

Circuitos Combinacionais

São aqueles em que a SAÍDA depende única e exclusivamente das COMBINAÇÕES entre as variáveis de ENTRADA.

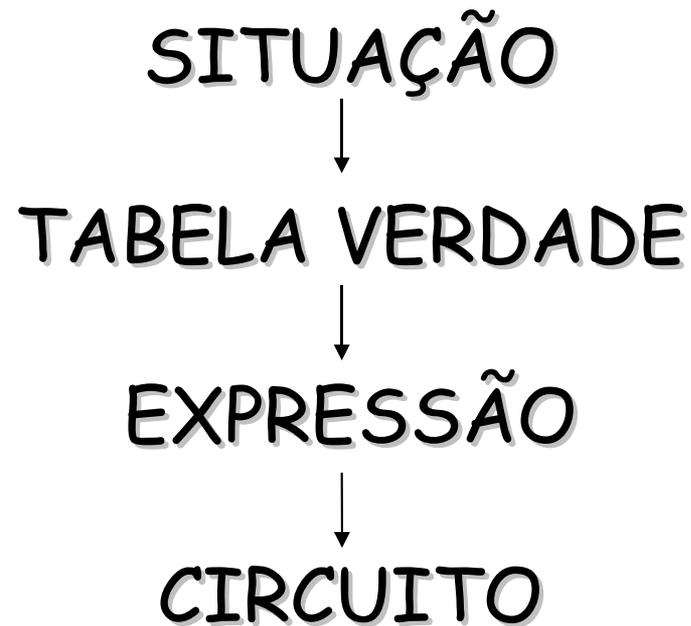
Circuitos Combinacionais

Podemos utilizar Circuitos Combinacionais para solucionar problemas quando necessitamos de uma resposta, quando acontecem determinadas situações, representadas pelas variáveis de entrada.

Circuitos Combinacionais

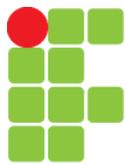
Para construirmos estes circuitos, precisamos da
EXPRESSÃO que representa o circuito, que é
obtida da tabela verdade.

Circuitos Combinacionais



Circuitos Combinacionais

Exercício 1: Projete um circuito combinacional para controlar um cruzamento entre as ruas A e B através de um semáforo.



Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Considere:

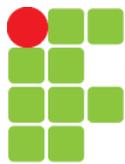
Variáveis de Entrada:

- A: representa SEMÁFORO da rua A;

(fluxo de carros na rua A)

- B: representa SEMÁFORO da rua B;

(fluxo de carros na rua B)



Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Variáveis de Saída:

- VDA: representa sinal verde na rua A;
- VMA: representa sinal vermelho na rua A;
- VDB: representa sinal verde na rua B;
- VMB: representa sinal vermelho na rua B;
- Rua preferencial: A
- Liberar semáforo rua B na ausência de fluxo;

Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Tabela Verdade:

VARIÁVEIS DE ENTRADA		VARIÁVEIS DE SAÍDA			
A	B	VDA	VMA	VDB	VMB

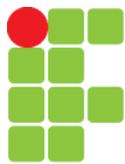


Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Tabela Verdade:

VARIÁVEIS DE ENTRADA		VARIÁVEIS DE SAÍDA			
A	B	VDA	VMA	VDB	VMB
0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1



Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Expressões:

$$VDA = A.\bar{B} + A.B = A.(\bar{B} + B) = A.1 = A$$

$$VMA = \bar{A}.\bar{B} + \bar{A}.B = \bar{A}.\bar{B} + \bar{A}.B = \bar{A}(\bar{B} + B) = \bar{A}.1 = \bar{A}$$

$$VDB = \bar{A}.\bar{B} + \bar{A}.B = \bar{A}.\bar{B} + \bar{A}.B = \bar{A}(\bar{B} + B) = \bar{A}.1 = \bar{A}$$

$$VMB = A.\bar{B} + A.B = A.(\bar{B} + B) = A.1 = A$$

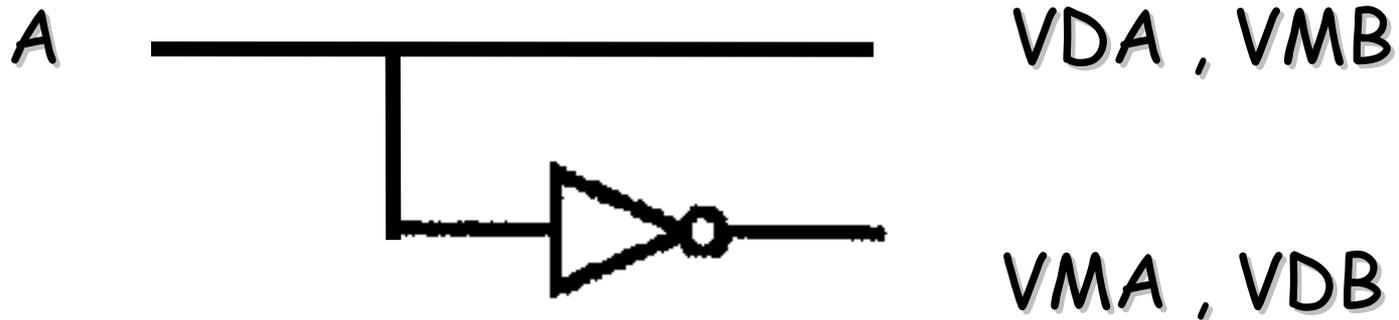
$$VDA = VMB = A$$

$$VMA = VDB = \bar{A}$$

Circuitos Combinacionais

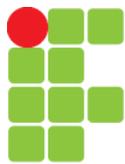
Exercício 1 (continuação):

Circuito:



Circuitos Combinacionais

Repetir o exercício 1 liberando o semáforo da rua A na ausência de fluxo nas duas vias.

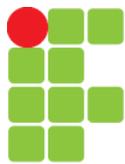


Circuitos Combinacionais

Exercício 2: Projetar um circuito lógico que permita ligar 03 circuitos elétricos (A, B e C). O circuito A tem prioridade sobre B que tem prioridade sobre C. Um gerador é utilizado para alimentar os circuitos em caso de falta de energia da concessionária de energia e somente um circuito pode estar ligado ao gerador.

Circuitos Combinacionais

Exercício 3: Repetir o exercício 1 para um cruzamento de 03 ruas (A, B e C).



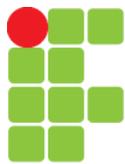
Circuitos Combinacionais

Exercício 4:

Uma fábrica necessita de uma sirene para indicar o fim do expediente. Esta sirene deve ser tocada em uma das seguintes condições:

- Já passa das cinco horas e todas as máquinas estão desligadas.
- É sexta-feira, a produção do dia foi atingida e todas as máquinas estão desligadas.

Projete um circuito que controle a sirene.

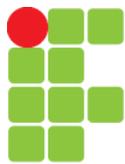


Circuitos Combinacionais

Exercício 5:

Uma estufa deve manter a temperatura interna sempre na faixa entre 15°C e 20°C , controlada automaticamente por um sistema de controle digital. Para isso, foram instalados internamente dois sensores de temperatura que fornecem níveis 0 e 1 das seguintes condições:

- a. $T1 = 1$ para temperaturas maiores ou iguais a 15°C ;
- b. $T2 = 1$ para temperaturas maiores ou iguais a 20°C .

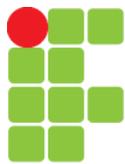


Circuitos Combinacionais

Exercício 5 (continuação):

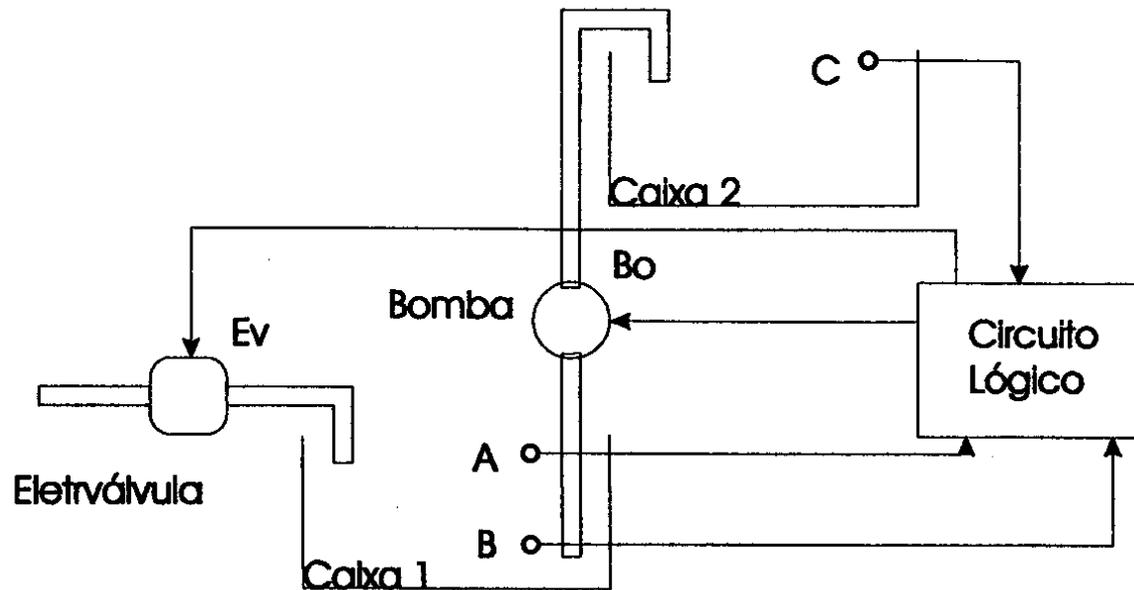
Projetar um circuito combinacional para fazer o controle da temperatura desta estufa através do acionamento de um aquecedor A ou de um resfriador R sempre que a temperatura interna cair abaixo de 15°C ou subir acima de 20°C , (faça um diagrama de blocos).

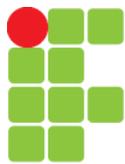
Caso a temperatura interna da estufa esteja dentro da faixa desejada, os sistemas de aquecimento e resfriamento devem estar desligados, ou seja, $A = R = 0$.



Circuitos Combinacionais - Exercícios

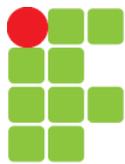
1. Elaborar um circuito lógico que permita controlar uma bomba para encher uma caixa d'água no alto de um edifício a partir de outra, como reservatório, colocada no térreo, conforme mostra a figura. O circuito, através da informação de eletrodos (A, B, C), convenientemente dispostos nas caixas, deve atuar na bomba e numa eletroválvula ligada à canalização de entrada.





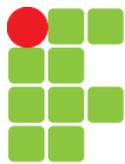
Circuitos Combinacionais - Exercícios

2. Uma indústria possui 4 máquinas de alta potência, podendo ser ligadas, no máximo, 2 delas simultaneamente. Elaborar um circuito lógico para efetuar este controle, respeitando a prioridade de funcionamento da máquina 1 sobre a 2, da 2 sobre a 3 e da 3 sobre a 4. Cada máquina possui um botão para ligá-la.



Circuitos Combinacionais - Exercícios

3. Elaborar um circuito lógico para resolver o seguintes problema: quatro juízes participam de um programa de calouros e cada um tem a sua disposição, uma chave “On/Off” (liga/desliga) correspondendo ao julgamento do candidato (On - aprovado, Off - reprovado). Na saída existem três lâmpadas, correspondentes a três resultados: aprovado (pela maioria), reprovado (pela maioria) ou empate.



Circuitos Combinacionais - Exercícios

- 4 β. Um depósito pode armazenar quatro tipos de produtos químicos (A, B, C e D). Devido à natureza dos produtos torna-se perigoso armazenar num mesmo depósito os produtos B e C, a menos que o produto A esteja presente. O mesmo ocorre com os produtos C e D. Elaborar um circuito lógico que identifique a presença de uma combinação perigosa no depósito.

Circuitos Combinacionais - Exercícios Propostos

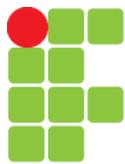
POSTULADOS		
Complementação	Adição	Multiplicação
$A = 0 \rightarrow \bar{A} = 1$ $A = 1 \rightarrow \bar{A} = 0$	$0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1$ $1 + 1 = 1$	$0 \cdot 0 = 0$ $0 \cdot 1 = 0$ $1 \cdot 0 = 0$ $1 \cdot 1 = 1$
IDENTIDADES		
Complementação	Adição	Multiplicação
$\bar{\bar{A}} = A$	$A + 0 = A$ $A + 1 = 1$ $A + A = A$ $A + \bar{A} = 1$	$A \cdot 0 = 0$ $A \cdot 1 = A$ $A \cdot A = A$ $A \cdot \bar{A} = 0$
PROPRIEDADES		
Comutativa:	$A + B = B + A$ $A \cdot B = B \cdot A$	
Associativa:	$A + (B + C) = (A + B) + C = A + B + C$ $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C = A \cdot B \cdot C$	
Distributiva:	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	
TEOREMAS DE MORGAN		
$\overline{(A \cdot B)} = \bar{A} + \bar{B}$ $\overline{(A + B)} = \bar{A} \cdot \bar{B}$		
IDENTIDADES AUXILIARES		
$A + A \cdot B = A$ $A + \bar{A} \cdot B = A + B$ $(A + B) \cdot (A + C) = A + B \cdot C$		

Circuitos Combinacionais - Códigos

Codificadores e Decodificadores

Codificadores: obter um código a partir de uma informação;

Decodificadores: obter uma informação a partir de um código;



Circuitos Combinacionais - Códigos

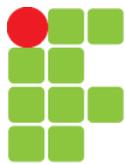


Conversor de código = decodificador + codificador.

Circuitos Combinacionais - Códigos

Código BCD 8421

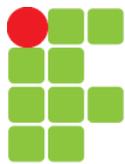
Decimal	BCD 8421
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001



Circuitos Combinacionais - Códigos

Código ASCII

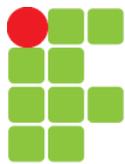
0	00	32 20	64 40 @	96 60	128 80 Ç	160 A0 á	192 C0 □	224 E0 □
1	01 □	33 21	65 41 A	97 61 a	129 81 ü	161 A1 í	193 C1 □	225 E1 □
2	02 ■	34 22 □	66 42 B	98 62 b	130 82 é	162 A2 ó	194 C2 □	226 E2 □
3	03 □	35 23	67 43 C	99 63 c	131 83 â	163 A3 ú	195 C3 □	227 E3 □
4	04 □	36 24 \$	68 44 D	100 64 d	132 84 ã	164 A4 ñ	196 C4 □	228 E4 □
5	05 □	37 25	69 45 E	101 65 e	133 85 à	165 A5 Ñ	197 C5 □	229 E5 □
6	06 □	38 26	70 46 F	102 66 f	134 86 á	166 A6 º	198 C6 □	230 E6 □
7	07 □	39 27 '	71 47 G	103 67 g	135 87 ç	167 A7 °	199 C7 □	231 E7 □
8	08 ■	40 28	72 48 H	104 68 h	136 88 ê	168 A8 ¿	200 C8 □	232 E8 □
9	09 □	41 29	73 49 I	105 69 i	137 89 ë	169 A9	201 C9 □	233 E9 □
10	0A ■	42 2A	74 4A J	106 6A j	138 8A è	170 AA ¬	202 CA □	234 EA □
11	0B ♂	43 2B	75 4B K	107 6B k	139 8B ĩ	171 AB ½	203 CB □	235 EB □
12	0C ♀	44 2C	76 4C L	108 6C l	140 8C î	172 AC ¼	204 CC □	236 EC □
13	0D ♪	45 2D -	77 4D M	109 6D m	141 8D ï	173 AD ¡	205 CD □	237 ED □



Circuitos Combinacionais - Códigos

Código ASCII

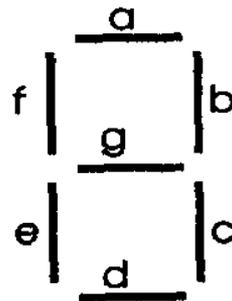
14 0E	46 2E	78 4E	110 6E	142 8E	174 AE	206 CE	238 EE
15 0F	47 2F	79 4F	111 6F	143 8F	175 AF	207 CF	239 EF
16 10	48 30	80 50	112 70	144 90	176 B0	208 D0	240 F0
17 11	49 31	81 51	113 71	145 91	177 B1	209 D1	241 F1
18 12	50 32	82 52	114 72	146 92	178 B2	210 D2	242 F2
19 13	51 33	83 53	115 73	147 93	179 B3	211 D3	243 F3
20 14	52 34	84 54	116 74	148 94	180 B4	212 D4	244 F4
21 15	53 35	85 55	117 75	149 95	181 B5	213 D5	245 F5
22 16	54 36	86 56	118 76	150 96	182 B6	214 D6	246 F6
23 17	55 37	87 57	119 77	151 97	183 B7	215 D7	247 F7
24 18	56 38	88 58	120 78	152 98	184 B8	216 D8	248 F8
25 19	57 39	89 59	121 79	153 99	185 B9	217 D9	249 F9
26 1A	58 3A	90 5A	122 7A	154 9A	186 BA	218 DA	250 FA
27 1B	59 3B	91 5B	123 7B	155 9B	187 BB	219 DB	251 FB
28 1C	60 3C	92 5C	124 7C	156 9C	188 BC	220 DC	252 FC
29 1D	61 3D	93 5D	125 7D	157 9D	189 BD	221 DD	253 FD
30 1E	62 3E	94 5E	126 7E	158 9E	190 BE	222 DE	254 FE
31 1F	63 3F	95 5F	127 7F	159 9F	191 BF	223 DF	255 FF

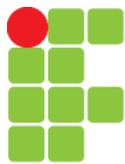


Circuitos Combinacionais - Códigos

Conversor BCD 8421 para “Display” de 7 Segmentos

Este conversor é comumente chamado decodificador BCD para 7 segmentos. O display de 7 segmentos permite à escrita de números de 0 a 9 e alguns símbolos que podem ser letras ou sinais. A seguir mostra-se uma unidade de display com a identificação dos segmentos.



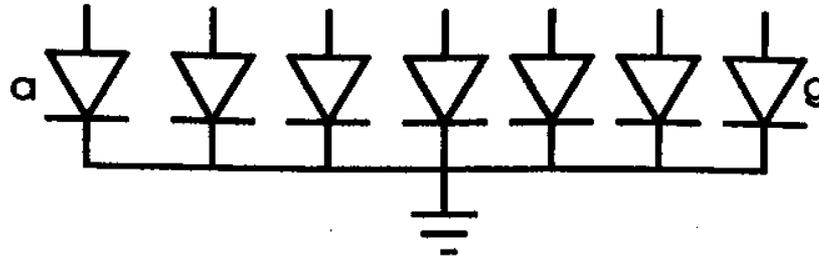


Circuitos Combinacionais - Códigos

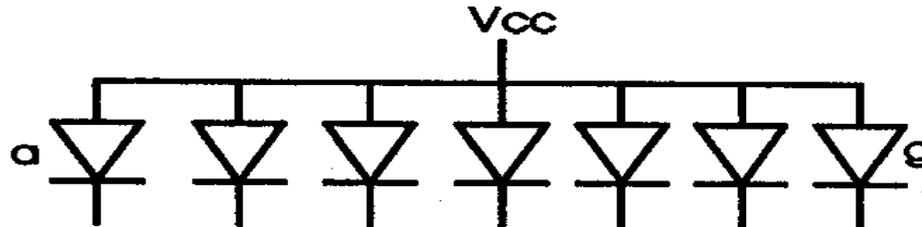
Conversor BCD 8421 para “Display” de 7 Segmentos

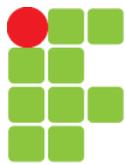
Será suposto que para acender qualquer dos segmentos é necessário ativar o referido segmento. Assim tem-se dois tipos de display:

Com cátodo comum - lógica positiva ou ativo alto.



Com ânodo comum:



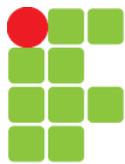


Circuitos Combinacionais - Códigos

Um conversor de código que passe de BCD 8421 para display de 7 segmentos é mostrado na tabela a seguir.

BCD 8421 ABCD	Decimal	Código para 7 segmentos						
		a	b	c	d	e	f	g
0000	0	1	1	1	1	1	1	0
0001	1	0	1	1	0	0	0	0
0010	2	1	1	0	1	1	0	1
0011	3	1	1	1	1	0	0	1
0100	4	0	1	1	0	0	1	1
0101	5	1	0	1	1	0	1	1
0110	6	0	0	1	1	1	1	1
0111	7	1	1	1	0	0	0	0
1000	8	1	1	1	1	1	1	1
1001	9	1	1	1	1	0	1	1
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X

Obs.: Display com cátodo comum.

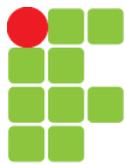


Circuitos Combinacionais - Códigos

Um conversor de código que passe de BCD 8421 para display de 7 segmentos é mostrado na tabela a seguir.

BCD 8421 ABCD	Decimal	Código para 7 segmentos						
		a	b	c	d	e	f	g
0000	0	1	1	1	1	1	1	0
0001	1	0	1	1	0	0	0	0
0010	2	1	1	0	1	1	0	1
0011	3	1	1	1	1	0	0	1
0100	4	0	1	1	0	0	1	1
0101	5	1	0	1	1	0	1	1
0110	6	0	0	1	1	1	1	1
0111	7	1	1	1	0	0	0	0
1000	8	1	1	1	1	1	1	1
1001	9	1	1	1	1	0	1	1
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X
	N.T.	X	X	X	X	X	X	X

Obs.: Display com cátodo comum.



Circuitos Combinacionais - Códigos

As expressões simplificadas são:

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

$$b = B + \overline{C}.D + C.D$$

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

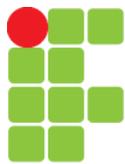
$$d = A + \overline{B}.D + C.\overline{B} + C.D + B.\overline{C}.D$$

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

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

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

Como será o circuito?



Circuitos Combinacionais - Códigos

.Decodificador Binário (ou simplesmente decodificador)

É um decodificador que admite todas as possíveis combinações binárias da palavra de entrada. É comumente denominado simplesmente por decodificador. Para uma palavra com dois bits este decodificador apresenta a seguinte tabela da verdade:

A	B	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

$$S_0 = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$S_1 = \overline{A} \cdot B$$

$$S_2 = A \cdot \overline{B}$$

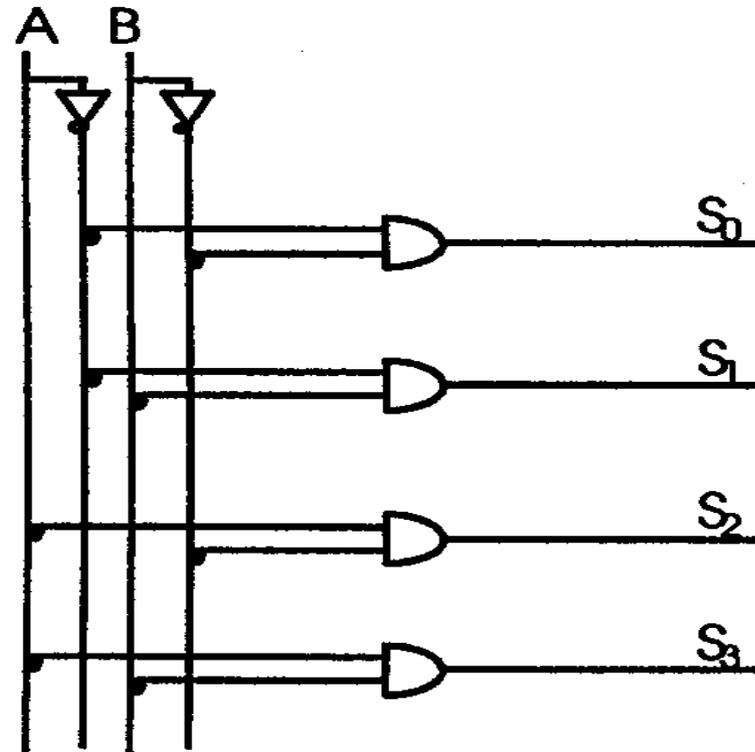
$$S_3 = A \cdot B$$

Da tabela acima obtemos as seguintes expressões:

Circuitos Combinacionais - Códigos

.Decodificador Binário (ou simplesmente decodificador)

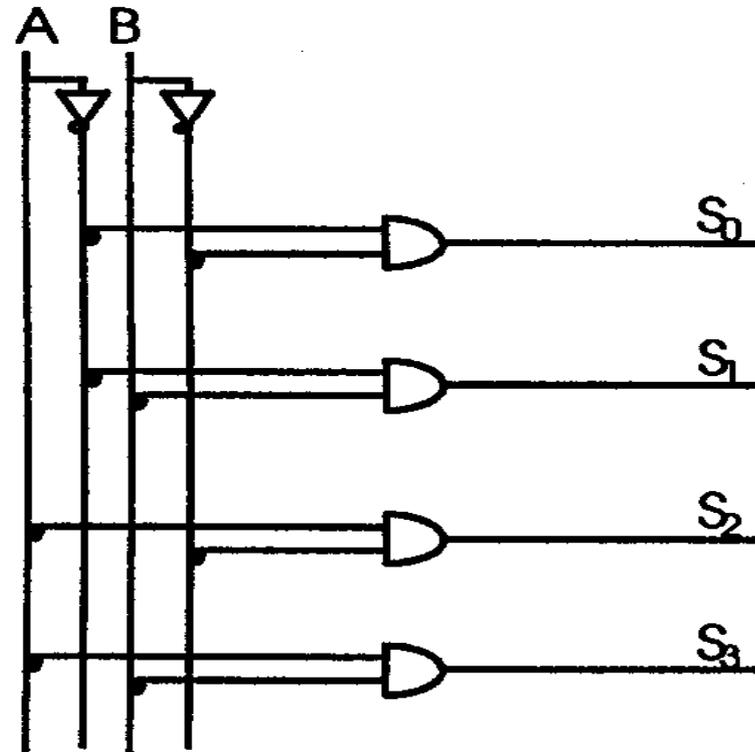
O circuito então fica sendo:

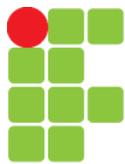


Circuitos Combinacionais - Códigos

.Decodificador Binário (ou simplesmente decodificador)

O circuito então fica sendo:





Circuitos Combinacionais - Códigos

Exemplo de circuitos utilizando portas lógicas:

A) Uma campainha que toca (saída) se o motorista der a partida no motor do carro (entrada) sem estar com o cinto de segurança afivelado (entrada). Se a ignição for ACIONADA (1) e o cinto estiver DESAFIVELADO (1), a campainha é ACIONADA (1). Caso contrário, a campainha não toca

Tabela Verdade:

Ignição	Cinto	Campainha
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Basta incluir uma porta AND.



Circuitos Combinacionais - Códigos

B) Detector de incêndio com vários sensores (entradas) e uma campainha para alarme (saída). Se QUALQUER UM dos sensores for acionado (significando que um dos sensores detectou sinal de incêndio), a campainha é ACIONADA.

Tabela verdade:

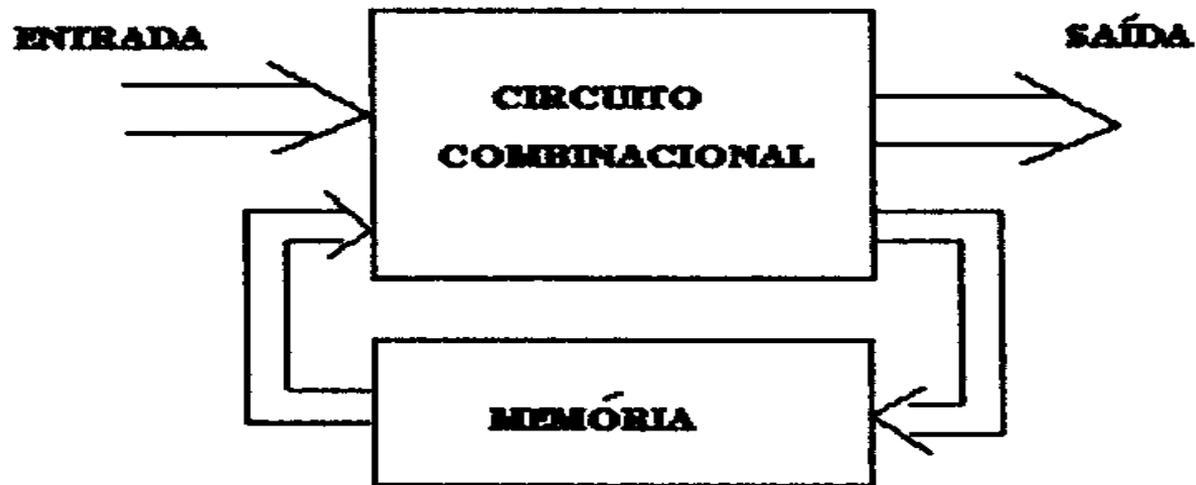
Sensor 1	Sensor 2	Campainha
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

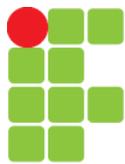
Basta incluir uma porta OR.

Circuitos Sequenciais - Flip-Flop



Fig. 1.a - Circuito Combinacional





Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop SR Sincronizado

Como já visto, as entradas S e R determinam o que será armazenado no flip-flop. Desta forma, pode-se dizer que as mesmas constituem-se em entradas de dados. Entretanto, em inúmeras situações práticas (sistemas sincronizados) é desejável que os dados, definidos pelas entradas S e R, sejam adquiridos somente em determinados intervalos. Para facilitar este processo é introduzido, conforme mostram as figuras 7.a e 7.b, um sinal de sincronismo ("clock") controlando a entrada de dados através de duas portas AND.

Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop SR Sincronizado

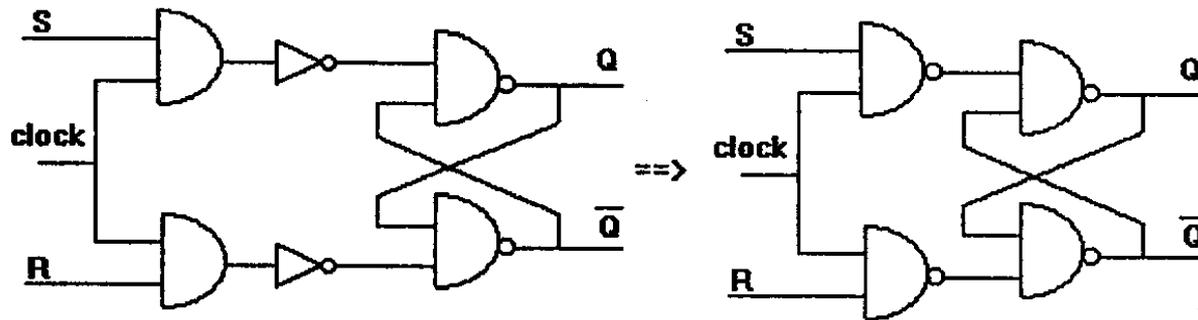
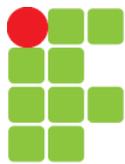


TABELA VERDADE

S	R	CLK	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}
X	X	0	Q^n	\bar{Q}^n
0	0	1	Q^n	\bar{Q}^n
0	1	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	1	1

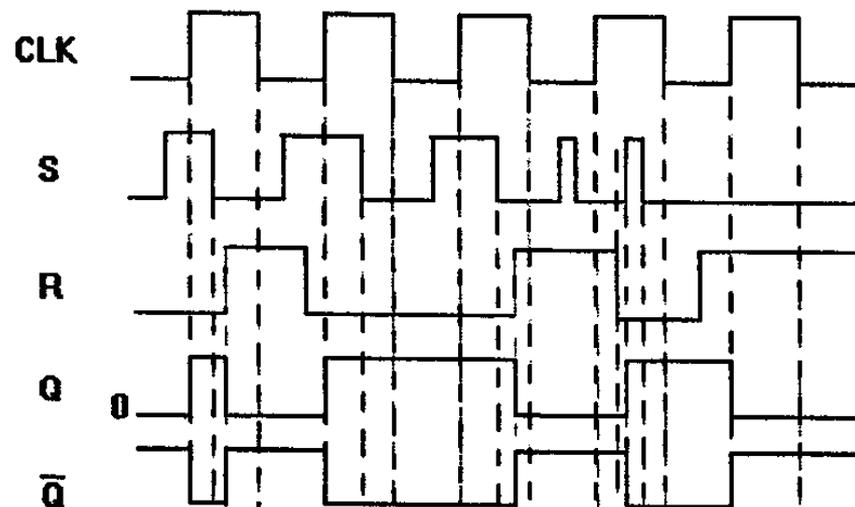
(proibido)

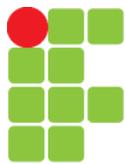


Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop SR Sincronizado

O processo de aquisição e armazenamento descrito é ilustrado no diagrama de tempo mostrado na figura 8.





Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop Tipo D Sincronizado

Em algumas situações as entradas (linhas) de dados S e R podem oferecer dificuldades adicionais. Por exemplo, para se armazenar os dados provenientes de algum dispositivo através de linhas é necessário estabelecer $S=1$ e $R=0$ para se obter $Q=1$, e $S=0$ e $R=1$ para se obter $Q=0$, ou seja manipular as duas entradas. Tal fato, pode ainda levar a ocorrência, por descuido, do estado proibido. Com o objetivo de facilitar o armazenamento de dados o flip-flop tipo D apresenta-se como uma possível solução, pois o mesmo requer somente uma entrada de dados. O esquema da figura 9 mostra o flip-flop tipo D.

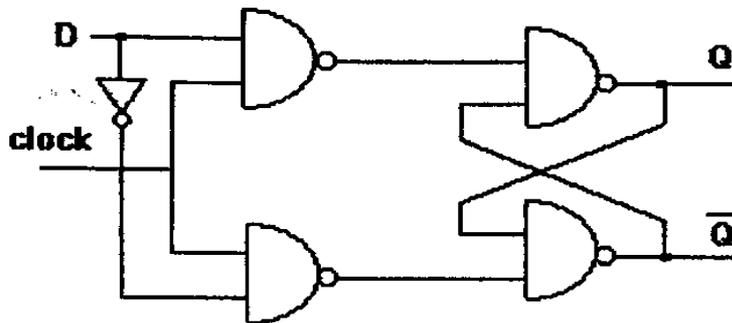
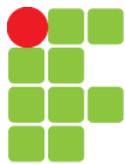


TABELA VERDADE

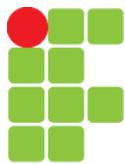
D	CLK	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}
X	0	Q^n	\bar{Q}^n
0	1	0	1
1	1	1	0



Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop com Entradas Assíncronas

Entradas assíncronas são aquelas que quando ativadas atuam independentemente do sinal de clock, ou seja verifica-se o seu efeito imediatamente. Quando as entradas assíncronas estão desativadas permitem a operação normal do flip-flop. Estas entradas são normalmente utilizadas para se inicializar (reinicializar) o flip-flop. A figura 10 mostra o flip-flop SR sincronizado com entradas assíncronas PRESET (PR) e CLEAR (CLR).



Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop com Entradas Assíncronas

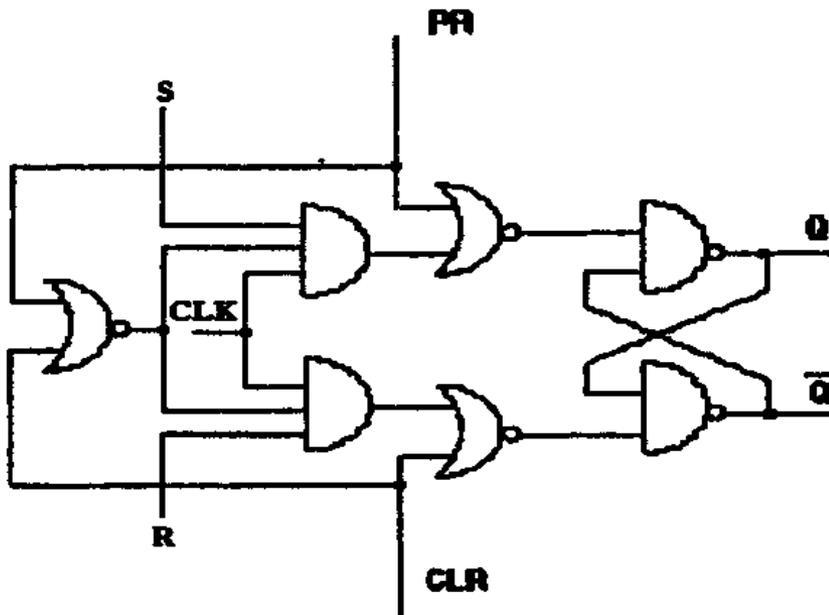
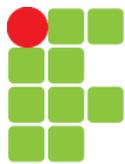


TABELA VERDADE

PR	CLR	S	R	CLK	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}
1	1	X	X	X	1	1
1	0	X	X	X	1	0
0	1	X	X	X	0	1
0	0	X	X	0	Q^n	\bar{Q}^n
0	0	0	0	1	Q^n	\bar{Q}^n
0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1

[proibido]

[proibido]



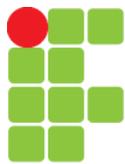
Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop JK

O flip-flop JK tem por objetivo eliminar a incompatibilidade surgida quando efetua-se, com $clk=1$, $S=R=1$ no flip-flop SR.

TABELA VERDADE

J	K	CLK	Q^{n+1}
X	X	0	Q^n
0	0	1	Q^n
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	\bar{Q}^n (oscila)



Circuitos Sequenciais - Flip-Flop

Flip-Flop Tipo T ("toggle")

É um flip-flop com uma única entrada, onde J e K são conectados em um único ponto denominado de entrada T. O símbolo e a tabela verdade deste flip-flop são mostrados na figura 18.

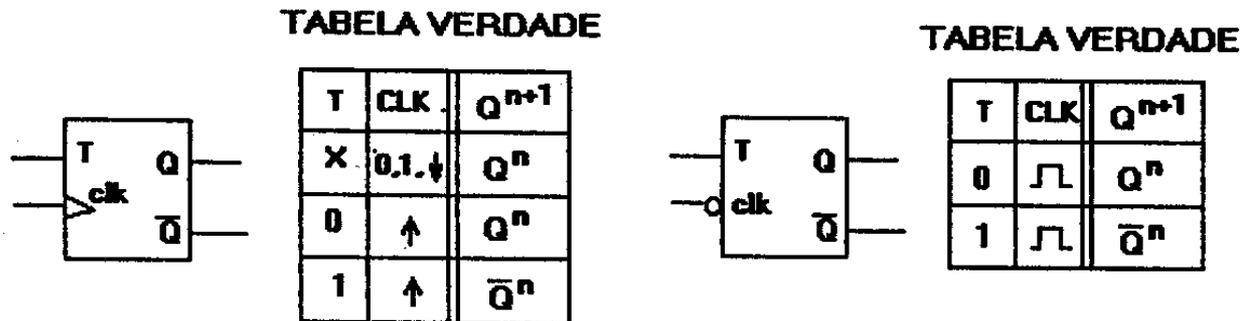


Fig. 18 - Flip-flop tipo T

Se a entrada T for levada a 1 este flip-flop opera como um divisor de frequência.