Project Of SI100B EE Part

RISCV miniCPU Design in Logisim

SPEAKER Chaofan Li

lichf2025@shanghaitech.edu.cn

上海科技大学
ShanghaiTech University

上海科技大学
ShanghaiTech University

Contents

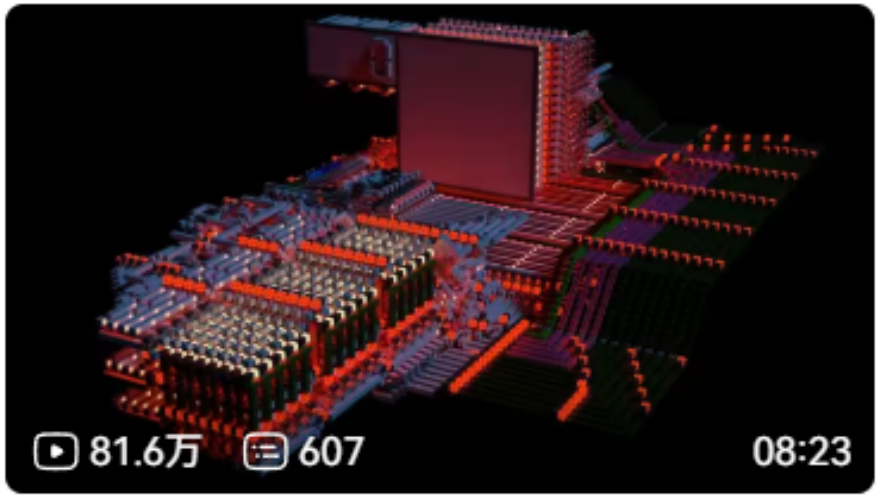
1 Background ->
2 Tasks ->
3 Grading Policy ->

Background——What is CPU?



【Minecraft】这是你从未见过的1Hz超强红石电脑

UP 1055Lab · 2021-12-12



一台1Hz的红石计算机

UP 小涵Naiwenel · 2024-10-01

Background——Compile

C source #1

Save/Load Add new... Vim C

```c
/* Type your code here, or load an example. */
int main(){
    int a =3;
    int b =4;
    int c = a + b;
}
```

RISC-V (32-bits) gcc 15.2.0 (Editor #1)

RISC-V (32-bits) gcc 15. Compiler options...

```
main:
        addi    sp,sp,-32
        sw      ra,28(sp)
        sw      s0,24(sp)
        addi    s0,sp,32
        li      a5,3
        sw      a5,-20(s0)
        li      a5,4
        sw      a5,-24(s0)
        lw      a4,-20(s0)
        lw      a5,-24(s0)
        add     a5,a4,a5
        sw      a5,-28(s0)
        li      a5,0
        mv      a0,a5
        lw      ra,28(sp)
        lw      s0,24(sp)
        addi    sp,sp,32
        jr      ra
```

Background——Assembly

PC	Machine Code	Basic Code	Original Code
0x0	0xFE010113	addi x2 x2 -32	addi sp,sp,-32
0x4	0x00112E23	sw x1 28(x2)	sw ra,28(sp)
0x8	0x00812C23	sw x8 24(x2)	sw s0,24(sp)
0xc	0x02010413	addi x8 x2 32	addi s0,sp,32
0x10	0x00300793	addi x15 x0 3	li a5,3
0x14	0xFEF42623	sw x15 -20(x8)	sw a5,-20(s0)
0x18	0x00400793	addi x15 x0 4	li a5,4
0x1c	0xFEF42423	sw x15 -24(x8)	sw a5,-24(s0)
0x20	0xFEC42703	lw x14 -20(x8)	lw a4,-20(s0)
0x24	0xFE842783	lw x15 -24(x8)	lw a5,-24(s0)
0x28	0x00F707B3	add x15 x14 x15	add a5,a4,a5
0x2c	0xFEF42223	sw x15 -28(x8)	sw a5,-28(s0)

sp (x2)	0x7fffffdc
gp (x3)	0x10000000
tp (x4)	0x00000000
t0 (x5)	0x00000000
t1 (x6)	0x00000000
t2 (x7)	0x00000000
s0 (x8)	0x00000000
s1 (x9)	0x00000000
a0 (x10)	0x00000001

Background

What is RISC-V?

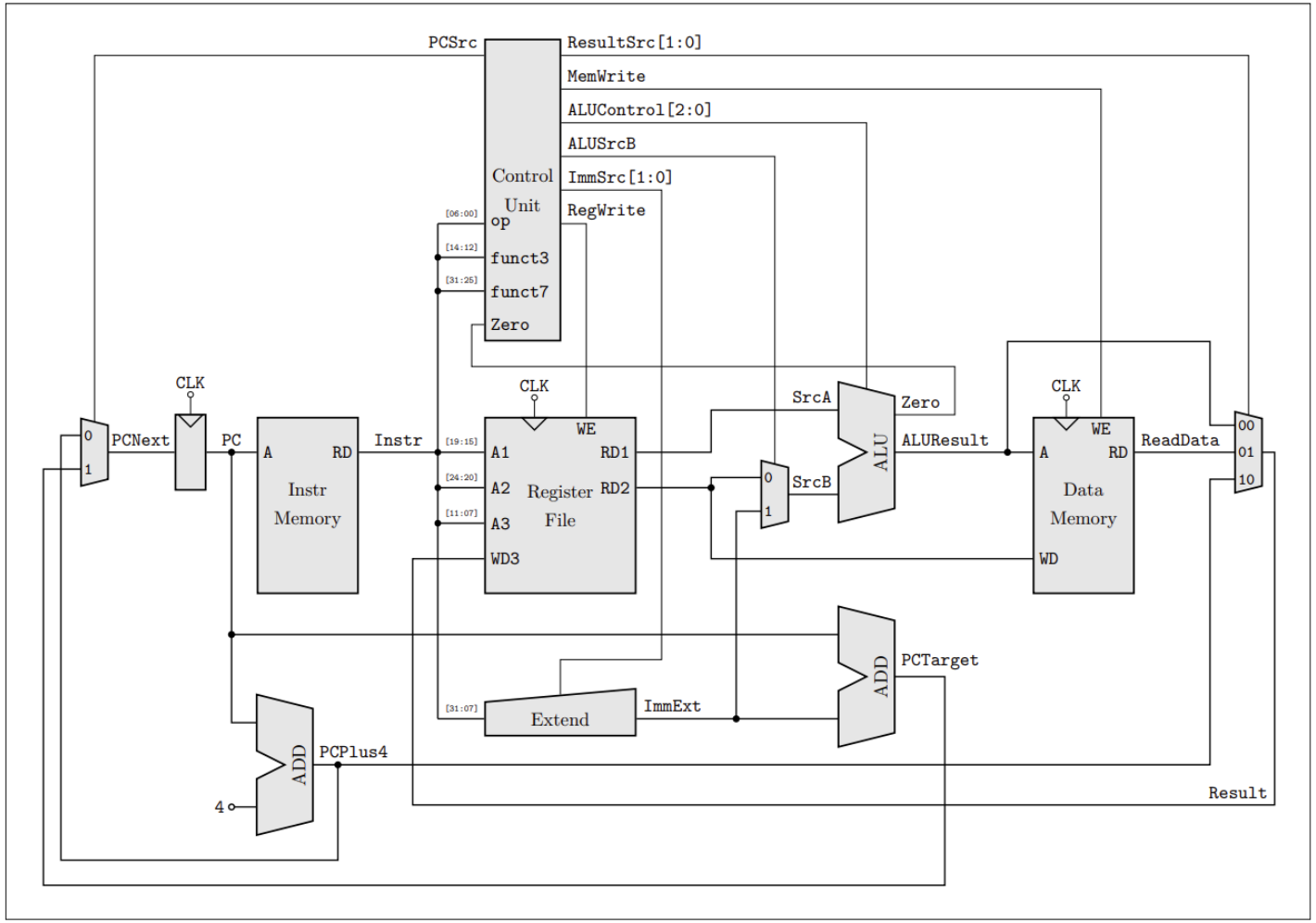
在计算机体系结构中，**指令集架构**（ISA）定义了处理器的基本指令规范，而**微架构**则负责具体实现这些指令的硬件电路设计。

主流的指令集包括 x86、ARM、MIPS 等。与它们不同的是，RISC-V 作为一个全新的**开源指令集架构**正在迅速发展。与闭源的 x86 和 ARM 不同，RISC-V 采用开放标准，允许任何厂商自由使用和实现。

ISA vs. Microarchitecture

- **ISA**: 软件能看到的指令和寄存器约定。
- **Microarchitecture**: 让这些指令真正运行起来的硬件组织。
- 本 Project 的目标是用 Logisim 设计一个能执行 RISC-V 子集的 miniCPU。

Overview of RISC-V Architecture



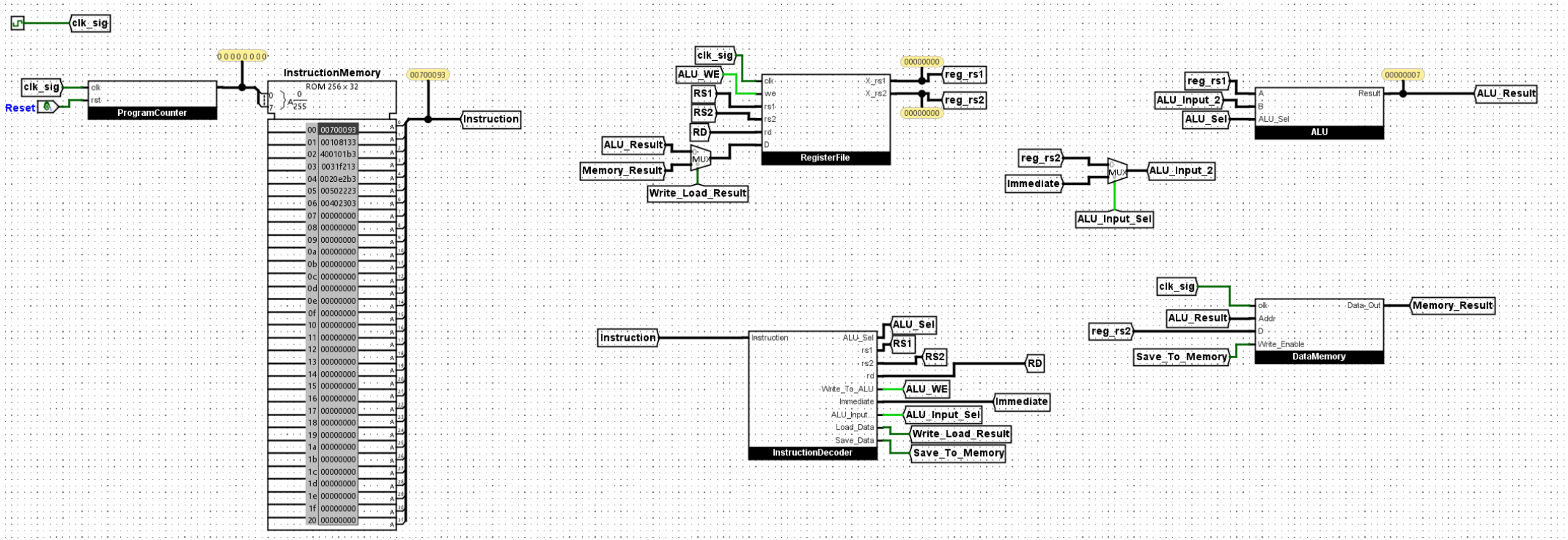
Tasks

Must Part

1. 实现 miniCPU 的 Datapath，包括 RegFile、ALU、PC、IMem、DMem 等。（20%）(在gradescope上有测试点)
2. 实现 miniCPU 的 Controller，包括指令译码、控制信号生成等，并与 Datapath 部分连接，实现指令执行。（20%）
3. 使用 Python 编写一个简单的汇编器，将 RISC-V 汇编代码转换为机器码。（20%）
4. 手动编写汇编程序，完成指定功能，加载到 miniCPU 的指令存储器中，观察 miniCPU 的运行情况。（15%）
5. 实验报告。（25%）

Tasks

Must Part (Result Example)



Bonus

1. 为单周期 miniCPU 添加流水线。

> “ 添加流水线之后，你可能会遇到被称之为“冒险”（Hazard）的问题，你需要设计合适的解决方案来处理这些冒险问题。

2. 为 miniCPU 增加更多指令的支持。

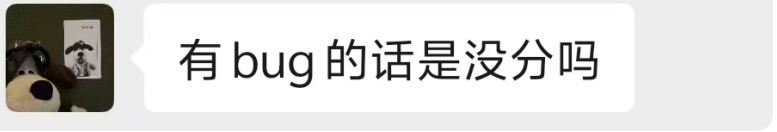
> “ 我觉得自己特别厉害！那么可以尝试以下 Bonus

3. 为 miniCPU 添加向量运算单元，并支持一些向量指令的支持。
4. 为 miniCPU 支持标量-向量双发射。
5. 使用 Spinal HDL 完成 miniCPU 的设计与实现！（**Recommended**）
   - 如果你决定使用 Spinal HDL 来实现 miniCPU，你可以不实现 Logisim 版本。请务必提前联系助教！完成相同的任务，使用 Spinal HDL 实现的项目将获得额外的加分。

Grading Policy

About AI?

- 在我们的 Project 中，我们**允许任何 AI 工具的使用**。但是，请**务必确保你理解你的 AI 做了什么**。如果在最终的 Check 中你的回答是“AI 这么写的，我也不太清楚”，那么我们可能会认为你并没有真正理解你的实现，从而影响你的评分。
- 请同学们在合作中遵守基本的学术诚信原则。**组间的抄袭**是严格禁止的。
- 允许参考公开的资源实现，但请按照自己的理解进行调整和修改。如果你参考了公开的资源（例如 GitHub 上的开源项目），请务必在报告中注明引用来源。非复制粘贴的参考不会影响你的评分。



- 即使存在 Bug，如果你能准确描述 Bug 的原因，并展示你为解决 Bug 所做的努力，我们也会给予一定的分数。实现固然重要，但我们更看重你在实现过程中所展现的理解和思考！

Grading Policy for Bonus Tasks

Bonus

- Bonus 部分的分数将在基础分数的基础上进行加分。
- 这部分不会有 OJ 测试，但我们会在面对面 Check 的时候，检查你们的实现。
  - 你们需要自己设计合适的测试用例，以证明你们的实现是正确的。否则，我们可能会认为你们的实现是不完整的，从而你们的加分也会受到影响。
- 和 Must 一样，即使你们的实现不完整，如果在报告中展现了你们的尝试和思考，并做出有意义的尝试和分析，我们也会给予一定的加分。

Who should choose our project?

- 对“计算机到底是怎么运行程序的”感兴趣的同学
  - 不要求你来自信院，也不要求你已经学过体系结构或数字电路
  - 只要你愿意把一个系统拆开来看，理解从指令、寄存器到简单 CPU 的基本工作过程
- 来自生命、物质、创艺与艺术等专业，但希望补一块计算机底层视角的同学
  - 生命/生技方向：如果你未来会接触计算、生物信息、自动化实验或数据分析，理解计算机如何执行程序会很有帮助
  - 物理/化学/材料方向：如果你关心仿真、仪器控制、高性能计算或硬件相关工具，这个 Project 可以帮你建立硬件和软件之间的连接
  - 创艺方向：如果你对交互装置、创意编程、生成式艺术或软硬件结合感兴趣，这里会提供一个更接近机器本身的入口
- 希望挑战一点“看起来不像本专业”的内容，但不想直接跳进高 workload 专业课的同学
  - 我们会更看重你是否理解自己的实现，而不是你一开始是否有相关背景
  - 即使最后没有做得非常完整，只要能讲清楚尝试、问题和思考，也会有相应的评价空间

Thank You