

## リニアレギュレータシリーズ

## BUxxTD3 シリーズ アプリケーション情報

このアプリケーションノートの情報は、ICの実装についてのヒントのみを記載しています。従いまして、ICの品質説明または保証と見なされるものではありません。ICの規格値については最新のデータシートをご覧ください。また各項目の説明に使用されるアプリケーション回路は単純化された例ですので、必ず実際のアプリケーションで動作を検証してください。

## 目次

1 代表的なアプリケーション回路 .....	2
2 出力電圧誤差 .....	3
3 入出力電圧差と特性の考察 .....	3
4 出力制御 (STBY) ピン .....	3
5 出力ディスチャージ .....	3
6 出力コンデンサ .....	4
7 入力コンデンサ .....	5
8 負荷について .....	5
9 効率 .....	5
10 熱設計 .....	6
11 端子保護 .....	9
12 電源オン シーケンス .....	12
13 電源オフ シーケンス .....	15
14 突入電流 .....	18
15 過電流保護(OCP) .....	19
16 過熱保護(TSD) .....	19
17 入出力等価回路 .....	20

1 代表的なアプリケーション回路

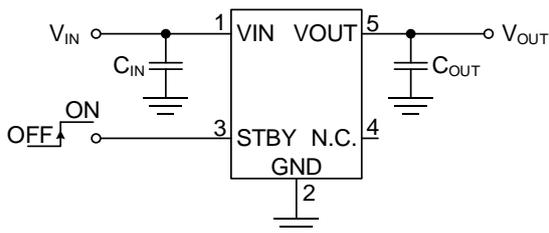


Figure 1-1. 出力 ON/OFF 機能を使用するとき

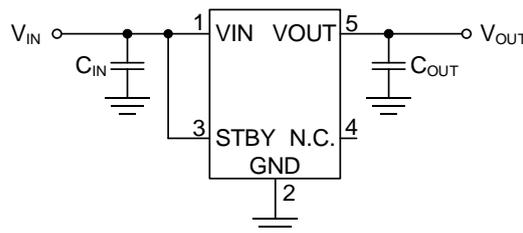


Figure 1-2. 出力 ON/OFF 機能を使用しないとき

パッケージ	SSOP5
ピン配置 Top View	

ピン番号	ピン名	機能
1	VIN	入力ピン 入力ピンを介して IC に電源が供給されます。IC の入力を安定化させるため、VIN と GND 間にセラミックコンデンサを接続してください。コンデンサはピンの近くに配置してください。→ 5 ページ参照。
2	GND	グラウンド レギュレータ回路のグラウンドです。
3	STBY	イネーブルピン STBY ピンを使用すると IC をシャットダウン状態にすることができます。このピンを High にすると出力をオンに、Low にするとオフになります。→ 3 ページ参照。
4	N.C.	未接続ピン N.C.ピンは内部回路に接続されていません。GND に接続するかオープンにしてください。
5	VOUT	出力ピン 負荷に電力を供給します。このピンには発振を防ぐため VOUT と GND 間にコンデンサを接続してください。→ 4 ページ参照。

## 2 出力電圧誤差

出力電圧最大許容差は、出力電圧許容差、ラインレギュレーション許容差、ロードレギュレーション許容差を合算したのになります。

## 3 入出力電圧差と特性の考察

入力電圧の最小値は、使用する負荷電流での最小入出力電圧差をデータシートの「入出力電圧差 vs 出力電流」グラフより読み取り、出力電圧に加算した電圧となります。このときDC的には動作できていますが、制御の能力は低下しています。負荷変動がある場合は、入出力電圧差が小さいため入力から出力へ短時間に大電流を供給することができません。つまり負荷応答性が遅くなります。また応答性の遅れは PSRR 特性の低下としても現れます。効率を重視するために入出力電圧差を最小電圧分しか確保しないと、LDO は期待される特性を発揮することができません。高速負荷応答性と PSRR の能力が得られるまで入力電圧を上昇させ、効率と各特性の妥協点を求めるようにします。

## 4 出力制御 (STBY) ピン

STBY ピンを使って出力のオン/オフを切り替えることができます。STBY が Low レベルの時は VOUT がターンオフし、IC 全体の動作もオフするため消費電流はゼロになります。STBY が High レベルの時は IC がオンし、VOUT がターンオンします。IC を確実にオン/オフするために、STBY ピン電圧はデータシートの電気的特性に記載されている電圧を印加してください。設計参考値として、しきい値の中心値は約 0.8V、許容差は $\pm 0.1V$ 程度、温度特性は 1.0V $\sim$ 0.7V 程度 (-40 $^{\circ}C$  $\sim$ +85 $^{\circ}C$ )、全体で 0.6V $\sim$ 1.1V 程度となります。

STBY ピンは出力電圧オン/オフ制御ピンでありスイッチとして動作しますが、通常 STBY 入力は短時間で High/Low 切り替えが行われることを想定して設計されています。STBY ピンを High/Low 切り替えの中間電位で固定しないでください。中間電位では出力電圧が不安定になる可能性があります。

VIN と STBY の立ち上げ順序に制限はありません。

出力制御機能を使用しない場合は STBY ピンを VIN へ接続してください。このとき直列に抵抗は不要です。

STBY ピンが High になってから出力電圧が起動開始するまでの遅延時間は、設計参考値で約 5 $\mu s$  です (Figure 4-1)。

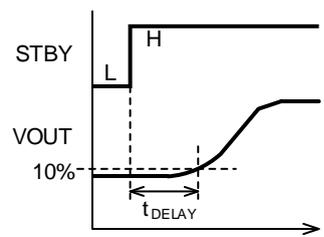


Figure 4-1. 起動遅延時間の定義

STBY ピンをメカニカルスイッチで制御するとスイッチのチャタリングにより出力電圧にもチャタリングが現れることがあります。STBY ピンの手前に RC フィルタを挿入しチャタリング波形が STBY ピンに入らないようにしてください (Figure 4-2 上)。また、STBY ピンとスイッチ間の配線が長いと、配線のインダクタンス成分により大きなパルス波形が発生することがあり、この電圧が STBY ピンの耐圧を超えると IC が破壊する可能性があります。STBY ピンの手前に RC フィルタを挿入しパルス波形のピーク値を下げる必要があります (Figure 4-2 下)。C の値を変えて波形を調整してください。

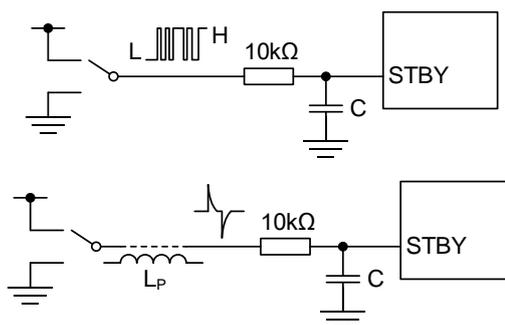


Figure 4-2. STBY ピンの RC フィルタ回路

## 5 出力ディスチャージ

出力ディスチャージ回路は、STBY ピン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す。携帯機器などパワーマネージメントを頻繁 (高速) に行う場合、出力コンデンサの自然放電を待たずに時間がかかるため、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オン/オフシーケンスが組みやすくなります。データシート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 ピンには常に電圧が供給されていて、STBY ピンで出力を制御する必要があります。VIN ピンの電圧で出力をオン/オフ制御すると、VIN ピン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。

## 6 出力コンデンサ

出力コンデンサはループを安定化するために VOUT-GND ピン間の IC から 3cm 以内に配置してください。容量値は、許容差や温度特性を考慮して、実容量が 0.22 $\mu$ F 以上になるコンデンサを接続してください。容量が小さいと発振する可能性があります。出力容量の最大値に制限はありませんが次の事項に考慮する必要があります。容量を大きくすることで、電源オン時の充電時間、オフ時の放電時間が長くなります。また電源をオフしたときに出力と入力との電圧が逆転して IC 内に大電流が逆流することで損傷することが考えられますので、逆流バイパスダイオードや逆流防止ダイオードを接続してください。

ESR は Figure 6-1 を参照してください。このグラフは Figure 6-2 の評価回路によるもので、実際使用するコンデンサと完全に等価ではありません。また IC 単品および抵抗負荷によるもので、実際には基板の配線インピーダンスや入力電源インピーダンス、負荷インピーダンスによって変化するため、必ず最終製品の条件で発振がないか十分な確認をしてください。

セラミックコンデンサを使用する場合は温度特性が良好な X5R および X7R を推奨します。Z5U、Y5V、F は容量変化が大きいため使用しないでください (Figure 6-3)。許容差、温度特性、DC バイアス特性により容量が公称値よりも減少しますが、最小値 (0.22 $\mu$ F) を下回らないように設定してください。DC バイアス特性はサイズが小さくなるにしたがって容量低下が大きくなる傾向にあります (Figure 6-4)。

規格	特性	温度特性	
		温度範囲	容量変化率
JIS	B	-25~+85°C	±10%
EIA	X5R	-55~+85°C	±15%
EIA	X7R	-55~+125°C	±15%
EIA	X7U	-55~+125°C	+22%, -56%
JIS	F	-25~+85°C	+30%, -80%
EIA	Y5V	-30~+85°C	+22%, -82%
EIA	Z5U	+10~+85°C	+22%, -56%
EIA	Z5V		+22%, -82%

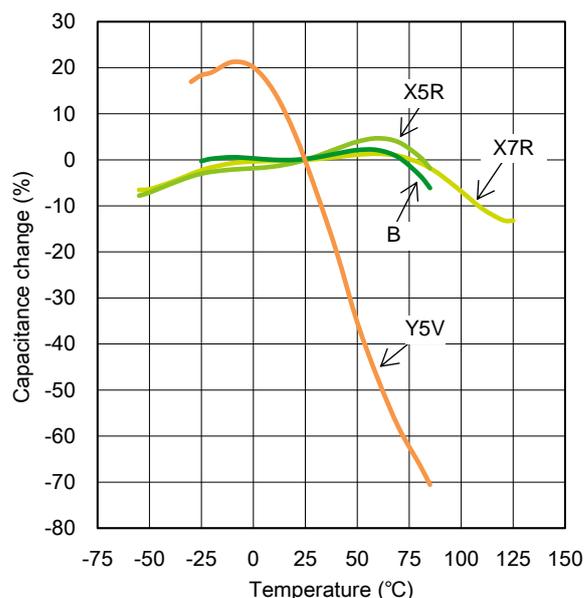


Figure 6-3. 主な高誘電率系積層セラミックコンデンサの温度特性

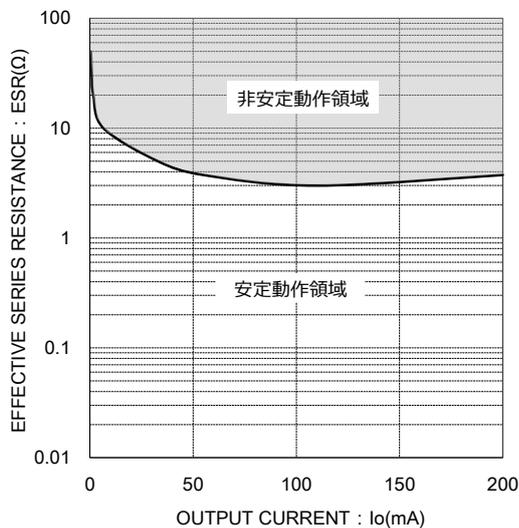


Figure 6-1. ESR 安定動作領域

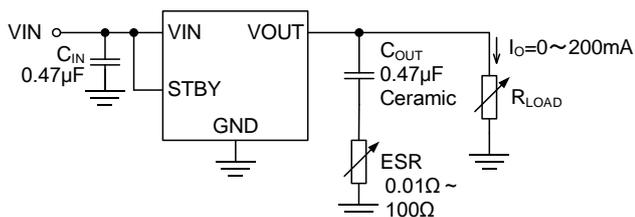


Figure 6-2. ESR 安定動作領域評価回路

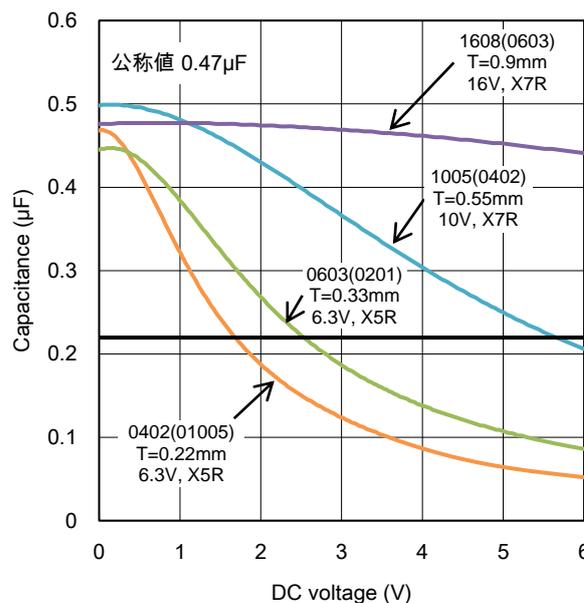


Figure 6-4. 高誘電率系積層セラミックコンデンサの DC バイアス特性、サイズによる比較

電解コンデンサは安価で大容量が得られますが、低温で電解液が固まるため、急激な容量減少と ESR 上昇が起こるものがありますので注意が必要です。また、LDO の熱が電解コンデンサに伝わると電解液が高温になるため、コンデンサの寿命に影響をあたえます。熱の影響が小さくなる場所まで離すか、銅箔線幅を電流容量が許容できる最小幅まで細くし、LDO からの熱伝導を悪くして対策します。

負荷電流の変動が急峻な場合は出力にリップル電圧が発生する場合があります。リップル電圧を小さくしたい場合は出力コンデンサの容量を大きくしてください。大容量セラミックコンデンサは高価なため、小容量のセラミックコンデンサに並列に、バルクコンデンサとしてアルミ電解コンデンサを付加するとコストを抑えられます。出力容量を増やすと、入力側から出力コンデンサへ充電する電荷量が増えるため、入力側電源の負荷応答性が悪い場合は電圧ドロップを起こす場合があります。これを防止するため、入力コンデンサの容量も出力容量相当まで大きくしてください。

## 7 入力コンデンサ

入力コンデンサは、回路動作時に電源ラインの電位変動を抑えて IC の入力を安定にさせることが目的です。特に入力トレースが長い場合や入力電源のインピーダンスが高い場合に、LDO 入力電源の安定性を確保するために効果的に働きます。コンデンサは Vcc-GND ピン間の IC から 1cm 以内に接続してください。入力コンデンサは電源インピーダンスを小さくすることが目的のため、ESR が小さなセラミックコンデンサを推奨します。容量値は、実容量が 0.22 $\mu$ F 以上になるコンデンサを接続してください。許容差、温度特性、DC バイアス特性により容量が公称値よりも減少しますが、最小値 (0.22 $\mu$ F) を下回らないように設定してください。出力電流が急変する場合は出力コンデンサの容量を大きくしてリップル電圧を小さくしますが、出力コンデンサが大きくなったことにより、入力電源側の瞬間的な電流供給能力が劣る場合は入力電圧がドロップする場合があります。これを防止するため入力コンデンサの容量も出力容量相当まで大きくしてください。バルクコンデンサは、セラミックコンデンサに並列にアルミ電解コンデンサなどを接続します。

## 8 負荷について

この IC は過電流保護(OCP)がフの字特性ですので、負荷が定電流源や起動時に出力が負電圧にある場合、負荷電流が IC の出力 (供給) 電流を上回ると、出力電圧が上昇できず IC が起動できなくなります。

IC の出力電圧が規定値に立ち上がった後に定電流負荷をオンにすると動作しますが、その後、過熱保護回路が動作し出力がオフになると、再起動できなくなります。また起動できない場合、定電流負荷が静電破壊保護ダイオード (VOUT-GND 間) に流れるため、電流値によってはチップ温度が上昇し、IC の破壊や半田融解が起る可能性があります。従いまして、定電流負荷での使用は推奨しません。

## 9 効率

効率は次式で求めることができます。

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times (I_{OUT} + I_{IN})} \times 100 \quad [\%] \quad (9-1)$$

$V_{IN}$  : 入力電圧 [V]

$V_{OUT}$  : 出力電圧 [V]

$I_{OUT}$  : 出力電流 [A]

$I_{IN}$  : IC の回路電流 [A]

ただし  $I_{IN} \ll I_{OUT}$  の場合は次式で計算できます。

$$\eta = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times 100 \quad [\%] \quad (9-2)$$

式より、入出力間の電圧差が小さいほど効率が良くなることが判ります。

## 10 熱設計

信頼性が高い動作を確保するには IC のジャンクション温度が 125°C を超えないようにする必要があります。ジャンクション温度の見積もりは次の 2 つの方法で算出できます。

1. 表面温度測定によって IC の温度測定を行う場合には熱特性パラメータ  $\psi_{JT}$  を用いて計算します。熱電対をパッケージ上面中心にしっかりと固定さえできればパッケージ上面中心温度  $T_T$  を精度よく測定できるため、この熱特性パラメータを用いて精度よくジャンクション温度を算出することができます。

$$T_J = T_T + \psi_{JT} \times P \quad [^\circ\text{C}] \quad (10-1)$$

$T_T$  : パッケージ上面中心温度 [ $^\circ\text{C}$ ]

$\psi_{JT}$  : ジャンクションからパッケージ上面中心までの熱特性パラメータ [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ]

$P$  : IC の消費電力 [ $\text{W}$ ]

$P$  は IC の消費電力で次式により計算できます。

$$P = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} + (V_{IN} \times I_{IN}) \quad [\text{W}] \quad (10-2)$$

$V_{IN}$  : 入力電圧 [ $\text{V}$ ]

$V_{OUT}$  : 出力電圧 [ $\text{V}$ ]

$I_{OUT}$  : 出力電流 [ $\text{A}$ ]

$I_{IN}$  : IC の回路電流 [ $\text{A}$ ]

また、定常的に流せる最大出力電流は次式で算出することができます。

$$I_{OUT(MAX)} = \frac{T_{J(MAX)} - T_T}{(V_{IN} - V_{OUT}) \times \psi_{JT}} \quad [\text{A}] \quad (10-3)$$

$T_{J(MAX)}$  : ジャンクション温度の絶対最大定格 [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_T$  : パッケージ上面中心温度 [ $^\circ\text{C}$ ]

$\psi_{JT}$  : ジャンクションからパッケージ上面中心までの熱特性パラメータ [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ]

$V_{IN}$  : 入力電圧 [ $\text{V}$ ]

$V_{OUT}$  : 出力電圧 [ $\text{V}$ ]

2. 熱抵抗  $\theta_{JA}$  を用いて簡易的にジャンクション温度を算出することもできます。

$$T_J = T_A + \theta_{JA} \times P \quad [^\circ\text{C}] \quad (10-4)$$

$T_A$  : 周囲環境温度 [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_{JA}$  : ジャンクションから周囲環境までの熱抵抗 [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ]

$P$  : IC の消費電力 [ $\text{W}$ ]

また、定常的に流せる最大出力電流は次式で算出することができます。

$$I_{OUT(MAX)} = \frac{T_{J(MAX)} - T_A}{(V_{IN} - V_{OUT}) \times \theta_{JA}} \quad [\text{A}] \quad (10-5)$$

$T_{J(MAX)}$  : ジャンクション温度の絶対最大定格 [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_A$  : 周囲環境温度 [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_{JA}$  : ジャンクションから周囲環境までの熱抵抗 [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ]

$V_{IN}$  : 入力電圧 [ $\text{V}$ ]

$V_{OUT}$  : 出力電圧 [ $\text{V}$ ]

次に示す熱特性パラメータ  $\psi_{JT}$  および熱抵抗  $\theta_{JA}$  は、特定の PCB で測定した値です。PCB の特性、銅箔のレイアウト、部品配置、筐体形状、周囲環境などの影響で放熱性能が変わるため、熱特性パラメータ、熱抵抗も変化します。実機基板とは値が異なることを考慮しておく必要があります。

SSOP5 パッケージの熱特性パラメータおよび熱抵抗

PCB 種類	$\psi_{JT}$ ( $^\circ\text{C}/\text{W}$ )	$\theta_{JA}$ ( $^\circ\text{C}/\text{W}$ )
1 層 (1s)	59	264.8
2 層 (2s)	36	187.8
4 層 (2s2p)	34	143.6

測定に使用した PCB の仕様を Table 10-1~10-3 および Figure 10-1~10-13 に示します。

SSOP5 パッケージ PCB 仕様 1 層 (1s)

JEDEC 規格 JESD51-3 準拠

項目	値
基板厚み	1.57 mm
基板外形寸法	76.2 mm × 114.3 mm
基板材質	FR-4
トレース厚 (仕上がり厚)	70 μm (2 oz)
引き出し線幅	0.254 mm
銅箔範囲	Footprint

Table 10-1. 1 層 PCB 仕様

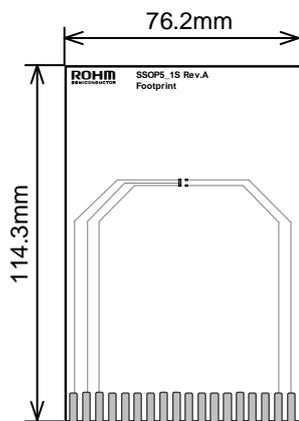


Figure 10-1. Top Layer Trace

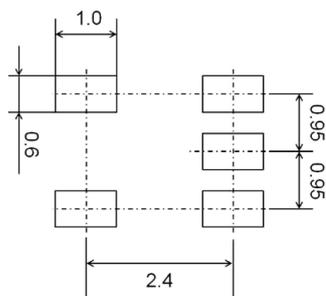


Figure 10-2. Footprint



Figure 10-3. 1 層基板断面図

SSOP5 パッケージ PCB 仕様 2 層 (2s)

JEDEC 規格 JESD51-7 準拠

項目	値	
基板厚み	1.60 mm	
基板外形寸法	76.2 mm × 114.3 mm	
基板材質	FR-4	
トレース厚 (仕上がり厚)	Top	70 μm (2 oz)
	Bottom	70 μm (2 oz)
引き出し線幅	0.254 mm	
銅箔範囲	Top	Footprint
	Bottom	5505 mm <sup>2</sup> (74.2 mm × 74.2 mm)

Table 10-2. 2 層 PCB 仕様

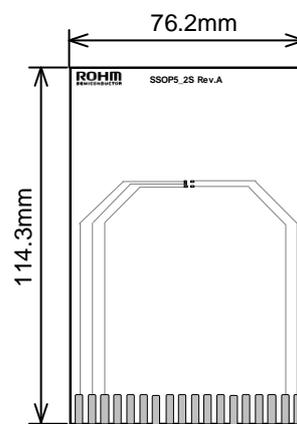


Figure 10-4.  
Top Layer Trace

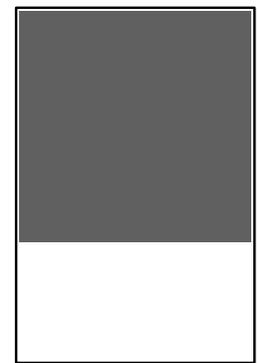


Figure 10-5.  
Bottom Layer Trace

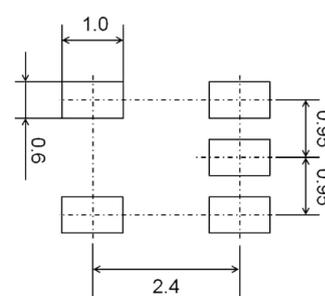


Figure 10-6. Footprint

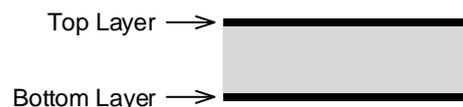


Figure 10-7. 2 層基板断面図

SSOP5 パッケージ PCB 仕様 4 層 (2s2p)

JEDEC 規格 JESD51-7 準拠

項目		値
基板厚み		1.60 mm
基板外形寸法		76.2 mm × 114.3 mm
基板材質		FR-4
トレース厚 (仕上がり厚)	Top	70 μm (2 oz)
	Middle 1	35 μm (1 oz)
	Middle 2	35 μm (1 oz)
	Bottom	70 μm (2 oz)
引き出し線幅		0.254 mm
銅箔範囲	Top	Footprint
	Middle 1	5505 mm <sup>2</sup> (74.2 mm × 74.2 mm)
	Middle 2	5505 mm <sup>2</sup> (74.2 mm × 74.2 mm)
	Bottom	5505 mm <sup>2</sup> (74.2 mm × 74.2 mm)

Table 10-3. 4 層 PCB 仕様

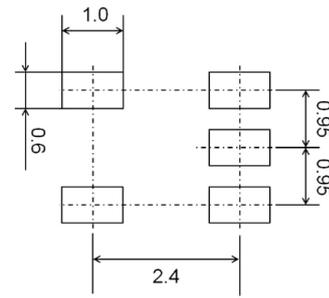


Figure 10-12. Footprint

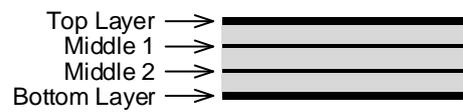


Figure 10-13. 4 層基板断面図

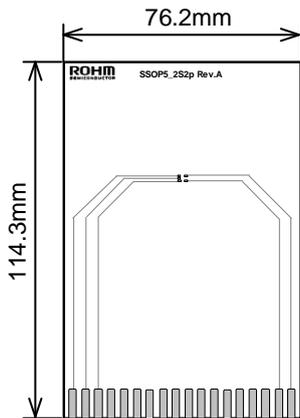


Figure 10-8.  
Top Layer Trace

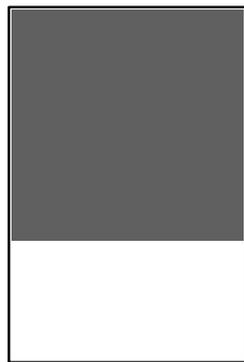


Figure 10-9.  
Middle 1 Layer Trace



Figure 10-10.  
Middle 2 Layer Trace



Figure 10-11.  
Bottom Layer Trace

## 11 端子保護

IC 端子に逆電圧や過電圧が印加されると、デバイスが損傷する、または出力電圧が立ち上がらない可能性があります。次の状況が想定される場合は適切な端子保護をすることを推奨します。

1. 入出力電圧の条件が逆転する場合 → 逆電流バイパス
2. 出力負荷が誘導性の場合 → 出力の逆電圧保護
3. 入力極性を逆接続する可能性がある → 入力の逆電圧保護
4. ホットプラグする → ホットプラグ対策
5. 異電源間に負荷が存在する場合 → 逆電流バイパス
6. 正負電源（両電源）

### 1. 入出力電圧の条件が逆転する場合

出力コンデンサの容量が大きいときに、入力電源がパワーダウンした後も出力コンデンサに電荷が残る場合や、入力電源がパワーダウンするときのスピードが大変速い場合は入出力電圧の状態が逆転するため、IC 内の寄生素子を介して出力から入力へ逆電流が流れます。寄生素子は動作保証されていませんので、素子の劣化や破壊が起こる可能性があります。

対策として、逆電流が IC 内部を通らないようにするため、外部に逆電流バイパスダイオードを接続します（Figure 11-1）。ただし、入力側をオープンにしてパワーダウンする場合は逆電流の値が IC のバイス電流のみになり僅かなため寄生素子の劣化や破壊は起こりません。このためバイスダイオードは不要です（Figure 11-2）。

バイスダイオードは IC 内部の寄生素子よりも先にオンする必要があります。MOSFET 型レギュレータでは内部寄生素子のオン電圧は約 0.6V ですので、これよりも順方向電圧  $V_F$  が低いものが必要になります。逆方向電流は、この値が大きくとシャットダウン時に出力を OFF にしても、ダイオードのリーク電流が入力から出力へ多く流れますので、この値が小さい（おおむね  $1\mu\text{A}$  以下）ものを選択する必要があります。逆方向定格電圧は、使用する入出力電圧差よりも大きいもの（デレーティング 80%以下）を選択します。順方向定格電流は、逆流電流値よりも大きいもの（デレーティング 50%以下）を選択します。以上の条件より整流ダイオードやショットキーバリアダイオードを推奨しますが、ショットキーバリアダイオードは一般的に逆方向電流が大きなものが多いので、この値が小さいものを選択します。

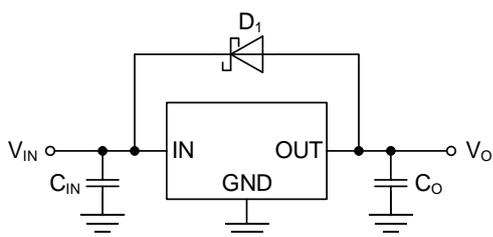


Figure 11-1. 逆電流バイパスダイオード

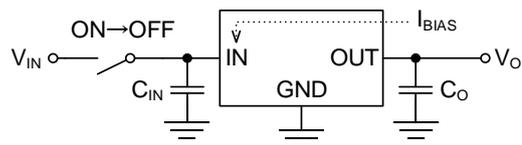


Figure 11-2. 入力をオープンにした場合

### 2. 出力負荷が誘導性の場合

出力負荷が誘導性の場合、出力電圧が OFF になった瞬間に誘導性負荷に蓄積されたエネルギーがグラウンドへ放出されます。IC の出力ピンと GND ピン間には静電破壊防止ダイオードがあり、このダイオードに大電流が流れるため IC が破壊する場合があります。これを防止するため、静電破壊防止ダイオードに並列にショットキーバリアダイオードを接続してください（Figure 11-3）。

また、IC の出力ピンと負荷が長いワイヤーで接続されている場合は誘導負荷になっている可能性がありますのでオシロスコープで波形を観測してください。その他にも、負荷がモータの場合は、モータの逆起電力により同様の電流が流れますのでダイオードが必要です。

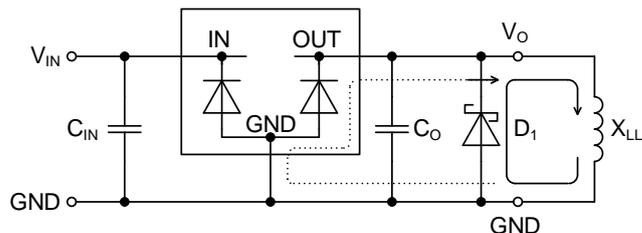


Figure 11-3. 誘導性負荷の電流経路（出力 OFF 時）

### 3. 入力極性を逆接続する可能性がある

入力に電源を接続するとき、不注意によりプラスとマイナスを逆接続した場合は、IC の入力ピンと GND ピン間の静電破壊防止ダイオードに大電流が流れるため IC が破壊する場合があります（Figure 11-4）。逆接続対策として最も簡単な方法は Figure 11-5 のようにショットキーバリアダイオードが整流ダイオードを電源と直列に接続します。正しい接続では、ダイオードの順方向電圧  $V_F$  の電圧降下があるため、 $V_F \times I_O$  の電力損失が発生しますので、バッテリー動作の回路には適していません。整流ダイオードよりもショットキーバリアダイオードの方が  $V_F$  は低いため、多少は損失が小さくなります。ダイオードは発熱しますので許容損失にマージンがあるものを選択します。逆接続時はダイオードの逆方向電流が流れますがこれは僅かな値です。

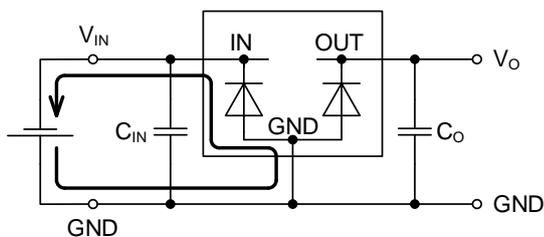


Figure 11-4. 入力を逆接続したときの電流経路

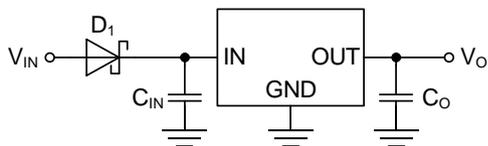


Figure 11-5. 逆接続対策 1

Figure 11-6はダイオードを電源に対して並列に接続する方法です。IC内部の静電破壊保護ダイオードよりも早くオンする必要があるため、 $V_F$  が低いショットキーバリアダイオードを使用します。正しい接続ではダイオードがない場合と同じ動作になります。逆接続時は電源の全電流がダイオードに流れた状態が続くため大きな発熱が発生し、前段の電流容量が大きい場合は破壊に至ります。この回路は短時間のうっかりミスから回路を保護する目的か、前段の電源に過電流保護回路が付いていることが前提になります。

この保護回路でさらに安全を重視するならば、電源に直列にヒューズを接続します。ヒューズのメンテナンスが必要ですが、より確実に回路を保護できます (Figure 11-7)。

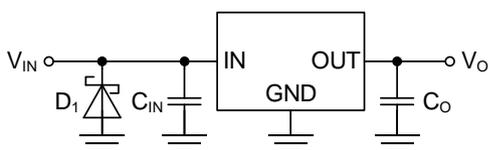


Figure 11-6. 逆接続対策 2

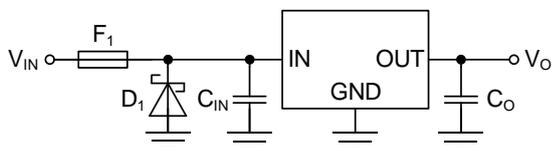


Figure 11-7. 逆接続対策 3

Figure 11-8 は P-ch MOSFET を電源に対して直列に接続する方法です。MOSFET のドレイン - ソース間にあるダイオードは、ボディダイオード (寄生素子) です。正しい接続では P-ch MOSFET が ON するため、ここでの電圧降下は MOSFET の ON 抵抗と出力電流  $I_O$  を掛けた値になり、ダイオードによる電圧降下 (Figure 11-5) より小さいため、電力損失が小さくなります。逆接続時は、MOSFET は ON しないため電流は流れません。

MOSFET のゲート - ソース間 (デレーティングを考慮した) 定格電圧を超える場合は、Figure 11-9 のようにゲート - ソース間を抵抗分割してゲート - ソース間電圧を下げてください。

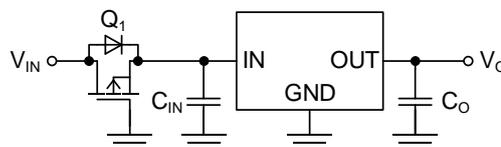


Figure 11-8. 逆接続対策 4

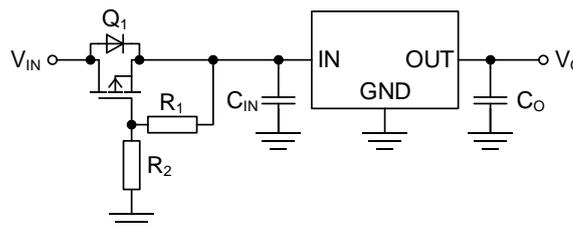


Figure 11-9. 逆接続対策 5

#### 4. ホットプラグする

供給側電源がオンの状態で IC の入力に配線を接続すると、配線のインダクタンス成分と、接続プラグの金属接触によりパルス波形が発生します。このサージ電圧が IC の絶対最大定格を超えると IC が破壊することがあります。IC 入力ピンへサージ電圧が入らないように TVS (Transient Voltage Suppressor) ダイオードでサージを吸収してください (Figure 11-10)。

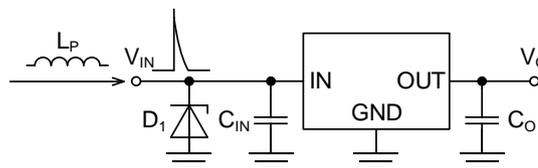


Figure 11-10. ホットプラグ対策

5. 異電源間に負荷が存在する場合

Figure 11-11 のように、異なる電源間に負荷が存在する場合は、電源立ち上がり、立ち下がりタイミングが同じではないため、負荷を通して他方の電源出力端へ電流が流れ込みます。このとき IC の入出力間で逆電圧が発生しますので、逆電流バイパスダイオードが必要です。

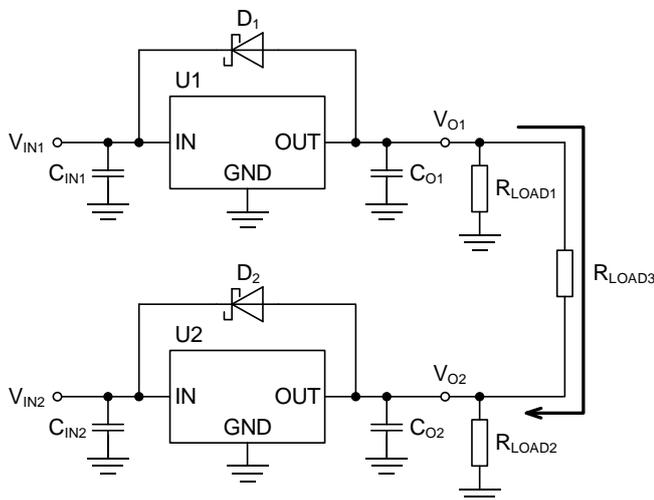


Figure 11-11. 異電源間の電流経路とダイオードの入れ方

6. 正負電源（両電源）

Figure 11-12 のような正負電源では、それぞれの電源立ち上がりスピードが違うため、正負間に負荷があると、先に立ち上がった電源が負荷を通してもう一方の出力から電流を引くため、出力に逆電圧がかかります。IC の損傷と、出力電圧が立ち上がらなくなることを防止するために  $V_F$  が低いショットキーダイオードを出力と GND 間に必ず接続してください。

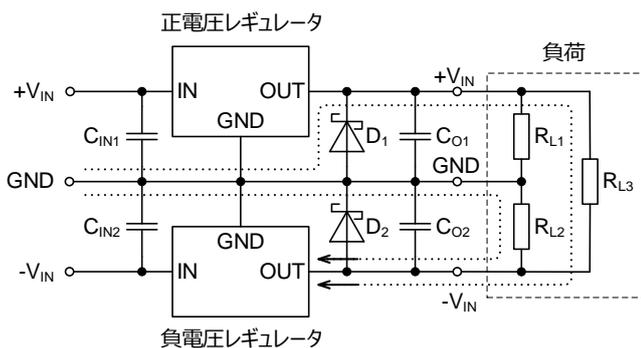


Figure 11-12. 正負電源のダイオードの入れ方と負電源レギュレータが先に立ち上がった場合の電流経路

## 12 電源オン シーケンス

VIN および STBY の立ち上げ順序は、どちらが先でもかまいませんが、VIN および STBY の立ち上がり時間や出力コンデンサの容量値によって起動時間が異なってきます。これらの違いを次に示します。

### 1. VIN → STBY の順にオンした場合

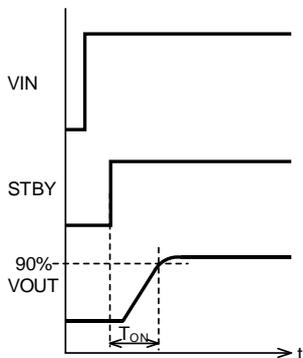


Figure 12-1.  
STBY を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-1 は VIN が立ち上がった後に STBY を急峻にターンオンした時の起動特性です。STBY が立ち上がった時点から回路動作を開始します。出力コンデンサの値が小さいときは、起動時の突入電流は過電流保護回路が動作する値を下回っているため電流制限を受けません。

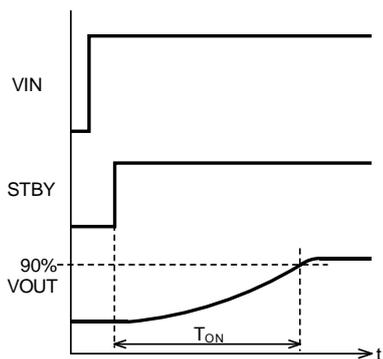


Figure 12-2.  
STBY を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が大きいとき

Figure 12-2 は Figure 12-1 の出力コンデンサの値が大きいときの起動特性です。起動時の突入電流が大きくなり過電流保護回路によって電流制限を受けるため、コンデンサへの充電電流が制限され、コンデンサの容量値が大きくなるほど起動時間が長くなります。

Co	TON		
	VOUT=1.0V	VOUT=1.8V	VOUT=3.4V
0.47μF	5 μs	8 μs	20 μs
1μF	7.5 μs	10 μs	33 μs
2.2μF	15 μs	22 μs	65 μs

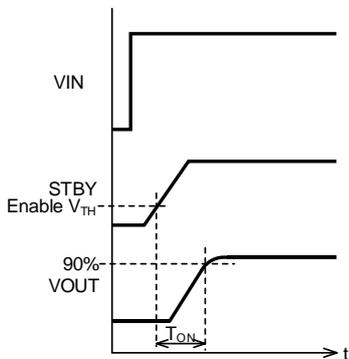


Figure 12-3.  
STBY を緩やかにオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-3 は STBY を緩やかにオンした場合の起動特性で、出力コンデンサ値が小さいときの設定です。STBY 電圧がしきい値を超えた時点から回路動作を開始し出力電圧が上昇します。また、出力コンデンサが大きいときも回路動作を開始する地点は同じで、出力電圧の立ち上がり波形は Figure 12-2 のようになります。

## 12 電源オン シーケンス (つづき)

### 2. STBY → VIN の順にオンした場合

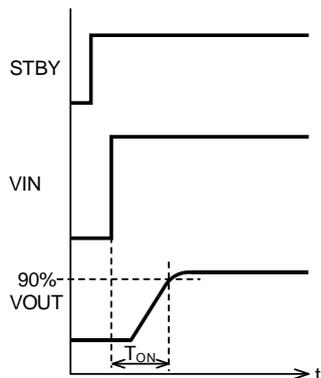


Figure 12-4.  
VIN を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-4 は STBY が立ち上がった後に VIN を急峻にターンオンした時の起動特性です。VIN が立ち上がった時点から回路動作を開始します。出力コンデンサの値が小さいときは、起動時の突入電流は過電流保護回路が動作する値を下回っているため電流制限を受けません。

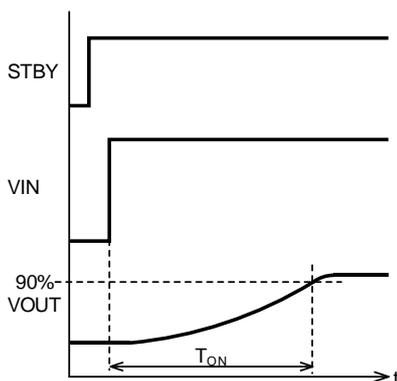


Figure 12-5.  
VIN を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が大きいとき

Figure 12-5 は Figure 12-4 の出力コンデンサの値が大きいときの起動特性です。起動時の突入電流が大きくなり過電流保護回路によって電流制限を受けるため、コンデンサへの充電電流が制限され、コンデンサの容量値が大きくなるほど起動時間が長くなります。

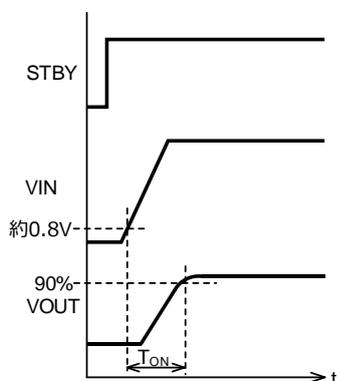


Figure 12-6.  
VIN を緩やかにオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-6 は VIN を緩やかにオンした場合の起動特性で、出力コンデンサ値が小さいときの設定です。VIN が約 0.8V を超えた時点から回路動作を開始し出力電圧が上昇します。また、出力コンデンサが大きいときも回路動作を開始する地点は同じで、出力電圧の立ち上がり波形は Figure 12-5 のようになります。

## 12 電源オン シーケンス (つづき)

### 3. VIN, STBY 同時オンの場合

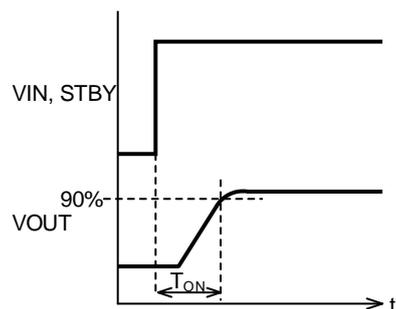


Figure 12-7.

VIN, STBY を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-7 は VIN と STBY を同時に急峻にターンオンした時の起動特性です。VIN と STBY が立ち上がった時点から回路動作を開始します。出力コンデンサの値が小さいときは、起動時の突入電流は過電流保護回路が動作する値を下回っているため電流制限を受けません。

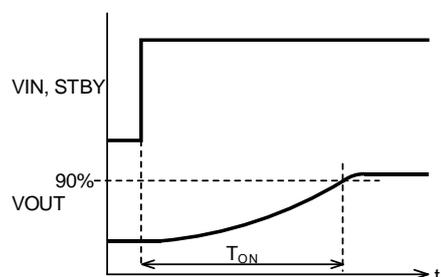


Figure 12-8.

VIN, STBY を急峻にオンした場合  
出力コンデンサ値が大きいとき

Figure 12-8 は Figure 12-7 の出力コンデンサの値が大きいときの起動特性です。起動時の突入電流が大きくなり過電流保護回路によって電流制限を受けるため、コンデンサへの充電電流が制限され、コンデンサの容量値が大きくなるほど起動時間が長くなります。

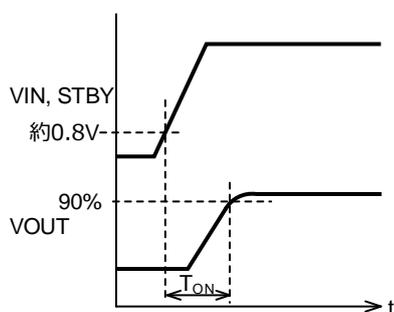


Figure 12-9.

VIN, STBY を緩やかにオンした場合  
出力コンデンサ値が小さいとき

Figure 12-9 は VIN と STBY を同時に緩やかにオンした場合の起動特性で、出力コンデンサ値が小さいときの設定です。VIN が約 0.8V を超えた時点から回路動作を開始し出力電圧が上昇します。また、出力コンデンサが大きいときも回路動作を開始する地点は同じで、出力電圧の立ち上がり波形は Figure 12-8 のようになります。

### 13 電源オフ シーケンス

VIN および STBY をオフにする順序により、出力電圧の降下時間が異なります。これらの違いを以下に示します。

#### 1. STBY → VIN の順にオフした場合

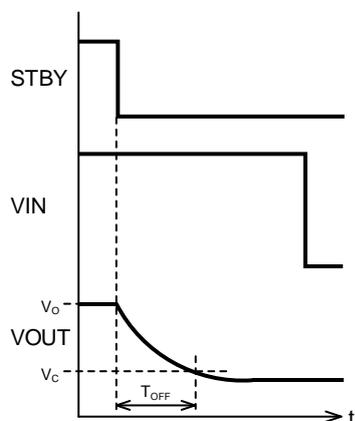


Figure 13-1.  
STBY を急峻にオフした場合

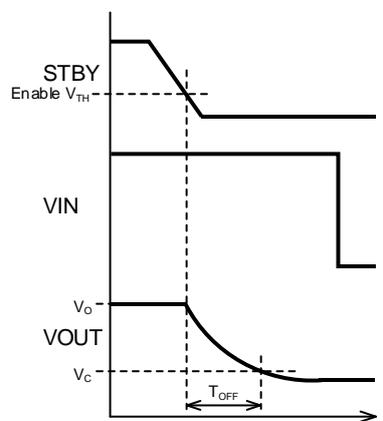


Figure 13-2.  
STBY を緩やかにオフした場合

Figure 13-1 は STBY を急峻にターンオフしたときの電源オフ特性です。STBY をオフにすると出力トランジスタがオフ、ディスチャージ回路が動作するため、出力コンデンサの電荷は IC 内の放電抵抗によって放電され出力電圧が降下して行きます。放電経路はこの抵抗以外に負荷や IC 内の帰還抵抗（出力電圧設定抵抗）もあります。出力電圧が降下してきた後で VIN をオフにします。放電経路が IC 内の放電抵抗の場合の出力降下時間は次式で求めることができます。

$$T_{OFF} = -C_O \times R_{DSC} \times \ln\left(\frac{V_C}{V_O}\right) \quad [sec] \quad (15-1)$$

$C_O$  : 出力コンデンサ [F]

$R_{DSC}$  : IC 内の放電抵抗 (20~80) [ $\Omega$ ]

$V_O$  : 出力電圧 [V]

$V_C$  : 最終降下電圧 [V]

Figure 13-2 は STBY を緩やかにオフしたときの電源オフ特性です。STBY 電圧がしきい値を下回った時点で出力トランジスタがオフ、ディスチャージ回路が動作するため、出力電圧が降下して行きます。出力電圧の降下時間は Figure 13-1 と同じです。

## 13 電源オフ シーケンス (つづき)

### 2. VIN → STBY の順でオフした場合

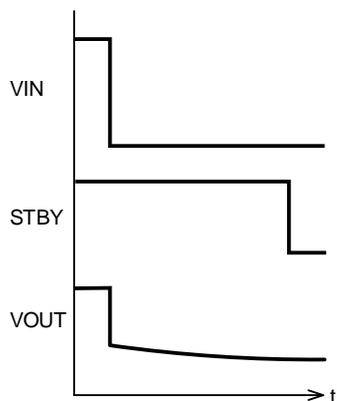


Figure 13-3.  
VIN を急峻にオフした場合

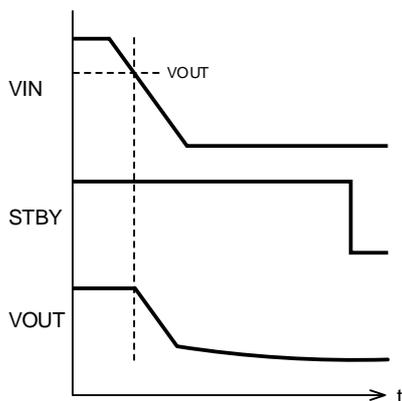


Figure 13-4.  
VIN を緩やかにオフした場合

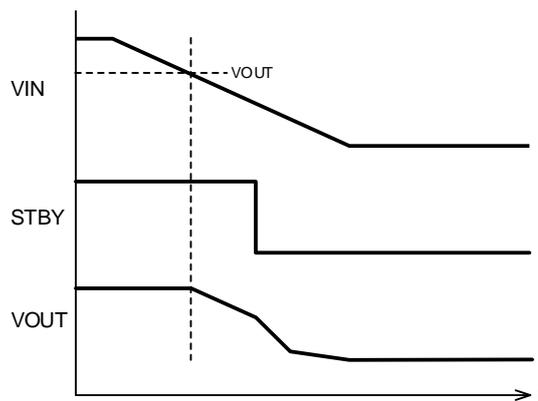


Figure 13-5.  
VIN を緩やかにオフし、さらに VIN 降下中に  
STBY をオフした場合

Figure 13-3 は VIN を急峻にターンオフしたときの電源オフ特性です。VIN が急峻にオフすると、入出力電圧が逆転するため、出力コンデンサの電荷は出力トランジスタのボディダイオード（寄生ダイオード）を介して入力側へ放電されます。従って出力電圧は入力電圧に追従する形で急峻に降下し、VIN が 0V に達するとボディダイオード分の電圧（約 0.5V）を残して降下は緩やかになります。その後は負荷抵抗の時定数で電圧降下して行きます。

Figure 13-4 は VIN を緩やかにターンオフしたときの電源オフ特性です。VIN の電圧が降下し、入出力電圧が逆転するポイントに達すると、出力コンデンサの電荷は出力トランジスタのボディダイオード（寄生ダイオード）を介して入力側へ放電されます。従って出力電圧は入力電圧に追従する形で降下し、VIN が 0V に達するとボディダイオード分の電圧（約 0.5V）を残して降下は更に緩やかになります。その後は負荷抵抗の時定数で電圧降下して行きます。

Figure 13-5 は VIN を緩やかにターンオフしている途中で EN を急峻にターンオフしたときの電源オフ特性です。VIN の電圧が降下し、入出力電圧が逆転するポイントに達すると、出力コンデンサの電荷は出力トランジスタのボディダイオード（寄生ダイオード）を介して入力側へ放電されます。従って出力電圧は入力電圧に追従する形で降下します。VIN 電圧が降下中に STBY を急峻にオフすると出力トランジスタがオフしディスチャージ回路が動作するため、出力は急速に低下します。VIN が IC の動作電圧以下になるとディスチャージ回路も動作しなくなるため、出力は再び入力電圧に追従する形で降下します。

## 13 電源オフ シーケンス (つづき)

### 3. VIN, STBY 同時オフの場合

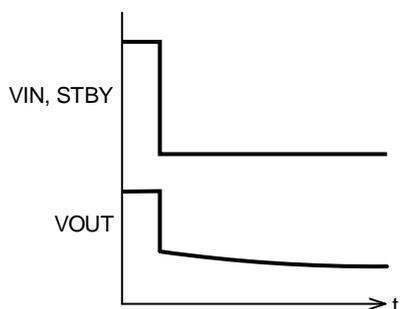


Figure 13-6.  
VIN, STBY を急峻にオフした場

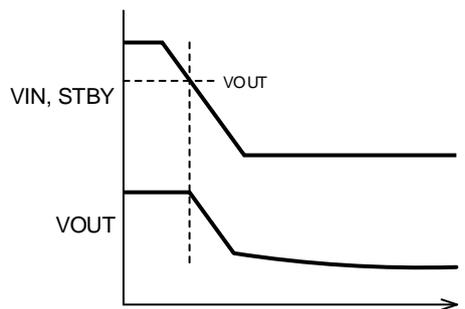


Figure 13-7.  
VIN, STBY を緩やかにオフした場合

Figure 13-6 は VIN と STBY を急峻にターンオフしたときの電源オフ特性です。VIN が急峻にオフすると、入出力電圧が逆転するため、出力コンデンサの電荷は出力トランジスタのボディーダイオード（寄生ダイオード）を介して入力側へ放電されます。従って出力電圧は入力電圧に追従する形で急峻に降下し、VIN が 0V に達するとボディーダイオード分の電圧（約 0.5V）を残して降下は緩やかになります。その後は負荷抵抗の時定数で電圧降下して行きます。

Figure 13-7 は VIN と STBY を緩やかにターンオフしたときの電源オフ特性です。VIN の電圧が降下し、入出力電圧が逆転するポイントに達すると、出力コンデンサの電荷は出力トランジスタのボディーダイオード（寄生ダイオード）を介して入力側へ放電されます。従って出力電圧は入力電圧に追従する形で降下し、VIN が 0V に達するとボディーダイオード分の電圧（約 0.5V）を残して降下は更に緩やかになります。その後は負荷抵抗の時定数で電圧降下して行きます。なお、STBY ピンが “OFF” レベルに達する前に VIN が IC の動作電圧以下になるため、出力ディスチャージ回路は動作しません。

## 14 突入電流

起動時に出力コンデンサへ電荷を充電するための突入電流が流れます。出力電流値が推奨動作範囲の最大値を超えても、過電流保護(OCP)回路によって電流が制限されるため動作として問題ありません。但し、過電流によりジャンクション温度が 125°C を超えることがないことを確認しておく必要があります。短時間による過電流時のジャンクション温度  $T_j$  は、過渡熱抵抗  $Z_{TH}$  を使って次式で見積もることができます。

$$T_j = T_A + Z_{TH} \times P \quad [^\circ\text{C}] \quad (14-1)$$

$T_A$  : 周囲環境温度 [ $^\circ\text{C}$ ]

$Z_{TH}$  : ジャンクションから周囲環境までの過渡熱抵抗 [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ]

$P$  : IC の消費電力 [ $\text{W}$ ]

$P$  は IC の消費電力で次式により計算できます。

$$P = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} + (V_{IN} \times I_{IN}) \quad [\text{W}] \quad (14-2)$$

但し、 $I_{OUT} \gg I_{IN}$  の場合は次式で計算できます。

$$P = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \quad [\text{W}] \quad (14-3)$$

$V_{IN}$  : 入力電圧 [ $\text{V}$ ]

$V_{OUT}$  : 出力電圧 [ $\text{V}$ ]

$I_{OUT}$  : 出力電流 [ $\text{A}$ ]

$I_{IN}$  : IC の回路電流 [ $\text{A}$ ]

SSOP5 パッケージにおいて、 $T_A=60^\circ\text{C}$  の環境で突入電流 0.3A が 1ms 間流れた場合を考えると、1ms での過渡熱抵抗は Figure 14-1 より  $11^\circ\text{C}/\text{W}$  になります。

ジャンクション温度  $T_j$  を次式で計算します。

$$\begin{aligned} T_j &= T_A + Z_{TH} \times P \\ &= 60^\circ\text{C} + 11 \times (5\text{V} - 3.3\text{V}) \times 0.3\text{A} = 65.6^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ジャンクション温度  $T_j$  が  $125^\circ\text{C}$  以下なので問題ありません。

このように突入電流が 1ms 程度の短時間ではチップ温度の上昇が小さいため、温度上昇が問題になることは少ないです。

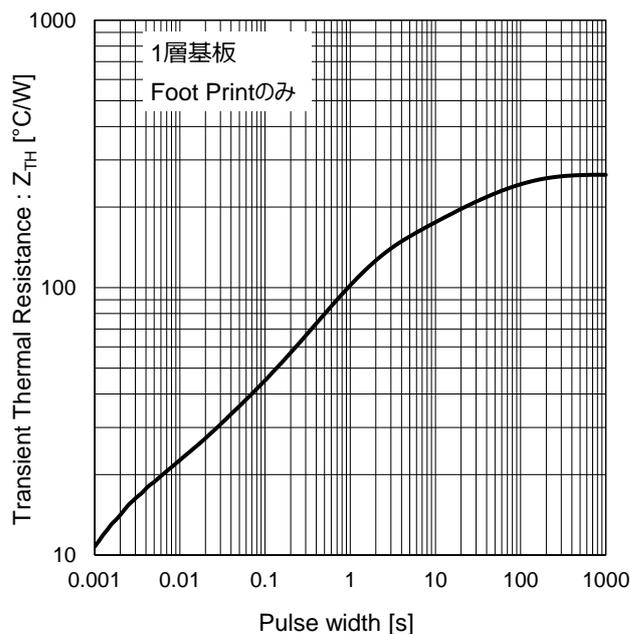


Figure 14-1. SSOP5 パッケージの過渡熱抵抗

## 15 過電流保護(OCP)

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 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 15-1 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 点は過電流保護検出電流で参考値は約 0.4A です。検出電流のばらつきの下限値は、推奨出力電流の最大値を下回る事はありません。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ます。過電流状態がなくなると出力電圧は自動復旧します。

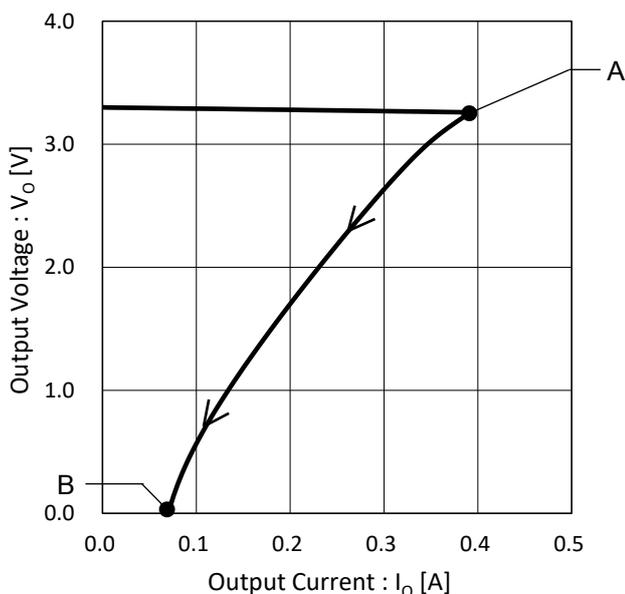


Figure 15-1. 過電流保護特性

推奨出力電流の最大値と過電流保護検出値の間はリアレギュレータとして動作しますが、電気的特性は保証外となります。また、許容損失を超えて動作し続けると、過熱保護回路が動作し出力をオフします。

## 16 過熱保護(TSD)

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。

過熱保護回路は参考値で約 180°C を超えるとリアレギュレータの出力をオフにし、出力電流を遮断してチップの温度を下げます。検出温度はばらつきますが、ジャンクション温度(125°C)を下回ることはありません。チップの温度が約 165°C に低下すると再び出力をオン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、出力オン、オフ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、連続動作は劣化や破壊につながりますので避けてください。

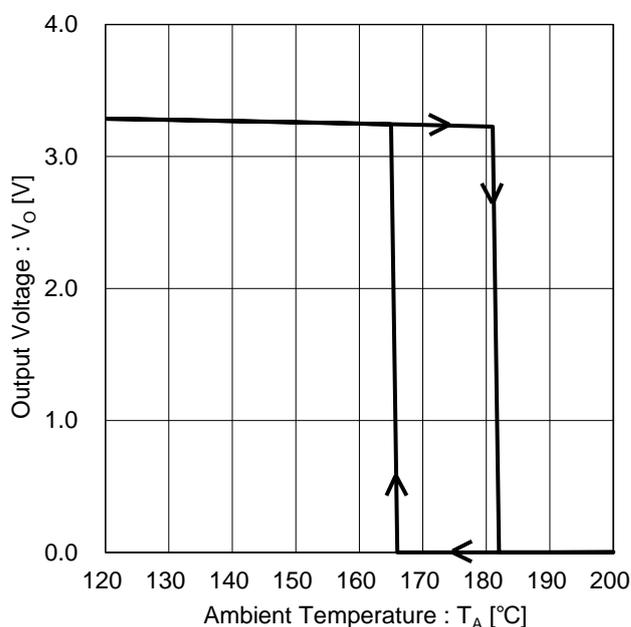


Figure 16-1. 過熱保護特性

17 入出力等価回路

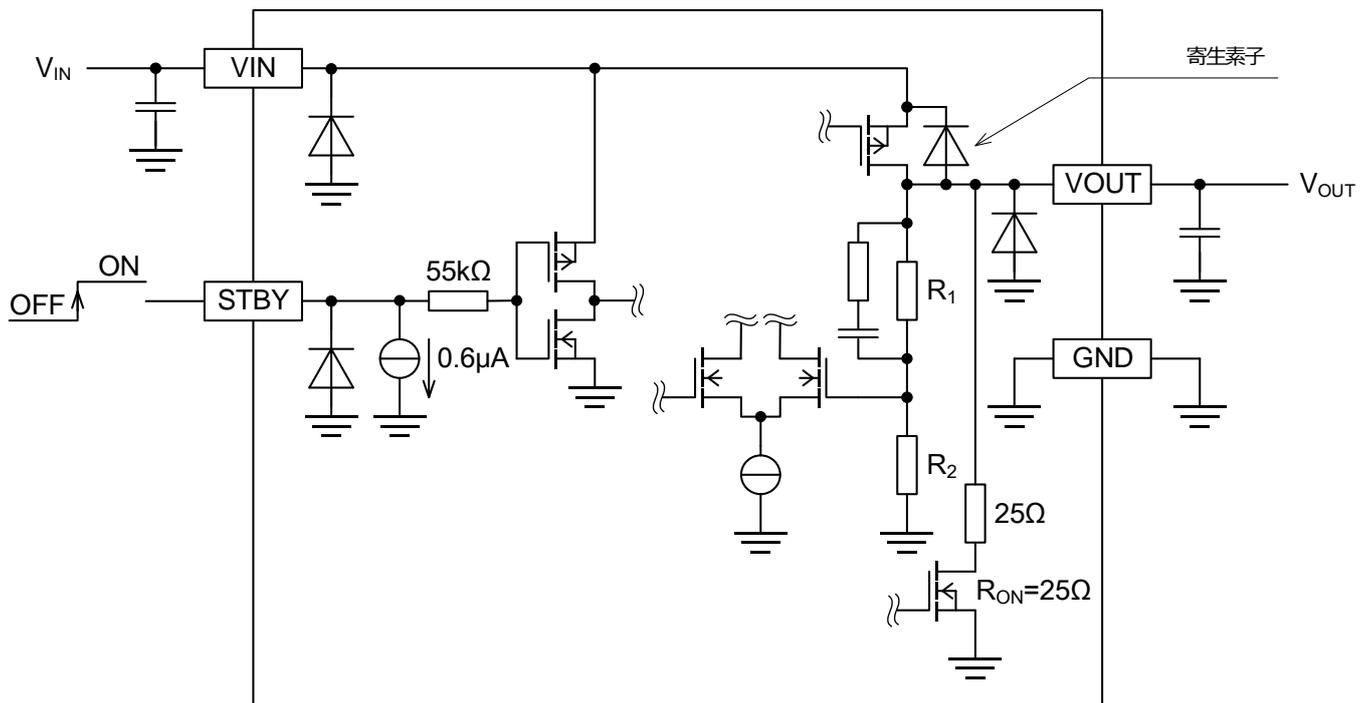


Figure 17-1. 入出力等価回路

## 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ものです。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/>