



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。

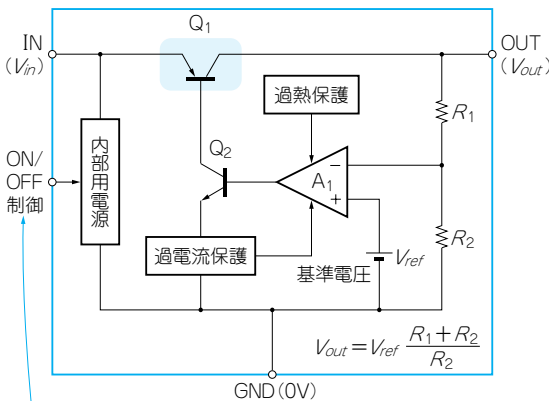
標準型3端子レギュレータよりも入出力電圧差が低くても動く理由を、出力段だけ取り出した図4-2で考えてみます。

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

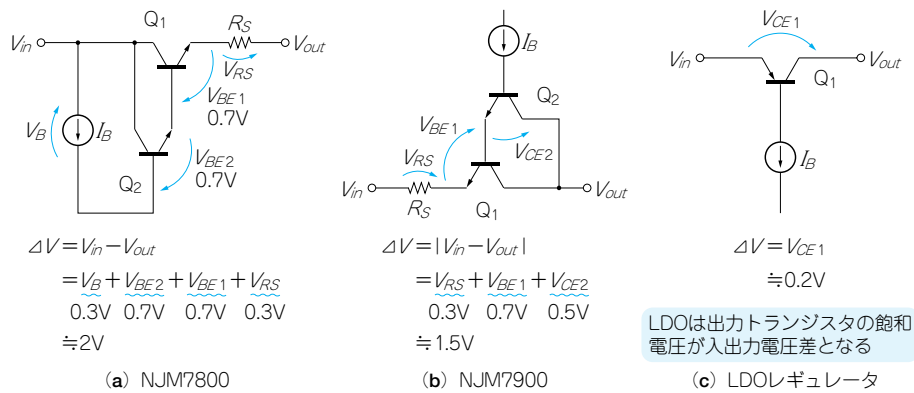
個で構成されています [図4-2(c)]. そのため、最低入出力電圧差はこのトランジスタのON電圧 $V_{CE(sat)}$ に近くなり、もっとも入出力電圧差が小さくなります。過電流検出を直列抵抗で行うICもありますが、この部分の電圧降下を避けるためにベース電流 I_B で行うICもあります。

● 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