|  |  |
| --- | --- |
| 项目编号 |  |



大学生创新创业训练计划

创新训练类项目申请书

项目名称 基于MIPS架构的CPU设计

探索“新工科”实践教学模式

项目负责人 王浩 联系电话15621432381

所在学院  计算机科学技术学院

学 号 2020204246 专业班级 20级图灵班

指导教师 刘纯毅

E-mail 2298148851@qq.com

申请日期 2022年5月4日

起止年月 2022年5月4日到2023年5月4日

**青岛大学创新创业学院 制**

**填 写 说 明**

一、申报书须逐项认真填写，内容要实事求是，表达明确、严谨。空缺项要填“无”，项目编号及学校资助经费由学校填写。

二、表格中的字体为5号宋体，1.5倍行距；需签字部分由相关人员以黑色钢笔或水笔签名。均用A4 纸双面打印，于左侧装订成册。

三、项目实施原则：参与项目的学生要对科学研究或创造发明有浓厚的兴趣，有创业意识与经验积累，并在导师指导下完成实验、实践过程。

四、创新训练项目、创业训练项目团队不超过6人，创业实践项目团队不超过10人；完成期限一年，最长不超过2年。

五、指导教师应具有讲师以上职称，同期指导项目数量不能超过2个。

六、项目负责人所在院系须认真审核,签署推荐意见并加盖公章后提交。

一、基本情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目  名称 | | 通过基于MIPS架构的CPU设计，探索“新工科”实践教学模式 | | | | | | | | | | | | | |
| 所属  学科 | | 学科一级门： | | | 计算机专业 | | | | | 学科二级类： | | | 计算机科学与技术 | | |
| 申请  金额 | | 2000 元 | | | | | 起止年月 | | 2022年 5月至 2023 年 5月 | | | | | | |
| 负责人  姓名 | | 王浩 | | 性别 | | | 男 | 民族 | 汉 | | | 出生年月 | | | 2000年8月 |
| 学号 | | 2020204246 | | 联系  电话 | | | 宅： 手机:15621432381 | | | | | | | | |
| 指导  教师 | | 刘纯毅 | | 联系  电话 | | | 宅： 手机:15621432381 | | | | | | | | |
| 负责人曾经参与科研的情况 | | | 在创新创业课程设计中利用openjl实现了“我的世界之迷宫”3D游戏设计  参加过蓝桥杯，获得省赛二等奖。  参加数学建模比赛，参加过mathurcup杯大数据竞赛，美国大学生数模竞赛  获得龙芯杯系统能力认证 | | | | | | | | | | | | |
| 指导教师承担科研课题情况 | | |  | | | | | | | | | | | | |
| 指导教师对本项目的支持情况 | | |  | | | | | | | | | | | | |
| 项  目  组  主  要  成  员 | 姓 名 | | 学号 | | | 专业班级 | | | | | 所在学院 | | | 项目中的分工 | |
| 王浩 | | 2020204246 | | | 20级图灵班 | | | | | 计算机科学技术学院 | | | 结构设计/项目统筹与总结 | |
| 赵颖颖 | | 2019203489 | | | 20级计科二班 | | | | | 计算机科学技术学院 | | | 模块设计/指令设计 | |
| 吴承晓 | | 2020204182 | | | 20级图灵班 | | | | | 计算机科学技术学院 | | | 编程实现/技术优化 | |
|  | |  | | |  | | | | |  | | |  | |

二、立项依据（可加页）

|  |
| --- |
| 1. **项目简介**   基于MIPS架构的CPU设计，探索“新工科“实践教学模式。  本项目通过基于MIPS架构指令、采用FPGA进行设计、使用Verilog语言从小指令集开始设计一个基于MIPS架构的CPU，并支持流水线以及中断功能，以实现整个设计方案。该项目具体实现目标着力于能够在自己动手设计的CPU，并能在其上运行linux操作系统内核，顺利通过编写仿真测试代码，最终下载到开发板进行调试和成果展示，核心目标是探索出一条理论与实践相结合的新型的本科教育模式。  并且与中国科学院大学发起的由本科生来参与芯片制作的实践计划“一生一芯”对接。目的都是是为了尽早尽快地为我们国家培养和积累更多的芯片研发技术人才。   1. **研究目的**   CPU 是计算平台的核心硬件，对整个计算机硬件设计至关重要，CPU 的设计技术是现代工业国家必须掌握的核心技术。国家的“十四五”规划也明确提出加快计算机硬件设计技术攻关，把发展硬件设计技术提高到国家层面，并着重提到要加强具备计算机体系结构设计能力人才的培养。  但同期全国高校培养规模却只能满足需求的一半，中国处理器芯片设计人才严重紧缺。究其根本原因，是当前高校计算机硬件课程体系中存在着简单把硬件课程当作教学内容、教学与实践相隔甚远的弊端。  如何加快此类人才的培养规模与速度是我国迫在眉睫的难题，培养合格的集成电路人才是当今时代赋予高校的重要任务。高校教学必须坚持以本为本，积极推进“新工科”建设，采取以项目带动兴趣，以项目促进学习的教学方案，强化学生软硬一体的能力，打通软硬件交互，助力国内高校培养建设。  设计一个指令集较为完善，能在操作系统上使用的实用 CPU同样是一项综合性强的工程，是对计算机本科生计算机体系结构能力的检验和提升。因此，我们着眼于当前备受关注的CPU设计问题，将计算机体系结构知识应用到实际中去。通过对芯片的结构进行充分理解和研究，便于将来从事CPU等底层硬件开发，与国家的强芯计划相吻合，为我国计算机发展做贡献。  此项目寄希望于提高国内本科生对于计算机硬件的兴趣，为我国提供源源不断的计算机硬件人才。   1. **研究内容**   计算机硬件设计是计算机专业的必修课程，在传统教学体系下，学习往往是更重视理论而忽视了实践和工程能力的培养，实验课也往往是对于指令功能和组成结构的简单验证和设计。在这种教学模式下，本科生很难建立起对于硬件的深入理解，也很难培养起对于计算机学习的兴趣。  所以本项目致力于通过CPU的设计，来培养本科生对硬件的兴趣，提升硬件设计能力，具体实验内容是利用先进EDA工具和FPGA实验平台，设计开发一个基于MIPS指令体系，采用指令流水线、高速缓存、转移预测等技术的CPU。并通过软硬件协同设计，最终实现一个能够搭载Linux操作系统内核的系统级芯片(SoC)。  我们利用在课上学到的CPU硬件层结构以及所支持的指令集体系结构，分析了各个指令所需要的数据通路部件，利用Verilog语言，从头完整地实现这些指令以及部件，以完成CPU的设计，为此我们设计了如图1所示的模型结构。  97Y(~7LQMZX~X[5R_X_QXDD  图1 模型设计图  图片4  图 2 总体设计思路  如图2所示，我们将CPU设计分为指令设计和硬件设计两部分，关于指令部分，我们实现了MIPS指令集中和CPU功能相关的一些指令；关于硬件部件部分，我们实现了CPU的组成部件。基于此，我们打通了软硬件之间的交互，完整地实现了CPU的设计。  本项目不仅在通过实践中对理论知识的进行了验证，加深了同学们对硬件理论知识的了解，更进一步提升了系统能力，同时开创了硬件设计新模式。  本项目主要研究的技术点有：指令流水线技术、高速缓存技术、转移预测技术等，并力图在CPU上实现以上技术并能做到稳定与高速，能够运行真实的操作系统。   1. **国、内外研究现状和发展动态**   为主动应对新一轮科技革命与产业变革，支撑服务创新驱动发展、“中国制造2025”等一系列国家战略。针对工科类应用型人才培养存在理论知识与实践能力衔接不够，学生自主研发，主动探索的主观能动性不强，工程创新实践能力薄弱，毕业生工程实践能力与企业发展要求存在较大差距等问题。2017年2月以来，教育部积极推进“新工科”建设。根据“新工科”应用技术大学的人才培养要求，应用型的大学计算机基础课程，既不能停留在计算机操作技能训练，也不能简单地介绍计算机原理和计算机基础知识，需要从应用层面来理解计算思维，解决实际问题。  纵观国外产学研结合，计算机体系结构教育模式，国外学生会在教师的引导下，阅读大量的文献资料，展开对理论知识的深入分析，进而应用到项目开发中，学生自主学习的兴趣比较浓，但是考核环节比较模糊。比较成功的典型有：1.德国“双元制”模式；2.美国“合作教育”模式 3 英国“工读交替”模式。上述模式中，各个国家都是把人才培养与具体项目的研究结合起来，在项目实践中打造真正的工程人才，推进工学结合，体现了工程人才教育地本质。  而国内高校大多采用的传统工学类教育模式存在很多问题，具体体现在教授方式，考评方式上不够成熟。  高等教育工学类专业课教学大多以教师课堂教授知识为主，辅之以基本的验证型实验和课程设计，学生被动接受老师“填鸭式”教授的知识，而不去深入主动地思考，长此以往导致学生地创新性收到遏制。同时，缺少与实际工程问题相结合，缺乏对知识的探索过程，束缚了学上的工程能力，无法满足新形势下国家和行业对工科人才的培养要求。  对学生软件工程能力的考核也是是十分粗糙，也还没有成熟的评价方式；有的学校是以评教为主，不是评学；有的学校的评价是通过期末终结性试卷考试为主，平时的作业占比很低。大多数学校的考核是围绕理论课程的考试评价进行，没有做到对课程实践过程中的软件工程能力做精细的考核。因此，要求不严格、考核不细致，导致实践过程中的质量得不到保证，也不能激发起学生学习的动力与兴趣，学生的能力也不能达到企业用人的要求。  为培养出符合市场需求的工程人才，国内很多高校也开始进行教育体系改革的探索。例如西安理工大学就成为加入“卓越工程师计划”的第一批高校。近年来，为促进工程人才培养质量，西安理工大学部分专业陆续通过了“华盛顿协议”的“工程教育专业认证”。2016年，按照“工程教育专业认证”的要求，西安理工大学对所有专业进行培养方案的修订和课程体系的建设。  当前以西安理工大学等高校在“新工科”教学体系建设领域已经进行了很多探索，取得了一定的成效，但是仍然面临着国内高校普遍存在的共性问题，且教学模式尚不成熟，没有形成统一的标准，因此本项目通过基于MIPS架构的CPU设计，探索出一条理论与实践相结合的“新工科”实践教学模式。  参考文献：  [1]胡伟武.自主CPU发展道路及在航天领域应用[J].上海航天,2019,36(01):1-9.  [2] 魏强,李锡星,武泽慧,等. X86中央处理器安全问题综述[J]. 通信学报,2018,39(z2):151-163. DOI:10.11959/j.issn.1000-436x.2018262.  [3]PATTERSON D A，DITZEL D R．The case for the reduced instruction set computer[J]．ACM SIGARCH Computer Architecture News，1980，8(6)：25—33．  [4]TOMASULO R M．An efficient algorithm for exploiting multiple arithmetic units[J]．IBM journal of Research and Development，1967，11(1)：25—33．  [5] YEAGER K C. The MIPS R10000 superscalar microprocessor[J]. IEEE Micro, 1996, 16(2):28-41  [6]黄海.浅论CPU现状及发展趋势[J].河南科技,2013(02):6.  [7]大国科技观. 清华响应国家号召，成立芯片学院，国人却不买单？任正非道出关键.[J].https://www.163.com/dy/article/GG13R02U0539961M.html.2021年7月28日  [8]中金企信国际咨询.2022年全球及中国CPU行业市场规模发展趋势分析及竞争战略研究预测https://www.sohu.com/a/498937013\_120624718.2022-03-30  [9]粟涛,农姗珊,梁东宝,陈弟虎.“CPU芯片设计”实验教学探讨[J].电气电子教学学报,2019,41(02):101-104.  [10]江莹. 基于RISC-VISA（RV32I）的CPU芯片设计[D].北京交通大学,2021.DOI:10.26944/d.cnki.gbfju.2021.001833.   1. **创新点与项目特色**   本项目立足本科生教学现状，总结国内外经验和探索，借鉴由浅入深，由简单到复杂的“渐进式”培养模式，结合实践经验，总结出以下创新点和项目特色。首先通过自底向上渐进的方式，逐层打通软硬件，再利用FPGA开发板，实现全流程仿真。最后总结出“新工科”实践教学模式，为国家“新工科”建设贡献一份力量。  **1.自底向上，打通软硬件**  1）RTL级阶段，实现基本硬件门电路的实现及仿真使学生熟悉Verilog编程环境和硬件设计方法。  2）部件级阶段，实现计算机各硬件组成，主要是简单指令集CPU，将把CPU下载到FPGA开发板上，实现一个真正可以执行的计算机硬件系统。  3）系统级阶段，完成一个流水线MIPS CPU，包括数据冲突、分支预测和二级流水Cache的实现，并且实现在计算机系统层面的性能优化。  **2. 全流程仿真，仿真与下板相结合**  目前，基于FPGA的硬件电路开发方式已经成为计算机硬件类工程项目开发的主要模式。通过硬件描述语言VHDL，学生可以进行硬件电路的设计和仿真，并可以下载到实际FPGA开发板上，具有非常好的灵活性和可操作性。  计算机系统的硬件结构包括CPU、内存、硬盘、外设等，这些基本部件需要在FPGA开发板进行对应，才能更好地完成相关的实验开发。  我们基于已经具备的研发条件对实验设计的各个部件进行全流程的仿真，以Xilinx公司的FPGA为主要芯片，从计算机的核心部件CPU出发，依据“自底向上”的硬件设计模式，研究计算机部件实现和计算机系统优化两部分相结合的实验内容，设计一套能够贯通整个计算机系统的渐进式实验项目。  3.**促进国家“新工科”建设**  根据“新工科”应用技术大学的人才培养要求，应用型的大学计算机基础课程，既不能停留在计算机操作技能训练，也不能简单地介绍计算机原理和计算机基础知识，需要从应用层面来理解计算思维，解决实际问题。而本项目所推动的教育模式有利于全体本科生深入掌握计算机系统内部的工作原理，构造方法以及软硬件的相互协同关系，有利于从顶层的专业培养目标出发，构建层次递进的创新人才培养课程体系，统一规划个课程的教学内容，将各课程有机的衔接起来，构建一个完整的计算机系统知识体系，为国家计算机行业地发展建设贡献自己的一份力量，引导“新工科”教育实践模式。   1. **技术路线、拟解决的问题及预期成果**   技术路线：    图3 技术路线图  拟解决的问题：  当前许多高校数字集成电路设计教学体系中，都把简单数字电路当作教学内容，教学与实践相隔甚远。这种状况并不能满足国家对人才培养的要求的问题。  预期成果：  设计一个基于MIPS架构的CPU，实现在CPU上运行Linux操作系统。能够实现  多周期5级流水，56条MIPS指令集，提升CPU性能，主频≥50MHz，并探索出一条本科生设计CPU行之有效的方法，提出本科生“新工科”实践教学模式培养的一种新模式。   1. **项目研究进度安排**   本项目分5个阶段完成：  1.2022年春季学期，完成计算机组成结构课程学习，熟悉CPU的内部结构。完成一个单周期CPU的设计。  2.2022年暑假，深入学习CPU设计技术，完成一个流水线CPU的设计，实现基本的MIPS指令集系统。  3.2022年秋季学期，为CPU添加AXI总线接口，Cache等技术，完成一个可以实用的CPU。  4.2022年寒假，深入优化CPU，提升CPU的运行速度，并运行一个Linux内核。  5.2023年春季学期，功能验证与分析总结，形成研究报告。   1. **已有基础**    1. **与本项目有关的研究积累和已取得的成绩**   1.在之前的课程中已经较为系统的学习过硬件设计相关的课程，具备相关知识储备。  2.在上学期的计算机课设作业中，实现了基本的单周期CPU的设计(如图4所示)并完成研究报告书。  3.与CPU设计相关的软硬件设计条件基本齐全，包括硬件设计测试工具箱，vivado等。  4.已经学过的FPGA设计工具和完整的EDA设计流程。    图4单周期CPU数据通路   * 1. **已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法**   **已具备的条件：**  **1理论知识得积累**  在之前的课程中已经较为系统的学习过数字逻辑电路，计算机系统基础，计算机组成原理等与CPU设计，硬件设计相关的课程，具备相关知识储备，在上学期的计算机课设作业中，实现了基本的单周期CPU的设计，与CPU设计相关的软硬件设计条件基本齐全，包括硬件设计测试工具箱，vivado等用已经学过的FPGA设计工具和完整的EDA设计流程。  **2 优越的软硬件设施和学术氛围**  学院重视本科生，教育模式教育体系改革，配备了FPGA开发板，硬件测试平台等硬件设施。同时指导老师地积极倡导，对新教育发展模式地探索和实践。指导学生学习基础知识，采用“渐进式”教学方式，符合硬件系统“自底向上”的模块化设计思想，为学生进行硬件设计，做好了方向上的指引。  **3 项目组成员**  项目组成员，在参加项目的同时为龙芯杯做准备，具有cpu设计和参与“龙芯杯”竞赛的基础。  **尚缺少的条件：**  1.在CPU效率，性能优化等方面还有一个很大的提升空间，对于性能优化方面，还需要进一步地学习对如何增加CPU频率，增设缓存，多发射等相关知识。  2.对具体Verilog问题的了解不够深入，缺少经费支持来引进先进的实验平台。  **解决方法：**  通过广泛查阅相关资料，借助互联网丰富的线上资源，请教指导老师，小组合作学习，等方式，学习CPU进阶设计理论。 |

三、经费预算

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 开支科目 | 预算经费  （元） | 主要用途 | 阶段下达经费计划（元） | |
| 前半阶段 | 后半阶段 |
| 预算经费总额 | **2000** | 参赛差旅 | **1500** | **500** |
| 1. 业务费 |  |  |  |  |
| （1）计算、分析、测试费 |  |  |  |  |
| （2）能源动力费 |  |  |  |  |
| （3）会议、差旅费 |  |  |  |  |
| （4）文献检索费 |  |  |  |  |
| （5）论文出版费 |  |  |  |  |
| 2. 仪器设备购置费 |  |  |  |  |
| 3. 实验装置试制费 |  |  |  |  |
| 4. 材料费 |  |  |  |  |
| 学校批准经费 |  |  |  |  |

四、指导教师意见

|  |
| --- |
| **导师（签章）：**  **年 月 日** |

五、院系推荐意见

|  |
| --- |
| **单位盖章：**  **年 月 日** |

六、学校推荐意见

|  |
| --- |
| **单位盖章：**  **年 月 日** |