

Controlador de Luminária LED WS2812 - ESP32

Arquitetura Geral do Sistema

1. Task Principal de Controle (Main Control Task)

- **Responsabilidade:** Coordenação geral do sistema
- **Função:** Gerencia estados globais (ligado/desligado, modo atual, brilho)
- **Comunicação:** Recebe comandos das outras tasks e coordena ações

2. Task de Interface de Usuário (UI Task)

- **Responsabilidade:** Gerenciamento do encoder rotativo e push button
- **Funções:**
 - Leitura contínua do encoder (rotação e clique)
 - Debounce do botão
 - Interpretação de comandos (curto/longo press, rotação)
 - Envio de eventos para a task principal
- **Estados:**
 - Modo normal (ajuste de brilho)
 - Modo seleção de efeito
 - Modo configuração de efeito

3. Task de Renderização LED (LED Render Task)

- **Responsabilidade:** Controle direto da fita LED WS2812
- **Funções:**
 - Aplicação dos efeitos visuais
 - Controle de brilho global
 - Atualização dos LEDs via SPI
 - Temporização dos efeitos animados
- **Recebe:** Comandos de efeito, brilho e parâmetros

4. Componente de Efeitos (Effects Engine)

- **Responsabilidade:** Geração dos padrões visuais
- **Efeitos Implementados:**

- Cor constante
 - Fade/Respiração
 - Arco-íris rotativo
 - Pisca-pisca
 - Transição suave
- **Parâmetros configuráveis:** Velocidade, cores, intensidade

Fluxo de Comunicação Entre Tasks

Filas de Mensagens (Queues)

Queue: UI → Main Control

Eventos:

- ENCODER_CW / ENCODER_CCW (rotação)
- BUTTON_SHORT_PRESS
- BUTTON_LONG_PRESS
- BUTTON_DOUBLE_CLICK

Queue: Main Control → LED Render

Comandos:

- SET_BRIGHTNESS(value)
- SET_EFFECT(effect_id, params)
- POWER_ON / POWER_OFF
- UPDATE_PARAMS(param_id, value)

Queue: LED Render → Main Control

Status:

- RENDER_COMPLETE
- EFFECT_CYCLE_DONE
- ERROR_STATE

Estados do Sistema

Estado Global

- POWER: ON/OFF
- BRIGHTNESS: 0-100%

- **CURRENT_EFFECT**: ID do efeito ativo
- **UI_MODE**: NORMAL/EFFECT_SELECT/EFFECT_CONFIG

Máquina de Estados da Interface

Estado NORMAL

- **Encoder**: Ajusta brilho
- **Click curto**: Liga/Desliga
- **Click longo**: Entra no modo seleção de efeito

Estado EFFECT_SELECT

- **Encoder**: Navega entre efeitos
- **Click curto**: Seleciona efeito e volta ao NORMAL
- **Click longo**: Entra no EFFECT_CONFIG

Estado EFFECT_CONFIG

- **Encoder**: Ajusta parâmetro do efeito atual
- **Click curto**: Próximo parâmetro
- **Click longo**: Volta ao NORMAL

Componentes de Sistema

1. Hardware Abstraction Layer (HAL)

- Configuração SPI para WS2812
- Configuração GPIO para encoder e botão
- Timers para debounce e animações

2. Configuração e Persistência

- Salvamento de configurações na NVS (Non-Volatile Storage)
- Parâmetros: último efeito, brilho, configurações de efeitos
- Carregamento na inicialização

3. Gerenciamento de Energia

- Controle de sleep modes quando inativo
- Otimização de consumo

- Wake-up por interrupção do encoder

Fluxo de Inicialização

1. **Boot do ESP32**
2. **Inicialização do Hardware**
 - Configuração SPI
 - Configuração GPIO
 - Configuração de timers
3. **Carregamento de Configurações (NVS)**
4. **Criação das Tasks**
 - UI Task (prioridade alta)
 - Main Control Task (prioridade média)
 - LED Render Task (prioridade alta)
5. **Inicialização dos LEDs** (teste inicial)
6. **Sistema Pronto**

Tratamento de Eventos Críticos

Debounce do Encoder

- Timer de debounce para evitar leituras falsas
- Filtragem de ruído mecânico

Sincronização de Tasks

- Mutexes para acesso a recursos compartilhados
- Semáforos para sincronização de renderização

Gerenciamento de Memória

- Buffer circular para frames de LED
- Cleanup automático de recursos

Expansibilidade

Novos Efeitos

- Interface padronizada para adição de efeitos
- Registro dinâmico de efeitos

- Parâmetros configuráveis por efeito

Comunicação Externa

- Preparado para adição de WiFi/Bluetooth
- Interface de comando padronizada
- API para controle remoto