Circuitos combinatórios

Sistemas Digitais 2016/2017

Pedro Salgueiro
pds@di.uevora.pt

Sumário

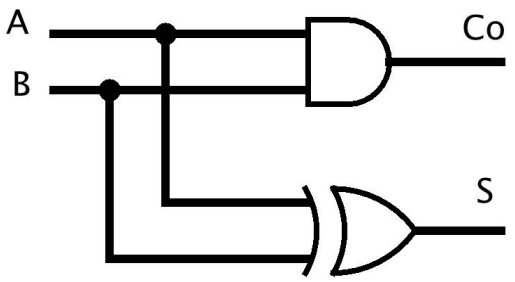
- Somador
- Comparador
- Descodificador
- Multiplexador
- Desmultiplexador
- Codificador

Semi-somador

- Função
  - Somar dois algarismos binários
- Síntese
  - Entradas: 2
  - Saídas: 2
    - Porque pode produzir transporte (*carry)*
- Expressão algébrica
  - $S = A \oplus B$
  - $C_0 = A\,B$
- Tabela de verdade

A	B	S	C_0
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

- Logigrama



Somador completo

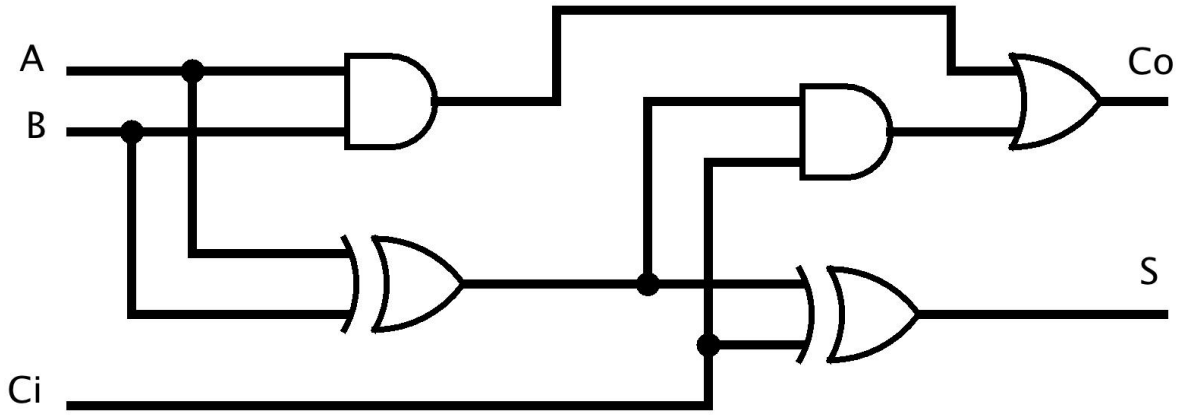
- Função
  - Somar dois algarismos binários com transporte
- Síntese
  - Entradas: 3
  - Saídas: 2
- Expressão algébrica
  - $S = A \oplus B \oplus C$
  - $C_0 = A\,B + C_i\,(A \oplus B)$
- Tabela de verdade

A	B	C_i	S	C_0
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

- Logigrama
  - Pode ser construido com 2 semi-somadores e 1 porta OR

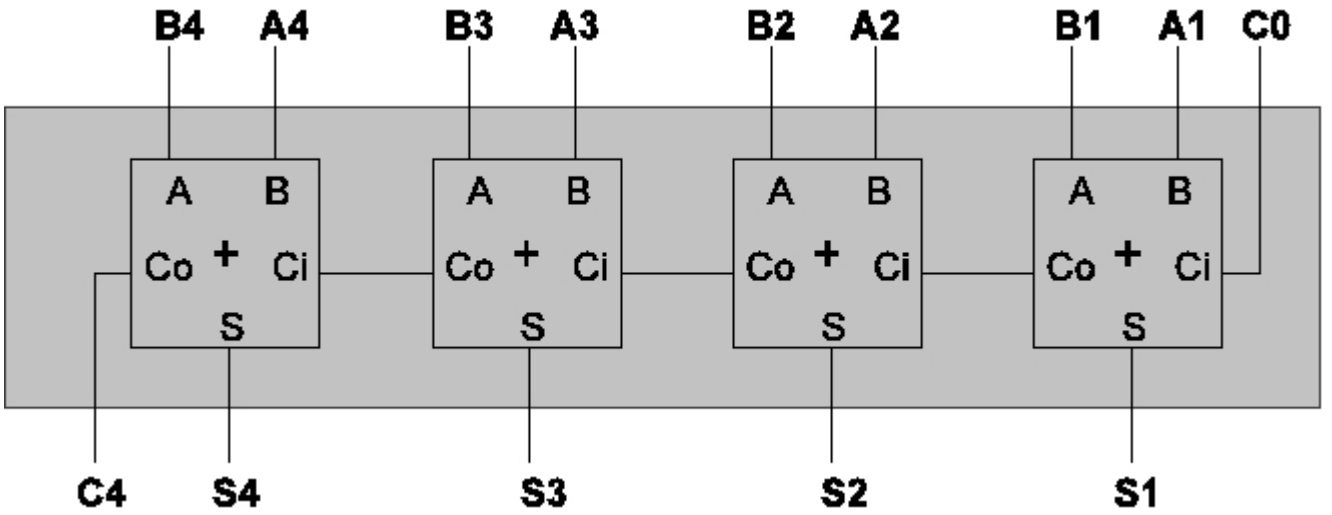
Somador completo

- Logigrama



Somador de 4 bits

- Como construir?
  - A partir de 4 somadores completos



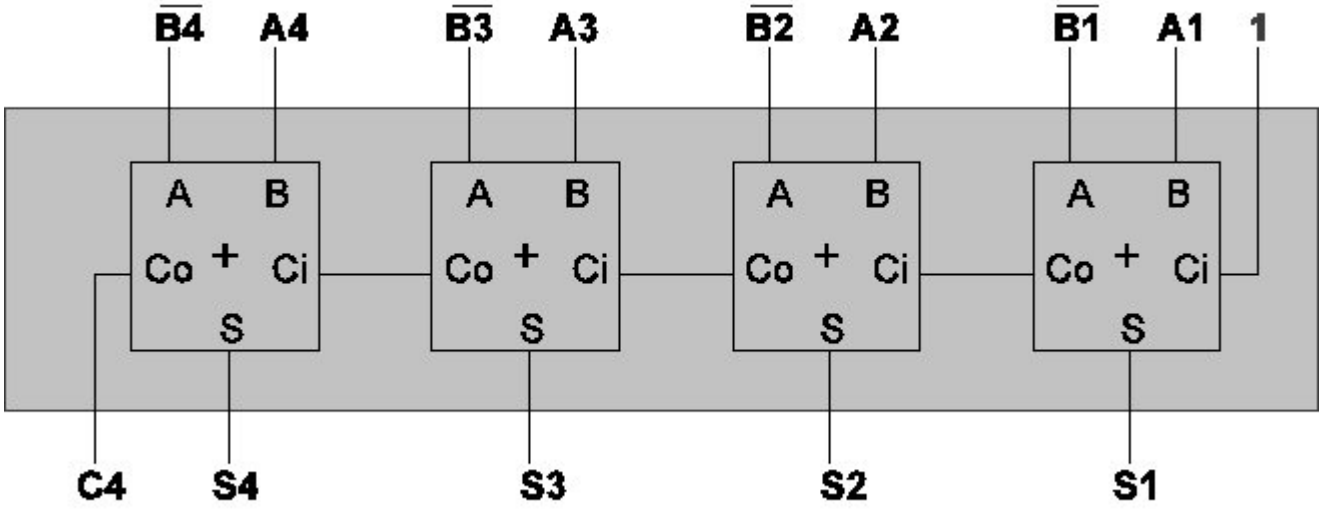
- Circuito integrado
  - TTL 7483

Somador de 8 bits

- Como construir?
  - Utilizar 2 integrados 7483
    - A: 4 bits menos significativos
    - B: 4 bits mais significativos
  - Ligar o C4 do integrado A ao C0 do integrado B

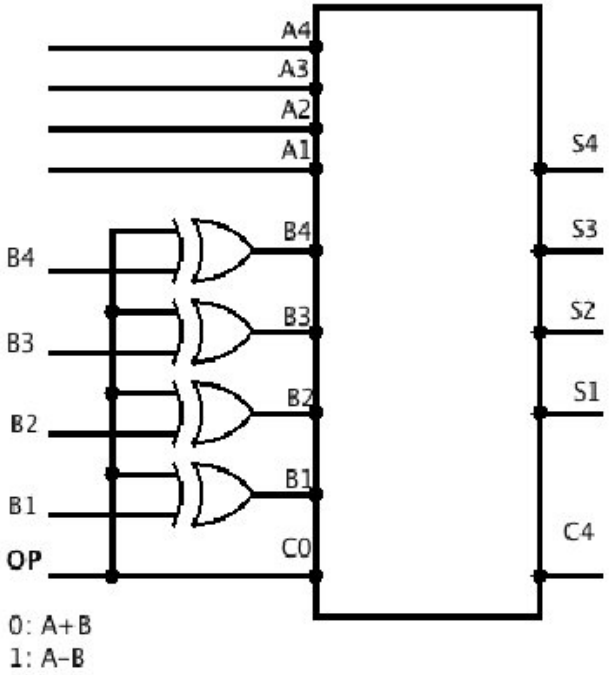
Subtractor

- Como construir?
  - *A - B = A + (- B)*
  - Como obter *-B?*
    - Representação C2: negar B bit a bit e somar 1
- Subtractor 4 bits
  - Utilizar 1 integrado 7483 + 4 NOT



Subtractor/Somador

- Como construir?
  - Utilizar um somador completo
  - Entrada OP: indica a operação a realizar
    - 0: soma
    - 1 subtracção
- Somador/subtractor 4 bits
  - Utilizar 1 integrado 7482 + 4 XOR



Overflow

- Quando acontece?
  - Sempre que o transporte do último bit(para o exterior) é diferente do transporte do bit anterior
- Como construir?
  - Usar uma porta XOR

Comparador simples

- Função
  - Comparar 2 algarismos binários
    - menor, maior, igual
- Síntese
  - Entradas: 2
  - Saídas: 2

- Tabela de verdade

A	B	X	Y
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Comparador 1 bits

- Função
  - Comparar 2 bits
- Síntese
  - Entradas: 4
  - Saídas: 2

- Tabela de verdade

X_{n+1}	Y_{n+1}	A	B	X_n	Y_n
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	x	x	0	1
1	0	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x

Comparador

- Mapa de Karnaugh

X_n

AB \ X_{n+1} Y_{n+1}	00	01	11	10
00	0	0	x	1
01	0	0	x	1
11	0	0	x	1
10	1	0	x	1

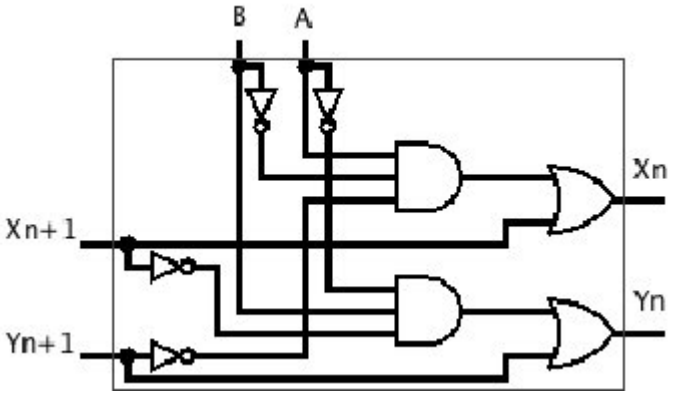
Y_n

AB \ X_{n+1} Y_{n+1}	00	01	11	10
00	0	1	x	0
01	1	1	x	0
11	0	1	x	0
10	0	1	x	0

- Expressão algébrica
  - $X_n = X_{n+1} + A\,\overline{B}\,\overline{Y_{n+1}}$
  - $Y_n = Y_{n+1} + \overline{A}\,B\,\overline{X_{n+1}}$

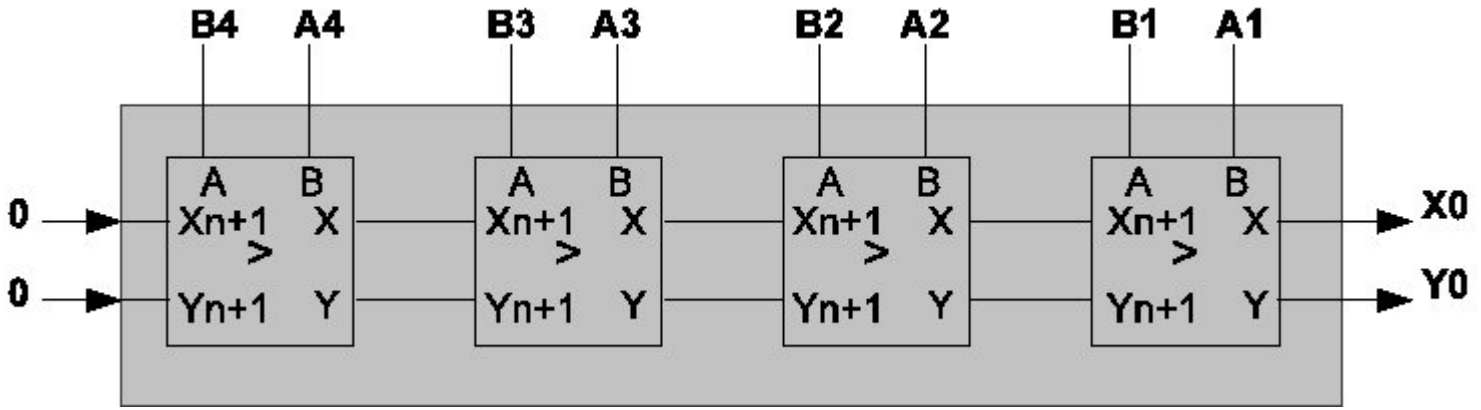
Comparador

- Logigrama



Comparador

- Comparador 4 bits
  - Como construir?
    - A partir de 4 comparadores



    - Circuito integrado
      - TTL 7485
        - 3 saídas: A=B, A > B e A < B

- Descodificador
  - Função
    - Identificar as palavras de um código
  - Síntese
    - Entradas: comprimento do código
    - Saídas: nº de palavras do código
      - Fica ativa apenas a saída que corresponder à palavra de código presente nas entradas
  - Características
    - Em cada instante, apenas uma das saídas está ativa

Descodificador

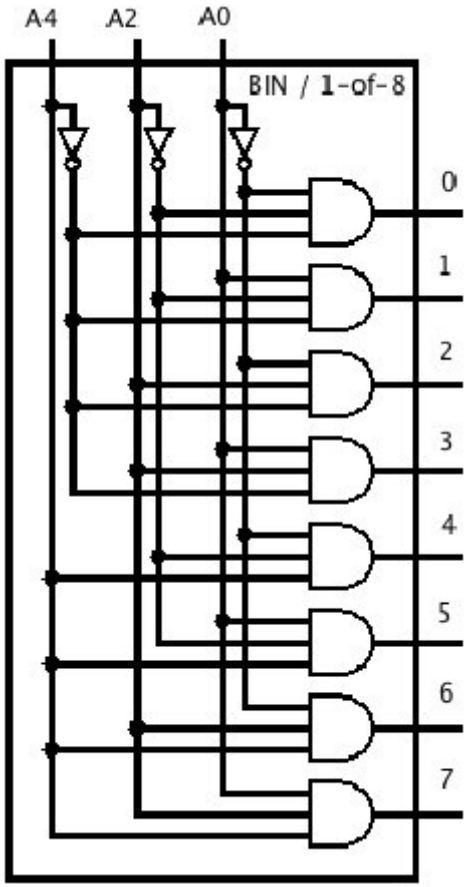
- Exemplos
  - Descodificador números binários de *n* bits
    - Entradas: *n*
      - São aplicadas as palavras de código binário natural
    - Saídas: 2^n
      - Apenas fica ativa a saída que corresponde ao CBN presente à entrada
  - Descodificador BCD/decimal
    - Entradas: 4
      - São aplicadas as palavras do código BCD
    - Saídas: 10
      - Apenas fica ativa a saída correspondente ao número representado à entrada

Descodificador binário de 3 bits

- Características
  - Entradas: 3
  - Saídas: 8
- Tabela de verdade

A	B	C	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	**1**	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	**1**	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**

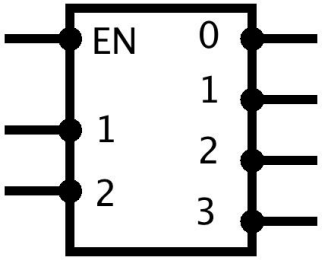
- Logigrama



Circuito integrado

- Os CI têm uma entrada ***Enable***
  - Ativada: o descodificador funciona normalmente
  - Desativada: todas as saídas são desativadas

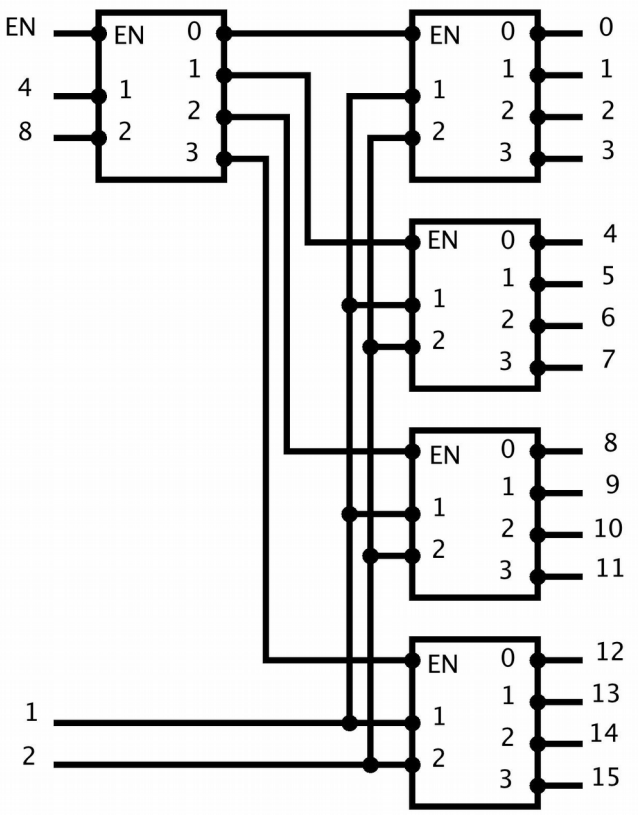
- Descodificador de 2 bits



Expansão de descodificadores

- Como construir?
  - Utilizar a entrada ***Enable*** do CI
- Exemplo
  - Construir um descodificador de 4 bits a partir de descodificadores de 2 bits
  - Quantos descodificadores são necessários?
    - 4 para 16 palavras (16 = 4 x 4)
    - 1 para selecionar o descodificador correto

- Circuito



Descodificador BCD/decimal

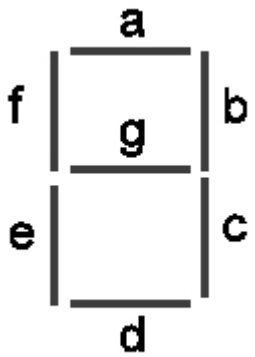
- Características
  - Entradas: 4
  - Saídas: 10
- Tabela de verdade
  - As saídas não preenchidas correspondem a '0's

A	B	C	D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	1									
0	0	0	1		1								
0	0	1	0			1							
0	0	1	1				1						
0	1	0	0					1					
0	1	0	1						1				
0	1	1	0							1			
0	1	1	1								1		
1	0	0	0									1	
1	0	0	1										1
outras													

- CI
  - TTL-7442

Descodificador BCD/7 segmentos

- Display 7 segmentos



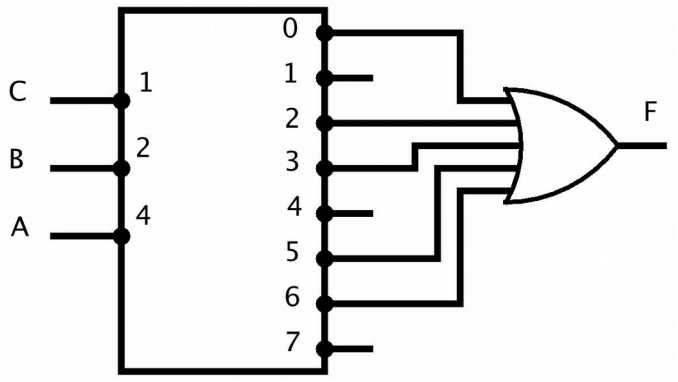
- Caracteristicas
  - Entradas: 4
  - Saídas: 7
- CI
  - TTL-7447
  - TTL-7448

- Tabela de verdade
  - As saídas não preenchidas correspondem a '0's

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	1		1	1				
0	0	1	0	1	1		1	1		1
0	0	1	1	1	1	1	1			1
0	1	0	0		1	1			1	1
0	1	0	1	1		1	1		1	1
0	1	1	0	1		1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1				
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1			1	1
outras										

Descodificadores e funções lógicas

- Qualquer função pode ser implementada com um descodificador e uma porta lógica
  - descodificador implementa os mintermos da função
  - porta OR implementa a soma dos mintermos
- Exemplo
  - $F(A,B,C) = \sum m(0,2,3,5,6)$
- Circuito



Multiplexador (MUX)

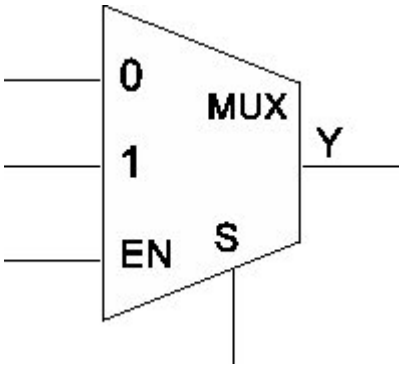
- Função
  - Selecionar uma entrada de acordo com a palavra de controlo/seleção
- Síntese
  - Entradas de dados: *N*
  - Entradas de controlo (S): log *N*
  - Saídas (Y): 1
- Características
  - Para distinguir se na saída está uma palavra da entrada ou não, é necessária uma entrada de *Enable*
- CI
  - 16 para 1: TTL 74LS150
  - 8 para 1: TTL 74LS151
  - 2 x 4 para 1: TTL 74LS153
  - 4 x 2 para 1: TTL 74LS157

Multiplexador (MUX)

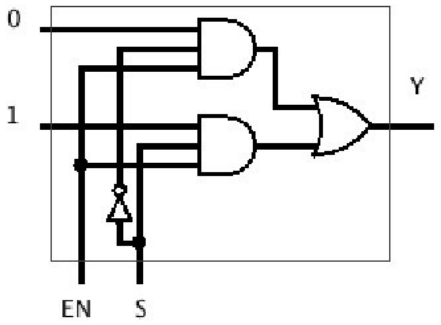
- Tabela de verdade

1	0	S	EN	Y
x	x	x	0	0
x	0	0	1	0
x	1	0	1	1
0	x	1	1	0
1	x	1	1	1

- Símbolo lógico



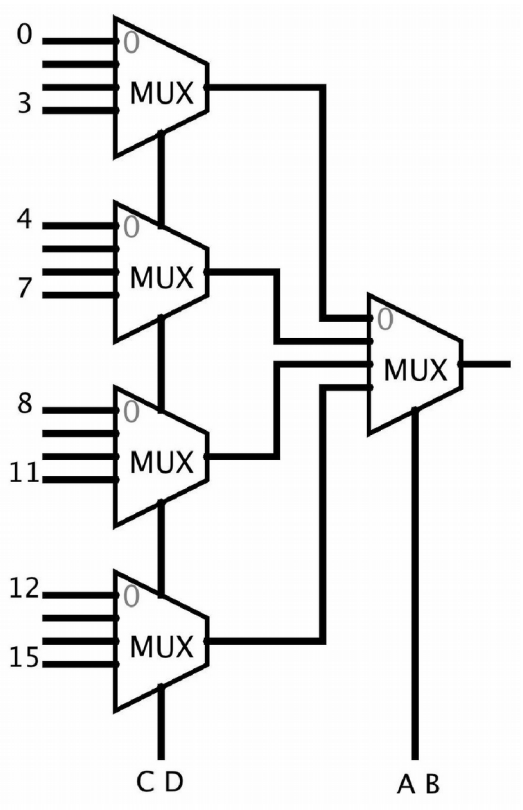
- Logigrama



Expansão de multiplexadores

- Como construir?
  - Em camadas sucessivas numa estrutura em árvore
- Exemplo
  - Construir um multiplexador de 16 para 1 a partir de multiplexadores de 4 para 1

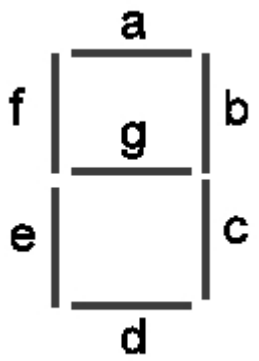
- Circuito



Multiplexador e expressões lógicas

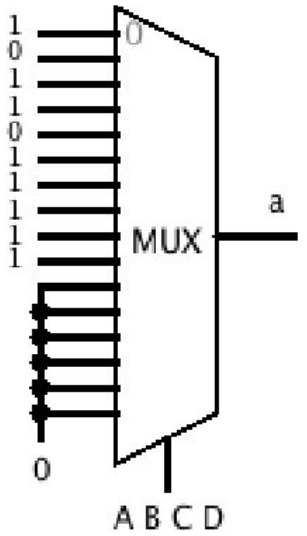
- Qualquer função pode ser implementada com um multiplexador
- Exemplo

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	1		1	1				
0	0	1	0	1	1		1	1		1
0	0	1	1	1	1	1	1			1
0	1	0	0		1	1			1	1
0	1	0	1	1		1	1		1	1
0	1	1	0	1		1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1				
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1			1	1
outras										



- Saída do segmento **a** do descodificador BCD/7 segmentos

- Símbolo lógico



Desmultiplexador

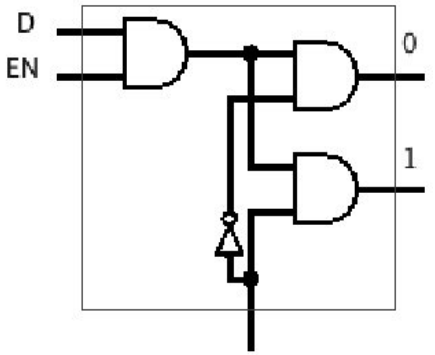
- Função
  - De acordo com uma palavra de controlo, coloca numa saída o valor que está à entrada
- Síntese
  - Entradas de dados (D): 1
  - Entradas de controlo (S): *log N*
  - Saídas: *N*
- Características
  - Para distinguir se à saída está uma palavra de entrada ou não, é necessária uma entrada Enable
- CI
  - 2 x 1 de 4: TTL 74LS139

DEMUX 2 saídas

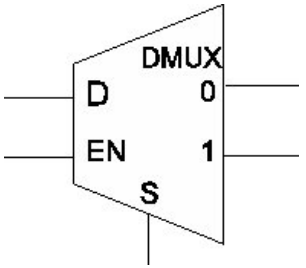
- Tabela de verdade

D	S	EN	0	1
x	x	0	0	0
0	0	1	0	0
1	0	1	1	0
0	1	1	0	0
1	1	1	0	1

- Logigrama



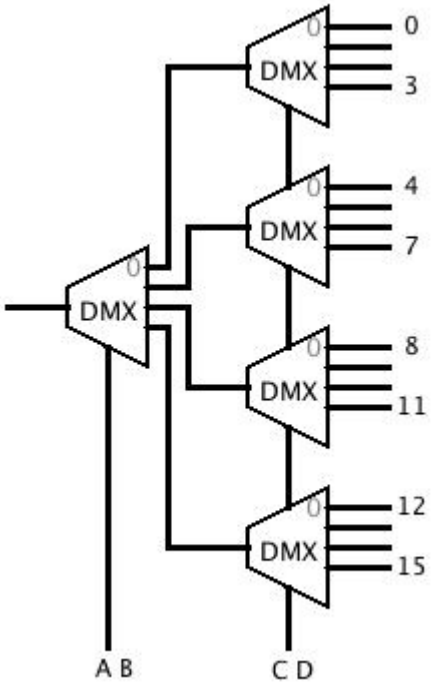
- Símbolo lógico



Expansão de desmultiplexadores

- Como construir?
  - Em camadas sucessivas numa estrutura em árvore
- Exemplo
  - Construir um desmultiplexador 1 de 16 a partir de desmultiplexadores 1 de 4

- Circuito



Desmultiplexador/descodificador

- O desmultiplexador pode ser encarado como um descodificador binário se
  - A entrada de dados for considerada um enable adicional
  - As entradas de controlo forem consideradas as entradas binárias do descodificador

Codificador

- Função
  - Codificar as palavras do código
- Síntese
  - Entradas: nº de palavras do código
  - Saídas: comprimento do código
- Características
  - Em cada instante, apenas uma entrada deve estar activa
    - Como não é possível garantir esta restrição, é necessário atribuir prioridades às entradas

Codificador com prioridade

- Prioridade
  - Tipicamente as entradas com maior peso têm prioridade
- Saídas
  - Para poder distinguir da situação em que está activa a entrada menos prioritária, existe uma saída adicional que indica se alguma entrada está activa

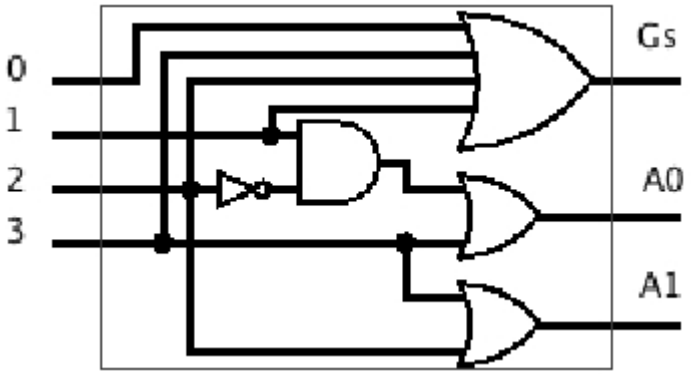
Codificador com prioridade 4x2

- Tabela de verdade

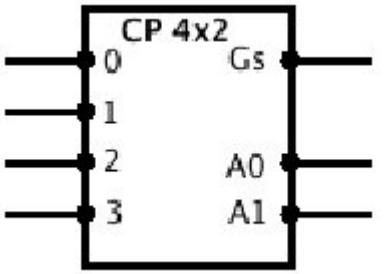
3	2	1	0	A1	A0	Gs
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	x	0	1	1
0	1	x	x	1	0	1
1	x	x	x	1	1	1

- Expressão algébrica
  - Gs = 0 +1 +2 +3
  - A0 = 1 $\overline{2}$ + 3
  - A1 = 2 + 3

- Logigrama



- Símbolo lógico



Expansão de codificador com prioridade

- Como construir?
  - Utilizar multiplexadores
- Exemplo
  - Construir um codificador com prioridade de 8 entradas a partir de codificadores de 4 entradas
- Circuito