



4 LDOレギュレータ

～高効率な電源を作る～

馬場 清太郎
Seitaro Baba

前回は、シリーズ・レギュレータの定番である3端子レギュレータICを解説しました。3端子レギュレータICを使うと簡単に高性能な電源を作れますが、使用条件によっては損失が大きいという欠点があります。今回は、損失を小さくできるLDOレギュレータを取り上げます。

ICを使って電源回路を作るとき、簡単に製作できるからと手を抜くと、壊れやすい不安定な電源ができてしまいます。安定で壊れにくい電源を作るために、シリーズ・レギュレータICの使用上の注意事項を解説します。

LDOレギュレータは 入出力の電圧差が小さくても動く

3端子レギュレータは、回路が簡単で発生ノイズがほとんどなく、必要な部品点数が少ない高信頼性の電源を作るには欠かせないICです。唯一の欠点は損失が大きいことです。そこで、必要な入出力電圧差を小さくして、損失(=入出力電圧差×出力電流)の小さいシリーズ・レギュレータを構成できるように作られたのが、LDO(Low DropOut:低電圧降下)と呼ばれる低損失型レギュレータです。

● LDOレギュレータの特徴

標準型3端子レギュレータの入出力電圧差2.5V(負出力で2.0V)以上という制約を、回路の工夫により約0.5V以下にしたのがLDOレギュレータで、高効率レギュレータとも言われています。LDOレギュレータは1980年頃、ナショナル・セミコンダクター社が最初に商品化しました。LDOレギュレータには3端子のものもありますが、ON/OFF制御端子の付いた4端子以上のものが最近ではよく使われています。このICの特徴を挙げると次のようになります。

- (1) 出力電圧は固定で1.5V～5Vのものが多い
- (2) 出力電圧精度は定格値の±1%以内のものが多い
- (3) 出力電流は100mA～1Aのものが多い
- (4) 入力電圧は出力電圧よりも0.5V以上(保証値)必要なものが多い
- (5) 各種保護回路(過熱保護、過電流保護)を内蔵しており壊れにくく使いやすい
- (6) 出力に付けるコンデンサによっては発振することもある

選択に困るほどの多数の品種があり、製造メーカーも国内/国外に多数あります。メーカーのカタログを見ると、あまりに品揃えが多くてびっくりします。その理由としては、LDOの用途が小型携帯機器に多いため、外付け部品を少なくして基板面積を最小化させることが重要で、負荷となるICなどの電源仕様に応じて多くのデバイスが作られているからです。

● LDOレギュレータの動作原理

LDOレギュレータの簡略化した内部ブロック図を図4-1に示します。LDOレギュレータは、OPアンプ(誤差増幅器)、基準電圧、エミッタ接地のPNPパワー・トランジスタと各種保護回路で構成されています。

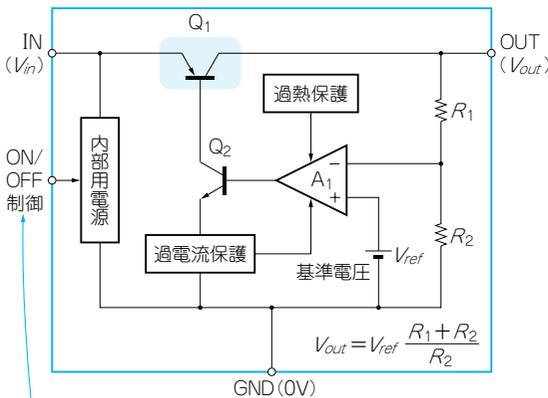
標準型3端子レギュレータよりも入出力電圧差が低くても動く理由を、出力段だけ取り出した図4-2で考えてみます。

標準型3端子レギュレータNJM7800の出力段は、2段ダーリントン接続のエミッタ・フォロワで、過電流検出用抵抗が直列に接続されています[図4-2(a)]。エミッタ・フォロワ駆動用の電流源が必要で、この部分の電圧降下がNJM7900[図4-2(b)]よりも余分ですから、もっとも入出力電圧差が大きくなります。

NJM7900の出力段は、2段ダーリントンのエミッタ接地回路ですが、駆動用の電流源はグラウンドに接続

Keywords

入出力電圧差, エミッタ・フォロワ, コレクタ接地, エミッタ接地, ベース接地, 保護ダイオード, NJM2396F, NJU7781, PQ7DV10, BD3560F, LTC3026



LDOには、ON/OFF制御端子の付いたものが多い

図4-1 LDOレギュレータの内部構成

されていますから、この部分の電圧降下は無視できて、NJM7800よりも入出力電圧差は小さくなります。

LDOレギュレータの出力段はPNPトランジスタ1

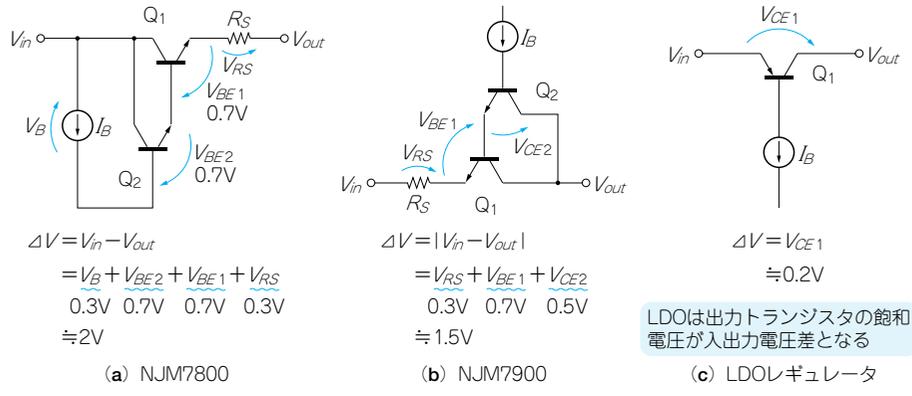
個で構成されています [図4-2(c)]. そのため、最低入出力電圧差はこのトランジスタのON電圧 $V_{CE(sat)}$ に近くなり、もっとも入出力電圧差が小さくなります。過電流検出を直列抵抗で行うICもありますが、この部分の電圧降下を避けるためにベース電流 I_B で行うICもあります。

● LDOレギュレータの仕様例

多種のLDOレギュレータのなかから仕様の一例を表4-1に示します。図4-3の内部ブロック図に示すように、すべて出力のON/OFF機能をもっています。

図4-3(a)のNJM2396Fは、 μ A7800と同様に出力電流最大値が1.5 A、TO-220フルモールド外形(4端子)です。後述の比較実験に使用します。

図4-3(b)のNJU7781は、CMOS ICで、出力にセラミック・コンデンサ1 μ Fを接続したときに安定に動作し、出力放電スイッチ付きですからOFF時の応答が高速です。



LDOは出力トランジスタの飽和電圧が入出力電圧差となる

図4-2 出力段の構成と動作に必要な入出力間電圧差 ΔV

表4-1 代表的なLDOレギュレータの主な定格と仕様

| 型名 | 最大定格 | | | 熱抵抗 θ_{jc} | 最大出力電流 | 消費電流 | 出力電圧誤差 | メーカー |
|----------|------|-------------|--------|-------------------|--------|-------------|------------------------|-----------|
| | 入力電圧 | 動作温度 | 消費電力 | | | | | |
| NJM2396F | 35 V | -40 ~ 85°C | 18 W | 5.6°C/W | 1.5 A | 5 mA | 3.3 ~ 12 V / $\pm 4\%$ | 新日本無線 |
| NJU7781 | 10 V | -40 ~ 85°C | 350 mW | - | 300 mA | 40 μ A | 1.5 ~ 5 V / $\pm 1\%$ | 新日本無線 |
| PQ7DV10 | 10 V | -20 ~ 80°C | 60 W | 2°C/W | 10 A | 17 mA | 1.5 ~ 7 V 可変 | シャープ |
| BD3560F | 7 V | -10 ~ 100°C | 690 mW | - | 2.5 A | 1.4 mA | 0.65 ~ 2.5 V 可変 | ローム |
| LTC3026 | 6 V | -40 ~ 125°C | - | - | 1.5 A | 200 μ A | 0.4 ~ 2.6 V 可変 | リニアテクノロジー |

(a) 主な定格

| 型名 | 入出力コンデンサ [μ F] | | レギュレーション | | 入出力電圧差 | | | 付加機能 |
|----------|---------------------|-----------|------------------|--------------------|--------|--------|--------|----------------|
| | 入力 | 出力 | ライン | ロード | 標準 | 最大 | 出力電流 | |
| NJM2396F | 0.33 | 22 | $\pm 0.16\%$ / V | $\pm 1.4\%$ / A | 0.2 V | 0.5 V | 0.5 A | ON/OFF |
| NJU7781 | 0.1 | 1.0 セラミック | $\pm 0.1\%$ / V | $\pm 0.015\%$ / mA | 0.15 V | 0.22 V | 150 mA | ON/OFF, 放電 |
| PQ7DV10 | 0.33 | 47 | $\pm 2\%$ | $\pm 2.5\%$ | - | 500 mV | 10 A | ON/OFF |
| BD3560F | 10 | 100 | $\pm 0.5\%$ / V | 10 mV | 0.12 V | 0.2 V | 1 A | ON/OFF, 放電 |
| LTC3026 | 0.1 ~ 4.7 | 5 以上 | - | - | 0.10 V | 0.25 V | 1.5 A | ON/OFF, 放電, 昇圧 |

(b) 主な仕様