

Sistemas Embarcados: Comunicação via ESP32 com LoRa

Nunes, Eduardo Elias
Dept. Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas -UEA
Manaus, Brasil
een.eng17@uea.edu.br

Souza, Rodrigo Alencar de
Dept. Engenharia Eletrônica
Universidade do Estado do Amazonas -UEA
Manaus, Brasil
rads.ele16@uea.edu.br

Costa, Arlindo Messias Mendes da
Dept. Engenharia de Controle e Automação
Universidade do Estado do Amazonas -UEA
Manaus, Brasil
ammc.eng17@uea.edu.br

Amaral, Hiram Carlos Costa
Dept. Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas -UEA
Manaus, Brasil
hamaral@uea.edu.br

Rezende, Diogo Pena
Dept. Sistema de Informação
Universidade do Estado do Amazonas -UEA
Manaus, Brasil
dpr.snf21@uea.edu.br

Mourão, Andreza
Dept. Engenharia da Computação
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
amourão@uea.edu.br

Abstract—This article makes a brief introduction about embedded systems and their numerous applications such as the implementation of Wifi communication studies via ESP32 with LoRa in an electronic insole capable of identifying the user's footsteps through piezoresistive sensors. Whose main results were obtained through studies and implementations carried out by the Hardware and IoT team for the development of the Smart Gait project.

Keywords—sistemas embarcados; ESP32; LoRa; Wifi; hardware e IoT.

I. RESUMO

O presente artigo faz uma breve introdução a respeito dos sistemas embarcados e suas inúmeras aplicações tal como a implementação dos estudos de comunicação Wifi via ESP32 com LoRa em uma palmilha eletrônica capaz de identificar o tipo de pisada do usuário através de sensores piezoresistivos. Os principais resultados foram obtidos através de estudos e implementações realizados pelo time de Hardware e IoT para o desenvolvimento do projeto Smart Gait.

II. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico da atualidade surgem inúmeras demandas de resolução de problemas cotidianos das mais diversas áreas, com isso torna-se necessário a utilização de sistemas embarcados integrados a dispositivos de longo alcance e que possuam comunicação via wifi. O crescimento da demanda de aparelhos mobile, gera o que [1] define como próteses midiáticas: aparelhos acoplados ao nosso corpo que

nos permitem criar lembretes, armazenar memórias e até gerenciar relacionamentos humanos.

Os aparelhos inteligentes vestíveis (wearbles) vão desde relógios, óculos, tecidos inteligentes, anéis e pulseiras, até outros formatos mais invasivos, que não são de fácil remoção, como micro-chips implantados sob a pele [2]. A função destas tecnologias é fornecer informações constantes e fluidas, de maneira portátil e, principalmente, sem ter que usar as mãos para acessar estes dados no smartphone [3].

No cenário atua é possível observar claramente que cada vez mais estão sendo produzidos equipamentos inteligentes, ou seja, conectados à internet isso graças ao desenvolvimento da internet das coisas (IoT). Então é necessário que os novos equipamentos eletrônicos contenham um hardware com sistema embarcado e que possuam comunicação de longo alcance afim de proporcionar ao usuário uma melhor experiência do uso do produto.

Este artigo tem como finalidade a realização de estudos e implementação de projetos sobre os sistemas embarcados com ênfase na resolução de problemas tecnológicos da atual sociedade utilizando a integração da placa ESP32 com o dispositivo de longo alcance módulo wifi LoRa.

III. SISTEMAS EMBARCADOS

De acordo com o IEEE um sistema embarcado é definido como “um sistema computacional que faz parte de um sistema maior e implementa alguns dos requerimentos deste sistema” [4]. Já para [5] é “um sistema baseado em um microprocessador, que é projetado para controlar uma função

tecnologia LoRa. LPWAN é um tipo de comunicação sem fio de baixo consumo de energia, baixo custo, vasta área de cobertura e baixa taxa de transferência de dados que foi projetada para atender à crescente demanda de equipamentos IoT [16].

Segundo [17] a principal proposta do LoRa é possibilitar uma tecnologia de comunicação sem fio que atenda as premissas do LPWAN a um baixo custo de implementação e viabilizar através de um padrão de comunicação denominado LoRaWAN a interligação de diversos dispositivos separados por uma longa distância sem a necessidades de complexos sistemas transmissores e receptores [18].

VII. IMPLEMENTAÇÃO DO ESP32 COM LORA

A união entre o LoRa e o ESP32 resultou na Placa WiFi LoRa ESP32. Esta é uma plataforma completa de hardware e software voltada para prototipagem IoT. Para esta aplicação utilizou-se uma placa fabricada pela Heltec e que opera tanto em 868MHz quanto em 915MHz [19].

Um dos diferenciais na utilização da Placa WiFi LoRa ESP32 é a possibilidade de conectar módulos e sensores na placa para obtenção de dados ou execução de ações, e tudo poderá ser obtido ou acionado através da comunicação LoRa. Além disso, há como fazer a interface para que as informações obtidas através dessa comunicação, possam ser acessadas via bluetooth ou via WiFi e posteriormente serem disponibilizadas na internet, seja através do protocolo TCP/IP, MQTT ou IFTTT. [19]

VIII. COMUNICAÇÃO E TRANSMISSÃO ENTRE ESP32 LORA.

Após a aquisição de dados da pressão plantar pelo sensor piezoresistivo e aquisição de dados do giroscópio, os dados referentes desses sensores serão transmitidos para uma placa Esp32 com Lora, logo para compreensão inicial do funcionamento dessa placa foi feita uma comunicação entre dois Loras um Sender e outro Receiver, onde no Sender está conectado um push botton e no receiver um led [19].

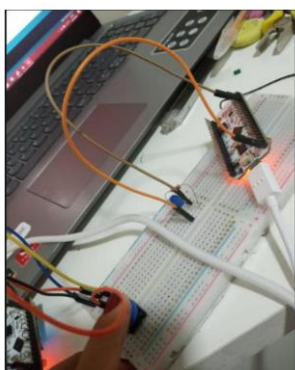


Figura 14. Comunicação ESP32 com LoRa
Fonte: [19]

IX. APLICAÇÃO NA PALMILHA ELETRÔNICA

Após a aquisição de dados da pressão plantar pelo sensor piezoresistivo e aquisição de dados do giroscópio, os dados referentes desses sensores serão transmitidos para uma placa Esp32 com Lora, logo para compreensão inicial do funcionamento dessa placa foi feita uma comunicação entre dois Loras um Sender e outro Receiver, onde no Sender está conectado um push botton e no receiver um led [19].

A. Montagem do protótipo fixo na placa universal com Raspberry Pi 4, Esp32, MPU9250 e piezoresistivo FSR.

Foi desenvolvido a montagem dos módulos na placa universal. Onde a proposta é fixar 2 módulos contendo os seguintes itens: uma palmilha com 5 sensores piezoresistivo, um sensor inercial MPU9250 e um microcontrolador ESP32. Além disso, a placa deve conter um Raspberry Pi 4 [19].

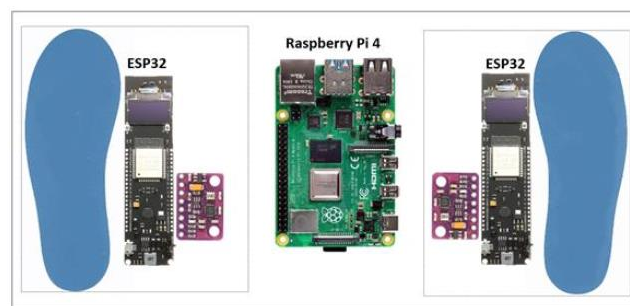


Figura 16. Protótipo da Palmilha
Fonte: [19]

B. Desenvolvimento do firmware para aquisição dos dados do protótipo com 5 sensores FSR e 1sensor MPU9250 de cada palmilha

Foram realizadas pesquisas com o objetivo de desenvolver o firmware para aquisição dos dados dos sensores presentes em cada palmilha, ou seja, o código deve obter os dados dos sensores piezoresistivo e do sensor inercial MPU9250 [19].

```

leitura_MPU9250_FSR
1 #define FORCE_SENSOR_A 4 // definição dos pinos de leitura dos sensores
2 #define FORCE_SENSOR_B 0
3 #define FORCE_SENSOR_C 13
4 #define FORCE_SENSOR_D 25
5 #define FORCE_SENSOR_E 32
6 #include <MPU9250_WB.h>
7 #include <Wire.h>
8 #define MPU9250_ADDR 0x68
9
10 MPU9250_WB myMPU9250 = MPU9250_WB(MPU9250_ADDR);
11
12 void inicializar_mpu9250() {
13   Wire.begin();
14   if(!myMPU9250.init()){
15     Serial.println("MPU9250 does not respond");
16   }
17   else{
18     Serial.println("MPU9250 is connected");
19   }
20   if(!myMPU9250.initMagnetometer()){
21     Serial.println("Magnetometer does not respond");
22   }
23   else{
24     Serial.println("Magnetometer is connected");
25   }
26   Serial.println("Position you MPU9250 flat and don't move it - calibrating...");
27   delay(1000);

```

Figura 17. Firmware para aquisição dos dados
Fonte: [19]

C. Desenvolvimento do protótipo com 13 sensores piezoresistivos e comunicação entre ESP32 e Raspberry Pi via Wi-fi

A figura 18, ilustra o desenvolvimento do firmware para a aquisição e transmissão dos dados dos sensores presentes em cada palmilha, ou seja, o código deve obter e enviar os dados de 13 sensores piezoresistivos. Após a aquisição, transmitir os dados para o Raspberry Pi usando socket UDP.

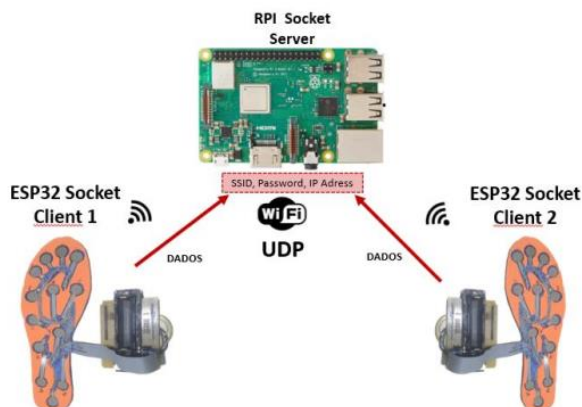


Figura 18. Esquema desenvolvido para implementação
Fonte: [19]

X. RESULTADOS E DISCUSSÕES

D. Realização de testes do alcance da transmissão de dados usando LoRa

Após o desenvolvimento dos códigos para transmissão e recepção de dados via LoRa para os ESP32 HELTEC, foram realizados testes de alcance para observar a qualidade da transmissão e intensidade do sinal. O teste foi organizado da seguinte forma: após fazer o carregamento dos códigos para os respectivos módulos, foi selecionado o ESP32 Sender para ficar em um local fixo na UEA, e o ESP32 Receiver foi escolhido para ser deslocado pelo prédio para testar o alcance de transmissão dos dados [19].

Com isso foi possível a realização do desenvolvimento de testes envolvendo a comunicação via LoRa. Com os módulos devidamente carregados com os códigos, posicionou-se o ESP32 Sender em uma das salas da UEA, o ESP32 Receiver foi deslocado pela área da UEA até um ponto onde houvesse uma comunicação razoável entre os módulos. Dessa forma, obteve-se o seguinte resultado: um alcance de aproximadamente 195 metros, em uma área com presença de barreiras como paredes, prédios e árvores. Considerando as condições do teste, verifica-se que a comunicação apresentou um bom desempenho com a antena que vem com o módulo [19].



Figura 21. Testes de alcance de comunicação LoRa.
Fonte: [19]

E. Teste e geração de pacotes de dados utilizando o protótipo das palmilhas

Foram realizados os testes de funcionamento do protótipo desenvolvido pelo time de Hardware e IoT, após a verificação do bom funcionamento de cada sensor, realizou-se a coleta dos dados de pisada para análises posteriores. Na execução dos testes, inicialmente foi necessário verificar se o protótipo estava funcionando adequadamente, após isso, foi possível inserir as palmilhas dentro dos calçados para iniciar a geração dos pacotes de dados relacionados à pisada do usuário. A figura 22 abaixo ilustra o processo da geração dos dados no formato json para análise posterior [19].

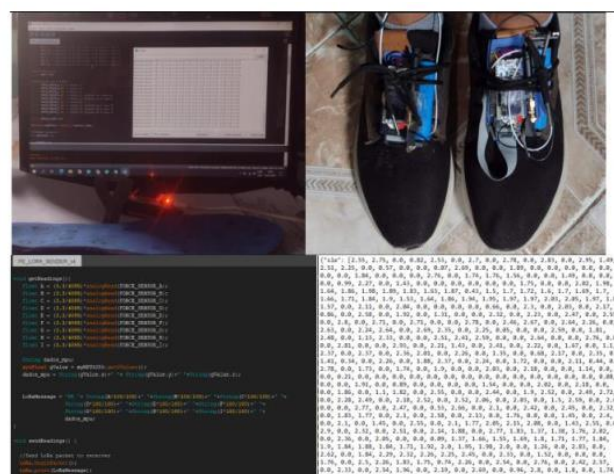


Figura 22. Aplicação proposta, parte do código e pacote de dados obtido.

Fonte: [19]

XI. CONCLUSÃO

As aplicações em projetos de sistemas embarcados estão tornando-se mais complexas com o desenvolvimento e surgimento de novas tecnologias [20][21]. Por isso é fundamental o investimento e pesquisas relacionados a implementação de tecnologias de baixo custo que utilizam microcontroladores tais como o ESP32 aplicados a comunicação sem fio de longo alcance LoRa. Na medida em que o custo de fabricação e desenvolvimento desse tipo de sistema cai (e isto vem ocorrendo de forma progressiva nas últimas duas décadas), a sua presença no cotidiano tende a aumentar cada vez mais [20].

O presente estudo possibilitou a compreensão de uma aplicação de sistemas embarcados utilizando a comunicação sem fio através do sistema LoRa o qual foi usado no protótipo de uma palmilha inteligente para realização da coleta de dados referentes os tipos de pisadas dos usuários. A pesquisa também suma importância para as de saúde e bem estar humano bem como grandes contribuições a atletas, pois através desses dispositivos eletrônicos inteligentes é possível a garantia de melhor qualidade de vida e potencialização dos treinamentos praticados por desportistas.

F. Créditos

Este artigo é um dos resultados obtidos pelo projeto de PD&I Smart IoT Gait Analysis System, realizado pela Universidade do Estado do Amazonas, em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

- [1] MASTROCOLA, Vicente Martin; G. S. CASTRO, Gisela. Comunicação e consumo nas wearable technologies. Revista GEMInIS, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 130-147, dez. 2015;
- [2] TEHRANI, Kiana; MICHAEL, Andrew. Wearable Technology and Wearable Devices: Everything You Need to Know. 2014;
- [3] PACHECO, Felipe Medeiros, A NIKE NO APPLE WATCH: Utilização de tecnologias wearables. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.: Porto Alegre 2017;
- [4] "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology", Version 610.12 1990, Standards Coordinating Committee of the IEEE Computer Society, pp. 30, USA, 1990;
- [5] Heath, Steve, "Embedded System Design", 2ªed., Elsevier, 2003;
- [6] Ball, Stuart. – "Embedded Microprocessor Systems: Real World Design", 3rd edition, Editora: MCPros, EUA, 2005;
- [7] CHASE, Otavio. Sistemas Embarcados, 2010. Disponível em: www.sabajovem.org. Acesso em: 27 jun. 2022;
- [8] PLANO DE TRABALHO: SAMSUNG, 2020 (Documento Interno ao Projeto Sistema Internet das Coisas Inteligente de Análise de Marcha - Smart IoT Gait Analysis System);
- [9] JIMENEZ, M.; PALOMERA, R.; COUVERTIER, I. Introduction to embedded systems. Springer: [s.n.], 2013;
- [10] SILVA, Reinaldo Antônio da. Um Catalogo de Requisitos Não Funcionais para Sistemas Embarcados. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife. 2019;
- [11] FLOP, Felipe. Módulo Wifi ESP32 Bluetooth. Desiponivel em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth/>. Acesso em: 15 mai. 2020;
- [12] V. Pravalika, Ch. Rajendra Prasad . Internet of Things Based Home Monitoring and Device Control Using Esp32., June 2019;
- [13] SANTOS, Rui. Learn ESP 32 with Arduino. Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com/courses> >. Acesso em: 30 de jan. de 2022;
- [14] Technical Marketing Workgroup, "Overview LoRa and LoRaWAN," LoRa Alliance, no. November, 2015.
- [15] TOZETTO, Diego F; SILVA, Rodrigo V; FREIRE ,Roberto Z. Sistema de Comunicação LoRa: Uma solução para Transmissão de Dados no Agronegócio envolvendo Longas Distâncias e Baixo Custo.;
- [16] Petajajarvi, J., Mikhaylov, K., Yasmin, R., Hamalainen, M., and Iinatti, J. (2017). Evaluation of LoRa LPWAN Technology for Indoor Remote Health and Wellbeing Monitoring. International Journal of Wireless Information Networks, 24(2):153–165;
- [17] Lucas R. de Oliveira, Arlindo F. da Conceição e Lauro P. S. Neto. Revisão sistemática da literatura sobre aplicações das tecnologias LoRa e LoRaWAN. Universidade Federal de São Paulo São Jose dos Campos, Brasil;
- [18] Alliance, L. LoRa Alliance technology. <https://www.loraalliance.org/technology>. Acessado: 12/05/2022;
- [19] Gait_Medse_Etapas\Gait Hw Etapa 3 - Concepção Do Sistema\01_Gaitconcepção Do Sistema V0.1.Docx;
- [20] Ossada, J. C.; Martins, L. E. G.; Ranieri, B. S. and Belgamo, A. "GERSE: Guia de Elicitação de Requisitos para Sistemas Embarcados". WER 2012 - 15th Workshop on Requirements Engineering;
- [21] Peter, B., Broy, M., Frank, H., Matthias, K., Mark, M., Birgit, P., Klaus, P. and Thorsten, W. "Guiding requirements engineering for software-intensive embedded systems in the automotive industry: The REMsES approach". In: Computer Science - Research and Development, Vol. 29, outubro de 2010, pages 21-43;