

Resistive circuits

생체의공실험 (BME20800)

예비 및 결과 보고서



KYUNG HEE
UNIVERSITY



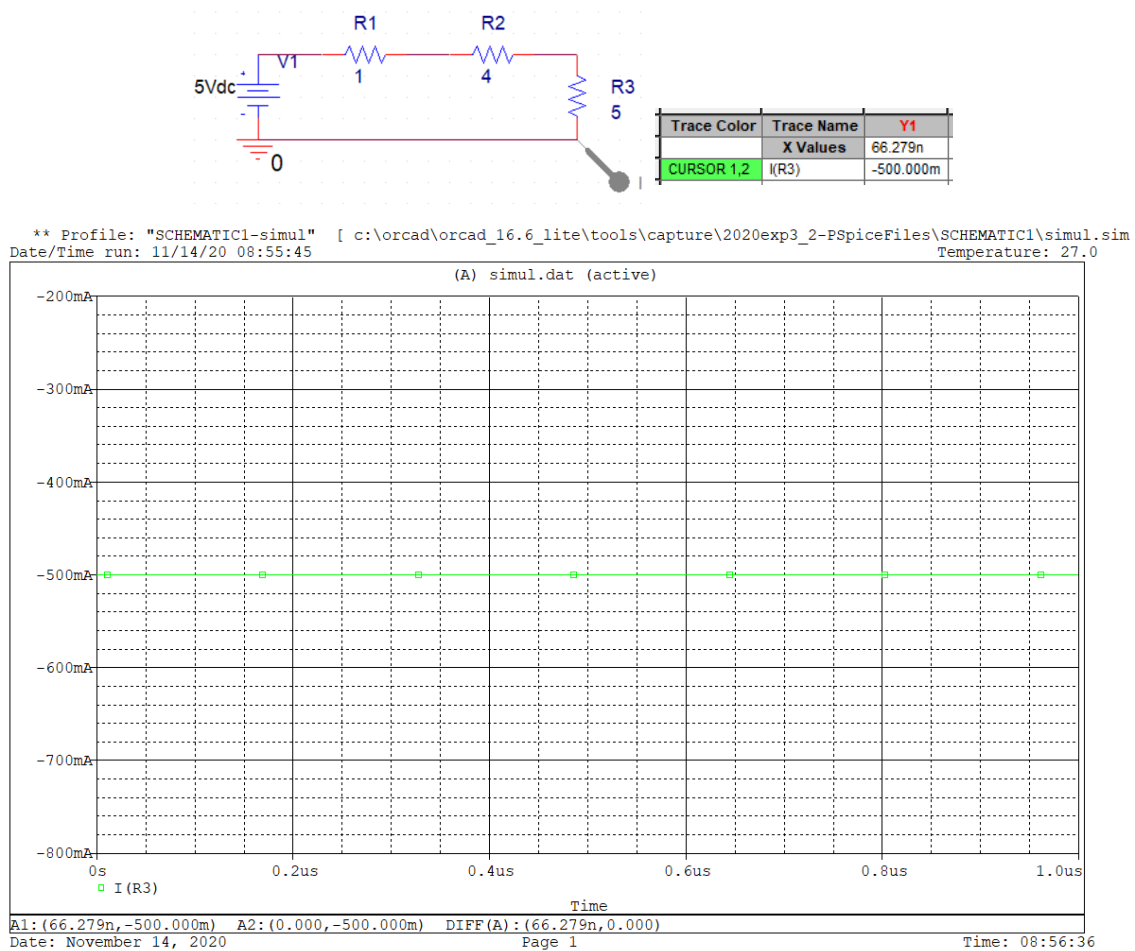
담당 교수	이상민 교수님
담당 조교	오지현 조교님, 한승주 조교님
제출일	2020. 11. 19. 목.
소속	경희대학교 전자정보대학 생체의공학과
학번	2019103877
이름	이규린

1. 실험 주제

Resistive Circuits

2. 이론

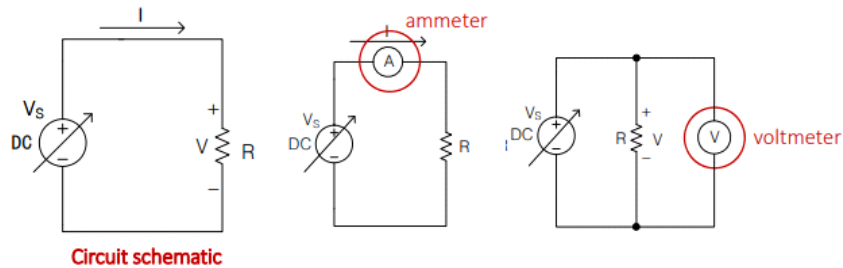
다음과 같은 직렬 회로에서 회로에 흐르는 전류값을 계산하는 방법은 KVL 방법을 써도 되고 KCL 방법을 써도 되는데 간단하게 KVL 방법을 써보면, $+5V - I \cdot R1 - I \cdot R2 - I \cdot R3 = 0$, $5V = I(R1 + R2 + R3)$, $5V = I(10\Omega)$, $I = 0.5\text{ A}$ 이다. 이를 pspice orcad로 측정을 직접 해보면 다음 그림과 같고, 계산했던 것과 같이 500mA의 전류가 회로에 흐른다는 것을 알 수 있다.



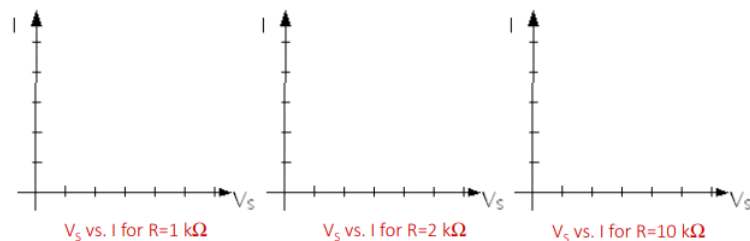
3. 실험 방법

가. EXPERIMENT #1

- Ohm's law
- Configure the circuit on the bread board as shown in the figure

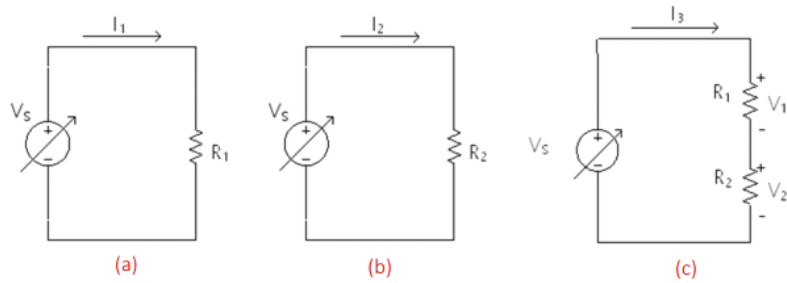


- $R = 1 \text{ k}\Omega$
- Measure the resistance R with a multimeter
- When measuring the resistance value, it shall be measured separately from the circuit
- Set the multimeter's function to resistance measurement mode
- Adjust the measurement range to the measurement object, and measure
- For all future experiments, always use a multimeter to check the value of the given resistance
- Change the voltage as shown in table by adjusting the voltage source
- Measure the current I flowing through the resistor R
- Calculate the voltage V across the resistor R
- From Ohm's law
- Repeat the experiment for resistance $2 \text{ k}\Omega$ and $10 \text{ k}\Omega$
- Questions
- How should I set up my multimeter?
- To measure the current I flowing through the resistor R , a multimeter (ammeter) must be connected in series. Explain why
- What happens when the multimeter (ammeter) is connected reverse?
- To measure the voltage V across the resistor R , a multimeter (voltmeter) must be connected in parallel. Explain why
- Based on the table, draw the graph shown below



4. EXPERIMENT #2

- Series circuit
- Configure the circuit and measure the current I_1 as shown in figure (a)
- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $V_S = 1 \text{ V}$
- Configure the circuit and measure the current I_2 as shown in figure (b)
- $R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega$, $V_S = 1 \text{ V}$
- Configure the circuit as shown in figure (c), and measure the voltages V_1 , V_2 , and current I_3
- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega$, $V_S = 1 \text{ V}$

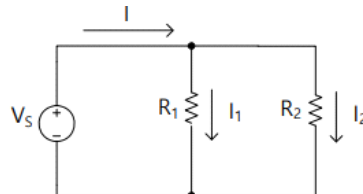


Circuit schematic

- Calculate the total resistance R_T using the measured voltages V_1 , V_2 , and current I_3
- Change the input voltage to 3.3 V, 7 V, 9 V and repeat the above procedure
- Fill table and graphically show the relationship between V_S and I_1 , I_2 , I_3

다. EXPERIMENT #3

- Parallel circuit
- Configure the circuit and measure the currents I , I_1 , and I_2 as shown in figure



Circuit schematic

- $R_1=1\text{ k}\Omega$, $R_2=2.2\text{ k}\Omega$, $V_S=1\text{ V}$
- Using the measured current I , calculate the total resistance R_T
- Change the input voltage to 3.3 V, 7V, 9V and repeat the above procedure
- Fill the table and graphically show the relationship between V_S and I , I_1 , I_2
- Repeat the above procedure, changing $R_1=R_2=2.2\text{ k}\Omega$

라. Discussion

- Ohm's law and Series/Parallel circuit
- Based on the circuit theory from the preliminary report, analyze the experiment results
- If the results are inconsistent with what you expected, discuss about the reason and analyze them

4. 실험 과정, 결과, 분석

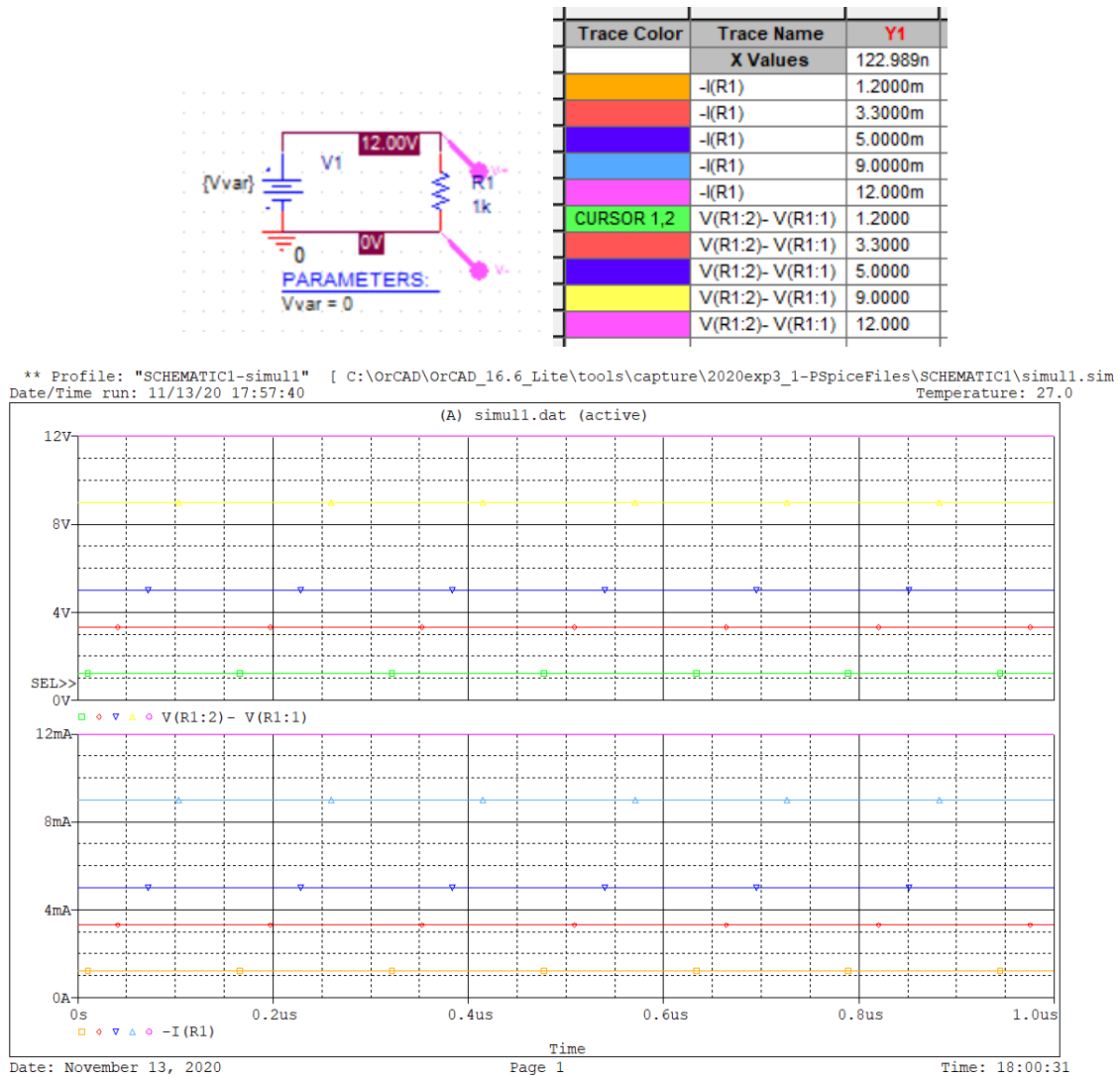
가. EXPERIMENT #1

1) 회로 분석

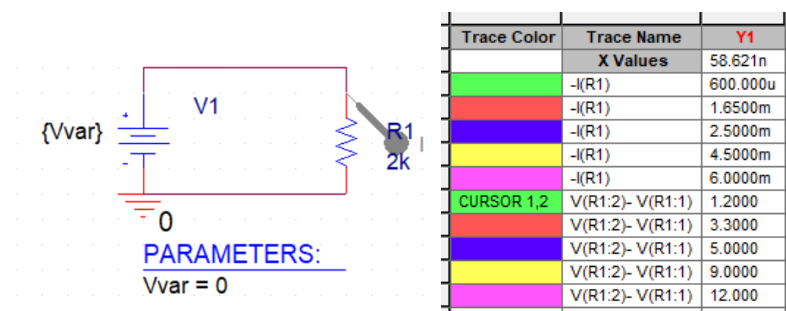
이 실험은 저항 하나와 Vdc 하나로만 이루어진 회로로, $V=IR$ 이라는 옴의 법칙이 성립하는지 알아보기 위한 실험이다. $V=IR$ 이 성립하는지 알아보기 위해 V 를 1.2V, 3.3V, 5V, 9V, 12V로 바꾸어가며 실험하고, 또 동시에 R 을 1k Ω , 2k Ω , 3k Ω 으로 변화시켜가며 R 에 걸리는 V 를 측정한다. 사실 $V=IR$ 이라는 식이 성립하는지를 알아보기 위해 R 값에 따라 그 저항에 흐르는 I 와 걸리는 V 를 모두 측정해보아야 하지만, 우리 실험실에서는 I 를 측정하지 않기로 했기 때문에 V 만 측정하고, I 는 이론적으로만 계산해본다.

2) Pspice 회로 구성 및 simulation

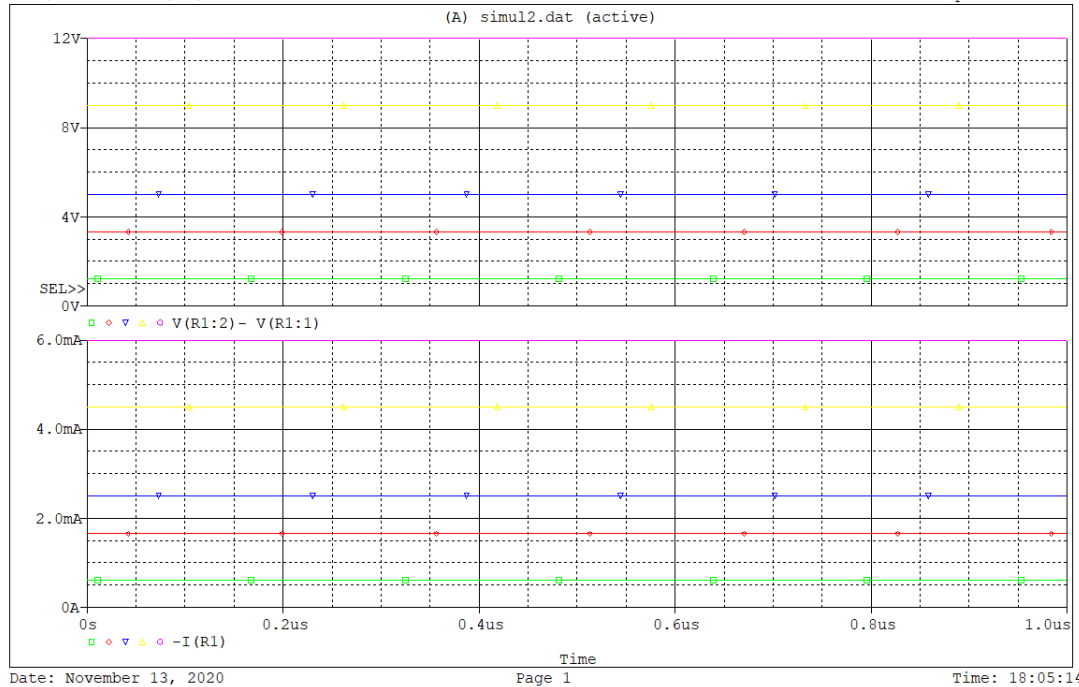
① R=1kΩ, Vvar는 list of 1.2V(주황,연두), 3.3V(다홍), 5V(보라), 9V(하늘,노랑), 12V(분홍). I_R, V_R 측정.



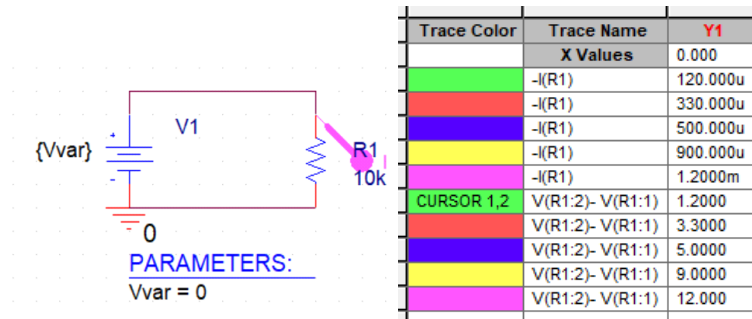
② R=2kΩ, Vvar는 list of 1.2V(연두), 3.3V(다홍), 5V(보라), 9V(노랑), 12V(분홍), I_R, V_R 측정.



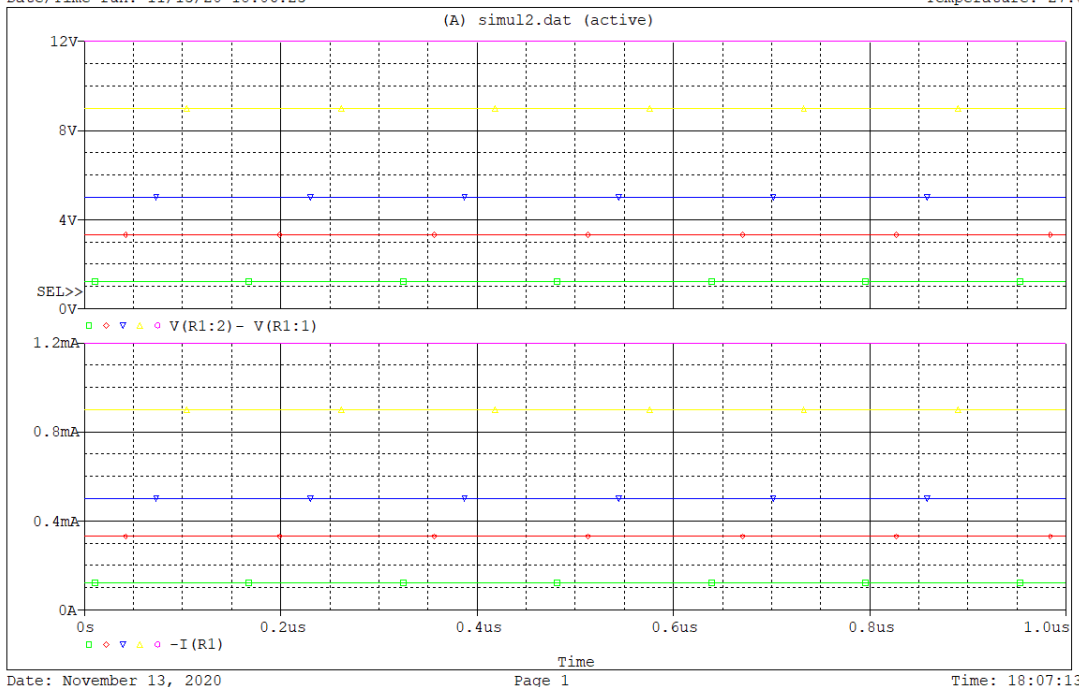
** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [C:\OrCAD\OrCAD_16.6_Lite\tools\capture\2020exp3_1-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simul2.sim
 Date/Time run: 11/13/20 18:04:21 Temperature: 27.0



③ R=10k Ω , Vvar는 list of 1.2V(연두), 3.3V(다홍), 5V(보라), 9V(노랑), 12V(분홍), I_R, V_R 측정.



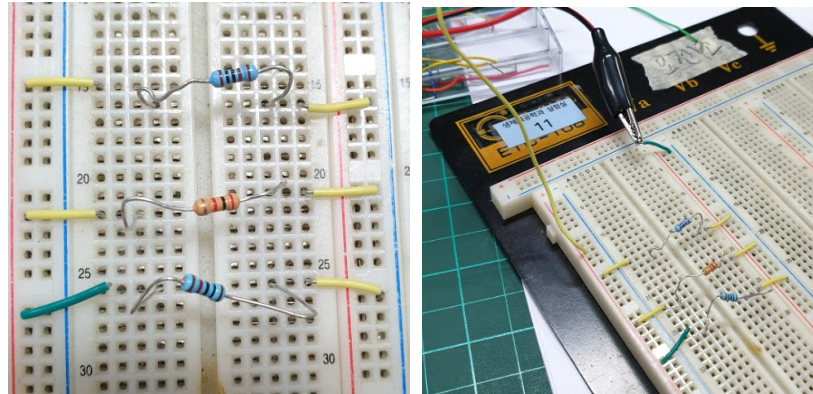
** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [C:\OrCAD\OrCAD_16.6_Lite\tools\capture\2020exp3_1-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simul2.sim
 Date/Time run: 11/13/20 18:06:23 Temperature: 27.0



3) 소자 측정

저항 번호	R1	R2	R3
이론값 (단위 Ω)	1k	2k	10k
실제값 (단위 Ω)	0.994k	1.951k	9.99k

4) Bread board 회로 구성



5) 이론값

$V_s[V]$	$R=1k\Omega$		$R=2k\Omega$		$R=10k\Omega$	
	$I[mA]$	$V[V]$	$I[mA]$	$V[V]$	$I[mA]$	$V[V]$
1.2	1.2	1.2	0.6	1.2	0.120	1.2
3.3	3.3	3.3	1.65	3.3	0.330	3.3
5	5	5	2.5	5	0.500	5
9	9	9	4.5	9	0.900	9
12	12	12	6	12	1.2	12

6) 실험값

$V_s[V]$	$R=1k\Omega$		$R=2k\Omega$		$R=10k\Omega$	
	$I[mA]$	$V[V]$	$I[mA]$	$V[V]$	$I[mA]$	$V[V]$
1.2	1.196	1.196	0.589	1.178	0.1197	1.197
3.3	3.290	3.290	1.646	3.292	0.3292	3.292
5	4.987	4.987	2.494	4.988	0.4989	4.989
9	8.98	8.98	4.49	8.98	0.898	8.98
12	11.94	11.94	5.975	11.95	1.195	11.95

7) 결과 해석

① V_s 와 V_R 의 관계

전압원 하나와 저항 하나로 이루어진 회로는 전압원의 V_s 와 저항에 걸리는 전압인 V_R 이 같다.

② R 과 I_R 과 V_R 의 관계

비록 우리 실험실에서는 I 를 측정하지 않기에 실험값 I 는 V/R 의 공식으로 계산하여 실험값 표에 써두었지만, 실제로 multimeter로 I 를 측정했어도 유사한 값이 나왔을 것이다. 따라서 $V_R = R \times I_R$ 라는 옴의 법칙을 확인할 수 있다. 다시 말해 우리는 옴의 법칙을 이용하여 I 를 계산하긴 했지만 실제로 I 를

측정해도 옴의 법칙이 성립하다는 결론이 나올 것이다. 이는 R이 작으나 크나, V_s 가 작으나 크나 항상 성립한다.

③ R과 I와 V_s 의 관계

이 회로에서는 V_s 와 V_R 이 같기 때문에 마찬가지로 $V_s = R \times I$ 이다. 즉, 옴의 법칙이 성립한다. 마찬가지로 이는 R이 작으나 크나, V_s 가 작으나 크나 항상 성립한다.

④ 오차

V_s [V]	R=1k Ω		R=2k Ω		R=10k Ω	
	I[%]	V[%]	I[%]	V[%]	I[%]	V[%]
1.2	0.3333	0.3333	1.8333	1.8333	0.2500	0.2500
3.3	0.3030	0.3030	0.2424	0.2424	0.2424	0.2424
5	0.2600	0.2600	0.2400	0.2400	0.2200	0.2200
9	0.2222	0.2222	0.2222	0.2222	0.2222	0.2222
12	0.5000	0.5000	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167

이번 실험에서 사용한 세 개의 저항은 저항 이론값인 1k, 2k, 10k 보다 조금씩 더 작은 값을 가진 저항소자였다. 따라서 6)의 실험값 결과 표를 보면 이론값에 비해 살짝씩 작은 V 값과 I 값을 가진다는 것을 알 수 있다. 그렇지만 거의 오차율이 1% 미만이기에 무시해도 될 정도이다.

8) Question에 대한 답

① How should I set up my multimeter?

V_{source} 가 직류 전원이기 때문에 다이얼을 직류 V를 측정하는 것으로 multimeter를 설정해야 한다.

② To measure the current I flowing through the resistor R, a multimeter (ammeter) must be connected in series. Explain why.

직렬 회로에서 흐르는 전류는 어느 곳에서나 일정하기 때문에 멀티미터를 series가 아닌 parallel로 연결하게 되면 전류가 나뉘어 흐르게 되어 해당 resistor R에 흐르는 전류 I를 측정할 수 없게 된다.

③ What happens when the multimeter (ammeter) is connected reverse?

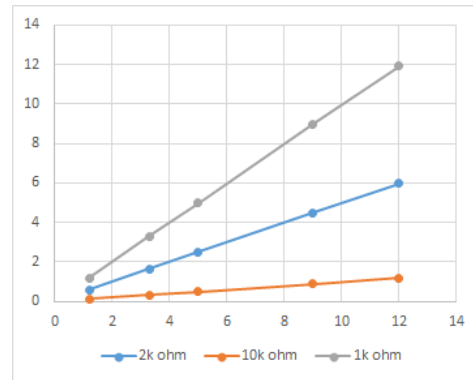
부호가 반대로 나오게 된다.

④ To measure the voltage V across the resistor R, a multimeter (voltmeter) must be connected in parallel. Explain why.

병렬 회로에서는 시작 노드와 끝 노드가 같으면 흐르는 전압이 일정하기 때문에 병렬로 multimeter를 R에 연결하여 R에 걸리는 전압을 측정해야 한다.

⑤ Based on the table, draw the graph shown below.

가로축은 V_s , 세로축은 I인 그래프를 그렸다. 1k, 2k, 10k ohm 저항에 대해 한 그래프 안에 그려주었고, 일단 세 그래프 모두 직선인 것을 보아 V_s 와 저항에 흐르는 I가 1차적으로 비례함을 알 수 있다. 그래프에서 기울기는 $I/V = 1/R$ 인데, 1k ohm이 $1/R$ 이 가장 큰데, 그래프가 가장 경사가 가파르고, 10k ohm이 $1/R$ 이 가장 작은데, 기울기가 가장 작은 것도 확인할 수 있다.



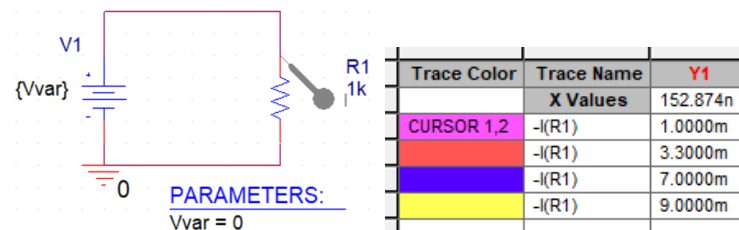
나. EXPERIMENT #2

1) 회로 분석

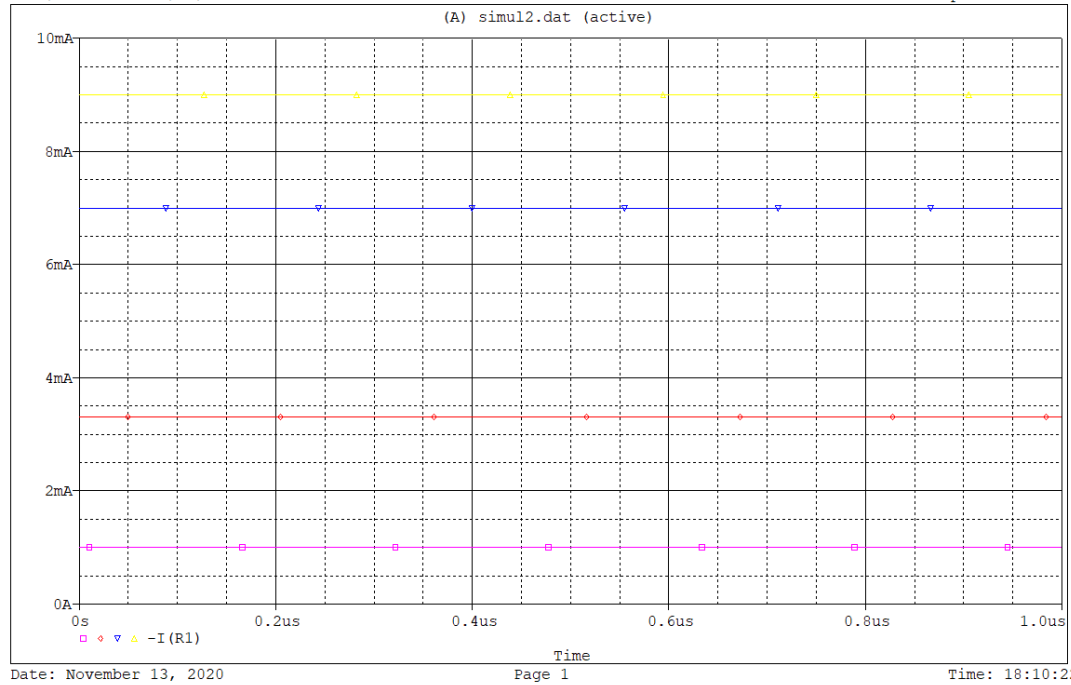
이번 실험은 저항이 series로 연결된 회로에 관한 것이다. 먼저 1kΩ의 R1만을 가진 회로에 흐르는 전류 I1을 측정할 것이고, 2.2kΩ만을 가진 회로에 흐르는 전류 I2를 측정한다. 그리고 R1과 R2가 직렬 연결된 회로에 흐르는 I3를 알아볼 것이고, 이 직렬 회로에서 R1과 R2에 각각 걸리는 전압 V1과 V2도 측정한다. 이를 통해 저항이 직렬연결된 회로에서도 각각의 저항 소자에 대해 $V=IR$ 이라는 옴의 법칙이 성립하는지를 알아볼 것이다. I1, I2, I3의 관계도 알아볼 것이다. 마찬가지로 V_s 를 변화시켜가며 반복 측정함으로써, 우리가 원하는 것의 관계성을 알아볼 것이다.

2) Pspice 회로 구성 및 simulation

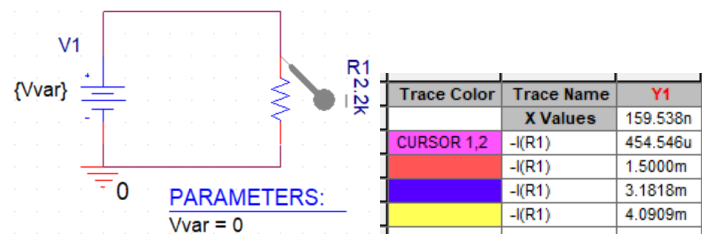
① R1=1kΩ만 있는 회로, Vvar는 list of 1V(분홍), 3.3V(다홍), 7V(보라), 9V(노랑). I 측정



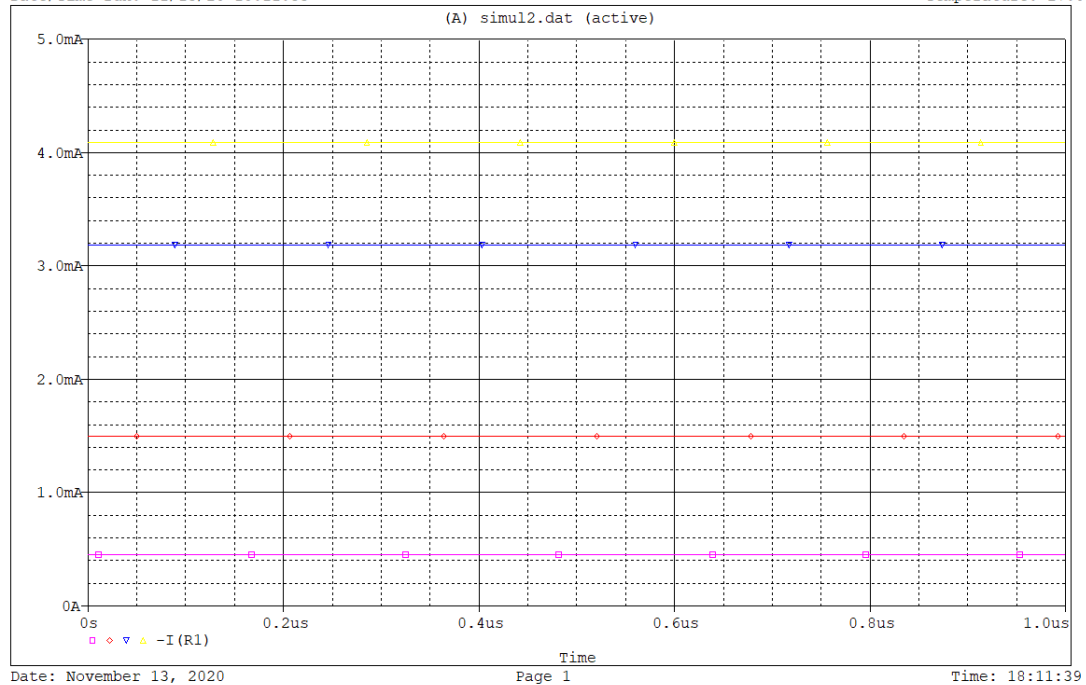
** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [C:\OrCAD\OrCAD_16.6_Lite\tools\capture\2020exp3_1-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simul2.sim
Date/Time run: 11/13/20 18:09:51 Temperature: 27.0



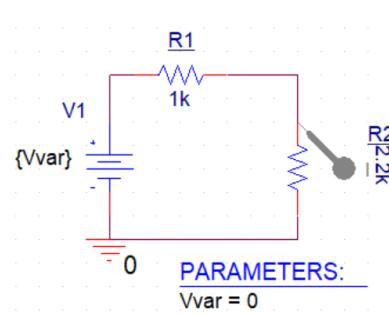
② R=2.2kΩ만 있는 회로. Vvar는 list of 1V(분홍), 3.3V(다홍), 7V(보라), 9V(노랑). I 측정.



** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [C:\OrCAD\OrCAD_16.6_Lite\tools\capture\2020exp3_1-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simul2.sim
Date/Time run: 11/13/20 18:11:33 Temperature: 27.0

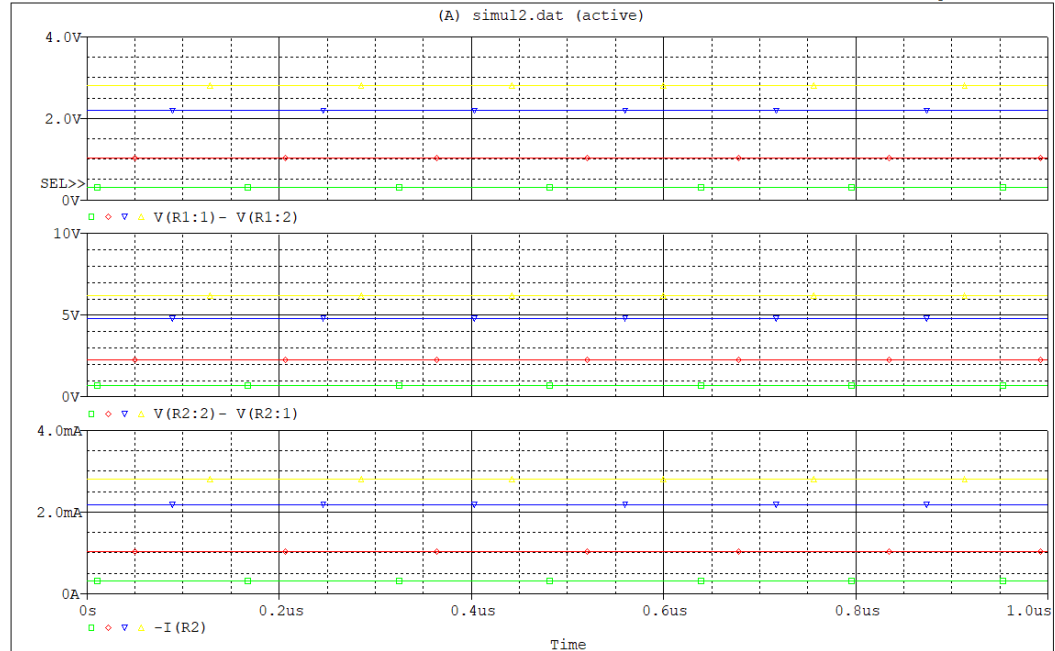


③ R1, R2가 직렬 연결된 회로. Vvar는 list of 1V(분홍), 3.3V(다홍), 7V(보라), 9V(노랑). I, V1, V2측정.



Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	0.000
	-I(R2)	312.500u
	-I(R2)	1.0313m
	-I(R2)	2.1875m
	-I(R2)	2.8125m
	V(R2:2)- V(R2:1)	687.500m
	V(R2:2)- V(R2:1)	2.2688
	V(R2:2)- V(R2:1)	4.8125
	V(R2:2)- V(R2:1)	6.1875
CURSOR 1,2	V(R1:1)- V(R1:2)	312.500m
	V(R1:1)- V(R1:2)	1.0313
	V(R1:1)- V(R1:2)	2.1875
	V(R1:1)- V(R1:2)	2.8125

** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [c:\orcad\orcad_16.6_lite\tools\capture\2020exp3_1-pspicefiles\schematic1\simul2.sim
Date/Time run: 11/14/20 08:39:48 Temperature: 27.0



Date: November 14, 2020

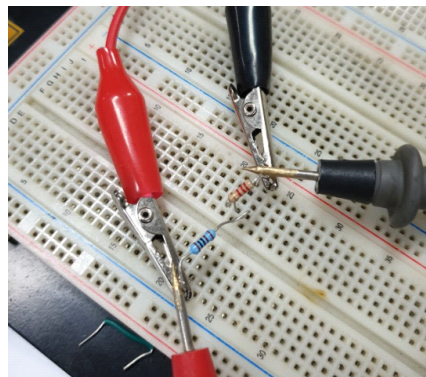
Page 1

Time: 08:41:25

3) 소자 측정

저항 번호	R1	R2
이론값 (단위 Ω)	1k	2.2k
실제값 (단위 Ω)	0.994k	2.175k

4) Bread board 회로 구성



5) 이론값

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I3[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	1	0.4545	0.3125	0.3125	0.6875	3200
3.3	3.3	1.5	1.031	1.031	2.269	3200
7	7	3.182	2.188	2.188	4.813	3200
9	9	4.091	2.813	2.813	6.188	3200

6) 실험값

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I3[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	1.006	0.4598	0.3156	0.314	0.686	3169
3.3	3.3199	1.5172	1.0413	1.035	2.264	3169
7	7.0423	3.2184	2.2089	2.2	4.8	3169
9	9.0543	4.1379	2.84	2.82	6.17	3169

7) 결과 해석

Vs[V]	V1/I3	V2/I3	I3*R_T
1	0.9949	2.1736	1.0001
3.3	0.9939	2.1742	3.2998
7	0.9959	2.1730	7.0000
9	0.9929	2.1725	8.9999

① 저항의 직렬연결 회로에서의 옴의 법칙 성립

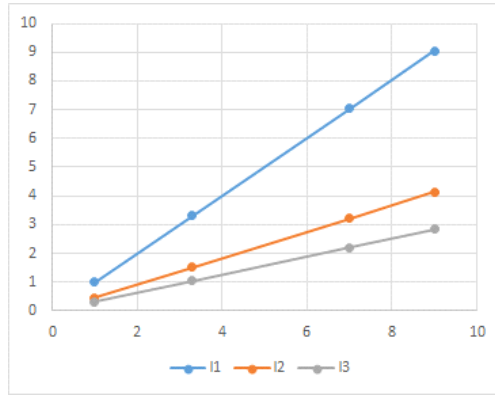
R1에 걸리는 전압 V1을 R1에 흐르는 전류 I3로 나눠주면 약 0.99[V/A=Ω]으로, R1의 저항값 0.994kΩ과 매우 가깝다. 또, R2의 경우도 V2를 I3로 나눠준 값은 약 2.17Ω으로, R2를 멀티미터로 직접 측정한 저항값 2.175kΩ과 매우 유사하다. 즉, 저항의 직렬회로에서도 각각의 저항에 대해 옴의 법칙이 성립함을 알 수 있다. 회로에서 전체 저항값을 측정한 결과 3169Ω이라는 값이 나왔고, 이 전체 저항 R_T와 회로 전체에 흐르는 I3라는 전류를 곱해주었더니 그 값이 V_s와 거의 일치하였다. 즉, 전체 저항의 관점에서도 옴의 법칙은 성립한다.

② 저항의 직렬연결

두 저항의 total 저항값을 측정해본 결과 3169Ω으로, 두 개의 각 저항값을 더한 것으로 나왔다. 이로써 저항의 직렬연결은 그냥 두 저항값을 더해준 것과 같다는 것을 측정을 통해 직접 확인이 가능했다.

③ Vs에 따른 I1, I2, I3 비교

다음 그래프는 가로축이 Vs[V], 세로축이 I[mA]인 그래프이다. 파란색, 주황색, 회색 그래프는 각각 I1, I2, I3에 대한 그래프 값이고, Vs=1V, 3.3V, 7V, 9V로 변화시켜 가며 측정한 I 값들을 그래프에 점 찍고 선으로 이어준 그래프이다. 우선, 세 그래프가 모두 직선 형태이고, 양의 상관관계를 가짐을 확인할 수 있다. 가로축이 전압, 세로축이 전류이기 때문에 그래프의 기울기는 옴의 법칙에 의하면 기울기 = 전류/전압 = 1/저항 이다. 즉 기울기가 가장 큰 I1이 저항이 가장 작은 회로, 기울기가 가장 작은 I3가 저항 _total이 가장 큰 회로임을 알 수 있다. 실제로, I1은 total 저항이 1kΩ인 회로였고, I2는 total 저항이 2.2kΩ인 회로, I3는 total 저항이 3.2kΩ인 회로였기 때문에 그래프 해석 결과와 일치한다.



④ 오차

Vs[V]	I1[%]	I2[%]	I3[%]	V1[%]	V2[%]	R_T[%]
1	0.6000	1.1661	0.9920	0.4800	0.2182	0.9688
3.3	0.6030	1.1467	0.9990	0.3880	0.2204	0.9688
7	0.6043	1.1439	0.9552	0.5484	0.2701	0.9688
9	0.6033	1.1464	0.9598	0.2488	0.2909	0.9688

이론값 표와 실험값 결과표를 비교해보면 오차가 매우 작게 나왔음을 확인 가능하다. 이러한 아주 작은 오차는 애초에 저항이 정확히 1kΩ, 2.2kΩ이지 않고, 멀티미터로 측정한 결과 0.994kΩ, 2.175kΩ였었기 때문에 이러한 오차들의 원인이 될 것이다. 또, 아날로그 실험이기에 전 회로에서 전류가 흐르는 과정에서 저항 말고도 다른 모든 소자에서 저항 성분이 조금씩 있기에 오차가 발생하였다. 하지만 이는 거의 1% 전후의 아주 작은 값이기에 무시하고 실험 결과를 해석할만한 수준이다.

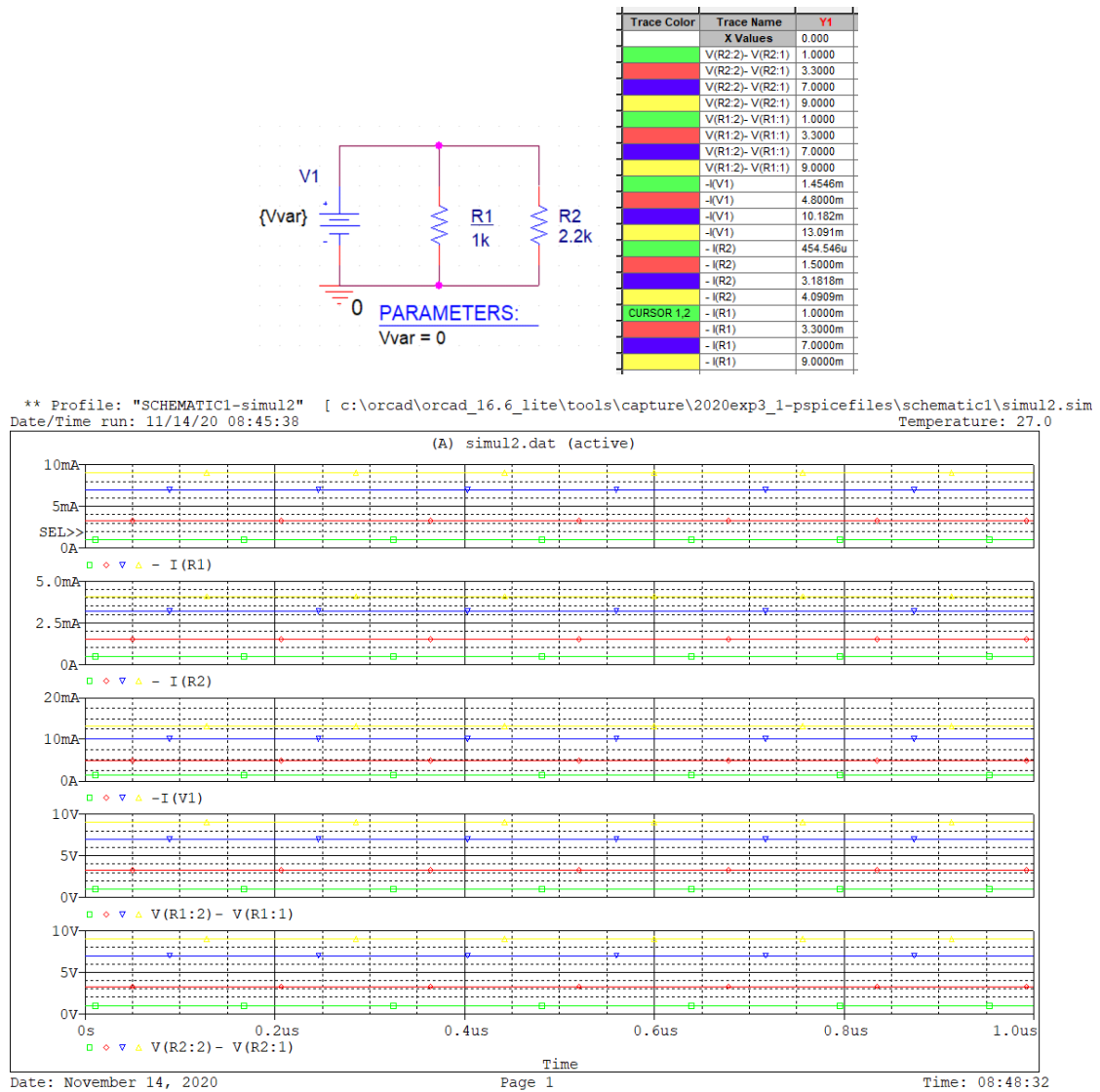
다. EXPERIMENT #3

1) 회로 분석

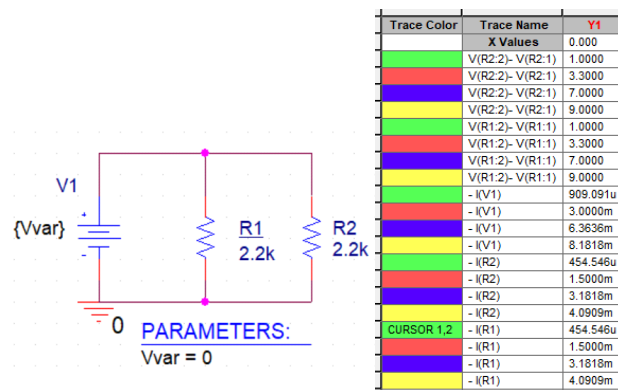
이번 실험은 저항이 parallel로 연결된 회로에 관한 것이다. 1kΩ의 R1과 2.2kΩ의 R2를 병렬연결하고, Vvar를 변화시켜가면서 각 저항에 걸리는 전압과 흐르는 전류값을 구해본다. 마찬가지로 각 저항에 대하여 옴의 법칙이 성립하는지, 그리고 전체 저항에 대해 옴의 법칙이 성립하는지 실험값을 통해 확인해본다. I는 병렬로 나뉘어지기 전 흐르는 전류값, I1은 병렬로 나뉘어진 후 R1에 흐르는 전류, I2는 R2에 흐르는 전류라고 했을 때, Vs가 변함에 따라 I, I1, I2와의 관계가 어떻게 되는지 실험을 통해 확인해본다. 그리고 R1도 2.2kΩ짜리 저항으로 바꿔서 반복실험해본다.

2) Pspice 회로 구성

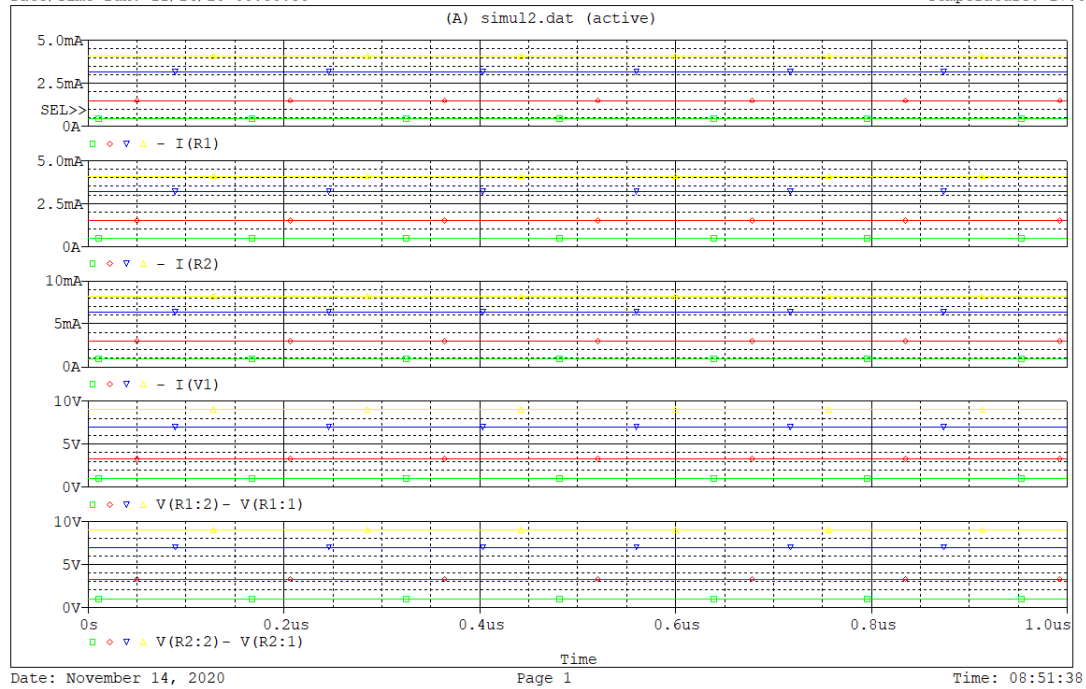
① R1=1kΩ, R2=2.2kΩ, Vvar는 list of 1V(연두), 3.3V(다홍), 7V(보라), 9V(노랑). V_R1, V_R2, I, I_R1, I_R2 측정.



② R1=2.2k Ω , R2=2.2k Ω , Vvar는 list of 1V(연두), 3.3V(다홍), 7V(보라), 9V(노랑). V_R1, V_R2, I, I_R1, I_R2 측정.



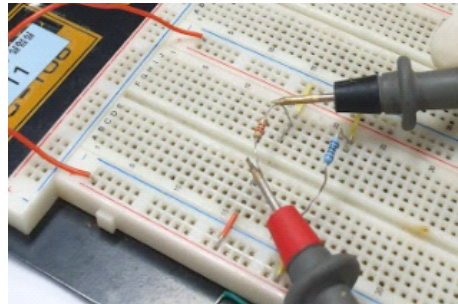
** Profile: "SCHEMATIC1-simul2" [c:\orcad\orcad_16.6_lite\tools\capture\2020exp3_1-pspicefiles\schematic1\simul2.sim
 Date/Time run: 11/14/20 08:50:38 Temperature: 27.0



3) 소자 측정

저항 번호	R1	R2
이론값 (단위 Ω)	1k	2.2k
실제값 (단위 Ω)	0.994k	2.175k

4) Bread board 회로 구성



5) 이론값

① $R1=1k \Omega$, $R2=2.2k \Omega$

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	1	0.4545	1.455	1	1	687.5
3.3	3.3	1.5	4.8	3.3	3.3	687.5
7	7	3.182	10.18	7	7	687.5
9	9	4.091	13.09	9	9	687.5

② $R1=R2=2.2k \Omega$

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I3[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	0.4545	0.4545	0.9091	1	1	1.1k
3.3	1.5	1.5	3	3.3	3.3	1.1k
7	3.182	3.182	6.364	7	7	1.1k
9	4.091	4.091	8.182	9	9	1.1k

6) 실험값

① R1=1k Ω, R2=2.2k Ω

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	1.006	0.4598	1.4641	1	1	683
3.3	3.3099	1.5126	4.8316	3.29	3.29	683
7	7.0121	3.2092	10.249	6.97	6.98	683
9	9.0241	4.1195	13.177	8.97	8.96	683

② R1=R2=2.2k Ω

Vs[V]	I1[mA]	I2[mA]	I[mA]	V1[V]	V2[V]	R_T[Ω]
1	0.4593	0.4593	0.9099	0.999	0.999	1099
3.3	1.5195	1.5195	3.0027	3.305	3.305	1099
7	3.2138	3.2138	6.3694	6.99	6.99	1099
9	4.1333	4.1333	8.1893	8.99	8.99	1099

7) 결과 해석

① R1=1k Ω, R2=2.2k Ω

Vs[V]	V1/I1	V2/I2	I*R_T
1	0.9940	2.1749	1.0000
3.3	0.9940	2.1751	3.3000
7	0.9940	2.1750	7.0001
9	0.9940	2.1750	8.9999

② R1=R2=2.2k Ω

Vs[V]	V1/I1	V2/I2	I*R_T
1	2.1750	2.1750	0.9990
3.3	2.1751	2.1751	3.3000
7	2.1750	2.1750	7.0000
9	2.1750	2.1750	9.0000

③ 저항의 병렬연결 회로에서의 옴의 법칙 성립

R1=1k Ω, R2=2.2k Ω인 실험과 R1=R2=2.2k Ω인 실험 모두 R1에 걸리는 전압을 R1에 흐르는 전류로 나눠주면, R1소자를 멀티미터로 저항값을 측정한 것과 같음을 알 수 있다. 또, R2 역시 V2/I2를 해주면 약 2.17로, R2의 저항값과 같음을 알 수 있다. 즉, 옴의 법칙이 각 저항에 대해 성립한다. 전체 저항 R_T를 멀티미터로 측정하였고, 이를 그 회로에 흐르는 전체 전류 I와 곱해준 값은 Vs와 거의 같은 값이 나온다. 즉, 저항의 병렬연결 회로에서 전체 저항에 대해 옴의 법칙이 성립한다.

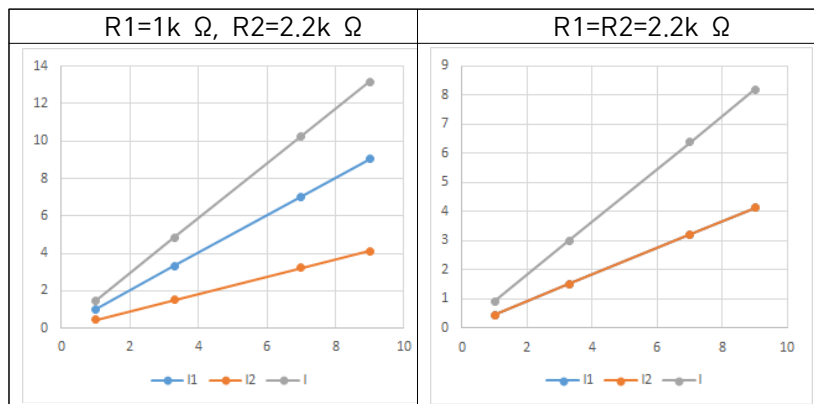
④ 저항의 병렬연결

Rtotal을 구해본 결과 1099Ω이라는 값이 나왔고, 이는 곧 R1과 R2를 각각 역수를 취해 더한 것의 역수 값을 실험적으로 확인이 가능했다.

⑤ Vs에 따른 I1, I2, I 비교

Vs가 커짐에 따라 두 실험 모두 I1, I2, I가 커지는 걸 확인할 수 있는데 정확한 판단을 위해 그래프를 그려 좌표평면 위에 점을 찍고 선으로 이어주면 다음 그래프 개형과 같다. 그래프를 보면 가로축은 Vs[V]이고 세로축은 I[mA]이다. 모든 그래프가 직선 형태이며 동시에 양의 상관관계이다. 그래프에서 직선의 기울기 = 전류/전압 = 1/R 이다. 따라서 기울기가 가장 큰 I가 total R이 가장 작은 경우이고, 기울기가 작은 것은 total R이 크다는 말이다. 저항을 병렬연결하면 total R이 작아지므로 (∵ R_t =

$1/((1/R_1)+(1/R_2))$ 이다) 그래프의 개형이 이러한 것은 당연한 사실이다.



⑥ 오차

(i) R1=1k Ω, R2=2.2k Ω 일 때

Vs[V]	I1[%]	I2[%]	I[%]	V1[%]	V2[%]	R_T[%]
1	0.6000	1.1661	0.6254	0.0000	0.0000	0.6545
3.3	0.3000	0.8400	0.6583	0.3030	0.3030	0.6545
7	0.1729	0.8548	0.6778	0.4286	0.2857	0.6545
9	0.2678	0.6967	0.6646	0.3333	0.4444	0.6545

(ii) R1=R2=2.2k Ω 일 때

Vs[V]	I1[%]	I2[%]	I[%]	V1[%]	V2[%]	R_T[%]
1	1.0561	1.0561	0.0880	0.1000	0.1000	0.0909
3.3	1.3000	1.3000	0.0900	0.1515	0.1515	0.0909
7	0.9994	0.9994	0.0849	0.1429	0.1429	0.0909
9	1.0340	1.0340	0.0892	0.1111	0.1111	0.0909

두 경우 모두 오차율 1% 전후의 매우 작은 값으로 측정이 되었다. 매우 작은 수준이므로 실험 결과를 해석하는 데에는 문제가 없지만, 이러한 오차의 원인을 찾아보자면 1k, 2.2kΩ의 정확한 저항이 아니기에 저항 자체의 오차, 저항 외에도 여러 내부 소자들의 작은 저항들이 이러한 오차의 결과를 낳았을 것이다.

5. 결과 검토, 분석 및 결론

저항이 있는 회로에서 $V=IR$ 이라는 옴의 법칙이 성립함을 실험적으로 확인할 수 있었다. 저항이 직렬로 연결이 되어도, 병렬로 연결이 되어도 옴의 법칙은 성립한다. 저항의 직렬 연결 시 $R_{total} = R_1 + R_2$ 이고, 병렬 연결 시 $R_{total} = 1/((1/R_1)+(1/R_2))$ 이다. 회로를 보고 V_{source} 에 따른 각 I 값들에 대한 그래프를 그릴 수 있고 V_s 가로축, I 세로축인 그래프에서 기울기는 $1/R$ 이다.

6. 배운 점 및 느낀 점

소자를 제대로 다루어보는 첫 실험인데 이론은 쉽지만, 아직 실험 기구들이 미숙하고 여러 번 반복 측정해야하는 점 때문에 쉽지만은 않은 실험이다. 옴의 법칙을 복습함은 물론, 전류 측정은 직렬로, 전압 측정은 병렬로 해야한다는 점 등도 다시 숙지하게 되었다. 같은 회로에 대해 저항을 바꾸어가며 혹은 전압원의 V를 바꾸어가며 모두 측정해야하는 실험이기에 실험자에게 있어 꼼꼼한 자세가 필수라는 걸 느꼈다.