

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

Explorando a Eficiência da Comunicação CAN em Sistemas de Microcontroladores com Arduino Uno: Aplicações e Resultados Voltados para Agricultura

Davi B. Cordeiro¹, Raul S. Garcia², Clayton J. Torres³, Fernando H. M. Rocha⁴, Guilherme B. Silva⁵, Augusto D. S. Furucho⁶, Isabelle M. ⁷

¹Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FINEP, IFSP, Câmpus Araraquara, d.cordeiro@aluno.ifsp.edu.br.

²Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FINEP, IFSP, Câmpus Araraquara, raul.sabino@aluno.ifsp.edu.br.

³Doutor em Sistemas de Controle - Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Araraquara, clayton@ifsp.edu.br.

⁴Doutor em Sistemas Dinâmicos - Engenharia Elétrica, IFSP, Câmpus Araraquara, fernandorocha@ifsp.edu.br.

⁵Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FUNCAMP, IFSP, Câmpus Araraquara, guilherme.buarao@aluno.ifsp.edu.br.

⁶Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FUNCAMP, IFSP, Câmpus Araraquara, s.furucho@aluno.ifsp.edu.br.

⁷Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FINEP, IFSP, Câmpus Araraquara, ifsp.isabelle@gmail.com

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.05.04-6 Robotização.

RESUMO: Este trabalho apresenta a aplicação do protocolo CAN (Controller Area Network) na comunicação entre dispositivos microcontroladores, utilizando Arduinos como exemplo. A pesquisa visa compreender a interação do protocolo CAN com sistemas eletroeletrônicos e utilizar esses sistemas para agricultura de precisão, destacando sua eficiência na transmissão de dados de sensores e no controle de atuadores. A metodologia inicial incluiu a configuração dos módulos CAN MCP2515 nos Arduinos, a leitura de sensores como DHT11 e HCSR04, e a comunicação CAN. O receptor, com base no estado do botão enviado pelo transmissor, alternou entre mostrar dados de temperatura/umidade e distância em um display LCD. Além disso, o microservo SG90 foi controlado com base na distância medida. Com base nos resultados obtidos, foi possível a utilização do protocolo de comunicação CAN em uma aplicação com equipamentos, os quais podem ser utilizados no deslocamento de um robô agrícola móvel. O emprego da aplicação desenvolvida com os microcontroladores, serviram de base para a utilização do CAN em uma ECU modelo RC10-10/31 e seus respectivos Softwares de programação (BODAS-service e BODAS-design). Possibilitando a implementação e a configuração de I/Os, realizando a comunicação por meio de um barramento CAN entre a ECU RC10-10/31 e o controle remoto (transmissor TM IK2.06 DC(Li) e o receptor R06), de tal forma, que fosse possível enviar um comando pelo transmissor do controle remoto e acionar saídas físicas analógicas e/ou digitais. Os resultados obtidos com o estudo do protocolo CAN, embasaram o conhecimento para o desenvolvimento de uma aplicação em um protótipo de um robô em escala real.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão; Rede de Comunicação de Dados; Protocolo CAN; Sensores; Atuadores.

**Exploring CAN Communication Efficiency in Arduino-Based Microcontroller Systems:
Agriculture Applications and Results**

ABSTRACT: This work presents the application of the CAN (Controller Area Network) protocol in the communication between microcontroller devices, using Arduinos as an example. The research aims to understand the interaction of the CAN protocol with electronic systems and utilize these systems for precision agriculture, highlighting its efficiency in transmitting sensor data and controlling actuators. The initial methodology included configuring the MCP2515 CAN modules on the Arduinos, reading sensors such as DHT11 and HCSR04, and CAN communication. The receiver, based on the button state sent by the transmitter, alternated between displaying temperature/humidity and distance data on an LCD display. Additionally, the SG90 microservo was controlled based on the measured distance. Based on the obtained results, it was possible to use the CAN communication protocol in an application with equipment that can be used in the movement of a mobile agricultural robot. The application developed with the microcontrollers served as a basis for the use of CAN in an RC10-10/31 ECU and its respective programming software (BODAS-service and BODAS-design). Enabling the implementation and configuration of I/Os, performing communication through a CAN bus between the RC10-10/31 ECU and the remote control (transmitter TM IK2.06 DC(Li) and receiver R06), in such a way that it was possible to send a command from the remote control transmitter and activate analog and/or digital physical outputs. The results obtained with the study of the CAN protocol provided the foundation for the development of an application in a real-scale robot prototype.

KEYWORDS: Precision Agriculture;Data Communication Network;CAN Protocol;Sensors;Actuators.

INTRODUÇÃO

Com o aumento em grande escala da produtividade rural, sistemas para a melhoria de produção na agricultura estão cada vez mais estruturados. O meio de comunicação entre máquinas agrícolas autônomas é realizado por duas vertentes, que são: a comunicação interna, que ocorre sempre entre o PC de controle e sua ECU (Electronic Control Unit) e a comunicação externa, a qual permite a interação do veículo com o meio externo (ROSHANIANFARD, 2020).

Essa comunicação entre o PC de controle e sua ECU demanda soluções eficientes e uma alta complexidade dos sistemas eletrônicos modernos. Segundo (GUIMARÃES ALEXANDRE DE ALMEIDA; SARAIVA, 2002) o protocolo CAN (Controller Area Network) sobressai como uma opção robusta e econômica para estabelecer a comunicação entre diversos aparelhos.

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar e compreender a interação do Protocolo CAN com sistemas eletroeletrônicos de uma máquina. Para melhor inteligibilidade, foi utilizada uma interação dos módulos CAN MCP2515 em Arduinos UNO e um controle remoto com uma ECU modelo RC10-10/31, os resultados obtidos podem ser tomados como soluções base para desenvolvimento de sistemas mais complexos em máquinas agrícolas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foi desenvolvido um sistema de comunicação CAN utilizando dois microcontroladores Arduino Uno, configurados como transmissor e receptor. A comunicação entre os Arduinos foi estabelecida através de módulos CAN MCP2515, operando em uma taxa de bits de 500 kbps.

Os Arduinos foram conectados aos módulos CAN utilizando fios jumper, e o barramento CAN foi adequadamente terminado com resistores de 120 ohms. Um sensor de temperatura e umidade DHT11 e um sensor de ultrassom HC-SR04 foram conectados ao transmissor, enquanto um display LCD e um

microservo SG90 foram conectados ao receptor. Ambos os Arduinos foram programados em linguagem C++ utilizando a biblioteca mcp2515.h.

Para o controle remoto (transmissor TM IK2.06 DC(Li) e o receptor R06) com a ECU modelo RC10-10/31 foi utilizado seus respectivos Softwares de programação (BODAS-service e BODAS-design), para possibilitar os testes em bancada, foi imprescindível confeccionar um chicote com 96 cabos para o conector da ECU, além da interface (Vector CANcaseXL), necessária para estabelecer a comunicação CAN entre o computador e a RC10-10/31.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram a eficácia da comunicação CAN entre os dois Arduinos (figura 1) e um barramento CAN entre a ECU RC10-10/31 e o controle remoto (transmissor TM IK2.06 DC(Li) e o receptor R06), de tal forma, que fosse possível enviar um comando pelo transmissor do controle remoto e acionar saídas físicas analógicas ou digitais. A taxa de erro de bits foi inferior a 0,1, indicando uma alta confiabilidade na transmissão dos dados. A latência média entre a transmissão e a recepção dos dados foi de 2 ms, o que atende aos requisitos de tempo real da aplicação.

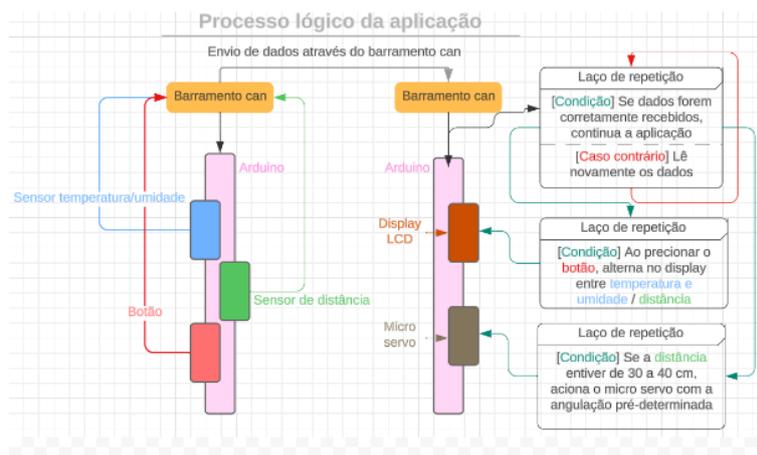


Figura 1: Sistema ilustrativo da montagem dos barramentos.

A taxa de erro de bits foi analisada por meio de um programa no Arduino IDE, onde a Taxa de Erro de Bits (B.E.R.) foi de aproximadamente 0,2%, indicando alta confiabilidade na transmissão dos dados. A latência média entre a transmissão e a recepção dos dados foi de 54 ms, o que atende aos requisitos de tempo real da aplicação (todos os dados extraídos da comunicação CAN estão na Tabela 1). Os dados de temperatura, umidade e distância foram transmitidos e recebidos com sucesso, e o controle do microservo foi realizado conforme o esperado, como ilustrado na Figura 2.

Tabela 1: Análise da comunicação entre módulos CAN com base em BER e latência.

Parâmetro	Descrição	Valor Medido	Observações
Taxa de Erro de Bits (BER)	Porcentagem de erros em relação ao total de bits transmitidos	0.2%	Valor dentro do limite aceitável
Latência	Tempo médio entre a transmissão e recepção de dados	54 ms	Atende aos requisitos de tempo real
Velocidade de Baud	Taxa de transferência de dados	500 kbps	Definida para comunicação em alta velocidade
Número de Mensagens Enviadas	Total de mensagens transmitidas durante o teste	10.000	Teste realizado em condições estáveis
Número de Mensagens com Erros	Total de mensagens que apresentaram erros de transmissão	5	Poucos erros observados, dentro do aceitável
Tamanho Médio da Mensagem	Tamanho em bits de cada mensagem CAN	64 bits	Mensagens com tamanho padrão CAN

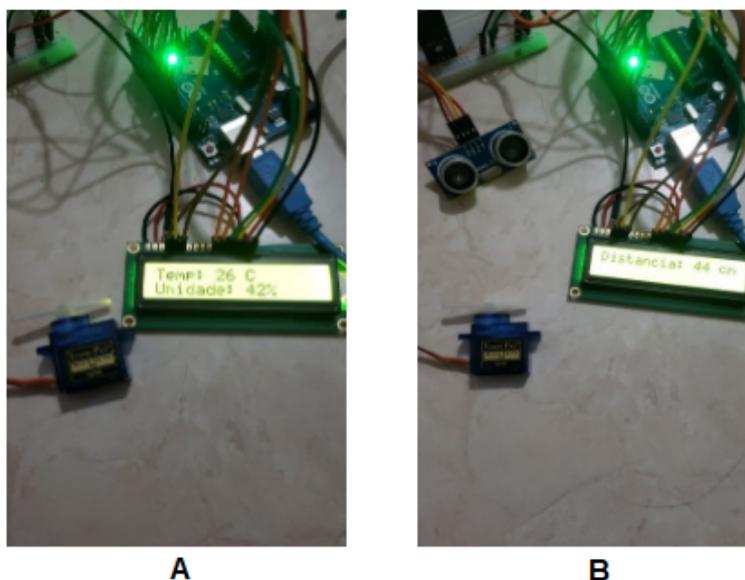


Figura 2: A) Aplicação física LCD temperatura/umidade. B) Aplicação física LCD distância e micro servo.

A implementação bem sucedida da comunicação CAN neste trabalho demonstra o potencial do protocolo para aplicações em sistemas embarcados de baixo custo. A flexibilidade do protocolo, demonstrada pela capacidade de alternar entre diferentes modos de operação e controlar dispositivos externos, torna-o uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de sistemas automatizados.

Os parâmetros básicos necessários de configuração de portas de entradas e saídas, deixando-as funcionais e prontas para uso, assim como, habilitar e configurar dois barramentos de comunicação CAN, um deles dedicado para a troca de informações entre controle remoto e ECU (figura 3), e o outro exclusivo para programação e análise de mensagens trocadas entre a ECU e os dispositivos conectados a ela. O trabalho desenvolvido, possibilitou criar a base necessária para o desenvolvimento do algoritmo de controle da primeira camada a ser programado, fornecendo assim, as condições necessárias para a continuidade do trabalho de testes e programação, primeiramente utilizando o conjunto ECU/controlador remoto para acionamento dos motores de tração de um robô agrícola móvel.

CONCLUSÕES

Este trabalho contribui para o avanço do conhecimento na área de sistemas embarcados, demonstrando o potencial do protocolo CAN para a comunicação entre microcontroladores. Os resultados

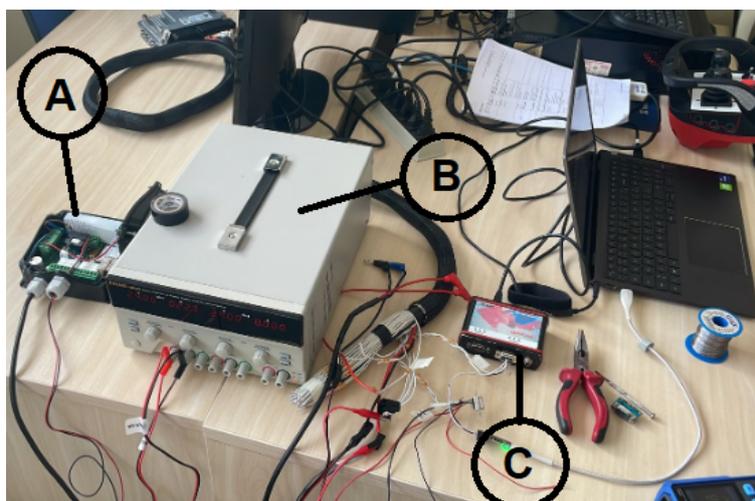


Figura 3: Ligações Físicas da ECU e Controle Remoto via Barramento CAN. (A=Controle; B=Caixa de Tensão; C=Controladora).

obtidos podem servir como base para o desenvolvimento de sistemas mais simples, assim como para os mais complexos e robustos, com diversas aplicações em diferentes áreas. Em particular, a tabela 2 a seguir ilustra a eficiência do protocolo CAN em aplicações na agricultura, destacando como sua implementação pode otimizar o monitoramento de culturas, controle de irrigação e automação de maquinário. Esses dados reforçam a relevância do protocolo na melhoria da produtividade agrícola e na sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (GODOY, 2007)

Tabela 2: Aplicações do Protocolo CAN na Agricultura

Aplicação na Agricultura	Vantagens	Impacto na Agricultura
Sistemas de Automação e Controle	- Integração de máquinas e implementos agrícolas - Redução de erros na comunicação entre dispositivos	- Aumento da eficiência operacional - Melhoria na precisão das operações agrícolas
Agricultura de Precisão	- Coleta de dados em tempo real sobre condições de cultivo - Ajustes automáticos com base em dados coletados	- Tomada de decisão informada e otimizada - Maximização da produtividade e uso de recursos
Controle de Estufas e Criadouros	- Monitoramento ambiental (temperatura, umidade) - Automação de sistemas de ventilação e irrigação	- Condições ideais para o crescimento de plantas e animais - Redução de custos operacionais
Monitoramento de Irrigação	- Controle em tempo real da umidade do solo - Ações automatizadas baseadas em dados do solo	- Uso eficiente da água - Aumento da produtividade agrícola
Gerenciamento de Tratores e Maquinário	- Rastreamento e monitoramento de operações - Otimização de rotas e tempos de operação	- Redução de falhas mecânicas - Economia de combustível e tempo de trabalho
Controle de Fertilização	- Ajuste automático na aplicação de fertilizantes - Dados em tempo real para decisões informadas	- Melhor uso de insumos e recursos - Aumento da produção e qualidade das culturas
Gestão de Dados Agrícolas	- Análise de desempenho em tempo real - Relatórios automáticos de condições de cultivo	- Planejamento e previsão mais eficazes - Resiliência e adaptação às mudanças climáticas

A integração de sensores de umidade, temperatura e distância em máquinas agrícolas pode acarretar melhorias na agricultura, proporcionando um nível de precisão e eficiência. De acordo com um estudo publicado (DIAS; AL., 2019), os sensores operam em faixas específicas, como 0-100% de umidade, -20 a 50°C para temperatura e 0-10 metros para distância, garantindo leituras confiáveis e contínuas. Ao ajustar automaticamente a profundidade de sementeira, controlar a fermentação de alimentos e guiar máquinas autonomamente, os agricultores otimizam o uso de recursos, reduzem custos e maximizam

a produtividade. Com indicadores visuais ou sinais auditivos, o dispositivo informa quando está ativo e realizando leituras, permitindo um monitoramento em tempo real das condições do ambiente.

Já para a parte da ECU e do controle remoto ficaria responsável pelo acionamento desses micro-controladores, pois são ferramentas poderosas que permitem aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas.

Para pesquisas futuras, podemos adotar módulos CAN mais voltados para máquinas agrícolas como o módulo J1939, que permite que diversos componentes eletrônicos, como sensores, atuadores e controladores, se comuniquem entre si de forma eficiente e robusta.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

D. B. C.; F. H. M. R.; R. G. S.; C. J. T. contribuíram com a concepção, curadoria de dados e escopo do estudo. D. B. C.; R. G. S.; A. F.; G. B. S. e I. M. G. F. procederam com a metodologia, experimentos e disponibilização de ferramentas. D.B.C.; R.S.G.; C. J. T; F. H. M. R. escreveram o trabalho. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

REFERÊNCIAS

DIAS, B. G. L.; AL. et. Monitoramento de sensores de umidade do solo com internet das coisas (iot) aplicado na agricultura de precisão. In: *11o Seminário Mauá de Iniciação Científica*. [S.l.: s.n.], 2019.

GODOY, E. P. *Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de desempenho de redes CAN (Controller Area Network) para aplicações em sistemas agrícolas*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2007.

GUIMARÃES ALEXANDRE DE ALMEIDA; SARAIVA, A. M. O protocolo can: Entendendo e implementando uma rede de comunicação serial de dados baseada no barramento “controller area network”. *Society of Automotive Engineers*, p. 110, 2002.

ROSHANIANFARD, A. e. a. A review of autonomous agricultural vehicles (the experience of hokkaido university). *Journal of Terramechanic*, v. 91, p. 155 – 183, 2020.