

静止電流が3μAの42V、1.5A同期整流式 降圧レギュレータ

特長

- Silent Switcher®2(サイレント・スイッチャ2)アーキテクチャ
 - あらゆるPCB上で超低EMI/EMC放射を実現
 - PCBレイアウト感度の影響を排除
 - 内蔵バイパス・コンデンサが放射EMIを低減
 - オプションのスペクトラム拡散変調
- 広い入力電圧範囲: 3.0V~42V
- 超低静止電流のBurst Mode®動作:
 - $I_Q < 3\mu A$ で12V_{IN}から3.3V_{OUT}へのレギュレーション
 - 出力リップル < 10mV_{p-p}
- 高効率の2MHz同期動作:
 - 0.75Aで90%を超える効率(5V_{OUT}、12V_{IN})
- 1.5Aの連続出力電流
- 短い最小スイッチオン時間: 35ns
- 調整と同期が可能な範囲: 200kHz~2.2MHz
- 小型インダクタを使用可能
- 低ドロップアウト
- ピーク電流モードの動作
- 内部補償
- 出力ソフトスタートおよび出力トラックング
- 小型12ピンLQFNパッケージ

アプリケーション

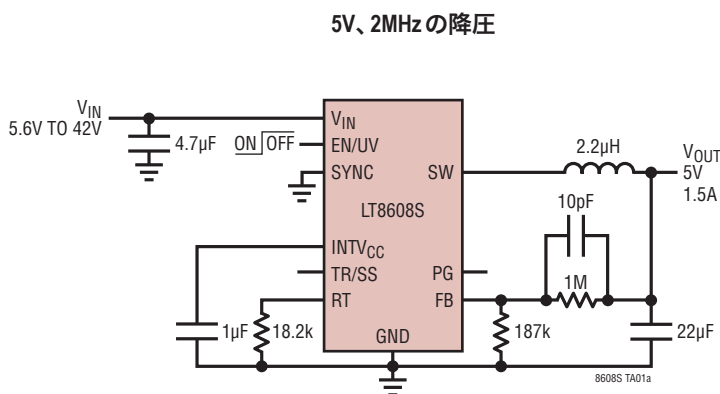
- 汎用降圧
- 低EMI降圧

概要

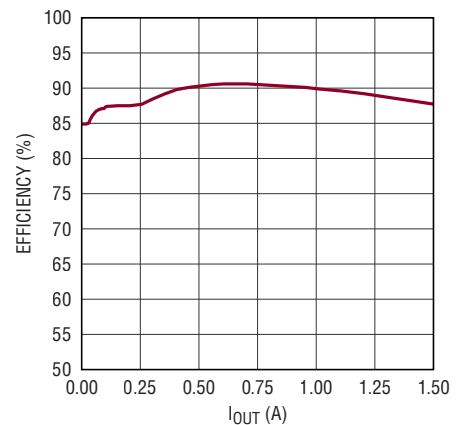
LT®8608Sは、小型、高効率、高速の同期整流式モノリシック降圧スイッチング・レギュレータで、静止電流はわずか1.7μAです。このデバイスは、1.5Aの連続電流を供給できます。必要なすべての回路と共に上側と下側のパワー・スイッチが内蔵されているため、外付け部品数が最小限に抑えられます。低リップルのBurst Mode動作により、非常に少量の出力電流まで高い効率を維持できると同時に、出力リップルを10mV未満に保つことができます。SYNCピンを使用すると、外部クロックに同期すること、または低EMI動作のためにスイッチング周波数のスペクトラム拡散変調を行うことが可能となります。ピーク電流モード方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ため、高速過渡応答と優れたループ安定性が得られます。EN/UVピンの閾値は高精度の1Vであり、このピンを使用してV_{IN}の低電圧ロックアウトを設定することや、LT8608Sをシャットダウンして入力電源電流を1μAまで減らすことができます。TR/SSピンのコンデンサによって起動時の出力電圧の上昇率が設定され、また、PGフラグによってV_{OUT}が設定出力電圧の±8.0%以内にあることやフォルト状態にあることが通知されます。LT8608Sは小型の12ピンLQFNパッケージを採用しています。

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。

標準的応用例



12V_{IN}/5V_{OUT}の効率



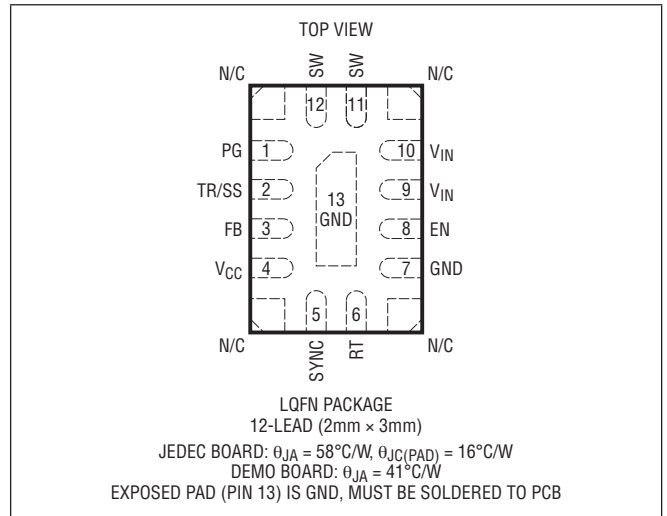
LT8608S

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} , EN/UV, PG.....	42V
FB, TR/SS.....	4V
SYNC 電圧.....	6V
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2)	
LT8608SE.....	-40~125°C
LT8608SI.....	-40~125°C
保管温度範囲.....	-65~150°C
最大リフロー範囲 (パッケージ・ボディ).....	260°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕上げ

テープ&リール(ミニ)	テープ&リール	パッド/ ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ** タイプ	MSL レーティング	温度範囲
			デバイス	仕上げコード			
LT8608SEV#TRMPBF	LT8608SEV#TRPBF	Au (RoHS)	LHCQ	e4	LQFN (QFN フットプリント の積層パッケージ)	3	-40°C~125°C
LT8608SIV#TRMPBF	LT8608SIV#TRPBF						-40°C~125°C

- 製品番号末尾がPBFとなっている製品はRoHSおよびWEEEに準拠しています。
- パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609によります。

- 推奨されるPCBのアセンブリおよび製造手順
- パッケージ図面とトレイ図面

TRM = 500個。* 温度グレードは出荷容器のラベルで識別されます。

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

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。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは指定された販売チャンネルを通じて500個単位のリールで供給され、製品番号末尾に「#TRMPBF」という記号が付いています。

**LT8608Sのパッケージ寸法は、標準の2mm x 3mm QFNパッケージと同じです。

電気的特性

- は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage			2.5	2.8 3.0	V
V_{IN} Quiescent Current	$V_{EN/UV} = 0V, V_{SYNC} = 0V$ $V_{EN/UV} = 2V, \text{Not Switching}, V_{SYNC} = 0V, V_{IN} \leq 36V$		1 1.7	5 12	μA μA
V_{IN} Current in Regulation	$V_{IN} = 6V, V_{OUT} = 2.7V, \text{Output Load} = 100\mu\text{A}$ $V_{IN} = 6V, V_{OUT} = 2.7V, \text{Output Load} = 1\text{mA}$		56 500	90 700	μA μA
Feedback Reference Voltage	$V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 100\text{mA}, 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 100\text{mA}$	0.770 0.758	0.774	0.778 0.798	V V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V \text{ to } 40V$		± 0.005	± 0.02	%/V
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$			± 20	nA

電気的特性

- は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum On-Time	$I_{LOAD} = 1\text{A}$	●		35	65	ns
	$I_{LOAD} = 1\text{A}, \text{SYNC} = 1.9\text{V}$	●		35	60	ns
Minimum Off Time				85	130	ns
Oscillator Frequency	$R_{FSET} = 221\text{k}, I_{LOAD} = 0.5\text{A}$	●	155	200	245	kHz
	$R_{FSET} = 60.4\text{k}, I_{LOAD} = 0.5\text{A}$	●	640	700	760	kHz
	$R_{FSET} = 18.2\text{k}, I_{LOAD} = 0.5\text{A}$	●	1.900	2.00	2.100	MHz
Top Power NMOS On-Resistance	$I_{LOAD} = 0.5\text{A}$			260		m Ω
Top Power NMOS Current Limit		●	2.1	2.9	3.9	A
Bottom Power NMOS On-Resistance				125		m Ω
SW Leakage Current	$V_{IN} = 36\text{V}, V_{SW} = 0\text{V}, 36\text{V}$		-5		5	μA
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	●	0.99	1.04	1.11	V
EN/UV Pin Hysteresis				50		mV
EN/UV Pin Current	$V_{EN/UV} = 2\text{V}$				± 20	nA
PG Upper Threshold Offset from V_{FB}	V_{FB} Rising	●	5.0	8.0	13.0	%
PG Lower Threshold Offset from V_{FB}	V_{FB} Falling	●	5.0	8.0	13.0	%
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		●	0.4	1.0		V
Sync High Input Voltage	$\text{INTV}_{CC} = 3.5\text{V}$	●		2.7	3.2	V
TR/SS Source Current		●	1	2	3	μA
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, TR/SS = 0.1V			300	900	Ω
Spread Spectrum Modulation Frequency	$V_{SYNC} = 3.3\text{V}$	●	0.5	3	6	kHz

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。絶対最大定格は、これを超えるとデバイス寿命が低下する可能性がある値です。

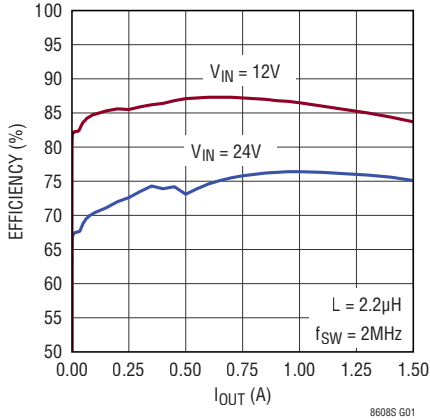
Note 2: LT8608SEは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で性能仕様を満たすよう設計されています。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作ジャンクション温度範囲における仕様は、設計、特性評価、

および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。LT8608SIは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作ジャンクション温度範囲での動作が確保されています。

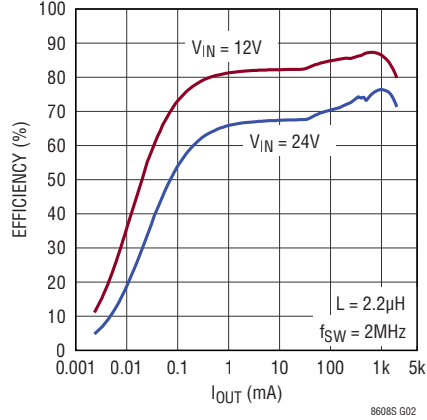
Note 3: このICは、過負荷状態からデバイスを保護することを目的とした過熱保護機能を備えています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 150°C を超えています。仕様規定された最大動作ジャンクション温度を超えてデバイスを連続動作させると、寿命が短くなります。

代表的な性能特性

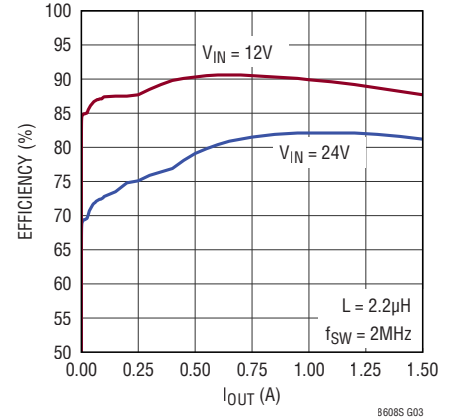
効率
(3.3V出力、Burst Mode動作)



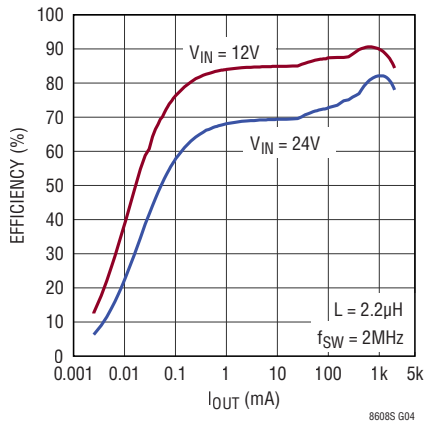
効率
(3.3V出力、Burst Mode動作)



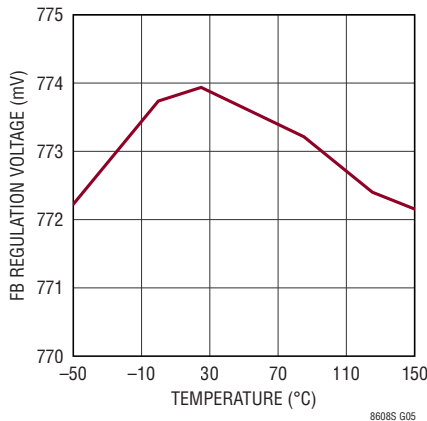
効率
(5V出力、Burst Mode動作)



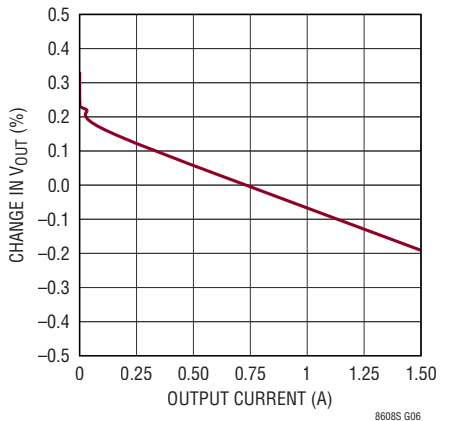
効率(5V出力、Burst Mode動作)



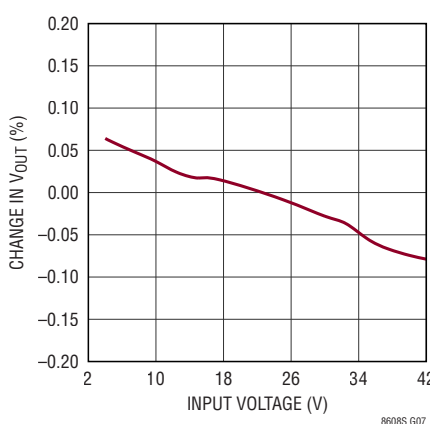
FB 電圧



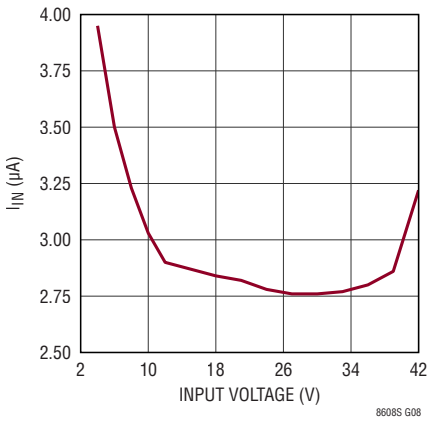
負荷レギュレーション



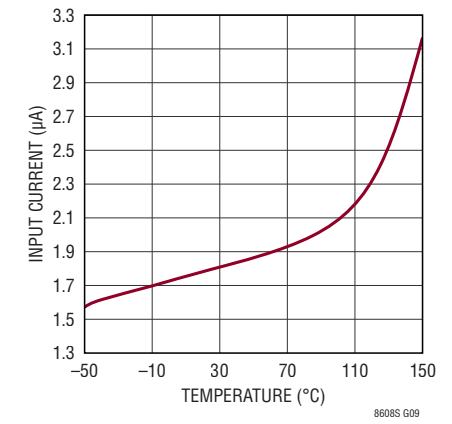
ライン・レギュレーション



無負荷時の電源電流
(レギュレーション時の3.3V出力)

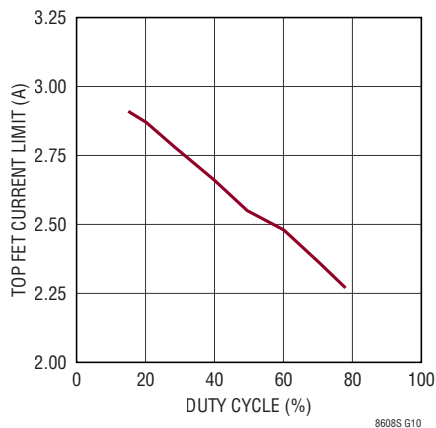


無負荷時の電源電流と温度の
関係(スイッチングなし)

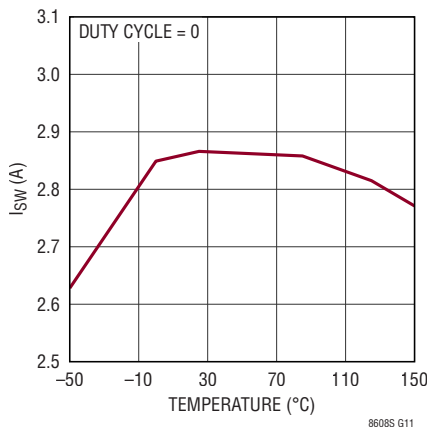


代表的な性能特性

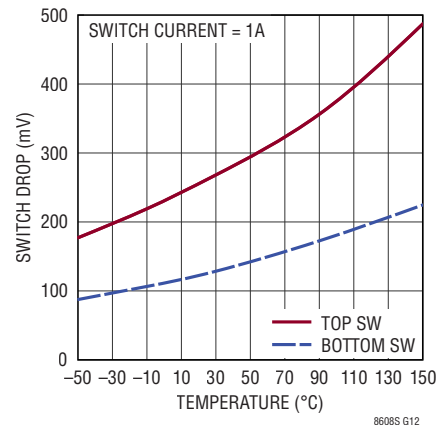
上側FETの電流制限値と
デューティ・サイクルの関係



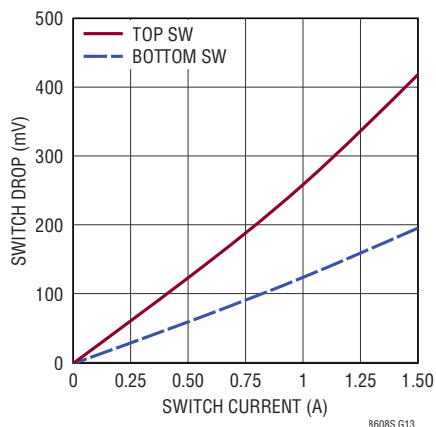
上側FETの電流制限値と
温度の関係



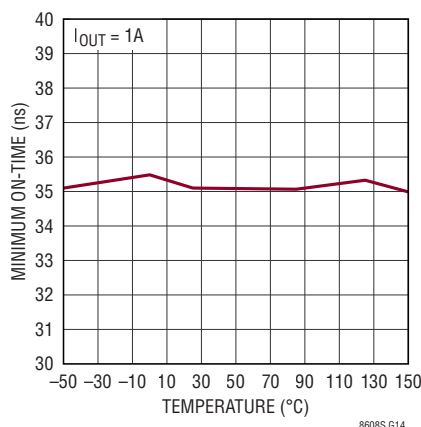
スイッチの電圧降下と
温度の関係



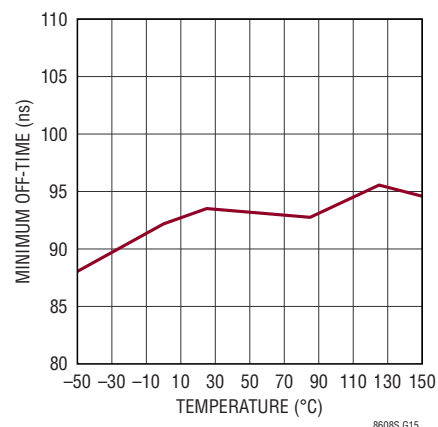
スイッチの電圧降下と
スイッチ電流の関係



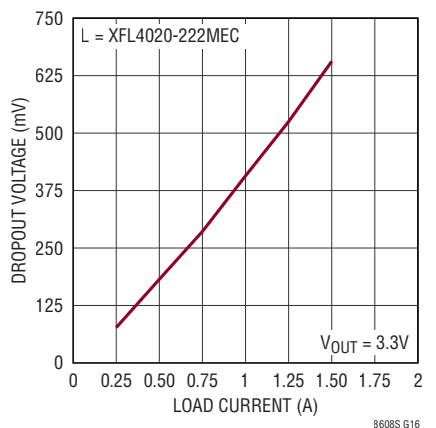
最小オン時間と温度の関係



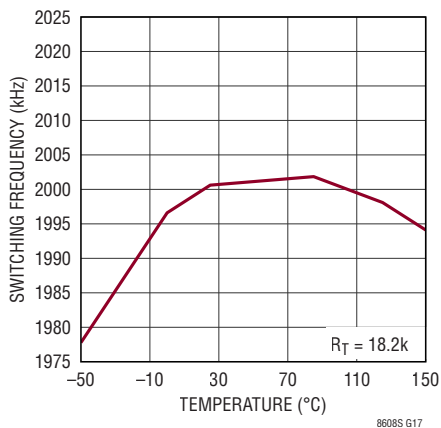
最小オフ時間と温度の関係



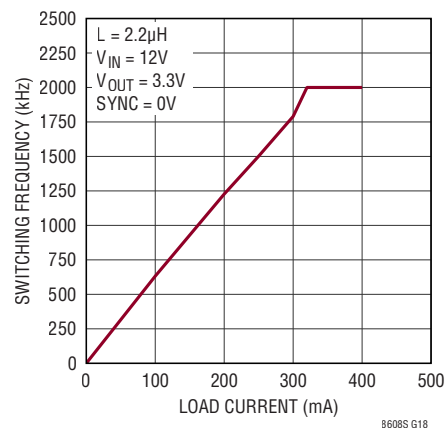
ドロップアウト電圧と
負荷電流の関係



スイッチング周波数と
温度の関係

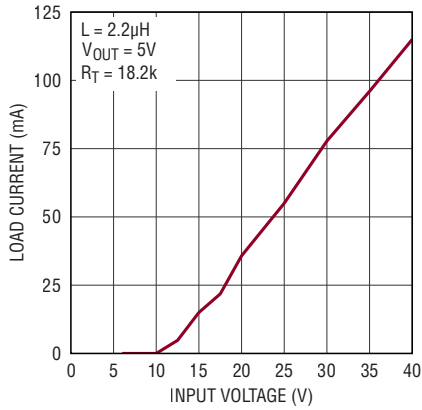


バースト周波数と
負荷電流の関係

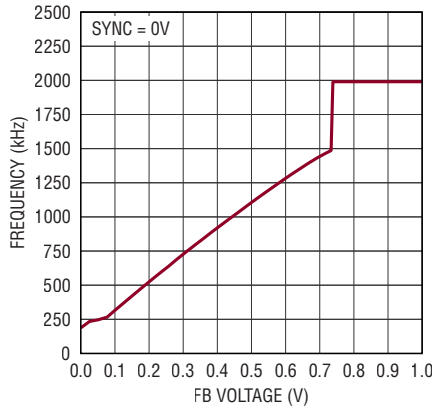


代表的な性能特性

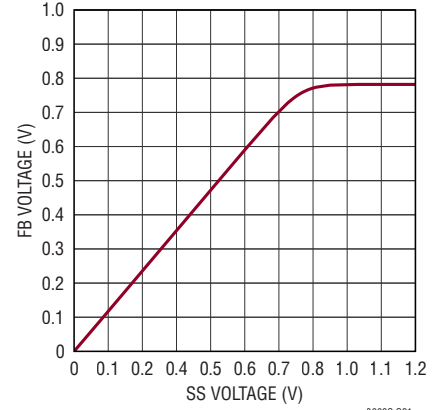
パルススキッピング・モード時の
最大周波数に対する最小負荷と
 V_{IN} の関係(SYNCは1.9Vにフロート)



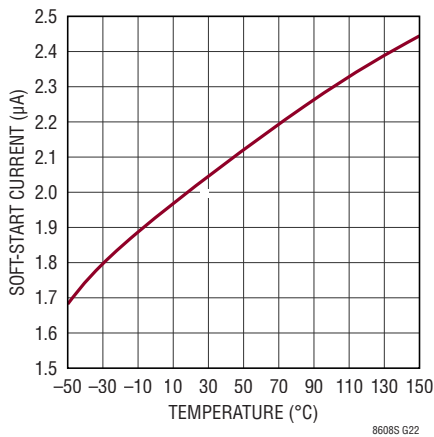
周波数フォールドバック



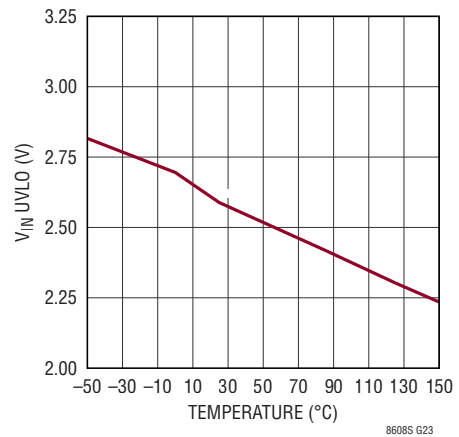
ソフトスタート・トラッキング



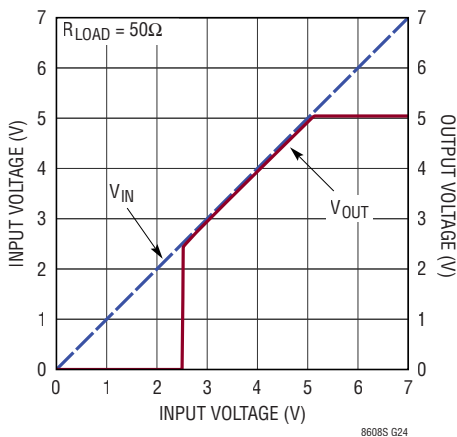
ソフトスタート・ピンの電流と
温度の関係



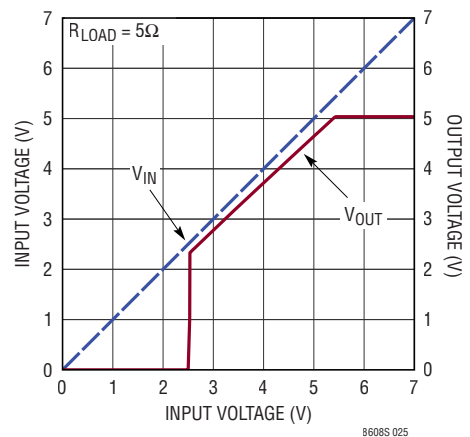
V_{IN} UVLO



起動時のドロップアウト

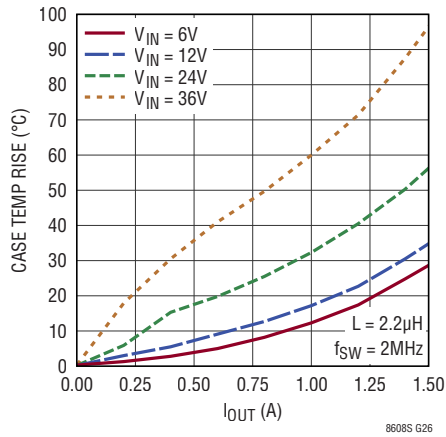


起動時のドロップアウト

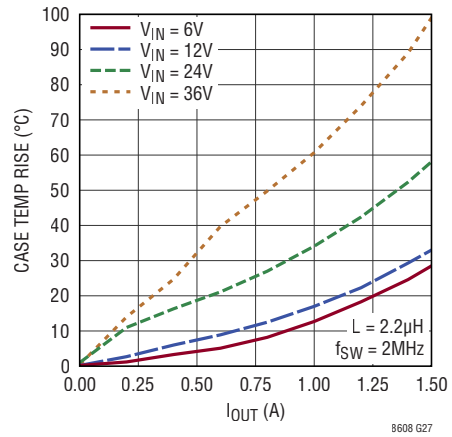


代表的な性能特性

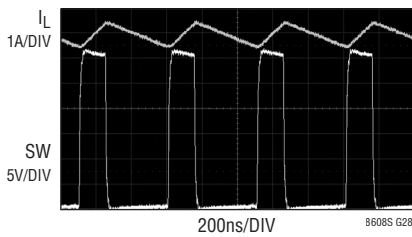
定常状態のケース温度上昇
(5V出力)



定常状態のケース温度上昇
(3.3V出力)

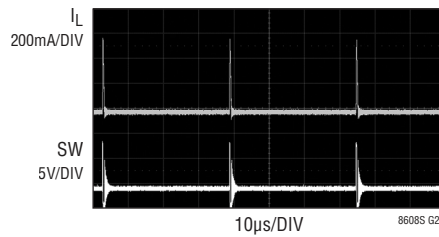


スイッチング波形



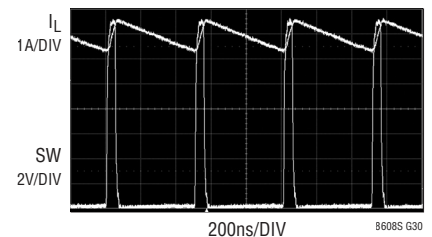
12V_{IN} TO 3.3V_{OUT} AT 1A
2MHz

スイッチング波形



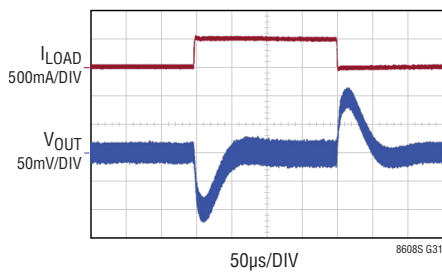
12V_{IN} TO 5V_{OUT} AT 3mA

スイッチング波形



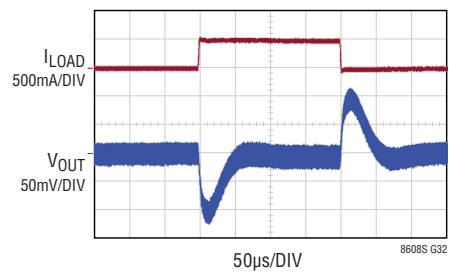
36V_{IN} TO 3.3V_{OUT} AT 1A
2MHz

過渡応答



$V_{IN} = 12V$
0.5A TO 1A
 $C_{OUT} = 47\mu F$
 $f_{SW} = 2MHz$

過渡応答



$V_{IN} = 24V$
0.5A TO 1A
 $C_{OUT} = 47\mu F$
 $f_{SW} = 2MHz$

ピン機能

PG (ピン1) : 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 $\pm 8.0\%$ 以内になるまでローのままです。フォルト状態にはなりません。 V_{IN} が3.0Vより高い場合はPGが有効です。

TR/SS (ピン2) : 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上昇率を制御することができます。TR/SSピンの電圧が0.774Vより低くなると、LT8608SはFBピンの電圧をTR/SSピンの電圧と等しくなるようにレギュレーションします。TR/SSピンの電圧が0.774Vより高くなると、トラッキング機能が無効化され、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2 μ Aの内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサを使って出力電圧のスルー・レートを設定できます。このピンは、シャットダウン時やフォルト状態になったときに300 Ω MOSFETによってグラウンド電位になるため、低インピーダンスの出力で駆動する場合は直列抵抗を使用してください。

FB (ピン3) : LT8608Sは、FBピンを0.774Vにレギュレーションします。帰還抵抗分圧器のタップをこのピンに接続してください。

INTV_{CC} (ピン4) : 3.5V内部レギュレータ・バイパス・ピン。内部パワー・ドライバおよび制御回路への電力は、この電圧から供給されます。INTV_{CC}の最大出力電流は20mAです。INTV_{CC}の電圧は2.8V~3.5Vの範囲で変動します。このピンは、1 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサを使用して電源グラウンドとデカップリングします。INTV_{CC}ピンには外部回路からの負荷をかけないでください。

SYNC (ピン5) : 外部クロック同期入力。低出力負荷時に低リップルBurst Mode動作にするには、このピンを接地します。クロック源に接続すると、外部周波数に同期できます。フロート状態にすると、スペクトラム拡散変調を行わないパルススキッピング・モードにできます。INTV_{CC}に接続するか

3.2V~5.0Vの電圧に接続すると、スペクトラム拡散変調を行うパルススキッピング・モードにできます。パルススキッピング・モードの場合、 I_Q は数mAに増加します。

RT (ピン6) : RTとグラウンドの間に抵抗を接続すると、スイッチング周波数を設定できます。同期させる場合、 R_T 抵抗は、LT8608Sのスイッチング周波数が最低同期入力以下となるように選ぶ必要があります。

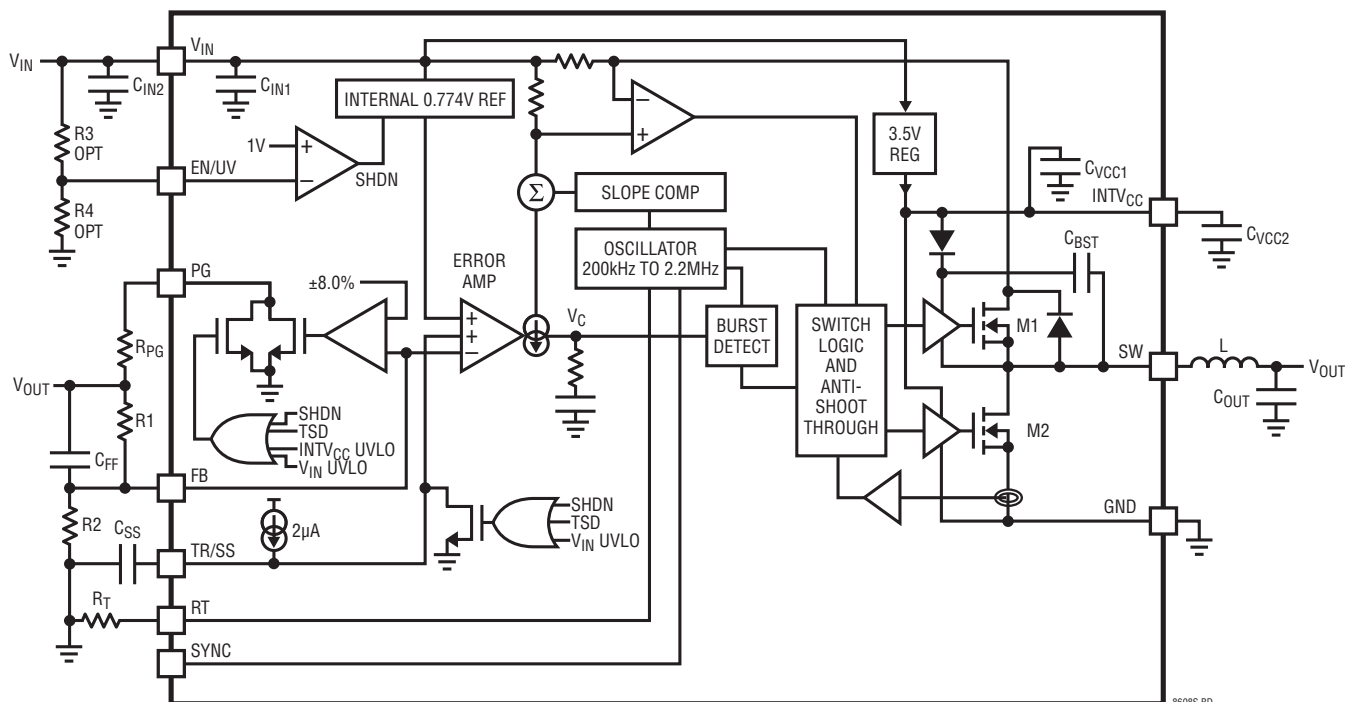
GND (ピン7、13) : 露出パッド・ピン。露出パッドは、入力コンデンサの負端子に接続し、熱抵抗を小さくするためにPCBにハンダ付けする必要があります。

EN/UV (ピン8) : LT8608Sはこのピンがローになるとシャットダウンされ、ハイになるとアクティブになります。閾値電圧にはヒステリシスがあります。上昇時は1.04V、下降時は1.00Vです。このシャットダウン機能を使わない場合は、 V_{IN} に接続してください。 V_{IN} との間に抵抗分圧器を外付けすれば、 V_{IN} の閾値をプログラムして、その閾値未満ではLT8608Sをシャットダウンさせることができます。

V_{IN} (ピン9、10) : V_{IN} ピンはLT8608Sの内部回路と内部上側パワー・スイッチに電流を供給します。このピンはすぐ近く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} ピンにできるだけ近付けて接続し、負端子はGNDピンにできるだけ近付けて接続してください。

SW (ピン11、12) : 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および昇圧コンデンサに接続します。良好な性能を得るには、PCB上でのこのノードの面積をできるだけ小さくする必要があります。

ブロック図



動作

LT8608Sは、モノリシック、固定周波数の電流モード降圧DC/DCコンバータです。RTピンの抵抗を使って周波数を設定された発振器が、各クロック・サイクルの開始時点で内蔵の上側パワー・スイッチをオンにします。インダクタを流れる電流は上側スイッチの電流コンパレータがトリップするまで増加し、トリップすると上側パワー・スイッチがオフになります。上側スイッチがオフになるときのピーク・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}ピンの電圧と0.774Vの内部リファレンスを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リファレンス基準の帰還電圧が減少し、平均インダクタ電流が新しい負荷電流に見合った値となるまでエラー・アンプがVC電圧を上げます。上側パワー・スイッチがオフになると、次のクロック・サイクルが始まるまで、またはインダクタ電流がゼロに低下するまで、同期パワー・スイッチがオンになります。過負荷状態となって下側スイッチに流れる電流が過剰になった場合は、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルの開始が遅れます。

EN/UVピンがローになると、LT8608Sはシャットダウンされ、入力から流れ込む電流は1 μ Aになります。EN/UVピンが1.04Vを超えると、スイッチング・レギュレータがアクティブになります。

軽負荷時の効率を最適化するため、LT8608Sは軽負荷状態ではBurst Mode動作になります。バーストとバーストの間で

は、出力スイッチの制御に関連するすべ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。代表的なアプリケーションでは、無負荷でのレギュレーションの場合、入力電源から3 μ Aが消費されます。Burst Mode動作を使用するには、SYNCピンをローに接続します。フロート状態になると、パルススキッピング・モードを使用できます。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周波数に同期してパルススキッピング・モードで動作します。パルススキッピング・モードでは発振器が連続的に動作し、正のSW遷移がクロックに同期されます。軽負荷時、スイッチ・パルスは出力をレギュレーションするためにスキップされ、静止電流は数mAになります。SYNCピンをハイに結合するとスペクトラム拡散モードにできます。この場合、LT8608Sはパルススキッピング・モードと同じように動作しますが、クロック周波数が増加してEMIを減らします。

出力電圧の変動幅が設定値の $\pm 8.0\%$ (代表値)を超える場合や、フォルト状態が存在する場合は、FBピン電圧をモニターするコンパレータがPGピンをローにします。

FBピンがローの場合は、発振器がLT8608S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は、起動時に出力電圧が設定値より低くなった場合に、インダクタ電流の制御に役立ちます。周波数フォールドバックは、SYNCがグラウンドに結合され、Burst Mode動作が有効化されている場合にのみイネーブルされます。

アプリケーション情報

超低静止電流の達成

軽負荷時の効率を上げるため、LT8608Sは低リップルのBurst Mode動作になり、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、出力コンデンサを充電し続け、目的の出力電圧に保ちます。Burst Mode動作では、LT8608Sは単一の小電流パルスを出力コンデンサに送り、その後はスリープ期間とします。スリープ期間内の電力は出力コンデンサから供給されます。スリープ・モードでLT8608Sが消費する電流は1.7 μ Aです。

出力負荷が低下するにつれて単一電流パルスの周波数も減少し(図1を参照)、LT8608Sがスリープ・モードになっている時間のパーセンテージは増加します。この結果、軽負荷時の効率は標準的なコンバータよりはるかに高くなります。パルスの間隔を最大にすると、代表的なアプリケーションで出力負荷がない場合は、コンバータの静止電流が3 μ Aに近づきます。したがって、軽負荷時の静止電流性能を最適化するには、帰還抵抗分圧器の電流を最小限に抑える必要があります。この電流が負荷電流として出力に現れるためです。

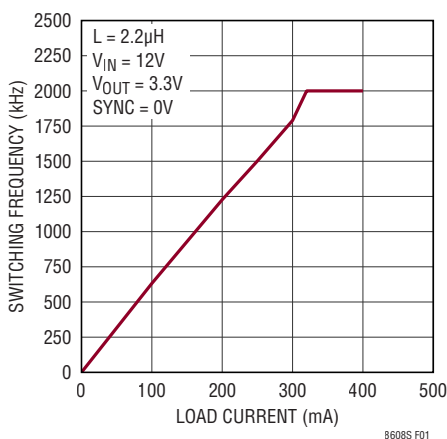


図1. SW Burst Mode 周波数と負荷の関係

Burst Mode動作時は上側スイッチの電流制限値が約550mAであるため、図3および図4に示すような出力電圧リップルが現れます。出力容量を大きくすると、それに比例して出力リップルは小さくなります。負荷がゼロから増加して行くにつれスイッチング周波数も増加しますが、図1に示すように、RTピンの抵抗によってプログラムされた値が上限値となります。LT8608S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の選択に基づいて変化します。

アプリケーションによっては、LT8608Sがパルススキッピング・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作とは大きく異なる点が2つあるからです。1つめは、クロックが常時作動していて、すべてのスイッチング・サイクルがこのクロックにアラインされる点です。このモードでは内部回路のほとんどが常時作動しているため、静止電流が数百 μ Aまで増加します。2つめは、図2に示すように、最大スイッチング周波数がBurst Mode動作の場合よりも軽い出力負荷で達される点です。パルススキッピング・モードを有効化するにはSYNCピンをフロート状態にします。パルススキッピング・モードでスペクトラム拡散変調を行うには、SYNCピンをハイに結合します。SYNCピンにクロックを入力した場合も、LT8608Sはパルススキッピング・モードで動作します。

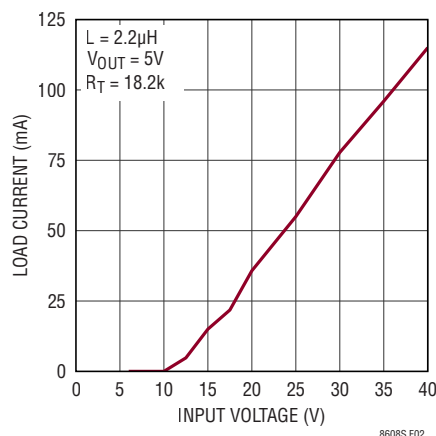


図2. パルススキッピング・モードにおける最大スイッチング周波数時の最小負荷とVINの関係

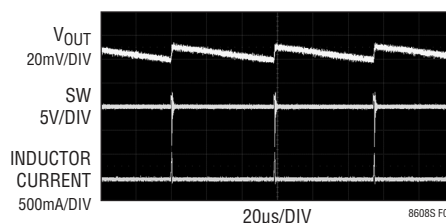


図3. Burst Mode 動作

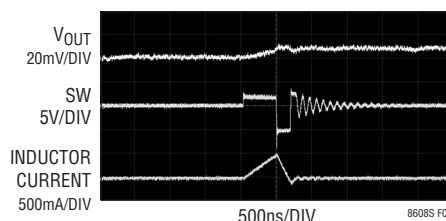


図4. Burst Mode 動作(拡大画像)

アプリケーション情報

FB 抵抗回路

出力電圧は、出力とFBピンの間にある抵抗分圧器でプログラムされます。次式に従って抵抗値を選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.774V} - 1 \right)$$

出力電圧の精度を確保するためには、1%の抵抗を推奨します。

軽負荷での効率を良好にする必要がある場合は、FBピンに接続する抵抗分圧器の全抵抗値をできるだけ大きくする必要があります。抵抗分圧器によって出力に小さな負荷が生じるため、この小さな負荷を最小限に抑えて、軽負荷での静止電流を最適化する必要があります。

大きいFB抵抗を使用する場合は、10pFの進相コンデンサをV_{OUT}とFBの間に接続してください。

スイッチング周波数の設定

LT8608Sは固定周波数のPWMアーキテクチャを採用しており、RTピンとグラウンドの間に抵抗を接続することによって、200kHz～2.2MHzの範囲でスイッチングするように設定できます。目的のスイッチング周波数を得るために必要な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の場合、周波数は、R_Tで設定された値より高い周波数に変調されます。

表1. SW周波数とR_T値の関係

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トレードオフ

動作周波数の選択は、効率、部品サイズ、および入力電圧範囲のトレードオフになります。高周波数動作の長所はインダクタとコンデンサの値を小さくできることです。短所は、効率が低く、入力電圧範囲が狭いことです。

アプリケーションの最大スイッチング周波数(f_{sw(MAX)})は次式で計算できます。

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

ここで、V_{IN}は入力電圧の代表値、V_{OUT}は出力電圧、V_{SW(TOP)}と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と約0.2V)、t_{ON(MIN)}は上側スイッチの最小オン時間です(電気的特性のセクションを参照)。この式から、高いV_{IN}/V_{OUT}比に対応するためには、スイッチング周波数を下げる必要があることが分かります。

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。LT8608Sは必要に応じてスイッチング周波数を下げ、インダクタ電流の制御を維持して安全な動作を確保します。

LT8608Sは最大デューティ・サイクルを100%に近付けることができ、また、V_{IN}とV_{OUT}の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、LT8608Sはスイッチ・サイクルをスキップするため、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、設定された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)}はサイクルをスキップしない場合の最小入力電圧、V_{OUT}は出力電圧、V_{SW(TOP)}とV_{SW(BOT)}は内部スイッチの電圧降下(最大値負荷時でそれぞれ約0.4Vと約0.2V)、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デューティ・サイクルを高める場合の最小入力電圧が高くなることに注意してください。

アプリケーション情報

インダクタの選択と最大出力電流

LT8608Sは、アプリケーションの出力負荷条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に設計されています。LT8608S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ていても支障なく動作できます。

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0.35V)、 L はインダクタの値(μH)です。

過熱や効率低下を防ぐために、インダクタは、その実効電流定格値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ぶ必要があります。更に、インダクタの飽和電流定格値(通常は I_{SAT} で表します)は、負荷電流にインダクタ・リップル電流の1/2を加えた値(次式)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 は数段落下で計算されるインダクタのリップル電流、また、 $I_{LOAD(MAX)}$ はそのアプリケーションにおける最大出力負荷です。

簡単な例を挙げると、0.5Aの出力を必要とするアプリケーションでは、実効電流定格値が0.5Aより大きく、 I_{SAT} が0.8Aより大きいインダクタを使用します。高い効率を維持するため、直列抵抗(DCR)は0.04 Ω 未満でなくてはならず、また、コア材質は高周波アプリケーション用のものにしてください。

LT8608Sは、スイッチとシステムを過負荷による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・サイクルが低い場合は、2.1A以上ですが、そこから直線的に減少して、 $D = 0.8$ では1.55A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})と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 to ピークのリップル電流は次式で計算できます。

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

ここで、 f_{SW} はLT8608Sのスイッチング周波数、 L はインダクタの値です。したがって、LT8608Sが供給できる最大出力電流は、スイッチ電流制限値、インダクタの値、および入力電圧と出力電圧に依存します。目的のアプリケーションで使用するスイッチング周波数と最大入力電圧が決まっている場合で、インダクタのリップル電流が最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)に対して不十分な場合は、インダクタの値を大きくしなければなりません。

最大出力電流と不連続動作の詳細については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・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

LT8608S回路の入力は、X7RタイプまたはX5Rタイプのセラミック・コンデンサを使ってバイパスします。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ため、使用しないでください。LT8608Sをバイパスするには4.7 μF ~10 μF 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。スイッチング周波数が低いほど、より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い場合、あるいは長い配線やケーブルによって大きなインダクタンスが存在する場合は、更に大きな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できません。

降圧レギュレータには、立上がり時間と立下がり時間の非常に短いパルス電流が入力電源から流れ込みます。その結果として生じるLT8608S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局所的なループに閉じ込めてEMIを最小限に抑えるには、入力コンデンサが必要です。4.7 μF のコンデンサがこの役割を果たすことができますが、LT8608Sの近くに配置した場合にのみ有効です(PCBレイアウトのセクションを参照)。セラミックの入力コンデンサに関する2つめの注意点は、LT8608Sの最大入力電圧定格に関することです。セラミック入力コンデンサは、パ

アプリケーション情報

ターンまたはケーブルのインダクタンスと組み合わせ、高品質の(不足減衰の)タンク回路を形成します。LT8608S回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧が公称値の2倍まで上昇して、LT8608Sの定格電圧を超えるおそれがありますが、この状況は簡単に回避できます(アナログ・デバイセズ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つの重要な役割があります。まず、インダクタと共に、LT8608Sによって生成される矩形波をフィルタリングすることでDC出力を発生させます。この操作は出力リップルを決定するので、スイッチング周波数におけるインピーダンスを小さくすることが重要です。2つめの役割は、トランジェントな負荷を吸収してLT8608Sの制御ループを安定させるためにエネルギーを保存することです。セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗(ESR)が非常に低く、最高のリップル性能を提供します。適切な初期値は次式で求められます。

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

ここで、 f_{SW} はMHz単位、 C_{OUT} は推奨出力コンデンサで μF 単位です。コンデンサはX5RまたはX7Rタイプを使用してください。これらのコンデンサは、低出力リップルと良好な過渡応答を実現します。トランジェント性能は、出力コンデンサの値を大きくし、 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で改善できます。出力容量を大きくしても、出力電圧リップルは小さくなります。値の小さい出力コンデンサを使用すると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悪化し、ループが不安定になるおそれがあります。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**のセクションを参照してください。

コンデンサを選ぶときは、そのデータシートを十分に吟味し、関係する電圧バイアスと温度での動作条件に基づいて、効果的な容量を計算する必要があります。物理的に大きいコンデンサや、より高い電圧定格のコンデンサが必要です。

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは小型、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、LT8608Sに使用すると問題を引き起こすことがあります。Burst Mode動作時のLT8608Sのスイッチング周波数は、負荷電流に依存します。また、負荷が非常に小さ

い場合は、LT8608Sがセラミック・コンデンサを可聴周波数で発振させて、可聴ノイズを発生することがあります。Burst Mode時のLT8608S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が、許容できない場合は、出力に高性能のタンタル・コンデンサか電解コンデンサを使用してください。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点は、LT8608Sの最大入力電圧定格に関することです。前述のように、セラミックの入力コンデンサはパターンやケーブルのインダクタンスと結合して、高品質の(不足減衰の)タンク回路を形成します。LT8608Sの回路を通電中の電源に接続すると、入力電圧にリングングが生じ、この電圧が公称値の2倍になってLT8608Sの電圧定格を超えるおそれがあります。この状況は簡単に回避できます(アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 88を参照)。

イネーブル・ピン

LT8608SはENピンがローになるとシャットダウンされ、ハイになるとアクティブになります。ENコンパレータの立上がり閾値は1.04Vで、ヒステリシスは50mVです。シャットダウン機能を使わない場合は、ENピンを V_{IN} に接続できます。もしくは、シャットダウン制御が必要な場合はロジック・レベルに接続することも可能です。

抵抗分圧器を V_{IN} とENピンの間に付加すると、 V_{IN} が目的の電圧より高くなった場合にのみ、LT8608Sが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)。通常、この閾値 $V_{IN(EN)}$ は、入力電源の電流が制限されている場合や、ソース抵抗が比較的高い場合に使われます。スイッチング・レギュレータはソースから一定の電力を引き出すため、ソース電圧が低下するとソース電流が増加します。これは電源からは負の抵抗負荷のように見えるため、電源電圧が低い条件下では、電源の電流が制限されたりローにラッチされたりすることがあります。 $V_{IN(EN)}$ 閾値は、この問題が生じる可能性があるような電源電圧でレギュレータが動作するのを防ぎます。この閾値は、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できます。

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

ここで、LT8608Sは、 V_{IN} が $V_{IN(EN)}$ より大きくなるまでオフを維持します。コンパレータにはヒステリシスがあるので、入力が $V_{IN(EN)}$ よりわずかに低くなるまでスイッチングは停止しません。

アプリケーション情報

軽負荷電流に対し Burst Mode で動作しているとき、 $V_{IN(EN)}$ の抵抗回路を流れる電流が LT8608S の消費電源電流を簡単に超えてしまう可能性があるため、 $V_{IN(EN)}$ の抵抗を大きくして、軽負荷時の効率への影響を最小限に抑える必要があります。

INTV_{CC} レギュレータ

内蔵低ドロップアウト (LDO) レギュレータは、 V_{IN} から 3.5V の電源を生成し、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給します。INTV_{CC} は、LT8608S の回路に十分な電流を供給できますが、1 μ F 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 ゲート・ドライバに必要な高過渡電流を供給するには、良好なバイパスが必要です。高い入力電圧と高いスイッチング周波数を使用するアプリケーションでは、LDO で消費される電力が大きいため、ダイ温度が上昇します。INTV_{CC} ピンには外部負荷を接続しないでください。

出力電圧のトラッキングとソフトスタート

LT8608S では、TR/SS ピンによって出力電圧の上昇率を設定できます。内部の 2 μ A 電流源により、TR/SS ピンの電圧は INTV_{CC} に引き上げられます。コンデンサを TR/SS ピンに外付けすると、出力がソフトスタートするため、入力電源の電流サージを防ぐことができます。ソフトスタートによる電圧上昇時に、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。TR/SS ピンの電圧が 0V ~ 0.774V の範囲では、TR/SS ピンの電圧がエラー・アンプへの 0.774V の内部リファレンス入力をオーバーライドするので、FB ピンの電圧は TR/SS ピンの電圧になるようにレギュレーションされます。TR/SS ピンの電圧が 0.774V 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なるように調整されます。

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おり、この回路は、フォルト状態にな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されると電圧の上昇を再開します。このようにソフトスタート・コンデンサを放電させるフォルト状態には、EN/UV ピンのローへの遷移、 V_{IN} 電圧の過大な低下、またはサーマル・シャットダウンがあります。

出力パワー・グッド

LT8608S の出力電圧がレギュレーション・ポイントの $\pm 8.0\%$ の範囲内 (つまり、 V_{FB} の電圧が 0.69V ~ 0.85V (代表値) 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ハイになります。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 ピンはローになります。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側の閾値には共に 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でも自動的にローになります。すなわち、EN/UV ピンが 1V 未満になった場合、INTV_{CC} が低くなりすぎた場合、 V_{IN} が低くなりすぎた場合、あるいはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

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 未満の電圧に接続します (グラウンドまたはロジック・ロー出力のどちらかとすることができます)。LT8608S 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% ~ 80%) の方形波を SYNC ピンに接続します。方形波の振幅の谷は 0.5V 未満、ピークは 2.7V を超えている (最大 5V) 必要があります。

LT8608S 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 動作に入りませんが、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。LT8608S は 200kHz ~ 2.2MHz の範囲で同期できます。R_T 抵抗は、LT8608S のスイッチング周波数が最低同期入力以下となるように選ぶ必要があります。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 となるように R_T を選択します。勾配補償は R_T 値によって設定されますが、低調波振動を避けるために必要な最小の勾配補償は、インダクタ・サイズ、入力電圧、出力電圧によって確定します。同期周波数によってインダクタ電流波形の勾配が変化するわけではないため、インダクタが R_T で設定された周波数での低調波振動を回避できるだけの大きさであれば、勾配補償はすべての同期周波数に対して十分なものになります。

アプリケーションによっては、LT8608S がパルススキッピング・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode 動作とは大きく異なる点が 2 つあるからです。1 つめは、クロックが常時作動していて、すべてのスイッチング・サイクルがこのクロックにアラインされる点です。2 つめは、前のセクションの図 2 に示すように、最大スイッチング周波数が Burst Mode 動作の場合よりも軽い出力負荷で達される点です。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。パルススキッピング・モードを有効化するには SYNC ピンをフロート状態にします。

アプリケーション情報

アプリケーションによっては低EMI動作が必要な場合がありますが、これは、スペクトラム拡散変調を使用することで実現できます。このモードは、パルススキッピング動作と同様ですが、大きな違いは、3kHzの三角波によってスイッチング周波数が高周波数および低周波数に変調される点です。この変調には低周波数値として、 R_T で設定される周波数があり、変調は、この R_T で設定された周波数より最大で約20%高い周波数で行われます。スペクトラム拡散モードを有効化するには、SYNCをINTV_{CC}に接続するか、3.2V~5Vの電圧に駆動します。

LT8608Sは、SYNC信号にかかわらず、強制連続モードでは動作しません。

短絡保護と逆入力保護

LT8608Sは出力短絡に耐えることができます。出力短絡や出力電圧低下時の保護には複数の機能が使われています。1つめはスイッチング周波数のフォールドバックで、この機能は、出力が設定値より低くなった場合にインダクタ電流制御を維持するために使われます(SYNC = 0Vの場合のみ)。2つめは下側スイッチの電流モニターで、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まで上側スイッチのスイッチングが遅延されます。この機能によって、LT8608Sを個々のアプリケーションに適合させたり、短絡状態のときに発熱を制限したりすることができます。

周波数フォールドバック動作はSYNCピンの状態に依存します。SYNCピンがローまたはハイ、あるいはフロート状態の場合、出力電圧が設定レベルより低くなると、スイッチング周波数が低下します。SYNCピンがクロック源に接続されている場合は、LT8608Sは設定周波数を維持してフォールドバックを行わず、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合のみスイッチング速度を低下させます。

LT8608Sへの入力がない場合に出力が高い電圧に保たれるシステムでは、考慮すべき状況がもう1つあります。この状況が発生する可能性があるのは、バッテリーや他の電源がLT8608Sの出力とダイオードOR接続されている場合で、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・システムなどが挙げられます。V_{IN}ピンをフロート状態にできる場合に、(ロジック信号によって、あるいはV_{IN}に接続することによって) ENピンがハイに保持されていると、LT8608Sデバイスの内部回路にはSWピンを通じて静止電流が流れます。

この状態でシステムが数 μ A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0.7 μ A近くまで減少します。しかし、出力を高い値に保持した状態でV_{IN}ピンを接地すると、ENピンの状態に関係なく、出力からSWピンとV_{IN}ピンを通して、LT8608S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。図5に示すようにV_{IN}ピンとEN/UVピンを接続すれば、LT8608Sは入力電圧が加わっているときにのみ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護されます。

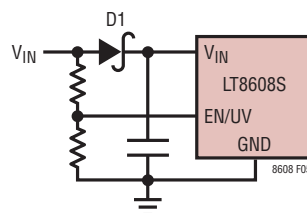


図5. 逆V_{IN}保護

PCBレイアウト

適切な動作を確保しEMIを最小限に抑えるため、プリント回路基板のレイアウト時には注意を払う必要があります。LT8608SのV_{IN}ピン、GNDピン、および入力コンデンサ(C1)には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。入力コンデンサをV_{IN}ピンとGNDピンの近くに配置することにより、入力コンデンサによって形成されるループをできるだけ小さくする必要があります。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、小型で値の小さなコンデンサをV_{IN}ピンと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、インダクタと出力コンデンサも回路基板の同じ側に配置し、それらの接続も同じ層上で行う必要があります。局所的な切れ目のないグラウンド・プレーンを、表面層に最も近い層にあるアプリケーション回路の下に配置してください。SWノードはできるだけ小さくする必要があります。最後に、FBノードとRTノードを小さくしておくことで、グラウンド・パターンがそれらのノードをシールドして、SWノードからの影響を受けないようにします。パッケージ底面の露出パッドは、電氣的にグラウンドに接続され、熱的にヒート・シンクとして機能するように、グラウンドにハンダ付けする必要があります。熱抵抗を小さく保つために、グラウンド・プレーンをできるだけ広げ、LT8608Sの下部および近くから回路基板内および裏側の別のグラウンド・プレーンまでサーマル・ビアを複数配

アプリケーション情報

置します。温度サイクルの間の機械的性能を確保するため、コーナのN/Cピンをグランド・プレーンにハンダ付けします。レイアウト例についての基本的なガイドラインを図6に示します。この例は、クラス5制限のCISPR25放射エミッション試験に合格できます。

熱に対する考慮事項

周囲温度が高い場合にLT8608Sのヒート・シンク機能が適切に確保されるよう、PCBのレイアウトに注意する必要があります。パッケージ底面にある露出パッドは、グランド・プレーンにハンダ付けする必要があります。このグランド・プレーンは、その下にある広い銅層にサーマル・ビアで接続してください。これらの層はLT8608Sが発生する熱を拡散します。ビアを追加すれば、更に熱抵抗を小さくすることができます。最大負荷電流は、周囲温度が最大ジャンクション

温度定格値に近づくに従ってディレーティングする必要があります。LT8608S内での消費電力は、効率測定値から合計電力損失を計算して、そこからインダクタ損失を減じることによって予測できます。ダイ温度は、LT8608Sの消費電力に、ジャンクションから周囲への熱抵抗を乗じることによって計算できます。安全なジャンクション温度を超えた場合、LT8608Sはスイッチングを停止しフォルト状態を通知します。

LT8608Sの温度上昇が最も大きくなるのは、高負荷、高 V_{IN} 、高スイッチング周波数の状態で動作させた場合です。与えられたアプリケーションにおける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せば、温度を許容可能なレベルまで下げることができます。図7と図8に、 V_{IN} を下げることでケース温度の上昇をどのように制御できるかを示します。

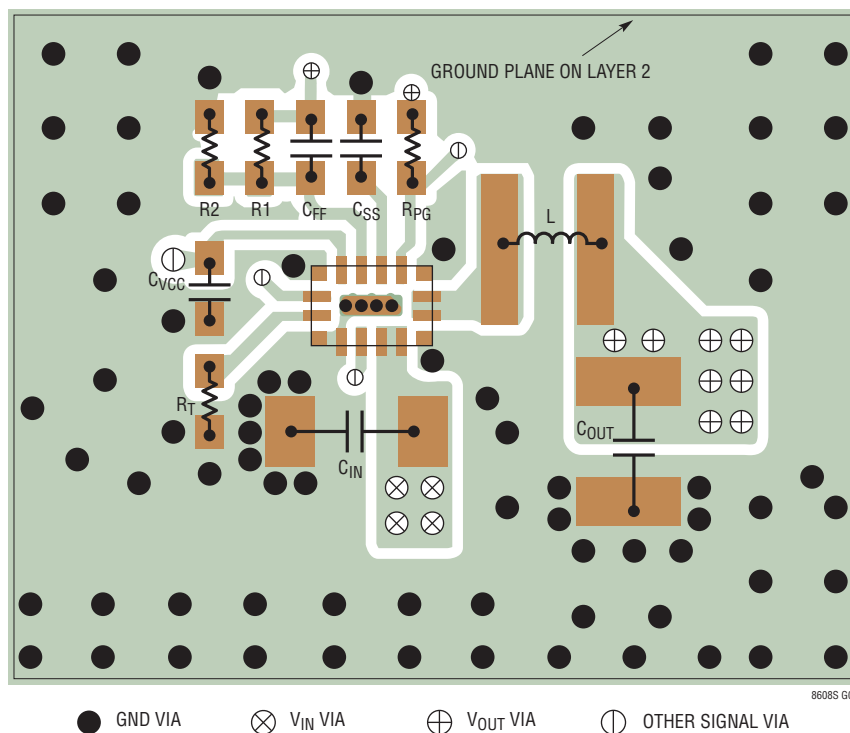


図6. PCBレイアウト(正確な縮尺ではありません)

アプリケーション情報

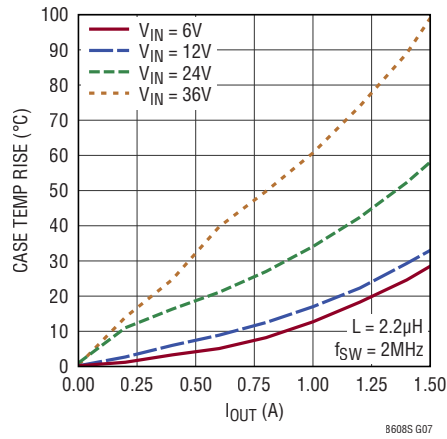


図7. ケース温度の上昇と負荷電流の関係 (V_{OUT} = 3.3V)

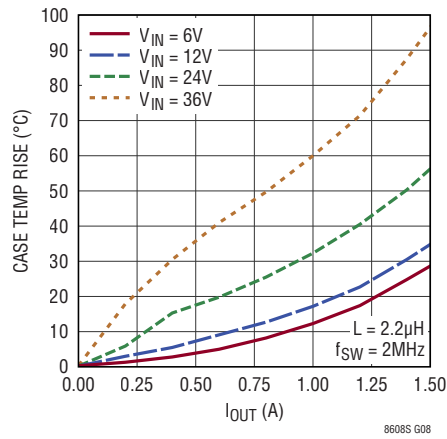
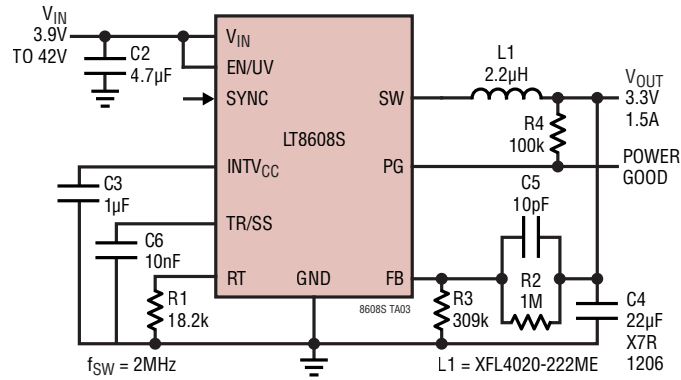


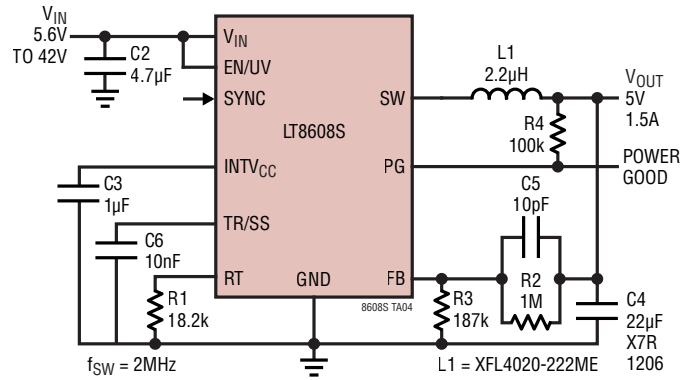
図8. ケース温度の上昇と負荷電流の関係 (V_{OUT} = 5V)

標準的応用例

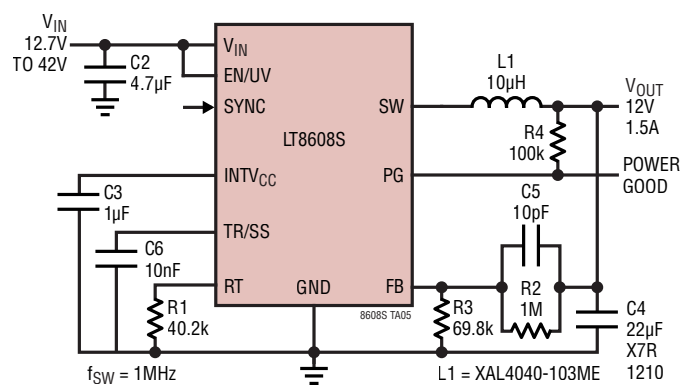
3.3V 降圧



5V 降圧

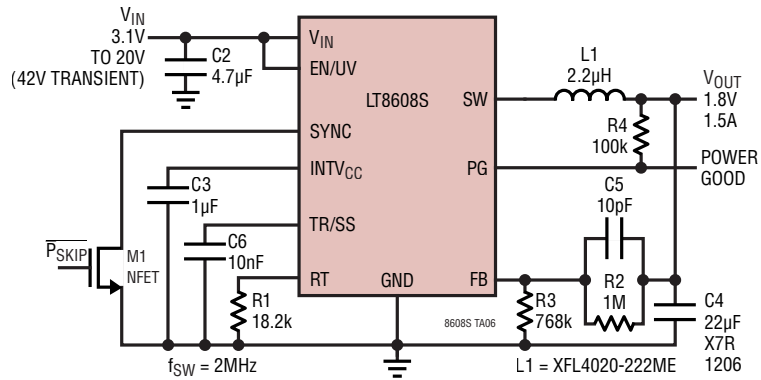


12V 降圧

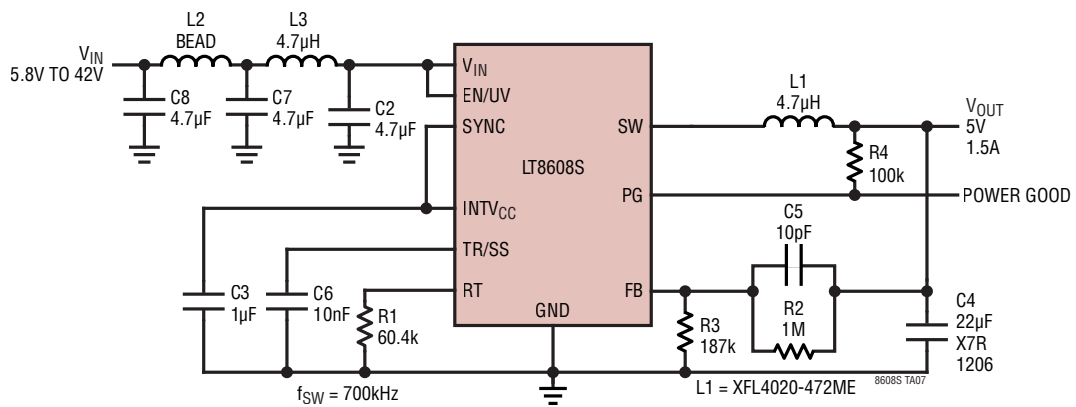


標準的応用例

1.8V 2MHz 降圧コンバータ



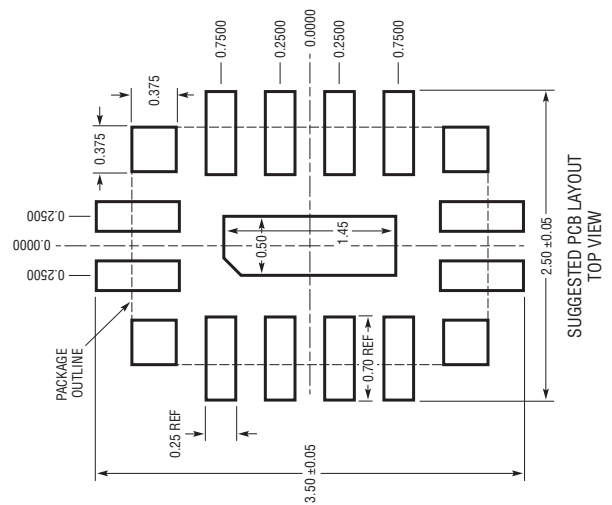
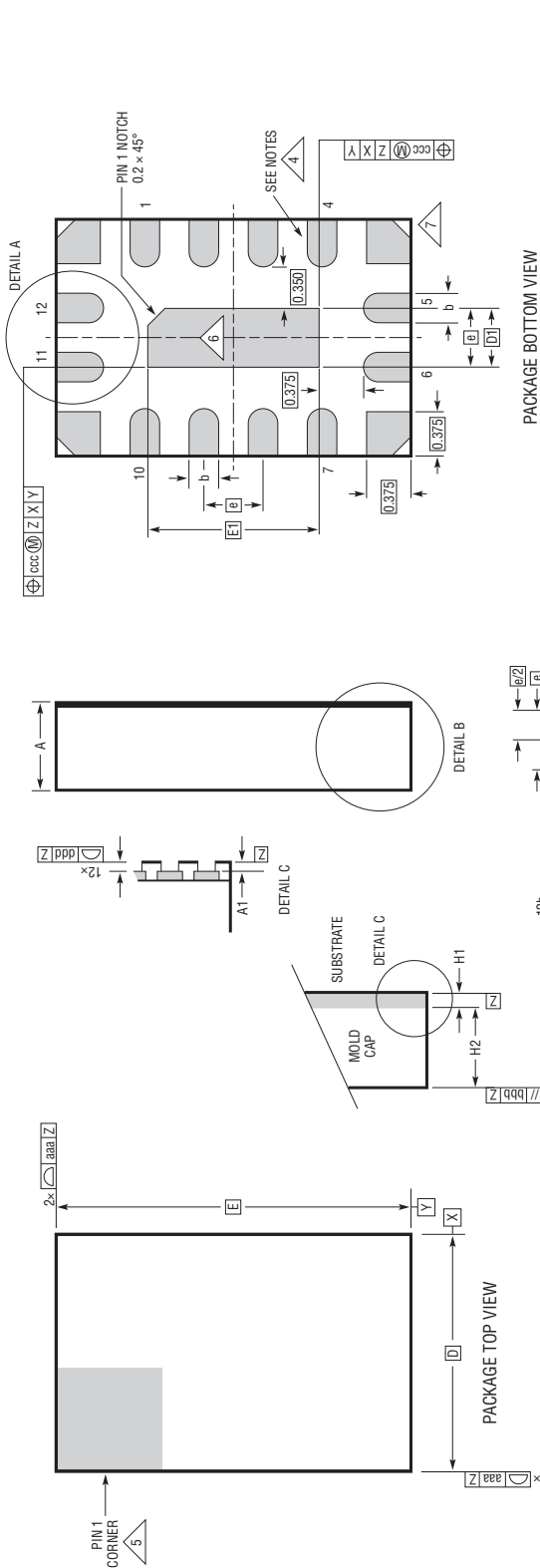
超低EMIの5V 1.5A降圧コンバータ



C2, C4, C7, C8 X7R 1206

パッケージの説明

LQFN Package
12-Lead (2mm × 3mm × 0.74mm)
 (Reference LIC DWG # 05-08-1565 Rev B)



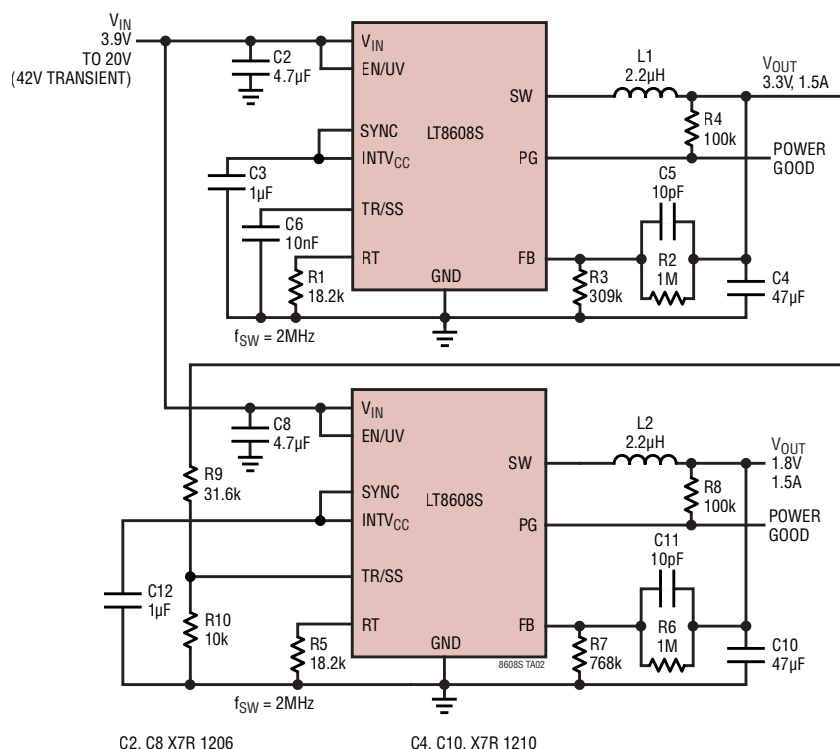
DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	0.65	0.74	0.83	
A1	0.01	0.02	0.03	
L	0.30	0.40	0.50	
b	0.22	0.25	0.28	PAD DIMENSION
D		2.00		
E		3.00		
D1		0.50		
E1		1.45		
e		0.50		
H1		0.24 REF		SUBSTRATE THK
H2		0.50 REF		MOLD CAP HT
aaa			0.10	
bbb			0.10	
ccc			0.10	
ddd			0.10	
eee			0.15	
fff			0.08	

- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. PRIMARY DATUM - Z - IS SEATING PLANE
 4. METAL FEATURES UNDER THE SOLDER MASK OPENING NOT SHOWN SO AS NOT TO OBSCURE THESE TERMINALS AND HEAT FEATURES
 5. DETAILS OF PIN 1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN 1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 6. THE EXPOSED HEAT FEATURE MAY HAVE OPTIONAL CORNER RADII
 7. CORNER SUPPORT PAD CHAMFER IS OPTIONAL

LQFN 12-1116 REV B

標準的応用例

比例トラッキング機能付き 3.3V/1.8V 出力



関連製品

製品番号	概要	注釈
LT8609/ LT8609A	42V、2A/3A ピーク、効率93%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.2V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-10E パッケージ
LT8610A/ LT8610AB	42V、3.5A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-16E パッケージ
LT8610AC	42V、3.5A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-16E パッケージ
LT8610	42V、2.5A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-16E パッケージ
LT8611	入出力電流制限/モニタ機能を備えた42V、2.5A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 5mm QFN-24 パッケージ
LT8616	42V、デュアル2.5A + 1.5A、効率95%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、TSSOP-28E、3mm × 6mm QFN-28 パッケージ
LT8620	65V、2.5A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-16E、3mm × 5mm QFN-24 パッケージ
LT8614	42V、4A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18 パッケージ
LT8612	42V、6A、効率96%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 3.0\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 6mm QFN-18 パッケージ
LT8640	42V、5A/7A ピーク、効率96%、3MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu A$	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18 パッケージ
LT8602	42V、クラウド出力 (2.5A+1.5A+1.5A+1.5A)、効率95%、2.2MHzの同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 25\mu A$	$V_{IN}: 3V \sim 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 25\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、6mm × 6mm QFN-40 パッケージ