

Controle de Matrizes de LEDs WS2812 com PIO e Interrupções no RP2040 — BitDogLab

Engenharia Elétrica

Alex dos Santos Bomfim, Alexandre Fernandes das Neves Junior e Erick da Silva
Sousa

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Resumo – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação embarcada utilizando o microcontrolador RP2040, presente na placa Raspberry Pi Pico W, integrado à plataforma educacional BitDogLab. A prática abordou conceitos fundamentais como o uso de interrupções, tratamento de debounce e, principalmente, a utilização do periférico PIO (Programmable Input/Output) para o controle de uma matriz de LEDs endereçáveis WS2812 (5x5). O projeto demonstrou a importância do PIO para garantir a precisão na geração dos sinais necessários para a comunicação com a matriz de LEDs, além da aplicação eficiente das interrupções para controle dos eventos dos botões. As animações desenvolvidas exemplificam a combinação entre software e hardware no desenvolvimento de sistemas interativos e de tempo real.

Palavras-Chave – RP2040, Raspberry Pi Pico W, PIO, WS2812, debounce, interrupções, sistemas embarcados.
CONTROL OF WS2812 LED MATRIX

USING PIO AND INTERRUPTS ON RP2040 WITH BITDOGLAB

Abstract – This work presents the development of an embedded application using the RP2040 microcontroller, found on the Raspberry Pi Pico W board, integrated with the educational BitDogLab platform. The practice covered key concepts such as the use of interrupts, debounce handling, and mainly the implementation of the PIO (Programmable Input/Output) peripheral to control a 5x5 WS2812 addressable LED matrix. The project highlights the importance of PIO for ensuring precise timing in signal generation required by the LED matrix protocol, as well as the efficient use of interrupts to manage button events. The animations created demonstrate the effective integration of hardware and software in building interactive and real-time embedded systems.

Keywords – RP2040, Raspberry Pi Pico W, PIO, WS2812, debounce, interrupts, embedded systems.

I. INTRODUÇÃO

Neste documento, avançamos no estudo da disciplina, sendo apresentados ao microcontrolador RP2040, incorporado à Raspberry Pi Pico W, que está ligada ao recurso educacional BitDogLab.

Nesta atividade, realizamos implementações de interrupções e debounce, com o foco principal no periférico PIO, responsável pelo controle de uma matriz de LEDs RGB 5x5.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O RP2040, microcontrolador que integra a placa Raspberry Pi Pico W, proporciona funcionalidades sofisticadas para a criação de sistemas embarcados, sendo especialmente eficiente na gestão de entradas provenientes de botões e no controle de dispositivos de saída, como LEDs com endereçamento.

Interrupções e Controle de Debounce em Teclados:

Botões mecânicos, quando acionados ou soltos, podem produzir diversos sinais elétricos em função de um fenômeno chamado "bounce", que ocorre devido às oscilações nos contatos internos. Esse efeito pode provocar várias detecções de um único pressionar, resultando em reações indesejadas no sistema.

A fim de reduzir esse problema, são adotadas técnicas de debounce. Uma estratégia eficaz consiste em empregar interrupções para identificar a alteração no estado do botão e, simultaneamente, implementar um sistema de debounce que garanta a confiabilidade do sinal antes de lidar com a entrada. No âmbito do RP2040, há bibliotecas dedicadas que tornam esse procedimento mais fácil, como a biblioteca "RP2040-Button", que possibilita a configuração.

diversos botões e implementar um controle de debounce através de interrupções vinculadas aos eventos de GPIO.

Dispositivo PIO (Entrada/Saída Programável):

O RP2040 é equipado com dois blocos PIO, cada um com quatro máquinas de estado autônomas. Essas máquinas atuam como miniprocessadores que realizam simples rotinas programadas em uma linguagem assembly dedicada ao PIO. Cada uma dessas rotinas é capaz de gerenciar os pinos GPIO com elevada precisão no tempo, possibilitando a criação de protocolos de comunicação sob medida ou o controle de dispositivos externos que necessitem de requisitos específicos de temporização.

As máquinas de estado do PIO operam de forma independente dos núcleos principais do RP2040, permitindo que tarefas de E/S sejam executadas em paralelo com outras operações do sistema. Isso é particularmente útil para aplicações que exigem temporização precisa ou para a emulação de interfaces de hardware não suportadas nativamente pelo microcontrolador.

Ao combinar o uso de interrupções com tratamento de debounce para entrada de botões e o controle de LEDs endereçáveis via PIO, é possível criar interfaces interativas responsivas e visualmente atrativas, fundamentais em aplicações modernas de sistemas embarcados.

A matriz de LEDs WS2818 funciona com um protocolo onde os dados são transmitidos por meio de pulsos de sinal, e a diferença entre os bits 0 e 1 está justamente na duração desses pulsos. Por isso, é fundamental ter muita precisão no tempo de envio dos bits. Se esse tempo não for exato, os LEDs podem acender errado ou nem funcionar.

Para garantir essa precisão, usamos o PIO, que é uma máquina de estados programável, funcionando como uma pequena CPU dedicada só para gerar sinais no tempo exato. Ele permite controlar, com precisão de ciclos de clock, quanto tempo o sinal fica em nível alto ou baixo, seguindo exatamente o que o protocolo da matriz exige.

O código principal serve para configurar o clock, preparar os dados de cada LED (como cor e ordem), e enviar essas informações para o PIO. A partir daí, o PIO se encarrega de gerar os sinais de controle, transmitindo os bits na sequência correta e no tempo certo, garantindo que toda a matriz funcione de forma estável e sem erros.

As matrizes armazenam o valor de intensidade de cada cor do led RGB em questão, indo de 0 a 1, e são as ferramentas pelas quais os quadros das animações são "desenhados". A leitura da matriz tem uma peculiaridade: as linhas 0,2,4 são lidas na sequência em é imaginado o desenho, mas as linhas 1 e 3 são lidas de forma espelhada, o que deve ser considerado na hora de "desenhar com a matriz".

III. RESULTADOS OBTIDOS

Exercício_Proposto:

Com o auxílio do simulador de eletrônica Wokwi, utilize os botões da placa BitDogLab (ilustrados na Figura 1) para gerar informações visuais em uma matriz de LEDs Coloridos (5x5 WS2812), apresentada na Figura 2. Para esta atividade, realize o acionamento dos 25 LEDs, de forma a criar diferentes tipos de animações de curta duração. Nesta prática, será necessário simular os seguintes componentes:

1) BitDogLab – Botões A e B.

2) Microcontrolador Raspberry Pi Pico W.

3) Matriz de LEDs Coloridos (LED-RGB 5x5 WS2812).

4) Optamos por não tentar fazer a aplicação do buzzer.

Nossa aplicação de interrupção não roda animação, mas habilita o flag para que ocorra a rotina de apresentação no looping principal do código.

Animação botão A: Pokebola, Picareta do Mincraft, Esfera do dragão, Guarda-chuva azul de One Piece e Triângulo do Zelda.

Animação do botão B: 9 frames, uma espada que vira uma picareta e depois passa em transição para virar um machado.

Na rotina principal utilizando IF's são definidas as animações - quais desenhos vão aparecer e qual o tempo que eles vão ser exibidos individualmente. Ao final de cada laço, o flag que habilita a exibição é resetado.

IV.CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta prática evidenciou a eficiência do microcontrolador RP2040 na manipulação de periféricos e sinais digitais. A utilização do PIO se mostrou essencial para o controle da matriz de LEDs WS2812, onde a precisão no envio dos dados é indispensável para o correto funcionamento do protocolo de comunicação dos LEDs. Além disso, o uso de interrupções combinado com o tratamento de debounce foi fundamental para garantir que os comandos dos botões fossem lidos de forma estável e confiável, eliminando falsos

acionamentos causados por ruídos mecânicos. A combinação dessas tecnologias permitiu a criação de animações complexas e bem sincronizadas, como figuras e objetos reconhecíveis, acionadas de forma interativa pelos botões da BitDogLab. Essa prática reforçou conceitos importantes de sistemas embarcados, como paralelismo, precisão de temporização e interação homem-máquina, além de destacar o potencial do RP2040 em aplicações que exigem controle rigoroso de hardware com baixo custo e alta eficiência.

REFERÊNCIAS

- [1] RASPBERRY PI LTD. RP2040 Datasheet. [S.l.]: Raspberry Pi Ltd., 2020.
- [2] RASPBERRY PI LTD. Raspberry Pi Pico W Datasheet. [S.l.]: Raspberry Pi Ltd., 2022.
- [3] RASPBERRY PI LTD. Pico C/C++ SDK – Raspberry Pi Documentation. [S.l.]: Raspberry Pi Ltd., 2023.
- [4] BITDOGLAB. BitDogLab RP2040 Datasheet (V 5.3.1). [S.l.]: BitDogLab, [s.d.].
- [5] WORLDSEMI. WS2812B Intelligent Control LED Integrated Light Source Datasheet. [S.l.]: Worldsemi, 2018.