11 장 : 모터 제어를 통한 미니 선풍기 만들기

JCnet 제이씨넷 신 상 석

목차

모터(Motor)

- 모터 (Motor)
  - 전류가 흐르는 도체가 자기장 속에서 받는 힘을 이용하여 전기에너지를 역학적에너지로 바꾸는 장치. 일명 전동기.
- 공급전원에 따른 모터의 종류
  - AC 모터
  - DC 모터

모터(Motor)

- 기능에 따른 모터의 종류
  - 서보(Servo) 모터 : 기어를 내부에 장착한 기어드 모터 중 하나로 로봇이나 기계장치 등 단거리의 힘있는 동작을 위하여 만들어진 모터
  - 스테핑(Stepping)모터 : 회전수와 정지 위치 등을 정확하게 할 수 있게 한 모터
  - 스핀들(Spindle) 모터 : 고속의 회전이 필요한 드릴, 하드디스크 등에 사용되는 모터

모터(Motor)

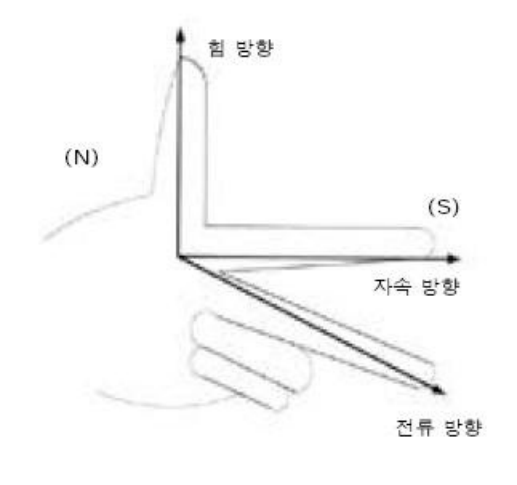
DC 모터

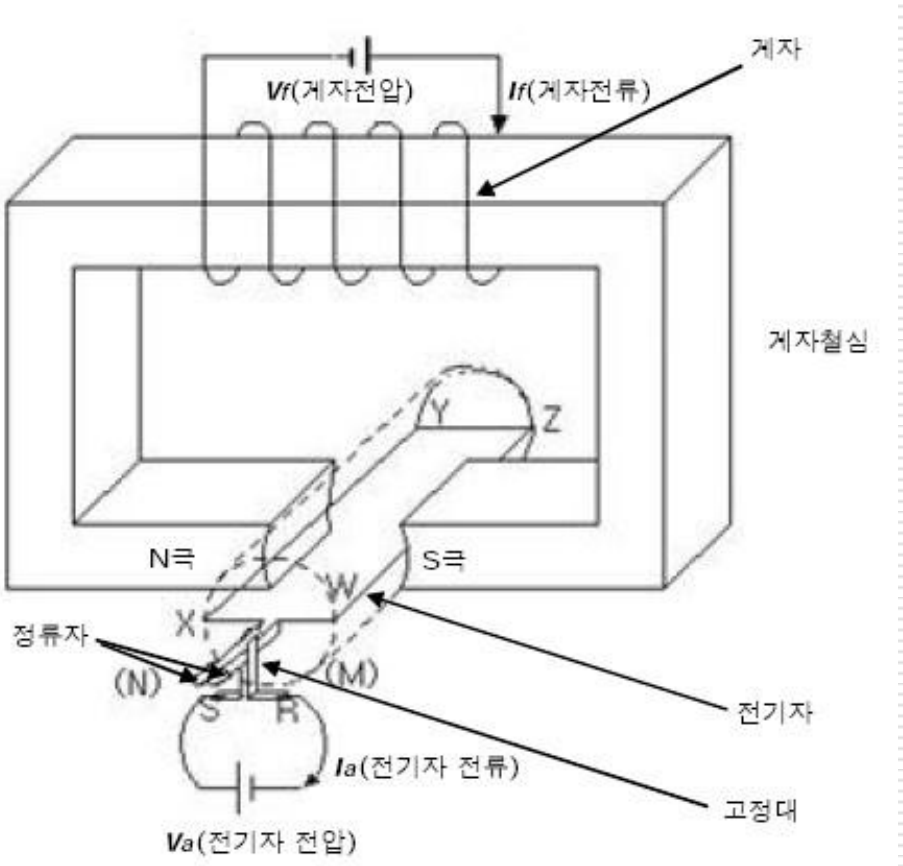
- DC 전원을 사용하며 영구자석의 자기장과 그 자기장 속에 놓여 있는 도체에 흐르는 전류에 의해 발생한 전자력 간의 반발력으로 회전하는 모터
- 회전체로 흐르는 DC 전원의 방향이 회전에 의하여 끊어졌다가 반대방향으로 흐르도록 기계식 브러시(brush)로 설계되어 있는데, 이로 인하여 접점에서의 전기 불꽃, 회전 소음, 수명 단축의 현상이 나타남
- 기동 토크가 큼
- 인가 전압에 회전 특성이 선형적으로 비례
- 입력 전류에 출력 토크가 선형적으로 비례
- 출력 효율이 양호하며 가격이 저렴

% BLDC(BrushLess DC) 모터 : 반도체를 이용하여 브러시를 사용하지 않아도 되는 DC 모터

모터(Motor)

- DC 모터의 원리
  - 플레밍의 왼손 법칙



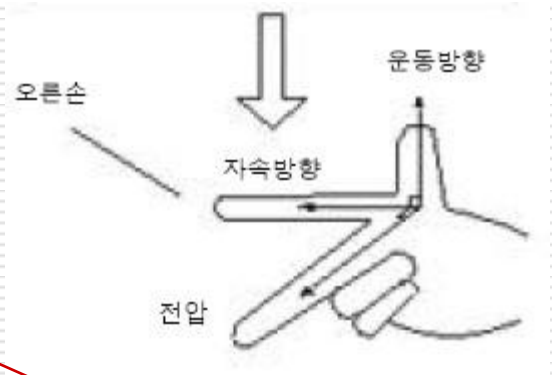


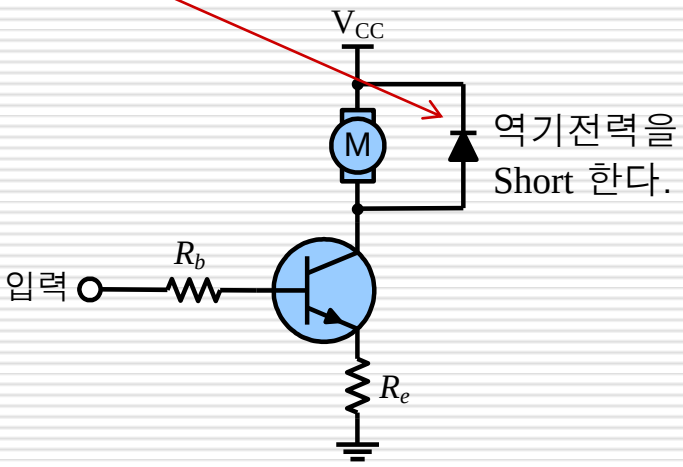
모터(Motor)

- 트랜지스터를 이용한 모터 제어
  - 모터는 부하가 크고, 대용량 전류가 흐르므로, DC모터인 경우에도 일반 GPIO 신호를 이용하여 직접 제어할 수는 없음
  - 작은 용량의 모터는 트랜지스터를 이용하여 구동하고, 큰 용량의 모터는 파워트랜지스터나, 릴레이 등을 이용하여 구동
  - 트랜지스터를 사용하는 경우는 트랜지스터의 Collector 쪽에 모터를 접속하는 콜렉터 방식이 완전히 포화된 on 상태로 구동할 수 있어 드라이브 성능이 좋고, 전압 손실도 줄일 수 있어 일반적으로 많이 사용됨

모터(Motor)

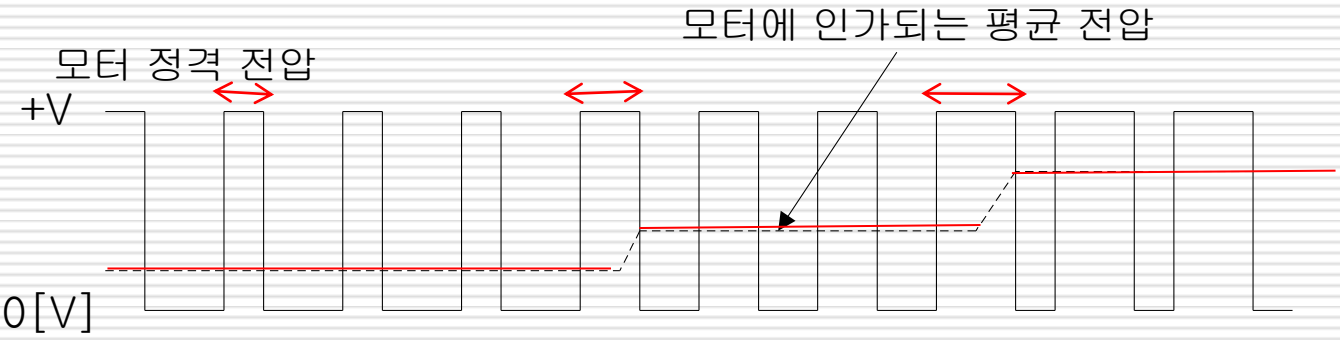
- 트랜지스터를 이용한 모터 제어
  - 플레밍의 오른손 법칙에 따른 역기전력에 대한 보호 필요하므로 **관성 다이오드(Flyweel Diode)를 역방향으로 장착**
  - 관성 다이오드(flywheel diode)는 역방향의 기전력만 단락시키고, 통상적인 전압에 대해서는 높은 저항이 되어 전류가 흐르지않도록 하는 역할 수행(없으면 트랜지스터가 손상될 우려가 있음)





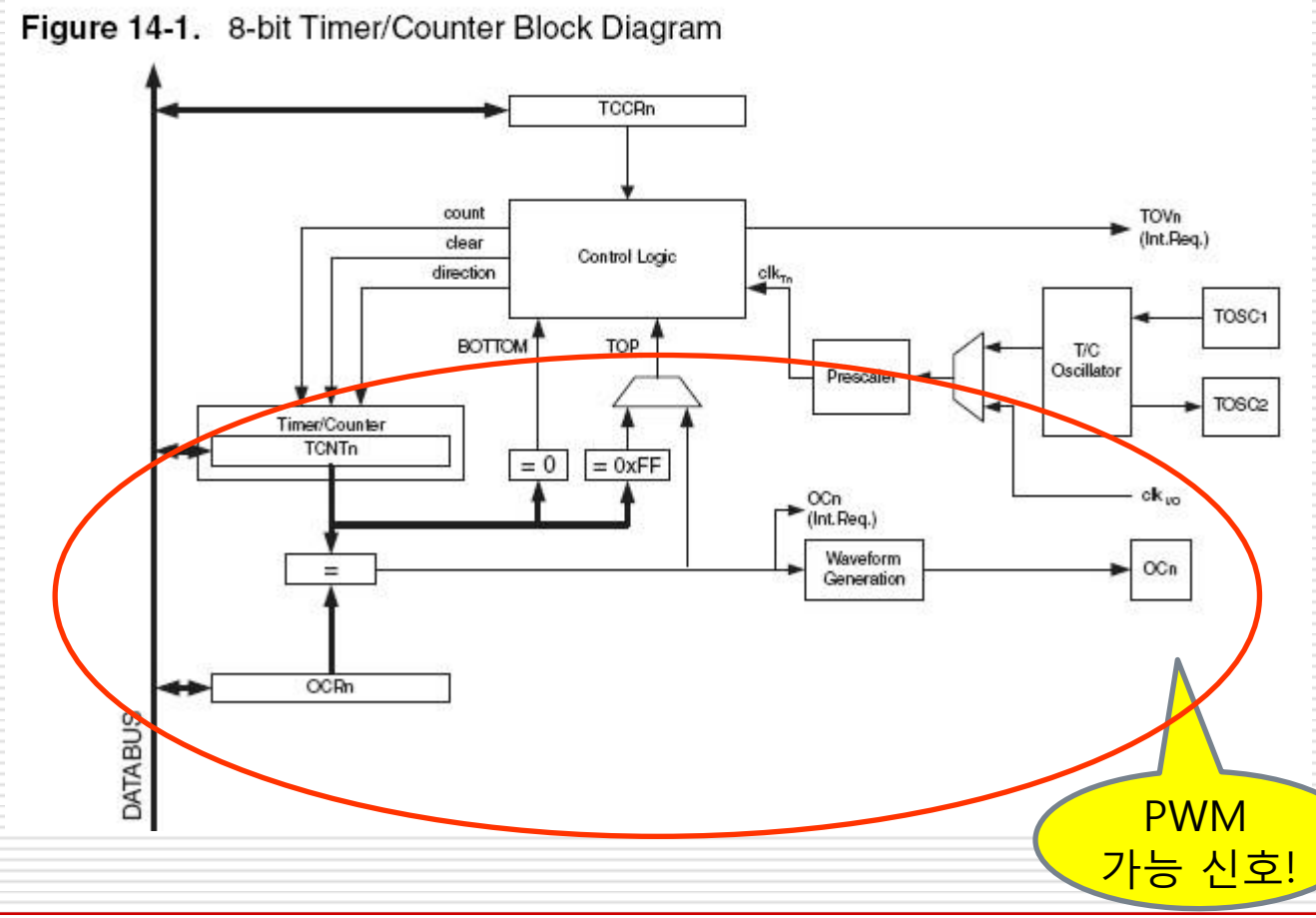
ATmega128의 PWM

- PWM(Pulse Width Modulation)이란?
  - 펄스(Pulse)는 짧은 시간동안 레벨이 변하는 신호를 의미
  - 펄스폭 변조(PWM : Pulse Width Modulation)는 펄스의 'ON' 또는 'OFF' 의 길이(시간)을 조절하는 방식을 의미
  - 펄스폭을 조절하면 DC 모터의 경우 모터에 인가되는 평균 전압을 바꿀 수 있어 전압의 크기를 바꾸는 효과를 얻을 수 있으므로 모터 제어가 가능



ATmega128의 PWM

- ATmega128 8비트 타이머/카운터 블록다이어그램

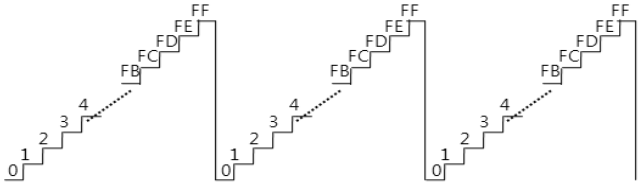
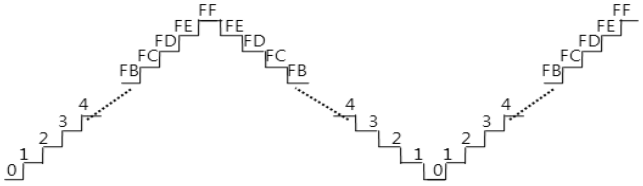
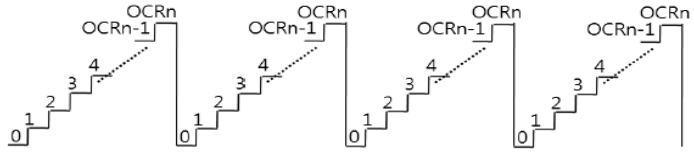
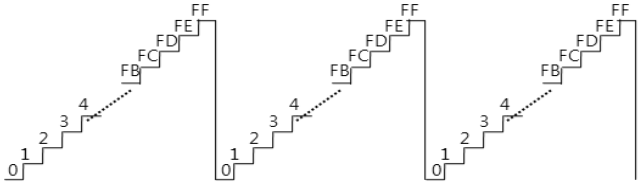


ATmega128의 PWM

- ATmega128 8비트 타이머/카운터 모드
  - 일반(Normal) 모드
    - 0부터 1씩 증가하여 0xFF에 도달된 후 다시 0부터 증가를 반복
    - 0xFF → 0x00 으로 바뀔 때 오버플로우 발생
  - **고속 PWM(Fast PWM) 모드**
    - 카운터/타이머 동작은 '일반 모드'와 동일함
    - 단, TCNTn 값과 OCRn 값이 같을 때 OCn 신호는 '1'이 되고, TCNTn값이 0xFF가 될 때 OCn 신호는 '0'이 되며, 이를 반복 (TCCRn 세팅에 따라 반대 모양의 펄스도 가능)
  - 위상정정 PWM(Phased PWM) 모드
    - 0부터 1씩 증가하여 0xFF에 도달된 후 다시 1씩 감소하여 0이 되면 다시 1씩 증가를 반복
  - CTC 모드
    - 0부터 1씩 증가하여 TCNTn 값이 OCRn값과 일치하면 다시 0부터 증가

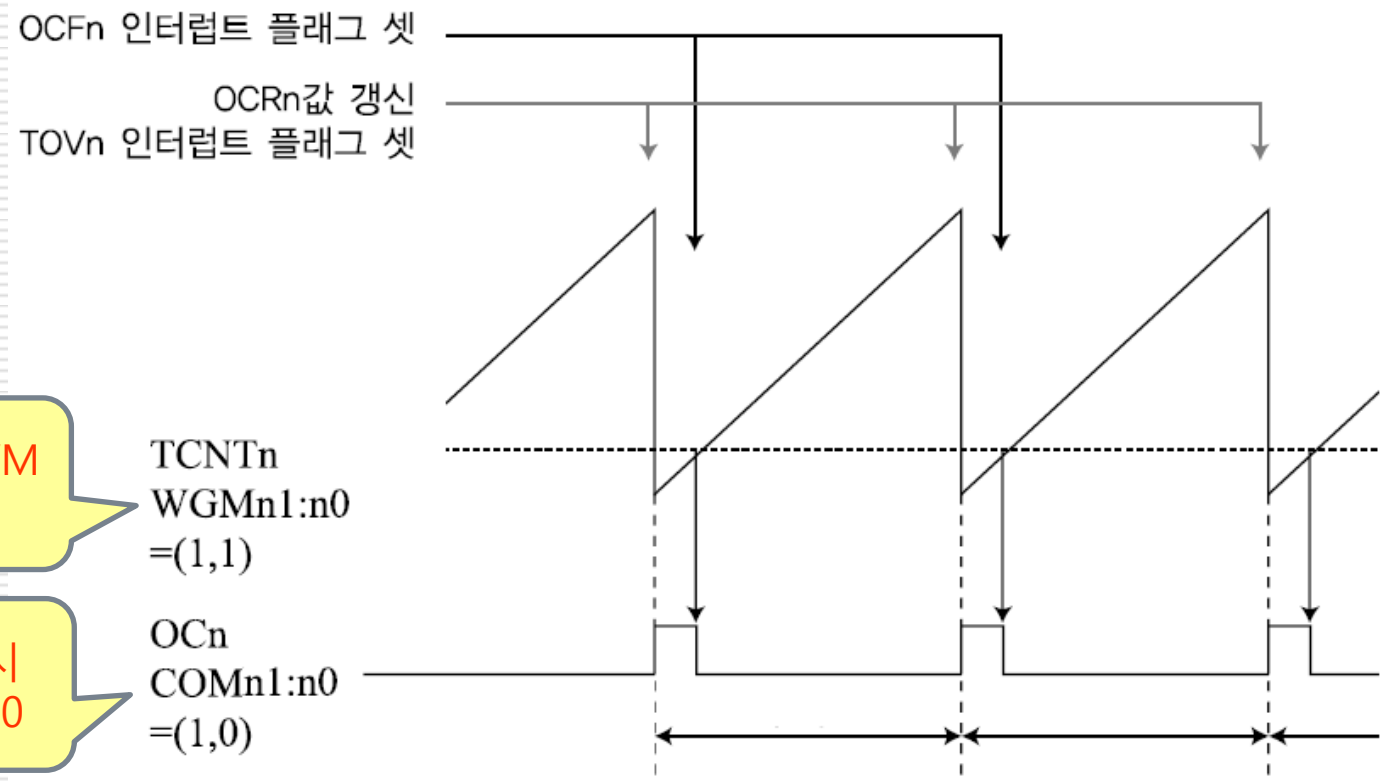
ATmega128의 PWM

ATmega128 8비트 타이머/카운터 모드

파형 발생모드	TCCRn 레지스터		최댓값 (TOP)	TCNTn 카운터의 16진 계수 순서
	WGMn1	WGMn0		
일반 모드	0	0	FF	
위상정정 PWM 모드	0	1	FF	
CTC 모드	1	0	OCRn	
고속 PWM 모드	1	1	FF	

ATmega128의 PWM

- 고속 PWM 모드에서의 TCNTn, OCRn, OCn 의 관계



ATmega128의 PWM

- TCCR2(Timer/Counter Control Register 2)
  - 타이머/카운터 제어 레지스터 2
  - 동작 모드, 프리스케일러등 타이머/카운터의 전반적인 동작 형태를 결정

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

0 1 1 1 1 0 1 1 = 0x7B

- 비트7 : FOC2 (Force Output Compare) = 0 (PWM시 의미없음)
- 비트 3,6 : WGM (Waveform Generation Mode)=11 (Fast PWM)
- 비트 5,4 : COM (Compare Output Mode) = 11 (매치시 OC2=1)
- 비트 2, 1, 0 : CSn (Clock Select) = 011 (64분주)

ATmega128의 PWM

- TCCR2(Timer/Counter Control Register 2)
  - WGM (Waveform Generation Mode) : 동작 모드 결정

WGM21	WGM20	설명
0	0	Normal
0	1	Phase Correct PWM
1	0	CTC(Clear Timer on Compare Match Mode)
1	1	Fast PWM

  - Fast PWM 모드 : TCNT2 의 값과 OCR2(Output Compare Register 2) 값을 비교하여 값이 같으면 인터럽트가 발생하고 또한 Overflow가 발생해도 인터럽트가 발생함. 또한 인터럽트 발생시 OC2 신호는 반전되므로 일정한 PWM 파형을 만들 수 있음

ATmega128의 PWM

- TCCR2(Timer/Counter Control Register 2)
  - COM(Compare Output Mode)
    - OC2핀의 동작을 조정
    - COM21/COM20에 따른 OC2 핀의 동작

(Fast-PWM 모드 시)

COM21	COM20	내용
0	0	Normal 포트 동작, OC2 연결하지 않음
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on Compare Match, Set OCn2at TOP
1	1	Set OC2 on Compare Match, Clear OC2 at TOP

ATmega128의 PWM

- TCCR2(Timer/Counter Control Register 2)
  - CS22-20 (Clock Select) : 클럭 및 프리스케일러 선택

CS22	CS21	CS20	설명
0	0	0	클록 입력 차단
0	0	1	No Prescaler, 1분주
0	1	0	8분주
0	1	1	64분주
1	0	0	256분주
1	0	1	1024분주
1	1	0	T2 외부클록 하강에지
1	1	1	T2 외부클록 상승에지

ATmega128의 PWM

- TCNT2(Timer/Counter Register 2)
  - 타이머/카운터 레지스터2
  - 타이머/카운터2의 8비트 카운터 값을 저장하고 있는 레지스터 (Read/Write 가능)

7	6	5	4	3	2	1	0
TCNT7	TCNT6	TCNT5	TCNT4	TCNT3	TCNT2	TCNT1	TCNT0

ATmega128의 PWM

- TIMSK(Timer Interrupt Mask)
  - 타이머 인터럽트 마스크 레지스터
  - 타이머/카운터0, 타이머/카운터1, 타이머/카운터2가 발생하는 인터럽트를 개별적으로 enable하는 레지스터

7	6	5	4	3	2	1	0
OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0
1	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0 = 0x80**

  - OCIE2(Output Compare Interrupt Enable 2) : 타이머/카운터2의 출력비교 인터럽트 인에이블

ATmega128의 PWM

- OCR2(Output Compare Register 2)
  - 타이머/카운터 2 출력 비교 레지스터
  - TCNT2 과 비교하기 위한 값을 저장하고 OC2 단자에 출력신호 발생

7	6	5	4	3	2	1	0
OCR7	OCR6	OCR5	OCR4	OCR3	OCR2	OCR1	OCR0

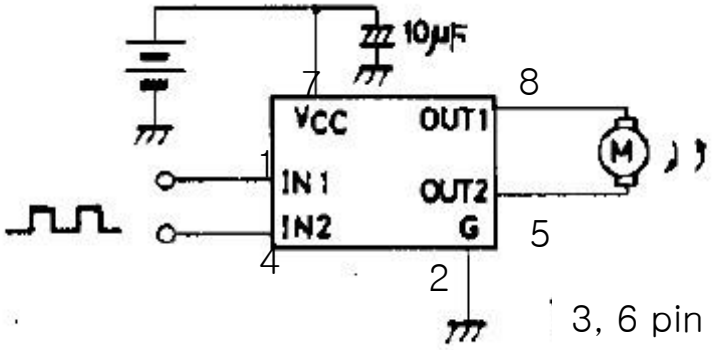
1 0 0 0 0 0 0 0 = 0x80
= 128
(저속)

JKIT-128-1에서의 모터 연결 설계

- JKIT-128-1에서의 모터 연결 설계 개념
  - 제어하기 편리한 DC 모터를 사용
  - 모터는 전류 소모가 적고, 소형이고, 가격이 저렴한 3V용 DC모터 WRE-260A 사용
  - 모터 회전 방향을 제어하기 위하여는 2포트를 할당하여야 하며, PWM이 가능한 출력 포트이어야 하므로 PB(PB6, PB7)에 할당
  - 모터는 전류를 많이 소모하므로 트랜지스터 구동회로를 연결하여 사용하며, 과전류로부터 보호하기 위하여 모터 양단에는 Flyweel Diode도 역방향으로 삽입
  - 회로를 단순하게 하기 위하여 위 조건을 만족하는 모터구동 IC LB1630을 사용하여 구현

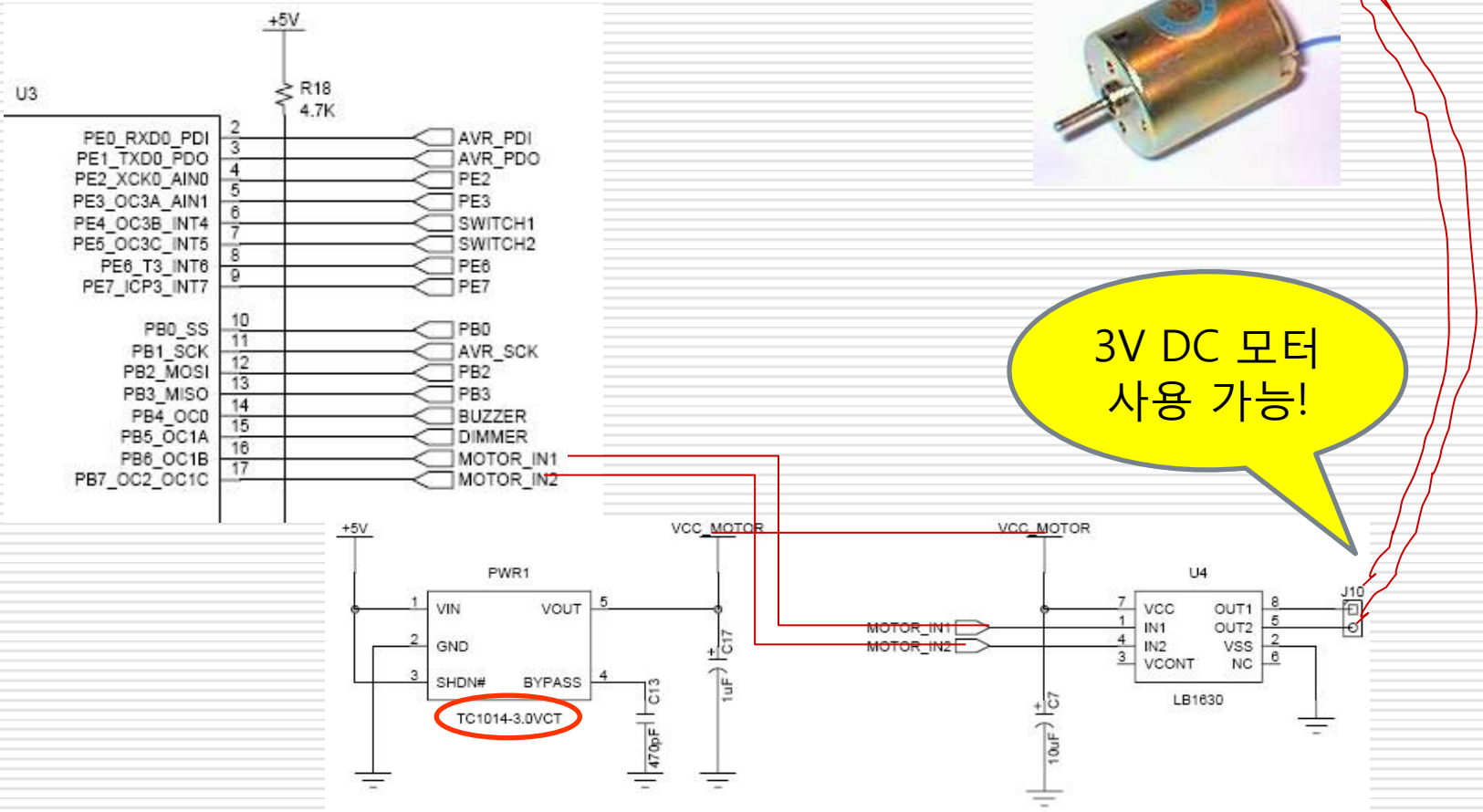
JKIT-128-1에서의 모터 연결 설계

- LB1630 : 저전압용 DC 모터 드라이버 IC
  - 2개 TTL 입력을 트랜지스터를 거친 모터용 출력으로 전환
  - IN1, IN2의 값에 따라 양방향 구동 가능
    - 10 : 정방향, 01 :역방향, 00, 11 : 정지
  - 역기전력(스파크) 보호 회로(Flywheel Diode) 내장
  - 출력 전압 : 2.5V ~ 6.0V
  - 최대 소모 전력 : 785mW
  - 8핀 DIP 타입 IC



JKIT-128-1에서의 모터 연결 설계

- JKIT-128-1에서의 모터 연결 설계



실습 MR-1 : 모터 움직이기

- 실습 내용
  1. **모터 움직이기**

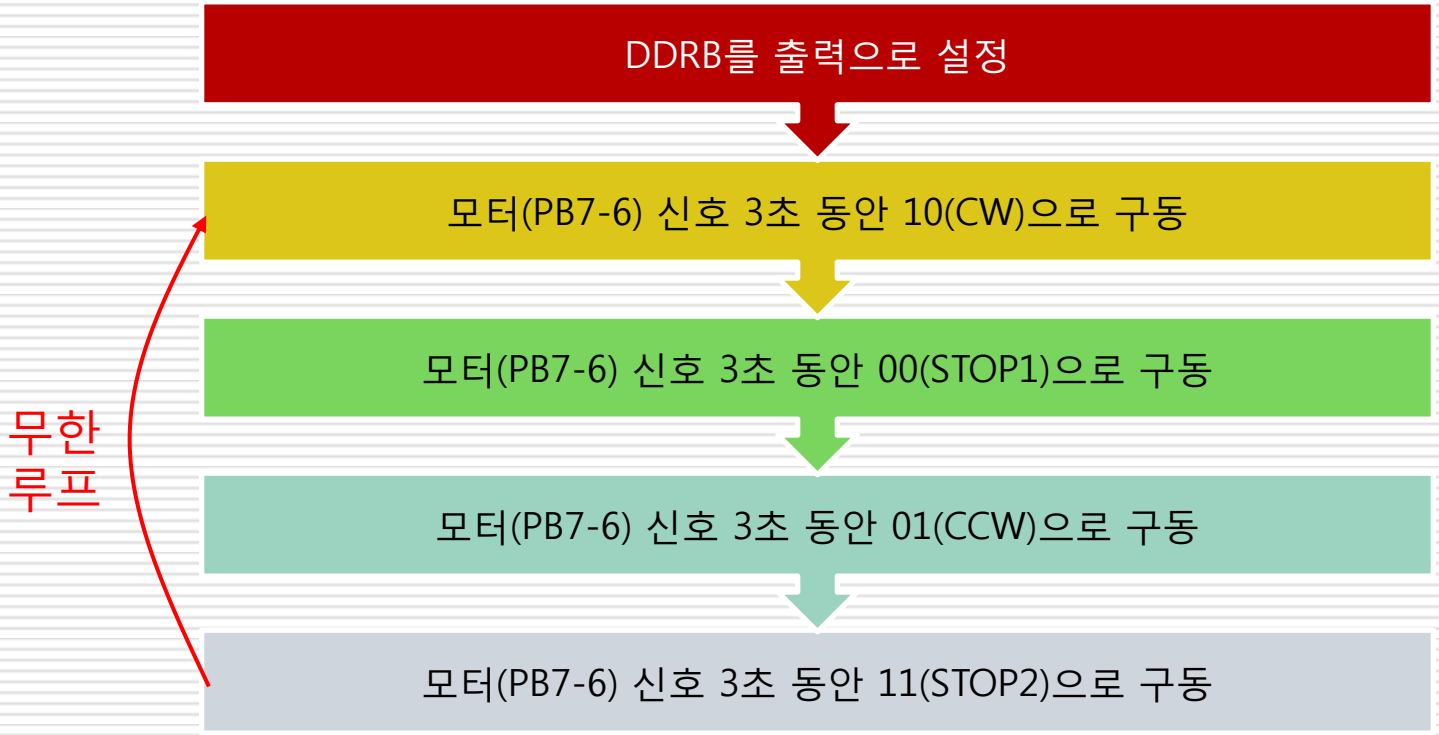
     시계 방향 3초 → 정지 3초 → 반시계방향 6초 → 정지 3초 반복

실습 MR-1 : 모터 움직이기

- 구동프로그램 설계 : 모터 움직이기 (moter_1.c)
  - 모터에 연결되는 2개의 GPIO 신호의 값을 다르게(10 또는 01)하면 모터가 기동하고, 신호의 값을 같게(00, 또는 11)하면 모터가 정지하므로 이를 이용함
  - 모터에 할당된 신호는 PB7, PB6 신호임
  - PB7, PB6의 조합을 적당한 시간만큼의 delay를 주고 10 → 00 → 01 → 11의 값을 갖도록 반복하는 프로그램 작성
  - **DC 모터는 관성이 있으므로 아주 짧은 시간 내에 기동, 정지를 수행하면 동작하지 않을 수도 있으므로 주의!**

실습 MR-1 : 모터 움직이기

구동프로그램 설계 : 모터 움직이기 (moter_1.c)



실습 MR-1 : 모터 움직이기

- 구동프로그램 설계 : 모터 움직이기 (moter_1.c)

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
#define MOTOR_CW      0x80
#define MOTOR_CCW     0x40
#define MOTOR_STOP1   0x00
#define MOTOR_STOP2   0x11

void delay_sec(int sec)
{
    int i;
    for(i=0; i<1000*sec; i++)
        _delay_ms(1);
}
```

```
int main(void)
{
    DDRB = 0xff;
    while(1)
    {
        PORTB = MOTOR_CW;
        delay_sec(3);
        PORTB = MOTOR_STOP1;
        delay_sec(3);
        PORTB = MOTOR_CCW;
        delay_sec(6);
        PORTB = MOTOR_STOP2;
        delay_sec(3);
    }
}
```

실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

- 실습 내용
  1. **모터를 저속, 중속, 고속의 3단계로 나누어 5초씩 기동하되, 이의 구현을 PWM을 이용하여 프로그램하기**

실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

- 구동프로그램 설계 : 모터 속도 조절 (moter_2.c)
  - 모터에 연결되는 2개의 GPIO 신호 중 1개의 신호값(PB6)을 0으로 고정하고 다른 1개의 신호(PB7/OC2)를 PWM 방식을 이용하여 신호 생성(8비트 Timer/Counter2 이용)
    - Fast PWM 모드 사용
  - 고속의 경우는 PWM 방식을 duty cycle 90% 이상으로 하고, 중속은 duty cycle 70% 정도, 저속은 duty cycle 50% 정도로 처리할 수 있도록 OCR2의 값을 설정
    - OCR2 세팅 값
      - 고속 : 255 * (1-0.9) = 26
      - 중속 : 255 * (1-0.7) = 77
      - 저속 : 255 * (1-0.5) = 128
  - 출력 비교 인터럽트 서비스 루틴에서는 count 값 1 증가
  - 메인 루틴에서는 count 값으로 시간 경과 확인

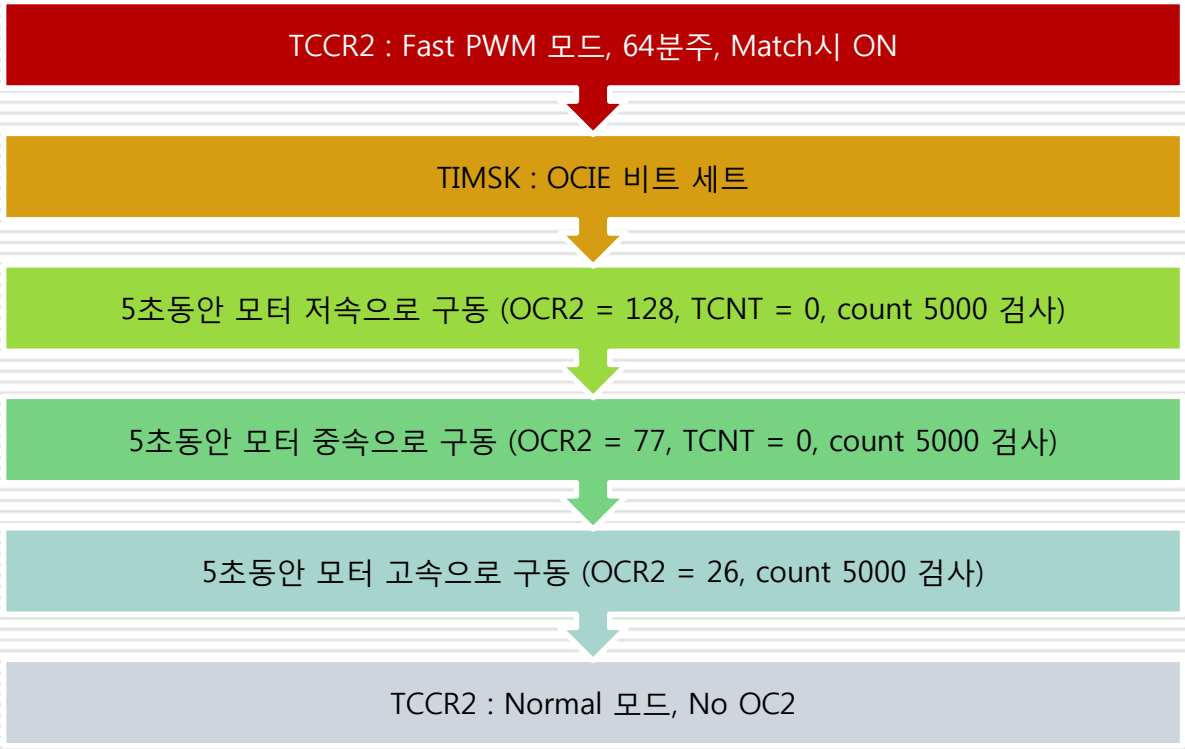
실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

- 구동프로그램 설계 : 모터 속도 조절 (moter_2.c)
  - main() 프로그램
    - TCCR2 : Fast PWM 모드, Compare Output Mode = Match시 ON, 64분주
    - TIMSK : OCIE2 세트
    - 저속으로 5초간 모터 기동 (count 값이 1000이면 1초 경과)
    - 중속으로 5초간 모터 기동
    - 고속으로 5초간 모터 기동
    - TCCR2 : Normal Mode(No OC2), 64분주
    - 참고 : TCNT2가 1 루프를 수행하는데 걸리는 시간은 1/16000000 * 64 * 256 (sec) = 1024 (us) = 1 (ms) 이므로 약 1000번 정도 반복 수행하면 1초 경과함 (count 값 체크)
  - OC2 인터럽트 서비스 프로그램
    - count 값을 1 증가

실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

구동프로그램 설계 : 모터 속도 조절 (moter_2.c)

- main() 프로그램



실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

- 구동프로그램 설계 : 모터 속도 조절 (moter_2.c)
  - OCR2 Match 인터럽트 서비스 프로그램

```
count++
```

실습 MR-2 : 모터 속도 조절하기

- 구동프로그램 코딩 : 모터 속도 조절 (moter_2.c)

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
volatile int count=0;
ISR(TIMER2_COMP_vect)
{
    count++;
}
void motor(int sec, int speed_val)
{
    OCR2 = speed_val;
    TCNT2 = 0;
    PORTA = speed_val;
    while(count != 1000*sec)        ;
    count = 0;
}
```

```
#define LOW     128
#define MID     77
#define HIGH    26
int main(void)
{
    DDRA = 0xff;
    DDRB = 0xff;
    TCCR2 = 0x7B;
    TIMSK = 0x80;
    sei();
    motor(5, LOW);
    motor(5, MID);
    motor(5, HIGH);
    TCCR2 = 0x01;
    PORTA = 0x00;
}
```

숙제

- 내용 : 타이머 세팅이 가능한 자연풍 선풍기
  - SW1을 누르면 1분 단위로 선풍기가 동작할 시간이 증가하며 FND에 디스플레이 됨(예를 들어 3분이면 '03.00'으로 표시)
  - SW2를 누르면 선풍기가 동작을 시작하며, 세팅한 FND의 타이머도 함께동작하여, 이 값이 0이 되면 선풍기가 멈추도록 함
  - 옵션 : 선풍기의 강도는 '자연풍'(random하게 강풍, 중간풍, 약풍이 부는 것)이 되면 더욱 좋음
- 제출 기한 : 다음 수업시간 시작 전까지
- 제출 방법 : eclass에 "학번-이름-MOTOR.zip" 파일로 제출

묻고 답하기

Q & A