

Timers/Counters do ATmega128

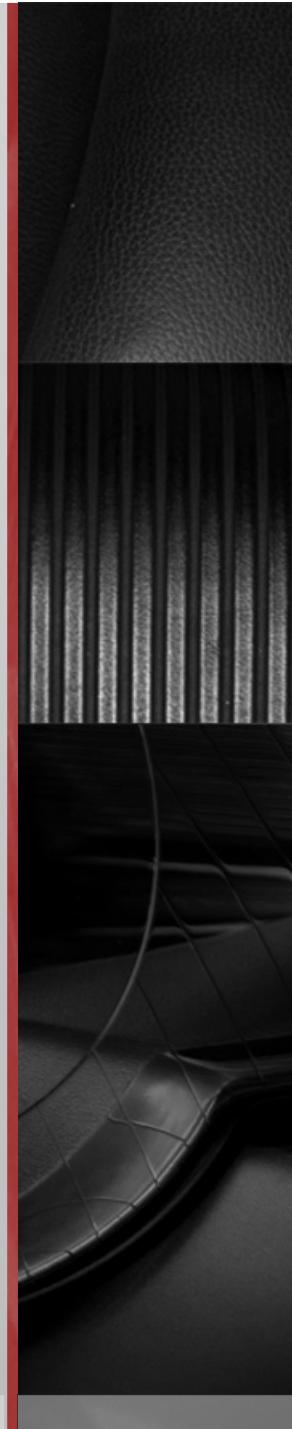
Lino Figueiredo – ISEP

Microprocessadores e Microcontroladores

Licenciatura Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Ano Lectivo 2013-2014

Revisão 2.1 - 2019

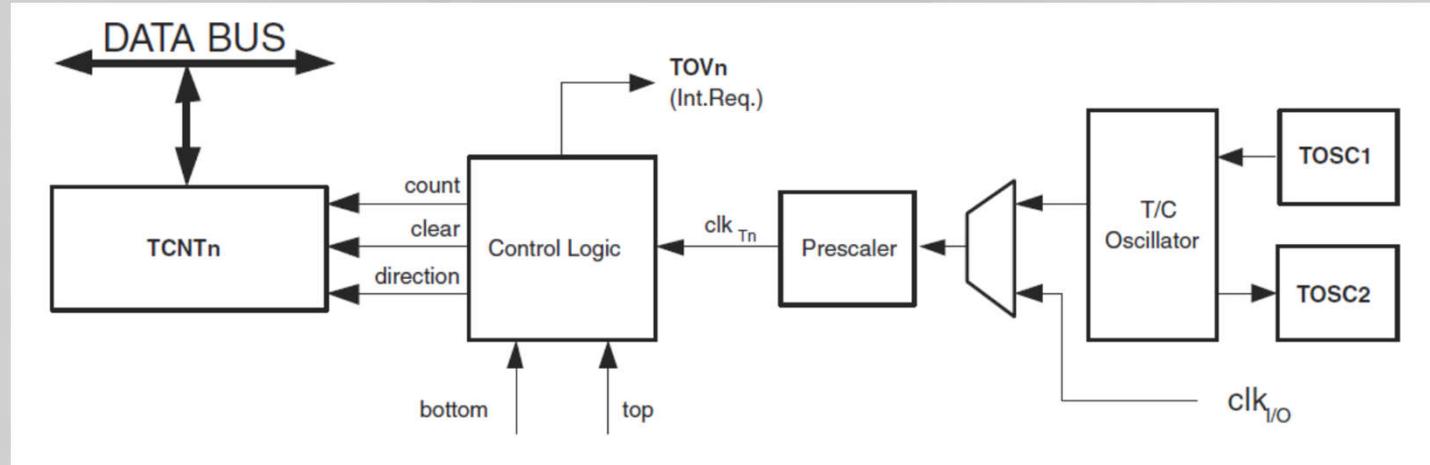




Timer/Counter ATmega128

- 2 x Timer/Counter de 8 bits
 - Timer /Counter 0
 - Timer /Counter 2
- 2 x Timer/Counter de 16 bits
 - Timer /Counter 1
 - Timer /Counter 3
- 1 x Real Time Counter (com oscilador independente)
- 2 x PWM de 8 bits
- 6 x PWM de 16 bits

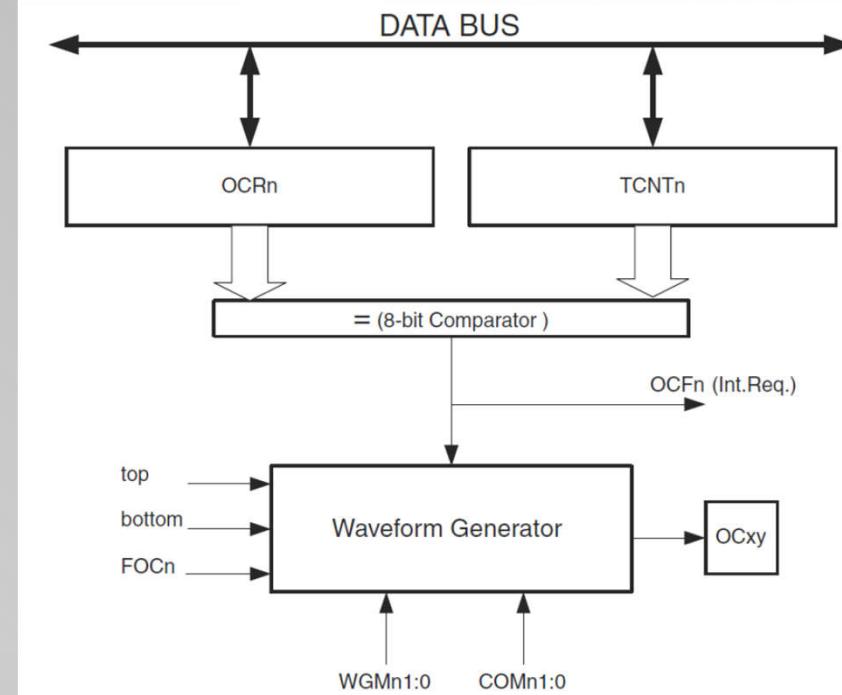
Timer/Counter 0 – Counter Unit



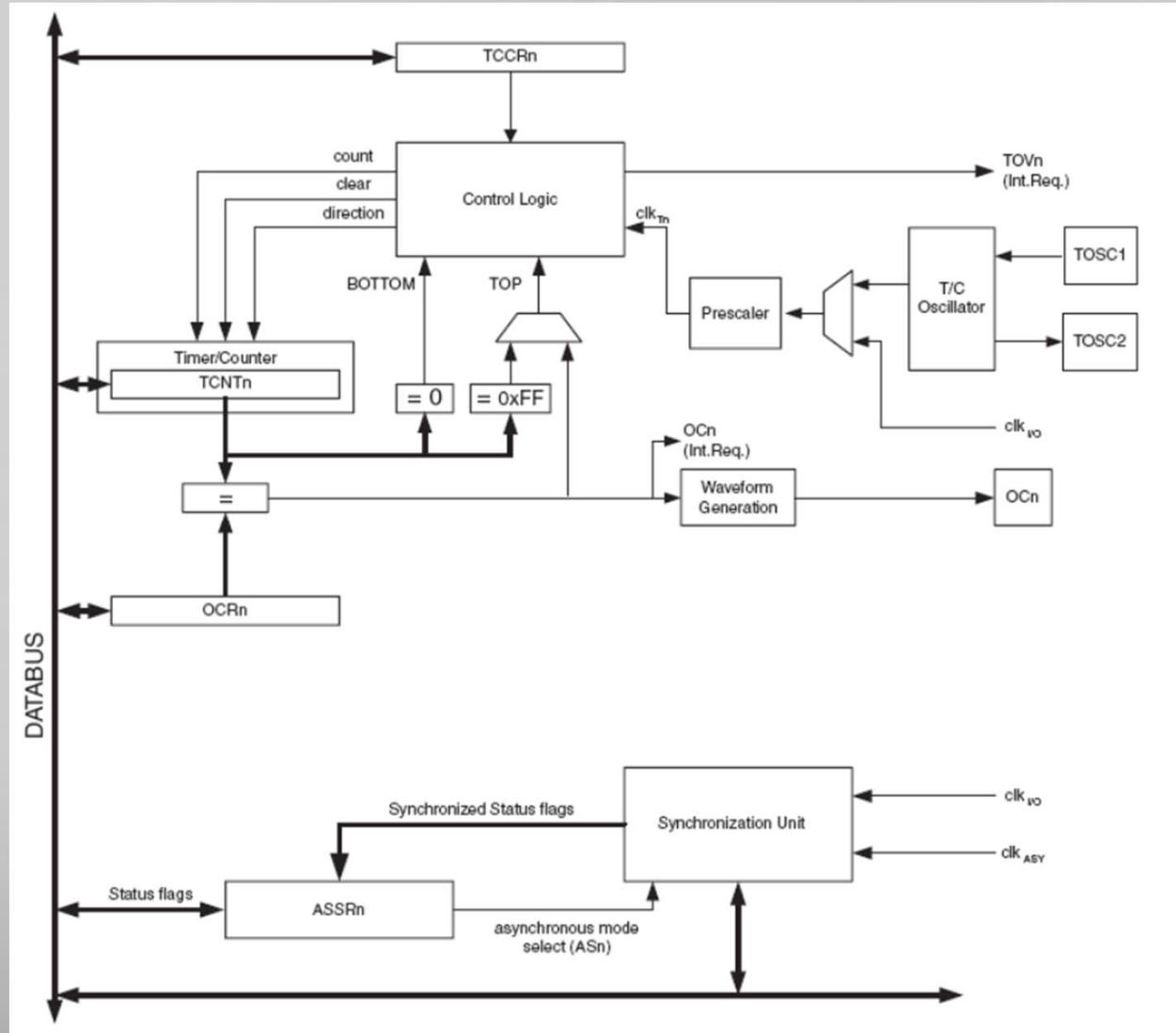
- Fonte de Clock
 - Interna (oscilador do micro)
 - Externa (TOSC1 eTOSC2)
- TCNT0 – registo de contagem (8 bits)
 - BOTTOM → TCNT0=0
 - MAX → TCNT0=0xFF
 - TOP → TCNT0=OCR0 ou TCNT0=0xFF
- Prescaler com factor 1, 8, 32, 64, 128, 256 ou 1024
- TOV0 – flag de overflow

Timer/Counter 0 – Output Compare Unit

- Compara continuamente o valor do contador (TCNT0) com o valor do registo OCR0 (**Output Compare Register0**)
- Se for igual activa a flag OCF0 (**Output Compare Flag0**)
- A flag OCF0 poderá gerar uma interrupção (OCIE0=1)
- Dependendo das configurações do T/C0 poderá ser gerado um sinal no pino OC0

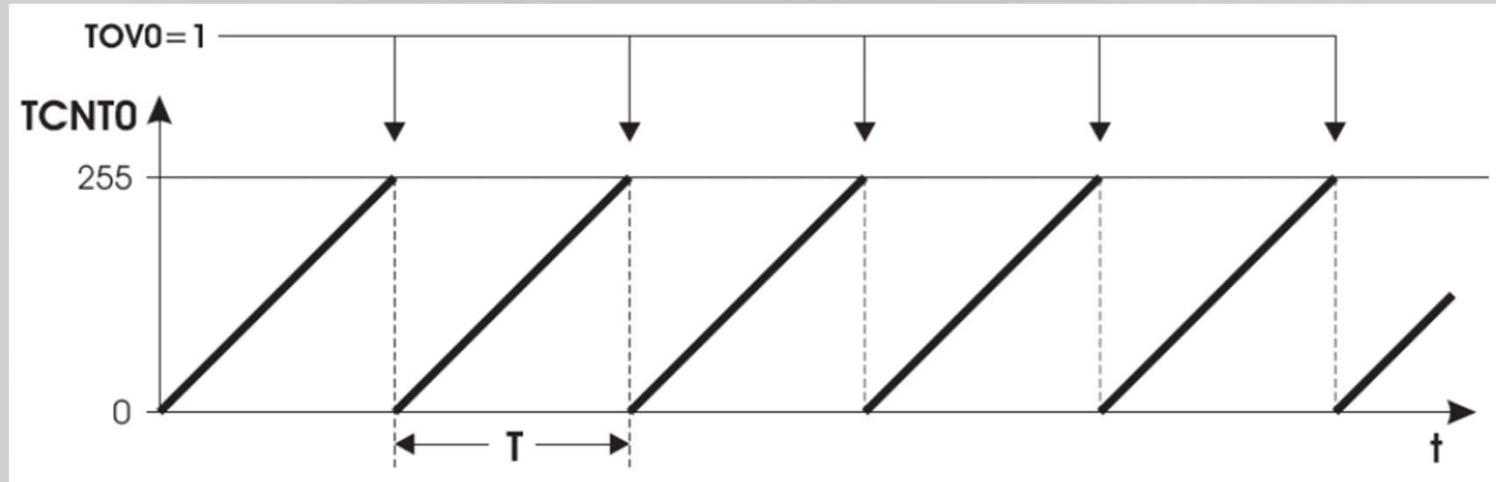


Timer/Counter 0 – Diagrama de blocos



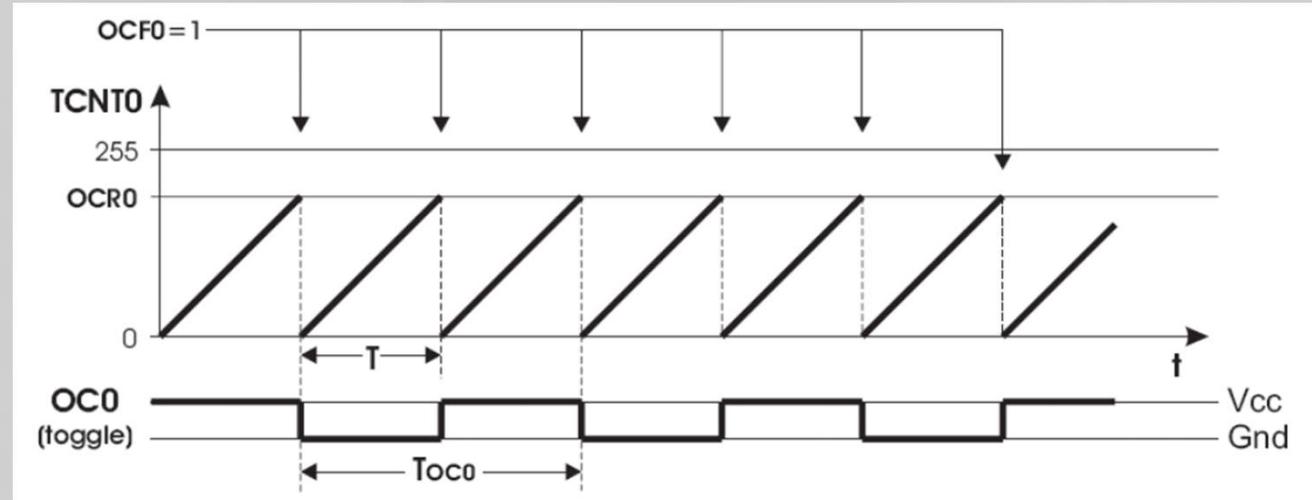
O T/C0 tem 4
modos de
funcionamento

T/C0 – modo 0 (normal)



- O TCNT0 incrementa até atingir o valor 0xFF (TOP) recomeçando a contar a partir do 0x00 (BOTTOM).
- A flag TOV0 é activada quando o TCNT0 recomeça a contar do 0x00.
- A flag TOV0 poderá gerar uma interrupção
- $T = \frac{\text{Prescaler}}{\text{CLK}_{Io}} \times 256$

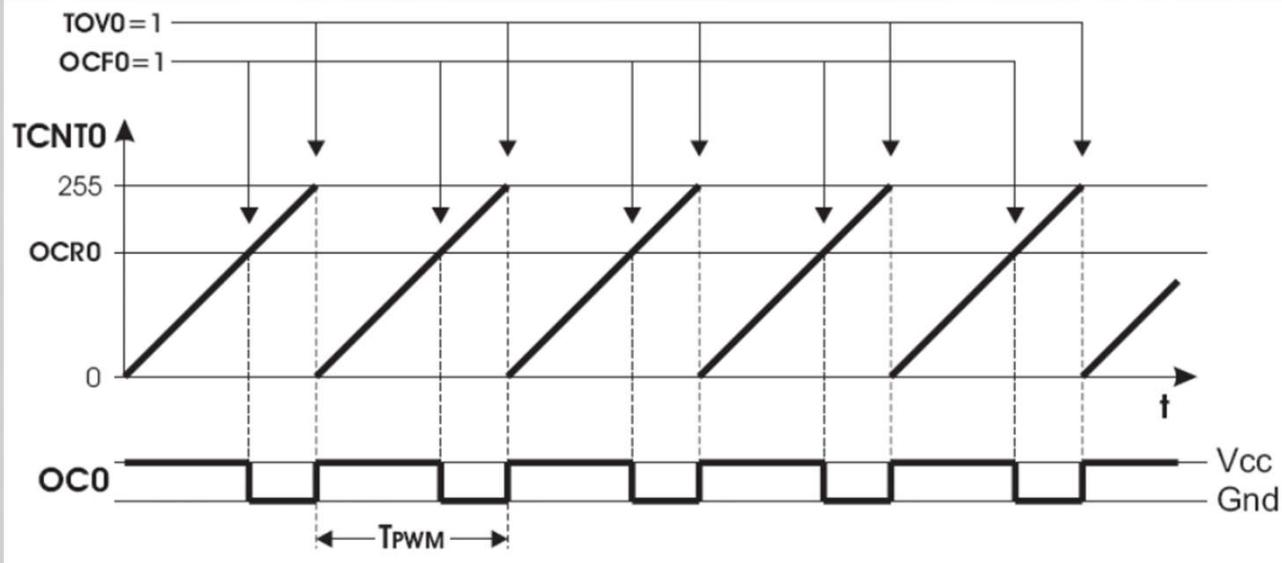
T/C0 – modo 2 (CTC – Clear Timer on Compare)



- O TCNT0 incrementa até atingir o valor que está no registo OCR0 recomeçando a contar a partir do 0x00 (BOTTOM)
 - A flag OCF0 é activada quando o TCNT0 recomeça a contar do 0x00.
 - A flag OCF0 poderá gerar uma interrupção
 - O sinal gerado poderá ser colocado no pino OCO

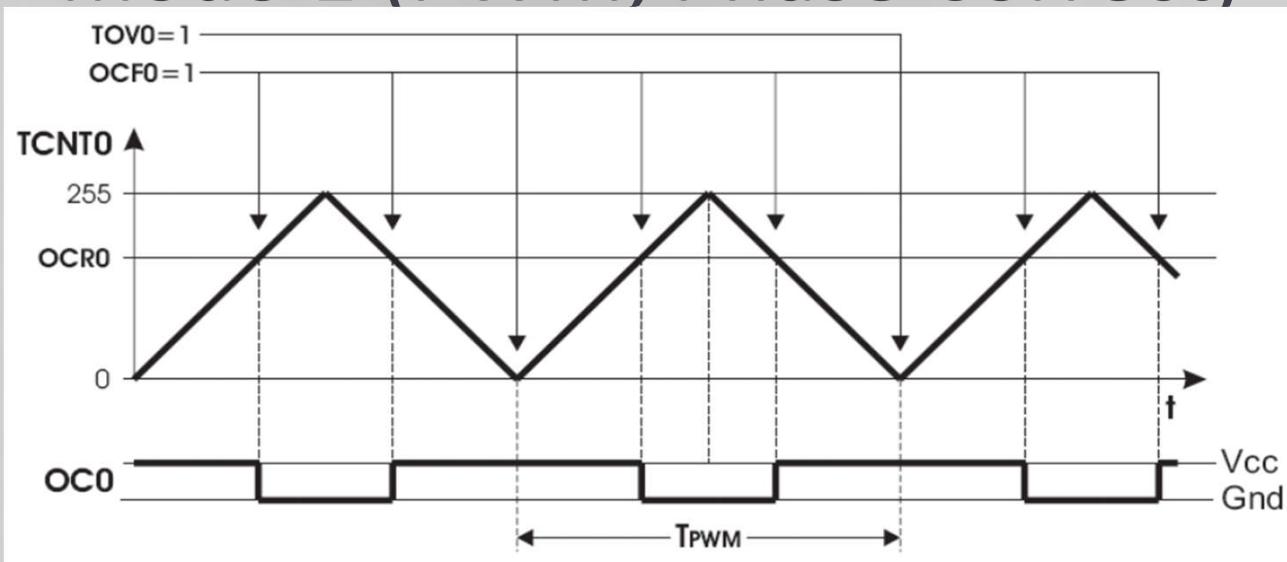
■ $T = \frac{\text{Prescaler}}{\text{CLK}_{IO}} \times (\text{OCR}0 + 1)$ $T_{OC0} = 2 \times T$

T/C0 – modo 3 (Fast PWM)



- O TCNT0 incrementa até atingir o valor 0xFF (TOP) recomeçando a contar a partir do 0x00 (BOTTOM).
- A flag OCF0 é activada quando o TCNT0 atinge o valor OCR0 (TOP) e a flag TOV0 é activada quando o TCNT0 recomeça a contar do 0x00
- A flag OCF0 e a TOV0 poderão gerar interrupções
- O sinal gerado poderá ser colocado no pino OC0
- $T_{PWM} = \frac{\text{Prescaler}}{\text{CLK}_{IO}} \times 256$

T/C0 – modo 1 (PWM, Phase Correct)



- O TCNT0 incrementa até atingir o valor 0xFF (TOP) e decrementa até atingir o valor 0x00 (BOTTOM).
- A flag OCF0 é activada sempre que o TCNT0 tem o mesmo valor que OCR0 e a flag TOV0 é activada quando o TCNT0 recomeça a contar do 0x00
- A flag OCF0 e a TOV0 poderão gerar interrupções
- O sinal gerado poderá ser colocado no pino OC0
- $T_{PWM} = \frac{\text{Prescaler}}{\text{CLK}_{IO}} \times 510$

T/C0 - Registros

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	TCCR0
Read/Write	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCNT0[7:0]								TCNT0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR0[7:0]								OCR0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

T/C0 – Configurações I

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TCCR0
Read/Write	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	
Initial Value	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	

- FOC0 – Force Output Compare
- WGM01:0 – Waveform Generation Mode

Modo	WGM01	WGM00	Timer/Counter
			modo de operação
0	0	0	Normal
1	0	1	PWM, Phase Correct
2	1	0	CTC
3	1	1	Fast PWM

- COM01:0 – Compare Match Output Mode
 - Modos de funcionamento não PWM:

COM01	COM00	Descrição
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected
0	1	Toggle OC0 on compare match
1	0	Clear OC0 on compare match
1	1	Set OC0 on compare match

T/C0 – Configurações II

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	FOCO	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	TCCR0
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Modo de funcionamento Fast PWM:

COM01	COM00	Descrição
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match, set OC0 at BOTTOM
1	1	Set OC0 on compare match, clear OC0 at BOTTOM

- Modo de funcionamento Phase Correct PWM

COM01	COM00	Descrição
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match when up-counting. Set OC0 on compare match when downcounting
1	1	Set OC0 on compare match when up-counting. Clear OC0 on compare match when downcounting

T/C0 – Configurações III

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	FOCo	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	TCCR0
Initial Value	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	

- CS02:0 – Clock Select

CS02	CS01	CS00	Descrição
0	0	0	No clock source (T/C stopped)
0	0	1	clk_{TOS} (No prescaling)
0	1	0	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 8$ (From prescaler)
0	1	1	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 32$ (From prescaler)
1	0	0	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 64$ (From prescaler)
1	0	1	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 128$ (From prescaler)
1	1	0	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 256$ (From prescaler)
1	1	1	$\text{clk}_{\text{TOS}} / 1024$ (From prescaler)

Sistema de Interrupções do TCO

- Timer/Counter Interrupt Mask Register
 - OCIE0 – Timer/Counter0 Output Compare Match Interrupt Enable
 - TOIE0 – Timer/Counter0 Overflow Interrupt Enable

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TIMSK
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Timer/Counter Interrupt Flag Register
 - OCF0 – Output Compare Flag0
 - TOV0 – Timer/Counter0 Overflow Flag

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TIFR
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Vectores de reset e interrupção

Vector nº	Endereço	Fonte	Definição
1	0x0000	RESET	Operação de RESET
2	0x0002	INT0	Interrupção externa 0
3	0x0004	INT1	Interrupção externa 1
4	0x0006	INT2	Interrupção externa 2
5	0x0008	INT3	Interrupção externa 3
6	0x000A	INT4	Interrupção externa 4
7	0x000C	INT5	Interrupção externa 5
8	0x000E	INT6	Interrupção externa 6
9	0x0010	INT7	Interrupção externa 7
10	0x0012	TIMER2 COMP	T/C2 comparação
11	0x0014	TIMER2 OVF	T/C2 overflow
12	0x0016	TIMER1 CAPT	T/C1 captura
13	0x0018	TIMER1 COMPA	T/C1 comparação A
14	0x001A	TIMER1 COMPB	T/C1 comparação B
15	0x001C	TIMER1 OVF	T/C1 overflow
16	0x001E	TIMER0 COMP	T/C0 comparação
17	0x0020	TIMER0 OVF	T/C0 overflow
18	0x0022	SPI, STC	SPI, transferência terminada
19	0x0024	USART0, RX	USART0, recepção terminada
20	0x0026	USART0, UDRE	USART0, registo de dados vazio
21	0x0028	USART0, TX	USART0, transmissão terminada
22	0x002A	ADC	ADC, conversão terminada
23	0x002C	EE READY	EEPROM ready
24	0x002E	ANALOG COMP	Comparador analógico
25	0x0030	TIMER1 COMPC	T/C1 comparação C
26	0x0032	TIMER3 CAPT	T/C3 captura
27	0x0034	TIMER3 COMPA	T/C3 comparação A
28	0x0036	TIMER3 COMPB	T/C3 comparação B
29	0x0038	TIMER3 COMPC	T/C3 comparação C
30	0x003A	TIMER3 OVF	T/C3 overflow
31	0x003C	USART1, RX	USART1, recepção terminada
32	0x003E	USART1, UDRE	USART1, registo de dados vazio
33	0x0040	USART1, TX	USART1, transmissão terminada
34	0x0042	TWI	Two Wire Interface
35	0x0044	SPM READY	Store Program Memory Ready

Bit Copy Storage - T

- O bit T (SREG,6) tem disponível um conjunto de instruções dedicadas à manipulação de um bit.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SREG
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- SET ;bit T=1
- CLT ;bit T=0
- BRTS rotina ; se bit T = 1 salta para rotina
- BRTC rotina ; se bit T = 0 salta para rotina
- BLD r16,2 ; o bit 2 do r16 fica com o valor do bit T
- BST r16,2 ; bit T fica com o valor do bit 2 do r16

```

.include <m128def.inc>
.equ LED =7 ;atribui ao nome (label) LED o valor 7
.equ SW = 0 ;atribui ao nome (label) SW o valor 0
.def temp = r16 ;r16 fica também com o nome de temp
.def cnt_int = r17
.def temp_int = r18

.cseg ;inicio segmento de código
.org 0 ;Vector de Reset
    jmp main
.org 0x1E ;Vector de interrupção CTC
.org 0x46 ;Deixa espaço para vectores de interrupção
;o código (opcode) é colocado no endereço 0x46 da memória de programa
;***** Inicialização do processador *****
inic: ldi temp,0b11000000
      out DDRA,temp ;configura PORTA
      out PORTA,temp ;inicializa saídas portA desativa pull-up entradas

      ldi temp,77 ;Temporização base de 5ms 70
      out OCR0,temp

      ldi cnt_int,10 ;contador de 50ms

      ldi temp,0b00001111 ;TC0 em modo CTC, prescaler 1024, OC0 off
      out TCCR0,temp

      in r16,TIMSK ;Enable da interrupção do TC0 (CTC)
      ori r16,0b00000010
      out TIMSK,r16

      sei ;Enable global das interrupções
      ret
;***** Programa Principal *****
main: ldi temp,low(RAMEND) ;Inicialização do ponteiro da stack
      out spl,temp ;na ultima posição da memoria de dados
      ldi temp,high(RAMEND)
      out sph,temp

      call inic ;salta para rotina inic

ciclo: brtc ciclo ;testa flag T (se T=1 -> 50ms)
       clt
       sbic PINA,SW ;testa valor pino 0 PORTA
       sbi PORTA,LED ;coloca 1 pino 7 PORTA
       sbis PINA,SW
       cbi PORTA,LED ;coloca 0 pino 7 PORTA

       jmp ciclo
;***** Rotina de serviço da interrupção do TC0 (CTC) *****
int_tc0:
       in temp_int,SREG ;guardar valor SREG
       dec cnt_int ;Verifica se passaram 50ms
       brne f_int
       ldi cnt_int,10 ;recarrega o contador de interrupções
       out SREG,temp_int ;repor valor SREG
       set
       reti ;activa flag T do SREG
f_int:
       out SREG,temp_int ;repor valor SREG
       reti

```