

## Laboratório de Eletrônica Digital

Prof.: José Valentim dos Santos Filho

### Pré-Relatório/ Relatório #2

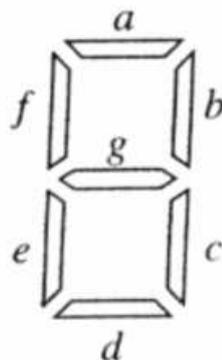
#### Lab 2 – Circuitos Combinacionais: Minimização/Codificadores/Decodificadores

##### Atenção:

Esta apostila contém alguns exercícios que constituem um pré-relatório, o qual deve ser feito **INDIVIDUALMENTE** e entregue ao professor no início de cada aula.

##### Teoria

- Um *display* de 7 segmentos mostra ao usuário de um sistema digital um algarismo decimal de 0 a 9, conforme mostram as Figuras 1, 2 e 3.



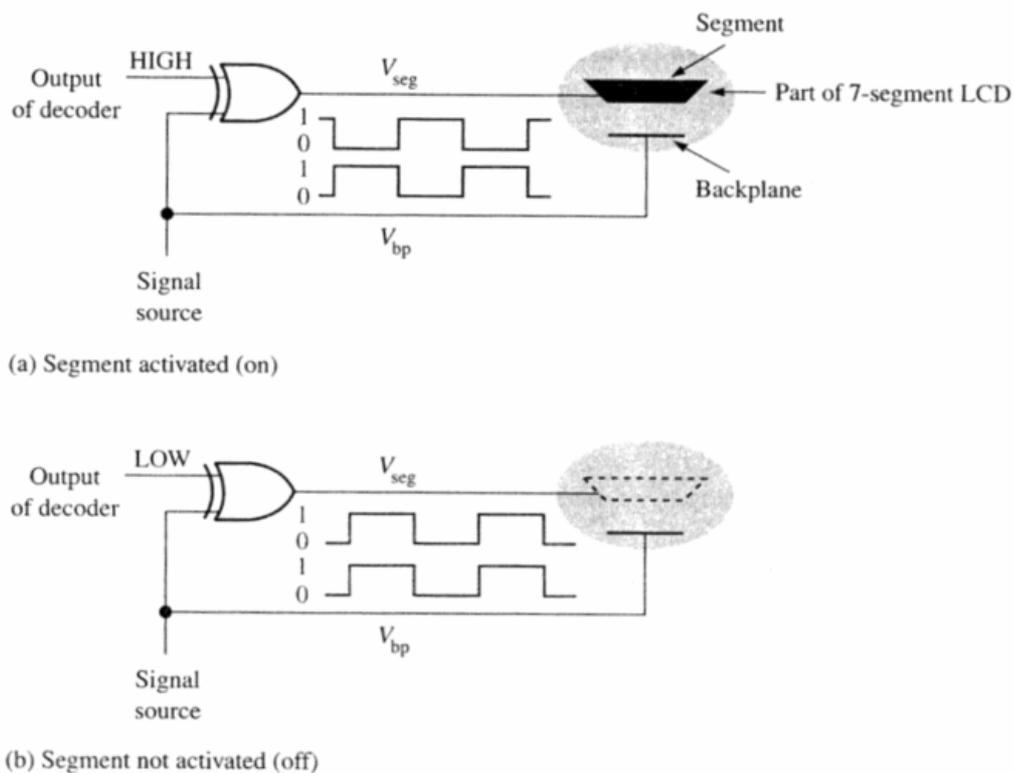
**Figura 1:** Formato de um *display* de 7 segmentos mostrando a localização dos segmentos *a, b, c, d, e, f, g*.



**Figura 2:** Algarismos decimais possíveis de serem formados mediante o acionamento combinado dos segmentos *a, b, c, d, e, f, g*.

**Figura 3:** Acionamento dos segmentos  $a, b, c, d, e, f, g$ . Cada segmento é um LED (*Light Emitter Diode*), que emite luz quando o diodo é percorrido por uma corrente direta (1 mA a 50 mA). (a) *display* de anodo comum. (b) *display* de catodo comum.

- Um *display* de 7 segmentos alternativo é o denominado LCD (*Liquid Crystal Display*), largamente utilizado em relógios digitais de pulso. A Figura 4 mostra a técnica de acionamento dos segmentos  $a, b, c, d, e, f, g$  de um LCD.



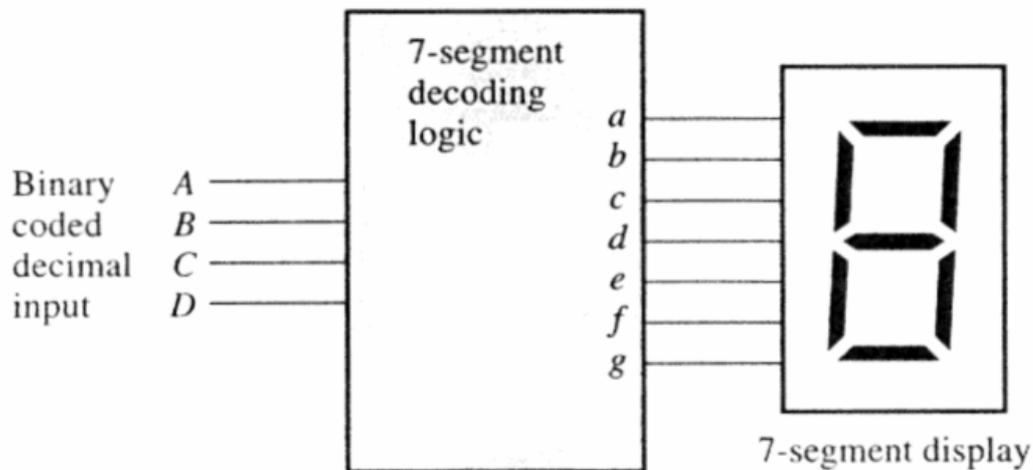
**Figura 4:** Acionamento dos segmentos  $a, b, c, d, e, f, g$  de um LCD. Um segmento é acionado por uma onda quadrada com frequência entre 30 a 60Hz aplicada entre o segmento e uma superfície comum a todos os segmentos denominada *backplane*. Quando a onda quadrada (*signal source*) é aplicada ao segmento através do controle exercido pela porta XOR, o segmento assim ativado deixa de refletir a luz incidente, alterando sua tonalidade para um cinza escuro.

- A Tabela 1 mostra os algorismos decimais resultantes do acionamento combinado dos segmentos  $a, b, c, d, e, f, g$ :

Digit	Segments Activated
0	<i>a, b, c, d, e, f</i>
1	<i>b, c</i>
2	<i>a, b, d, e, g</i>
3	<i>a, b, c, d, g</i>
4	<i>b, c, f, g</i>
5	<i>a, c, d, f, g</i>
6	<i>a, c, d, e, f, g</i>
7	<i>a, b, c</i>
8	<i>a, b, c, d, e, f, g</i>
9	<i>a, b, c, d, f, g</i>

**Tabela 1:** Algarismos decimais resultantes do acionamento combinado dos segmentos *a, b, c, d, e, f, g*. Ver Figura 1.

● Um **Decodificador para Display de 7 Segmentos** é um circuito digital formado por portas lógicas que, ao receber uma palavra binária de 4 bits representativa do algarismo decimal a ser mostrado, aciona os segmentos correspondente no *display*, conforme mostram a Figuras 5 e a Tabela 2.



**Figura 5:** Interligação de um Decodificador para *Display* de 7 Segmentos com o *Display*.

Decimal Digit	Inputs				Segment Outputs						
	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
10	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
11	1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X
12	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
13	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
14	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
15	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X

Output = 1 means segment is activated (on)

Output = 0 means segment is not activated (off)

Output = X means "don't care"

**Tabela 2:** Tabela Verdade de um Decodificador para *Display* de 7 Segmentos.

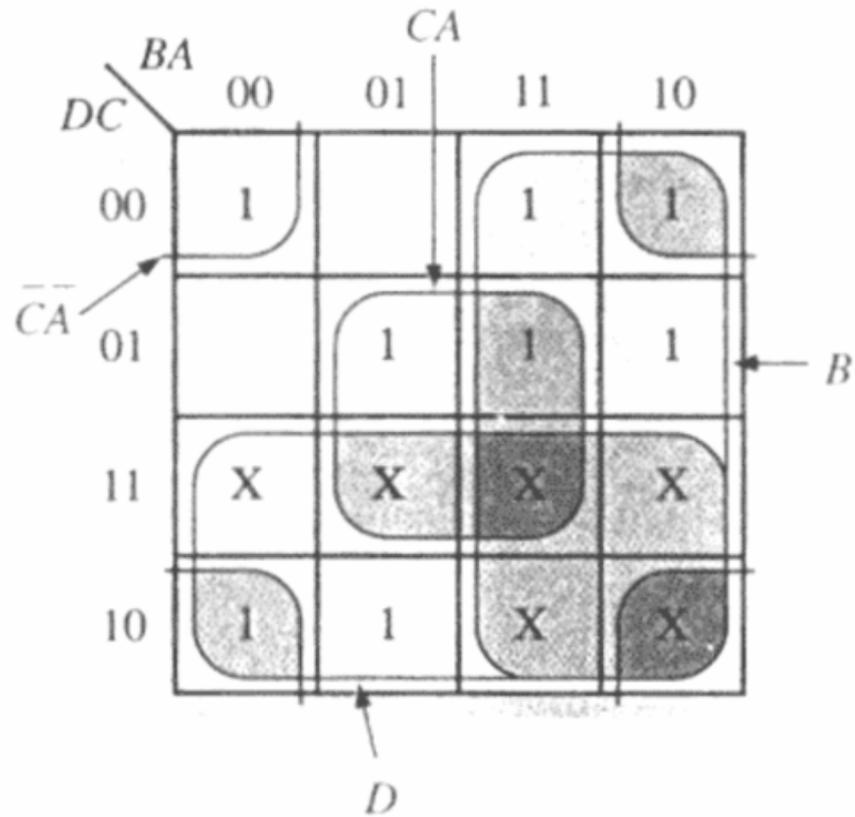
⇒ Observe que a coluna 1 da Tabela 2 representa o número decimal correspondente à palavra binária respectiva na coluna 2 da tabela através da relação:  $\text{NúmeroDecimal} = D \cdot 2^3 + C \cdot 2^2 + B \cdot 2^1 + A \cdot 2^0$

● Um Decodificador para *Display* de 7 Segmentos é um Circuito Integrado que contém as combinações de portas lógicas necessárias e otimizadas para a implementação do conjunto de Expressões Booleanas definidas pela Tabela 2.

● Por exemplo, da Tabela 2 verificamos que a Expressão Booleana para o segmento *a* é:

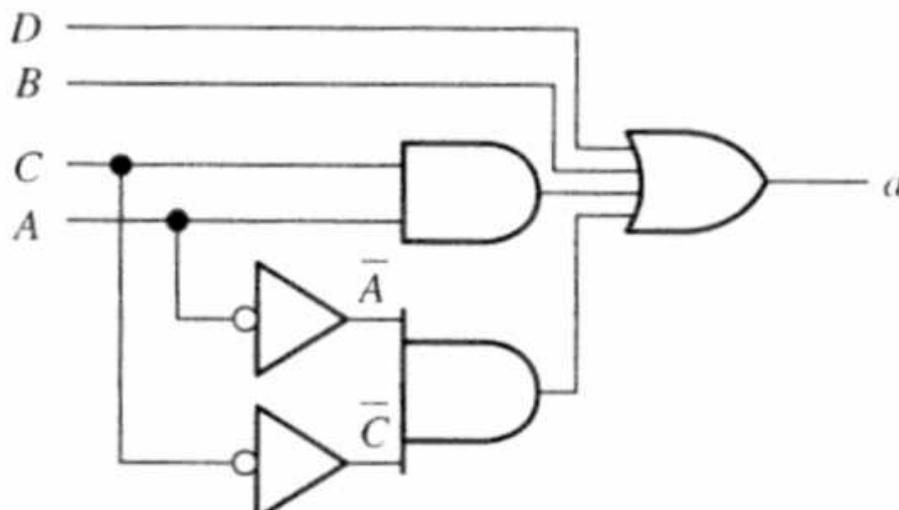
$$a = \overline{D} \overline{C} \overline{B} \overline{A} + \overline{D} \overline{C} B \overline{A} + \overline{D} \overline{C} B A + \overline{D} C \overline{B} \overline{A} + \\ + \overline{D} C B \overline{A} + \overline{D} C B A + D \overline{C} \overline{B} \overline{A} + D \overline{C} \overline{B}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

● Cujo Mapa K é:



**Figura 6:** Mapa K para a lógica de acionamento do segmento  $a$ . A Expressão Booleana minimizada resulta em  $a = D + B + CA + \bar{C}\bar{A}$ .

● E cujo circuito lógico resultante é:



**Figura 7:** Circuito lógico para acionamento do segmento  $a$ . A Expressão Booleana implementada é  $a = D + B + CA + \bar{C}\bar{A}$ .

- **Exercício Proposto:** Determine o circuito lógico completo para o acionamento dos segmentos  $a, b, c, d, e, f, g$ . Caso, após a minimização individual das expressões booleanas para cada segmento, as funções lógicas resultantes para o acionamento de dois ou mais segmentos compartilhem termos comuns, faça a minimização adicional aproveitando o compartilhamento entre os termos.

No nosso laboratório, o kit didático disponível já apresenta um decodificador BCD-7 Segmentos. No entanto, acredito que projetar o circuito para o acionamento de alguns segmentos será de grande valia para o aprendizado deste conteúdo.

### 3 Decodificadores BCD para Decimal

- BCD é a abreviação para Decimal Codificado em Binário (*Binary Coded Decimal*).
- O código BCD expressa cada dígito de um número decimal por uma palavra binária de 4 bits (*Nibble*) no formato  $b_3 b_2 b_1 b_0$  através da relação:  $\text{NúmeroDecimal} = b_3 \cdot 2^3 + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$ . A Tabela 3 mostra o resultado desta relação.

<i>Nibble</i>				Número Decimal
$b_3$	$b_2$	$b_1$	$b_0$	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

**Tabela 3:** Tabela para conversão de um *Nibble* em um Número Decimal. A conversão obedece a relação  $\text{NúmeroDecimal} = b_3 \cdot 2^3 + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$ .

- As entradas *DCBA* de um Decodificador para *Display* de 7 Segmentos (ver Seção 1) constituem um exemplo de informação binária codificada em BCD.
- Por exemplo, o número decimal 8963 codificado em BCD resulta em (ver Tabela 3):

8	9	6	3
↓	↓	↓	↓
1000	1001	0110	0011

● Por outro lado, o número binário 010101111000 codificado em BCD, quando convertido para decimal resulta em

0101	0111	1000
↓	↓	↓
5	7	8

#### 4 Decodificador Gray-para-Binário

- O Código Gray é um código digital com a propriedade de que duas palavras-código consecutivas diferem apenas de um bit.
- O Código Gray é um código que se enquadra na classe de **Códigos Refletidos**, enquadramento devido ao algoritmo de construção do mesmo. Por exemplo, a Tabela 6 mostra a construção por quantificação-reflexão do Código Gray para 4 bits:

Quantificação	Reflexão	Quantificação	Reflexão	Quantificação	Reflexão	Quantificação
0	0	00	00	000	000	0000
1	1	01	01	001	001	0001
	1	11	11	011	011	0011
	0	10	10	010	010	0010
			10	110	110	0110
			11	111	111	0111
			01	101	101	0101
			00	100	100	0100
					100	1100
					101	1101
					111	1111
					110	1110
					010	1010
					011	1011
					001	1001
					000	1000

**Tabela 6:** Algoritmo de construção do Código Gray de 4 bits.

<b>Decimal</b>	<b>Binário</b>	<b>Gray</b>
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

**Tabela 7:** Tabela de conversão Decimal-Binário-Gray de 4 bits.

### Prática

- 1-) Projete um decodificador BCD para Decimal.
- 2-) Projete um codificador Decimal para BCD.
- 3-) Projete um decodificador GRAY para binário.
- 4-) Projete o circuito lógico descrito na questão 4.22 do Tocci. (?)

OBS: Faça o diagrama lógico para cada um dos projetos identificando as ligações e as pinagens dos CI's.