

## 10mA LDO 付き、 静止電流 2.6 $\mu$ A の 15V、300mA 同期整流式降圧 DC/DC コンバータ

### 特長

- 超低静止電流: 2.6 $\mu$ A
- 同期整流: 最大 95% の効率を達成
- 広い入力電圧範囲: 2.5V ~ 15V
- 広い出力電圧範囲: 0.6V ~ 13.8V
- 出力電流: 300mA
- 自動 Burst Mode<sup>®</sup> 動作または強制連続動作をユーザーが選択可能
- 高精度でプログラム可能な RUN ピンのしきい値
- 1.2MHz 固定周波数 PWM
- 内部補償
- V<sub>OUT</sub> のパワーグッド状態出力
- 調整可能な 10mA LDO
- 熱特性が改善された 3mm $\times$ 4mm $\times$ 0.75mm の 14ピン DFN パッケージと 16ピン MSOP パッケージ

### アプリケーション

- リモート・センサ・ネットワーク
- 配電システム
- マルチセル・バッテリーまたはスーパーキャパシタのレギュレータ
- 環境発電(エナジーハーベスト)システム
- 携帯型計測器
- 低消費電力ワイヤレス・システム

### 概要

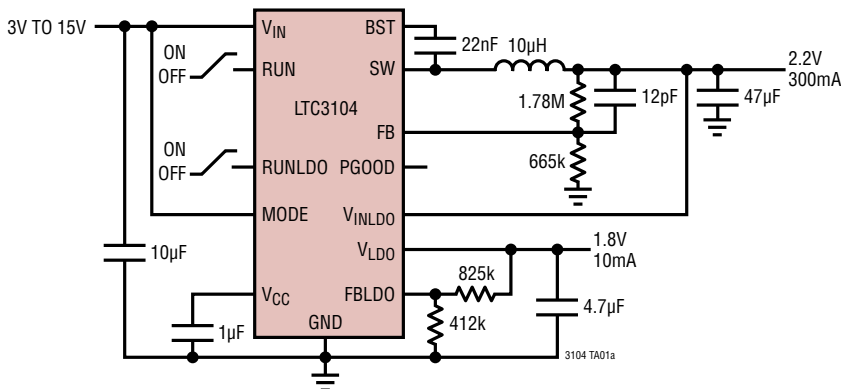
LTC<sup>®</sup>3104 は電流モード・アーキテクチャを採用した高効率モノリシック同期整流式降圧コンバータで、300mA の出力電流を供給できます。LTC3104 はノイズに敏感な機能に電力を供給するために、調整可能な 10mA LDO を内蔵しています。

LTC3104 には、自動 Burst Mode 動作と強制連続モードの 2 つの動作モードがあるので、出力電圧リップル、ノイズ、および軽負荷での効率を最適化することができます。Burst Mode 動作が有効時、無負荷での標準 DC 入力電源電流は 2.6 $\mu$ A まで減少し、軽負荷での効率を最大限に高めます。強制連続モードを選択すると、非常に低ノイズの 1.2MHz 固定周波数動作を行います。

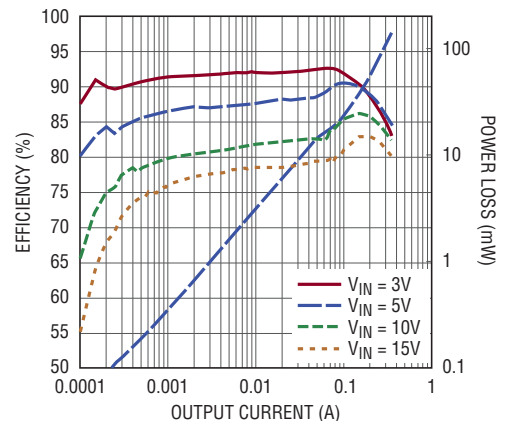
さらに、LTC3104 は高精度の RUN コンパレータ、熱過負荷保護機能、パワーグッド出力、電源システムの起動が十分に制御されていることを保証するソフトスタート機能などを備えています。

LT、LT、LTC、LTM、Burst Mode、Linear Technology およびリニアのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

### 標準的応用例



効率と出力電流



3104 TA01b

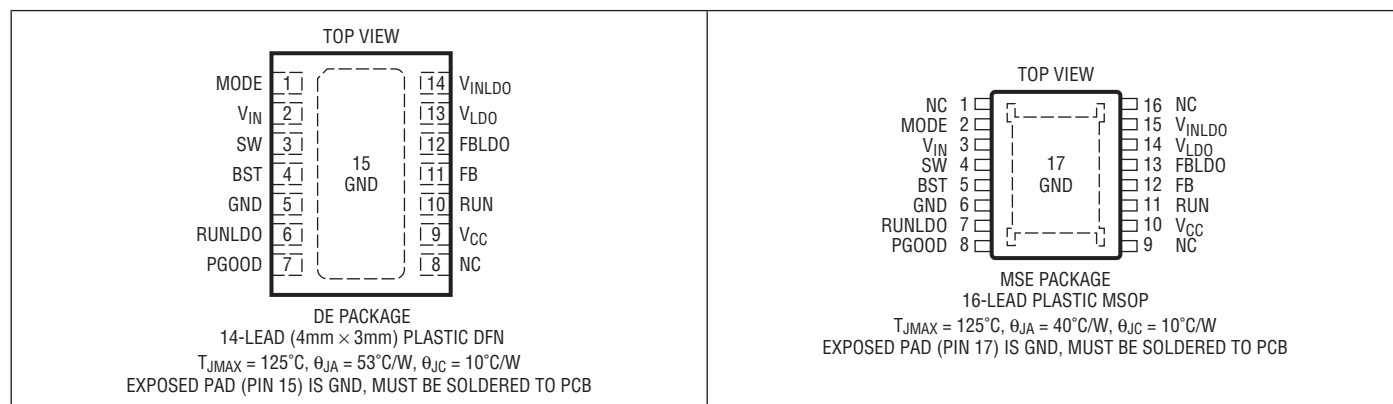
# LTC3104

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN}$ .....	-0.3V ~ 18V
SW .....	-0.3V ~ ( $V_{IN} + 0.3V$ )
FB、FBLDO .....	-0.3V ~ 6V
BST .....	( $SW - 0.3V$ ) ~ ( $SW + 6V$ )
$V_{INLDO}$ .....	-0.3V ~ 17V
$V_{LDO}$ .....	-0.3V ~ 17V
RUN、MODE、RUNLDO .....	-0.3V ~ $V_{IN}$
$V_{CC}$ 、PGOOD .....	-0.3V ~ 6V

動作接合部温度範囲 (Note 2、3) .....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲 .....	-65°C ~ 150°C
リード温度 (半田付け、10秒)	
MSEのみ .....	300°C

## ピン配置



## 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
LTC3104EDE#PBF	LTC3104EDE#TRPBF	3104	14-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3104IDE#PBF	LTC3104IDE#TRPBF	3104	14-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3104EMSE#PBF	LTC3104EMSE#TRPBF	3104	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC3104IMSE#PBF	LTC3104IMSE#TRPBF	3104	16-Lead Plastic MSOP	-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。非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

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/tapeandree/> をご覧ください。

**電気的特性** ●は全動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値(Notes 2)。  
注記がない限り、 $V_{IN} = V_{INLDO} = 10\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>降圧コンバータ</b>						
Input Voltage Range		●	2.5		15	V
Input Undervoltage Lockout Threshold	$V_{IN}$ Rising $V_{IN}$ Rising, $T_J = 0^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ (Note 4)	●		2.1 2.1	2.6 2.5	V V
Input Undervoltage Lockout Hysteresis	(Note 4)			0.4		V
Feedback Voltage	(Note 5)	●	0.588	0.6	0.612	V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 2.5\text{V}$ to $15\text{V}$ (Note 5)			0.02	0.05	%/V
Feedback Input Current	(Note 5)	●		1	20	nA
Oscillator Frequency	$T_J = 0^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ (Note 4)	●	0.93 1.0	1.2 1.2	1.55 1.45	MHz MHz
Quiescent Current, $V_{IN}$ —Active	RUN = $V_{IN}$ , RUNLDO = $V_{IN}$ , MODE = 0V, FB > 0.612, Nonswitching			600		$\mu\text{A}$
Quiescent Current, $V_{IN}$ —Sleep	$T_J = 0^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ , RUN = MODE = $V_{IN}$ , FB > 0.612 RUNLDO = $V_{IN}$ (Note 4) RUNLDO = 0V (Note 4)			2.6 1.8	3.3 2.6	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Quiescent Current, $V_{IN}$ —Shutdown	RUN = MODE = $V_{IN}$ , FB > 0.612 RUNLDO = $V_{IN}$ RUNLDO = 0V	● ●		2.8 1.8	5.5 4.5	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Quiescent Current, $V_{IN}$ —Shutdown	RUN = 0V, RUNLDO = 0V, $T_J = 0^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ (Note 4) RUN = 0V, RUNLDO = 0V	●		1 1	1.7 3.3	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
N-Channel MOSFET Synchronous Rectifier Leakage Current	$V_{IN} = V_{SW} = 15\text{V}$ , $V_{RUN} = 0\text{V}$			0.01	0.3	$\mu\text{A}$
N-Channel MOSFET Switch Leakage Current	$V_{IN} = 15\text{V}$ , $V_{SW} = 0\text{V}$ , $V_{RUN} = 0\text{V}$			0.01	0.3	$\mu\text{A}$
N-Channel MOSFET Synchronous Rectifier $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = 200\text{mA}$			0.85		$\Omega$
N-Channel MOSFET Switch $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = -200\text{mA}$			0.65		$\Omega$
Peak Current Limit		●	0.40	0.50	0.75	A
PGOOD Threshold	FB Falling, Percentage Below FB		-14	-10	-5	%
PGOOD Hysteresis	Percentage of FB			2		%
PGOOD Voltage Low	$I_{PGOOD} = 100\mu\text{A}$			0.2		V
PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5\text{V}$			0.01	0.3	$\mu\text{A}$
Maximum Duty Cycle		●	89	92		%
Switch Minimum Off Time ( $t_{OFF(MIN)}$ )	(Note 4)			65		ns
Synchronous Rectifier Minimum On Time ( $t_{ON(MIN)}$ )	(Note 4)			70		ns
RUN Pin Threshold	RUN Pin Rising	●	0.76	0.8	0.85	V
RUN Pin Hysteresis				0.06		V
RUN Input Current	RUN = 1.2V	●		0.01	0.4	$\mu\text{A}$
MODE Threshold		●	0.5	0.8	1.2	V
MODE Input Current	MODE = 1.2V			0.1	4	$\mu\text{A}$
Soft-Start Time			0.7	1.4	2.5	ms
<b>LDOレギュレータ</b>						
LDO Input Voltage Range ( $V_{IN(LDO)}$ )		●	2.5		15	V
LDO Output Voltage Range ( $V_{LDO}$ )	$I_{LDO} = 1\text{mA}$	●	0.6		14.5	V
LDO Feedback Voltage		●	0.576	0.6	0.624	V
LDO Feedback Input Current		●		1	20	nA

# LTC3104

**電気的特性** ●は全動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。  
注記がない限り、 $V_{IN} = V_{INLDO} = 10\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Dropout Voltage ( $V_{DO}$ )	$I_{LDO} = 10\text{mA}$		150		mV
出力電流		● 10			mA
Output Current—Short Circuit	$V_{LDO} = 0\text{V}$	● 15	20		mA
Quiescent Current, $V_{INLDO}$	$V_{IN} = V_{INLDO} = \text{RUNLDO} = 10\text{V}$		0.3		$\mu\text{A}$
Line Regulation	$V_{INLDO} = 2.5\text{V to } 15\text{V}, I_{LDO} = 1\text{mA}$		0.1		%
Load Regulation	$I_{LDO} = 1\text{mA to } 10\text{mA}$		0.75		%
RUNLDO Threshold		● 0.5	0.8	1.2	V
RUNLDO Input Current	$\text{RUNLDO} = 1.2\text{V}$		0.01	0.3	$\mu\text{A}$

**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。また、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:** LTC3104は $T_J$ が $T_A$ にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTC3104Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度で仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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。LTC3104は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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。接合部温度( $T_J$ )は、周囲温度( $T_A$ )および電力損失( $P_D$ )から次の式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (P_D)(\theta_{JA}^\circ\text{C/W})$$

ここで、 $\theta_{JA}$ はパッケージの熱インピーダンスである。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

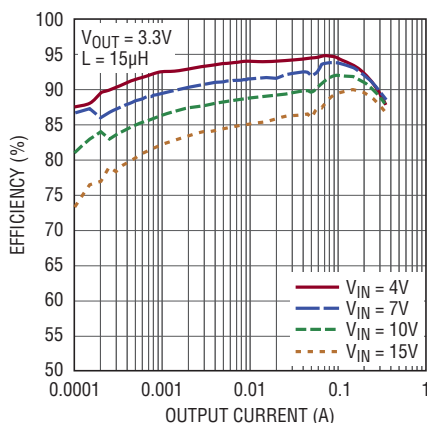
**Note 3:** このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。この保護がアクティブなとき、最大定格接合部温度を超えることができる。規定された絶対最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう、またはデバイスを永久的に損傷するおそれがある。

**Note 4:** 仕様は設計により保証されている。

**Note 5:** LTC3104は、 $V_{FB}$ をエラーアンプの平衡点にサーボ制御する帰還ループでのテストを可能にする独自のテスト・モードを備えている。

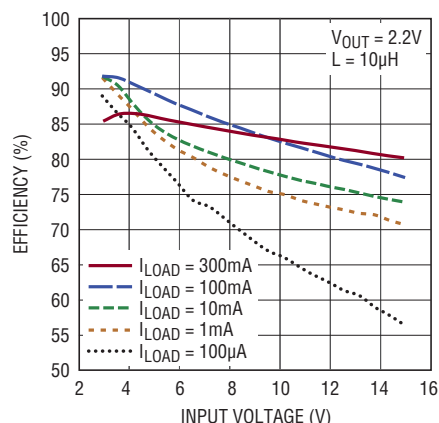
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

効率と出力電流



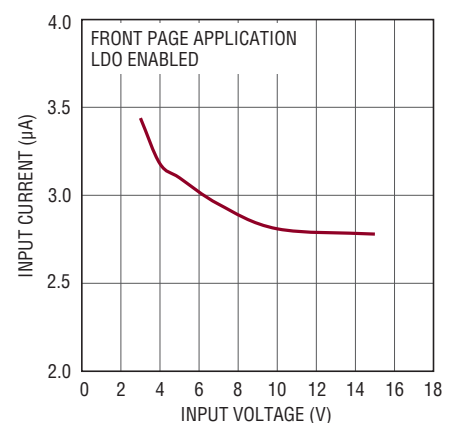
3104 G01

効率と入力電圧  
(自動 Burst Mode 動作)



3104 G02

表紙の「標準的応用例」の  
無負荷入力電流と電源電圧  
(自動 Burst Mode 動作)

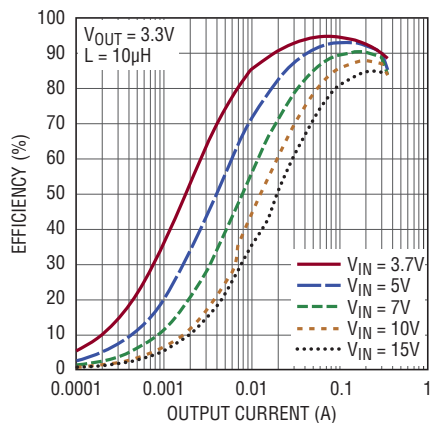


3104 G03

3104f

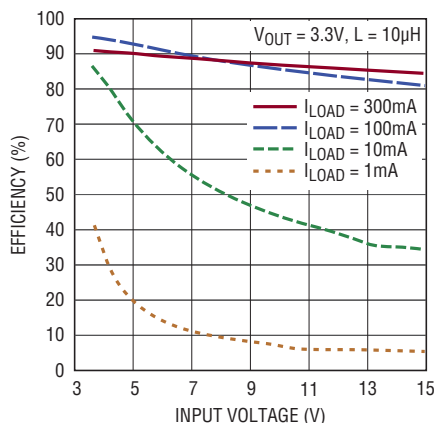
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

効率と出力電流 (強制連続動作)



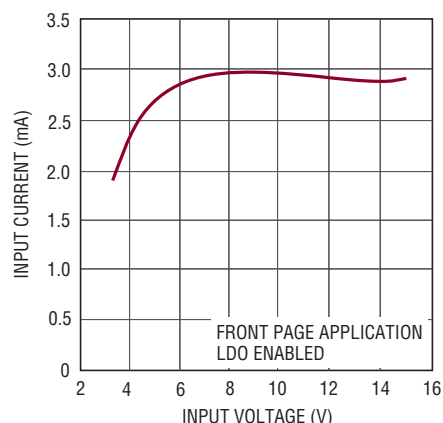
3104 G04

効率と入力電圧 (強制連続動作)



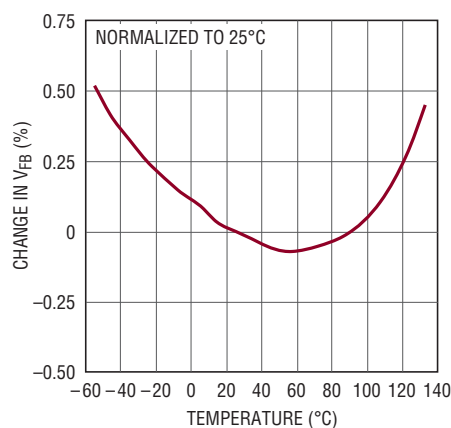
3104 G05

表紙の「標準的応用例」の  
無負荷入力電流と電源電圧  
(強制連続動作)



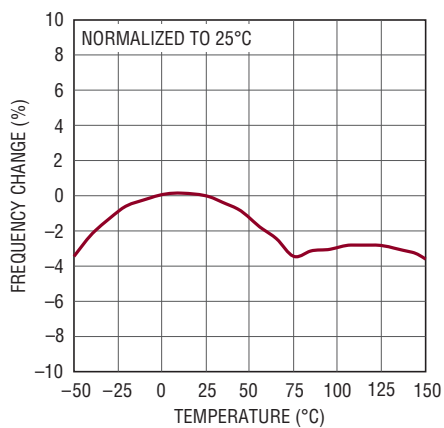
3104 G06

帰還電圧と温度



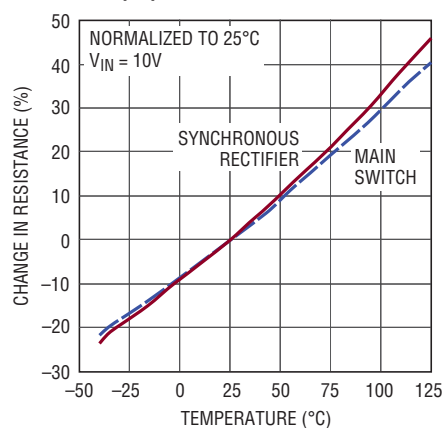
3104 G07

発振器周波数と温度



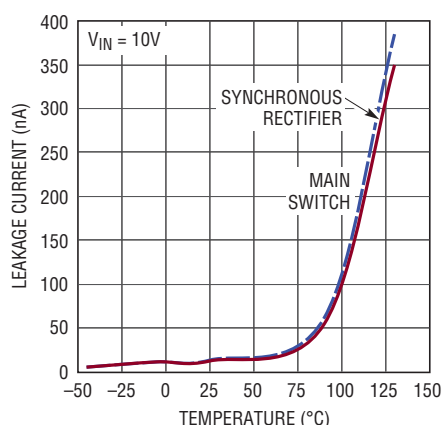
3104 G08

$R_{DS(ON)}$ と温度



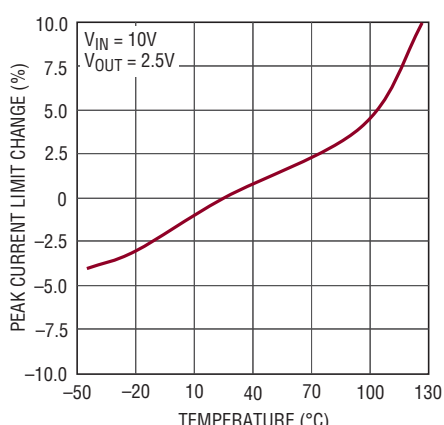
3104 G09

SWの漏れ電流と温度



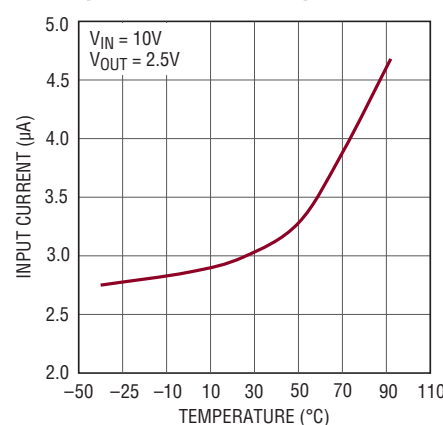
3104 G10

ピーク電流制限値と温度



3104 G11

表紙の「標準的応用例」の  
無負荷入力電流と温度  
(自動 Burst Mode 動作)



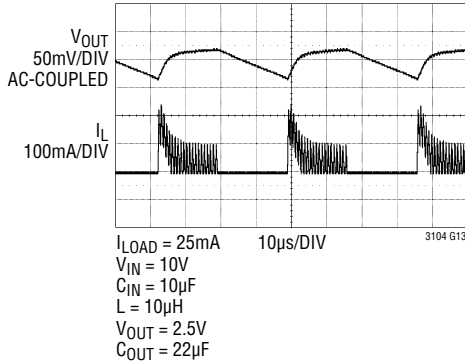
3104 G12

3104f

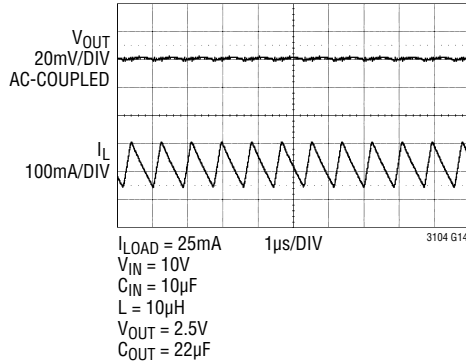
# LTC3104

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

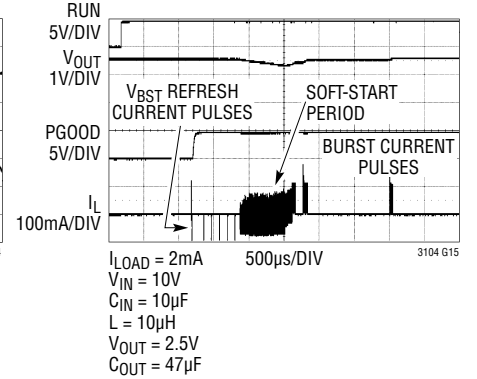
自動 Burst Mode 動作



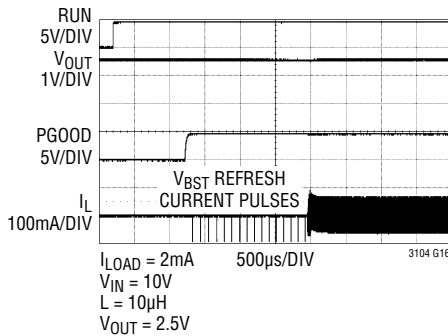
強制連続動作



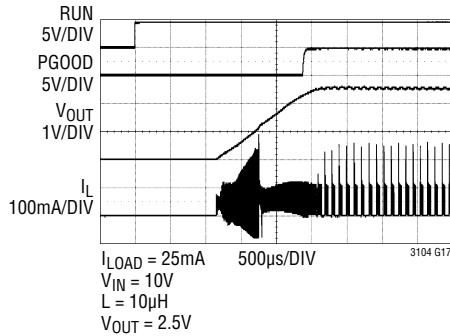
プリバイアスされた出力までの起動 (自動 Burst Mode 動作)



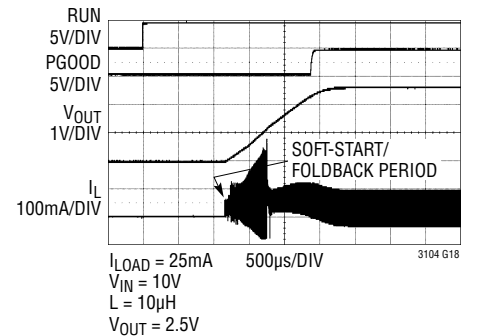
プリバイアスされた出力までの起動 (強制連続動作)



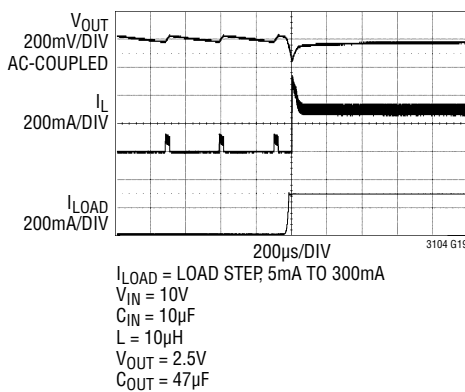
シャットダウンからの起動 (自動 Burst Mode 動作)



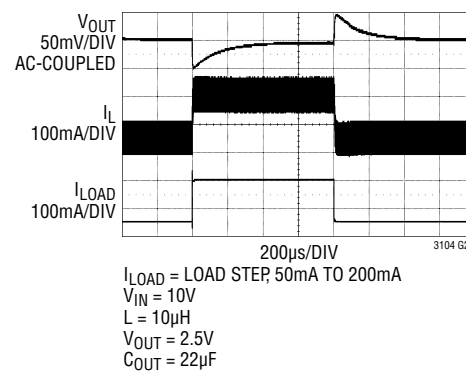
シャットダウンからの起動 (強制連続動作)



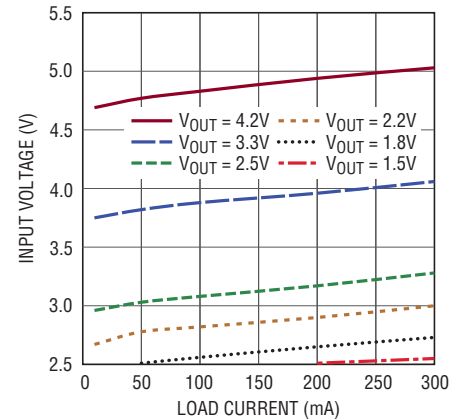
負荷ステップ (自動 Burst Mode 動作)



負荷ステップ (強制連続動作)



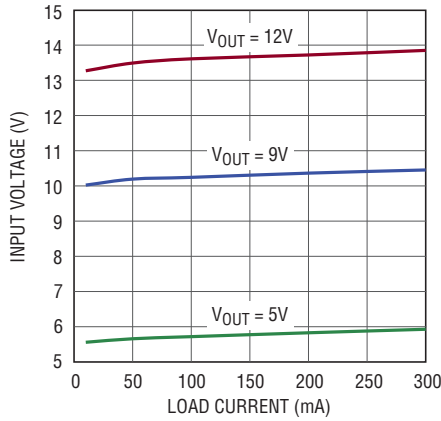
最大デューティ・サイクル時の最小入力電圧と負荷電流



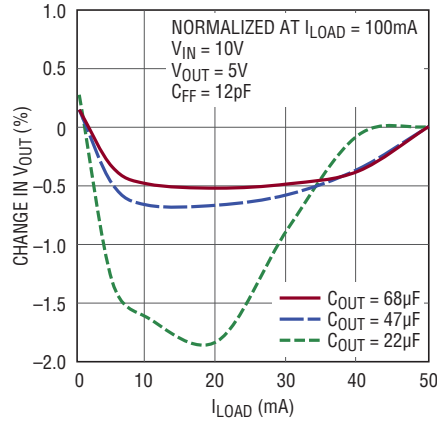
3104 G21

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

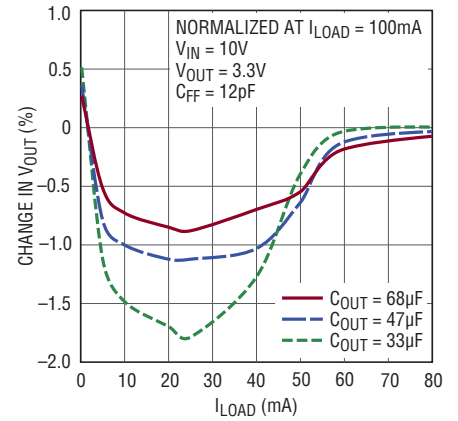
最大デューティ・サイクル時の  
最小入力電圧と負荷電流



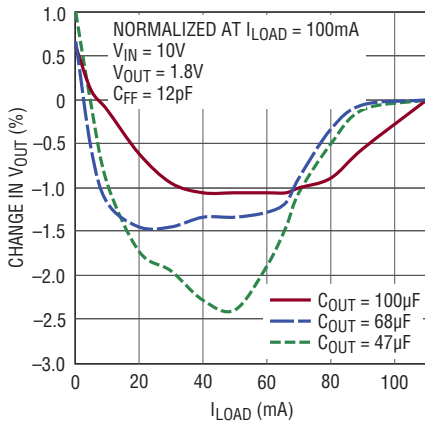
負荷レギュレーション  
(自動 Burst Mode 動作)



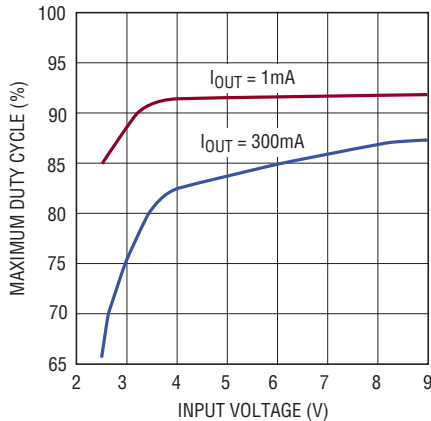
負荷レギュレーション  
(自動 Burst Mode 動作)



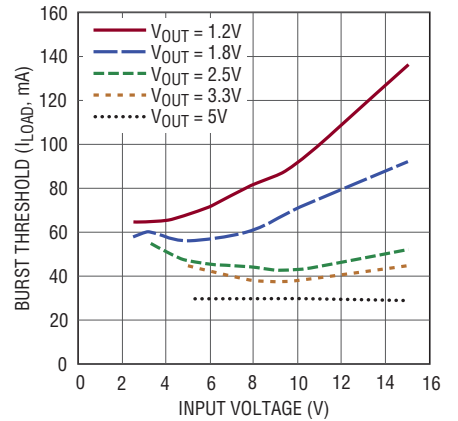
負荷レギュレーション  
(自動 Burst Mode 動作)



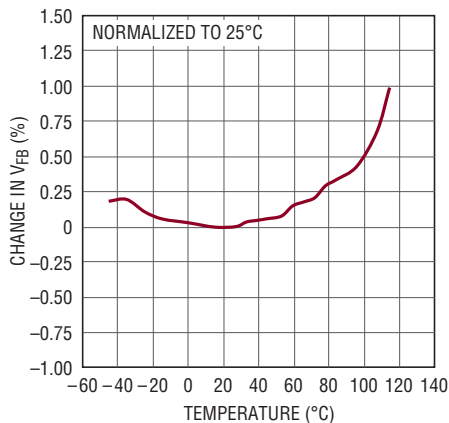
最大デューティ・サイクルと  
入力電圧



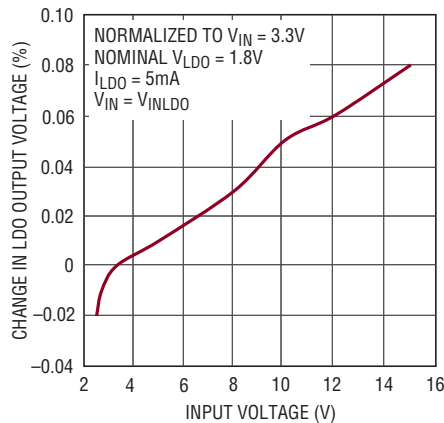
自動 Burst Mode のしきい値と  
電源電圧



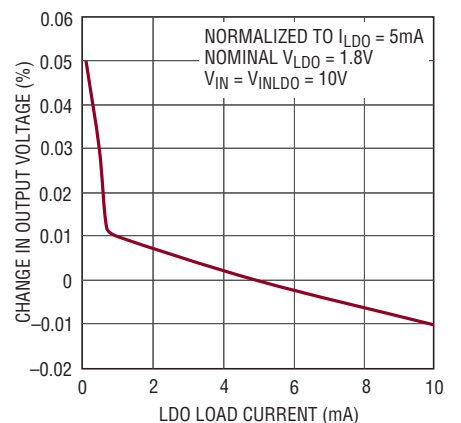
LDO 帰還電圧と温度



LDO 出力電圧と  $V_{IN}$  (LDO) の  
電源電圧



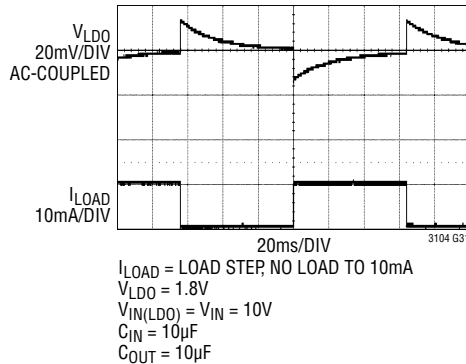
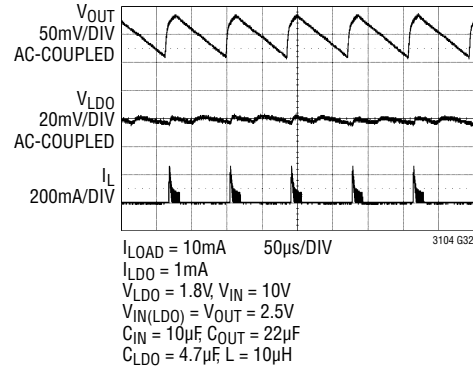
LDO 出力電圧と負荷電流





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

LDOの出力電圧負荷ステップ

LDOのリプル除去  
(自動 Burst Mode 動作)

## ピン機能 (DFN/MSOP)

**MODE (ピン1/ピン2) :** 動作モードを選択するためのロジック制御入力。このピンを“H”に強制すると、高効率の自動 Burst Mode 動作になります。この場合、降圧コンバータが重負荷の PWM 動作から軽負荷の Burst Mode 動作に自動的に遷移します。このピンを“L”に強制すると、固定周波数の強制連続動作になります。

**$V_{IN}$  (ピン2/ピン3) :** 主電源ピン。10 $\mu\text{F}$ 以上のセラミック・コンデンサでデカップリングします。このコンデンサはできるだけデバイスの近くに配置します。

**SW (ピン3/ピン4) :** スイッチ・ピンはインダクタに接続します。このピンは、内部のメイン・パワー MOSFET スイッチと同期パワー MOSFET スイッチのドレインに接続されています。

**BST (ピン4/ピン5) :** ハイサイド・ゲート駆動用のブートストラップされたフロート電源。22nF (最小)のコンデンサを介して SW に接続します。このコンデンサは、BSTとSWの間を接続し、デバイスにできるだけ近づけて配置します。

**GND (ピン5/ピン6) :** 電源グラウンド。

**RUNLDO (ピン6/ピン7) :** ロジック制御の LDO イネーブル・ピン。このピンを  $V_{IN}$  に接続して LDO をイネーブルすることができます。

**PGOOD (ピン7/ピン8) :** サーマル・シャットダウンが生じているか、またはコンバータがディスエーブルされているときに、帰還電圧がレギュレーション・ポイントを 10% (標準) 下回ると、グラウンドに引き下げられるオープンドレイン出力。PGOOD 出力は、降圧コンバータがイネーブルされてから 1ms 後に有効になります。

**NC (ピン8/ピン1、9、16) :** NC (No Connect) ピンは GND に接続する必要があります。

**VCC (ピン9/ピン10) :** 内部の安定化電源レール。内部電源レールは、 $V_{IN}$  から安定化されて制御回路に電力を供給します。できるだけデバイスの近くに配置した 1 $\mu\text{F}$ 以上のセラミック・コンデンサでデカップリングします。

**RUN (ピン10/ピン11) :** RUNピンのコンパレータの入力。0.84Vより高い電圧を印加すると、デバイスがイネーブルされます。このピンを  $V_{IN}$  に接続してデバイスをイネーブルするか、または  $V_{IN}$  からの外付け抵抗分割器に接続して高精度の低電圧ロックアウトしきい値を生成します。内部で 60mV のヒステリシスが生成されます。

**FB (ピン11/ピン12) :** エラーアンプへの帰還入力。このピンに接続された抵抗分割器により、降圧コンバータの出力電圧が設定されます。

**FBLDO (ピン12/ピン13) :** LDO エラーアンプへの帰還入力。このピンの抵抗分割器により、LDO の出力電圧が設定されます。

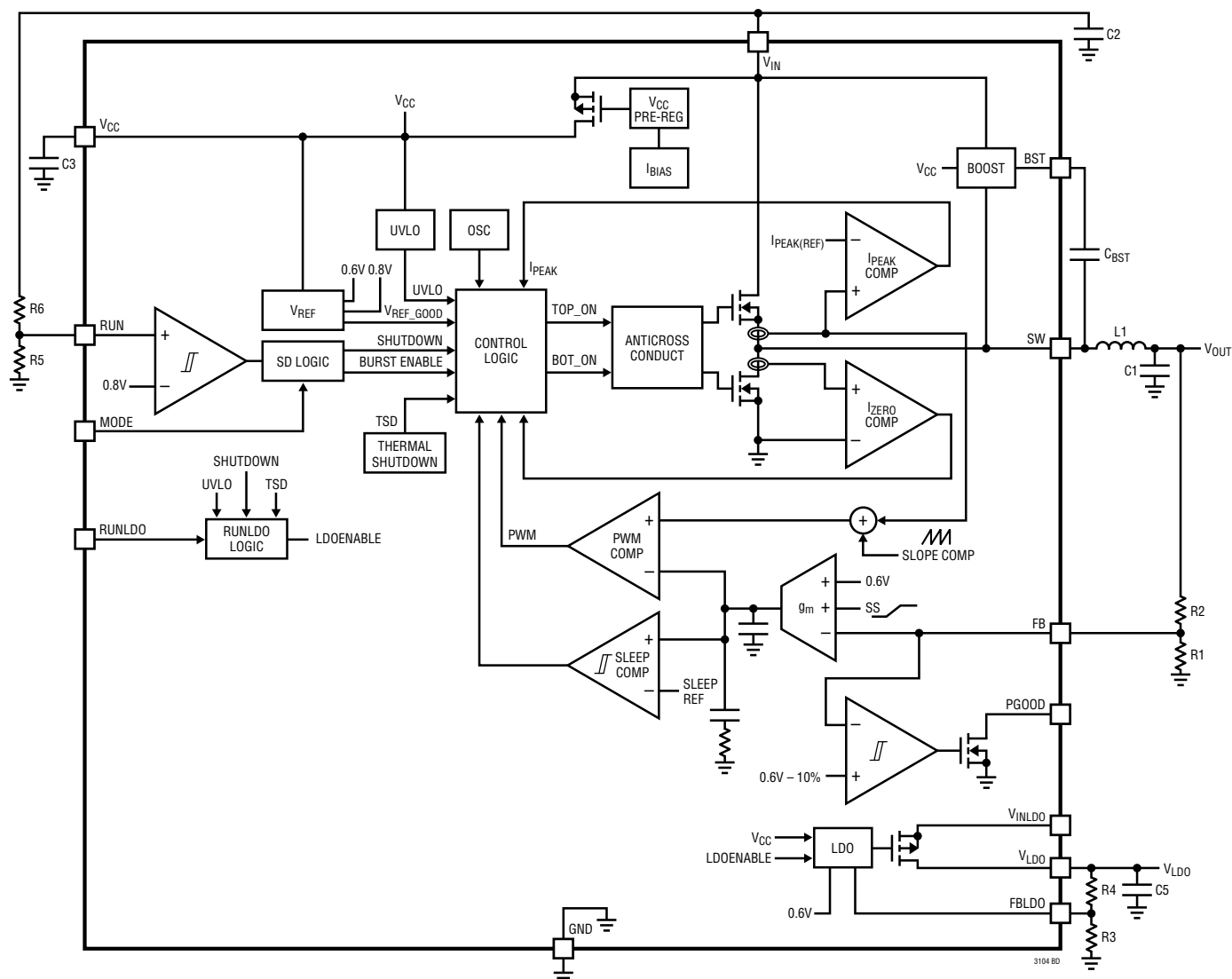
**$V_{LDO}$  (ピン13/ピン14) :** LDO レギュレータの出力。できるだけデバイスの近くに配置した 4.7 $\mu\text{F}$ 以上のセラミック・コンデンサでデカップリングします。

**$V_{INLDO}$  (ピン14/ピン15) :** LDO の電源ピン (最大 15V) 10 $\mu\text{F}$ 以上のセラミック・コンデンサでデカップリングします。

**GND (背面パッド・ピン15/背面パッド・ピン17) :** 背面パッドの共通グラウンド。最適な熱性能を引き出すため、このパッドは PC 基板に半田付けしてグラウンド・プレーンに接続する必要があります。



## ブロック図



## 動作

LTC3104降圧DC/DCコンバータは、負荷に300mAを供給することができます。出力電圧は広範囲で調整可能で、最小0.6Vまで設定することができます。パワースイッチと同期整流器スイッチのどちらも内部NチャンネルMOSFETです。このコンバータは、固定周波数の電流モード・アーキテクチャを採用し、自動Burst Mode動作を使って高効率の軽負荷動作をするように構成設定するか、または、コンバータが広範囲の降圧比でパルス・スキップなしに動作するように最適化されている場合、低ノイズの強制連続導通動作をするように構成設定することができます。自動Burst Mode機能とLDOがイネーブルさ

れると、無負荷時の標準DC電源電流がわずか2.6 $\mu$ Aに減少します。LTC3104は、入力電圧範囲が2.5V~15Vの独立した10mA LDOレギュレータも搭載しています。

## メイン制御ループ

通常動作時、内部トップ・パワー MOSFETは各サイクルの開始時にオンし、PWM電流コンパレータがトリップするとオフします。このコンパレータがトリップするピーク・インダクタ電流は、エラーアンプの出力の電圧によって制御されます。FBピンにより、内部補償されたエラーアンプがV<sub>OUT</sub>からの外付け抵抗

## 動作

分割器から出力帰還電圧を受け取ることができます。負荷電流が増加すると、出力電圧が低下し始めることによって帰還電圧が0.6Vリファレンスに対してわずかに低下し、それにより、平均インダクタ電流が新たな負荷電流と釣り合うまで制御電圧が上昇します。トップMOSFETがオフの間、電流反転コンパレータ $I_{ZERO}$ によって指示されるようにインダクタ電流が逆流し始めるか、または次のクロック・サイクルが始まるまで、ボトムMOSFETはオンしています。 $I_{ZERO}$ は、自動Burst Mode動作では40mA(標準)に設定され、強制連続モードでは-110mA(標準)に設定されます。

### 強制連続モード

MODEを接地すると、強制連続動作がイネーブルされてBurst Mode動作がディスエーブルされます。軽負荷時には、強制連続モードによって出力電圧リップルとノイズが最小限に抑えられますが、Burst Mode動作よりも効率が低下します。強制連続動作は、Burst Modeの出力電圧リップルやその高調波の影響を受けやすいアプリケーションでの使用に適している可能性があります。LTC3104は、パルス・スキップなしに幅広い降圧比が可能ですが、降圧比が非常に小さいと、メイン・スイッチの最小オン時間に到達し、コンバータはレギュレーションを維持するために複数サイクルにわたってオフし始めます。

### Burst Mode 動作

MODEピンを1.2Vより高い電圧に保つと、自動Burst Mode動作がイネーブルされ、強制連続動作がディスエーブルされます。負荷電流が増加すると、コンバータはBurst Mode動作からPWM動作に自動的に移行します。逆に、負荷が小さくなると、コンバータはPWM動作からBurst Mode動作に自動的に移行します。バーストとバーストの間ではコンバータは非アクティブ状態(つまり、両方のスイッチがオフ状態)になり、内部回路の大部分がディスエーブルされて、静止電流が2.6 $\mu$ Aに減少します。Burst Modeへの出入りはピーク・インダクタ電流によって決まるので、Burst Mode動作へ出入りするときの負荷電流は、入力電圧、出力電圧、およびインダクタ値に依存し

ます。Burst Modeへ移行するしきい値の標準的なグラフが、このデータシートの「標準的性能特性」に示されています。

### ソフトスタート

コンバータは、公称持続時間が1.4msの内部閉ループ・ソフトスタート回路を備えています。コンバータはソフトスタートの間レギュレーション状態を維持するので、この間に生じる出力負荷トランジェントに応答します。さらに、出力電圧の立ち上がり時間は、出力コンデンサのサイズや負荷電流にはほとんど左右されません。

### サーマル・シャットダウン

ダイ温度が150°C(標準)を超えると、コンバータとLDOはディスエーブルされます。全てのパワーデバイスがオフし、スイッチ・ノードが高インピーダンス状態に強制されます。ソフトスタート回路はサーマル・シャットダウンの間にリセットされ、過熱状態が解消するとスムーズに回復します。イネーブルされると、コンバータはダイの温度が約130°Cまで低下したときに再起動します。

### パワーグッド状態出力

PGOODピンは、降圧コンバータの出力電圧の状態を知らせるオープンドレイン出力です。出力電圧がレギュレーション電圧を10%下回ると、PGOODオープンドレイン出力は“L”になります。内部デグリッチ遅延により、負荷ステップの電圧トランジェントに起因する誤ったトリップが防止されます。出力電圧は、プルダウンがオフする前に下降時しきい値を2%上回っている必要があります。PGOOD出力は、過熱シャットダウン時と低電圧ロックアウト時にも“L”になり、これらのフォルト状態を知らせます。PGOOD出力は、降圧コンバータがイネーブルされてから1ms後に有効になります。コンバータがディスエーブルされると、オープンドレイン・デバイスが低インピーダンス状態に強制されます。PGOODのプルアップ電圧は、このピンの6Vの絶対最大定格電圧より低くなければなりません。

### 電流制限

ピーク・インダクタ電流制限コンパレータは、内部制限しきい値に達すると、降圧スイッチをオフします。ピーク・スイッチ電流は400mA以上です。

## 動作

### スロープ補償

電流モード制御では、高デューティ・サイクル動作でのインダクタ電流波形の低調波発振を防ぐためスロープ補償を使用する必要があります。電流モード・デバイスによっては、エラーアンプの電圧を一定の最大値にクランプすることによって電流制限が行われますが、これにより、降圧比が小さいときの出力電流能力が低下します。スロープ補償は、電流センス信号に補償ランプを追加することによってLTC3104内部で行われます。電流制限機能はスロープ補償ランプが追加される前に終了するので、デューティ・サイクルに左右されないピーク・インダクタ電流制限を実現します。

### 短絡保護

出力がグランドに短絡すると、エラーアンプが“H”に飽和し、各サイクルの開始点でハイサイド・スイッチがオンし、電流制限がトリップするまでオン状態に留まります。この最小オン時間の間、インダクタ電流が急激に増加し、残りの時間は、ハードな出力短絡によって生じる逆電圧が非常に小さいので、非常に緩やかに減少します。この状況でインダクタ電流が暴走する可能性をなくすため、FBの電圧が0.3Vを下回ると、スイッチング周波数が約300kHzまで下がります。

### BSTピンの機能

入力スイッチ・ドライバはBSTピンに生じる電圧で動作します。SWピンとBSTピンの間の外付けコンデンサと内部の同期PMOS昇圧スイッチを使って、入力電圧より高い電圧を発生します。同期整流器がオン(SWが“L”)のとき、内部昇圧スイッチがV<sub>CC</sub>へのコンデンサの片側に接続され、コンデンサの電荷が補充されます。同期整流器がオフすると、入力スイッチがオンしてSWが“H”に強制され、BSTピンがグランドを基準にしたV<sub>CC</sub>+SWに等しい電位になります。

コンパレータによって昇圧コンデンサ両端の電圧が十分な大きくなり、長いスリープ時間の後、またはプリバイアスされた出力まで起動するときに確実に起動します。

### 低電圧ロックアウト

LTC3104は、電源電圧が2.1V(標準)を下回ったときにコンバータをディスエーブルする内部UVLOを備えています。コンバータのソフトスタートは低電圧ロックアウトの間にリセットされ、入力電圧が低電圧ロックアウトしきい値を上回るとスムーズに再起動します。代わりに、RUNピンに接続した抵抗分割器を使用して、RUNピンをV<sub>IN</sub>電源の高精度低電圧ロックアウト(UVLO)として構成設定することができます。

### V<sub>LDO</sub>出力

V<sub>LDO</sub>出力は、標準ドロップアウト電圧が150mVの10mA負荷をサポートすることが保証されている内部PMOSパス・デバイスを採用しています。LDOは、個別の電源または降圧コンバータのV<sub>OUT</sub>に接続可能なV<sub>INLDO</sub>入力から電力供給されます。V<sub>INLDO</sub>は、V<sub>IN</sub>がV<sub>INLDO</sub>ピンの絶対最大定格以内であることが保証されている場合にのみV<sub>IN</sub>に接続できます。V<sub>INLDO</sub>がV<sub>IN</sub>に接続されると、静止電流が約0.3μAだけ増加します。V<sub>LDO</sub>出力は、V<sub>IN</sub>がUVLOしきい値より大きく、RUNLDOピンが“H”の場合のみアクティブになりますが、RUNLDOを0.5Vより低くすることによって個別にディスエーブルできます。

LDOは、小さな4.7μFコンデンサで安定するとともに、直列抵抗なしでも任意の大きな容量値で安定動作を維持するように特に設計されています。LDO出力は、20mA(標準)までの電流制限で保護されています。低電圧フォルトまたは過熱フォルトの間、フォルト状態が解消されるまでLDOはディスエーブルされています。

## アプリケーション情報

LTC3104の基本的なアプリケーション回路がこのデータシートの表紙の「標準的応用例」に示されています。外付け部品の選択は、個別のアプリケーションに必要な出力電圧、出力電流、ノイズ耐性、およびリップル電圧要件によって決まります。ただし、設計プロセスの基本的ガイドラインと検討事項がこのセクションに示されています。

### インダクタの選択

インダクタ値の選択により、効率と出力電圧リップルの大きさの両方が左右されます。インダクタ値を大きくするとインダクタ電流リップルが減るので、出力電圧リップルが下がります。DC抵抗が一定の場合、インダクタ値を大きくすると、ピーク電流が平均値近くまで減少するので、効率が高くなります。ただし、同じ製品ファミリ内の大きな値のインダクタは一般に直列抵抗が大きいので、この効率の利点が相殺されてしまいます。必要なピーク・トゥ・ピーク電流リップル  $\Delta I_L$  (A) が与えられると、必要なインダクタンスは次式によって計算できます。

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{1.2 \cdot \Delta I_L} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) (\mu H)$$

リップル電流の妥当な選択値は  $\Delta I_L = 120\text{mA}$  で、これは最大  $300\text{mA}$  の負荷電流の40%に相当します。インダクタのDC電流定格は、動作時のコアの飽和と効率低下を防ぐため、少なくとも最大負荷電流にリップル電流の半分を加えたものに等しくします。効率を最適化するため、インダクタは直列抵抗が小さいものにします。特にスペースが制約されているアプリケーションでは、リップル電流が大きくなるはりますが、非常に小さな値のインダクタを使用するのが有効です。このような場合、コンバータは広い範囲の出力負荷で不連続導通状態で動作するので、効率が低下します。さらに、(内部スロープ補償が一定の場合)電流ループの安定性を維持するのに必要な最小インダクタ値があります。具体的には、降圧コンバータが40%を超

えるデューティ・サイクルで使用される場合、インダクタンス値は次式で与えられるように  $L_{MIN}$  以上でなければなりません。

$$L_{MIN} \geq 2.5 \cdot V_{OUT} (\mu H)$$

いくつかの一般的な出力電圧に必要な最小インダクタンスを、標準インダクタ値を使って表1に示します。

表1. 最小インダクタンス

出力電圧 (V)	最小インダクタンス ( $\mu H$ )
0.8	2.2
1.2	3.3
2.0	5.6
2.7	6.8
3.3	8.3
5.0	15

LTC3104コンバータのアプリケーションに最適な様々な低ESRのパワー・インダクタが利用可能です。一般に、PCB面積、アプリケーションの高さ、必要な出力電流、および効率の間でトレードオフを行います。LTC3104降圧コンバータと一緒に使用するのに最適な小型表面実装インダクタの代表的なものを表2に示します。ここに示したインダクタの仕様は比較を目的としたものであり、一般に、これらのインダクタ・ファミリのその他の値もこのアプリケーションに最適です。各ファミリ内で(つまり、一定のインダクタ・サイズで)、一般に、インダクタンスの増加とともにDC抵抗は増加し、最大電流は減少します。

### 出力コンデンサの選択

電圧リップルを最小限に抑えるため、降圧出力には低ESRの出力コンデンサを使用します。積層セラミック・コンデンサはESRが小さく、実装面積の小さいものが入手できるので最適です。出力リップルの大きさの制御に加えて、出力コンデンサの値はループのクロスオーバー周波数も設定するので、ルー



## アプリケーション情報

表2. 代表的なインダクタの選択

製品番号	値(μH)	DCR (Ω)	最大DC電流(A)	サイズ(mm) W×L×H
<b>Coilcraft</b>				
EPL3015	6.8	0.19	1.00	3.0 × 3.0 × 1.5
LPS3314	10	0.33	0.70	3.3 × 3.3 × 1.3
LPS4018	15	0.26	1.12	4.0 × 4.0 × 1.8
<b>Cooper-Bussman</b>				
SD3114	6.8	0.30	0.98	3.1 × 3.1 × 1.4
SD3118	10	0.3	0.75	3.2 × 3.2 × 1.8
<b>村田製作所</b>				
LQH3NPN	6.8	0.20	1.25	3.0 × 3.0 × 1.4
LQH44PN	10	0.16	1.10	4.0 × 4.0 × 1.7
<b>スミダ電機</b>				
CDRH3D16	6.8	0.17	0.73	3.8 × 3.8 × 1.8
CDRH3D16	10	0.21	0.55	3.8 × 3.8 × 1.8
<b>太陽誘電</b>				
CBC3225	6.8	0.16	0.93	3.2 × 2.5 × 2.5
NR3015	10	0.23	0.70	3.0 × 3.0 × 1.5
NR4018	15	0.30	0.65	4.0 × 4.0 × 1.8
<b>Würth</b>				
744029006	6.8	0.25	0.95	2.8 × 2.8 × 1.4
744031006	6.8	0.16	0.85	3.8 × 3.8 × 1.7
744031100	10	0.19	0.74	3.8 × 3.8 × 1.7
744031100	15	0.26	0.62	3.8 × 3.8 × 1.7
<b>パナソニック</b>				
ELLVGG6R8N	6.8	0.23	1.00	3.0 × 3.0 × 1.5
ELL4LG100MA	10	0.20	0.80	3.8 × 3.8 × 1.8
<b>TDK</b>				
VLF3012	6.8	0.18	0.78	3.0 × 2.8 × 1.2
VLC4018	10	0.16	0.85	4.0 × 4.0 × 1.8

プの安定性に影響を与えます。ループの安定性を確保するのに必要な最小と最大の両方の容量値があります。出力容量が小さすぎると、スイッチング遅延とエラーアンプの高周波数の寄生ポールが位相マージンを低下させるポイントまで、ループのクロスオーバー周波数が増加します。さらに、小さな

出力コンデンサによって生じる広い帯域幅により、ループはスイッチング・ノイズの影響を受けやすくなります。逆の極端な場合として、出力コンデンサが大きすぎると、クロスオーバー周波数が補償ゼロよりはるかに低くなることもあり、この場合も位相マージンを低下させます。フィードフォワード・コンデンサを使用することを想定した、低ESR出力コンデンサの許容できる値の範囲のガイドラインを表3に示します。フィードフォワード・コンデンサの選択の詳細については「出力電圧の設定」のセクションを参照してください。出力コンデンサの大容量化には、それらのESRがループを安定させるのに十分な値である場合、または抵抗分割器の上側抵抗と並列のフィードフォワード・コンデンサを大きくすることにより、対応することができます。

Burst Mode動作では、LTC3104がバースト・パルス間で低電流のスリープ状態のとき、出力コンデンサにエネルギーが蓄積されて負荷電流に対応します。スリープ期間の間大きな負荷ステップに対応するのに数サイクルを要する可能性があります。大きな過渡負荷電流が必要な場合、出力に大きなコンデンサを使って、デバイスがBurst Mode動作から連続モード動作に移行するまでの出力電圧の垂下を最小限に抑えることができます。

X5RやX7Rタイプのセラミック・コンデンサでも、DC電圧が印加されたときに容量が減少するDCバイアス効果がある点に注意してください。小さなケース寸法で提供されるコンデンサが定格電圧の近くで動作するときに容量の50%以上を失うことは珍しいことではありません。その結果、意図する容量値を実現するため、大きな値の容量や電圧定格の高いコンデンサを使用することが必要な場合があります。アプリケーションに必要な容量を確保するために選択するコンデンサについては、メーカーのデータを参照してください。

表3. 推奨する出力コンデンサの制限値

出力電圧(V)	C <sub>MIN</sub> (μF)	C <sub>MAX</sub> (μF)
0.8	22.0	220
1.2	15.0	220
2.0	12.0	100
2.7	6.8	68
3.3	4.7	47
5.0	4.7	47

## アプリケーション情報

### 入力コンデンサの選択

V<sub>IN</sub>ピンとV<sub>INLDO</sub>ピンは、それぞれ降圧コンバータの電力段とLDOに電流を供給します。少なくとも10μFの値の低ESRセラミック・コンデンサを使って、これらのピンのそれぞれをバイパスすることを推奨します。これらのコンデンサはそれぞれのピンのできるだけ近くに配置し、GNDピンまでのリターン・パスを短くします。

### 出力電圧の設定

出力電圧は次式に従って抵抗分割器によって設定されます。

$$V_{OUT} = 0.6V \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

外付け抵抗分割器は図1に示すように出力に接続します。FBの抵抗分割器の電流はLTC3104の静止電流仕様に含まれていない点に注意してください。過渡応答を改善するために、フィードフォワード・コンデンサC<sub>FF</sub>を抵抗R2と並列に接続することができます。このコンデンサはループ特性にポールとゼロの対を追加することによりループ特性を調整して位相ブーストを発生するので、位相マージンが改善されて過渡応答の速度が向上する結果、負荷トランジェントの電圧偏差が小さくなります。ゼロ周波数は、フィードフォワード・コンデンサの値だけでなく、抵抗分割器の上側抵抗にも依存します。具体的に、ゼロ周波数f<sub>ZERO</sub>は次式で与えられます。

$$f_{ZERO} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R2 \cdot C_{FF1}}$$

約1MのR2の抵抗値に対して12pFのセラミック・コンデンサで十分ですが、この値を増やすかまたは減らすことにより、アプリケーションのパラメータの特定の組み合わせに対してコンバータの応答を最適化できます。

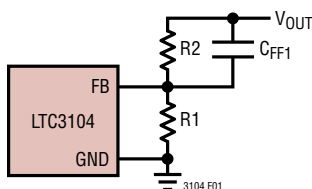


図1. 出力電圧の設定

### 最小オフ時間/オン時間に関する検討事項

LTC3104では、最大デューティ・サイクルが、昇圧コンデンサのリフレッシュ時間、スイッチの立ち上がり/立ち下がり時間ならびにPWMコンパレータの伝播遅延時間、レベルシフト、およびゲート駆動によって制限されます。この最小オフ時間は標準で65nsであり、これによって次の最大デューティ・サイクルが課せられます。

$$DC_{MAX} = 1 - (f \cdot t_{OFF(MIN)})$$

ここで、fは1.2MHzのスイッチング周波数、t<sub>OFF(MIN)</sub>は最小オフ時間です。たとえば、入力電圧が低下したために最大デューティ・サイクルを超えると、出力はレギュレーション状態から外れてしまいます。このドロップアウト状態を回避するための最小入力電圧は次のとおりです。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT}}{1 - (f \cdot t_{OFF(MIN)})}$$

逆に、最小オン時間は、降圧スイッチがそのオン状態を維持できる最小時間です。この時間は同様の要因によって制限され、標準で70nsです。強制連続動作では、最小オン時間の制限により、次の最小デューティ・サイクルが課せられます。

$$DC_{MIN} = f \cdot t_{ON(MIN)}$$

ここで、t<sub>ON(MIN)</sub>は最小オン時間です。最小デューティ・サイクルを超える極端な降圧比では、出力電圧はレギュレーション状態を維持しますが、整流スイッチが1サイクルを超えてオンのままになり、低調波スイッチングが生じて実効デューティ・サイクルが大きくなります。その結果、出力電圧リップルが大きくなります。多くのアプリケーションではこれを許容できるので、場合によっては、この制約が決定的に重要なことではなくなる可能性があります。

### 高精度の低電圧ロックアウト

RUNピンが“L”のときLTC3104はシャットダウン状態になり、このピンの電圧がRUNピンのしきい値より高いとアクティブになります。RUNピンのコンパレータの正確な上昇しきい値は0.8Vで、60mVのヒステリシスがあります。このしきい値は、V<sub>IN</sub>が2.5Vの最小値を上回ると有効になります。V<sub>IN</sub>が2.5Vより低いと、RUNピンの状態に関係なく、内部低電圧モニタがデバイスをシャットダウン状態にします。

図2に示すように、RUNピンに接続された抵抗分割器により、RUNピンをV<sub>IN</sub>電源の高精度低電圧ロックアウト(UVLO)として構成設定し、特定のV<sub>IN</sub>電圧要件を満たすことがで

## アプリケーション情報

きます。これを使用する場合、外付け抵抗分割器の電流はLTC3104の静止電流仕様に含まれていない点に注意してください。

上昇時UVLOのしきい値は次式を使って計算することができます。

$$V_{UVLO} = 0.8V \cdot \left(1 + \frac{R6}{R5}\right)$$

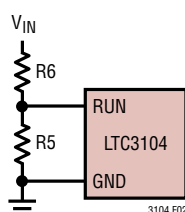


図2. 低電圧ロックアウトしきい値の設定

### 内部V<sub>CC</sub>レギュレータ

LTC3104は、V<sub>IN</sub>からの内部NMOSソース・フォロワ・レギュレータを使って低電圧の内部レールV<sub>CC</sub>を生成します。このレギュレータは、内部ドライバとその他の内部制御回路にだけ電流を供給し、外部負荷には供給しないように設計されています。V<sub>CC</sub>ピンは、1μF以上のセラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

### 昇圧コンデンサの選択

LTC3104は、ブートストラップされた電源を使って降圧スイッチ・ゲート・ドライバに電力を供給します。同期整流器がオンすると、内部PMOSスイッチがそれに同期してオンし、昇圧コンデンサ

CBSTをV<sub>CC</sub>の電圧まで充電します。ほとんどのアプリケーションでは0.022μFで十分です。このコンデンサはそれぞれのピンにできるだけ近づけて配置します。

### LDO出力コンデンサの選択

LDOは、最小4.7μFの出力コンデンサで安定するように設計されています。低ESRコンデンサを使用する場合、直列抵抗は必要ありません。ほとんどのアプリケーションでは、10μFのセラミック・コンデンサが推奨されます。コンデンサの値を大きくすると、過渡応答が改善されてLDOの電源除去比(PSRR)が大きくなります。

### LDO出力電圧の設定

出力電圧は次式に従って抵抗分割器によって設定されます。

$$V_{LDO} = 0.6V \cdot \left(1 + \frac{R4}{R3}\right)$$

外付け分割器は図3に示すようにLDO出力V<sub>LDO</sub>に接続します。降圧帰還ネットワークと同様に、過渡応答を改善するためにフィードフォワード・コンデンサを抵抗R4と並列に接続することができます。約1Mの抵抗値に対して12pFのセラミック・コンデンサで十分です。

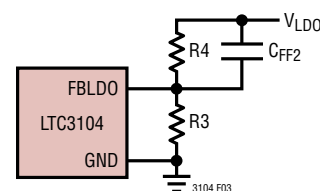


図3.LDO出力電圧の設定

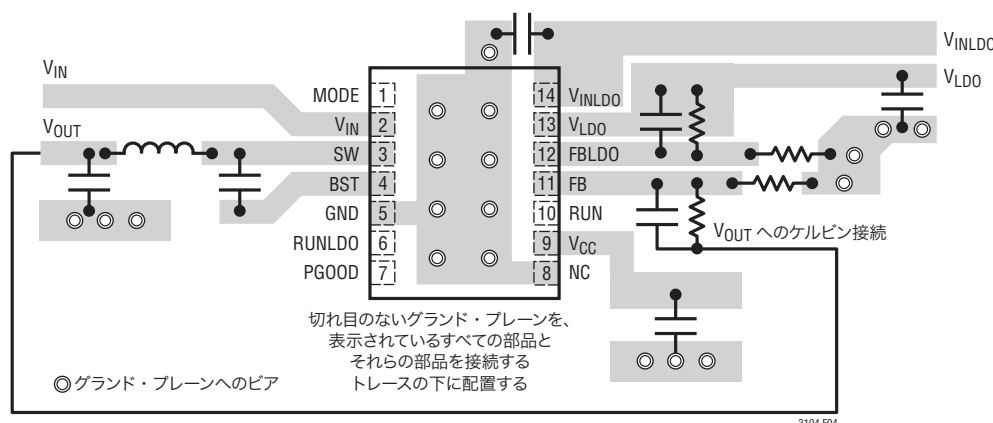


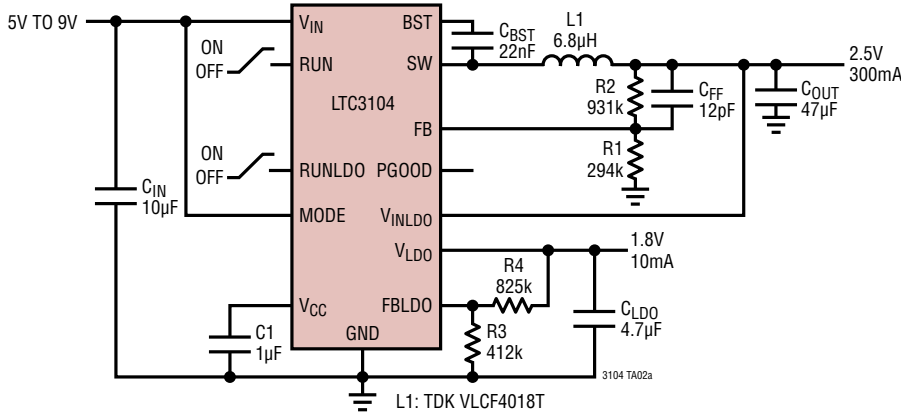
図4.PCBレイアウトの推奨事項



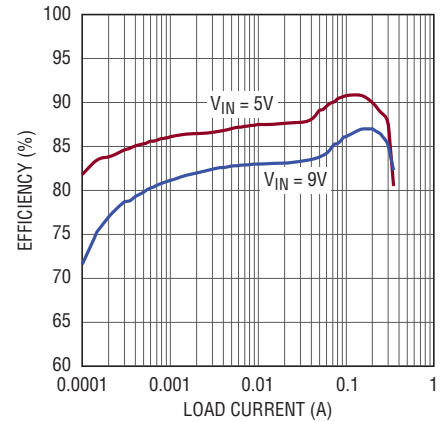
# LTC3104

## 標準的応用例

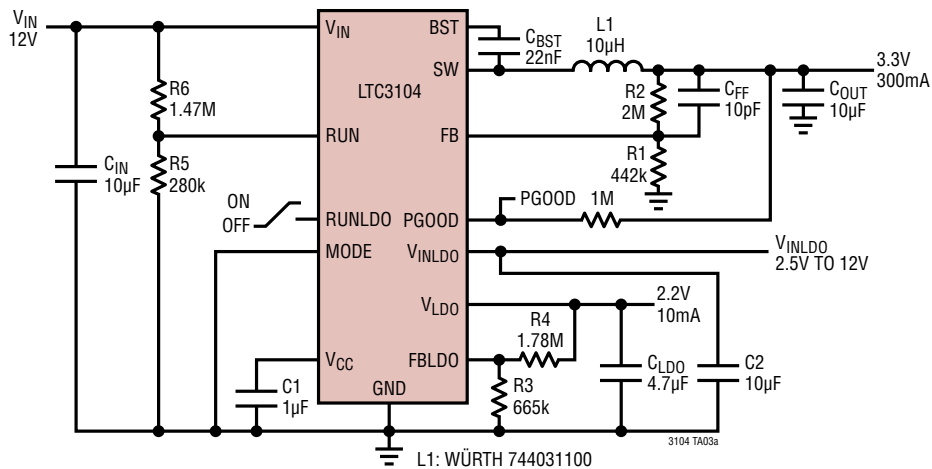
1.8V /10mA LDOを備えた、デュアル・リチウムイオン・バッテリーから2.5V/300mAのレギュレータ



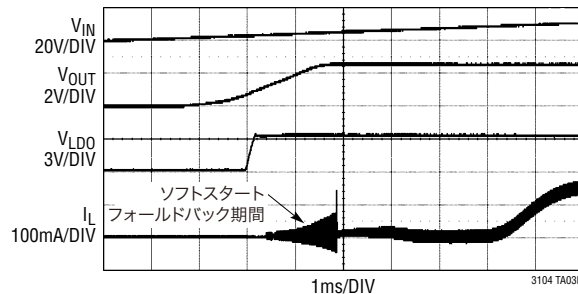
効率と出力電流



5Vの高精度UVLOを備えた、12Vから3.3V/300mAのレギュレータ、強制連続動作、および個別に電力供給されるLDO

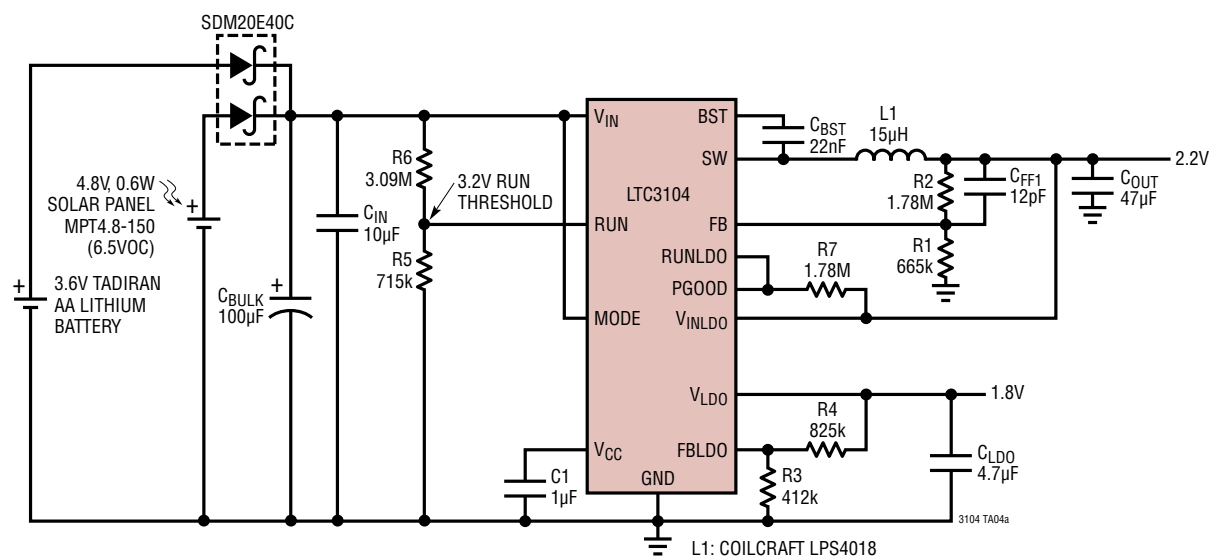


V<sub>OUT</sub>の100mA負荷へランプする  
入力電源による起動



## 標準的応用例

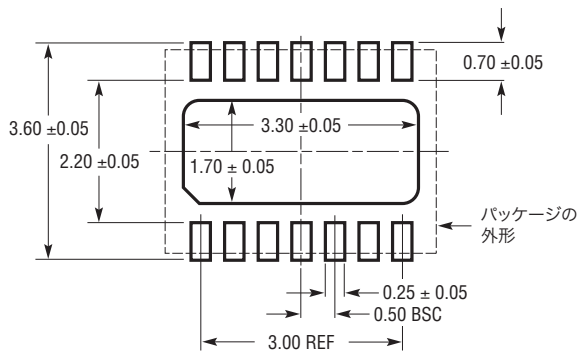
リチウム・バッテリー・バックアップを備え、RUNのしきい値がバッテリーの最小電圧に設定された、ソーラー駆動の2.2V電源と1.8V LDO



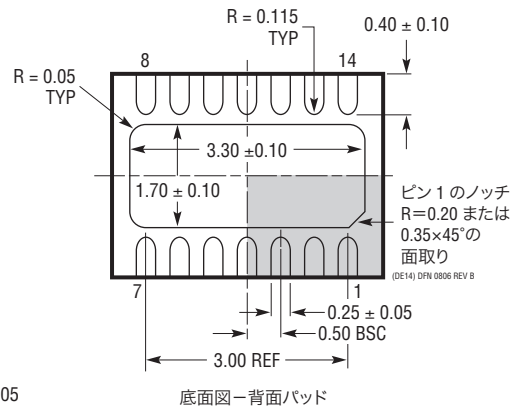
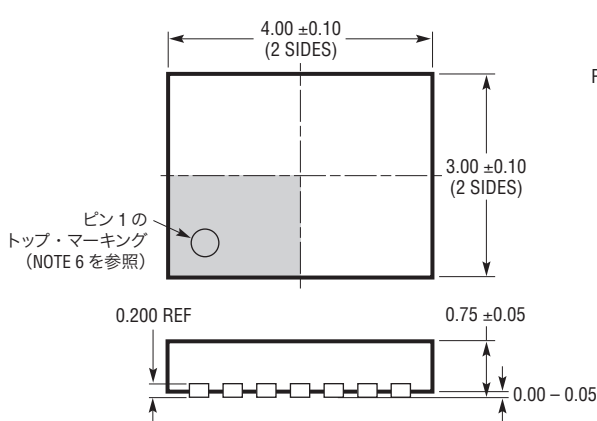
## パッケージ

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。

### DEパッケージ 14ピン・プラスチック DFN (4mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1708 Rev B)



推奨する半田パッドのピッチと寸法  
半田付けされない領域には半田マスクを使用する



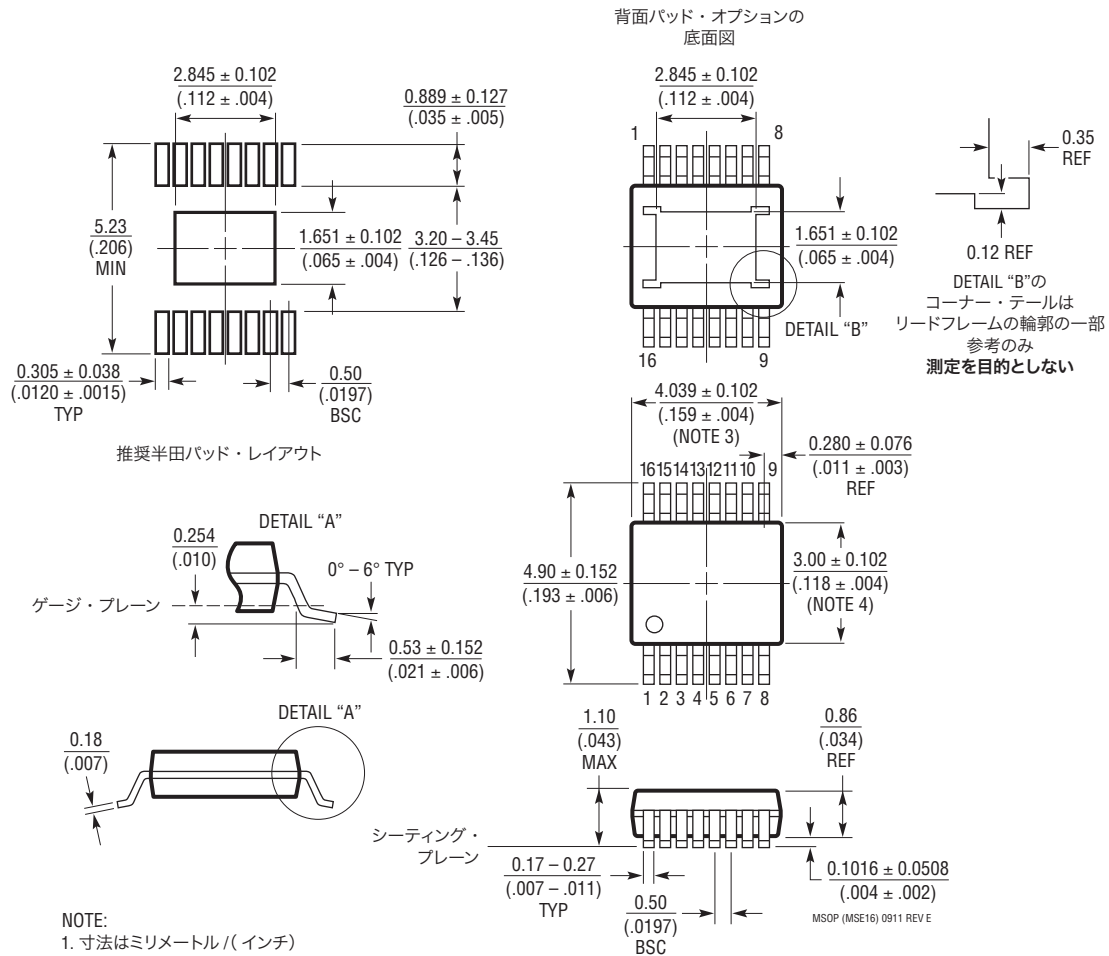
#### NOTE:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーション (WGED-3) にするよう提案されている
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の背面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  $0.15$  mm を超えないこと
5. 背面パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分は、パッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

## パッケージ

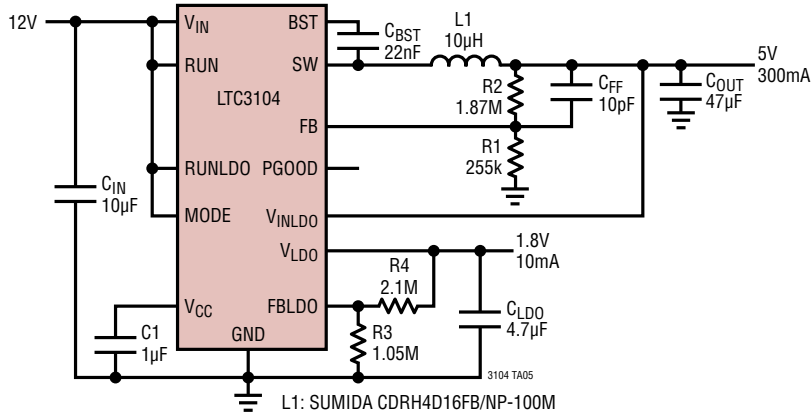
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>を参照してください。

MSEパッケージ  
16ピン・プラスチックMSOP、背面ダイ・パッド  
(Reference LTC DWG # 05-08-1667 Rev E)



## 標準的応用例

高効率で静止電流が非常に小さい、12Vから5V/300mAのレギュレータ  
(レギュレーション状態で無負荷時に2.8 $\mu$ A)、および1.8V/10mA LDO



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3103	超低静止電流の15V、300mA同期整流式降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}$ : 2.5V ~ 15V, $V_{OUT(MIN)}$ = 0.6V, $I_Q$ = 1.8 $\mu$ A, $I_{SD}$ = 1 $\mu$ A, 3mm $\times$ 3mm DFN-10およびMSOP-10パッケージ
LTC3642	45V (60Vまでの過渡保護)/50mA同期整流式降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}$ : 4.5V ~ 45V, $V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V, $I_Q$ = 12 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, 3mm $\times$ 3mm DFN-8およびMSOP-8パッケージ
LTC3631	45V (60Vまでの過渡保護)/100mA同期整流式降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}$ : 4.5V ~ 45V, $V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V, $I_Q$ = 12 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, 3mm $\times$ 3mm DFN-8およびMSOP-8パッケージ
LTC3632	50V (60Vまでの過渡保護)/20mA同期整流式降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}$ : 4.5V ~ 50V, $V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V, $I_Q$ = 12 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, 3mm $\times$ 3mm DFN-8およびMSOP-8パッケージ
LTC3388-1/LTC3388-3	20V/50mA高効率、ナノパワー降圧レギュレータ	$V_{IN}$ : 2.7V ~ 20V, 固定 $V_{OUT(MIN)}$ : 1.1V ~ 5.5V, $I_Q$ = 720nA, $I_{SD}$ = 400nA, 3mm $\times$ 3mm DFN-10およびMSOP-10パッケージ
LTC3108/LTC3108-1	超低電圧昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	$V_{IN}$ : 0.02V ~ 1V, 固定 $V_{OUT(MIN)}$ : 2.35V ~ 5V, $I_Q$ = 6 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, 3mm $\times$ 4mm DFN-12およびSSOP-16パッケージ
LTC3109	自動極性制御付き超低電圧昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	$V_{IN}$ : 0.03V ~ 1V, 固定 $V_{OUT(MIN)}$ : 2.35V ~ 5V, $I_Q$ = 7 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, 4mm $\times$ 4mm QFN-20およびSSOP-20パッケージ
LTC4071	ローバッテリー切断機能付きリチウムイオン/ポリマー・バッテリー向けシャント・バッテリー・チャージャ・システム	チャージャとバッテリー・パック保護機能を1個のICに搭載、低動作電流(550nA)、50mAの内部シャント電流、ピンで選択可能なフロート電圧(4.0V、4.1V、4.2V)、8ピン2mm $\times$ 3mm DFNおよびMSOPパッケージ
LTC4070	リチウムイオン/ポリマー・バッテリー向け低電流シャント・バッテリー・チャージャ・システム	選択可能な $V_{FLOAT}$ : 4.0V、4.1V、4.2V、最大シャント電流: 50mA, $I_{CCQ}$ : 450nA ~ 1.04mA, $I_{CCQB}$ = 300nA, 2mm $\times$ 3mm DFN-8およびMSOP-8パッケージ
LTC1877	10V/600mA高効率、同期整流式降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}$ : 2.65V ~ 10V, $V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V, $I_Q$ = 10 $\mu$ A, $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A, MSOP-8パッケージ
LTC3105	起動電圧が250mVの、5V/400mA MPPC降圧コンバータ	$V_{IN}$ : 0.225V ~ 5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V, $I_Q$ = 24 $\mu$ A, $I_{SD}$ = 10 $\mu$ A, 3mm $\times$ 3mm DFN-10およびMSOP-12パッケージ