Serenity MIPS 语言规范

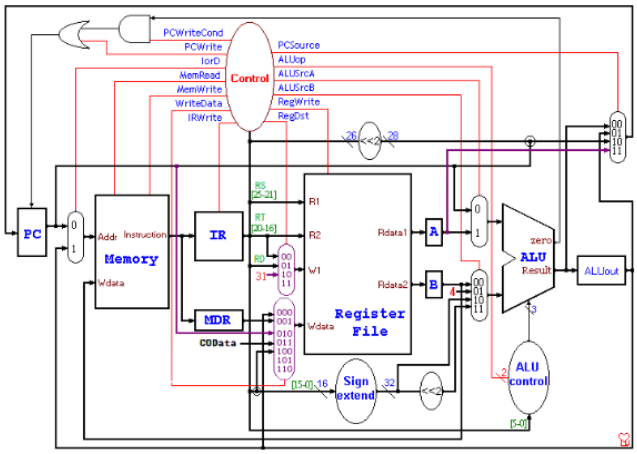
小组成员：海杰文、李其迈、蔡武威

• 前言

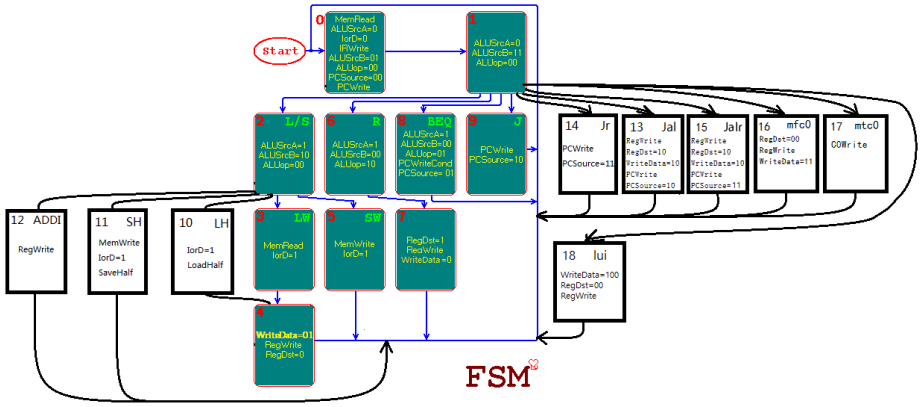
每一个特殊的架构，都需要为其特别准备适合自己的指令集，适合的指令集不但可以简化设计、理清思路，而且可以提升 CPU 的运行效率。此外，CPU 架构与指令集的相互依赖，也造成了 MIPS 汇编语言的特殊性，这使得我们必须根据自己的需要和设计来规定我们的 MIPS 语言规范。下面就来介绍 Serenity MIPS 的具体规范。

• MIPS 汇编指令集

下图为 SerenityPC 的系统架构图，为了实现 lui 指令，我们多加了若干控制信号，并添加了导向寄存器的数据，将指令寄存器第十六位作为高十六位输入，而低十六位输入为 16’B0。



此外，为了实现 DDR，我们为控制单元加入了 rdy 信号，只有当 rdy 信号为 1 时，CPU 的状态才能转移。而中断信号的扫描在 0 状态完成，若有探测到终端，系统会将 EPC 和 PC 分别置好，然后重新回到 0 状态。



下表为目前 CPU 支持的指令集，一共 36 条，可以满足我们的编程需求。

功能	格式	执行
逻辑左移	sll rd,rt,sft	rd=rt<<sft
逻辑右移	srl rd,rt,sft	rd=rt>>sft
算术右移	sra rd,rt,sft	rd=rt>>>sft
逻辑左移	sllv rd,rt,rs	rd=rt<<rs
逻辑右移	srlv rd,rt,rs	rd=rt>>rs
算术右移	srav rd,rt,rs	rd=rt>>>rs
寄存器转移	jr rs	PC=$rs
寄存器转移	jalr rs,rd	$rd=PC+4, PC=$rs
加法，有溢出	add rd,rs,rt	rd=rs+rt
加法，不溢出	addu rd,rs,rt	rd=rs+rt
减法，有溢出	sub rd,rs,rt	rd=rs-rt
减法，不溢出	subu rd,rs,rt	rd=rs-rt
与	and rd,rs,rt	rd=rs&rt
或	or rd,rs,rt	rd=rs|rt
异或	xor rd,rs,rt	rd=rs^rt
或非	nor rd,rs,rt	rd=~(rs|rt)
比较	slt rd,rs,rt	rd=0;if(rs<rt)rd=1;
小于无符号数	sltu rd,rs,rt	rd=0;if(rs<rt)rd=1;
转移	j L	PC=PC 高 4|(L<<2)
调子程序	jal L	$ra=PC+4, j L
相等转移	beq rs,rt,L	PC+=4;if(rs==rt)PC+=L
立即数加，有溢出	addi rt,rs,imm	rt=rs+imm
立即数加，不溢出	addiu rt,rs,imm	rt=rs+imm
小于立即数	slti rt,rs,imm	rd=0;if(rs<imm)rt=1;
小于无符号数	sltiu rt,rs,imm	rd=0;if(rs<imm)rt=1;
立即数与	addi rt,rs,imm	rt=rs&imm
立即数或	ori rt,rs,imm	
立即数异或	xori rt,rs,imm	rt=rs^imm
高位立即数	lui rt,imm	rt 高=imm
读协 0 寄存器	mfc0 rt,rd	$rt=协 0.rd
写协 0 寄存器	mtc0 rt,rd	协 0.rd=rd
短乘法	mul rd,rs,rt	rd=rs*rt
读 2 字节	lh rt,D(rs)	rt=Memory[rs+D]
读字(4 字节)	lw rt,D(rs)	rt=Memory[rs+D]
写 2 字节	sh rt,D(rs)	Memory[D+rs]=rt

写字(4 字节)	sw rt,D(rs)	Memory[D+rs]=rt

- **伪指令**

下表是目前汇编器支持的所有伪指令，一共 14 条。这些指令可以大大方便我们的 MIPS 汇编编程，也能提高可读性。

功能	格式	执行
寄存器间数据转移	move rd,rs	rd = rs
逻辑按位取反	not rd, rs	rd = ~rs
取负数	neg rd, rs	rd = -rs
压栈	push $r	$r 进栈
出栈	pop $r	出栈到$r
比较转移，小于	blt rs, rt, rr	if (rs < rt) goto rr
比较转移，大于	bgt rs, rt, rr	if (rs > rt) goto rr
比较转移，小于等于	ble rs, rt, rr	if (rs <= rt) goto rr
比较转移，大于等于	bge rs, rt, rr	if (rs >= rt) goto rr
绝对值	abs rs, rt	rs=|rt|
交换	swap rs, rt	rs <->rt
判断不等	sne rd, rs, rt	rd = (rs != rt) ? 1 : 0
判断相等	seq rd, rs, rt	rd = (rs == rt) ? 1 : 0
取地址	la $r, 标号	$r = 标号地址

- **格式指令**

功能	格式	执行
指定初始地址	.origin addr	随后的程序被加载到指定地址
定义字符串	.asciiz “<>”	0 结束 ascii 字符串变量
定义数据变量	.2byte <>	2 字节变量,顺序填充

- **表达式**

由于 MIPS 的特殊架构的特殊性，我们只支持最为基础的指令结构。类似于 X86 里使用[]来进行取内容操作并不打算被实现。表达式功能的特性就注定其不能在汇编语言执行的时候存在，必须要被汇编器翻译为指令。

而对于汇编器层面，能操纵的只有立即数与标号。对它们使用表达式并没有太大意义，立即数能够事先动态，而标号我们则采用 lea 指令来取得其地址，这样就可以在汇编代码里使用了。

出于以上两点原因，我们没有设计汇编器解析表达式的功能。

- **错误信息**

支持报错功能，报错时以行为单位，每次只能报一行的一种错误。报错时输出如下：

Line <lineNumber> : <instruction>

<errorInfo>

lineNumber 为出错的汇编码行号（伪指令展开前，空行也算行）

errorInfo 为错误信息，有以下几种

1) ***No error*** 没有错误，前面不会有行号
2) ***Wrong formation*** 各种格式错误，如除 eret 和 syscall 外的指令只有指令名而无操作数；指令名和操作数间出现逗号，如”add, $s1,$s2,$s3”；操作数与操作数间无分隔符”,“或括号，如”add $s1 $s2 $s3”；重复的分隔符，如”add $s1,,$s2,$s3”；逗号出现在括号间，如”lw $s1,0(,$s2)”；括号不匹配或出现多于一个括号”lw $s1,0(($s2)”；括号间无操作数，如”lw $s1,0,()”；逗号后无操作数,如“add $s1,$s2,$s3,”……
3) ***Illegal characters in label*** label 中有非法字符（合法字符为大小写字母、数字和下划线）
4) ***Label duplication*** 连续的 label，即两个 label 连在一起，如：
   Line 0: RR
   Line 1: RRR syscall
   报错为：
   Line 1: RRR syscall
   Label duplication
5) ***The amount of operand is wrong*** 操作数的数量错误，如 add 指令本应恰有 3 个操作数，因此 add $s1,$s2，操作数的数量错误
6) ***No such register*** 没有这样的寄存器，如某行若有非法寄存器名“$r1”，改行则会报此类错误
7) **No such instruction or pseudo instruction** 没有这样的指令或伪指令，即指令名不合法或不存在
8) ***Redefined label*** 重定义的 label，当同一个 label 出现第二次时在第二次那行报错，如
   Line 0: RR: add $s0,$s1,$s2
   ……
   Line 3: RR: sw $s0,0($s2)
   报错为：
   Line 3: RR: sw $s0,0($s2)
   No such register
9) ***Wrong immediate number or offset*** 错误（超过位数或出现非法字符）的立即数或偏移（目前仅在 li 指令中报此类错误）
10) ***No such label*** 没有这样的 label，即找不到在跳转类指令中的 label
11) ***Can not assemble*** 其余已被发现的错误
12) ***Unknown error*** 未知错误

- **例程**

```
        addi $s0, $zero, 0x0c00

        addi $s1, $zero, 26

        addi $t0, $zero, 0x40

loop:   sh $t0,0($s0)
```

```
        addi $t0, $t0, 1
        addi $s1, $s1, -1
        beq $s1, $zero, exit
        j loop
exit:   sll  $t0, $t0, 3
        sllv $t0, $t0, $ra
        sra  $t0, $t0, 1
```