

第2章 安価でシンプルな回路方式の実力チェック

その①…いちばんカンタンな充電! リニア・レギュレータ回路

鵜野 将年 Masatoshi Uno

身近なリチウム・イオン電池の応用例といえばスマートフォンやノート・パソコンが代表格ですが、近年ではワイヤレス・イヤホンやワイヤレス・マウスなどの小電力のワイヤレス機器にもリチウム・イオン電池が用いられるようになりました。充電電力が数W程度以下の小容量の充電器では、コストと簡素性に優れたリニア・レギュレータが用いられます。本章では、小容量充電器として汎用的に用いられているリニア・レギュレータ・タイプの充電器について、実製品での実験結果をまじえて解説します。

いちばんカンタンな充電! リニア・レギュレータ回路おさらい

リニア・レギュレータは自作電子回路には欠かすことのできない電源回路なので、動作原理については説明するまでもないかもしれませんが(動作原理を把握している読者は本節を読み飛ばしてください)。

● リニア・レギュレータの考え方

リニア・レギュレータの概念構成を図1に示します。入力(電源)と出力(電池)の間に直列にトランジスタが挿入されます。抵抗分圧で計測した電圧(図1は出力電圧 V_{bat} のケース)と基準電圧 V_{ref} を比較して、これらが一致するようにトランジスタを線形領域で駆動し、トランジスタを可変抵抗のように動作させます。可変抵抗としてふるまうトランジスタのコレクタ-エミッタ間電圧(FETの場合はドレイン-ソース電圧)を調節して、電池の充電制御を行います。

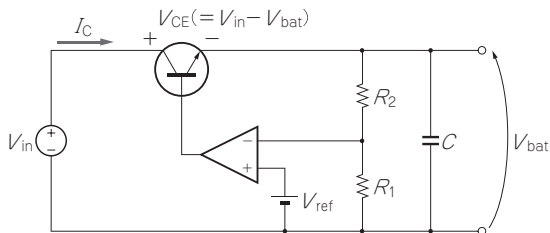


図1 リニア・レギュレータの概念構成

電池に対する充電電流は、コレクタ電流 I_C に相当し(ベース電流は十分に小さいものとして無視)、コレクタ-エミッタ間電圧 V_{CE} は入力電圧 V_{in} と出力電圧(電池電圧 V_{bat})で一義的に決まるため、 $(V_{in} - V_{bat}) \times I_C$ の損失が必ず発生します。つまり、入出力の電圧差と充電電流に比例して損失が大きくなります。

● 充電の効率

リニア・レギュレータ・タイプ充電器の効率 η は、次式で表されます。

$$\eta = \frac{V_{bat} I_C}{V_{in} I_C} = \frac{V_{bat}}{V_{in}} \dots \dots \dots (1)$$

リニア・レギュレータでは入力電流と出力電流はともに I_C なので、効率は単純に入出力電圧の比で決定されます。単セルのリチウム・イオン電池の電圧範囲は3~4.2V程度なので、5VのUSBを入力電源とする充電器では、効率は60~84%となります。

リニア・レギュレータ・タイプの充電器では、トランジスタが可変抵抗としてふるまうという性質上、電池電圧 V_{bat} は入力電圧 V_{in} よりも必ず低くなります。つまり、降圧回路として動作します。LDO(Low Dropout)のリニア・レギュレータであっても、 V_{CE} は最低でも数百mV以上でないと適切に動作しません。

リニア・レギュレータ・タイプは「発熱」に注意

● 1セル充電でヒートシンクなしは1A程度が限界

リニア・レギュレータは損失がある回路なので、発熱は避けられません。前述のとおり、リニア・レギュレータにおける損失は、入出力電圧差と電流に比例します。電源電圧が5V、電池電圧が3.6V、充電電流が1.0Aの場合、1.4Wもの発熱となります。回路自体は部品点数が少なくシンプルですが、動作時における発熱をヒートシンクで処理するとなると回路が大型化してしまいます。単セル用充電器として、ヒートシンクなしで扱える充電電流は1A程度が限界です。

電源電圧5Vのリニア・レギュレータ充電器で、1.0A