

기초회로이론 및 실험 예비보고서

제 2 장 저항회로의 해석과 부하효과, 실제 전압원의 내부 저항 측정

전기정보공학부
2014-16824 김한성

1 실험 목적

Kirchhoff의 전류 법칙(KVL)과 전압 법칙(KCL)을 이용해 선형 회로를 분석하는 방법을 익히고 실험을 통해 검증한다. 또한 중첩의 원리, node voltage analysis, mesh current analysis 를 이해하고 부하 효과에 대하여 실험적으로 학습한다. 또한 이상적이지 않은 실제 전원의 특성을 학습한다.

2 예비 실험 문제

2.1 문제 1

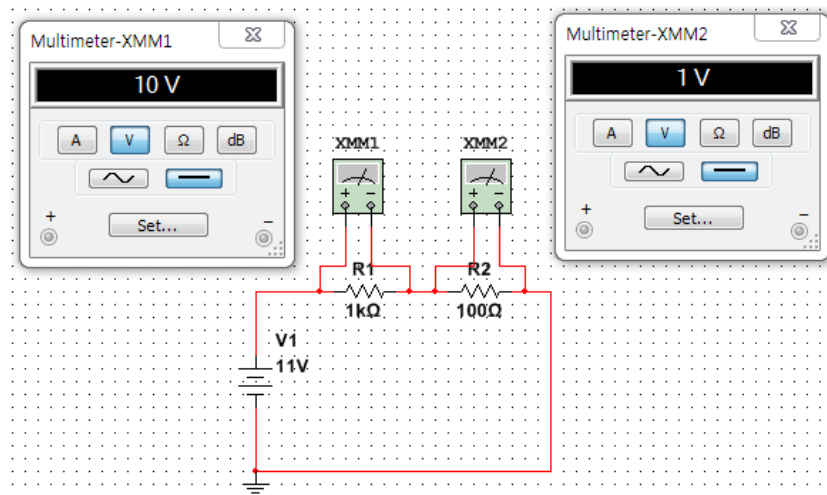


그림 1: 문제 1의 MultiSIM 회로도

2.1.1 이론값

R1 이 R2 의 10 배이므로 각 저항에서 발생하는 이론적인 전압강하는

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s = 10 \text{ V} \quad , \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s = 1 \text{ V}$$

2.1.2 R1=1kΩ, R2=100Ω

$$V_1 = 10 \text{ V} \quad (\text{오차: } 0\%)$$

$$V_2 = 1 \text{ V} \quad (\text{오차: } 0\%)$$

저항값에 비해 멀티미터의 내부저항이 매우 커 병렬 연결이 총 저항값에 큰 영향을 주지 못하고, 전압 강하는 거의 그대로 유지된다.

2.1.3 R1=1MΩ, R2=100kΩ

$$V_1 = 9.992 \text{ V} \quad (\text{오차: } -0.08\%)$$

$$V_2 = 1.008 \text{ V} \quad (\text{오차: } 0.8\%)$$

멀티미터를 연결하면서 멀티미터의 내부저항이 두 저항에 각각 병렬 연결되므로 두 저항의 크기를 감소시키는 결과를 낳는다. 두 저항 사이의 비율은 10 보다 감소하므로 전압값 사이의 차가 줄어든다.

실제 계산을 해보면:

$$R_1' = \frac{R_1}{R_1 + R_{DMM}} = 9.90\text{E}+08\Omega, \quad R_2' = \frac{R_2}{R_2 + R_{DMM}} = 9.99\text{E}+07\Omega$$

$$V_1' = \frac{R_1'}{R_1' + R_2'} = 9.992\text{V}, \quad V_2' = \frac{R_2'}{R_1' + R_2'} = 1.008\text{V}$$

같은 결과를 얻을 수 있다.

2.1.4 R1=1GΩ, R2=100MΩ

$$V_1 = 7.097 \text{ V} \quad (\text{오차: } -29.0\%)$$

$$V_2 = 3.903 \text{ V} \quad (\text{오차: } 290\%)$$

마찬가지로 멀티미터의 내부저항이 저항값에 영향을 미치기 때문인데, 저항값이 증가하여 멀티미터의 내부저항값과 거의 비슷해졌으므로 합성저항의 값은 ½ 수준으로 더욱 크게 감소한다.

2.1.5 R1=100GΩ, R2=10GΩ

$$V_1 = 5.737 \text{ V} \quad (\text{오차: } -42.6\%)$$

$$V_2 = 5.263 \text{ V} \quad (\text{오차: } 426\%)$$

멀티미터의 내부저항은 100MΩ 인데 저항값은 이 값과 비슷하거나 오히려 더 크므로 R1 과 R2 의 합성저항값은 더욱 크게 감소한다.

이를 정량적으로 보면, 저항 R 과 멀티미터 내부저항 R_DMM 의 합성저항은

$$R_t = \frac{R \cdot R_{DMM}}{R + R_{DMM}} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_{DMM}}} \quad (\text{식 1})$$

즉 내부저항이 대상 저항보다 작을수록 크게 감소한다.

2.1.6 멀티미터의 내부저항 10 배, 100 배, 1000 배일 때

식 1 에서 멀티미터의 내부저항이 커질수록 R/R_DMM 이 감소해 합성저항값이 원래의 R 에 근접함을 알 수 있다. 따라서 내부저항이 커질수록 V1 과 V2 는 10V 와 1V 에 근접해질 것이다.

실제 측정값은:

R_DMM	V1 (V)	오차 (%)	V2 (V)	오차 (%)
X1	5.737	-42.6	5.263	426
X10	7.109	-28.9	3.891	289
X100	9.321	-6.79	1.679	67.9
X10000	9.929	-0.71	1.071	7.1

2.2 문제 2

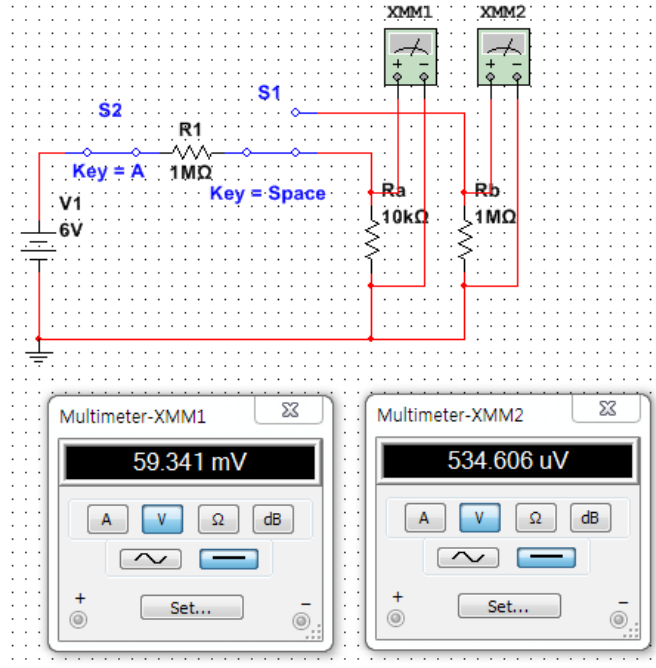


그림 2: 문제 2의 MultiSIM 회로도

2.2.1 전원 전압 및 v_a , v_b 계산값

전원 전압은 멀티심 측정결과 $V_s = 6V$ 이었으며, 각 스위치에서 저항에 걸리는 v_a 와 v_b 는

$$v_a = \frac{R_a}{R_a + R} = 59.406mV$$

$$v_b = \frac{R_b}{R_b + R} = 3V$$

(식 2, 3)

2.2.2 각 저항을 1/10로 줄였을 때

각 저항을 모두 같은 배수로 변화시키면 식 2, 3에서 분모, 분자에 같은 값이 곱해지는 것이므로 약분되어 v_a 와 v_b 의 이론값에는 변화가 없다.

$$v_a = \frac{R_a}{R_a + R} = 59.406mV$$

$$v_b = \frac{R_b}{R_b + R} = 3V$$

2.2.3 DMM 내부저항($10M\Omega$)의 영향

R_a 에 DMM이 연결되면 내부저항이 병렬 연결되어 R_a 와의 합성저항이 원래 값보다 작아지므로 R_a 에서 일어나는 전압 강하는 이상적인 경우보다 작아질 것이다(음의 오차).

작아지는 정도를 2.2.1과 2.2.2 사이에서 비교하면, 식 1 $R_t = \frac{R \cdot R_{DMM}}{R + R_{DMM}} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_{DMM}}}$ 에서 R/R_{DMM} 이

더 작은 2.2.2의 경우가 이론값에 비해 2.2.1 보다 더 작은 오차를 보일 것이다.

예를 들어, 2.2.1의 경우,

$$R_a' = \frac{R_a \cdot R_{DMM}}{R_a + R_{DMM}} = 9.99k\Omega, \quad v_a' = \frac{R_a'}{R_a' + R} v_s = 59.3mV$$

$$R_b' = \frac{R_b \cdot R_{DMM}}{R_b + R_{DMM}} = 0.909M\Omega, \quad v_b' = \frac{R_b'}{R_b' + R} v_s = 2.86mV$$

실제 측정 결과는:

R_a, R_b Value	v_a (mV)	v_a 오차 (%)	v_b (V)	v_b 오차 (%)
10k Ω , 1M Ω	59.341	-0.109	2.844	-5.20
1k Ω , 100k Ω	59.399	-0.012	2.984	-0.533

R_a, R_b 가 작은 값일 때 오차가 감소함을 볼 수 있다.

계산값이 측정결과와 차이가 난 것은 SPDT와 PB 스위치에 세팅된 내부저항으로 인한 것으로 보인다.

2.3 문제 3

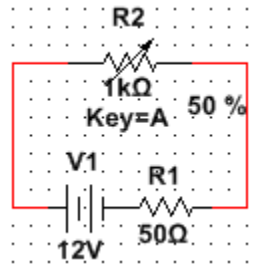


그림 3: 문제 3의 MultiSIM 회로도

전원 장치(전압 V , 내부저항 r)에 가변 저항(R_x)을 연결하여 저항값을 2개 이상의 값으로 바꾸어 가며 가변 저항 양단에 걸리는 전압(V_x)을 잰다. 그림 3과 같이 회로도를 그릴 수 있으므로 V_x 의 값은

$$V_x = \frac{R_x}{R_x + r} V$$

변형하여 선형 관계를 찾으면

$$\frac{1}{V_x} = \frac{1}{V} \left(1 + \frac{r}{R_x} \right) = \frac{r}{V} \cdot \frac{1}{R_x} + \frac{1}{V}$$

즉 $1/V_x$ 와 $1/R_x$ 의 값을 그래프에 plotting 하면 선형적인 관계가 나타나고, 그 중 y 축 절편($1/V$)의 역수가 실제 전압, 기울기(r/V)에 그 전압을 곱한 값이 내부 저항이 된다.

다만 R_x 양단에 걸리는 전압을 잰 때 DMM의 내부 저항의 영향으로 V_x 가 더 작게 측정되므로, $1/V_x$ 는 증가하여 그래프의 기울기가 실제보다 가파르게 나올 것이다. 따라서 이 방법으로 계산한 내부저항값은 실제보다 클 것이다.