

## Lab04. 직렬, 병렬, 직렬-병렬 회로

### 1.1 개요

#### ■ 실험 목표

1. 직렬회로에서 전압과 전류 관계를 이해하고, 등가 저항 구하는 방법과 KVL 이 성립함을 실험을 통해 확인한다.
2. 병렬회로에서 전압과 전류 관계를 이해하고, 등가 저항 구하는 방법과 KCL 이 성립함을 실험을 통해 확인한다.
3. 직렬-병렬 회로에서 등가 회로 구하는 방법을 이해하고, 이를 이용한 회로 해석과 측정 방법을 실습한다. 이로부터 원회로와 등가 회로의 특성이 두 단자 관점에서 같음을 실험을 통해 증명할 수 있다.

#### ■ 실험 준비물

1. EEBoard (HW), Waveforms (SW), Digital Multimeter
2. 저항:  $330\Omega$ ,  $1K\Omega$ ,  $2K\Omega$ ,  $3K\Omega$ ,  $4.7K\Omega$ ,  $6.8K\Omega$ ,  $10K\Omega$

#### ■ 예비 보고서

1. LTspice tool을 사용하여 DC simulation 수행 및 결과 제출

#### ■ 실험 검사 및 최종 보고서

1. 직렬 회로에서 전류 및 전압 측정 (KVL 법칙 확인)
2. 병렬 회로에서 전류 및 전압 측정 (KCL 법칙 확인)
3. 직렬-병렬 회로에서 전류 및 전압 측정하여 특성을 이해한다.

## 1.2 이론 내용

### 1.2.1 직렬 회로와 Kirchhoff's Voltage Law(KVL)

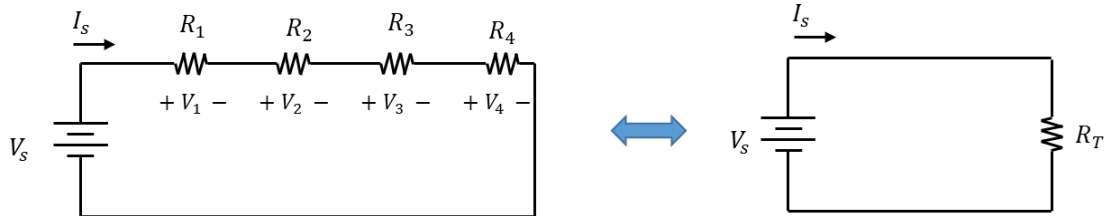


Figure 1 직렬 회로

Figure 1의 왼쪽 회로는 직렬 연결된 회로이고 각 저항에 흐르는 전류는  $I_s$ 로 동일한 전류가 흐른다. 그리고 KVL을 이용하면 총 전압(전원의 전압( $V_s$ ))은 각 저항의 전압 차의 합과 같다. 그리고 개별 저항의 양단 전압은 개별 저항 값과 흐르는 전류의 곱으로 주어진다.

$$\begin{aligned} V_s &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\ &= R_1 I_s + R_2 I_s + R_3 I_s + R_4 I_s \end{aligned}$$

Figure 1의 오른쪽 회로는 직렬 회로의 등가 회로이며 동일한 전류  $I_s$ 가 흐른다. 따라서 직렬 연결된 저항을 하나의 등가 저항  $R_T$ 로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} V_s &= (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \times I_s \\ &= R_T \times I_s \end{aligned}$$

위의 두식을 비교하면 등가 저항  $R_T$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

직렬 연결된 저항의 전체 등가 저항은 개별 저항의 합으로 주어지며 직렬 저항은 저항이 더해질수록 저항이 커지는 특성을 가지고 있다.

### 1.2.2 병렬 회로와 Kirchhoff's Current Law(KCL)

병렬 회로는 Figure 2의 왼쪽 회로와 같이 전류가 흘러갈 수 있는 경로가 하나 이상이 있는 회로를 말한다.

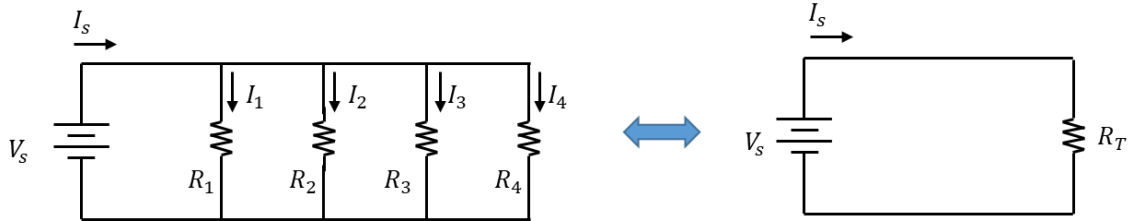


Figure 2 병렬 회로

전류가 흐를 수 있는 하나의 경로를 branch(분선)라고 부르는데 이 branch에 흐르는 전류는 옴의 법칙을 이용하여 branch에 걸리는 전압과 branch의 저항 값의 비로 주어진다. 그리고 KCL을 이용하면 전체 전류는 모든 branch의 전류를 모두 더한 값과 동일해야 한다. KCL은 각 노드(교점)로 들어오는 전류와 나가는 전류가 균형을 이루는 조건을 나타내며 이는 노드에서 전하가 생성되거나 사라지지 않는 것을 의미한다.

$$\begin{aligned} I_s &= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \\ &= \frac{V_s}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} + \frac{V_s}{R_3} + \frac{V_s}{R_4} = G_1 V_s + G_2 V_s + G_3 V_s + G_4 V_s \end{aligned}$$

앞의 식에서  $G_k$ 는 컨덕턴스로 저항  $R_k$ 의 역수이다. 컨덕턴스의 단위는 S(simens)를 사용한다. Figure 2의 오른쪽은 병렬 회로의 등가 회로이며 동일한 전압  $V_s$ 와 전류  $I_s$ 가 흐른다.

$$\begin{aligned} I_s &= \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \times V_s \\ &= \frac{1}{R_T} \times V_s \end{aligned}$$

따라서 병렬 회로에서 등가 저항의 역수는 각 branch 저항의 역수의 합으로 주어지므로 등가 컨덕턴스  $G_T$ 가 각 branch 컨덕턴스의 합으로 주어진다.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \Leftrightarrow G_T = G_1 + G_2 + G_3 + G_4$$

### 1.2.3 직렬-병렬 혼합 회로와 등가 회로

대부분의 전자 회로는 단순히 직렬, 혹은 병렬 회로로만 되어있는 것이 아니고 많은 component들이 직, 병렬로 혼합 연결되어 있다. 앞에서 배운 직렬 회로와 병렬 회로의 특징을 직렬-병렬 혼합 회로에도 적용할 수 있다. 이러한 직렬-병렬 회로의 문제를 풀려면 equivalent circuit으로 회로를 변환하여 계산하여야 한다. 예를 들면 아래 그림의 왼쪽 회로의 직렬로 연결된 저항  $R_2$ 와  $R_3$ 를 하나의 저항  $R_{23}$ 으로 바꿀 수 있다. 이렇게 되면 직렬-병렬 연결이었던 왼쪽 회로가 오른쪽의 단순한 병렬 회로가 된다.

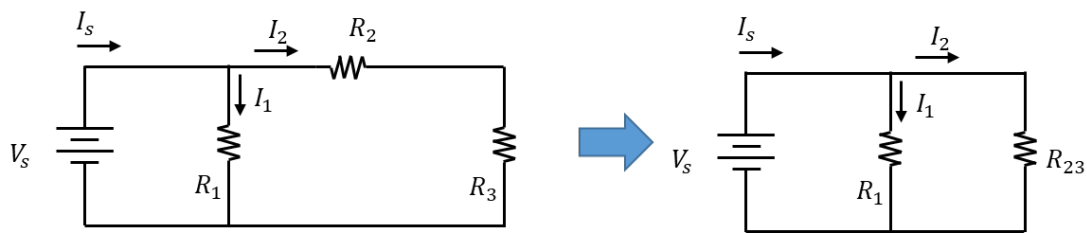


Figure 3 직렬 - 병렬 회로

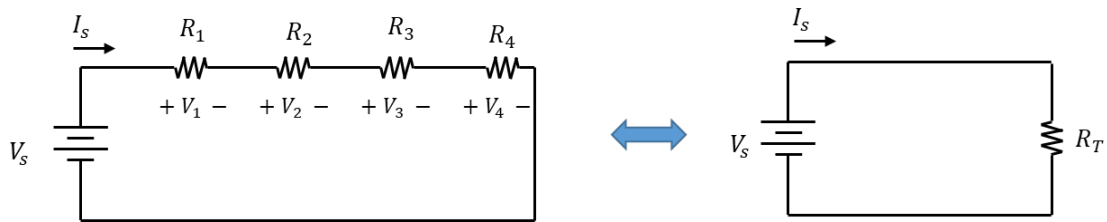
회로가 직렬인지 병렬인지를 판단하는 방법은 다음과 같다. 두 개 이상의 component에 동일한 전류가 흐른다면 연결된 component들은 직렬로 연결되어 있는 것이다. 만약 한 component의 양 끝이 다른 component의 양 끝과 연결되어 동일한 전압이 인가되면 두 component는 병렬로 연결된 것이다.

## 1.3 실험 내용

### 1.3.1 직렬 회로

사용 부품: 1K $\Omega$ , 2k $\Omega$ , 3K $\Omega$ , 330 $\Omega$

실험 회로도에는 아래 그림과 같으며, 전원 전압으로는 EEboard의 VP+ 9.0V, 전류 제한은 50mA로 설정 하시오.



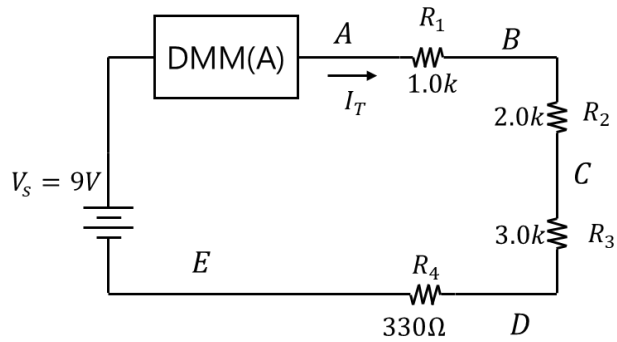
(1) 회로를 구성하고 전류 및 전압을 측정하기 전에 우선 주어진 각 저항을 DMM을 측정하여 기록하시오. 그리고 전체 저항 값( $R_T$ )을 계산 및 측정하여라.

Table 1. 저항 측정

Component	Listed Value	Measured Value
$R_1$	1.0k $\Omega$	
$R_2$	2.0k $\Omega$	
$R_3$	3.0k $\Omega$	
$R_4$	330 $\Omega$	
$R_T$		

\*전체 저항을 DMM으로 측정할 때, **전원 소스는 반드시 회로에서 연결되어 있지 않아야** 한다. 순수하게 저항만 연결된 상태에서  $R_1$  저항의 왼쪽 단자와  $R_4$  저항의 오른쪽 단자에 DMM probe를 연결하여 측정한다.

(2) 회로의 전류를 측정하기 위해 아래 그림과 같이 회로 연결을 끊고, DMM을 직렬로 연결하여 하나의 closed path를 구성한다.

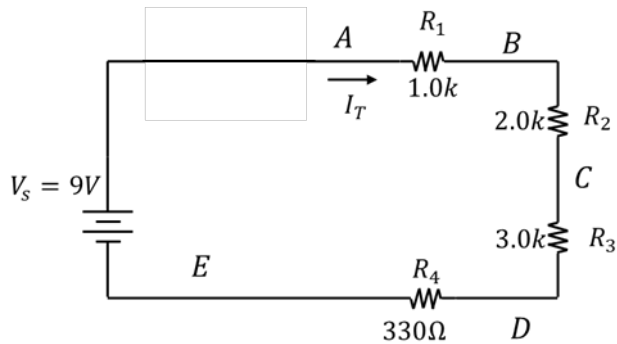


DMM을 전류 측정 모드로 변경하여 회로에 흐르는 전류( $I_T$ ) 값을 측정하여 표에 기록한다.

Table 2. 전류 측정

	Measured Current
$I_T$	

(3) 전류 측정용 DMM을 회로에서 제거하고 아래와 같이 회로를 구성하라.



DMM을 전압 측정 모드로 변경하여 각 저항 양단에 걸리는 전압을 측정하여 Table 3에 기록하라. 또한 Table 1과 Table 2에서 측정한 저항 값과 전류 값을 사용하여 옴의 법칙에 대입하여 전압  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$ ,  $V_{CD}$ ,  $V_{DE}$ 를 계산하여 Table 3에 기록하라.

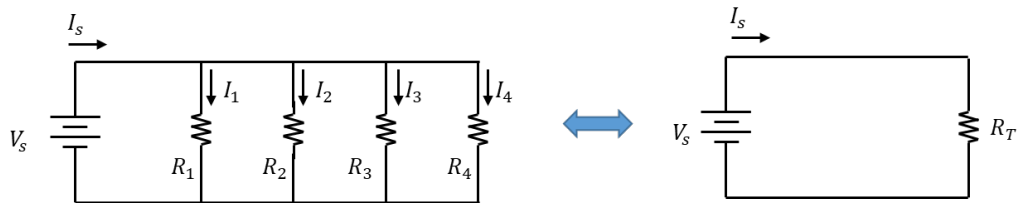
Table 3. 전압 측정

	Measured Value	Calculated Value
$V_{AB}$		
$V_{BC}$		
$V_{CD}$		
$V_{DE}$		

### 1.3.2 병렬 회로

사용 부품:  $3k\Omega$ ,  $4.7k\Omega$ ,  $6.8k\Omega$ ,  $10k\Omega$

실험 회로도는 아래 그림과 같으며, 전원 전압으로는 EEboard의 VP+ 9.0V, 전류 제한은 50mA로 설정 하시오.



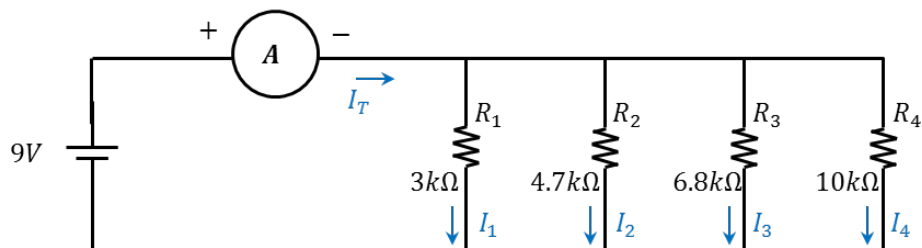
(1) 회로를 구성하고 전류 및 전압을 측정하기 전에 우선 주어진 각 저항을 DMM을 측정하여 기록하시오. 그리고 전체 저항 값( $R_T$ )을 계산 및 측정하여라.

Table 4. 저항 측정

Component	Listed Value	Measured Value
$R_1$	$3.0k\Omega$	
$R_2$	$4.7k\Omega$	
$R_3$	$6.8k\Omega$	
$R_4$	$10k\Omega$	
$R_T$		

\*전체 저항을 DMM으로 측정할 때, **전원 소스는 반드시 회로에서 연결되어 있지 않아야** 한다. 순수하게 저항만 연결된 상태에서 DMM probe를 연결하여 측정한다.

(2) 회로의 전류를 측정하기 위해 아래 그림과 같이 회로 연결을 끊고, DMM을 직렬로 연결하여 하나의 closed path를 구성한다.

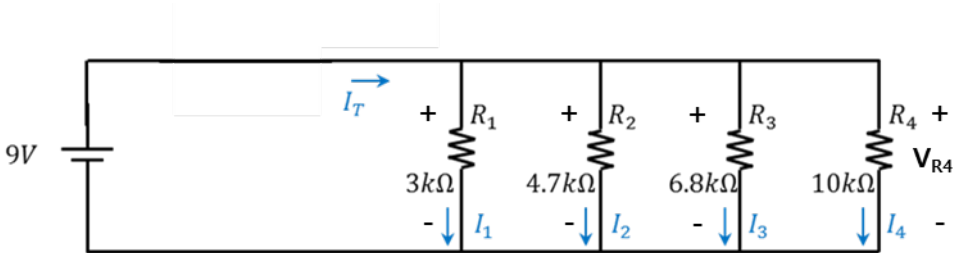


DMM을 전류 측정 모드로 변경하여 회로에 흐르는 전류( $I_T$ ) 값을 측정하여 표에 기록한다.

Table 5. 전류 측정

	Measured Current
$I_T$	

(3) 전류 측정용 DMM을 회로에서 제거하고 아래와 같이 회로를 구성한다.



DMM을 전압 측정 모드로 변경하여 각 저항 양단에 걸리는 전압을 측정하여 Table 6에 기록하여라.

Table 6. 전압 측정

	Measured Current
$V_{R1}$	
$V_{R2}$	
$V_{R3}$	
$V_{R4}$	

(4) Table 4과 Table 6에서 측정한 저항 값과 전압 값을 사용하여 옴의 법칙에 대입하여 각 저항에 흐르는 전류  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ 를 계산하여 Table 7에 기록하여라.

Table 7. 전류 계산

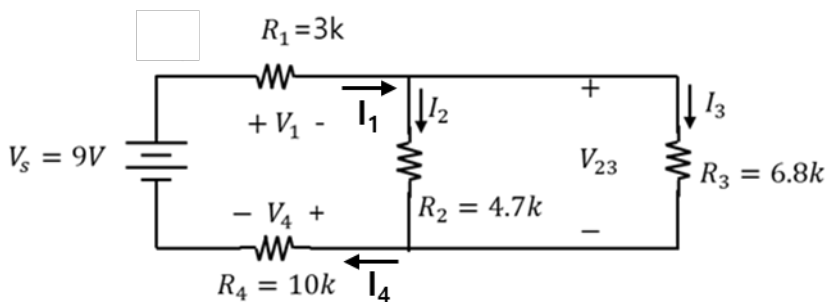
	Calculated Value
$I_1$	
$I_2$	
$I_3$	
$I_4$	



### 1.3.3 직렬-병렬 회로

사용 부품:  $3\text{k}\Omega$ ,  $4.7\text{k}\Omega$ ,  $6.8\text{k}\Omega$ ,  $10\text{k}\Omega$

실험 회로도에는 아래 그림과 같으며, 전원 전압으로는 EEboard의 VP+ 9.0V, 전류 제한은 50mA로 설정하여야.



(1) 회로를 구성하고 전압을 측정하기 전에, 회로의 전체 저항 값( $R_T$ )을 계산 및 측정하여야.

Table 8. 저항 측정

Component	Listed Value	Measured Value
$R_1$	$3.0\text{k}\Omega$	(Same as Table 4)
$R_2$	$4.7\text{k}\Omega$	(Same as Table 4)
$R_3$	$6.8\text{k}\Omega$	(Same as Table 4)
$R_4$	$10\text{k}\Omega$	(Same as Table 4)
$R_T$		

\*전체 저항을 DMM으로 측정할 때, 전원 소스는 반드시 회로에서 연결되어 있지 않아야 한다. 순수하게 저항만 연결된 상태에서 DMM probe를 연결하여 측정한다.

(2) 회로를 구성하고 각 저항 양단에 걸리는 전압을 측정하여야.

Table 9. 전압 측정

Component	Measured Value
$V_1$	
$V_{23}$	
$V_4$	

(3) 측정된 저항 값 (Table 4)과 전압 값(Table 8)을 이용하여 각 branch의 전류  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ 를 계산하여라.

Table 10. 전류 계산

	Calculated Value
$I_1$	
$I_2$	
$I_3$	
$I_4$	