

7. CIRCUITOS COMBINACIONAIS

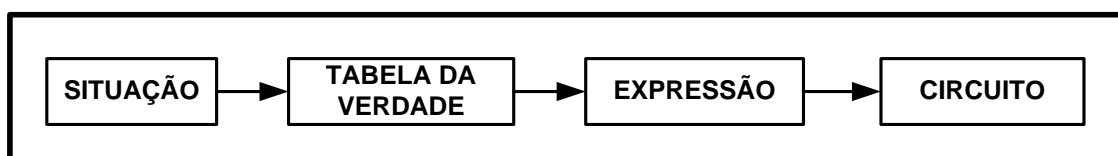
7.1. INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais importantes da Eletrônica Digital é o que trata dos Circuitos Combinacionais. É por intermédio do estudo destes que poderemos compreender o funcionamento de circuitos que executam prioridades, codificadores, decodificadores e outros circuitos muito utilizados na construção de computadores e em vários outros sistemas digitais.

O Circuito Combinacional é aquele em que a saída depende única e exclusivamente das várias combinações entre as variáveis de entrada.

Podemos utilizar um Circuito Lógico Combinacional para solucionar problemas em que necessitamos de uma resposta, quando acontecerem determinadas situações, situações estas, representadas pelas variáveis de entrada. Para construirmos estes circuitos, necessitamos de sua expressão característica.

Precisamos então, obter uma expressão que represente uma dada situação. Para extrairmos uma expressão de uma situação, o caminho mais fácil será o de obtermos a tabela da verdade desta situação e, em seguida, levantarmos a expressão. Esquemáticamente, temos:



7.2. EXPRESSÕES E CIRCUITOS A PARTIR DE TABELAS DA VERDADE

Podemos obter expressões e circuitos a partir de tabelas da verdade. Este é o caso mais comum na prática, já que, geralmente, necessitamos representar situações por meio de circuitos lógicos. É com esta finalidade que utilizamos as tabelas da verdade, já que elas mostram todas as situações possíveis e suas respostas.

- c) Existência de carro na Rua B ($B = 1$)
- d) Não existência de carro na Rua B ($B = 0$ ou $B' = 1$)
- e) Verde do sinal 1 aceso ($V_1 = 1$)
- f) Verde do sinal 2 aceso ($V_2 = 1$)
- g) Quando $V_1 = 1$ ($V_{m1} = 0$; $V_2 = 0$ e $V_{m2} = 1$)
- h) Quando $V_2 = 1$ ($V_1 = 0$; $V_{m2} = 0$ e $V_{m1} = 1$)

Situação	A	B	V_1	V_{m1}	V_2	V_{m2}
0	0	0	-	-	-	-
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0	1
3	1	1	1	0	0	1

A situação 0 ($A = 0$ e $B = 0$) representa a ausência de veículos em ambas as ruas. Se não temos carros, tanto faz qual sinal permanecer aceso. Neste caso, preencheremos a tabela da verdade da seguinte maneira:

Situação	A	B	V_1	V_{m1}	V_2	V_{m2}
0	0	0	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

Onde o símbolo \emptyset significa que as variáveis podem assumir valores 1 ou 0. Esta condição é chamada condição irrelevante.

A situação 1 ($A = 0$ e $B = 1$) representa a presença de veículo na Rua B e ausência de veículo na Rua A, logo devemos acender o sinal verde para a Rua B ($V_2 = 1$):

Situação	A	B	V_1	V_{m1}	V_2	V_{m2}
0	0	1	0	1	1	0

$$(V_2 = 1 \rightarrow V_1 = 0; V_{m1} = 1 \text{ e } V_{m2} = 0)$$

A situação 2 ($A = 1$ e $B = 0$) representa a presença de veículo na Rua A e ausência de veículo na Rua B, logo devemos acender o sinal verde para a Rua A ($V_1 = 1$):

Situação	A	B	V_1	V_{m1}	V_2	V_{m2}
0	0	1	1	0	0	1

$$(V_1 = 1 \rightarrow V_2 = 0, V_{m2} = 1, V_{m1} = 0)$$

A última situação possível, a situação 3 ($A = 1$ e $B = 1$) representa a presença de veículos em ambas as ruas, logo devemos acender o sinal verde para a Rua A ($V_1 = 1$), já que esta é preferencial. Temos, então:

Situação	A	B	V_1	V_{m1}	V_2	V_{m2}
0	1	1	1	0	0	1

$$(V_1 = 1 \rightarrow V_{m1} = 0; V_2 = 0 \text{ e } V_{m2} = 1)$$

Podemos, agora, preencher a tabela da verdade:

Situação	A	B	V ₁	V _{m1}	V ₂	V _{m2}
0	0	0	∅	∅	∅	∅
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0	1
3	1	1	1	0	0	1

No caso 0, condição irrelevante, tanto faz qual o sinal que permanece aceso. Vamos adotar, por exemplo, que o verde do sinal 2 permaneça aceso. Temos, então:

$$(V_2 = 1 \rightarrow V_1 = 0, V_{m1} = 1 \text{ e } V_{m2} = 0)$$

Preenchendo novamente a tabela da verdade com os novos valores, para o caso 0, temos:

Situação	A	B	V ₁	V _{m1}	V ₂	V _{m2}
0	0	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0	1
3	1	1	1	0	0	1

Cada saída, ou seja, tanto V₁, como V_{m1}, como V_{m2} e como V₂, possuirá um circuito independente. Vamos escrever, primeiramente, a expressão de V₁.

Em que casos V₁ deve acender? No caso 2 **ou** no caso 3.

No caso 2, temos:

$$V_1 = 1 \text{ quando: } A \bullet B' = 1$$

No caso 3, temos:

$$V_1 = 1 \text{ quando: } A \bullet B = 1$$

Podemos escrever, então:

$$V_1 = A \bullet B' + A \bullet B$$

Em que casos V_{m1} deve acender? No caso 0 **ou** no caso 1.

No caso 0, temos:

$$V_{m1} = 1 \text{ quando: } A' \bullet B' = 1$$

No caso 1, temos:

$$V_{m1} = 1 \text{ quando: } A' \bullet B = 1$$

Assim sendo, podemos escrever a expressão de V_{m1}:

$$V_{m1} = A' \bullet B' + A' \bullet B$$

Vamos, agora, escrever a expressão de V_2 :

No caso 0, temos:

$$V_2 = 1 \text{ quando: } A' \bullet B' = 1$$

No caso 1, temos:

$$V_2 = 1 \text{ quando: } A' \bullet B = 1$$

Assim sendo, podemos escrever a expressão de V_2 :

$$V_2 = A' \bullet B' + A' \bullet B$$

Vamos, agora, escrever a expressão de V_{m2} :

No caso 0, temos:

$$V_{m2} = 1 \text{ quando: } A \bullet B' = 1$$

No caso 1, temos:

$$V_{m2} = 1 \text{ quando: } A \bullet B = 1$$

Assim sendo, podemos escrever a expressão de V_2 :

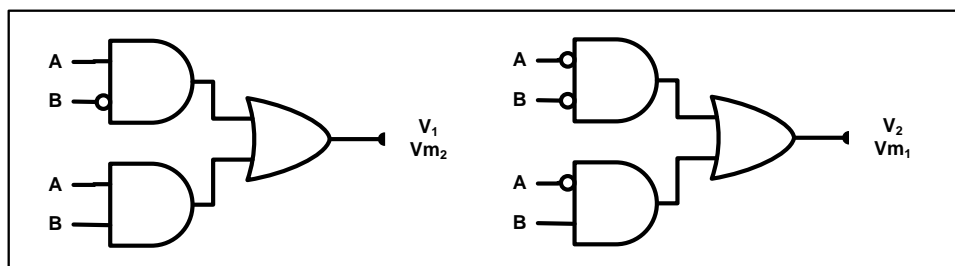
$$V_{m2} = A \bullet B' + A \bullet B$$

Resumidamente temos:

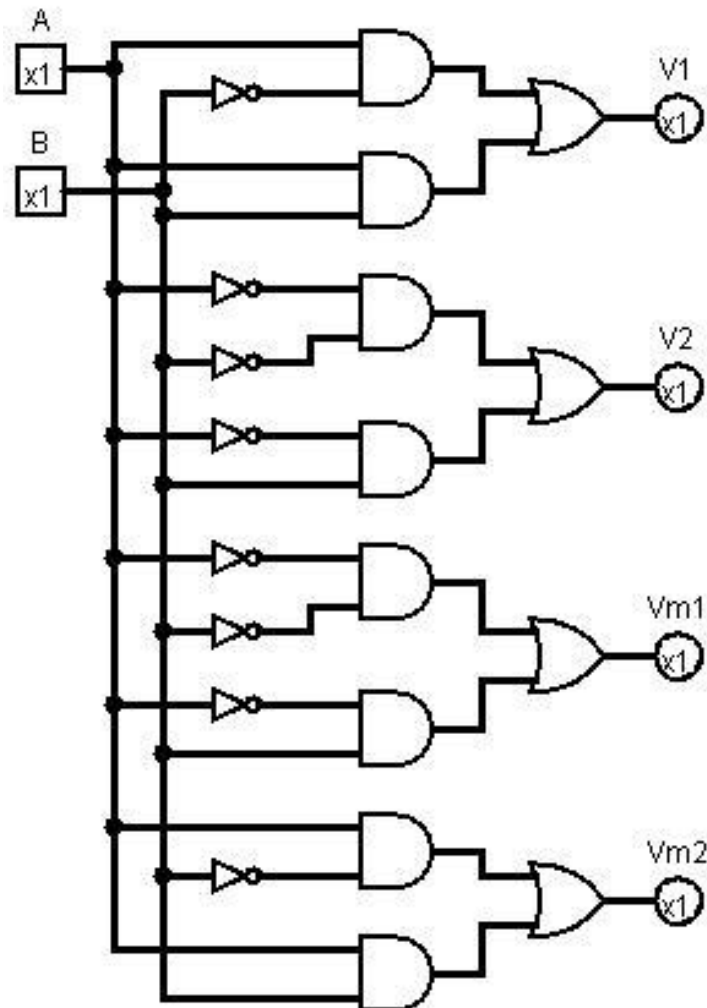
$$V_1 = V_{m2} = A \bullet B' + A \bullet B$$

$$V_2 = V_{m1} = A' \bullet B' + A' \bullet B$$

A partir das expressões, obtemos os circuitos:



Representação por meio da Ferramenta LogiSim:



Por meio deste exemplo, vimos que um circuito combinacional tem suas saídas dependentes única e exclusivamente das variáveis de entrada. No caso, o semáforo será comandado única e exclusivamente pelas variáveis A e B (vide convenções adotadas). Vimos também, como extrair expressões de tabelas da verdade, resultando em circuitos lógicos.

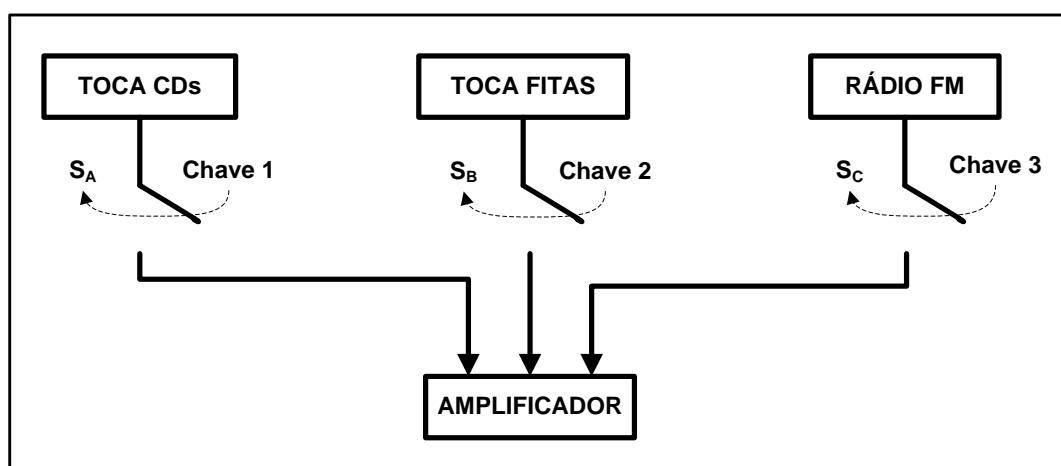
7.2.2. Circuitos com três (3) variáveis

Deseja-se utilizar um amplificador para ligar três aparelhos: um toca-cd's, um toca-fitas e um rádio FM.

Vamos elaborar um circuito lógico que nos permitirá ligar os aparelhos, obedecendo às seguintes prioridades:

- 1ª. Prioridade: Toca-cds
- 2ª. Prioridade: Toca-fitas
- 3ª. Prioridade: Rádio FM

Isto significa que quando não tivermos nenhum cd, nenhuma fita tocando, permanecerá conectado a entrada do Amplificador, o rádio FM. Se ligarmos o Toca-fitas, automaticamente o circuito o conectará a entrada do Amplificador, já que, possui prioridade sobre o Rádio FM. Se agora, ligarmos o Toca-cds, este será conectado ao Amplificador, visto que representa a 1ª prioridade. A partir disto, podemos montar o diagrama de blocos com as ligações.



Sendo:

SA: saída do circuito que dará a A a 1ª prioridade.

SB: saída do circuito que dará a B a 2ª prioridade.

SC: saída do circuito que dará a C a 3ª prioridade.

Convenções utilizadas:

SA = 1 → Chave 1 fechada

SB = 1 → Chave 2 fechada

SC = 1 → Chave 3 fechada

Situação	A	B	C	SA	SB	SC
0	0	0	0	-	-	-
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	0
3	0	1	1	0	1	0
4	1	0	0	1	0	0
5	1	0	1	1	0	0
6	1	1	0	1	0	0
7	1	1	1	1	0	0

Para preenchermos a tabela da verdade, vamos analisar todas as oito situações possíveis:

Caso 0: os três estão desligados, logo, condição irrelevante.

Caso 1: Está ligado apenas o FM, logo, somente S_C assume valor 1.

Caso 2: Está ligado apenas o Toca-fitas, logo, somente S_B assume valor 1.

Caso 3: Estão ligados FM e Toca-fitas. O Toca-fitas tem prioridade sobre o FM, logo somente S_B assume valor 1.

Caso 4: Está ligado apenas o Toca-cds, logo, somente S_A assume valor 1.

Caso 5: Estão ligados Toca-cds e FM. O Toca-cds é a 1ª prioridade, logo, somente S_A assume valor 1.

Caso 6: Análogo ao caso 5.

Caso 7: Análogo aos casos 5 e 6.

Feita a análise de cada situação, podemos preencher a tabela da verdade:

Situação	A	B	C	S_A	S_B	S_C
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	0
3	0	1	1	0	1	0
4	1	0	0	1	0	0
5	1	0	1	1	0	0
6	1	1	0	1	0	0
7	1	1	1	1	0	0

No caso da condição irrelevante vamos considerar:

$$S_A = S_B = S_C = 0$$

ou seja, nada ficará ligado à entrada do Amplificador.

Expressão de S_C :

S_C assumirá valor 1 somente no caso 1, ou seja, $S_C = 1$ quando $A = 0$ e $B = 0$ e $C = 1$, ou ainda $S_C = 1$ quando $A' = 1$ e $B' = 1$ e $C = 1$, logo podemos escrever:

$$S_C = A' \cdot B' \cdot C$$

Expressão de S_B :

S_B assumirá valor 1 no caso 2 ou no caso 3:

$$\text{Caso 2: } A' \cdot B \cdot C' \rightarrow S_B = 1$$

Caso 3: $A' \bullet B \bullet C \rightarrow S_B = 1$

$$S_B = A' \bullet B \bullet C' + A' \bullet B \bullet C$$

Expressão de S_A :

S_A assumirá valor 1 no caso 4 ou 5 ou 6 ou 7:

Caso 4: $A \bullet B' \bullet C' \rightarrow S_A = 1$

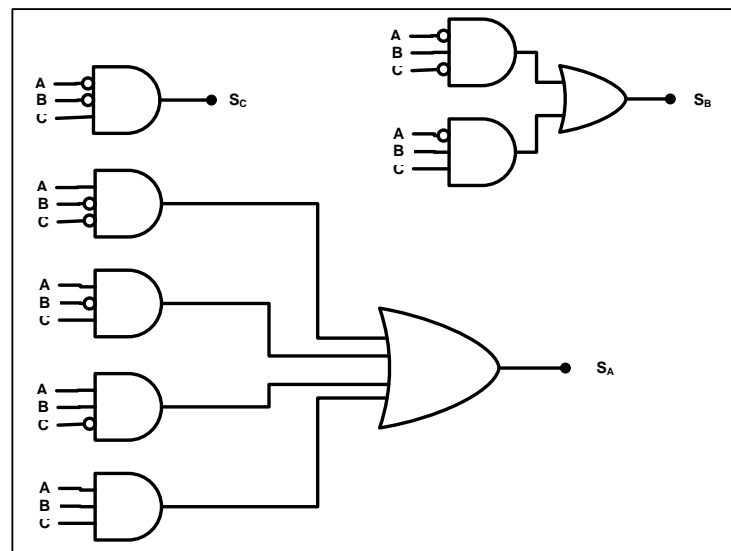
Caso 5: $A \bullet B' \bullet C \rightarrow S_A = 1$

Caso 6: $A \bullet B \bullet C' \rightarrow S_A = 1$

Caso 7: $A \bullet B \bullet C \rightarrow S_A = 1$

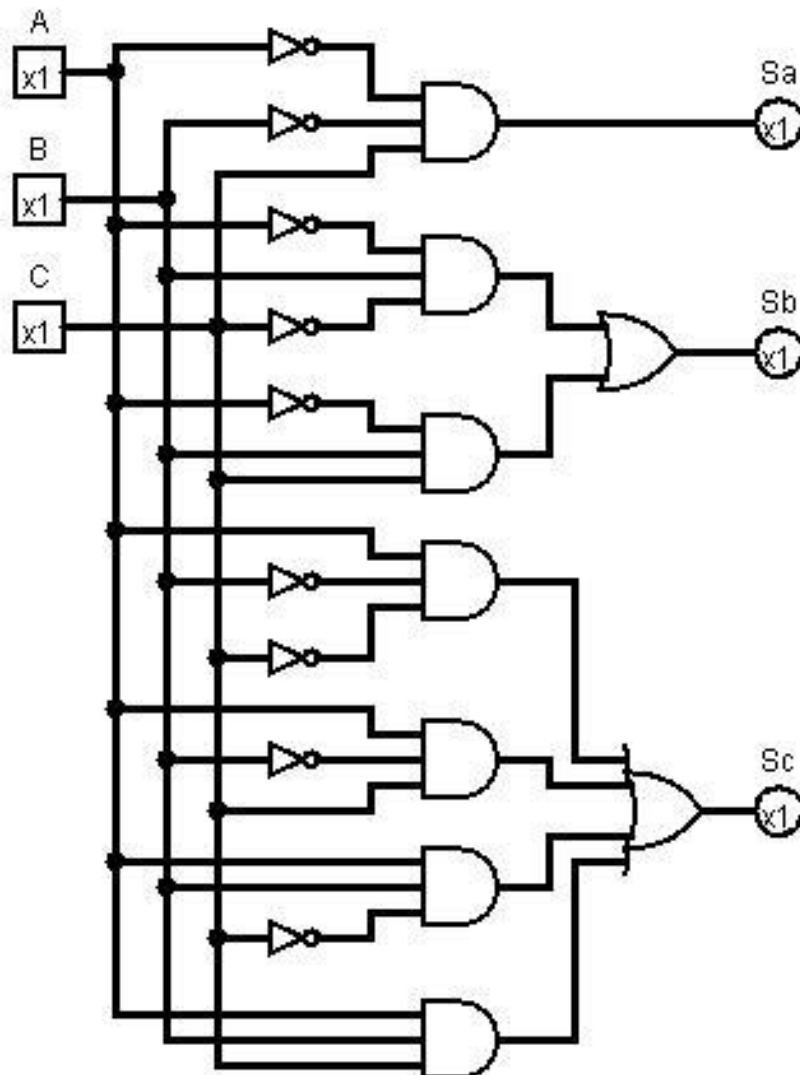
$$S_A = A \bullet B' \bullet C' + A \bullet B' \bullet C + A \bullet B \bullet C' + A \bullet B \bullet C$$

A partir das expressões, obtemos os circuitos:



Notamos que quanto maior o número de variáveis, maior o número de situações possíveis, e, por conseguinte, maiores os circuitos.

Representação por meio da Ferramenta LogiSim:

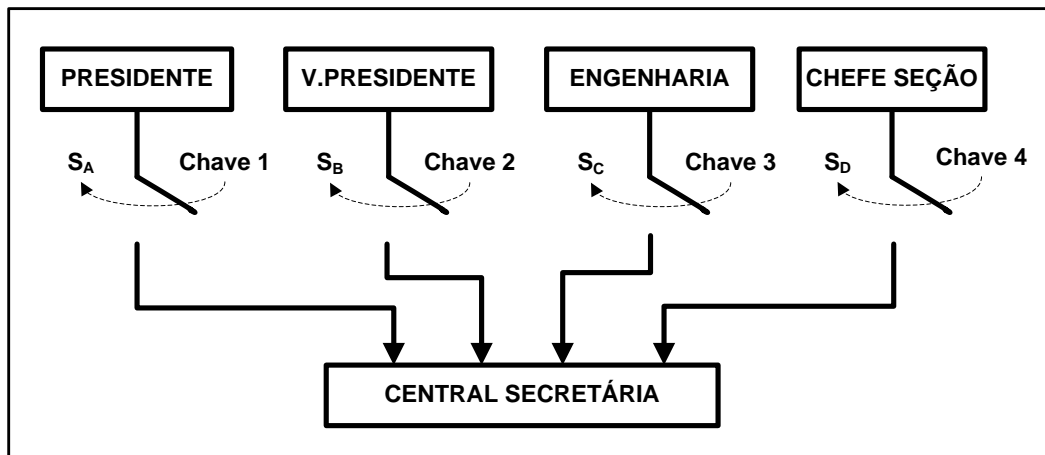


7.2.3. Circuitos com quatro (4) variáveis

Suponhamos, agora, que uma empresa queira implantar um sistema de prioridades nos seus intercomunicadores, da seguinte maneira:

Presidente	: 1ª. prioridade
Vice-presidente	: 2ª. prioridade
Engenharia	: 3ª. prioridade
Chefe de seção	: 4ª. prioridade

Esquematizando, temos:



Convenções utilizadas:

- Presença de chamada: 1
- Ausência de chamada: 0
- Intercomunicador do presidente: A
- Intercomunicador do vice-presidente: B
- Intercomunicador da engenharia: C
- Intercomunicador do chefe de seção: D
- Saídas: Efetivação de chamada: 1 – Não efetivação de chamada: 0

Estabelecidas as convenções, montamos a tabela da verdade:

A	B	C	D		SA	SB	SC	SD
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					

Expressão de S_D :

$$S_D = 1 \rightarrow S_D = A' \cdot B' \cdot C' \cdot D$$

Expressão de S_C :

$$S_C = 1 \rightarrow S_C = A' \cdot B' \cdot C \cdot D' + A' \cdot B' \cdot C \cdot D$$

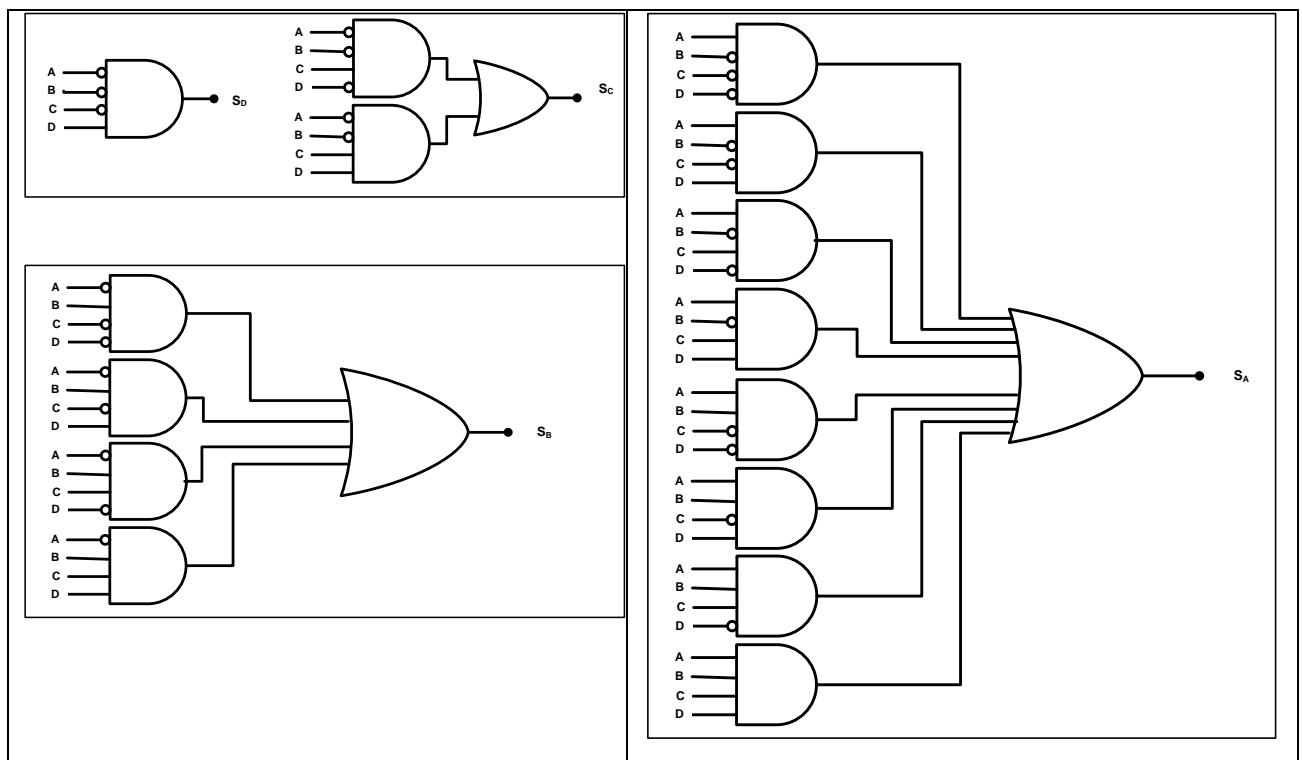
Expressão de S_B :

$$S_B = 1 \rightarrow S_B = A' \cdot B \cdot C' \cdot D' + A' \cdot B \cdot C' \cdot D + A' \cdot B \cdot C \cdot D' + A' \cdot B \cdot C \cdot D$$

Expressão de S_A :

$$S_A = 1 \rightarrow S_A = A \cdot B' \cdot C' \cdot D' + A \cdot B' \cdot C' \cdot D + A \cdot B' \cdot C \cdot D' + A \cdot B' \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot C' \cdot D' + A \cdot B \cdot C' \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot D' + A \cdot B \cdot C \cdot D$$

A partir das expressões, obtemos os circuitos:



Representação por meio da Ferramenta LogiSim:

