



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS,
TECNOLOGIAS E SAÚDE DO CAMPUS ARARANGUÁ CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

TiX - Tabuleiro Inteligente de Xadrez

Redes sem Fios (DEC7563)

Lucas Porto Ribeiro e Leonardo Silveira Nogueira

TiX - Tabuleiro Inteligente de Xadrez
Redes sem Fios (DEC7563)

Pré-projeto da disciplina de Redes sem Fio (DEC7563) do Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina.
Professora: Dra. Analucia Schiaffino Morales

Araranguá
2025

1 Funcionamento do Projeto

O projeto consiste no desenvolvimento de um tabuleiro inteligente para a prática de xadrez unidimensional (1D), uma variante simplificada do xadrez tradicional. Enquanto o tabuleiro convencional apresenta 64 casas distribuídas em 8 linhas por 8 colunas conforme ilustrado na Figura 1, o xadrez 1D reduz essa configuração para apenas uma coluna com 8 casas, como demonstrado na Figura 2. Nessa versão, utilizam-se apenas 6 peças: dois reis, dois cavalos e duas torres.

A principal funcionalidade do sistema é a anotação automática dos lances realizados durante a partida, permitindo o armazenamento e análise futura dos jogos. Além dos lances em si, o sistema registra e transmite dados relacionados ao contexto da partida, como o turno dos jogadores, o tempo de cada jogada, identificação de jogadas inválidas e detecção do encerramento da partida.

Todas essas informações são transmitidas via Bluetooth, a partir de um microcontrolador ESP 32 embarcado no tabuleiro, para uma aplicação executada em um computador.

A escolha do xadrez 1D visa reduzir a complexidade de hardware sem comprometer os desafios inerentes à comunicação sem fio. Cada peça possui um resistor associado e, ao ser posicionada em uma casa do tabuleiro, forma um divisor de tensão com um resistor fixo. A leitura da tensão resultante, realizada por um canal analógico do microcontrolador, permite identificar qual peça está presente em cada posição.

Essa abordagem oferece flexibilidade para a implementação de variantes com o mesmo número de casas e peças, e viabiliza a futura expansão para sistemas mais complexos, como o xadrez tradicional, inclusive contemplando mecânicas como a promoção de peças — algo que seria mais difícil com sensores digitais convencionais, que não distinguem entre diferentes tipos de peças de forma analógica.

Figura 1 – Xadrez Convencional

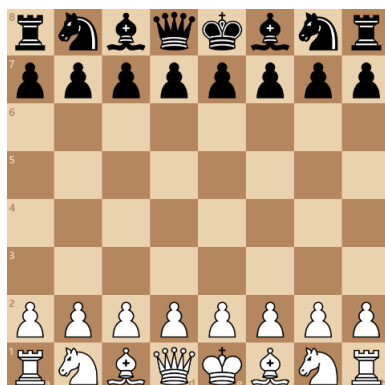


Figura 2 – Xadrez Unidimensional



O fluxo de funcionamento segue a seguinte ordem: com o ESP ligado, antes de executar qualquer lance, é necessário estabelecer uma conexão com o programa no computador externo. O código externo estabelece a conexão bluetooth com o ESP via porta de comunicação designada pelo próprio sistema operacional, e espera uma mensagem chegar na porta serial enviada pelo ESP. Quando a conexão é estabelecida, um led verde presente no tabuleiro liga, sinalizando ao usuário que o sistema está pronto para uso.

Após a conexão, para realizar um lance, o usuário deve deslocar a peça da casa de origem até a de destino e depois apertar o botão que representa o lado do jogador, ou seja, existe um botão para o jogador de brancas e outro para o de pretas.

Depois que o lance foi feito no tabuleiro, o código embarcado no ESP detecta quais peças se moveram, comparando o estado atual (após o lance) com o anterior. A detecção de qual peça está em cada casa é feita via leitura analógica nos pinos do ESP com a lógica do divisor de tensão explicada anteriormente. Após a detecção, o ESP manda uma mensagem bluetooth para o PC com o seguinte formato: [índice Origem, Índice Destino, Tempo gasto, controle de tempo]. O índice de origem e destino representam a casa de onde a peça saiu e onde ela acabou, o tempo gasto é o tempo que o jogador tem restante após realizar o lance, o controle de tempo é o tempo total que cada jogador tem no total, decidido no antes do início da partida.

O PC recebe a mensagem com as informações e as trata, verificando se o lance é possível, ou seja, segue as normas do jogo. Em seguida, quando o lance é legal, ele verifica a situação do jogo, se alguém ganhou, teve algum empate ou não. Com essas informações, o PC responde para o ESP uma mensagem com o seguinte formato: [lance legal, resultado], onde o lance legal corresponde se o lance é legal ou não, e o resultado representa se o jogo teve um fim ou não.

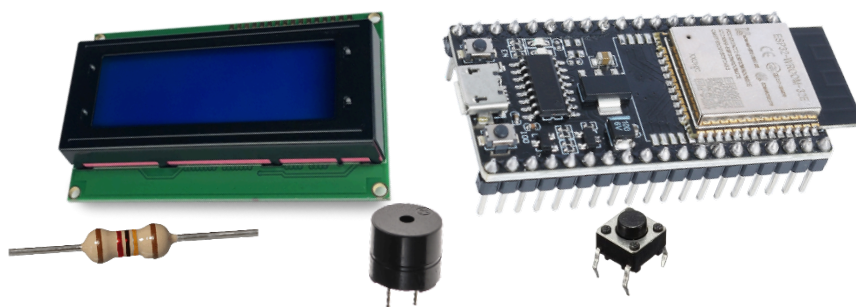
Esse processo se repete até o fim do jogo, até o momento em que o tabuleiro é restaurado e fica pronto para uma nova partida e o início de um novo ciclo.

2 Componentes de Hardware e Funcionalidades

A seguir, descrevem-se os principais componentes eletrônicos utilizados no desenvolvimento do tabuleiro inteligente, juntamente com suas respectivas funções, conforme ilustrado na Figura 3.

- **8 Resistores de 560Ω:** Utilizados como resistores fixos nos divisores de tensão, um para cada posição do tabuleiro, permitindo a leitura analógica das peças inseridas.
- **Resistores de 10Ω, 100Ω, 330Ω, 560Ω, 1500Ω e 3300Ω:** Integrados às seis peças para formar diferentes valores de tensão em conjunto com os resistores fixos, possibilitando a identificação única de cada peça.
- **3 Botões:** Permitem a interação dos jogadores com o sistema, incluindo a inicialização de partidas, interrupção/reconexão Bluetooth, configuração do tempo de jogo, pausa da partida e controle de tempo individual.
- **1 Buzzer:** Emite sinais sonoros que indicam seleções no menu, início e término da partida, e status da conexão Bluetooth.
- **1 Display LCD 20x4 com comunicação I2C:** Exibe o nome do dispositivo Bluetooth, opções de menu e o tempo restante de cada jogador.
- **1 Microcontrolador ESP 32:** Responsável pelo controle de todos os periféricos, coleta de dados do jogo e envio das informações via Bluetooth para a aplicação no computador.

Figura 3 – Componentes Eletrônicos Utilizados



3 Componentes de Software e Funcionalidades

3.1 Código embarcado no ESP32, desenvolvido em C++

- **Notificações sonoras com o buzzer:** Indicação sonora para ações como seleção de menu, início e fim de partida.
- **Exibição de informações no LCD (biblioteca *LiquidCrystal_I2C.h* e *Wire.h*):** Apresenta menu de opções, tempos de cada jogador e status da conexão Bluetooth.
- **Captura de tempo por jogada:** Mede e armazena o tempo gasto em cada lance.
- **Leitura de entradas pelos botões:** Detecta interações dos usuários como seleção de opções, início/pausa de partida e confirmação de jogadas.
- **Varredura do tabuleiro:** Leitura periódica das tensões nas casas do tabuleiro para detectar o estado atual da posição das peças no tabuleiro.
- **Envio dos dados via Bluetooth (biblioteca *BluetoothSerial.h*):** Transmissão do estado do jogo, incluindo a disposição das peças e tempo de jogada, para a aplicação no computador.

3.2 Código implementado na máquina externa, desenvolvido em Python

- **Interface gráfica (biblioteca Pygame):** Implementação de uma GUI com a biblioteca Pygame para facilitar a comunicação com o usuário, vide Figura 4.
- **Identificação de lances impossíveis:** Lógica que reconhece quando um lance que não é possível segundo as regras do jogo, avisando o usuário por meio do buzzer no ESP.
- **Leitura e Armazenamento de jogos:** O programa é capaz de armazenar os jogos em um arquivo de texto, e também é capaz de visualizar jogos já salvos, entrando em um modo para a análise da partida, como demonstrado na Figura 5.
- **Tratamento dos dados recebidos via Bluetooth (biblioteca serial):** Após cada lance o sistema recebe a mensagem do ESP transmitida e verifica o lance, o sistema é capaz de mandar uma mensagem de resposta para o ESP, mandando o status do lance (se é possível ou não), e se a partida teve ou ganhador ou não.

Figura 4 – Interface Gráfica

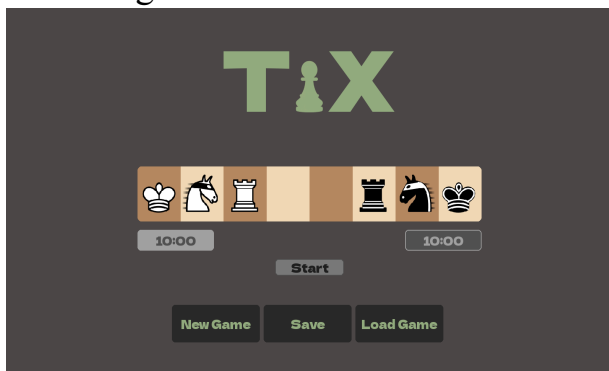


Figura 5 – Exemplo de análise



4 Metodologia Experimental

Inicialmente, foram realizados testes de bancada com o circuito montado em uma protoboard, com o objetivo de validar a leitura analógica dos valores de tensão provenientes dos divisores de tensão formados pelos resistores. Nessa fase também foram testadas a comunicação I2C com o display LCD e as funcionalidades dos botões e do buzzer, garantindo o funcionamento básico dos principais componentes do sistema.

Durante o desenvolvimento do projeto, o circuito permaneceu na protoboard enquanto o software era gradualmente implementado e ajustado. Periodicamente, a comunicação via Bluetooth era testada em conjunto com as demais funcionalidades, a fim de assegurar a estabilidade do sistema à medida que novas funções eram incorporadas.

Nos momentos em que o hardware não estava disponível, utilizamos plataformas de simulação, como Wokwi e Tinkercad, para realizar testes preliminares dos códigos desenvolvidos. Essa estratégia permitiu avançar com o software mesmo em condições limitadas de acesso ao protótipo físico.

Por fim, quando todas as conexões estavam devidamente implementadas e ficou evidente que não seriam adicionados novos componentes nem alteradas suas posições, foi feita a adaptação de uma caixa para acomodar o sistema de forma mais organizada e protegida, consolidando a montagem final do protótipo.

Para testar o código no PC, foi feita uma simulação de comunicação bluetooth via biblioteca socket, utilizando uma conexão TCP para simular as mensagens vindas do ESP. Assim, conseguimos testar a funcionalidade do código sem a necessidade de utilizar o ESP, como consequência, o desenvolvimento do código embarcado e o do PC foram paralelos, acelerando o processo.

5 Resultados e Discussões

A comunicação via Bluetooth entre o computador e o microcontrolador ESP32 foi implementada com sucesso, demonstrando-se robusta e estável ao longo dos testes. O sistema alcançou o raio de operação previsto de 10 metros sem apresentar instabilidades ou perdas na transmissão de dados. Essa conexão confiável foi essencial para a funcionalidade do jogo de Xadrez 1D em um tabuleiro físico, permitindo que as partidas fossem executadas em tempo real e, simultaneamente, registradas na aplicação embarcada no ESP32.

Como resultado, foi possível gerar um histórico de cada partida, viabilizando a posterior análise de estratégias e a revisão dos movimentos realizados. Cumprindo as tarefas que o sistema foi pensado para realizar com sucesso.

Figura 6 – Protótipo Funcional

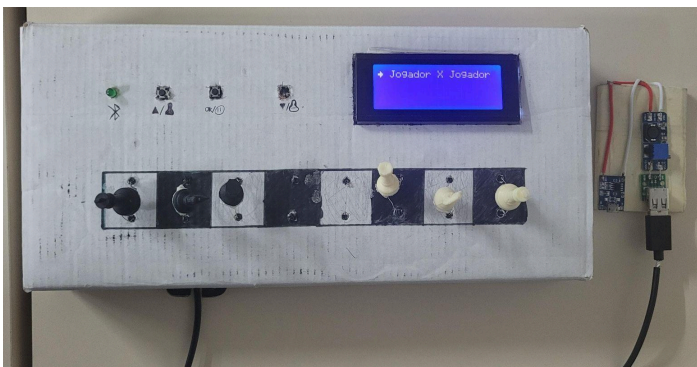
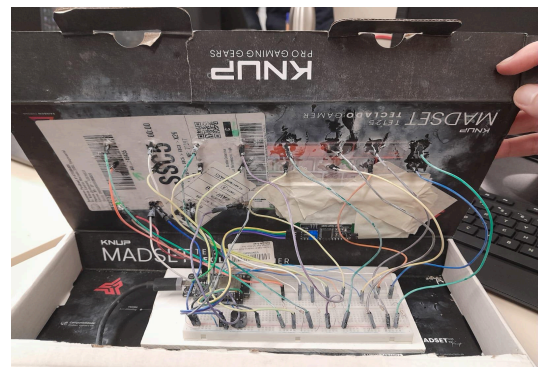


Figura 7 – Sistema interno



6 Desafios e Aprendizados

O desenvolvimento do protótipo apresentou diversos desafios, especialmente relacionados à limitação de recursos e à integração dos componentes. Como o projeto foi construído com o material disponível, foi necessário adaptar soluções, como a utilização de jumpers com conectores do tipo Dupont fêmea para a ligação dos resistores. No entanto, o diâmetro ligeiramente maior dos conectores em relação aos terminais dos resistores causou, em algumas situações, mau contato elétrico. Isso resultava na leitura incorreta do componente, sendo interpretado pelo sistema como ausência de peça no tabuleiro.

Outro desafio enfrentado foi a tentativa de estabelecer uma redundância na comunicação utilizando simultaneamente Wi-Fi e Bluetooth. Devido ao tamanho das bibliotecas necessárias para ambas as conexões, somado ao uso de outras bibliotecas já presentes no código do projeto, a memória flash do ESP32 mostrou-se insuficiente. Diante disso, optou-se por manter apenas a comunicação via Bluetooth, que já atendia de forma satisfatória às necessidades do sistema.

Como aprendizado, observou-se que os jumpers utilizados são frágeis e quebram facilmente com pequenas dobras, o que compromete a durabilidade e a confiabilidade do sistema. Além disso, ficou evidente que a solução implementada para a leitura das peças, baseada em conexões físicas e medições analógicas, pode não ser a mais escalável, principalmente considerando a limitação imposta pela tolerância dos resistores e a precisão da leitura analógica. Esses fatores indicam que, para aplicações futuras com maior número de peças, será necessário explorar alternativas mais robustas e precisas.