

2023 年龙芯中科技术股份有限公司 教育部产学研合作协同育人项目申请书

项目名称：_____ 基于 LoongArch 后端的

_____ 编译原理实验设计研究

负责人：_____ 刘 彬 彬

联系电话：_____ 18156093633

工作邮箱：_____ binbin.liu@hfut.edu.cn

学校名称：_____ 合肥工业大学

通信地址：安徽省合肥市合工大翡翠湖校区科教楼 A602

申请时间：_____ 2023. 9

二〇二三年九月制

填 表 说 明

1. 申报资格：

(1) 全日制本科高校在职教师或在校学生；

(2) 原则上不接受之前已获得过同类项目资助的重复申报。

2. 有关项目内容、具体要求和说明请参考项目申报指南。

3. 项目负责人填写的内容由所在单位负责审核，所填内容必须真实、可靠。

4. 申请书由项目负责人填写并手写签名，报送所在高校主管部门审查、签署意见并盖章后，将扫描文件上传到项目平台 (<http://cxhz.hep.com.cn>) 。

项目概况	项目名称	基于 LoongArch 后端的编译原理实验设计研究				
	项目类型 (单选)	<input type="checkbox"/> 新工科、新医科、新农科、新文科建设项目 <input type="checkbox"/> 教学内容与课程体系改革项目 <input checked="" type="checkbox"/> 师资培训项目 <input type="checkbox"/> 实践条件和实践基地建设项目 <input type="checkbox"/> 创新创业教育改革项目 <input type="checkbox"/> 创新创业联合基金项目				
	起止年月	2023.9~2024.9				
项目负责人	姓名	刘彬彬	性别	男	出生年月	1990. 10
	职务/职称		讲师		最终学位	博士
	所在学校及院系		合肥工业大学 计算机与信息学院		邮政编码	230601
					电话	18156093 633
	教学研究 工作情况 (限 3 项)	起止时间	项目名称			项目级别
项目主要成员 (不含项目负责人)	姓名	职称	主要任务			签名
	唐益明	教授	规划和设计相关教学内容及实验项目			唐益明
项目相关背景 and 基础介绍						
<p>《编译原理》是计算机专业的核心课程之一，它在计算机本科教学中占有十分重要的地位。编译原理主要研究如何将高级语言程序转换为机器语言程序，它在计算机科学领域中起到了连接软硬件的桥梁作用。编译原理的理论知识包括有限自动机、上下文无关文法、语法制导翻译、数据流分析和控制流分析等。而编译器的具体工作流程主要包括词法分析、语法分析、语义分析、中间代码生成、代码优化和目标代码生成等步骤。</p>						

2021 年 4 月，龙芯中科公司正式发布了 LoongArch 指令系统架构。这个架构具有完全自主、技术先进和兼容生态等特点，它是构建自主可控的信息技术体系的重要里程碑。作为一个新兴的指令集架构，其相关的高等教育支撑体系有待进一步完善。为了支持 LoongArch 指令系统的推广并响应国家相关政策，项目负责人计划将 LoongArch 指令系统引入到合肥工业大学《编译原理》的课程教学中。

本项目拟设计一个产生 LoongArch 汇编语言的编译实验教学体系，使学生能够理解 LoongArch 体系结构及其指令集。通过进行基本的词法分析、语法分析、中间代码生成、代码优化和目标代码生成等实验，学生将构建一个能生成 LoongArch 汇编语言的实验级编译器。

研究基础：

自 2022 年入职合肥工业大学以来，项目负责人一直从事《编译原理》相关教学工作，对编译器的前端、中端和后端有深入的理解和认识。在 2023 年，他成功指导学生在计算机系统能力编译设计大赛中获得三等奖。唐益明老师自 2011 年入职合肥工业大学后，一直担任《编译原理》这门本科专业核心课程的主讲工作。此外，项目负责人与中国科技大学《编译原理》课程组保持紧密联系，能够获得相关课程组的软硬件支持。相关专业教师的加入和充足的软硬件设施为本项目组打下坚实的基础，确保了本项目的成功实施。

项目的特色和亮点

1、产生基于 LoongArch 架构的汇编语言

在众多指令集架构（如 X86，ARM，MIPS 和 RISC）中，LoongArch 坚持了自主可控和可信指令系统的路线，为我国自主软硬件的发展提供了坚实基础，降低了潜在的国际风险。

通过在编译原理教学体系中引入 LoongArch 架构，本项目旨在让学生在了解 LoongArch 体系结构的基础上，学以致用，深入了解如何产生合格的 LoongArch 程序。这不仅加深学生对编译流程的认识，还能够让学生了解 LoongArch 架构，为我国的信创教育贡献一份力量。

2、分层实验体系

本项目作为面向学生使用的课程实验教学，特设计分层的实验体系，以便适应水平各异的学生。为了让学生更好理解编译器的工作过程，项目将整个实验过程进行模块化组织。

（1）不同难度的文法

文法作为编译器的输入，在某种程度上决定了编译器的开发难度。因此，在 C 语言文法的基础上，本实验体系进行了裁减，并设计了三种不同难度的文法：基础，中等，进阶。通过这三种文法，在统一实验体系的基础上，能够适应不同能力的学生。

（2）模块化实验任务

为了降低实验复杂性给学生带来的困扰，项目将整个编译原理实验进行模块化切分。在模块划分的基础上，分别构建了基于相关开源软件的实验任务，以此对学生的能力进行全过程和全方面考察。

项目建设目标
<p>本项目旨在设计一个能产生LoongArch汇编语言的编译原理实验体系，以实现以下关键建设内容：</p> <p>（1）编译器全流程实验体系</p> <p>本项目计划实现一个较完整的编译流程，包括词法分析、语法分析、中间代码产生和汇编代码生成，这些流程将使学生能够构建一个实验级的编译器。</p> <p>（2）编译器全流程评测系统</p> <p>为了确保学生能够及时获得反馈，项目将针对每个实验任务构建对应的评测样例，从而形成整个实验体系的评测系统。</p> <p>（3）相关材料编写</p> <p>为了帮助学生更好地理解和使用本实验体系，项目计划制作一系列文档资料，包括实验环境的搭建、中间语言介绍和LoongArch体系结构知识。这些辅助材料降低了学生学习的门槛，并加速学生对相关知识的理解。</p>
项目建设内容和实施路径
<p>一、项目建设内容</p> <p>本项目旨在完成一个产生LoongArch汇编语言的编译技术实验体系。该实验基于C++语言进行编码，并在相关开源软件的基础上，实现了基本的编译流程：词法分析、语法分析、中间代码产生和汇编代码生成。通过此次实验，学生不仅能够学习具体的编译器实现过程，而且能够了解LoongArch体系架构。</p>

1、实验环境及测试

本项目以希冀平台为基础，各个编译实验模块将编写相应的测试用例，从而构建各个实验模块的自动化提交和测试环境。针对编译器最后产生的 LoongArch 汇编语言，将在龙芯 3C5000L 服务器上进行实际测试。

2、实验体系构建

针对具体的文法，本项目将基于开源软件 Flex 构建词法分析实验，并基于 Bison 构建对应的语法分析实验。针对中间代码生成任务，要求生成符合 LLVM 标准的中间代码。最后，在了解 LoongArch 体系结构相关知识的基础上，将编写产生 LoongArch 汇编语言的编译器后端。

3、相关实验材料编写

为了便于学生熟悉实验流程并降低学习门槛，项目组计划编写一系列实验材料和辅助说明资料，以确保学生能够顺利完成相关实验。拟制作的实验材料包括：

（1）编译原理实验指导书

该指导书介绍整个编译实验流程、要求和具体内容，以便学生了解实验流程。

（2）相关开源软件介绍

本实验体系建立在相关开源软件的基础上，因此项目将对以下内容进行简要介绍，包括但不限于 Flex、Bison 和 LLVM 编译设施。

（3）LoongArch 体系结构介绍

为了能够产生 LoongArch 汇编语言，项目将对 LoongArch 体系结构进行介绍，包括但不限于寄存器栈分配策略、指令翻译和代码生成等内容。

二、实施路径

1、明确项目目标：构建一个能够产生 LoongArch 汇编语言的实验编译器。首先，项目将进行编译流程的划分，并借助相关的开源软件实现有关功能。在了解相关知识的基础上，学生将开发一个生成 LoongArch 汇编语言的实验编译器。

2、实验开发模型：按照软件工程的思想进行整个实验编码任务的开发，初步计划采用访问者模式进行编译相关功能模块的开发。

3、项目执行：项目预计于一年内完成。根据项目目标，项目将首先完成整个实验体系的构建。在此基础上，项目将逐步完成相关测试代码编写工作，并最后完成相关资料的整理和编写工作。

项目预期成果

通过本项目一年的研究工作，预期将完成项目既定的目标，并在合肥工业大学的相关课程中推广 LoongArch 体系结构。具体的表现形式如下：

1、产生 LoongArch 体系结构汇编语言的实验体系：项目将公开一套完整的实验体系及其相关的测试样例。

2、完善实验手册和相关补充资料，以便于后期其他学生以及兄弟院校的学习和使用。

项目实施计划
<p>项目正式立项后将开始实施，执行期限为 1 年，具体安排如下：</p> <p>第 1 个月至第 2 个月：在已有工作和调研的基础上，完成实验平台和实验体系的搭建，并完成实验指导书和相关资料的编写。</p> <p>第 3 个月至第 6 个月：在相关课程中进行使用和推广，并根据使用中产生的问题进行实验体系的修改。</p> <p>第 7 个月至第 12 个月：在其它教学班级中进行推广，并进一步对实验体系进行补充和完善。</p>
经费使用规划
<p>项目经费预算为 3 万元，用于课题开发过程中的各类开支，大致分配如下，差旅费 1.5 万元，劳务费、通信费、交通费 1 万元，材料费、印刷费 0.5 万元。</p>

知识产权申明

若立项审批通过,本人郑重承诺在项目开发过程中不发生任何形式的抄袭行为,凡涉及到他人观点和材料,均依据著作规范作了注解或已获得著作人认可。

项目负责人: 刘树林

申请日期: 2023 年 10 月 24 日

申请人所在单位意见:

(加盖高校校级主管部门公章)

签 字: _____

日 期: _____