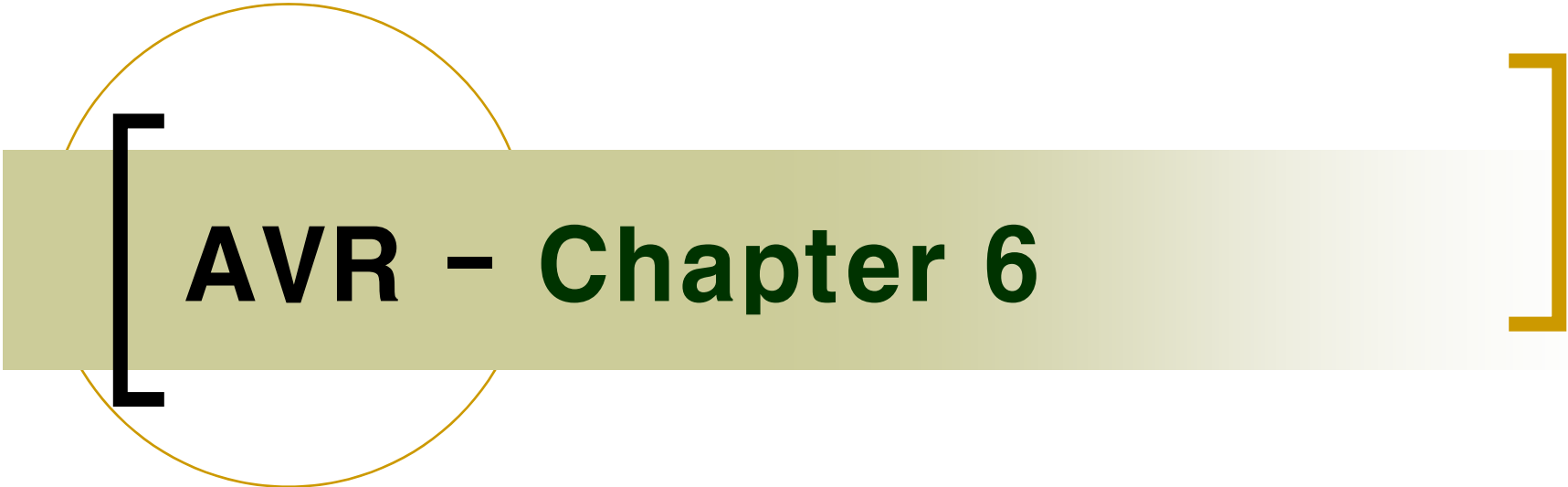




AVR - Chapter 6

류대우

(주)뉴티씨(NEWTC) 대표이사

davidryu@newtc.co.kr

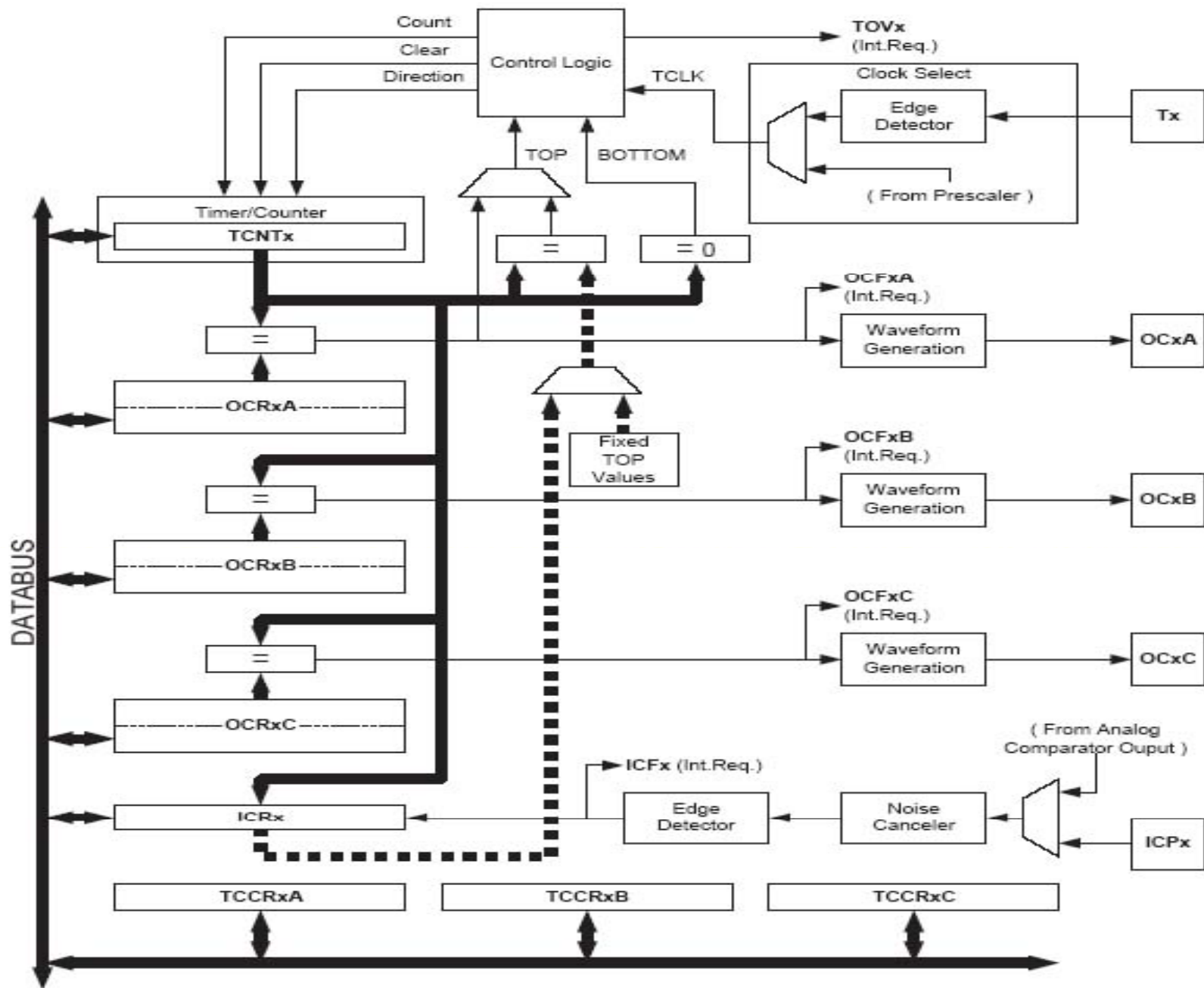
[16비트 타이머/인터럽트]

- 타이머/카운터 1과 3는 16비트 구조로서 OVERFLOW, PWM, Input Capture 비슷한 기능을 가지고 제어방식도 비슷하다.
- 타이머/카운터 1, 3의 특징
 - 16비트(0x0000 ~ 0xFFFF) 구조
 - 10비트(0x000 ~ 0x3FF) 프리스케일러
 - Overflow, Output Compare Match A/B/C, Input Capture 인터럽트
 - Output Compare Match 할 때 타이머가 클리어 된다.(CTC 모드)

[16비트 타이머/인터럽트]

■ 타이머/카운터 1, 3의 동작

- 내/외부 클럭 중 하나를 선택하여 기준 클럭으로 삼는다.
- 타이머/카운터 1, 3은 0x0000~0xFFFF까지 Count하여 Overflow되면 OVF 인터럽트가 걸린다.
- 타이머/카운터 1, 3은 0x0000~0xFFFF까지 Count하다가 지속적으로 TCNT값과 OCR값을 비교하여 같으면 COMP 인터럽트가 걸린다.
- 타이머/카운터 1, 3은 외부 ICn핀으로부터 트리거 신호가 입력되면 현재의 TCNTn의 값이 입력캡처 레지스터 ICRn으로 저장되면서 IC 인터럽트가 걸린다.



타이머/카운터 1의 블록도

[16비트 타이머/인터럽트



- **타이머/카운터 1 관련 레지스터**

- 타이머/카운터 1을 제어

- 상태레지스터(SREG)

- 타이머/카운터 1 관련 레지스터

- TCCR1A, TCCR1B, TCCR1C, TCNT1H, TCNT1L, OCR1AH, OCR1AL, OCR1BH, OCR1BL, OCR1CH, OCR1CL, ICR1H, ICR1L, SFIOR, TIMSK, ETIMSK, TIFR, ETIFR

[16비트 타이머/인터럽트]

■ TIMSK(Timer/Counter Interrupt Mask Register)

- 타이머/카운터0~2 에서 발생하는 인터럽트를 개별적으로 허용하는 기능을 수행하는 레지스터

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 – TICIE1(Timer/Counter1 Input Capture Interrupt Enable)
 - TICIE1=1로 Set시켜주면 Input Capture Interrupt가 활성화된다.
 - CAPT인터럽트를 사용하려면 SREG의 I=1인 상태여야 한다.
- Bit 4, 3 – OCIE1x(Timer/Counter1 Output Compare Match A, B Interrupt Enable)
 - OCIE1x=1로 Set시켜주면 Output Compare Match Interrupt가 활성화된다.
 - COMP인터럽트를 사용하려면 SREG의 I=1인 상태여야 한다.
- Bit 2 – TOIE1(Timer/Counter1 Overflow Interrupt Enable)
 - TOIE1=1로 Set시켜주면 Overflow Interrupt가 활성화된다.
 - OVF인터럽트를 사용하려면 SREG의 I=1인 상태여야 한다.

[16비트 타이머/인터럽트]

- **ETIMSK (Extended Timer/Counter Interrupt Mask Register)**
 - 타이머/카운터1, 3 에서 발생하는 인터럽트를 개별적으로 허용하는 기능을 수행하는 레지스터

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 0 – OCIE1C(Timer/Counter1 Output Compare Match C Interrupt Enable)**
 - OCIE1C=1로 Set시켜주면 Output Compare Match C Interrupt가 활성화된다.
 - COMP인터럽트를 사용하려면 SREG의 I=1인 상태여야 한다.

[16비트 타이머/인터럽트]

■ TIFR(Timer/Counter Interrupt Flag Register)

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(Timer/Counter1 Input Capture Flag)**
 - 타이머/카운터 1의 외부 IC1핀의 입력캡처신호 또는 아날로그비교기의 신호로 인하여 캡처동작이 되면 이 비트가 1로 Set되면서 입력캡처 인터럽트가 요청된다. 이 비트는 인터럽트 처리의 시작과 함께 0으로 Clear된다.
- **Bit 4, 3 – OCF1x(Timer/Counter1 Output Compare Match A, B Flag)**
 - TCNT1값과 OCR1값을 비교하여 이것이 같으면 이 비트가 1로 Set되면서 출력비교 인터럽트가 요청된다. 이 비트는 인터럽트 처리의 시작과 함께 0으로 Clear된다.
- **Bit 0 – TOV1(Timer/Counter1 Overflow Flag)**
 - 타이머/카운터1에서 Overflow가 발생되면 이 비트가 1로 Set되면서 출력비교 인터럽트가 요청된다. 이 비트는 인터럽트 처리의 시작과 함께 0으로 Clear된다.

[16비트 타이머/인터럽트]

■ ETIFR(Extended Timer/Counter Interrupt Flag Register)

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 0 – OCF1C(Timer/Counter1 Output Compare Match C Flag)
 - TCNT1값과 OCR1값을 비교하여 이것이 같으면 이 비트가 1로 Set되면서 출력비교 C인터럽트가 요청된다. 이 비트는 인터럽트 처리의 시작과 함께 0으로 Clear된다.

[16비트 타이머/인터럽트]

■ TCCR1A(Timer/Counter1 Control Register A)

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 1,0 – WGM11, WGM10 (Waveform Generation Mode) : 파형 출력 모드
 - TCCR1C 레지스터의 WGM00과 결합하여 타이머/카운터1의 동작 모드를 설정한다.

[16비트 타이머/인터럽트

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.

[16비트 타이머/인터럽트]

- Bit (7,6), (5,4), (3,2) – COM1x1, COM1x0
(Compare Match Output A, B, C Mode)

Mode	COM1x1	COM1x0	설명
PWM모드가 아닌 경우 (Normal / CTC)	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	비교매치>> OC1x Toggle 출력
	1	0	비교매치>> OC1x = 0 출력
	1	1	비교매치>> OC1x = 1 출력

[16비트 타이머/인터럽트]

Mode	COM1x1	COM1x0	설명
FAST PWM	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	모드15의 경우 OC1A 토글, 나머지 차단 나머지의 경우 OC1x 출력 차단
	1	0	비교매치>> OC1x = 0 출력 오버플로우>> OC1x = 1 출력
	1	1	비교매치>> OC1x = 1 출력 오버플로우>> OC1x = 0 출력
Mode	COM1x1	COM1x0	설명
Phase (and Frequency) Correct PWM	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	모드9, 11의 경우 비교매치에서 OC1A 토글출력, 나머지 차단 나머지의 경우 OC1x 출력 차단
	1	0	상향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력 하향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력
	1	1	상향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력 하향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력

[16비트 타이머/인터럽트]

■ TCCR1B(Timer/Counter1 Control Register B)

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 – ICNC1(Input Capture Noise Canceler)

- 이 비트를 1로 Set해주면 입력캡처 단자 IC1으로 입력되는 캡처신호를 위한 노이즈 제거회로가 작동된다. 노이즈 제거회로가 작동되면 입력캡처신호를 필터링하게 되는데 이를 이용하면 시스템클럭의 4주기만큼 지연되어 작동된다.

○ Bit 6 – ICES1(Input Capture Edge Select)

- 입력캡처 단자 IC1으로 입력되는 신호의 엣지의 검출 방법을 결정짓는다.
- ICES1=1 이면 상승 엣지일 때 검출된다.
- ICES1=0 이면 하강 엣지일 때 검출된다.

[16비트 타이머/인터럽트



■ Bit 2,1,0 – CS12,11,10(Clock Select)

CSn2	CSn1	CSn0	Description
0	0	0	No clock source. (Timer/Counter stopped)
0	0	1	$\text{clk}_{\text{I/O}}/1$ (No prescaling
0	1	0	$\text{clk}_{\text{I/O}}/8$ (From prescaler)
0	1	1	$\text{clk}_{\text{I/O}}/64$ (From prescaler)
1	0	0	$\text{clk}_{\text{I/O}}/256$ (From prescaler)
1	0	1	$\text{clk}_{\text{I/O}}/1024$ (From prescaler)
1	1	0	External clock source on Tn pin. Clock on falling edge
1	1	1	External clock source on Tn pin. Clock on rising edge

[16비트 타이머/인터럽트]

■ TCCR1C(Timer/Counter1 Control Register C)

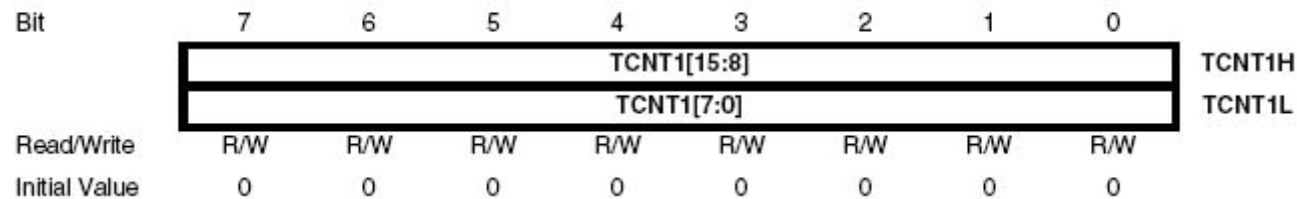
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC1A	FOC1B	FOC1C	-	-	-	-	-	TCCR1C
Read/Write	W	W	W	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

■ Bit 7,6,5

- FOC1A,B,C(Force Output Compare A, B, C)
- 강제로 OC1A, B, C 단자에 출력비교 매치 신호를 출력

[16비트 타이머/인터럽트]

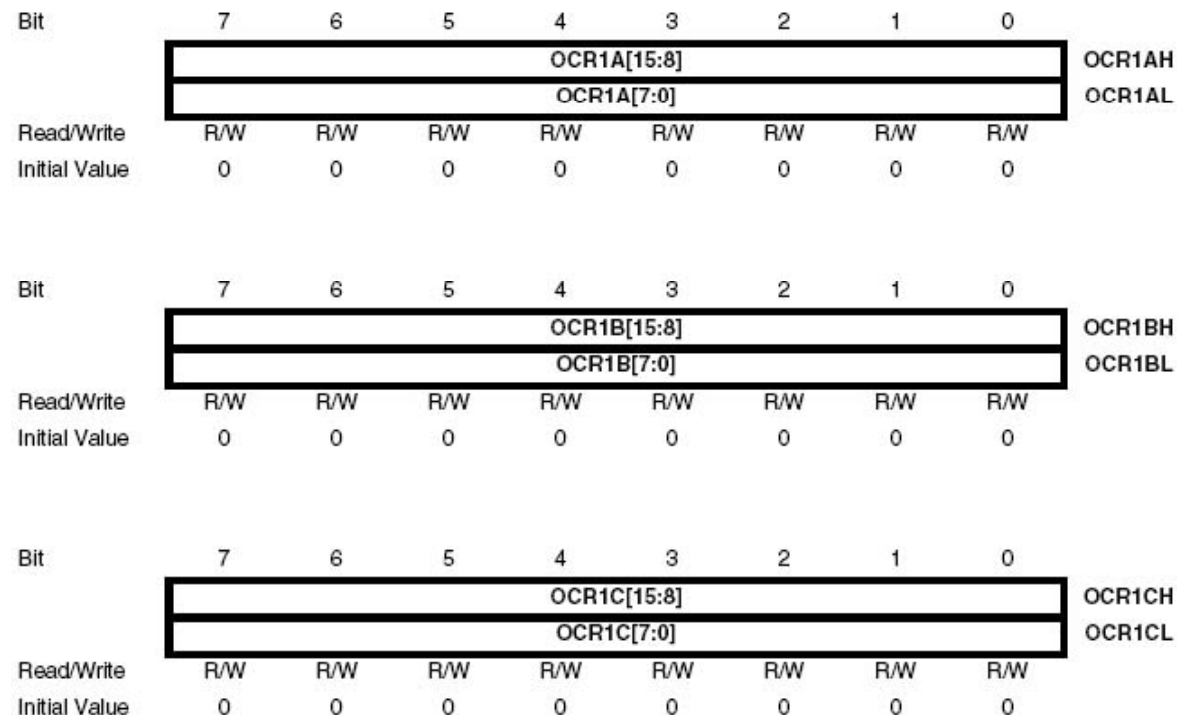
■ TCNT1H, TCNT1L (Timer/Counter Register 1)



- 타이머/카운터 1의 16비트 카운터값을 저장하고 있는 레지스터

[16비트 타이머/인터럽트]

- OCR1xH, OCR1xL (Timer/Counter Output Compare Register 1)

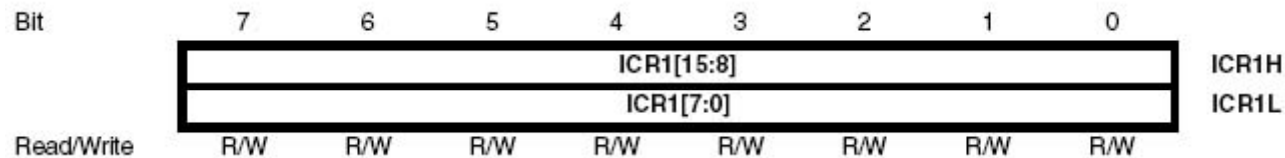


- 타이머/카운터 1의 카운터값인 TCNT1과 비교하여 OC1A, B, C 단자에 출력신호를 발생하기 위한 16비트 값을 저장하고 있는 레지스터

[16비트 타이머/인터럽트]

■ ICR1

- (Timer/Counter Input Compare Register 1)



- 입력캡처신호 IC1에 의하여 TCNT1값을 캡처하여 저장하는 16비트 레지스터이다.

[16비트 타이머/인터럽트]

■ SFIOR(Special Function I/O Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TSM	—	—	—	ACME	PUD	PSR0	PSR321	SFIOR
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

○ Bit 7

- TSM(Timer/Counter Synchronization Mode)
- 모든 타이머/카운터들을 동기화시키는 기능을 수행한다.

○ Bit 0

- PSR321(Prescaler Reset Timer/Counter0)
- 타이머/카운터1~3의 프리스케일러를 리셋 시키며 동작 후에 자동적으로 클리어 된다.

[16비트 타이머/인터럽트]

■ 타이머/카운터 1 의 동작모드

○ Normal Mode

- 일반적인 타이머 오버플로우 인터럽트가 필요할 때 사용
- 입력캡처 동작이 필요할 때 사용
- 상향카운터
- 0x0000 ~ 0xFFFF 계수동작 반복
- 카운트 도중 Clear 없음
- 오버플로우(OVF) 인터럽트 (MAX=0xFFFF값일 때 발생)
- 비교매치(COMP) 인터럽트 (파형을 예상하지 못하기 때문에 추천하지 않음)

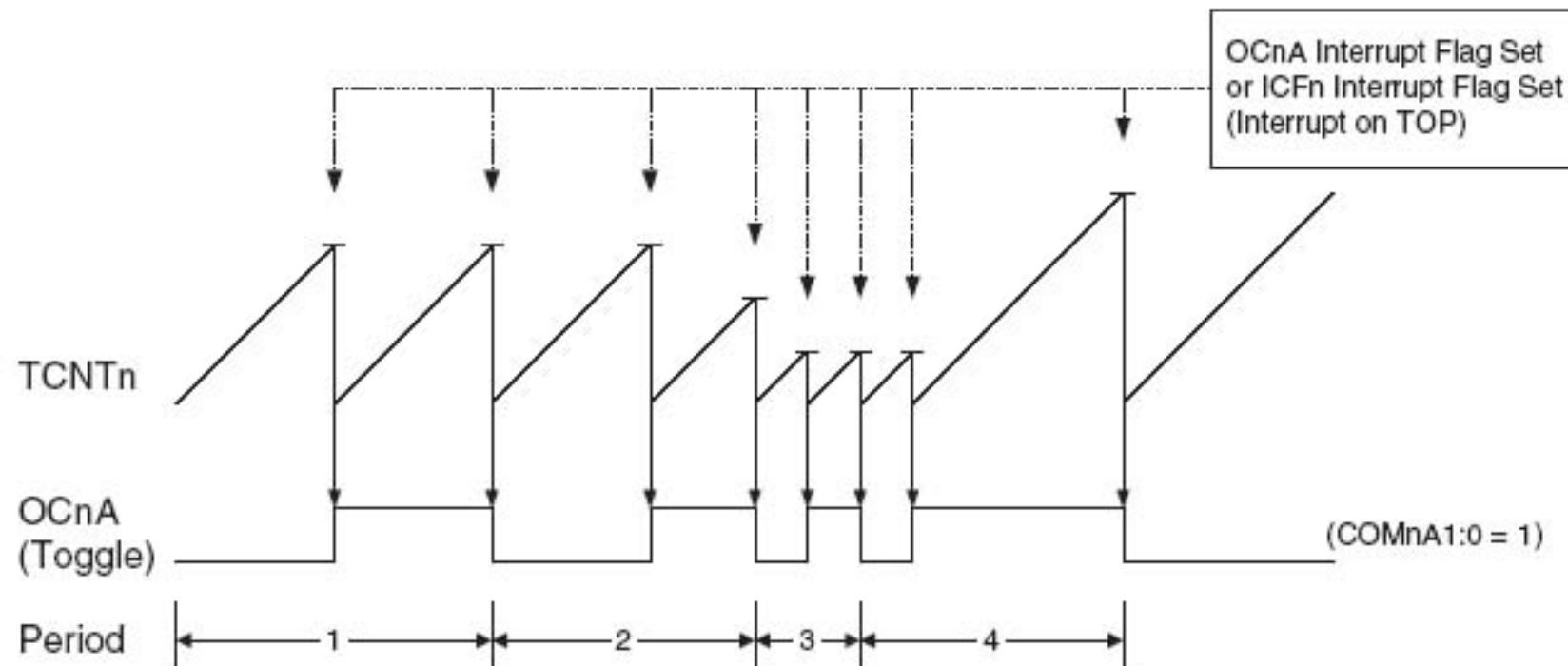
[16비트 타이머/인터럽트]

- **CTC Mode(Clear Timer on Compare Match Mode)**
 - 주파수 분주 기능으로 주로 사용
 - 상향카운터
 - WGM 값에 의하여 Mode 4, 12는 TCNT1값과 비교하는 값이 OCR1x, ICR1으로 다르다.
 - 0x0000 ~ OCR1x(ICR1) 계수 동작 반복
 - OCR1x(ICR1) 값과 TCNT1값이 같으면 카운트 도중 Clear
 - 오버플로우(OVF) 인터럽트
(COMP인터럽트와 동일하게 작동되기 때문에 추천하지 않음)
 - 비교매치(COMP) 인터럽트

Mode	COM1x1	COM1x0	설명
PWM모드가 아닌 경우 (Normal / CTC)	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	비교매치>> OC1x Toggle 출력
	1	0	비교매치>> OC1x = 0 출력
	1	1	비교매치>> OC1x = 1 출력

[16비트 타이머/인터럽트

]



[16비트 타이머/인터럽트]

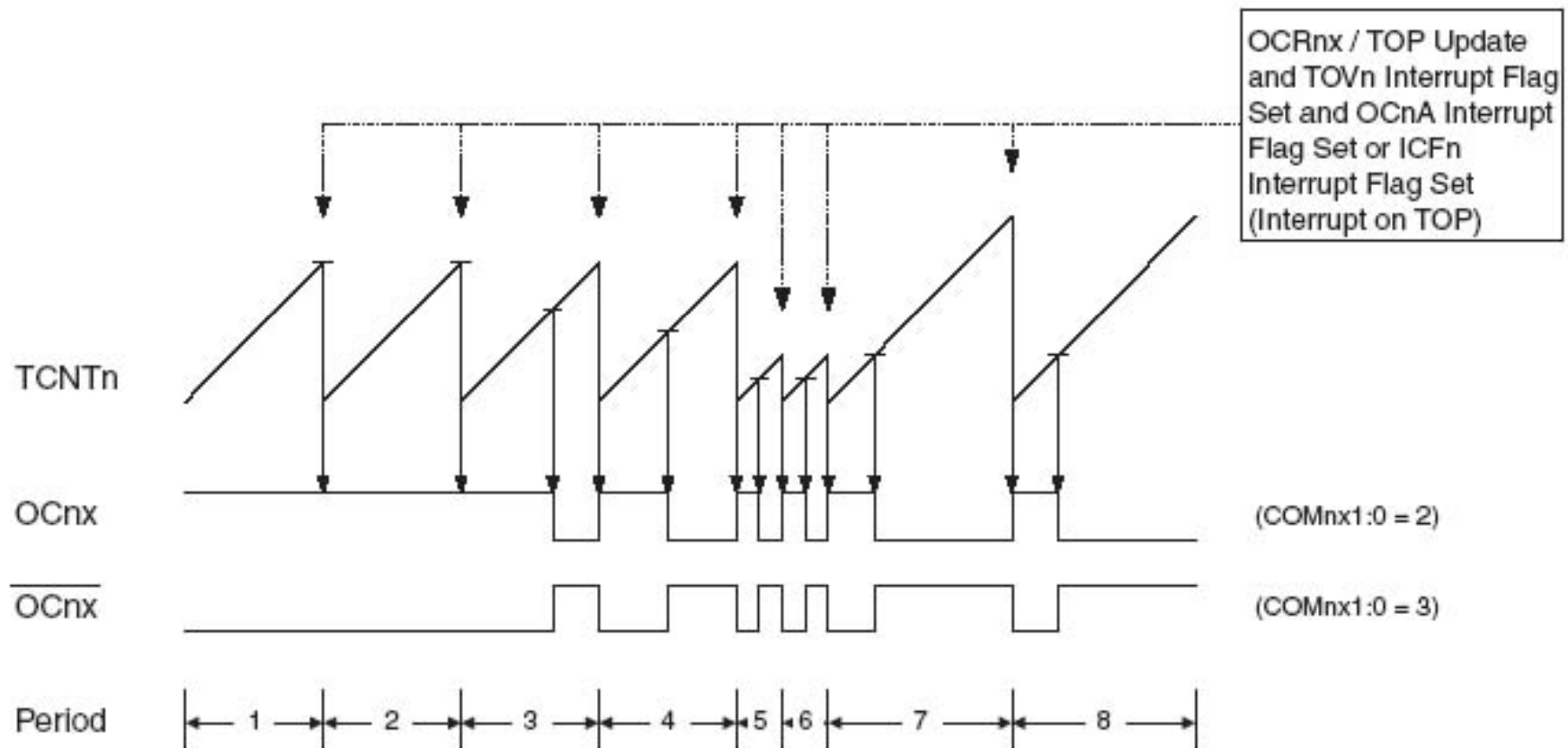
○ FAST PWM

- 높은 주파수 PWM 파형발생이 필요할 때 사용
- 상향카운터 (Single-Slope Operation)
- 0x00 ~ TOP 계수 동작 반복
- TOP값은 모드에 따라서 0x00FF, 0x01FF 0x03FF, ICR1, OCR1A
으로 설정 가능하다.
- TCNT1과 OCR1x의 Compare Match되면 OC1x에 LOW출력
(COM0 1:0 = 10)
- TOP → 0x0000 오버플로우되면 OC1x에 HIGH출력(COM0 1:0 = 10)

Mode	COM1x1	COM1x0	설명
FAST PWM	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	모드15의 경우 OC1A 토글, 나머지 차단 나머지의 경우 OC1x 출력 차단
	1	0	비교매치>> OC1x = 0 출력 오버플로우>> OC1x = 1 출력
	1	1	비교매치>> OC1x = 1 출력 오버플로우>> OC1x = 0 출력

[16비트 타이머/인터럽트

]



[16비트 타이머/인터럽트]

- **Phase Correct PWM (위상교정 PWM)**
 - 높은 분해능의 PWM출력 파형을 발생하는데 사용
 - (Dual-Slope Operation)- 상향카운터 0x0000 → TOP
 - 하향카운터 TOP → 0x0000
 - 0x0000 ~ TOP ~ 0x0000 계수 동작 반복
 - TOP값은 모드에 따라서 0x00FF, 0x01FF 0x03FF, ICR1, OCR1A으로 설정 가능하다.
 - 상향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력(COM0 1:0 = 10)
 - 하향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력(COM0 1:0 = 10)

Mode	COM1x1	COM1x0	설명
Phase (and Frequency) Correct PWM	0	0	범용 입출력포트 (OC1x 출력 차단)
	0	1	모드9, 11의 경우 비교매치에서 OC1A 토글출력, 나머지 차단 나머지의 경우 OC1x 출력 차단
	1	0	상향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력 하향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력
	1	1	상향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력 하향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력

[16비트 타이머/인터럽트]

○ Phase and Frequency Correct PWM

(위상 및 주파수 교정 PWM)

- 높은 분해능의 PWM출력 파형을 발생하는데 사용
- (Dual-Slope Operation)- 상향카운터 0x0000 → TOP
- 하향카운터 TOP → 0x0000
- 0x0000 ~ TOP ~ 0x0000 계수 동작 반복
- TOP값은 모드에 따라서 ICR1, OCR1A으로 설정 가능하다.
- 상향카운터 비교매치>> OC1x = 0 출력(COM0 1:0 = 10)
- 하향카운터 비교매치>> OC1x = 1 출력(COM0 1:0 = 10)

- Phase Correct PWM과의 다른 점은 TOP값이 ICR1, OCR1A으로만 설정가능하다는 것과 그 값이 갱신할 때 TCNT1=TOP일 때 갱신되는 것이 아니라 TCNT1 값이 0x0000으로 되는 순간 갱신된다는 점이다.
- 이러한 방식은 PWM파형을 완벽히 대칭을 이루게 한다.
- TOP값이 수시로 변화시켜 주파수가 가변 되는 PWM의 경우에 사용하면 Phase Correct PWM에 비하여 유리하다.

[16비트 타이머/인터럽트

