

続・定電流抵抗器の提案

定電流抵抗器のラインナップを拡大

前回の発表では「定電流抵抗器」と称して電界効果トランジスタ(FET)2SK30A-GRを使用した0.4~4mAレンジの定電流回路を提案しました。

あえて「定電流抵抗器」と名付けたのは、抵抗器と同様の感覚で回路の中に手軽に組み込んで使うというイメージをねらったからです。当然ながらこの回路には極性があり、一方向にしか電流を流すことができないので、どちらかといえば抵抗器というよりダイオードという名称の方がふさわしいのですが、後述するように「定電流ダイオード」という商品が実在するので、混乱を避けるため、また、より身近に感じられるように「定電流抵抗器」としたものです。

さて、前回報告したものは電流値が0.4~4mAの範囲でしたので、用途によっては物足りないかもしれません。そこで、数十mAの電流領域で動作する「定電流抵抗器」を新たに開発しました。

三端子レギュレータ IC を用いた定電流抵抗器

今回使用したのはナショナルセミコンダクタ社の可変三端子レギュレータ IC、LM317T です。三端子レギュレータは普通、定電圧を得るための安定化電源として使用しますが、出力端子（図1のOUT）とアジャストメント端子（図1のADJ）の間の電圧を基準電圧に保つように動作するという

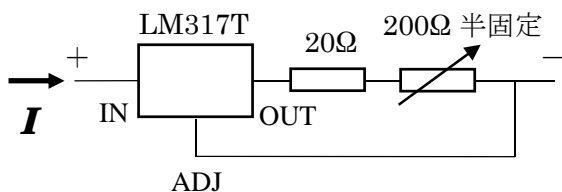


図1 LM317Tによる定電流抵抗器の回路図

特性を利用して定電流を得ることもできます。LM317 シリーズの場合、両端子間の基準電圧は1.25V ですので、これを両端子間にはさんだ抵抗値で割った値がこの抵抗を流れる電流となります。ADJ 端子はほとんど電流を吸い込みませんから、この電流がそのまま出力電流となります。

LM317T は放熱をしっかりとすれば 1A 以上の出力に耐えますが、理科実験で使用する場面として、コンデンサーの充放電実験や LED 点灯用の制限抵抗としての用途に限れば、最大 60mA をカバーすれば十分と考え、コストダウンと小型化のため放熱器は省略しました。放熱器を用いない場合、60mA を越えると発熱により電流特性が低下します。最大電流は図1の20Ωの保護抵抗で制限されていますから、放熱の対策を施せばこの保護抵抗を小さくすることで電流の上限を増やすことは可能です。

容器は前回にならって百円玉用のコインケースとしました。実装の状態を図2に、電流特性の測定結果を図3に示します。3V以上の広い電圧範囲で安定した動作をしていることがわかります。レギュレータ IC の動作に最低限必要な入出力間の電位差をドロップアウト電圧といいますが、LM317 シリーズはこれが小さいのが特徴で、電池



図2 実装状態

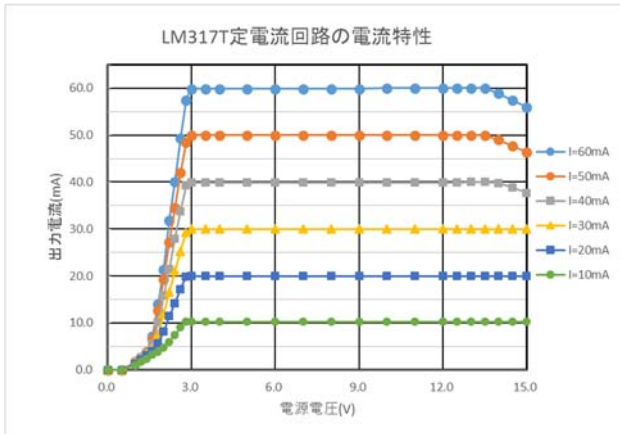


図3 LM317T 定電流回路の電流特性を電源とした動作などに向いています。今回 LM317T を採用したのはドロップアウト電圧が極めて小さくて、低電圧側での特性が優れていることが主な理由です。

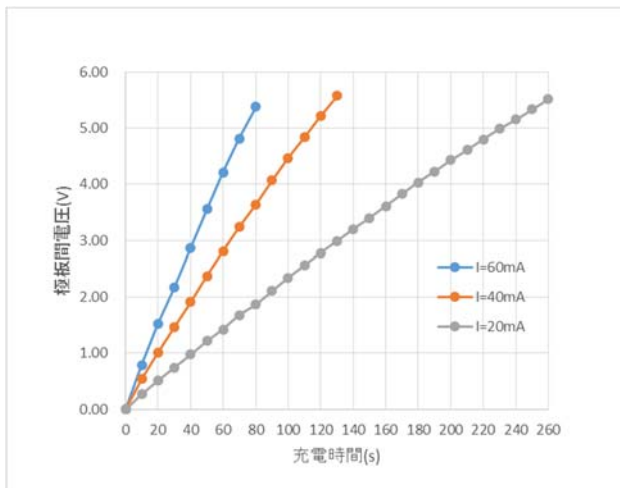


図4 コンデンサの充電曲線 (1F、2.5Ω)

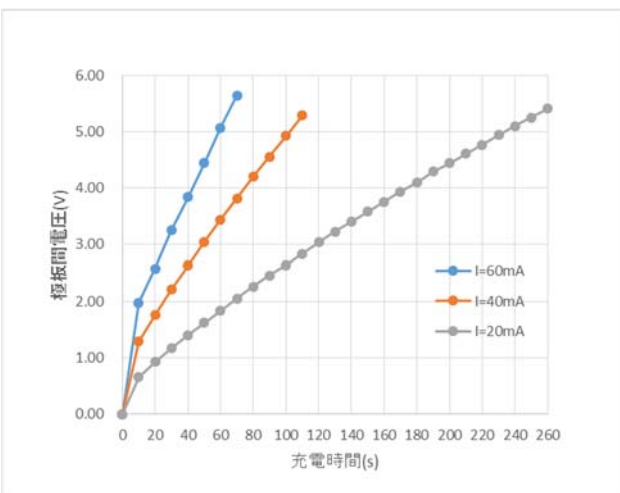


図5 コンデンサの充電曲線 (1F、25Ω)

定電流抵抗器の使い分け

ところで、大は小を兼ねるか、今回開発した装置があれば、前回紹介した 0.4~4mA タイプの装置は不要なのかを評価してみましょう。電気容量が約 1F の電気二重層コンデンサの充電実験を例にとります。

図4と図5は、ともに LM317T を使用した定電流抵抗器でそれぞれ約 1F のコンデンサを 20mA、40mA、60mA の電流で充電したときのグラフです。両者の違いは測定開始直後の立ち上がりの部分に顕著に表れています。これは、コンデンサ自身の内部抵抗による電圧降下を反映しています。図4の試料の内部抵抗は約 2.5Ω、図5の試料では 25Ω です。このように、充電電流が大きいと内部抵抗の効果が無視できなくなってきます。

測定用試料として内部抵抗が小さい大型のコンデンサが手元にある場合は、数十 mA の大きな電流で短時間に測定することが可能です (図4)。内部抵抗が大きい (安い) 電気二重層コンデンサを試料とする場合は充電電流を数 mA 程度にとどめれば内部抵抗の効果をほぼ無視できます (図6)。

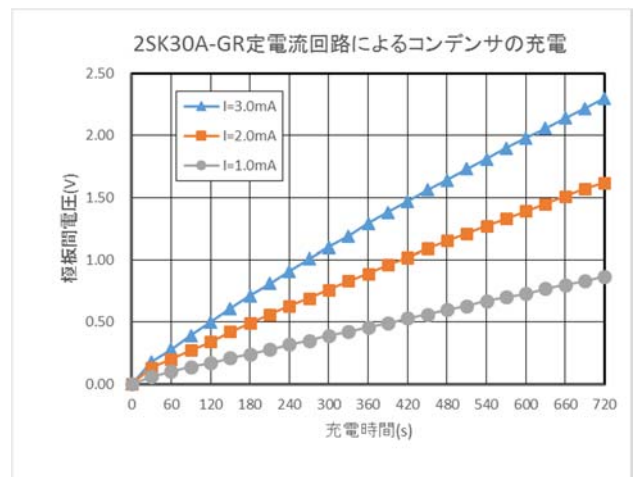


図6 コンデンサの充電曲線 (1F、25Ω)

この定電流抵抗器を LED の制限抵抗として使うこともできます。LED は最適な動作電流があり、あまり大きな電流を流すと発熱により破損します。通常は 10~20mA で動作させるのですが、電源電圧によって制限抵抗 (LED の保護のために直列に接

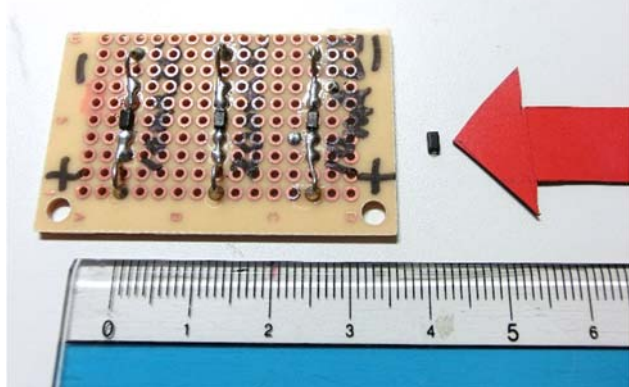
続する抵抗)を交換するのは面倒です。そんなとき、今回ご紹介した「定電流抵抗器」を10~20mAに調整して、LEDに直列接続しておけば、電源電圧を気にすることなく安心して、しかも一定の光量でLEDを光らせることができます。

定電流デバイスあれこれ

LM317Tに行き着くまでの間に、いろいろな定電流デバイスを検討しました。LED照明の急速な普及でLEDの電流制限回路の需要が急増しているため、定電流デバイスが多種類、安価に供給されています。今回は不採用としたものの、別の用途には使えるかもしれないのでついでにご紹介しておきます。

今回テストしたのはナショナルセミコンダクタ社の定電流IC、NSI50010YT1G(10mAタイプ)とNSI45020AT1G(20mAタイプ)および、SEMITEC社の定電流ダイオードS-103T(10mA)です。いずれも図7のような小さなチップで供給されていて、取り扱いもハンダ付けも大変です。

図7 小さなICチップ(矢印の先)



電流値はいずれも固定で、制御できません。LEDと直列になるように回路に組み込むだけです。

電流特性を測定してみると図8のようになります。いずれも、電流の一定性はいまひとつで、低電圧側の立ち上がりもよくありません。電流値は制御できないのですが、公称値からのずれもかなりあって不満足な結果でした。今回目的としているような定量的な測定には使えないと判断しました。

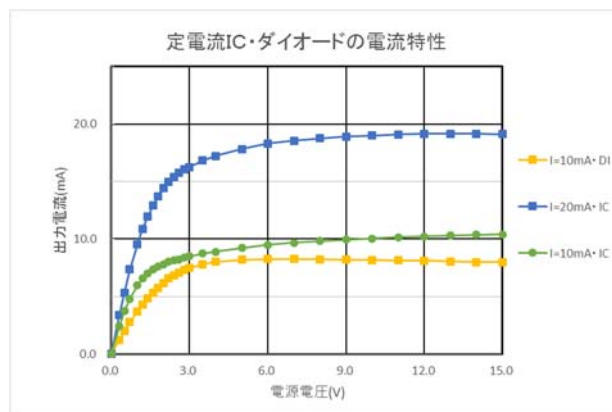


図8 定電流IC・定電流ダイオードの電流特性

キット化の計画

結論として、このプロジェクトではAタイプ(2SK30A-GR使用、0.4~4mA用)とBタイプ(LM317T使用、6~60mA用)の二つの「定電流抵抗器」を提案することにしました。「10個買える値段、10個作れる簡易さ」を目標に開発を行ってきましたが、A、B両タイプともパーツを100個単位で大量購入すれば、材料費を1個300円程度に抑えられそうです。現在、10個組みキットなどの形で材料セットの提供を計画しています。下記URLに最新情報を載せますのでご参照ください。

http://ypc.fan.cocan.jp/ypc/constant_current.htm

製作には、簡単なハンダ付けの技術が必要です。工具として、20W電子工作用ハンダごてと糸ハンダ、カッターナイフ、ニッパ、ラジオペンチ、グルーガンとグルースティック(いわゆるホットボンド)が必要になりますが、いずれも百円ショップダイソーで入手できます。測定環境としてはデジタルマルチメータ(テスター)があれば十分です。

参考文献

- 1) 安田明「電気二重層コンデンサーを用いた実験」昭和58年度(第15回)東レ理科教育賞受賞作品集
- 2) 東芝:電界効果トランジスタ2SK30ATMデータシート
- 3) ナショナルセミコンダクタ:可変型三端子レギュレータLM317データシート
- 4) ONセミコンダクタ:定電流IC NSI50010YT1Gデータシート
- 5) ONセミコンダクタ:定電流IC NSI45020AT1Gデータシート