

Application Research of Hardware Experiment Box and Simulation Software in the Embedded Course Teaching in Colleges

Guang Tao

School of Bioengineering, Wuhan University, Wuhan, Hubei, 430415, China

Abstract

To address the challenges in embedded course practical teaching—such as high costs of hardware experimental devices, limited scalability, and insufficient realism in simulation software—the study analyzes the roles, limitations, and advantages of hardware devices and simulation software based on embedded system pedagogy. It establishes a tiered experimental platform and designs a three-phase system (simulation-prototype-deployment). The approach incorporates fault introduction and virtual debugging techniques, supported by a comprehensive competency assessment model. This integrated virtual-physical teaching methodology enriches the theoretical framework and practical approaches for embedded courses, effectively resolving traditional teaching limitations while enhancing instructional outcomes and students' engineering competencies. The research provides actionable insights for advancing embedded course innovation.

Keywords

embedded curriculum; hardware experiment box; simulation software; virtual-real integration; practical teaching

硬件实验箱与仿真软件融合在高校嵌入式课程教学中的应用研究

陶广

武汉生物工程学院, 中国·湖北 武汉 430415

摘要

针对嵌入式课程实践教学硬件实验装置花费大、拓展能力不够和仿真软件模拟场景真实程度不足的冲突, 本文依据嵌入式系统教学原理, 剖析了硬件实验装置和仿真软件在嵌入式实践教学中的作用、短处和长处, 搭建了分层次的实验平台, 规划了“仿真-原型-部署”三个阶段的实验体系, 采用了故障引入和虚拟调试的教学方式, 并且设立了多方面能力评估的模型, 形成一整套完整的虚拟与实际相结合的教学实践办法。此项研究让嵌入式课程实践教学的理论和方式更加充实, 切实解决传统实践教学的难题, 提高教学效果和学生工程实践的能力, 给嵌入式课程教学改革提供实践方面的参考和支持。

关键词

嵌入式课程; 硬件实验箱; 仿真软件; 虚实融合; 实践教学

1 引言

嵌入式技术的迅速发展带动了课程教学的改革, 传统的实践教学模式难以同时达成理论应用和工程能力培养的目标。为了解决硬件教学和仿真教学各自存在的不足, 让两者的优势相互补充, 本文围绕硬件实验装置和仿真软件融合教学展开探讨, 为嵌入式课程实践教学的优化提供可行的途径。

【基金项目】硬件实验箱与仿真软件在嵌入式开发教学中的效果对比研究。

【作者简介】陶广(1977-), 男, 中国湖北武汉人, 硕士, 副教授, 从事嵌入式研究。

2 硬件实验箱与仿真软件融合教学的理论基础

2.1 嵌入式系统教学理论

针对嵌入式系统教学, 以构建主义学习原理和工程教育观念为核心要点, 着重于“用理论打根基、让实践添能力”, 将重点置于嵌入式系统专门用途、及时响应及低能源消耗的关键特性上, 把微控制器结构体系、硬件抽象层开发、实时操作系统运用等关键知识内容相互连接。既要让学习者了解 ARM Cortex 系列的结构构造、GPIO 的设置安排、中断情况的处理等基础理论知识, 又要培养他们把理论知识转变为工程实践的系统性思维方式, 这既符合当下物联网和智能制造领域对于嵌入式专业人才的综合性需求, 同时也呼应了教育部推动虚拟仿真实验教学改革的政策方向, 为虚拟与现实

相融合的教学模式提供了理论方面的依据。

2.2 硬件实验箱在嵌入式实践教学中的价值与局限

硬件实验装置作为嵌入式实践教学环节的核心实物载体,拥有集成程度高、操作过程直观、安全性能强等优点,其内部设置的主控电路板、传感器元件、通信接口模块等组件能够实现打开装置即可使用的效果,能够让学习者直观地体验代码烧录过程、硬件调试流程的完整环节,加深对底层硬件逻辑关系的认识,并且配套提供的实验指导文本和示例程序代码可以帮助学习者按照一定的步骤逐步提升实践能力,适合进行批量购买并应用于实验室教学场景;然而,它同时也存在显著的不足之处,其固定的电路布局结构限制了复杂系统设计工作的灵活性,教学级别的设备大多采用中低端芯片元件,难以支持高性能要求、高实时性要求场景下的实践训练活动,而且设备的购置成本以及后期维护成本较高,更新换代的周期落后于嵌入式技术的迭代速度,容易出现不同生产厂商的设备接口不相互兼容、代码迁移工作困难等问题,对实践教学活动的范围和深度形成制约。

2.3 仿真软件在嵌入式教学中的优势

该仿真类软件能够有力地补足硬件实验装置不足,其关键之处体现在,其一,打破时间、空间及设备约束、运用指令层面仿真手段达成对 ARM、STM32、RISC-V 等体系结构精确模拟、学习者借助云端或本地软件程序多次实验操作且不必担忧硬件损耗进而降低学习难度的三个层面;其二,具有很高的可视化程度,能够把芯片的内部构造、中断响应机制、外部设备通信等较为抽象的知识要点转变为直观的动态展示,帮助学习者去理解复杂的理论内容;其三,具备很强的适配性能,可以迅速对芯片模型和实验情境进行更新,支持 RTOS 多任务调度、工业协议仿真等高层次的实践内容,软件内部设置的工业级项目范例能够与企业实际的开发需求相衔接,同时拥有智能调试、自动评分等功能,既能够提高教学的效率,也能够培养学习者的创新思维以及工程应用能力。

3 硬件实验箱与仿真软件融合嵌入式课程教学中的实践策略

3.1 构建分层实验平台:虚实结合的硬件资源池

这个实验平台按能力逐步提升的核心思路设计,将虚拟仿真资源与实际硬件实验箱整合并灵活调配,形成包含基础了解、综合设计、创新开发三层次的硬件资源库;通过模块化划分与统一接口设计,实现虚拟环境与实际硬件的自由切换及协同使用;平台依据学习规律和工程开发步骤分层——最底层以标准化虚拟元件和最小硬件单元验证基础原理,中间层通过开放实验箱扩展接口与混合仿真通道实现模块配合及系统组装,最顶层针对复杂场景与实际工程应用允许硬件自主组合及跨平台协同调试;这种结构在打破传统实验设备固定不变、实验内容单一问题的同时,既保证教学

安全与设备利用率,又为不同基础和目标的学习者提供适配资源,推动实践教学从被动验证转向主动设计,提升硬件资源共享效果与教学覆盖范围。

以《嵌入式微控制器基础与应用》这门课为例,搭建了一个由基础验证层、综合应用层、创新开发层组成的虚拟和现实结合的实验平台。基础验证层借助仿真软件提供 STM32 最小系统、GPIO 控制、串口通信等虚拟实验场景,学生可以在不会损坏硬件的环境下完成寄存器设置、时序分析等基础练习;综合应用层开放硬件实验箱的传感器接口、电机驱动模块、通信接口,把在仿真环境中验证过的控制逻辑直接用到实际硬件上,完成温湿度采集、LED 点阵驱动、按键中断等多个模块配合的实验;在创新开发层支持连接独立舵机、蓝牙模块、液晶显示屏等扩展部件,结合云端仿真环境开发智能小车、环境监测终端等综合性项目。三层平台统一管理实验箱资源和仿真账号,学生可以根据自己的学习进度自主选择虚拟和现实结合的方式,有效解决硬件数量不够、实验时间有限、初学者操作有风险等问题,明显提高基础实验的完成率和综合项目的开发质量。

3.2 设计“仿真-原型-部署”三阶实验体系

“仿真-原型-部署”三阶实验架构契合工程制品全生命周期研发脉络,将嵌入式系统研发程序细分为连贯递进的三个时期,借由明晰各时期工作目标、技术规范与评估准则,构建从虚拟规划到实体达成再到场景落实的完整实践脉络。仿真时期以功能检验与逻辑改进为宗旨,依靠高精度仿真工具完成电路构建、代码创作、时序仿真与差错查找,在纯虚拟环境中确定方案可操作性;原型时期以硬件匹配与联合调试为重点,把仿真通过的方案迁移至硬件实验装置,完成实物线路连接、程序烧写、现场调试与性能改进,达成虚拟逻辑到物理本体的转变;部署时期以场景运用与系统稳固为方向,将原型系统放置于模拟真实工作状况的环境中,开展长时段运行测验、边界条件验证与容错性改进,形成可落实的工程化方案。三阶架构层层相扣、相互依托,能够增强学习者的工程思维与系统理念,提升全流程研发与问题处理能力。

以智能温室环境监测控制系统为例实施三阶实验教学。仿真时期学习者在虚拟平台完成主控芯片选择、传感器电路规划、数据处理算法创作与界面交互仿真,通过工具模拟光照、温湿度改变,检验采集精准度与控制响应速率,消除逻辑缺陷与参数偏差;原型时期将仿真方案迁移至嵌入式实验装置,完成温湿度传感器、光照传感器、继电器组件的实物线路连接与程序传输,在实验室环境中调试硬件驱动与通信稳定性,处理虚拟环境中无法再现的信号干扰、供电起伏等难题;在部署时期将硬件原型置入封闭环境舱,模拟昼夜温差、湿度骤变、光照波动等真实工作状况,持续运行测验系统可靠性,改进阈值参数与控制策略,最终达成自动通风、补光、加湿的闭环控制。

3.3 引入故障注入与虚拟调试教学法

针对以提高系统调试及故障处理能力为目的的故障注入与虚拟调试教学方式,在虚拟与现实相融合的环境中有目的地嵌入典型硬件故障、软件异常状况及通信干扰,借助具有可视化功能的虚拟调试工具引领学生掌握对故障定位、分析原因及修复优化的系统化办法。虚拟调试工具具备对实时变量进行监测、查看寄存器状态、追踪程序执行过程、将信号波形可视化等功能,减轻了底层硬件调试的抽象程度和难度;故障注入模块依据教学要求,精确地模拟电源波动、引脚短路、传感器数据出现漂移、程序陷入死锁、通信过程中发生丢包等常见问题,构建出高逼真程度的故障场景。这种教学方式把被动排除错误转变为主动练习处理错误,协助学生树立故障预判意识和稳健的设计思维,弥补了传统实验中存在的故障场景稀少、调试手段单一、风险难以控制的不足,提高了在复杂系统下解决问题的效率和工程适应能力。

以嵌入式电机调速控制系统实验为载体实施故障注入与虚拟调试教学,其中虚拟调试阶段利用仿真平台在线调试工具实时观察 PWM 输出波形、定时器计数值、电机转速曲线以迅速确定程序逻辑错误及参数配置问题,故障注入阶段在硬件实验箱和仿真环境中分别设置电源电压波动、编码器信号丢失、驱动引脚虚接、通信数据混乱等故障点,供学生通过虚拟界面查看系统报错信息和运行状态,并结合硬件万用表、示波器等工具联合诊断以逐步找出故障根源并提出修复方案。比如针对传感器数据漂移故障,学生先在虚拟环境中重现故障现象,分析算法在滤波方面存在的缺陷,然后在实体硬件上验证改进后的程序,最终形成故障识别、分析、修复、验证的完整流程。该方法明显提高了学生的调试效率和故障处理能力,使他们能够更快地适应工业现场复杂的调试需求。

3.4 建立多维度能力评价模型

多维度能力评估模型秉持过程性评估与终结性评估相融合、虚拟操作评估与实物实际操作评估相并重、个体能力评估与团队协作评估相协同的准则,从知识获取情况、实践操作技能、工程专业素养、创新创造能力四个层面构建起量化评估与质性评估相结合的评估体系,全方位考量嵌入式相关课程的教学成效以及学生能力的达成程度。此模型突破了

传统的以实验报告和期末考核为主要形式的单一评估模式,将仿真操作的记录情况、硬件调试的具体过程、项目开发的相关文档、阶段测试的结果状况、团队协作的表现情况、创新设计的突出亮点等纳入评估范围,借助平台自动采集数据与教师综合评定相结合的方式,实现对能力的全流程、多方面、客观化评估。

在嵌入式系统综合设计课程中运用此多维度评估模式时,在知识掌握状况方面借助虚拟平台的单元测验、理论问题解答、原理剖析题目,对学生关于原理的理解程度和理论运用水准进行评估;实践操作技能方面依照仿真实验的完成状况、硬件连线的规范状况、程序调试的效率状况、实验数据的准确状况进行量化评分,同时自动记录操作轨迹和尝试次数;在工程专业素养方面重点考查实验文档的撰写质量、方案设计的合理程度、故障处理的规范程度以及时间管理能力;创新创造能力层面针对综合项目,评估方案的创新程度、功能的扩展程度、性能的优化水平以及应用价值。同时增加小组互相评价和现场答辩环节,考查学生的沟通表达能力和团队协作能力。

4 结语

以硬件实验装置与仿真程序融合的嵌入式课程教学为探讨对象,清晰界定两者的教学意义与匹配机制,提出由分层实验平台、三阶实验体系等构成的一系列实操办法并借助实际事例检验其可操作性,切实解决传统实践教学存在的难题,达成理论知识与实践操作的深度结合,在今后发展中可结合新技术更新对融合模式进行改进以进一步增强教学适应性,为嵌入式课程的教学革新持续提供实践支持与理论参考。

参考文献

- [1] 彭远芳,陆勤,胡宁,等。基于“项目驱动法”的单片机课程一体化教学的探索与实践[J].计算机教育,2010(6):5.
- [2] 王敏,周树道,胡昭华.电路基础多维一体式实验教学方法[J].中国现代教育装备,2023(19):115-117.
- [3] 丁凯,肖慧娟,陶铭,等。基于口袋实验箱的“数字系统综合设计”课程教学改革探索[J].电子元器件与信息技术,2022(12):238-242.