

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

ARQ1 \_ Aula\_07

Tema: Introdução à linguagem Verilog e simulação em Logisim

### 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=\\_Wta-lt79RU](https://www.youtube.com/watch?v=_Wta-lt79RU)

<https://www.youtube.com/watch?v=o8aHEaAsLw8>

<https://www.youtube.com/watch?v=bh1c5pv56lY>

### 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**, a fim de que possam ser compilados e testados.

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, como comentários.

### 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 *layouts* de circuitos deverão ser entregues no formato (.circ), identificados internamente. Figuras exportadas pela ferramenta serão aceitas apenas como arquivos para visualização, mas não terão validade para fins de avaliação. Separar versões completas (a) e simplificadas (b).

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

## Projeto de circuitos

### Codificadores e decodificadores

Sequências de **bits** podem ser usadas para codificar valores numéricos. Dois códigos binários têm aplicações especiais: o BCD (Binary-Coded Decimal) e o de Gray.

#### Código BCD

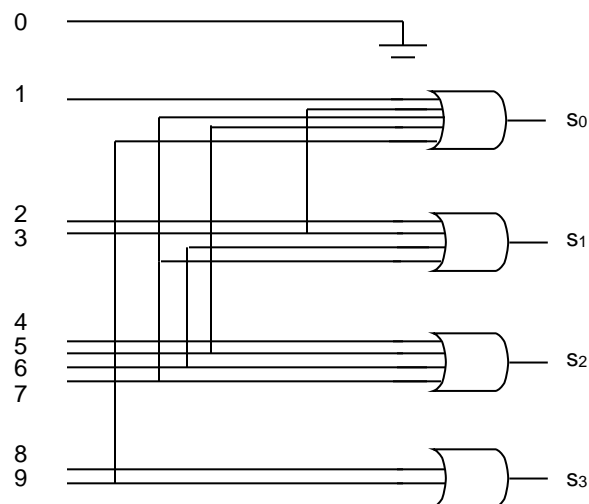
O código BCD é basicamente uma forma de codificar valores numéricos na base 10 em seus equivalentes binários.

Decimal	BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Exemplo:

Codificar o valor decimal 369 em código BCD: 369 = (0011) (0110) (1001)

Um circuito codificador “*decimal-para-BCD*” é aquele capaz de mapear um conjunto de entradas (0-9) em um outro conjunto de quatro valores binários ( $s_3s_2s_1s_0$ ), se apenas uma das entradas for acionada.



## Código de Gray

O código de Gray serve para expressar sequências binárias nas quais dois valores sucessivos tenham apenas um **bit** de diferença (distância de Hamming = 1).

Decimal	Binário	Gray
0	000	000
1	001	001
2	010	011
3	011	010
4	100	110
5	101	111
6	110	101
7	111	100

Esse código também é conhecido com “*código binário refletido*“, por causa da característica abaixo:

eixo de reflexão

		<b>000</b>
		<b>001</b>
	<b>00</b>	<b>011</b>
0	<b>01</b>	<b>010</b>
<hr/>		
1	<b>11</b>	<b>110</b>
	<b>10</b>	<b>111</b>
		<b>101</b>
		<b>100</b>

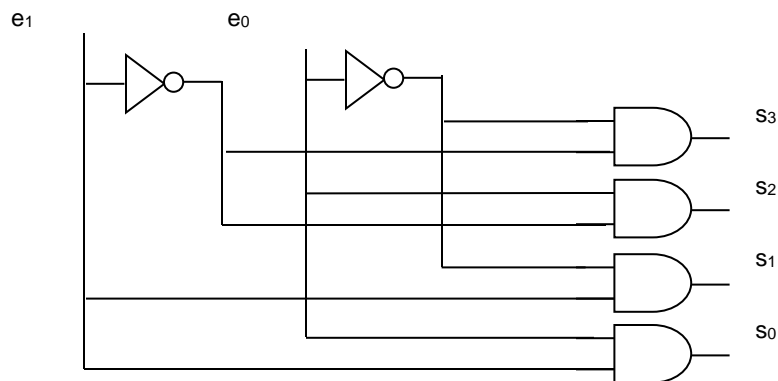
Decodificadores em geral são circuitos lógicos capazes de ativar uma saída de acordo com uma seleção de sinais de entrada.

Um decodificador de nível alto ativa uma saída quando uma das entradas estiver em nível 1 e as outras em nível 0.

Exemplo:

Montar um decodificador em nível alto para a tabela abaixo:

$e_1$	$e_0$	$S_3 S_2 S_1 S_0$
0	0	1 0 0 0
0	1	0 1 0 0
1	0	0 0 1 0
1	1	0 0 0 1

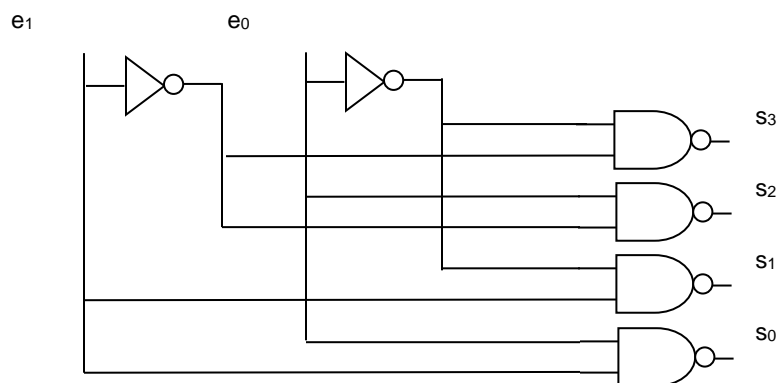


Um decodificador de nível baixo ativa uma saída quando uma das entradas estiver em nível 0 e as outras em nível 1.

Exemplo:

Montar um decodificador em nível baixo para a tabela abaixo:

$e_1$	$e_0$	$S_3 S_2 S_1 S_0$
0	0	0 1 1 1
0	1	1 0 1 1
1	0	1 1 0 1
1	1	1 1 1 0

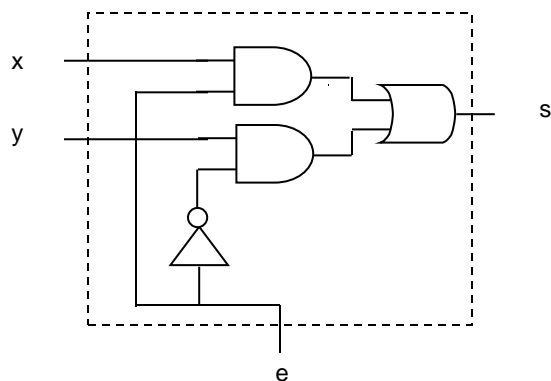


## Multiplexadores (MUX) e demultiplexadores (DEMUX)

Multiplexadores (ou seletores de dados) são circuitos lógicos capazes de atuar como chaves digitais: recebem várias entradas e selecionam uma delas, em certo instante, e realizam sua transferência para a saída, mediante um código de seleção. Podem ser usados para rotear dados, sequenciar operações, realizar conversões do tipo paralelo-série e gerar tabelas ou formas de ondas.

### Exemplo: MUX2x1

Dados dois sinais de entrada (  $x$  ) e (  $y$  ), escolher uma saída mediante sinal de seleção (  $e$  ).

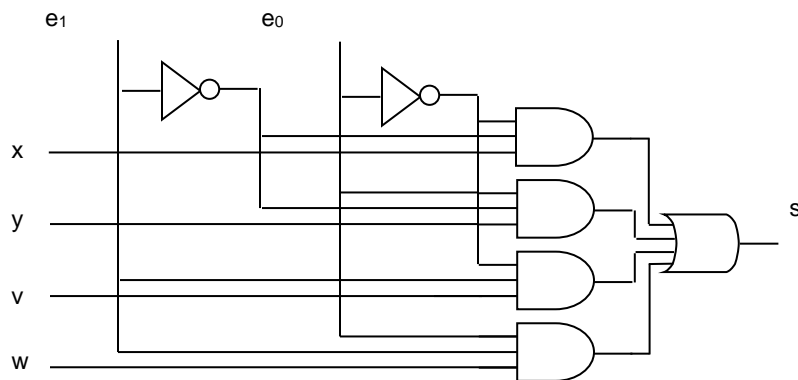


e	$s = x \cdot e' + y \cdot e$
0	y
1	x

Multiplexadores podem selecionar mais sinais dependendo do número de bits (tamanho) da chave de seleção.

### Exemplo: MUX4x1

Dados quatro sinais de entrada (  $x, y, v, w$  ), escolher uma saída mediante seleção (  $e_1, e_0$  ).

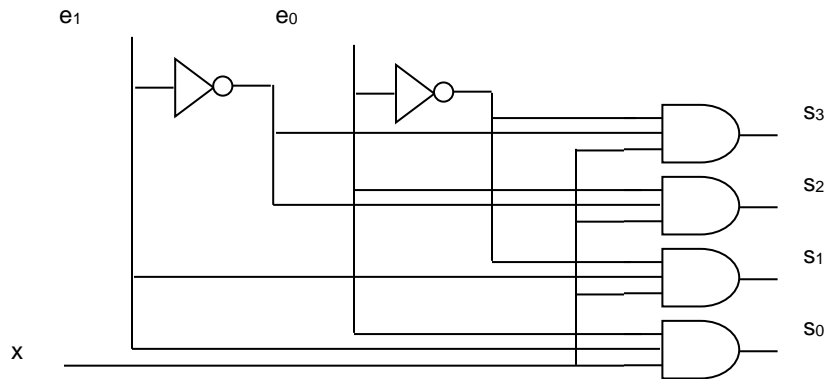


$e_1$	$e_0$	$s = x \cdot e_1' \cdot e_0' + y \cdot e_1' \cdot e_0 + v \cdot e_1 \cdot e_0' + w \cdot e_1 \cdot e_0$
0	0	x
0	1	y
1	0	v
1	1	w

Demultiplexadores (ou distribuidores de dados) são circuitos capazes de receber um sinal de entrada e distribuí-lo em uma dentre várias saídas, segundo um código de seleção. Podem ser usados para distribuir um mesmo sinal de ativação ou sequenciamento (**clock**) para vários circuitos.

#### Exemplo: DEMUX1x4

Dados um sinal de entrada (  $x$  ) e dois sinais de ativação  $e_0$  e  $e_1$ , distribuí-lo à saída.



$e_1$	$e_0$	$e_1 \ e_0 \ x$	$S_3 \ S_2 \ S_1 \ S_0$
0	0	$S_3 = 0 \ 0 \ X$	$X \ 0 \ 0 \ 0$
0	1	$S_2 = 0 \ 1 \ X$	$0 \ X \ 0 \ 0$
1	0	$S_1 = 1 \ 0 \ X$	$0 \ 0 \ X \ 0$
1	1	$S_0 = 1 \ 1 \ X$	$0 \ 0 \ 0 \ X$

Atividade: Projeto de unidade lógica

Para os exercícios a seguir, considerar o exemplo abaixo em Verilog.

```
// -----
// Guia_0700 - GATES
// Nome: xxx yyy zzz
// Matricula: 999999
// -----

// -----
// f7_gate
// -----
module f7 ( output s,
            input a,
            input b );

// descrever por portas

endmodule // f7


// -----
// multiplexer
// -----
module mux ( output s,
            input a,
            input b,
            input select );

// definir dados locais
wire not_select;
wire sa;
wire sb;

// descrever por portas
not NOT1 ( not_select, select );

and AND1 ( sa, a, not_select );
and AND2 ( sb, b, select );

or OR1 ( s, sa, sb );
endmodule // mux


module test_f7;
// ----- definir dados
reg x;
reg y;
reg s;
wire w;
wire z;

f7 modulo ( w, x, y );

mux MUX1 ( z, x, y, s );
```

```
// ----- parte principal

initial
begin : main
    $display("Guia_0700 - xxx yyy zzz - 999999");
    $display("Test LU's module");
    $display(" x   y   s   z");

    x = 1'b0; y = 1'b1; s = 1'b0;

    // projetar testes do modulo
#1    $monitor("%4b %4b %4b %4b", x, y, s, z);
#1    s = 1'b1;

end

endmodule // test_f7
```



## Exercícios

- 01.) Projetar e descrever em Verilog, usando portas nativas, uma unidade lógica (LU) com operações AND e NAND, inicialmente com duas saídas independentes (paralelas, 2 respostas), para variáveis de entrada com 01 bit cada. Acrescentar escolha que permita apenas uma saída selecionável (1 resposta), segundo escolha feita por uma chave de seleção. O nome do arquivo deverá ser Guia\_0701.v, e poderá seguir o modelo descrito abaixo. Incluir previsão de testes. Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos. DICA: Usar para o sinal extra para a seleção (0-AND; 1-NAND).
- 02.) Projetar e descrever em Verilog, usando **portas nativas**, uma unidade lógica (LU) com operações OR e NOR, com uma saída selecionável (1 resposta), para variáveis de entrada com 01 bit cada. O nome do arquivo deverá ser Guia\_0702.v. Incluir previsão de testes. Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos. DICA: Usar para o sinal extra para a seleção (0-OR; 1-NOR).
- 03.) Projetar e descrever em Verilog, usando **portas nativas**, uma unidade lógica (LU) com o acréscimo das operações AND e NAND, com uma saída só para ambas, para variáveis de entrada com 01 bit cada, além de OR e NOR na mesma situação. Os resultados de cada grupo serão selecionados por uma primeira chave (2x1); para selecionar uma porta em cada grupo, e outra chave (2x1) que selecionará entre o grupo (AND,NAND) ou o grupo (OR,NOR). O nome do arquivo deverá ser Guia\_0703.v. Incluir previsão de testes. Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos. DICA: Usar para um sinal para a seleção de portas (0-AND/OR ; 1-NAND/NOR). Usar para outro sinal para a seleção de grupo (0-AND/NAND; 1-OR/NOR;).
- 04.) Projetar e descrever em Verilog, usando **portas nativas**, uma unidade lógica (LU) com o acréscimo das operações XOR e XNOR, , com uma saída só para ambas, para variáveis de entrada com 01 bit cada, além de OR E NOR; na mesma situação. Os resultados de cada grupo serão selecionáveis entre o grupo (OR, NOR) ou o grupo (XOR, XNOR), seleção (4x1). O nome do arquivo deverá ser Guia\_0704.v. Incluir previsão de testes. Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos. DICA: Usar para o sinal extra de 2 bits para a seleção (00-OR; 01-NOR;10-XOR; 11-XNOR).

- 05.) Projetar e descrever em Verilog, usando **portas nativas**, uma unidade lógica (LU) com o acréscimo das operações NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR, simultâneas, com apenas 1 saída, selecionável (7x1).  
O nome do arquivo deverá ser Guia\_0705.v.  
Incluir previsão de testes.  
Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos.  
DICA: Usar um sinal extra de 3 bits para a seleção.  
Sobrará uma chave de seleção, e poderá ser empregada para a negação de outro operando.

#### Extras

- 06.) Projetar e descrever em Verilog, usando portas nativas, uma unidade lógica (LU) com um comparador de bits usando portas XOR e XNOR para calcular a igualdade ou desigualdade, respectivamente, para duas variáveis com 2 bits cada, selecionável (0-igual; 1-diferente).  
O nome do arquivo deverá ser Guia\_0706.v.  
Incluir previsão de testes.  
Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos.  
DICA: Montar a tabela-verdade e identificar os mintermos.
- 07.) Projetar e descrever em Verilog, usando portas nativas, uma unidade lógica (LU) com um comparador de bits usando apenas portas básicas (NOT, AND, OR) para calcular a magnitude (se maior ou menor), para duas variáveis com 2 bits cada, selecionável (0-menor; 1-maior).  
O nome do arquivo deverá ser Guia\_0707.v.  
Incluir previsão de testes.  
Simular o módulo no Logisim e apresentar *layout* do circuito e subcircuitos.  
DICA: Montar a tabela-verdade e identificar os mintermos.