

本科毕业论文

课题名称： 基于 **RISC-V** 存算一体芯片的编译器关键技术
研究

学 员 姓 名： 简泽鑫 学 号： 202102001019

首次任职专业： 无 学历教育专业： 计算机科学与技术
(计算机系统)

命 题 学 院： 计算机学院 年 级： 2021 级

指 导 教 员： 曾坤 职 称： 副研究员

所 属 单 位： 计算机学院微电子与微处理器研究所

目 录

摘 要	i
ABSTRACT	ii
第 1 章 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 深度学习编译器	2
1.2.2 深度学习加速器	2
1.2.3 RISC-V	2
1.3 论文的主要研究工作	2
1.4 论文章节安排	2
第 2 章 相关工作	3
2.1 神经网络	3
2.2 深度学习编译器	3
2.3 LLVM 简介	3
2.4 计算图优化研究	3
2.5 本章小结	4
第 3 章 计算图算子自动调度器	5
第 4 章 基于 RISC-V 存算一体芯片的编译器后端设计	6
第 5 章 编译器测试与分析	7
第 6 章 总结与展望	8
6.1 本文的工作总结	8
6.2 未来的工作展望	8
致 谢	9

摘 要

随着 AI 技术逐渐渗透到各大应用场景，市场对算力的需求呈现爆发式增长。

因此本研究致力于解决上述难题，主要研究了

通过测试表明，本文实现的编译器能够将应用算子自动映射到具有不同 IP 设计的加速部件，根据不同芯片架构特征生成正确的指令流来协调各个计算部件，挖掘芯片内部的计算并行性。

关键词：深度神经网络；编译；调度器；存算一体

ABSTRACT

Abstract.

KEY WORDS: key word 1, key word 2, key word 3

第 1 章 引言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着人工智能（AI）和大数据应用的迅猛发展，计算需求呈指数级增长，传统的计算架构面临严峻挑战。特别是冯诺依曼架构由于其数据在存储和计算单元之间频繁传输，导致数据移动成为性能瓶颈，限制了系统的整体效率。为了解决这一问题，存算一体（Compute-In-Memory, CIM）架构应运而生，通过将计算功能集成到存储单元中，显著减少数据传输量，从而突破冯诺依曼瓶颈，提升系统性能和能效。

同时，RISC-V 作为一种开放、可扩展的指令集架构（Instruction Set Architecture, ISA），凭借其完全开源、模块化设计和强大的可定制性，已成为构建存算一体芯片的首选。然而，基于 RISC-V 构建的存算芯片具有异构、碎片化的特点，这就要求开发者面向不同存算架构开发多个版本的应用，开发效率低、部署难。因此，如何实现将软件操作（包括计算、数据通信等）和硬件配置（如异构计算单元、存储层次等）解耦，以便 AI 应用开发不再依赖存算 IP 设计，是解决“编程墙”的关键问题。

不仅如此，AI 应用的不规则的发展趋势和存算芯片的异构化、碎片化的现状，使得我们需要探索新的动态编译优化方法，这种优化方法既需要能够充分的考虑到 AI 应用的动态变化的特质，又需要能够充分的挖掘未来存算芯片的架构特征。通过动态编译优化，可以实时调整编译策略，使得生成的代码能够更好地适应硬件的运行环境，提高计算效率和资源利用率。

故，本课题将面向 RISC-V 存算芯片修改 LLVM 编译器，实现对存算指令的支持。通过深入研究 LLVM 编译器架构和工作原理，分析 RISC-V 存算一体芯片的特性，探索如何在 LLVM 中添加对 RISC-V CIM 的支持。这包括但不限于对指令集的扩展、内存模型的适配以及优化策略的调整等，以实现应用算子的自动映射和正确指令流的生成，从而更好地协调计算部件，挖掘芯片内部的计算并行性，为 RISC-V 存算一体芯片提供有力的编译支持。



图 1.1 凌霄宝殿的建筑设计图

1.2 国内外研究现状

1.2.1 深度学习编译器

1.2.2 深度学习加速器

1.2.3 RISC-V

1.3 论文的主要研究工作

1.4 论文章节安排

第2章 相关工作

凌霄宝殿作为天界的核心建筑，其建设与维护不仅关乎天界形象，更与天界可持续发展息息相关。近年来，随着天界人口增长和经济发展，凌霄宝殿周边环境压力日益增大，环境问题逐渐凸显。为实现天界可持续发展，必须将环境保护理念融入凌霄宝殿建设与维护的全过程

2.1 神经网络

2.2 深度学习编译器

在凌霄宝殿选址阶段，应优先选择环境承载力强、生态敏感性低的区域，避开珍稀动植物栖息地和生态脆弱区。规划设计应遵循生态优先原则，合理布局功能区，预留生态廊道，构建人与自然和谐共生的空间格局。

表 2.1 Neuroticism and Agreeableness

	High Neuroticism	Low Neuroticism
	<i>Sensitive</i>	<i>Compassionate</i>
High Agreeableness	Prone to emotional distress but very empathetic.	Caring and stable, often seen as a supportive figure.
	<i>Contentious</i>	<i>Detached</i>
Low Agreeableness	Competitive and easily agitated.	Independent and calm, may appear aloof.

2.3 LLVM 简介

2.4 计算图优化研究

优先选用环保建材，减少对环境的污染。推广使用可再生能源，如太阳能、风能等，降低能源消耗。施工过程中应采取有效措施控制扬尘、噪音、废水等污染，最大限度减少对周边环境的影响。建立健全凌霄宝殿环境保护管理制度，明确责任主体，加强日常巡查和维护，及时发现和处理环境问题。推广使用节能环保设备，减少能源消耗和污染物排放。

注重生态修复与景观营造相结合，在凌霄宝殿周边建设生态绿地、湿地公园等，增加绿化面积，提升环境质量。选择适宜的植物种类，构建稳定的生态系统，发挥其净化空气、调节气候、美化环境等功能。建立完善的环境监测体系，定期对凌霄宝殿周边环境进行监测，评估环境质量变化趋势，为环境管理提供科学依据。加强环境保护宣传教育，提高天界居民的环保意识，鼓励公众积极参与凌霄宝殿环境保护工作。

Let a , b , and c be the side lengths of right-angled triangle. Then, we know that:

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (2.1)$$

Prove by induction:

$$\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2} \quad (2.2)$$

2.5 本章小结

第 3 章 计算图算子自动调度器

第 4 章 基于 RISC-V 存算一体芯片的编译器后端设计

第 5 章 编译器测试与分析

第 6 章 总结与展望

6.1 本文的工作总结

6.2 未来的工作展望

致 谢

时光荏苒，转眼间我的大学本科生活即将画上句号。回首这四年的点点滴滴，心中充满了无尽的感慨与思绪。在毕业论文完成之际，我愿将这四年的经历与感悟凝聚成文字，向求学路上给予我帮助的师长和亲友表达我最真挚的谢意。

师恩如海，深不可测。首先，我要特别感谢我的导师菩提教授。从初入大学时的懵懂无知，到如今能够独立完成毕业设计，菩老师始终是我前行路上的明灯。他不仅在学术上给予我悉心的指导，帮助我拓宽视野，提升能力，还在生活中给予我无微不至的关怀，让我感受到如家人般的温暖。在这次毕业设计的过程中，从选题到实验，从撰文到定稿，菩老师的全程指导让我受益匪浅。每一次对实验结果的精益求精，每一次对论文的反复修改，都让我深刻体会到菩老师在科研工作中的严谨态度和对学生的严格要求。在师门的四年时光里，菩老师不仅传授给我学术知识，更教会了我踏实、认真、负责、勤勉的品质，这些品质将伴随我一生，无论是在科研还是其他工作中，甚至在日常生活中。在此论文完成之际，我衷心感谢菩老师一路以来的教导、呵护与关怀。

参考文献