

# Projeto de robô autônomo seguidor de linha utilizando mapeamento de pista e controle híbrido

Willian Americano Lopes<sup>1</sup>, César Rafael Claire Torrico<sup>2</sup>, Fábio Favarim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DAINF – Departamento Acadêmico de Informática

<sup>2</sup>DAELE – Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Via do Conhecimento, Km 1 – 85503-390

Pato Branco – PR – Brasil

{cesartorrico, favarim}@utfpr.edu.br, wlopes@alunos.utfpr.edu.br

**Abstract.** *The mobile robotic competitions helps to improve the research on this field. According to this, this work aims to develop a line follower robot, which follows the guidances of the Robocore events. The vehicle must be autonomous and all of its components must be embedded. Is presented the use of a hybrid controller, which is composed by continuous and discrete dynamics, that will be, respectively, the Proportional-Integral-Derivative and the Discrete Event Systems controllers. Also, is proposed the mapping of the route and the telemetry of the robot.*

## 1. Introdução

A robótica é uma área de grande relevância, tendo aplicabilidade em muitos setores da sociedade. Dentro deste campo, os robôs móveis vem se destacando atualmente, dotando a estes capacidades de autonomia e flexibilidade, características necessárias para que o veículo possa se deslocar nos mais diversos ambientes de operação.

Para que o robô seja autônomo, é necessário que este apresente uma resposta desejada para as mais diversas situações. Para tanto, se utiliza de um sistema de controle, que é composto por sinais de entrada e saída e a planta, a qual é o processo a ser controlado, a partir do qual se obtém uma saída com a resposta desejada [Nise 2012]. Os sistemas de controle podem ser contínuos, em que as variáveis de estado são alteradas continuamente ao longo do tempo, ou discretos, quando estas variáveis deslocam-se em pontos discretos no tempo [Cassandras and Lafortune 2008]. Um sistema de controle que utiliza as duas dinâmicas é denominado como sistema de controle híbrido.

Com o objetivo de estimular a pesquisa e o desenvolvimento de robôs móveis, foram criadas competições como a Winter Challenge, evento promovido pela Robocore, o qual é um dos maiores eventos de robótica móvel da América Latina, contando com a participação de vários países e tendo mais de mil competidores e cerca de quinhentos robôs na edição de 2016 [Mauá 2016]. Uma das categorias disputadas é a dos robôs seguidores de linha, na qual os robôs devem seguir, de maneira autônoma, um trajeto que é determinado por uma linha.

Foram implementados dois robôs seguidores de linha na UTFPR, câmpus Pato Branco. O primeiro foi o de [Guadagnin 2014], pioneiro na instituição. Em seu trabalho foi implementado um sistema de controle híbrido, o qual consistiu de um controlador

P (Proporcional), de variável contínua, e outro de Sistemas a Eventos Discretos (SED). Os SEDs são sistemas descritos por um espaço de estados discreto com transições de dados discretas orientadas a eventos [Cassandras and Lafortune 2008]. Para o controlador discreto, responsável pela detecção de marcas laterais, foram definidas velocidades de 100%, 75% e 0% para retas, curvas e para motor desligado, respectivamente.

O outro robô desenvolvido na Universidade foi o de [Petry 2016], o qual teve como base o trabalho de [Guadagnin 2014]. Logo, notam-se particularidades entre estes como o controle híbrido. Para este projeto, foi desenvolvido um *hardware* mais eficiente e um novo sistema de sensoriamento. [Petry 2016] também propôs implementar lógica difusa (*fuzzy*) em seu veículo, o que não foi possível devido a limitações de processamento do microcontrolador utilizado.

## 2. Solução proposta

Visando a participação em competições de robótica móvel, está em desenvolvimento um robô que atenda os requisitos das competições promovidas pela Robocore, na categoria seguidor de linha Pro. De acordo com as especificações do torneio, os veículos devem ser totalmente autônomos, possuir dimensões máximas de 250mm de largura, 250mm de comprimento e 250mm de altura e contar com todos os componentes embarcados [Robocore 2016].

Como o número de voltas na pista oficial da competição é limitado para cada participante (são permitidas três voltas de no máximo três minutos para cada participante), não é interessante retirar o veículo da pista para fazer alterações em seu *software*. Com base nisso, está sendo desenvolvido um sistema de telemetria, que possibilitará adquirir informações do robô em tempo real e alterar os parâmetros dos controladores remotamente por meio de um módulo *bluetooth*.

Para a detecção da pista e marcações laterais estão sendo utilizados os sensores de refletância QRE1113P, da Fairchild, os quais são compostos por Diodos Emissores de Luz (LEDs) e fototransistores [Semiconductor 2009]. De acordo com o sinal recebido é possível identificar se o robô está dentro ou fora da pista, ou se alguma marcação lateral indicando início e fim de percurso ou curva foi detectado.

Um requisito considerável é o mapeamento de pista, visto que é importante que o robô saiba como é o ambiente em que ele se encontra. O mapeamento será feito com informações dos *encoders*, que são dispositivos que medem informações como velocidade e a posição angular em um *driver* de motor ou no eixo de uma roda.

O controlador híbrido em desenvolvimento é composto pelos controladores PID (Proporcional Integral Derivativo), de dinâmica contínua, responsável pelo controle de posição sobre a linha do percurso, e o SED, de dinâmica discreta, o qual tem o intuito de identificar marcas laterais.

Está sendo utilizado o microcontrolador STM32F303K8 para o processamento das informações do sistema, o qual possui como algumas de suas características um processador de arquitetura ARM (*Advanced RISC Machine*) Cortex-M4, com frequência de operação de 72MHz, *Floating Point Unit* (FPU ou Unidade de Ponto Flutuante) e 90 DMIPS<sup>1</sup> (*Dhrystone Million Instructions per Second*) de desempenho e 12 canais de ADC

---

<sup>1</sup>O DMIPS é um teste de *benchmark* (teste de desempenho) de processadores

(*Analog-Digital Converter* ou Conversor Digital Analógico) [STMicroelectronics 2015].

### 3. Considerações finais

O robô desenvolvido por [Petry 2016] se classificou entre os 10 primeiros colocados na competição Robocore Winter Challenge 2016 e com o novo robô, com componentes melhores e com o controle híbrido e mapeamento da pista, espera-se conseguir estar entre os 5 primeiros na próxima edição.

O protótipo desenvolvido já apresenta algumas melhorias em relação ao de [Petry 2016], como o uso de comparadores digitais do microcontrolador ao invés dos comparadores analógicos, implementados com amplificadores operacionais. Pretende-se aplicar lógica *fuzzy* ou redes neurais para melhoria no ajuste dos parâmetros dos controladores. Estuda-se ainda a utilização de um RTOS (*Real Time Operating System* ou Sistema Operacional em Tempo Real), para gerenciar os recursos e os tempos de resposta diferentes para cada um dos dispositivos do sistema.

### Referências

- Cassandras, C. G. and Lafortune, S. (2008). *Introduction to Discrete Event Systems*. Springer US, New York, 2 edition.
- Guadagnin, A. J. (2014). Controle híbrido de um robô seguidor de linha. Trabalho de Conclusão de Curso.
- Mauá, I. (2016). Instituto mauá de tecnologia sedia o evento de robótica winterchallenge 2016. <http://maua.br/imprensa/press-releases/instituto-maua-tecnologia-sedia-evento-robotica-winter-challenge-2016>.
- Nise, N. S. (2012). *Engenharia de Sistemas de Controle*. LTC, Rio de Janeiro, 6 edition.
- Petry, M. L. (2016). Controle híbrido de um robô autônomo seguidor de linha. Trabalho de Conclusão de Curso.
- Robocore (2016). Regras seguidor de linha. [https://www.robocore.net/upload/attachments/robocore\\_regras\\_seguidor\\_de\\_linha\\_108.pdf](https://www.robocore.net/upload/attachments/robocore_regras_seguidor_de_linha_108.pdf).
- Semiconductor, F. (2009). Minature reflective object sensor.
- STMicroelectronics (2015). Stm32f303x6/x8 datasheet.