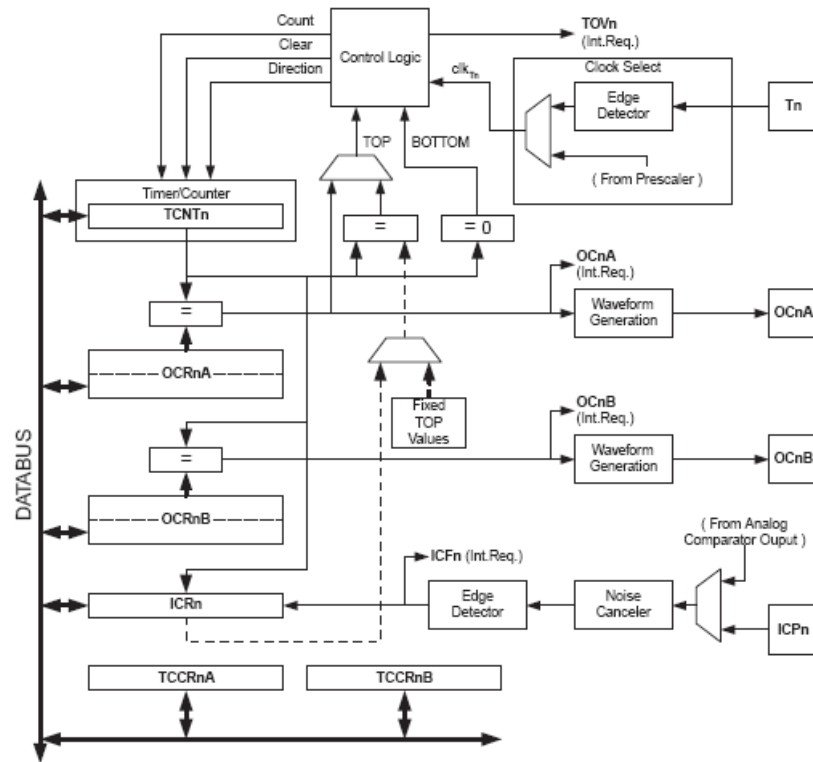


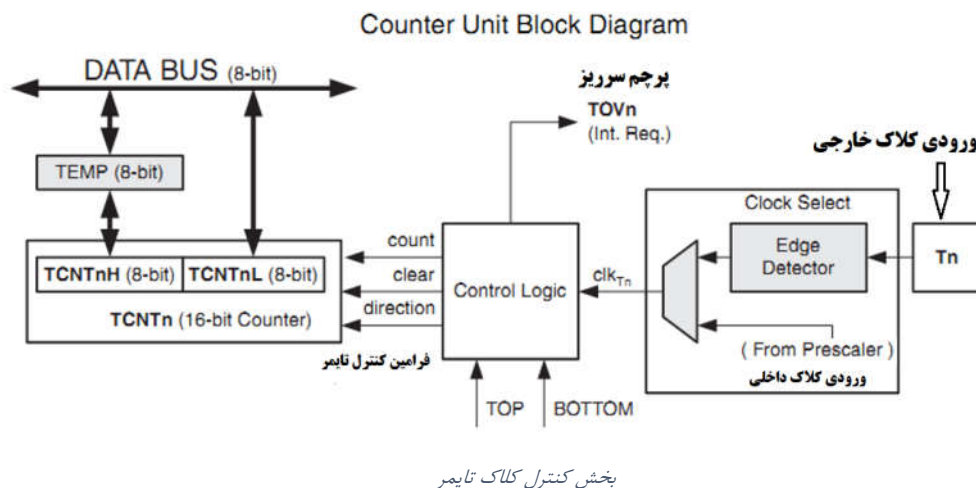
## معرفی تایمر/کانتر یک (بخش اول)

نمای کلی تایمر/کانتر یک در شکل زیر نشان داده شده است. در ادامه چگونگی عملکرد این تایمر بطور توضیح داده می شود.

Figure 40. 16-bit Timer/Counter Block Diagram<sup>(1)</sup>



۱- ثبات شمارنده تایمر/کانتر (TCNT1): این ثبات یک شمارنده شانزده بیتی است که از مقدار صفر تا ۶۵۵۳۵ را میتواند شمارش کند. این شمارنده کلاک ورودی خود را از پایه خارجی (Tn) و یا خروجی مقسم کلاک سیستم دریافت میکند. حالت اول را اصطلاحاً مود کانتر و حالت دوم را مود تایمر می نامیم. در شکلهای زیر ثبات شمارنده و سیستم کلاک تایمر آمده است.



ثبات شمارنده با توجه به فرامین بخش کنترل (Control Logic) می تواند بصورت صعودی و یا نزولی شمارش و یا صفر شود.



بیت‌های CS1x در ثبات TCCR1B همان خطوط انتخاب مالتی پلکسر بخش مقسم فرکانس است که در جدول بالا مقادیر انتخابی آن آمده است.

بیت‌های WGM10 و WGM11 در ثبات TCCR1A و بیت‌های WGM12 و WGM13 که در ثبات TCCR1B قرار دارند که برای انتخاب نوع عملکرد تایمر مانند مدهای نرمال ، CTC ، PWM و ضبط (Capture) بکار می‌روند. در جدول زیر مقادیر متفاوت برای این چهار بیت و نوع عملکرد مربوطه آورده شده است.

Mode	WGM13	WGM12 (CTC1)	WGM11 (PWM11)	WGM10 (PWM10)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR1X	TOV1 Flag Set on
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF	Immediate	MAX
1	0	0	0	1	PWM, Phase Correct, 8-bit	0x00FF	TOP	BOTTOM
2	0	0	1	0	PWM, Phase Correct, 9-bit	0x01FF	TOP	BOTTOM
3	0	0	1	1	PWM, Phase Correct, 10-bit	0x03FF	TOP	BOTTOM
4	0	1	0	0	CTC	OCR1A	Immediate	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit	0x00FF	TOP	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	TOP	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit	0x03FF	TOP	TOP
8	1	0	0	0	PWM, Phase and Frequency Correct	ICR1	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct	OCR1A	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct	ICR1	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct	OCR1A	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICR1	Immediate	MAX
13	1	1	0	1	Reserved	–	–	–
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICR1	TOP	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCR1A	TOP	TOP

جدول مدهای تایمر ۱

زوج بیت‌های COM1Ax و COM1Bx در ثبات TCCR1A عملکرد پایه های OC1A (PD5) و OC1B (PD4) در هنگام تساوی مقدار تایمر با مقادیر ثبات‌های مقایسه OCR1A و OCR1B در مدهای CTC و PWM را مشخص می‌کند. لازم بذکر است که در همه مدها و در هنگام شمارش تایمر، مقدار آن با مقادیر ثبات‌های مقایسه دو کانال (OCR1A و OCR1B) مقایسه می‌شود و در هنگام تطابق این دو مقدار، پرچم‌های تساوی دو کانال (OCF1A و OCF1B) یک می‌شود. این دو بیت در در ثبات TIFR قرار دارند. با یک شدن هر یک از این دو پرچم، مدار مولد موج پایه های خروجی را تغییر حالت می‌دهد. نوع تغییر حالت وابسته تنظیم بیت‌های COM1Ax و COM1Bx است. جداول زیر حالات مختلف را نشان می‌دهد.

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	Toggle OC1A/OC1B on compare match
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match (Set output to low level)
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match (Set output to high level)

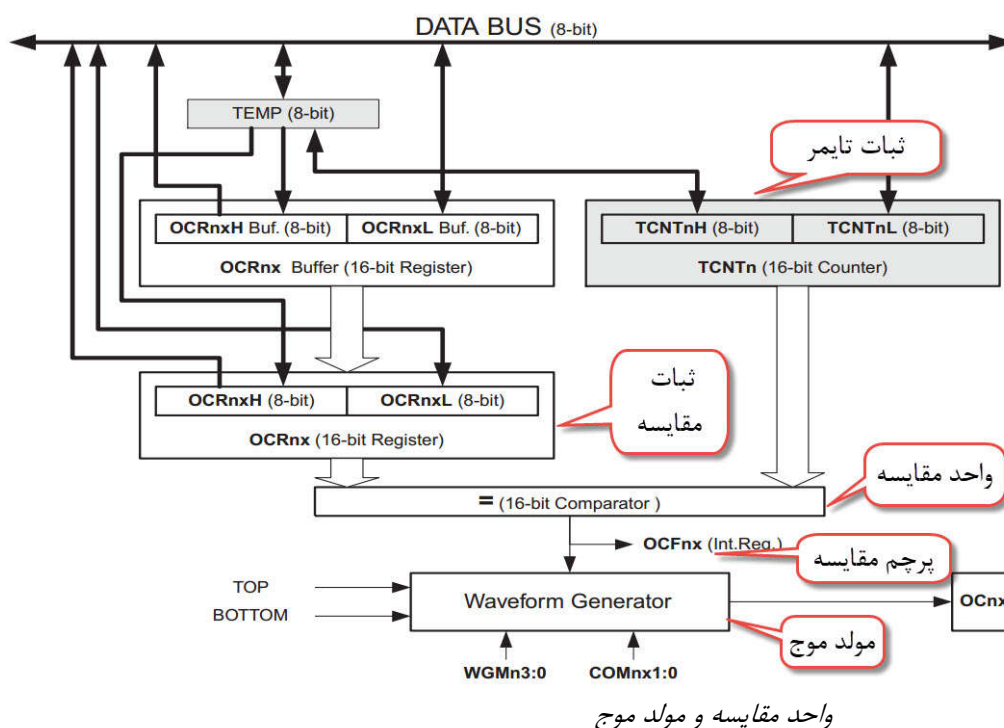
حالت خروجی مولد موج در حالت غیر PWM

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	WGM13:0 = 15: Toggle OC1A on Compare Match, OC1B disconnected (normal port operation). For all other WGM13:0 settings, normal port operation, OCnA/OCnB disconnected.
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match, set OC1A/OC1B at TOP
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match, clear OC1A/OC1B at TOP

حالت خروجی مولد موج در *fast pwm* مود

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	WGM13:0 = 9 or 14: Toggle OCnA on Compare Match, OCnB disconnected (normal port operation). For all other WGM13:0 settings, normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match when up-counting. Set OC1A/OC1B on compare match when downcounting.
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match when up-counting. Clear OC1A/OC1B on compare match when downcounting.

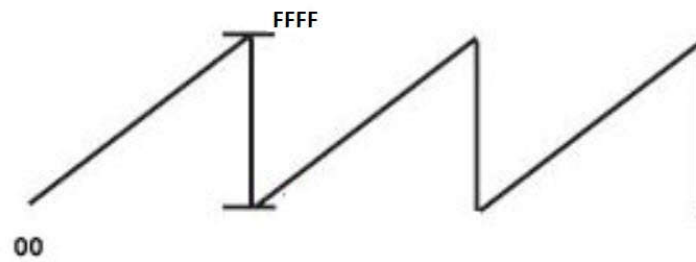
حالت خروجی مولد موج در *pwm* دو شیب مود



مودهای کاری تایمر:

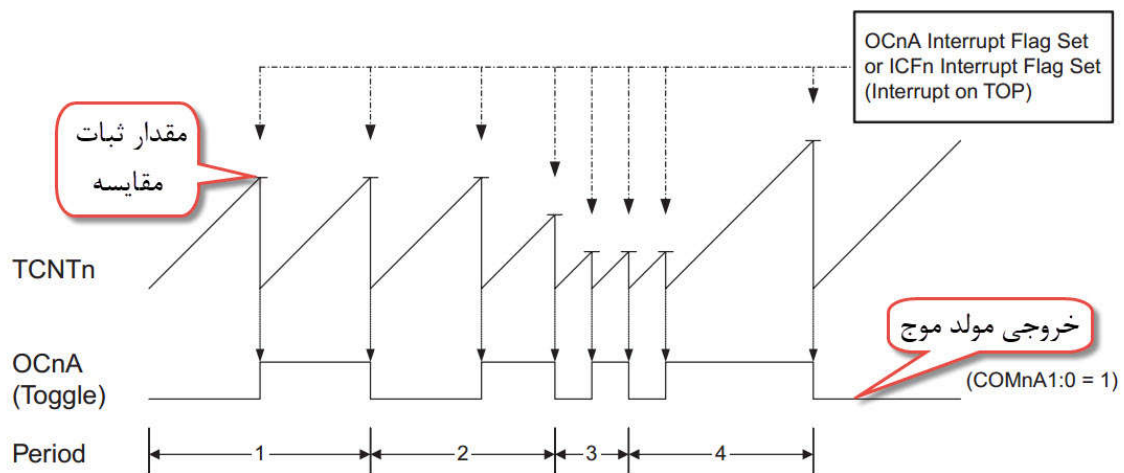
- ۱- مود نرمال : در این حالت تایمر از صفر تا 0xFFFF شمارش می کند سپس در کلاک بعدی به مقدار صفر برمی گردد و دوباره شمارش را ادامه می دهد. حالت برگشت از مقدار بیشینه به مقدار صفر را سرریز می نامیم. بیت OVF در

ثبات TIFR در حالت 1 قرار می گیرد.



Normal Mode IN AVR Timer

۲- مود CTC: در این مود تایمر از صفر تا مقدار ثبات مقایسه شمارش می کند و سپس صفر می شود. و این پروسه تکرار می گردد. این مود معمولاً برای تولید پالس مربعی متقارن و سنجش زمان استفاده می شود.



در شکل قبل تایمر در مود CTC و مولد موج در حالت Toggle ( $com1a1:com1a0=01$ ) تنظیم شده است. در این حالت در هر بار تساوی تایمر با مقدار ثبات مقایسه، خروجی مولد موج تغییر حالت می دهد که موجب تولید پالس مربعی می شود فرکانس این شکل موج از رابطه زیر بدست می آید:

$$f_{OC1A} = \frac{f_{clk\_IO}}{2 \cdot N \cdot (1 + OCR1A)} \quad N = 1,8,64,256,1024$$

مثال ۱: اگر بخواهیم یک شکل موج با فرکانس 1Khz تولید کنیم مقدار ثبات OCR1A چقدر باشد؟ فرض کنید فرکانس کلاک سیستم 8MHz است و مقدار مقسم کلاک  $N=8$  است.

$$OCR1A = \frac{f_{clk\_IO}}{2 \cdot N \cdot f_{OC1A}} - 1 = \frac{8000000}{2 \cdot 8 \cdot 1000} - 1 = 499$$

با تنظیم مولد موج در حالت Toggle شکل موج یک کیلو هرتز روی پایه OC1A تولید می شود.  
برنامه مثال:

```
main(void){
    TCCR1A = 0x40 ; // com1a1:com1a0=01 , WGM11:WGM10=01
    TCCR1B = 0x0A; // WGM13:WGM12=00 , CS12:CS11:CS10=010 N=8
    OCR1A = 499;
    DDRD.5=1;
    While(1){}
}
```

مثال ۲: اگر بخواهیم در فواصل زمانی یک صدم ثانیه (10000us) مقدار نمایشی روی سون سگمنت را افزایش دهیم و این زمان را با استفاده از مود CTC تایمر تولید کنیم مقدار ثبات مقایسه چقدر باید باشد.

$$OCR1A = \frac{f_{clk\_IO}}{N \cdot T} - 1 = \frac{8000000}{8 \cdot 10000} - 1 = 9999$$



برنامه مثال ۲: حالت pooling (خواندن پرچم مقایسه بصورت مداوم)

```
main(void){
    int count;
    TCCR1A = 0x00 ; // com1a1:com1a0=00 , WGM11:WGM10=01
    TCCR1B = 0x0A; // WGM13:WGM12=00 , CS12:CS11:CS10=010 N=8
    OCR1A=9999;
    while(1){
        while(TIFR & 0x10 == 0); // chek OCF1A
        TIFR |= 0x10 //clear OCF1A
        count++;
    }
}
```

برنامه مثال ۲: حالت وقفه

```
int count=0;
// Timer1 output compare A interrupt service routine
interrupt [TIM1_COMPA] void timer1_compa_isr(void)
{
    count++;
}
main(void){
    TCCR1A = 0x00 ; // com1a1:com1a0=00 , WGM11:WGM10=01
    TCCR1B = 0x0A; // WGM13:WGM12=00 , CS12:CS11:CS10=010 N=8
    TIMSK=0x10;      // Enable OCF1A interrup
    OCR1A=9999;
    #asm("sei")      // Global enable interrupts
    while(1){
    }
}
```

- ثبات پرچمهای تایمرها

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	TIFR
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	

پرچم ضبط تایمر یک (Bit 6)  
 پرچم مقایسه کانال A تایمر یک (Bit 4)  
 پرچم مقایسه کانال B تایمر یک (Bit 3)  
 پرچم سرریز تایمر یک (Bit 1)  
 پرچم مقایسه تایمر صفر (Bit 0)  
 پرچم سرریز تایمر صفر (Bit 0)

- ثبات وقفه تایمرها

Bit	7	6	5	4	3	2	0		
	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	TIMSK
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	

وقفه ضبط تایمر یک

وقفه مقایسه کانال A  
تایمر یک

وقفه مقایسه کانال B  
تایمر یک

وقفه سرریز  
تایمر یک