

実験「計測機器の使い方・直流回路」指針書

目的

直流回路において，電圧，電流，合成抵抗などの測定を通して，電気回路の基礎を学習する．また，電気回路における基本的な法則であるキルヒホッフの法則およびテブナンの定理について理解する．

実験 1 カラー抵抗

抵抗の値を読み取ることができるようになることを目的とする．

1-1 カラー抵抗の読み方

様々な色の帯（カラーコード）で抵抗の値と精度を示している．通常のカラーコードでは第 1 帯と第 2 帯の色で二桁の有効数字を，また，第 3 帯でそれに掛ける桁の指数を表している．第 4 帯は抵抗値の精度を示す．自分の望む抵抗を取り出すためにはこの約束を覚えなければならない．

表 1 カラーコードの示す値

色	第 1 数字	第 2 数字	桁	精度
黒	0	0	10^0	
茶	1	1	10^1	$\pm 1\%$
赤	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
緑	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
青	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
銀			10^{-2}	$\pm 10\%$
無				$\pm 20\%$

狭い方から第 1 色帯である．例えば



図 1 抵抗のカラーコード

茶緑赤金なら，「茶：1」「緑：5」「赤： 10^2 」「金： $\pm 5\%$ 」なので $15 \times 10^2 \pm 5\% = 1500 \Omega \pm 5\%$ となる．

★【実験】3本の抵抗の抵抗値を読み取る

表2 カラーコードの読み取り結果

	色 (4色)	抵抗値 [Ω]	精度
R_1	茶		
R_2	緑		
R_3	灰		

実験2 抵抗値の計測，デジタルマルチメータの使い方

ELVIS のデジタルマルチメータ（以降 DMM と表記する）を利用して，抵抗の抵抗値を測定する．

2-1 準備

ELVIS の DMM を起動する．

1. パソコンの電源を入れ，ログオンする．
2. ELVIS の電源を2箇所とも入れる．
3. デスクトップにある Digital Multimeter アイコン（図2）から DMM を起動する．

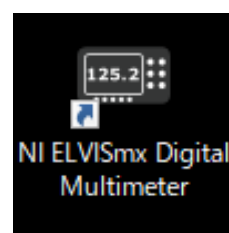


図2 DMM アイコン

2-2 DMM の設定

測定する対象にあわせて DMM の設定を行う．

1. モードの設定（図3）
 - (a) Measurement Settings（測定項目）を「 Ω 」にする．
 - (b) Acquisition Mode（取得方法）を「Run Continuously」にする．

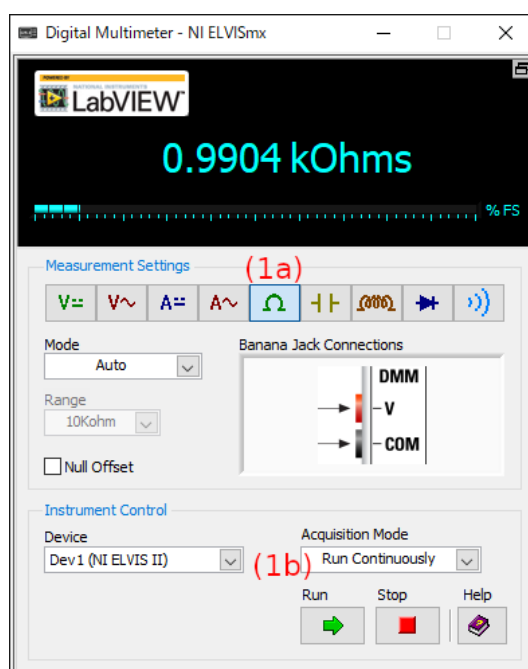


図3 DMM のモード設定1

2. プローブの接続

DMM ウィンドウの Banana Jack Connections に接続方法が示される (図 4)。それを確認し、図 5 のようにプローブを接続する。

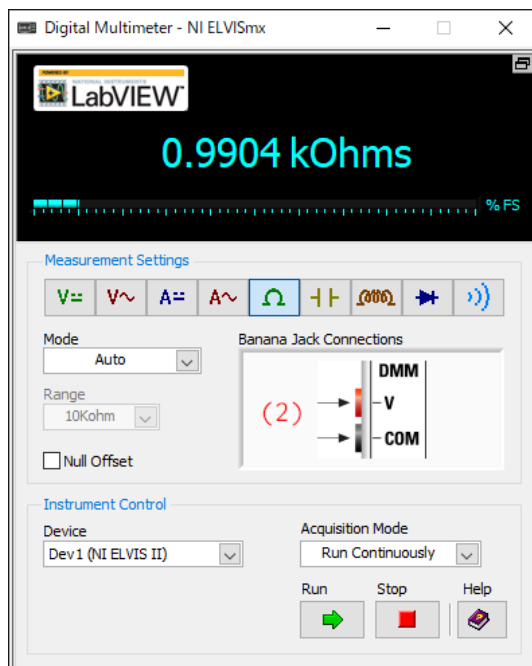


図 4 DMM のモード設定 2

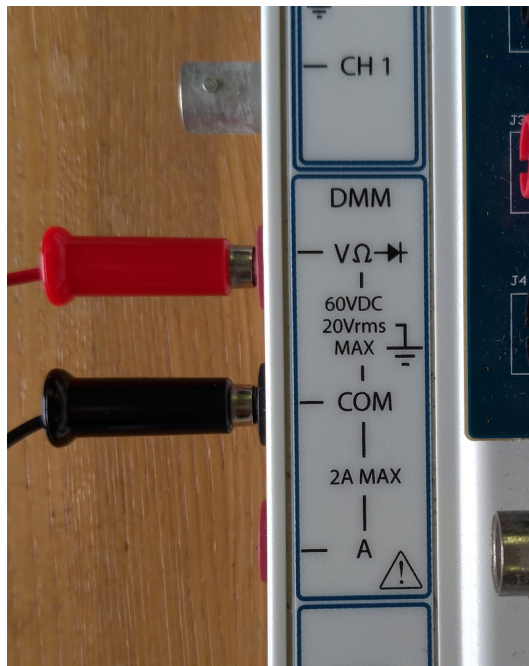


図 5 プローブの接続

3. 測定対象への接続

測定対象の抵抗を、2つのワニ口クリップ間に挟む (図 6)

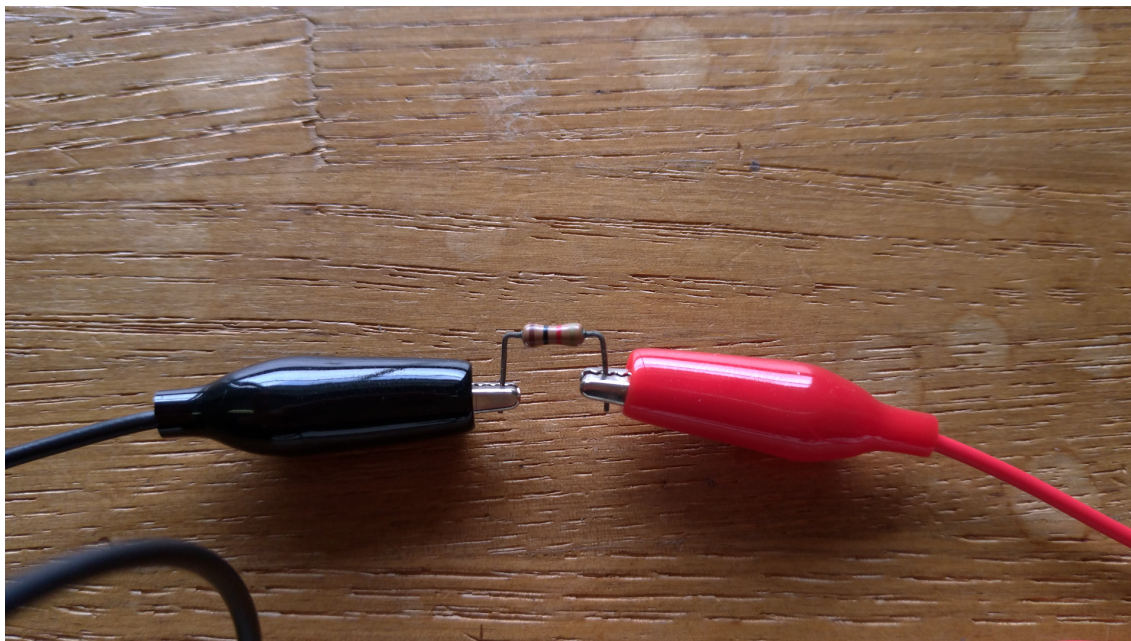


図 6 測定対象の素子をワニ口クリップで挟む

4. 測定

Run ボタンを押して，抵抗値を測定する（図 7）。

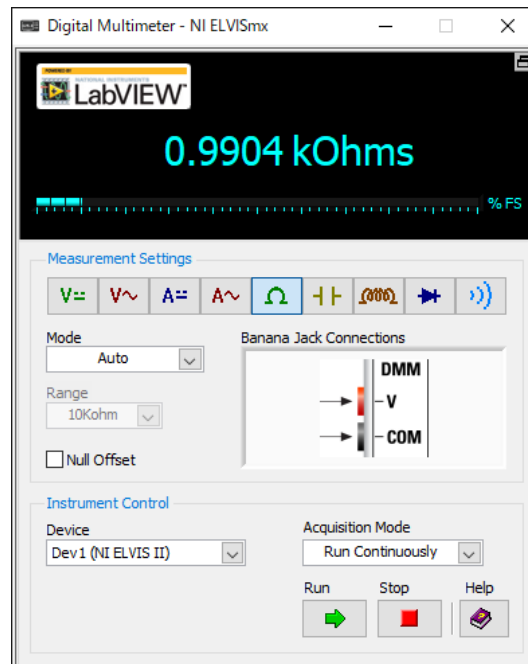


図 7 DMM による抵抗値の測定

★【実験】3本の抵抗の抵抗値を実測し，実測値と公称値との誤差を調べる

表 3 抵抗の公称値と実測値

	公称抵抗値 [Ω]	実測抵抗値 [Ω]	誤差 [%]
R_1			
R_2			
R_3			

誤差の求め方

【絶対誤差】

測定値と理論値との差によって求める．単位につけ忘れに注意せよ．

$$\text{測定値} - \text{理論値}$$

【相対誤差】

測定値と理論値との差を理論値で割って求める．

$$\frac{\text{測定値} - \text{理論値}}{\text{理論値}}$$

上記の表 3 は「誤差」欄がパーセント表示なので，相対誤差を計算する．有効桁数にも注意すること．

実験 3 合成抵抗

ブレッドボードについて理解し、また、複数の抵抗を接続したときの合成抵抗値の計算と測定を行う。

3-1 ブレッドボードについて

電子回路の試作・実験用に用いる基板で、電子部品やジャンパ線を差し込むだけで電子回路を組むことができる。無数の穴が空いていて、一定のルールに従い、内部で繋がっている。実験で使用するブレッドボードの配線について図 8 に示す。

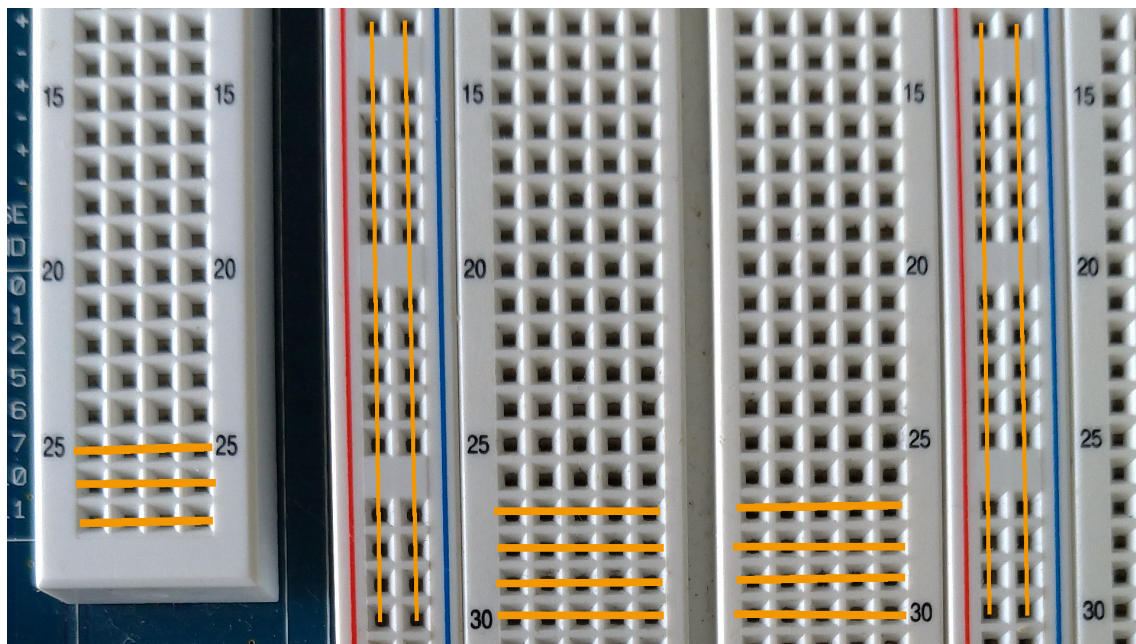


図 8 ブレッドボード内部の電氣的接続関係

ブレッドボード内部の電氣的接続関係は、図に書き入れたオレンジ線のようにになっている。基本的には横方向につながっているが、赤と青の線で示されている箇所だけは縦方向につながる。また、溝をまたいではつながらないので注意せよ。

3-2 合成抵抗値の計算

ここでは 3 本の抵抗を用いた 2 種類の接続について、それぞれの合成抵抗を計算する。

パターン 1

図 9 の接続時の合成抵抗 R_a を計算で求める。計算には公称値を用いること。 R_1 , R_2 , R_3 は並列なので

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

の関係が成り立つ。

$$\text{合成抵抗 } R_a = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

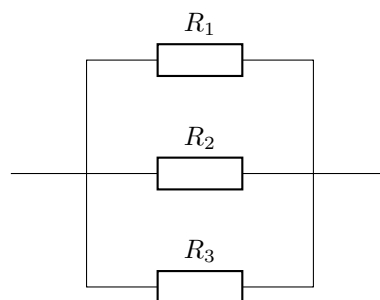


図 9 パターン 1 の接続

パターン 2

図 10 の接続時の合成抵抗 R_b を計算で求める．計算には公称値を用いること． R_2 と R_3 は並列， R_1 は「 R_2 と R_3 の合成抵抗」と直列である．

$$\text{合成抵抗 } R_b = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

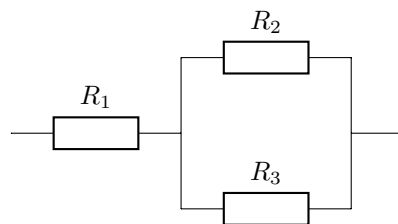


図 10 パターン 2 の接続

また，図 10 は，図 11 および図 12 の回路と同等であることを理解すること．

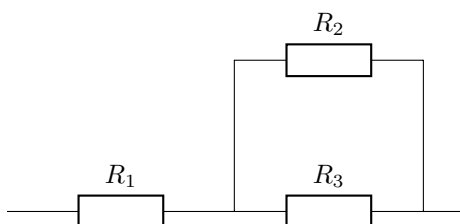


図 11 パターン 2 の接続と等価な例 A

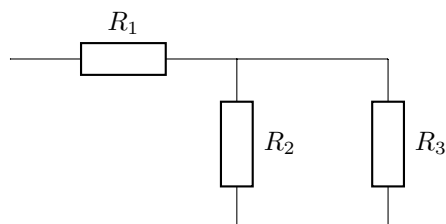


図 12 パターン 2 の接続と等価な例 B

★【実験】パターン 1 とパターン 2 のそれぞれの合成抵抗を，DMM を用いて実測する．

表 4 抵抗の公称値と実測値

	公称値を用いた 合成抵抗計算値 [Ω]	実測値を用いた 合成抵抗計算値 [Ω]	合成抵抗の 実測値 [Ω]
パターン 1	R_a		
パターン 2	R_b		

ブレッドボードでパターン 1 を構成するときの例を図 13 に示す．パターン 2 は各自で考えること．

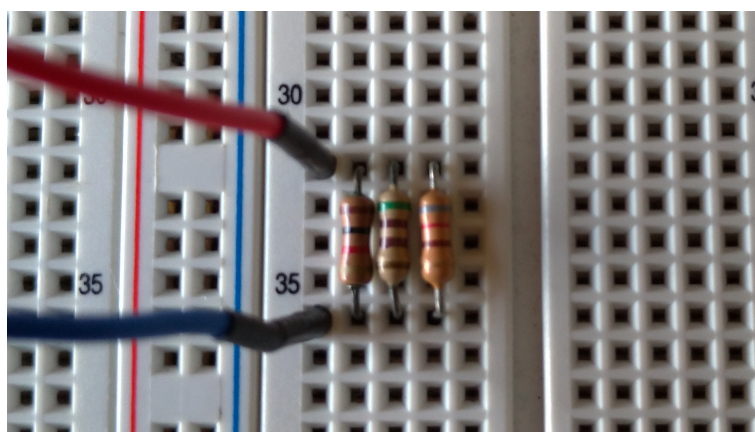


図 13 パターン 1 の構成例

実験 4 キルヒホッフの法則

回路図から電流の大きさを計算し、その後、回路をブレッドボード上に組んでみて電流の大きさを測定する。

4-1 実験回路と電流値の計算

図 14 の回路において $E = 10\text{ V}$ のときの I_1 , I_2 , I_3 を計算で求める。このときの抵抗値は公称値を用いる。

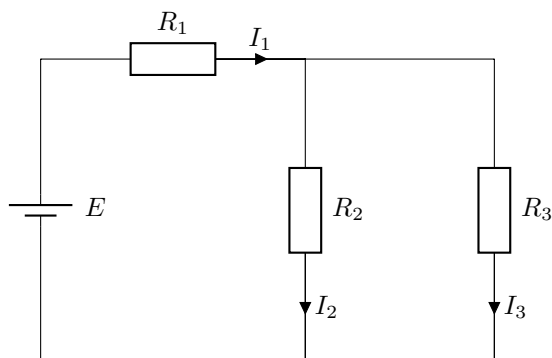


図 14 実験 4 の回路

表 5 電流の計算値

	計算値 [mA]
I_1	
I_2	
I_3	

4-2 ELVIS での電圧供給

ELVIS で電圧を供給するための手順を以下に示す。

1. パソコンのデスクトップにある Variable Power Supply アイコンから VPS を起動する。
2. Supply+ の「Manual」のチェックをはずし、電圧を 10.0 V にセットする。
3. 「Run」ボタンを押すとボード上の「SUPPLY+」端子と「GROUND」端子の間に 10.0 V の電圧が生じる。

なお、「SUPPLY+」が直流電圧源の + 端子、「GROUND」が電源の - 端子に相当する。

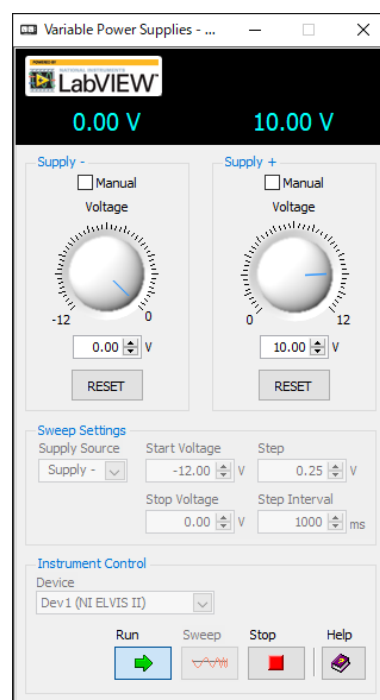


図 15 VPS の設定

回路図と，その実際の構成例を次に示す．

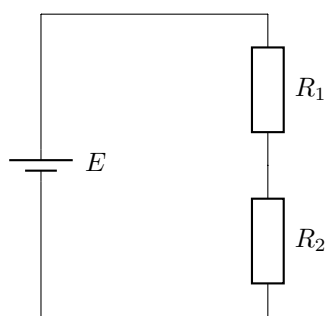


図 16 回路の例

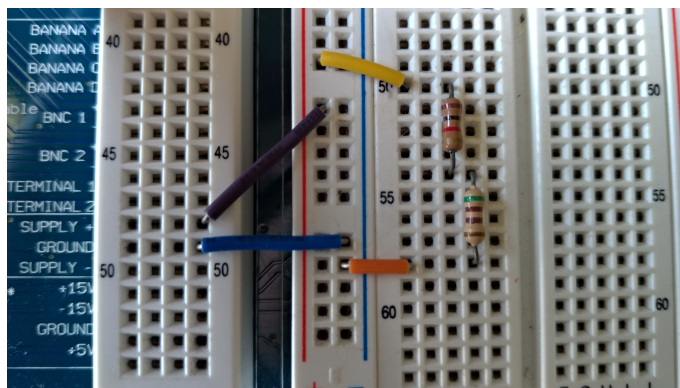


図 17 実際の構成例

4-3 DMM での電流測定

ELVIS の DMM で電流を測るための手順を以下に示す．

1. DMM の設定
Measurement Settings を「A (直流電流)」にする．
2. プローブの接続
電流用にプローブを接続し直す．
3. Run ボタンで測定する．

4-4 回路を構成する

実際に実験回路をブレッドボード上に組む．このとき，電流 I_3 を DMM で測定できるように構成する．

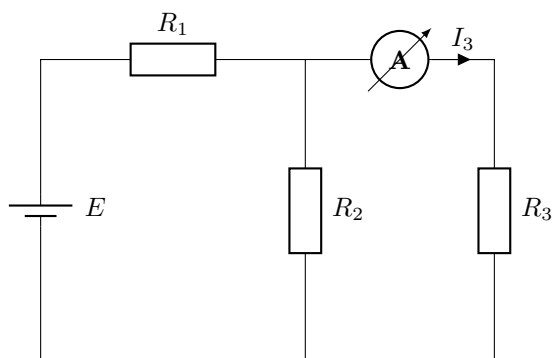


図 18 実験 4 の回路

★【実験】電流 I_3 を測定せよ

表 6 電流 I_3 の値

	公称値を用いた計算値 [mA]	実測値 [mA]
I_3		

実験 5 テブナンの定理

テブナンの定理は，電源と抵抗からなる複雑な回路網を 1 つの電圧源と抵抗で等価表現するものである．

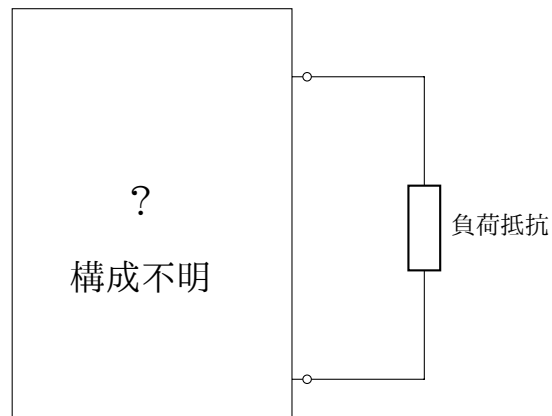


図 19 構成不明な回路

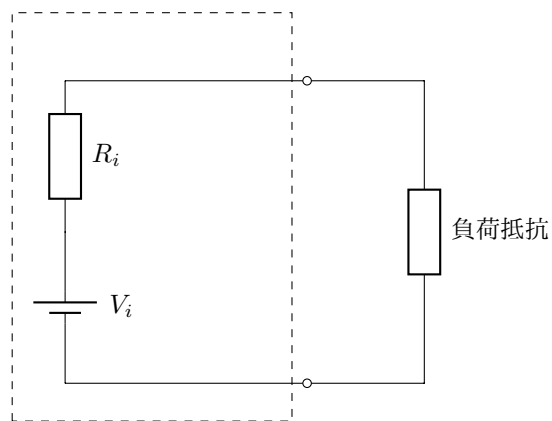
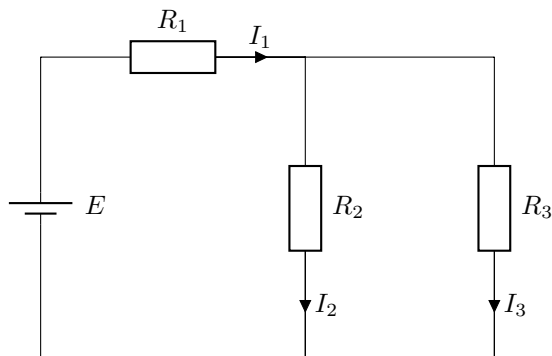


図 20 等価表現された回路

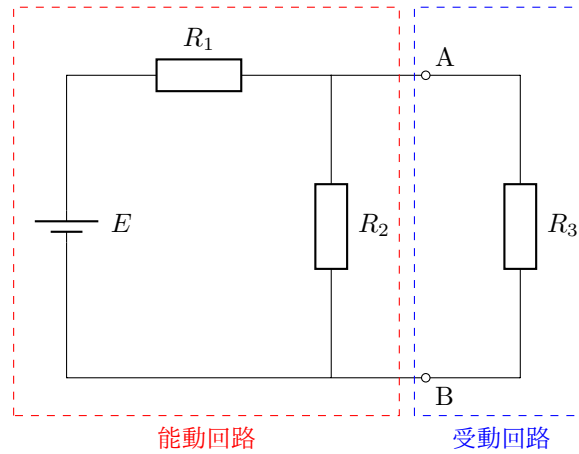
この実験では，先ほどの実験 4 で用いた回路を等価回路に変換し，その回路での電流の値が先ほどと同じになるか確かめる．下図に回路を再掲する．



5-1 テブナンの定理により等価回路を求める

1. 回路を能動回路と受動回路に切り分ける.

ここで切り分けた能動回路を「電源 V_i + 抵抗 R_i 」の等価回路に置き換えることになる



2. 電圧源の電圧 V_i を求める (ここでの抵抗値は, 公称値を用いる).

元の能動回路の端子 AB 間の電圧 V_{AB} が等価回路の V_i に等しいので, V_{AB} を計算して V_i とする.

$$V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$$

3. 抵抗 R_i を求める (ここでの抵抗値は, 公称値を用いる)

能動回路内にある電圧源は短絡, 電流源は開放して, 端子 AB から見た合成抵抗値 R_{AB} が R_i である.

$$R_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

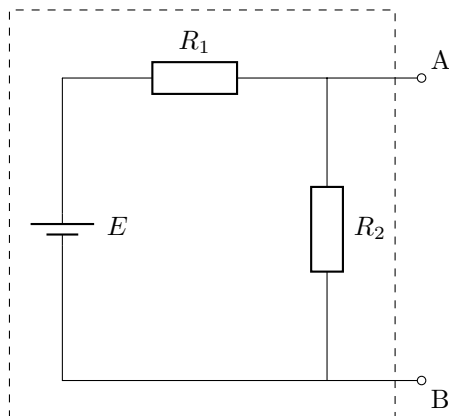


図 21 電圧を求めるとき

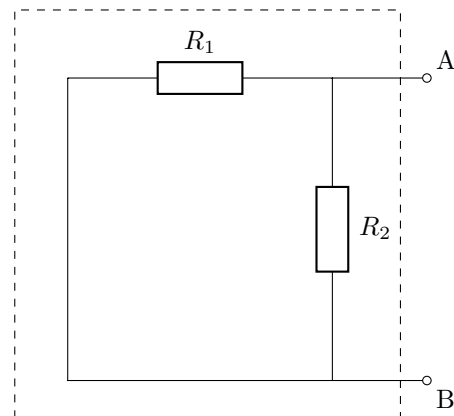


図 22 抵抗を求めるとき

4. 等価回路を求め、流れる電流 I_3 を計算で求める（ここでの抵抗値は、公称値を用いる）

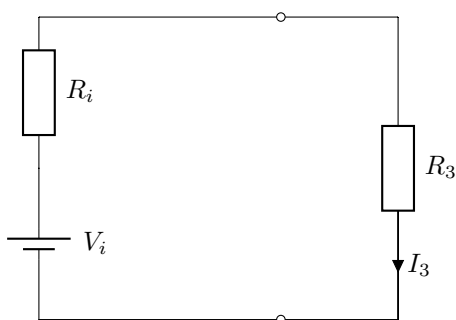


図 23 等価表現された回路

$$V_i = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}, \quad R_i = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, \quad I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$$

ここで、実験指導担当者に、求めた R_i の値を申告し、その大きさの抵抗を受け取る。それから、下記の【実験】5-2～5-4 を実施する。

5-2 抵抗の実測値、等価回路の構成

R_i として与えられた抵抗の実際の抵抗値を測定して記録する。その後、等価回路を組む。このとき「SUPPLY+」と「GROUND」間に出力される電圧は、VPS 画面上の設定電圧と少しずれることがある。

実際に「SUPPLY+」と「GROUND」間の電圧を DMM で測定しながら VPS の電圧の大きさを変更していき、そこに V_i の大きさの電圧が供給されるように VPS の値を調整する。

また、意図する電圧が出力されたら、そのときの設定電圧値を記録しておく。

$$R_i = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, \quad VPS = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}, \quad V_i = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$$

5-3 抵抗の実測値を用いた電流の計算

5-2 の R_i の結果を踏まえて、電流 I_3 を計算する。

$$I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$$

5-4 実際の電流値の測定

5-1 で求めた回路における実際の電流値 I_3 を測定する。

$$I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$$

考察

以下について考察しなさい。

1. キルヒホッフの法則には、第 1 法則、第 2 法則がある。それぞれについて説明せよ。
2. 実験 4-1 の結果から、キルヒホッフの第 1 法則が成立していることを説明せよ。
3. 実験 4-4 で、 I_3 の計算値と測定値は一致したか。一致した場合でも相違があった場合でも、そのことについて理由を述べよ。
4. テブナンの定理について簡潔に説明しなさい。
5. 実験 5-1 (4) で計算した I_3 の大きさと、実験 5-4 で実際に測定した I_3 の大きさは一致したか。一致した場合でも相違があった場合でも、そのことについて理由を述べよ。
6. 実験 4 の回路において、 $E = 20\text{ V}$ 、 $R_1 = 60\ \Omega$ 、 $R_2 = 30\ \Omega$ 、 $R_3 = 50\ \Omega$ と変更したときの電流 I_3 の大きさを計算せよ。途中の計算過程も記すこと。また計算結果は分数の形で良い。

レポートの要件

- 表紙をつける。実験番号、タイトル、日付、学籍番号、氏名、共同実験者をわかりやすく明記する。
- 実験目的を明記する。
- 実験 1～5 について実験手順を簡潔に記述し、得られた結果を明記する。
- 図表を記述する場合は、図表番号および図表タイトルを付けること。
- 結果の記述は有効桁数を考慮し、簡潔に大きく書く。
- 理論値などの記述は、その導出過程を明記する。
- 参考文献を記述すること。
- 読む人の存在を意識したレポートを作成すること。

以上の項目を満たしていないレポートは再提出とする。レポートは次週の実験開始時に回収する。レポート提出の遅延は原則として認めません。