

# 부록 B

---

## 아날로그 소자

### 내용

[B.1 저항기](#)

[B.2 다이오드](#)

[B.3 LED](#)

[B.4 Switch](#)

[B.5 수정진동자](#)

[B.6 트랜지스터](#)

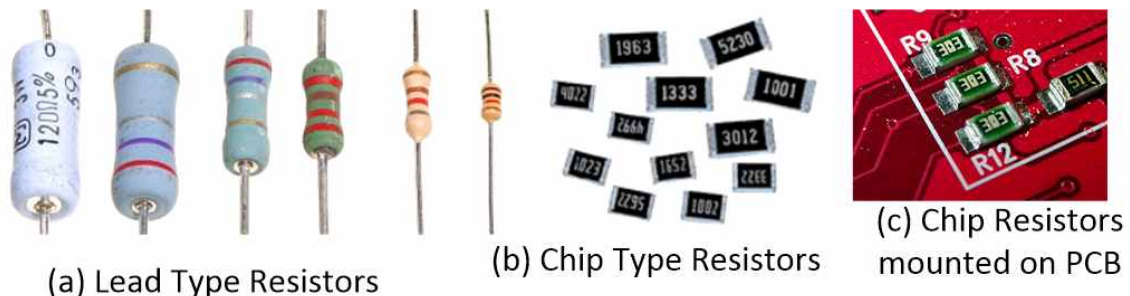
[B.7 만능기판](#)

[B.8 고찰](#)

본격적인 실습에 앞서 앞으로의 실습에 활용될 아날로그 소자<sup>1)</sup>에 대한 간단한 소개를 통해 실습에 필요한 기본적인 지식을 확보하고자 한다.

## B.1 저항기

저항기(resistor)는 전기의 흐름을 방해하는 성질을 갖는 소자이다. 저항은 보통 기호 R로 표현하고 단위는 옴(ohm)[ $\Omega$ ]으로 표현한다. 저항기는 저항값의 조정가능 여부에 따라 고정 저항(그림 B.1.1)과 가변 저항(그림 B.1.2)으로 나뉜다.



리드 타입(a) 저항기는 양쪽 단을 PCB의 구멍에 삽입하여 납땀하여 고정한다. 칩 레지스터(b)는 저항기의 표면실장소자(SMD, Surface Mounting Device) 버전으로서 크기가 작아 핀셋으로 잡아 납땀하거나 SMD 자동화기기를 사용하여 PCB에 장착한다.

그림 B.1.1 여러 종류의 고정 저항기와 PCB 장착된 사례

그림 B.1.3에는 리드형의 저항기의 저항 값을 소자에 표기하는 방법을 보였다. 저항 값은 소자의 표면에 인쇄된 4~6개의 색상 밴드(띠)로 나타낸다. 4, 5밴드의 맨 마지막은 오차를 나타내며 앞부분은 저항 값을 나타내는데 쓰인다. 오차를 나타내는 색깔은 금색, 은색 혹은 없음이기 때문에 이 색상들은 첫 번째 밴드에 올 수 없다.

1) 수동 아날로그 소자의 심벌 및 기능에 대한 간단한 소개

<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/schematic-symbols-electronic-components-passives-resistors-capacitors/>



그림 B.1.2 여러 종류의 가변저항기



그림 B.1.3 4밴드, 5밴드 저항 값의 표현 방법

6 밴드의 경우에는 맨 마지막 밴드는 온도계수를 나타낸다. 온도계수는 온도변화에 따라 내부 저항 값이 변화하는 정도를 [PPM/°C]로 표현한 것이다. + 혹은 - 값을 가질 수 있는데 +면 온도가 올라가면 오차가 커지는 특성을 의미하며, -면 오차가 작아지는 특성을 가지는 것을 의미한다.

그림 B.1.4의 사이트<sup>2)</sup>에서는 4~6 밴드의 레지스터의 저항 색상을 입력하면

2) Resistor Color Code Calculator

내부에서 위의 처리 과정을 거쳐 바로 저항 값과 오차 값을 제공하는 서비스를 제공하고 있다.

<https://www.digikey.com/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code-4-band>

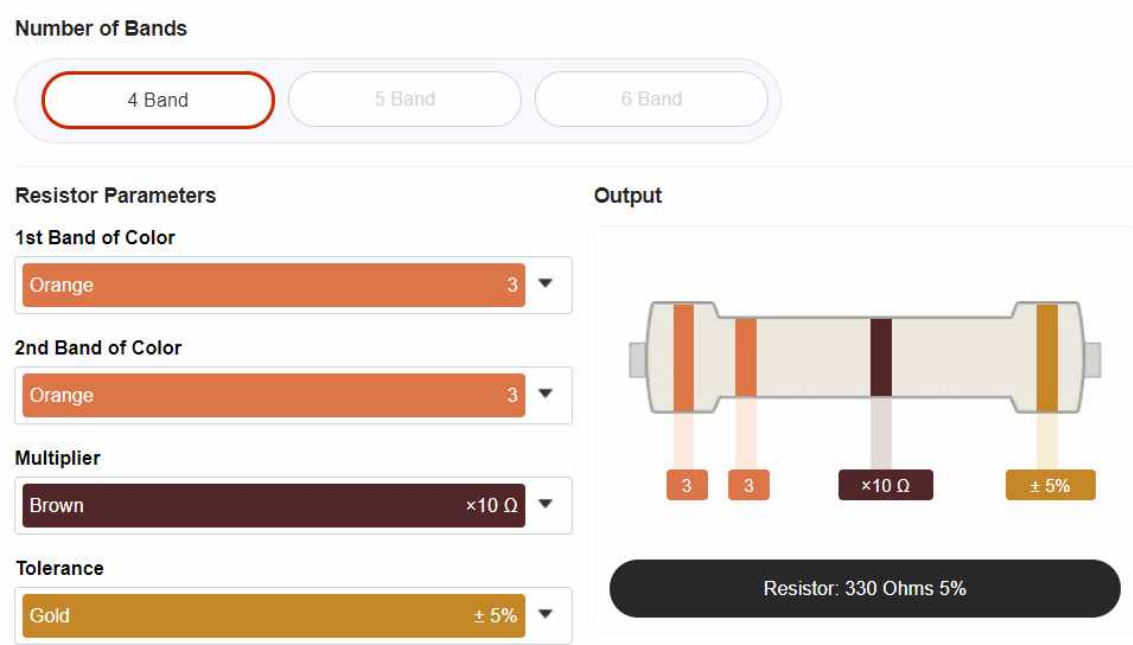
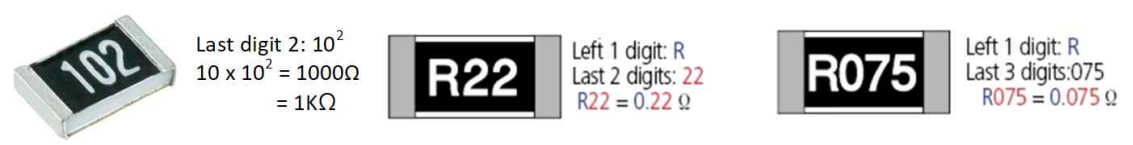


그림 B.1.4 Resistor Color Code Calculator

그림 B.1.4에는 330Ω의 저항을 판별하는 다양한 사례를 보였다.



<https://www.digikey.com/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code-4-band>

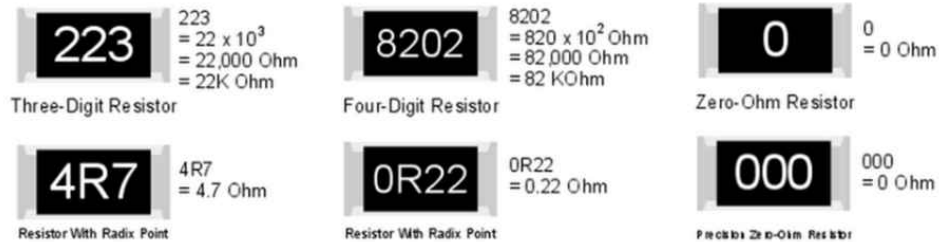


그림 B.1.5 칩 레지스터의 저항값 표현 사례

칩 레지스터의 저항값은 소자의 표면에 작은 글씨로 인쇄되어 있다. 이를 해석하는 사례를 그림 B.1.5와 표 B.1.1에 보았다.

(1) 숫자만 있는 경우

맨 마지막 자릿수는 0의 개수를 나타낸다. 나머지 앞에 있는 수는 저항 값을 나타낸다. 사례: 560:  $56 \times 10^1 = 560\Omega$ , 6202:  $620 \times 10^2 = 62K\Omega$

(2) R 문자가 있는 경우

R 앞의 숫자는 저항 값을, R 이후의 숫자는 소수점 이하의 저항 값을 나타낸다. 사례: 2R7:  $2 + 0.7 = 2.7\Omega$ , 25R0 =  $25 + 0 = 25\Omega$

표 B.1.1 칩 저항 표기 사례

3 Digit SMD Resistors 0.1 ohm - 9.1 M ohms						4 Digit SMD Resistors 0.1 ohm - 9.1 M ohms (E24 series)									
Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value
R10	0.1Ω	1R0	1Ω	100	10Ω	101	100Ω	0R10	0.1Ω	1R00	1Ω	10R0	10Ω	1000	100Ω
R11	0.11Ω	1R1	1.1Ω	110	11Ω	111	110Ω	0R11	0.11Ω	1R10	1.1Ω	11R0	11Ω	1100	110Ω
R12	0.12Ω	1R2	1.2Ω	120	12Ω	121	120Ω	0R12	0.12Ω	1R20	1.2Ω	12R0	12Ω	1200	120Ω
R13	0.13Ω	1R3	1.3Ω	130	13Ω	131	130Ω	0R13	0.13Ω	1R30	1.3Ω	13R0	13Ω	1300	130Ω
R15	0.15Ω	1R5	1.5Ω	150	15Ω	151	150Ω	0R15	0.15Ω	1R50	1.5Ω	15R0	15Ω	1500	150Ω
R16	0.16Ω	1R6	1.6Ω	160	16Ω	161	160Ω	0R16	0.16Ω	1R60	1.6Ω	16R0	16Ω	1600	160Ω
R18	0.18Ω	1R8	1.8Ω	180	18Ω	181	180Ω	0R18	0.18Ω	1R80	1.8Ω	18R0	18Ω	1800	180Ω
R20	0.2Ω	2R0	2Ω	200	20Ω	201	200Ω	0R20	0.2Ω	2R00	2Ω	20R0	20Ω	2000	200Ω
R22	0.22Ω	2R2	2.2Ω	220	22Ω	221	220Ω	0R22	0.22Ω	2R20	2.2Ω	22R0	22Ω	2200	220Ω
R24	0.24Ω	2R4	2.4Ω	240	24Ω	241	240Ω	0R24	0.24Ω	2R40	2.4Ω	24R0	24Ω	2400	240Ω
R27	0.27Ω	2R7	2.7Ω	270	27Ω	271	270Ω	0R27	0.27Ω	2R70	2.7Ω	27R0	27Ω	2700	270Ω
R30	0.3Ω	3R0	3Ω	300	30Ω	301	300Ω	0R30	0.3Ω	3R00	3Ω	30R0	30Ω	3000	300Ω
R33	0.33Ω	3R3	3.3Ω	330	33Ω	331	330Ω	0R33	0.33Ω	3R30	3.3Ω	33R0	33Ω	3300	330Ω
R36	0.36Ω	3R6	3.6Ω	360	36Ω	361	360Ω	0R36	0.36Ω	3R60	3.6Ω	36R0	36Ω	3600	360Ω
R39	0.39Ω	3R9	3.9Ω	390	39Ω	391	390Ω	0R39	0.39Ω	3R90	3.9Ω	39R0	39Ω	3900	390Ω
R43	0.43Ω	4R3	4.3Ω	430	43Ω	431	430Ω	0R43	0.43Ω	4R30	4.3Ω	43R0	43Ω	4300	430Ω
R47	0.47Ω	4R7	4.7Ω	470	47Ω	471	470Ω	0R47	0.47Ω	4R70	4.7Ω	47R0	47Ω	4700	470Ω
R51	0.51Ω	5R1	5.1Ω	510	51Ω	511	510Ω	0R51	0.51Ω	5R10	5.1Ω	51R0	51Ω	5100	510Ω
R56	0.56Ω	5R6	5.6Ω	560	56Ω	561	560Ω	0R56	0.56Ω	5R60	5.6Ω	56R0	56Ω	5600	560Ω
R62	0.62Ω	6R2	6.2Ω	620	62Ω	621	620Ω	0R62	0.62Ω	6R20	6.2Ω	62R0	62Ω	6200	620Ω
R68	0.68Ω	6R8	6.8Ω	680	68Ω	681	680Ω	0R68	0.68Ω	6R80	6.8Ω	68R0	68Ω	6800	680Ω
R75	0.75Ω	7R5	7.5Ω	750	75Ω	751	750Ω	0R75	0.75Ω	7R50	7.5Ω	75R0	75Ω	7500	750Ω
R82	0.82Ω	8R2	8.2Ω	820	82Ω	821	820Ω	0R82	0.82Ω	8R20	8.2Ω	82R0	82Ω	8200	820Ω
R91	0.91Ω	9R1	9.1Ω	910	91Ω	911	910Ω	0R91	0.91Ω	9R10	9.1Ω	91R0	91Ω	9100	910Ω

## □ 옴의 법칙

그림 B.1.6의 (a), (b)는 각각 고정 저항과 가변 저항의 심벌을 보인 것이다. 그림 (c)는 저항 R에 전압 V가 인가되어 전류 I가 흐르는 모습을 보인 것이다. 전류는 +에서 -방향으로 흐른다.

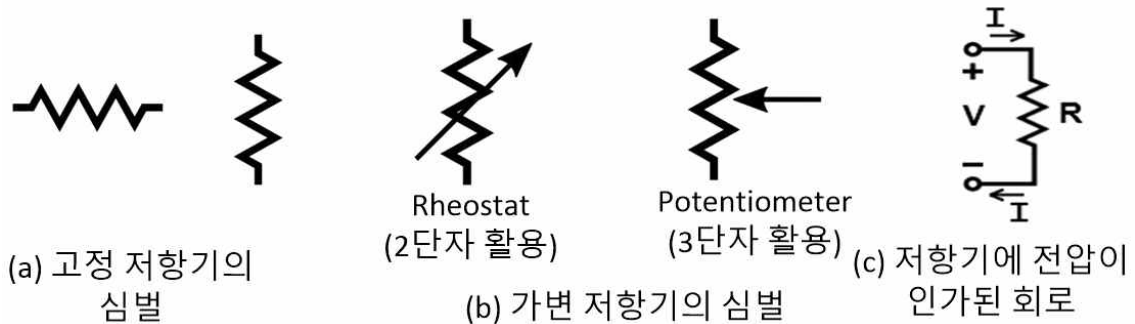


그림 B.1.6 저항기의 심벌 표현

옴의 법칙은 전류의 세기는 두 점 사이의 전위차(電位差)에 비례하고, 전기 저항에 반비례한다는 법칙이다. 그림 B.1.6(c)에 보인 바와 같이  $R[\Omega]$ 의 저항에 인가된 전압의 크기를  $V$ 라 하고 흐르는 전류의 세기를  $I$ 이라 할 때 이들 간에는 다음과 같은 관계가 성립한다<sup>3)</sup>. 이를 옴의 법칙이라 한다.

$$V \text{ (전압)} = I \text{ (전류)} \cdot R \text{ (저항)}$$

$$I \text{ (전류)} = V \text{ (전압)} / R \text{ (저항)}$$

$$R \text{ (저항)} = V \text{ (전압)} / I \text{ (전류)}$$

이때 전압의 단위는 [Volt, V], 전류의 단위는 [Ampere, A], 저항의 단위는 [Ohm,  $\Omega$ ]이 사용된다.

3) 전압의 단위는 V(Volt), 전류의 단위는 A(Ampere)이다.

### □ 직렬연결 저항 회로

저항이 그림 B.1.7과 같이 직렬로 연결되어 있는 경우에 선로에 흐르는 각 저항기에 흐르는 전류는 같으며 전압은 각 저항기에 분배되어 인가된다.

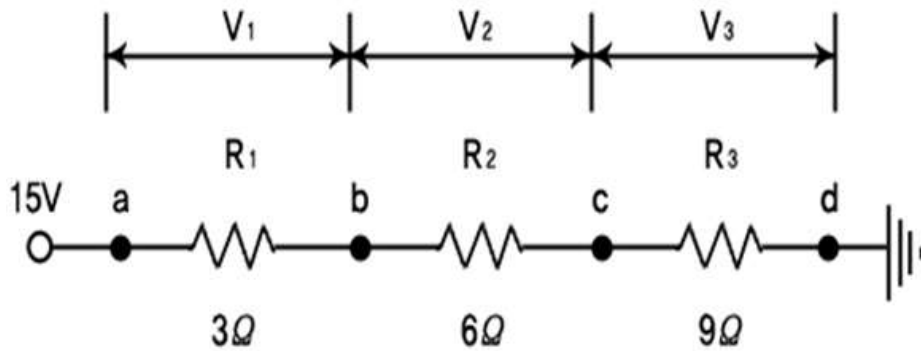


그림 B.1.7 직렬 저항 회로

- ㉠ 총 저항은 각 저항의 합과 같다.  $R=R_1+R_2+R_3=2+6+9=18[\Omega]$
- ㉡ 각 저항에 흐르는 전류의 크기는 동일하다.  $I=V/R=15/18[A]$
- ㉢ 각 저항에 걸리는 전압의 합은 공급전압과 같다.  
 $V_1=I \cdot R_1=(15/18) \cdot 3=2.5[V]$   
 $V_2=I \cdot R_2=(15/18) \cdot 6=5.0[V]$   
 $V_3=I \cdot R_3=(15/18) \cdot 9=7.5[V]$
- ㉣ 각 전압은 저항의 크기에 비례한다.

### □ 병렬연결 저항 회로

저항이 그림 B.1.8과 같이 병렬로 연결되어 있는 경우에는 각 저항에 인가되는 전압은 동일하며 전류는 저항에 따라 다르게 흐른다.

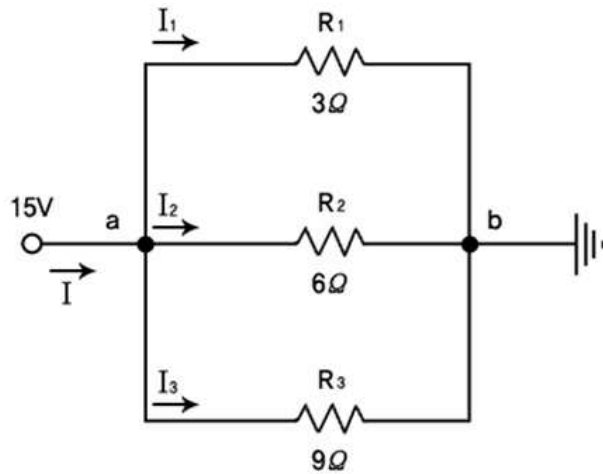


그림 B.1.8 병렬 저항 회로

㉠ 총 저항은 각 저항의 크기보다 작다.

$$\begin{aligned} 1/R &= 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = 1/3 + 1/6 + 1/9 \\ &= (6+3+2)/18 = 11/18. \text{ 따라서 } R = 18/11[\Omega] \end{aligned}$$

㉡ 각 저항에 걸리는 전압은 동일하다. 15V가 모든 저항에 공급됨.

㉢ 각 저항에 흐르는 전류의 합은 전원에서 공급되는 전류와 같다.

$$I_1 = V/R_1 = 15/3 = 5[A]$$

$$I_2 = V/R_2 = 15/6 = 2.5[A]$$

$$I_3 = V/R_3 = 15/9 = 1.666[A]$$

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 = (15 \cdot 6 + 15 \cdot 3 + 15 \cdot 2) / 18 \\ &= 15 \cdot (6+3+2)/18 = 15 \cdot 11/18 \end{aligned}$$

㉣ 각 전류는 저항의 값에 반비례한다.

● 참고: 병렬 저항 합 값 구하는 인터넷 사이트

[병렬 저항 계산 쉽게 해주는 사이트](#)

저항이 병렬로 연결되었을 때 그림 B.1.9와 같이 그 합성 저항을 쉽게 연산해주는 사이트가 있어 소개한다.



병렬 저항기

직렬 저항기

병렬 저항기

R1

30

Ω

R2

30

Ω

R3

30

Ω

저항기 추가

저항기 제거

총 병렬 저항

=

10

Ω

총 병렬 저항 계산

$$R_T = \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + etc...)}$$

참고: 직렬 또는 병렬로 연결된 다중 저항의 저항기 수를 늘릴 수 있습니다.



그림 B.1.9 병렬 저항 연산 대행 서비스 사이트

## □ 전력(Power)

전구나 전자기기에 전압을 가하여 전류를 흐르게 하면 빛이 나거나 열이 발생하는 등 다양한 변화가 일어난다. 이런 현상을 보고 우리는 전기가 흘러 에너지(힘)를 생성한다고 생각하여 전력이라고 표현을 한다. 다시 말해서 전력이란 전기가 단위시간(1초)에 행하는 일의 양(일률)을 말한다. 기호는 보통 P(Power)를 사용하고 단위는 와트[watt, W]이다. 저항 R[Ohm, Ω]에 전압 V[Volt, V]가 가해지고 전류 I[Ampere, A]가 흐른다고 가정하면 저항에서 소비되는 전력 P[W]는 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{전력 [W]} &= \text{전압 [V]} \times \text{전류 [A]} \\ P &= V \times I = (I \times R) \times I = I^2 \times R \end{aligned}$$

1시간 동안 사용한 전력을 전력량이라고 표현 한다. 전력량의 단위는 와트시 [watt-hour, Wh]로 표현한다.

$$\text{전력량 [Wh]} = \text{전압 [V]} \times \text{전류 [A]} \times \text{시간 [H]}$$

## B.2 다이오드

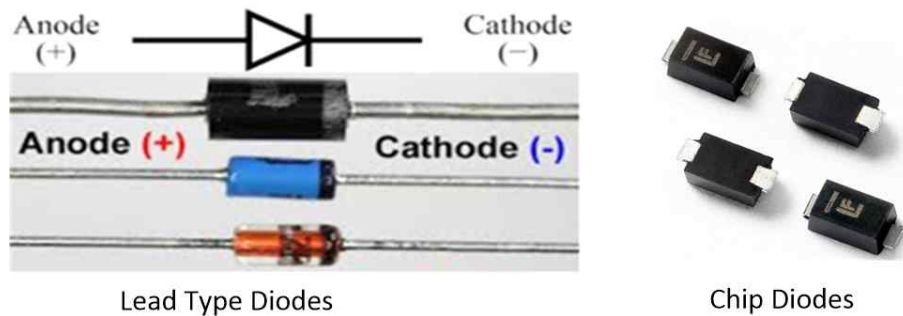


그림 B.2.1 다이오드 기호 및 실물

그림 B.2.1에 다이오드의 기호와 실물 사진을 보였다. 다이오드란 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 반도체 소자이다. 그림에서 애노드(Anode)측에서 캐소드(cathode) 측으로만 전류를 흘릴 수 있다. 캐소드는 실물 소자에서는 띠로 표시되어 있다.

그림 B.2.2에 전류가 흐르는 순방향(forward direction) 연결<sup>4)</sup>과 역방향(reverse direction) 연결을 개념적으로 보였다. 순방향일 때는 전류가 흐르지만 역방향일 때는 마치 스위치가 개방된 것처럼 전류가 흐르지 않는다. 즉, 애노드의 전압이 높아야 순방향을 형성하여 다이오드에 전류가 흐른다.

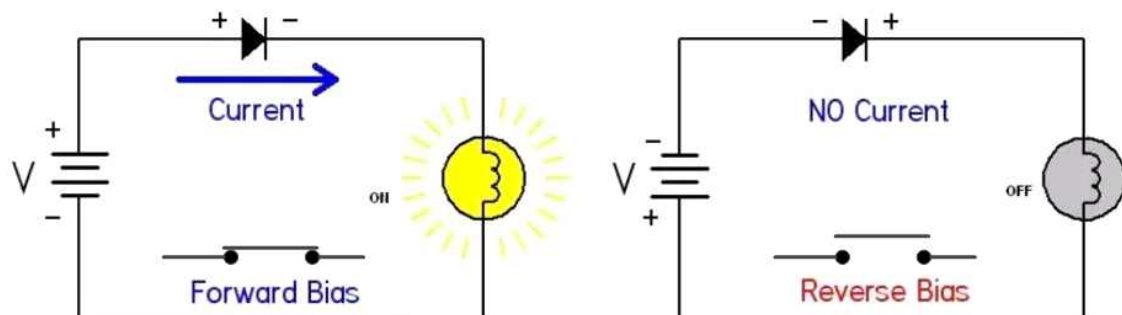


그림 B.2.2 (좌) 순방향 연결, (우) 역방향 연결

4) 순방향일 때 과도한 전류가 흐르는 것을 방지하기 위해 다이오드에 저항을 직렬로 연결해야 하지만 여기서는 단순화하여 표기하였다.

다이오드가 한쪽 방향으로만 전류를 흐르게 하는 성질을 이용하여 교류를 직류로 바꾸어 주는 정류 동작에 활용할 수 있다. 그림 B.2.3은 다이오드의 정류동작의 사례를 보인 것이다. 다이오드를 통해 출력된 반쪽짜리 사인파는 커패시터 등의 전압 안정회로를 통해 정전압 직류로 활용될 수 있다.

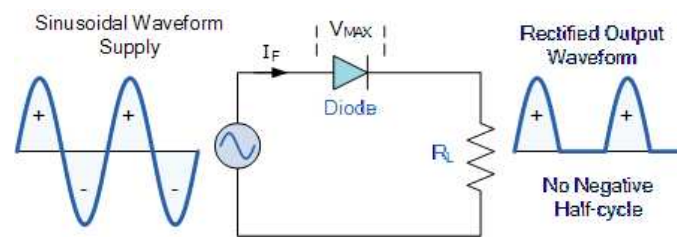


그림 B.2.3 다이오드의 정류 작용



## 다이오드의 전압강하 특성

다이오드가 순방향으로 연결되면 그림 B.2.4에 보인 사례와 같이 다이오드 양단간에는 **0.7V**의 전압 강하가 일어난다. (a)의 경우는 2V의 전압을 인가했는데 다이오드에서 0.7V의 전압 강하가 일어나서 실제 저항 부하에는 1.3V의 전압이 인가된다. 따라서 만약 저항부하가 100Ω이라면 이 회로에는 13mA의 전류가 흐르게 된다. (b)에는 다이오드가 직렬로 인가된 모습을 보인 것이다. 10V의 전압이 인가되었다면 다이오드마다 순차적인 전압강하가 발생하여 최종적으로 저항부하( $R_{load}$ )에는 7.9V의 전압이 인가된다. (c)의 경우에는  $3 \times 0.7V$ 의 전압강하 때문에 저항 및 다이오드에는  $I_D$ 의 전류가 흐른다는 것을 보이고 있다.

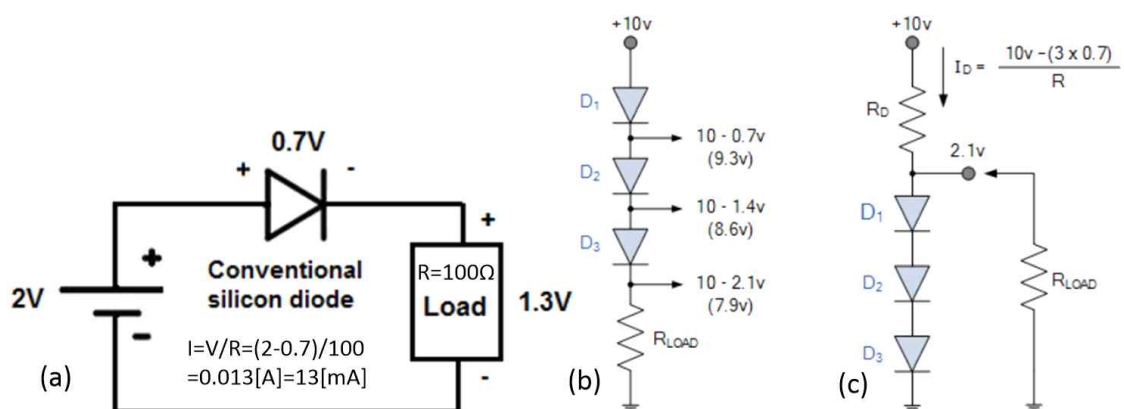


그림 B.2.4 다이오드가 연결된 회로의 사례

그림 B.2.5는 전류가 흐르는 순방향과 역방향 연결시 다이오드 상에서 일어나는 전압 강하를 멀티미터(a)를 이용해 측정하는 방법을 보인 것이다<sup>5)</sup>. 순방향일 때는 전류가 흐르는데 이때 다이오드 상에서 0.7V의 전압 강하가 일어난다. 이때 문제 꼬마전구에서는 5.3V의 전압이 인가되는 것으로 계측된다. 역방향일 때는 전류는 흐르지 않아서 다이오드 양단을 잘라낸 것과 같은 전압이 관찰된다.

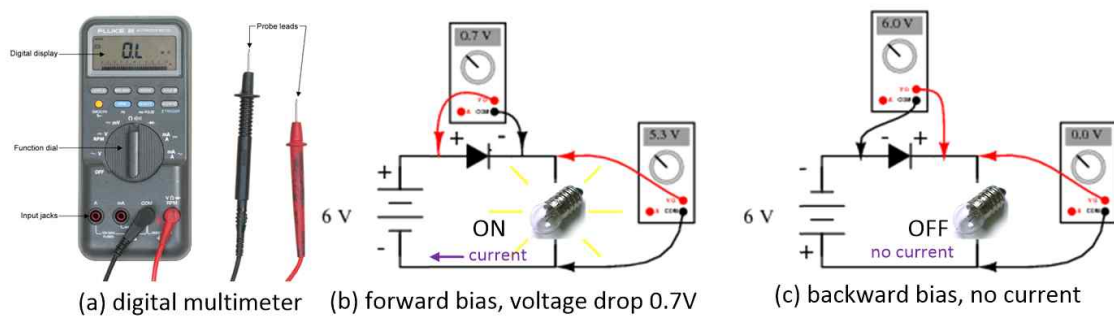
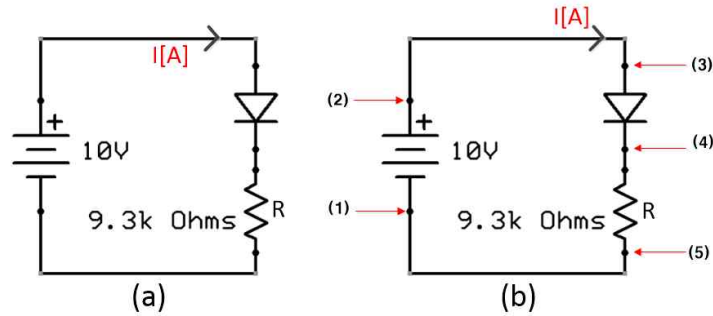


그림 B.2.5 멀티미터를 이용한 전압 측정 방법

5) 멀티미터는 전압, 전류, 저항 등의 여러 기초적인 계측 기능을 수행하는 계측장치이다. 전압 혹은 전류를 계측할 때에는 적색 검침단자(probe)는 +에, 흑색 프로브는 - 극성에 연결하는 전압 값의 양(positive)의 값으로 보여주고, 반대로 연결하면 음(negative) 값으로 출력한다.

## 연습문제

1. 아래 회로 (a)에서 다이오드의 전압강하를  $0.7V$ 로 가정할 경우 이 다이오드를 통과하는 전류,  $I[A]$ 를 계산하시오. 저항  $R$ 에 흐르는 전류와  $R$ 에 인가되는 전압은 얼마인지 밝히시오,



2. 위 회로 (b)에서 각 단자 (1)-(2), (2)-(3), (3)-(4), (4)-(5), (5)-(1) 간의 전압을 밝히시오. 또한 (3)-(5)의 전압도 밝히시오.

## B.3 LED

LED(Light Emitting Diode)는 순방향일 때 빛을 발산하는 다이오드이다. 제조 과정에서 사용된 물질의 종류에 따라 다양한 색상의 빛이 생성된다.

LED는 디지털 벽시계, 손목시계, 텔레비전, 교통 신호등, 디스플레이 화면 등 수많은 전자 제품에 쓰이고 있으며 또한 기존의 전구보다 열에너지로 소비되는 전력이 적어 효율적 에너지 조명 시스템, 랜턴 등에 사용되고 있다<sup>6)</sup>.

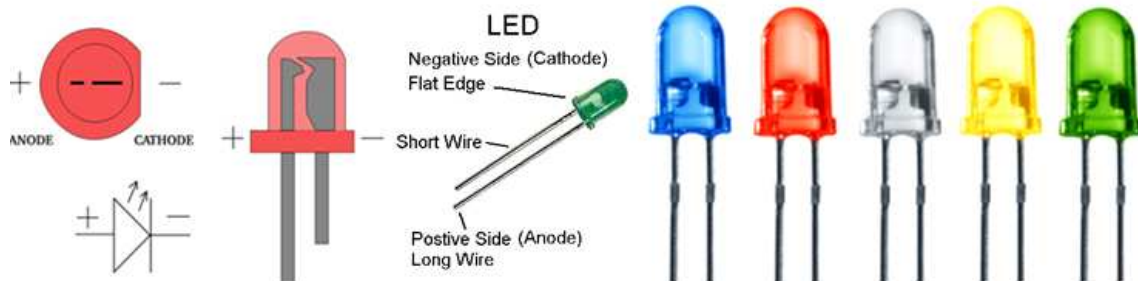


그림 B.3.1 LED 심벌과 실물 사진

그림 B.3.1에 LED의 심벌과 실물 사진을 보였다. LED의 동작은 순방향일 때 전류가 흐른다는 점은 다이오드와 같지만 이때 불빛이 생성된다는 점이 다르다. 그림에서 순방향을 이루기 위해서는 LED 단자가 긴 축을 + 극성에 연결하면 된다.

디지털 회로 실습용으로 사용하는 LED는 보통 20mA 정도의 전류를 감당하는 소용량의 규격품이 사용된다. LED를 통과하는 전류가 LED의 정격보다 크면 LED가 파손된 뿐더러 전체 시스템을 손상시키기 때문에 전류의 흐름을 약하게 만드는 적절한 저항을 직렬 연결하여 사용한다.

6) 출처 : 네이버 백과, 죽기 전에 꼭 알아야 할 세상을 바꾼 발명품 1001, 2010. 1. 20., 마로니에북스

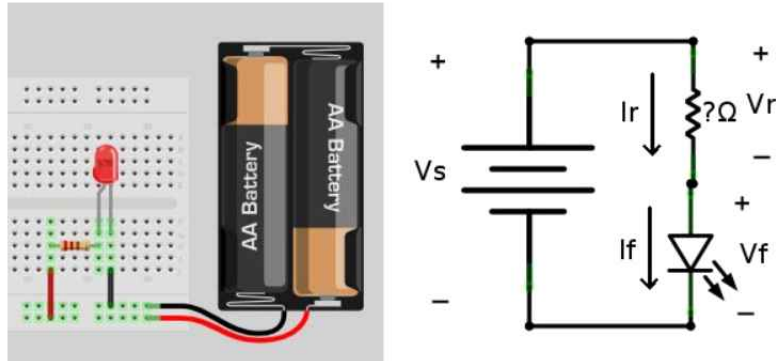


그림 B.3.2 LED의 연결 방법 및 회로도

그림 B.3.27)에 LED 점등 실험을 위한 브레드 보드 연결 방법과 그 회로도를 보였다. 다이오드처럼 LED에도 일정 전압 강하가 일어난다. 이 값은 전용 데이터시트를 참조해야 한다. 보통 전압강하의 값은 색상에 좌우되는데 적색은 1.8V이며 기타 색상 LED의 전압 강하는 표 B.3.1에 보였다8). 표에서 최대 전압 및 전류는 소자의 파괴가 일어나기 직전의 최대 허용 값으로 이해할 수 있다. 적색의 경우 정격전류는 20mA로 나타내고 있다. 적색의 경우라면 옴의 법칙( $R = \frac{V}{I}$ )에 의해 아래 식과 같이 설치해야 할 저항 값을 계산할 수

있다. 저항 값[Ω] =  $\frac{\text{인가전압} - \text{전압강하}}{\text{LED 적정 전류}}$

**사례 1)** 그림 B.3.2의 사례 회로와 같이 3V가 인가되고 있을 때 전압 강하 1.8V의 사양을 갖는 적색 LED를 연결하였다고 가정하자. 표 B.3.1에서 적색 LED는 정격 전류가 20mA이므로 필요한 저항 값은 아래와 같이 60Ω으로 계산된다.

$$V=IR \text{에서 } R = V/I. \quad V=\text{인가전압}-\text{전압강하}. \quad \text{정격전류}=20\text{mA}=0.02\text{A}.$$

$$\text{따라서 } R = (3 - 1.8) / 0.02 = 60[\Omega]$$

7) 그림 출처 : <http://www.make.co.kr/?p=149>

8) 정확한 사양은 해당 LED의 data sheet를 참조해야 한다. 표에 보인 것은 디지털 회로에서 많이 쓰이는 일반적인 LED의 사례를 보인 것이다.



표 B.3.1 LED 색상에 따른 사양

LED색상	구 분	전압강하	최대전압	전류(정격)	전류(최대)
적●	Red	1.8V	2.3V	20 mA	50 mA
등●	Orange	2.0V	2.3V	30 mA	50 mA
황●	Real Yellow	2.0V	2.8V	20 mA	50 mA
초●	emerald Green	1.8V	2.3V	20 mA	50 mA
초●	Real Green	3.0V	3.6V	20 mA	50 mA
청●	Sky Blue	3.4V	3.8V	20 mA	50 mA
청●	Real Blue	3.4V	3.8V	20 mA	50 mA
자●	Pink	3.4V	3.8V	20 mA	50 mA
백○	White	3.4V	4.0V	20 mA	50 mA

사례 2) 만일 노란색 LED를 사용하고, 5V 회로에서 사용할 것이라면 다음 식으로 저항 값을 계산할 수 있다.

$$R = (5 - 2.0) / 0.02 = 150\Omega$$

사례 3) 만일 지금 저항이 330Ω 밖에 없는데 노란색 LED를 5V 회로에서 사용한다면 문제가 없을까?

과전류가 흐르지 않는지 확인하는 것이 중요하다. 연결했을 때 흐르는 전류를 살펴본다. 노란색 LED 전압강하는 2.0이다. 그러므로  $V=5-2.0$   
 $V = IR$ 에서  $I = V/R \Rightarrow I = (5 - 2.0) / 330 = 0.009091[A] = 9.091[mA]$   
 노란색 LED의 정격전류는 20mA인데 9mA 정도가 흐르므로 걱정 회도가 만들어지지 않는 것이다. 좀 덜 밝아서 시인성은 떨어지지만 적어도 과대 전류가 흐르지는 않기 때문에 안전하다고 할 수 있다.

## 질문

만약 청색 LED를 사용한다면 정격 전류가 흐르게 하기 위해 필요한 저항 값은 얼마인지 계산하시오. 전원을 5V로 사용하는 것으로 가정한다.

## B.4 Switch

스위치는 회로에서 신호를 단락 혹은 연결하는 기구장치이다. 다른 표현으로는 개폐기라고도 한다. 그림 B.4.1에 스위치의 사례와 회로를 작성할 때 표현하는 심벌(기호)을 보였다. 기호에 보인 사례는 단락된 사례로 신호의 연결이 차단된 상황을 표현하고 있다.



그림 B.4.1 스위치(토글, 푸시버튼, 슬라이드)의 사례 및 기호

스위치의 동작을 설명할 때는 표 B.4.1과 같이 pole과 throw라는 용어가 사용되기도 한다. pole의 수는 하나의 물리적인 구동장치에 의해 제어되는 전기적으로 분리된 스위치의 개수를 말한다. 예를 들면 2-pole switch는 한 번의 동작에 의해 제어되는 2쌍의 분리된 접점을 가지고 있다. throws는 각 pole에서 개방되지 않고 연결할 수 있는 분리된 선로의 수를 말한다.

표 B.4.1 스위치의 종류

종류	기능	심볼
SPST	Single Pole, Single Throw. 단순 on/off 스위치	
SPDT	Single Pole, Double Throw. 1 pole-공통 단자가 있고 두 단자 중의 하나에 연결 가능. 전기적으로 분리된 스위치는 1개다. 2 throws-2개의 선로가 형성 가능하다.	
DPST	Double Pole Single Throw. 2 poles - 선로가 2개이다. 1 throw-각 pole 당 1개의 선로가 형성가능하다.	

## B.5 수정 진동자

정해진 특정 주파수의 클럭 펄스<sup>9)</sup>를 발생하는 소자로서 컴퓨터, 디지털 회로의 클럭 공급원이 된다. 크리스털(crystal, 혹은 X-tal)과 오실레이터(oscillator) 2 종류의 소자가 있다.

그림 B.5.1에는 크리스털 소자의 사례를 보였다. 크리스털은 자체적으로는 클럭 펄스를 생성하지 못하고 외부에 안정 회로를 추가하여 클럭 펄스를 만들어 낸다. 대부분의 마이크로프로세서는 보드 제작의 편의를 위해 내부에 발진 안정회로를 내장하고 있어서 외부에 크리스털만 붙여도 되는 기능을 갖고 있다.

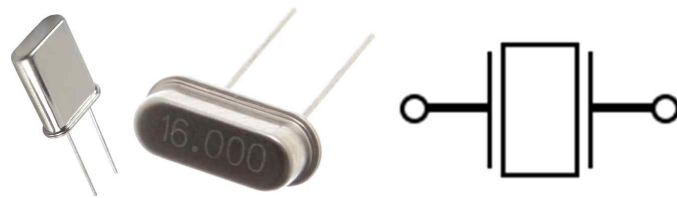


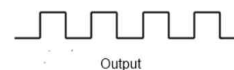
그림 B.5.1 크리스털 실물 2종 및 그 기호



그림 B.5.2 오실레이터 실물(3종) 및 그 기호

그림 B.5.2에 보인 오실레이터는 내부에 크리스털과 안정 회로를 내장하고 있기 때문에 전원만 인가하면 별다른 회로 연결없이 클럭 펄스를 생성할 수

9) 옆의 그림과 같이 논리 1과 0을 반복하는 신호를 말한다.



있는 장점이 있으며 대다수 마이크로프로세서는 크리스털과 오실레이터를 모두 지원하는 경향을 보이고 있다.

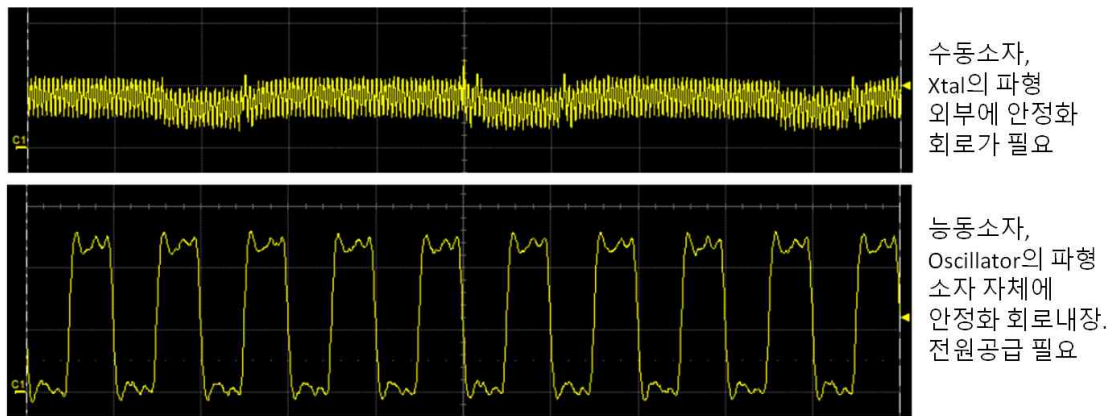


그림 B.5.3 크리스털과 오실레이터의 실측 결과

그림 B.5.3에는 두 소자를 계측기(socilloscope)에 연결하여 실측한 결과를 보인 것이다. 크리스털은 수동소자이기 때문에 전원을 연결하지 않으면 사실상 결과를 관측할 수가 없다. 오실레이터의 경우에는 전원만 연결해 주면 일정한 주파수의 파형을 스스로 생성하여 출력한다.

그림 B.5.4에는 이들 소자를 Atmega 마이크로프로세서에 연결하는 사례를 보였다. 아두이노 메가 시리즈의 보드에서 사용하는 ATmega 프로세서의 경우에도 2가지의 발진소자를 사용할 수 있는데 (a)는 크리스털을 사용한 사례이고, (b)는 오실레이터를 사용한 사례이다<sup>10)</sup>. 두 종류의 소자가 다른 점 중 중요한 것은 크리스털은 전원이 필요없다는 것이고, 오실레이터는 전원을 제공해야 한다는 것이다.

10) 그림에서 NC는 No Connection을 뜻한다.

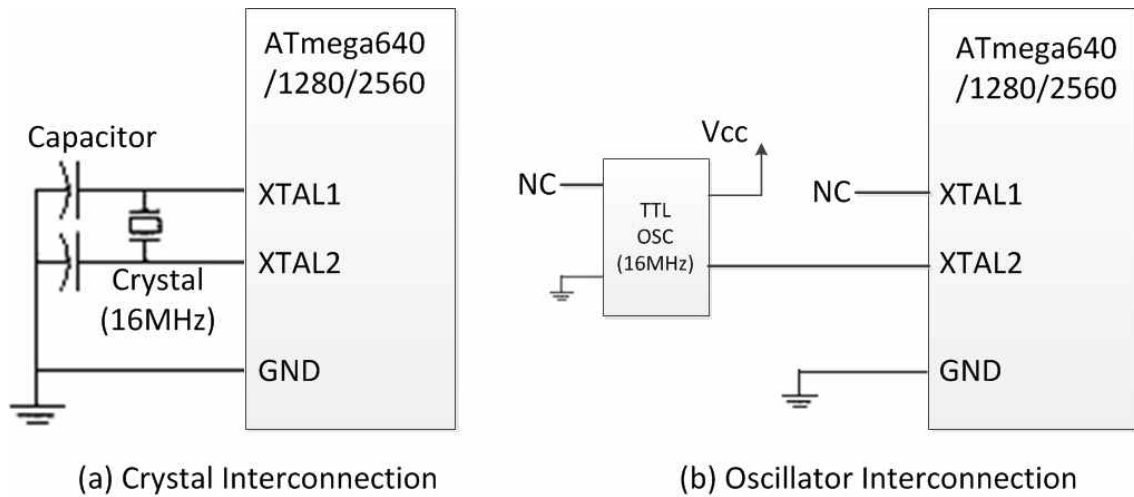


그림 B.5.4 크리스탈 및 오실레이터의 아두이노 메가 연결 사례

이들 소자들은 미리 정해진 특정 주파수만을 생성하기 때문에 주파수를 변경할 때는 타이머<sup>11)</sup> 장치 혹은 DCM(Digital Clock Manager)<sup>12)</sup> 회로 등이 필요하다.

11) 클럭 펄스 신호를 입력받아 프로그램으로 주파수, 듀티비(High와 Low의 비율)를 변경할 수 있는 장치이다. 보통 임베디드 프로세서 내부에 기본적으로 지원되는 장치이다.

12) 보통 FPGA에서 지원한다. 타이머는 입력되는 주파수보다 낮은 클럭 신호원을 생성하는데 반해 DCM은 입력 주파수보다 높은 주파수도 생성해 낸다.

## B.6 트랜지스터

트랜지스터(transistor)는 증폭, 발진, 변조작용과 스위칭(on/off) 동작에 활용되는 반도체 소자이다. 트랜지스터는 크게 접합형 트랜지스터(BJT, Bipolar Junction Transistors)와 전계효과 트랜지스터(FET, Field Effect Transistors)로 구분된다. BJT 트랜지스터는 그림 B.6.1과 같이 P형 반도체와 N형 반도체를 접합시켜 놓은 구조로 NPN형과 PNP형의 두 가지 종류가 있다. 그림 B.6.2에는 트랜지스터의 실물 사진 및 기호를 보였다.

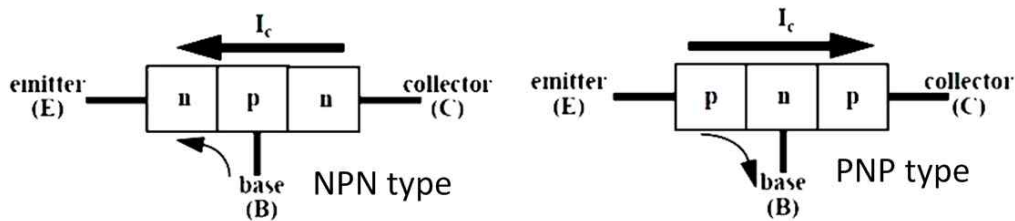


그림 B.6.1 BJT 트랜지스터의 타입

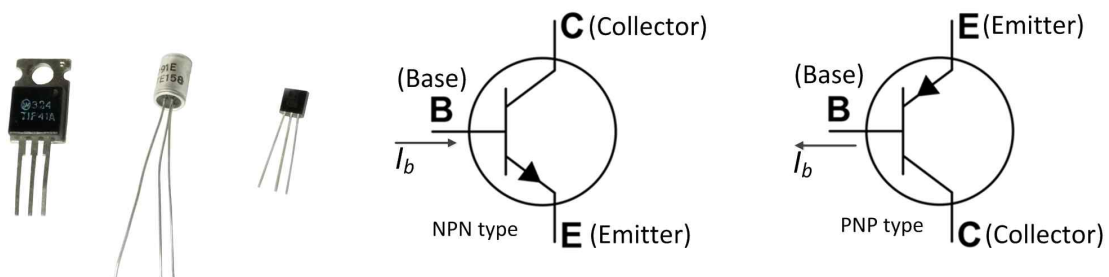


그림 B.6.2 트랜지스터의 실물 사진 및 심벌

PNP형을 기준으로 에미터(E), 베이스(B), 컬렉터(C) 세 단자의 기능을 설명하면 다음과 같다.

에미터 : 순방향 전류를 공급해 주는 역할을 한다.

베이스 : E에서 C로 흐르는 전류를 조절하는 역할을 한다.

컬렉터 : 에미터에서 공급한 전류를 받아들이는 역할을 한다.

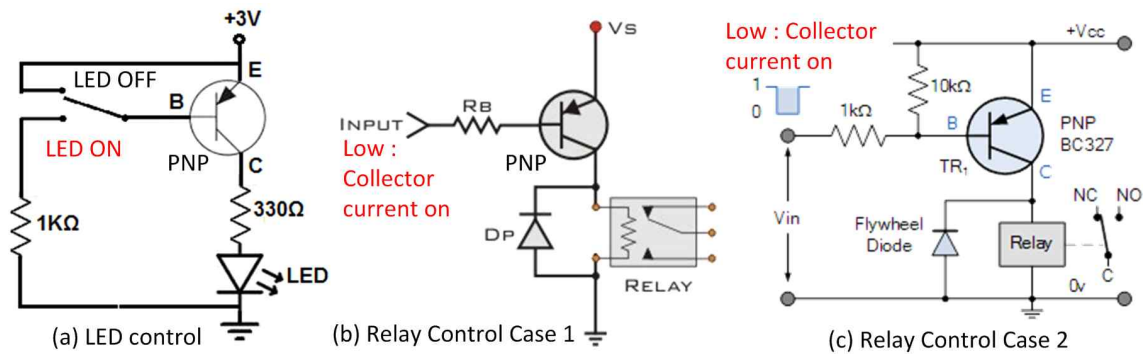


그림 B.6.3 PNP형 트랜지스터의 응용사례

그림 B.6.3에 PNP 트랜지스터의 응용사례를 보인 것으로 모두 전력 증폭의 목적으로 트랜지스터를 사용한 것이다. 예를 들면 (a)의 경우에는 용량이 큰 LED에 공급하는 전류를 증폭하기 위해, (b)와 (c)의 경우에는 릴레이에 소모되는 전류를 충분히 공급하기 위해 트랜지스터를 사용한 것이다.

그림 (a)의 경우에는 토글 스위치를 상하로 이동함에 따라 LED는 소등, 점등 동작을 시행하게 된다. PNP 형의 트랜지스터는 베이스단에 음의 방향의 전압을 인가해야 에미터에서 컬렉터 단자로 전류가 흐르게 된다. 이를 이용해 에미터 단에 인가한 높은 전압과 충분한 전류가 부하(이 경우에는 LED)에 흐르게 된다. 이로써 전류를 일반 IC(예를 들어 아두이노)에서 제공할 때보다 밝은 빛을 생성하게 될 것이다<sup>13)</sup>.

그림(b)와 (c)는 릴레이를 활용한 사례이다. 릴레이는 내부가 사실상의 전자석의 원리로 구성되어 있어 일반 IC가 감당하기에는 어려운 전류를 소모하기 때문에 이를 이용하여 큰 전압의 스위치를 극히 적은 용량의 베이스 전류만으로 통제할 수 있게 된다.

그림 B.6.4에는 NPN형 트랜지스터의 응용사례를 보였다. 그림 (a)의 경우에는 NPN형 트랜지스터 응용의 일반화된 모습을 보인 것으로 부하를 컬렉터

13) 이때 사용되는 LED는 큰 전류를 감당할 수 있을 만큼의 정격 전류가 큰 것을 사용한다는 전제가 필요하다.

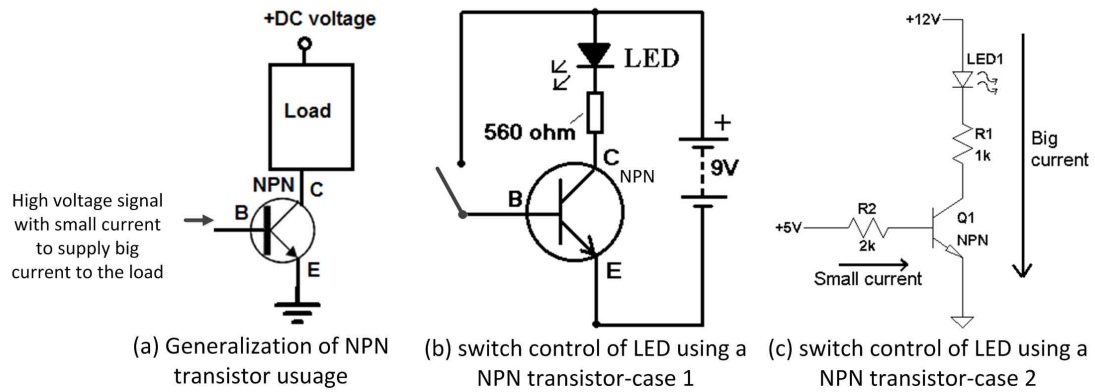


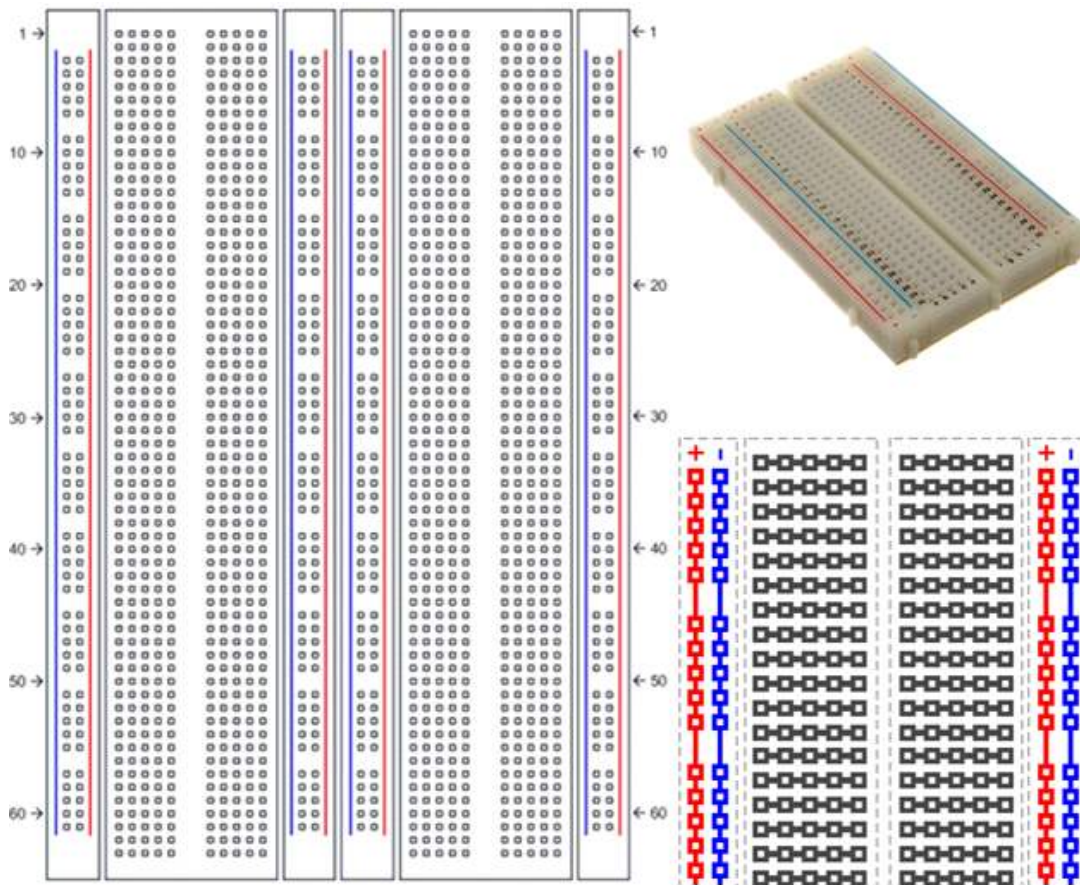
그림 B.6.4 NPN형 트랜지스터의 응용사례

단에 연결하고 풍부한 전류를 제공하는 전원을 이곳에 연결한다. 에미터단은 접지에 연결한다. NPN형에서는 베이스에 +전원을 인가해야 컬렉터에서 에미터단으로 전류가 흐른다. 이 전류의 양을 제어해서 부하에 제공되는 전류의 양을 제어하는 것은 PNP형과 같은 원리이다. 그림(b)와 (c)에는 LED 점등, 소등 제어와 밝기 제어에 응용하는 사례를 보인 것이다.



## B.7 만능기판

만능기판(브레드 보드, Bread Board)는 간단한 회로를 제작하여 실험할 때 많이 활용된다. 그림 B.7.1에 만능기판과 그 내부 구성을 보였다.



좌측: 단자를 삽입할 수 있는 홀의 배열, 우측 상단: 실물 사진, 우측 하단: 내부 결선 상태 일부

그림 B.7.1 만능기판과 그 구성

우측 하단 그림의 만능기판의 결선 내용을 설명하면 다음과 같다.

1) 적색과 청색은 각각 서로 연결되어 있다. 적색은 +전원으로 청색은 \_전원(접지)로 사용된다.

2) 검은색 홀(hole)이 신호 결선에 활용되는데 이들은 각각 수평으로 5 개의 홀 들이 서로 연결되어 있다.

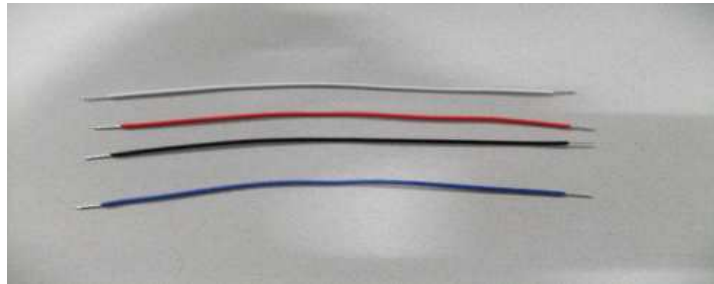


그림 B.7.2 만능기판에 사용되는 점퍼선

만능기판에 회로를 구성할 때 신호를 연결하기 위해 그림 B.7.2의 점퍼 (Jumper)선을 사용한다. 그림 B.7.3에는 점퍼선을 사용한 신호의 연결 방법을 보였다. 그림의 우측처럼 전선을 연결한다면  $A \rightarrow B \rightarrow C$  모두 연결되어 같은 신호가 흐르게 될 것이다.

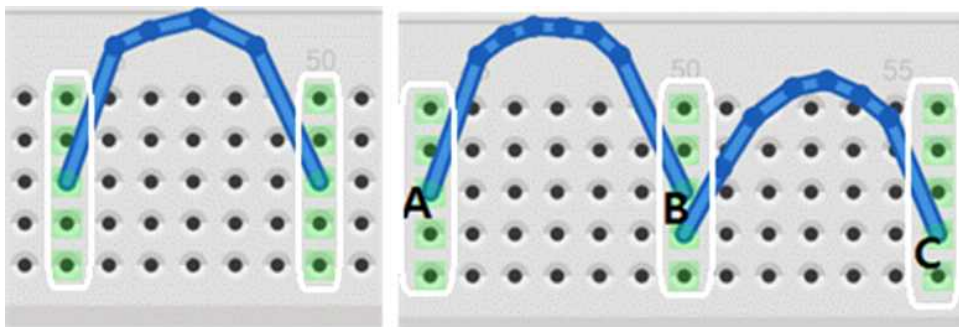


그림 B.7.3 만능 기판을 사용한 결선 사례

그림 B.7.4에는 점퍼선을 사용하여 실제 연결한 모습을 보인 것이다. 그림의 우측에서 A 지점의 청색과 적색 신호선은 서로 연결되어 있다<sup>14)</sup>. B 지점

14) 수평으로 5개의 홀은 서로 연결되어 있기 때문이다.

에서는 노란색과 청색 신호선이 서로 연결되어 있다.

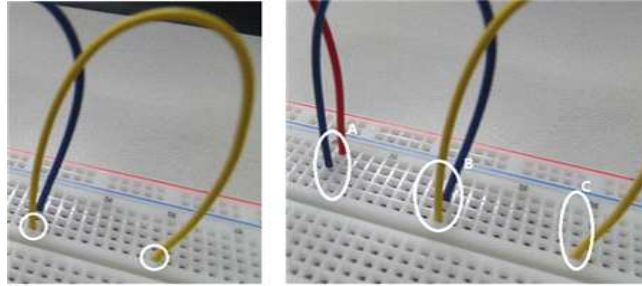


그림 B.7.4 결선 사례 실물 사진

## B.8 고찰

다음 주제에 대하여 답할 수 있는지 검토해 보면서 그동안 습득한 지식을 정리해 보자.

1. LED 점등 회로에 저항을 직렬 연결하는 이유는 무엇인가?
2. LED에 역방향의 전압을 인가하면 어떻게 되는가?
3. 적색 LED의 전압강하가 1.8V이고 정격전류가 20mA이다. 5V 회로 혹은 3.3V 회로에서 사용한다면 각각 몇 옴의 저항을 사용해야 하는가?
4. 4K $\Omega$  저항과 8K $\Omega$  저항으로 12 $\Omega$ 의 저항을 구성하는 방법을 제시하시오.
5. 저항 소자의 역할에 대하여 기술하시오. 아두이노 실습에서는 저항을 언제 활용하는지 기술하시오.
6. 다이오드 소자의 역할에 대하여 기술하시오.
7. 트랜지스터를 아두이노에서 사용해야 하는 상황에 대하여 기술하시오.