

Lab11. 중첩원리 및 등가회로

1.1 개요

■ 실험 목표

1. 두 개의 전원을 가진 회로에 Superposition(중첩)의 원리가 적용됨을 실험을 통해 증명할 수 있다.
2. 여러 개의 저항을 가진 linear network를 Thevenin 등가 회로로 변환할 수 있다. 그리고 Thevenin 등가 회로가 기존의 회로와 동일한 회로인지 여러 가지 load resistor를 이용하여 검증할 수 있다.

■ 실험 준비물

1. EEBoard (HW), Waveforms (SW)
2. 저항: 2.7k Ω , 6.8k Ω , 10k Ω , 180 Ω , 390 Ω , 680 Ω , 150 Ω
3. 가변저항: 1k Ω

■ 예비 보고서

1. 예비보고서 양식을 이용하여 내용 작성하고 제출

■ 실험 검사 및 최종 보고서

1. 게시된 양식을 활용하여 내용을 작성하여 제출

■ 참고 문헌

1. Basic Engineering Circuit Analysis 11e, Chapter 5

1.2 이론

1.2.1 Superposition (중첩)

Superposition은 linear circuit에 두 개 이상의 independent 전원이 있을 때 사용할 수 있다. 먼저 회로에서 하나의 전원을 선택한 뒤, 나머지 전원들은 모두 내부 저항으로 바꿔준다. 즉, 전압원이 있는 부분을 short 시키고, 전류원은 그 부분을 open 시킨다. 그리고 나서, 각 branch에 흐르는 전류나 node의 전압을 계산한다. 그 후 다른 한 전원을 선택하여 위와 같은 방법으로 계산해 준다. 모든 전원에 대해 계산이 다 되었으면 계산한 각 branch에 흐르는 전류와 노드에 전압의 각 전원에 대한 값을 합친다. 이 때 주의 할 점은, 전류와 전압의 방향이다. 모든 전원에 대하여 계산할 때, 같은 방향을 +로 설정하여 계산해야 결과가 제대로 나올 수 있다. 하지만 linear circuit이라 할지라도 power에 대한 계산은 제곱 수식(I^2R , V^2/R)이 들어가므로 superposition 원리를 적용시켜서는 안 된다.

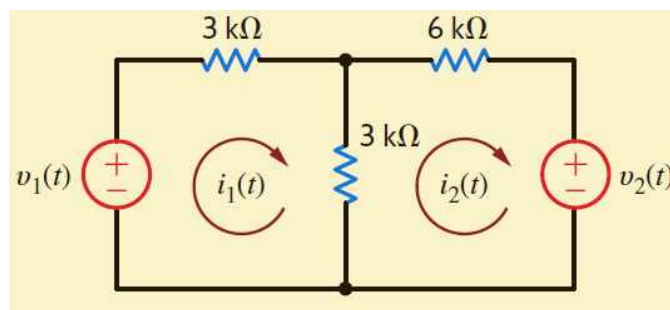


그림 1. (a)

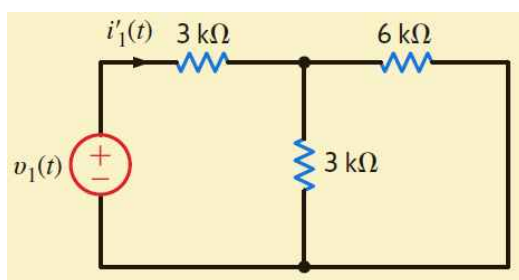


그림 1. (b)

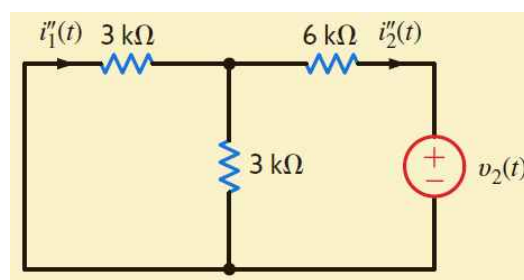


그림 1. (c)

$$i_1(t) = i'_1(t) + i'_1(t)$$

$$i_2(t) = i'_2(t) + i'_2(t)$$

1.2.2 Thevenin's Theorem

Thevenin의 정리는 복잡한 회로를 간단한 회로의 등가회로로 변환하여 해석을 쉽게 하게 해 준다. 등가회로는 변환하고자 하는 두 단자에서의 개방 전압(V_{OC})과 두 단자에서 바라본 등가저항(R_{TH})의 직렬 연결로 구성된다.

회로에 출력 부분 (우리가 얻고자 원하는 결과, 즉 빛이나 열, 혹은 소리 등) 이외의 전원, 저항 등이 모두 변하지 않는 고정된 값을 가지고 있고, 회로에 연결되는 출력, 즉 load 만 변하는 회로를 생각해 보자. 이 때, 앞서 배운 방법으로 load resistor 에 흐르는 전류나 걸리는 전압을 계산하려면 매우 복잡하게 된다. 이럴 때 Thevenin의 정리를 이용하면 매우 쉽게 풀 수 있다.

아래의 회로를 예로 들어보자

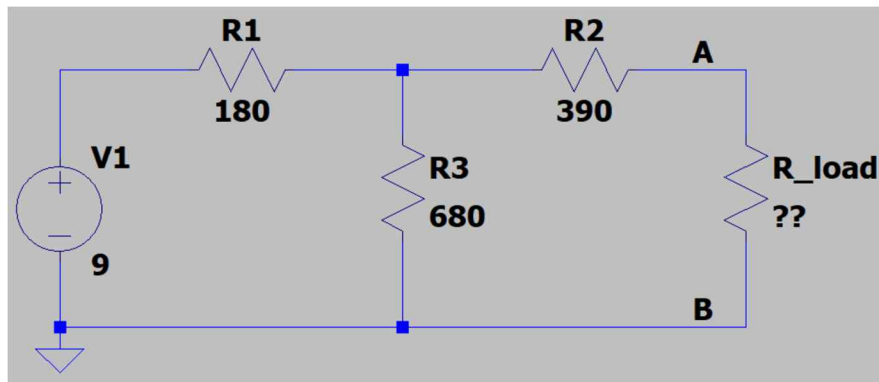


그림 2. (a)

노드 A와 B 사이가 출력부라고 가정하자. 이 R_{load} 의 저항 값이 임의로 주어졌을 때, R_{load} 에 흐르는 전류, 혹은 A와 B 사이의 전압을 계산하기 위해 Thevenin 법칙을 이용할 수 있다. 먼저 출력부를 아래 그림과 같이 open 시킨다.

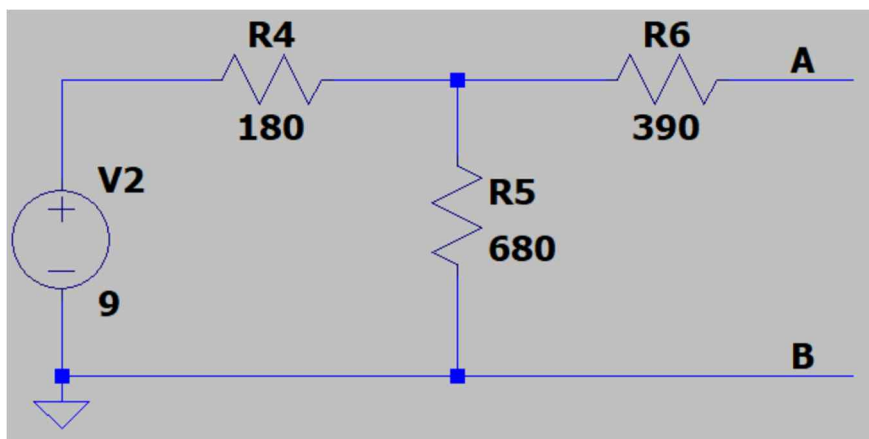


그림 2. (b)

그리고 나서

- 1) 노드 A와 노드 B 사이의 전압을 구하여 V_{OC} 라 정의하고,
- 2) 전압(혹은 전류원) 소스를 모두 0V(혹은 0A)의 값으로 변환한 뒤, 노드 A와 노드 B 사이에 걸리는 저항 성분 (저항 값)을 구하여 R_{TH} 라 정의하면,

아래 그림처럼 간단한 회로 나타낼 수 있다.

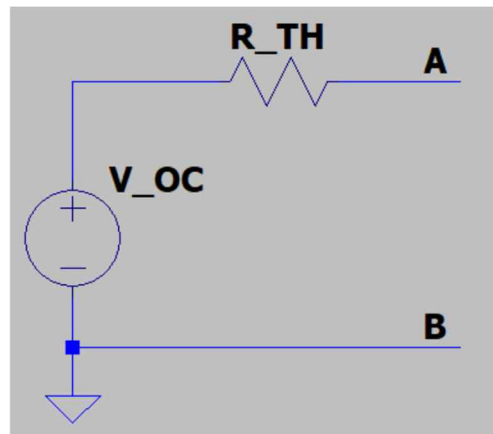
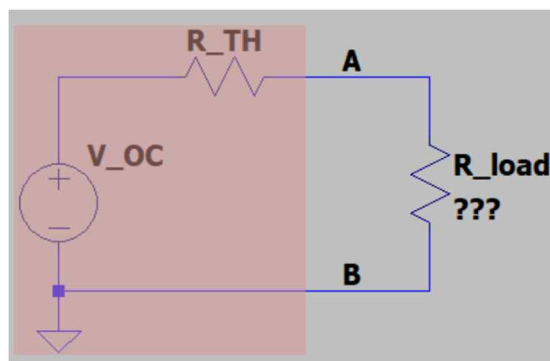


그림 2. (c)

결과적으로, 이렇게 V_{OC} 와 R_{TH} 를 구해 Thevenin's 등가회로를 구했다면, 어떠한 load가 회로에 연결될지라도, 간단한 직렬회로로써 Ohm의 법칙만으로도 load에 걸리는 전압과 전류, 전력량 등을 쉽게 구할 수 있게 된다.



1.3 실험 내용

1.3.1 Superposition

사용부품: $2.7k\Omega$, $6.8k\Omega$, $10k\Omega$

EEboard 사용 및 전압 source 설정: $V_{ref1}=5V$, $V_{ref2}=10V$

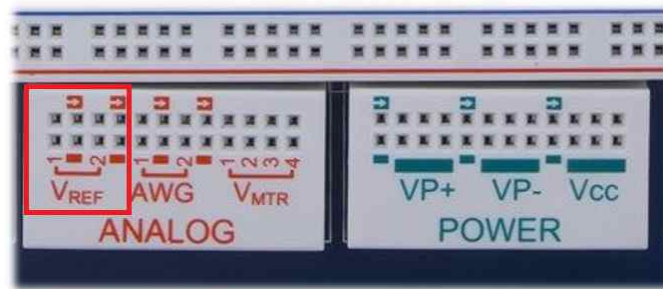


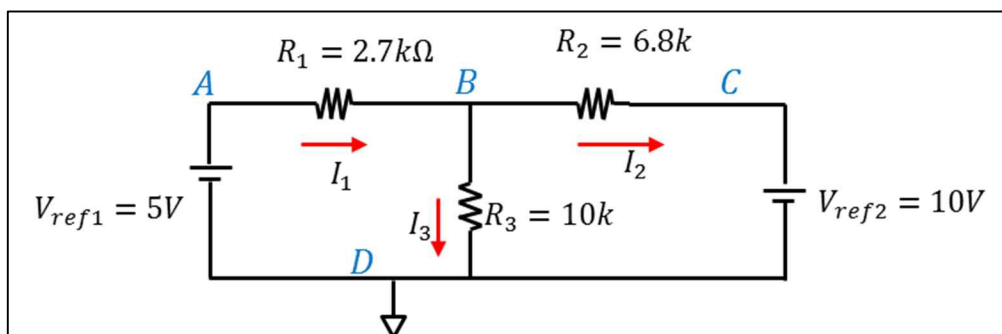
그림 3. EEboard 전원구성부

먼저 아래와 같이 2개의 전원 전압이 인가된 회로를 구성한다. 그리고 아래 3가지 경우에 대해 실험을 진행하여, Case 1)과 Case 2)의 경우에서 얻어낸 각 노드의 전압/전류 값들의 합이 Case 3)의 경우와 같음을 실험적으로 보여 중첩의 원리가 성립됨을 확인하고자 한다.

Case 1) $V_{ref1}=5V$ 만 인가한 경우 ($V_{ref2}=0V$ 로 설정)

Case 2) $V_{ref2}=10V$ 만 인가한 경우 ($V_{ref1}=0V$ 로 설정)

Case 3) $V_{ref1}=5V$, $V_{ref2}=10V$ 를 동시에 인가한 경우



우선, 각 저항 값을 측정하여 기록하시오

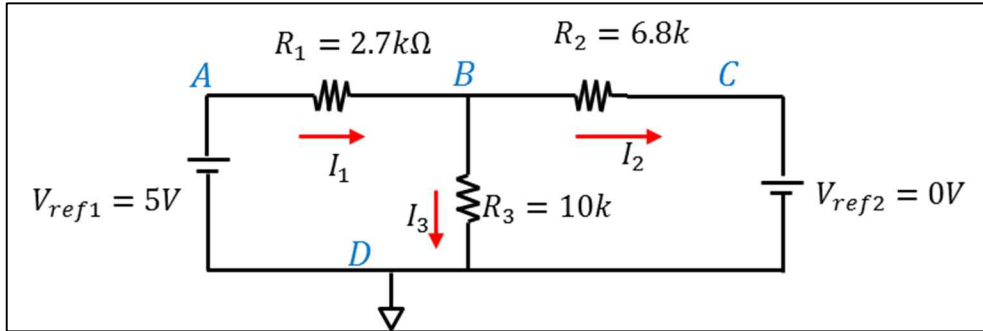
$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

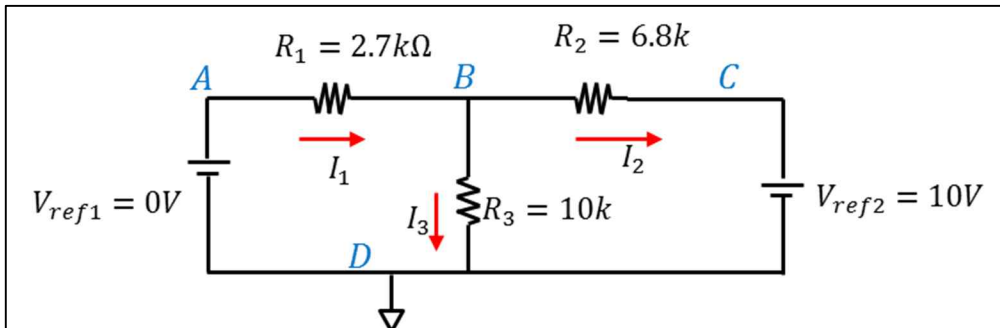
$R_3 =$ _____

EEboard의 Volt meter V_{MTR1} 을 A노드, V_{MTR2} 를 B노드, V_{MTR3} 을 C노드에 연결하고,

(Case 1) V_{ref1} 의 영향을 측정하기 위해 아래 그림과 같이 $V_{ref1}=5V$, $V_{ref2}=0V$ 로 설정하여 각 노드 전압(A, B, C)를 측정하여 아래 표에 기록한다.



(Case 2) V_{ref2} 의 영향을 측정하기 위해 아래 그림과 같이 $V_{ref1}=0V$, $V_{ref2}=10V$ 로 설정하여 각 노드 전압(A, B, C)를 측정하여 아래 표에 기록한다.



(Case 3) V_{ref1} 과 V_{ref2} 의 전원을 모두 사용하여 각각 5V와 10V의 전원을 인가하고, 각 노드 전압(A, B, C)를 측정하여 아래 표에 기록한다.

참고로 Python 스크립트를 이용하여 측정하면, 이 모든 과정을 한 번에 실행하여 얻어낼 수 있으므로 이를 활용하는 것이 좋다.

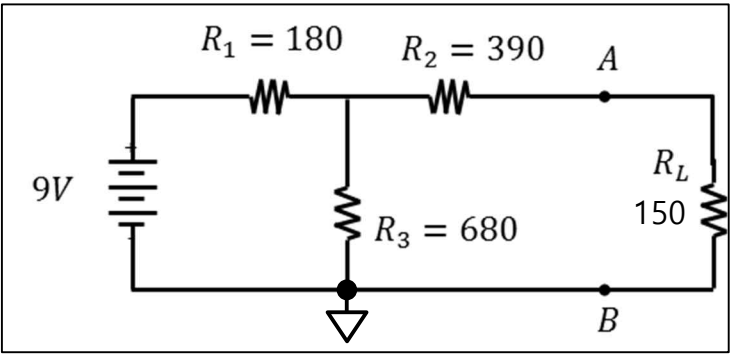
Table 1. Superposition 실험

Procedure	Measured Voltage			Computed Current (측정값 이용하여 계산)		
	$V_A(V)$	$V_B(V)$	$V_C(V)$	$I_1(mA)$	$I_2(mA)$	$I_3(mA)$
(Case 1) V_{ref1} 만 인가된 경우						
(Case 2) V_{ref2} 만 인가된 경우						
(계산) 위의 두 결과 값을 더하여 계산 즉, Case 1 + Case 2						
(Case 3) V_{ref1} , V_{ref2} 모두 인가된 경우						

1.3.2 Thevenin’s Theorem

사용부품: 180Ω, 390Ω, 680Ω, 150Ω, 1kΩ 가변저항
EEboard 사용 및 전압 source 설정: VP+ 9V (전류제한 100mA)

먼저 아래와 같이 회로를 구성한다. R_L에는 150Ω을 사용한다.



우선, 각 저항 값을 측정하여 기록하시오

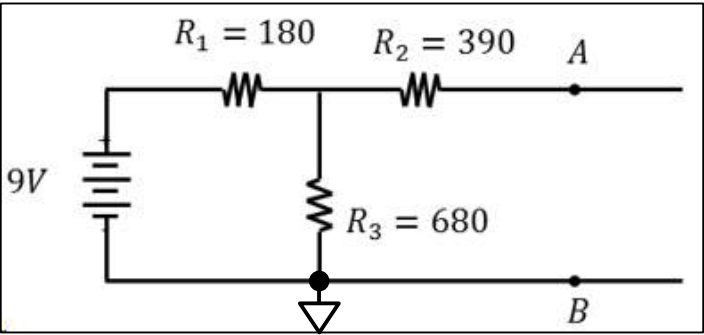
R₁ = _____
R₂ = _____
R₃ = _____

(Step 1) 회로에서 노드 A와 B 사이의 전압, V_{AB}(=V_A-V_B)를 측정하여 표에 기록하시오

Table 2. 원래 주어진 회로의 특성

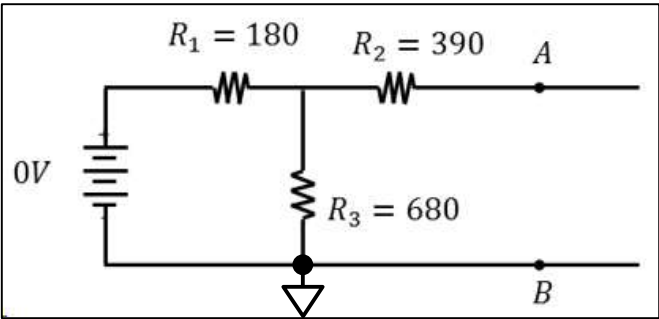
R _L	Measured R _L	V _{AB} (V)
		Measured
R _L = 150 Ω		

(Step 2) (Step 1)회로에서 R_L 을 제거하고 A-B terminal 사이의 open circuit 전압, $V_{OC} (=V_{AB})$ 를 측정하여 아래 표에 기록하시오



	Measured
V_{OC}	

(Step 3) (Step 2)회로에서 V_{P+} 를 0V로 설정하고, A-B terminal 사이의 open circuit 저항, R_{TH} 를 측정하여 아래 표에 기록하시오



	Measured
R_{TH}	

(Step 4) 아래 그림과 같이 Thevenin 등가회로 (1개의 전압 source, 1개의 저항)를 아래와 같이 구성하고, 위에서 측정한 값(V_{OC} , R_{TH})를 가지도록 VP+ 및 1k Ω 가변 저항을 조정한다. 구현한 Thevenin 등가회로에서 노드 A와 B 사이의 전압, $V_{AB}(=V_A-V_B)$ 를 측정하여 표에 기록하시오

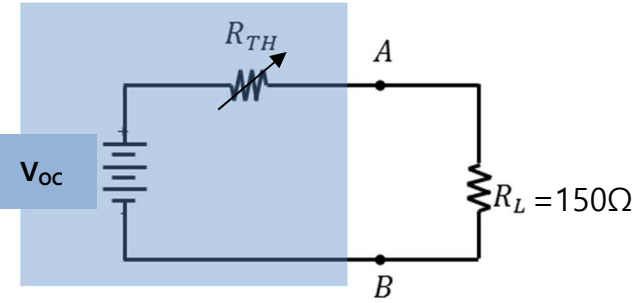


Table 3. 등가회로 특성

R_L	Measured R_L	$V_{AB}(V)$
		Measured
$R_L = 150\ \Omega$		