doi:10.3969/j.issn.1672-1292.2026.03.010

基于产教融合的微控制器课程开发与实践

朱莉娅[1],杨继全[1],顾红波[2]

(1.南京师范大学南瑞电气与自动化学院,江苏 南京 210023)
(2.南京丹迪克电力仪表有限公司,江苏 南京 210049)

[摘要] “微控制器原理及应用”作为嵌入式系统开发与智能控制技术应用的核心基础课程,是众多工科专业的必修内容. 针对该课程当前教学中存在的教学内容更新滞后、教学方法较为单一以及考核方式改革难度大等问题,本文提出基于产教融合的校企协同育人课程开发方案. 重点阐述四方面改革实践:一是融合课程思政与企业真实案例,引入主流微控制器重构教学内容;二是采用任务驱动与项目化牵引相结合的教学方法,强化学生主动探究的能力;三是建设虚实结合的多层次实践教学资源,覆盖从基础实验到工程应用的全链条;四是实施多维度过程性考核评价,突出能力与素质导向. 最后总结了该课程在产教深度融合模式下的创新点与实践成效,以期为工科类实践课程改革提供参考.

[关键词] 产教融合,任务驱动,项目化教学,多层次实践,多维度考核
[中图分类号]TP368.1;G642　[文献标志码]A　[文章编号]1672-1292(2026)03-0088-07

Development and Practice of Microcontroller Course Based on Industry-Education Integration

Zhu Liya[1],Yang Jiquan[1],Gu Hongbo[2]

(1.NARI School of Electrical and Automation Engineering,Nanjing Normal University,Nanjing 210023,China)
(2.Nanjing Dandike Electric Power Instrument Co.,Ltd.,Nanjing 210049,China)

Abstract:"Principles and Applications of Microcontrollers" is a core foundational course for embedded system development and intelligent control technology,and is compulsory for multiple engineering majors. To address issues in the current teaching of this course,including outdated content,relatively monotonous teaching methods,and difficulties in reforming assessment approaches, this paper proposes a university-industry collaborative education curriculum development plan based on the integration of industry and education. It elaborates on four reform practices:restructuring the teaching content by integrating curriculum ideological and political education with enterprise cases and introducing mainstream microcontrollers, adopting task-driven and project-based methods to enhance students' active inquiry abilities,building multi-level practical teaching resources(combining virtual and real elements)covering from basic experiments to engineering applications,and implementing multi-dimensional process-oriented assessment with a focus on competence and quality. Finally,it summarizes the course's innovations and practical outcoms under deep industry-education integration,offering references for engineering practical course reforms.

Key words: industry-education integration, task-driven, project-based teaching, multi-level practice, multi-dimensional assessment

1　产教融合课程教学改革的背景

微控制器作为集成在芯片上的微型计算机,能够完成复杂的控制和信息处理任务,被广泛应用于工业

收稿日期:2025-08-26.
基金项目:2022 年江苏省产教融合型一流课程建设项目、2024 年教育部重点领域教学资源建设项目、2024 年江苏高等教育“电子信息类专业建设、课程建设、教学研究”课题建设项目(2024JSDZJG39)、2023 年度南京师范大学课程思政建设示范课程建设项目、2024 年度南京师范大学校级教学团队建设项目.
通讯作者:朱莉娅,博士,副教授,研究方向:嵌入式系统、生物打印技术、可穿戴传感器. E-mail:lyzhu@njnu.edu.cn

自动化、通信、消费类电子产品和智能仪器仪表等领域. “微控制器原理及应用”课程是高校电子信息类、电气类、计算机等很多工科专业必修的一门专业基础课,旨在以微控制器为载体,培养学生硬件系统设计与算法编程能力. 随着物联网及智能控制技术的发展,该课程的重要性越发凸显. 该课程理论内容抽象,知识点关联性强,对学生工程实践能力要求较高[1].

产教融合是指以市场需求为导向,聚集学校、政府、企业以及社会组织等多主体的资源,整合并利用各主体的优势,破解人才教育供给与产业需求之间的重大结构性矛盾,对推进经济转型升级、培育社会发展新动能具有重要意义. 实现产教深度融合的关键在于产教融合型课程的建设,通过有机融入产业理念、产业技术、产业文化与产业力量,构建多维度和立体化的课程教学模式. 产教融合型课程需要结合行业发展和产业需求调整教学内容,引入项目案例与真实任务,引导学生参加创新创业竞赛;同时改革课程评价体系,强化过程性考核[2-3].

本文以“微控制器原理及应用”课程为例,通过对微控制器行业应用及课程教学现状进行分析,探索基于产教融合的校企协同育人教学模式,具体包括课程教学内容、教学方法、教学资源和考核评价手段等.

2 “微控制器原理及应用”课程现状

根据笔者及教学团队近年所承担“微控制器原理及应用”课程教学的经验,并结合对修读过本课程的学生后续课程学习、参与学科竞赛和科研训练情况的跟踪调查,以及对国内外大学同类课程教学现状进行调研分析,发现学生在完成本课程学习后,在微控制器系统软硬件设计能力方面仍存在明显不足. 基于此,本文从教学内容、教学方法和考核评价等方面入手,探讨引起上述问题的原因.

2.1 教学内容更新滞后

课程目前仍以 MCS-51 单片机作为主要教学对象,采用汇编语言展开编程教学. 随着微控制器技术的快速发展,8 位 MCS-51 单片机因其运行速度慢、内部资源有限,在工业界的中高端产品开发设计中逐渐被性能更优的 16 位、32 位单片机替代. 这种教学内容与产业实际应用间出现的脱节现象[4],其根源主要来自以下几个方面:

首先,从教学资源层面来看,国内多数高校在微控制器课程建设上存在明显的路径依赖. 经过长期建设,MCS-51 架构已形成完备的教学资源体系,配套教材、实验箱、仿真软件等教学设施成熟完善. 相比之下,转向基于 ARM 架构的 32 位微控制器教学,需要重新构建教学资源体系,投入成本较高,致使不少院校在教学内容更新上持保守态度.

其次,师资知识结构更新滞后也是重要的制约因素. 部分教师尤其是从教年限较长的教师,其知识体系形成于 MCS-51 架构普及阶段,对新型微控制器技术掌握不足. 同时,高校教师普遍缺乏企业一线工程实践经验,对行业技术发展趋势认知不充分,难以将前沿技术及时融入课堂教学.

此外,课程设置的惯性也是导致教学内容更新滞后的原因. 微控制器课程作为多专业的学科基础课,其教学大纲的修订需要经过复杂的审批流程,更新周期较长,难以及时对接行业技术发展前沿.

2.2 教学方法较为单一

教学实施层面上,本课程仍以传统课堂讲授为主,沿用“结构-原理-编程-接口-案例”的线性教学模式. 这种以知识传授为中心的教学方法,忽视了微控制器技术的工程实践特性,导致学生难以建立系统化的工程设计思维[5]. 其背后的制约因素包括:

班级规模偏大是制约教学方法改革的重要客观因素. 随着高校扩招,微控制器课程普遍采用大班授课形式,班级人数往往超过 50 人,使得互动式教学、项目实践指导等教学方法的实施面临巨大挑战,教师不得不采用以课堂讲授为主的教学方式.

教师工程实践能力不足同样限制了教学效果的提升. 多数青年教师毕业后直接进入教学岗位,缺乏产业项目开发经验. 在授课过程中,很难将抽象的理论知识与具体的工程实践案例有机结合,教学停留在原理讲解层面,无法有效培养学生的工程思维能力.

此外,实践教学硬件条件的限制也不容忽视. 微控制器课程教学需要开发板、仿真器、测试仪器等完整实验平台支撑. 然而,由于经费投入不足和设备维护困难,许多学校现有实验条件难以支撑项目化教学开展,制约了实践教学环节的有效实施.

2.3　考核方式改革困难

在考核评价方面,尽管已经引入了过程性考核机制,但在具体实施过程中仍存在一些问题. 当前考核仍以理论记忆为主,对学生工程实践能力和创新思维的评估不足[6]. 这一问题的原因在于传统教学质量评价体系往往偏重知识的系统性和完整性,对实践能力的考核缺乏有效的评价标准. 这种导向导致教师在设计考核方式时,更注重易于量化的理论知识测试,而对于学生能力的考核关注不足. 学校对课程考核方式通常有统一规范的要求,如闭卷考试占比、成绩分布合理性等. 这些规定在一定程度上限制了教师对考核方式的创新,导致更加注重过程性评价以及实践能力评价的考核模式难以得到有效实施.

此外,教师工作量的考量也是影响考核改革落实的重要因素. 过程性考核和能力导向的评价需要教师投入大量时间和精力进行个性化指导与评估,而在当前教学任务较重、实践条件有限的情况下,教师可能难以有效开展高质量的过程性评价.

针对上述问题,课程教学团队通过积极整合教学资源、优化教学内容、改进教学方法,逐步建立了基于产教融合的校企协同教学模式. 通过组建高水平双师双栖型教学团队,在课堂教育中渗透课程思政,引入企业真实案例更新教学内容,开展项目化教学,并构建以能力提升和素质发展为导向的多元评价体系,有效提升了课程教学质量,推动了教学改革的深入开展.

3　课程教学内容改革

3.1　课程思政要点与实施措施

高校不仅要培养具有扎实专业能力和过硬专业技能的专业型人才,同时还要培养兼具家国情怀、责任担当和正确价值观的复合型人才,担负起实现中华民族伟大复兴的使命[7]. 在本课程思政建设过程中,要厘清专业知识、能力培养与价值塑造的主次关系,找准思政教育元素的有效切入点. 本课程从行业发展、职业素养、人生价值、家国情怀等维度积累素材资源,制定课程思政目标,梳理思政元素,优化教学设计,强化思政育人效果. 为提高教师对课程思政的重视程度,课程组在 2020 版课程教学大纲中,将课程思政要点纳入教学要求,代表性思政元素要点与实施措施如表 1 所示.

表 1　课程思政要点与实施措施

Table 1　Key points and implementation measures of curriculum ideological and political education

章节	教学内容概述	课程思政元素	课程思政元素融入途径
第一章	微控制器发展历史和研究现状	爱国情怀	通过英特尔、IBM、摩托罗拉等科技公司在 20 世纪微控制器方面的发展历程,结合我国目前在微控制器行业的发展机遇和困难,让学生感受到微控制器行业发展的日新月异,激发学生的时代使命感和科技报国的爱国情怀
		科学精神	通过 20 世纪 80 年代“CISC”和“RISC”指令集之争的故事,与学生探讨新理论和新技术在发展过程中“坚持自我”和“兼收并蓄”的重要性,引导学生树立在科研过程中不断自我更新的科学精神
第二章至第十章	微控制器的组织架构、编程语言、存储器、I/O 接口、定时器、串口通信等原理	逻辑思维	通过讲述微控制器的组织架构和存储器、定时器、I/O 接口电路等模块电路的工作原理,培养学生严谨的逻辑思维能力,正确认识事物之间的发展关系
实践环节	流水灯、模数转换、波形发生器等实践工程应用	科学素养 创新能力	通过实际应用场景,培养学生整合知识、分析和解决复杂问题的能力,在实践过程中养成求实创新的严谨科学态度,提升专业素养、实践能力、创新能力和团队协作能力
	基于微控制器的项目开发流程、项目管理过程等	工匠精神 核心价值观	通过企业工程师分享基于微控制器的项目开发经验等,激励学生将自身的职业生涯规划与我国“制造强国”的目标紧密结合,勇担时代使命,学好专业知识,提升综合素养,培养学生努力拼搏的意识和攻艰克难的勇气

3.2　行业需求导向的课程内容更新

产教融合课程的核心是把产业生产过程和教育性资源引入教学环节,实现能力导向下的教学内容改革. 校企双方通过挖掘企业工程案例中的教育资源,整合重构形成新的知识内容和工程应用方案,结合市场需求和产业发展方向更新课程内容[8].

课程组与南京丹迪克电力仪表有限公司合作,积极引入行业专家与企业工程师共同参与课程建设. 校内教师承担教学资源整合、理论教学与基础实验工作,企业工程师负责工程案例建设、技术指导及综合课程设计指导. 除讲授专业知识外,还邀请企业专家将企业工程实例、产品应用场景、项目开发经验

以及岗位规范等内容与理论知识有机融合,并结合企业产品的迭代更新及时调整课程内容. 在突出课程应用性和实践性特色的同时,融入工程经济和项目管理的相关理念.

3.2.1 构建 C51 到 STM32 难度递进的教学内容

“微控制器原理及应用”课程应当覆盖当前智能控制系统开发领域的主流控制技术. 目前工业应用中,8 位微控制器以 51 系列为主,32 位微控制器以 STM32 为主. 课程组结合微机控制技术的最新发展,对课程内容进行补充、更新与重组. 首先,从 80C51 单片机入手,引导学生熟悉微控制器系统硬件架构和工作原理,注重电路硬件设计与软件编程的有机结合. 课程中穿插电冰箱、电磁炉、血压计等生活中常见案例,帮助学生搭建完整的知识体系,依托课内的基础性实验,掌握嵌入式系统硬件调试和软件开发工具的使用方法. 在此基础上,开展 STM32 微控制器系统设计、综合性实验和课外作业设计项目,帮助学生建立微机应用系统的概念,提高学生分析和解决工程实际问题的能力,培养团队协作意识.

3.2.2 引入企业实际项目的真实情境教学内容

“微控制器原理及应用”课程的培养目标,是使学生具备将微控制器应用到工业现场的工程应用能力. 因此课程内容设置应立足于工业场景与工业控制需求,提高课程与工程应用的衔接性. 校企双方结合课程培养目标定制项目课题,将企业真实项目引入课程,以项目为牵引,驱动学生带着任务进行课程学习,完整掌握项目开发流程.

课程第一节课即选择在南京丹迪克电力仪表有限公司进行现场教学,由企业专家介绍基于 STM32 开发的高压钳表、三相用电检查仪、互感器校验仪检定装置等仪器设备,既让学生直观了解微控制器在行业领域的前沿运用,又能激发学生对课程学习的兴趣和信心. 后续由校内教师开展理论教学,选取高压钳表作为课程教学项目,将其分解为包括 AD 转换、GPIO、定时器等微控制器知识点(见图 1). 在微控制器综合课程设计阶段,完成项目的集成开发,既可选择贯穿课程的高压钳表设计课题,同时也提供了包括地铁卷闸门系统设计、室内恒温系统设计、粮仓防潮系统设计、智能心率检测系统设计、教室远程监控系统设计等基于 STM32 的工程案例选题,学生可根据自己的兴趣自主选择.

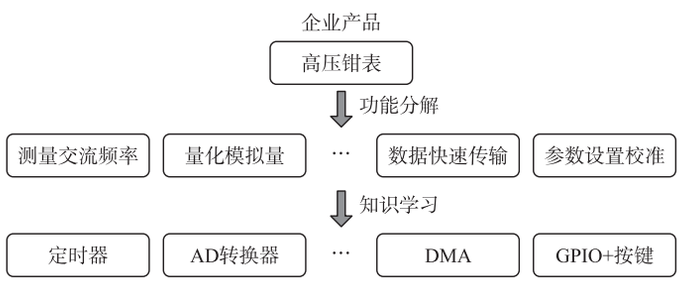


图 1 基于 STM32 的高压钳表应用开发项目化教学组织

Fig. 1 Project-based teaching organization of high-voltage clamp meter application development based on STM32

4 教学方法和考核方式改革

本课程以实践为导向,采用项目化和任务驱动相结合的教学方法. 围绕课程培养目标,将课程内容拆分为不同模块,既突出了重点、难点,也给予学生充分的自主探究空间,实现理论与实践的深度衔接,激发学生的学习兴趣.

4.1 任务驱动与项目化教学

微控制器技术发展迅速,知识点较为分散,使得微控制器的知识体系较难把握. 任务驱动教学法首先明确课程总体任务,再拆解为具体的子任务,引导学生在逐步完成任务的过程中达成教学目标. 该教学模式目标明确,课堂教学生动,能有效激发学生的学习兴趣,特别适合微控制器这类实践性突出的课程教学[9-10].

本课程与南京丹迪克电力仪表有限公司开展深度校企合作,选取该企业典型产品“高压钳形电流表”及“便携式三相电力标准功率源”作为总任务载体. 南京丹迪克电力仪表有限公司是专业从事电测量仪器仪表研发制造的高新技术企业,相关产品广泛应用于电力系统检测与工业控制等领域. 其中,高压钳形电流表基于 STM32 主控芯片,集成了信号调理、高速 AD 转换、锂电池管理和无线通信等功能模块,实现了非接触式电流测量与数据分析功能;便携式三相电力标准功率源则侧重于更高精度的信号处理与复杂控

制算法,为学生提供了从基础到进阶的完整工程实践案例.

在教学实施过程中,首先组织学生参观丹迪克公司的研发生产基地,直观了解工业级测量仪器的设计规范、生产工艺和测试流程. 通过企业工程师对产品从需求分析到成品落地的开发全流程的讲解,帮助学生建立起对微控制器技术与产业应用的直观认识,激发学生通过课程学习掌握产品开发能力的强烈愿望.

在核心知识授课环节,围绕产品的技术特点,将微控制器最小系统、中断系统、I/O 接口、定时器/计数器、键盘及显示接口、ADC 与 DAC 转换等知识点与工程开发案例深度融合. 例如讲解 ADC 转换时,以钳形电流表的交流信号采样电路为例,分析工业环境下的抗干扰设计与精度保障措施;讲解 PWM 控制时,结合标准功率源的精密信号输出功能,阐述高精度波形的生成实现方法. 每个知识点配备相应的虚拟仿真实验,将抽象的硬件原理和复杂的控制程序嵌入到具体工程任务中,通过“理论分析—仿真验证—实践应用”的递进式教学,帮助学生搭建系统化知识框架.

在课程设计环节,学生可自主选择“智能电能表设计”“便携式电力参数监测仪”或“精密测试电源控制模块”等项目,以 2~4 人为单位组成开发小组. 各小组参照企业产品开发流程,依次完成需求分析、方案设计、硬件选型和软件编程,完整经历产品开发全过程. 课程邀请企业工程师参与课题设计与指导,课程结束时进行成果展示并提交报告书.

这种深度融合企业真实工程案例的教学模式,不仅让学生掌握了微控制器系统设计的基本原理与开发方法,更着重培养了符合产业发展需求的工程实践能力与创新思维,充分体现了产教协同育人的特色与优势.

4.2　层次化多维实践教学与实践资源建设

实践教学是产教融合课程开发的重要组成部分[11]. 本课程构建了“基础实验—综合课程设计—课外实践”逐层递进的实践教学体系. 第一层级以基础实验为核心,培养学生对微控制器系统各组成部分或接口技术的电路分析、设计、编程、调试能力;第二层级依托课程设计,通过完成电力仪表、智能家居、健康监测等工程实例的开发,培养学生项目设计开发与复杂工程问题求解能力;第三层级聚焦课外实践,学生可自主开展课外作品设计或调研任务、参加学科竞赛、参与教师科研项目,在竞赛或项目实践中真学真做,有效提升工程管理、经济决策和团队合作能力.

微控制器课程教学不仅要利用好课堂理论教学时间,还要配套搭建虚拟仿真平台. 该平台不受时间地点的限制,能够更加直观、生动地帮助学生加深对理论知识的理解. 本课程建设了从 C51 到 STM32 的分层次、进阶式实践平台,使学生从微控制器各部分工作原理、接口电路到系统软件与硬件设计应用全流程都得到充分的训练. 首先,采用 Keil+Proteus 搭建虚拟实验系统,以可视化的方式进行项目预研,在课堂引入虚拟仿真实例进行现场教学演示与互动. 学生可以即时通过电路设计和编程,通过现象理解本质,加深对工作原理的认识(见图 2). 其次,在课程设计环节,学生利用 FB-ARM-III 平台进行硬件搭建和软件调试,在企业导师和校内导师的共同指导下独立完成一个完整的微控制器项目(见图 3),着力提升工程实践能力和创新素养.

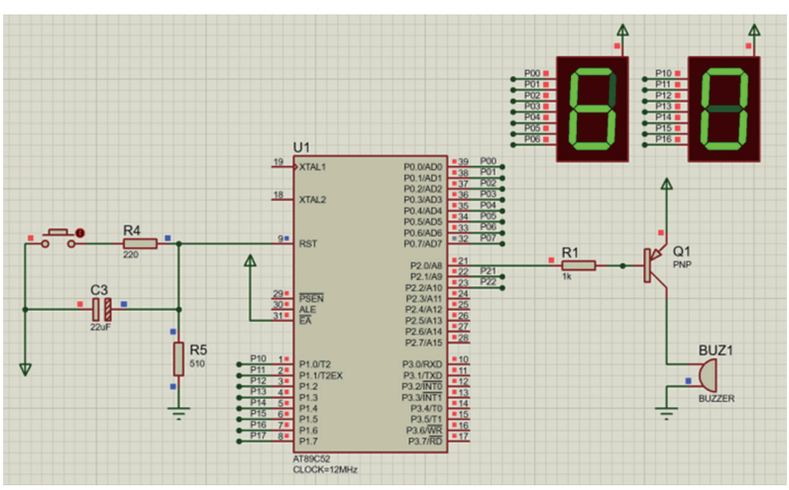


图 2　基于 51 定时器的 60 s 倒计时仿真实验

Fig. 2　Simulation experiment of 60-second countdown based on 51-timer

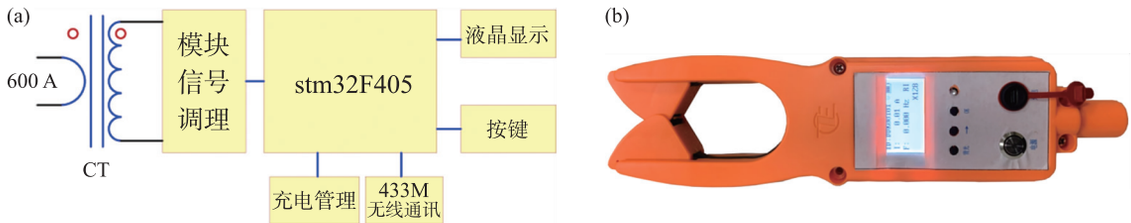


图 3　基于 STM32 的高压钳表实践项目

Fig. 3　Practical project of high-voltage clamp meter based on STM32

4.3　多样化能力考核与评价方式

围绕课程目标能力评价要求,结合微控制器系统应用开发课程内容丰富、灵活性强的特点,本课程建立多元化的考核评价体系,实现由“结果导向”向“强调过程评价与结果并重”转变,统筹优化考核内容和评价标准,目的在于客观衡量学生在微控制器软硬件设计方面的综合素养和创新能力,如表 2 所示.

表 2　课程目标及考核环节成绩占比

Table 2　Course objectives and proportions of assessment scores

序号	课程目标	考核环节成绩占比/%		
		平时成绩	实验成绩	期末考试
1	了解微控制器的发展历程和前景,结合当前我国微控制器行业发展面临的挑战和机遇,培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感,激发学生科技报国的家国情怀和使命担当	20	0	0
2	掌握微控制器最小系统、存储方式、I/O 接口、中断系统、定时器及总线控制等基本模块的工作原理,掌握流水灯、方波输出、A/D 转换、D/A 转换等基本功能实现的方法	20	20	40
3	能绘制不同功能模块的电路图,选择适用的编程语言和微控制器软件进行软件仿真、开发,并能利用仿真软件对出现的现象和问题进行分析,提出问题的解决方案	20	30	30
4	能针对自动化的应用,通过团队分工协作,进行微控制器应用系统硬件结构及软件流程方案论证,完成系统软硬件电路的设计和仿真,并进行系统功能测试	20	30	20
5	能通过查阅芯片的 datasheet 掌握一般芯片的工作原理,能用英文正确记录实验数据、撰写实验报告、汇报实验结果和交流	20	20	10
	总计	100	100	100

本课程总成绩由平时成绩、实践成绩和期末考试成绩三部分组成. 平时成绩包括课堂出勤、问题讨论、随堂测验. 课后作业减少了以往常见的问答、书写程序等形式的作业,改为小型开放式仿真设计类作业,强化学生系统设计能力和思维能力. 期末考试中也减少简单的工作原理概念性考查,增加系统硬件接口和功能软件编程等主观试题比重.

实践成绩包括基础实验、课程设计和课外实践成绩,考查学生对单片机基本功能的掌握情况,与课堂教学穿插进行. 基础实验成绩由学生课堂实验和实验报告考核情况决定. 在综合课程设计环节,引导学生综合运用所学知识独立完成微控制器项目开发,可选择给定题目或自拟题目,从调研、仿真、硬件设计、软件设计、分析总结等维度综合评价学生的综合素质. 课程设计评价包含选题合理性、方案先进性与完整性、设计质量(方案正确性、完整性、性价比等). 课外实践根据学生自主完成的小设计或者参加的课外竞赛和科研项目展开综合评定,以实践学习报告评价计入总成绩,进一步考查学生的学习主动性和持续学习能力.

5　结论

本文通过对“微控制器原理及应用”课程教学工作的广泛调研,系统梳理并剖析当前该课程教学存在的各种问题. 为了解决这些问题,本文提出了基于产教融合的协同育人课程教学改革方案,构建了涵盖重构课程教学内容、创新教学方法和构建多元考核评价体系在内的教学改革措施. 其创新之处在于以课程为载体,在教学全过程中融入产业理念、技术和文化,打造校企协同育人的教育链、人才链与创新链,构建多维度和立体化的产教融合育人模式,可以概括为:

(1)紧扣产业需求调整教学内容,将行业企业技术革新成果及项目案例引入课程内容,删减滞后于产

业、行业发展的教学内容;

(2)引入工程任务驱动实践教学,以工程项目为牵引,培养学生自主学习、独立思考、团队协作和工程实践能力;

(3)依托课外实践培养创新意识,引导学生将课程学习成果转化为各类学科竞赛项目,提升学生创新思维和科研实践能力;

(4)强调过程评价,突出实践能力,建立以能力和素质评价为导向的过程性评价与理论考试相结合的多元评价方式;

(5)校企共建实践平台共享育人成果,通过优势互补,实现教学、师资、平台和基底等资源共享.

该课程改革方案已在我校自动化专业落地推广,教学效果显著. 系列改革有效提升了学生的实践能力和创新能力,同时也激发了教师教学的主动性和积极性. 校企导师联合指导的学生在全国大学生电子设计竞赛、智能车竞赛、嵌入式芯片与系统设计竞赛等学科竞赛中屡获佳绩,在获奖等级与数量上实现了持续突破. 课程改革的成效同样体现在人才培养质量和就业竞争力上. 据统计,近 3 年超 45%的本科毕业生选择出国或继续深造;直接就业的毕业生凭借扎实的工程实践能力和系统设计素养,顺利入职电力、通信、电子、高端装备制造等行业的领军企业,受到用人单位的普遍好评. 企业反馈显示,参与本课程及校企联合培养的学生具备更强的岗位适应能力、技术创新意识和团队协作精神. 校企双方在协同育人课程开发过程中,实现了深入合作与优势互补,构建了产学研用紧密结合的良性生态,为其他以实践应用为主的工科课程改革提供了具有参考价值的示范范式.

[参考文献](References)

[1] 张兰红,吴冬春,仓思雨,等. 单片机原理与接口技术课程思政思考与实践[J].高教学刊,2022,8(7):162-165.
[2] 胡敏强. 产教融合新工科育人模式探索与实践[J].中国大学教学,2019(6):7-11.
[3] 周敏,黄琼,韦苏茜,等. 产教融合协同育人的课程教学研究与实践[J].西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(11):77-83.
[4] 陈斯,朱士虎,杨增汪. 单片机课程设计现状与改革探索[J].电气电子教学学报,2020,42(5):139-143.
[5] 周波,孙培勇,马旭东,等. 实践驱动的“微控制器”课程教学模式探索[J].电气电子教学学报,2015,37(5):19-22.
[6] 朱晶晶,解博江. 多元评价体系下单片机课程改革研究[J].数字通信世界,2021(5):283-284.
[7] 李秀滢,段晓毅,李莉. 基于实践教学的单片机课程思政的探索[J].北京电子科技学院学报,2021,29(2):74-79.
[8] 戴瑞婷,李乐民. 面向产教融合的高校人工智能人才培养模式探索[J].高等工程教育研究,2024(3):19-25.
[9] 王玉琳,陈甦欣,卫道柱,等. 单片机课程任务驱动教学法的研究与实践[J].电气电子教学学报,2022,44(1):124-128.
[10] 孟艳艳,贾长洪,刘萌,等. 以专业核心素养为导向的专业实践课程教学改革研究:以 STM32 单片机应用开发课程为例[J].高教学刊,2022,8(2):150-153.
[11] 陈立斌,胡琳,曹新方,等. 电子信息类专业产教融合路径的探索与实践:以西安交通大学-华为“智能基座”为例[J].高等工程教育研究,2023(5):30-34.

[责任编辑:严海琳]