

## リニアレギュレータシリーズ

## リニアレギュレータのスペック

No. 15020JAY18

リニアレギュレータのデータシートには、スペック(規格)表があり、その中には出力電圧値とその精度などが示されています。他に、最大定格、動作条件、特性グラフといった非常に重要な情報が記載されています。

絶対最大定格は、一瞬たりとも超えてはいけな値と定義されています。中には短絡時間など時間の概念をもった項目がありますが、基本的にはいかなる場合でも超えてはならず、もちろんその値に $\pm 10\%$ のような許容差はありません。絶対最大定格を超えたらどうなるのか、どのくらいのマージンをもっているのかといった質問を受けることがあります(興味としてはありなかもしれませんが)、絶対最大定格の主旨を考えると論点とならず、使用上での最大値が最大定格を超えないようにする、もしくはそれを許容できる最大定格のものを使用することを検討すべきです。

スペック値を保証する条件、例えば印加電圧や温度などの確認は重要です。実使用条件とスペックの規定条件は必ずしも一致しません。代表的な例として  $T_a=25^\circ\text{C}$  という条件があれば、その保証値はあくまで  $T_a=25^\circ\text{C}$  での値です。ところが、実使用において  $T_a=25^\circ\text{C}$  一定の条件など恒温槽の中以外ではありえません。したがって、スペック値を見るときは、1つの条件における値

なのか、ある範囲、例えば動作保証温度における値なのかを必ず確認して、実使用条件および設計機器の動作条件に近い条件での値を確認する必要があります。これには、補完する参考データグラフが役立つことが多いです。

最後に、スペック値には最小値(Min)、最大値(Max)、代表値(Typ)の何れか、またはすべての記載があります。この中で保証されるのはあくまで最小値と最大値です。代表値(Typ)は特性分布や統計的手法から、「おおよそはこのくらいの値」という意味合いの値です。基本的にはスペック値をもとに設計をするわけですが、一体どの値を使って設計すればよいのでしょうか。おおよそは代表値でということになるのでしょうか、原則論を言えば最悪条件になる値にて設計するということとなります。ここは設計者のノウハウ、経験によるところです。

ここでは、リニアレギュレータのスペックの中から、代表的な項目について説明します。もちろん、他のスペックは無視して良いわけではありません。リニアレギュレータに限りませんが、データシートをよく読むことは、設計者にとって非常に重要です。

## 内容

1. 入力電源電圧範囲 .....	2
2. 出力電圧範囲 .....	2
3. 出力電圧精度 .....	2
4. 出力電流 .....	3
5. 入出力電圧差 .....	3
6. 過渡応答特性 .....	4
7. リプル除去比 .....	5
8. 回路電流 .....	6
9. EN 端子(CTL、STBY 端子) .....	6
10. 入力安定度 .....	7
11. 負荷安定度 .....	7
12. 出力ディスチャージ .....	7
13. ソフトスタート .....	8
14. 入力コンデンサ .....	8
15. 出力コンデンサ .....	8
16. 許容損失 .....	9
17. 過電流保護 .....	9
18. 過熱保護 .....	10

## 1. 入力電源電圧範囲

入力電源電圧範囲は、2つの値を確認します。絶対最大定格に示されている範囲は、「入力可能」という意味で、ここまでは印加しても良い、という範囲なので、この範囲で正常動作するという意味ではありません。定常ではない電圧を想定し、それがこの範囲にあることを確認します。

絶対最大定格とは別に、推奨入力範囲や動作入力範囲という項目がありますので、それを目安にします。

Figure 1 は、入力範囲、出力範囲、そして入出力電圧差の関係を示しています。有効な入力範囲は、「出力電圧 + 入出力電圧差以上から最大入力電圧まで」となります。リニアレギュレータは降圧しかできないので、「出力電圧 + 入出力電圧差」以下の電圧を入力しても動作できません。この電圧以下が入力されるとどうなるかは IC の回路構成によって違うのですが、多くは「入力電圧 - 入出力電圧差」くらいの電圧が現れます。しかし、安定化しているかどうかは保証の限りではありません。さらに入力が低下すると、あるところで突然 0V ぐらいに落ちてしまうのが一般的です。Figure 1 の関係を理解して入出力条件を設定することが重要な点です。

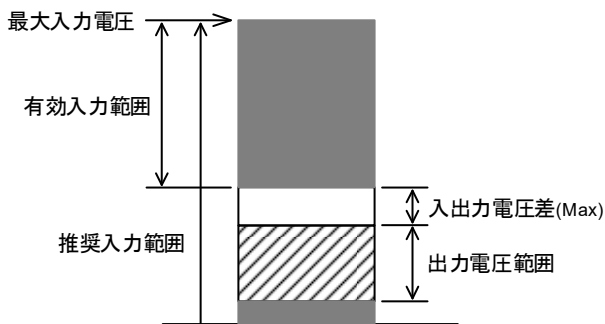


Figure 1 入出力電圧の関係

## 2. 出力電圧範囲

出力電圧範囲は、出力可変タイプのためのスペックで、5V 出力のような固定タイプのものにはありません。出力電圧範囲とは、可変対応タイプにおいて出力電圧として設定できる電圧範囲になります。

出力電圧範囲としては、基本的に可変タイプが設定できる最低電圧は出力基準電圧になります。IC によっては、保護回路など他の回路ブロックの動作制限により基準電圧よりも高い電圧を最低出力電圧にしているものもあります。出力基準電圧とはエラーアンプ入力に接続されている比較用の基準電圧( $V_{REF}$ )のことです。動作回路から、比較する基準電圧( $V_{REF}$ )より低い電圧を安定化することができないことがわかつてきます(Figure 2)。

基準電圧は IC の一部分なので外部から変更することはできません。CMOS 系のリニアレギュレータでは 0.8V 前後、バイポーラ系では 1.2V 前後の基準電圧が使われることが一般的かと思います。ここで、気をつけなければならないのは、例えば 1V 出力が必要なのに、1.2V の基準電圧のものを選んではいけないということです。

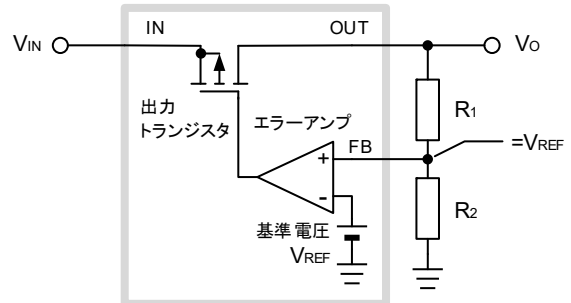


Figure 2 内部回路の概要

出力電圧範囲に話を戻しますと、最低電圧は基準電圧で、最大電圧は最大入力電圧 - 入出力電圧差になります(Figure 1)。

入出力条件は、上記の関係に基づき計算で求めることができます。ただし、損失電力によって制限されることがあります。ジャンクション温度の絶対最大定格を超えないように熱計算をして、入力電圧、出力電圧、出力電流、周囲温度の条件によってトレードオフが必要になる場合があります。

## 3. 出力電圧精度

出力電圧精度は、固定出力タイプの出力電圧の許容誤差になります。昔は $\pm 5\%$ が標準的なものでしたが、最近では $\pm 1\%$ といった高精度のものも数多くあります。出力電圧精度は、温度や出力電流と密接な関係があります。

可変タイプに関しては、基準電圧  $V_{REF}$  の精度が該当します。これが IC 自体の精度になります。可変タイプの出力電圧は、外付けの抵抗で設定されます。したがって、可変タイプの出力精度は、基準電圧の精度に出力設定抵抗の許容差を加味したものになります。

出力設定抵抗の値は、データシートに設定範囲がある場合はそれに従います。バイポーラ型リニアレギュレータの場合はフィードバック端子にエラーアンプの流入電流が存在します。抵抗値が大きすぎると、この電流によって電圧降下が発生し、出力電圧に誤差が生じます。逆に小さすぎると電圧誤差は小さくなりますが、IC 起動時の電流能力が小さくなり、正常にフィードバックがかからず起動しなくなります。

### 4. 出力電流

出力電流のスペックは、出力できる電流の範囲が規定されています。データシートによっては最大値しか規定されていない場合もあります。最大値は、「この電流値まで出力可能です」という意味ですので、実際にはそれ以上の電流が流れます。示されている値で電流制限がかかるものと勘違いをして負荷を壊してしまった、という例がありますので注意が必要です。制限値は別項目に過電流保護検出電流がある場合や、特性グラフを参考にします。この電流値がわかれば、最悪条件での対処を決めるのに役立ちます。

さて、保証された出力電流を常に利用できるかという話ですが、入出力条件、周囲温度条件との兼ね合いでジャンクション温度の絶対最大定格により制限を受けます。リニアレギュレータにとって熱計算は常に必要で、重要な管理項目のひとつです。

### 5. 入出力電圧差

入出力電圧差は、リニアレギュレータが安定化動作をするために必要な入力電圧と出力電圧の差で、ドロップアウト電圧とも呼びます。入力電圧が出力電圧に近づいてくると安定化動作が維持できなくなり、出力は入力に比例するように降下します。この状態に入る電圧、つまり、安定化動作に必要な入力電圧と出力電圧の差のことを入出力電圧差と呼びます (Figure 3)。測定条件として  $V_{IN}=V_O \times 0.95$  という記載がある場合がありますが、これを見ると入力電圧が出力電圧よりも低い設定になっています。これでは正しく IC が動作しないのではないかと思います。ここでは出力トランジスタの入出力電圧差のみに着目して測定しているため、Figure 3 のように出力が入力に比例するように降下した点で測定しているという意味になります。もちろんこのときの出力電圧は安定化動作していません。

入出力電圧と入出力電圧差の関係を前述の Figure 1 に示します。入出力電圧差は IC の回路構成によって異なります。標準型に比べ入出力電圧差が低いのが LDO です。単純な関係として、入出力電圧差が低ければ低いほど、出力電圧に近い入力電圧で動作できます。これは、入力電圧が変動するバッテリー駆動のアプリケーションでは重要なスペックになってきます。逆に 12V から 5V を作るアプリケーションでは、入出力電圧差は重要ではありません。

Figure 4 と Figure 5 のグラフは、入出力電圧差と出力電流、そして温度との関係を示しています。見ての通りで、温度や出力電流に対してそれなりに変動するパラメータであるといえます。常温のスペックでぎりぎりに設計すると、高温で動かないということになりかねません。ドロップアウト電圧に限りませんが、特性グラフは非常に重要な情報を提供しています。入出力電圧差の測定回路を Figure 6 に示します。

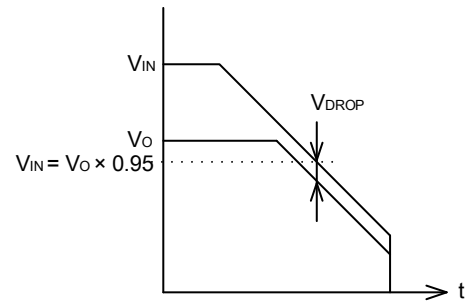


Figure 3 入出力電圧差

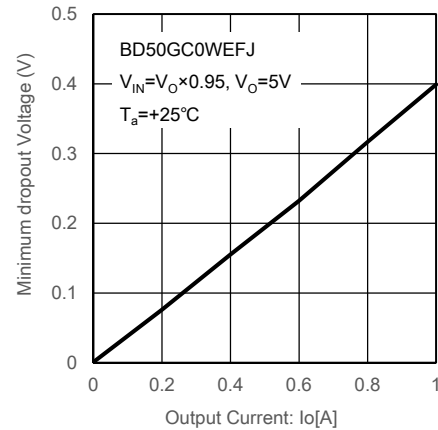


Figure 4 入出力電圧差 – 出力電流

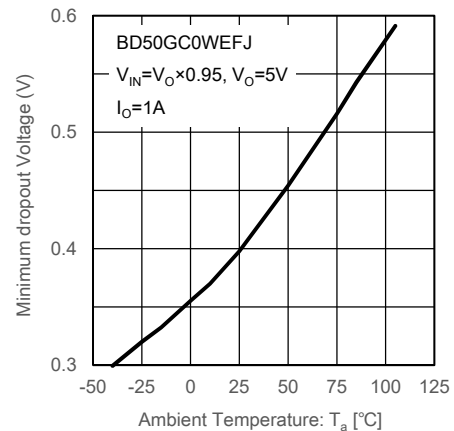


Figure 5 入出力電圧差 – 周囲温度

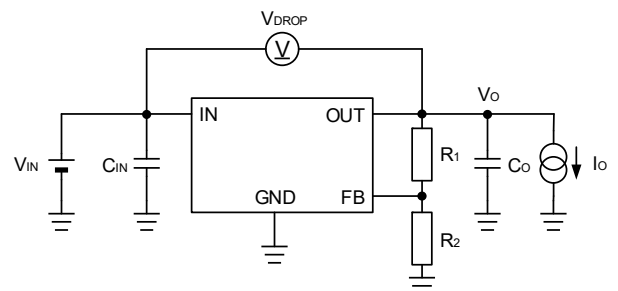


Figure 6 入出力電圧差の測定回路

6. 過渡応答特性

過渡応答特性は、Figure 7 に示すように負荷電流の変動により出力電圧が変動した場合、リニアレギュレータは出力電圧を設定された電圧値に戻そうとします。この出力電圧の変動から元に戻るまでの時間を過渡応答特性と呼んでいます。厳密には負荷過渡応答特性です。定常状態での負荷の増減による出力電圧の変動(シフト)を負荷安定度で表しますが、これとは分けて考えます。

レギュレータは安定化動作をしていますが、レギュレータに関わらずどんなものでも状態の変化を受けてからそれに対応するまでにはある程度の時間を必要とします。出力の負荷変動が非常に速い場合、リニアレギュレータの帰還(安定化)ループの応答が追い付かず、負荷電流が急激に増えた場合は出力電圧が下がり、急激に減った場合は上がるという現象が現れます(Figure 8)。一般的なリニアレギュレータは Figure 2 のような回路構成になっています。負荷電流が急激に増えた場合は、エラーアンプの誤差電圧が出力トランジスタを駆動し入力から出力へ電流を供給するため、出力電圧の低下は急速に回復できます。一方、負荷電流が急激に減った場合は、エラーアンプの誤差電圧は出力トランジスタをオフするだけで、持ち上がった出力電圧は放電経路が負荷電流しかないため、負荷電流が小さい場合はゆっくり降下します。DDR メモリや CPU 用に開発された超低飽和(Ultra-LDO)リニアレギュレータは、シンク方向の出力トランジスタも内蔵しているため双方向に高速過渡応答が得られます。

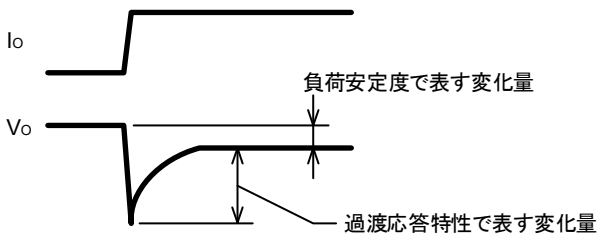


Figure 7 過渡応答特性

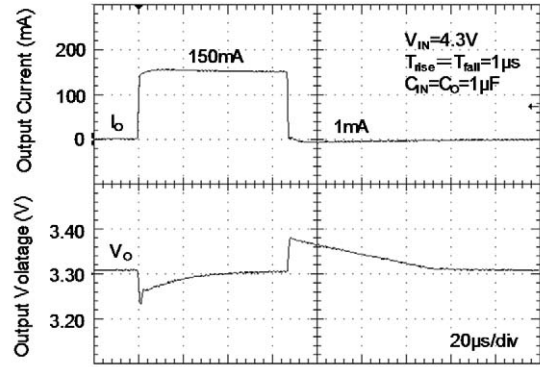


Figure 8 実際の過渡応答波形

過渡応答特性の測定回路を Figure 9 に示します。2 種類の負荷抵抗を準備しトランジスタで高速に電流値を切り替えます。負荷装置がある場合は、負荷の種類を CR モードに設定し、時分割で負荷を切り替え測定します。出力電流は電流プローブで、出力電圧は電圧プローブでモニタします。

負荷電流が急激に変わるアプリケーションでは過渡応答特性は重要な特性です。負荷変動によって出力電圧が大きく変動した時にその回復が遅ければ、回路にリセットがかかったり、データにエラーが生じたりする不具合を起こすかもしれません。こういった不具合を最小限にするためには、過渡応答特性の良いリニアレギュレータを選ぶ必要があります。スイッチングレギュレータも同じように過渡応答特性をもっていますが、リニアレギュレータの過渡応答特性は連続的にループ制御をしていることから比較的高速です。

ところが、過渡応答特性は、ほとんどの場合スペックとして保証されていません。これは出力容量や配線インダクタンスの影響を受けるため、一概に規定値を決めることができないのが理由です。標準的な回路例の特性がグラフに示されていることがあるので、その場合はそれを参考値とします。上述のように、PCB レイアウトによっても特性は異なりますので、最終的には実機にて実測することをお勧めします。

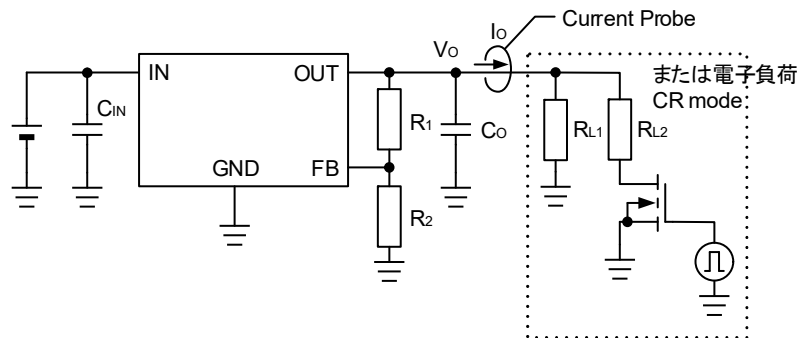


Figure 9 過渡応答特性の測定回路

### 7. リップル除去比

リップル除去比は、入力のリップル電圧を出力でどのくらい除去できるかというスペックで、PSRR や入力電圧リップル除去率などいくつか呼び名がありますが、意味するところは同じです。リップル除去比は dB で表すことが多く、例えば 60dB であれば、入力のリップルが 1/1000 に除去されることになります。100mV のリップルだと 0.1mV になります。

$$\text{リップル除去比} = 20 \times \log \frac{\text{出力リップル電圧}}{\text{入力リップル電圧}} \quad [dB]$$

リップル除去比は、入力のリップルが大きい場合に重要になります。最近ではスイッチングレギュレータが多くなり、ノイズを嫌うアプリケーションでも効率などの観点からスイッチングレギュレータを使うようになりました。しかし、S/N を妥協できないアプリケーションでは、スイッチングレギュレータの出力に乗っているスイッチングノイズ(リップル)を除去するために、リニアレギュレータのリップル除去機能を利用することがあります。確かに有効な方法の一つですが、入力のリップル周波数とリップル除去比の周波数特性をよく検討する必要があります。一般に、リップル除去性能は周波数が高くなると低下します。したがって、リップル周波数が高い場合には、あまり効果が得られないことがあります。

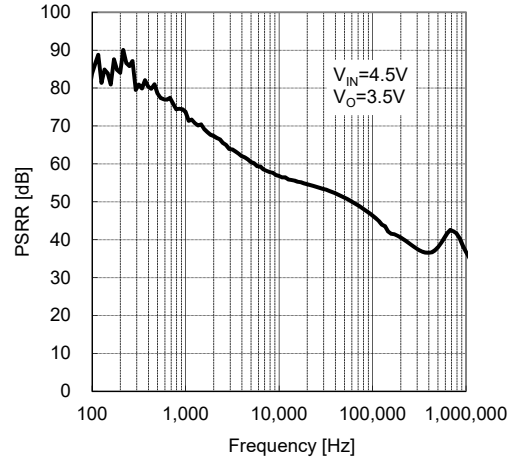


Figure 11 周波数特性が良いリップルリジェクション特性

Figure 10 は、ごく一般的なリニアレギュレータのリップル除去特性で、周波数に対して除去比は低下して行き、1MHz では約 5dB 程度ですので 1/1.8 しか除去できません。これに対しスイッチングレギュレータのスイッチング周波数は、数百 kHz から数 MHz と高くなってきており、例えば 1MHz のスイッチングレギュレータのリップルが 100mV あったとすると、56mV のリップルが残ります。最近では周波数特性が改良されたリニアレギュレータが出ており、Figure 11 の例では、1MHz 時のリップル除去比は 35dB ありますので 1/56 に除去でき、リップルを 1.8mV にすることができます。

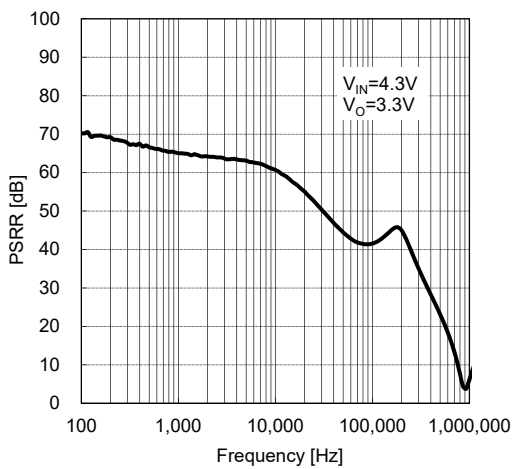


Figure 10 一般的なリップルリジェクション特性

リップル除去比の測定回路を Figure 12 に示します。IC の入力に信号発生器でリップル電圧を供給しますが、DC 電源の出力インピーダンスが低いので、そのままでは信号が IC の入力ラインへ注入できないため DC 電源の出力に 10Ω 程度の抵抗 R<sub>G</sub> を挿入しインピーダンスを上げます。この抵抗により電圧降下が発生するので IC の入力端で規定の電圧になるように DC 電源の電圧を補正する必要があります。信号発生器は DC 印加による入力抵抗の損傷を防止するためコンデンサカップリングでリップル信号(正弦波)を注入します。このように DC にリップル信号を重畳させる回路の代わりにバイポーラ電源を使用すると簡単に構成できます。信号発生器で注入したリップル電圧 V<sub>IN(AC)</sub> と出力で観測されたリップル電圧 V<sub>O(AC)</sub> の比がリップル除去比になります。

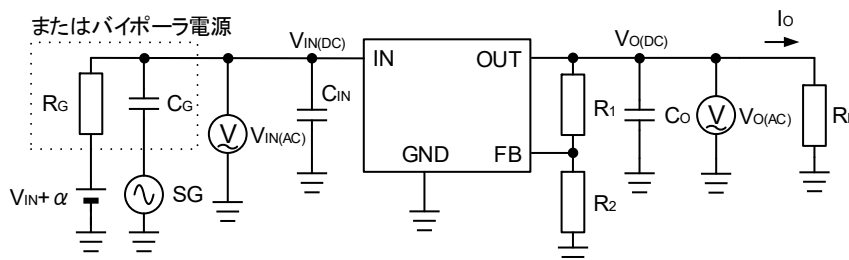


Figure 12 リップル除去比の測定回路

### 8. 回路電流

回路電流は IC 内部で消費する電流です。消費電流やバイアス電流と書かれている場合もあります。出力電圧可変タイプの場合は、外付け部品の電圧設定用抵抗に流れる電流が含まれている場合があります。この抵抗値が小さいと回路電流への影響が大きくなります。IC 内部には基準電圧源、誤差アンプ、出力トランジスタを駆動するためのドライバ回路、過電流保護や過熱保護などの保護系統回路があります。この中で一番電流を消費する回路ブロックは、出力トランジスタを駆動するドライバ回路です。出力がバイポーラトランジスタの場合、ドライバ回路は出力トランジスタのベースを電流駆動する必要があるため、出力電流が増えるに従ってドライバ電流すなわち回路電流も増えて行きます (Figure 13)。一方、出力が MOSFET の場合は、ドライバ回路は出力トランジスタのゲートを電圧で駆動するため、出力電流が増えても回路電流はほとんど増えません (Figure 14)。

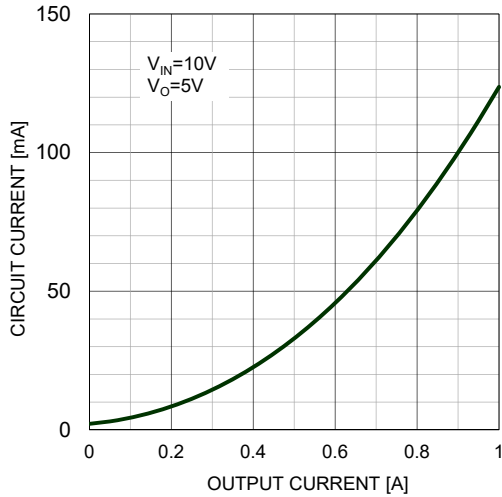


Figure 13 バイポーラ出力型の回路電流

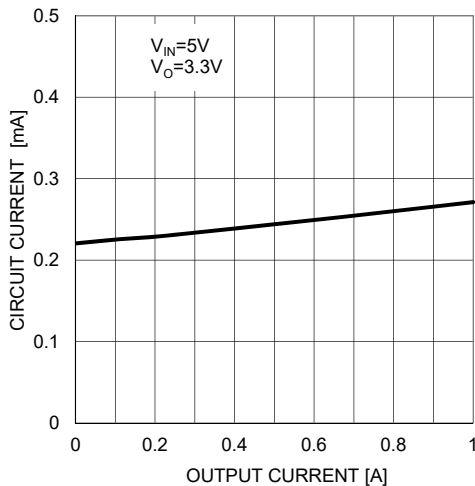


Figure 14 MOSFET 出力型の回路電流

電流値はバイポーラプロセスのリニアレギュレータが数 mA と多めなのに比べて CMOS や Bi-CMOS のものは数百  $\mu\text{A}$  以下と小さくなっています。特に車載用は待機時の電力消費を削減しカーバッテリーの消費削減が必要なため、IC の消費電流を数  $\mu\text{A}$  ~ 数十  $\mu\text{A}$  に削減しています。

回路電流の測定回路を Figure 15 に示します。リニアレギュレータの場合、IC 回路の電源端子と入力端子が共通な場合が多く、入力端子では IC の消費電流と負荷電流を切り離して測定することが出来ないため GND 端子で測定します。シャットダウン機能がある IC では、シャットダウン時回路電流という項目があります。スタンバイ時回路電流と表記している場合もあります。これは文字通りで IC がシャットダウン状態のときの回路電流で、全素子のリーク電流ということになります。バッテリー駆動などの省電力機器で、スタンバイ時の電流が重要な場合は Max 値に記載されている値が小さい IC を選択するようにします。Typ 値にゼロと書いてある場合がありますが、厳密にはゼロではなく限り無くゼロに近いという意味で書かれており、このアプリケーションノートの最初にも書きましたが、Typ (代表値) は特性分布や統計的手法から、「おおよそはこのくらいの値」という意味合いの値です。

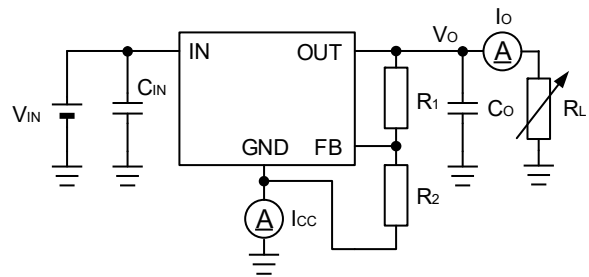


Figure 15 回路電流の測定回路

### 9. EN 端子 (CTL、STBY 端子)

この端子は、シャットダウン機能がある IC に記載されており、端子電圧の状態によって、IC を動作状態からシャットダウン状態に切り替える機能を持っています。EN (Enable) 端子以外に、CTL 端子、スタンバイ制御、出力制御端子と書かれている場合があります。

まずこの端子の Low 電圧、High 電圧のスペックが Figure 16 のように書かれている例を見てみましょう。このスペックの電圧の関係は Figure 17 のようになっています。これは EN Low 電圧は 0V から 0.8V の間に設定しようという意味で、Low 電圧の閾値が 0V から 0.8V の間にあるという意味ではありません。同じように EN High 電圧は 2.4V から 14V の間に設定しようという意味です。EN 端子の閾値電圧は 0.8V から 2.4V 間のどこかにあり、その値は保証されていません。つまり 0.8V から 2.4V の間はロジック的に不定範囲であり、設定禁止範囲に当たります。

次に端子バイアス電流や端子入流電流という項目があります。これは端子に電圧を印加したときに端子へ流入する電流を表しています。主に IC 内部にあるプルダウン抵抗へ流れる電流になります。よって印加電圧が上昇するに従って流入電流が増えて行きます。抵抗を介して端子を制御する場合、抵抗による電圧降下で端子電圧が High 電圧に上がりきらない場合がありますので考慮する必要があります。

また、CMOS LDO では IC 内部にプルダウン抵抗の代わりにプルダウン電流源で構成しているものもあります。この場合は端子印加電圧が上昇しても流入電流は一定になります。

項目	記号	Min	Typ	Max	単位
EN Low 電圧	$V_{EN(Low)}$	0	-	0.8	V
EN High 電圧	$V_{EN(High)}$	2.4	-	14	V

Figure 16 EN 端子のスペック例

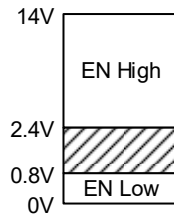


Figure 17 EN 端子の電圧関係図

### 10. 入力安定度

入力安定度は、入力電圧の変化に対する出力電圧の安定度を表したスペックで、ラインレギュレーションとも呼びます。ある入力電圧の時の出力電圧を基準として、入力電圧を高くした時に出力電圧がどれだけ変動したかを表したものです。Figure 18 にラインレギュレーションの特性を示します。基準となる入力電圧には出力電圧に最小入出力電圧の最大値を足した値、または出力電圧に 1V を足した値が用いられることが多いです。そして変化後の入力電圧は IC の最大入力電圧を入力します。これは前述 Figure 1 の有効電圧範囲に相当します。この例では出力電圧が単調増加していますが、単調減少や増減が一定方向でない場合もあります。測定回路を Figure 19 に示します。

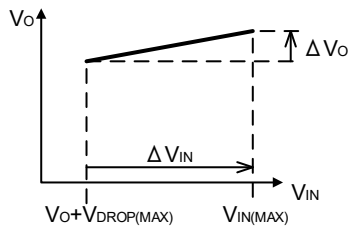


Figure 18 入力安定度特性

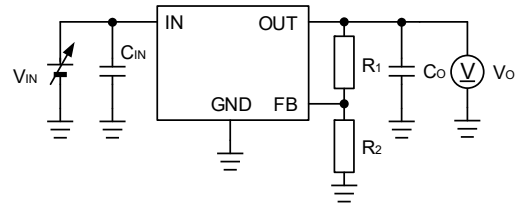


Figure 19 入力安定度の測定回路

### 11. 負荷安定度

負荷安定度は、負荷電流の変化に対する出力電圧の安定度を表したスペックで、出力安定度やロードレギュレーションとも呼びます。負荷電流がゼロまたは小電流の時の出力電圧を基準として、負荷電流が最大まで流れたときの出力電圧がどれだけ変動したかを定常状態で表したものです (Figure 20)。過渡状態での負荷の増減による出力電圧の変動を負荷過渡応答特性で表しますが、これとは分けて考えます (Figure 7)。測定回路を Figure 21 に示します。

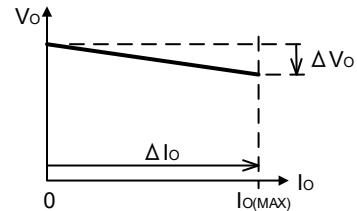


Figure 20 負荷安定度特性

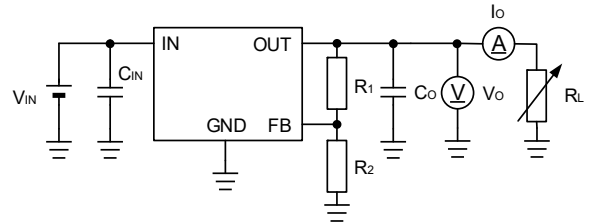


Figure 21 負荷安定度の測定回路

### 12. 出力ディスチャージ

出力ディスチャージ回路は、EN(STBY)端子によってレギュレータ出力を OFF にするタイミングに同期して、出力コンデンサの電荷を強制的に放電する機能で、一部のリニアレギュレータ IC に搭載されています。携帯機器などパワーマネジメントを頻繁(高速)に行う場合、出力コンデンサの自然放電を待っている時間がかかるため、強制放電によりこの時間を短縮することで、各システムブロックの ON/OFF シーケンスが組みやすくなります。スペックには放電用抵抗の値が記載されています。

この機能を動作させるには IC の VIN 端子には常に電圧が供給されていて、EN(STBY)端子で出力を制御する必要があります。VIN 端子の電圧で出力を ON/OFF 制御すると、VIN 端子の電圧が無くなり出力ディスチャージ回路への電源供給も無くなるため、この機能は無効になります。つまり自然放電になります。

Figure 22 に出力ディスチャージ機能が無い IC の特性を、Figure 23 に出力ディスチャージ機能が有る IC の特性を示します。この例では放電速度が 8000 倍速くなっています。

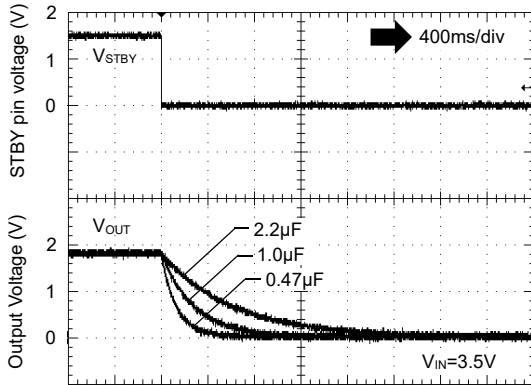


Figure 22 出力ディスチャージなし

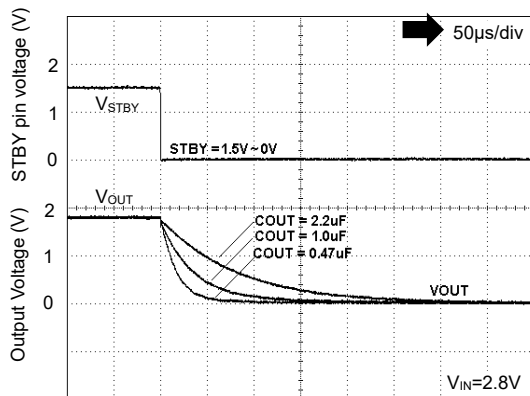


Figure 23 出力ディスチャージあり

### 13. ソフトスタート

電源投入時に出力コンデンサへ突入電流が流れます。ソフトスタートは出力電圧をゆっくり立ち上げることにより、オーバーシュートや突入電流を軽減する機能で、一部のリアレギュレータ IC に搭載されています。Figure 24 のソフトスタート波形では、出力に 100µF のコンデンサを接続しています。EN による電源投入後、約 600µs かけて出力電圧が 0V から 3.3V まで立ち上がっています。出力電流は約 400mA で一定となり突入電流が軽減されていることが判ります。

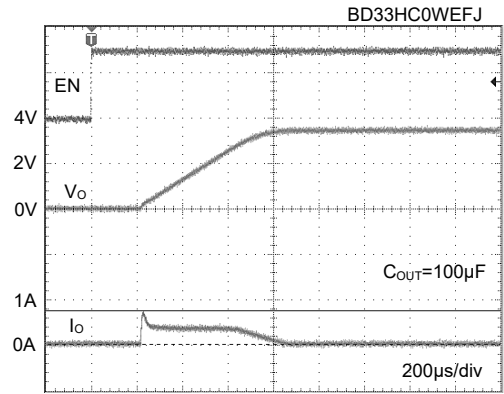


Figure 24 ソフトスタート波形

### 14. 入力コンデンサ

入力コンデンサは、高周波特性の良い 0.1µF~1µF のセラミックコンデンサを IC の入力端子と GND 間に接続します。入力コンデンサは IC の入力端子にできるだけ 5mm 以内に配置することが推奨されます。容量値は各 IC のデータシートを参考に決めます。容量が大きくなるとバルクコンデンサは IC から離れていても問題ありません。バルクコンデンサの容量はリップル電流により発生するリップル電圧が設計値内に収まるように適宜決めることになります。

### 15. 出力コンデンサ

出力コンデンサは IC 内部アンプの位相補償を行う働きと、出力リップル電圧を抑える働きがあり、非常に重要な部品です。

最近製造されているコンデンサには大容量セラミックコンデンサや低インピーダンスアルミ電解コンデンサ、高分子コンデンサなど、低 ESR (等価直列抵抗) タイプのコンデンサが多くあります。IC のデータシートで、出力コンデンサに低 ESR コンデンサが使用できるか確認する必要があります。旧タイプのリアレギュレータは、開発当時にこれらのコンデンサが一般的ではなかったため、高 ESR の出力コンデンサで内部アンプの位相補償ができるように設計されています。これらの IC に低 ESR の出力コンデンサを使用すると、位相遅れが発生し高い確率で異常発振を起こします。データシートに使用できる ESR の目安が載っていますのでこれらを参考にしますが、使用できるコンデンサの選択範囲が狭いので、低 ESR コンデンサに対応した IC を使用の方が設計にかかるパワーとリスクを小さくできます。リスクでは、部品を選んだ経緯を知らない人が、量産後にコストダウンを目的に容量値と耐圧が同じで適当なコンデンサに変更したら、異常発振が起こったといったケースが考えられます。



容量値はデータシートに最小容量が記載されている場合はその値を基本としますが、リップル電流が大きい場合や過渡的に大電流が流れる場合は、リップル電圧が設計値内に収まらない可能性があるため適宜容量値を大きくします。ただし電源の立ち上がり、立ち下がりには遅くなります。最小容量値を使用する場合は、温度特性や DC バイアス特性、許容差による容量の低下を考慮しないと IC が発振する場合があります。電解コンデンサは低温で容量低下が大きく、セラミックコンデンサは DC バイアスによる容量低下が大きいため、コンデンサの特徴を把握して選択する必要があります。

### 16. 許容損失

リニアレギュレータは条件によっては電力損失が大きくなるため、パッケージの許容損失は使用できる範囲を判断するのに重要な項目です。入出力電圧差と出力電流から電力損失を求め、パッケージの熱特性パラメータ(熱抵抗)からチップ温度がジャンクション温度の絶対最大定格を超えないことをパッケージ表面温度で確認する必要があります。

スペックには 1 種類のパッケージに対していくつかの数値が記載されていることがあります。これは面実装パッケージの場合は基板に対して放熱するため、基板の種類(層数や銅箔面積の違い)ごとに許容損失が変わるためです。実際に使用する基板に近い許容損失のデータでチップ温度の見積もりをおこないます。

### 17. 過電流保護

IC の出力が GND へ短絡したときの過電流から IC の破壊を防止するために過電流保護回路が搭載されています。この保護機能はリニアレギュレータ IC の破壊を防止するためのもので、セット本来の保護を目的とする場合は、ヒューズや別の電流制限デバイスを搭載することを考えます。

過電流保護の特性は Figure 25 のようになり、その形からフの字特性(英語では Fold back characteristic)と呼ばれています。A 点はスペックに書かれている過電流保護検出電流です。過電流を検出すると電流フォールドバック回路が動作し出力電圧が低下して行きます。出力電圧の低下と共に電流をさらに絞る動作を繰り返し B 点へ到達します。B 点はスペックに書かれている出力短絡電流です。B 点での電力損失は小さく発熱も小さくなるため IC を破壊から保護する安全な保護回路と言えます。ただし過電流の原因が取り除かれるまでこの状態が続き、過電流状態がなくなると出力電圧は自動復帰します。電流フォールドバック回路は、負荷が定電流源や起動時に出力が負電圧にある場合に IC が起動できない場合があります。これを回避するため、Figure 26 のような過電流リミット回路による過電流保護特性があり、垂下型と呼ばれています。

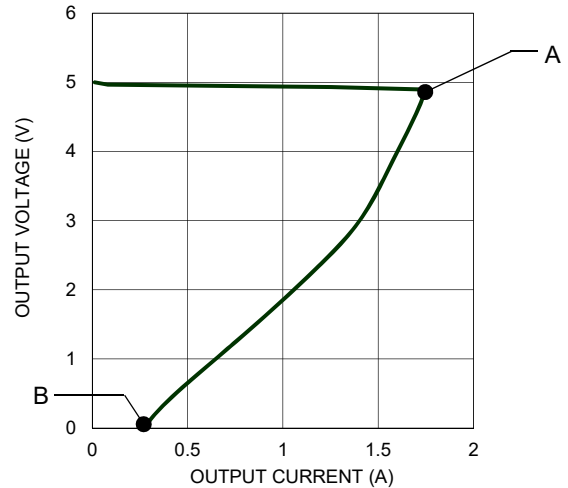


Figure 25 電流フォールドバック回路による過電流保護特性

これは過電流状態を検出すると過電流リミット回路が動作し、出力電流が定電流状態になり、電圧が垂直に低下します。この例では出力電圧に応じて電流リミット値が 2 段階に切り替わっています。垂下型は電流の制御性は優れていますが、出力が GND ヘショートしたとき、電流フォールドバック回路のように出力電圧の低下に伴って出力電流の低下がなく過熱しやすいことから、過熱保護回路との併用が必要になります。また、電流フォールドバックの安全性と過電流リミットの制御性の良さを組み合わせた方式もあります。

以上の方式は過電流状態がなくなると出力電圧が自動的に復帰しますが、ICによっては過電流状態が続くと出力を OFF にしてラッチするタイプもあります。この場合は過電流状態がなくなっても出力は OFF したままで、IC の電源を入れ直さないと出力が復帰しませんので、データシートで自動復帰型かラッチ型かを確認する必要があります。

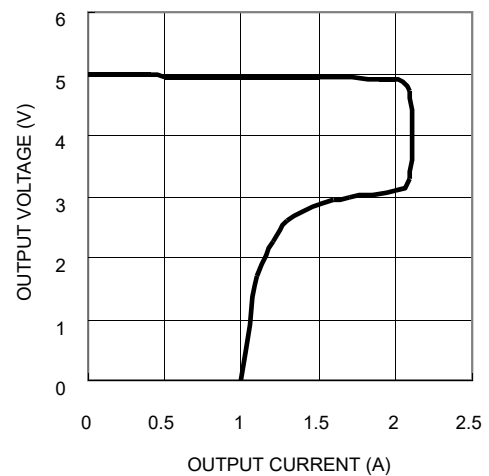


Figure 26 過電流リミット回路による過電流保護特性

## 18. 過熱保護

出力短絡や電力損失の増大により IC チップの温度がジャンクション温度を超えて IC が破壊することを防ぐため、ほとんどのリニアレギュレータには過熱保護回路を搭載しており、温度保護やサーマルシャットダウンとも呼びます。なお、この保護機能はリニアレギュレータ IC を過熱による損傷から保護するためのもので、セット本来の過熱保護の代わりに意図したものではありません。

過熱保護回路は IC の最大ジャンクション温度を超えるとリニアレギュレータの出力を OFF にし、出力電流を遮断してチップの温度を下げます。チップの温度が低下すると再び出力を ON にし出力電流の供給を開始します。チップが温度上昇した原因が取り除かれるまで、出力 ON、OFF の動作が繰り返されます。この状態が続くと IC がすぐに破壊することはありませんが故障率の上昇が懸念されます。

IC によっては過熱状態になると出力を OFF にしてラッチするタイプもあります。この場合は温度が下がっても出力は OFF したままで、IC の電源を入れ直さないと出力が復帰しませんので、データシートで自動復帰型かラッチ型かを確認する必要があります。

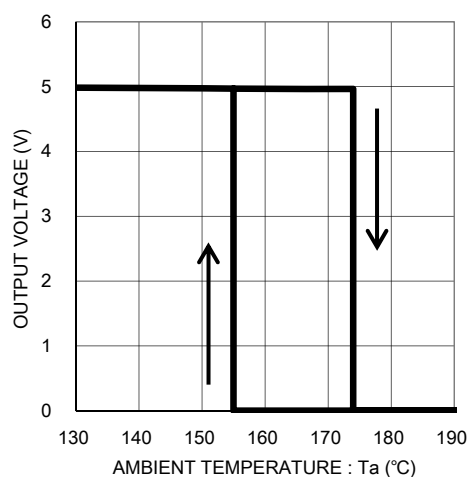


Figure 27 過熱保護特性

## ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。  
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。  
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。  
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。  
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。  
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。  
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。  
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

**ROHM Customer Support System**

<http://www.rohm.co.jp/contact/>