

## CONTROLADOR DIGITAL PARA MANIPULADOR ROBÓTICO INDUSTRIAL

EDER L. S. FILHO<sup>1</sup>, WAGNER L. R. SERAFIM<sup>2</sup>, WELLINGTON L. M. NOGUEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia da Computação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Birigui, eder.filho@ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia da Computação, IFSP, Campus Birigui, wagner.rebeque@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Mestre em Ciência Odontológica, IFSP, Campus Birigui, wellnogue@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 9.16.00.00-6 Engenharia Mecatrônica

**RESUMO:** Este projeto consiste no desenvolvimento de um controlador digital para um manipulador robótico industrial de 6 graus de liberdade, e conseqüentemente realizar suas simulações. Tal projeto participa de um projeto maior, o Manipulador Robótico Industrial, onde une o projeto da construção física do manipulador e este que realiza a construção de seu controle. O controlador aborda, entretanto, a modelagem do sistema do manipulador, e a obtenção da função de transferência, que é importante para as simulações do controle que serão realizadas no software MATLAB. O projeto final tem o objetivo de desenvolver um controlador PID digital utilizando os conceitos abordados no projeto, para futuramente aplicá-lo em um manipulador robótico.

**PALAVRAS-CHAVE:** controle digital; manipulador robótico; pid digital; arm; automação industrial.

### DIGITAL CONTROLLER FOR INDUSTRIAL ROBOTIC HANDLER

**ABSTRACT:** This project consists of the development of a digital controller for an industrial robotic manipulator with 6 degrees of freedom, and consequently perform simulations. This project participates in a larger project, the Industrial Robotic Manipulator, where it unites the design of the physical construction of the manipulator and build the controller. The controller, however, the modeling of the manipulator system, and obtaining the transfer function, which is important for the control simulations that will be performed in the MATLAB software. The final project aims to develop a digital PID controller using the concepts approached in the project, in order to apply it in a robotic manipulator.

**KEYWORDS:** digital control; robotic manipulator; digital pid; arm; industrial automation.

### INTRODUÇÃO

Manipuladores robóticos estão cada vez mais presente na indústria mundial, de acordo com o Oxford Economics (2019), nas últimas duas décadas houve um aumento de três vezes o número de robôs em uso mundial, para 2,25 milhões, e pesquisas sugerem que até 2030, possa haver um aumento mundial de 20 milhões de robôs em uso mundial, sendo 15 milhões apenas na China.

O aumento da robótica na indústria também impacta a indústria de robótica, segundo o ROBO Global's Robotics and Automation Index ETF (primeiro índice de benchmark do mundo a rastrear empresas do segmento de robótica, automação e inteligência artificial), em 2019 houve um aumento de mais de 18% no fundo das empresas de ponta na indústria que consiste em 90 empresas da área de robótica, automação e inteligência artificial, o ganho do fundo no ano de 2019 corresponde a 35% do total do ETF, desde seu início em 2013 (Onevoexpress, 2019).

Visto que a robótica industrial vem aumentando significativamente no mercado mundial, é interessante que pesquisas na área sejam mais frequentes para um melhor desenvolvimento, do qual tende a necessitar de melhorias nas peças e equipamentos que são usados na produção de manipuladores robóticos assim como, atuadores, motores, sensores e até mesmo pode impactar em melhorias no sistema de controle tanto no *hardware* como no *software*.

Aumentar a frequência de pesquisas na área de robótica industrial necessita fortemente de um incentivo nas bases de ensino, com métodos atraentes e interativos de ensino, podendo assim garantir que estudantes de base contribuam para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional.

Com isso, a proposta de projeto introduz a noção da aplicação do sistema de controle em manipuladores robóticos através da plataforma experimental que possibilite trabalhar com as variáveis do sistema de controle assim como a variação da massa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para identificar as particularidades dos diversos tipos de sistemas de controle. Abordando as diferenças entre controle PID e controle digital, podendo assim concluir qual o mais adequado para o controlador.

Serão utilizados os seguintes materiais para compor o projeto do controlador digital:

Para o controlador serão utilizados:

- Hardware Microprocessador ARM;
- Linguagem de programação C++.

Para a simulação:

- Software MATWORKS, MATLAB.

Os controles implantados em sistemas mecânicos, seguem lógicas de controle, como o compensador PID podendo ser utilizado como um sistema de controle analógico ou digital.

O controle PID analógico, (proporcional, integral e derivativo) usa uma lógica de controle na qual pode se ter até três configurações, PI, PD ou PID, em que cada um tem sua utilidade para tipos de sistemas diferentes. Atuando com um controlador e o processamento analógico do sinal de entrada e o corrigindo durante um tempo de ação, ou seja, sistema variante do tempo, como no diagrama de blocos da Figura 1.

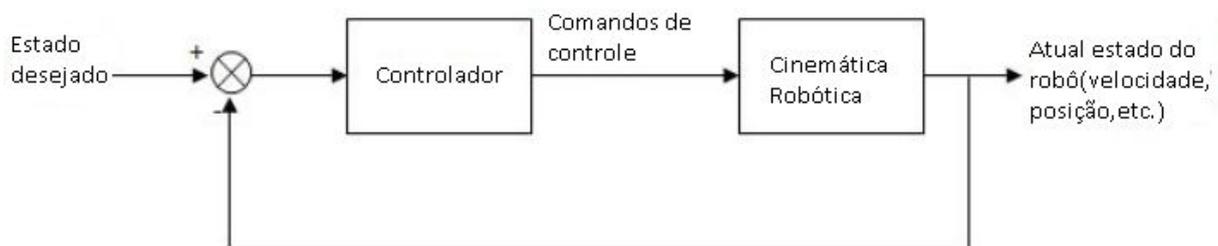


FIGURA 1. Sistema em malha fechada (STARR, 2006).

O controlador será baseado no diagrama de blocos de um sistema de controle digital típico mostrado na figura 2. O computador demonstrado na figura 2 normalmente recebe uma medida da variável controlada, também recebe frequentemente a referência de entrada e produz sua saída usando um algoritmo. Essa saída é geralmente convertida em um sinal analógico usando um conversor D/A, depois é amplificado por um amplificador de potência para acionar a planta, Starr (2006).

O controlador PID digital trabalha da mesma forma que o controlador PID analógico, diferindo a forma com que ele trata os sinais de entrada e saída, onde o sinal é convertido em digital pelo conversor A/D, aplicado controle PID nesse sinal digital, e convertendo a saída desse controle em D/A transformando assim o sinal variante de períodos, essa saída é medida por um sensor para gerar uma variável a ser comparada com a entrada e continuando o ciclo do sistema fechado. De forma resumida, o controle PID digital, tenta digitalizar os sinais de erro do sistema para gerar uma saída mais limpa, diferente do que acontece utilizando apenas o controlador PID, em que trabalha com a correção de erro de forma analógica em função do tempo. O diagrama de blocos do controle PID digital pode ser visto na figura 2.

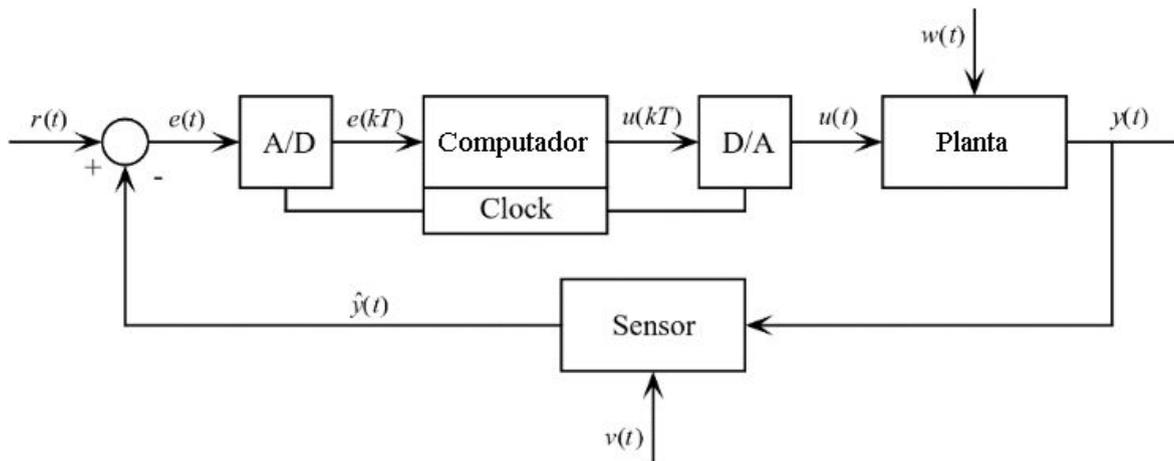


FIGURA 2. Sistema de controle digital básico (STARR, 2006).

Em que,

- r = Entrada de referência ou setpoint;
- u = Força de controle (atuador de entrada);
- y = Variável controlada ou saída;
- $\hat{y}$  = Medição da variável controlada;
- $e = r - \hat{y}$  = Sinal de erro;
- w = distúrbio atuando na planta;
- v = Ruído de medição;
- A/D = Conversor analógico para digital;
- D/A = Conversor digital para analógico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a realização da modelagem do sistema de controle digital PID, será possível desenvolver a modelagem do sistema completo, para gerar as funções de transferência para para realizar as simulações, plotagem dos gráficos de controle e análises do sistema com os dados coletados na simulação, para futuramente aplicar os conceitos no desenvolvimento da placa controladora na plataforma ARM.

## CONCLUSÕES

Ao concluir a pesquisa espera-se além de obter o conhecimento dos componentes de controle e compreender o funcionamento de um controlador digital e aplicá-lo ao manipulador robótico industrial com 6 graus de liberdade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, por se disponibilizar a compartilhar seus conhecimentos sobre os assuntos contidos nesta pesquisa.

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (PIBIFSP), por me prover oportunidade e apoio para realizar a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AUMENTA NÚMERO DE ROBÔS: MERCADO DE AUTOMAÇÃO TEM ALTA MUNDIAL EM 2019. Onevoexpress, 2019. Disponível em: <<https://onevoexpress.com/brasil/2019/08/07/aumenta-numero-de-robos-mercado-de-automacao-tem-alta-mundial-em-2019/>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2019.

BRASIL PERDE CORRIDA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Valor, 2019. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/6368169/brasil-perde-corrída-da-automacao-industrial>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2019.

HOW ROBOTS CHANGE THE WORD. Oxford Economics, 2019. Disponível em:  
<[https://www.automation.com/pdf\\_articles/oxford/RiseOfTheRobotsFinal240619\\_Digital.pdf](https://www.automation.com/pdf_articles/oxford/RiseOfTheRobotsFinal240619_Digital.pdf)>.

Acesso em: 19 de Agosto de 2019.

INCENTIVANDO CARREIRAS NA ÁREA TECNOLÓGICA ATRAVÉS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL. Cobenge, 2009. Disponível em:

<<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/10/artigos/694.pdf>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2019.

NIKU, Saeed B. Introdução à Robótica: Análise, Controle, Aplicações. 2.ed. [S.l.]: LTC, 2013. v.2.

OGATA, Katsushiko. Engenharia de controle moderno. 4.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005.

ROSÁRIO, João M. Princípios de mecatrônica. 1º ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

STARR, Gregory P. Introduction to Applied Digital Control. 2º ed. University of New Mexico, 2006.