

UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA  
SISTEMAS DIGITAIS 2018/2019



## CONTROLE DE SEMÁFOROS

---



Dinis Matos nº 42738

Nuno Sousa nº 43014

Miguel Carvalho nº 43108

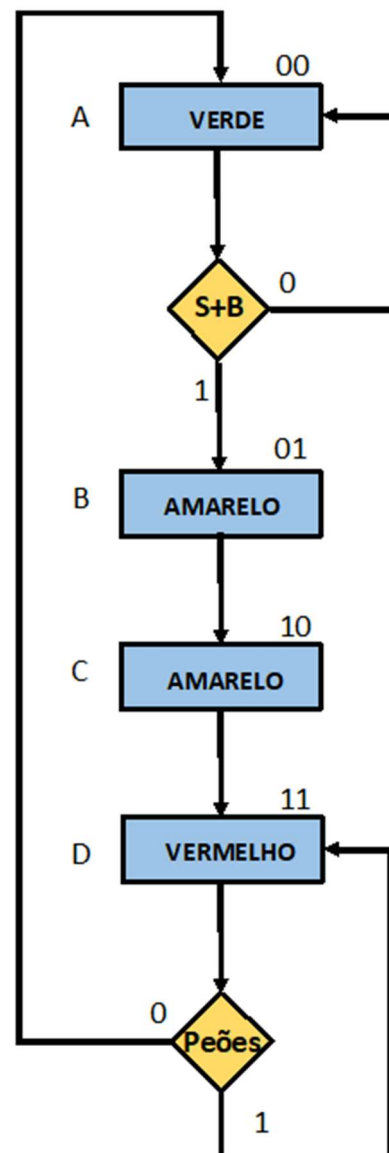
Após uma boa interpretação do trabalho proposto, começou-se por analisar individualmente cada um dos controladores do sistema: o semáforo dos veículos e do semáforo dos peões (cores e contagem). Em particular os estados de cada um, as suas entradas e saídas. Tendo isto em conta, foi possível construir mais facilmente os modelos ASM de cada um, representados nas figuras seguintes:

### Semáforo dos Carros

**Entradas:** Sensor de excesso de velocidade (**S**), Botão da passadeira de peões (**B**), Semáforo dos Peões (**Peões**);

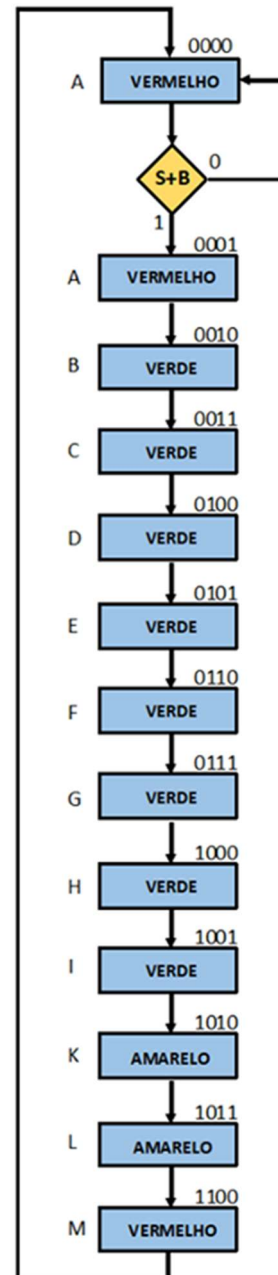
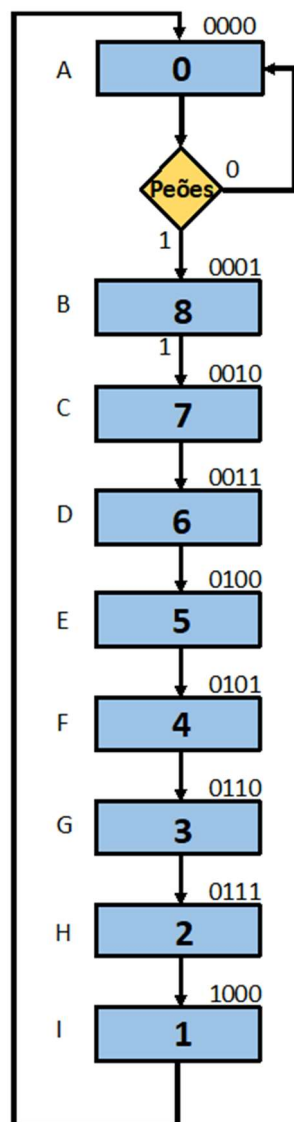
**Saídas:** Verde, Amarelo, Vermelho;

Modelo ASM (Semáforo dos Carros):



**Semáforo dos Peões (Cores)****Entradas:** Sensor de excesso de velocidade (**S**),Botão da passadeira de peões (**B**);**Saídas:** Verde, Amarelo, Vermelho;

Modelo ASM (Semáforo dos Peões):

**Semáforo dos Peões (Contagem)****Entradas:** Sensor de excesso de velocidade (**S**),Botão da passadeira de peões (**B**);**Saídas:** 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;

Modelo ASM (Semáforo dos Peões (Contagem))

Com os modelos ASM criados foi possível conceber as tabelas de transição de estados e das saídas, e também os mapas de Karnaugh correspondentes:

Tabela do Semáforo dos Carros

$a_n$	$a_{n+1}$	S+B	Peões	$a_n$		$a_{n+1}$		Saídas			Flip-flop T	
				X1	X0	X1	X0	Vermelho	Amarelo	Verde	T1	T0
A	A	0	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A	B	1	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1
B	C	-	-	0	1	1	0	0	1	0	1	1
C	D	-	-	1	0	1	1	0	1	0	0	1
D	D	-	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
D	A	-	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1

Flip-flop T

$a_n$	$a_{n+1}$	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Vermelho

S+B   Peões		$X1   X0$			
		00	01	11	10
00		0	0	1	0
01		0	0	1	0
11		0	0	1	0
10		0	0	1	0

$$\text{VERMELHO} = \overline{X1}X0$$

Amarelo

S+B   Peões		$X1   X0$			
		00	01	11	10
00		0	1	0	1
01		0	1	0	1
11		0	1	0	1
10		0	1	0	1

$$\text{AMARELO} = \overline{X1}X0 + X1\overline{X0}$$

Verde

S+B   Peões		$X1   X0$			
		00	01	11	10
00		1	0	0	0
01		1	0	0	0
11		1	0	0	0
10		1	0	0	0

$$\text{VERDE} = \overline{X1} \overline{X0}$$

Flip-flop T1

S+B   Peões		$X1   X0$			
		00	01	11	10
00		0	1	1	0
01		0	1	0	0
11		0	1	0	0
10		0	1	1	0

$$T1 = \overline{X1}X0 + \overline{\text{Peões}}X0$$

## Flip-flop T0

S+B   Peões		X1 X0			
		00	01	11	10
00		0	1	1	1
01		0	1	0	1
11		1	1	0	1
10		1	1	1	1

$$T0 = \overline{X1}X0 + X1\overline{X0} + \overline{X1}(S+B) + X1P$$

Com as funções simplificadas pelos mapas de Karnaugh foi possível criar os logigramas do controlador dos semáforos dos carros:

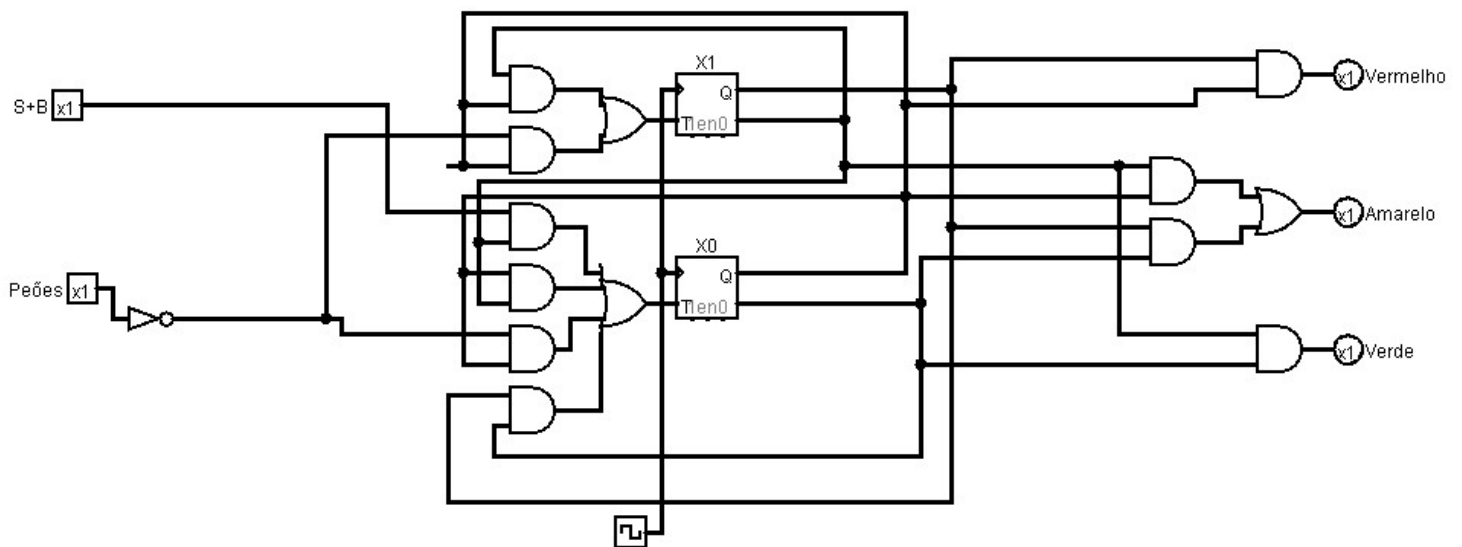


Tabela do Semáforo dos Peões (Contagem)

			Verde Peões	$a_n$				$a_{n+1}$				Saídas								Flip-flop T			
	$a_n$	$a_{n+1}$		X3	X2	X1	X0	X3	X2	X1	X0	a	b	c	d	e	f	g	X3	X2	X1	X0	
0	A	B	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1		
8	B	C	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1		
7	C	D	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1		
6	D	E	-	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1		
5	E	F	-	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1		
4	F	G	-	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1		
3	G	H	-	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1		
2	H	I	-	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1		
1	I	A	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0		
0	A	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0		

Saídas - a

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	1	1
	01	1	0	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	1	1
	01	1	0	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$a = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X0} + \overline{\text{Verde Peões}} X1 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} + \text{Verde Peões} \overline{X3} \overline{X0} + \text{Verde Peões} X1 + \text{Verde Peões} \overline{X3} \overline{X2}$$

Saídas - b

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	0	1
	01	0	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	0	1
	01	0	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 1

$$b = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X2} \overline{X1} \overline{X0} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X1} X0 + \overline{\text{Verde Peões}} X2 X1 + \overline{\text{Verde Peões}} X1 \overline{X0} + \text{Verde Peões} \overline{X2} \overline{X1} \overline{X0} + \text{Verde Peões} \overline{X1} X0 + \text{Verde Peões} X2 X1 + \text{Verde Peões} X1 \overline{X0}$$

Saídas - c

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	1	1
	01	1	1	0	1
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	1	1
	01	1	1	0	1
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 1

$$c = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} + \overline{\text{Verde Peões}} X3 + \overline{\text{Verde Peões}} X1 \overline{X0} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} + \text{Verde Peões} X3 + \text{Verde Peões} X1 \overline{X0}$$

## Saídas - d

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	1	0	1	1
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	1	0	1	1
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$d = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X0} + \overline{\text{Verde Peões}} X1 X0 + \overline{\text{Verde Peões}} X2 X1 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X0} + \overline{\text{Verde Peões}} X1 X0 + \overline{\text{Verde Peões}} X2 X1$$

## Saídas - e

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	0	0	1	0
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	0	0	1	0
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$e = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} + \overline{\text{Verde Peões}} X1 X0 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X2} + \overline{\text{Verde Peões}} X1 X0$$

## Saídas - f

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	1	1	0	0
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	0
01	01	1	1	0	0
11	11	-	-	-	-
10	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$f = \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X2} X1 X0 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} \overline{X1} + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X2} X1 X0$$

## Saídas - g

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	1	1	0
	01	1	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$g = \overline{\text{Verde Peões}} X2 + \overline{\text{Verde Peões}} X0 + \text{Verde Peões} X2 + \text{Verde Peões} X0$$

## Flip-flop T - X3

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 0

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	-	-	-	-
	10	1	-	-	-

Verde Peões = 1

$$X3 = \overline{\text{Verde Peões}} X2 X1 X0 + \overline{\text{Verde Peões}} X3 + \text{Verde Peões} X2 X1 X0 + \text{Verde Peões} X3$$

## Flip-flop T - X2

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	1	0
	01	0	0	1	0
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	1	0
	01	0	0	1	0
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$X2 = \overline{\text{Verde Peões}} X1 X0 + \text{Verde Peões} X1 X0$$



## Flip-flop T – X1

x3 x2 \ x1 x0		x1 x0			
		00	01	11	10
x3 x2	00	0	1	1	0
	01	0	1	1	0
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 0

x3 x2 \ x1 x0		x1 x0			
		00	01	11	10
x3 x2	00	0	1	1	0
	01	0	1	1	0
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$X1 = \overline{\text{Verde Peões}} X0 + \text{Verde Peões} X0$$

## Flip-flop T – X0

x3 x2 \ x1 x0		x1 x0			
		00	01	11	10
x3 x2	00	0	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

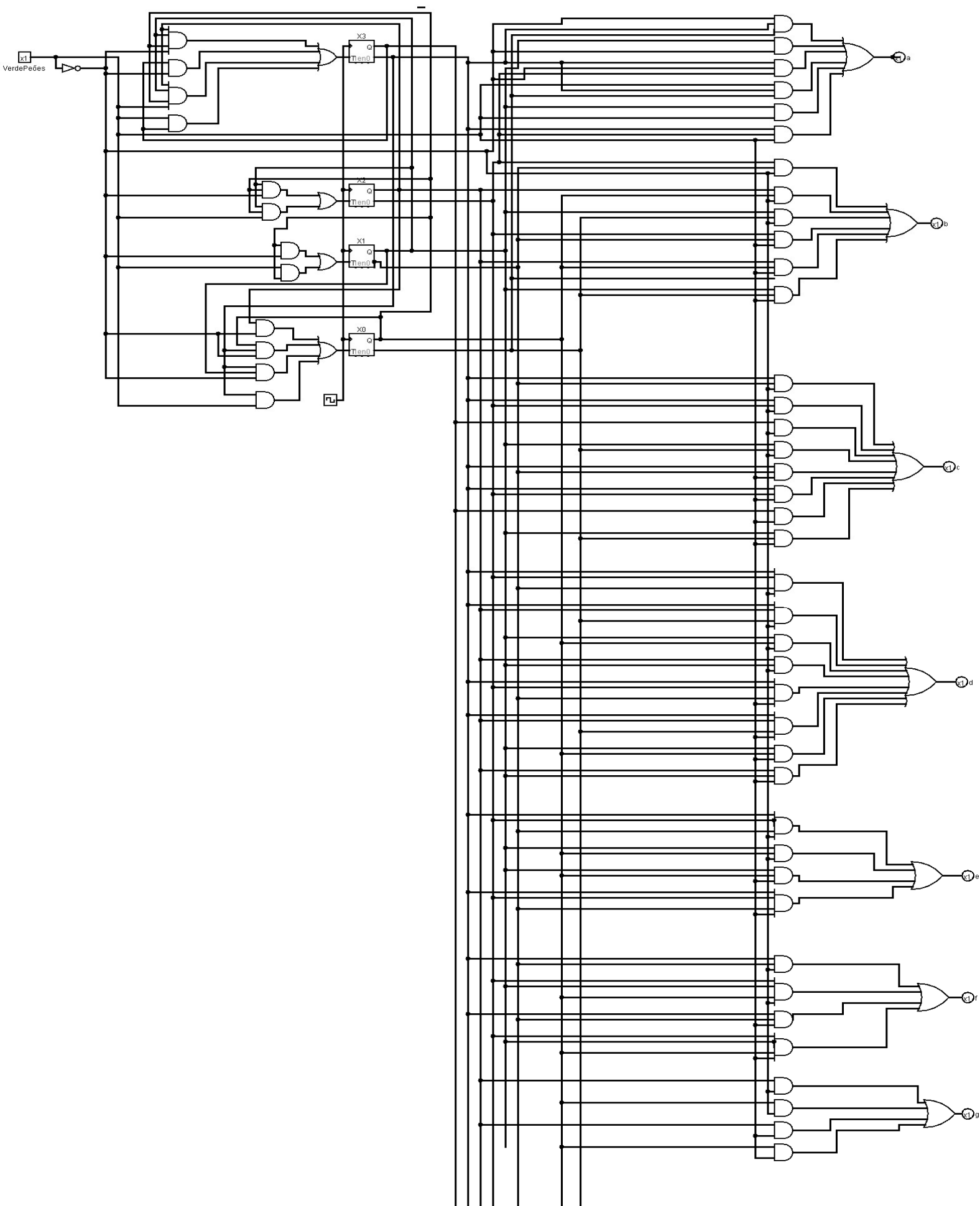
Verde Peões = 0

x3 x2 \ x1 x0		x1 x0			
		00	01	11	10
x3 x2	00	1	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	0	-	-	-

Verde Peões = 1

$$X0 = \overline{\text{Verde Peões}} X2 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} X0 + \overline{\text{Verde Peões}} \overline{X3} X1 + \text{Verde Peões} \overline{X3}$$

Com as funções simplificadas pelos mapas de Karnaugh foi possível criar os logigramas do controlador do cronômetro, sendo a única entrada o VerdePeões e as saídas a, b, c, d, e, f, g:



## Semáforo dos Peões (Cores)

$a_n$	$a_{n+1}$	$a_n$				$a_{n+1}$				S+B	Flip-flop T				Verde	Amarelo	Vermelho
		X3	X2	X1	X0	X3	X2	X1	X0		X3	X2	X1	X0			
A	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A	B	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
B	C	0	0	0	1	0	0	1	0	-	0	0	1	1	0	0	1
C	D	0	0	1	0	0	0	1	1	-	0	0	0	1	0	0	1
D	E	0	0	1	1	0	1	0	0	-	0	1	1	1	1	0	0
E	F	0	1	0	0	0	1	0	1	-	0	0	0	1	1	0	0
F	G	0	1	0	1	0	1	1	0	-	0	0	1	1	1	0	0
G	H	0	1	1	0	0	1	1	1	-	0	0	0	1	1	0	0
H	I	0	1	1	1	1	0	0	0	-	1	1	1	1	1	0	0
I	J	1	0	0	0	1	0	0	1	-	0	0	0	1	1	0	0
J	K	1	0	0	1	1	0	1	0	-	0	0	1	1	1	0	0
K	L	1	0	1	0	1	0	1	1	-	0	0	0	1	1	0	0
L	M	1	0	1	1	1	1	0	0	-	0	1	1	1	0	1	0
M	N	1	1	0	0	1	1	0	1	-	0	0	0	1	0	1	0
N	A	1	1	0	1	0	0	0	0	-	1	1	0	1	0	0	1

## Flip-flop T – X3

		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	0	1	-	-
	10	0	0	0	0

$$S+B = 0$$

		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	0	1	-	-
	10	0	0	0	0

$$S+B = 1$$

$$X3 = \overline{(S+B)} X3 X2 X0 + \overline{(S+B)} X2 X1 X0 + (S+B) X3 X2 X0 + (S+B) X2 X1 X0$$

## Flip-flop T – X2

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	0	0	1	0
01	01	0	0	1	0
11	11	0	1	-	-
10	10	0	0	1	0

$S+B = 0$

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	0	0	1	0
01	01	0	0	1	0
11	11	0	1	-	-
10	10	0	0	1	0

$S+B = 1$

$$X2 = \overline{(S+B)} X3 X2 X0 + \overline{(S+B)} X1 X0 + (S+B) X3 X2 X0 + (S+B) X1 X0$$

## Flip-flop T – X1

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	0	1	1	0
01	01	1	1	1	0
11	11	0	0	-	-
10	10	0	1	1	0

$S+B = 0$

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	0	1	1	0
01	01	1	1	1	0
11	11	0	0	-	-
10	10	0	1	1	0

$S+B = 1$

$$X1 = \overline{(S+B)} X0 \overline{X3} + \overline{(S+B)} \overline{X2} X0 + (S+B) \overline{X3} X0 + (S+B) \overline{X2} X0$$

## Flip-flop T – X0

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	0	1	1	1
01	01	1	1	1	1
11	11	1	1	-	-
10	10	1	1	1	1

$S+B = 0$

X1 X0		X3 X2			
		00	01	11	10
00	00	1	1	1	1
01	01	1	1	1	1
11	11	1	1	-	-
10	10	1	1	1	1

$S+B = 1$

$$X0 = \overline{(S+B)} X3 + \overline{(S+B)} X2 + \overline{(S+B)} X1 + \overline{(S+B)} X0 + (S+B) \overline{X3} + (S+B)$$

## Verde

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	1	0
	01	1	1	1	1
	11	0	0	-	-
	10	1	1	0	1

$$S+B = 0$$

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	1	1
	01	1	1	1	1
	11	0	0	-	-
	10	1	1	0	1

$$S+B = 1$$

$$\text{Verde} = \overline{(S+B)} \overline{X3} X1 X0 + \overline{(S+B)} \overline{X3} X2 + \overline{(S+B)} X3 \overline{X2} \overline{X1} + \overline{(S+B)} X3 X1 \overline{X0} + (S+B) \overline{X3} X1 X0 + (S+B) \overline{X3} X2 + (S+B) X3 \overline{X2} \overline{X1} + (S+B) X3 X1 \overline{X0}$$

## Amarelo

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	1	-	-	-
	10	0	0	1	0

$$S+B = 0$$

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	0	-	-	-
	10	0	0	1	1

$$S+B = 1$$

$$\text{Amarelo} = \overline{(S+B)} X3 X1 \overline{X0} + \overline{(S+B)} X3 X1 X0 + (S+B) X3 X1 \overline{X0} + (S+B) X3 X1 X0$$

## Vermelho

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	0	1
	01	0	0	0	0
	11	-	1	-	-
	10	0	0	0	0

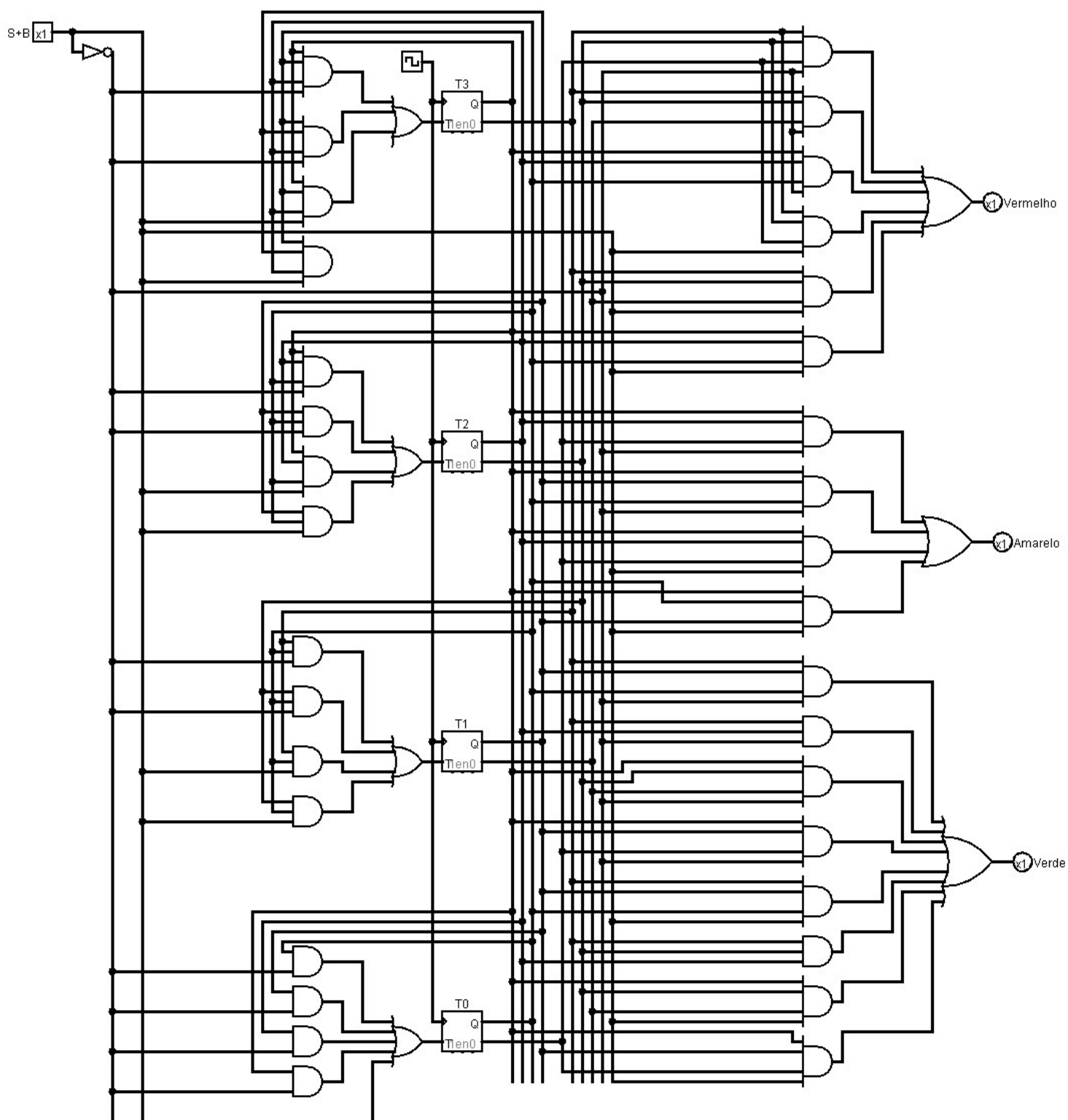
$$S+B = 0$$

X3 X2 \ X1 X0		X1 X0			
		00	01	11	10
X3 X2	00	1	1	0	1
	01	0	0	0	0
	11	0	1	-	-
	10	0	0	0	0

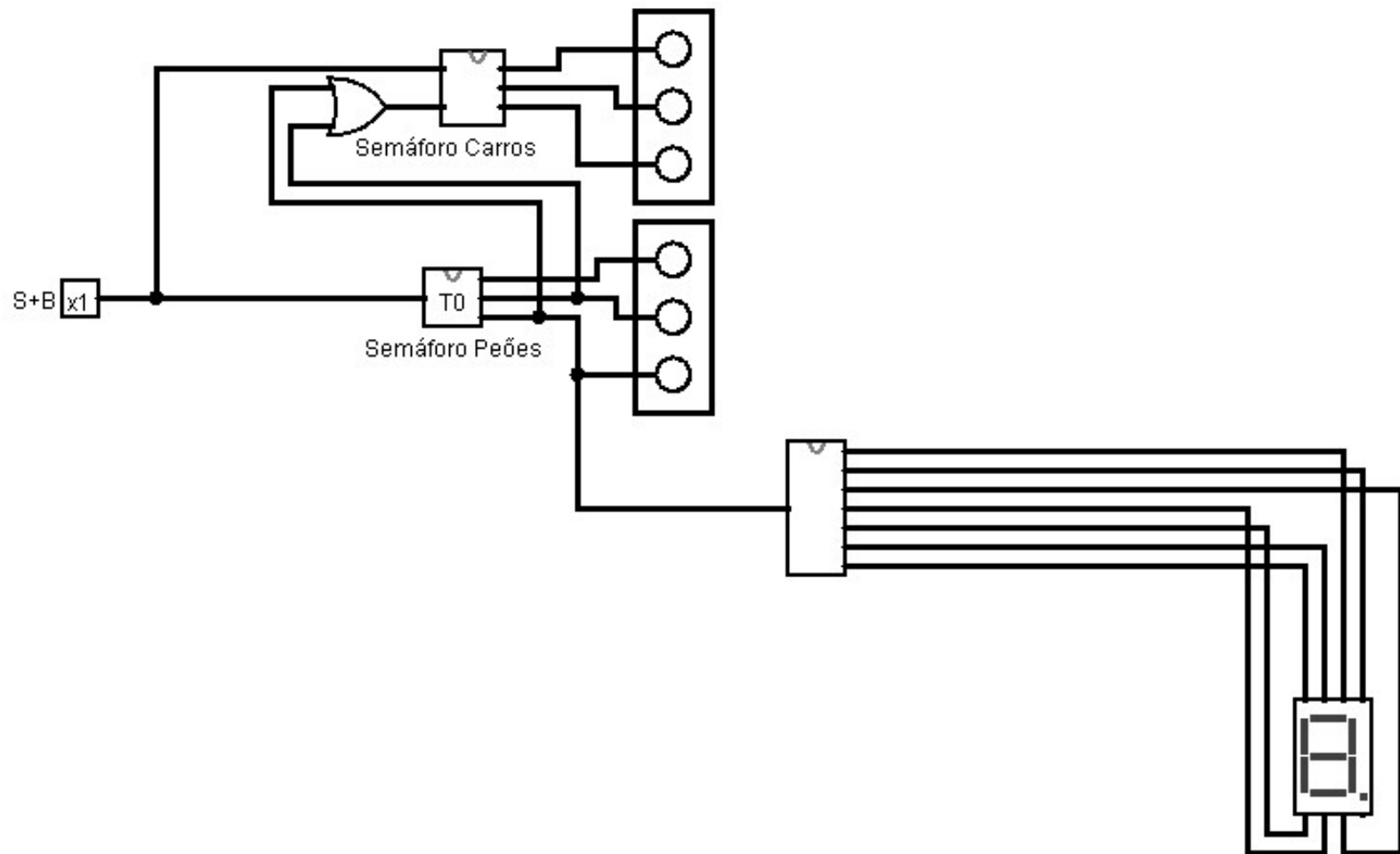
$$S+B = 1$$

$$\text{Vermelho} = \overline{(S+B)} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X0} + \overline{(S+B)} \overline{X3} \overline{X2} \overline{X1} + \overline{(S+B)} X3 X2 X0 + (S+B) \overline{X3} \overline{X2} \overline{X0} + (S+B) \overline{X3} \overline{X2} \overline{X1} + (S+B) X3 X2 X0$$

Com as funções simplificadas pelos mapas de Karnaugh foi possível criar os logigramas do controlador do semáforo, sendo as entradas o S+B (sensor ou botão) e as saídas o vermelho, o amarelo e o verde:



Tendo todos os conteúdos necessários para a construção do logigrama do sistema completo de semáforos, obtemos o seguinte:



Para o correto funcionamento do circuito, é preciso ter em conta que a entrada S+B apenas poderá estar ativa durante um ciclo de relógio.

## Conclusão

Com a realização deste trabalho permitiu-nos aplicar os conceitos aprendidos na sala de aula bem como pesquisar novas práticas de trabalho enriquecendo os nossos conhecimentos de Sistemas Digitais.