

PROJETO DE SENSORES DE DEFORMAÇÃO NOS PÉS DE UM ROBÔ HUMANOIDE

Gustavo Daniel Fernandes¹, Danilo Hernani Perico²

¹ Engenharia de Automação e Controle, FEI

² Ciência da Computação, FEI

gudanielf@gmail.com, dperico@fei.edu.br

Resumo: O projeto RoboFEI - Humanoid Team participa da competição mundial de futebol de robôs, RoboCup, e um dos problemas durante as partidas são as quedas dos robôs causadas por desequilíbrio. Examinando esse problema o objetivo deste trabalho é o de construir um dispositivo nos pés do robô para que ele receba informações das forças exercidas em seus próprios pés. Este trabalho será baseado no projeto ForceFoot da equipe francesa de robótica Rhoban.

1. Introdução

Além da confraternização de vários países, cooperação e da competição entre eles, a RoboCup tem o desafio, até a metade deste século, de promover um jogo entre os vencedores da RoboCup na categoria humanoide contra os vencedores da Copa do Mundo da FIFA. A RoboCup tem a principal finalidade de promover pesquisa em robótica e em inteligência artificial. [1].

Todos os robôs participantes da categoria humanoide devem conter um corpo análogo ao de um corpo humano, ou seja, o robô deve conter dois braços, duas pernas e uma cabeça sendo que todos os membros devem estar fixos em um tronco e o robô deve ter todos os movimentos cinematicamente idênticos ao de um ser humano. O corpo deverá estar de acordo com as regras da RoboCup. [2]

Nas competições de robótica, LARC (*Latin American Robotics Competition*) e RoboCup, muitos times tem o problema de fazer com que o robô consiga andar de forma autônoma e outros ainda não conseguem ficar em pé. Os problemas de queda são ocasionados por 2 fatores principais: a dificuldade de se fazer o controle dos motores e o superaquecimento deles, que faz com que o motor seja desligado por segurança. O objetivo deste projeto é de fazer o dispositivo no pé do robô para facilitar o controle dos motores. Este dispositivo deve medir as forças que são exercidas na sola do pé do robô quando ele estiver ereto com seus pés em contato com uma superfície.

Para que o dispositivo funcione, a aplicação de alguns elementos está em desenvolvimento como a colagem dos sensores (*strain-gauges*) e a programação no computador do robô para coletar as medidas dos sensores e fazer o controle dos motores utilizando a informação provida pelos sensores.

2. Teoria

Os componentes necessários para a confecção do dispositivo que irá receber a informação das forças aplicadas no pé do robô humanoide são *strain-gauges*, célula de carga e placa eletrônica.

2.1. Strain-Gauge

Os *strain-gauges* são sensores feitos por uma malha de fios elétricos de resistência fina que quando tem seu formato alterado, sua resistência é alterada. [3]

Os materiais básicos para a confecção de um *strain-gauge* são os que compõem a malha e para cada material há um fator de sensibilidade sendo utilizado na equação final (1).

$$\frac{\Delta R}{R} = k * \varepsilon \quad (1)$$

Sendo:

- **R:** Resistência elétrica;
- **k:** Fator de sensibilidade do *strain-gauge*;
- **ε :** Deformação específica do material.

A escolha do sensor depende de alguns fatores como: o tamanho, o padrão do *strain-gauge* (qual tipo de força ele deve medir), sua resistência e qual a ligação deverá ser feita.

Para este projeto será utilizada a ligação em ponte completa (representada pela imagem 1) para utilização de células de carga.

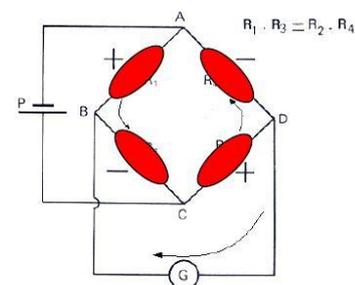


Figura 1 Ligação em ponte completa

2.2. Célula de Carga

O pé do robô humanoide irá utilizar 4 cravas, uma em cada ponta do pé como mostra a figura 2. Quando o robô humanoide estiver com os pés em contato com o chão, haverá uma força de reação em cada crava. Para a utilização dos *strain-gauges*, que irão medir a força, foram projetadas células de carga, onde os sensores serão colados.



Figure 2 Pé do robô humanoide

Para o projeto da célula de carga foi utilizada a equação (2):

$$\epsilon = \frac{9 * P * l}{E * b * e^2} \quad (2)$$

Em que **P** representa a força exercida por cada crava; **l** representa o comprimento da célula de carga; **E** o módulo de elasticidade do material; **b** a largura da célula e **e** a espessura da célula.

2.3. Placa Eletrônica

Para que o computador utilizado no novo robô consiga receber as informações enviadas pelo strain-gauge, o sensor deve se conectar ao novo dispositivo eletrônico baseado no projeto da Rhoban mostrado na figura 3.

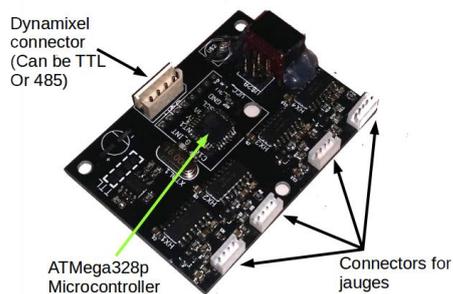


Figure 3 Placa eletrônica da equipe francesa Rhoban

A placa eletrônica mostrada na figura 3, possui um conversor analógico/digital (A/D), contido no micro controlador ATMEGA-328-P-PU, para converter o sinal transmitido pelo *strain-gauge*. Para ampliar o sinal produzido pelo *strain gauge* são utilizados os circuitos integrados HX-711. Para simplificar a comunicação entre os *strain-gauges*, posicionados no pé do robô, a placa converte a comunicação RX/TX (utilizada para conexão USB) do microcontrolador, utilizando o componente MAX-485, para comunicação de protocolo TTL (utilizada nos motores) desse modo a placa se conecta em um dos motores do pé e através da placa dos motores do robô, se conecta no computador, portanto o NUC-Intel reconhece a placa como se fosse um motor.

3. Metodologia

Inicialmente foram feitas pesquisas sobre o projeto ForceFoot feito pela equipe Rhoban para saber quais componentes utilizados na placa e como o circuito funciona. O projeto da placa feita pela Rhoban está representado na figura 3.

A lógica de conexões entre os componentes é feita no arquivo esquemático do Eagle [4] enquanto as conexões entre os componentes são feitas no arquivo board. A placa com os componentes já soldados está representada pela figura 4.

Para a célula de carga, considerando que o robô tenha um peso de aproximadamente 8 Kg, cada pé irá receber 4 Kg, portanto cada ponta do pé irá receber 1 Kg que é aproximadamente 10 N de força. Portanto a equação 2 irá proporcionar o valor da espessura, considerando $l = 25\text{mm}$ e $b = 8\text{mm}$. O material utilizado

para a usinagem da célula de carga foi o alumínio do tipo 7075 ($E = 75.000 \text{ MPa}$), tem σ_e com o valor próximo de 3 mm.

4. Resultados Parciais

Após a placa ter seu projeto feito no Eagle [4], os arquivos necessários foram levados para o Centro de Laboratórios Elétricos (CLE) da FEI para ser feita a impressão da placa e após ser feita a soldagem de todos componentes a placa da figura 4 ficou pronta.

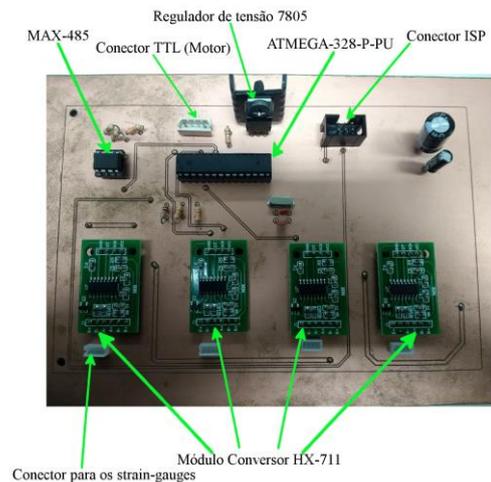


Figure 4 Placa eletrônica e seus principais componentes

5. Conclusões

Após ser feita a solda de todos os componentes, a alimentação da placa foi testada e foi verificado que todos os componentes possuem a tensão correta. Sendo este um projeto em desenvolvimento, após o teste de tensão, será feita a colagem dos *strain-gauges* na célula de carga e o teste da coleta de dados da placa eletrônica.

6. Referências

- [1] ROBOCUP. About: A brief History of RoboCup. 2016. Disponível em: <<http://www.robocup.org>>.
- [2] ROBOCUP, RoboCup Soccer Humanoid League Rules and Setup. 2017. Disponível em: <<http://www.robocuphumanoid.org/wp-content/uploads/RCHL-2017-final-changesMarked-2.pdf>>.
- [3] WINDOW, A. L. Strain Gauge Technology. [S.l.]: Springer, 1992.
- [4] AUTODESK. Eagle - PCB Design Software. 2018. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>>.
- [5] UBUNTU. Ubuntu. 2018. Disponível em: <<https://www.ubuntu.com/>>.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo empréstimo dos computadores e espaço de laboratório para a pesquisa.

¹ Gustavo Daniel Fernandes, aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/18 a 03/19.