



Timer/Counter

임베디드스쿨1기

Lv1과정

2020. 08. 05

이충재

타이머 / 카운터 : 시간을 측정하거나 숫자를 세는 기능.

Atmega328에는 총 3개의 타이머 / 카운터가 있다.

이 중에 Timer / Counter0 와 Timer / Counter2 는 8비트 카운터이고
Timer / Counter1은 16비트 카운터이다.

타이머 / 카운터는 4가지 동작 모드가 있다.

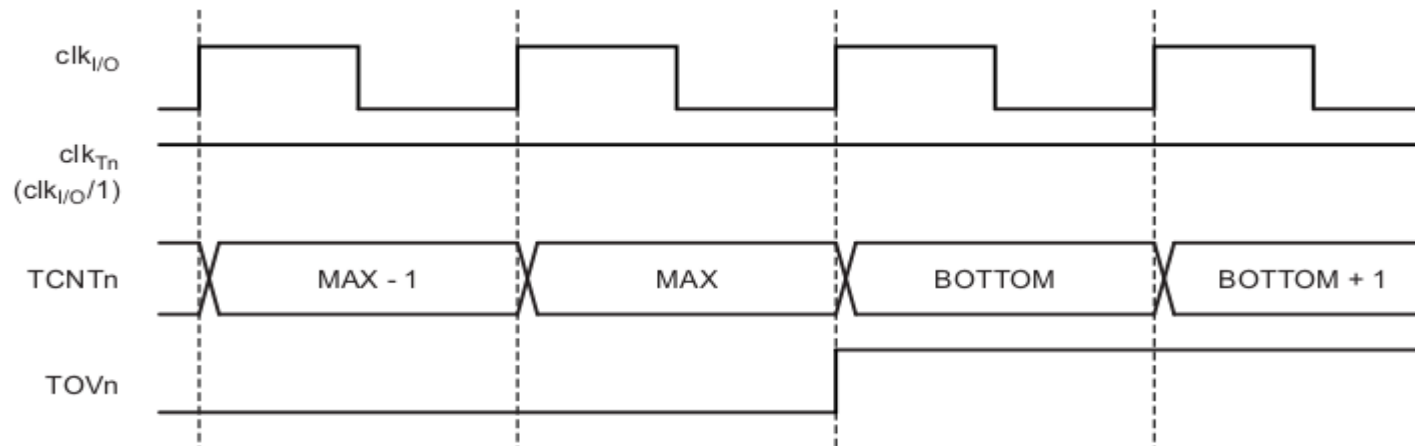
1. 일반모드
2. CTC모드
3. 고속 PWM모드
4. PC PWM모드

1. 일반모드 (카운터 모드)

이 동작 모드에서는 클록이 들어올 때마다 TCNTn 레지스터의 비트가 0x00부터 0xFF까지 올라간다. 0xFF에서 클록이 들어오면 다시 0x00으로 되돌아가고 비트증가 동작을 반복한다.

그리고 TCNTn이 0xFF가 될때 TIFRn 레지스터의 플래그비트 TOVn가 세팅되면서 오버플로우 인터럽트 요청이 이루어진다. 인터럽트가 실행되면 TOVn은 클리어된다.

Timer/Counter Timing Diagram, no Prescaling

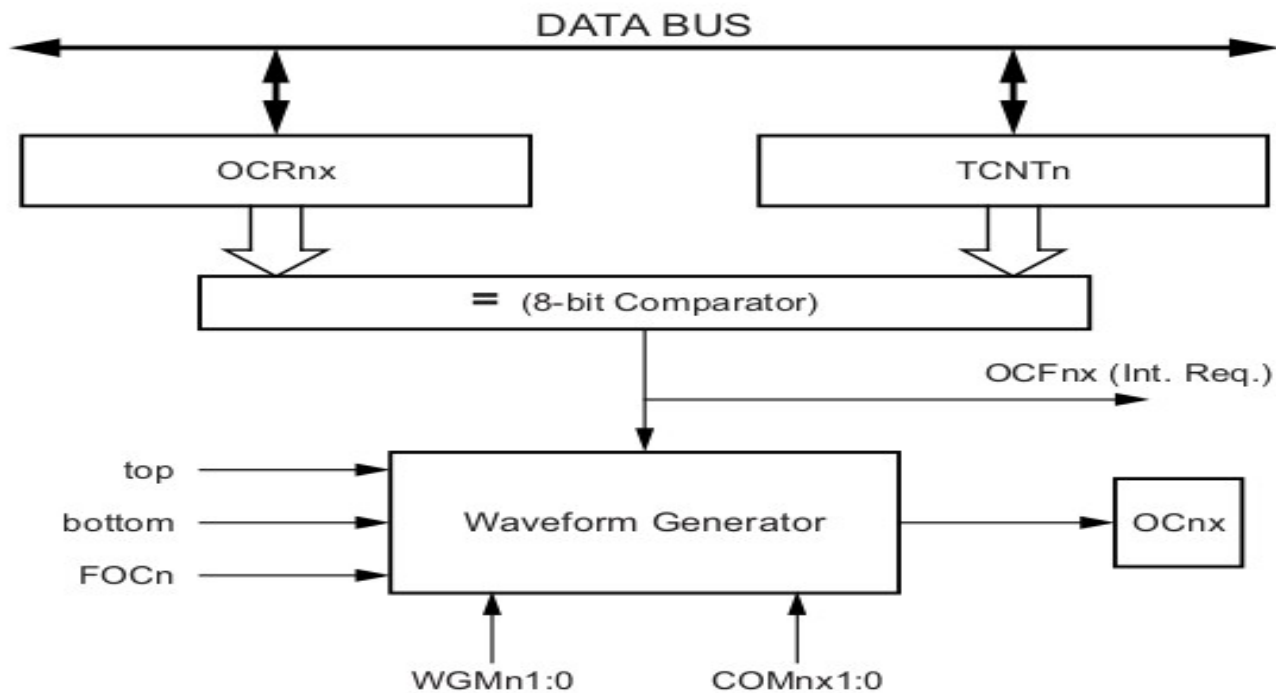


출력비교 (Output Compare) 동작

모든 모드에서 매 클록마다 출력비교 동작을 한다.

TCNTn 레지스터와 OCRn 레지스터에 저장된 값을 비교하는 동작이다.

Compare Match (비교매치): 출력비교 결과가 같을 때를 의미한다.



TCNT0 – Timer/Counter Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x26 (0x46)	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	

TCNT0 레지스터는 8비트의 값을 저장하는 레지스터이다.
이 레지스터는 읽기, 쓰기 동작 모두 가능하지만 쓰기동작을 하는경우 비교매치 기능에 문제가 생길 수 있다. (TCNT0에 쓰기동작 하지 마라!)

TCCR0A – Timer/Counter Control Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x24 (0x44)	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	TCCR0A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Table 14-2. Compare Output Mode, non-PWM Mode

COM0A1	COM0A0	Description
0	0	Normal port operation, OC0A disconnected.
0	1	Toggle OC0A on compare match
1	0	Clear OC0A on compare match
1	1	Set OC0A on compare match

일반모드에서 출력비교 기능이 사용 할 수 있지만 추천하지 않는다.
왜냐하면 너무 많은 CPU시간을 차지하기 때문이다.

따라서 일반모드에서는 COM0A0과 COM0A1을 0으로 둔다.

TCCR0A – Timer/Counter Control Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x24 (0x44)	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	TCCR0A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Table 14-5. Compare Output Mode, non-PWM Mode

COM0B1	COM0B0	Description
0	0	Normal port operation, OC0B disconnected.
0	1	Toggle OC0B on compare match
1	0	Clear OC0B on compare match
1	1	Set OC0B on compare match

Table 14-6 shows the COM0B1:0 bit functionality when the WGM02:0 bits are set to fast PWM mode.

일반모드에서 COM0B0과 COM0B1도 마찬가지로 0으로 둔다.

TCCR0A 레지스터의 WGM 00,01비트와 TCCR0B 레지스터의 WGM02 비트의 조합으로
TIMER / Counter 의 동작모드를 결정한다.

일반모드에서는 WGM 00, 01, 02 모두 0으로 클리어한다.

Table 14-8. Waveform Generation Mode Bit Description

Mode	WGM02	WGM01	WGM00	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR _x at	TOV Flag Set on ⁽¹⁾⁽²⁾
0	0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	0	1	PWM, phase correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	0	1	0	CTC	OCRA	Immediate	MAX
3	0	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX
4	1	0	0	Reserved	—	—	—
5	1	0	1	PWM, phase correct	OCRA	TOP	BOTTOM
6	1	1	0	Reserved	—	—	—
7	1	1	1	Fast PWM	OCRA	BOTTOM	TOP

Notes: 1. MAX = 0xFF
2. BOTTOM = 0x00

TCCR0B – Timer/Counter Control Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x25 (0x45)	FOC0A	FOC0B	–	–	WGM02	CS02	CS01	CS00	TCCR0B
Read/Write	W	W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

FOC0x: PWM모드가 아닐 경우에만 활성화 된다.

이를 1로 설정하면 OCn핀이 비교매치된 것과 같은 동작을 한다.

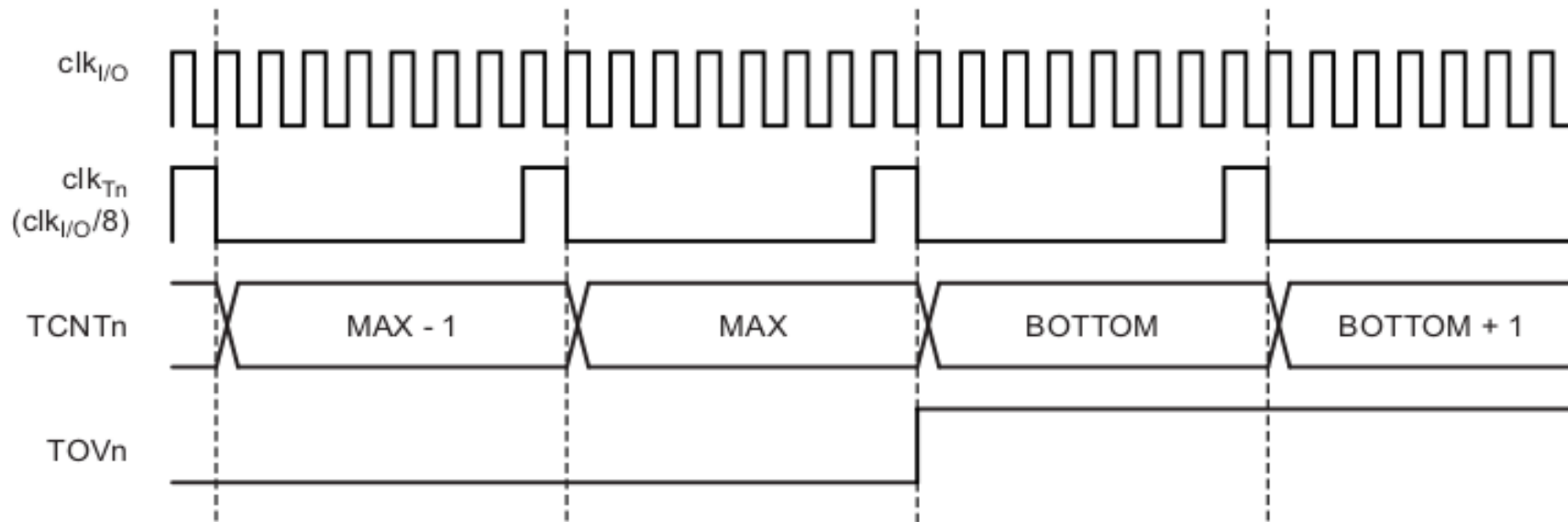
하지만 인터럽트를 발생시키지 않고 CTC모드에서 TCNTn레지스터를 클리어 시키지도 않는다. 나중에 추가하는 디바이스가 PWM을 사용할 수도 있기에 0으로 두는 것이 좋다.
(특별한 경우가 아니면 FOC0A 0으로 뒀라!)

CS0n: CS 00, 01, 02 비트의 조합으로 클록의 분주비를 설정 할 수 있다.

Table 14-9. Clock Select Bit Description

CS02	CS01	CS00	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped)
0	0	1	$\text{clk}_{\text{IO}}/(\text{no prescaling})$
0	1	0	$\text{clk}_{\text{IO}}/8$ (from prescaler)
0	1	1	$\text{clk}_{\text{IO}}/64$ (from prescaler)
1	0	0	$\text{clk}_{\text{IO}}/256$ (from prescaler)
1	0	1	$\text{clk}_{\text{IO}}/1024$ (from prescaler)
1	1	0	External clock source on T0 pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on T0 pin. Clock on rising edge.

Timer/Counter Timing Diagram, with Prescaler ($f_{clk_I/O}/8$)



위 그림은 8분주로 카운터 동작하는것을 나타낸다.

외부클럭이 8번 발생할때 하나의 클럭이 TCNTn에 전달된다.

그에 따라 TCNTn 비트가 MAX값까지 하나씩 증가한다.

그리고 MAX → BOTTOM 으로 TCNTn 비트 값이 변할때 TOVn비트 1로 세트된다.

TIMSK0 – Timer/Counter Interrupt Mask Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x6E)	–	–	–	–	–	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	TIMSK0
Read/Write	R	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

OCIEB: 비교매치B 인터럽트를 허용하는 비트이다.

OCIEA: 비교매치A 인터럽트를 허용하는 비트이다.

TOIE0: 오버플로우 인터럽트를 허용하는 비트이다.

위에서 설명한 비트와 SREG – I 비트가 모두 1로 세트되어야 인터럽트가 허용된다.

TIFR0 – Timer/Counter 0 Interrupt Flag Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x15 (0x35)	–	–	–	–	–	OCF0B	OCF0A	TOV0	TIFR0
Read/Write	R	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

TOV0: 오버플로우 인터럽트 발생을 나타내는 비트이다.
인터럽트가 실행되면 자동으로 0으로 클리어 된다.

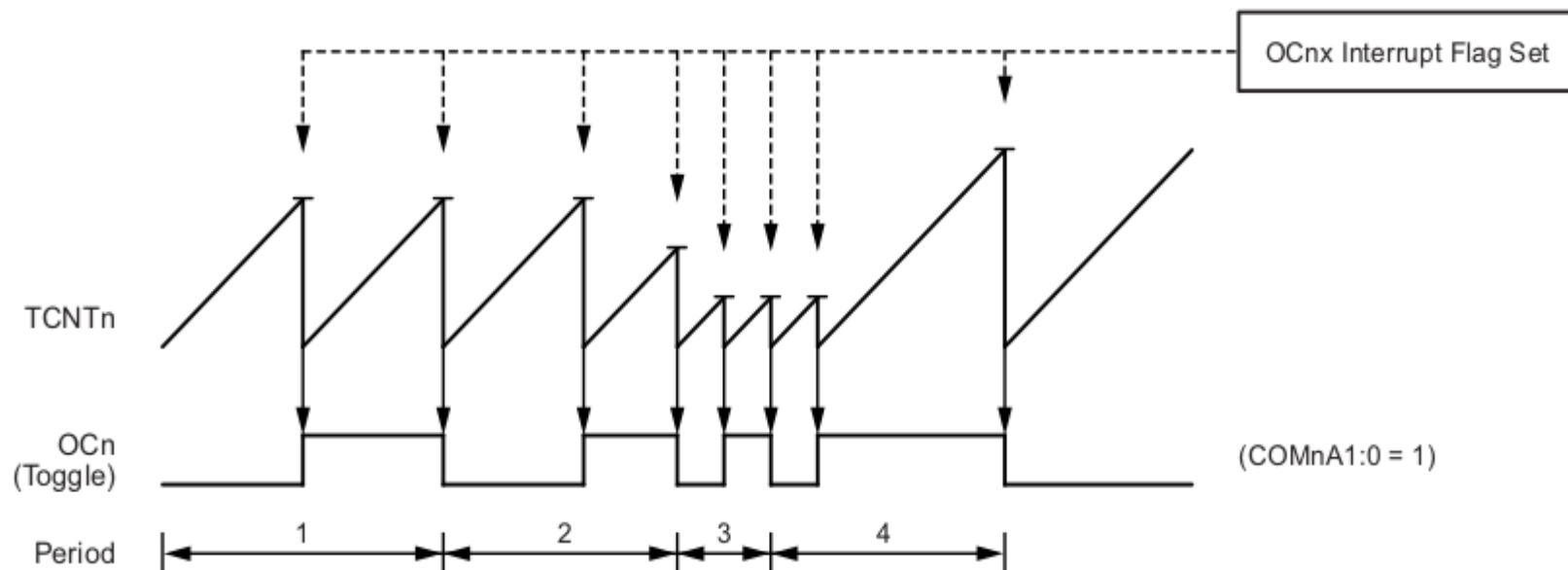
OCF0x: 비교매치 인터럽트 발생을 나타내는 비트이다.
인터럽트가 실행되면 자동으로 0으로 클리어 된다.

위에 설명한 세가지 비트는 강제로 0으로 클리어 하려면 해당비트를 1로 세트 해야한다.

2. CTC모드 (Clear Time Compare Match Mode)

OCRnx 레지스터에 저장된 값을 TCNTn 레지스터 MAX 값으로 설정하고 비교매치가 일어나면 TCNTn의 비트 값을 Bottom값으로 바꾸고 다시 비트증가 동작을 반복한다. 이때 설정한 COMnX 비트 값에 따라 OCn의 값이 결정된다.

그리고 비교매치가 일어날때 TIFRn 레지스터의 OCFn 비트를 1로 세트하고 출력비교 인터럽트를 요청한다. 인터럽트가 실행되면 OCFn 비트는 다시 0으로 클리어 된다.



OCR0A – Output Compare Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x27 (0x47)	OCR0A[7:0]								OCR0A
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	

OCR0B – Output Compare Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x28 (0x48)	OCR0B[7:0]								OCR0B
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	

OCRnX는 출력비교 동작에서 비교대상을 저장하는 레지스터이다.

TCCR0A – Timer/Counter Control Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x24 (0x44)	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	TCCR0A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

아래의 표를 보면 비교매치때 일어나는 동작을 알 수 있다.

Table 14-2. Compare Output Mode, non-PWM Mode

COM0A1	COM0A0	Description
0	0	Normal port operation, OC0A disconnected.
0	1	Toggle OC0A on compare match
1	0	Clear OC0A on compare match
1	1	Set OC0A on compare match

** COM0Bn도 COM0An의 비트설정에 따른 OcnX 핀의 동작과 같다.

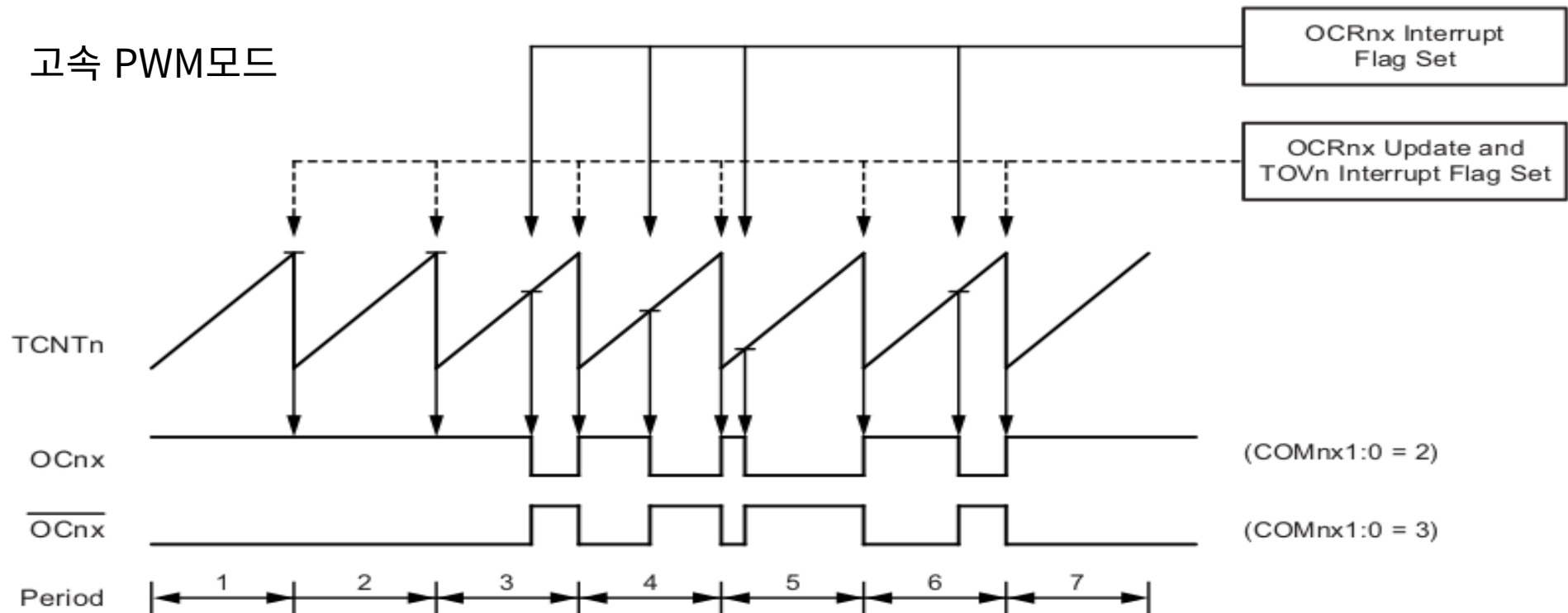
Table 14-8. Waveform Generation Mode Bit Description

Mode	WGM02	WGM01	WGM00	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCRx at	TOV Flag Set on ⁽¹⁾⁽²⁾
0	0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	0	1	PWM, phase correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	0	1	0	CTC	OCRA	Immediate	MAX
3	0	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX
4	1	0	0	Reserved	–	–	–
5	1	0	1	PWM, phase correct	OCRA	TOP	BOTTOM
6	1	1	0	Reserved	–	–	–
7	1	1	1	Fast PWM	OCRA	BOTTOM	TOP

Notes: 1. MAX = 0xFF
2. BOTTOM = 0x00

CTC모드를 사용하려면 WGM02, 00 을 0으로 두고, WGM 01을 1로 둔다.

고속 PWM모드



TCNTn MAX값까지 비트증가 동작, Max값에서 오버플로우 발생과 동시에 Ocnx가 1로 세팅된다. 그리고 비교매치 일어났을때 OCnx가 0으로 클리어 된다. (non - inverting mode)

오버플로우 발생시 TOVn이 1로 세트되고 오버플로우 인터럽트를 요청한다.
그리고 비교매치시 OCFnx가 1로 세트되고 출력비교 인터럽트를 요청한다.
위에 설명한 두 비트 모두 인터럽트가 실행되면 0으로 클리어 된다.

Table 14-3. Compare Output Mode, Fast PWM Mode⁽¹⁾

COM0A1	COM0A0	Description
0	0	Normal port operation, OC0A disconnected.
0	1	WGM02 = 0: Normal port operation, OC0A disconnected. WGM02 = 1: Toggle OC0A on compare match.
1	0	Clear OC0A on compare match, set OC0A at BOTTOM, (non-inverting mode).
1	1	Set OC0A on compare match, clear OC0A at BOTTOM, (inverting mode).

Note: 1. A special case occurs when OCR0A equals TOP and COM0A1 is set. In this case, the compare match is ignored, but the set or clear is done at BOTTOM. See [Section 14.7.3 “Fast PWM Mode” on page 80](#) for more details.

Mode	WGM02	WGM01	WGM00	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCRx at	TOV Flag Set on ⁽¹⁾⁽²⁾
3	0	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX
7	1	1	1	Fast PWM	OCRA	BOTTOM	TOP

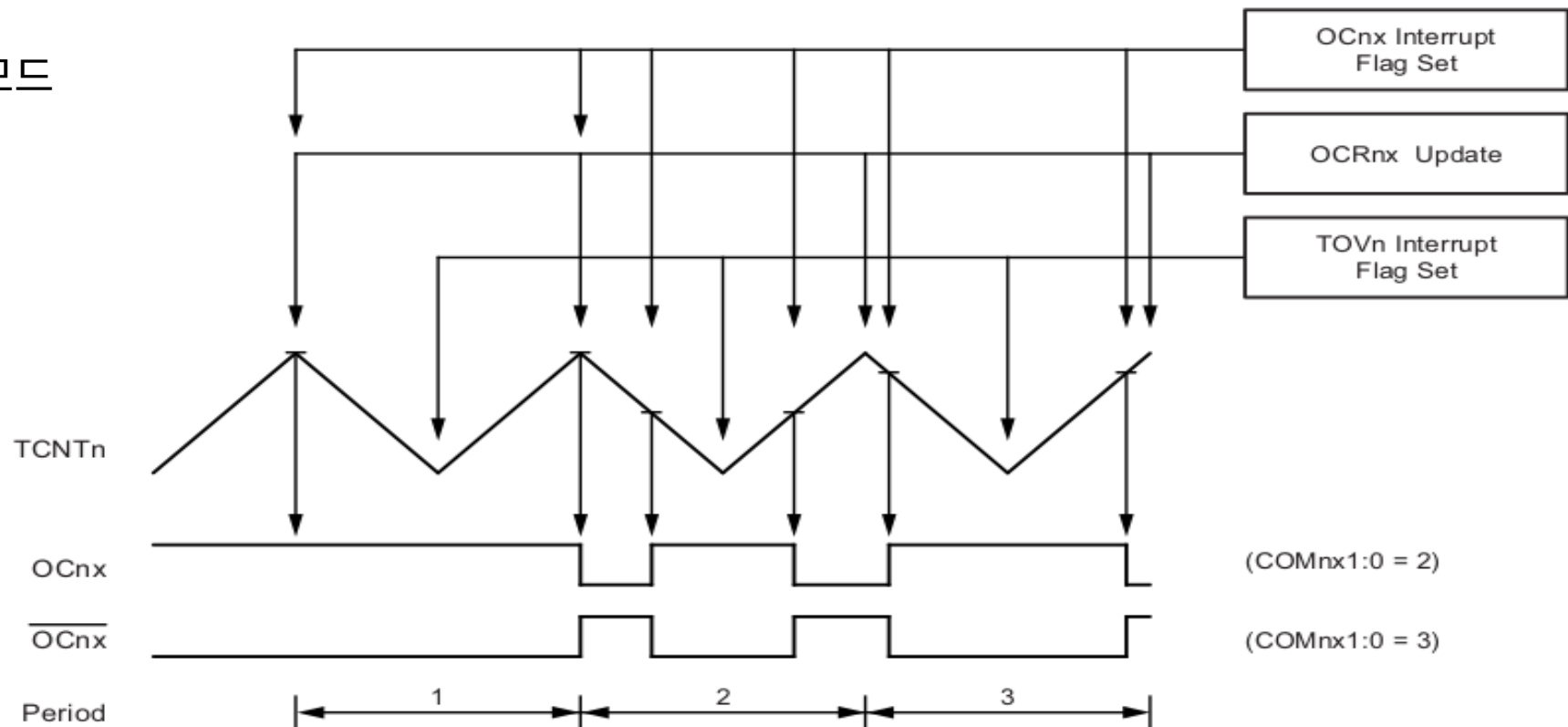
고속 PWM 모드에서 WGMn1 ~ 0 = 11, COMnx1 ~ 0 = 10로 두고 사용한다.

Ocn 비교매치시 0, 오버플로우시 1

OCRnx를 알맞게 설정함으로써 Duty비를 조절 할 수 있다.

OCRx는 Bottom에서 업데이트 된다. = Bottom에 도달하여야만 OCRx변화 반영된다.

PC PWM모드



TCNTn이 MAX까지 상승했다가 Bottom까지 하락 그리고 다시 MAX까지 상승을 반복한다.

TCNTn이 상승할때에 비교매치가 생기면 OCnx는 0으로 클리어 (비교매치 인터럽트 발생)
하강할때에 비교매치가 생기면 OCnx는 1로 세트

TCNTn의 Bottom에서 오버플로우 인터럽트가 발생한다.

Table 14-4. Compare Output Mode, Phase Correct PWM Mode⁽¹⁾

COM0A1	COM0A0	Description
0	0	Normal port operation, OC0A disconnected.
0	1	WGM02 = 0: Normal port operation, OC0A disconnected. WGM02 = 1: Toggle OC0A on compare match.
1	0	Clear OC0A on compare match when up-counting. Set OC0A on compare match when down-counting.
1	1	Set OC0A on compare match when up-counting. Clear OC0A on compare match when down-counting.

Mode	WGM02	WGM01	WGM00	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCRx at	TOV Flag Set on ⁽¹⁾⁽²⁾
1	0	0	1	PWM, phase correct	0xFF	TOP	BOTTOM
5	1	0	1	PWM, phase correct	OCRA	TOP	BOTTOM

맨 위의 표를 보고 원하는 동작에 알맞은 설정을 할 수 있다.
WGMn0을 1로두면 PC PWM모드를 사용 할 수 있다.

OCRx는 TOP에서 업데이트 된다. = OCRx를 바꿔도 TOP에 도달하기까지는 반영 안된다.

타이머 / 카운터 1: 16비트 레지스터

