



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ – UEPA

Sistema de Tranca Eletrônica com Senha
Disciplina: Sistemas Embarcados
Docente: Renato Carr

Melissa Lunara Santos Ferreira
Wenderson Souza dos Santos



Resumo

Este projeto apresenta o desenvolvimento de uma tranca eletrônica controlada por senha, utilizando um microcontrolador Arduino UNO em conjunto com um teclado matricial 4x4, um microservo SG90 e LEDs indicadores de estado. O sistema foi implementado integralmente em ambiente de simulação na plataforma Wokwi, o que permitiu a validação do protótipo sem a necessidade de hardware físico. A lógica de funcionamento contempla uma senha fixa de quatro dígitos, com possibilidade de correção de dígitos e confirmação da entrada, além de um mecanismo de bloqueio automático por vinte segundos após tentativas incorretas consecutivas. O acionamento do servo simula a abertura e o fechamento da fechadura, enquanto os LEDs e o Monitor Serial fornecem feedback visual e informativo ao usuário. Foram realizados testes em diferentes cenários, confirmando o desempenho esperado do sistema. O resultado obtido demonstra a viabilidade de um protótipo funcional, simples e de baixo custo, adequado tanto para fins acadêmicos quanto como base para soluções práticas em automação de controle de acesso.



Introdução

A busca por soluções acessíveis e eficientes na área de segurança residencial e comercial tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de controle de acesso baseados em tecnologias embarcadas. Entre essas soluções, as trancas eletrônicas se destacam por aliar praticidade e confiabilidade, possibilitando a substituição ou reforço de métodos tradicionais, como chaves físicas. Com a popularização das plataformas de prototipagem eletrônica, como o Arduino, tornou-se viável implementar projetos funcionais de baixo custo, que podem ser aplicados tanto em contextos acadêmicos quanto em protótipos de sistemas reais.

Neste trabalho, desenvolveu-se uma tranca eletrônica com senha fixa de quatro dígitos, programada em um microcontrolador Arduino UNO e implementada integralmente em ambiente de simulação utilizando o Wokwi. O sistema utiliza um teclado matricial 4x4 como interface de entrada, um microservo SG90 para simular o acionamento da fechadura e LEDs como indicadores visuais de estado, complementados pelo monitoramento em tempo real por meio do Serial Monitor. Além disso, foram incorporados recursos de segurança adicionais, como a contagem de tentativas incorretas e o bloqueio temporário do sistema, o que reforça a confiabilidade do protótipo.

A escolha pelo uso de um simulador online em detrimento do hardware físico fundamenta-se na praticidade, rapidez de implementação e redução de custos, características que tornam o Wokwi uma ferramenta adequada para fins didáticos. Dessa forma, este projeto não apenas demonstra a aplicabilidade de sistemas embarcados em soluções de automação e segurança, como também reforça o potencial do uso de simulações como recurso pedagógico no processo de ensino-aprendizagem.

Objetivo Geral

Desenvolver uma tranca eletrônica com senha fixa, baseada em microcontrolador Arduino UNO, utilizando simulação no ambiente virtual Wokwi, de forma a reproduzir o funcionamento de um sistema de controle de acesso seguro, acessível e funcional.

Objetivos Específicos

- Implementar uma senha fixa de quatro dígitos para liberar o acesso.
- Utilizar um teclado matricial 4x4 como interface de entrada de dados.
- Controlar um microservo SG90 para simular a abertura e fechamento da fechadura.
- Inserir LEDs indicadores para fornecer feedback visual sobre o estado do sistema (acesso autorizado ou negado).
- Configurar mensagens no Monitor Serial para acompanhamento em tempo real das operações.
- Adicionar mecanismo de bloqueio temporário após tentativas incorretas consecutivas.
- Realizar todos os testes em simulação no Wokwi, garantindo viabilidade e validação do sistema sem necessidade de hardware físico.



Metodologia

1. Abordagem metodológica

Adotou-se uma abordagem incremental e orientada a módulos, de modo a viabilizar a construção e validação progressiva do sistema. As funcionalidades foram organizadas em etapas lógicas (estrutura do repositório, simulação, esqueleto do firmware, lógica da senha, integração com atuadores e indicadores, e por fim testes), permitindo rastreabilidade entre o planejamento e a implementação. Cada incremento foi acompanhado de verificação funcional no simulador, registro das evidências (prints do circuito e do Monitor Serial) e controle de versão no GitHub.

2. Ambiente e ferramentas

- Plataforma de simulação: Wokwi (execução 100% em navegador, sem necessidade de hardware físico).
- Plataforma de desenvolvimento: Arduino (linguagem C/C++ para microcontroladores).
- Bibliotecas utilizadas: Keypad.h (leitura do teclado matricial 4x4) e Servo.h (acionamento do microservo SG90).
- Controle de versão e armazenamento em nuvem: Git e GitHub (repositório remoto, histórico de commits por módulo, organização de documentação e evidências).
- Sistema de arquivos do projeto: estrutura de diretórios padronizada, com separação entre firmware, documentação, simulação e recursos visuais.

3. Estrutura do repositório e versionamento (nuvem/GitHub)

O repositório foi estruturado para facilitar manutenção, auditoria e reprodutibilidade:

```
tranca-eletronica-senha/  
├─ firmware/  
│   └─ tranca.ino  
├─ docs/  
│   ├── escopo.md  
│   ├── relatorio.md  
│   └─ resultados.md  
├─ sim/  
│   └─ wokwi-link.txt  
├─ assets/  
│   └─ imagens/  
└─ README.md
```



- **Padrão de commits:** cada módulo concluído originou um commit descritivo (ex.: “Módulo 06 – Lógica da senha completa com bloqueio e feedback Serial”), garantindo clareza sobre o escopo da alteração.
- **Rastreamento de evidências:** capturas do Wokwi (circuito) e do Serial Monitor foram salvas em assets/imagens/, permitindo referenciar diretamente no relatório.
- **Disponibilização do link da simulação:** o endereço do projeto Wokwi foi armazenado em sim/wokwi-link.txt, viabilizando reprodução imediata.
- **Armazenamento do relatório final:** além do envio em Word/PDF, recomenda-se arquivar a versão final do relatório em /docs/ para consolidação do projeto no repositório.

4. Configuração da simulação no Wokwi

A simulação foi configurada no Wokwi com os seguintes elementos e ligações:

Componentes simulados:

- Arduino UNO (controlador principal).
- Keypad 4x4 (interface de entrada da senha).
- Microservo SG90 (atuador da tranca).
- LEDs virtuais (verde e vermelho) como indicadores de estado.

Mapeamento de conexões:

- Teclado 4x4:
- Linhas → pinos digitais 2, 3, 4, 5
- Colunas → pinos digitais 6, 7, 8, 9
- Servo SG90:
- Sinal → D10
- VCC → 5V
- GND → GND do Arduino
- LEDs (virtuais): conectados aos pinos digitais definidos no firmware, com retorno comum ao GND. No Wokwi, os LEDs virtuais já contemplam o comportamento elétrico, simplificando a montagem.

Boas práticas elétricas na simulação: todos os componentes compartilham referência comum de GND; alimentação do servo pelo 5V do UNO; organização das conexões para leitura clara no diagrama.

5. Desenvolvimento do firmware

O firmware foi desenvolvido em camadas de responsabilidade, com foco em legibilidade e validação incremental:

5.1. Definições e constantes de projeto:

Senha fixa de quatro dígitos (5555), tamanho do buffer, número máximo de tentativas, tempo de bloqueio (20 s), ângulos do servo (fechado em 0°, aberto em 90°), tempo de abertura (10 s), e pinos dos periféricos.

5.2. Variáveis de estado:

Buffer de entrada, índice de posição digitada, contador de tentativas inválidas, flag/estado de bloqueio e temporizações associadas.

5.3. Inicialização (setup):

Configuração da Serial (para feedback e depuração), anexação do servo ao pino D10, configuração dos pinos dos LEDs e exibição de mensagem/banner inicial no Monitor Serial indicando o início da simulação.



5.4. Leitura do teclado (loop):

Dígitos numéricos (0–9): inseridos sequencialmente no buffer até atingir quatro posições.

Correção (*): remoção do último dígito inserido.

Confirmação (#): dispara a validação da senha quando o buffer contém quatro dígitos.

5.5. Validação e tratamento de tentativas:

Senha correta: chama a rotina de abertura da tranca (movimento do servo para 90°), aciona LED verde, registra evento no Serial e mantém o estado por ~10 s. Em seguida, retorna ao estado fechado (servo em 0°) e reativa o LED vermelho.

Senha incorreta: incrementa contador de erros, informa no Serial e verifica limite de tentativas. Ao atingir o limite, ativa-se o bloqueio de 20 s, durante o qual novas entradas são ignoradas e o LED vermelho permanece ativo.

5.6. Feedback ao usuário:

Toda a interação é registrada no Monitor Serial (teclas pressionadas, correções, confirmações, sucesso/erro, início e término de bloqueios), conferindo a observação do sistema.

6. Procedimento de testes (planejamento e execução)

Os testes foram conduzidos exclusivamente no Wokwi, com evidências coletadas para cada caso:

Preparação:

- (i) abrir o projeto no Wokwi;
- (ii) clicar em Play para iniciar a simulação;
- (iii) abrir o Serial Monitor;
- (iv) verificar mensagem inicial do sistema.

Casos de teste (Caso 1 – Caso 4):

Caso 1 — Senha correta (5555):

Inserir 5-5-5-5 e confirmar. Esperado: servo 0→90°, LED verde aceso, log de sucesso no Serial.

Caso 2 — Uma tentativa errada seguida de correta:

Inserir senha incorreta (ex.: 1-2-3-4), observar erro; em seguida inserir 5-5-5-5 e confirmar. Esperado: registro de erro e posterior sucesso no Serial.

Caso 3 — Exceder limite de tentativas:

Inserir senhas erradas até atingir o limite. Esperado: ativação de bloqueio por 20 s, LED vermelho ativo, entradas ignoradas.



Caso 4 — Pressionar teclas durante bloqueio:

Acionar teclas no período de bloqueio. Esperado: nenhuma alteração de estado; logs informam bloqueio vigente.

Critérios de aprovação:

A funcionalidade é considerada aprovada se o comportamento observado (movimento do servo, estados dos LEDs e mensagens no Serial) corresponder ao resultado esperado do caso de teste.

Registro de evidências:

Para cada caso, foram capturadas imagens do circuito e prints do Monitor Serial. A consolidação dos resultados foi registrada na tabela de docs/resultados.md e reproduzida na seção de Resultados do relatório.

Desenvolvimento

4.1 Estrutura do Projeto

O projeto foi estruturado em diretórios bem definidos, visando organização, rastreabilidade e fácil acesso às diferentes partes do sistema. A árvore de diretórios do repositório é a seguinte:

```
tranca-eletronica-senha/  
├─ firmware/  
│   └─ tranca.ino  
├─ docs/  
│   ├── escopo.md  
│   ├── relatorio.md  
│   └─ resultados.md  
├─ sim/  
│   └─ wokwi-link.txt  
├─ assets/  
│   └─ imagens/  
└─ README.md
```

Descrição das pastas:

- firmware/: contém o código-fonte principal (tranca.ino), incluindo a lógica de controle da senha, acionamento do servo e LEDs, e feedback via Serial Monitor.
- docs/: reúne a documentação do projeto, como escopo, relatório final e tabela de resultados dos testes.
- sim/: armazena o link da simulação no Wokwi, permitindo reprodução imediata do projeto em qualquer navegador.
- assets/: contém imagens do circuito simulado e prints do Monitor Serial, utilizados no relatório e para fins de registro.



- README.md: fornece instruções gerais sobre o projeto, sua estrutura e como executar a simulação.

4.2 Funcionamento da Lógica

O sistema foi desenvolvido com uma senha fixa de quatro dígitos (5555), armazenada em memória, e um buffer de entrada que aceita os dígitos inseridos pelo usuário. As principais funcionalidades incluem:

- Entrada de dados: os números são digitados pelo teclado matricial 4x4.
- Correção de entrada: a tecla * permite apagar o último dígito digitado.
- Confirmação: a tecla # valida a senha quando o buffer contém quatro dígitos.
- Validação: a senha inserida é comparada com a senha fixa, incrementando o contador de tentativas em caso de erro.
- Bloqueio temporário: ao atingir o limite de tentativas incorretas, o sistema permanece bloqueado por 20 segundos, ignorando novas entradas.
- Feedback visual e informativo: LEDs e Monitor Serial informam ao usuário o estado do sistema, enquanto o servo simula fisicamente a abertura e fechamento da tranca.

4.3 Estados do Sistema

O sistema apresenta quatro estados principais, cada um indicado por LEDs e posição do servo:

- Fechado: LED vermelho aceso, servo na posição 0°.
- Digitando senha: aguardando entrada de dígitos pelo usuário, LED vermelho permanece aceso.
- Aberto: senha correta → servo na posição 90°, LED verde aceso por 10 segundos.
- Bloqueado: senha incorreta repetida → bloqueio por 20 segundos, entradas ignoradas, LED vermelho aceso.

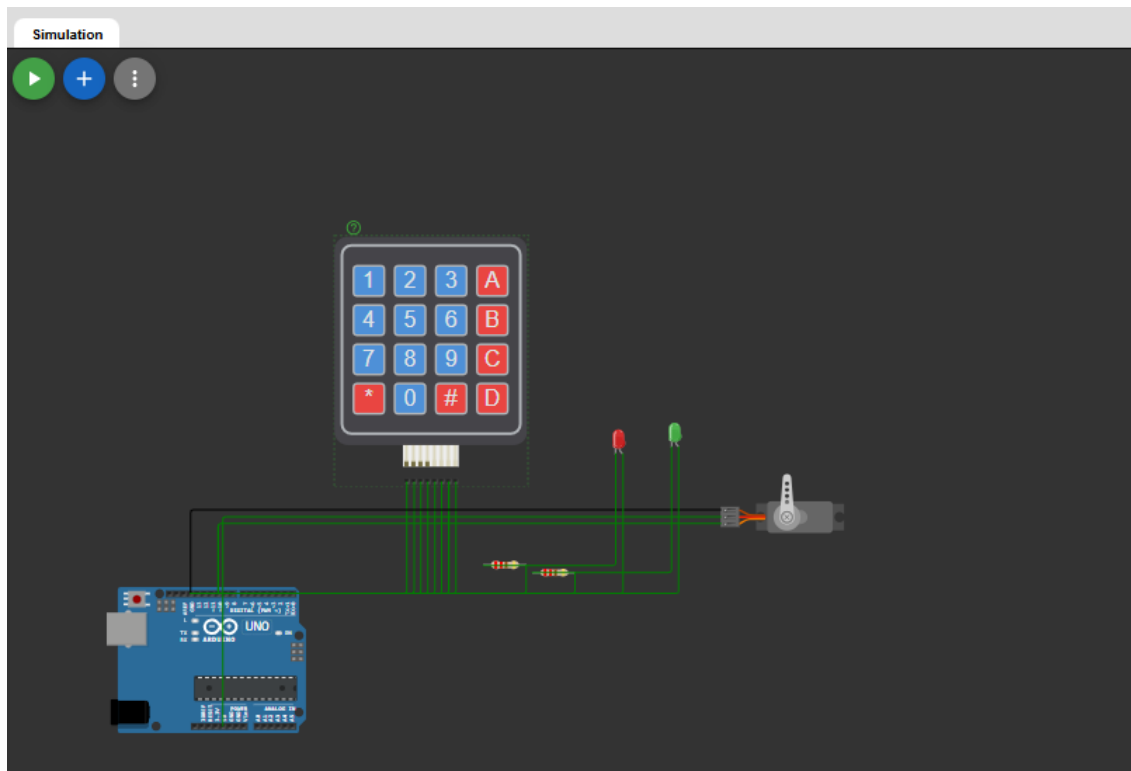


5. Testes e Resultados

Os testes foram conduzidos exclusivamente na simulação do Wokwi, com registro completo no Monitor Serial e documentação das evidências. Os casos de teste contemplaram diferentes cenários de uso:

Caso	Descrição	Resultado Esperado	Resultado Obtido	Status
C1	Senha Correta	Servo abre (0→90°), LED verde acende	Print Serial + circuito	Passou
C2	1 Tentativa errada + senha correta	Feedback de erro, depois sucesso	Print Serial	Passou
C3	Exceder limite de tentativas	Bloqueio 20s, LED vermelho	Print Serial	Passou
C4	Teclas pressionadas no bloqueio	Ignoradas	Print Serial	Passou

Evidências registradas:





Simulation

00:06.263 75%

Simulação Tranca Eletrônica Iniciada

Simulation

00:08.629 77%

Simulação Tranca Eletrônica Iniciada

Tecla pressionada: 5

Tecla pressionada: 5

Tecla pressionada: 5

Tecla pressionada: 5



Simulation

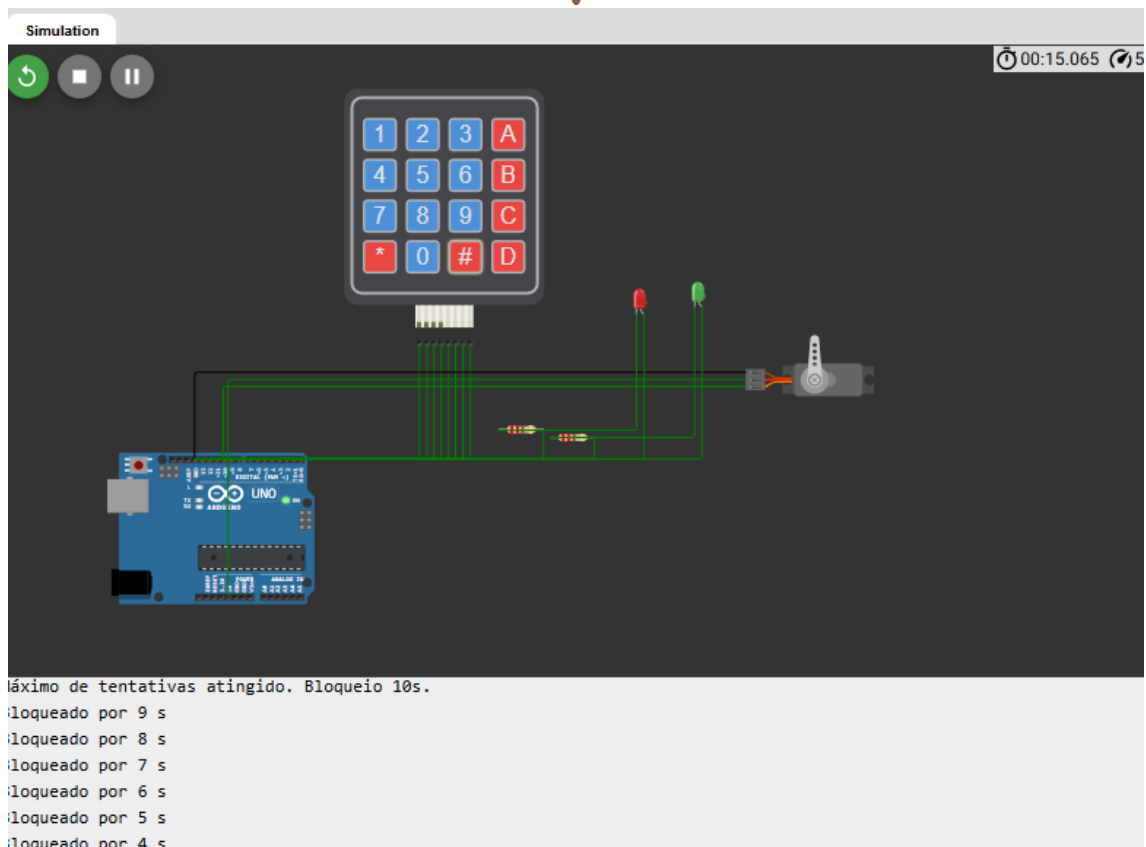
00:07.129 61

Tecle pressionada: 5
Tecle pressionada: 5
Tecle pressionada: 5
Tecle pressionada: 5
Tecle pressionada: #
Senha correta!
ABERTO

Simulation

00:25.255 63

FECHADO
Tecle pressionada: 5
Tecle pressionada: 4
Tecle pressionada: 2
Tecle pressionada: 6
Tecle pressionada: #
Senha incorreta! Tentativa 1



Conclusão

O projeto atingiu todos os objetivos definidos, validando com sucesso a lógica de funcionamento de uma tranca eletrônica com senha fixa. A utilização do Wokwi demonstrou-se eficiente e acessível, permitindo simulação completa sem necessidade de hardware físico.

Principais aprendizados:

- Importância do versionamento e rastreabilidade via GitHub.
- Validação incremental de funcionalidades em ambiente simulado.
- Registro detalhado de testes e evidências visuais.

Melhorias futuras:

- Permitir configuração de senha pelo usuário.
- Armazenamento de senha na EEPROM do Arduino.
- Inclusão de display LCD para interação mais intuitiva.
- Integração com IoT (Wi-Fi, Bluetooth) para monitoramento remoto.



Referências

- Arduino Reference. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference>
- Wokwi – Arduino Simulator. Disponível em: <https://wokwi.com>
- Bibliotecas Arduino utilizadas: Keypad.h e Servo.h.
- Repositório GitHub do projeto Tranca Eletrônica: SouzaDev-X/Tranca_Eletronica. Disponível em: https://github.com/SouzaDev-X/Tranca_Eletronica – contém código completo, documentação organizada e links diretos para a simulação no Wokwi.