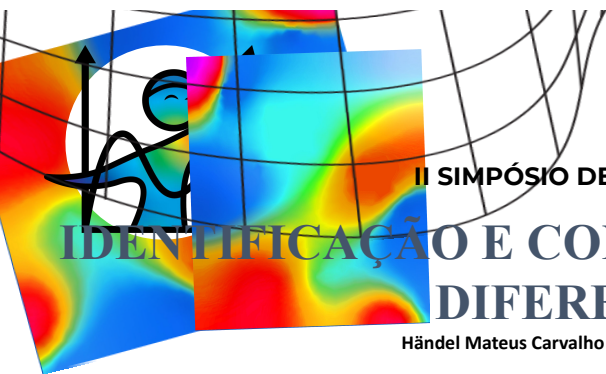




II SIMCOMPI

II SIMPÓSIO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE DOS MOTORES DE UM ROBÔ DIFERENCIAL MICROMOUSE

Händel Mateus Carvalho Sarmento (Acadêmico do Bacharelado em Engenharia Elétrica da UFPI)

Otacílio da Mota Almeida (Orientador)

Email: otacilio@ufpi.edu.br, handelmateus@ufpi.edu.br

Introdução

Os robôs solucionadores de labirintos surgiram na década de 1950 como dispositivos autônomos e compactos, e, desde os anos 1970, competições de micromouses se tornaram populares, especialmente no Reino Unido e no Japão, conforme pode ser visto na Figura 1.

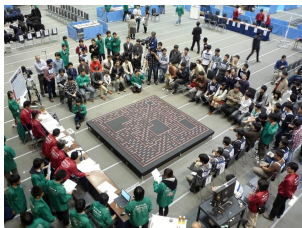


Fig. 1: Torneio da Modalidade no Japão

A competição envolve robôs móveis autônomos (Figura 2) para resolver um labirinto composto de 16x16 células de 180x180 mm². A padronização da competição foi introduzida pela revista do IEEE Spectrum em 1977. O robô tem um tempo limitado para resolver um labirinto, cuja configuração é estabelecida no início da competição.

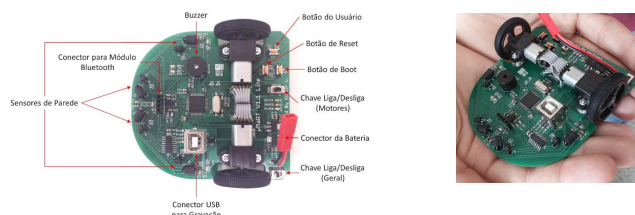


Fig. 2: Micromouse do Laboratório de Controle e Sistemas Inteligentes – Engenharia Elétrica – UFPI

O robô tem como objetivo sair de um dos cantos do labirinto e alcançar o centro no menor tempo possível. O autômato é pontuado de acordo com três parâmetros: velocidade, eficiência em resolver labirinto, e confiabilidade do Micromouse.

O desenvolvimento desses robôs envolve etapas essenciais, sendo o controle e a automação fundamentais para otimizar a navegação. Este trabalho foca no controle simulado de percursos em linha reta para o micromouse do Laboratório de Controle e Automação da Engenharia Elétrica – UFPI apresentado na Figura 2, ajustando independentemente as velocidades lineares de suas rodas para melhorar a eficiência dos deslocamentos.

Metodologia

Um passo necessário para realização de todo o processo de controle e monitoramento do comportamento do robô é a transferência das informações coletadas localmente para o computador. Para isto, foi elaborada uma pequena rede local de comunicação que faz uso de dois microcontroladores do tipo ESP que trocam informações entre si via wifi através do protocolo ESP-NOW, sendo um do modelo ESP8266 e um ESP-WROOM-32.

A rede de comunicação completa consiste em 3 microcontroladores – os dois ESPs e o STM32 do micromouse – e um computador portando o software MATLAB e pode ainda ser dividida em dois grupos de comunicação serial que trocam informações via wifi, conforme visto na Figura 3. O primeiro grupo está composto pelo STM32F405RGT6 e pelo ESP8266 D1 Mini e fica localizado no espaço físico do robô, onde o primeiro chip está soldado à placa e o segundo está conectado através da entrada do conector UART. O segundo grupo, formado pelo ESP-WROOM-32 e pelo PC, está localizado separado do robô, na bancada de trabalho, conectados ao computador.

O próximo passo envolve a utilização da estrutura desenvolvida para coletar dados e identificar o sistema, processo esse dividido em três etapas: medição de velocidade, transferência de informações e aplicação do algoritmo dos Mínimos Quadrados Não Recursivos (MQNR).



Fig. 3: Rede de comunicação criada para coleta e transferência de dados

Com base em Filho (2017) e utilizando a resposta a uma entrada em degrau, determinou-se o período de amostragem de ambos os motores como 0,01s (10ms). Em seguida, aplicou-se uma entrada randomizada em torno de um degrau de referência, variando em +/- 10% desse valor, e coletaram-se as respectivas saídas para cada motor. A partir desses dados, torna-se possível aplicar o algoritmo do estimador MQNR, possibilitando, assim, o avanço para a etapa de controle dos motores.

Resultados e discussão

A partir da estimação da função de transferência Eq (1), é possível utilizar o método desenvolvido por Åström and Hägglund (1995) para automatizar o cálculo dos ganhos dos parâmetros do controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) com o uso de um relé com histerese. A Tabela 1 mostra os coeficientes do modelo estimados e dos controladores de cada um dos motores.

Coeficientes	Motor Esquerdo	Motor Direito
a_1	-0.1615	-0.3379
a_2	-0.1247	0.0036
b_1	0.5540	0.3755
b_2	0.1515	0.2539
g_0	1.0176	1.0397
g_1	-0.9548	-1.0961
g_2	0.2648	0.3220

$$G(z) = z^{-1} \frac{b_1 z + b_2}{z^2 + a_1 z + a_2} \quad (1)$$

$$G_{PID}(z) = \frac{g_0 z^2 + g_1 z + g_2}{z(z-1)} \quad (2)$$

Tabela 1: Coeficientes da função de transferência do modelo estimado e do controlador

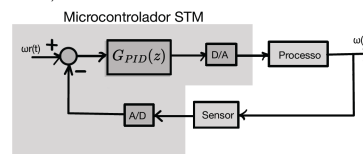


Fig. 4: Malha de Controle de Velocidade angular do Micromouse

A seguir são apresentados os resultados dos controladores PID aplicados aos modelos estimados via MQNR.

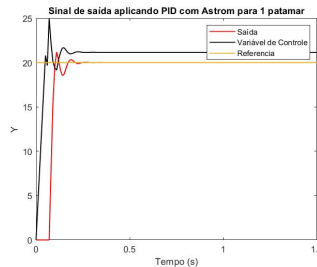


Fig. 5: Simulação do PID no motor direito

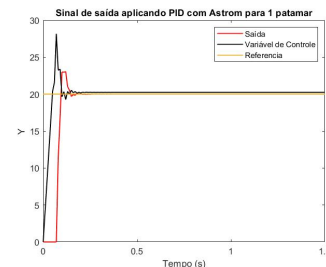


Fig. 6: Simulação do PID no motor esquerdo

Conclusão

A análise e observação das figuras permite verificar que o comportamento dos controladores simulados, baseados em Åström and Hägglund (1995), tem um comportamento dentro do esperado com baixo tempo de amortecimento e overshoot baixo além de não tornar o sistema oscilatório.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal do Piauí, ao professor Dr Otacílio da M. Almeida e aos colegas de graduação Matheus C. P Prado; João Marcos Vilar de A. M. S. por todo apoio fornecido durante a realização deste trabalho.

Referências

- Åström, K.J. and Hägglund, T., 1995. PID Controllers: Theory, Design and Tuning. ISA: The Instrumentation, Systems and Automation Society, Research Triangle Park, North Carolina, 2nd edition. ISBN 1-55617-516-7. da Silva, K.L., 2015. Manual do Usuário – Robô µMaRT Lite Plus V1.1. micromouseBrasil. URL: [https://kleberufu.wixsite.com/micromousebrasil/arquivos.Esspressif Systems, 2025. "Esp-now: A wireless communication protocol for quick responses and low-power control". URL <https://www.esspressif.com.translate.google/en/solutions/low-power-solutions/esp-now?xtsl=enxtlri=pbxtlri=pbxtlri=tc>. Acesso em: 16mar.2025.](https://kleberufu.wixsite.com/micromousebrasil/arquivos.Esspressif%20Systems,%202025.%20Esp-now:%20A%20wireless%20communication%20protocol%20for%20quick%20responses%20and%20low-power%20control%20URL%20https://www.esspressif.com.translate.google/en/solutions/low-power-solutions/esp-now?xtsl=enxtlri=pbxtlri=pbxtlri=tc)
- Filho, F.M.R., 2017. Estudo e implementação de algoritmo inteligente para resolução de labirinto com robô autônomo diferencial Micromouse. Belo Horizonte. Pereira, G.A.S., 2000. Identificação e Controle de Micro-Robôs Móveis. Belo Horizonte.