

# ARITMETICA COMPUTACIONAL

## DIVISÃO BINÁRIA

Anotações do material suplementar (apresentações PPT) ao Livro do Hennessy e Patterson e do material do Prof. Celso Alberto Saibel Santos (DI/CT).



# DIVISÃO BINÁRIA

# Divisão

Exemplo:

(dividendo) 1001010 | 1000 (divisor)  
(resto) 10 1001 (quociente)

- ❑ Operação recíproca à multiplicação
- ❑ Mesmos problemas com negativos
- ❑ Mais complexa, menos frequente, gera 2 valores (quociente e resto) e pode ser inválida: divisão por ZERO!
- ❑ Assim como na multiplicação, trabalhar com 0 e 1 facilita o processo de deslocamento e subtração a cada passo do algoritmo de divisão

# Algoritmo trivial para a divisão

**Inicialização:** registrador-quociente inicializado com 0 na metade superior dos bits e com o dividendo na metade inferior

1. Desloca-se o dividendo um bit à esquerda
2. Subtrai o divisor da metade esquerda do dividendo
  - ▣ Se resultado for positivo, coloque um bit 1 à direita do quociente
  - ▣ Senão, coloque um bit 0 à direita do quociente, e volte ao passo 2
3. Quando o resultado for positivo, desloque o resto parcial à esquerda
4. Faça N iterações, onde N é o tamanho do divisor

# Divisão: $(72 / 8)_{10} = (01001000 / 1000)_2$

## □ Estado inicial

|           |      |          |             |      |             |
|-----------|------|----------|-------------|------|-------------|
| (divisor) | 1000 | 01001000 | (dividendo) | 0000 | (quociente) |
|-----------|------|----------|-------------|------|-------------|

# Divisão: 01001000 / 1000

□ Desloque o dividendo 1 bit à esquerda

(divisor) 1000      10010000      (dividendo)      0000      (quociente)

# Divisão: 01001000 / 1000

- Subtraia o divisor da metade esquerda do dividendo:

|                |        |      |                     |      |             |
|----------------|--------|------|---------------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 1001   | 0000 | (dividendo)         | 0000 | (quociente) |
|                | - 1000 | ↓    | (guarde esses bits) |      |             |
|                | 0001   | 0000 |                     |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Resultado positivo, insira bit 1 à direita do quociente

|                |               |             |      |             |
|----------------|---------------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000      | (dividendo) | 0001 | (quociente) |
|                | <u>- 1000</u> |             |      |             |
|                | 00010000      |             |      |             |



# Divisão: 01001000 / 1000

- Subtraia o divisor da metade esquerda do resto parcial

|                |          |             |      |             |
|----------------|----------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000 | (dividendo) | 0001 | (quociente) |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 00100000 |             |      |             |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 11010000 |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Resultado negativo, insira um bit 0 à direita do quociente

|                |          |             |      |             |
|----------------|----------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000 | (dividendo) | 0010 | (quociente) |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 00100000 |             |      |             |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 11010000 |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

□ Restaura resto parcial anterior

|                |          |             |      |             |
|----------------|----------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000 | (dividendo) | 0010 | (quociente) |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 00100000 |             |      |             |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 11010000 |             |      |             |
|                | 00100000 |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Desloca o resto parcial um bit à esquerda

|                |               |             |      |             |
|----------------|---------------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000      | (dividendo) | 0010 | (quociente) |
|                | <u>- 1000</u> |             |      |             |
|                | 00100000      |             |      |             |
|                | <u>- 1000</u> |             |      |             |
|                | 11010000      |             |      |             |
|                | 01000000      |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Subtrai a metade esquerda do resto parcial do divisor

|                |          |             |      |             |
|----------------|----------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000 | (dividendo) | 0010 | (quociente) |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 00100000 |             |      |             |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 11010000 |             |      |             |
|                | 01000000 |             |      |             |
|                | - 1000   |             |      |             |
|                | <hr/>    |             |      |             |
|                | 11000000 |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Resultado negativo, insira um bit 0 à direita do quociente

|                |                 |             |      |             |
|----------------|-----------------|-------------|------|-------------|
| (divisor) 1000 | 10010000        | (dividendo) | 0100 | (quociente) |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>00100000</u> |             |      |             |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>11010000</u> |             |      |             |
|                | 01000000        |             |      |             |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>11000000</u> |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

□ Restaura resto parcial anterior

| (divisor) | 1000 |          | (dividendo) | 0100 | (quociente) |
|-----------|------|----------|-------------|------|-------------|
|           |      |          | 10010000    |      |             |
|           |      | - 1000   |             |      |             |
|           |      | <hr/>    |             |      |             |
|           |      | 00100000 |             |      |             |
|           |      | - 1000   |             |      |             |
|           |      | <hr/>    |             |      |             |
|           |      | 11010000 |             |      |             |
|           |      | 01000000 |             |      |             |
|           |      | - 1000   |             |      |             |
|           |      | <hr/>    |             |      |             |
|           |      | 11000000 |             |      |             |
|           |      | 01000000 |             |      |             |

# Divisão: 01001000 / 1000

- Desloca o resto parcial um bit à esquerda

| (divisor) | 1000 |   | 10010000 | (dividendo) |  | 0100 | (quociente) |
|-----------|------|---|----------|-------------|--|------|-------------|
|           |      | - | 1000     |             |  |      |             |
|           |      |   | 00100000 |             |  |      |             |
|           |      | - | 1000     |             |  |      |             |
|           |      |   | 11010000 |             |  |      |             |
|           |      |   | 01000000 |             |  |      |             |
|           |      | - | 1000     |             |  |      |             |
|           |      |   | 11000000 |             |  |      |             |
|           |      |   | 10000000 |             |  |      |             |



# Divisão: 01001000 / 1000

- Subtrai divisor da metade esquerda do resto parcial

| (divisor) | 1000 |   | 10010000 | (dividendo) | 0100 | (quociente) |
|-----------|------|---|----------|-------------|------|-------------|
|           |      | - | 1000     |             |      |             |
|           |      |   | 00100000 |             |      |             |
|           |      | - | 1000     |             |      |             |
|           |      |   | 11010000 |             |      |             |
|           |      |   | 01000000 |             |      |             |
|           |      | - | 1000     |             |      |             |
|           |      |   | 11000000 |             |      |             |
|           |      |   | 10000000 |             |      |             |
|           |      | - | 1000     |             |      |             |
|           |      |   | 00000000 |             |      |             |

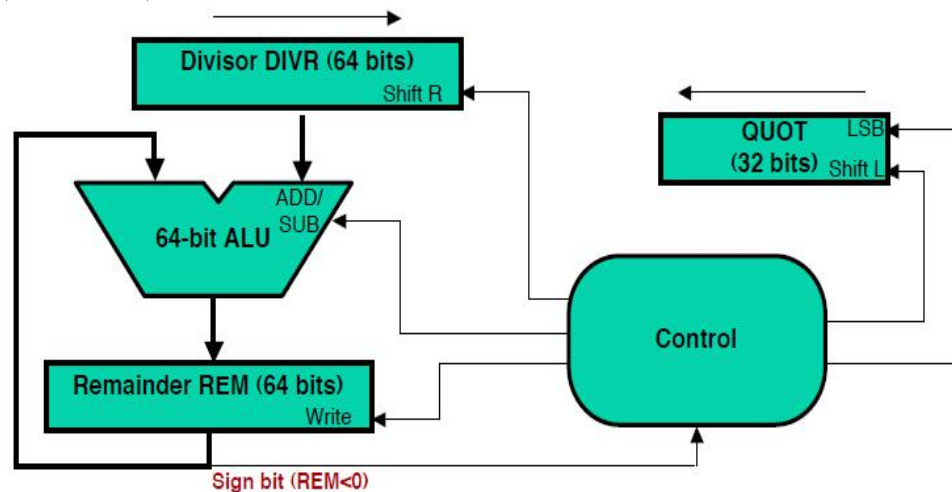
# Divisão: 01001000 / 1000

- Resultado positivo, insira um bit 1 à direita do quociente

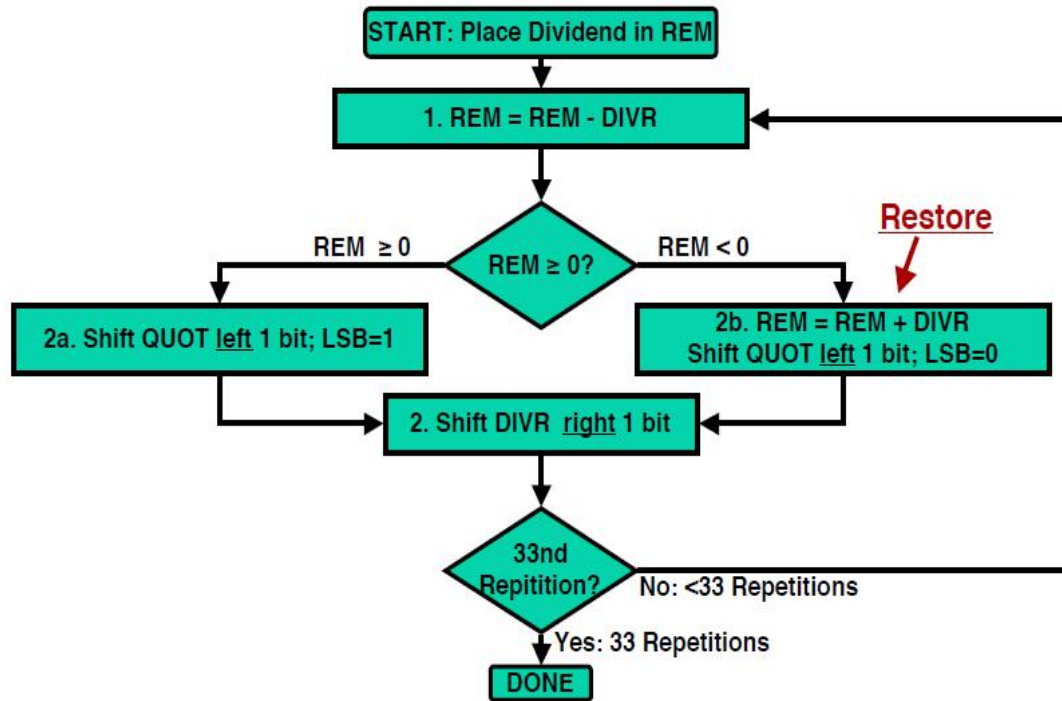
| (divisor) 1000 | 10010000        | (dividendo) | 1001 | (quociente) |
|----------------|-----------------|-------------|------|-------------|
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>00100000</u> |             |      |             |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>11010000</u> |             |      |             |
|                | 01000000        |             |      |             |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>11000000</u> |             |      |             |
|                | 10000000        |             |      |             |
|                | - 1000          |             |      |             |
|                | <u>00000000</u> |             |      |             |
|                | 00000000        | (resto)     |      |             |

# Divisão Inteiros – V1

- Reg. de deslocamento (*shifters*) movem o divisor (DIVR) para a direita
- ULA subtrai DIVR e então restaura o valor (soma novamente) se o resto (REM)  $< 0$  (isto é, o divisor é grande demais...)



# Algoritmo - V1



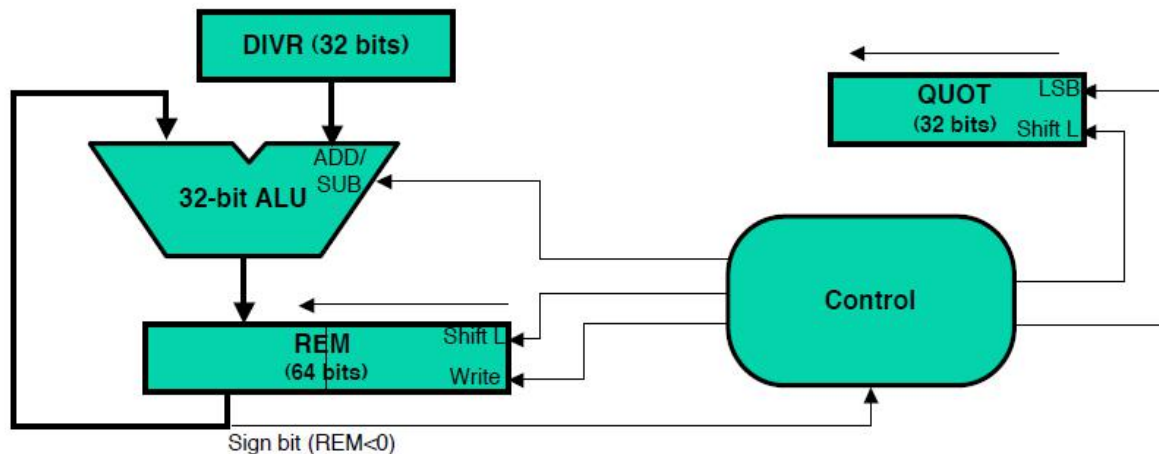
# Divisão Inteiros – V2

## Observando a versão 1:

1. De fato, nós somente subtraímos apenas 32 bits em cada interação, apesar da ULA ser de 64 bits:
  - ▣ Ideia: Ao invés de deslocar o divisor para a direita, deslocar o resto para esquerda
2. O primeiro passo do algoritmo não se realiza quando um bit 1 for produzido no quociente:
  - ▣ Ideia: trocar a ordem – deslocar primeiro e então subtrair

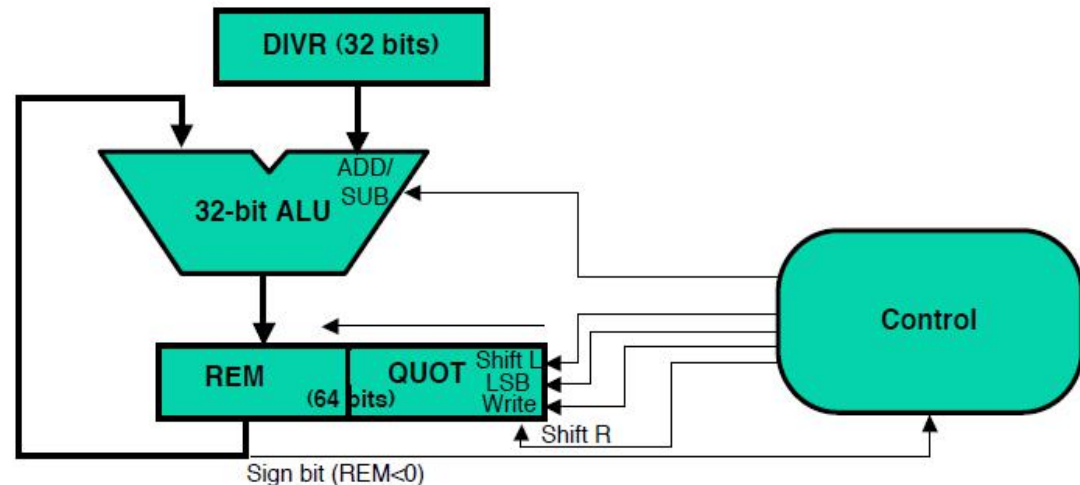
# Divisão Inteiros - V2

- ❑ Divisor permanece fixo
- ❑ Dividendo/Resto deslocados à esquerda
- ❑ Resultado final: Resto na parte superior (bits mais significativos) do registrador REM



# Divisão Inteiros – V3

- ❑ Solução similar ao que foi feito para a multiplicação...
- ❑ Idêntica à versão anterior, combinando resto (REM parte superior, bits [31-16]) e quociente (QUOT parte inferior, bits [15-0]) no registrador de resultado (REM)



# Algoritmo V2

