

기초회로실험

1. 실험 목적

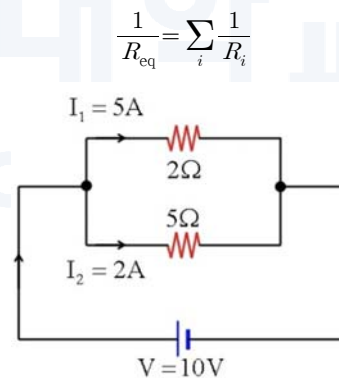
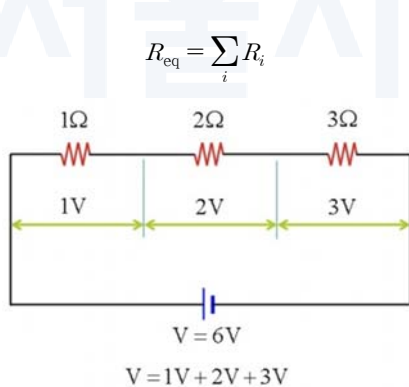
전기 회로의 기본 중의 하나인 키르히호프의 법칙과 휘트스톤 브릿지를 실험함으로써 이론적 지식을 확인한다.

2. 이론

전기회로를 분석하려면 여러 가지 기본 법칙을 먼저 숙지해야한다. 이중에 키르히호프의 법칙은 매우 간단하면서도 효과적으로 회로를 분석하는데 도움을 준다. 또한 미지의 저항을 측정하는 방법으로 멀티미터를 이용한 직접적인 방법도 있으나 회로의 성질을 이용한 간접 측정법인 휘트스톤 브릿지도 있다. 이 키르히호프의 법칙과 휘트스톤 브릿지를 이해하는 것은 전기부분의 이론을 이해하는데 매우 큰 도움이 된다.

2.1. 저항기의 직렬 및 병렬 연결

[그림1,2]는 저항기의 직렬 연결과 병렬 연결의 회로도이다. 직렬 혹은 병렬 연결한 것을 전지(ΔV)로부터 같은 전류(I)를 흐르게 하는 단일 저항기의 값을 등가 저항(equivalent resistance, R_{eq})이라고 한다. 직렬 혹은 병렬 연결의 등가저항은 [그림 1,2]과 같다.



[그림 1] 직렬회로의 등가저항과 회로도

[그림 2] 병렬 회로의 등가저항과 회로도

2.2. 키르히호프의 법칙(Kirchhoff's rules)

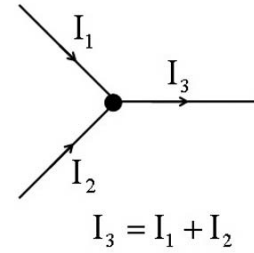
간단한 회로의 경우 $\Delta V = IR$ 의 표현과 저항기의 직렬과 병렬 연결의 규칙을 이용하여 분석할 수 있다. 그러나 많은 경우 이들 법칙을 이용하여 회로를 단일 고리로 단순화하는 것이 불가능하다. 이와 같이 복잡한 회로를 분석하는 과정은 다음과 같은 키르히호프의 법칙의 두 가지 법칙을 이용하여야 한다.

(1) 분기점 법칙(Junction rule) : 모든 분기점에서 전류의 합은 영이다.

$$\sum_{\text{junction}} I = 0$$

(2) 고리 법칙(Loop rule) : 모든 닫힌 회로에서 각 소자를 지나갈 때 전위차의 합은 영이다.

$$\sum_{\text{closed loop}} \Delta V = 0$$

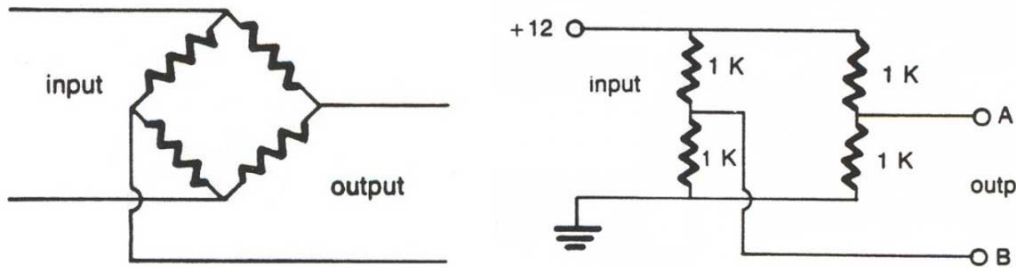


[그림 3] 분기점의 법칙

2.3. 휘트스톤 브릿지(Wheatstone bridge)

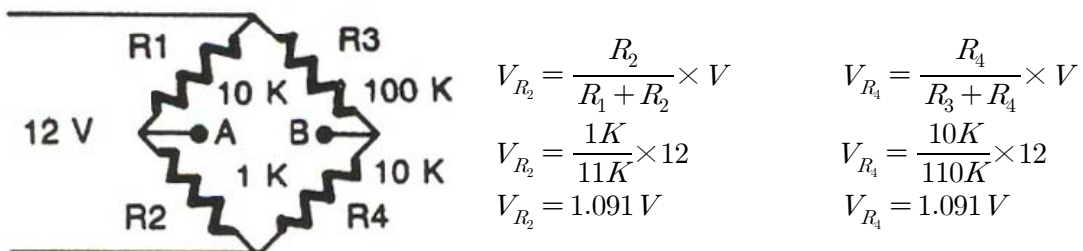
브릿지회로는 다양한 형태로 존재하며 작은 양의 값을 정밀하게 측정하는데 사용된다. 브릿지회로에는 여러 가지가 있지만 여기에서는 가장 전형적인 브릿지인 휘트스톤 브릿지에 대해 설명한다.

휘트스톤 브릿지는 아래 [그림 4]의 왼쪽 그림과 같은 형태로 연결되며, 미지의 저항값을 매우 정밀하게 측정할 수 있는 회로이다.



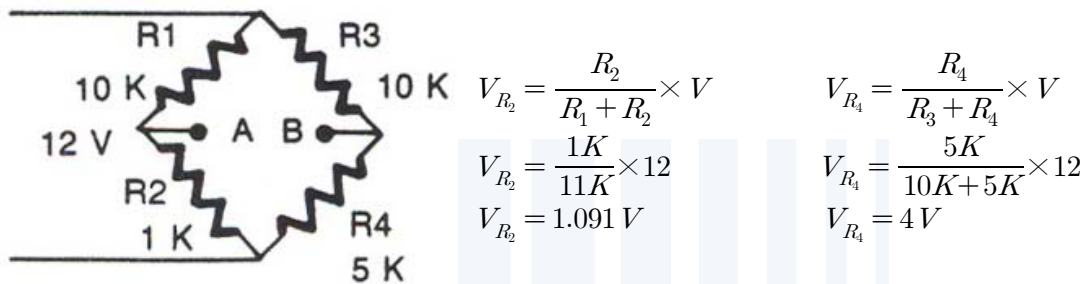
[그림 4] 휘트스톤 브릿지의 회로(왼쪽), “balanced” 브릿지(오른쪽).

[그림 4]의 오른쪽 회로를 보면 좀 더 정확하게 이해할 수 있다. 이것은 두 개의 Input과 두 개의 Output을 가지고 있는데, Input은 두 개의 평행 가지를 가로지르고 있으며 Output은 각 평행 가지의 중심점으로부터 나온다. [그림 4]의 회로에서와 같이 모든 저항들이 같은 값을 가지고 있다면 각 저항에 같은 전압이 가해지게 된다. 접지(Ground)로부터 A점과 B점에 각각 6V가 걸리게 된다. 그러므로 이 때의 전위차 V_{ab} 는 0이 된다. 전압이 존재하지 않으므로 전류도 흐르지 않는다(전류계가 0을 가리킴). 이때 이 브릿지를 “balanced” 되었다고 한다. 어떤 저항값이든 조금이라도 변한다면 전류계에 전류가 흐르게 된다.



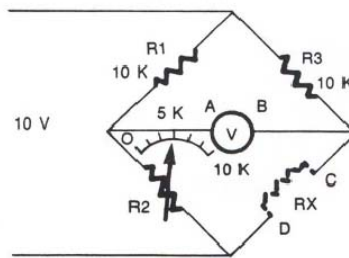
[그림 5] 휘트스톤 브릿지 회로(왼쪽), 해당 회로에서 R_2 와 R_4 의 계산(오른쪽)

[그림 5]의 회로는 언뜻 보기에는 명확하지 않지만 **“balanced”**된 회로이다. 저항 R_1 과 R_2 의 값은 각각 $10K\Omega$ 과 $1K\Omega$ 이고 비율은 10:1이다. 또한 저항 R_3 과 R_4 의 값은 각각 $100K\Omega$ 과 $10K\Omega$ 이고 비율은 10:1이다. [그림 5]의 오른쪽 수식과 같이 계산해보면 R_2 와 R_4 는 같은 전압을 가지고 있으며 앞서 이야기한대로 A점과 B점 역시 같은 전압값을 가지므로 이 브릿지는 **“balanced”**되었다고 한다. 계산 과정에서 살펴보면, 중요한 것은 가지의 저항값이 아니라 비율인 것을 알 수 있다. 간단한 계산을 통해 $V_{AB} = 0$ 이 되는 조건은 $R_1R_4 = R_2R_3$ 임을 알 수 있다.



[그림 6] 휘트스톤 브릿지 회로(왼쪽)

[그림 6]의 회로는 **“unbalanced”**된 브릿지이고 A점과 B점의 전압을 계산을 통해 보여준다. 전류계가 A점과 B점에 연결되어 있다면 전류가 흐를 것이다. **“balanced”**된 회로의 저항 중 하나가 아주 조금이라도 변화한다면 브릿지는 **“unbalanced”**될 수 있다. 이렇게 저항값에 민감한 성질 때문에 정밀한 저항 측정을 위해 쓰이게 되는 것이다.



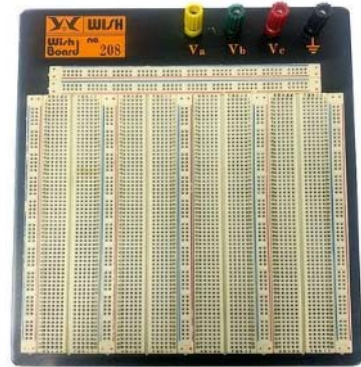
[그림 7] 정밀저항값 측정 브릿지

예를 들어 회로가 [그림 7]과 같이 연결되어 있다면 이것은 정밀 저항값 측정 브릿지이다. 저항 R_2 는 다이얼(0 ~ 10k Ω)을 가진 가변저항이다. 만약 미지의 저항이 점C와 점D 사이에 연결되어있다고 하자. 그 후에 R_2 의 다이얼을 돌려가면서 전압계가 0을 가리키는지 확인한다. 만약 0을 가리키는 지점이 나타난다면 이때의 저항 R_2 와 R_X 는 같은 저항값을 가진다. 즉, R_2 에 나타난 저항값이 미지의 저항값 R_X 가 된다.

3. 실험 기구

(1) Bread Board(일명 빵판)

각종 소자를 자유롭게 연결할 수 있는 범용 보드이다.



(2) 직류전원장치

회로에 전원을 공급하는(전압을 유지시켜주는) 장치. 전원장치에 전선을 연결하기 전에 모든 다이얼을 0(zero)의 위치로 돌려놓아야 한다. 그 후에 스위치를 켜 후 서서히 전압과 전류를 조정한다. 전원을 연결할 곳은 +와 -부분이다.



(3) 배선용 점프와이어

Bread Board에서 소자 사이를 연결시켜줄 때 사용



(4) 각종 저항

전류의 흐름을 방해하는 전기소자. 몸체에 그려진 선의 색깔과 위치를 알면 다음의 색코드를 이용해 저항값을 판별할 수 있다.

Color	1 st Band	2 nd Band	3 rd Band	Multiplier	Tolerance
Black	0	0	0	x 1 Ω	
Brown	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Red	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Orange	3	3	3	x 1K Ω	
Yellow	4	4	4	x 10K Ω	
Green	5	5	5	x 100K Ω	+/- 5%
Blue	6	6	6	x 1M Ω	+/- .25%
Violet	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Grey	8	8	8		+/- .05%
White	9	9	9		
Gold				x .1 Ω	+/- 5%
Silver				x .01 Ω	+/- 10%



(5) 멀티미터 : 전류, 전압, 저항 등을 측정할 수 있는 기기

** 빨간색 프로브는 높은 범위를 갖는 단자에 먼저 연결하도록 한다. 값이 측정되지 않으면 낮은 범위의 단자에 연결한다



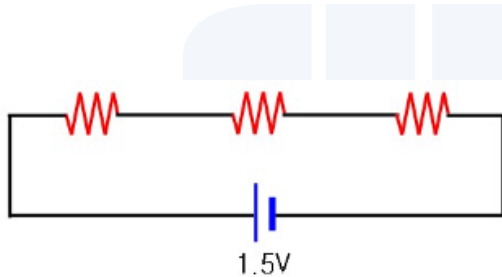
4. 실험 방법

4.1. 키르히호프의 법칙

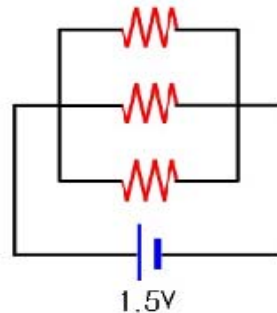
1. 저항의 직렬 연결

- (1) 실험에 사용할 저항의 저항값을 저항의 색코드를 사용하여 판별하고, 멀티미터를 사용하여 정확한 값을 측정한다.
- (2) Bread Board에 저항값을 아는 저항 3개를 [그림 8]과 같이 직렬로 연결하고 직류전원장치로 전압을 인가한다.

** 전압을 과도하게 높이면 저항이 뜨거워지므로 3V 이하로 설정하는 것을 권장



[그림 8] 저항의 직렬 연결



[그림 9] 저항의 병렬 연결

- (3) 멀티미터를 직류전압 측정 모드로 둔 후, 저항과 병렬로 연결되도록 프로브를 접촉하여 저항 양단의 전압을 측정한다.
- (4) 멀티미터를 전류 측정 모드로 둔 후, 저항과 직렬로 연결되도록 프로브를 접촉하여 저항에 흐르는 전류를 측정한다.

** 전류계는 회로에 직렬로 연결되어야 하므로 이미 구성된 회로에서 전류를 측정하고자하는 위치를 개방시키고 개방된 회로의 두 점을 전류계로 연결한다.

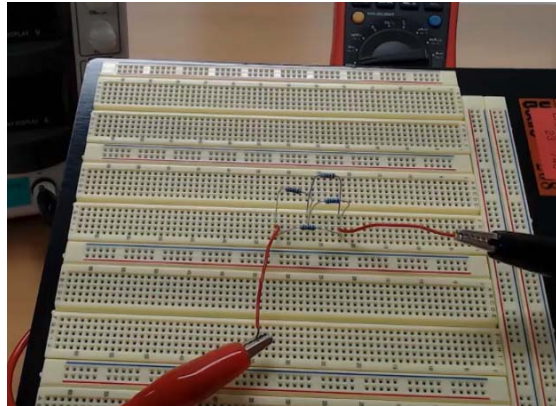
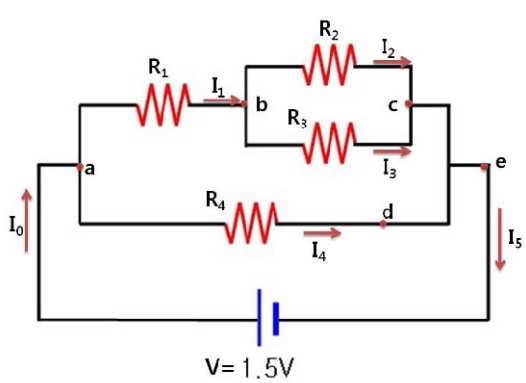
- (5) 회로를 이론적으로 분석하여 회로 전체의 등가저항과 각 저항에서의 전류 및 전압을 결정하고 측정값과 비교한다.

2. 저항의 병렬 연결

- (1) 실험에 사용할 저항의 저항값을 색코드를 사용하여 판별하고, 멀티미터를 사용하여 정확한 값을 측정한다.
- (2) Bread Board에 저항값을 아는 저항 3개를 [그림 9]과 같이 병렬로 연결하고 직류전원장치로 전압을 인가한다.
- (3) 직렬 연결의 경우와 마찬가지로 멀티미터를 사용해 각 저항에서의 전류 및 전압을 측정하고, 이를 이론적으로 구한 값과 비교한다.

3. 복잡한 직류 회로

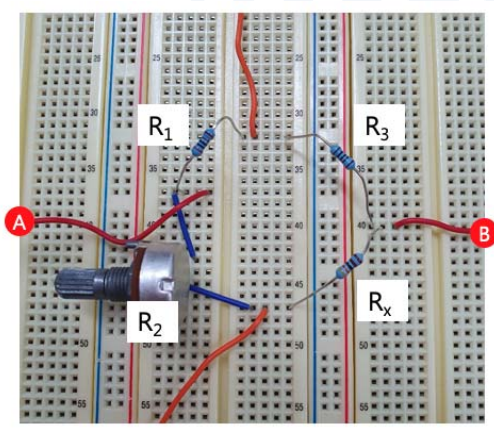
- (1) Bread Board에 저항값을 아는 저항들을 [그림 10]과 같이 연결하여 회로를 구성한다.



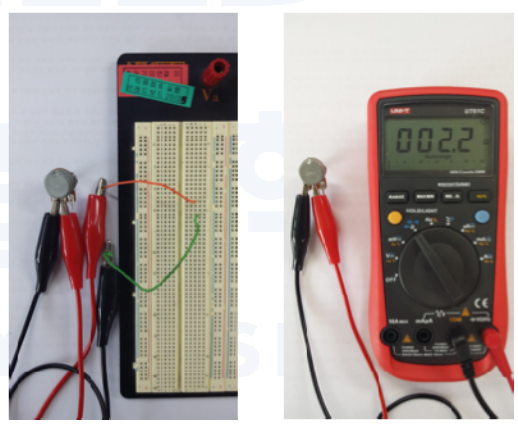
[그림 10] 직렬-병렬 혼합 회로

- (2) 멀티미터를 직류 전압 측정 모드로 둔 후 각 저항 양단의 전압 및 회로도에 표시된 지점들 사이의 전압(V_{ac} , V_{bc} , V_{cd})을 측정한다.
- (3) 멀티미터를 전류 측정 모드로 둔 후 각 저항에 흐르는 전류를 측정한다.
- (4) 각 분기에서 키르히호프의 제1법칙이 성립하는지 확인하고, 단일 가상 루프에서 키르히호프의 제2법칙이 성립하는지 확인한다.

4.2. 휘트스톤 브릿지



[그림 11] 휘트스톤 브릿지 연결



[그림 12] 가변저항 연결 방법, 저항값 읽기

- (1) 저항값을 아는 2개의 저항(R_1 , R_3), 1개의 가변 저항(R_2), 그리고 저항값을 모르는 1개의 저항(R_x)을 [그림 11]과 같이 연결한다. 가변저항을 Bread Board에 연결하는 방법은 [그림 12]를 참고한다. **** 전원 공급 장치의 극성(+/-)은 무시 가능**
- (2) 멀티미터를 직류 전압 측정 모드로 두고 V_{AB} 를 측정하도록 연결한다.
- (3) 가변저항의 다이얼을 이용하여 저항값을 변화시키면서 $V_{AB} = 0$ 인 상태를 찾는다. **** 가변저항의 범위를 확인한다.**
- (4) 이 때의 가변저항값을 멀티미터로 측정하고 미지저항의 저항값을 구한다.

5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

5.1. 키르히호프의 법칙

표 1. 저항의 직렬 연결

항목 구분	측정값	읽은 값 (색코드)	상대오차
R_1			
R_2			
R_3			

- V_t : 회로 전체의 전압(전원장치 전압)
- I_t : 회로 전체의 전류(총 전류)
- R_{eq} : 등가저항

항목 구분	측정값	이론값	상대 오차
R_{eq}			
V_t			
V_1			
V_2			
V_3			
$I_1 (= I_2 = I_3)$			
I_t			

표 2. 저항의 병렬 연결

항목 구분	측정값	읽은 값 (색코드)	상대오차
R_1			
R_2			
R_3			

- V_t : 회로 전체의 전압(전원장치 전압)
- I_t : 회로 전체의 전류(총 전류)
- R_{eq} : 등가저항

항목 구분	측정값	이론값	상대 오차
R_{eq}			
I_t			
I_1			
I_2			
I_3			
$V_1 (= V_2 = V_3)$			
V_t			

표 3. 복잡한 직류회로

항목 구분	측정값	읽은 값 (색코드)	상대오차
R_1			
R_2			
R_3			
R_4			

항목 구분	측정값	이론값	상대오차	항목 구분	측정값	이론값	상대오차
R_{ac}				I_0			
R_{ae}				I_1			
V_1				I_2			
V_2				I_3			
V_3				I_4			
V_4				I_5			
V_{ac}				V_{ae}			
V_{be}							

5.2. 휘트스톤 브릿지

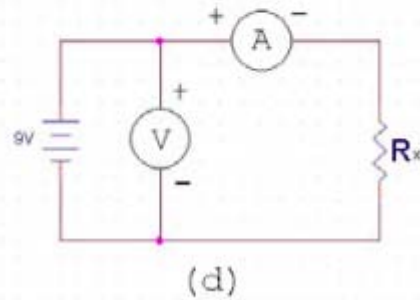
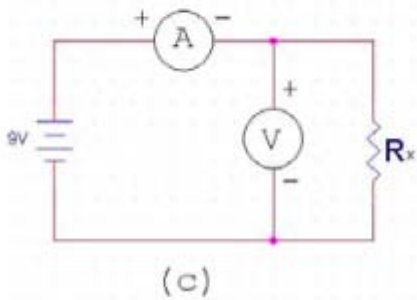
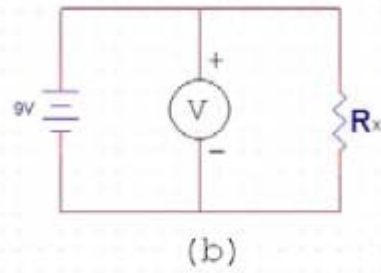
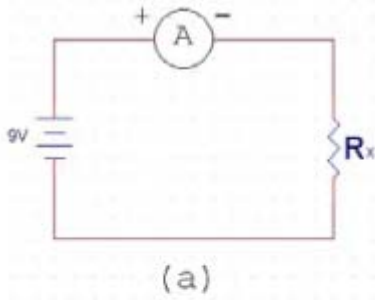
횟수	R_1	R_3	R_2	$R_X^{(1)}$	$R_{X(측정)}^{(2)}$	상대오차
1						
2						
3						

주 1) 휘트스톤 브릿지 관계식으로 구한 값

주 2) 멀티미터로 측정한 저항값

6. 고찰 사항

- (1) 아래 네 가지 회로도에서 전류계와 전압계의 눈금은 어떤 차이를 보일 것인가? 차이가 나타난다면 그 이유는 무엇인가?



- (2) 자동차 앞에 부착되어, 밤에 주행할 때 앞을 환하게 비추기 위해 설치된 전등을 전조등 (head light)라고 한다. 자동차에는 전조등이 좌우로 2개가 설치되어 있다. 이 전조등은 서로 어떻게 연결되어 있을까?
 (a) 직렬 (b) 병렬 (c) 직렬도 아니고 병렬도 아님 (d) 구분하지 않고 연결되어 있다.
 (a)~(d)중 고르고, 이유를 무엇인지 설명하라.