



Protótipo aplicado de um sistema de controle e acionamento de motor de passo utilizando microcontrolador

Applied prototype of a stepper motor control and drive system using a microcontroller

Felipe Franchi Pires, Prof. Dr. Marcelo Favoretto Castoldi, Prof. Dr. Alessandro Goedtel

RESUMO

Neste trabalho será apresentado um sistema de acionamento de motor de passo. Esse sistema foi desenvolvido em um microcontrolador ESP32 e foi criada uma interface gráfica web para executar e gerenciar esse processo. Um servidor hospedado no microcontrolador é responsável por administrar as requisições, tratar e apresentar os dados coletados. Para a validação de seu funcionamento foi implementado o sistema a um protótipo de alimentador automático para animais domésticos de modo a determinar a possibilidade do desenvolvimento de um produto final.

Palavras-chave: Acionamento, Motor de passo, Servidores, Interface Gráfica, Microcontrolador.

ABSTRACT

In this work, a stepper motor drive system will be presented. This system was developed on an ESP32 microcontroller and a graphical web interface was created to run and manage this process. A server hosted on the microcontroller is responsible for managing the requests, handling and presenting the collected data. To validate its functioning, the system was implemented in a prototype of an automatic feeder for domestic animals in order to determine the possibility of developing a final product.

Keywords: Drive, Stepper Motor, Servers, Graphic Interface, Microcontroller.

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar a estrutura e o funcionamento de um sistema de controle e acionamento de motor de passo, além de sua aplicação em um protótipo funcional de alimentador automático para animais domésticos.

O estudo do acionamento de máquinas elétricas é essencial para o desenvolvimento de dispositivos de automação. Esse estudo visa entender os principais pontos do comando e monitoramento dos componentes eletromecânicos utilizados.

Essa implementação se trata de um dispositivo que pode ser acessado por qualquer hardware capaz de acessar a web, mas também de forma segura e isolada, dessa maneira oferecendo uma solução versátil, confiável e pronta para ser incluída na revolução da internet das coisas.



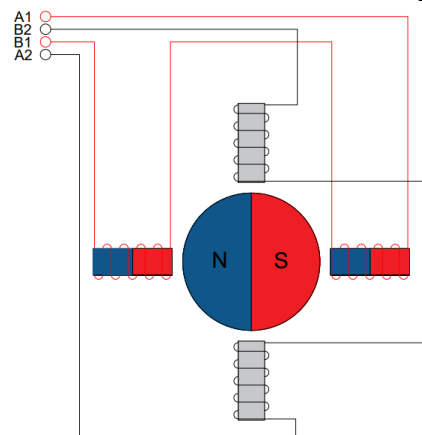
2 METODOLOGIA

Nesse capítulo serão indicados os principais pontos que determinam o funcionamento do protótipo desenvolvido e como foram utilizados. São eles: o motor de passo, o sistema de controle, o microcontrolador, a estrutura do servidor, o protocolo de transmissão de dados utilizado, as linguagens de programação e suas respectivas funções no todo e a integração do sistema com a estrutura mecânica.

2.1 Motor de Passo

O motor de passo é um motor capaz de movimentar seu eixo em determinada variação ou passo, e assim estabelecer a quantidade de rotação despejada pelo dispositivo. Esse motor move seu rotor a partir da polarização de suas bobinas localizadas em seu estator. Ao polarizar essas bobinas, o eixo do motor se desloca e alinha o campo magnético dos ímãs localizados no rotor (CHAPMAN, 2005). Na Figura 1, pode ser visualizado esse funcionamento.

Figura 1 – Funcionamento do motor de passo.



Fonte: Autoria própria (2021).

Esses motores são classificados pela sua estrutura interna e pelo número de bobinas por fase. Sua estrutura interna pode ser de relutância variável, de ímã permanente ou híbrida, onde são encontrados um conjunto das duas estruturas anteriormente mencionadas. Também, pelo número de bobinas por fase, as mais comuns são a de uma bobina por fase, unipolar e com duas bobinas por fase, bipolar (CHAPMAN, 2005).

O motor de passo utilizado nesse trabalho foi o HANPOSE 17HS4401, motor bipolar híbrido, o seu acionamento é feito por um driver comercial modelo A4988 baseado em uma estrutura de ponte h dupla e o sinal desses acionamentos é do tipo passo completo ou *full step*.

2.2 Sistema de controle

Para o bom funcionamento da operação de um motor é necessário a implementação de um sistema de controle. Um sistema de controle é responsável por gerenciar e corrigir a operação de certos dispositivos como motores e atuadores. Para isso é utilizado um conjunto de sensores conectados a um controlador para executar



essa tarefa (DAZZO, 1984). A utilização de um sistema de controle em malha fechada é essencial para a aplicação, onde os passos executados pelo motor serão verificados com a leitura de um sensor.

O sistema de controle utilizado foi do tipo ligado desligado em malha fechada com realimentação da posição obtida por um sensor encoder fotoelétrico.

2.3 Microcontrolador

O microcontrolador é o dispositivo central da aplicação, no qual serão colocados os códigos responsáveis por toda a operação do sistema. Um microcontrolador é um pequeno computador que conta com todos os componentes essenciais como memória, temporizador, sistemas de comunicação e etc.

Para a aplicação em questão, esse microcontrolador necessita de tecnologias como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), grande capacidade de memória e memória com capacidades de registro e armazenamento não volátil como a EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*).

A placa de desenvolvimento ESP32 foi programada em Arduino. Todas as funções de gerenciamento de memória, estrutura de dados, estabelecimento de servidor, comunicação *WebSocket* e controle do motor foram codificadas nessa linguagem.

2.4 Servidores

Um servidor é um software ou computador responsável por fornecer serviços a uma rede de computadores, sendo que esses serviços podem ser o de gerenciar requisições, partilhar recursos de hardware, oferecer segurança para uma aplicação, gerenciar arquivos, compartilhar dados, etc. O microcontrolador é responsável por executar essas tarefas no dispositivo e deve gerenciar as requisições, armazenar e tratar os dados, e executar as tarefas conforme estas forem programadas e solicitadas (KUROSE, 2010).

A estrutura de servidor utilizada foi servidor HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) assíncrono e de *WebSocket*. Um servidor HTTP é um servidor web capaz de apresentar estruturas escritas em HTML (*HyperText Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*) em navegadores da web. O fato desse servidor ser assíncrono diz respeito ao método de transmissão de dados, que utiliza de *flags* ou marcações para determinar o início e fim de um pacote de dados. *WebSocket* é uma tecnologia que permite a comunicação bidirecional por canais full-duplex sobre um único soquete TCP (*Transmission Control Protocol*) sendo que esse método de transmissão garante a segurança e a entrega dos dados requisitados.

Os dados apresentados pelo servidor a interface gráfica foram tratados com JavaScript e DOM (*Document Object Model*). O método de direcionamento de portas é o UPnP (*Universal Plug and Play*), já consolidado e implementado em diversos produtos no mercado que utilizam da gestão de servidores para seu funcionamento.

2.5 Protocolo de transmissão de dados

O protocolo de transmissão de dados utilizado foi o TCP assíncrono. Esse protocolo oferece confiabilidade para o transporte de dados, garante a ordem do envio e recebimento dos pacotes e executa a verificação de erros de transmissão. O sistema assíncrono utilizado resulta em uma comunicação mais lenta quando comparada ao sistema síncrono, onde a transmissão dos pacotes ocorre de forma simples em uma única via.



2.6 Integração do sistema

Discutidas as principais estruturas do software utilizadas no sistema, inicia-se a integração do sistema à parte mecânica. A estrutura foi moldada em um dispenser de cereais comercial e o motor foi acoplado diretamente ao eixo desse dispositivo juntamente com o sensor *encoder*. Esse sensor é responsável por fazer a leitura dos passos do motor.

3 RESULTADOS

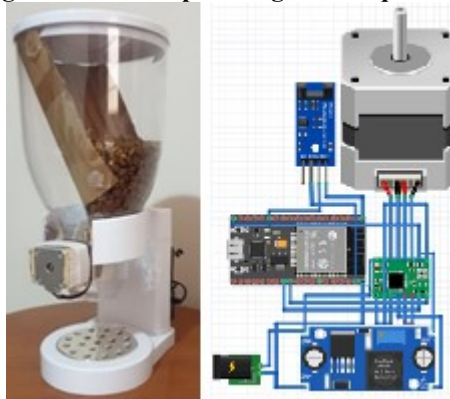
Como resultados da implementação do sistema de acionamento do motor tem-se o protótipo, a interface gráfica desenvolvida e uma amostra do sistema de controle. Nesse capítulo são apresentados esses resultados e de como se comportaram após a integração de todo o sistema.

3.1 Protótipo

Para o sistema de controle, a estrutura utilizada foi feita com o motor de passo acoplado em eixo direto com o eixo do dispenser de cereais e o sensor *encoder*. O sistema de controle desenvolvido visa apenas validar o funcionamento dos equipamentos para futuro desenvolvimento e modelagem dos equipamentos.

O protótipo desenvolvido e o diagrama esquemático estão indicados na Figura 3 a seguir e, como mencionado anteriormente, a proposta é de validar o funcionamento do sistema. Pode-se observar uma divisão feita em papelão para direcionar o fluxo de massa no dispositivo e reduzir a carga sobre o eixo do motor.

Figura 3 – Protótipo e diagrama esquemático.



Fonte: Autoria própria (2021).

No diagrama esquemático podem ser observados os componentes utilizados e as conexões feitas. São eles o motor de passo, o sensor *encoder*, o driver do motor, um regulador de tensão de 12V para 3.3V para a alimentação do microcontrolador ESP32 e do circuito lógico do driver, e um plug de energia representando uma fonte de 12V.

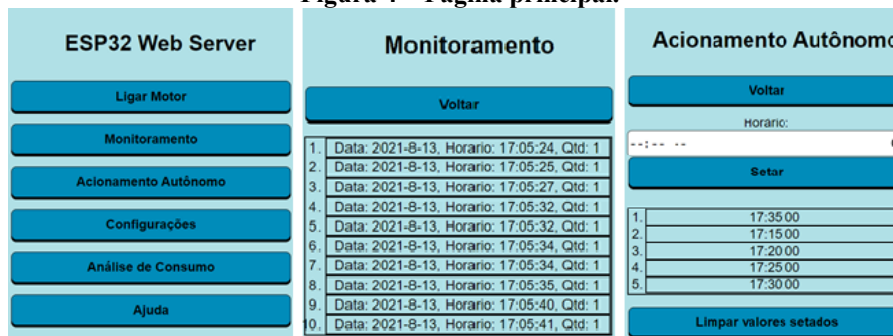
3.2 Interface Gráfica

A interface gráfica é onde o usuário realiza as atividades e programações do dispositivo. Na Figura 4 está indicada a página principal do sistema onde encontram-se os principais comandos. O botão “Ligar Motor” é o



responsável pelo acionamento direto do motor; a página de “Monitoramento” onde serão apresentados os dados registrados na memória do sistema; o “Acionamento Autônomo” onde serão programados os horários de acionamento do sistema; as “Configurações” onde serão determinadas as credenciais de rede e o número de porções a serem despejadas no acionamento; a “Análise de Consumo” que irá fazer uma previsão simples do consumo de ração do pet; o botão de “Ajuda” onde vai estar indicado como utilizar o dispositivo.

Figura 4 – Página principal.

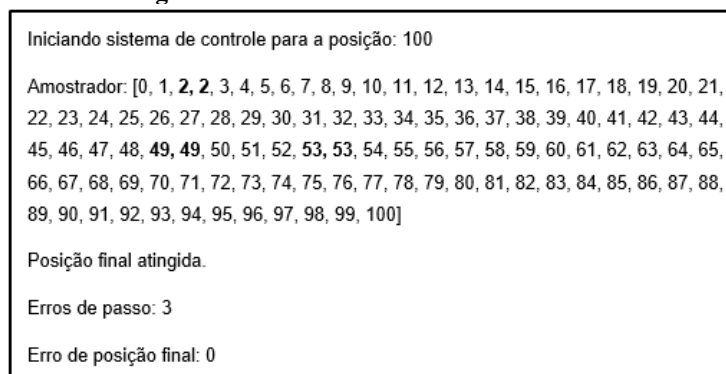


Fonte: Autoria própria (2021).

3.3 Resultados Parciais

Como resultado parcial do acionamento do sistema de controle está apresentado na Figura 5 uma amostra obtida do sistema para uma rotação completa (equivalente a 100 passos do sensor). Nesta podem ser visualizados os erros detectados que são indicados pelos números repetidos e em negrito.

Figura 5 – Amostra do sistema de controle.



Fonte: Felipe F. Pires (2020).

O amostrador funciona diretamente pela IDE Arduino através do log serial. A cada passo executado pelo motor são realizados os cálculos necessários, baseados na leitura do sensor, para a determinação da posição. O erro está relacionado com identificação de passos perdidos, se a nova posição obtida é similar a anterior é



identificado um erro de passo. Apenas erros relacionados ao bloqueio do motor “erro de posição final” são publicados na interface gráfica, para seu gatilho são necessários 10 erros de passo subsequentes.

4 CONCLUSÃO

O trabalho realizado, o desenvolvimento do protótipo e da interface gráfica, e as amostras obtidas validaram o sistema desenvolvido. Os componentes utilizados no projeto se mostraram consistentes para a aplicação e a estrutura base obtida no protótipo abre portas para desenvolvimentos futuros com relação a otimização e melhora do sistema.

Como continuação deste trabalho, serão realizados diversos testes para estipular parâmetros iniciais do protótipo e a partir desses dados realizar os estudos e otimizações necessárias.

A modelagem do motor de passo e do sistema de controle, a correção da relação de proporcionalidade entre os componentes do sistema para a redução de erros relacionados a posição do motor, a otimização do software do sistema e o estudo de métodos de acionamento do sistema podem ser realizados para a criação de um produto final eficiente e funcional.

Podem ser realizados estudos sobre a integração do projeto à internet das coisas. Relacionados a gestão de recursos e dietas dos animais.

Também, podem ser realizados estudos referentes a parte mecânica para fins de aperfeiçoamento do sistema, a modelagem da carga gerada pelo dispenser de cereais e o fluxo de massa.

O estudo realizado visava determinar a viabilidade do desenvolvimento do produto em questão, um alimentador automático para animais domésticos e os testes iniciais e resultados obtidos comprovam essa possibilidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de trabalhar no meu aprendizado e desenvolvimento como profissional. Também agradeço o auxílio financeiro que tornou esse projeto possível.

REFERÊNCIAS

- CHAPMAN, STEPHEN J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5ª ed., McGraw-Hill, 2005.
- DAZZO J.J. & HOUPIS, C. H. **Análise de Projeto de Sistemas de Controle Lineares**, 2a. Edição, Editora Guanabara, 1984.
- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** - 5ª Ed., Pearson, 2010.
- PIRES, FELIPE F. **Controle de um motor de passo utilizando microcontrolador**. SEI-SICITE, Campus Toledo, 2020, disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020/paper/viewFile/5789/3215>, acesso em: 2021.