



Circuitos Digitais I - 6878

Nardênio Almeida Martins

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática

Bacharelado em Ciência da Computação

Aula de Hoje

Roteiro

- **Revisão**
 - Projetos de Circuitos Combinacionais
- **Circuitos Combinacionais Especiais (Circuitos de Apoio)**
 - Codificadores/Decodificadores
 - Multiplexadores/Demultiplexadores

Revisão

Projetos de Circuitos Combinacionais

Circuitos Combinacionais

Circuitos Combinacionais

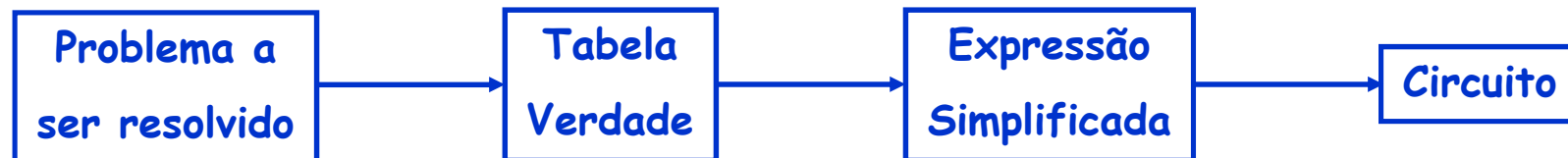
Circuitos Digitais: a) Circuitos Combinacionais
b) Circuitos Sequenciais

Circuito Combinacional:

- Circuito cuja saída depende apenas das combinações atuais das entradas. Não possui memória.
 - Exemplos: {
 - Portas Lógicas
 - Somadores
 - Decodificadores

Circuitos Combinacionais

Processo para Projeto de Circuitos Combinacionais



Circuitos Combinacionais

Receita de bolo

1. Descrição do problema a ser resolvido.
2. Descrição das condições para resolver o problema.
3. Estabelecer convenções de nomenclatura para as variáveis que descrevem o problema.
4. Montar a Tabela Verdade que descreve o problema usando a nomenclatura estabelecida em 3.
5. Simplificar as expressões da Tabela Verdade.
6. Desenhar o Circuito Simplificado

Exemplo de Projeto de Circuitos Combinacionais



Modernizando
o
Romi-Isetta



Circuitos Combinacionais

Considere que você trabalha na ONG PNM (Petroleum Never More). Você faz parte da equipe de projeto que tenta ressuscitar o primeiro veículo brasileiro, o Romi-Isetta. Ele foi produzido de 1956 a 1961 pela empresa Máquinas Agrícolas Romi de Santa Bárbara d'Oeste, em São Paulo. O carro tinha chassi construído com tubos de aço e um potente motor BMW de 4 tempos, com 1 cilindro de 0,3 litro e incríveis 13 cv, que levava um mortal à emocionante velocidade máxima de 85 Km/h, com aceleração de 0 a 60 Km/h em apenas 60s. Com 2,285m de comprimento, 1,38m de largura e 1,34m de altura e consumo de 25 Km/l, o projeto do Romi-Isetta é ainda muito atual para as necessidades urbanas de hoje em dia.

Para revitalizar o Romi-Isetta, sua equipe deve desenvolver um projeto para atender itens de segurança para o carro.

Circuitos Combinacionais

O carro tem um assento ejetável. Para algumas combinações de situações de pânico o circuito controlador aciona a ejeção do banco. As situações de pânico são informadas ao circuito por meio de sensores que indicam: inundação do veículo (A), fogo (B), colisão (C), falha dos freios (D), botão de sequestro (E) acionado pelo motorista. Essas variáveis em nível lógico 1 indicam que o respectivo sensor foi acionado. Qualquer uma das seguintes combinações de sensores ativados faz o circuito acionar a ejeção:

- falha dos freios;
- colisão e botão de sequestro;
- colisão e inundação;
- colisão e fogo;
- inundação e botão de sequestro.

Projete o circuito de controle de acionamento da ejeção usando os nomes das variáveis do texto.

Circuitos Combinacionais

Variáveis:

(A) Inundação do veículo;

(B) Fogo;

(C) Colisão;

(D) Falha dos freios;

(E) Botão de sequestro.

Variáveis em nível lógico 1 indicam sensor acionado.

Condições do Problema:

Qualquer uma das combinações faz o circuito acionar a ejeção:

- falha dos freios (D);
- colisão (C) e botão de sequestro (E);
- colisão (C) e inundação (A);
- colisão (C) e fogo (B);
- inundação (A) e botão de sequestro (E).

Circuitos Combinacionais

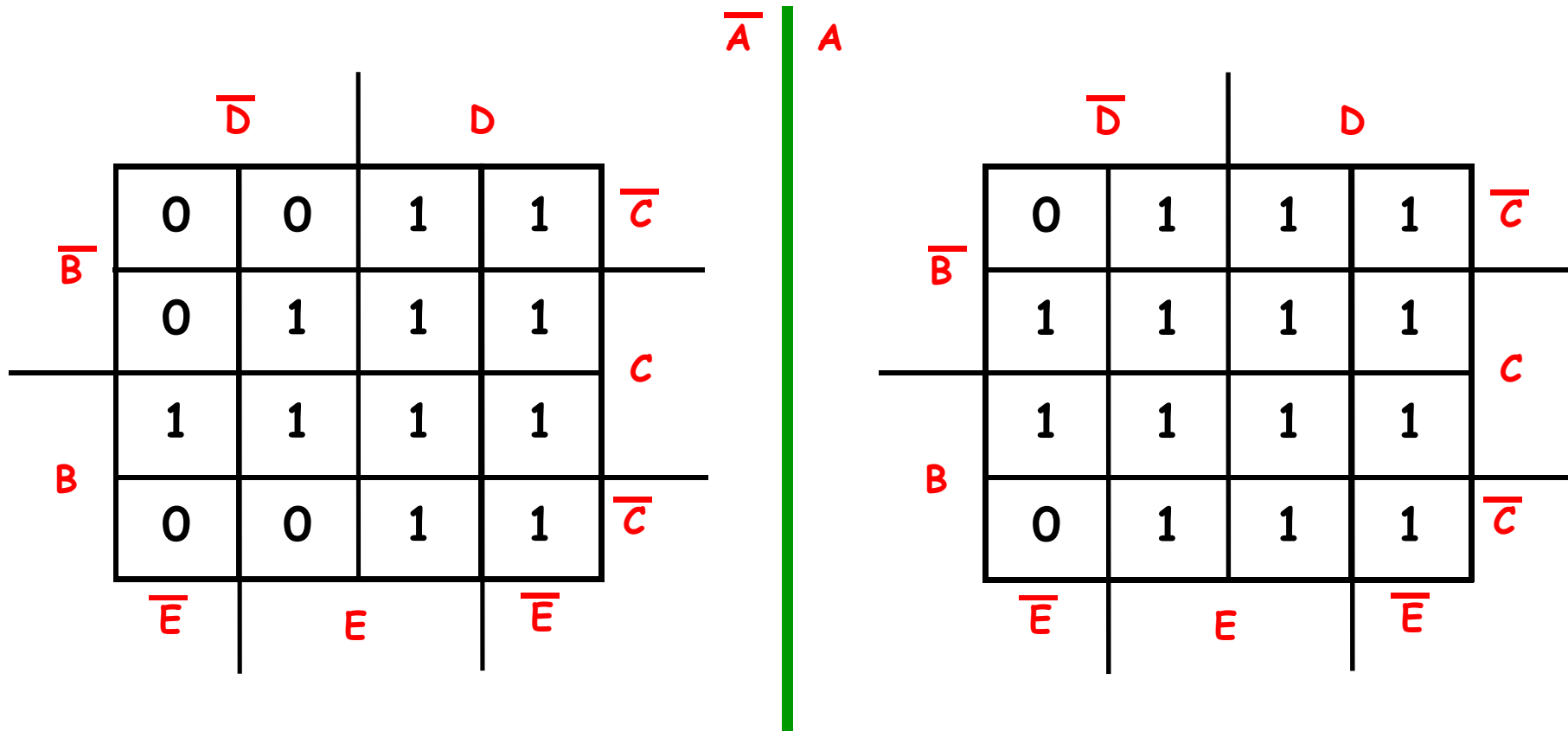
Tabela Verdade do Circuito

A	B	C	D	E	S
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1

A	B	C	D	E	S
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0
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

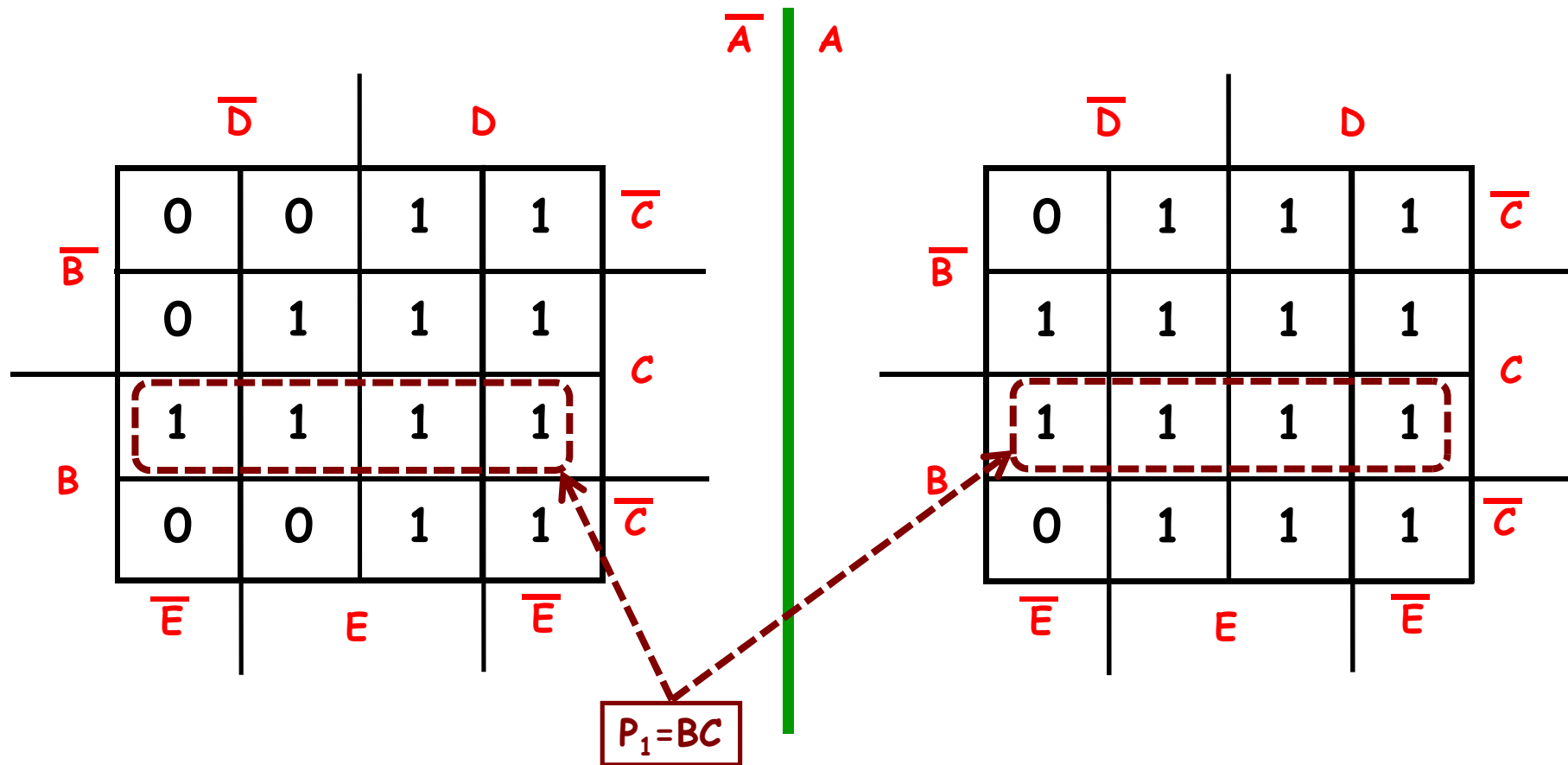
Circuitos Combinacionais

Mapa de Karnaugh do Circuito



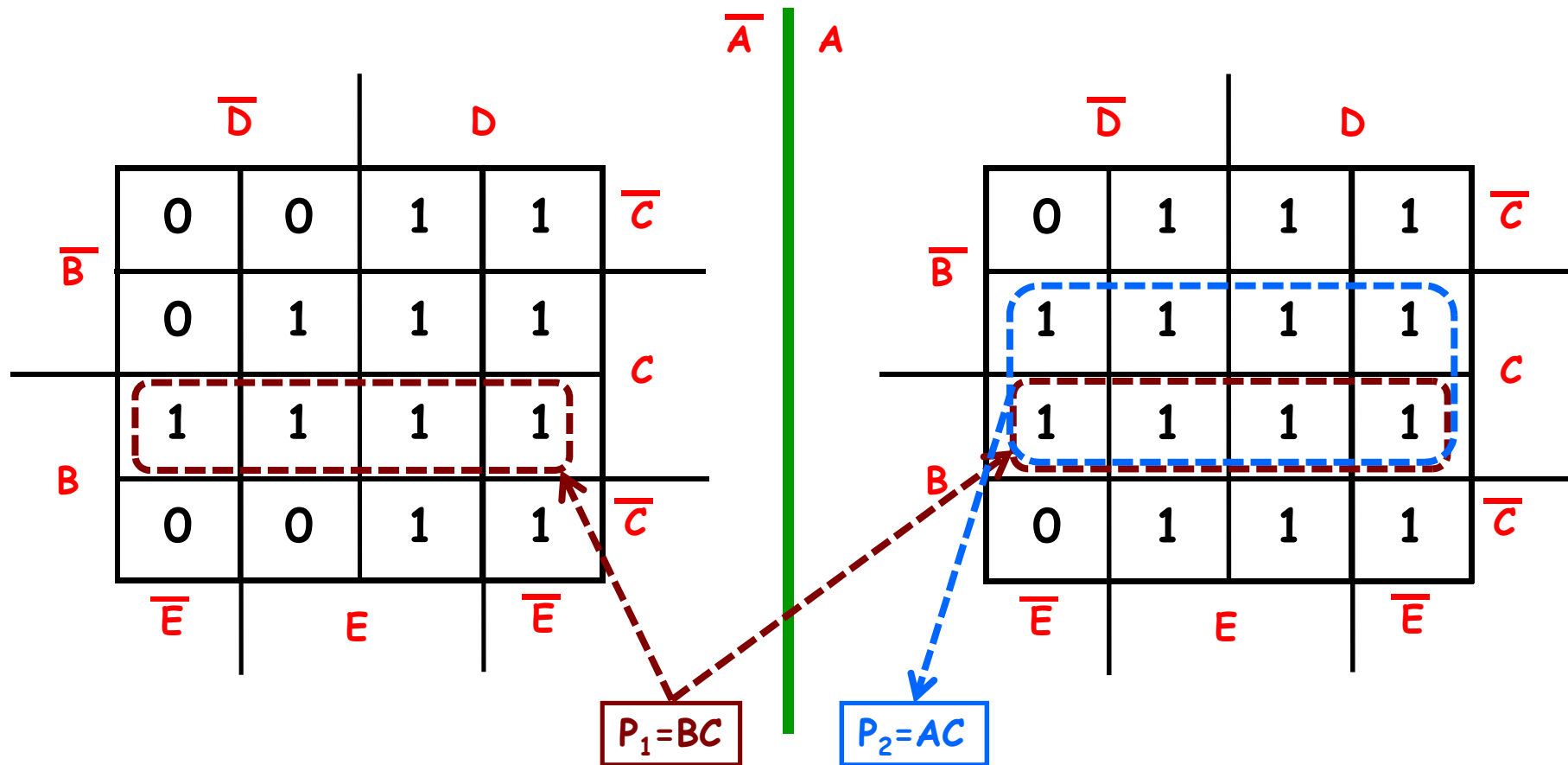
Circuitos Combinacionais

Mapa de Karnaugh do Circuito



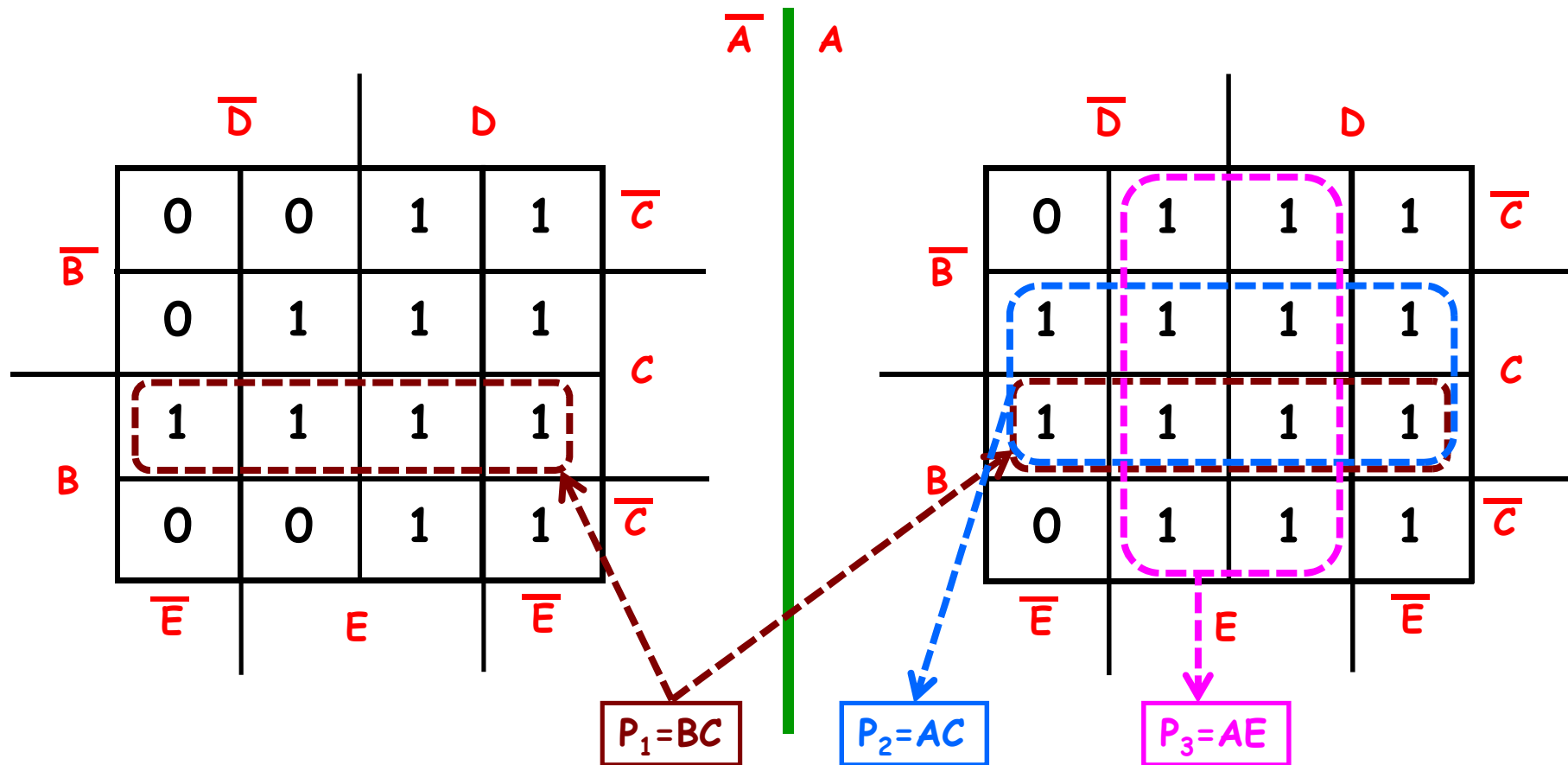
Circuitos Combinacionais

Mapa de Karnaugh do Circuito



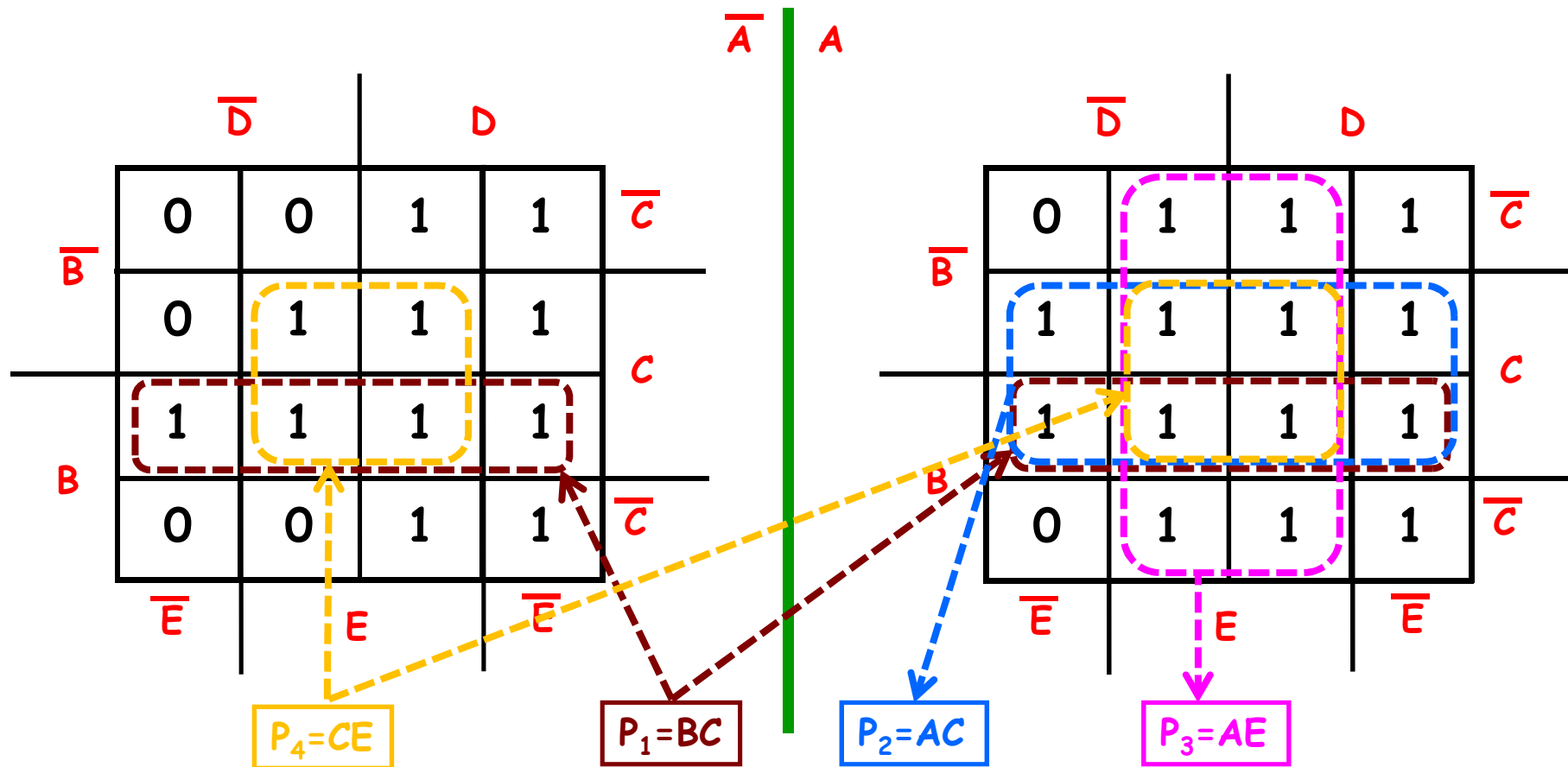
Circuitos Combinacionais

Mapa de Karnaugh do Circuito



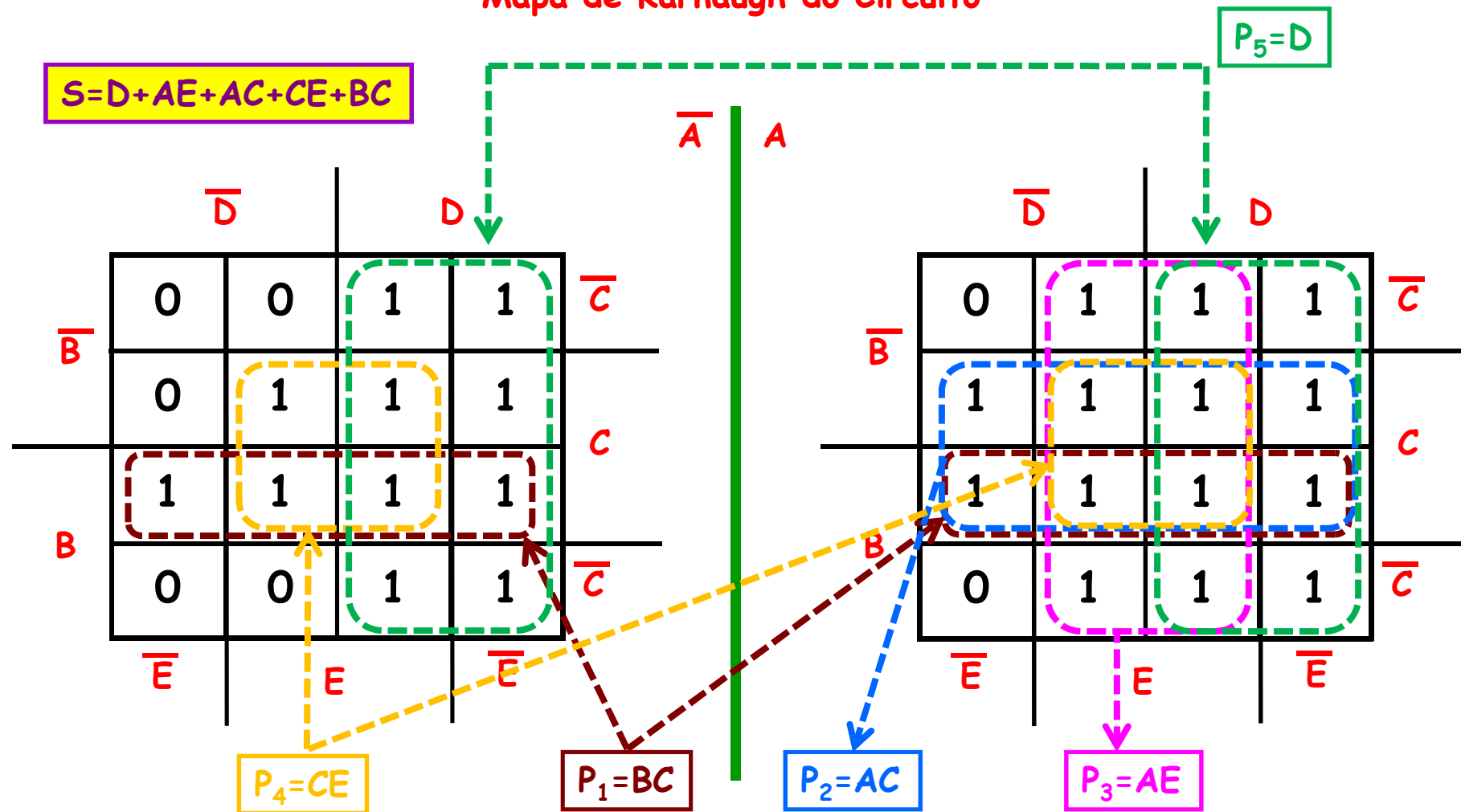
Circuitos Combinacionais

Mapa de Karnaugh do Circuito



Circuitos Combinacionais

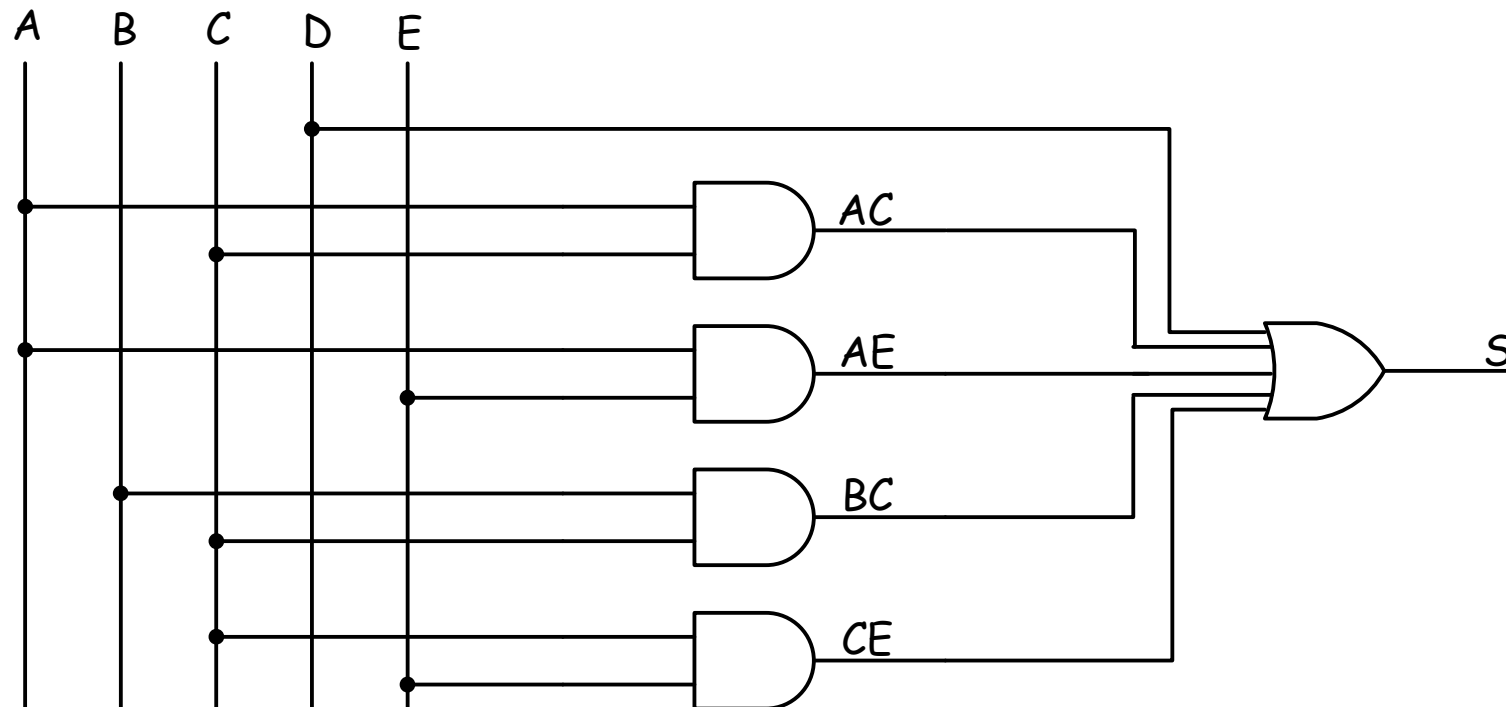
Mapa de Karnaugh do Circuito



Circuitos Combinacionais

Desenho do Circuito

$$S = D + AE + AC + CE + BC$$



Aula de Hoje

Circuitos Combinacionais Especiais:

- **Codificadores/Decodificadores**
- **Multiplexadores/Demultiplexadores**

Circuitos de Apoio

Codificador e Decodificador:

- Pode-se utilizar palavras binárias para representar o que quisermos, definindo-as de maneira apropriada.
- Por exemplo: descrever quatro direções (esquerda, direita, frente, atrás) usando uma palavra binária.

 $2^2=4$ Com 2 bits podemos descrever as 4 direções da seguinte forma:

00	⇒	Esquerda
01	⇒	Direita
10	⇒	Frente
11	⇒	Atrás

Circuitos de Apoio

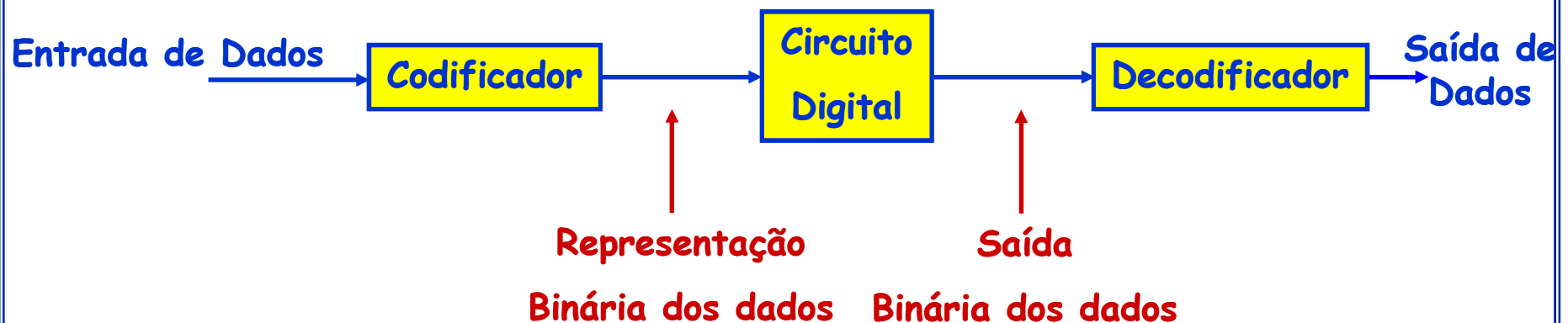
Codificador e Decodificador:

- Neste exemplo, a tradução da palavra 01 significa “direita”
- Esse processo de dar significado a um grupo de bits é chamado de CODIFICAÇÃO.
- O processo inverso, quando um número binário é interpretado para o nosso uso, é chamado de DECODIFICAÇÃO.
- Código: É um grupo de símbolos que podem representar Números, Letras, etc.
- Análogo ao uso de um dicionário PORTUGUÊS-BINÁRIO

Circuitos de Apoio

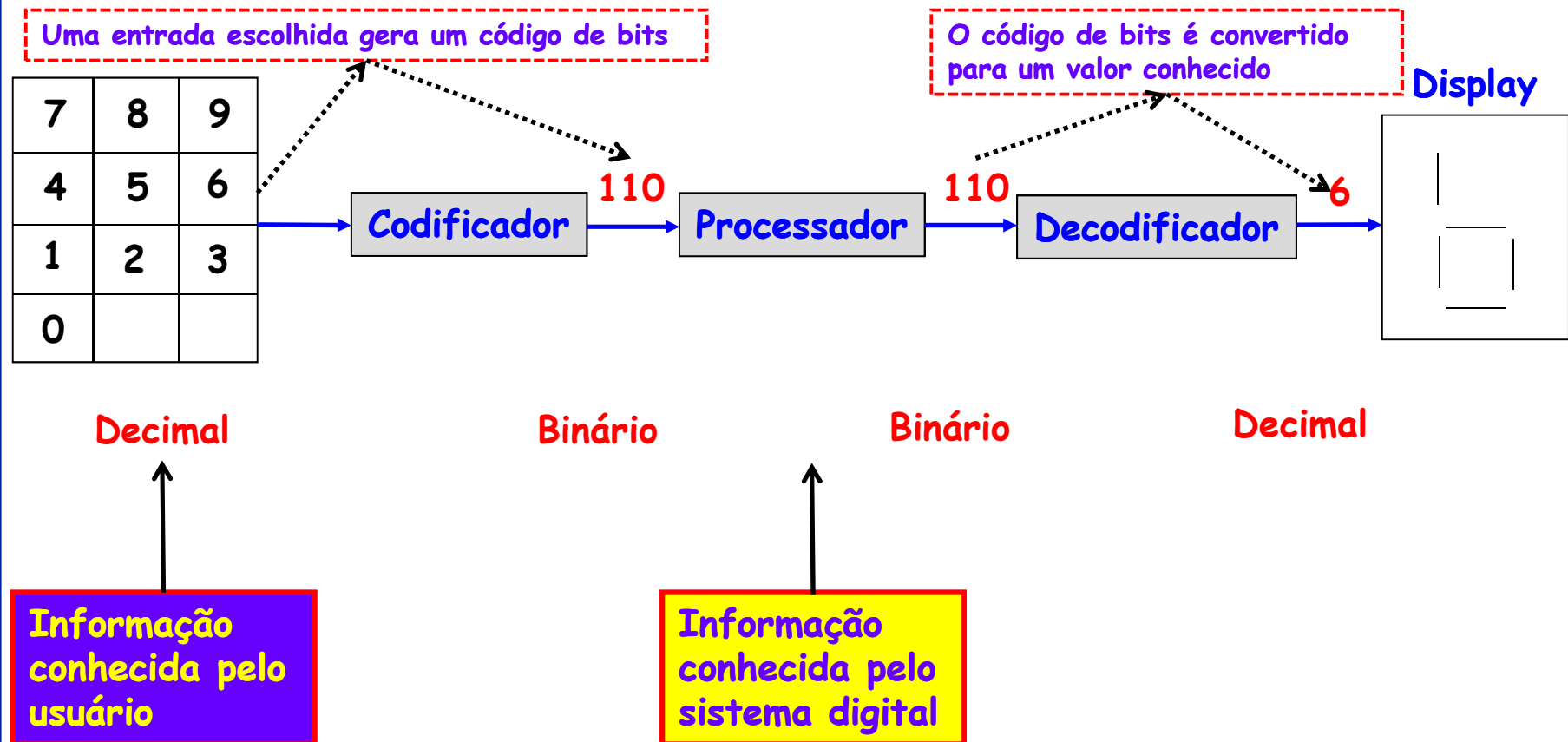
Processo de Codificação e Decodificação

A informação é transformada em uma palavra digital utilizando um CODIFICADOR. A informação digital é então processada pelo circuito digital, que gera uma saída digital, a qual passa por um DECODIFICADOR que traduz a palavra digital em uma forma que possa ser reconhecida pelo usuário.



Circuitos de Apoio

Exemplo de Aplicação de Codificação e Decodificação



Circuitos de Apoio

Exemplo de Aplicação de Decodificação

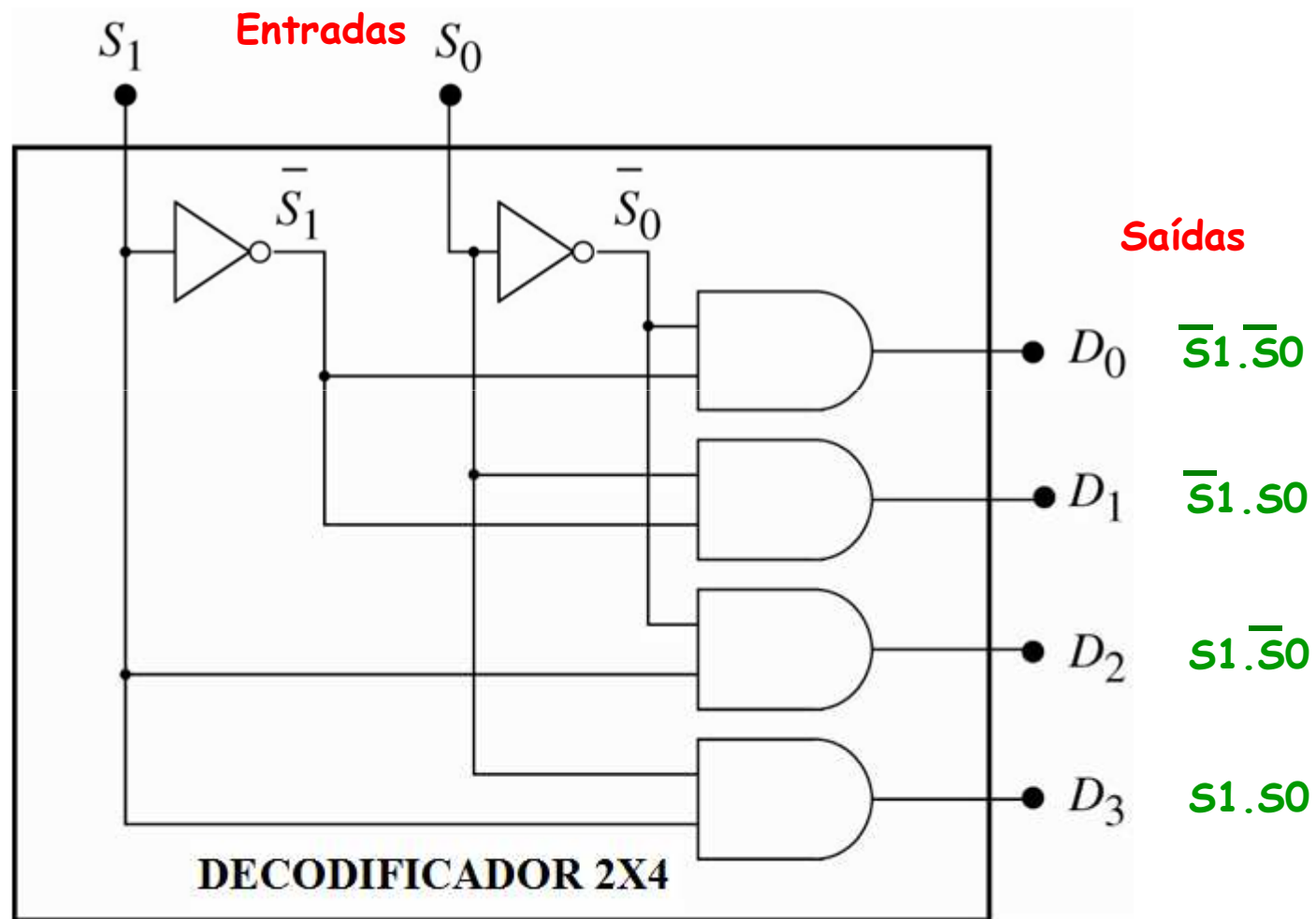
Decodificador de Endereços para Memória



Decodificador de Endereços

Entradas		Saídas				
S_1	S_0	D_0	D_1	D_2	D_3	
0	0	1	0	0	0	$D_0 = \overline{S_1} \cdot \overline{S_0}$
0	1	0	1	0	0	$D_1 = \overline{S_1} \cdot S_0$
1	0	0	0	1	0	$D_2 = S_1 \cdot \overline{S_0}$
1	1	0	0	0	1	$D_3 = S_1 \cdot S_0$

Decodificador de Endereços



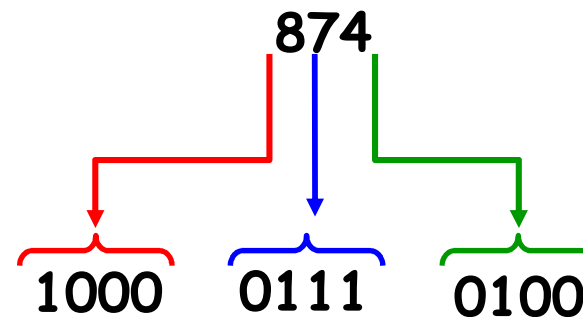
Circuitos de Apoio

Código BCD - Binary Coded Decimal

Decimal Codificado em Binário: Cada Dígito Decimal é representado por seu equivalente binário

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

Exemplo

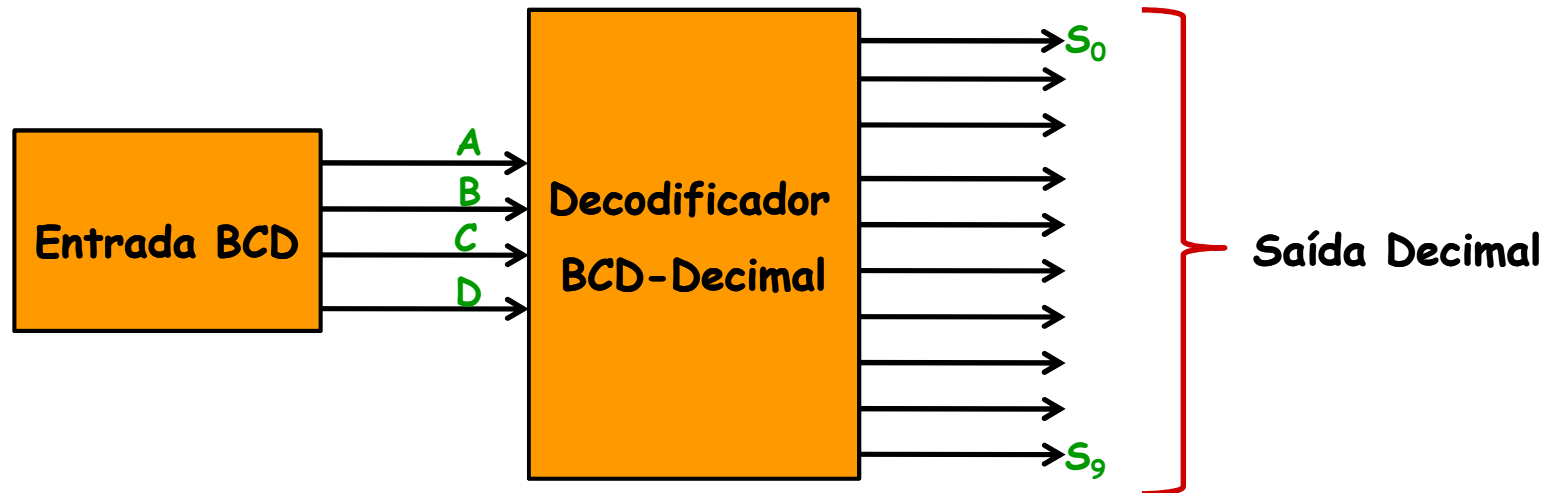


100001110100_{BCD}

Circuitos de Apoio

Código BCD - Binary Coded Decimal

Decimal Codificado em Binário: Cada Dígito Decimal é representado por seu equivalente binário



Circuitos de Apoio

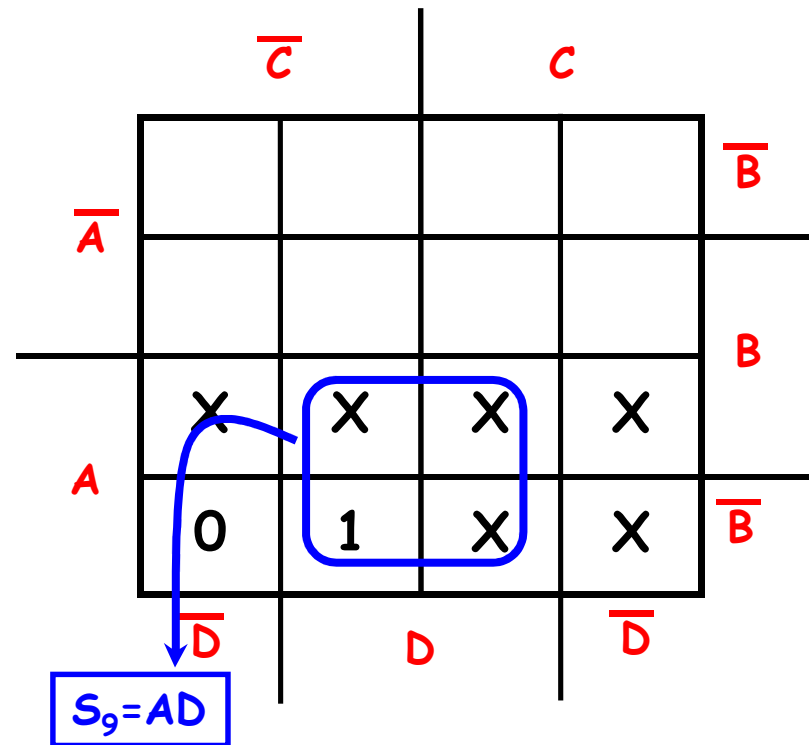
Decodificador BCD para Decimal

BCD	S ₉	S ₈	S ₇	S ₆	S ₅	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0010	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0011	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0101	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0110	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0111	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1001	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1111	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

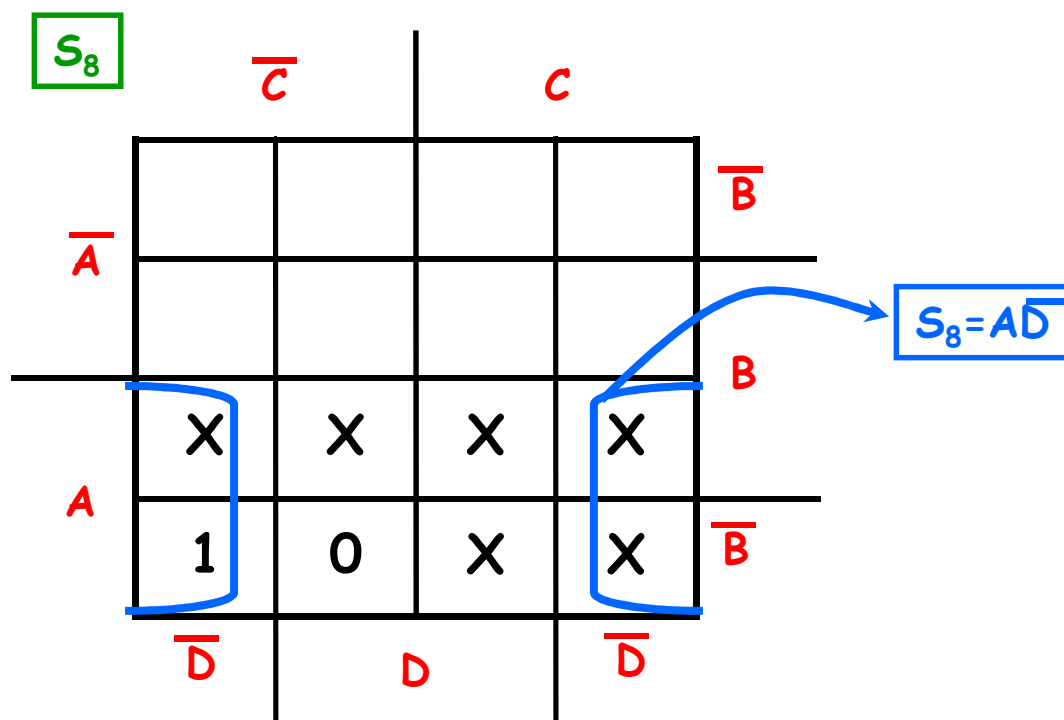
Circuitos de Apoio

- Para definir o decodificador: simplificar expressões de S_0 a S_9 por Mapa de Karnaugh
- 9 Mapas: um para cada saída

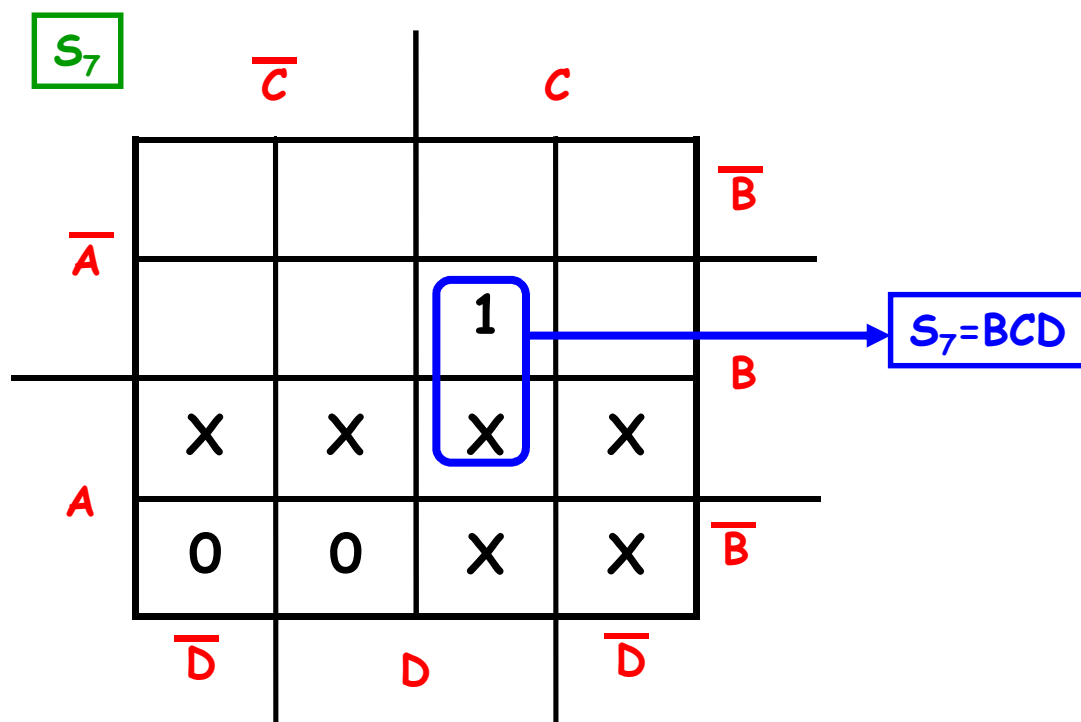
S_9



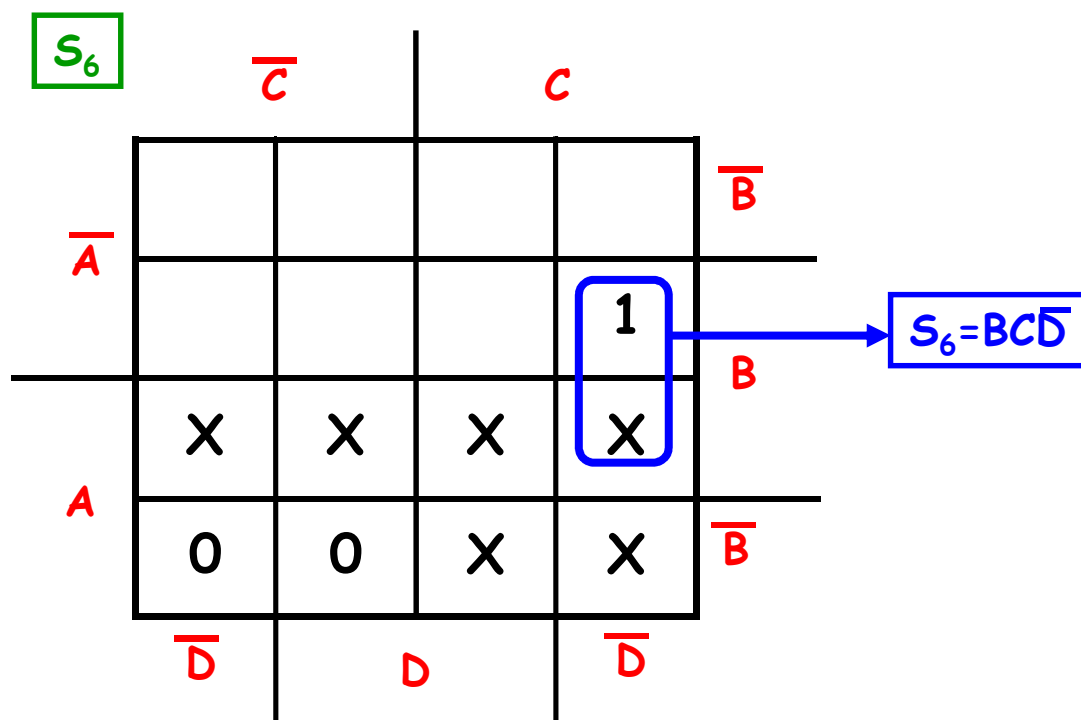
Circuitos de Apoio



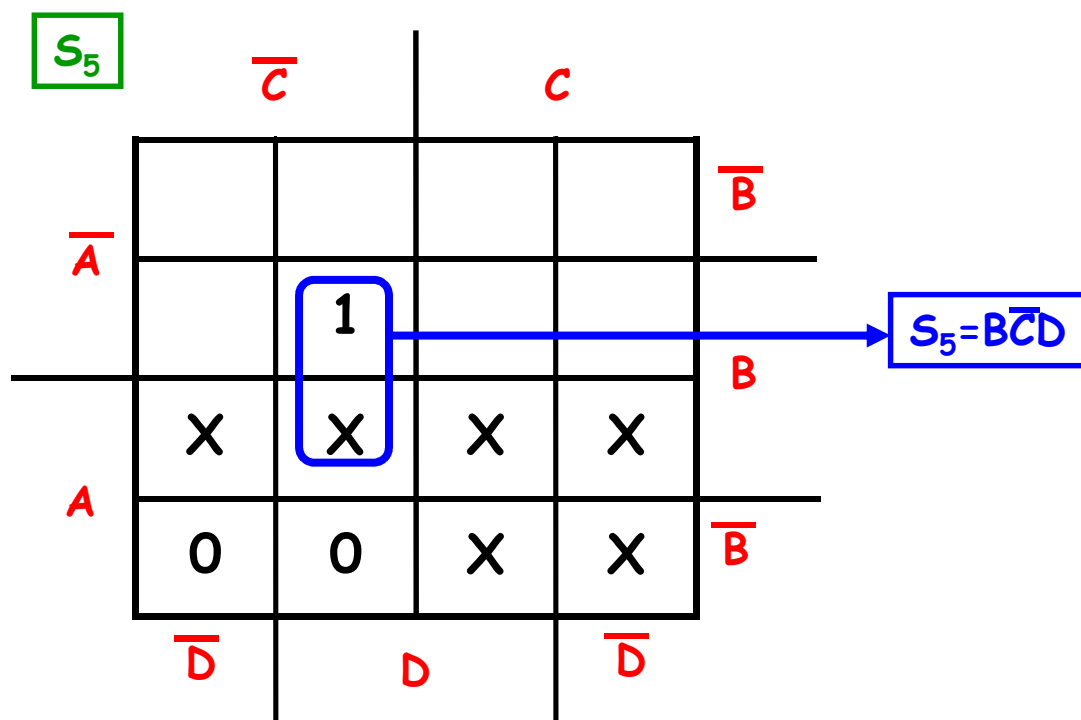
Circuitos de Apoio



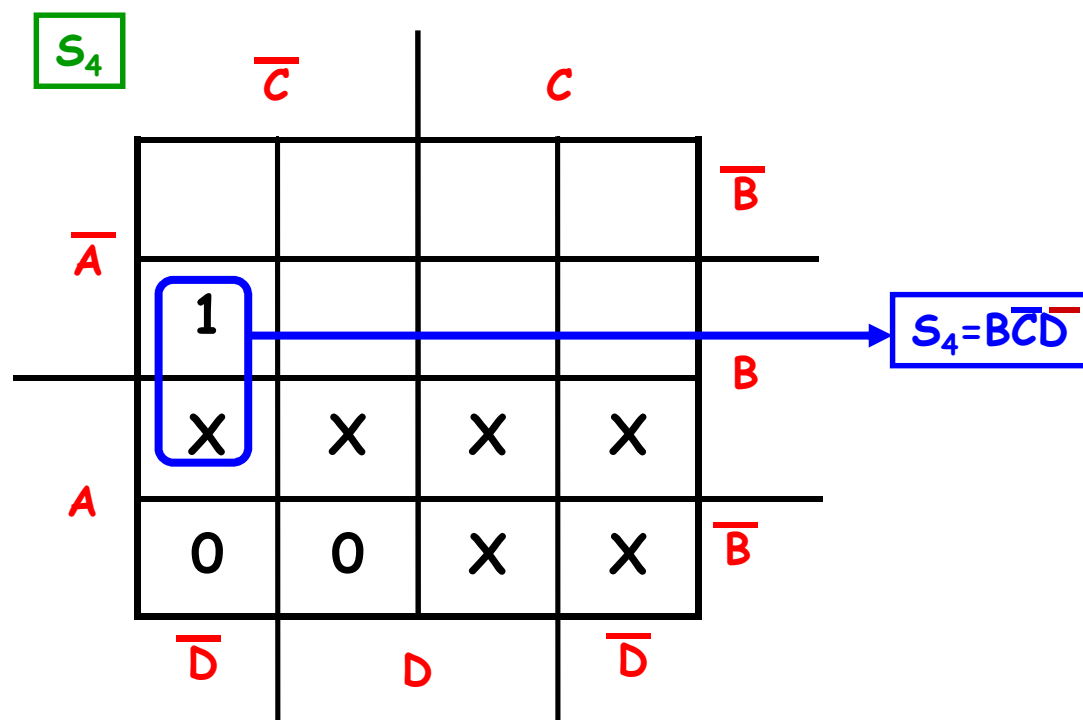
Circuitos de Apoio



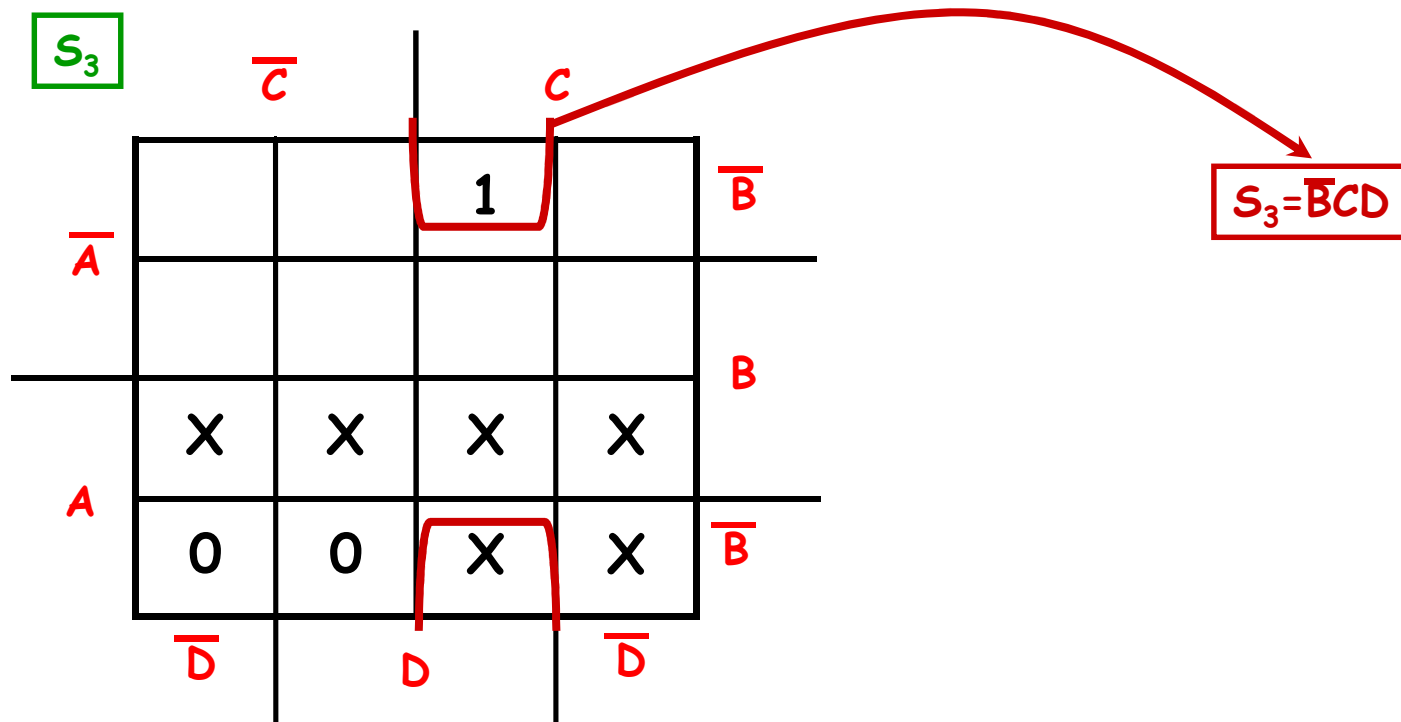
Circuitos de Apoio



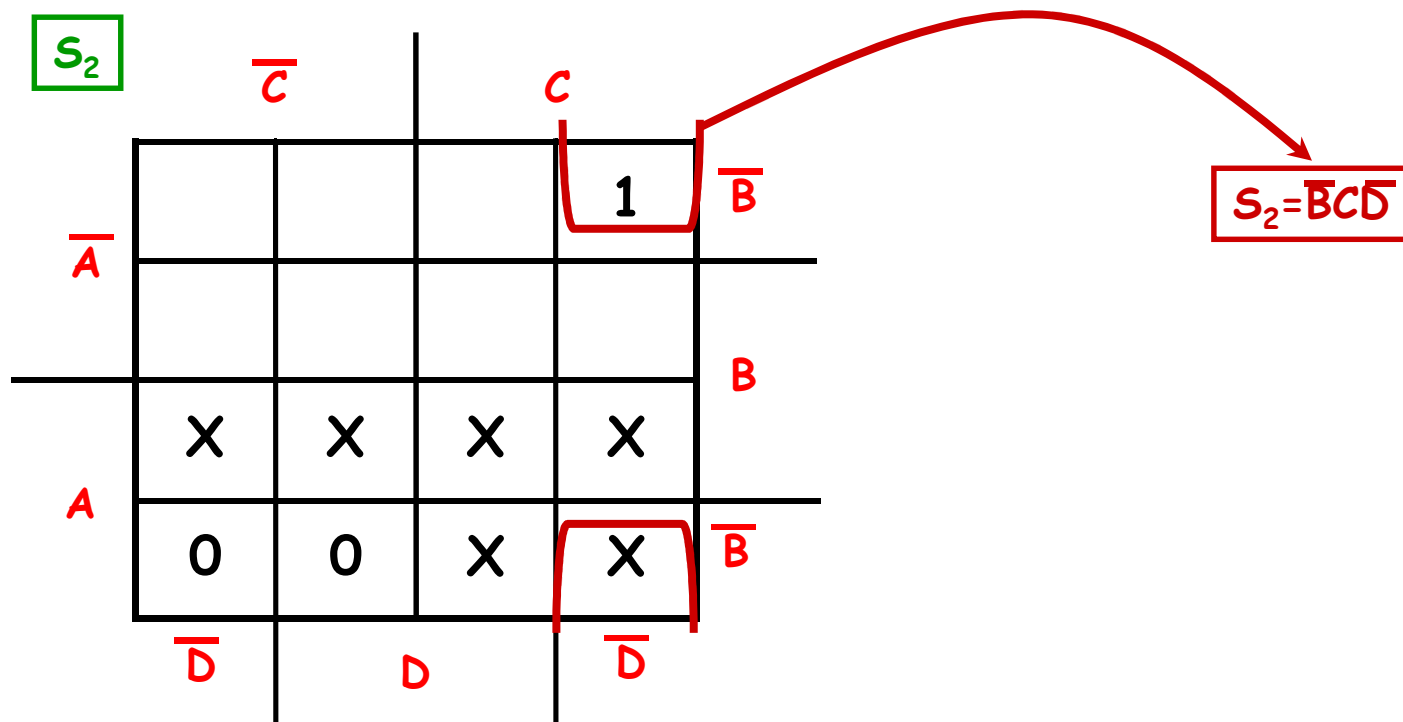
Circuitos de Apoio



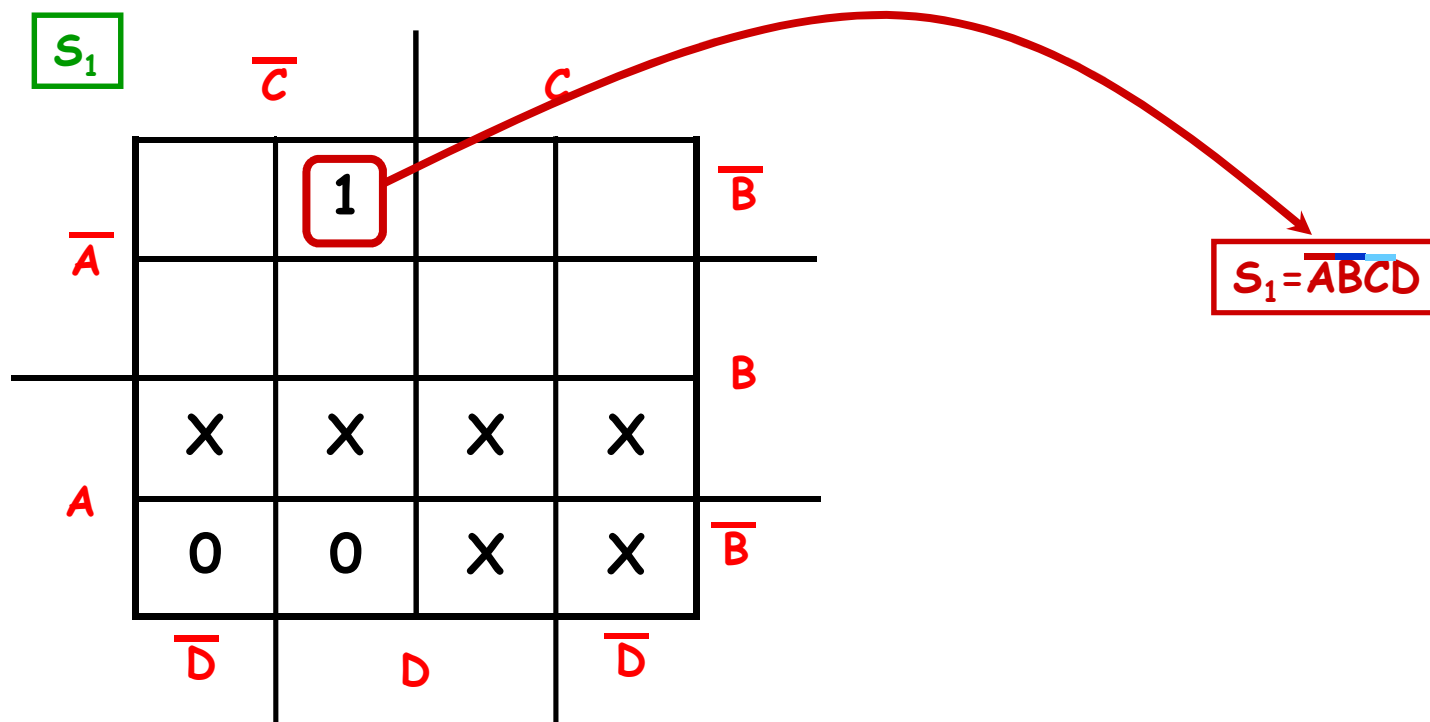
Circuitos de Apoio



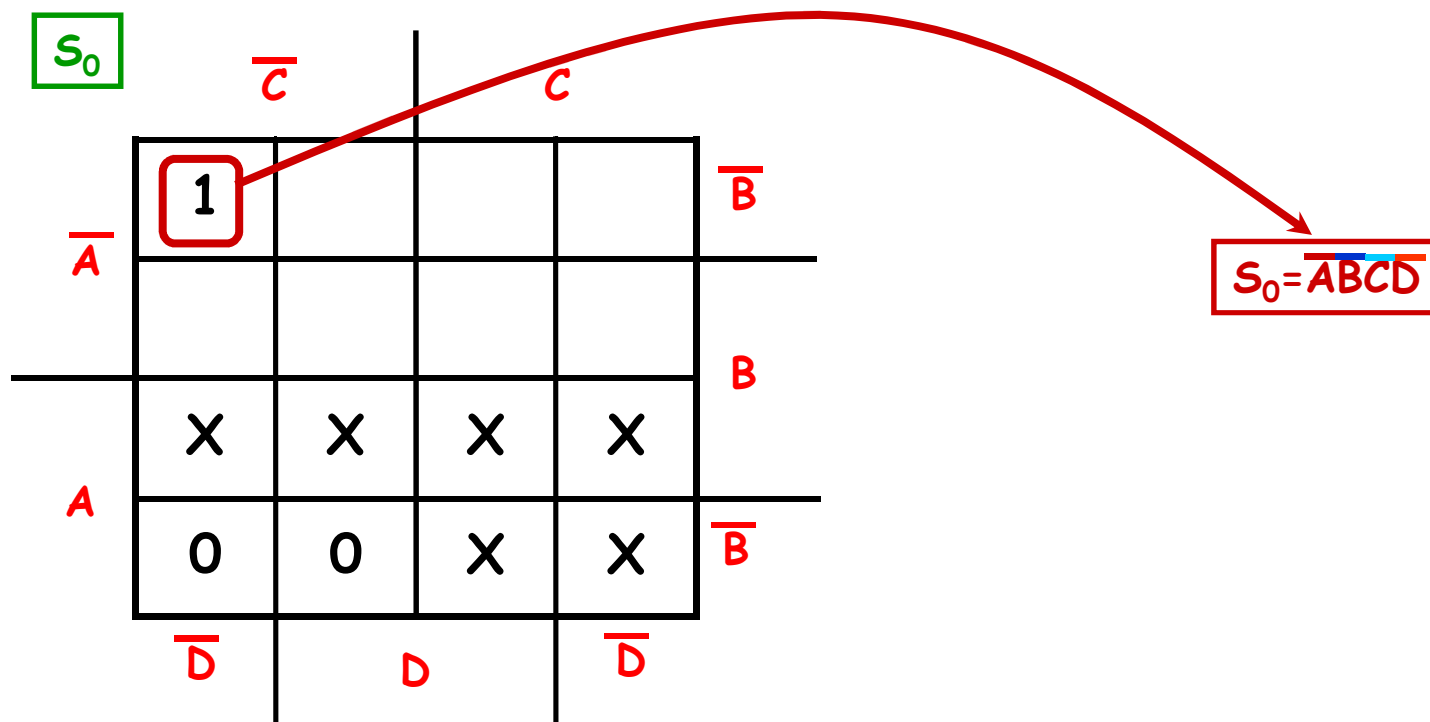
Circuitos de Apoio



Circuitos de Apoio



Circuitos de Apoio



Exercícios

1. Faça o diagrama de portas lógicas do circuito Decodificador BCD-Decimal

$$S_9 = AD$$

$$S_8 = A\overline{D}$$

$$S_7 = BCD$$

$$S_6 = B\overline{C}\overline{D}$$

$$S_5 = B\overline{C}D$$

$$S_4 = B\overline{C}\overline{D}$$

$$S_3 = \overline{B}CD$$

$$S_2 = \overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

$$S_1 = \overline{A}BCD$$

$$S_0 = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

Soluções

1. Faça o diagrama de portas lógicas do circuito Decodificador BCD-Decimal

$$S_9 = AD$$

$$S_8 = A\bar{D}$$

$$S_7 = BCD$$

$$S_6 = BC\bar{D}$$

$$S_5 = B\bar{C}D$$

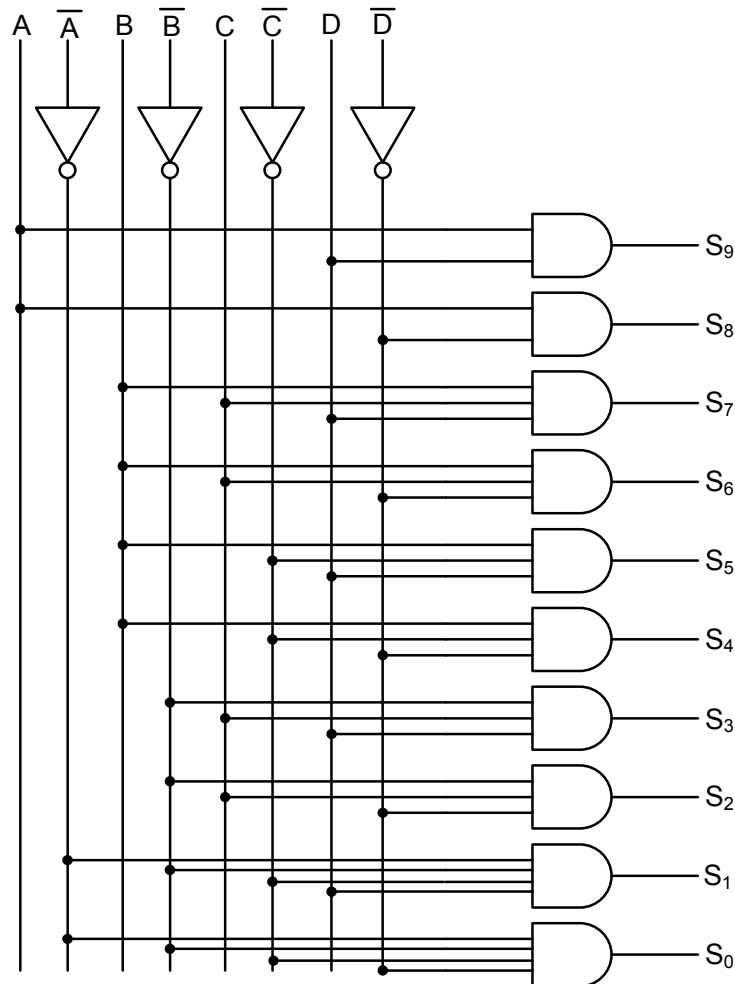
$$S_4 = B\bar{C}\bar{D}$$

$$S_3 = \bar{B}CD$$

$$S_2 = \bar{B}\bar{C}\bar{D}$$

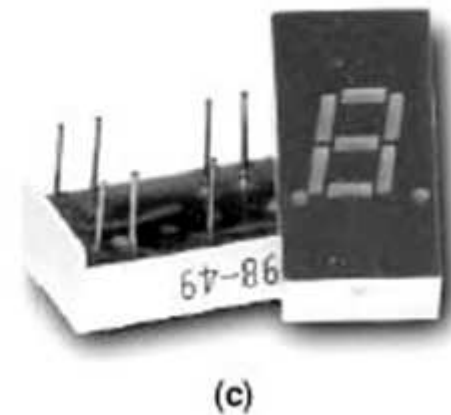
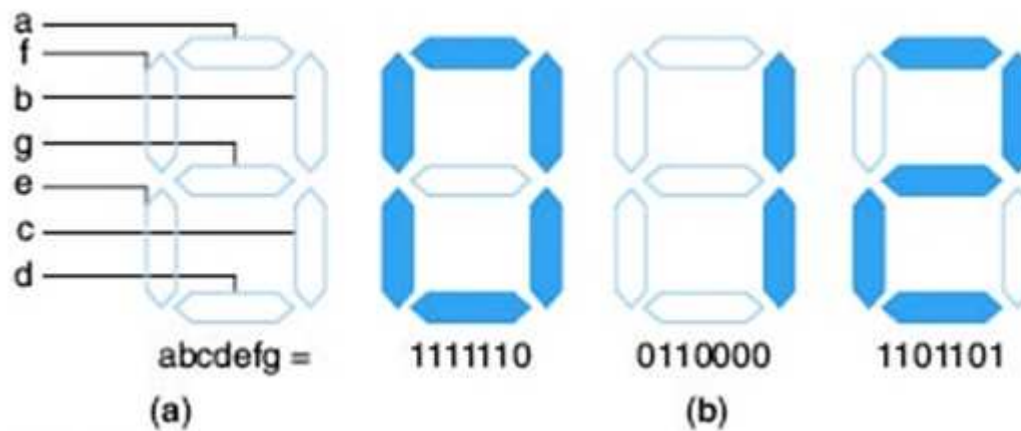
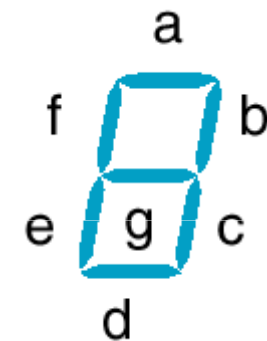
$$S_1 = \bar{A}BCD$$

$$S_0 = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$$



Exercícios

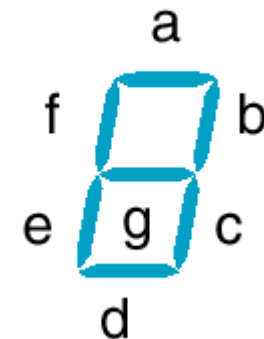
2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.



Exercícios

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos. (Continuação)

BCD	Display	a	b	c	d	e	f	g
0000		1	1	1	1	1	1	0
0001		0	1	1	0	0	0	0
0010		1	1	0	1	1	0	1
0011		1	1	1	1	0	0	1
0100		0	1	1	0	0	1	1
0101		1	0	1	1	0	1	1
0110		1	0	1	1	1	1	1
0111		1	1	1	0	0	0	0
1000		1	1	1	1	1	1	1
1001		1	1	1	1	0	1	1
...								
1111		X	X	X	X	X	X	X



Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

a

	\overline{C}		C		
\overline{A}	1	0	1	1	\overline{B}
	0	1	1	1	
	X	X	X	X	B
A	1	1	X	X	\overline{B}
	\overline{D}	D	\overline{D}		

$$a = A + C + BD + \overline{B}\overline{D}$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

	\overline{C}	C		
\overline{A}	1	1	\overline{B}	
	1	0	1	0
A	X	X	X	X
	1	1	X	X
	\overline{D}	D	\overline{D}	

$$b = \overline{A}B + A\overline{B} + CD$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

c

	\overline{c}		c	
	1	1	1	0
\overline{A}	1	1	1	1
	X	X	X	X
A	1	1	X	X
	\overline{D}	D	\overline{D}	
				\overline{B}
				B
				\overline{B}

$$c = B + \overline{C} + D$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

d

	\overline{c}	c	
\overline{A}	1	0	1
A	0	1	1
\overline{B}	X	X	X
B	1	0	1
\overline{D}	1	1	X
D	X	X	X

$$d = A + \overline{B}\overline{D} + \overline{B}C + CD + B\overline{C}\overline{D}$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

\overline{A}	\overline{B}	\overline{C}	C
1	0	0	1
0	0	0	1
X	X	X	X
A	B	D	\overline{D}
1	0	X	X

$$e = \overline{B}\overline{D} + C\overline{D}$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

f	\overline{C}	C	
\overline{A}	1	0	0
	1	1	0
	X	X	X
A	1	1	X
	\overline{D}	D	\overline{D}
	\overline{B}	B	\overline{B}

$$f = A + \overline{C}D + BC + B\overline{D}$$

Soluções

2. Considere o display de 7 segmentos mostrado na figura e a tabela abaixo. Projete o decodificador do código BCD para o display de 7 segmentos.

g

	\overline{C}		C	
\overline{A}	0	0	1	1
	1	1	0	1
	X	X	X	X
A	1	1	X	X
	\overline{D}		D	
			\overline{D}	

Diagram illustrating the Karnaugh map for the 7-segment display output g . The map is a 4x4 grid with inputs A and B on the vertical axis and C and D on the horizontal axis. The output g is shown in a green box. The map contains 1s and Xs. The 1s are located at the following coordinates (A, B, C, D): (0, 0, 1, 1), (0, 1, 1, 0), (1, 0, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 1). The Xs are located at the following coordinates (A, B, C, D): (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), (1, 1, 0, 0), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 0), (1, 1, 1, 1).

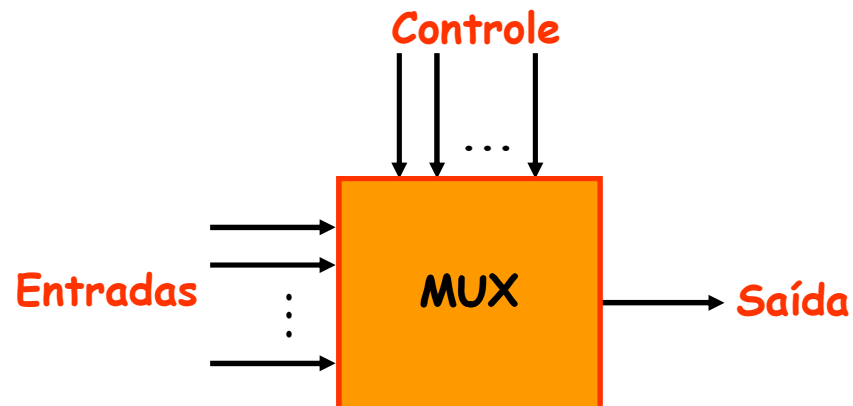
$$g = A + \overline{B}\overline{C} + \overline{B}C + C\overline{D}$$

Circuitos de Apoio

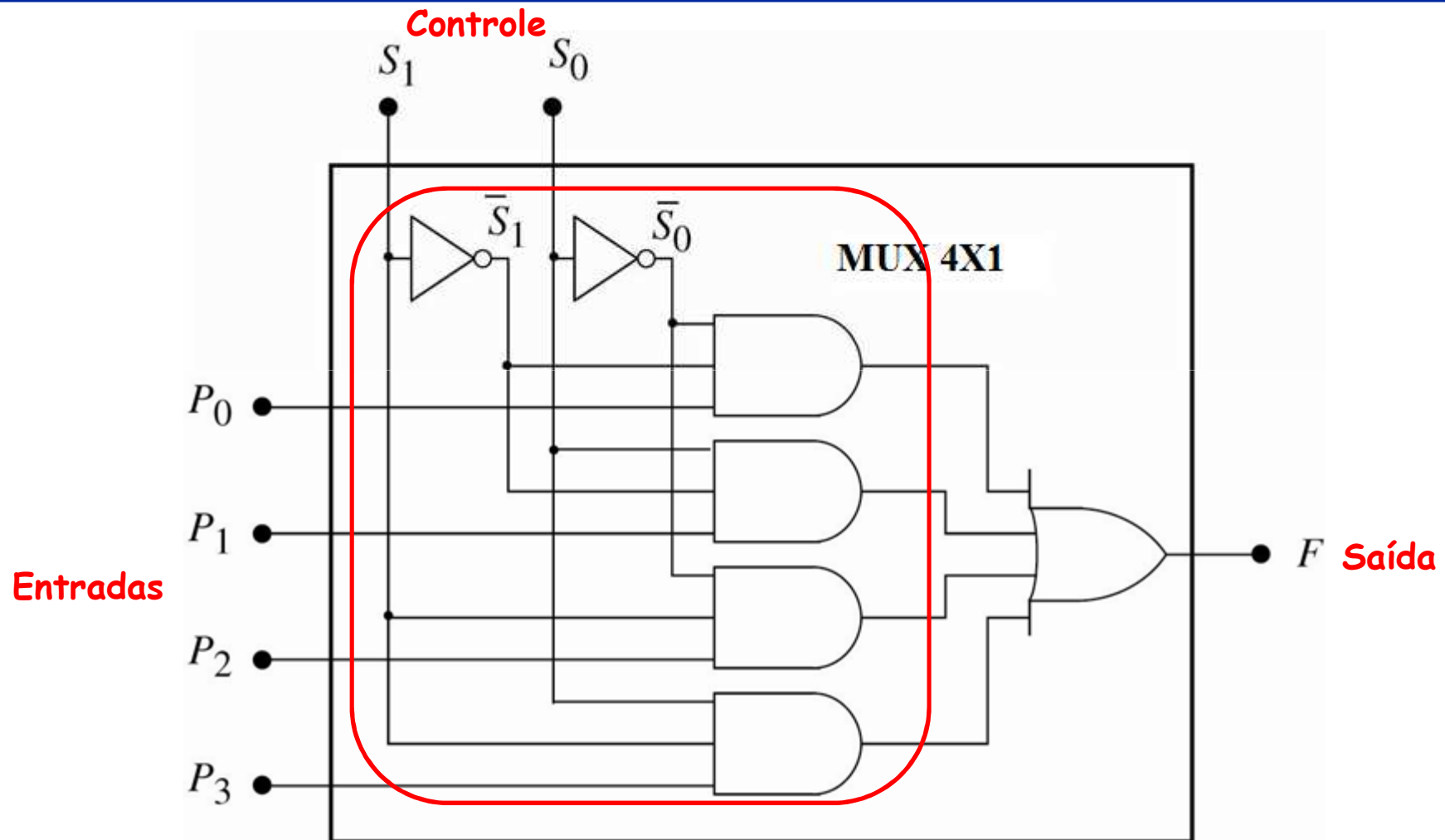
Multiplexador

Multiplexador ou Seletor de Dados: É um circuito lógico que tem diversas entradas e apenas uma saída. MUX seleciona uma única entrada para transmitir para a saída.

Entradas de Controle: permitem selecionar a entrada a ser transmitida.



Exemplo MUX 4x1

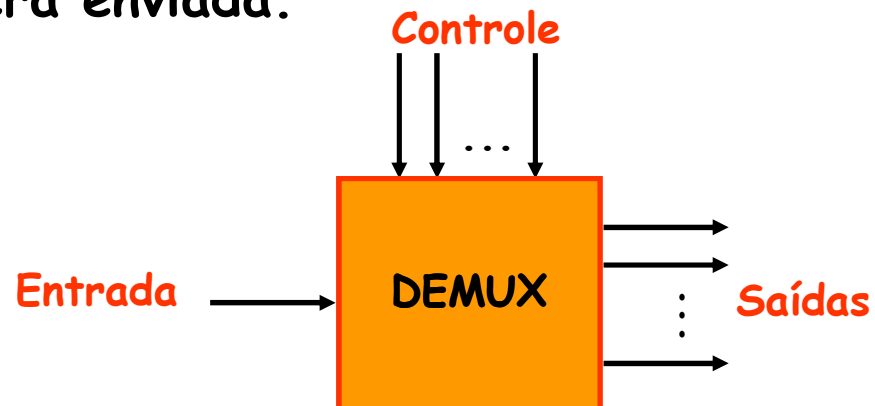


Circuitos de Apoio

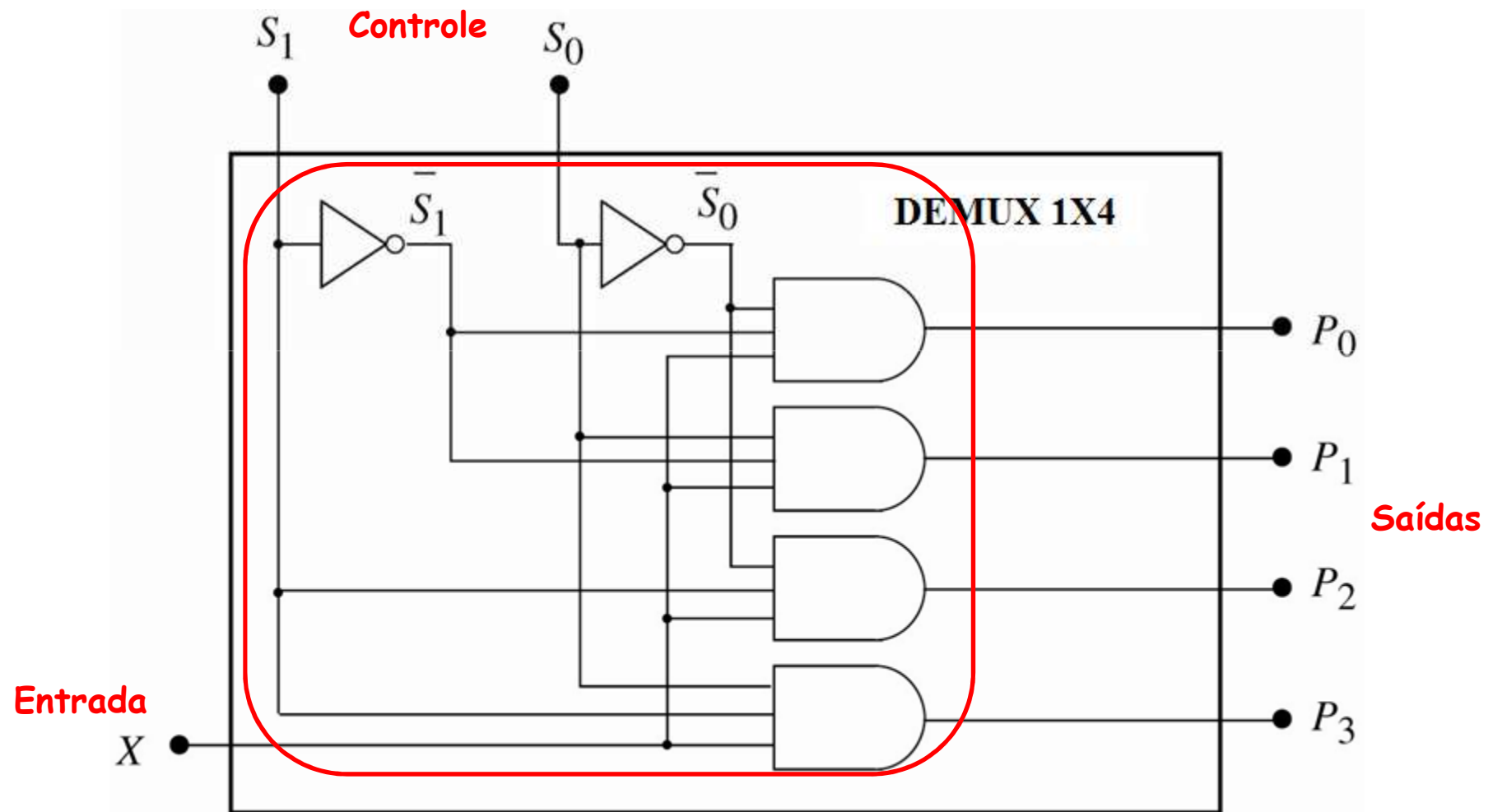
Demultiplexador

Demultiplexador: É um circuito lógico que realiza a função inversa à do MUX. Tem apenas uma única entrada que é enviada para uma de suas saídas.

Entradas de Controle: permitem selecionar para qual das saídas a entrada será enviada.



Exemplo DEMUX 1x4



Resumo da Aula de Hoje

Tópicos mais importantes:

- **Circuitos Combinacionais Especiais**
 - Codificadores/Decodificadores
 - Multiplexadores/Demultiplexadores