

演示用回路板の製作

北里大学 山本明利

1. 概要

秋月電子の「超小型 2 線式デジタル電圧計」(以下「デジタル電圧計」)を使用して、キルヒホッフの第 2 法則(直列接続時の電圧の関係)を演示する教材を製作した。基本的なアイデアは YPC の 2002 年 11 月例会(文献(1))で紹介した銅箔テープによる演示用回路と同じである。各部にデジタル電圧計を配置することを前提にしている点だけが新しい。

2. 材料

- ・超小型 2 線式デジタル電圧計(秋月電子) 1 個 250 円(税込) × 必要な個数
- ・プラスチックトレイ(百均で調達。基板として使用。絶縁性の高い板なら何でもよい。)
- ・バナナジャック(必要数)とバナナチップ(必要数)
- ・006P 電池(1~2 個)とバッテリースナップ
- ・抵抗器(20~100 Ω 程度の固定抵抗器や 100 Ω B タイプのポリウムなど)
- ・銅箔テープ
- ・フェライト磁石とフェルトパッチ(スチール黒板面接着用)

3. 装置の説明と実験計画

百均のトレイを裏返しに使い基板とした。バナナジャックの裏側への出っ張りが、机の面に当たらないような深さのトレイを選ぶ。木製の浅い箱や写真用パネルでもよい。

回路に沿って必要な穴開けをし、銅箔テープで配線をした。角の部分は銅箔テープを切らずに折り曲げて使うか、軽くハンダ付けして電氣的接触を確保する。穴の位置にバナナジャックをとりつける。銅箔テープと電氣的に接触するように、絶縁ブッシュはすべて裏側にまわし、表面にはラグ板と端子穴のみが出るようにした。(写真左)

スチール黒板に貼り付けられるように、フェルトクッションに接着したフェライト磁石を裏面に取り付けた。また電池を固定するためのマグネットクリップ(ネオジウム磁石)を電池取り付け位置付近に接着した。(写真中)



20~100 Ω 程度の固定抵抗器やポリウムが取り付けられるようにバナナチップをハンダ付けした。(写真右)

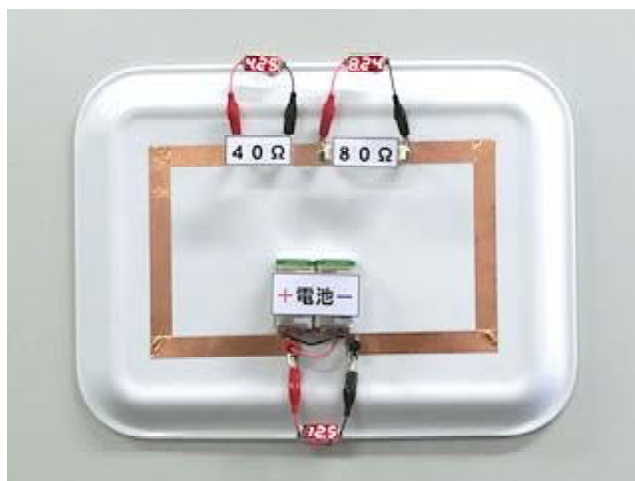
使用する抵抗はデジタル電圧計を流れる電流(15mA 前後)が大きく影響しないように定める。電源電圧を考慮して、抵抗を流れる電流が 100mA 前後となるようにした。なお、デジタル電圧計の動作電圧が 3~15V であることも実験の設計上考慮すべき重要なファクターである。電源電圧が 15V を越える場合は 20V 対応の改造(文献(2))が必要になる。

本稿のための予備実験では、電源は 006P マンガン電池を 2 個直列(最大 18V)にし、抵抗は 20 Ω , 40 Ω , 80 Ω および 100 Ω B タイプのポリウムとした。

4. 実験の例

① 電圧の抵抗分割

右の図は 40 Ω と 80 Ω を直列接続した回路の各部の電圧を示している。前者が 4.25V、



後者が 8.24V を示していて、電源電圧が 12.5V なのでぴったり第 2 法則が成り立っているようだが、電圧計を通る電流が点灯する数字のセグメントの数に応じて変動するので、互いに干渉して表示は極めて不安定である。0.01V の桁は無視して、 $4.3V + 8.2V = 12.5V$ 程度に見るのがよい。それでも 80 Ω の抵抗の電圧は 40 Ω の 2 倍にはなっていない。

右の図は同じく 20 Ω と 80 Ω の直列の場合である。電圧はそれぞれ 2.57V、9.42V を示しているが 80 Ω が 4 倍というわけではない。2.57V は動作保証電圧の下限を下回っており、数値は当てにならない。3V という下限を考えると、1 : 4 の抵抗分割を演示するには、15V 以上の余裕のある電源が必要であることがわかる。

なお、006P マンガン電池では 100mA の負荷は大きすぎて、起電力 18V のはずが、端子間電圧 12V まで降下していることに注目したい。15V 程度で安定化した直流電源装置を使う方がよいかもしれない。

②回路の切断

直列にした抵抗の一方を取り外して回路を切断したら各部の電圧はどうか、という問いは高校物理では有効だろう。あらかじめ予想を立てさせてから演示するとよい。右上の写真は 40 Ω 2 個直列の右側の抵抗を外した場面である。それまでは二等分されていた電圧がすべて回路の切断部分にかかる。

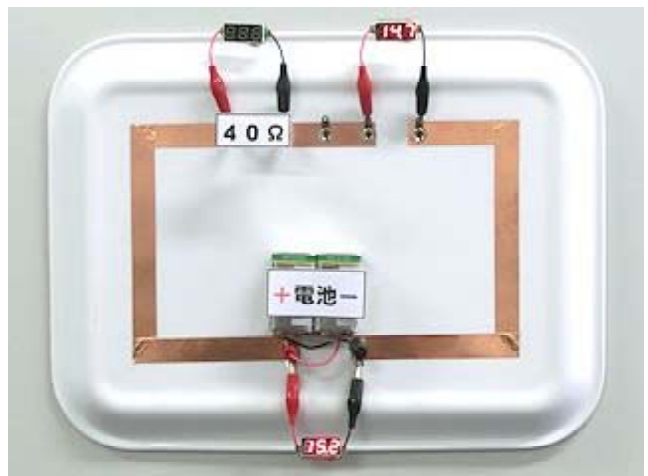
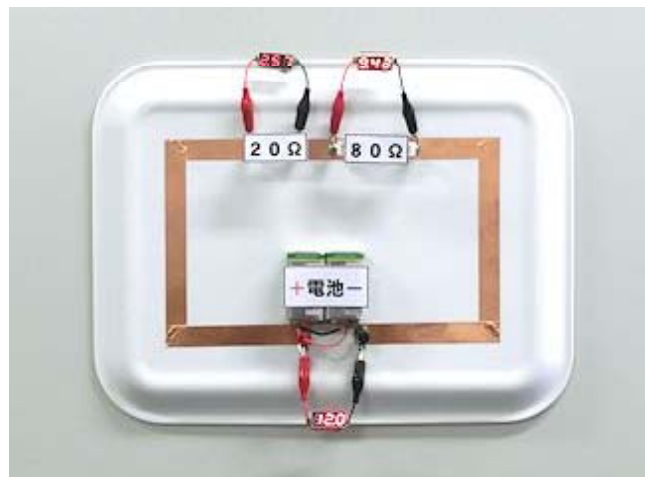
残念ながら、電池が 15.2V、切断部分が 14.7V と微妙に一致しないのは、電圧計を流れる電流による電圧降下があるからで、計算上は $15mA \times 40 \Omega = 0.60V$ でおおよそじつまは合っている。

③ポリウムのはたらき

直列接続による電圧の抵抗分割の考え方が理解できたら、音量調節などに使うポリウムのはたらきを紹介しておきたい。応用上重要な回路素子である。つまみを回転するとセンタータップの接点が摺動して、100 Ω の抵抗を任意の比に分割する。

右に回せば右側の抵抗が減り、左側の抵抗が増すので、それに比例して左右の電圧も連続的に変化する。どのような比にしても左右の電圧の和は電源電圧に等しいことを、一目瞭然に示すことができる。

なお、3.0V を切ると表示が消えてしまうので、左右どちらにも回し切らないように注意しながらデジタル電圧計の動作電圧の範囲内で実験する。



【参考文献】

- (1) YPC 例会速報 2002 年 11 月 <http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/ypc/ypc02y.htm>
- (2) 秋月電子通商「超小型 2 線式 LED デジタル電圧計」データシート
http://akizukidenshi.com/download/ds/tekivi/DC_Voltmeters_Rw2c.pdf
- (3) YPC 例会速報 2014 年 12 月 <http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/ypc/ypc14z.htm>