

SEMÁFORO INTELIGENTE PARA CONTROLE DE TRÂNSITO EM DUAS VIAS

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – São José dos Campos, SP - Brasil

Victor Akio Domoto

victor.domoto@unifesp.br

Yuri dos Santos Araújo

yuri.araujo@unifesp.br

RESUMO

O processo de urbanização trouxe consigo uma grande concentração de indivíduos nas cidades e com a introdução dos automóveis acabou resultando na necessidade da criação de um controle de tráfego, que conhecemos como semáforo. Entretanto, com o passar dos anos e com o número de veículos em circulação aumentando significativamente, esse sistema se tornou ineficiente. Assim, para aumentar a efetividade dos semáforos, é necessário a implementação de 3 sensores: magnético, botão de aproximação (sensor de movimento) e sensor infravermelho, de modo que haverá uma hierarquia de prioridade entre eles, com a finalidade de resultar no maior aproveitamento de tempo possível.

INTRODUÇÃO

Atualmente poucas cidades no Brasil têm semáforos inteligentes, que são capazes de analisar uma situação em tempo real, resultando assim na melhor combinação possível entre eles. Portanto, é evidente tamanha importância da implementação dessa ferramenta.

Além disso, é válido ressaltar que a ineficiência da sinalização do semáforo não é prejudicial somente para os motoristas, mas também põe em risco os pedestres, que diariamente dependem de um sistema tão simples e obsoleto para um problema tão perigoso como o trânsito de carros, visto que o atropelamento foi a principal causa de morte no trânsito do Rio de Janeiro (2019), segundo a AgênciaBrasil [2]. Assim, é clara a relevância do sensor de aproximação, para prevenir acidentes de trânsito.

Para a execução dessa versão inteligente, será necessário seguir uma hierarquia de prioridades: 1º botão de aproximação, que será ativado pelo pedestre quando desejar atravessar a rua, resultando no fechamento do semáforo naquela via; 2º infravermelho, que terá a função de verificador, ou seja, será decisivo quando utilizado com o magnético;

3º sensor magnético, que irá detectar se há veículos numa determinada via, para abri-la ou fechá-la priorizando a circulação de veículos e evitando o engarrafamento (sinal verde ou vermelho, respectivamente).

REFERÊNCIAL TEÓRICO

No que diz respeito aos estudos relacionados ao desenvolvimento dos semáforos, um dos problemas mais recorrentes é devido à ineficácia dele, ou seja, não é capaz de analisar uma situação em tempo real para ajustar seus parâmetros, tornando-se, muitas vezes, um obstáculo. Portanto, o objetivo dos estudos citados abaixo é aprimorar esse sistema, para evitar congestionamentos, acidentes e dentre outros problemas pertinentes.

Com o intuito de adequar o tempo de abertura e fechamento dos semáforos, Silva [3] propõe que a cada ciclo de funcionamento haja uma contagem da quantidade de veículos numa determinada distância das vias, tal que essas informações serão enviadas para um dispositivo controlador que fará um ajuste de tempo, tendo assim uma maior manipulação dos sinais e, portanto, maior aproveitamento. Dessa maneira, somente a implementação de um sensor, já trará uma maior fluidez no tempo de execução para determinada via, tendo em vista que um dos parâmetros para a decisão dos sinais será a própria contagem dos veículos.

Oliveira [4], optou por implementar sensor de micro-ondas de efeito doppler, visando inserir um semáforo inteligente e de baixo custo. Nesse caso, a principal ferramenta é a detecção de veículos numa determinada região que gera um sinal elétrico para o sistema de controle de tráfego. Por ter baixo custo e tamanho reduzido, ele facilita a instalação desse sistema, principalmente em cidades que não possuem muita verba destinada a esse controle.

Também em busca de uma solução para os congestionamentos, Amorim [5] elaborou um sistema com câmeras, cujo objetivo é fiscalizar a quantidade de veículos que passam por um cruzamento, a partir de técnicas de processamento de imagens e *Raspberry*. Esse rastreamento de automóveis é realizado por meio de um algoritmo que pode ser definido como uma função $f(x, y)$, de modo que cada pixel deve possuir coordenadas x e y , associadas a um valor específico. Assim, por meio de vários agrupamentos (de pixels), são detectados os carros na contagem, que acaba permitindo ter uma leitura mais clara sobre o controle do tráfego na região em questão.

Assim, é nítido que o objetivo de todos eles é aperfeiçoar o sistema de semáforos, a diferença é o método aplicado em cada caso. Portanto, o nosso projeto não será

diferente, os 3 sensores foram escolhidos com base nesses estudos científicos sobre desenvolvimento inteligente de semáforos, visando a segurança e fluidez de trânsito.

DESENVOLVIMENTO

Assim como foi citado na introdução, para a instalação desse sistema serão utilizados 3 sensores de 3 bits.

Em primeiro lugar, temos o sensor magnético, que tem a função de identificar se há veículos numa via secundária. Em situações de mais de um semáforo, geralmente há uma via principal, cujo movimento é constante e maior do que nas outras, portanto, possui mais prioridade. A função desse sensor é justamente detectar se há veículos nessas vias secundárias, para que então o sinal possa abrir quando ele for ativado. Assim, tendo uma maior movimentação de transportes num menor espaço de tempo. Com um equipamento que funciona numa distância de até 150 metros, ao detectar um veículo na via secundária, o ciclo do semáforo da avenida principal irá continuar e posteriormente irá abrir o sinal para a rua secundária.

Ainda, temos o sensor botão de aproximação, que tem a função de avisar a presença de um pedestre. Este, por sua vez, é acionado pelo próprio indivíduo, basta aproximar a mão do detector para que um sinal seja enviado para o controle de tráfego, fechando então a via. Uma vez acionado, o ciclo irá virar e a via secundária será aberta.

Por último, o sensor infravermelho, que irá detectar se de fato há ou não movimentação de veículos numa determinada via. Isso é necessário pois o sensor magnético pode falhar para veículos leves, como por exemplo motocicletas. Assim como o sensor magnético, o infravermelho também atua em uma determinada região, de modo que a implementação é feita de maneira estratégica para detectar a movimentação numa rua.

Em vista disso, temos que a junção entre esses 3 sensores apresentados resultará no semáforo inteligente que tem como objetivo final analisar situações cotidianas e fazer a melhor escolha possível.

FUNCIONAMENTO E CONCEITOS BÁSICOS DO SEMÁFORO

- Ciclo: tempo que o semáforo leva para passar por todas as fases: vermelha, amarela e verde;

- Semáforo 1: como se trata de uma avenida principal, ele sempre estará verde, a menos que o BOTÃO seja acionado ou seja detectado veículos pelo sensor magnético e infravermelho na avenida secundária;
- Semáforo 2: só será aberto caso o sensor magnético e infravermelho detecte veículos;
- Botão de aproximação: com a finalidade de diminuir a quantidade de atropelamentos, os pedestres terão prioridade, ou seja, o sensor de botão, quando acionado, deverá prevalecer aos outros. Assim, quando o pedestre utilizar o botão de aproximação, a via irá concluir seu ciclo e após esse processo irá fechar.

PROPOSTA DE PROJETO

Semana 1 a 3

A seguir, teremos as tabelas-verdade referente a cada um dos sensores:

Entradas - sensor-magnético					Saída
Distância (metros)	A	B	C	SM	
0 - 37.5		0	0	0	1
37.5 - 75		0	0	1	1
75 - 112.5		0	1	0	1
112.5 - 150		0	1	1	1
150 - 187.5		1	0	0	0
187.5 - 225		1	0	1	0
225 - 262.5		1	1	0	0
262.5 - 300		1	1	1	0

Figura 1- tabela-verdade do sensor magnético.

Entradas sensor-infravermelho					Saída
Distância (centímetros)	A	B	C	SI	
0.3 - 50		0	0	0	1
50 - 100		0	0	1	1
100 - 150		0	1	0	1
150 - 200		0	1	1	1
200 - 250		1	0	0	0
250 - 300		1	0	1	0
300 - 350		1	1	0	0
350 - 400		1	1	1	0

Figura 2 - tabela-verdade do sensor infravermelho.

Entradas sensor-botao				
A	B	C	SB	
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	

Figura 3- tabela-verdade do botão de aproximação.

Entradas			Saída 1	Saída 2
Sensor-Infravermelho	Sensor-Botao	Sensor Magnético	Semáforo 1	Semáforo 2
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0
1	1	1	0	0

Figura 4 - tabela-verdade da aplicação dos 3 sensores em 2 semáforos.

EXPRESSÃO BOOLEANA DOS SENSORES

As expressões abaixo não possuem nenhuma simplificação, elas representam apenas o resultado das tabelas-verdade mencionadas acima.

Expressão do sensor magnético:

$$SM = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC$$

Expressão do sensor infravermelho:

$$SI = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC$$

Expressão do botão de aproximação:

$$SB = ABC$$

Expressão da aplicação dos 3 sensores em 2 semáforos:

$$\text{Semáforo 1} = A'B'C' + A'B'C + AB'C'$$

$$\text{Semáforo 2} = AB'C$$

Semana 4

CIRCUITO LÓGICO E FORMA DE ONDA DAS EXPRESSÕES ALGÉBRICAS CITADAS ACIMA:

Representação das expressões algébricas NÃO-SIMPLIFICADAS na forma de circuito e de onda.

- Sensor magnético/infravermelho: note que temos o mesmo circuito para ambos os sensores:

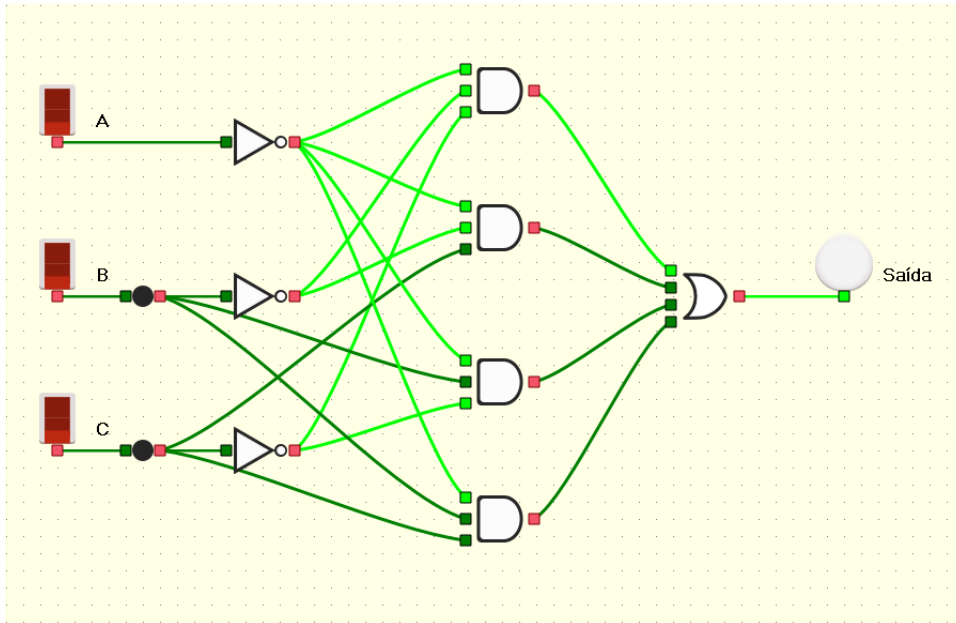


Figura 5 – circuito do sensor magnético/infravermelho.

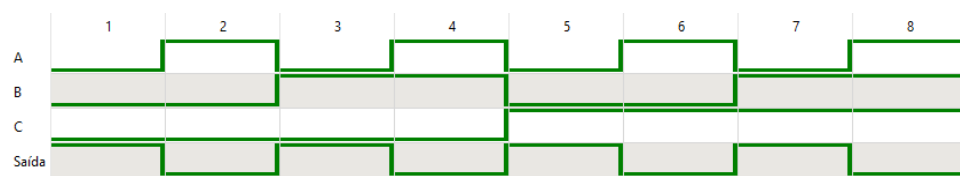


Figura 6 – forma de onda do circuito do sensor magnético/infravermelho.

- Botão de aproximação:

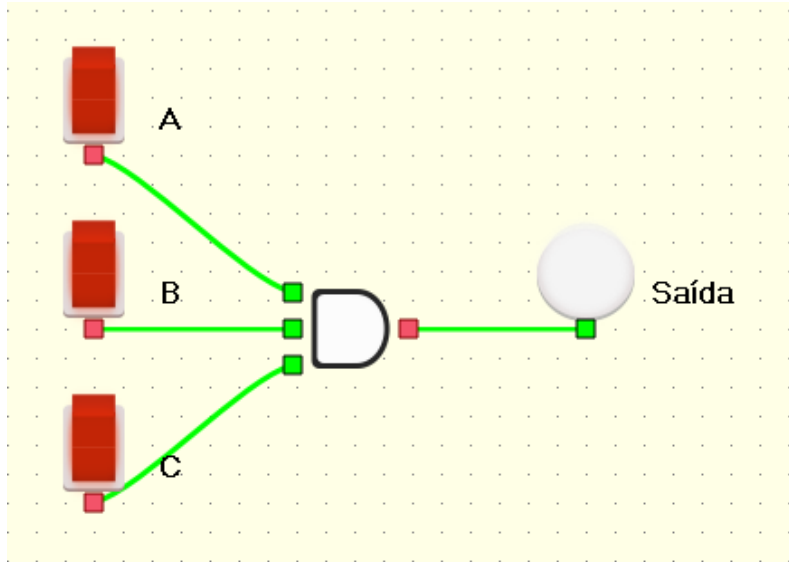


Figura 7 – circuito do botão de aproximação.

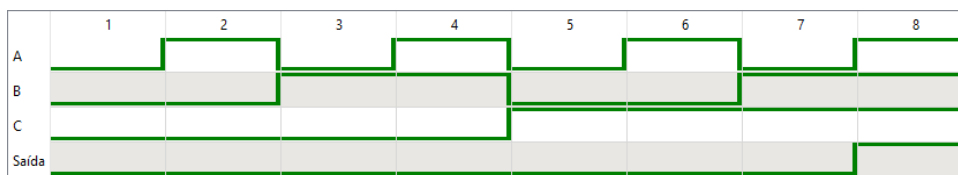


Figura 8 - forma de onda do circuito do botão de aproximação.

- Aplicação dos 3 sensores em 2 semáforos:

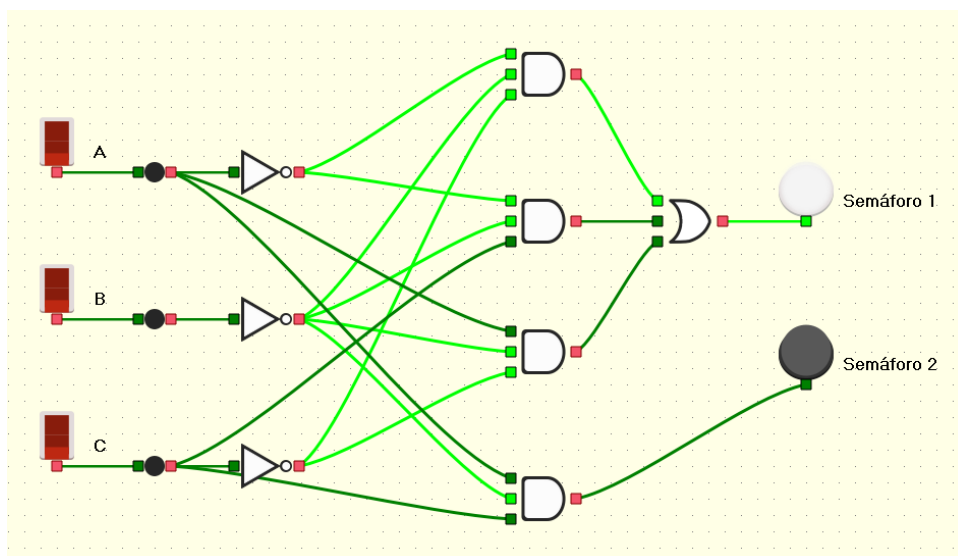


Figura 9 – circuito lógico da aplicação dos 3 sensores.

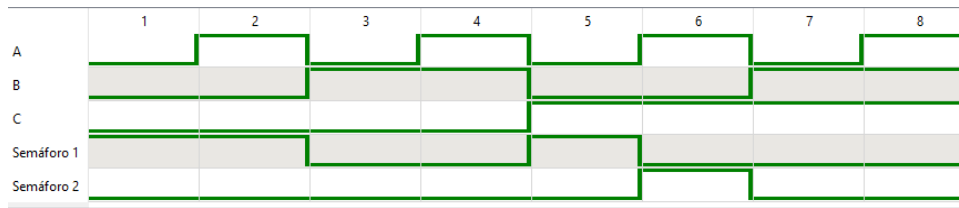


Figura 10 – forma de onda do circuito da aplicação dos 3 sensores.

Semana 6

SIMPLIFICAÇÃO DAS EXPRESSÕES ALGÉBRICAS

A partir dos teoremas booleanos, leis de De Morgan e conceitos de NAND e NOR, foi possível reduzir significativamente o circuito e a expressão algébrica que o representa. Apesar de não utilizar TODOS conceitos citados anteriormente (não foi necessário para esse problema específico), serviu como suporte para possíveis novos circuitos.

Simplificação da expressão do sensor magnético:

$$SM = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC$$

$$SM = A'(B'C' + B'C + BC' + BC)$$

$$SM = A'(B' + B)$$

$$SM = A'(1) = A'$$

Simplificação da expressão do sensor infravermelho:

$$SI = A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC$$

$$SI = A'(B'C' + B'C + BC' + BC)$$

$$SI = A'(B' + B)$$

$$SI = A'(1) = A'$$

Simplificação da expressão do botão de aproximação:

$$SB = ABC$$

Simplificação da expressão dos 3 sensores em 2 semáforos:

$$\text{Semáforo 1} = A'B'C' + A'B'C + AB'C'$$

$$\text{Semáforo 1} = B'(A'C' + AC + C')$$

$$\text{Semáforo 1} = B'(A'(C' + C) + C')$$

$$\text{Semáforo 1} = B'(A' + C) = A'B' + B'C'$$

$$\text{Semáforo 2} = AB'C$$

CIRCUITO LÓGICO E FORMA DE ONDA DE CADA SENSOR APÓS A SIMPLIFICAÇÃO

- Sensor magnético/infravermelho:

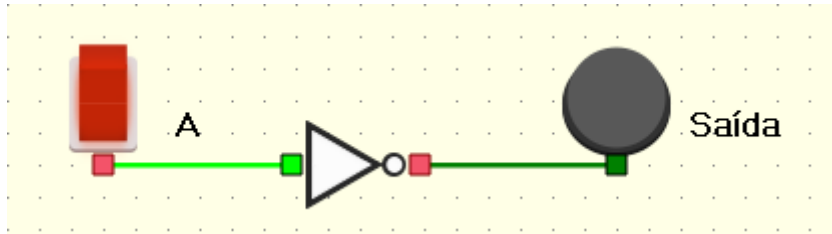


Figura 11 – circuito do sensor magnético/infravermelho.

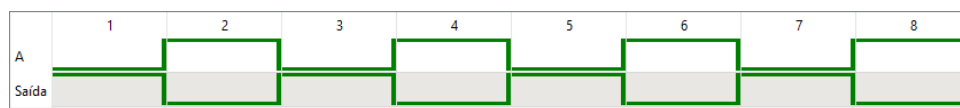


Figura 12 – forma de onda do circuito do sensor magnético/infravermelho.

- Botão de aproximação: já está simplificado.
- 3 sensores em 2 semáforos:
 - Semáforo 1:

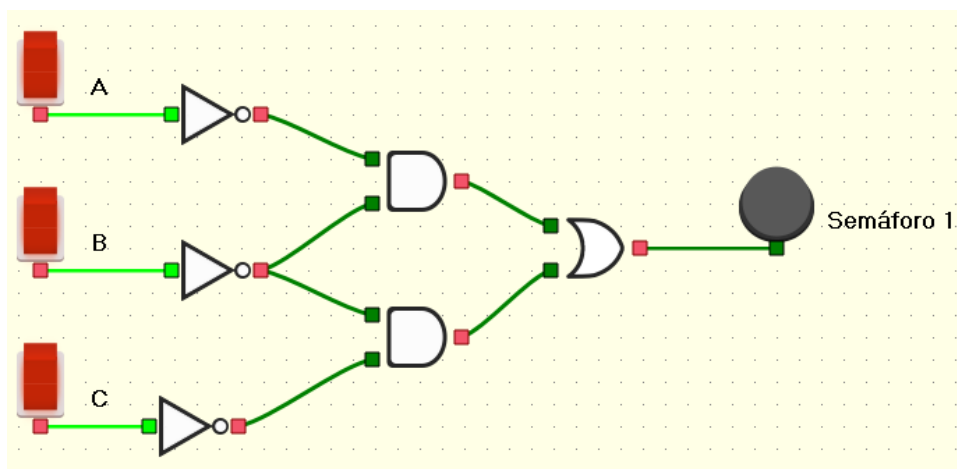


Figura 13 – circuito do semáforo 1.

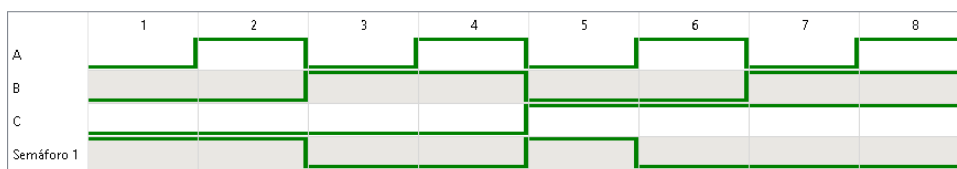


Figura 14 – forma de onda do circuito do semáforo 1.

- Semáforo 2: não há simplificação.

Semana 7

SIMPLIFICAÇÃO A PARTIR DO MAPA DE KARNAUGH

- Mapa de Karnaugh do sensor magnético/infravermelho: escolhendo o quarteto como referência, temos que tanto o B quanto o C estão variando, ou seja, eles vão sumir da expressão algébrica final, enquanto o $A=0$ constantemente. Assim, concluímos que sensor-magnético = sensor-infravermelho = A' .

Mapa de Karnaugh: sensor magnético/infravermelho					
A/BC	00	01	11	10	
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0

Figura 15 – mapa de Karnaugh.

- Mapa de Karnaugh da aplicação dos 3 sensores em 2 semáforos: analisando as duas duplas, temos:
 - $A = 0, B = 0, C = 0/1 \Rightarrow A'B'$
 - $A = 0/1, B = 0, C = 0 \Rightarrow B'C$
 - \Rightarrow A expressão simplificada é dada por: $A'B' + B'C$

Mapa de Karnaugh: 3 sensores em 2 semáforos					
A/BC	00	01	11	10	
0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0

Figura 16 – mapa de Karnaugh.

MÉTODO ALTERNATIVO DE SIMPLIFICAÇÃO DO CIRCUITO

Utilizando as portas lógicas AND, OR E XNOR, é possível fazer uma simplificação do circuito de maneira alternativa, ou seja, chegaremos no mesmo resultado dos circuitos apresentados até então, mas com uma aplicação diferente. Como por exemplo, o sensor infravermelho, de modo que sua expressão booleana (na sua forma original - não simplificada) é dada por $A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC$. Realizando algumas manipulações utilizando teoremas booleanos, temos:

$$A'B'C' + A'B'C + A'BC' + A'BC = (A'B'C' + A'BC) + A'B'C + A'BC'$$

$$A'(B'C' + BC) + A'B'C + A'BC'$$

Note que a expressão $(B'C' + BC)$ representa a porta XNOR. Assim, no lugar das portas AND, podemos utilizar a porta XNOR, como é feito abaixo:

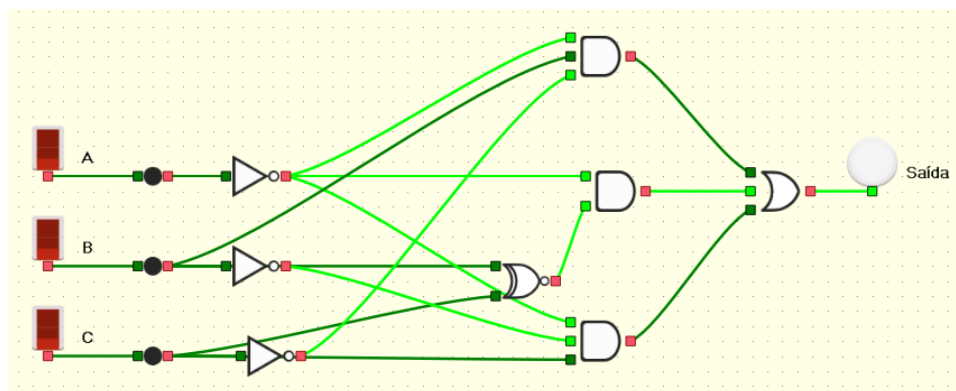


Figura 17 – circuito lógico SENSOR INFRAVERMELHO utilizando a porta XNOR.

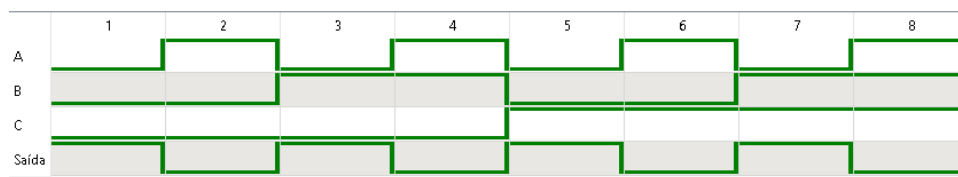


Figura 18 – circuito em forma de onda.

Analisando o circuito em forma de onda de ambos circuitos, vemos que representam exatamente o mesmo resultado.

Semana 8

ARITMÉTICA DIGITAL:

Assim como foi citado na figura 20, temos que operações aritméticas envolvendo números binários podem ter muita utilidade, como encontrar a diferença de movimentação em determinada região (subtração binária). Além disso, é possível verificar qual dia da semana há um maior uso dos sensores (soma de binários), ou, ainda, encontrar uma média aritmética no uso de sensores numa quantidade x de dias (divisão binária).

- Diferença: suponha que na segunda-feira os sensores tenham sido ativados 7 vezes, enquanto na terça tivemos 4 vezes. Ou seja, 111 e 100, respectivamente (7 e 4 em binário):
 $111 - 100 = 011$ (3 em decimal)
- Portanto, escolhendo dias estratégicos da semana, como as sextas, teremos ciência do fluxo de veículos e pedestres em relação aos outros dias;
- Soma: suponha que desejamos saber a movimentação nessas vias durante a semana do natal, de modo que na segunda-feira temos os sensores ativados 3

vezes, na terça 4, na quarta 5, na quinta 6 e na sexta 7. Ou seja, 011, 100, 101, 110 e 111, respectivamente (em binário). Portanto, nessa semana os sensores foram ativados:

$011+100+101+110+111=11001$ (25 em decimal) vezes.

- Em vista disso, é possível observar e comparar o fluxo de veículos nessa semana com as outras normais;
- Divisão: suponha, agora, que desejamos encontrar a média de ativação dos sensores dos semáforos. Seguindo o exemplo passado, ou seja, segunda-feira ativação 3 vezes, terça 4, quarta 5, quinta 6 e sexta 7, teremos a seguinte média:
 $011+100+101+110+111=(11001)/(101)=101$ (5 em decimal)
- Dessa forma, encontramos uma média aritmética da quantidade de ativação dos sensores.

Semana 9

ARITMÉTICA EM COMPLEMENTO DE 2

As operações realizadas anteriormente também podem ser realizadas utilizando o complemento de 2, de modo que levaremos em consideração o sinal do número, ou seja, caso o dígito mais significativo seja 1, então ele é negativo, como é mostrado na tabela abaixo:

Tabela complemento de 2	
Decimal ▼	Complemento de 2 ▼
-1	1111
-2	1110
-3	1101
-4	1100
-5	1011
-6	1010
-7	1001
-8	1000

Figura 21 – tabela complemento de 2

A grande vantagem de se utilizar essa “unidade de medida” é por sua praticidade, ou seja, quando for realizar operações aritméticas, como foi feito anteriormente, não é necessário se preocupar com o sinal, ou de algum algoritmo de conversão, tornado o circuito bem mais simples.

CIRCUITOS ARITMÉTICOS

Circuitos aritméticos são capazes de realizar cálculos utilizando números na base binária, ou seja, operações como adição, subtração e divisão. Abaixo temos o circuito das operações de soma (full adder) e subtração (full subtrator) para 3 bits.

Entradas			Saídas		
A	B	C1	S	C2	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	1

Figura 19 – tabela-verdade somador.

EXPRESSÃO

$$S = A'B'C + A'BC' + AB'C' + ABC$$

$$C2 = A'BC + AB'C + ABC' + ABC$$

SIMPLIFICANDO

$$S = A'(B'C + BC') + A(B'C' + BC)$$

Note que dentro dos parênteses temos XOR

$$S = A'(B \oplus C) + A(B \oplus C)'$$

$$S = A \oplus (B \oplus C)$$

$$C2 = A'BC + AB'C + ABC' + ABC$$

$$C2 = BC(A' + A) + AC(B' + B) + AB(C' + C)$$

$$C2 = AB + AC + BC$$

SOMADOR DE 3 BITS FULL ADDER

A vantagem de utilizar o somador abaixo é para comparar a movimentação na região, ou seja, a frequência de utilização dos sensores (tanto para veículos quanto para os pedestres). Ou seja, caso desejamos ter conhecimento sobre qual dia há uma sobrecarga nessas avenidas na qual estão instalados os semáforos inteligentes, basta somar a saídas dos 3 sensores e compará-las com cada dia da semana. Assim, obteremos o dia mais movimentado neste local. Portanto, é uma ferramenta de grande utilidade, tendo em vista

que é possível aprimorar ainda mais o sistema nessa região, como monitoramento e fiscalização física (fiscais da prefeitura local) para garantir que as leis de trânsito estão sendo seguidas rigorosamente. Assim, teremos uma maior segurança tanto dos pedestres quanto dos motoristas.

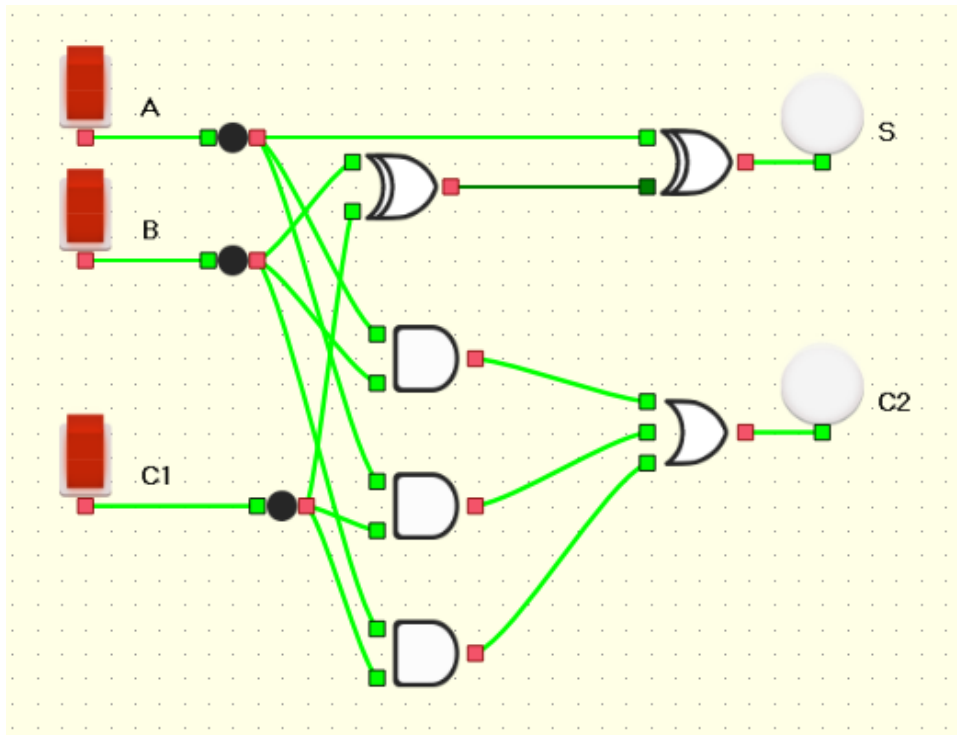


Figura 20 – somador (black-box-somador)

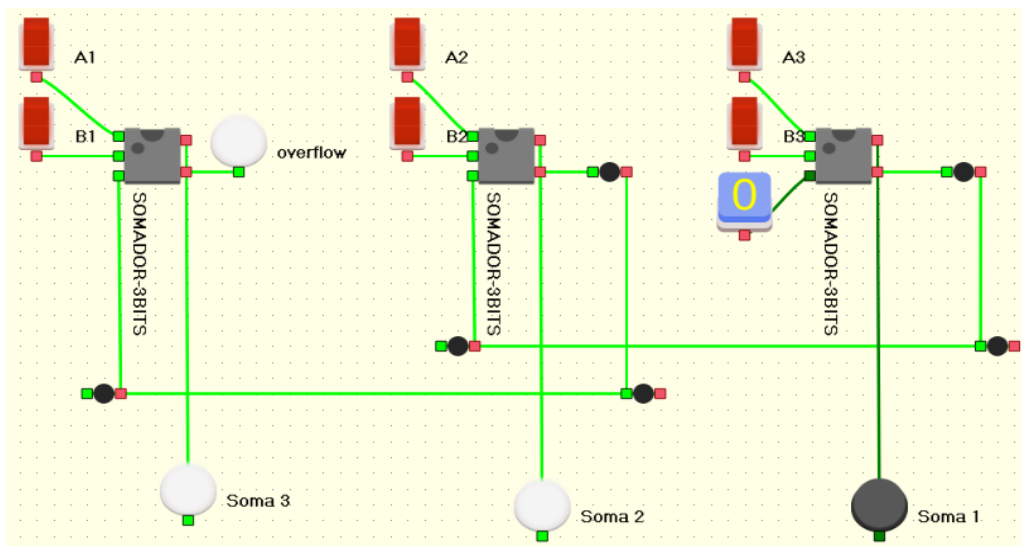


Figura 21 – somador full adder de 3 bits (cada black-box é o circuito acima)

FULL SUBTRATOR DE 3 BITS

Assim como já foi citado em aritmética digital, temos que é possível realizar a subtração entre os números binários, com a finalidade de realizar comparações ou algo relacionado.

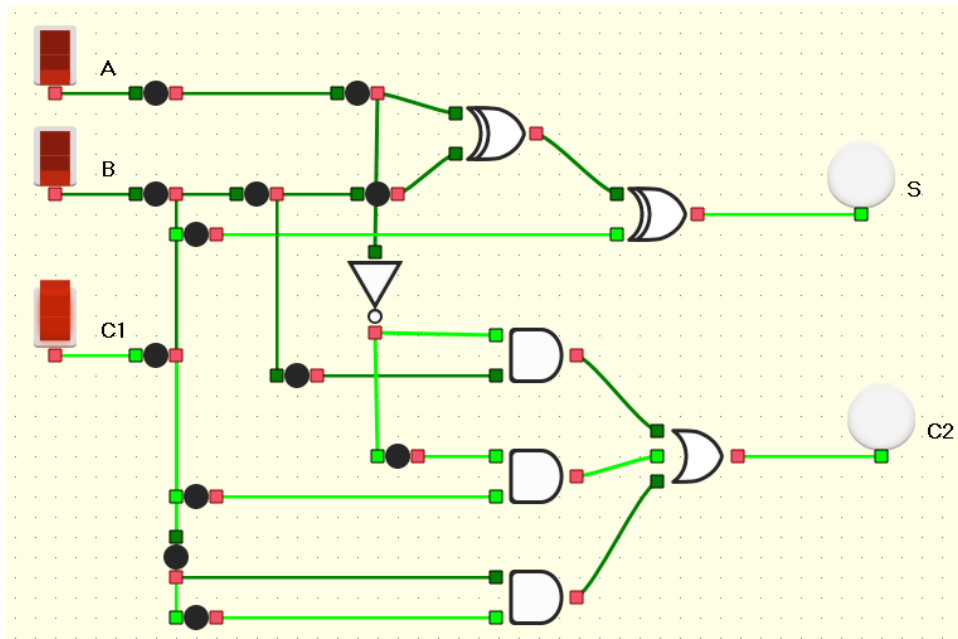


Figura 22 – subtrator (black-box-subtrator)

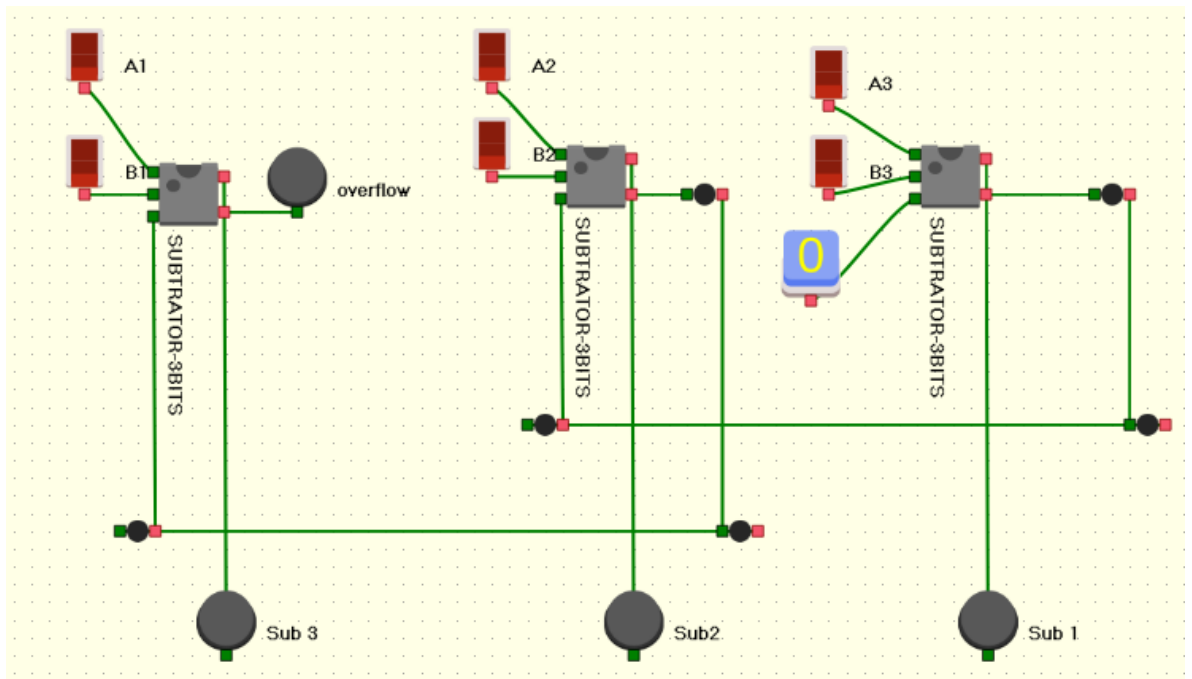


Figura 23 – full subtrator de 3 bits (cada black-box é o circuito acima)

UNIDADE LÓGICA E ARTIMÉTICA (ULA)

A ULA abaixo nada mais é do que a realização da operação de soma e subtração simultaneamente, uma vez que ambos têm o mesmo tipo de entrada.

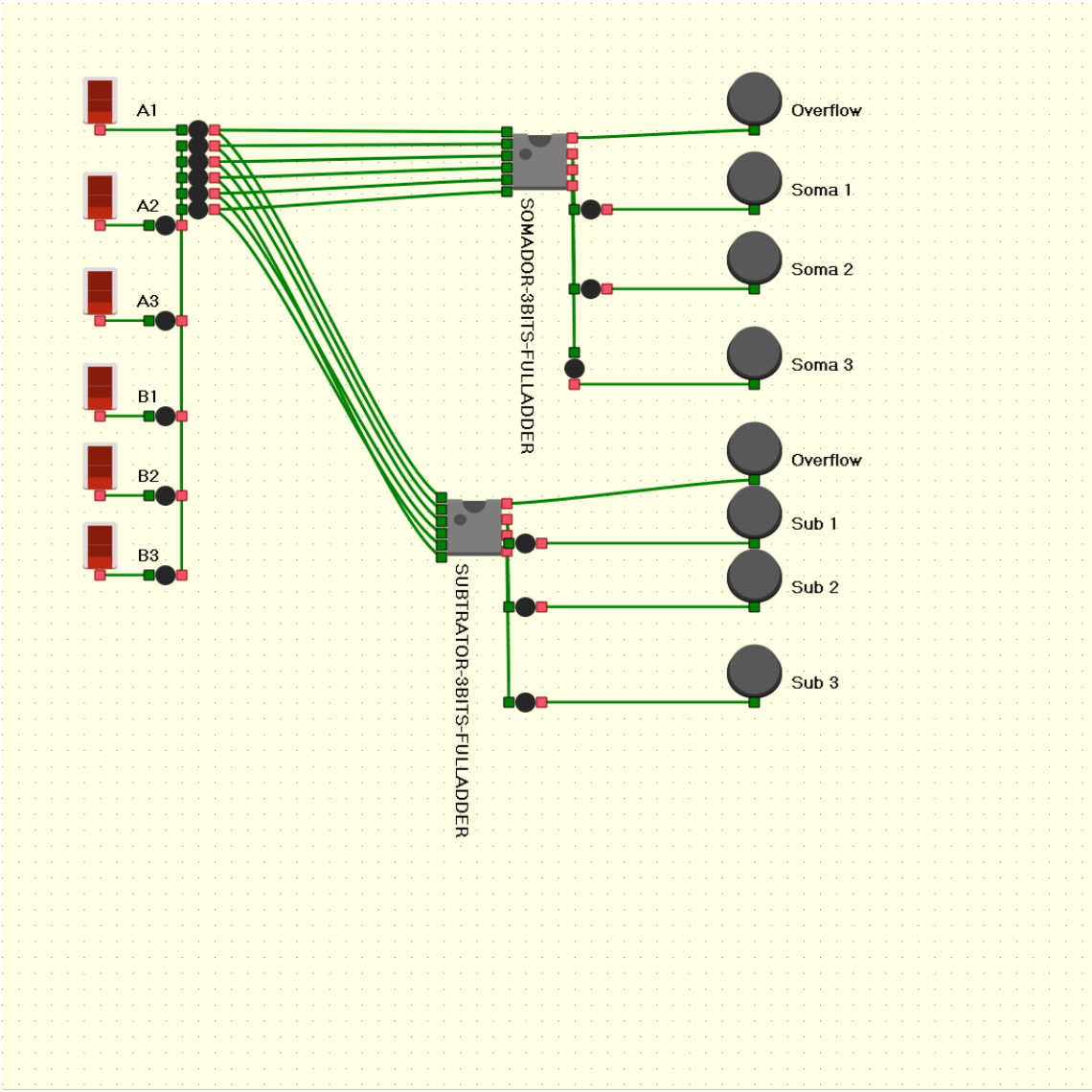


Figura 24 – ULA.

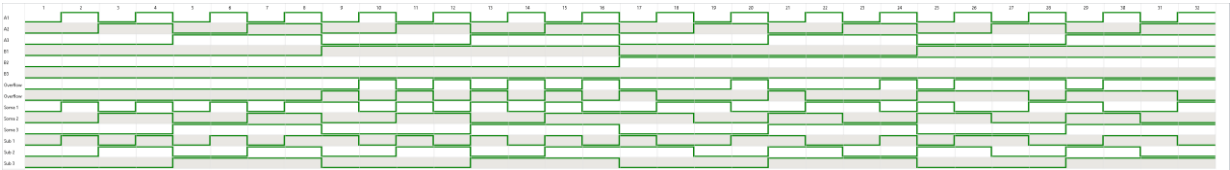


Figura 25 – ULA em forma de onda

Semana 10

CIRCUITO LÓGICO MSI

DECODIFICADOR BCD:

Decodificadores podem ter um papel interessante no circuito de um semáforo, como por exemplo, realizar uma contagem. A princípio, a ideia é combinar as entradas de modo que quando decodificadas, exibe um número de 0 a 9 (o resultado varia de acordo com as entradas).

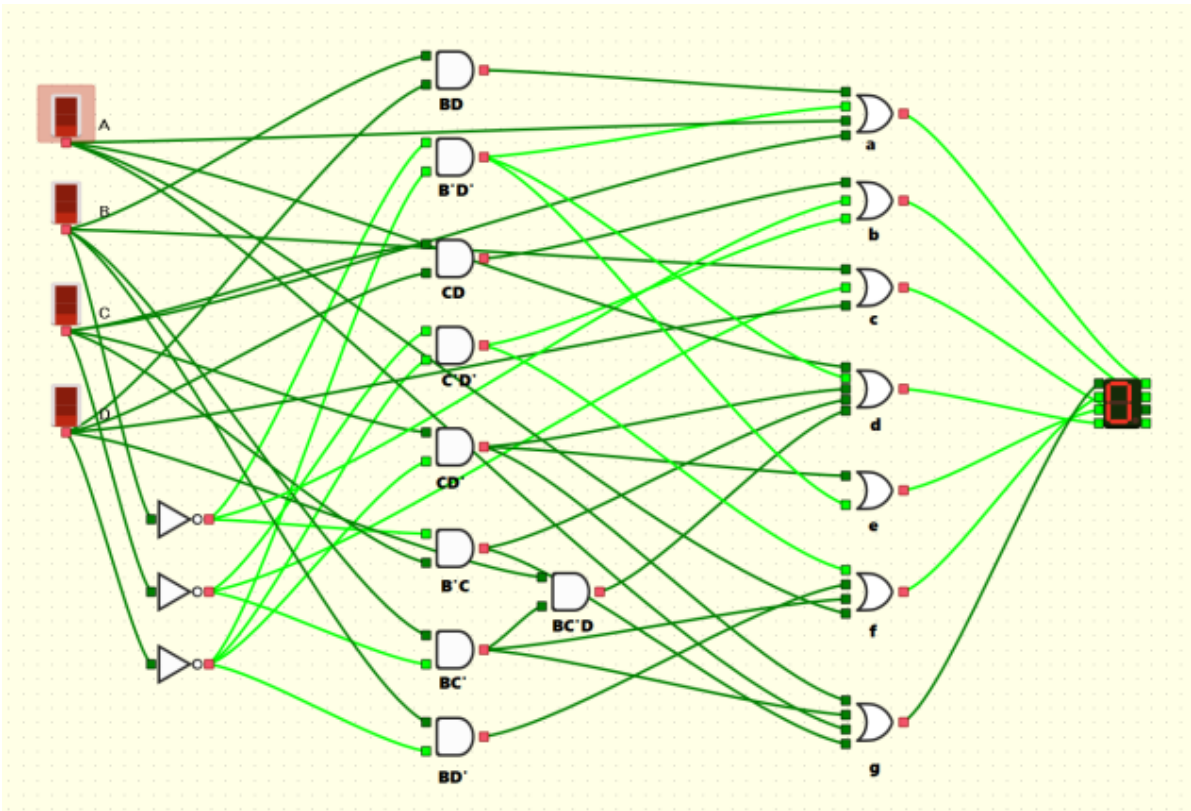


Figura 26 – Decodificador BCD

Entradas				Saídas							Output	
D1	C1	B1	A1	a	b	c	d	e	f	g	NULL	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9

Figura 27 – tabela verdade decodificador BCD

Portanto, com base nessa tabela verdade temos algumas combinações entre as entradas que resultam num output de um número entre 0 e 9 na base decimal (representação) através do decodificador.

Semana 11

CIRCUITOS LÓGICOS MSI

VERIFICADOR DE PARIEDADE:

Esse verificador tem como função verificar se há algum erro, ou seja, caso ambos os semáforos estejam abertos simultaneamente. Suponha, por exemplo, que por algum motivo, com alguma combinação entre os sensores, seja possível abrir os 2 semáforos. Neste caso, temos que a mensagem de alerta será ativada e avisará o ocorrido.

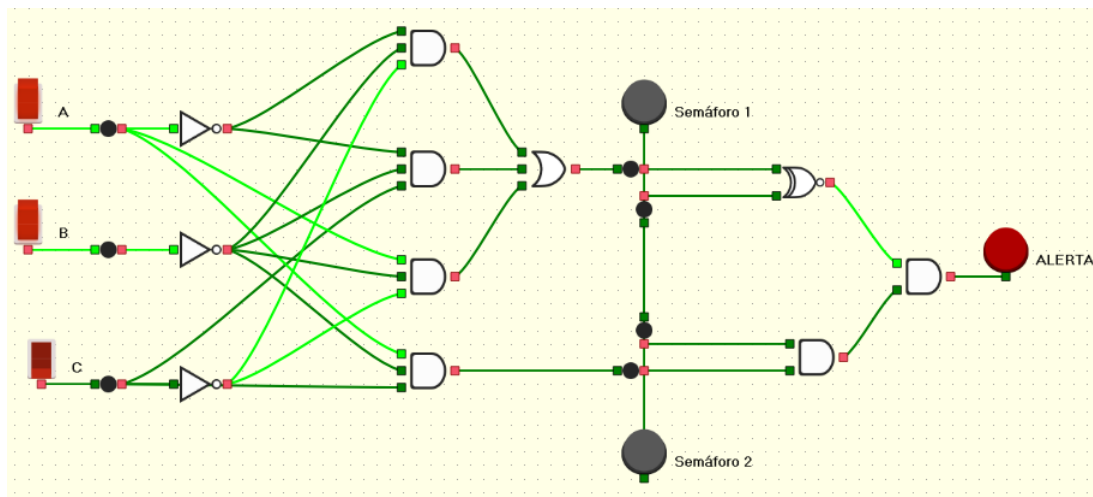


Figura 28 – verificador de paridade.

Semana 14

REGISTRADORES:

Os registradores tem uma função fundamental no funcionamento do circuito, de modo que eles irão armazenar 3 bits, que irá resultar no ciclo do semáforo (verde, amarelo e vermelho, respectivamente).

Note, ainda, que o bit de entrada, na verdade, se trata de um sinal que irá abrir ou fechar o semáforo, ou seja, teremos uma simulação de como seria na prática caso houvesse veículos numa via secundária ou pedestres, resultando no sinal vermelho na avenida principal respeitando o tempo entre as passagens dos sinais.

Assim, sempre que o bit de entrada mudar, temos o tempo do clock para a alteração de cor.

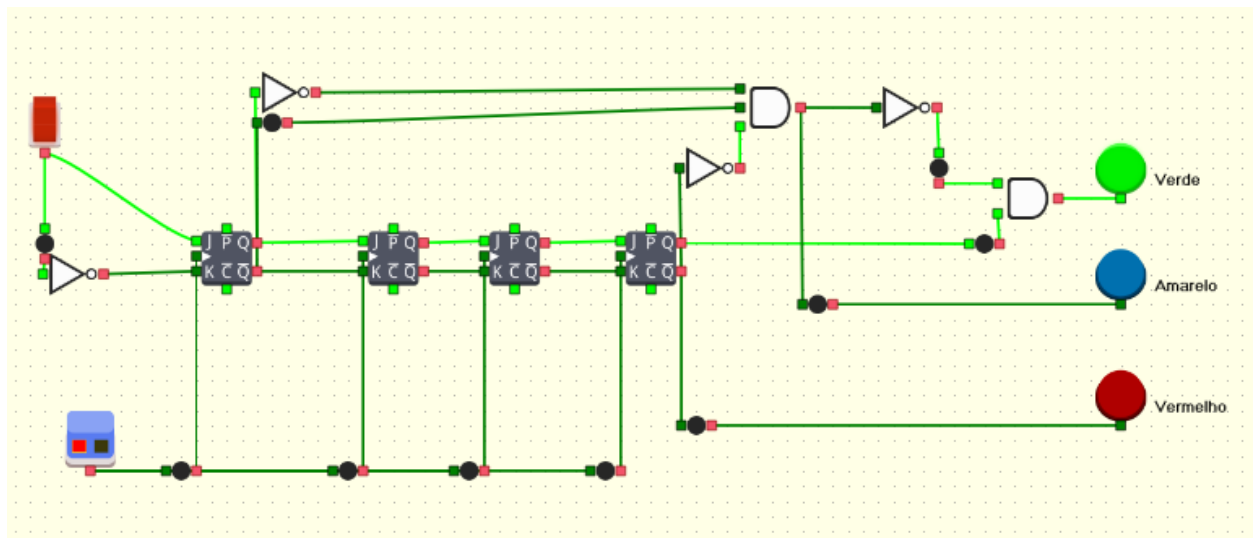


Figura 29 – registrador



Figura 30 – registrador em forma de onda

Semana 15

CONTADORES:

Os contadores terão a função de representar um ciclo do semáforo, ou seja, quando todas as entradas estiverem em 1, temos que um ciclo completo foi realizado. Como se trata de um contador de 5 bits, o resultado deverá ser 11111 para que tenhamos a saída 1. Ou, ainda, 31 unidades de tempo respeitando a frequência do *clock*.

Em vista disso, suponha que esse contador representa o ciclo da via secundária. Assim, quando ele for concluído teremos 1 na saída, que será o dado de entrada no registrador, que dará seguimento ao novo ciclo do semáforo nessa avenida e assim sucessivamente.

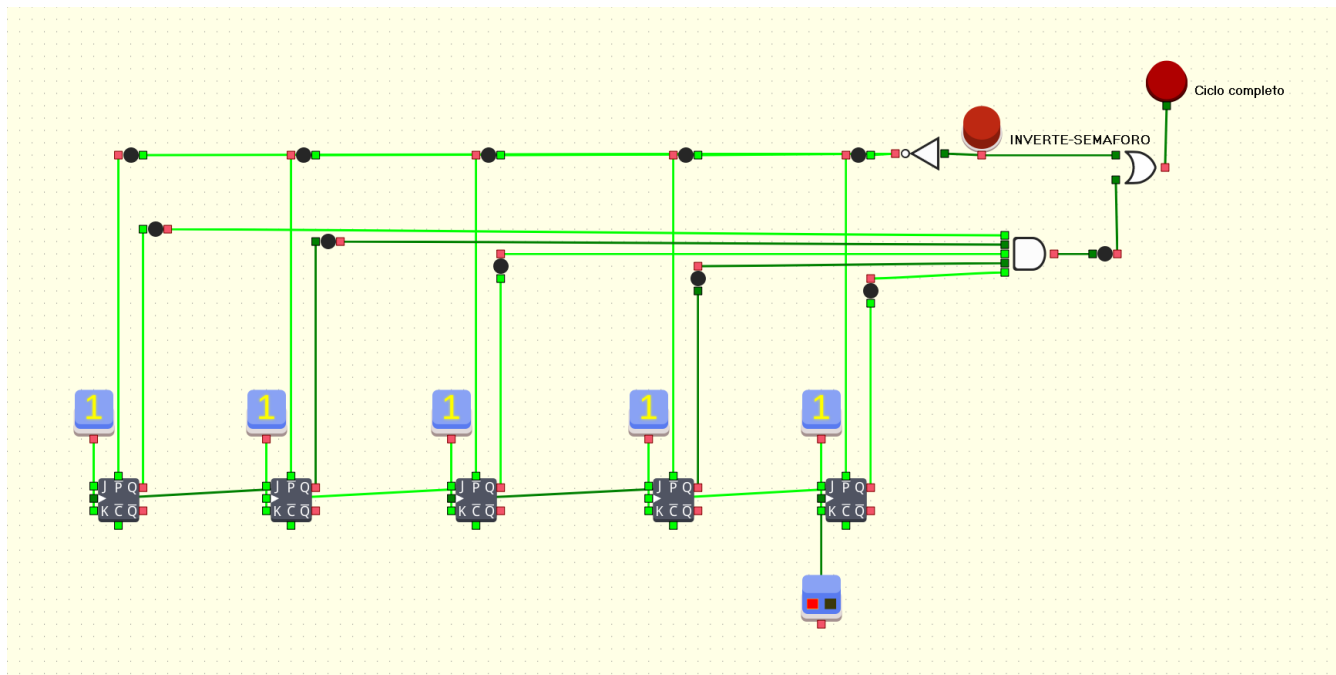


Figura 31 – contador do ciclo do semáforo

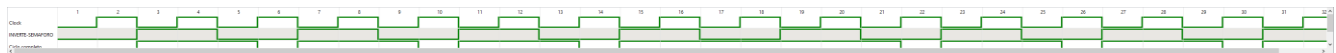


Figura 32 – contador do ciclo do semáforo em forma de onda

CIRCUITO FINAL

O circuito abaixo representa o funcionamento do semáforo inteligente, de modo que o SEMÁFORO 1 estará sempre aberto, a menos que o botão ou o sensor magnético e infravermelho sejam ativados. Note, ainda, que do lado esquerdo temos 3 saídas:

1. Semáforo 1;
2. Alerta;
3. Semáforo 2.

Essas saídas são do circuito VERIFICADOR DE PARIEDADE (CIRCUITO LÓGICO MSI), que tem a função tanto de alertar um erro, ou seja, quando ambos semáforos estão abertos simultaneamente, quanto mostrar qual dos semáforos está aberto no momento.

Além disso, logo abaixo temos a ULA, que está realizando a operação de SOMA e SUBTRAÇÃO com a finalidade de análise de dados, algo que pode ser trivial para o aprimoramento do semáforo.

Já no lado direito, temos os 2 semáforos funcionando. Observe que é necessário a implementação de um Flip-flop T, que irá controlar o sinal enviado para o ciclo. Além disso, temos a *black-box* CICLO (contador), que representa o próprio ciclo do semáforo

(31 unidades de tempo) e o SISTEMA-FUNCIONAL (registrador), que irá determinar cada etapa no semáforo em questão.

Por fim, no canto superior direito temos CIRCUITO LÓGICO MSI, decodificador BCD, pra ser mais específico, que tem a função de realizar uma contagem de 0 a 9, de acordo com as entradas. Este, por sua vez, tem uma entrada manual, pois tem finalidade analítica.

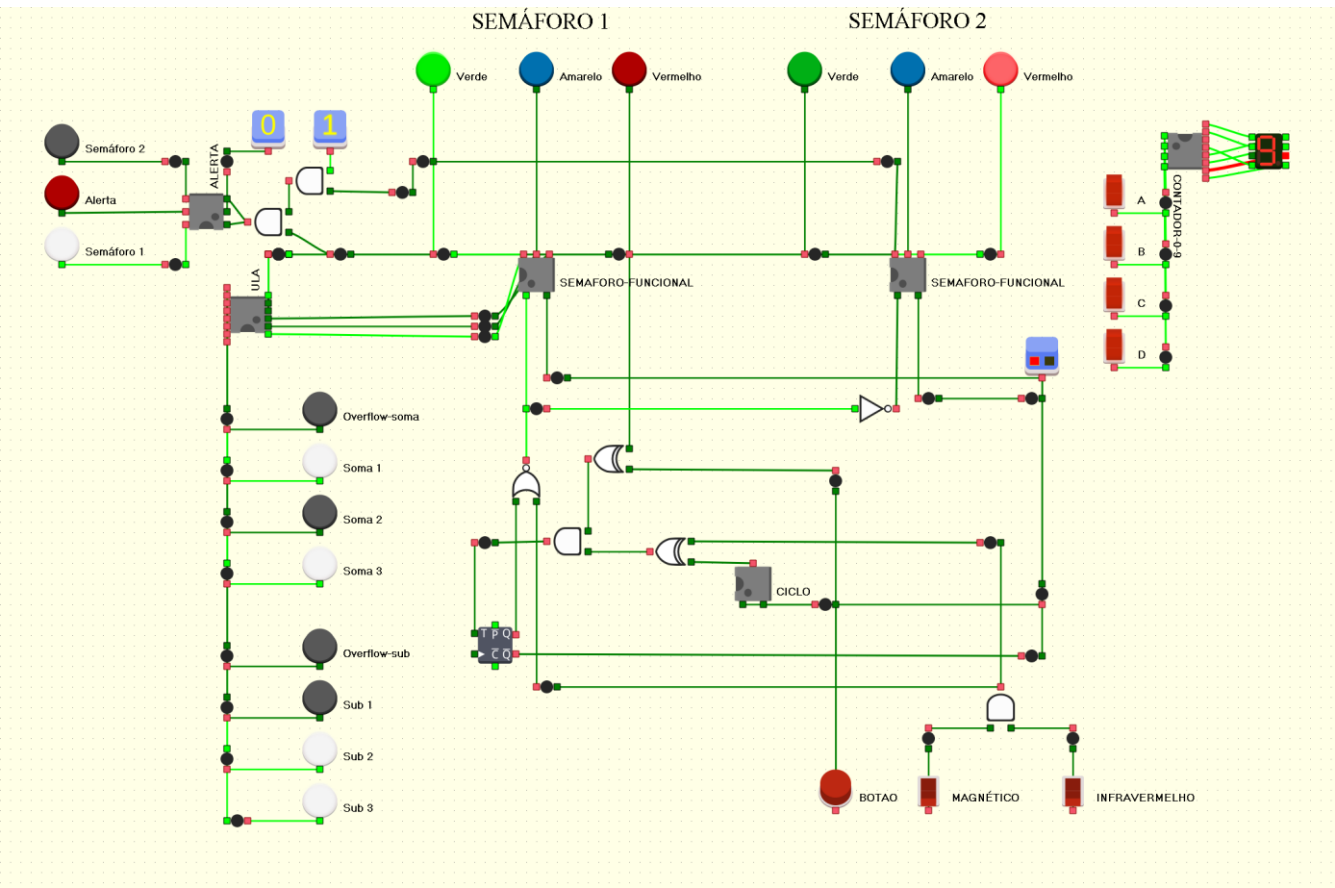


Figura 33 – Circuito final

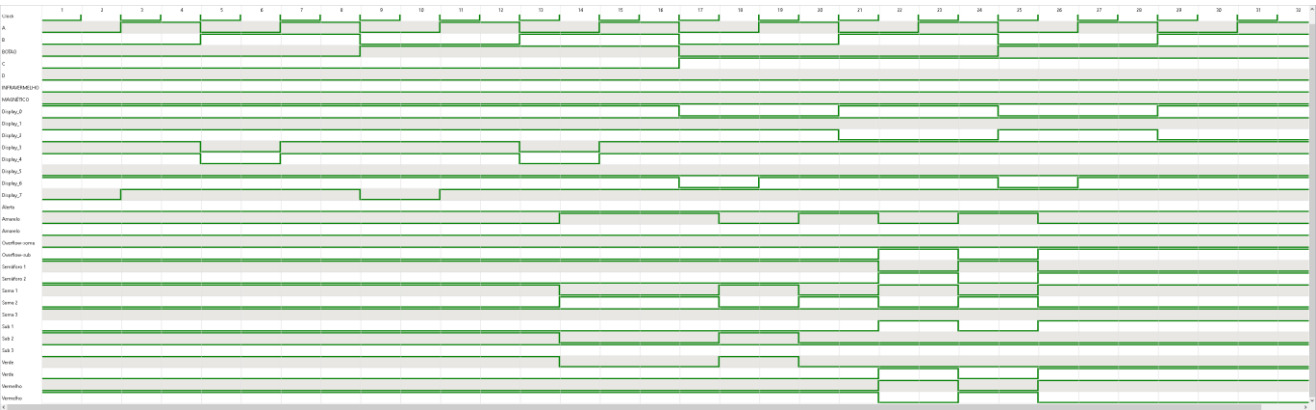


Figura 34 – Circuito final em forma de ondas

OBSERVAÇÕES SOBRE A SIMULAÇÃO DO CIRCUITO FINAL:

Assim como foi pré-estabelecido anteriormente, temos que o semáforo 2 só irá abrir caso o sensor magnético e o infravermelho estão em ALTO simultaneamente. Assim, enquanto os sinais desses sensores estiverem em 1, temos que há movimentação de veículos nessa via secundária.

CONCLUSÃO

O trânsito está no cotidiano brasileiro, devido a quantidade de veículos que estão circulando pelo país diariamente. Entretanto, cerca de 80 pessoas morreram por dia em acidentes de trânsito em 2020, segundo o PORTAL DE TRÂNSITO E MOBILIDADE [6]. Além disso, estudos comprovam que de fato o tempo perdido em trânsito também afeta a saúde da população, segundo o DIÁRIO DO TRANSPORTE [7]. Logo, é evidente tamanha relevância do bom funcionamento dos semáforos, para que as estatísticas citadas acima possam ser cada vez menores.

Com a incrementação desse sistema inteligente de semáforos será possível diminuir o tempo desperdiçado nas ruas e, conseqüentemente, havendo menos congestionamentos e acidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SUPER INTERESSANTE (2016). **Semáforo com sensores inteligentes para um trânsito mais inteligente.** Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/semaforo-com-sensores-para-um-transito-mais-inteligente/>.
2. AGÊNCIA BRASIL (2019). **Atropelamento é a principal causa de morte no trânsito do Rio.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-09/atropelamento-e-principal-caoa-de-morte-no-transito-do-rio>.
3. SILVA, Gladerson Pereira Belízio da. **Traffic bee: proposta de aplicação da tecnologia zigbee em sistema inteligente de semáforos.** 2018. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1598/TRAFFIC%20BEE%20-%20PROPOSTA%20DE%20APLICAÇÃO%20DA%20TECNOLOGIA%20ZIGBEE%20EM%20SITEMA%20INTELIGENTE%20DE%20SEMÁFOROS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
4. OLIVEIRA, Sergio Ferreira de. **Sensor de presença para semáforo inteligente de baixo custo.** 2012. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/710/1/Sergio%20Ferreira%20de%20Oliveira.pdf>.
5. AMORIM, João Victor de. **Protótipo para controle de semáforo baseado na densidade de tráfego.** 2018. Disponível em: http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018_2_joao-victor-de-amorim_monografia.pdf
6. PORTAL DO TRÂNSITO E MOBILIDADE (2020). **Em 2020, 80 pessoas morreram por dia em consequência de acidente de trânsito no país.** Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/em-2020-80-pessoas-morreram-por-dia-em-consequencia-de-acidente-de-transito-no-pais/>
7. DIÁRIO DO TRANSPORTE (2017). **Tempo perdido no trânsito prejudica saúde do paulistano.** Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2017/09/29/tempo-perdido-no-transito-prejudica-saude-do-paulistano/>

APENDICE A

Simulações dos circuitos utilizados neste projeto:

https://drive.google.com/drive/folders/1QgQ7HvZ2TEmk_h8C0PFAefdnABs8xGwG?usp=sharing