

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론, 마이크로컨트롤러1. 2, 디지털공학, 센서 및 계측, 자동화시스템, 마이크로프로세서	소요시간	2시간
제 목	각종 기초장비 사용법		
개 요	실험실습에 사용하는 멀티테스터, 전원공급기 및 브레드보드의 안전하고 정확한 사용법을 숙지한다.		
참 고 문 헌			

## 관련이론

### 1. 멀티 테스터

멀티테스터는 기본적으로 전압(AC, DC), 전류(AC, DC) 및 저항의 측정을 기본으로 하고 기타 해당 모델마다 다양한 물리량(온도, 광도, 소음 등)을 측정할 수 있는 기종이 출시되어 있다. 본 문서에서는 전압, 전류, 저항의 측정하는 방법과 주의사항을 포함한다.

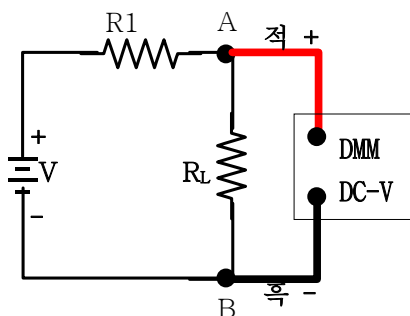
#### <일반사항>

1. 먼저 전원 스위치(적색버튼)를 켜다. (사용하지 않을 때는 스위치를 다시 눌러 전원을 꺼 주어 전지소모를 줄임)
2. 테스터의 검은색 리드선은 COM에 연결하고, 빨간색은 오른쪽 단자에 연결.(일반적으로 왼쪽 mA, 10A 단자는 전류측정에 사용.)
3. 측정대상에 따라서 선택스위치를 돌려서 맞춘다.(전압, 전류, 저항, 다이오드 극성구분, 회로의 단락파악 등.)
4. 직류, 교류를 선택한다. 직류를 측정할 때는 극성을 주의. (빨간색은 +선에, 검은선은 -선)
5. 측정값 표시를 계속 유지하려면 위쪽 HOLD 버튼을 누른다.



#### (1) 직류전압(DC V)의 측정

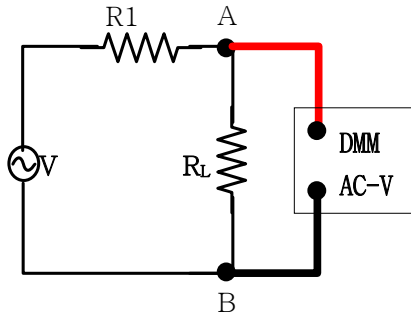
전압측정은 측정하고자 하는 전압원에 리드봉을 병렬로 접속하여 측정한다.



- ① 선택 스위치를 DC V에 놓는다. 측정하려는 전압 스케일을 대강 알 경우에는 해당하는 측정범위 눈금에 선택 스위치를 돌리고, 만일 측정하려는 전압의 크기 정도를 알지 못할 경우 가장 큰 눈금위치로 돌려놓는다.
- ② 그림과 같이 저항 RL 양단의 직류전압을 측정하는 경우, 적색 리드선(+단자)은 전압의 높은쪽(점A)에 접속하고 흑색 리드선(-단자)은 전압의 낮은쪽(점B)에 접속. 만일 극성을 반대로한 경우에는 -전압이 측정 된다.

③ 측정값의 오차가 클 때는 선택 스위치를 한 단씩 내려 측정 레인지를 맞추어 읽는다.

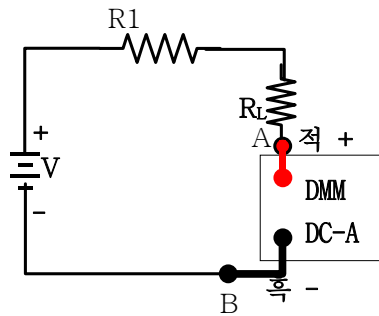
## (2) 교류전압(AC V)의 측정



- ① 선택 스위치를 AC V에 놓고 직류전압을 측정하는 방법과 동일하게 측정한다. 다만 이때는 +, - 극성을 구별할 필요는 없다.
- ② 교류 전압을 나타내는 물리량으로는 평균값, 실효값, 최대값 등이 쓰이고 있으며 멀티미터로 측정되는 물리량은 실효치이다.  
실효값이란 교류, 전류, 전압이 발생하는 주울(joule) 열과 동일한 크기의 열량을 발생하는 직류전류, 전압의 크기를 의미한다.

$$\text{최대값} = \text{실효치} \times \sqrt{2}$$

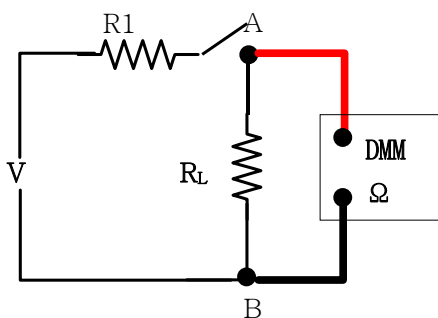
## (3) 직류전류(DC A)의 측정



- ① 전류 측정시에는 반드시 회로와 직렬로 연결시켜야 한다. 선택 스위치를 DC A로 돌려놓고 적색 리드선을 mA로 표시가 되어있는 단자에 연결한다.
- ② 측정하려는 전류를 알지 못하는 경우에는 반드시 스위치를 최대 전류 레인지에 놓은 후 전압이 높은 쪽(A 점)에 적색 리드선 (+단자)을, 낮은 쪽(B점)에 흑색 리드선 (-단자)을 접촉시켜 측정한다.

③ 큰 전류를 측정하고자 할 때에는 적색 리드선을 별도로 만들어져 있는 10A 단자에 연결하고 선택 스위치를 10A로 맞추어 측정한다.

## (4) 저항(Ω)의 측정

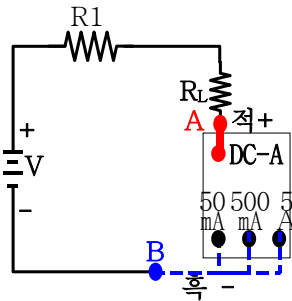


- ① 선택 스위치를 저항레인지의 적당한 곳에 놓는다.
- ② 적색 리드선과 흑색 리드선을 접촉하여 단락시키고 저항값이 "0"이 되는지 확인한다.
- ③ 두 측정 리드선을 저항의 양 단자에 접속시킨다. 이때의 저항은 반드시 독립된 저항이어야만 한다. 회로에 붙어 있는 저항의 값을 측정하고자 할 때는 반드시 저항의 한 쪽 단자를 회로에서 자르고 난 뒤 그 저항을 측정해야 한다.

④ 저항을 측정한 후에는 반드시 선택 스위치를 저항 레인지 이외의 위치로 옮겨 놓아야 한다.

## 2. 직류 전류계

전류계는 0~5A까지의 직류 전류를 측정할 수 있는 전류계로 측정범위는 0~50 mA, 500mA, 5A의 3개의 구간으로 나누어져 있으며 측정 범위에 맞는 구간을 선택해서 측정한다.



- ① 전류는 회로에 직렬로 연결해서 측정한다.
- ② 전류를 측정하고자 하는 회로를 차단한다.
- ③ 차단한 회로의 +쪽에 전류계의 적색 단자를 연결한다.
- ④ 차단한 회로의 다른 쪽에 측정하고자 하는 범위에 맞춰서 흑색 단자중 한 곳과 연결한다,
- ⑤ 측정범위를 모를 경우 5A단자에서 측정하고 점차적으로 아래 구간으로 내려와 측정하고 정확한 값을 읽는다.

## 3. 직류전원공급장치

- 2 Ch.의 0~30V, 5A의 전원을 공급할 수 있다.
- 1Ch.의 5V, 3A고정 출력

※ 사용 시 주의사항  
; (+)단자와(-)의쇼트가 발생하도록 항상 주의

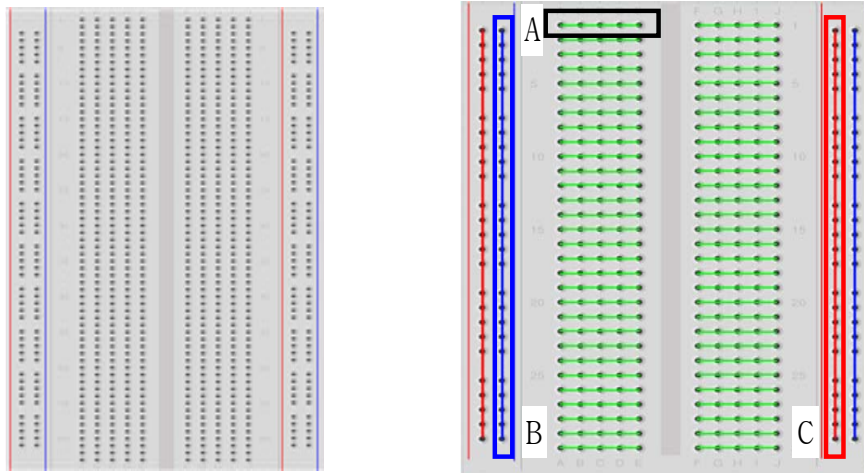
- 회로 및 전자 장비에 Power Supply를 이용하여 전원 공급 시 순서
  - ① 연결 전, 회로 입력 전압을 필히 체크
  - ② 회로에 전원 공급 전에 Power Supply전압 세팅 후 Power Supply전원 OFF.
  - ③ 회로와 Power Supply 연결 후, Power Supply전원 ON



## 4. 브레드보드

전자회로의 시제품을 만들때 납땜을 사용하지 않고 천공된 보드에 부품을 삽입하여 연결해 주는 기판

### 1) 브레드보드의 외형 및 내부구조



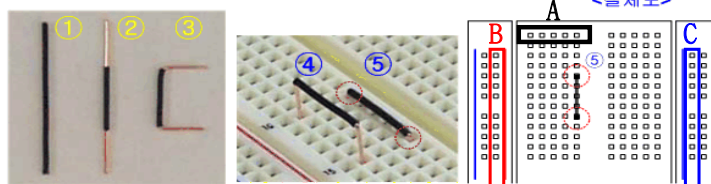
보드에 부품을 삽입하여 납땜 없이 회로를 구성하고 시험해 볼 수 있는 기판.

- ① 수많은 구멍들이 각각의 노드(Node)로 구성되어 있습니다.
- ② 사각형 A와 같이 5개의 구멍은 Short되어 있어 하나의 노드이다. 일반적으로 부품을 꼽는 영역이다.
- ③ 사각형 B, C는 사각형 모양대로 각각 Short되어 있어 하나의 노드이다. 일반적으로 Vcc와 GND로 사용.
- ④ 각 부품의 단자간 연결은 점퍼선을 이용하여 연결한다.

### 2) 점퍼선 연결

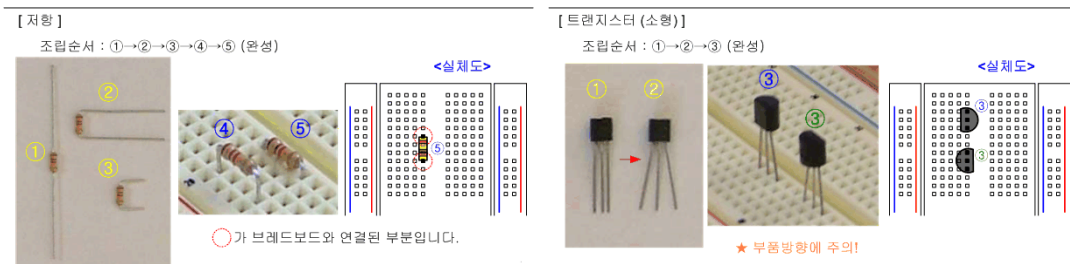
각 부품의 연결은 점퍼선이라고 불리는 가는 단선의 구리선을 그림과 같이 사용한다.

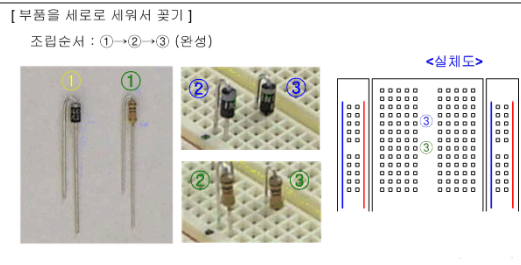
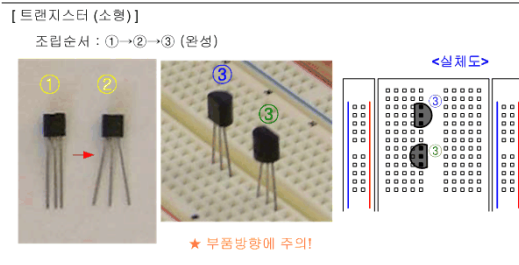
조립순서 : ①→②→③→④→⑤ (완성)



### 3) 부품연결

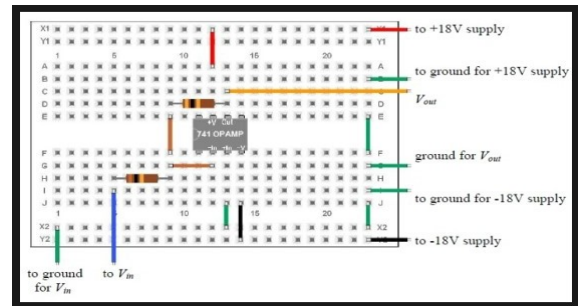
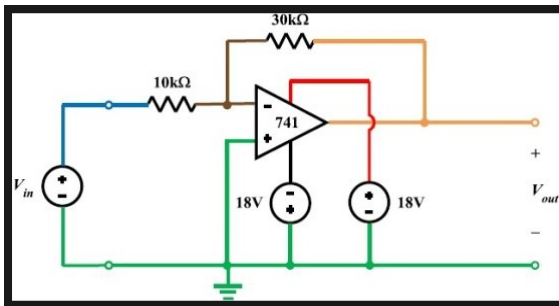
각 부품은 리드선을 적당히 구부려 그림과 같이 연결한다.



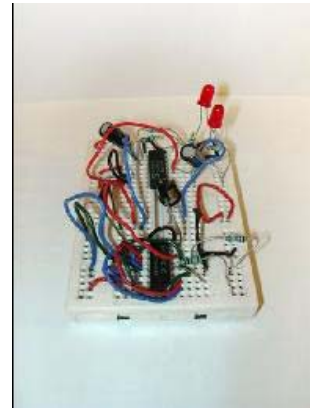
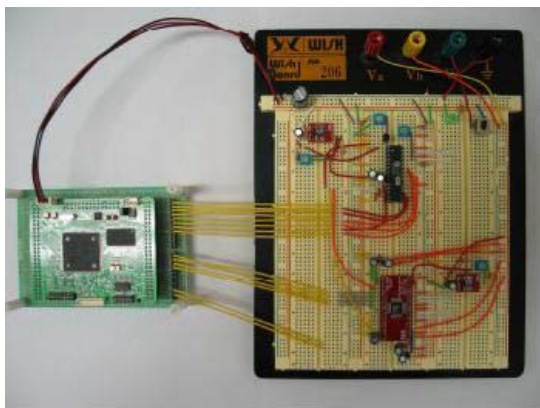


<그림출처 : <http://binworld.kr/13>>

실사용 예



<그림출처 : <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=seo0511&logNo=10133668304>>



과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	저항과 전압 측정		
개 요	저항의 단위를 정의하고 컬러코드와 라벨로 저항값을 읽는 방법을 배운다. 저항회로의 저항값과 전압을 측정하는 방법을 배운다.		
참고문헌			

**관련이론**

1. 저항이란?

저항(Resistance)은 전류의 흐름을 방해하는 소자.

2. 저항의 단위 :

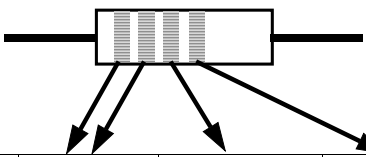
레지스턴스 ( $R=V/A[\Omega]$ , Ohm) ==> 전류가 잘 흐르지 못하는 정도

1 $\Omega$ 은 1V의 전압이 인가된 도체에 1A의 전류가 흐를 때 존재하는 저항값

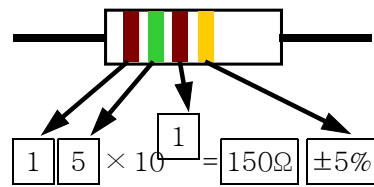
컨덕턴스 ( $G=1/R[S]$ , Siemens) ==> 전류가 잘 흐르는 정도

3. 저항의 용량표시

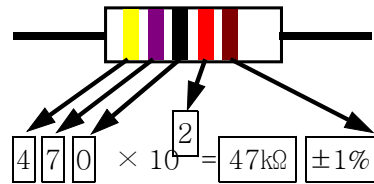
(1) 컬러코드



색상	유효수자	승수(10 <sup>x</sup> )	허용오차
흑색	0	0(1)	-
갈색	1	1(10)	±1%
적색	2	2(100)	±2%
등색	3	3(1K)	±3%
황색	4	4(10K)	±4%
녹색	5	5(100K)	-
청색	6	6(1M)	-
자색	7	7(10M)	-
회색	8	-	-
백색	9	-	-
금색	-	-1(0.1)	±5%
은색	-	-2(0.01)	±10%
무색	-	-	±20%

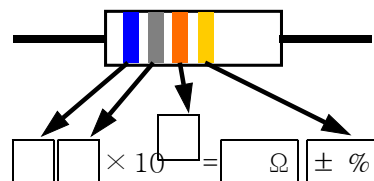


일반저항 (컬러 띠가 4개)



고정도 저항 (컬러 띠가 5개)

컬러 코드 일기 예



## (2) 라벨로 표시

### 숫자 라벨링

3자리 숫자와 1자리의 알파벳 문자로 구성.

이 경우 앞의 2자리는 유효자리수이고 뒤의 1자리는 10의 지수 승(0의 개수)이며 문자는 허용오차를 나타낸다.

EX) 502 J ==>  $50 \times 10^2 = 5k\Omega \pm 5\%$

### 영/숫자 라벨링

숫자와 문자를 포함하여 3~4개의 문자로 표시된다.

2~3자리의 숫자와 R, K, M중의 하나의 문자와 결합하여 표시

EX) 470 ==> 47 $\Omega$ , 5R1 ==> 5.1 $\Omega$ , 68K ==> 68k $\Omega$ , 4K7 ==> 4.7k $\Omega$ , 1M ==> 1M $\Omega$   
 56KJ ==> 56k $\Omega \pm 5\%$ , 4K7G ==> 4.7k $\Omega \pm 2\%$

### 저항의 허용오차 기호

기호	A	B	C	D	F	G	J	K	M	N
허용오차 (%)	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.25$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 30$

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	오옴의 법칙과 전력		
개 요	전압(V), 전류(I), 저항(R)의 함수 관계를 이해한다. 에너지와 전력의 관계를 이해한다.		
참고문헌			

**관련이론**

1. 기본적인 물리량

전압(Voltage, V) : 전하를 움직이는데 필요한 에너지의 크기

$$V = \frac{W}{Q}, (J/C)$$

V = 전압(단위 : V)  
 W = 에너지 (단위 : J)  
 Q = 전하 (단위 : C)

전류(Current, A) : 단위시간동안 한 점을 지나는 전하의 양

$$I = \frac{Q}{t}, (C/S)$$

I = 전류 (단위 : A)  
 Q = 전자의 전하 (단위 :C)  
 t = 시간 (단위 : 초)

저항(Resistance, Ω) : 전류의 흐름을 방해하는 크기

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

R : 도체의 저항,      ρ : 도체의 고유저항  
 l : 도체의 길이,      A : 도체의 단면적

※ 컨덕턴스  $G = \frac{1}{R} S(simens)$

표 2.1 상온에서의 여러 재료의 저항률

Material	Resistivity (Ω-m)
Aluminum	$2.733 \times 10^{-8}$
Copper	$1.725 \times 10^{-8}$
Gold	$2.271 \times 10^{-8}$
Iron	$9.98 \times 10^{-8}$
Nickel	$7.20 \times 10^{-8}$
Platinum	$10.8 \times 10^{-8}$
Silver	$1.629 \times 10^{-8}$
Carbon	2.7

2. 오옴의 법칙

전압, 전류, 저항의 관계

$$I \propto V \implies I = \frac{1}{R} V$$

V, I, R 의 관계

$$R = \frac{V}{I}, \quad I = \frac{V}{R}, \quad V = IR$$



### 3. 저항에서 소비되는 전력

전력(Power, W) : 단위 시간당 사용된 전기에너지

$$\text{전력} = \frac{\text{에너지}}{\text{시간}} = \frac{\text{에너지}}{\text{전하}} \times \frac{\text{전하}}{\text{시간}} = \text{전압} \times \text{전류}$$

$$P(W) = \frac{W}{t} = \frac{W}{Q} \times \frac{Q}{t} = V \times I$$

P, V, I, R의 관계

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad , \quad \begin{array}{l} 1W=1J/s \\ 1Wh = 3600 J, \quad . 746W = 1 HP \end{array}$$

$$\begin{aligned} \ast \text{ 전력량(Wh)} &= \text{전력} \times \text{시간} \\ &= \text{전압} \times \text{전류} \times \text{시간} \end{aligned}$$

### 4. 저항의 전력 정격

- 전력 정격은 저항이 과열로 손상을 입지 않고 소비할 수 있는 최대 전력
- 전력 정격은 물리적 구성, 크기, 저항의 형태 등에 의해 결정된다.
- 대부분의 조건이 같으면, 저항의 표면적이 넓을수록 소비되는 전력이 커진다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	직렬 저항회로설계		
개 요	지정된 조건(저항, 전류-전압, 전류-저항)을 만족하는 직렬회로를 설계한다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 직렬저항 회로의 합성저항

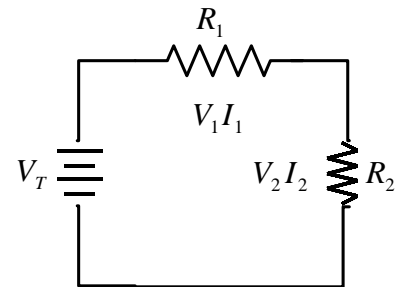
직렬회로에서 전류 흐름 경로는 하나로 각 저항에 흐르는 전류는 같다.

$$\Rightarrow I_T = I_1 = I_2$$

전체 전압은  $V_T = V_1 + V_2$

$$\Rightarrow \text{Ohm의 법칙 적용 } R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 = (R_1 + R_2) I_T$$

합성저항은  $R_T = R_1 + R_2$



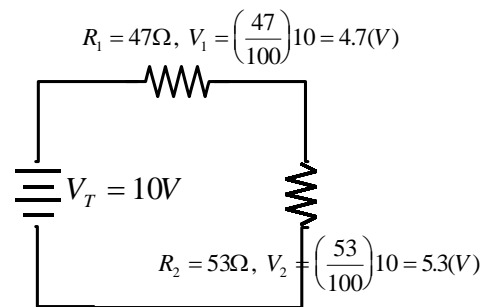
N개의 직렬연결 합성저항  $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_N = \sum_{n=1}^N R_n$

### 2. 전압분배의 법칙

N개의 직렬연결 저항회로에서 저항 n에 걸리는 전압

$$V_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \dots + R_N} V_T = \frac{R_n}{R_T} V_T$$

직렬 회로에서 어느 특정 저항에서의 전압 강하는 합성 저항에 대한 특정 저항의 비에 전원 전압을 곱한 것과 같다.



### 3. 직렬회로의 설계

1) 지정된 저항 조건을 만족하는 직렬회로 설계

$\Rightarrow$  직렬 연결된 총 저항  $R_T$ 는 각 각의 저항의 합과 같다.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

2) 지정된 전압(V)과 전류(I) 조건을 만족하는 직렬회로 설계

$\Rightarrow$  옴의 법칙을 이용하여 지정된 전압과 전류 조건을 만족하는 저항  $R_T$  값을 구

하고  $R_T$ 에 해당하는 저항의 조합을 구한다.

$$R_T = \frac{V}{I}, \quad R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3) 지정된 전류( $I$ )와 저항( $R_T$ )조건을 만족하는 직렬회로 설계

==> 저항의 합이  $R_T$ 가 되는 저항의 조합을 구한다.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

==> 주어진  $I$ 와  $R_T$ 값을 오옴의 법칙에 대입하여 전압을 구한다.

$$V = I \times R_T$$

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	병렬 저항회로설계		
개 요	지정된 조건(저항, 전류-전압, 전류-저항)을 만족하는 병렬회로를 설계한다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 병렬회로의 합성저항

각 저항에 걸리는 전압은 같다.  $V_T = V_1 = V_2$

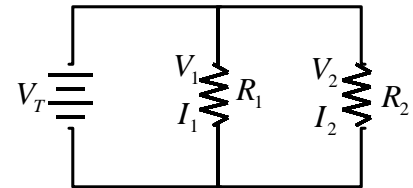
하나 이상의 전류 흐름으로  $I_T = I_1 + I_2$

Ohm의 법칙 적용  $V_T/R_T = V_1/R_1 + V_2/R_2$

합성저항은

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$\therefore R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



N개의 병렬연결 합성저항  $R_{eq} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_N}$

### 2. 전류분배의 법칙

N개의 병렬연결 저항회로에서 저항 n에 흐르는 전류

$$i_n = \frac{1/R_n}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n + \dots + 1/R_N} i_T$$

### 3. 병렬회로의 설계

- ① 회로에서 요구되는 저항값  $R_T$ 가 사용 가능한 가장 작은 저항값보다 작은 경우에는 2개 이상의 저항기들을 병렬 연결해서 원하는 값으로 근사시킬 수 있다. 이를 위해서는  $R_T$ 보다 약간 큰  $R_1$ 을 선택한 후 다음과 같은 저항식을 사용하여  $R_T$ 를 만족시키는 저항  $R_2$ 를 구한다.

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}, \text{ 여기서 미지의 저항 } R_2 = \frac{R_1 \times R_T}{R_1 - R_T} \text{ 로 구할 수 있다.}$$

만약 2개의 저항기의 병렬결합으로  $R_T$ 가 얻어지지 않으면 3개 4개의 저항기를 사용하여 위의 과정을 반복한다.

저항값  $R_1$ 을 갖는 저항기  $n$ 개를 병렬 연결했을 때의 등가저항  $R_T = \frac{R_1}{n}$

- ②  $R\Omega$ 을 갖는 회로에  $I$ A의 전류를 공급하기 위해서 필요한 전압  $V$ 는 오옴의 법칙에 의해서 구한다.

$$V = I \times R$$

- ③ 전압원  $V$ 에 의해  $I$ A의 전류가 흐르는 저항 $R$ 을 구하려면 오옴의 법칙을 이용하여

$$R = \frac{V}{I} \text{ 구한다.}$$

이때 저항값  $R$ 을 갖는 저항기를 사용할 수 없을 경우에는 적절한 저항기들의 직 병렬 연결을 사용한다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	키르히호프의 법칙		
개 요	저항 회로에 의한 전압, 전류 분배와 키르히호프의 법칙을 이해한다.		
참고문헌			

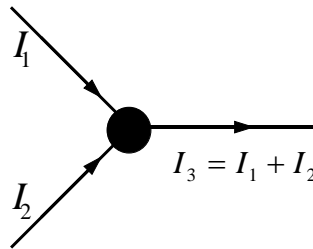
## 관련이론

### 1. 키르히호프 1법칙(전류법칙 KCL: 전하량보존)

**1법칙(전류법칙 KCL : 분기점 정리, 노드 방정식)** : 분기점이란 3개 이상의 도선이 만나는 지점을 말한다.

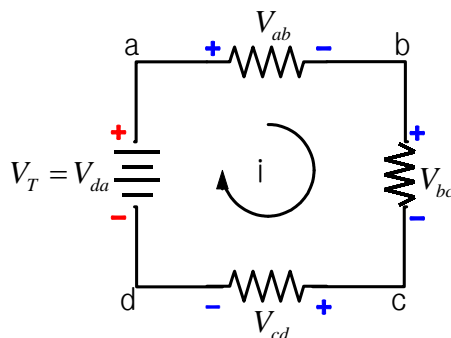
제1법칙은 전류가 흐르는 길에서 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다. 즉 「분기점으로 들어오는 전류의 합 = 분기점에서 나가는 전류의 합」 → 전하량 보존

$$\sum \text{유입전류} = \sum \text{유출전류}$$



### 2. 키르히호프 2법칙(전압법칙 KVL: 에너지보존)

「임의의 폐회로에 포함되는 기전력의 대수합은 그 폐회로에 포함되는 전압 강하의 대수합과 같다.」 → **에너지보존** (※ 전압강하의 부호는 전원 전압의 부호와 반대이다.)



$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0$$

$$\Rightarrow \sum V_{i,i+1} = 0$$

$V_{i,i+1} > 0$ : 전압이 증가할 때

$V_{i,i+1} < 0$ : 전압이 감소할 때

직렬회로에서 키르히호프의 전압법칙을 이용하여 미지의 전압과 저항을 구할 수 있다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	휘스톤브릿지 회로		
개 요	측정회로에 널리 사용되는 휘스톤브릿지 회로에 대해 이해하고 미지의 저항을 측정한다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 휘스톤브릿지

휘스톤브릿지는 미지의 저항값을 보다 정밀하게 측정하는 장치, 전지 E의 두 극에 저항 R1, R2 와 가변저항 R3를 연결하여 미지의 저항 R4를 측정하기 위하여 가변저항을 조절하여 검류계에 전류가 흐르지 않을 때, C점과 D점의 전위가 같아진다.

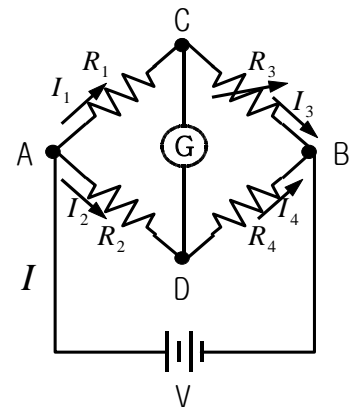
이때  $I_1 = I_3, I_2 = I_4$ 이므로

$$V_C = V_D, I_1 R_1 = I_2 R_2, \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_4, \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}, R_1 R_4 = R_2 R_3 \implies \text{마주보는 저항을 곱한 값이 같다.}$$

$$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$



미지의 저항( R4 )을 연결한 후 검류계의 바늘이 0이 되도록 하여 마주보는 저항의 값을 곱해주면 미지의 저항 값을 구할 수 있다.

CD 양단에 걸리는 전압  $V_C = \frac{R_3}{R_1 + R_3} V \quad V_D = \frac{R_4}{R_2 + R_4} V$

$$V_{CD} = V \left( \frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right)$$

#### <주의사항>

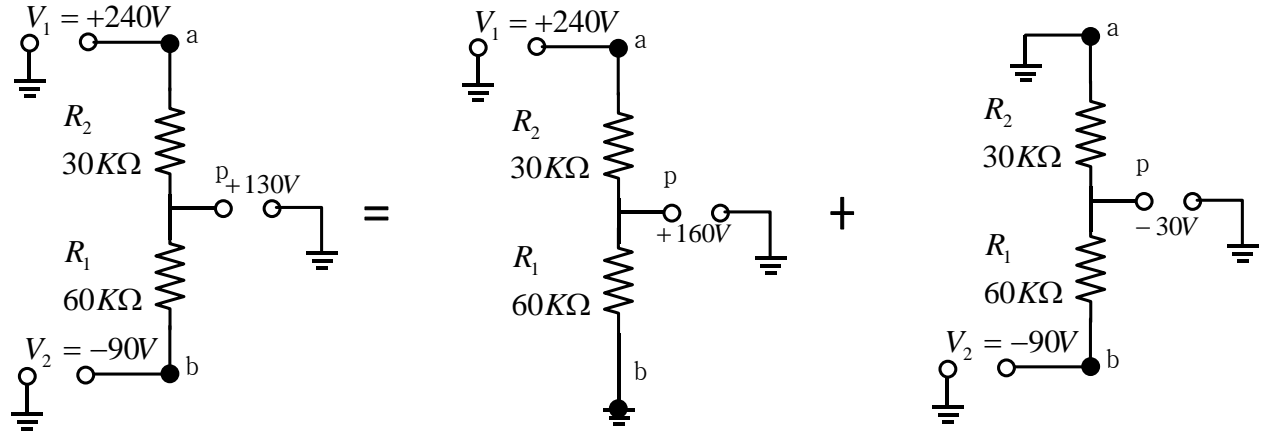
- ① 전류의 세기가 너무 크면 검류계로 0이 되는 점을 찾기가 매우 어렵고 전류가 너무 작으면 정확도가 떨어져 오차가 많이 발생하므로 직류 전원 공급 장치의 전압을 적절히 해야 한다. (3V ~15V 정도로 하는 것이 좋다)
- ② R1과 R2의 저항비가 너무 크지 않도록 R1 : R2를 1:2, 2:3, 1:3 정도 되도록 한다.
- ③ 검침봉과 와이어가 접촉이 잘 되도록 확실히 눌러 주어야 하지만, 이때 너무 많은 힘을 주면 와이어가 끊어지므로 조심해야한다.
- ④ 오차가 심할 경우 집게 전선의 저항 및 접촉 저항을 검사해 본다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	회로망정리(중첩, 데브난, 노턴)		
개 요	부품들이 임의의 형태로 조합된 회로를 해석하는데 회로망 정리를 이용하여 간단한 등가회로로 변환하여 직, 병렬 회로에 대한 법칙을 이용해서 회로를 해석하는 방법을 실험한다.		
참고문헌			

**관련이론**

1. 중첩의 정리

전류원이나 전압원에 관계없이 1개 이상의 전원을 가진 회로에서 어떤 요소의 전압 전류는 각각의 전원이 작용할 때의 전압 전류의 대수 합과 같다.



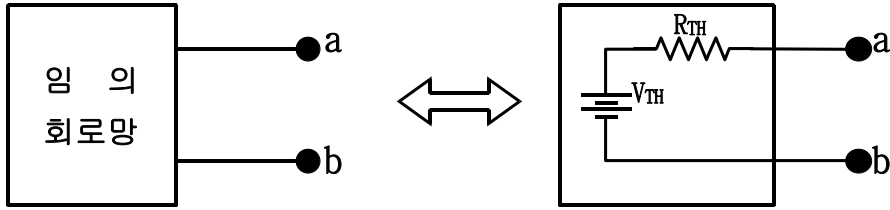
$$\begin{aligned}
 V_p &= V_{R1} + V_{R2} \\
 &= 160 + (-30) \\
 &= 130(V)
 \end{aligned}
 =
 \begin{aligned}
 V_{R1} &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_1 \\
 &= \frac{60}{30 + 60} \times 240 \\
 &= 160(V)
 \end{aligned}
 +
 \begin{aligned}
 V_{R2} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_2 \\
 &= \frac{30}{30 + 60} \times (-90) \\
 &= -30(V)
 \end{aligned}$$

중첩의 필요조건 : 모든 요소에 작용하는 전류와 전압은 선형이고 쌍방향성 이어야 한다.  
 쌍방향성(bilateral) : 전류의 크기는 전압의 극성이 바뀌어도 총합이 같다.

2. 데브난(Thevenin) 정리

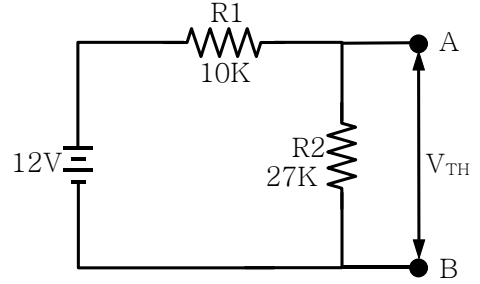
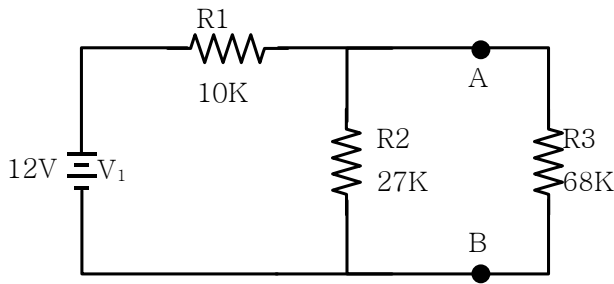
부하의 관점에서 보면 임의의 선형 2단자 회로망은 데브난 전압원  $V_{th}$ 와 내부저항  $R_{th}$ 의 직렬 연결된 등가회로로 대체될 수 있다.





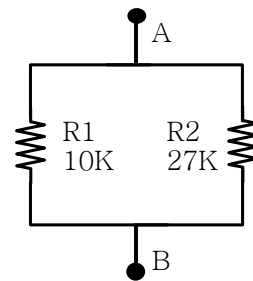
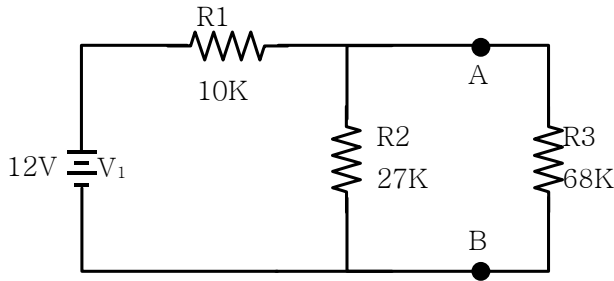
$V_{TH}$ 와  $R_{TH}$ 를 구하는 방법

- $V_{TH}$ 는 부하저항을 제거하고 그림의 AB에서 전압계로 측정되는 전압.



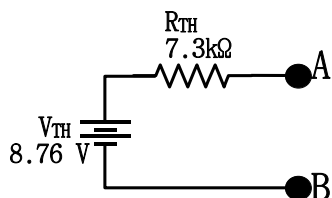
$$V_{TH} = V_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \frac{27}{10 + 27} = 8.76(V)$$

- $R_{TH}$ 는 회로에서 전압원을 단락시키고 내부저항으로 대체한 상태에서 개방된 부하 단자 양단의 저항.



$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{270}{37} = 7.3(K\Omega)$$

등가회로

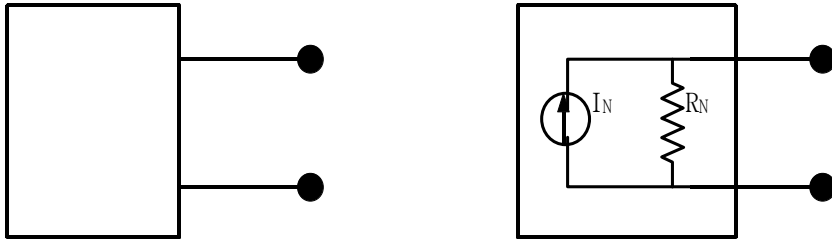


부하저항에 흐르는 전류

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} = \frac{8.76}{7.3K + 68K} = 0.116(mA)$$

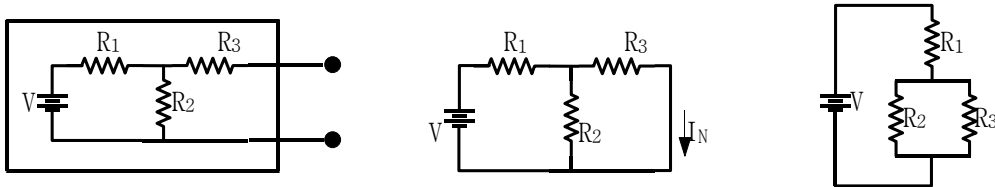
### 3. 노턴의 정리

부하의 관점에서 보면 임의의 선형 2단자 회로망은 하나의 전류원  $I_N$ 과 병렬로 연결된 하나의 등가저항  $R_N$ 으로 대체될 수 있다.



#### $I_N$ 와 $R_N$ 를 구하는 방법

$I_N$ 은 두 단자 사이를 단락시켰을 때 두 간자 사이에 흐르는 전류  $\Rightarrow$  R3에 흐르는 전류와 같다.



$$I_N = \frac{V}{R_T} \frac{R_2}{R_2 + R_3}, \quad R_T = \frac{(R_2 + R_3)V}{R_1(R_2 + R_3) + R_2R_3}$$

$$= \frac{VR_2}{R_1(R_2 + R_3) + R_2R_3}$$

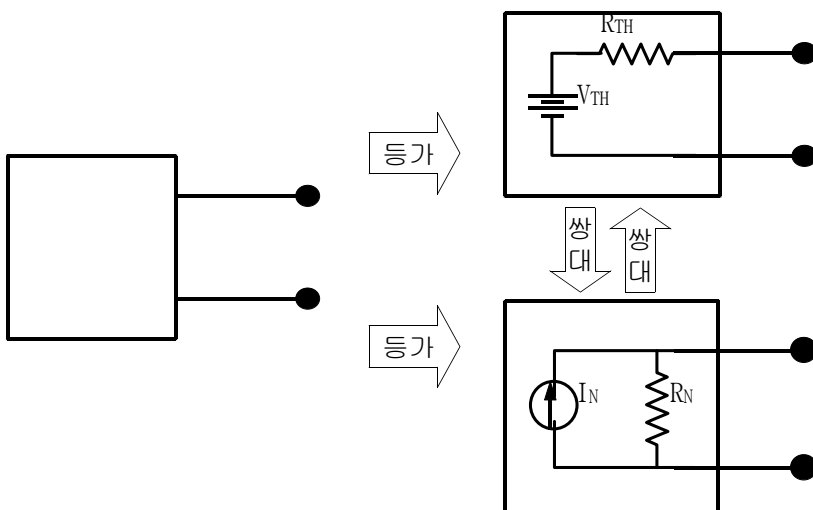
$R_N$ 은 테브난 등가회로의 등가저항( $R_{TH}$ )과 같은 방법으로 구한다. ( $R_N = R_{TH}$ )

### 4. 테브난 정리와 노턴의 정리의 관계

두 등가 회로는 서로 쌍대를 이루고 있으며 동일한 회로망에 대하여 단자를 개방했을 때의 단자전압V와 단자를 단락시킨 단자전류 I가 서로 같아야만 한다.

$$V = V_{TH} = I_N \times R_N, \quad R_N = R_{TH}$$

$$I = \frac{V_{TH}}{R_{TH}} = I_N$$



과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론, 마이크로컨트롤러1. 2, 디지털공학, 센서 및 계측, 자동화시스템, 마이크로프로세서	소요시간	2시간
제 목	오실로스코프와 함수발생기 사용법		
개 요	교류회로 실험에서 사용하는 함수발생기와 오실로스코프의 안전하고 정확한 사용법을 숙지한다.		
참 고 문 헌			

## 관련이론

### 1. 함수발생기

- 낮은 전압 레벨의 다양한 교류(정현파, 삼각파, 구형파)를 발생해주는 장비.
- 진폭(전압)과 주파수의 조정이 가능하다.



- 파형선택 단자 : 정현파, 삼각파, 구형파 선택.
- 주파수 범위 선택 단자 : 1, 10, 100, 1K, 10K, 100K, 1M.
- 주파수 조정 다이얼 : 다이얼을 조정하면, 주파수 범위 0~2 X 주파수범위 내에서 주파수를 결정.
- SWEEP 발진 : 단자를 당기면 내부 SWEEP가 선택되고, 반시계 방향으로 돌리면 SWEEP 폭이 최소 로 되며, 시계방향으로 돌리면 SWEEP 폭이 최대로 된다. 최대 SWEEP 폭을 얻기 위해서는 주파수 다이얼의 눈금을 최소로 설정.
- SWEEP비 조절 : 내부 SWEEP 발진기의 SWEEP비 (또는 SWEEP 주파수)를 조절할 때 사용.
- 진폭(AMPLITUDE) 조절 : 단자를 조정하여 출력신호의 진폭을 조절.
- DC OFFSET : 단자를 당기면 신호에 DC 전압이 인가됩니다. 시계방향을 돌리면 양(+) 전압이 더해지고, 반시계방향으로 돌리면 음(-) 전압이 더해진다.
- 대칭성(SYMMETRY) 조절 : 단자를 당긴 후 회전시키면, 원하는 출력의 비대칭 파형을 얻을 수 있다.

누름/당김 파형/회전	누름	당김		
		중심	반시계 방향	시계 방향
구형파				
삼각파				
정현파				
TTL-LEVEL과				

## 2. 오실로스코프

시간의 변화의 따라 전기적인 신호들의 크기가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 장치.(전압-시간 (V-t) 그래프를 나타내는 장비), 수직축 즉 Y-축은 전압축, 수평축 즉 X-축은 시간축이다.



### <사용방법>

1. 전원 스위치를 ON
2. CAL : 교정 전압 신호(0.5 Vp-p 1 kHz 사각파형) 출력. ==> 프로브 교정용.
3. 채널선택 : 측정할 채널 선택하고 프로브의 감쇠 및 커플링을 선택한다.

일반적으로 프로브 감쇠는 X10으로 설정하고 커플링은 측정하고자 하는 신호에 따라 선택한다.

### Coupling

DC : DC+Signal(AC)을 모두 포함한 성분의 원래 신호 표시한다.

AC : 입력 신호 중에서 DC를 제거하고 AC-signal 신호만 그린다.

Ground : 모든 신호를 제거하고 GND를 화면에 표시한다. 이것은 GND가 어디인지와 신호의 위치를 옮기기 위한 'POSITION'의 돌릴 때 쉽게 보이도록 한다.

4. VOLTS/DIV : 화면상의 세로축(Y축)의 전압범위를 설정.
5. 수직위치 : 파형의 수직위치 조정.
6. SEC/DIV : 화면상의 가로축(X축)의 시간범위를 설정.=>파형이 가로축으로 확대, 축소.
7. Trigger Level : 파형이 계속 출렁거리거나 겹치게 나올 경우 Trigger 입력신호와 Level 을 조절.

TRIG MENU를 선택하면 화면 오른쪽에 메뉴들이 나타난다.

① 유형(Type)

Edge : 신호가 변화가 생기는 것을 엷지라고 한다. 디지털 클럭의 신호에서 0에서 1로 변화는 순간을 엷지라고 한다. 반대로 1에서 0으로 바뀌는 것도.

PULSE : 짧게 신호가 변하는 것을 말한다. 0으로 유지되던 신호가 1의 신호가 짧게 나오다면 펄스라고 한다.

② 신호원(Source) : 트리거 신호를 얻는 채널을 설정한다.

CH1 : 1채널의 신호를 부터 트리거 신호를 추출.

CH2 : 1채널의 신호를 부터 트리거 신호를 추출.

Ext : 프로브 'EXT TRIG'로 부터 입력되는 신호로 부터 트리거를 추출. 따라서 이것은 측정 신호와는 별도로 이 프로브에 트리거 신호를 연결해 주어야 한다.

AC Line : 전원의 신호로 부터 트리거를 추출. 우리나라의 경우 AC220V 60Hz 이므로 이것으로부터 트리거를 얻는다.

③ 경사(Slope) : 트리거 신호를 얻는 채널을

상승(Rising) : 트리거 신호가 낮은 전압에서 높은 전압으로 전환 될 때

하강(Falling) : 트리거 신호가 높은 전압에서 낮은 전압으로 전환 될 때

④ Mode : 트리거 방식에 따라 신호를 표시하는 방법을 선택.

Auto : 트리거 신호에 상관없이 계속적으로 신호를 그릴 때.

트리거 신호가 있다면 정해진 레벨을 사용하여 그고, 트리거 신호가 없다면 내부에서 트리거 시작 신호를 만들어 주기적으로 신호를 그린다.

Normal : 트리거 신호가 나타나면 계속 신호 그림.

트리거 신호가 없다면 그냥 무한정 기다린다. Auto와 다른 점은 트리거를 기다리므로, 트리거 신호가 없다면 신호를 표시하지 않는다.

※ 'SINGLE SEQ'와 'Run/Sop'키의 조합으로 싱글모드로 신호 잡는 것이 가능하다.

⑤ Coupling : 트리거 신호에서 DC 성분을 제거하고 AC 성분만을 가지고 트리거 레벨의 전압을 결정.

DC(AC+DC성분 포함) : 트리거 신호에서 트리거 전압을 결정 할 때 DC성분을 포함한 신호 전압과 비교하여 트리거 발생

AC(DC 성분제거) : 트리거 신호에서 DC 성분을 제거하고 AC 성분만을 가지고 트리거 전압을 결정.

8. Measure : 화면상에 나타난 파형의 물리량의 값을 화면에 출력.

위의 모든 사항(4,5,6,7번)은 일반적인 방법이고 가장 간단한 방법은AUTO SET버튼을 눌러 주면 자동으로 전압 및 시간이 적당하게 Setting됩니다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	교류회로에서 캐패시터의 특성과 RC 회로 특성		
개 요	캐패시터의 직, 병렬 연결에서 총 캐패시턴스를 구하고 RC회로와 CR회로의 특성 및 시정수에 대해서 안다.		
참고문헌			

**관련이론**

1. 캐패시터의 구조와 정전용량(Capacitance)

두 개의 전극판 사이에 유전체를 넣고 전압을 가하면 그림과 같이 분극작용에 의하여 전극에는 정전기가 축적된다.

축적된 전하량은

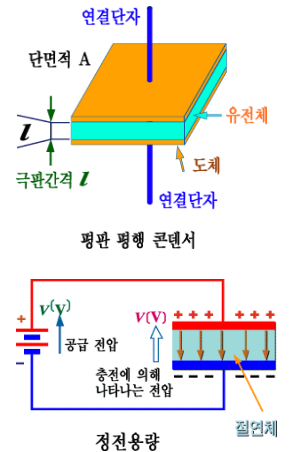
$$Q \propto V \implies Q=CV \text{ [C, Coulomb]}$$

캐패시터의 정전용량은 C는 전극이 전하를 축적하는 능력의 정도를 나타내는 상수로서 유전체의 유전율  $\epsilon$  과 전극의 면적 A 에 비례하고 전극사이의 거리에 반비례한다.

$$C = \epsilon \frac{A}{l} \text{ [F, Farad]}$$

$$1[\mu\text{F}] = 10^{-6}[\text{F}], 1[\text{nF}] = 10^{-9}[\text{F}], 1[\text{pF}] = 10^{-12}[\text{F}]$$

1[F] : 두 도체 사이에 1[V]의 전압을 가하여 1[C]의 전하가 축적된 경우의 정전 용량.



2. 캐패시터의 표시방법

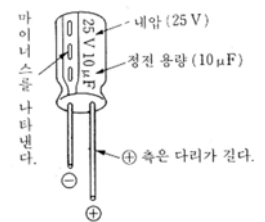
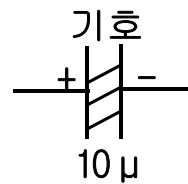
알루미늄 전해캐패시터

용량 :  $\mu\text{F}$ 의 단위로 표면에 인쇄.

극성 : 구별을 위해 (-) 표시가 인쇄.

직류 전압이 높은 쪽에 (+) 접속

내압은 사용할 전압의 2~3배로 한다.



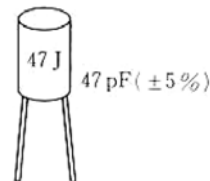
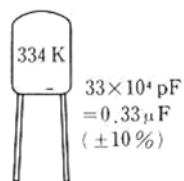
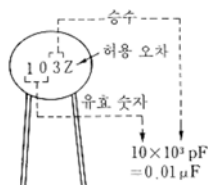
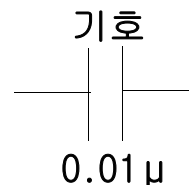
세라믹 캐패시터, 필름 캐패시터

용량 : 3자리 숫자로 표시.

단위 : pF

극성 구별이 없다.

소 용량의 것이 많다.



캐패시터의 용량 허용 오차

기호	A	B	C	D	F	G	J	K	M	N	Z
허용오차 (%)	±0.05	±0.1	±0.25	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	±30	+80 -20

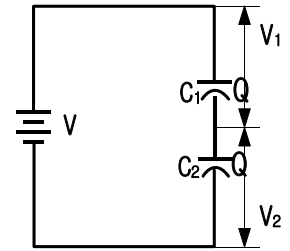
3. 커패시터의 접속

(1) 직렬연결

각 캐패시터에 축적된 전하량 Q는 정전유도작용에 의해 같다.

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad \Rightarrow \quad V = V_1 + V_2 = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) Q = \frac{1}{C_T} Q$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



(2) 병렬연결

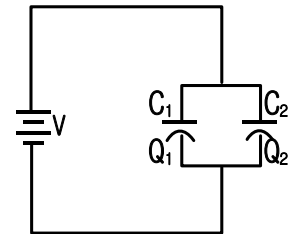
캐패시터에 걸린 전압은 동일하며

전하량은 각각

$$Q_1 = C_1 V, \quad Q_2 = C_2 V \quad \Rightarrow \quad Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = C_T V = (C_1 + C_2) V$$

$$C_T = C_1 + C_2$$



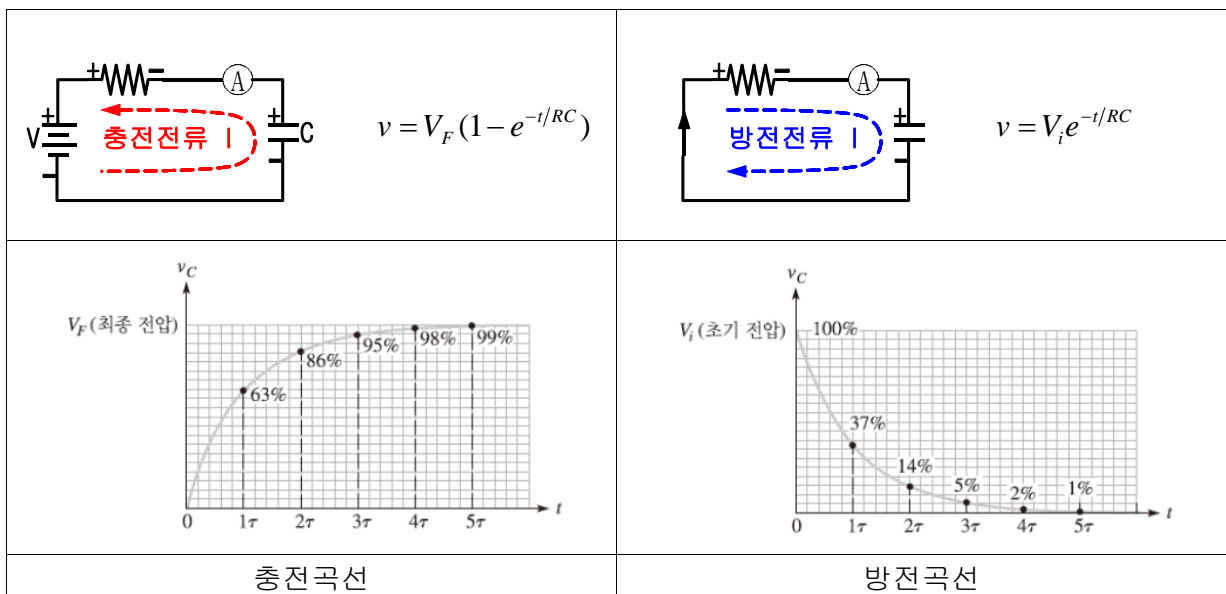
4. 정전 에너지

캐패시터에 저장되는 에너지 :  $W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$  [J, Jule]

5. 캐패시터의 직류 특성

캐패시터는 일정한 전압에 대해 개방회로로 동작한다. ==> DC성분 차단

캐패시터는 순간적으로 변화하는 전압에 대해 단락회로로 동작한다.

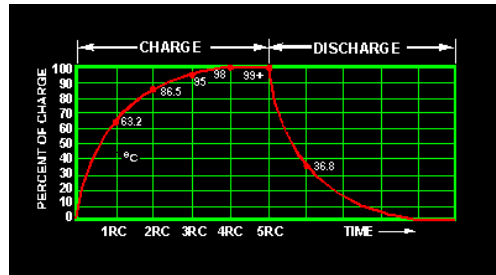
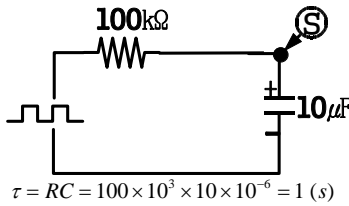


RC 회로의 시정수 (τ)

저항(R)과 캐패시터(C)가 직렬회로에서 일정전압의 DC를 갑자기 인가하거나 방전 시킬 때, 캐패시터 양단의 전압은 지수 함수적으로 상승 또는 감소하고, 어느 정도의 시간이 흐르면 인가된 DC 전압에 도달한다.

이때 캐패시터가 충전될 경우 인가된 DC 전압의 약 63.2%에 도달하거나, 방전할 경우 캐패시터 최초 전압의 36.8%에 도달하는 시각을 시정수라고 한다.

시정수  $\tau = R \times C$



6. 캐패시터의 교류 특성

교류전압  $v(t) = V \sin \omega t$  를 공급할 때 전류  $i(t)$ 와 전압  $v(t)$ 의 관계

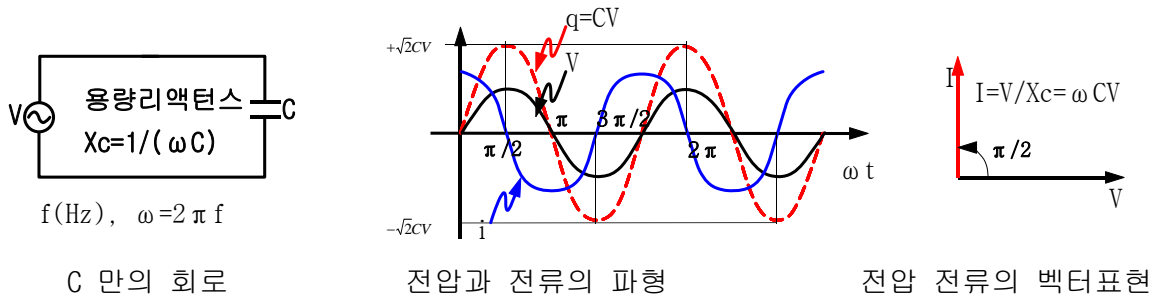
캐패시터의 전하량  $Q(t) = C v(t) = CV \sin \omega t$

전류 :  $i(t) = \frac{dQ}{dt} = \omega CV \cos \omega t = \omega CV \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$

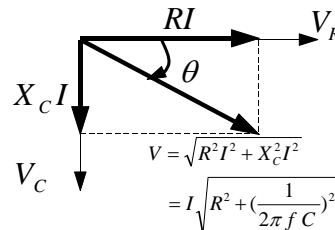
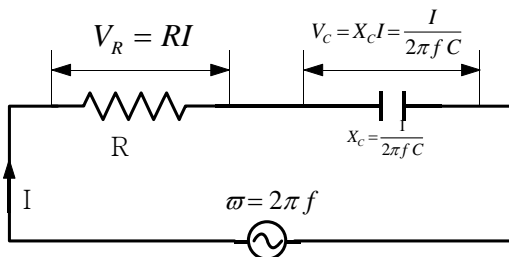
용량형 리액턴스 :  $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} [\Omega]$

$X_c$ 의 값은 주파수가 높아질수록 작아져

==> 교류 성분은 잘 통과시키고 직류성분은 통과하지 못함.



7. RC 회로의 교류특성



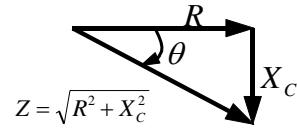
① R 양단 전압 :  $V_R = RI$  , 전압  $V_R$  과 전류  $I$ 의 위상은 같다.



② C 양단 전압 :  $V_c = X_c I = \frac{1}{2\pi f C} I$ , 전압  $V_c$ 는 전류 I보다 위상이  $\pi/2$  (rad) 뒤진다.

③ 전압 :  $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{R^2 I^2 + X_C^2 I^2} = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$

④ Impedance :  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$ , (Ω)



⑤ 전류 :  $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C}\right)^2}}$

⑥ 위상각 :  $\theta = \tan^{-1} \frac{X_C}{R} = \tan^{-1} \frac{1}{2\pi f C R}$ , (rad)

⑦ 전류 I는 전압 V보다  $\theta$ (rad) 만큼 위상이 앞선다.

과 목 명	기초전기전자공학, 전기전자개론	소요시간	2시간
제 목	교류신호와 인덕터 - RL회로 특성		
개 요	인덕터에 대해 이해하고 저항과의 직렬연결 회로의 특성을 이해한다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 인덕터(코일)의 기초

코일(Inductor) : 코일이란 동선과 같은 선재를 나선모양으로 감은 것으로 전류변화에 비례하여 유도전압을 발생시키는 수동 소자

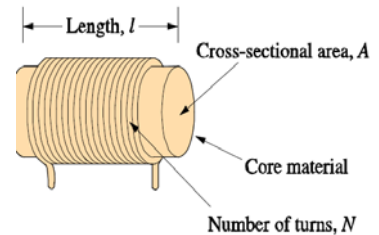
Faraday의 전자기 유도 법칙

코일에 유도되는 전압의 크기는 코일에 대한 자기장의 변화율에 비례

Lenz의 법칙

코일에서 유도전압의 극성은 항상 전류의 변화에 반대.

인덕턴스(L) : 인덕턴스는 코일에 흐르는 전류의 변화에 대하여 유도전압을 만들어 전류의 변화를 억제하는 성질로 단위는 헨리(H).



$$L = \frac{N^2 \mu A}{l}$$

코일에 유도되는 유도전압

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

코일에 저장되는 에너지

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

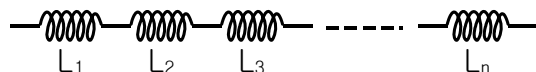
I : A(암페어)    L : H(헨리)    W : J(줄)

### 2. 인덕터의 접속

#### (1) 직렬연결

n개의 인덕턴스가 직렬로 연결

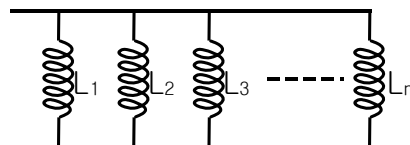
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$



#### (2) 병렬연결

n개의 인덕턴스가 병렬로 연결

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$



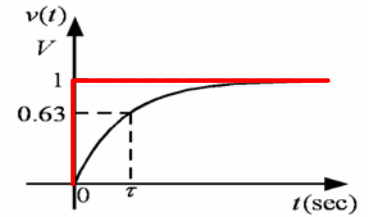
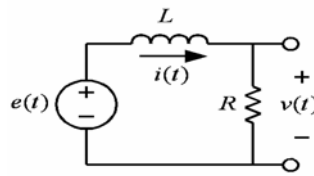
3. RL 시정수

인덕터의 기본 동작은 전류의 변화에 대하여 유도전압을 만들어 전류의 변화를 억제하므로 전류는 순간적으로 바뀔 수 없고 일정한 시간을 필요로 한다.

$$v(t) = 1 - e^{-\frac{R}{L}t} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$t = \tau \implies v(t) = 1 - e^{-1} = 0.63$$

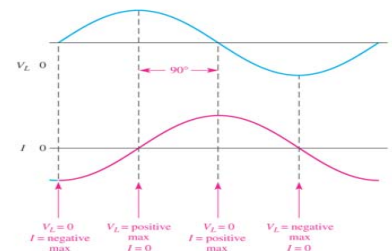


4. 인덕터의 교류회로 특성

coil에 시간에 따라 변하는 전류(교류전류)를 흘리면 coil에 전류의 크기에 비례하는 자속이 형성되고 이때 코일의 양단에 유도 기전력이 생기게 된다.

$$i(t) = I_p \sin \omega t$$

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} = \omega LI_p \cos \omega t = \omega LI_p \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

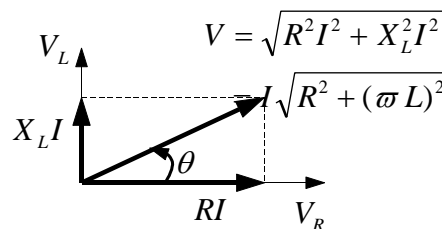
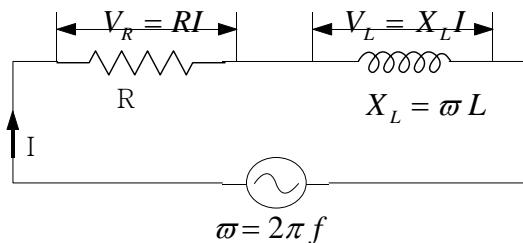


유도성 리액턴스(XL)

코일에서 정현파의 주파수에 따라 전류흐름을 억제하는 저항성분 성질

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (\Omega), \quad f : \text{Hz (헤르츠)}, L : \text{H(헨리)}$$

5. RL직렬회로 특성



① R 양단 전압 :  $V_R = RI$  , 전압  $V_R$  과 전류 I의 위상은 같다.

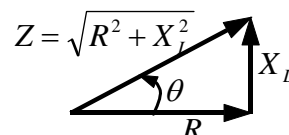
② L 양단 전압 :  $V_L = X_L I = \omega LI$  , 전압  $V_L$  은 전류 I보다 위상이  $\pi/2$  (rad) 앞선다.

③ 전압 :  $V = \sqrt{R^2 I^2 + X_L^2 I^2} = I \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$

④ 전류 :  $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$

⑤ 위상각 :  $\theta = \tan^{-1} \frac{X_L}{R} = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}, (\text{rad})$

⑥ Impedance :  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$  , ( $\Omega$ )

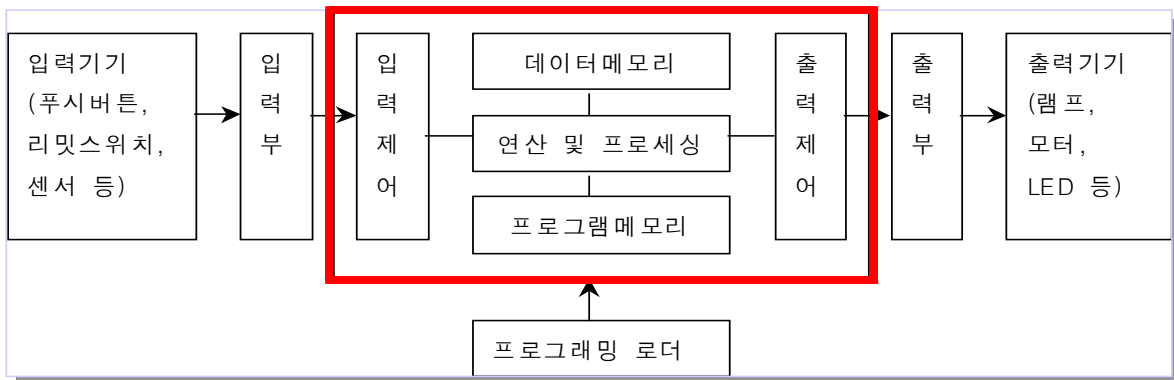


⑦ 전류 I는 전압 V보다  $\theta(\text{rad})$  만큼 위상이 뒤진다.

과 목 명	자동화시스템, 생산자동화	소요시간	4시간
제 목	PLC(Programmable Logic Controller) 사용법		
개 요	PLC의 구조에 대해 이해하고 결선방법을 배운다		
참 고 문 헌	NX70 시스템 사용자 메뉴얼		

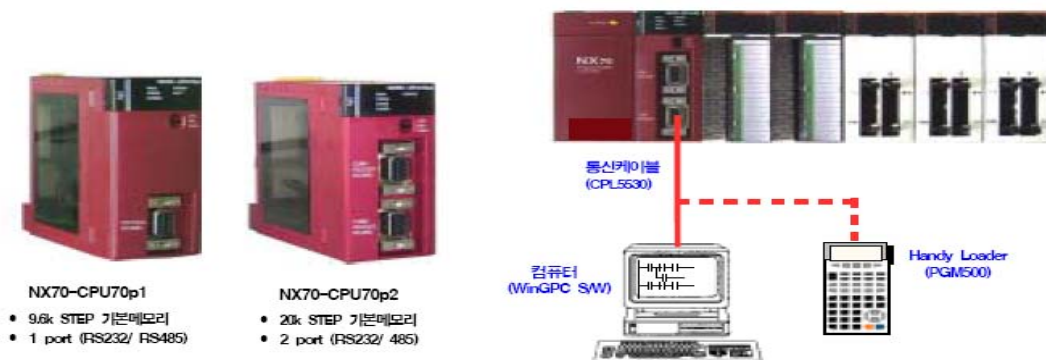
## 관련이론

### 1. PLC의 하드웨어 구조

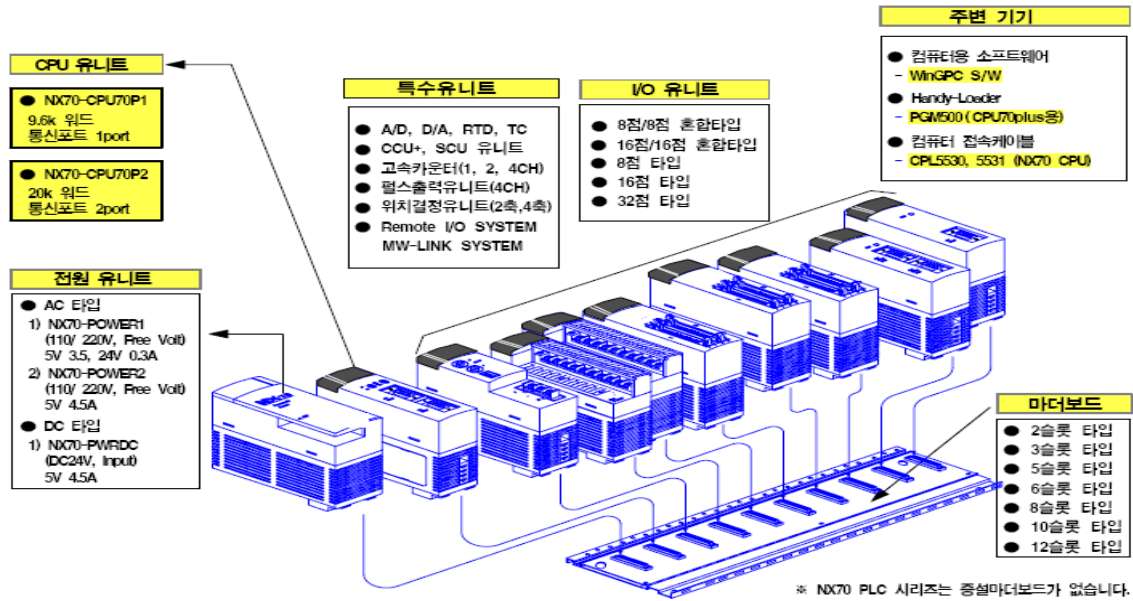


### 2. NX 70 PLC의 시스템 구성

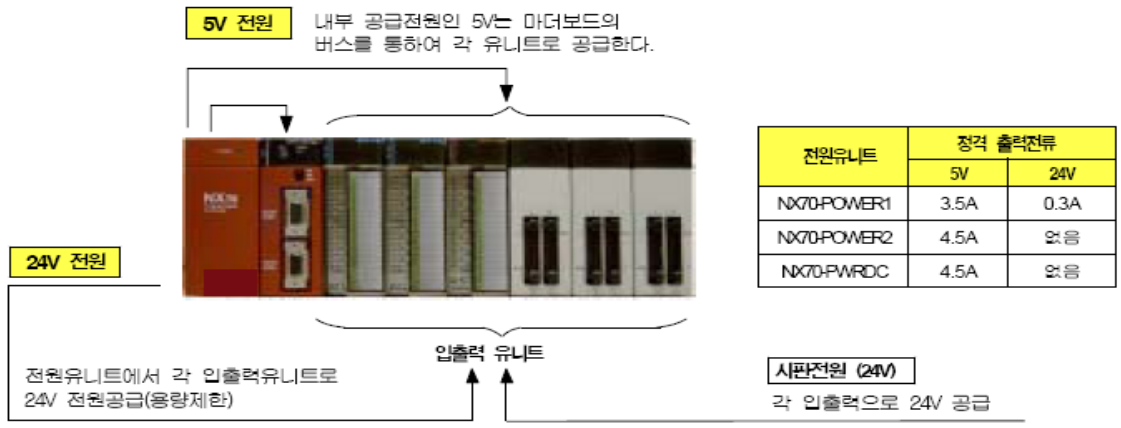
#### (1) 시스템 접속



## (2) 시스템 구성

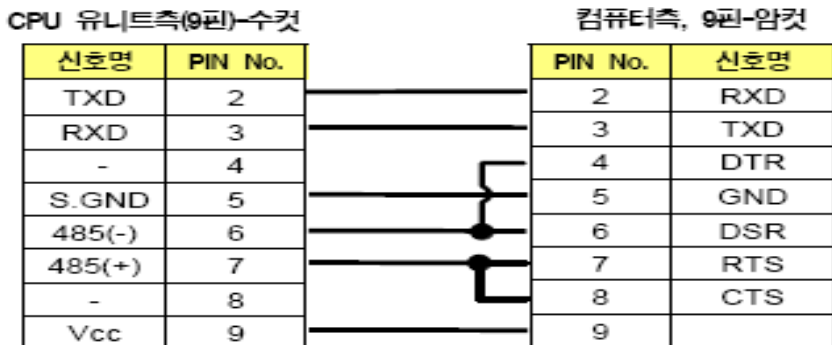


## (3) 소비전류의 제한



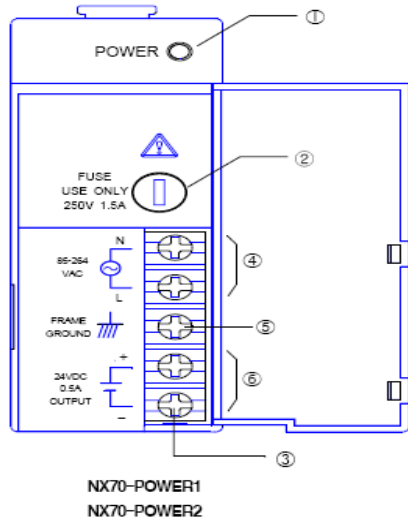
## 3. 프로그래밍 Tool

- (1) WinGPC 프로그램
- (2) 통신케이블(RS-232C)



## 4. 보유한 PLC사양

### (1) 전원모듈

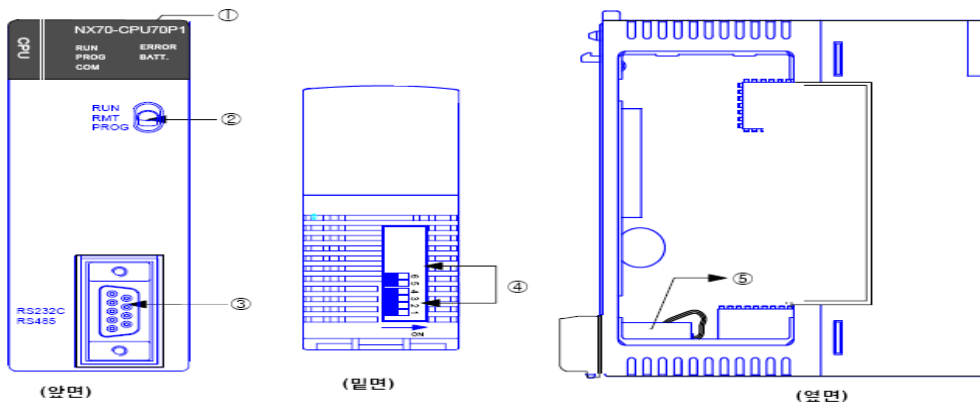


### ■ 사양 일람

제품 번호	NX70-POWER1	NX70-POWER2
입력 정격전압	AC 110~220V, Free Voltage	
허용 전압범위	AC 85 ~ 264V	
입력 전압주파수	47 ~ 63Hz	47 ~ 63Hz
돌입 전류	20A 이하	20A 이하
정격 출력전류 (5V)	5V 3.5A	5V 4.5A
정격 출력전류 (24V)	24V 0.3A	없음

제품 번호	NX70-PWRDC
입력 정격전압	DC 24V
허용 전압범위	DC 21.6 ~ 26.4V
정격 출력전류 (5V)	5V 4.5A

### (2) CPU모듈



### ■ 각부의 명칭과 기능

- 상태표시 LED**  
PLC의 운전/ 정지, 에러/ 알람상황등 동작상태를 표시합니다.
- 모드 전환스위치**  
PLC의 운전모드를 전환하는 스위치입니다.
- 통신포트 COM (RS232C/ RS485 통신), 9핀**  
프로그래밍 툴(WinGPC SW) 및 T/P 등의 접속이 가능한 통신포트입니다.
- 동작모드 설정스위치**  
DIP S/W ( 6폴, 종단저항 설정 스위치 및 통신방식, 프로그램 부팅용 스위치) 입니다.
- 메모리 백업용 전지**  
내장 메모리(RAM)의 백업용 전지입니다. 출하시에는 커버가 접속되어 있지 않습니다.

### ■ 상태표시 LED

상태 표시 LED		
LED	색깔	기 능
RUN	녹	CPU가 RUN 일때 점등
PROG.	녹	Program 변경가능 상태때 점등
COMM.	녹	CPU가 통신중일때 광각거림.
ERROR	적	CPU가 Error발생시 점등
BATT.	적	Battery전압이 낮거나 미장착시 점등

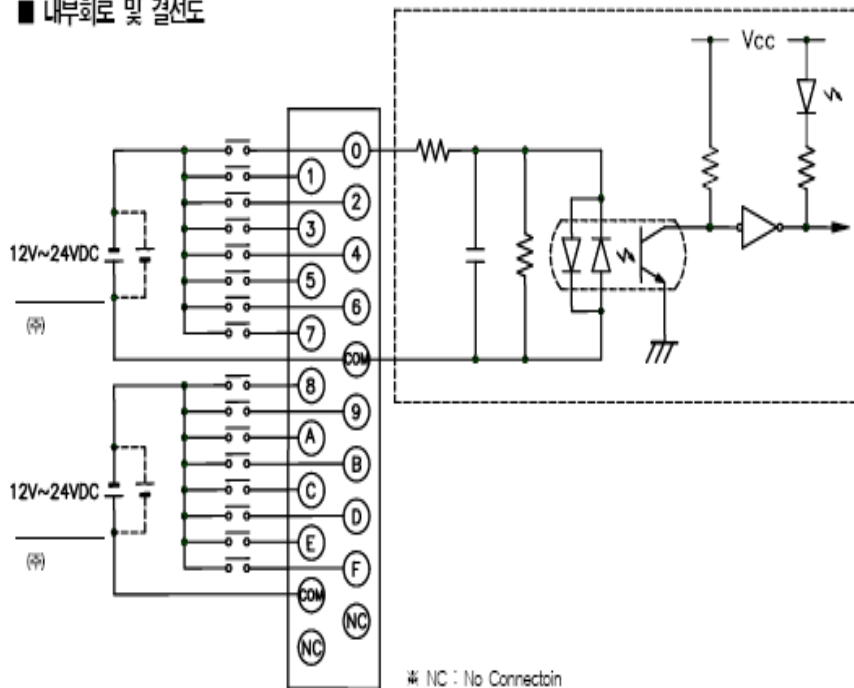
### ■ 모드전환 스위치

상태	기 능
RUN	CPU를 RUN Mode로 함.
REMOTE	CPU를 RUN 또는 PROG Mode로 함.
PROG.	CPU를 Stp, 즉 Program모드로 변경

(3) 입력 모듈

제품명칭	DC입력유니트	
제품코드	NX70-X16D(CPL93023)	NX70-X16D1(CPL93033)
입력점수	16점	
절연방식	포토커플러	
정격입력전압	12~24V DC	24V DC
사용전압범위	10.2~26.4V DC	21.6~26.4V DC
최대입력전류	10mA이하	
ON전압	9.6V이상	20V이상
OFF전압	2.5V이하	7V
입력임피던스	약3KΩ	
응답시간	OFF→ON	2ms이하
	ON→OFF	2ms이하
내부소비전류 (5V)	50mA이하	
COMMON방식	8점/1COM(극성+, - 공통)	
동작표시	LED표시	
외선접속방식	단자대접속(M3.0)	
적합전선사이즈	0.5~1.25mm <sup>2</sup>	
중량	약160g	
형상	(A)Type	

■ 내부회로 및 결선도



(4) 출력 모듈

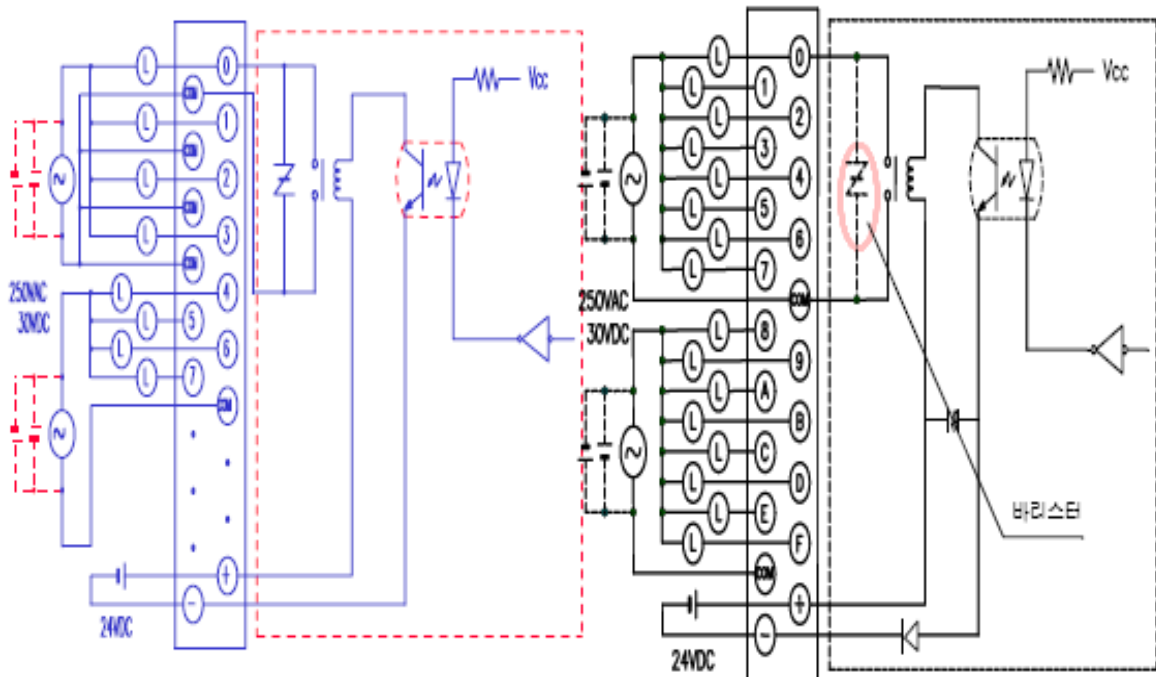
제품 명칭		RELAY 출력유닛		
제품 코드		NX70-Y8R (CPL93202)	NX70-Y16R (CPL93103)	NX70-Y16RV (CPL93203)
입력 점수		8점	16점	
절연 방식		포토커플러		
정격부하전압		250V AC, 30V DC		
사용 부하전압범위		85 V ~ 264V AC		
최대부하전류		3A /점	1A /점	
응답 시간	OFF → ON	10ms 이하		
	ON → OFF	10ms 이하		
외부공급 전원		24V 150mA 이하	24V 150mA 이하	
서지 보호 회로		바리스타	없음	바리스타
내부소비전류 (5V)		60mA 이하	100mA 이하	
COMMON 방식		4점 /COM, 1점 /COM x 4	8점 /1COM	
동작 표시		LED 표시		
외선접속방식		단자대 접속 (단자대 M3.0)		
적합전선 사이즈		0.5 ~ 1.25 mm <sup>2</sup>		
중 량		약 200g	약 300g	
형 상		(A) Type		

■ 내부회로 및 결선도

● NX70-Y8R

● NX70-Y16R : 바리스타 없음

● NX70-Y16RV : 바리스타 있음





## 5. 프로그래밍

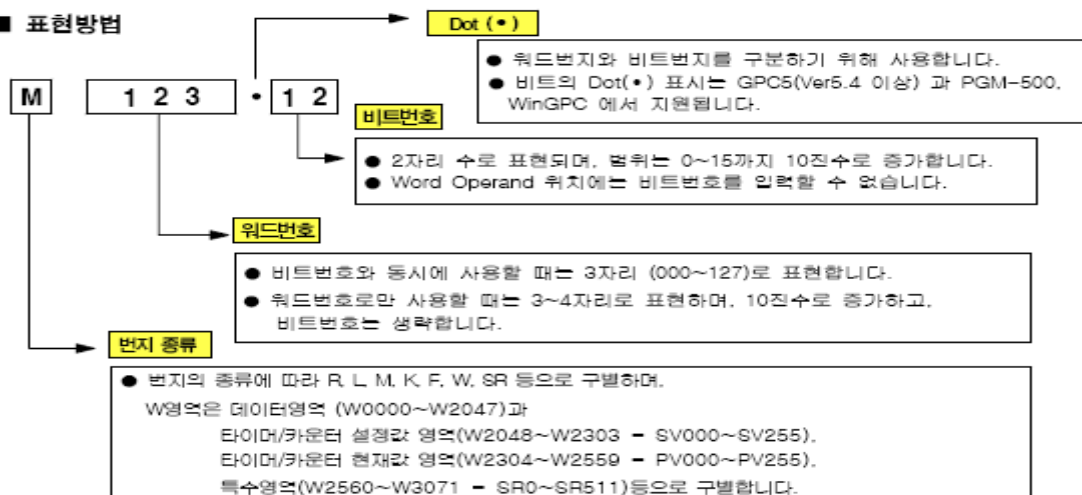
### (1) 내.외부 번지 지정

- 모든 외부 입·출력모듈과 내부 데이터 처리를 위한 메모리에는 번지(Address)와 Data가 항상 동시에 존재합니다.
- 메모리 번지 지정은 그 종류에 따라 R, L, M, K, F, TC, W 등으로 구분합니다.

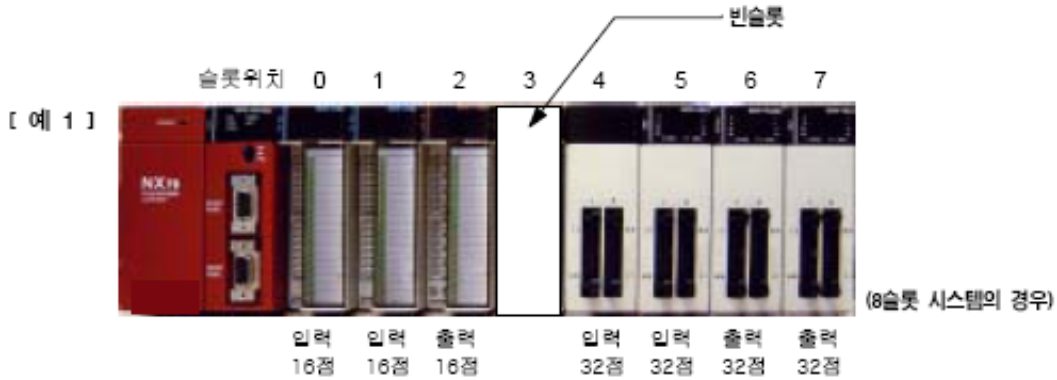
종 류	범 위	설 명
외부 입출력 영역 (R)	R0.0 ~ R127.15	- 입출력 모듈구성시 지정가능한 영역 (Local) - 2048점, 128 워드
링크 접점 영역 (L)	L0.0 ~ L63.15	- 링크 접점 공유 영역, 1024점, Loop 0 - 링크 사용 않을시 내부접점 사용 가능
	M0.0 ~ M63.15	- 링크 접점 공유 영역, 1024점, Loop 1
내부접점 영역 (M)	M0.0 ~ M127.15	- 내부 보조접점 영역 - 2048점, 128워드
정전유지 접점영역 (K)	K0.0 ~ K127.15	- 정전기억 가능한 내부보조 접점영역 - 2048 점, 128워드 - CPU초기화 또는 정전영역 초기화를 실행해야 Clear됩니다
특수접점 영역 (F)	F0.0 ~ F15.15	- 특수 내부접점영역 - 256점, 16워드
타이머/ 카운터 영역 (TC)	TC0 ~ TC255 설정치 : W2048 (=SV0) ~ W2303 (=SV255) 현재치 : W2304 (=PV0) ~ W2559 (=PV255)	- 256채널 공동사용(타이머, 카운터) - TC는 접점표시 - 설정치는 SV로 사용하며, 현재치(경과치)는 PV로 사용. - SV는 0 ~ 65535까지 지정가능
데이터 워드영역1 (W)	W0000 ~ W2047 W0~W255는 링크공유 겸용	- 정전시 데이터 보존영역 - Bit로 지정불가 - CPU초기화 또는 정전영역 초기화를 실행해야 Clear됩니다 -주) W000 ~ W255 까지는 링크데이터 공유영역으로도 사용이 가능 합니다.
데이터 워드영역2 (W)	W3072 ~ W5119	- 확장된 데이터 레지스터 영역 (CPU Ver2.0 이상 지원) - 정전시 데이터 보존됩니다. - Bit로 지정불가 - NX70_CPU70p2 모델에서 지원됩니다.
특수워드 영역 (SR)	SR000 ~ SR511	- CPU상태표시, RTC등의 특수 내부 데이터 영역

- R, L, M, K, F, TC 영역은 Bit, Word로 데이터처리가 가능합니다.
- W 영역은 Word 데이터처리만 가능합니다.
- L(링크영역)은 내부접점으로 사용가능합니다.
- K,W, Timer/Counter PV Register는 정전시 Data가 유지됩니다.

#### ■ 표현방법



(2) 모듈 위치에 따른 번지 지정

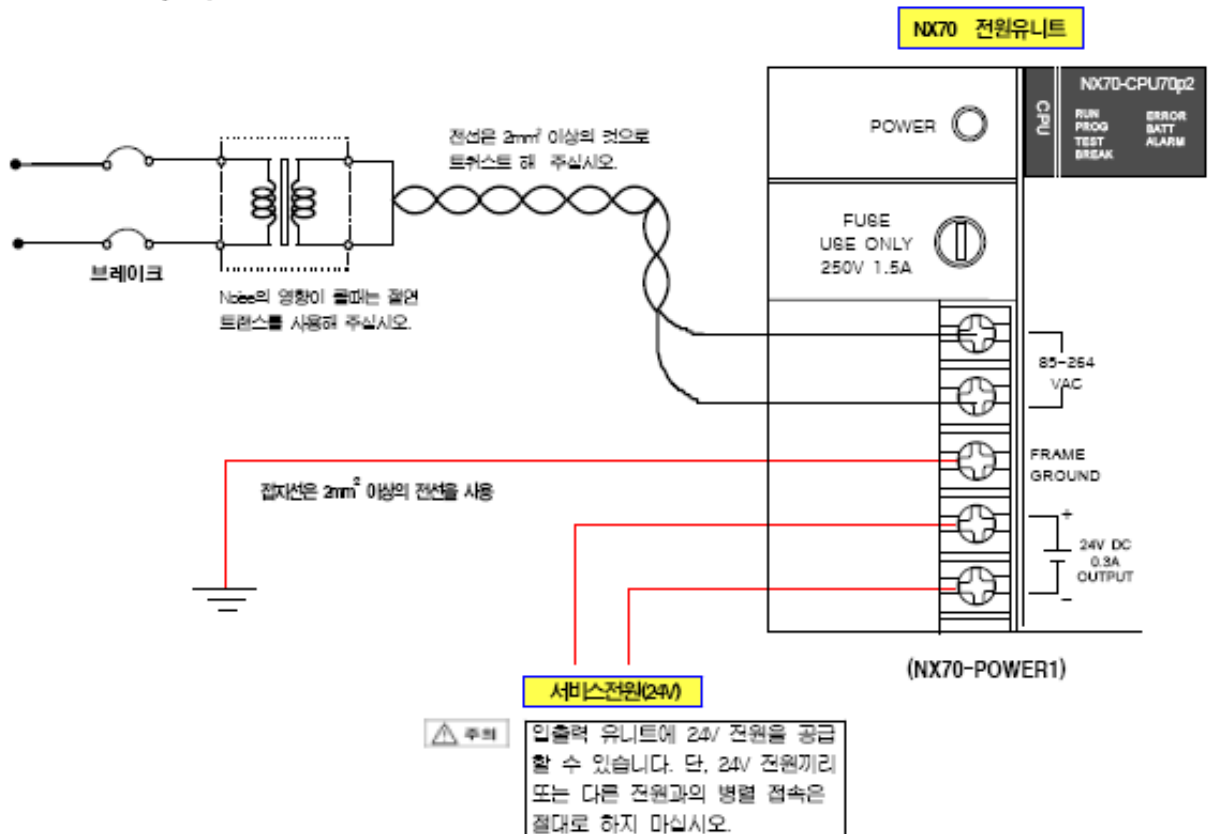


■ 번호지정 예 (상기그림예)

슬롯위치		00	01	02	03	04	05	06	07
워드번호		R0	R1	R2		R3~R4	R5~R6	R7~R8	R9~R10
비트번호	CPU 유닛	R0.0	R1.0	R2.0	빈 슬롯	R3.0	R5.0	R7.0	R9.0
		R0.1	R1.1	R2.1		R3.1	R5.1	R7.1	R9.1
		R0.2	R1.2	R2.2		R3.2	R5.2	R7.2	R9.2
		:	:	:		:	:	:	:
		R0.15	R1.15	R2.15		R4.15	R6.15	R8.15	R10.15

6. 배선

(1) 전원의 배선



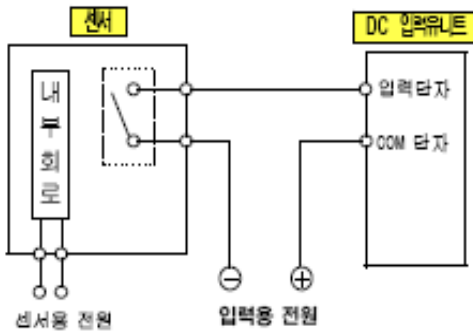
(2) 입력측 배선

■ 입력유닛 배선의 체크포인트

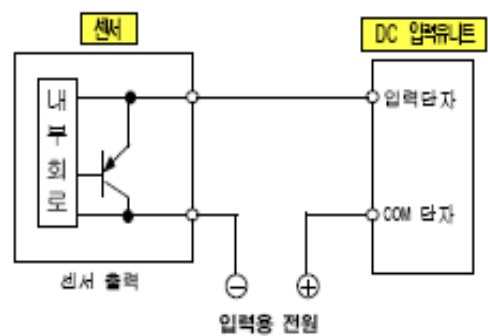
1. 유닛의 종류에 따라 동시 ON점수에 제한되는 것이 있습니다.  
각 입력유닛의 사양항목에서 확인바라며, 특히 주위온도가 높은곳에서 사용할 경우는 주의하십시오.
2. 센서등 입력기기의 종류에 따른 접속방법은 아래 항목과 같습니다.

■ 광전센서, 근접센서의 접속방법

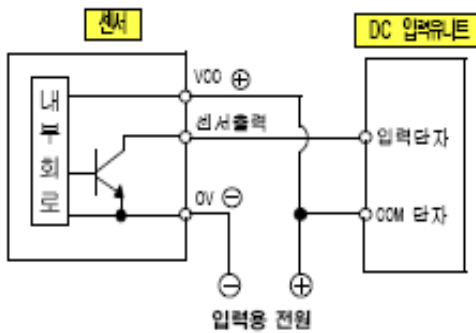
1) 릴레이출력 타입



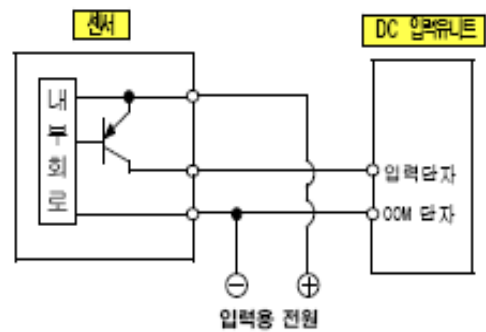
4) 2선식 타입



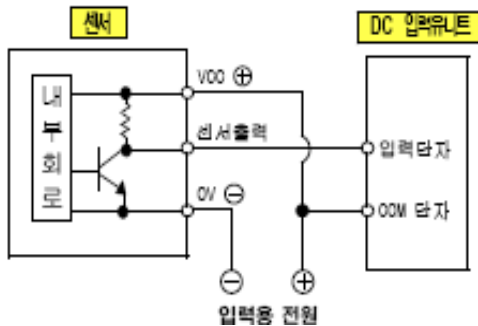
2) NPN 오픈콜렉터 출력타입



5) PNP 오픈콜렉터 출력타입



3) 전압출력 타입



### (3) 출력측 배선

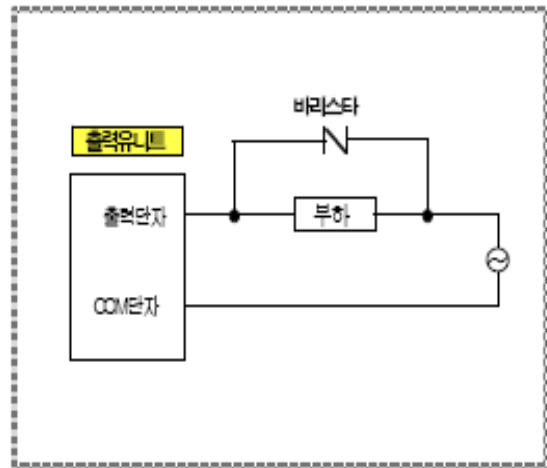
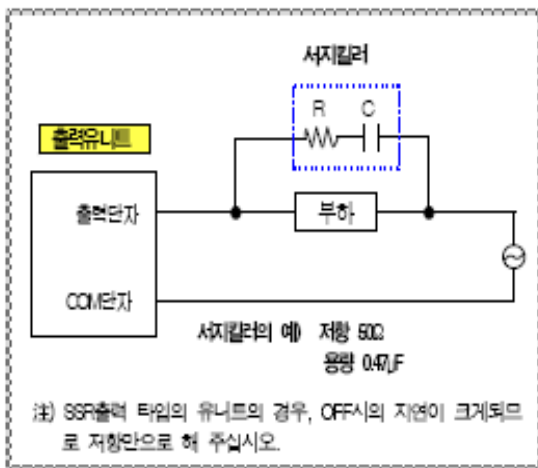
#### ■ 출력유닛 배선의 체크포인트

1. 유닛의 종류에 따라 동시 ON점수 또는 부하전류에 제한이 있는 것이 있습니다. 각 유닛의 사양을 참조하십시오. 특히 주위온도가 높은 곳에서 사용하는 경우는 주의 바랍니다.
2. 유도성 부하, 용량성 부하등에 대해서는 아래와 같이 보호회로를 설치해 주십시오.
3. 출력유닛에는 Common당 전류제한이 있는것이 있으므로 그 범위내에서 사용해 주십시오.

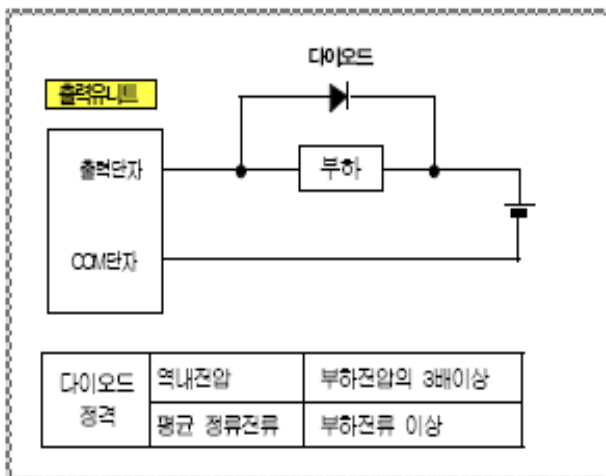
#### ■ 유도부하의 보호회로

- 유도부하인 경우는 부하와 병렬로 보호회로를 마련해 주십시오.
- 특히 릴레이출력 타입으로 DC 유도부하를 개폐하는 경우는, 보호회로의 유무가 수명에 크게 영향을 주므로 반드시 부하의 양쪽에 다이오드를 설치해 주십시오.

#### 1) AC부하의 경우 (릴레이출력 타입)



#### 2) DC부하의 경우

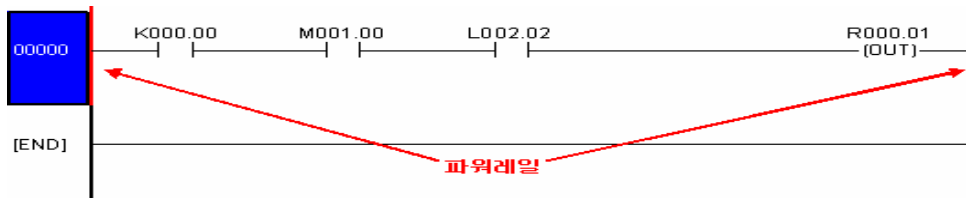


과 목 명	자동화시스템, 생산자동화	소요시간	4시간
제 목	PLC(Programmable Logic Controller) 프로그래밍의 기초		
개 요	PLC의 프로그래밍 방법과 기본 명령어의 사용법에 대해 배운다.		
참 고 문 헌	NX70 시스템 사용자 메뉴얼		

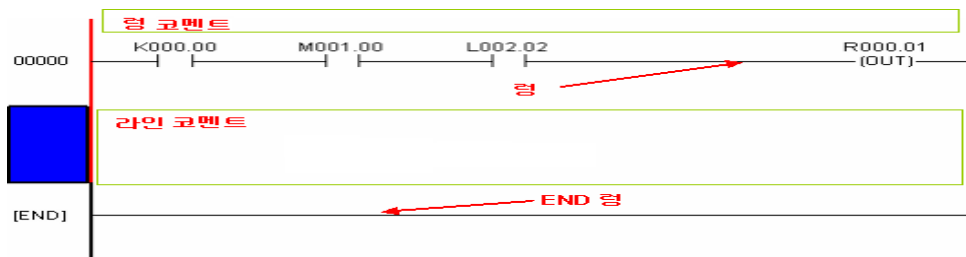
## PLC 프로그래밍의 기초

### 1. 래더프로그램 용어

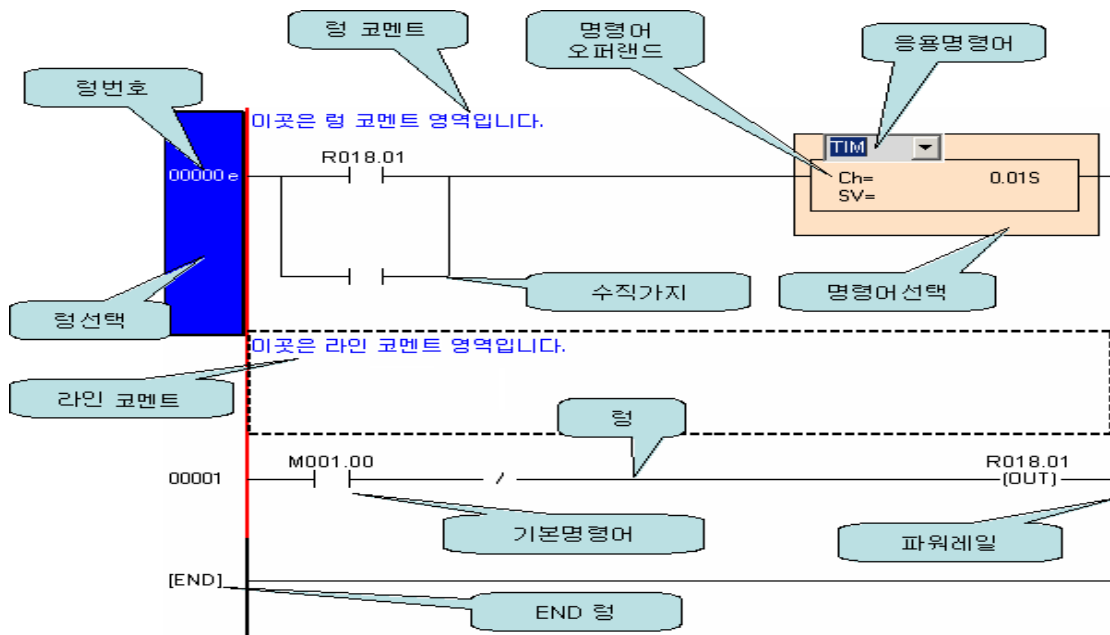
파워레일



령과 라인 코멘트



기타 래더용어



## 2. PLC 기본 명령어

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
STR	Start		a 접점을 시작.
STN	Start Not		b 접점을 시작.
AND	And		a 접점 직렬 회로.
ANN	And Not		b 접점 직렬 회로.
OR	Or		a 접점 병렬 회로.
ORN	Or Not		b 접점 병렬 회로.
OUT	Out		릴레이 출력.
SET	set		출력을 ON.
RST	Reset		출력을 OFF.
NOT	Not		논리 결과를 반대로 바꾼다.
STR DIF	Start Differential		상승 에지 접점을 시작.
STR DFN	Start Dif. Not		하강 에지 접점을 시작.
AND DIF	And Dif.		상승 에지 직렬 연결.
AND DFN	And Dif. Not		하강 에지 직렬 연결.
OR DIF	Or Dif		상승 에지 병렬 연결.
OR DFN	Or Dif Not		하강 에지 병렬 연결.
ANB	And Block		회로 블록 직렬 연결.
ORB	Or Block		회로 블록 병렬 연결.
MS	Master Control Set		일괄 처리 블록을 시작.
MR	Master Control Reset		일괄 처리 블록을 끝.

## 명령어 사용법

### 1. 기본명령어

#### 1) STR/STN

새 논리 블록(또는 "세그먼트")에 사용되는 첫 번째 명령어로, a 또는 b 접점을 사용.

니모닉	명 칭	래더 심볼	설 명
STR	Start		a 접점을 시작합니다.
STN	Start Not		b 접점을 시작합니다.

- 래더프로그램에서 아무 명령도 입력하지 않은 빈 줄을 "링" 이라고 한다.
- 래더 프로그램의 거의 모든 링은 STR 또는 STN으로 시작.
- 모든 링에는 하나 이상의 접점이 있고, 하나 이상의 출력코일이나 어플리케이션으로 끝난다.

예제



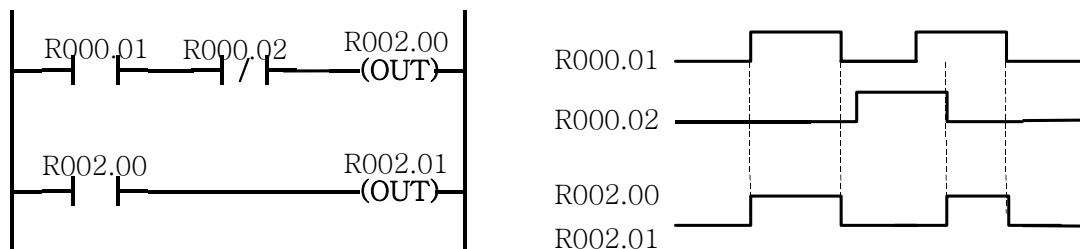
#### 2) AND/ANN

직렬로 연결된 논리의 AND 접점에서 사용.

니모닉	명 칭	래더 심볼	설 명
AND	And		a 접점 직렬 회로입니다.
ANN	And Not		b 접점 직렬 회로입니다.

- AND 및 ANN(AND NOT)은 각 접점의 직렬 연결.
- 하나의 링내에 사용되는 AND 및 ANN의 수에는 제한이 없음.

예제



### 3) OR/ORN

병렬로 연결된 논리의 OR 접점에서 사용.

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
OR	OR		a 점점 병렬 회로입니다.
ORN	OR Not		b 점점 병렬 회로입니다.

- OR 및 ORN(OR NOT)은 각 점점의 병렬 연결을 나타냅니다.
- 하나의 분기 내에 사용되는 OR 및 ORN의 수에는 제한이 없습니다.

예제



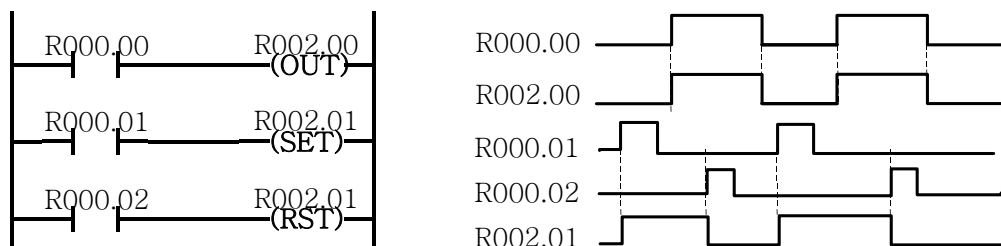
### 4) OUT/SET/RST

병렬로 연결된 논리의 OR 접점에서 사용.

니모닉	명칭	래더 심볼	설명
OUT	Out		릴레이 출력. 입력 조건의 상태에 따라 릴레이 코일이 설정 또는 해제.
SET	Set		레치 설정 출력 입력 조건이 ON일 경우 릴레이 코일이 설정.
RST	Reset		레치 해제 출력 입력 조건이 ON일 경우 릴레이 코일이 해제.

- OUT 명령의 경우 같은 실제번지(R)를 두 번 사용할 수 없음.
- OUT, SET 및 RST 명령은 올바른 버스에 연결되어야 하며 회로 가운데에 있을 수 없음.
- OUT: 외부 I/O(R), 내부(M) 및 정전유지(K) 접점에 사용.
- SET: 외부 I/O(R), 내부(M) 및 정전유지(K) 접점에 사용. 같은 번지에 두 번 이상 사용할 수 있음. STOP 모드에서는 출력이 OFF됩니다.
- RST: 외부 I/O(R), 내부(M) 및 정전유지(K) 접점에 사용. 같은 번지에 두 번 이상 사용할 수 있음. STOP 모드에서는 출력이 OFF됩니다.
- OUT, SET 또는 RST에서 정전유지 코일(K)을 사용할 경우 상태가 유지. STOP 모드에 있고 전원이 꺼진 경우에도 ON 또는 OFF 상태가 유지.

예제



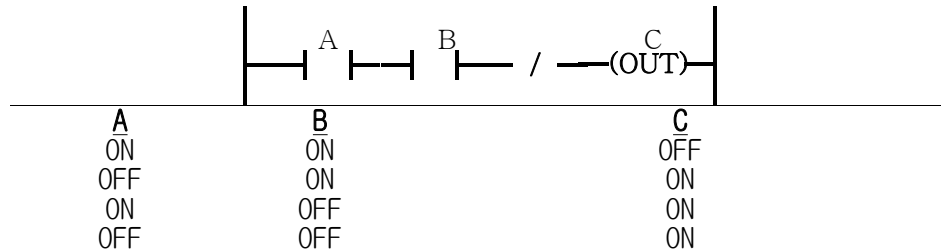


## 5) NOT

논리의 결과를 반대로 반전

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
NOT	NOT	— / —	논리의 상태를 반전

- 이 명령은 파워레일에 직접 연결할 수 없으며 접점이나 접점 집합 다음에 나와야 합니다.
- 이 명령은 명령 앞 입력 조건의 결과를 직접 반대로 바꾸고 회로를 확인하기 위해 사용하거나 테스트 단계에서 사용할 수 있습니다.



예제



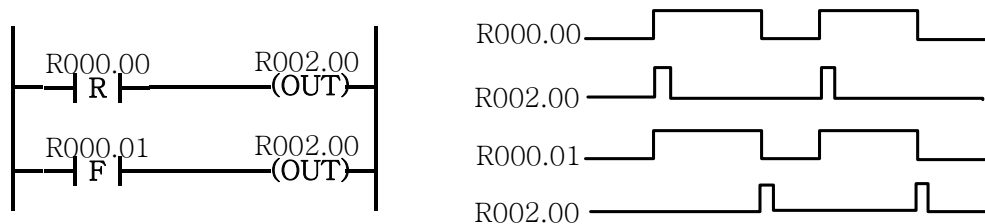
## 6) 상승 하강 에지

접점의 상승 또는 하강의 상태 변화를 나타냄

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
STR DIF AND DIF OR DIF	DIF		접점이 위로 변화될때 1 스캔 동안 ON
STR DFN AND DFN OR DFN	DFN		접점이 아래로 변화될때 1 스캔 동안 ON

- DFN 명령은 신호가 ON에서 OFF으로 변경된 후 첫 번째 스캔에 대해 ON되고, 그 밖의 모든 스캔에 대해 OFF되는 접점.

예제



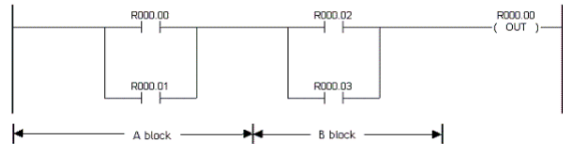
## 7) ANB/ORB

논리블럭을 직렬 또는 병렬로 연결

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
ANB	ANB		블럭단위로 회로 AND접속
ORB	DFN		블럭단위로 회로 OR접속

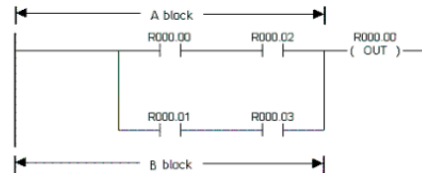
### ANB 직렬접속

셋 이상의 접점이 있는 직렬 연결  
STR 또는 STN으로 시작  
ANB로 끝

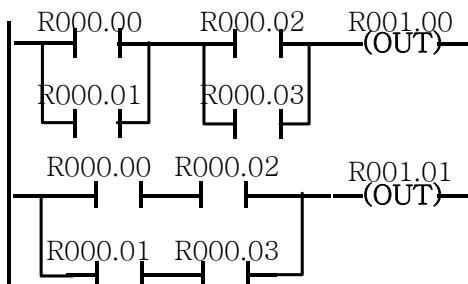


### ORB 병렬접속

셋 이상의 접점이 있는 병렬 연결  
STR 또는 STN으로 시작  
ORB로 끝



### 예제



```
STR R0.0 OR R0.1 STR R0.2 OR R0.3 ANB OUT R1.0
==> (R000.00 OR R000.01) AND (R000.00 OR
R000.01) THEN R001.00 OUT

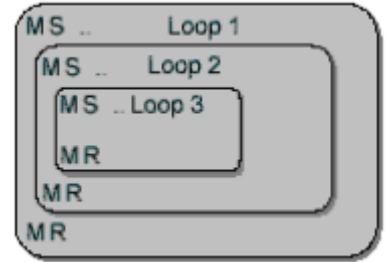
STR R0.0 AND R0.2 STR R0.1 AND R0.3 ORB OUT R1.
1
==> (R000.04 AND R000.05) OR (R000.06 AND
R000.07) THEN R001.01 OUT
```

## 8. MS/MR

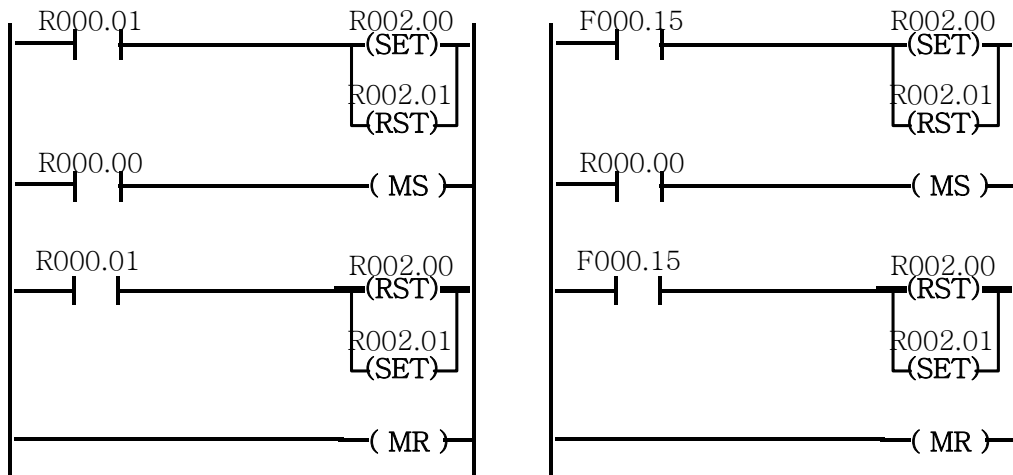
마스터 블록의 시작과 종료

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
(MS)	ANB	—( MS )	마스터 블록의 시작
(MR)	DFN	—( MR )	마스터 블록의 종료

- MS(Master Control Set)는 명령의 조건부 블록이 시작되는 위치를 표시. MS에 대한 입력이 ON이면 이후 명령 블록이 실행. 이 명령은 MR 명령과 함께 사용.
- MR(Master Control Reset)은 명령의 조건부 블록이 끝나는 위치를 표시. 이 명령은 MS 명령과 함께 사용해야 합니다.
- 최대 여덟 개의 MS/MR 블록을 중첩시킬 수 있음. 여덟 개 이상 중첩된 MS/MR 블록을 사용하면 구문 에러가 발생



예제



## 2. 타이머/카운터 명령어

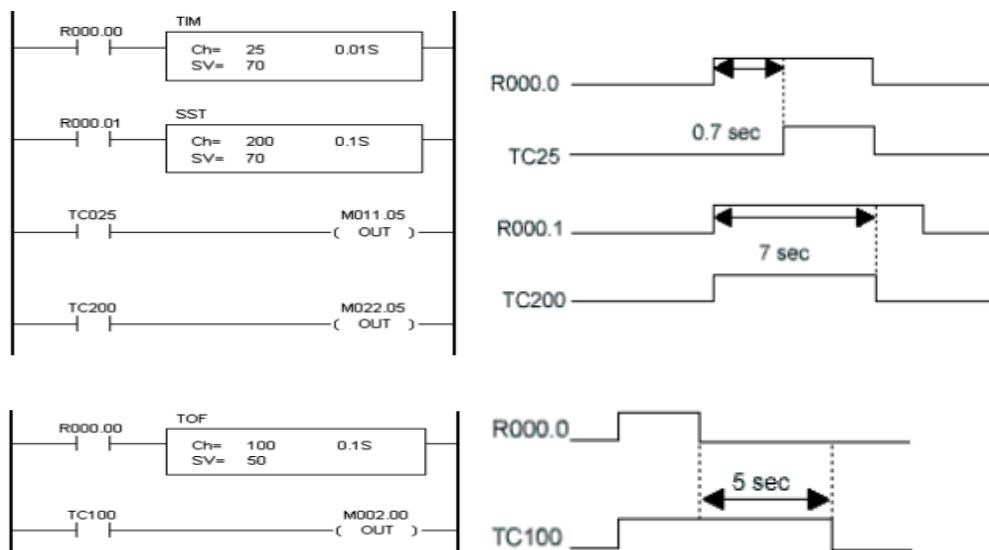
타이머/카운터 채널은 한 번만 사용될 수 있으며 다른 타이머나 카운터 명령어(TIM, SST, TOF, UC, DC 또는 UDC)에 의해 다시 사용될 수 없다. 사용 가능한 채널 수는 256개(Ch 0 - Ch 255)이다.

### 1) TIM/TOF/SST

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
TIM	ON Delay Timer		입력이 설정되면 지정된 지연 시간 후에 출력을 설정.
TOF	OFF Delay Timer		입력이 해제된 후 t초(t = SV × 시간 기준) 동안 출력을 설정 상태로 유지.
SST	Single Short Timer		입력이 설정되면 지정된 지연 시간 후에 출력을 해제.

1. 입력이 OFF되면 출력도 OFF됩니다.
2. 사용 가능한 채널 수는 256개(Ch 0 - Ch 255).  
Ch 0부터 Ch 63의 경우 시간 기준은 0.01sec(10ms).  
Ch 64부터 Ch 255의 경우 시간 기준은 0.1sec(100ms).
3. SV 설정 범위는 0에서 65,535 사이.
4. 타이머의 출력 완료 접점은 TC + 채널 번호.
5. 프로그램이 실행되고 있는 동안 타이머의 설정값이나 현재 값을 변경하려면 레지스터 SV0 - SV255 또는 PV0 - PV255를 각각 수정.
6. 입력이 OFF되거나 STOP 모드에 있으면 PV(현재 값)가 0으로 재설정. 또한 전원이 꺼지는 경우에도 PV가 0으로 재설정.

### 예제

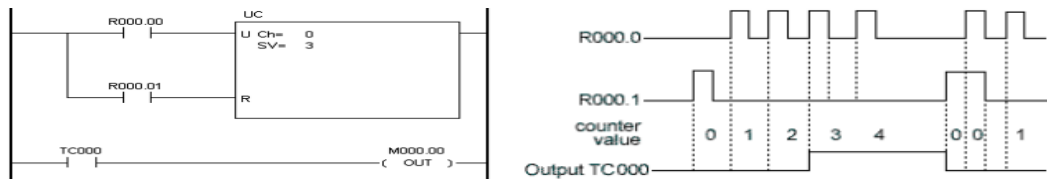


## 2) UC/DC

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
UC	업 카운터		입력을 설정값까지 위로 카운트
DC	다운 카운터		입력을 설정값에서 0을 향해 아래로 카운트.

1. 출력 완료 접점은 카운터에 TC + 채널 번호로 표시.
2. 카운터의 경과 값(PV)은 정전 발생 시 기억을 목적으로 유지됨.
3. SV가 0일 때 입력 펄스가 하나 발생하면 출력 접점(TC)이 설정.
4. SV는 0에서 65,535 사이에서 지정할 수 있음.
5. 카운터에 대한 각각의 입력은 링에 연결되어 있어야 하며, 공통 접점을 공유하거나 어떤 방법으로도 연결되면 안됨.

### 예제

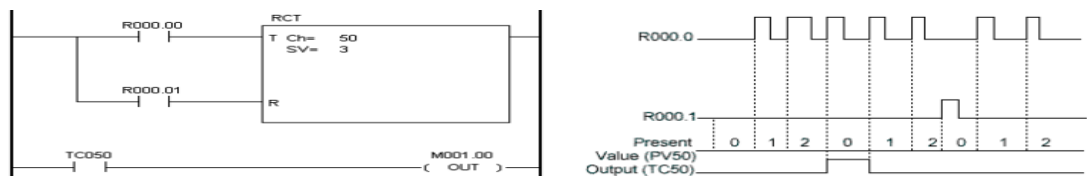


## 3) RCT

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
RCT	링 카운터		입력을 설정값까지 위로 카운트한 후 카운트를 재설정하고 다시 시작.

1. 입력 카운트 조건(T 입력)이 OFF에서 ON될 경우 PV(현재 값)가 1씩 증가. PV가 SV (설정값)에 도달하면 0으로 재설정. 이때 출력 접점이 ON되고 다음 카운트 입력 펄스가 수신될 때까지 ON 상태가 유지.
2. 리셋입력 조건(R 입력)이 ON될 경우 출력 완료 접점이 OFF. 모든 카운트 입력 펄스가 무시되고 현재 값이 0인 상태로 유지.
3. SV가 0일 때 입력 펄스가 하나 발생하면 출력 접점(TC)이 ON.
4. 카운터는 최대값인 65,535로 설정할 수 있습니다.

### 예제

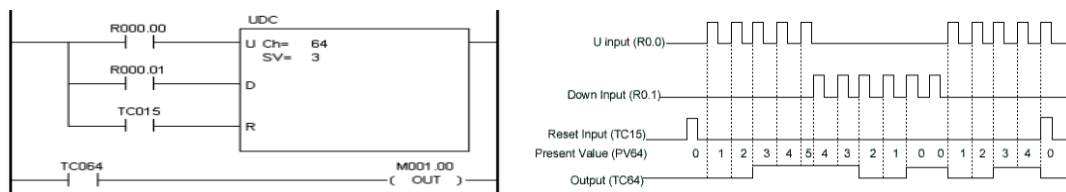


## 4) UDC

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
UDC	업/다운 카운터		단일 카운터 채널을 사용하여 업 카운터와 다운 카운터를 사용. 입력에 따라서 위 또는 아래로 카운트.

- 업 카운트 입력(U 입력)이 OFF에서 ON될 경우 PV(현재 값)가 1씩 증가하고 다운 카운트 입력(D 입력)이 OFF에서 ON될 경우 PV가 1씩 감소. PV가 0으로 감소하거나 SV(설정값)보다 크거나 같으면 출력 완료 접점이 ON.
- 다음과 같은 경우 출력접점이 ON 상태에서 OFF 상태로 변경.
  - 리셋 입력이 ON되어 있는 경우
  - PV가 다운 카운트 펄스 입력에 의해 설정된 SV 아래로 감소하는 경우
  - PV가 업 카운트 펄스 입력에 의해 0에서 1로 증가하는 경우
- 리셋 입력(R 입력)이 ON될 경우 출력은 OFF. 이 상태에서는 업/다운 카운터 입력 펄스가 무시되고 현재 값이 0인 상태로 유지.
- 업 카운트 입력 펄스와 다운 카운트 입력 펄스가 동시에 발생하면 PV가 변경되지 않는다..
- PV가 0일 때 다운 카운트 펄스가 입력이면 현재 값이 변경되지 않고 출력이 설정. 현재 값이 65,535일 때는 업 카운터 펄스가 입력인 경우에도 현재 값 65,535가 유지.
- 카운터 설정값이 0일 때 리셋입력이 ON되면 출력이 OFF. 리셋 입력이 OFF되어 있을 때 업 또는 다운이 입력이면 출력이 ON 상태로 변경.
- SV는 최대값인 65,535로 설정할 수 있다.

### 예제

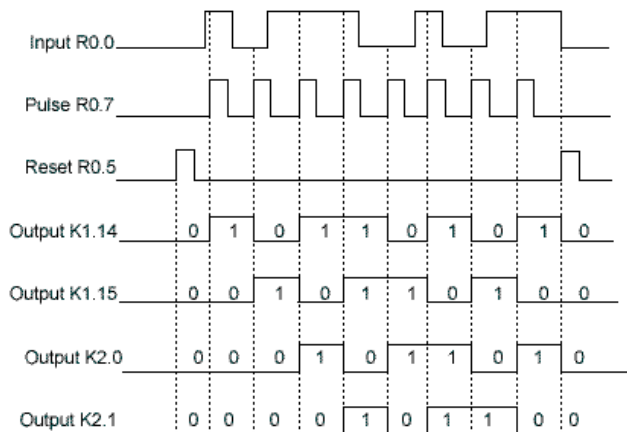
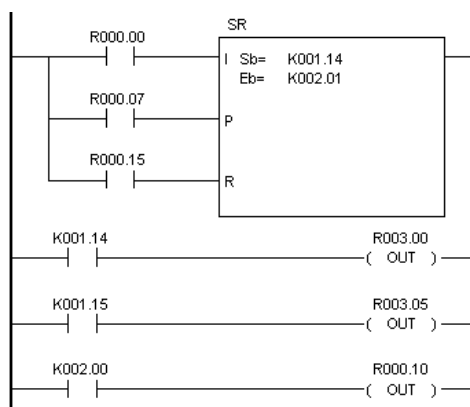


5) SR

니모닉	명 칭	래더 심볼	설명
SR	시프트 레지스터		<ol style="list-style-type: none"> <li>조건 1(입력 데이터) : 시작 접점(Sb)에 대한 입력 데이터의 조건(1 또는 0).</li> <li>조건 2(시프트 펄스) : 레지스터 값을 이동.</li> <li>조건 3(리셋) : 시작 접점(Sb)에서 끝 접점(Eb) 사이의 모든 비트를 0으로 리셋.</li> </ol>

- SR 명령은 M 및 K 주소 영역에 사용. K 주소 영역이 사용될 경우 정전 발생시 데이터가 유지.
- 사용 가능한 SR 명령 수는 256개. SR 명령은 타이머/카운터와 독립적으로 사용할 수 있음.
- 시프트 펄스 입력(P 입력)이 ON 되어 있으면 시작 접점(Sb)이 입력 데이터 입력(I 입력)의 상태로 설정.
- 시프트 펄스가 발생 할 때마다 데이터는 시작 접점(Sb)에서 끝 접점(Eb)으로 1비트 씩 시프트. Sb가 Eb보다 낮은 시작 비트 주소에 있으면 데이터는 Sb에서 Eb로 위로 시프트. Sb가 Eb보다 높은 시작 비트 주소에 있으면 데이터는 Sb에서 Eb로 아래로 시프트.
- Sb에서 Eb 사이에 있는 총 비트 수는 최소 2비트에서 최대 2,047비트.
- Sb와 Eb는 동일한 비트 주소(비트 크기 1)를 사용하지 않을 수 있음.
- 리셋입력이 ON 되어 있으면 Sb에서 Eb 사이의 모든 비트가 0으로 설정.

예제



과 목 명	자동화시스템, 생산자동화	소요시간	4시간
제 목	TR을 이용한 H-Bridge 회로 및 모터의 구동		
개 요	TR의 특성을 이해하고 H-Bridge 회로를 구성하여 소형 DC모터를 구동한다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 트랜지스터의 특성

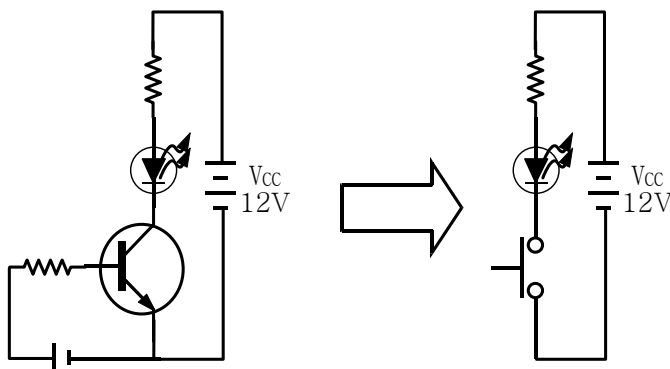
트랜지스터의 직류특성

차단영역	능동영역	포화영역
$V_i = V_{BE} < 0.7$ $I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} \approx 0$ $I_C = h_{FE} I_B \approx 0$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ $= V_{CC}$	$V_i > 0.7, V_{BE} \approx 0.7$ $I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} > 0$ $I_C = h_{FE} I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	$V_i \gg 0.7 (= 1.5)$ $V_{BE(s)} \approx 0.7$ $I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} > 0$ $I_C = h_{FE} I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

트랜지스터의 포화, 차단과 스위칭 관계

트랜지스터 상태	스위칭 상태	컬렉터 전류 (I <sub>C</sub> )	컬렉터와 이미터 양단 전압	컬렉터에서 본 저항
포화	ON	흐른다. (≠0)	매우작다. (0.3V 이하)	매우작다
차단	OFF	흐르지 않는다. (≈0)	있다. (≈V <sub>CC</sub> )	크다

트랜지스터의 스위칭 동작





2. 트랜지스터를 이용한 모터의 ON/OFF제어

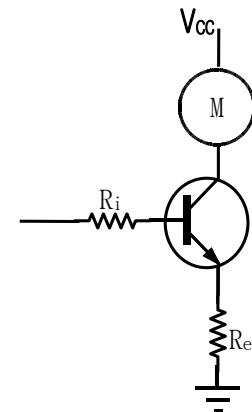
모터의 기동, 정지만 필요할 경우 사용한다.

■ 컬렉터 부하 구동

일반적으로는 많이 사용하는 회로로 모터를 트랜지스터 컬렉터의 부하로 사용.

==> 트랜지스터가 완전히 포화된 상태로 구동.

==> 드라이브 능력이 크고 전압손실이 적다.

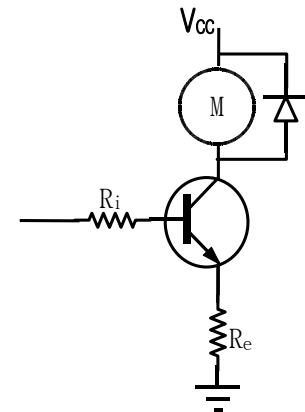


■ 역기전력 처리

● 모터가 회전하면 모터 코일의 양단에는 역방향의 기전력이 발생한다. 이 전압은 매우 크고, 트랜지스터가 off로 되면 그 에너지를 방출하려고 하기 때문에 트랜지스터가 파괴되어 버리는 경우도 있다.

● 대책으로, 코일을 쇼트시켜 남아 있는 에너지를 순간적으로 전류로 흘려 역기전력을 억제한다.

● 그림과 같이 다이오드를 사용하여 역방향의 기전력만 쇼트시키고, 통상적인 전압에 대해서는 고저항으로 되어 전류가 흐르지 않도록 한다.

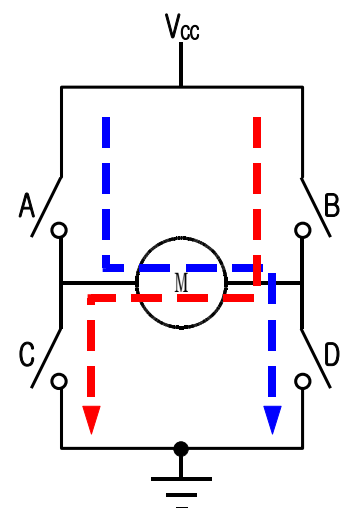


3. 트랜지스터를 이용한 DC모터의 정.역회전 구현

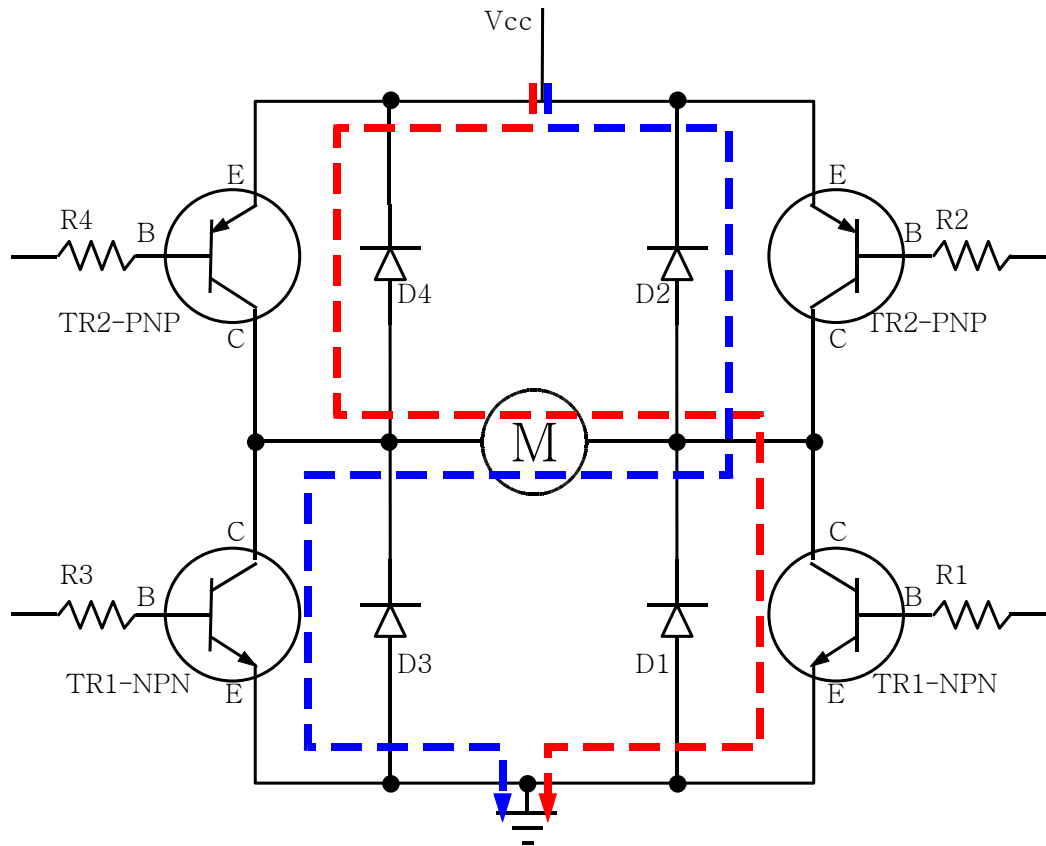
H-bridge 회로를 이용한 소형 DC모터의 정.역 회전

오른쪽 그림과 같은 회로에서 전류의 흐름은

- 좌에서 우로 전류가 흐를 경우( )  
A,D 단락, B,C 개방
- 우에서 좌로 전류가 흐를 경우( )  
B,C 단락, A,D 개방
- 모터전류 차단  
A,B,C,D 모두 개방  
A,B 개방 또는 C,D개방
- 회로 단락( ) ==> 절대 금지  
A,B,C,D 모두 단락

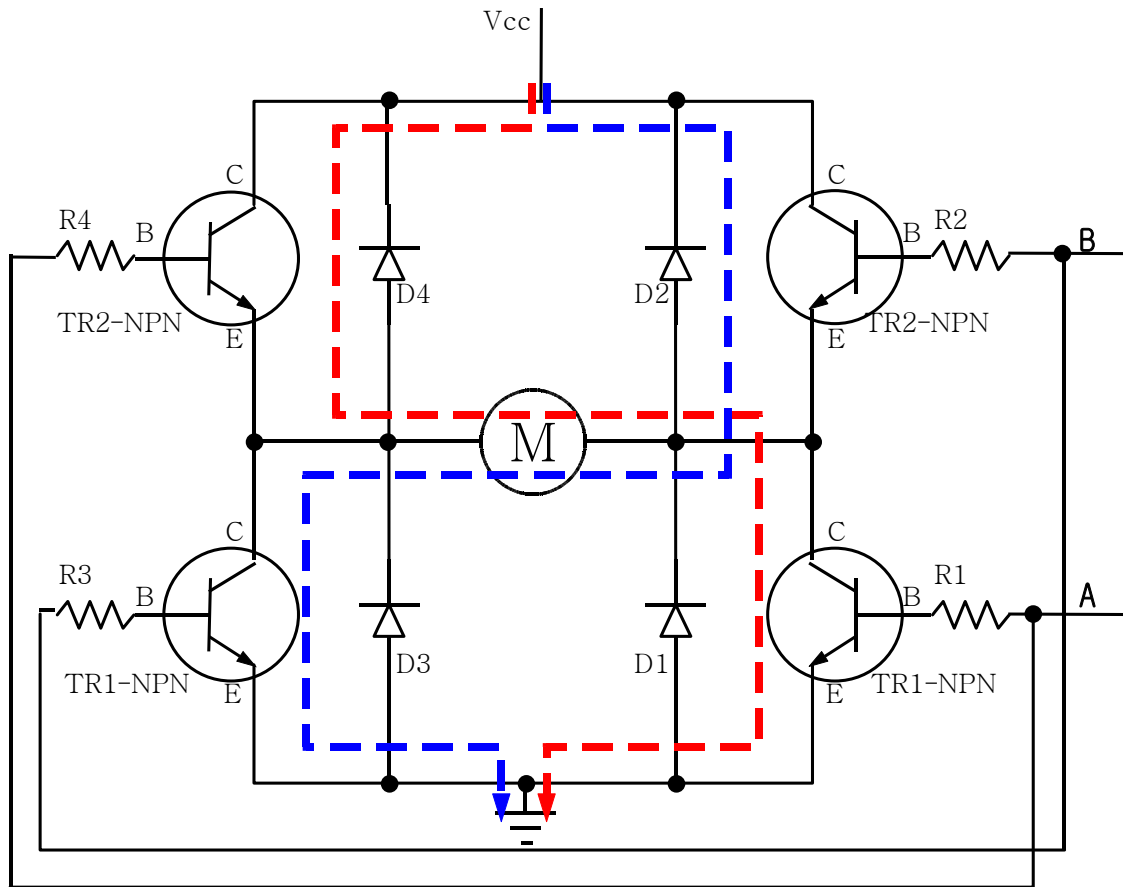


Type 1



	R1	R2	R3	R4	
정방향	Vcc	N.C	N.C	GND	
역방향	N.C	GND	Vcc	N.C	
정지	Vcc	N.C	Vcc	N.C	
	N.C	GND	N.C	GND	
금지	Vcc	GND	Vcc	GND	단락회로 ==> 과전류

Type 2



	A	B	
정방향	Vcc	GND	
역방향	GND	Vcc	
정지	N.C	N.C	
	GND	GND	
금지	Vcc	Vcc	단락회로 ==> 과전류

과 목 명	자동화시스템, 생산자동화	소요시간	4시간
제 목	OP AMP를 이용한 기본 증폭회로		
개 요	OP-AMP의 구동원리를 이해하고 기본적인 증폭회로를 구성하여 사용법을 익힌다.		
참고문헌			

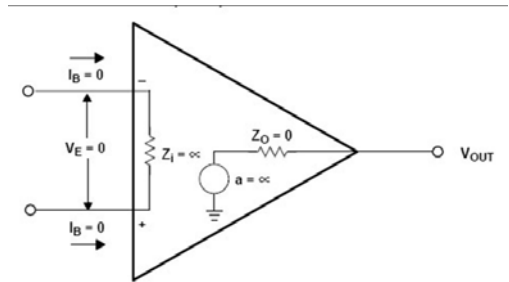
## 관련이론

### 1. 연산 증폭기(Operational Amplifier)

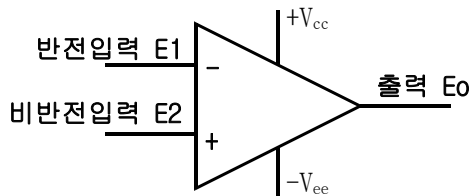
: 두 개의 입력전압의 차이에 비례하여 출력전압을 발생시키는 차동 증폭기

이상적인 연산 증폭기

- (1) Input Current  $I_B = 0$
- (2) Input Impedance  $Z_i = \infty \Rightarrow$  입력부에서 power 의 감소가 없다
- (3) Input Offset Voltage  $V_E = 0$
- (4) Gain :  $a = \infty$
- (5) Output Impedance  $Z_o = 0 \Rightarrow$  부하에 충분한 전류가 흐른다.
- (6) Response Time = 0
- (7) 무한대의 대역폭 :  $B = \infty \Rightarrow$  입력신호에 포함된 모든 주파수 성분 증폭
- (8) 온도에 따른 소자 파라미터 변동이 없어야 한다.



실제의 연산증폭기



특징

높은 입력 임피던스 :  $Z_i > 10^7 \Omega$

낮은 출력 임피던스 :  $Z_o < 100 \Omega$

높은 내부 이득 :  $A \approx 10^5 \sim 10^6$

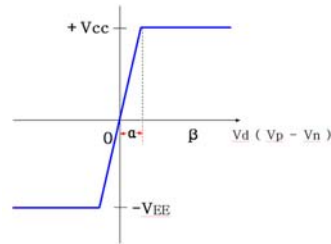
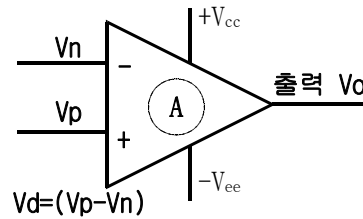
가상접지(Virtual Ground)  $\Rightarrow$  연산증폭기를 이용한 회로 해석에서 중요

이상적인 연산증폭기

전압이득 :  $A_v = \infty \Rightarrow$  증폭기 입력단자간의 전압은 영(zero)  $\Rightarrow$  단락을 의미.(물리적인 실제적 단락이 아님)

입력저항 :  $R_{in} = \infty \Rightarrow$  입력단자로 전류가 유입될 수 없다.  $\Rightarrow$  입력저항은 무한대이면서, 그 양단 전압은 영

2. 연산 증폭기의 활용



$$V_o = A(V_p - V_n)$$

(1) 비교기(Comparator)

일반적으로 OP Amp에서 공급전압(+Vcc, -Vee)는 ±15V를 주로 사용한다.

if Gain  $A=200$  and  $V_o = \pm 15$  then  $V_p - V_n = V_o/A$

$$= \pm 15/200 = \pm 75\text{mV}$$

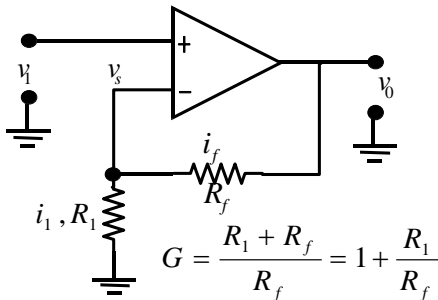
$V_p - V_n \geq \pm 75\text{mV} \implies V_d$ 가  $\beta$  범위에 있으면 비교기로 사용된다.

(2) 증폭기(Amplifier)

$V_p - V_n < \pm 75\text{mV} \implies V_d$ 가  $\alpha$  범위에 있으면 증폭기로 사용된다.

3. 연산 증폭기 회로

(1) 비반전 증폭회로



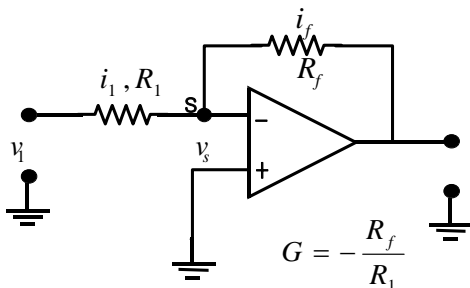
$$G = \frac{R_1 + R_f}{R_f} = 1 + \frac{R_1}{R_f}$$

$$i_1 = i_f, \quad \frac{v_1 + v_s}{R_1} = \frac{v_0 - (v_1 + v_s)}{R_f}$$

$$v_0 = A_0 v_s, \implies A_0 \rightarrow \infty \implies v_s = 0$$

$$\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_0 - v_1}{R_f}, \implies G = \frac{v_0}{v_1} = 1 + \frac{R_1}{R_f}$$

(2) 반전 증폭회로



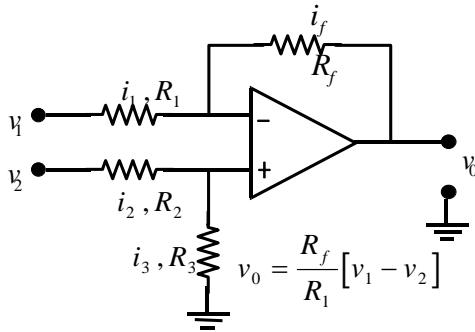
$$G = -\frac{R_f}{R_1}$$

$$i_1 = i_f, \quad \frac{v_1 - v_s}{R_1} = -\frac{v_0 - v_s}{R_f}$$

$$v_0 = -A_0 v_s, \implies v_s = -v_0/A_0, A_0 \rightarrow \infty \implies v_s = 0$$

$$\frac{v_1}{R_1} = -\frac{v_1}{R_f}, \implies G = \frac{v_0}{v_1} = -\frac{R_f}{R_1}$$

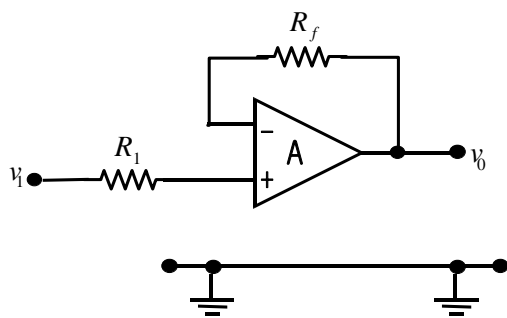
(3) 차동증폭기



$$v_0 = -\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_3 \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)}{R_2 \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)} v_2$$

$$= \frac{R_f}{R_1} (v_2 - v_1) \quad \ll \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_f}{R_1}$$

(4) 전압플로워



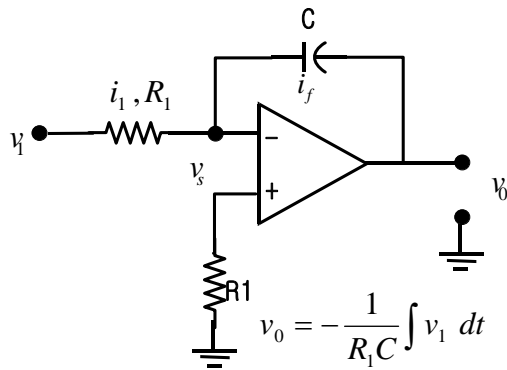
입력단자가 가상 단락되어 있으므로

$$G = v_0/v_1 = \frac{A}{1+A} \approx 1$$

출력전압이 입력전압을 그대로 추종한다.

==> 입력 임피던스가 높고 출력임피던스가 낮아서 구동회로의 부하효과를 막는 완충회로(buffer circuit)로 사용

(5) 적분기



$$v_0 = -\frac{1}{R_1 C} \int v_1 dt$$

$$i_1 = (v_1 - v_s)/R_1$$

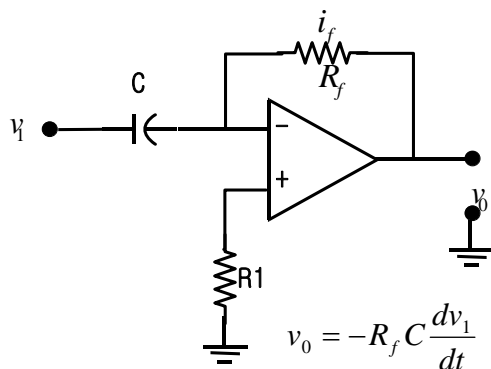
$$i_1 = i_f, \quad v_s = 0$$

$$v_s - v_0 = \frac{1}{C} \int_0^t i_1 dt = \frac{1}{CR_1} \int_0^t (v_1 - v_s) dt$$

$$= \frac{1}{CR_1} \int_0^t v_1 dt$$

$$\therefore v_0 = -\frac{1}{CR_1} \int_0^t v_1 dt$$

(6) 미분기



$$v_0 = -R_f C \frac{dv_1}{dt}$$

$$i_1 = C(dv_1/dt), \quad i_f = -(v_0/R_f)$$

$$i_1 = i_f, \Rightarrow C(dv_1/dt) = -(v_0/R_f)$$

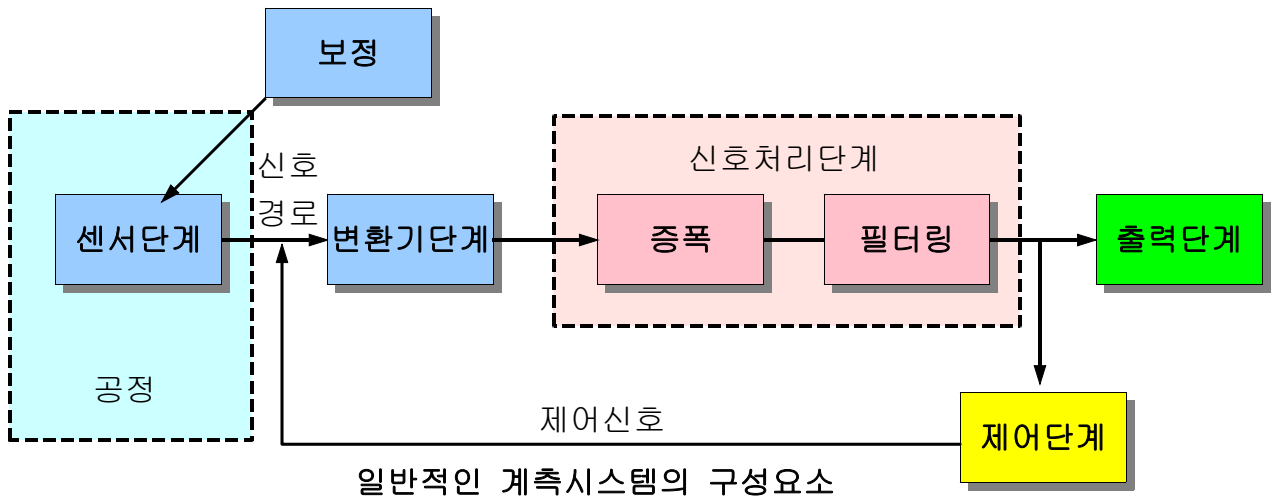
$$v_0 = -R_f C(dv_1/dt)$$

과 목 명	자동화시스템, 생산자동화	소요시간	2시간
제 목	각종 센서의 활용		
개 요	각종 센서의 원리와 사용법을 익힌다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. 센서(Sensor)란?

자연계에 존재하는 물리적인 상태변화의 신호를 전기적인 신호로 변환해주는 소자.



#### ※ 용어설명

변환기(Transducer) : 입력신호와 출력신호의 에너지 형태가 다른 소자

컨버터(Converter) : 입력신호와 출력신호가 동일한 에너지 형태일 경우에 한정해서 사용  
(토크컨버터, DC-DC컨버터, AC-DC컨버터 등)

작동기(Actuator) : 구동신호(주로 전기적인 신호)를 입력으로 받아 물리적인 형태로(물리적인 상태변화) 에너지를 변환하여 출력하는 장치

### 2. 센서의 요구조건

변환기나 계측시스템의 전체의 성능을 정의하기 위한 용어설명 및 센서의 선정 및 성능 평가 시 고려해야 할 사항.

- 1) 레인지와 스패ن(Range and Span) : 측정 범위 선택
  - 레인지(Range) : 입력이 변화 할 수 있는 최대 범위
  - 스패ن(Span) : 레인지의 최대값에서 최소값을 뺀 값

- 2) 오차(Error)

오차 = 계측값 - 참값

3) 정밀도(Accuracy)

계측시스템에 의하여 잘못 계측되어질 수 있는 값의 한계.  
즉, 교정된(Calibration) 정밀도 뿐만 아니라 발생 가능한 모든 오차의 총합.

4) 감도(Sensitivity)

단위 입력 변화에 대하여 출력의 변화

5) 히스테리시스 오차(Hysteresis error)

측정값이 연속적으로 증가하는 도중이나 연속적으로 감소하는 도중의 값의 차이

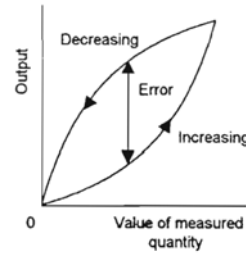
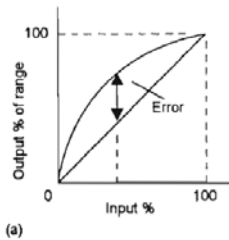


그림 2.1 히스테리시스

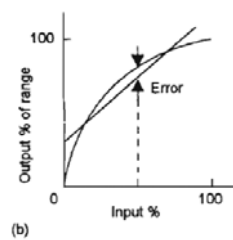
6) 비선형 오차(Non-linearity error)

전체 작동레인지에 대하여 입력과 출력의 관계가 선형이라는 가정에 대한 오차. 오차를 정의되기 위한 직선을 정의하는 방법에 따라

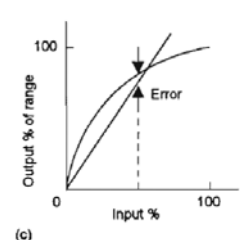
엔드레인지값



최소제공법



0점을 통과한 최소제공법



※ 선형성 : 입력에 대하여 출력 변화의 직선성.

대부분의 센서는 비선형적인 출력특성이 있으므로 하드웨어 및 소프트웨어적인 선형화 작업이 필요하다.

7) 반복도와 재현도(Repeatability and Reproducibility)

반복적인 동일한 입력에 대하여 동일한 출력을 나타내는 척도로 백분률로 표시

$$\text{반복도} = \frac{(\text{최대값} - \text{최소값})}{\text{전체 레인지}} \times 100$$

8) 안정도(Stability)

어떤 기간동안 일정한 입력을 측정할 때 같은 출력을 유지하는 성능.

※드리프트(Drift) : 시간에 대한 출력의 변화

9) 응답속도(응답특성)

센서의 입력에 대한 출력의 지연정도.

※불감대/불감시간(Dead band/ Dead time)

불 감 대 : 출력이 나오지 않는 입력값의 범위

불감시간 : 입력이 인가된 후 그 영향이 출력값으로 나올 때까지의 시간



10) 분해능(Resolution)

출력이 관측 가능할 정도로 변화되는 최소의 입력 변화량.

11) 출력임피던스(Output Impedance)

센서가 전자회로에 인터페이스 될 때 센서의 임피던스가 회로와 직렬 또는 병렬로 결합하여 영향을 미친다.

3. 저항 타입의 센서

물리적인 상태의 변화가 저항 값의 변화로 나타나는 센서.

1) 전위차계

회전형 전위차계

(Rotary Potentiometer)



직선형 전위차계  
(Linear Potentiometer)

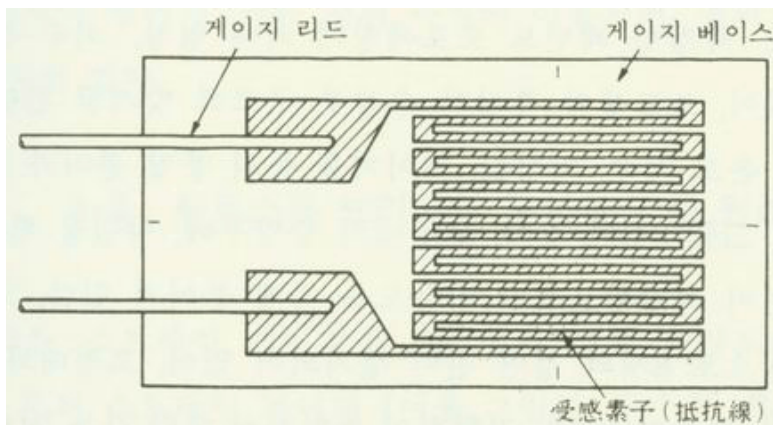


2) 스트레인 게이지

원리 및 구조

도선의 단면이 작을 수록 길이가 길수록 저항은 크다

얇은 필름에 foil이나 선을 그림과 같이 접착하여 구조물의 변형을 알 수 있는 센서이다.



3) Thermister (Thermally Sensitive Resistor)

- 서미스터는 반도체를 이용한 축온 소자로서 외부의 온도 변화에 대응해서 저항의 변화 폭이 크다. 따라서, 생활 주변에서 온도 측정과 제어의 목적으로 가장 많이 사용.
- 서미스터는 외부의 온도 변화에 따른 저항변화의 특징에 따라 3가지로 분류된다.

NTC서미스터(negative temperature coefficient thermistor)

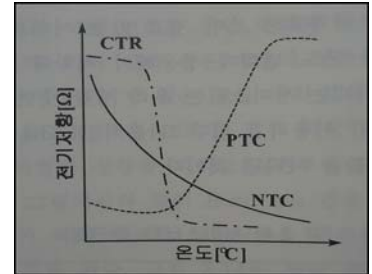
온도가 상승함에 따라 서미스터의 전기적인 저항값이 부(-)의 특성을 갖고 지속적으로 감소. 일반적으로 서미스터라고 하면 NTC 서미스터를 일컫는다.

PTC서미스터(positive temperature coefficient thermistor)

온도가 상승함에 따라 정(+의 특성을 갖고 저항값 증가

CTR 서미스터 (critical temperature resistor)

특정 온도에서 저항값이 급격히 변화



서미스터의 저항-온도 특성

- NTC 서미스터의 온도변화에 따른 저항변화는 부(-)의 특성으로 지속적으로 감소하며, 이러한 감소특성은 다음식 과같이 표현

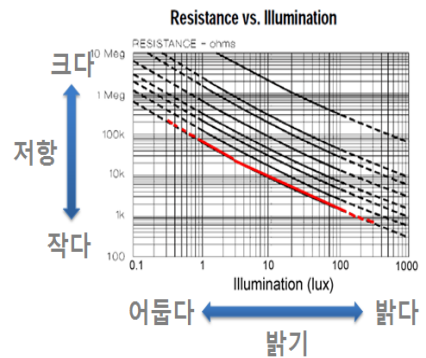
$$R = R_0 \exp B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

R과 R<sub>0</sub>는 각각 온도 T와 T<sub>0</sub>[K]일 경우의 저항, T<sub>0</sub>는 25[°C](298[K])  
 B는 서미스터의 재질에 따른 상수 => 서미스터의 온도 의존성  
 일반적으로 이 값은 2,000 ~ 5,000[K]이며, 제작 시 결정

$$T = \frac{B}{\ln(R/R_0) + B/T_0} = \frac{T_0 B}{T_0 \ln(R/R_0) + B}, (^{\circ}K)$$

4) CdS

- 가장 보편적으로 사용되는 조도 센서.
- 황화카드늄(CdS)을 사용한 센서로 빛의 밝기에 따라 저항값이 변한다.
- 저항은 빛의 밝기에 따라 선형적으로 증가하는 것이 아니라 로그 그래프에 가까운 형태로 변하여 정확한 Lux 값을 구하기보다는 “밝다 / 어둡다” 정도만을 판별하기에 적합한 센서.
- 응답속도가 0.1~10ms로 다소 느리다.
- 빛의 양이 적을 수록 저항값이 커져 어두운 곳에서는 절연체와 같이 저항이 높아졌다가 가시광선이 닿으면 도체와 같이 저항이 낮아지는 성질을 가짐.
- 고감도, 소형, 가시광선에 민감, 저가격 등의 장점이 있지만 반응시간이 느려 즉각적인 반응을 필요로 하는 센서에는 적합하지 않다. 광량이 많을 시 빨라지는 등 광량에 따라 반응시간이 달라지긴 하지만 오히려 불완전한 요소가 될 수 있다
- 정확한 Lux의 수치를 측정하고 싶다면 포토다이오드 소자를 사용하여야 하며, CDS와 같이 광센서의 일종이며 가시광선부터 적외선까지 다양한 영역의 광원을 감지할 수 있지만 가격이 상대적으로 비싸고 주변회로가 복잡해진다는 단점이 있다. 하지만 밝기대비 저항값이 선형적으로 나와서 수치화하기 좋고 프로그램 소스가 간단해진다는 장점도 있다.



4. 온도 검출 회로

서미스터를 이용하여 온도를 검출하는 기본적인 방법으로는 Half-bridge와 Wheatstone bridge가 대표적이다.

- Half-bridge(Voltage-divider)

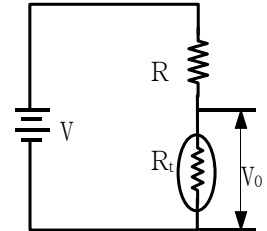
이 방법은 전압 분배기로 동작하도록 구성한 것으로서 가장 간단한 형태의 온도 측정 회로이며 저가로 구성이 가능하지만, offset이 존재한다.

초기의 출력 전압이

$$V_0 = \frac{R_t}{R + R_t} V \quad \text{같이 나타낼 경우}$$

서미스터 저항이 온도 변화  $\Delta T$ 에 의해서  $\Delta R$  만큼 변화한 경우의 출력 전압은

$$V_0 = \frac{R_t \pm \Delta R}{R + (R_t \pm \Delta R)} V$$



Half-bridge를 이용한 온도 측정

- Wheatstone bridge :

a 지점과 b 지점의 전압을 각각

$$V_a = \frac{R_t}{R_1 + R_t} V, \quad V_b = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V$$

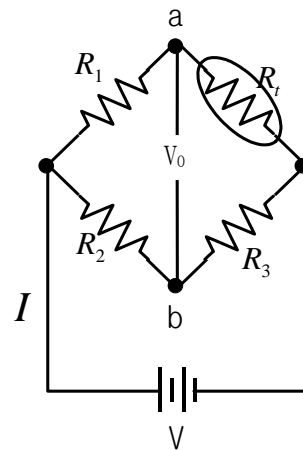
출력 전압은

$$V_0 = V_a - V_b = V \left( \frac{R_t}{R_1 + R_t} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

기준온도에서 서미스터와 외부저항을

$R_1 = R_2 = R_3 = R$ 로 선택할 경우

$$R_t = \frac{R(V + 2V_0)}{V - 2V_0}$$

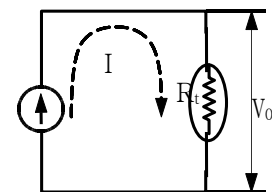


Wheatstone bridge를 이용한 온도 측정

- Constant-current source :

정전류원을 이용한 온도 측정회로의 기본 구성  
정전류 원으로부터 공급되는 전류 I는 서미스터 저항에 의해 출력전압을 생성시킨다.

$$V_0 = IR_t$$



정전류 원을 이용한 온도 측정

과 목 명	마이크로컨트롤러1, 2, 자동화 시스템	소요시간	2시간
제 목	AVR Studio 사용법		
개 요	AVR(Atmega-128)의 프로그래밍 개발툴인 AVR Studio의 설치 및 환경설정에 대해 익힌다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. AVR Studio와 WinAVR

AVR Studio ==>(다운로드 : <http://www.atmel.com>)

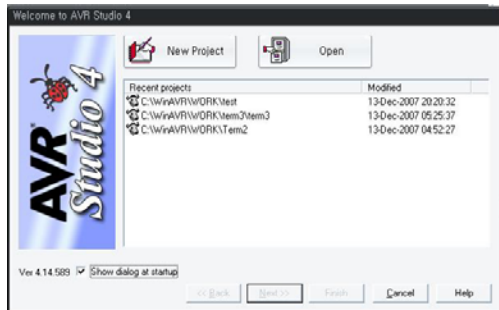
- ATMEL사에서 개발한 AVR용의 소프트웨어 개발툴로 윈도우즈에 기반한 통합 개발 환경을 제공.
- 에뮬레이터와 시뮬레이터를 동시에 사용할 수 있고 어셈블러를 제공.
- AVRISP, JTAG ICE, STK500, ICE40, ICE50 등의 에뮬레이터가 PC의 직렬포트에 접속되어 있으면 에뮬레이터로 동작하고 그렇지 않으면 시뮬레이터로 동작한다.

WinAVR ==>(다운로드 : <http://winavr.sourceforge.net>)

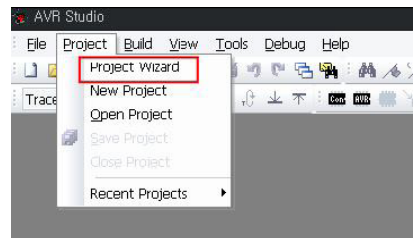
- Windows 운영체제를 사용하는 IBM PC 호환기종 퍼스널 컴퓨터를 호스트 플랫폼으로 하는 AVR-GCC 소프트웨어 패키지.
- AVR-GCC란 AVR 마이크로 컨트롤러 용의C/C++언어를 지원하는 ANSI C컴파일러.

#### 1.1 AVR studio를 이용한 새 프로젝트 생성,컴파일 및 다운로드

- ① AVR studio를 연다.
- ② <그림1>의 창의 상단에 있는 New Project를 누른다. 이 창이 뜨지 않으면<그림2>와 같이 <메뉴>→<Project>→<Project Wizard>를 누르면<그림 2>와 같은 창이 뜬다.



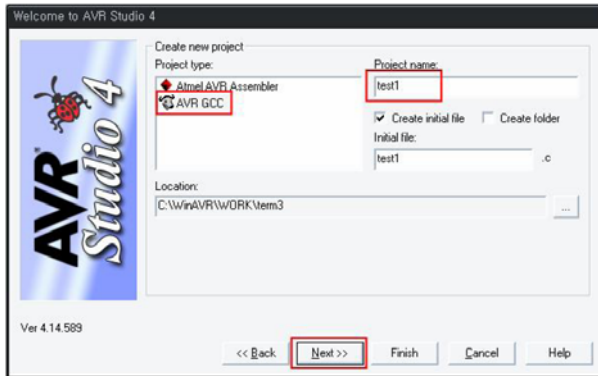
<그림1> Project Wizard 창



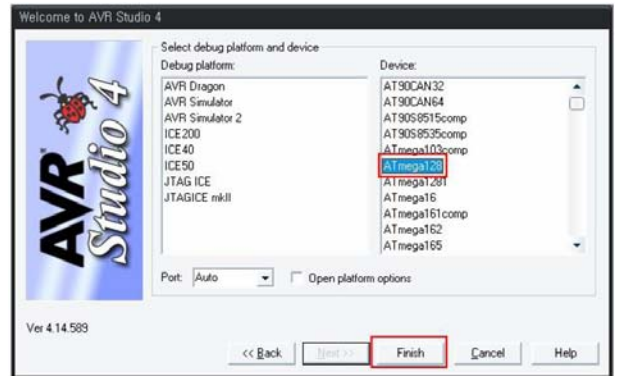
<그림2> Project Wizard

- ③ <그림 3>과 같이 Project type을 "AVR GCC"를 선택하고, 프로젝트 이름을 기입한 뒤 "Next"를 누른다.
- ④ Debug platform은 선택할 필요가 없으며 Device만 자신이 사용하는 Device에 맞게

정확히 선택하도록 한다. <그림 4>와 같이 수업에서 사용하는 ATmega 128을 선택한 뒤 "Finish"를 누른다.

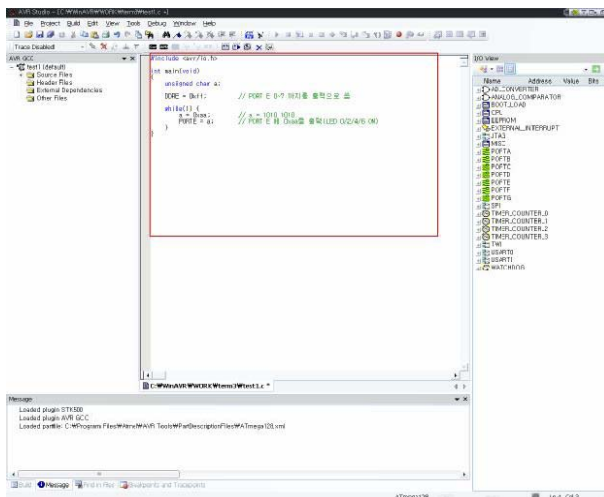


<그림 3>



<그림 4>

⑤ <그림 5>와 같은 화면이 나타나면 프로그램 코딩 창에 아래의 코드를 작성한다.

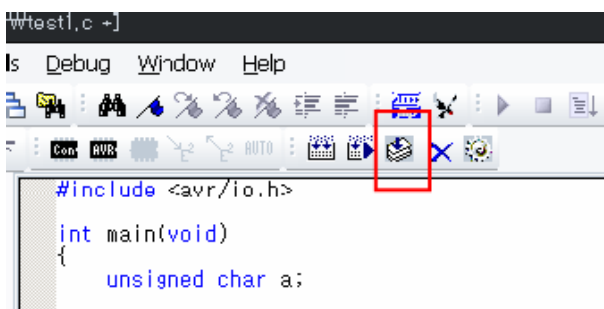


<그림 5>

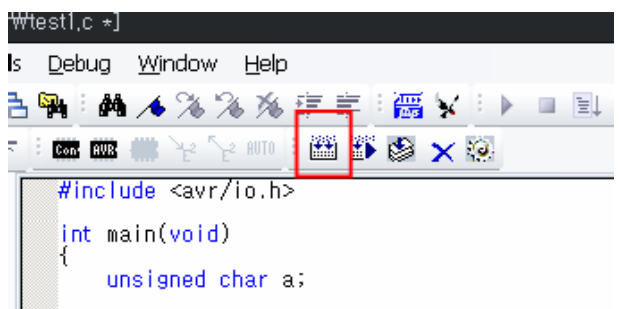
```
#include <avr/io.h>
int main(void)
{
    unsigned char a;
    DDRE = 0xff;
    while(1) {
        a = 0xaa;
        PORTE = a;
    }
}
```

⑥ <그림 6>의 아이콘을 클릭하거나, <Alt + F7>을 눌러서 컴파일을 한다.

⑦ <그림 7>의 아이콘을 클릭하거나 <F7>을 눌러서 빌드를 한다.

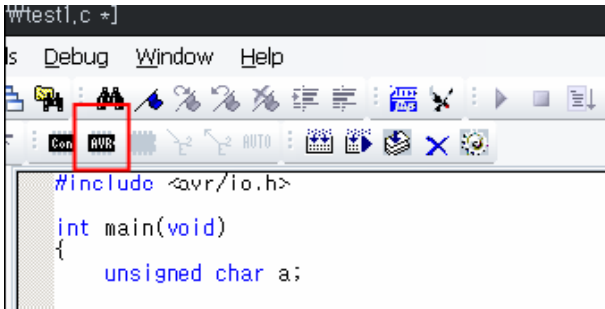


<그림 6> 컴파일 버튼

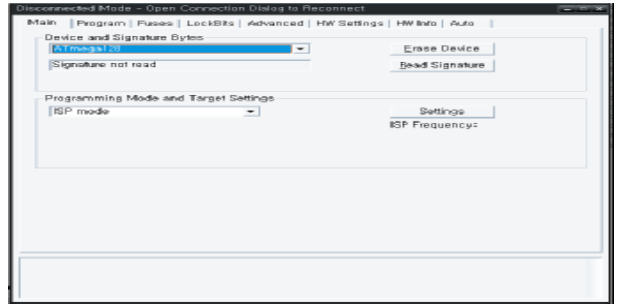


<그림 7> 빌드 버튼

⑧ <그림 8>버튼을 클릭하여 프로그램을 다운로드를 한다. 이때 ISP와 컴퓨터와 연결하여 AVR보드에 꽂은 후, AVR보드의 전원을 넣으면 <그림 9>와 같은 창이 뜬다.



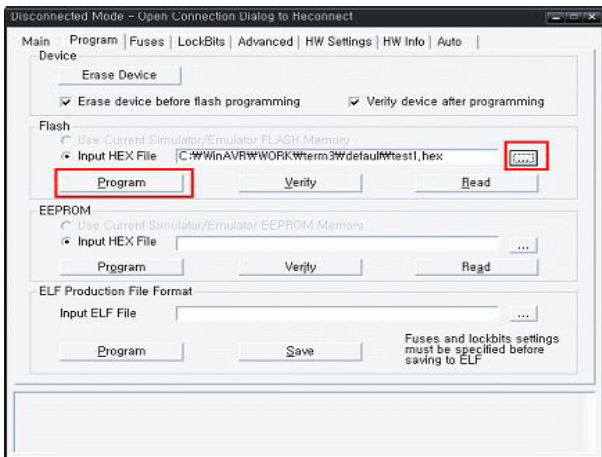
<그림8>다운로드 버튼



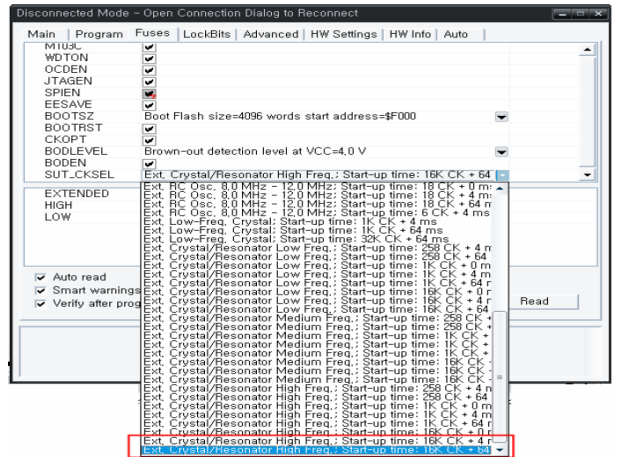
<그림9>다운로드 창

프로그램 다운로드는 다음의 순서대로 진행합니다.

- 상단의 메뉴 중 "Program"을 선택한다.
- Flash 부분의 우측에 있는 "..." 버튼을 누른다.
- 다운로드 할 hex 파일을 선택한다. hex파일의 이름은 프로젝트가 저장된 폴더 안에 C파일과 같은 이름으로 저장되어있다. 종종 파일 이름만 보고 다른 폴더에 저장되어있는 다른 프로젝트의 hex파일을 불러오는 실수가 있으므로 폴더를 확인한다.
- 다운로드 할 hex 파일이 선택되었으면Flash항목에 있는"Program"버튼을 누른다.



<그림 10> 프로그램 다운로드 화면



<그림 11> Fuse bit setting

- 이 때, AVR보드가 새 것이던가 프로그램을 새로 깔았다면Fuse bit setting을 해주어야 한다.상단의 여러 항목 중 Fuses를 선택하면 <그림 11>과 같은 화면이 나타난다. 거의 모든 세팅이 손댈 필요가 없지만 SUT\_CKSEL의 세팅은 아래와 같이 수정한다. 모든 세팅이 끝나면 "Program"버튼을 눌러 세팅된 Fuse bit을 다운로드한다.
- Fuse bit setting은 매번 해줄 필요는 없으므로 이후에는 해줄 필요가 없습니다. 또한 본 교재에서 한 세팅은 본 수업용 AVR 보드를 위한 세팅이므로 다른 Device를 사용하거나 하는 상황이라면 setting이 달라질 수 있다.

과 목 명	마이크로컨트롤러1, 2, 자동화 시스템	소요시간	2시간
제 목	AVR Programing - I/O Port 제어		
개 요	AVR(Atmega-128)의 I/O Port를 제어하는 Register를 이해하고 프로그램하는 방법을 배운다.		
참 고 문 헌			

## 관련이론

### 1. I/O PORT제어 및 Register

#### 1) 진수 변환

마이크로컨트롤러는 컴퓨터와 마찬가지로 비트 단위의 연산을 합니다. 또한, 레지스터 세팅 등을 할 때도 비트 단위로 입력을 한다. 하지만 비트 단위로 기입을 하는 것은 가독성이 떨어지고 작성하는 과정에서 실수할 가능성도 높기 때문에 16진수로 입력을 한다.

16진수 2진수 변환표

16진수	2진수	16진수	2진수
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

예) LSB(Least significant bit)는 최하위 비트를 의미하며 반대로 최상위 비트는MSB(Most Significant bit)로 쓴다.

0x35→ (MSB) 0011 0101 (LSB)

0xAA→ (MSB) 1010 1010 (LSB)

0x2F→ (MSB) 0010 1111 (LSB)

#### 2) I/O PORT Resister

8비트의 I/O 포트를(PORTA ~ PORTG) 7개 가지고 있으며, 양방향의 I/O기능을 가지므로 각 포트를 입력으로 사용할 지, 출력으로 사용할 지 설정을 해주어야 한다.

- DDRx : Data Direction Resister(1일 때 출력, 0일 때 입력)

DDRA ~ DDRG까지 존재하며 DDRG는 하위 5비트만 유효하다.

비트	7	6	5	4	3	2	1	0
이름	Px7	Px6	Px5	Px4	Px3	Px2	Px1	Px0

예) // PORT A를 모두 출력으로 설정할 경우

DDRA = 0xFF; // 0xFF는 2진수로 1111 1111이므로 모든 비트가 1로 설정  
// PORT A의 0번과 7번 비트를 출력으로 설정할 경우

DDRA = 0x81; // 0x81은 2진수로 1000 0001이므로 A포트의 0번과 7번 비트가 출력  
모드로 설정되고 나머지 포트는 입력모드로 설정.

- PORTx : PORTData Register(포트 출력 레지스터)

I/O 포트에 데이터를 출력할 때 사용하며 출력할 수 있는 데이터는 Logic High(5V)와 Logic Low(0V)가 있다.

PORTx의 각 비트에 1을 설정하면 실제 해당 I/O포트의 핀이 Logic High(5V)로 설정된다.

비트	7	6	5	4	3	2	1	0
이름	Px7	Px6	Px5	Px4	Px3	Px2	Px1	Px0

예) // PORT A를 모든 비트로 출력을 내보낼 경우

PORTA = 0xFF; // 0xFF는 2진수로 1111 1111이므로 모든 비트가 1로 설정  
// PORT A의 0번과 7번 비트로 출력을 내보낼 경우

PORTA = 0x81; // 0x81은 2진수로 1000 0001이므로 A포트의 0번과 7번 비트가 출력  
모드로 설정되고 나머지 포트는 입력모드로 설정.

- PINx : Port Input Pin Address (입력 포트 레지스터)

해당 I/O 포트의 입력비트에 해당하는 레지스터로 DDRx를 통하여 해당 I/O포트를 입력으로  
설정해두고, PINx를 읽어서 실제 대응되는 비트의 값을 입력

비트	7	6	5	4	3	2	1	0
이름	Px7	Px6	Px5	Px4	Px3	Px2	Px1	Px0

### 3) MCUCR (MCU Control Resister)

MCU 제어를 위한 기본적인 설정을 위한 레지스터

비트	7	6	5	4	3	2	1	0
이름	SRE	SRW10	SE	SM1	SM0	SM2	IVSEL	IVCE

- I/O 포트와 관련된 비트는 7번 비트인 SRE이다.

SRE가 0으로 설정되면 I/O포트는 순수한 I/O포트로 동작하고,

1로 설정되면 I/O포트는 각각정의된 부가기능으로 동작한다.

설정 예) MCUCR=0x80; // 2진수 1000 000으로 SRE가 1로 설정된다.

## 2. 구동전류(Source Current)와 흡입전류(Sink Current) : ATmega128의 DC Characteristics

TA=-40°C to 85°C, Vcc=2.7V to 5.5V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
VOL	Output Low Voltage (Ports A,B,C,D,E,F,G)	IOL=20mA, Vcc=5V		0.7	V
		IOL=10mA, Vcc=3V		0.5	V
VOH	Output High Voltage (Ports A,B,C,D,E,F,G)	IOL=20mA, Vcc=5V	4.2		V
		IOL=10mA, Vcc=3V	2.4		V



과 목 명	마이크로컨트롤러1, 2, 자동화 시스템	소요시간	2시간
제 목	AVR Programing - ADC		
개 요	AVR(Atmega-128)의 ADC(Analog to Digital Converter) 기능을 배운다.		
참 고 문 헌			

## 관련이론

### 1. ADC(Analog to Digital Converter)

#### 1) 특징

- 10비트 8채널(PF0~7, 핀번호 61~54)의 축차비교형 단극성 변환기 제공
- 7채널의 차동입력 변환기로 사용 가능
- 10배 또는 200배의 증폭률을 가진 2채널의 차동입력 변환기능 제공
- 0~Vref범위의 전압을 입력으로 갖을 수 있다. 차동의 경우 -Vref ~ +Vref까지 가능하다. 기준 전압 Vref는 VCC를 초과할 수 없다.
- 변환완료 인터럽트가 제공된다. 완료시 ADCSRA 레지스터의 ADIF 플래그가 세트된다.
- 13~260 usec의 변환시간을 사용자가 설정할 수 있다.

#### 2) ADCH, ADCL 레지스터

- ADC 결과를 단극성의 경우  $1024 \times V_{in} / V_{ref}$  로 0~1023 범위 값으로, 차동입력의 경우 2의 보수를 사용하여  $512 \times Gain \times (V_+ - V_-) / V_{ref}$  로 -512~ 511범위의 값으로 저장한다. 초기 값은 0x0000이다. ADMUX 레지스터의 ADLAR값에 따라 그림에 보여진 방식으로 정렬하여 저장.

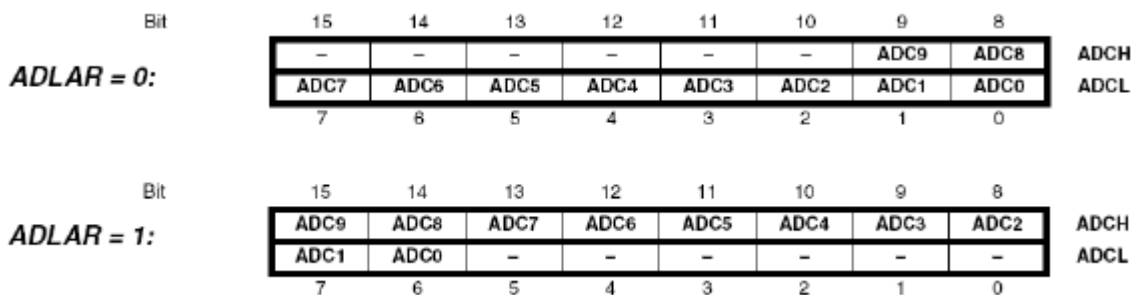


그림 ADCH, ADCL 레지스터(출처:ATMEL)

#### 3) ADMUX 레지스터

- ADSC, ADEN이 1로 세트되어 AD변환이 시작될 때마다 ADMUX의 설정값에 따라 AD변환이 진행된다. 설정값
- 의 변환은 차동입력을 사용하는 경우에는 AD변환을 시작한 후 적어도 125usec가 경과한

후에 한다.

- 비트7~6(REFS1~0 : REFerence Selection 1~0) : 입력전압의 범위의 기준전압 Vref를 선택.
  - ① 00 : 외부의 AREF 단자(62번핀)로 입력된 전압을 기준전압으로 사용.
  - ② 01 : 외부의 AVCC 단자(64번핀)로 입력된 전압을 기준전압으로 사용.
  - ③ 10 : 보류
  - ④ 11 : 내부의 2.56V를 기준전압으로 사용.
- 비트5(ADLAR : ADC Left Adjust Result) : 변환결과가 ADC 데이터 레지스터에 저장될 때 모양을 그림 의 경우 처럼 결정한다.
- 비트4~0(MUX4~0) : 그림 112처럼 ADC의 입력단자를 선택하고 차동입력의 경우 이득을 선택 하는데 사용.

4) ADCSRA 레지스터

- 비트7(ADEN : ADc ENable) : 1로 설정하여 동작을 허용하고 0으로 하여 중지시킨다.
- 비트6(ADSC : ADc Start Conversion) : 1로 설정하면 변환이 시작된다. 변환이 완료되면 자동적으로 클리어 된다.
- 비트5(ADFR : ADc Free Running select) : 1로하면 Free running 모드로 설정한다.
- 비트4(ADIF : ADc Interrupt Flag) : ADCH, ADCL 레지스터가 갱신되면 ADIF가 1로 세트되며 인터럽트를 요청한다.
- 비트3(ADIE : ADc Interrupt Enable) : 1로 세트된 경우 변환완료 인터럽트를 개별적으로 허용한다.
- 비트2~0(ADPS2~0 : ADc Prescaleer Select 2~0) : 시스템 클럭을 분주하여  $CLK_{ADC}$  를 만들 때 분주비를 결정한다. 000, 001이면 분주비를 2로, 010이면 분주비를 4로, 011이면 분주비를 8로, 100이면 분주비를 16으로, 101이면 32로, 110이면 64로, 111이면 분주비를 128로 한다.

5) 동작

- 단일변환 모드 : ADCSRA 레지스터에서 ADEN, ADSC 플랙을 1로 설정하여 변환을 시작시킬 수 있다. 최초변환에 25개의  $CLK_{ADC}$  클럭이 필요하다. 변환이 완료되면 변환 결과가 ADCH, ADCL 레지스터에 결과가 저장되면 ADIF가 1로 세트되며 AD 변환완료 인터럽트가 요청되고 ADSC비트는 자동적으로 클리어된다. 다시 변환을시작시키려면 ADSC플랙을 1로 하면 된다. 그리고 이때부터는 13개의  $CLK_{ADC}$  클럭이 필요하다.
- Free Running모드 : ADCSRA 레지스터에서 ADEN, ADSC, ADFR 플랙을 1로 설정하여 변환을 시작시킬 수있다. 변환완료에 13개의  $CLK_{ADC}$  클럭이 필요하다. 변환이 완료되면 변환 결과가 ADCH, ADCL 레지스터에 결과가 저장되면서 즉시 그 다음 차례의 AD변환이 자동적으로 시작된다.

MUX4..0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain	
00000	ADC0	N/A			
00001	ADC1				
00010	ADC2				
00011	ADC3				
00100	ADC4				
00101	ADC5				
00110	ADC6				
00111	ADC7				
01000		ADC0	ADC0	10x	
01001		ADC1	ADC0	10x	
01010	N/A	ADC0	ADC0	200x	
01011		ADC1	ADC0	200x	
01100		ADC2	ADC2	10x	
01101		ADC3	ADC2	10x	
01110		ADC2	ADC2	200x	
01111		ADC3	ADC2	200x	
10000			ADC0	ADC1	1x
10001			ADC1	ADC1	1x
10010			ADC2	ADC1	1x
10011			ADC3	ADC1	1x
10100			ADC4	ADC1	1x
10101			ADC5	ADC1	1x
10110			ADC6	ADC1	1x
10111			ADC7	ADC1	1x
11000			ADC0	ADC2	1x
11001			ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x	
11011		ADC3	ADC2	1x	
11100		ADC4	ADC2	1x	
11101		ADC5	ADC2	1x	
11110	1.23V (V <sub>BG</sub> )	N/A			
11111	CV (GND)				

6) 잡음 제거 방법

- 아날로그 입력 신호선을 최소한으로 짧게 한다.
- AVCC단자에는 디지털 전원 VCC를 LC 필터로 안정화시켜 인가한다(그림 참조).
- 변환을 하는 중에는 나머지 중에서 디지털 입출력 AD PF7~0 포트에 사용하는 포트의 값을 스위칭하지 않는다.
- ADC noise reduction 모드를 이용하면 매우 안정적인 변환을 이룰 수 있다.

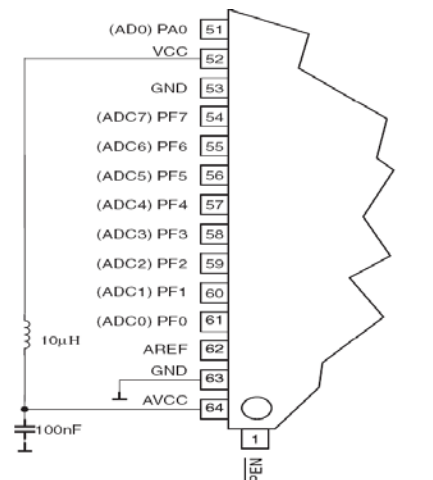


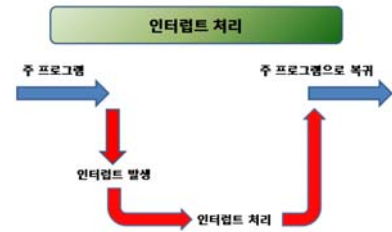
그림 . 아날로그 전원 단자의 처리(출처:ATMEL)

과 목 명	마이크로컨트롤러1, 2, 자동화 시스템	소요시간	2시간
제 목	AVR Programing - Timer/Counter Interrupt		
개 요	AVR(Atmega-128)의 Interrupt의 개념을 이해하고 Timer/Counter Interrupt의 기능을 배운다.		
참고문헌			

## 관련이론

### 1. Interrupt

- 어떤 사건이 발생하면 그 때 그 사건을 CPU에 알려 처리를 요구하는 것을 Interrupt라고 한다.
- 일반적으로 인터럽트를 사용하지 않는 C언어의 문장은 main안에 있는 while문에 코딩되어 있는 내용들을 반복 하는 것이 전부이다.



- 하지만 인터럽트를 사용한 프로그램에서는 인터럽트가 발생했을 때 메인문의 동작은 일단 정지하고 인터럽트 함수 내에 정의된 내용을 일단 수행하고, 인터럽트 수행이 완료되면 이전에 main문에서 수행하던 라인으로 되돌아가 다음 인터럽트가 발생할 때까지 main문을 수행하는 형태로 동작한다.
- 인터럽트는 정확한 시간에 동작해야하는 타이머나 통신, 외부에서 특정 조건이 발생했을 때 그 즉시 동작을 수행해야하는 경우에 많이 사용된다.
  - 인터럽트 간에도 우선순위가 정해져 있으므로 동시에 여러 가지 인터럽트가 걸렸을 때는 정해진 우선순위대로 수행하게 된다.

- ATmega 128은 4개의 범용 타이머/카운터가 있다.

종류로는 Timer/Counter0, 2 (8비트), Timer/Counter1, 3(16비트)가 있다.

타이머/카운터의 제어에 필요한 레지스터는  
 타이머/카운터 제어 레지스터(TCCRn)  
 타이머/카운터 레지스터(TCNTn)  
 출력 비교 레지스터(OCRn)이 있으며

인터럽트 관련하여

인터럽트 플래그 레지스터(TIFR)  
 인터럽트 마스크 레지스터(TIMSK)가 있다.

## 2. ATmega128의 Timer 및 Counter

ATmega 128의 타이머 및 카운터는 다음과 같은 특징을 가진다.

- 8비트 타이머
- 비교일치시 타이머 클리어(Auto Reload)
- Glitch없는 위상변경 PWM
- 주파수 발생기
- 10비트 프로그램 기능의 클럭 프리스케일러(분주기)
- Overflow interrupt요청(TOV0, TOV2)
- 비교일치시 비교일치 인터럽트 요청(OCF0, OCF2)
- 타이머/카운트0은 I/O 클럭과는 별도로 외부 32kHz위치 크리스털로 클럭킹 가능

	TCNT 레지스터의 비트 수	타이머기능	카운터기능	Compare 기능	Capture 기능	파형발생 기능
타이머/카운터 0	8	○	×	○	×	○
타이머/카운터 1	16	○	○	○	○	○
타이머/카운터 2	8	○	○	○	×	○
타이머/카운터 3	16	○	○	○	○	○

## 3. Timer와 Overflow Interrupt

- 타이머의 역할은 정해진 시간마다 정해진 역할을 하는 것이다. Overflow 인터럽트의 개념은 타이머가 정해진 시간마다 Overflow의 카운트를 올려 주고, 정해진 크기의 레지스터는 카운트가 꽉 채워지는 순간 Overflow 인터럽트를 발생한다.

예를 들어 0.01초 마다 타이머가 발생하고 레지스터에 설정한 카운트 값이 100 이라면  $0.01 \times 100 = 1(s)$ , 즉 1초 마다 Overflow 인터럽트가 발생하게 되는 것이다. Overflow 인터럽트가 발생하는 순간 마이크로 컨트롤러는 레지스터 내에 채워진 카운트를 리셋하고 인터럽트를 발생시킨다.

## 4. PRESCALER

- 프리스케일러란 타이머에 공급되는 입력 클럭의 속도를 제어하는 분주기이다.
- 분주기는 주기를 나눈다라는 의미로 클럭의 속도를 느리게 한다는 의미와 같다.

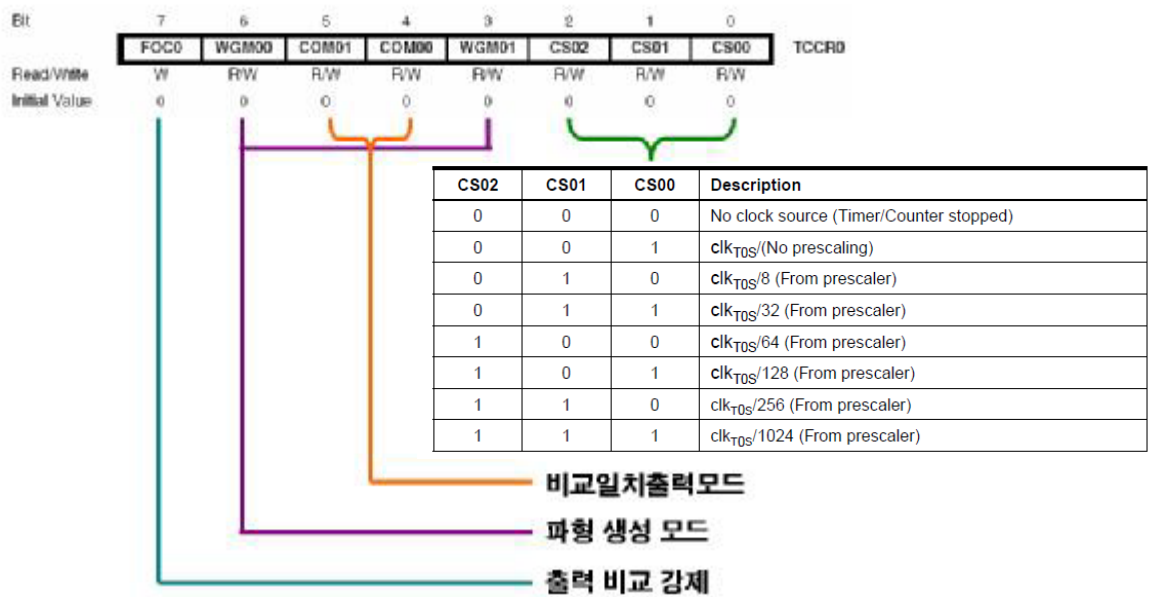
예를 들면 16Mhz를 4분주 한다면 4Mhz가 되는 것이다.

5. TIMER/COUNTER 설정

- 타이머를 사용하기 위해서는 타이머에서 사용하는 클럭에 대해서 설정을 해야 하는데 이는 프리스케일러(Prescaler) 값으로 조절할 수 있다.
- 프리스케일러 값은 각 타이머의 컨트롤 레지스터(TCCRn)에서 설정할 수가 있다. 타이머 인터럽트는 각 타이머 관련 컨트롤 레지스터에서 적절한 프리스케일러 값을 설정한 후, 각 타이머 레지스터(TCNTn)에 설정하고 싶은 시각에 대해 인터럽트를 발생시킬 것인지에 대해 관련된 값을 설정해 주면 된다.
- 그리고 인터럽트를 허용해야 하므로 관련 레지스터인 TIMSK 레지스터를 설정해 주어야 한다.

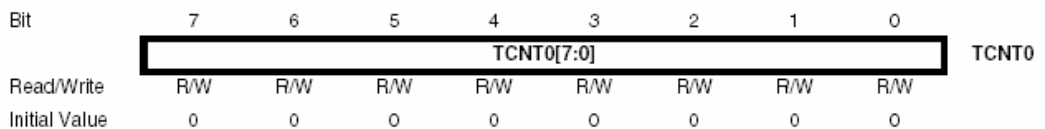
Timer/Counter 0 관련 레지스터

TCCR0 :



- 이 레지스터의 상위 5비트는 Overflow 인터럽트와는 관계없는 비트이므로 모두 0 으로 세팅한다.
- 하위 3비트는 타이머의 시간을 결정하는 것으로서 16MHz의 클럭을 사용하는 보드라면 위의 표에서 보듯이 CS02, CS01,CS00이 모두 1로 설정되어 있으면  $\frac{1}{16000000} \times 1024 = 0.000064 (s)$ 의 간격으로 타이머가 카운트를 발생할 것이다.

TCNT0 :



- 판독과 기록이 가능한 업/다운 카운터
- 업카운터의 경우 지정된 값에서부터 증가함(28 (=256)-지정 값)
- Overflow 때 마다 다시 지정해줘야 함
- TCNT0 는 Overflow될 타이머의 사이즈를 정해주는 것으로 이 레지스터의 값을 100 으로 지정하면 256-100=156으로 타이머가 156번 카운트 해준 뒤에 Overflow 인터럽트를 발생시킨다.

OCR0 :

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	

- 비교 일치 모드 사용 시 TCNTn과 비교할 8비트 값을 보존
- 일치 시 출력 비교 인터럽트를 일으키거나 파형 발생기의 파형을 출력
- Overflow 인터럽트와는 무관한 레지스터이므로 세팅을 하지 않아도 된다.

TIMSK :

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 1 – OCIE0: Timer/Counter0 Output Compare Match Interrupt Enable**
  - 0 : Output compare match interrupt disable
  - 1 : Output compare match interrupt enable
- **Bit 0 – TOIE0: Timer/Counter0 Overflow Interrupt Enable**
  - 0 : Overflow interrupt disable
  - 1 : Overflow interrupt enable

- TIMSK 레지스터의 Bit 1은 비교일치 모드 인터럽트의 사용 여부를 결정하는 것이므로 0으로 세팅하고, Bit0이 Overflow 인터럽트의 사용 여부를 결정하는 것이므로, 이 비트를 1로 세팅하면 된다.

과 목 명	공학입문설계	소요시간	2시간
제 목	바이올로이드 사용법		
개 요	바이올로이드 로봇키트의 구성을 이해하고 로봇 제어기모듈(CM-5)의 올바른 사용법을 익힌다.		
참고문헌			

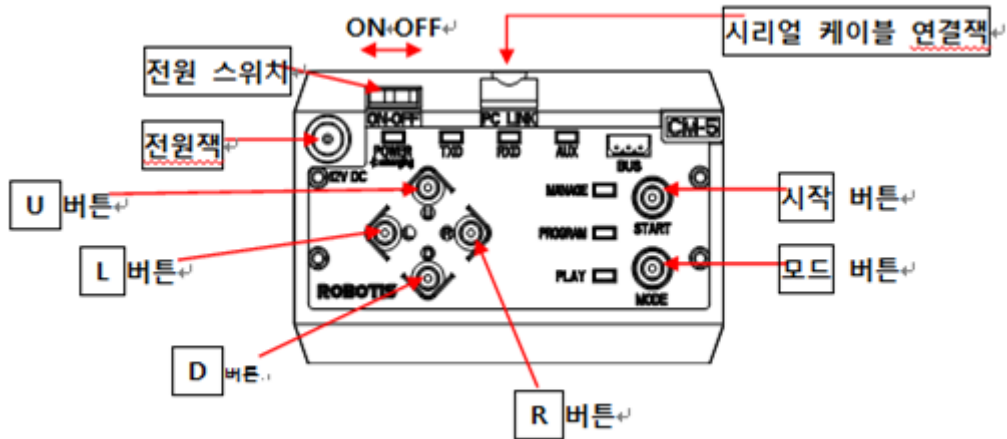
## 1. 바이올로이드란?

바이올로이드(Bioloid)는 블록 완구처럼 사용자 마음대로 무엇이든 만들 수 있는 만능 로봇 키트입니다. 소프트웨어가 함께 제공되어 원하는 형태뿐만 아니라 간단한 행동도 구현이 가능합니다. 예를 들면 박수를 한번 치면 일어나고 두 번 치면 앉는 강아지, 사람이 다가가면 인사를 하는 로봇, 물체를 스스로 피해가는 로봇, 공을 가지고 노는 로봇 등을 구현할 수 있습니다.

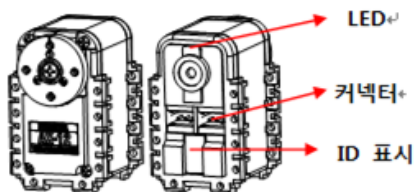
## 2. 제품의 구성

### 1) 부품의 명칭

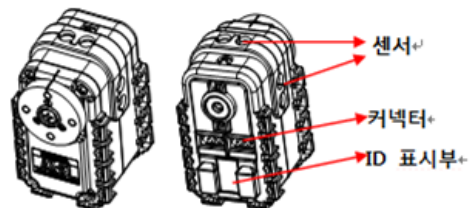
제어기(CM-5)



서보구동장치

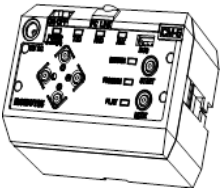
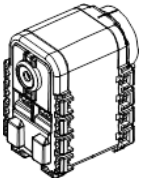

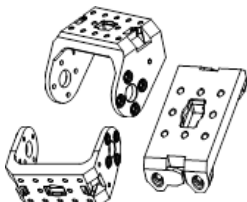


센서모듈





## 2) 제품의 구성 및 설명

구 분	내 용
CM-5 	CM-5는 바이올로이드 제어장치로서 로봇의 두뇌 역할을 합니다. AX-12+ 를 28개 AX-S1 를10개 동시제어가 가능합니다. 또한 버튼이 내장되어 있어서 입력 수단으로 사용할 수 있으며 원격 조정기의 역할도 수행할 수 있습니다. 충전지도 함께 내장되어 있습니다
AX-12+ 	AX-12+ 는 로봇 전용 서보 구동장치(Servo Actuator)로써 로봇의 관절역할을 합니다. 속도 및 위치 제어가 가능하고 온도와 부하 감지 기능도 가지고 있습니다. 무한 회전으로 설정할 경우 바퀴로 사용할 수도 있습니다.
AX-S1 	AX-S1 은 센서로서 로봇의 눈과 귀의 역할을 합니다. 물체의 거리 감지, 주변의 밝기 감지, 열 감지, 소리 감지 기능이 내장되어 있으며 적외선 리모컨 수신부도 내장되어 있습니다. 소리를 발생시키는 기능도 있습니다
결합부품 	결합용 부품에는 프레임, 케이블, 바퀴 등이 있습니다. 결합용 부품들을 이용해서 CM-5, AX-12+, AX-S1 들을 서로 연결시킬 수 있습니다. 함께 제공된 볼트와 너트를 이용해서 결합합니다.

## 3) 소프트웨어 구성

구 분	내 용
행동제어 프로그램	행동제어 프로그래머는 로봇이 상황 인식, 상황 판단, 행동하기 등을 할 수 있도록 규칙을 만드는 소프트웨어.
모션편집기	모션 편집기는 복잡한 로봇의 모션을 쉽게 만들 수 있도록 제작된 소프트웨어. 여기서 만들어진 모션들은 행동 제어 프로그램에서 호출하여 사용 할 수 있다.
로봇터미널	로봇을 관리할 때 사용하는 소프트웨어로서, 주로 고급 사용자들이 사용. 로봇 터미널은 일종의 시리얼 통신 터미널로서 사용자가 로봇에게 데이터를 전소하거나 로봇이 리턴(Return)하는 데이터를 보고자 할 때 사용.

3. 로봇제작 단계

1단계	설명서 숙지
2단계	로봇의 형태와 기능 결정
3단계	조립 / 배선
4단계	조립 확인
5단계	프로그래밍
6단계	다운 로드 / 실행

4. 로봇제어기(CM-5) 사용법

	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전원 스위치 : 전원을 연결하기 위한 스위치.</li> <li>■ 전원잭 : 전원 공급기(SMPS)의 전원잭을 연결.</li> <li>■ 시작 버튼 : 모드 선택을 위한 버튼.</li> <li>■ 모드 버튼 : CM-5 의 동작 모드를 변경버튼.</li> <li>■ 시리얼 케이블 연결잭 : 시리얼 케이블로 CM-5 와 PC 의 시리얼 포트를 연결하는 포트. 태스크 코드 다운로드 또는 PC와의 통신용으로 사용.</li> <li>■ U / L / D / R 버튼 : 프로그램 동작 중 입력 수단으로 사용할 수 있도록 할당된 버튼. 이 버튼들로 로봇에게 명령을 내릴 수 있다.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 모드 표시 LED : 현재 CM-5의 동작 모드를 나타내는 LED.</li> <li>[ MANAGE ]             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 다이나믹셀 관리모드 실행 중.</li> <li>● RoboPlus Manager를 이용하여 CM-5, AX/MX Dynamixel 의 동작을 설정하거나 테스트.</li> <li>● RoboPlus Manager 와 CM-5가 연결 되었을때 자동으로 실행.</li> </ul> </li> <li>[ PROGRAM ]             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 모션 편집 모드가 실행 중임을 표시.</li> <li>● RoboPlus Motion을 이용 모션을 편집할 때 사용.</li> <li>● RoboPlus Motion 과 CM-5가 연결 되었을 때 자동으로 실행.</li> </ul> </li> <li>[ PLAY ]             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 태스크 코드 모드가 실행 중임을 표시.</li> <li>● RoboPlus Task 를 이용하여 작성한 코드를 CM-5에 다운로드 한 뒤에 사용.</li> <li>● PLAY LED가 깜빡거릴 때 사용자가 직접 START 버튼을 눌러서 실행.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 상태 표시 LED : 현재 CM-5 의 상태를 나타내는 LED.             <ul style="list-style-type: none"> <li>● POWER : 전원이 ON 이면 켜지고, 충전 중이면 깜빡인다.</li> <li>● TXD : CM-5 가 외부로 데이터를 송신하는 동안 켜진다.</li> <li>● RXD : CM-5 가 외부로부터 데이터를 수신하는 동안 켜진다.</li> <li>● AUX : 사용자가 프로그램에서 사용할 수 있도록 할당된 LED입니다. 태스크 코드를 이용하여 켜거나 끌 수 있다.</li> </ul> </li> </ul>

## <작동방법>

- [전원 켜기] : 전원 스위치를 OFF에서 ON으로 변경하시면 전원이 켜진다.
  - 만약 전원 스위치를 ON으로 연결했을 경우에도 전원이 켜지지 않는다면 내부 배터리가 방전되었을 수 있다. 전원공급기(SMPS)를 이용하여 전원을 연결하여 충전.
- [ 시작 ] : 로봇을 동작시키기 위해서는 모드 버튼을 이용하여 PLAY로 이동시킵니다. LED가 PLAY에 깜빡이고 있을 때 시작(START) 버튼을 눌러 실행.
  - 시작(START) 버튼을 누르면 PLAY의 LED가 더 이상 깜빡이지 않고 계속 LED가 켜져 있는 상태가 되어 올바르게 실행되고 있는 상태다.
- [ 종료 ] : 실행되고 있는 동작을 중단하고 싶을 경우 모드(MODE) 버튼을 눌러서 다시 대기 모드 상태로 만들거나 전원 스위치로 전원을 OFF 한다.

## <퓨즈교체하기>

- CM-5 내부에는 과전류가 흘러서 회로가 망가지는 것을 막기 위한 퓨즈(Fuse)가 있다.
- 퓨즈가 끊어지면 다음과 같은 증상이 나타난다.
  - CM-5가 SMPS로만 전원이 켜진다.
  - 충전을 하기 위해 U버튼을 눌러도 LED가 깜박거리지 않는다.
- CM-5 에 사용되는 퓨즈는 220V 5A 유리관 퓨즈 사용.

