

OBE 理念下计算机体系结构实践课 “课程思政”教学设计研究^{*}

范岩

西南科技大学马克思主义学院
绵阳 621010

马立平^{**}

西南科技大学计算机科学与技术学院
绵阳 621010

摘要 针对目前计算机体系结构实践课程思政教学中教学内容缺少产出导向、实践教学综合性不强的问题。本文基于OBE理念,从课程教学目标、内容、思政要素挖掘和课程考核评价等多方面进行改革和探索,将项目式实践与课程思政融合的思路进行教学设计,阐述如何构建与计算机体系结构实践课程匹配的思政教学体系,从教学设计、思政教学等方面研究课程建设及实践过程,给出了一种具有可操作性的课程思政教学设计方案。经实践验证,此方案可有效落实课程思政的教学目标,改进课程教学效果,促使专业教育与思政教育实现同步并进。

关键字 OBE; 课程思政; 计算机体系结构; 项目式教学; 教学设计

Research on the Teaching Design of “Course Ideology and Politics” in Computer Architecture Practice Course Under the Concept of OBE

Fan Yan

School of Marxism
Southwest University of Science and Technology,
Mianyang 621010, China;

Ma Liping

School of Information Science and Technology
Southwest University of Science and Technology,
Mianyang 621010, China;

Abstract—There are many problems with “Course Ideology and Politics” in computer architecture practice course. Guided by the concept of OBE, the paper conducts reforms and explorations in such aspects as course teaching objectives, content, excavation of ideological and political elements, and course assessment and evaluation. The ideas and methods of teaching design that integrate project-based practice and curriculum ideology and politics are proposed. How to build an course ideology and politics teaching system that matches the practical curriculum of the computer system is discussed. The curriculum construction and practice process are studied from the aspects of teaching design and ideological and political teaching. Provides an operationally feasible teaching design scheme for curriculum ideological and political education. An operationally feasible teaching design scheme for curriculum ideological and political education is presented. Practice has proved that this scheme can effectively improve the teaching effect of the curriculum and realize the synergy between professional education and ideological and political education.

Keywords—OBE; Curriculum Ideology and Politics; Computer Architecture; Project-based Practice Teaching; Teaching Design

1 引言

OBE (Outcome Based Education) 是一种成果导向教育理念, 着重点在于激发学生的学习潜能, 促进学生自主学习能力和创新意识发展, 计算机专业教育

***基金资助:** 本文得到全国高等院校计算机基础教育研究会2023年计算机基础教育教学研究项目“计算机类专业基础课程思政教学案例研究——以《计算机体系结构》为例”(项目编号: 2023-AFCEC-463) 和2024年度西南科技大学高等教育人才培养质量和教学改革项目(项目编号: 24xnzx03, 24xn0049) 资助。

****通讯作者:** 马立平 maliping@swust.edu.cn。

的重点之一是如何推动学生解决复杂工程问题能力的提升^[1]。《计算机体系结构》是计算机科学与技术本科专业核心课程, 以数字逻辑与电子技术课程为技术基础, 为计算机操作系统、编译原理等后续课程提供底层计算平台, 是从事处理器等高端芯片设计的重要基石^[2]。课程教学内容包括理论与实践, 其中课程实践教学在形式上主要采用的方式有:

① 利用高级程序设计语言编程模拟实现计算机体系结构中的关键部件功能, 如MIPSsim模拟器、Tomasulo算法模拟器、监听协议模拟器等, 通过模拟仿真对流水线冲突、指令调度、Cache性能等进行评价分析^[2];

② 借助于EDA工具软件画电路原理图的方式设计CPU及计算机系统，并经过仿真验证^{[3][4]}；

③ 利用硬件描述语言编程以及EDA工具软件编程实现电路，并进行综合仿真和FPGA验证^{[5][6]}；

④ 借助于FPGA实验为平台载体，采用软硬件协同设计的方法设计完成一个能运行简单操作系统的计算机系统^[2]。其中第④类方式不同于其它实践，一般会要求学生利用比较长的时间来完成“具有功能完备、能够运行简单操作系统软件和简单应用软件的计算机系统”这一复杂工程问题，多名学生组成小组，依托实践，可让学生既对计算机系统原理和运行机理有深入认识，又能提高自身应对复杂工程问题的能力，也符合OBE教育理念，也是作者近几年开展计算机体系结构实践课程进行项目式实践教学的模式。

目前，高校课程实践是思政教育中的比较薄弱环节。作为新的思政教育理念，课程思政自形成以来已发展了近十年，已形成比较完备的课程思政理论体系，但课程实践中的思政教育还比较薄弱，其主要原因在于课程实践中思政教育没有与时俱进^[2]。具体到计算机体系结构课程，将课程思政与课程实践结合起来，融合国家信创产业、国产化替代技术，形成解决课程思政教育中薄弱环节的有力措施。在计算机体系结构实践中，通过适当引导，可形成课程思政与课程实践的结合点。比如，完成一个基于LoongArch架构的“具有功能完备、可支持操作系统及简单应用的计算机系统”的计算机体系结构实践任务，在国家信创产业、社会进步、个人发展等多个层面都产生或多或少的影响，这与计算机类专业学生的社会责任和使命有一定的联系。又如，计算机系统技术更新迭代快，需要培养学生的创新精神，课程实践内容的复杂性需要学生以研究小组的形式展开，小组成员分工配合、共担任务，借此既完成既定目标，又能培养学生的团队协作意识与沟通表达能力。因此，计算机体系结构课程实践与课程思政相互之间存在有许多的结合点，将课程思政与课程实践相结合，构建与计算机体系结构实践匹配的思政要素体系和实践方法，对提高课程思政成效具有重要意义。因此，在OBE理念引领下，若想在计算机体系结构课程实践教学中融入思政教育、提升课程教学质量，精心设计教学环节与组织教学评价至关重要。基于多年的课程实践教学经历，本文作者提出了《计算机体系结构》实践课程“课程思政”的教学设计思路及方法。

2 计算机体系结构实践课程教学设计

2.1 设计理念

基于OBE理念的《计算机体系结构》实践课教学设计，以知识、能力、思维品格产出为牵引，以学生未来职业成长和国家战略需求为核心导向，围绕解决“具

有功能完备、可支持操作系统及简单应用的计算机系统”复杂工程问题，构建项目式教学模式，将创新思维、爱国、勇担责任、团队协作、沟通表达、诚信自觉等多个方面融入项目式教学全过程。具体来说，就是按照行业通行技术开发团队的组织架构，以6~8人为小组形成开发团队，每个组再细分为CPU设计、SoC设计和验证测试组。另外老师可以通过多种考核方式来综合评价课程思政教学效果。计算机体系结构课程实践与思政实践相结合的设计理念如图1所示。

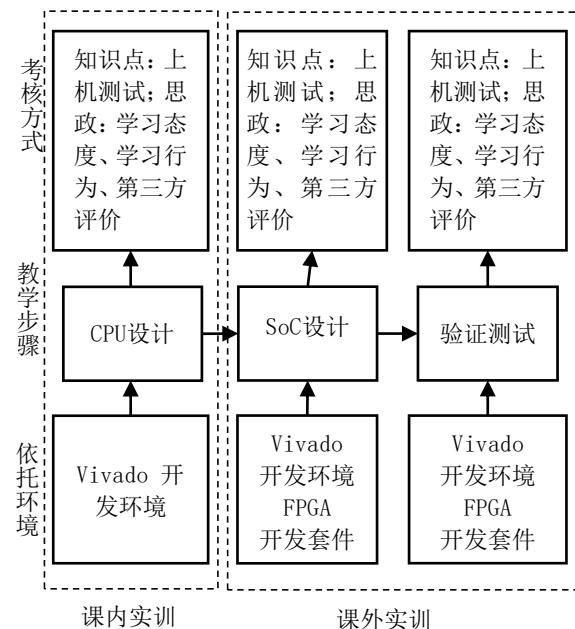


图1 课程实践与思政实践相结合的思路

2.2 教学目标设计

计算机体系结构实践课主要是设计具有功能完备、可支持操作系统及简单应用的计算机系统，主要提升学生应对复杂工程问题的能力及创新思维素养，学生毕业后可以从事计算机系统底层开发工作。经对近几年就业学生的调查，结合当前行业岗位标准和学科竞赛需求，总结得到以下培养需求。

(1) 计算机系统基础扎实，实践能力强，具有较强的计算机系统思维，勇于探索、不断创新。

(2) 具备自主创新能力，自主学习能力强，分析问题能力强，解决复杂工程问题能力强。

(3) 遵守社会、遵循计算机行业工程职业道德准则和规范，具备较好的集体观念和协作意识，责任担当、团队合作、沟通表达、诚信自觉，严于律己，自强不息，爱岗敬业。

可见，对于未来的就业而言，出色的计算机系统能力、获取新知识的能力以及高尚职业道德与品德都

是需具备的素养。通过线上自主学习、自主学习课程资源、深度实践等自行设计、集成、优化及实现现有计算机体系结构的经典内容，培养学生对计算机架构及微架构设计的创新意识和实践能力。计算机体系结构课程实践教学目标如表1所示。

表 1 计算机体系结构课程实践教学内容及教学目标

问题内容	题目类型
能力目标	能运用流水线、指令级并行、存储等技术方法和定量分析方法对流水线、存储系统等进行性能分析；通过线上自主学习、自主学习课程资源、深度实践等，能自行设计、集成、优化及实现现有计算机体系结构的经典内容。
思政目标	结合“设计、集成、优化及实现现有计算机体系结构的经典内容”这一复杂工程问题的解决，能恪守计算机行业工程伦理，遵循计算机行业工程道德准则和规范，形成以爱国、诚信、责任等为核心的职业道德素养。

2.3 实践教学内容设计

基于OBE理念，计算机体系结构实践教学过程是一个促成主动且有价值的探究学习过程，同样对于培养学生精益求精的科学家精神、爱国主义与社会责任感而言是重要途径，同时也是品德教育体系中的重要一环。为了让树立正确的计算机系统整体思维、掌握计算机系统设计能力、形成自主学习能力，成为一个既具有协同合作精神又具有创新性和批判性思维的学者，培养精益求精科学家精神和创新精神，将计算机体系结构实践分为两部分，即：课内和课外实训。课内实训主要是巩固指令系统、流水线和指令级并行技术应用，课外实训则是基于产业岗位和学科竞赛需求进行计算机系统整体设计和应用开发，设计的计算机体系结构实践体系框架如图1所示，具体内容如下。

课内实训内容：

(1) 单周期CPU设计。设计、优化、验证5条指令的单周期CPU，设计、优化、验证20条指令的单周期CPU。

(2) 简单流水线CPU设计。设计、优化、验证一个不考虑相关冲突的流水线CPU。

(3) 在流水线中添加普通用户态指令。算术逻辑运算类指令、乘除法运算类指令、转移指令、访存指令等设计、优化、验证。

(4) 异常和中断的支持。异常和中断原理、LoongArch指令系统中异常和中断原理，流水线CPU实现异常和中断及其它指令的设计、优化、验证。

课外实训内容：

(1) AXI总线接口设计。类SRAM总线，类SRAM总线的设计，AXI总线协议，类SRAM-AXI的转接桥设计。

(2) 存储器管理单元设计。存储管理单元基本工作机制，TLB模块设计分析，MMU相关控制状态寄存器与指令的实现，利用MMU进行虚实地址转换及MMU相关异常的实现。

(3) 高速缓存设计。Cache的组织结构和工作机制，LoongArch架构中的Cache相关控制状态寄存器和指令，在流水线CPU中添加Cache支持的方法，Cache维护指令。

(4) SoC系统设计与实现。基于LoongArch架构实验平台，完成SoC搭建(CPU+主存+IO)，移植操作系统内核。

2.4 思政要素的挖掘与设计

由于计算机体系结构课程实践教学多围绕CPU及系统整体设计展开，课程实践中直接呈现的思政内容相对有限，所以需要深刻理解该学科知识的知识属性与价值内涵，基于辩证唯物主义思想，遵循实事求是原则做好思政要素的挖掘与设计工作。针对计算机体系结构实践课程特点，关于思政要素的挖掘与设计，可围绕以下几点进行：

(1) 从计算机体系结构学科背景文化挖掘。随着技术的飞速发展，计算机体系结构经历了从早期的冯·诺依曼体系到现代的多核和并行处理架构的演变，其快速发展的原理涉及电子电路和软件技术的进步，且本身具有极为显著的创新性。另外，冯·诺依曼体系结构的基础是图灵机模型，图灵机模型与算盘机模型已被证明是等价的^[7]。中国作为算盘的发源地，这一古老发明是中华民族对人类的重要贡献，无疑是优质的思政教育素材。

(2) 围绕学科知识所蕴含的思维方式进行挖掘。计算机体系结构知识的运用重在计算机系统设计，这是一种高层次解决工程问题的逻辑能力，在解决工程问题的过程中着重精益求精、勇于创新。因此，在实践教学活动中依据学生的思维，适时地将这些思政元素自然渗透，润物细无声地实现学生向更深层次价值取向的塑造，是课程思政元素挖掘的主要来源。

(3) 从国内外社会关注的“卡脖子”技术和国产化替代技术进行挖掘。通过向学生分析我国信创产业发展现状及趋势、国产化替代技术发展现状及趋势，这样一举会引导学生认识我国发展自主可控计算机技术的重要意义，点燃学生爱国敬业的激情，让学生把

“推动国产CPU及我国信创产业发展”作为他们的使命所向；通过学生对计算机系统多层次能力目标的达

成,培养学生不怕困难、敢于创新的精神及具备从多维度审视问题的能力;借助计算机体系结构实践训练,培养学生精益求精的工匠精神和拼搏创新精神,在学生心目中树立起科技自立自强信念。

以上面的思政要素挖掘与设计思路,结合OBE理念,依据计算机体系结构实践教学目标,实践教学思政要素设计切入点与实施路径如表2。

表2 思政要素切入点与实施路径

教学环节	主要思政元素	切入点与实施路径
课内实训	大国工匠精神和科学精神	要求利用硬件描述语言设计CPU程序科学合理,并不断优化、改进、完善和提升。
	自主学习和勇于创新	用硬件描述语言设计CPU程序时,当学生解决较复杂的流水线、缓存、分支预测设计等复杂技术问题时,需要自主学习并尝试解决。
	工程伦理	对CPU设计程序不断调试、发现问题、解决问题、勇于创新。
课外实训	团队协作和爱岗敬业	以项目式展开实践,学生以6至8人为小组开展SoC系统设计、仿真测试、验证测试,共同收集资料,并进行构思和设计,完成整个计算机系统。
	民族自信和科技自信	开展实践作品的汇报、分享等活动。

2.5 教学方法设计

(1) 以学导为核心,练演相融合。计算机体系结构实践是一门工程性很强的实践课程,需得在工程实践中不断让知识得到巩固。因此,将演练相融合是计算机体系结构课程实践教学的重要教学方法。与此同时,有些复杂的问题需要引导学生有目的的自主学习研究,并在实践过程中验证设计的内容,使学生在学习中处于主体地位,助力他们增强自主学习能力与自信心。

(2) 分工配合,共进共赢。学生在计算机体系结构实践中总会遇到一些问题和瓶颈,特别是复杂流水线设计和复杂指令系统设计、验证环节,需要让学生开展交流讨论会活动,相互学习,协同合作,共同探索,共同解决实践中复杂问题,助力学生提升自主管理与协作能力,达成共进共赢的目标。

(3) 跨学科融合,实践与创新。计算机体系结构在数字电子技术、计算机组成原理、操作系统、嵌入式系统等课程中间起承上启下作用。因此,学生不仅要熟知计算机体系结构实践课程的专业知识,还得

拥有数字电子、操作系统等多学科的知识基础。在课程实训中,依据实践基础平台、行业岗位和学科竞赛需求设计实践项目案例,引导学生主动研习产业知识,扩充学生的视野,提升学生对知识的运用能力及实践创新本领。

2.6 课程考核评价设计

鉴于需全面对学生学习成果进行评价,以及分析课程目标的达成程度,计算机体系结构课程实践教学团队根据课程目标及教学内容,采用了‘两层两维’的课程评价方式,如表3所示。所谓“两层”是指“两个层面”,即期终考核评价和平时实训过程中间成果进行考核评价。前者的考核评价主要有教师对学生实验结果和实践报告的评价,还有实践课程目标达成程度和满意度的考核评价;后者的考核评价主要有学生课堂表现、学习态度、学习行为、综合实践的分项评价,以及小组汇报情况和个人贡献度等。所谓“两维”是两个维度,即客观评价和主观评价,前者包括学生课堂表现、课程实训项目完成情况、报告完成情况、小组汇报情况;后者则包括问卷调查、访谈等方式。

表3 “两层两维”课程评价

评价维度 评价层面	客观评价	主观评价
过程性评价: 课程实训全过程	(1)课堂表现、实践项目完成情况、报告完成情况、小组汇报情况、学生小组互评个人贡献度(20%)。 (2)学习态度、学习行为(25%)。 (3)教师评价、生生互评学习态度和学习行为(25%)。	学生小组匿名评价。(持续改进)
期终评价: 课程周期结束时进行	(1)教师实践报告(30%)。	课程目标达成情况、课程满意度。(持续改进)

3 课程教学实践分析

3.1 激发了学生学习兴趣和积极性

完成一个“具有功能完备、可支持操作系及简单应用的计算机系统”的计算机体系结构实践任务,通过设定真实工程场景促使学生在限定时间内高效利用专业知识解决复杂问题,既是对专业理论学习成果的检验,也是对创新思维、协作、实践技能及表达能力的锻炼。与此同时,项目式实训也驱动计算机体系结构课程实践教学体系、模式、方法等创新。比如,《计算机体系结构》实践课程教师对课程内容不断打磨,

教学方法不断改进，取得了丰硕的成果。课程荣获四川省产教融合示范项目校本课程立项。立项国家级、省级和校级教改项目多项。教学团队成员荣获华为ICT大赛教学竞赛全国三等奖、全国大学生计算机系统能力大赛“优秀指导教师”称号，学校获计算机类专业系统能力培养试点高校。通过实践教学创新，在提升课程教学质量的同时，也激发学生对计算机专业基础理论学习的兴趣，调动其积极性。

3.2 丰富了实践教学内容，提高了学生专业能力

计算机体系结构实践课程及时融入产业新技术、国产化新技术，保证了课程教学内容的新鲜度和多变性，学生也能及时了解计算机体系结构的前沿技术。从课程的首节课即通过实践项目的设计思路介绍，使学生在认知层面形成系统思维，激发其创新意识，要求学生根据课程教学内容提前准备环境，包括：环境搭建，掌握工具链的安装及使用，提升学生基本操作能力；通过简单CPU设计，培养学生基本设计能力；通过复杂CPU设计，培养学生综合分析设计能力；基

表4 2022-2024年学科竞赛对比表

年份	学院学生 国家级获奖数	学院学生 省级获奖数	学院 A+国家级获奖数	学院 A+省级 获奖数	学院负责 ABC 国家获奖总数
2022年	23	92	0	2	13
2023年	54	173	0	4	27
2024年	73	268	2	6	51

4 结束语

高校落实“立德树人”根本任务，课程思政是重要的途径，同样是提升高校人才培养质量的核心任务。科学的课程教学设计是课程思政有效实施的前提和关键支撑。计算机体系结构实践教学是培养学生计算机系统能力的最重要基础课程之一，具有很强的专业基础性和技术安全性，且发展迅速，对该课程实践进行思政教学设计具有更多的挑战。因此，需要计算机体系结构课程教师紧跟国家信创产业技术发展，密切联系产业生态，及时更新掌握前沿技术，以学生为中心，考虑学生未来职业发展需要的能力出发进行课程教学设计。特别是课程实践教学内容及课程考核设计中要科学合理地挖掘与设计思政要素，并于无形中渗透到教学的各个环节，以润物无声的方式引导学生确立正确的理想与信念，培养具备德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。

于开发平台设计完成SoC系统及简单操作系统内核运行和验证测试，助力学生形成创新设计能力和处理复杂工程问题的能力。

3.3 教学质量得到提升，学生创新创业实践能力得到增强

学生设计“具有功能完备、可支持操作系统及简单应用的计算机系统”实践任务的完成，体会意念具体化和方案物化过程中的复杂性和创造性，学会技术合作交流、技术学习与探究的方法，从而培养学生批判性思维和创造性想象的能力、动手实践能力、技术的表达和评价能力以及创新能力和终身学习能力，从而提高人才培养的质量。如，如表4所示，近三年来，学校计算机科学与技术学院学生国家级获奖总数从2022年到2024年增长率达约217.4%，学院学生省级获奖总数从2022年到2024年增长率约为191.3%，学院A+国家级获奖总数实现了从零到有的突破，学院A+省级获奖数逐年增长，学院学生ABC国家获奖总数成倍增长。

参 考 文 献

- [1] 于延, 李英梅, 李红宇, 等. 融合OBE导向的案例式课程思政教学模式设计[J]. 计算机技术与教育学报, 2021, 9(01): 63-65.
- [2] 魏继增, 陈仁海. 面向系统能力培养的计算机组成与体系结构课程项目式教学改革[J]. 计算机教育, 2023(2): 74-79.
- [3] 胡迪青, 谭志虎, 秦磊华. 计算机专业硬件实验自动评测系统设计与实现[J]. 电气电子教学学报, 2020, 42(4): 115-118.
- [4] 吴强, 彭蔓蔓, 贺旭, 等. 支持自动评测的计算机体系结构课程实验管理系统[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10(05): 57-61.
- [5] 秦国锋, 李晨扬, 林芃芃, 等. 重构计算机系统教学: 从MIPS到RISC-V计算机原型系统实验[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(5): 189-198.
- [6] 吴强彭, 彭蔓蔓. 计算机系统结构课程在线研讨式教学实践[J]. 计算机教育, 2021(10): 72-75.
- [7] 迈克尔·西普塞著, 段磊, 唐常杰等译. 计算理论导引(第三版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.