



Microcontroladores

Sistemas Digitais Microprocessados (SDM)

PWM (*Pulse Width Modulation*)

Profa. Ana T. Y. Watanabe
atywata@gmail.com.br



“O Senhor é meu Pastor, nada
me faltará”


Salmos 23:1



PWM – *Pulse Width Modulation*

Agenda:

- Principais características;
- Registradores de configuração;
- Modos de operação;



Temporizadores e Contadores (TCs) pg.185

TCs geram sinais periódicos e eventos contendo:

- 2 contadores de 8 bits (TC0 e TC2);
- 1 contador de 16 bits (TC1);
- Todos independentes;
- Características próprias.

Temporizador e Contador (TC0) 8bits pg. 189

- ✓ Contador simples (baseado no *clock* da CPU);
- ✓ Contador de eventos externos;
- ✓ Divisor do *clock* para o contador de até 10 bits;
- ✓ Gerador para 2 sinais PWM (pinos OC0A e OC0B);
- ✓ Gerador de frequência (onda quadrada);
- ✓ 3 fontes independentes de interrupção (por estouro e igualdades de comparação).

Temporizador e Contador (TC2) - 8 bits pg. 202

- ✓ Contador simples (baseado no *clock* da CPU).
- ✓ Contador de eventos externos;
- ✓ Divisor do *clock* para o contador de até 10 bits;
- ✓ Gerador para 2 sinais PWM (pinos OC2A e OC2B);
- ✓ Gerador de frequência (onda quadrada);
- ✓ 3 fontes independentes de interrupção (por estouro e igualdades de comparação);
- ✓ **Contagem precisa de 1s usando cristal externo (32.768kHz);**

Temporizador e Contador (TC1) 16 bits pg. 211

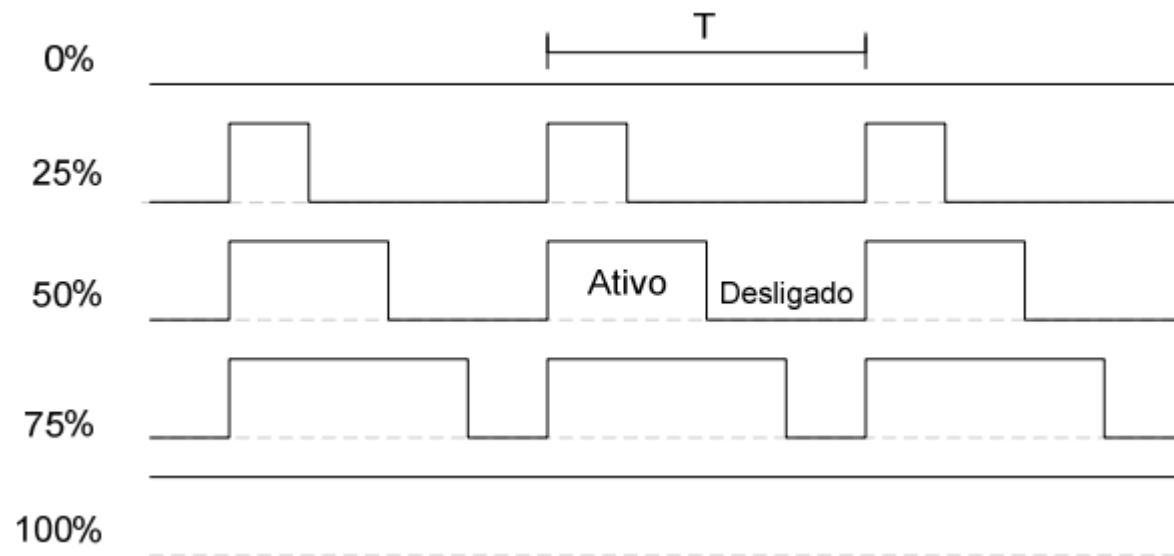
- ✓ Contador simples (baseado no *clock* da CPU);
- ✓ Contador de eventos externos;
- ✓ Divisor do *clock* para o contador de até 10 bits;
- ✓ Gerador para 2 sinais PWM (pinos OC1A e OC1B)
com mais possibilidades de configuração;
- ✓ Gerador de frequência (onda quadrada);
- ✓ 4 fontes independentes de interrupção (por estouro e igualdades de comparação).

O que é PWM?

- É uma técnica utilizada por sistemas digitais com base na **variação do valor médio** de uma forma de onda periódica.
- A técnica consiste em manter a frequência de uma onda quadrada fixa e variar o tempo que o sinal fica em nível lógico alto(ou baixo).

O que é PWM?

- o **valor médio** de uma forma de onda é controlado pelo **tempo em que o sinal fica em nível lógico alto (baixo) durante um determinado intervalo de tempo.**
- Esse tempo é chamado de *duty cycle*, ou seja, o ciclo ativo da forma de onda. No gráfico a seguir são exibidas algumas modulações PWM:



PWM com período T e ciclo ativo de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

É importante notar que o período do sinal PWM não se altera, e sim sua largura de ciclo ativo.

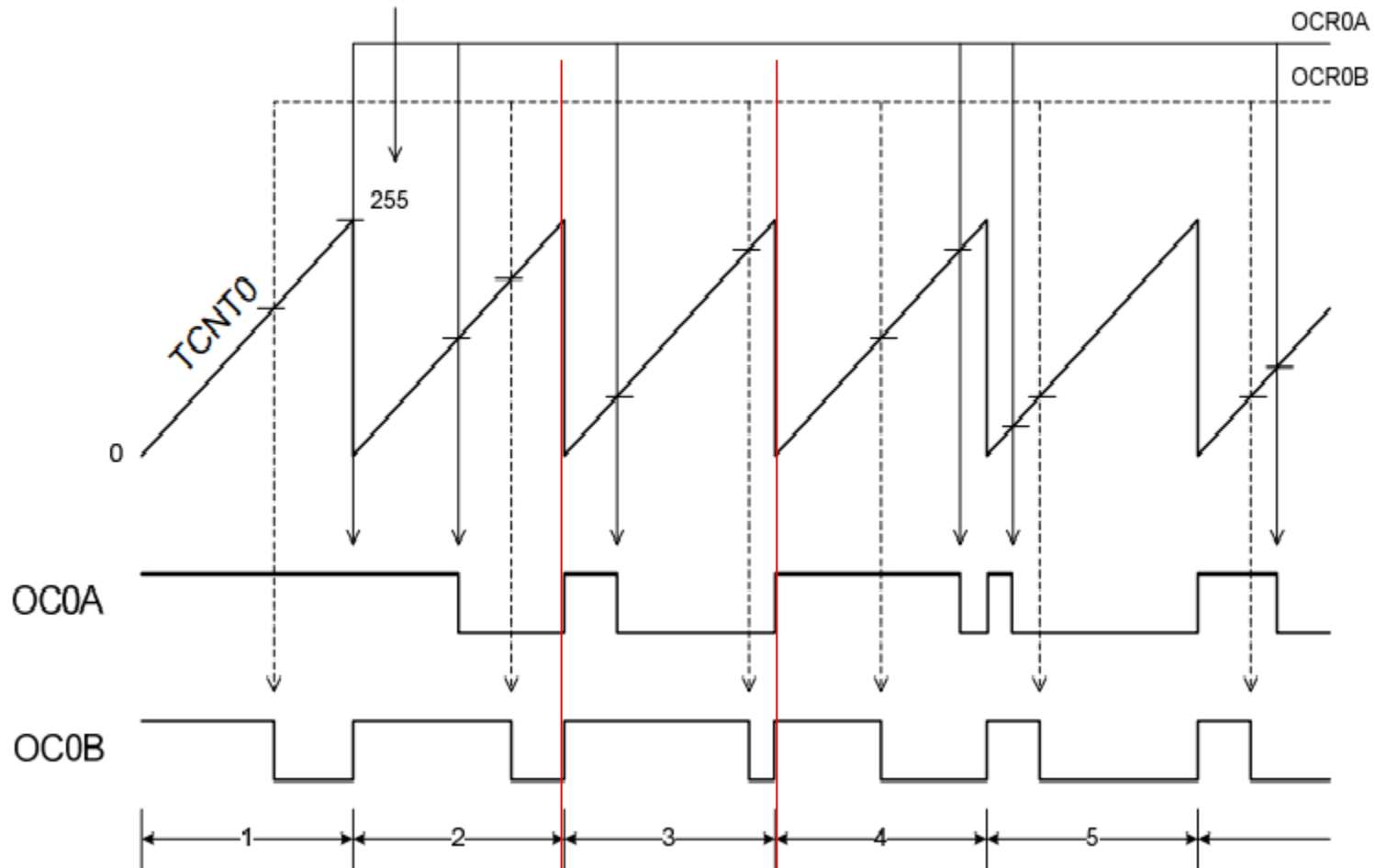


Algumas aplicações práticas:

- motores, lâmpadas, LEDs, fontes chaveadas e circuitos inversores.

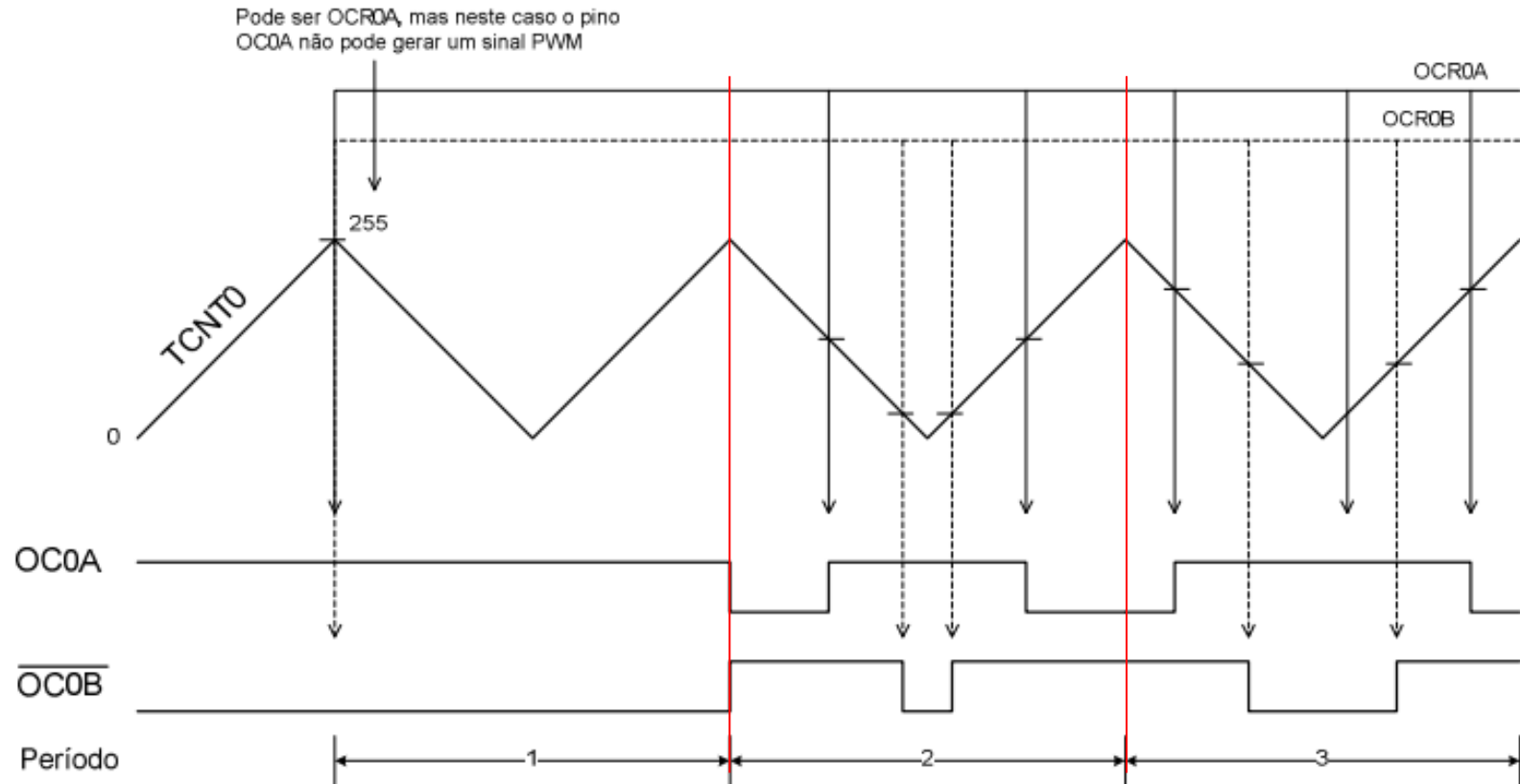
Explicação do Modo PWM rápido (alta frequência):

Pode ser OCR0A, mas neste caso o pino OC0A não pode gerar um sinal PWM



SAÍDA OC0A e OC0B => NÃO INVERTIDA

Explicação do Modo PWM com fase corrigida (início e fim do ciclo ativo)



SAÍDA OC2A => NÃO INVERTIDA
SAIDA OC2B => INVERTIDA

Tab. 9.11 – Modo PWM com fase corrigida.

COM2A1	COM2A0	Descrição
0	0	Operação normal do pino, OC2A desconectado.
0	1	WGM22 = 0: operação normal do pino, OC2A desconectado. WGM22 = 1: troca de estado do OC2A na igualdade de comparação.
1	0	OC2A é limpo é na igualdade de comparação quando a contagem é crescente, e ativo na igualdade de comparação quando a contagem é decrescente.
1	1	OC2A é ativo na igualdade de comparação quando a contagem é crescente, e limpo na igualdade de comparação quando a contagem é decrescente.

NÃO INV.

INVERTIDA



Quantidade de PWMs disponíveis (pg.31 e 32):

8 Bits:

TC0: pino OC0A (PD6)
pino OC0B (PD5)
TC2: pino OC2A (PB3)
pino OC2B (PD3)

16 Bits:

TC1: pino OC1A (PB1)
pino OC1B (PB2)



Registadores a serem programados:

TCCR0A: controla comportamento do pino OC0A e OC0B e modo de operação

TCCR0B: controla forma de onda (WGM02) e clock/prescaler

OCR0A: ciclo ativo do PWM da saída OC0A

OCR0B: ciclo ativo do PWM da saída OC0B

TCCR1A: controla comportamento do pino OC1A e OC1B e modo de operação

TCCR1B: controla forma de onda (WGM12) e clock/prescaler

OCR1A: ciclo ativo do PWM da saída OC1A

OCR1B: ciclo ativo do PWM da saída OC1B

TCCR2A: controla comportamento do pino OC2A e OC2B e modo de operação

TCCR2B: controla forma de onda (WGM22) e clock/prescaler

OCR2A: ciclo ativo do PWM da saída OC2A

OCR2B: ciclo ativo do PWM da saída OC2B

Modo PWM com fase corrigida:

Temporizador/Contador 0

$$f_{\text{pwm}} = \frac{f_{\text{osc}}}{2 \text{ Prescaler } (1+\text{TOP})}, \text{ onde Prescaler} = 1, 8, 64, 256 \text{ ou } 1024$$

Temporizador/Contador 1

$$f_{\text{pwm}} = \frac{f_{\text{osc}}}{2 \text{ Prescaler } (1+\text{TOP})}, \text{ onde Prescaler} = 1, 8, 64, 256 \text{ ou } 1024$$

Temporizador/Contador 2

$$f_{\text{pwm}} = \frac{f_{\text{osc}}}{2 \text{ Prescaler } (\text{TOP})}, \text{ onde Prescaler} = 1, 8, 32, 64, 128, 256 \text{ ou } 1024$$