

스마트 국기게양대

Smart flag hoist

참여학과	디지털전자과	참여학생	손범진, 유상정, 심훈, 진준형
협약반명	IoT통합실무반	지도교수	오규태
팀명	태극기 휘날리며	협약기업	(주)디노플러스

작품개요

국기를 자동으로 게양해주고 비가 오면 자동으로 하강하는 장치

작품 수행의
배경 및 필요성

- 현재 지자체별로 가로등에 평균 매 월 3회 이상 다른 기를 게양하고 있음.
- 가로등의 국기게양대에 우천이나 강설 시 비를 맞지 않도록 기를 내려야 하나 현실적으로 어려움이 있어 도로변에 비나 눈을 맞으며 장시간 방치되는 경우가 많음.
- 기존의 제품은 수동형으로 되어 있어 사람이 직접 게양을 해야 함.
- 이러한 불편을 해소하기 위해 여러 특허가 출원되고 있으나 기존 특허는 모두 기어 등을 이용한 기계적인 방식으로 국기를 게양하는 방식으로 여러 문제점들이 발생하여 상용화되지 못하고 있음.

작품의 이론
및 기술현황

atmega128

ATmega128은 Atmel사가 개발한 64핀 TQFP형의 저전력 8비트 CMOS 마이크로 컨트롤러로서 유사 RISC 아키텍처(RISC like Architecture) 구조로 되어있어서, 대부분 1 Machine cycle 에서 수행되는 명령어를 가지고 있으며, 공급되는 클럭 1MHz당 1MIPS (Million Instruction per Second)의 처리능력을 가지고 있다. 그러나 처리 속도에 비하여 최적화된 전력 소모 구조를 가지고 있어서 다른 마이크로컨트롤러에 비하여 상대적으로 적은 소모 전력으로 보다 향상된 처리를 가능하게 한다.

ATmega128은 다음과 같은 특징을 가진다.

향상된 RISC 구조

- 133개의 강력한 명령어 : 대부분 1 사이클에 동작하는 명령어
- 32개의 8-bit 범용 레지스터 및 주변장치 제어 레지스터
- 완전 정적인 동작 지원
- 16MHz의 공급 클럭에서 최대 16MIPS의 성능
- 2 사이클에 동작하는 하드웨어 곱셈기 내장

비휘발성 프로그램 메모리와 데이터 메모리

- 128K Bytes의 In-System Programmable Flash 메모리
 - 프로그램의 실행 코드 저장 영역
 - 최소 10,000번 이상의 쓰기/삭제 수명 보장
- 4K Bytes의 EEPROM
 - 비휘발성 데이터 저장 영역
 - 최소 100,000번 이상의 쓰기/삭제 수명 보장
- 4K Bytes의 내부 SRAM
- 최대 64K Bytes까지의 외부 데이터 메모리 추가 가능
- 소프트웨어 보안성을 위한 프로그램 잠금 기능
- ISP(In-System Programming)를 위한 SPI 인터페이스 제공

ATmega128에 내장된 주변장치

- 분주기와 비교기 모드가 분리된 2개의 8-bit 타이머/카운터
- 분주기와 비교기 모드 및 캡처 모드가 분리된 두개의 확장 가능한 16-bit 타이머/카운터
- 발진회로와 분리된 실시간 계수기(Real Time Counter)
- 2개의 8-bit PWM 채널
- 2에서 16-bit의 분해능을 가진 프로그램 가능한 6개의 PWM 채널
- 출력력 비교 변조기(Output Compare Modulator)
- 8 채널의 10-bit ADC(Analog to Digital Converter)
 - 8개의 single-ended 채널
 - 7개의 differential 채널
 - 2개의 프로그램 가능한 입력 게인(1x, 10x, 200x)을 갖는 채널
- Byte 정렬된 Two-wire 직렬 인터페이스
- 두 개의 프로그램 가능한 USART(Universal Synchronous/Asynchronous Receiver and Transmitter)
- Master/Slave SPI 시리얼 인터페이스
- 내장된 발진 회로와 프로그램 가능한 Watch-dog 타이머
- 내장된 Analog 비교기

특별한 마이크로컨트롤러 기능

- Power-On Reset 기능과 프로그램 가능한 Brown-out 검출 기능
- 조율된 내부 RC 발진 회로
- 외부 및 내부 인터럽트 소스
- 6가지의 슬립 모드
- 소프트웨어로 선택 가능한 클럭 주파수
- 선택 가능한 ATmega103 호환 모드
- 전체적인 pull-up 해제 기능

주소 지정방식

- 레지스터 직접 단일 레지스터 주소 지정방식
- 레지스터 직접 양 레지스터 주소 지정방식
- I/O 직접 주소 지정방식
- 직접 데이터 주소 지정방식
- 변위 데이터 직접 주소 지정방식
- 전 감소 데이터 간접 주소 지정방식
- 후 증가 데이터 간접 주소 지정방식
- 코드 메모리 상수 주소 지정방식
- LPM 상수 주소 지정방식
- 간접 프로그램 메모리 주소 지정방식
- 상대 프로그램 메모리 주소 지정방식

인터럽트

- 외부 및 내부 인터럽트
- 30개의 인터럽트 소스
- 단순화된 인터럽트 벡터 및 우선순위

Sleep 모드

- idle, ADC 잠음제어, 전력 절약, power-down, 대기, 확장대기 등 6개의 sleep 모드

I/O와 Package

- 53개의 프로그램 가능한 입/출력 선
- 64핀의 TQFP 또는 64개의 Pad를 갖는 MLF 패키지

동작 전압

- ATmega128L은 2.7V~5.5V의 공급 전원에서 동작가능
- ATmega128은 4.5V~5.5V의 공급 전원에서 동작가능

전력소비

- 정상 동작 : 5.5mA
- idle 모드 : 1.6mA
- power down 모드 : <1uA

동작 속도

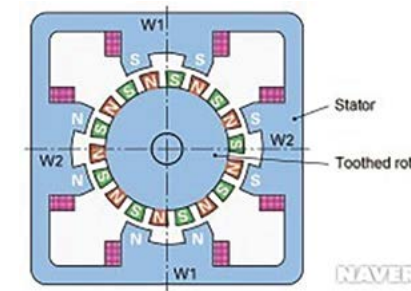
- ATmega128L은 0~8MHz의 공급 클럭 에서 동작 가능
- ATmega128은 0~16MHz의 공급 클럭 에서 동작 가능

동작 온도 범위

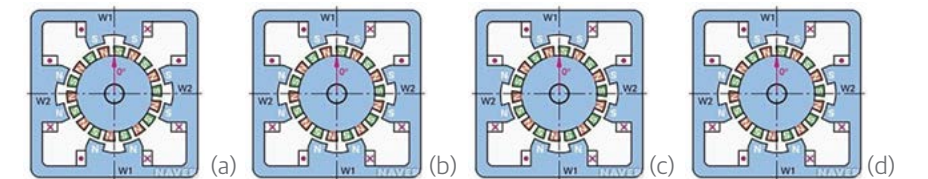
- -40℃ ~ +85℃

스텝모터

로터(rotor)의 원주에는 일정한 간격으로 강한 영구자석이 축방향으로 마치 이(teeth)처럼 배열되어 원을 이루고 있다. 영구자석은 자신의 폭의 절반에 해당하는 간격(gap)을 두고 N극과 S극이 교대로 배치되어 원을 이루고 있다.



그림에서 철판을 성층하여 만든 스테이터에는 2개의 코일(W1, W2)이 감겨 있다. 이들은 2개의 자극쌍(polepair)을 형성하는데, 각 자극쌍의 N극과 S극은 서로 마주보도록 설계되어 있다. 그리고 스테이터에 통합된 이(teeth)는 자극 휠(pole wheel)의 기능을 하도록 분포되어 있다.



스테이터에 통합된 자극 휠(pole wheel)은 항상 로터의 1개의 N극(또는 S극)이 스테이터의 S극(또는 N극)과 서로 마주보도록 극성이 제어된다.

스테이터 코일 W1에 흐르는 전류의 극성이 바뀌면, 수직 자극쌍의 극성이 바뀐다. 그러나 수평 자극 쌍에서는 자극이 바뀌지 않는다. 로터는 자신의 이 폭의 절반만큼 회전한다.

이어서 스테이터 코일 W2에 흐르는 전류의 극성이 바뀌면, 이제 수평 자극쌍에서의 극성이 바뀐다. 로터는 다음 이(teeth)까지 회전한다.

스테이터 코일의 극성이 연속적, 교대적으로 바뀌면(예 : W1, W2, W1, ……), 로터는 그에 대응하여 이(teeth) 1개씩 차례로 회전한다.

스테이터 코일(W1, W2)의 극성에 대응하여, 로터 회전방향을 역방향으로 바꿀 수 있다.

컨트롤유닛은 조정에 필요한 센서정보에 근거하여 아래의 값들을 결정한다.

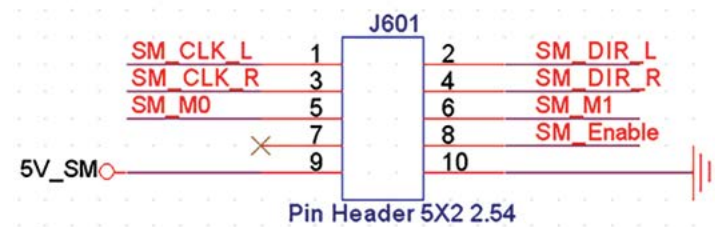
- ① 회전시켜야 할 스텝(step)의 수(회전각도에 상응)
- ② 필요한 회전방향
- ③ 회전속도 또는 제어속도

스테이터 코일에 전류가 흐르지 않으면, 성층 스테이터와 자극 휠(pole wheel) 간의 자기 효과(磁氣效果) 때문에 로터는 자신의 최종위치에서 정지상태를 유지한다.(lock-in effect)

스텝모터 드라이버

am-ms2

- ① 마이크로 스텝 드라이버 구동보드 (스텝핑 모터를 정밀하게 제어 가능)
- ② 최대 0.1125° 단위로 제어 가능
- ③ Dir, PWM 신호만으로 스텝핑 모터 2개 구동
- ④ 10Pin Cable 과 12V 전원 공급 커넥터 연결
- ⑤ 모터에 흐르는 전류량을 조절할 수 있음 (가변저항 사용)



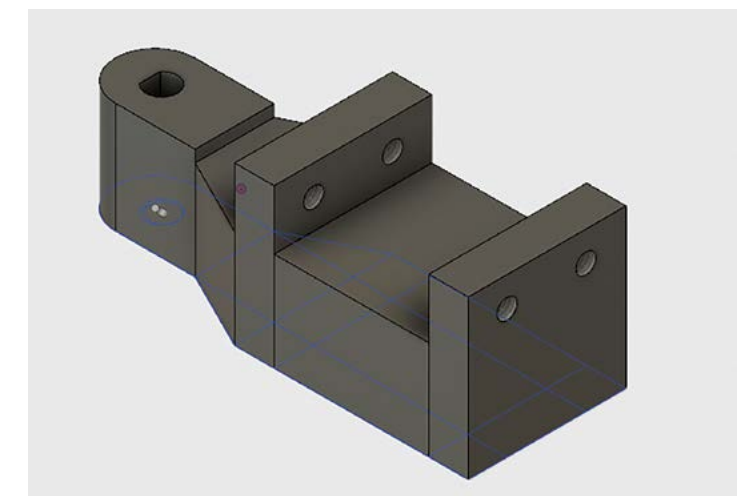
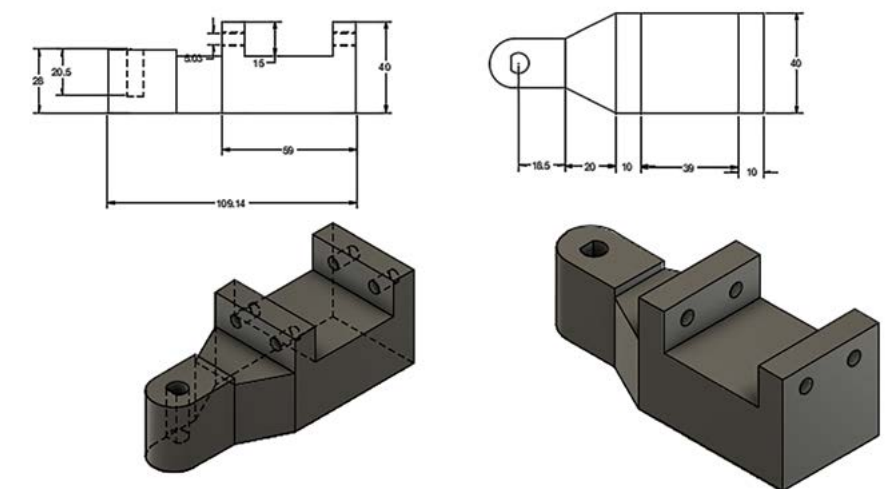
1 번	3 번	5 번	7 번	9 번
왼쪽 모터 CLK	오른쪽 모터 CLK	Step Mode 0		전원 5V
2 번	4 번	6 번	8 번	10 번
왼쪽 모터 DIR	오른쪽 모터 DIR	Step Mode 1	Enable	전원 GND

Pin Description

Pin No.	Pin Name	Description
1	왼쪽 모터 CLK	왼쪽 모터가 회전하는 기준 클럭이다.
2	왼쪽 모터 DIR	왼쪽 모터의 방향 (CW:0 / CCW:1)
3	오른쪽 모터 CLK	오른쪽 모터가 회전하는 기준 클럭이다.
4	오른쪽 모터 DIR	오른쪽 모터의 방향 (CW:0 / CCW:1)
5	Step Mode 0	스텝 모드 설정 (Default : 1)
6	Step Mode 1	스텝 모드 설정 (Default : 1)
7	N.C	
8	Enable	스텝핑 모터 구동부를 Enable 시킨다.
9	VCC	Power Supply Input (DC 5V)
10	GND	Power Supply Ground

fusion 360

Fusion 360TM은 제품 개발을 위한 클라우드 기반의 3D CAD, CAM 및 CAE 플랫폼입니다. 이 제품에는 산업 및 기계 설계, 시뮬레이션, 협업 및 기계가공이 하나의 패키지로 결합되어 있습니다. Fusion 360의 도구를 사용하면 컨셉 설정에서부터 제작까지 아우르는 통합 도구 세트를 통해 디자인 아이디어를 쉽고 빠르게 구상할 수 있습니다.



위 그림은 모터와 모터를 연결해주는 역할을 하는 것으로 fusion 360을 통해 설계했습니다.

제작 방법**모터 드라이버 회로 제작**

- 상용 드라이버 구입 후 동작 확인
- 회로 스케치후 PCB기판에 회로 구성 후 동작 확인
- 모터 드라이버 회로 제작

MCU 보드 제작

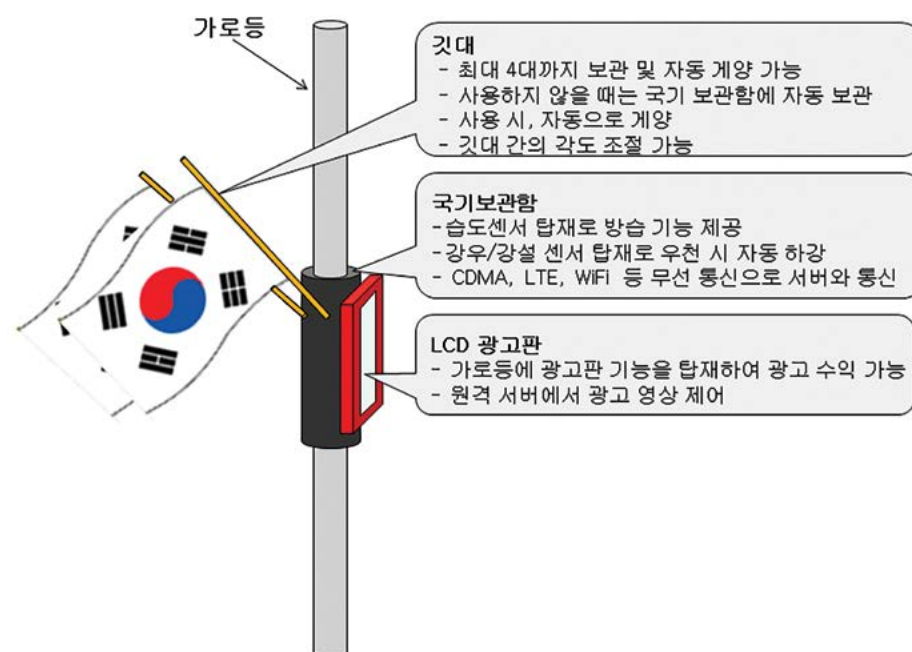
- ATMEGA128 PRO를 구입 후 동작 확인
- 필요한 핀을 고려해서 MCU보드 제작

펌웨어 코딩

- ATMEGA128 PRO를 통하여 프로그래밍
- 실험을 통하여 오류정정

기구 설계 및 시제품 제작

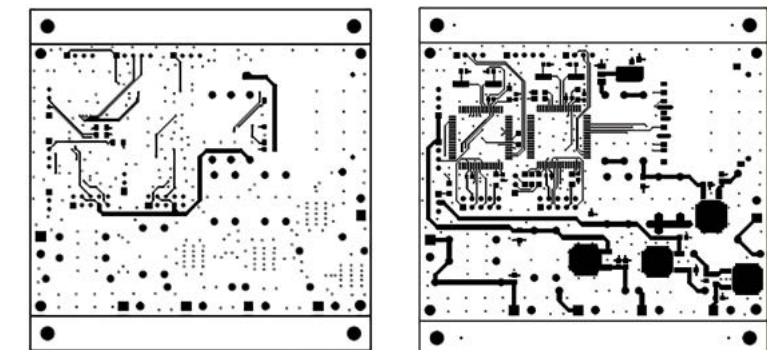
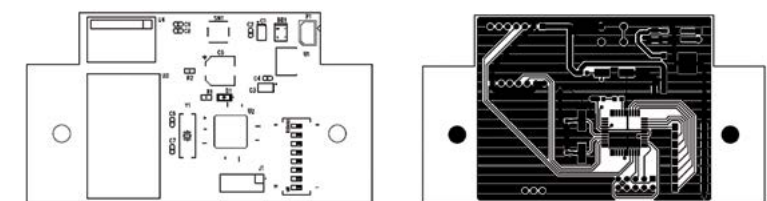
- auto desk의 fusion 360을 이용하여 작은부품 들은 sketch 및 3d print
- 모터크기 및 pcb기판등을 고려하여 기구설계

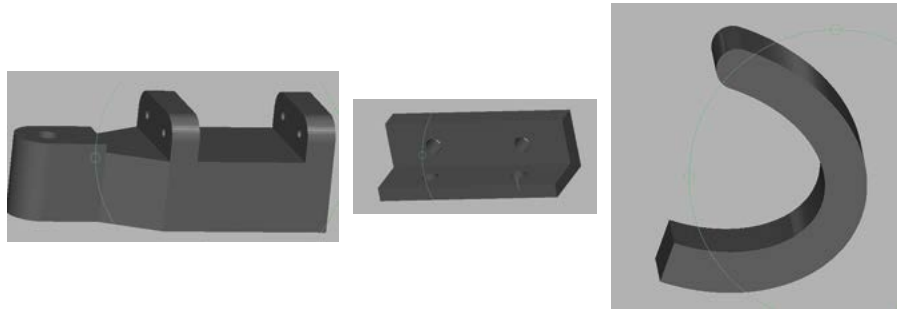
**작품의 개발
방법 및 과정****(1) 캡스톤 동아리**

- 스텝 모터 구동회로 기술 조사
- 스텝 모터 구동회로 회로설계 및 PCB Artwork
- 기구설계 도면 작성 및 시제품 제작
- 펌웨어 코딩
- 시제품 제작

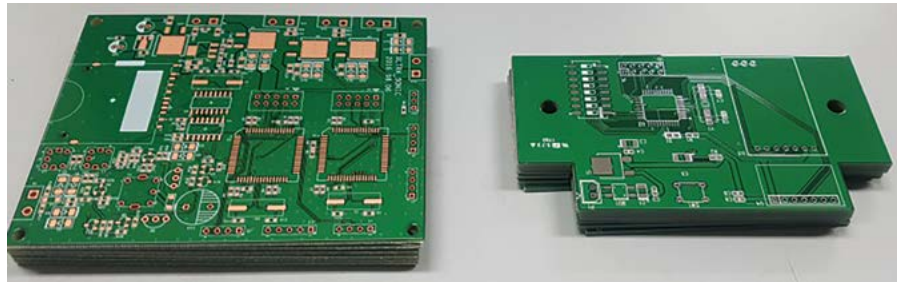
(2) 참여기업

- 스텝모터의 기본성능, 내구성, 내환경성 성능검증기준마련
- 시스템 및 신뢰성 검증방법 마련 및 타당성 검토
- MCU 성능 및 신뢰성 검증방법 정립
- 모터 드라이버부분 시제품 개발
- 모터 드라이버부분 설계 검토
- 모터 드라이버부분 시제품 규격 설정
- PCB 설계 검토 및 시뮬레이션, 시제품 개발
- PCB 시제품 제작 및 성능 시험

작품 구조도**< 메인보드 PCB 아트웍 >****< 드라이버 PCB 아트웍 >**



< 드라이버 보드 설계도면 >

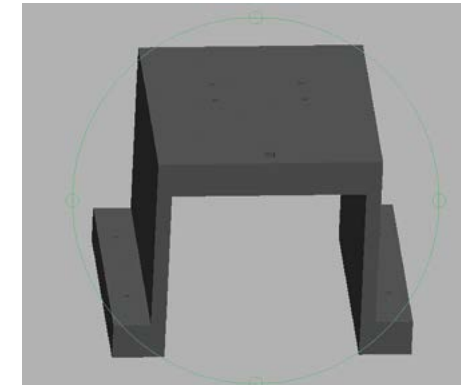


< 메인보드 PCB >

< 드라이버 PCB >



< 드라이버 보드 목업 >



< 베이스보드 설계도면 >



< 베이스보드 목업 >



< 투명 아크릴 케이스 >



< 최종 작품 사진 >

기대 효과
및 활용 방안

- 국기 야간 조명을 통한 도로 미관 개선 및 애국심 고취
- 국내 유일의 제품으로 각 지자체에 납품 가능
- 특허 출원을 통해 독점 기술 확보
- 향후 창업 아이템으로 활용 가능

기업
연계활동

- 펌웨어 개발 지원
- PCB 아트웍 지원
- PCB 제작 디버깅 지원

팀소개
및 역할 분담

학과	학번	성명	역할	참여도(%)
디지털전자과	201338216	손범진	펌웨어 개발	30%
디지털전자과	201338126	유상정	하드웨어 개발	30%
디지털전자과	201238134	진준형	하드웨어 개발	20%
디지털전자과	201238124	심훈	기구 설계/하드웨어 개발	20%

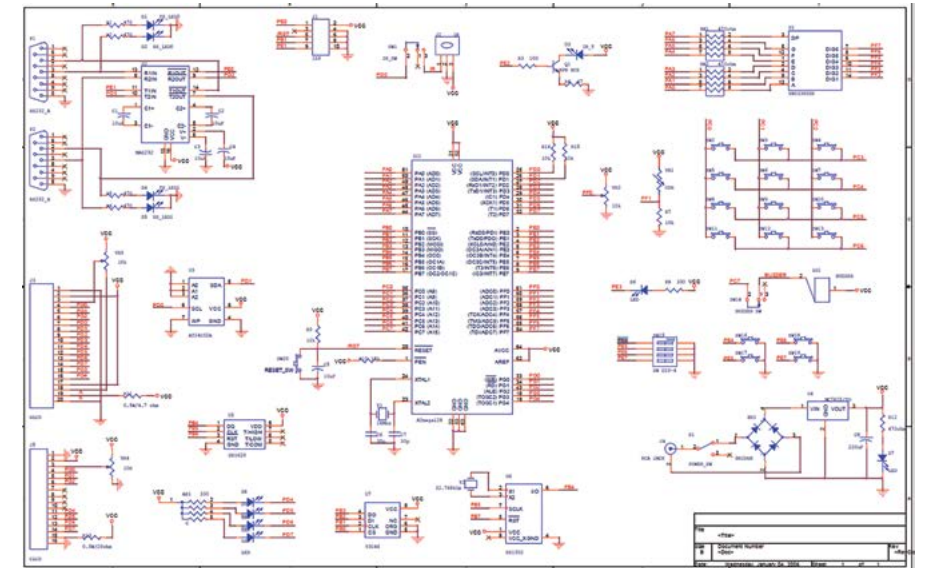
비용분석

항목	세부항목	소요비용(원)
시작품제작비	PCB외 15종	2,499,260
작품제작지도비		600,000
지도간담회비		201,000
계		3,300,260

참고문헌

- C언어를 이용한 AVR atmega128 이론과 활용 김용저 웅보출판사
- 모터드라이버 세미나 자료

부록



< ATmega128 컨트롤러 보드 회로도 >

모터드라이버용 PWM 소스코드예제

```
// Phase Correct PWM Mode 10
```

```
#include <mega128.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void) // AD 변환 완료 인터럽트 서비스 루틴
{
    OCR3AH = (ADCW >> 8); // AD 변환된 16비트 데이터 중 상위 바이트만 추출
    OCR3AL = ADCW & 0xff; // AD 변환된 16비트 데이터 중 하위 바이트만 추출
}

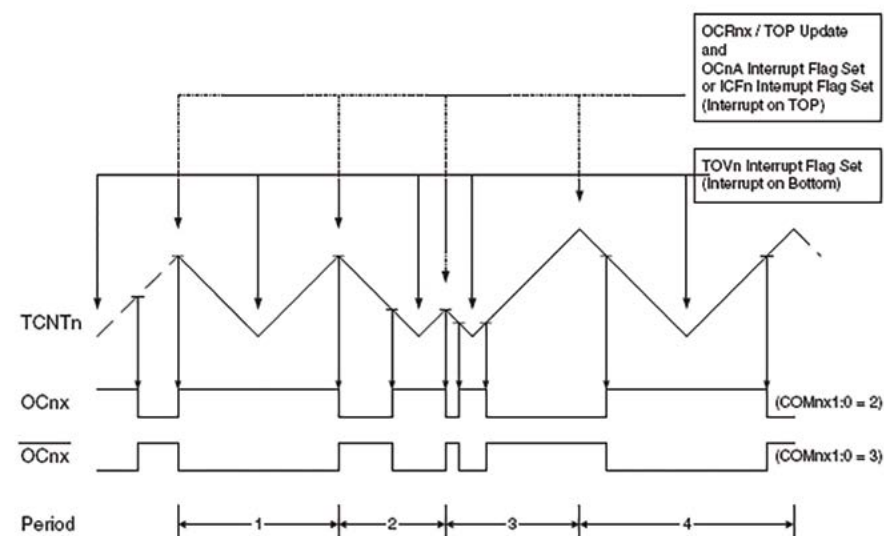
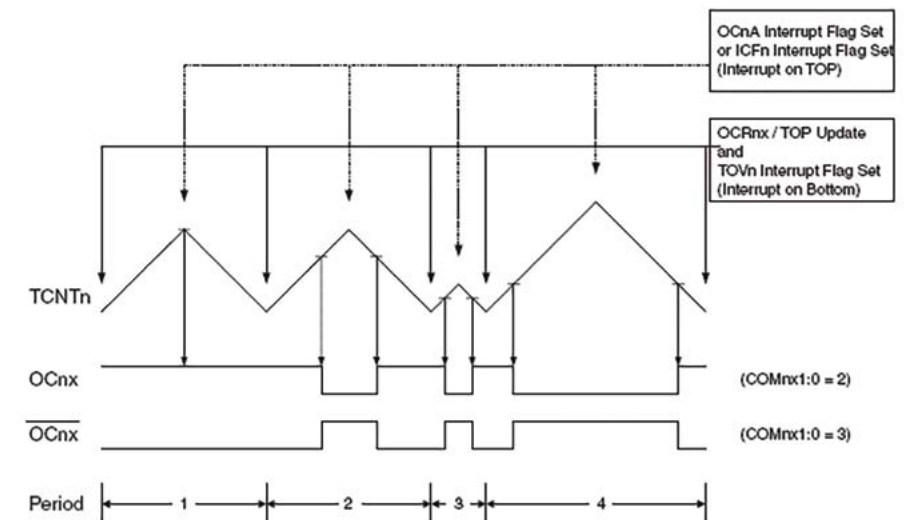
void main()
{
    TCCR3A = 0x82; // COM3A1=1, WGM31=1
    TCCR3B = 0x1b; // WGM33=1, WGM32=1, 프리스케일 64
    TCNT3H = 0x00; // 16비트 카운터 값을 최대로 설정
    TCNT3L = 0x00;
    ICR3H = (1023 >> 8); // 16비트 데이터 중 상위 바이트만 추출
    ICR3L = 1023 & 0xff; // 16비트 데이터 중 하위 바이트만 추출
    ADCSRA = 0x8f; // ADC 초기화 및 인터럽트 허용
    DDRE |= 0x08; // LED가 연결되어 있는 PORTE.3을 출력으로 설정
    SREG |= 0x80; // 전체 인터럽트 허용
    do {
        ADMUX = 0x01; // AD 입력 채널 1
        ADCSRA |= 0x40; // AD 변환 시작
        delay_ms(100);
    } while(1);
}
```

PWM 이론

위상 조정 PWM(Phase Correct Pulse Width Modulation) 모드와 위상-주파수 조정 PWM(-Frequency and Phase Correct Pulse Width Modulation) 모드는 이중-경사(double-slope) 동작으로 작동합니다. 카운터 레지스터 TCNTn (n=1,3)는 BOTTOM에서 TOP으로 증가하고, 다시 TOP에서 BOTTOM으로 감소합니다. (그림 8.7, 8.8 참조) 위상 조정 PWM 모드의 파형 발생 모드 1, 2, 3 (WGMn3:0=1, 2, 3)에서는 TOP 값을 8비트, 9비트, 10비트로 설정할 수 있고, 모드 10, 11에서는 ICRn (WGMn3:0=10), OCRnA(WGMn3:0=11)를 사용해서 16비트로 설정할 수 있습니다. 위상-주파수 조정 PWM 모드의 파형발생 모드 8, 9에서는 TOP 값을 ICRn (WGMn3:0=8), OCRnA(WGMn3:0=9)를 사용해서 16비트로 설정할 수 있습니다. 위상 조정 PWM 모드와 위상-주파수 조정 PWM 모드 둘 다 비 반전 비교출력 모드에서 출력비교 신호(OCnx)는 카운트 업 동안 TCNT와 OCRnx가 일치할 때 0으로 클리어되고 카운트 다운동안 TCNTn과 OCRnx가 일치할 때 1로 셋됩니다. 반전 비교출력 모드(inverting Compare Output mode)에서는 반대로 동작합니다.

위상 조정 PWM 모드와 위상-주파수 조정 PWM 모드의 차이점은 OCRnx/TOP이 갱신(update) 되는 시점입니다. 위상 조정 PWM 모드는 OCRnx가 TOP에서 갱신되므로 PWM의 주기가 TOP에서 시작하고 TOP에서 끝납니다.

위상-주파수 조정 PWM 모드는 OCRnx가 BOTTOM에서 갱신되므로 PWM의 주기가 BOTTOM에서 시작하고 BOTTOM에서 끝납니다.

**< 위상 조정 PWM 모드의 타이밍 도 >****< 위상-주파수 조정 PWM 모드 타이밍 도 >**

위상 조정 PWM 모드와 위상-주파수 조정 PWM 모드에서 OCnA 출력 파형의 주파수는 아래 수식으로 정의됩니다. N 은 프리스케일 값 (1, 8, 64, 256, 1024)

$$f_{OCnxPCPWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{2 \cdot N \cdot TOP}$$

$$f_{OCnxPFCPWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{2 \cdot N \cdot TOP}$$

```
#include <mega128.h>
typedef unsigned char byte;
byte led = 0xef;
```

CTC 인터럽트 예제

```

interrupt [TIM3_COMPA] void timer3_comp_int(void) //타이머3 CTC 인터럽트 서비스 루틴
{
    if(OCR3AH > 4)
    {
        OCR3AH -= 0x04;    // OCR3AH 값을 4만큼 감소
        OCR3AL = 0x00;
    }
    else // 최대로 감소하면 다시 시정수 설정
    {
        OCR3AH = 31249 >> 8; // 16비트 데이터 중 상위 바이트를 하위 바이트로 이동
        OCR3AL = 31249 & 0xff; // 16비트 데이터 중 하위 바이트만 추출
    }

    led = (led << 1) | 0x01;    // LED를 왼쪽으로 하나씩 이동
    if(led == 0xff) led = 0xef;
    PORTD = led;
}

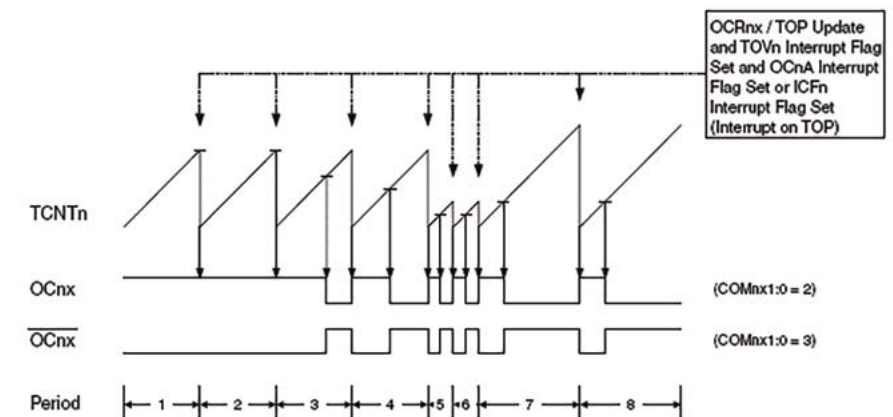
void main()
{
    ETIMSK = 0x10;                // 타이머/카운터3의 출력비교 인터럽트 A 허용
    TCCR3A = 0x40;                // OC3A0=1 OC3A를 토글 모드로 설정
    TCCR3B = 0x0c;                // CTC 모드(WGM33=0, WGM32=1), 프리스케일 256
    TCNT3H = 0x00;                // 16비트 카운터 값을 최대로 설정
    TCNT3L = 0x00;
    OCR3AH = 31249 >> 8;          // 16비트 데이터 중 상위 바이트를 하위 바이트로 이동
    OCR3AL = 31249 & 0xff;        // 16비트 데이터 중 하위 바이트만 추출
    SREG |= 0x80;                 // 전체 인터럽트 허용
    DDRD = 0xf0;                 // LED가 연결되어 있는 PORTD의 상위 4비트 출력 설정
    DDRE = 0x08;                 // LED가 연결되어 있는 PORTE.3을 출력으로 설정
    PORTD = led;
    while(1);
}

```

CTC 동작 과정

고속 PWM (Pulse Width Modulation) 모드는 단일-경사(single-slope) 동작으로 다른 PWM 모드보다 2배 빠른 주파수를 제공합니다. 카운터 레지스터 TCNTn (n=1,3)는 BOTTOM 에서 TOP으로 증가하고, 다시 BOTTOM에서 시작합니다. (아래 그림 8.5 참조)

파형발생 모드 5, 6, 7 (WGMn3:0=5, 6, 7)에서는 TOP값을 8비트, 9비트, 10비트로 설정할 수 있고, 모드 14, 15에서는 ICRn (WGMn3:0=14), OCRnA(WGMn3:0=15)를 사용해서 16비트로 설정할 수 있습니다. 비 반전 비교출력 모드(non-inverting Compare Output mode)에서 출력비교 신호(OCnx)는 TCNTn과 OCRnx가 비교하는 동안 1로 셋되고, TOP 에서 0으로 클리어됩니다. 반전 비교출력 모드(inverting Compare Output mode)에서는 출력비교 신호(OCnx)는 비교가 되는 동안 클리어되고, TOP 에서 1로 셋됩니다.

**< 고속 PWM 모드의 타이밍 도 >**

Fast PWM에서 OCnA 출력 파형의 주파수는 아래 수식으로 정의됩니다. N 은 프리스케일 값 (1, 8, 64, 256, 1024)

$$f_{OCnxPWM} = \frac{f_{clk, I/O}}{N \cdot (1 + TOP)}$$