

基于 OBE 理念的嵌入式系统原理实践教学改革探索

陈海峰

广州软件学院 广东广州 510990

摘 要: 传统的嵌入式系统实践教学存在教学模式僵化、教学内容固化、实验设备单一、评价体系缺乏多样性等问题,难以有效地培养学生知识综合应用能力和实践创新能力。基于此,本文以 OBE 理念为指导,依托自主研发的智能车项目平台,对嵌入式系统原理课程的实践教学模式、内容设计、评价机制及执行策略进行了优化革新。实施结果表明,改革后的教学方案显著增强了课程的吸引力和工程应用性,有效促进了学生工程实践能力和自主创新能力的提升。

关键词: 实践教学; OBE 理念; 智能车; 教学模式

引言

嵌入式技术是信息科技领域的一项标志性成就,是计算机科学发展的一个重要分支。作为嵌入式技术的具体体现,嵌入式系统凭借其灵活、高效、性价比高等多重优势,在工业控制、交通管理、智慧医疗、智能家居等多个行业得到了广泛应用。近年来,随着物联网、大数据、云计算以及人工智能等信息技术的迅猛发展,不仅激发了企业与社会对嵌入式技术专业人才的强烈需求,同时还对这些人才的专业素质及综合能力提出了更高的要求^[1-2]。为应对这一趋势,国内各大高等院校及专业培训机构纷纷开设了嵌入式系统的相关课程和培训项目。然而,嵌入式系统具有学科交叉广泛、软硬件结合紧密、开发环境复杂、工程应用性强等特点,导致嵌入式知识的学习相对于其他学科知识难度更高。

“嵌入式系统原理”是一门较全面介绍嵌入式系统基本理论及应用技术的课程,是电子信息、自动化及计算机科学等专业的核心专业必修课^[3-4]。该课程涵盖了微处理器体系结构、指令系统、程序设计、接口技术、外设资源管理及其应用等多方面内容,不仅知识面广、内容跨度大,而且各知识点之间相互交织、渗透融合,形成了一个有机的整体。在实际应用中,嵌入式系统还会涉及通信技术及工程项目等方面的知识,具有极强的知识综合性和工程实践性。在实际教学过程中,教师除了深入讲解嵌入式相关的理论知识外,还应注重对学生实践动手能力和创新应用能力的培养,以促进其综合素质的全面提升。然而,如何在新工科建设的大背景下,培养既拥有坚实理论基础,又具备卓越实践创新能力的复合型嵌入式技术人才,是该课程面临的一项重大挑战。

1. 嵌入式系统原理教学过程存在的问题

1.1 教学模式问题

当前,大部分高校开设的嵌入式系统课程都由理论教学和实践教学两部分组成,通常理论教学所占的课时较多,而实践教学占用的课时较少。实际上,大量实验及项目训练才是加强学生对知识理解并体会其用法的关键环节^[5-7]。然而,受传统应试教育模式的影响,很多高校依旧倾向于将理论考试成绩作为评判教师教学能力和衡量学生知识掌握程度的主要指标。这种倾向不仅促使教师在从事教学活动时分重视理论知识的讲授,忽略实践教学的重要性,还使得学生为了追求更好的考试成绩,将大量精力投入到理论知识的学习上,而对待实验操作则采取敷衍了事的态度。此外,实验室是开展实践教学和从事实践活动的主要场所,实验室管理人员为了保障实验设备安全且方便日常管理,通常都会在课余时间关闭实验室,这就使得实验室具有一定的时效性和封闭性,限制了学生实践的时间和地点。为了打破这种限制,电子信息与控制工程学院向学生开放了实验室,但“嵌入式系统原理”课程为多个专业的平台课程,实验室平时排课密集,少有闲暇空余时段,加之学生自主能动性差,较少有学生到实验室从事实践活动,致使开放实验室的效果不佳。

1.2 内容设计问题

嵌入式系统是为满足特定应用场景需求而定制设计的专用计算机系统,其以硬件为基础、软件为核心、应用为导向,具有较强的工程背景和知识综合应用性,这就要求嵌入式授课教师不仅要拥有扎实的理论基础,还要具备较丰富的工程实践经验。然而,高等院校往往看重教师的学历,引进

的多为高学历零经验的青年教师,这些教师通常较少主持或参与横向课题,实践经验匮乏。因此,在嵌入式系统课程实际教学中,过分细化和强调指令集、编程语法、微处理器资源结构框架等内容,夸大理论对实践的指导性,而轻视实践对知识的检验过程。在实践教学环节,因缺乏企业实践经历,不了解行业现状及发展趋势,不能根据岗位技能需求精心设计实验内容,无法将企业项目知识融入实践活动,导致过度依赖课本实验教学资源^[8],所开展的实验大多为围绕理论知识的简单验证性实验,知识点单一,内容简单无趣,且前后实验内容相对独立,缺乏连贯性和相关性。此外,高校注重教师科研成果,导致部分教师将主要精力倾注于科研活动,而忽略了教学研究的重要性,常年重复已有的教学内容,教学案例陈旧、教学方式僵化,实践项目固化且缺乏综合性,难与当前技术挂钩,不仅无法激发学生动手实践的兴趣,还阻碍了其创新应用能力的培养。

1.3 评价机制问题

受传统教育观念影响,部分高等院校注重课程的结果性考核,而轻视过程性考核。通常情况下,考核总评成绩由考勤成绩、平时成绩和期末考试成绩三部分构成。以我校为例,考勤成绩固定为 10%,期末考试成绩通常为 70%,而平时成绩仅为 20%。其中,平时成绩包括作业完成情况、课堂表现、及实验情况等。可见,实践操作在课程考核中所占的成绩比重非常低,这在较大程度上迫使教师重视理论知识的讲授,轻视实践教学环节,学生则更加关注期末考试成绩,应付实践活动。然而,一个完整的嵌入式系统包含硬件设计、软件开发及系统集成等诸多内容,知识涉及面广、综合性强,通常需要通过团队协作共同完成,而传统的理论性考试则仅侧重于对学生个人琐碎知识点掌握情况的检验,未能对学生在实践活动中展现的团队协作能力、知识综合能力、创新应用能力等进行全面考查。显然,传统的考核机制过于单一,不利于全面提升学生的综合素质。

1.4 执行策略问题

教室和实验室是教师开展教学活动的主战场。对于高等院校而言,教室和实验室都是共享资源,具有较大的流动性,教师授课结束后就会离开,以供其他教师和班级使用。此外,高校课程种类繁多、内容丰富,学生课业繁重,课堂学习和实践训练的时间相对紧凑,这就要求教师要尽可能在课堂上解决学生的学习问题,对于课堂结束时仍未解决的问

题,通常推迟到下次课或课下由学生通过邮箱或电话联系教师进行解决。显然,这种延迟解决问题的作法打破了学生思维的连贯性,抑制了其学习的热情。此外,对于实践操作问题而言,课后的解决方案并不能及时在实验平台上得到验证,无法让学生看到直观的实验现象或效果,从而难以从根本上解决其心中疑惑。由此可见,常规的教学执行过程,缺乏有效的延续性,无法有效解决课余时间学生的学习问题。

2. 实践教学改革

2.1 自研实验平台

实践教学作为高等院校教育工作的重要组成部分,不仅是学生检验理论、加强知识理解和体会知识用法的重要手段,也是培养学生工程思维及创新应用能力的必要途径。实验平台作为实施实践教学活动的载体,其重要性不言而喻。然而,对于多数独立民办高校而言,由于经费受限,实验设备的更新往往相对滞后,这不仅使得现有设备陈旧,技术落后,难以拓展,还间接削弱了教师开展实践活动的积极性,抑制了学生从事实验的兴趣。为克服这一难题,部分高校积极组织教师团队,结合学校特色和教学需求,自主研发实验平台,以解决现有实验设备的局限性。例如:文献^[9]研制口袋式实验室来解决传统单片机实验教学中存在的问题,并推动了实验教学改革;文献^[10]基于 STM32F103ZET6 单片机构建了基于口袋实验室的实验系统,并基于此开展了电子技术基础实验;文献^[11]基于 TMS320F28335 芯片设计了 DSP 实验平台,并以此解决了学生实验课时不足,理论与实践难以结合的问题;文献^[12]基于 FPGA 芯片 EP4CE10 设计了便携式直流可调电源,有效解决了学生开展实践创新活动时的电源供应问题。由此可知,自主研发实验设备不仅能显著丰富实验教学内容,提高实验效果,还能一定程度上提升实验教师的教科研能力,降低实验室建设成本,加速其建设进程。

智能车竞赛是电子类专业中一项极具含金量的比赛,也是我校嵌入式协会开展的常规赛事之一。为了激发学生的实践兴趣,深化对嵌入式知识的理解,强化其应用技能,同时进一步提升智能车比赛的训练质量和参赛队伍的整体竞争力,嵌入式教学团队结合“嵌入式系统原理”课程的教学目标以及智能车控制的实际需求,基于 STM32F411CEU6 核心板研制了一款即能补充嵌入式实践教学,又能适用于协会智能车培训的实践平台。该平台的实物如图 1 所示。

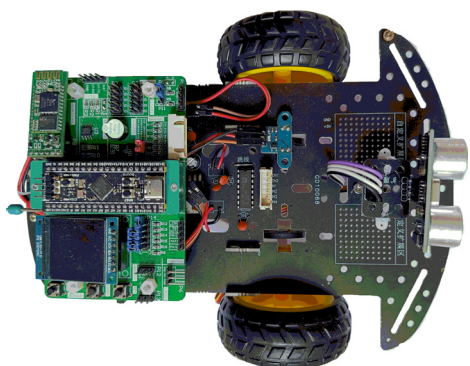


图 1 实践平台实物

图 1 中的平台包含了丰富的外设资源和扩展接口，其硬件构成如图 2 所示。

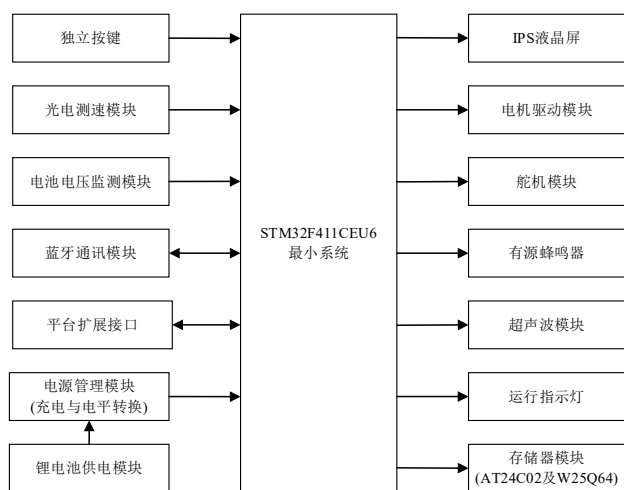


图 2 实践平台硬件构成

2.2 改进教学模式

OBE (Outcome-based Education) 是一种以学生的学习产出为导向的教学理念，其以学生为中心，注重学习成效，强调经过阶段性学习提升学生的知识应用能力和创新实践能力，致力于培养适应社会发展需求的高素质复合型人才^[13-15]。因此，可将 OBE 教育理念融入“嵌入式系统原理”课程的实践教学当中，围绕学生未来应达到的学习成效，深度剖析学生需要学习的知识以及要掌握的技能，然后采用逆向思维方式优化设计实践教学内容 and 实施策略，从而进一步提高学生的实际动手能力，培养其创新意识和解决复杂问题的能力^[16-17]。图 1 中的智能车，巧妙融合了硬件设计、软件开发和系统集成等内容，能较好地训练学生的创新设计能力和知识综合应用能力。为此，可基于 OBE 教育理念，依托智能车平台，遵循认知规律，对传统的讲授型和演示型教

学模式进行优化设计，针对实践内容的复杂度及实践开展的阶段，灵活地采用启发引导式、信息加工式、协作创新式等多种教学方式开展实践教学，并尽可能将实践活动延伸至课余时段，从而充分激发学生学习嵌入式系统的热情。

在讲授微处理器启动过程及指令系统时，由于学生的嵌入式知识相对缺乏，可采用启发引导式教学方法，指引其采用汇编指令编写简单的启动代码和翻转小车指示灯的控制代码，从而强化学生对微处理器启动过程及指令集用法的理解，激发其学习兴趣和探索欲望，并使其体会到实践操作在学习中的重要性。

在讲授微处理器片内外设资源时，引导学生通过手册理解外设的结构框架、工作原理及寄存器功能，并通过加工从手册中获取的信息来构思软件框架，进而实现驱动代码。此外，教师可结合智能车外围电路和片内资源的驱动代码，展示控制芯片内资源对外围的控制作用或交互效果，进而激发学生对应用软件实现算法的思考，培养其创新应用能力。

在课程实践教学的最后阶段，可融合前期基础实验，基于智能车平台开展创新设计性实训。这一阶段鼓励学生以团队的形式参与项目实践，团队充分利用平台已有资源和相应接口拓展其他模块，通过分工协作完成复杂系统的开发，如：蓝牙遥控小车、智能避障小车、电磁寻迹小车以及火情探测小车等。在此过程中，学生可充分利用课堂、课余时间，通过团队分工配合来完成实训任务，确保整个实训期间能够保持思维的连贯性。创新设计性实训，不仅能激发学生的团队协作精神，培养其创新应用能力和解决复杂问题的能力，还能使其充分体验到实施项目的艰辛和完成项目时的喜悦。

2.3 构建多维度评价体系

评价体系不仅要客观公正地反映学生阶段性的学习成果，还要有助于营造积极活跃的学习氛围、激发学生的学习热情，进而全面促进其综合素质的提升。传统的评价以期末结果性考核为主，主要通过对琐碎知识点的考查来评价学生个人知识的掌握情况，不能有效地考查学生实践操作中展现的团队协作能力、知识综合能力、创新应用能力，逻辑思维及语言表达能力。因此，有必要降低考试成绩在综合评价中的权重，加强实践教学中的过程性考核，拓展评价体系的维度。针对实践教学，除了重视实验/实训报告的撰写质量外，还应详细记录学生每次实验时的具体表现。对于综合设计性实训，可借助在线平台，通过学生上传阶段性成果（视频或

图片), 来跟踪学生实训进展状况, 在实训结束时采用团队答辩方式, 考查学生团队协作能力、思辨能力和创新能力。此外, 还应构建线上学习互动平台, 一方面为学生提供答疑解惑的渠道, 另一方面通过该平台了解学生课外的真实学习情况。为了进一步活跃课外学习气氛, 可将在线交流平台中学生的活跃度纳入评价体系, 促进学生之间及师生之间的交流分享, 这不仅有助于培养学生的逻辑表达能力, 还能使其在交流中获取新知。显然, 多维度的评价体系, 更能全面地考查学生的综合素质, 确保评价过程更加科学、合理。

2.4 拓展教学场地

基于图 1 所示的智能车平台, 可以将实践活动从实验室延伸至课外任意场所, 从而有效突破时间和空间的限制。然而, 常规的实践教学仍然主要在实验室进行, 这就使得学生在课外进行实践活动时, 往往面临缺乏相应的教学指导和现场答疑的问题。为此, 可组织嵌入式课程教师利用实验室空闲时段积极开展“第二课堂”。此举不仅有助于对学生的课外实践活动进行监督和约束, 还能在现场集中解决学生实践中存在的问题。教师还可选拔基础扎实、动手能力强的优秀学生来辅助课外的实践指导工作, 以确保高效地解决学生实践过程中遇到的各种问题。此外, 还可充分利用智慧树等各种在线平台, 针对学生的课外实践项目制作相应的视频资源, 供其参考学习; 同时, 通过在线交流互动渠道及时了解学生学习中存在的各种疑惑, 并予以解惑指导。总之, 教学活动不应仅仅局限于课堂之内, 而应该从课室延伸到课外, 从线下扩展到线上, 唯有通过多样化的教学手段及时解决学生学习中存在的困惑, 才能激发并保持学生的学习热情。

3. 结语

本文以广州软件学院为例, 分析了“嵌入式系统原理”课程实践教学中的常见问题, 并针对这些问题, 以 OBE 理念为指导, 以培养高素质复合型嵌入式技术人才为目标, 依托自主研发的智能车实践平台, 对实践教学内容及实施方法进行了优化和改进, 同时加强了过程性考核, 丰富了评价体系。此外, 还通过开展“第二课堂”及构建在线资源等措施, 有效解决了学生课外实践活动中遇到的各种疑惑。总之, 通过这一系列举措能一定程度上激发了学生的学习兴趣 and 内在动力, 并较好地提升学生的团队协作能力、实践创新能力和知识综合运用能力。

参考文献:

- [1] 赵明. 嵌入式技术现状及趋势发展研究[J]. 电脑与电信, 2020(08):68-70.
- [2] 杜宏秀, 肖大薇, 赵慧然. 基于就业导向的高校嵌入式专业教学改革研究[J]. 信息系统工程, 2023(2):22-25.
- [3] 吴静然, 崔冉. 基于 OBE 理念的“嵌入式系统与应用”课程改革与实践[J]. 科教导刊, 2024(07):93-95.
- [4] 杨永杰, 许鹏. 嵌入式系统原理及应用——基于 ARM Cortex-M4 体系结构[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2022.
- [5] 王清华, 胡永兵, 李迎松. 基于四旋翼无人机的嵌入式系统实践教学设计[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(03):199-203.
- [6] 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.
- [7] 孙青, 李辉勇. 面向学生工程能力培养的嵌入式系统设计实训课程教学改革实践[J]. 计算机教育, 2020(3):136-140.
- [8] 王梦觉, 梁丽丽. “嵌入式系统”实验教学的改革与探索[J]. 科技风, 2023(36):122-124.
- [9] 丁建, 姚利红. 单片机口袋式实验室研制与实验教学改革[J]. 中国冶金教育, 2024(01):51-54.
- [10] 庞存锁, 杨凌. 电子技术口袋实验室电路系统的设计[J]. 山西电子技术, 2023(06):48-50.
- [11] 叶宗彬, 陶梦江, 陈治国, 等. 增加工程实践的 DSP “口袋实验室”设计[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(07):83-88.
- [12] 裴晓芳, 范阳, 张甜梦, 等. 基于口袋实验室的便携式直流可调电源[J]. 计算机与数字工程, 2024, 52(07):2201-2206.
- [13] 王海军, 金涛, 张晓娇, 等. 基于 OBE-CDIO 理念的 Python 语言程序设计课程教学探索[J]. 计算机教育, 2024(09):127-131+136.
- [14] 陈志祥, 鄢丽丽. 基于 CDIO-OBE 理念的“生产与运作管理”课程教学新模式新方法探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2024(08):71-75.
- [15] 金琦淳, 张延丽. OBE-CDIO 工程教育模式下单片机与嵌入式系统综合课程设计的教学改革[J]. 南通职业大学

学报,2021,35(02):57-61.

[16] 康燕萍,黄鹏.基于 OBE 理念的嵌入式系统实践教学
改革探索[J].科教导刊,2024(21):138-140.

[17] 郭艺辉,钟雪灵,侯昉.产业转型背景下金融计算机
实践教学体系改革[J].计算机教育,2024(5): 59-63.

作者简介:

陈海峰(1985-),广州软件学院,教师,讲师,硕士,
主要研究方向:嵌入式控制系统开发及应用、智能控制。

基金项目:

1. 广州软件学院教学研究与改革项目:基于 CDIO 模
式的《嵌入式系统原理》课程教学改革,(项目编号:
JYJG202402);

2. 教育部供需对接就业育人项目平台人力资源提升项
目:校企协同育人机制下人力资源提升方案的研究,(项目
编号:2023122912904)。