

AVR Timer/Counter

20181040 김효진

목차

- I. Timer/Counter
- II. Timer/Counter(0,2)
- III. Timer/Counter(1,3)
- IV. 동작모드
- V. CDS(포트 레지스터)
- VI. 서보모터
- VII. 회로도
- VIII. 구동영상

I. Timer/Counter

- Timer 동작
주기가 일정한 내부 클럭의 개수를 카운트하여 시간을 측정
- Counter 동작
외부에서 입력되는 클럭의 개수를 카운트
- Prescaler
타이머에서 입력 클럭의 주파수를 낮춘다
- Compare Unit
파형과 PWM 신호를 생성할 수 있다.
- 동작모드
표준모드, CTC모드, Fast PWM모드,
Phase Corrrect PWM 모드

I. Timer/Counter

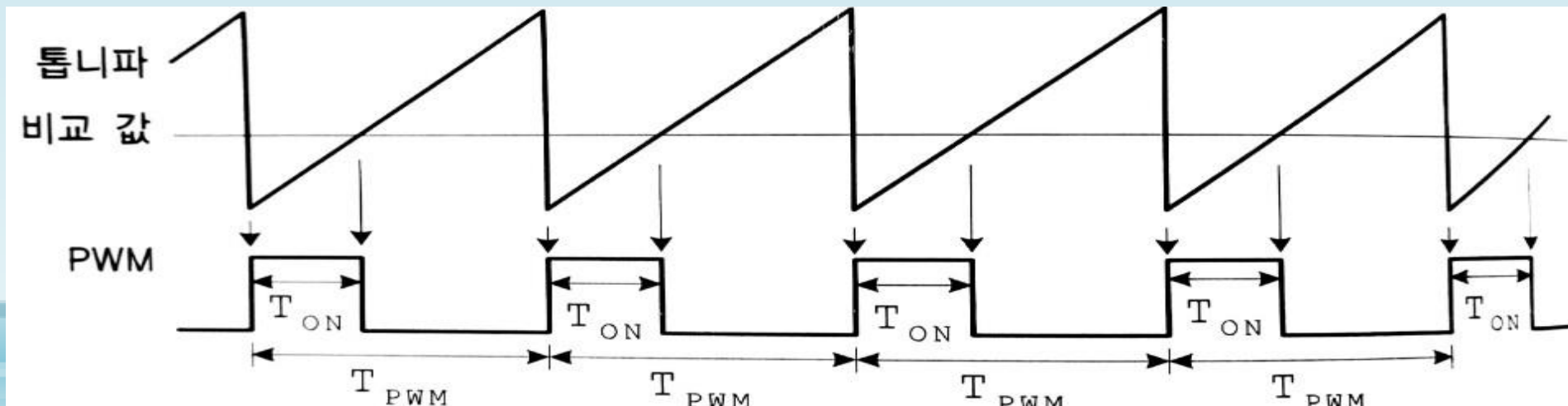
BOTTOM 카운터값=0

MAX 8-bit일때 카운터 값=0xFF(255), 16-bit일때 카운터값=0xFFFF(65535)

TOP 동작모드에 따라 카운터값이 최대로 취할수 있는 최댓값
8-bit일 경우 0xFF(255), 비교레지스터 OCRn(n=0,2)으로 설정
16-bit일 경우 0xFF, 0x1FF, 0x3FF, 0xFFFF, 비교레지스터 OCRn(n=1,3), ICRn으로 설정

- PWM(Pulse Width Modulation) 신호 : 펄스 폭 변조
- Duty ratio(%) : 전체 주기 중에 펄스가 ON되는 시간의 비율

$$\text{Duty ratio(\%)} = \frac{T_{\text{ON}}}{T_{\text{PWM}}} \times 100\%$$

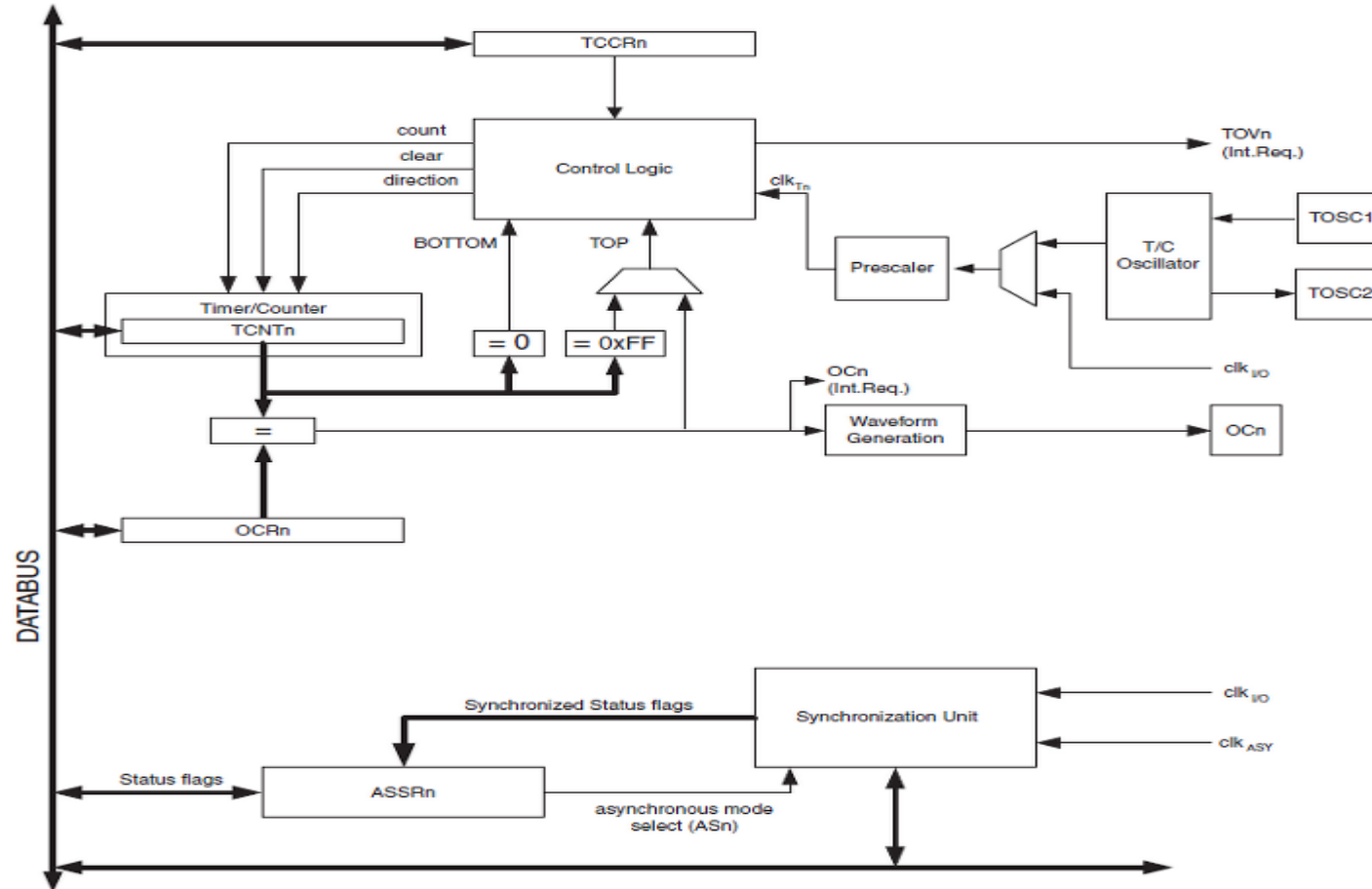


II. Timer/Counter(0,2)



■ Timer/Counter (0,2)의 내부 블록도

Figure 34. 8-bit Timer/Counter Block Diagram



- Timer동작, Counter 동작 시 분주기 모두 사용 가능
- 타이머/카운터 레지스터 TCNTn(n=0,2)의 값이 255을 넘게 되면 TOVn(플래그 비트) 1이 되면서 오버플로우 인터럽트 발생
- 출력비교레지스터 OCRn(n=0,2)와 TCNTn(n=0,2)의 값이 일치하면 OCFn(n=0,2)이 1이되면서 출력비교매치 인터럽트 발생
- 동작모드에 따라 OCFn(n=0,2)에서 파형이나 PWM신호 출력

II. Timer/Counter(0,2)

■ TCCRn(Timer/Counter Control Register)(n=0,2)

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: 강제 출력 비교

비 PWM모드일때 1이면 OCn을 통해 COM비트에 설정된 값을 강제 출력

■ Bit 6,3: 파형 생성 모드

Mode	WGM01 ⁽¹⁾ (CTC0)	WGM00 ⁽¹⁾ (PWM0)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR0 at	TOV0 Flag Set on
0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	1	PWM, Phase Correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	1	0	CTC	OCR0	Immediate	MAX
3	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX

Compare Output Mode, Fast PWM Mode⁽¹⁾

COM01	COM00	Description
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match, set OC0 at BOTTOM, (non-inverting mode)
1	1	Set OC0 on compare match, clear OC0 at BOTTOM, (inverting mode)

■ Bit 5,4: 비교 일치 출력모드 : Ocn(n=0,2)의 동작 제어(Ocn에 해당하는 핀 출력방향 설정필수)

Compare Output Mode, non-PWM Mode

COM01	COM00	Description
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

Compare Output Mode, Phase Correct PWM Mode⁽¹⁾

COM01	COM00	Description
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.

II. Timer/Counter(0,2)

■ TCCRn(Timer/Counter Control Register)(n=0,2)

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 2,1,0 : 클록 선정
타이머 / 카운터의 분주비 결정(타이머/타운터 1,2,3은 타이머 동작시 분주기 사용)

CS02	CS01	CS00	설명
0	0	0	타이머/카운터 정지 (클록 사용하지 않음)
0	0	1	clk _{TOS} (프리스케일링 없음)
0	1	0	clk _{TOS} /8 (프리스케일링 입력)
0	1	1	clk _{TOS} /32 (프리스케일링 입력)
1	0	0	clk _{TOS} /64 (프리스케일링 입력)
1	0	1	clk _{TOS} /128 (프리스케일링 입력)
1	1	0	clk _{TOS} /256 (프리스케일링 입력)
1	1	1	clk _{TOS} /1024 (프리스케일링 입력)

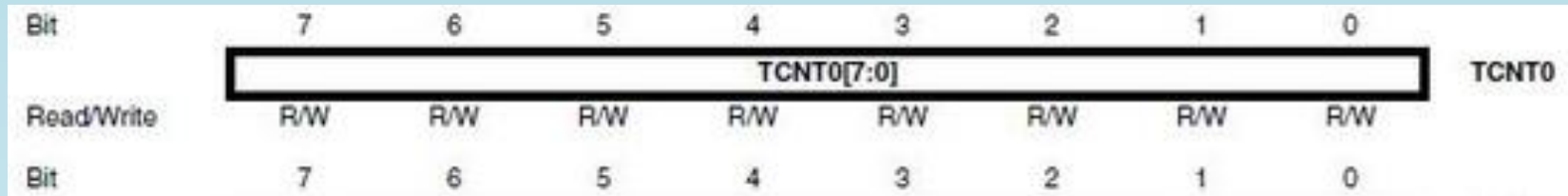
CS22	CS21	CS20	설명
0	0	0	타이머/카운터 정지 (클록사용하지 않음)
0	0	1	clk _{I/O} (프리스케일링 없음)
0	1	0	clk _{I/O} /8 (프리스케일링 입력)
0	1	1	clk _{I/O} /64 (프리스케일링 입력)
1	0	0	clk _{I/O} /256 (프리스케일링 입력)
1	0	1	clk _{I/O} /1024 (프리스케일링 입력)
1	1	0	T2핀의 외부 클록 사용. 하강 모서리에서 클록을 함
1	1	1	T2핀의 외부 클록 사용. 상승 모서리에서 클록을 함

- clk_{TOS} : 프리스케일러 입력 클록(ASSR 레지스터의 AS0가 0일때 내부클록, 1일때 외부입력핀의 클록사용)

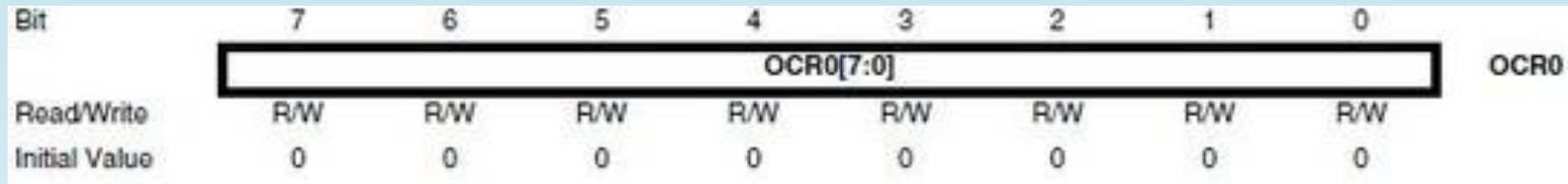
- clk_{I/O} : 내부클록

II. Timer/Counter(0,2)

■ TCNTn(Timer/Counter Register)(n=0,2)

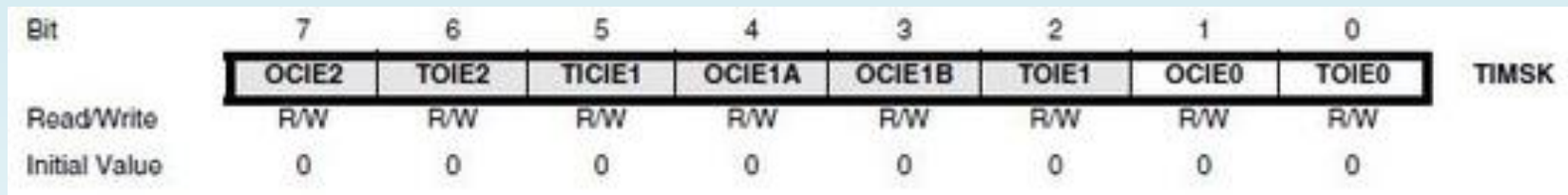


■ OCRn(Output Compare Register)(n=0,2)



TCNTn과 지속적으로 비교되는 8-bit 레지스터, 값이 일치할 때 Ocn 핀을 통해 파형을 출력하거나 비교일치 인터럽트를 발생 시킴

■ TIMSK(Timer/Counter Interrupt Mask Register)



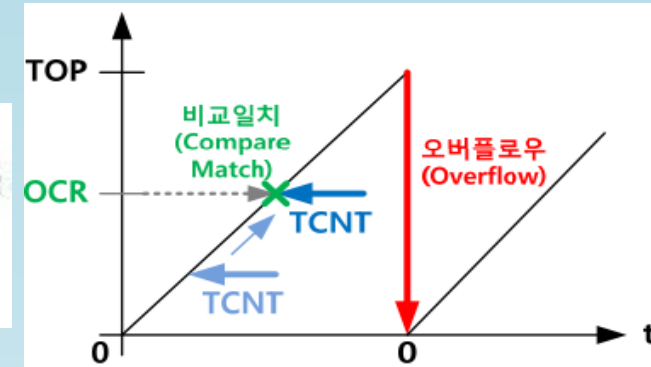
Bit 1,7 : 출력 비교일치 인터럽트 허용

Bit 0,6 : 타이머 오버플로 인터럽트 허용

II. Timer/Counter(0,2)

■ TIFR(Timer/Counter 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 1,7 : 출력 비교 플래그(TCNTn=OCRn 일경우 1)

-출력 비교 인터럽트 서비스 루틴 종료후 자동으로 지워짐(OCFn에 1을 쓰면 지울수도 있음)

Bit 0.6 : 타이머/카운터 n 오버플로 플래그(TCNTn이 오버플로우 될경우)

-오버플로우 인터럽트 서비스 루틴 종료후 자동으로 지워짐(TOVn에 1을 쓰면 지울수도 있음)

■ 비동기 상태 레지스터(ASSR)(n=0)

비트	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x30(0x50)	-	-	-	-	ASB	TCNBUB	OCRBUB	TCRBUB	ASSR
읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	
초기값	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit 3 : 비동기 타이머/카운터0

0일경우 타이머/카운터0의 입력이 내부클럭으로 선택되어 타이머로 동작

1일경우 타이머/카운터0의 입력이 TOSC1 핀에 연결된 수정발진자의 펄스로 카운터로 동작

Bit 2 : 카운터로 동작할 때 TCNT0에 새로운 값이 쓰여지면 셋, 쓰기 완료되면 자동 클리어

Bit 1 : 카운터로 동작할 때 OCR0에 새로운 값이 쓰여지면 셋, 쓰기 완료되면 자동 클리어

Bit 0 : 카운터로 동작할 때 TCCR0에 새로운 값이 쓰여지면 셋, 쓰기 완료되면 자동 클리어

II. Timer/Counter(0,2)

■ SFIOR(Special Function IO Register)

비트	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x20(0x40)	TSM	-	-	-	ACME	PUD	PSR0	PSR321	SF IOR
읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	읽기/쓰기	
초기값	0	0	0	0	0	0	0	0	

2개 이상의 타이머/카운터의 동기를 맞춰 동작시킬 때 사용

Bit 7 : 타이머/카운터 동기모드(Atmega 128 prescaler 2ro)

-타이머/카운터1,2,3이 하나의 prescaler 공유

-1로 설정하면 PSR0 및 PSR321 비트 값유지(자동 클리어 안됨)

-PSR0 및 PSR321이 모두 1인경우, 대응하는 prescaler를 계속 리셋시키는 상태가 되어 타이머/카운터 정지

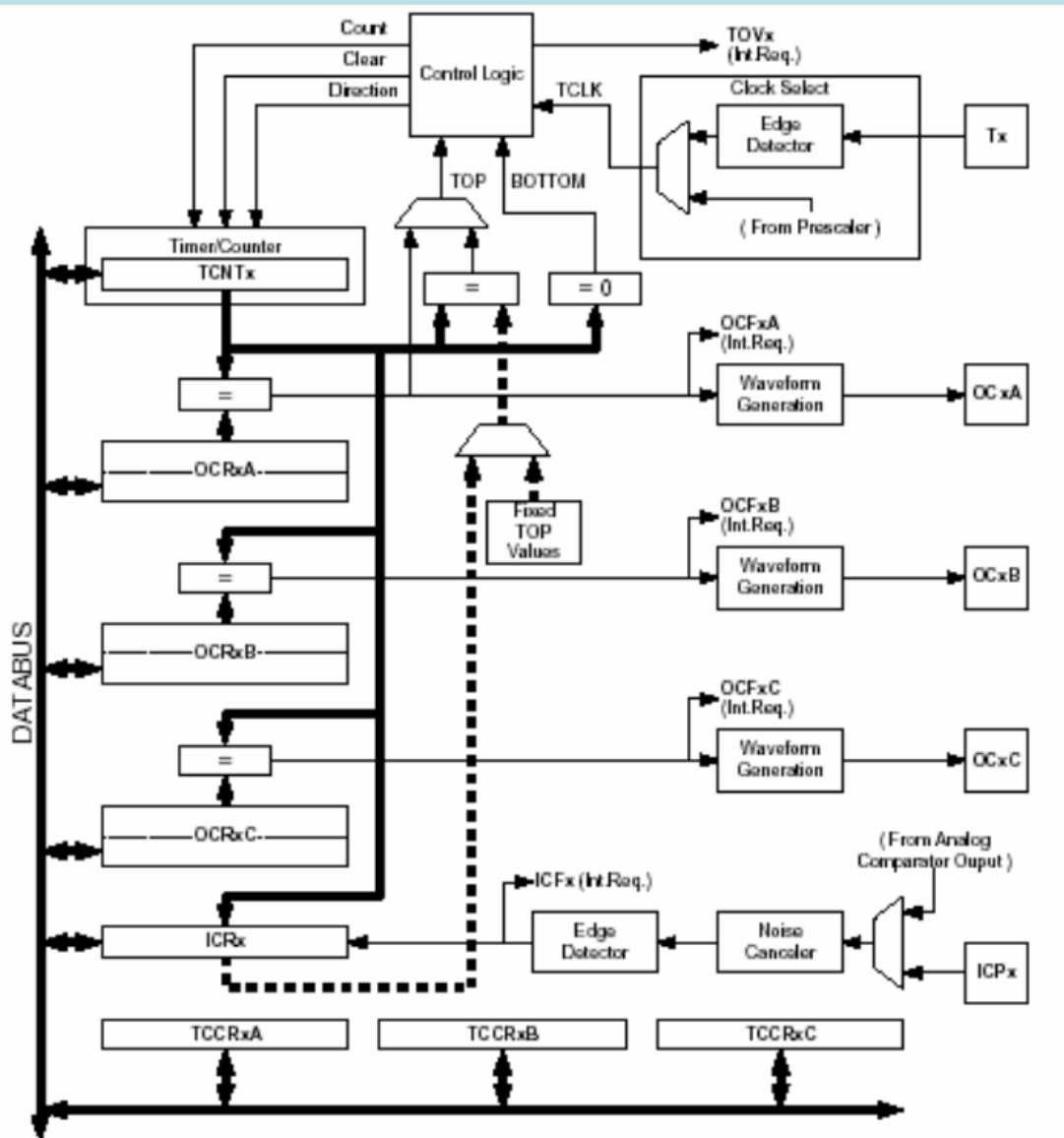
-정지된 타이머/카운터에 초기값 0 설정하면 PSR0 및 PSR321 비트는 하드웨어적으로 클리어 되어 타이머/카운터 동시에 카운팅 시작<동기를 맞춰 카운팅 할때 사용>

Bit 1 : 타이머/카운터 프리스케일러 리셋

-1로 설정하면 타이머/카운터0의 프리스케일러 리셋후 프리스케일러가 리셋되면 자동 클리어

-TSM비트가 1이면 이 비트는 자동적으로 클리어 되지 않음

III. Timer/Counter(1,3)



- 카운터로 동작시 T1,T3의 입력클럭 분주없이 사용
- 타이머 동작시 분주기 사용
- ICRn 레지스터가 TOP으로 사용되고 TCNTn=TOP(=ICRn)일때 입력캡처플래그(ICFn) 셋
- ICPn :타이머카운터1의 TCNTn 값을 ICRn에 저장할 때 사용되는 트리거

III. Timer/Counter(1,3)

■ TCCRnA,TCCRnB(Timer/Counter n Control Register)(n=1,3)

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	
	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	

- TCCRnA Bit 7,2 : 비 PWM 모드 일때 비교출력 모드

COMnA1/COMnB1/ COMnC1	COMnA0/COMnB0/ COMnC0	Description
0	0	Normal port operation, OCnA/OCnB/OCnC disconnected.
0	1	Toggle OCnA/OCnB/OCnC on compare match.
1	0	Clear OCnA/OCnB/OCnC on compare match (set output to low level).
1	1	Set OCnA/OCnB/OCnC on compare match (set output to high level).

III. Timer/Counter(1,3)

■ TCCRnA,TCCRnB(Timer/Counter n Control Register)(n=1,3)

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	
	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	

- TCCRnA Bit1,0 TCCRnB Bit 4,3 : PWM 파형 출력 모드 설정

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	BOTTOM	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	BOTTOM	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit	0x03FF	BOTTOM	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	BOTTOM	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCRnA	BOTTOM	TOP

III. Timer/Counter(1,3)

■ TCCRnA,TCCRnB(Timer/Counter n Control Register)(n=1,3)

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	
	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	

- TCCRnA Bit 7,2 :PWM 모드, Phase and Frequency Correct PWM 모드 일때 비교출력 모드

COMnA1/COMnB1/ COMnC1	COMnA0/COMnB0/ COMnC0	Description
0	0	Normal port operation, OCnA/OCnB/OCnC disconnected.
0	1	WGMn3:0 = 9 or 11: Toggle OCnA on Compare Match, OCnB/OCnC disconnected (normal port operation). For all other WGMn settings, normal port operation, OCnA/OCnB/OCnC disconnected.
1	0	Clear OCnA/OCnB/OCnC on compare match when up-counting. Set OCnA/OCnB/OCnC on compare match when downcounting.
1	1	Set OCnA/OCnB/OCnC on compare match when up-counting. Clear OCnA/OCnB/OCnC on compare match when downcounting.

III. Timer/Counter(1,3)

■ TCCRnA,TCCRnB(Timer/Counter n Control Register)(n=1,3)

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	

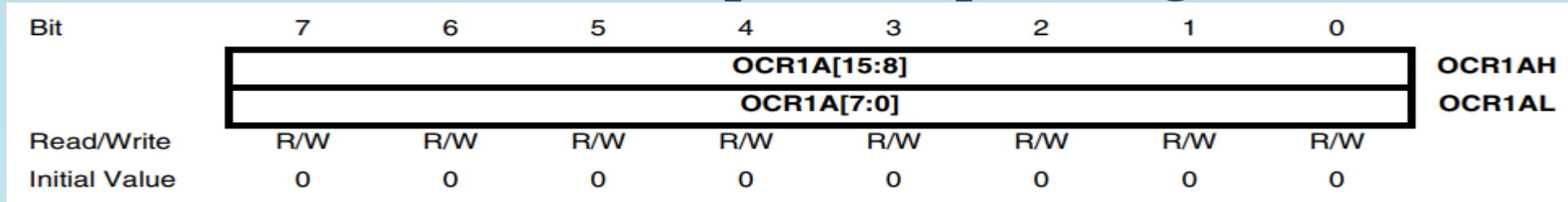
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC1	ICES1	—	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- TCCRnB Bit 7 : ICNCn : 입력 캡처 잡음 제거기
셋(1) 되면 입력캡처 잡음 제거기 활성화 ICPn핀으로 입력이 필터링
필터링 처리를 위해 4번의 샘플링 필요하고 이로인해 4클럭 지연되어 동작
- TCCRnB Bit 6 : ICESn : 입력캡처 에지 선택
셋(1) 상승 모서리를 트리거로 사용, 리셋(0) 하강 모서리를 트리거로 사용
트리거 되면 TCNTn의 값이 ICRn에 저장되고 ICFn이 1되고 전역 인터럽트 허용되면 입력캡처 인터럽트 발생
- TCCRnB Bit 2,1 : 동작 선택, 분주비 선택

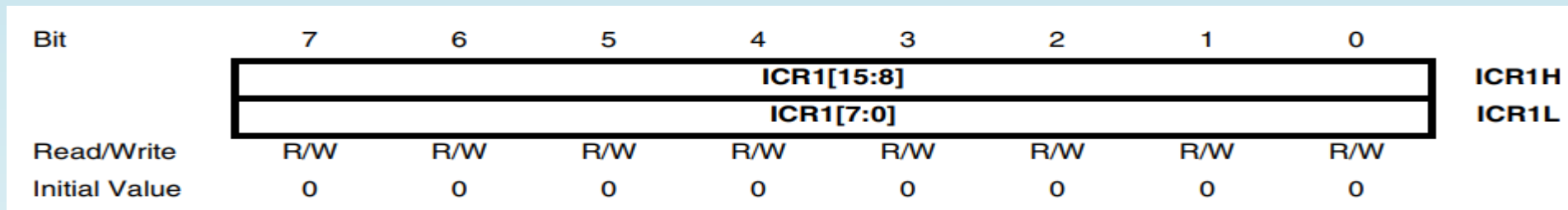
CSn2	CSn1	CSn0	Description
0	0	0	No clock source. (Timer/Counter stopped)
0	0	1	clk _{I/O} /1 (No prescaling)
0	1	0	clk _{I/O} /8 (From prescaler)
0	1	1	clk _{I/O} /64 (From prescaler)
1	0	0	clk _{I/O} /256 (From prescaler)
1	0	1	clk _{I/O} /1024 (From prescaler)
1	1	0	External clock source on Tn pin.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

III. Timer/Counter(1,3)

- OCR_nXH, OCR_nXL (Output Compare Register nX)(n=1,3)(X=A,B,C)



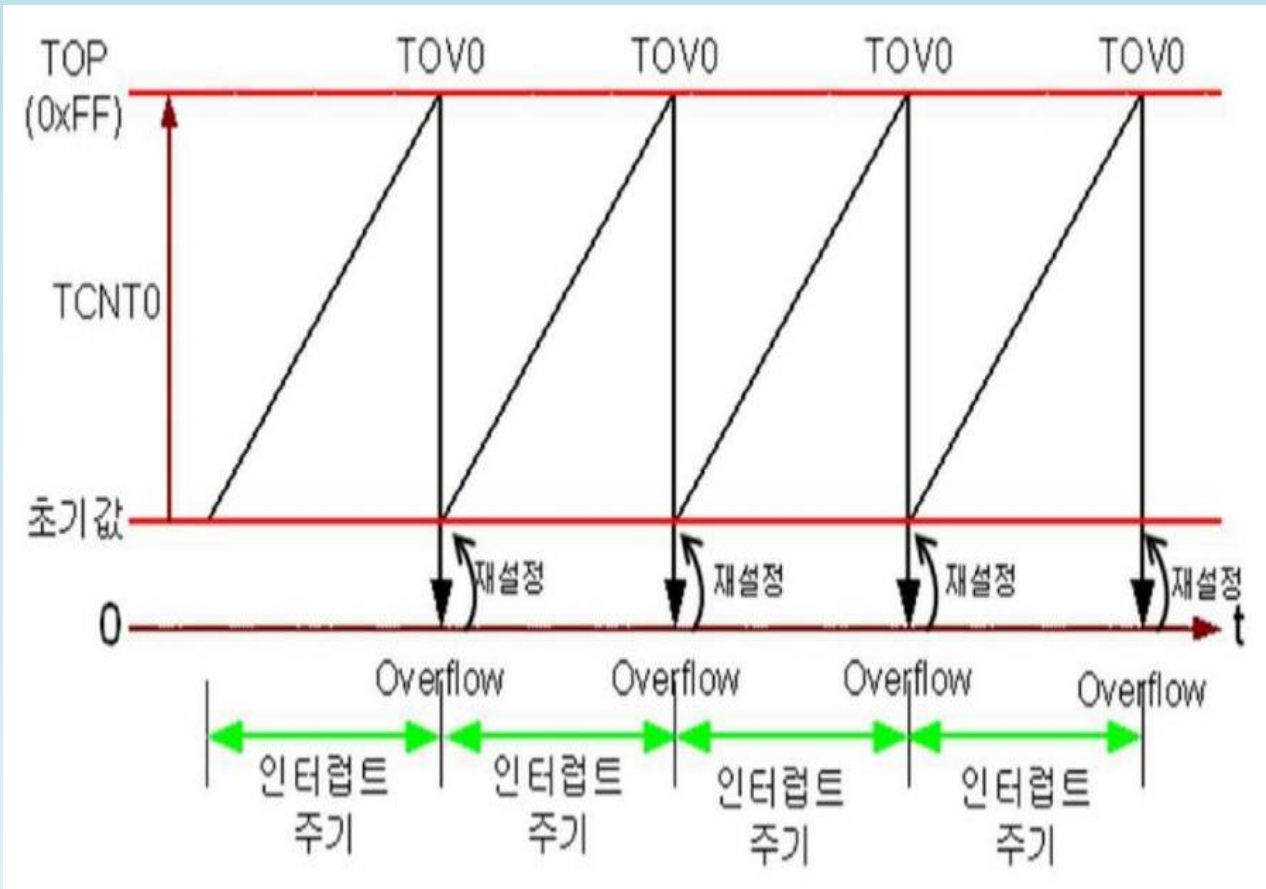
- ICR_nH, ICR_nL (Input Capture Register n)(n=1,3)



- ICP_n 핀(또는 아날로그 비교 출력 핀)에 사건이 발생할때 TCNT_n 값으로 갱신되는 레지스터
- 동작모드에 따라 TOP값을 정할 때도 사용

IV. 동작모드

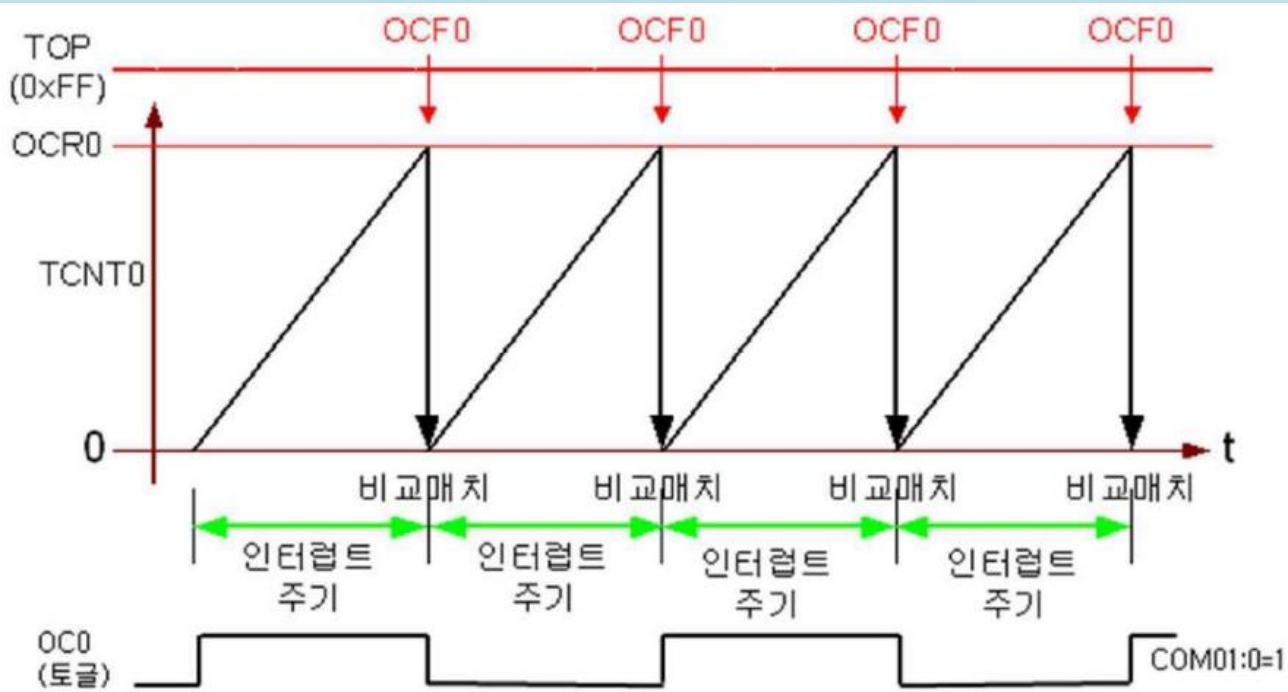
■ 표준모드



- TCNTn은 항상 증가하고 MAX를 지나면 BOTTOM 부터 다시 증가
- TCNTn이 MAX에서 BOTTOM으로 갈때 오버플로우 인터럽트발생, 오버플로 플래그 TOVn 이 셋(1)
- 출력 비교 레지스터(OCRn)=TCNTn 이면 출력 비교 일치 인터럽트발생, OCFn이 셋(1) 권고되지 않음
- 인터럽트 주기 = $(\frac{1}{7372800}) * \text{분주비} * (\text{MAX} - \text{TCNTn의 초기값})$

IV. 동작모드

■ CTC 모드



TCNTn은 OCRn과 일치될 때까지 증가하고 이후 TCNTn=0으로 지워짐

OCFn 셋(1)되고 전역 인터럽트 허용시 출력 비교 매치인터럽트 발생

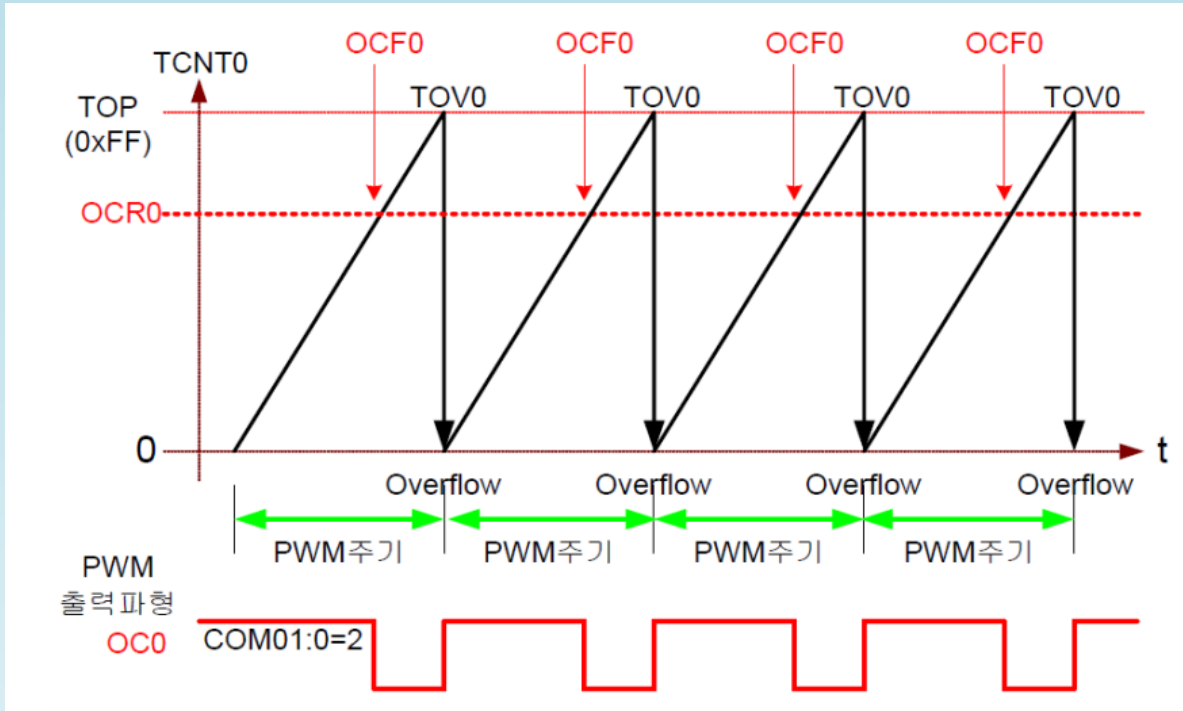
TCCRn bit 5,4에 따라 Ocn의 동작 제어

$$\text{인터럽트주기} = \frac{1}{7372800} * \text{분주비} * (\text{OCRn} + 1)$$

OCRn으로 주기 조정

IV. 동작모드

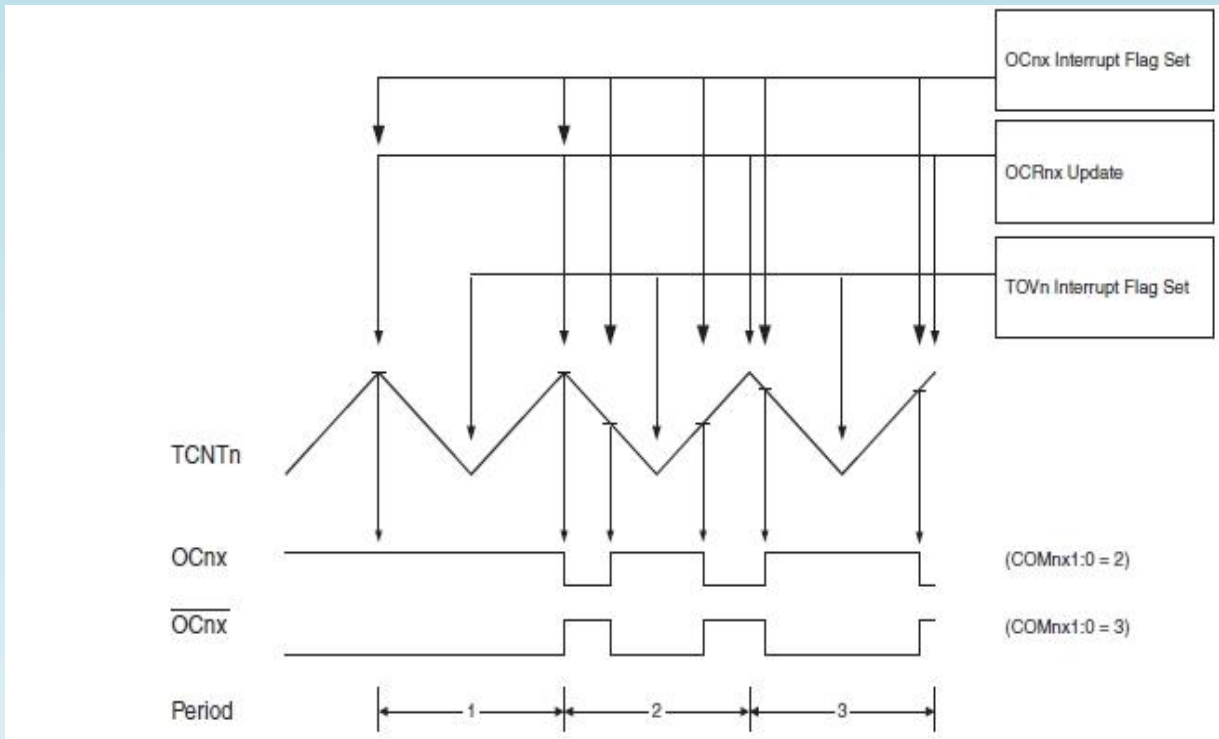
■ Fast PWM 모드



- TCNTn은 항상 증가 MAX를 지나면 BOTTOM부터 다시 카운트 시작 이때 TOVn이 셋(1) 되고 OCRn 값이 업데이트 된다.
- TCNTn=OCRn 일때 OCFn이 셋(1)된다.
- TCNTn=OCRn일때와 TCNTn=0일때 TCCRn bit 5,4의 설정에 따라 OCn에 신호 출력
- PWM신호의 반송주기는 MAX부터 다음 MAX까지
- $T_{PWM} = \frac{1}{7372800} * \text{분 주비} * (MAX+1)$
- $\text{Duty Ratio} = \frac{OCRn+1}{T_{PWM}} \times 100\%$

IV. 동작모드

■ Phasw Correct PWM 모드

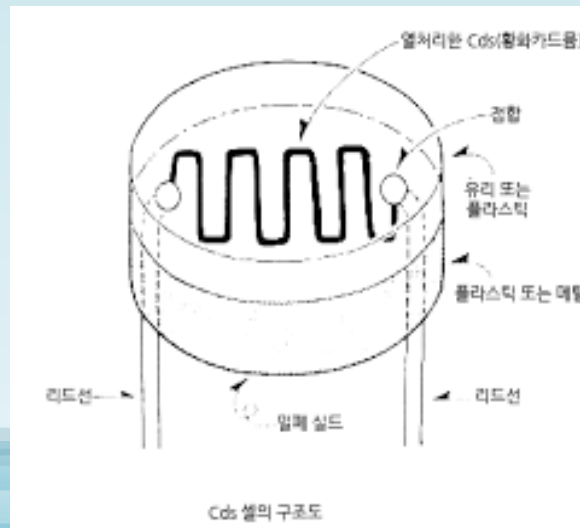


- TCNTn은 MAX까지 증가하다가 BOTTOM까지 감소
- TCNTn=BOTTOM에서 TOVn이 셋(1)
- OCRn은 TCNTn이 MAX일때 최대값이 업데이트
- TCNTn=OCRn일때 OCF가 셋(1)되고 TCCRn bit 5,4의 설정에 따라 OCn에 신호 출력
- PWM신호의 반송주기는 MAX부터 BOTTOM지나서 MAX까지
- $T_{\text{PWM}} = \frac{1}{7372800} * \text{분주비} * (\text{MAX} * 2)$
- $\text{Duty Ratio} = \frac{\text{OCRn} * 2}{T_{\text{PWM}}} \times 100\%$

V. CDS(포트레지스터)

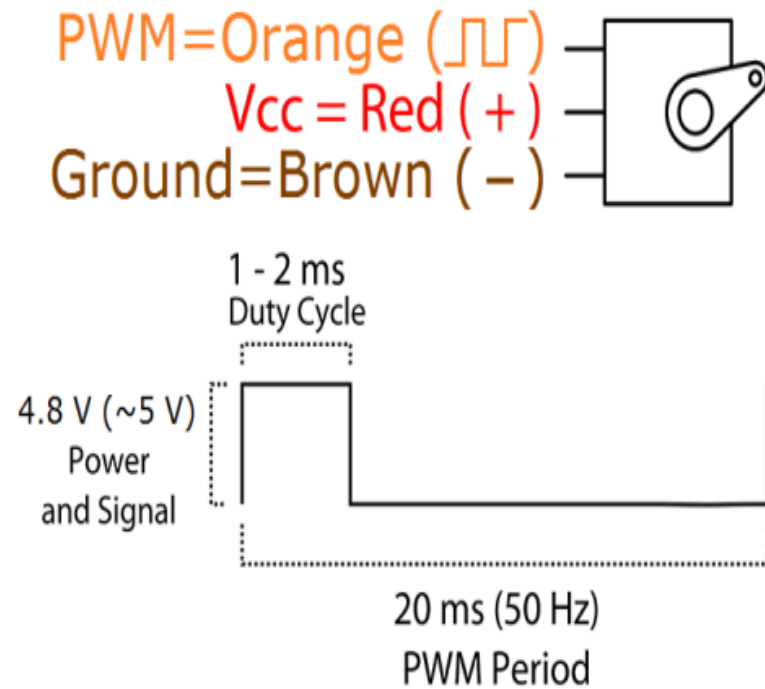
■ 조도센서 : 주변환경의 밝기를 측정

- 광에너지를 받으면 내부에 움직이는 전자가 발생하여 전도율이 변하는 광전효과를 가지는 소자 사용
- 극성이 존재하지 않는 가변저항
- $10\text{rux}=20\text{k}$, $0\text{rux}=50\text{k}$, $V_{\text{max}}=150\text{v}$, $P_{\text{max}}=100\text{mW}$
- 아날로그 신호 발생

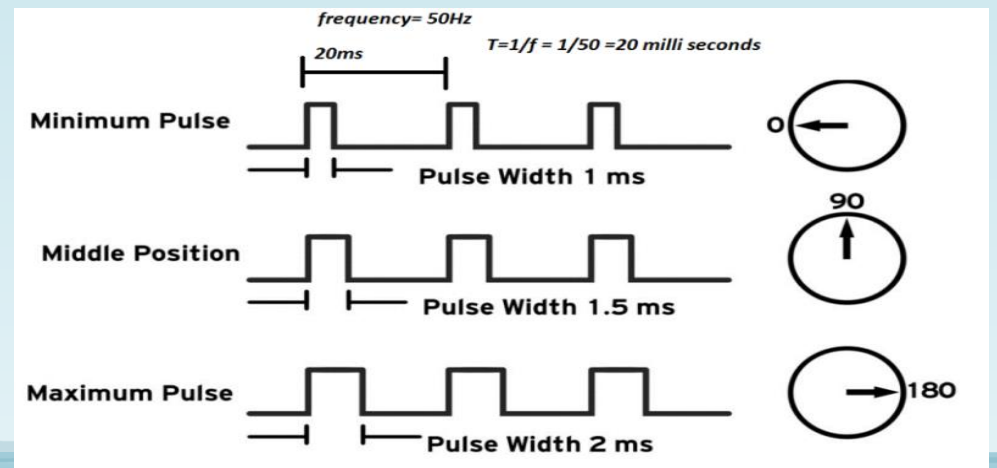


VI. RC 서보모터

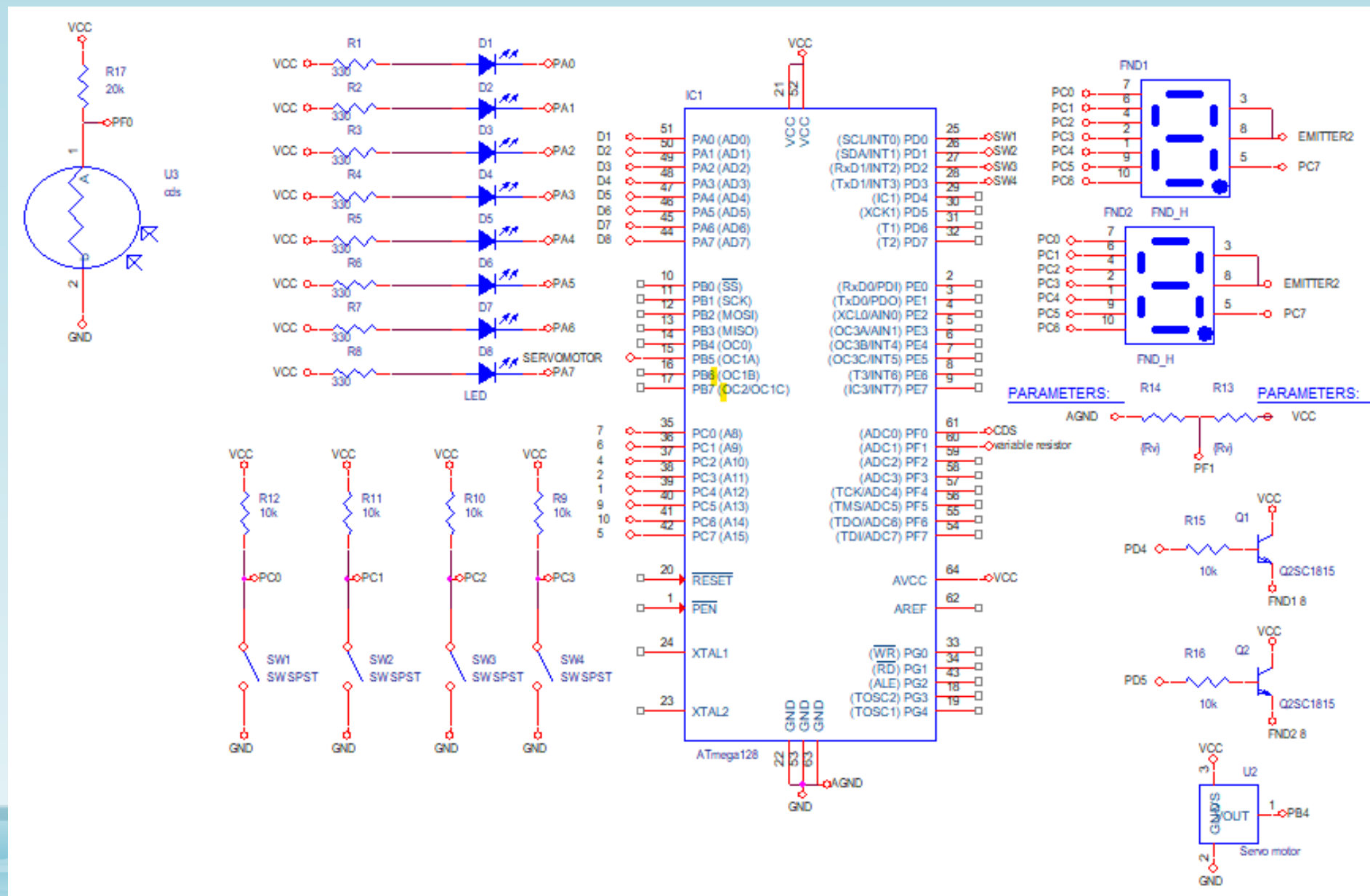
- 신호선에 가해지는 PWM신호의 펄스폭으로 서보모터의 위치 설정



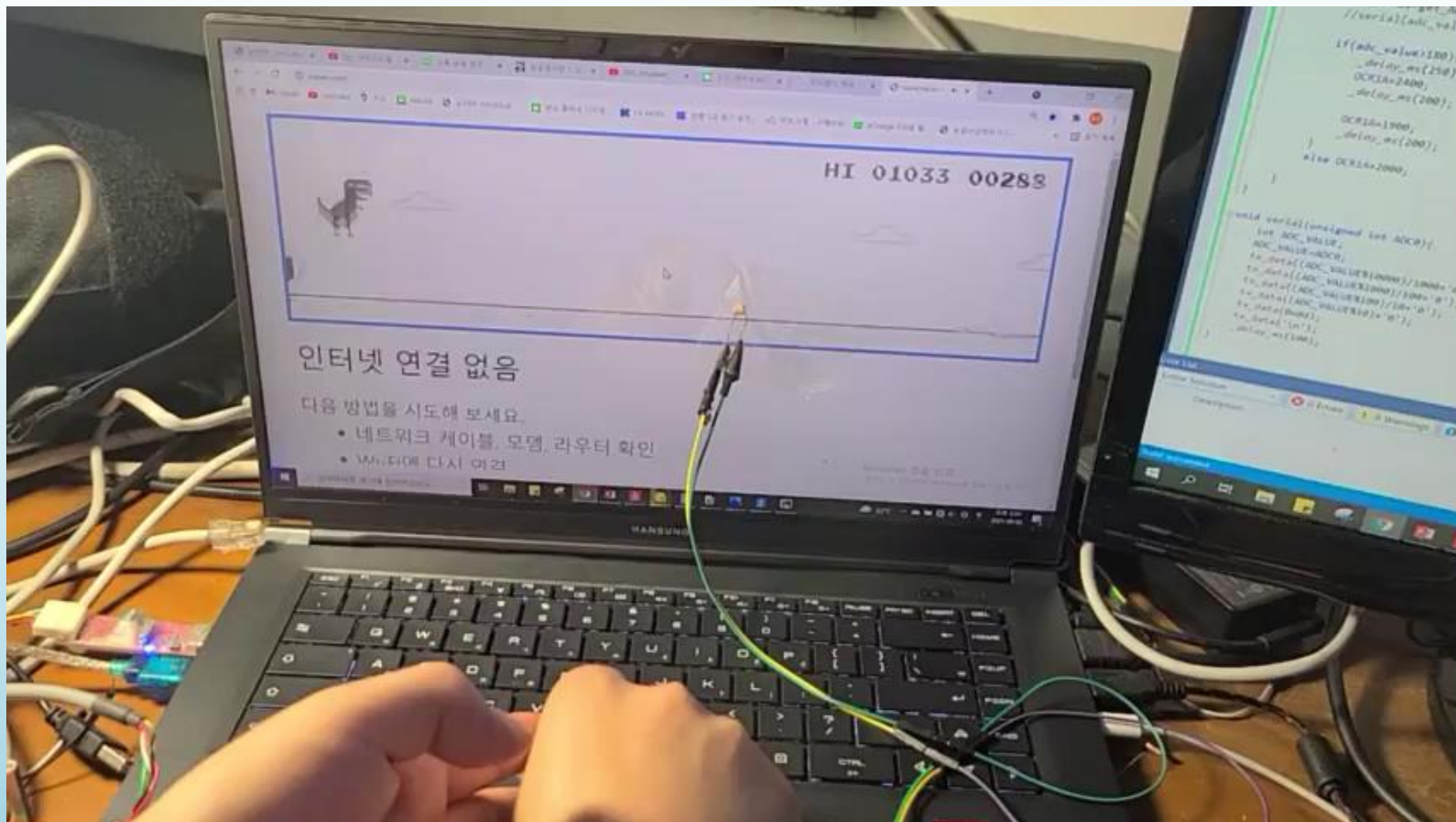
Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2 ms pulse) is all the way to the right, "-90" (~1 ms pulse) is all the way to the left.



VII. 회로도



VI. 구동영상



VI. 구동영상

SW0	시리얼창에서 0~ 99까지 입력하여 입력한 숫자 만큼 서보 모터 각도 설정 후 각도를 FND에 출력
SW1	1번 누르면 서보 모터 0도에서 180도까지 증가 (180도가 넘어가게 되면 다시 0도로) 2번 누르면 서보 모터 정지 (1번,2번 각도를 시리얼창에 출력) 3번 각도 0도로 설정하고 시리얼 출력 중지
SW2	스위치를 누르면 시리얼을 이용하여 ADC값 출력한다. 처음에는 아무것도 출력하지 않다가 CDS나 R을 입력할 시 출력 시작 CDS를 치면 CDS값을 출력, R을 치면 가변 저항값을 출력한다. (가변저항은 ADC인터럽트 사용, 조도센서는 프리러닝 모드 사용)
SW3	1번 누를시 ADC 값을 가져와 그 값에 따라 서보 모터값 변환 ex) CDS 1024 이면 서보 모터 180도 CDS 512 이면 서보 모터 90도

