

その他

学生実験用安定化電源の製作

佐藤 求¹⁾

Making a Regulated DC Power Supply to use in Laboratory Experiments for Students

Motom SATO¹⁾

キーワード：実験器具の製作、電気実験、電子工作、直流安定化電源

1. はじめに

直流安定化電源は商用交流から変圧、整流、平滑化、定電圧化、安定化の工程を経て、一定の（負荷抵抗による変動を抑えた）電圧を作る直流電圧発生装置であり、直流回路の実験はもちろん、交流回路の実験でも動力源として利用価値が高い。

教育施設において電圧固定型の安定化電源は（企業の製品ではなく）教員による手作り品が利用されることが多く、回路図なども良く知られている。しかし、本学においてはこれまで本格的な電気系実験が行われておらず、乾電池で代用するなどされていた。

電気系実験を要する新設学科での必要性から安定化電源を作成したので、その回路図、製作上の注意点、運用例などを報告する。本報告においては新規性はない。

2. 直流安定化電源の要求性能

・安定性

市販の乾電池は消耗品なので、継続使用により内部抵抗が増大するという問題がある。内部抵抗による電圧降下は負荷抵抗接続時にのみ起きるので、テスターによる直接測定では測りづらく、学生実験においては見過ごされる恐れがある。安定化電源は、商用交流から直流電圧を作り、安定化して電圧を供給するので、このような問題が生じない。

・可変性

直流電圧の信号源として利用する場合、当然ながら可変電源であることが好ましいが、回路の動力源として使う場合は可変性は強くは要求されない。むしろ、想定される範囲内で電流の大小に関わらず一定の電圧を供給する安定性こそが望まれる。今回の作例は固定型とした。

・信号源と動力源の区別

受動素子（抵抗、コンデンサー、コイル）で構成された受動回路では、入力「信号」（回路によって何らかの変更を加えられて出力されることが期待されている）は回路を制御する入力であると同時に、回路を作動させる「動力」でもある。一方、増幅回路に代表される能動回路では、入力信号の他に回路を作動させるための動力が必要となる。

しかし、座学での学習時には、動力に関して「十分な動力が供給されているとする」程度の希薄な意識で取り扱うことが多い。また、実験実習時には、入力信号源も動力源も「電源」という呼称で呼ばれることが多い。このため、初学者においては入力信号と動力の混同が起きやすい。入力信号は可変型安定化電源（製品版）、動力源は固定型安定化電源（自作品）と使い分けることで、これらが自然に区別されると期待できる。

・安価であること

商品としての可変安定化電源は数万円程度の値段であり、もちろん、使用に際してそちらの方が便利であるが、例えば差動増幅器の実験などでは2つの信号源

1) 群馬パース大学

と、回路の動力源（正負両方）が必要となり、これらを全て既製品で賄うのは費用の面で得策ではない。今回作成した固定型安定化電源は概ね数千円程度の値段で作成できるので台数の確保が容易である。

3. 回路図、実体配線図

図1、2はそれぞれ三端子レギュレーターを用いた安定化電源キットの回路図および実体配線図である。トランスや三端子レギュレーターが使用されていること、正負の出力に対応した対称構造があることなどが見て取れるが、基板の効率的な使用のため、全波整流用ダイオードブリッジの部分などは、回路図と実体の配置に若干の違いがある。

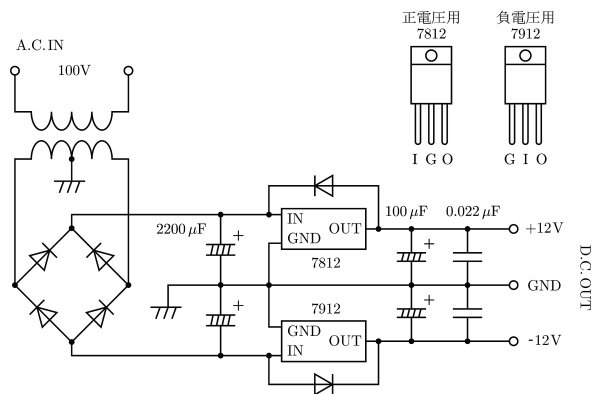


図1 安定化電源回路図
(有)谷岡電子¹⁾「三端子安定化電源回路キット JPS-0162TR, ±12V」の回路に破損防止用ダイオードを追加してある。

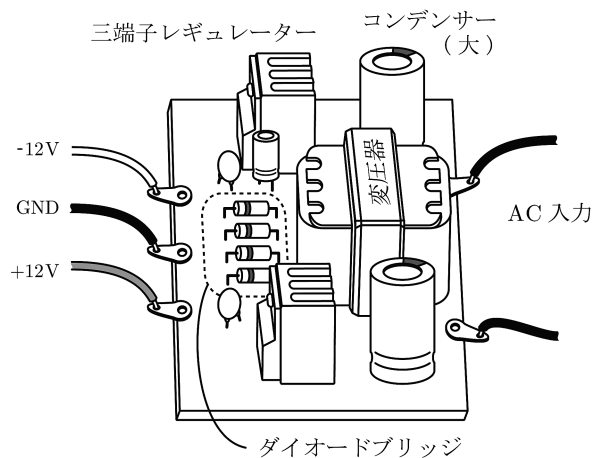


図2 キット版実体配線図
交流から直流への段階的な変化と、部品の並びが完全には対応していない。(キット附属の説明書より改変)

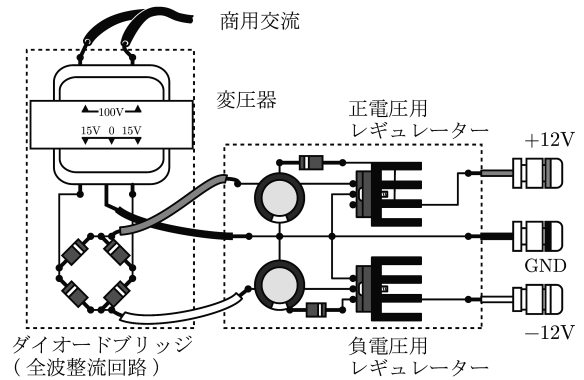


図3 展示用個体の実体配線図
汎用基板上に配線。出力部の2種類のコンデンサーは背面に配線してあるのでここで省略した(実物は透明ケースに入っているので背面も視認可能)。学生実験での使用を考慮し、破損防止用のダイオードが追加されている。

今回、量産型の安定化電源は図2の回路を不透明なアルミケースに入れたものだが、展示用に透明ケースにいった一台では、回路図に近い配線を施した(図3)。

4. 運用例

図4は差動増幅回路の実験(臨床工学科2年次電子工学実習で実施予定)の回路構成である。詳細は省くが、この実習では2つの入力の差が増幅されること、つまり

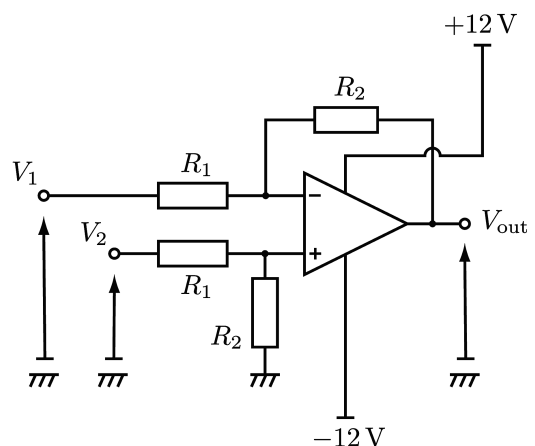


図4 使用例(差動増幅回路)
本来の使用法では入力の変動電圧であるが、学生実験では結果を確認しやすい直流電圧を入力する。この場合、 V_1 、 V_2 、+12V、-12Vの全てが直流安定化電源による供給となり、学習者に無用な混乱を招くことがある。

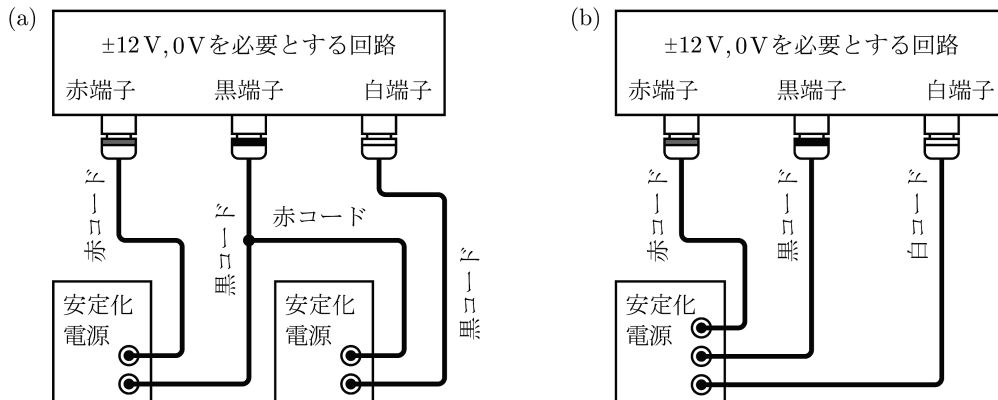


図5 二端子安定化電源と三端子安定化電源

- (a) 正出力のみの二端子型安定化電源を二台使用して±12Vと0Vの供給を行うと、異なる色のコードや端子が接続され視認性が悪くなる。
- (b) 三端子安定化電源では-12V用に白コードを使うので、色と電位の対応が明確になる。

$$V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

であることを、学生達が回路を組んで確認することが求められる。

この際、各実験班毎に4つの電源機器が必要になる。しかも、前述のように、「信号」と「動力」の違いを明確にするためにも異なる機材を使用することが望ましい。

また、正出力のみの安定化電源でマイナス側の動力を供給する際、「あえてプラス端子（赤端子）を0Vライン（黒コード）に接続し、グランド側端子（黒端子）をマイナスライン（白コード）に接続する」という、「電位によるコードの色分け原則」に反した処理をすることになり、これも学生達に混乱を引き起こす要因となる。今回の作例は±12Vを供給するため、配色面での混乱も避けられる（図5）。

5. 作成上の留意点

よく知られた回路なので作業ミス以外での動作不良は考えにくいですが、以下の二点には留意した。

・発振防止用コンデンサの位置

一般に三端子レギュレーターは出力部に発振防止用のコンデンサー（図1の100 μFと0.022 μF）をつける。これは回路図上の位置だけでなく、物理的な実際の位置も三端子レギュレーターに近いほど良いとされていて、半導体素子の個体特性によっては図2の位置1.5cm程度）では発振が起きることもありうる（その

場合は三端子レギュレーターの足に直接ハンダ付けするなどの対応が考えられる）。このため図3の回路ではコンデンサーを背面に設置して位置を調整した。

・破損防止用ダイオードの追加

三端子レギュレーターへの入力電圧は出力電圧より大きい必要がある。例えば図1の正電圧用レギュレーター7812の入力部は+24V、出力部は+12V程度の電位となっているので保護用ダイオードには電流は流れない。しかし、学生実験では回路中に別の電源を併用して繋いだまま、安定化電源のコンセントを抜くような事態も考えられる。この際、三端子レギュレーターに電流が逆流して破損してしまう恐れがあるため、そのような場合にのみ導通して電流を逃がすためのダイオードを追加した。これも良く知られた作法なので新規性はない。

6. 動作チェック

6-1. チェック方法と結果

図6のように負荷抵抗を付けて出力電圧を測定した。

表1はプラス端子出力のみに負荷抵抗を接続した場合の出力結果、表2はマイナス端子出力について同様に測定した結果である。表3は、より大きな負荷として両方の端子出力に負荷抵抗を接続した場合の出力結果である。

6-2. チェックの評価

安定化電源の主要な機能は、直流化だけでなく安定

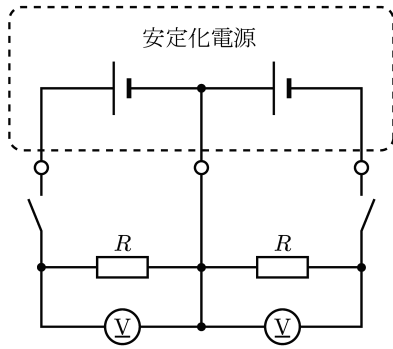


図6 動作確認回路
 負荷抵抗を変えても出力電圧が一定であることを確認する。片側負荷のみの測定では反対側の抵抗は開放しておく。

化もできることである。つまり、大きな負荷抵抗を接続したときに小さな電流を流せるだけでなく、小さな負荷抵抗を接続したときに大きな電流を流せること、その場合も出力電圧が一定であることが要求されている。

表1、2、3いずれにおいても負荷抵抗が100Ωの場合には出力電圧の低下がみられた。これは使用した変圧器が「50mA 上限」のものだったためであると考えられる。むしろ200Ω接続時でも12Vの出力を維持していた（60mA程度の電流を流していた）のは、性能に余裕があるといえる。いずれにせよ、学生実験での使用は、数kΩ程度以上の抵抗を使用し、数mA以下の電流で使用するので問題ない（通常のカーボン被膜抵抗の想定電力は1/4W以下なので、60mA × 12V = 0.72Wでの使用は避けるべきである）。

また、安定時の電圧は理想値の12.00Vに比して1%弱のズレがあったが、これも電気系実験器具としては許容範囲内である。

7. ま と め

学生実験での使用を目的として、信号源との区別がつきやすく、安価で数を増やせる安定化電源を作った。うち一台は配線に工夫し、透明ケースに入れることで視認性の良いものとした。出力電圧、安定性ともに問題のないものができたので、2年次の実験開始時期までに15台程度を量産する見込みである。

表1 負荷をかけた状態での出力1

負荷抵抗 [Ω]	V+ [V]
100	+11.32
200	+12.04
300	+12.04
510	+12.04
1.0k	+12.05
2.0k	+12.05
3.0k	+12.05
5.1k	+12.05
∞ (開放)	+12.05

プラス側出力のみに負荷抵抗を接続した状態での端子電位（マイナス端子は開放状態）。

表2 負荷をかけた状態での出力2

負荷抵抗 [Ω]	V- [V]
100	-11.67
200	-12.07
300	-12.07
510	-12.08
1.0k	-12.08
2.0k	-12.08
3.0k	-12.08
5.1k	-12.08
∞ (開放)	-12.08

マイナス側出力のみに負荷抵抗を接続した状態での端子電位（プラス端子は開放状態）。

表3 負荷をかけた状態での出力3

負荷抵抗 [Ω]	V+ [V]	V- [V]
100	+10.06	-10.47
200	+12.04	-12.08
300	+12.04	-12.08
510	+12.04	-12.08
1.0k	+12.04	-12.08
2.0k	+12.04	-12.08
3.0k	+12.04	-12.08
5.1k	+12.04	-12.08

両方の出力に負荷抵抗を1つずつ接続した状態での端子電位。

8. 利益相反および倫理配慮

本論文に関して利益相反事項および倫理的配慮の必要な問題はない。

9. 謝 辞

展示用には外装の上部を外しておく予定だったところに、全体を透明なケースに入れるアイデアをいた

だいた件について阿部薫先生に感謝します。

10. 参 考

- 1) “TEL 電子キット谷岡電子㈱”.
<http://www.taniokaelectronics.com/>.
(2018. 2 .26)