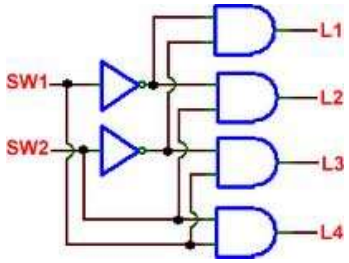
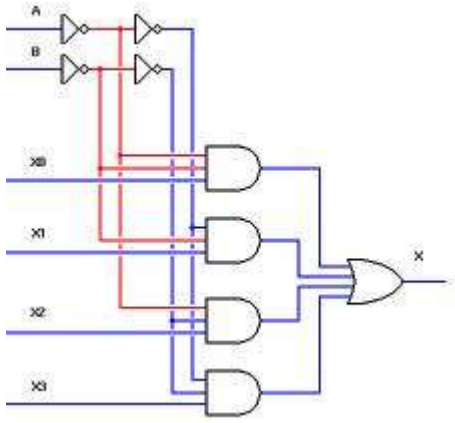
TÉCNICO LISBOA

Sistemas Digitais (SD)

Circuitos combinatórios: descodificadores, codificadores, multiplexers e demultiplexers





TÉCNICO LISBOA

Aula Anterior

- **Na aula anterior:**
  - Noção de circuito combinatório;
  - Tempo de propagação num circuito;
  - Dispositivos lógicos especiais:
    - Buffer de três estados (*tri-state*);
    - Portas de passagem (*transmission gates*).

TÉCNICO LISBOA

Planeamento

SEMANA	TEÓRICA 1	TEÓRICA 2	PROBLEMAS/LABORATÓRIO
01/Mar a 05/Mar	Introdução	Sistemas de Numeração	
08/Mar a 12/Mar	Álgebra de Boole	Elementos de Tecnologia	
15/Mar a 19/Mar	Funções Lógicas	Minimização de Funções	VHDL
22/Mar a 26/Mar	Minimização de Funções	Def. Circuito Combinatório; Análise Temporal	P1
29/Mar a 02/Abr	**FÉRIAS DA PÁSCOA**	**FÉRIAS DA PÁSCOA**	**FÉRIAS DA PÁSCOA**
05/Abr a 09/Abr	Circuitos Combinatórios	Circuitos Combinatórios	L1
12/Abr a 16/Abr	Circuitos Combinatórios	Circuitos Sequenciais: Latches	P2
19/Abr a 23/Abr	Circuitos Sequenciais: Flip-Flops	Caracterização Temporal	P3
26/Abr a 30/Abr	Registos	Contadores	L2
03/Mai a 07/Mai	Circuitos Sequenciais Síncronos	Síntese de Circuitos Sequenciais Síncronos	P4
10/Mai a 14/Mai	Síntese de Circuitos Sequenciais Síncronos	Memórias	L3
17/Mai a 21/Mai	Exercícios	Máq. Estado Microprogramadas: Circuito de Dados e Circuito de Controlo	P5
24/Mai a 28/Mai	Máq. Estado Microprogramadas: Microprograma	Circuitos de Controlo, Transferência e Processamento de Dados de um Processador	P6
31/Mai a 04/Jun	Lógica Programável	P7	L4
07/Jun a 11/Jun			

Teste 1

TÉCNICO LISBOA

Sumário

- **Tema da aula de hoje:**
  - Circuitos combinatórios típicos:
    - Descodificadores
    - Codificadores
    - Multiplexers
    - Demultiplexers

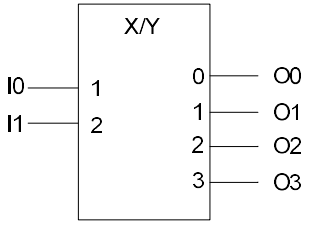
- **Bibliografia:**
  - **M. Mano, C. Kime**: Secções 3.7 a 3.9
  - **G. Arroz, J. Monteiro, A. Oliveira**: Secções 4.2 a 4.5

Descodificador

- **Descodificador (em inglês, *Decoder*)**
  - O descodificador binário é um circuito combinatório que permite, perante uma combinação de entradas, activar uma e só uma saída.

I1	I0	O0	O1	O2	O3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

DESCODIFICADOR 2:4



  - No símbolo do componente, o índice dos sinais de entrada/saída permite identificar claramente as saídas e o "peso" de cada um dos sinais de entrada.

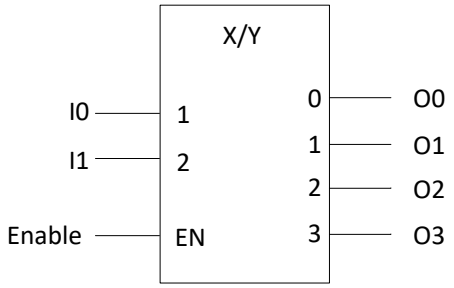
TÉCNICO LISBOA

Descodificador

- **Descodificador com entrada de activação (*Enable*):**
  - A entrada de **ENABLE** permite, quando activa (neste caso, a "1"), que o descodificador funcione normalmente. Quando não activa, inibe o seu funcionamento fazendo com que todas as saídas fiquem inactivas (neste caso, todas a "0").

EN	I1	I0	O0	O1	O2	O3
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0

DESCODIFICADOR 2:4

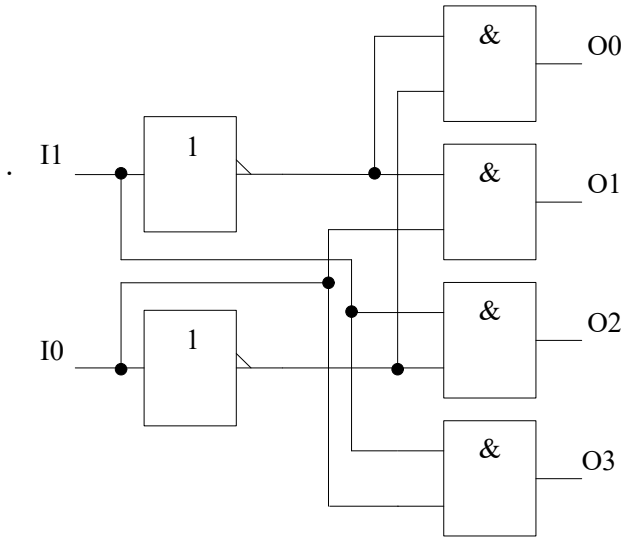


Descodificador

Descodificador: estrutura interna

- A figura representa a estrutura interna de um descodificador binário de 2 entradas.
- Cada saída representa uma das combinações possíveis das entradas

I1	I0	O0	O1	O2	O3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1



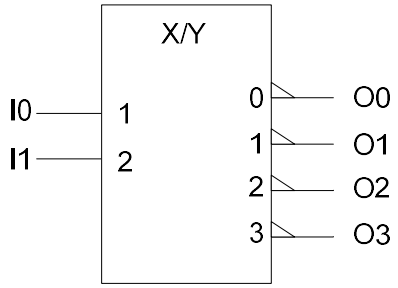
$$O_0 = \overline{I_1}.\overline{I_0} \qquad O_2 = I_1.\overline{I_0}$$

$$O_1 = \overline{I_1}.I_0 \qquad O_3 = I_1.I_0$$

Descodificador

- **Descodificador com saídas activas a zero**
  - No símbolo do componente, o Δ na saída indica que esta é activa a "0", i.e., a saída seleccionada tem um "0" e as outras têm um "1". (funciona como se tivesse um inversor na saída)

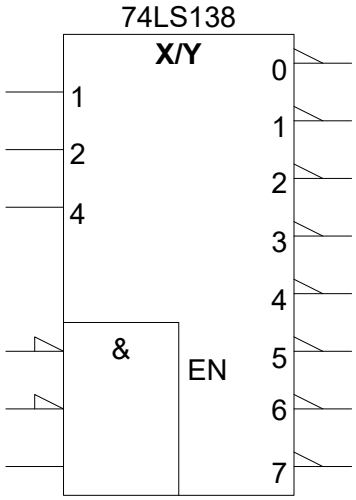
I1	I0	O0	O1	O2	O3
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0



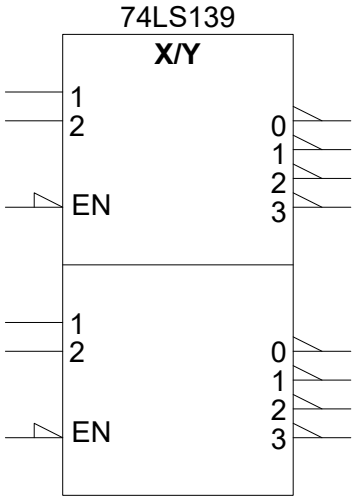
Descodificador

Descodificadores: exemplos de componentes

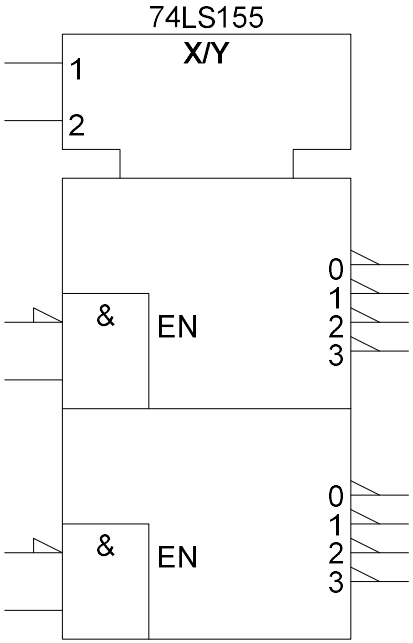
DESCODIFICADOR 3:8



DUAL DECODER 2:4



DUAL DECODER 2:4



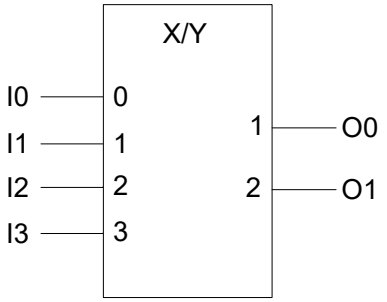
Nos 3 exemplos os sinais de saída são activos a zero.

No 138 o Enable é um AND de 3 entradas, 2 delas negadas. No 139 o Enable é activo a zero. No 155 o Enable é um AND de 2 entradas, 1 delas negada.

Codificador

- **Codificador (em inglês, *encoder*):**
  - O codificador binário é um circuito combinatório que indica qual das entradas possíveis é que está activa (neste caso, a “1”).

I3	I2	I1	I0	O1	O0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1

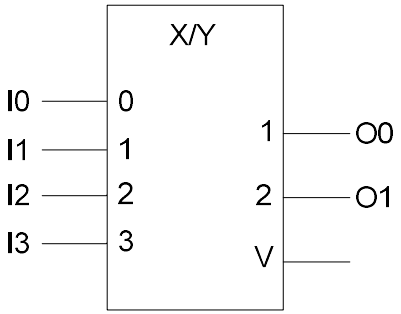


  - Nesta versão simples, o codificador só considera 4 das 16 combinações possíveis de entrada.
  - O circuito não distingue a situação de todas as entradas estarem a “0”.
  - O circuito não distingue as situações em que estão a “1” mais do que uma entrada.

Codificador

- **Codificador de prioridade:**
  - As entradas deste codificador têm uma ordem de prioridades: em caso de mais de uma entrada activa (a "1") é considerada a de maior prioridade.

I3	I2	I1	I0	O1	O0	V
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	X	0	1	1
0	1	X	X	1	0	1
1	X	X	X	1	1	1

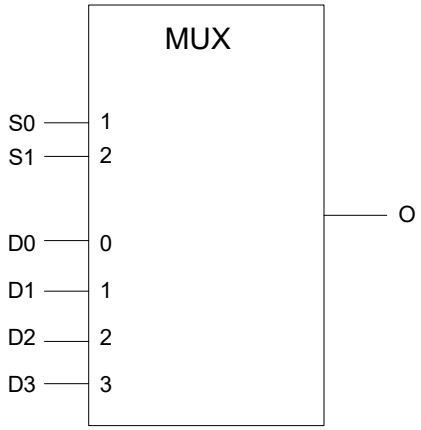


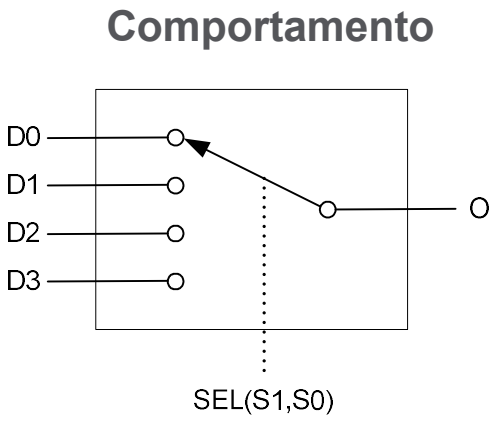
  - A entrada I3 é a de maior prioridade, seguida da I2, da I1, e a I0 é a de menor prioridade.
  - A saída V suplementar indica se existe pelo menos uma entrada activa (a "1").

Multiplexer

- **Multiplexer:**
  - O multiplexer é um circuito combinatório que permite, através da especificação dos sinais de selecção, encaminhar uma das N entradas de dados para a saída.

Exemplo: multiplexer 4:1





S1	S0	O
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

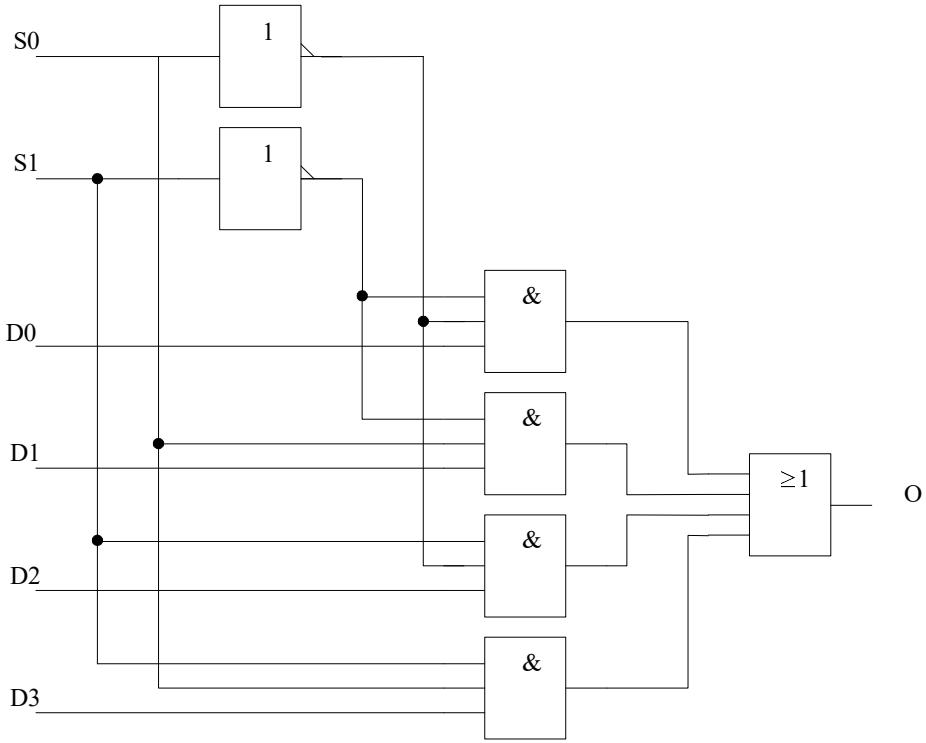
  - As entradas de selecção determinam a entrada de dados cujo valor é colocado na saída.

Multiplexer

Multiplexer: estrutura interna

S1	S0	O
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

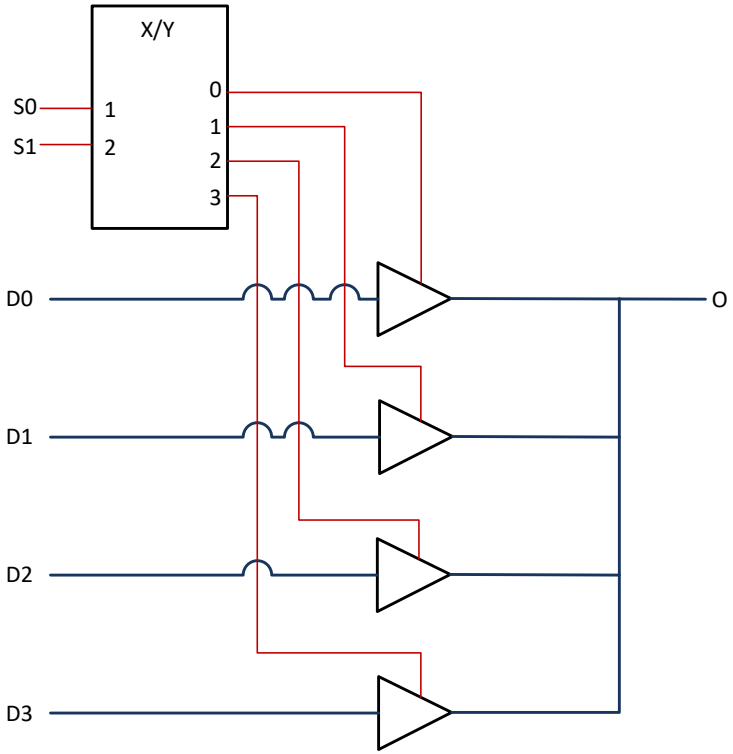
$$O = D_0 . \overline{S_1} . \overline{S_0} + D_1 . \overline{S_1} . S_0 + D_2 . S_1 . \overline{S_0} + D_3 . S_1 . S_0$$



Multiplexer

- **Multiplexer: estrutura interna alternativa**

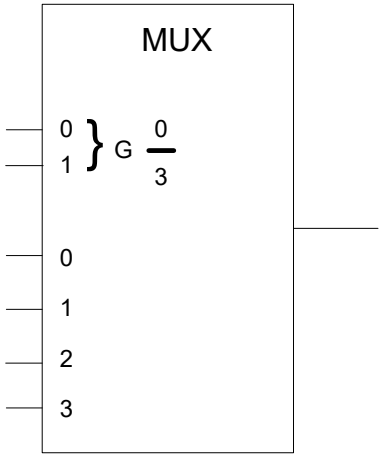
S1	S0	O
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3



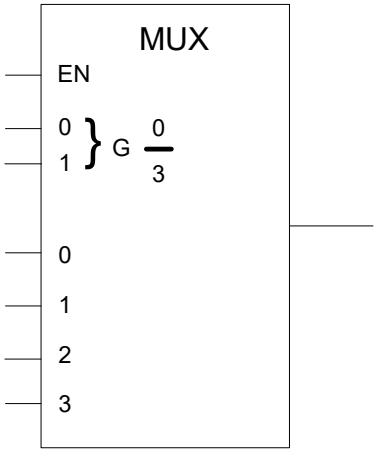
Multiplexer

- **Multiplexer: simbologia**

MULTIPLEXER 4:1 simples



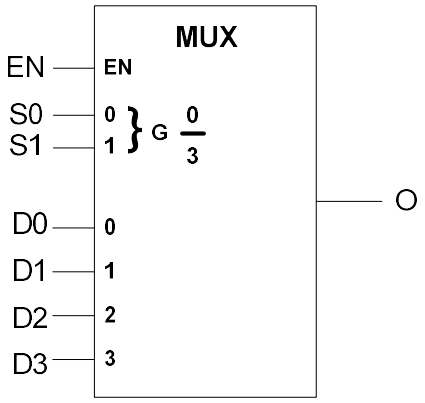
MULTIPLEXER 4:1 com enable

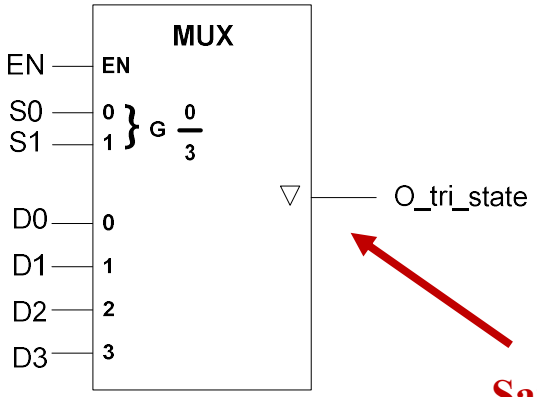


EN	S1	S0	O
1	0	0	D0
1	0	1	D1
1	1	0	D2
1	1	1	D3
0	X	X	0

Multiplexer

- **Multiplexer: saída tri-state**





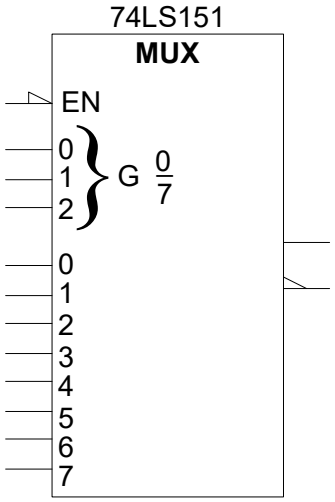
Saída tri-state

S1	S0	EN_L	O	O_tri_state
-	-	0	0	Z
0	0	1	D0	D0
0	1	1	D1	D1
1	0	1	D2	D2
1	1	1	D3	D3

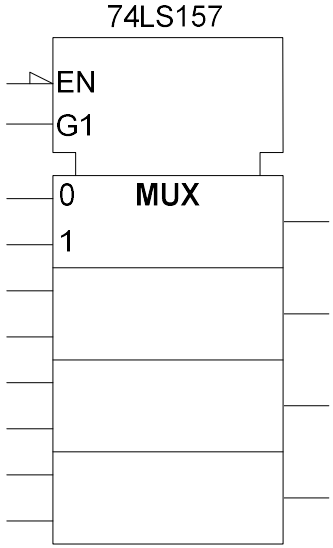
Multiplexer

- **Multiplexers: exemplos de componentes**

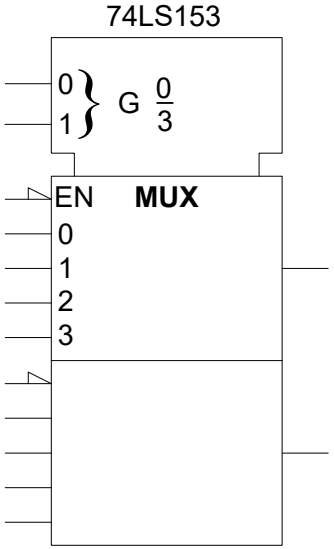
MUX 8:1



QUAD MUX 2:1



DUAL MUX 4:1



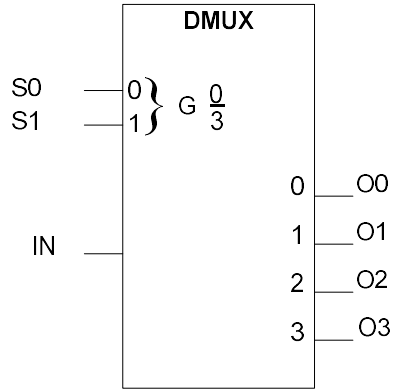
Nos 3 exemplos os sinais de Enable são activos a zero (a activação do funcionamento normal do componente acontece quando EN=0).

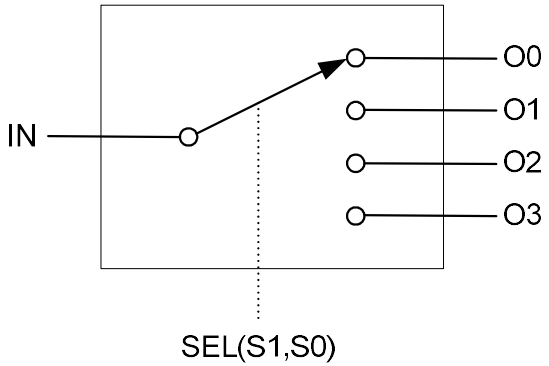
O 74151 tem uma saída suplementar que é a negação da outra.

Demultiplexer

- **Demultiplexer:**
  - O demultiplexer é um circuito combinatório que permite, através da especificação dos sinais de selecção, encaminhar a entrada para uma das N saídas.

Exemplo: Demultiplexer 1:4





S1	S0	O0	O1	O2	O3
0	0	IN	0	0	0
0	1	0	IN	0	0
1	0	0	0	IN	0
1	1	0	0	0	IN

Demultiplexer

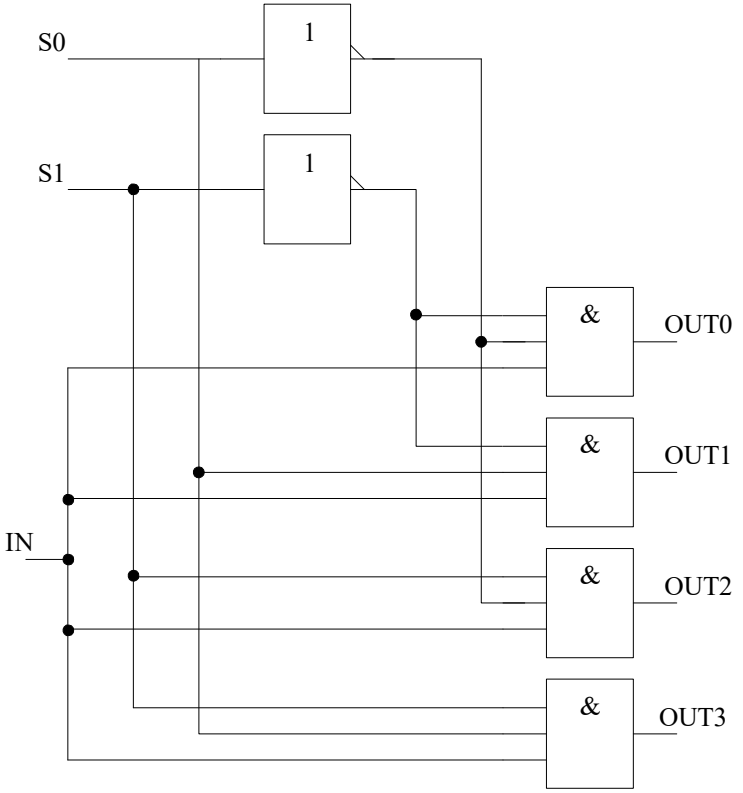
- **Demultiplexer: estrutura interna**

DEMULTIPLEXER 1:4

S1	S0	O0	O1	O2	O3
0	0	IN	0	0	0
0	1	0	IN	0	0
1	0	0	0	IN	0
1	1	0	0	0	IN

$$O_0 = IN.\overline{S_1}.\overline{S_0} \qquad O_2 = IN.S_1.\overline{S_0}$$

$$O_1 = IN.\overline{S_1}.S_0 \qquad O_3 = IN.S_1.S_0$$

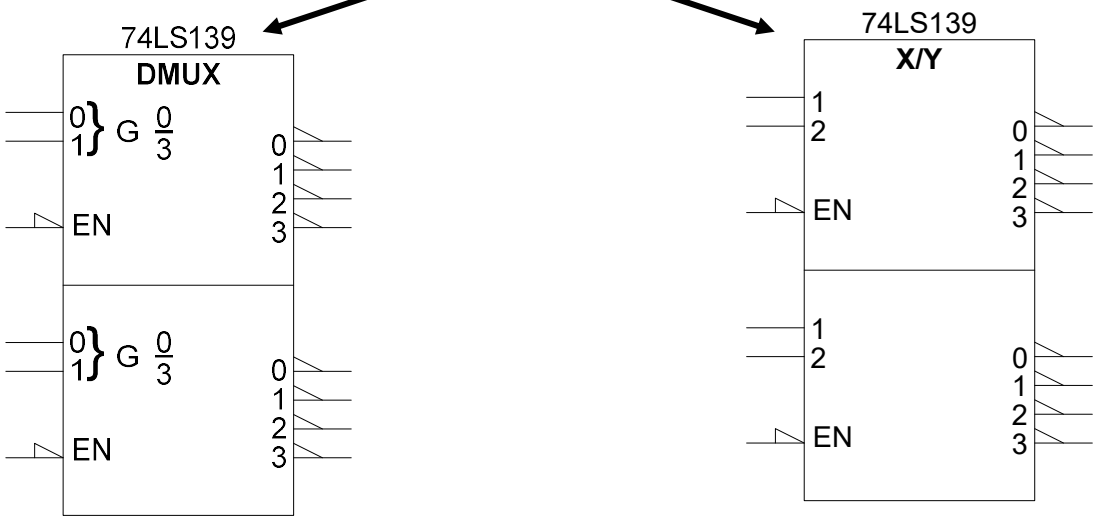


Demultiplexer vs Descodificador

- **Demultiplexeres e Descodificadores:**
  - Um **descodificador** com *enable* é equivalente a um **demultiplexer**, sendo as entradas de dados do primeiro as entradas de selecção do segundo e a entrada de *enable* do primeiro a entrada de dados do segundo.

Nota: os 2 símbolos abaixo referem a mesma funcionalidade do circuito.

DUAL DMUX 1:4 — **74LS139** — **DECODER 2:4**

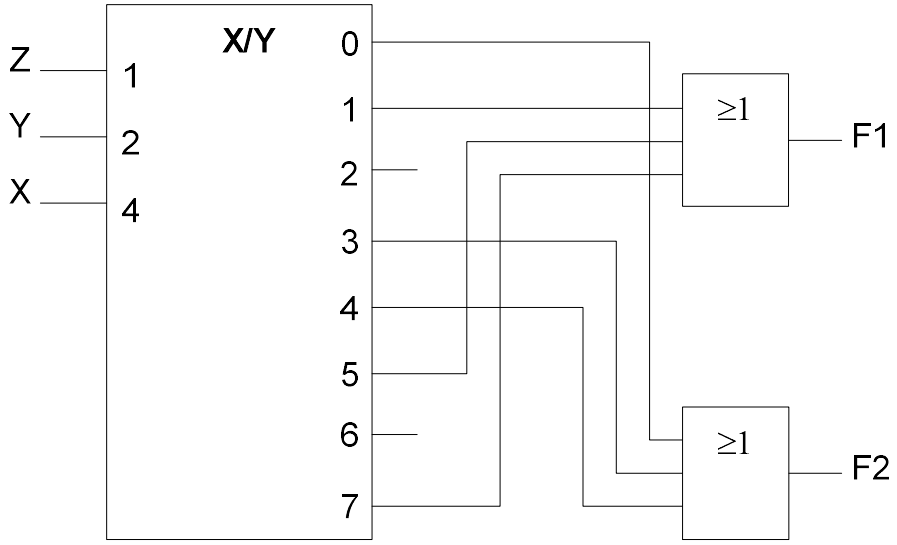


Aplicações

- **Descodificadores: aplicações (f. combinatórias)**
  - Realização de funções combinatórias de 3 variáveis com decoders 3:8

$$f1(X,Y,Z) = \sum m(1,5,7)$$

$$f2(X,Y,Z) = \sum m(0,3,4)$$

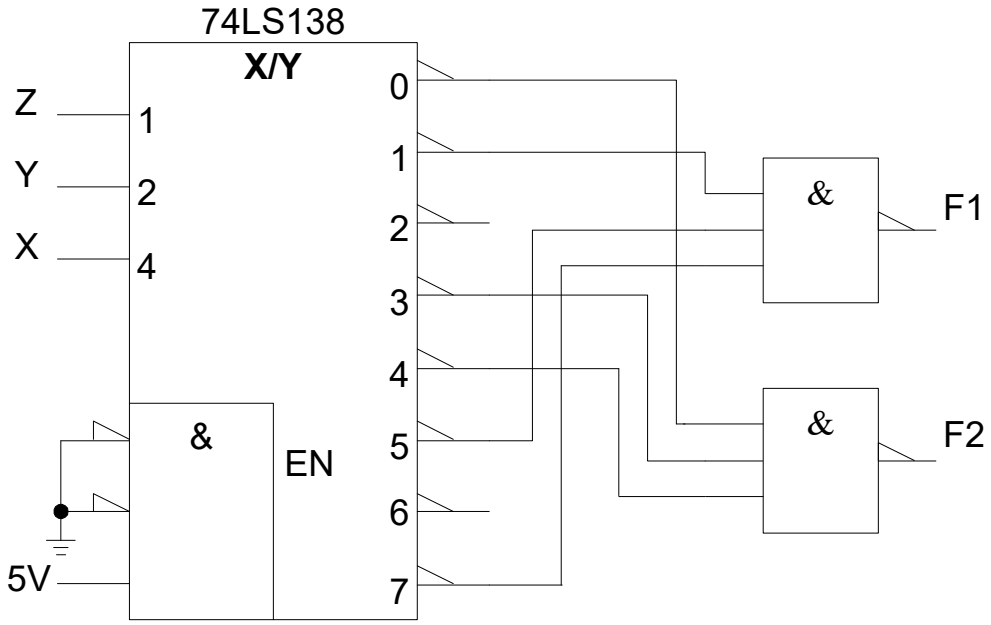


Aplicações

- **Descodificadores: aplicações (f. combinatórias)**
  - Realização de funções combinatórias de 3 variáveis com decoders 3:8 com saídas activas a 0.

$f1(X,Y,Z) = \sum m(1,5,7)$

$f2(X,Y,Z) = \sum m(0,3,4)$

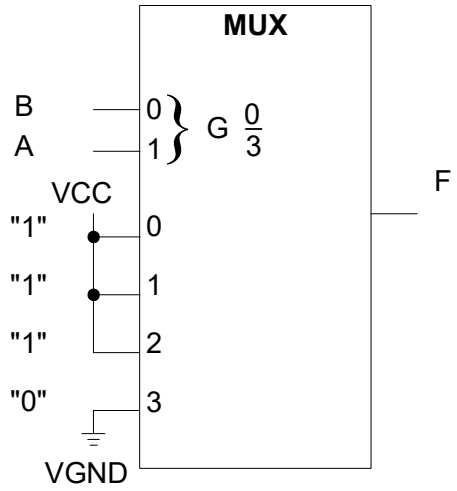


Aplicações

- **Multiplexers: aplicações (f. combinatórias)**
  - Exemplo de realização de funções combinatórias de 2 variáveis com MUX 4:1

$$F = \overline{A} + A\overline{B}$$

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



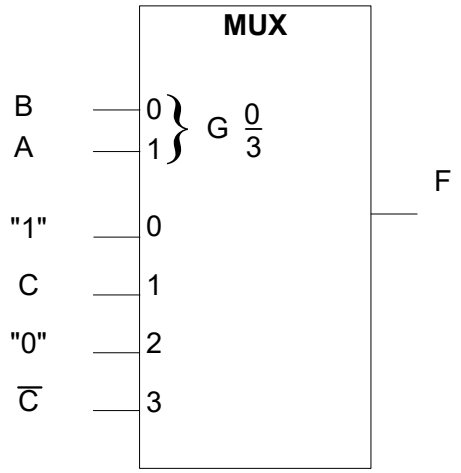
Aplicações

Multiplexers: aplicações (f. combinatórias)

- Exemplo de realização de funções combinatórias de 3 variáveis com MUX 4:1

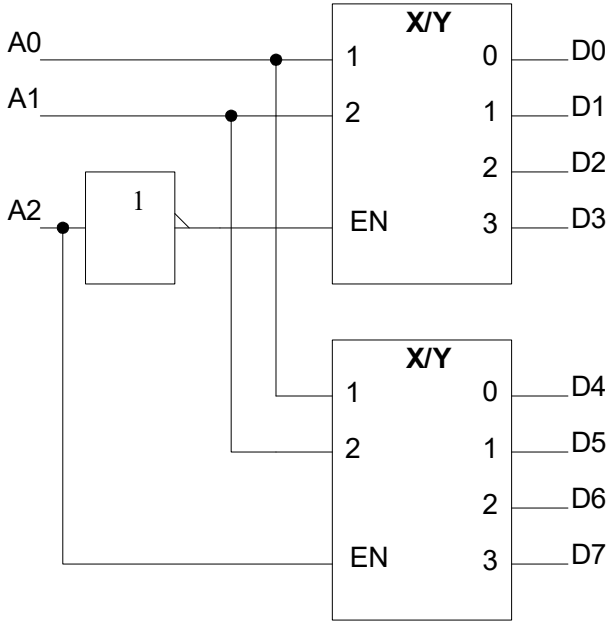
$$F = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{A}\,C + AB\overline{C}$$

A	B	C	F	
0	0	0	1	$F = 1$
0	0	1	1	
0	1	0	0	$F = C$
0	1	1	1	
1	0	0	0	$F = 0$
1	0	1	0	
1	1	0	1	$F = \overline{C}$
1	1	1	0	



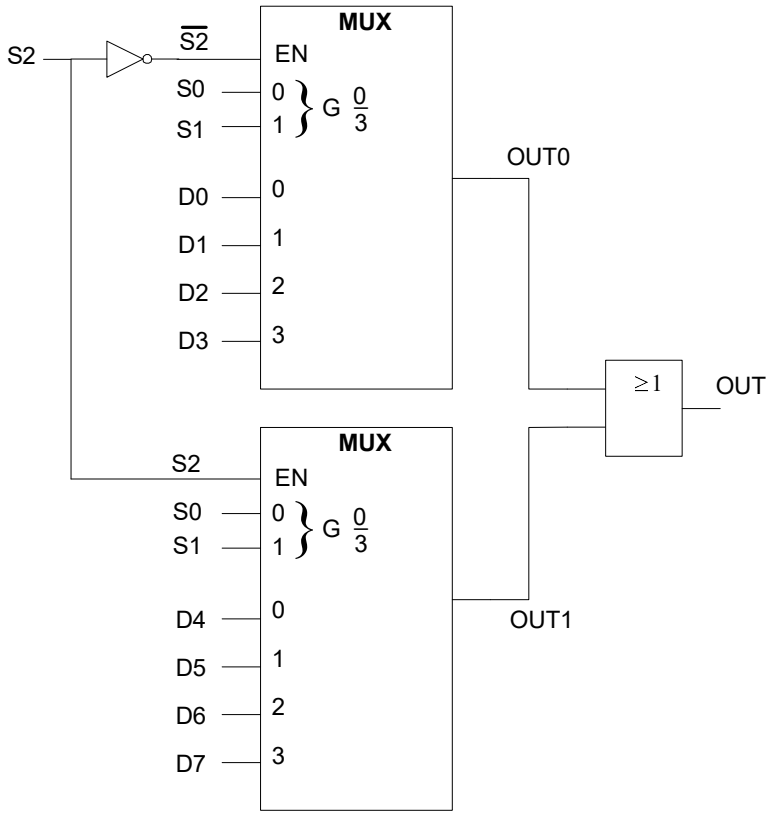
Aplicações

- **Descodificadores: aplicações (descodificação)**
  - Exemplo de realização de um DECODER 3:8 tendo por base 2 DECODERs 2:4



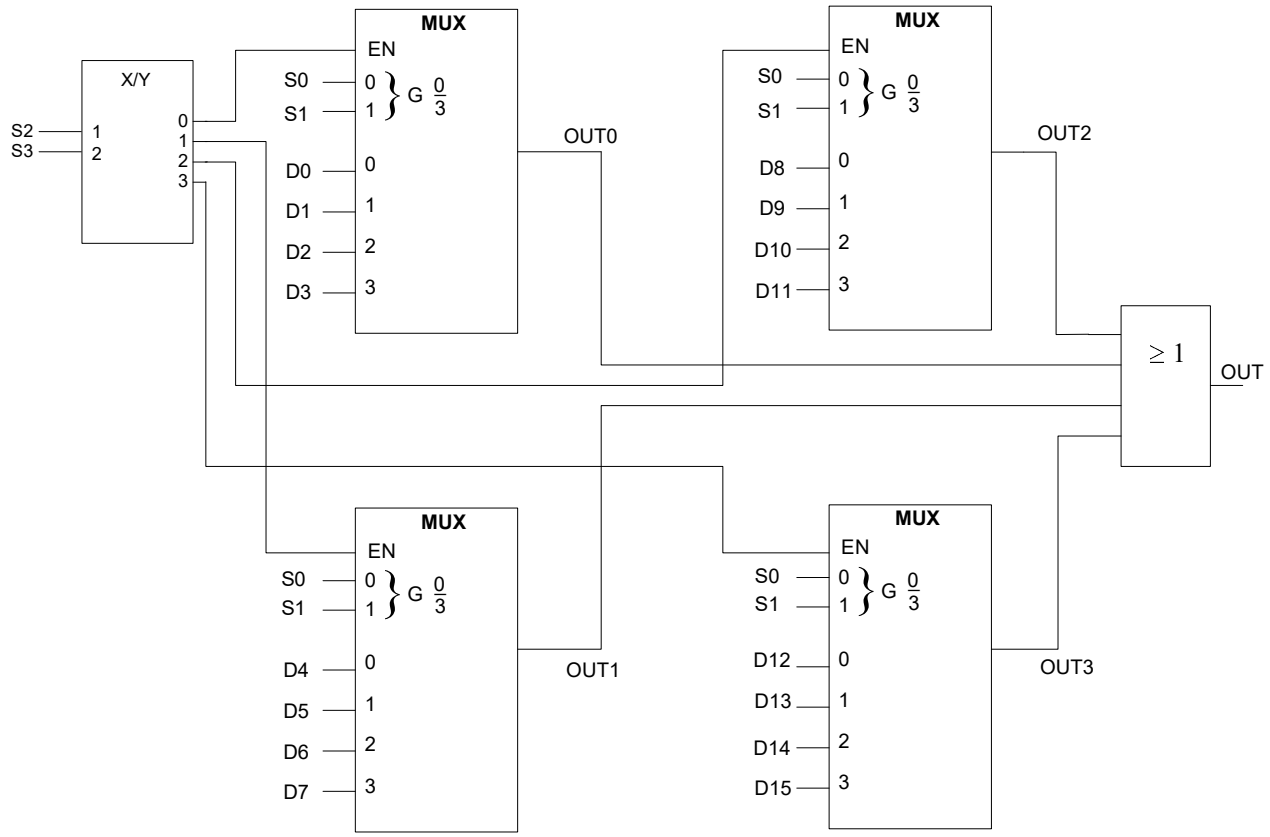
Aplicações

- **Multiplexers: aplicações (multiplexagem)**
  - Exemplo de realização de um MUX 8:1 tendo por base 2 MUXs 4:1



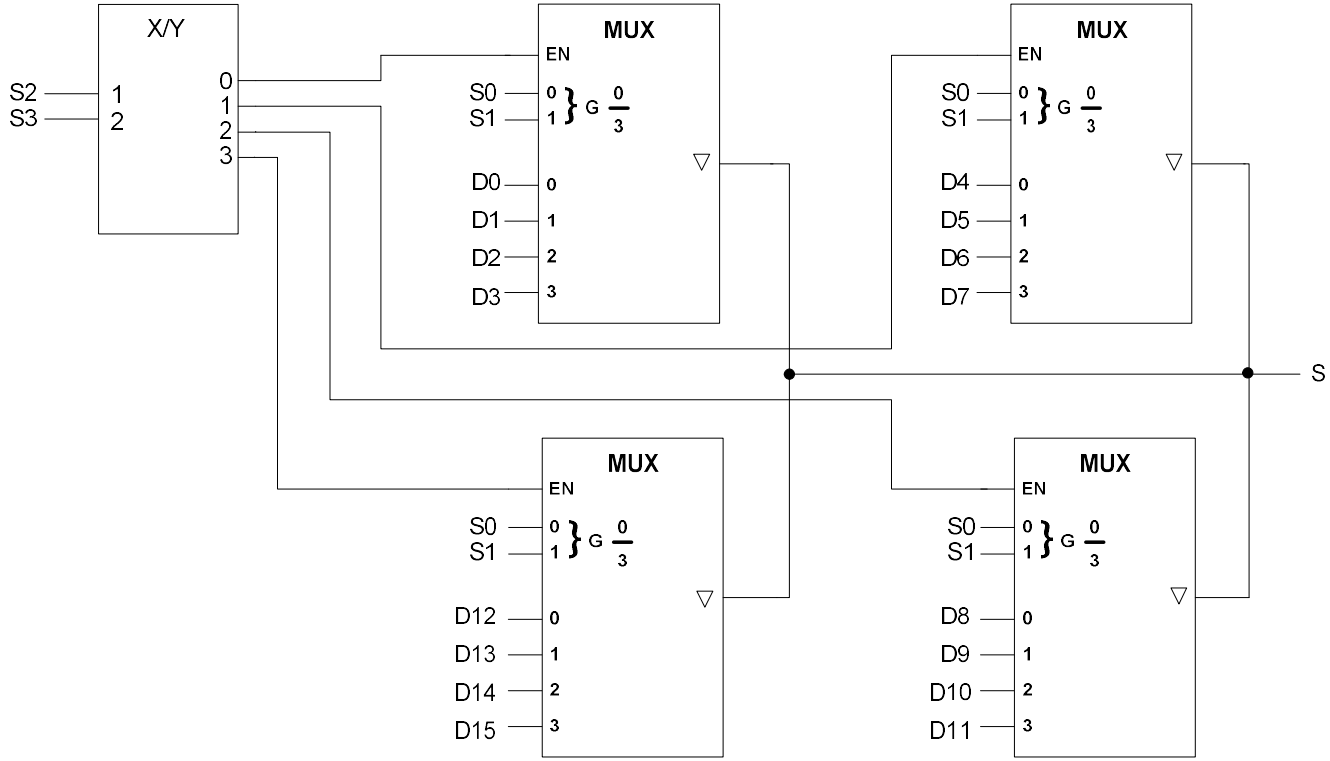
Aplicações

- **Multiplexers: aplicações (multiplexagem)**
  - Exemplo de realização de um MUX 16:1 tendo por base 4 MUXs 4:1



Aplicações

- **Multiplexers: aplicações (multiplexagem)**
  - Exemplo de realização de um MUX 16:1 tendo por base 4 MUXs 4:1 tri-state



TÉCNICO LISBOA

Próxima Aula

TÉCNICO LISBOA

Próxima Aula

- **Tema da Próxima Aula:**
  - Circuitos combinatórios típicos:
    - Somadores / Subtractores
    - Comparadores

TÉCNICO LISBOA

Agradecimentos

Algumas páginas desta apresentação resultam da compilação de várias contribuições produzidas por:

- Nuno Roma
- Guilherme Arroz
- Horácio Neto
- Nuno Horta
- Pedro Tomás