

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Exatas e Informática – ICEI  
Arquitetura de Computadores I

ARQ1 \_ Aula\_02 - Revisão

Tema: Sistemas de Numeração e representações de dados

### Preparação

Como preparação para o início das atividades, recomendam-se

- a.) leitura prévia do resumo teórico, do detalhamento na apostila e referências recomendadas
- b.) estudo e testes dos exemplos
- c.) assistir aos seguintes vídeos:

[https://www.youtube.com/watch?v=wP\\_bJGUOnMk](https://www.youtube.com/watch?v=wP_bJGUOnMk)

<https://www.youtube.com/watch?v=EJ8lqw67FgE>

[https://www.youtube.com/watch?v=vjSKQPTkJ\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=vjSKQPTkJ_o)

### Orientação geral:

Atividades previstas como parte da avaliação

Apresentar todas as soluções em apenas um arquivo com formato texto (.txt).

Sugere-se usar como nome Guia\_xx.txt, onde xx indicará o guia, exemplo Guia\_01.txt.

Todos os arquivos deverão conter identificações iniciais com o nome e matrícula, no caso de programas, usar comentários.

As implementações e testes dos exemplos em Verilog (.v) fornecidos como pontos de partida, também fazem parte da atividade e deverão ter os códigos fontes entregues **separadamente**, com o código fonte e módulo de testes, a fim de que possam ser compilados e verificados.

Sugere-se usar como nomes Guia\_01yy.v, onde yy indicará a questão, exemplo Guia\_0101.v

As saídas de resultados, opcionalmente, poderão ser copiadas ao final do código, em comentários.

Quaisquer outras anotações, observações ou comentários poderão ser colocadas em arquivo texto (README.txt) acompanhando a entrega.

#### Atividades extras e opcionais

Outras formas de solução serão **opcionais**; não servirão para substituir as atividades a serem avaliadas. Caso entregues, poderão contar apenas como atividades extras.

Os programas com funções desenvolvidas em C, Java ou Python (c, .java, py), como os modelos usados para verificação automática de testes das respostas; caso entregues, também deverão estar em arquivos **separados**, com o código fonte, a fim de serem compilados e testados.

As execuções deverão, preferencialmente, serão testadas mediante uso de redirecionamento de entradas e saídas padrões, cujos dados/resultados deverão ser armazenados em arquivos textos. Os resultados poderão ser anexados ao código, ao final, como comentários.

Planilhas, caso venham a ser solicitadas, deverão ser **programadas** e/ou usar funções nativas. Serão suplementares e opcionais, e deverão ser entregues em formato texto, preferencialmente, com colunas separadas por tabulações ou no formato (**.csv**), acompanhando a solução em texto.

Arquivos em formato (**.pdf**), fotos, cópias de tela ou soluções manuscritas também poderão ser aceitos como recursos suplementares para visualização, mas não servirão como substitutos e **não** terão validade para fins de avaliação.

## Sistemas de Numeração – Conversões entre bases (parte inteira e fracionária)

### Parte inteira

Exemplos:

#### 1.) Sistema decimal

$$163_{(10)} = 1 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 3 \times 10^0 \quad - \text{na forma canônica}$$

Para converter um valor decimal (base=10) para binário (base=2), usar divisões sucessivas por 2 e tomar os restos na ordem inversa em que forem calculados:

operação	quociente	resto
163 / 2 =	81	+ 1 (último)
81 / 2 =	40	+ 1
40 / 2 =	20	+ 0
20 / 2 =	10	+ 0
10 / 2 =	5	+ 0
5 / 2 =	2	+ 1
2 / 2 =	1	+ 0
1 / 2 =	0	+ 1 (primeiro)

#### Sistema binário

$$1010\ 0011_{(2)} \quad - \text{número na base 2}$$

ou

$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	- potências da base 2
128	64	32	16	8	4	2	1	- valor decimal da potência na base 10
1	0	1	0	0	0	1	1	- coeficientes

- 2.) Para converter um valor binário (base=2) para decimal (base=10), usar a soma dos produtos de cada algarismo pela potência da base equivalente à posição:

Sistema binário

$1010\ 0011_{(2)}$  - número na base 2

Sistema decimal

$1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$  - forma canônica

$128 + 0 + 32 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1 = 163_{(10)}$

Os procedimentos semelhantes servirão para converter de decimal para outras bases.

Para converter um valor decimal para a base 4 (quaternário):

operação    quociente    resto

$163 / 4 = 40 + 3$  (último)

$40 / 4 = 10 + 0$

$10 / 4 = 2 + 2$

$2 / 4 = 0 + 2$  (primeiro)

Sistema quaternário

$2203_{(4)}$  - número na base 4

Para converter um valor decimal para a base 8 (octal):

operação    quociente    resto

$163 / 8 = 20 + 3$  (último)

$20 / 8 = 2 + 4$

$2 / 8 = 0 + 2$  (primeiro)

Sistema octal

$243_{(8)}$  - número na base 8

Para converter um valor decimal para a base 16 (hexadecimal):

operação    quociente    resto

$163 / 16 = 10 + 3$  (último)

$10 / 16 = 0 + 10$  (primeiro, substituindo pelo algarismo A=10)

Sistema hexadecimal

$A3_{(16)}$

- número na base 16

Os procedimentos semelhantes servirão para converter dessas bases para decimal.

Sistema quaternário

$$\begin{aligned} 2203_{(2)} &= 2 \times 4^3 + 2 \times 4^2 + 0 \times 4^1 + 3 \times 4^0 \\ &= 128 + 32 + 0 + 3 = 163_{(10)} \end{aligned}$$

- número na base 4 na forma canônica

Sistema octal

$$\begin{aligned} 243_{(8)} &= 2 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 3 \times 8^0 \\ &= 128 + 32 + 3 = 163_{(10)} \end{aligned}$$

- número na base 8 na forma canônica

Sistema hexadecimal

$$\begin{aligned} A3_{(16)} &= (A=10) \times 16^1 + 3 \times 16^0 \\ &= 160 + 3 = 163_{(10)} \end{aligned}$$

- número na base 16 forma canônica

- 3.) As bases que são potências múltiplas de outra (e apenas essas) compartilham propriedades especiais, como a possibilidade de conversões entre elas, sem passar pela base decimal:

Sistema binário (base=2) para quaternário (base=4=2<sup>2</sup>):

1010 0011<sub>(2)</sub> = [10][10] [00][11]<sub>(4)</sub> = 2203<sub>(4)</sub> agrupar de 2 em 2 para a esquerda

Sistema binário (base=2) para quaternário (base=8=2<sup>3</sup>):

1010 0011<sub>(2)</sub> = [010][100][011]<sub>(8)</sub> = 243<sub>(8)</sub> agrupar de 3 em 3 para a esquerda

OBS: Neste caso, completar com zeros para formar os grupos.

Sistema binário (base=2) para quaternário (base=16=2<sup>4</sup>):

1010 0011<sub>(2)</sub> = [1010] [0011]<sub>(16)</sub> = A3<sub>(16)</sub> e A=10 agrupar de 4 em 4 para a esquerda

ou usar uma tabela com as principais equivalências entre essas bases de numeração.

10	2	4	8	16
00	0000 0000	00 00	000	00
01	0000 0001	00 01	001	01
02	0000 0010	00 02	002	02
03	0000 0011	00 03	003	03
04	0000 0100	00 10	004	04
05	0000 0101	00 11	005	05
06	0000 0110	00 12	006	06
07	0000 0111	00 13	007	07
08	0000 1000	00 20	010	08
09	0000 1001	00 21	011	09
10	0000 1010	00 22	012	0A
11	0000 1011	00 23	013	0B
12	0000 1100	00 30	014	0C
13	0000 1101	00 31	015	0D
14	0000 1110	00 32	016	0E
15	0000 1111	00 33	017	0F

## Parte fracionária

### Exemplos:

#### 1.) Sistema decimal

$$0,6875_{(10)} = 6 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2} + 7 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-4} \quad - \text{na forma canônica}$$

Para converter a parte fracionária de um valor decimal (base=10) para binário (base=2), usar multiplicações sucessivas por 2 e tomar as partes inteiras na mesma ordem em que forem calculados, prosseguindo com a parte fracionária restante.

operação	produto	parte inteira	parte fracionária	binário
$0,6875 * 2 = 1,3750$	$=$	1	,3750	0,1 (primeiro)
$0,3750 * 2 = 0,7500$	$=$	0	,7500	0,10
$0,7500 * 2 = 1,5000$	$=$	1	,5000	0,101
$0,5000 * 2 = 1,0000$	$=$	1	,0000	0,1011 (último)

Parar, se a parte fracionária se tornar igual a zero.

#### Sistema binário

$$0,1011_{(2)} \quad - \text{número na base 2}$$

ou

$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$	
0,5	0,25	0,125	0,0625	- potências negativas da base 2
0, 1	0	1	1	- valor decimal da potência na base 10
				- coeficientes

Caso a parte fracionária não se tornar igual a zero dentro de certo número de operações, parar quando for alcançada a precisão desejada ou se esgotar a quantidade de casas disponíveis. Também podem surgir dízimas, periódicas ou não.

operação	produto	parte inteira	parte fracionária	binário
$0,69 * 2 = 1,38$	$=$	1	,38	0,1 (primeiro)
$0,38 * 2 = 0,76$	$=$	0	,76	0,10
$0,76 * 2 = 1,52$	$=$	1	,52	0,101
$0,52 * 2 = 1,04$	$=$	1	,04	0,1011
$0,04 * 2 = 0,08$	$=$	0	,08	0,10110
$0,08 * 2 = 0,16$	$=$	0	,16	0,101100
$0,16 * 2 = 0,32$	$=$	0	,32	0,1011000
$0,32 * 2 = 0,64$	$=$	0	,64	0,10110000
$0,64 * 2 = 1,28$	$=$	1	,28	0,101100001
$0,28 * 2 = 0,56$	$=$	0	,56	0,1011000010
$0,56 * 2 = 1,02$	$=$	1	,02	0,10110000101
$0,02 * 2 = 0,04$	$=$	0	,04	0,101100000010 (dízima)

Para converter um valor decimal para a base 4 (quaternário):

operação	produto	parte inteira	parte fracionária	quaternário
$0,6875 * 4 = 2,7500$	$=$	2	,7500	0,2 (primeiro)
$0,7500 * 4 = 3,0000$	$=$	3	,0000	0,23 (último)

Sistema quaternário

$0,23_{(4)}$  - número na base 4

Por agrupamento do binário equivalente  
e substituição do valor binário por dígitos dessa base:

$0,1011_{(2)} = 0, [10] [11]_{(4)} = 0,23_{(4)}$  - agrupar de 2 em 2 para a direita

Para converter um valor decimal para a base 8 (octal):

operação	produto	parte inteira	parte fracionária	octal
$0,6875 * 8 = 2,7500$	$=$	5	,7500	0,5 (primeiro)
$0,7500 * 8 = 4,0000$	$=$	4	,0000	0,4 (último)

Sistema octal

$0,54_{(8)}$  - número na base 8

Por agrupamento do binário equivalente e completando com zeros (0), se necessário,  
e substituição do valor binário por dígitos dessa base:

$0,1011_{(2)} = 0, [101] [100]_{(8)} = 0,54_{(8)}$  - agrupar de 3 em 3 para a direita

Para converter um valor decimal para a base 16 (hexadecimal):

operação	produto	parte inteira	parte fracionária	hexadecimal
$0,6875 * 16 = 2,7500$	$=$	11	,0000	0,B (primeiro e último)

Sistema hexadecimal

$0,B_{(16)}$  - número na base 16

Por agrupamento do binário equivalente  
e substituição do valor binário por dígitos dessa base:

$0,1011_{(2)} = 0, [1011]_{(16)} = 0,B_{(16)}$  - agrupar de 4 em 4 para a direita



- 2.) Para converter um valor fracionário em binário (base=2) para decimal (base=10), usar a soma dos produtos de cada algarismo pela potência negativa da base equivalente à posição:

Sistema binário

$0,1011_{(2)}$

- número na base 2

Sistema decimal

$1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$  - forma canônica

$1/2^1 + 0 + 1/2^3 + 1/2^4$

$1/2 + 0 + 1/8 + 1/16 = (8+2+1)/16$

$0,5 + 0 + 0,125 + 0,0625 = 0,6875_{(10)}$

Para converter um valor da base 4 (quaternário) para decimal:

Sistema quaternário

$0,23_{(4)}$

- número na base 4

Sistema decimal

$2 \times 4^{-1} + 3 \times 4^{-2} + 0 \times 4^{-3} + 0 \times 4^{-4}$  - forma canônica

$2/4^1 + 3/4^2 + 0/4^3 + 0/4^4$

$2/4 + 3/16 + 0/64 + 0/256 = (8+3)/16$

$0,5 + 0,1875 + 0 + 0 = 0,6875_{(10)}$

Para converter um valor da base 8 (octal) para decimal:

Sistema octal

$0,54_{(8)}$

- número na base 8

Sistema decimal

$5 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} + 0 \times 8^{-3} + 0 \times 8^{-4}$  - forma canônica

$5/8^1 + 4/8^2 + 0/8^3 + 0/8^4$

$5/8 + 4/64 + 0/512 + 0/4096 = (40+4)/64$

$0,625 + 0,0625 + 0 + 0 = 0,6875_{(10)}$

Para converter um valor da base 16 (hexadecimal) para decimal:

Sistema hexadecimal

$0,B_{(16)}$

- número na base 16

Sistema decimal

$11 \times 16^{-1} + 0 \times 16^{-2} + 0 \times 16^{-3} + 0 \times 16^{-4}$  - forma canônica

$11/16^1 + 0/16^2 + 0/16^3 + 0/16^4$

$11/16 + 0/256 + 0/4096 + 0/65536 = (11)/16$

$0,6875 + 0 + 0 + 0 = 0,6875_{(10)}$

Representações de potências de 2.

<b>x</b>	<b>2<sup>x</sup></b>	<b>X<sub>(10)</sub></b>	<b>X<sub>(2)</sub></b>	<b>X<sub>(4)</sub></b>	<b>X<sub>(8)</sub></b>	<b>X<sub>(16)</sub></b>
0	2 <sup>0</sup>	1	1	1	1	1
1	2 <sup>1</sup>	2	10	2	2	2
2	2 <sup>2</sup>	4	100	10	4	4
3	2 <sup>3</sup>	8	1000	20	10	8
4	2 <sup>4</sup>	16	1 0000	100	20	10
5	2 <sup>5</sup>	32	10 0000	200	40	20
6	2 <sup>6</sup>	64	100 0000	1000	100	40
7	2 <sup>7</sup>	128	1000 0000	2000	200	80
8	2 <sup>8</sup>	256	1 0000 0000	10000	400	100
9	2 <sup>9</sup>	512	10 0000 0000	20000	1000	200
10	2 <sup>10</sup>	1024	100 0000 0000	100000	2000	400
<b>x</b>	<b>2<sup>x</sup></b>	<b>X<sub>(10)</sub></b>	<b>X<sub>(2)</sub></b>	<b>X<sub>(4)</sub></b>	<b>X<sub>(8)</sub></b>	<b>X<sub>(16)</sub></b>
-10	2 <sup>-10</sup>	0,0009765625 = 1/1024	0,0000000001	0,00001	0,0004	0,004
-9	2 <sup>-9</sup>	0,001953125 = 1/512	0,000000001	0,00002	0,001	0,008
-8	2 <sup>-8</sup>	0,00390625 = 1/256	0,00000001	0,0001	0,002	0,01
-7	2 <sup>-7</sup>	0,0078125 = 1/128	0,0000001	0,0002	0,004	0,02
-6	2 <sup>-6</sup>	0,015625 = 1/64	0,000001	0,001	0,01	0,04
-5	2 <sup>-5</sup>	0,03125 = 1/32	0,00001	0,002	0,02	0,08
-4	2 <sup>-4</sup>	0,0625 = 1/16	0,0001	0,01	0,04	0,1
-3	2 <sup>-3</sup>	0,125 = 1/8	0,001	0,02	0,1	0,2
-2	2 <sup>-2</sup>	0,25 = 1/4	0,01	0,1	0,2	0,4
-1	2 <sup>-1</sup>	0,5 = 1/2	0,1	0,2	0,4	0,8
0	2 <sup>0</sup>	1	1	1	1	1

## Apêndices

### A1.) Equivalências entre sistemas de numeração (parte inteira com agrupamento):

Decimal	Hexadecimal	Octal	Quaternário	Binário
0	00 = [0000] [0000]	00 = [000] [000]	00 = [00] [00]	0 0000
1	01 = [0000] [0001]	01 = [000] [001]	01 = [00] [01]	0 0001
2	02 = [0000] [0010]	02 = [000] [010]	02 = [00] [10]	0 0010
3	03 = [0000] [0011]	03 = [000] [011]	03 = [00] [11]	0 0011
4	04 = [0000] [0100]	04 = [000] [100]	10 = [01] [00]	0 0100
5	05 = [0000] [0101]	05 = [000] [101]	11 = [01] [01]	0 0101
6	06 = [0000] [0110]	06 = [000] [110]	12 = [01] [10]	0 0110
7	07 = [0000] [0111]	07 = [000] [111]	13 = [01] [11]	0 0111
8	08 = [0000] [1000]	10 = [001] [000]	20 = [10] [00]	0 1000
9	09 = [0000] [1001]	11 = [001] [001]	21 = [10] [01]	0 1001
10	0A = [0000] [1010]	12 = [001] [010]	22 = [10] [10]	0 1010
11	0B = [0000] [1011]	13 = [001] [011]	23 = [10] [11]	0 1011
12	0C = [0000] [1100]	14 = [001] [100]	30 = [11] [00]	0 1100
13	0D = [0000] [1101]	15 = [001] [101]	31 = [11] [01]	0 1101
14	0E = [0000] [1110]	16 = [001] [110]	32 = [11] [10]	0 1110
15	0F = [0000] [1111]	17 = [001] [111]	33 = [11] [11]	0 1111
16	10 = [0001] [0000]	20 = [010] [000]	40 = [[00][01]] [[00][00]]	1 0000

### A2.) Equivalências entre sistemas de numeração (parte fracionária com agrupamento):

Decimal	Hexadecimal	Octal	Quaternário	Binário
00/16=0,0000	0,0 = 0, [0000]	0,00 = 0, [000] [000]	0,00 = 0, [00] [00]	0, 0000
01/16=0,0625	0,1 = 0, [0001]	0,04 = 0, [000] [001]	0,01 = 0, [00] [01]	0, 0001
02/16=0,1250	0,2 = 0, [0010]	0,10 = 0, [000] [010]	0,02 = 0, [00] [10]	0, 0010
03/16=0,1875	0,3 = 0, [0011]	0,14 = 0, [000] [011]	0,03 = 0, [00] [11]	0, 0011
04/16=0,2500	0,4 = 0, [0100]	0,20 = 0, [000] [100]	0,10 = 0, [01] [00]	0, 0100
05/16=0,3125	0,5 = 0, [0101]	0,24 = 0, [000] [101]	0,11 = 0, [01] [01]	0, 0101
06/16=0,3750	0,6 = 0, [0110]	0,30 = 0, [000] [110]	0,12 = 0, [01] [10]	0, 0110
07/16=0,4375	0,7 = 0, [0111]	0,34 = 0, [000] [111]	0,13 = 0, [01] [11]	0, 0111
08/16=0,5000	0,8 = 0, [1000]	0,40 = 0, [001] [000]	0,20 = 0, [10] [00]	0, 1000
09/16=0,5625	0,9 = 0, [1001]	0,44 = 0, [001] [001]	0,21 = 0, [10] [01]	0, 1001
10/16=0,6250	0,A = 0, [1010]	0,50 = 0, [001] [010]	0,22 = 0, [10] [10]	0, 1010
11/16=0,6875	0,B = 0, [1011]	0,54 = 0, [001] [011]	0,23 = 0, [10] [11]	0, 1011
12/16=0,7500	0,C = 0, [1100]	0,60 = 0, [001] [100]	0,30 = 0, [11] [00]	0, 1100
13/16=0,8125	0,D = 0, [1101]	0,64 = 0, [001] [101]	0,31 = 0, [11] [01]	0, 1101
14/16=0,8750	0,E = 0, [1110]	0,70 = 0, [001] [110]	0,32 = 0, [11] [10]	0, 1110
15/16=0,9375	0,F = 0, [1111]	0,74 = 0, [001] [111]	0,33 = 0, [11] [11]	0, 1111
16/16=1,0000	1,0 = 1, [0000]	1,00 = 1, [000] [000]	1,00 = [[00][01]], [[00][00]]	1, 0000

## Atividades

01.) Fazer as conversões entre as bases indicadas:

01a.) manualmente

a.)  $0,00111_{(2)} = X_{(10)}$

b.)  $0,01001_{(2)} = X_{(10)}$

c.)  $0,10101_{(2)} = X_{(10)}$

d.)  $1,11101_{(2)} = X_{(10)}$

e.)  $11,11001_{(2)} = X_{(10)}$

01b.) mediante uso de um programa em Verilog

```
/*
  Guia_0201.v
  999999 - Xxx Yyy Zzz
*/
module Guia_0201;
// define data
  real      x = 0 ; // decimal
  real power2 = 1.0; // power of 2
  integer   y = 7 ; // counter
  reg [7:0]  b = 8'b10100000; // binary (only fraction part, Big Endian)

// actions
  initial
  begin : main
    $display ( "Guia_0201 - Tests" );
    $display ( "x = %f" , x );
    $display ( "b = 0.%8b", b );
    while ( y >= 0 )
    begin
      power2 = power2 / 2.0;
      if ( b[y] == 1 )
      begin
        x = x + power2;
      end
      $display ( "x = %f", x );
      y=y-1;
    end // end while
  end // main

endmodule // Guia_0201
```

Extras / Opcionais:

01a.) mediante uso de uma função bin2double(x) (em linguagem de programação: Python, Java)

01c.) mediante uso de uma planilha (APENAS se usar programação com funções nativas)

Exemplo:

[illegible]

02.) Fazer as conversões entre as bases indicadas:

02a.) manualmente

- a.)  $0,875000_{(10)} = X_{(2)}$
- b.)  $1,250000_{(10)} = X_{(2)}$
- c.)  $3,750000_{(10)} = X_{(2)}$
- d.)  $4,125000_{(10)} = X_{(2)}$
- e.)  $7,625000_{(10)} = X_{(2)}$

02b.) mediante uso de um programa em Verilog

```
/*
  Guia_0202.v
  999999 - Xxx Yyy Zzz
*/
module Guia_0202;
// define data
  real    x = 0.75; // decimal
  integer y = 7 ;   // counter
  reg [7:0] b = 0 ; // binary

// actions
initial
begin : main
  $display ( "Guia_0202 - Tests" );
  $display ( "x = %f" , x );
  $display ( "b = 0.%8b", b );
  while ( x > 0 && y >= 0 )
  begin
    if ( x*2 >= 1 )
    begin
      b[y] = 1;
      x = x*2.0 - 1.0;
    end
    else
    begin
      b[y] = 0;
      x = x*2.0;
    end // end if
    $display ( "b = 0.%8b", b );
    y=y-1;
  end // end while
end // main

endmodule // Guia_0202
```

Extras / Opcionais:

02c.) mediante uso de uma função `double2bin(x)` (em linguagem de programação: Python, Java)

02d.) mediante uso de uma planilha (APENAS se usar programação com funções nativas)

Exemplo:

[illegible]

03.) Fazer as conversões de base entre as bases indicadas:

DICAS: Para uma mesma base ou usar agrupamentos ou desagrupamentos.

Para conferir, compare os valores decimais equivalentes.

Completar com zeros, se necessário

03a.) manualmente

a.)  $0,010110_{(2)} = X_{(4)}$

b.)  $0,100111_{(2)} = X_{(8)}$

c.)  $0,101001_{(2)} = X_{(16)}$

d.)  $1,110101_{(2)} = X_{(8)}$

e.)  $1011,1011_{(2)} = X_{(16)}$

03b.) mediante uso de um programa em Verilog

```
/*
  Guia_0203.v
  999999 - Xxx Yyy Zzz
*/
module Guia_0203;
// define data
  real    x  = 0.625;           // decimal
  reg [7:0] b = 8'b1010_0000 ; // binary

// actions
  initial
  begin : main
    $display ( "Guia_0203 - Tests" );
    $display ( "x = %f" , x );
    $display ( "b = 0.%8b", b );
    $display ( "b = 0.%x%x (16)", b[7:4],b[3:0] );
    $display ( "b = 0.%o%o%o (8) ", b[7:5],b[4:2],b[1:0] );
  end // main

endmodule // Guia_0203
```



Extras / Opcionais:

03c.) mediante uso de uma função dbin2base(base, x)  
(em linguagem de programação: Python, Java)

03d.) mediante uso de uma planilha  
(APENAS se usar programação com funções nativas)

Exemplo:

X <sub>(10)</sub>	2 <sup>-1</sup> 1/2	2 <sup>-2</sup> 1/4	2 <sup>-3</sup> 1/8	2 <sup>-4</sup> 1/16	2 <sup>-5</sup> 1/32	2 <sup>-6</sup> 1/64	2 <sup>-7</sup> 1/128	2 <sup>-8</sup> 1/256	Σ	nova base
0,375	,0	1	1	0	0	0	0	0	1/4+1/8=0,25+0,125	0,01100000 <sub>(2)</sub>
	,0	1	1	0	0	0	0	0		0, <u>01 10</u> 00 00 <sub>(2)</sub>
	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>		
	4 <sup>-1</sup> /4		4 <sup>-2</sup> /16		4 <sup>-3</sup> /64		4 <sup>-4</sup> /256			
0,375	(0+1)	/4	(1*2+0)	/16	(0+0)	/64	(0+0)	/256	1/4+2/16+0+0=6/16	0, <u>1 2</u> 0 0 <sub>(4)</sub>
	,0	1	1	0	0	0	0	0	(completar com 0)	0, <u>011</u> 000 00 <sub>(2)</sub>
	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	(potência com 0 extra)	
	8 <sup>-1</sup> /8			8 <sup>-2</sup> /64			/512			
0,375	(0+ 1*2+1)	/ 8	(0+ 0+0)	/64	(0+0)	/512	3/8+0+0 = 3/8		0, <u>3</u> 0 0 <sub>(8)</sub>	
	,0	1	1	0	0	0	0	0		0, <u>0110</u> 0000 <sub>(2)</sub>
	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>		
	/16				8 <sup>1</sup> /256					
0,375	(0+ 1*4+ 1*2+0)	/16	(0+ 0+ 0+0)	/256	6/16+0 = 6/16		0, <u>6</u> 0 <sub>(16)</sub>			

04.) Fazer as conversões de base entre as bases indicadas:

DICAS: Para uma mesma base ou usar agrupamentos ou desagrupamentos.  
Para conferir, compare os valores decimais equivalentes.

04a.) manualmente

a.)  $0,213_{(4)} = X_{(2)}$

b.)  $0,4D3_{(16)} = X_{(4)}$

c.)  $0,654_{(8)} = X_{(2)}$

d.)  $6,1435_{(8)} = X_{(4)}$  DICA: Converter para binário primeiro, depois para a base 4.

e.)  $A,DE5_{(16)} = X_{(4)}$  DICA: Converter diretamente por desagrupamento.

04b.) mediante uso de um programa em Verilog

```
/*
  Guia_0204.v
  999999 - Xxx Yyy Zzz
*/
module Guia_0204;
// define data
  real    x = 0.625;          // decimal
  reg [7:0] b = 8'b1010_0000 ; // binary
  integer q [3:0];
// actions
  initial
  begin : main
    $display ( "Guia_0204 - Tests" );
    $display ( "x = %f" , x );
    $display ( "b = 0.%8b", b );
    $display ( "b = 0.%x%x (16)", b[7:4],b[3:0] );
    q[3] = b[7:6];
    q[2] = b[5:4];
    q[1] = b[3:2];
    q[0] = b[1:0];
    $display ( "b = 0.%2b %2b %2b %2b (2)", b[7:6],b[5:4],b[3:2],b[1:0] );
    $display ( "q = 0.%2d %2d %2d %2d (4)", q[3] ,q[2] ,q[1] ,q[0] );
  end // main

endmodule // Guia_0204
```

Extras / Opcionais:

04c.) mediante uso de uma função dbase2base(base1, base2, x)  
(em linguagem de programação: Python, Java)

04d.) mediante uso de uma planilha  
(APENAS se usar programação com funções intrínsecas)

05.) Fazer as operações indicadas:

05a.) manualmente

a.)  $101,011_{(2)} + 10,01_{(2)} = X_{(2)}$

b.)  $1000,01_{(2)} - 10,011_{(2)} = X_{(2)}$

(OBS.: Colocar operandos do mesmo tamanho)

c.)  $101,110_{(2)} * 10,011_{(2)} = X_{(2)}$

(OBS.: Considerar as vírgulas, após operar)

d.)  $10110,01_{(2)} / 11,101_{(2)} = X_{(2)}$

e.)  $1100101_{(2)} \% 1101_{(2)} = X_{(2)}$

(OBS.: Considerar resto de divisão inteira (%))

DICA: Para conferir os resultados, converter para a base 10.

05b.) mediante uso de um programa em Verilog

```
/*
  Guia_0205.v
*/
module Guia_0205;
// define data
  reg [7:0] a = 8'b000_1010 ; // binary
  reg [7:0] b = 8'b000_1100 ; // binary
  reg [7:0] c;
// actions
  initial
  begin : main
    $display ( "Guia_0205 - Tests" );
    $display ( "a = %8b", a );
    $display ( "b = %8b", b );
    c = a+b;
    $display ( "c = a+b = %8b", c );
    c = a-b;
    $display ( "c = a-b = %8b", c );
    c = b-a;
    $display ( "c = b-a = %8b", c );
    c = a*b;
    $display ( "c = a*b = %8b", c );
    c = b/a;
    $display ( "c = b/a = %8b", c );
    c = b%a;
    $display ( "c = b%%a = %8b", c );
  end // main

endmodule // Guia_0205
```

Extras / Opcionais:

05c.) mediante uso de uma função `dbinEval (bin1, "?", bin2)`  
(em linguagem de programação: Python, Java)

05d.) mediante uso de uma planilha  
(APENAS se usar programação com funções intrínsecas)

Modelos de programas para servir como unidades de testes

Modelo em Java

```
/**
    Arquitetura de Computadores I - Guia_02.java
    999999 - Xxx Yyy Zzz
*/
public class Guia_02
{
    /**
        Contador de erros.
    */
    private static int errors = 0;

    /**
        Testar se dois valores sao iguais.
        @param x - primeiro valor
        @param y - segundo valor
    */
    public static void test_equals ( Object x, Object y )
    {
        if ( (""+x).compareTo(""+y) != 0 )
            errors = errors + 1;
    } // end test_equals ( )

    /**
        Exibir o total de erros.
        @return mensagem com o total de erros
    */
    public static String test_report ( )
    {
        return ( ""+errors );
    } // end test_report ( )

    /**
        Converter valor binario para decimal com parte fracionaria.
        @return decimal equivalente
        @param value - valor binario
    */
    public static double bin2double ( String value )
    {
        return ( -1.0 );
    } // end bin2double ( )
}
```

```

/*
    Converter valor decimal para binario com parte fracionaria.
    @return valor binario equivalente
    @param value - decimal
*/
public static String double2bin ( double value )
{
    return ( "0" );
} // end double2bin ( )

/*
    Converter valor binario com parte fracionaria para base indicada.
    @return base para a conversao
    @param value - valor binario
*/
public static String dbin2base ( String value, int base )
{
    return ( "0" );
} // end dbin2base ( )

/*
    Converter valor com parte fracionaria de uma base para outra base indicada.
    @return valor equivalente na segunda base
    @param value - valor na base1
    @param base1 - primeira base
    @param base2 - base para a conversao
*/
public static String dbase2base ( String value, int base1, int base2 )
{
    return ( "0" );
} // end dbase2base ( )

/*
    Operar valores em binario
    @return valor resultante da operacao, se valida
    @param value1 - primeiro valor binario
    @param op      - operacao
    @param value2 - segundo valor binario
*/
public static String dbinEval ( String value1, String op, String value2 )
{
    return ( "0" );
} // end dbinEval ( )

```

```

/*
Acao principal.
*/
public static void main ( String [ ] args )
{
    System.out.println ( "Guia_02 - Java Tests" );
    System.out.println ( "999999 - Xxx Yyy Zzz" );
    System.out.println ( );

    test_equals ( bin2double ( "0.00111" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "0.01001" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "0.10101" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "1.11101" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "11.11001" ), 0 );
    System.out.println ( "1. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( double2bin ( 0.875000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 1.250000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 3.750000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 4.125000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 7.625000 ), "0" );
    System.out.println ( "2. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbin2base ( "0.010110", 4 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "0.100111", 8 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "0.101001", 16 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "1.110101", 8 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "1011.1011", 16 ), "0" );
    System.out.println ( "3. errorTotalRepor = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbase2base ( "0.213" , 4 , 2 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "0.4D3" , 4 , 16 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "0.654" , 8 , 2 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "6.1435" , 8 , 4 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "A.DE5" , 16 , 4 ), "0" );
    System.out.println ( "4. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbinEval ( "101.011", "+", "10.01" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "1000.010", "-", "10.011" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "101,110", "*", "10.101" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "10110.01", "/", "11.101" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "1100101", "%", "1101" ), "0" );
    System.out.println ( "5. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    System.out.print ( "\n\nApertar ENTER para terminar." );
    System.console ( ).readLine ( );
} // end main ( )
} // end class

```

# Modelo em Python

```
"""
    Arquitetura de Computadores I - Guia_02.py
    999999 - Xxx Yyy Zzz
"""
"""
    Contador de erros.
"""
errors = 0;

"""
    Testar se dois valores sao iguais.
    @param x - primeiro valor
    @param y - segundo valor
"""
def test_equals ( x, y ):
    global errors;
    if ( str(x) != str(y) ):
        errors = errors + 1;
# end test_equals ( )

"""
    Exibir o total de erros.
    @return mensagem com o total de erros
"""
def test_report ( ):
    global errors;
    return ( ""+str(errors) );
# end test_report ( )

def bin2double ( value ):
    return ( -1.0 );
# end bin2double ( )

"""
    Converter valor decimal para binario com parte fracionaria.
    @return valor binario equivalente
    @param value - decimal
"""
def double2bin ( value ):
    return ( "0" );
# end double2bin ( )
```



```

'''
    Converter valor binario com parte fracionaria para base indicada.
    @return base para a conversao
    @param value - valor binario
'''

def dbin2base ( value, base ):
    return ( "0" );
# end dbin2base ( )

'''
    Converter valor com parte fracionaria de uma base para outra base indicada.
    @return valor equivalente na segunda base
    @param value - valor na base1
    @param base1 - primeira base
    @param base2 - base para a conversao
'''

def dbase2base ( value, base1, base2 ):
    return ( "0" );
# end dbase2base ( )

'''
    Operar valores em binario
    @return valor resultante da operacao, se valida
    @param value1 - primeiro valor binario
    @param op      - operacao
    @param value2 - segundo valor binario
'''

def dbinEval ( value1, op, value2 ):
    return ( "0" );
# end dbinEval ( )

```

```

'''
    Acao principal.
'''

def main ( ):
    print ( "Guia_02 - Python Tests" );
    print ( "Nome: _____ Matricula: _____ " );
    print ( );

    test_equals ( bin2double ( "0.00111" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "0.01001" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "0.10101" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "1.11101" ), 0 );
    test_equals ( bin2double ( "11.11001" ), 0 );
    print ( "1. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( double2bin ( 0.875000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 1.250000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 3.750000 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 4.120500 ), "0" );
    test_equals ( double2bin ( 7.625000 ), "0" );
    print ( "2. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbin2base ( "0.010110", 4 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "0.100111", 8 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "0.101001", 16 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "1.110101", 8 ), "0" );
    test_equals ( dbin2base ( "1011.1011", 16 ), "0" );
    print ( "3. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbase2base ( "0.213" , 4 , 2 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "0.4D3" , 4 , 16 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "0.654" , 8 , 2 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "6.1435" , 8 , 4 ), "0" );
    test_equals ( dbase2base ( "A.DE5" , 16 , 4 ), "0" );
    print ( "4. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    test_equals ( dbinEval ( "101.011", "+", "10.01" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "1000.010", "-", "10.011" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "101,110", "*", "10.101" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "10110.01", "/", "11.101" ), "0" );
    test_equals ( dbinEval ( "1100101", "%", "1101" ), "0" );
    print ( "5. errorTotalReport = "+test_report ( ) );

    print ( "\n\nApertar ENTER para terminar." );
    input ( );
# end main ( )

if __name__ == "__main__":
    main( );

```