

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DISCIPLINA DE CIRCUITOS DIGITAIS 2019.1
PROJETO DE SEMÁFORO COM PRIORIDADE

Aluno: Ricardo Barbosa Farias Junior / GRR20196525
Professor: Luis Allan Künzle

Curitiba
2019

1 - Introdução

Com a orientação para o desenvolvimento do projeto de um semáforo com prioridade, fez-se necessário realizar uma aplicação dos conhecimentos adquiridos na disciplina de Circuitos Digitais, tais como: portas lógicas, circuitos combinacionais e circuitos sequenciais. Circuitos Digitais englobam o estudo sobre como os sinais elétricos podem ser operados através das citadas portas lógicas, sendo esses sinais constituídos de apenas dois níveis de corrente, as quais abstraímos para os níveis lógicos de “0” e “1”.

Já nesse patamar de abstração, podemos realizar a síntese de circuitos digitais que realizam uma determinada tarefa, visando atender algum problema específico ou necessidade do usuário. Para isso, temos em mãos ferramentas como as tabelas verdade, a álgebra booleana, mapas de karnaugh e diagramas de portas lógicas, as quais serão brevemente detalhadas antes do início do desenvolvimento.

Sendo definido as entradas e saídas do circuito, a tabela verdade se torna muito eficiente para realizarmos a descrição comportamental desse sistema. A partir daí, podemos gerar a expressão do nosso circuito utilizando álgebra booleana e seus já consolidados teoremas, ou ainda, os mapas de karnaugh, um dispositivo prático capaz de gerar expressões mais simples de funcionamento do circuito, acarretando em sistemas menores, mais eficientes e consequentemente mais baratos para fabricação real.

Todos esses recursos foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho, e portanto, podem ser citados em algum momento durante a seção de desenvolvimento deste, mas dadas as devidas explicações, podemos avançar.

2 - Desenvolvimento

2.1 - Descrição simplificada

A especificação do projeto exibia a necessidade de implementação de um sistema de semáforo em duas ruas, sendo elas perpendiculares e de mão-dupla. No sentido leste-oeste ou norte-sul, temos o projeto de semáforos com ciclos bem determinados. A cada semáforo estão associados sensores, como os de detecção de pedestres e carros. O semáforo voltado para a face norte é complementado com conversão à esquerda. A imagem abaixo, ilustra de forma esquemática a disposição das ruas:

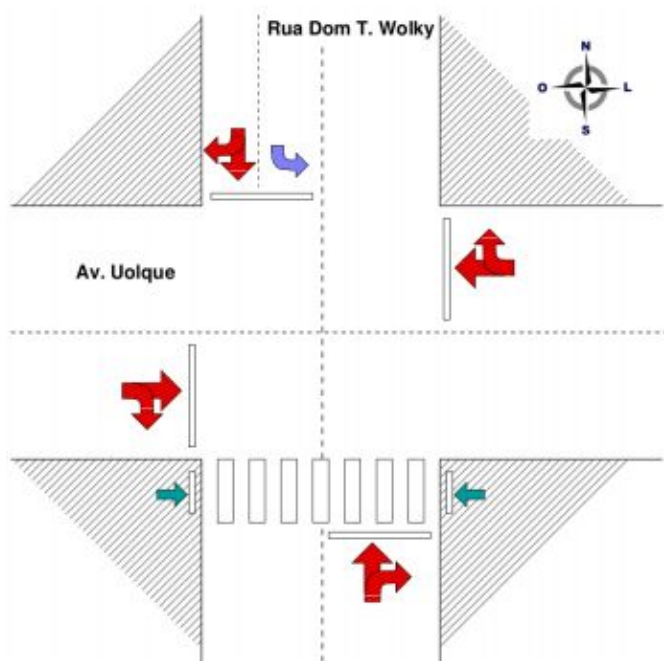
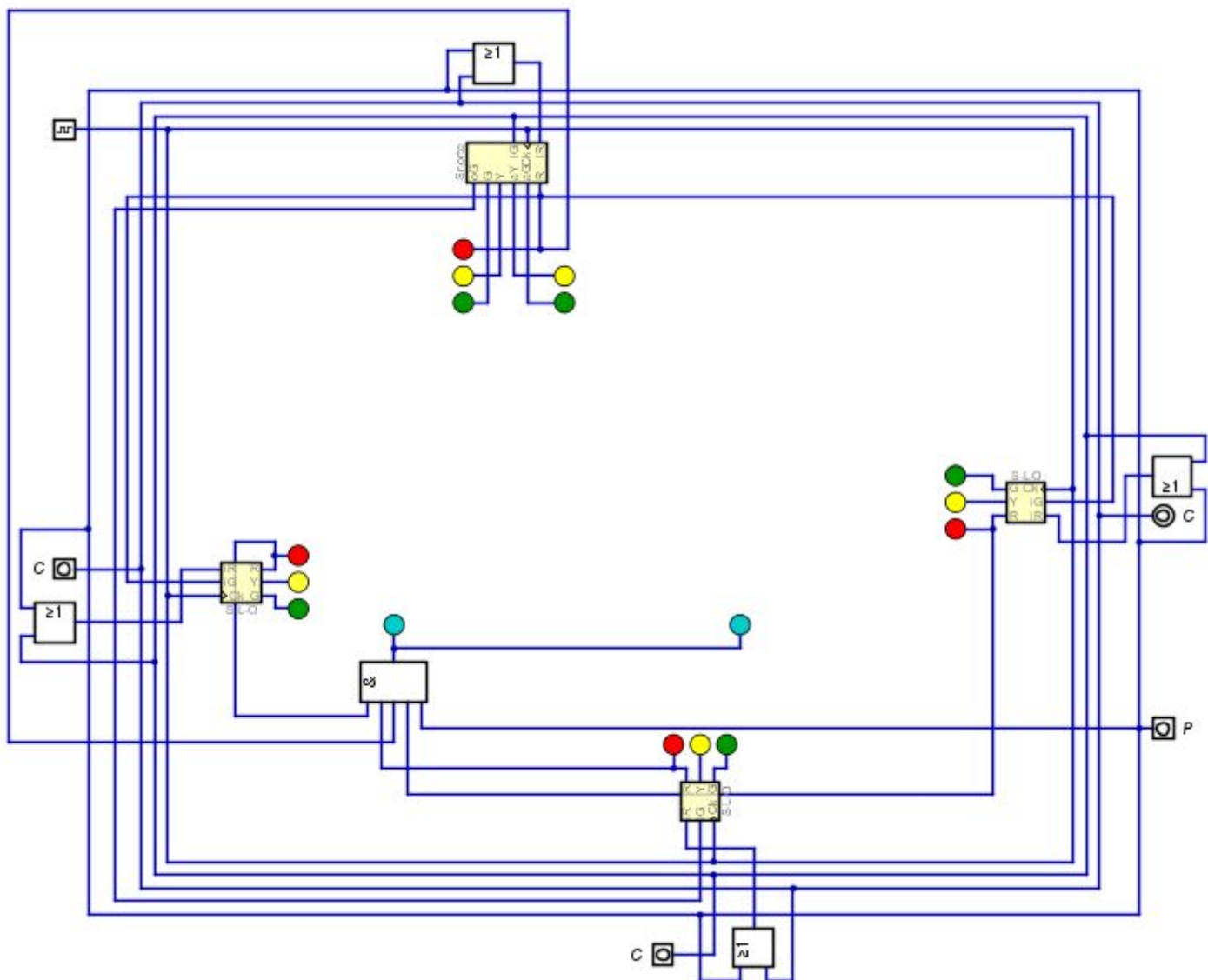


Figura 1: Cruzamento Av. Uolque e Rua Dom T. Wolky

2.2 - Decisões de funcionamento

De acordo com o projeto, pude perceber que havia uma hierarquia de prioridades. Os pedestres sempre tem prioridade sobre os veículos. Os veículos que trafegam no sentido norte-sul na Rua Dom T. Wolky tem menos prioridade em relação aos veículos de outros sentidos, portanto, o semáforo localizado na face norte, foi mantido em seu estado inicial como sendo verde/seta-verde a todo tempo, ele permanece assim até que outro sentido detecte a presença de veículos, só então ele cumpre seu ciclo passando pelo verde/seta-amarela -> verde -> amarelo -> vermelho, neste momento, os semáforos que detectaram a presença de veículos, podem abrir para verde e permitir a passagem. Uma outra decisão de projeto foi fechar todos os semáforos quando há a presença de pedestres nas faixa, isso simplifica a complexidade da implementação ao mesmo tempo em que não lesa tanto o produto final, uma vez que em esquema original, ele já trancaria três das quatro vias.

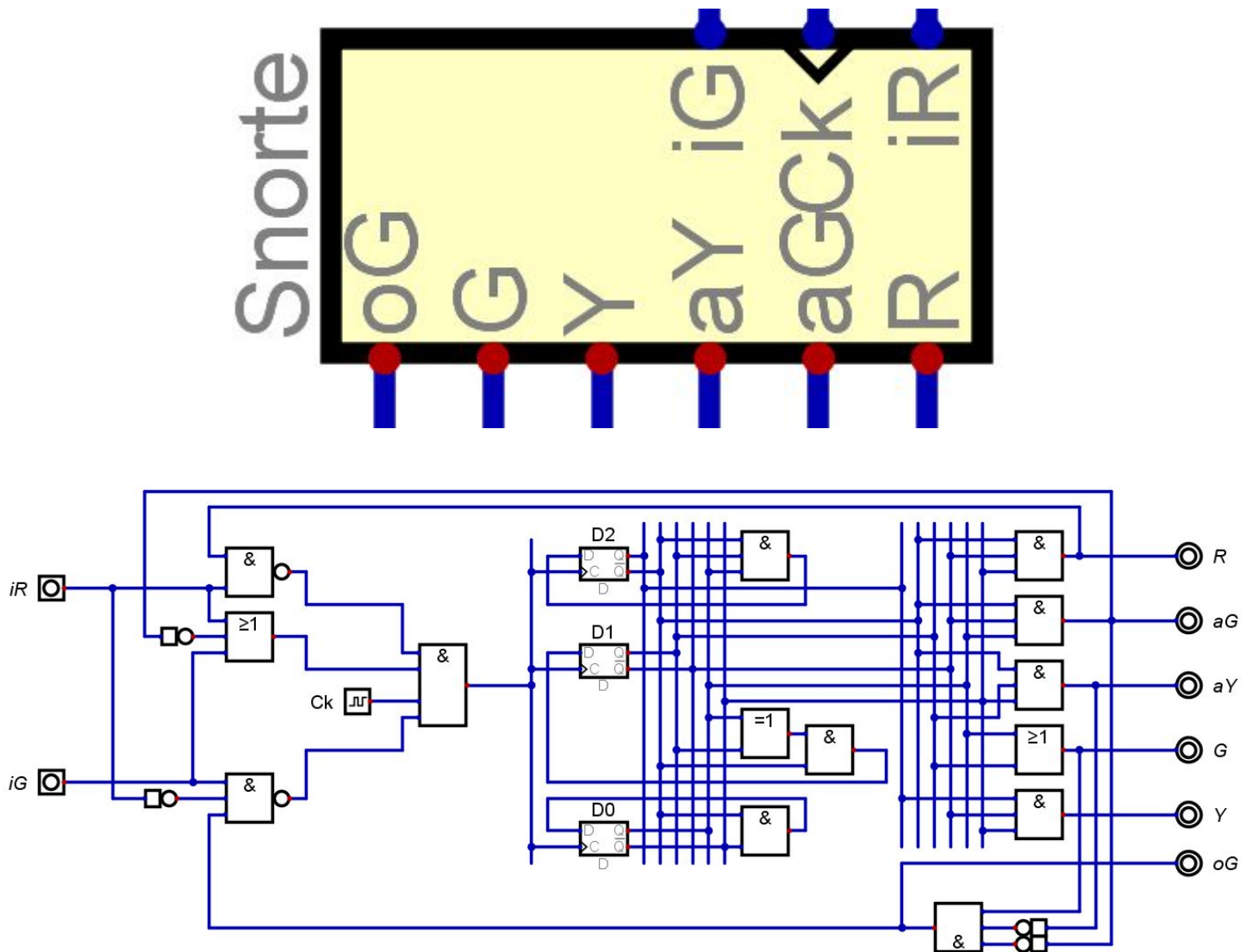
2.3 - Visão geral do projeto



O sistema apresentado conta com quatro circuitos integrados, que são basicamente contadores com uma lógica combinacional adicional para controle de clock, todos utilizam flip-flops do tipo D. Os CI's gerados para os semáforos leste-oeste são os mesmos e operam de forma conjunta, recebendo sinais de forma sincronizada, o mesmo vale para o CI do semáforo Sul, no entanto, este não trabalha de forma sincronizada com o semáforo leste-oeste, mas sim, com o semáforo norte. Para o semáforo norte, contamos com a peculiaridade da complementação para conversão à esquerda, este naturalmente conta com mais saídas e entradas, é o semáforo determinístico para o estado inicial nesse projeto. A faixa de pedestre é apenas uma parte lógica and de 4 entradas, que por sua simplificação para fins de simulação, dispensa encapsulamento. O projeto é modular e portanto cada parte será explicada e detalhada a seguir.

2.4 - Semáforo norte (o cabeça do projeto)

A figura abaixo ilustra o semáforo norte encapsulado e também seu circuito interno:



Como o semáforo norte é um semáforo que possui mais de 4 estados, foi necessário gerar um contador de 3 bits, que pode ser visualizado na parte central do circuito. Este conta com três flip-flops do tipo D e um pequeno decodificador mais a frente para traduzir as saídas binárias identificando qual lâmpada será acesa. Irei apresentar apenas a tabela do contador, pois para gerar a tabela do circuito geral, seria necessário o diagrama de estados de todo o semáforo, que infelizmente não fiz no tempo desse desenvolvimento.

Tabela do contador do semáforo norte:

Estado Atual			Estado Futuro		
Q2	Q1	Q0	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0

A partir dessa tabela, podemos gerar as expressões para D2, D1 e D0:

$$D2 = Q2' * Q1 * Q0$$

$$D1 = Q2' * Q1' * Q0 + Q2' * Q1 * Q0' \text{ (Ainda é possível simplificar deixando o } Q2' \text{ em evidência)}$$

$$D1 = Q2' * (Q1' * Q0 + Q1 * Q0') \text{ (A expressão entre parênteses reflete o comportamento de uma XOR)}$$

$$D1 = Q2' * (Q1 \text{ (XOR) } Q0)$$

$$D0 = Q2' * Q1' * Q0' + Q2' * Q1 * Q0' \text{ (Colocar } Q2' \text{ e } Q0' \text{ em evidência)}$$

$$D0 = Q2' * Q0' * (Q1' + Q1) \text{ (} Q1' + Q1 \text{ é sempre 1)}$$

$$D0 = Q2' * Q0'$$

Posterior ao tempo do projeto, esbocei o que possivelmente deveria ser o diagrama de estados desse circuito, que muito provavelmente poderia ter me levado em algo mais simples, porém, devido ao pouco tempo para trabalho acabei não conseguindo realizar a implementação, mas deixo ele aqui para avaliação:

AG-G (Arrow Green-Green(Seta Verde-Verde))

AY-G (Arrow Yellow-Green(Seta Amarelo-Verde))

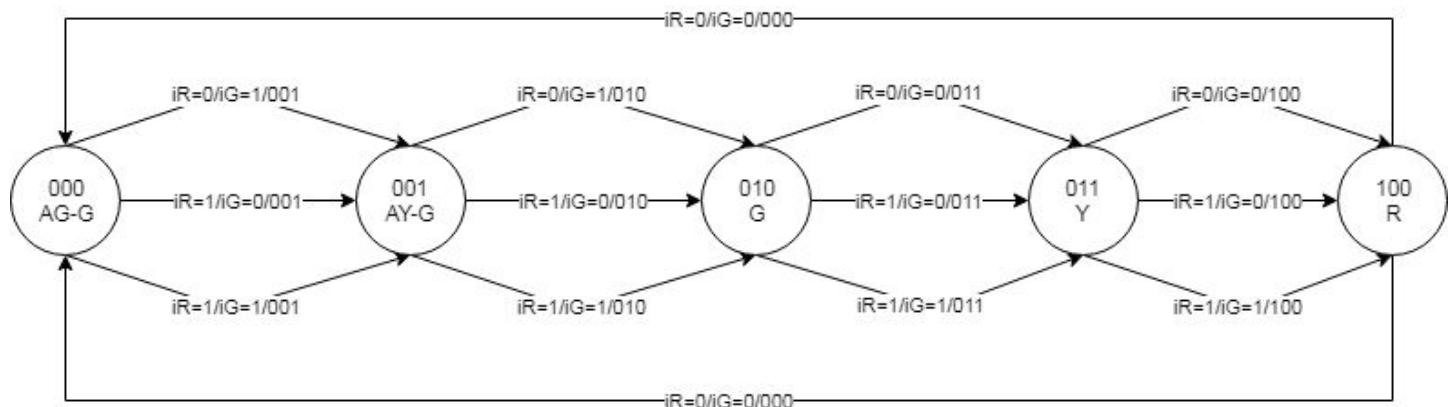
G (Green)

Y (Yellow)

R (Red)

iR (Input Red)

iG (Input Green)

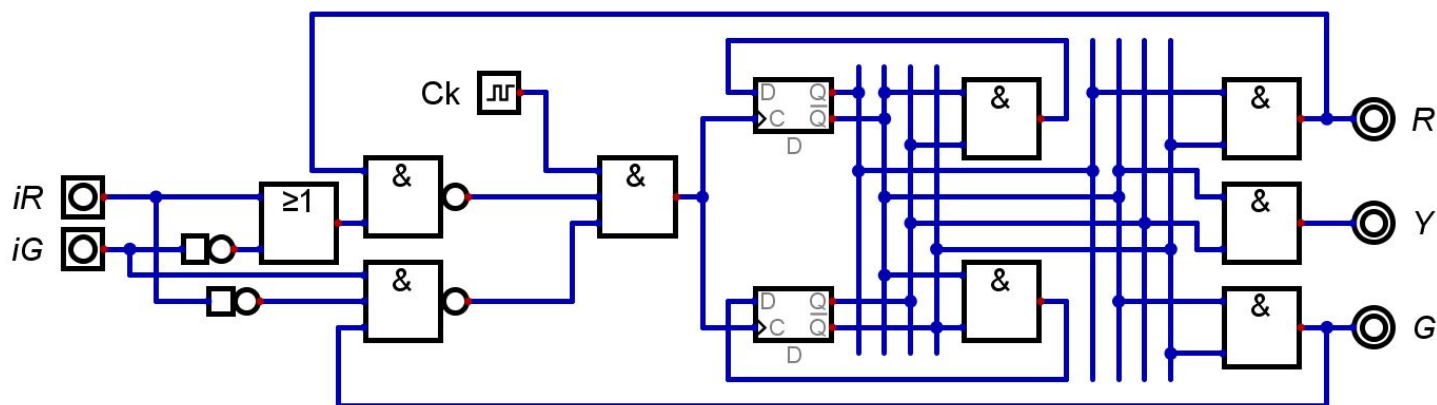
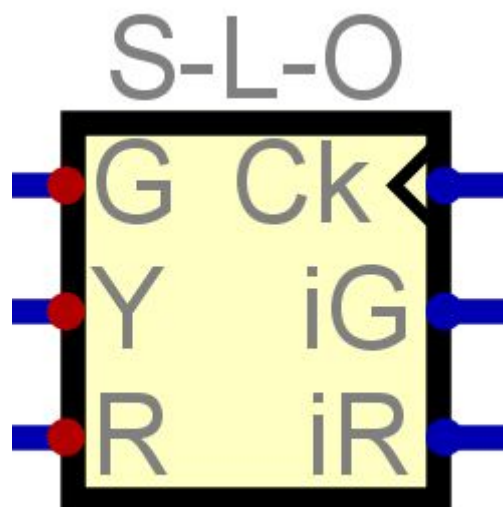


O ciclo do semáforo norte é estar sempre em Seta Verde-Verde, até que algum sensor emitido por outro semáforo ou pela faixa de pedestres esteja ativo, o retirando dessa condição, onde ele executaria a seguinte sequência: AG-G -> AY-G -> Y -> R. Se em algum momento a detecção de carros se encerra em outro semáforo, como o leste-oeste, por exemplo, o Input Red deste fica em nível baixo, forçando-o a voltar para o estado AG-G, colocado como padrão.

O Input Green o força a estar apenas em Verde, isso é acionado quando o semáforo Sul detecta a presença de carros.

2.5 - Semáforo leste-oeste e sul

A figura abaixo ilustra o semáforo norte encapsulado e também seu circuito interno:



O semáforo leste-oeste é mais simples e conta com apenas 3 estados, sendo possível portanto, ser construído com apenas dois flip-flops do tipo D. A ideia aplicada é a mesma, este é um contador de 2 bits que pode ser visualizado na parte central do circuito. Da mesma forma, também possui um decodificador simples à direita do contador, necessário para traduzir a saída binária no estado atual.

Tabela do contador do semáforo norte:

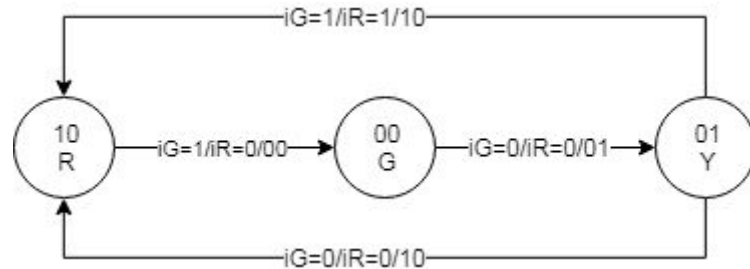
Estado Atual		Estado Futuro	
Q1	Q0	D1	D0
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0

Da mesma forma, podemos gerar as expressões desse circuito utilizando segue as expressões de D1 e D0:

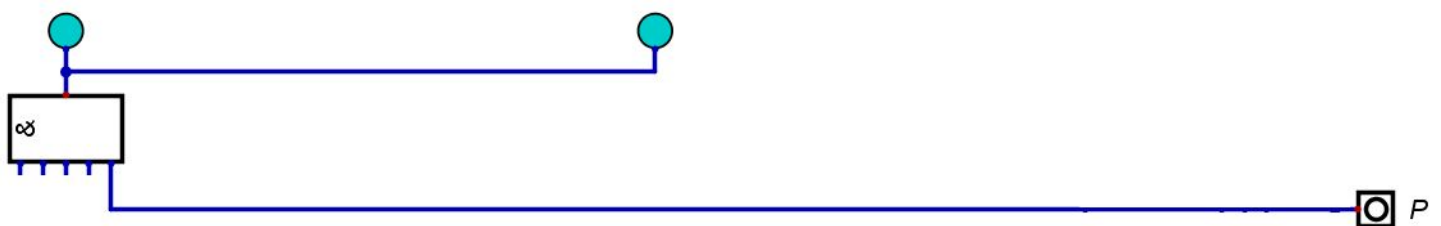
$$D1 = Q1' * Q0$$

$$D0 = Q1' * Q0'$$

Reitero ainda que posterior ao tempo do projeto, esbocei o que possivelmente deveria ser o diagrama de estados desse circuito, que muito provavelmente poderia ter me levado em algo mais simples, porém, devido ao pouco tempo para trabalho acabei não conseguindo realizar a implementação, mas deixo ele aqui para avaliação:



2.6 - Semáforo de pedestres



O semáforo de pedestres, pelo menos para efeito de simulação, foi feito de forma bem simples e sem a necessidade de um circuito interno para encapsular. Como explicado na seção 2.2 do desenvolvimento deste documento, os pedestres possuem prioridade máxima, e portanto, uma vez que o sensor esteja acionado (sensor representado pelo botão P), ele ativa a Input Red de todos os outros semáforos. Esses então cumprem seu ciclo até ficarem no estado vermelho, pois quando isso acontece as luzes do semáforo de pedestres acendem, permitindo tráfego ali. Para implementar essa ideia, foi utilizada uma porta and de 4 entradas, que só acende os leds do pedestre quando todos os semáforos estão no vermelho e com sensor de pedestres ativo.

3.0 - Conclusão

Acredito que o projeto esteja atendendo de forma satisfatória as necessidades descritas na especificação, algumas simplificações foram necessárias para a implementação no devido tempo, no entanto, não acredito que afetem o funcionamento real do sistema, de forma a lesar o tráfego na fictícia região. Melhorias ainda podem ser feitas, como por exemplo, um circuito gerado a partir de um diagrama de estados bem definidos, que por conta dos contratempos foram gerados apenas depois.