

微机原理与接口技术

MIPS程序控制类指令

华中科技大学 左冬红



程序控制类指令

功能：控制程序的执行流程

寄存器PC指示下一条指令的地址，数据传输、运算类指令执行时，PC在微处理器时钟信号作用下自动加4，实现指令的顺序执行

程序控制类指令在某些情况下改变指令的顺序执行方式，也就是说这类指令的执行效果是改变寄存器PC的值

程序控制类指令

条件控制

相等 beq、不等 bne

无条件控制

j

条件控制指令

指令格式

beq \$Rs,\$Rt,Label

bne \$Rs,\$Rt,Label

指令功能

$PC = (RF[\$Rs] == RF[\$Rt]) ? Label : (PC + 4)$

$PC = (RF[\$Rs] != RF[\$Rt]) ? Label : (PC + 4)$

Label: 汇编指令前的标号，代表指令的存储地址

程序一旦编写完成，Label就是一个常数，属于I型指令

I型指令如何存储label的地址？

条件控制指令

I型指令如何存储label的地址?

beq \$Rs,\$Rt,Label

bne \$Rs,\$Rt,Label

| OP | Rs | Rt | Imm |
|----|----|----|-----|
|----|----|----|-----|

16位不能存储Label的地址

$$\text{Imm} = ((\text{Label} - \text{PC}) \gg 2)[15:0]$$

所有指令的存储地址低2位都为0

条件控制指令

beq \$Rs,\$Rt,Label

bne \$Rs,\$Rt,Label

| Op | Rs | Rt | Imm |
|----|----|----|-----|
|----|----|----|-----|

$$\text{Imm} = ((\text{Label} - \text{PC}) \gg 2)[15:0]$$

Label所处存储地址与PC所指存储地址之间的距离范围？

指令的条数

$$\text{Imm} \{-2^{15} \sim 2^{15} - 1\}$$

距离

$$\text{Label-PC的范围为} \{-2^{15} \sim 2^{15} - 1\} \times 4$$

$$\{-2^{17} \sim 2^{17} - 4\}$$

条件控制指令

beq \$Rs,\$Rt,Label

bne \$Rs,\$Rt,Label

| Op | Rs | Rt | Imm |
|----|----|----|-----|
|----|----|----|-----|

$$\text{Imm} = ((\text{Label} - \text{PC}) \gg 2)[15:0]$$

Label所处存储地址与条件跳转指令所在地址之间的距离范围？

条件跳转指令所在地址 = PC-4

Label-PC的范围为 $\{-2^{17} \sim 2^{17}-4\}$

Label-(PC-4)的范围为 $\{-2^{17}+4 \sim 2^{17}\}$

无条件跳转

指令格式

指令功能

j label

PC=label

| Op | Imm |
|----|-----|
|----|-----|

26位Imm存不下label的32位地址

所有指令的存储地址低2位都为0

label={PC[31:28],Imm,2'b00}

label不能为任意地址，高4位必须与PC一致

程序跳转指令适用性

已知PC当前值为0x10040000，若label代表的地址为0x80000000，试问能否仅使用条件跳转指令跳转到label处？至少需使用多少条条件跳转指令？无条件跳转指令呢？

存储地址都是无符号数

跳转距离 $0x80000000 - 0x10040000 = 0x6ffc0000$

1条条件跳转指令的跳转距离

Label-(PC-4)的范围为 $\{-2^{17}+4 \sim 2^{17}\}$

$$0x6ffc0000 \div 2^{17} = 0x6ffc0000 > > 17 = 0x37fe$$

无条件跳转

PC高4位与label高4位一致

$0x1 \neq 0x8$

无条件跳转不能实现

程序控制类指令的机器码

```

loop: sll $t1, $s3, 2
      add $t1, $t1, $s6
      lw  $t0, 0($t1)
      bne $t0, $s5, exit
      addi $s3, $s3, 1
      j   loop
exit: ...
    
```

| | | | | | |
|--------|----------------------------------|-------|---------------------|-------|--------|
| 000000 | 00000 | 10011 | 01001 | 00010 | 000000 |
| 000000 | 01001 | 10110 | 01001 | 00000 | 100000 |
| 100011 | 01001 | 01000 | 0000 0000 0000 0000 | | |
| 000101 | 01000 | 10011 | 0000 0000 0000 0010 | | |
| 001000 | 10011 | 10011 | 0000 0000 0000 0001 | | |
| 000010 | 0000 0000 0100 0000 0000 0000 00 | | | | |

loop=0x10040000 PC=0x10040010

\$t1=01001 \$s5=10101 \$t0=01000

\$s3=10011 \$s6=10110 exit=0x10040018

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 8 | |
| - | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | | | | | | 8 | |

小结

- 程序控制类指令
 - 条件跳转
 - 相等 beq
 - 不等 bne
 - 跳转范围 $\{-2^{17} \sim 2^{17}-4\}$
 - 无条件跳转
 - J
 - PC高4位与label高4位一致

下一讲：C语言程序控制语句的汇编实现