

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Sistemas e Computação

Introdução à Computação

Conceitos Básicos de Eletrônica Digital (Parte III)

Prof.^a Joseana Macêdo Fechine
joseana@computacao.ufcg.edu.br

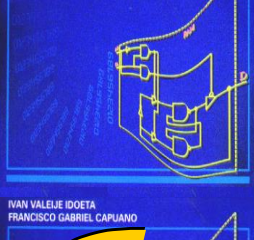
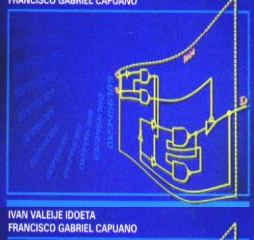
Carga Horária: 60 horas



Aplicações de Circuitos Combinacionais

□ Exemplos de circuitos combinacionais usados no projeto de computadores:

- Somadores
- Comparadores
- Decodificadores
- Multiplexadores/Demultiplexadores
- Gerador/Verificador de Paridade



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Circuitos Aritméticos da ULA

- ❑ **Soma** - para somar dois números, soma-se os algarismos dos números, coluna a coluna, transportando o "vai um" para a próxima coluna, quando for o caso.
- ❑ **Subtração** – soma em complemento ($A - B = A + (-B)$) - No computador, a subtração é feita através de uma soma em complemento.
- ❑ **Multiplicação** – pode ser obtida de duas formas: por somas sucessivas (por exemplo, $A + A = 2A$) e pela movimentação de bits (para a esquerda).
- ❑ **Divisão** - mesmas propriedades da multiplicação, aplicadas no sentido contrário.

Aplicações de Circuitos Combinacionais

O computador pode realizar todas as operações aritméticas usando apenas somas!

Somadores Binários

- ❑ Somadores genéricos:
 - meio somador
(*half adder*)
 - somador completo
(*full adder*)

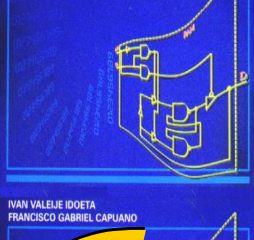
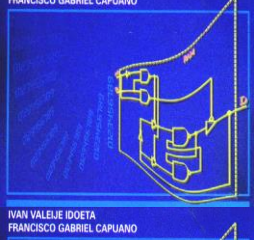
Soma de dois números
(A e B) de n bits

$$\begin{array}{r} A_{n-1} A_{n-2} \dots A_1 A_0 \\ + B_{n-1} B_{n-2} \dots B_1 B_0 \\ \hline S_{n-1} S_{n-2} \dots S_1 S_0 \end{array}$$

Aplicações de Circuitos Combinacionais

□ Tipos de somadores genéricos:

- **Meio Somador** (*half adder*) - não tem “vem um”, utilizado na soma de números de apenas 1 bit ou quando a parcela do número é a de menor ordem;
- **Somador Completo** (*full adder*) - considera o “vem um” da parcela anterior, utilizado para somar todas as parcelas do número com exceção das de menor ordem.



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Circuito Meio Somador (*Half Adder*)

- ❑ SOMA DOIS BITS (sem levar em conta bit de carry).
- ❑ Entrada - os dois bits a serem somados - **A** e **B**
- ❑ Saída - a soma dos bits e o bit de *carry out* ("vai um") - **S** e **Co**

Tabela-Verdade e Expressões Lógicas

A	B	S	Co
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

$$S = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$$

$$Co = AB$$

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Circuito Lógico do Meio Somador:

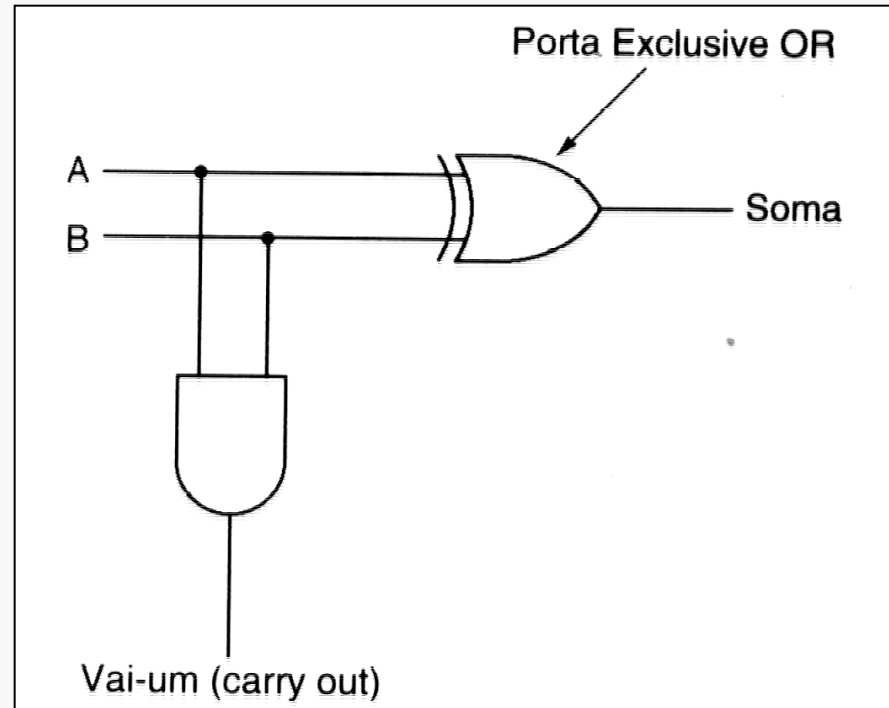
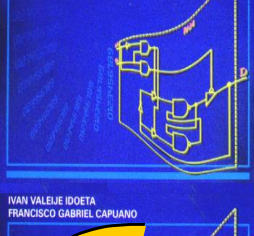
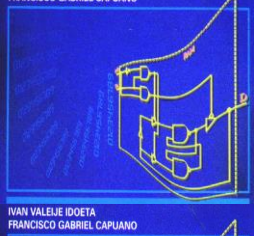
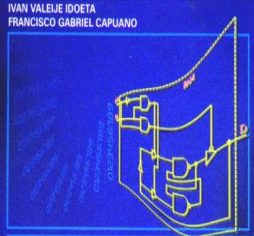
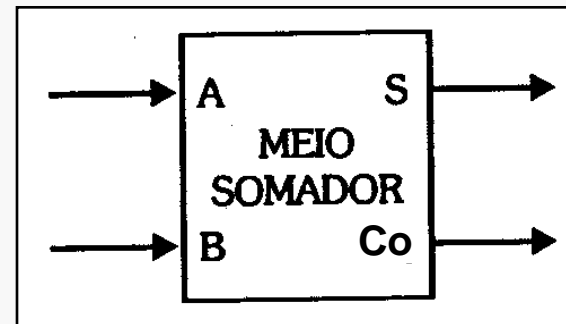


Diagrama de Blocos:



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Circuito Somador Completo (*Full Adder*)

- ❑ SOMA DOIS BITS (considerando na soma o bit de *carry in* que veio da soma anterior).
- ❑ Entrada - 2 bits a serem somados e o bit de *carry in* - **A**, **B** e **Ci**
- ❑ Saída - a soma dos bits e o bit de *carry out* - **S** e **Co**

Tabela-Verdade e Expressões Lógicas

A	B	Ci	S	Co
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

$$S = A \oplus B \oplus Ci$$

$$Co = AB + Ci(A \oplus B)$$

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Circuito Lógico do Somador Completo:

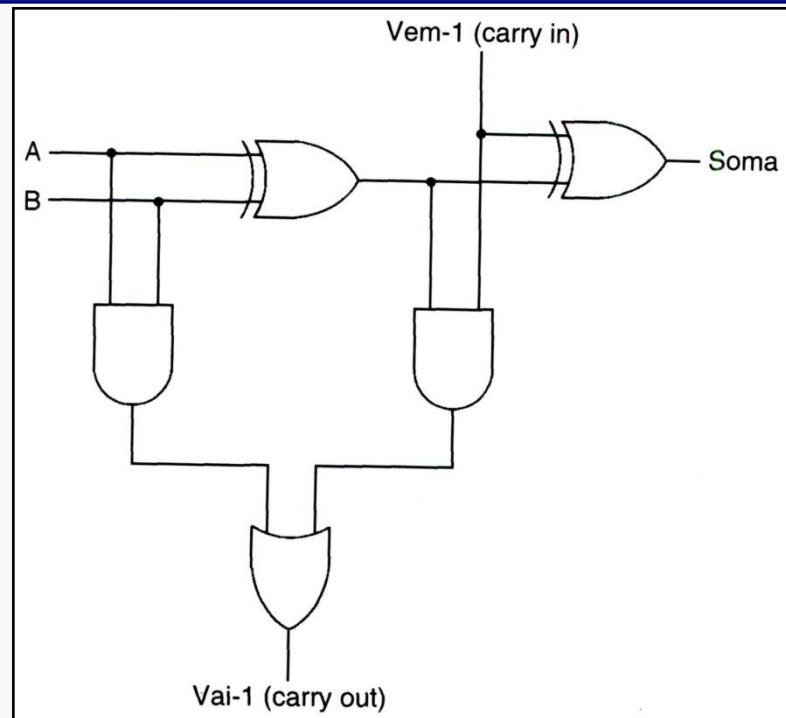
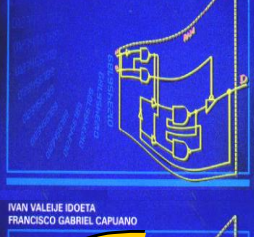
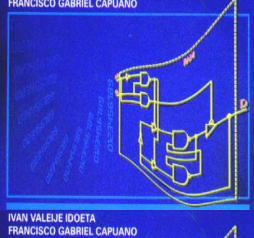
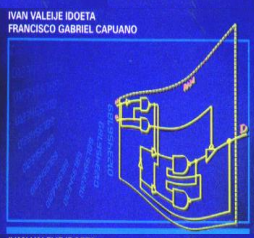
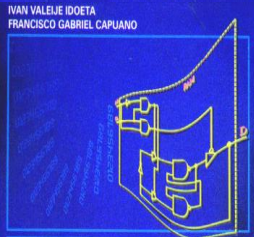
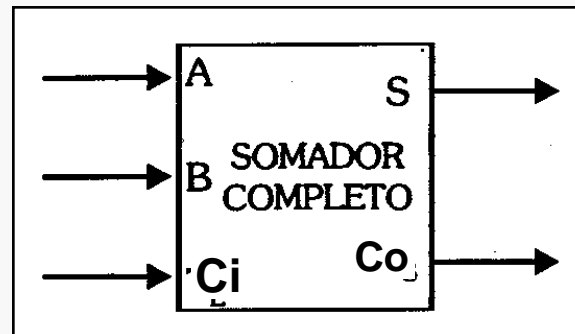


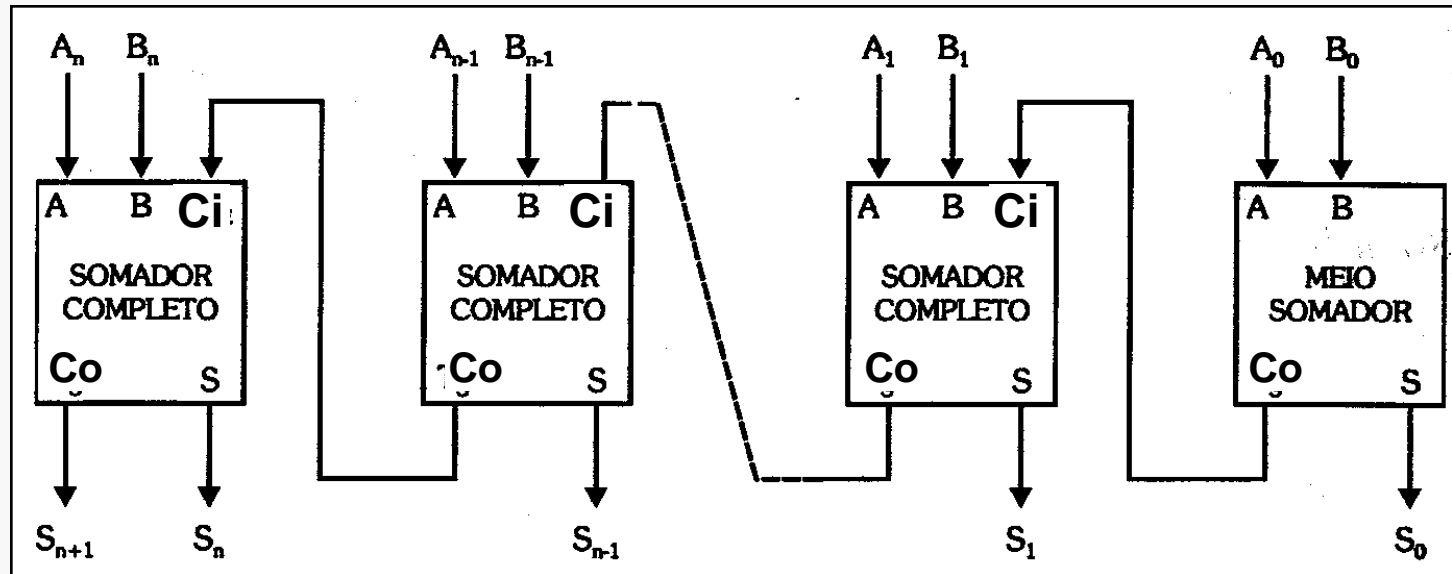
Diagrama de Blocos:



Aplicações de Circuitos Combinacionais

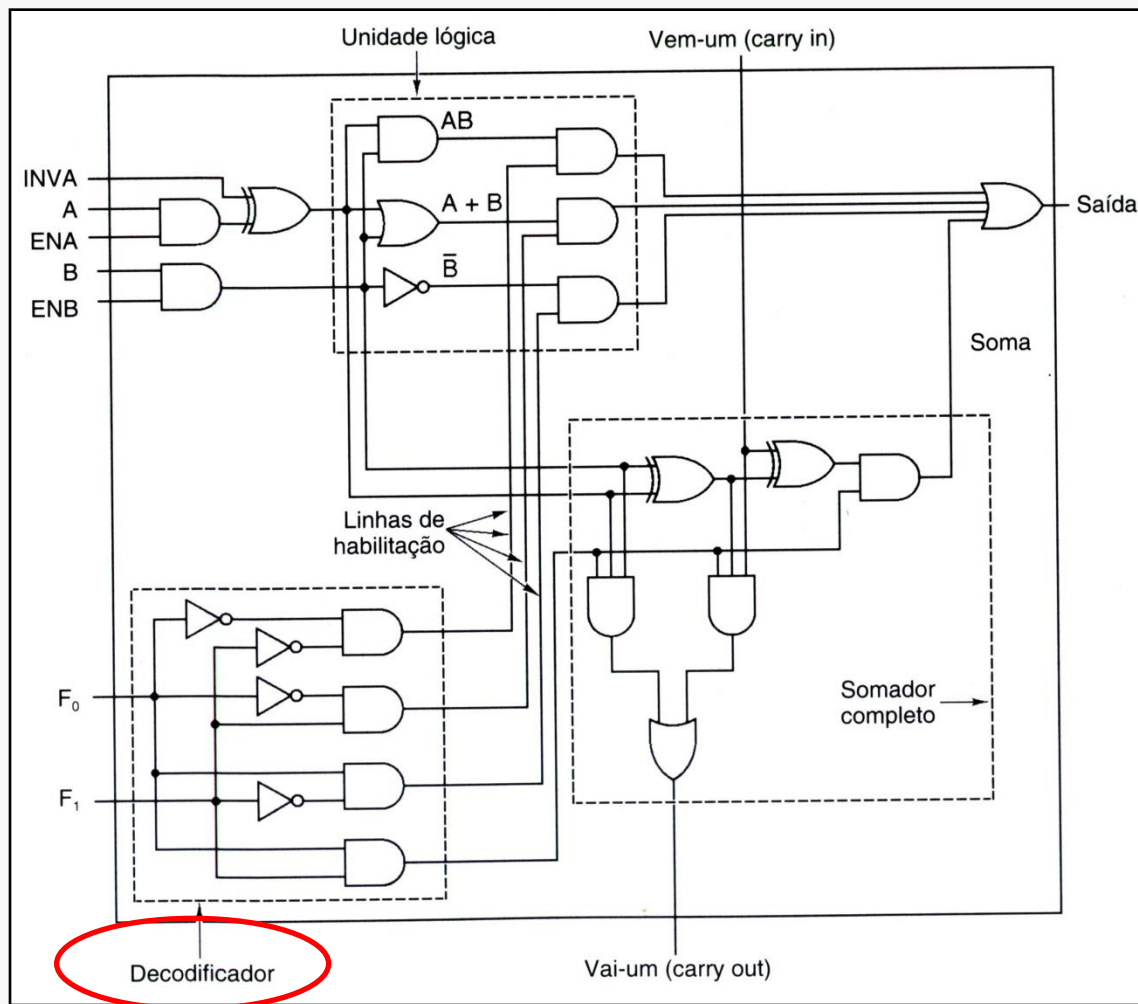
- ❑ Associando-se os blocos do meio somador e do somador completo em série, pode-se, então, obter somadores de vários bits.

Somador de 2 números de m bits ($m=n+1$)

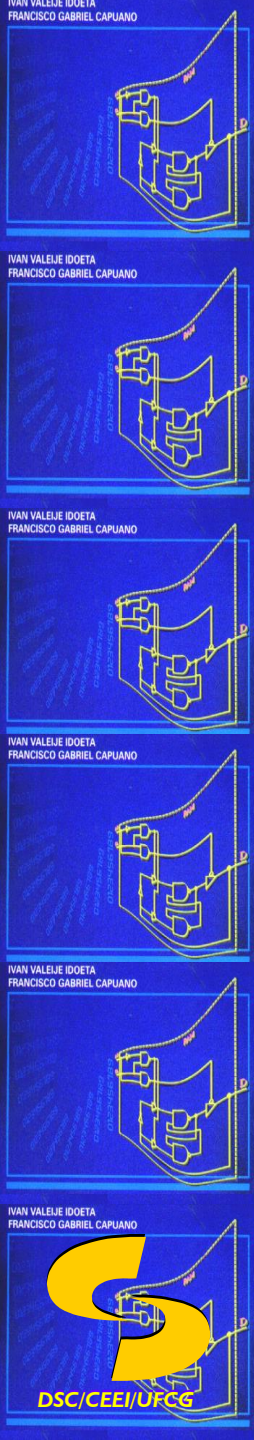


- ❑ Circuito combinacional de média escala de integração (MSI).

Aplicações de Circuitos Combinacionais



ULA de 1 bit



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Exemplos de operações - ULA de 1 bit

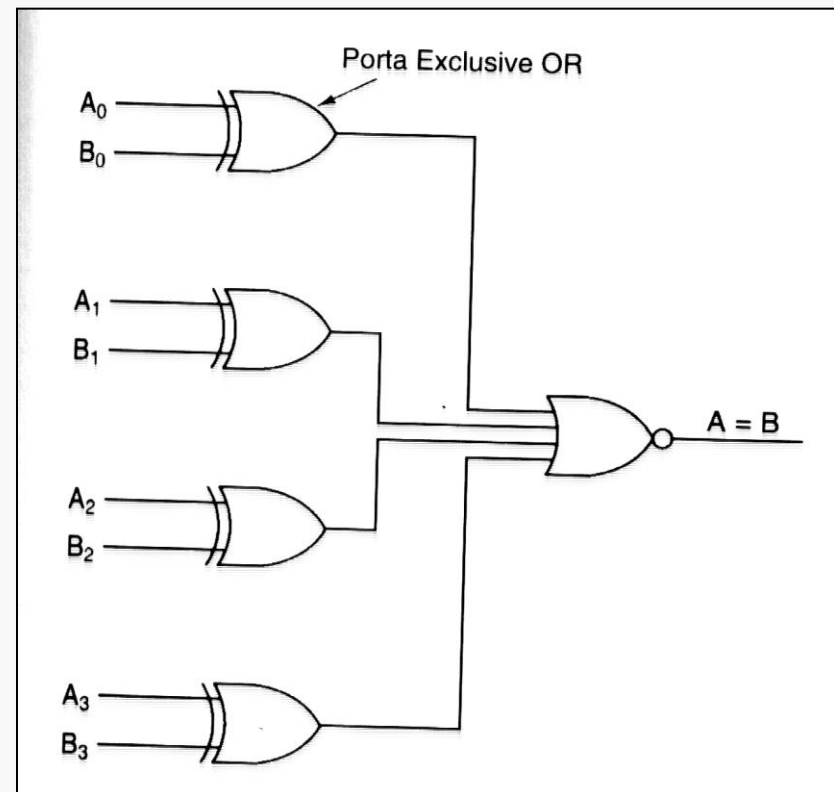
Operação	F_0	F_1	ENB	B	ENA	A	INVA	Ci	SAÍDA	Co
B AND A	0	0	1	B	1	A	0	X	B AND A	X
B OR A	0	1	1	B	1	A	0	X	B OR A	X
B + A	1	1	1	B	1	A	0	Ci	B + A + Ci	Co
B - A	1	1	1	B	1	A	1	1	B - A	Co

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Comparadores

- Compara duas palavras que lhe são entregues na entrada.

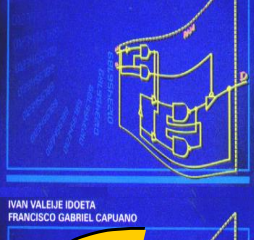
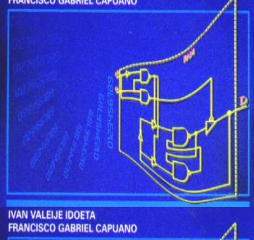
**Exemplo:
Comparador de
4 bits.**



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Decodificadores

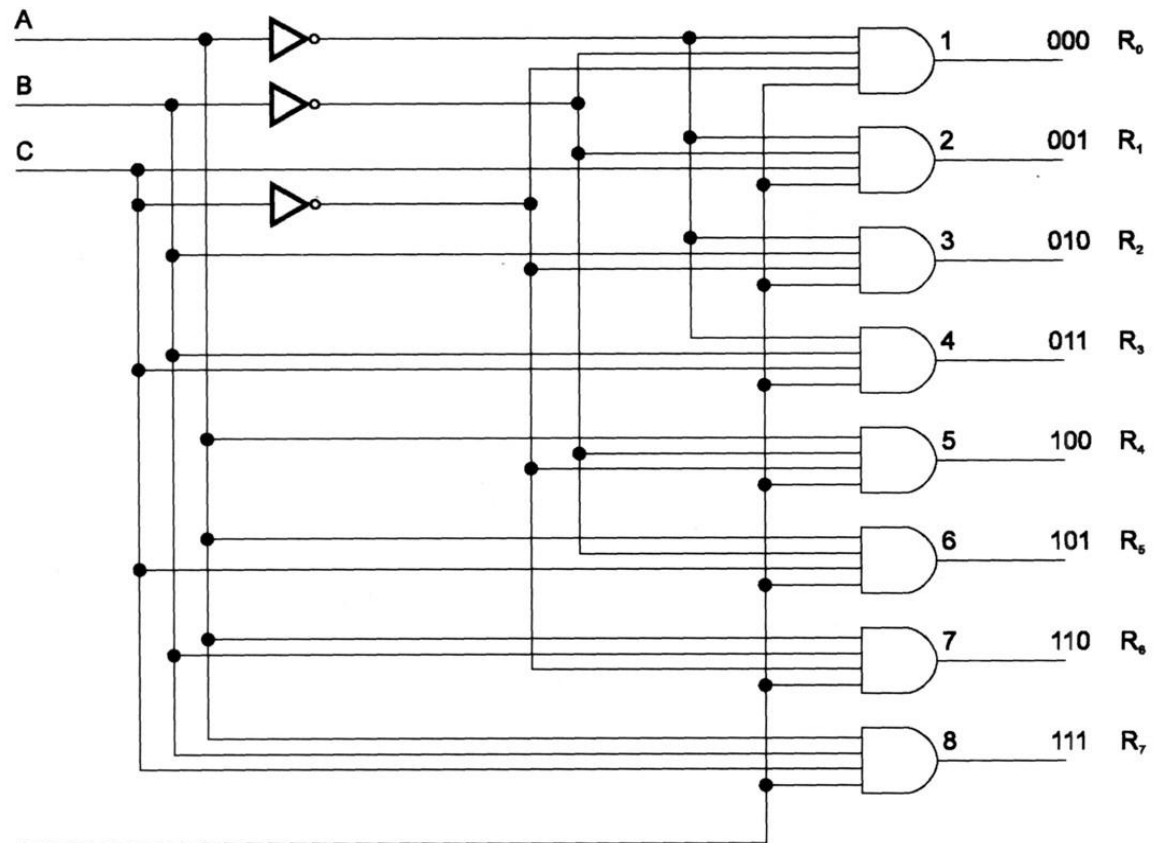
- ❑ Circuitos combinacionais (MSI) que possuem n linhas de entrada e 2^n linhas de saída.
- ❑ Para cada configuração de bits que aparece na entrada haverá uma e somente uma linha de saída ativa, definida conforme o padrão de bits de entrada.



Exemplo: Decodificador 3x8

A	B	C	R ₀	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R 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

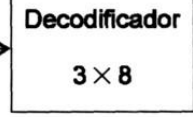
(a) Tabela verdade



Habilita (*enable*)

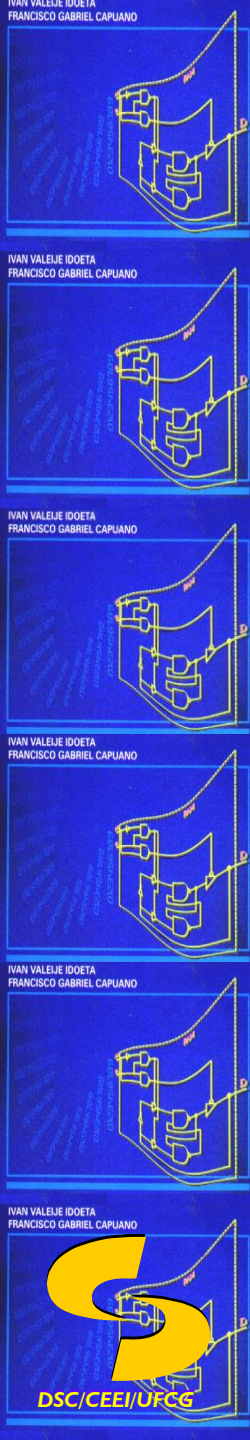
Habilita (*enable*)

Entrada



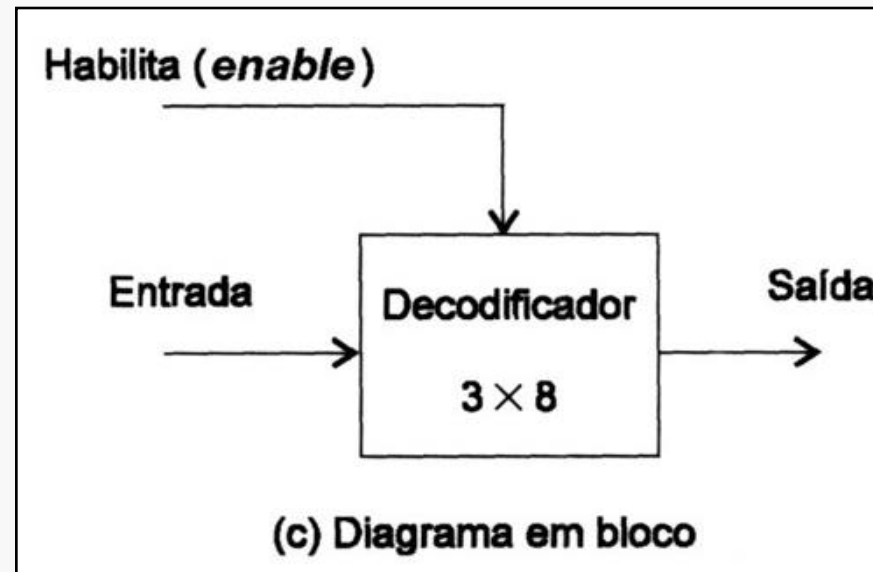
Saída

(c) Diagrama em bloco

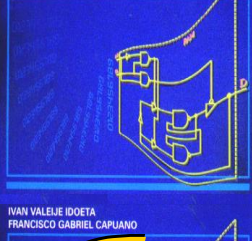
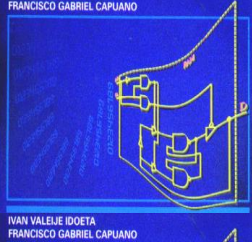
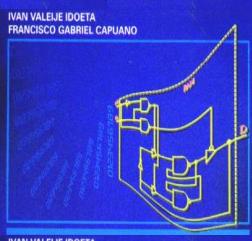
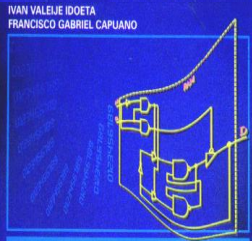


Aplicações de Circuitos Combinacionais

Exemplo: Decodificador 3 x 8, com linha habilita (*enable*)



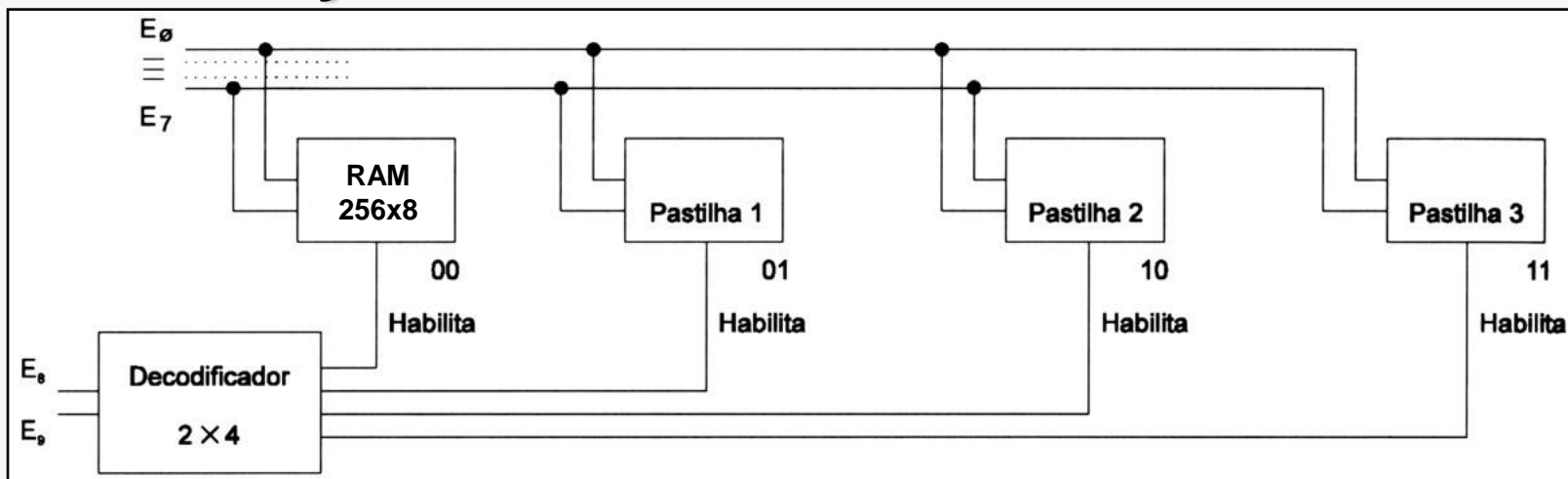
Exemplo de aplicação: Decodificação de instruções em uma UCP (Unidade Central de Processamento), servindo o código de operação como entrada do decodificador.



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Exemplo:

Decodificador 2 x 4, usado na codificação de endereço.



Memória de 1Kbyte usando 4 pastilhas de memória RAM de 256 x 8 bits

Exemplo de aplicação: Decodificação de endereços para acesso à memória principal (RAM).

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Exemplo: Decodificador 2 x 4, usado na codificação de endereço.

- ❑ Memória composta de 1Kbyte, organizada em 4 pastilhas de memória RAM de 256 x 8 bits cada.
- ❑ Cada endereço de memória é um número com 10 bits e, no caso, os 10 bits são divididos em duas partes.
 - **8 bits menos significativos** – endereço do byte desejado de uma das 4 pastilhas.
 - **2 bits mais significativos** (mais à esquerda) – indicam a qual das 4 pastilhas se está referindo.
 - O **decodificador 2 x 4** atua na última parte, isto é, para indicar, pela sua única saída válida, qual a pastilha que está sendo localizada.

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Decodificadores – outras aplicações

- ❑ Uma grande parte dos sistemas digitais trabalha com níveis lógicos representando informações que, portanto, devem ser **codificadas**.
- ❑ Devido à grande diversidade de informações e ao desenvolvimento da eletrônica digital, vários códigos foram criados (Código Gray, Código 2 em 5, Código em Anel, Código para acionamento de *display*, etc.) e, conseqüentemente, vários circuitos se fizeram necessários para a codificação e decodificação destas informações.

Aplicações de Circuitos Combinacionais

Exemplo: Decodificador BCD - Display de 7 segmentos



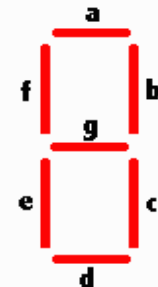
Entrada BCD

w
x
y
z

Lógica para Acionar um
Display de 7 segmentos

Segmentos do Display

a
b
c
d
e
f
g



números hexadecimais: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A b C d E F

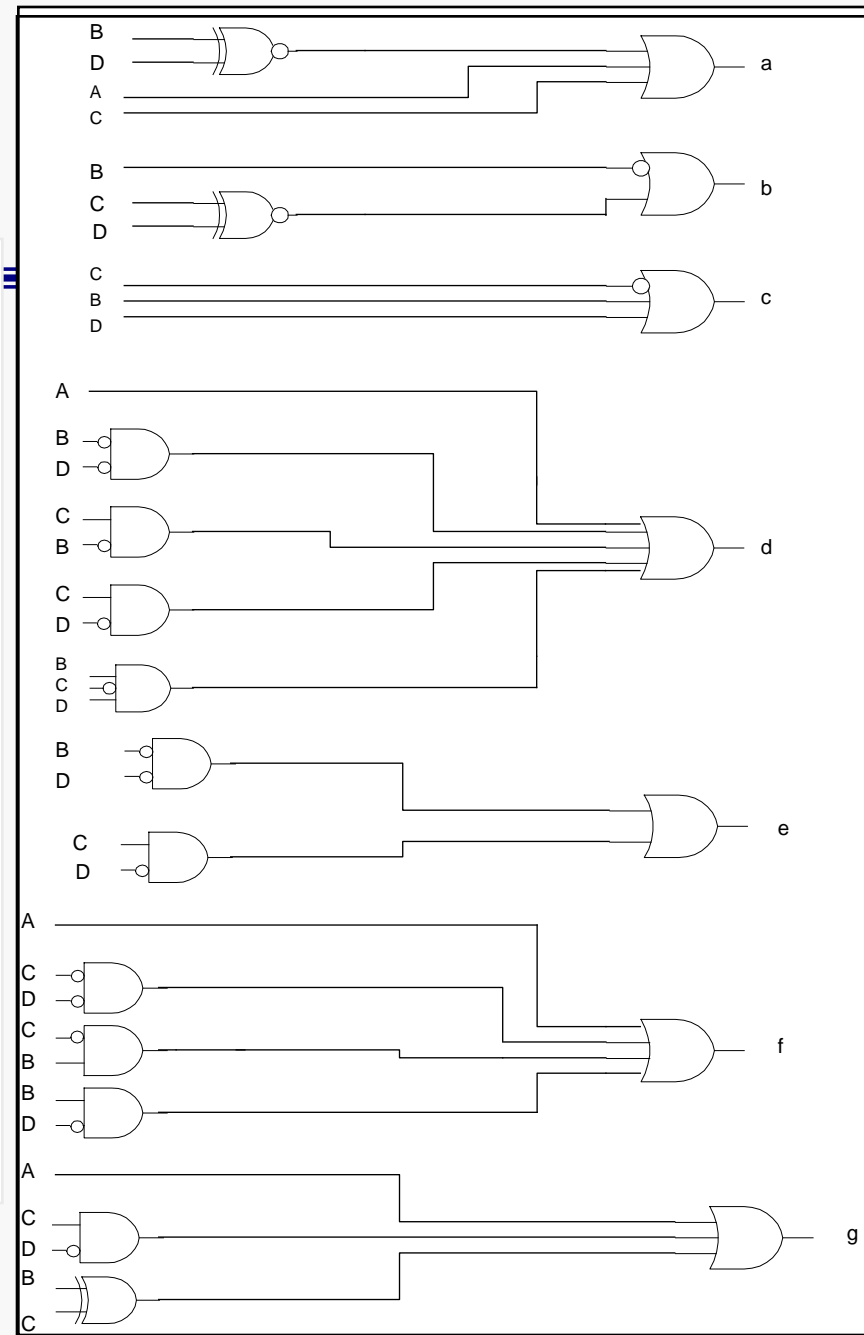
letras e símbolos:

A b C c d E F 9 X h . ! @ L n O o P 9 r S t U u 9 °

Tabela-verdade e circuito lógico

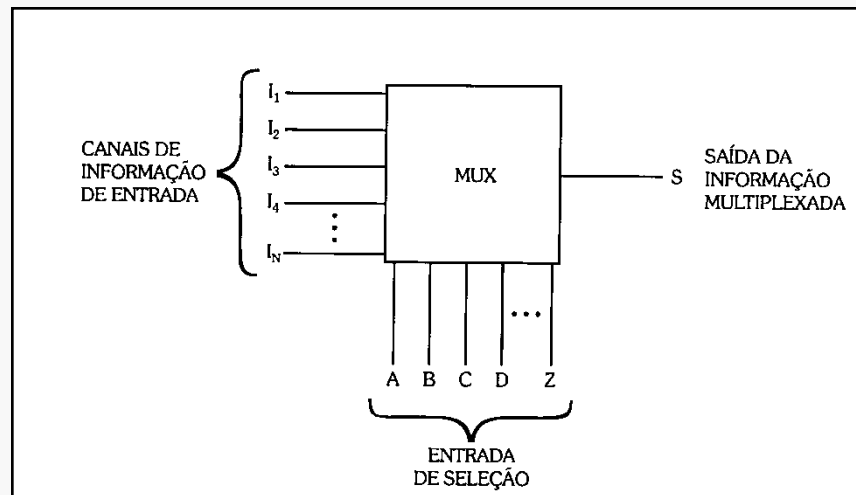
Entradas				Saídas						
A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X

Obs.: A=w, B=x, C=y, D=z



Aplicações de Circuitos Combinacionais

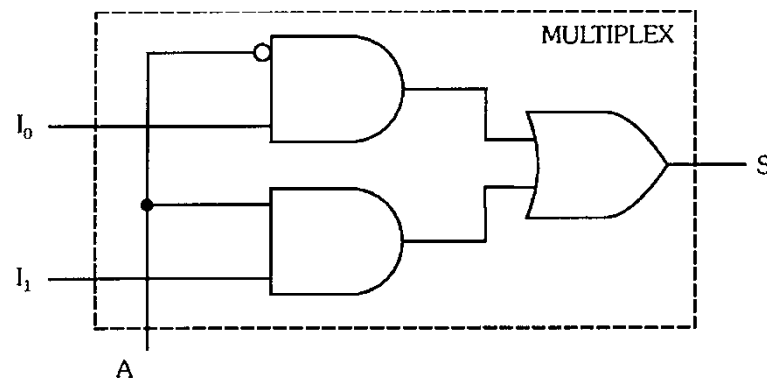
- ❑ **Multiplexadores (MUX)** → circuitos combinacionais que têm a finalidade de **selecionar**, através das **variáveis de seleção**, uma de suas **entradas**, conectando-a eletronicamente a sua **única saída**.
- ❑ Circuito com **2^n** entradas de dados, uma saída de dados e **n** entradas de controle para efetuar a seleção de uma das entradas de dados.



Aplicações de Circuitos Combinacionais

- ❑ **Exemplos de aplicação:** Seleção de informações digitais para um determinado circuito; Seleção de informações digitais para serem transmitidas a um outro sistema digital; Serialização de informações de vários bits; Implementação de expressões booleanas.

Variável de seleção	Saída
0	I_0
1	I_1



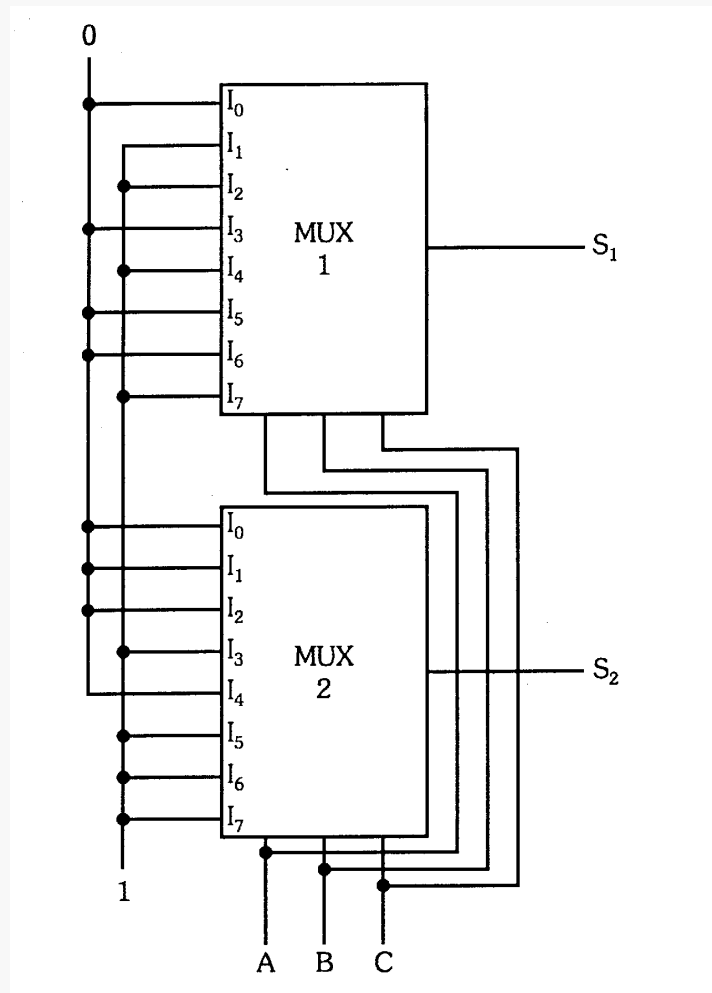
MUX 2:1

Aplicação de MUX na Construção de Circuitos Combinacionais

Tabela-verdade

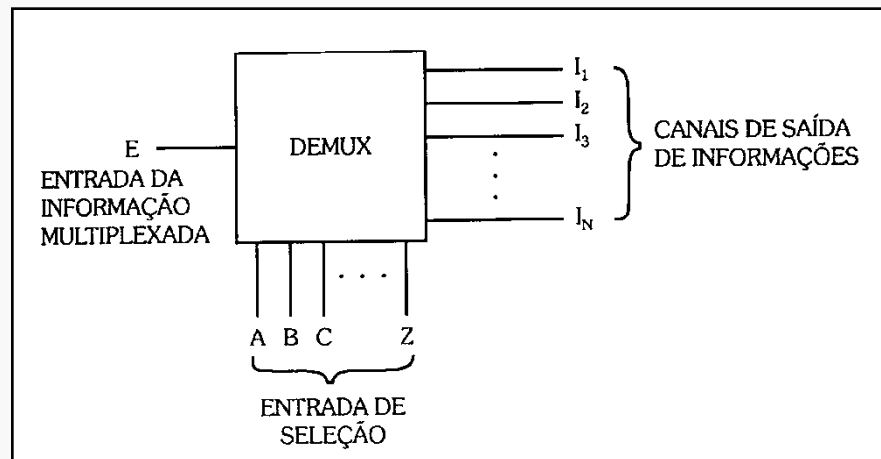
A	B	C	S ₁	S ₂
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Variáveis de Seleção			MUX 1	MUX 2
A	B	C	S ₁	S ₂
0	0	0	$I_0 = 0$	$I_0 = 0$
0	0	1	$I_1 = 1$	$I_1 = 0$
0	1	0	$I_2 = 1$	$I_2 = 0$
0	1	1	$I_3 = 0$	$I_3 = 1$
1	0	0	$I_4 = 1$	$I_4 = 0$
1	0	1	$I_5 = 0$	$I_5 = 1$
1	1	0	$I_6 = 0$	$I_6 = 1$
1	1	1	$I_7 = 1$	$I_7 = 1$



Aplicações de Circuitos Combinacionais

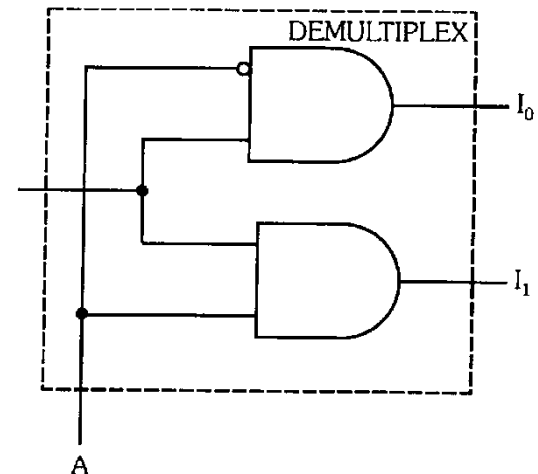
- ❑ **Demultiplexadores (DEMUX)** → têm a finalidade de **selecionar**, através das **variáveis de seleção**, qual de suas **saídas** deve receber a informação presente em sua **única entrada**.
- ❑ Roteia o sinal presente em sua única linha de entrada para uma de suas **2^n** saídas, dependendo dos valores em suas **n** linhas de controle.



Aplicações de Circuitos Combinacionais

- ❑ **Exemplos de aplicação:** Seleção de circuitos que devem receber uma determinada informação digital; Conversão de informação serial em paralela; Recepção e demultiplexação de informações de forma compatível com o sistema de multiplexação.

Variável de seleção	Canais de Saída	
	I_0	I_1
0	E	0
1	0	E

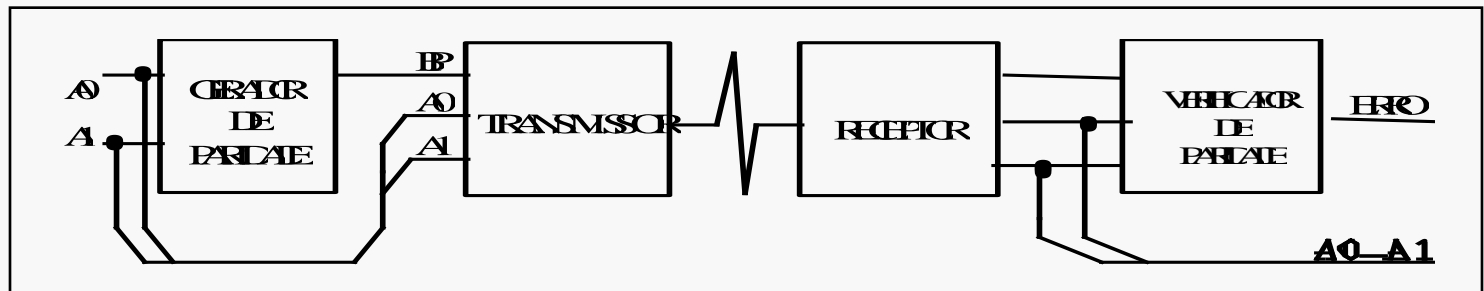


DEMUX 1:2

Aplicações de Circuitos Combinacionais

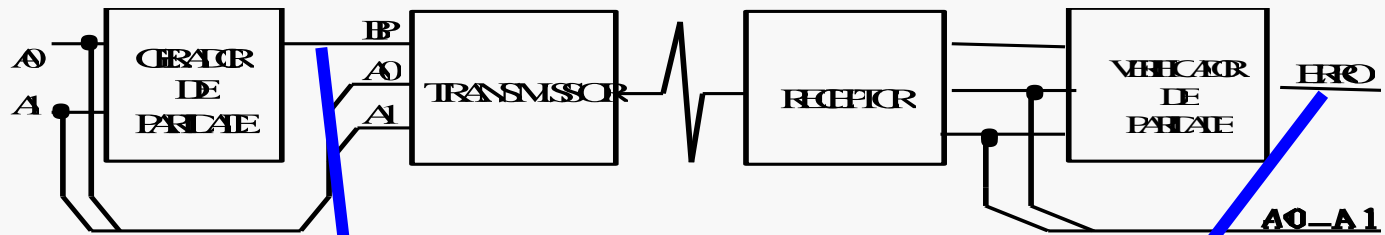
Gerador/verificador de Paridade

- ❑ Consiste no **acréscimo** de um bit à informação (de tamanho pré-definido) chamado **bit de paridade (B_p)**. Seu valor depende **do número de bits em “1”** da informação original e do **tipo de paridade** em uso.
- ❑ Mecanismo de segurança de dados binários de simples implementação, muito utilizado no armazenamento de informação e na comunicação entre sistemas.



Aplicações de Circuitos Combinacionais

Ex.: Gerador/verificador de Paridade **Par**



A0	A1	BP
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$BP = A0 \oplus A1$$

BP	A0	A1	ERRO
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

$$ERRO = BP \oplus A0 \oplus A1$$

