

# 中国科学技术大学

## 专业硕士学位申请书

学 号、姓 名 SA19225360 王昊

专 业 领 域 软件工程


校 内 导 师  
姓 名、职 称 汪增福 教授

企 业 导 师  
姓 名、职 称 侯锐 研究员

中国科学技术大学学位办公室制

2022 年 4 月 30 日



姓 名	王昊	性 别	男	出生 年月	1997. 03. 21	
学 号	SA19225360		入学 年月	2019. 09. 01		
籍 贯	江苏省泰州市	民 族	汉	政治 面貌	共青团员	
职 务			职 称			
录取前工作单位						
攻读学位前 最后学历		本科	攻读学位前所 学专业		电气工程及 其自动化	曾获 学位 工学学士
何年、何月 何大学毕业		2019 年 6 月毕业于南京工程学院				
何时何地受过 何种奖励和处分		2019 年 10 月获得中国科学技术大学研究生二等学业奖学金				
攻 读 学 位 期 间 成 果 及 获 奖 情 况：发表论 文；重大工 程设计（包 括 项 目 策 划、技术改 造、产品研 制等）；创 新、发明及 专利等	项 目 名 称		时 间		成果鉴定或采用部门 发表刊物、出版单位	
简  历	起止年月		学习或工作单位		职务、职称	
	2015. 9. 1-2019. 6. 30		南京工程学院		本科生	

请找教学干事打印成绩单 贴至此页（可横向折叠或裁剪后粘贴）

### 论文摘要:

众所周知, 芯片产业是投入极高、回报极慢的领域, 而 RISC-V 提供了免费开源、开发周期较短的解决方案。面对国外芯片的生态和专利壁垒, RISC-V 有望成为我国自主研制处理器芯片的极好的选择。而在集成度越来越高的今天, 面对数千万乃至上亿晶体管的规模, 那种“设计硬件原型-实现-评估-改进-再实现”的模式已经无法满足现代设计应用的需求, 因此在芯片开发项目中实现一款体系结构模拟器有着重要的现实意义。

本文设计并实现了一款RISC-V指令集模拟器, 能够完成对RISC-V架构处理器的功能模拟, 包括指令集功能模拟, CPU和总线模拟, 平台级中断控制器模拟等, 并且提供了UI调试窗口, 可以直接对RISC-V架构目标程序进行可视化的调试。本模拟器采用了基于解释型的指令集模拟策略, 能够提供指令级别的仿真, 并且采用了信号与槽机制进行对象间通信, 能够以接近宿主机的速度进行跨平台程序开发和测试。该模拟器的主要功能是脱离硬件平台进行系统软件的移植开发工作, 能够极大地缩短芯片开发后期的软件适配过程, 另外也能够辅助进行处理器验证。

测试表明, 在本模拟器上的软件开发, 测试, 迭代周期, 相较于在RISC-V硬件仿真平台上, 缩短了90%以上, 并且还能够提供丰富的调试手段, 极大地降低了调试难度。本模拟器已在实际的芯片开发过程中承担了系统软件的前期移植工作, 在流片之前完成了Linux内核的适配移植, 并辅助进行了部分外设的驱动程序开发工作。

### 成果和新的见解:

RISC-V架构为软件开发人员提供了开源的指令集规范, 也为硬件设计人员提供的便利的指令集模块支持, 厂家可以根据自身产品特性选择适合自己的组合模块。按照如今RISC-V开源社区的发展态势, 有望在新兴的AI与IoT领域中对ARM的统治地位形成挑战, 这同时也是我国能在芯片设计领域打破技术壁垒的良好契机。

为了加快芯片开发项目中的系统软件开发过程, 以及辅助进行处理器验证, 本文从RISC-V芯片开发项目工作流程入手, 设计并实现了一款针对RISC-V体系结构的指令集功能模拟器, 可以使得芯片开发团队脱离硬件平台并行地进行系统软件移植, 开发和测试工作, 本模拟器提供对真实硬件的功能模拟, 以及丰富的调试手段, 缩短软件开发周期, 辅助处理器验证。

### 掌握何种外国语, 熟练程度如何?

英语六级 526 分, 能够熟练阅读英文文献, 以及日常口语交流。

培养单位指导教师意见（对申请人的理论基础、外语水平、业务能力、科研能力、申请人综合运用科学理论、方法和技术手段解决实际问题的能力以及创造的经济效益和社会效益进行全面介绍）

王昊同学的学位论文研究 RISC-V 指令集模拟器的设计与实现, 可使得 CPU 设计与系统软件的开发并行实施成为可能。RISC-V 指令集作为一种开源的指令集, 是我国研发自主可控的处理器的重要选择之一, 因此该选题具有重要的实用价值。

该生在论文研究工作中, 查阅和分析了体系结构模拟器的相关文献, 能够较好的将计算机体系结构理论应用于模拟器软件开发工作, 体现了良好的理论基础和工程能力, 该模拟器系统已应用于信息安全国家重点实验室的 RISC-V 芯片开发项目, 能够极大地提高芯片开发过程中的系统软件开发效率, 缩短芯片开发周期。


导师姓名	汪增福	职 称	教授
工作单位	中国科学技术大学自动化系		

导师（签名）：汪增福 2022 年 4 月 30 日

**企业指导教师意见：**

王昊同学自去年 8 月份开始的信息工程研究所——信息安全国家重点实验室实习。在我单位实习期间，能够严格遵守并执行各项规章制度，未曾出现无故缺勤，迟到早退现象。能够积极主动地配合其他师兄和同学参与研究和实践，认真学习专业知识，能够积极主动地向师兄学习，弥补自己的不足。能够灵活运用所学到的计算机专业知识解决学习和实践中遇到的各种困难，半年以来理论及专业技能均有很大程度提高。

经过将近十个月的实习，该实习生系统学习了 RISC-V 体系结构相关的前沿知识，积极参与 RISC-V 开源社区讨论，熟悉了 RISC-V 开源软件生态，并且能够虚心听取他人提出的建议，能将所学理论指导实践，该生对于实际的芯片开发流程以及软件移植项目流程有了充分的认识，检索信息的能力有很大的加强，但是对于整体项目架构的理解还有不足，需要慢慢积累经验。该实习生在实际芯片开发项目中参与了 RISC-V 指令集模拟器开发，为团队的跨平台软件移植以及后期的芯片验证工作都提供了很大的帮助。总体来说，经过实习期间的学习实践，该生掌握了前沿的理论知识，综合素质得到了较大的提升，达到了实习的目的。

导师姓名	侯锐	职 称	研究员
工作单位	信息工程研究所-信息安全国家重点实验室		
导师（签名）：  2022 年 4 月 30 日			

申请人所在单位意见：（包括政治思想、工作表现、业务能力等）

负责人（签名）：

（申请人为校外的） 单位人事部门（公章）

年 月 日



学 位 分 委 员 会 对 授 予 学 位 的 意 见

分委员会主席（签名）：

学位分委员会（公 章）

年    月    日

学 位 委 员 会 对 授 予 学 位 的 决 定

主席（签名）：

校学位委员会（公 章）

年    月    日

# 中国科学技术大学

## 专业学位硕士培养计划和成绩登记表

学号、姓名	SA19225360
所在院系	软件学院
专业领域	软件工程
研究方向	软件系统设计
校内导师 姓名、职称	汪增福 教授
企业导师 姓名、职称	侯锐 研究员
入学年月	2019.9
毕业年月	2022.6

校学位办公室制

2021 年 3 月 10 日

请找教学干事打印成绩单 贴至此页（可横向折叠或裁剪后粘贴）

**拟开展的论文工作计划（论文选题、文献阅读、课题内容、大致安排、计划方案等）**

2021.3 - 2021.4 完成对 RISC-V 指令集模拟器的调研，分析项目的可行性。撰写开题报告。

2021.5 - 2021.6 完成前期课题调研，研究分析相关技术，并掌握项目总体框架的设计。

2021.7 - 2022.1 掌握项目各模块具体的原理以及自己相关工作的重点和难点，熟悉系统架构的每个细节。根据设计文档完成自己相关模块的工作的详细设计，部署好开发环境，完成代码框架的编写。撰写毕业论文。

2022.2 - 2022.4 整理相关文档，完善毕业论文，进行毕业论文答辩。

2022.5 - 2022.6 修改和完善毕业论文。

校内导师（签字）：

江明强

2021 年 3 月 10 日

中国科学技术大学  
工程硕士论文工作中期报告考核表

学号	SA19225360	姓名	王昊	导师	汪增福
工程领域	软件工程		研究方向	软件系统设计	
论文题目	RISC-V 指令集模拟器的设计与实现				
论文类型	①工程设计（√）		②研究论文（）		
论文中期小结	论文进展情况 1. 完成体系结构模拟器相关技术文献的分析 2. 制定了本论文模拟器的技术选型 3. 生成系统需求规格说明书,并完成概要设计				
	成果和新的见解 1. 确定了 RISC-V 指令集功能模拟器的技术选型为基于解释型的指令集模拟策略 2. 模拟器对于缓存和 MMU 的功能模拟可以合并到同一模块,以此简化设计				
	有待改进之处 1. 需求分析还需要给出具体的用例图,用例描述表 2. 国内外研究现状还需要多查些资料				

在学期间所参加科研项目、获奖情况、发表文章及发明、专利等

项目名称

时 间

成果鉴定或发表刊物、出版单位

**论文中期报告考核评语**

该生论文工作依照计划进行,进入到详细设计实现阶段.前期的调研资料内容详实,论文确定的设计实施方案切实可行,论文内容安排工作量,难度适中,且有一定的先进性和实用性,有望取得价值成果.课题进展符合预期要求。

导师签字: 

培养单位负责人签字:

2021 年 10 月 10 日

## 中国科学技术大学学位论文相关声明

本人声明所呈交的学位论文,是本人在导师指导下进行研究工作所取得的成果。除已特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含任何他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的贡献均已在论文中作了明确的说明。

导师签名: 江必强

2022 年 4 月 22 日

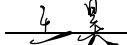
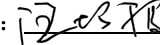
作者签名: 王美

2022 年 4 月 22 日

# 工程硕士学位申请者简况表

学位分委会	第 (1) 类工程类专业学位		所在系	A14软件学院苏州		工程领域	软件工程	
姓名	王昊	学号	SA19225360		工作单位	无		
现任职务	无		工作单位地址	无				
本人职称	无	本科毕业院校	南京工程学院			本科专业	电气工程及其自动化	
校内导师	汪增福 教授		企业导师	侯锐 研究员				
企业导师职务	实验室副主任		企业导师单位	信息安全国家重点实验室				
政治	85	外语	通过	总学分	35	专业必修课加权平均	85	
校内评阅人	盲评			答辩委员会组成				
企业评阅人	盲评							
企业评阅人单位	盲评							
企业答辩委员			企业答辩委员单位					
论文题目	RISC-V指令集模拟器的设计与实现						论文不涉密	
论文页数/字数	65/38000	答辩日期	2022/5/1	答辩委员会表决结果：共3票，其中：通过3票，修改论文、重新答辩、不通过0票				3/3/0
论文成果简介及应用	设计实现RISC-V指令集模拟器.采用基于解释型的指令集模拟策略,对RISC-V架构处理器进行功能模拟,提供调试功能和部分设备模拟.成果应用于信息安全国家重点实验室RISC-V芯片开发项目.							
论文成果应用单位	信息安全国家重点实验室							

本人承诺：用于申请学位的研究成果与学位论文相关。

本人签字：  导师签字：  系负责人签字：\_\_\_\_\_



中国科学技术大学软件学院

工程硕士研究生实习鉴定及成果应用证明

学生姓名	王昊	学号	SA19225360	性别	男	培养地	北京
协议单位	信息工程研究所-信息安全国家重点实验室						
实习单位	信息工程研究所-信息安全国家重点实验室						
企业导师姓名与职称	侯锐 研究员	企业导师联系方式	hourui@iie.ac.cn				
实习期间	2020 年 8 月 1 日 — 2021 年 5 月 1 日						

实习主要内容：


对 RISC-V 体系结构的自研芯片进行系统软件的移植适配和开发，包括 bootloader/Linux 内核。  
参与 gcc/python/docker 等软件的 RISC-V 移植。  
开发 spi nand flash 芯片驱动，并进行相关测试。  
参与 mailbox 压力测试, flash 磁盘压力测试。

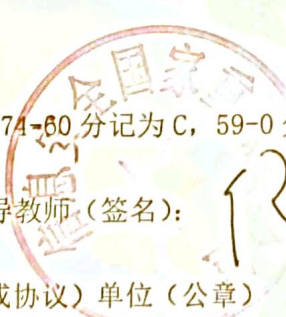
与学位论文相关实习成果及成果应用情况：

重构 RISC-V 指令集模拟器 spike，对调试模块进行优化，增加更多断点触发条件，寄存器实时监测等，满足项目后期的调试需求. 为 spike 添加设备模拟，包括平台级中断控制器 plic, 串行外设接口控制器 spi, 串口控制器 uart 等，更加符合实际硬件设计，也为对后续软件移植的测试提供了平台。

实习成绩：A☐ B☒ C☐ D☐

(说明：100-90 分记为 A，89-75 分记为 B，74-60 分记为 C，59-0 分记为 D。D 为不及格)

企业指导教师（签名）：

实习（或协议）单位（公章）

2021 年 6 月 30 日