Arquitectura de Sistemas e Computadores I

Semana #8

Miguel Barão
mjsb@di.uevora.pt

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Resumo

Sabemos que todas as instruções MIPS são codificadas em números de 32 bits.
Vamos ver como são codificadas.

- As instruções do tipo R são, genericamente, as que envolvem só registos (`add`, `or`, `and`, *etc*).
- O código máquina é uma palavra de 32 bits com a estrutura seguinte:

OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct
6	5	5	5	5	6

OpCode é o código de operação. Vale sempre `000000` para instruções do tipo R.

Funct codifica a função da instrução (código de 6 bits).

Rs, Rt, Rd correspondem aos registos usados numa instrução como "`sub Rd, Rs, Rt`". Contêm os números 0 a 31 correspondentes aos registos source, target e destination.

SA é apenas usado nas instruções de shift (`sll`, `srl`, `sra`) para indicar o Shift Amount.

1. `add $t0, $t1, $t2` $\longrightarrow$ `add $8, $9, $10`

000000	01001	01010	01000	00000	100000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

1. `add $t0, $t1, $t2` $\longrightarrow$ `add $8, $9, $10`

000000	01001	01010	01000	00000	100000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

2. `slt $at, $a1, $s0` $\longrightarrow$ `slt $1, $5, $16`

000000	00101	10000	00001	00000	101010
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

1. `add $t0, $t1, $t2` ⟶ `add $8, $9, $10`

000000	01001	01010	01000	00000	100000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

2. `slt $at, $a1, $s0` ⟶ `slt $1, $5, $16`

000000	00101	10000	00001	00000	101010
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

3. `sll $v0, $t0, 3` ⟶ `sll $2, $8, 3`

000000	00000	01000	00010	00011	000000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

A instrução `nop` não é uma instrução real. Sabendo que código máquina é `0x00000000`, que instrução real é usada para no lugar do `nop`?

1. `add $t0, $t1, $t2` ⟶ `add $8, $9, $10`

000000	01001	01010	01000	00000	100000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

2. `slt $at, $a1, $s0` ⟶ `slt $1, $5, $16`

000000	00101	10000	00001	00000	101010
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

3. `sll $v0, $t0, 3` ⟶ `sll $2, $8, 3`

000000	00000	01000	00010	00011	000000
OpCode	Rs	Rt	Rd	SA	Funct

A instrução `nop` não é uma instrução real. Sabendo que código máquina é `0x00000000`, que instrução real é usada para no lugar do `nop`? "`sll $zero, $zero, 0`".

- Genericamente, as instruções do tipo I contêm em si próprias um número que é imediatamente usado na sua execução. Exemplos de instruções deste tipo são `addi`, `lw`, `beq`.
- O código máquina tem a seguinte estrutura:

OpCode	Rs	Rt	Immediate
6	5	5	16

OpCode é o código da operação, cada instrução do tipo I tem um código diferente.

Rs, Rt o registo source sempre lido, enquanto target pode ser lido ou escrito consoante a operação.

Immediate número de 16 bits a usar imediatamente na execução da instrução. O número pode ser interpretado com ou sem sinal, dependendo da instrução: aritméticas com sinal, lógicas sem sinal.

```
addi Rt, Rs, Immediate
 lw Rt, Immediate(Rs)
 sw Rt, Immediate(Rs)
```

Exemplos:

1. `addi $t0, $t1, 7` $\longrightarrow$ `addi $8, $9, 7`

001000	01001	01000	0000000000000111
OpCode	Rs	Rt	Immediate

```
addi Rt, Rs, Immediate
 lw Rt, Immediate(Rs)
 sw Rt, Immediate(Rs)
```

Exemplos:

1. `addi $t0, $t1, 7` ⟶ `addi $8, $9, 7`

001000	01001	01000	0000000000000111
OpCode	Rs	Rt	Immediate

2. `lw $t0, 4($s0)` ⟶ `lw $8, 4($16)`

100011	10000	01000	0000000000000100
OpCode	Rs	Rt	Immediate

As instruções de branch também são do tipo I:

```
beq Rs, Rt, LABEL
```

onde os 16 bits "immediate" correspondentes à LABEL são o número de instruções que se pretende avançar caso o branch seja executado. Se for negativo então é um recuo (e.g. num ciclo)

As instruções a saltar contam a partir do "delay slot". Exemplo:

```
    beq $t0, $t1, A      # instrucões a saltar
    nop                  # <- contam a partir desta linha.
    add $t1, $t2, $t3
A:  or  $v0, $t0, $t3
```

Do "delay slot" até à label A são 2 instruções:

000100	01000	01001	0000000000000010
OpCode	Rs	Rt	Immediate

As instruções `j` e `jal` são do tipo J.

```
j LABEL        # salta para instrução com endereço
nop            # correspondente à LABEL
```

Supondo que o endereço correspondente à LABEL é `0x0040019c`, que em binário se escreve

0000 0000 0100 0000 0000 0001 1001 1100

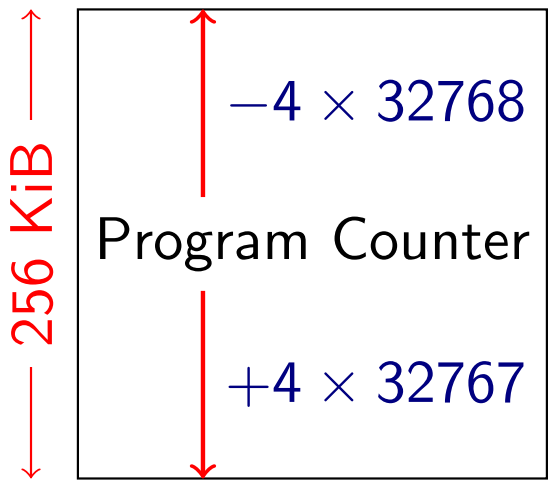
o código máquina é construido apenas com a parte a azul deste endereço:

OpCode	0000 0100 0000 0000 0001 1001 11
6	26

Os dois bits da direita são omitidos porque são sempre zero (endereços são múltiplos de 4).
Os quatro bits da esquerda são os do PC no momento em que o salto é tomado (i.e., vem da instrução seguinte ao jump).

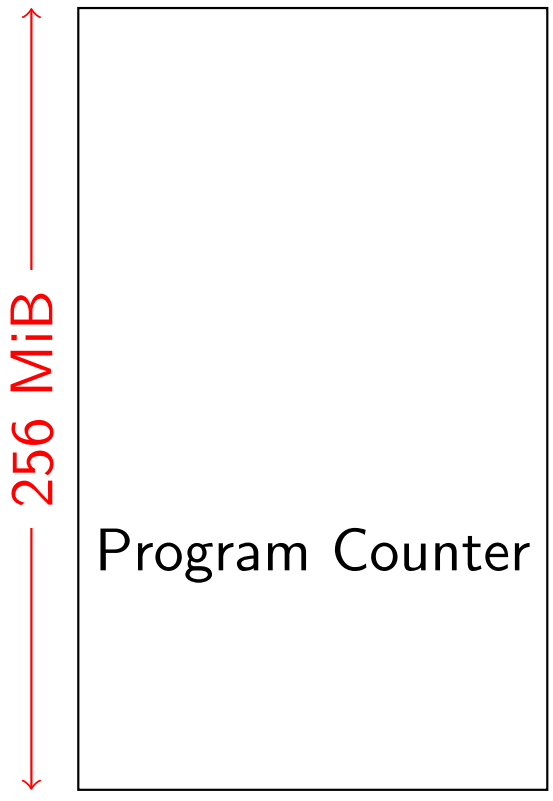
A gama de endereços atingíveis com jumps ou branches é diferente devido aos diferentes modos de representação e cálculo do endereço de destino.

Branch:



O endereçamento é relativo ao Program Counter.

Jump:



O endereçamento é absoluto.