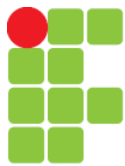


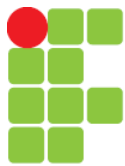
Circuitos Combinacionais

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



Circuitos Combinacionais

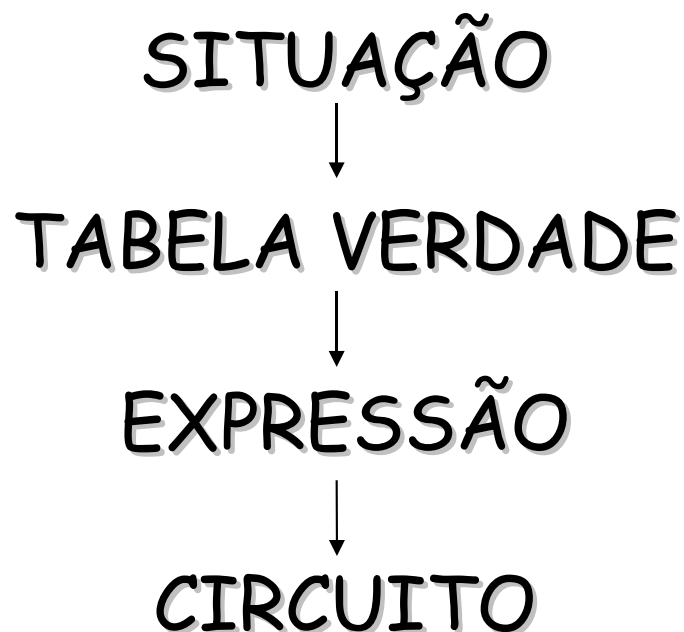
Podemos utilizar Circuitos Combinacionais para solucionar problemas quando necessitamos de uma resposta, quando acontecem determinadas situações, representadas pelas variáveis de entrada.

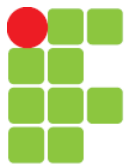


Circuitos Combinacionais

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.



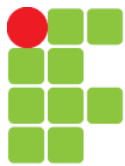
Circuitos Combinacionais

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:

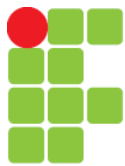
- VDA: representa sinal verde na rua A;
- VMA: representa sinal vermelho na rua A;
- VDB: representa sinal verde na rua B;
- VMB: representa sinal vermelho na rua B;
- Rua preferencial: A
- Liberar semáforo rua B na ausência de fluxo;

Circuitos Combinacionais

Exercício 1 (continuação):

Tabela Verdade:

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

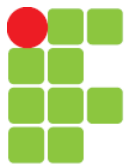


Circuitos Combinacionais

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:

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

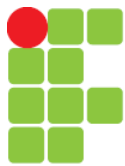
$$VMA = \bar{A}.\bar{B} + \bar{A}.B = \bar{A}.(\bar{B} + B) = \bar{A}.1 = \bar{A}$$

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

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

$$VDA = VMB = A$$

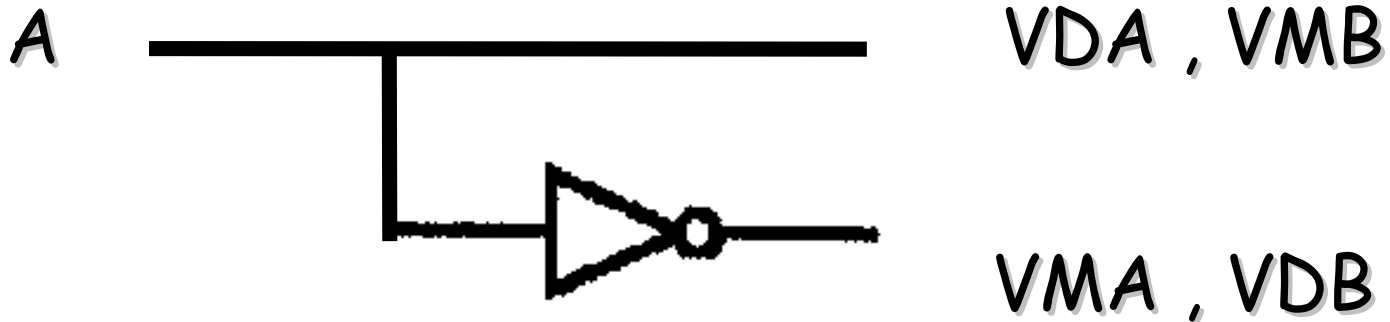
$$VMA = VDB = \bar{A}$$



Circuitos Combinacionais

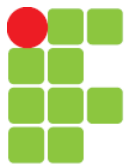
Exercício 1 (continuação):

Circuito:



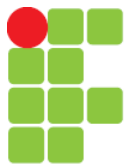
Circuitos Combinacionais

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).



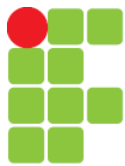
Circuitos Combinacionais

Exercício 4:

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

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

Projete um circuito que controle a sirene.

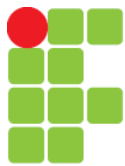


Circuitos Combinacionais

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):

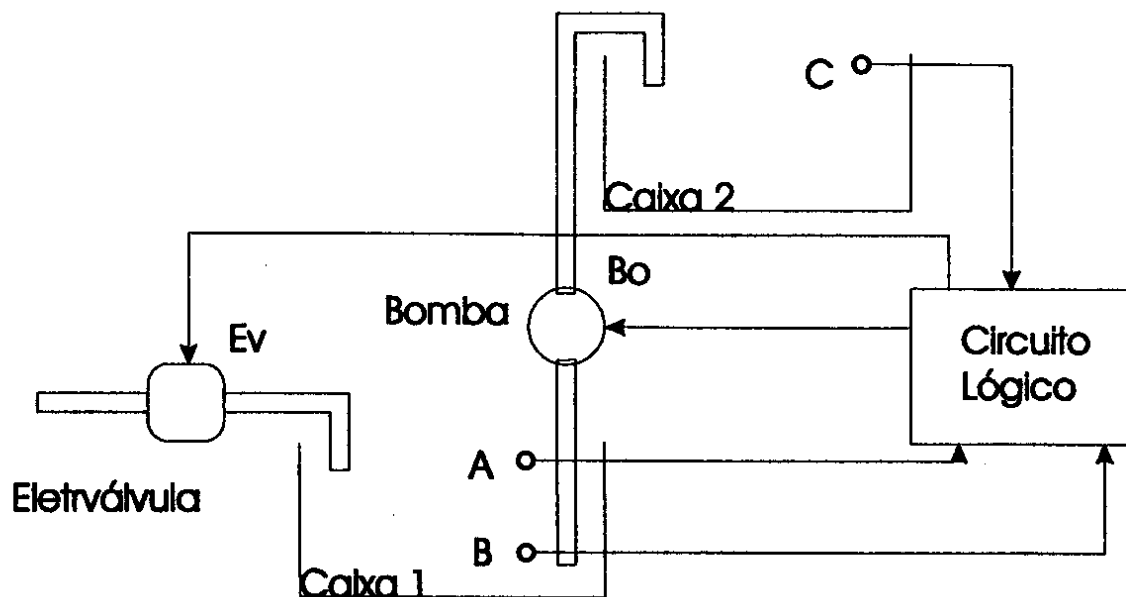
Projetar um circuito combinacional para fazer o controle da temperatura desta estufa através do acionamento de um aquecedor A ou de um resfriador R sempre que a temperatura interna cair abaixo de 15°C ou subir acima de 20°C , (faça um diagrama de blocos).

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. 4. 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.



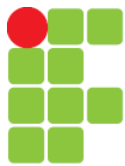
Circuitos Combinacionais - Exercícios

4. 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
$A = 0 \rightarrow \overline{A} = 1$ $A = 1 \rightarrow \overline{A} = 0$	$0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1$ $1 + 1 = 1$	$0 . 0 = 0$ $0 . 1 = 0$ $1 . 0 = 0$ $1 . 1 = 1$
IDENTIDADES		
Complementação	Adição	Multiplicação
$\overline{\overline{A}} = A$	$A + 0 = A$ $A + 1 = 1$ $A + A = A$ $A + \overline{A} = 1$	$A . 0 = 0$ $A . 1 = A$ $A . A = A$ $A . \overline{A} = 0$
PROPRIEDADES		
Comutativa:	$A + B = B + A$ $A . B = B . A$	
Associativa:	$A + (B + C) = (A + B) + C = A + B + C$ $A . (B . C) = (A . B) . C = A . B . C$	
Distributiva:	$A . (B + C) = A . B + A . C$	
TEOREMAS DE MORGAN		
$\overline{(A . B)} = \overline{A} + \overline{B}$ $\overline{(A + B)} = \overline{A} . \overline{B}$		
IDENTIDADES AUXILIARES		
$A + A . B = A$ $A + \overline{A} . B = A + B$ $(A + B) . (A + C) = A + B . C$		

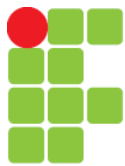


Circuitos Combinacionais - Códigos

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

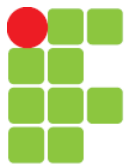
0	00		32	20		64	40	@	96	60		128	80	Ç	160	A0	á	192	C0	□	224	E0	□
1	01	□	33	21		65	41	A	97	61	a	129	81	ü	161	A1	í	193	C1	□	225	E1	□
2	02	■	34	22	□	66	42	B	98	62	b	130	82	é	162	A2	ó	194	C2	□	226	E2	□
3	03	□	35	23		67	43	C	99	63	c	131	83	â	163	A3	ú	195	C3	□	227	E3	□
4	04	□	36	24	\$	68	44	D	100	64	d	132	84	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	â	166	A6	ª	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	ï	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	ì	173	AD	¡	205	CD	□	237	ED	□



Circuitos Combinacionais - Códigos

Código ASCII

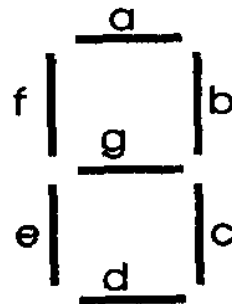
14 0E ¤	46 2E ¨	78 4E N	110 6E n	142 8E Ä	174 AE «	206 CE □	238 EE □
15 0F □	47 2F /	79 4F O	111 6F o	143 8F Å	175 AF »	207 CF □	239 EF □
16 10 ►	48 30 0	80 50 P	112 70 p	144 90 É	176 B0 □	208 D0 □	240 F0 □
17 11 ◄	49 31 1	81 51 Q	113 71 q	145 91 æ	177 B1 □	209 D1 □	241 F1 □
18 12 □	50 32 2	82 52 R	114 72 r	146 92 Æ	178 B2 □	210 D2 □	242 F2 □
19 13	51 33 3	83 53 S	115 73 s	147 93 ô	179 B3 □	211 D3 □	243 F3 □
20 14 ¶	52 34 4	84 54 T	116 74 t	148 94 ö	180 B4 □	212 D4 □	244 F4 □
21 15 §	53 35 5	85 55 U	117 75 u	149 95 ò	181 B5 □	213 D5 □	245 F5 □
22 16 □	54 36 6	86 56 V	118 76 v	150 96 û	182 B6 □	214 D6 □	246 F6 □
23 17 □	55 37 7	87 57 W	119 77 w	151 97 ù	183 B7 □	215 D7 □	247 F7 □
24 18 □	56 38 8	88 58 X	120 78 x	152 98 ÿ	184 B8 □	216 D8 □	248 F8 □
25 19 □	57 39 9	89 59 Y	121 79 y	153 99 Ö	185 B9 □	217 D9 □	249 F9 □
26 1A □	58 3A :	90 5A Z	122 7A z	154 9A Û	186 BA □	218 DA □	250 FA □
27 1B □	59 3B ;	91 5B [123 7B {	155 9B ø	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 f	191 BF □	223 DF □	255 FF

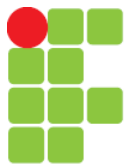


Circuitos Combinacionais - Códigos

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.



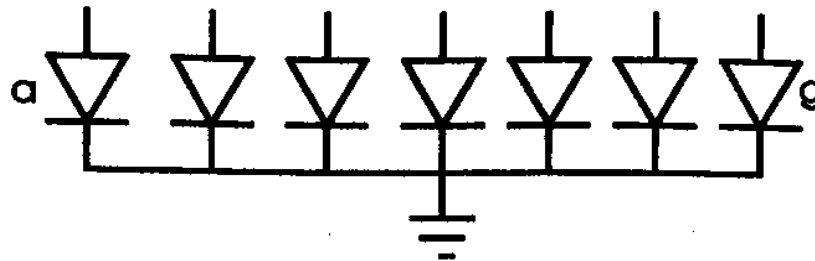


Circuitos Combinacionais - Códigos

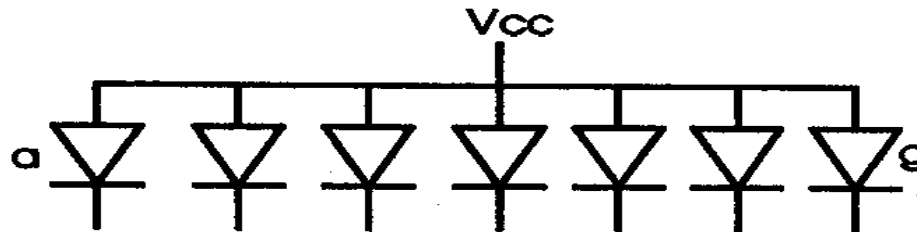
Conversor BCD 8421 para “Display” de 7 Segmentos

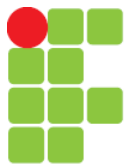
Será suposto que para acender qualquer dos segmentos é necessário ativar o referido segmento. Assim tem-se dois tipos de display:

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.

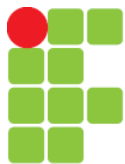


Circuitos Combinacionais - Códigos

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:

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

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

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

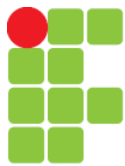
$$d = A + \overline{B}.\overline{D} + C.\overline{B} + C.\overline{D} + B.\overline{C}.D$$

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

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

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

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

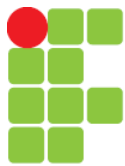
$$S_0 = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

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

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

$$S_3 = A \cdot B$$

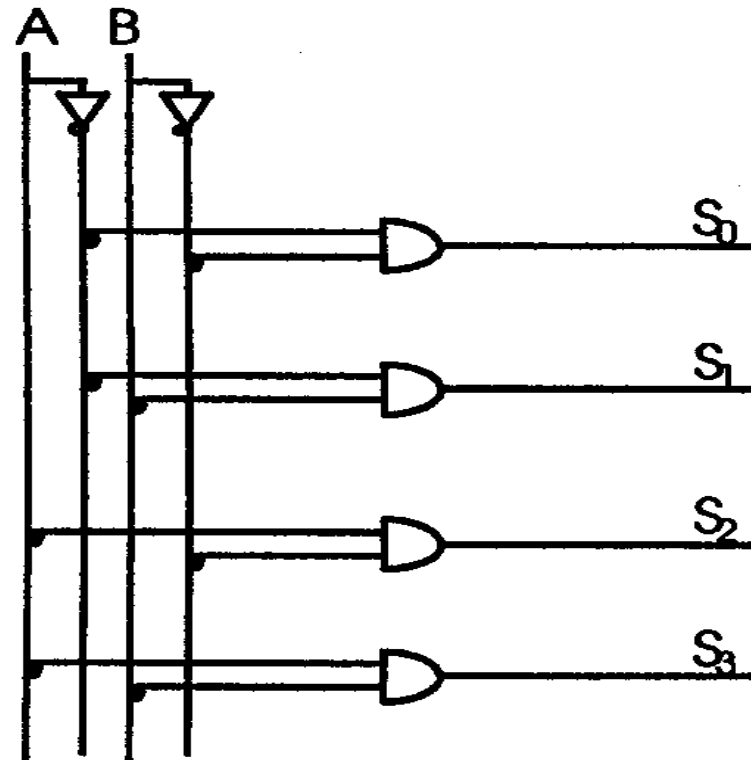
Da tabela acima obtemos as seguintes expressões:



Circuitos Combinacionais - Códigos

.Decodificador Binário (ou simplesmente decodificador)

O circuito então fica sendo:

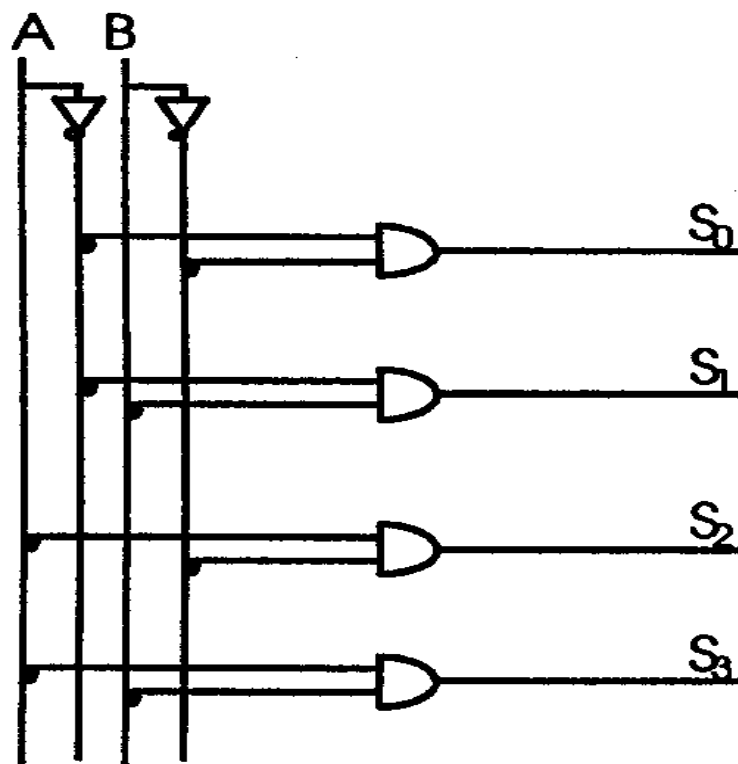




Circuitos Combinacionais - Códigos

.Decodificador Binário (ou simplesmente decodificador)

O circuito então fica sendo:





Circuitos Combinacionais - Códigos

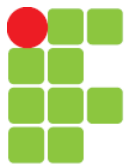
Exemplo de circuitos utilizando portas lógicas:

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.



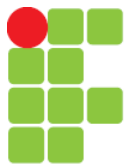
Circuitos Combinacionais - Códigos

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

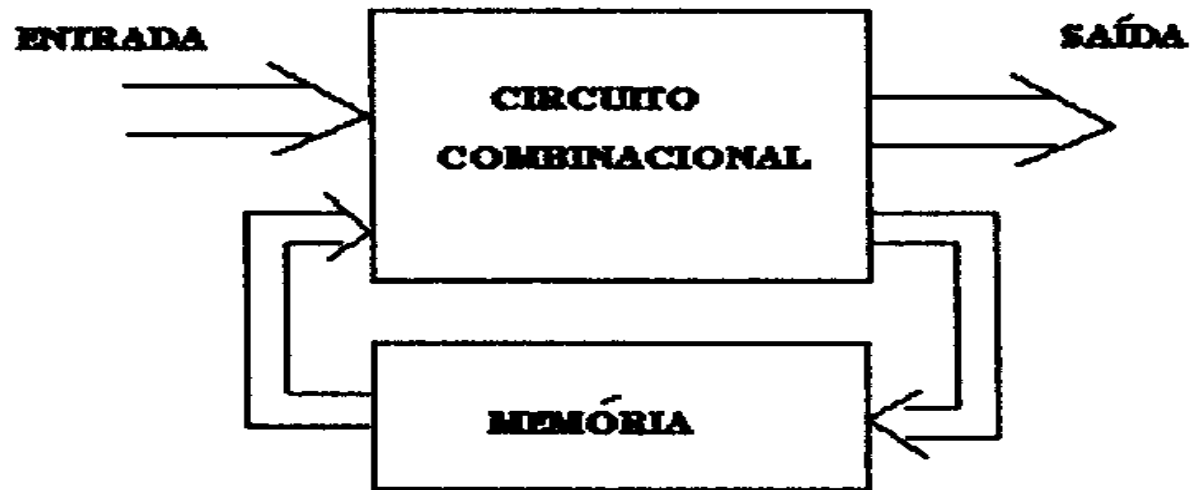
Basta incluir uma porta OR.



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

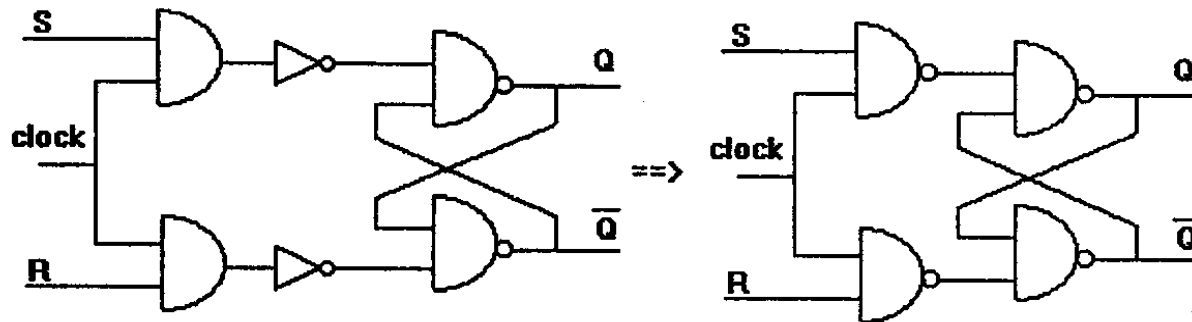
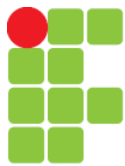


TABELA VERDADE

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

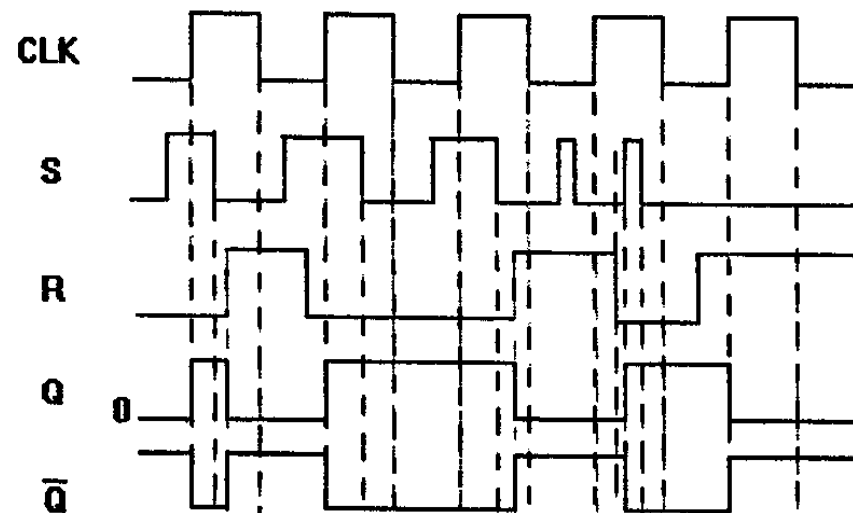
(proibido)



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.

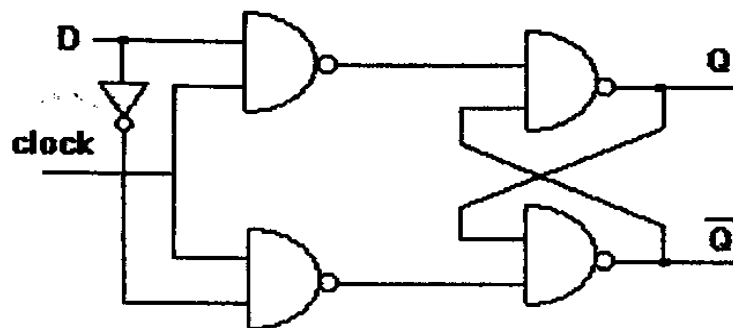


TABELA VERDADE

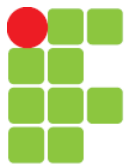
D	CLK	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}
X	0	Q^n	\bar{Q}^n
0	1	0	1
1	1	1	0



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

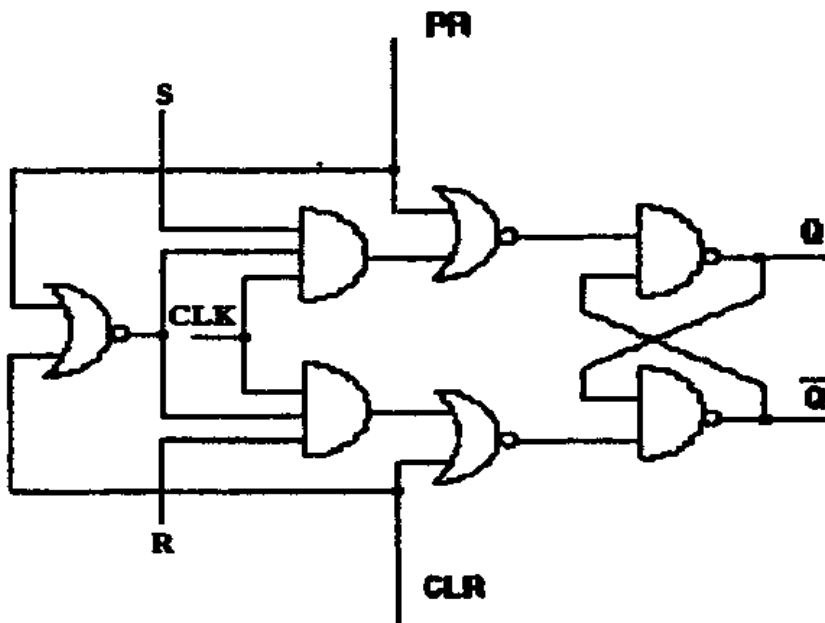


TABELA VERDADE

PR	CLR	S	R	CLK	Q^{n+1}	\overline{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	\overline{Q}^n
0	0	0	0	1	Q^n	\overline{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 $\text{clk}=1$, $S=R=1$ 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	\overline{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.

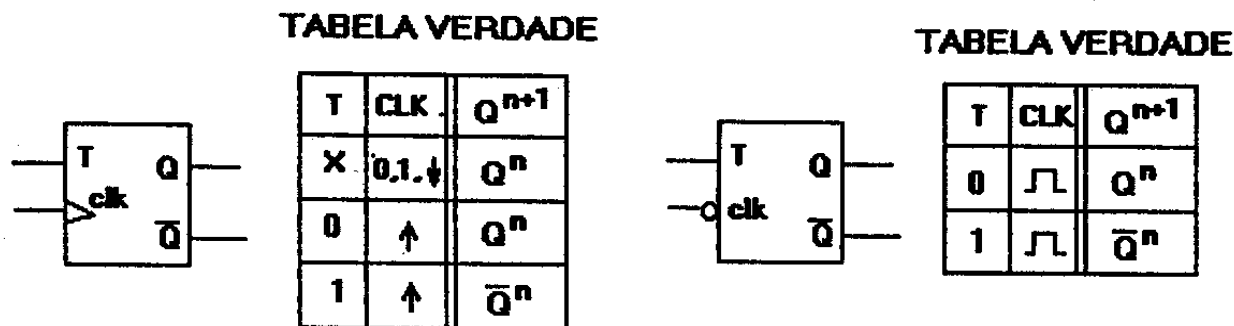


Fig. 18 - Flip-flop tipo T

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