

Desenvolvimento de um Sistema de Comunicação para Carregador de Veículo Elétrico

Victor Eduardo Cauvilla de Oliveira (IC)¹, Robson Bawelz Gonzatti (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Banco de dados. Comunicação serial. Eletrônica de potência. Ethernet. SPI.

Introdução

Em 1830 foram desenvolvidos os primeiros veículos elétricos, mas estes possuíam baixa velocidade e eram desconfortáveis. Já no final do século XIX houve-se um aumento na produção e desenvolvimento desses veículos na Europa e nos Estados Unidos, possuindo modelos confortáveis e que ultrapassavam os 100km/h. Já no século XX, com o método denominado Fordismo, houve uma redução da produção em veículos elétricos por conta do baixo custo dos modelos a combustão.

Os veículos elétricos voltaram a possuir um grande investimento na sua produção e em seu desenvolvimento somente nas últimas décadas por conta de tratados que limitam a poluição atmosférica e as incertezas em relação aos combustíveis fósseis. Tem-se um aumento de 60% por ano desde 2014 na taxa de produção de veículos elétricos, juntamente da crescente demanda por fontes energéticas renováveis para a redução da poluição atmosférica, tendo assim levado a eletrônica de potência como uma disciplina de destaque no campo de pesquisa da ciência e tecnologia.

Com as possibilidades abertas pela eletrônica de potência em diversas áreas, ela se tornou uma ferramenta indispensável para o controle, automação e instrumentação industrial. Ela possui um papel predominante na conversão de energias de fontes renováveis, sendo uma grande contribuidora para a redução de poluentes atmosféricos. Mas para a melhor utilização dos dispositivos, faz-se necessário um método para visualizar e obter dados além de um método para controle e envio de comandos.

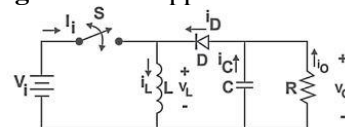
Desta forma, este trabalho de pesquisa buscou entender os métodos de comunicação empregados em soluções de eletrônica de potência no setor automotivo assim como desenvolver uma proposta de método que permita tanto realizar a obtenção de dados para monitoramento de sistemas assim como o envio de comandos para o seu controle, apoiando-se na relevância de pesquisas sobre a melhora dos veículos elétricos. Para entender estes métodos, foi montado um sistema de teste com um microcontrolador emulando o controle físico de um conversor e um microcontrolador comunicado com o dispositivo de campo e fazendo um link com a ethernet, possibilitando enviar dados de operação e receber comandos.

Revisão Bibliográfica

Eletrônica de potência é uma ciência pesquisa a conversão de energia elétrica visando a máxima eficiência através de técnicas de eletrônica. Para realizar a conversão, utiliza-se dispositivos semicondutores de eletrônica de potência nos circuitos, como diodos, transistores e IGBTs. Entre as topologias de circuitos utilizadas, desatacam-se as topologias de conversores retificadores, inversores, choppers e cíclicos. (HART, Daniel W)

Os conversores retificadores são responsáveis por converter tensão e corrente alternadas em tensão e corrente contínuas. Os conversores inversores são responsáveis por converter tensão e corrente contínuas em tensão e corrente alternadas. Os conversores choppers são usados para converter tensão contínua em tensão contínua com valor médio diferente do valor médio da tensão de entrada, como por exemplo, o conversor Buck-Boost da figura 1. Os conversores cíclicos são usados para converter tensão alternada em tensão alternada com frequência e amplitude diferentes da entrada. (HART, Daniel W)

Figura 1 - Chopper Buck-Boost



Fonte: HART, Daniel W

Sistemas de comunicações são uma união de vários equipamentos, como redes, sistemas e meios de comunicação além de terminais e protocolos. Como exemplo de componentes, pede-se citar as redes seriais e ethernet, que através de cabos e protocolos como a ethernet e o SPI (Serial Peripheral Interface), permitem a troca de mensagens ente diferentes dispositivos. Neste trabalho utiliza-se os protocolos SPI e ethernet para realizar as comunicações. (JACOMINI, Rogério; PEREIRA, Vinícius; LINO, Fernando; ESPINDOLA, Marcos)

O protocolo SPI é um protocolo de comunicação serial síncrono utilizado para a comunicação entre dispositivos microcontrolados. Ele é utilizado para transferir dados entre dispositivos como sensores, displays e outros dispositivos periféricos. (KANIESKI, João Marcos; CARDOSO, Rafael; GRÜNDLING, Hilton Abílio.)

O Ethernet é um conjunto de tecnologias de redes locais (LANs) que utilizam pacotes para transmitir dados e controlar o acesso ao meio físico, tendo como exemplo os meios apresentados na figura 2. Ele define os cabos e conectores usados para conectar dispositivos em uma rede local, como computadores, switches e roteadores. (SHARMA, A) (MAIER, Alexander; SHARP, Andrew; VAGAPOV, Yuriy.)

Figura 2 – Meios de transmissão para ethernet



Fonte: SHARMA, A

Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa buscou-se aspectos técnicos referentes aos veículos elétricos, os tipos e topologias de baterias e conversores implementados em seus sistemas e os protocolos de comunicação utilizados para transmissão interna e para aquisição de dados. Com estas informações, foi desenvolvido uma metodologia de comunicação para realizar a comunicação entre os microcontroladores dos conversores e com um sistema externo de controle e de banco de dados.

Para a comunicação entre os microcontroladores, adotou-se o protocolo SPI pela facilidade de implementar ele do zero em qualquer microcontrolador além de ser um protocolo amplamente utilizado e com bibliotecas desenvolvidas pelos principais fabricantes. O SPI foi utilizado para comunicar a LaunchPad DSP TMS320F28379, responsável por controlar os conversores do sistema, com o ESP32, responsável por conectar com a tela de controle e com o servidor.

Para a comunicação com uma tela de controle e para com o servidor do banco de dados, adotou-se o protocolo internet. Usa-se uma conexão wifi do microcontrolador ESP32 com um roteador e um terceiro dispositivo qualquer para permitir acesso local a uma tela de controle. Também se utiliza essa conexão do ESP32 e do roteador para permitir realizar o upload das informações do sistema para a nuvem, armazenando em uma planilha eletrônica online. O fluxograma apresentado na figura 3 demonstra como é esperado que os dados se comportem no sistema.

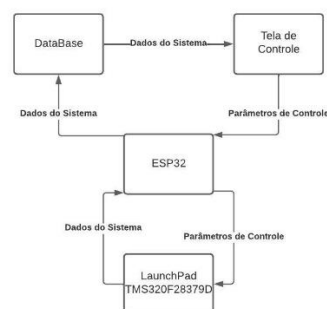
Para atingir os objetivos desta pesquisa, desenvolveu-se quatro itens além de uma prova de conceito para garantir o funcionamento:

- Um modelo de banco de dados para armazenar as informações.
- Uma tela de controle para inserir comandos a

serem enviados.

- Firmware de conexão de uma ESP32 para conectar o banco de dados, a tela de controle e o microcontrolador do sistema.
- Firmware do microcontrolador para comunicar com a ESP32 e com o sistema utilizando a LaunchPad TMS320F28379D da Texas Instruments.

Figura 3 – Fluxograma de dados do sistema



Fonte: Autoria própria

A prova de conceito foi realizada para analisar a resposta do sistema e garantir que o comportamento é o esperado. Para tal, utilizou-se um potenciômetro para simular os dados de um sensor e um LED acionado por PWM para simular a ação de controle no sistema.

Resultados e discussões

Para realizar o armazenamento dos dados, utiliza-se uma google sheet, tanto pela facilidade de desenvolvimento quanto a praticabilidade de realizar consultas. Para realizar a aquisição dos dados da ESP32 e adicionar na planilha apresentada na figura 4, foi desenvolvido um script que preenche uma tabela contendo a data e horário de quando a informação chegou, os dois valores recebidos com possibilidade de expandir para mais valores ou tipo de dados e um último valor, contendo o intervalo de tempo entre cada mensagem enviada pela ESP32. O teste do algoritmo de aquisição foi realizado através de um ambiente controlado, onde manteve-se o controle dos sinais sendo aquisitados pelo ESP32 junto dos tempos, e em posterior, comparando com os valores armazenados na planilha.

Figura 4 – Cabeçalho desenvolvido no google sheet

	A	B	C	D	E
1	Data	Horario	Valor 1	Valor 2	Δt
2	28/06/2023	15:03:54	0.00	20	593888
3	28/06/2023	15:04:01	0.01	102	7574
4	28/06/2023	15:08:04	0.00	200	243997
5	28/06/2023	15:08:27	0.15	250	23020
6	28/06/2023	15:08:34	0.18	250	5771
7	28/06/2023	15:08:52	0.18	350	19119
8	28/06/2023	15:10:49	0.26	500	116984

Fonte: Autoria própria

Para enviar comandos, foi implementado uma tela de

controle que permita a visualização do último valor armazenado e a inserção do valor desejado para que seja enviado como sinal para o sistema. Esta tela de controle foi desenvolvida usando um código HTML embarcado na ESP32 e é apresentada na figura 5. A tela montada é bem direta, contendo dois espaços para inserir os valores controlados com duas descrições explicando o que é cada valor e o valor atual no sistema. Também possui um botão que possui a finalidade de subir os valores digitados para o ESP32 para que ele possa ser enviado aos microcontroladores.

Figura 5 – Tela de controle desenvolvida



Fonte: Autoria própria

Para a operação adequada do ESP32, foi elaborado duas funções de comunicação para o microcontrolador. Uma das funções é responsável pela utilização do protocolo SPI para comunicar com o microcontrolador presente no sistema e a outra função é responsável pela utilização do protocolo internet através do wifi para conectar com o banco de dados e permitir o acesso na tela de controle.

Para o funcionamento do protocolo internet e usar o wifi como meio de transmissão, primeiro foi realizado os includes de algumas bibliotecas para HTTPClient, para WiFi e para WebServer. Também foi realizada a definição de algumas variáveis que serão usadas no projeto. Com os includes e definições feitas, foi montada a função HTML definida anteriormente e o código de controle de acesso. Também se desenvolveu uma função para realizar a conexão wifi entre o ESP32 e o protocolo internet. Para finalizar as funções em relação ao wifi e a internet, foi realizada a montagem de uma função que realiza o chamado do script do google sheet para inserir as informações no servidor. Ela foi configurada para realizar a inserção de dois valores recebidos no ESP32 e um terceiro valor que realiza a contagem de tempo em milissegundos da diferença de tempo entre a mensagem atual e a anterior.

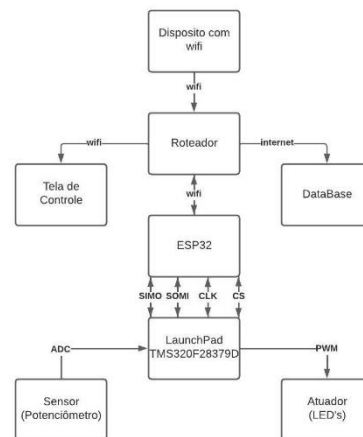
Para o funcionamento do protocolo SPI, foi realizada uma inclusão de biblioteca e foi desenvolvido duas funções. Uma função configura os pinos do ESP32 de forma que estejam preparados para comunicar por SPI e uma função para enviar e receber informações pelo SPI.

Para o funcionamento da LaunchPad, foi realizada a

implementação de uma comunicação SPI com a ESP32 e poder integrar o sistema com o banco de dados e a tela de controle. Para isso, realizou a configuração da pinagem na LaunchPad ao definir que os pinos seriam do tipo pull-up, teriam entrada assíncrona, além das funções dos pinos como SIMO, SOMI, CLK e CS. Com os pinos configurados, foi configurado também os registradores do microcontrolador para que o periférico suporte adequadamente a comunicação esperada. Pelos registradores é possível definir se a comunicação ia ser half-duplex ou full-duplex, se seria por fila ou por interrupção além de vários outros detalhes técnicos que devem ser ajustados de forma compatível entre a Launchpad e o ESP32.

Com os códigos desenvolvidos, foi montada uma pequena aplicação de testes para validar o funcionamento. Esse sistema é bem simples, se tratando de um potenciômetro gerando um dado ao simular um sensor e um LED para que seja possível gerar uma saída PWM e observar como se daria o controle do sistema. A figura 6 contém o diagrama de conexões elétricas do sistema montado.

Figura 6 – Diagrama de conexões elétricas



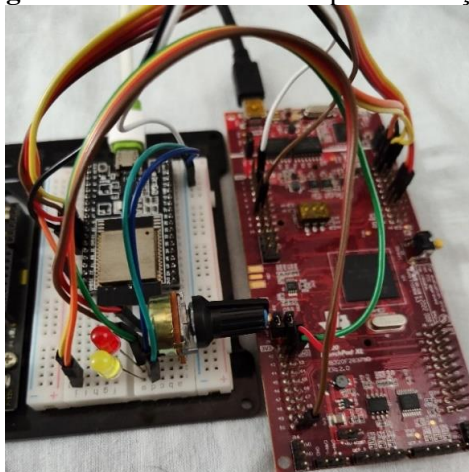
Fonte: Autoria própria

Para desenvolver o sistema, primeiro utilizasse o código da ESP32 para que se obtenha acesso a uma tela de controle e armazene os dados na planilha. O funcionamento é bem simples, fazendo que seja feito upload de uma informação sempre que um valor flag for alterado para sinalizar que a ESP32 recebeu um dado. Como esse dado possui um envio temporizado e controlado, utiliza-se o sinal de controle nesse mesmo instante para utilizar a comunicação de forma full-duplex. Com as funções da LaunchPad feitas, foi implementado um timer no SPI para que seja mais simples a sincronização entre os dois dispositivos. Para fazer isso, desenvolveu-se uma interrupção do tipo Timer da CPU. Nessa função é possível escolher o tempo que deseja entre cada mensagem, além de permitir controlar melhor

o código para adicionar outros periféricos. Também foi implementado um conversor ADC para realizar a captação de dados de um sistema de bancada para validar a qualidade e precisão da comunicação. Dessa forma, o código principal ficou com três funções, sendo uma a função main do programa, uma função que configura a execução do timer e uma função que configura a execução do conversor ADC.

Com este sistema, apresentado na figura 7, foi possível validar o funcionamento do firmware desenvolvido e garantir que ele opera da forma esperada. Vale também notar que o sistema de comunicação e controle foi testado num sistema bem simples, podendo ter diferença no funcionamento e na precisão de acordo com a complexidade do sistema em que será usado e necessitando de alguns ajustes para que seja totalmente eficiente.

Figura 7 – Circuito montado para validação



Fonte: Autoria própria

Conclusões

Em resumo, esta pesquisa explorou uma possibilidade de implementação de tecnologias relacionadas a eletrônica de potência em veículos elétricos, com foco na comunicação e controle de sistemas. Os principais resultados incluem o desenvolvimento de uma metodologia de comunicação que usa o protocolo SPI e Ethernet. Essa abordagem permite a aquisição de dados em tempo real e o controle remoto dos sistemas de eletrônica de potência.

Essas metodologias desenvolvidas têm aplicações práticas na indústria de veículos elétricos, permitindo o monitoramento preciso dos sistemas, identificação precoce de problemas e aumento da eficiência. Além disso, contribuem para a redução da poluição do ar, apoiando a mobilidade sustentável.

Embora este estudo seja promissor, reconhece-se a necessidade de pesquisas futuras em sistemas mais

complexos e melhorias na comunicação e controle dado a complexidade que sistemas reais de propulsão e carregamento de veículos elétricos possuem.

Em última análise, esta pesquisa destaca a importância da eletrônica de potência e comunicação para o avanço dos veículos elétricos e um futuro mais sustentável.

Agradecimentos

Agradeço profundamente ao CNPq e à Universidade Federal de Itajubá pelo suporte financeiro e estrutural que tornaram possível a realização desta pesquisa. Também expresse minha gratidão ao Grupo de Pesquisa de Eletrônica de Potência e Controle Industrial, bem como a todas as outras organizações e pessoas que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho. Em especial, gostaria de estender meus agradecimentos ao meu orientador de pesquisa na iniciação científica, o professor Robson Bawelz Gonzatti. Sua dedicação incansável e apoio inestimável foram fundamentais ao longo deste projeto. O professor Gonzatti não apenas compartilhou seu profundo conhecimento em eletrônica de potência, mas também desempenhou um papel crucial no esclarecimento de conceitos complexos presentes nos artigos estudados, tornando meu entendimento mais claro e preciso. Este trabalho não teria sido possível sem a generosidade, orientação e expertise do professor Gonzatti, e por isso, sou imensamente grato por sua contribuição inestimável. A todos, o meu mais sincero agradecimento por terem feito parte desta jornada de pesquisa.

Referências

- MAIER, Alexander; SHARP, Andrew; VAGAPOV, Yuriy. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In: 2017 Internet Technologies and Applications (ITA). [S.l.]: IEEE, 2017. p. 143-148.
- JACOMINI, Rogério; PEREIRA, Vinícius; LINO, Fernando; ESPINDOLA, Marcos. Recomendação do uso do controlador digital de sinal TMS320F28335 para controle de conversores eletrônico de potência. In: 8º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP, 2017, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: IFSP, 2017. p. 1-10.
- KANIESKI, João Marcos; CARDOSO, Rafael; GRÜNDLING, Hilton Abílio. Comunicação entre DSP TMS320F2812 e DSP TMS320C6713 Via Serial Peripheral Interface (SPI) para Aplicações em Controle Avançado.
- HART, Daniel W. Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de Circuitos. McGraw Hill Brasil, 2016. 496 p.
- SHARMA, A. Can You Use Wi-Fi and Ethernet at the Same Time? Electronics Hub. Disponível em: <https://www.electronicshub.org/can-you-use-wifi-and-ethernet-at-the-same-time/>.