

# Linguagem de montagem

## 2. Instruções de acesso à memória e representação de inteiros

Prof. John L. Gardenghi

*Adaptado dos slides do livro*

# Acesso à memória

- A memória principal é usada para armazenar os dados que não cabem nos registradores
  - Arrays, structures, dados dinâmicos
- Para executar operações aritméticas:
  - Carrega o dado em um registrador
  - Armazena o resultado do registrador na memória
- A memória é endereçada por *bytes*
  - Cada endereço é um dado de 8-bits (1 byte)
- Palavras são alinhadas na memória
  - O endereço inicial deve ser múltiplo de 4
  - Restrição de alinhamento

# Instruções de acesso à memória

- `lw reg, offset(base)`
  - `lw`: load word, `lh`: load halfword, `lb`: load byte
  - carrega o dado no registrador `reg` do endereço `base + offset`
- `sw reg, offset(base)`
  - `sw`: store word, `sh`: store halfword, `sb`: store byte
  - salva o dado do registrador `reg` no endereço `base + offset`
- `Syscall` código 9: alocação de memória
  - `$a0` recebe o tamanho em bytes
  - `$v0` retorna o endereço base
- **Atenção!**
  - `base` é um registrador
  - `offset` é um número

# Acesso à memória – Exemplo 1

- Código C:

```
g = h + A[8];
```

- g em \$s1, h em \$s2, endereço base de A em \$s3

- Código MIPS compilado:

- Índice 8 do vetor requer um *offset* de 32 bytes
  - 4 bytes por palavra

```
lw    $t0, 32($s3)
add   $s1, $s2, $t0
```

offset

Endereço base  
(registrador)

# Acesso à memória – Exemplo 2

- Código C:

```
A[12] = h + A[8];
```

- h em \$s2, endereço base de A em \$s3

- Compiled MIPS code:

- Índice 8 do vetor requer um *offset* de 32

```
lw    $t0, 32($s3)    # load word
add   $t0, $s2, $t0
sw    $t0, 48($s3)    # store word
```

- Atenção com o uso de `lw` e `sw`!

# Registradores vs. Memória

- Registradores possuem acesso mais rápido que memória
- Operar na memória requer carregar e salvar o dado
  - Mais instruções a serem executadas
- Um compilador deve usar os registradores o máximo possível
  - A memória deve ser acessada apenas para variáveis menos utilizadas
  - Otimização de registradores é importante!

# Instruções imediatas

- Dado constante especificado na instrução  
addi \$s3, \$s3, 4
- Não há instrução imediata de subtração
  - Basta usar uma constante negativa  
addi \$s2, \$s1, -1
- *Princípio de Design 3: Torne o caso comum mais rápido*
  - O uso de constantes pequenas é muito comum
  - Instruções imediatas evitam uma instrução Tw num registrador

# O zero

- O registrador MIPS `$zero` representa a constante 0
  - Não deve ser sobrescrita
- Evitar utilizar a constante 0 em instruções imediatas
  - E.g., mover dados entre registradores  
`add $t2, $s1, $zero` (move `$t2, $s1`)
  - E.g., inicializar com zero  
`add $t1, $zero, $zero` (move `$t1, $zero`)

# Inteiros binários sem sinal

- Dado um número binário  $x = x_{n-1}x_{n-2}\dots x_1x_0$

$$x = x_{n-1}2^{n-1} + x_{n-2}2^{n-2} + \dots + x_12^1 + x_02^0$$

- Varia de 0 a  $+2^n - 1$ 
  - Com  $n=32$ , de 0 to  $+4,294,967,295$
- Exemplo
  - $0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 1011_2$   
 $= 0 + \dots + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$   
 $= 0 + \dots + 8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$

# Inteiros com sinal (comp. a 2)

- Dado um número binário  $x = x_{n-1}x_{n-2}\dots x_1x_0$

$$x = -x_{n-1}2^{n-1} + x_{n-2}2^{n-2} + \dots + x_12^1 + x_02^0$$

- Varia de  $-2^{n-1}$  a  $+2^{n-1} - 1$ 
  - Com  $n=32$ , de  $-2,147,483,648$  to  $+2,147,483,647$

- Exemplo

- $1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1100_2$   
 $= -1 \times 2^{31} + 1 \times 2^{30} + \dots + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$   
 $= -2,147,483,648 + 2,147,483,644 = -4_{10}$

# Inteiros com sinal (comp. a 2)

- O bit 31 é o bit de sinal
  - 1 para negativo
  - 0 para não-negativo
- Números não negativos tem a mesma representantação em inteiros sem sinal ou complemento a 2
- Números específicos
  - 0: 0000 0000 ... 0000
  - -1: 1111 1111 ... 1111
  - Mais negativo ( $-2^{31}$ ): 1000 0000 ... 0000
  - Mais positivo( $2^{31} - 1$ ): 0111 1111 ... 1111

# Negação com sinal

- Calcula o complemento e soma 1
  - Complemento: transformar  $1 \rightarrow 0$ ,  $0 \rightarrow 1$

$$x + \bar{x} = 1111 \dots 111_2 = -1$$

$$\bar{x} + 1 = -x$$

- Exemplo: negar +2
  - $+2 = 0000 \ 0000 \ \dots \ 0010_2$
  - $-2 = 1111 \ 1111 \ \dots \ 1101_2 + 1$   
 $= 1111 \ 1111 \ \dots \ 1110_2$

# Extensão de sinal

- Consiste em representar um número com mais bits
  - Objetivo: preservar o valor numérico
- No conjunto de instruções MIPS
  - `addi`: estende o valor imediato
  - `lb`, `lh`: estende o byte/meia palavra carregado
- Replica o bit de sinal para a esquerda
- Exemplos: 8-bit para 16-bit
  - `+2`: 0000 0010 => 0000 0000 0000 0010
  - `-2`: 1111 1110 => 1111 1111 1111 1110