

Projeto e implementação de robô autônomo seguidor de linha

Willian Americano Lopes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco
DAINF - Departamento Acadêmico de Informática

Orientador: Professor Fábio Favarim
Co-orientador: Professor César Rafael claire Torrico

walopes23@gmail.com
{favarim,torrico} @utfpr.edu.br

05 de dezembro de 2017

Sumário

- 1** Introdução
- 2** Objetivos
- 3** Justificativa
- 4** Materiais
- 5** Desenho e implementação
 - Projeto do *hardware*
 - Projeto do controlador de SED
 - Projeto do sistema de mapeamento
 - Função de transferência do veículo
 - Projeto do controlador de tempo contínuo
- 6** Resultados
 - Projeto e implementação da estrutura mecânica
 - Participação em competições
 - Teste dos sensores de refletância
- 7** Conclusão

- Industriais
- Médicos
- Móveis
 - Com pernas
(legged)
 - Com rodas
(wheeled)



(a)



(b)

Figura 1: Robôs móveis: (a) Robô Sojourner (NASA,1997);(b) Legged Squad Support System (DYNAMICS,2016)

Controle de tempo contínuo

- Malha aberta
- Malha fechada
- Controlador
 - Proporcional
 - Integral
 - Derivativa

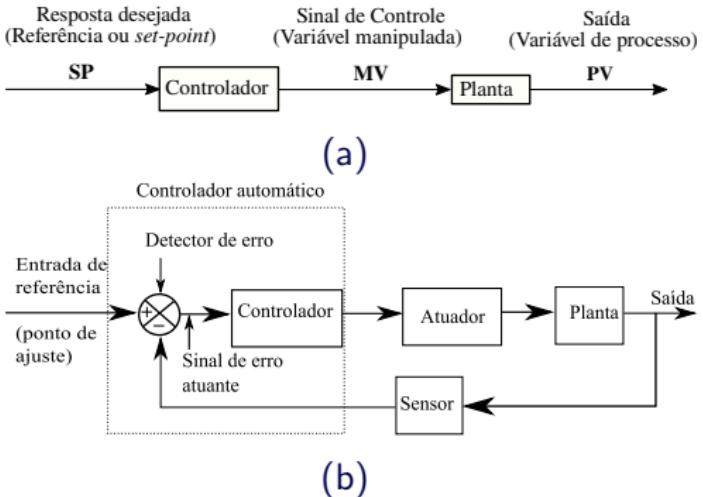


Figura 2: Diagramas de controle: (a) Malha aberta; (b) Malha fechada com controlador

Controle a eventos discretos

- Eventos discretos
- Autômato
 - Moore
 - Mealy

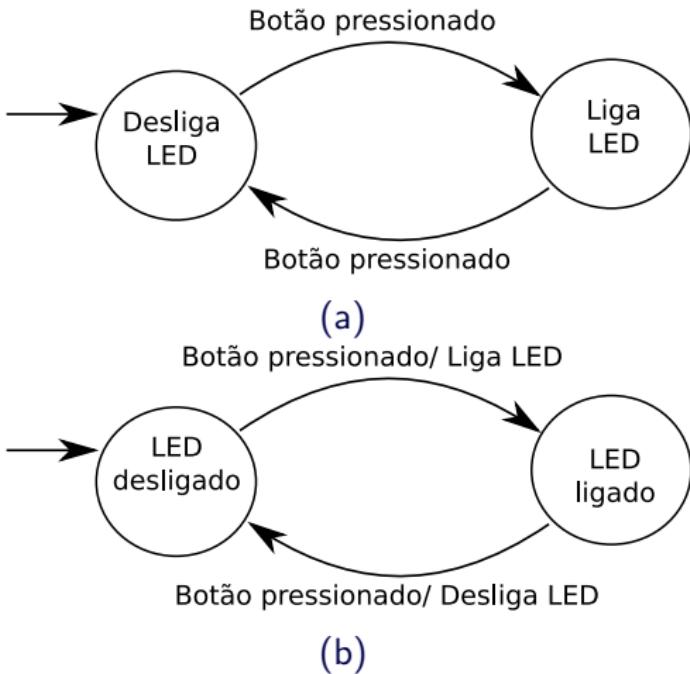


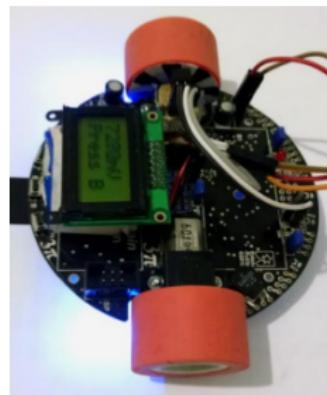
Figura 3: Autômatos: (a) Moore; (b) Mealy

Trabalho de Petry (2016)

- Controle híbrido
- Controlador PID
- Lógica *fuzzy*



(a)



(b)

Figura 4: Robôs de Petry (2016): (a) Alpha project; (b) Pololu 3pi modificado

Objetivos

Geral

Projetar e implementar um protótipo de um robô seguidor de linha, que seja autônomo, através da utilização de controle híbrido, aperfeiçoando as técnicas desenvolvidas por Petry (2016).

Específicos

- Projetar o condicionamento de sinais necessários para os dispositivos a serem utilizados, permitindo uma precisão na leitura dos sensores;
- Projetar e confeccionar a estrutura do protótipo, visando atender as dimensões especificadas pela Robocore;
- Implementar um controlador de Sistemas a Eventos Discretos, para que seja possível tratar de maneira precisa as marcações laterais da pista;

Específicos

- Modelar a função de transferência do robô;
- Implementar um controlador para manter o robô sobre a linha na pista;
- Realizar testes com o protótipo em pistas que sigam as normas da Robocore;
- Fazer o mapeamento do percurso com um *encoder para o controle da velocidade*
- Comparar os resultados obtidos com o de Petry (2016).

Multiple Columns

Heading

- 1** Statement
- 2** Explanation
- 3** Example

Lore ipsum dolor sit amet,
consectetur adipiscing elit.
Integer lectus nisl, ultricies in
feugiat rutrum, porttitor sit amet
augue. Aliquam ut tortor mauris.
Sed volutpat ante purus, quis
accumsan dolor.

Justificativa

- ART (*Autonomous Rail Rapid Transit* ou Trilho Autônomo de Trânsito Rápido)
- Trem em Zhuzhou (China)

ROBOGAMES

(a)



(b)

Figura 5:
Autômatos: (a)
Moore; (b) Mealy



Figura 6: Trem sobre trilhos virtuais (DAILYMAIL, 2017)

Materiais

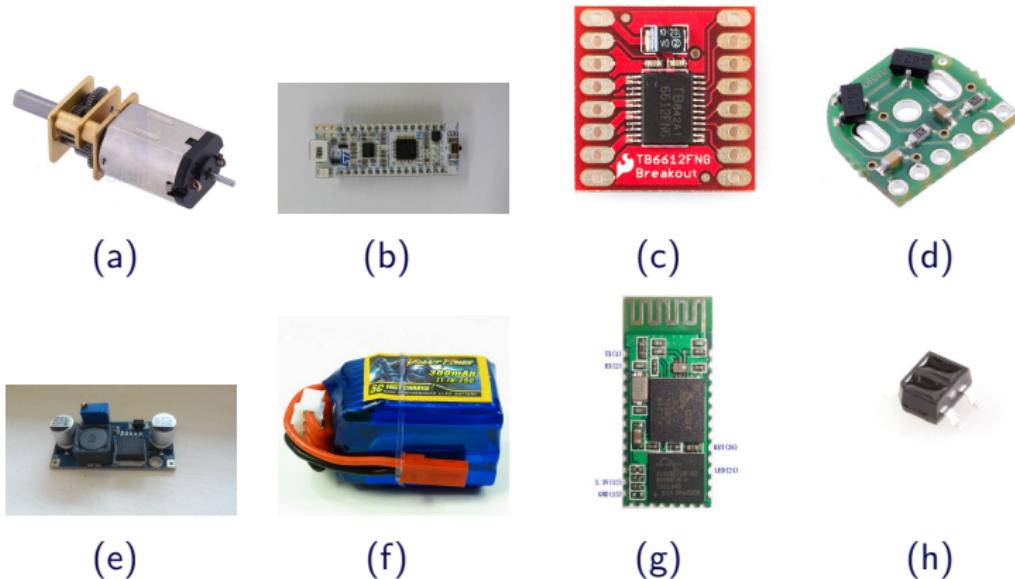


Figura 7: Materiais utilizados: (a) Motor Pololu; (b) Nucleo-STM32F303K8; (c) TB6612FNG; (d) Encoder Pololu; (e) Step up; (f) Bateria LiPo; (g) HC05; (h) QRE1113

Desenho e implementação

Projeto do *Hardware*

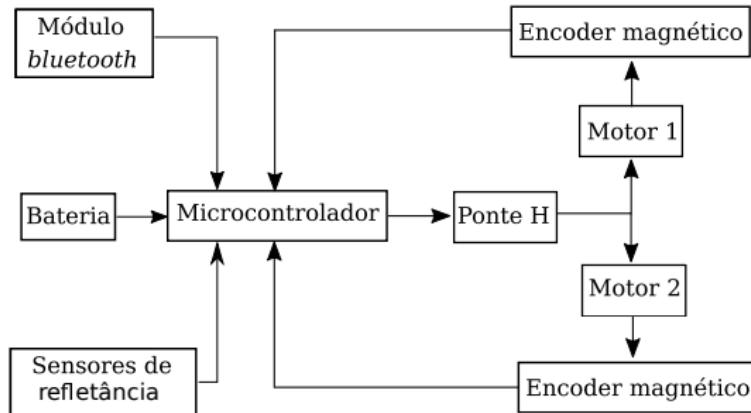


Figura 8: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.

Sensores e condicionamento de sinais

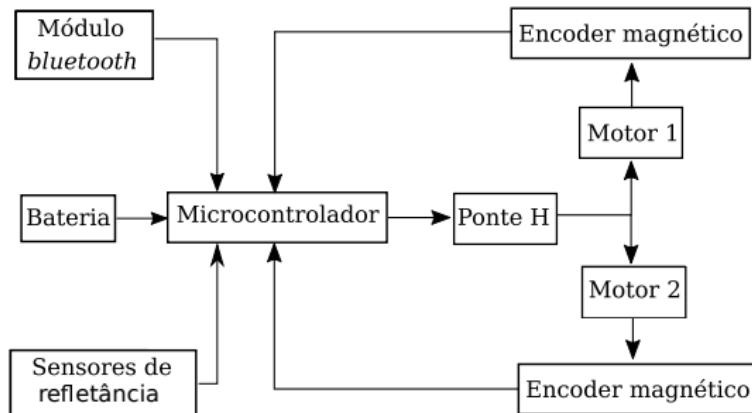


Figura 9: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.

Test

- One
- Two
- Three

Sensor de refletância QRE1113

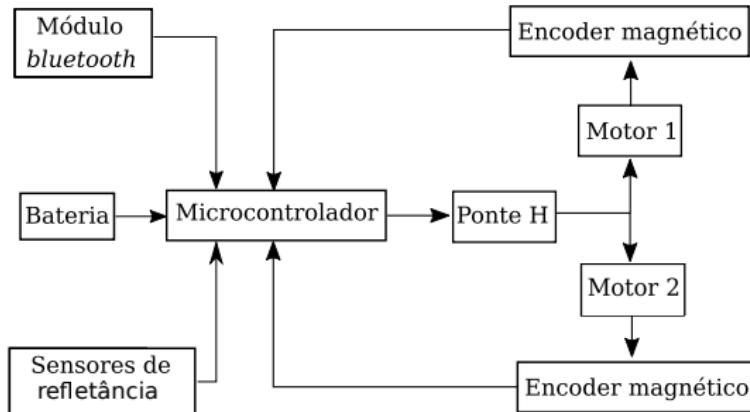


Figura 10: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

Driver de acionamento TB6612FNG

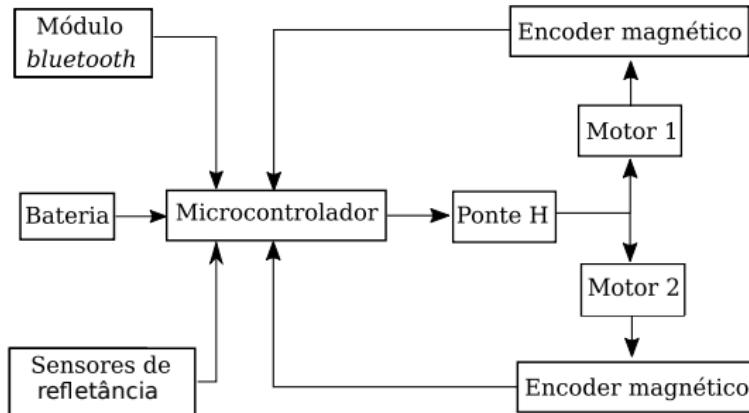


Figura 11: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

Projeto do controlador de SED

- Modelado pelos softwares Supremica e Deslab
- Autômato de Moore
- Variáveis mapeadas:
 - B1 (botão);
 - AcharDir;
 - PerdeDir;
 - AchaEsq;
 - PerdeEsq.

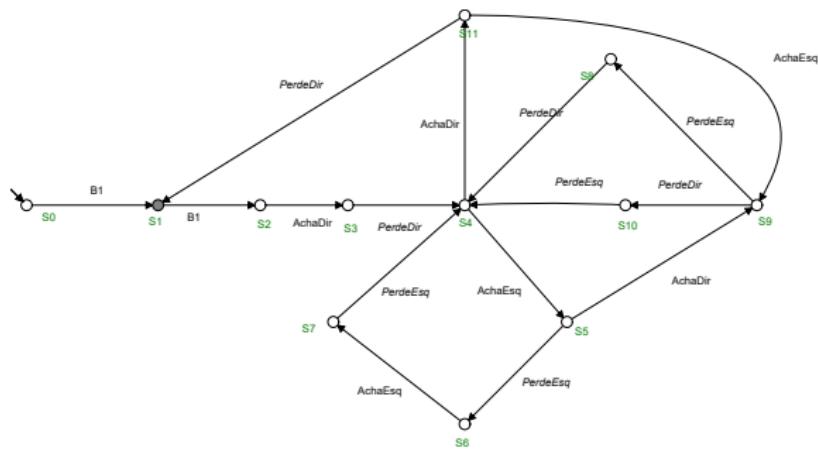


Figura 12: Controlador de SED

Projeto do sistema de mapeamento

- Armazenamento na memória *flash*
- Contém as seguintes informações:
 - Quantidade de marcações;
 - Início e fim de marcação da direita;
 - Início e fim de marcação da esquerda;

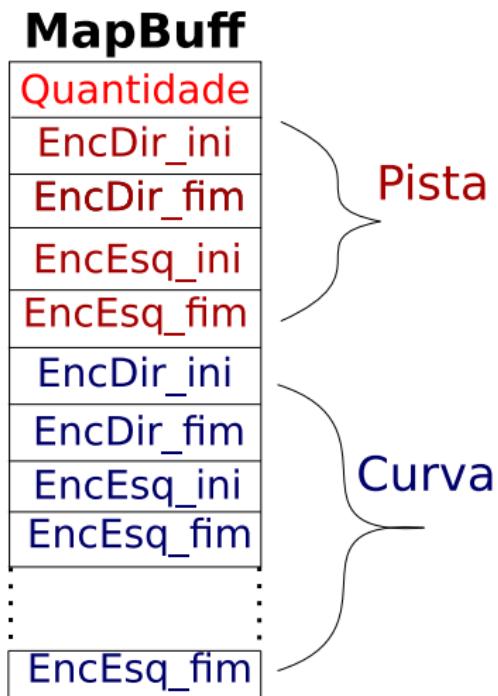


Figura 13: Vetor de armazenamento na flash

Função de Transferência do veículo

Aquisição dos valores da planta

- Obtenção da posição
- Mesmo PWM para os motores
- Motores em sentidos opostos
- Informações enviadas via *bluetooth*
- É esperado um gráfico próximo a uma rampa

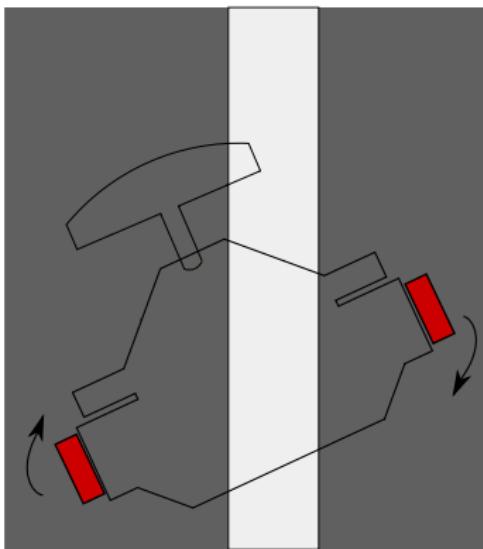


Figura 14: Aquisição dos valores de posição do robô

Função de Transferência do veículo

Modelo da função de transferência

Para encontrar a velocidade, deriva-se a posição

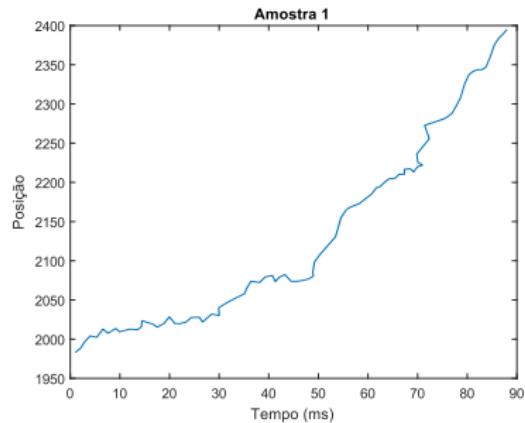


Figura 15: Gráfico da posição obtida

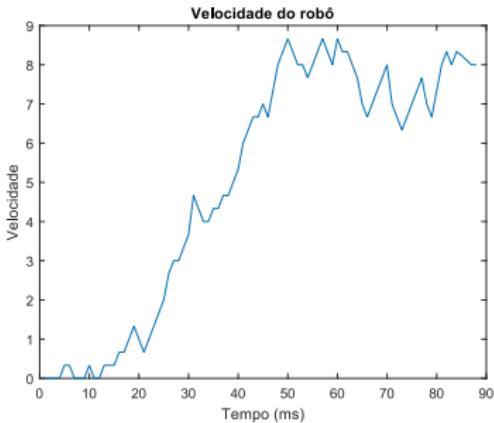


Figura 16: Gráfico da velocidade

Função de Transferência do veículo

Modelo da função de transferência

Com o Matlab, verificou-se uma função que mais se aproxima da desejada

- $P2ZU = 0,0054915 \left(\frac{1-0,011087s}{1+0,014889s+0,00023} \right)$
- A função contém 3 polos e 1 zero

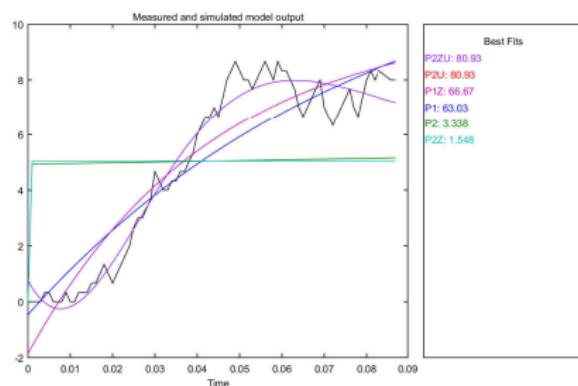


Figura 17: Comparativo feito pelo System Identification

Modelo da função de transferência

- A função encontrada é relacionada à velocidade
- Para a original, é necessário integrá-la e multiplicá-la pelo ganho
- $FT : 1223\left(\frac{P2Z2}{s}\right)$

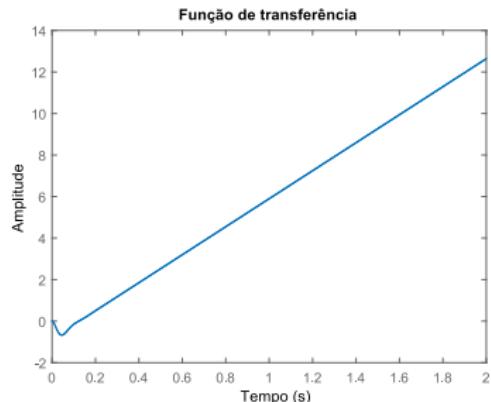


Figura 18: Função de transferência encontrada

Projeto do controlador de tempo contínuo

- Controlador Proporcional-Derivativo (PD)
- Variável controlada é a posição

$$posicao = \frac{\sum_{n=1}^5 1000(n - 1)V_n}{\sum_{n=1}^5 V_n} \quad (1)$$

$$posicao = \frac{0 * V_1 + 1000 * V_2 + 2000 * V_3 + 3000 * V_4 + 4000 * V_5}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5} \quad (2)$$

Example (Theorem Slide Code)

```
\begin{frame}
\frametitle{Theorem}
\begin{theorem}[Mass--energy equivalence]
$E = mc^2$
\end{theorem}
\end{frame}
```

- *Hardware* dividido em duas partes:
 - Barra frontal de sensores
 - Chassi (CrazyFrog)



Figura 19: Barra frontal de sensores

lalalala

Participação em competições

- Participação na FACE e WinterChallenge
- Competições disputadas com o CrazyFrog2
- Problema com os sensores
- Curva do 'S'



Figura 20: Pista do seguidor de linha Pro na WinterChallenge2017

Teste dos sensores de refletância

- Sensores testados
 - QTR-1A, da Pololu;
 - QRE1113, da China;
 - QRE1113, da Arrow;
 - QRD1114.
- Procedimento para a aquisição

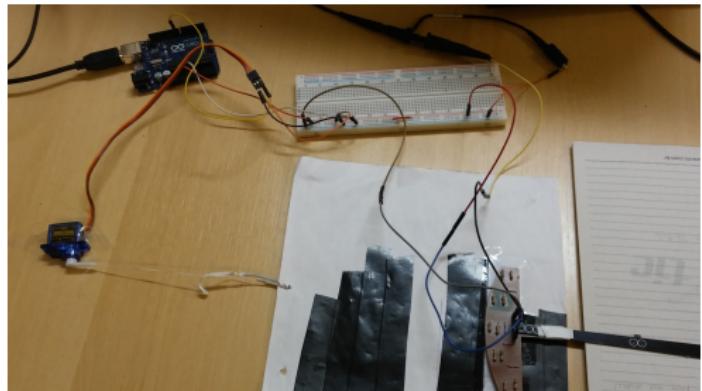


Figura 21: Mecanismo de aquisição do tempo de resposta dos sensores

Teste dos sensores de refletância

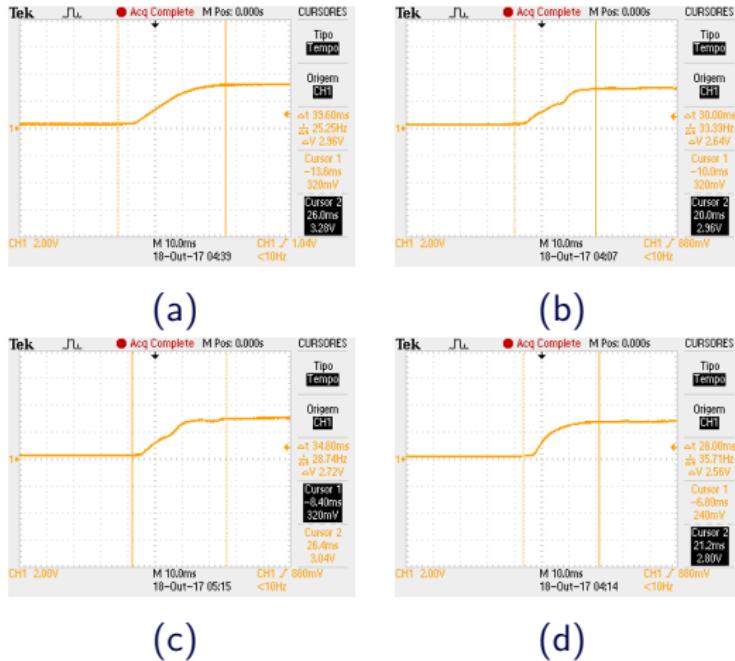
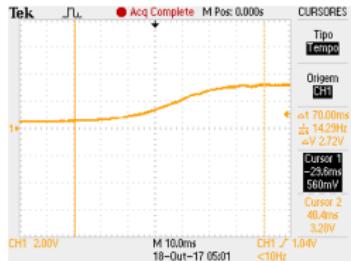
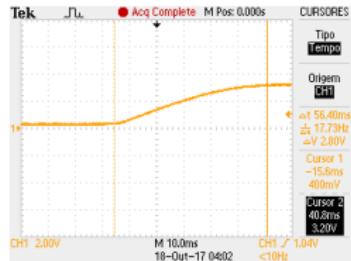


Figura 22: Teste dos sensores a 1mm de distância (a) QRE1113 do Aliexpress; (b) QRE1113 da Arrow; (c) QRD1114; (d) QTR-1A

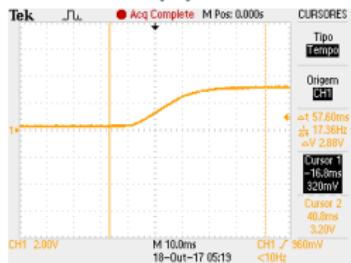
Teste dos sensores de refletância



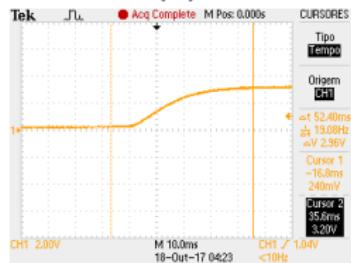
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 23: Resposta do sensores a 2 mm de distância: (a) QRE1113 do Aliexpress; (b) QRE1113 da Arrow; (c) QRD1114; (d) QTR-1A

Referências

DAILYMAIL. **The world's first 'SMART train': [...]**. 2017. Acessado em 01 dez. 2017. Disponível em
<http://www.dailymail.co.uk/news/peoplestoday/article-5012187/The-world-s-smart-railway-opens-China.html>

Conclusão

- Importância da participação em competições
- Qualidade inferior dos sensores utilizados
- Desempenho inferior ao esperado
- Melhorias no mapeamento
- Melhorias no controlador de SED

Projeto e implementação de robô autônomo seguidor de linha

Willian Americano Lopes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco
DAINF - Departamento Acadêmico de Informática

Orientador: Professor Fábio Favarim
Co-orientador: Professor César Rafael claire Torrico

walopes23@gmail.com
{favarim,torrico} @utfpr.edu.br

05 de dezembro de 2017