

Universidade de Évora
Curso de Engenharia Informática

Sistemas Digitais

Relatório do Trabalho da componente prática

2018/2019

Controlo de Semáforos

Daniel Montinho- nº41894

João Silveirinha-nº42575

Leonardo Catarro-nº43025



Índice

| | |
|--|----|
| Introdução..... | 3 |
| Escolha dos Flip-flops. Porquê?..... | 4 |
| Módulo para semáforo dos peões..... | 5 |
| Tabela de transição de estados e saídas..... | 6 |
| Equações das entradas dos Flip-flops..... | 7 |
| Equações das saídas..... | 10 |
| Circuito do Módulo..... | 12 |
| Módulo para semáforo dos veículos..... | 13 |
| Tabela de transição de estados e saídas..... | 14 |
| Equações das entradas dos Flip-flops..... | 15 |
| Equações das saídas..... | 16 |
| Circuito do Módulo..... | 17 |
| Display de 7 Segmentos..... | 18 |
| Tabela de transição de estados e saídas..... | 18 |
| Equações das entradas dos Flip-flops..... | 19 |
| Equações das saídas..... | 20 |
| Circuito do display..... | 21 |
| Circuito Final..... | 22 |
| Conclusão..... | 23 |

Introdução

Para este trabalho foi-nos solicitado a realização de um circuito de controlo de semáforos, que incluía um semáforo de peões, com um contador que mostrasse aos peões os ciclos que faltam para este saísse do verde, e um semáforo de veículos. Estes semáforos deveriam ser implementados em módulos diferentes, fazendo com que cada um funcionasse autonomamente. Por fim, deveríamos construir um circuito final em que os ligaríamos fazendo-os funcionar simultaneamente de acordo com os tempos/ciclos de relógio solicitados.

Escolha dos Flip-Flops. Porquê?

Para o desenvolvimento deste projeto foram escolhidos os flip-flops JK, pois são os de mais fácil construção e aqueles que nos dão as equações mais simplificadas. Assim, este que garantirá uma menor dimensão ao circuito, facilitando a sua compreensão. Embora, tenhamos que fazer um maior número de mapas de Karnaugh.

→Tabela de excitação dos flip-flops JK:

| Q_n | Q_{n+1} | J | K |
|----------------------|------------------------|----------|----------|
| 0 | 0 | 0 | - |
| 0 | 1 | 1 | - |
| 1 | 0 | - | 1 |
| 1 | 1 | - | 0 |

Módulo para semáforo dos peões

Entradas: E (sensor de velocidade ou botão);

Saídas: VM (vermelho), AM (amarelo), VE (verde), EC (entrada módulo veículos).

→Diagrama de Transição de Estados:

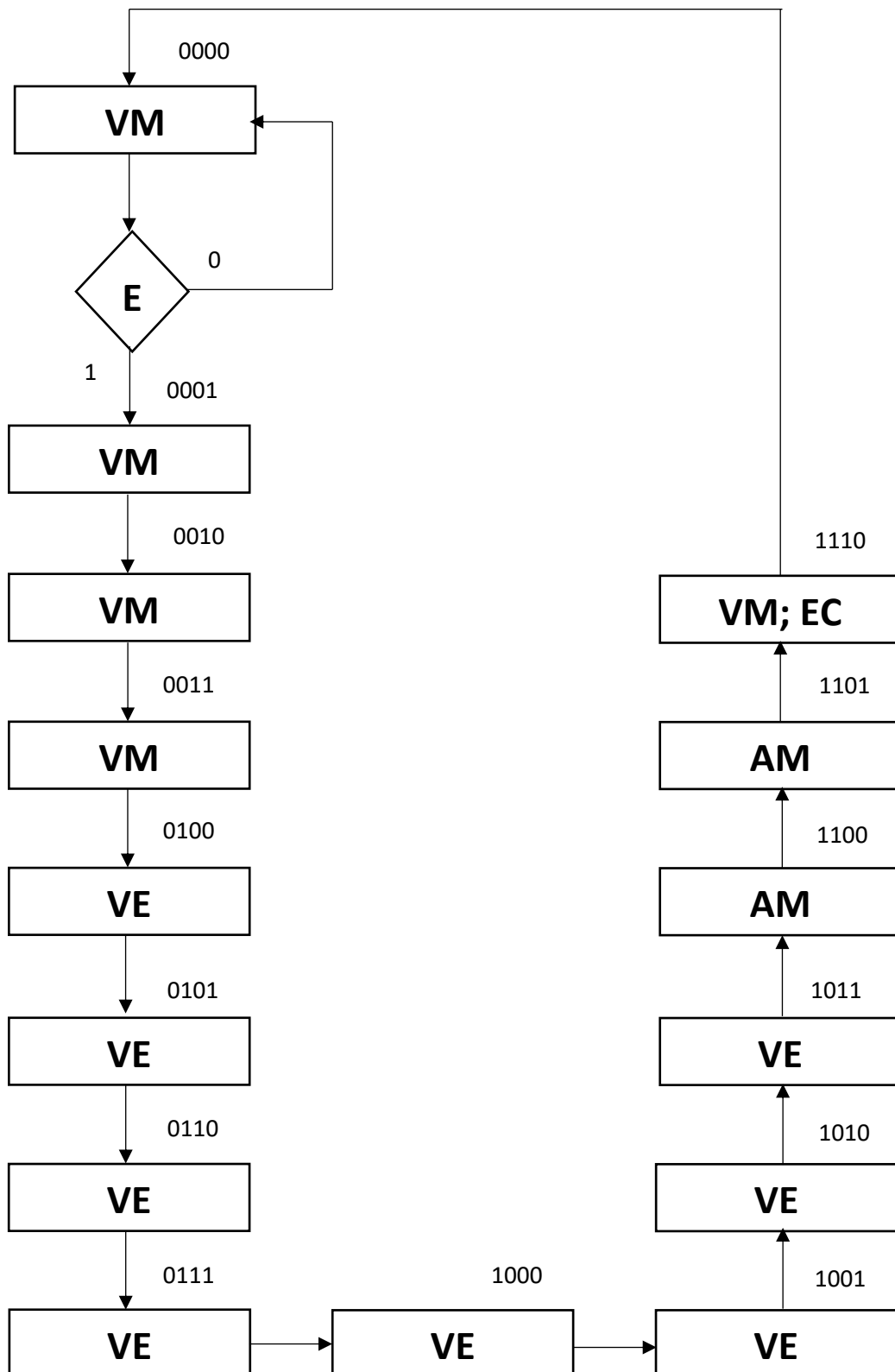


Tabela de transição de estados e saídas

| Entradas | Estados | | | | | | | | Saídas | | | |
|----------|---------|----|----|----|------|----|----|----|--------|----|----|----|
| | Qn | | | | Qn+1 | | | | | | | |
| E | X3 | X2 | X1 | X0 | X3 | X2 | X1 | X0 | VM | AM | VE | EC |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| X | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| X | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| X | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| X | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| X | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| X | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Equações das entradas dos Flip-flops

→ Mapas de Karnaugh(J):

Para J3:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | x | x | x | x |
| 10 | x | x | x | x |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | x | x | x | x |
| 10 | x | x | x | x |

$$J3 = x_2x_1x_0\bar{E} + x_2x_1x_0E$$

Para J2:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | x | x | x | x |
| 11 | x | x | x | x |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | X | x | X | x |
| 11 | X | x | X | x |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |

$$J2 = x_1x_0\bar{E} + x_1x_0E$$

Para J1:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | x | X |
| 01 | 0 | 1 | x | X |
| 11 | 0 | 1 | x | X |
| 10 | 0 | 1 | x | X |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | x | x |
| 01 | 0 | 1 | x | x |
| 11 | 0 | 1 | x | x |
| 10 | 0 | 1 | x | x |

$$J1 = x_0\bar{E} + x_0E$$

Para J0:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | 1 | x |
| 01 | x | 1 | 1 | x |
| 11 | x | 1 | 0 | x |
| 10 | x | 1 | 1 | x |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | x | x | 1 |
| 01 | 1 | x | x | 1 |
| 11 | 1 | x | x | 0 |
| 10 | 1 | x | x | 1 |

$$J0 = x3x2\bar{E} + x2x1\bar{E} + \bar{x}3x1\bar{E} + x3x2E + \bar{x}1E + \bar{x}3E$$

→ Mapas de Karnaugh(K):

Para K3:

E=0

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | x | x | x | x |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E=1

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | x | x | x | x |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$K3 = x2x1\bar{E} + x2x1E$$

Para K2:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | x | x | x | x |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | x | x | x | x |

$$K2 = x1x0\bar{E} + x3x1\bar{E} + x1x0E + x3x1E$$

Para K1:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | 1 | 0 |
| 01 | 0 | x | 1 | 0 |
| 11 | X | x | x | 1 |
| 10 | x | x | 1 | 0 |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | 1 | 0 |
| 01 | x | x | 1 | 0 |
| 11 | x | x | X | 1 |
| 10 | x | x | 1 | 0 |

$K1 = x0\bar{E} + x3x2\bar{E} + x0E + x3x2E$

Para K0:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | 1 | 1 | x |
| 01 | x | 1 | 1 | x |
| 11 | X | 1 | 1 | x |
| 10 | x | 1 | x | x |

E=1

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | x | 1 | 1 | x |
| 01 | x | 1 | 1 | x |
| 11 | x | 1 | 1 | x |
| 10 | x | 1 | x | x |

$K0 = 1$

Equações das saídas

Para VM:

E=0

| x3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E=1

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$VM = \overline{x_3}\overline{E}x_2 + x_3x_2x_1\overline{E} + \overline{x_3}\overline{x_2}E + x_3x_2x_1E$$

Para AM:

E=0

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | x | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E=1

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | x | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$AM = x_3x_2\overline{x_1}\overline{E} + x_3x_2x_1\overline{E}$$

Para VE:

E=0

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | x | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

E=1

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | x | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$VE = \overline{x_3}x_2\overline{E} + x_3\overline{x_2}\overline{E} + \overline{x_3}x_2E + x_3x_2\overline{E}$$

Para EC:

E=0

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E=1

| X3x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | x | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

VE= x3x2x1Ē + x3x2x1E

Circuito do Módulo

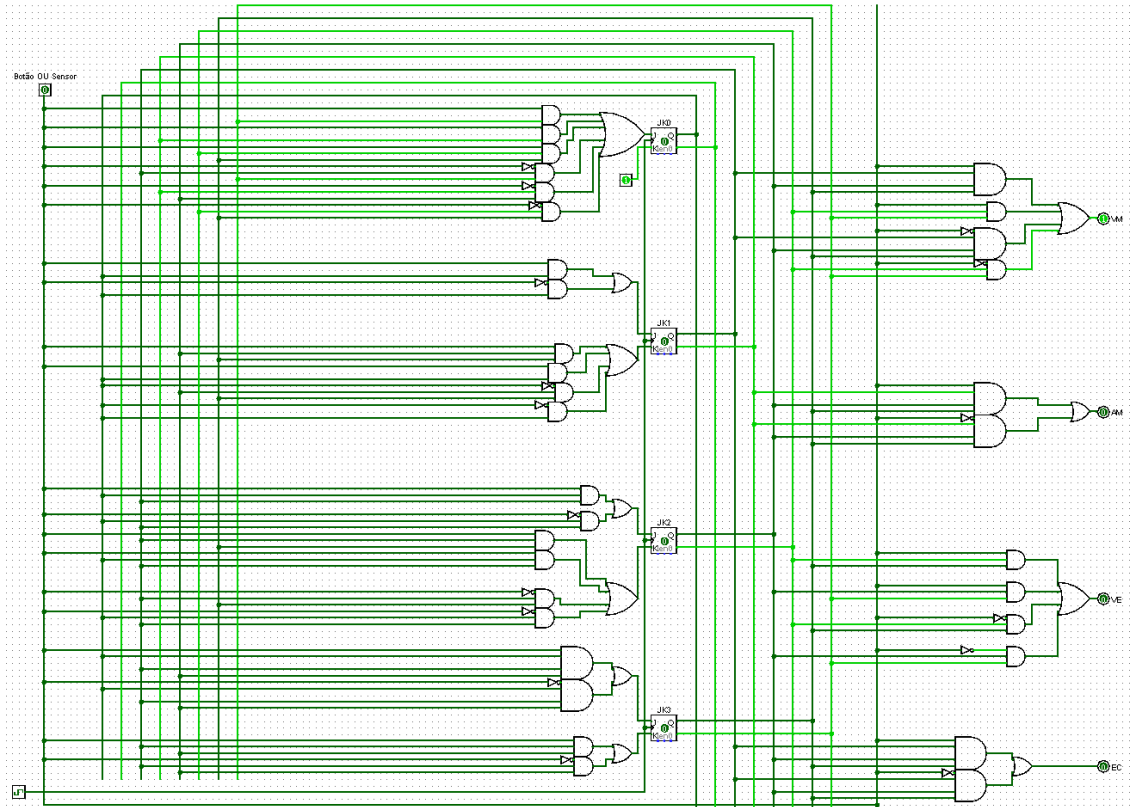


Fig.1: Circuito do semáforo dos peões

Módulo para semáforo dos veículos

Entradas: E (Botão ou Sensor de Movimento); EC (Entrada módulo veículos)

Saídas: VM (vermelho); AM (amarelo); VE (verde)

→Diagrama de Transição de Estados:

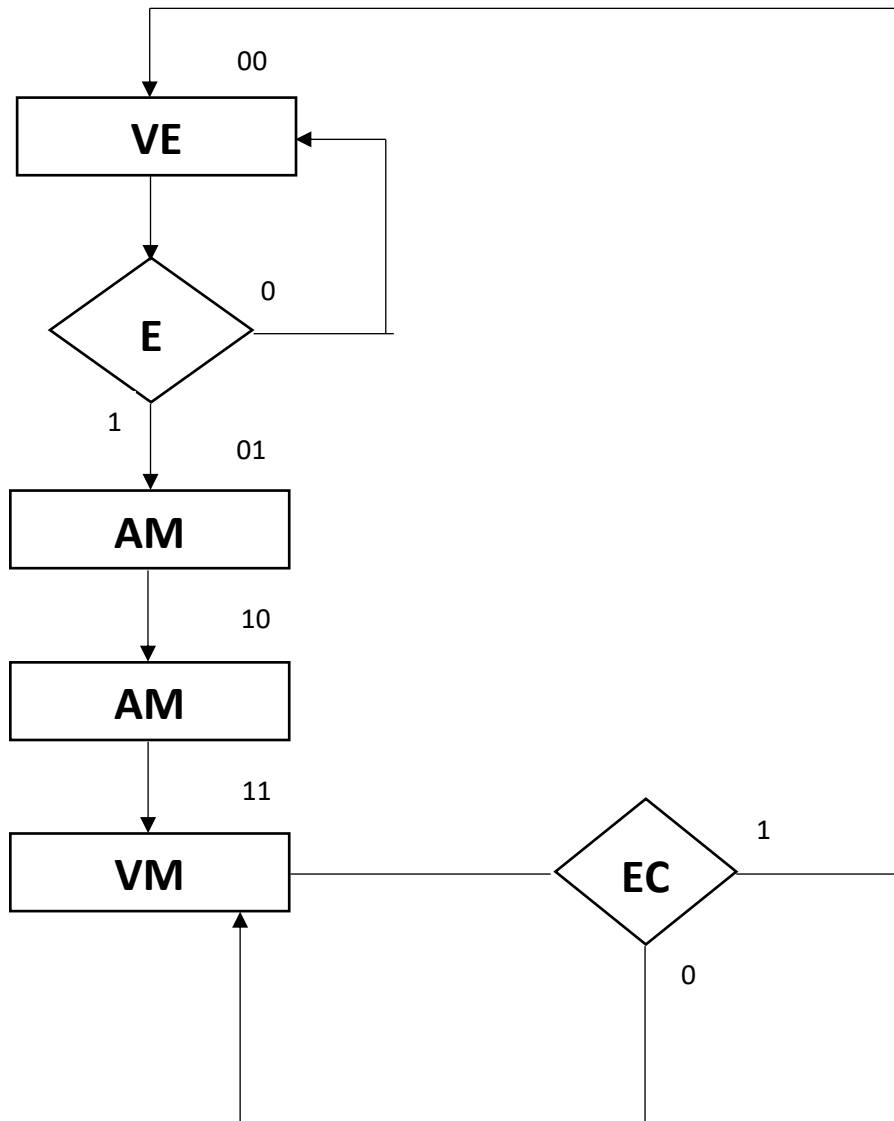


Tabela de transição de estados e saídas

| Entradas | | Qn | | Qn+1 | | Saídas | | |
|----------|----|----|----|------|----|--------|----|----|
| E | EC | X1 | X0 | X1 | X0 | VM | AM | VE |
| 0 | x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | x | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| x | x | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x | x | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| x | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Equações das entradas dos Flip-flops

→ Mapas de Karnaugh(J):

Para J1:

| E EC \ x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | x | X |
| 01 | 0 | 1 | x | X |
| 11 | 0 | 1 | x | X |
| 10 | 0 | 1 | X | x |

$$J1 = x0$$

Para J0:

| E EC \ x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | x | x | 1 |
| 01 | 0 | x | x | 1 |
| 11 | 1 | x | x | 1 |
| 10 | 1 | x | x | 1 |

$$J0 = E + x1$$

→ Mapas de Karnaugh(K):

Para K1:

| E EC \ x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | 0 | 0 |
| 01 | x | X | 1 | 0 |
| 11 | X | X | 1 | 0 |
| 10 | X | x | 0 | 0 |

$$K1 = ECx0$$

Para K0:

| E EC \ x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | x | x | 1 |
| 01 | 0 | x | x | 1 |
| 11 | 1 | x | x | 1 |
| 10 | 1 | x | x | 1 |

$$J0 = E + \overline{x1}$$

Equações das saídas

Para VM:

| E EC\ x_1x_0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |

$$VM = x_1x_0$$

Para AM:

| E EC\ x_1x_0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 01 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 1 |

$$AM = \overline{x_1}x_0 + x_1\overline{x_0} = x_1 \oplus x_0$$

Para VE:

| E EC\ x_1x_0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 |

$$VE = \overline{x_1} \overline{x_0}$$

Circuito do Módulo

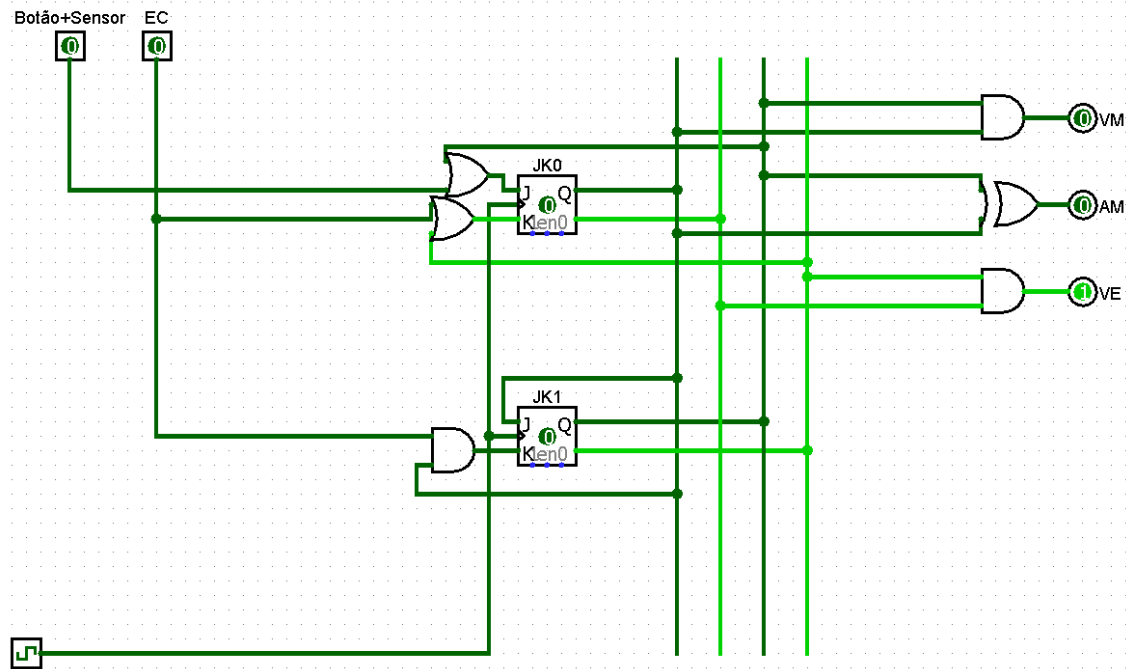


Fig.2: Circuito do semáforo dos veículos

Display de 7 Segmentos

Para este trabalho foi-nos solicitado a utilização de um display de 7 segmentos que iria mostrar para os peões quantos ciclos faltam para o semáforo dos peões sair de verde.

Tabela de transição de estados e saídas

| Estados | | | | | | Saídas | | | | | | |
|---------|----|----|------|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|
| Qn | | | Qn+1 | | | | | | | | | |
| x2 | x1 | x0 | x2 | x1 | x0 | S0 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Equações de entradas dos Flip-flops

Para J2:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | X | X | X | X |

$$J2 = x1x0$$

Para K2:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | x | x | X | x |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |

$$K2 = x1x0$$

Para J1:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | X | x |
| 01 | 0 | 1 | x | X |

$$J1 = x0$$

Para K1:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | X | x | 1 | 0 |
| 01 | x | X | 1 | 0 |

$$K1 = x0$$

Para J0:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | X | x | 1 |
| 01 | 1 | X | X | 1 |

$$J0 = 1$$

Para K0:

| x2\x1x0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---------|----|----|----|----|
| 00 | X | 1 | 1 | X |
| 01 | X | 1 | 1 | x |

$$K0 = 1$$

Equações das saídas

Para S0:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 0 | 1 | 0 | 1 |

$$S_0 = \overline{x_2} + \overline{x_1}x_0 + x_1\overline{x_0} = \overline{x_2} + x_1 \oplus x_0$$

Para S1:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$S_1 = x_2 + \overline{x_1}$$

Para S2:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 0 |

$$S_2 = \overline{x_2} + \overline{x_1} + x_0$$

Para S3:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 0 | 1 | 0 | 1 |

$$S_3 = x_2\overline{x_1}x_0 + \overline{x_2}\overline{x_0} + \overline{x_2}x_1 + x_1\overline{x_0}$$

Para S4:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 1 |

$$S_4 = \overline{x_2}\overline{x_0} + x_1\overline{x_0}$$

Para S5:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 0 | 0 | 0 |

$$S_5 = \overline{x_1}\overline{x_0} + \overline{x_2}x_1$$

Para S6:

| $x_2 \backslash x_1 x_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 0 | 1 |

$$S_6 = \overline{x_0} + x_2\overline{x_1} + \overline{x_2}x_1 = \overline{x_0} + x_2 \oplus x_1$$

Circuito do Display

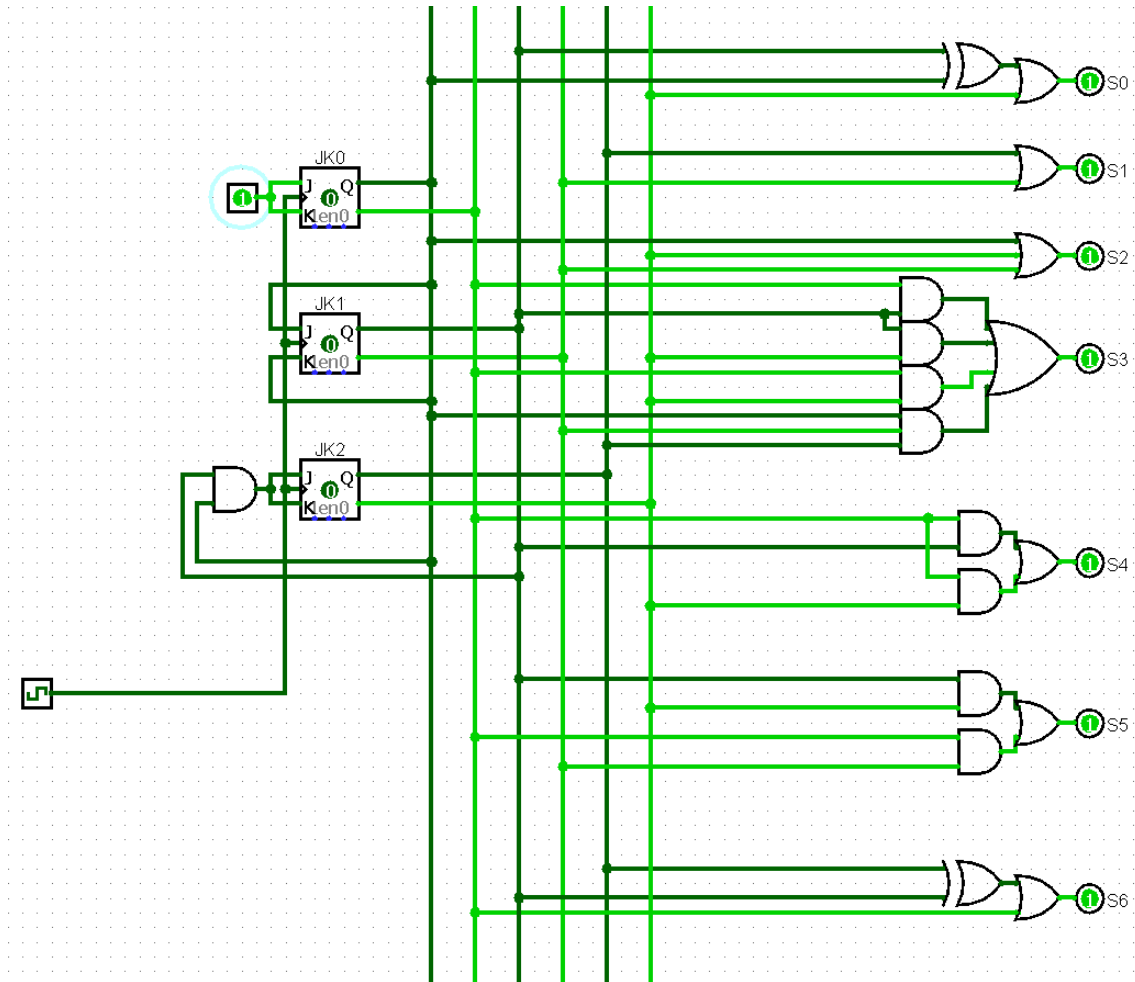


Fig.3: Circuito do Display de 7 segmentos

Circuito Final

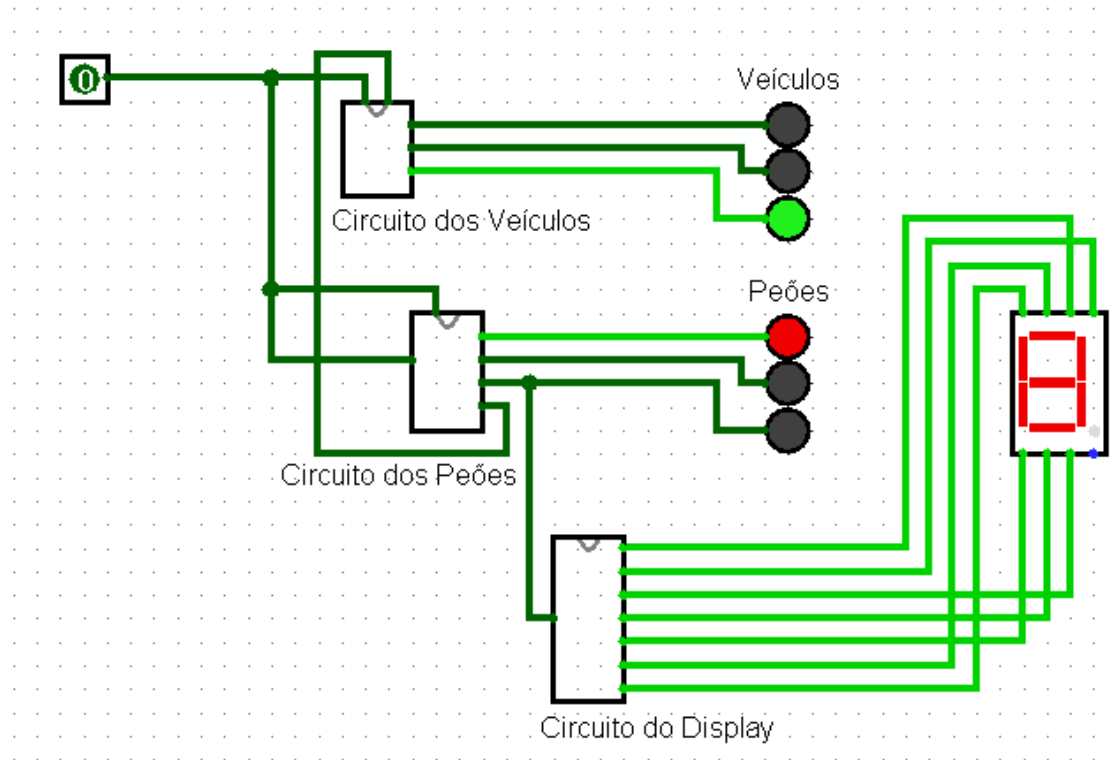


Fig.4: Circuito Final do Controle de Semáforos

→ Número de Portas Utilizadas:

Módulo dos Peões:

- 34 portas AND;
- 11 portas OR;
- 17 portas NOT;
- 3 flip-flops JK;

Módulo dos Veículos:

- 3 portas AND;
- 2 portas OR;
- 2 portas XOR;
- 2 flip-flops JK.

Display de 7 segmentos:

- 9 portas AND;
- 7 portas OR;
- 2 portas XOR;
- 3 flip-flops JK

Conclusão

Embora tenha sido um trabalho desafiante, derivado á facilidade e ás inúmeras possibilidades de errar, é um projeto que carece de alguma concentração. Foi um trabalho no qual conseguimos ultrapassar as nossas dificuldades no desenvolvimento de sistemas síncronos simples.

Conseguimos, ainda, ultrapassar os nossos problemas relativamente ao funcionamento dos Flip-flops, entendendo melhor o seu funcionamento. Por último, compreender o funcionamento de algo do nosso quotidiano que é o funcionamento dos semáforos. Com tudo isto, evoluímos e melhoramos as nossas capacidades e conhecimentos na cadeira de Sistemas Digitais.