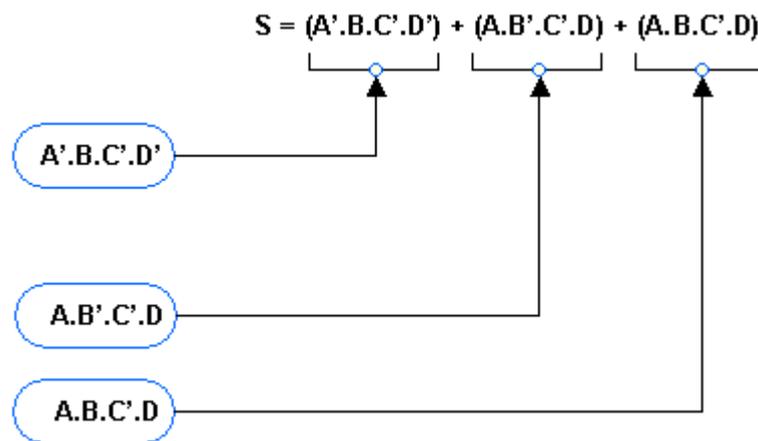


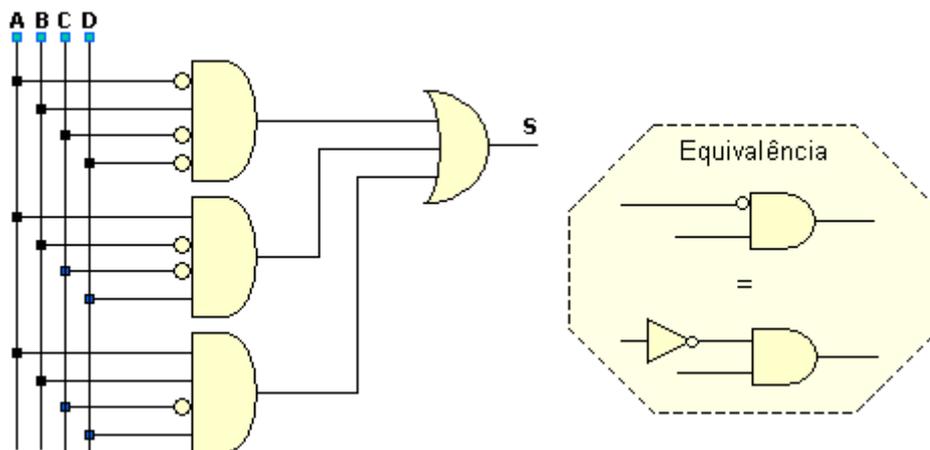
3.0 Circuitos lógicos

O técnico em eletrônica deve combinar as portas lógicas formando assim, um circuito lógico, que deverá executar uma determinada função. Uma das maneiras de se construir um circuito lógico é através da tabela verdade. Vejamos um exemplo, onde as saídas foram escolhidas aleatoriamente:

A	B	C	D	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0



Uma vez montado a expressão lógica podemos construir o circuito lógico. Neste caso, necessitamos de 3 portas AND com 4 entradas cada, uma porta ou com três entradas, eu 6 inversores.Vejamos o circuito:



Praticando...

1- Extraia a expressão lógica e construa o circuito a partir das tabelas.

a.

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

S=

b.

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

S=

c.

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

S=

d.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

S=

e.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

S=

f.

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

S=

Um processo inverso, também pode ser conseguido, ou seja, podemos extrair a expressão lógica do circuito lógico. Vejamos:

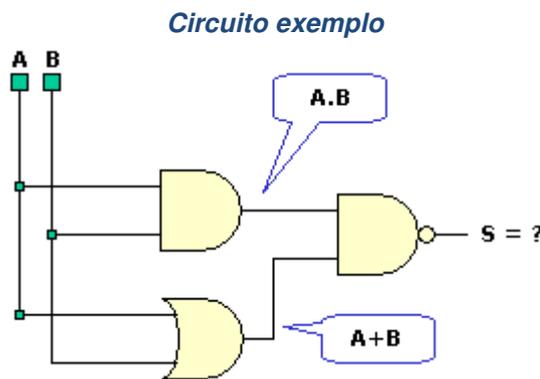


Tabela verdade

A	B	A.B	A+B	S
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
0	1	0	1	1
1	1	1	0	1

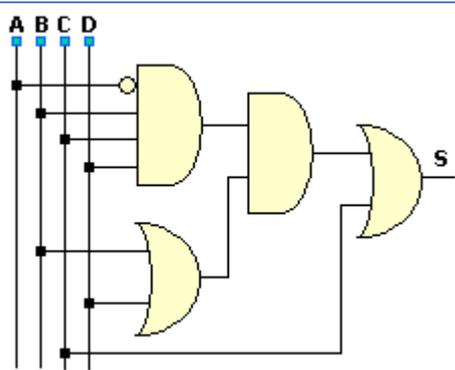
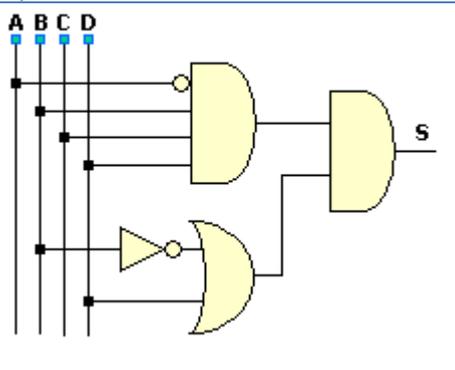
Expressão lógica

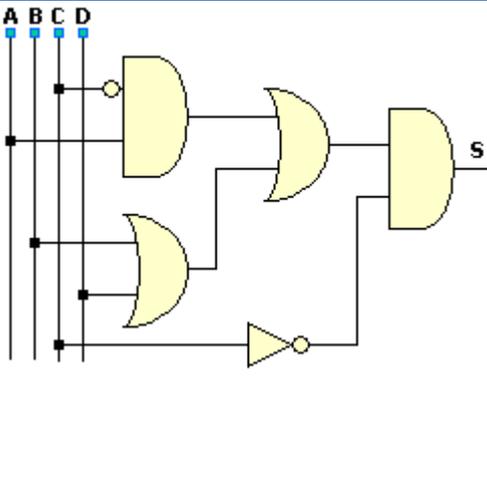
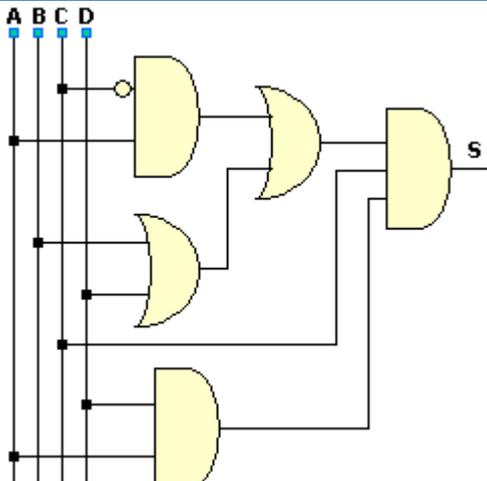
$$S = \overline{(A \cdot B)} \cdot (A+B)$$

Praticando...

Dado os circuitos extraia a expressão lógica.

<p>a) Circuito 01</p>	<p>b) Circuito 02</p>
<p>Resposta:</p>	<p>Resposta:</p>

<p>c) Circuito 03</p> 	<p>d) Circuito 04</p> 
<p>Resposta:</p>	<p>Resposta:</p>

<p>e) Circuito 05</p> 	<p>f) Circuito 06</p> 
<p>Resposta:</p>	<p>Resposta:</p>

2- Montar os circuitos capazes de executar as seguintes expressões lógicas.

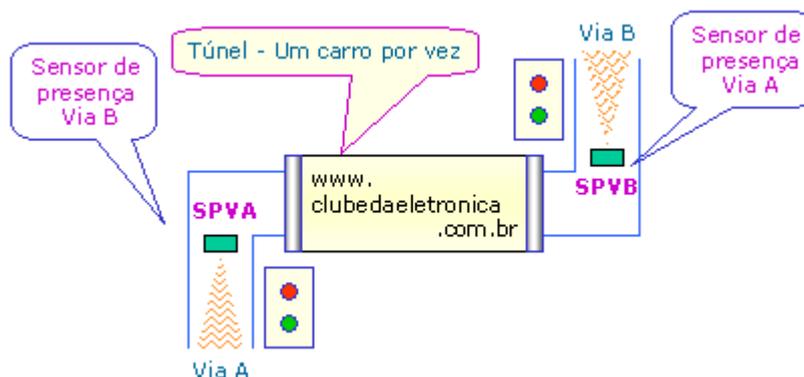
a.	$S = [(A+D).(C.B)]$
b.	$S = [(B.C.A) + (A+C)]$
c.	$S = [(B+A+D) + (C.B.D)]$
d.	$S = [(A+D) + (C.B.D)+ (B.A)]$
e.	$S = \{[(D.A) + (C+B)]+ (B.A)\}$

3.1 Aplicação da lógica combinacional

A aplicação da lógica combinacional é sem dúvidas o que mais interessa nos sistemas digitais, pois pode ser usada em diversas áreas.

Aplicação 01 – Controle de trafego (resolvido)

Deseja-se implementar um controle de trafego para um túnel que só permite a passagem de um carro por vez. Veja ilustração:



A prefeitura que encomendou o projeto tem os seguintes critérios:

Quando os sensores detectarem a presença do carro, um nível lógico alto (ON) será enviado ao seu respectivo dispositivo de atuação.

Situação dos sensores

Crítérios de projeto

SPVA	SPVB	
OFF	OFF	Se não houver nenhum carro, a via B deverá ser liberada (verde) e a Via A bloqueada (vermelho) .
OFF	ON	Se o sensor detectar carro na via B, esta será liberada (sinal verde) e a Via A bloqueada (sinal vermelho) .
ON	OFF	Se o sensor detectar carro na via A, esta será liberada (sinal verde) e a Via B bloqueada (sinal vermelho) .
ON	ON	Se ambos os sensores detectarem carros, a via A deverá ser liberada (sinal verde) e a via B bloqueada (sinal vermelho) .

1º Passo – montar a tabela verdade a partir de todas as condições possíveis

SPVA	SPVB
0	0
0	1
1	0
1	1

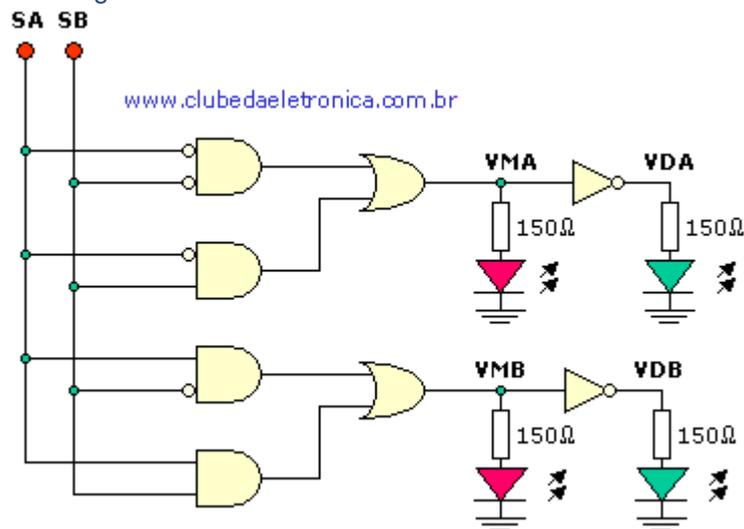
VMA	VDA	VMB	VDB
1	0	0	1
1	0	0	1
0	1	1	0
0	1	1	0

2º Passo – extrair a tabela verdade das expressões verdadeiras

$$VMA = (SPVA' \cdot SPVB') + (SPVA' \cdot SPVB)$$

$$VMB = (SPVA \cdot SPVB') + (SPVA \cdot SPVB)$$

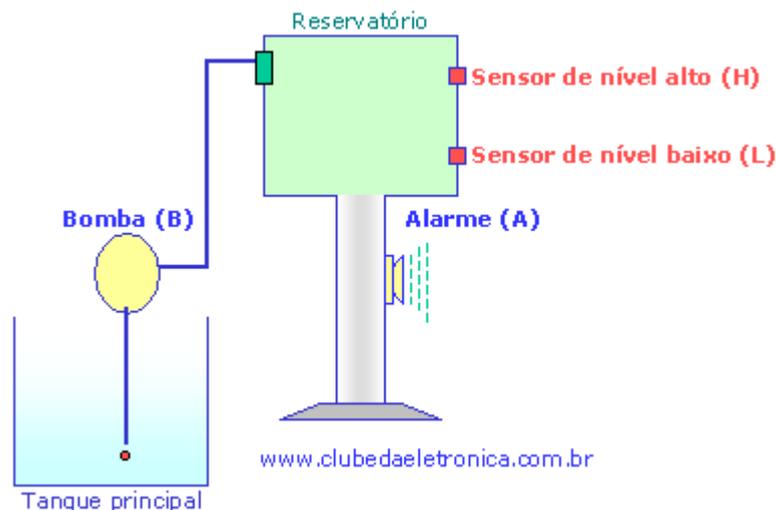
3º Passo – montar o circuito lógico



Praticando...

1- Aplicação 2 – controle de nível

Deseja-se controlar o nível de água de um reservatório, conforme ilustração:

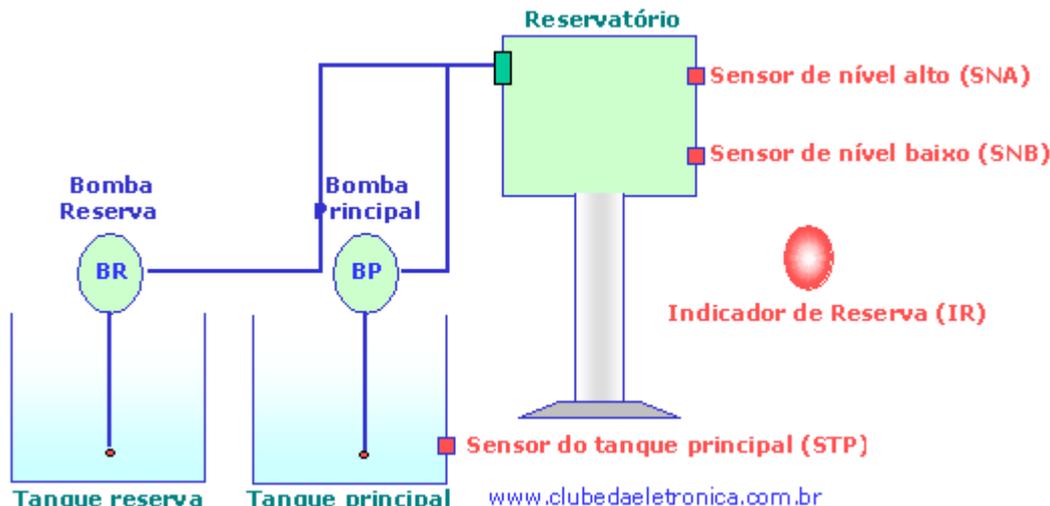


Descrição de funcionamento:

- O reservatório deve estar sempre cheio, ou seja, $H=1$;
- Se $H=0$, a bomba deverá ser acionada;
- Se a bomba não atender a demanda e o reservatório esvaziar, ou seja, $L=0$, um alarme deverá ser acionado.

2- Aplicação 3 – controle de nível com tanque reserva

Deseja-se controlar o nível de água de um reservatório, conforme ilustração:

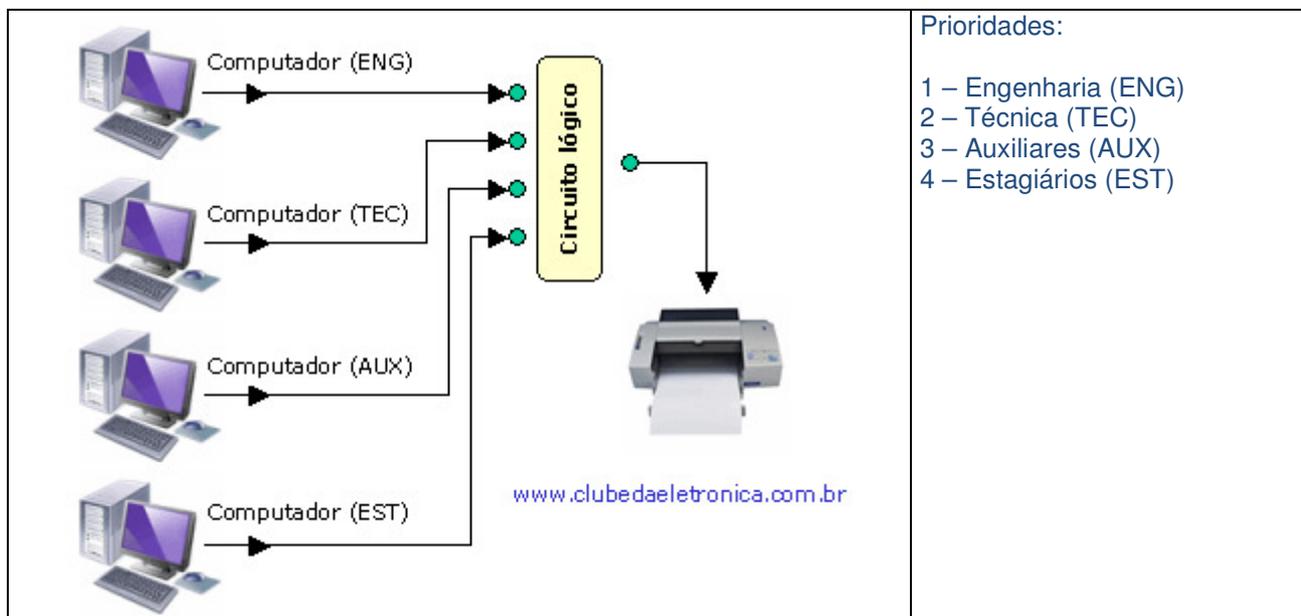


Seu funcionamento deve ser o seguinte:

- O reservatório deve estar sempre cheio, ou seja, SNA=1;
- Se SNA=0, a bomba principal BP deverá ser acionada, mas somente se houver água no tanque principal, ou seja, STP =1, se STP =0, a bomba reserva deve ser acionada;
- Se a bomba reserva BR for acionada, um indicador de reserva (IR) deverá ser acionado.

3- Aplicação 4 – Controle de impressora

Deseja-se construir um circuito lógico, onde computadores estarão conectados em uma única impressora. Elabore o circuito de maneira que garanta as seguintes prioridades:



3.2 Simplificação da lógica utilizando os Mapas de Veitch-Karnaugh

Montar circuitos lógicos a partir de tabela verdade, embora seja tarefa fácil, geral um circuito extremamente grande. A fim de minimiza-los foram criados os mapas de *Veitch-Karnaugh*, o nome deve-se aos seus criadores Edward Veitch e Maurice Karnaugh, que mais tarde o aperfeiçoou.

Um mapa de *Karnaugh* é uma ajuda excelente para simplificação de funções de até 4 variáveis. Para funções de mais de 4 variáveis a simplificação é mais complexa, pois se torna uma tarefa árdua identificar as células adjacentes no mapa. Para funções de mais de 4 variáveis devem ser utilizadas soluções algorítmicas computacionais.

O método utiliza como base uma tabela verdade onde serão colocadas todas os variáveis de entrada e saídas. Vejamos um exemplo:

O mapa de karnaugh

Para elaborar um mapa devemos conhecer a necessidade do sistema que se deseja implementar e elaborar a tabela verdade, como visto anteriormente. Em primeiro momento utilizaremos uma tabela cujas saídas foram escolhidas aleatoriamente.

A	B	C	D	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Como o sistema possui 4 entradas necessitamos de um mapa 4x4, ou seja, 4 linhas e 4 colunas, vejam o modelo:

		S			
		00	01	11	10
(Linhas) AB	(Colunas) CD				
	00		0000	0001	0011
01		0100	0101	0111	0110
11		1100	1101	1111	1110
10		1010	1001	1011	1010

Completando o mapa de acordo com a tabela.

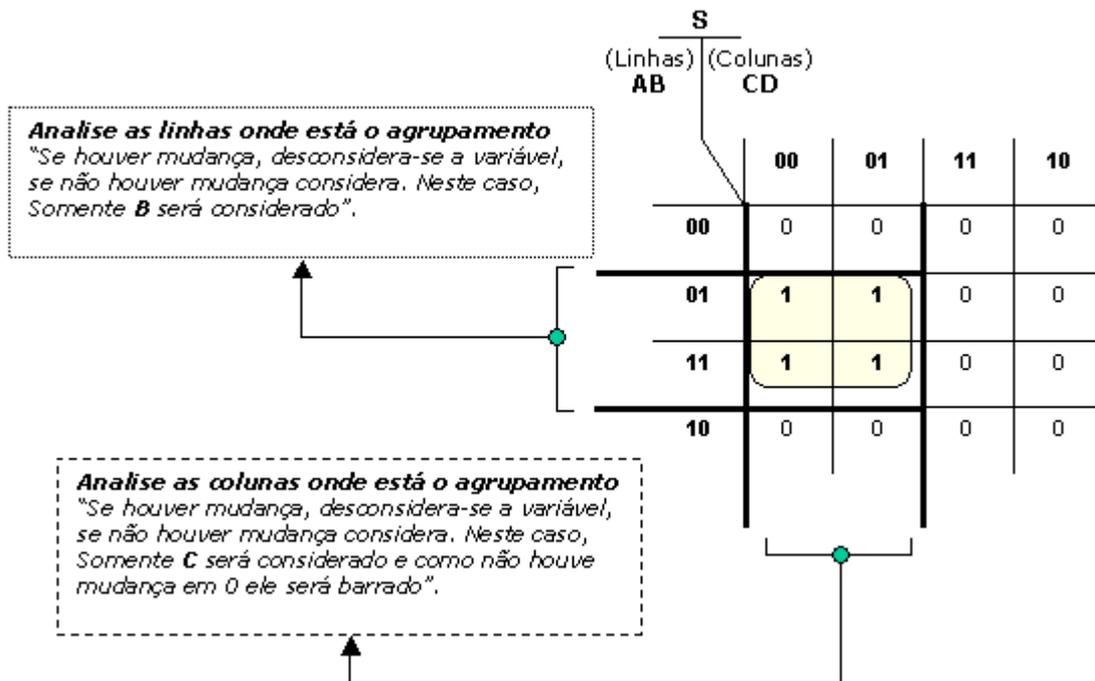
<i>Mapa sem agrupamento</i>						<i>Mapa com agrupamento</i>					
		S						S			
		00	01	11	10			00	01	11	10
(Linhas) AB	(Colunas) CD										
	00		0	0	0	0	0	0	0	0	0
01		1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
11		1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Critérios para agrupamento:

- Cada agrupamento deverá conter 2, 4, 8, 16, 32 etc.
- Se puder agrupar 16 células, não se deve agrupar 8, se puder agrupar 4 células, não se deve agrupar 2...
- Cada mapa pode conter vários agrupamentos.

Extraindo a expressão:

Observar onde o agrupamento esta inserido:



Assim, a expressão será: $S = A \cdot B'$ (o apóstrofo nega a variável B)

Praticando ...

1- Dados os mapas extraia as expressões.

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

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

S=

2- Dado a tabela verdade extraia o mapa e a expressão lógica.

A	B	C	D	S
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

A	B	C	D	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

A	B	C	D	S
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

S					
AB	CD				
		00	01	11	10
00					
01					
11					
10					

S=

S					
AB	CD				
		00	01	11	10
00					
01					
11					
10					

S=

S					
AB	CD				
		00	01	11	10
00					
01					
11					
10					

S=

3.3 Aplicação dos Mapas de Veitch-Karnaugh

Aplicação 1 – Sistema de votação

Deseja-se implementar um sistema lógico simplificado para um sistema de votação de uma empresa, que tem sua diretoria constituída pelos seguintes elementos: **Diretor**, **Vice-diretor**, **Secretário** e **Tesoureiro**.

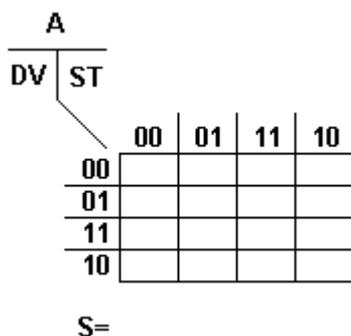
Uma vez por mês esta diretoria se reúne para discutir sobre os mais diversos assuntos, sendo que as propostas são ou não **Aceitas**. Devido o número de elementos da diretoria ser par, o sistema adotado é o seguinte:

- Maioria → A proposta é aceita
- Minoria → A proposta é rejeitada
- Empate → Vence o voto dado pelo diretor

1- Construa o circuito lógico seguindo as etapas.

- a. Complete a tabela verdade de maneira que atenda as exigências.
- b. Complete o mapa para simplificação
- c. Extraia e expressão lógica
- d. Construa o circuito lógico

D	V	S	T	A
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	



Aplicação 2 – Controle de abertura de Porta de elevador

Deseja-se implementar um sistema lógico que controla a abertura da porta (**P**) de um elevador de três andares. O circuito apresenta 4 entradas, sendo:

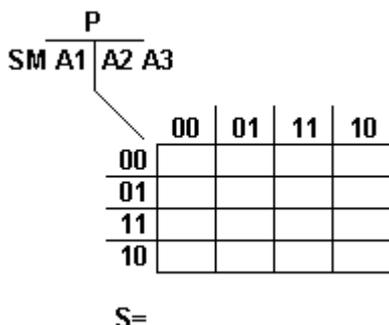
SM = Sensor que indicará se o elevador esta em movimento (1) ou parado (0).
SA1, SA2 e SA3 são os sensores dos andares, se (1) esta no andar e (0) não.

2- Construa o circuito lógico seguindo as etapas.

- a. Complete a tabela verdade de maneira que atenda as exigências.
- b. Complete o mapa para simplificação
- c. Extraia e expressão lógica
- d. Construa o circuito lógico

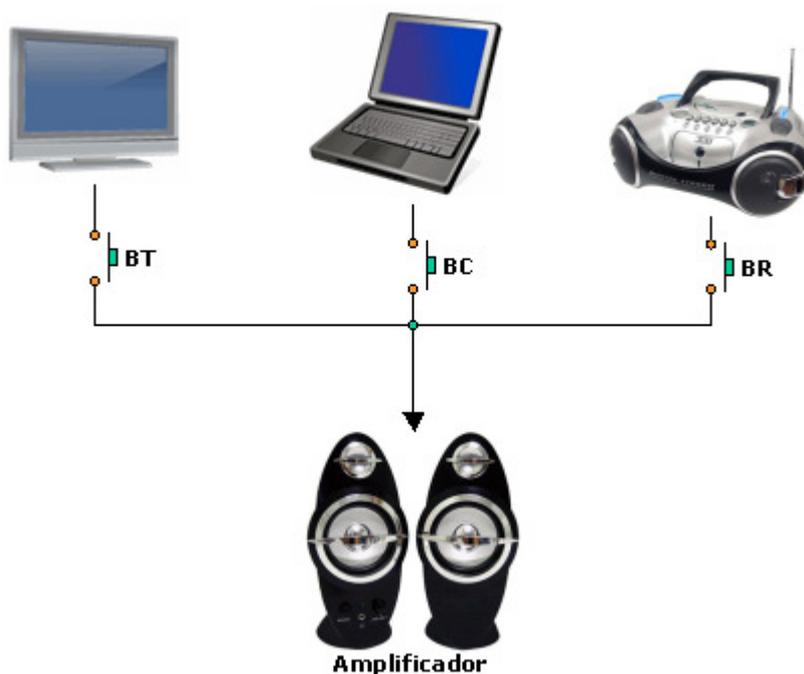
Importante: não abrir a porta se o elevador estiver em movimento.

SM	A1	A2	A3	P
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	



Aplicação 3 – Controle de saída de áudio

Deseja-se implementar um circuito lógico que controla a saída de áudio para um dispositivo amplificador. O circuito apresenta 3 entradas, sendo: **BT** (botão da TV), **BC** (botão do computador) e **BR** (Botão do rádio) todos ligados à uma única saída, o Amplificador **A**.

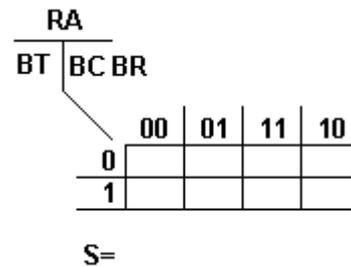
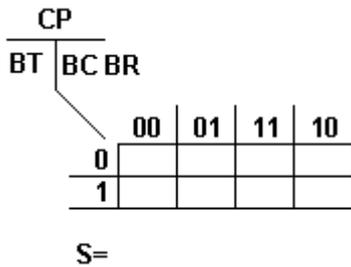
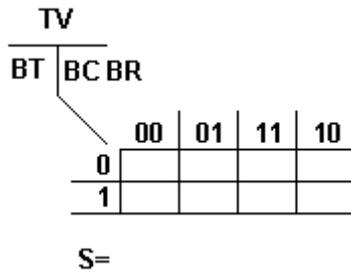


Critérios:

Só amplifica um por vez, estabelecendo as seguintes prioridades: 1- Televisão, 2- Computador e 3- rádio.

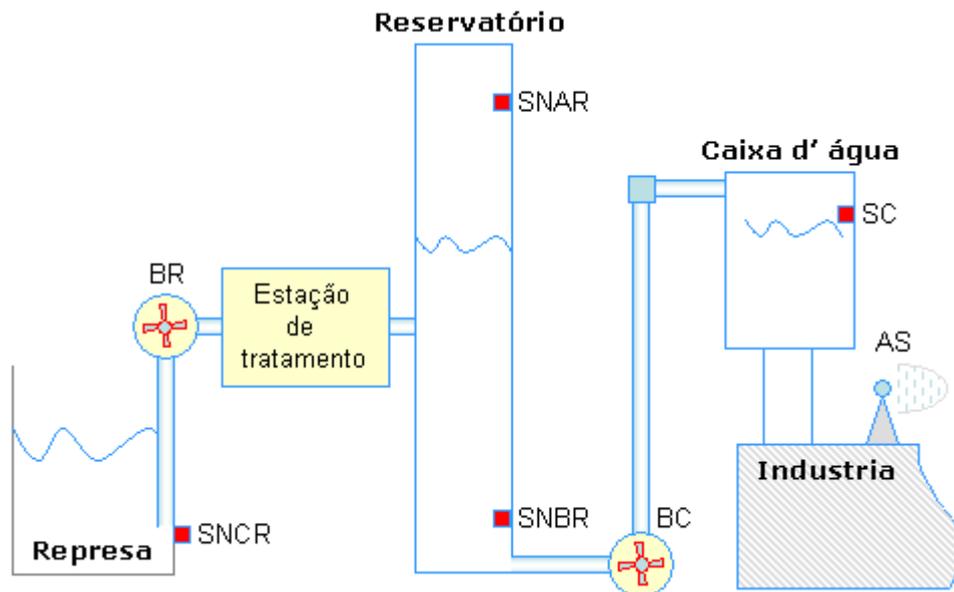
- 3- Construa o circuito lógico seguindo as etapas.
 - a. Complete a tabela verdade de maneira que atenda as exigências.
 - b. Complete o mapa para simplificação
 - c. Extraia e expressão lógica
 - d. Construa o circuito lógico

BT	BC	BR	TV	CP	RA
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			
1	1	1			



Aplicação 4 – Sistema de abastecimento

Uma industria capta toda água que precisa de uma represa local. Esta água é bombeada para uma estação de tratamento e em seguida armazenada em um reservatório e esta por sua vez deve ser bombeada à uma caixa de água de menor porte, a fim de alimentar a industria.



Descrição do funcionamento

Sempre que o sensor de nível alto do reservatório (SNAR) estiver desacionado (0), a bomba do rio (BR) deve ser ligada (1) para encher o reservatório até o sensor de nível alto (SNAR) ser acionado (1).

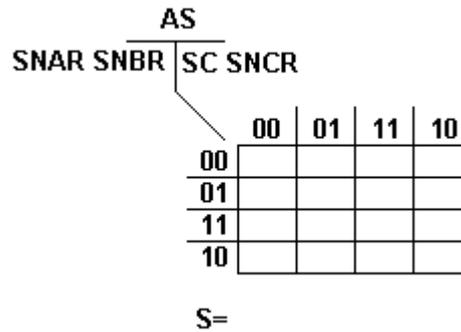
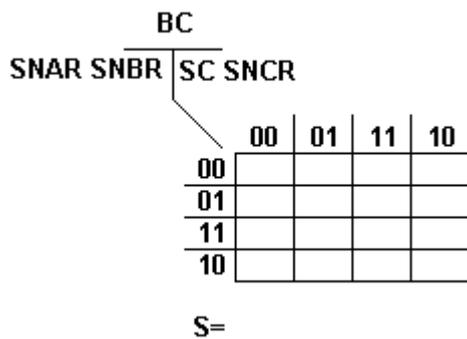
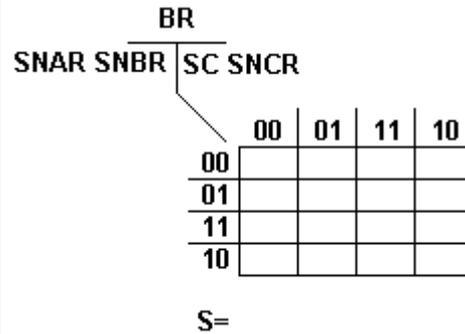
A industria esta em uma região de baixo índice pluviométrico e o rio, as vezes, fica baixo não sendo possível captar a água. Então o sensor de nível crítico do rio (SNCR) estiver desacionado (0), um alarme (AS) deverá ser ligado (1) para avisar o operador que a bomba do rio (BR) deve ficar desligada (0).

Ao mesmo tempo a caixa d'água da industria deve ficar com seu nível sobre o sensor da caixa (SC), ou seja, SC = 1.

Se o nível da caixa d'água ficar abaixo de SC, ou seja, SC = 0 a bomba da caixa (BC) deve ser ligada (1), mas somente se SNBR = 1.

- 4- Construa o circuito lógico seguindo as etapas.
 - a. Complete a tabela verdade de maneira que atenda as exigências.
 - b. Complete o mapa para simplificação
 - c. Extraia e expressão lógica
 - d. Construa o circuito lógico

SNAR	SNBR	SC	SNCR	BR	BC	AS
0	0	0	0			
0	0	0	1			
0	0	1	0			
0	0	1	1			
0	1	0	0			
0	1	0	1			
0	1	1	0			
0	1	1	1			
1	0	0	0			
1	0	0	1			
1	0	1	0			
1	0	1	1			
1	1	0	0			
1	1	0	1			
1	1	1	0			
1	1	1	1			



Referências bibliográficas:

- Ivan V. Idoeta / Francisco G. Capuano. Elementos de Eletrônica Digital. São Paulo: Erica, 1986.
- Tocci, Ronald J.; Widmer, Neal S.; Moss, Gregory L. Pearson. Sistemas Digitais - Princípios e Aplicações. Person, 2008.
- Antonio Carlos de Lourenço / Eduardo Cesar Alves. Circuitos digitais. São Paulo: Erica, 1986.

**“Não corrigir nossas falhas é o mesmo que cometer novos erros.”
Confúcio**