

APLICAÇÃO DE PWM PARA CONTROLAR UM SERVO MOTOR UTILIZANDO CONVERSORES ANALÓGICOS DIGITAIS

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 teve como objetivo aplicar os periféricos ADC e PWM do microcontrolador RP2040, da placa Raspberry Pi Pico W. Foi desenvolvido um projeto para movimentar um servo motor a partir da leitura analógica de um joystick. A atividade permitiu compreender a conversão de sinais analógicos em digitais e o controle por largura de pulso. A prática reforçou o uso integrado de hardware e software em sistemas embarcados.

Palavras-Chave – RP2040; PWM; Servomotor.

APPLICATION OF PWM TO CONTROL A SERVO MOTOR USING ANALOG TO DIGITAL CONVERTERS

Abstract – This work aimed to apply the ADC and PWM peripherals of the RP2040 microcontroller, from the Raspberry Pi Pico W board. A project was developed to move a servo motor from the analog reading of a joystick. The activity allowed understanding the conversion of analog signals into digital ones and pulse width control. The practice reinforced the integrated use of hardware and software in embedded systems.

Keywords – RP2040; PWM; Servomotor.

I. INTRODUÇÃO

Nesta prática, exploramos a utilização de dois importantes periféricos do microcontrolador RP2040: o PWM (Pulse Width Modulation) e o ADC

(Conversor Analógico-Digital). O objetivo foi aplicar esses recursos no controle de dispositivos físicos — especificamente, um servo motor e a intensidade luminosa de um LED — utilizando como entrada um joystick analógico. A atividade permitiu compreender como sinais analógicos podem ser convertidos, tratados e utilizados em tempo real para gerar ações precisas através do PWM, proporcionando uma experiência prática fundamental no desenvolvimento de sistemas embarcados.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O RP2040, microcontrolador presente na placa Raspberry Pi Pico W, possui até 16 canais PWM, organizados em 8 "fatias" (slices), com dois canais por fatia. Esse periférico permite gerar sinais digitais com variação no tempo em que permanecem em nível alto e baixo, característica essencial para controle de dispositivos como motores, servomotores, buzzers e LEDs.

Cada canal PWM pode ser configurado para uma determinada frequência e ciclo de trabalho (duty cycle). A frequência de saída do sinal PWM é calculada com base na fórmula:

$$f_{\text{PWM}} = f_{\text{clock}} / ((\text{wrap} + 1) \times \text{div})$$

- *wrap* define o valor máximo da contagem.
- *div* é o divisor de clock da fatia PWM.

- f_{clock} geralmente é 125 MHz.

No contexto de controle de buzzer ou LEDs, o ciclo de trabalho controla o volume ou a intensidade da luz, enquanto a frequência define o tom ou frequência da luz pulsante. O RP2040 permite ainda a geração de sinais complementares com tempos mortos (dead-time), úteis em controle de potência.

O RP2040 também conta com um periférico ADC (Analog-to-Digital Converter) de 12 bits, capaz de realizar até 500 mil amostragens por segundo (500 ksp/s). Esse conversor permite a leitura de sinais analógicos, convertendo tensões na faixa de 0 a 3,3 V para valores digitais entre 0 e 4095 ($2^{12} - 1$).

O microcontrolador possui 4 canais de entrada analógica:

- GPIO26 a GPIO29 (3 externos + 1 canal interno para temperatura).

Esse ADC é do tipo SAR (Successive Approximation Register), e sua precisão pode ser aumentada com médias de leitura ou uso de filtros digitais. Ele é ideal para captar sinais provenientes de sensores analógicos, como potenciômetros, sensores de luz, de temperatura e outros.

III. RESULTADOS OBTIDOS

Exercício_Proposto:

Com o emprego do conversor A/D do módulo PWM (do inglês, Pulse Width Modulation), presente no microcontrolador RP2040, projete um sistema com a ferramenta Pico SDK para realizar o controle do ângulo de um servo motor. Esta atividade contemplará o joystick analógico e o motor micro servo padrão, ambos presentes no simulador de eletrônica online Wokwi

Código para solução do Exercício_Proposto:

```
#include <stdio.h>

#include "pico/stdlib.h"

#include "hardware/pwm.h"

#include "hardware/adc.h"
```

```
#define led_sei_la_qual 12
```

```
#define joystick_io 26
```

```
uint level_pwm = 0;
```

```
uint ad_min = 10;
```

```
uint ad_max = 4095;
```

```
uint pwm_min = 500;
```

```
uint pwm_max = 2000;
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    stdio_init_all();
```

```
    sleep_ms(200);
```

```
    //Configuração da leitura do canal AD
```

```
    adc_init();
```

```
    adc_gpio_init(26);
```

```
    adc_select_input(0);
```

```
    //Configuração do módulo PWM
```

```
    gpio_set_function(led_sei_la_qual,
GPIO_FUNC_PWM);
```

```
    uint slice =
pwm_gpio_to_slice_num(led_sei_la_qual);
```

```
    pwm_set_clkdiv(slice, 2.0);
```

```
    pwm_set_wrap(slice, 2000);
```

```
    pwm_set_enabled(slice, true);
```

```

while (true) {

    uint16_t ad_in = adc_read();

    if (ad_in < ad_min)

    {

        level_pwm = pwm_min;

    }

    else if(ad_in > ad_max)

    {

        level_pwm = pwm_max;

    }

    else

    {

        level_pwm = ((ad_in - ad_min)*(pwm_max -
pwm_min))/(ad_max - ad_min) + pwm_min;

    }

    pwm_set_gpio_level(led_sei_la_qual,
level_pwm); //definir o ciclo de trabalho (duty cycle)
do pwm

    }

}

```

IV.CONCLUSÃO

A prática realizada permitiu explorar de forma aplicada os recursos do microcontrolador RP2040, utilizando os periféricos PWM (Pulse Width Modulation) e ADC (Conversor Analógico-Digital) para controlar, respectivamente, um servo motor e a intensidade luminosa de um LED. O joystick, ao gerar sinais analógicos, foi essencial para demonstrar como a leitura analógica pode ser usada para controlar dispositivos em tempo real com precisão e suavidade. Além de fortalecer o entendimento teórico sobre os periféricos utilizados, a atividade proporcionou experiência prática com mapeamento de valores analógicos e geração de sinais PWM, habilidades fundamentais

no desenvolvimento de sistemas embarcados interativos e sensíveis ao ambiente. Essa aplicação também abre caminho para projetos mais complexos envolvendo automação, robótica e interfaces homem-máquina.

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.].