

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** Metodologia
- 4** Justificativa
- 5** Materiais
- 6** 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
- 7** Resultados
 - Projeto e implementação da estrutura mecânica
 - Participação em competições
 - Teste dos sensores de refletância
- 8** 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

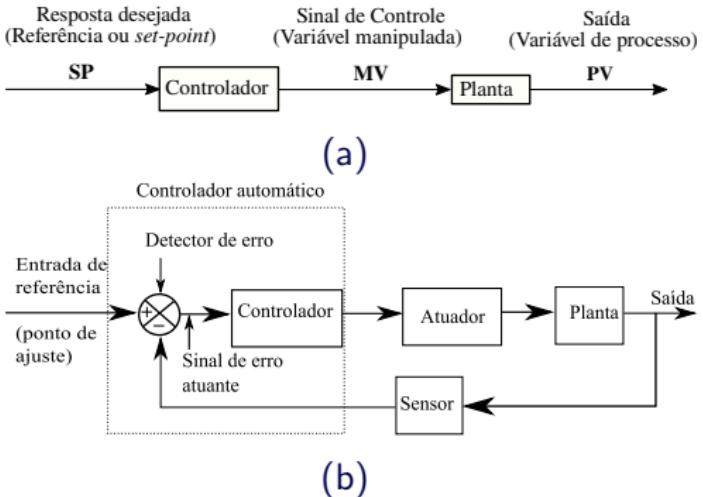


Figura 2: Diagramas de controle: (a) Malha aberta; (b) Malha fechada com controlador

Controle a eventos discretos

- Eventos discretos
- Autômato
 - Moore
 - Mealy

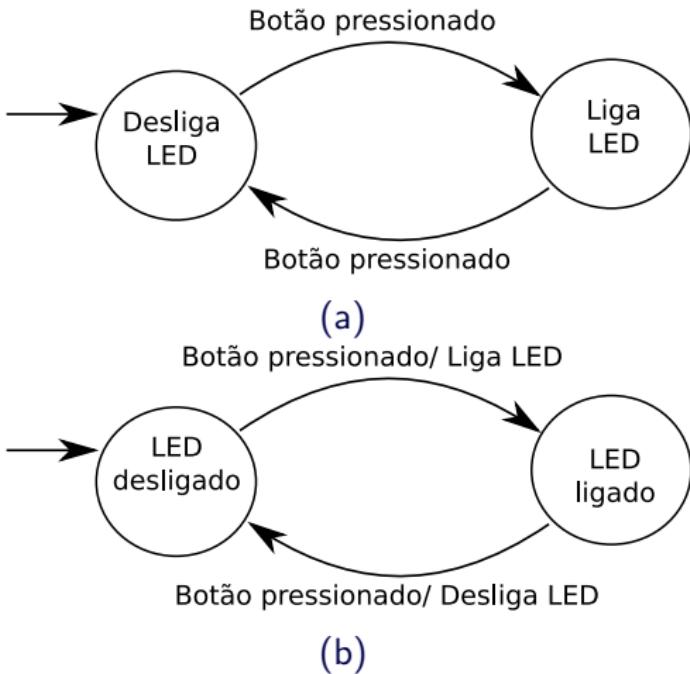


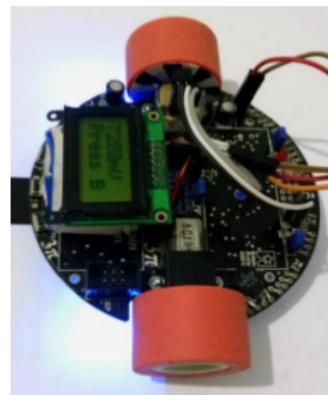
Figura 3: Autômatos: (a) Moore; (b) Mealy

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).

Metodologia

- 1 Definição e aquisição dos componentes;
- 2 Condicionamento de sinais dos sensores;
- 3 Projeto da estrutura mecânica e *software* embarcado;
- 4 Projeto do controlador;
- 5 Integração do sistema e implementação do protótipo;
- 6 Testes de desempenho;
- 7 Implementação do projeto final

Justificativa



(a)

(b)

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

Justificativa

ROBOGAMES

(a)



(b)

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

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



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

Materiais

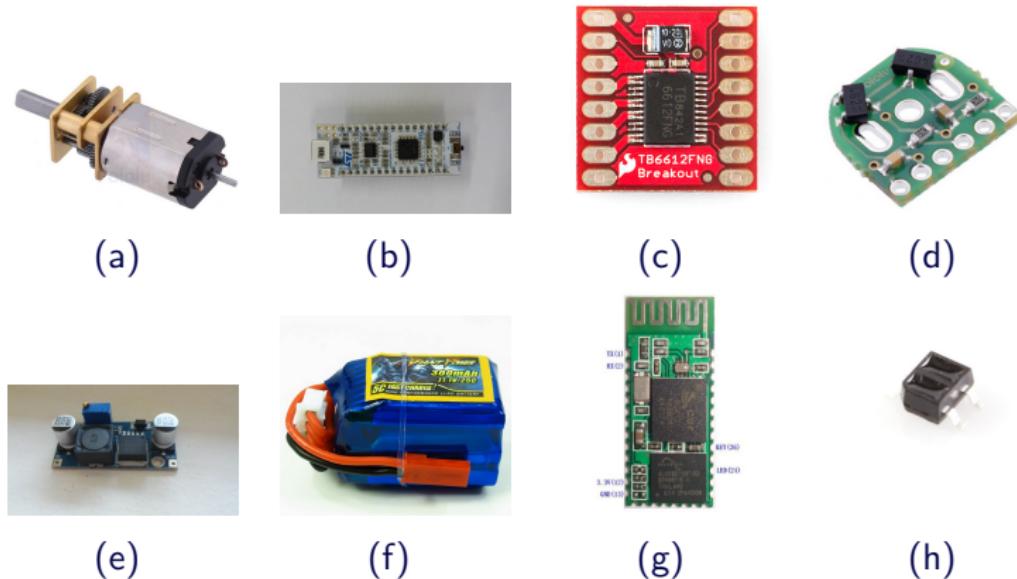


Figura 7: Materiais utilizados: (a) Motor Pololu; (b) Nucleo-STM32F303K8; (c) TB6612FNG; (d) Encoder Pololu; (e) Step up; (f) Bateria LiPo; (g) HC05; (h) QRE1113

Desenho e implementação

Projeto do *Hardware*

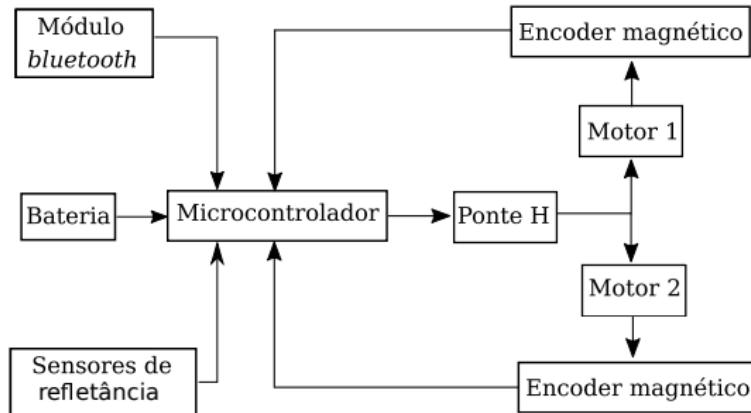


Figura 8: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.

Sensores e condicionamento de sinais

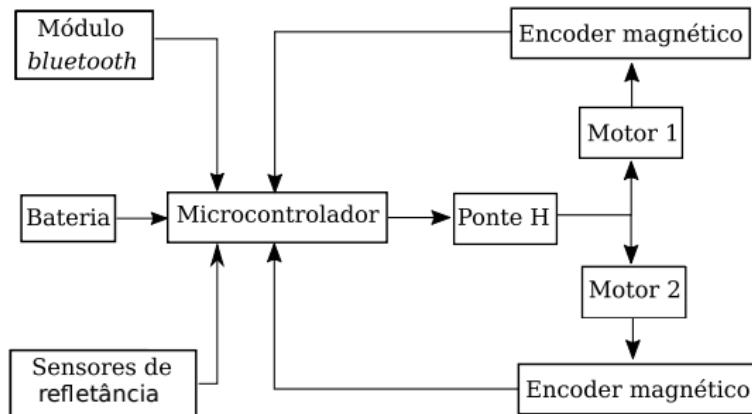


Figura 9: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.

Test

- One
- Two
- Three

Sensor de refletância QRE1113

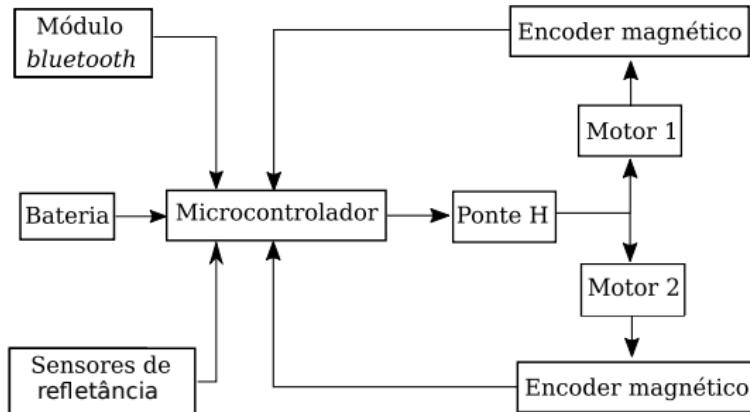


Figura 10: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

Driver de acionamento TB6612FNG

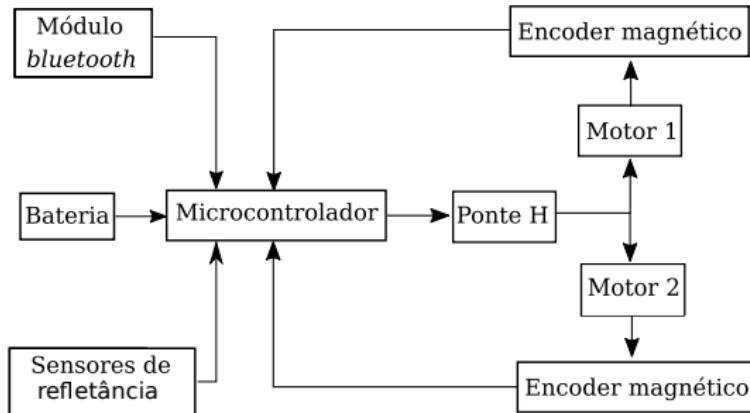


Figura 11: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

Projeto do controlador de SED

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

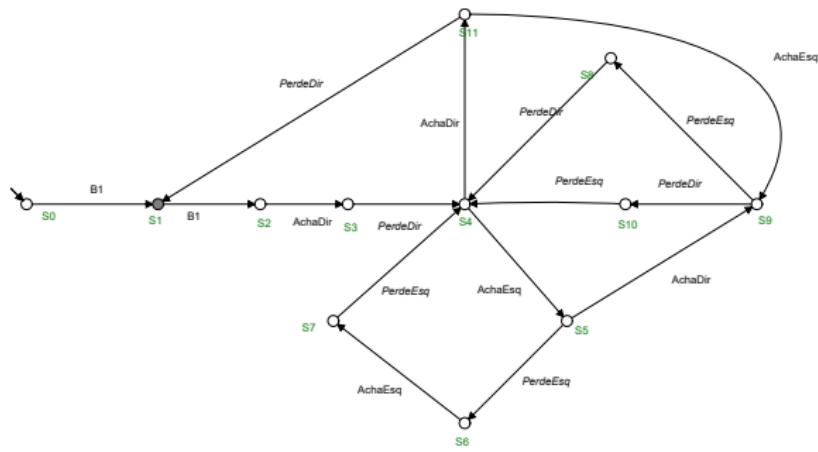


Figura 12: Controlador de SED

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;

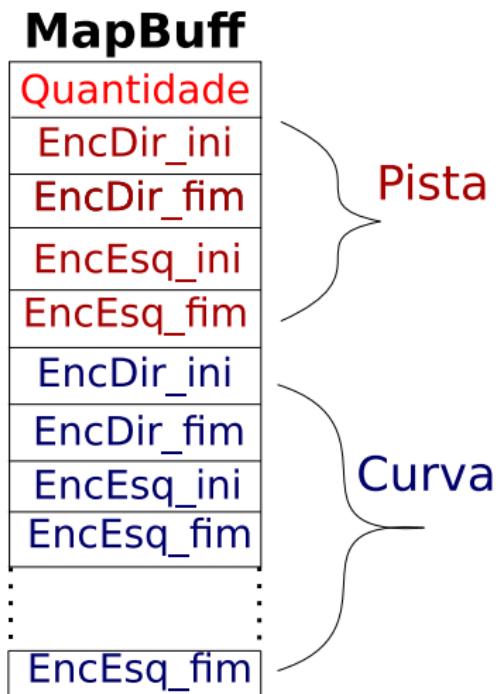


Figura 13: Vetor de armazenamento na flash

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

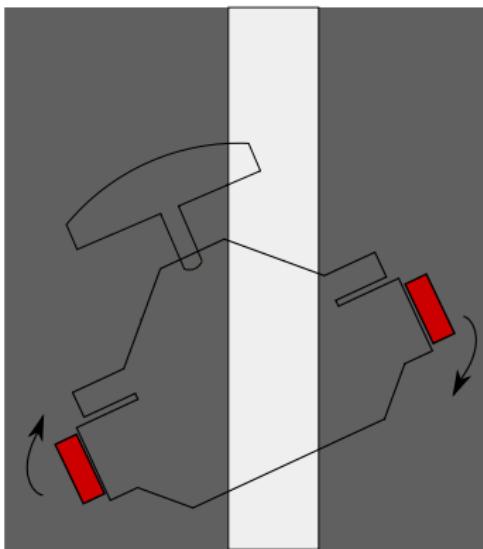


Figura 14: Aquisição dos valores de posição do robô

Função de Transferência do veículo

Modelo da função de transferência

Para encontrar a velocidade, deriva-se a posição

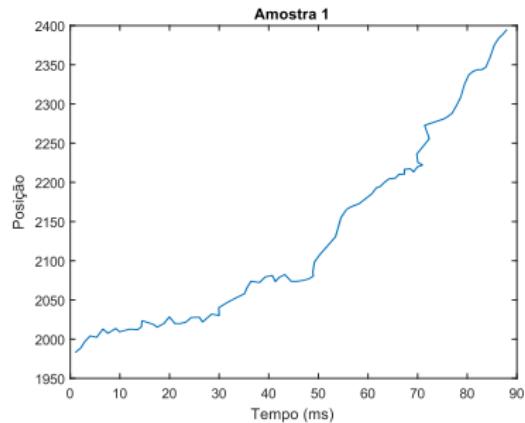


Figura 15: Gráfico da posição obtida

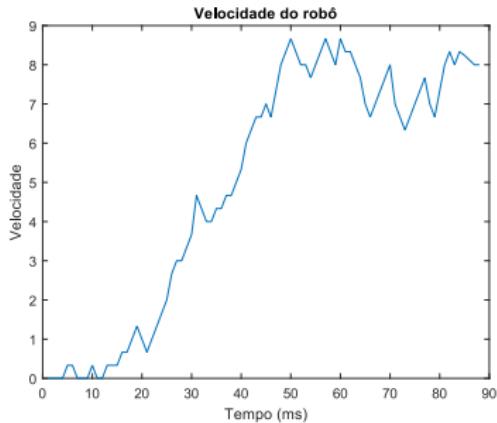


Figura 16: Gráfico da velocidade

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

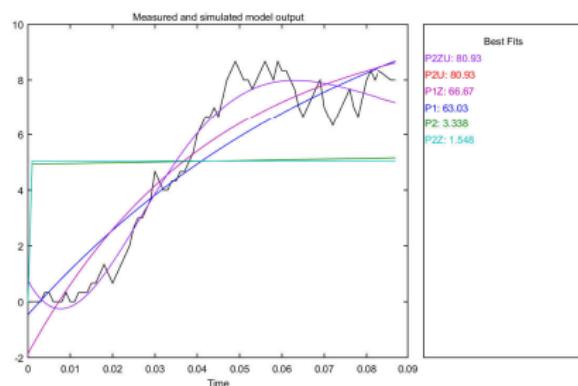


Figura 17: Comparativo feito pelo System Identification

Modelo da função de transferência

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

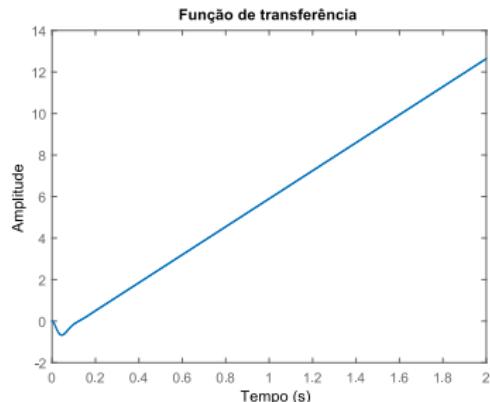


Figura 18: Função de transferência encontrada

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

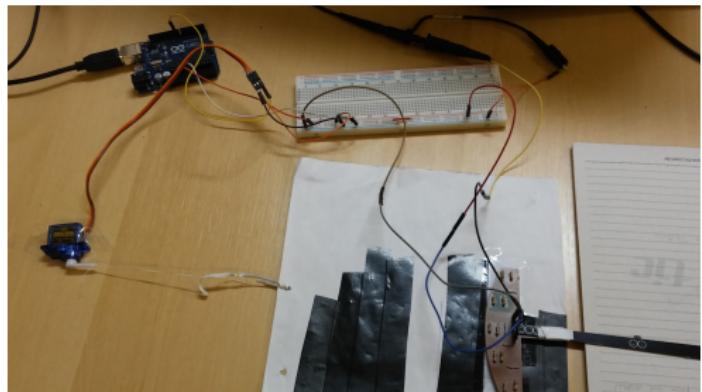


Figura 21: Mecanismo de aquisição do tempo de resposta dos sensores

Teste dos sensores de refletância

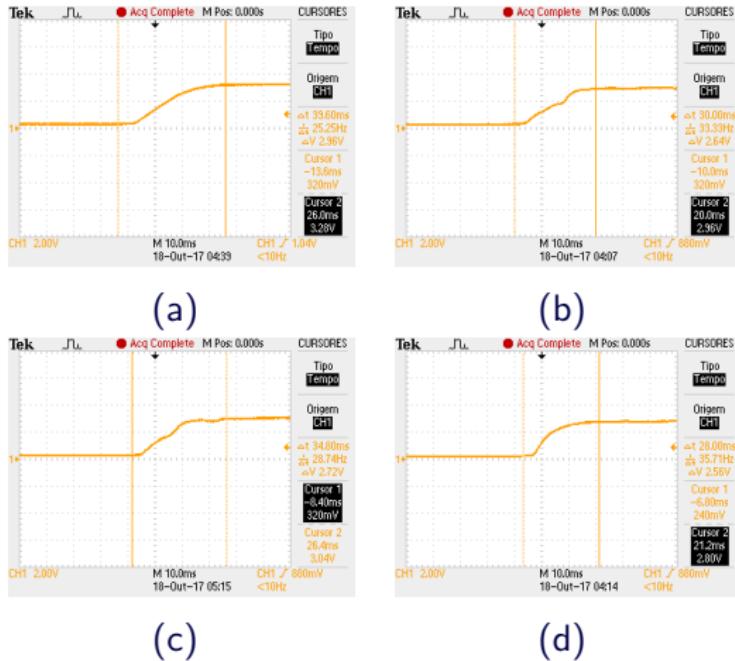
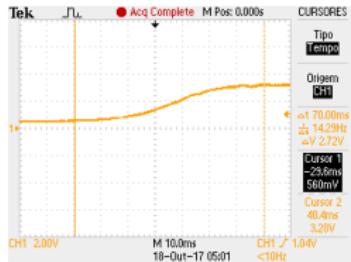
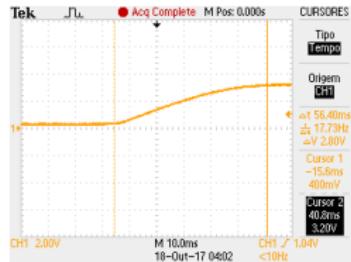


Figura 22: Teste dos sensores a 1mm de distância (a) QRE1113 do Aliexpress; (b) QRE1113 da Arrow; (c) QRD1114; (d) QTR-1A

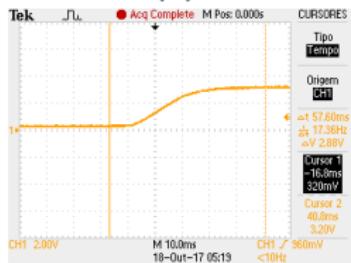
Teste dos sensores de refletância



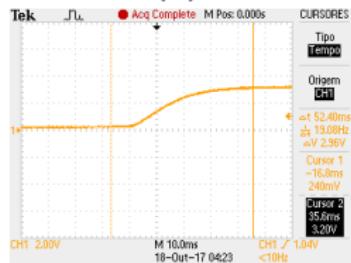
(a)



(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

Conclusão

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

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>

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