

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

Ígor Assis Rocha Yamamoto

SEMÁFORO COM CONTROLE DE FLUXO

Florianópolis

2014

Ígor Assis Rocha Yamamoto

SEMÁFORO COM CONTROLE DE FLUXO

Projeto Final da disciplina Sistemas Digitais
(EEL7020) apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina

Professores: Eduardo Augusto Bezerra e Joni da
Silva Fraga

Florianópolis

2014

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO	3
3. COMPONENTES DO SISTEMA.....	5
3.2. CONTADORES	6
3.2.1. <i>Contador do Semáforo Horizontal</i>	7
3.2.2. <i>Contador do Semáforo Vertical</i>	8
3.3. MÁQUINA DE ESTADOS.....	9
3.4. DECODIFICADOR BINÁRIO PARA 7 SEGMENTOS.....	11
3.5. <i>Registrador</i>	12
3.6. <i>Topo da Hierarquia</i>	13
4. DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA	13
5. FLUXO DE PROJETO	14
6. CONCLUSÃO.....	15

1. Introdução

Este trabalho tem por objetivo especificar o modo de realização do projeto final da disciplina Sistemas Digitais, simulando uma situação real e colocando em prática os conhecimentos adquiridos em aulas ao longo da disciplina.

O projeto consiste no desenvolvimento em VHDL para FPGA de um circuito digital que realize o controle do fluxo de veículos e pessoas utilizando um semáforo de trânsito. FPGA é um dispositivo usado para o processamento de informações digitais.

Este documento apresenta o problema, a descrição dos módulos utilizados no projeto, o fluxo do projeto, diagrama de blocos do projeto, representação gráfica da máquina de estado, explicações sobre estados e transições, diagramas de onda da simulação com explicação, conforme as exigências apresentadas.

2. Especificação do Problema Proposto

O projeto fundamenta-se na implementação de um circuito digital para o controle de fluxo de um cruzamento onde existem duas vias: uma horizontal (via H) e outra vertical (via V) (figura 1). Ambas possuem semáforos que controlam o fluxo de veículos de acordo com um tempo pré-estabelecido, contudo a via horizontal (via principal) tem prioridade sobre a via vertical, podendo ter seu tempo de sinalização do verde estendido. A extensão do tempo de sinalização em verde terá um limite máximo de vezes permitido.

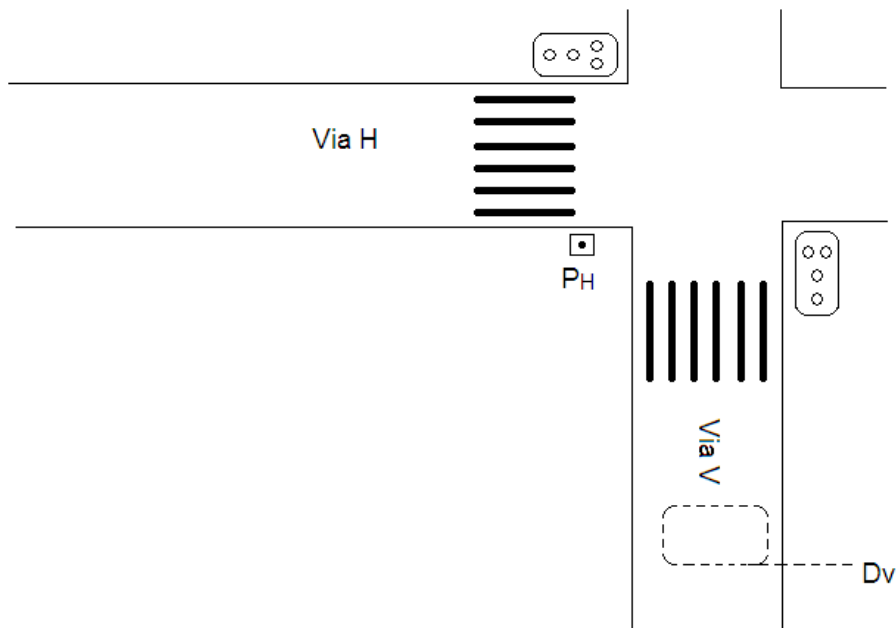


Figura 1

O tempo de sinalização da via horizontal ocorrerá conforme descrito abaixo:

- 1) Primeiramente, o semáforo permanece um tempo mínimo de 16 segundos em verde.

Após esse tempo mínimo, poderão ocorrer até 3 extensões de 4s no tempo verde (totalizando um máximo de 12s de extensão). Cada extensão só ocorrerá se ambas as seguintes condições forem satisfeitas:

- Não houver pedido para passagem de pedestre na via horizontal, ou seja, a botoeira (P_H) não é pressionada.
- O detector indutivo (D_V), localizado na via vertical, não esteja detectando a presença de automóveis na mesma.

- 2) O fim do verde na sinaleira da via horizontal é seguido por 2s de amarelo.

Obs.: Para a detecção de pedestres e automóveis são utilizados sinais de dois sensores: Um sensor indutivo (D_V), que sinaliza a presença de um veículo na via vertical e uma botoeira de pedestres (P_H), que sinaliza a presença de pedestres aguardando a travessia.

Para a via vertical, o verde tem um tempo não estendível de 6s, seguido por um intervalo de 2s de amarelo.

Conforme definido acima, a seguinte tabela mostra os tempos das indicações semaforicas:

Via Horizontal		Via Vertical	
Tempo	Valor (s)	Tempo	Valor (s)
T_{gH} mín.	16	T _{gv}	6
T_{gH} máx.	28	T _{yv}	2
T_{gH} ext.	4	T _{rv}	Variável
T_{yH}	2		
T_{rH}	8		

3. Componentes do Sistema

3.1. Divisor de Frequência

- Quantidade: 1
- Entradas: clock_in, reset
- Saída: clock_out

O divisor de frequência é um temporizador, este componente é quem regula a frequência com que temos uma borda de subida do *clock*, no caso há um intervalo de 1 segundo a cada subida. Para o implementar o componente foi usado a seguinte estratégia: Utilizamos 3 estados, cada qual com sua função (s0: estado inicial, s1: estado incrementador, s2: estado de verificação). O divisor funciona incrementando um contador em 1 a cada 2 pulsos de *clock* de 50MHz, então deve-se contar até 25 milhões.

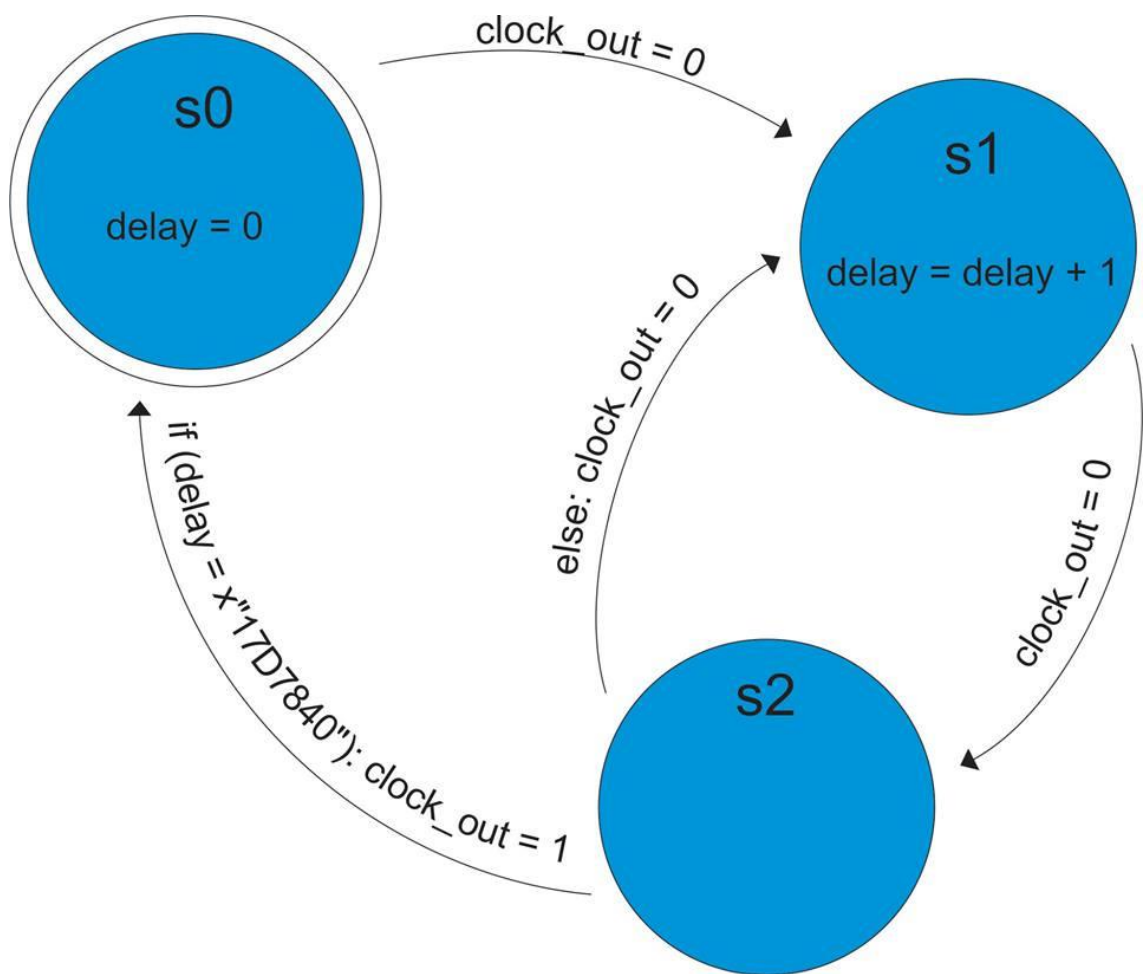


Figura 2 - Divisor de Frequência

3.2. Contadores

- Quantidade: 2

Um contador é um circuito digital que permite reproduzir uma sequência pré-determinada. Para a solução do problema em questão, foram implementados dois contadores com o objetivo de contar os tempos em que os semáforos permanecem abertos a fim de controlar o fluxo de veículos da região. Os contadores, aos quais chamaremos *contadorH* (para a via horizontal) e *contadorV* (para a via vertical), serão descritos a seguir.

3.2.1. Contador do Semáforo Horizontal

- Entradas: clk, reset, enable, modcont, extensao
- Saídas: contagemH

O Contador da via principal Horizontal tem seu ritmo ditado pelo *clock* fornecido pelo temporizador, sendo atualizado a cada segundo, realizando portanto a função de contar os segundos em que o semáforo permanece sinalizando verde, amarelo e vermelho. Para a via em questão, o contador deve obedecer as regras específicas anteriormente, ou seja, deve contar no mínimo 16s de sinal verde, e de acordo com os sinais de *extensão* recebidos, estender ou não o tempo em que permanece aberto a passagem de veículos.

O módulo de contagem opera da seguinte maneira: quando *modcont* = '1' temos a contagem da sinaleira indicando verde (16 a 28s) e quando *modcont* = '0' temos a contagem do tempo de 2s em que o semáforo permanece no amarelo.

A saída *contagemH* indica o tempo que já foi decorrido desde a mudança para o estado atual. E o *enable* (ativo alto) é responsável pela ativação/desativação do contador.

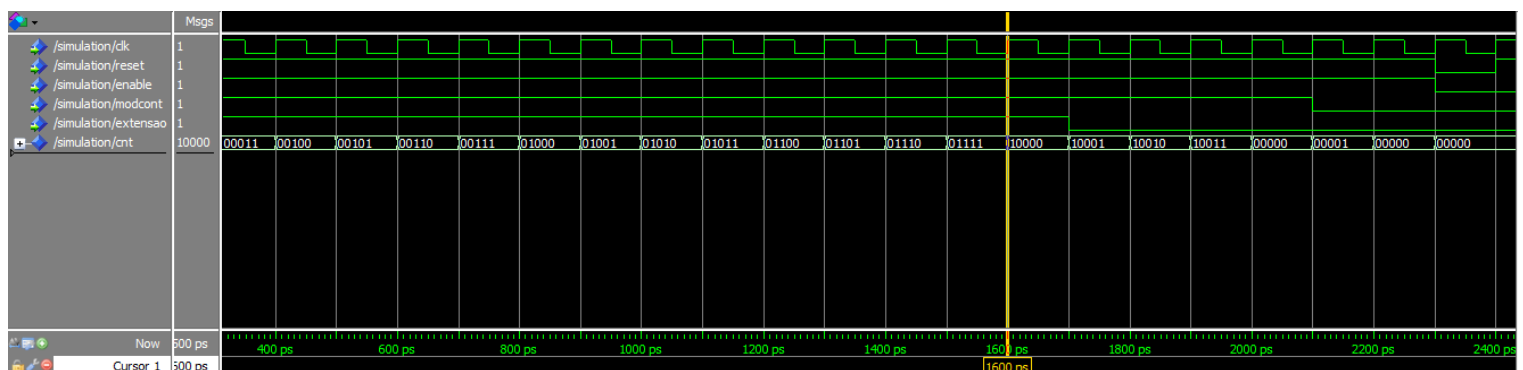


Figura 3 - Simulação do Contador da Via Horizontal

A simulação acima mostra o funcionamento de contador, onde cnt representa a saída do contador. Percebe-se na situação-exemplo testada que no tempo de 17s (cnt = "10001") foi recebido a indicação dos sensores (ativo baixo) de que algum pedestre está pedindo travessia ou algum veículo se encontra em deslocamento na via Vertical, assim, após o tempo de extensão de 4s desde o tempo mínimo de 16s, a contagem zera, indicando uma mudança de estado, do verde para o amarelo no semáforo Horizontal.

Após os 2s de tempo em que o estado amarelo horizontal opera, percebe-se que o contador volta a zerar, e assim permanece até que volte a contar o tempo de sinalização do verde horizontal (desativado através do enable).

3.2.2. Contador do Semáforo Vertical

- Entradas: clk, reset, enable, modcont
- Saídas: contagemV

Assim como o contador da via horizontal, o contador da via secundária vertical, é ritmado de acordo com o temporizador e tem sua ativação efetuada pelo *enable* (ativo alto).

Os módulos de contagem do semáforo vertical lhe permite contar até 6s, para o tempo em que o semáforo permanece em verde, e contar até 2s para o período em que se encontra sinalizando amarelo.

O contador também gera uma saída de contagem, indicando quantos segundos se passaram desde a mudança de estado.

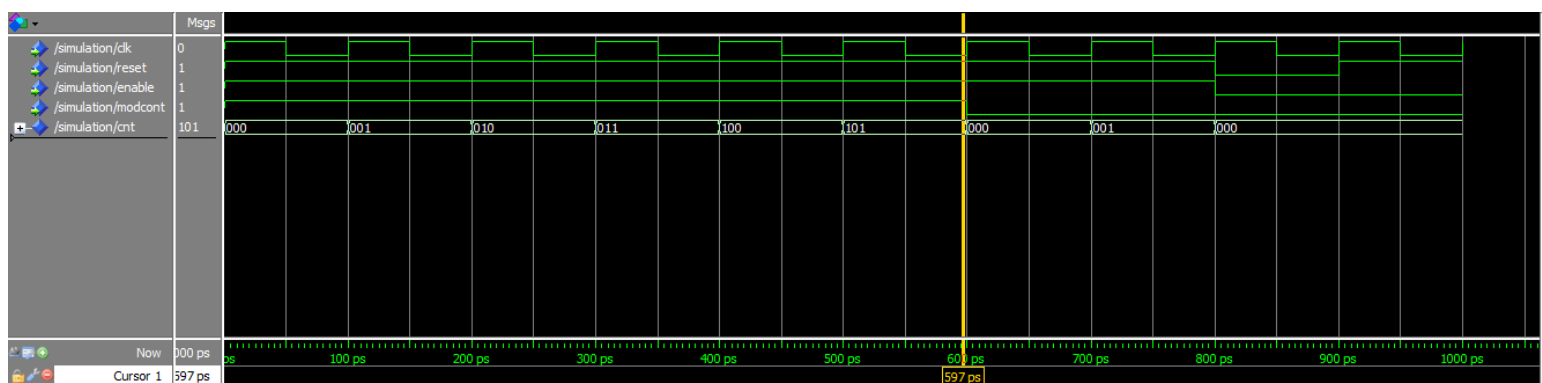


Figura 4 - Simulação do Contador da Via Vertical

Na simulação acima notamos o funcionamento do contador vertical, contando até 6s, logo após tem sua contagem zerada, passando do verde para o amarelo vertical, onde permanece por 2s e então é desativado.

3.3. Máquina de Estados

- Quantidade: 1
- Entradas: clk, reset, controle, flagH, flagV
- Saídas: enableH, enableV, modcontH, modcontV, semafH, semafV, state, resetFF

A FSM (Finite State Machine) é um modelo usado pra representar circuitos lógicos. A Máquina de Estados Finitos é o cérebro do sistema, quem realiza a mais importante função de controlar a lógica de operação dos demais componentes.

No projeto, a FSM é responsável por fazer a transição dos estados. A máquina de estados tem em suas entradas sua fonte de informação para realizar as operações lógicas para a manutenção do sistema de forma a continuar funcionando continuamente ao longo do tempo. Os *flags* recebidos dos contadores são indicações de quanto tempo se passou desde a mudança de estado e indicarão em conjunto à entrada de controle (recebida através dos sensores) quando o próximo estado irá ocorrer.

A Máquina de Estados gera saídas para os contadores, os *enables* e *módulos de contagem*, indicando a forma que devem operar ou ficar desativados (no caso da sinalização de vermelho). Além desses sinais de saída para os contadores, a máquina de estados envia as saídas para os LEDs, informando a sinalização momentânea para pedestres e veículos que estão em circulação.

O *resetFF* tem a função de resetar (ativo baixo) o armazenamento da informação de extensão do tempo de verde na horizontal.

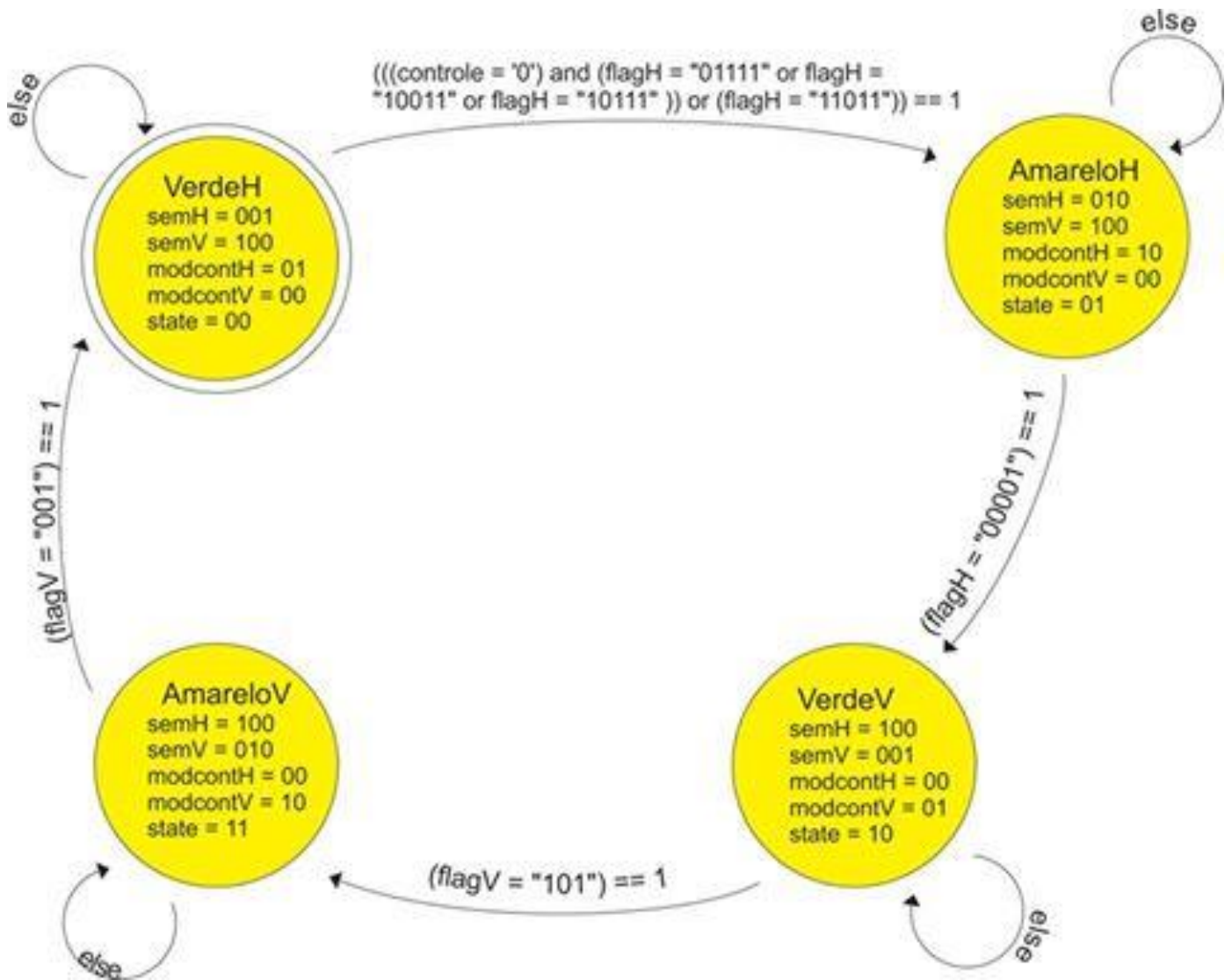


Figura 5 - Diagrama de Estados

O diagrama de estados acima facilita o entendimento da operação do sistema. Temos que o estado inicial está indicado pelo círculo com borda dupla, e este estado corresponde ao Verde Horizontal (VerdeH), tempo em que o semáforo da Via Horizontal permanece aberto. Ele é seguido pelo Amarelo Horizontal, então temos adiante o estado de Verde Vertical e, por último, fechando o ciclo, temos o Amarelo Vertical. As setas em conjunto com as condições descritas acima delas fazem a indicação de qual o próximo passo da sequência lógica deve ser seguido.

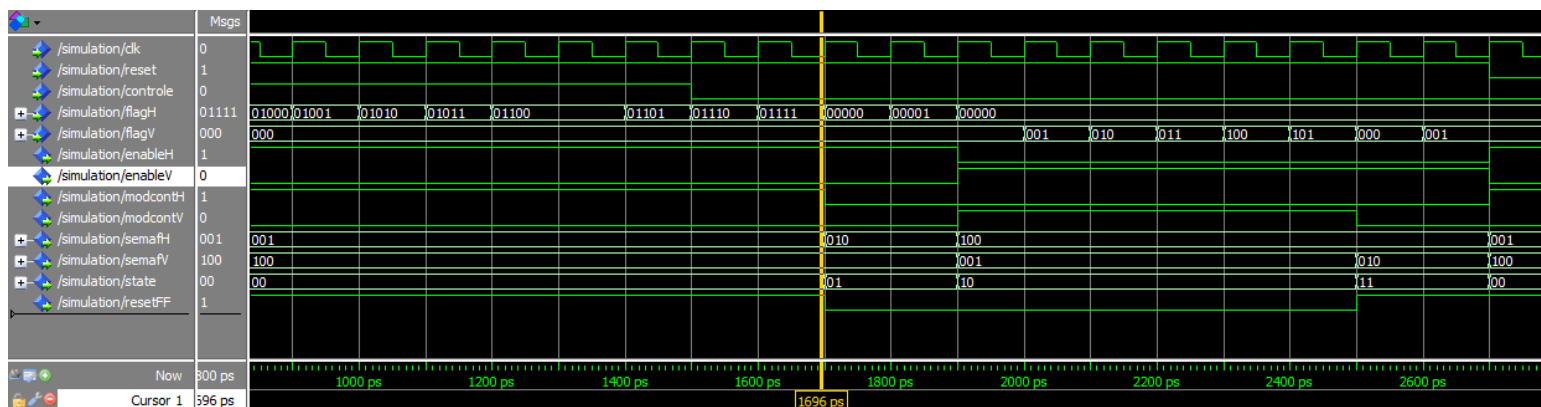


Figura 7 - Simulação da Máquina de Estados

A simulação da máquina de estados acima fornece a visualização completa da lógica do sistema.

O teste começa no estado inicial de Verde Horizontal, que permanece em vigor até atingir o tempo mínimo de 16s – observe que não foi concedida extensão no tempo de passagem de veículos na Horizontal pois ao tempo de 14s foi recebida a informação pelo controle de que algum dos sensores estava ativo (ativo baixo).

3.4. Decodificador Binário para 7 Segmentos.

- Quantidade: 2 (1 para o contador Horizontal, outro para o Vertical)
- Entradas: C
- Saídas: F

Os decodificadores realizam a função, neste caso, de converter o número binário gerado pelos contadores em um número representado por 7 segmentos para que se possa visualiza-lo para fins de simulações.

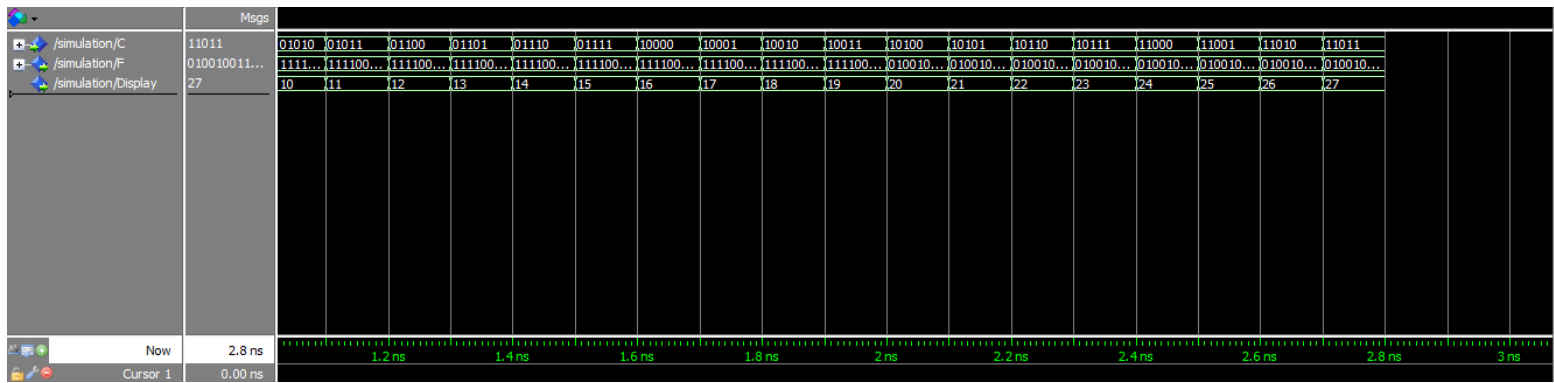


Figura 8 - Decodificador para o Contador Horizontal

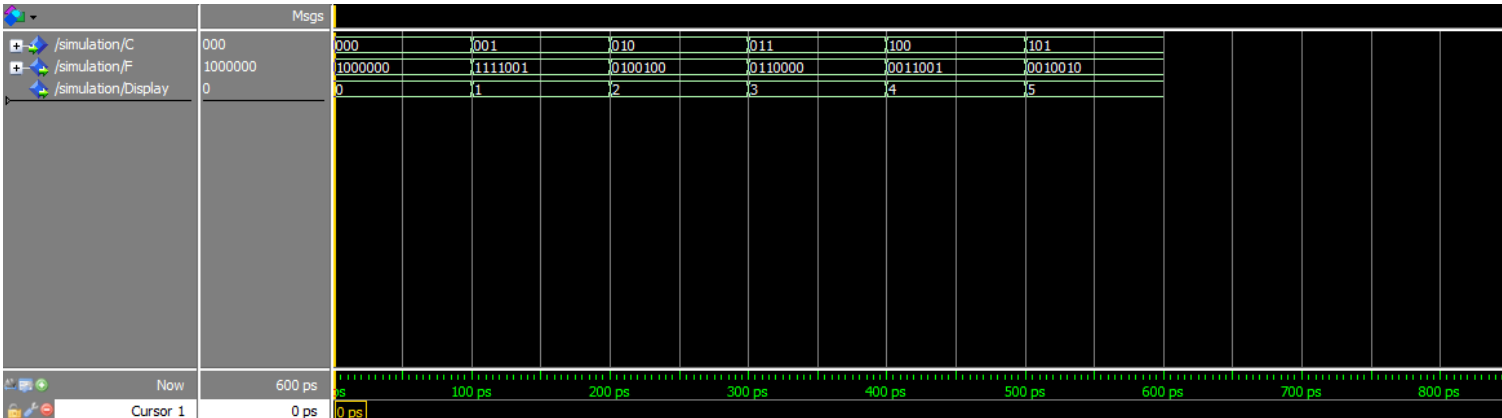


Figura 9 - Decodificador para Contador Vertical

3.5. Registrador

- Quantidade: 1
- Entradas: reset, CLEAR, k_IN (Entra o Ph (KEY(3)) ou o Dv (KEY(2)))
- Saídas: k_OUT (bit armazenado)

O Registrador é componente com a capacidade de armazenar um valor que será transmitido para a saída quando necessário. No projeto o único registrador presente é de 1 bit e está sendo utilizado pra armazenar o valor da expressão (Ph(KEY(3)) or Dv(KEY(2))).

3.6. Topo da Hierarquia

- Quantidade: 1
- Entradas: CLOCK_50, KEY(3 downto 0)
- Saídas: LEDG, LEDR, HEX0, HEX1, HEX4

O topo é o componente responsável por conectar os componentes do circuito através do comando *port map* do VHDL. Neste são realizadas todas as declarações dos componentes do projeto, cada qual com suas respectivas entradas e saídas. Ainda nele, são realizadas declarações de sinais que são transmitidos entre os componentes de forma que o semáforo de forma correta.

4. Diagrama de Blocos do Sistema

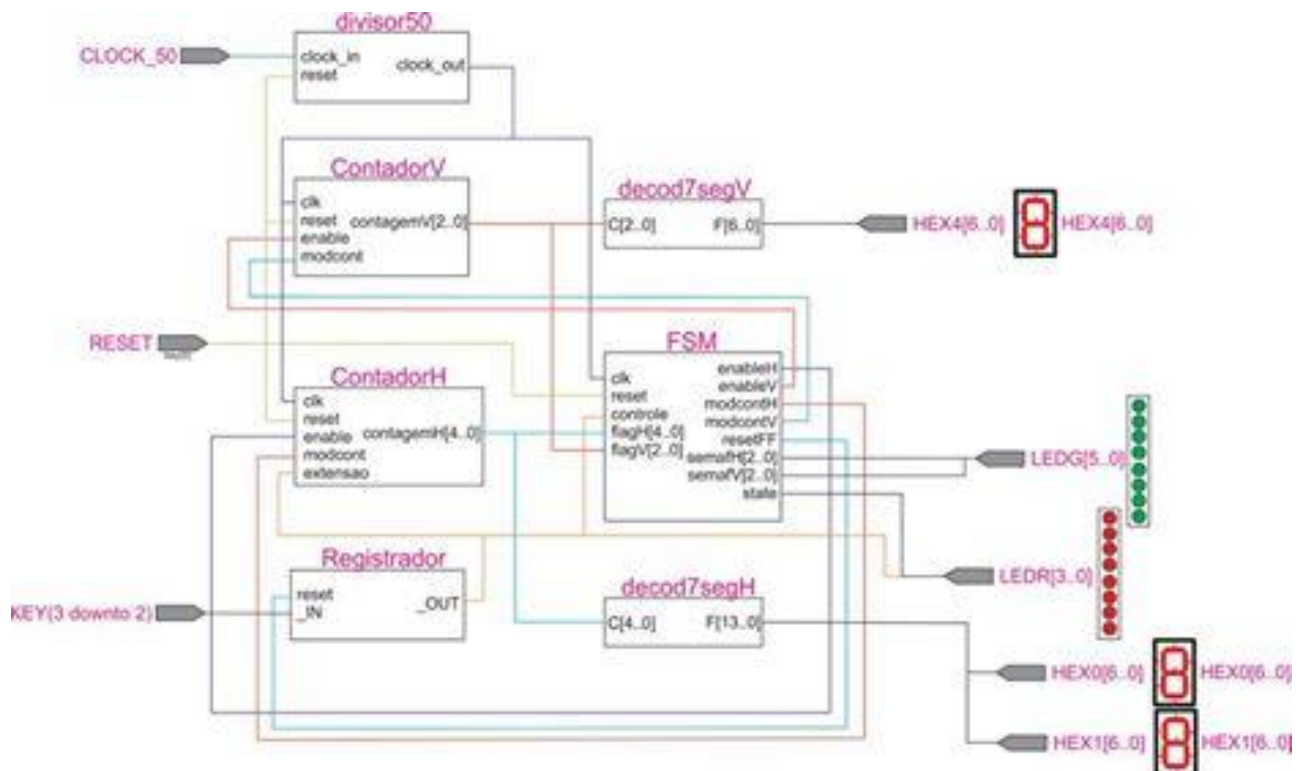


Figura 10 - Diagrama de Blocos

5. Fluxo de Projeto

O projeto foi desenvolvido pelos graduandos Fernando Battisti, Iago de Oliveira Silvestre e Ígor Assis Rocha Yamamoto.

Os componentes já haviam sido desenvolvidos em laboratório, contudo eles precisaram algumas modificações para que se adequassem a aplicação no projeto.

Para que o projeto fosse realizado, seguimos a seguinte ordem:

1. Inicialmente, foi lida e entendida toda a descrição do projeto e as exigências necessárias.
2. O grupo entrou em discussão para desenvolver uma estratégia de projeto.
3. Um cronograma foi desenvolvido para que o projeto fosse concluído a tempo, para isso ele foi dividido em partes menores.
4. Após todos os componentes desenvolvidos corretamente e simulados, começou-se a ser feita a construção do arquivo TOPO.
5. Pra finalizar, após o TOPO ser implementado e simulado, deu-se início a escrita do relatório, e no fim deste, o objetivo do projeto foi alcançado.

6. Conclusão

O projeto em questão foi de grande valia, não somente para a nota final, mas também para um melhor entendimento da matéria Sistemas Digitais, pois além de ser simulada uma situação real, todo o conhecimento adquirido durante o semestre foi revisado e colocado em prática. Além disso a equipe precisou se organizar, pensar em grupo, fazer cronogramas, montar estratégias e seguir as exigências do projeto, ou seja, fazer o papel que é feito em engenharia, na qual tudo precisa ser levado com seriedade e de maneira rigorosa.

Ficou evidente que um código precisa ser claro e bem comentado, para que quaisquer alterações que forem necessárias sejam de fácil manipulação, como ocorrido no projeto em questão distintas vezes.

Durante o semestre e no projeto, o professor e os monitores sempre responderam quaisquer dúvidas, sempre comprometidos a ajudar.

Finalmente, com tudo citado anteriormente, conclui-se que a implementação do sistema para controle de fluxo de veículos e pessoas utilizando um semáforo de trânsito atendeu o objetivo, funcionando de acordo com as exigências iniciais.