

라인트레이서 강좌

2. 스텝핑 모터 구동 (Stepping Motor Control)

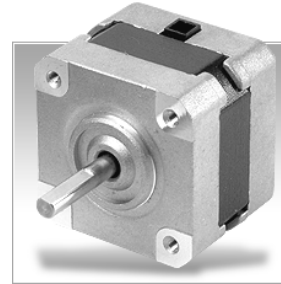
2005년 6월 21일

김민석 (mjkms@hanmail.net)

1. 스텝핑 모터란?

스텝핑 모터란 Step 에 의해 구동되는 모터이다. 4개의 모터상이 있어서 한 스텝 한 스텝 진행하면서 모터가 회전하는 것이다. 한 스텝 당 보통 1.8° 씩 회전한다.

스텝핑 모터는 AC servo, DC servo 모터에 비하여 값이 싸고 정확한 각도 제어에 유리하여 우리 주위에서 쉽게 접할 수 있다.



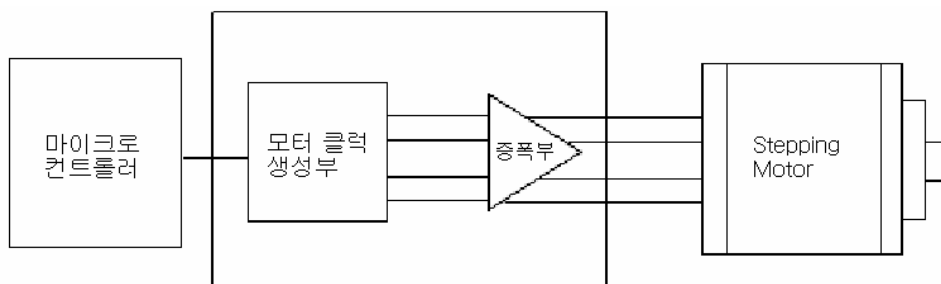
스텝핑 모터는 pulse에 의해 digital적으로 제어하는 것이 가능하므로 마이크로 컨트롤러에서 사용하기에 적합한 모터이다. 스텝핑 모터는 다른 모터와 달리 모터의 위치를 검출하기 위한 feedback없이, 정해진 각도를 회전하고, 상당히 높은 정확도로 정지할 수 있다. 그리고, system에 적용된 뒤에도 초기 성능이 만족되어있으면, 갱년 변화가 적고, 보수가 용이하며, 매우 신뢰성이 높은 system을 구성할 수 있다.

또 다른 모터에 비해 정지 시 매우 큰 유지 토크(정지 토크)가 있기 때문에 전자 브레이크 등의 유지 기구를 필요로 하지 않는다. 회전 속도에 있어서도 스텝핑 모터에 부여하는 pulse rate에 비례하므로 임의로 제어할 수 있다.

2. 스텝핑 모터 구동하기

DC모터는 회로는 간단하지만 제어하는 방법이 복잡하다. 반면 스텝핑 모터는 구동회로는 상대적으로 복잡하지만 제어는 훨씬 쉽다.

스텝핑 모터를 구동하기 위해서는 L297과 SLA7024를 같이 사용한다. L297은 스텝핑 모터 구동에 필요한 상(클럭)을 만들어 주기 위한 것이고 SLA7024는 만들어진 상(클럭)의 전압과 전류를 증폭시키는 역할을 합니다.



스테핑 모터의 구동부 구성

- ✓ 모터클럭 생성부 Stepping motor의 여자 상(Step)을 만든다.
- ✓ 증폭부 모터 입력 신호를 증폭하여 Stepping motor를 구동한다.

스테핑 모터의 동작

1. 마이크로 컨트롤러에서 모터 구동을 위한 클럭을 발생 시킨다.
2. 모터클럭 생성부에서 입력 클럭을 기준으로 스텝핑 모터를 구동을 위한 Step 신호를 발생시킨다.
3. 증폭부에서는 모터클럭 생성부에서 출력된 신호를 모터를 구동할 수 있는 전압, 전류로 증폭하여 모터로 전달한다.

3. 구동방식의 종류 - 전류의 흐름에 따른 구분

1. Unipolar 구동

각각의 coil에 1개의 transistor가 접속되고 transistor를 ON하는 것으로서 각 coil에 전류를 흐르게 한다. 또 그림에서와 같이 1방향만의 coil에는 전류 (A -> Com, A' -> Com, B -> Com, B' -> Com)밖에 흐르지 않는다. 이와 같이 coil에 1방향밖에 전류가 흐르지 않기 때문에 unipolar(편극성)구동이라 부르고 있다.

2. Bipolar 구동

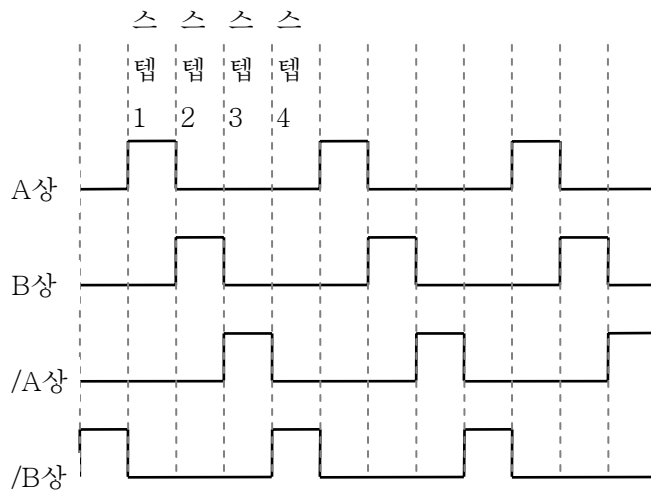
Stepping motor의 구동으로는 전술한 것과 같은 간단한 구성으로 끝나는 unipolar구동 외에, 회로는 복잡하지만 저속 영역에서의 torque를 개선하는 bipolar 구동이라는 방법이 있다. 이 bipolar 구동은 motor의 coil에 교대로 전류를 흘리도록 드라이브한다. 이 강좌에서는 bipolar 구동에 관하여는 다루지 않는다.

@ 구동방식의 종류 - 여자 방식에 따른 구분

Stepping motor 의 구동방법은 그 권선 코일에 어떤 형태로 전류를 흐르게 하는가에 따라 구별되고 있다. 이것은 모터의 종류에 따라서도 달라지지만, 가장 많이 사용되고 있는 PM형 stepping motor의 step값 90°의 경우를 예로 설명한다. 대부분의 Stepping motor의 기본적인 구조나 사고방식은 같다.

여기서 A, B, /A, /B 는 신호 입력에 따라 전자석으로 동작하게 된다. 아래 나오는 신호에서 신호 입력이 들어가면 전자석이 동작하여 축에 연결되어 있는 영구자석을 당기게 된다.

1. 4상 motor 의 1상 여자 동작



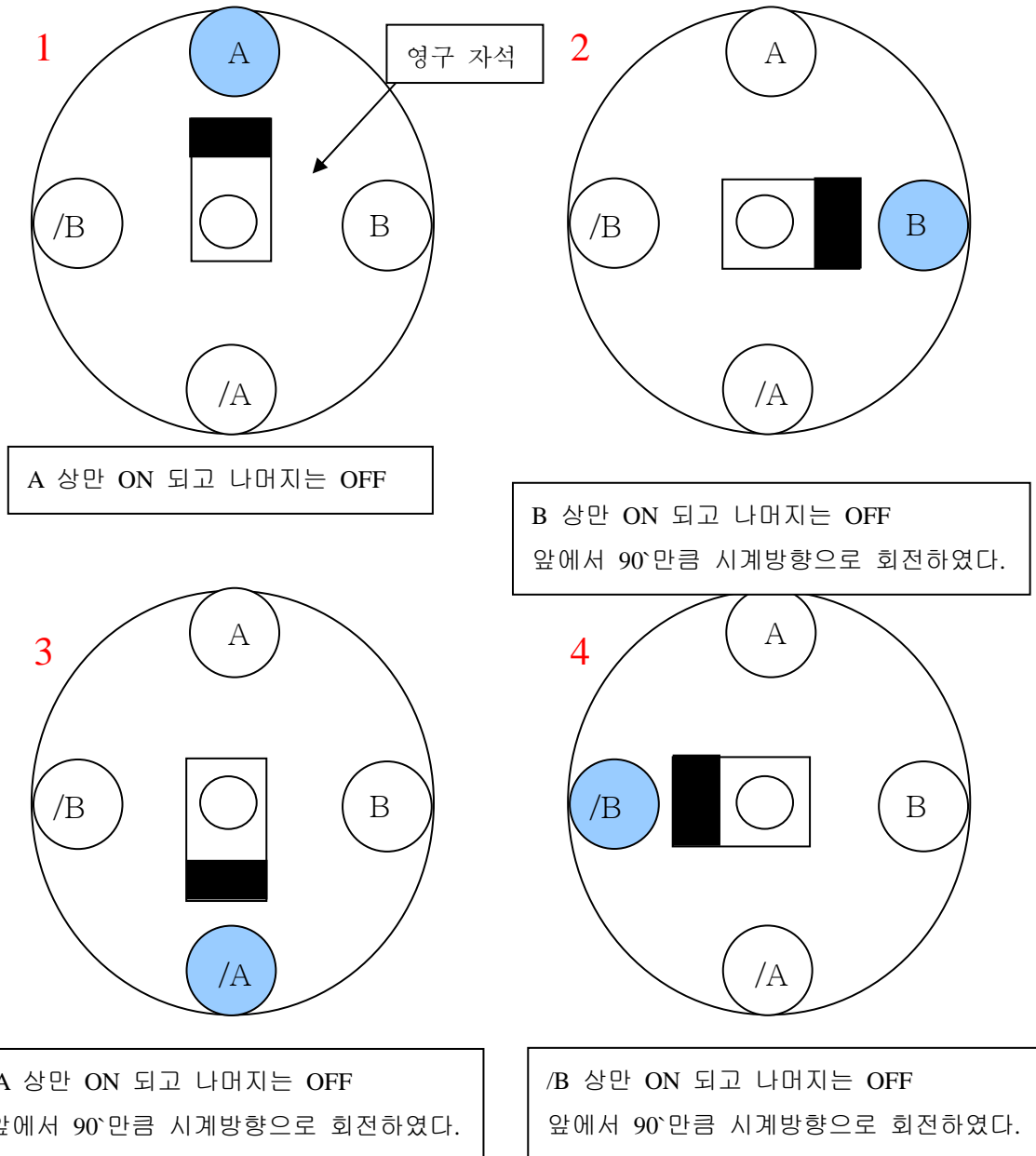
위 그림은 1상 여자 방식의 motor의 동작을 위한 신호를 나타낸다.

Step 1 A상에 연결된 TR이 On 이 되어 A->Com로 전류가 흐른다. coil에 전류가 흐름으로써 고정자의 상은 N,S극으로 여자된다. 이때 B 쪽에는 전류가 흐르고 있지 않으므로 B 쪽의 상은 비여자이지만, A쪽의 여자에 동반해서 회전자 영구자석은 각각 N 과 S, S 와 N 이 결합해서 안정한 위치에 정지한다.

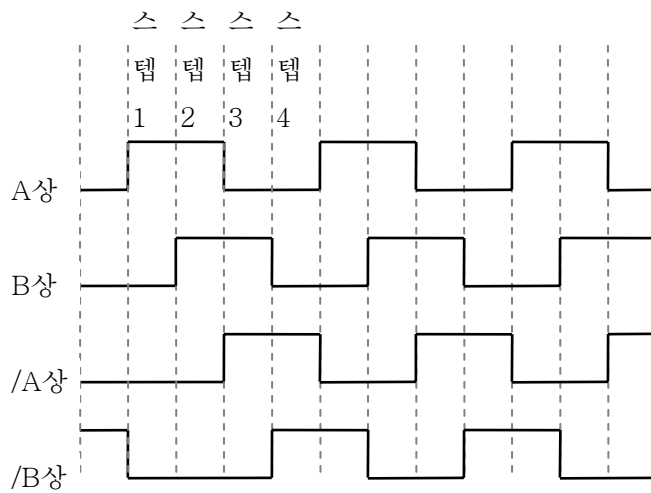
다음에 step 2로 진행하면 먼저 on 하고 있던 A상에 연결된 TR 은 off가 되고, 대신에 B상에 연결된 TR 가 on 이된다. B상에 연결된 TR이 on이 되면 B -> Com의 coil에 전류가 흘러 이번에는 90°씩 어긋나고 있는 고정자가 여자가 된다. 그리고 여자 위치가 이동한 것으로 회전자도 시계 방향으로 당겨져 90° 회전하게 된다.

같은 방법으로 step 3 과 step 4 의 동작을 함으로써 모터는 각 step 당 90°씩 진행시켜 회전시킬 수 있다.

앞에서 설명한 것을 그림으로 표현하면 아래 그림과 같다.

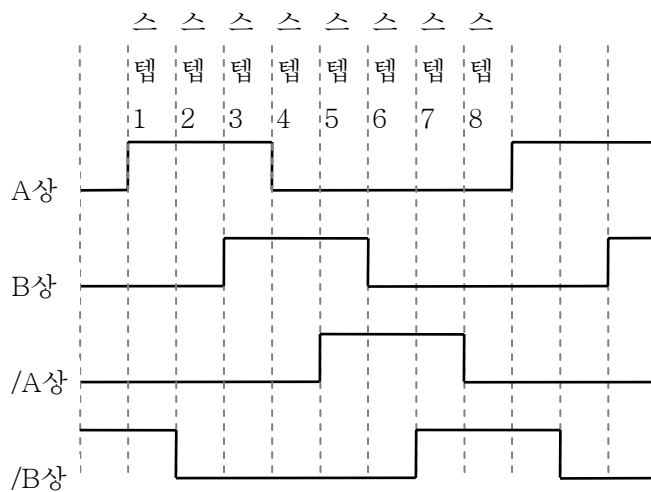


2. 4상 motor 의 2상 여자 동작



기본적인 동작은 1상 여자 방식과 동일하다 차이점은 토크를 좋게 하기 위해 2개의 코일을 동시에 동작시킨다는 것이다. 1상 여자에 비하면 전류가 많이 흐르는 단점이 있지만 정지상의 오버슈터나 언더슈터가 작고 과도 특성이 좋아진다.

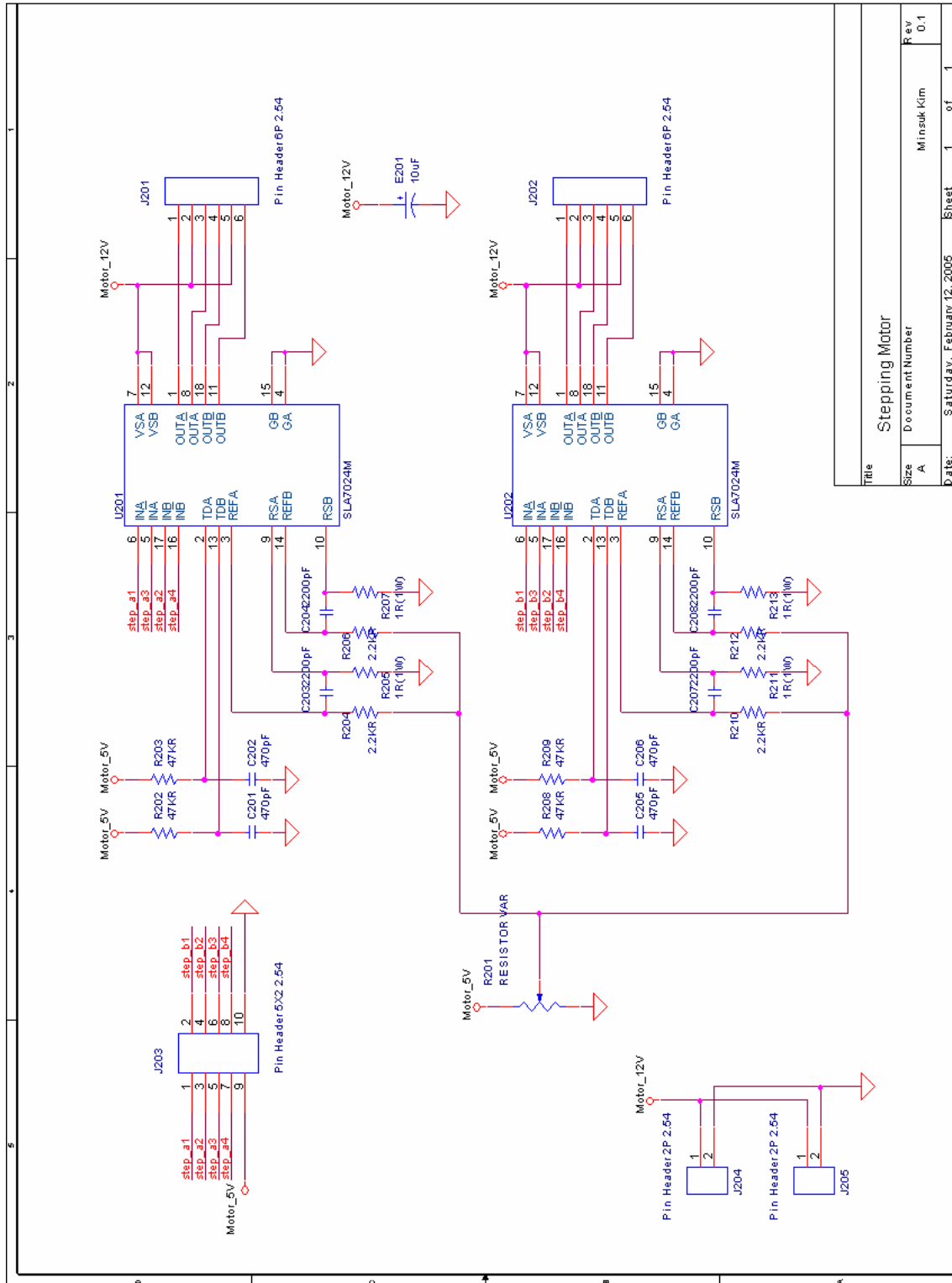
3. 4상 motor 의 1-2 상 여자 동작



위 그림의 1-2 상 여자는 전술한 1상 여자와 2상 여자가 교대로 반복하는 것이다. 따라서 회전자는 step 마다 45° 회전한다. 즉 step 각은 maker 가 표시하는 각도의 1/2 가 된다. 1-2상 여자는 1상 여자와 2상 여자의 특성을 갖고 있으므로 step rate는 배가된다. Step 의 각도가 다른 동작법에 비해 1/2 만큼 작기 때문에 3가지 방식 중 가장 성능이 좋다. 단점은 다른 여자방식과 같은 속도를 내려면 마이크로 컨트롤러 에서 클럭을 2배로 만들어야 한다는 것이다.

4. H/W 구성

모터 구동 보드 회로도



회로 설명

J203 은 모터 제어신호가 입력되는 커넥터이다. 마이크로 컨트롤러에서 생성한 모터 제어신호가 들어온다.

제어신호는 U201, U202 SLA7024(7026)으로 입력되어 이 칩에서 모터 동작을 위한 전압으로 증폭된다. 증폭된 신호는 모터 연결 커넥터인 J201과 J202 로 연결되어 모터로 전달된다.

R201 의 가변 저항은 모터의 전류를 조절해 주는 가변 저항이다. 적당히 돌려 모터의 토크를 결정할 수 있다.

나머지 저항과 캐패시터는 SLA7024 의 기본 회로이다.

예전에는 모터클럭 생성부와 증폭부 모두를 하드웨어 적으로 구성하였으니 모터클럭 생성부의 경우 마이크로 컨트롤러에서 소프트웨어적으로 구현이 가능하기 때문에 여기서는 증폭부만을 하드웨어로 구성하고 아래 MCU F/W 파트에서 모터구성을 위한 신호를 소프트웨어적으로 구현하도록 한다.

부품 List

Part	Reference	Quantity
470pF	C201,C202,C205,C206	4
2200pF	C203,C204,C207,C208	4
10uF	E201	1
Pin Header 6P 2.54	J202,J201	2
Pin Header 5X2 2.54	J203	1
Pin Header 2P 2.54	J205,J204	2
가변저항 500 Ohm	R201	1
47KR	R202,R203,R208,R209	4
2.2KR	R204,R206,R210,R212	4
1R (1 Watt)	R205,R207,R211,R213	4
SLA7024M	U201,U202	2

5. MCU F/W 프로그래밍

```
step      : 현재 모터를 위한 출력값

switch(step){
    case 0x03 : step = 0x06;  break;
    case 0x06 : step = 0x0c;  break;
    case 0x0c : step = 0x09;  break;
    case 0x09 : step = 0x03;  break;
    default   : step = 0x03;  break;
}

step      : 다음 모터 출력
```

위의 루틴을 한번 실행할 때마다 모터가 1.8° 회전한다.

이 루틴을 Timer 인터럽트 루틴에서 실행하면 모터가 타이머 속도에 맞게 돌아가게 된다. 위 루틴을 응용하여 모터를 돌려본다. 먼저 Main 함수에서 Delay 를 적당히 주고 모터를 회전시킨다.

```
void main (void)
{
    char step = 0;
    while(1){
        step = nextMotorCLK(step);           // 위의 switch case 문을 응용해서 작성
        PORTD = step;                        // PORTD 에 출력 신호가 연결 되었었다.
        Delay(100);
    }
}
```

지금까지는 모터 회전을 확인하기 위한 단계이다. 모터구동 회로가 정상적으로 제작 되었는지 모터는 정상적으로 동작하는지 등을 확인 하기 위하여 작성하였다.

다음 단계로 **Timer Interrupt** 를 이용하여 모터를 구동 해야 한다. 타이머 인터럽트에 관련된 사항을 학습하여 테스트 해보도록 한다.

6. Epilogue

예전에는 앞에서 설명한 Logic 부를 IC(L297)로 하드웨어적으로 구성하였다. 하지만 요즘은 Firmware로 스텝을 만들어 모터 클럭 생성부를 거치지 않고 증폭부로 바로 데이터를 출력한다. 하드웨어와 소프트웨어가 적절히 역할 분담을 하는 것이다.

1-2상 여자 방식이 한클럭에 이동하는 각이 가장 작아 모터가 부드럽게 회전하기 때문에 1-2상 여자 방식으로 구동을 하는 것이 좋다.