REVISTA DIGITAL ACADÊMICO MUNDO

DESENVOLVIMENTO DE DRIVER IOT PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DE ROBÔS POR INTERFACE WEB

DEVELOPMENT OF AN IOT DRIVER FOR CONTROLLING AND MONITORING ROBOTS VIA A WEB INTERFACE

DESARROLLO DE UN CONTROLADOR IOT PARA CONTROLAR Y MONITORIZAR ROBOTS A TRAVÉS DE UNA INTERFAZ WEB

10.56238/ramv19n14-008

Matheus Passos Pechin Ronchi
Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena
E-mail: matheuspp.ronchi@gmail.com

Eduardo Moraes Souza
Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena
E-mail: edumakadu@gmail.com

Gabriela Amorim Souza
Graduanda em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena
E-mail: gabrielaamorim164@gmail.com

Rubem Nero Gomes Xavier
Mestre em Engenharia Mecânica
Instituição: Centro Universitário SENAI - Campus Anchieta
E-mail: prof.rubemxavier@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/ 0000-0001-6676-1388

RESUMO
Entre os principais desafios estabelecidos na migração dos sistemas da Indústria 3.0 (I3.0) para a Indústria 4.0 (I4.0) se destaca a integração eficiente de sistemas que possibilitem transmissão e aquisição de dados, visto que diversos sistemas da I3.0 não possuem interface adequada para o novo contexto industrial. O presente estudo foi sustentado pelo marco teórico da I4.0, Internet das Coisas (IoT) e integração de sistemas, visando modernização e a interação entre equipamentos industriais. A partir das pesquisas realizadas foi elaborado o desenvolvimento, o qual se consistiu na utilização de um sistema embarcado como ponte de comunicação, sendo necessário o desenvolvimento de um circuito eletrônico com optoacopladores para compatibilizar os diferentes níveis de sinal entre o robô industrial e o driver desenvolvido. Foram realizados testes preliminares e finais, ambos os testes validaram com sucesso a proposta, tanto no aspecto funcional, quanto na viabilidade da aplicação para pequenas distâncias, o circuito de conversão e a funcionalidade da interface web possibilitaram uma comunicação bidirecional estável com o microcontrolador via wireless. Desta forma, foram validados

os subsistemas críticos referentes a funcionalidade dos equipamentos individualmente, foi possível observar que a solução proposta tende a representar um caminho relevante para a aplicação de sistemas de integração completa em sistemas da I3.0 via web.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Internet das Coisas. Integração de Sistemas. Robô Industrial.

ABSTRACT
Among the main challenges established in the migration of Industry 3.0 (I3.0) systems to Industry 4.0 (I4.0), the efficient integration of systems that enable data transmission and acquisition stands out, since several I3.0 systems do not have an adequate interface for the new industrial context. This study was supported by the theoretical framework of I4.0, the Internet of Things (IoT), and systems integration, aiming at modernization and interaction between industrial equipment. Based on the research carried out, the development consisted of using an embedded system as a communication bridge, requiring the development of an electronic circuit with optocouplers to make the different signal levels compatible between the industrial robot and the developed driver. Preliminary and final tests were carried out, both of which successfully validated the proposal, both in terms of functionality and the feasibility of application over short distances. The conversion circuit and the functionality of the web interface enabled stable bidirectional communication with the microcontroller via wireless. In this way, the critical subsystems related to the functionality of the equipment were validated individually. It was observed that the proposed solution tends to represent a relevant path for the application of complete integration systems in Industry 4.0 systems via the web.

Keywords: Industry 4.0. Internet of Things. Systems Integration. Industrial Robot.

RESUMEN
Entre los principales retos planteados en la migración de sistemas de la Industria 3.0 (I3.0) a la Industria 4.0 (I4.0), destaca la integración eficiente de sistemas que permiten la transmisión y adquisición de datos, ya que varios sistemas I3.0 carecen de una interfaz adecuada para el nuevo contexto industrial. Este estudio se basó en el marco teórico de la I4.0, el Internet de las Cosas (IoT) y la integración de sistemas, con el objetivo de modernizar e interactuar entre equipos industriales. A partir de la investigación realizada, el desarrollo consistió en utilizar un sistema embebido como puente de comunicación, lo que requirió el desarrollo de un circuito electrónico con optoacopladores para compatibilizar los diferentes niveles de señal entre el robot industrial y el controlador desarrollado. Se realizaron pruebas preliminares y finales, que validaron con éxito la propuesta, tanto en términos de funcionalidad como de viabilidad de aplicación en distancias cortas. El circuito de conversión y la funcionalidad de la interfaz web permitieron una comunicación bidireccional estable con el microcontrolador de forma inalámbrica. De esta forma, se validaron individualmente los subsistemas críticos relacionados con la funcionalidad del equipo. Se observó que la solución propuesta representa una vía relevante para la aplicación de sistemas de integración completa en sistemas de la Industria 4.0 a través de la web.

Palabras clave: Industria 4.0. Internet de las Cosas. Integración de Sistemas. Robots Industriales.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Groover (2014), a automação pode ser entendida como uma tecnologia a qual age em um processo ou procedimento, majoritariamente industrial, obtendo então, o seu funcionamento sem assistência ou interferência humana no decorrer de um trabalho. Sendo realizada a partir da utilização de um conjunto de algoritmos lógicos e um sistema de controle para a execução de instruções pré-determinadas.

De acordo com Coelho (2016) e Pisching *et al.* (2017), a I4.0 vai além do uso de tecnologias simples para a automatização de processos, ela converge e une tecnologias estabelecidas e emergentes, desta forma criando inovações para a atualização de processos produtivos, comerciais e negócios, causando assim, uma mudança na cadeia de valor no tocante ao desenvolvimento de produtos e serviços. Conforme apresentado em Alvares (2019), a automação industrial e de processos está inserida na indústria 4.0, trazendo mais eficiência aos processos, pela junção de análises avançadas, propiciadas pela aplicação de Big Data e IoT nos campos de automação e controle. Portanto, a adesão contínua de modelos industriais da I4.0 só é possível a partir de avanços tecnológicos na integração entre automação industrial e áreas correlacionadas.

Santos *et al.* (2016) conclui que a IoT emergiu em conjunto com estudos na área de sistemas embarcados, eletrônica, controle, sensoriamento e comunicação. Um dos pontos principais impostos pela IoT é a conexão de objetos do dia a dia a internet para serem monitorados e controlados de forma remota. Assim como no dia a dia, a IoT está altamente presente na indústria 4.0, o que possibilita o controle e monitoramento remoto de processos industriais realizados em tempo real. A tecnologia Wi-Fi é uma das soluções de comunicação mais aplicadas em IoT, estando presente em sistemas embarcados de baixo custo, como a placa de prototipagem eletrônica ESP32, e em sistemas de monitoramento de elevado valor monetário, neste sentido diversos estudos visam o desenvolvimento de sistemas onde a tecnologia IoT é aplicada de forma acessível, flexível e com baixo custo. De acordo com Sacomano (2018), a união de tecnologias divergentes para o trabalho coordenado de um sistema é chamada integração de sistemas. Em um ambiente industrial, a integração de sistemas é fundamental para a eficiência do processo com base na emissão e recepção de dados.

Xavier *et al.* (2023) discorreram quanto a dificuldade que a integração de sistemas representa para o atual contexto industrial, visto que diversos elementos e componentes da I3.0 não possuem uma interface adequada para um sistema globalmente conectado, neste sentido, estudos referentes aos processos de automação integrados a IoT, onde temos a integração de dispositivos estabelecidos da I3.0 com outras interfaces de comunicação, tendem a contribuir para o desenvolvimento da integração entre sistemas no contexto da I4.0, além de vislumbrarem a apresentação de soluções com viabilidade física e econômica quanto a transição dos sistemas da I3.0 para a I4.0.

Considerando o contexto apresentado, o presente projeto visa a integração de robôs industriais por meio de uma interface web e uma rede, utilizando um microcontrolador com módulo de comunicação Wi-Fi para a interação entre o sistema de controle do robô e sistemas embarcados. Desta forma o sistema visa algumas funcionalidades independentes, como:

I. Possibilidade de integração entre o robô industrial e o ESP32 a partir das entradas e saídas digitais externas do robô industrial.
II. Desenvolvimento da programação do robô industrial em ciclos distintos, com acionamento a partir das entradas digitais e envio de sinais de confirmação da finalização dos ciclos a partir das saídas digitais do robô.
III. Possibilidade de verificação do status de funcionamento do robô industrial e dos tempos de cada ciclo desenvolvido a partir de uma interface web.

2 METODOLOGIA

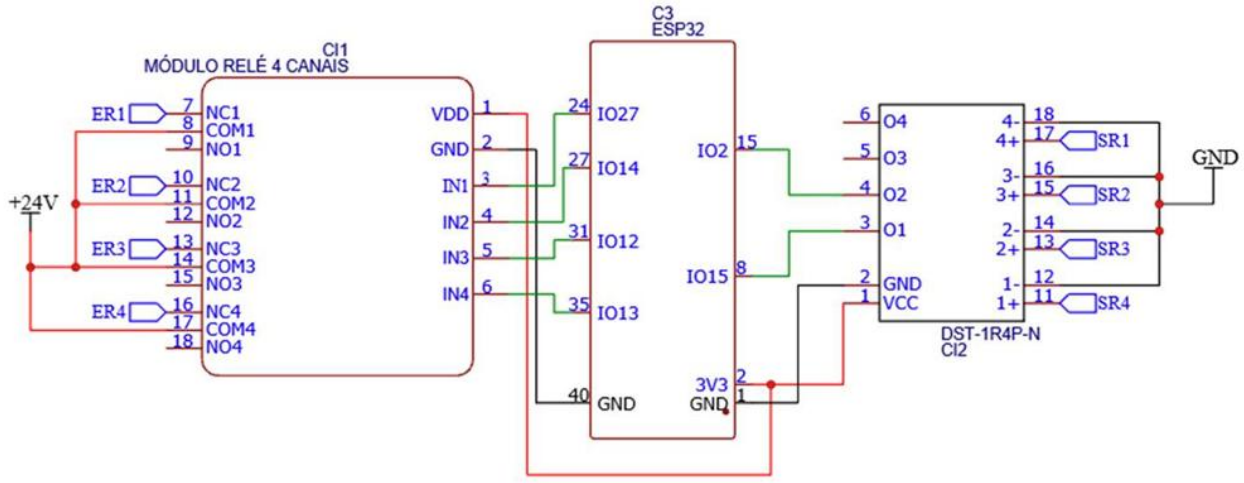
Neste projeto, foi adotada inicialmente uma pesquisa exploratória, bibliográfica, com o intuito de elaborar uma revisão teórica para o estabelecimento dos requisitos interessantes para o sistema, partindo para a seleção dos componentes e tecnologias a serem utilizadas, desenvolvimento prático com pequenos testes de funcionalidade, os testes mais elaborados referentes a integração, e na última etapa a validação dos resultados obtidos.

No estudo foi utilizado o robô industrial de modelo SCORBOT ER 9, o modelo foi aplicado pelo fato de não possuir interface de rede para entrada e saída de dados. Com o intuito de estabelecer a comunicação entre interface web e o robô industrial foi selecionado o microcontrolador ESP32, visto que o mesmo possui diversas vantagens, como: baixo custo, alta eficiência ao processar informações e módulos de comunicações Bluetooth e Wi-Fi embutidos, visto que dentre os objetivos do projeto está possibilitar uma conexão e comunicação de alto nível, conforme proposto nos trabalhos de Lima (2022) e Xavier *et al.* (2023).

Dentre as necessidades para o desenvolvimento do projeto, foi verificada a adequação entre os níveis dos sinais de referência de entrada e saída do robô industrial com relação ao ESP32. Possuindo o ESP32 sinais digitais 0 a 3,3V, e o robô industrial, saída de 0 a 24V. Com o intuito de adequação, foram utilizados circuitos elétricos para conversão e acionamento, utilizando relés de contato no acionamento das entradas digitais do robô industrial (ER1 a ER4) a partir do ESP32. Foram utilizados optoacopladores para adequação dos sinais digitais de saída do robô industrial (SR1 a SR4), a seleção ocorreu visando garantir maior segurança as entradas e saídas digitais do ESP32, visto que o optoacoplador não possui contato elétrico entre seus circuitos de entrada e saída, existindo desta forma uma isolação óptica entre os terminais de entrada e saída, conforme apresentado em Neves e Freitas

(2019). A figura 1 evidencia o circuito eletrônico elaborado para a transmissão de dados entre o ESP32 e o robô utilizado.

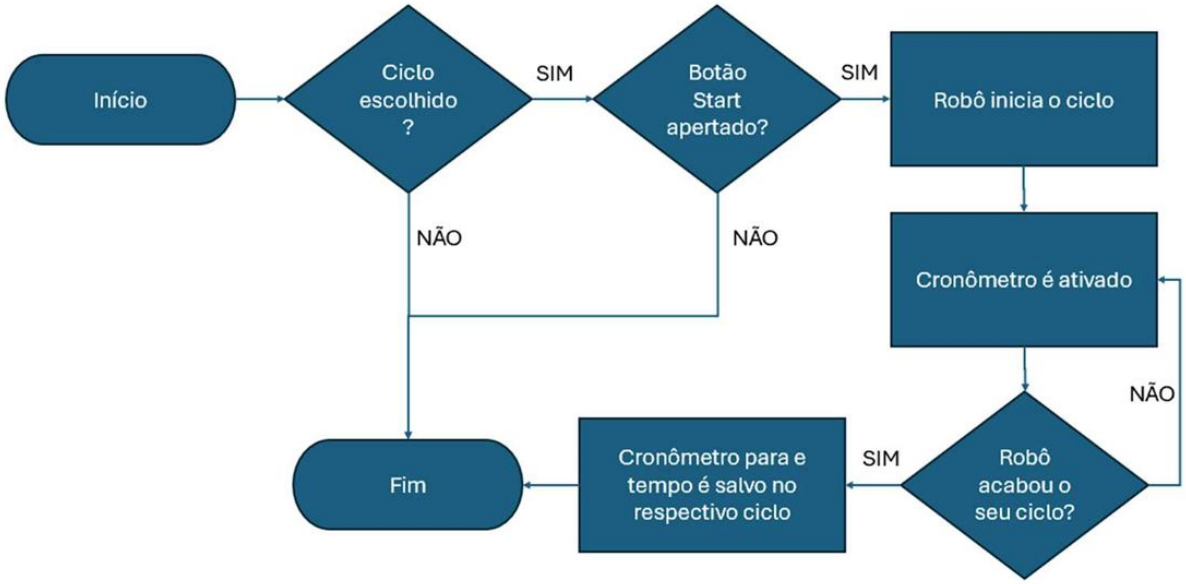
Figura 1 - Esquema elétrico de ligações do circuito entre robô e ESP32



Fonte: Autoria Própria (2025).

Utilizando como base o projeto desenvolvido por Cruz e Ferreira (2025), a interface web responsável pelo controle, envio e recebimento de dados, foi desenvolvida em HTML, CSS e JavaScript. A biblioteca Wi-Fi.h foi utilizada visando emular uma rede Wi-Fi, de forma local, e sintetizar o algoritmo de programação definido, sendo baseado em um ponto de acesso para outros dispositivos se comunicarem ao ESP32, ou seja, realizada localmente a partir da placa de prototipagem eletrônica. A biblioteca WebServer.h foi aplicada visando realizar o filtro de dados mais eficiente e aquisição e transmissão de dados, facilitando assim o processo de tomada de decisões. A figura 2 apresenta o fluxograma representativo de funcionamento do sistema.

Figura 2 – Fluxograma representativo do funcionamento do projeto.



Fonte: Autoria Própria (2025).

ISSN: 2318-1494

A programação do robô industrial foi desenvolvida utilizando apenas movimentos do tipo junta e linear, com três sequências distintas para a movimentação de peças, as quais eram alocadas a flange do robô e realocadas em posições específicas através do acionamento de uma garra com acionamento pneumático, por válvula do tipo duplo solenóide. O acionamento da garra ocorre apenas na programação desenvolvida diretamente no controlador do robô, o acionamento para inicialização e finalização dos ciclos utiliza das entradas e saídas digitais do robô. A figura 3 apresenta a interface web do ESP32 para controle do robô.

Figura 3 – Interface web do ESP32 para controle do robô.



Fonte: Autoria Própria (2025).

A interface utiliza três botões para acionamento de cada ciclo previamente programado no robô industrial, é necessário inicialmente selecionar o ciclo e posteriormente iniciar o mesmo, apenas após a inicialização um sinal é enviado a entrada digital do robô, sendo cada ciclo acionado por uma entrada digital distinta, o segundo botão de inicialização evita erros no acionamento indevido de um ciclo de forma repetitiva e possibilita um intertravamento das funções de acionamento dos ciclos. O modelo adotado integra a quantidade de entradas e saídas a quantidade de ciclos distintos possíveis a serem desenvolvidos no robô industrial, considerando a proposta de Estremote (2006).

No momento em que o robô é inicializado, uma das saídas envia um sinal para o ESP32 e ocorre a atualização da interface web alterando a mensagem para “Robô em funcionamento”. No algoritmo de programação do ESP32 foi utilizada uma função de temporização, a função permite apresentar na interface web o tempo em milissegundos referente a cada ciclo após a finalização deste.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos na etapa inicial do projeto, foi possível verificar as funcionalidades distintas necessárias para a aplicação. Essas funcionalidades demonstram a viabilidade técnica da proposta e validam os dois subsistemas fundamentais da integração entre o robô industrial SCORBOT ER 9, o ESP32 e a interface web.

O circuito de conversão e isolamento de sinais apresentou desempenho satisfatório, garantindo a compatibilidade entre os níveis lógicos do ESP32 e as entradas digitais do robô, sem distorções ou perdas significativas. As medições realizadas confirmaram a estabilidade dos sinais e a eficiência da solução adotada para o interfaceamento eletrônico.

Da mesma forma, a interface web desenvolvida mostrou-se funcional e responsiva. A configuração do ESP32 como ponto de acesso permitiu o acesso direto à aplicação, que exibiu adequadamente os elementos gráficos e processou, em tempo real, os comandos de controle enviados pelo usuário. A comunicação bidirecional via WebServer se manteve consistente, evidenciando que o sistema é capaz de enviar e receber dados de forma confiável.

Visando o contexto de migração de tecnologias da I3.0 para a I4.0, o projeto atendeu as expectativas referentes a funcionalidade dos sistemas individualizados e aos testes de integração conjunta. Neste modelo temos a desvantagem de a aplicação do robô industrial estar interligada diretamente ao hardware do circuito de conversão e isolamento de sinais, o que não se torna interessante em aplicações complexas, onde a quantidade de dados processados é essencialmente extensa. No entanto, visando projetos em aplicações simples e repetitivas, amplamente utilizadas na indústria automotiva, a solução tende a contribuir para o desenvolvimento de sistemas IoT de baixo custo no contexto da I4.0.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Beatriz Vieira; MADANI, Fernando Silveira. INDÚSTRIA 4.0 – AUTOMAÇÃO DA ANÁLISE DE DADOS E RECURSOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COM FOCO NA GESTÃO. Instituto Mauá de Tecnologia, 2019.

COELHO, P. Rumo à indústria 4.0. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra – FCTU, Portugal, 2016.

CRUZ, Pedro Leonardo Silva; FERREIRA, Alex Franco. MONITORAMENTO E CONTROLE DE SISTEMAS HIDRÁULICOS UTILIZANDO SENSORES DE VAZÃO, COMUNICAÇÃO RF E INTERFACE WEB. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 11, n. 7, p. 2433-2455, 2025.

ESTREMOTE, M. Manipulação Remota de um Braço Mecânico (SCORBOT ER - III) utilizando a Rede Mundial de Computadores. Dissertação de Mestrado. Engenharia Elétrica, UNESP, Ilha Solteira: 2006.

GROOVER, Mikell P. Automação Industrial e Sistemas de Manufatura. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014. 594 p.

LIMA. G. SmartLock Lite: um sistema de controle de acesso usando o microcontrolador ESP32. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO, 2022.

NEVES, Yuri; FREITAS, Diogo. Construção de Controlador Lógico Programável de Baixo Custo para Fins Didáticos. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 4, n. 4, p. 28-39, 2019.

PISCHING, M. et al. Arquitetura para desenvolvimento de sistemas ciber-físicos aplicados na indústria 4.0. In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. 2017. p. 6.

SACOMANO, José Benedito et al. Indústria 4.0. Editora Blucher, 2018.

SANTOS, Bruno P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte, MG, Brasil, 2016.

XAVIER, R. N. G.; CUARELLI, C.; KANESHIRO, P. J. I.; ASATO, O. L.; MORO, J. R.; NAKAMOTO, F. Y. Architecture Proposal for SMT Production Line in the Context of Industry 4.0. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS (INDUSCON), 15., 2023, São Bernardo do Campo: IEEE, 2023. DOI: https://doi.org/10.1109/INDUSCON58041.2023.103 75056.