

DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE CONTROLE DE PRESSÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO DE ROBÔS HUMANOIDES

Henrique Ciola Marino¹, Reinaldo A. C. Bianchi²

¹ Engenharia de Automação e Controle, Centro Universitário FEI

² Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

uniehmarino@fei.edu.br, rbianchi@fei.edu.br

Resumo: O projeto RoboFEI representa uma iniciativa inovadora no campo da robótica, visando o desenvolvimento de robôs humanoides competitivos no cenário do futebol. Nesse contexto, a proposta do projeto é aprimorar a performance desses robôs por meio da implementação de extensômetros, permitindo a criação de um Centro de Controle de Pressão eficaz para a estabilização deles. Esse projeto contribuirá para o avanço geral da pesquisa em robótica e suas aplicações em áreas diversas.

1. Introdução

Os robôs humanoides são projetados para se assemelhar, em certa medida, a um ser humano em termos de sua estrutura física e características. No entanto, esses robôs muitas vezes enfrentam dificuldades ao andar devido a uma combinação de desafios mecânicos, de controle e de software.

A caminhada de um robô bípede é considerada uma tarefa elaborada, onde surgem diversos problemas de estabilização.

Neste contexto, surge a ideia da criação do extensômetro (*Strain Gauge*), para que as peças cujas forças estão sendo aplicadas, tenham monitoramento constante das reais condições de carregamento que elas estão sendo submetidas.

A ponte de *Wheatstone* se destaca como um circuito fundamental para medir pequenas variações de resistência em extensômetros sob deformação. Sua alta sensibilidade a torna a escolha mais comum para este tipo de medição.

Com base no exposto, este trabalho tem como objetivo a criação de um Centro de Controle de Pressão para um robô humanoide do projeto RoboFEI, utilizando extensômetros e a ponte de *Wheatstone* para a coleta e processamento de dados, visando a aprimorar a estabilidade e a performance do robô durante a sua locomoção.

2. Teoria por trás da caminhada

Para explicar o funcionamento da caminhada de um robô humanoide, é necessário entender os conceitos de *Zero Moment Point (ZMP)* e *Center of Pressure (CoP)* do robô em si.

Zero Moment Point (ZMP) foi desenvolvido por Vukobratovic e Borovac (2004), e ele é um indicador essencial para o controle bípede, representando o ponto onde todas as forças sem contato atuantes no sistema podem ser substituídas por uma força. Levando em consideração que as forças inerciais/gravitacionais não possuem um valor no eixo horizontal, é possível concluir

que os momentos horizontais de tal ação serão iguais a zero [1].

Já o *Center of Pressure* possui um conceito similar, diferenciando-se no sentido de que o *CoP* está associado às forças transmitidas por contato, e por isso é impossível existir uma força fora da área do polígono de suporte *S* para o *CoP* [2].

3. Extensometria

Projetos que são dependentes de materiais onde uma força é aplicada, geralmente sofrem falhas por desgastes ou sobrecargas durante o funcionamento. Para que as peças cujas forças estão sendo aplicadas, possuam um constante monitoramento, surgiu-se a ideia da criação do extensômetro.

Os mais comuns, extensômetros modernos (Figura 1), são compostos por um filme laminado que é colocado em cima de uma fina resina metálica (grade) que vai sobre um filme fino de um composto isolante.

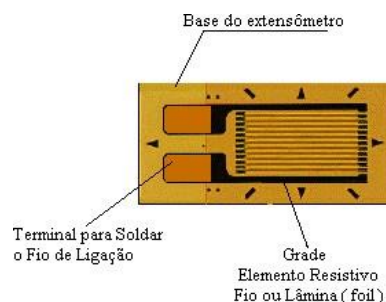


Figura 1 – Diagrama do *Strain Gauge*
(Fonte: Marcos Portnoi, 2001)

O *strain gauge* opera com base no conceito de que, quando um condutor é submetido a uma força de tensão ou compressão, sua resistência elétrica sofre uma alteração. A magnitude dessa variação, em relação à resistência inicial, é diretamente proporcional à intensidade da força aplicada.

4. Ponte de Wheatstone

A ponte de *Wheatstone* se destaca como um circuito fundamental para medir pequenas variações de resistência em extensômetros sob deformação. O Circuito de Meia Ponte (Figura 2) é aquele onde apenas um dos braços da ponte está ativo, enquanto os outros dois permanecem em equilíbrio, sem alteração de resistência. O sensor ativo é escolhido com base na distribuição das tensões no braço ativo. Esse arranjo é útil quando apenas uma parte do sistema precisa ser monitorada. No caso deste projeto, este modelo será

utilizado pois irá amplificar o sinal recebido por cada ponto crítico do pé.

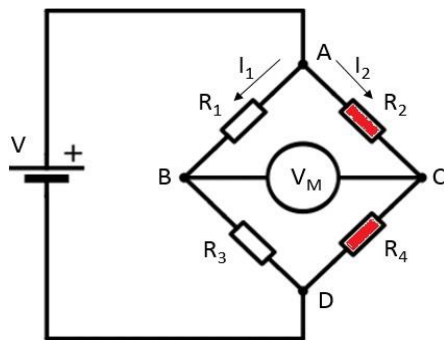


Figura 2 – Circuito de Meia Ponte (Fonte: Embarcados(Modificado))

5. Pontos Críticos da peça utilizada

Para descobrir os pontos críticos para a aplicação dos extensômetros, é necessário criar o modelo da peça no software *Autodesk Inventor* e simular a aplicação de força sobre o pé do robô através do software *Ansys* para descobrir os locais exatos que mais deformam na peça. Conforme as dimensões da peça, e sabendo que o pé é feito de alumínio 7000, a simulação se torna possível conforme a Figura 3.

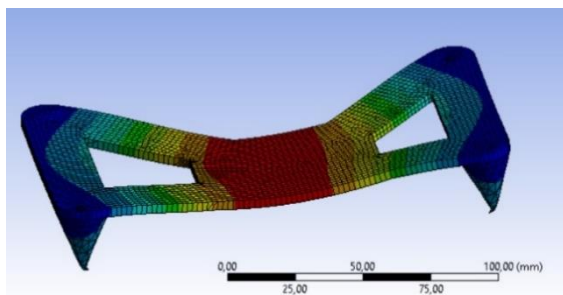


Figura 3 – Simulação da peça no Ansys (Fonte: Autor)

Analisando a simulação realizada, é possível observar que, quanto mais próximo da área de aplicação da força, maior a deformação, logo os pontos exatos para aplicar os extensômetros ficam em torno da área laranja e amarela conforme a figura.

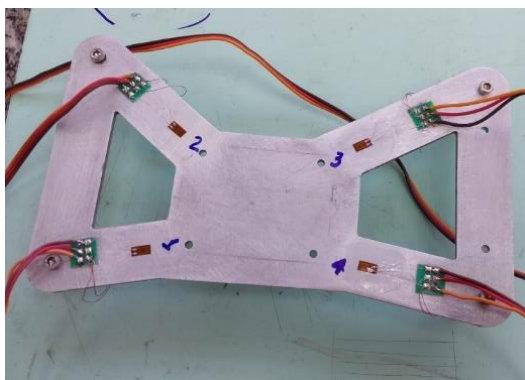


Figura 4 – Aplicação do extensômetro na peça (Fonte: Autor)

6. Conclusões

Após a simulação e identificação dos pontos críticos de deformação no pé do robô, espera-se a interação bem-sucedida entre os motores do robô e os sinais recebidos dos extensômetros. Isso será feito a partir do desenvolvimento e implementação de algoritmos de controle (como PID) para ajustar os movimentos do robô e manter o centro de pressão dentro de uma faixa desejada.

Será utilizado o conversor RS-485 para converter a comunicação RTX/TX em comunicação TTL (utilizada nos motores), e um amplificador de sinal produzido pelo *strain gauge*, sendo o circuito integrado HX-711. Este amplificador será utilizado devido aos baixos sinais que o sistema vai receber por conta do material, o formato e a espessura dos pés do robô.

Na programação e na junção de todos os amplificadores, o Arduino será essencial, pois nele existe um microcontrolador que conseguirá converter o sinal do *strain gauge* através de um controlador analógico/digital embutido.

O Arduino será responsável por ler os dados dos *strain gauges* e em seguida, esses dados serão processados para determinar a posição do centro de pressão (*CoP*) do robô. Com base na posição do *CoP*, o Arduino poderá enviar comandos para os motores do robô, ajustando sua postura e garantindo sua estabilidade.

7. Referências

- [1] TEAR Jacquard: história, operação, usos. [S. l.], 17 fev. 2020. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/tear-jacquard-historia-operacao-usos/>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- [2] Sardain, Philippe; Bessonnet, Guy (2004) “Forces Acting on a Biped Robot. Center of Pressure - Zero Moment Point”. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Vol. 34,
- [3] BARROS, Douglas Ramos. **EXTENSÔMETRIA**. Indaiatuba: Faculdade Max Planck, 2017.
- [4] B. Siciliano, O. Khatib (Eds.). “Springer Handbook of Robotics”. Springer 2008, ISBN 978-3-540-23957-4
- [5] **Student Manual for Strain Gage Technology**. Carolina do Norte: Vishay Measurements Group, Inc., 1992.
- [6] WINDOW, A.L. Strain gauge technology. [S.I]: Springer, 1992.
- [7] KHAN, A. S.; WANG, X. Strain measurements and stress analysis. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

Agradecimentos

À instituição FEI pelo empréstimo de equipamentos e laboratórios.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 12/2023 a 11/2024.