

新工科背景下嵌入式课程的校企共建实践探索

常周林 杨龙 吴晓丽

广东科技学院

DOI:10.12238/mef.v8i7.12058

[摘要]本文探讨了基于 ARM、DSP、FPGA 技术核心的嵌入式系统课程体系的改革与实践。分析了当前嵌入式智能系统教学面临的问题，阐述了校企合作在课程体系构建中的重要性，详细介绍了课程体系改革的目标、内容与实施过程，包括课程设置、实践教学环节、师资队伍建设和等方面的举措。通过实际案例展示了改革取得的成果，为相关院校嵌入式系统课程体系的优化提供了参考与借鉴，旨在培养适应市场需求的高素质嵌入式系统应用创新型人才。

[关键词]ARM; DSP; EDA 技术; 嵌入式系统; 校企共建; 课程体系改革

中图分类号: G420 文献标识码: A

School-enterprise Joint Construction and Practical Exploration of Embedded Intelligent System Curriculum System under the Background of New Engineering

Zhoulin Chang, Long Yang, Xiaoli Wu

Guangdong University of Science and Technology

[Abstract]This paper discusses the reform and practice of embedded system curriculum system based on the core of ARM, DSP and FPGA. This paper analyzes the current problems of embedded intelligent system teaching, expounds the importance of school-enterprise cooperation in the construction of curriculum system, and introduces the goal, content and implementation process of curriculum system reform in detail, including the measures of curriculum setting, practical teaching link, teacher team construction and so on. Through the actual cases, the achievements of the reform are shown, which provides reference and reference for the optimization of the embedded system curriculum system in relevant colleges and universities, and aims to cultivate high-quality innovative talents of the embedded system application to meet the market demand.

[Keywords]ARM; DSP; EDA technology; Embedded system; School-enterprise co-construction; Curriculum system reform

引言

嵌入式系统作为现代信息技术的关键组成部分，广泛渗透于智能交通、工业自动化、医疗保健、智能家居等众多领域。随着科技的飞速发展，其核心技术也在不断革新。ARM 处理器凭借其低功耗、高性能的特性，在移动终端、物联网设备等领域占据主导地位；DSP 芯片专注于数字信号处理，对于音频、视频、通信等信号密集型应用提供强大的运算支持；以 FPGA 为核心的 EDA 技术则以其灵活的可重构性，在快速原型开发、硬件加速以及特定算法实现等方面展现出独特优势。这三种技术相互补充、协同发展，共同推动着嵌入式系统向更高性能、更智能化的方向迈进。传统的嵌入式系统课程体系在教学内容、教学方法和实践环节等方面逐渐暴露出一些问题，难以满足企业对人才的实际需求。为了解决这些问题，开展基于 ARM、DSP、EDA 技术的嵌入式系统校企共建课程体系的改革与实践具有重要意义。

一、课程体系改革目标

(一) 构建多技术融合的知识体系

旨在打造一个将 ARM、DSP、FPGA 技术深度融合的一体化知识体系，使学生能够全面理解三种技术在嵌入式系统中的角色与相互协作机制。通过系统的课程学习，学生应熟练掌握 ARM 处理器的体系结构、编程模型与接口技术；精通 DSP 芯片的数字信号处理算法及其在实际应用中的实现；深入领会 FPGA 的逻辑设计原理、硬件描述语言编程以及可重构特性在优化系统性能方面的应用。同时，能够将这三种技术有机结合，构建功能完备、性能高效的嵌入式系统解决方案，以应对复杂多变的实际工程需求。^[1]

(二) 培养创新实践能力与职业素养

着重培养学生的创新实践能力与良好的职业素养，使其在掌握扎实理论知识的基础上，具备独立完成嵌入式系统项目开发的实践技能。通过丰富多样的实践教学活

生的创新思维，鼓励学生在项目实践中探索新技术、新方法的应用，提高学生解决实际问题的能力。此外，注重培养学生的团队协作精神、沟通能力、项目管理能力以及职业操守，使学生在毕业后能够迅速融入企业工作环境，成为一名合格的嵌入式系统专业人才，适应行业发展的快速变化与激烈竞争。

二、课程体系改革具体实践

（一）课程设置的优化整合

1. 基础课程重构

（1）强化计算机基础课程：加强计算机组成原理、操作系统、数据结构等课程的深度与广度，为学生理解嵌入式系统的底层运行机制、软件资源管理以及数据处理逻辑奠定坚实基础。例如，在计算机组成原理课程中，增加对 ARM 处理器架构特点的详细分析，使学生更好地理解嵌入式系统硬件基础；在操作系统课程中，着重讲解嵌入式 Linux 操作系统的内核结构、任务调度机制与文件系统构建，以适应嵌入式系统的特殊需求。

（2）电路与电子技术课程拓展：丰富模拟电路与数字电路课程内容，融入更多与嵌入式系统硬件设计相关的知识点与实验项目。如在模拟电路课程中增加传感器接口电路设计、电源管理电路等内容；在数字电路课程中强化数字逻辑电路在 FPGA 中的实现方法、数字信号传输与处理电路等教学内容，提升学生的硬件电路设计与分析能力。^[2]

2. 核心技术课程融合

（1）ARM 体系结构与编程进阶课程：深入剖析 ARM 处理器的高级特性，如多核架构、缓存管理、异常处理等，并结合实际案例讲解基于 ARM 的嵌入式系统软件开发方法。课程涵盖 ARM 汇编语言编程、C/C++ 语言在 ARM 平台上的优化应用、嵌入式实时操作系统在 ARM 处理器上的移植与开发等内容，通过综合性实验项目，如基于 ARM 的智能小车控制系统开发，使学生熟练掌握 ARM 技术在嵌入式系统中的核心应用。

（2）DSP 技术应用深化课程：在介绍 DSP 芯片基本结构与数字信号处理算法基础上，重点讲解 DSP 在音频处理、图像处理、通信信号处理等领域的应用实例与算法优化技巧。课程包括 DSP 开发工具的高级使用、多通道信号处理算法在 DSP 上的实现、DSP 与其他外设的高速接口设计等内容，通过实验项目如基于 DSP 的音频频谱分析系统开发，培养学生运用 DSP 技术解决实际信号处理问题的能力。

（3）FPGA 逻辑设计与应用创新课程：深入讲解 FPGA 的高级逻辑设计方法，如状态机优化、流水线设计、IP 核应用等，并结合实际案例展示 FPGA 在硬件加速、可重构计算等方面的创新应用。课程涵盖复杂数字系统在 FPGA 上的设

计与实现、FPGA 与 ARM、DSP 的协同工作机制与接口设计、基于 FPGA 的人工智能算法硬件加速等内容，通过综合性实践项目如基于 FPGA 的图像边缘检测加速系统开发，激发学生对 FPGA 技术在嵌入式系统中创新应用的探索热情。

3. 综合应用课程创新

（1）嵌入式系统综合设计课程：该课程以实际工程项目为导向，要求学生综合运用所学的 ARM、DSP、FPGA 技术，完成一个完整的嵌入式系统项目开发。项目选题涵盖智能家居系统、智能医疗设备、工业自动化控制系统等多个领域，学生在项目实践中需要完成从需求分析、方案设计、硬件选型与搭建、软件编程到系统测试与优化的全过程。^[3]例如，在智能家居系统项目中，学生可利用 ARM 处理器进行系统控制与数据管理，DSP 芯片处理音频与视频信号，FPGA 实现智能安防监控算法的硬件加速与可重构逻辑功能，通过团队协作与技术融合，培养学生的系统集成能力与复杂工程问题解决能力。

（2）前沿技术拓展课程：开设人工智能在嵌入式系统中的应用、物联网技术与嵌入式系统融合等前沿技术拓展课程，使学生了解嵌入式系统领域的最新技术发展趋势与应用前景。课程内容包括深度学习算法在嵌入式平台上的优化与部署、嵌入式系统在物联网架构中的角色与应用案例分析、区块链技术在嵌入式安全领域的探索等，通过讲座、研讨与小型实践项目相结合的方式，拓宽学生的技术视野，激发学生的创新思维，为学生的职业发展奠定坚实的技术储备。

（二）实践教学环节的强化提升

1. 实验教学体系改革

（1）基础实验夯实技能：设计一系列针对 ARM、DSP、EDA 技术的基础实验项目，如 ARM 指令集编程实验、DSP 算法实现实验、FPGA 基本逻辑电路设计实验等，帮助学生巩固所学理论知识，掌握基本的实验操作技能与开发工具使用方法。^[4]例如，ARM 指令集编程实验可包括简单的数据处理指令练习、中断处理实验等，使学生熟悉 ARM 处理器的编程环境与指令执行流程；DSP 算法实现实验可涵盖 FFT 算法、数字滤波器设计等实验内容，让学生掌握 DSP 芯片的算法开发与调试技巧；FPGA 基本逻辑电路设计实验可安排组合逻辑电路、时序逻辑电路的设计与实现，培养学生使用硬件描述语言进行逻辑电路设计的能力。

（2）综合实验培养能力：开展综合性实验项目，将 ARM、DSP、FPGA 技术有机结合，模拟实际工程应用场景，培养学生的综合应用能力与系统思维能力。例如，设计一个基于嵌入式系统的智能视频监控综合实验项目，学生需要使用 FPGA 实现视频采集与预处理电路，包括摄像头接口设计、图像传感器驱动开发以及图像数据的初步处理，如色彩空间

转换、图像滤波等；ARM 处理器负责系统控制与数据传输，包括网络通信协议的实现、视频数据的存储与管理等；DSP 芯片则用于视频图像的压缩编码与智能分析算法处理，如运动目标检测、人脸识别等。通过这样的综合实验项目，学生能够深入理解三种技术在嵌入式系统中的协同工作原理，提高解决复杂实际问题的能力。

(3) 创新实验激发潜能：鼓励学生自主开展创新实验项目，提供必要的实验设备、场地与指导教师支持。创新实验项目可结合学生的兴趣爱好与前沿技术研究热点，如基于嵌入式系统的智能机器人创新设计、基于深度学习的嵌入式图像识别系统开发等。^[5]学生在创新实验过程中，需要自主查阅文献资料、制定实验方案、选择合适的技术路线与开发工具，充分发挥自己的创新思维与实践能力，培养独立解决问题的能力与团队协作精神。

2. 实习实训平台建设

(1) 校企合作实习基地拓展：积极与国内外知名企业建立长期稳定的校企合作实习基地关系，为学生提供丰富多样的实习岗位与实践机会。实习基地涵盖嵌入式系统研发、生产制造、应用服务等多个环节，学生可根据自己的兴趣与专业特长选择合适的实习岗位。在实习过程中，学生将参与企业的实际项目开发，接受企业导师的一对一指导，了解企业的项目管理流程、技术研发规范与市场需求导向，积累宝贵的工程实践经验与职业素养。

(2) 校内实训中心升级：加大对校内实训中心的投入与建设力度，打造集教学、科研、培训、竞赛于一体的现代化嵌入式系统实训平台。实训中心配备先进的 ARM、DSP、FPGA 开发设备与实验仪器，以及各类嵌入式系统开发软件工具与仿真平台，如 ARM 开发套件、DSP 开发板、FPGA 实验箱、嵌入式 Linux 开发环境、电路设计与仿真软件等，满足学生从基础实验到综合实践的不同需求。

(三) 师资队伍建设的多元推进

1. 教师专业培训与进修提升

(1) 技术培训课程参与：定期选派教师参加国内外知名高校、科研机构与企业举办的 ARM、DSP、FPGA 技术专业培训课程，使教师及时了解最新的技术发展动态与应用案例，更新自己的知识结构与教学内容。^[6]培训课程涵盖 ARM 架构与应用开发、DSP 算法优化与实现、FPGA 设计方法与实践等多个方面，教师通过参加培训课程，不仅能够掌握先进的技术知识与技能，还能够与同行专家进行交流与合作，拓宽自己的学术视野与教学思路。

(2) 企业挂职锻炼实践：鼓励教师到企业进行挂职锻炼，参与企业的实际项目研发与生产管理工

作，将企业的实际项目案例与工程实践经验融入到教学过程中，提高教学的针对性与实用性。^[7]例如，教师到嵌入式系统研发企业挂职担任项目工程师，参与企业的新产品开发项目，从项目需求分析、方案设计到代码编写与测试优化，全程参与项目实践，了解企业在项目开发过程中遇到的技术难题与解决方案，掌握企业的项目管理方法与团队协作模式；到生产制造企业挂职担任生产工艺工程师，学习嵌入式系统的生产工艺流程、质量控制标准与自动化生产设备的操作与维护，了解产品从设计到量产的全过程，为教学中增加生产实践环节提供丰富的素材与案例。

2. 企业兼职教师引进与融合

(1) 兼职教师聘任机制建立：建立完善的企业兼职教师聘任机制，广泛聘请企业的高级工程师、技术专家与管理

人员担任兼职教师，参与学校的课程教学、实践指导与毕业设计等教学环节。兼职教师的聘任注重其专业技术水平、行业影响力与教学能力，通过面试、试讲等环节选拔优秀的企业人才担任兼职教师。例如，聘任嵌入式系统行业知名企业的技术总监担任兼职教授，定期为学生开设专题讲座，介绍行业最新技术发展趋势与企业的技术创新成果；聘任企业的资深项目工程师担任兼职实践指导教师，指导学生的实验教学、实习实训与毕业设计项目，传授学生实际项目开发经验与工程实践技巧；聘任企业的人力资源经理担任兼职职业导师，为学生提供职业规划指导、就业面试技巧培训与企业文化讲座等，帮助学生更好地了解企业需求与职业发展路径。

三、课程体系改革成果

(一) 学生专业能力提升

通过参与校企共建课程体系的学习和实践，学生的实践动手能力和创新能力得到了显著提高。在各类嵌入式系统设计竞赛中，我院学生取得了优异成绩，如在全国大学生嵌入式设计大赛中多次获奖，获奖作品得到了企业和专家的高度评价。学生的就业竞争力明显增强，毕业生受到了嵌入式系统相关企业的广泛欢迎，就业率和就业质量逐年提高。许多毕业生在毕业后能够迅速适应企业工作岗位要求，成为企业的技术骨干。

(二) 教学资源建设完善

校企双方共同编写了多本嵌入式系统教材和实验指导书,如《嵌入式 ARM 系统开发实战教程》《数字信号处理 DSP 应用实例教程》《EDA 技术与嵌入式硬件设计实验教程》等,这些教材结合了企业实际项目案例和学校教学实践经验,具有很强的实用性和针对性,已被区域多所院校采用。^[9]建设了一批优质的在线课程资源,包括课程视频、课件、实验案例等,方便学生自主学习和课外拓展。同时,开发了嵌入式系统虚拟仿真实验平台,解决了实验设备不足和实验场地受限等问题,提高了实验教学的灵活性和可扩展性。

(三) 校企产学研合作深化

校企双方在课程体系改革的基础上,进一步开展了产学研合作项目。共同承担了多项省级和企业横向科研项目,如基于嵌入式系统的工业自动化控制系统研发、智能医疗设备嵌入式软件平台开发等。通过科研合作,不仅为企业解决了实际技术问题,也为学校教师提供了科研平台,提升了学校的科研水平和社会服务能力。

四、结论

基于 ARM、DSP、EDA 技术的嵌入式系统校企共建课程体系的改革与实践是适应市场需求、培养高素质嵌入式系统专业人才的有效途径。通过对教学内容、实践教学环节和师资队伍建设等方面的改革,解决了传统课程体系存在的教学内容滞后、实践教学不足和师资队伍缺乏工程实践经验等问题。然而,课程体系改革是一个持续发展的过程,需要不断跟踪行业技术发展趋势,进一步优化课程设置和教学内容,加强实践教学管理和质量监控,持续提升师资队伍水平,以培养更多适应新时代需求的嵌入式系统专业人才。

[参考文献]

[1]杨树财,郭静兰,夏伟等.新工科背景下高校工程训练

课程建设探索[J].高教学刊,2024,10(12):46-49.

[2]陶丹,陈后金,李艳凤,等.新工科背景下突出“三化”内涵的信息工程专业培方案实践[J].中国现代教育装备,2024(7):7-9,13.

[3]韩进,靳明浩,薛庆军.嵌入式综合实验教学平台及教学案例设计[J].实验室科学,2023,26(1):81-84

[4]童英华.“嵌入式系统与应用”教学改革与探索[J].物联网技术,2022,12(8):137-138,141.

[5]钟剑丹.基于竞赛驱动的嵌入式课程教学模式探究[J].科教导刊(电子版),2024(5):110-112.

[6]柴艳峰,张睿,张蕾,等.基于开源项目的计算机组成原理课程“嵌入式”教学模式探索[J].计算机教育,2024(2):164-168.

[7]刘佳宜,陈德军,陈昆等.嵌入式操作系统教学方法研究[J].电气电子教学学报,2023(4):178-181

[8]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):152-154.

[9]余福源,李荣青,王宜结.基于 OBE 理念的“嵌入式系统设计”课程教学改革研究[J].工业控制计算机,2022,35(9):155-156.

作者简介:

常周林(1973.11-),男,汉,陕西合阳,副教授,硕士研究生,研究方向:智能机器人控制,人工智能技术应用

课题项目:

围绕智能服务机器人创新应用的高质量科产教融合探索与实践(23GYB67);5G+AI时代应用型本科的嵌入式智能系统课程改革与实践(2021年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目)