

“Um mouse é um dispositivo que contém um, dois, ou três botões, dependendo da estimativa que os projetistas dão para a capacidade intelectual de seus usuários” (Tanenbaum, Bos; 2016).

Mux e Demux

Paulo Ricardo Lisboa de Almeida



Alguns trechos desses slides foram baseados nas aulas de Marco Zanata: web.inf.ufpr.br/mazalves/dis-circuitos-digitais

Decodificador

Crie um circuito que:

Recebe duas entradas A_0 e A_1 , que representam um número de 2 bits.

Possui 4 saídas O_0 , O_1 , O_2 e O_3 .

Se o número de entrada é 00, O_0 deve ser 1, e as demais saídas são zero.

Se o número de entrada é 01, O_1 deve ser 1, e as demais saídas são zero.

Se o número de entrada é 10, O_2 deve ser 1, e as demais saídas são zero.

...

Decodificador



Decodificador

A_1	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Decodificador

A_1	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

$$O_0 = \overline{A_0} \cdot \overline{A_1}$$

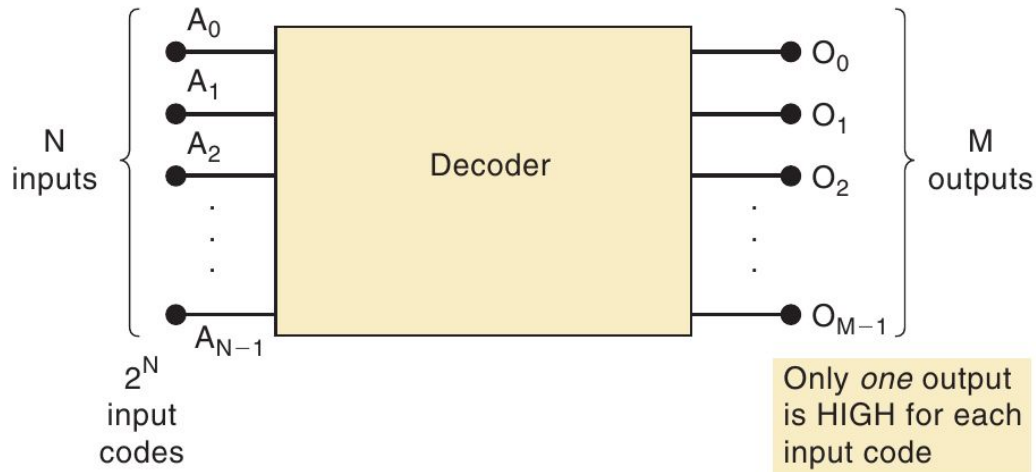
$$O_1 = \overline{A_0} \cdot A_1$$

$$O_2 = A_0 \cdot \overline{A_1}$$

$$O_3 = A_0 \cdot A_1$$

Decodificador

Decodificador (decoder): Circuito lógico que aceita n entradas representando um número binário, e ativa uma de suas $M = 2^n$ saídas que corresponde a esse número.



Faça você mesmo

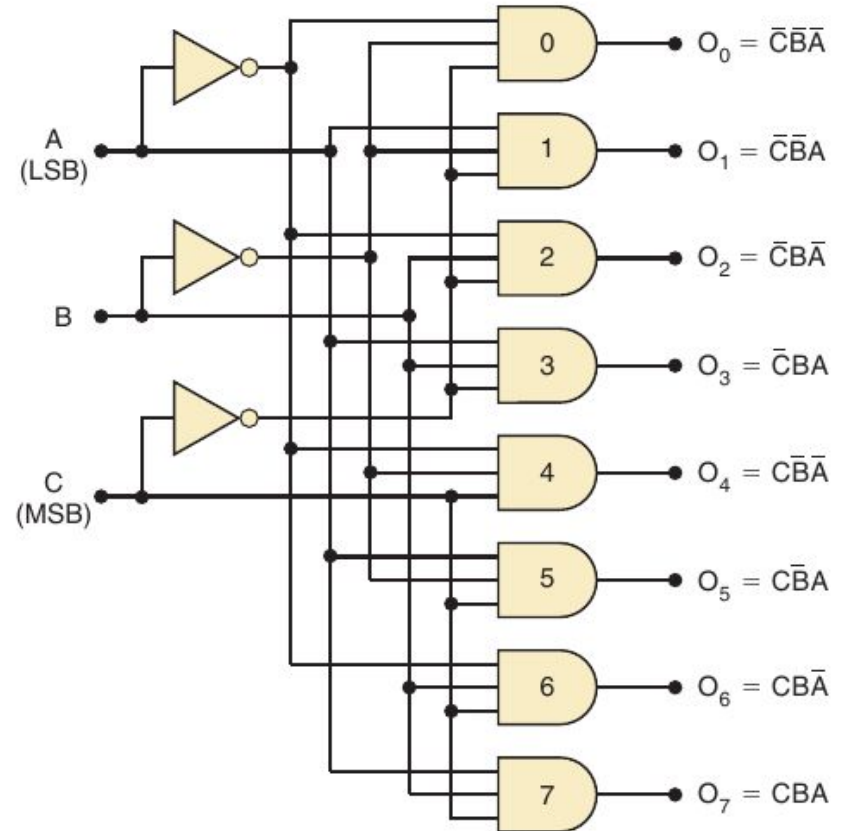
Considere o decodificador a seguir, que possui duas entradas (mais uma enable - E) e quatro saídas. Se $E = 1$, o circuito funciona normalmente, se $E = 0$, as saídas ficam em zero, independentemente da entrada.

Utilize esse circuito (pode usar mais de um) para montar um decodificador de 3 entradas $A_2A_1A_0$.



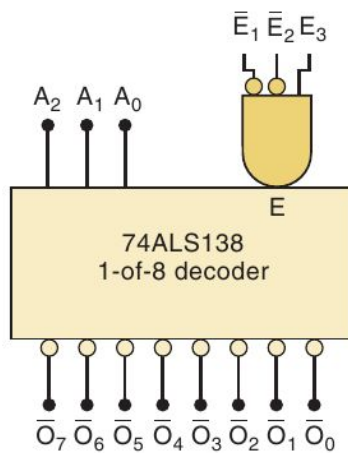
Outro Exemplo

C	B	A	O ₇	O ₆	O ₅	O ₄	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

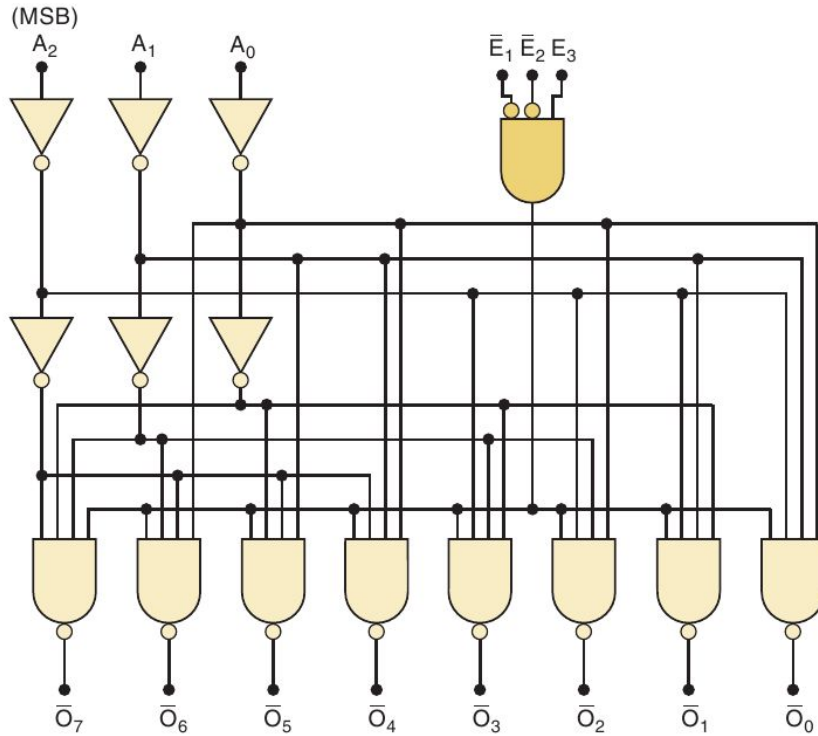


73138

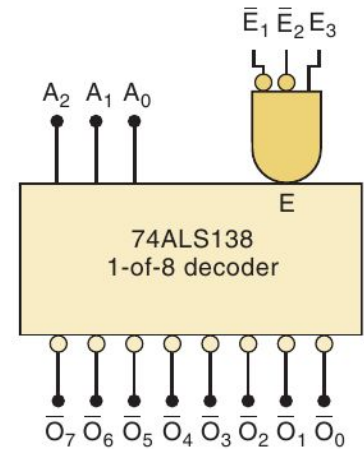
Circuito *ativo em baixa*. A porta seleccionada tem uma saída zero.



73138



$\bar{E}_1$	$\bar{E}_2$	E_3	Outputs
0	0	1	Respond to input code $A_2A_1A_0$
1	X	X	Disabled – all HIGH
X	1	X	Disabled – all HIGH
X	X	0	Disabled – all HIGH

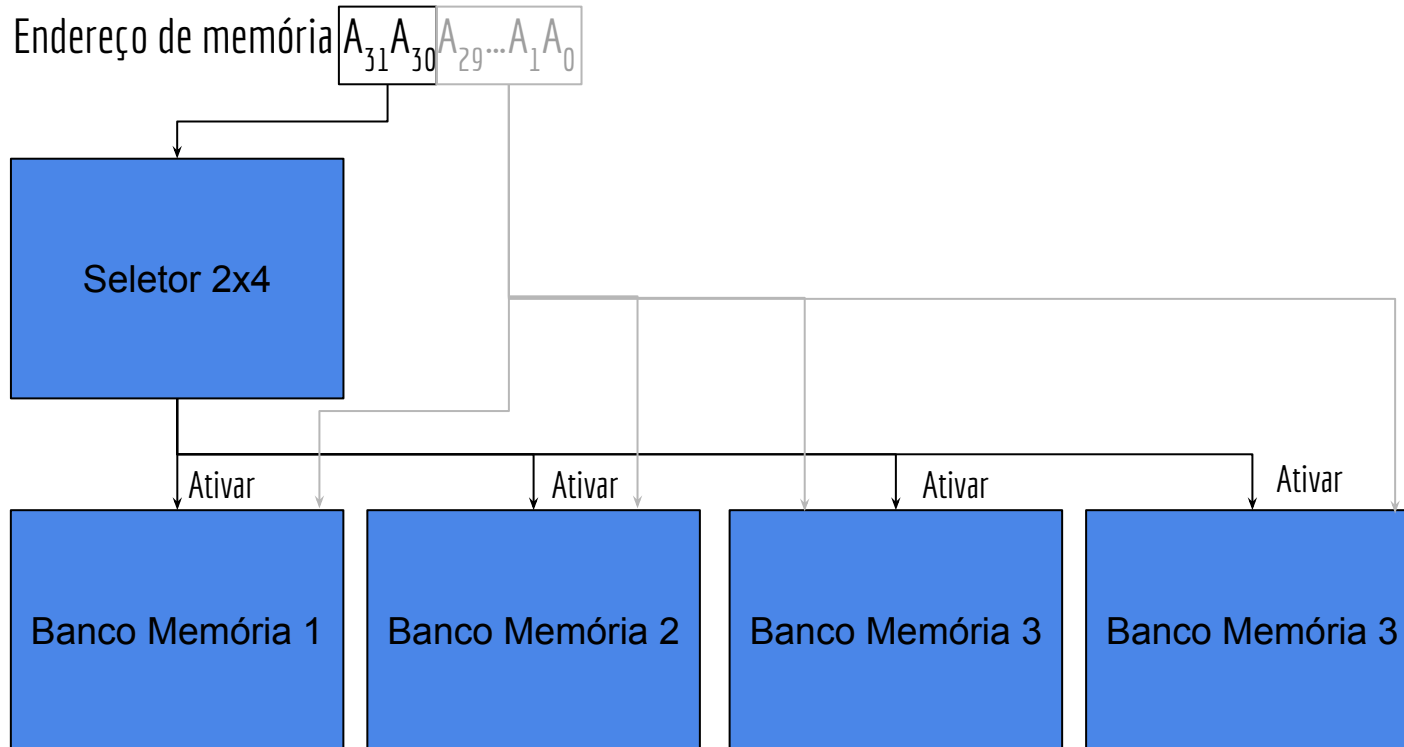


Exemplo de uso

Decodificadores são usados em diversos circuitos.

Exemplo: memórias, onde o decodificador ativa uma memória específica de acordo com um endereço recebido.

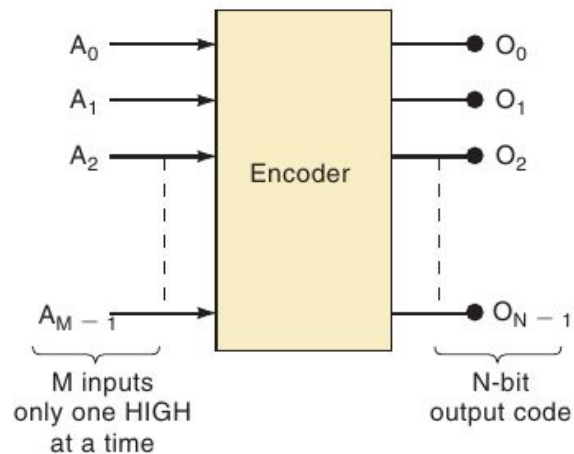
Exemplo de uso



Codificador

Um codificador faz o processo contrário de um decoder.

Codificador (encoder): Circuito lógico que aceita 2^n entradas, cada uma representando um número binário, e ativa suas n saídas representando o número.



Faça você mesmo

Considere o Codificador a seguir, que possui quatro entradas e duas saídas.

Prioridade: se mais de um A_x for 1, codifique o maior x .

Mostre o circuito para esse codificador.



Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0		
0	0	0	1		
0	0	1	0		
0	0	1	1		
0	1	0	0		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		
1	0	0	1		
1	0	1	0		
1	0	1	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		



Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1



Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1

$$O_0 = \dots$$

	$\bar{A}_1\bar{A}_0$	$\bar{A}_1A_0$	A_1A_0	$A_1\bar{A}_0$
$\bar{A}_3\bar{A}_2$	0	0	1	1
$\bar{A}_3A_2$	0	0	0	0
A_3A_2	1	1	1	1
$A_3\bar{A}_2$	1	1	1	1

Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1

$$O_0 = A_3 + \bar{A}_2 A_1$$

	$\bar{A}_1 \bar{A}_0$	$\bar{A}_1 A_0$	$A_1 A_0$	$A_1 \bar{A}_0$
$\bar{A}_3 \bar{A}_2$	0	0	1	1
$\bar{A}_3 A_2$	0	0	0	0
$A_3 A_2$	1	1	1	1
$A_3 \bar{A}_2$	1	1	1	1

Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1

$$O_1 = \dots$$

	$\bar{A}_1\bar{A}_0$	$\bar{A}_1A_0$	A_1A_0	$A_1\bar{A}_0$
$\bar{A}_3\bar{A}_2$	0	0	0	0
$\bar{A}_3A_2$	1	1	1	1
A_3A_2	1	1	1	1
$A_3\bar{A}_2$	1	1	1	1

Faça você mesmo

A_3	A_2	A_1	A_0	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1

$$O_1 = A_3 + A_2$$

	$\bar{A}_1\bar{A}_0$	$\bar{A}_1A_0$	A_1A_0	$A_1\bar{A}_0$
$\bar{A}_3\bar{A}_2$	0	0	0	0
$\bar{A}_3A_2$	1	1	1	1
A_3A_2	1	1	1	1
$A_3\bar{A}_2$	1	1	1	1

Multiplexadores

É comum sistemas com múltiplas entradas, das quais desejamos escolher uma como a saída.

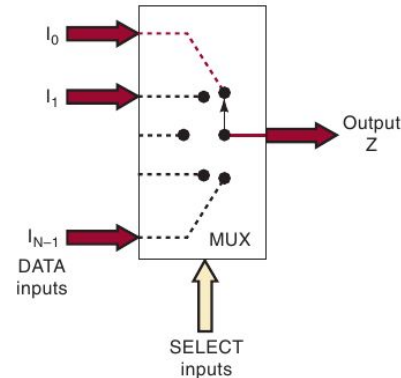
Exemplo: Um rádio de carro.

Está constantemente recebendo dados de AM, FM, Flash-Drive, ...

Um “seletor” seleciona entre essas múltiplas fontes de entrada, e redireciona para a saída (que é única).

É exatamente isso o que um **multiplexador (mux)** faz.

Seleciona uma dentre múltiplas entradas, e a envia para a saída.



Faça você mesmo

Crie um mux de duas entradas I_0 e I_1 , um seletor S , e uma saída Z .

Quando $S=0$, I_0 é enviado para a saída Z .

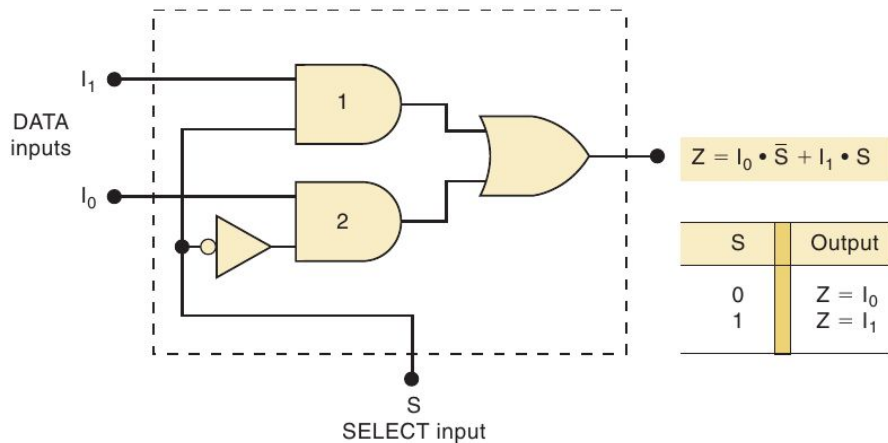
Quando $S=1$, I_1 é enviado para a saída Z .

Faça você mesmo

Crie um mux de duas entradas I_0 e I_1 , um seletor S , e uma saída Z .

Quando $S=0$, I_0 é enviado para a saída Z .

Quando $S=1$, I_1 é enviado para a saída Z .



Mux

Se o multiplexador aceitar quatro entradas, I_0 , I_1 , I_2 e I_3 , um seletor único funciona?

Mux

Se o multiplexador aceitar quatro entradas, I_0 , I_1 , I_2 e I_3 , um seletor único funciona?

Para quatro entradas, temos quatro “endereços” possíveis.

Endereço de I_0 , endereço de I_1 , ...

Em binário, temos os endereços 00_2 , 01_2 , 10_2 e 11_2 .

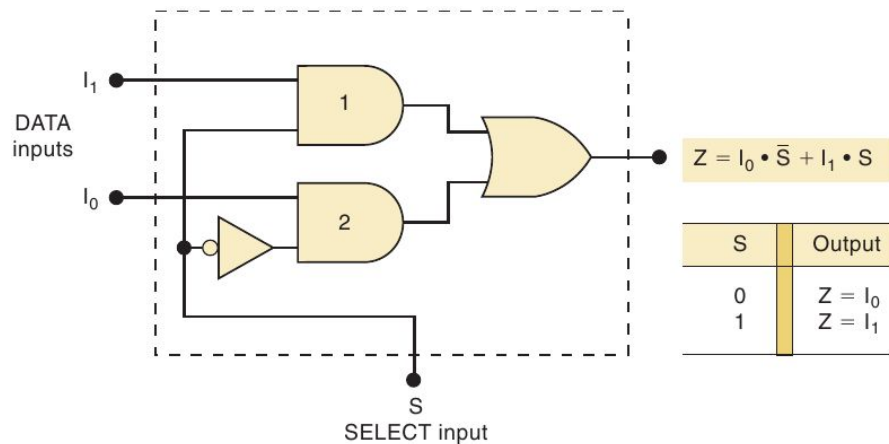
Necessários 2 bits para controlar o seletor.

S_0 e S_1 .

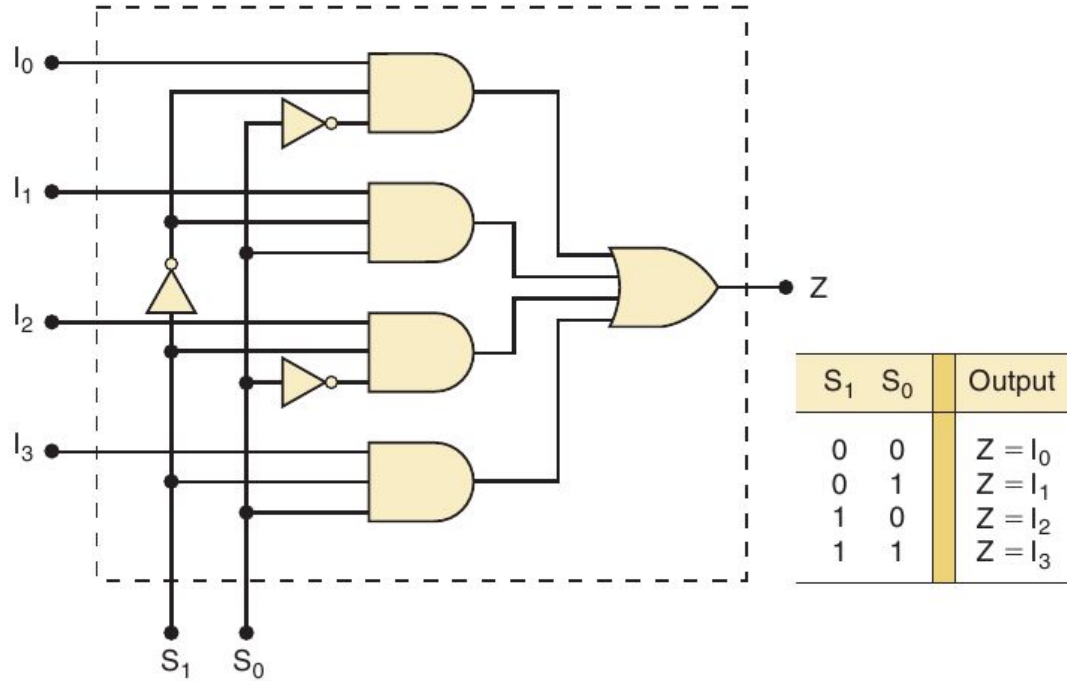
Faça você mesmo

Crie sua versão de um multiplexador de 4 entradas.

O raciocínio é análogo ao de 2 entradas, com algumas portas e entradas a mais.

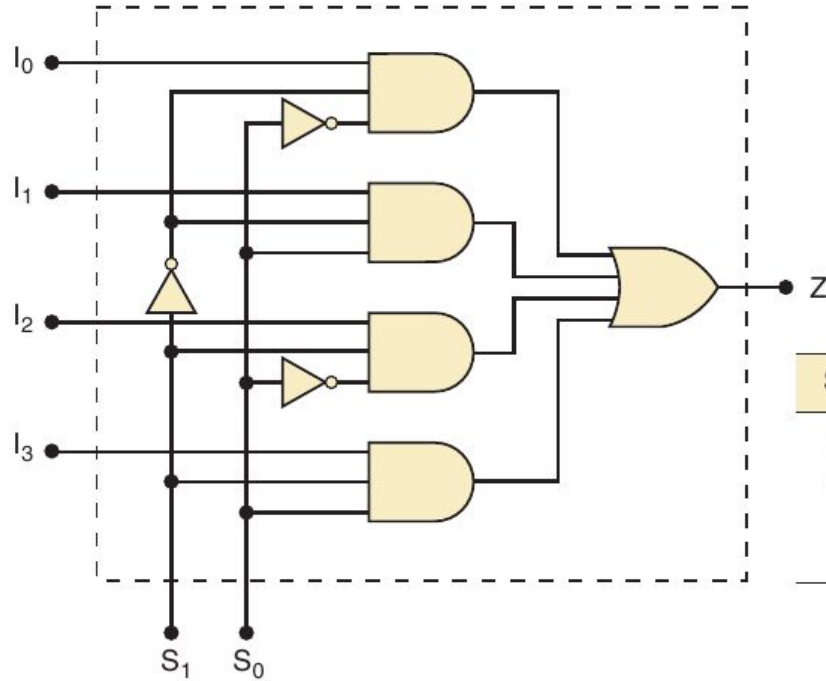


Mux 4:1

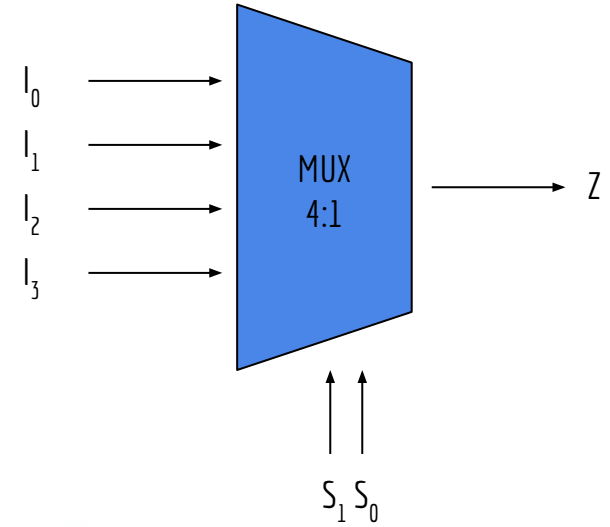


Mux 4:1

Representação de um mux 4 para 1



S_1	S_0	Output
0	0	$Z = I_0$
0	1	$Z = I_1$
1	0	$Z = I_2$
1	1	$Z = I_3$



Mux $n:1$

E de maneira geral, um multiplexador de n entradas possui quantos bits no seletor?

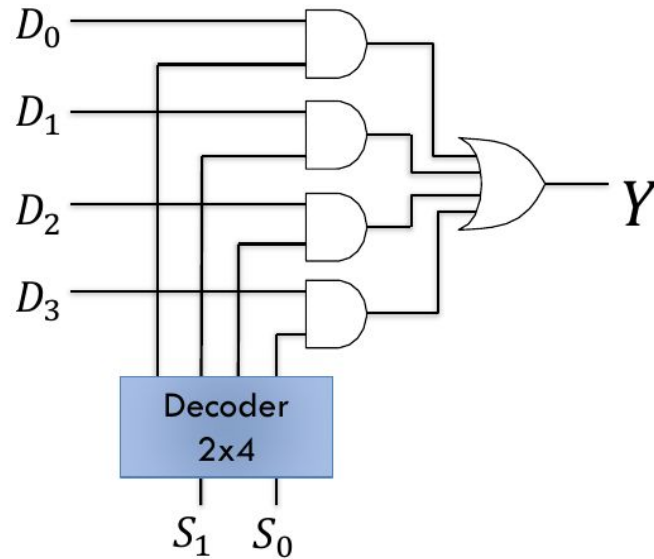
Mux $n:1$

E de maneira geral, um multiplexador de n entradas possui quantos bits no seletor?

Considerando n uma potência de 2, são necessários $\log_2 n$ bits no seletor.

Outra forma

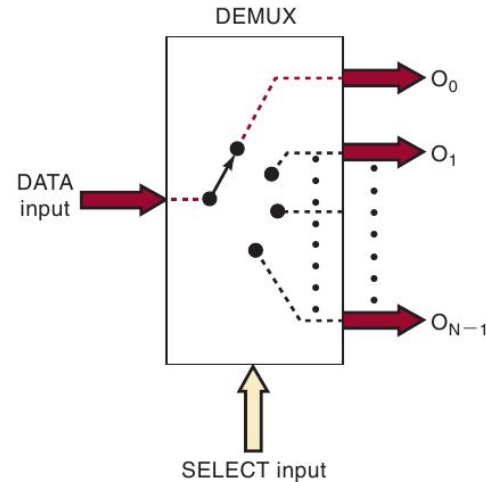
Outra forma de se criar um mux 4:1.



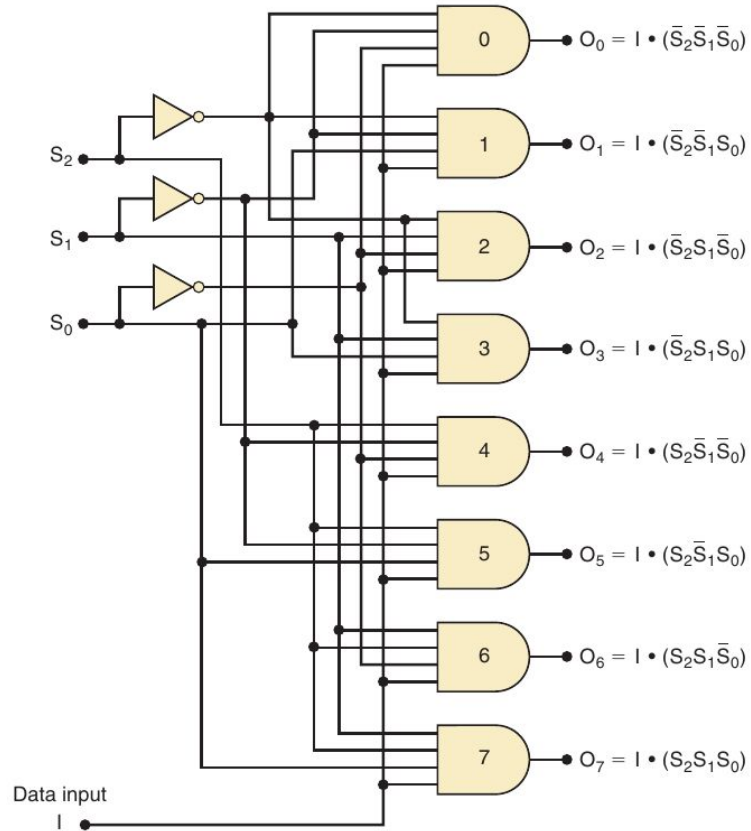
Demultiplexador

Um **demultiplexador (demux)** faz o caminho inverso de um multiplexador.

Recebe uma entrada I , e de acordo com o seletor, a envia para uma de suas n saídas $O_0, O_1, \dots, O_{n-1}$.

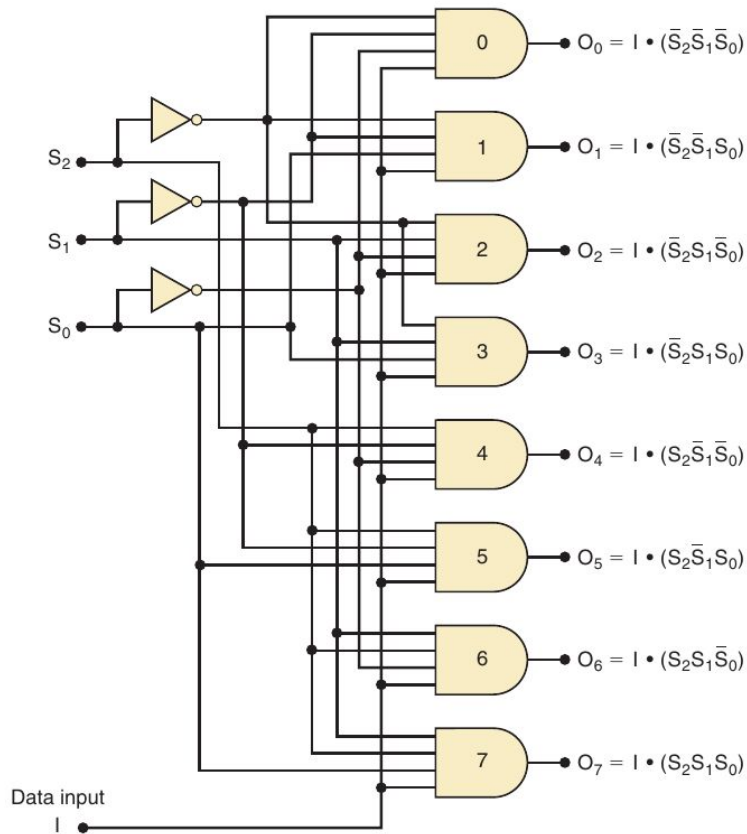
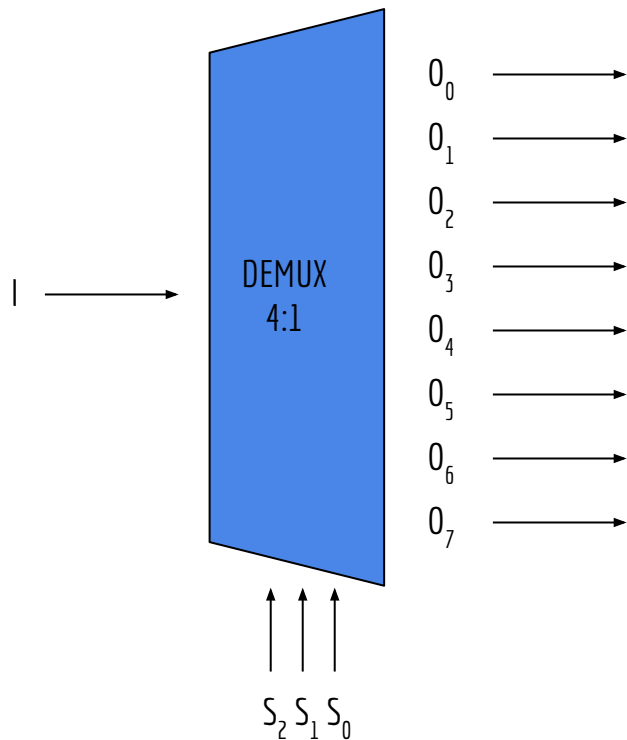


Demultiplexador 1:8



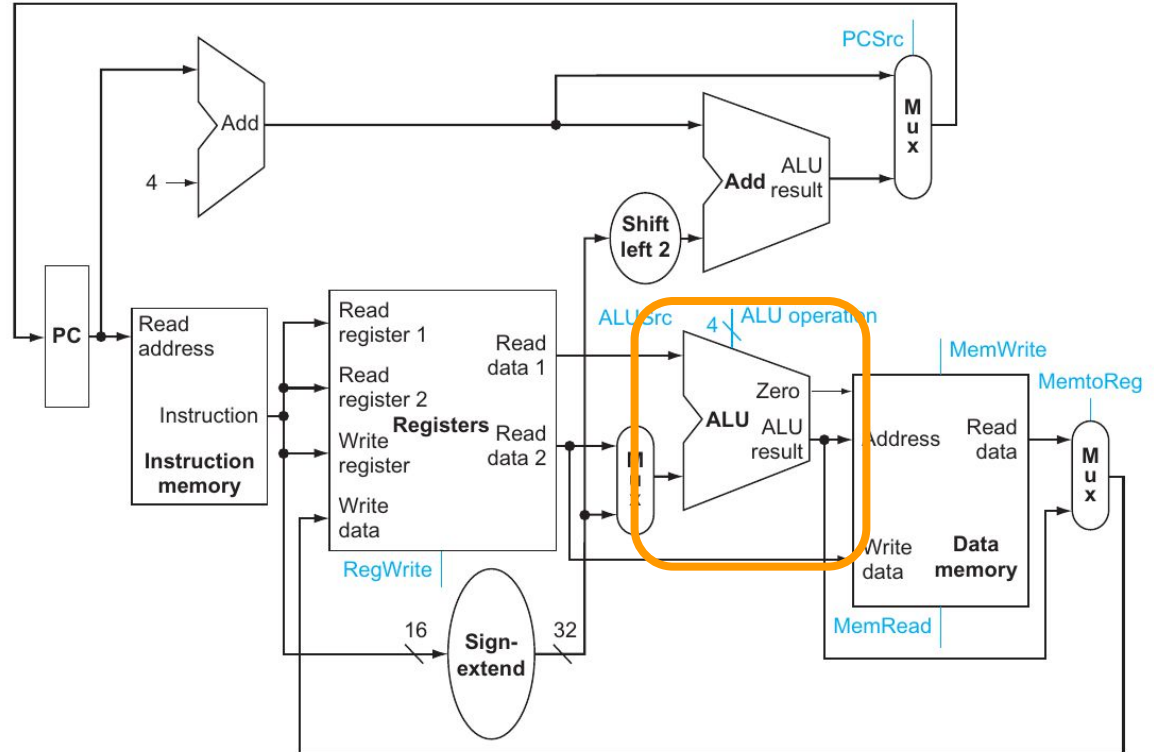
Demultiplexador 1:8

Representação de um demux 1 para 8



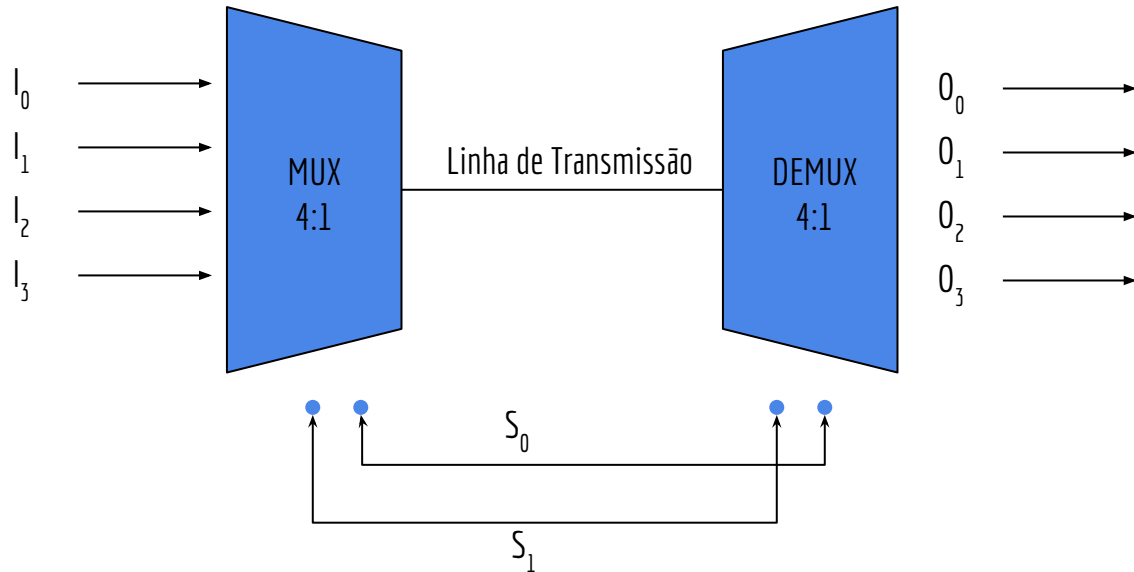
Exemplos de uso

O seletor de operação da ALU.



Exemplos de uso

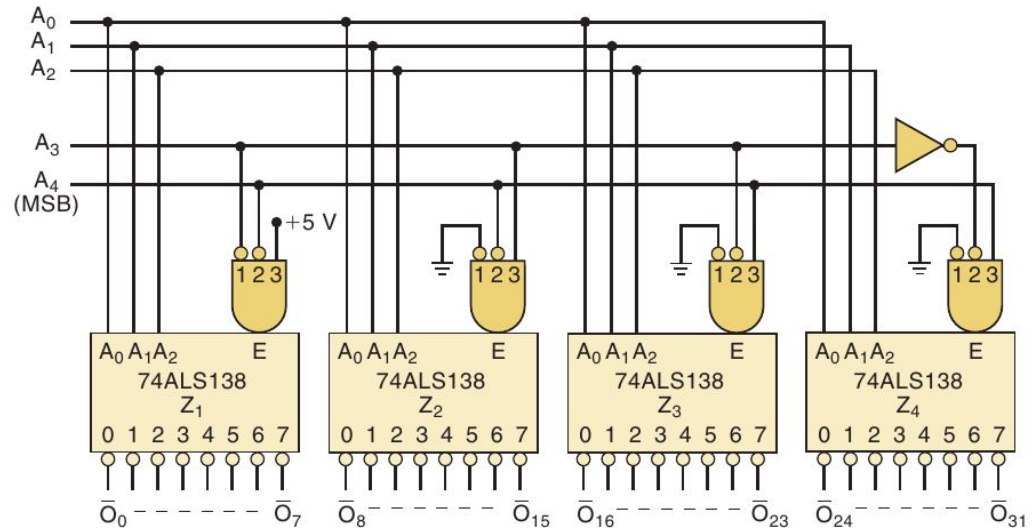
Transmissão e reconstrução de um sinal paralelo que precisa ser enviado em série.



Exercícios

1. Considere as conexões com circuitos 73138 a seguir e responda.

- Qual será a saída quando $A_4A_3A_2A_1A_0 = 01101$?
- Qual o intervalo de entradas ativa alguma das saídas de Z4?



Exercícios

2. Crie os seguintes codificadores.

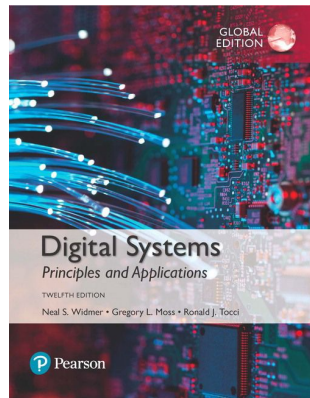
- a. 2 para 1.
- b. 4 para 2 -> Com entradas ativas em nível baixo. Ou seja, ao enviar 0 em um A_x , estamos ativando essa entrada.

3. Utilize múltiplos multiplexadores para criar um multiplexador de 16x1. O maior multiplexador que você pode usar é 8x1.

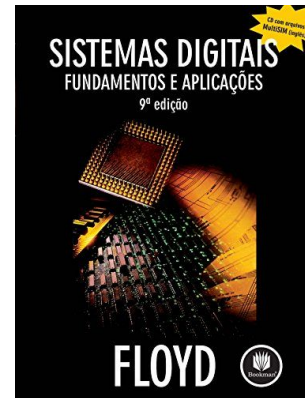
4. Multiplexadores comumente são $n \times 1$, onde n é uma potência de 2. Qual o problema quando n não é potência de 2?

Referências

Ronald J. Tocci, Gregory L. Moss, Neal S. Widmer. Sistemas digitais. 10a ed. 2017.



Thomas Floyd. Widmer. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. 2009.



Licença

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).