

# SISTEMA SONORO SICRONIZADO NO RP2040 UTILIZANDO A 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** – Desenvolvemos um sistema embarcado com duas BitDogLab (RP2040/Pico W) que através do PWM gera notas no buzzer, toca melodias sincronizadas via UART, ajusta velocidade e volume por joystick (ADC) e exibe níveis sonoros em I<sup>2</sup>C num display OLED. O projeto demonstra a integração prática de periféricos chaves (PWM, ADC, UART, I<sup>2</sup>C) e abre caminho para possíveis aplicações como emissão de sons ambiente com controle distribuído via Wi-Fi.

**Palavras-Chave** – RP2040; PWM; UART; BitDogLab.

## SYNCHRONIZED SOUND SYSTEM ON RP2040 USING BITDOGLAB

**Abstract** – We developed an embedded system with two BitDogLabs (RP2040/Pico W) that generates buzzer notes using PWM, plays synchronized melodies via UART, adjusts speed and volume via joystick (ADC), and displays sound levels via I<sup>2</sup>C on an OLED display. The project demonstrates the practical integration of key peripherals (PWM, ADC, UART, I<sup>2</sup>C) and paves the way for potential applications such as ambient sound emission with distributed control via Wi-Fi.

**Keywords** – RP2040; PWM; UART; BitDogLab.

## I. INTRODUÇÃO

A ideia inicial do projeto foi utilizar duas placas BitDogLab para se comunicarem e tocarem uma mesma melodia de forma sincronizada. A partir disso, realizamos aprimoramentos adicionais aproveitando os recursos e periféricos disponíveis na placa. Dessa forma, conseguimos elaborar um sistema embarcado capaz de reproduzir uma música, além de permitir o controle da velocidade e da intensidade da reprodução. O projeto, portanto, representa a integração prática de todo o conteúdo e aprendizado adquiridos ao longo da disciplina em uma única aplicação.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O RP2040 é o microcontrolador desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation, sendo o núcleo do modelo Raspberry Pi Pico e de suas variantes, como a Pico W. Ele possui dois núcleos ARM Cortex-M0+ com clock de até 133 MHz, 264 KB de RAM interna, suporte a periféricos como PWM, ADC, UART, SPI, I<sup>2</sup>C, e ainda 26 GPIOs para aplicações diversas. A variante Pico W diferencia-se

principalmente por incluir conectividade Wi-Fi via chip CYW43439, permitindo comunicação sem fio em projetos embarcados.

A BitDogLab é uma plataforma de prototipagem baseada no RP2040, desenvolvida para facilitar o ensino de sistemas embarcados. Ela integra diversos periféricos e sensores, como matriz de LEDs, display OLED I2C, botões, joystick analógico, buzzer, além de suporte completo a comunicação serial, I<sup>2</sup>C e Wi-Fi. A placa foi pensada para uso educacional e prototipagem rápida, proporcionando acesso fácil aos recursos do microcontrolador RP2040.

Um buzzer ativo ou passivo pode ser controlado por modulação por largura de pulso (PWM, Pulse Width Modulation) para gerar sons de diferentes frequências. No caso de buzzers passivos, a frequência do PWM determina a nota musical que será ouvida. Variando o ciclo de trabalho (duty cycle), é possível também controlar a intensidade do som, de forma análoga ao volume. Essa técnica é amplamente utilizada em sistemas embarcados para emitir alertas sonoros, reproduzir melodias e interações auditivas.

O RP2040 possui até 3 canais ADC de 12 bits, permitindo converter sinais analógicos — como os provenientes de um joystick — em valores digitais de 0 a 4095. Essa conversão possibilita a leitura precisa de tensões variáveis (de 0 V a 3,3 V), permitindo que o microcontrolador reaja dinamicamente a variações de posição, intensidade luminosa ou qualquer outra grandeza física convertida em sinal analógico. No projeto, o ADC foi usado para interpretar os eixos X e Y do joystick, afetando diretamente a reprodução da música.

A UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) é um protocolo de comunicação serial assíncrona, muito utilizado para transmissão de dados ponto a ponto entre dispositivos. O RP2040 possui múltiplos canais UART, permitindo que duas placas se comuniquem diretamente através de TX e RX. No projeto, a UART foi empregada para criar uma comunicação entre dois microcontroladores — mestre e escravo — permitindo que ambos toquem a mesma música em sincronia ao compartilhar dados de notas e duração.

O I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) é um protocolo de comunicação síncrona de dois fios (SDA e SCL), utilizado para conectar periféricos como sensores e displays a um microcontrolador. No projeto, o I<sup>2</sup>C foi utilizado para enviar dados de intensidade sonora (em dB) para um display OLED integrado na BitDogLab, permitindo a visualização em tempo real de um gráfico que representa a dinâmica da música. Essa visualização é útil para diagnósticos, efeitos visuais e feedback ao usuário.

### III. METODOLOGIA

De primeiro momento escolhemos a música que queríamos reproduzir e logo após ter em mãos a sua partitura, fizemos a tradução dela para o código, iniciando pelas definições das notas, para obter a frequência de cada nota era necessário traduzí-la para wrap que é um valor inteiro que auxilia na determinação da faixa de valor do duty-cycle para trabalhar com PWM. Obtido através da fórmula:

$$Wrap = \frac{freq. micro}{freq. nota \times div. clock} - 1$$

Onde a frequência de nota é igual a frequência do PWM, e o divisor de clock foi definido como 0.35, porque é um valor que permite que o Wrap esteja dentro do limite máximo de 65536 e assim não extrapole o tamanho do registrador (16 bits). Definindo os valores de Wrap pra cada nota, montamos funções para tocar nota, tocar as pausas e tocar a música como um todo. Onde a função para tocar nota, a nota é tocada durante o tempo da partitura e a função toca pausa cumpre o restante do tempo que não for ocupado por notas, a função tocar música gerencia de forma geral as notas e pausas da melodia.

Utilizando o joystick e canais de Conversor Analógico Digital, definimos o eixo Y para controle da velocidade de reprodução da música e eixo X controla os valores de intensidade da melodia (afetando o volume do buzzer).

Para integrar a comunicação I<sup>2</sup>C e utilizar do display OLED capturamos a intensidade das notas e fizemos um tratamento entre os limites de 63, 160, 400 e 1,2K que é visualizado da esquerda para direita respectivamente. Onde de acordo com o valor de frequência da nota que está sendo tocada o display vai exibir de qual região a nota está mais próxima, se é entre 63 e 160, 160 e 400 e por ai em diante. Desta forma o gráfico ganha mais força conforme o valor de frequência da nota se aproxima de alguma das 4 regiões delimitadas.

Reforçando que este display atualiza em tempo real, ou seja, mesmo que o compasso seja acelerado, ele acompanhará as atualizações dos valores de frequência da nota.

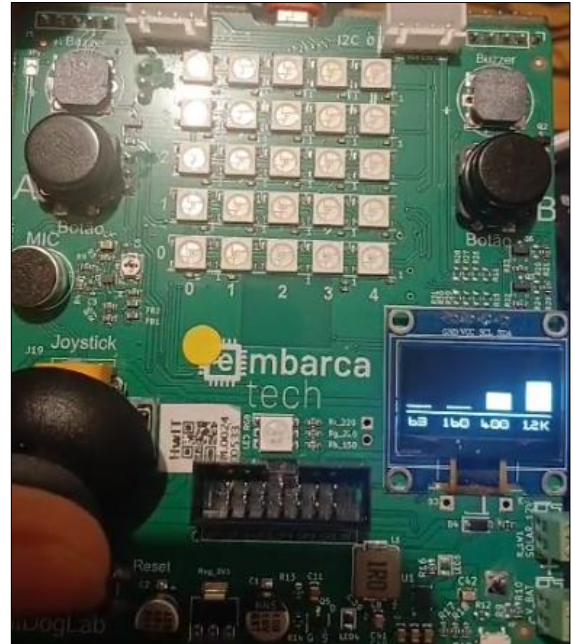


Figura 1: Gráfico dinâmico de frequência. (Fonte: Autor).

Montamos um menu de opção para escolha de duas músicas, sendo elas o tema do jogo Undertale e Day Tripper dos Beattles. Definimos que o botão A toca a partitura de Undertale e o botão B toca a partitura de Day Tripper. Ambos os botões possuindo rotinas de interrupção e tratamento de debounce.

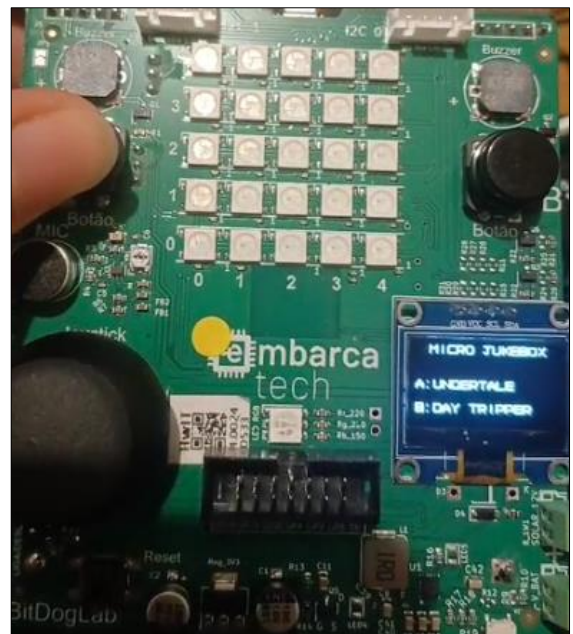


Figura 2: Menu funcionando. (Fonte: Autor)

Por fim, fizemos a comunicação via UART entre as duas placas BitDogLab, onde a placa mestre compartilha informação de qual música será tocada ou seja informa qual botão foi pressionado e o microcontrolador escravo acompanha de forma sincronizada tocando a mesma melodia, porém isso só foi possível mantendo as informações de compasso e de intensidade constantes para ambas placas, deste modo não sendo possível habilitar em conjunto a função do joystick que alteraria diretamente esses valores.



Figura 3: Comunicação UART (Fonte:Autor)

#### IV.CONCLUSÃO

A realização deste projeto permitiu consolidar, na prática, os conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina, unindo diversos conceitos em um único sistema funcional. Por meio da integração de periféricos como PWM, ADC, UART e I2C, foi possível explorar as capacidades da placa BitDogLab e do microcontrolador RP2040 de forma completa. A aplicação prática desses recursos, especialmente no controle da reprodução musical e na comunicação entre dispositivos, demonstrou a

versatilidade e o potencial dos sistemas embarcados. Além disso, o sistema desenvolvido possui aplicações reais, como a emissão de sons ambientes em locais pequenos, utilizando buzzers para reproduzir frequências com efeito tranquilizante. Isso pode ser útil em configurações de isolamento acústico, bloqueando ruídos externos indesejados. Sua comunicação via Wi-Fi também permite a integração de múltiplos microcontroladores sem a necessidade de cabeamento, reduzindo custos e facilitando a instalação em ambientes variados. Assim, o projeto não apenas atingiu seus objetivos iniciais, como também serviu como uma experiência significativa de aprendizado e desenvolvimento técnico.

#### REFERÊNCIAS

- [1] RASPBERRY PI LTD. RP2040 Datasheet.[S.1.]: Raspberry Pi Ltd., 2020.
- [2] RASPBERRY PI LTD. Raspberry Pi Pico W Datasheet.[S.1.]: Raspberry Pi Ltd., 2022.
- [3] RASPBERRY PI LTD. Pico C/C++SDK – Raspberry Pi Documentation. [S.1.]: Raspberry Pi Ltd., 2023.
- [4] BITDOGLAB. BitDogLab RP2040 Datasheet (V 5.3.1). [S.1.]: BitDogLab, [s.d.].