

13주차

AVR의 8비트 타이머/카운터

제어 레지스터 및 관련 실습

3. 관련 레지스터

❖ 타이머/카운터 0 의 기본 기능 관련 레지스터

표 8-2

번호	레지스터 명	기능
1	TCCR0	동작 모드(Normal, CTC, ..) 및 분주비(1, 8, ..)를 설정하는 레지스터
2	TCNT0	카운터 값을 저장하고 있는 레지스터
3	OCR0	TCNT0과 비교하기 위한 카운터값이 저장되어 있는 레지스터
4	ASSR	타이머/카운터0 외부 비동기 입력 유무 설정 관련 레지스터

❖ 타이머/카운터의 인터럽트 관련 레지스터

표 8-14

번호	레지스터	설명
1	SFIR	타이머/카운터를 동기화 시키는 목적으로 사용되는 레지스터
2	TIMSK	타이머/카운터0,2를 개별적으로 허용하는 레지스터
3	TIFR	타이머/카운터0,2가 발생하는 인터럽트 플래그를 저장하는 레지스터
4	ETIMSK	타이머/카운터1,3를 개별적으로 허용하는 레지스터
5	ETIFR	타이머/카운터1,3가 발생하는 인터럽트 플래그를 저장하는 레지스터

TCCR0 (Timer/Counter Control Register) (그림 8-18)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00
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	Name	Description
7	FOC0	Force Output Compare Only active @ a non-PWM mode.
3 6	WGM01 WGM00	Waveform Generation Mode 4 mode → Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct PWM
5 4	COM01 COM00	Compare Match Output Mode DDR bit of OC0 pin must be set to output port. Output of OC0 pin varies according to WGM mode
2 1 0	CS02 CS01 CS00	Prescaler Clock Selection 10-bit Prescaler options: 1, 1/8, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/1024

❖ WGM mode (표 8-22)

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

Mode	주요 활용
Normal	외부 펄스 입력의 에지를 카운트하여 주파수 측정
CTC	Clear Timer on Compare Match 원하는 주기로 인터럽트 발생 → 원하는 주파수의 펄스 발생
Fast PWM	PWM 펄스 발생 → 모터 제어, LED 밝기 제어
PC-PWM	PWM 펄스 발생 (해상도 2배) → 모터 제어, LED 밝기 제어

COM01	COM00	❖ OC0 Output @ non-PWM mode
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

COM01	COM00	❖ OC0 Output @ fast PWM mode
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)

COM01	COM00	❖ OC0 Output @ PC-PWM mode
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.

❖ Prescaler Clock Selection (표 8-24)

CS02	CS01	CS00	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped)
0	0	1	$\text{clk}_{\text{T0S}} / (\text{No prescaling})$
0	1	0	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 8$ (From prescaler)
0	1	1	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 32$ (From prescaler)
1	0	0	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 64$ (From prescaler)
1	0	1	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 128$ (From prescaler)
1	1	0	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 256$ (From prescaler)
1	1	1	$\text{clk}_{\text{T0S}} / 1024$ (From prescaler)

❖ TCNT0 (Timer/Counter Register 0) (그림 8-20)

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	

❖ OCR0 (Output Compare Register 0) (그림 8-22)

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	

❖ ASSR (Asynchronous Status Register) (그림 8-24)

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	Name	R/W	Description
3	AS0	R/W	Asynchronous Timer/Counter 0
2	TCN0UB	R	Timer/Counter 0 Update Busy
1	OCR0UB	R	Output Compare Register 0 Update Busy
0	TCR0UB	R	Timer/Counter Control Register 0 Update Busy

❖ TIMSK (Timer/Counter Interrupt Mask Register) (그림 8-25)

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	Name	Description
1	OCIE0	Timer/Counter 0 Output Compare Match Interrupt Enable
0	TOIE0	Timer/Counter 0 Overflow Interrupt Enable

❖ TIFR (Timer/Counter Interrupt Flag Register) (그림 8-26)

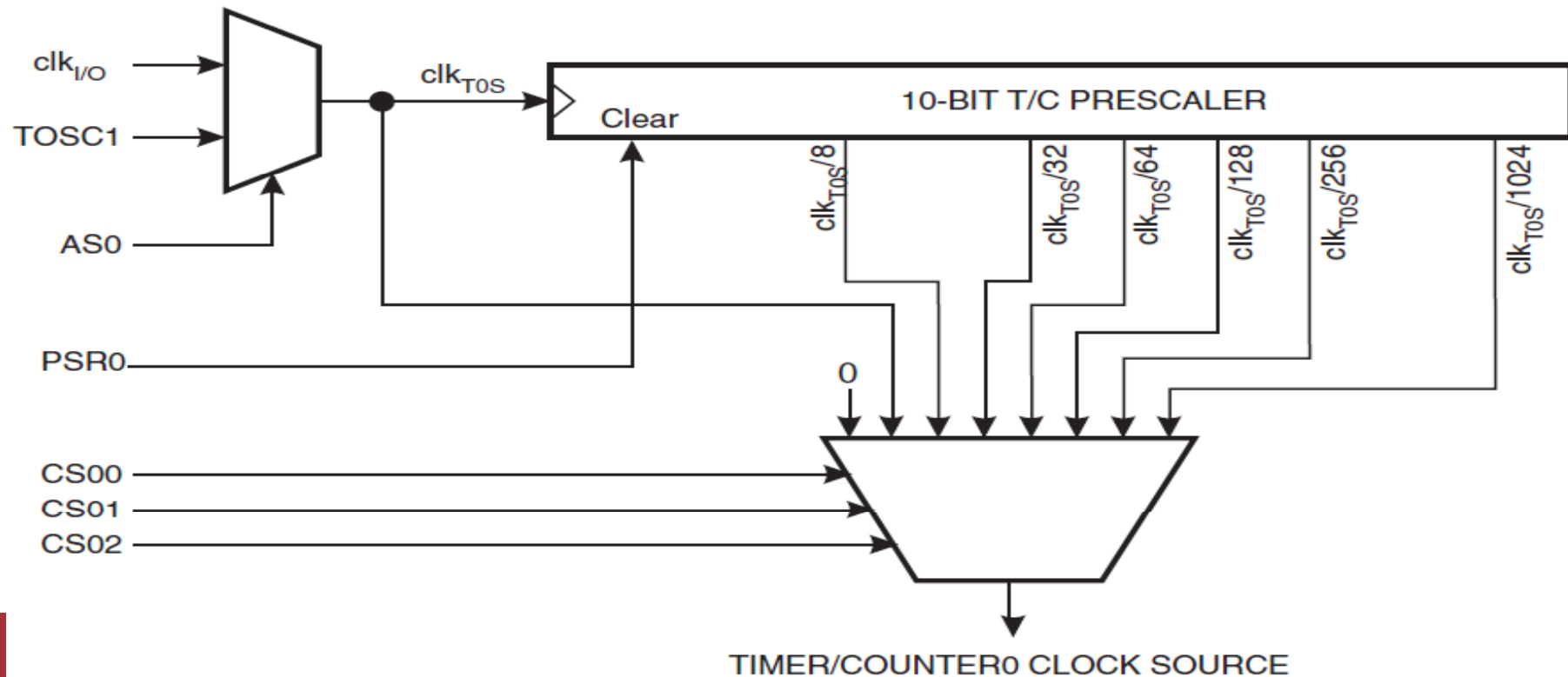
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	TIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	Name	Description
1	OCF0	Timer/Counter 0 Output Compare Flag
0	TOV0	Timer/Counter 0 Overflow Flag

❖ SFIOR (Special Function Input/Output Register) (그림 8-20)

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	Name	Description
7	TSM	Timer/Counter 동기화 모드
1	PSR0	Timer/Counter 0 Prescaler의 리셋
0	PSR321	Timer/Counter 1, 2, 3 Prescaler의 리셋

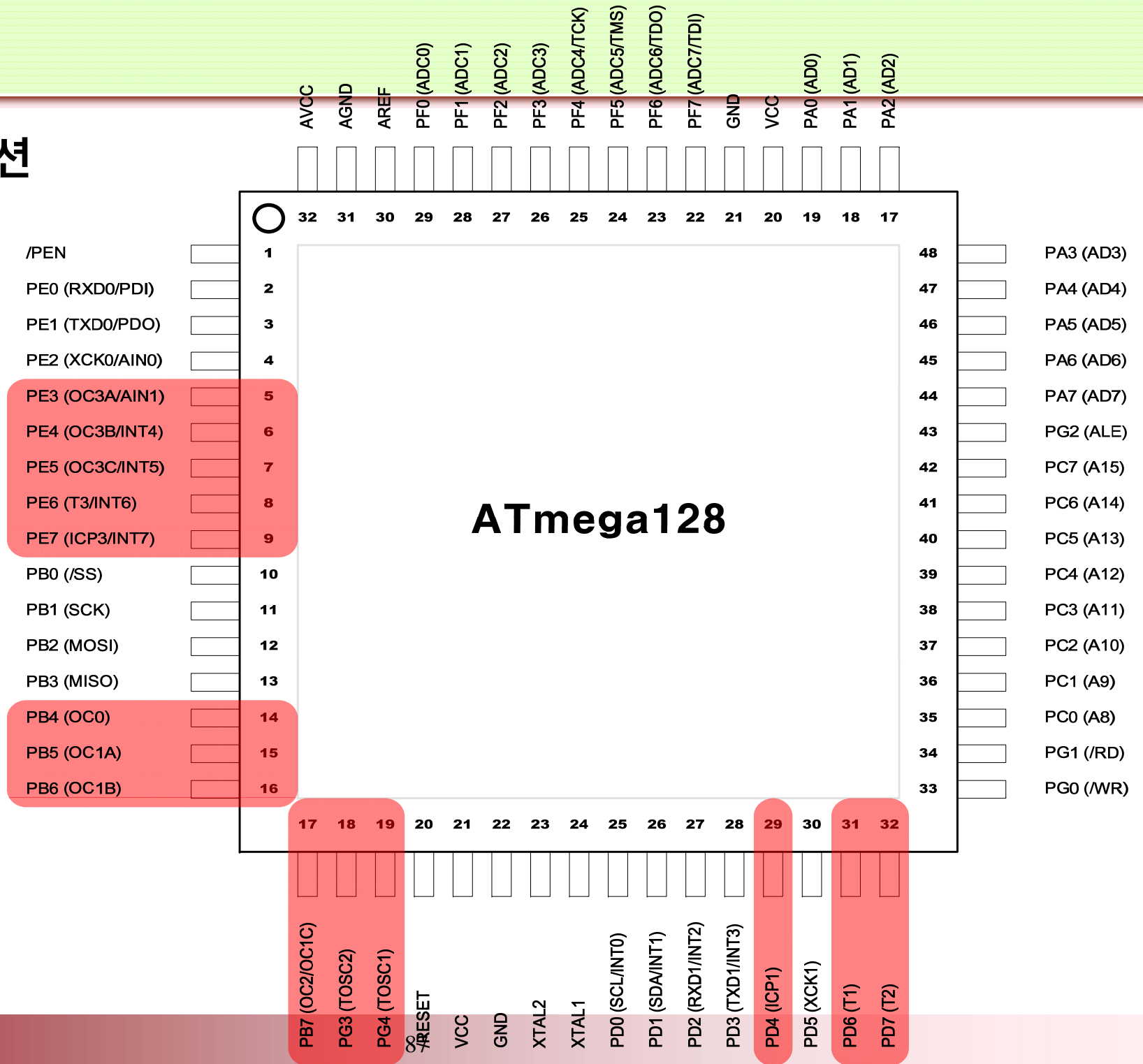


Features of Timer/Counter #0 (丑 8-18)

- ❖ 8-bits Single Channel Counter
- ❖ CTC (Clear Timer on Compare Match) - Auto Reload
- ❖ Glitch-free, Phase Correct Pulse Width Modulator (PWM)
- ❖ Frequency Generator
- ❖ 10-bit Clock Prescaler: 1, 1/8, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/1024
- ❖ Overflow and Compare Match Interrupt Sources (TOV0 and OCF0)
- ❖ Allows **Clocking from External 32kHz Watch Crystal** Independent of the I/O Clock
- ❖ Timer Clock Source: Internal ($\text{clk}_{\text{I/O}}$), External (pin TOSC1, TOSC2)
- ❖ Mode: Normal, CTC, Fast PWM, Phase Correct PWM
- ❖ Interrupt Source: TOV0 (Overflow), OCF0 (Compare Match)
- ❖ Asynch. Operation using external clock input of 32.768kHz
- ❖ Register: **TCCR0**, **TCNT0**, **OCR0**, **ASSR**, TIMSK, TIFR, SFIOR

4. 예제

❖ 핀디스크립션



❖ 예제 8.1 타이머 0을 활용하여 2Hz 구형파 발생

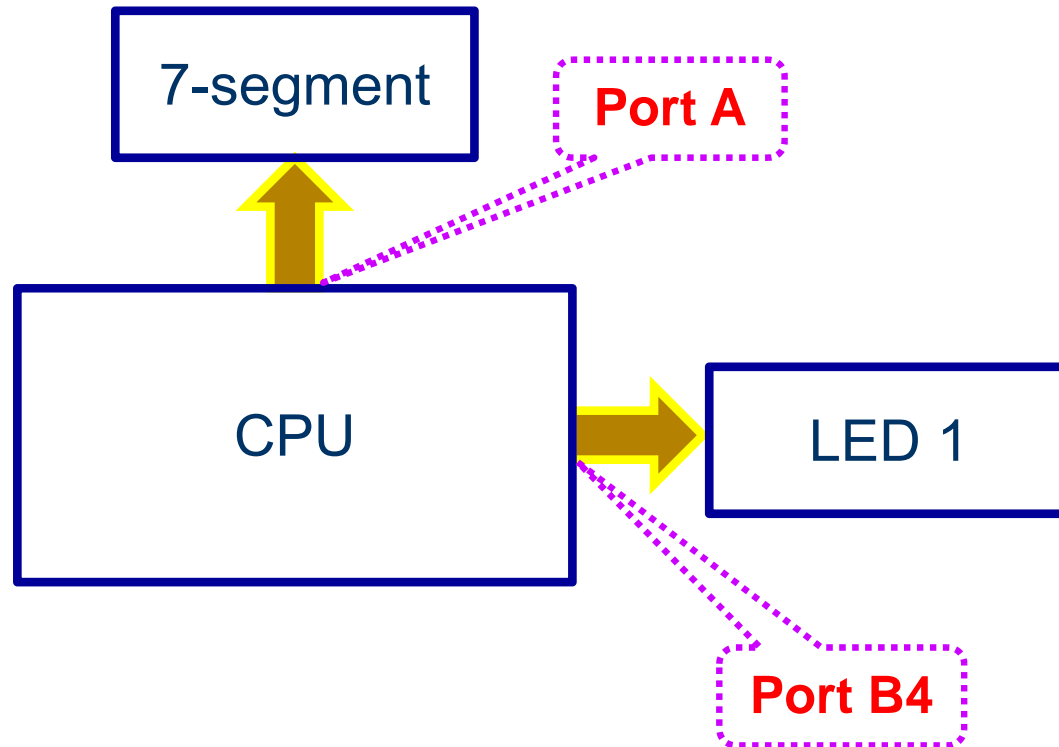
- 내부 시스템 클럭주파수: 1MHz → 분주비 ??
- 타이머 #0의 모드 선택 → CTC 모드 ??
- ➔ TCCR0 = ??
- ➔ OCR0 = ??
- ➔ TIMSK = ??

$$f_{OCn} = \frac{f_{clk_I/O}}{2 \cdot N \cdot (1 + OCRn)}$$

❖ 예제 8.2 타이머 0을 활용하여 7-segment에 초시계 구현

- 예제 1과 TCCR0, OCR0 의 설정은 동일
- 비교일치 출력방식 관련 인터럽트를 활용
- ➔ TIMSK = ??

실습 블록도



예제 8-1 2Hz 구형파 발생 (타이머 #0, CTC 모드)

```
typedef unsigned char INT8;
typedef unsigned int  INT16;

#define F_CPU 1000000UL
#include <avr/io.h>
```

→ OC0/PB4에 구형파 출력 주파수 ??

```
int main(void)
{
    DDRB |= 0x10; // Output of OC0
    TCCR0 = 0b00011111; // CTC, OC Toggle, N=1024
    OCR0 = 243;

    while(1)
    {
        ;
    }
}
```

예제 8-2 초시계 (타이머 #0, CTC 모드, OC 인터럽트)

```
typedef unsigned char INT8;
typedef unsigned int  INT16;

#define F_CPU 1000000UL
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

INT8 count=0, sec=0;

// 2Hz → 초시계 ??
ISR(TIMERO0_COMP_vect) // T/C#0 OC
{
    ++count;
    if(count%4 == 0) { ++sec; }
    if(sec == 60) { sec = 0; }
    PORTA = (sec/10)<<4 | (sec%10);
}
```

```
int main(void)
{
    DDRA = 0xFF; // 7-segment
    DDRB |= 0x10; // Output of OC0

    TCCR0 = 0b00011111; // CTC, OC Toggle, N=1024
    OCR0 = 243;
    TIMSK = 0x02; // OCIE0 Enable
    sei( );

    while(1)
    {
        ;
    }
}
```

❖ 예제 8.3 타이머0을 활용하여 0.2초 간격으로 LED의 밝기 조절

- 내부 시스템 클럭 주파수: 1MHz → 분주비 ??
- 타이머 #0의 모드 선택 → Fast PWM 모드 (밝기 조절)
- 0.2초 간격은 main 함수에서 `_delay_ms` 함수로 OCR0 값을 1씩 증가
 - ➔ TCCR0 = ??
 - ➔ OCR0 = ??

❖ 예제 8.4 타이머0을 활용하여 0.2초 간격으로 LED의 밝기 조절

- 예제 1과 TCCR0, OCR0 의 설정은 동일
- 0.2초 간격은 main 함수에서 `_delay_ms` 함수로 OCR0 값을 1씩 증가
 - ➔ TCCR0 = ??
 - ➔ OCR0 = ??
 - ➔ TIMSK = ??

예제 8-3 PWM으로 LED 밝기 제어 (1)

```
typedef unsigned char INT8;
typedef unsigned int  INT16;

#define F_CPU 1000000UL

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
// #include <avr/interrupt.h>
```

```
int main(void)
{
    DDRB |= 0x10; // LED

    TCCR0 = 0x01111011; // F-PWM, OC Set, N=64
    OCR0 = 0xFF;

    while(1)
    {
        _delay_ms(100);
        OCR0 = OCR0 - 2;
    }
}
```

예제 8-4 PWM으로 LED 밝기 제어 (2)

```
typedef unsigned char INT8;
typedef unsigned int  INT16;

#define F_CPU 1000000UL
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

INT8 count2=0;

ISR(TIMERO0_COMP_vect) // T/C#0 OC
{
    ++count2;
    if(count2 == 10)
        { OCR0 = OCR0 - 2;
          count2 = 0;
        }
    //    PORTA = OCR0;
}

if(OCR0 == 0)
    { OCR0 = 0xFF; }
}
```

```
int main(void)
{
    // DDRA = 0xFF; // 7-segment
    DDRB |= 0x10; // LED

    TCCR0 = 0x0111011; // F-PWM, OC Set, N=64
    OCR0 = 0xFF;
    TIMSK = 0x02; // OCIE0 Enable
    sei( );

    while(1)
    {
        ;
    }
}
```

예제 8-5 0.2초 간격 LED 밝기 제어 및 초시계를 동시 구현

```
typedef unsigned char INT8;
typedef unsigned int INT16;

#define F_CPU 1000000UL

#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

INT8 count1=0, count2=0, sec=0;

// 61.035Hz → 초시계
ISR(TIMERO0_OVF_vect) // T/C#0 OVF
{
    ++count1;
    if(count1 == 122) { ++sec; count1=0; }
    if(sec == 60) { sec = 0; }
    PORTA = (sec/10)<<4 | (sec%10);
}
```

```
ISR(TIMERO0_COMP_vect) // T/C#0 OC
{
    ++count2;
    if(count2 == 10)
        { OCR0 = OCR0 - 2; count2 = 0; }
    if(OCR0 == 0) { OCR0 = 0xFF; }
}

int main(void)
{
    DDRA = 0xFF; // 7-segment
    DDRB |= 0x10; // LED

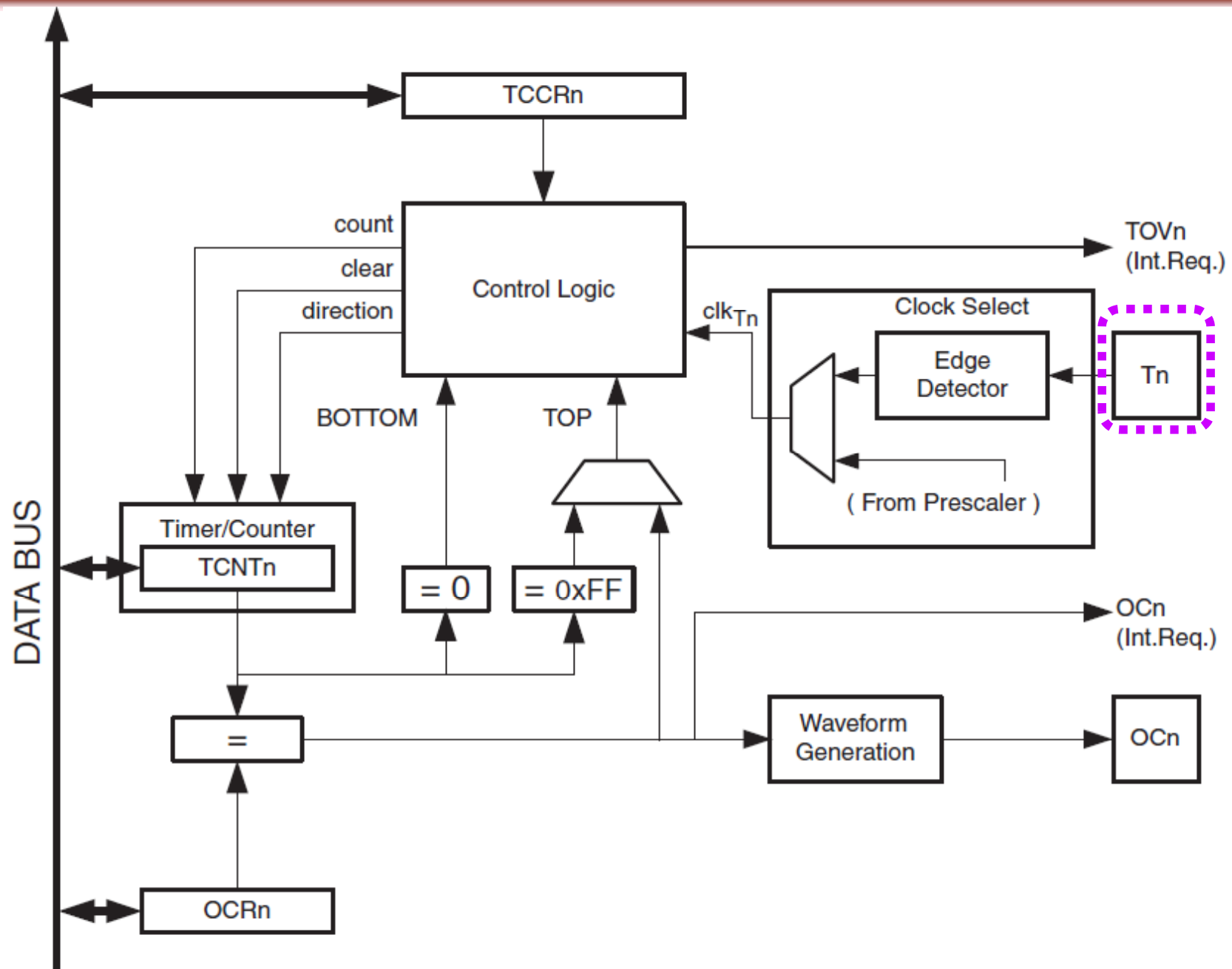
    TCCR0 = 0x01111011; // F-PWM, OC Set, N=64
    OCR0 = 0xFF;
    TIMSK = 0x03; // OCIE0, TOIE0 Enable
    sei( );

    while(1)
    { ; }
}
```

❖ 타이머/카운터 2

번호	항 목		지원
1	비트수		8 bit
2	PWM		1 EA
3	입력	내부 타이머(clk_{CPU}) 지원	○
		외부 카운터($\text{clk}_{\text{I/O}}$) 지원	○
4	지원 모드	Normal	○
		CTC	○
		Fast PWM	○
		Phase Correct PWM	○
		Phase & Freq Correct PWM	X
5	인터럽트	Overflow	○
		Output Compare Match	○
		Input Capture	X
6	기타	비동기 동작 모드 지원	-

Block Diagram of Timer/Counter #2



❖ 타이머/카운터 2

번호	레지스터 명	기 능
1	TCCR2	동작 모드(Normal, CTC, ..) 및 분주비(1, 8, ..)를 설정하는 레지스터
2	TCNT2	카운터 값을 저장하고 있는 레지스터
3	OCR2	TCNT와 비교하기 위한 카운터값이 저장되어 있는 레지스터

번호	Interrupt	Interrupt Name	
1	OCF2	TIMER2_COMP_vect	SIG_OUTPUT_COMPARE2
2	TOV2	TIMER2_OVF_vect	SIG_OVERFLOW2

❖ Prescaler Clock Selection

CS22	CS21	CS20	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 T2 pin. Clock on falling edge
1	1	1	External clock source on T2 pin. Clock on rising edge

❖ TIMSK (Timer/Counter Interrupt Mask Register)

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	

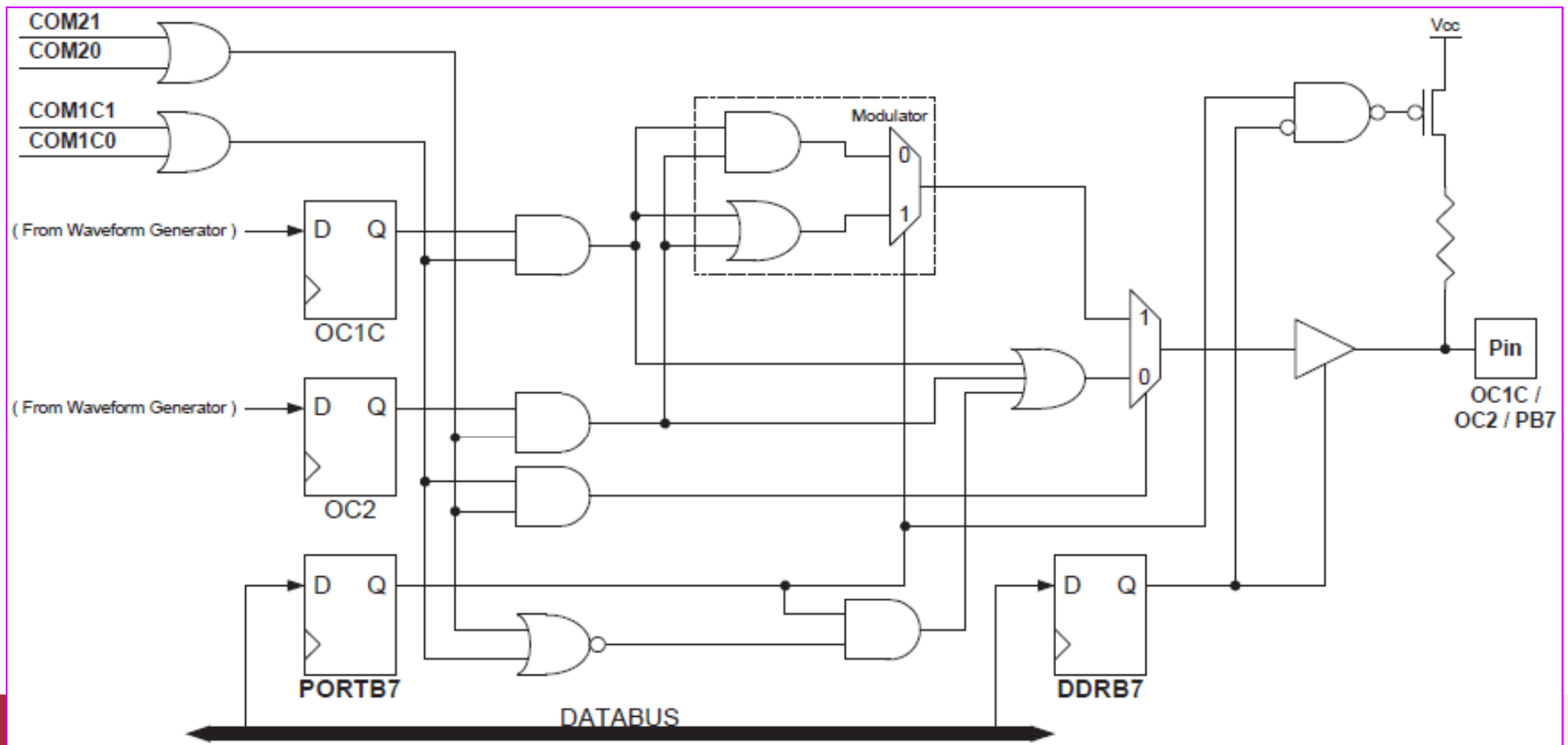
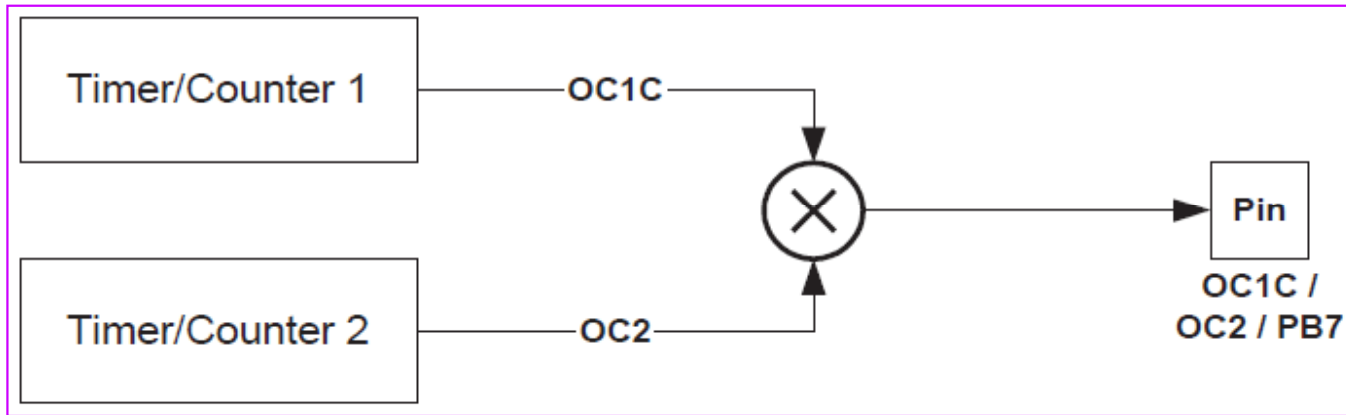
Bit	Name	Description
7	OCIE2	Timer/Counter 2 Output Compare Match Interrupt Enable
6	TOIE2	Timer/Counter 2 Overflow Interrupt Enable

❖ 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	Name	Description
7	OCF2	Timer/Counter 2 Output Compare Flag
6	TOV2	Timer/Counter 2 Overflow Flag

Output Compare Modulator (OCM1C2)



Timing Diagram of Modulator

