

Balança IoT com LoRa: Monitoramento Remoto de Peso

Bruna Custódio Alves¹ (EG), Enzo Yukio Chinen² (EG), Egon Luiz Muller Junior (PQ)¹

^{1,2} Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Balança conectada, IoT, LoRa, HX711, ESP32, sensores de peso.

Introdução

A evolução das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) tem promovido o desenvolvimento de soluções para monitoramento remoto. O monitoramento de peso, especificamente, é uma variável crítica em muitas dessas áreas, especialmente em locais onde há limitação de acesso à rede elétrica ou à internet. Neste contexto, a Balança Conectada LoRa se apresenta como uma solução eficaz, utilizando a tecnologia de comunicação LoRa para a transmissão de dados de forma remota e eficiente.

Este projeto visa desenvolver e implementar uma balança eletrônica conectada, utilizando um microcontrolador Heltec LoRa V2 (ESP32) em conjunto com o módulo HX711 para medição de peso, e comunicação por LoRa para enviar os dados a longas distâncias. A proposta é atender à necessidade de monitoramento remoto em ambientes onde a conectividade tradicional é limitada, proporcionando uma solução de baixo custo, escalável e energeticamente eficiente.

Metodologia

O sistema foi desenvolvido utilizando os seguintes componentes principais:

- Heltec LoRa V2 (ESP32): Um microcontrolador que integra a capacidade de comunicação LoRa, responsável por processar os dados coletados e transmiti-los remotamente. Este módulo também inclui um display OLED para exibição local de informações.
- HX711: Um amplificador de sinal e conversor analógico-digital (ADC), utilizado para ler os sinais enviados pelas células de carga e convertê-los em dados digitais compreensíveis pelo ESP32.

- Célula de carga (sensor de peso): Foram utilizados quatro sensores de peso em dois paralelos para formar uma balança capaz de medir até 200 kg no total, com precisão na captação dos dados.
- Módulo LoRa: As placas Heltec LoRa V2 foram utilizadas em pares – uma como transmissora e outra como receptora – para garantir a comunicação eficiente dos dados entre os dois dispositivos.

Os seguintes pacotes foram instalados e configurados no Arduino IDE para o desenvolvimento do sistema:

- LoRa 0.8.0v
- Adafruit BusIO 1.15.0v
- Adafruit GFX Library 1.11.9v
- Adafruit SSD1306 2.5.9v
- Heltec ESP32 Dev-Boards 1.1.5v, configurado especificamente para a placa WiFi LoRa 32 (V2).

O tutorial do Curto Circuito foi utilizado como referência para implementar e calibrar o sistema de medição de peso com o módulo HX711. A calibração foi realizada colocando pesos conhecidos na balança e ajustando o fator de calibração para garantir que os valores lidos correspondessem aos pesos reais.

A etapa de calibração é essencial para garantir a precisão da balança. Utilizando um peso de referência, o fator de calibração foi ajustado até que o valor exibido no display OLED correspondesse ao peso real do objeto. Este processo foi repetido com vários pesos, garantindo a precisão da balança em diferentes intervalos de medição.

A transmissão de dados foi realizada com duas placas Heltec LoRa V2, uma como transmissora e outra como receptora. O protocolo **LoRa** foi escolhido por sua capacidade de comunicação a longas distâncias e baixo consumo de energia.

Resultados e discussão

Após a conclusão da montagem e calibração da Balança Conectada LoRa, os resultados foram satisfatórios no que diz respeito à comunicação remota, mas apresentaram falhas na medição de peso. A utilização do módulo HX711 e das células de carga em paralelo demonstrou grande eficácia ao processar os dados e transmiti-los através do protocolo LoRa, validando o desempenho esperado do sistema.

A balança foi calibrada utilizando pesos conhecidos para ajustar o fator de calibração no código do ESP32. Durante esse processo, foi identificado problemas mecânicos, onde os sensores de peso não estavam funcionando corretamente, o que levou a um resultado muito inconsistente. Ao deixar o peso por um longo período, o valor demonstrado começava a diminuir, fazendo com que os próximos pesos fossem muito discrepantes do esperado. Isto afetou a precisão da calibração e indicou a necessidade de ajustes na montagem da balança.

Embora o foco do projeto não tenha sido testar o alcance da comunicação LoRa, os testes de transmissão mostraram que a troca de dados entre o transmissor e o receptor foi bem-sucedida em um ambiente controlado. Os pacotes de dados de peso foram enviados e recebidos corretamente, confirmando a viabilidade da comunicação LoRa para este tipo de aplicação de monitoramento remoto de peso.

A tecnologia LoRa possibilitou que os dados fossem transmitidos de forma estável e eficiente, com baixo consumo de energia, o que é crucial para o funcionamento em áreas remotas, onde a alimentação de energia pode ser limitada. O sistema demonstrou um bom desempenho, oferecendo uma solução robusta para a automação de pesagem e o envio remoto de dados.

A estabilidade do sistema foi evidenciada na coleta de dados em tempo real, com a exibição dos valores de peso no display OLED do Heltec LoRa V2. Isso possibilita o monitoramento local enquanto os dados são enviados remotamente, oferecendo dupla segurança na operação do sistema.



Figura 1 – Balança

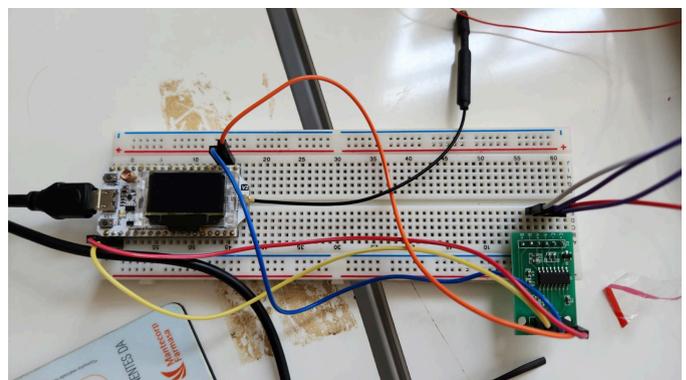


Figura 2 – Montagem do Sistema de Pesagem com ESP32 e Módulo HX711

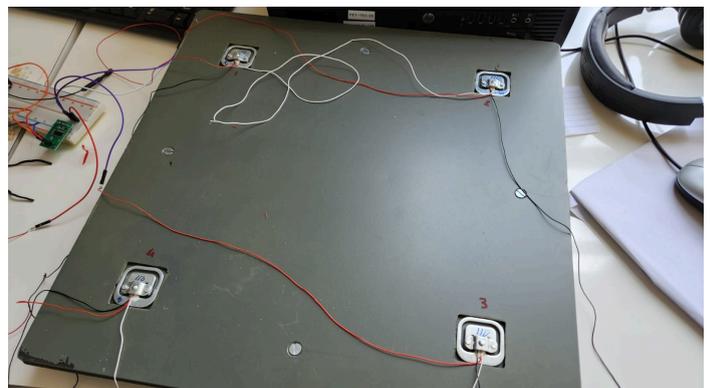


Figura 3 – Configuração das Células de Carga

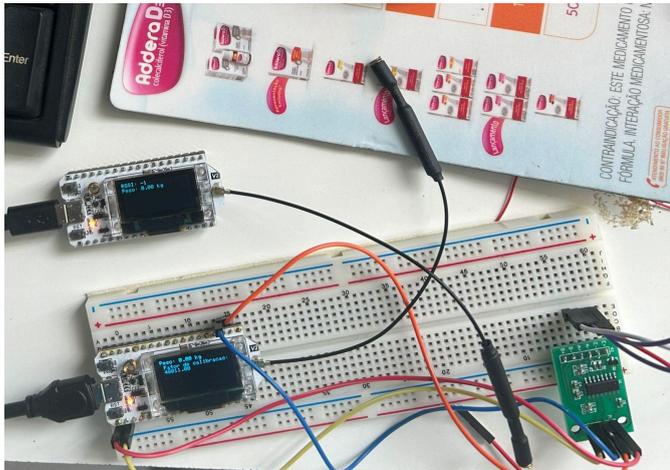


Figura 4 – Transmissão LoRa

Conclusões

A Balança Conectada LoRa apresentou um desempenho robusto em termos de precisão de medição e comunicação de dados a longas distâncias. A combinação do microcontrolador Heltec LoRa V2, com a célula de carga e o módulo HX711, oferece uma solução eficiente e de baixo custo para o monitoramento remoto de peso, particularmente em áreas com infraestrutura de comunicação limitada.

A tecnologia LoRa provou ser uma alternativa viável às redes tradicionais para transmissão de dados em locais remotos, e a balança pode ser facilmente integrada em uma variedade de aplicações. O sucesso do projeto destaca o potencial de soluções IoT para automatizar processos, reduzir custos operacionais e melhorar a eficiência de monitoramento em tempo real.

Trabalhos futuros

O projeto demonstrou eficácia na comunicação remota, mas apresentou inconsistências na medição de peso, atribuídas às limitações dos sensores empregados. Para aprimorar o desempenho e melhorar a usabilidade, futuras implementações devem explorar o uso de sensores de peso mais avançados e adequados. Além disso, prevê-se a incorporação de sistemas de medição de pressão, especialmente para gases engarrafados, ampliando o escopo de aplicação do projeto.

Agradecimentos

Agradecemos à instituição Universidade Federal de Itajubá, pela oportunidade de realizar o projeto, e ao FNDE que o apoia.

Referências

- [1] Random Nerd Tutorials. **ESP32 Load Cell HX711**. Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-load-cell-hx711/>.
- [2] Heltec Automation. **Heltec ESP32 LoRa Documentation**. Disponível em: https://resource.heltec.cn/download/package_heltec_esp32_index.json.
- [3] UsinaInfo. **Balança para Arduino com 4 células de carga**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/robotica-educacional/balanca-para-arduino-em-mdf-6mm-com-4-celulas-de-carga-de-50kg-pl200-6235.html>.
- [4] Blog Eletrogate. **Balança Digital com Arduino**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/balanca-digital-com-arduino-aprenda-a-usar-a-celula-de-carga/>.
- [5] Curto Circuito. **Balança com Célula de Carga e HX711**. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/balanca-com-celula-de-carga-e-hx711?srsItd=AfmBOoqnb2jtP9VCLEUBLGDxaeRoQUeOr2vcFJJq7mUwKQWJgqBPutrj>