

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: $2.7\text{K}\Omega$, $6.8\text{K}\Omega$, $10\text{K}\Omega$, 180Ω , 390Ω , 680Ω , 150Ω
3. 가변저항: $1\text{K}\Omega$, $10\text{K}\Omega$

■ 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 안된다.

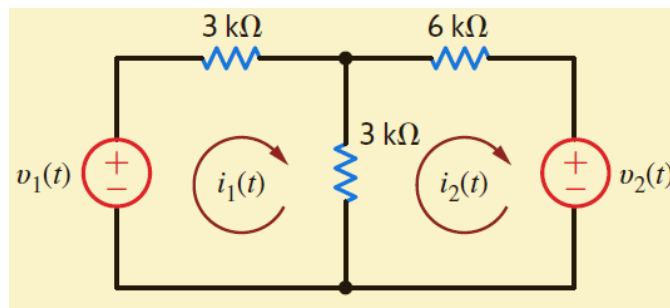


Fig 1. (a)

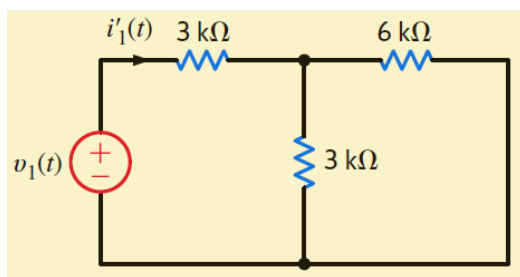


Fig 1. (b)

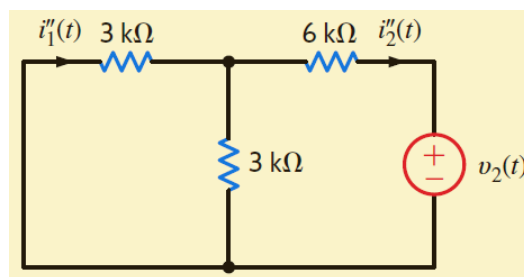


Fig1. (c)

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

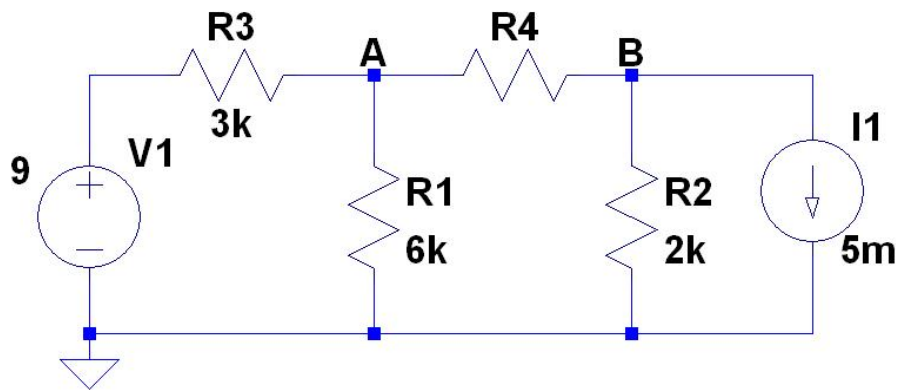
$$i_2(t) = i'_2(t) + i''_2(t)$$

1.2.2 Thevenin's Theorem

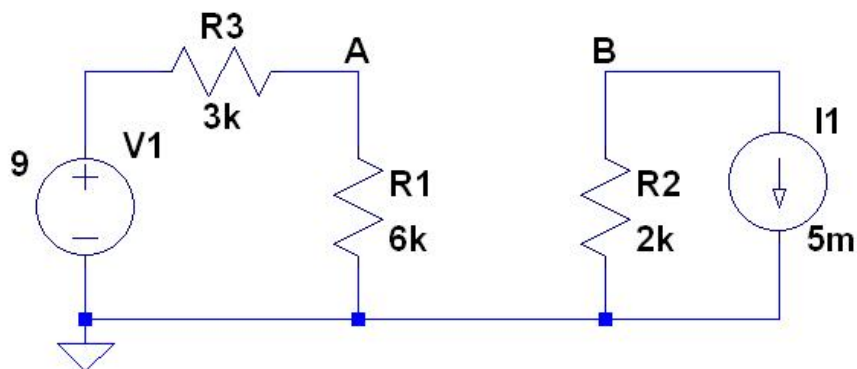
Thevenin 의 정리는 복잡한 회로를 간단한 회로의 등가회로로 변환하여 해석을 쉽게 하게 해 준다. 등가회로는 변환하고자 하는 두 단자에서의 개방 전압(V_{TH})과 두 단자에서 바라본 등가저항(R_{TH})의 직렬 연결로 구성된다.

회로에 출력 부분 (우리가 얻고자 원하는 결과, 빛(전구)나 열, 혹은 소리(스피커) 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 Thevenin 의 정리를 이용하면 매우 쉽게 풀 수 있다.

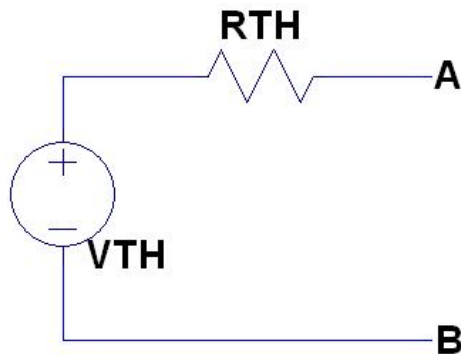
아래의 회로를 예로 들어보자



노드 A 와 B 사이가 출력부라고 가정하자. (즉 R_4 가 load resistor 이다.) 이 R_4 의 값이 임의로 주어졌을 때, R_4 에 흐르는 전류, 혹은 A-B 사이의 전압을 계산하기 위해 Thevenin 법칙을 이용할 수 있다. 먼저 출력부를 아래 그림과 같이 open 시킨다.



이 때 equivalent circuit 을 이용하면 위 회로를 다음과 같은 등가 회로로 만들 수 있다.



V_{TH} 와 R_{TH} 를 계산하는 방법을 알아보자. 여기서 V_{TH} 는 V_{AB} 와 같다. 즉 위의 두번째 회로에서 A-B 사이의 전압을 구하면 된다. 계산 방법은 Ohm 의 법칙이나 loop analysis, nodal analysis 등을 이용하여 구할 수 있다.

R_{TH} 를 계산하는 방법은 다음과 같다. 두 번째 회로의 전압원 (voltage source)과 전류원 (current source)를 모두 그것의 내부저항으로 대체하는 것이다. 즉, 전압원은 short 시키고, 전류원은 open 시킨다. 그 후에 A와 B 사이의 총 저항 값을 계산하면 R_{TH} 를 구할 수 있다.

이제 V_{TH} 와 R_{TH} 를 구하였으면 다양한 load resistor 를 A-B 사이에 연결하고, 쉬운 직렬 회로에 Ohm 의 법칙만으로도 load 에 걸리는 전압과 흐르는 전류, 전력량 등을 쉽게 구할 수 있다.

1.3 실험 내용

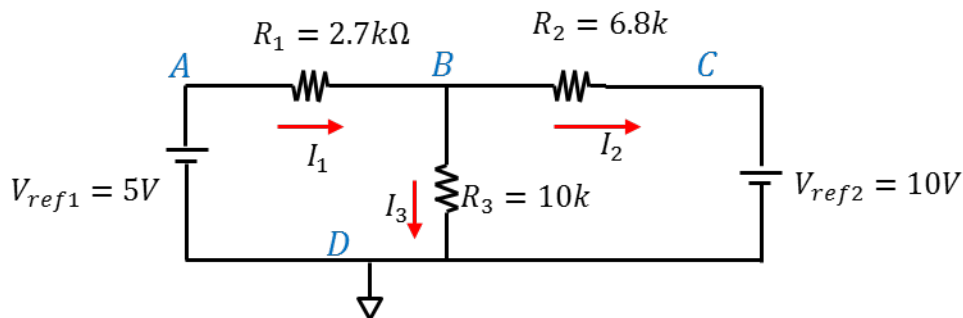
1.3.1 Superposition

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

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

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

- 1) $V_{ref1}=5V$ 만 인가한 경우 ($V_{ref2}=0V$ 로 설정)
- 2) $V_{ref2}=10V$ 만 인가한 경우 ($V_{ref1}=5V$ 로 설정)
- 3) $V_{ref1}=5V$, $V_{ref2}=10V$ 를 동시에 인가한 경우



우선, 각 저항 값을 측정하여 기록하시오

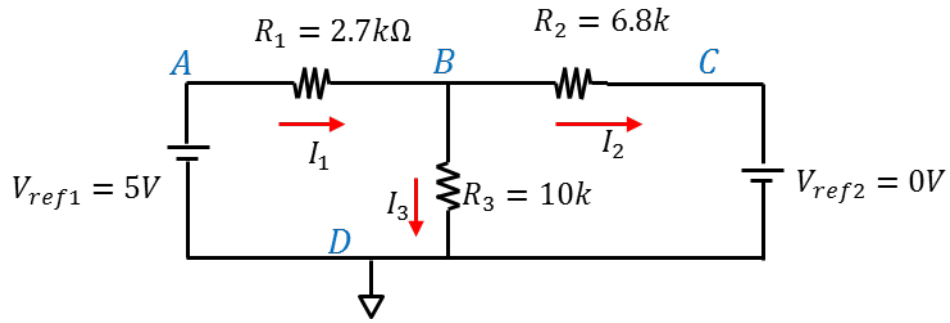
$R1 = \underline{\hspace{2cm}}$

$R2 = \underline{\hspace{2cm}}$

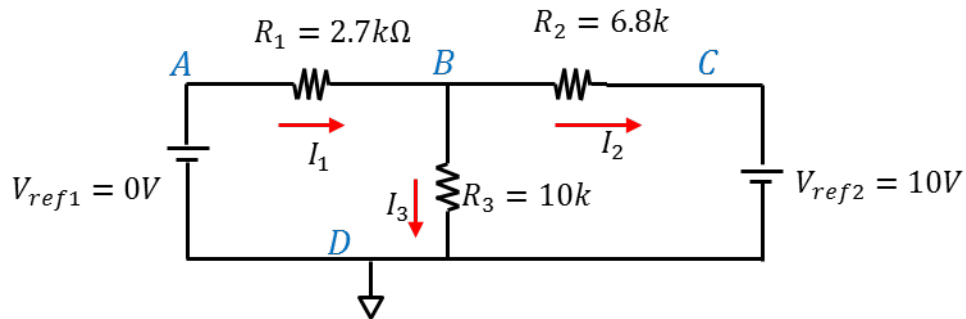
$R3 = \underline{\hspace{2cm}}$

EEboard의 volt meter Vmtr1을 A노드, Vmtr2를 B노드, Vmtr3을 C노드에 연결하고,

(a) 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.



(b) Vref2의 영향을 측정하기 위해 아래 그림과 같이 Vref1=0V, Vref2=10V로 설정하여 각 노드 전압(A, B, C)를 측정하여 아래 표에 기록한다.



(c) (a)와 (b) 과정에서 얻어낸 값을 사용하여 이를 합한 결과를 아래 표에 입력한다.

(d) Vref1과 Vref2의 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 한번에 실행하여 얻어낼 수 있으므로 이를 활용하는 것이 좋다.

Table 1 Superposition 실험

Procedure	Measured Voltage			Computed Current (측정값 이용하여 계산)		
	V _A	V _B	V _C	I ₁	I ₂	I ₃
(a) V _{ref1} 만 인가된 경우						

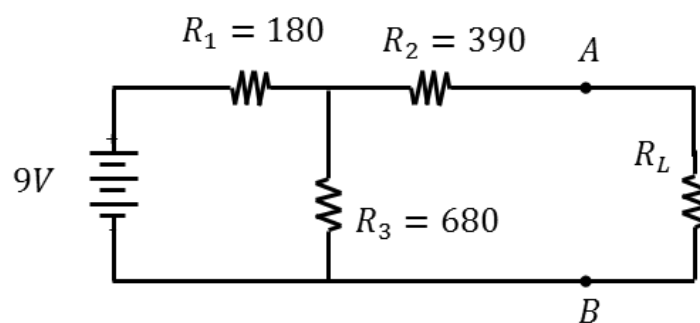
(b) V_{ref2} 만 인가된 경우						
(c) (a)와 (b) 결과 이용하여 계산						
(d) V_{ref1} , V_{ref2} 모두 인가된 경우						

1.3.2 Thevenin's Theorem

사용부품: 180Ω , 390Ω , 680Ω , 150Ω , $1k\Omega$ 가변저항

EEboard 사용 및 전압 source 설정: VP+ 9V (전류제한 100mA)

먼저 아래와 같이 회로를 구성한다. R_L 에는 150Ω 을 사용한다.



우선, 각 저항 값을 측정하여 기록하시오

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$

$R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

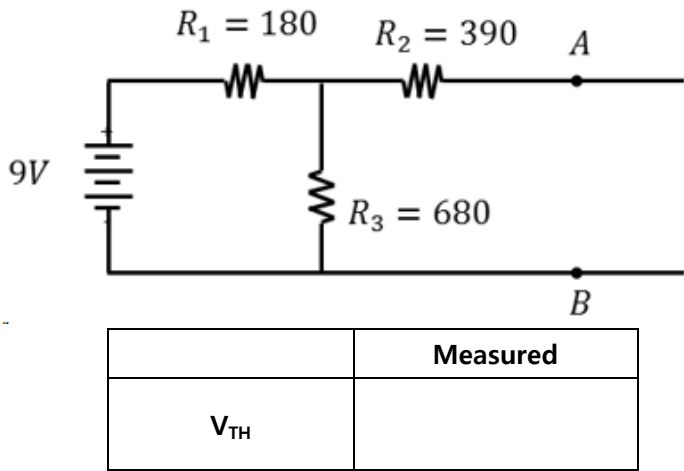
$R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

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

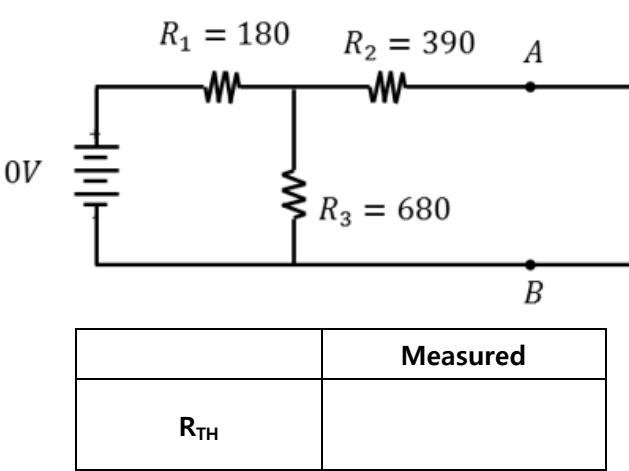
Table 2 원회로 특성 (Thevenin 등가회로 실험)

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

(b) (a)회로에서 R_L 을 제거하고 A-B terminal 사이의 open circuit 전압, V_{TH} (V_{AB})를 측정하여 아래 표에 기록하시오



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



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

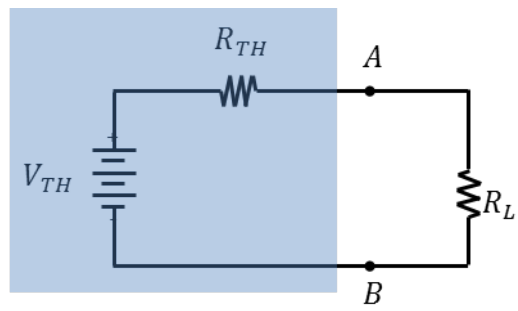


Table 3 등가회로 특성 (Thevenin 등가회로 실험)

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