

Projeto de EA075 – Veículo de Carga Autoguiado

Especificação de Características

Allan Borgato 165416 – Bruno Eduardo Silva 195052 – Thiago Pereira Barboza 206262

Especificação da Infra-estrutura

Descrição Textual do Hardware:

A partir desta etapa, o projeto será limitado ao circuito que detecta a faixa e realiza o movimento do veículo sobre ela, processando eventos que definem o estado do trajeto e regulando sinais elétricos nos níveis de tensão e potência corretos entre os módulos.

A faixa é detectada por meio de um conjunto de sensores ópticos, de modo que a faixa preta colada no chão impede a reflexão e recepção de luz emitida por aqueles que estão sobre ela. Assim, curvas podem ser percebidas conforme a faixa se afasta dos sensores centrais e se posiciona abaixo dos laterais.

A informação de quais sensores estão recebendo de volta a própria luz é armazenada e processada pela unidade controladora, que com este conjunto de dados determina as velocidades das rodas motorizadas a fim de corrigir a direção e manter o veículo sobre a faixa.

O início do movimento do veículo se dá somente se o botão de iniciar for pressionado enquanto o veículo está sobre a faixa. A partir disso, o trajeto pode ser interrompido se um sensor de proximidade notar a presença de um obstáculo à frente do veículo, sendo retomado assim que for retirado. Quando não houver nenhum sensor óptico sobre a faixa, o movimento é encerrado.

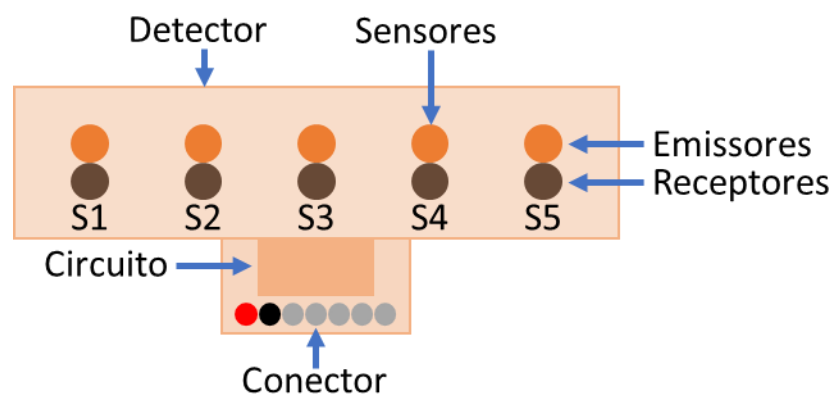
Por fim, o nível de tensão das baterias é regulado para alimentar os demais módulos corretamente, bem como os sinais elétricos de controle gerados pela unidade, que são convertidos para sinais de potência que acionam os motores e regulam suas velocidades de rotação.

Módulos que Compõem o Hardware:

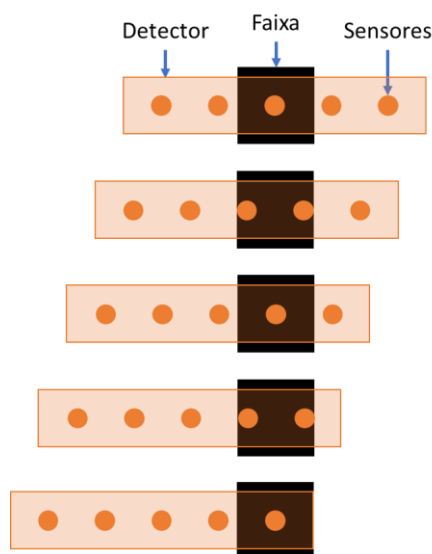
- Detector de faixa:

- Construção:

O detector de faixa contém 5 sensores ópticos equidistantes e alinhados. Os sensores são alimentados por um circuito conectado à entrada de energia, dispondo ainda de saídas separadas para leitura de cada um deles.



A restrição física sobre a posição dos sensores é de que, estando o detector disposto perpendicularmente sobre a faixa, sempre que um sensor estiver prestes sair de cima dela, outro já se posicionou completamente sobre a faixa, conforme ilustra a figura abaixo.



Esta restrição garante que sempre haverá ao menos um sensor sobre a faixa, desde que assim permaneça o detector. Isto impede que o veículo termine seu movimento sem ter terminado o trajeto ou realmente se perdido.

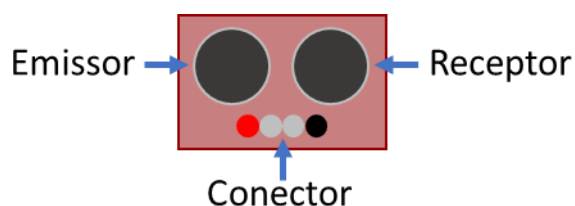
- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VCC	Entradas	Alimentação	0 e 5 VDC	500 mW
S1 até S5	Saídas	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA

- Detector de obstáculo:

- Construção:

Já existem no mercado sensores de proximidade baseados no tempo de reposta de uma onda ultrassônica, contendo um emissor que dispara tal onda e um receptor que sinaliza a chegada das vibrações emitidas e refletidas.



Ambos são alimentados pela mesma entrada de energia, havendo para o emissor uma entrada de gatilho, que dispara a onda ultrassônica quando pulsada, e para o receptor uma saída de resposta, para leitura desta onda refletida.

- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VCC	Entradas	Alimentação	0 e 5 VDC	100 mW
Trigger	Entrada	Digital	0 ou 5 VDC	3 mA
Echo	Saída	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA

- Botão de iniciar:

- Construção:

Se trata apenas de um botão simples, do tipo *push-button*, com uma entrada de sinal e uma saída de retorno.

- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
VCC	Entrada	Alimentação	5 VDC	1 mA
Button	Saída	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA

- Regulador de tensão:

- Construção:

Contém um regulador de tensão, para converter o nível de sinal contínuo fornecido pelas baterias naquele utilizado para alimentação dos módulos detector de faixa, detector de obstáculo, botão iniciar e unidade controladora.

É alimentado pelas baterias, à partir de uma entrada de energia, e alimenta os demais módulos, a partir de uma saída de tensão.

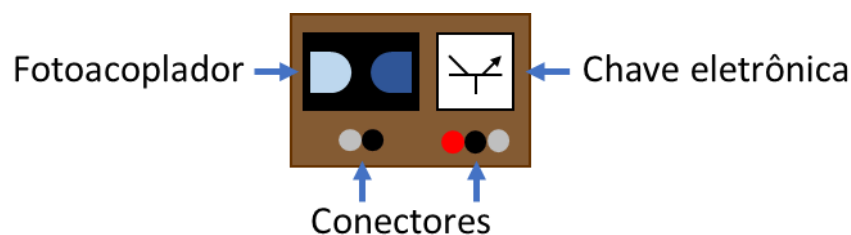
- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VDD	Entradas	Alimentação	0 e 24 VDC	1 A
GND e VCC	Saídas	Alimentação	0 e 5 VDC	1 A

- Drivers de potência:

- Construção:

Possuem um fotoacoplador cada, com emissor e receptor, para isolamento galvânico entre os sinais de controle e potência.



Os emissores são acionados pela unidade controladora, que define as velocidades dos motores, já os receptores acionam chaves eletrônicas entre eles e as baterias, fornecendo potência na proporção controlada.

- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VDD	Entradas	Alimentação	0 e 24 VDC	300 W
V1 e V2	Entradas	PWM (controle)	0 a 5 VDC	40 mA
M1 e M2	Saídas	PWM (potência)	0 a 24 VDC	300 W
GND1 e GND2	Saída	Alimentação	0 VDC	300 W

- Motores CC:

- Construção:

São motores de corrente contínua independentes, cada um deles conectados a uma das rodas motorizadas através de uma caixa de engrenagens mecânicas com redução (que não faz parte do escopo do projeto), para que a velocidade total não ultrapasse 1 m/s. Seus fios de conexão são apenas entradas para alimentação na tensão nominal de ambos.

Uma restrição física é de que os motores devem caber no interior do veículo, por isso suas dimensões não devem ser maiores do que 12 cm. Além disso, a potência de ambos foi projetada para que juntos possam carregar uma carga de até 100 kg.

- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VDD	Entradas	Alimentação	0 e 24 VDC	300 W

- Unidade controladora:

- Construção:

Contém um microcontrolador, que define o estado do movimento do veículo além das velocidades individuais de cada um dos motores, controladas por dois moduladores PWM que também fazem parte desta unidade.

É alimentado por um conector de energia próprio e possui pinos, para a entrada dos sinais vindos de outros módulos e saída dos sinais de controle sobre a velocidade dos motores.

- Pinagem e níveis de sinais elétricos:

Sinal	Sentido	Tipo	Nível de tensão	Limite
GND e VCC	Entradas	Alimentação	0 e 5 VDC	300 W
S1 até S5	Entradas	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA
Echo	Entrada	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA
Button	Entrada	Digital	0 ou 5 VDC	1 mA
Trigger	Saída	Digital	0 ou 5 VDC	3 mA
V1 e V2	Saídas	PWM	0 a 5 VDC	40 mA

Interconexão entre os módulos:

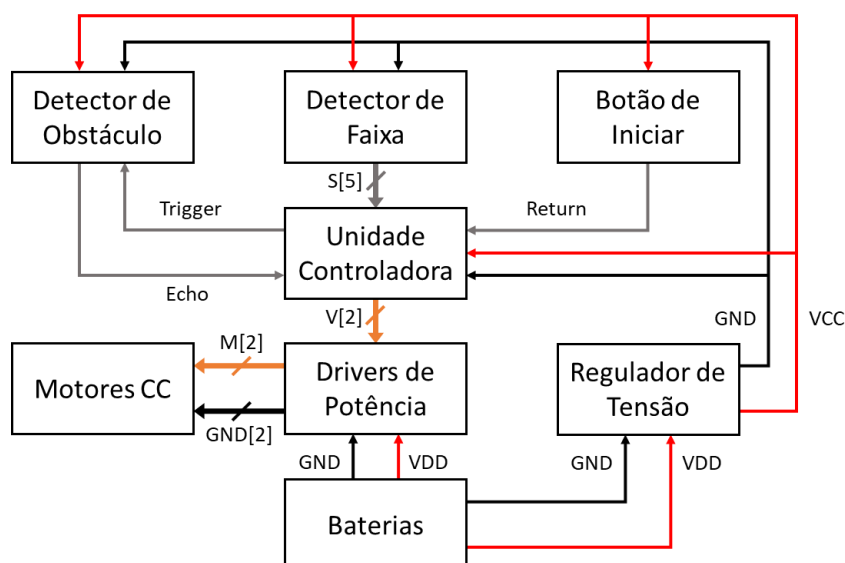
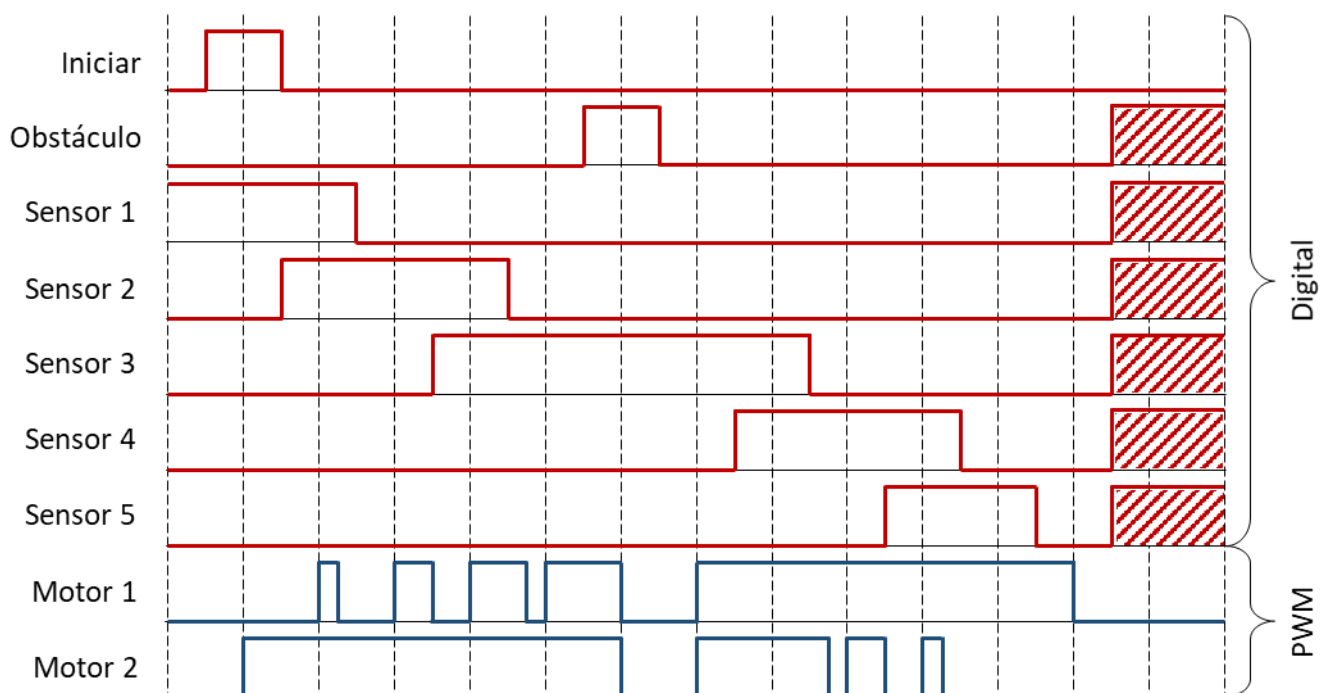


Diagrama de tempo:



Testes de hardware:

- **Detector de Faixa:** Com uma fonte de tensão de 5 VDC e um multímetro, testar as saídas de todos os sensores individualmente, alimentando o circuito e medindo a tensão dos pontos S1 até S5 quando há superfícies claras ou escuras perto dos sensores.
- **Detector de Obstáculo:** Com uma fonte de tensão de 5 VDC, um gerador de pulsos e um osciloscópio, testar o sensor ultrassônico, aplicando um pulso na entrada de *Trigger* e medindo o tempo de resposta da saída *Echo* no osciloscópio, aproximando um anteparo do sensor.
- **Botão de Iniciar:** Apenas com um multímetro, medir a resistência entre os terminais do botão, tanto com ele livre quanto pressionado.
- **Regulador de Tensão:** Com uma fonte de tensão de 24 VDC, uma resistência de 5Ω e de potência 5W e um multímetro, medir a tensão no ponto de saída VCC do circuito regulador, em aberto e em carga (alimentando o resistor).
- **Drivers de Potência:** Com uma fonte de tensão de 24 VDC, um gerador de sinais e um osciloscópio, alimentar o lado de potência com a fonte de tensão contínua, aplicar ondas retangulares nos pontos de entrada V1 e V2 e observar com o osciloscópio os pontos de saída M1 e M2, comparando com os de entrada. Variar o período da onda retangular e seu *duty cycle*.
- **Motores CC:** Com uma fonte de tensão de 24 VDC e potência 300W, além de um tacômetro, medir a máxima rotação dos motores sem carga, alimentando um de cada vez. Em seguida, inserir os drivers entre a alimentação e os motores, juntamente aos equipamentos utilizados no teste destes circuitos, para medir a velocidade de rotação dos motores, variando o *duty cycle* aplicado nos pontos V1 e V2 dos drivers.

Especificação do Programa

A lógica de software do veículo autoguiado pode ser representada pela combinação de uma diagrama de estados + uma tabela verdade. O diagrama de estados é uma ferramenta poderosa, que ajuda a mapear o comportamento dos atuadores do veículo a partir das sensores de entrada e do estado imediatamente anterior.

Os estados que o veículo seguidor pode ter são:

- Ocioso (*Idle*): O veículo entra nesse estado quando não há uma faixa para se seguir (seja porque chegou no final do trajeto, ou por algum desvio não previsto) ou se o botão de iniciar o trajeto não foi acionado. Nesse estado a velocidade do veículo é zero;
- Parado por Obstrução (*Stop*): Algum objeto foi posto no meio do caminho do veículo, o veículo irá parar e esperar que esse objeto seja retirado;
- Seguindo (*Follow*): O veículo segue o caminho pré-estabelecido pela faixa e as velocidades dos motores são controladas pelos estados dos sensores ópticos do detector.

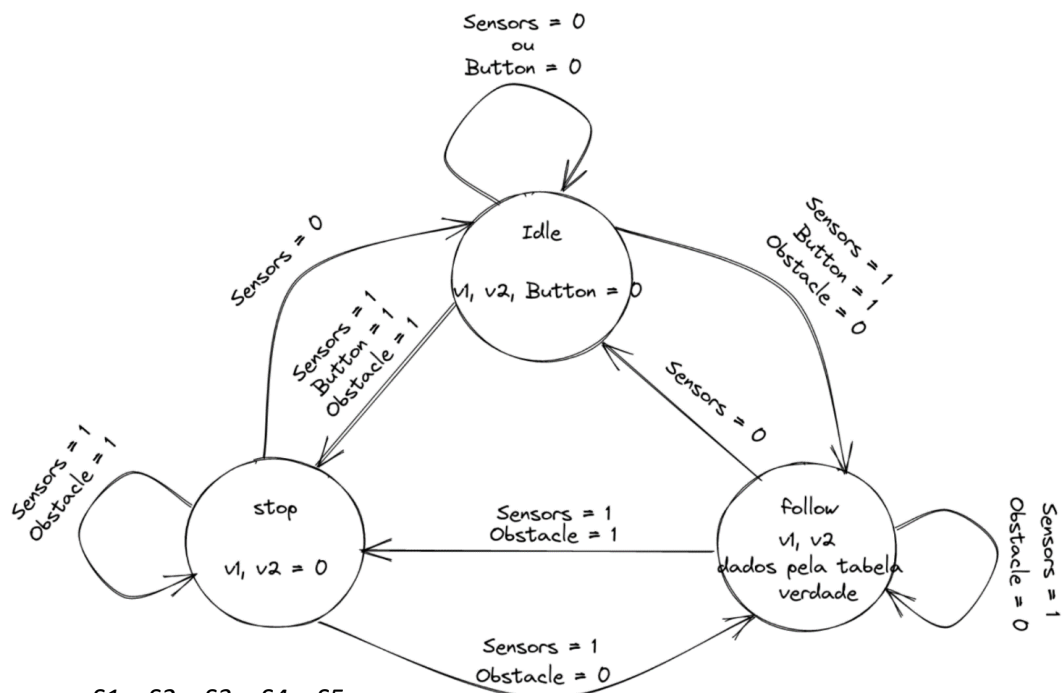
Já as variáveis de entrada (sensores) são descritas por:

- Detecção de Faixa pelos Sensores (*S1 a S5*): Variáveis booleanas indicam quais sensores ópticos estão detectando a presença da faixa.
- Detecção de Obstáculo (*Obstacle*): Variável booleana que informa se há um objeto a menos de 50 cm obstruindo o caminho. Seu valor é determinado avaliando a largura do pulso de resposta de *Echo*;
- Botão de Iniciar (*Button*): Variável booleana que informa que o veículo deve iniciar seu trajeto (seu acionamento é feito manualmente, enquanto o desacionamento ocorre automaticamente).

Por fim, os estados da máquina e dos sensores definem os valores das seguintes variáveis de saída:

- Velocidade do motor da roda esquerda (*V1*);
- Velocidade do motor da roda direita (*V2*).

Dada a explicação acima, chegou-se ao seguinte diagrama de estados:



Obs.: $\text{Sensors} = S1 + S2 + S3 + S4 + S5$.

A tabela abaixo descreve o *duty cycle* dos atuadores de saída quando o veículo está no estado de *Follow*, dependendo do estado individual de cada sensor óptico do detector de faixa.

s1	s2	s3	s4	s5	v1[%]	v2[%]
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	100	0
0	0	0	1	0	100	50
0	0	0	1	1	100	25
0	0	1	0	0	100	100
0	0	1	0	1	v1*	v2*
0	0	1	1	0	100	75
0	0	1	1	1	v1*	v2*
0	1	0	0	0	50	100
0	1	0	0	1	v1*	v2*
0	1	0	1	0	v1*	v2*
0	1	0	1	1	v1*	v2*
0	1	1	0	0	75	100
0	1	1	0	1	v1*	v2*
0	1	1	1	0	v1*	v2*
0	1	1	1	1	v1*	v2*
1	0	0	0	0	0	100
1	0	0	0	1	v1*	v2*
1	0	0	1	0	v1*	v2*
1	0	0	1	1	v1*	v2*
1	0	1	0	0	v1*	v2*
1	0	1	0	1	v1*	v2*
1	0	1	1	0	v1*	v2*
1	0	1	1	1	v1*	v2*
1	1	0	0	0	25	100
1	1	0	0	1	v1*	v2*
1	1	0	1	0	v1*	v2*
1	1	0	1	1	v1*	v2*
1	1	1	0	0	v1*	v2*
1	1	1	0	1	v1*	v2*
1	1	1	1	0	v1*	v2*
1	1	1	1	1	v1*	v2*

Observação: Há estados que não são previstos para acontecerem devido à natureza do problema, como 3 sensores estarem detectando a faixa. Caso ocorram, as saídas dos atuadores se mantêm iguais às anteriores (representadas por V1* e V2*). Ou seja, a velocidade de ambos motores é mantida.

Testes de Software:

Uma série de testes devem ser feitos para assegurar que a lógica do veículo está seguindo o software especificado acima. Esses testes farão uso de um osciloscópio ou multímetro e de fios, para conexão com os pinos da unidade controladora.

Nesse teste, deve-se monitorar o *duty cycle* dos pinos de saída V1 e V2 da unidade controladora (com uso do osciloscópio ou multímetro), enquanto são simulados diferentes níveis lógicos para os sensores ópticos, de aproximação e botão (conectando seus pinos de entrada a VCC e GND). As saídas para os atuadores devem sempre corresponder ao diagrama de estados e à tabela verdade especificadas.

O teste seguirá em duas etapas:

- Primeiro, são simuladas todas as transições possíveis entre os estados *Idle*, *Follow* e *Stop*. Nessa etapa o estado individual dos sensores devem ser $S3 = 1$ e $S1, S2, S4$ e $S5 = 0$, ou seja, durante o estado *Follow* teremos $V1, V2 = 100\%$.
- Se o comportamento das saídas para os atuadores for exatamente como previsto no diagrama de estados, então são simuladas variações de $S1$ - $S5$ para quando o estado do carrinho é *Follow*, sendo conferido se $V1$ e $V2$ seguem o comportamento da tabela verdade.