



**XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024**

Desenvolvimento de controlador embarcado para uma junta ativa de órtese de membro inferior

Ícaro José Batista de Oliveira¹; Armando S. Sanca²

1. Bolsista – Modalidade Bolsa/PVIC, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: icarooo10.j@gmail.com
2. Orientador, Departamento de nome, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: armando@ecomp.ufes.br

PALAVRAS-CHAVE: Junta Ativa; Motor DC; Controle; STM32.

INTRODUÇÃO

As chamadas próteses ou órteses, apresentam-se como suportes que buscam promover uma compensação e melhoria em relação à marcha humana. São usados na sustentação, fortalecimento e melhoria da condição de saúde das pessoas que apresentam algum tipo de lesão nos membros inferiores ou na medula, e apesar do recente progresso no campo da saúde em relação a próteses e/ou órteses para membros inferiores do corpo humano, esses ainda se apresentam na sua forma geral - em grandes partes das vezes - uma estrutura de natureza rígida, fixa e dura, e nem sempre confortável e flexível as mais adversas situações. Visando melhorar e contornar esse problema, foi proposto a criação de um software dedicado, para controle de um atuador rotativo que, a priori, seria aplicado na produção de um protótipo de órtese de joelho, uma junta articulada, mas que posteriormente poderia ser expandida para uma órtese de joelho humana, devidamente instrumentado, com o propósito de deixar o conjunto atuador flexível, confortável e otimizado para os usuários [1],[2]. Esse sistema agiria a tempo real e ofereceria uma solução aos desafios relacionados à locomoção, mobilidade e até a intensidade do movimento, se ajustando à medida que o movimento ocorra [2],[3]. Entender a marcha humana, estudá-la a ponto de replicá-la, faz-se então imprescindível para resolver esses reveses. Para isso, o presente trabalho busca aplicar conceitos de geração e captação de sinais [1] para controlar - através de um software [2],[7] - a posição local de uma junta ativa de órtese de membro inferior, usando encoder para controle de posição local, embarcado em microcontrolador de alto desempenho, também para processar sinais vindos por sEMG, que vão capturar e rastrear o estado atual da perna, monitorando e rastreando seu comportamento e, posteriormente, transformando esses sinais biológicos em acionamentos elétricos [3],[5]. O projeto começou com o desenvolvimento dos algoritmos para manipular a GPIO de um microcontrolador, os temporizadores, a leitura das fases do encoder e da implementação do sinal que aciona o atuador [8]. Em seguida a modelagem do conjunto atuador para propor a lei de controle [2],[7], e performar um determinado o controle de movimento do atuador. Toda implementação foi testada na

plataforma do STM32CubeIDE, usando uma placa Núcleo-F446RE e ao final seria feita para o sistema embarcado, usando como base de processamento o microcontrolador STM32H750 [8].

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do plano de trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento de Sinais. Neste espaço, se realizou a montagem de uma base de teste e desenvolvimento, usando uma placa Núcleo-F446RE, um motor DC com encoder de efeito Hall, um driver de potência para acionar e controlar o motor DC, um computador com a plataforma de desenvolvimento STM32CubeIDE, fonte de alimentação e equipamentos de medição. Além do sistema operacional Linux, da linguagem de programação C e bibliotecas para o desenvolvimento do chip STM32F446.

A abordagem para resolução do trabalho seguiu a seguinte ordem:

1. Estrutura do projeto: entendendo como a solução seria organizada;
2. Estudo da documentação técnica do microcontrolador e familiarização com a plataforma STM32CubeIDE, para programação e depuração;
3. Entendimento da placa e dos seus componentes: etapa essencial por ser necessária interação direta com o microcontrolador, sendo necessário às vezes modificar as configurações dos pinos. Além disso, dos demais elementos que compõem a placa Núcleo e a conexão dos dispositivos para controlar a velocidade e posição do motor DC;
4. Entendimento de equações do modelo do motor DC e sintonização dos parâmetros do controlador usando o MATLAB, para o controle de posição e velocidade.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A princípio decidiu-se que seria necessário um período de habituação com a placa Núcleo-F446RE e o STM32CubeIDE, dado a complexidade e a quantidade de recursos que envolvida o projeto. Para isto, também, foi preciso relembrar sobre a linguagem de programação C e a geração de Makefile. Logo após isso, iniciou-se com o acionamento do motor e a leitura do encoder via DMA, a determinação da posição e velocidade de giro exatos do motor. Para isto, gerou-se um sinal modulado por largura de pulso (ou pulse width modulation, PWM) e a leitura das duas fases do encoder, com interrupções temporizadas para aproveitar toda a resolução em quadratura. Também, da parte teórica idealizamos a disposição dos componentes no protótipo da junta e como seria aplicado no projeto do protótipo. Na figura 1, apresenta-se o fluxo de funcionamento obtido. Neste, não foi validado um controlador de velocidade, com sintonização dos parâmetros do controlador PID, com ajuda do software MATLAB, devido à pouca compreensão do desenvolvimento de controladores a tempo discreto e dos métodos de realimentação de sinais para controle. Concorrentemente, nos encontros semanais com o orientador, a arquitetura do projeto sempre era relembrada e direcionada para o melhor aproveitamento dos conhecimentos necessários. Os estudos da modelagem de atuadores foram apresentados, com as equações que seriam usadas, mas não foram implementadas. O

procedimento prático foi identificar o modelo do atuador da relação entrada/saída e ajustou-se um modelo de primeira ordem para a velocidade. Na implementação do fluxo de funcionamento, figura 1, começa com a configuração dos timers para o atuador e encoder, integramos o motor à placa, e começamos a realizar os testes. O primeiro objetivo é determinar o modelo do atuador, pela geração do sinal PWM e a leitura do encoder, para trajetórias aleatórias e a resposta ao degrau. Com a resposta ao degrau o modelo determinado foi de primeira ordem para a velocidade. Com uso do software Matlab, definido a função de transferência de primeira ordem para o sistema atuador, foi ajustado automaticamente os parâmetros do controlador PID discreto e foi implementado no microcontrolador para realização dos testes. Na figura 2, ilustra-se o controle de velocidade do atuador para sinais de referência do tipo degrau de 30, 60 e 90 RPMs. Também, foi inserido perturbação externa, segurando o eixo do motor, e a ação de controle conseguiu rastrear as referências estipuladas.

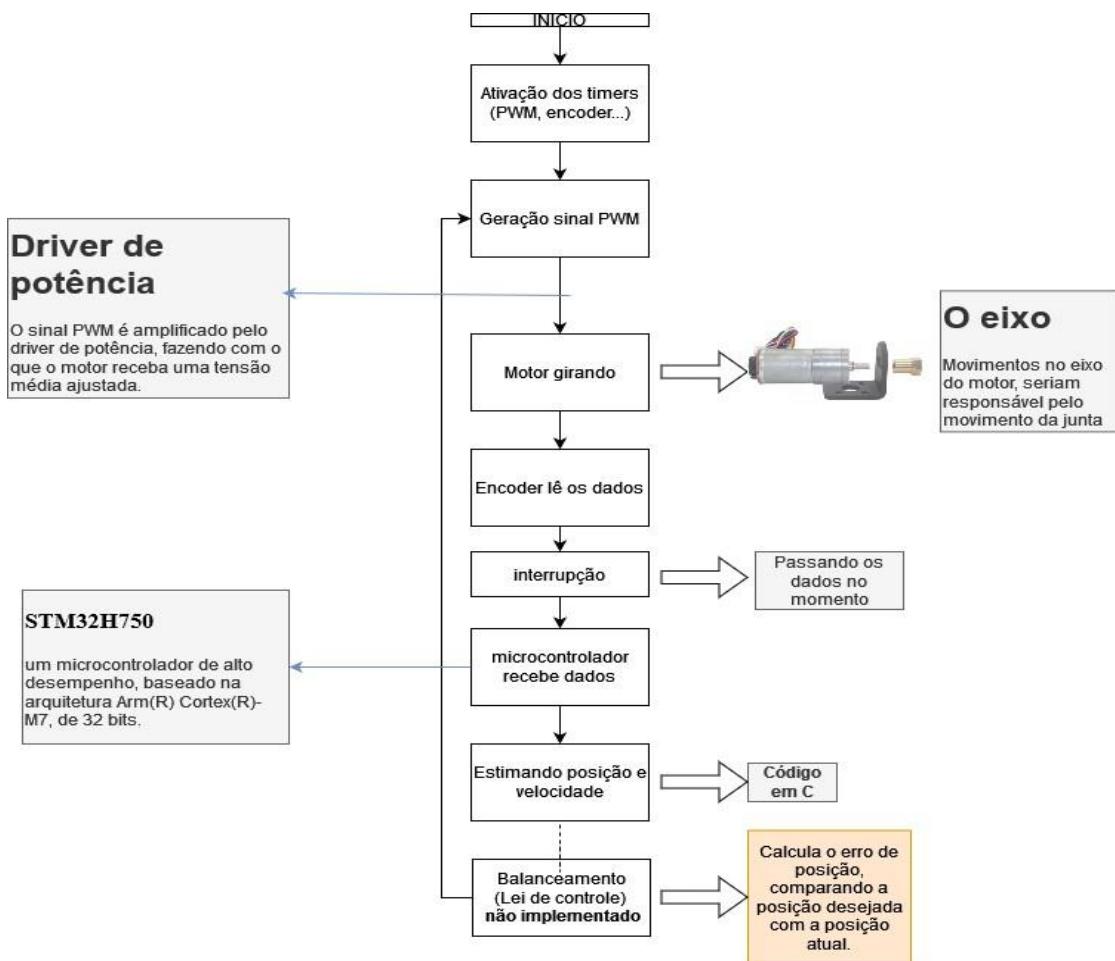


Figura 1. Fluxograma do funcionamento do projeto.

Nos primeiros seis meses de atividade, consegui entender o funcionamento do motor e foi possível a coleta/visualização de alguns dados de posição e velocidade já usando o motor e o encoder de maneira conjunta. Porém, devido a questões pessoais, foi interrompido o andamento do plano a partir do sétimo mês. Ficando pendente o desenvolvimento e o controle de posição do conjunto na junta ativa de órtese.

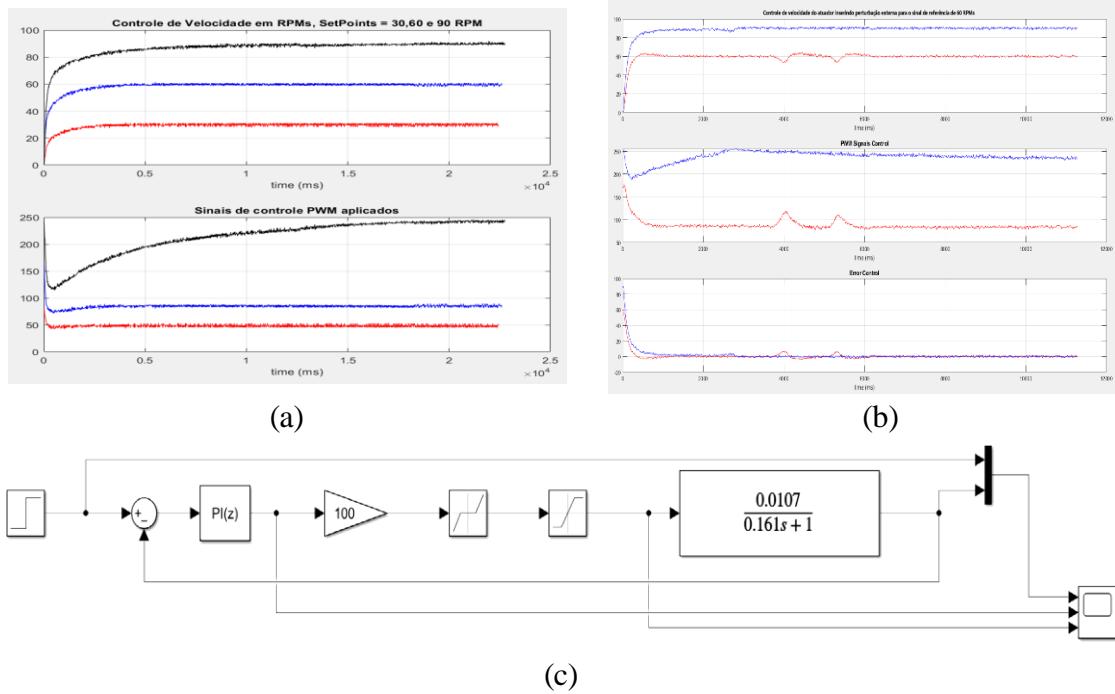


Figura 2. (c) Modelo do atuador determinado. (a) e (b) Controle pelo microcontrolador no teste prático.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Por fim, notaram-se as possibilidades que a plataforma do STM32CubeIDE pode trazer para o ambiente acadêmico e permitir desenvolver sistemas microcontrolados com desempenhos úteis para aplicações de controle de atuadores. A placa Núcleo F446-RE possui o depurador programador embutido, o STLink. No entanto, o microcontrolador STM32H750, pode ser gravado via USB, executando o programa de inicialização nele embutido (bootloader). Contudo, para implementação de sistemas a tempo real, o microcontrolador do STM32 possibilita o controle local da junta de atuador.

REFERÊNCIAS

- [1] Armando S. Sanca. “Desenvolvimento de estimadores embarcados para a análise biomecânica da caminhada antropomórfica aplicado a uma órtese robótica para membros inferiores”, Universidade Estadual de Feira de Santana, Projeto de Pesquisa CONSEPE 081/2021.
- [2] Mark W. Spong, Seth Hutchinson e M. Vidyasagar. Robot Modeling and Control, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [3] Eric R. Westervelt, Jessy W. Grizzle, Christine Chevallereau, Jun Ho Choi e Benjamin Morris. Feedback Control of Dynamic Bipedal Robot Locomotion, CRC Press, 2007.
- [5] Pablo J. Alsina, Adelardo A. D. Medeiros e Silvia S. C. Botelho. “Robôs Bípedes”, em Robótica Móvel, 1ra. Edição, LTC, Editores: R. A. Francelin Romero, E. Prestes, F. Osório e D. F. Wolf, 2014.
- [6] Ibraim Dogan. Nucleo Boards Programming with the STM32CubeIDE, Elektor International Media, First Edition, 2021.
- [7] Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering, Prentice Hall, Fifth Edition, 2010.
- [8] STEM32-bit Arm Cortex MCUs, URL: <https://www.st.com>