

OBE理念下嵌入式系统及应用课程改革研究

何彦德, 张先卓, 李君强, 雍江枫

广东理工学院智能制造学院, 广东 肇庆

收稿日期: 2026年6月5日; 录用日期: 2026年7月6日; 发布日期: 2026年7月13日

摘 要

针对当前高校嵌入式系统及应用课程存在的实践环节薄弱、软硬件结合不紧密、工程创新能力培养不足、与行业岗位需求脱节等突出问题, 本文以成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)理念为核心框架, 对《嵌入式系统及应用》课程开展全流程系统化改革。研究遵循以学生为中心、以产出为导向、闭环持续改进的原则, 通过反向推导课程目标、重构模块化教学内容、实施真实项目驱动、建立多元过程评价、深化校企协同育人等路径, 全面提升学生嵌入式系统开发、软硬件协同设计、工程问题解决与创新应用能力, 为物联网、智能装备、车载电子、工业控制等领域培养高素质应用型工程技术人才。

关键词

OBE理念, 嵌入式系统, 课程改革, 工程实践, 创新能力

Research on Curriculum Reform of Embedded System and Application under the OBE Concept

Yande He, Xianzhuo Zhang, Junqiang Li, Jiangfeng Yong

School of Smart Manufacturing, Guangdong Technology College, Zhaoqing Guangdong

Received: June 5, 2026; accepted: July 6, 2026; published: July 13, 2026

Abstract

This paper addresses prominent issues in the current university course Embedded System and Application, including weak practical training, inadequate integration of software and hardware, insufficient cultivation of engineering innovation ability, and disconnection from industry demands. Guided by the concept of Outcome-Based Education (OBE), a systematic whole-process reform is conducted. Following the principles of student-centeredness, outcome-orientation and closed-loop

continuous improvement, the reform optimizes curriculum objectives, restructures modular content, implements real project-driven teaching, establishes multi-dimensional assessment and deepens university-enterprise collaboration. It aims to enhance students' capabilities in embedded development, software-hardware co-design, engineering problem-solving and innovative application, and to cultivate high-quality applied engineering talents for the Internet of Things, intelligent equipment, automotive electronics and industrial control.

Keywords

OBE Concept, Embedded System, Curriculum Reform, Engineering Practice, Innovation Ability

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着物联网、智能硬件、边缘计算与工业互联网的快速普及,嵌入式技术已成为电子信息、自动化、智能制造等专业的核心支撑技术,行业对具备全流程开发、系统调试、方案优化、工程规范的复合型嵌入式人才需求持续增长[1]。《嵌入式系统及应用》作为一门强实践、强工程、强交叉的核心课程,承担着连接理论知识与工程应用的关键作用。传统教学模式普遍存在重理论讲授、轻实践操作,重基础验证、轻综合设计,重代码实现、轻工程素养等问题,课程内容更新滞后、实验平台固化、考核方式单一,导致学生虽掌握基础知识点,却难以独立完成从需求分析、硬件选型、程序开发、系统联调到项目交付的完整工程流程,人才培养质量与企业实际岗位要求存在明显差距[2]。OBE 成果导向教育以预期学习产出为起点,反向设计教学体系、教学过程与评价方式,强调能力达成与持续改进,高度契合工程教育认证与新工科人才培养要求[3]。本文将 OBE 理念深度融入嵌入式系统课程的目标设定、内容重构、教学实施、评价反馈、质量提升全链条,构建可落地、可评价、可迭代的课程改革方案,切实提升学生工程实践能力与职业竞争力。

2. 课程教学现存问题分析

2.1. 教学内容与产业技术脱节

当前嵌入式课程内容整体滞后于产业技术迭代,现有课程多以传统 51 单片机、基础寄存器操作、简单外设驱动为主,对 ARM Cortex-M、RTOS 实时操作系统、嵌入式 Linux、低功耗设计、无线通信、边缘智能等产业主流技术覆盖不足[4]。教学案例陈旧、场景单一,缺乏面向真实产品的设计逻辑与性能约束,学生难以形成系统化工程思维,所学知识与企业岗位实际需求脱节[5]。

2.2. 教学模式固化,学生主体缺失

当前课程采用的教学模式偏传统固化,课堂教学依旧以教师单向讲授、实物演示作为核心形式,整体课堂互动性不足。实践教学环节也大多安排流程固定的验证性实验,学生仅需依照教材步骤机械完成操作,全程处于被动学习状态。课程缺少自主方案设计、故障排查调试、系统性能优化、小组协同开发等综合性实训内容,学生很难得到完整工程实践锻炼。同时课程软硬件内容拆分授课,硬件原理讲解和软件程序开发互不衔接,学生无法建立软硬件协同开发的整体认知,难以形成嵌入式系统级设计思维,工程综合设计能力提升受限[6]。

2.3. 实践平台受限，综合训练不足

当前课程实践平台建设资源受限，整体综合实训的训练强度难以达标。实验室现有设备多为功能固化的嵌入式实验箱，设备接口封闭，硬件拓展空间十分有限，无法支撑机器人控制、多传感器融合这类综合性项目开发，也不利于学生开展自主创新设计[7]。同时课程实训课时分配偏少，实验室设备数量紧张，学生人均实操调试时长不足，长期下来工程实操经验积累缓慢。学生遇到软硬件故障时缺少完整的排查逻辑，独立解决工程问题的能力难以有效提高，最终制约整体工程实践素养的发展[8]。

2.4. 评价体系单一，能力衡量片面

传统嵌入式课程评价模式单一，无法全面衡量学生综合工程能力。考核多依靠期末笔试与实验报告，侧重理论记忆与简单功能验证，难以评估方案设计、代码规范、故障调试、工程文档、创新设计和团队协作等核心素养[9]。同时评价缺少高效反馈机制，无法依据考核数据定位教学短板，难以支撑课程内容迭代与教学质量持续优化。

3. 基于 OBE 的课程改革总体思路

针对课程教学现状，本次改革以 OBE 三大核心理念为指引，构建成果反向设计、过程支撑达成、评价监测质量、改进优化体系的闭环改革路径。坚持成果导向，紧密对接工程教育认证毕业要求与行业岗位能力标准，明确可衡量、可达成、可评价的课程学习成果。坚持学生中心，转变传统教学方式，突出学生主体地位，以项目任务驱动学生开展自主学习、协作探究与实践创新。坚持持续改进，建立多维度评价与达成度分析机制，动态优化教学内容、项目案例与实践条件。整体改革围绕培养具备嵌入式系统全流程开发能力的工程应用型人才核心目标，从课程目标、教学内容、教学方法、评价体系、实践条件、师资队伍六个维度实施系统性重构，确保改革全面覆盖、有效落地。

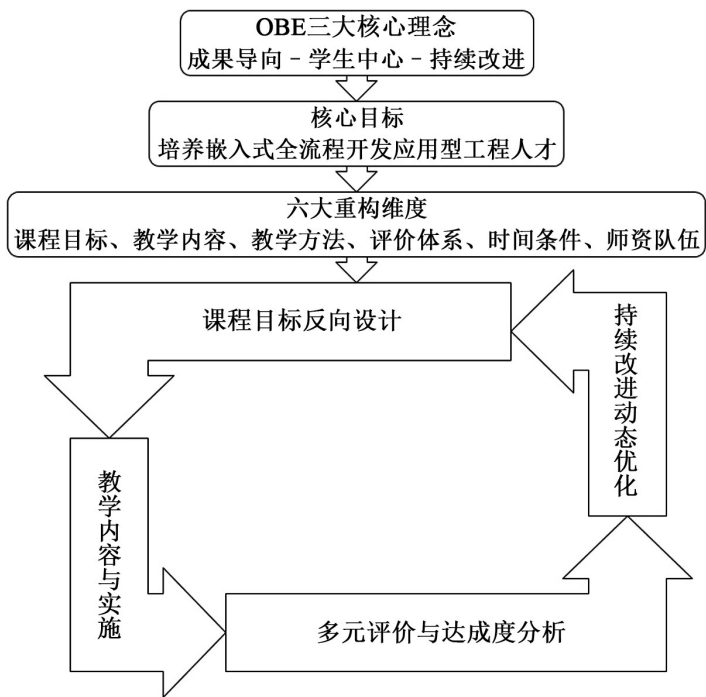


Figure 1. Closed-loop architecture of reform for embedded system course
图 1. 嵌入式系统课程改革闭环架构

图1所示为基于OBE理念的嵌入式系统课程改革闭环架构。改革以培养具备嵌入式全流程开发能力的应用型人才为核心,围绕课程目标、教学内容、教学实施、多元评价、持续改进形成闭环,贯穿OBE成果导向、学生中心、持续改进三大原则,实现教学质量螺旋上升。

结合本校机器人工程专业《嵌入式系统及应用》课程教学现状对该闭环架构进行落地可行性推演分析,架构内各环节均能够适配机器人专业理论课堂、机器人实验室实操、机器人综合课程设计等常规教学场景。在课程目标反向设计层面,教研组可调研工业移动机器人、协作机械臂企业嵌入式开发岗位需求,对照机器人工程专业工程教育认证指标,增设机器人底层驱动开发、RTOS多电机协同调度、机器人边缘感知节点开发等可量化实操学习成果。教学实施阶段可舍弃传统验证性单片机实验,选用轮式移动机器人控制器、小型机械臂主控单元作为工程案例,让学生分组完成硬件搭建、电机驱动编程、传感器数据融合、整机运动调试等完整任务。评价环节可整合机器人硬件原理图、控制源代码、故障调试记录、实物功能答辩多项材料,量化计算学生各项工程能力达成度。依托达成度分析得到的教学短板,便可针对性扩充机器人专项实训课时、更新STM32机器人开发套件、优化下一届课程培养目标,形成完整的教学迭代闭环。

4. 课程改革具体实施策略

4.1. 基于岗位需求反向设计课程目标

依据工程教育认证毕业要求,结合嵌入式开发岗位典型工作任务,课程目标从知识、能力、素养三个维度进行系统设计。知识层面,要求学生掌握嵌入式处理器架构、接口通信、实时操作系统、驱动开发、系统调试等核心理论知识。能力层面,要求学生具备硬件方案选型、模块驱动开发、系统联调优化、工程问题排查、综合项目设计等工程实践能力。素养层面,注重培养学生工程规范意识、质量意识、安全意识、团队协作能力与创新思维,使其能够适应企业实际研发流程要求。课程目标与毕业要求指标点一一对应,确保各项教学活动、评价内容与预期学习成果高度一致,实现教学目标与人才培养标准的精准对接。

4.2. 重构阶梯递进式模块化教学内容

打破传统按知识点分段的课程结构,以能力进阶为主线,重构阶梯递进式模块化教学内容体系。基础夯实模块重点讲解嵌入式系统概述、处理器架构、GPIO、中断、串口等基础驱动知识,帮助学生建立软硬件协同设计的基础认知。能力提升模块聚焦高级外设、通信总线、RTOS原理与应用、中断管理、定时器、PWM、ADC等内容,强化学生系统设计与软硬件协同开发能力。综合应用模块引入无线通信模块、低功耗设计、数据采集与控制、嵌入式Linux入门、驱动移植等产业主流技术,实现课程内容与行业技术发展的紧密对接。创新实践模块围绕智能终端、物联网节点、边缘检测等综合项目开展开发训练,让学生完整经历从需求分析到项目交付的全流程工程实践。各模块以真实项目任务串联,实现从知识点到能力点、再到工程成果的逐步升级。

立足机器人工程专业的岗位能力要求,综合应用模块可设置《轮式移动机器人环境感知与运动控制系统》作为典型综合项目,项目详细实施方案如下。

(1) 项目需求与技术要求

项目名称:轮式移动机器人环境感知与运动控制系统开发

应用场景:模拟室内巡检机器人,实现障碍物检测、速度闭环控制、状态数据上传功能。

核心技术指标:

1) 硬件:基于STM32主控芯片,搭配红外避障传感器、测速编码器、直流电机、无线串口模块。

- 2) 软件：基于 RTOS 实现多任务调度，划分感知、运动控制、数据上传三大独立任务。
- 3) 功能：机器人自主识别前方障碍物并完成减速、转向动作，实时上传运行速度与设备工作状态。
- 4) 规范：电路设计、代码编写、文档撰写严格遵循企业工程标准。

(2) 时间节点规划(总计 16 课时)

项目拆解与方案设计 3 课时：完成需求分析、硬件选型、整体架构设计。

硬件电路搭建与调试 4 课时：外设接线、电路检测、硬件故障排查。

分层代码开发 5 课时：底层驱动编写、RTOS 任务配置、功能模块联调。

系统整体测试与优化 2 课时：全功能验证、性能调试、问题整改。

项目文档整理与答辩 2 课时：图纸、代码说明、结题报告撰写与现场展示。

(3) 团队分工模式

采用 4 人小组制，模拟企业研发团队设置固定岗位，项目结束后轮换角色，保证全员参与全流程工作。硬件工程师负责器件选型、电路搭建、硬件故障排查。底层开发工程师完成传感器、电机底层驱动代码编写。系统开发工程师承担 RTOS 配置、多任务调度、整体逻辑控制工作。文档与测试工程师主要负责工程文档撰写、系统测试、调试日志记录。

(4) 项目评价量规

本项目采用百分制评价量规开展综合考核，具体细则如表 1 所示。

Table 1. Project assessment rubric
表 1. 项目评价量规

评价纬度	分值	评价标准
方案设计合理性	20	整体架构完整，器件选型匹配项目需求，设计逻辑清晰
硬件搭建与调试	20	接线规范，硬件运行稳定，可独立排查常见硬件故障
代码功能与规范	25	项目功能完整实现，代码模块化程度高、注释规范清晰
RTOS 应用能力	15	任务划分合理，系统调度稳定，无任务冲突问题
工程文档质量	10	电路图纸、项目报告格式规范，内容完整详实
团队协作与答辩	10	组内分工明确、配合顺畅，答辩内容表述准确

4.3. 推行项目驱动与混合式教学模式

以企业真实项目、学科竞赛课题、工程应用案例为载体，全面推行项目驱动与线上线下融合的混合式教学模式。项目实施遵循由易到难、层层递进原则，从基础验证项目逐步过渡到模块设计项目、综合系统项目与创新拓展项目，逐步提升学生工程实践难度。教学过程严格遵循标准化工程研发流程，引导学生完成需求分析、方案设计、硬件搭建、代码开发、调试优化、文档撰写、验收评审等全环节训练，培养学生规范的工程研发习惯。线上线下深度融合，线上提供微课视频、数据手册、开源工程、调试教程等学习资源，方便学生自主学习与课后巩固，线下开展小组研讨、现场指导、故障排查等实践活动，提升学生动手实践与问题解决能力。注重软硬件一体化教学，将硬件原理、器件选型、电路设计、程序编写、系统调试、性能优化等内容有机融合，有效消除软硬件教学割裂的问题。

4.4. 构建多元过程化考核评价体系

建立过程考核、成果考核与创新考核相结合的三维多元过程化考核评价体系，全面、客观衡量学生学习成效。过程性考核占比 40%，重点考察学生课堂表现、实验操作、项目进度、小组协作、调试日志、

工程文档等内容,关注学生学习过程与职业习惯养成。成果性考核占比 50%,聚焦学生项目功能实现、系统稳定性、代码规范性、调试能力、方案合理性等核心成果,引入企业工程师参与评审,提升评价的行业认可度。创新性考核占比 10%,对学生在项目开发中的功能拓展、算法优化、低功耗改进、创意设计等创新行为给予认可,有效激励学生创新思维培养。将嵌入式工程师职业能力标准融入评价指标,基于课程目标达成度分析结果,形成评价、反馈、改进的闭环机制,持续优化教学过程与教学质量。

4.5. 强化产教融合与实践平台建设

着力打造双师结构教学团队,通过校内教师与企业工程师双向互聘、共同授课、共同开发教学案例、共同参与成果评价,提升教学内容的工程化水平与教师实践教学能力。升级实战化实践平台,完善嵌入式综合实验环境,配备主流开发板、专业调试工具、无线通信模块、精密测试仪表等设备,为学生开展综合项目设计与创新实践提供硬件支撑。深化校企协同育人机制,积极引入企业真实项目、技术标准与研发流程,开展真题真做式实践教学,让学生在校期间接触真实工程场景,实现学习内容与岗位需求的无缝衔接,切实提升学生岗位适应能力与就业竞争力。

5. 改革成效与展望

5.1. 改革成效

本次改革以 OBE 理念贯穿课程教学全流程,针对传统教学中理论与实践脱节、工程能力培养不足、评价方式单一等问题提出系统性解决方案。按照该方案推进教学建设,能够逐步改善学生实践动手能力、系统设计能力偏弱的现状,助力学生提升工程创新意识,对提高毕业设计质量、学科竞赛参与效果与就业竞争力起到积极作用。

5.2. 研究局限与未来展望

现有授课教师长期侧重理论教学,在机器人嵌入式综合项目、RTOS 系统开发等前沿技术领域的工程实践经验不足,短期内难以全方位完成综合项目指导工作,同时目前校企合作仅停留在案例引入层面,企业工程师常态化进校授课、联合开发项目、全程参与考核评价的机制尚未落地,产业资源未能得到充分利用,而过程考核、项目评价、创新考核相结合的多元评价模式,要求教师全程记录学生学习表现,数据统计、综合评分的工作量显著增加,加重了日常教学管理负担,加之现有设备仅可满足基础综合项目训练,面向机器人高端应用、边缘智能开发的专业硬件与测试设备配置仍存在缺口。后续将持续迭代课程内容体系,逐步融入边缘 AI、工业物联网、数字孪生等前沿技术,紧跟机器人产业技术发展趋势,同时完善师资培养机制,通过企业挂职锻炼、专项技能培训、校企联合教研等方式,打造兼具理论功底与工程实践能力的双师型教学队伍,进一步深化赛教融合、科教融合,依托学科竞赛、校级科研项目反哺日常教学,强化学生创新设计能力,并且推进评价数字化建设,搭建线上评价数据平台,自动归集学生项目数据、实操记录,降低人工评价工作量,保障闭环改进机制高效运行,持续深化校企协同育人,推动企业深度参与课程目标设计、项目开发、成果考核全流程,实现人才培养与岗位需求精准对接。

未来将持续优化课程内容体系,积极融入前沿技术,进一步深化赛教融合、科教融合,依托学科竞赛与科研项目反哺教学,强化学生创新能力培养。不断完善线上教学资源库与评价数据平台,提升课程建设的标准化、可复制性与持续改进能力,为同类高校相关课程改革提供可借鉴的实践范式。

6. 结语

面向新工科建设与智能产业发展需求,基于 OBE 理念开展嵌入式系统及应用课程改革,坚持以能力

产出为核心、以工程实践为载体、以持续改进为保障,通过课程目标重构、教学内容优化、教学模式创新、评价体系多元、产教深度协同,实现了课程教学从知识传授向能力培养的根本转变。改革有效提升了学生工程素养与创新实践能力,可为电子信息类专业工程实践课程改革提供有益参考,助力培养适应产业高质量发展需求的高素质嵌入式技术人才。

基金项目

广东理工学院 2024 年校级高等教育教学改革项目《基于 OBE 理念的〈嵌入式系统及应用〉课程改革与实践》(项目编号: JXGG2024014)。

参考文献

- [1] 常笛,李浩宇,丁相妍,等.新工科背景下仪器类专业嵌入式系统课程教学改革初探[J].当代教研论丛,2025,11(8):30-33.
- [2] 张红娟,袁娜.基于 OBE 理念的“嵌入式系统”课程教学改革与实践探索[J].科技风,2024(35):11-13.
- [3] 包理群,李锦珑,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(2):16-20.
- [4] 路世青,汪静姝,马婧华,等.OBE 理念下高校工科类专业课程思政评价体系的研究与实践[J].创新教育研究,2025,13(5):401-409.
- [5] 姚晓娟.电气专业模块化教学的探索与实践[J].电子世界,2020(6):17-18.
- [6] 窦亚玲,刘金平.以工程能力培养为导向的嵌入式系统课程教学[J].科教导刊,2021(25):140-142.
- [7] 张鑫,陈绍飞,张国栋.OBE-产学研协同育人模式下“嵌入式”课程改革探索[J].内江科技,2024,45(6):157-158.
- [8] 张平,李超,张洁,等.嵌入式系统与开发课程专题化教学模式探索与实践[J].电脑知识与技术,2025,21(33):171-174.
- [9] 刘龙申,梁琨,钱燕.“互联网+”背景下“嵌入式系统”课程研究性混合式教学模式改革研究[J].文教资料,2024(18):163-166.