

CONTROLE PID DE UMA PLANTA ELETROMECAÂNICA EMULADA COM PARAMETRIZAÇÃO VIA IOT

Bruno Lolli Rodrigues¹, Prof. Fabrizio Leonardi²

¹Automacao e Controle Centro Universitário FEI

²Mecânica, Centro Universitário FEI

loli_bruno@hotmail.com e fabrizio@fei.edu.br

Resumo: Existem diversas técnicas de projeto de controladores de malha fechada e a escolha depende das características da planta e do desempenho esperado. Juntas robóticas são tipicamente controladas por meio de controladores tais como o SMC e o controlador linear tipo PID. Este projeto visa comparar estes controladores atuando numa junta robótica, onde sua parametrização se realiza remotamente via IoT. Testes feitos indicam que a solução é viável e que poderá trazer benefícios não planejados inicialmente, mas igualmente relevantes.

1. Introdução

O controle de juntas robóticas pode requerer reprojeto quando as condições de carga são distintas. Esse reprojeto implica na troca de parâmetros do controlador, coisa que pode ser inviável dependendo do acesso físico ao controlador embarcado. Este projeto visa a investigação comparativa entre os controladores *PID* [1] e *SMC* [4], analisando seus métodos de sintonia e os resultados de uma junta robótica com parametrização remota por meio de um sistema IoT. Após o início do período de quarentena, a planta real precisou ser substituída por uma emulação digital da planta no microcontrolador *Arduino UNO*, por meio de uma função de transferência de segunda ordem. O controlador PID é um compensador com ação proporcional, integral e derivativa, sendo o mais utilizado em aplicações práticas. Eles conferem respostas assintóticas em malha fechada, fazendo com que a saída só atinja o valor final depois de um tempo infinito, além de implicar em limitações de desempenho, por ser linear, de tempo contínuo. Esse tipo de controlador costuma conferir bom desempenho com a junção da estabilidade da configuração PD (Proporcional + Derivativo) com a eliminação do erro estacionário (offset) que a configuração PI (Proporcional + Integral) proporciona. [1][2][5].

Internet das Coisas (IoT) é o nome dado para a tecnologia que conecta e permite transmissão de informações entre máquina e usuários através da rede.

O microcontrolador escolhido para embarcar o controlador é aquele denominado por ESP32, que é capaz de conectividade com a Internet através do protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Este protocolo de comunicação atua na presença de um cliente e um servidor, onde o primeiro pode enviar e receber dados e o segundo administra os dados a serem recebidos e enviados.[3]

Devido aos acontecimentos de 2020 acarretou a impossibilidade de utilização do servomecanismo da LJ

System, portanto foi decidido que seria melhor substituir o servomecanismo da LJ System por um Arduino, onde este microcontrolador realizara a emulação de planta num esquema hardware-in-the-loop. Desta forma será possível alterar a função de transferência da planta. Devido a isso foi decidido fazer uma cooperação entre duas iniciações científicas com objetivos iniciais similares, que também realizaria teste com este controlador em uma planta física.

2. Metodologia

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica e o planejamento das etapas do procedimento experimental. Na sequência focou-se em sincronizar o servomecanismo da LJ System com o ESP32 e na conectividade entre o ESP32 e a Internet. Porém, devido a quarentena em 2020 ficou decidido substituir o servomecanismo por uma planta emulada num Arduino Uno. Desta forma o projeto teve foco em emular uma planta simples no microcontrolador Arduino, a nova planta do projeto foi escolhida de forma arbitrária para realizar os testes de funcionamento do projeto.

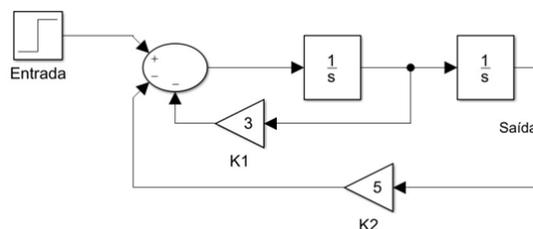


Figura 1 - Planta do projeto no Arduino - fonte própria

Com isso feito, foi realizada a conectividade MQTT do ESP32 com um broker através da biblioteca PubSubClient, onde realizamos testes enviando dados binários entre um celular e o ESP32, sendo o broker utilizado um servidor de teste chamado HiveMO. Na sequência focou-se na implementação da lei de controle PID no ESP32, onde foi possível testar e validar a lei de controle PID que, de fato, realizará o controle. Na sequência foi realizado sincronismo entre o ESP32 e o Arduino.

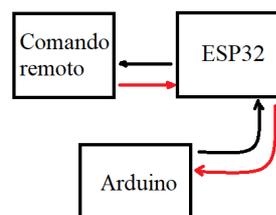


Figura 2 - Diagrama do projeto – fonte própria

O diagrama de blocos da figura 2 ilustra a conexão do controlador no ESP32 enviando e recebendo sinais de 0 V até 3,3 V, enquanto a faixa de tensões no Arduino vai de 0 V até 5 V. Devido a esta diferença nos sinais analógicos dos microcontroladores, através da programação, foram realizadas correções. Além desse ajuste, os valores não sinalizados dos conversores foram ajustados para poderem representar também quantidades negativas e também para que valores negativos oriundos da lei de controle pudessem ser ajustados para a faixa de tensão dos conversores.

3. Resultados

A IDE do Arduino foi configurada para uso do ESP32 e foram realizados testes de diversas funções do microcontrolador, tais como conectividade *WiFi* e *MQTT*, temporizadores de *hardware* e leitura e escrita de sinais *PWM*. O envio de dados via *MQTT* foi testado a partir do cliente *MQTT HiveMQ*.

Foi empregada a técnica de *hardware-in-the-loop*[6], que é utilizada no desenvolvimento e teste de sistemas embarcados complexos em tempo real, onde o microcontrolador *ESP32* é responsável pela leitura do sinal *PWM* da saída da planta (*Arduino*), leitura da referência fornecido por um potenciômetro e pela escrita do sinal de saída do *PID* numa saída analógica.

A implementação da planta no *Arduino* foi feita por meio de duas funções de integração, utilizando o temporizador de *hardware* do próprio microcontrolador. Sua saída é um sinal *PWM* na faixa de 0V até 3,3V.

Até o momento foram realizados testes com uma referência de 1V, constantes K_p de 0,3, K_i de 0,5 e K_d de 0,1, respectivamente, tais valores de constantes do *PID* foram projetados pela técnica algébrica de cancelamento de polos. O gráfico da Figura 3 mostra a leitura da referência e da saída da planta em malha fechada, ao longo de 100 segundos.

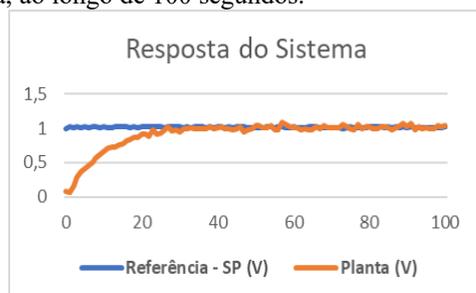


Figura 3 - Resposta real do sistema- fonte própria

Também foram feitos testes simulados pelo *software* MATLAB, que resultaram na resposta da Figura 4.

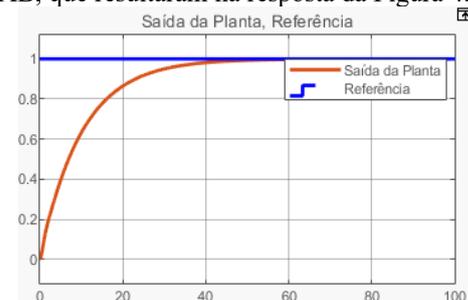


Figura 4 - Simulação do Matlab PID - fonte própria

Na simulação pode-se observar o *ESP32* processando o valor desejado pelo controlador (em laranja) com o *PID* e com a planta (em azul) retornando o valor se aproximando do valor desejado. Neste exemplo com o tempo em segundos, pode-se observar (vide Figura 3) que, aproximadamente em 30 segundos, a planta chega ao valor desejado.

4. Conclusões

Ambas respostas tanto a do sistema implementada no microcontrolador, e simulada no MATLAB corresponderam ao comportamento esperado.

Algumas transformações lineares tiveram de ser implementados, como um fator para reduzir o tamanho do esforço de controle para que fosse possível sua conversão para tensão e outro fator para corrigir a saturação da ação integral do controlador.

As próximas etapas incluem a parametrização via IoT dos parâmetros do controlador, documentação geral do projeto e hospedagem do projeto no *Git*hub.

4. Referências

- [1] BARRETO, C. G. Tudo o que você precisa saber sobre controle PID - Automacao & Cartoons. Disponível em: <<https://automacaoecartoons.com/2019/01/23/controle-pid/>>. Acesso em: 14 maio. 2020.
- [2] **Control Tutorials for MATLAB and Simulink - Introduction: PID Controller Design.** Disponível em: <<http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Introduction§ion=ControlPID>>. Acesso em: 14 setembro. 2020.
- [3] **Conhecendo o MQTT – IBM Developer.** Disponível em: <<https://developer.ibm.com/br/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>>. Acesso em: 14 setembro. 2020.
- [4] EDWARDS C. and SPURGEON, S.K. *SMS Theory and Application.* CRC press, 1998.
- [5] ASTROM, K.J. *PID controllers: Theory, design and tuning – 2nd ed.* ISA, 1995.
- [6] IRENO, T. S. D. M. **Aplicação da Metodologia Model-Based Design no Projeto e Teste de Sistemas de Controle.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>>.

Agradecimentos

À instituição FEI pela realização das medidas / ou empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI (PBIC144/19). Projeto com vigência de 12/2019 a 11/2020.