科技自立自强的时代使命”。

表 1 模块化内容重构

教学模块	主要内容	项目任务
模块 1: RT-Thread 基础与开发环境	1. RT-Thread 系统架构 2. 开发工具 (RT-Thread Studio /STM32 CubeMX) 使用 3. 工程创建、编译、下载与调试 4. FinSH/Msh 命令行使用 5. 智能小车硬件组成认知	1. 环境搭建 2.新建 RT-Thread 工程 3. 运行“hello rt-thread”示例 4. 通过串口查看系统信息,要求学生修改示例,输出学生的姓名和学号 5. 熟悉小车 MCU、电机、传感器硬件
模块 2: 线程管理与调度	1. 线程概念与生命周期 2. 线程创建、删除、挂起、恢复 3. 线程优先级与时间片轮转调度 4. 线程延时 5. 多任务运行机制	1. 创建 LED 状态指示线程 2. 创建蜂鸣器控制线程 3. 调整线程优先级,观察调度效果 4. 实现 LED 状态指示线程、蜂鸣器控制线程多线程独立运行
模块 3: 线程同步与通信	1. 临界区与并发冲突问题 2. 事件原理与应用 3. 信号量原理与应用 4. 互斥量原理与应用 5. 消息队列/邮箱通信机制	1. 创建按键识别线程 2. 用信号量/事件实现按键控制蜂鸣器 3. 用消息队列实现按键识别线程与蜂鸣器控制线程之间的通信 4. 用邮箱实现按键识别线程(两个独立按键分别控制蜂鸣器和 LED)、蜂鸣器控制线程、LED 状态指示线程之间的通信
模块 4: 设备驱动与实时控制	1. RT-Thread 设备驱动模型与框架 2. 设备注册、打开、读写、控制接口 3. GPIO/I2C 等标准设备驱动调用 4. 软件定时器与硬件定时器 5. 中断服务函数与中断处理机制 6. 中断与线程的协同关系	1. 用设备接口读取超声波、DS18B20 温度传感器、红外传感器等外设数据 2. 使用 PWM 设备控制小车行驶速度 3. 编写简单自定义设备驱动 4. 定时器定时采集传感器数据 5. 外部中断触发小车紧急停车 6. 实现系统实时控制
模块 5: 综合项目实战	1. 嵌入式系统多线程架构设计 2. RT-Thread 核心机制综合应用 3. 系统调试与问题排查 4. 项目文档撰写与答辩	1. 设计智能小车系统 2. 整合线程、同步通信、驱动、定时器、中断等核心机制 3. 实现避障、循迹、温度检测等功能 4. 完成项目演示、代码提交、报告撰写

3.5 课程思政的三条融入主线

本课程以 RT-Thread 自主可控操作系统为教学载体,构建科技报国、工匠精神、团队协作三条并行思政主线,将价值引领、能力培养、知识传授三位一体深度融入五大教学模块,实现专业教育与思政教育同向同行、协同育人。

主线一:科技报国的使命教育。在开篇介绍 RT-Thread 的发展历程,展现中国工程师在基础软件领域的长期坚守。在项目实践中,引导学生直面关键核心技术“卡脖子”问题,深刻认识嵌入式系统开发能力对保障国家信息安全、支撑关键行业自主可控的战略意义^[17],厚植科技报国、产业强国的使命担当。

主线二:工匠精神的工程伦理教育。在小车调试过程中,面对传感器读数不准、任务调度异常等问题,引导学生理解工程实践的常态就是“与问题共处”,培养耐心、细致、严谨的工作态度。通过追溯 RT-Thread 技术迭代历程,传递持续优化、追求卓越、守正创新的工匠精神。

主线三:团队协作的集体主义教育。以小组项目为载体,通过任务拆解、联合开发、联调测试等环节,强化成员间沟通配合、责任共担、成果共享。引导学生在解决实际协作冲突中理解个人价值与集体目标的统一,将集体主义精神转化为高效协作、攻坚克难的实践能力。

三条主线全程贯穿环境搭建、线程管理、同步与通信、设备驱动、综合项目五大教学模块,实现知识点、项目任务、思政元素一一对应、有机融合,如表 2 所示。

3.6 考核方式改革

为解决传统考核重理论、轻实践、重结果、轻过程的问题,本课程围绕 RT-Thread 项目式教学实施全过程考核改革,构建“过程性评价+成果性评价+思政素养评价”一体化考核体系,将知识掌握、工程能力、团队协作与思政素养全面纳入评价范畴。

改革后摒弃传统闭卷考试,考核以智能小车系统开发为主线,覆盖环境搭建、多线程设计、同步与通信、设备驱动、综合实战五大教学模块,重点评价学

生的工程实践能力、问题解决能力、创新意识与职业素养，实现教-学-做-评闭环，突出能力导向与工程导向。评价维度及标准如表 3 所示。

表 2 教学模块、教学内容与课程思政的融入

教学模块	核心教学内容	思政元素
模块 1: RT-Thread 基础 与开发环境	RT-Thread 架构、开发工具、工程创建、小车硬件认知	科技报国：初识国产自主操作系统，建立文化自信与民族自豪感
模块 2: 线程管理与调度	线程创建、优先级、调度机制	工匠精神：严谨编码、规范调试，培养程序设计的规范性与可靠性
模块 3: 线程同步与通信	事件、信号量、互斥量、消息队列、邮箱	团队协作：理解任务协同逻辑，建立分工配合、有序协作的团队意识
模块 4: 设备驱动与实时控制	设备驱动模型、传感器接入、定时器、中断	科技报国+工匠精神：认识关键技术自主可控价值；严谨排查硬件/软件问题
模块 5: 综合项目实战	多线程系统设计、综合联调、项目验收	科技报国+工匠精神+团队协作：完整工程历练；精益求精；集体协作完成成果交付

表 3 考核评价标准

评价维度	评价项目	对应教学模块
平时表现(20%)	课堂出勤、互动参与、学习态度、纪律规范、工程伦理意识、使命担当意识、实验室安全及卫生、实验平台整理及维护	贯穿所有模块
子项目成果(30%)	模块功能调试及实现、项目报告	模块 1-4
综合项目成果(50%)	系统架构设计、多任务开发、硬件联调、功能实现、代码规范、项目报告、现场演示和答辩	模块 5

4 教学改革实践与成效

为检验教学改革方案的实效性，本课程组于 2025-2026 学年春季学期在我校 2023 级通信工程专业开展了为期一学期的教学实践，覆盖学生 94 人。同时选取同专业 2022 级采用传统“理论+课内实验+闭卷考试”模式的 61 名学生作为对照班。

4.1 学业成绩对比分析

以课程终结性综合项目成绩作为核心衡量指标，实验班与对照班的成绩分布对比如表 4 所示。改革前不及格率为 6.57%，大量学生仅依靠短时应试背诵完成考核，对工程实践知识的内化程度不足。实施项目式教学改革后，平均分 76.48 分，与改革前基本持平，但成绩分布结构呈现显著优化特征：其一，无不及格学生，0-59 分段占比降至 0%，彻底消除传统笔试模式下因临场发挥、应试短板造成的不及格现象，有效兜

底基础薄弱学生的学习成果；其二，成绩集中区间大幅向中等段聚拢，70-79 分中等段占比达 47.87%，相较于改革前同分段 24.59%的占比实现翻倍增长，说明项目实践过程能够引导大多数学生稳步达成课程基础能力目标；其三，60-69 分及格段占比 12.77%，远低于改革前 21.31%的占比，弱化了仅能浅层掌握知识点的学生群体规模。

表 4 改革前后成绩对比

成绩区间	对照班占比	实验班占比
优秀 (≥90)	16.38%	8.51%
良好 (80~89)	31.15%	30.85%
中等 (70~79)	24.59%	47.87%
及格 (60~69)	21.31%	12.77%
不及格 (<60)	6.57%	0%
平均分	对照班76.97/实验班76.48	

从育人逻辑层面分析，传统试卷考核侧重理论知识点记忆与标准化解题，难以衡量本课程要求的系统设计、工程实现、口头阐述等综合能力，部分学生擅长死记硬背但动手实践薄弱，部分实践能力突出的学生却因应试短板分数偏低。而项目式报告+答辩的多元考核体系贯穿课程完整学习周期，学生需自主完成需求分析、方案设计、代码开发、文档撰写与成果汇报全流程任务，教师依托阶段性项目指导、答辩现场提问实现全过程学情跟踪，一方面为基础薄弱学生提供循序渐进的实践阶梯，避免期末一张试卷定成绩带来的评价偏差；另一方面项目式教学天然承载复合型工程人才素养培育功能，课程以分组协作模式推进项目全流程开发，学生需以小组为单位完成任务拆解、分工实施、问题协同攻关、成果整合汇报等系列工作，在持续沟通磨合、分歧协调中潜移默化锤炼团队协作意识与工程沟通表达素养；同时课程采用梯度进阶式项目任务设计，由基础功能开发逐步过渡至系统集成、算法优化与拓展创新，引导学生循序渐进完成需求分析、软硬件设计、整机联调、文档撰写全工程链路训练，系统性夯实工程实操落地能力，充分激发自主探究与创新设计思维，实现协作素养、工程实践能力与创新创造能力的分层递进式培育。

4.2 学科竞赛与教学成果

教学改革有效促进了学生从“课堂项目”向“学科竞赛”和“创新成果”延伸。2026 年依托本课程项目孵化，学生在嵌入式芯片与系统设计竞赛中由去年的 1 支队伍参赛增加到今年的 10 支队伍。在 2026 年中国机器人及人工智能大赛中获国家级二等奖 1 项，三等奖 1 项，市级二等奖 2 项，三等奖 3 项。

此外，基于课程项目孵化的教学案例《基于 RT-Thread 的智能小车避障系统》凭借“国产操作系统+项目驱动+思政融合”三位一体的设计理念，在全国高校

人工智能前沿课程研讨会暨高级研修班教学案例征集中荣获特等奖,表明本教改方案具备良好的可复制性与推广价值。

4.3 教学反思

在教学实践过程中,课程组也发现了一些存在的问题,需要在后续改革中持续优化。

第一,学生工程能力差异显著,项目协作存在“搭便车”现象。项目式教学要求学生具备一定的自主学习与编程基础,但学生个体在嵌入式基础、代码规范、调试经验等方面差异较大。小组协作中,部分基础较好的学生承担了绝大多数核心工作,少数学生参与度不足、依赖同伴、自身成长受限,难以全面达成课程目标。后续需通过更精细的过程性评价加以约束。

第二,硬件资源受限,项目开发周期与教学进度存在张力。项目式教学强调“做中学”,但智能小车硬件采购、维护与损耗成本较高,实验室硬件资源有限;同时,项目从需求分析到联调测试涉及环节多,学生在有限的实践学时内难以完成高质量的综合性开发,部分小组只能完成基础功能验证,创新拓展不足。后续将构建硬件资源保障体系,优化实验室管理规范,全面开放课余实验场地,保障学生可利用课外时间持续开展项目调试与功能迭代。

5 结束语

新工科建设的核心在于培养引领未来产业发展的高素质工程技术人才。对于嵌入式操作系统这类关键的“根技术”课程而言,教学改革的使命不仅在于传授知识与工程技能,更在于厚植家国情怀,在青年学子心中播下技术报国的种子。本文提出以国产 RT-Thread 操作系统为教学平台、以 STM32F407 智能小车为实践载体、以阶梯式项目为主线、以课程思政为灵魂的一体化教学改革方案,系统回应了“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”的根本问题。

经过教学实践验证,该模式破解了传统课程重理论、轻实践、弱素养、缺协同的痛点,学生的嵌入式系统开发能力、工程问题解决能力与团队协作能力显著提升。课程实现了知识传授、能力培养、价值引领三位一体有机统一,人才培养与产业岗位需求的衔接更加紧密,为同类课程的教学改革提供了可复制、可推广的实践范式。

未来,本课程将进一步深化产教融合、科教融汇,引入企业真实工程项目,持续完善 RT-Thread 教学资源库与实践体系,不断提升教学高阶性、创新性与挑战度,为培养更多担当民族复兴大任的时代新人贡献力量。

参考文献

- [1] 蔡晓东,王腾飞,徐伟伟.新工科背景下“以学促业”在化学工程专业人才培养中的对策研究[J].化纤与纺织技术,2024,53(11):255-257.
- [2] 黄建忠,彭红梅,刘树波,等.融合“两学两育”的嵌入式系统能力培养[J].计算机教育,2024(07):56-60.
- [3] 何川.思政教育融入嵌入式系统课程的探索与实践[J].高教学刊,2024,10(S1):174-177.
- [4] 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(02):67-73.
- [5] 2025 CCF:国产操作系统 RT-Thread 睿赛德在需求中扎根,在开源中生长[EB/OL].2025-08-04.
- [6] 李寿兴,和志高.面向应用型人才培养的 Linux 课程教学改革研究[J].电脑知识与技术,2025,21(36):130-132.
- [7] 刘娇,赵祯,曹蕊,等.基于“二元制”教学模式的 Linux 操作系统课程教学改革研究[J].山西青年,2026(03):127-129.
- [8] 包理群,李锦琰,徐钦,等.产教融合模式下“嵌入式系统”课程教学改革与实践[J].工业和信息化教育,2026(02):16-20.
- [9] 吴秀君.信创背景下职业院校信息技术人才培养体系建设策略[J].新疆职业教育研究,2025,16(02):41-44.
- [10] 庄旭菲,孙海东,张燕,等.“新工科”背景下“嵌入式操作系统”课程教学改革研究[J].科技风,2023,(30):128-130.
- [11] 张广宇.新工科背景下“嵌入式操作系统”教学模式改革[J].科技风,2022,(36):143-145.
- [12] 张良.课程思政如何破解“两张皮”难题——知识与社会联系的认识论视角[J].教育研究,2023,44(06):59-66.
- [13] 徐丽华,王宜怀,奚圣鑫.基于 Cortex-M4 内核的 RT-Thread 上下文切换机制剖析[J].计算机应用与软件,2025,42(01):213-216+302.
- [14] 上海睿赛德电子科技有限公司.RT-Thread 官方网站[EB/OL].(2026-04-09)[2026-04-16].
- [15] 中国日报.RT-Thread 睿赛德“开源向实”新征程[N/OL].(2026-02-05)[2026-04-16].
- [16] 王若凡,任国风,付建梅.基于项目驱动的“嵌入式操作系统”课程改革与实践[J].教育教学论坛,2024(13):149-152.
- [17] 曹珂.嵌入式系统设计课程中工程伦理元素解析[J].电子技术,2020,49(03):60-61.