面向创新型技能人才培养的嵌入式系统实训平台设计

吴　玲，曹青青，赵　蕾
（南京工业职业技术大学 航空工程学院，南京 210023）

摘要：针对传统嵌入式系统实践教学模式单调、实验设备固化等问题以及职业本科教育培养高层次创新型技能人才的迫切需求，围绕一个中心，四个层次，五个环节，自主设计了“数据手套系统”和“智能小车系统”两套实训设备，并开发了 20 余项实验项目体系。通过器件共享、项目关联、资源扩展、二次开发等手段，培养学生的创新思维以及创新实践能力，取得了较好的应用成效。

关　键　词：嵌入式系统；实训平台；职业本科教育；创新型技能人才
中图分类号：G642.0　　**文献标志码：**A　　DOI: 10.12179/1672-4550.20230534

Design of Embedded System Training Platform for Cultivating Innovative Skilled Talents

WU Ling, CAO Qingqing, ZHAO Lei
（School of Aeronautic Engineering of Nanjing Vocational University of Industry Technology, Nanjing 210023, China）

Abstract: In view of the problems in practical teaching of embedded systems and the urgent need for vocational undergraduate education to cultivate high-level innovative skilled talents, around a center, four levels, five links, two sets of training equipment of 'data glove system' and 'smart car system' have been developed independently. More than 20 experimental project systems have been developed. Through device sharing, project association, resource expansion, secondary development and other means, students' innovative thinking and innovative practical abilities have been cultivated, and good application results have been achieved.

Key words: embedded system; training platform; vocational education undergraduate; innovative skilled talents

中共中央办公厅、国务院办公厅 2021 年 10 月印发的《关于推动现代职业教育高质量发展的意见》明确指出，到 2025 年，“办学格局更加优化，办学条件大幅改善，职业本科教育招生规模不低于高等职业教育招生规模的 10%，全方位推进技能型社会建设，到 2035 年基本建成技能社会。”在此背景下，职业教育，大有可为，而本科层次的职业教育对培养高层次技术技能人才有着重要的意义[1]。南京工业职业技术大学作为全国首个公办本科层次职业教育试点学校，自开展试点以来，始终坚定立德树人根本任务，传承创新百年积淀的职教文化，增强职教类型自信，坚定不移走产教融合、校企合作的办学路线，全力推进培养定位从高素质技术技能人才向高层次创新型技术技能人才转变提升[2−3]。

随着工业控制产品朝着更加智能化、数字化、集成化的方向的转变，嵌入式系统已经广泛应用于工业自动化、智慧生活、医疗健康等领域，对应产业的人才需求也变得多样化、高端化。我校电子信息工程技术专业开设的嵌入式技术系列理论及实践课程，对本专业嵌入式系统方向人才培养的知识掌握和技能训练至关重要。我

收稿日期：2023−11−13；**修回日期：**2024−03−06
基金项目：南京工业职业技术大学高等职业教育研究项目(GJ20-29)；2023 年江苏省职业院校学生创新创业培育计划项目(201012323DXS233)。
作者简介：吴玲(1984−)，女，博士，副教授，主要从事多传感器信息融合技术、嵌入式系统控制技术的研究。E-mail: 2023101419@niit.edu.cn

校自升格为职业本科院校以来，大力推进高层次创新型技术技能人才的培养，而实践教学是培养学生创新应用能力的必要环节，实验平台作为实践教学实施过程中的核心载体，在启迪学生创新意识、培养创新思维、训练创新方法和提升创新能力等方面发挥着重要作用[4–6]。

1 实训平台的设计背景

嵌入式系统是一种结构紧凑、性能稳定且高度专业化的计算机系统，具有实时性好、低功耗及可靠性高等特点。我校电子信息工程技术专业(四年制本科)在《嵌入式技术》理实一体化课程基础上开设了《基于嵌入式技术的电子产品设计与制作》专业实训和《智能电子系统设计与制作》综合实训实践课。该课程以电子技术应用为基础，遵循国际和行业规范，应用模拟电路、数字电路和单片机方面知识完成电路设计、电子产品制作以及相关项目的软件开发。通过该实训课程的学习与实践，使学生能够将所学的嵌入式理论知识与实践技能综合运用到实际项目开发中，掌握嵌入式系统项目设计与开发基本流程、常用方法和技能，培养学生分析、解决复杂工程问题的能力。

嵌入式系统工程应用性强、技术发展迅速、器件日新月异，而我校原有高职专科阶段开设的嵌入式系列实践课程在推进面向高层次创新型技能人才培养目标上还存在以下问题。

1) 课程体系不利于赛事准备

我校针对嵌入式系统系列课程的第一课堂开设时间较晚，从第三学期开始逐步开设《C 语言程序设计》、《单片机技术》、《EDA 技术》和《嵌入式技术》理实一体化课程及相关综合实训实践课。这样的课程体系使得学生真正学习及掌握实际的嵌入式系统的综合项目开发要到第六学期，一方面导致大一、大二的学生不能早些具备参加申报大学生创新创业项目、各类技能及学科竞赛的基本技能，从而失去通过项目和大赛锻炼提高自身知识技能水平的机会，另一方面，大三的学生此时正面临考研复习备考和找工作的技能提升准备中，从而不愿意或者无法全身心投入此类大赛活动，最终导致我校在全国职业院校技能大赛以及全国大学生电子设计竞赛等相关赛事中难取得突破性成绩。

2) 教学模式不能有效激发学生兴趣

我校的开设的嵌入式系统相关集中实训课程总课时为 72 学时，分为三大篇章，第一篇为系统电路设计及 PCB 版制作，第二篇为元器件焊接与系统硬件组装，第三篇为软件编程与系统功能测试。教学环节多为教师预先制定好系统设计方案，然后对给定的电路原理进行“灌输式”讲授，操作环节部分学生也是按部就班的模仿和复现老师的示范过程，对老师的依赖性强，缺乏主动性和创新性。此外，教学内容比较单一，功能简单，项目种类匮乏，评价考核上没有明确的分级分层标准。这种教学模式单调、教学活动枯燥乏味，教学内容不够充实，很难有效激发学生的学习兴趣，从而导致学生最终的报告及作品千篇一律，技术技能及创新实践能力无法得到真正的锻炼和提高。

3) 实验设备操作不够灵活

实验设备是开展实践教学的重要载体，教学活动的开展及教学内容的扩展都要基于理想的实验平台。我校针对嵌入式系统系列课程使用的实验设备通常是根据课程内容分开独立成批购买的完整的开发板。虽然这类完整的开发板功能较齐全，能满足课程教学需求，但是往往价格昂贵。由于此类实验设备并非量身定制，因此不同课程的实验设备之间往往存在重复功能模块却无法做到共享而减少成本。此外，由于嵌入式技术更新迅速，实验耗材价格昂贵，开发板一经购置，不能做到及时更新换代，使得已有的硬件平台也难以匹配新技术的应用，可扩展性较差，二次开发困难。

针对以上问题，依托我校创新创业训练项目，以职业院校技能大赛以及大学生电子设计竞赛等相关赛事为指导，对嵌入式实训实践教学进行改革实践，自主研制了两套嵌入式实训平台，开发 20 余套实训项目，构建多层次创新实践体系，以解决嵌入式实训教学中的问题，提高我校面向高层次创新型技能人才培养质量。

2 基于 STM32 的嵌入式实训平台的设计

2.1 实训平台设计思路

基于我校嵌入式系统系列实践课程的现状，在进行实训平台的设计时，首先考虑到设备的实

用性要高。一方面，实训平台需要满足学生学习嵌入式技术实践课程第一课堂的需要；另一方面，考虑到低年级学生提前参加各类赛事的培训需求，同时可以利用此设备开设第二课堂。其次，实验设备的功能性要强。实验设备需要具备多种不同类型的实验功能，并且可以通过丰富的扩展接口外接其他实验模块，可进行不同级别的多种实验项目，满足分层分级教学需要，同时学生具有自由发挥的空间[7]。最后，实验设备的便携性要好。“口袋式”实验板是一种新型实验理念，具有体积小巧、重量轻、易于携带的特点。基于口袋实验板，学生可以脱离实验室环境的约束，随身携带实验板在宿舍、图书馆等场所进行自主学习和实验设计，也能较好地解决课内学时有限与工作任务增加的矛盾[8]。

基于上述实训平台的设计思路，我校嵌入式技术课程组教师团队针对《基于嵌入式技术的电子产品设计与制作》和《智能电子系统设计与制作》分别研制了“数据手套系统”和“智能小车系统”两套实训平台。两套实训平台遵循了“器件共享、项目关联、资源扩展、二次开发”的设计原则[9]，设备组件包括：系统主板、嵌入式核心板、基础功能模块、扩展功能模块和系统创新组合，以满足第一课堂的分层教学和第二课堂的分级培训，同时给学生留有足够的自由发挥余地。嵌入式系统实训平台基本组件及分层教学示意图如图 1 所示。

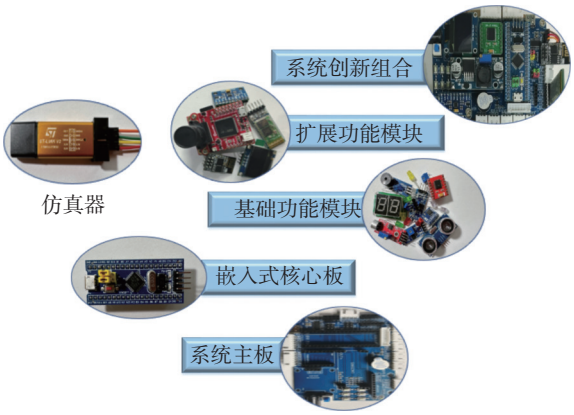

图 1　嵌入式系统实训平台基本组件及分层教学示意图

2.2　数据手套系统的设计

数据手套是指通过在手套内置传感器，采集手部运动数据的硬件设备，通常用于模拟仿真、虚拟现实交互、动画制作等领域。该系统体积较小、功能相对简单，第一课堂中主要用于我校电信专业四年制本科生第六学期学习完《嵌入式技术》课程后，能够通过该项目完成一个典型电子产品的完整制作，进一步掌握《电子技术》、《EDA 技术》以及《嵌入式技术》等理论课程的知识点，并能够通过学科知识的交叉融合，应用于实际项目的设计中。该项目包括 STM32F103-C8T6 核心板、系统功能主板以及应用扩展模块若干。系统功能主板为单片机核心板及应用扩展模块提供电源转换、电源开关以及扩展接口。系统功能主要包括：工作状态指示、按键设置、数码管显示、串口通信、AD 采集、OLED 显示、蓝牙通信等。本实训平台结构比较简单，大多数采用了常用基本模块，学生经过理论课上的相关知识学习即可很快熟悉设备，并掌握开发方法。数据手套系统的功能主板如图 2 所示。组装完成的完整平台如图 3 所示。

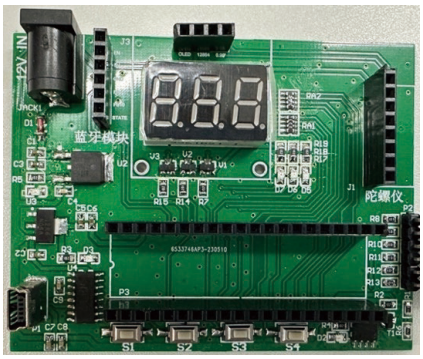

图 2　数据手套主板图

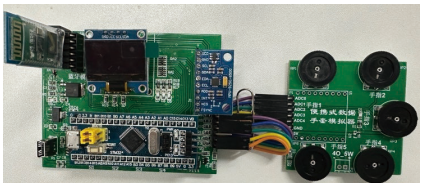

图 3　数据手套系统完整实训平台

该实训平台的第一课堂主要教学目标是使学生掌握基本模块电路的工作原理及典型电路设计，从而达到能够自主设计简单完整项目电路并通过计算机辅助设计软件完成电路的绘制与 PCB 板的制作，独立焊接组装电子元器件，并基于实训平台完成软件程序设计及功能测试，为下一阶段综合实训打下基础。此外，该实训平台作

为本专业针对大一、大二学生开设的第二课堂的基础训练平台，通过该平台的培训，使低年级同学提早进入全国职业院校技能大赛《电子产品与制作》赛项的备赛中，以及为全国大学生电子设计竞赛打下基础。

2.3　智能小车系统的设计

智能小车作为机器人的典型代表，是一款集精密传感器于一体的智能化机器人，能够实现自动引导、避障以及其他特定功能。它主要通过传感器来感知导引线和障碍物，结合控制算法，以实现自动识别路线，选择正确的行进方向，能自主判断并执行相应动作。智能小车设计与开发涉及传感技术、电子技术、控制技术以及计算机技术等多个学科知识，能够很好地培养学生的知识融合和实践动手能力[10]。第一课堂中，该项目针对我校本专业学生第七学期完成所有专业课程学习后，进行的一个综合项目的实训。通过本项目串联所有专业课程知识点和技能点，进一步培养学生分析问题、解决复杂工程实践问题的能力。考虑到实训平台设计的通用性，该项目继续采用 STM32F103C8T6 核心板以及部分通用功能组件，重新设计系统功能主板，不仅保留了按键输入、LED 指示、蜂鸣器等基础功能模块，还集成了电源转换、串口下载、AD 采集、电机驱动电路，更预留了丰富的扩展模块接口，包括：红外传感器、超声波传感器、OLED 显示模块、WiFi 模块、摄像头模块、MPU6050 模块、蓝牙模块、舵机以及测速传感器，用来完成智能小车的自动循迹、自主避障、数据显示、远程通信、图像识别、姿态测量、手机遥控、转向控制及测速等功能，以满足第一课堂的层次化教学和因材施教的需要。智能小车系统具体设计方案如图 4 所示。

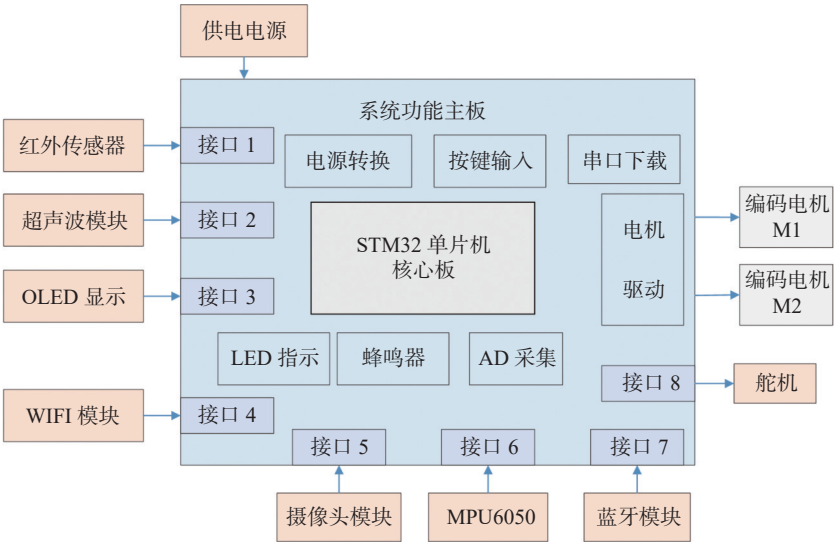

图 4　智能小车系统设计方案

智能小车系统主板如图 5 所示，安装各个模块部件后的主板硬件系统如图 6 所示，组装完成的小车整体结构示意图如图 7 所示。

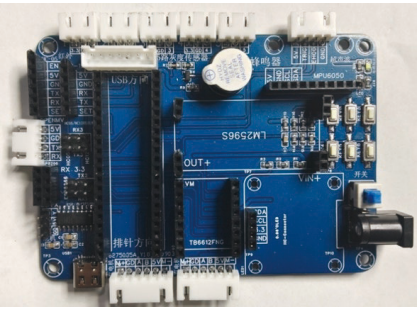

图 5　智能小车系统主板图

该实训平台结构比较复杂，涉及传感器模块较多，不仅需要学生自行查阅新型传感器的器件手册，了解元器件的使用方法及应用开发，其次还需要学生综合项目功能合理进行资源分配以及传感器分布，做到外观整齐美观，功能灵活，可扩展性强。学生可以根据自己的兴趣，对功能模块进行自由组合，实现不同的功能需求。通过本综合实训项目的实践，能有效激发学生创新意识，培养创新思维和创新实践能力，同时将为下一阶段的毕业设计打下良好的基础。此外，近年来智能小车在大学生电子设计竞赛、恩智浦智能

车竞赛、大学生机器人竞赛等赛项中都占据重要地位[11]，因此，该实训设备可作为第二课堂中低年级学生备赛各类智能车项目的训练平台。

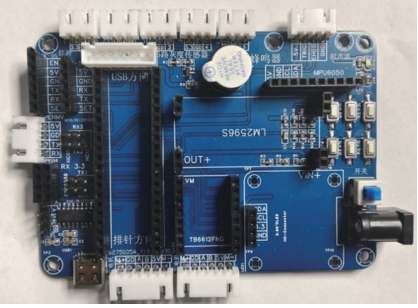

图 6　智能小车系统主板硬件系统

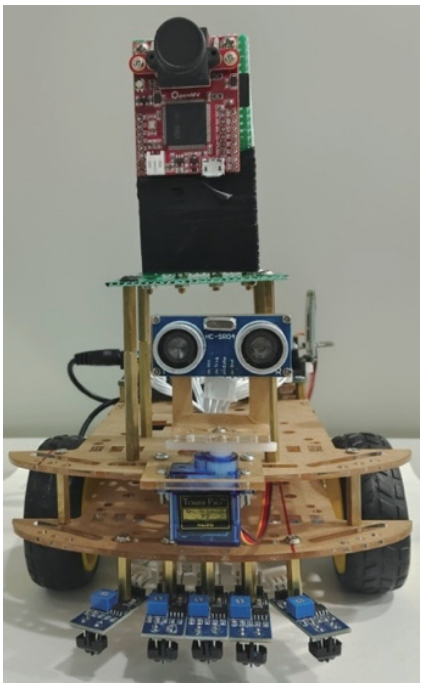

图 7　智能小车系统完整实训平台

3　实验项目开发

基于以上 2 套实训平台，为满足第一课堂层次化教学需要以及第二课堂的竞赛训练需求，开发了基础项目、扩展项目、综合项目和创新项目四个层次的实验项目 20 余项[12–14]，并在课堂教学、集中实训、第二课堂培训、大学生创新项目/技能大赛/学科竞赛以及毕业设计等多个环节中发挥作用。

基础项目面向单个模块独立应用或者少量简单模块组合的应用，帮助学生通过实践巩固和加深对理论知识的理解，并建立知识点之间的关联，构建课程知识体系结构。设计基础实验项目 10 项，包括：LED 彩灯控制、按键扫描、蜂鸣器报警、PWM 呼吸灯、AD 采集、串口通信、数码管动态显示、电机驱动、红外传感器循迹、超声波避障。该类项目主要针对嵌入式课程的课堂实验教学环节进行模块功能验证及低年级第二课堂的入门培训。

扩展项目面向新型传感器的使用和多个模块的联合应用，初步培养学生利用所构建的知识体系解决简单工程问题的能力，掌握分析问题和解决问题的基本方法。设计扩展实验项目 7 项，包括：OLED 液晶显示、编码电机测速、舵机转向控制、手机蓝牙控制、陀螺仪测姿、超声波测距、闭环 PID 调速。该类项目用于嵌入式系统课程的集中实训，训练模块间的功能联调及低年级第二课堂的提高培训。

综合项目面向先进传感器的开发与应用，以及基于嵌入式系统的多传感器数据采集与信号处理的综合应用，培养学生解决复杂工程问题的能力，启发学生的创新思维。目前已有学生设计的综合实验项目有 5 项，包括：手势识别、防摔倒检测、智能小车自动跟随、摄像头图像识别、图传上位机监控。该类项目可用于嵌入式系统课程集中实训中的发挥部分，以及大学生院级、校级创新训练项目及技能大赛和学科竞赛的培训。在此类项目的基础上，进一步完善可以作为学生毕业设计选题。

创新项目面向嵌入式系统在不同领域的创新应用以及新技术的研究与应用，采用开放式项目命题，学生可以根据大学生创新训练项目或者相关技能/学科竞赛内容自行选择设计项目内容，以达到培养学生创新思维及创新方法的能力。目前已有学生设计的创新实验项目有 4 项，包括：复杂地形机器人信息采集系统设计、智能超市导购小车、多功能自动跟随行李箱、基于视觉的垃圾分拣机器人。通常此类项目即可直接选定为毕业设计课题，并培育省级创新创业项目。

层次化嵌入式系统实训实验项目如表 1 所示。

表 1 层次化嵌入式系统实训实验项目

项目类型	硬件模块	实验内容	知识点	典型案例	作用环节
基础项目	系统主板、STM32核心板、LED、按键、数码管、蜂鸣器、电位器、电机、红外传感器	嵌入式系统基本设计和开发，常用基本模块的工作原理与应用	通用GPIO口的工作模式与控制方法、GPIO复用功能重映射、中断系统与配置流程、定时器与脉冲宽度调制	PWM呼吸灯 自动循迹小车	课堂教学实验、集中实训实践、低年级第二课堂培训
扩展项目	OLED液晶、编码器、舵机、蓝牙、陀螺仪、超声波传感器	高级模块及新型传感器模块的认识与使用、多个模块的联合应用	串行通信接口USART、SPI通信和IIC通信原理及时序控制、EEPROM存储器、ADC和直接存储器访问、RTC时钟的应用以及嵌入式系统相关的物联网和无线通信技术	模拟手势控制与显示系统 自动避障蓝牙控制小车	课堂教学实验、集中实训实践、低年级第二课堂培训
综合项目	WiFi模块、摄像头模块、语音模块、电动云台	先进传感器的开发与应用、上位机开发、无线多元信息传输，嵌入式系统综合应用开发		老人防摔倒检测与报警系统 智能安防巡逻小车及监控系统	大学生创新训练项目、大学生学科竞赛、技能大赛、毕业设计
创新项目	自行选择，如：CCD模块、K210模块、OpenMV模块、机械臂等	具有一定实际应用背景以及技术前沿的创新型的嵌入式系统项目开发		复杂地形机器人信息采集系统设计、智能超市导购小车	大学生创新训练项目、大学生学科竞赛、技能大赛、毕业设计

4 应用及成效

基于以上两套嵌入式实训平台，以培养“高层次创新型技能人才”为中心，设计“基础——扩展——综合——创新”四个层次实验项目，能够在“课堂教学——集中实训——第二课堂培训——大创项目/技能大赛/学科竞赛——毕业设计”五个环节中发挥作用。实践证明，该自主设计的实训平台很好地支撑了我校嵌入式系统系列课程的实践教学，并取得较好的成效。

自 2021 年开始，经过 2022 年和 2023 年两次系统完善与实验项目优化，已应用于共计 1 000 多名本科生的集中实训，200 多名大一大二学生的第二课堂培训。2023 年的《基于嵌入式技术的电子产品设计与制作》和《智能电子系统设计与制作》两门集中实训教学中，全体学生完成基础实验项目，可完成扩展实验项目的学生占比 60%，完成综合实验项目的学生占比 20%，完成创新实验项目的学生占比 5%。其中，能够完成综合实验项目和创新实验项目的学生，基本上为大一大二阶段参加过第二课堂培训，接触嵌入式系统技术学习比较早，并且有过一定的大学生创新项目以及竞赛经历的学生。

学生在大学生创新项目申报以及技能大赛/学科竞赛中取得佳绩。2023 年本专业学生获批江苏省职业院校学生创新创业培育计划项目立项 2 项，校级创新训练项目 11 项。在 2023 年全国大学生电子设计竞赛本科组中取得全国二等奖 2 项，江苏省一等奖 5 项。2023 年江苏省职业院校技能大赛电子产品设计与制作、集成电路开发与应用和电子产品芯片级检测维修与数据恢复分别取得江苏省二等奖 1 项,三等奖 2 项。2023 年江苏省大学生机器人创新创意赛项获得一等奖。

在学生的毕业设计选题中，选择嵌入式系统相关课题的学生接近 80%，其中 70% 的课题内容的部分功能模块均已经在两套实训平台的不同层次实验项目中训练过，使得学生能够很顺利开展毕设设计工作，并且完成质量较高。2023 届本专业本科毕业设计(论文)获得校级优秀 3 项，推荐省级优秀 2 项。

毕业学生进入嵌入式相关行业的就业率明显提高，薪资待遇增长显著。2023 届本专业本科毕业生中有多名学生就业于上海集成电路研发中心、上海华力微电子有限公司、中国电子科技集团五十五所、南京熊猫电子股份有限公司等知名企业，并获得较高的起薪。毕业生回访问卷调查显示，学生对嵌入式系列课程的实践教学设计比较满意，自主研制的实验平台以及层次化项目设计内容对职业技能的训练有较大的帮助，不少同学经过实训课程后，顺利通过职业技能鉴定考试，取得“1+X”职业技能证书，就业时起到了很好的助力作用。

5 结束语

本文针对自主研制的嵌入式系统实训平台进行了详细介绍，包括实训平台设计背景、设计思路、硬件组成和系统方案，并基于实训平台开发

了层次化实践教学实验项目，希望对面向应用型人才培养的高校实践教学平台建设提供一些参考和借鉴。从应用效果反馈，该实训平台对南京工业职业技术大学电子信息工程技术专业嵌入式系列课程实践教学第一课堂及第二课堂起到了很好的支撑作用，为我校培养高层次创新型技能人才奠定了良好的基础。

参 考 文 献

[1] 孙宁, 赵进. 高质量发展视域下职业本科人才培养的关键与路径[J]. 吉林工程技术师范学院学报, 2023, 39(5): 21−24.

[2] 谢永华, 王博. 本科层次职业教育的理论探索与办学实践[J]. 江苏高职教育, 2021, 21(2): 32−38.

[3] 吴学敏. 从“两个不是”到“两个高于”职业本科教育人才培养的研究、设计与实践[J]. 中国职业技术教育, 2022(34): 49−56.

[4] 屈召贵. 面向“双创”教育的嵌入式系统课程改革与实践[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43(2): 52−55.

[5] 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.

[6] 罗校清, 李锡辉. 本科层次职业教育“大实训”教学模式改革研究与实践[J]. 高等职业教育—天津职业大学学报, 2021, 30(6): 36−41.

[7] 王国霞, 李擎, 崔家瑞, 等. 嵌入式课程群多层次创新实训平台研制[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 163−167.

[8] 张宏伟, 付惠琪, 杨俊起. 基于“口袋实验板”的嵌入式系统实验设计[J]. 实验室科学, 2022, 25(5): 78−82.

[9] 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[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(7): 177−180+196.

[10] 张睿. 嵌入式智能实训小车的设计与实现[J]. 设备管理与维修, 2022(7): 131−133.

[11] 郝雯娟, 任严炜. 大学生创新课程实例—智能小车平台实现[J]. 电气电子教学学报, 2018, 40(1): 129−133.

[12] 叶金鑫. 基于模糊 PID 的智能小车控制算法研究[J]. 实验科学与技术, 2016, 14(1): 46−47.

[13] 张璞, 刘宁艳, 金印彬. 基于模块化平台的电子系统综合设计实验[J]. 中国现代教育装备, 2019(10): 31−33.

[14] 唐炜. 基于“项目驱动”的单片机类课程实践教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(5): 130−132.

编辑　张俊