

Relatório Experimental - Sinais Analógicos, ADC, PWM e DAC

Ana Beatriz Barbosa Yoshida - RA: 245609

Julio Nunes Avelar - RA: 241163

10 de Setembro de 2025

1 Objetivos

- Compreender como sinais analógicos são lidos via ADC.
- Controlar parâmetros de PWM com o joystick (entrada analógica → processamento digital → saída PWM).
- Utilizar filtro RC externo para transformar PWM em sinal analógico.
- Verificar a tensão filtrada no ADC e compará-la com o valor esperado pelo duty cycle.

2 Lista de Materiais

2.1 Equipamentos

1. BitDogLab
2. Protoboard Pequena
3. Multímetro digital
4. Osciloscópio Digital

2.2 Componentes

1. Resistor 10k
2. Capacitor 100nf
3. Resistor 1k
4. Jumpers macho macho e macho fêmea

2.3 Opcionais

1. Resistores extras
2. Capacitores extras

3 Etapas

3.1 Leitura do Joystick

- Usar GPIO26 (eixo Y) e GPIO27 (eixo X) como entradas ADC.
- Conceitos trabalhados:
 - Conversão analógico-digital.
 - Resolução (12 bits = 4096 níveis).
 - Quantização e relação valor digital \leftrightarrow tensão real.

Exercício: mover o joystick e observar como o valor ADC varia proporcionalmente.

- Mostrar no OLED os valores lidos (0–4095 \rightarrow 0 a 3,3 V).
- Fotografe e comente.

Resposta: As figuras 1 e 2 mostram a leitura no OLED em dois casos distintos: no primeiro, com um duty próximo a 0%, onde o nível de tensão esperado é próximo de 0 V, e no segundo, com um duty próximo a 100%, onde o valor esperado é próximo de 3.3 V. É perceptível que a leitura não é exata, apresentando uma pequena margem de erro nos valores obtidos.

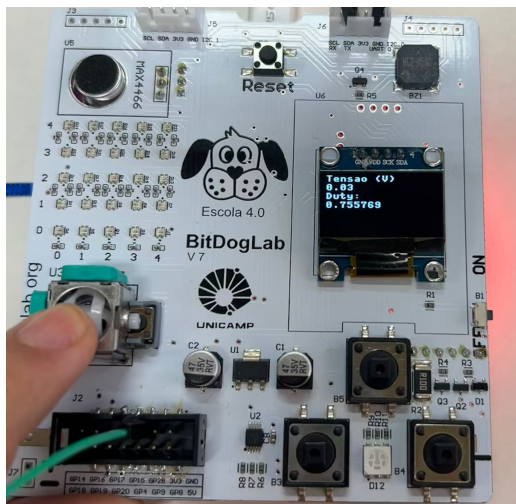


Figura 1: Imagem no OLED com duty próximo a 0%

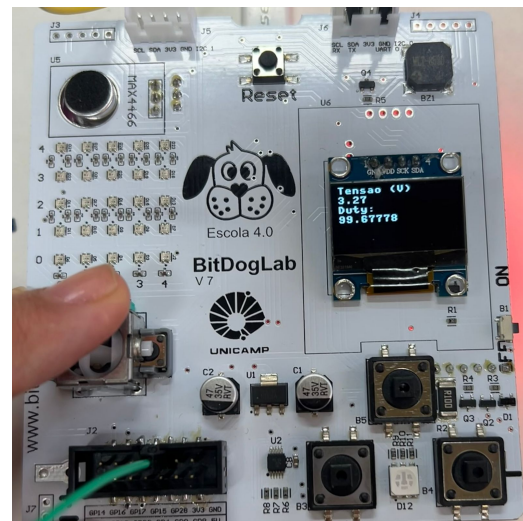


Figura 2: Imagem no OLED com duty próximo a 100%

3.2 PWM controlado pelo Joystick

- Usar GPIO0 (ou GPIO1) como saída PWM.
- Controlar o duty cycle com o eixo X (0–100%).
- Controlar a frequência com o eixo Y (100 Hz – 20 kHz).
- Exibir no OLED: Duty (%) e Frequência (Hz).
- Medir o sinal com o osciloscópio ou multímetro em modo de duty/frequência.
- **Observação:** reaproveite do experimento anterior.

Exercício: variar o joystick e observar no display e no osciloscópio a mudança em tempo real. Observe que varia em toda a escala.

3.3 Filtro RC e Conversão Digital–Analógica

- Montar na protoboard um filtro RC passa-baixa:
 - Exemplo: $R = 10\text{ k}\Omega$ e $C = 100\text{ nF} \rightarrow f_c \approx 160\text{ Hz}$.
- Conectar o PWM (GPIO0) à entrada do filtro.
- Saída do filtro \rightarrow conectar ao ADC (GPIO28).
- Mostrar no OLED a tensão média medida pelo ADC e comparar com o valor esperado pelo duty cycle.

4 Passo 1 - Configuração

- Monte um filtro RC passa-baixas.
 - Valores sugeridos: $R = 10\text{ k}\Omega$, $C = 100\text{ nF}$ ($f_c \approx 160\text{ Hz}$).
- Configure a entrada analógica: saída do filtro RC conectada ao ADC (GPIO28).
 - **Obs:** certifique-se em mudar a posição do jumper que conecta o GPIO28 ao microfone, trazendo para os pontos de conexão externa (barra de terminal ou conector IDC).
- Configure o GPIO0 para gerar um sinal PWM variando o duty cycle de 0% a 100%, em passos de 10%. Defina uma frequência adequada.

5 Passo 2 - Tabela de medições

Crie uma planilha com uma tabela. Para cada duty:

- Meça a tensão na saída do filtro (multímetro ou ADC \rightarrow OLED).
- Calcule a tensão esperada:

$$V_{exp} = V_{DD} \times \frac{Duty}{100} \quad (1)$$

- Plote o gráfico:
 - Eixo x : duty cycle.
 - Eixo y : tensão medida (V_{exp}).

Duty (%)	Valor medido (V)	Valor esperado (V)	Erro ($V_{exp} - V_{obt}$)
0	0	0	0
15	0.49	0.495	0.005
30	0.98	0.99	0.01
50	1.65	1.65	0
65	2.12	2.145	0.025
75	2.51	2.475	0.035
100	3.29	3.3	0.01

Tabela 1: Tabela com os valores medidos

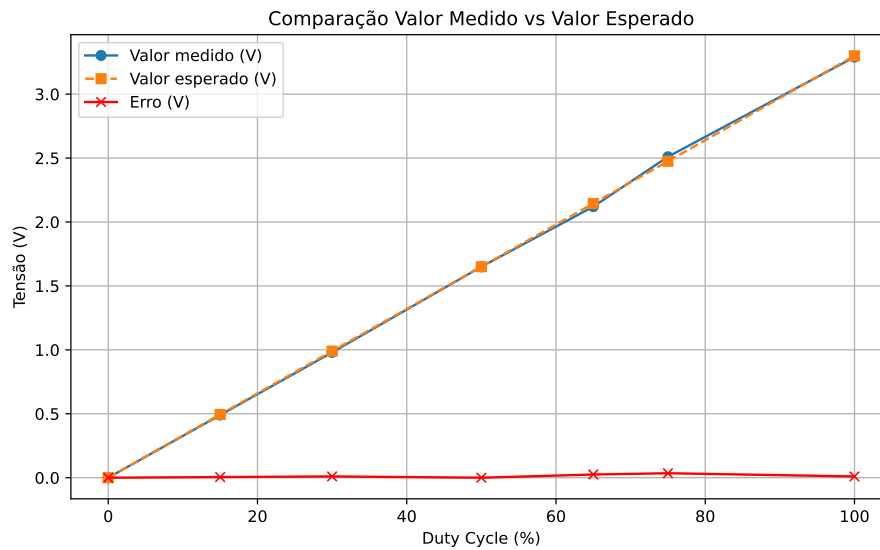


Figura 3: Gráfico comparando os valores obtidos e esperados

Resposta: A Tabela 1 apresenta os valores medidos, os valores teóricos esperados e o respectivo erro. Observa-se que o erro obtido é relativamente baixo, considerando o método utilizado para a geração do sinal analógico. Já o Gráfico 3 evidencia a diferença entre os valores obtidos e os esperados, bem como o erro em cada ponto, mostrando que em todos os casos o erro permaneceu abaixo de 40 mV.

6 Passo 3 - Gráfico de erro

Depois de preencher suas medições, crie um gráfico de erro vs duty (%). Use o eixo secundário y para mostrar o gráfico de erro.

Com o valor medido para cada ponto, calcule:

$$\text{Erro (V)} = V_{med} - V_{exp} \quad (2)$$

$$\text{Erro (\%)} = 100 \times \frac{V_{med} - V_{exp}}{V_{DD}} \quad (3)$$

Resposta: A Figura 4 apresenta o gráfico comparando o erro percentual em função do duty cycle (%).

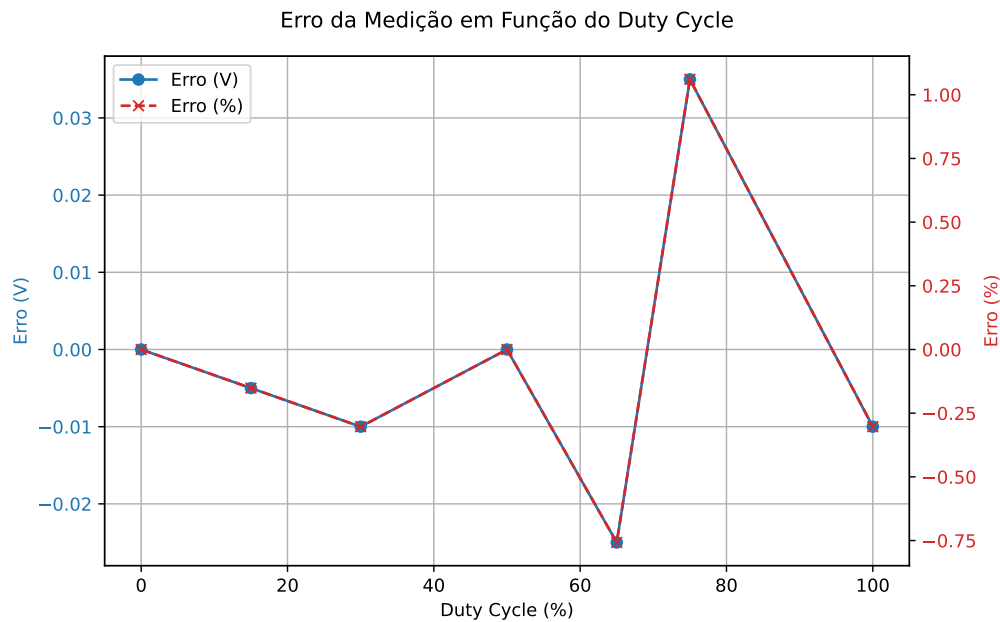


Figura 4: Gráfico de erro

6.1 Dicas para boa qualidade das medições

- Aguarde alguns milissegundos após mudar o duty para o RC estabilizar ($\approx 3-5 \cdot RC$).

- Meça em múltiplos pontos e use a média para reduzir ruído.
- Para reduzir ripple:
 - Aumente a frequência do PWM, ou
 - Aumente C (com cuidado, a resposta ficará mais lenta).
- Documente a frequência do PWM utilizada — faz diferença no ripple.

Resposta: Utilizou-se uma frequência de 10 kHz; anteriormente, havia sido utilizada uma frequência de 1 kHz. É perceptível uma redução considerável no efeito de ripple ao aumentar a frequência. As figuras 5, 6 e 7 ilustram a saída observada no osciloscópio para diferentes valores de duty cycle — respectivamente 0%, 50% e 100% — mostrando que o ripple atingiu valores mínimos em todas as condições.

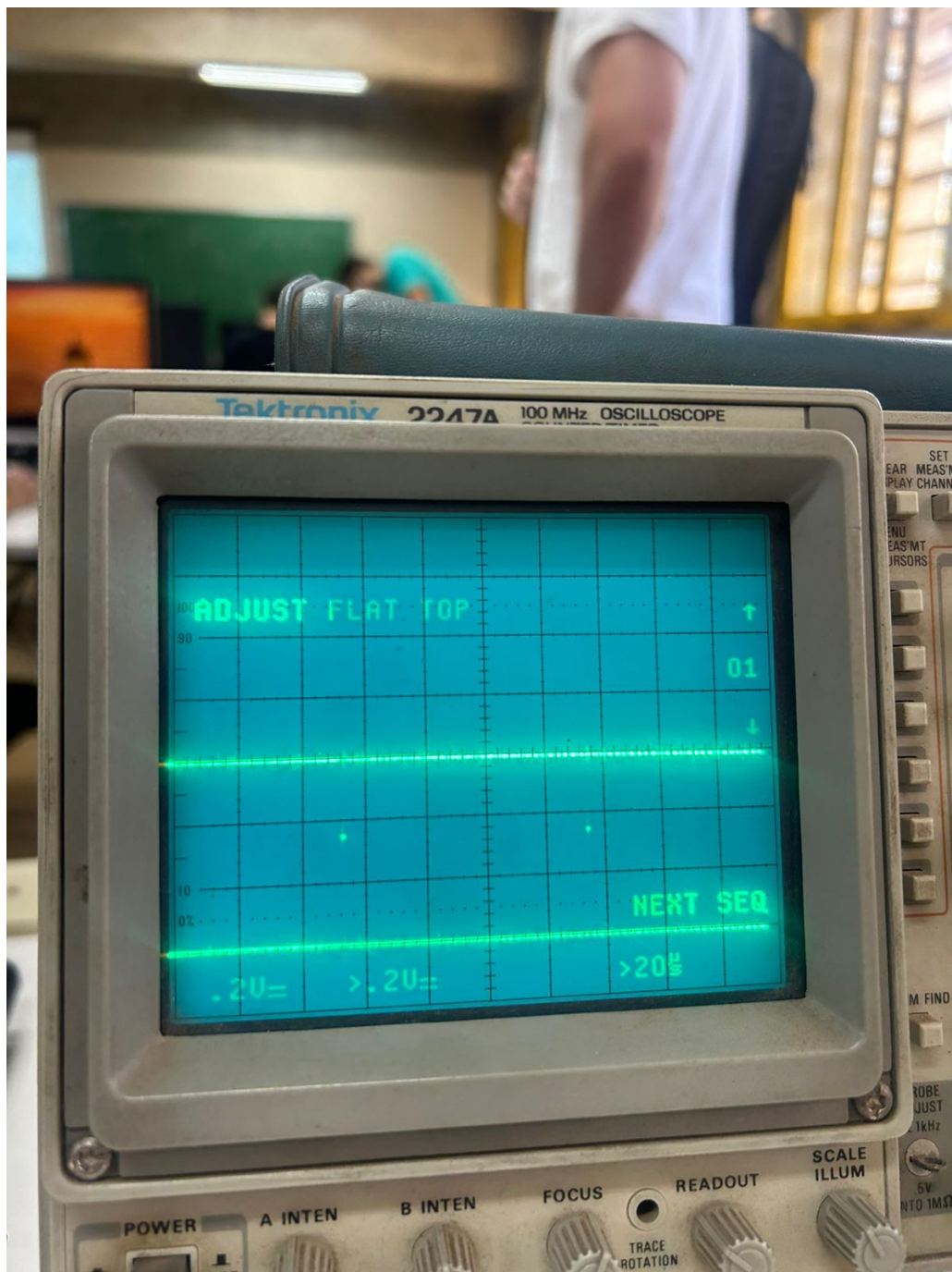


Figura 5: Duty em 0%

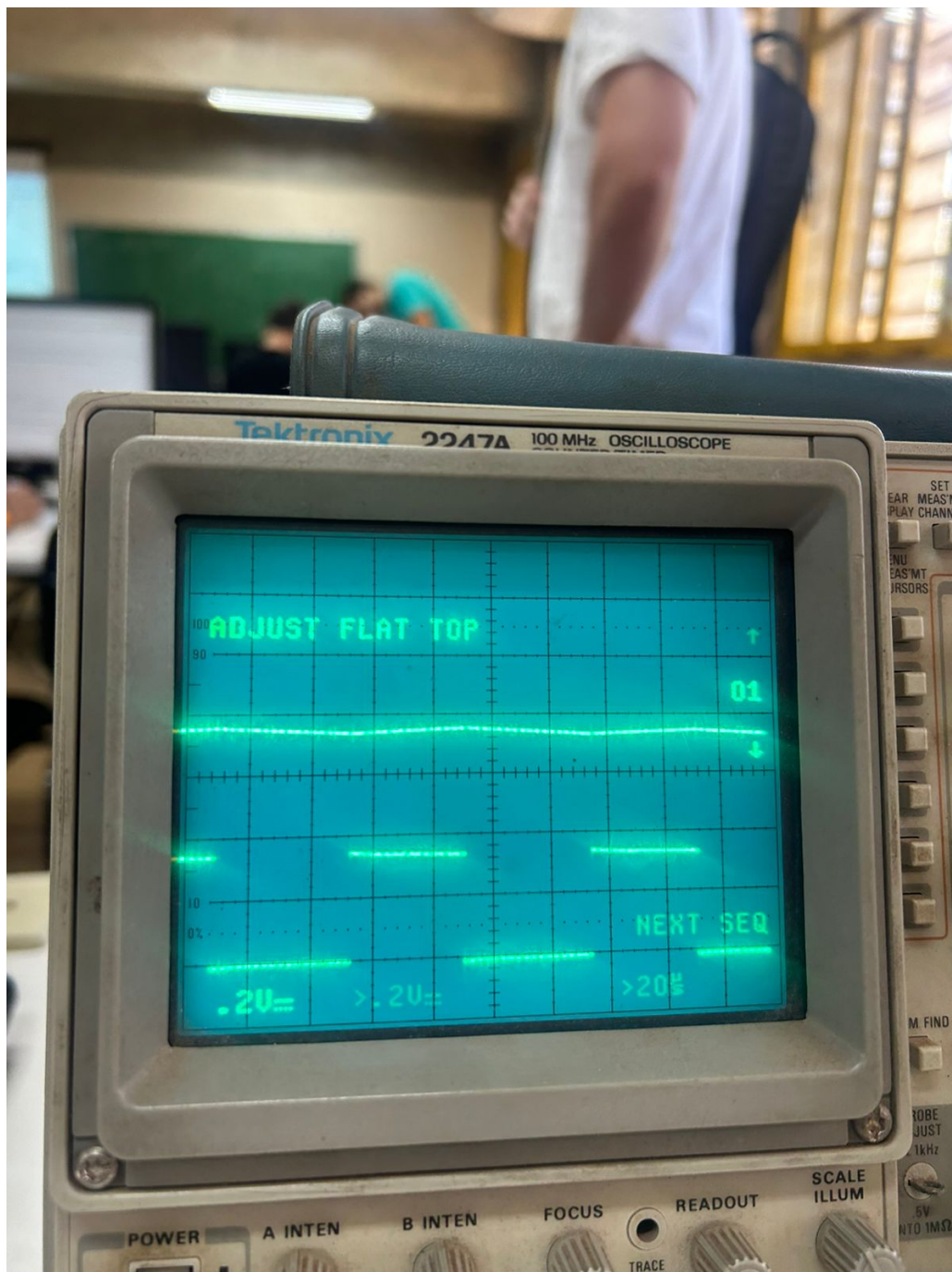


Figura 6: Duty em 50%



Figura 7: Duty em 100%