

基于校企协同与竞赛驱动的嵌入式系统技术与应用课程项目式教学改革与实践——以智能手机功能为载体

张亮, 翟银浩, 王照乾

西安明德理工学院, 陕西 西安 710000

DOI: 10.61369/ETR.2026170035

摘 要 : 针对嵌入式系统技术与应用课程重理论轻实践、内容滞后产业、学生工程能力薄弱等问题, 本文构建并实施了融合校企协同与竞赛驱动的项目式教学改革模式。课程以 OBE 理念为指导, 采用分层架构: 底层夯实软硬基础, 中层融入企业真实案例, 顶层对接电子设计竞赛任务, 形成“基础—综合—创新”三级递进项目体系。依托校企共建实验平台, 围绕“智能通知灯”“环境感知终端”等生活化场景, 开发覆盖嵌入式全栈开发的综合性项目, 并将大学生电子设计竞赛要素有机融入教学全过程。实践表明, 该模式显著提升学生解决复杂工程问题的能力与参赛积极性, 有效弥合教学与产业需求鸿沟, 为应用型本科高校嵌入式课程改革提供了可复制、可推广的实践范式。

关 键 词 : 项目式教学; 嵌入式系统; 分层架构; 校企协同; 竞赛驱动

Reform and Practice of Project-Based Teaching in the “Embedded Systems” Course——Taking Smartphone Functions as the Vehicle

Zhang Liang, Zhai Yinhao, Wang Zhaoqian

Xi'an Mingde Institute of Technology, Xi'an, Shaanxi 710000

Abstract : In response to persistent issues in embedded systems courses—such as theory-heavy instruction, outdated content disconnected from industry needs, and weak student engineering competencies—this paper develops and implements a project-based teaching reform model integrating industry-university collaboration and competition-driven learning. Guided by Outcome-Based Education (OBE), the course adopts a layered architecture: the foundational layer strengthens hardware-software fundamentals, the intermediate layer incorporates real industry cases, and the advanced layer aligns with electronic design contest tasks, forming a three-tier progressive project system. Leveraging a jointly built experimental platform, a series of full-stack embedded projects—centered on relatable applications like a “smart notification lamp” and an “environmental sensing terminal”—are developed, with key elements from undergraduate electronic design contests seamlessly integrated throughout instruction. Results show the model significantly enhances students' ability to solve complex engineering problems and boosts competition engagement, effectively bridging the gap between education and industry demands, offering a replicable and scalable paradigm for embedded systems education in application-oriented undergraduate institutions.

Keywords : project-based learning; embedded systems; layered architecture; industry-university collaboration; competition-driven learning

引言

嵌入式系统技术与应用是计算机、电子信息类专业的核心课程, 其目标是培养学生掌握软硬件协同设计与开发的能力。然而, 在实际教学中, 普遍面临三大困境: 一是教学模式偏重理论讲授, 实践环节薄弱, 导致学生动手能力不足; 二是课程内容更新滞后, 使用的芯片平台与企业实际应用场景存在偏差, 难以与学生熟悉的嵌入式设备(如智能手机)建立联系, 导致“学而不知其用”; 三是实验环节多为孤立的验证性操作, 缺乏能锻炼系统级思维的综合性项目^[1], 存在这些“产学脱节、学用脱离、重软轻硬、考核单一”等教学痛点^[2]。

西安明德理工学院教改项目明确提出“将企业真实开发模式融入课堂”“强化互动, 激发学习内驱力”。国内学者亦开展了有益探

基金项目: 西安明德理工学院校级教育教学改革研究项目——融合校企合作和电子竞赛的《嵌入式系统技术与应用》课程教学改革研究(编号: JG2024YB36)研究成果。

作者简介: 张亮(1982—), 男, 硕士, 西安明德理工学院信息工程学院, 研究方向为嵌入式系统应用, 模式识别与智能系统。

索：禹柳飞等基于 OBE 构建“基础—综合—创新”分层体系，强调校企协同^[3]；袁荫指出项目式教学需优化实施机制^[4]；张晓东通过“校企合作+以赛促学”提升实践能力^[5]；周鹏等则推动产业标准融入课程重构^[6]，共同指向“以学生为中心、多元融合”的改革方向。

受此启发，本文以校企协同为支撑、电子竞技驱动为牵引、项目式教学为路径，选取智能手机这一典型嵌入式系统为载体，围绕通知交互、环境感知等核心功能，设计真实可迭代的开发项目。通过构建“基础—综合—创新”三级分层架构，深度融合企业案例与竞赛任务，推动教学从“知识传授”向“能力生成”转型，切实提升学生的工程素养、创新意识与产业适应力。

一、基于项目式教学体系设计

借鉴孙士明的“多层次实践体系”^[7]和曹飞寒的“三阶段”模型^[8]，并深度融合嵌入式智能手机的 Android 系统框架思想^[9]，我们构建了如下教学体系：

表：项目式分层设计教学体系

教学层次	核心任务	对应内容	校企协同 / 竞赛驱动体现
基础层 (硬件层 & 驱动层)	掌握嵌入式开发环境与驱动开发	1、环境搭建和硬件驱动层构建 搭建 TFTP/NFS 环境 开发 LED、ADC 等字符设备驱动	校企协同：采用合作企业提供的主流开发平台； 竞赛驱动：覆盖“基础功能实现”类赛题要求。
应用层 (功能 & 逻辑层)	模块化功能，并组织业务逻辑	2、功能模块层实现封装“LED 亮度控制”等模块。 3、业务逻辑层设计设计“启动—读取—处理—显示”流程。	校企协同：功能模块源自企业产品需求简化版； 竞赛驱动：对应竞赛中“功能完整性”与“系统稳定性”评分维度
创新层 (综合应用)	整合模块，开发完整应用原型	4、简易监测器（综合应用） 整合前几个项目内容，集成传感器、执行器与显示模块	校企协同：选题来自企业需求； 竞赛驱动：对标嵌入式类赛题（如“信号采集+控制+人机交互”综合系统）。

（一）以“能做出东西”为导向，设计清晰目标

本课程以学生熟悉的智能手机功能为兴趣切入点和项目载体，借鉴现代嵌入式系统的模块化与分层设计思想，构建“基础—应用—综合”三级能力目标体系。该体系不仅强调“能做出东西”，更突出“能应对竞赛挑战”与“能胜任企业岗位”的双重导向，确保学习成果可展示、可评价、可迁移。

1. 学完基础层：能自己动手，在企业级开发平台上完成开发环境搭建，并成功编写驱动程序来点亮、控制 LED 灯，读取传感器数据。

具备嵌入式系统底层开发能力，能独立完成企业级开发环境搭建，编写符合行业规范的硬件驱动程序（如 LED、ADC 等），实现对基本外设的控制与传感器数据采集，满足电子设计竞赛中“基础功能实现”和企业初级嵌入式岗位的技能要求。

2. 学完应用层：能利用已有的驱动，编写功能模块和业务逻辑，让实验箱上的设备能感知环境变化（如光线明暗），并自动

做出智能反应（比如天黑了就开灯）。

3. 学完创新层：能整合所有学到的知识，做一个像“智能手环”一样的完整小作品，不仅能采集多种数据，还能进行逻辑判断，并通过屏幕和指示灯给出直观反馈。

这些目标简洁、具体、可交付，让学生从课程伊始即明确“学什么、做什么、为何学”，有效激发内生动力。

（二）构建“校企协同+竞赛驱动”双轮赋能的三级项目链

依托校企共建的嵌入式实验平台，课程设计了三个由易到难、层层递进的综合性项目，每个项目均融合企业真实场景元素与电子竞技任务特征，形成“做中学、赛中练、产中用”的闭环。

1. 项目一 & 项目二：智能通知灯与环境感知器（基础层：硬件驱动层）

做什么：基于实验箱硬件，实现“手机消息通知灯闪烁”和“环境光自适应调光”功能。

怎么做：搭建 TFTP/NFS 交叉开发环境；参照企业驱动开发模板，编写符合 Linux 字符设备模型的 LED 驱动。

校企 / 竞赛融合点：使用合作企业提供的开发板及 BSP 包；驱动开发规范对标电子设计竞赛“基础功能”评分项，确保代码可移植、可调试。

2. 项目三 & 项目四：智能控制中枢（应用层：功能模块层 & 业务逻辑层）

做什么：封装“LED 亮度控制”“温湿度读取”等模块，并设计“启动→感知→处理→执行→显示”完整业务流程。

怎么做：将底层驱动抽象为标准化 API（功能模块层），通过主控程序调度模块实现智能逻辑（业务逻辑层）。

校企 / 竞赛融合点：功能模块源自企业产品需求简化版（如智能台灯控制逻辑）；业务流程设计参考竞赛优秀作品架构，强调鲁棒性与低功耗。

3. 项目五：简易健康 / 环境监测终端（提高层：综合应用）

做什么：集成多传感器、OLED 屏、蜂鸣器等外设，开发一个能自动感知、智能决策、直观反馈的嵌入式终端原型。。

怎么做：以小组形式，完成需求分析、系统集成、调试优化与成果答辩。

通过上述三级项目链，学生不仅掌握了嵌入式系统全栈开发能力，更在真实产业语境与竞赛压力下锤炼了工程素养、团队协作与创新意识，真正实现了“课堂即工场、作业即作品、课程即赛训”的教学转型。

二、多元协同的教学实施与保障策略

（一）“做中学”课堂，强化架构认知

在讲解“业务逻辑层设计”时，教师可引导学生绘制类似于附件中的软件架构图。让学生直观地看到：应用层（用户需求）→业务逻辑层（决策）→功能模块层（执行）→硬件驱动层（操作硬件）→硬件层（物理世界）。各层之间通过 API 接口进行通信，形成清晰的调用链。这种可视化教学，能让学生深刻理解分层设计的优越性：上层无需关心下层的具体实现细节，只通过标准接口交互，极大提高了系统的可维护性和可扩展性，体现了项目的完整性。

（二）校企协同，引入真实架构

让学生对比自己在实验箱上搭建的“智能手机系统”与真实产品架构的异同，理解工业级产品的复杂性与严谨性。

联合授课：邀请企业的教师，分享其在手机厂商开发真实功能（如手电筒、自动亮度调节）的完整过程。重点剖析其如何设计和实现与课程中“智能手机系统”相对应的五层软件架构。

双师授课：对于“简易健康监测终端”等综合性项目，尝试校企教师联合授课。企业提供真实的需求文档、技术约束和行业规范，使学生的项目开发更贴近产业实际，提前感受工程项目的严谨性与复杂性。

三、改革成效与反思

（一）实践成效显著

在一学期的教学试点中，基于项目式教学的新模式取得了显

著成效，主要体现在课堂活力、能力提升和成果产出三个维度：

工程实践能力切实增强：学生普遍能够独立完成从硬件电路连接、Linux 驱动开发、功能模块封装到业务逻辑集成的全链路开发任务，展现出扎实的软硬协同调试能力和系统级工程思维。

竞赛有效衔接：课程项目有效激发了学生的创新热情，成为学科竞赛的重要孵化平台。多名学生基于课程综合项目进一步深化开发，并成功参与省级及以上电子设计类竞赛，取得了良好成绩。

（二）反思与展望

本次改革的成功在于找到了一个能点燃学生兴趣、又能承载核心技术的完美项目载体——智能手机。未来工作将聚焦于：

深化 AI 与物联网融合：结合徐承鑫等人在智能家居领域的研究成果^[10]，将项目应用场景从智能手机拓展至智能家居控制，例如开发“基于嵌入式 AI 的智能安防节点”或“自适应环境调节终端”，让学生掌握从传感器数据采集、AI 推理到执行器控制的完整闭环。

拓展国产平台：将项目经验迁移到国产开发板和操作系统上，响应信创产业发展需求。

四、结语

本文构建了基于校企协同与竞赛驱动的嵌入式系统项目式教学模式，以智能手机功能为载体，设计“基础—应用—综合”三级项目体系，深度融合企业标准与电子竞技任务。该模式有效破解产学脱节、实践薄弱等痛点，显著提升学生工程能力与创新素养，为应用型高校嵌入式课程改革提供了可复制、可推广的实践路径。

参考文献

- [1] 王红愿. 高校嵌入式系统教学中存在的困境及教学改革策略 [J]. 办公自动化, 2025, 30(17): 50-52.
- [2] 漆强, 周建华, 刘子骥, 等. 基于新工科理念的“嵌入式系统设计”课程改革和创新 [J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(06): 162-166.
- [3] 禹柳飞, 刘美, 卢均治, 等. 基于 OBE 理念的嵌入式人才培养模式探索与实践 [J]. 产业科技创新, 2023, 5(01): 97-99.
- [4] 袁荫. 嵌入式系统课程项目化教学的探索与实践 [J]. 产业与科技论坛, 2024, 23(06): 158-161.
- [5] 张晓东, 卢涛, 曹毅, 等. 应用型嵌入式系统人才培养模式研究与实践 [J]. 实验技术与管理, 2018, 35(11): 29-31.
- [6] 周鹏, 曹冰玉. 校企合作背景下基于工程教育理念的“嵌入式系统”课程教学改革与探索 [J]. 南方农机, 2025, 56(03): 182-184+187.
- [7] 孙士明, 刘新平, 郑秋梅, 等. 计算机专业嵌入式系统实践教学体系探索 [J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(05): 122-125+145.
- [8] 曹飞寒. 项目制嵌入式系统原理及应用课程教学改革研究 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(27): 125-127.
- [9] Android Open Source Project. Platform Architecture [EB/OL]. <https://developer.android.google.cn/guide/platform?hl=zh-cn>, 2025.
- [10] 徐承鑫, 徐西汉, 韩光昌, 等. 嵌入式系统在智能家居控制中的应用与创新 [J]. 信息记录材料, 2025, 26(06): 83-85+144.