体系结构实验课程第_二_次实报告

实验名称	五级流水线改进			班级	李雨森老师班
学生姓名	秦泽斌	学号	2212005	指导老师	董前琨
实验地点	实验 A304		实验时间	2024.10.12	

1、 实验目的

1. 在多周期 CPU 实验完成的提前下，深入理解 CPU 流水线的概念。
2. 熟悉并掌握流水线 CPU 的原理和设计。
3. 最终检验运用 verilog 语言进行电路设计的能力。
4. 通过亲自设计实现静态 5 级流水线 CPU，加深对计算机组成原理和体系结构理 论知识的理解。
5. 培养对 CPU 设计的兴趣，加深对 CPU 现有架构的理解和深思。

2、 实验内容说明

1、分析现有指令的执行过程，找到存在的读后写/写后读问题，并进行改进验证（推荐自己编写指令 rom 中的指令，针对存在的问题进行测试改进）然后写入实验报告。

2、在做 1 的过程中，寻找现有 CPU 的不足之处，提出一些自己的改进方案和想法，包括但不限于实验指导手册第十章中的优化部分，并初步讨论一下可行性，为最后一次实验做准备。

3、实验报告中的原理图放图 9.2 即可。注意要在实验报告中详细说明改进过程，验证时先描述改进前的情况，再说明改进后的情况，进行具体对比。

3、 实验原理图

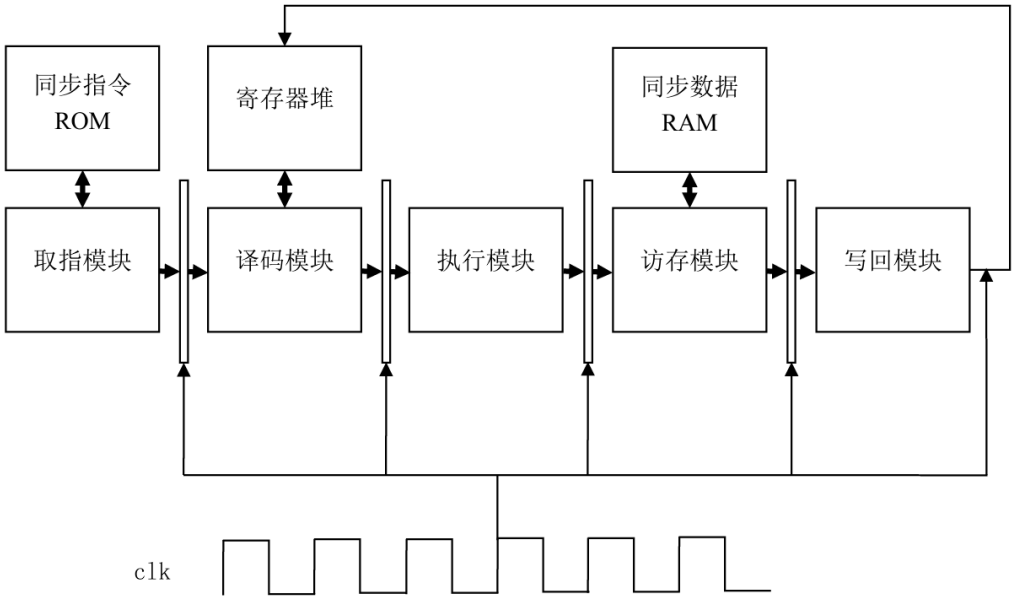
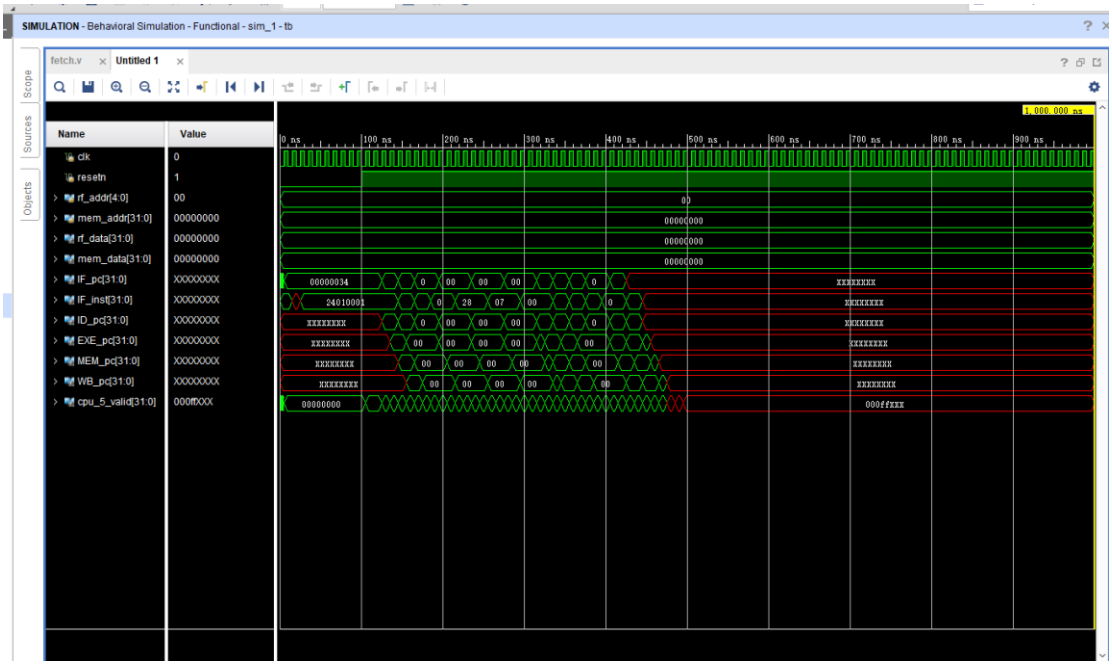


图 9.2 静态 5 级流水 CPU 的大致框图

4、 实验步骤

1、 分析现有五级流水线架构并进行模拟仿真，发现存在读后写/写后读的问题，cpu 不能正常运行



2、 通过分析代码可以得知问题出现在 fetch.v 中

```
//-----{IF 执行完成}begin
    //由于指令 rom 为同步读写的,
    //取数据时，有一拍延时
    //即发地址的下一拍时钟才能得到对应的指令
    //故取指模块需要两拍时间
    //故每次 PC 刷新，IF_over 都要置 0
    //然后将 IF_valid 锁存一拍即是 IF_over 信号
    always @(posedge clk)
    begin
        if (!resetn || next_fetch)
        begin
            IF_over <= 1'b0;
        end
        else
        begin
            IF_over <= IF_valid;
        end
    end
    //如果指令 rom 为异步读的，则 IF_valid 即是 IF_over 信号，
    //即取指一拍完成
//-----{IF 执行完成}end
```

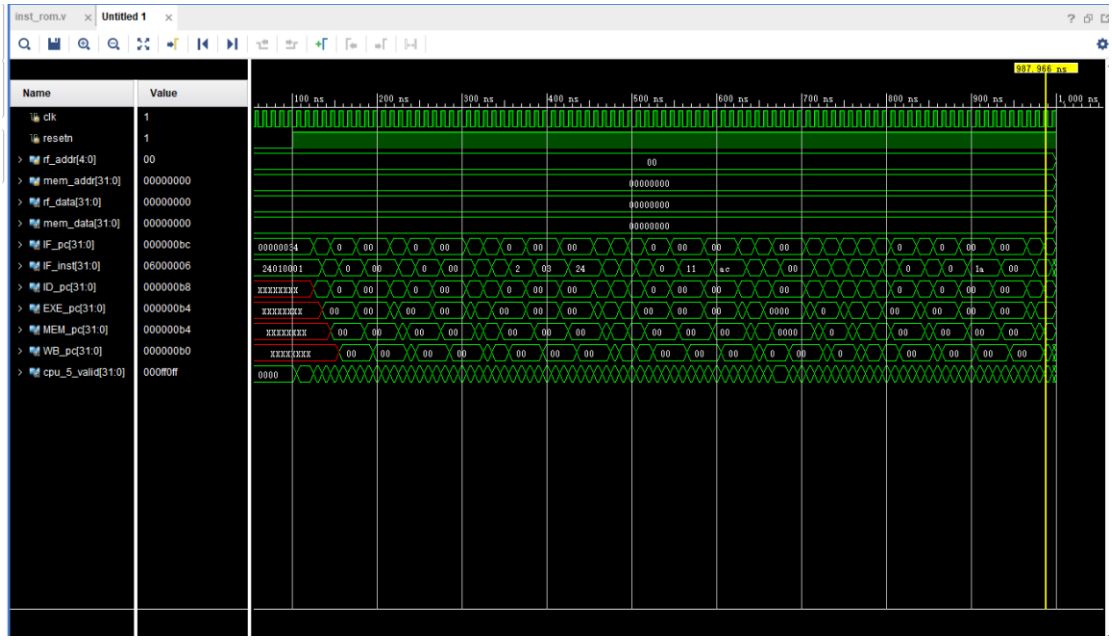
3、 通过增加一拍延迟可以解决相关问题

```
    reg temp;
    always @(posedge clk)
```

```
begin
    if (!resetn || next_fetch)
    begin
        IF_over <= 1'b0;
        temp<=1'b0;
    end
    else if(!temp)
    begin
        temp<=1'b1;
    end
    else
    begin
        IF_over <= IF_valid;
    end
end
```

5、 实验结果分析

1、改进五级流水线



CPU 正常运行，问题解决。

2、寻找现有 CPU 的不足之处，提出一些自己的改进方案和想法

（1）、控制冒险问题：当遇到分支跳转指令时，由于无法在流水线早期阶段确定是否需要跳转，可能导致流水线错误地取指令，产生控制冒险。

改进方案：

- 分支预测（Branch Prediction）： 引入简单的静态分支预测机制，例如：总是预测“无跳转”或根据历史判断跳转。如果误预测，则撤回指令并重新取指。
- 动态分支预测： 可以使用两位饱和计数器来追踪分支指令的执行情况，动态预测是否跳转。动态预测能够根据历史执行情况调整预测，减少错误预测的概率。

（2）、结构冒险问题：由于只有一个寄存器堆或者内存模块，可能导致多个指令同时需要访问同一个资源而产生冲突。

改进方案：

- 增加多端口寄存器堆： 使用双端口寄存器堆，使得同时的读/写操作不再冲突。例如在写回阶段写寄存器时，译码阶段仍可以读取寄存器而不发生冲突。
- 拆分数据路径： 将数据存储和指令存储分开，避免指令和数据存储的冲突，尤其是在访存和取指操作需要同时进行时。

等等

6、 总结感想

通过本次实验，我加深了对静态五级流水线 CPU 的认识以及对 RAW&WAR 等 bug 的分析，增强了自己发现问题的能力，同时也提高了解决问题的能力。