

静止電流が2.5 μ A、ピーク電流が2A/3Aの 42V同期整流式降圧レギュレータ

特長

- 広い入力電圧範囲: 3.0V~42V
- 超低静止電流の Burst Mode® 動作:
 - 12V 入力で 3.3V 出力を安定化時の $I_q < 2.5\mu A$
 - 出力リップル < 10mV_{P-P}
- 高効率の 2MHz 同期動作:
 - 12V 入力、5V/1A 出力時の効率 > 93%
- 最大連続出力電流: 2A
ピーク・トランジェント出力電流: 3A
- 短い最小スイッチオン時間: 45ns
- 調整可能および同期可能な周波数: 200kHz~2.2MHz
- 低EMIを実現するスペクトラム拡散変調
- 小型インダクタを使用可能
- 低ドロップアウト電圧
- ピーク電流モード動作
- 高精度のイネーブル・ピンしきい値: 1V
- 内部補償
- 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- 小型 10ピンまたは 16ピン MSOP パッケージ

アプリケーション

- GSM トランシーバ
- 汎用降圧電源
- 低EMIの降圧コンバータ

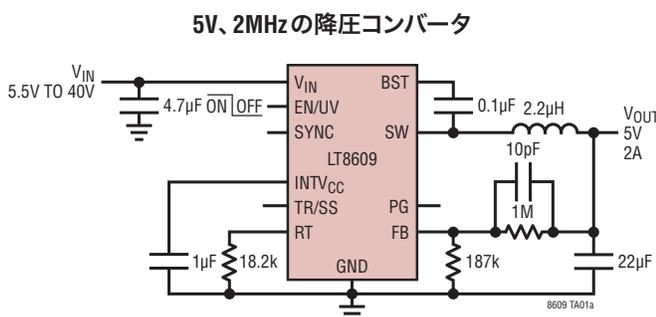
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

概要

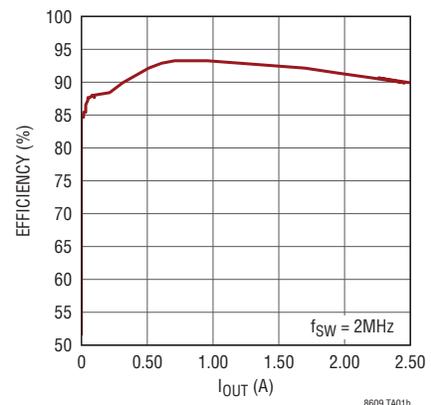
LT®8609/LT8609A/LT8609B は、小型、高効率、高速の同期整流式モノリシック降圧スイッチング・レギュレータで、非スイッチング時に消費する静止電流はわずか 1.7 μ A です。LT8609/LT8609A/LT8609B は、連続電流 2A、ピーク負荷電流 3A (1 秒未満) を供給できます。Burst Mode 動作により、非常に少量の出力電流まで高い効率が可能であると同時に、出力リップルを 10mV_{P-P} 未満に維持します。SYNC ピンにより、外部クロックへの同期や、スペクトラム拡散変調による低 EMI 動作が可能になります。ピーク電流モード方式を採用した内部補償により、小型のインダクタを使用できるので、高速トランジェント応答と優れたループ安定性が得られます。EN/UV ピンのしきい値は高精度の 1V であり、EN/UV ピンを使用して入力電圧の UVLO (低電圧ロックアウト) を設定することや、デバイスをシャットダウンすることができます。TR/SS ピンのコンデンサは起動時の出力電圧ランプ・レートを設定し、PG フラグは、V_{OUT} が設定出力電圧の $\pm 8.5\%$ 以内になったことと、フォルト状態になったことを示します。LT8609A のスイッチング・エッジは LT8609/LT8609B よりも低速で、EMI 放射を低く抑えています。LT8609B はパルス・スキップ・モードでのみ動作します。

	パルス・スキップ・モード、 Burst Mode の動作	スイッチング・エッジの速度
LT8609	Both	Fast
LT8609A	Both	Medium
LT8609B	Pulse-Skipping	Fast

標準的応用例



12V 入力、5V 出力時の効率



LT8609/LT8609A/LT8609B

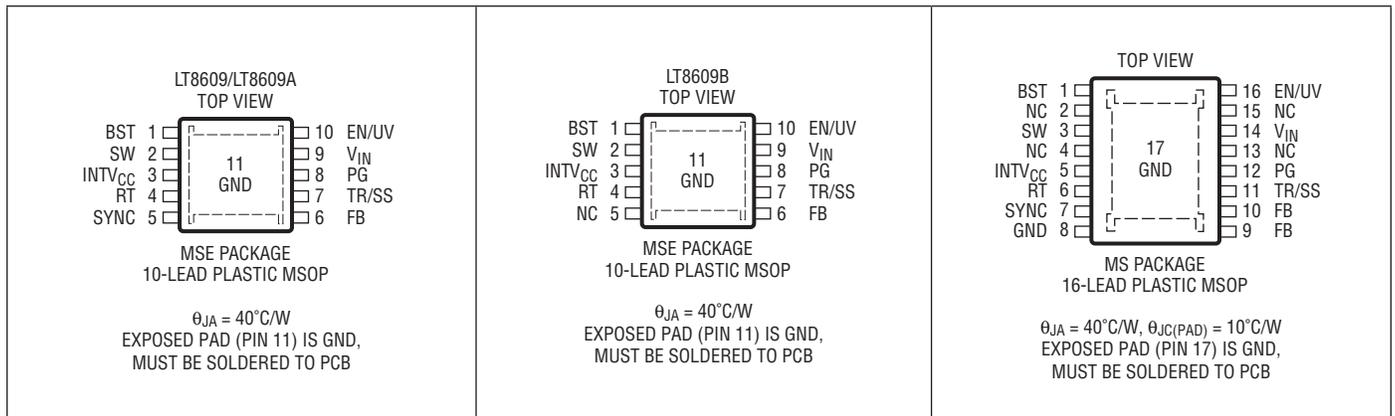
絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} , EN/UV, PG.....	42V
FB, TR/SS.....	4V
SYNC の電圧.....	6V

動作接合部温度範囲 (Note 2)

LT8609E/LT8609AE/LT8609BE.....	-40°C~125°C
LT8609I/LT8609AI/LT8609BI.....	-40°C~125°C
LT8609H/LT8609AH.....	-40°C~150°C
保存温度範囲.....	-65°C~150°C

ピン配置



発注情報 <http://www.linear-tech.co.jp/product/LT8609#orderinfo>

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
LT8609EMSE#PBF	LT8609EMSE#TRPBF	LTGRW	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609IMSE#PBF	LT8609IMSE#TRPBF	LTGRW	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609HMSE#PBF	LT8609HMSE#TRPBF	LTGRW	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C
LT8609AEMSE#PBF	LT8609AEMSE#TRPBF	LTGVR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609AIMSE#PBF	LT8609AIMSE#TRPBF	LTGVR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609BEMSE#PBF	LT8609BEMSE#TRPBF	LTGZY	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609BIMSE#PBF	LT8609BIMSE#TRPBF	LTGZY	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8609AHMSE#PBF	LT8609AHMSE#TRPBF	LTGVR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C
LT8609AHMSE16#PBF	LT8609AHMSE16#TRPBF	8609A	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。* 温度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/tapeandree/> をご覧ください。
一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Minimum Input Voltage		●	2.7	3.0 3.2	V	
V_{IN} Quiescent Current	LT8609/LT8609A: $V_{EN/UV} = 0V$, $V_{SYNC} = 0V$ $V_{EN/UV} = 2V$, Not Switching, $V_{SYNC} = 0V$	●	1 1.7	4 12	μA μA	
	LT8609B: $V_{EN/UV} = 0V$ $V_{EN/UV} = 2V$, Not Switching		1 350	4	μA μA	
V_{IN} Current in Regulation	LT8609/LT8609A: $V_{IN} = 6V$, $V_{OUT} = 2.7V$, Output Load = $100\mu\text{A}$ $V_{IN} = 6V$, $V_{OUT} = 2.7V$, Output Load = 1mA	● ●	46 480	90 700	μA μA	
	LT8609/LT8609A: $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$ $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$	●	0.778 0.770	0.782 0.782	0.786 0.794	V V
Feedback Reference Voltage	LT8609B: $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$ $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$	●	0.772 0.759	0.782 0.782	0.792 0.805	V V
	LT8609/LT8609A: $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$ $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$	●	0.778 0.770	0.782 0.782	0.786 0.794	V V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V$ to $40V$	●	0.02	0.04	%/V	
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$	●		± 20	nA	
Minimum On-Time	$I_{LOAD} = 1.5A$, $SYNC = 0V$	●	45	75	ns	
	$I_{LOAD} = 1.5A$, $SYNC = 1.9V$	●	45	60	ns	
Minimum Off Time			90	130	ns	
Oscillator Frequency	LT8609/LT8609A: $R_T = 221k$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	155	200	245	kHz
	$R_T = 60.4k$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	640	700	760	kHz
	$R_T = 18.2k$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	1.925	2.00	2.075	MHz
	LT8609B: $R_T = 18.2k$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	1.875	2.00	2.125	MHz
Top Power NMOS On-Resistance	$I_{LOAD} = 1A$		185		m Ω	
Top Power NMOS Current Limit		●	3.4	4.5	5.7	A
Bottom Power NMOS On-Resistance			115		m Ω	
SW Leakage Current	$V_{IN} = 42V$, $V_{SW} = 40V$	●		15	μA	
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	●	0.99	1.05	1.11	V
EN/UV Pin Hysteresis			50		mV	
EN/UV Pin Current	LT8609/LT8609A: $V_{EN/UV} = 2V$	●		± 20	nA	
	LT8609B: $V_{EN/UV} = 2V$	●		± 30	nA	

LT8609/LT8609A/LT8609B

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
PG Upper Threshold Offset from V_{FB}	LT8609/LT8609A: V_{FB} Rising	● 5.0	8.5	13.0	%	
	LT8609B: V_{FB} Rising	● 4.0	8.5	14.0	%	
PG Lower Threshold Offset from V_{FB}	LT8609/LT8609A: V_{FB} Falling	● 5.0	8.5	13.0	%	
	LT8609B: V_{FB} Falling	● 4.0	8.5	14.0	%	
PG Hysteresis			0.5		%	
PG Leakage	$V_{PG} = 42\text{V}$	●		± 200	nA	
PG Pull-Down Resistance	$V_{PG} = 0.1\text{V}$		550	1200	Ω	
Sync Low Input Voltage	LT8609/LT8609A	● 0.4	0.9		V	
Sync High Input Voltage	LT8609/LT8609A: $\text{INTV}_{CC} = 3.5\text{V}$	●	2.7	3.2	V	
TR/SS Source Current		● 1	2	3	μA	
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, $\text{TR/SS} = 0.1\text{V}$		300	900	Ω	
Spread Spectrum Modulation Frequency	LT8609/LT8609A: $V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$		1	3	6	kHz

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恐れがある。絶対最大定格は、それを超えるとデバイスの寿命に悪影響を与える恐れがある値。

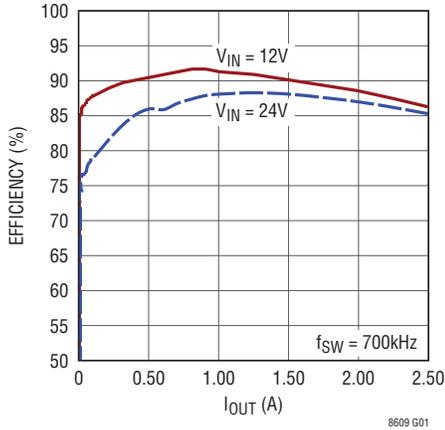
Note 2: LT8609E/LT8609AE/LT8609BE は、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT8609I/LT8609AI/LT8609BI

は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。LT8609H/LT8609AH は、 $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度が高いと、動作寿命は短くなる。 125°C を超える接合部温度では動作寿命がディレーティングされる。

Note 3: このデバイスには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。過熱保護機能が動作しているとき接合部温度は 150°C を超える。規定されている最大動作接合部温度を超えた状態で動作が継続すると、寿命が短くなる。

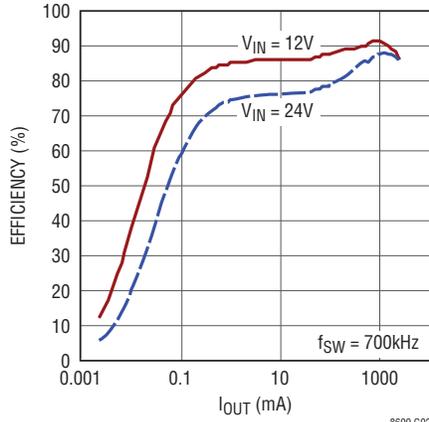
標準的性能特性

効率 (3.3V出力、Burst Mode動作)



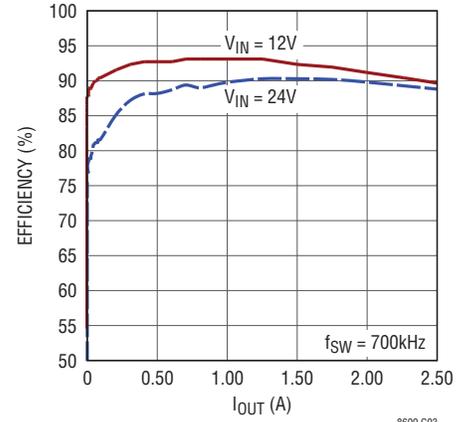
8609 G01

効率 (3.3V出力、Burst Mode動作)



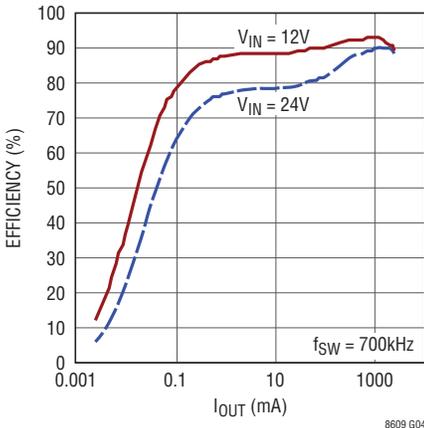
8609 G02

効率 (5V出力、Burst Mode動作)



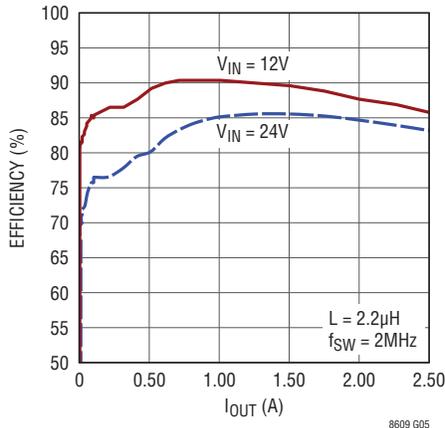
8609 G03

効率 (5V出力、Burst Mode動作)



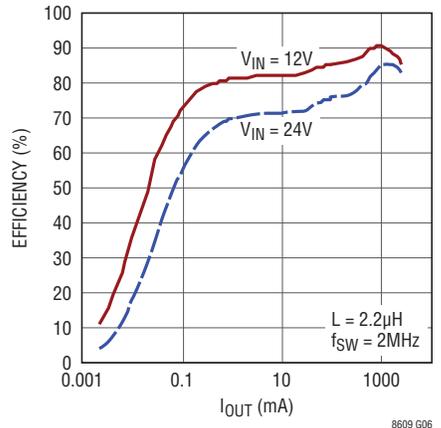
8609 G04

効率 (3.3V出力、2MHz、Burst Mode動作)



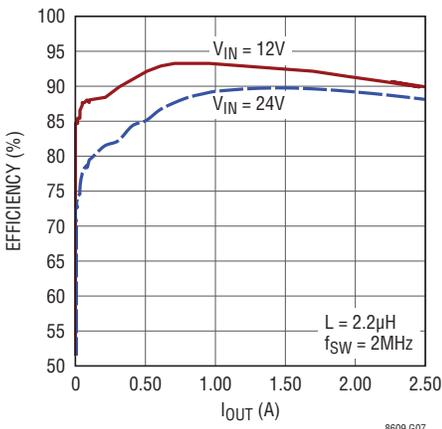
8609 G05

効率 (3.3V出力、2MHz、Burst Mode動作)



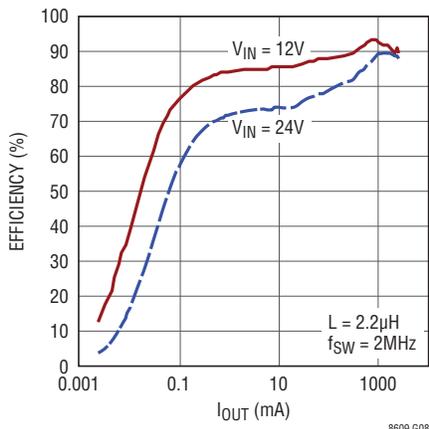
8609 G06

効率 (5V出力、2MHz、Burst Mode動作)



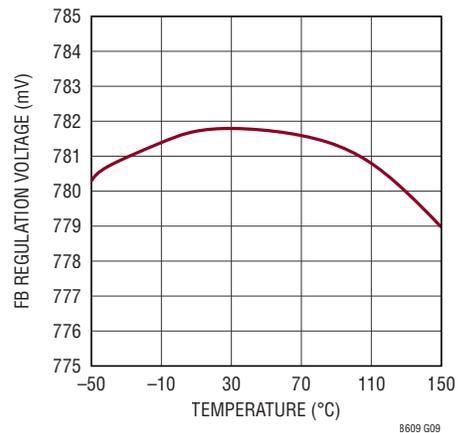
8609 G07

効率 (5V出力、2MHz、Burst Mode動作)



8609 G08

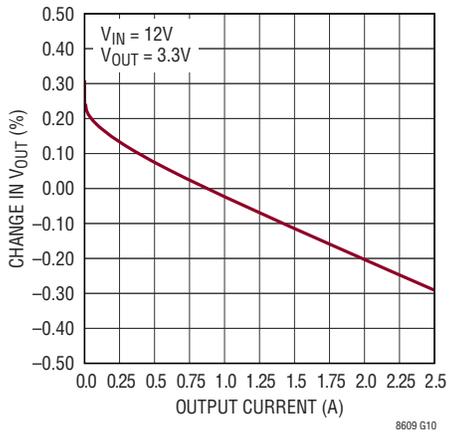
FBの電圧



8609 G09

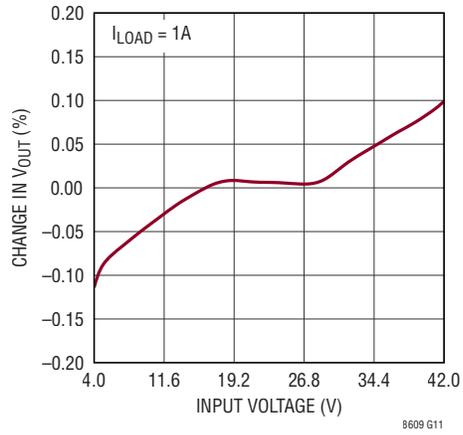
標準的性能特性

負荷レギュレーション



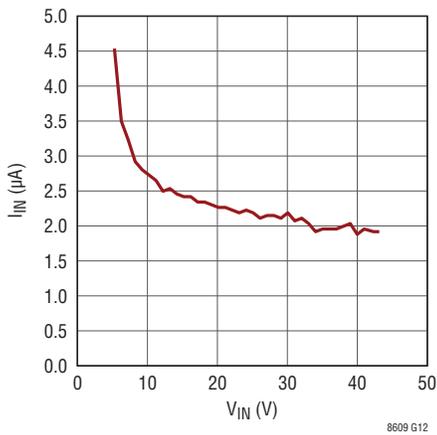
8609 G10

入力レギュレーション



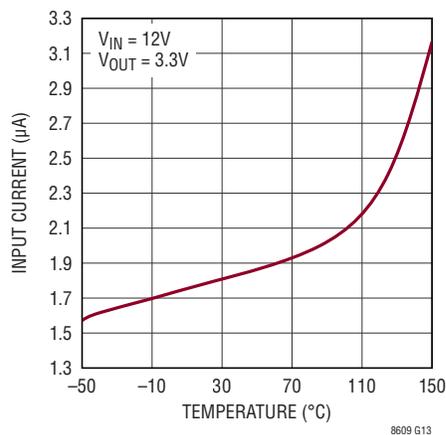
8609 G11

無負荷時電源電流 (3.3V出力)



8609 G12

無負荷時電源電流と温度



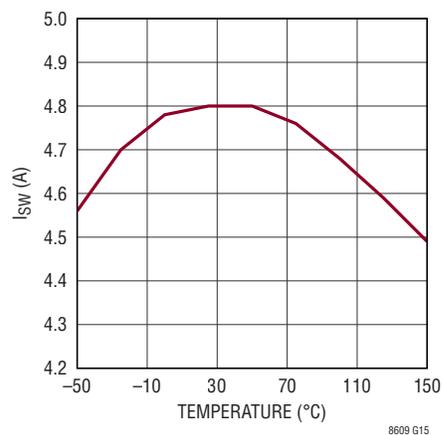
8609 G13

上側 FET の電流制限と
デューティ・サイクル



8609 G14

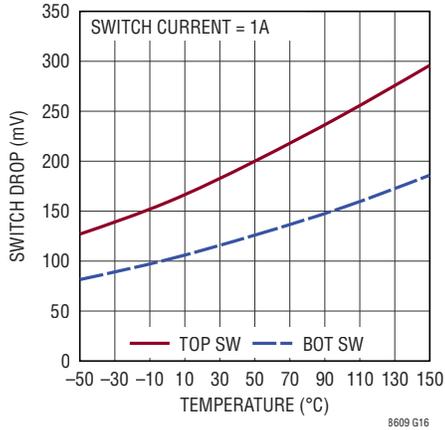
上側 FET の電流制限と温度



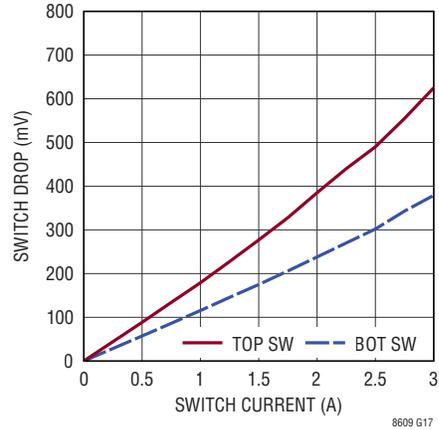
8609 G15

標準的性能特性

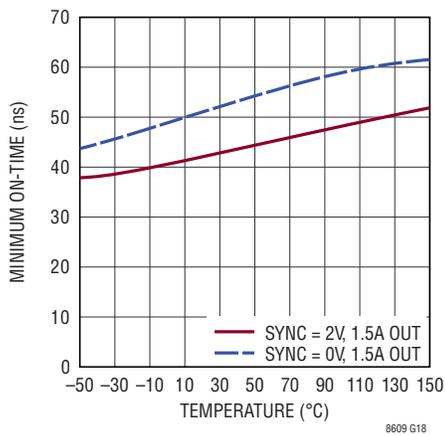
スイッチの電圧降下と温度



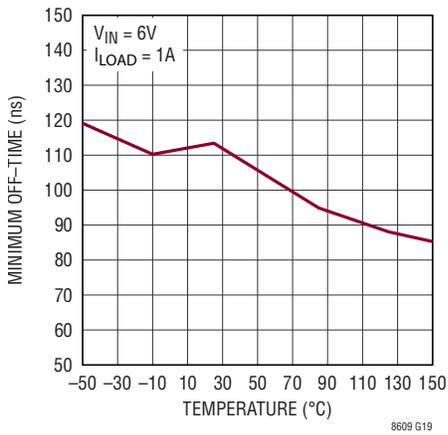
スイッチの電圧降下とスイッチ電流



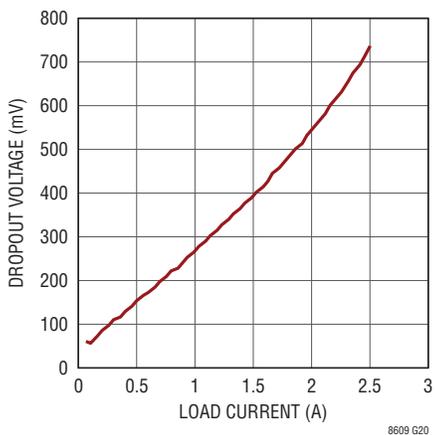
最小オン時間と温度



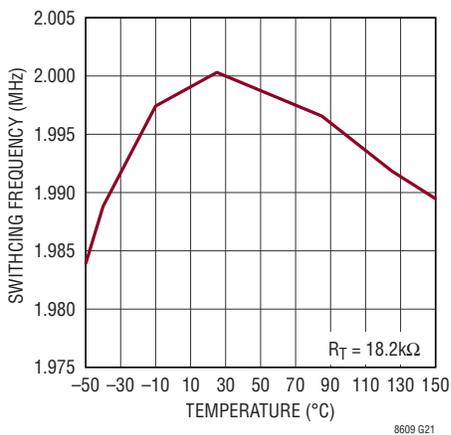
最小オフ時間と温度



ドロップアウト電圧と負荷電流

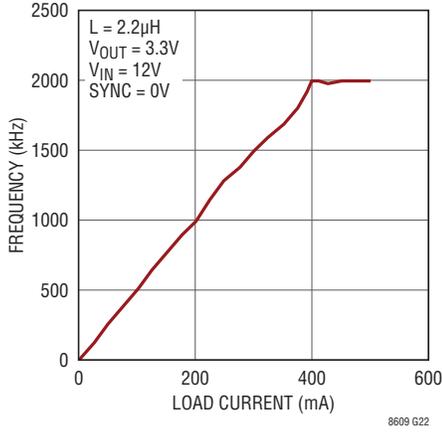


スイッチング周波数と温度



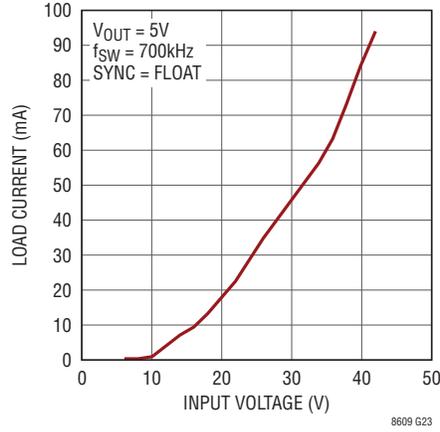
標準的性能特性

バースト周波数と負荷電流



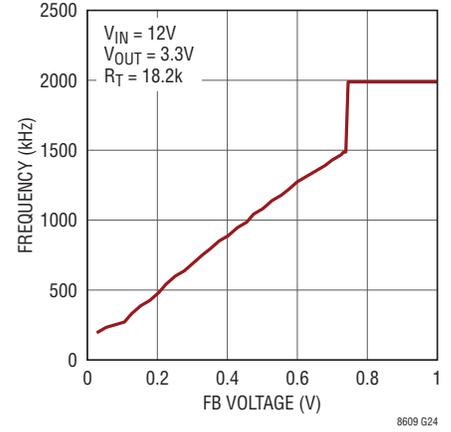
8609 G22

最大周波数に達する最小負荷
(SYNCはフロート状態で最大1.9V)



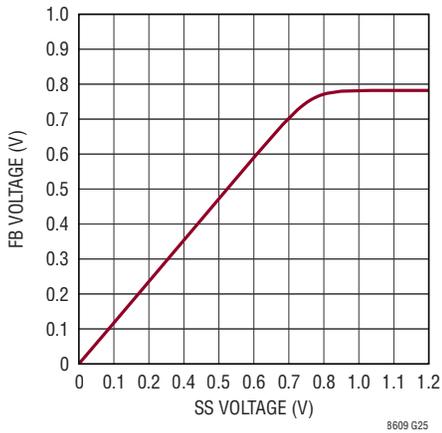
8609 G23

周波数フォールドバック



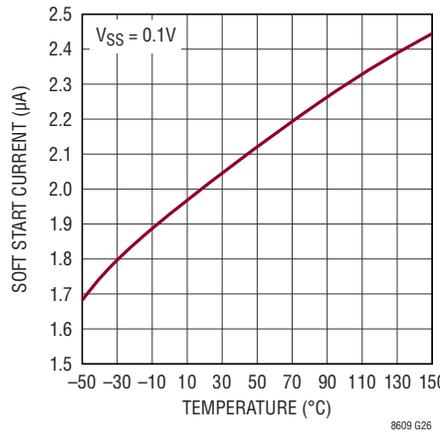
8609 G24

ソフトスタート時のトラッキング



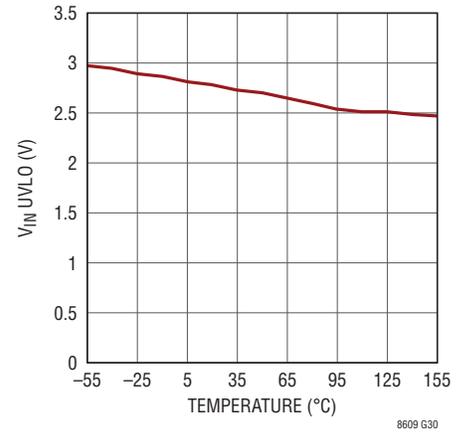
8609 G25

ソフトスタートの電流と温度



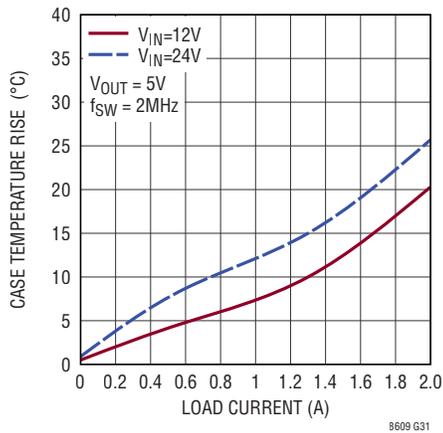
8609 G26

V_{IN} の低電圧ロックアウト



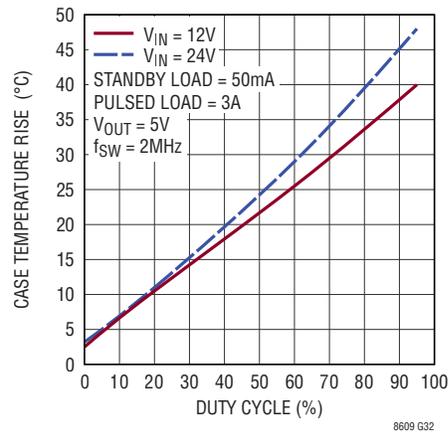
8609 G30

ケース温度と負荷電流



8609 G31

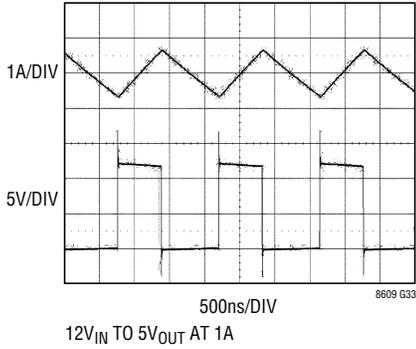
ケース温度と3Aパルス負荷



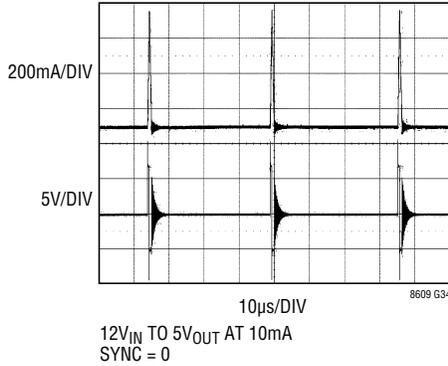
8609 G32

標準的性能特性

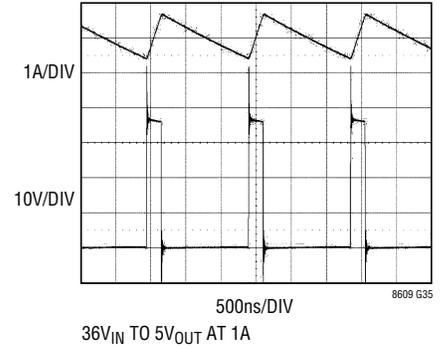
スイッチング波形



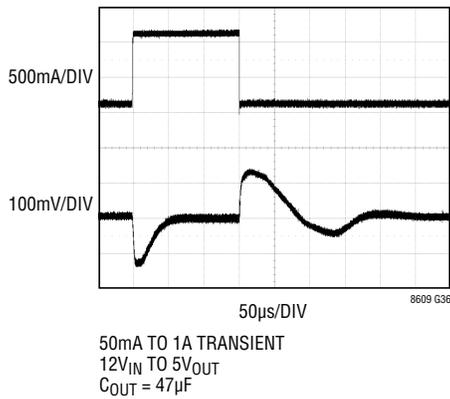
スイッチング波形



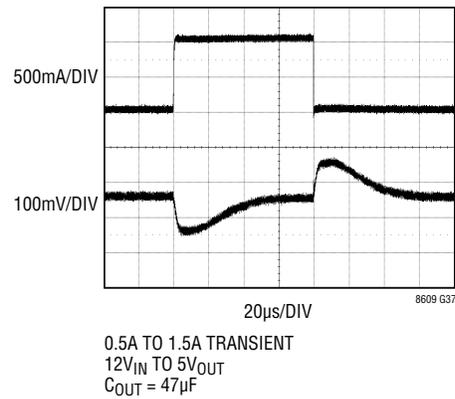
スイッチング波形



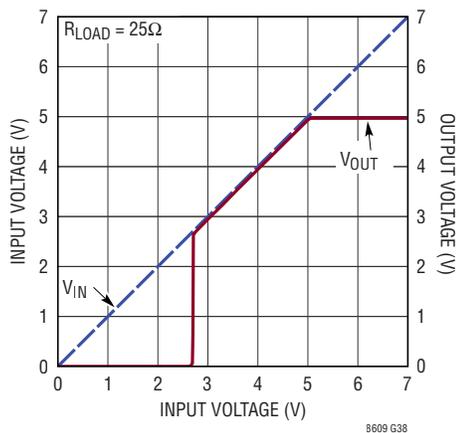
トランジェント応答



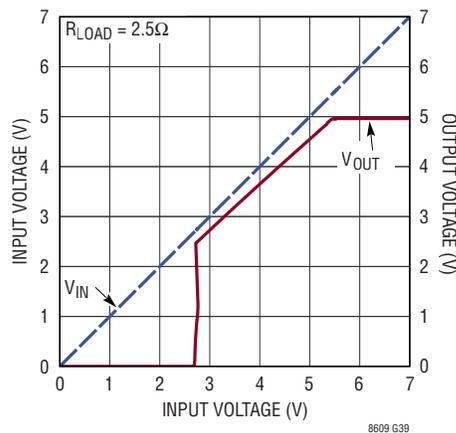
トランジェント応答



起動時のドロップアウト



起動時のドロップアウト



ピン機能

BST : このピンは、入力電圧より高い駆動電圧を上側のパワー・スイッチに供給するために使用します。0.1 μ Fの昇圧コンデンサをできるだけデバイスの近くに配置してください。このピンと抵抗を直列に配置しないでください。

SW : SWピンは、内部パワー・スイッチの出力です。このピンは、インダクタと昇圧コンデンサに接続します。優れた性能を得るため、プリント回路基板上でのこのノードの面積は小さくなるようにしてください。

INTV_{CC} : 内蔵の3.5Vレギュレータのバイパス・ピン。内部パワー・ドライバおよび制御回路はこの電圧から電力を供給されます。INTV_{CC}の最大出力電流は20mAです。INTV_{CC}の電圧は2.8V~3.5Vの範囲で変化します。このピンは、1 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサで電源グランドから分離してください。INTV_{CC}ピンには外部回路による負荷をかけないでください。

RT : RTピンとグランドの間に抵抗を接続して、スイッチング周波数を設定します。

SYNC : 外部クロックの同期入力。低出力負荷での低リップルBurst Mode動作では、このピンを接地します。外部クロックの周波数に同期させるには、クロック信号源に接続します。スペクトラム拡散変調機能なしのパルス・スキップ・モードにする場合は、フロート状態のままにします。INTV_{CC}に接続するか3.2V~5.0Vの範囲の電圧に接続すると、スペクトラム拡散変調機能付きのパルス・スキップ・モードになります。パルス・スキップ・モードでは、I_Qが数mAまで増加します。LT8609Bでは、SYNCピンは接続なしのピンに置き換えられます。LT8609Bはスペクトラム拡散機能なしのパルス・スキップ・モードで動作します。

FB : LT8609/LT8609A/LT8609BはFBピンの電圧を0.782Vに安定化します。帰還抵抗分割器のタップをこのピンに接続します。

TR/SS : 出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用すると、起動時に出力電圧のランプ・レートを制御できます。TR/SSピンの電圧が0.782Vより低くなると、LT8609/LT8609A/LT8609BはFBピンの電圧を安定化してTR/SSピンの電圧と等しくなるようにします。TR/SSピンの電圧が0.782Vより高くなると、トラッキング機能がディスエーブルされ、内部リファレンスによってエラーアンプの制御が再開されます。このピンにはINTV_{CC}からの2 μ Aの内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサで出力電圧のスルーレートを設定できます。このピンは、シャットダウン時およびフォルト状態では300 Ω のMOSFETによってグランド電位になるので、低インピーダンス出力で駆動する場合は直列抵抗を使用してください。

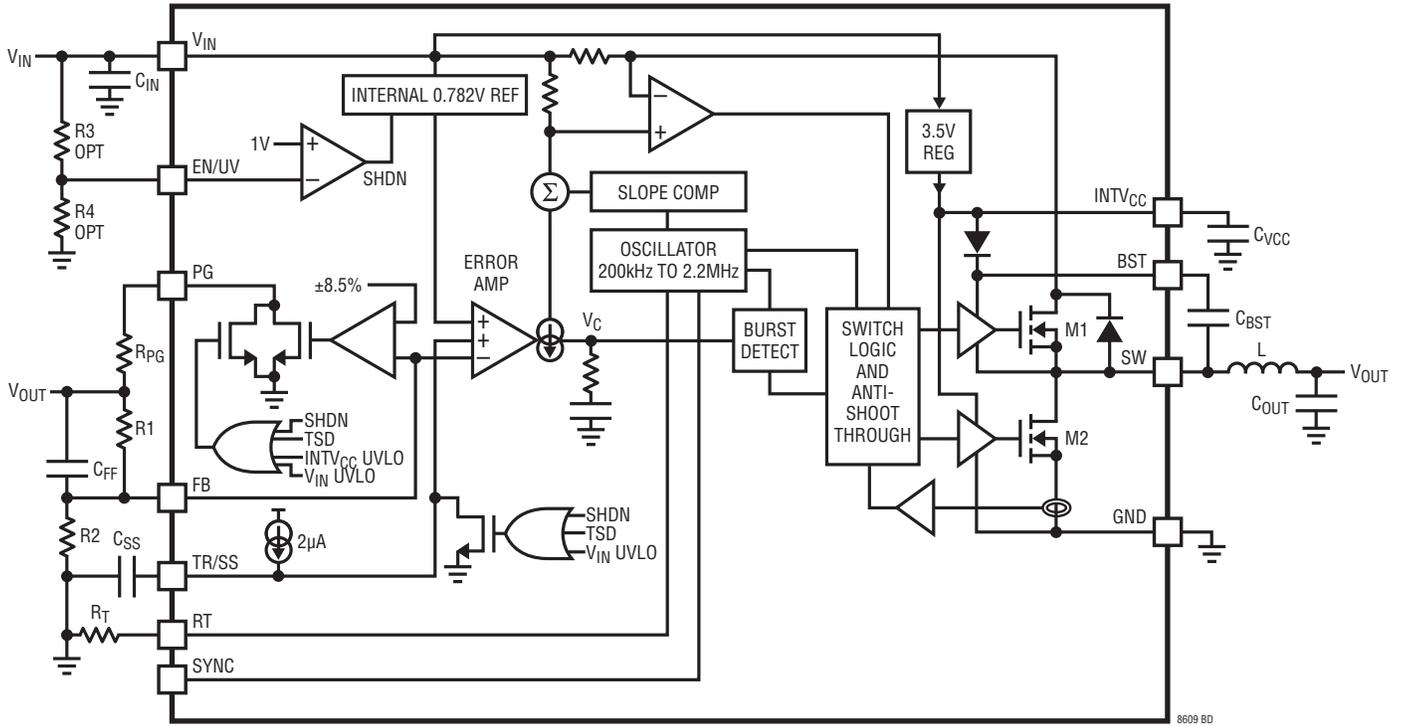
PG : PGピンは内部コンパレータのオープンドレイン出力です。PGはFBピンが最終レギュレーション電圧の $\pm 8.5\%$ 以内になるまで“L”のままであり、フォルト状態にはなりません。PGピンのレベルは、EN/UVピンの状態に関係なく、V_{IN}ピンの電圧が3.2Vより高い場合に有効です。

V_{IN} : V_{IN}ピンからはLT8609/LT8609A/LT8609Bの内部回路と内蔵の上側パワー・スイッチに電流が供給されます。このピンは短距離でバイパスする必要があります。入力コンデンサの正端子はV_{IN}ピンのできるだけ近くに配置し、入力コンデンサの負端子はGNDピンのできるだけ近くに配置するようにしてください。

EN/UV : LT8609/LT8609A/LT8609Bは、このピンが“L”のときシャットダウン状態になり、このピンが“H”のときアクティブになります。ヒステリシスのあるしきい値電圧は上昇時1.05V、下降時1.00Vです。シャットダウン機能を使用しない場合は、V_{IN}に接続してください。V_{IN}からの外付け抵抗分割器を使って、その値を下回るとLT8609/LT8609A/LT8609BがシャットダウンするV_{IN}しきい値を設定できます。

GND : 露出パッド・ピン。露出パッドは、入力コンデンサの負端子に接続し、熱抵抗を小さくするためにプリント回路基板に半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

LT8609/LT8609A/LT8609Bはモノリシック、固定周波数、電流モードの降圧DC/DCコンバータです。RTピンに接続する抵抗を使用して周波数を設定する発振器により、各クロック・サイクルの開始時に内蔵の上側パワー・スイッチがオンします。次に、インダクタを流れる電流が増加して上側スイッチの電流コンパレータが作動し、上側のパワー・スイッチがオフします。上側スイッチがオフするときのピーク・インダクタ電流は、内部VCノードの電圧によって制御されます。エラーアンプは、V_{FB}ピンの電圧を0.782Vの内部リファレンスと比較することによってVCノードをサーボ制御します。負荷電流が増加すると、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、エラーアンプによってVCの電圧が上昇し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流に釣り合うまで上昇し続けます。上側パワー・スイッチがオフすると、同期パワー・スイッチがオンし、次のクロック・サイクルが始まるか、インダクタ電流が0に減少するまでオンのままになります。過負荷状態によって下側スイッチに過剰な電流が流れると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルは遅延します。

EN/UVピンが“L”の場合、LT8609/LT8609A/LT8609Bはシャットダウンし、入力から1 μ Aが流れます。EN/UVピンの電圧が1Vを超えると、スイッチング・レギュレータはアクティブになります。

軽負荷での効率を最適化するため、LT8609/LT8609Aは軽負荷時にはBurst Modeで動作します。バーストとバーストの間は、出力スイッチの制御に関連した全ての回路がシャットダウンし、入力電源電流が1.7 μ Aに減少します。標準的なアプリケーションでは、無負荷で安定化する場合、入力電源から2.5 μ Aが消費されます。Burst Mode動作を使用する場合はSYNCピンを“L”に接続します。SYNCピンをフロート状態にすると、パルス・スキップ・モードを使用することができます。SYNCピンにクロックを入力すると、デバイスは外部クロックの周波数に同期し、パルス・スキップ・モードで動作します。パルス・スキップ・モードの間、発振器は継続的に動作し、SWの正方向の遷移がクロックに揃えられます。軽負荷時は、スイッチ・パルスがスキップされて出力が安定化され、静止電流は数mAになります。SYNCピンを“H”に接続してスペクトラム拡散変調モードにすることができます。LT8609/LT8609Aはパルス・スキップ・モードと同様に動作しますが、クロック周波数を変化させてEMIを低減します。

出力電圧が設定値から $\pm 8.5\%$ (標準)より大きく変化する場合や、フォルト状態が存在する場合は、FBピンの電圧をモニタするコンパレータによってPGピンは“L”になります。

FBピンの電圧が低いと、発振器はLT8609/LT8609Aの動作周波数を下げます。この周波数フォールドバック機能により、起動時に出力電圧が設定値より低くなると、インダクタ電流を制御することができます。SYNCピンにクロックを入力すると、周波数フォールドバック機能はディスエーブルされます。

LT8609BにはSYNCピンはなく、パルス・スキップ・モードでのみ動作します。

アプリケーション情報

超低静止電流の達成

軽負荷時の効率を高めるため、LT8609/LT8609Aは低リップルのBurst Mode動作を開始し、入力静止電流と出力電圧リップルを最小限に抑えながら、出力コンデンサを目的の出力電圧に充電した状態に保ちます。Burst Mode動作では、LT8609/LT8609Aは単一の小電流パルスを出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が供給されます。スリープ・モード時にLT8609/LT8609Aが消費する電流は1.7 μ Aです。

出力負荷が減少すると、単一電流パルスの周波数が低下し(図1を参照)、LT8609/LT8609Aがスリープ・モードで動作する時間の割合が高まるので、軽負荷での効率が標準的なコンバータよりもはるかに高くなります。パルスの間隔を最大にすると、出力負荷がないときの標準的なアプリケーションに対して、コンバータの静止電流が2.5 μ Aに近づきます。したがっ

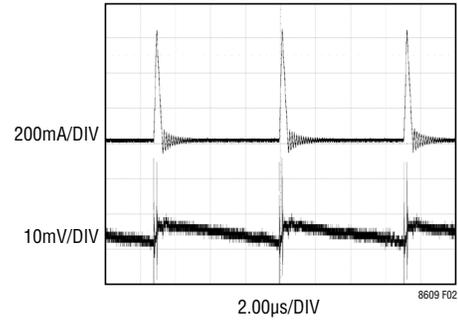


図2. Burst Mode 動作

て、軽負荷時の暗電流の性能を最適化するには、帰還抵抗分割器の電流を最小限に抑える必要があります。この電流は負荷電流として出力に現れるからです。

Burst Mode動作時は上側スイッチの電流制限値が約600mAなので、図2に示すような出力電圧リップル波形が得られます。出力リップルは、出力容量を大きくするとそれに比例して減少します。負荷が0から次第に増加すると、それに応じてスイッチング周波数も増加しますが、表1に示すように、RTピンに接続した抵抗で設定されるスイッチング周波数が上限です。LT8609/LT8609Aが設定周波数に達する出力負荷は、入力電圧、出力電圧、およびインダクタをどう選択するかによって変わります。

アプリケーションによっては、LT8609/LT8609Aをパルス・スキップ・モードで動作させることが望ましい場合があります(LT8609Bで利用できる動作モードはパルス・スキップ・モードだけです)。パルス・スキップ・モードとBurst Mode動作との主な相違点は次の2つです。1つ目は、クロックが常時動作していて、全てのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。このモードでは、内部回路の多くが常時動作しているので、静止電流が数百 μ Aまで増加します。2つ目は、図1bに示すようにBurst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをフロート状態にします。スペクトラム拡散変調をパルス・スキップ・モードで実現するには、SYNCピンを“H”に接続します。SYNCピンにクロックを入力している場合も、LT8609/LT8609Aはパルス・スキップ・モードで動作します。

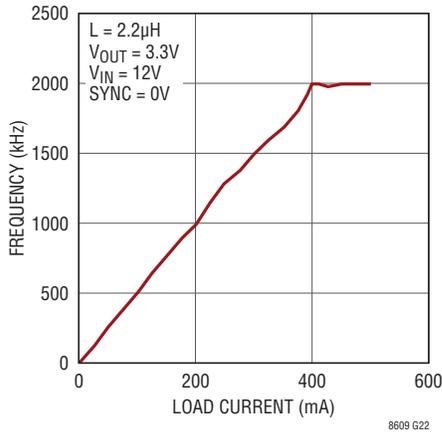


図1a. SW Burst Modeの周波数と負荷

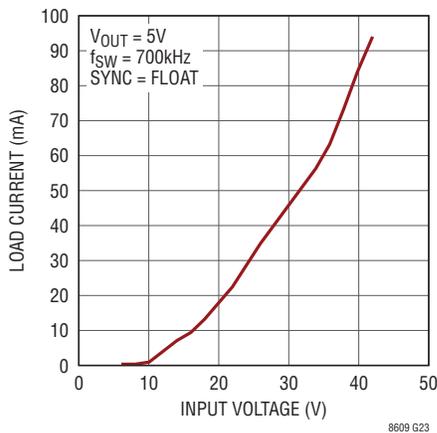


図1b. パルス・スキップ・モードにおける最大スイッチング周波数での最小負荷と V_{IN}

アプリケーション情報

FBの抵抗回路網

出力電圧は、出力とFBピンの間に接続した抵抗分割器を使用して設定します。次式に従って抵抗の値を選択します。

$$R1=R2\left(\frac{V_{OUT}}{0.782V}-1\right)$$

出力電圧の精度を保つため、誤差1%の抵抗を推奨します。

低負荷時に優れた効率が求められる場合、FBの抵抗分割器は、全抵抗ができるだけ大きくなるように選択します。抵抗分割器によって出力に少量の負荷が生じますが、この負荷を最小限に抑えて、軽負荷時の静止電流を最適化する必要があります。

大きなFB抵抗を使うときは、10pFの位相リード・コンデンサをV_{OUT}からFBに接続します。

スイッチング周波数の設定

LT8609/LT8609A/LT8609Bは固定周波数のPWMアーキテクチャを採用しています。このアーキテクチャでは、RTピンとグラウンドの間に接続した1本の抵抗を使用して200kHz～2.2MHzの範囲でスイッチングするよう設定できます。目的のスイッチング周波数に必要なR_Tの値を表1に示します。スペクトラム拡散変調モードでは、R_Tで設定した周波数より高い方向に周波数が変調されます。

表1. スwitchング周波数とRTの値

f _{sw} (MHz)	R _T (kΩ)
0.2	221
0.300	143
0.400	110
0.500	86.6
0.600	71.5
0.700	60.4
0.800	52.3
0.900	46.4
1.000	40.2
1.200	33.2
1.400	27.4
1.600	23.7
1.800	20.5
2.000	18.2
2.200	16.2

動作周波数の選択と交換条件

動作周波数の選択には、効率、部品サイズ、および入力電圧範囲の間の交換条件が存在します。高周波数動作の利点は、小さな値のインダクタとコンデンサを使用できることです。欠点は効率が低いことと、入力電圧範囲が狭いことです。

与えられたアプリケーションでの最大スイッチング周波数(f_{sw}(MAX))は、次のように計算することができます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)} (V_{IN} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})}$$

ここで、V_{IN}は標準の入力電圧、V_{OUT}は出力電圧、V_{SW(TOP)}およびV_{SW(BOT)}は内蔵スイッチの電圧降下(最大負荷時にそれぞれ約0.4V、約0.25V)、t_{ON(MIN)}は上側スイッチの最小オン時間です(「電気的特性」を参照)。この式が示しているのは、高いV_{IN}/V_{OUT}比に対応するにはスイッチング周波数を低くする必要があるということです。

トランジェント動作では、R_Tの値に関係なく、V_{IN}が絶対最大定格まで上昇する可能性があります。LT8609/LT8609A/LT8609Bでは、必要に応じてスイッチング周波数を低くすることにより、インダクタ電流の制御を維持して安全な動作を保証します。

アプリケーション情報

LT8609/LT8609A/LT8609Bは100%に近い最大デューティ・サイクルが可能であり、 V_{IN} - V_{OUT} 間のドロップアウト電圧は上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ で制限されます。このモードでは、LT8609/LT8609A/LT8609Bはスイッチ・サイクルをスキップするので、スイッチング周波数は R_T で設定した周波数よりも低くなります。

V_{IN}/V_{OUT} 比が低いときに、設定スイッチング周波数からの偏差を許容できないアプリケーションの場合は、次式を使用してスイッチング周波数を設定します。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{1 - f_{SW} \cdot t_{OFF(MIN)}} - V_{SW(BOT)} + V_{SW(TOP)}$$

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ はスキップされたサイクルがない場合の最小入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ および $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下(最大負荷時にそれぞれ約0.4V、約0.25V)、 f_{SW} は(R_T によって設定された)スイッチング周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間です。スイッチング周波数が高くなると、サイクル数を減少させて高いデューティ・サイクルを実現できる入力電圧の最小値が高くなることに注意してください。

インダクタの選択と最大出力電流

LT8609/LT8609A/LT8609Bは、アプリケーションの出力負荷要件に基づいてインダクタを選択できるようにすることで、ソリューション・サイズを最小限に抑えるよう設計されています。LT8609/LT8609A/LT8609Bでは、高速ピーク電流モード・アーキテクチャの採用により、過負荷状態または短絡状態のときに、インダクタが飽和した状態での動作に支障なく耐えられます。

最初に選択するインダクタの値としては、次の値が適切です。

$$L = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}}$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数(MHz)、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(BOT)}$ は下側スイッチの電圧降下(約0.25V)、 L はインダクタの値(μH)です。

過熱や効率低下を防ぐため、インダクタは、その実効値電流定格がアプリケーションの予想最大出力負荷より大きいものを選択する必要があります。さらに、インダクタの飽和電流定格(通常は I_{SAT} と表示)は、負荷電流にインダクタのリップル電流の1/2を加えた値より大きくなければなりません。

$$I_{L(PEAK)} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L$$

ここで、 ΔI_L は数段落後に計算するインダクタのリップル電流、 $I_{LOAD(MAX)}$ は所定のアプリケーションの最大出力負荷です。

簡単な例として、1Aの出力を必要とするアプリケーションでは、実効値定格が1Aより大きく I_{SAT} が1.3Aより大きいインダクタを使用します。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が 0.04Ω より小さく、コア材が高周波アプリケーション向けのものにする必要があります。

LT8609/LT8609A/LT8609Bは、スイッチとシステムを過負荷フォルトから保護するためにピーク・スイッチ電流を制限します。上側スイッチの電流制限値(I_{LIM})は、デューティ・サイクルが低いときは標準で4.75Aですが、 $D = 0.8$ では直線的に減少して4.0Aになります。したがって、インダクタの値は目的の最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を供給するのに十分な大きさにする必要があります。この電流は、スイッチ電流制限値(I_{LIM})およびリップル電流の関数です。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2}$$

インダクタのピーク・トゥ・ピーク・リップル電流は次のように計算することができます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right)$$

ここで、 f_{SW} はLT8609/LT8609A/LT8609Bのスイッチング周波数で、 L はインダクタの値です。したがって、LT8609/LT8609A/LT8609Bが供給できる最大出力電流は、最小スイッチ電流制限、インダクタの値、入力電圧、および出力電圧に依存します。目的のアプリケーションで使用されるスイッチング周波数と最大入力電圧が与えられているとき、インダクタのリップル電流が十分な最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を許容しない場合は、インダクタの値を大きくする必要があります。

特定のアプリケーションに最適なインダクタは、この設計ガイドで示されているものとは異なる場合があります。インダクタの値を大きくすると最大負荷電流が増加し、出力電圧リップルが減少します。必要な負荷電流が小さいアプリケーションでは、インダクタの値を小さくすることが可能であり、LT8609/LT8609A/LT8609Bを大きいリップル電流で動作させることができます。このため、物理的に小さいインダクタを使用することや、DCRの小さいものを使用して効率を高めることができます。

アプリケーション情報

す。インダクタンスが小さいと不連続モード動作になることがあり、最大負荷電流がさらに減少するので注意してください。

LT8609/LT8609A/LT8609Bの内部回路は $I_{OUT(MAX)}$ を最大3Aまで供給することができます。LT8609/LT8609A/LT8609Bの温度制限回路は、動作温度が安全でないため、3Aの負荷が連続して出力されないようにします。安全な動作温度を保証するため、LT8609/LT8609A/LT8609Bの平均電流は2Aより低く抑える必要がありますが、トランジェント時のピーク電流は最大3Aつまり $I_{OUT(MAX)}$ まで可能です。高い平均電流が原因でデバイスに安全でない熱が発生すると、LT8609/LT8609A/LT8609Bはスイッチングを停止してフォルト状態を示し、内部回路を保護します。

最大出力電流と不連続動作の詳細については、「アプリケーションノート44」を参照してください。

最後に、デューティ・サイクルが50%を超える場合($V_{OUT}/V_{IN} > 0.5$)は、低調波発振を防ぐためにインダクタンスを最小限に抑える必要があります。「アプリケーションノート19」を参照してください。

入力コンデンサ

LT8609/LT8609A/LT8609B回路の入力は、X7RまたはX5Rタイプのセラミック・コンデンサを使用してバイパスします。Y5Vタイプは、温度や印加される電圧が変化すると性能が低下するので使用しないでください。LT8609/LT8609A/LT8609Bをバイパスするには4.7 μ F~10 μ Fのセラミック・コンデンサが適しており、リップル電流を容易に処理できます。低いスイッチング周波数を使用すると、大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力電源のインピーダンスが高かったり、長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能の高くない電解コンデンサを使用することができます。

降圧レギュレータには、立ち上がり時間と立ち下がり時間が非常に短いパルス電流が入力電源から流れます。その結果として生じるLT8609/LT8609A/LT8609Bでの電圧リップルを減らし、周波数が非常に高いこのスイッチング電流を狭い範囲のループに押し込めてEMIを最小限に抑えるためには、入力コンデンサが必要です。4.7 μ Fのコンデンサがこの役割を果たすことができますが、LT8609/LT8609A/LT8609Bの近くに配置した場合に限ります(「PCBレイアウト」のセクションを参照)。セラミック入力コンデンサに関する2つ目の注意点は、LT8609/LT8609A/LT8609Bの最大入力電圧定格に関するこ

とです。セラミックの入力コンデンサは、トレースやケーブルのインダクタンスと結合して、質の良い(減衰の小さな)タンク回路を形成します。LT8609/LT8609A/LT8609Bの回路を通電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じてLT8609/LT8609A/LT8609Bの電圧定格を超える恐れがあります。ただし、この状況は簡単に回避できます(弊社の「アプリケーション・ノート88」を参照)。

出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサには2つの基本機能があります。出力コンデンサは、インダクタとともに、LT8609/LT8609A/LT8609Bが発生する方形波をフィルタに通してDC出力を生成します。この機能では出力コンデンサが出力リップルを決定するので、スイッチング周波数でのインピーダンスが低いことが重要です。2番目の機能は、トランジェント負荷を満たしてLT8609/LT8609A/LT8609Bの制御ループを安定化するためにエネルギーを蓄えることです。セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗(ESR)が非常に小さいので最良のリップル性能が得られます。出発点としては、次の値が適当です。

$$C_{OUT} = \frac{100}{V_{OUT} \cdot f_{sw}}$$

ここで、 f_{sw} の単位はMHz、 C_{OUT} は μ F単位の推奨出力容量です。X5RまたはX7Rのタイプを使用してください。この選択により、出力リップルが小さくなり、トランジェント応答が良くなります。大きな値の出力コンデンサを使用し、 V_{OUT} とFBの間にフィードフォワード・コンデンサを追加することにより、トランジェント性能を改善することができます。また、出力容量を大きくすると出力電圧リップルが減少します。値の小さい出力コンデンサを使用すればスペースとコストを節約できますが、トランジェント性能が低下し、ループが不安定になる可能性があります。コンデンサの推奨値については、このデータシートの「標準的応用例」を参照してください。

コンデンサを選択するときには、データシートに特に注意して、電圧バイアスと温度の該当する動作条件での実効容量を計算してください。物理的に大きなコンデンサまたは電圧定格が高いコンデンサが必要なことがあります。

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは小さく堅牢で、ESRが非常に小さいコンデンサです。ただし、セラミック・コンデンサには圧電特性があるため、LT8609/LT8609A/LT8609Bに使用すると問題を生じることがあります。Burst Mode動作時に、LT8609/LT8609A/

アプリケーション情報

LT8609Bのスイッチング周波数は負荷電流に依存します。また、非常に軽い負荷では、LT8609/LT8609A/LT8609Bはセラミック・コンデンサを可聴周波数で励起し、可聴ノイズを発生することがあります。LT8609/LT8609A/LT8609BはBurst Mode動作では低い電流制限値で動作するので、通常は非常に静かでノイズが気になることはありません。これが許容できない場合は、高性能のタンタル・コンデンサまたは電解コンデンサを出力に使用してください。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点は、LT8609/LT8609A/LT8609Bの最大入力電圧定格に関することです。前に述べたように、入力セラミック・コンデンサはトレースやケーブルのインダクタンスと結合して、質の良い(減衰の小さな)タンク回路を形成します。LT8609/LT8609A/LT8609Bの回路を通電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じてLT8609/LT8609A/LT8609Bの定格を超える恐れがあります。ただし、この状況は簡単に回避できます(弊社の「アプリケーション・ノート88」を参照)。

イネーブル・ピン

ENピンが“L”のときLT8609/LT8609A/LT8609Bはシャットダウン状態になり、このピンが“H”のときアクティブになります。ENコンパレータの上昇しきい値は1.05Vで、50mVのヒステリシスがあります。ENピンは、シャットダウン機能を使用しない場合にはVINに接続できます。シャットダウン制御が必要な場合は、ロジック・レベルに接続できます。

抵抗分割器をVINとENピンの間に追加すると、LT8609/LT8609A/LT8609Bは、VINが目的の電圧より高くなった場合にのみ出力を安定化するように設定されます(「ブロック図」を参照)。このしきい値VIN(EN)は通常、入力電源が電流制限されているか、または入力電源のソース抵抗が比較的大きい状況で使用されます。スイッチング・レギュレータは電源から一定の電力を引き出すため、電源電圧が低下するにつれて電源電流が増加します。この現象は電源からは負の抵抗負荷のように見えるため、電源電圧が低い状態では、電源が電流を制限するか、または低電圧にラッチする原因になることがあります。VIN(EN)しきい値は、これらの問題が発生する恐れのある電源電圧でレギュレータが動作するのを防ぎます。このしきい値は、次式を満足するようにR3とR4の値を設定することにより調整することができます。

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

この場合は、VINがVIN(EN)を超えるまでLT8609/LT8609A/LT8609Bはオフのままです。コンパレータのヒステリシスのため、入力がVIN(EN)をわずかに下回るまでスイッチングは停止しません。

軽負荷電流に対してBurst Modeで動作しているとき、VIN(EN)の抵抗回路網を流れる電流は、LT8609/LT8609A/LT8609Bが消費する電源電流を容易に超えることがあります。したがって、VIN(EN)の抵抗を大きくして軽負荷での効率に対する影響を最小限に抑えてください。

INTVCCレギュレータ

内部の低ドロップアウト(LDO)レギュレータは、VINを基にして、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給する3.5V電源を生成します。INTVCCは、LT8609/LT8609A/LT8609Bの回路に十分な電流を供給可能であり、1μF以上のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする必要があります。パワーMOSFETのゲート・ドライバが必要とする大きなトランジェント電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。入力電圧が高く、スイッチング周波数が高いアプリケーションでは、LDO内の電力損失が高いためダイ温度が上昇します。INTVCCピンには外部負荷を接続しないでください。

出力電圧トラッキングとソフトスタート

LT8609/LT8609A/LT8609Bでは、TR/SSピンによって出力電圧のランプ・レートを設定できます。内蔵の2μA電流源により、TR/SSピンの電圧はINTVCCになります。外付けコンデンサをTR/SSに接続すると、出力をソフトスタートさせて入力電源の電流サージを防ぐことができます。ソフトスタート・ランプの間、出力電圧はTR/SSピンの電圧に比例して追従します。出力トラッキング・アプリケーションでは、別の電圧源によってTR/SSピンを外部から駆動することができます。0V~0.782Vの範囲では、エラーアンプに入力される0.782Vの内部リファレンスよりTR/SSピンの電圧の方が優先されるので、FBピンの電圧はTR/SSピンの電圧に安定化されます。TR/SSピンの電圧が0.782Vより高くなるとトラッキングはディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧に安定化されるようになります。

TR/SSピンにはアクティブなプルダウン回路が接続されています。この回路は、フォルト状態が発生すると外付けのソフトスタート・コンデンサを放電し、フォルト状態が解消すると電圧の上昇を再開します。ソフトスタート・コンデンサが放電されるフォルト状態になるのは、EN/UVピンが“L”へ遷移した場合、VINの電圧が低下しすぎた場合、またはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

アプリケーション情報

出力パワーグッド

LT8609/LT8609A/LT8609Bの出力電圧がレギュレーション点の $\pm 8.5\%$ の範囲内(つまり、 V_{FB} の電圧が $0.716V \sim 0.849V$ (標準)の範囲内)にある場合、出力電圧は良好な状態であるとみなされ、オープンドレインのPGピンは高インピーダンスになり、通常は外付け抵抗によって“H”になります。そうでない場合は、内部のドレイン・プルダウン・デバイスにより、PGピンは“L”になります。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側のしきい値には、どちらも 0.5% のヒステリシスが含まれています。

PGピンは、以下のフォルト状態の間も自動的に“L”になります。それは、EN/UVピンの電圧が $1V$ より低い、INTV_{CC}が低下しすぎている、 V_{IN} が低すぎる、サーマル・シャットダウンが発生しているというフォルト状態です。

同期

低リップルのBurst Mode動作を選択するには、SYNCピンを $0.4V$ より低い電圧に接続します(これはグランドまたはロジック“L”の出力のいずれでもかまいません)。LT8609/LT8609Aの発振器を外部周波数に同期させるには、(デューティ・サイクルが $20\% \sim 80\%$)の方形波をSYNCピンに接続します。方形波の振幅には、 $0.9V$ より低い谷と $2.7V$ より高い山(最大 $5V$)が必要です。

LT8609/LT8609Aは外部クロックに同期しているときは低出力負荷でBurst Mode動作に入らず、代わりにパルスをスキップしてレギュレーションを維持します。LT8609/LT8609Aは $200kHz \sim 2.2MHz$ の範囲にわたって同期させることができます。 R_T 抵抗は、LT8609/LT8609Aのスイッチング周波数を最低同期入力以下に設定するように選択します。例えば、同期信号が $500kHz$ 以上になる場合は、(スイッチング周波数が) $500kHz$ になるように R_T を選択します。スロープ補償は R_T の値によって設定され、低調波発振を防ぐのに必要な最小スロープ補償はインダクタのサイズ、入力電圧、および出力電圧によって決まります。同期周波数はインダクタの電流波形のスロープを変えないので、インダクタがRTで設定される周波数での低調波発振を防ぐのに十分な大きさであれば、スロープ補償は全同期周波数で十分です。

アプリケーションによっては、LT8609/LT8609Aをパルス・スキップ・モードで動作させることが望ましい場合があります(LT8609Bで利用できる動作モードはパルス・スキップ・モードだけです)。パルス・スキップ・モードとBurst Mode動作との主な相違点は次の2つです。1つ目は、クロックが常時動作し

ていて、全てのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。2つ目は、前出のセクションの図1bに示すようにBurst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです。これら2つの違いが生じる代償として、静止電流が増加します。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをフロート状態にします。

アプリケーションによっては、低EMI動作が望ましい場合があります。これはスペクトラム拡散変調によって実現することができます。このモードはパルス・スキップ・モードと同様に動作しますが、重要な違いは、スイッチング周波数が $3kHz$ の三角波によって上下に変調されることです。変調にはRTによって低周波数として設定される周波数があり、RTで設定される周波数より約 20% 高い周波数まで変調されます。スペクトラム拡散モードをイネーブルするには、SYNCをINTV_{CC}に接続するか、または $3.2V \sim 5V$ の電圧まで駆動します。

LT8609/LT8609A/LT8609Bは、SYNCピンの信号には関係なく、強制連続モードでは動作しません。

短絡入力保護と逆入力保護

LT8609/LT8609A/LT8609Bは、出力の短絡に耐えることができます。出力短絡状態や出力電圧低下状態時の保護のため、いくつかの機能が使用されています。1つ目は、インダクタ電流制御を維持するために、出力が設定値より低い間はスイッチング周波数が折り返されることです。2つ目は、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合は、インダクタ電流が安全なレベルに減少する時点まで上側スイッチのスイッチングが遅れるように、下側スイッチの電流がモニタされることです。これにより、個々のアプリケーションに合わせてLT8609/LT8609A/LT8609Bを調整し、短絡状態時の熱放散を制限することができます。

周波数フォールドバック動作は、以下に示すようにSYNCピンの状態に依存します。SYNCピンが“L”、“H”、またはフロート状態の場合は、スイッチング周波数が低下すると同時に、出力電圧が設定レベルより低くなります。SYNCピンをクロック信号源に接続すると、LT8609/LT8609A/LT8609Bは設定周波数に留まってフォールドバックは発生せず、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合にのみスイッチング速度を低下させます。

LT8609/LT8609A/LT8609Bに入力が加わっていないときにも出力が高い電圧に保たれるシステムでは、別の状況を考慮する必要があります。その状況が発生する可能性があるのは、

アプリケーション情報

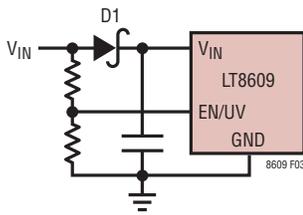


図3. 逆VIN保護

バッテリーや他の電源がLT8609/LT8609A/LT8609Bの出力とダイオードOR接続されている、バッテリー充電アプリケーションやバッテリー・バックアップ・システムです。VINピンをフロート状態にすることができる場合で、ENピンが(ロジック信号によって、あるいはVINに接続されているために)“H”に保持されていると、LT8609/LT8609A/LT8609Bの内部回路にSWピンを介して静止電流が流れます。このことは、システムがこの状態で数μAに耐えられる場合は許容できます。ENピンを接地している場合、SWピンの電流は0.7μA近くまで減少します。ただし、出力を高く保持した状態でVINピンを接地すると、ENピ

ンの状態に関係なく、出力からSWピンおよびVINピンを通じて、LT8609/LT8609A/LT8609B内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れる可能性があります。入力電圧が印加されている場合のみLT8609/LT8609A/LT8609Bが動作し、短絡入力や逆入力に対しては保護するVINピンとEN/UVピンの接続を図3に示します。

PCBレイアウト

適切に動作させ、EMIを最小にするには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。推奨部品配置と、トレース、グラウンド・プレーン、およびビアの位置を図4に示します。LT8609/LT8609A/LT8609BのVINピン、GNDピン、および入力コンデンサ(CIN)に大量のスイッチング電流が流れることに注意してください。入力コンデンサによって形成されるループは、入力コンデンサをVINピンおよびGNDピンの近くに配置することにより、できるだけ小さくしてください。物理的に大きな入力コンデンサを使用すると、形成されるループが大きくなりすぎる可能性があります。この場合には、筐体/値の小さい

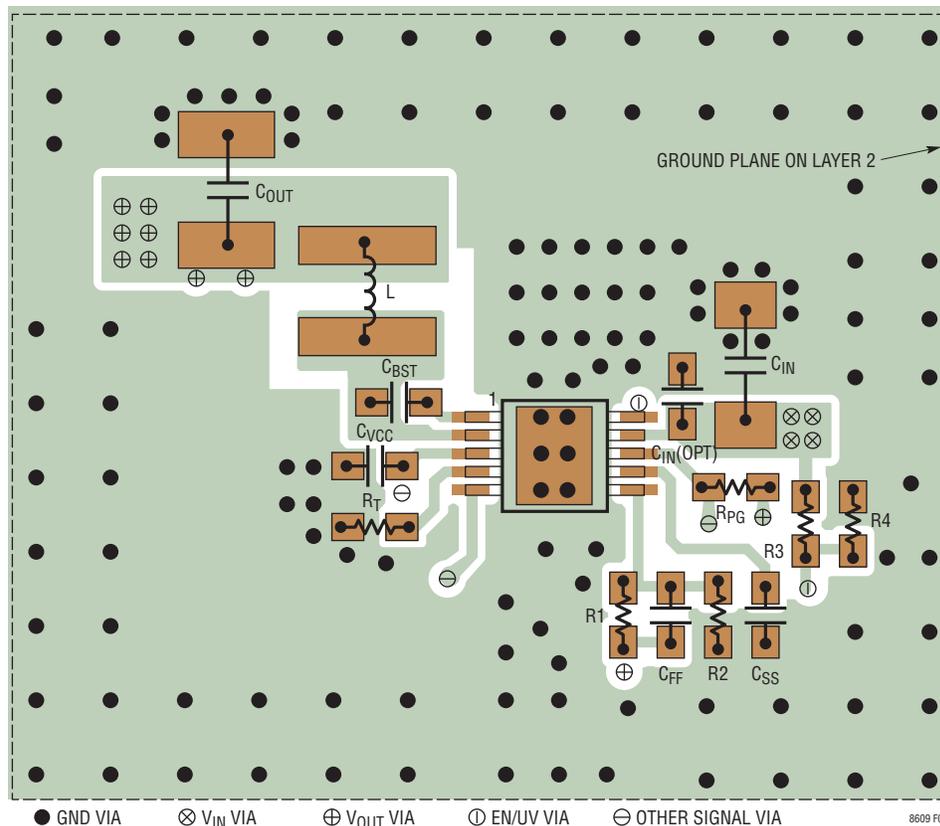


図4. PCBレイアウト

アプリケーション情報

コンデンサを V_{IN} ピンおよび GND ピンの近くに配置して、大型のコンデンサを遠くに配置することを推奨します。これらの部品に加えて、インダクタおよび出力コンデンサは回路基板の同じ側に配置し、その層で接続を行うようにしてください。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下には、デバイス付近にある切れ目のないグランド・プレーンを配置します。SW ノードと BOOST ノードはできるだけ小さくします。最後に、グランド・トレースが SW ノードと BOOST ノードから FB ノードと RT ノードをシールドするように、FB ノードと RT ノードは小さく保ちます。パッケージ底面の露出パッドは、電気的にはグランドに接続され、熱的にはヒートシンクとして機能するように、グランドに半田付けする必要があります。熱抵抗を小さく保つには、グランド・プレーンをできるだけ広げ、LT8609/LT8609A/LT8609B の下や近くから回路基板内および裏側の追加グランド・プレーンまでサーマル・ビアを追加します。

熱に関する検討事項およびピーク電流出力

周囲温度が高い場合は、PCB のレイアウトに注意を払い、LT8609/LT8609A/LT8609B が十分放熱できるようにします。パッケージ底面の露出パッドはグランド・プレーンに半田付けする必要があります。このグランドは、サーマル・ビアを使用して、下にある広い銅層に接続してください。これらの層は、LT8609/LT8609A/LT8609B が発生する熱を放散します。ビアを追加すると、熱抵抗をさらに減らすことができます。周囲温

度が最大接合部温度の定格に近づくにつれ、最大負荷電流をデレーティングします。LT8609/LT8609A/LT8609B 内部の電力損失は、効率の測定結果から全電力損失を計算し、それからインダクタの損失を減じることによって推定することができます。ダイの温度は、LT8609/LT8609A/LT8609B の電力損失に、接合部から周囲までの熱抵抗を掛けて計算します。LT8609/LT8609A/LT8609B は、安全な接合部温度を超えると、スイッチングを停止してフォルト状態を示します。

LT8609/LT8609A/LT8609B の温度上昇が最悪になるのは、負荷が重く、 V_{IN} とスイッチング周波数が高いときです。与えられたアプリケーションでのケース温度が高すぎる場合は、 V_{IN} 、スイッチング周波数、負荷電流のいずれかを減らして許容可能なレベルまで温度を下げるすることができます。図5に、 V_{IN} を低くすることでケース温度の上昇を管理する方法の例を示します。

LT8609/LT8609A/LT8609B の内部パワー・スイッチは、最大 3A のピーク電流出力を安全に供給できます。ただし、熱制限のため、パッケージは 3A の負荷に短時間しか対処できません。この時間は、ケース温度がどの程度速く最大接合部温度の定格に達するかによって決まります。図6に、10kHz、3A のパルス負荷のデューティ・サイクルで、ケース温度上昇がどのように変化するかの例を示します。接合部温度はケース温度より高くなります。

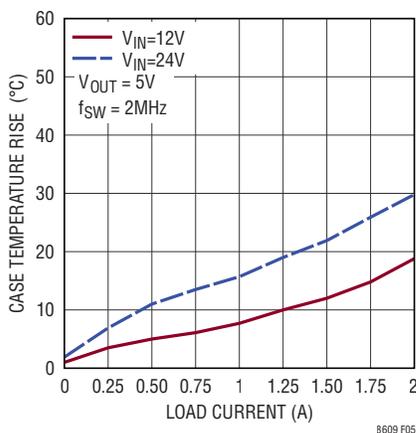


図5. ケース温度の上昇と負荷電流

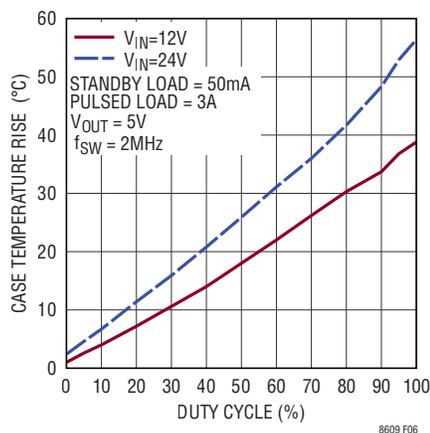
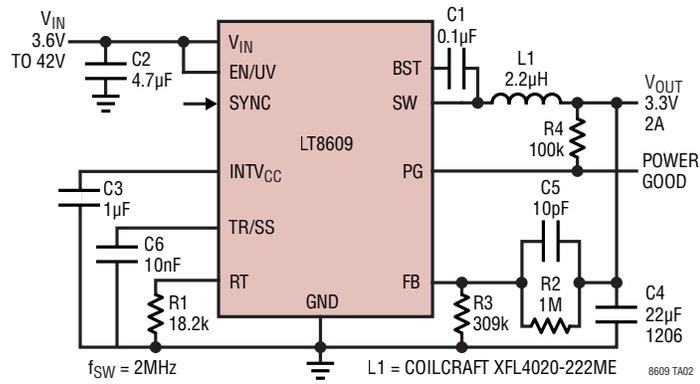


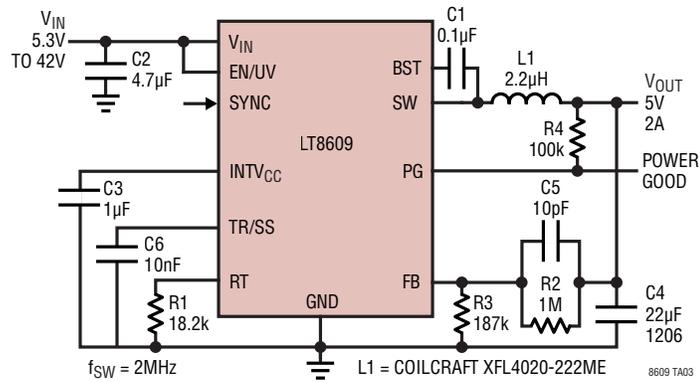
図6. ケース温度の上昇と3Aパルス負荷

標準的応用例

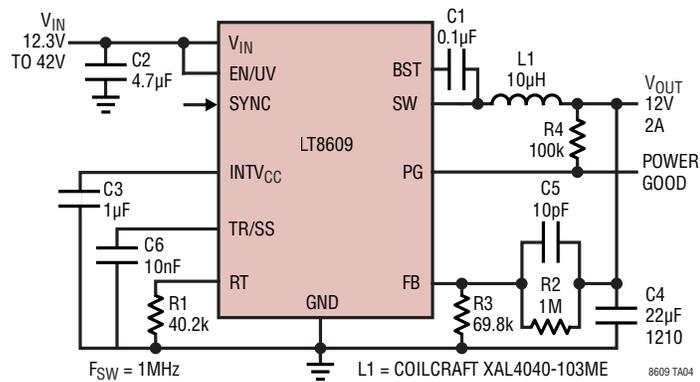
3.3V 降圧コンバータ



5V 降圧コンバータ

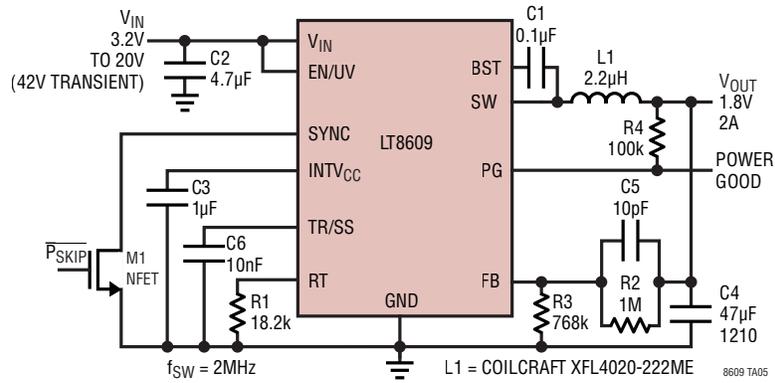


12V 降圧コンバータ

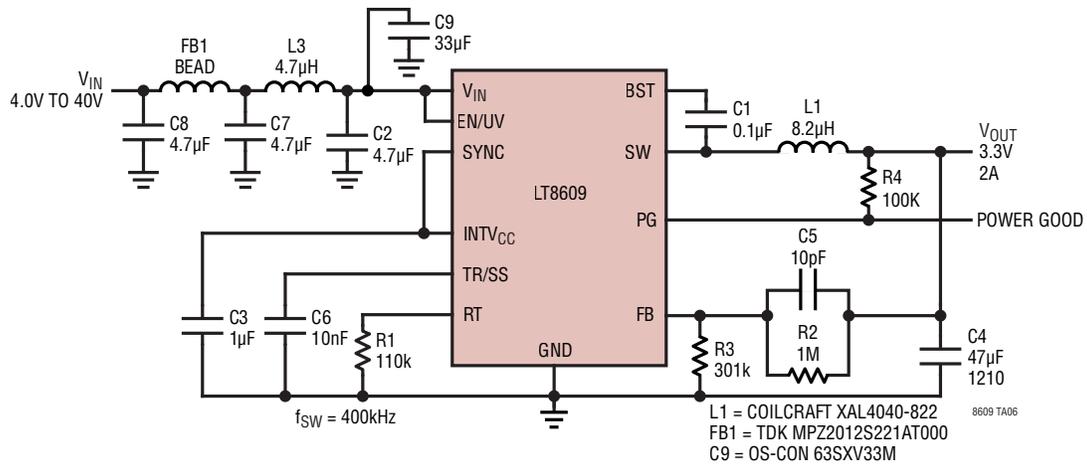


標準的応用例

1.8V、2MHz降圧コンバータ



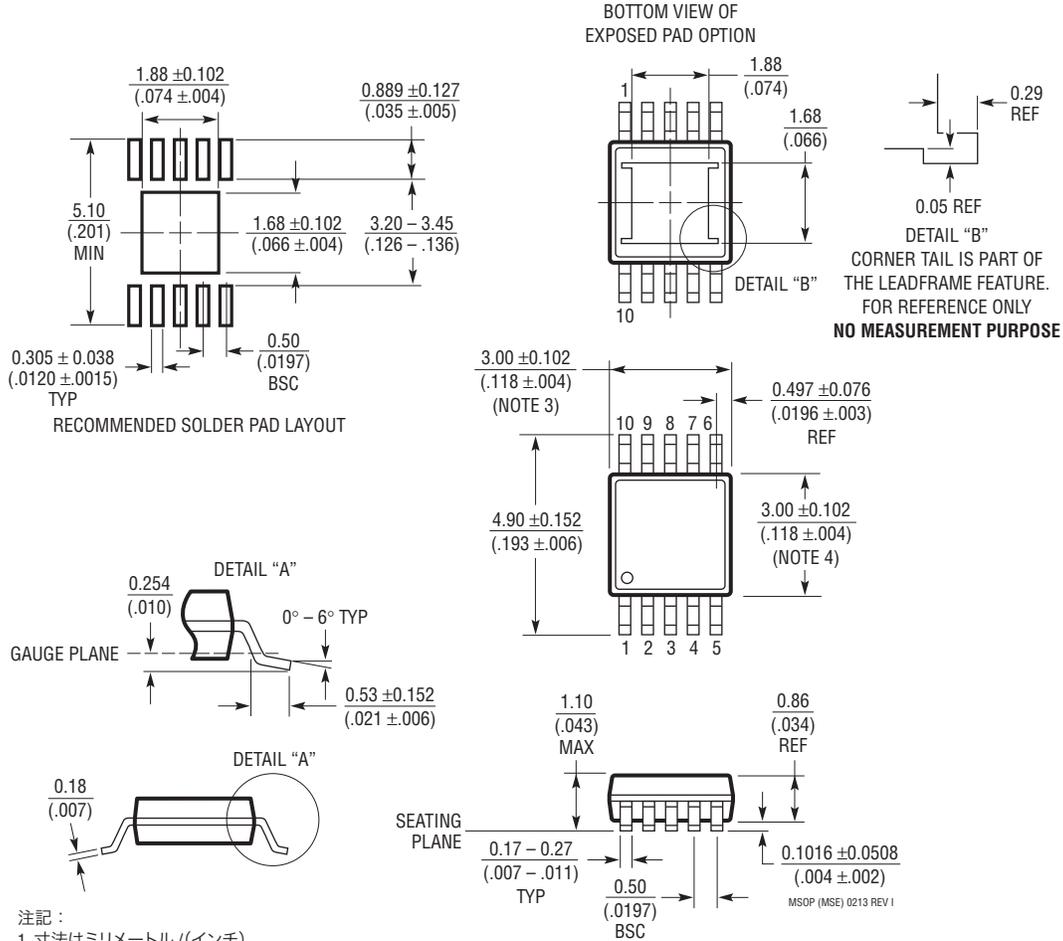
超低EMIの5V/2A降圧コンバータ



パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT8609#packaging> を参照してください。

MSE Package
10-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad
 (Reference LTC DWG # 05-08-1664 Rev I)



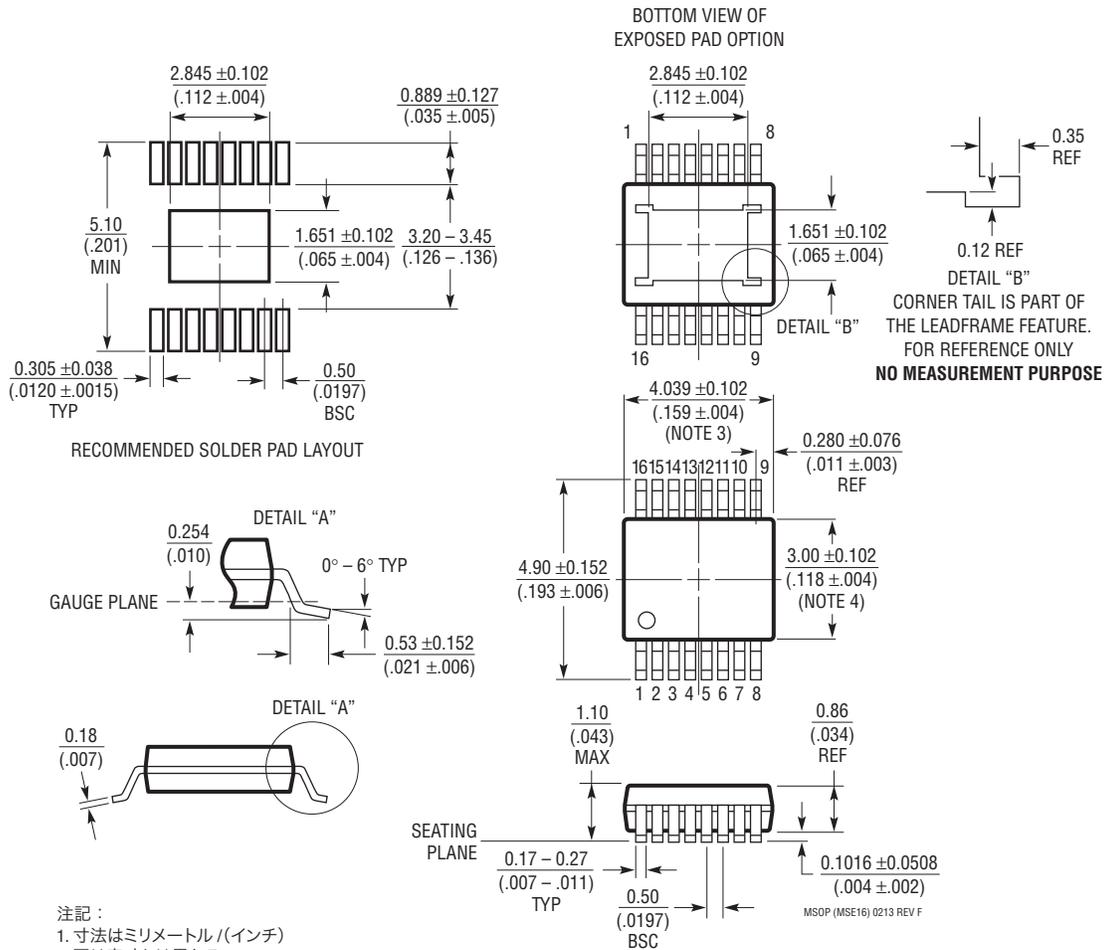
注記:

1. 寸法はミリメートル (インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm ($0.006''$) を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm ($0.006''$) を超えないこと
5. リードの平坦度 (整形後のリードの底面) は最大 0.102mm ($0.004''$) であること
6. E-PAD 上のモールドのバリは、各サイドで 0.254mm ($0.010''$) を超えないこと

パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT8609#packaging> を参照してください。

MSE Package 16-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad (Reference LTC DWG # 05-08-1667 Rev F)



注記：

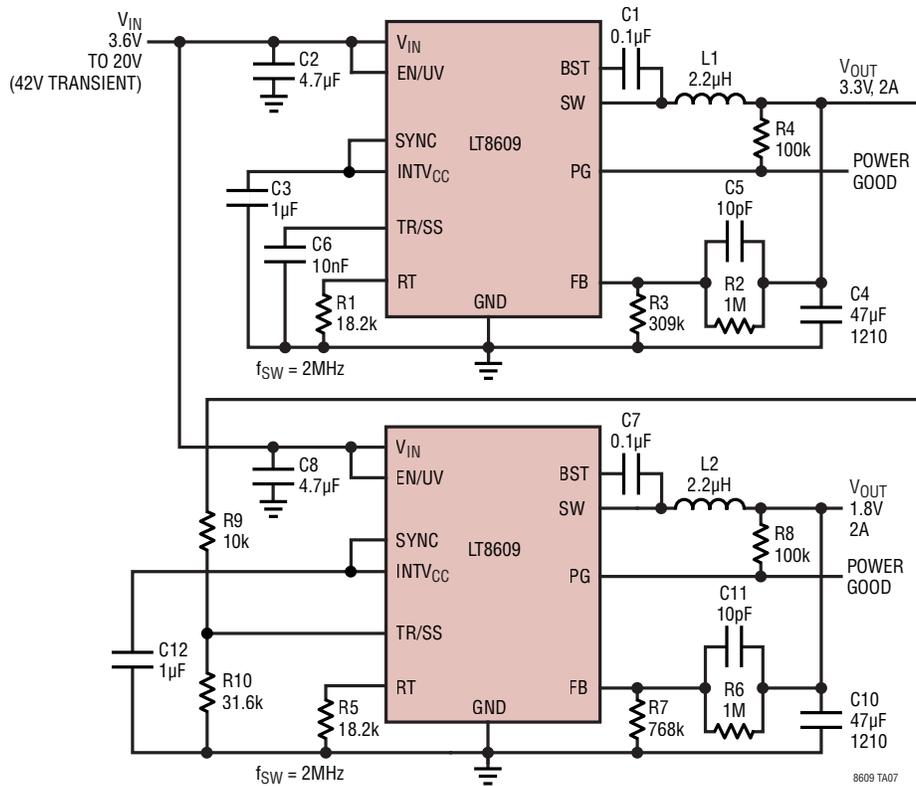
1. 寸法はミリメートル / (インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm (0.006") を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm (0.006") を超えないこと
5. リードの平坦度 (整形後のリードの底面) は最大 0.102mm (0.004") であること
6. E-PAD 上のモールドのバリは、各サイドで 0.254mm (0.010") を超えないこと

改訂履歴

バージョン	日付	概要	ページ番号
A	01/16	見出しにLT8609Aバージョンを追加 「概要」にLT8609Aバージョンを追加 「概要」を明確化 「電気的特性」を明確化 負荷レギュレーション、ラインレギュレーション、無負荷時電源電流と温度、最小オン時間と温度のグラフ、周波数フォールドバックおよびソフトスタートと温度のグラフを明確化 オプションの入力抵抗使用時のブロック図を明確化 本文中の「図1」を「表1」に差し替え 本文中およびPCBレイアウトのC _{IN} コンデンサを明確化 「標準的応用例」を明確化	全て 1 1 3 5、6、7、8 10 12 18 24
B	06/16	スイッチの電圧降下とスイッチ電流のグラフの軸の単位を明確化 スイッチング波形の条件を明確化	6 8
C	10/16	LT8609B オプションを追加 絶対最大定格にLT8609B オプションを追加、LT8609B のパッケージ図および発注情報を追加 LT8609B オプションの電気的パラメータとNoteを明確化 上側FETの電流制限と温度のグラフを明確化 ピン機能を明確化してLT8609Bを追加 「動作」のセクションを明確化してLT8609Bを追加 「アプリケーション情報」のセクションを明確化してLT8609Bを追加 図5および図6のグラフを明確化 「標準的応用例」の回路図を明確化	全て 2 3 6 10 12 13-20 20 21、22、23、24
D	01/17	グラフを明確化 回路図を明確化	6、7、20 23、26
E	06/17	AバージョンにHグレードを追加 アプリケーション回路を変更	2、4 21、22、23
F	11/17	発振器周波数R _T の条件を明確化 最小オフ時間を明確化 効率のグラフを明確化 周波数フォールドバックのグラフを明確化 ブロック図を明確化 最大デューティ・サイクルを明確化 図4を明確化	3 3 5 8 11 14 19
G	01/18	MSOP-16Eパッケージ・オプションを追加 ピン機能を明確化	1、2、24 10

標準的応用例

3.3V および 1.8V、2MHz トラッキング・コンバータ



関連製品

製品番号	概要	注釈
LT8610A/LT8610AB	効率が96%の42V、3.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8610AC	効率が96%の42V、3.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8610	効率が96%の42V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8611	効率が96%の42V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA、入力/出力電流制限/モニタ機能内蔵)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、3mm × 5mm QFN-24パッケージ
LT8616	効率が95%の42V、デュアル2.5A + 1.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 5µA、I _{SD} < 1µA、TSSOP-28Eパッケージ、3mm × 6mm QFN-28パッケージ
LT8620	効率が96%の65V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~65V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、MSOP-16Eパッケージ、3mm × 5mm QFN-24パッケージ
LT8614	効率が96%の42V、4A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、3mm × 4mm QFN-18パッケージ
LT8612	効率が96%の42V、6A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 3.0µA、I _{SD} < 1µA、3mm × 6mm QFN-28パッケージ
LT8640	効率が96%の42V、ピーク時5A/7A、3MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 2.5µA)	V _{IN} = 3.4V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.97V、I _Q = 2.5µA、I _{SD} < 1µA、3mm × 4mm QFN-18パッケージ
LT8602	効率が95%の42V、クワッド出力(2.5A + 1.5A + 1.5A + 1.5A)、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I _Q = 25µA)	V _{IN} = 3V~42V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 25µA、I _{SD} < 1µA、6mm × 6mm QFN-40パッケージ