基于国产龙芯的嵌入式系统设计实践教学改革

王平, 杨展, 韩璐霞, 陈潇, 康雅倩, 陈晨
西安信息职业大学, 陕西 西安 710125

摘要 : 本文探讨了以国产龙芯处理器为代表的嵌入式系统设计实践教学改革。通过分析当前基于 ARM 指令集的 STM32 嵌入式系统设计教学的现状和挑战, 提出了基于龙芯平台的实践教学改革方案。研究表明, 采用国产龙芯处理器进行嵌入式系统设计教学, 不仅能够提高学生的实践能力和创新意识, 还能培养其国产芯片应用能力。文章详细阐述了改革方案的实施策略、课程体系设计、实践平台建设以及教学方法创新, 并通过教学效果评估验证了改革的有效性。本研究为嵌入式系统设计实践教学改革提供了新的思路和方法, 对推动国产芯片在高等教育中的应用具有重要意义。

关键词 : 龙芯处理器; 嵌入式系统; 实践教学; 教学改革; 国产芯片; 创新教育

Teaching Reform of Embedded System Design Practice Based on Domestic Loongson

Wang Ping, Yang Zhan, Han Luxia, Chen Xiao, Kang Yaqian, Chen Chen
Xi'an Vocational University of Information, Xi'an, Shaanxi 710125

Abstract : This article explores the teaching reform of embedded system design practice represented by domestic Loongson processors. By analyzing the current status and challenges of STM32 embedded system design teaching based on ARM instruction set, a practical teaching reform plan based on Loongson platform is proposed. Research has shown that using domestic Loongson processors for embedded system design teaching can not only improve students' practical ability and innovation awareness, but also cultivate their ability to apply domestic chips. The article elaborates in detail on the implementation strategies, curriculum system design, practical platform construction, and innovative teaching methods of the reform plan, and verifies the effectiveness of the reform through teaching effect evaluation. This study provides new ideas and methods for the reform of embedded system design practice teaching, which is of great significance for promoting the application of domestic chips in higher education.

Keywords : Loongson processor; embedded systems; practical teaching; reform in education; domestic chips; innovative education

引言

随着信息技术的快速发展和产业升级的迫切需求, 嵌入式系统设计已成为电子信息类专业的重要课程之一^[1]。然而, 传统的嵌入式系统设计教学普遍存在教学内容滞后、实践环节薄弱、与产业需求脱节等问题, 难以满足新时代人才培养的要求^[2]。与此同时, 国产芯片产业的崛起为嵌入式系统设计教学改革提供了新的契机。龙芯作为国产处理器的代表, 其自主可控、性能优越的特点为嵌入式系统设计实践教学提供了理想的平台。

本文旨在探索以国产龙芯处理器为代表的嵌入式系统设计实践教学改革, 通过构建基于龙芯平台的实践教学体系, 创新教学方法, 培养具有创新能力和国产芯片应用素养的高素质人才^{[3][4]}。研究采用现状分析、案例研究和实践验证等方法, 深入探讨龙芯平台在嵌入式系统设计教学中的应用价值, 为推进嵌入式系统设计教学改革提供理论依据和实践指导。

一、嵌入式系统设计实践教学现状分析

当前, 嵌入式系统设计实践教学普遍面临诸多挑战^[5]。首先, 教学内容更新缓慢, 还是使用基于 ARM 指令集的 STM32 嵌入式系统设计, 难以跟上国产嵌入式技术快速发展的步伐。许多高校仍在使用过时的硬件平台和开发工具, 导致学生所学知识与

行业需求存在较大差距。其次, 实践环节薄弱, 学生动手机会有限。由于设备投入不足和实验课时有限, 学生难以深入理解和掌握嵌入式系统的核心技能^[6]。

基于 ARM 指令集的 STM32 嵌入式系统设计具体实验项目和实验内容如下表所示:

实验项目	实验内容
嵌入式系统开发环境部署	安装和配置嵌入式开发工具链（如 Keil、IAR、GCC 等）。熟悉开发环境的基本功能（如代码编辑、编译、调试、下载）。学习如何创建和配置工程文件。掌握调试工具的使用（如 JTAG/SWD 调试器）。
汇编指令实验	编写简单的汇编程序（如数据传送、算术运算、逻辑运算）。学习处理器寄存器的使用方法。通过调试工具观察寄存器和内存的变化。
C 语言实验	编写简单的 C 语言程序（如变量定义、循环、条件判断、函数调用）。学习嵌入式 C 语言的特殊语法（如位操作、volatile 关键字）。通过调试工具观察程序运行过程。
GPIO 设备编程 - 输出实验（寄存器点亮 LED 灯）	学习 GPIO 寄存器配置（如模式寄存器、输出寄存器）。通过直接操作寄存器控制 GPIO 引脚输出高低电平，点亮 LED 灯。
GPIO 设备编程 - 输出实验（固态库点亮 LED 灯）	使用固件库（如 STM32 HAL 库或龙芯的 SDK）配置 GPIO 引脚。调用库函数控制 LED 灯的亮灭。
GPIO 设备编程 - 输入实验	配置 GPIO 引脚为输入模式。读取按键或开关的状态，并根据输入控制 LED 灯或其他外设。
外部中断实验	配置外部中断引脚。编写中断服务函数，实现按键触发中断并控制 LED 灯。
定时器实验	配置定时器，实现定时功能。使用定时器生成精确的延时或周期性事件。
呼吸灯与 PWM 控制实验	配置定时器的 PWM 模式。通过调整占空比实现 LED 灯的亮度渐变（呼吸灯效果）。
USART 通信实验	配置 USART 串口通信参数（如波特率、数据位、停止位）。实现单片机与 PC 或其他设备的串口通信。发送和接收数据，并进行简单的数据处理。
I2C 通信实验	配置 I2C 总线，连接 I2C 设备（如 EEPROM、传感器）。实现 I2C 数据的读写操作。
实时时钟 RTC 部件	配置 RTC 模块，设置时间和日期。实现定时闹钟功能。
实时操作系统内核移植与编译实验	选择一款实时操作系统（如 FreeRTOS、RTThread）。将操作系统内核移植到目标平台上。编写简单的多任务程序（如任务创建、任务调度）。
综合实验：最小系统的实验	设计并实现一个最小嵌入式系统。综合运用 GPIO、定时器、中断、通信等外设，完成一个完整的项目（如智能家居控制器、环境监测系统）。

可以看出这些实验内容比较基础，缺乏嵌入式操作系统实验、嵌入式物联网实验、嵌入式接口驱动实验、嵌入式 QT 和 python 实验、嵌入式人工智能和边缘计算等领域的实验。此外，传统的嵌入式教学模式过于注重理论知识的传授和基础计算和程序训练，忽视了学生创新能力和工程实践能力的培养。考核方式单一，难以全面评估学生的综合素质^[7]。这些问题严重制约了嵌入式系统设计人才的培养质量，难以满足产业对高素质嵌入式人才的需求。因此，推进嵌入式系统设计实践教学改革势在必行。

二、基于龙芯平台的嵌入式系统设计实践教学改革方案

针对当前嵌入式系统设计实践教学存在的问题，本研究提出了基于龙芯平台的改革方案。首先，在课程体系设计方面，将龙

芯处理器的架构和应用作为核心内容，构建了从基础到进阶的课程体系。基础课程包括龙芯处理器原理与应用、嵌入式操作系统等，进阶课程则涵盖嵌入式系统设计、嵌入式软件开发等实践性较强的课程^{[8][9]}。

其次，在实践平台建设方面，开发了基于龙芯处理器的嵌入式开发板和配套实验箱，为学生提供真实的开发环境^[10]。同时，建立了龙芯嵌入式系统实验室，配备了先进的开发工具和测试设备，为学生开展创新实践提供硬件支持。在教学方法创新方面，采用项目驱动、案例教学和翻转课堂等多元化教学方法，激发学生的学习兴趣和创新潜能。通过组织学生参与龙芯相关的创新创业项目和竞赛，培养学生的工程实践能力和团队协作精神。

基于国产龙芯的嵌入式系统设计具体实验项目和实验内容如下表所示：

实验项目	实验内容
LoongArch 体系结构	学习龙芯中科公司开发的龙芯自主指令系统架构（简称龙芯 LoongArch）和龙芯 LoongArch 指令集
嵌入式 Linux 基础实验	安装虚拟机及 Ubuntu 系统、学习 Linux 基础命令和编译方法
嵌入式系统实验	学习嵌入式系统的启动流程、linux 交叉编译环境搭建、嵌入式系统烧写、Yocto 文件系统制作、linux 内核驱动开发基础实验
嵌入式接口基础实验	GPIO 实验、蜂鸣器实验、PWM 音乐实验、矩阵键盘实验、扩展 IO 实验、ADC 实验、数码管与点阵屏实验、直流电机实验、步进电机实验、UART 实验、串口通信实验、CAN 总线通信实验、SPI 实验
嵌入式接口驱动实验	矩阵键盘实验、IIC 驱动与应用实验、RTC 驱动与应用实验、触摸屏驱动及应用实验、CAN 驱动与应用实验
嵌入式应用实验	Linux 动态库和静态库应用实验、Linux 标准 IO 和文件 IO 实验、Linux 网络编程实验、Linux 多线程通信实验、Linux 进程管理与通信实验
嵌入式扩展实验	4G 模块驱动和拨号移植实验、GPS 实验、摄像头实验、触摸屏实验、Wifi 蓝牙驱动移植实验、嵌入式 WebSever 实验、音频调试实验
嵌入式 QT 实验	QT 开发环境搭建、QT 开发基础实验、基于 QT 的摇杆测控器实验、基于 QT 的摄像头图像采集实验、基于 QT 的数码键盘实验
嵌入式 python 实验	python 基础实验、基于 PyQt 的 ADC 采集波形实验、基于 PyQt 的 LED 点阵屏实验、基于 PyQt 的电机控制器实验、基于 PyQt 的物联网 MQTT 实验
嵌入式人工智能和边缘计算实验	人工智能环境搭建、机器视觉模型训练、模型量化编译、基于 yolov5 口罩识别实验、基于 yolov5 的手势识别实验、基于 yolov5 的形状识别实验、基于 yolov8 表情识别实验、基于 yolov8 数字识别实验、基于 KCF 的目标跟踪实验
综合实验	物联网实验、数字示波器、基于 openCV 的手势控制器、基于神经网络手势识别实验、物联网网关综合实验

可以看出这些实验内容既有嵌入式基础实验,又有符合实际应用场景的扩展实验,QT和python实验可以应用到测控和物联网领域,引入机器视觉模型训练、手势识别、形状识别、表情识别、目标跟踪等人工智能和边缘计算实验,体现了国产龙芯嵌入式系统的应用创新,综合实验将嵌入式和物联网以及人工智能相结合,体现实验平台能力和工程能力的创新。

三、教学改革实施效果评估

为评估基于龙芯平台的嵌入式系统设计实践教学改革效果,本研究采用了多种评估方法^[11]。通过问卷调查和访谈,收集了学生对改革后课程的反馈。结果显示,90%以上的学生对新的教学模式表示满意,认为课程内容更加贴近实际应用,实践机会显著增加。学生的自主学习能力和创新意识得到明显提升。

在学生学业成果方面,通过分析学生的项目作品和竞赛成绩,发现学生的嵌入式系统设计能力和问题解决能力显著提高。

在各类嵌入式相关竞赛中,参赛学生获奖数量和级别均有明显提升。此外,通过对毕业生的跟踪调查,发现参与改革课程的学生在就业市场上更具竞争力,特别是在国产芯片相关领域表现出明显优势。

四、结论

本研究通过探索以国产龙芯处理器为代表的嵌入式系统设计实践教学改革,构建了基于龙芯平台的实践教学体系,创新了教学方法,取得了显著成效。研究表明,采用国产龙芯处理器进行嵌入式系统设计教学,不仅能够提高学生的实践能力和创新意识,还能培养其国产芯片应用能力,为推进嵌入式系统设计教学改革提供了新的思路和方法。

未来,我们将继续深化教学改革,进一步完善课程体系和实践平台,加强与产业界的合作,培养更多高素质的嵌入式系统设计人才,为国产芯片产业的发展贡献力量。

参考文献

- [1]张厚义,季睿,奚煜,等.基于“龙芯一号”的国产化CAN总线通信控制器[J].柴油机,2024,46(02):55-60.
- [2]高俊枫,黄乐天,胡庆.嵌入式系统“FPGA+SoC”实践教学体系内容重构[J].高等工程教育研究,2024,(01):73-77.
- [3]高璐,贾良权.新工科背景下智云嵌入式系统应用实验室构建[J].科技通报,2023,39(10):105-110.
- [4]杨静,胡秋琦,刘能锋,等.嵌入式系统设计实验教学改革与实践[J].计算机教育,2022,(04):182-187.
- [5]刘伟伟,张艳玲,李琳琳,等.嵌入式系统及应用课程的实践教学改革[J].计算机教育,2024,(08):109-113.
- [6]王旭辉,程军.针对微电子专业的嵌入式系统实践教学改革的思考[J].高校实验室科学技术,2023,(02):51-54.
- [7]俞冠中,韦雄,田青旺,等.基于龙芯2K1000的Loongnix系统实时性优化方法研究[J].电子技术应用,2022,48(06):98-102+111.
- [8]喻宁宁.飞思卡尔Kinetis芯片中NVIC模块的中断寄存器的介绍及其应用举例[J].中国集成电路,2013,22(08):75-78.
- [9]徐意泊,陈富浩,丁振华,等.基于国产龙芯2K1000龙芯派的内核系统启动[J].现代信息科技,2018,2(12):29-34.
- [10]田莉,孙金秋,郭艳平.基于应用型人才培养模式下的现场总线技术教学改革探索[J].科技经济导刊,2020(33):178-179.
- [11]黄倩,唐雄燕,黄蓉,等.面向工业互联网云网端协同技术研究[J].邮电设计技术,2022(3):25-28.