

以工程实践能力培养为导向的嵌入式系统课程实践教学改革与实践

崔峰 赵大伟 刘永皓 齐凤河 高玉凯

(大庆师范学院机电工程学院 黑龙江大庆 163712)

摘要: 嵌入式系统课程实践性较强, 面对嵌入式技术产业对学生工程实践能力要求的提高, 课程实践教学中存在教学体系、教学内容、教学平台方面的不足。以学生工程实践能力培养为导向, 分析了产业对人才的工程实践能力需求、工程实践能力的层次划分和特征, 通过构建立体化的课程实践教学体系、补充完善实践教学内容、建立适应工程实践的教学平台、推动校企深度合作一系列教学改革措施, 进行了课程实践教学改革实践。改革效果表明, 这些措施有效提高了学生的嵌入式技术工程实践能力, 企业对学生的认可度也获得了提升。

关键词: 嵌入式系统; 工程实践能力; 实践教学; 教学改革

Practice Teaching Reform and Practice of Embedded System Course Oriented to the Cultivation of Engineering Practice Ability

CUI Feng, ZHAO Da-wei, LIU Yong-hao, QI Feng-he, GAO Yu-kai

(Department of Electromechanical Engineering, Daqing Normal University, Daqing 163712, China)

Abstract: The embedded system course is highly practical. Facing the improvement of the embedded technology industry's requirements for students' engineering practice ability, there are deficiencies in the teaching system, teaching content and teaching platform in the course practice teaching. Guided by the cultivation of students' engineering practice ability, this paper analyzes the industry's demand for talents' engineering practice ability, and the level division and characteristics of engineering practice ability. Platform, promote a series of teaching reform measures for in-depth cooperation between schools and enterprises, and carry out curriculum practice teaching reform practice. The reform results show that these measures have effectively improved the students' embedded technology engineering practice ability, and the recognition of students by enterprises has also been improved.

Keywords: Embedded System; Engineering practice ability; Practical teaching; Teaching reform

0 引言

最近二十年以来工程科技的新发现、新发展与产业紧密联动, 成为推动经济社会发展的重要驱动力。随着“中国制造 2025”国家战略的提出, 为了更好的应对科技进步和产业升级带来的挑战, 中国高等工程教育不断创新, 已经进入了创新变革的快车道^[1]。2017年6月, 李克强总理在国务院党组理论学习中心组的讲话特别指出了新一轮科技革命和产业革命将对社会发展和变革带来巨大影响, 将给国家竞争力的提升带来重大机遇^[2]; 同年, 教育部明确了“新工科”建设的新方向, 推动我国高等工程教育在课程建设、实践平台建设、师资队伍建设等诸多方面产生了一系列研究成果, 为众多地方应用型本科院校提供了教学改革的重要参考^[3]。

嵌入式系统课程是我院自动化、电子信息工程专业的一门重要的技术应用类必修课, 课程实践性较强、与产业贴合紧密。面对近年来人工智能、物联网、汽车电子、智能仪器仪表等相关产业对嵌入式技术人才质量要求的提升, 学院实验实训中心以学生工程实践能力培养为导向, 通过分析现有课程实践教学现状、找准嵌入式技术工程实践能力的定位和构成, 对嵌入式系统课程实践教学体系进行了全面改革, 使学生更加熟悉相关产业的工程运作流程、更加胜任企业的嵌入式技术岗位, 进一步提高我院实验实训中心服务产业、提供高质量工程教育服务的能力。本文围绕我院实验实训中心近年以工程实践能力培养为导向开展的建设实施, 详细阐述了嵌入式系统课程实践教学的具体改革与实践。

1 嵌入式技术工程实践能力的组成和要求

落实好以工程实践能力培养为导向的课程实践教学, 关键的前提是找准产业对学生工程实践能力的要求。我院通过近年与嵌入式产业相关企业的深度合作发现, 嵌入式技术人才解决复杂工程问题所需的实践能力不是孤立的, 而是如图1所示分层次相互支撑和紧密联系的。

1.1 工程实践能力的组成和联系

如图1所示, 嵌入式技术工程实践能力分为三个层次: 基础实践能力、技术实践能力和综合实践能力。嵌入式技术基础实践能力

主要由嵌入式系统课程的常规实践环节支撑, 学生通过参与嵌入式系统课程的基础实验项目形成课程的基础实践能力后, 再进一步通过综合设计、综合实训等教学环节形成课程的综合实践能力。尽管基础实践能力更多的停留在课程实践层面, 但是具备了扎实嵌入式技术基础实践能力的学生仍然可以从事产业相关的基础技术服务、技术资料撰写等工作。

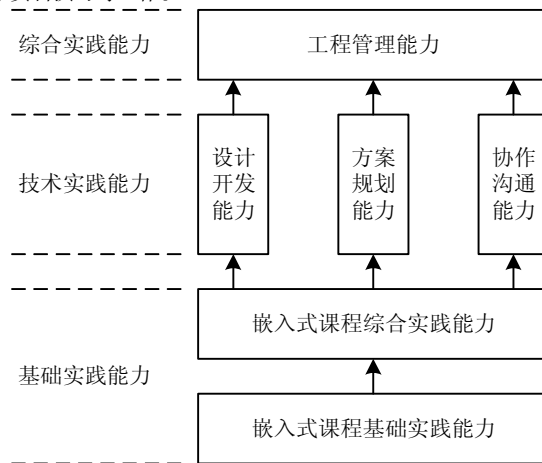


图1 嵌入式技术工程实践能力的组成

随着嵌入式技术的应用越来越广泛, 嵌入式技术相关产品爆炸式增长, 企业更多的需要具备工程技术实践能力和工程综合实践能力的毕业生。设计开发能力、方案规划能力的培养需要以扎实的基础实践能力为前提, 并通过合适的实践教学内容、教学设计、教学平台来实现。其中设计开发能力重点解决具体的嵌入式技术复杂工程问题, 方案规划能力则要求学生更善于由嵌入式工程开发规律总结和系统架构设计。学生在技术合作开发训练中逐步形成项目协助沟通能力, 可以继续成长为具备综合实践能力, 能够从事嵌入式工程管理的复合技术人才。

1.2 工程实践能力形成的差异化特征

嵌入式技术人才工程实践能力培养过程中,应该重视学生能力、素质、兴趣不同所导致的工程能力定位不同,应该在实践教学实施中明确学生的特点和工程实践能力需求的差异,更好的满足产业对嵌入式工程实践能力多样化和专业化的需求^[4]。

根据图 1 所示的嵌入式技术工程实践能力组成,实践教学实施中兼顾能力差异化的培养主要体现在:一是在技术实践能力培养的同时注意发掘学生的创新思维能力,帮助学生在形成扎实技术实践能力的基础上,能够创造性的分析、解决具体的复杂工程问题^[5];二是在设计开发能力、方案规划能力、工程管理能力培养的同时,始终强调学生对团队协作、交流沟通、资源整合、需求分析、服务支持等企业分工和需求的适应,帮助学生以工程专业技术为起点实现更具个人特色的工作定位^[6]。

2 嵌入式课程实践教学中的问题

针对产业对嵌入式技术人才工程实践能力的要求,分析了嵌入式系统课程实践教学中存在的主要问题,为进一步开展实践教学改革明确方向。

2.1 实践教学内容

嵌入式系统课程实践教学内容多年来围绕 ARM9、Cortex-A8 和 Cortex-A7 处理器的嵌入式 Linux 操作系统应用来设计,以基础类验证性实验项目为主,缺少综合、设计性实验项目和工程应用案例式实践项目,对学生工程实践能力的培养支撑不足。实践教学内容无法满足物联网实时嵌入式操作系统工程应用场景的需求,且难以实现从 MCU 处理器操作系统应用到高性能 MPU 处理器嵌入式开发应用的过渡,教学效果有限。

2.2 实践教学平台

课程实践硬件平台一直以 ARM9、Cortex-A8 和 Cortex-A7 处理器为核心的嵌入式教学实验箱为主,这样的配置带来的主要问题有:一是课程实践教学仅停留在工程基础实践能力培养层面,仅能围绕嵌入式系统课程基础实验项目开展教学,无法满足工程技术实践能力培养的要求,尤其是与嵌入式设计开发能力锻炼还有较大差距;二是不适应目前多技术产业对嵌入式技术应用场景的需求,例如现有实践平台没有配备 WIFI、Zigbee、Lora、DTU 和 GPS 等模块,无法实现物联网产业相关的嵌入式技术应用训练;三是硬件实验设备一直采用整体式设计,不便于模块拆解携带使用,不满足当前嵌入式技术快速更迭而要求“口袋实验室”随身持续学习训练、快速完成技术积累的要求。

2.3 实践教学体系

嵌入式系统课程实践教学体系不够立体,长期以来仅通过课内实验及基础实训支撑学生的实践能力培养。嵌入式技术快速更新的特点和产业应用多样化的趋势,都对学生的工程实践能力培养提出了更高的要求,只有分层次、多点支撑、贴近工程应用、实现校企合作的实践教学体系设计,才能真正提升学生解决复杂工程问题的能力,才能真正达到人才培养与企业需求的契合^[7-9]。

3 嵌入式课程实践教学改革与实践

3.1 构建新型实践教学体系

针对嵌入式技术工程实践能力培养的要求,学院实验实训中心对课程实践教学体系进行了全面调整。如图 2 所示重新构建的课程实践教学体系中,采用丰富的实践教学环节支撑不同层次工程实践能力的培养。课内实验以合作企业的真实技术案例为蓝本形成综合实验项目,由经验丰富的企业工程师授课,重点培养学生课程内 ARM 处理器基础应用、嵌入式操作系统基础应用等实践能力;在综合实践训练课程环节,校企合作指导团队以一个难度适当的综合训练项目实现学生嵌入式技术综合应用能力的进一步提升。嵌入式系统课程完成后的下一学期中,实验实训中心安排以项目小组为单位的嵌入式综合设计,以贴近企业真实技术场景的开发流程和设计任

务内容,帮助学生进一步形成设计开发能力和方案规划能力;通过项目综合设计完成情况的评价,项目完成评分在前 50%的小组安排参与校企合作项目开发,在嵌入式项目开发实战中提升技术实践能力,进一步积累项目管理、需求分析、客户服务和团队协作等方面的经验,逐步形成工程综合实践能力。

学院实验实训中心非常重视学科竞赛活动的开展,分难度、分层次划定嵌入式技术学科竞赛项目列表,常年组织高年级学生参与学科竞赛 3~5 项,学生综合实践能力进一步提升的同时,选择进入嵌入式产业从事技术工作的职业规划也更加明确。这部分综合实践能力较强的学生可选择进入产业内企业进行毕业实习,最终成长为企业满意的嵌入式工程技术人才。

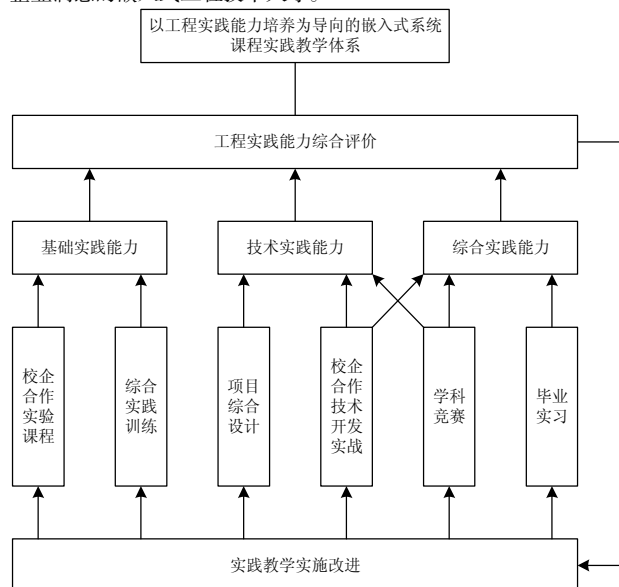


图 2 嵌入式系统课程实践教学体系

实践教学体系中各教学环节根据学生的工程实践能力综合评价结果动态调整,调整的主要目的是使培养的学生更加符合嵌入式技术产业对复合型工程技术人才的要求。

3.2 改革实践教学内容

针对原有实践教学内容存在的缺陷,中心实践指导团队充分考虑了嵌入式系统课程与单片机类课程的衔接,为课程增加了 Cortex-M3 处理器的 FreeRTOS 嵌入式实时操作系统实践应用内容,使课程实践教学能够适应工业自动化控制、物联网应用以及可穿戴电子产品开发相关产业工程应用的需要。以嵌入式实时操作系统教学内容为过渡,后续难度稍大的 ARM 处理器嵌入式 Linux 操作系统应用内容更易于被学生理解。

为了实现工程实践能力的培养目标和效果,将原有实验课程中的验证性项目替换为需要 4~6 学时完成的综合设计性项目,项目内容还原企业技术案例,兼顾实验课程作为嵌入式系统实践环节基础的现实背景,既保证了实验对基础工程实践能力锻炼和技术引领的作用,又突出了真实工程应用的特色。通过近 4 轮实验教学内容改革实施验证,教学效果明显好于以往,学生在获得扎实基础实践能力的同时,对工程实践的体验更充分,利于下一阶段工程技术实践能力的形成。

改革后的嵌入式系统实践教学体系中加入了综合实践训练、项目综合设计和校企合作技术开发实战等工程实践烙印更清晰的教学环节,如图 3 所示其教学内容依据不同的工程实践能力培养目标而有所区别。

3.3 打造全新实践教学平台

为了支撑改革后实践教学体系中的课程教学新内容,实验实训中心设计了模块化的嵌入式硬件实践教学平台。该硬件系统由包括

CPU 核心模块的多个子模块构成,除可在实践教学课程内作为训练、开发平台使用外,学生还可根据平时学习需要分模块拆解携带,更好的贯彻了工程技术持续学习积累的理念。该平台的主要组成包括:

(1) CPU 核心模块

平台提供了 3 种 CPU 核心模块,分别是: STM32F103 CPU 模块、S5PV210 Cortex-A8 CPU 模块和 IMX6ULL Cortex-A7 CPU 模块。这样的配置可以让实践教学平台适应工业控制、低成本电子产品开发、物联网应用、低功耗嵌入式应用和高性能嵌入式应用等多种场合的需求。Cortex-A8 或 Cortex-A7 CPU 模块能够与 STM32F103 CPU 模块构成上/下位机系统,更加利于复杂综合工程实践训练项目的开展。

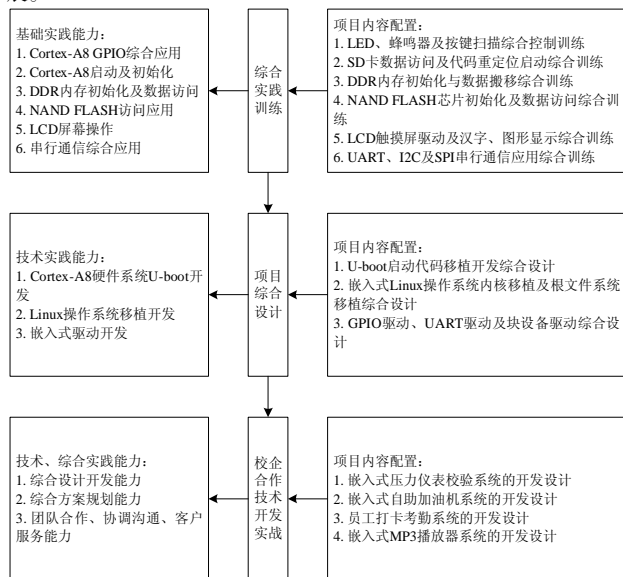


图3 项目内容及支撑能力对照

(2) 传感器模块

平台配备了常用的传感器模块,主要有红外光电传感器、数字温度传感器、模拟压力传感器、GPS/北斗定位传感器、数字图像传感器、RFID 读卡器模块等,能够满足大多数场合的嵌入式技术应用。

(3) 无线传输模块

丰富的传输模块配置保证了实验平台能够满足大多数无线工业控制、物联网和基于互联网的嵌入式系统的教学和开发,主要传输模块有 WIFI 模块、433MHz 无线透传模块、无线 RS485 模块、Zigbee 模块和蓝牙模块。

实验实训中心教学团队汇同合作企业工程师为教学平台编制了丰富的案例项目手册,编写了大量供学生参考的代码程序,疫情以来结合实践教学内容还补充了实践教学视频,形成了完整的平台教学资源。

3.4 推动校企深度合作

实验实训中心紧扣以学生工程实践能力培养为核心的新工科工程教育理念,积极主动拓展与嵌入式技术行业相关企业的深度合作,围绕物联网、汽车电子、工业智能控制、智能仪器仪表、新型电子产品等产业的新需求,采取共建联合研发中心、合作开展项目研究、共建实验测试平台等多种模式,建立起稳定的校企产学研合作机制。2015 年与大庆油田综合录井二公司合作开展现场便携式综合录井仪的研制,形成“教师-工程师-学生”混合研发团队,在完成项目研发的同时还结合项目形成了围绕油田钻探生产的智能检测与控制技术应用实践教学项目。2015 年与大庆宇奥科技有限公司共建综合测试油田应用技术联合研发中心,教师带领学生完成了基于嵌入式 Linux 的固井施工三参数仪表方案改进工作,完成了仪表控

制核心功能的测试。2018 年通过校企双方的共同努力建成中兴 ICT 通讯产业学院,自动化、电子信息工程专业学生依托企业开发的 ICT、物联网技术相关实践课程,及时补充了工程实践所需的前沿知识和技能。

依靠校企合作交流,学生毕业设计、学科竞赛获奖、实习实训开展的质量均有较大提升,参与企业项目开发的学生工程实践能力获得了行业相关企业的认可,近年在嵌入式技术行业内实现高端就业的毕业生人数稳步增长。

4 改革效果

自开展嵌入式系统课程实践教学改革以来,参与课程学生对嵌入式技术的兴趣和对课程的满意度稳步上升,近 4 年的课程满意度均在 94%以上。企业对学生的嵌入式技术工程实践能力更加认可,获得技术研发岗位实习机会的学生人数对比教学改革前年均增加了 27.4%,最终获得嵌入式系统研发设计和方案规划等高端工作岗位的学生人数也显著提升。改革后的课程实践教学促进了学生创新实践能力的形成,自 2018 年起学生在全国大学生电子设计竞赛、全国大学生光电设计大赛、黑龙江省交通科技竞赛、iCAN 全国大学生创新创业大赛等竞赛的嵌入式处理器应用项目中共获得各级各类奖项 70 余项。通过跟踪从事技术行业毕业生的后续发展发现,自实践教学改革后学生对工程技术和工程实践的职业追求目标更明确,职业发展情况更好。

5 结束语

嵌入式技术正在伴随科技的发展不断更新,与各种工程技术交叉融合构建复杂系统的趋势日趋明显,嵌入式技术行业对学生的工程实践能力要求也越来越高。以学生的工程实践能力培养为导向进行嵌入式系统课程实践教学改革,建立更加立体、更多融入工程实践元素的教学体系,调整教学内容使之更加适应行业企业需求,建设紧跟嵌入式技术发展、适应工程实践能力培养的实践教学平台,推动校企合作打造产教协同育人体系、培育校企混编实践指导教师团队,是适应当前行业对人才要求的有益改革探索,也是提高高等工程教育质量的有效途径。

参考文献:

- [1]吴岩.新工科:高等工程教育的未来—对高等教育未来的战略思考[J].高等工程教育研究,2018(6):1-3.
- [2]刘江霞,元红妍.“新工科”背景下基于企业应用的实训案例设计—以“STM32 嵌入式系统设计”课程为例[J].实验技术与管理,2021,38(07):177-180.
- [3]黄培灿,肖慧娟.面向工程实践能力培养的嵌入式系统实践教学改革与实践[J].工业控制计算机,2021,34(12):153-154.
- [4]高俊枫,黄乐天,张雷,等.嵌入式人才差异化培养和矩阵化实践教学探讨[J].高等工程教育研究,2021(6):44-48.
- [5]姚雷博,郭超,任亚飞.面向工程实践能力培养的嵌入式课程教学改革[J].办公自动化,2021,26(06):46-47.
- [6]胡青,余嘉,苏玉刚.面向工程实践能力培养的嵌入式实验教学改革的探索[J].实验技术与管理,2017,34(09):160-163.
- [7]邓小武.嵌入式系统教学模式的探索与实践[J].物联网技术,2017,7(07):117-120.
- [8]高俊枫,黄乐天.嵌入式系统类课程产学研融合实践教学体系探析[J].高等工程教育研究,2021,(03):39-43

作者简介:崔峰(1982-),男,黑龙江大庆人,博士/副教授,主要研究方向为模式识别、无线传感器/执行器网络、嵌入式控制技术。

基金项目:黑龙江省高等教育教学改革项目“工程实践能力培养导向的工科实验中心运行机制与教学模式创新研究与实践”(SJGY20180002)