

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

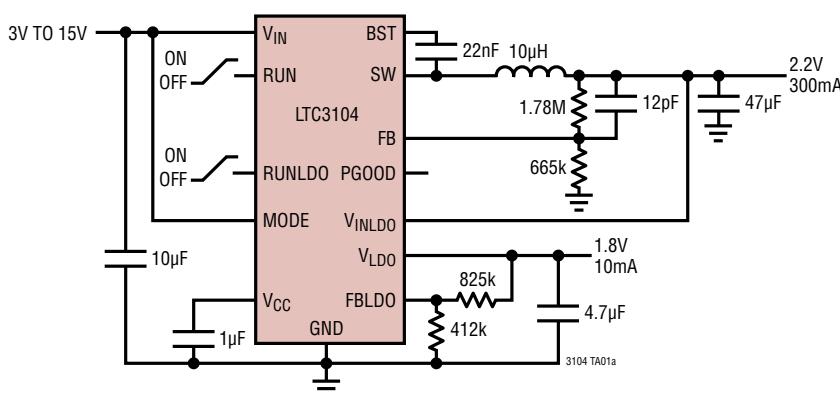
特長

- 超低静止電流: 2.6 μ 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[®]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_{OUT}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×4mm×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

標準的応用例



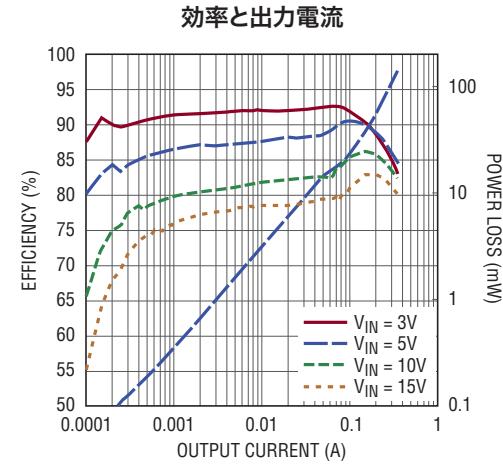
概要

LTC[®]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 μ 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、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。

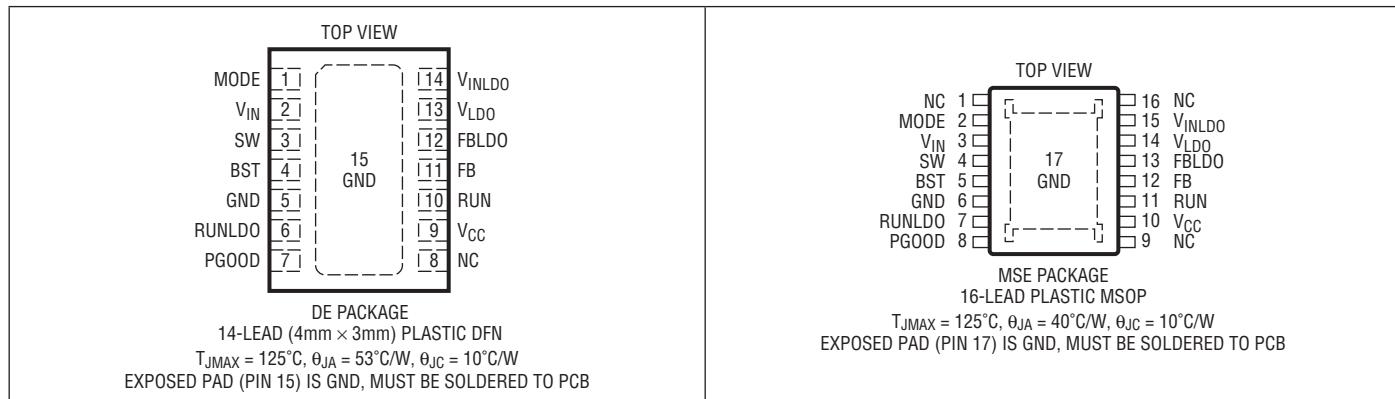


3104 TA01b

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN}	-0.3V ~ 18V	動作接合部温度範囲 (Note 2, 3)	-40°C ~ 125°C
SW	-0.3V ~ (V_{IN} + 0.3V)	保存温度範囲	-65°C ~ 150°C
FB 、 $FBLDO$	-0.3V ~ 6V	リード温度 (半田付け、10秒)	
BST	(SW - 0.3V) ~ (SW + 6V)	MSE のみ	300°C
V_{INLDO}	-0.3V ~ 17V		
V_{LDO}	-0.3V ~ 17V		
RUN 、 $MODE$ 、 $RUNLDO$	-0.3V ~ V_{IN}		
V_{CC} 、 $PGOOD$	-0.3V ~ 6V		

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/tapeandreel/>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(Note 2)。
注記がない限り、 $V_{IN} = V_{INLDO} = 10\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
降圧コンバータ					
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°C (Note 4)	● 2.1 2.1	2.6 2.5		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 15V (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°C (Note 4)	● 0.93 1.0	1.2 1.2	1.55 1.45	MHz MHz
Quiescent Current, V_{IN} —Active	$RUN = V_{IN}$, $RUNLDO = V_{IN}$, $MODE = 0\text{V}$, $FB > 0.612$, Nonswitching		600		μA
Quiescent Current, V_{IN} —Sleep	$T_J = 0^\circ\text{C}$ to 85°C , $RUN = MODE = V_{IN}$, $FB > 0.612$ $RUNLDO = V_{IN}$ (Note 4) $RUNLDO = 0\text{V}$ (Note 4)		2.6 1.8	3.3 2.6	μA μA
	$RUN = MODE = V_{IN}$, $FB > 0.612$ $RUNLDO = V_{IN}$ $RUNLDO = 0\text{V}$	● ●	2.8 1.8	5.5 4.5	μA μA
Quiescent Current, V_{IN} —Shutdown	$RUN = 0\text{V}$, $RUNLDO = 0\text{V}$, $T_J = 0^\circ\text{C}$ to 85°C (Note 4) $RUN = 0\text{V}$, $RUNLDO = 0\text{V}$	●	1 1	1.7 3.3	μA μA
N-Channel MOSFET Synchronous Rectifier Leakage Current	$V_{IN} = V_{SW} = 15\text{V}$, $V_{RUN} = 0\text{V}$		0.01	0.3	μA
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	μA
N-Channel MOSFET Synchronous Rectifier $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = 200\text{mA}$		0.85		Ω
N-Channel MOSFET Switch $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = -200\text{mA}$		0.65		Ω
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	$I_{PGOOD} = 100\text{μA}$		0.2		V
PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5\text{V}$		0.01	0.3	μA
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	$RUN = 1.2\text{V}$	● 0.01	0.4		μA
MODE Threshold		● 0.5	0.8	1.2	V
MODE Input Current	$MODE = 1.2\text{V}$		0.1	4	μA
Soft-Start Time		0.7	1.4	2.5	ms
LDO レギュレータ					
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

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}	$V_{IN} = V_{INLDO} = V_{UNLDO} = 10\text{V}$			0.3	μA	
Line Regulation	$V_{INLDO} = 2.5\text{V}$ to 15V , $I_{LDO} = 1\text{mA}$			0.1	%	
Load Regulation	$I_{LDO} = 1\text{mA}$ to 10mA			0.75	%	
RUNLDO Threshold		●	0.5	0.8	1.2	V
RUNLDO Input Current	$V_{UNLDO} = 1.2\text{V}$			0.01	0.3	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。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 にほぼ等しいバ尔斯負荷条件でテストされる。LTC3104Eは、 0°C ～ 85°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°C ～ 125°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。LTC3104I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。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。

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

ここで、 θ_{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。

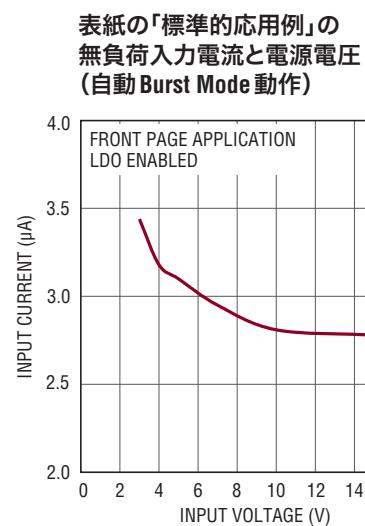
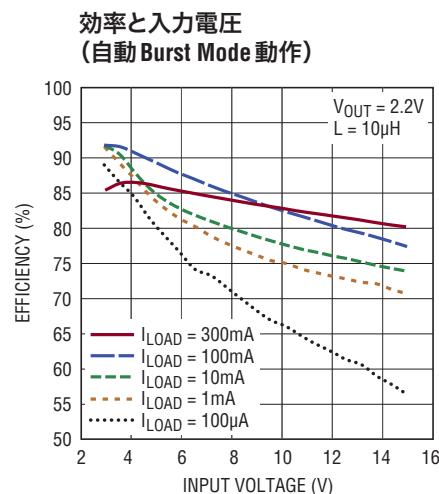
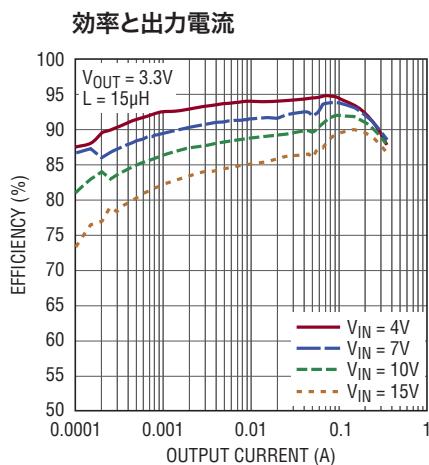
Note 3: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。この保護がアクティブなとき、最大定格接合部温度を超えることができる。規定された絶対最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう、またはデバイスを永久に損傷するおそれがある。

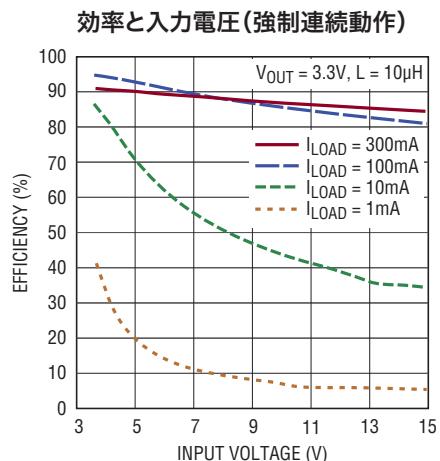
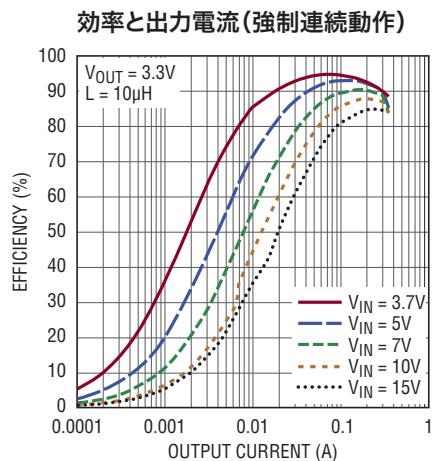
Note 4: 仕様は設計により保証されている。

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。

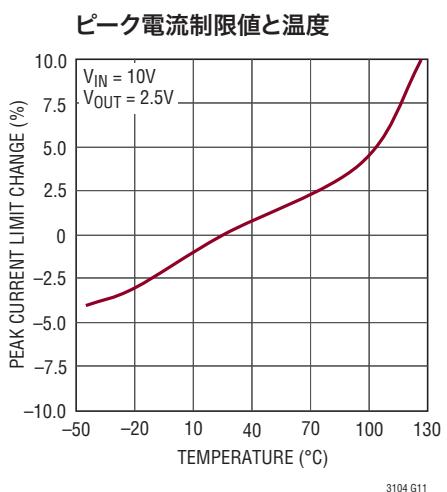
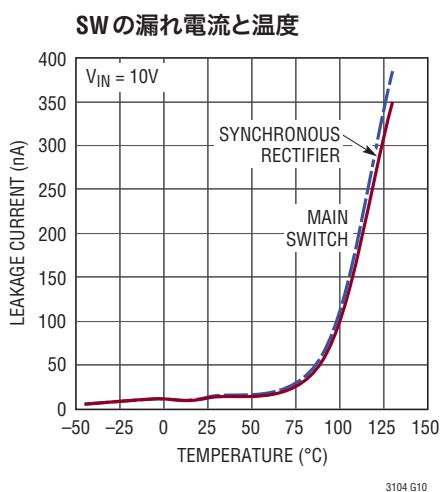
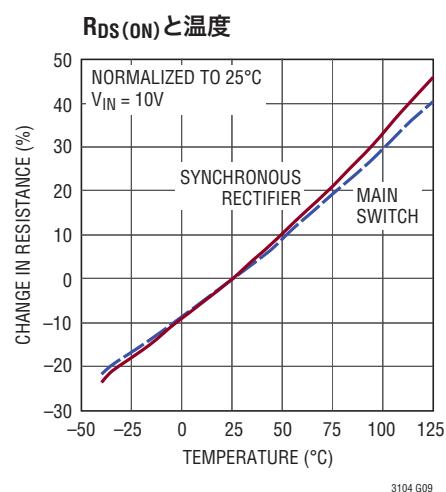
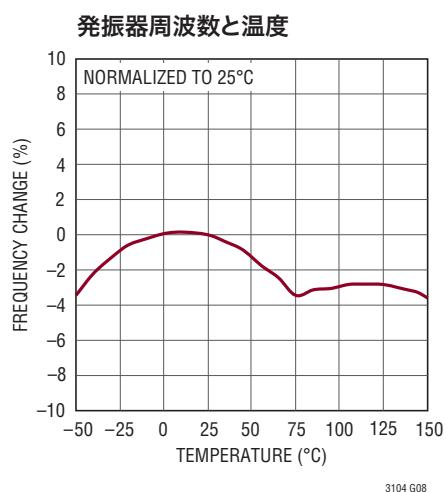
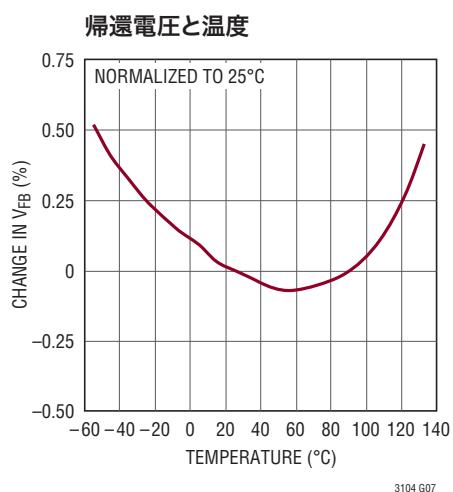
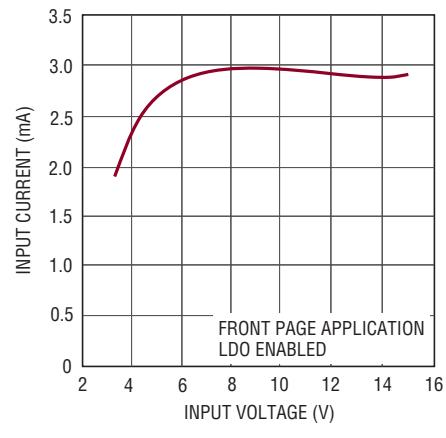
標準的性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

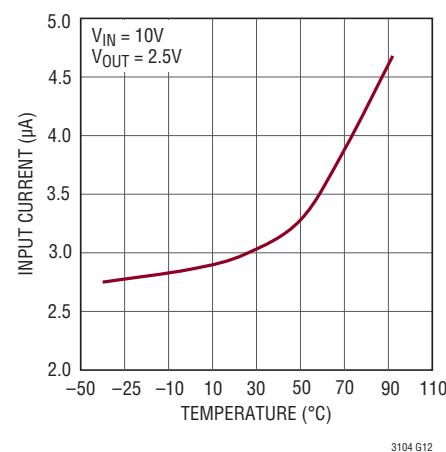


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

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)

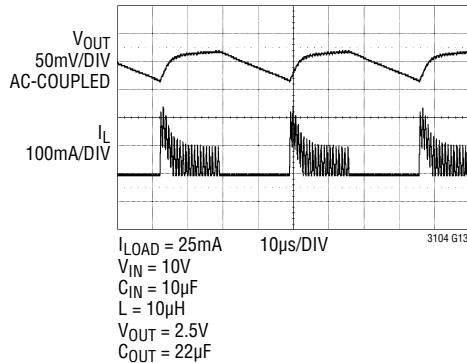


表紙の「標準的応用例」の
無負荷入力電流と温度
(自動Burst Mode動作)

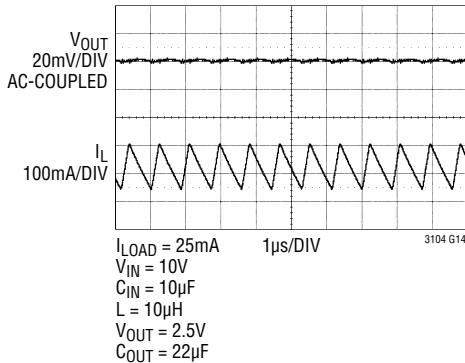


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

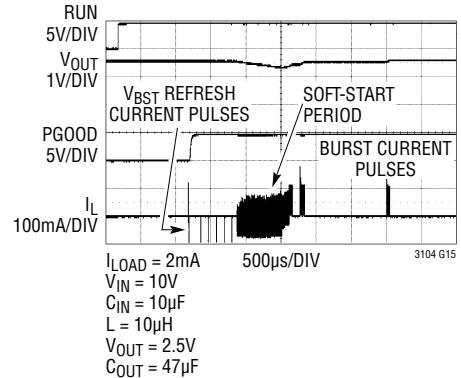
自動 Burst Mode 動作



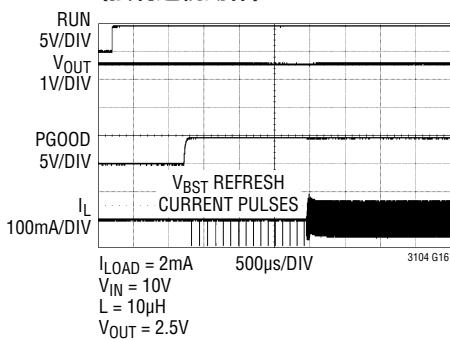
強制連続動作



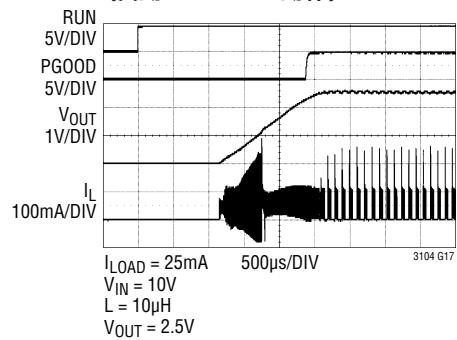
プリバイアスされた出力までの起動 (自動 Burst Mode 動作)



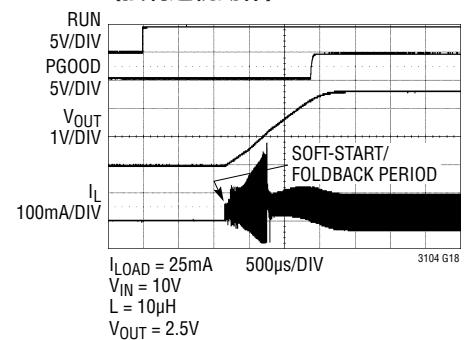
プリバイアスされた出力までの起動 (強制連続動作)



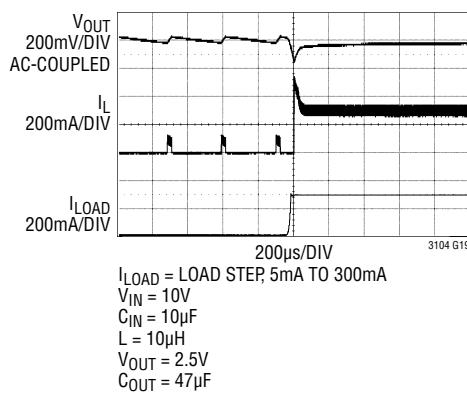
シャットダウンからの起動 (自動 Burst Mode 動作)



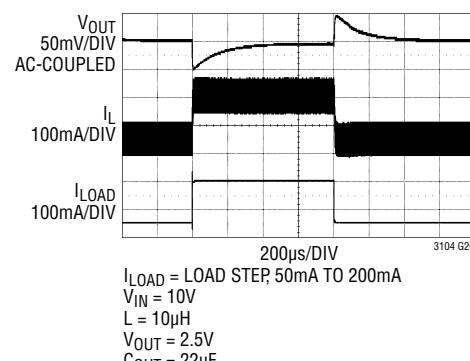
シャットダウンからの起動 (強制連続動作)



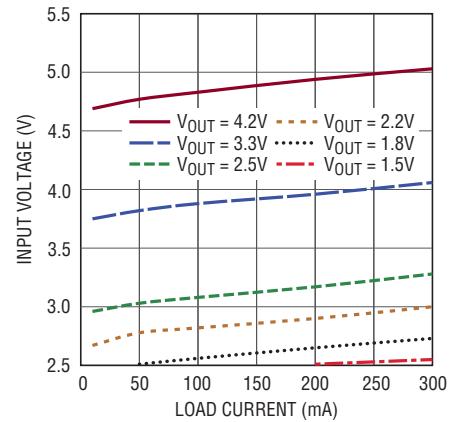
負荷ステップ (自動 Burst Mode 動作)

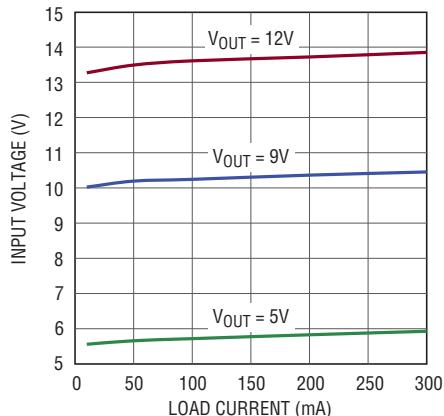


負荷ステップ (強制連続動作)

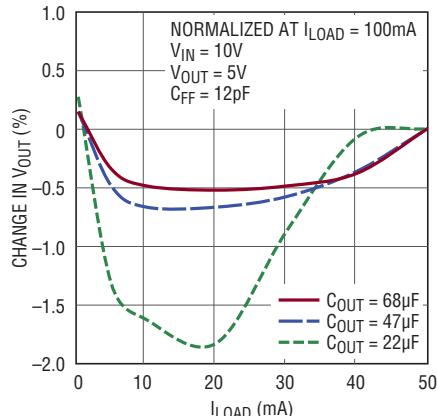


最大デューティ・サイクル時の最小入力電圧と負荷電流

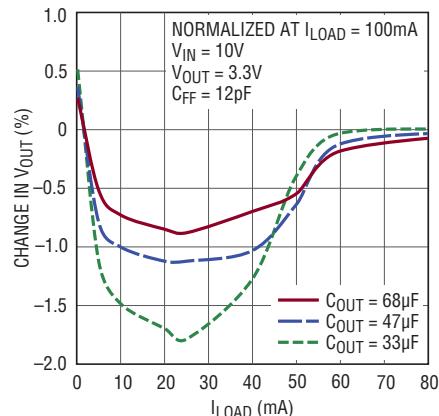


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 最大デューティ・サイクル時の
最小入力電圧と負荷電流

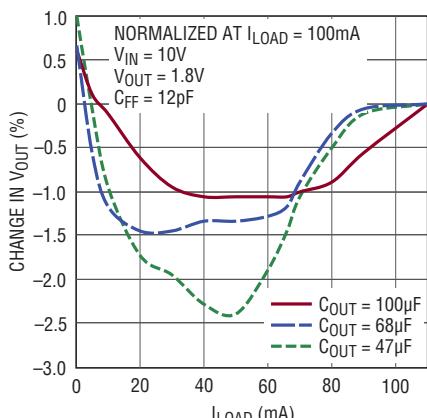
3104 G22

負荷レギュレーション
(自動Burst Mode動作)

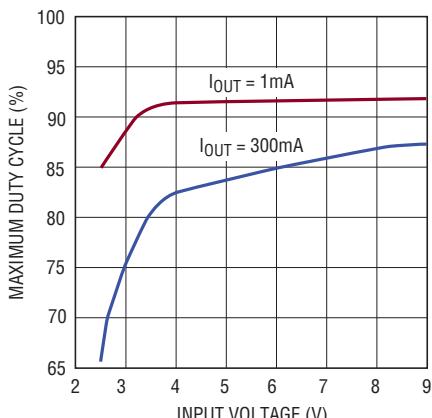
3104 G23

負荷レギュレーション
(自動Burst Mode動作)

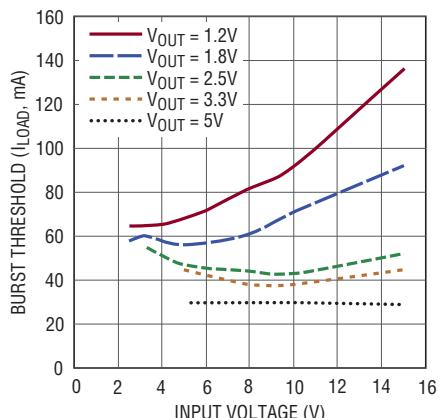
3104 G24

負荷レギュレーション
(自動Burst Mode動作)

3104 G25

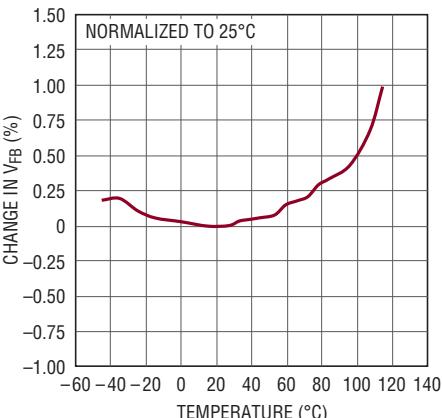
最大デューティ・サイクルと
入力電圧

3104 G26

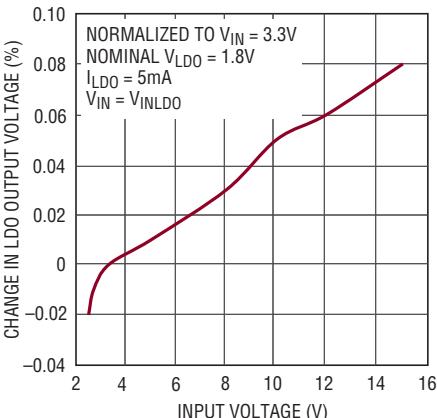
自動Burst Modeのしきい値と
電源電圧

3104 G27

LDO帰還電圧と温度

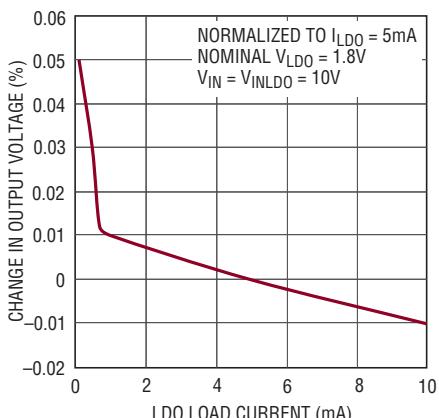


3104 G28

LDO出力電圧と $V_{IN(LDO)}$ の
電源電圧

3104 G29

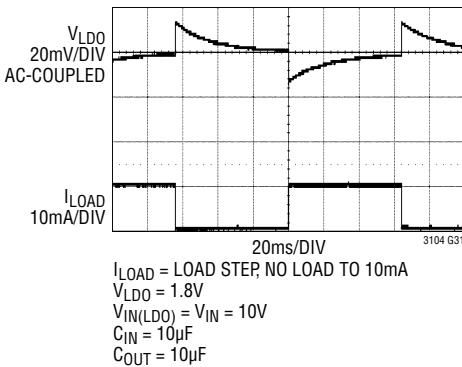
LDO出力電圧と負荷電流



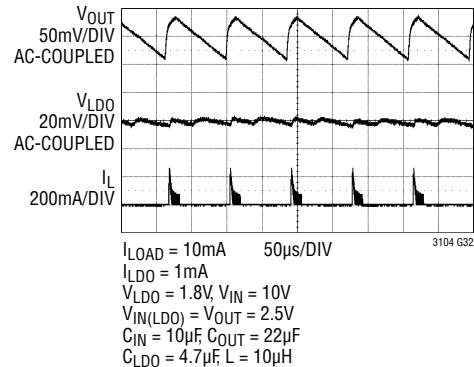
3104 G30

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のリップル除去 (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。10μF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。

V_{CC}(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1μF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。

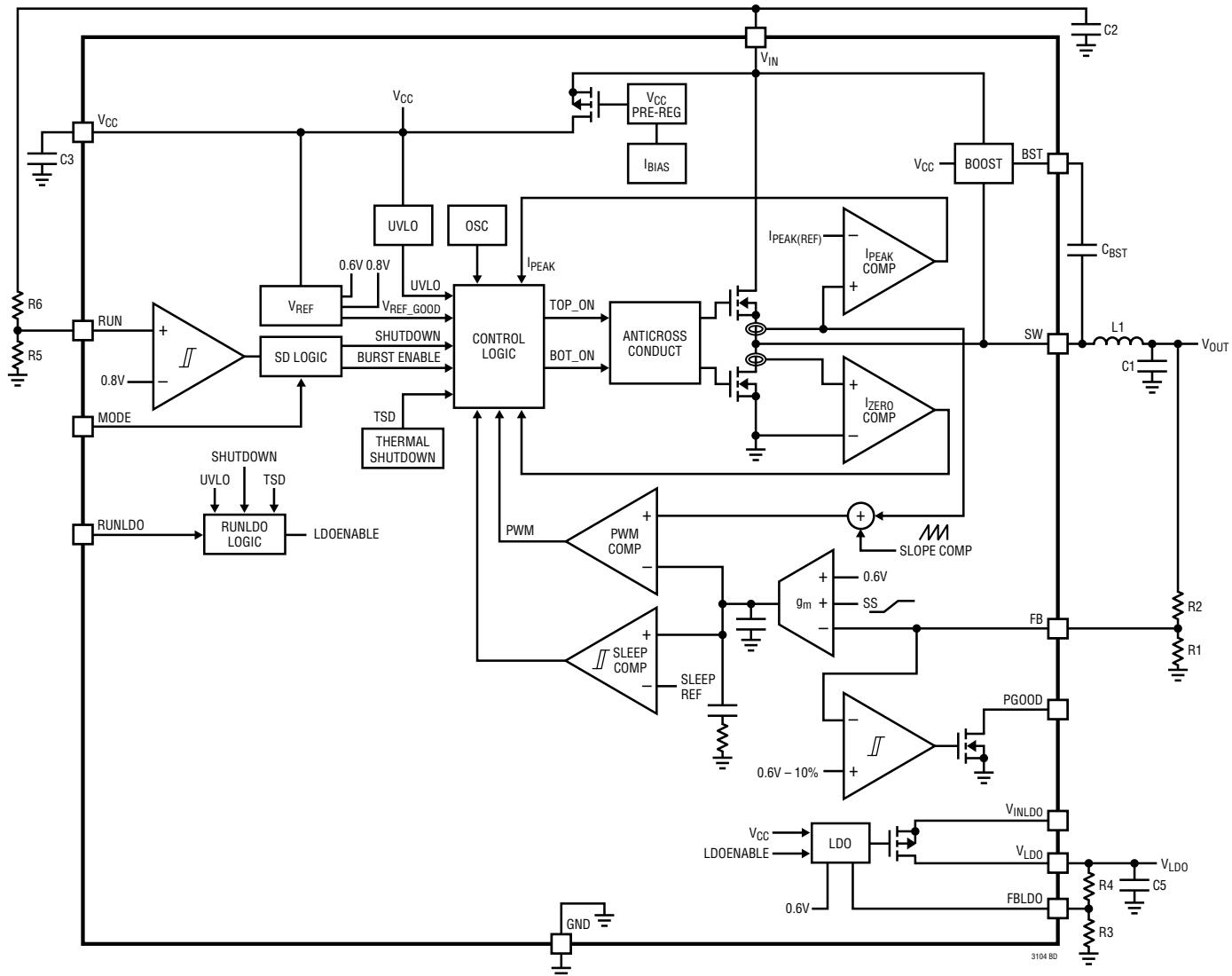
FBLDO(ピン12/ピン13) : LDOエラーアンプへの帰還入力。このピンの抵抗分割器により、LDOの出力電圧が設定されます。

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4.7μF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)10μF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2.6μA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_{OUT}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IZERO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。IZERO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 μ 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エントに応答します。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エ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_{CC}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_{CC}+SWに等しい電位になります。

コンバ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さになり、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_{IN}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_{LDO}出力

V_{LDO}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_{OUT}に接続可能なV_{INLDO}入力から電力供給されます。V_{INLDO}は、V_{IN}がV_{INLDO}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_{IN}に接続できます。V_{INLDO}がV_{IN}に接続されると、静止電流が約0.3μAだけ増加します。V_{LDO}出力は、V_{IN}がUVLOしきい値より大きく、RUNLDOピンが“H”的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 ΔI_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 300mA 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っていますが、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(μH)
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、ルーパー

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
Coilcraft				
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
Cooper-Bussman				
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
村田製作所				
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
スミダ電機				
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
太陽誘電				
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
Würth				
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
パナソニック				
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
TDK				
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

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があります。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。スリープ期間の間の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 _{MIN} (μF)	C _{MAX} (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

VINピンとVINLDO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CFF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、負荷トランジエ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fZERO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。

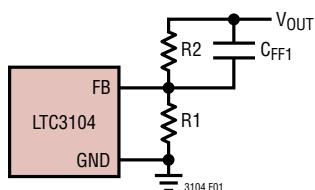


図1. 出力電圧の設定

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、tOFF(MIN)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持続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、tON(MIN)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”的とき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時しきい値は0.8Vで、60mVのヒステリシスがあります。このしきい値は、VINが2.5Vの最小値を上回ると有効になります。VIN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VIN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VIN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。

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

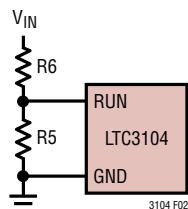


図2. 低電圧ロックアウトしきい値の設定

内部V_{CC}レギュレータ

LTC3104は、V_{IN}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_{CC}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_{CC}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

C_{BST}をV_{CC}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_{LDO}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。

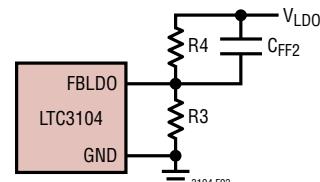


図3.LDO出力電圧の設定

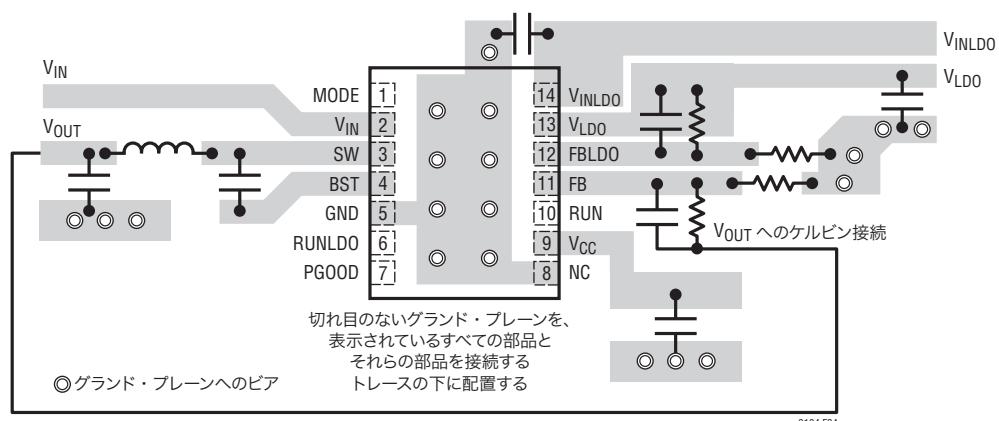
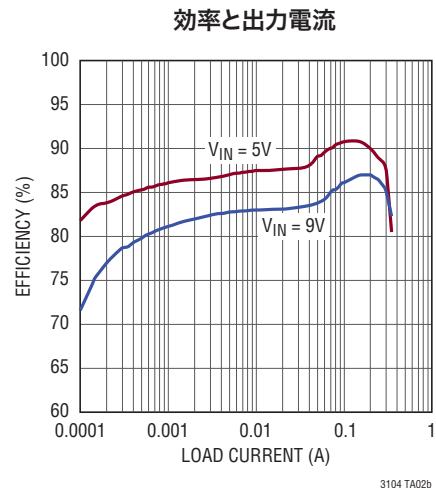
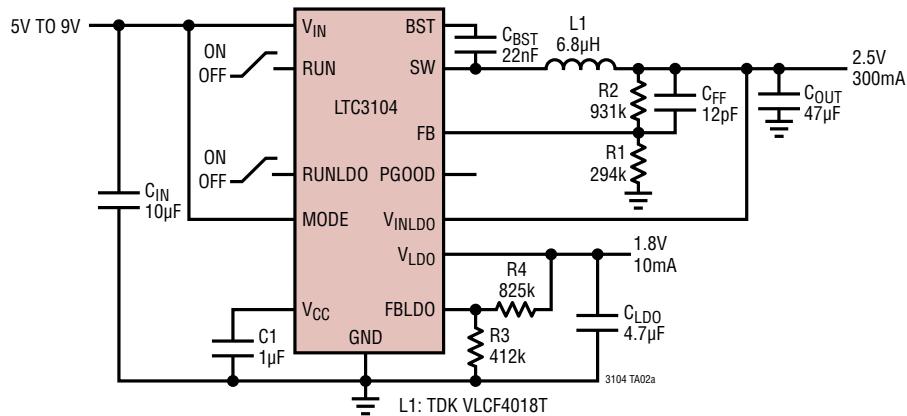


図4.PCBレイアウトの推奨事項

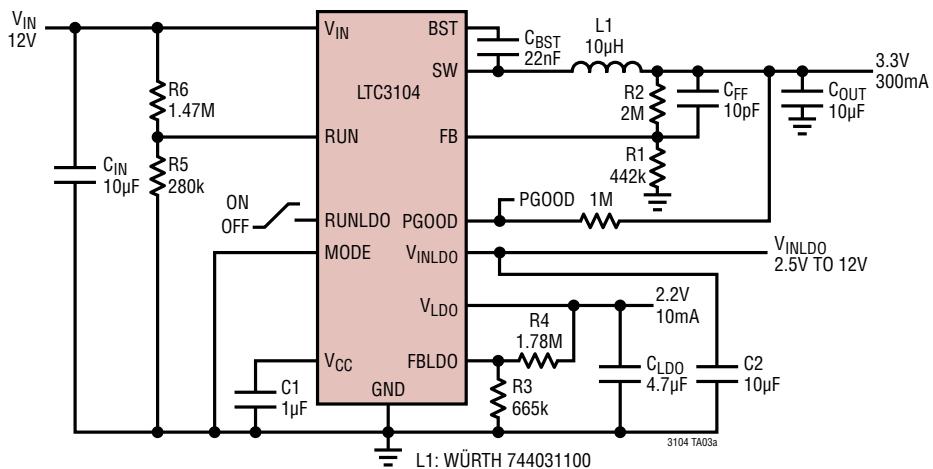
LTC3104

標準的応用例

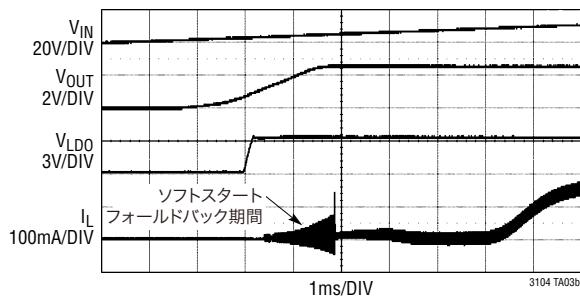
1.8V /10mA LDOを備えた、デュアル・リチウムイオン・バッテリから2.5V/300mAのレギュレータ



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

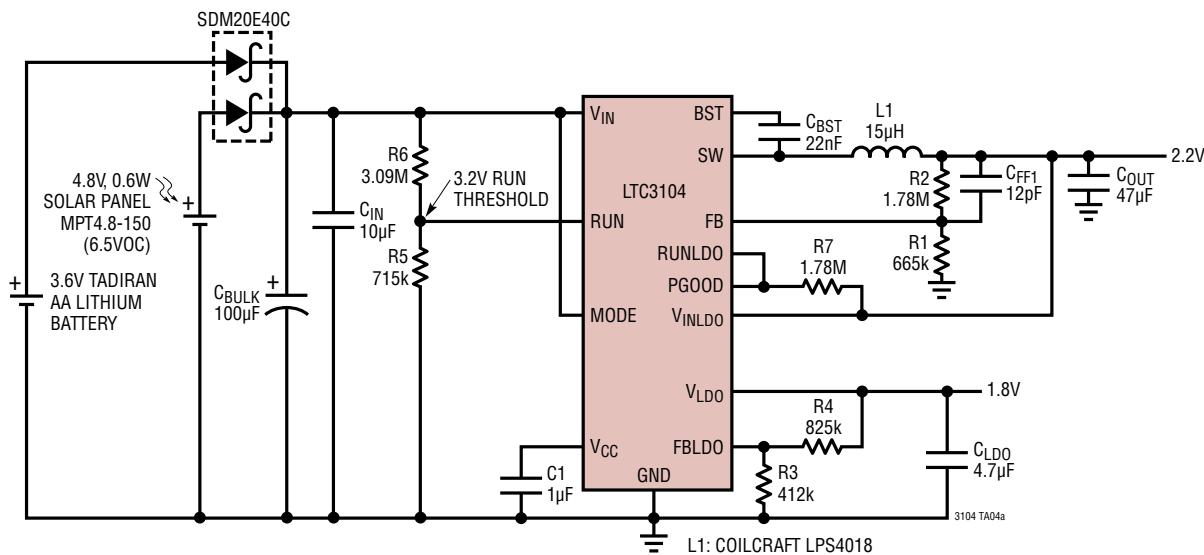


V_{OUT} の100mA負荷へランプする
入力電源による起動



標準的應用例

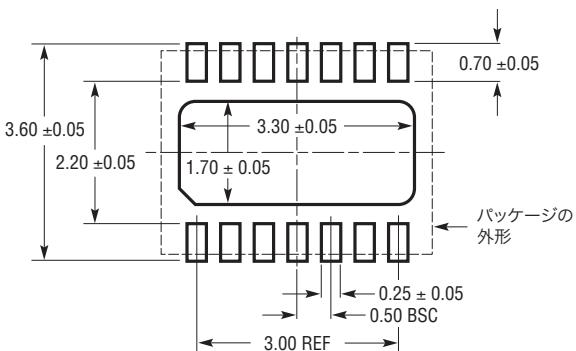
リチウム・バッテリ・バックアップを備え、RUNのしきい値がバッテリの最小電圧に設定された、ソーラー駆動の2.2V電源と1.8V LDO



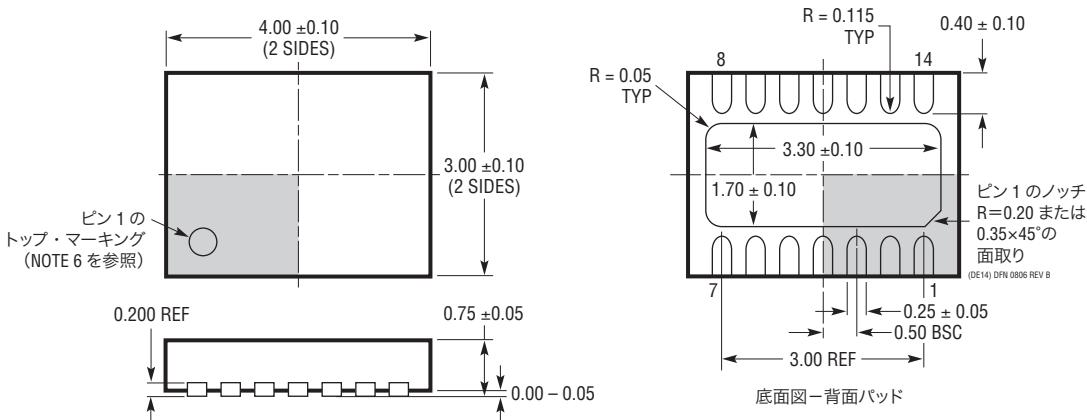
パッケージ

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



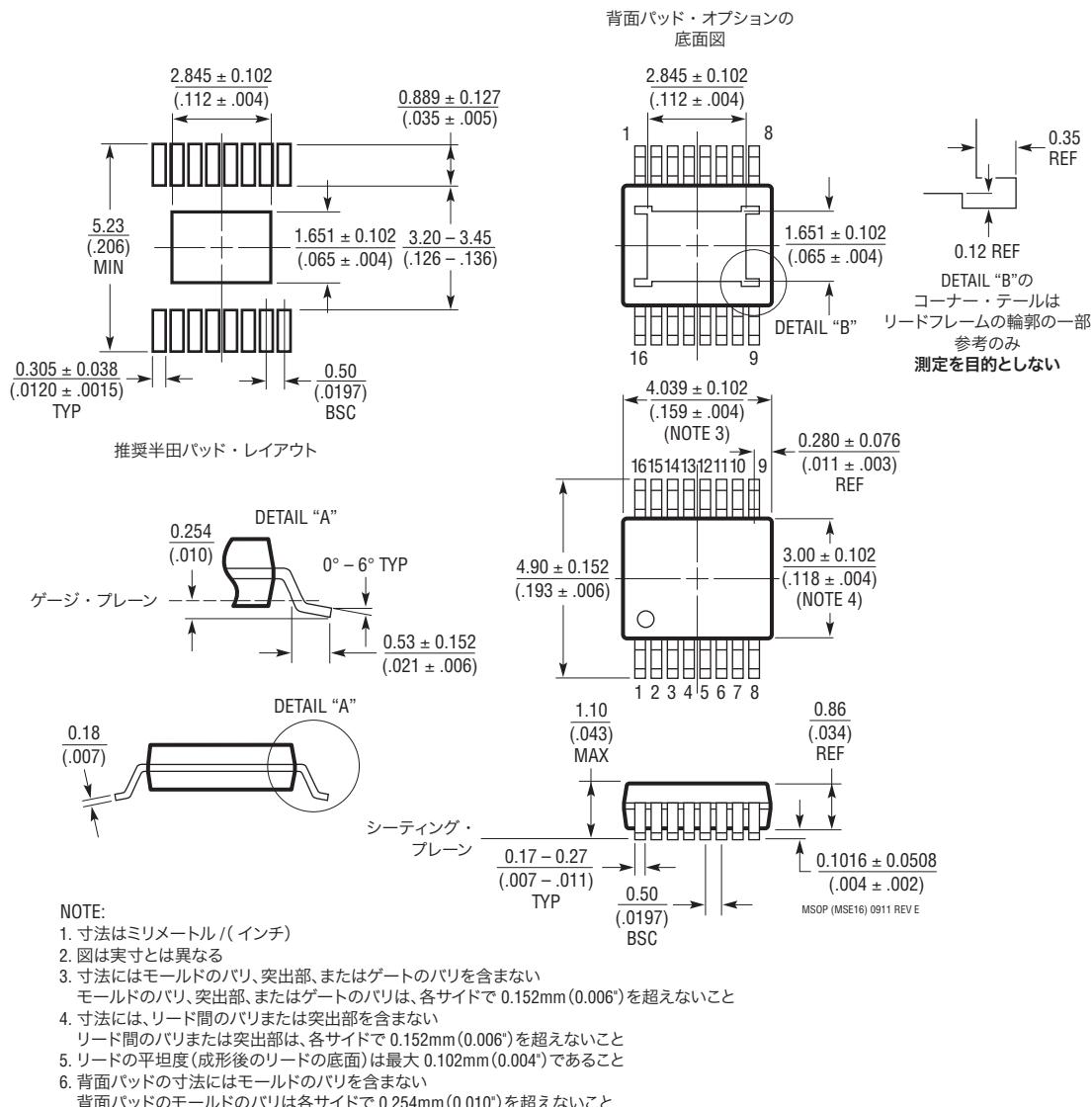
NOTE:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーション(WGED-3)にするよう規定されている
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 0.15mm 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

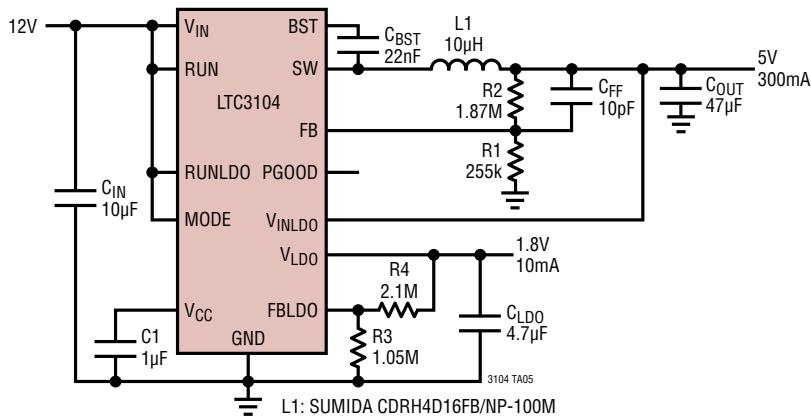
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

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2.8μA)、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 = 1.8μA, I_{SD} = 1μA, 3mm × 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 = 12μA, I_{SD} < 1μA, 3mm × 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 = 12μA, I_{SD} < 1μA, 3mm × 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 = 12μA, I_{SD} < 1μA, 3mm × 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 × 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 = 6μA, I_{SD} < 1μA, 3mm × 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 = 7μA, I_{SD} < 1μA, 4mm × 4mm QFN-20 および SSOP-20 パッケージ
LTC4071	ローバッテリ切断機能付きリチウムイオン/ポリマー・バッテリ向けシャント・バッテリ・チャージャ・システム	チャージャとバッテリ・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 × 3mm DFN および MSOP パッケージ
LTC4070	リチウムイオン/ポリマー・バッテリ向け低電流シャント・バッテリ・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_{CCQLB} = 300nA, 2mm × 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 = 10μA, I_{SD} < 1μA, 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 = 24μA, I_{SD} = 10μA, 3mm × 3mm DFN-10 および MSOP-12 パッケージ