

Eletrônica Digital I

Capítulo V Circuitos Combinacionais Parte II



Aula M – Circuitos Combinacionais
(Parte 2)

Prof. MSc. Bruno de Oliveira Monteiro
Engenheiro de Telecomunicações

Inatel

Tipos de Códigos Binários

- Codificação em Binário Puro: O número decimal é representado por seu binário equivalente.
- Código BCD – ***Binary Coded Decimal***: São códigos onde cada dígito de um número decimal é representado por uma codificação em binário.
- Código Gray: Apenas um *bit* muda entre dois números sucessivos numa sequência.
- Código Johnson: Código numérico de cinco dígitos binários, onde uma palavra código difere das palavras imediatamente próximas em apenas um dígito binário. Sua principal característica é a facilidade de gerar as palavras códigos.

Tipos de Códigos Binários

- Código Excesso 3 – cada posição é somada com 3;
- Códigos de 4 e 5 bits:

No código BCD 8421, cada dígito do sistema decimal é representado por seu equivalente em binário. Como temos 10 dígitos, são necessários 4 bits para codificar cada dígito decimal. Além do BCD 8421, vamos destacar os códigos de BCD 7421, BCD 5211, BCD 2421, Excesso 3 e Gray.

Dentre os códigos de 5 bits, destacamos os denominados “2 entre 5” e Johnson.

Tipos de Códigos Binários

- Código BCD 8421:

Decimal	BCD 8421			
	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Tipos de Códigos Binários

- Outros Códigos de 4 bits:

Decimal	BCD 7421	BCD 5211	BCD 2421	Excesso 3
	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0
2	0 0 1 0	0 0 1 1	0 0 1 0	0 1 0 1
3	0 0 1 1	0 1 0 1	0 0 1 1	0 1 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 1 1
5	0 1 0 1	1 0 0 0	1 0 1 1	1 0 0 0
6	0 1 1 0	1 0 0 1	1 1 0 0	1 0 0 1
7	1 0 0 0	1 0 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0
8	1 0 0 1	1 1 0 1	1 1 1 0	1 0 1 1
9	1 0 1 0	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0

Tipos de Códigos Binários

- Código Gray:

0	1	2	3
7	6	5	4
8	9	10	11
15	14	13	12

Decimal	Gray
	A B C D
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 1
3	0 0 1 0
4	0 1 1 0
5	0 1 1 1
6	0 1 0 1
7	0 1 0 0
8	1 1 0 0
9	1 1 0 1
10	1 1 1 1
11	1 1 1 0
12	1 0 1 0
13	1 0 1 1
14	1 0 0 1
15	1 0 0 0

0000	0001	0011	0010
0100	0101	0111	0110
1100	1101	1111	1110
1000	1001	1011	1010

Tipos de Códigos Binários

- Códigos de 5 bits:

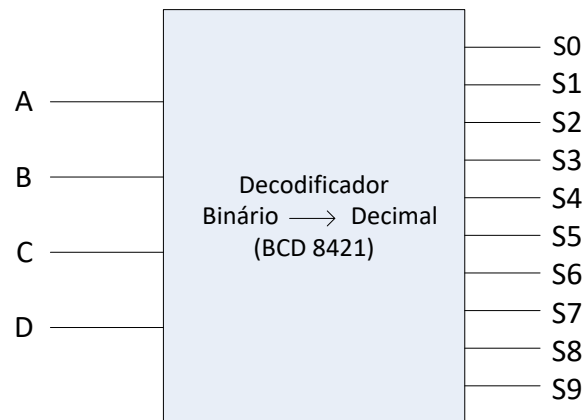
Decimal	2 em 5	Johnson
	A B C D E	A B C D E
0	0 0 0 1 1	0 0 0 0 0
1	0 0 1 0 1	0 0 0 0 1
2	0 0 1 1 0	0 0 0 1 1
3	0 1 0 0 1	0 0 1 1 1
4	0 1 0 1 0	0 1 1 1 1
5	0 1 1 0 0	1 1 1 1 1
6	1 0 0 0 1	1 1 1 1 0
7	1 0 0 1 0	1 1 1 0 0
8	1 0 1 0 0	1 1 0 0 0
9	1 1 0 0 0	1 0 0 0 0

Decodificador e Codificador

- Exercício:

Monte o Codificador BCD8421 \rightarrow Código 9876543210 :

Para desenvolver um decodificador do código BCD 8421 para o decimal, podemos utilizar a estrutura abaixo:



Decodificador e Codificador

BCD 8421				Código 9876543210									
A	B	C	D	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela Verdade

$S0 = A'B'C'D'$
 $S1 = A'B'C'D$
 $S2 = A'B'CD'$
 $S3 = A'B'CD$
 $S4 = A'BC'D'$
 $S5 = A'BC'D$
 $S6 = A'BCD'$
 $S7 = A'BCD$
 $S8 = AB'C'D'$
 $S9 = AB'C'D$

Projeto de Decodificadores

- Exercício 1** – Projete um decodificador BCD 8421 → Excesso 3

$$S_3 = A'BC'D + A'BCD' + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_2 = A'B'C'D + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D' + AB'C'D$$

$$S_1 = A'B'C'D' + A'B'CD + A'BC'D' + A'BCD + AB'C'D'$$

$$S_0 = A'B'C'D' + A'B'CD' + A'BC'D' + A'BCD' + AB'C'D'$$

BCD 8421				Excesso 3			
A	B	C	D	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0

Projeto de Decodificadores

- **Exercício 2** – Projete um decodificador Excesso 3 \rightarrow BCD 8421

$$S_8 = AB'CD + ABC'D'$$

$$S_4 = A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D + AB'CD'$$

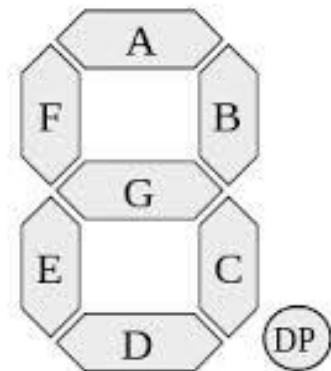
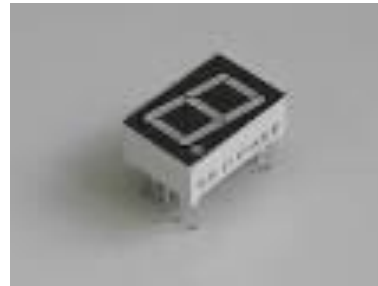
$$S_2 = A'BC'D + A'BCD' + AB'C'D + AB'CD'$$

$$S_1 = A'BC'D' + A'BCD' + AB'C'D' + AB'CD' + ABC'D'$$

Excesso 3				BCD 8421			
A	B	C	D	S_8	S_4	S_2	S_1
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	1

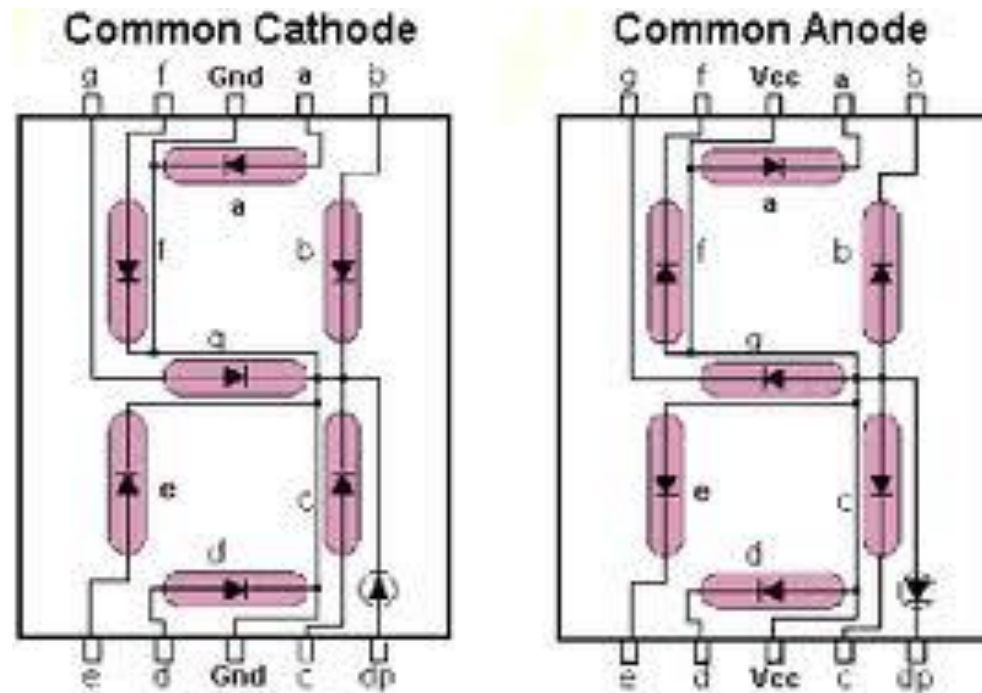
Projeto de Decodificadores

- Display de 7 Segmentos



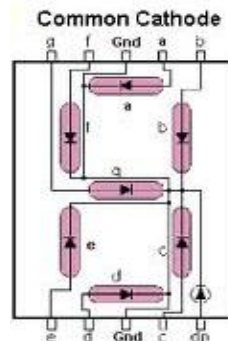
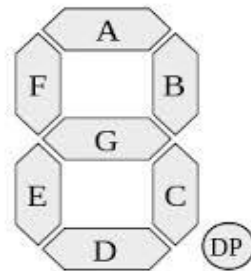
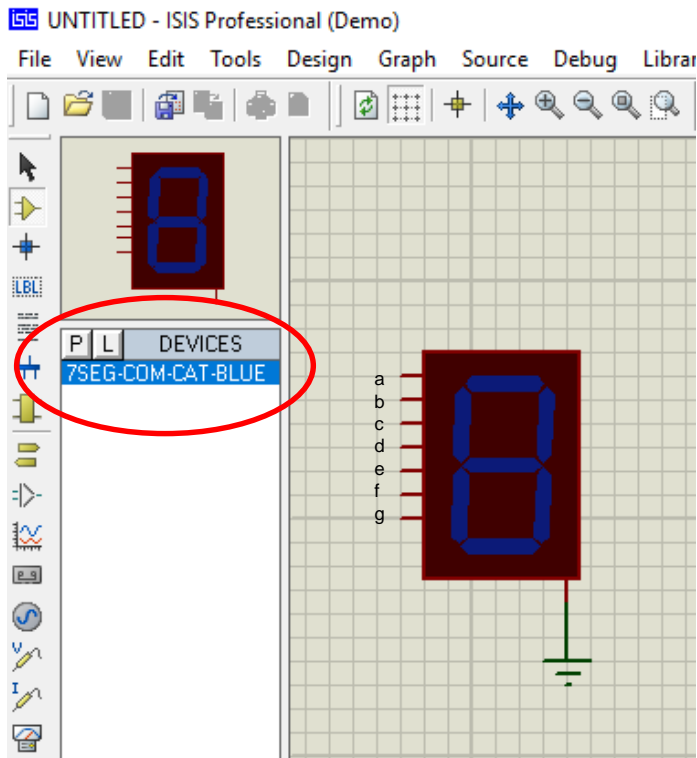
Projeto de Decodificadores

- Display de 7 Segmentos



Projeto de Decodificadores

- Display de 7 Segmentos



Segmentos							Display
a	b	c	d	e	f	g	
1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1	2
1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	0	1	1	4
1	0	1	1	0	1	1	5
0	0	1	1	1	1	1	6
1	1	1	0	0	0	0	7
1	1	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	0	1	1	9

Projeto de Decodificadores

- Exercício 3:** Projete um Decodificador BCD 8421 → 7 Seguimentos

$$S_a = A'B'C'D' + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_b = A'B'C'D' + A'B'C'D + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D' + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_c = A'B'C'D' + A'B'C'D + A'B'CD + A'BC'D' + A'BC'D + A'BCD' + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_d = \dots$$

$$S_e = \dots$$

$$S_f = \dots$$

$$S_g = \dots$$

Entradas: BCD 8421				Saídas: 7 Seguimentos							Display
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	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9

Projeto de Decodificadores

- **Exercício 3:** Projete um Decodificador BCD 8421 \rightarrow 7 Seguintes

$$S_a = A'B'C'D' + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_b = A'B'C'D' + A'B'C'D + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D' + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_c = A'B'C'D' + A'B'C'D + A'B'CD + A'BC'D' + A'BC'D + A'BCD' + A'BCD + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_d = A'B'C'D' + A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D + A'BCD' + AB'C'D'$$

$$S_e = A'B'C'D' + A'B'CD' + A'BCD' + AB'C'D'$$

$$S_f = A'B'C'D' + A'BC'D' + A'BC'D + A'BCD' + AB'C'D' + AB'C'D$$

$$S_g = A'B'CD' + A'B'CD + A'BC'D' + A'BC'D + A'BCD' + AB'C'D' + AB'C'D$$

Simplificação

$$S_a = A'B'C + A'B'D' + A'BD + AB'C'$$

$$S_b = A'B' + B'C' + A'C'D' + A'CD$$

$$S_c = A'B + B'C' + A'D$$

$$S_d = B'C'D' + A'B'C + A'CD' + A'BC'D$$

$$S_e = B'C'D' + A'CD'$$

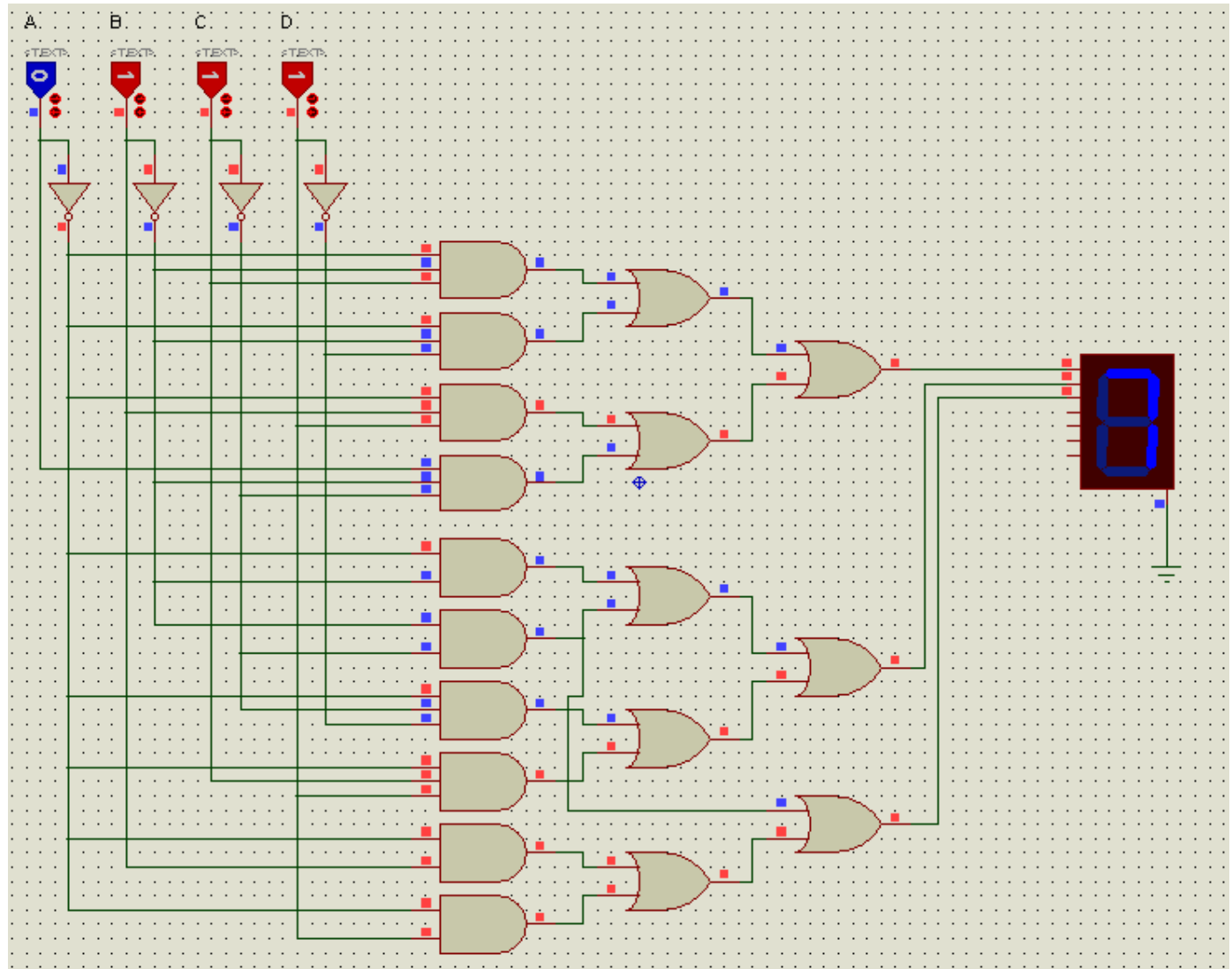
$$S_f = \dots$$

$$S_g = \dots$$

Termine os outros circuitos
Sf, Sg

- **Exercício 3:** Projete um Decodificador BCD 8421 \rightarrow 7 Seguimentos

Termine os outros circuitos
Sd, Se, Sf, Sg



Projeto de Decodificadores

- **Exercício 4** - Projete um Decodificador BCD 8421 para 2 em 5.

BCD 8421				2 em 5				
A	B	C	D	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0	0

Projeto de Decodificadores

- **Exercício 5** - Projete um Decodificador Código Gray para Binário Comum.

Gray				Binário			
A	B	C	D	S ₈	S ₄	S ₂	S ₁
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1



Bons Estudos

Prof. MSc. Bruno de Oliveira Monteiro
Engenheiro de Telecomunicações

Inatel