

# 实验5

## 简单计算机系统 系统设计C

# 主要内容

- 1、简单计算机系统实验任务简介
- 2、完善模块
- 3、完善数据通路
- 4、动手练习：仿真验证功能

# 实验任务简介

## ■ 实现一种简单计算机系统的设计.

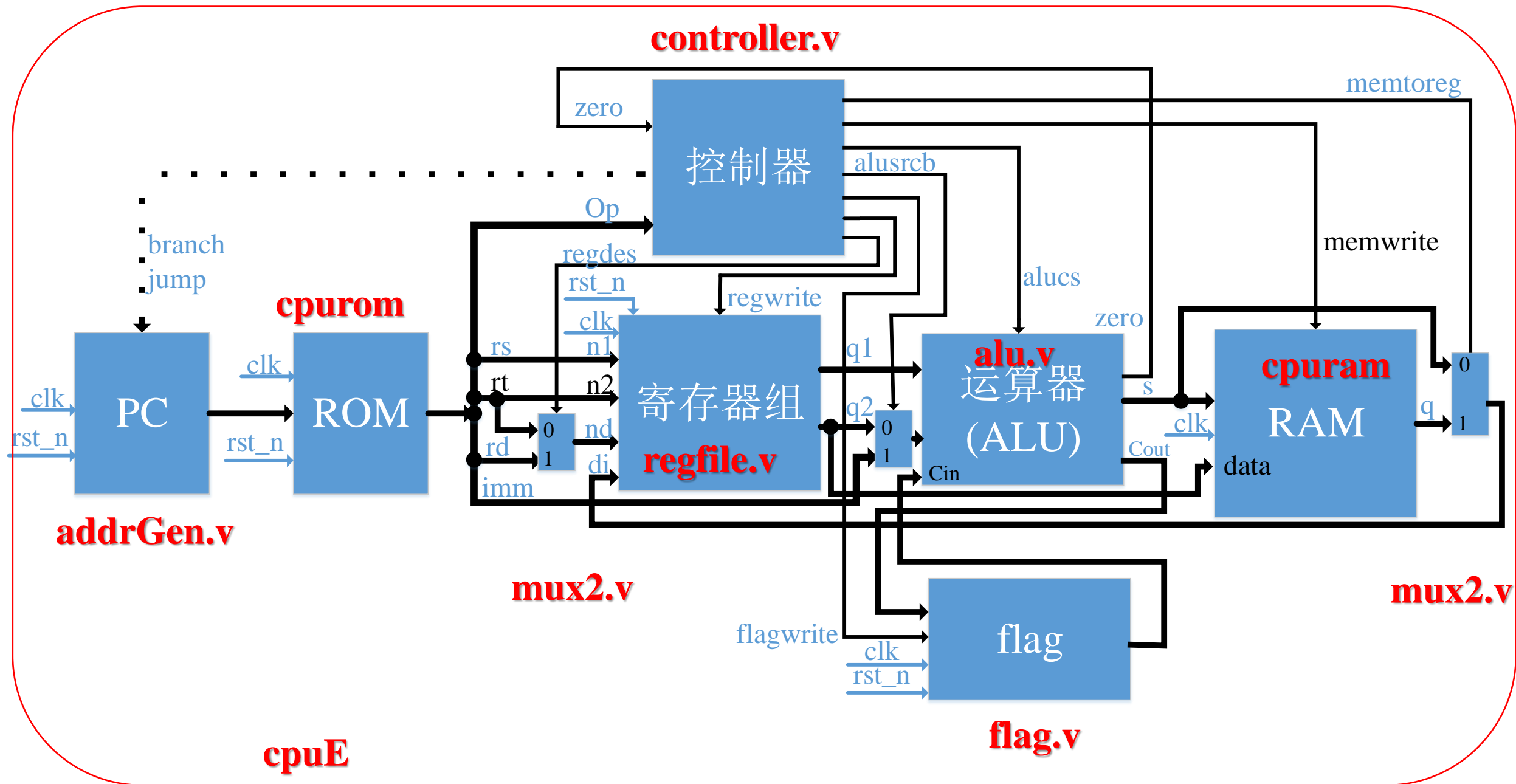
- ✓ 精简的MIPS指令集
- ✓ EDA仿真

## ■ 编写程序，仿真验证所设计系统的功能

- ✓ 用汇编格式编写程序，并翻译成机器码.
- ✓ 将机器码程序放入ROM，通过仿真验证简单计算机系统的功能.

# 简单计算机系统指令集

操作名称	操作码	汇编语言格式指令	执行操作	
与	0000	AND Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs \text{ and } Rt; PC \leftarrow PC + 1$	R
或	0001	OR Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs \text{ or } Rt; PC \leftarrow PC + 1$	
不带进位加	0010	ADD Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs + Rt; PC \leftarrow PC + 1$	
不带借位减	0011	SUB Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs - Rt; PC \leftarrow PC + 1$	
无符号数比较	0100	SLT Rd, Rs, Rt	If $Rs < Rt$ , $Rd = 1$ else $Rd = 0$ ; $PC \leftarrow PC + 1$	
带借位减	0101	SUBC Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs - Rt - (1 - C); PC \leftarrow PC + 1$	
带进位加	0110	ADDC Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs + Rt + C; PC \leftarrow PC + 1$	
立即数与	1000	ANDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ and } imm; PC \leftarrow PC + 1$	I
立即数或	1001	ORI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ or } imm; PC \leftarrow PC + 1$	
立即数加	1010	ADDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs + imm; PC \leftarrow PC + 1$	
读存储器	1011	LW Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow \text{MEM}[Rs + imm]; PC \leftarrow PC + 1$	I
写存储器	1100	SW Rt, Rs, imm	$\text{MEM}[Rs + imm] \leftarrow Rt; PC \leftarrow PC + 1$	
相等时跳转	1101	BEQ Rs, Rt, imm	If $Rt = Rs$ , $PC \leftarrow PC + imm + 1$ else $PC \leftarrow PC + 1$	
不等时跳转	1110	BNE Rs, Rt, imm	If $Rt \neq Rs$ , $PC \leftarrow PC + imm + 1$ else $PC \leftarrow PC + 1$	J
无条件跳转	0111	JMP imm	$PC \leftarrow imm$	J



# I型指令编码（3）

## ■ 这2条I型指令

- ✓ 3个操作数
- ✓ 操作数中2个为寄存器，1个为立即数
- ✓ 均要用到alu
- ✓ alu模块的zero作为跳转的判断依据

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Op				Rs		Rt		Imm							
操作名称				操作码		汇编语言格式指令				执行操作					
相等时跳转				1101		BEQ Rs, Rt, imm				If Rt=Rs, PC←PC+imm+1 else PC←PC+1					
不等时跳转				1110		BNE Rs, Rt, imm				If Rt!=Rs, PC←PC+imm+1 else PC←PC+1					

## ■ 与控制器相关的信号

- ✓ alu的zero作为控制器的输入信号
- ✓ 通知alu做相应运算，送出alu的cs[2:0]：减法
- ✓ 控制器送出跳转信号branch至pc模块

# J指令编码

## ■ 该条指令

✓ 1个立即数操作数

✓ 不用alu

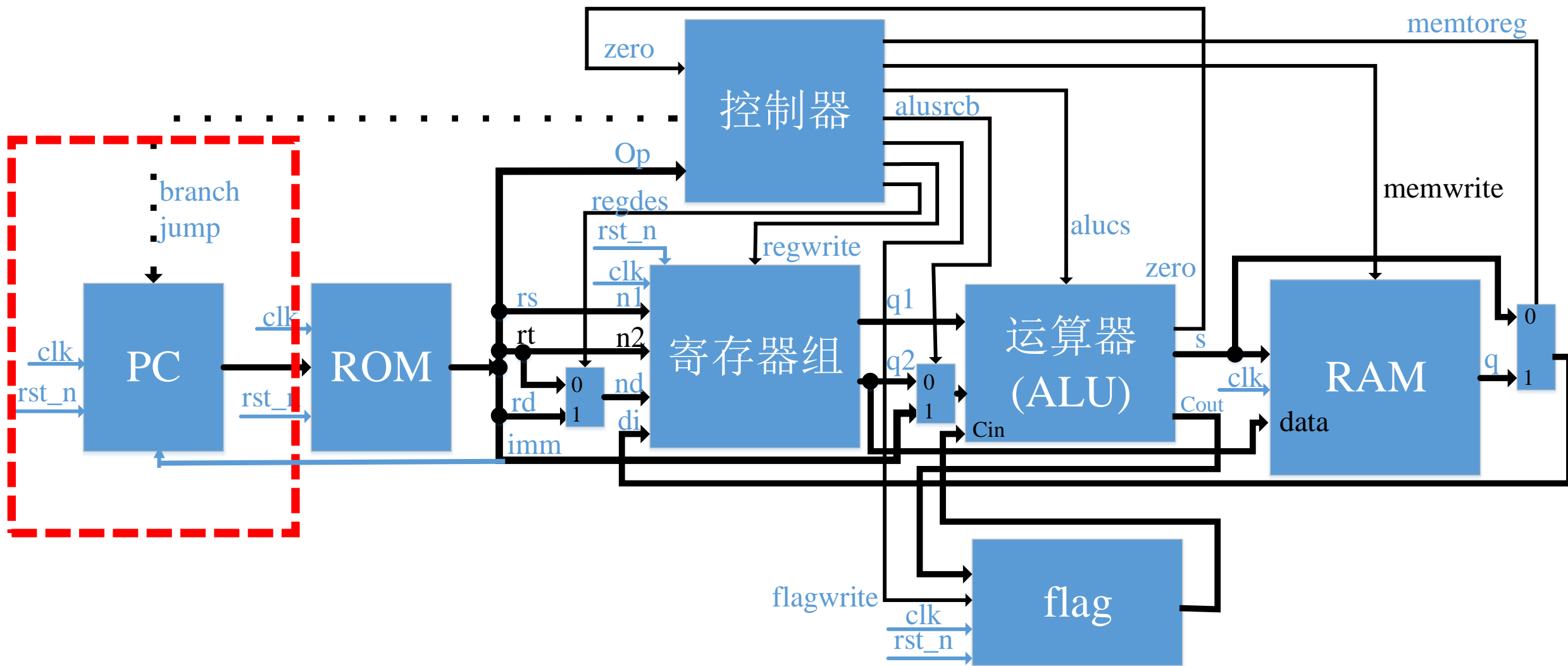
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Op				----				Imm							

操作名称	操作码	汇编语言格式指令	执行操作
无条件跳转	0111	JMP imm	$PC \leftarrow imm$

## ■ 与控制器相关的信号

✓ 送出跳转信号jump至pc模块

# 计算机模型

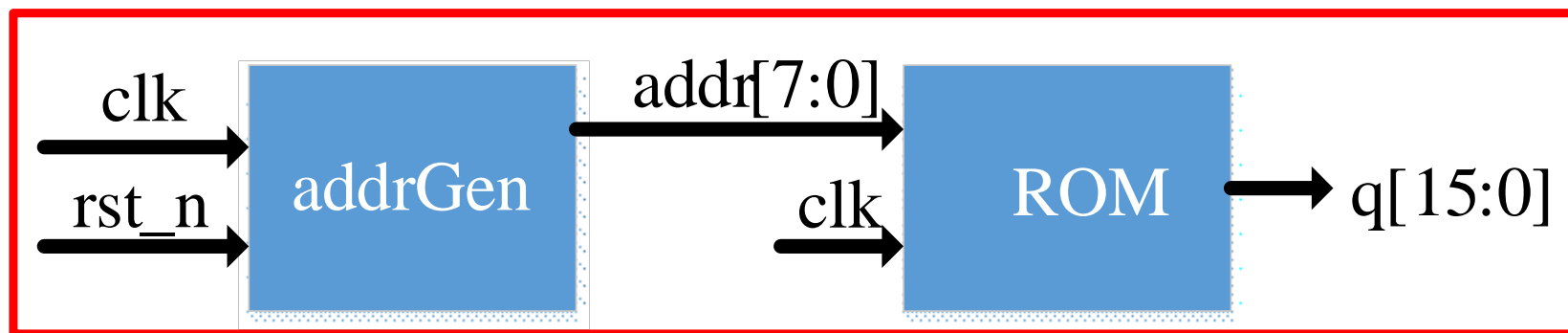




# PC模块的作用

- CPU执行指令时，首先将指令从指令存储器（ROM）中取出；为此，需要有保存计算机指令地址的模块
- 程序地址保存在专用的寄存器中，该寄存器也称为程序指针，PC
- 在取出当前指令后，还需要为下一个周期的指令计算出指令地址
- 保存指令：ROM；保存指令地址：PC，包括计算下一个指令地址的逻辑

**addrGen.v:**  
顺序读取ROM中内容



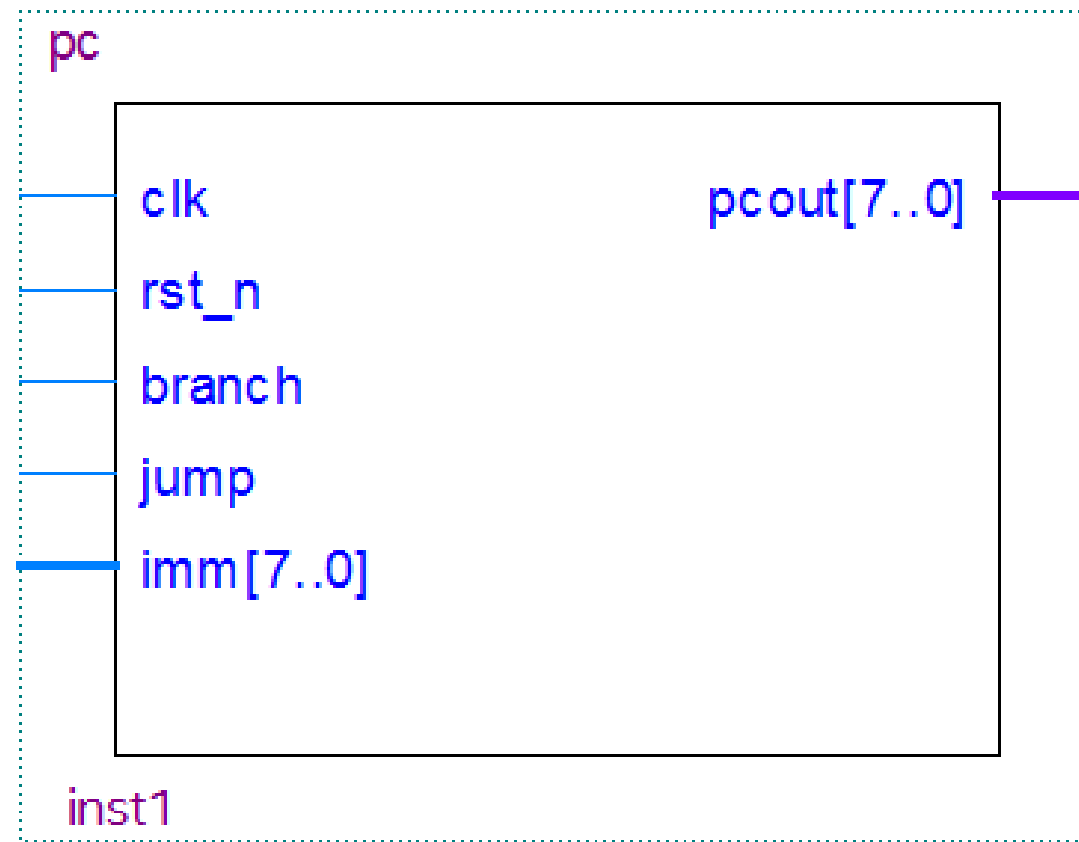
# PC模块

## ■ 输入信号

- ✓ branch: 条件跳转控制信号，来自控制器
- ✓ jump: 无条件跳转控制信号，来自控制器
- ✓ rst\_n: 复位信号
- ✓ imm[7..0]: 指令中的立即数
- ✓ clk: 时钟信号

## ■ 输出信号

- ✓ pcout[7..0]: PC地址输出，送至ROM模块



# PC模块

■ 在计算下一条指令地址时：

✓ **非跳转指令**：  $pc+1$ ，得到下一条指令地址

✓ **跳转指令**：无条件跳转指令

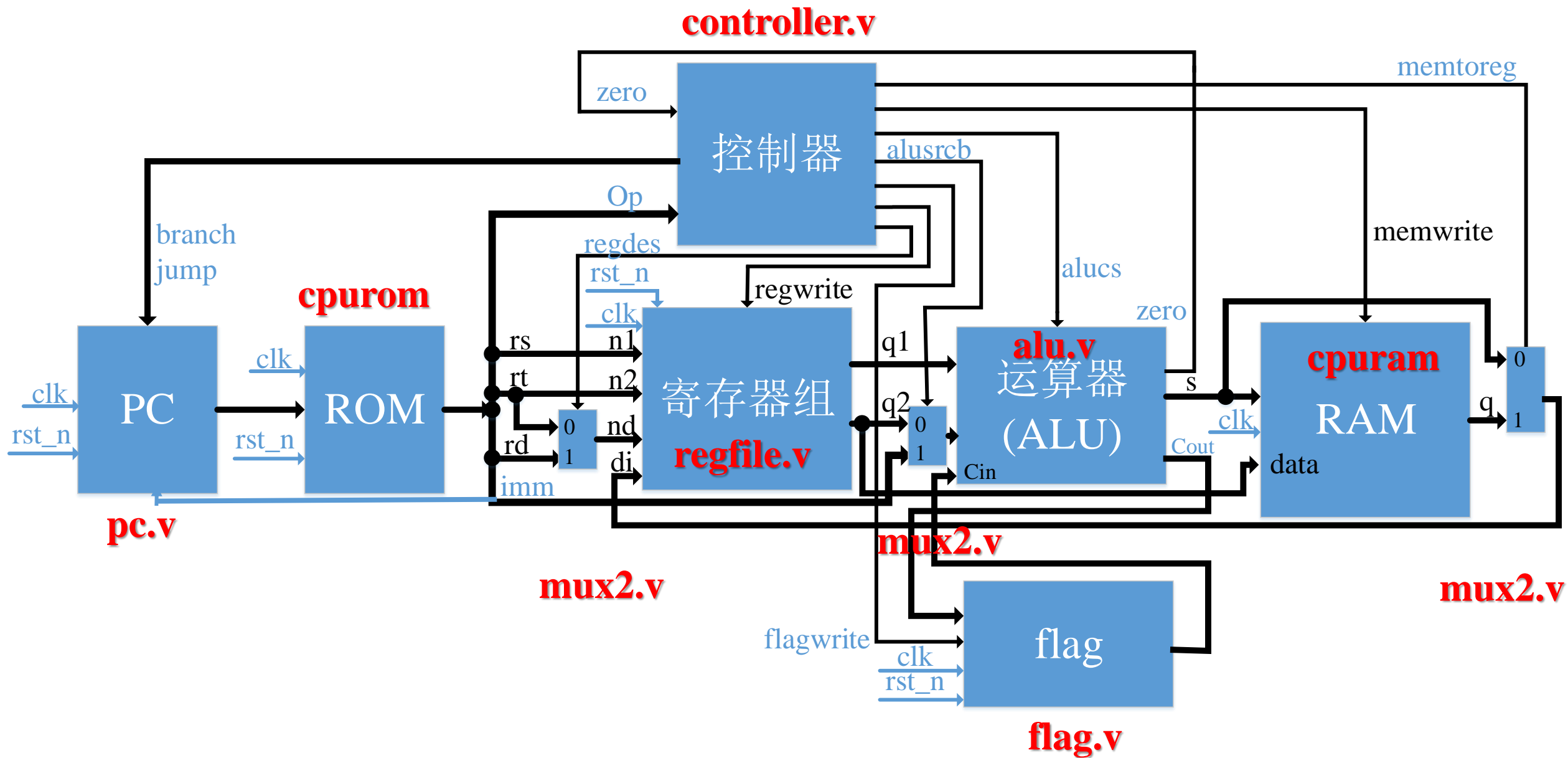
**JMP**：将指令中的立即数imm

传送给pc；条件跳转BNE、

**BEQ**：将 $imm+PC+1$ 作为下一个PC值

```
module pc(clk,rst_n,branch,jump,imm,pcout);
input clk;
input rst_n;
input branch;
input jump;
input [7:0] imm;
output reg [7:0] pcout;
always @ (posedge clk or negedge rst_n)
begin
    if (!rst_n)
        pcout <= 0;
    else
        begin
            if (jump)
                pcout <= imm;
            else if (branch)
                pcout <= pcout + imm + 1;
            else
                pcout <= pcout + 1;
        end
    end
end
endmodule
```

仅供参考



# 实验任务5

## 任务5.1

- （1）在任务4.2的基础上，增加跳转指令（jump, bne, beq）的数据通路，使所设计的计算机系统可以执行精简指令集中全部15条指令；**修改控制器模块. cpuF**
- （2）分析仿真结果.

# 实验任务5

## 任务5.2

(1) 问题:  $N$  为正整数 【 $N$ 取值二选一: ①学号后5位; ②学号后4位数除以3后取整, 如学号倒数第4位数不为3, 则将其改为3, 再除以3后取整。】, 计算  $1 \sim N$  中所有质数之和.

(2) 根据简单计算机指令集, 编写C及汇编程序, 求解上述问题, 将最终结果存入RAM的第X(开始的)单元, X为学号后两位; 将上述代码段翻译成机器码, 写入ROM数据文件; 通过仿真获得结果. ( $N$ 通过指令存到RAM中, 地址、格式可自定义)

(3) 分析仿真结果, **必要时修改相关模块.**

# 简单计算机系统指令集

操作名称	操作码	汇编语言格式指令	执行操作
与	0000	AND Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs \text{ and } Rt; PC \leftarrow PC + 1$
或	0001	OR Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs \text{ or } Rt; PC \leftarrow PC + 1$
不带进位加	0010	ADD Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs + Rt; PC \leftarrow PC + 1$
不带借位减	0011	SUB Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs - Rt; PC \leftarrow PC + 1$
无符号数比较	0100	SLT Rd, Rs, Rt	If $Rs < Rt$ , $Rd = 1$ else $Rd = 0$ ; $PC \leftarrow PC + 1$
带借位减	0101	SUBC Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs - Rt - (1 - C); PC \leftarrow PC + 1$
带进位加	0110	ADDC Rd, Rs, Rt	$Rd \leftarrow Rs + Rt + C; PC \leftarrow PC + 1$
立即数与	1000	ANDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ and } imm; PC \leftarrow PC + 1$
立即数或	1001	ORI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ or } imm; PC \leftarrow PC + 1$
立即数加	1010	ADDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs + imm; PC \leftarrow PC + 1$
读存储器	1011	LW Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow \text{MEM}[Rs + imm]; PC \leftarrow PC + 1$
写存储器	1100	SW Rt, Rs, imm	$\text{MEM}[Rs + imm] \leftarrow Rt; PC \leftarrow PC + 1$
相等时跳转	1101	BEQ Rs, Rt, imm	If $Rt = Rs$ , $PC \leftarrow PC + imm + 1$ else $PC \leftarrow PC + 1$
不等时跳转	1110	BNE Rs, Rt, imm	If $Rt \neq Rs$ , $PC \leftarrow PC + imm + 1$ else $PC \leftarrow PC + 1$
无条件跳转	0111	JMP imm	$PC \leftarrow imm$

THE END