

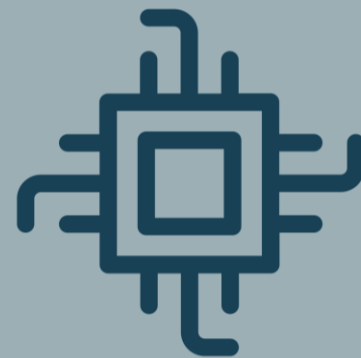


Universidade Federal
de Campina Grande



PWM

ATMEGA328P



Prof.

**Rafael
Lima**

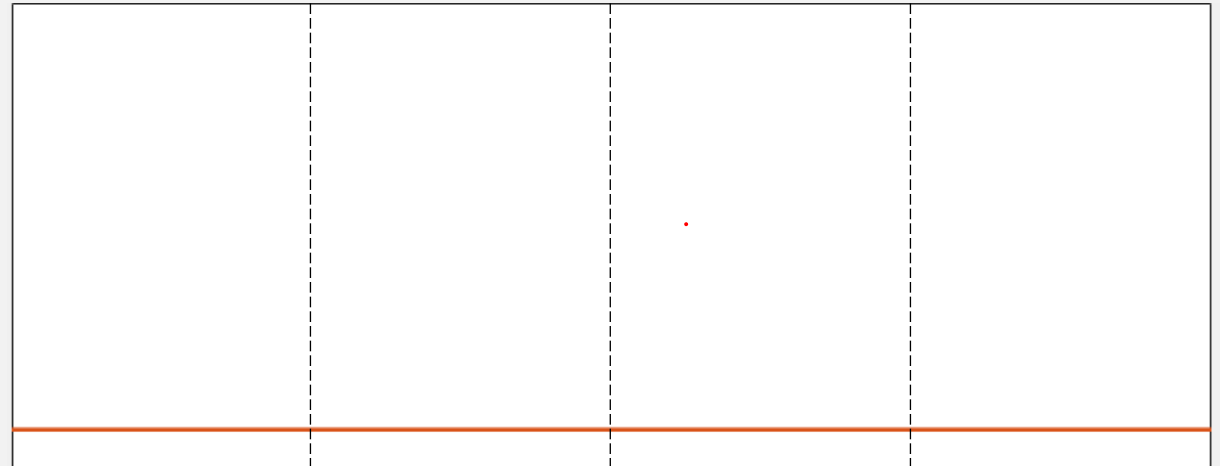
PWM

Sinal PWM

- Sinal periódico; ✓
- Binário; ✓
- Normalmente o período é fixo; ✓

$$\text{Duty Cycle} = t_{\text{high}} / (t_{\text{high}} + t_{\text{low}})$$

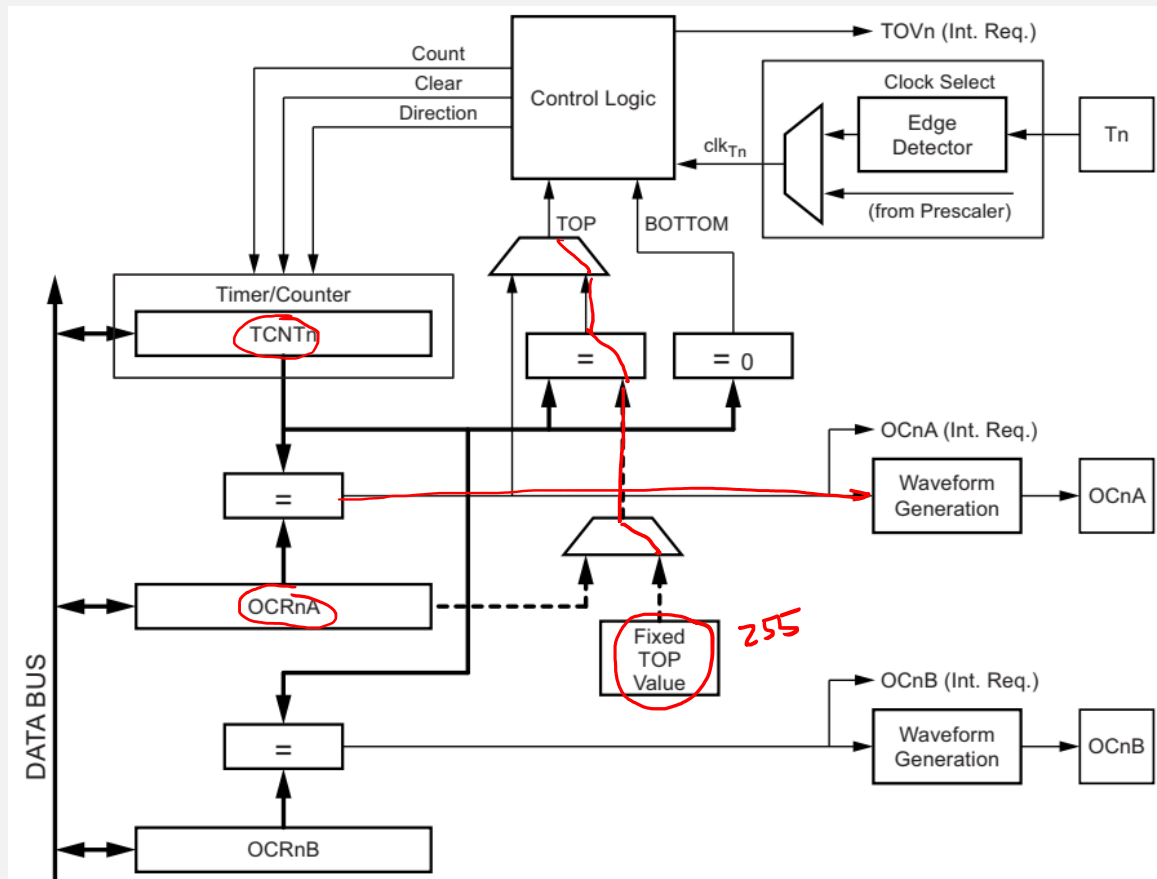
- *Duty Cycle* variável o que implica no valor médio variável



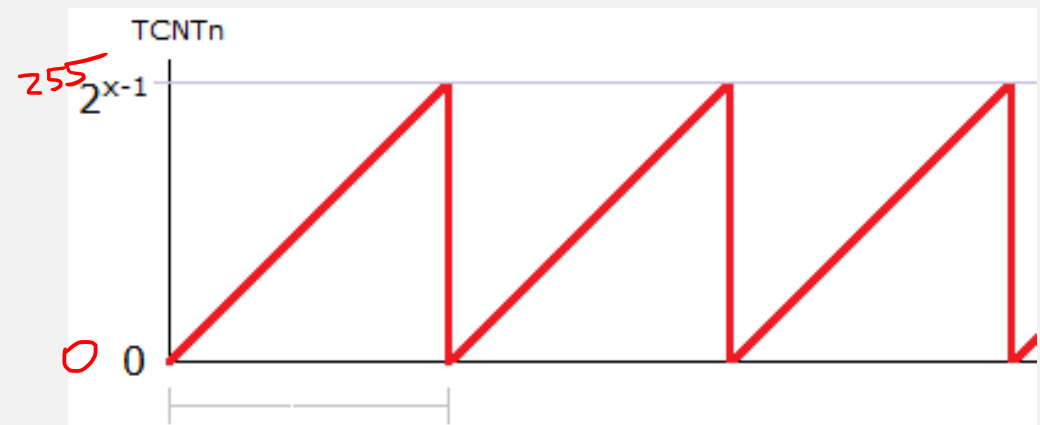
Duty Cycle variando de 0 até 100%

MODOS DE OPERAÇÃO DO TCN

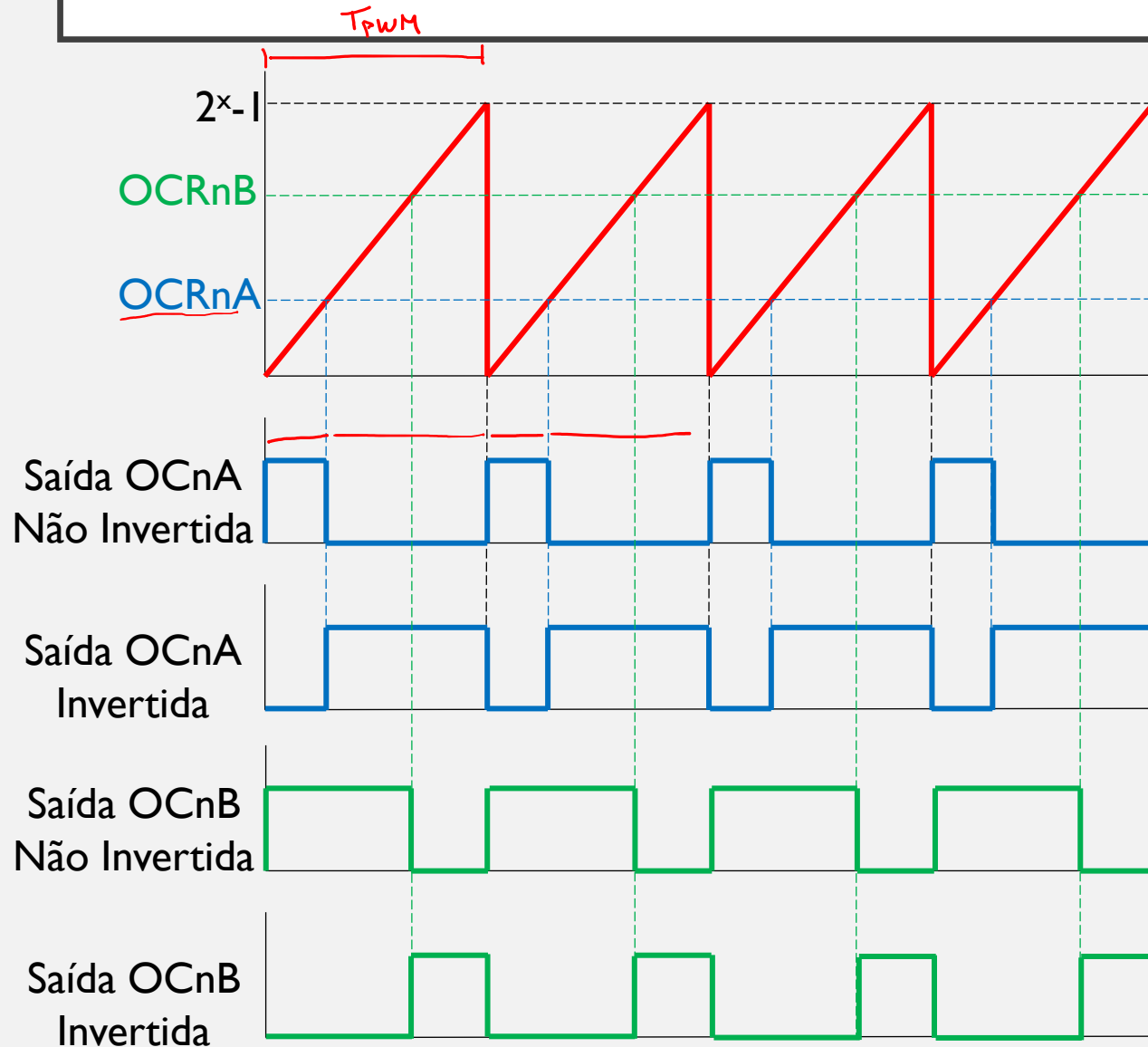
Modo PWM Rápido ✓



- O TCn conta continuamente de forma crescente.
- A contagem se dá de 0 até $2^x - 1$ voltando a 0, num ciclo contínuo. → 0 - 255
- O valor da contagem é armazenado no registrador TCNTn



MODOS DE OPERAÇÃO



✓ **Saída Não-Invertida:** o pino OCnA/B é zerado na igualdade entre TCNTn e OCRnA/B, e colocado em 1 no valor mínimo do contador;

✓ **Saída Invertida:** o pino OCnA/B é ativado na igualdade entre TCNTn e OCRnA/B, e zerado no valor mínimo do contador;

$$T_{PWM} = (2^x \cdot 256) \cdot \text{prescaler} \cdot T_{clk} \quad 16MHz$$

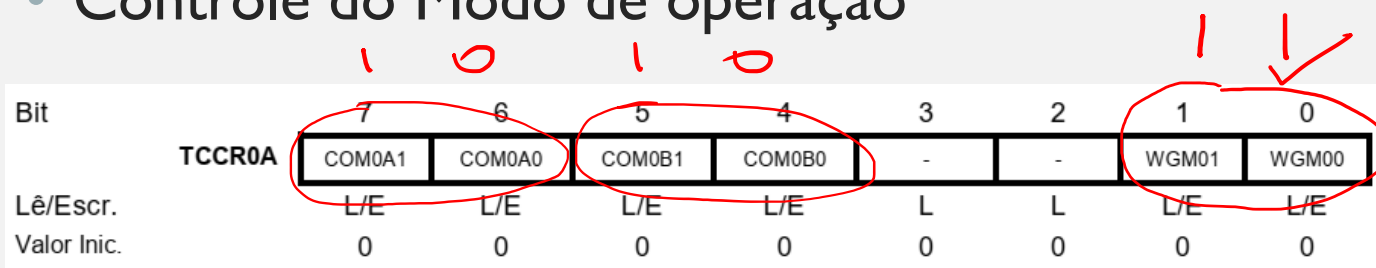
$$f_{PWM} = \frac{16MHz}{(2^x \cdot 256) \cdot \text{prescaler}}$$

Prescaler = {1, 8, 64, 256, 1024}

REGISTRADORES DOS TIMERS/COUNTERS

TCCRnA (Timer/Counter Control n Register A)

- Controle do Modo de operação



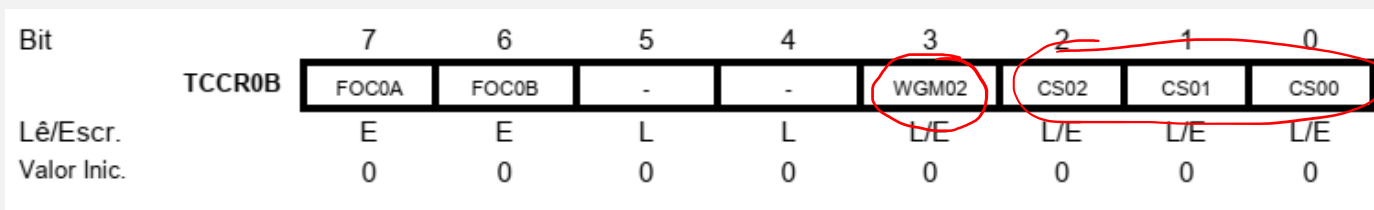
Modo	WGM02	WGM01	WGM00	Modo de Operação TC	TOP	Atualização de OCR0A no valor:	Sinalização do bit TOV0 no valor:
0	0	0	0	Normal	0xFF	Imediata	0xFF
1	0	0	1	PWM com fase corrigida	0xFF	0xFF	0x00
2	0	1	0	CTC	OCR0A	Imediata	0xFF
3	0	1	1	PWM rápido	0xFF	0x00	0xFF
4	1	0	0	Reservado	-	-	-
5	1	0	1	PWM com fase corrigida	OCR0A	OCR0A	0x00
6	1	1	0	Reservado	-	-	-
7	1	1	1	PWM rápido	OCR0A	0x00	OCR0A

- P/ modo PWM Rápido:

COM0A1	COM0A0	Descrição
0	0	Operação normal do pino, OC0A desconectado.
0	1	WGM02 = 0: operação normal do pino, OC0A desconectado. WGM02 = 1: troca de estado do OC0A na igualdade de comparação.
1	0	OC0A é limpo na igualdade de comparação, OC0A ativo no valor do TC mínimo (modo não invertido). ✓
1	1	OC0A é ativo na igualdade de comparação e limpo no valor do TC mínimo (modo invertido). ✓

REGISTRADORES DOS TIMERS/COUNTERS

TCCRnB (Timer/Counter Control n Register B)



- **FOC0A:B** – Force Output Compare A e B, quando modo não-PWM, força uma comparação no modulo gerador de onda
- **WGM02** – Tabela anterior
- **CS02:0** – Seleção de clock

CS02	CS01	CS00	Descrição
0	0	0	Sem fonte de clock (TC0 parado).
0	0	1	clock/1 (prescaler=1) - sem prescaler.
0	1	0	clock/8 (prescaler = 8).
0	1	1	clock/64 (prescaler = 64).
1	0	0	clock/256 (prescaler = 256).
1	0	1	clock/1024 (prescaler = 1024).
1	1	0	clock externo no pino T0. Contagem na borda de descida.
1	1	1	clock externo no pino T0. Contagem na borda de subida.

REGISTRADORES DOS TIMERS/COUNTERS

TCNTn (Timer/Counter n Register)

- Registrador onde é realizada a contagem do TCn, pode ser lido ou escrito a qualquer tempo.

OCRnA (Output Compare n Register A)

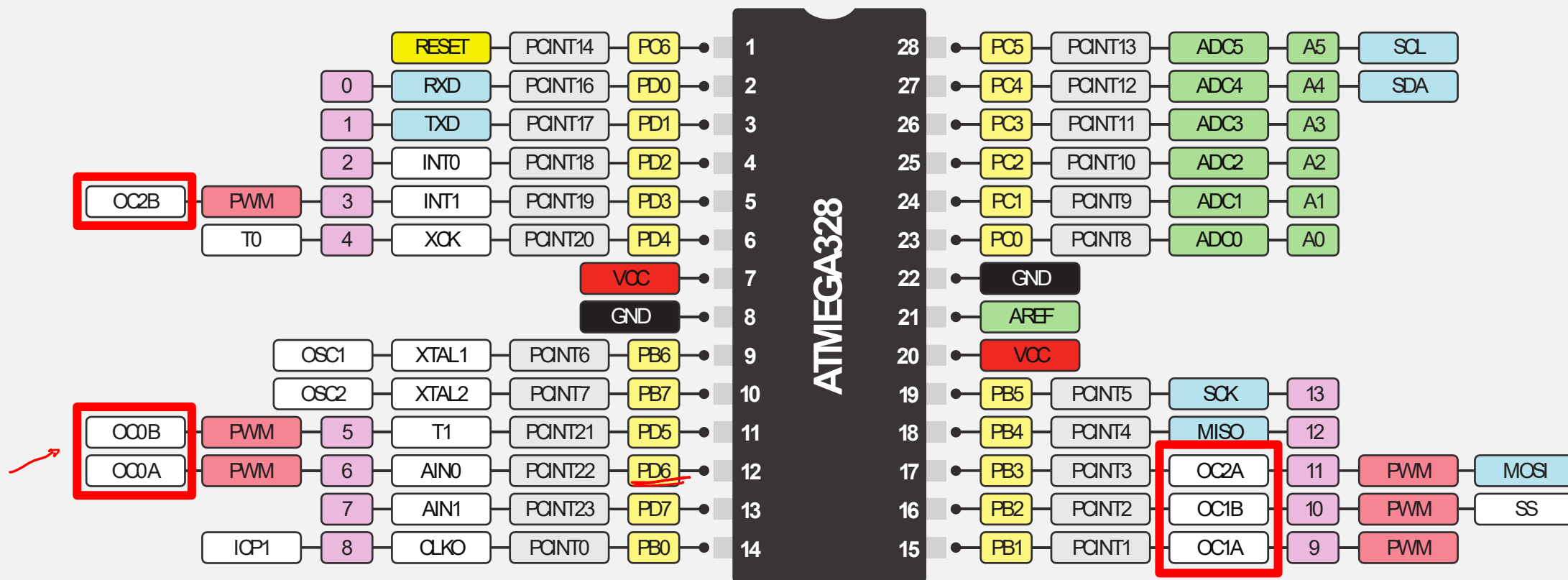
- Registrador de comparação A, possui o valor que é continuamente comparado com o valor do contador (TCNTn). Gera um PWM no pino OCnA. - PD6

OCRnB (Output Compare n Register B)

- Registrador de comparação B, possui o valor que é continuamente comparado com o valor do contador (TCNTn). Gera um PWM no pino OCnB. - PD5

MAPA DE PINOS DO ATMEGA328P

- Pinos capazes de gerar sinais PWM por hardware



EXEMPLO: FAST PWM

```
#define F_CPU 16000000UL
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
```

```
int main(void)
{
```

```
    //GPIO
```

```
    ✓ DDRD = 0xFF; //Todos os pinos da porta D como saídas
```

```
    //Fast PWM, TOP = 0xFF, OC0A e OC0B habilitados
```

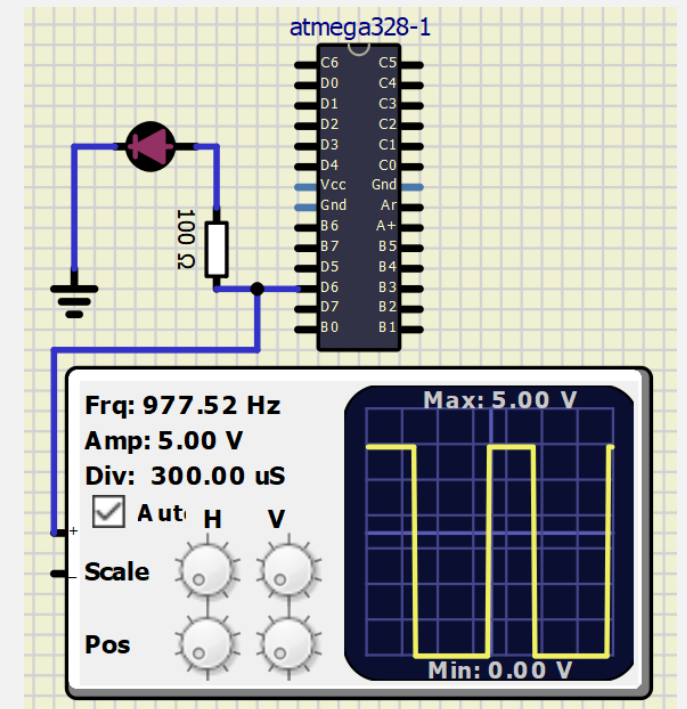
```
    ✓ TCCR0A = 0b10100011; //PWM não invertido nos pinos OC0A e OC0B
```

```
    ✓ TCCR0B = 0b00000011; //liga TC0, prescaler = 64, fpwm =  
    fosc/(256*prescaler) = 16MHz/(256*64) = 976Hz
```

```
    ✓ OCR0A = 200; //controle do ciclo ativo do PWM OC0A (PD6)  
    //OCR0B = 50; //controle do ciclo ativo do PWM OC0B (PD5)
```

```
    while (1)  
    {  
    }  
}
```

$$\text{duty} = \frac{200}{256} \approx 78\%$$



REFERÊNCIAS

IDE

- Atmel Studio 7 (gratuito) <https://www.microchip.com/mplab/avr-support/atmel-studio-7>

Simuladores

- <https://www.simulide.com/p/blog-page.html>
- <https://github.com/lcgamboa/picsimlab/releases>
- <https://www.labcenter.com/downloads/>

Material de referência:

- Datasheet do Atmega 328p: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p#datasheet-toggle>
- Livro texto: <http://borgescorporation.blogspot.com/2012/05/avr-e-arduino-tecnicas-de-projeto.html>