

# Aula 7

## Codificadores e Decodificadores

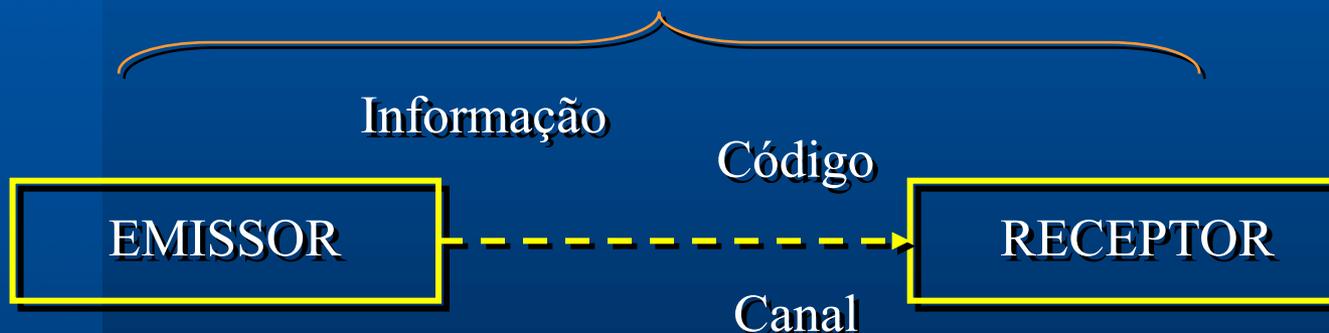
**SEL 0414 - Sistemas Digitais**

**Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira**

# CÓDIGOS:

- **Conjunto organizado de sinais em que a informação é transformada para efetivar o processo de comunicação;**
- **Números, letras ou palavras representadas por um grupo especial de símbolos (dígitos binários);**
- **Ex. Código BCD, GRAY, ASCII, ...**

## PROCESSO DE COMUNICAÇÃO



# 1. CÓDIGO GRAY

- Apenas um bit varia entre dois decimais consecutivos;
- Representa 16 dígitos;
- Utilizado para codificação de símbolos em modems.

Decimal	Binário	Gray
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

# 1. CÓDIGO GRAY

(Variação de apenas 1 bit entre cada algarismo)

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

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	7	8	15
	01	1	6	9	14
	11	2	5	10	13
	10	3	4	11	12

## 2. CÓDIGO 2 entre 5

- (2 bits "1" em 5 bits) → usado em telefonia
- Códigos de 5 bits facilitam:
  - *decodificação em alguns casos;*
  - *detecção de erros (BIT DE PARIDADE)*

Decimal	Código 2 entre 5
0	00011
1	00101
2	00110
3	01001
4	01010
5	01100
6	10001
7	10010
8	10100
9	11000

# Primeiros códigos alfa numéricos

## A.5.1 Código de 6 bits

Os primeiros códigos utilizados foram os de 6 bits, que permitiam a representação de  $2^6 = 64$  caracteres (Figura 1), que correspondem a:

26 letras maiúsculas.

10 algarismos ( 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ).

28 caracteres chamados especiais, incluindo SP (caractere em espaço em branco).

<i><b>Bits</b></i>	<i><b>543</b></i>							
<i><b>210</b></i>	<i><b>000</b></i>	<i><b>001</b></i>	<i><b>010</b></i>	<i><b>011</b></i>	<i><b>100</b></i>	<i><b>101</b></i>	<i><b>110</b></i>	<i><b>111</b></i>
000	@	C	K	S	)	*	0	8
001	[	D	L	T	-	(	1	9
010	]	E	M	U	+	%	2	'
011	#	F	N	V	<	:	3	;
100	^	G	O	W	=	?	4	/
101	SP	H	P	X	>	!	5	.
110	A	I	Q	Y	&	'	6	"
111	B	J	R	Z	\$	\	7	-

## 3. CÓDIGO ASCII

- (“American Standard Code for Information Interchange”)
  - possui 7 bits (128 caracteres)
  - versão estendida de 8 bits (256 caracteres)
  - mundialmente utilizado para troca de informações entre equipamentos de comunicação
- Código Alfa-numérico:
  - *algarismos;*
  - *caracteres alfabéticos;*
  - *caracteres especiais (% , ? , & , #...);*
  - *caracteres de controle (<RETURN>...)*
- Código de 7 bits:  $X_6 X_5 X_4 X_3 X_2 X_1 X_0$  ( $X = 0$  ou  $1$ )\*

\* Letra **A** → 100 0001; Letra **B** → 100 0010; Letra **a** → 110 0001; Numeral **1** → 011 0001....

## CÓDIGO ASCII

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	00	Null	32	20	Space	64	40	@	96	60	`
1	01	Start of heading	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	02	Start of text	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	03	End of text	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	04	End of transmit	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	05	Enquiry	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	06	Acknowledge	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	07	Audible bell	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	08	Backspace	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	09	Horizontal tab	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	0A	Line feed	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	0B	Vertical tab	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	0C	Form feed	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	0D	Carriage return	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	0E	Shift out	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	0F	Shift in	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	Data link escape	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	Device control 1	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	Device control 2	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	Device control 3	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	Device control 4	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	Neg. acknowledge	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	Synchronous idle	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	End trans. block	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	Cancel	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	End of medium	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	Substitution	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	Escape	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	File separator	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	
29	1D	Group separator	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	Record separator	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	Unit separator	63	3F	?	95	5F		127	7F	□

# CÓDIGO ASCII "estendido"

Dec	Hex	Char									
128	80	Ç	160	A0	á	192	C0	ˆ	224	E0	α
129	81	ü	161	A1	í	193	C1	˜	225	E1	β
130	82	é	162	A2	ó	194	C2	¸	226	E2	Γ
131	83	â	163	A3	ú	195	C3	˘	227	E3	π
132	84	ä	164	A4	ñ	196	C4	¸	228	E4	Σ
133	85	à	165	A5	Ñ	197	C5	˙	229	E5	σ
134	86	ã	166	A6	ª	198	C6	¸	230	E6	μ
135	87	ç	167	A7	º	199	C7	¸	231	E7	τ
136	88	ê	168	A8	¸	200	C8	¸	232	E8	ϕ
137	89	ë	169	A9	¸	201	C9	¸	233	E9	θ
138	8A	è	170	AA	¸	202	CA	¸	234	EA	Ω
139	8B	ï	171	AB	¸	203	CB	¸	235	EB	δ
140	8C	î	172	AC	¸	204	CC	¸	236	EC	∞
141	8D	ì	173	AD	¸	205	CD	=	237	ED	∞
142	8E	Ë	174	AE	«	206	CE	¸	238	EE	ε
143	8F	Ï	175	AF	»	207	CF	¸	239	EF	∩
144	90	É	176	B0	¸	208	DO	¸	240	FO	≡
145	91	æ	177	B1	¸	209	D1	¸	241	F1	±
146	92	Æ	178	B2	¸	210	D2	π	242	F2	≥
147	93	ó	179	B3		211	D3	¸	243	F3	≤
148	94	ö	180	B4	¸	212	D4	¸	244	F4	[
149	95	ò	181	B5	¸	213	D5	¸	245	F5	]
150	96	û	182	B6	¸	214	D6	π	246	F6	÷
151	97	ù	183	B7	¸	215	D7	¸	247	F7	∞
152	98	ÿ	184	B8	¸	216	D8	¸	248	F8	°
153	99	Û	185	B9	¸	217	D9	¸	249	F9	•
154	9A	Ü	186	BA	¸	218	DA	¸	250	FA	·
155	9B	◊	187	BB	¸	219	DB	■	251	FB	√
156	9C	£	188	BC	¸	220	DC	■	252	FC	²
157	9D	¥	189	BD	¸	221	DD	■	253	FD	³
158	9E	ℳ	190	BE	¸	222	DE	■	254	FE	■
159	9F	f	191	BF	¸	223	DF	■	255	FF	□

# Conversão de Binário para ASCII

- Exemplo ⇒ **1001000 1000101 1001100 1010000**

1001000 1000101 1001100 1010000



H

E

L

P

- Resposta ⇒ **HELP**

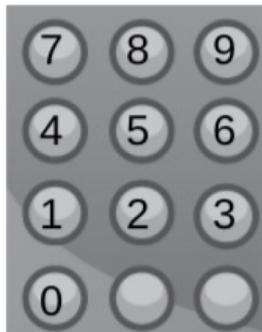
# DECODIFICADORES x CODIFICADORES

## ● Decodificador:

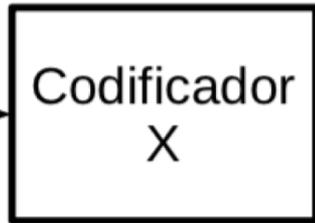
- Circuito digital que faz a conversão de um *código binário* para um outro código ou um número qualquer ;
- Geralmente recebe um código binário na entrada e ativa apenas 1 saída, correspondente ao número decodificado;

## ● Codificador:

- Circuito digital que faz a conversão de um número (ou um código qualquer) para um código binário;
- Geralmente recebe um dado de entrada onde somente um bit é ativado por vez, e tem como saída um código binário de N bits;



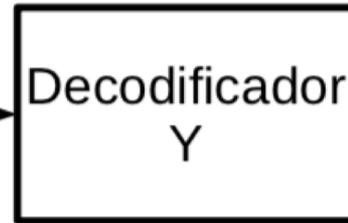
Decimal



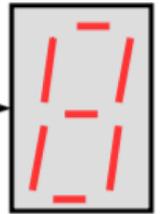
Binário



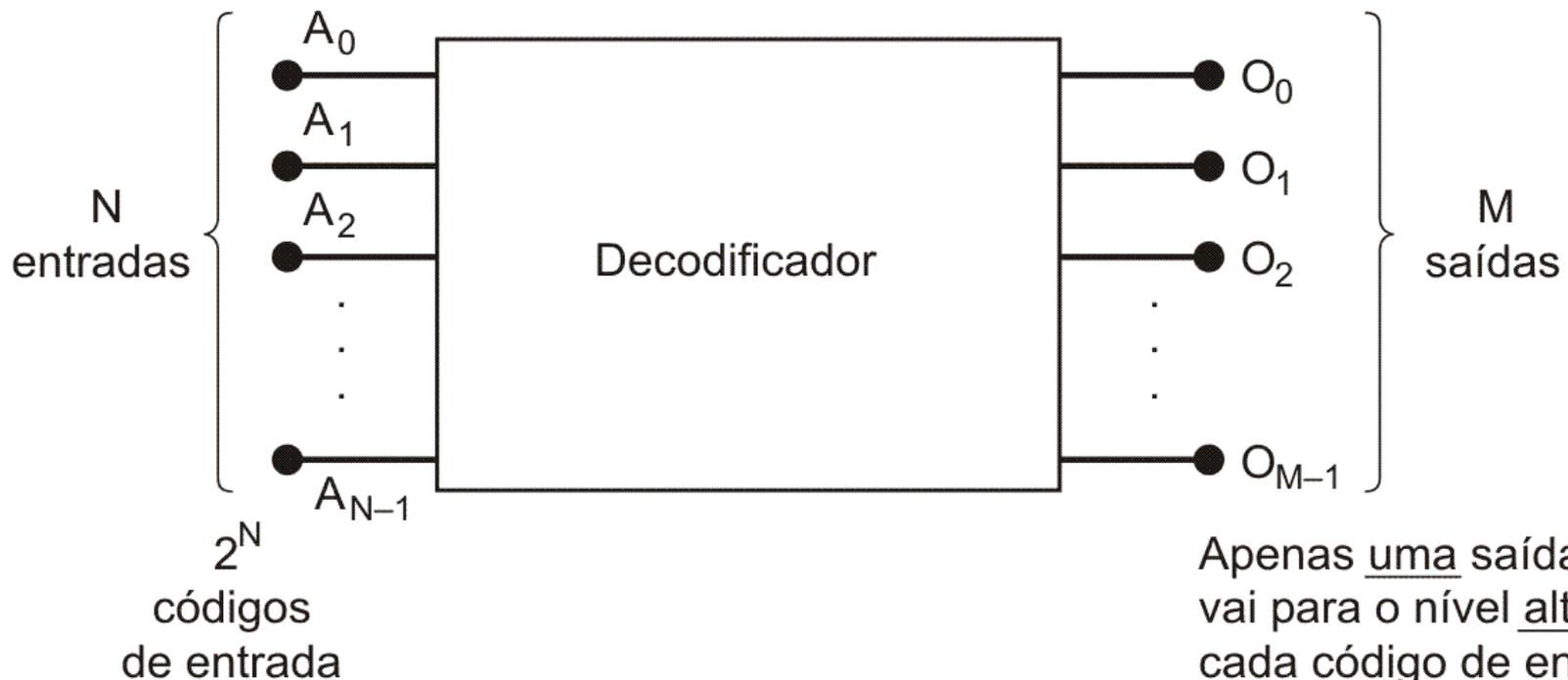
Binário



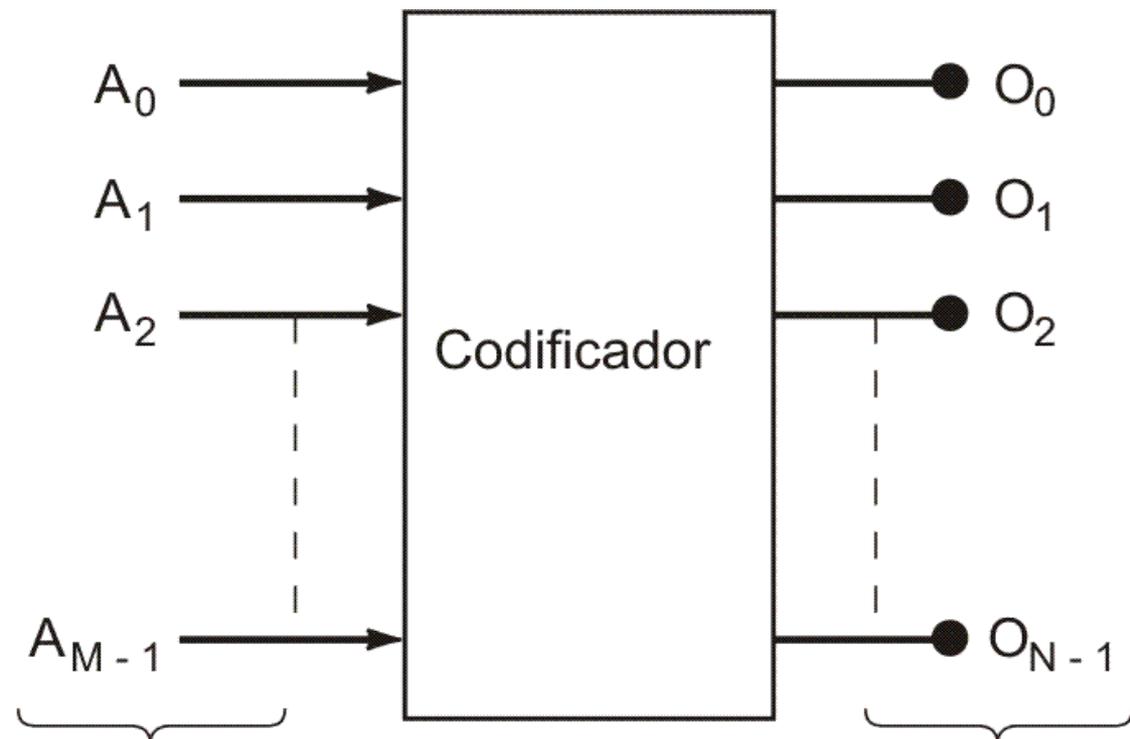
7 segmentos



# 1. Diagrama geral de um DECODIFICADOR



## 2. Diagrama geral de um CODIFICADOR



M entradas com apenas uma em nível ALTO de cada vez

Código de saída de N bits

# CODIFICADORES

## 1. Gray $\rightarrow$ Binário

Decimal	ABCD	$S_3 S_2 S_1 S_0$
0	0000	0 0 0 0
1	0001	0 0 0 1
2	0011	0 0 1 0
3	0010	0 0 1 1
4	0110	0 1 0 0
5	0111	0 1 0 1
6	0101	0 1 1 0
7	0100	0 1 1 1
8	1100	1 0 0 0
9	1101	1 0 0 1
10	1111	1 0 1 0
11	1110	1 0 1 1
12	1010	1 1 0 0
13	1011	1 1 0 1
14	1001	1 1 1 0
15	1000	1 1 1 1

# Gray → Binário

$$S_3 = A$$

ABCD	$S_3$
0000	0
0001	0
0011	0
0010	0
0110	0
0111	0
0101	0
0100	0
1100	1
1101	1
1111	1
1110	1
1010	1
1011	1
1001	1
1000	1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	0	1	1
	01	0	0	1	1
	11	0	0	1	1
	10	0	0	1	1

# Gray → Binário

$$S_2 = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$$

ABCD	$S_2$
0000	0
0001	0
0011	0
0010	0
0110	1
0111	1
0101	1
0100	1
1100	0
1101	0
1111	0
1110	0
1010	1
1011	1
1001	1
1000	1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	1	0	1
	01	0	1	0	1
	11	0	1	0	1
	10	0	1	0	1

# Gray → Binário

$$S_1 = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} = A \oplus B \oplus C$$

ABCD	$S_1$
0000	0
0001	0
0011	1
0010	1
0110	0
0111	0
0101	1
0100	1
1100	0
1101	0
1111	1
1110	1
1010	0
1011	0
1001	1
1000	1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	1	0	1
	01	0	1	0	1
	11	1	0	1	0
	10	1	0	1	0

# Gray → Binário

$$S_0 = A \oplus B \oplus C \oplus D$$

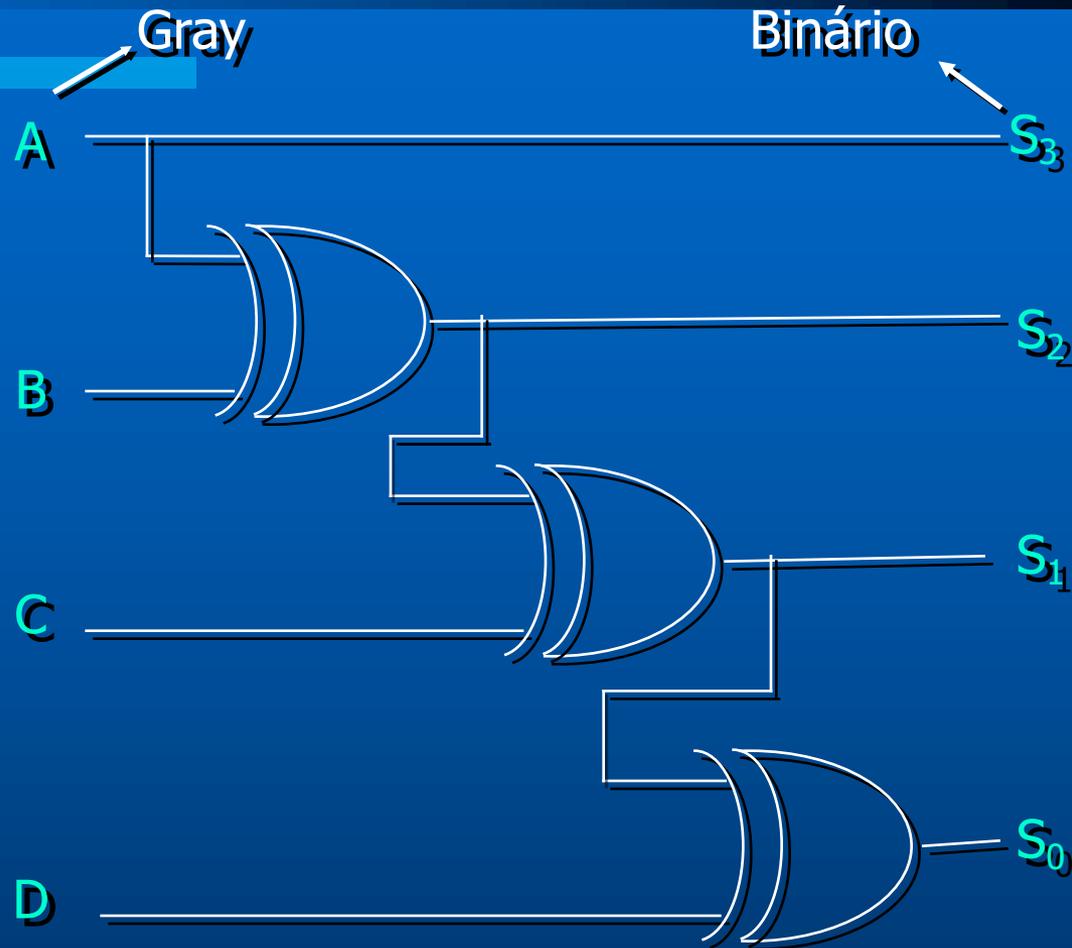
ABCD	$S_2$
0000	0
0001	1
0011	0
0010	1
0110	0
0111	1
0101	0
0100	1
1100	0
1101	1
1111	0
1110	1
1010	0
1011	1
1001	0
1000	1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	1	0	1
	01	1	0	1	0
	11	0	1	0	1
	10	1	0	1	0

# CODIFICADORES

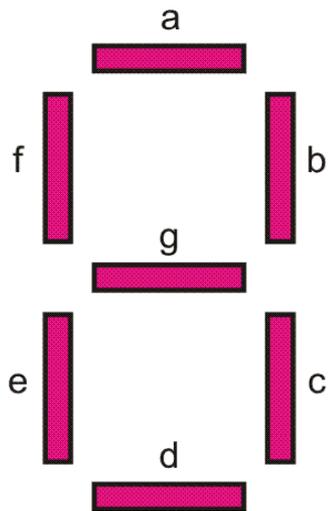
## 1. Gray $\rightarrow$ Binário

ABCD	$S_3 S_2 S_1 S_0$
0000	0 0 0 0
0001	0 0 0 1
0011	0 0 1 0
0010	0 0 1 1
0110	0 1 0 0
0111	0 1 0 1
0101	0 1 1 0
0100	0 1 1 1
1100	1 0 0 0
1101	1 0 0 1
1111	1 0 1 0
1110	1 0 1 1
1010	1 1 0 0
1011	1 1 0 1
1001	1 1 1 0
1000	1 1 1 1

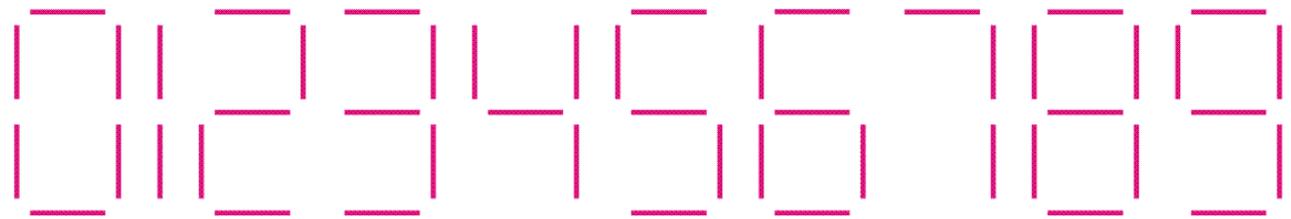


# DECODIFICADORES

## 2. BCD $\rightarrow$ Display de 7 segmentos



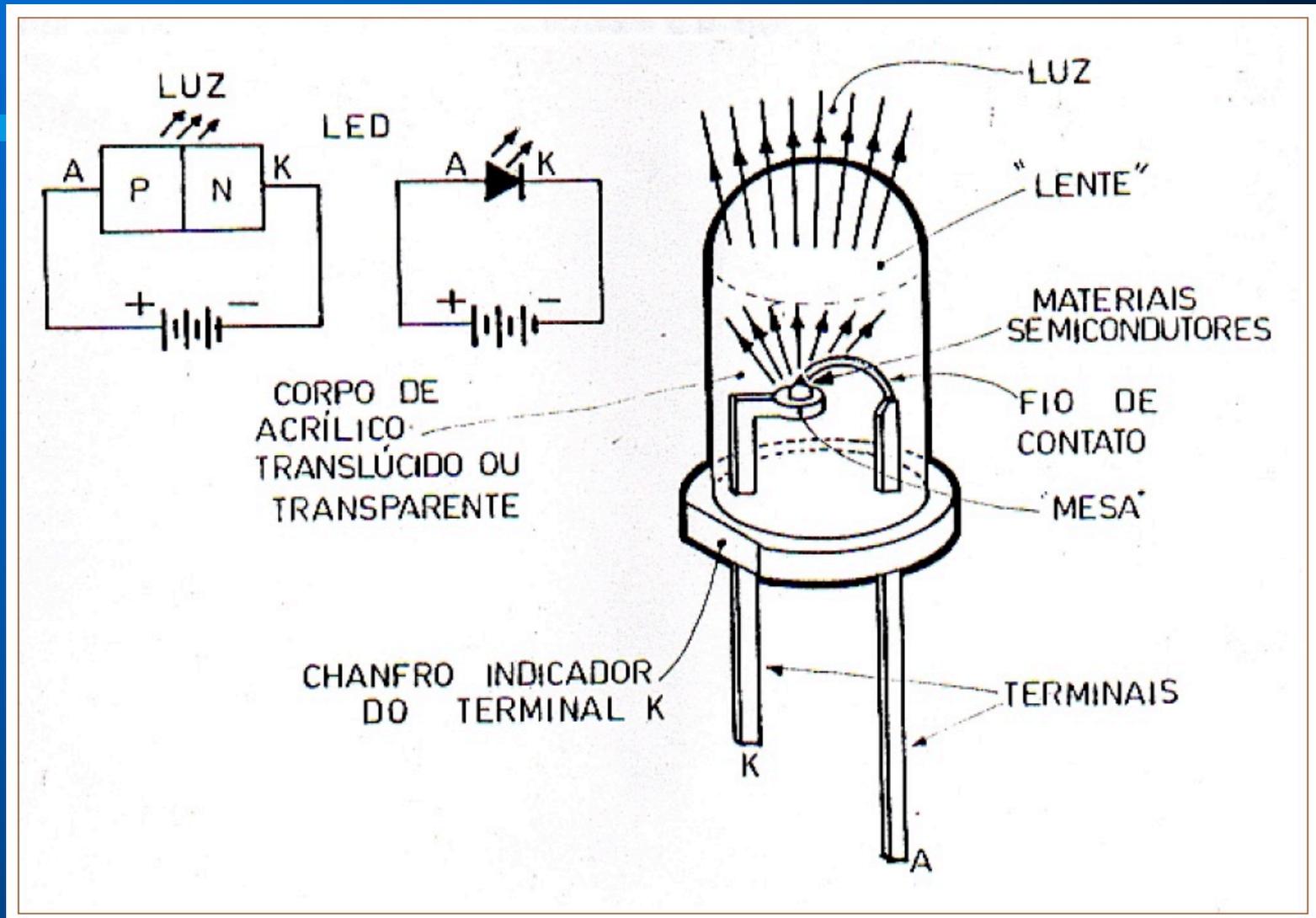
(a)



segmentos  
b e c

(b)

# LED



# Display de 7 Segmentos

- Conjunto de 7 LEDs conectados

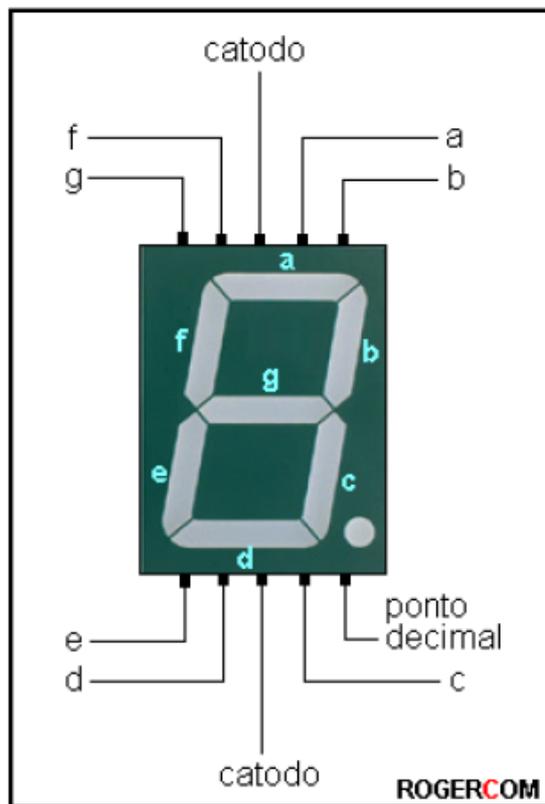


Fig.1 – Display de 7 segmentos

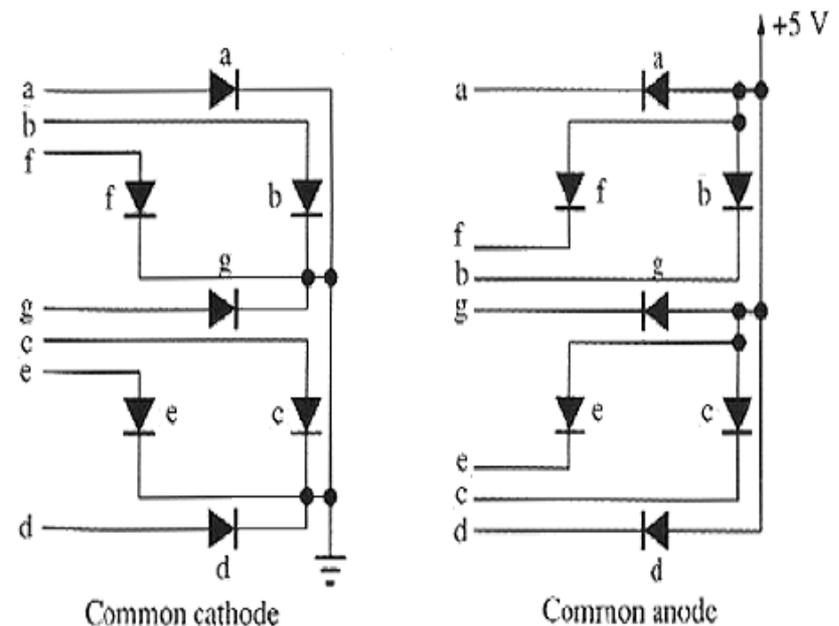
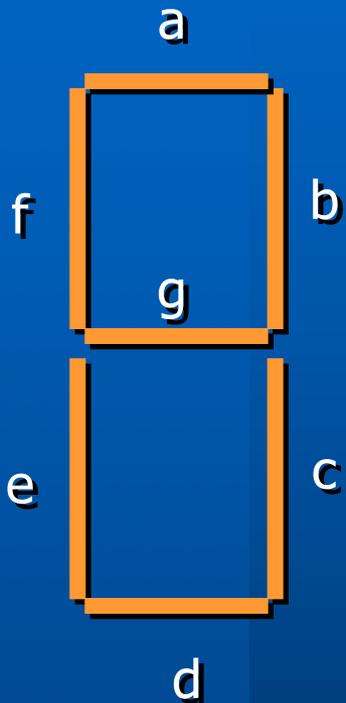


Fig.2 – Display de catodo comum e anodo comum

# Display de 7 Segmentos

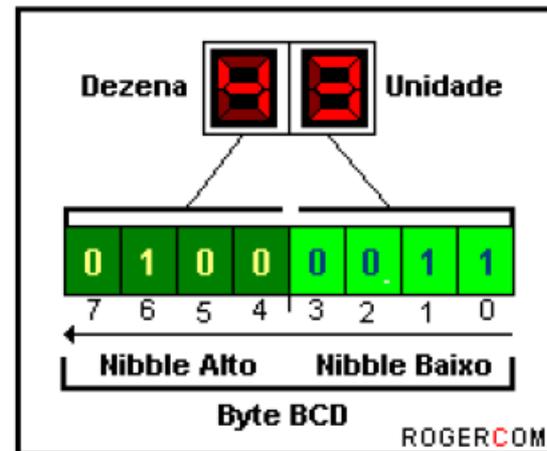
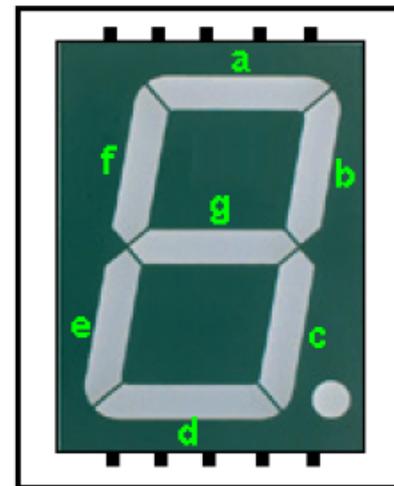


## DISPLAY A LED:

- **catodo comum** (catodos de todos os LEDs aterrados) → acende com nível lógico 1
- **anodo comum** (anodos de todos os LEDs ligados em Vcc) → acende com nível lógico 0

Tabela 1 - Informações e codificação do display

entradas BCD				segmentos de saída						DISPLAY	
D	C	B	A	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	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1

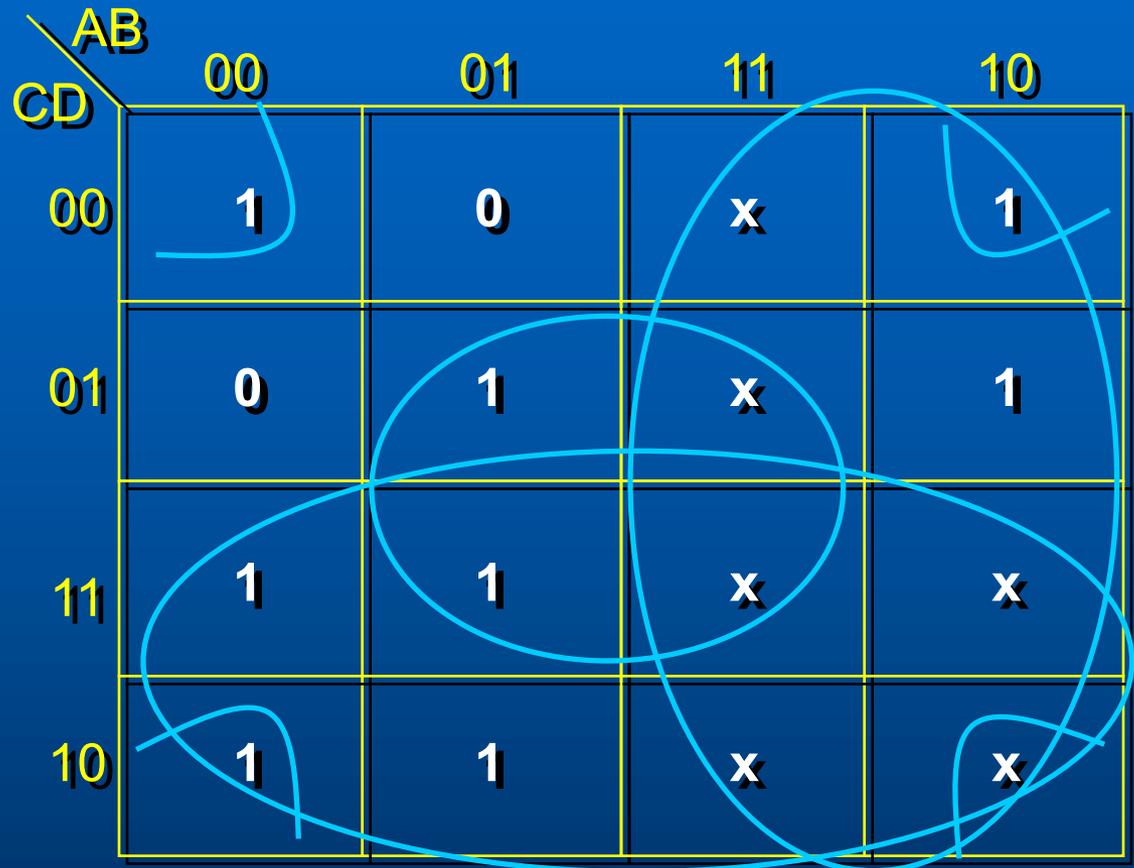




# BCD → Display de 7 segmentos

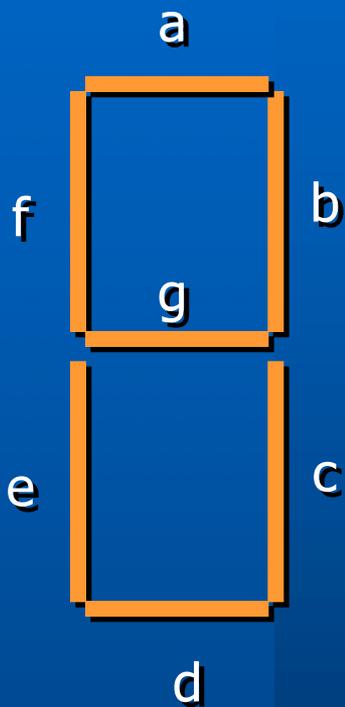
$$a = A + C + \overline{B}\overline{D} + BD = A + C + \overline{B \oplus D}$$

ABCD	a
0000	1
0001	0
0010	1
0011	1
0100	0
0101	1
0110	1
0111	1
1000	1
1001	1
1010	x
1011	x
1100	x
1101	x
1110	x
1111	x



# DECODIFICADORES

## 2. BCD $\rightarrow$ Display de 7 segmentos



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

$$(b) = \overline{B} + \overline{C\overline{D}} + CD = \overline{B} + \overline{C \oplus D}$$

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

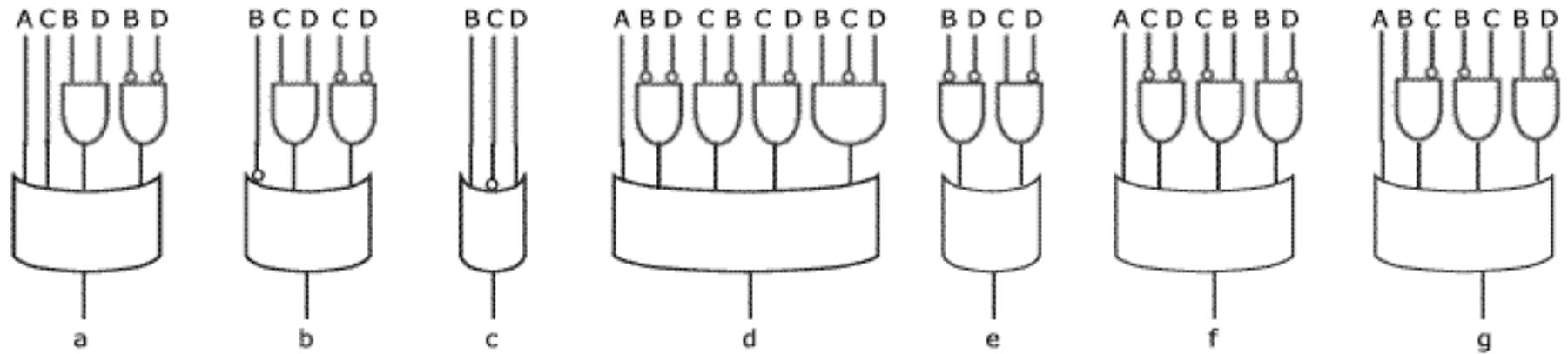
$$(d) = A + \overline{B\overline{D}} + \overline{B}C + C\overline{D} + B\overline{C}D$$

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

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

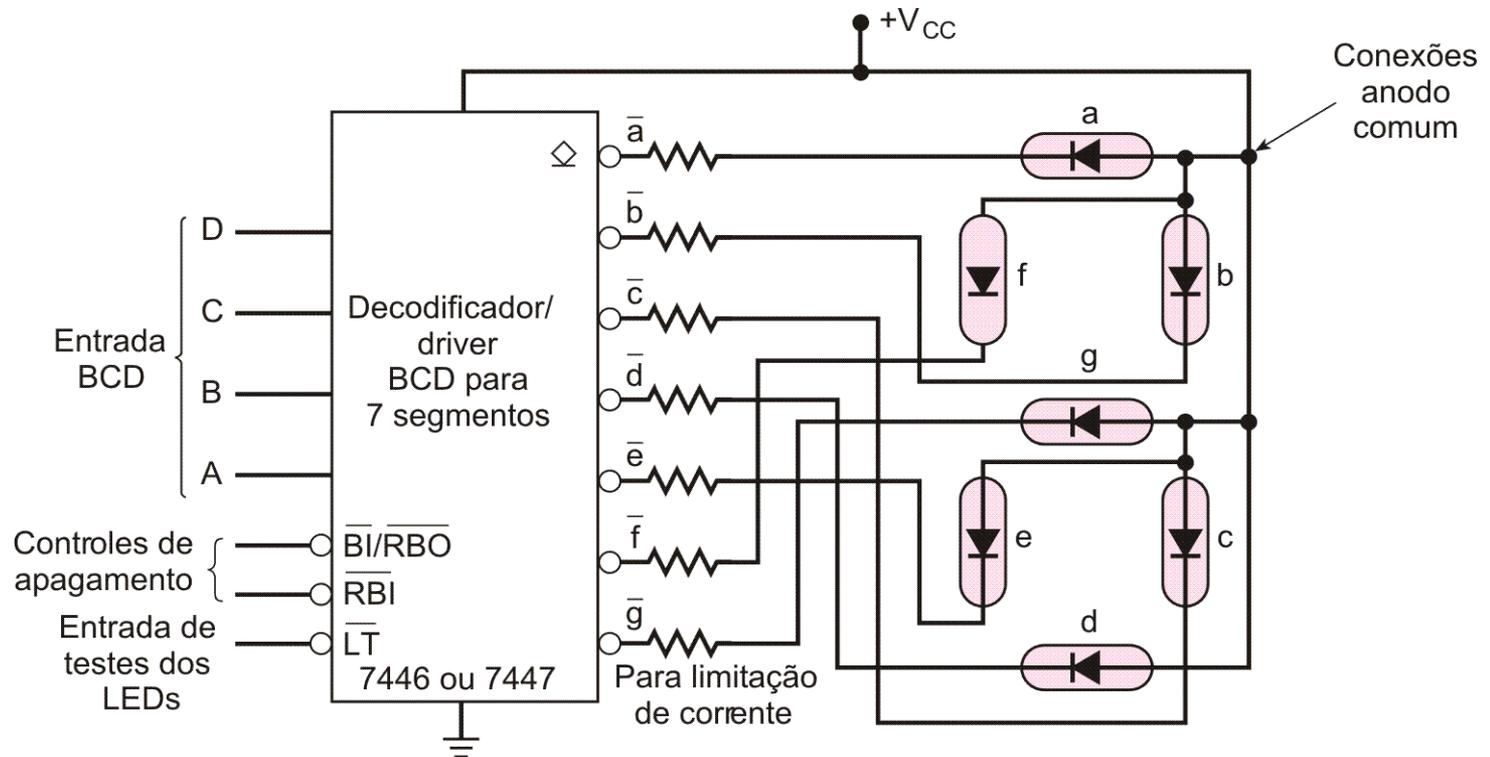
$$(g) = A + \overline{B}C + \overline{B}C + C\overline{D}$$

# ● Circuito Lógico

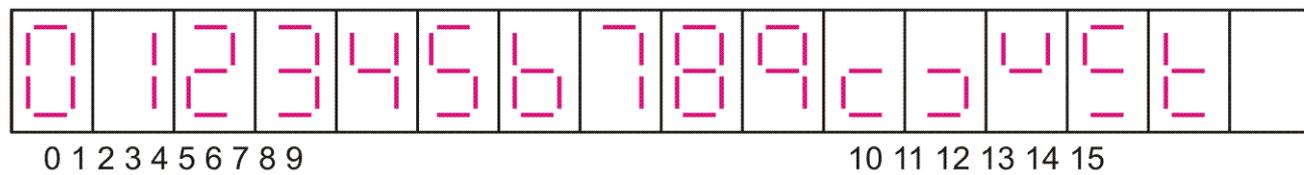


# Decodificador BCD → Display de 7 segmentos

## ● CI Comercial – 7446



(a)



(b)

# DECODIFICADORES

## 3. Binário $\rightarrow$ Decimal (Gerador de Produtos Canônicos)

- Circuito que tem apenas uma saída ativa (alta ou baixa), de acordo com o produto fundamental correspondente colocado na entrada

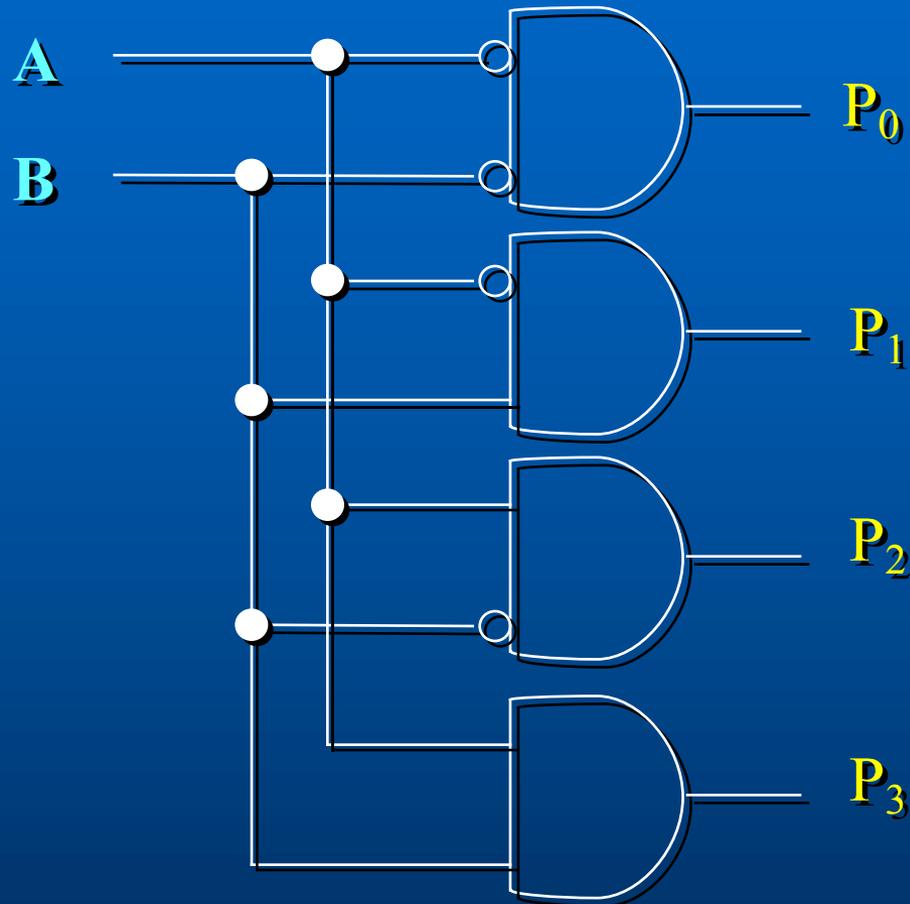
A	B	Produto Fundamental
0	0	$\overline{A} \overline{B}$
0	1	$\overline{A} B$
1	0	$A \overline{B}$
1	1	$A B$

# DECODIFICADORES

## 3. Binário $\rightarrow$ Decimal (Gerador de Produtos Canônicos)

*2 variáveis*

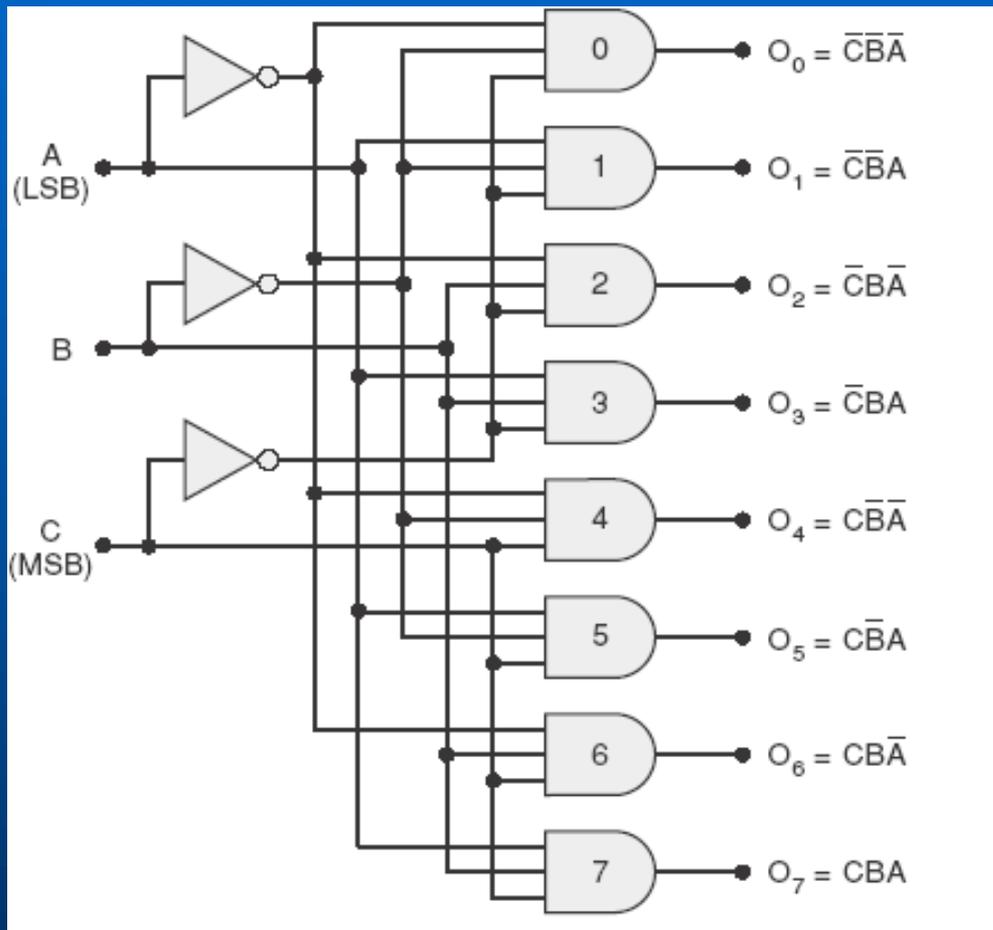
Entrada	Entrada	Saída
$\bar{A}\bar{B}$	0 0	$P_0$
$\bar{A}B$	0 1	$P_1$
$A\bar{B}$	1 0	$P_2$
$AB$	1 1	$P_3$



- Não há combinação de entrada que ative mais de uma saída ao mesmo tempo!

# DECODIFICADORES

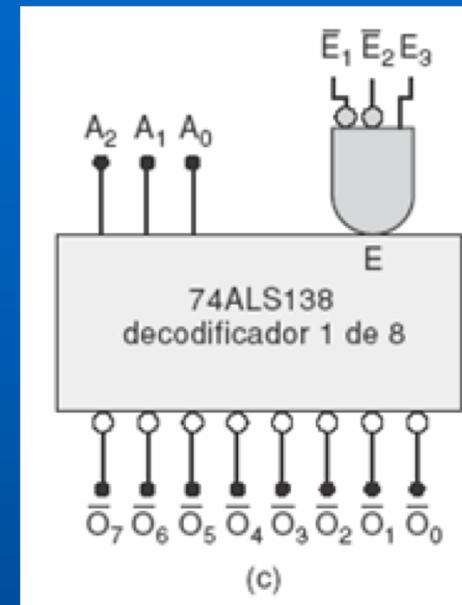
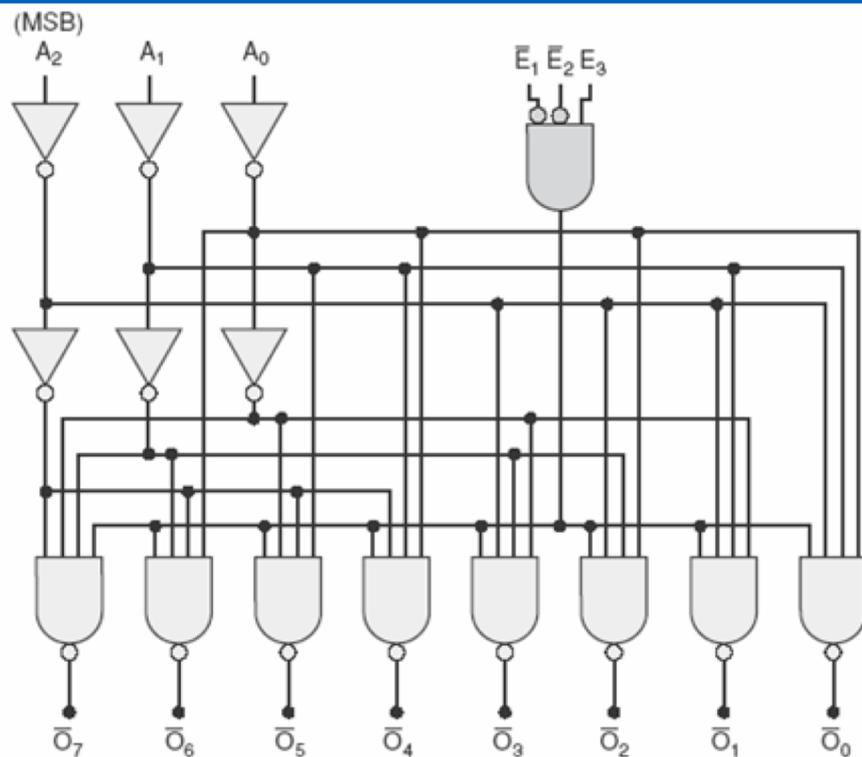
## 3. Binário $\rightarrow$ Decimal (Gerador de Produtos Canônicos)



C	B	A	$O_7$	$O_6$	$O_5$	$O_4$	$O_3$	$O_2$	$O_1$	$O_0$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

# DECODIFICADORES

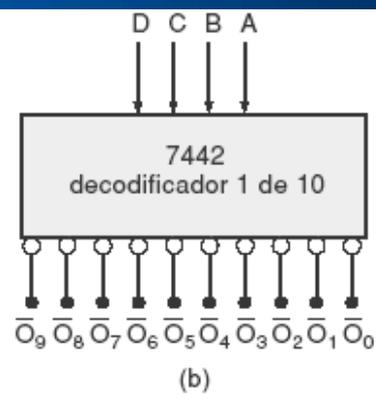
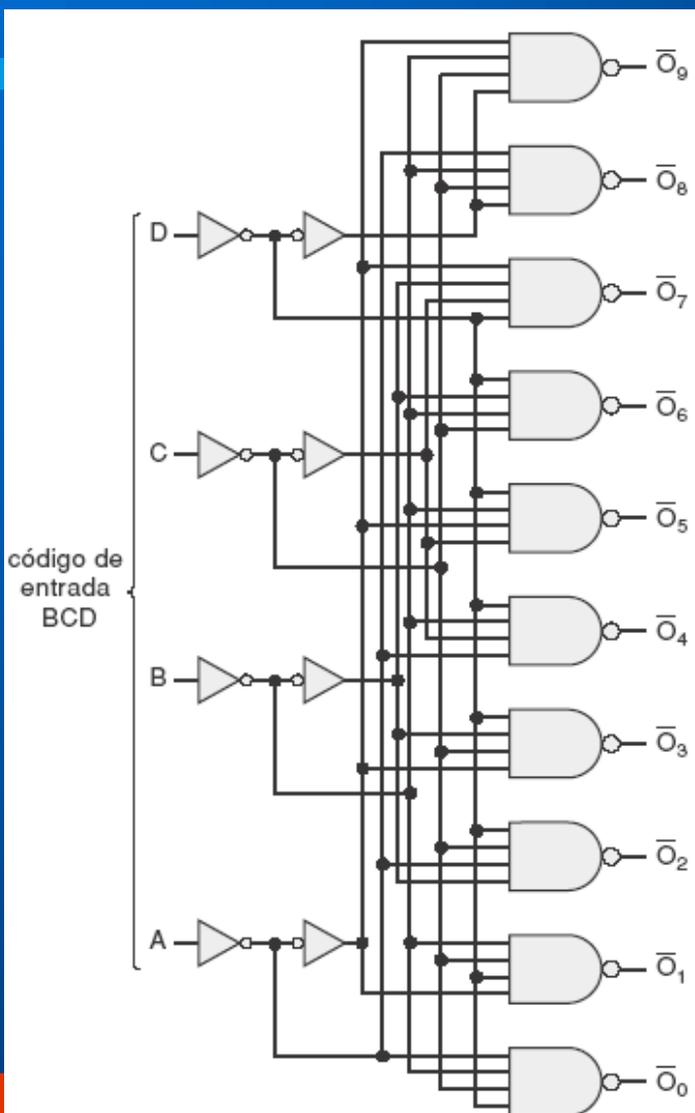
## 3. Comercial 74138 (Binário → Decimal)



$\bar{E}_1$	$\bar{E}_2$	$E_3$	Saídas
0	0	1	Responde a código de entrada $A_2 A_1 A_0$
1	X	X	Desabilitada – todas em nível ALTO
X	1	X	Desabilitada – todas em nível ALTO
X	X	0	Desabilitada – todas em nível ALTO

# DECODIFICADORES

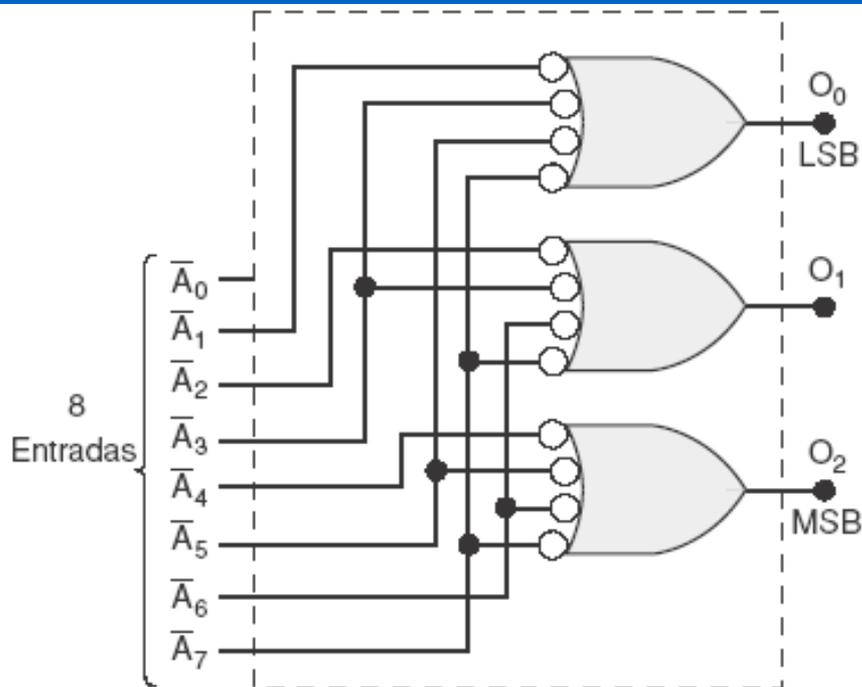
## 4. BCD → Decimal



Entradas				Saída em nível ativo
D	C	B	A	
L	L	L	L	$\bar{O}_0$
L	L	L	H	$\bar{O}_1$
L	L	H	L	$\bar{O}_2$
L	L	H	H	$\bar{O}_3$
L	H	L	L	$\bar{O}_4$
L	H	L	H	$\bar{O}_5$
L	H	H	L	$\bar{O}_6$
L	H	H	H	$\bar{O}_7$
H	L	L	L	$\bar{O}_8$
H	L	L	H	$\bar{O}_9$
H	L	H	L	Nenhuma
H	L	H	H	Nenhuma
H	H	L	L	Nenhuma
H	H	L	H	Nenhuma
H	H	H	L	Nenhuma
H	H	H	H	Nenhuma

# CODIFICADORES

## 5. Octal $\rightarrow$ Binário



Entradas								Saídas		
$\bar{A}_0$	$\bar{A}_1$	$\bar{A}_2$	$\bar{A}_3$	$\bar{A}_4$	$\bar{A}_5$	$\bar{A}_6$	$\bar{A}_7$	$O_2$	$O_1$	$O_0$
X	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
X	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
X	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
X	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
X	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
X	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
X	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
X	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

\*Apenas uma entrada em nível BAIXO de cada vez

FIGURA 9.13

Circuito lógico para um codificador octal para binário (8 linhas para 3 linhas). Para uma operação adequada, apenas uma entrada deve ser ativada de cada vez.

# EXEMPLOS

## ● Decodificador:

- Binário  $\rightarrow$  Gray (4 x 4);
- Binário  $\rightarrow$  Decimal (4 x 10);
- BCD  $\rightarrow$  Display de 7 segmentos (4x7);
- Decodificador 3x8, 4x16, 5x32, etc.

## ● Codificador:

- Gray  $\rightarrow$  Binário (4 x 4);
- Octal  $\rightarrow$  Binário (8 x 3);
- Decimal  $\rightarrow$  BCD (10x4);
- Codificador 8x3, 16x4, 32x5, etc.

FIM