

# 计算机设计与实践

## 停顿法解决流水线冲突

2024 · 夏

哈工大



HITSZ 实验与创新实践教育中心  
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ

# 实验目的

---

- ◆ 加深对流水线CPU**暂停**的理解
- ◆ 熟练掌握数字电路的仿真调试方法



# 实验内容

---

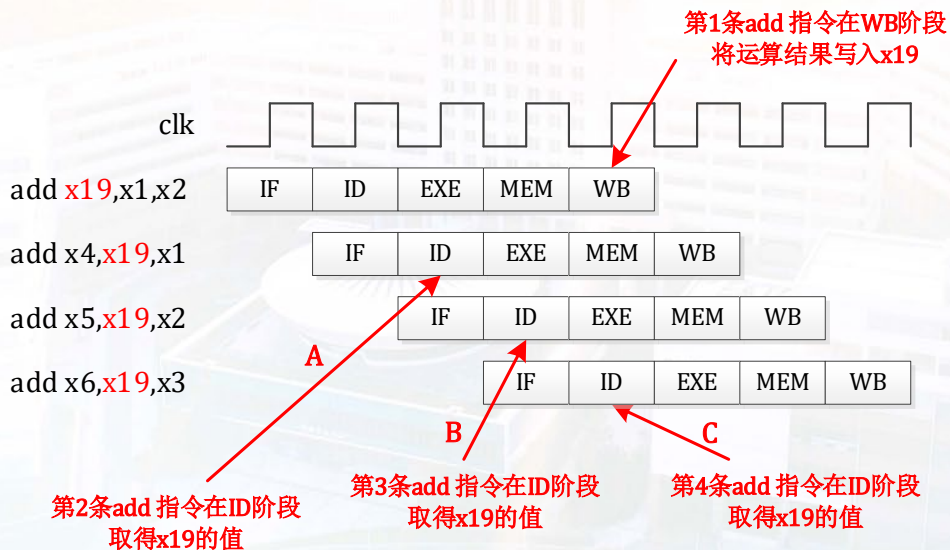
- ◆ 检测流水线CPU的数据冒险和控制冒险
- ◆ 实现流水线暂停
- ◆ 设计testbench, 对增加停顿的流水线CPU验证



# 流水线冒险检测

## ◆ 数据冒险

一条指令依赖于前面一条尚在流水线中的指令；因**无法提供指令执行所需数据**而导致指令不能在预期的时钟周期内执行的情况



# 流水线冒险检测

## ◆ 数据冒险检测

情形A:

ID/EX.RD = ID.RS1 = x19

ID/EX.RD = ID.RS2 = x19

情形B:

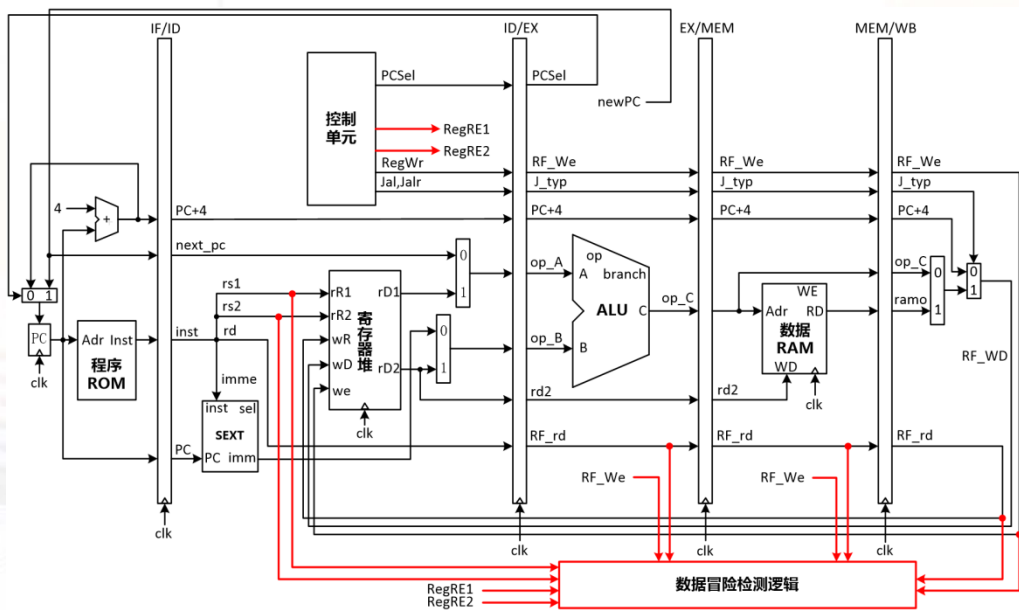
EX/MEM.RD = ID.RS1 = x19

EX/MEM.RD = ID.RS2 = x19

情形C:

MEM/MB.RD = ID.RS1 = x19

MEM/WB.RD = ID.RS2 = x19



RTL实现

当前ID阶段，寄存器是否有被读取



```
wire rs1_id_wb_hazard = (wb_rd == id_rs1) & wb_we & id_rf1;  
wire rs2_id_wb_hazard = (wb_rd == id_rs2) & wb_we & id_rf2;
```



# 流水线暂停

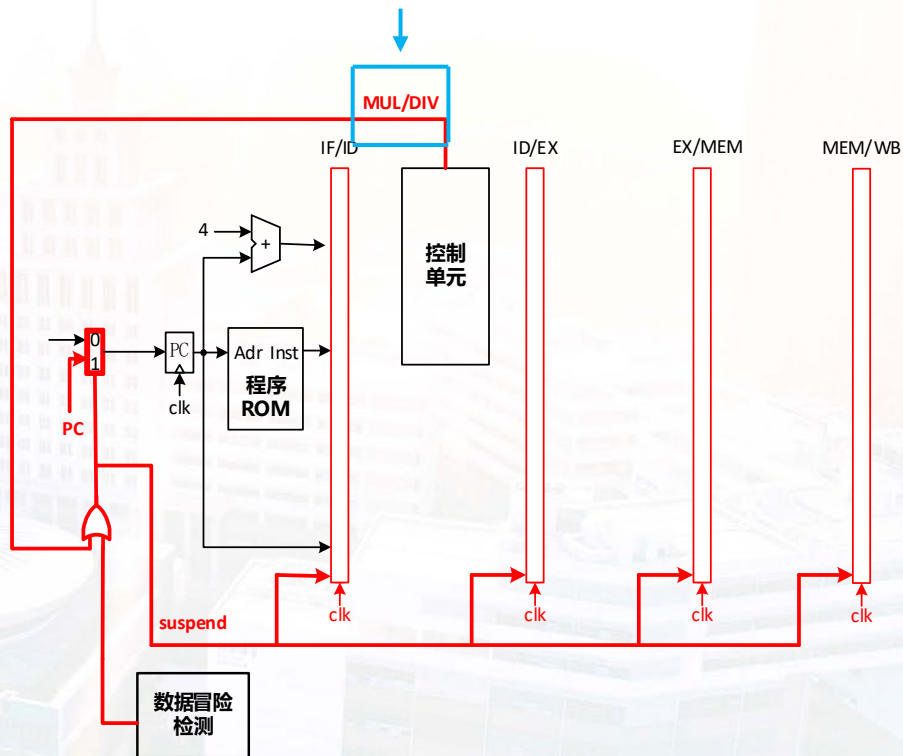
多周期乘除法也可以用暂停法解决

## ◆ 流水线暂停

### 实现方法

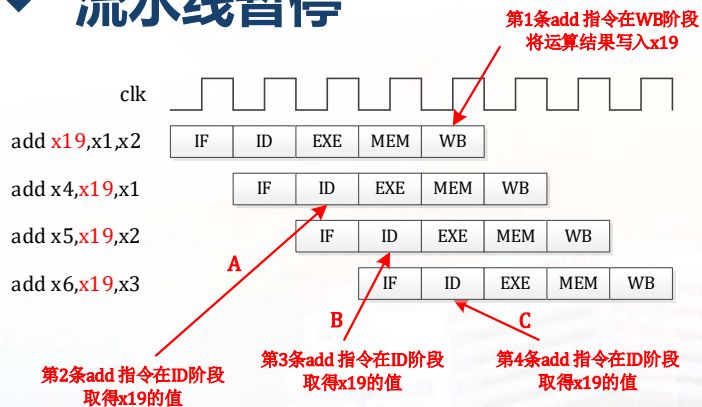
- 1) 保持取值地址PC的值不变;
- 2) 保持流水线各个阶段的寄存器 (IF/ID、ID/EX、EX/MEM、MEM/WB模块的输出) 不变;

提示：控制冒险也可用暂停方法来  
解决

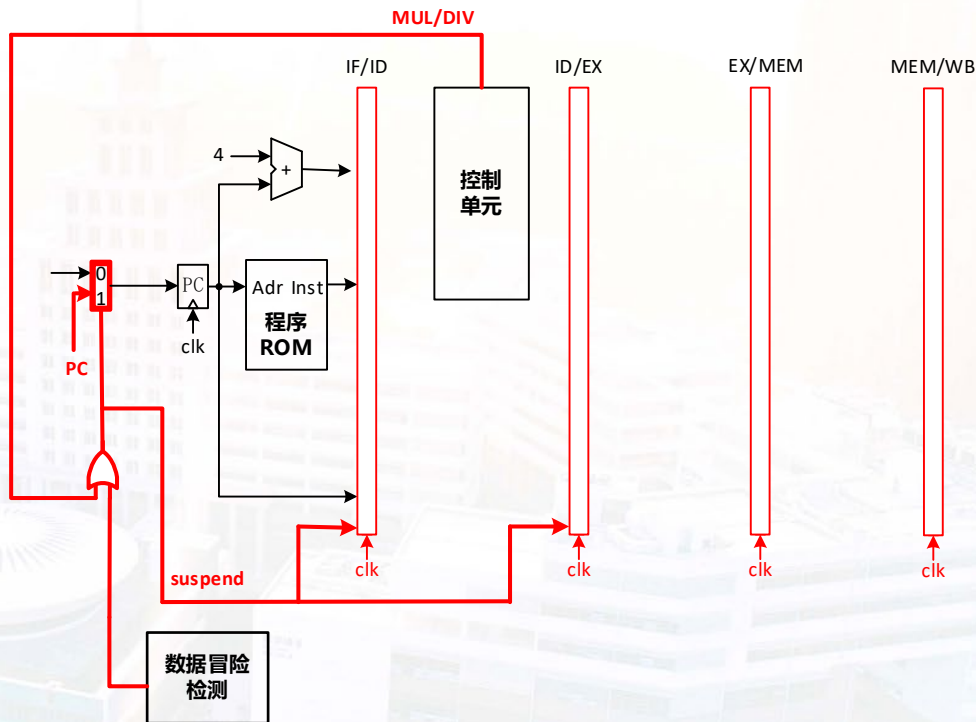


# 流水线暂停

## ◆ 流水线暂停



情形	A	B	C
暂停周期数	3	2	1

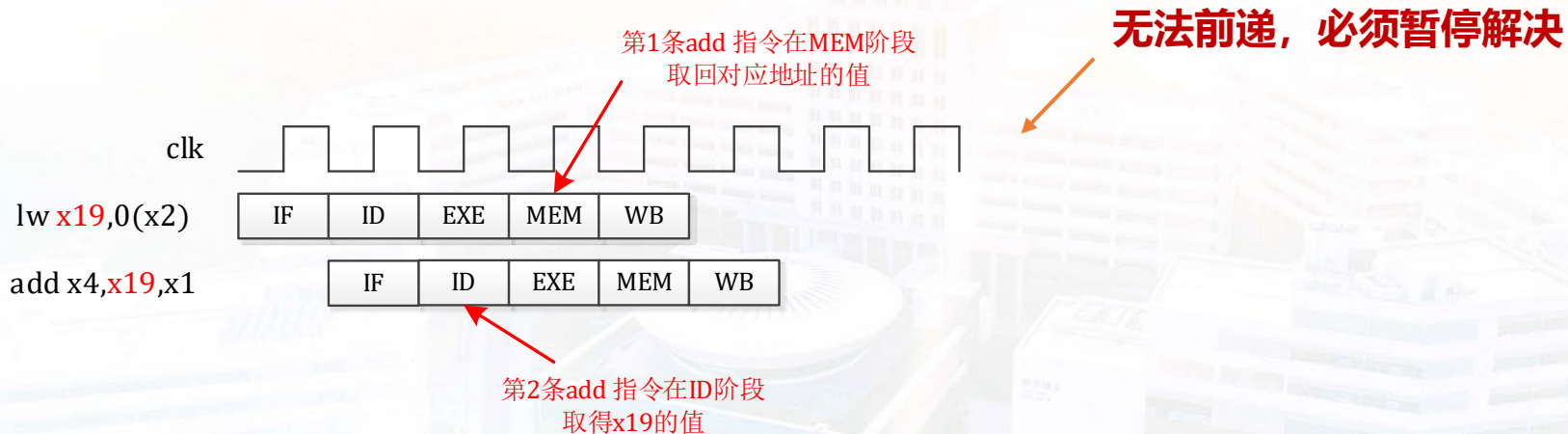


保持PC， IF/ID、ID/EX模块的输出不变

# 流水线暂停

## ◆ 流水线暂停

### 特殊情况 - 访存(读)后读

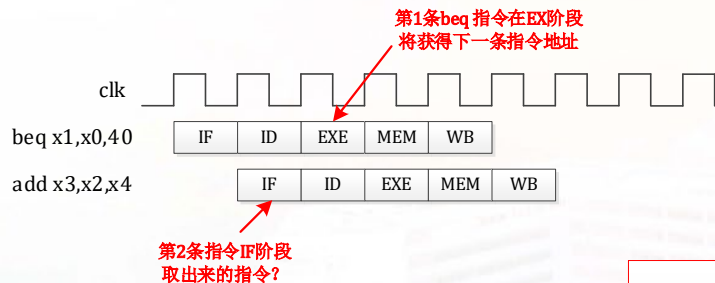




# 流水线暂停

## 解决控制冒险

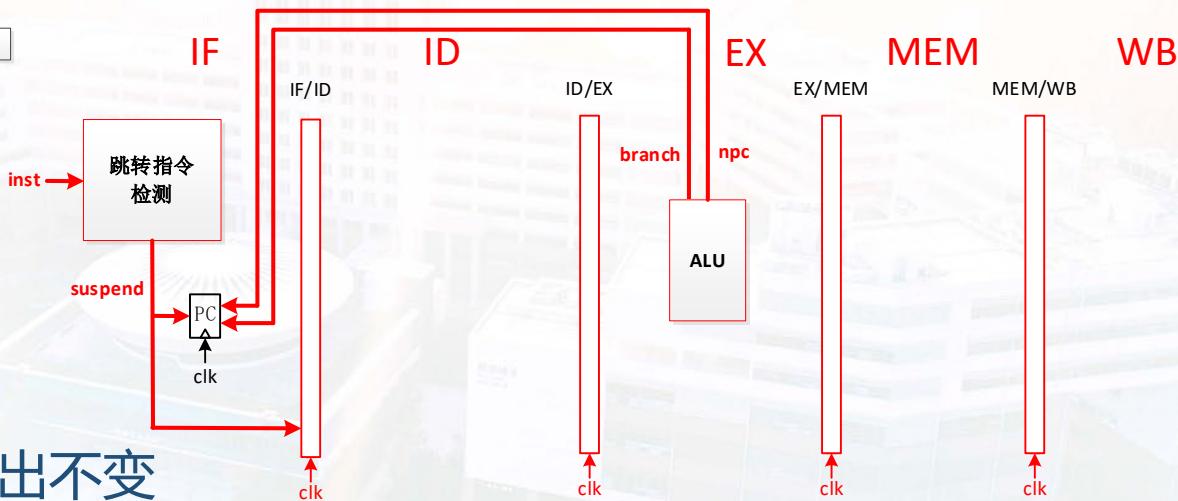
**注意：**若不在IF阶段判断跳转指令，  
需清空已错误取出的指令



## 实现方法

暂停2个周期

保持PC， IF/ID模块的输出不变



# 流水线暂停

- 流水线暂停

**要点：暂停信号pipeline\_stop的来源以及拉高的周期数**

## RTL实现示例 (IF/ID)

```
always @ (posedge clk or negedge rst_n) begin
    if (~rst_n)
        id_pc <= 32'h0;
    else if (pipeline_stop) id_pc <= id_pc;
    else
        id_pc <= if_pc;
end

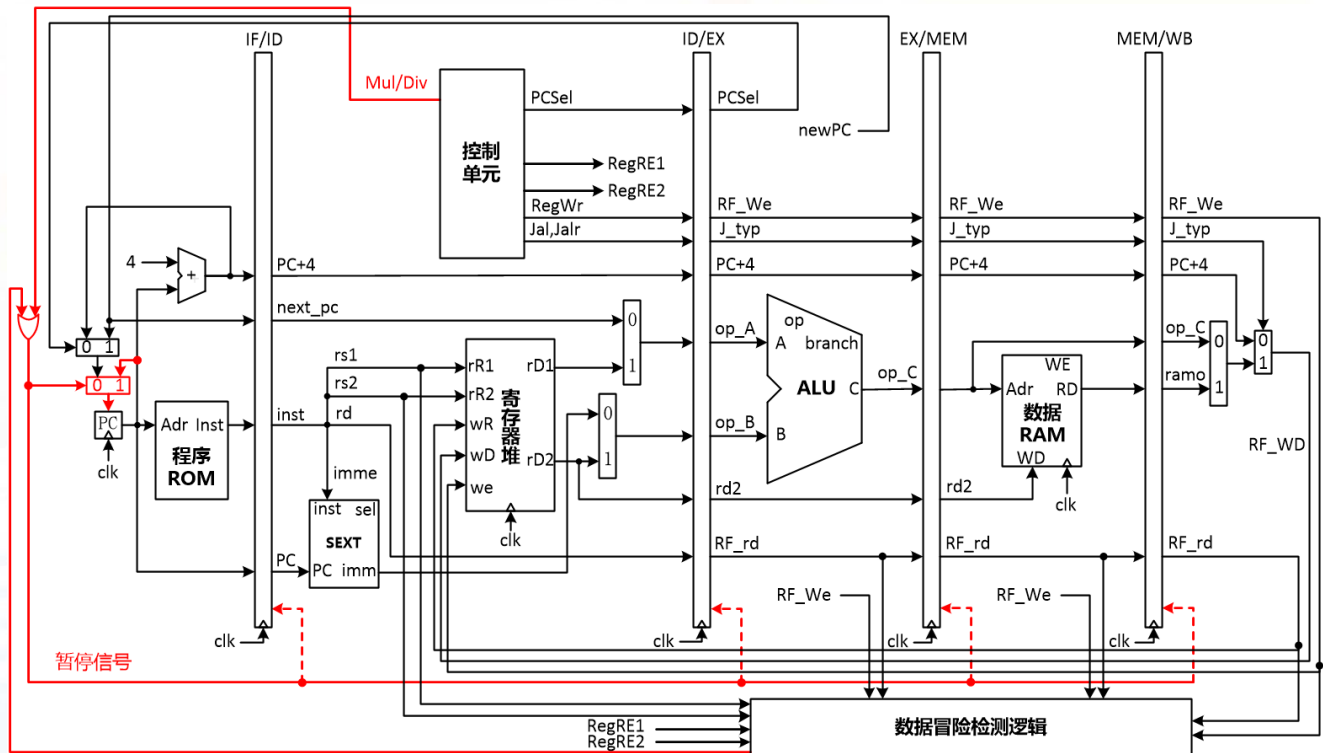
always @ (posedge clk or negedge rst_n) begin
    if (~rst_n)
        id_inst <= 32'h0;
    else if (pipeline_stop) id_inst <= id_inst;
    else
        id_inst <= if_inst;
end
```



# 流水线数据通路

## • 增加暂停机制的数据通路

示例



# 流水线暂停仿真

---

- ◆ 编写含冲突指令序列
- ◆ 加载到IROM
- ◆ 仿真

注：亦可用trace仿真





HITSZ 实验与创新实践教育中心  
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ