

## Lab02. 옴의 법칙

### 1.1 개요

#### ■ 실험 목표

1. EEboard를 활용하여 전원 전압을 인가할 수 있다.
2. 저항 값 읽는 방법과 디지털멀티미터를 이용해 측정하는 방법을 알아본다.
3. Breadboard에 회로를 구성하고 전압 및 전류를 측정해 본다.
4. 이론에서 배운 옴의 법칙을 실험을 통해 검증해 본다.

#### ■ 실험 준비물

1. EEBoard / 저항: 270Ω, 330Ω, 560Ω, 1kΩ, 4.7kΩ / 가변저항: 1kΩ

#### ■ 예비 보고서

1. LTspice tool을 사용하여 DC simulation 수행 및 결과 제출

#### ■ 실험 검사 및 최종 보고서

1. 저항 컬러 코드 읽기 실습
2. 가변 저항 측정 실습
3. 전압 측정 실습
4. 전류 측정 실습

# 1.2 이론 내용

## 1.2.1 저항의 컬러 코드 및 측정

실험에서 일반적으로 사용하는 저항은 크기가 작은 저항에 직접 resistance를 기재하기 어려우므로 Color Code를 이용하여 저항 규격을 표시한다. Color code는 4색(4 band), 5색(5 band) 혹은 6색(6 band)으로 구성되어 있다. 일반적으로 4색을 이용하여 저항 규격을 나타내므로, 4색 저항에 대해 알아보기로 한다.

Figure 1에 나타난 바와 같이 4개의 색의 띠로 저항값이 표시되어 있다. 첫번째 색띠(A)와 두번째 색띠(B)는 2자리의 유효 숫자를 표시하고, 세번째 색띠(C)는 자릿수, 즉 승수를 표시한다. 그리고 네번째 색띠(D)는 저항의 오차를 표시한다.



Figure 1. 저항의 Color Code

Table 1은 컬러 코드 표를 나타낸다.

Color	제1색띠(A)	제2색띠(B)	제3색띠(C)	제4색띠(D)
Black	-	0	$10^0$	-
Brown	1	1	$10^1$	$\pm 1\%$
Red	2	2	$10^2$	$\pm 2\%$
Orange	3	3	$10^3$	-
Yellow	4	4	$10^4$	-
Green	5	5	$10^5$	$\pm 0.5\%$
Blue	6	6	$10^6$	$\pm 0.25\%$
Violet	7	7	$10^7$	$\pm 0.1\%$
Gray	8	8	$10^8$	$\pm 0.05\%$
White	9	9	$10^9$	-

Gold	-	-	$10^{-1}$	$\pm 5\%$
Silver	-	-	$10^{-2}$	$\pm 10\%$
No Band	-	-	-	$\pm 20\%$

Table 1. Color Code

Color Code를 이용해 저항을 읽는 방법을 살펴보자. 제1색띠를 A, 제2색띠를 B, 제3색띠를 C, 제4색띠를 D라고 했을 때, 저항 규격 R은 다음과 같다.

$$R = AB \times 10^C \Omega \pm D\% \quad (1)$$

아래 Figure 2를 예로 들자면, 제 1색띠가 갈색, 제 2색띠가 흑색, 제 3색띠가 빨강색, 제 4색띠가 금색이므로, 규격 저항은  $10 \times 10^2 \Omega \pm 5\% = 1k\Omega \pm 5\%$ 가 된다.



Figure 2.  $1k\Omega \pm 5\%$  저항

아래의 웹 페이지 주소로 접속하면, 저항에 Color Code를 넣고 저항 값과 오차가 얼마나 되는지 확인할 수 있다.

<https://www.allaboutcircuits.com/tools/resistor-color-code-calculator/>

저항의 측정은 디지털멀티미터(Digital multimeter, DMM)를 사용하면 측정 가능하다. DMM은 손쉽게 들고 다닐 수 있는 Handy 형과 부피가 큰 Bench형 장비 타입이 있으며, 각각의 경우 아래 그림과 같이 연결하고, 저항 측정모드로 선택하면 값을 측정할 수가 있다.

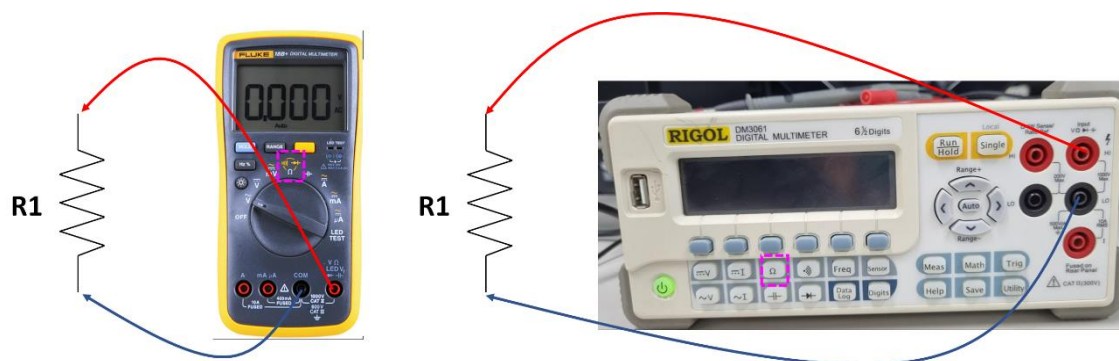


Figure 3. DMM을 이용한 저항 측정 방법

### 1.2.2 전압의 의미 및 측정

전위(electrical potential)란 전기장 내에서 단위 전하가 갖는 위치에너지이다. 낮은 전위에서 높은 전위로 전하를 움직이기 위해서는 에너지가 필요한데, 전압이란 단위 전하를 한 위치로부터 다른 위치로 움직이는데 필요한 에너지의 양을 말한다 (Voltage = Energy/Charge = J/C). 즉, 전압이란 전위의 차이를 말한다.

전압은 한 위치에서 다른 위치로 전하를 이동시키는데 필요한 에너지의 양이기 때문에 항상 회로의 두 노드(node, 컴포넌트와 컴포넌트 사이) 사이에 대하여 측정해야 한다. 회로의 어떤 컴포넌트(저항 등)에 걸리는 전압을 측정하기 위해서는 그 컴포넌트의 한쪽 끝을 기준으로 잡고 다른 쪽을 측정하면 된다.

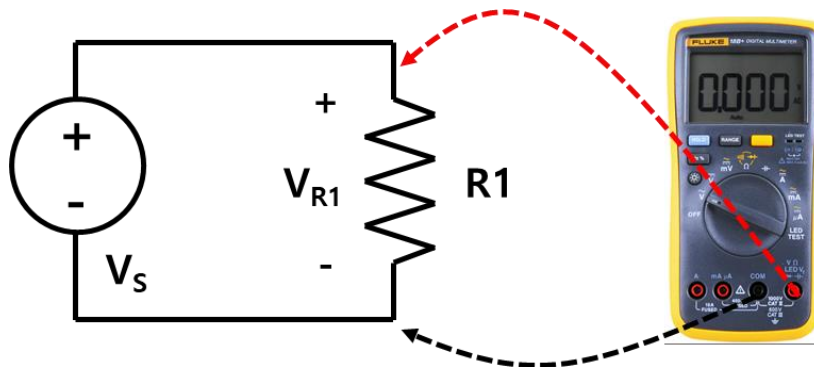


Figure 4. 전압 측정 예시

회로에서 각 노드의 전압을 측정하기 위해서는 회로의 한 노드가 기준점이 되어야 한다. 이 기준점을 'Circuit Ground'라고 한다.

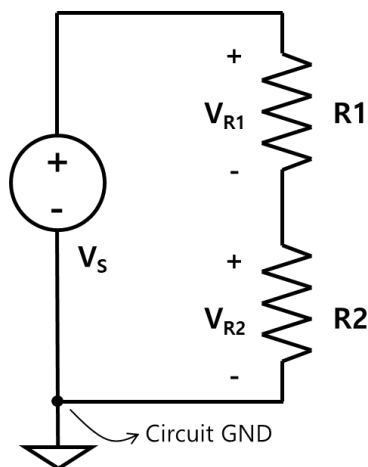


Figure 5. Circuit ground (reference ground)

Circuit ground는 signal ground, 혹은 reference ground라고도 불리는데, reference ground는 회로의 기준점이 되며, 이를 기준으로 각 노드의 전위차를 전압으로 나타내게 된다. Ground의 종류는 여러 가지가 있는데, chassis ground는 기계의 서로 다른 금속 부분 사이를 연결하여 이들 사이의 전기적 연결을 보장하기 위해 사용한다. Earth ground는 지표면의 전위를 말하고, 편의상 0V로 할 때가 많다. 여러 ground를 표시할 때는 아래 Figure 6와 같이 표시한다.

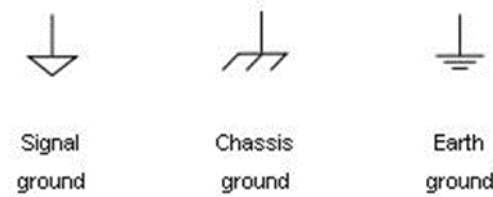


Figure 6. Ground의 심볼

### 1.2.3 Ohm의 법칙

회로에서 전하(electrical charge)의 흐름을 전류(current)라고 한다. 전류의 단위는 A(amperes)이고, 1 암페어는 1초당 1쿨롱(coulomb, 전하량의 단위)의 전하가 움직인 것을 의미한다. 보통 전류는 I(intensity)로 표시하고, 회로에서는 화살표로 그 방향을 나타낸다. 이러한 전류(I)와 전압(V), 그리고 저항(R) 사이의 관계를 나타내는 법칙이 Ohm의 법칙이다. Ohm의 법칙은 다음과 같다.

$$V = R \times I \quad (\Omega \times A = V) \quad (2)$$

이 식을 변형하면 다음 두 식을 얻을 수 있다.

$$I = \frac{V}{R} \left( \frac{V}{\Omega} = A \right) \quad R = \frac{V}{I} \left( \frac{V}{A} = \Omega \right) \quad (3)$$

즉, 저항(R)에 흐르는 전류(I)는 저항 값(R)에 반비례하고, 저항(R)에 걸리는 전압(V)에 비례한다.

### 1.2.4 전압 및 전류 측정 방법

디지털멀티미터 (Digital multimeter, DMM)을 이용하여 전압 및 전류를 측정할 수 있다.

전압을 측정할 때는 (+), (-) 리드선을 측정할 컴포넌트 양단에 연결 (병렬 연결) 하고, DMM의 측정 모드를 V, mV 등 전압(V)으로 맞추면 된다.

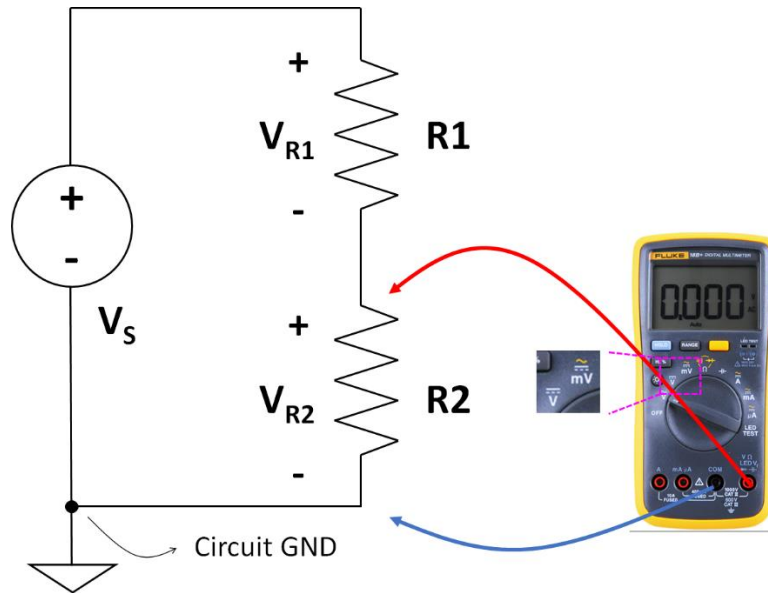


Figure 7. (a) Handy DMM을 이용한 전압 측정 예

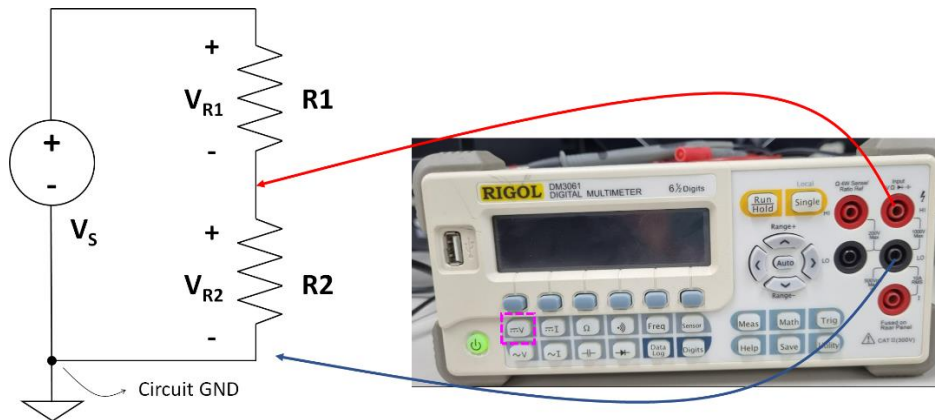


Figure 7. (b) DMM을 이용한 전압 측정 예

전류를 측정할 때는 DMM의 측정 모드를 A, mA, uA 등 전류(A)로 맞추고 측정하면 된다. 이 때 가장 중요한 점은, DMM을 회로 내부에서 직렬로 연결이 되도록 구성해야 하는 점이다. 이를 위해 기존 회로의 연결을 반드시 끊고, 그 끊어진 노드 사이에 DMM 자체를 직렬로 연결함으로써 DMM을 포함한 closed loop을 구성해야 한다.

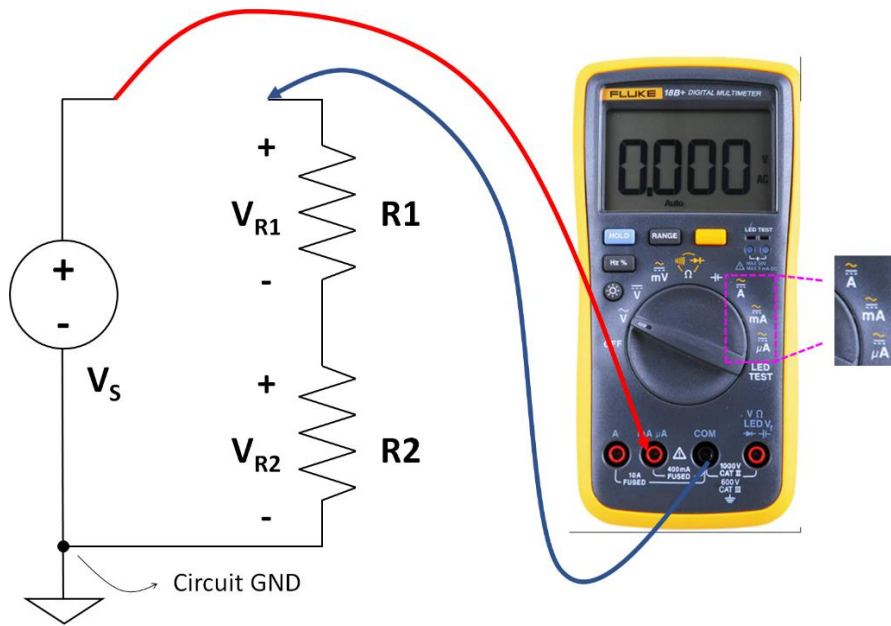


Figure 8. (a) Handy DMM을 이용한 전류 측정 예

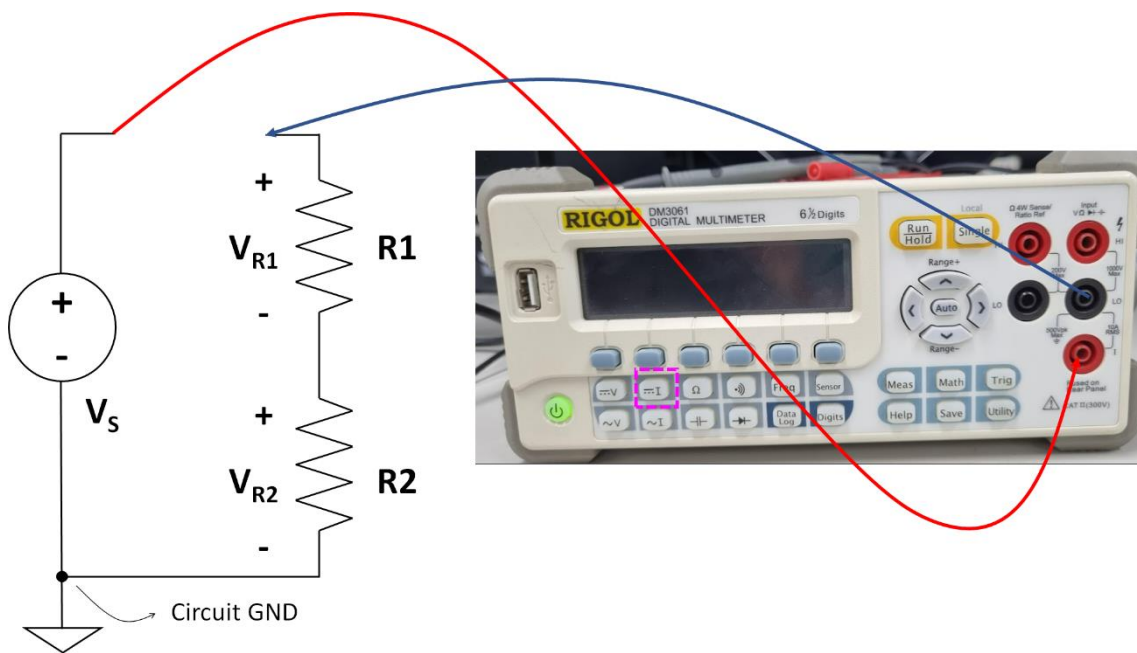


Figure 8. (b) DMM을 이용한 전류 측정 예

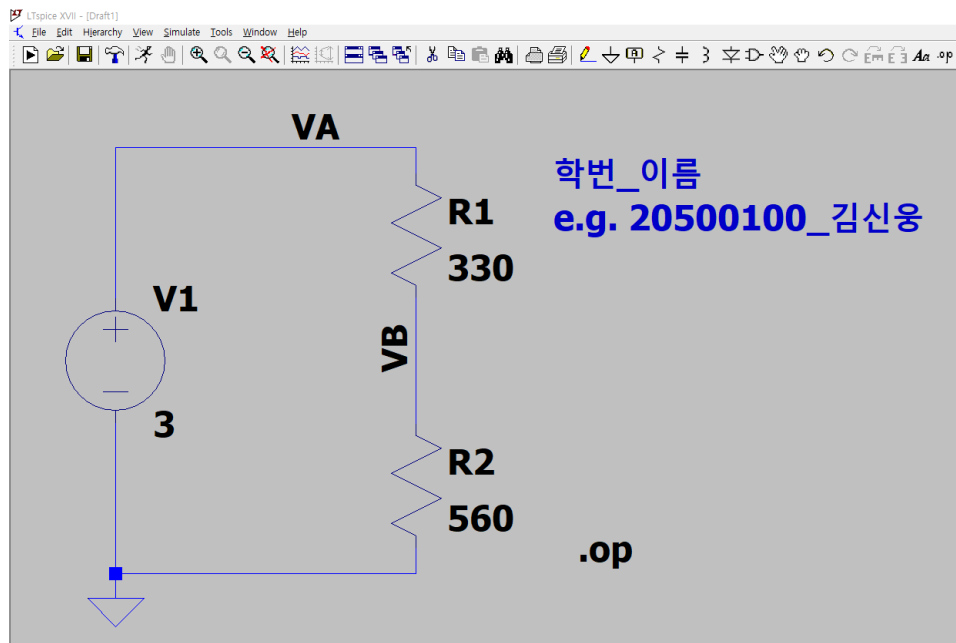
DMM을 전류 측정 모드로 변경할 때 DMM 내부 저항은 매우 작게 설정된다. 만약 전압을 측정하듯이 병렬로 연결하게 되면, 경우에 따라 많은 전류가 DMM으로 흐르게 되어 fuse가 끊어지거나 고장을 유발하게 된다.

## 1.3 예비 보고서

### 1.3.1 LTspice 설치 및 회로 구성

**LTspice download Site:** <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

(1) LTspice를 사용하여 아래와 같이 회로를 구성하고, 스크린 capture하여 제출하시오



(2) DC simulation을 진행하여, 결과를 아래와 같이 스크린 capture 하여 제출하시오.

```
* C:\Users\User\Documents\LTspiceXVII\Draft1.asc

--- Operating Point ---

V(va) :          3          voltage
V(vb) :      1.88764      voltage
I(R2) :      0.00337079    device_current
I(R1) :      0.00337079    device_current
I(V1) :     -0.00337079    device_current
```



# 1.4 실험 내용

## 1.4.1 저항 컬러코드 읽기 및 값 측정

사용 부품: 270Ω, 330Ω, 560Ω, 1kΩ, 4.7kΩ

각 주어진 저항에 대하여 아래의 표를 채워라.

Resistor	Color of Band				Color-Code	Measured	% Difference
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	Value	Value	
예시	Yellow	Violet	Red	Gold	4.7kΩ±5%	4.8kΩ	$ (4.8-4.7) /4.7=2.12\%$
1							
2							
3							
4							
5							

Table 2. 저항 측정 결과

오차(% difference)를 계산하는 식은 아래와 같다.

$$\% \text{ Difference} = \frac{|R_{\text{measured}} - R_{\text{color code}}|}{R_{\text{color code}}} \times 100$$

## 1.4.2 가변 저항 측정

사용 부품: 1kΩ 용량의 가변 저항 (Potentiometer)

Potentiometer의 모습은 다음과 같다.

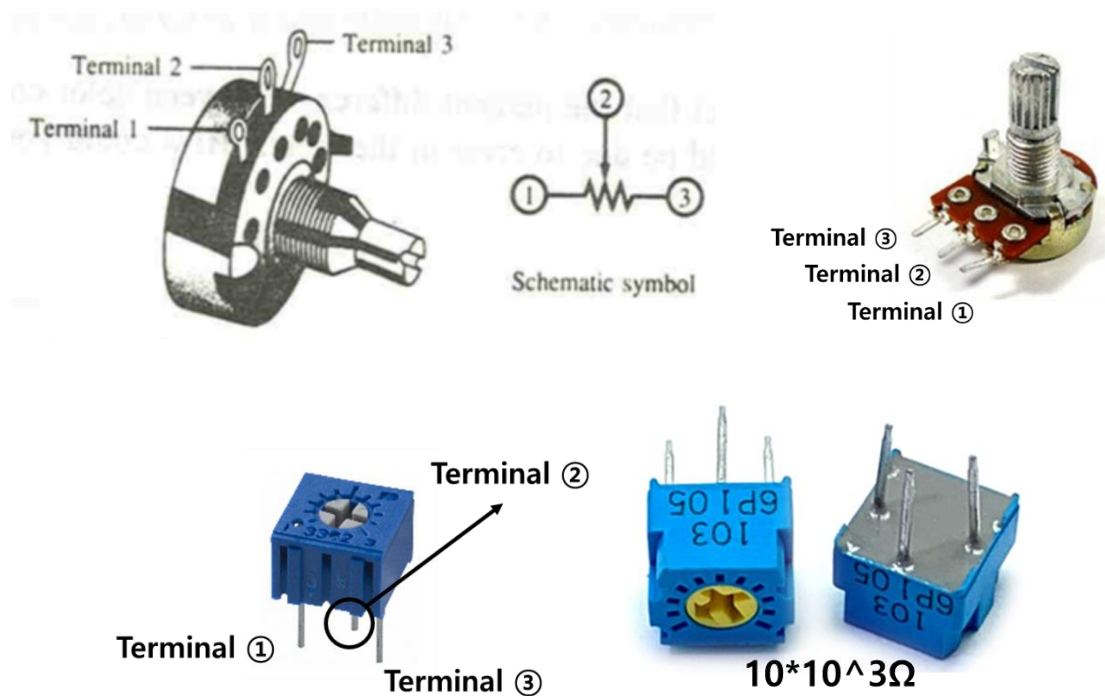


Figure 9. 가변저항

가변 저항의 ①번과 ③번 터미널 사이의 저항 값을 측정하여 기록하라.

$R_{①③}$	
----------	--

Potentiometer의 shaft를 돌리면서 ①번과 ③번 터미널 사이의 저항 값을 확인하여라. 저항 값이 바뀌는가? 나타난 현상에 대해서 설명하여라.

저항 값 및 설명	
-----------	--

(a) Potentiometer를 반시계방향(Counter Clockwise, CCW)으로 완전히 돌린 후, ①번과 ②번 터미널 사이의 저항 값( $R_{12}$ )과 ②번과 ③번 터미널 사이의 저항 값( $R_{23}$ )을 측정하고 아래 표에 기록하여라. 측정된 두 값의 합을 아래 표에 기록하여라.

(b) Shaft를 시계방향으로 1/3 정도 돌려서 (a) 실험을 반복한다.

(c) Shaft를 시계방향으로 2/3 정도 돌려서 (a) 실험을 반복한다. (a), (b), (c) 실험에서 Sum of Resistance( $R_{12} + R_{23} = R_{13}$ )에 대해 발견한 사실에 대해 설명하여라.

실험	Shaft Position	Resistance Measured Between		Sum of Resistance ( $R_{①②} + R_{②③}$ )
		Terminal ①-②	Terminal ②-③	
(a)	CCW			
(b)	1/3 CW			
(c)	2/3 CW			

Table 3. 가변 저항 특성 측정

### 1.4.3 전압 및 전류 측정

사용 부품: 330Ω, 560Ω

아래와 같이 회로를 구성하고 전원은 EEboard의 VP+를 3.0V, 전류 제한은 50mA로 설정하십시오.

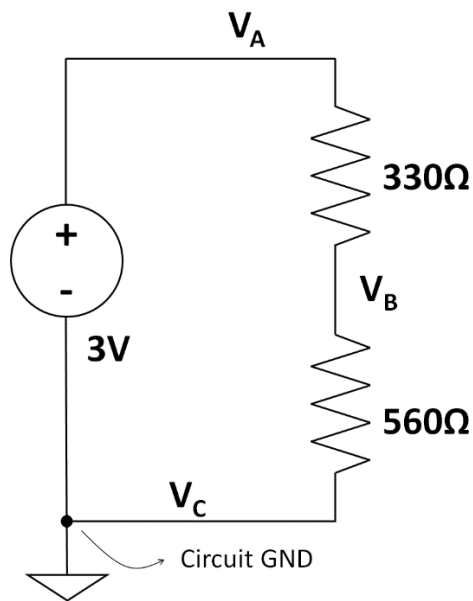


Figure 10. 전압/전류 측정 실습 회로

330Ω과 560Ω 각 컴포넌트의 양단의 전압을 측정하여 아래 표에 기록하라.

	Measured Voltage
$V_{AB}$	
$V_{BC}$	

Table 4. 각 저항 양단 전압 측정

아래와 같이 DMM을 전류 모드로 바꾸고 회로 내부에 직렬 연결하여 전류를 측정하고, 아래 표에 기록하라.

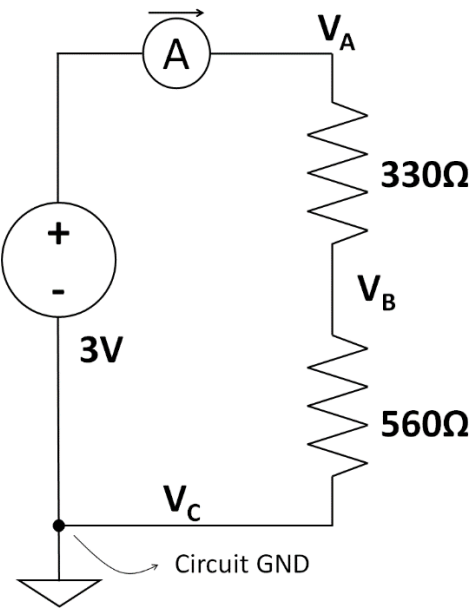


Figure 11. 전류 측정을 위한 회로 구성

	Measured Current
I	

Table 5. 회로의 전류 측정

측정한 값들을 (Table 2에서 측정한 두 저항의 실제 값, Table 5에서 측정한 회로의 전류 값) 이용하여 각 저항 컴포넌트 양단의 전압을 계산하고 Table 4에서 측정한 값과 비교해보라.

	Calculated Voltage ( $V=I \cdot R$ )	Measured Voltage (Same as Table 4.)
V <sub>AB</sub>		
V <sub>BC</sub>		

Table 6. 옴의 법칙 확인