

Implementação de sistema IoT para monitoramento de dados analógicos utilizando esp32 e plataforma thingspeak

Vitor Amadeu Souza¹; 0009-0002-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
vitor.amadeu@foa.org.br

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de um sistema IoT utilizando o microcontrolador ESP32 para coleta e transmissão de dados analógicos para a plataforma ThingSpeak através de comunicação HTTP. O sistema foi desenvolvido e testado utilizando o simulador Wokwi, permitindo a validação do código antes da implementação física. O objetivo principal foi demonstrar a viabilidade de um sistema de baixo custo para monitoramento remoto de variáveis analógicas em tempo real. A metodologia empregada envolveu a programação do ESP32 em linguagem C++ utilizando o framework Arduino, estabelecimento de conexão Wi-Fi e implementação de requisições HTTP para envio de dados coletados através do conversor analógico-digital (ADC) do microcontrolador. Os resultados obtidos demonstraram a eficácia do sistema proposto, com transmissão confiável de dados em intervalos de 15 segundos, respeitando as limitações da plataforma ThingSpeak. O sistema apresentou estabilidade na conexão Wi-Fi e capacidade de reconexão automática em caso de perda de sinal. As análises dos dados coletados foram visualizadas através de gráficos em tempo real na interface web do ThingSpeak, permitindo monitoramento remoto eficiente. O trabalho contribui para o campo da IoT ao apresentar uma solução acessível e escalável para aplicações de monitoramento remoto, com potencial de aplicação em diversos domínios como agricultura de precisão, monitoramento ambiental e automação residencial.

Palavras-chave: Internet das Coisas. ESP32. ThingSpeak. Monitoramento Remoto. HTTP. Simulação Wokwi.

INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) representa um paradigma tecnológico que conecta dispositivos físicos à internet, permitindo coleta, transmissão e análise de dados em tempo real (Sethi; Sarangi, 2017). A Internet das Coisas (IoT) é um paradigma emergente que permite a comunicação entre dispositivos eletrônicos e sensores através da internet a fim de facilitar nossas vidas (Kumar; Tiwari; Zymbler, 2019). Este conceito tem ganhado destaque significativo na última década, impulsionado pela miniaturização de sensores, redução de custos de conectividade e desenvolvimento de plataformas de nuvem especializadas (Colakovic; Hadzialic, 2018).

A tecnologia IoT exhibe implantação similar e tem potencial para revolucionar várias indústrias, incluindo saúde, agricultura e cidades inteligentes (Chataut; Phoummalayvane, 2023). A crescente adoção da IoT é evidenciada pelas projeções de mercado, onde Intel projetou que o valor de mercado da IoT pode atingir 6,2 trilhões de dólares até 2025, com grande percentual na manufatura e saúde (Yalli; Hasan; Badawi, 2024).

O ESP32, desenvolvido pela Espressif Systems, é um microcontrolador de baixo custo que integra Wi-Fi e Bluetooth, tornando-se uma escolha popular para projetos IoT (Maier; Sharp; Vagapov, 2017). Ele é um módulo microcontrolador de baixo custo e alto desempenho desenvolvido pela Espressif Systems, amplamente utilizado em projetos de IoT e sistemas embarcados. O processador dual-core Xtensa LX6 oferece uma solução flexível e poderosa para aplicações que requerem comunicação sem fio (Foltynek; Babiuch; Suranek, 2017). O objetivo foi identificar as possibilidades de dispositivos IoT de baixo custo e colocá-los em contexto com tecnologia atualizada e equipamentos utilizados na prática industrial. Como representante desses dispositivos de baixo custo, foi escolhido o microcontrolador ESP32, que possui conectividade Wi-Fi integrada (Foltynek; Babiuch; Suranek, 2019).

A plataforma ThingSpeak, desenvolvida pela MathWorks, oferece serviços de IoT na nuvem que permitem coleta, visualização e análise de dados de sensores em tempo real (Pasha, 2016). A plataforma utiliza protocolo HTTP para comunicação e fornece APIs RESTful para integração com dispositivos IoT, além de oferecer ferramentas de análise baseadas em MATLAB (Asghari, Rahmani, Javadi, 2018).

O desenvolvimento e teste de sistemas IoT podem ser facilitados através de simuladores como o Wokwi, que permite prototipagem virtual de circuitos eletrônicos e validação de código antes da implementação física (Ahmad *et al.*, 2019). Esta abordagem apresenta ferramentas e tecnologias educacionais de IoT que simplificam o design, implementação e teste de aplicações IoT (Santos *et al.*, 2023).

A comunicação HTTP tem sido amplamente utilizada em aplicações IoT devido à sua simplicidade e compatibilidade universal (Bandyopadhyay; Sen, 2011). Os protocolos de comunicação são uma parte essencial para a comunicação de dados das aplicações de Internet das Coisas (IoT) (Jamuna *et al.*, 2021).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar um sistema IoT utilizando ESP32 para coleta de dados analógicos e transmissão para a plataforma ThingSpeak, demonstrando uma solução prática e acessível para monitoramento remoto. A relevância deste estudo reside na demonstração de técnicas de implementação que podem ser aplicadas em diversos contextos de IoT, contribuindo para a disseminação de conhecimento sobre desenvolvimento de sistemas conectados.

MÉTODOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento do sistema baseou-se no uso do simulador Wokwi (<https://wokwi.com>), que oferece um ambiente virtual completo para simulação de circuitos eletrônicos com ESP32. Esse simulador permite a execução de código em tempo real, simulação de componentes eletrônicos e conectividade com a internet, o que proporciona condições ideais para o desenvolvimento e teste de aplicações voltadas à Internet das Coisas (IoT). A programação do sistema foi realizada por meio da IDE Arduino com suporte ao ESP32, utilizando a linguagem C++ e bibliotecas específicas para conectividade Wi-Fi e comunicação HTTP. O framework Arduino fornece uma abstração de alto nível que simplifica a programação de microcontroladores, tornando o desenvolvimento de aplicações IoT mais acessível. Nesse contexto, microcontroladores com inteligência embarcada podem atuar como dispositivos intermediários para auxiliar na interconexão entre dispositivos finais.

A plataforma ThingSpeak foi configurada conforme o procedimento padrão, iniciando-se com a criação de uma conta e posterior estabelecimento de um canal de dados. O canal foi denominado "ADC" e configurado com um campo também chamado "ADC" para a recepção dos valores analógicos capturados pelo ESP32. A plataforma gera automaticamente uma chave de API (Application Programming Interface) exclusiva, que é utilizada para autenticação e identificação do canal. A comunicação com o ThingSpeak foi implementada por meio do protocolo HTTP, utilizando requisições do tipo GET para o endpoint da API, seguindo a estrutura: `http://api.thingspeak.com/update?api_key=[CHAVE]&field1=[VALOR]`.

A implementação do sistema abrangeu tanto a configuração do hardware quanto o desenvolvimento do software. No ambiente simulado do Wokwi, o circuito foi montado com o ESP32 conectado a um slider (potenciômetro linear) no pino GPIO34, que foi escolhido por ser um dos pinos com capacidade de conversão analógica (ADC) disponíveis no ESP32. Esse pino suporta resolução de 12 bits e opera em uma faixa de tensão de 0 a 3,3V. O software desenvolvido inclui diversas funcionalidades essenciais: conectividade Wi-Fi por meio da biblioteca WiFi.h para conexão à rede simulada "Wokwi-GUEST", que não requer autenticação; comunicação HTTP via biblioteca HTTPClient.h, responsável pelo envio das requisições GET à API do ThingSpeak; leitura de dados analógicos por meio da função `analogRead()`, que capta o valor digital correspondente ao sinal analógico aplicado ao GPIO34; e a execução de um loop principal com intervalo de 15 segundos entre cada transmissão de dados, respeitando o limite de taxa imposto pela plataforma ThingSpeak.

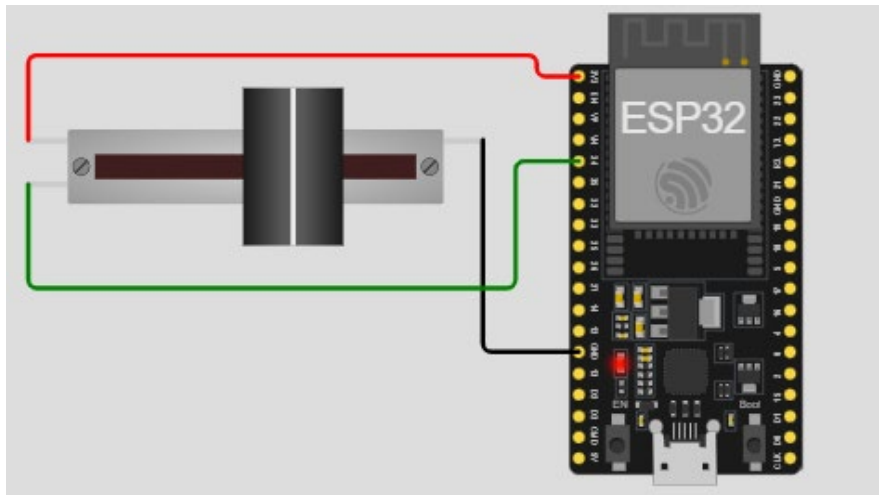
O código-fonte está disponível para download através do link: <https://github.com/vitor-souza-ime/iot>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema demonstraram sua eficácia na construção de uma solução completa de IoT, integrando conectividade Wi-Fi, coleta de dados analógicos e transmissão para uma plataforma de nuvem. Enquanto a maioria dos sistemas industriais e soluções similares ao SCADA (Controle Supervisório e Aquisição de Dados) utiliza protocolos proprietários que dificultam a interoperabilidade, o sistema proposto utiliza o protocolo HTTP aberto, o que garante uma interoperabilidade adequada e facilita a

integração com outras soluções. A Figura 1 mostra o esquema montado no Wokwi para simulação do projeto.

Figura 1 – Esquema montado no Wokwi com ESP32



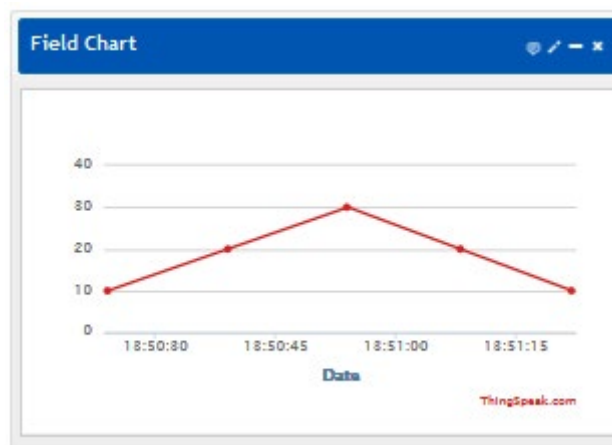
Fonte: O autor.

A implementação do código seguiu boas práticas de programação para sistemas embarcados, com estrutura clara e tratamento apropriado de erros, incluindo reconexão automática em caso de perda de conectividade. O processo de inicialização no bloco `setup()` mostrou-se robusto, estabelecendo com eficiência a conexão com a rede Wi-Fi e fornecendo feedback visual por meio do monitor serial. O uso de um loop de espera com `delay(500)` e exibição de pontos na tela proporcionou ao usuário uma indicação clara do progresso da conexão, tornando o sistema mais transparente e amigável.

Durante a execução do loop principal, o sistema demonstrou estabilidade na leitura dos dados analógicos pelo pino GPIO34 do ESP32. A utilização do conversor analógico-digital com resolução de 12 bits permitiu a leitura de valores variando entre 0 e 4095, faixa adequada para aplicações comuns de monitoramento de variáveis físicas. A escolha do protocolo HTTP como meio de comunicação demonstrou-se eficiente, com construção dinâmica das URLs contendo a chave de API e o valor lido. A biblioteca `HTTPClient` utilizada permitiu abstração das complexidades do protocolo, facilitando o desenvolvimento e posterior manutenção do código.

A visualização dos dados na plataforma ThingSpeak mostrou-se eficiente, com gráficos em tempo real apresentando os valores recebidos pelo servidor ao longo do tempo. A interface da plataforma permitiu a análise intuitiva dos dados e a identificação de padrões. Para validação da confiabilidade da transmissão, foram realizados testes com valores de referência específicos, e os resultados confirmaram a integridade dos dados, com correspondência entre os valores enviados pelo ESP32 e os recebidos na plataforma, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Tela de operação do ThingSpeak



Fonte: O autor.

Quanto ao desempenho, o intervalo de 15 segundos entre transmissões, exigido pela versão gratuita do ThingSpeak, mostrou-se compatível com a maioria das aplicações de monitoramento não crítico. Entretanto, para cenários que demandam maior frequência de amostragem, seria necessário considerar plataformas alternativas ou versões pagas da mesma.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e implementação de um sistema IoT utilizando ESP32 para coleta de dados analógicos e transmissão para a plataforma ThingSpeak. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade técnica e econômica da solução proposta, com características adequadas para aplicações de monitoramento remoto em tempo real.

A integração entre ESP32 e ThingSpeak proporcionou solução robusta e escalável, adequada para uma ampla gama de aplicações de monitoramento. A simplicidade do protocolo HTTP para comunicação e a interface intuitiva do ThingSpeak facilitam a adoção da solução por desenvolvedores com diferentes níveis de experiência.

A contribuição principal deste trabalho reside na demonstração prática de técnicas de implementação IoT acessíveis, proporcionando base sólida para desenvolvimento de sistemas mais complexos e especializados. O código desenvolvido pode servir como referência para estudantes, educadores e desenvolvedores interessados em explorar o potencial da Internet das Coisas utilizando tecnologias de baixo custo e alta eficiência.

REFERÊNCIAS

CHATAUT, R.; PHOUMMALAYVANE, A.; AKL, R. Unleashing the Power of IoT: A Comprehensive Review of IoT Applications and Future Prospects in Healthcare, Agriculture, Smart Homes, Smart Cities, and Industry 4.0. *Sensors*, v. 23, n. 16, p. 7194, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23167194>.

BANDYOPADHYAY, D.; SEN, J. Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization. *Wireless Personal Communications*, v. 58, n. 1, p. 49-69, 2011.

COLAKOVIC, A.; HADZIALIC, M. Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer Networks*, v. 144, p. 17-39, 2018.

FOLTYNEK, P.; BABIUCH, M.; SURANEK, P. Measurement and data processing from Internet of Things modules by dual-core application using ESP32 board. *Measurement and Control*, v. 52, n. 7-8, p. 978-992, 2019.

JAMUNA, M. et al. A Study of Communication Protocols for Internet of Things (IoT) Devices: Review. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. 10, n. 1, 2021.

ASGHARI, P; RAHMANI, A.M; JAVADI, H.H.S. Internet of Things applications: A systematic review, 2018. Disponível em: <https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2019/06/Fardapaper-Internet-of-Things-applications-A-systematic-review.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2025.

MAIER, A.; SHARP, A.; VAGAPOV, Y. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, p. 143-148, 2017.

SHEHU YALLI, J.; HASAN, M. Hilmi; BADAWI, A. Abubakar. *Internet of Things (IoT): Origins, Embedded Technologies, Smart Applications, and Its Growth in the Last Decade*. IEEE Access, v. 12, p. 91357-91382, 2024. DOI: [10.1109/ACCESS.2024.3418995](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3418995).

KUMAR, S., TIWARI, P. & ZYMBLER, M. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review. J Big Data 6, 111 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0268-2>

PASHA, S. ThingSpeak based sensing and monitoring system for IoT with Matlab Analysis. International Journal of New Technology and Research, v. 2, n. 6, p. 19-23, 2016.

SETHI, P.; SARANGI, S. R. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. Journal of Electrical and Computer Engineering, v. 2017, p. 1-25, 2017.