

特長

- 広い入力電圧範囲: 3V~80V
- 低消費電流: 46 μ A
- 低損失電圧: 300mV
- 出力電流: 50mA
- プログラム可能な遅延付きPWRGDフラグ
- 保護ダイオード不要
- 可変出力電圧: 1.24V~60V
- シャットダウン時の消費電流: 1 μ A
- 1 μ Fの出力コンデンサで安定
- セラミック、タンタル
およびアルミニウム・コンデンサで安定
- 逆バッテリー保護
- 出力から入力への逆電流なし
- 熱制限
- 熱的に改善された12ピンMSOP
および10ピン (3mm \times 3mm) DFNパッケージ

アプリケーション

- 低電流高電圧レギュレータ
- バッテリー駆動システム用レギュレータ
- テレコム・アプリケーション
- 車載アプリケーション

概要

LT[®]3011は高電圧マイクロパワー低損失リニア・レギュレータです。このデバイスは300mVの損失電圧で50mAの出力電流を供給できます。バッテリー駆動の高電圧システム向けに設計されており、低い消費電流(動作時46 μ A、シャットダウン時1 μ A)はドロップアウト状態でも十分制御されるので、LT3011は最適です。

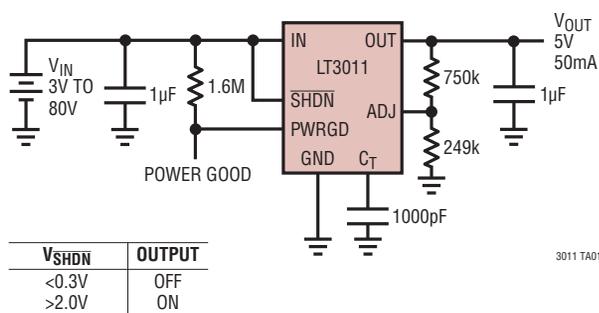
LT3011にはPWRGDフラグが備わっており、出力の安定化状態を表示します。安定化された出力レベルに達してからフラグが表示されるまでの遅延は1個の抵抗でプログラム可能です。LT3011は非常に小さな出力コンデンサで動作するという能力も備えています。わずか1 μ Fの出力コンデンサで安定します。直列抵抗(ESR)の追加なしに、小型セラミック・コンデンサを使用することができます(他のレギュレータでは一般に直列抵抗が必要です)。内蔵の保護回路には、逆バッテリー保護、電流制限、熱制限および逆電流保護が含まれています。

このLT3011は1.24Vの基準電圧を使った可変出力を備えています。デバイスは、熱特性が改善された12ピンMSOPパッケージと高さの低い(0.75mm) 10ピン(3mm \times 3mm) DFNパッケージで供給されます。両方とも熱特性が優れています。

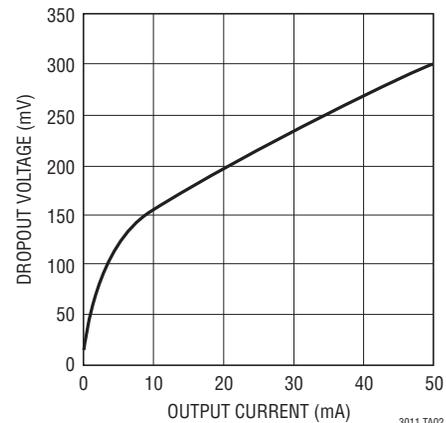
LT、LT、LTCおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例

シャットダウン機能付き5V電源



損失電圧



LT3011

絶対最大定格 (Note 1)

INピン電圧.....	±80V
OUTピン電圧.....	±60V
入力から出力への電圧差.....	±80V
ADJピン電圧.....	±7V
SHDNピン電圧.....	±80V
C _T ピン電圧.....	7V、-0.5V
PWRGDピン電圧.....	80V、-0.5V
出力短絡時間.....	無期限

保存温度範囲.....	-65°C~150°C
動作接合部温度	
(Note 3、10、11)	
LT3011E、LT3011I.....	-40°C~125°C
LT3011H.....	-40°C~150°C
リード温度 (半田付け、10秒)	
MSEパッケージのみ.....	300°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3011EDD#PBF	LT3011EDD#TRPBF	LDKQ	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3011IDD#PBF	LT3011IDD#TRPBF	LDKQ	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3011EMSE#PBF	LT3011EMSE#TRPBF	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3011HMSE#PBF	LT3011HMSE#TRPBF	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C
LT3011IMSE#PBF	LT3011IMSE#TRPBF	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
鉛ベース仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3011EDD	LT3011EDD#TR	LDKQ	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3011IDD	LT3011IDD#TR	LDKQ	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3011EMSE	LT3011EMSE#TR	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3011HMSE	LT3011HMSE#TR	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C
LT3011IMSE	LT3011IMSE#TR	3011	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。*温度等級は出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
鉛フリー製品のマーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性 (LT3011E、LT3011I)

●は-40°C~125°Cの動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT_J = 25°Cでの値。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage	I _{LOAD} = 50mA	●		2.8	4	V
ADJ Pin Voltage (Notes 2, 3)	V _{IN} = 3V, I _{LOAD} = 1mA 4V < V _{IN} < 80V, 1mA < I _{LOAD} < 50mA	●	1.228 1.215	1.24 1.24	1.252 1.265	V V
Line Regulation (Note 2)	ΔV _{IN} = 3V to 80V, I _{LOAD} = 1mA	●		1	12	mV
Load Regulation (Note 2)	V _{IN} = 4V, ΔI _{LOAD} = 1mA to 50mA V _{IN} = 4V, ΔI _{LOAD} = 1mA to 50mA	●		6	15 25	mV mV
Dropout Voltage V _{IN} = V _{OUT(NOMINAL)} (Notes 4, 5)	I _{LOAD} = 1mA I _{LOAD} = 1mA	●		100	150 190	mV mV
	I _{LOAD} = 10mA I _{LOAD} = 10mA	●		200	260 350	mV mV
	I _{LOAD} = 50mA I _{LOAD} = 50mA	●		300	370 550	mV mV
GND Pin Current V _{IN} = V _{OUT(NOMINAL)} (Notes 4, 6)	I _{LOAD} = 0mA	●		46	90	μA
	I _{LOAD} = 1mA	●		105	200	μA
	I _{LOAD} = 10mA	●		410	700	μA
	I _{LOAD} = 50mA	●		1.9	3.3	mA
Output Voltage Noise	C _{OUT} = 10μF, I _{LOAD} = 50mA, BW = 10Hz to 100kHz, V _{OUT} = 1.24V			100		μV _{RMS}
ADJ Pin Bias Current	(Note 7)			30	100	nA
Shutdown Threshold	V _{OUT} = Off to On	●		1.3	2	V
	V _{OUT} = On to Off	●	0.3	1.1		V
SHDN Pin Current (Note 8)	V _{SHDN} = 0V			0.5	2	μA
	V _{SHDN} = 6V			0.1	0.5	μA
Quiescent Current in Shutdown	V _{IN} = 6V, V _{SHDN} = 0V			1	5	μA
PWRGD Trip Point	% of Nominal Output Voltage, Output Rising	●	85	90	94	%
PWRGD Trip Point Hysteresis	% of Nominal Output Voltage			1.1		%
PWRGD Output Low Voltage	I _{PWRGD} = 50μA	●		140	250	mV
C _T Pin Charging Current		●		3	6	μA
C _T Pin Voltage Differential	V _{CT(PWRGD High)} - V _{CT(PWRGD Low)}			1.67		V
Ripple Rejection	V _{IN} = 7V (Avg), V _{RIPPLE} = 0.5V _{P-P} , f _{RIPPLE} = 120Hz, I _{LOAD} = 50mA		65	85		dB
Current Limit	V _{IN} = 7V, V _{OUT} = 0V			140		mA
	V _{IN} = 4V, ΔV _{OUT} = -0.1V (Note 2)	●	60			mA
Input Reverse Leakage Current	V _{IN} = -80V, V _{OUT} = 0V	●			6	mA
Reverse Output Current (Note 9)	V _{OUT} = 1.24V, V _{IN} < 1.24V (Note 2)			8	15	μA

電気的特性 (LT3011H)

●は-40°C~150°Cの動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT_J = 25°Cでの値。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage	I _{LOAD} = 50mA	●		2.8	4	V
ADJ Pin Voltage (Notes 2, 3)	V _{IN} = 3V, I _{LOAD} = 1mA 4V < V _{IN} < 80V, 1mA < I _{LOAD} < 50mA	●	1.228 1.215	1.24 1.24	1.252 1.265	V V
Line Regulation (Note 2)	ΔV _{IN} = 3V to 80V, I _{LOAD} = 1mA	●		1	12	mV
Load Regulation (Note 2)	V _{IN} = 4V, ΔI _{LOAD} = 1mA to 50mA V _{IN} = 4V, ΔI _{LOAD} = 1mA to 50mA	●		6	15 25	mV mV

LT3011

電気的特性 (LT3011H)

●は-40°C~150°Cの動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT_J = 25°Cでの値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Dropout Voltage V _{IN} = V _{OUT(NOMINAL)} (Notes 4, 5)	I _{LOAD} = 1mA I _{LOAD} = 1mA	●	100	150 220	mV mV	
	I _{LOAD} = 10mA I _{LOAD} = 10mA	●	200	260 380	mV mV	
	I _{LOAD} = 50mA I _{LOAD} = 50mA	●	300	370 575	mV mV	
GND Pin Current V _{IN} = V _{OUT(NOMINAL)} (Notes 4, 6)	I _{LOAD} = 0mA	●	46	125	μA	
	I _{LOAD} = 1mA	●	105	225	μA	
	I _{LOAD} = 10mA	●	410	750	μA	
	I _{LOAD} = 50mA	●	1.9	3.5	mA	
Output Voltage Noise	C _{OUT} = 10μF, I _{LOAD} = 50mA, BW = 10Hz to 100kHz, V _{OUT} = 1.24V		100		μV _{RMS}	
ADJ Pin Bias Current	(Note 7)		30	100	nA	
Shutdown Threshold	V _{OUT} = Off to On	●	1.3	2	V	
	V _{OUT} = On to Off	●	0.3	1.1	V	
SHDN Pin Current (Note 8)	V _{SHDN} = 0V V _{SHDN} = 6V		0.5 0.1	2 0.5	μA μA	
Quiescent Current in Shutdown	V _{IN} = 6V, V _{SHDN} = 0V		1	5	μA	
PWRGD Trip Point	% of Nominal Output Voltage, Output Rising	●	85	90	95	%
PWRGD Trip Point Hysteresis	% of Nominal Output Voltage			1.1		%
PWRGD Output Low Voltage	I _{PWRGD} = 50μA	●	140	250	mV	
C _T Pin Charging Current		●	3	6	μA	
C _T Pin Voltage Differential	V _{CT(PWRGD High)} - V _{CT(PWRGD Low)}		1.67		V	
Ripple Rejection	V _{IN} = 7V (Avg), V _{RIPPLE} = 0.5V _{P-P} , f _{RIPPLE} = 120Hz, I _{LOAD} = 50mA		65	85	dB	
Current Limit	V _{IN} = 7V, V _{OUT} = 0V		60	140	mA	
	V _{IN} = 4V, ΔV _{OUT} = -0.1V (Note 2)	●			mA	
Input Reverse Leakage Current	V _{IN} = -80V, V _{OUT} = 0V	●		6	mA	
Reverse Output Current (Note 9)	V _{OUT} = 1.24V, V _{IN} < 1.24V (Note 2)		8	15	μA	

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: LT3011はADJピンがOUTピンに接続されたこれらの条件でテストされ、仕様が規定されている。

Note 3: 動作条件は最大接合部温度によって制限される。安定化された出力電圧の仕様は、入力電圧と出力電流の全ての可能な組合せに対して適用されるわけではない。最大入力電圧で動作しているときは、出力電流範囲を制限しなければならない。最大出力電流で動作しているときは、入力電圧範囲を制限しなければならない。

Note 4: 最小入力電圧の条件を満たすため、LT3011は3.3Vの出力電圧で外部抵抗分割器(下側に249k、上側に409k)を使ったこれらの条件でテストされ、仕様が規定されている。外部抵抗分割器により5μA DCの負荷が出力に追加される。

Note 5: 損失電圧は、規定出力電流でレギュレーションを維持するのに必要な、入力から出力への最小電圧差である。ドロップアウトでは、出力電圧は(V_{IN}-V_{DROPOUT})に等しくなる。

Note 6: GNDピンの電流はV_{IN} = V_{OUT}(公称)および電流源負荷でテストされる。つまり、デバイスはドロップアウト領域近くで動作している状態でテストされる。これは、ワーストケースのGNDピンの電流である。さらに高い入力電圧では、GNDピンの電流はわずかに減少する。

Note 7: ADJピンのバイアス電流はADJピンに流れ込む。

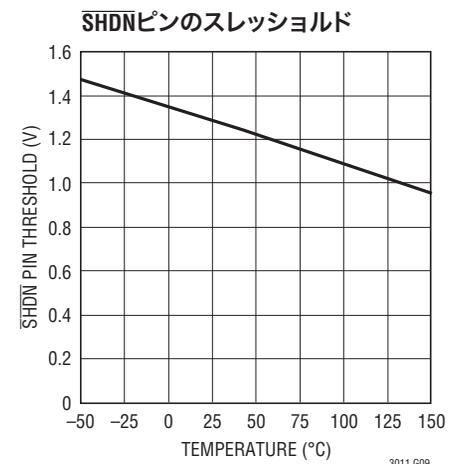
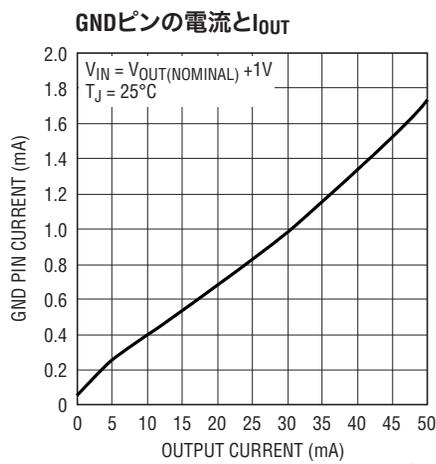
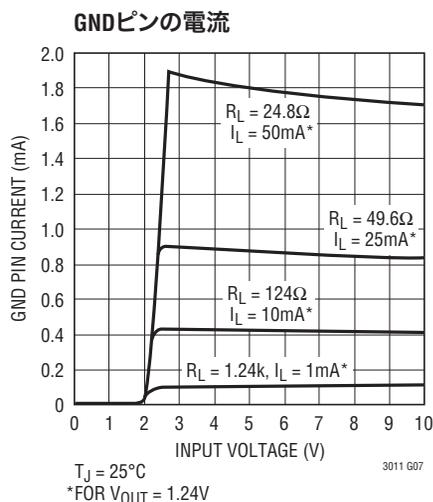
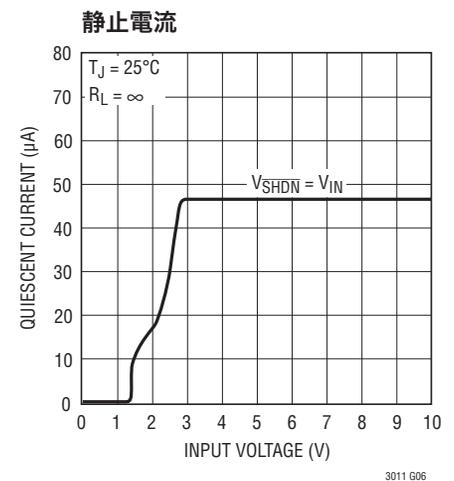
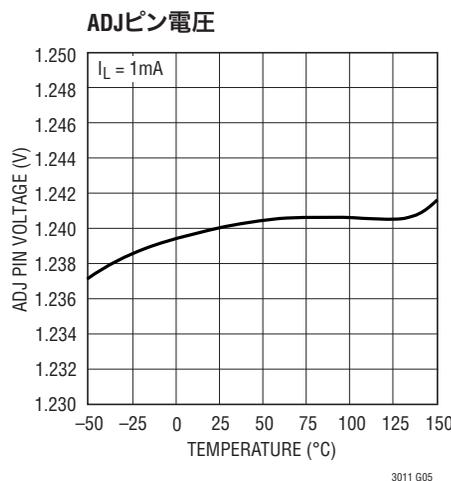
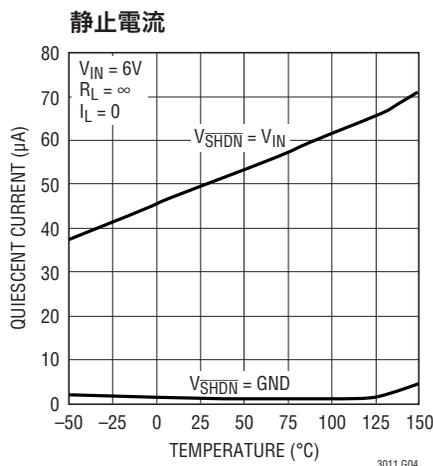
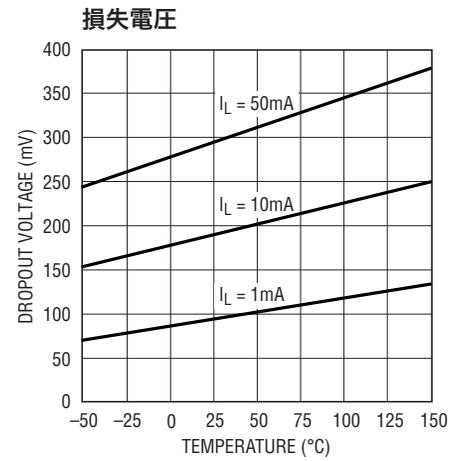
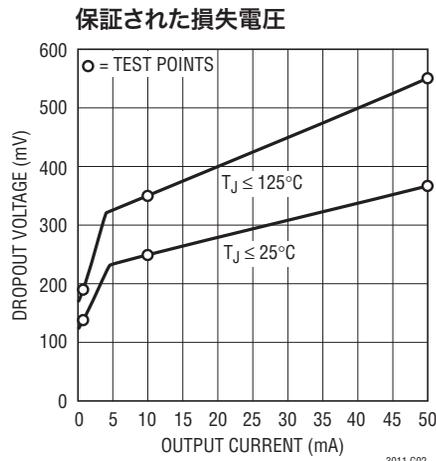
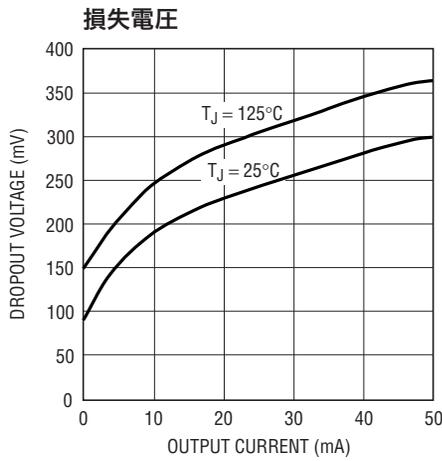
Note 8: SHDNピンの電流はSHDNピンから流れ出す。

Note 9: 逆出力電流は、INピンをグラウンドに接続し、OUTピンを定格出力電圧に強制した状態でテストされる。この電流はOUTピンに流れ込み、GNDピンから流れ出す。

Note 10: LT3011レギュレータはT_JがT_Aにほぼ等しいなどのパルス負荷条件のもとでテストされ、仕様が規定されている。LT3011EレギュレータはT_A = 25°Cで100%テストされる。-40°C~125°Cの全動作接合部温度のLT3011Eの性能は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3011レギュレータは-40°C~125°Cの動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。LT3011HはLT3011Hの「電気的特性」の150°Cの動作接合部温度の表に対してテストされる。接合部温度が高いと動作寿命が短くなる。125°Cを超える接合部温度では動作寿命がディレーティングされる。

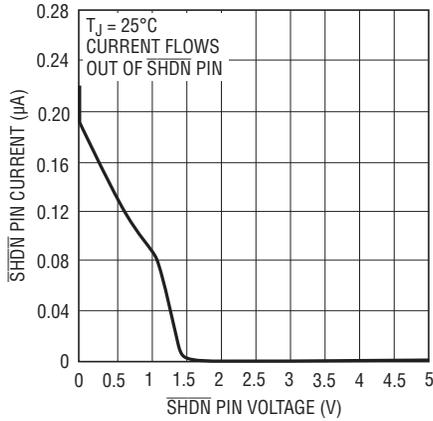
Note 11: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護機能がアクティブなとき接合部温度は125°C(LT3011E/LT3011I)または150°C(LT3011H)を超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうおそれがある。

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。



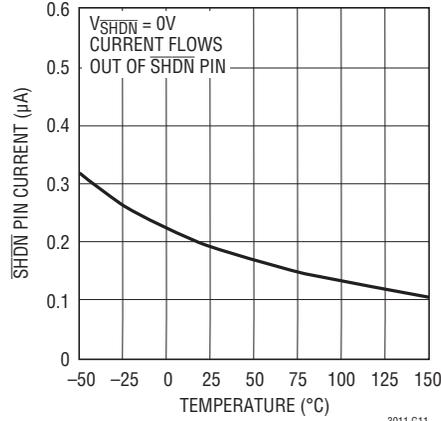
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

SHDNピンの電流



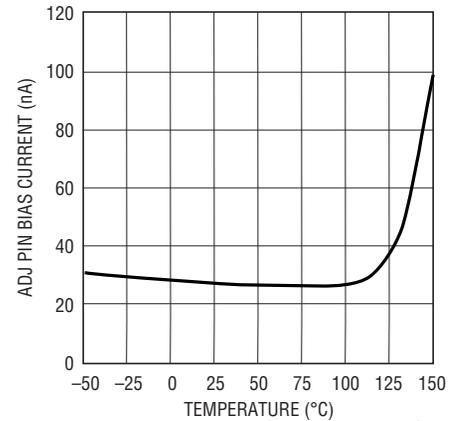
3011 G10

SHDNピンの電流



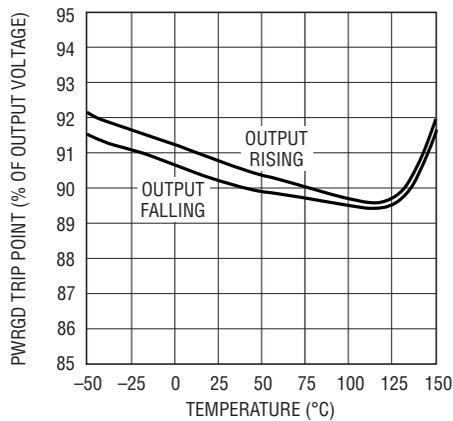
3011 G11

ADJピンのバイアス電流



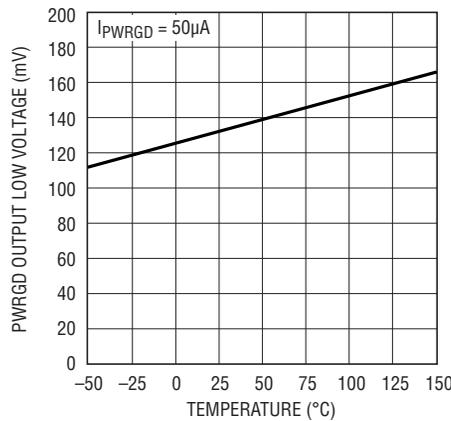
3011 G12

PWRGDのトリップ・ポイント



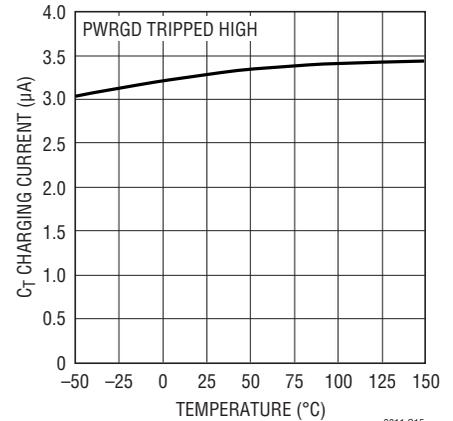
3011 G13

PWRGD出力の“L”の電圧



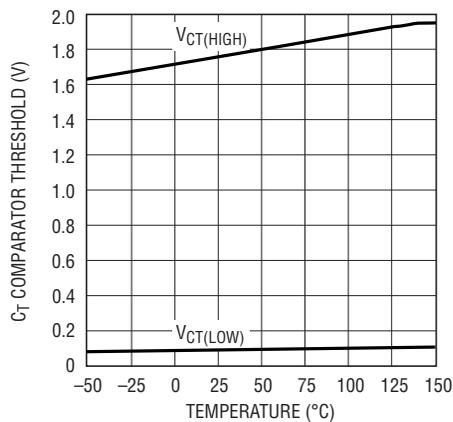
3011 G14

C_T充電電流



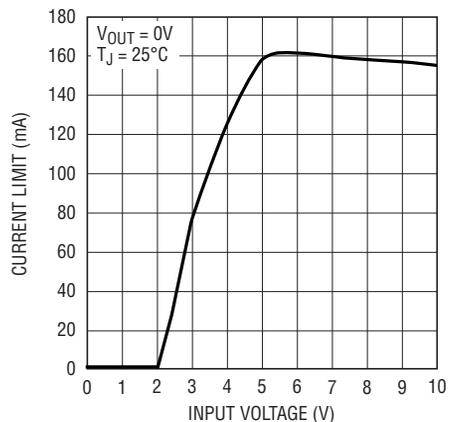
3011 G15

C_Tコンパレータのスレッシュホールド



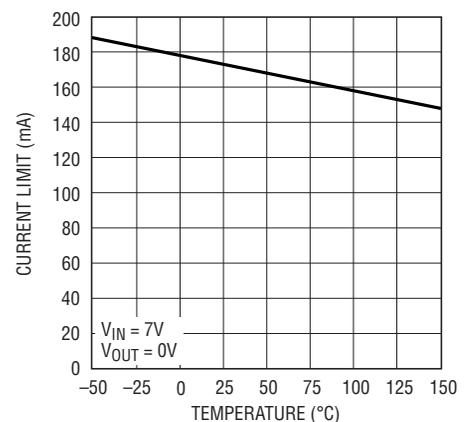
3011 G16

電流制限



3011 G17

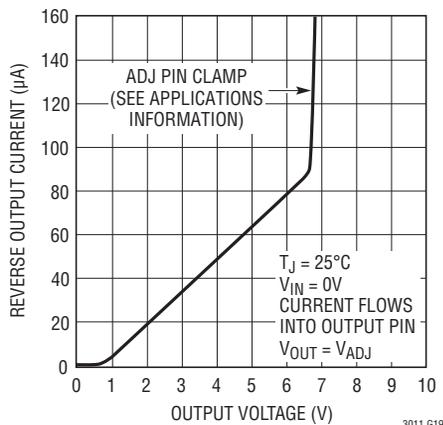
電流制限



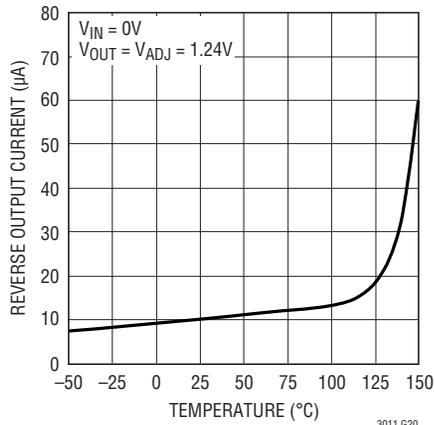
3011 G18

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

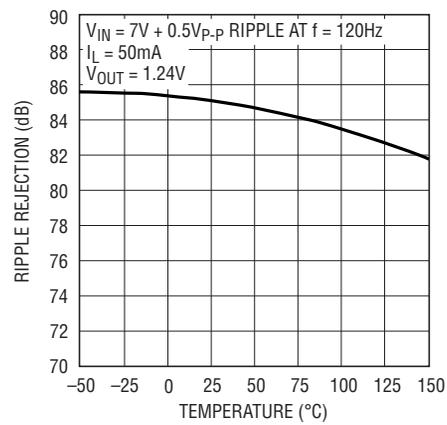
逆出力電流



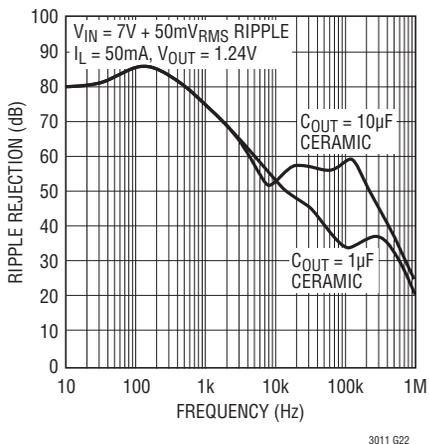
逆出力電流



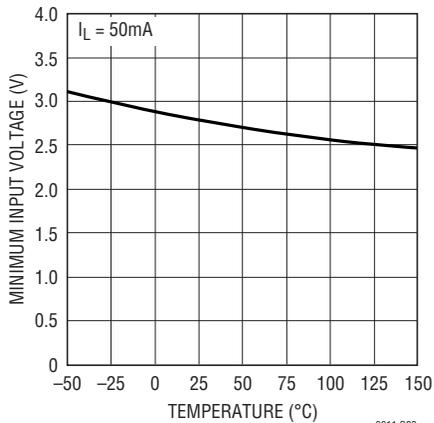
入力リップル除去



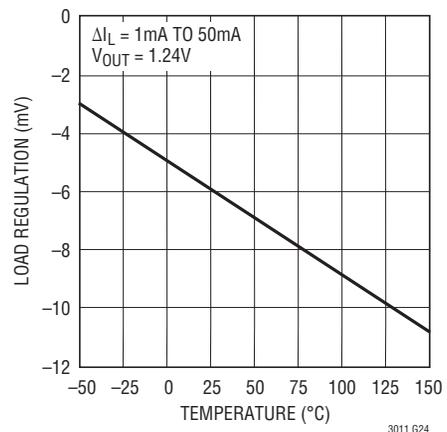
入力リップル除去



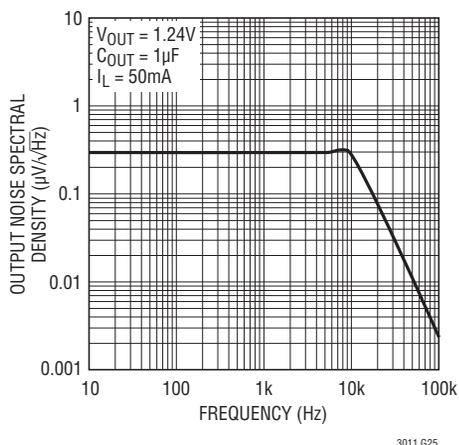
最小入力電圧



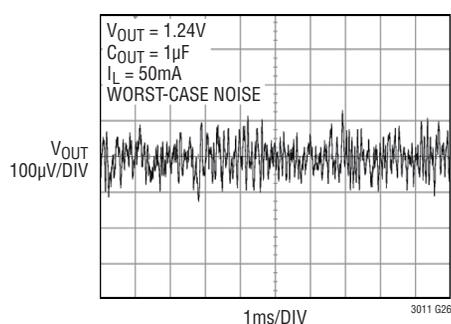
負荷レギュレーション



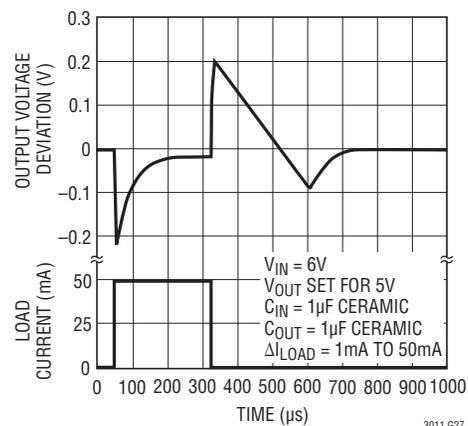
出力ノイズ・スペクトル密度



出力ノイズ (10Hz~100kHz)



過渡応答



ピン機能 (DFN/MSOP)

OUT (ピン1/ピン2) : 出力。出力は電力を負荷に供給します。発振を防ぐには最小1 μ Fの出力コンデンサが必要です。大きな過渡負荷をとまなうアプリケーションでピーク過渡電圧を制限するには大きなコンデンサが必要です。出力容量と逆出力特性の詳細については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

ADJ (ピン2/ピン3) : 調節。これは誤差アンプの入力です。このピンは内部で ± 7 Vにクランプされています。バイアス電流は30nAで、ピンに流れ込みます（「標準的性能特性」セクションの「ADJピンのバイアス電流」の曲線を参照）。ADJピンの電圧はグランドを基準にして1.24V、出力電圧の範囲は1.24V～60Vです。

GND (ピン3、11/ピン4、13) : グランド。パッケージの露出した底面（ピン11/ピン13）はGNDの電気的接続箇所です。したがって、デバイスの最適動作と熱性能を保証するには、露出パッドをPCボード上でピン3/ピン4に直接接続する必要があります。

NC (ピン4、7/ピン1、5、8、10、12) : 接続なし。これらのピンは内部で接続されていません。NCピンを熱放散のために銅領域に接続すると、熱性能がわずかに改善されます。

PWRGD (ピン5)/(ピン6) : パワーグッド。PWRGDフラグはオープン・コレクタのフラグで、出力電圧が公称出力電圧の90%を超えたことを表示します。このピンには内部プルアップが備わっていませんので、プルアップ抵抗を接続する必要があります。出力が公称電圧の90%を超え、 C_T ピンのコンデンサが1.67V差動を通して充電された後、PWRGDピンはオープン・コレクタのプルダウンから高インピーダンスに状態が変化します。“L”状態のPWRGDピンの最大プルダウン電流は50 μ Aです。

C_T (ピン6/ピン7) : タイマ・コンデンサ。 C_T ピンに小さなコンデンサを使って、出力がPWRGDスレッシュホールドを超える時点と、PWRGDフラグが高インピーダンス状態に変化する時点の間のタイミングを遅らせることができます。充電フェーズの間にこのピンから流れ出す電流は3 μ Aです。PWRGDの“L”状態からPWRGDの“H”状態の間の電圧差は1.67Vです（「アプリケーション情報」のセクションを参照）。

$\overline{\text{SHDN}}$ (ピン8/ピン9) : シャットダウン。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンはLT3011を低電力シャットダウン状態にするのに使われます。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンが“L”に引き下げられると、出力がオフします。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンは5Vロジックでドライブするか、プルアップ抵抗付きのオープン・コレクタ・ロジックでドライブすることができます。プルアップ抵抗はオープン・コレクタ・ゲートのプルアップ電流（通常数マイクロアンペア）を供給するためにだけ必要です。使用しない場合、 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンはロジック“H”または V_{IN} に接続する必要があります。

IN (ピン10/ピン11) : 入力。電力はINピンを通してデバイスに供給されます。デバイスが主入力フィルタ・コンデンサから6インチ以上離れている場合は、このピンにバイパス・コンデンサが必要です。一般に、バッテリーの出力インピーダンスは周波数とともに増加しますので、バッテリー駆動の回路にはバイパス・コンデンサを接続することを推奨します。1 μ F～10 μ Fのバイパス・コンデンサで十分です。LT3011は、グランドとOUTピンに対してINピンに逆電圧が加わっても耐えるように設計されています。逆入力電圧の場合（これはバッテリーを逆に差し込むと起こります）、LT3011はダイオードが入力に直列に接続されているかのように振る舞います。逆電流がLT3011に流れ込むことはなく、逆電圧が負荷に加わることはありません。デバイスは自己と負荷の両方を保護します。

露出パッド (ピン11/ピン13) : グランド。露出パッドはPCBに半田付けする必要があります。

アプリケーション情報

LT3011は50mA高電圧低損失レギュレータで、消費電流とシャットダウン電流はマイクロパワーです。このデバイスは300mVの損失電圧で50mAを供給できます。動作時の消費電流は46μAと低く、シャットダウン時には1μAに下がります。低消費電流に加えて、LT3011はいくつかの保護機能を備えていますので、バッテリー駆動のシステムに最適です。デバイスは逆入力電圧と逆出力電圧の両方に対して保護されています。入力がグラウンドに引き下げられたときバックアップ・バッテリーによって出力を保つことができるバッテリー・バックアップのアプリケーションでは、LT3011は出力に直列にダイオードが接続されているかのように振る舞って逆電流が流れるのを防ぎます。

可変動作

LT3011の出力電圧範囲は1.24V～60Vです。出力電圧は、図1に示されているように、2個の外部抵抗の比によって設定されます。デバイスは出力をサーボ制御して、グラウンドを基準にしたADJピンの電圧を1.24Vに保ちます。したがって、R1の電流は1.24V/R1に等しく、R2の電流はR1の電流にADJピンのバイアス電流を加えたものです。ADJピンのバイアス電流(25°Cで30nA)はR2を通してADJピンに流れ込みます。出力電圧は図1の式を使って計算することができます。R1の値は250kより小さくして、ADJピンのバイアス電流によって生じる出力電圧の誤差を小さく抑えます。シャットダウン時には出力がオフし、分割器の電流はゼロになることに注意してください。可変デバイスは、(注記がない限り)出力電圧が1.24VになるようにADJピンをOUTピンに接続した状態で、5μAのDC負荷でテストさ

れ、仕様が規定されています。1.24Vを超える出力電圧の場合の仕様は望みの出力電圧と1.24Vの比($V_{OUT}/1.24V$)に比例します。たとえば、1mAから50mAへの出力電流の変化に対する負荷レギュレーションは $V_{OUT} = 1.24V$ では標準で-6mVです。 $V_{OUT} = 12V$ では負荷レギュレーションは次のとおりです。

$$\frac{12V}{1.24V} \cdot -6mV = -58mV$$

出力容量と過渡応答

LT3011は広い範囲の出力コンデンサで安定するように設計されています。出力コンデンサのESRが(特に小さなコンデンサの場合)安定性に影響を与えます。発振を防ぐために、ESRが3Ω以下の最小1μFの出力コンデンサを推奨します。LT3011はマイクロパワー・デバイスで、出力過渡応答は出力コンデンサの関数です。出力容量の値を大きくすると、負荷電流の大きな変化に対してピーク変動が減り、過渡応答が改善されます。LT3011によって電流を供給される個々の部品をデカップリングするのに使われるバイパス・コンデンサにより、出力コンデンサの実効値が増加します。

セラミック・コンデンサを使用するには特に配慮が必要です。セラミック・コンデンサは様々な誘電体を使って製造されており、それぞれ温度や加えられる電圧によって動作が異なります。最も広く使われている誘電体は、Z5U、Y5V、X5R、X7RなどのEIA温度特性コードで規定されています。

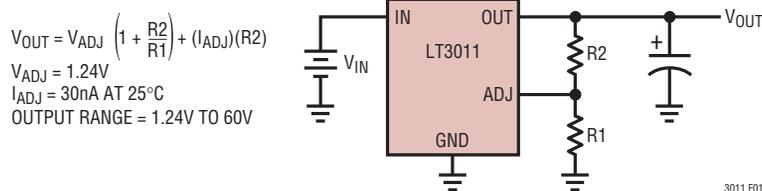


図1. 調節可能な動作

アプリケーション情報

Z5UとY5Vの誘電体は小型のパッケージで高い容量を実現するのに適していますが、図2と図3に示されているように、大きな電圧係数と温度係数を示す傾向があります。16V 10 μ FのY5Vコンデンサは、5Vのレギュレータに使用すると、加えられたこのDCバイアス電圧と動作温度範囲ではわずか1 μ F~2 μ Fの実効値しか示さない可能性があります。X5RとX7Rの誘電体を使うともっと特性が安定し、出力コンデンサとして使うのに適しています。X7Rタイプは全温度範囲にわたって安定しており、X5Rタイプは安価で、大きな値のものが入手可能です。X5RやX7Rのコンデンサを使う場合でも注意が必要です。X5RとX7Rのコードは動作温度範囲と全温度範囲での最大容量変化を規定するだけです。X5RやX7RのコンデンサのDCバイアスによる容量変化はY5VやZ5Uのコンデンサに比べると小さいとはいえ、それでもコンデンサの容量が適切なレベルより下に下がってしまうほど変化することがあります。コンデンサのDCバイアス特性は部品のケース・サイズが大きいほど良くなる傾向がありますが、動作電圧で期待する容量が保てるか検証すべきです。

電圧係数と温度係数だけが問題なのではありません。セラミック・コンデンサの中には圧電効果を示すものがあります。圧電デバイスは、圧電加速度計やマイクロホンの動作原理と同様、機械的応力によって端子間に電圧を発生します。セラミック・コンデンサの場合、システムの振動や熱的過渡現象によって応力が生じることがあります。

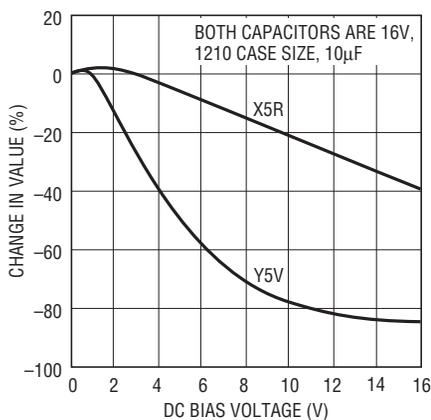


図2. セラミック・コンデンサのDCバイアス特性

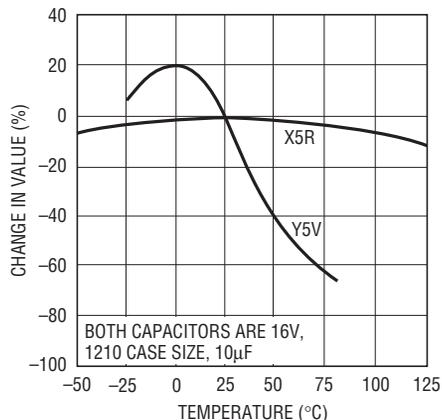


図3. セラミック・コンデンサの温度特性

PWRGDフラグとタイミング・コンデンサによる遅延

PWRGDフラグはADJピンの電圧が安定化電圧の10%以内にあることを表示するのに使います。PWRGDピンはオープン・コレクタ出力で、ADJピンの電圧が低いとき50 μ Aをシンクすることができます。PWRGDピンには内部プルアップが備わっていないので、外部プルアップ抵抗を使う必要があります。ADJピンがその最終リファレンス値の10%以内に上昇すると、遅延タイムが開始されます。この遅延の(C_T ピンのコンデンサの値によってプログラムされた)終点で、PWRGDピンが高インピーダンスに切り替わり、外部プルアップ抵抗によってロジック・レベルに引き上げられます。

C_T ピンのコンデンサの値を計算するには次式を使います。

$$C_{\text{TIME}} = \frac{I_{\text{CT}} \cdot t_{\text{DELAY}}}{V_{\text{CT(HIGH)}} - V_{\text{CT(LOW)}}}$$

PWRGD回路のブロック図を図4に示します。起動時、タイミング・コンデンサは放電しており、PWRGDピンは”L”に保たれます。出力電圧が上昇し、ADJピンが90%スレッシュホールドを超えると、JKフリップ・フロップがリセットされ、3 μ Aの電流源がタイミング・コンデンサを充電し始めます。 C_T ピンの電圧が $V_{\text{CT(HIGH)}}$ スレッシュホールド(25°Cで約1.7V)に達すると、コンデンサの電圧がクランプされ、PWRGDピンは高インピーダンス状態に設定されます。

アプリケーション情報

通常動作の間、内部グリッチ・フィルタにより、短時間のトランジェント (<15μs)は無視されます。90%のスレッシュホールドより低くもっと長いトランジェントはJKフリップ・フロップをリセットします。このフリップ・フロップにより、タイミング遅延が再度開始される前に、C_Tピンのコンデンサは急速にV_{CT(LOW)}スレッシュホールドまで完全に放電します。これにより、ADJピンが安定化電圧の10%以内になってからPWRGDピンが高インピーダンスに切り替わるまで、一定のタイミング遅延が与えられます。

熱に関する検討事項

デバイスの電力処理能力は最大定格接合部温度、つまり125°C (LT3011E/LT3011I) または150°C (LT3011H) によって制限されます。デバイスによって消費される電力には2つの成分があります。

1. 入力/出力の電圧差と出力電流の積、つまり $I_{OUT} \cdot (V_{IN} - V_{OUT})$ 、および
2. GNDピンの電流と入力電圧の積、つまり $I_{GND} \cdot V_{IN}$ 。

GNDピンの電流は「標準的性能特性」のセクションの「GNDピンの電流」の曲線を調べて求めます。電力損失は上記の2つの成分の和に等しくなります。

LT3011シリーズのレギュレータには過負荷状態でデバイスを保護するように設計された熱制限機能が内蔵されています。継続する通常状態では、125°C (LT3011E/LT3011I) または150°C (LT3011H) の最大定格接合部温度を超えてはいけません。接合部から周囲までの全ての熱抵抗源について注意深く検討することが重要です。近くに実装される他の熱源についても検討する必要があります。

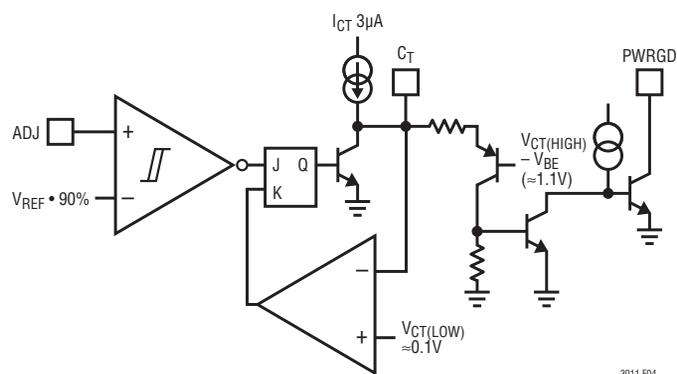


図4. PWRGD回路のブロック図

表面実装デバイスの場合、PCボードとその銅トレースの熱拡散能力を使ってヒートシンクを実現します。パワー・デバイスの発生する熱を拡散するのに、銅ボード硬化材とメッキ・スルーホールを使うこともできます。

いくつかの異なったボード寸法と銅面積に対する熱抵抗を以下の表に示します。全ての測定は、静止空気中で、1オンス銅の3/32” FR-4基板で行いました。

表1. MSOPの測定された熱抵抗

銅面積		ボード面積	熱抵抗 (接合部から周囲)
トップサイド	バックサイド		
2500 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	52°C/W
1000 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	54°C/W
225 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	58°C/W
100 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	64°C/W

表2. DFNの測定された熱抵抗

銅面積		ボード面積	熱抵抗 (接合部から周囲)
トップサイド	バックサイド		
2500 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	52°C/W
1000 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	54°C/W
225 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	58°C/W
100 sq mm	2500 sq mm	2500 sq mm	64°C/W

ダイの裏面の露出パッドで測定した、接合部からケースまでの熱抵抗 (θ_{JC}) は16°C/Wです。大きな入力/出力電圧差および最大負荷電流での連続動作は熱制限により実際的ではありません。高い入力/出力電圧差での過渡的動作は可能です。表面と裏面の最大領域を1オンス銅で覆った2500平方ミリメートルの3/32” FR-4基板のおよその熱時定数は3秒です。さらに熱質量を追加すると(つまり、ビア、大型基板、および他の部品)、この時定数は増加します。

高い過渡電力ピークを伴うアプリケーションでは、パルスの時間幅がデバイスと基板の熱時定数よりかなり小さい限り、接合部の温度計算に平均電力損失を使うことができます。

アプリケーション情報

接合部温度の計算

例1: 出力電圧が5V、入力電圧範囲が24V~30V、出力電流範囲が0mA~50mA、最大周囲温度が50°Cだとすると、最大接合部温度はいくらになるでしょうか。

デバイスの消費する電力は次式に等しくなります。

$$I_{OUT(MAX)} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) + (I_{GND} \cdot V_{IN(MAX)})$$

ここで、

$$I_{OUT(MAX)} = 50\text{mA}$$

$$V_{IN(MAX)} = 30\text{V}$$

$$I_{GND} \text{ at } (I_{OUT} = 50\text{mA}, V_{IN} = 30\text{V}) = 1\text{mA}$$

したがって、次のようになります。

$$P = 50\text{mA} \cdot (30\text{V} - 5\text{V}) + (1\text{mA} \cdot 30\text{V}) = 1.28\text{W}$$

熱抵抗は銅面積にたがって52°C/W~64°C/Wの範囲になります。したがって、周囲温度を超える接合部温度の上昇はおおよそ次のようになります。

$$1.28\text{W} \cdot 58^\circ\text{C/W} = 74^\circ\text{C}$$

したがって、最大接合部温度は、周囲温度を超える接合部温度の最大上昇分と最大周囲温度の和に等しくなります。つまり、次のようになります。

$$T_{JMAX} = 50^\circ\text{C} + 74^\circ\text{C} = 124^\circ\text{C}$$

例2: 出力電圧が5V、入力電圧が48Vで100msごとに5ms(最大)の間72Vに上昇し、負荷が5mAで250msごとに50msの間50mAに上昇する場合、接合部温度は周囲温度よりどれだけ上昇するでしょうか。基板の時定数より十分短い500msの周期を使うと、電力損失は以下のようになります。

$$P1 (48V_{IN}, 5\text{mA load}) = 5\text{mA} \cdot (48\text{V} - 5\text{V}) \\ + (200\mu\text{A} \cdot 48\text{V}) = 0.23\text{W}$$

$$P2 (48V_{IN}, 50\text{mA load}) = 50\text{mA} \cdot (48\text{V} - 5\text{V}) \\ + (1\text{mA} \cdot 48\text{V}) = 2.20\text{W}$$

$$P3 (72V_{IN}, 5\text{mA load}) = 5\text{mA} (72\text{V} - 5\text{V}) \\ + (200\mu\text{A} \cdot 72\text{V}) = 0.35\text{W}$$

$$P4 (72V_{IN}, 50\text{mA load}) = 50\text{mA} (72\text{V} - 5\text{V}) \\ + (1\text{mA} \cdot 72\text{V}) = 3.42\text{W}$$

異なる電力レベルでの動作は次のとおりです。

P1で76%の動作、P2で19%、P3で4%、
さらにP4で1%です。

$$P_{EFF} = 76\%(0.23\text{W}) + 19\%(2.20\text{W}) + 4\%(0.35\text{W}) \\ + 1\%(3.42\text{W}) = 0.64\text{W}$$

52°C/W~64°C/Wの範囲の熱抵抗では、これを周囲温度を超える接合部温度の上昇分に換算すると33°C~41°Cになります。

高温動作

高い周囲温度で動作するLT3011のアプリケーションを設計するときは注意する必要があります。LT3011は高い温度で動作しますが、外付け部品の予測できない変動により動作が不安定になることがあります。高温動作のタンタル・コンデンサが供給されていますが、多くの場合ESRが数オームになります。3Ωを超えるESRのコンデンサはLT3011に使うには適していません。セラミック・コンデンサ・メーカー(現時点では、村田製作所、AVX、TDKおよびVishay Vitramon)は、X8R誘電体を使った150°C定格のセラミック・コンデンサを提供しています。高い温度や動作DC電圧バイアスで、出力コンデンサの値とESRが設計リミットから外れると、デバイスが不安定になります(「出力容量と過渡応答」のコンデンサ特性の情報を参照)。各受動部品の動作温度範囲の絶対値と電圧定格をチェックします。

コンデンサのリーク電流や、不十分な基板洗浄後の半田フラックスの残滓によるリーク電流は、低静止電流動作に悪影響を与えます。接合部と隣接部品の両方の電力損失による接合部温度の上昇を検討し、LT3011E/LT3011H/LT3011Iや外部部品の最大規定値に違反しないことを確認します。

保護機能

LT3011レギュレータはいくつかの保護機能を備えていますので、バッテリー駆動の回路に使用するのに最適です。電流制限や熱制限など、モノリシック・レギュレータに関連した通常の保護機能に加えて、このデバイスは逆入力電圧、さらに出力から入力への逆電圧に対して保護されています。

アプリケーション情報

電流制限保護と熱過負荷保護により、デバイスの出力の電流過負荷状態に対してデバイスを保護することが意図されています。通常の動作では、接合部温度が125°C (LT3011E/LT3011I) または150°C (LT3011H) を超えてはいけません。

デバイスの入力には80Vの逆電圧に耐えます。デバイスに流れ込む電流は6mA以下 (標準で100 μ A以下) に制限され、出力には負電圧は現われません。デバイスは自己と負荷の両方を保護します。これにより、逆方向に差し込まれるおそれのあるバッテリーに対して保護されます。

可変デバイスのADJピンは、デバイスに損傷を与えることなしに、最大7Vだけグランドより上または下に引っ張ることができます。入力が開放状態または接地されているとき、ADJピンはグランドより下に引き下げられると開放回路のように振る舞い、グランドより上に引き上げられるとダイオードに直列に接続された大きな抵抗 (標準100k) のように振る舞います。入力が電圧ソースによって給電されているとき、ADJピンをリファレンス電圧より下に引き下げるとデバイスは出力の電流制限を強制しようとします。このため、出力は安定化されない高い電圧になります。ADJピンをリファレンス電圧より上に引き上げると、出力電流が完全にオフします。

出力が高い電圧に引き上げられると、ADJピンに接続されている抵抗分割器がADJピンをその7Vのクランプ電圧より上に引き上げる状況では、ADJピンの入力電流を5mA以下に制限す

る必要があります。たとえば、1.24Vのリファレンスから安定化された1.5Vを供給するために抵抗分割器が使われていて、出力が60Vに強制されるとします。抵抗分割器の上側の抵抗は、ADJピンが7VのときADJピンに流れこむ電流が5mA以下に制限されるように選択する必要があります。OUTピンとADJピンの間の53Vの電圧差をADJピンに流れ込む5mAの最大電流で割ると、上側の抵抗の最小値10.6kが得られます。

バックアップ・バッテリーが必要な回路では、いくつかの異なる入力/出力状態が発生する可能性があります。入力がグランドに引き下げられるか、どこか中間の電圧に引き下げられるか、または開放状態のとき、出力電圧がそのまま保たれる可能性があります。出力に逆流する電流は図5に示されている曲線に従います。7Vより上で見られる逆出力電流の増加はADJピンの7Vクランプのブレークダウンによって生じます。レギュレータの出力に抵抗分割器を使うと、この電流は抵抗分割器のサイズに依存して減少します。

LT3011のINピンがOUTピンより下に強制されるか、OUTピンがINピンより上に引き上げられると、入力電流は標準で2 μ A以下に減少します。この状態が生じる可能性があるのは、LT3011の入力が放電した (低電圧の) バッテリーに接続され、出力がバックアップ・バッテリーまたは補助レギュレータ回路によって高く保たれている場合です。出力が入力より上に引き上げられているとき、SHDNピンの状態は逆出力電流には影響を与えません。

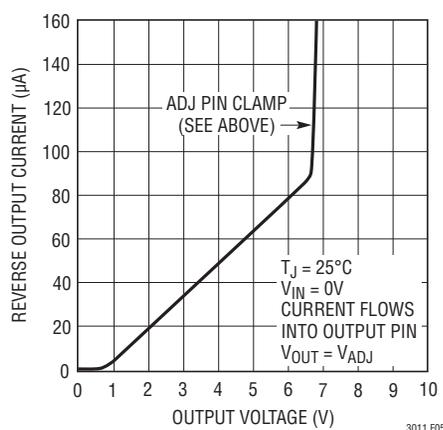
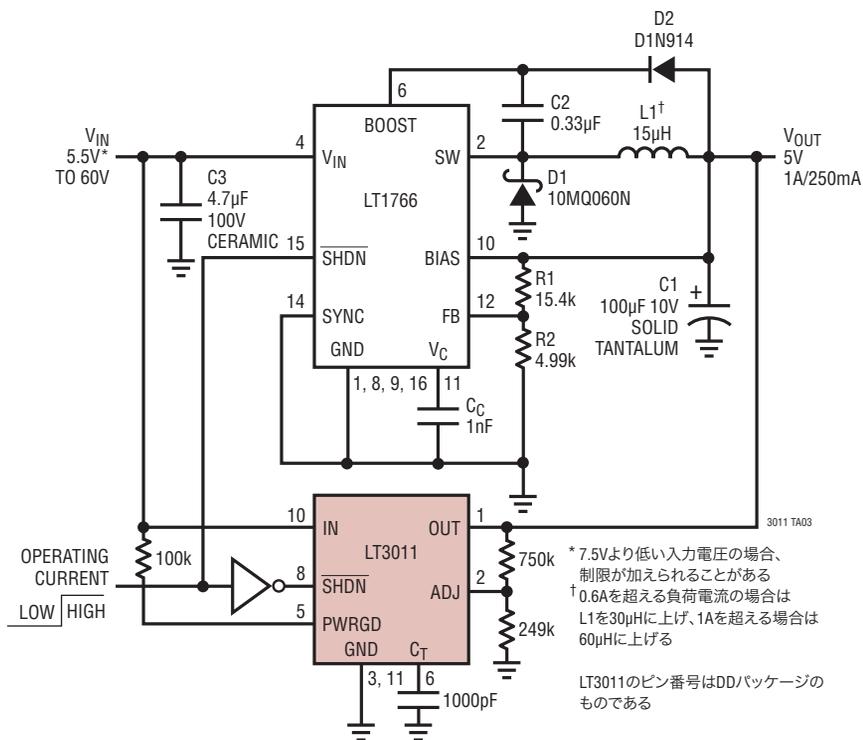


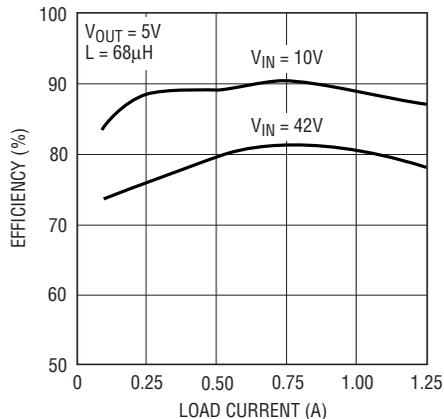
図5. 逆出力電流

標準的応用例

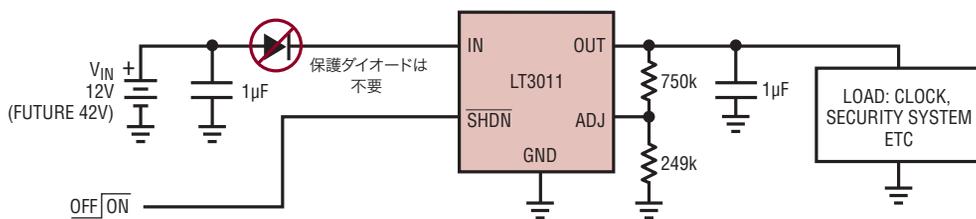
低電流のキープアライブ・バックアップ付き5V降圧コンバータ



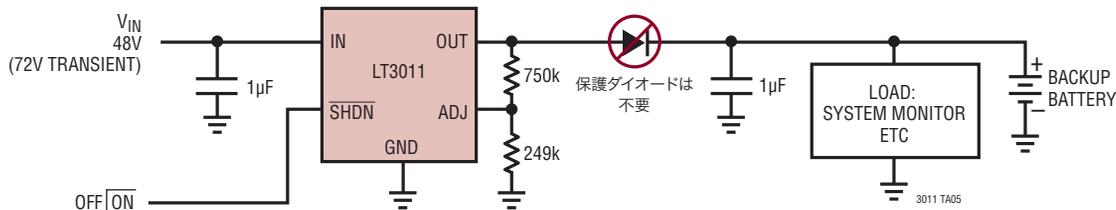
降圧コンバータの効率と負荷電流



LT3011の車載アプリケーション

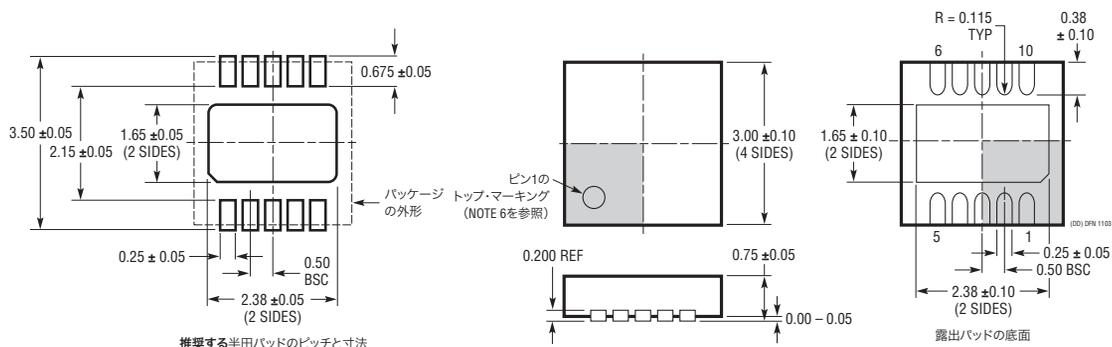


LT3011のテレコム・アプリケーション



パッケージ

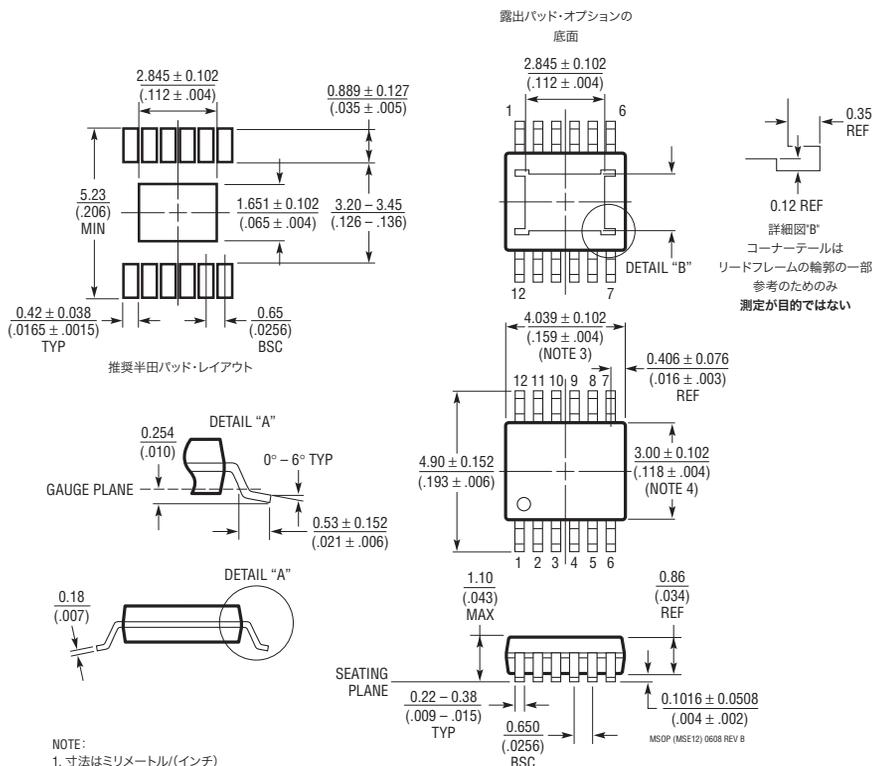
DDパッケージ
10ピン・プラスチックDFN (3mm×3mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1699)



NOTE:

1. 図はJEDECパッケージ・アウトラインMO-229のバリエーション(WEED-2)になる予定。バリエーションの指定の現状についてはLTCのWebサイトのデータシートを参照
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージのトップとボトムのパイン1の位置の参考に過ぎない

MSEパッケージ
12ピン・プラスチックMSOP、露出ダイ・パッド
(Reference LTC DWG # 05-08-1666 Rev B)

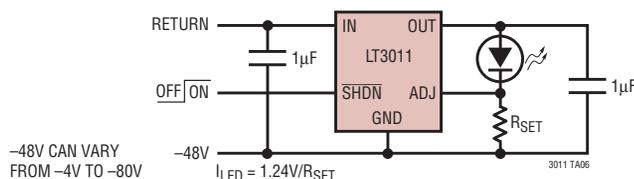


NOTE:

1. 寸法はミリメートル(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大0.102mm(0.004")であること

標準的応用例

広い入力電圧範囲にわたって輝度が一定のインジケータLED



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1121/ LT1121HV	150mA、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 4.2V~30/36V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 3.75V、 V_{DO} = 0.42V、 I_Q = 30µA、 I_{SD} = 16µA、逆バッテリー保護、SOT-223、S8およびZの各パッケージ
LT1676	60V、440mA (I_{OUT})、100kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 7.4V~60V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.24V、 I_Q = 3.2mA、 I_{SD} = 2.5µA、S8パッケージ
LT1761	100mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 1.8V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.22V、 V_{DO} = 0.3V、 I_Q = 20µA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 20µV _{RMS} 、1µFのセラミック・コンデンサで安定動作、ThinSOT™ パッケージ
LT1762	150mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 1.8V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.22V、 V_{DO} = 0.3V、 I_Q = 25µA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 20µV _{RMS} 、MS8パッケージ
LT1763	500mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 1.8V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.22V、 V_{DO} = 0.3V、 I_Q = 30µA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 20µV _{RMS} 、S8パッケージ
LT1764/ LT1764A	3A、低ノイズ、高速過渡応答LDO	V_{IN} : 2.7V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.21V、 V_{DO} = 0.34V、 I_Q = 1mA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 40µV _{RMS} 、"A"バージョンはセラミック・コンデンサで安定動作、DDとTO220-5パッケージ
LT1766	60V、1.2A (I_{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 5.5V~60V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.2V、 I_Q = 2.5mA、 I_{SD} = 25µA、TSSOP-16/Eパッケージ
LT1776	40V、550mA (I_{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 7.4V~40V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.24V、 I_Q = 3.2mA、 I_{SD} = 30µA、N8およびS8パッケージ
LT1956	60V、1.2A (I_{OUT})、500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 5.5V~60V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.2V、 I_Q = 2.5mA、 I_{SD} = 25µA、TSSOP-16/Eパッケージ
LT1962	300mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 1.8V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.22V、 V_{DO} = 0.27V、 I_Q = 30µA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 20µV _{RMS} 、MS8パッケージ
LT1963/ LT1963A	1.5A、低ノイズ、高速過渡応答LDO	V_{IN} : 2.1V~20V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.21V、 V_{DO} = 0.34V、 I_Q = 1mA、 I_{SD} < 1µA、低ノイズ < 40µV _{RMS} 、"A"バージョンはセラミック・コンデンサで安定動作、DD、TO220-5、SOT-223およびS8の各パッケージ
LT1965	並列接続できる1.1A、低ノイズ、低損失リニア・レギュレータ	損失電圧: 310mV、低ノイズ = 40µV _{RMS} 、 V_{IN} : 1.8V~20V、 V_{OUT} : 1.2V~19.5V、セラミック・コンデンサで安定動作、TO-220、DDPak、MSOPおよび3mm×3mm DFNパッケージ
LT3009	20mA、3µA I_Q マイクロパワーLDO	損失電圧: 280mV、低 I_Q = 3µA、 V_{IN} : 1.6V~20V、ThinSOTおよびSC-70パッケージ
LT3010/ LT3010H	50mA、3V~80V、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V_{IN} : 3V~8V、 $V_{OUT(MIN)}$ = 1.275V、 V_{DO} = 0.3V、 I_Q = 30µA、 I_{SD} = 1µA、低ノイズ < 100µV _{RMS} 、MS8Eパッケージ、Hグレード = +140°C T_{JMAX}
LT3012/ LT3012H	250mA、4V~80V低損失マイクロパワー・リニア・レギュレータ	V_{IN} : 4V~80V、 V_{OUT} : 1.24V~60V、 V_{DO} = 0.4V、 I_Q = 40µA、 I_{SD} < 1µA、TSSOP-16Eおよび4mm×3mm DFN-12パッケージ、Hグレード = +140°C T_{JMAX}
LT3013/ LT3013H	250mA、4V~80V低損失マイクロパワー・リニア・レギュレータ	V_{IN} : 4V~80V、 V_{OUT} : 1.24V~60V、 V_{DO} = 0.4V、 I_Q = 65µA、 I_{SD} < 1µA、TSSOP-16Eおよび4mm×3mm DFN-12パッケージ、Hグレード = +140°C T_{JMAX} 、PWRGDフラグ
LT3014/HV	20mA、3V~80V低損失マイクロパワー・リニア・レギュレータ	V_{IN} : 3V~80V (2msの間100V、HVバージョン)、 V_{OUT} : 1.22V~60V、 V_{DO} = 0.35V、 I_Q = 7µA、 I_{SD} < 1µA、ThinSOTおよび3mm×3mm DFN-8パッケージ
LT3080/ LT3080-1	並列接続できる1.1A、低ノイズ、低損失リニア・レギュレータ	損失電圧: 300mV (2電源動作)、低ノイズ = 40µV _{RMS} 、 V_{IN} : 1.2V~36V、 V_{OUT} : 0V~35.7V、電流ベースのリファレンス、抵抗1個で V_{OUT} を設定; 直接並列接続可能 (オペアンプ不要)、セラミック・コンデンサで安定、TO-220、SOT-223、MSOPおよび3mm × 3mm DFNパッケージ; LT3080-1はバラスト抵抗を内蔵

ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。