

静止電流が3 $\mu$ Aで  
フォルト耐性のある20mA/45V  
低ドロップアウト  
リニア・レギュレータ

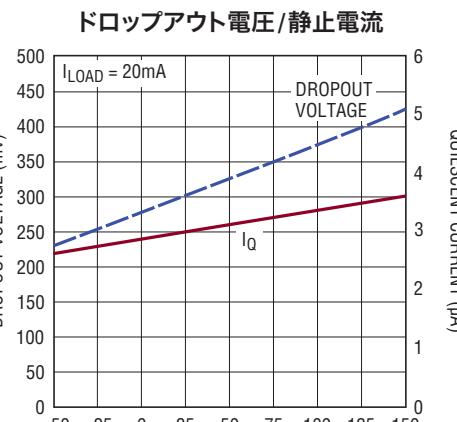
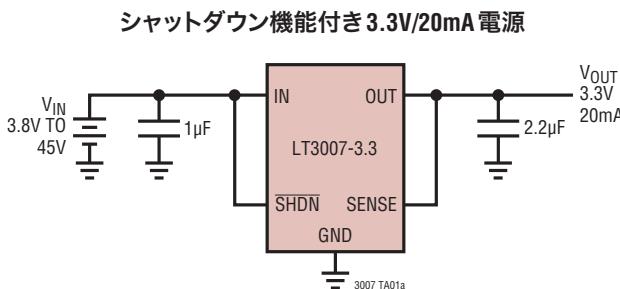
## 特長

- FMEA フォルト耐性：  
隣接ピンが短絡しているか、ピンがフロート状態のままの場合でも出力はレギュレーション電圧以下の状態を維持
- 超低静止電流：3 $\mu$ A
- 入力電圧範囲：2.0V ~ 45V
- 出力電流：20mA
- ドロップアウト電圧：300mV
- 可変出力 ( $V_{ADJ} = V_{OUT(MIN)} = 600mV$ )
- 固定出力電圧の種類：1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V、5V
- 出力の許容範囲：負荷、入力、温度の全範囲で±2%
- 低ESRのセラミック出力コンデンサ(最小2.2 $\mu$ F)で安定
- シャットダウン電流：<1 $\mu$ A
- 電流制限による保護
- 逆バッテリ保護
- 熱制限による保護
- TSOT-23パッケージ

## アプリケーション

- 自動車
- 低電流のバッテリ駆動システム
- キープアライブ電源
- 遠隔監視
- 電気、ガス、水道などのメータ
- 低消費電力の産業用アプリケーション

## 標準的応用例



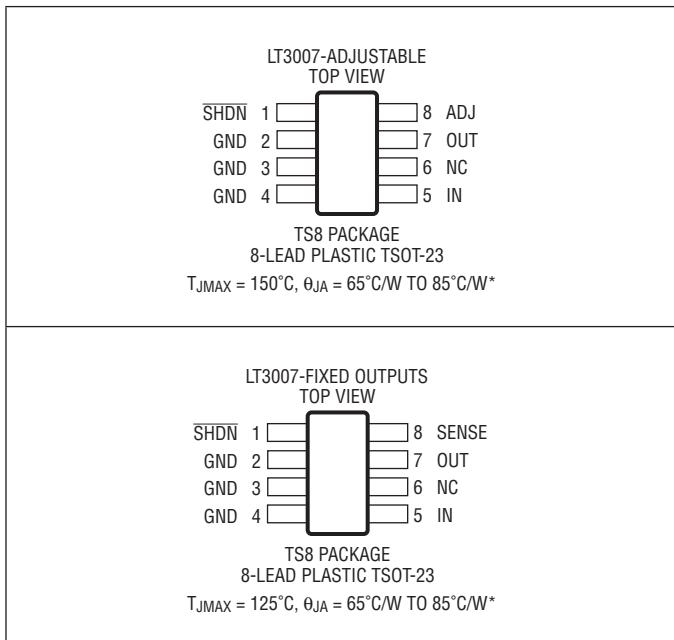
3007 TA01b

# LT3007 シリーズ

## 絶対最大定格 (Note 1)

IN ピン電圧	±50V
OUT ピン電圧	±50V
入力-出力間差動電圧	±50V
ADJ ピン電圧	±50V
SENSE ピン電圧	±50V
SHDN ピン電圧 (Note 8)	±50V
出力短絡時間	無期限
動作接合部温度範囲 (Note 2, 4)	
E および I グレード	-40°C ~ 125°C
H グレード	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C
リード温度(半田付け、10秒)	300°C

## ピン配置



\* 「アプリケーション情報」のセクションを参照のこと。

## 発注情報

無鉛仕上げ	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
LT3007ETS8#PBF	LT3007ETS8#TRPBF	LTGJW	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8#PBF	LT3007ITS8#TRPBF	LTGJW	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007HTS8#PBF	LT3007HTS8#TRPBF	LTGJW	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 150°C
LT3007ETS8-1.2#PBF	LT3007ETS8-1.2#TRPBF	LTGKB	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-1.2#PBF	LT3007ITS8-1.2#TRPBF	LTGKB	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ETS8-1.5#PBF	LT3007ETS8-1.5#TRPBF	LTGKD	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-1.5#PBF	LT3007ITS8-1.5#TRPBF	LTGKD	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ETS8-1.8#PBF	LT3007ETS8-1.8#TRPBF	LTGJZ	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-1.8#PBF	LT3007ITS8-1.8#TRPBF	LTGJZ	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ETS8-2.5#PBF	LT3007ETS8-2.5#TRPBF	LTGJX	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-2.5#PBF	LT3007ITS8-2.5#TRPBF	LTGJX	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ETS8-3.3#PBF	LT3007ETS8-3.3#TRPBF	LTGKC	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-3.3#PBF	LT3007ITS8-3.3#TRPBF	LTGKC	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ETS8-5#PBF	LT3007ETS8-5#TRPBF	LTGJY	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3007ITS8-5#PBF	LT3007ITS8-5#TRPBF	LTGJY	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。\* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

無鉛仕上げの製品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/tapeandreel/> をご覧ください

**電気的特性** ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_J = 25^\circ\text{C}$  での値。(Note 2)

# LT3007 シリーズ

**電気的特性** ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 2)

パラメータ	条件		MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Current (Notes 6, 7)	$I_{LOAD} = 0\mu\text{A}$ (E-, I-Grades) $I_{LOAD} = 0\mu\text{A}$ (H-Grade)	● ●		3 7	6 12	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
GND Pin Current $V_{IN} = V_{OUT(NOMINAL)} + 0.5\text{V}$ (Notes 6, 7)	$I_{LOAD} = 0\mu\text{A}$ (E-, I-Grades) $I_{LOAD} = 0\mu\text{A}$ (H-Grade) $I_{LOAD} = 100\mu\text{A}$ (E-, I-Grades) $I_{LOAD} = 100\mu\text{A}$ (H-Grade) $I_{LOAD} = 1\text{mA}$ $I_{LOAD} = 10\text{mA}$ $I_{LOAD} = 20\text{mA}$	● ● ● ● ● ● ●		3 6 12 14 21 160 350	6 7 12 14 50 500 1200	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Output Voltage Noise (Note 9)	$C_{OUT} = 2.2\mu\text{F}$ , $I_{LOAD} = 20\text{mA}$ , $BW = 10\text{Hz}$ to $100\text{kHz}$			92		$\mu\text{VRMS}$
ADJ Pin Bias Current			-10	0.4	10	nA
Shutdown Threshold	$V_{OUT} = \text{Off}$ to $\text{On}$ $V_{OUT} = \text{On}$ to $\text{Off}$	● ●		0.67 0.61	1.5	V V
SHDN Pin Current	$V_{SHDN} = 0\text{V}$ , $V_{IN} = 45\text{V}$ $V_{SHDN} = 45\text{V}$ , $V_{IN} = 45\text{V}$	● ●		0.65	$\pm 1$ 2	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Quiescent Current in Shutdown	$V_{IN} = 6\text{V}$ , $V_{SHDN} = 0\text{V}$ (E-, I-Grades) $V_{IN} = 6\text{V}$ , $V_{SHDN} = 0\text{V}$ (H-Grade)	● ●		<1 <9		$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Ripple Rejection (Note 3)	$V_{IN} - V_{OUT} = 2\text{V}$ , $V_{RIPPLE} = 0.5\text{V}_{\text{P-P}}$ , $f_{\text{RIPPLE}} = 120\text{Hz}$ , $I_{LOAD} = 20\text{mA}$ LT3007 LT3007-1.2 LT3007-1.5 LT3007-1.8 LT3007-2.5 LT3007-3.3 LT3007-5			58 54 53 52 49 47 42	70 66 65 64 61 59 54	dB dB dB dB dB dB dB
Current Limit (Note 3)	$V_{IN} = 45\text{V}$ , $V_{OUT} = 0$ $V_{IN} = V_{OUT(NOMINAL)} + 1\text{V}$ , $\Delta V_{OUT} = -5\%$	●		22	75	$\text{mA}$ $\text{mA}$
Input Reverse-Leakage Current	$V_{IN} = -45\text{V}$ , $V_{OUT} = 0$	●		1	30	$\mu\text{A}$
Reverse-Output Current	$V_{OUT} = 1.2\text{V}$ , $V_{IN} = 0$			0.6	10	$\mu\text{A}$

**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恐れがある。

**Note 2:** LT3007 レギュレータは  $T_J$  が  $T_A$  にほぼ等しいバ尔斯負荷条件でテストされ、仕様が規定されている。LT3007E レギュレータは、 $T_A = 25^\circ\text{C}$  で全数テストされ、 $0^\circ\text{C}$  ~  $125^\circ\text{C}$  の温度での性能が保証されている。 $-40^\circ\text{C}$  ~  $125^\circ\text{C}$  の動作接合部温度範囲での仕様は、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。LT3007H レギュレータは  $-40^\circ\text{C}$  ~  $125^\circ\text{C}$  の全動作接合部温度範囲で保証されている。LT3007H レギュレータは、 $150^\circ\text{C}$  の動作接合部温度で全数テストされている。接合部温度が高いと、動作寿命は短くなる。接合部温度が  $125^\circ\text{C}$  を超えると、動作寿命が短くなる。H グレードは、可変出力電圧バージョンでのみ供給される。

**Note 3:** LT3007 の可変出力電圧バージョンは ADJ ピンが OUT ピンに接続された状態でテストされ、仕様が規定されている。

**Note 4:** 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すべての可能な組み合わ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、入力電圧を制限しなければならない。

**Note 5:** ドロップアウト電圧とは、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出力間の最小電圧差である。ドロップアウト時には、出力電圧は  $V_{IN} - V_{DROPOUT}$  に等しくなる。LT3007-1.2 および LT3007-1.5 では、ドロップアウト電圧は最小入力電圧によって制限される。

**Note 6:** 最小入力電圧の要件を満たすため、LT3007 の可変出力電圧バージョンは  $V_{OUT}$  を  $3.3\text{V}$  に設定する外付け抵抗分割器（下側  $61.9\text{k}\Omega$ 、上側  $280\text{k}\Omega$ ）を使用した状態でテストされ、仕様が規定されている。外付け抵抗分割器によって  $9.69\mu\text{A}$  の DC 負荷が出力に追加される。この外部電流は GND ピン電流の要素にはならない。

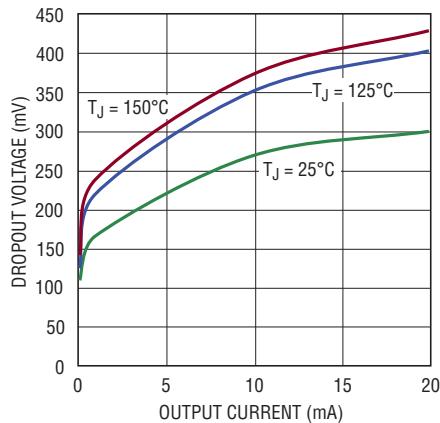
**Note 7:** GND ピン電流は  $V_{IN} = V_{OUT(NOMINAL)} + 0.55\text{V}$  および電流源負荷でテストされる。ドロップアウト時には、GND ピン電流は増加する。固定出力電圧バージョンは、内部の抵抗分割器によって GND ピン電流に約  $1\mu\text{A}$  が追加される。「標準的性能特性」の項目の「GND ピン電流」のグラフを参照。

**Note 8:** SHDN ピンは、IN ピンに直接またはフルアップ抵抗を介して接続されているときのみ、GND より低い電圧にドライブすることができます。IN に電力が供給されている間、SHDN ピンが GND より  $-0.3\text{V}$  を超えて低い電圧にドライブされると、出力はオンになる。

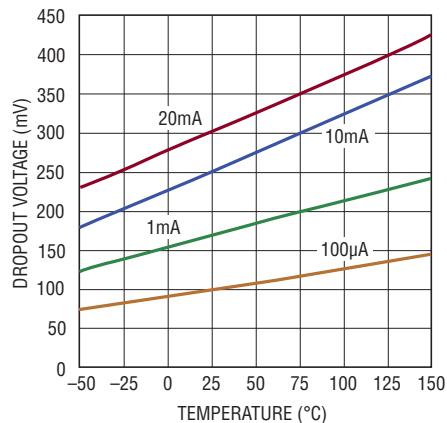
**Note 9:** 表中の出力ノイズは、ADJ ピンが OUT ピンに接続された可変出力電圧バージョンのものである。「標準的性能特性」の項目の「RMS 出力ノイズと負荷電流」のグラフを参照。

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

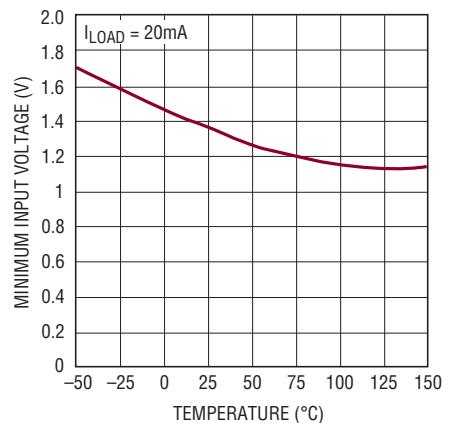
ドロップアウト電圧



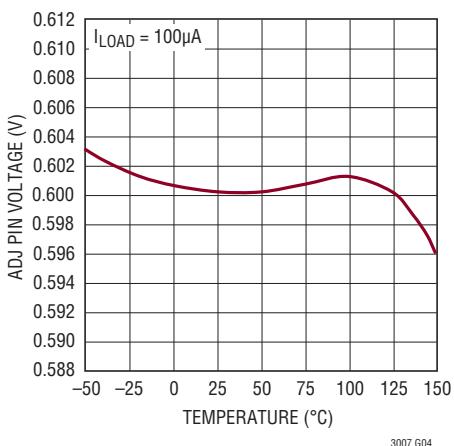
ドロップアウト電圧



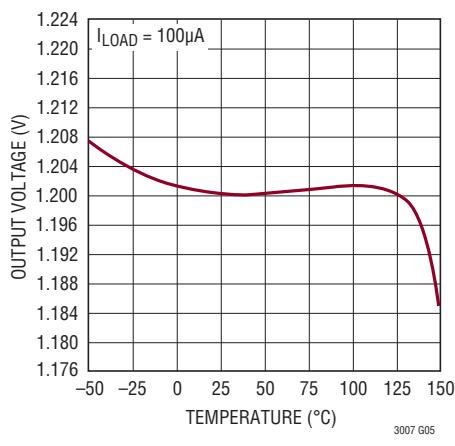
最小入力電圧



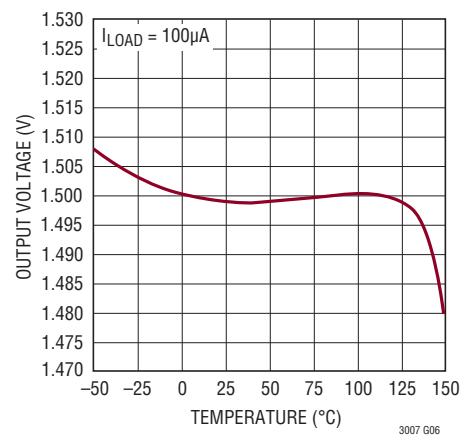
ADJピンの電圧



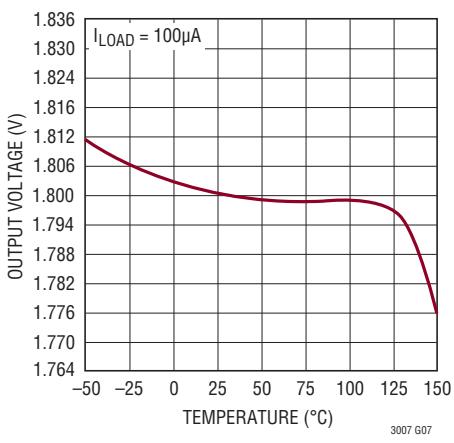
出力電圧(LT3007-1.2)



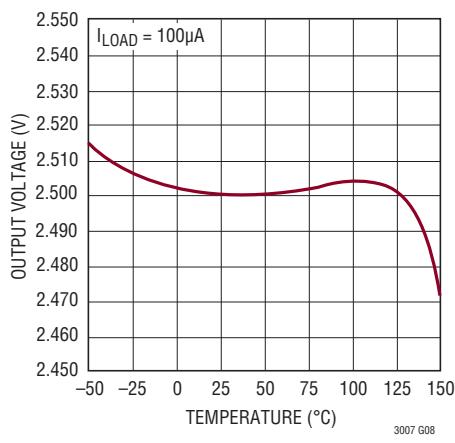
出力電圧(LT3007-1.5)



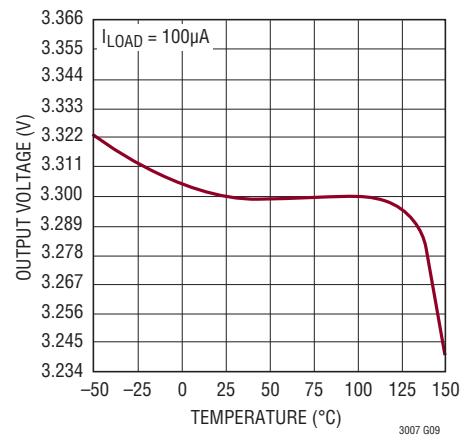
出力電圧(LT3007-1.8)



出力電圧(LT3007-2.5)



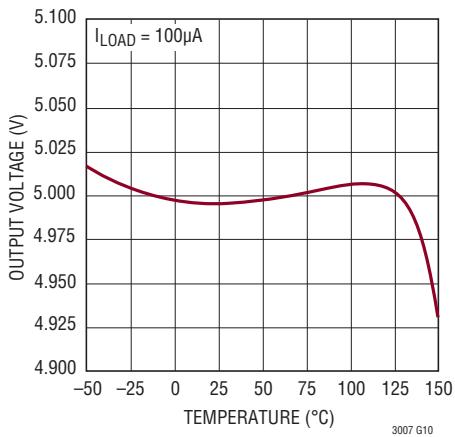
出力電圧(LT3007-3.3)



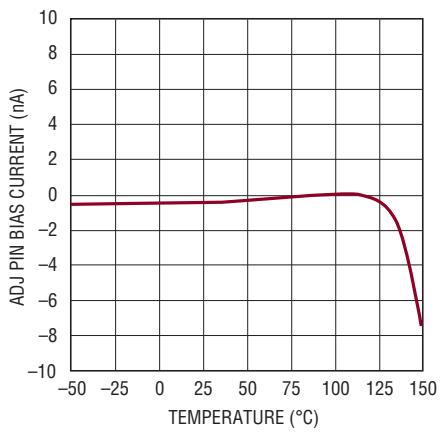
# LT3007 シリーズ

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

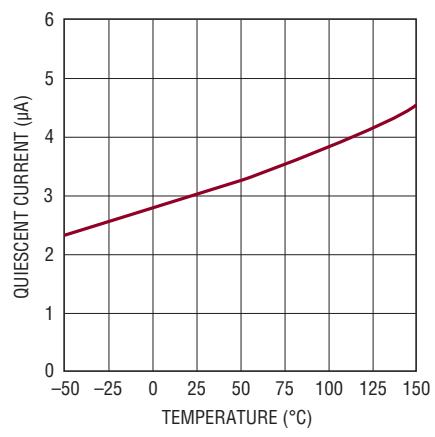
出力電圧 (LT3007-5)



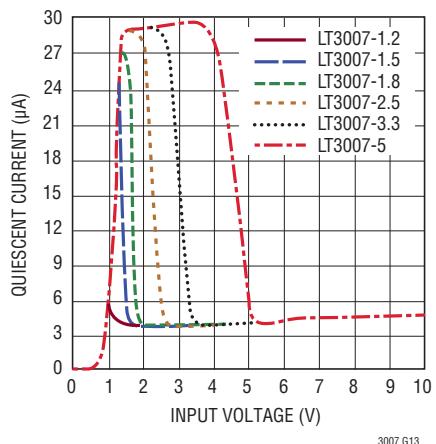
ADJ ピンのバイアス電流



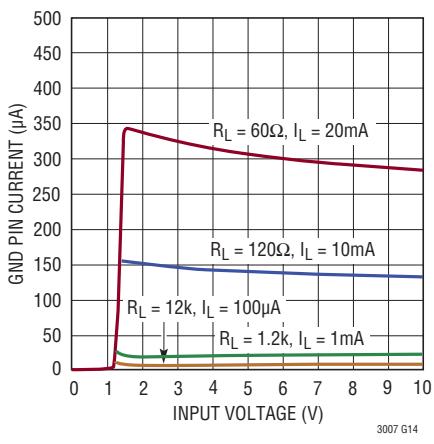
可変出力電圧バージョンの  
静止電流



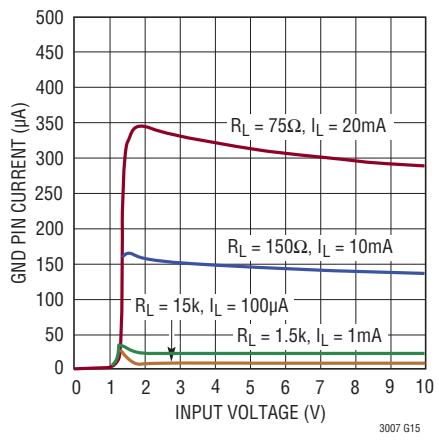
静止電流



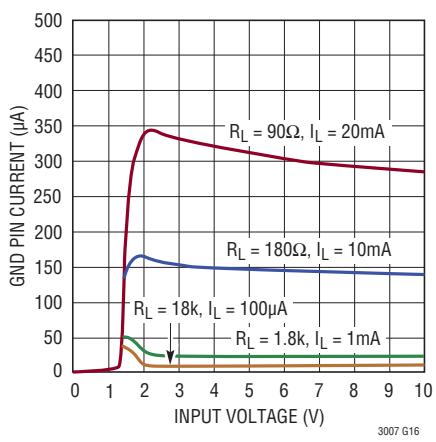
GND ピンの電流 (LT3007-1.2)



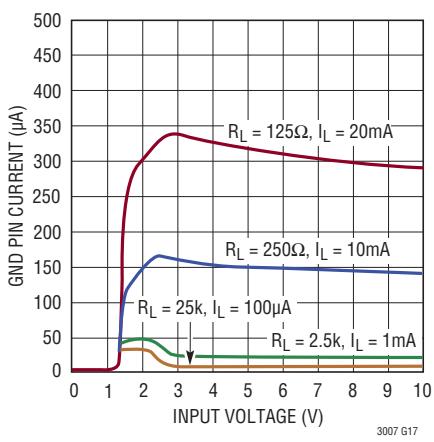
GND ピンの電流 (LT3007-1.5)



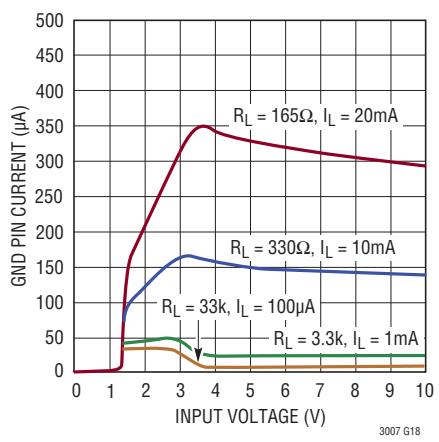
GND ピンの電流 (LT3007-1.8)



GND ピンの電流 (LT3007-2.5)



GND ピンの電流 (LT3007-3.3)

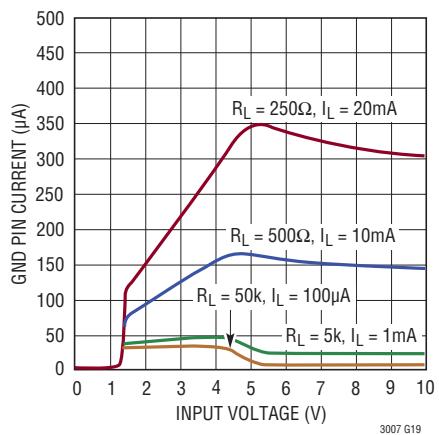
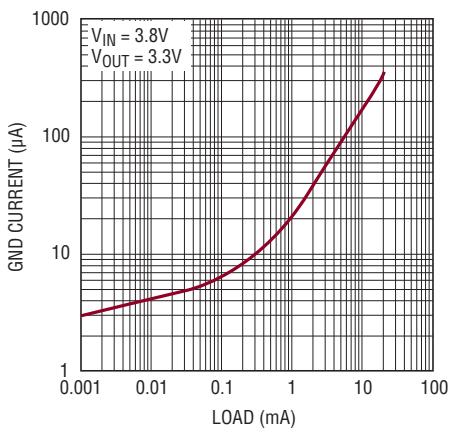


3007fa

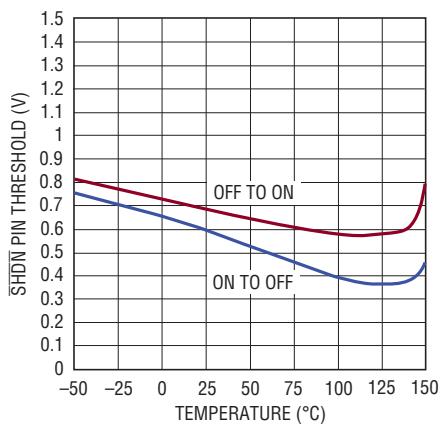
## 標準的性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

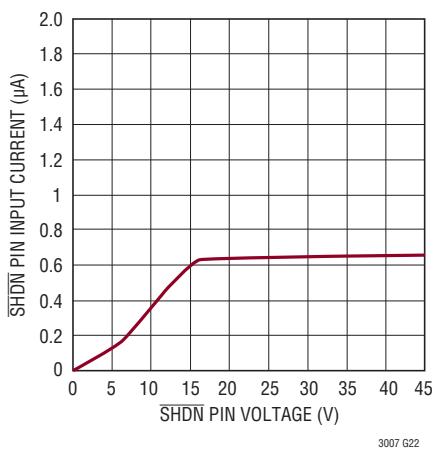
GND ピンの電流 (LT3007-5)

GND ピンの電流と  $I_{LOAD}$ 

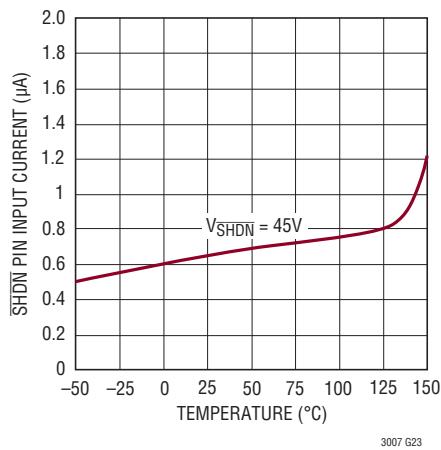
SHDN ピンのスレッショルド



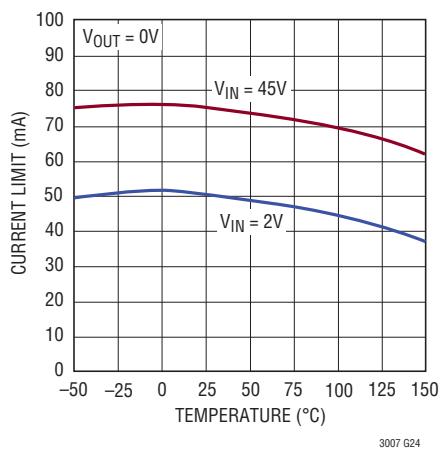
SHDN ピンの入力電流



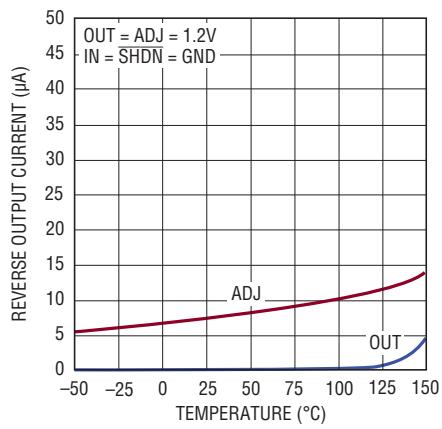
SHDN ピンの入力電流



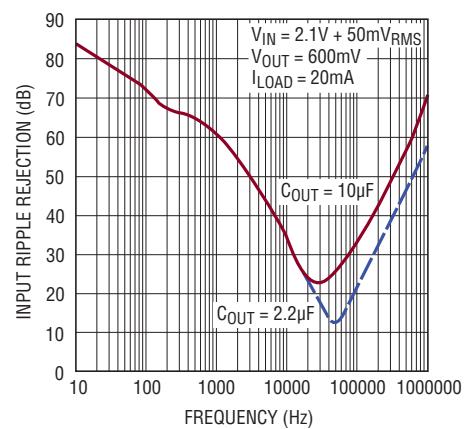
電流制限



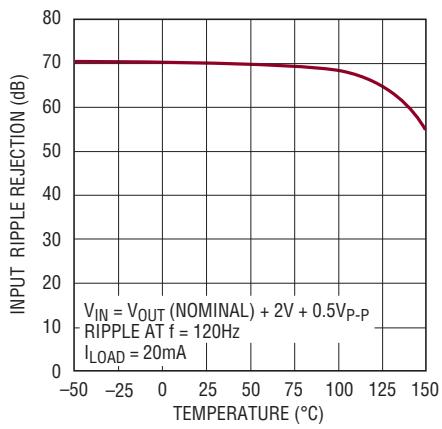
逆出力電流



入力リップル除去比



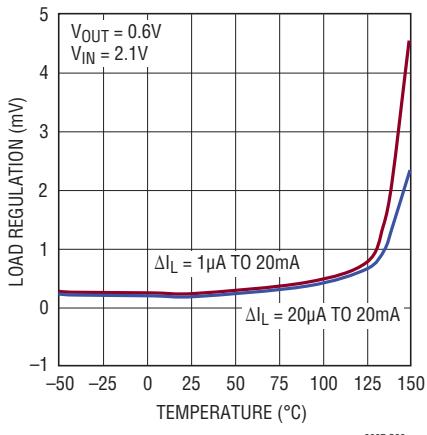
入力リップル除去比



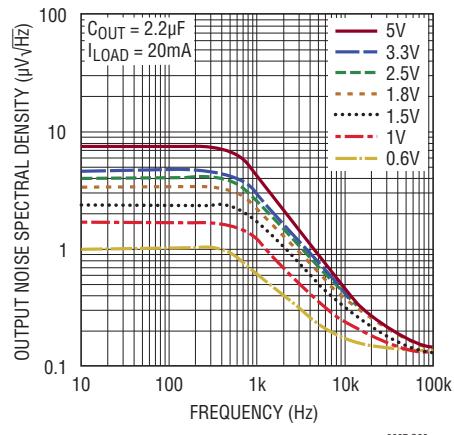
# LT3007 シリーズ

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

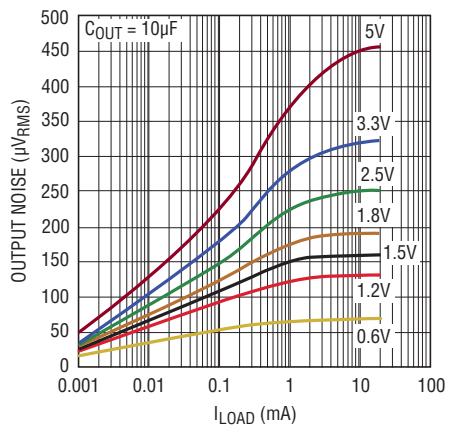
## 負荷レギュレーション



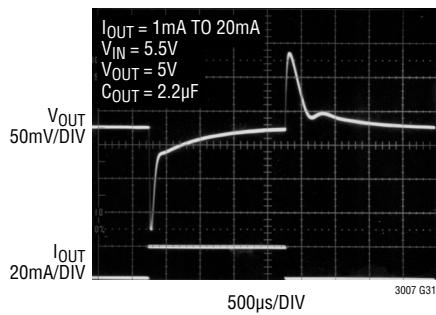
## 出力ノイズのスペクトル密度



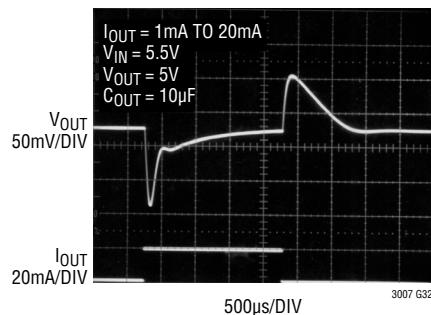
## RMS 出力ノイズと負荷電流



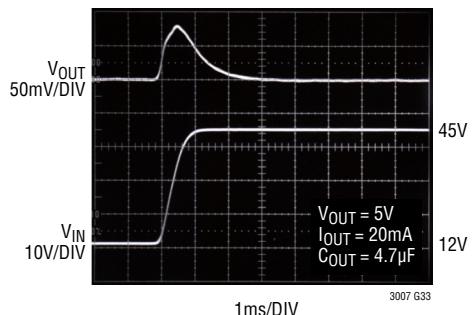
## トランジエント応答



## トランジエント応答



## トランジエント応答(負荷ダンプ)



## ピン機能

**SHDN(ピン1)** : シャットダウン・ピン。SHDNピンを“L”になると、LT3007は低消費電力状態になり、出力をオフにします。使用しない場合は、SHDNピンをV<sub>IN</sub>に接続します。SHDNピンが接続されていないと、LT3007は動作しません。SHDNピンはINピンに接続されていない限り、GNDより低い電圧にドライブすることはできません。INに電力が供給されている間にSHDNピンがGNDより低い電圧にドライブされると、出力はオンになります。SHDNピンのロジックは負電源レールを基準にすることはできません。

**GND(ピン2、3、4)** : グランド・ピン。最適なレギュレーションを得るには、出力電圧を設定する抵抗分割器の下側をGNDに直接接続します。

**IN(ピン5)** : 入力ピン。INピンはデバイスに電力を供給します。LT3007がメインの入力フィルタ・コンデンサから6インチ(15cm)以上離れている場合、INにバイパス・コンデンサが必要です。一般的にバッテリの出力インピーダンスは周波数が高くなるに従って増加するので、バッテリ駆動の回路にはバイパス・コンデンサを使用することを推奨します。0.1μF～10μFのバイパス・コンデンサで十分です。LT3007は、グランドとOUTピンに対するINピンの逆電圧に耐えるように設計されています。バッテリを逆に差し込んだ逆入力の場合には、LT3007はブロッキング・ダイオードが入力に直列に接続されているかのように動作します。LT3007に逆電流が流れ込むことはなく、逆電圧が負荷に加わることもありません。デバイスは、デバイス自体と負荷のどちらも保護します。

**NC(ピン6)** : 接続なし。TSOT-23パッケージのピン6がNCピンです。このピンはどの内部回路にも接続されていません。フォルト耐性を高めるため、このピンはフロートさせることを推奨します。

**OUT(ピン7)** : 出力ピン。このピンは負荷に電力を供給します。発振を防止するため、最小2.2μFの出力コンデンサを使用してください。過渡負荷が大きいアプリケーションでは、ピーク過渡電圧を制限するために大きな出力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8)** : 可変ピン。このピンはエラーアンプの反転端子です。標準400pAの入力バイアス電流がこのピンから流れ出します(「標準的性能特性」の「ADJピンのバイアス電流と温度」のグラフを参照)。ADJピンの電圧は、GNDを基準にして600mV、出力電圧の範囲は600mV～44.5Vです。

**SENSE(ピン8)** : SENSEピン。LT3007の固定出力電圧バージョン(LT3007-1.2、LT3007-1.5、LT3007-1.8、LT3007-2.5、LT3007-3.3、LT3007-5)では、SENSEピンがエラー・アンプの入力になります。SENSEピンをレギュレータのOUTピンに接続すると、最適なレギュレーションが得られます。精度要求が厳しいアプリケーションの場合、レギュレータと負荷の間のPCトレース抵抗(RP)によって生じる小さな電圧降下は、図1(ケルビンセンス接続)に示すとおりSENSEピンを負荷の出力に接続すれば排除できます。外部PCトレースで生じる電圧降下が、レギュレータのドロップアウト電圧に追加されることに注意してください。SENSEピンのバイアス電流は公称定格出力電圧で1μAです。このピンは(レギュレータの負荷が負電源に戻される両電源システムと同様に)出力をグランドよりも下に引き下げることが可能ですが、それでもデバイスを起動して動作させることができます。

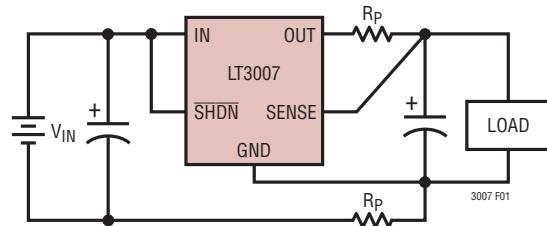


図1. ケルビンセンス接続

# LT3007 シリーズ

## アプリケーション情報

LT3007は、消費電流とシャットダウン電流が極めて小さい低ドロップアウト・リニア・レギュレータです。静止電流は3µAと非常に小さく、シャットダウン時には1µAをかなり下回ります。このデバイスは最大20mAの出力電流を供給します。20mAでのドロップアウト電圧は標準で300mVです。LT3007はいくつかの保護機能を搭載しているので、バッテリ駆動のシステムに使用するのに最適です。このデバイスは、逆入力電圧と逆出力電圧のどちらに対してもデバイス自体を保護します。入力がグランド電位にされたときにバックアップ・バッテリによって出力が維持されるバッテリ・バックアップ・アプリケーションでは、LT3007は出力に直列にブロッキング・ダイオードが接続されているかのように動作して、逆電流が流れないようにします。レギュレータの負荷が負電源に戻されるアプリケーションでは、起動や通常動作に影響を与えることなく、出力をグランドより最大50V下げることができます。

125°Cより高い温度で動作するLT3007のアプリケーションを設計する場合は注意が必要です。詳細については、「高温動作」のセクションを参照してください。

### 可変動作

LT3007の出力電圧範囲は0.6V～44.5Vです。図2は、出力電圧が2つの外付け抵抗の比によって設定されることを示しています。このデバイスは出力を制御して、グランドを基準にしたADJピン電圧を600mVに維持します。R1の電流は600mV/R1に等しい値になり、R2の電流はR1の電流からADJピンのバイアス電流(25°Cで標準400pA)を差し引いた値になります。ADJピンのバイアス電流(25°Cで標準400pA)は、このピンから流れ出します。図2に示す式を使って出力電圧を計算します。R1の値を619kΩにすると、分割器の電流は0.97µAに設定されます。R1の値が619kΩを上回らないようにして、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最小限に抑え、最小

負荷条件での安定性を確保します。シャットダウン時には、出力がオフになり、分割器の電流はゼロになります。「ADJピン電圧と温度」および「ADJピンのバイアス電流と温度」のグラフが「標準的性能特性」に示されています。

0.6Vを上回る出力電圧での仕様は、必要な出力電圧と0.6Vの比( $V_{OUT}/0.6V$ )に比例します。例えば、100µAから20mAへの出力電流の変化に対する負荷レギュレーションは、 $V_{OUT}=0.6V$ では標準で-0.5mVになります。 $V_{OUT}=5V$ では、負荷レギュレーションは次のようになります。

$$\frac{5V}{0.6V} \cdot (-0.5mV) = -4.17mV$$

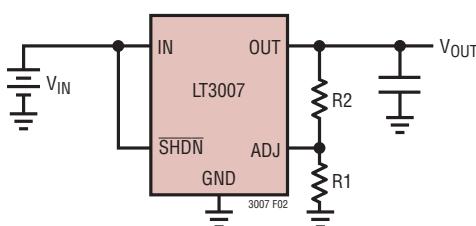
表1は、いくつかの一般的な出力電圧で抵抗分割器を流れる電流が約1µAの場合の抵抗分割器の値を示します。

表1. 出力電圧と抵抗分割器の値

$V_{OUT}$	R1	R2
1V	604k	402k
1.2V	590k	590k
1.5V	590k	887k
1.8V	590k	1.18M
2.5V	590k	1.87M
3V	590k	2.37M
3.3V	619k	2.8M
5V	590k	4.32M

ADJピンはインピーダンスが比較的高い(使用される抵抗分割器による)ので、このピンの浮遊容量は最小限に抑える必要があります。外部信号がADJピンと結合して望ましくない出力過渡やリップルを生じる可能性がある浮遊容量には、特に注意する必要があります。

大きな値の抵抗を使用する場合は、組立て工程において特に注意が必要です。基板の少しの汚れによって出力電圧が大幅にずれる可能性があります。基板の汚れを防ぐため、組立て後に基板の適切な洗浄処置を行う必要があります。基板に対して湿度サイクル試験を実施する予定がある場合や基板の洗浄処置が保証できない場合、汚れによって出力電圧に無用のずれが生じないように、表1の抵抗よりも1桁小さい値の抵抗の使用を検討する必要があります。LT3007シリーズの固定電圧オプションを使用すれば、上記のような特別な考慮の必要はなくなります。



$$V_{OUT} = 600mV \cdot (1 + R2/R1) - (I_{ADJ} \cdot R2)$$

$$V_{ADJ} = 600mV$$

$$I_{ADJ} = 0.4nA \text{ at } 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{OUTPUT RANGE} = 0.6V \text{ to } 44.5V$$

図2. 可変動作

## アプリケーション情報

### 出力容量とトランジェント応答

LT3007は広範な出力コンデンサで安定します。出力コンデンサのESRは、特に小容量のコンデンサの場合、安定性に影響を与えます。発振を防止するため、ESRが $3\Omega$ 以下の最小 $2.2\mu\text{F}$ の出力コンデンサを使用してください。LT3007はマイクロパワー・デバイスであり、出力負荷トランジェント応答は出力容量に応じて変化します。出力容量の値を大きくすると、ピーク偏差が減少し、負荷電流の変動が大きい場合でもトランジェント応答が改善されます。

セラミック・コンデンサを使用する際には、特に検討が必要です。セラミック・コンデンサは各種の誘電体を使用して製造されており、それぞれ温度や印加される電圧によって動作が異なります。最も一般的な誘電体は、Z5U、Y5V、X5R、X7RのEIA温度特性コードで規定されています。Z5UとY5Vの誘電体は小型のパッケージで高C-V積を低コストで実現しますが、図3と図4に示すように、電圧係数と温度係数が大きくなっています。5Vのレギュレータに使用する場合、16V  $10\mu\text{F}$ のY5Vコンデンサは、印加されたDCバイアス電圧と動作温度範囲

で $1\mu\text{F} \sim 2\mu\text{F}$ の小さな実効値になる可能性があります。X5RとX7Rの誘電体はさらに安定した特性を示し、これらは出力コンデンサとしての使用により適しています。X7Rタイプは全温度範囲にわたって安定性が優れています。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のコンデンサを使用する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しているだけです。X5Rと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ですが、それでもコンデンサの容量が適切なレベルを下回る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のサイズが大きいほど向上する傾向がありますが、動作電圧での必要な容量を検証する必要があります。

電圧係数と温度係数だけが問題の原因ではありません。セラミック・コンデンサの中には圧電応答を示すものがあります。圧電素子は、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生じます。セラミック・コンデンサの場合、システムの振動や熱過渡によって応力が生じることがあります。その結果生じる電圧によって、特にノイ

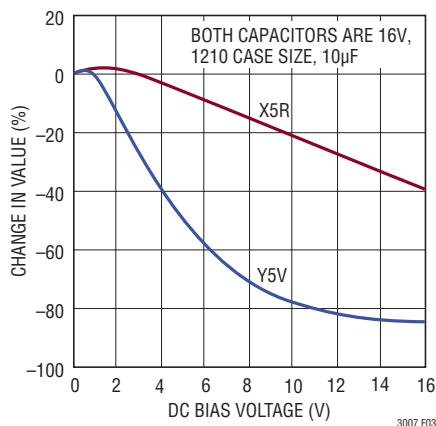


図3. セラミック・コンデンサのDCバイアス特性

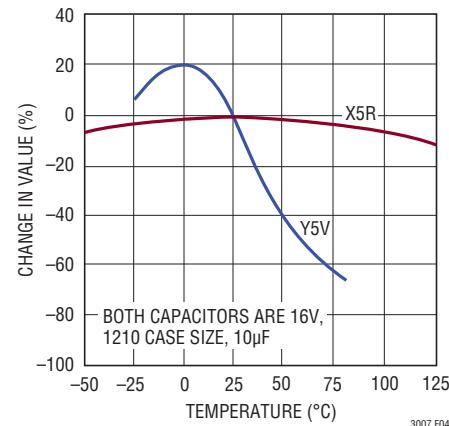


図4. セラミック・コンデンサの温度特性

# LT3007 シリーズ

## アプリケーション情報

ズのバイパス用にセラミック・コンデンサが使用されていると、かなりの量のノイズが発生することがあります。セラミック・コンデンサを鉛筆で軽くたたくと図5のような波形が生じます。同様の振動を発生させると、出力電圧ノイズが増加したように見えことがあります。

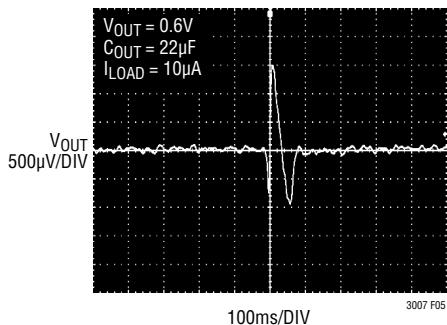


図5. セラミック・コンデンサを軽くたたくことにより生じるノイズ

### フィードフォワード容量

LT3007のV<sub>OUT</sub>とADJピンの間にフィードフォワード・コンデンサ(C<sub>FF</sub>)を使用すると、0.6Vより高い出力電圧でトランジエント応答が改善されるという利点があります。フィードフォワード・コンデンサを使用しない場合は、出力電圧が0.6Vより高くなるとセトリング時間が長くなります。フィードフォワード・コンデンサを使用するときは、ESRが3Ω以下の最小4.7µFの出力コンデンサが必要です。安定性を保ちながら最適なトランジエント応答を得るために、表2を使ってC<sub>FF</sub>の推奨値を求めます。この値を下回らない、最も近い標準コンデンサ値を選択します。

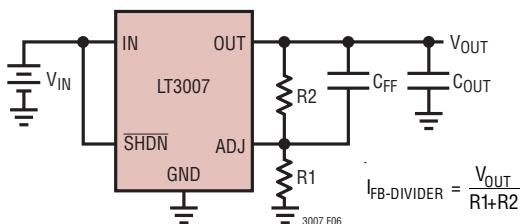


図6. フィードフォワード・コンデンサ

表2. フィードフォワード・コンデンサの値

V <sub>OUT</sub> の公称値	フィードフォワード容量
1.2 < V <sub>OUT</sub> ≤ 2.5	470pF/µA • I <sub>FB-DIVIDER</sub> (µA)
2.5 < V <sub>OUT</sub> ≤ 7.5	220pF/µA • I <sub>FB-DIVIDER</sub> (µA)
V <sub>OUT</sub> > 7.5	100pF/µA • I <sub>FB-DIVIDER</sub> (µA)

たとえば、出力が5Vで、帰還抵抗分割器に流れる電流が1µAの場合:

$$C_{FF} = 220\text{pF}/\mu\text{A} \cdot 1\mu\text{A} = 220\text{pF}$$

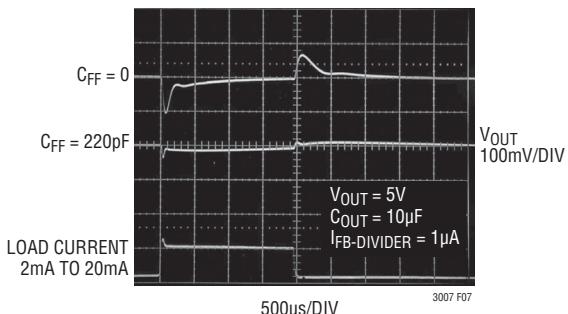


図7. トランジエント応答とフィードフォワード・コンデンサ

起動時間はフィードフォワード・コンデンサの使用によっても影響されます。起動時間はフィードフォワード・コンデンサの容量と出力電圧に正比例し、帰還抵抗分割器の電流に反比例します。

良好なトランジエント応答を保証するため、135°Cを超える接合部温度で動作する場合はフィードフォワード・コンデンサを使用する必要があります。

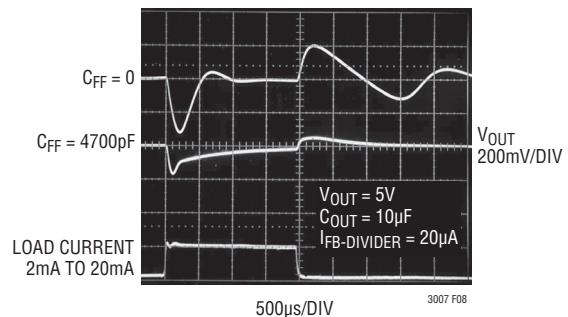


図8. 150°Cでフィードフォワード・コンデンサを使用したときのトランジエント応答

## アプリケーション情報

### 熱に関する検討事項

LT3007の電力処理能力は125°Cの最大定格接合部温度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以下の2つの要素があります。

1.出力電流と入力/出力の電圧差の積:  $I_{OUT} \cdot (V_{IN} - V_{OUT})$

2.GNDピン電流と入力電圧の積:  $I_{GND} \cdot V_{IN}$

GNDピン電流は、「標準的性能特性」の「GNDピン電流」のグラフを確認して求めることができます。電力損失は上記の2つの要素の和に等しくなります。

LT3007レギュレータは、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を内蔵しています。通常状態を継続する場合、125°Cの最大定格接合部温度を超えてはなりません。LT3007の近くに実装される他の熱源を含め、接合部から周囲までのすべての熱抵抗源について注意深く検討してください。表面実装デバイスの場合、PCボードとその銅配線の熱分散能力を利用して放熱を実現します。パワー・デバイスが発生する熱を分散するのに、銅ボード硬化材とメッキ・スルーホールを利用することもできます。

いくつかの異なったボード寸法と銅箔面積に対する熱抵抗を以下の表に示します。測定は全て静止空気中で、1オンスの銅箔を使用した3/32"FR-4の2層ボードで行われています。

PCボード層、銅箔の重量、ボード・レイアウトおよびサーマル・ビアは、最終的に熱抵抗に影響を与えます。表2は、1オンスの銅を使用した2層から成るPCボードの熱抵抗値を示したものですが、現在の多層PCボードではこれらの表よりも優れた性能を示します。例えば、3つのTSOT-23 GNDピンを内部層のグランド・プレーンに融着させた4層から成る1オンスの銅箔を使用したPCボードで45°C/Wの熱抵抗を実現します。これは、表3に示した最小の数値より約30%改善されています。

表3. TSOT-23パッケージで測定された熱抵抗

銅箔面積		基板面積	熱抵抗 (接合部-周囲間)
上面*	裏面		
2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	65°C/W
1000mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	67°C/W
225mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	70°C/W
100mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	75°C/W
50mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	2500mm <sup>2</sup>	85°C/W

\* デバイスは上面に実装。

### 接合部温度の計算

例: 出力電圧が3.3V、入力電圧範囲が12V±5%、出力電流範囲が0mA～20mA、最大周囲温度が85°Cの場合、アプリケーションの最大接合部温度は何°Cになるでしょうか。

デバイスが消費する電力は次式に等しくなります。

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

ここで、

$$I_{OUT(MAX)} = 20\text{mA}$$

$$V_{IN(MAX)} = 12.6\text{V}$$

$$(I_{OUT} = 20\text{mA}, V_{IN} = 12.6\text{V}) \text{ での } I_{GND} = 0.3\text{mA}$$

したがって、次のようにになります。

$$P = 20\text{mA}(12.6\text{V} - 3.3\text{V}) + 0.3\text{mA}(12.6\text{V}) = 189.8\text{mW}$$

熱抵抗は、銅箔面積に応じて65°C/W～85°C/Wの範囲になります。そのため、周囲温度を超える接合部温度の上昇はおよそ次のようになります。

$$0.1898\text{W}(75\text{°C/W}) = 14.2\text{°C}$$

# LT3007 シリーズ

## アプリケーション情報

最大接合部温度は、周囲温度を超える接合部の最大上昇温度と最大周囲温度の和に等しく、次のようにになります。

$$T_{J(MAX)} = 85^\circ\text{C} + 14.2^\circ\text{C} = 99.2^\circ\text{C}$$

### 高温動作

高い周囲温度で動作するLT3007のアプリケーションを設計する場合は注意が必要です。LT3007は高い温度でも動作しますが、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。高温動作に対応可能なタンタル・コンデンサもありますが、多くの場合ESRが数オームになります。 $3\Omega$ を超えるESRのコンデンサはLT3007に使用する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、Vishay）は、X8R誘電体を使った $150^\circ\text{C}$ 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が設計上の制限を超えてしまうと、デバイスは不安定になります（「出力容量とトランジエント応答」のコンデンサの特性を参照）。各受動部品の、動作温度範囲における絶対値と電圧定格をチェックしてください。

LT3007が $125^\circ\text{C}$ を超える温度で動作する場合は、出力レギュレーション、安定性、最適なトランジエント応答を保証するた

めに、外付け部品を慎重に選択する必要があります。図9と図10の曲線は、LT3007がアクティブ状態とシャットダウン状態のときのパワー・デバイスの（INからOUTへの）漏れ電流を示しています。パワー・デバイスの漏れ電流によってOUTピンの電圧が上昇してレギュレーション状態から外れるのを防ぐため、最小外部負荷をこの漏れ電流よりも大きくする必要があります。LT3007がアクティブ状態のとき、パワー・デバイスの漏れ電流は減少します。INピンを直接SHDNピンに接続すれば、必要な最小負荷は小さくなります。最小外部負荷の推奨値は $20\mu\text{A}$ です。 $135^\circ\text{C}$ を超える温度で動作する場合は、フィードフォワード・コンデンサを使用する必要があります（「フィードフォワード容量」のセクションを参照）。出力電圧が $1.2\text{V}$ 以上であれば、フィードフォワード・コンデンサによって良好なトランジエント応答が保証されます。 $135^\circ\text{C}$ を超える温度と $1.2\text{V}$ 未満の出力電圧でLT3007を使用することはお勧めしません。

コンデンサの漏れ電流や、不十分な基板洗浄後の半田フラックスの残骸による漏れ電流は、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、LT3007や外付け部品の最大規格値を超えないことを確認してください

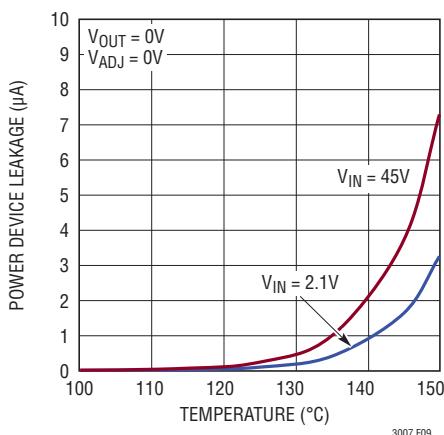


図9. パワー・デバイスの漏れ電流（SHDN = 0V）

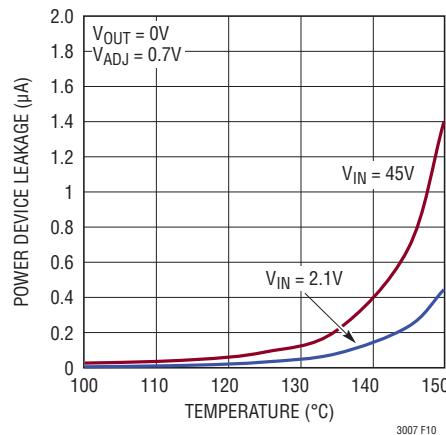


図10. パワー・デバイスの漏れ電流（SHDN = 1.5V）

## アプリケーション情報

### 保護機能

LT3007はいくつかの保護機能を搭載しているので、バッテリ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を備えているほか、このデバイスは逆入力電圧、逆出力電圧、出力から入力への逆電圧に対しても保護されています。

電流制限保護機能と熱過負荷保護機能によって、デバイスの出力の電流過負荷状態に対してデバイスが保護されます。通常動作では、125°Cの接合部温度を超えてはなりません。サマル・シャットダウン回路の標準温度スレッショルドは160°Cです。

INピンは、50Vの逆電圧に耐えます。デバイスに流れる電流は30µA未満(標準で1µA未満)に制限され、OUTに負電圧は出力されません。デバイスは、逆方向に差し込まれるバッテリに対してデバイス自体と負荷のどちらも保護します。

SHDNピンはINピンに接続されていない限り、GNDより低い電圧にドライブすることはできません。INに電力が供給されている間にSHDNピンがGNDより低い電圧にドライブされると、出力はオンになります。SHDNピンのロジックは負電源レールを基準にすることはできません。

LT3007は、OUTがグランド電位を下回っても損傷を受けることはありません。INがオープン状態のままか、または接地さ

れていますと、OUTはグランドより50Vだけ低くすることができます。OUTに接続されたパス・トランジスタから電流は流れません。ただし、出力電圧を設定する抵抗分割器に(制限されるものの)電流は流れます。電流は、分割器の下側の抵抗とADJピンの内部クランプから、分割器の上側の抵抗を通って、OUTをグランドより低い電圧にしている外付け回路に流れます。INが電圧源によって駆動されると、OUTは電流制限能力に等しい電流を出し、LT3007は必要に応じて熱制限によってデバイス自体を保護します。この場合、SHDNピンをグランドに接続するとLT3007をオフにし、OUTの電流供給を停止します。

LT3007は、ADJピンをグランドより50Vだけ高くしても低くしても損傷を受けることはありません。INがオープン状態または接地されていると、ADJは、グランド電位より高いか低い場合、ダイオードと直列に接続された100kΩ抵抗のような動作をします。

バックアップ・バッテリが必要な回路では、さまざまな入力/出力状態が生じる可能性があります。入力をグランドに引き下げるか、ある中間の電圧に引き下げるか、またはオープン状態のままにすると、出力電圧が保持される可能性があります。出力に逆流する電流は図11に示すグラフのようになります。

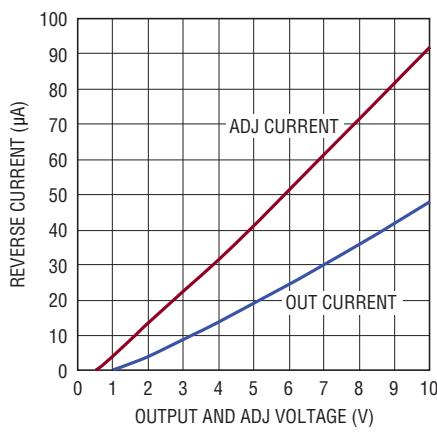


図11. 逆出力電流

# LT3007 シリーズ

## アプリケーション情報

LT3007のINピンを強制的にOUTピンより低い電圧にするか、またはOUTピンをINピンより高い電圧にすると、入力電流は標準で $1\mu A$ 未満に減少します。この状態が生じるのは、LT3007の入力が放電した(低電圧)バッテリに接続され、出力がバックアップ・バッテリまたは補助レギュレータ回路によって保持されている場合です。OUTがINを上回っても、SHDNピンの状態は逆電流には影響を与えません。

### フォルト耐性

LT3007レギュレータは、単一のフォルト状態に耐えるように設計されています。隣接する2つのピンを短絡したり、1つのピンをフロート状態にしても、 $V_{OUT}$ が設定値を超えたとき、LT3007レギュレータが損傷を受けることはありません。ただし、この耐性レベルを確保するには、アプリケーション回路がこのセクションで説明した要件を満たしていかなければなりません。表4は隣接するピンを短絡させた場合の影響を示しています。表5はピンをフロート状態にした場合の影響を示しています。

表4. ピン間の短絡の影響

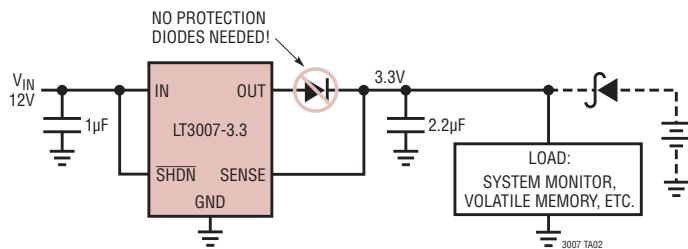
ピン番号	ピン名称	影響	注釈
1-2	SHDN-GND	LT3007はマイクロパワー・シャットダウン状態、 $V_{OUT}$ はオフ	
2-3	GND-GND	影響なし。ピン2、3、4は通常はGNDに接続される	
3-4	GND-GND	影響なし。ピン2、3、4は通常はGNDに接続される	
5-6	IN-NC	NCがフロート状態である限り影響なし	
6-7	NC-OUT	NCがフロート状態である限り影響なし	
7-8	OUT-ADJ	$V_{OUT}$ 分割器の上側の抵抗が短絡すると、 $V_{OUT}$ は600mVに低下	LT3007の可変電圧バージョン
7-8	OUT-SENSE	これらの2つのピンは通常互いに短絡しているため、影響なし	LT3007固定電圧バージョン

表5. フロート状態のピンの影響

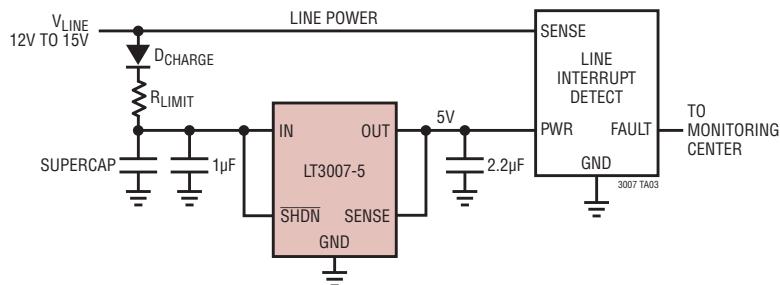
ピン番号	ピン名称	影響	注釈
1	SHDN	LT3007はマイクロパワー・シャットダウン状態、 $V_{OUT}$ はオフ	
2	GND	ピン3またはピン4がGNDに接続されている限り影響なし	
3	GND	ピン2またはピン4がGNDに接続されている限り影響なし	
4	GND	ピン2またはピン3がGNDに接続されている限り影響なし	
5	IN	LT3007は入力電力なし、 $V_{OUT}$ はオフ	
6	NC	影響なし	
7	OUT	$V_{OUT}$ はLT3007内部で $V_{IN}$ にほぼ等しくなる。 $V_{OUT}$ は外部で0Vに低下	
8	ADJ	$V_{OUT}$ はレギュレーションされた $V_{OUT}$ より低い電圧に低下	LT3007可変電圧バージョン
8	SENSE	外付けクランプが追加されない限り、 $V_{OUT}$ は $V_{IN}$ にほぼ等しい値に上昇	LT3007固定電圧バージョン

## 標準的応用例

キープアライブ電源



ラストガスプロセス回路

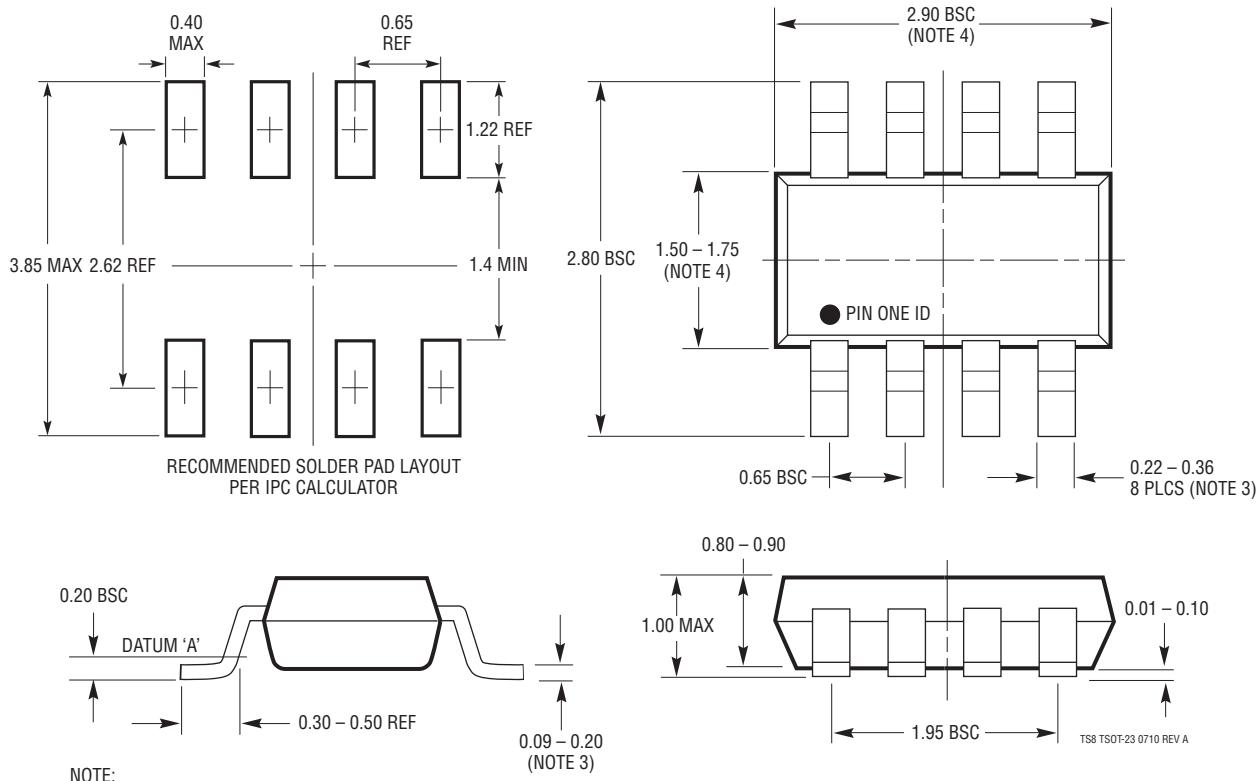


# LT3007 シリーズ

## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

**TS8 Package  
8-Lead Plastic TSOT-23**  
(Reference LTC DWG # 05-08-1637 Rev A)



NOTE:  
1. 寸法はミリメートル  
2. 図は実寸とは異なる  
3. 寸法はメッキを含む  
4. 寸法はモールドのバリおよび金属のバリを含まない  
5. モールドのバリは各サイドで 0.254mm を超えないこと  
6. JEDEC パッケージリファレンスは MO-193

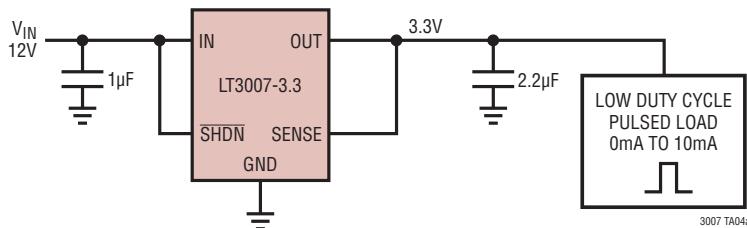
## 改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	11/14	Hグレードを追加。 電流制限のグラフの条件を変更。 負荷レギュレーションのグラフを更新。 「アプリケーション情報」の高温のセクションを変更。 「フィードフォワード容量」セクションを追加。 「高温動作」セクションを追加。	2~5 7 8 10 12 14

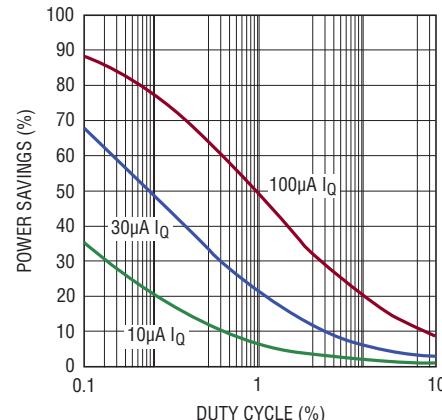
# LT3007 シリーズ

## 標準的応用例

### 低デューティ・サイクル・アプリケーション



低デューティ・サイクル・アプリケーションにおける  
平均電力節約(0mA～10mAパルス負荷、IN=12V)



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1761	100mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V <sub>IN</sub> : 1.8V ~ 20V、V <sub>OUT</sub> = 1.22V、V <sub>DO</sub> = 0.3V、I <sub>Q</sub> = 20μA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 20μVRMS、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 <sub>IN</sub> : 1.8V ~ 20V、V <sub>OUT</sub> = 1.22V、V <sub>DO</sub> = 0.3V、I <sub>Q</sub> = 25μA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 20μVRMS、MS8パッケージ
LT1763	500mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V <sub>IN</sub> : 1.8V ~ 20V、V <sub>OUT</sub> = 1.22V、V <sub>DO</sub> = 0.3V、I <sub>Q</sub> = 30μA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 20μVRMS、S8パッケージ
LT1764/LT1764A	3A、低ノイズ、高速トランジエント応答LDO	V <sub>IN</sub> : 2.7V ~ 20V、V <sub>OUT</sub> = 1.21V、V <sub>DO</sub> = 0.34V、I <sub>Q</sub> = 1mA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 40μVRMS、LT1764Aはセラミック・コンデンサで安定動作、DDおよびTO220-5パッケージ
LT1962	300mA、低ノイズ、マイクロパワーLDO	V <sub>IN</sub> : 1.8V ~ 20V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 1.22V、V <sub>DO</sub> = 0.27V、I <sub>Q</sub> = 30μA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 20μVRMS、MS8パッケージ
LT1963/LT1963A	1.5A、低ノイズ、高速トランジエント応答LDO	V <sub>IN</sub> : 2.1V ~ 20V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 1.21V、V <sub>DO</sub> = 0.34V、I <sub>Q</sub> = 1mA、I <sub>SD</sub> < 1μA、低ノイズ:< 40μVRMS、LT1963Aはセラミック・コンデンサで安定動作、DD、TO220-5、SOT223、S8の各パッケージ
LT3008	20mA、45V、3μA I <sub>Q</sub> 、マイクロパワーLDO	ドロップアウト電圧: 300mV、低 I <sub>Q</sub> : 3μA、V <sub>IN</sub> : 2V ~ 45V、V <sub>OUT</sub> : 0.6V ~ 39.5V、ThinSOT および 2mm×3mm DFN-6パッケージ
LT3009	20mA、3μA I <sub>Q</sub> 、マイクロパワーLDO	V <sub>IN</sub> : 1.6V ~ 20V、低 I <sub>Q</sub> : 3μA、V <sub>DO</sub> = 0.28V、2mm×2mm DFN および SC70-8パッケージ
LT3020	100mA、低電圧VLDO	V <sub>IN</sub> : 0.9V ~ 10V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.20V、V <sub>DO</sub> = 0.15V、I <sub>Q</sub> = 120μA、I <sub>SD</sub> < 1μA、3mm×3mm DFN および MS8パッケージ
LT3021	500mA、低電圧VLDO	V <sub>IN</sub> : 0.9V ~ 10V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.20V、V <sub>DO</sub> = 0.16V、I <sub>Q</sub> = 120μA、I <sub>SD</sub> < 3μA、5mm×5mm DFN および SO8パッケージ
LT3080/LT3080-1	1.1A、並列接続可能、低ノイズ、低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	300mV ドロップアウト電圧(2電源動作)、低ノイズ: 40μVRMS、V <sub>IN</sub> : 1.2V ~ 36V、V <sub>OUT</sub> : 0V ~ 35.7V、電流ベースのリファレンス、抵抗1個でV <sub>OUT</sub> 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
LT3085	500mA、並列接続可能、低ノイズ、低ドロップアウト・リニア・レギュレータ	275mV ドロップアウト電圧(2電源動作)、低ノイズ: 40μVRMS、V <sub>IN</sub> : 1.2V ~ 36V、V <sub>OUT</sub> : 0V ~ 35.7V、電流ベースのリファレンス、抵抗1個でV <sub>OUT</sub> 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、MSOP-8 および 2mm×3mm DFNパッケージ