# Organização Básica de computadores e linguagem de montagem

Prof. Edson Borin

2º Semestre de 2016

# Representação de Informações no Computador

# Representação de Informações

- Como representar informações em um computador
  - Números inteiros?
  - Texto?
  - Registros?
  - Vetores?

# Representação de Informações

- Informações são representadas através de dígitos binários, ou *BITs (**BI**nary digi**T**s)*.
- Dígitos 0 e 1
- Quantos estados (ou números) distintos podemos representar com 3 dígitos da base binária?

# Representação de Informações

- Informações são representadas através de dígitos binários, ou *BITs (**BI**nary digi**T**s)*.
- Dígitos 0 e 1
- Quantos estados (ou números) distintos podemos representar com 3 dígitos da base binária?
  - 8 estados se utilizarmos notação posicional
  - 4 estados se utilizarmos notação não posicional
    - 1: 001, 010, 100 (um *bit* 1 e dois *bits* 0)
    - 2: 110, 101, 011 (um *bit* 0 e dois *bits* 1)
    - 3: 000 (três *bits* 0)
    - 4: 111 (três *bits* 1)

# Representação de Informações

- Notação posicional: valor do dígito depende da sua posição.
- Exemplo: Número decimal 132
  - Valor do dígito 2 = 2
  - Valor do dígito 3 = 30
  - Valor do dígito 1 = 100

# Representação de Informações

- Notação posicional: valor do dígito depende da sua posição.
- Exemplo: Número decimal 132
  - Valor do dígito 2 = 2
  - Valor do dígito 3 = 30
  - Valor do dígito 1 = 100
- "Informações no computador são representadas através de números, codificados na base binária com notação posicional"

# Bases numéricas

- A quantidade de dígitos distintos define a base numérica. Exemplos
  - Base 2, ou binária => 2 dígitos distintos: 0 e 1
  - Base 8, ou octal => 8 dítigos distintos: 0, 1, ..., 7
  - Base 10, ou decimal => 10 dígitos distintos: 0, ..., 9
  - ...
- Quais são os dígitos utilizados na base 16?

# Bases numéricas

- A quantidade de dígitos distintos define a base numérica. Exemplos
  - Base 2, ou binária => 2 dígitos distintos: 0 e 1
  - Base 8, ou octal => 8 dítigos distintos: 0, 1, ..., 7
  - Base 10, ou decimal => 10 dígitos distintos: 0, ..., 9
  - ...
- Quais são os dígitos utilizados na base 16?
  - Dígitos da base hexadecimal: 0, 1, ..., 9, A, B, C, D, E, F

# Bases numéricas

- Qual é a base dos números abaixo?
  - FE03
  - 8230
  - 9210
  - 1001

# Bases numéricas

- Qual é a base dos números abaixo?
  - FE03
  - 8230
  - 9210
  - 1001
- Para distinguir temos que anotar o número com a base. Exemplos:
  - $FE03_{16}$
  - $1001_{10}$
  - $1001_{2}$

# Bases numéricas

- Qual é o valor de cada dígito nos números abaixo?
  - $9210_{10}$
  - $1001_{2}$

# Bases numéricas

- Qual é o valor de cada dígito nos números abaixo?
  - $9210_{10}$
  - $1001_2$
- O valor de um dígito ***d*** em um número na base ***t*** é dado por:
  - $\mathbf{d} \times \mathbf{t}^{\text{posição}}$
- Onde a posição é dada pela seguinte convenção:

| | |
|---|---|
| **Dígitos** | 0 0 0 0 9 2 1 0 |
| **Posição** | 7 6 5 4 3 2 1 0 |

# Bases numéricas

- Qual é o valor de cada número abaixo em decimal?
  - $1001_2$
  - $FF_{16}$

# Bases numéricas

- Qual é o valor de cada número abaixo em decimal?
  - $1001_2$
  - $FF_{16}$

- O valor de um número na base **t** com **n** dígitos é o somatório dos valores dos dígitos:

$$N_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} \boldsymbol{d}_i \times \boldsymbol{t}^i$$

- onde ***di*** é o dígito na posição *i*.

# Bases numéricas

- Qual é o valor de cada número abaixo em decimal?
  - $1001_2 = 1x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0 = 9_{10}$
  - $FF_{16} = Fx16^1 + Fx16^0 = 15x16 + 15x1 = 255_{10}$

- O valor de um número na base **t** com **n** dígitos é o somatório dos valores dos dígitos:

$$N_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} \boldsymbol{d}_i \times \boldsymbol{t}^i$$

- onde ***di*** é o dígito na posição *i*.

# Conversão de bases numéricas

| **Tipo de conversão** | **Procedimento** |
|---|---|
| Decimal => Binário | Divisões sucessivas por 2 até se obter zero no quociente.<br>Leitura dos dígitos binários no resto de baixo para cima. |
| Binário => Decimal | Soma de potências de 2 cujo expoente é a posição do bit e cujo coeficiente é o próprio bit. |
| Hexadecimal => Binário | Expandir cada dígito hexa em quatro dígitos binários segundo seu valor. |
| Binário => Hexadecimal | Compactar cada quatro dígitos binários em um único dígito hexa segundo seu valor. |
| Decimal => Hexadecimal | Divisões sucessivas por 16 até se obter zero no quociente.<br>Converter restos p/ dígitos hexadecimais.<br>Leitura dos dígitos de baixo para cima. |
| Hexadecimal => Decimal | Soma de potências de 16 cujo expoente é a posição do dígito e cujo coeficiente é o valor do próprio dígito hexa. |

# Bases numéricas - Exercícios

- Qual o valor em binário dos seguintes números
  - $15_{16}$
  - $139_{10}$
- Qual o valor em hexadecimal dos seguintes números
  - $101001_2$
  - $16_{10}$
  - $240_{10}$
  - $20_8$

# Números Sem Sinal

- Na representação sem sinal, todos os *bits* são utilizados como dígitos do número.
- Exemplo: Registradores com 3 bits podem representar 8 números distintos: 0 a 7

$000 = 0_{10}$

$001 = 1_{10}$

$010 = 2_{10}$

$011 = 3_{10}$

$100 = 4_{10}$

$101 = 5_{10}$

$110 = 6_{10}$

$111 = 7_{10}$

# Números Com Sinal

- Três tipos de codificação mais conhecidas
  - Sinal e magnitude
  - Complemento de 1
  - Complemento de 2

# Sinal e Magnitude

- Na representação "sinal e magnitude" o *bit* mais a esquerda (o mais significativo) representa o sinal do número e os outros *bits* representam a magnitude.
- Qual é o valor dos números abaixo na representação "sinal e magnitude" e sem sinal?

a) $0001\ 0101_2$

b) $1000\ 1010_2$

# Sinal e Magnitude

- Na representação "sinal e magnitude" o *bit* mais a esquerda (o mais significativo) representa o sinal do número e os outros *bits* representam a magnitude.
- Qual é o valor dos números abaixo na representação "sinal e magnitude" e sem sinal?

  a) $0001\ 0101_2$

  b) $1000\ 1010_2$

- E estes números?

  a) $0000\ 0000_2$

  b) $1000\ 0000_2$

# Sinal e Magnitude

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. |
|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 |
| 101 | 5 | -1 |
| 110 | 6 | -2 |
| 111 | 7 | -3 |

# Complemento de 1

- Na representação "complemento de 1" o *bit* mais à esquerda também indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 |
|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 | ? |
| 101 | 5 | -1 | ? |
| 110 | 6 | -2 | ? |
| 111 | 7 | -3 | ? |

# Complemento de 1

- Na representação "complemento de 1" o *bit* mais à esquerda também indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 |
|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 |
| **010** | 2 | 2 | **2** |
| 011 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 | -3 |
| **101** | 5 | -1 | **-2** |
| 110 | 6 | -2 | -1 |
| 111 | 7 | -3 | -0 |

# Complemento de 1

- Na representação "complemento de 1" o *bit* mais à esquerda também indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.
- Primeiro *bit* 0 => o número é positivo e o valor pode ser obtido da mesma maneira que na representação sem sinal
- Primeiro *bit* 1 => o número é negativo. Para descobrir a magnitude, basta inverter todos os *bits* e computar o valor na representação sem sinal.
- Qual é o valor de $10010_2$?

# Complemento de 1

- Na representação "complemento de 1" o *bit* mais à esquerda também indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.
- Primeiro *bit* 0 => o número é positivo e o valor pode ser obtido da mesma maneira que na representação sem sinal
- Primeiro *bit* 1 => o número é negativo. Para descobrir a magnitude, basta inverter todos os *bits* e computar o valor na representação sem sinal.
- Qual é o valor de $10010_2$?
  - $10010_2$ => $01101_2 = 13_{10}$. Logo: $10010_2 = -13_{10}$

# Complemento de 2

- Na representação "complemento de 2" o *bit* mais à esquerda indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 | Comp. de 2 |
|---|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 | -3 | ? |
| 101 | 5 | -1 | -2 | ? |
| 110 | 6 | -2 | -1 | ? |
| 111 | 7 | -3 | -0 | ? |

# Complemento de 2

- Na representação "complemento de 2" o *bit* mais à esquerda indica o sinal, entretanto a magnitude é representada de maneira diferente.

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 | Comp. de 2 |
|---|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | **4** | -0 | -3 | **-4** |
| 101 | 5 | -1 | -2 | -3 |
| 110 | 6 | -2 | -1 | -2 |
| 111 | **7** | -3 | -0 | **-1** |

# Representação de Números

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 | Comp. de 2 |
|---|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | **4** | -0 | -3 | **-4** |
| 101 | 5 | -1 | -2 | -3 |
| 110 | 6 | -2 | -1 | -2 |
| 111 | **7** | -3 | -0 | **-1** |

- Representações "Sinal e Mag." e "Comp. de 1" possuem dois zeros: 0 e -0
- A representação "complemento de 2" é a mais utilizada.

# Representação de Números

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 | Comp. de 2 |
|---|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 | -3 | -4 |
| 101 | 5 | -1 | -2 | -3 |
| 110 | 6 | -2 | -1 | -2 |
| 111 | 7 | -3 | -0 | -1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Maior** | **7** | **3** | **3** | **3** |
| **Menor** | **0** | **-3** | **-3** | **-4** |

# Representação de Números

| Número | Sem sinal | Sinal e Mag. | Comp. de 1 | Comp. de 2 |
|---|---|---|---|---|
| 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 001 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 011 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 | 4 | -0 | -3 | -4 |
| 101 | 5 | -1 | -2 | -3 |
| 110 | 6 | -2 | -1 | -2 |
| 111 | 7 | -3 | -0 | -1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Maior | 7 | 3 | 3 | 3 |
| Menor | 0 | -3 | -3 | -4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Maior** | **$2^n-1$** | **$2^{n-1}-1$** | **$2^{n-1}-1$** | **$2^{n-1}-1$** |
| **Menor** | **0** | **$-(2^{n-1}-1)$** | **$-(2^{n-1}-1)$** | **$-(2^{n-1})$** |

# Números no Computador

- "Informações no computador são representadas através de números, codificados na base binária com notação posicional"
- Quantos *bits* o computador usa para codificar cada número?

# Números no Computador

- "Informações no computador são representadas através de números, codificados na base binária com notação posicional"
- Quantos *bits* o computador usa para codificar cada número?
  - O IAS utiliza 40 *bits*!
    - Palavras da memória possuem 40 *bits*
    - Registradores da ULA possuem 40 *bits*.

# Números no Computador

- Computadores modernos codificam números com palavras de 8,16, 32, 64 ou mais *bits*.

- Geralmente é uma potência de 2.

- Uma arquitetura de 32 *bits* é uma arquitetura que é capaz de armazenar e realizar operações aritméticas em números com até 32 *bits*.

# Complemento de 2

- Números sinalizados de 32 *bits* em Complemento de 2:

$0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_2 = 0_{10}$
$0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0001_2 = +\ 1_{10}$
$0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0010_2 = +\ 2_{10}$
...
$0111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1110_2 = +\ 2{,}147{,}483{,}646_{10}$
$0111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111_2 = +\ 2{,}147{,}483{,}647_{10}$
$1000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_2 = -\ 2{,}147{,}483{,}648_{10}$
$1000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0001_2 = -\ 2{,}147{,}483{,}647_{10}$
$1000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0010_2 = -\ 2{,}147{,}483{,}646_{10}$
...
$1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1101_2 = -\ 3_{10}$
$1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1110_2 = -\ 2_{10}$
$1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111_2 = -\ 1_{10}$

**maxint**

**minint**

# Aritmética Binária: Soma e Subtração

- Como no ensino fundamental: (vai-um/vem-um)

| | | |
|---|---|---|
| 0111 (7) | 0111 (7) | 0110 (6) |
| + 0110 (6) | -0110 (6) | -0101 (5) |
| 1101 (13) | 0001 (1) | 0001 (1) |

- Subtração em complemento de 2 pode ser feita com uma soma (A – B = A + (-B)).
- Ex: 7 - 6 = 7 + (-6)

```
  0111 (+7)
+ 1010 (-6)
  0001 (=1)
```

# Aritmética Binária: *Overflow*

- *Overflow*: quando o resultado é maior (menor) do que a palavra do computador pode representar.

- Exemplo: Ocorre *overflow* na operação abaixo?

```
  0111 (7)
+ 0001 (1)
------
  1000
```

# Aritmética Binária: Detecção de *Overflow*

- Não existe *overflow* quando adicionamos um número positivo e um número negativo
- Não existe *overflow* quando os sinais dos números são os mesmos  na subtração
- Ocorre *overflow* quando os valores afetam o sinal:
  - Somando dois números positivos dá um número negativo
  - Somando dois números negativos dá um número positivo
  - Subtrai um número negativo de um positivo e dá negativo
  - Subtrai um número positivo de um negativo e dá positivo

# Aritmética Binária: Detecção de *Overflow*

- Exercício: Compute o resultado das operações abaixo e verifique se houve *overflow*

  a) 4 + 5 em uma representação com números sinalizados de 8 *bits*

  b) 4 + 5 em uma representação com números sinalizados de 4 *bits*

# Representação de Caracteres

- Cada caractere é associado a um número distinto.
- Existem diversos padrões.
- Exemplo: Padrão ASCII - American Standard Code for Information -- Usa 7 *bits*, (128 caracteres distintos) – Exemplo:

| | |
|---|---|
| 64 | @ |
| 65 | A |
| 66 | B |
| 67 | C |
| 68 | D |
| 69 | E |
| 70 | F |
| 71 | G |
| 72 | H |
| 73 | I |

| | |
|---|---|
| 96 | ´ |
| 97 | a |
| 98 | b |
| 99 | c |
| 100 | d |
| 101 | e |
| 102 | f |
| 103 | g |
| 104 | h |
| 105 | i |

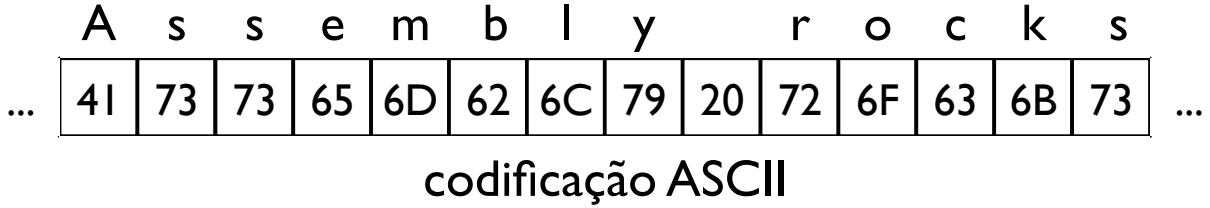
| | |
|---|---|
| 48 | 0 |
| 49 | 1 |
| 50 | 2 |
| 51 | 3 |
| 52 | 4 |
| 53 | 5 |
| 54 | 6 |
| 55 | 7 |
| 56 | 8 |
| 57 | 9 |

# Representação de Caracteres

- Cada caractere é associado a um número distinto.
- ASCII Usa 7 *bits*
- Um texto é armazenado como uma cadeia de caracteres!
- Posições consecutivas da memória

# Representação de Caracteres

- Cada caractere é associado a um número distinto.
- ASCII Usa 7 *bits*
- Um texto é armazenado como uma cadeia de caracteres!
- Posições consecutivas da memória

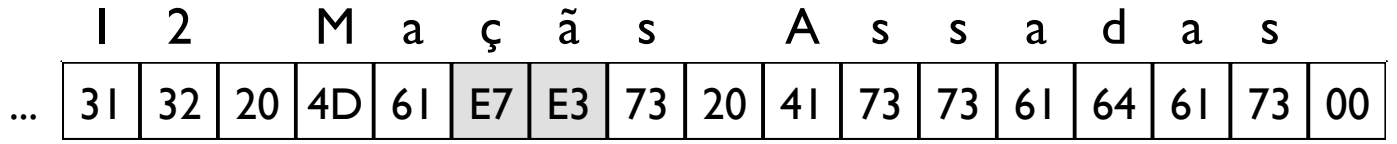



codificação ASCII

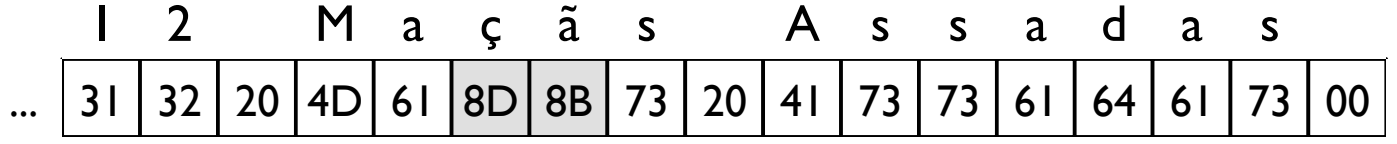
# Representação de Caracteres

Representação de Cadeias de Caracteres (*strings*) na memória do computador:

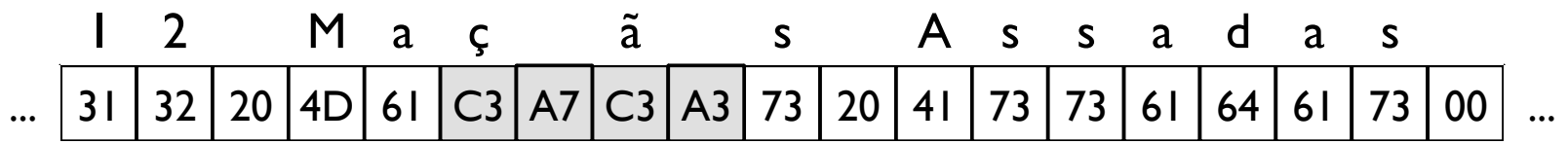
Exemplo: "Maçãs Assadas"




codificação ISO-LATIN-1




codificação MacOSRoman




codificação UTF-8

# Representação de Caracteres

- No IAS, as palavras da memória possuiam 40 *bits*!
- A grande maioria das memórias de computadores atuais possuem unidades de armazenamento endereçáveis de um *byte* (8 *bits*).
  - No endereço 0 cabe um dado de 1 *byte*, no endereço 1 cabe um dado de 1 *byte* e assim por diante.

# Representação de Caracteres

- No IAS, as palavras da memória possuiam 40 *bits*!
- A grande maioria das memórias de computadores atuais possuem unidades de armazenamento endereçáveis de um *byte* (8 *bits*).
  - No endereço 0 cabe um dado de 1 *byte*, no endereço 1 cabe um dado de 1 *byte* e assim por diante.
- Quando armazenamos números de 7 *bits* em 1 *byte* nós desperdiçamos *bits* da memória.

# Representação de Números na Memória

- Como fazemos para armazenar um número de 32 *bits* em uma memória endereçada a *byte*? Ou seja, em uma memória onde as unidades de armazenamento possuem 1 *byte*.

- Exemplo: Número de 32 *bits* (4 *bytes*)

  $1025_{10}$ = 00000000 00000000 00000100 $00000001_2$

# Representação de Números na Memória

- Como fazemos para armazenar um número de 32 *bits* em uma memória endereçada a *byte*? Ou seja, em uma memória onde as unidades de armazenamento possuem 1 byte.
  - Resposta: Depende do *Endianness*.
- Exemplo: Número de 32 *bits* (4 *bytes*)

  $1025_{10}$ = 00000000 00000000 00000100 $00000001_2$

| Endereço | ***Big-Endian*** | ***Little-Endian*** |
|---|---|---|
| 00 | 00000000 | 00000001 |
| 01 | 00000000 | 00000100 |
| 02 | 00000100 | 00000000 |
| 03 | 00000001 | 00000000 |

# Outras Referências

- Capítulo 8 do livro do Stallings.
- Capítulo 2.4 do livro do Patterson e Hennessy