

基于 MIPS 的计算机虚拟实验系统研究与实现

邱日

班级：计科 151 班 学号：19215116

本科生毕业设计开题答辩



2019-01-9

大纲

① 研究意义与现状

② 研究目标和内容

③ 实现方法

④ 技术路线

⑤ 当前实际与预期进展

研究意义与现状

1 研究意义与现状

2 研究目标和内容

3 实现方法

4 技术路线

5 当前实际与预期进展

What is MIPS?

MIPS 指令集

MIPS 架构(英语:MIPS architecture, 为 Microprocessor without interlocked piped stages architecture 的缩写, 亦为 Millions of Instructions Per Second 的双关语), 是一种采取精简指令集(RISC)的处理器架构, 1981 年出现, 由 MIPS 科技公司开发并授权, 广泛被使用在许多电子产品、网络设备、个人娱乐装置与商业装置上。最早的 MIPS 架构是 32 位, 最新的版本已经变成 64 位。

基于 MIPS 的实验系统的研究意义

《计算机组成原理与系统结构》课程的特点

专业基础课, 基础性、抽象性、动态理论性、模块化、关联性和层次性, 在系统能力培养方面占有较大比重, 实验是课程不可忽略的辅助教学手段。

MIPS 的优点

- 属于精简指令集, 利于大学教学。
- 指令定长, 利于流水线的实现。
- 简洁优美, 设计精巧。

现有实验手段存在的问题

目前,大部分高校使用的教学实验手段仍是传统的硬件实验箱方式,部分有条件的高校采用了基于 FPGA 的处理器设计实验。

- 以硬件实验箱为主的实验：此类实验立足于深入理解计算机的内部构造和工作原理,但只能提供部分预置的验证型实验,不能提供设计型实验手段,且受到具体物理位置、使用时间和人数的限制,维护困难。
- 基于 FPGA 的处理器设计实验：此类实验面向系统能力培养,立足于设计,但需要具备一定的理论基础和开发技能,该类实验主要用于课程设计,不能用于辅助日常教学。

国内外研究现状

Table 1: 当前的基于 MIPS 的辅助教学实验工具

MIPS emulator	Open-source	Written in	Cross-Platform
MARS	Y	Java	Y
SPIM	Y	C++,Qt	Y
QEMU	Y	C	Y
ProcSim	N	Java	Y

解决思路与预期效果

解决的思路：

虚拟实验系统：采用纯软件, 具有可见性, 透明度高, 灵活可扩展, 易维护。

预期达到的效果：

可提供学生进行验证性和设计性的实验方式, 一方面加深学生对计算机内部工作机制的理解, 另一方面可开展自主设计实验。

研究目标和内容

1 研究意义与现状

2 研究目标和内容

3 实现方法

4 技术路线

5 当前实际与预期进展

研究内容

研究内容

本项目分为核心层、接口层和应用层

- 核心层是 mips 指令集的模拟实现。系统在此层包括五个模块
- 在接口层中, 在虚拟机之上, 将系统功能封装成一组可以被调用的函数或接口, 一方面对用户屏蔽虚拟机的具体操作细节, 另一方面为应用提供必要的支撑。
- 在应用层中, 包括本项目要完成的各类验证型实验程序, 该层所需要的底层功能均需要通过调用接口实现。在应用层中, 可以展示一些直观的东西。

核心层的五个模块

- 取指：取出指令存储器中的指令, PC 值递增, 准备取下一条指令；
- 译码：对指令进行译码, 根据译码结果, 选择从寄存器中或者直接由立即数得到操作数；
- 执行：根据译码阶段送进的源操作数, 和操作码, 执行运算, 将结果传递至访存阶段；
- 访存：访问存储器, 读写存储器；
- 回写：将运算结果写回寄存器。

实现方法

1 研究意义与现状

2 研究目标和内容

3 实现方法

4 技术路线

5 当前实际与预期进展

实现步骤

- 通过研读《计算机组成与设计》这本书, 结合网上资料。分析 mips 指令系统, 考虑并选择要实现其中的指令子集。
- 阅读相关手册与开源代码, 理解硬件抽象的过程。
- 可以先用脚本语言开发出原型的系统, 理解所要开发的整个系统, 积累开发经验, 之后进行产品迭代更新。
- 开发时注意分层次分模块地分析和实现系统, 理解 MIPS32 的架构。

按功能划分

参考 MIPS CPU 的指令集设计原则, 本系统所有指令的执行都在寄存器中完成, 如果要和存储器交换数据只能使用 Load 和 Store 指令。按照功能划分, 核心的指令(61 条)被分成以下几类:

- 算术指令 — add, addu, addi, addiu, sub, subu, div, divu, mult, multu 等
- 逻辑指令 — and, andi, nor, or, ori, xor, xori 等
- 数据传送指令 — load, store, lui, mov 等
- 无条件转移指令 — j, jr, jal 等

按格式划分

从指令格式上分, 本系统指令被分为三类, R-类型、I-类型和 J-类型, 分别对应寄存器操作数、含立即数操作数和含偏移地址的三种类型指令。考虑到系统的全面性, 三类指令必然都要在实现中体现到。

技术路线

1 研究意义与现状

2 研究目标和内容

3 实现方法

4 技术路线

5 当前实际与预期进展

技术路线

- 本项目拟以核心层的 MIPS 虚拟机作为底层核心, 以 Linux 操作系统作为宿主机, 以 MIPS32 体系结构为目标机器。虚拟机采用模块设计的方法, 包括运算器、控制器、存储器、I/O 接口部件等, 可以供设计型实验替换。
- 接口层: 抽象一些系统必要的接口。比如部分实现 MIPS 指令集中的 syscall 等。
- 应用层: 包括本实验要完成的各类验证型实验程序, 该层所需要用到的底层功能均需要通过调用接口实现。在这层可以考虑实现单步执行等功能。在这里应当能实现指令的读入运行, 并展示给用户。

方案

开发语言选择

本系统宿主机为 x86 的 Linux, 目标虚拟机采用 MIPS 指令集。目前考虑使用 C 语言完成采用 MIPS 指令集的虚拟机核心层, 目前考虑在 Qt、Java 中选择一种来开发软件界面。

开发过程

可以考虑使用 python 等高级语言来首先完成原型系统的快速开发, 从这个过程中摸索经验, 总结规律。之后对产品进行迭代更新。

特色或创新之处

- 既能辅助日常教学,用于加深对理论知识的理解,让课本中的原理更加直观。
- 又能提供设计的空间,培养学生的系统能力和结构性思维能力。
- 本项目开发过程将坚持 KISS 原则,保持系统的结构和功能上的完整性,同时尽量保持系统的简洁性,让学生可以通过源码剖析原理,或者自己手动编码,或替换系统部件或为该系统加入更多功能,从而加深理论认识。
- 本项目具有不受具体物理位置、时间和人数的限制;即学即用、实验设置灵活、实验代码开源、可扩展性强、使用成本低、方便维护等特点。

可行性分析与预期进展

1 研究意义与现状

2 研究目标和内容

3 实现方法

4 技术路线

5 当前实际与预期进展

可行性分析

- 《计算机组成原理》课程与相关教材为本系统的实现提供坚实的理论基础
- 虚拟化技术运用广泛, 虚拟实验系统手段日渐成熟。
- 参与过 MIPS 相关小项目的设计开发过程, 对实验开展的方法有一定程度的理解。
- 作为学生也处于不断学习的过程, 可以方便地接触到系统的最终用户, 并结合自身学习经历作出合理的分析。
- 初步学习过 Java、C、Python, 有一定的编程经验和编程能力。

研究计划及预期进展

- 2019.01-2019.02：阅读相关书籍资料, 打好知识储备。
- 2019.02.01-2019.02.15：着手编写原型系统, 与理论知识相结合。
- 2019.02.16-2019.02.28：完成产品的迭代。重点实现系统的核心层, 即 MIPS 指令集虚拟机；编写基于 MIPS 的计算机组成原理虚拟实验系统的各部分代码。
- 2019.03-2019.04：虚拟实验系统的可视化界面, 最终可以在宿主机中看到系统的运行。实现可优化和改进的模块化组成, 系统中部件可以被替换与完善。
- 2019.04-2019.05：完成实验配套的完善报告和使用说明, 撰写毕业论文与研究报告。

应用前景

应用前景

可以用在教学之中, 相对于国内外大而全的 MIPS 模拟器, 本项目小巧简洁, 可以被学生迅速理解。有助于学生自主参与到本系统的扩展中从而加深对理论知识的理解, 达到教学目的。我自己也将能通过实验加深理论认识, 获得提高。

欢迎批评指正！