

5. ATmega128 타이머 (타이머/카운터)



시니어컴(www.seniorcom.co.kr)
다음카페(<http://cafe.daum.net/avr8051>)
안도랑 (ahndr@seniorcom.co.kr)

5.1 타이머/카운터의 개요

ATmega128에는 모두 4개의 타이머/카운터가 있는데. 그중에서 타이머/카운터 0과 2는 8비트 구조이면 타이머/카운터 1과 3은 16비트 구조로 되어 있다. 이들 타이머/카운터의 기능과 특징을 비교하면 아래표와 같다.

	타이머/카운터 0	타이머/카운터 1	타이머/카운터 2	타이머/카운터 3
기본 구조	8비트	16비트	8비트	16비트
타이머 입력	cpu클럭(clk)	cpu클럭(clk)	cpu클럭(clk)	cpu클럭(clk)
카운터 입력	오실레이터, TOSC1	T1, IC1	T2	T3, IC3
타이머/프리스케일러	/1, 8, 32, 64, 128, 256, 1024	/1, 8, 64, 256, 1024	/1, 8, 64, 256, 1024	/1, 8, 64, 256, 1024
관련 레지스터	TCCR0, TCNT0, OCR0, ASSR, SF10R, TIMSK, TIFR	TCCR1A, TCCR1B, TCCR1C, TCNT1H, TCNT1L, OCR1AH, OCR1AL, OCR1BH, OCR1BL, OCR1CH, OCR1CL, ICR1H, ICR1L, SF10R, TIMSK, ETIMSK, TIFR, ETIFR	TCC2, TCNT2, OCR2, SF10R, TIMSK, TIFR	TCCR3A, TCCR3B, TCCR3C, TCNT3H, TCNT3L, OCR3AH, OCR3AL, OCR3BH, OCR3BL, OCR3CH, OCR3CL, ICR3H, ECR3L, SF10R, TIMSK, ETIMSK, TIFR, ETIFR
동작 모드	Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct Match	Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct PWM, Phase and Frequency Correct PWM	Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct PWM	Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct PWM, Phase and Frequency Correct PWM
출력신호	OC0	OC1A, OC1B, OC1C	OC2	OC3A, OC3B, OC3C
인터럽트	Overflow, Output Compare Match	Overflow, Output Compare Match A/B/C, Input Capture	Overflow, Output Compare Match	Overflow, Output Compare Match A/B/C, Input Capture

4개의 타이머/카운터의 특징을 보면 타이머/카운터 0과 2는 8비트로서 기능이 유사하고, 타이머/카운터 1과 3은 16비트로서 기능이 거의 같다.

타이머/카운터는 모두 인터럽트 및 PWM 출력 기능을 가지고 있다. 인터럽트는 카운터의 값이 오버플로우 되는 경우에 발생하는 오버플로우 인터럽트(overflow interrupt) 카운터 값이 출력비교 레지스터의 값과 같게 되는 순간에 발생하는 출력비교 인터럽트(output compare match interrupt), 입력캡처 인터럽트(input capture interrupt) 등이 있다.

5.2 타이머/카운터0

타이머/카운터0은 PWM(Pulse Width Modulation) 및 비동기 동작 모드를 가지는 8비트 업/다운 카운터로서 프리스케일을 통하여 내부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 타이머 기능과 외부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 카운터 기능이 있다.

타이머/카운터0을 위한 외부 입력핀으로 TOSC1, TOSC2가 있고 출력핀으로 OC0가 있다. 프리스케일러에 의하여 분주비 1, 8, 32, 64, 128, 256, 1024 중의 하나로 분주될 수 있고 클럭이 차단될 수도 있다. 만약 클럭을 차단할 경우 타이머/카운터0의 카운터 레지스터(TCNT0) 값은 증가하지 않는다. 그리고 분주비가 8로 설정되었다면 입력된 클럭이 8번 입력이 될 때 카운터 레지스터(TCNT0) 값이 1씩 증가한다. 그리고 타이머/카운터 0은 8비트이기 때문에 0~0xFF값을 카운팅할 수 있다.

(1) 타이머/카운터0의 레지스터

1) TCCR0 레지스터

TCCR0(Timer/Counter Control Register) 레지스터는 타이머/카운터 0의 동작모드를 설정하고 프리스케일러의 분주비를 설정하는 기능을 수행한다.

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	

bit7 : FOC0(Force Output Compare)은 PWM 모드가 아닌경우에만 사용되는 것으로 1로 설정하면 OC0단자에 출력을 내보낸다. 그리고 이 출력신호는 OCM01~00 비트의 설정에 의하여 결정된다. 특별한 경우에는 사용하지 않는다.

bit3, 6 : WGM01~00(Waveform Generation Mode)은 카운터의 동작 모드를 결정한다.

WGM01	WGM00	동작모드
0	0	Normal
0	1	Phase Correct PWM
1	0	CTC
1	1	Fast PWM

bit 5, 4 : COM01~00(Compare Match Output Mode)은 OC0 핀의 동작을 설정한다.

	COM01	COM00	OC0 핀의 기능
PWM 모드가 아닌 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC0 차단)
	0	1	Compare match에서 OC0 출력을 토글
	1	0	Compare match에서 OC0 출력을 0으로 클리어
	1	1	Compare match에서 OC0 출력을 1로 셋트
Fast PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC0 차단)
	0	1	reserved
	1	0	Compare match에서 OC0 출력을 0으로 클리어하고 TOP에서 OC0 출력을 1로 셋
	1	1	Compare match에서 OC0 출력을 1로 셋하고 TOP에서 OC0 출력을 0으로 클리어
Phase Correct PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC0 차단)
	0	1	reserved
	1	0	상향 카운터에서는 Compare match에서 OC0 출력을 0으로 클리어 하향 카운터에서는 Compare match에서 OC0 출력을 1로 셋
	1	1	상향 카운터에서는 Compare match에서 OC0 출력을 1로 셋 하향 카운터에서는 Compare match에서 OC0 출력을 0으로 클리어

bit 2~0 : CS02~00(Clock Select)은 클럭의 분주비를 선택한다. 분주비가 clk/32인 경우 클럭이 32번 입력이 될 때 TCNT0 값이 1 증가한다.

CS02	CS01	CS00	클럭 소스의 기능
0	0	0	클럭 입력을 차단(타이머 동작하지 않음)
0	0	1	clk / 1
0	1	0	clk / 8
0	1	1	clk / 32
1	0	0	clk / 64
1	0	1	clk / 128
1	1	0	clk / 256
1	1	1	clk / 1024

2) TCNT0 레지스터

TCNT0(Timer/Counter Register 0) 레지스터는 타이머/카운터 0의 8비트 카운터값을 저장하고 있는 레지스터이다. 입력되는 클럭과 분주비에 따라 카운터 값을 저장하는 레지스터이다.

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	

3) OCR0 레지스터

OCR0(Timer/Counter Output Compare Register 0) 레지스터는 타이머/카운터 레지스터 TCNT0값과 비교하여 OC0 단자에 출력을 발생하기 위한 8비트 값을 저장하는 레지스터이다.

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	

4) ASSR 레지스터

ASSR(Asynchronous State Register) 레지스터는 타이머/카운터 0의 외부 클럭에 의하여 비동기 모드로 동작하는 경우에 관련된 기능을 수행한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	AS0	TCN0UB	OCR0UB	TCR0UB	ASSR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

bit 3: AS0(Asynchronous Timer/Counter 0)은 타이머/카운터 0의 클럭 소스를 선택하는 비트이다. 0으로 하면 내부클럭이 선택되고 1로 하면 TOSC1 단자에 입력되는 클럭이 선택되어 비동기 모드로 동작한다.

bit 2: TCN0US(Timer/Counter 0 Update Busy)은 타이머/카운터 0의 외부에서 TOSC1 단자로 입력되는 클럭에 의하여 비동기로 동작하고 있을 때 TCNT0 레지스터에 새로운 값을 라이트하면 이 비트가 1로 셋트된다. 이 값이 임시 레지스터로부터 TCNT0 레지스터에 옮겨져서 TCNT0의 라이트가 완료되면 이 비트는 다시 자동적으로 0이 된다.

bit 1 : OCR0UB(Output Compare Register 0 Update Busy)은 타이머/카운터 0의 외부에서 TOSC1 단자로 입력되는 클럭에 의하여 비동기로 동작하고 있을 때 OCR0 레지스터에 새로운 값을 라이트하면 이 비트가 1로 셋트된다. 그러다가 이 값이 임시레지스터로부터 OCR0 레지스터에 옮겨져서 OCR0의 라이트가 완료되면 이 비트는 다시 자동적으로 0이 된다.

bit0 : TCR0UB(Timer/Counter Control Register 0 Update Busy)은 타이머/카운터 0의 외부에서 TOSC1 단자로 입력되는 클럭에 의하여 비동기로 동작하고 있을 때 TCCR0 레지스터에 새로운 값을 라이트하면 이 비트가 1로 셋트된다. 그리고 임시레지스터로부터 TCCR0 레지스터에 옮겨져서 TCCR0 라이트가 완료되면 이 비트는 다시 자동적으로 0이 된다.

5) TIMSK 레지스터

TIMSK(Timer/Counter Interrupt Mask Register) 레지스터는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트를 개별적으로 허용하는 기능을 수행하는 레지스터이다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	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	

bit 1 : OCIE0(Timer/Counter0 Output Compare Match Interrupt Enable)은 1로 설정되면 TCNT0와 OCR0 레지스터값이 같아지면 인터럽트가 발생된다. 이때 타이머/카운터 0의 출력비교 인터럽트가 발생되어 TIFR 레지스터의 OCF0 비트가 1로 된다.

bit 0 : TOIE0(Timer/Counter 0 Overflow Interrupt Enable)은 1로 설정되고 TCNT0값이 0xFF에서 0x00으로 오버플로우가 발생되면 인터럽트가 발생된다. 오버플로우 인터럽트가 발생되면 TIFR 레지스터의 TOV0 비트가 1로 된다.

6) TIFR 레지스터

TIFR(Timer/Counter Interrupt Flag Register) 레지스터는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트 플래그가 저장되는 레지스터이다.

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	

bit 1 : OCF0(Output Compare Match Flag 0)은 타이머/카운터0의 TCNT0 레지스터와 출력비교 레지스터 OCR0 값을 비교하여 같으면 1로 셋 되면서 인터럽트가 요청된다. 그리고 인터럽트가 시작되면 0으로 클리어 된다.

bit 0 : TOV0(Timer/Counter 0 Overflow Flag)은 타이머/카운터0의 TCNT0 가 발생되면 1로 셋되고 인터럽트가 요청된다. 인터럽트가 실행되면 자동적으로 0으로 클리어 된다.

(2) 타이머/카운터0의 동작모드

타이머/카운터 0에서는 TCCR0 레지스터의 WGM01~00 비트에 의하여 동작모드가 결정되고 COM01~00 비트에 의하여 출력신호의 동작이 지정됨으로써 OC0 단자에 어떤 파형을 출력하게 될지를 결정할 수 있게 된다.

아래표는 TCCR0 레지스터의 WGM01~WGM00 값에 따른 타이머/카운터0의 모드를 보여준다.

모드	WGM01	WGM00	동작모드
0	0	0	Normal
1	0	1	Phase Correct PWM
2	1	0	CTC
3	1	1	Fast PWM

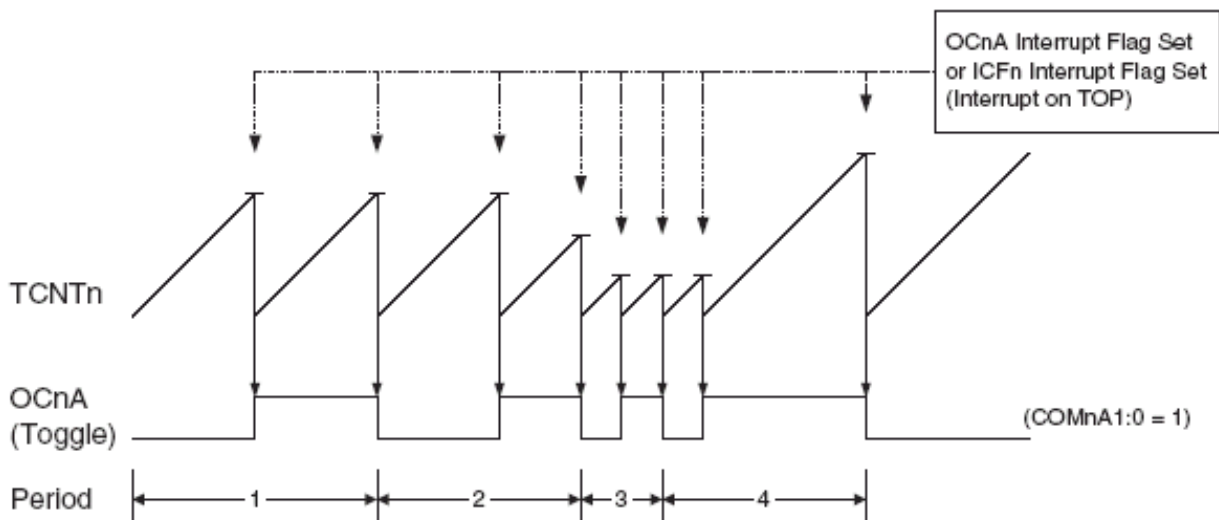
1) 일반모드

타이머/카운터 0의 일반모드(Normal Mode)는 TCNT0 레지스터가 항상 증가하는 카운터로만 동작하고 0x00~0xFF의 값을 계속해서 반복 수행한다. 인터럽트는 TCNT0값이 0xFF에서 0x00으로 될 때 발생하는 오버플로우 인터럽트나 TCNT0와 OCR0 레지스터값이 같아질 때 발생하는 출력비교 인터럽트를 사용할 수 있다.

2) CTC 모드

CTC 모드(Clear Timer on Compare Match Mode)는 WGM01:00 =10으로 설정하는데 이 모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT0의 값이 출력비교 레지스터 OCR0의 값과 일치하면 TCNT0의 값은 계속 증가하지 않고 다음 클럭사이클에서 0으로 클리어 되어 다시 증가하게 된다. 인터럽트는 TCNT0가 OCR0 값과 같아지면 인터럽트가 발생된다.

CTC 모드와 일반모드와 다른점은 TCNT0의 값이 0x00 ~ OCR0의 값을 갖는다는 것이다.

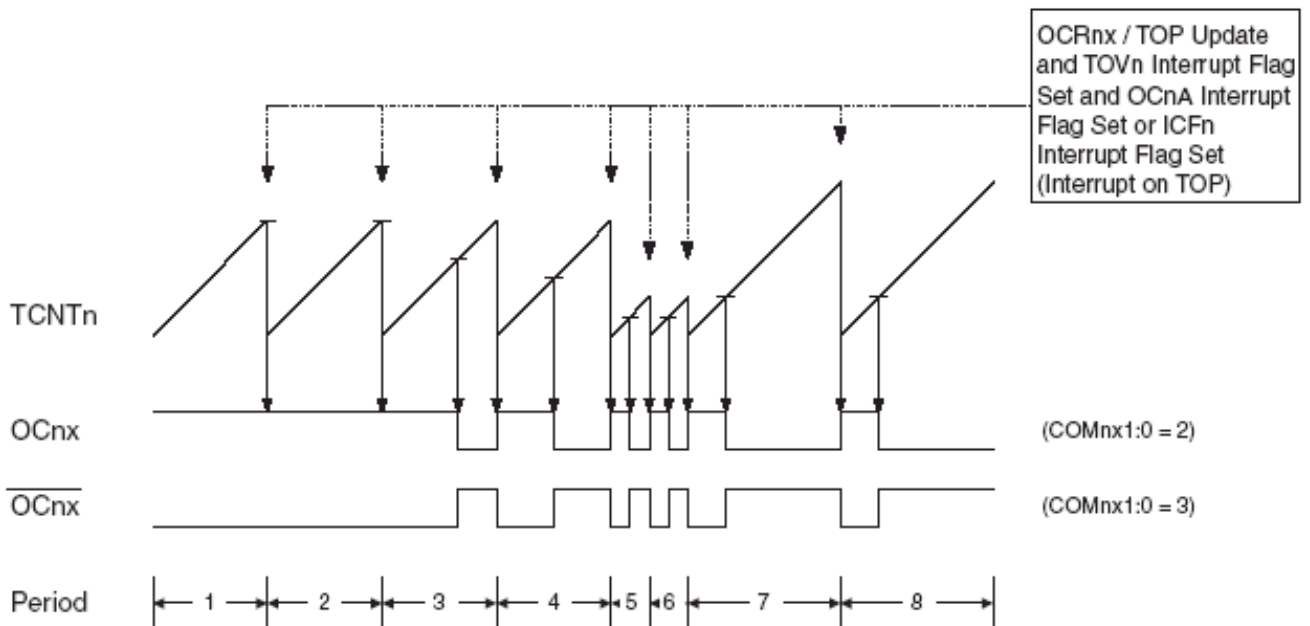


3) 고속 PWM 모드

고속 PWM 모드(Fast PWM Mode)는 WGM01:00 =11로 설정하는데 높은 주파수의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT0가 항상 0x00~0xFF의 범위에서 증가하는 방향으로만 반복적으로 수행한다. TCNT0와 OCR0의 값이 일치할 경우 OC0핀으로 데이터가 출력되고 0xFF값이 될 경우 다시 OC0 핀으로 데이터가 출력된다. 그래서 0x00~0xFF의 한 주기동안에 OC0핀으로 2번의 데이터가 출력된다.

COM01:00=10으로 설정되면 TCNT0와 OCR0의 값이 일치할 경우 OC0 출력신호가 0으로 클리어되고 0xFF가 될 때 OC0 출력신호가 1로 셋된다.

COM01:00=11로 설정되면 TCNT0와 OCR0의 값이 일치할 경우 OC0 출력신호가 1로 셋되고 0xFF가 될 때 OC0 출력신호가 0으로 클리어된다.

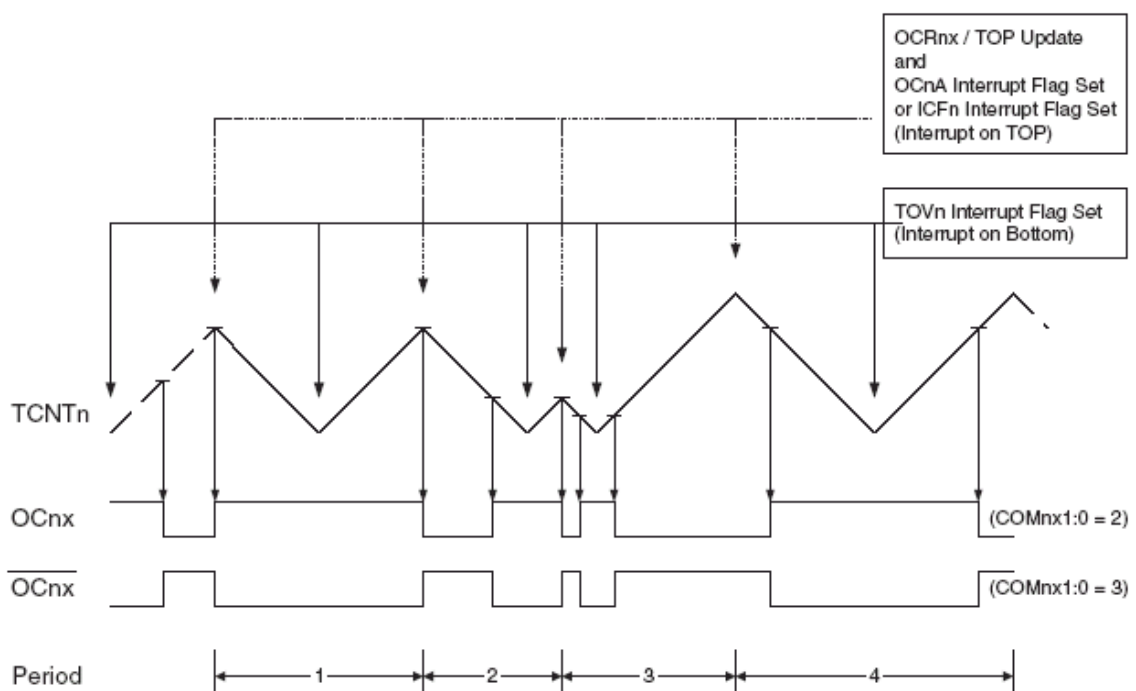


4) 위상교정 PWM 모드

위상교정 PWM 모드(Phase Correct PWM Mode)는 WGM01:00 = 01로 설정하는데 높은 분해능의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT0는 상향 카운터로서 0x00~0xFF의 범위에서 증가하였다가 다시 하향 카운터로서 0xFF~0x00으로 감소하는 동작을 반복적으로 수행한다. 이 동작과정에서 TCNT0와 OCR0의 값이 일치하면 상향 카운터로 동작할 경우와 하향 카운터로 동작할 경우에 각각 OC0 핀을 통하여 신호를 출력한다.

COM01:00=10일 경우에 상향카운터로 동작중일때는 TCNT0와 OCR0가 일치하면 OC0이 0으로 출력되고 하향 카운터로 동작중일때는 1로 출력된다.

COM01:00=11일 경우에 상향카운터로 동작중일때는 TCNT0와 OCR0가 일치하면 OC0이 1로 출력되고 하향 카운터로 동작중일때는 0으로 출력된다.



5.3 타이머/카운터2

타이머/카운터2는 PWM(Pulse Width Modulation) 및 8비트 업/다운 카운터로서 프리스케일을 통하여 내부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 타이머 기능과 외부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 카운터 기능이 있다.

타이머/카운터2를 위한 외부 입력핀으로 T2가 있고 출력핀으로 OC2가 있다. 프리스케일러에 의하여 분주비 1, 8, 64, 256, 1024 중의 하나로 분주될 수 있고 클럭이 차단될 수도 있다. 만약 클럭을 차단할 경우 타이머/카운터2의 카운터 레지스터(TCNT2) 값은 증가하지 않는다. 그리고 분주비가 8로 설정되었다면 입력된 클럭이 8번 입력이 될 때 카운터 레지스터(TCNT2) 값이 1씩 증가한다. 그리고 타이머/카운터 2은 8비트이기 때문에 0~0xFF값을 카운팅할 수 있다.

(1) 타이머/카운터2의 레지스터

1) TCCR2 레지스터

TCCR2(Timer/Counter Control Register) 레지스터는 타이머/카운터 2의 동작모드를 설정하고 프리스케일러의 분주비를 설정하는 기능을 수행한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	TCCR2
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	

bit7 : FOC2(Force Output Compare)은 PWM 모드가 아닌경우에만 사용되는 것으로 1로 설정하면 OC2단자에 출력을 내보낸다. 그리고 이 출력신호는 OCM21~20 비트의 설정에 의하여 결정된다. 특별한 경우에는 사용하지 않는다.

bit3, 6 : WGM21~20(Waveform Generation Mode)은 카운터의 동작 모드를 결정한다.

WGM21	WGM20	동작모드
0	0	Normal
0	1	Phase Correct PWM
1	0	CTC
1	1	Fast PWM

bit 5, 4 : COM21~20(Compare Match Output Mode)은 OC2 핀의 동작을 설정한다.

	COM21	COM20	OC2 핀의 기능
PWM 모드가 아닌 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC2 차단)
	0	1	Compare match에서 OC2 출력을 토글
	1	0	Compare match에서 OC2 출력을 0으로 클리어
	1	1	Compare match에서 OC2 출력을 1로 셋트
Fast PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC2 차단)
	0	1	reserved
	1	0	Compare match에서 OC2 출력을 0으로 클리어하고 TOP에서 OC2 출력을 1로 셋
	1	1	Compare match에서 OC2 출력을 0으로 클리어하고 TOP에서 OC2 출력을 0으로 클리어
Phase Correct PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OC2 차단)
	0	1	reserved
	1	0	상향 카운터에서는 Compare match에서 OC2 출력을 0으로 클리어 하향 카운터에서는 Compare match에서 OC2 출력을 1로 셋
	1	1	상향 카운터에서는 Compare match에서 OC2 출력을 1로 셋 하향 카운터에서는 Compare match에서 OC2 출력을 0으로 클리어

bit 2~0 : CS22~20(Clock Select)은 클럭의 분주비를 선택한다. 분주비가 clk/8인 경우 클럭이 8번 입력이 될 때 TCNT2 값이 1 증가한다.

CS22	CS21	CS20	클럭 소스의 기능
0	0	0	클럭 입력을 차단(타이머 동작하지 않음)
0	0	1	clk / 1
0	1	0	clk / 8
0	1	1	clk / 64
1	0	0	clk / 256
1	0	1	clk / 1024
1	1	0	T2 핀에서 입력되는 외부클럭(하강에지에서 동작)
1	1	1	T2 핀에서 입력되는 외부클럭(상승에지에서 동작)

2) TCNT2 레지스터

TCNT0(Timer/Counter Register 2) 레지스터는 타이머/카운터 0의 8비트 카운터값을 저장하고 있는 레지스터이다. 입력되는 클럭과 분주비에 따라 카운터 값을 저장하는 레지스터이다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCNT2[7:0]								TCNT2
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	

3) OCR2 레지스터

OCR2(Timer/Counter Output Compare Register 2) 레지스터는 타이머/카운터 레지스터 TCNT2값과 비교하여 OC2 단자에 출력을 발생하기 위한 8비트 값을 저장하는 레지스터이다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR2[7:0]								OCR2
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	

4) TIMSK 레지스터

TIMSK(Timer/Counter Interrupt Mask Register) 레지스터는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트를 개별적으로 허용하는 기능을 수행하는 레지스터이다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	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	

bit 7 : OCIE2(Timer/Counter0 Output Compare Match Interrupt Enable)은 1로 설정되면 TCNT2와 OCR2 레지스터값이 같아지면 인터럽트가 발생된다. 이때 타이머/카운터 0의 출력비교 인터럽트가 발생되어 TIFR 레지스터의 OCF2 비트가 1로 된다.

bit 6 : TOIE2(Timer/Counter 0 Overflow Interrupt Enable)은 1로 설정되고 TCNT2값이 0xFF에서 0x00으로 오버플로우가 발생되면 인터럽트가 발생된다. 오버플로우 인터럽트가 발생되면 TIFR 레지스터의 TOV2 비트가 1로 된다.

5) TIFR 레지스터

TIFR(Timer/Counter Interrupt Flag Register) 레지스터는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트 플래그가 저장되는 레지스터이다.

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	

bit 7 : OCF2(Output Compare Match Flag 2)은 타이머/카운터0의 TCNT0 레지스터와 출력비교 레지스터 OCR0 값을 비교하여 같으면 1로 셋 되면서 인터럽트가 요청된다. 그리고 인터럽트가 시작되면 0으로 클리어 된다.

bit 6 : TOV0(Timer/Counter 2 Overflow Flag)은 타이머/카운터0의 TCNT2 가 발생되면 1로 셋되고 인터럽트가 요청된다. 인터럽트가 실행되면 자동적으로 0으로 클리어 된다.

(2) 타이머/카운터2의 동작모드

타이머/카운터 0에서는 TCCR2 레지스터의 WGM21~20 비트에 의하여 동작모드가 결정되고 COM21~20 비트에 의하여 출력신호의 동작이 지정됨으로써 OC2 단자에 어떤 파형을 출력하게 될지를 결정할 수 있게 된다.

아래표는 TCCR2 레지스터의 WGM21~WGM20 값에 따른 타이머/카운터2의 모드를 보여준다.

모드	WGM21	WGM20	동작모드
0	0	0	Normal
1	0	1	Phase Correct PWM
2	1	0	CTC
3	1	1	Fast PWM

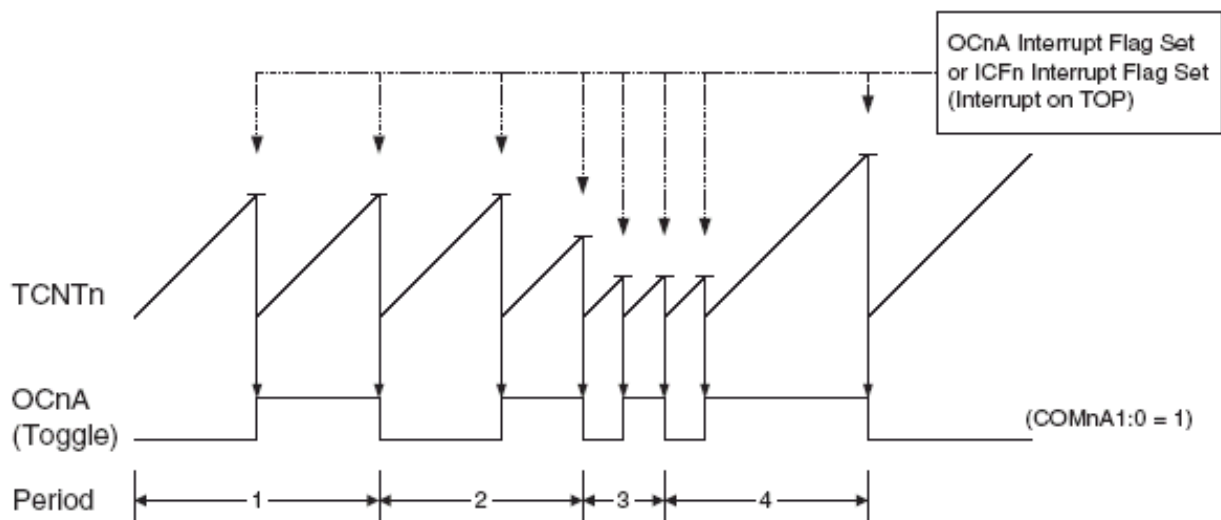
1) 일반모드

타이머/카운터 2의 일반모드(Normal Mode)는 TCNT2 레지스터가 항상 증가하는 카운터로만 동작하고 0x00~0xFF의 값을 계속해서 반복 수행한다. 인터럽트는 TCNT2값이 0xFF에서 0x00으로 될 때 발생하는 오버플로우 인터럽트나 TCNT2와 OCR2 레지스터값이 같아질 때 발생하는 출력비교 인터럽트를 사용할 수 있다.

2) CTC 모드

CTC 모드(Clear Timer on Compare Match Mode)는 WGM21:20 =10으로 설정하는데 이 모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT2의 값이 출력비교 레지스터 OCR0의 값과 일치하면 TCNT0의 값은 계속 증가하지 않고 다음 클럭사이클에서 0으로 클리어 되어 다시 증가하게 된다. 인터럽트는 TNCT2가 OCR2 값과 같아지면 인터럽트가 발생된다.

CTC 모드와 일반모드와 다른점은 TNCT2의 값이 0x00 ~ OCR2의 값을 갖는다는 것이다.



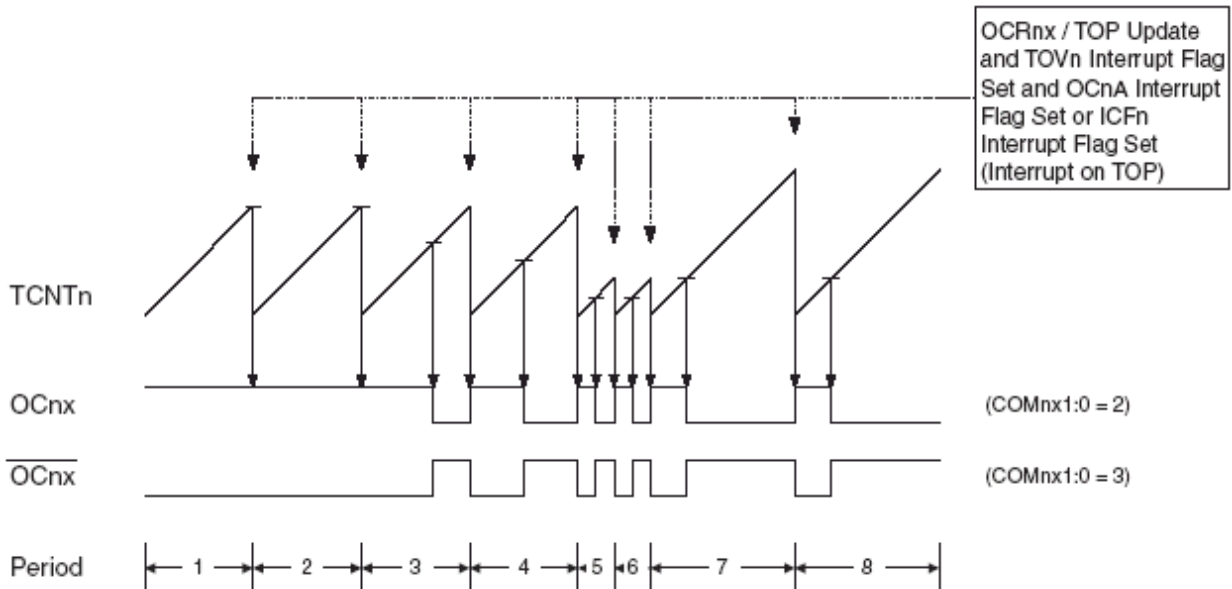
3) 고속 PWM 모드

고속 PWM 모드(Fast PWM Mode)는 WGM21:20 =11로 설정하는데 높은 주파수의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT2가 항상 0x00~0xFF의 범위에서 증가하는 방향으로만 반복적으로 수행한다. TCNT2와 OCR2의 값이 일치할 경우 OC2핀으로 데이터가 출력되

고 0xFF값이 될 경우 다시 OC2 핀으로 데이터가 출력된다. 그래서 0x00~0xFF의 한 주기동안에 OC2핀으로 2번의 데이터가 출력된다.

COM21:20=10으로 설정되면 TCNT2와 OCR2의 값이 일치할 경우 OC2 출력신호가 0으로 클리어되고 0xFF가 될 때 OC2 출력신호가 1로 셋된다.

COM21:20=11로 설정되면 TCNT2와 OCR2의 값이 일치할 경우 OC2 출력신호가 1로 셋되고 0xFF가 될 때 OC2 출력신호가 0으로 클리어된다.

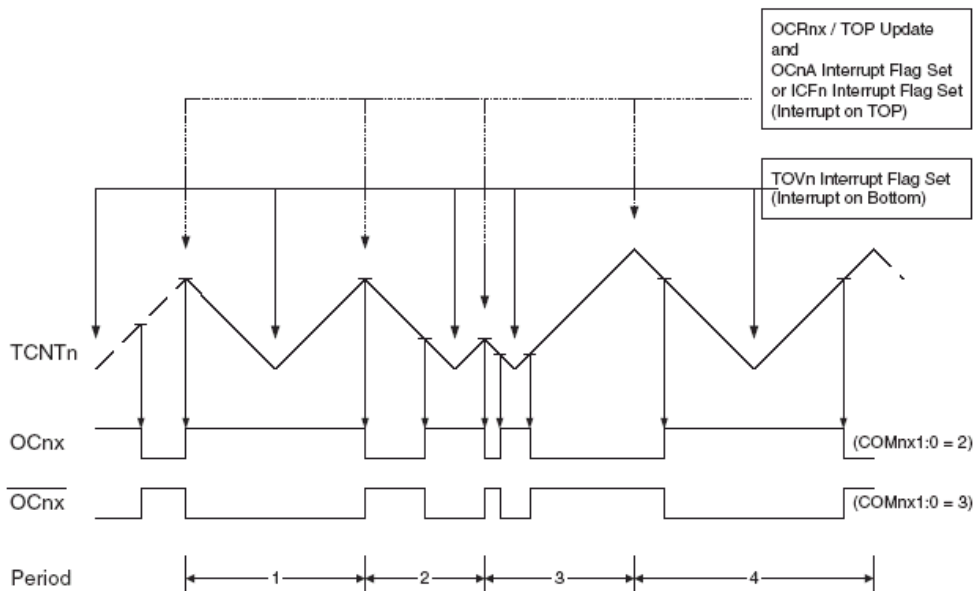


4) 위상교정 PWM 모드

위상교정 PWM 모드(Phase Correct PWM Mode)는 WGM21:20 = 01로 설정하는데 높은 분해능의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNT2는 상향 카운터로서 0x00~0xFF의 범위에서 증가하였다가 다시 하향 카운터로서 0xFF~0x00으로 감소하는 동작을 반복적으로 수행한다. 이 동작과정에서 TCNT2와 OCR2의 값이 일치하면 상향 카운터로 동작할 경우와 하향 카운터로 동작할 경우에 각각 OC2 핀을 통하여 신호를 출력한다.

COM21:20=10일 경우에 상향카운터로 동작중일때는 TCNT2와 OCR2가 일치하면 OC2이 0으로 출력되고 하향 카운터로 동작중일때는 1로 출력된다.

COM21:20=11일 경우에 상향카운터로 동작중일때는 TCNT2와 OCR2가 일치하면 OC2이 1로 출력되고 하향 카운터로 동작중일때는 0으로 출력된다.



5.4 타이머/카운터1, 3

타이머/카운터1과 3은 각각 3개씩(OC1A, OC1B, OC1C, OC3A, OC3B, OC3C,)의 PWM 출력 및 캡처 기능을 가지는 16비트 업/다운 카운터로서 프리스케일을 통하여 내부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 타이머 기능과 외부 클럭을 소스로 받아서 동작하는 카운터 기능이 있다. 프리스케일러에 의하여 분주비 1, 8, 64, 256, 1024 중의 하나로 분주될 수 있고 클럭이 차단될 수도 있다. 만약 클럭을 차단할 경우 타이머/카운터1, 3의 카운터 레지스터(TCNT1, TCNT3) 값은 증가하지 않는다. 그리고 분주비가 8로 설정되었다면 입력된 클럭이 8번 입력 될 때 카운터 레지스터(TCNT1, TCNT3) 값이 1씩 증가한다. 그리고 타이머/카운터 1, 3은 16비트이기 때문에 0x0000~0xFFFF값을 카운팅할 수 있다.

타이머/카운터1, 3가 카운터로 동작할때는 각각 T1, T3핀으로 입력되는 외부 클럭을 사용하며 이 외부 클럭은 에지검출회로를 통하여 입력되며 프리스케일러를 거치지 않는다. 그리고 타이머/카운터1, 3에는 입력 캡처 기능이 있는데 이는 각각 입력핀 IC1, IC3에서 입력되는 트리거 신호에 의하여 각각 TCNT1, TCNT3의 값이 입력 캡처 레지스터 ICR1, ICR3에 각각 캡처된다.

(1) 타이머/카운터1, 3의 레지스터

1) TCCR1A, TCCR3A 레지스터

TCCR1A, TCCR3A(Timer/Counter1 or 3 Control Register A) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3의 동작모드를 설정하고 출력비교 단자의 파형 발생에 관한 동작을 지정하는 등의 기능을 수행한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	COM1C1	COM1C0	WGM11	WGM10	TCCR1A
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	
	COM3A1	COM3A0	COM3B1	COM3B0	COM3C1	COM3C0	WGM31	WGM30	TCCR3A
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 1, 0(WGMn1, WGMn0)는 각각 TCCR1B, TCCR3B의 WGMn3, WGMn2와 결합하여 타이머/카운터 1, 3의 동작모드를 결정한다.

bit7, 6(COMnA1, COMnA0)과 bit5, 4 (COMnB1, COMnB0) 그리고 bit3, 2 (COMnC1, COMnC0)는 각각 OCnA, OCnB, OCnC 핀의 동작을 설정한다. 이들 출력핀의 동작은 타이머/카운터 1, 3의 동작모드에 따라 달라진다.

모드	WGMn3	WGMn2	WGMn1	WGMn0	동작모드	TOP
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF
1	0	0	0	1	Phase correct PWM (8-bit)	0x00FF
2	0	0	1	0	Phase correct PWM (9-bit)	0x1FF
3	0	0	1	1	Phase correct PWM (10-bit)	0x3FF
4	0	1	0	0	CTC	0CRnA
5	0	1	0	1	Fast PWM (8-bit)	0x00FF
6	0	1	1	0	Fast PWM (9-bit)	0x01FF
7	0	1	1	1	Fast PWM (10-bit)	0x03FF
8	1	0	0	0	Phase and Frequency Correct PWM	ICRn
9	1	0	0	1	Phase and Frequency Correct PWM	0CRnA
10	1	0	1	0	Phase Correct PWM	ICRn
11	1	0	1	1	Phase Correct PWM	0CRnA
12	1	1	0	0	CTC	ICRn
13	1	1	0	1	(reserved)	-
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICRn
15	1	1	1	1	Fast PWM	0CRnA

	COMnx1	COMnx0	OCnx 핀의 기능
PWM 모드가 아닌 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OCnx 차단)
	0	1	Compare match에서 OCnx 출력을 토글
	1	0	Compare match에서 OCnx 출력을 0으로 클리어
	1	1	Compare match에서 OCnx 출력을 1로 셋
Fast PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OCnx 차단)
	0	1	모드 15의 경우 compare match에서 0CnA 출력을 토글하고 0CnB와 0CnC는 출력을 차단하며 기타의 모드에서는 OCnx 출력을 차단
	1	0	Compare match에서 OCnx 출력을 0으로 클리어하고 TOP에서 OCnx 출력을 1로 셋
	1	1	Compare match에서 OCnx 출력을 0으로 클리어하고 TOP에서 OCnx 출력을 0으로 클리어
Phase Correct PWM 모드인 경우	0	0	정상적인 범용 I/O 포트로 동작(OCnx 차단)
	0	1	모드9,11의 경우 compare match에서 0CnA 출력을 토글하고 0CnB와 0CnC는 출력을 차단하며 기타의 모드에서는 OCnx 출력을 차단
	1	0	상향 카운터에서는 Compare match에서 OCnx 출력을 0으로 클리어 하향 카운터에서는 Compare match에서 OCnx 출력을 1로 셋
	1	1	상향 카운터에서는 Compare match에서 OCnx 출력을 1로 셋 하향 카운터에서는 Compare match에서 OCnx 출력을 0으로 클리어

2) TCCR1B, TCCR3B 레지스터

TCCR1B, TCCR3B(Timer/Counter1 or 3 Control Register B) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3의 입력 캡처에 관련된 기능을 설정하거나 프리스케일러의 분주비를 설정하는 기능과 TCCR1A, TCCR3A와 같이 동작 모드를 결정하는 기능을 한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	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	
	ICNC3	ICES3	–	WGM33	WGM32	CS32	CS31	CS30	TCCR3B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

bit7의 ICNC1, ICNC3(Input Capture Noise Canceler 1 or 3)은 입력 캡처 각각 단자 IC1, IC3로 입력되는 캡처신호를 위한 노이즈 제어회로가 작동하도록 설정한다. 이를 1로 설정하면 노이즈 제거회로가 작동하여 신호가 필터링되며 입력캡처신호가 시스템 클럭의 4주기만큼 지연되어 동작하게 된다.

bit 6의 ICES1, ICES3(Input Capture Edge Select1 or 3)은 입력캡처 단자 IC1, IC3로 입력되는 신호의 에지를 선택한다. 1로 설정하면 캡처신호가 상승에지일 때 캡처가 수행되고 0으로 설정하면 캡처신호가 하강에지일 때 캡처가 수행된다. 캡처신호가 입력되면 현재의 TCNT1, TCNT3값이 ICR1, ICR3에 저장되며 입력캡처 인터럽트가 요청된다.

bit4, 3은 WGMn3, WGMn1으로 TCCRnA와 결합하여 모드를 결정한다.

bit2~0의 CSn2~CSn0은 클럭 소스 또는 프리스케일러의 분주비를 선택한다.

CSn2	CSn1	CSn0	클럭 소스의 기능
0	0	0	클럭 입력을 차단(타이머 동작하지 않음)
0	0	1	clk / 1
0	1	0	clk / 8
0	1	1	clk / 64
1	0	0	clk / 256
1	0	1	clk / 1024
1	1	0	Tn 핀에서 입력되는 외부클럭(하강에지에서동작)
1	1	1	Tn 핀에서 입력되는 외부클럭(상승에지에서동작)

3) TCCR1C, TCCR3C 레지스터

TCCR1C, TCCR3C(Timer/Counter1 or 3 Control Register C) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3의 비교출력 단자와 관련된 기능을 설정하는데 사용한다.

FOCnA, FOCnB, FOCnC (Force Output Compare n A, B, C)은 PWM 모드가 아닌경우에만 사용되는 것으로 1로 설정하면 강제로 OCNB, OCNB, OCNB단자에 출력을 내보낸다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC1A	FOC1B	FOC1C	-	-	-	-	-	TCCR1C
Read/Write	W	W	W	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC3A	FOC3B	FOC3C	-	-	-	-	-	TCCR3C
Read/Write	W	W	W	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

4) TCNT1H/L, TCNT3H/L 레지스터

TCNT1, TCNT3(Timer/Counter Register 1, 3) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3의 16비트 카운터 값을 저장하고 있는 레지스터로서 8비트씩 2차례로 나누어 액세스해야 한다. TCNT1, TCNT3를 읽을 경우에는 먼저 TCNT1L, TCNT3L을 먼저 읽고 다음에 TCNT1H, TCNT3H를 읽어야 한다. 그리고 TCNT1, TCNT3에 쓸 경우에는 먼저 TCNT1H, TCNT3H에 먼저 쓰고 다음에 TCNT1L, TCNT3L에 써야 한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCNT1[15:8]								TCNT1H
	TCNT1[7:0]								TCNT1L
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	
	TCNT3[15:8]								TCNT3H
	TCNT3[7:0]								TCNT3L
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	

5) OCR1xH/L, OCR3xH/L 레지스터

OCR1x, OCR3x(Timer/Counter Output Compare Register 1, 3) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3 레지스터 TCNTn값과 비교하여 OCnx 단자에 출력신호를 발생하기 위한 16비트 값을 저장하는 레지스터이다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR1A[15:8]								OCR1AH
	OCR1A[7:0]								OCR1AL
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	
	OCR1B[15:8]								OCR1BH
	OCR1B[7:0]								OCR1BL
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	
	OCR1C[15:8]								OCR1CH
	OCR1C[7:0]								OCR1CL
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	
	OCR3A[15:8]								OCR3AH
	OCR3A[7:0]								OCR3AL
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	
	OCR3B[15:8]								OCR3BH
	OCR3B[7:0]								OCR3BL
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	
	OCR3C[15:8]								OCR3CH
	OCR3C[7:0]								OCR3CL
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	

6) ICR1H/L, ICR3H/L 레지스터

ICR1, ICR3(Timer/Counter Input Capture Register 1, 3) 레지스터는 입력캡처신호 또는 타이머/카운터1인 경우에는 아날로그 비교기의 출력신호에 의하여 타이머/카운터 레지스터 TCN값을 캡처하여 저장하는 16비트 레지스터이다. 그리고 일부 모드에서 ICR1, TCR3 레지스터를 TOP으로 사용하기도 한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICR1[15:8]								ICR1H
	ICR1[7:0]								ICR1L
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	
	ICR3[15:8]								ICR3H
	ICR3[7:0]								ICR3L
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	

7) TIMSK , ETIMSK 레지스터

TIMSK(Timer/Counter Interrupt Mask Register) 레지스터와 ETIMSK(Extended Timer/Counter Interrupt Mask Register)는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트를 개별적으로 허용하는 기능을 수행하는 레지스터이다. TIMSK는 타이머/카운터 0~2 인터럽트 모두를 설정하지만 ETIMSK는 타이머/카운터 1,3 인터럽트를 설정한다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	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	

bit 5 : TCIE1(Timer/Counter1 Output Compare Match Interrupt Enable)은 1로 설정되면 입력캡처 인터럽트가 허용된다.

bit 4 , 3 : OCIE1A, OCIE1B이 1로 설정되면 타이머/카운터1의 출력비교 인터럽트 A, B가 허용된다. OCIE1C는 ETIMSK 레지스터에서 설정한다.

bit 2 : TOIE1이 1로 설정되면 타이머/카운터 1의 오버플로우 인터럽트가 허용된다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	TICIE3	OCIE3A	OCIE3B	TOIE3	OCIE3C	OCIE1C	ETIMSK
Read/Write	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

bit 5 : TCIE3(Timer/Counter1 Output Compare Match Interrupt Enable)은 1로 설정되면 입력캡처 인터럽트가 허용된다.

bit 4 , 3, 1 : OCIE1A, OCIE1B, OCIE3C 가 1로 설정되면 타이머/카운터3의 출력비교 인터럽트 A, B, C가 허용된다.

bit 2 : TOIE3이 1로 설정되면 타이머/카운터 3의 오버플로우 인터럽트가 허용된다.

bit 1 : OCIE1C가 1로 설정되면 타이머/카운터 1의 출력비교 인터럽트 C가 허용된다.

8) TIFR, ETIFR 레지스터

TIFR(Timer/Counter Interrupt Flag Register) 레지스터는 타이머/카운터 0~2가 발생하는 인터럽트 플래그가 저장되는 레지스터이다. ETIFR(Extended Timer/Counter Interrupt Flag Register) 레지스터는 타이머/카운터 1, 3이 발생하는 인터럽트 플래그가 저장되는 레지스터이다.

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	

bit 5 : ICF1(Input Capture Flag 1)은 타이머/카운터1의 입력캡처 신호또는 아날로그 비교기로부터의 신호에 의하여 캡처동작이 수행될 때 이 비트가 1로 셋되면서 입력캡처 인터럽트가 요청된다. 또한 ICR1 레지스터가 TOP으로 사용되는 동작모드에서는 TCNT1의 값이 TOP으로 될 때 이 인터럽트가 발생한다. 이 인터럽트가 처리되기 시작하면 자동적으로 0으로 클리어 된다.

bit 4, 3의 OCF1x(Timer/Counter 1 Output Compare A, B Match Flag)은 타이머/카운터1 TCNT1 레지스

터와 출력비교 레지스터 OCR1x 값을 비교하여 같으면 1로 셋 되면서 인터럽트가 요청된다. 그리고 인터럽트가 시작되면 0으로 클리어 된다.

bit 2 : TOV1(Timer/Counter 1 Overflow Flag)은 타이머/카운터1의 TCNT1이 오버플로우가 발생되면 1로 셋되고 인터럽트가 요청된다. 인터럽트가 실행되면 자동적으로 0으로 클리어 된다. 위상교정 PWM 모드에서는 타이머/카운터 1이 0x00에서 계수방향을 바꿀 때 이 비트가 셋된다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	ICF3	OCF3A	OCF3B	TOV3	OCF3C	OCF1C	ETIFR
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 5 : ICF3(Input Capture Flag 3)은 타이머/카운터3의 입력캡처 신호에 의하여 캡처동작이 수행될 때 이 비트가 1로 셋되면서 입력캡처 인터럽트가 요청된다. 또한 ICR3 레지스터가 TOP으로 사용되는 동작 모드에서는 TCNT3의 값이 TOP으로 될 때 이 인터럽트가 발생한다. 이 인터럽트가 처리되기 시작하면 자동적으로 0으로 클리어 된다.

bit 4, 3, 1의 OCF3x(Timer/Counter 3 Output Compare A, B, C Match Flag)은 타이머/카운터3 TCNT3 레지스터와 출력비교 레지스터 OCR3x 값을 비교하여 같으면 1로 셋 되면서 인터럽트가 요청된다. 그리고 인터럽트가 시작되면 0으로 클리어 된다.

bit 2 : TOV3(Timer/Counter 3 Overflow Flag)은 타이머/카운터3의 TCNT1이 오버플로우가 발생되면 1로 셋되고 인터럽트가 요청된다. 인터럽트가 실행되면 자동적으로 0으로 클리어 된다. 위상교정 PWM 모드에서는 타이머/카운터 3이 0x00에서 계수방향을 바꿀 때 이 비트가 셋된다.

bit 0의 OCF1C(Timer/Counter 1 Output Compare C Match Flag)은 타이머/카운터1 TCNT1 레지스터와 출력비교 레지스터 OCR1C 값을 비교하여 같으면 1로 셋 되면서 인터럽트가 요청된다. 그리고 인터럽트가 시작되면 0으로 클리어 된다.

(2) 타이머/카운터1, 3의 동작모드

타이머/카운터1, 3에서는 TCCRnA와 TCCRnB 레지스터의 WGMn3~0 비트에 의하여 동작 모드가 결정되고 COMnx1~COMnx0 비트에 의하여 출력신호의 동작이 지정됨으로써 OCnx 단자에 어떤 파형을 출력하게 될지를 결정할 수 있게 된다.

Mode	WGMn3	WGMn2 (CTCn)	WGMn1 (PWMn1)	WGMn0 (PWMn0)	Timer/Counter Mode of Operation ⁽¹⁾	TOP	Update of OCRnx at	TOVn 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	OCRnA	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	ICRn	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct	OCRnA	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct	ICRn	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct	OCRnA	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICRn	Immediate	MAX
13	1	1	0	1	(Reserved)	—	—	—
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICRn	TOP	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCRnA	TOP	TOP

Note: 1. The CTCn and PWMn1:0 bit definition names are obsolete. Use the WGMn2:0 definitions. However, the functionality and location of these bits are compatible with previous versions of the timer.

1) 일반모드

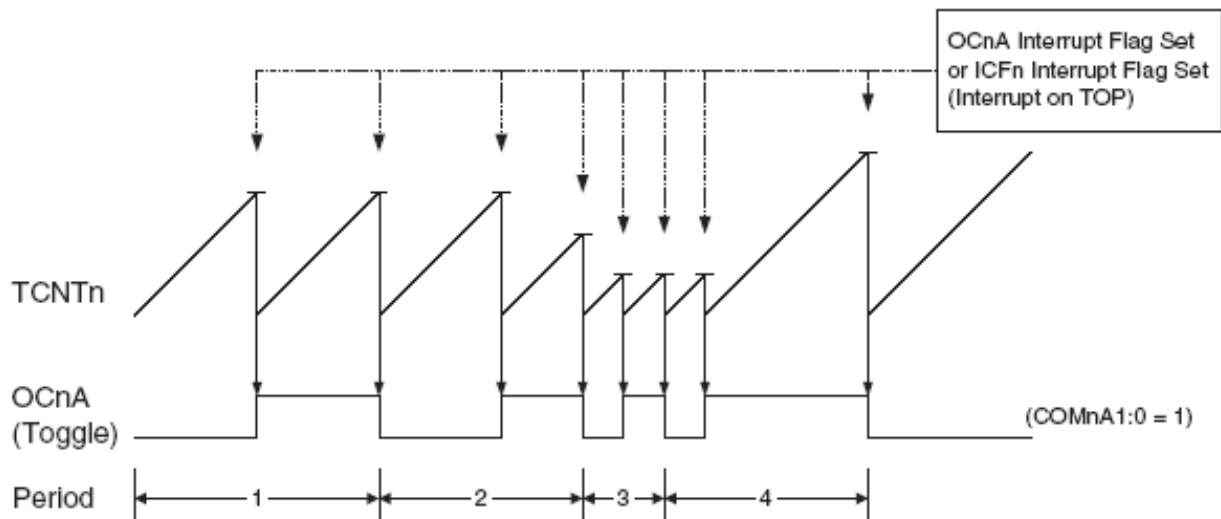
타이머/카운터1, 3의 일반모드(Normal Mode)는 TCNTn 레지스터가 항상 증가하는 카운터로만 동작하고 0x0000~0xFFFF의 값을 계속해서 반복 수행한다. 인터럽트는 TCNTn값이 0xFFFF에서 0x0000으로 될 때 발생하는 오버플로우 인터럽트나 TCNTn와 OCRnx 레지스터값이 같아질 때 발생하는 출력비교 인터럽트를 사용할 수 있다. 그리고 입력캡처 동작은 일반 모드에서 사용하는 것이 편리하다.

2) CTC 모드

CTC 모드(Clear Timer on Compare Match Mode)는 WGMn3~0 =4 또는 12로 설정하는 2가지 동작 모드를 가진다.

모드 4에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNTn의 값이 출력비교 레지스터 OCRnA의 값과 일치하면 TCNTn의 값은 계속 증가하지 않고 다음 클럭 사이클에서 0으로 클리어 되어 다시 증가하게 된다. 인터럽트는 TCNTn이 OCRnA 값과 같아지면 인터럽트가 발생된다.

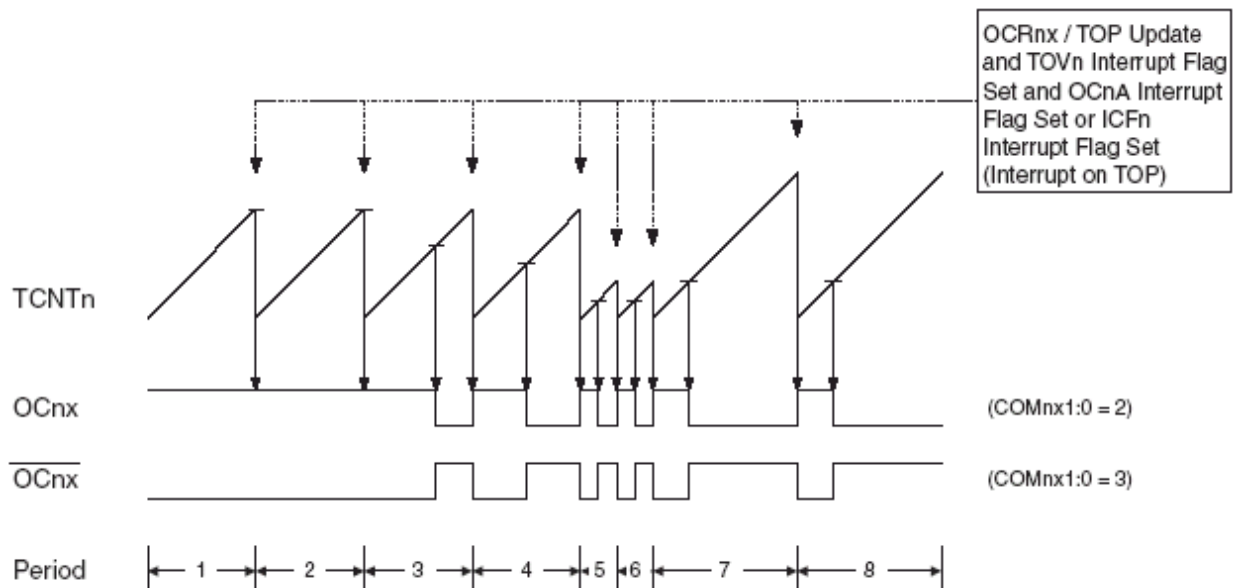
모드 12에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNTn의 값이 입력 캡처 레지스터 ICRn의 값과 일치하면 그 다음 클럭 사이클에서 0으로 클리어 되므로 이 모드에서는 클럭 입력에 의하여 항상 0x0000~ICRn의 값으로 계수 동작이 반복하여 수행된다.



3) 고속 PWM 모드

고속 PWM 모드(Fast PWM Mode)는 WGMn3~0=5, 6, 7, 14, 15로 설정하는데 높은 주파수의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작 모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNTn의 계수 동작이 항상 0x0000~TOP의 범위에서 증가하는 방향으로만 반복적으로 수행되며 TCNTn의 값은 항상 출력비교 레지스터 OCRnx의 값과 비교되어 일치하면 OCnx 출력신호가 0으로 클리어 되고 TCNTn의 값이 TOP→0x0000으로 오버플로우되면 OCnx 출력신호가 1로 셋된다. TOP의 값은 모드에 따라서 0x00FF, 0x01FF, 0x03FF, ICRn, OCRnA 등으로 지정된다.

COMn1:n0=10으로 설정되면 OCnx 출력신호가 0으로 클리어되고 0xFF가 될 때 OC2 출력신호가 1로 셋된다. COMn1:n0=11로 설정되면 OCnx 출력신호가 1로 셋되고 0xFF가 될 때 OC2 출력신호가 0으로 클리어된다.

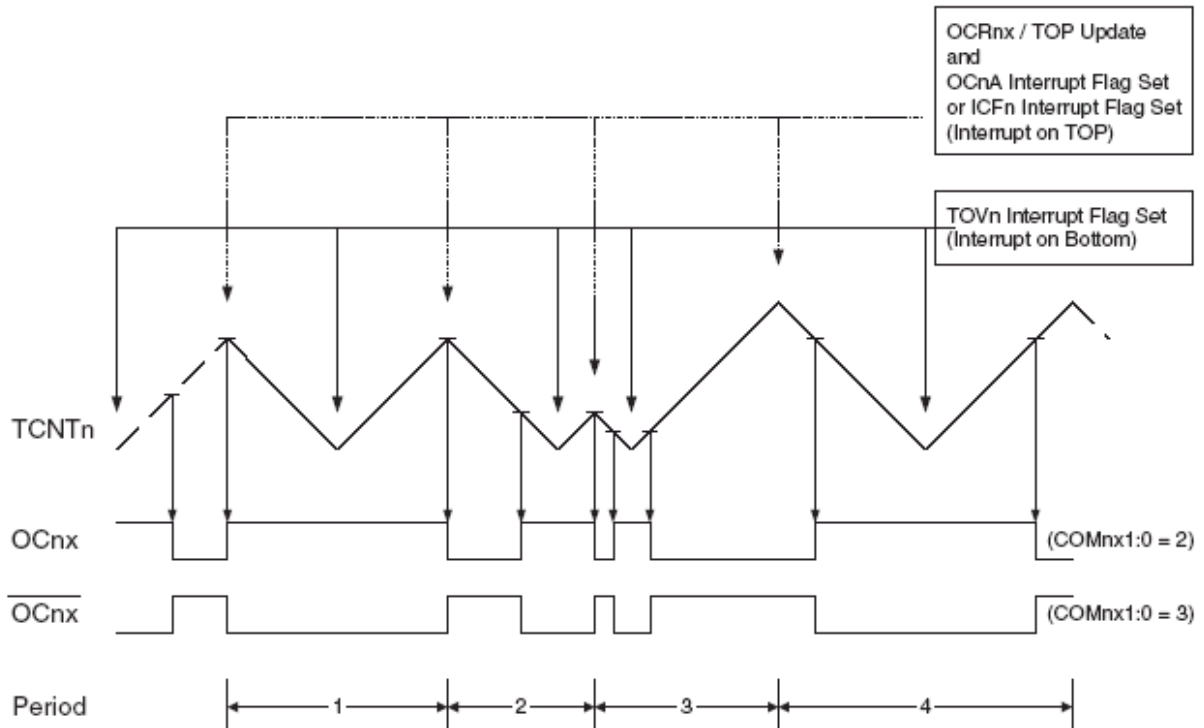


4) 위상교정 PWM 모드

위상교정 PWM 모드(Phase Correct PWM Mode)는 WGMn3~0 = 1, 2, 3, 10, 11로 설정하는데 높은 분해능의 PWM 출력 파형을 발생하는데 유용하다. 이 동작모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNTn은 상향 카운터로서 0x0000~TOP의 범위에서 증가하였다가 다시 하향 카운터로서 TOP~0x0000으로 감소하는 동작을 반복적으로 수행한다. 이 동작과정에서 TCNTn과 OCRnx의 값이 일치하면 상향 카운터로 동작할 경우

OCnx 출력 신호가 0으로 클리어 되고 하향 카운터로 동작할 경우 OCnx 출력신호가 1로 셋 된다. TIP의 값은 동작 모드에 따라서 0x00FF, 0x01FF, 0x03FF, ICRn, OCRnA 등으로 지정된다.

COMnx1:0 = 10으로 설정되면 OCnx 단자는 상향 카운터일때는 0이 출력되고 하향 카운터일때는 1로 출력되지만 COMnx1:0 = 11로 설정하면 상향 카운터일때는 1이 출력되고 하향 카운터 일 때는 0으로 출력된다.



5) 위상 및 주파수 교정 PWM 모드

위상 및 주파수 교정 PWM모드(Phase and Frequency Correct PWM Mode)는 WGMn3~0 = 8, 9로 설정하며 높은 분해능의 PWM 출력파형을 발생하는데 이용한다. 이 동작 모드에서는 타이머/카운터 레지스터 TCNTn의 계수동작이 상향 카운터로서 0x0000~TOP의 범위에서 증가하였다가 다시 하향 카운터로서 TOP~0x0000으로 감소하는 동작을 반복적으로 수행한다. 이 때 TCNTn의 값은 항상 출력비교 레지스터 OCRnx의 값과 비교되어 상향 카운터로 동작할 때 그것이 일치하면 OCnx 출력 신호가 0으로 클리어 되고 하향 카운터로 동작할 때 OCnx 출력 신호가 1로 셋된다.

위상 및 주파수 교정 PWM 모드가 위상교정 PWM 모드와 다른점은 TIP의 값을 ICRn과 OCRnA의 2가지만 지정할 수 있다는 점과 이것을 새로운 값으로 갱신할 때 TCNTn의 값이 TOP의 값과 같아지는 순간에 갱신되는 것이 아니라 TCNTn이 0x0000으로 되는 순간에 갱신된다는 점이다. 이렇게 함으로써 TCNTn의 동작 주기를 0x0000에서 그 다음의 0x0000으로 볼 때 PWM 파형이 완벽한 대칭 동작을 하게 된다. 그러나 위상교정 PWM 모드에서 TIP값이 변하는 주기에서는 과도적으로 비대칭의 PWM 파형을 출력한다. 결과적으로 위상 및 주파수 교정 PWM 모드는 시스템의 동작중에 TOP값을 수시로 변화시킴으로써 주파수가 가변되는 PWM의 경우에 사용하면 위상교정 PWM 모드에 비하여 유리하다는 것이다.

COMnx1:0 = 10으로 설정되면 OCnx 단자는 상향 카운터일때는 0이 출력되고 하향 카운터일때는 1로 출력되지만 COMnx1:0 = 11로 설정하면 상향 카운터일때는 1이 출력되고 하향 카운터 일 때는 0으로 출력된다.

