

实验4

简单计算机系统 系统设计B

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	$Rd \leftarrow Rs \text{ and } Rt; PC \leftarrow PC + 1$
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	$PC \leftarrow imm$

实验3
已经完成的指令

R

I

J

I型指令编码

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
立即数与	1000	ANDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ and } imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$
立即数或	1001	ORI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ or } imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$
立即数加	1010	ADDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs + imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$
读存储器	1011	LW Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow MEM[Rs + imm]; \quad PC \leftarrow PC + 1$
写存储器	1100	SW Rt, Rs, imm	$MEM[Rs + imm] \leftarrow Rt; \quad PC \leftarrow PC + 1$
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 $PC \leftarrow PC + 1$

7条
3+2+2

I型指令编码（1）

■ 这3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计算结果均要写入寄存器Rt（注意与R指令的区别）

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
立即数与	1000	ANDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ and } imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$
立即数或	1001	ORI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs \text{ or } imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$
立即数加	1010	ADDI Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow Rs + imm; \quad PC \leftarrow PC + 1$

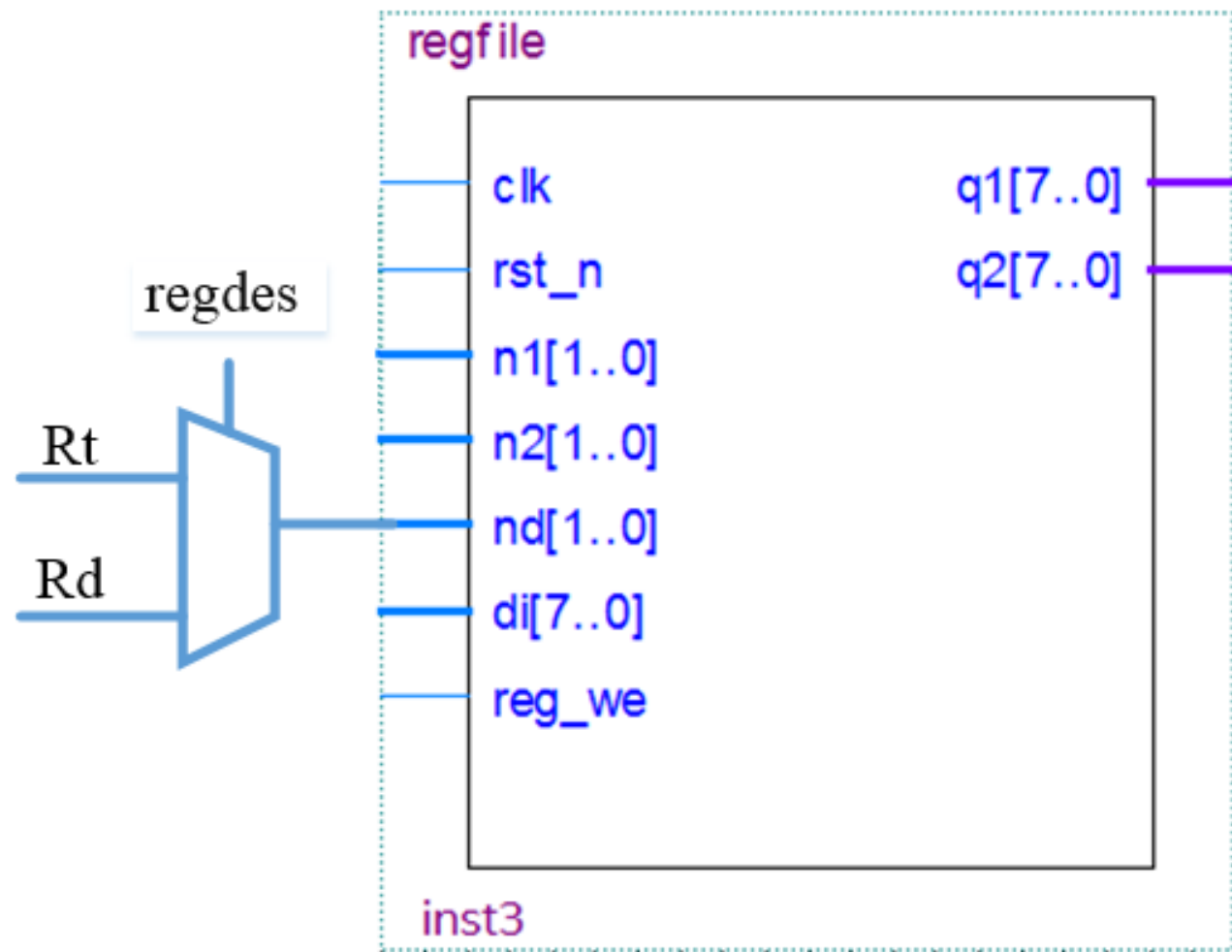
■ 与控制器相关的信号

- ✓ 控制器通知alu做相应运算，alu的cs[2:0]
- ✓ 控制器送出写寄存器组信号

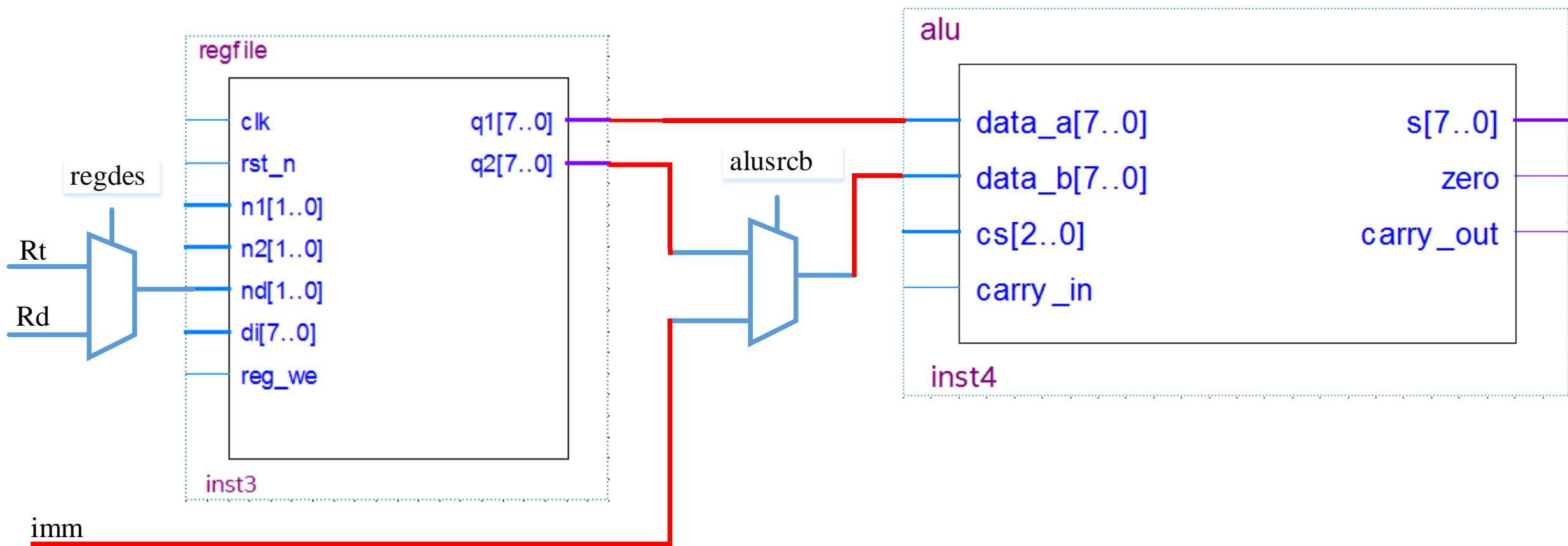
增加3条I指令之后

针对这3条I指令，控制器的信号

- 输入信号：Op
- 输出信号：alucs[2:0], regwrite, flagwrite
- 与上面的R指令的区别
 - ✓ R指令时alu结果要写入Rd，这3条I指令则要写入Rt
 - ✓ 控制器：输出一个选择信号**regdes**，控制将alu结果写入的寄存器号
 - ✓ 控制器：输出一个选择信号**alusrcb**，选择第alu的第2个操作数来源，R指令来自寄存器组的q2，I指令来自指令中的立即数imm

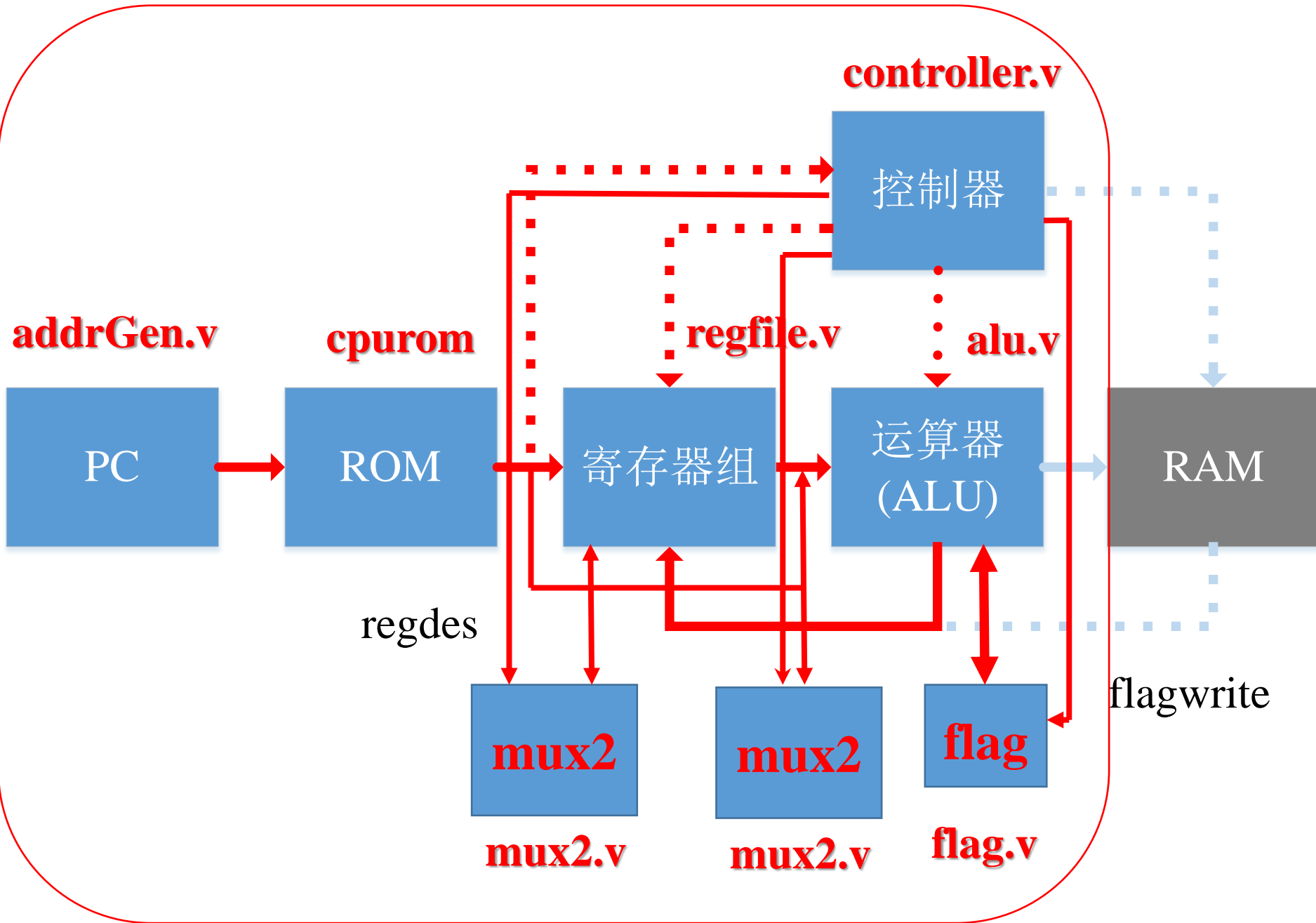


增加3条I指令之后



- ✓ 控制器：输出一个选择信号**regdes**，控制将alu结果写入的寄存器号
- ✓ 控制器：输出一个选择信号**alusrcb**，选择第alu的第2个操作数来源，R指令来自寄存器组的q2，I指令来自指令中的立即数imm

cpuD



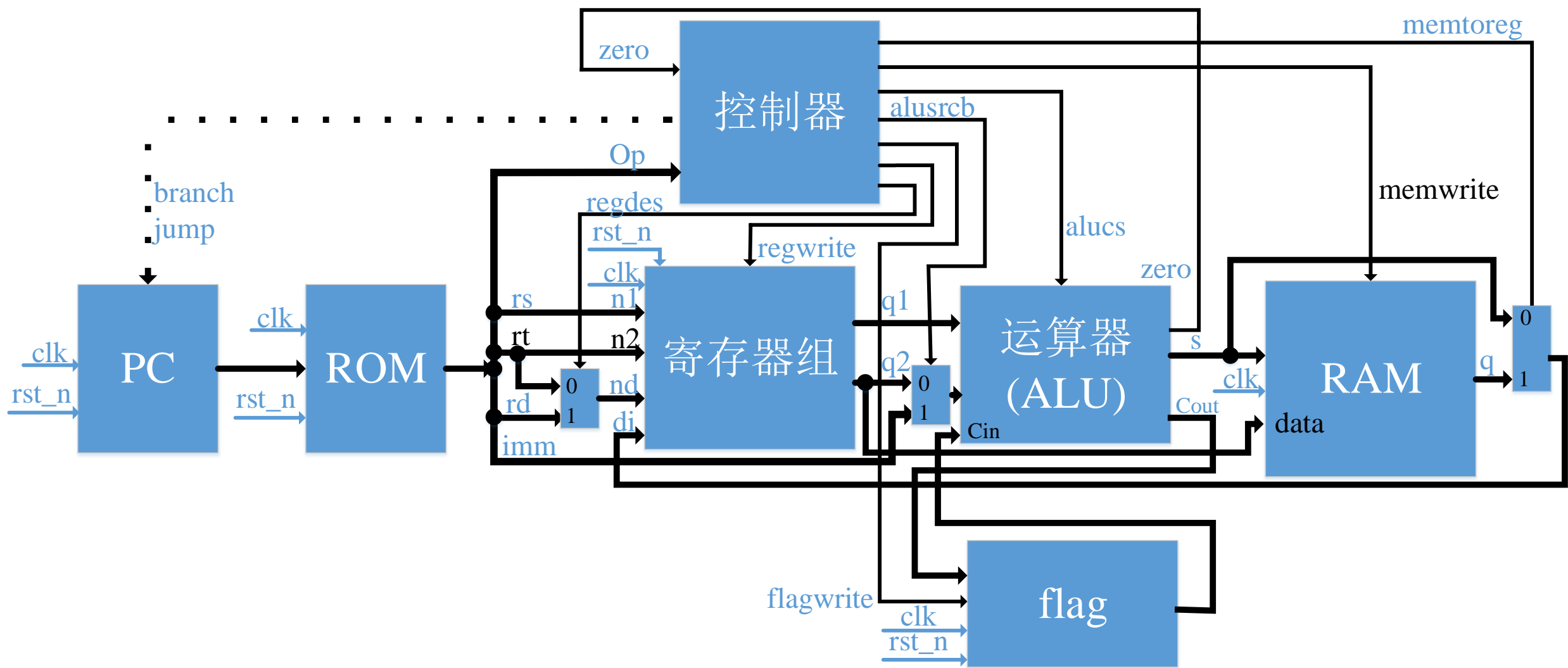
实验任务4

任务4.1

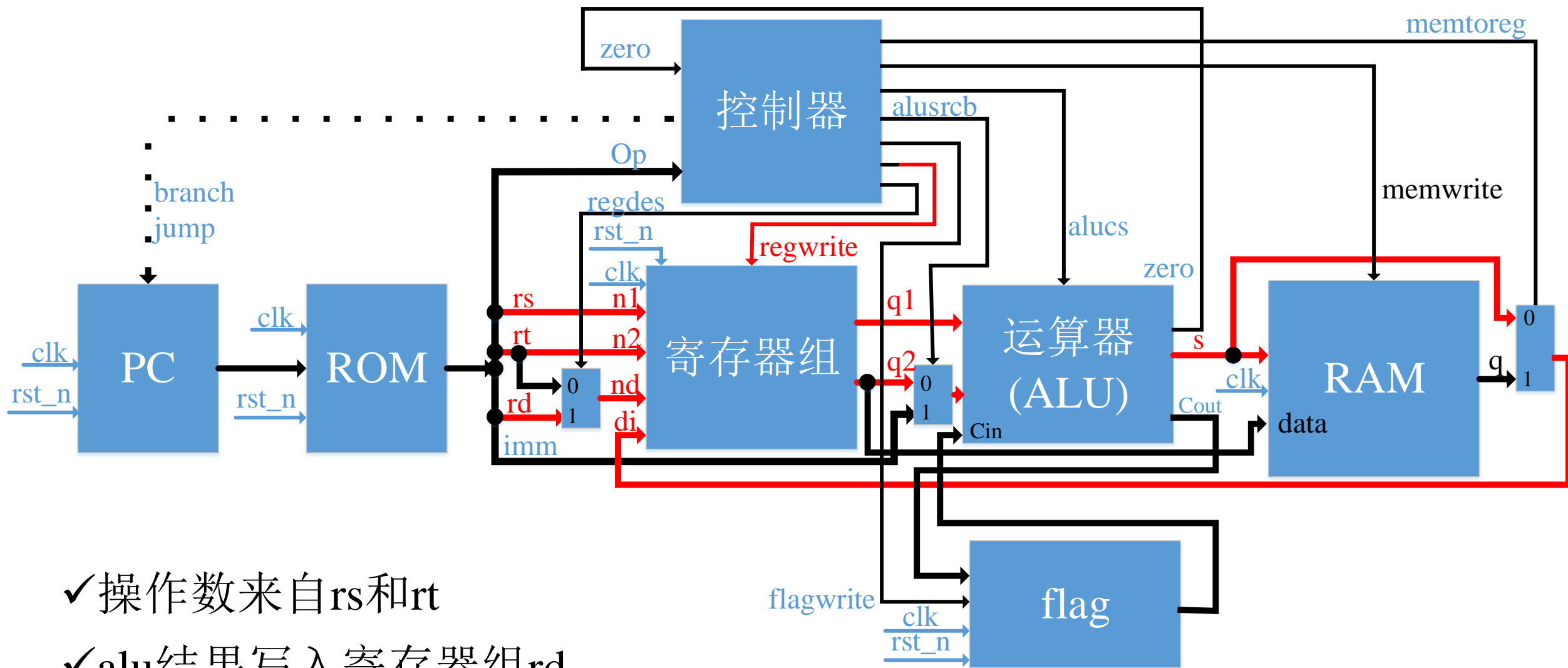
(1) 完善任务3.2的数据通路，使其可以执行上述3条I指令. **cpuD**

(2) 任务3.2中，是直接在寄存器组的实现代码中给寄存器赋初值；本任务中，将其修改为通过指令给R0和R1赋值；编写相应汇编指令，改变R0和R1的值，执行上述16条指令构成的代码段（将指令翻译成机器码，写入ROM数据文件中），分析仿真结果.

行号	指令代码	机器码
0	ANDI R0,R0,0	
1	ANDI R1,R1,0	
2	ADDI R0,R0,11	
3	ADDI R1, R1,22	
4	AND R2,R0,R1	
5	OR R3,R0,R1	
6	ADD R2,R2,R3	
7	SUB R3,R3,R2	
8	ADD R3,R3,R2	
9	ADDC R2,R0,R1	
10	SUB R1,R3,R2	
11	SUBC R2,R3, R2	
12	SLT R2,R1,R0	
13	SLT R3,R0,R1	
14	SUB R2,R0, R1	
15	SUBC R3,R0, R1	



R指令



- ✓ 操作数来自rs和rt
- ✓ alu结果写入寄存器组rd

简单计算机系统指令集

已经完成的指令

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	$Rt \leftarrow Rs \text{ and } imm; PC \leftarrow PC + 1$	
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 $PC \leftarrow PC + 1$	
无条件跳转	0111	JMP imm	$PC \leftarrow imm$	J

I型指令编码

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
立即数与	1000	ANDI Rt, Rs, imm	Rt←Rs and imm; PC ← PC +1
立即数或	1001	ORI Rt, Rs, imm	Rt←Rs or imm; PC ←PC +1
立即数加	1010	ADDI Rt, Rs, imm	Rt←Rs+ imm; PC ← PC +1
读存储器	1011	LW Rt, Rs, imm	Rt←MEM[Rs+imm]; PC ←- PC +1
写存储器	1100	SW Rt, Rs, imm	MEM[Rs+imm] ←Rt; PC ← PC +1
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

7条
3+2+2

I型指令编码（2）

■ 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计算结果作为RAM的地址
- ✓ LW：写寄存器组
- ✓ SW：写RAM

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

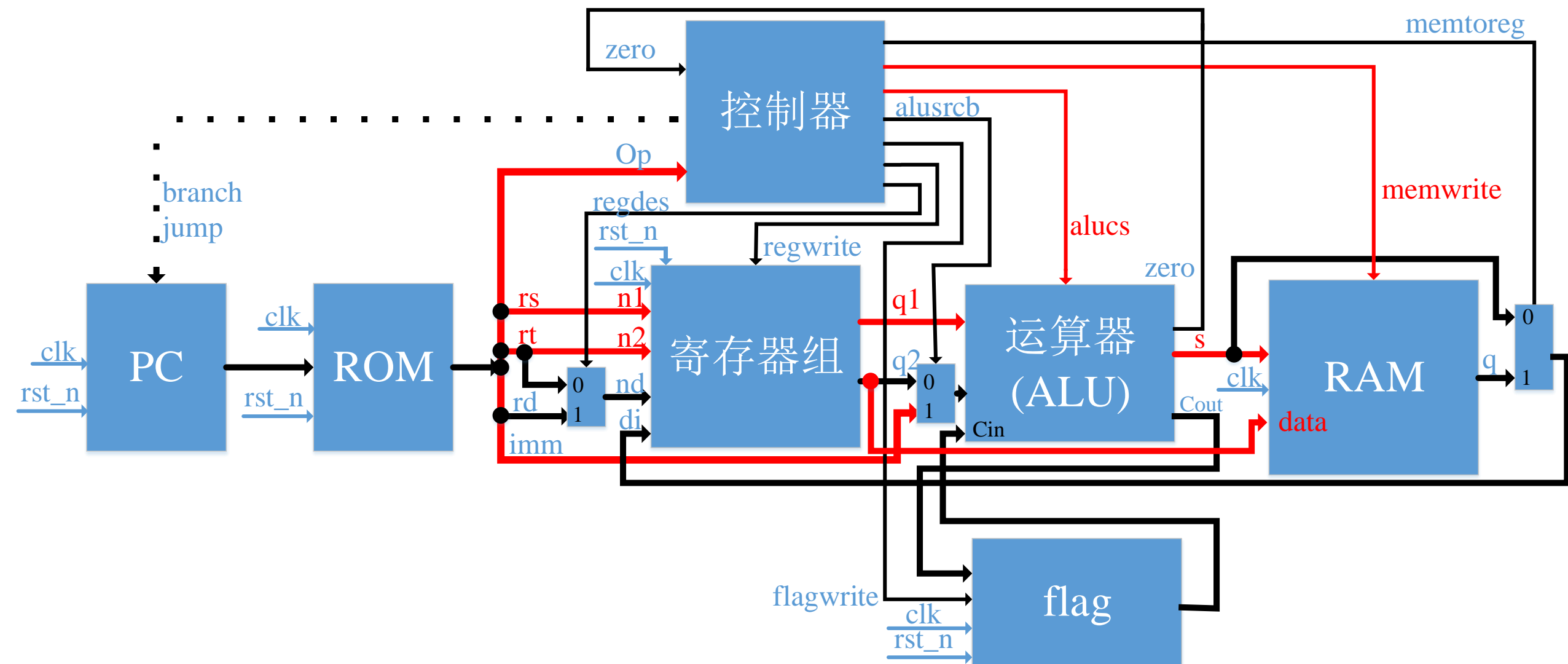
操作名称	操作码	汇编语言格式指令	执行操作
读存储器	1011	LW Rt, Rs, imm	$Rt \leftarrow \text{MEM}[Rs + \text{imm}]$; $PC \leftarrow PC + 1$
写存储器	1100	SW Rt, Rs, imm	$\text{MEM}[Rs + \text{imm}] \leftarrow Rt$; $PC \leftarrow PC + 1$

■ 与控制器相关的信号

- ✓ 通知alu做相应运算alu的cs[2:0]：加法
- ✓ 送出写RAM的信号或写寄存器组的信号
- ✓ 送出多路选择器选择信号memtoreg, alusrcb, regdes...

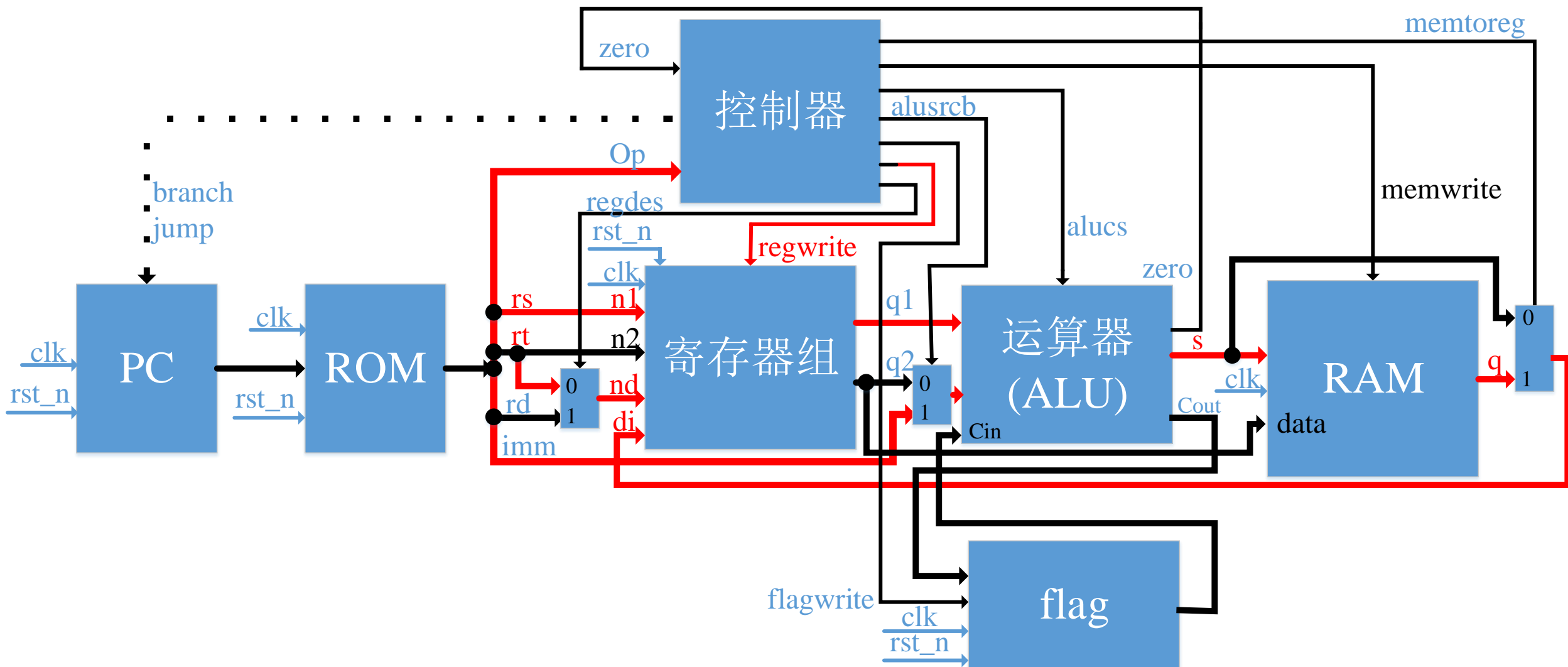
SW Rt, Rs, imm

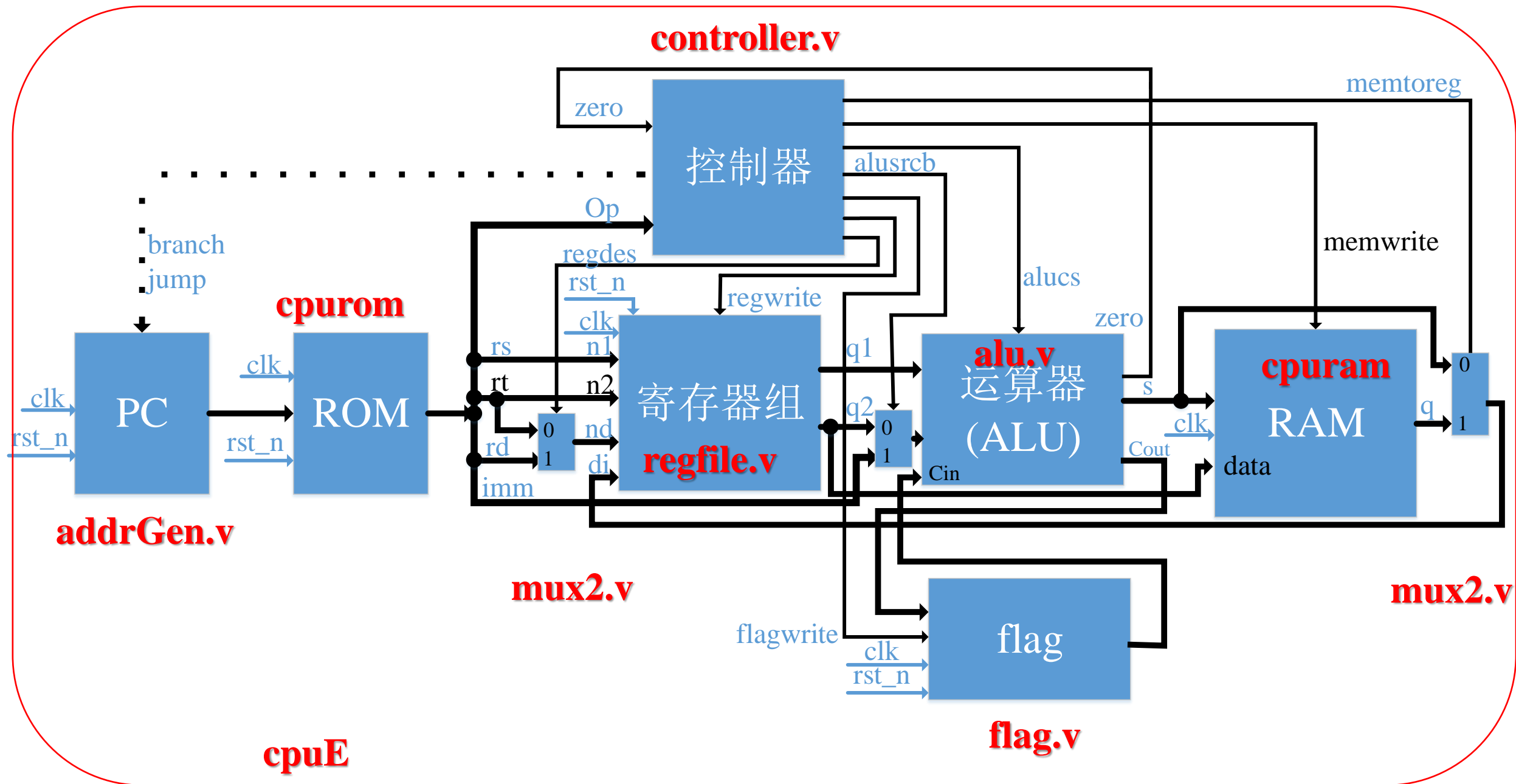
MEM[Rs+imm] ← Rt



LW Rt, Rs, imm

$Rt \leftarrow \text{MEM}[Rs + \text{imm}]$





实验任务4

任务4.2

- (1) 在任务4.1的基础上，增加执行lw和sw指令的数据通路，使所设计的计算机系统可以执行7条R指令+addi/ori/andi/lw/sw，共12条指令；**修改控制器模块. cpuE**
- (2) 在任务4.1中代码段的基础上，增加代码，**将R2、R3的值送入RAM的X及X+1单元，随后再将X及X+1单位的内容分别送至R3和R2中**，其中X为学号后两位数字。将代码翻译成机器码，写入ROM数据文件中。
- (3) 分析仿真结果，**必要时修改相关模块**。

行号	指令代码	机器码
0	ANDI R0,R0,0	
1	ANDI R1,R1,0	
2	ADDI R0,R0,11	
3	ADDI R1, R1,22	
4	AND R2,R0,R1	
5	OR R3,R0,R1	
6	ADD R2,R2,R3	
7	SUB R3,R3,R2	
8	ADD R3,R3,R2	
9	ADDC R2,R0,R1	
10	SUB R1,R3,R2	
11	SUBC R2,R3, R2	
12	SLT R2,R1,R0	
13	SLT R3,R0,R1	
14	SUB R2,R0, R1	
15	SUBC R3,R0, R1	

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