

基于 OBE 与项目驱动的新工科背景下嵌入式系统课程教学改革探索

王满意

南京理工大学, 江苏 南京 210094

DOI: 10.61369/ETR.2025330005

摘 要 : 本文围绕基于 OBE 与项目驱动的新工科环境下嵌入式系统课程教学进行全面分析, 探讨当前高校嵌入式系统课程教学中存在的问题, 并结合当前教育改革要求, 提出行之有效的建议和策略。希望为推动嵌入式课程教学改革、更为有效地培养学生专业素养和综合能力奠定坚实基础。

关 键 词 : 嵌入式系统; 教学改革; 工程实践能力; 成果导向理念; 新工科

Exploration of Embedded System Course Teaching Reform under New Engineering Background Based on OBE and Project - driven

Wang Manyi

Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210094

Abstract : This paper conducts a comprehensive analysis on the teaching of the Embedded System course in the context of new engineering based on OBE and project-driven approaches. It explores the existing problems in the teaching of the Embedded System course in colleges and universities, and puts forward effective suggestions and strategies in combination with the current requirements of educational reform. It is hoped that this paper can lay a solid foundation for promoting the teaching reform of the Embedded System course and more effectively cultivating students' professional literacy and comprehensive abilities.

Keywords : embedded system; teaching reform; engineering practice ability; outcome - based education concept; new engineering

引言

(一) 研究背景与意义

嵌入式系统是一种将半导体技术、计算机技术、电子技术与各个行业具体应用结合而形成的产物, 在现代医疗、通信、航空等多个领域有着广泛、重要的应用。当前, 社会各个行业急需大量拥有嵌入式系统知识和技能的专业人才。同时, 教育部门也积极推动新工科建设, 强调学生应具备多方面的能力。但目前, 在高校嵌入式系统课程教学中存在诸多问题, 如理论与实践脱节、教学模式单一、实践教学薄弱等, 严重影响课程教学效果的提升。因此, 对嵌入式系统课程教学进行改革对提升人才培养质量、促进行业发展具有重要的现实意义。

(二) 国内外研究现状述评

当前, 教育界在工科课程教学改革方面做了广泛的研究和探索, 如项目式驱动、线上线下教学、翻转课堂、情境创设、校企合作、虚拟仿真平台等, 这些教学模式和方法在培养学生专业素养和综合能力方面具有明显的效果。OBE 理念是一种强调以学生为本, 以学生学习成果为导向的教育理念, 近些年来受到教育领域的广泛关注和重视。将其应用在嵌入式系统课程教学之中, 不仅能够有效激发学生学习兴趣, 调动其积极性和主动性, 同时还能够提升课程教学效果和质质量, 为其未来实现全面发展奠定基础。尽管对 OBE 理念在工科课程教学中的应用进行了大量研究, 但依旧存在诸多不足: (1) 改革多聚焦单一环节, 缺乏全链条、系统性变革方案; (2) 评价改革深度不够, 缺乏有效量化工具与体系; (3) 教学内容与前沿技术融合度不高, 缺乏深度; (4) 持续改进机制薄弱, 缺乏长期跟踪反馈和基于数据的持续改进。

(三) 研究目标与主要内容

本文旨在针对上述挑战, 提出并实践一套基于 OBE 理念、深度融合项目驱动模式的嵌入式系统课程教学改革方案。目标为显著提升

学生硬件设计调试、底层驱动开发、RTOS应用、软硬件协同设计、系统集成调试、解决复杂工程问题及团队协作创新能力，满足新工科^[7-11]人才培养需求。论文结构如下：第2节剖析课程现状与问题；第3节详述基于OBE的融合式改革方案设计；第4节汇报改革实践过程与效果分析；第5节总结结论并展望未来工作。

一、嵌入式系统课程教学现状与问题分析

表1 嵌入式系统课程教学现状与问题分析^[7-8]

序号	关注点	现状与问题分析
1	课程定位与教学目标分析	多数课程大纲仍侧重于知识点(如MCU结构、接口、编程)的传授,对具体的、可衡量的、高阶工程能力目标(如系统设计能力、优化调试能力、创新能力)定义模糊,与工程教育认证标准[12]和产业实际需求对接不足。
2	教学内容分析	(1)核心涵盖度尚可,但前沿缺失:虽涵盖MCU基础、接口、编程基础,但嵌入式Linux基础、低功耗设计、基础安全概念、IoT/边缘计算应用案例(如传感器节点、智能控制单元)等内容普遍欠缺或浅尝辄止;(2)理论与实践失衡:理论课时占比过高,动手实践时间严重不足且多集中于课后孤立实验;(3)内容更新滞后:案例与技术平台陈旧,难以反映当前主流(如物联网无线通信协议栈)。
3	教学方法与手段分析	以教为主,学生被动:课堂以教师讲授理论为中心,学生参与度低;实验层次低:多为按图索骥的验证性实验,设计性、综合性、创新性实验项目稀缺;项目实践与协作匮乏:缺乏贯穿课程、需要团队合作完成的系统性项目;数字化手段应用不足:虚拟仿真、线上资源(MOOC/SPOC)应用不深入,课前课后延伸学习支持弱。
4	实验条件与资源分析	设备局限:设备台套数不足、型号陈旧、开放性差(限于特定实验室时段),难以支持开放创新;实验指导僵化:指导书偏重操作步骤,启发式、探索性引导不足,难支撑自主设计;产业链接薄弱:缺乏来自企业的真实项目案例和工程师指导,实践环境离产业现场较远。
5	考核评价方式分析	"评价方式单一:过分依赖期末笔试,过程性评价占比低且维度单一(多为实验报告+考勤);能力衡量失真:笔试难以有效考核硬件调试、系统集成、创新思维、文档能力、协作能力等关键指标。评价主体单一:主要由任课教师评分,缺乏自评、互评、企业评价等多视角反馈。"
6	学生学习效果分析	问卷及访谈结果表明:学生普遍反映学习兴趣不高(尤惧硬件部分);理论学习与实践脱节感强,学了知识但不会解决实际问题;动手操作机会少且浅层,调试能力、系统设计能力薄弱;对嵌入式系统在真实场景中的应用价值认知模糊;创新能力缺乏锻炼平台。

二、基于OBE理念的嵌入式系统课程教学改革方案设计

(一) 指导思想与原则

在OBE理念下,嵌入式系统课程教学应以学生学习成果为导向,依据专业认证标准,反向设计教学目标和内容。教学设计应以培养学生综合能力为导向,激发学生学习兴趣,鼓励他们主动参与和合作探究,确保课程设计符合教改要求和标准,构建基于反馈的闭环改进机制。

(二) 教学目标重构

从知识、能力、素质三个方面建立明确、可衡量、细化的重构教学目标:

(1) 知识方面:从MCU/MPU架构、存储管理、常用外设接口、RTOS原理、嵌入式软件开发流程与调试方法、低功耗设计原则、嵌入式安全基础;IoT概述、边缘计算等方面讲解;

(2) 能力培养方面:从能设计调试嵌入式硬件电路,能开发调试MCU外设驱动程序,能移植应用FreeRTOS/RT-Thread^[9-10]等RTOS系统,能进行软硬件协同设计与联调,能集成构建具备一定功能的嵌入式应用系统,能诊断优化系统性能与稳定性,能遵循规范撰写设计技术文档,能在团队协作中有效沟通/分工合作,能通过调研尝试创新性解决工程问题;

(3) 素质培养方面:培养严谨科学态度、工程伦理意识、工匠精神、创新思维。

(三) 教学内容体系重构与优化

教学内容体系重构与优化主要从夯实基础、锻炼能力、提升层次、综合集成、引领视野、更新融合等方面入手。

(1) 基础理论模块(夯实基础):从硬件基础(数字电路/接口/电平转换)、C语言强化与嵌入式风格、汇编基础、嵌入式开发环境等方面组织教学。

(2) 核心外设与驱动模块(锻炼能力):GPIO(输入输出)、中断、定时器/计数器(PWM/捕获)、ADC/DAC、常用串行总线(UART/SPI/I²C)原理与驱动开发。

(3) RTOS原理与应用模块(提升层次):RTOS核心概念(任务调度/IPC/内存管理)、在STM32/ESP32^[14-15]等平台上的FreeRTOS或RT-Thread移植与应用开发。

(4) 系统设计与项目实践模块(综合集成):传感器应用(温湿度/光照/运动)、执行器控制(电机/继电器)、人机交互(LCD/按键/触摸)、嵌入式文件系统(可选)、网络基础(Wi-Fi/LoRa/NB-IoT应用实践)。

(5) 前沿技术拓展模块(引领视野):嵌入式Linux基础概念、边缘计算应用示例、嵌入式低功耗设计基础、基础安全概念(加密、可信启动)。

(6) 内容更新融合:采用主流平台(如STM32H7/G0,ESP32-S3,国产GD32/CH32V等);引入主流RTOS;增加低功耗设计(睡眠/唤醒、电源管理)案例;融入嵌入式设备基础安全需求;结合IoT构建智能传感器节点、远程控制器等典型系统案例。

(四) 教学方法与模式创新

教学方法方面提出从贯穿式项目驱动教学法、线上线下混合式教学、案例教学与研讨、翻转课堂、团队协作学习方面进行创新。

(1) 贯穿式项目驱动教学法：核心骨架。围绕一个或多个目标明确、复杂度适中的综合性项目（如：智能环境监测节点、物联网远程控制器、简易机器人运动控制单元），将项目分解为与课程进度同步的阶段性子任务（如：LED点阵控制—定时器蜂鸣器音乐—传感器数据采集—串口/Wi-Fi数据传输—RTOS多任务协调）。学生在完成项目过程中主动学习并应用理论。

(2) 线上线下混合式教学：利用现有优质 MOOC 或自建 SPOC 资源（基础理论、开发环境使用、外设原理讲解视频）支撑课前预习；课堂时间从知识灌输转变为聚焦重点难点精讲、深度讨论、项目问题答疑、代码/设计评审、进展汇报，提升交互质量。

(3) 案例教学与研讨：引入企业真实案例（如平衡车控制逻辑、共享单车锁原理简化版）或经典设计案例（如开源项目分析），师生共同剖析设计思路、关键技术与潜在优化点。

(4) 翻转课堂：针对特定子模块（如 RTOS API 应用），布置学生课前学习知识点，课堂进行动手编程、调试或小组方案设计讨论，教师提供即时指导。

(5) 团队协作学习：项目实践强制分组（3~4 人/组），需制定计划、明确分工（硬件/软件/文档/测试等）、协作开发、集体答辩。

(五) 实践教学体系强化

实践教学环节，从基础实验、虚拟仿真平台建设、开放实验室与创客空间、校企合作引入、硬件平台选型策略等方面强化学生动手实践环节能力。

(1) 基础实验建设：将基础实验建设分为四个层次：L1 基础验证实验层次，掌握开发环境、GPIO 点灯、按键控制；L2 单元设计实验层次，定时器产生 PWM 调速电机、ADC 采集温度显示、UART 双向通信；L3 综合设计实验层次，基于 SPI 驱动 OLED 显示多传感器数据、使用 P C 控制多个外设模块；L4 创新项目实践层次，应用 RTOS 实现环境数据采集（温湿度、光照）、无线传输（Wi-Fi/ 蓝牙）、云端展示（简易）或本地控制决策的完整系统（如自动通风控制器）。

(2) 虚拟仿真平台建设：应用 Proteus、Wokwi、STM32CubeMX+TrueSTUDIO Simulator 等工具，构建常用外设、总线、基础传感器、执行器甚至 RTOS 应用的虚拟仿真库，用于课前预习、概念验证、受限条件下的方案预演和远程实验支持。

(3) 开放实验室与创客空间：实验室预约开放或设立专门创

客空间，提供常用工具、元件、调试设备，鼓励学生课后进行项目完善、自主探索和竞赛准备。

(4) 校企合作引入：邀请企业工程师开设讲座或担任项目导师；引入企业简化版真实课题或技术需求作为课程项目选题；与学科竞赛（如全国大学生电子设计竞赛、智能车竞赛）结合。

(5) 硬件平台选型策略：教学平台兼顾易用性、通用性、成本、生态丰富度及国产化考量。基础实验层可选用 STM32F 系列 /GD32，综合创新层可选用 ESP32（集成 Wi-Fi/ 蓝牙）、ST-M32H7/AT32 或引入树莓派 4B 进行嵌入式 Linux 概念接触。

(六) 多元化考核评价体系构建

构建平时成绩、项目成果、总结性评价等多元化考核评价体系，如表 2 所示。

表 2 多元化考核评价体系

序号	项目	分项点	比例
1	平时成绩	"(1)知识掌握：小测验、课堂提问表现、预习报告(线上平台记录)。 (2)实践能力：实验完成质量(功能、稳定性)、调试过程记录、代码规范性/注释质量、实验报告(注重分析与结论)。 3)项目过程：阶段方案设计评审(含文档)、阶段性代码评审/检查点演示、团队分工与协作表现(组内互评+教师观察)、问题解决日志/讨论贡献。 (4)学习态度：课堂参与度、考勤、线上学习活跃度。"	>50%
2	项目成果 ^[13]	"(1)作品最终功能演示效果(稳定性、完整性、创新性) (2)技术文档(方案、设计、用户手册)质量。 (3)项目答辩(个人讲解、提问回答)。 (4)代码工程结构与质量。"	≈ 30%
3	总结性评价	采取深度结合项目关键技术的设计文档+口试+现场演示。	≈ 20%
评价主体：教师评价(主导)、学生自评(反思)、小组互评(协作)、企业导师(如有，侧重应用与规范)。			

三、结束语

总之，在新时期，传统的教学模式已经难以满足学生发展的需要。对此，教师应充分认识到 OBE 理念以及项目驱动的价值，并将其灵活地应用在嵌入式系统课程教学之中，通过多种方式和手段，以此提升课程教学效果，为学生未来实现全面发展奠定坚实基础。

参考文献

[1]Spady W G.Outcome-Based Education:Critical Issues and Answers[J].American Association of School Administrators,1994.

[2]Spady W G,Marshall K J.Beyond Traditional Outcome-Based Education[J].Educational leadership:journal of the Department of Supervision and Curriculum Development,N. E.A,1991,49(2):67-72.

[3]中国工程教育专业认证协会.工程教育认证通用标准(2022版)[2024-03-21].https://www.cceaa.org.cn/

[4]Management R T.Rethinking Engineering Education:Richard K.Miller:As President of Olin College of Engineering,Richard K.Miller Is Leading the Way in Shaping the Next Generation of Innovators[J].Research-Technology Management,2013,56.

[5]Thomas J W.A Review of Research on Project-Based Learning[J],2000.

[6]顾佩华,胡文龙,林鹏等.基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索.高等工程教育研究,2014(1):27-37.

[7]管芳,刘涛,赵中华等.新工科背景下的嵌入式系统课程教学改革研究[J].大学教育,2025(6).

[8]彭道,李辉,夏飞.基于项目驱动的嵌入式系统教学改革与实践[J].中国电力教育,2013(10):2.

[9]Free RTOS 官方文档.

[10]RT-Thread 官方文档.