

静止電流が2.5μAの42V、5A同期整流式 降圧 Silent Switcher

特長

- Silent Switcher® (サイレント・スイッチャ)アーキテクチャ
 - 超低EMI放射
 - オプションのスペクトラム拡散変調
- 高周波で高効率
 - 1MHz、12V入力、5V出力時の効率:最大96%
 - 2MHz、12V入力、5V出力時の効率:最大95%
- 広い入力電圧範囲:3.4V~42V
- 最大連続電流:5A、ピーク出力電流:7A
- 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}
- 短い最小スイッチオン時間:30ns
- 全ての条件で低ドロップアウト:100mV(1A時)
- 強制連続モード
- 調整可能および同期可能な周波数:200kHz~3MHz
- 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- 小型20ピン(4mm×3mm)LQFNパッケージ
- AEC-Q100認定進行中

アプリケーション

- 自動車用電源および産業用電源
- 汎用降圧電源

概要

LT®8636は、Silent Switcherアーキテクチャを備えた同期整流式降圧レギュレータで、EMI放射を最小限に抑えながら高スイッチング周波数で高い効率を実現するよう設計されています。最小オン時間が30nsのピーク電流モード制御により、スイッチング周波数が高い場合でも高い降圧比が可能です。

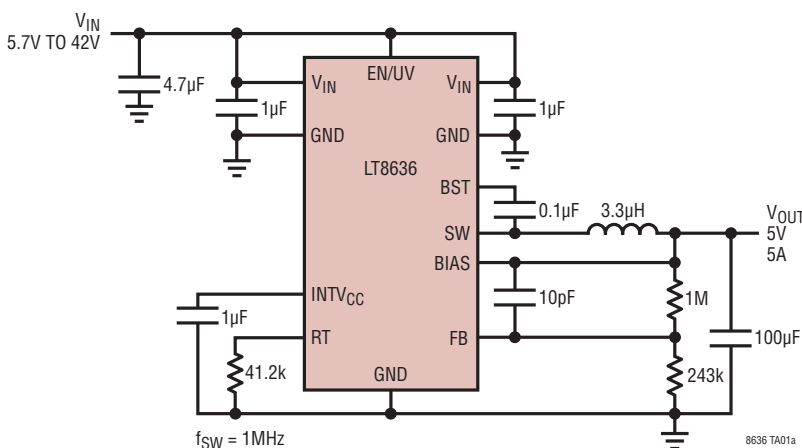
LT8636は、出力が完全にレギュレーションしている状態で静止電流が2.5μAと極めて小さいので、負荷電流が非常に少ないときに最高の効率が要求されるアプリケーションが実現可能です。CLKOUTピンを使用して、他のレギュレータをLT8636と同期させることができます。

Burst Mode動作によって極めて低いスタンバイ電流消費量を実現し、強制連続モードで出力負荷範囲全体にわたって周波数高調波を制御することができ、スペクトラム拡散動作によってEMI放射を更に低減できます。TR/SSピンを介してソフトスタートおよびトラッキング機能にアクセスし、EN/UVピンを使用して高精度の入力電圧UVLO閾値を設定できます。

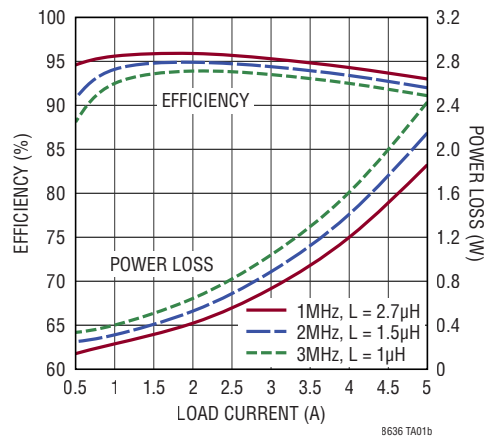
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。8823345を含む米国特許によって保護されています。

標準的応用例

5V/5A降圧コンバータ



12V入力、5V出力時の効率



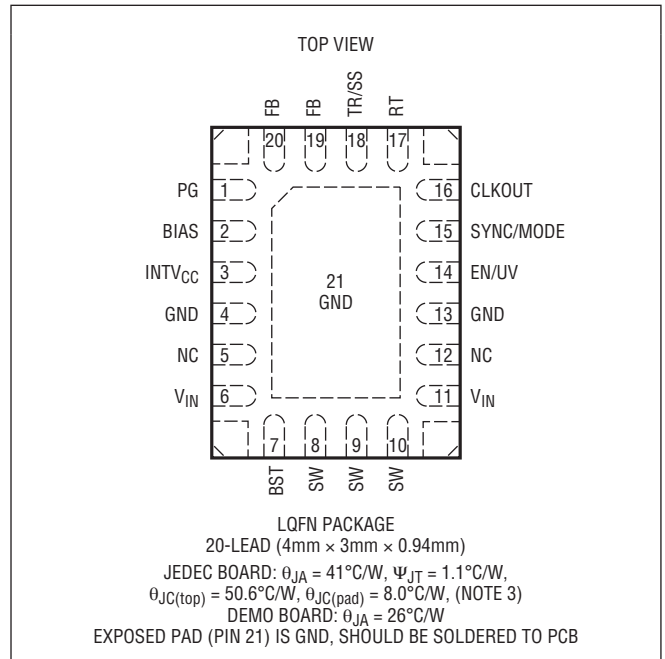
LT8636

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} 、EN/UV、PG	42V
BIAS	25V
FB、TR/SS	4V
SYNC / MODE 電圧	6V
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2)	
LT8636E	-40°C ~ 125°C
LT8636J	-40°C ~ 150°C
LT8636H	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C
最大リフロー (パッケージ本体) 温度	260°C

ピン配置



発注情報

製品番号	製品マーキング*	仕上げコード	パッド仕上げ	パッケージ・タイプ**	MSL 定格	温度範囲
LT8636EV#PBF	8636	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°C
LT8636JV#PBF						-40°C to 150°C
LT8636HV#PBF						-40°C to 150°C

オートモーティブ製品***

LT8636EV#WPBF	8636	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°C
LT8636JV#WPBF						-40°C to 150°C
LT8636HV#WPBF						-40°C to 150°C

- 更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。* デバイスの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。
- パッドの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609に準拠しています。
- 推奨のPCBアセンブリ手順および製造手順についての参照先
- パッケージおよびトレイの図面の参照先

製品名の末尾がPBFのデバイスはRoHSおよびWEEEに準拠しています。**LT8636パッケージの寸法は、標準の4mm × 3mm QFNパッケージと同じです。

*** このデバイス・バージョンは、車載アプリケーションの品質と信頼性の条件に対応するため、管理の行き届いた製造工程により供給されます。これらのモデルは#W接尾部により指定されます。車載アプリケーション向けには、上記の車載グレード製品のみを提供しています。特定製品のオーダー情報とこれらのモデルに特有の車載信頼性レポートについては、最寄りのアナログ・デバイス代理店までお問い合わせください。

電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage		●		3.0	3.4	V
V_{IN} Quiescent Current in Shutdown	$V_{EN/UV} = 0V$	●		1	3	μA
V_{IN} Quiescent Current in Sleep	$V_{EN/UV} = 2V, V_{FB} > 0.97V, V_{SYNC} = 0V$	●		1	10	μA
V_{IN} Current in Regulation	$V_{OUT} = 0.97V, V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 1\text{mA}, V_{SYNC} = 0$			1.7	4	μA
Feedback Reference Voltage	$V_{IN} = 6V$ $V_{IN} = 6V$	●	0.966 0.956	0.970 0.970	0.974 0.982	V V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V$ to $36V$	●		0.004	0.02	%/V
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$		-20		20	nA
BIAS Pin Current Consumption	$V_{BIAS} = 3.3V, f_{SW} = 2\text{MHz}$			14		mA
Minimum On-Time	$I_{LOAD} = 1.5A, SYNC = 0V$ $I_{LOAD} = 1.5A, SYNC = 2V$	● ●		30 30	50 45	ns ns
Minimum Off-Time				80	110	ns
Oscillator Frequency	$R_T = 221k$ $R_T = 60.4k$ $R_T = 18.2k$	● ● ●	180 665 1.8	210 700 1.95	240 735 2.1	kHz kHz MHz
Top Power NMOS On-Resistance	$I_{SW} = 1A$			66		m Ω
Top Power NMOS Current Limit		●	7.5	10	12.5	A
Bottom Power NMOS On-Resistance	$V_{INTVCC} = 3.4V, I_{SW} = 1A$			27		m Ω
SW Leakage Current	$V_{IN} = 42V, V_{SW} = 0V, 42V$		-3		3	μA
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	●	0.94	1.0	1.06	V
EN/UV Pin Hysteresis				40		mV
EN/UV Pin Current	$V_{EN/UV} = 2V$		-20		20	nA
PG Upper Threshold Offset from V_{FB}	V_{FB} Falling	●	5	7.5	10.25	%
PG Lower Threshold Offset from V_{FB}	V_{FB} Rising	●	-10.75	-8	-5.25	%
PG Hysteresis				0.2		%
PG Leakage	$V_{PG} = 3.3V$		-80		80	nA
PG Pull-Down Resistance	$V_{PG} = 0.1V$	●		700	2000	Ω
SYNC/MODE Threshold	SYNC/MODE DC and Clock Low Level Voltage SYNC/MODE Clock High Level Voltage SYNC/MODE DC High Level Voltage	● ● ●	0.7 2.2	0.9 1.2 2.55	1.4 2.9	V V V
Spread Spectrum Modulation Frequency Range	$R_T = 60.4k, V_{SYNC} = 3.3V$			22		%
Spread Spectrum Modulation Frequency	$V_{SYNC} = 3.3V$			3		kHz
TR/SS Source Current		●	1.2	1.9	2.6	μA
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, TR/SS = 0.1V			200		Ω
V_{IN} to Disable Forced Continuous Mode	V_{IN} Rising		35	37	39	V

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、長期間にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: LT8636E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に適合することが確認されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作ジャンクション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。LT8636JおよびLT8636Hは、

$-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の全動作ジャンクション温度範囲で動作することが確認されている。ジャンクション温度が高いと、動作寿命は短くなる。 125°C を超えるジャンクション温度では動作寿命がデレーティングされる。ジャンクション温度(T_J ($^\circ\text{C}$))は周囲温度(T_A ($^\circ\text{C}$))および消費電力(PD(W))から次式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (PD \cdot \theta_{JA})$$

ここで、 θ_{JA} ($^\circ\text{C}/\text{W}$)はパッケージの熱抵抗である。

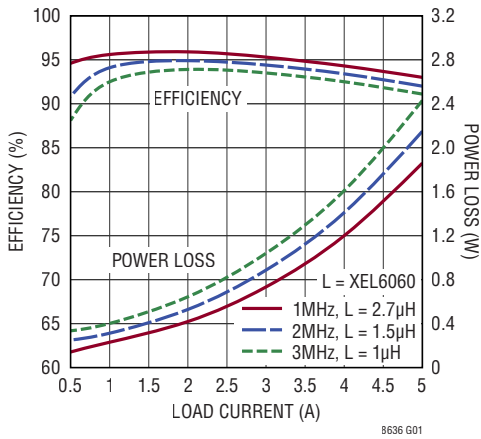
電気的特性

Note 3: θ の値はJEDEC 51-7, 51-12に従って決定される。熱抵抗の改善について、または標準的な動作条件での評価用ボードの実温度計測については、アプリケーション情報のセクションを参照。

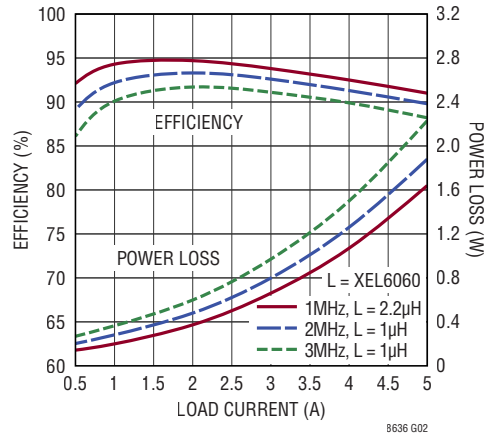
Note 4: このデバイスには過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなときジャンクション温度は150°Cを超える。規定されている最大動作ジャンクション温度を超えた状態で動作が継続すると、寿命が短くなる。

代表的な性能特性

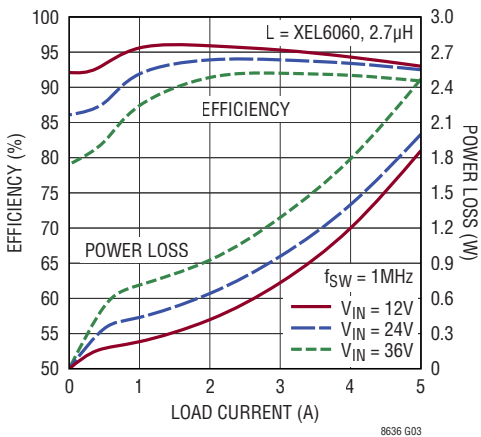
12V入力、5V出力時の効率と周波数



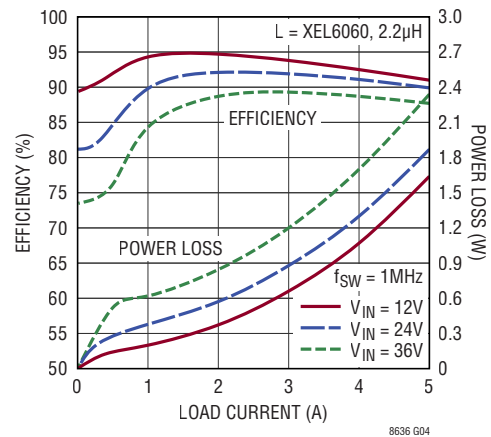
12V入力、3.3V出力時の効率と周波数



5V出力での効率

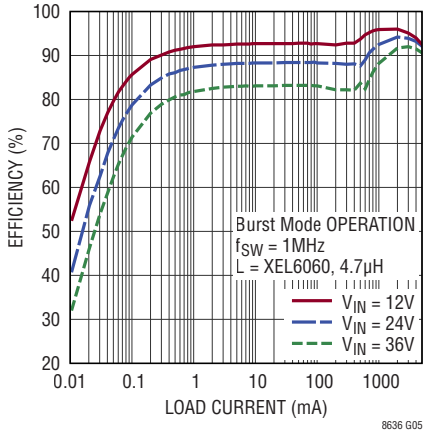


3.3V出力での効率

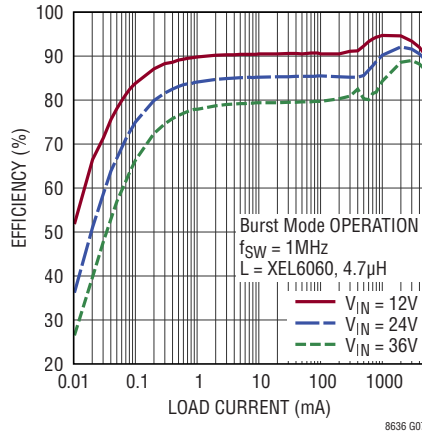


代表的な性能特性

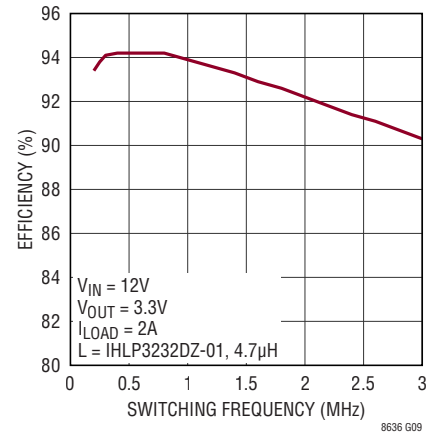
5V出力での効率



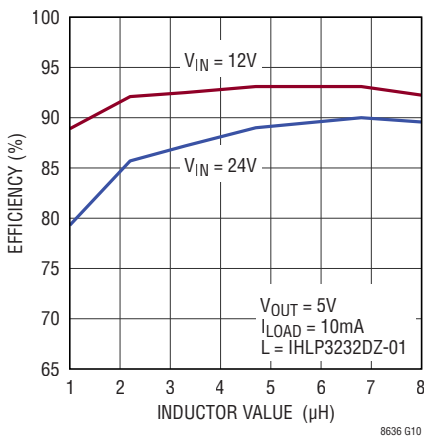
3.3V出力での効率



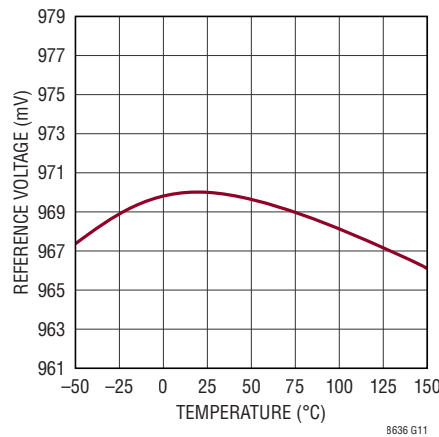
効率と周波数



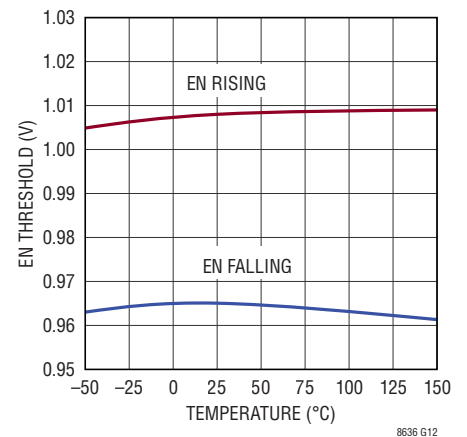
Burst Mode 動作の効率とインダクタ値



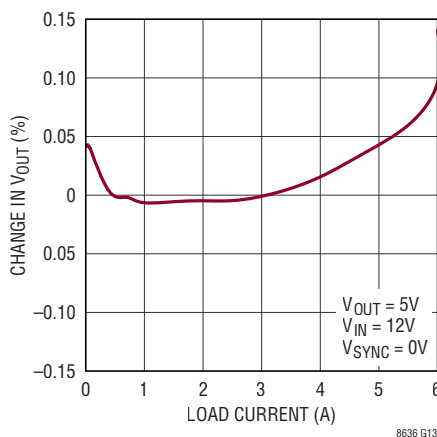
リファレンス電圧



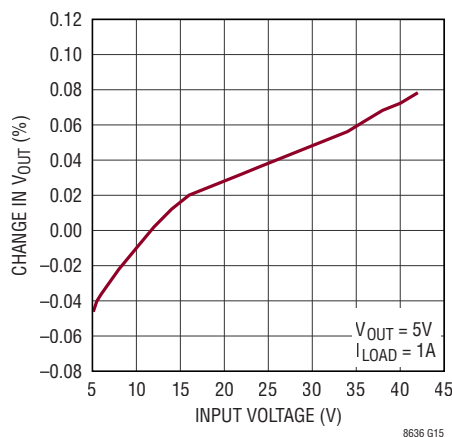
ENピンの閾値



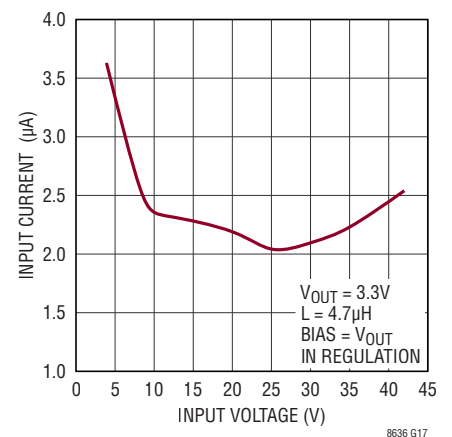
負荷レギュレーション



ラインレギュレーション

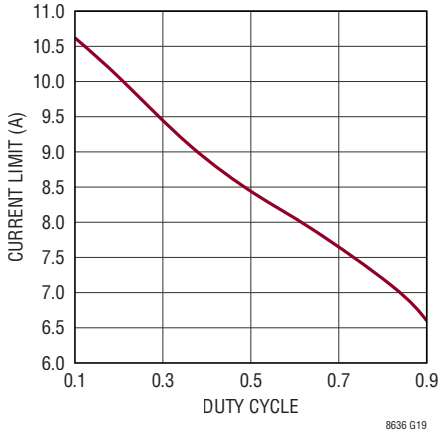


無負荷時電源電流

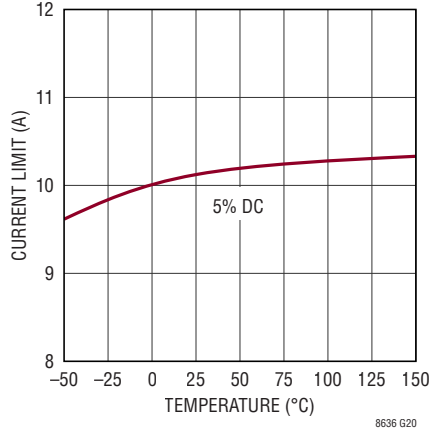


代表的な性能特性

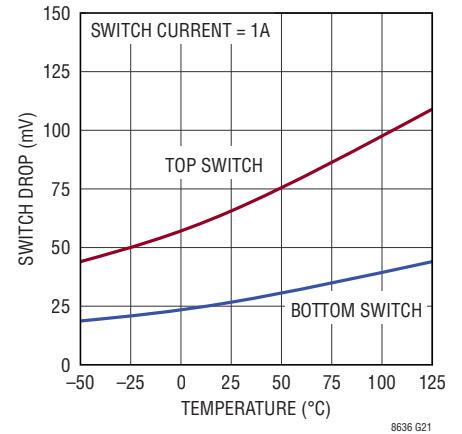
上側FETの電流制限と
デューティ・サイクル



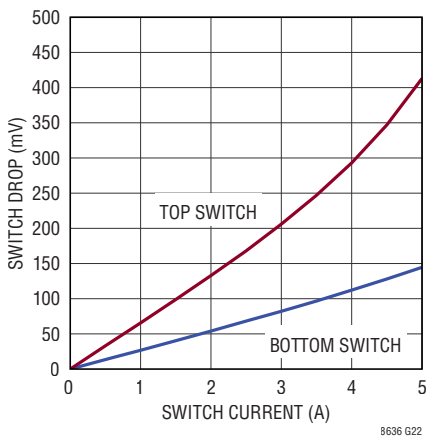
上側FETの電流制限



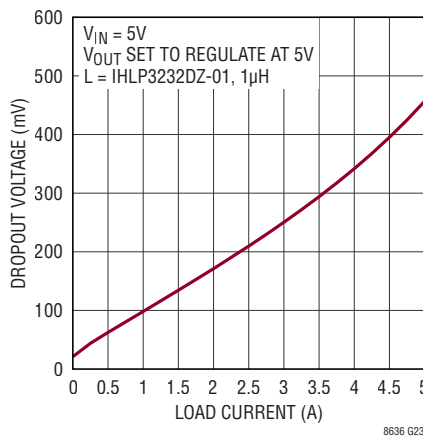
スイッチの電圧降下と温度



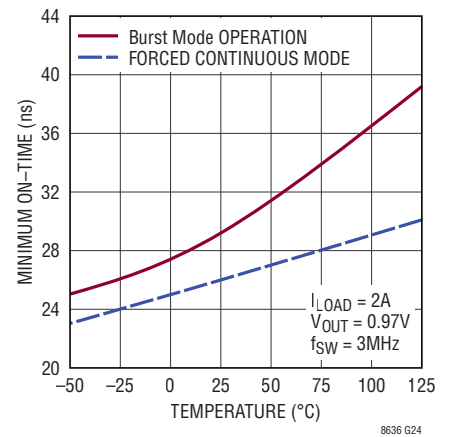
スイッチの電圧降下と
スイッチ電流



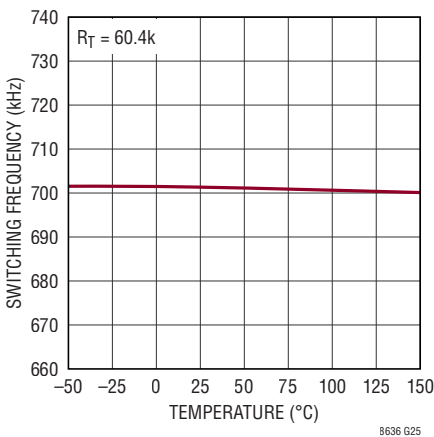
ドロップアウト電圧



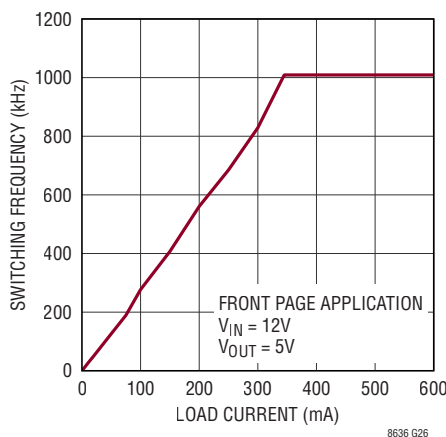
最小オン時間



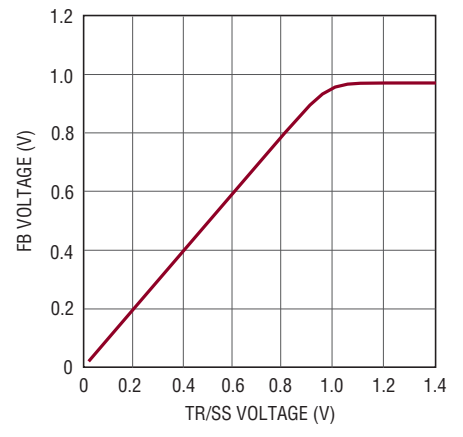
スイッチング周波数



バースト周波数

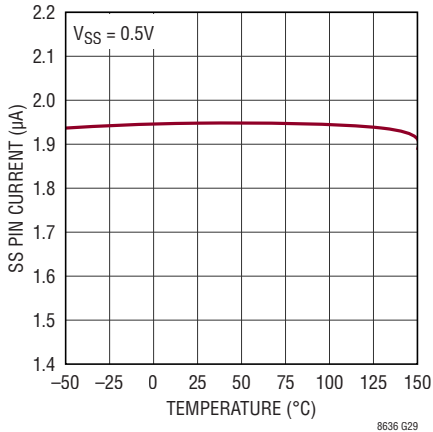


ソフトスタート時のトラッキング

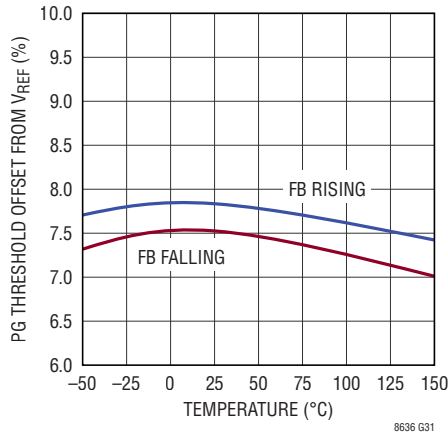


代表的な性能特性

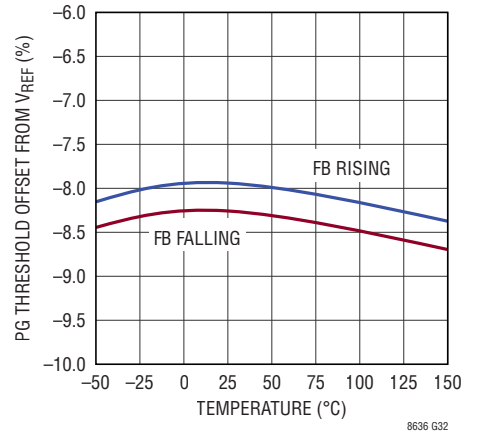
ソフトスタート・ピンの電流



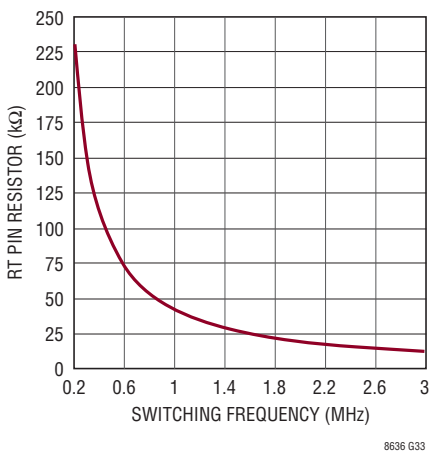
PGピンのハイ閾値



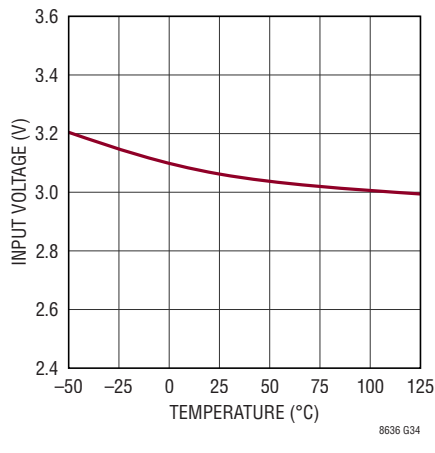
PGピンのロー閾値



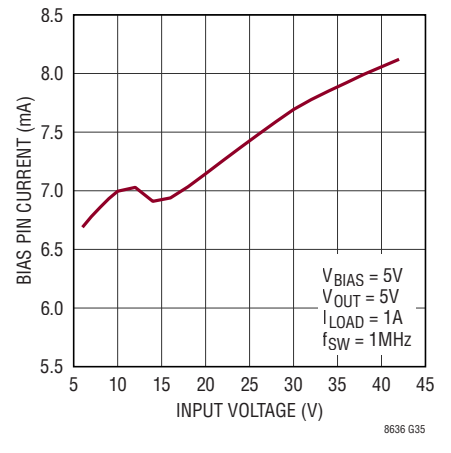
RTで設定したスイッチング
周波数



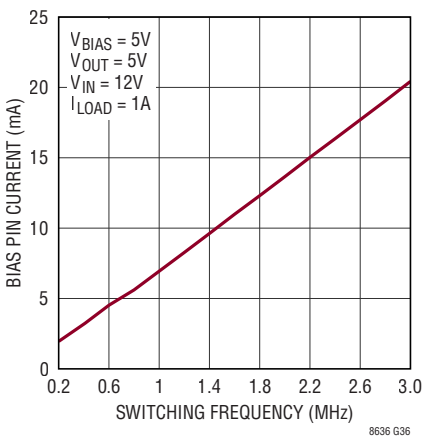
最小入力電圧



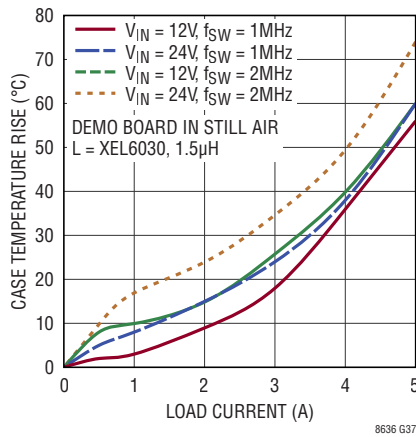
BIASピンの電流



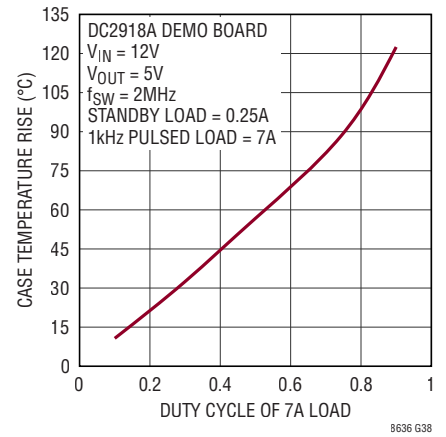
BIASピンの電流



ケース温度の上昇

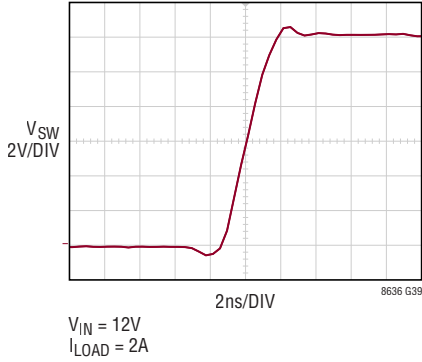


ケース温度の上昇と
7Aパルス負荷

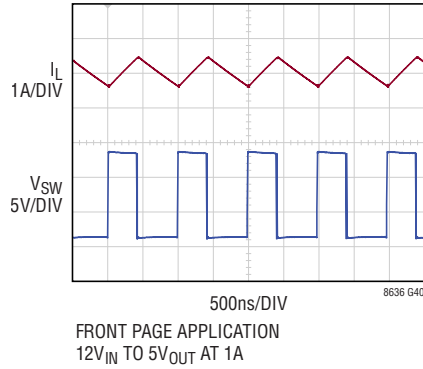


代表的な性能特性

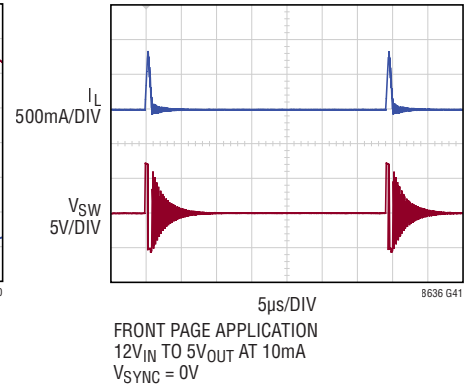
スイッチングの立ち上がりエッジ



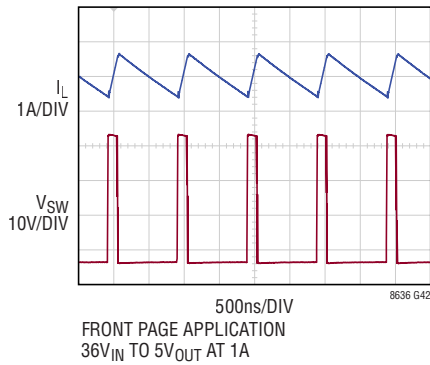
スイッチング波形、
最大周波数での連続動作



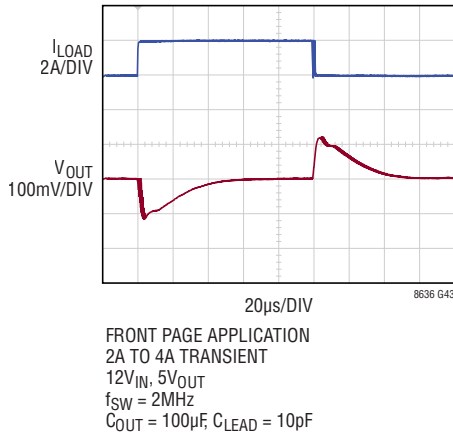
スイッチング波形、
Burst Mode 動作



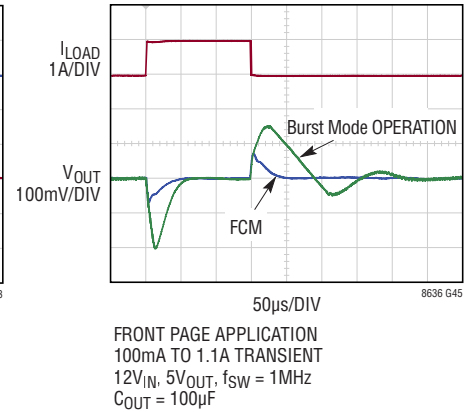
スイッチング波形



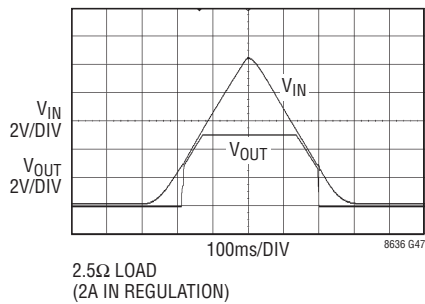
過渡応答、2Aから4Aへの
トランジェント



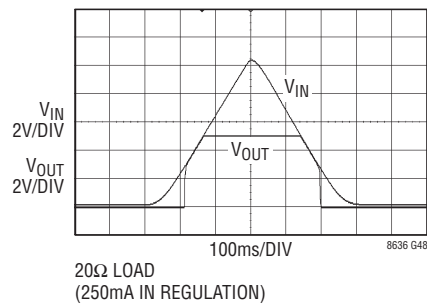
過渡応答、100mAから1.1Aへの
トランジェント



起動時のドロップアウト性能

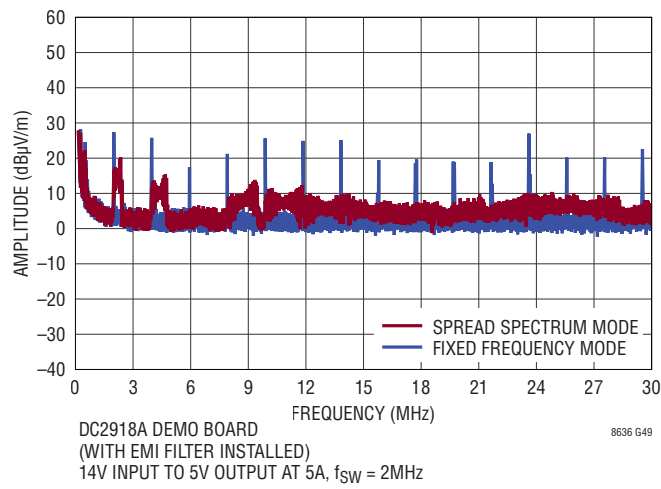


起動時のドロップアウト性能

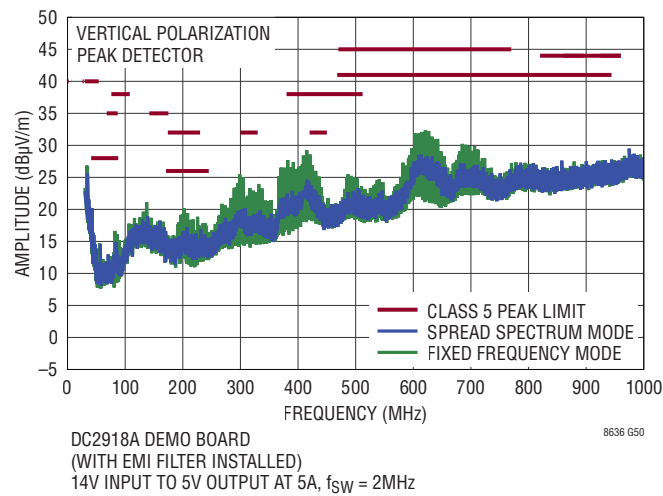


代表的な性能特性

伝導EMI性能



EMI放射性能(クラス5ピーク限度値でのCISPR25放射エミッション・テスト)



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 $\pm 8\%$ 以内になるまでローのままであり、障害状態にはなりません。PG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、またはサーマル・シャットダウンが作動している場合にもローに引き下げられます。V_{IN}が3.4Vより高い場合、PGは有効です。

BIAS (ピン2) : BIASが3.1Vより高い電圧に接続されていると、内部レギュレータにはV_{IN}ではなくBIASから電流が流れます。出力電圧が3.3V~25Vの場合、このピンはV_{OUT}に接続してください。このピンをV_{OUT}以外の電源に接続する場合は、このピンの近くに1 μ Fのバイパス・コンデンサを使用してください。電源を使用できない場合は、GNDに接続します。ただし、特に高入力電圧または高周波数アプリケーションの場合、BIASを出力または3.3V以上の外部電源に接続する必要があります。

INTV_{CC} (ピン3) : 内部3.4V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}ピンには外部回路による負荷をかけないでください。INTV_{CC}の電流は、BIAS > 3.1Vの場合はBIASピンから供給され、そうでない場合はV_{IN}ピンから供給されます。BIASが3.0V~3.6Vの範囲の場合、INTV_{CC}ピンの電圧は2.8V~3.4Vの範囲で変化します。1 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサをこのピンとグラウンドの間に接続し、デバイスに近づけて配置します。

GND (ピン4、13、露出パッド・ピン21) : グラウンド。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してください。露出パッドは、良好な熱性能を得るためPCBにハンダ処理する必要があります。製造上の制限により必要な場合は、ピン25~28を未接続のままにできますが、熱性能は低下します。

NC (ピン5、12) : 接続なし。このピンは内部回路に接続されおらず、PCB上の任意の場所(通常はグラウンド)に接続できます。

V_{IN} (ピン6、11) : V_{IN}ピンからはLT8636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。LT8636では、複数のV_{IN}バイパス・コンデンサを使用することが必要です。1 μ Fの小型コンデンサ2個(C_{IN1}、C_{IN2})をLT8636の両側に1つずつ、デバイスにできるだけ近づけて配置します。3つ目の、容量が2.2 μ F以上の大きいコンデンサは、C_{IN1}またはC_{IN2}の近くに配置します。レイアウト例については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

BST (ピン7) : 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デバイスにできるだけ近づけて配置してください。

SW (ピン8~10) : SWピンは内部パワー・スイッチの出力です。これらのピンは互いに接続し、インダクタに接続します。優れた性能と低いEMIを得るため、プリント回路基板上でのこのノードの面積が小さくなるようにしてください。

EN/UV (ピン14) : LT8636は、このピンがローのときシャットダウン状態になり、このピンがハイのときアクティブになります。ヒステリシスのあるスレッシュホールド電圧は上昇時1.00V、下降時0.96V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圧器を使って、その値を下回るとLT8636がシャットダウンするV_{IN}閾値を設定できます。

SYNC/MODE (ピン15) : LT8636では、このピンを使用して次の4種類の動作モードを設定します。(1) Burst Mode動作。低出力負荷でのBurst Mode動作の場合、このピンを接地します。これによって、超低静止電流が得られます。(2) 強制連続モード(FCM)。このモードは、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答および最大周波数での動作を提供します。強制連続モードの場合、このピンをフロート状態にします。フロート状態にする場合は、このピンのもれ電流が1 μ A未満である必要があります。内部のプルアップ抵抗およびプルダウン抵抗については、ブロック図を参照してください。(3) スペクトラム拡散モード。スペクトラム拡散変調を伴う強制連続モードの場合、このピンをINTV_{CC}(約3.4V)または3V~4Vの外部電源に接続してハイにします。(4) 同期モード。外部周波数に同期させるには、このピンをクロック信号源で駆動します。同期中、デバイスは強制連続モードで動作します。

CLKOUT (ピン16) : 強制連続モード、スペクトラム拡散モード、および同期モードでは、CLKOUTピンが約200ns幅のパルスをスイッチ周波数で供給します。CLKOUTピンの低レベルはグラウンド、高レベルはINTV_{CC}です。CLKOUTピンの駆動強度は数百 Ω です。Burst Mode動作では、CLKOUTピンはローになります。CLKOUT機能を使用しない場合は、このピンをフロート状態にします。

RT (ピン17) : RTピンとグラウ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。

ピン機能

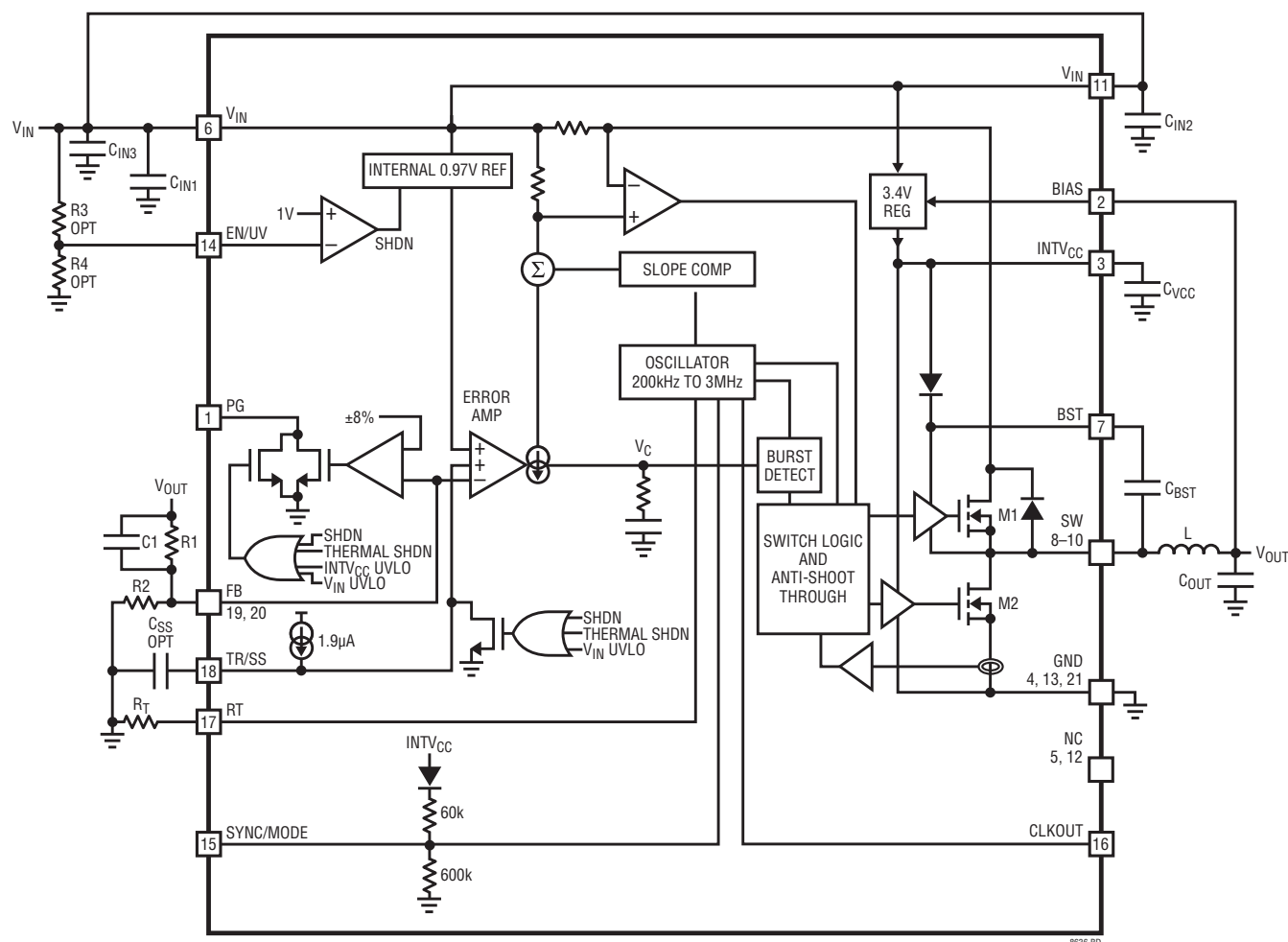
TR/SS (ピン18) : 出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用すると、起動時に出力電圧のランプ・レートを制御できます。TR/SS ピンの電圧が0.97Vより低くなると、デバイスはFBピンの電圧を安定化してTR/SSピンの電圧と等しくなるようにします。TR/SSピンの電圧が0.97Vより高くなると、トラッキング機能がデイスエーブルされ、内部リファレンスによってエラーアンプの制御が再開されます。このピンにはINTV_{CC}からの1.9 μ Aの内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサで出力電圧のスルー・レートを設定できます。このピンは、シャットダウン時およびフォルト状態では内部の200 Ω MOSFETによってグラウンド電位になるの

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。トラッキング機能が必要ない場合は、このピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

FB (ピン19、20) : LT8636はFBピンを0.970Vに安定化します。帰還抵抗分圧器のタップをこのピンに接続します。また、位相進みコンデンサをFBピンとV_{OUT}の間に接続します。通常、このコンデンサの値は4.7pF~22pFです。

コーナー・ピン: これらのピンは、物理的支持のためにのみ存在し、PCB上の任意の場所(通常はグラウンド)に接続してかまいません。

ブロック図



動作

LT8636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0.97V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10Aを超える電流が下側スイッチに流れると、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ピンがローの場合、LT8636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、LT8636は軽負荷の状態では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、無負荷で安定化しているとき入力電源から2.5 μ Aを消費します。Burst Mode動作を使用する場合はSYNC/MODEピンをローに接続します。SYNC/MODEピンをフロート状態にすると、強制連続モード(FCM)を使用することができます。SYNC/MODE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、強制連続モードで動作します。

LT8636は強制連続モード(FCM)で動作できるので、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答および最大周波数での動作が可能です。強制連続モードでは、発振器が連続して動作し、スイッチング波形の正の遷移がクロックに揃えられます。負のインダクタ電流が可能です。LT8636は出力から電流を流し込み、この電荷をこのモードで入力に戻すことができるので、負荷ステップ過渡応答が改善されます。

EMIを改善するために、LT8636はスペクトラム拡散モードで動作できます。この機能は、+20%の三角波周波数変調によりクロックの周波数を変化させます。例えば、LT8636の周波数を2MHzでスイッチングするように設定した場合、スペクトラム拡散モードでは、発振器が2MHz~2.4MHzの範囲で変調されます。強制連続モードを使用してスペクトラム拡散変調をイネーブルするには、SYNC/MODEピンを、INTV_{CC}(約3.4V)または3V~4Vの外部電源に接続してハイにする必要があります。

あらゆる負荷にわたって効率を改善するため、BIASピンのバイアス電圧が3.3V以上の場合は、内部回路に流れる電源電流をBIASピンから供給することができます。そうでない場合、内部回路に流れる電流は V_{IN} から供給されます。LT8636の出力を3.3V~25Vに設定する場合は、BIASピンを V_{OUT} に接続してください。

出力電圧が設定値から $\pm 8\%$ (標準)より大きく変化する場合や、障害状態が存在する場合は、FBピンの電圧をモニターするコンパレータによってPGピンはローになります。

FBピンの電圧が低いと、発振器はLT8636の動作周波数を低下させます。この周波数フォールドバック機能により、起動時や過電流状態の間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/MODEピンにクロックを入力するか、SYNC/MODEピンをフロート状態にするか、DCハイに保持すると、周波数フォールドバックはデイスエーブルされ、スイッチング周波数は過電流状態のときにのみ低下するようになります。

アプリケーション情報

EMIを低く抑えるPCBレイアウト

LT8636は、特にEMI放射を最小限に抑え、高周波数でのスイッチング時に効率を最大限に高めるように設計されています。最適な性能を得るために、LT8636では V_{IN} のバイパス・コンデンサを複数使用する必要があります。

1 μ Fの小型コンデンサ2個(C_{IN1} 、 C_{IN2})をLT8636の両側に1つずつ、デバイスにできるだけ近づけて配置します。3つ目の、容量が2.2 μ F以上の大きいコンデンサは、 C_{IN1} または C_{IN2} の近くに配置します。

PCBの推奨レイアウトについては、図1を参照してください。

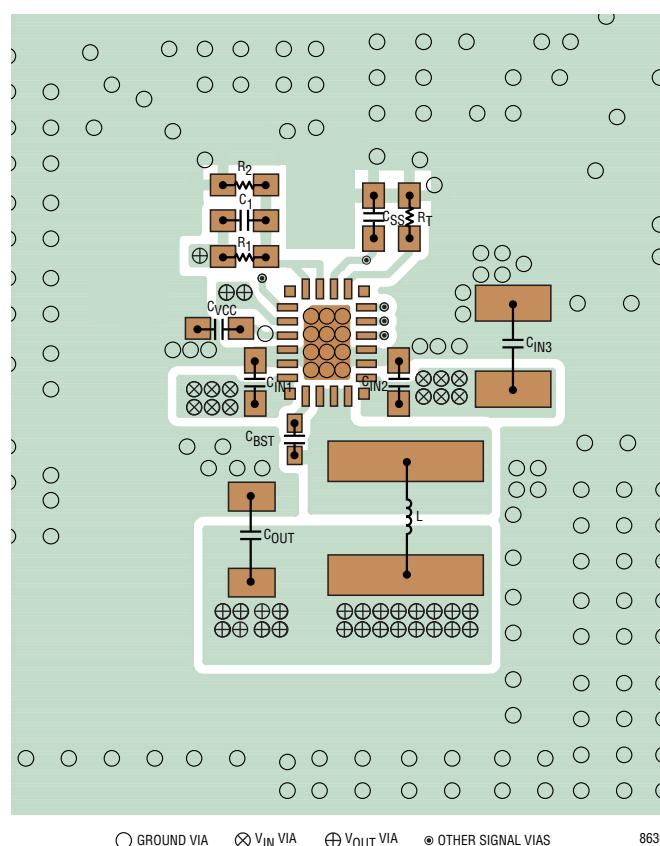


図1. LT8636の推奨PCBレイアウト

詳細およびPCBデザイン・ファイルについては、LT8636用のデモボード・ガイドを参照してください。

LT8636の V_{IN} ピン、GNDピン、および入力コンデンサ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 V_{IN} 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。ケース・サイズが0603のように小さいコンデンサは、寄生インダクタンスが小さいので最適です。

これらの入力コンデンサに加えて、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ウンド・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、グラウンド・パターンが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。周囲温度に対する熱抵抗を小さくするために、パッケージ底面の露出パッドはPCBにハンダ処理します。熱抵抗を小さく保つには、GNDからのグラウンド・プレーンをできるだけ広げ、回路基板内と底面側に追加されているグラウンド・プレーンに対してサーマル・ビアを加えます。

Burst Mode動作

軽負荷での効率を上げるため、LT8636は低リップルのBurst Modeで動作し、入力自己消費電流と出力電圧リップルを最小に抑えながら、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、LT8636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LT8636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2を参照)、LT8636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。パルス間の時間を最大にすると、出力負荷がない場合、標準的なアプリケーションでの

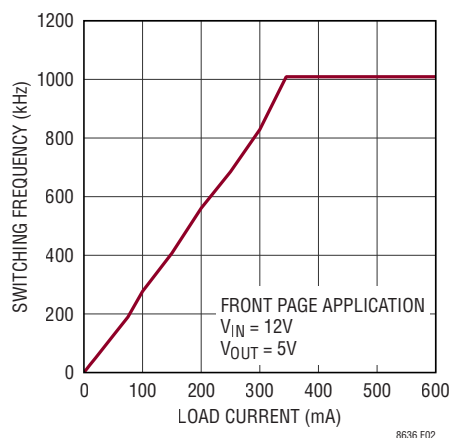


図2. スwitching周波数と負荷情報 (Burst Mode動作)

アプリケーション情報

LT8636の静止電流は2.5 μ Aに近づきます。したがって、軽負荷時の静止電流の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。この電流は負荷電流として出力に現れるからです。

軽負荷時の効率を高めるため、Burst Mode動作では1回の小パルス間に供給するエネルギーを増やして、LT8636が各パルス間でより長い時間スリープ・モードにとどまることができるようにする必要があります。これを実現するには、大きな値のインダクタ(例えば4.7 μ H)を使用します。また、インダクタを選択するときはスイッチング周波数とは独立して検討することが必要です。例えば、スイッチング周波数が高いアプリケーションでは、通常は低いインダクタ値を使用するのに対して、軽負荷時に高い効率が要求される場合は、高いインダクタ値を選択します。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

Burst Mode動作時は、(図3に示すように)上側スイッチの電流制限値が約900mAなので、低出力電圧リップルが得られます。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。負荷がゼロから次第に増加すると、それに伴ってスイッチング周波数も増加しますが、図2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。

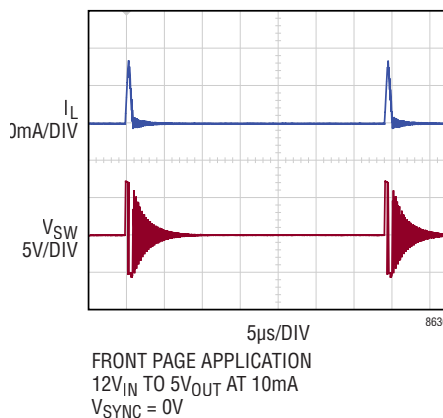


図3. Burst Mode動作

LT8636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。低リップルのBurst Mode動作を選択するには、SYNC/MODEピンを0.4Vより低い電圧に接続します(これはグラウンドまたはロジック・ローの出力のいずれでもかまいません)。

強制連続モード

LT8636は強制連続モード(FCM)で動作できるので、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答および最大周波数での動作が可能です。強制連続モードでは、発振器が連続して動作し、スイッチング波形の正の遷移がクロックに揃えられます。軽負荷時または大きなトランジェント状態では、負インダクタ電流が許容されます。LT8636は出力から電流を流し込み、この電荷をこのモードで入力に戻すことができるので、負荷ステップ過渡応答が改善されます(図4を参照)。軽負荷時に、強制連続モード動作は、Burst Mode動作よりも効率が低下しますが、スイッチング高調波が信号帯域に入らないようにする必要のあるアプリケーションでは望ましい場合があります。出力にシンク電流を流し込む必要がある場合は、強制連続モードを使用しなければなりません。強制連続モードをイネーブルするには、SYNC/MODEピンをフロート状態にします。このピンのもれ電流は1 μ A未満にする必要があります。内部のプルアップ抵抗およびプルダウン抵抗については、ブロック図を参照してください。

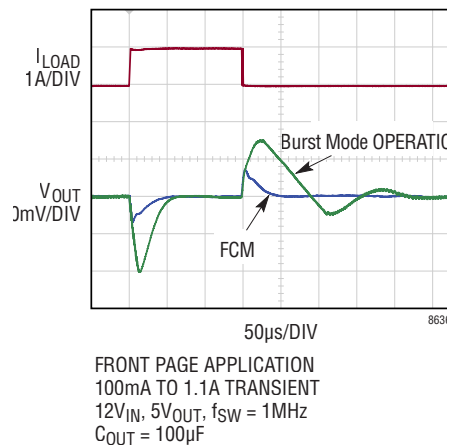


図4. LT8636の強制連続モードを使用した場合と使用しない場合の負荷ステップ過渡応答

V_{IN} ピンが37Vより高い電圧に保持されるか、FBピンが帰還リファレンス電圧より8%高い電圧に保持される場合、強制連続モードはディスエーブルされます。強制連続モードは、ソフトスタート・コンデンサが完全に充電されるまで、ソフトスタート中にもディスエーブルされます。これらの方法で強制連続モードがディスエーブルされた場合、負のインダクタ電流が許容されず、LT8636はパルススキップ・モードで動作します。

アプリケーション情報

広い V_{IN} および V_{OUT} の範囲にわたって堅牢な動作を実現するために、次の L_{MIN} よりも大きいインダクタ値を使用します。

$$L_{MIN} = \frac{V_{OUT}}{2 \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN,MAX}} \right)$$

スペクトラム拡散モード

LT8636はEMI放射を更に削減するため、スペクトラム拡散動作をサポートしています。スペクトラム拡散動作をイネーブルするには、SYNC/MODEピンをINTV_{CC} (約3.4V) または3V~4Vの外部電源に接続してハイにします。このモードでは、三角波周波数変調が使用され、スイッチング周波数が、RTで設定された値と、この値より約20%高い値との間で変化します。変調周波数は、約3kHzです。例えば、LT8636を2MHzに設定した場合、周波数は3kHz刻みで2MHz~2.4MHzの範囲で変化します。スペクトラム拡散動作が選択されている場合、Burst Mode動作はデイスエーブルされ、デバイスは強制連続モードで動作します。

同期

LT8636の発振器を外部周波数に同期させるには、方形波をSYNC/MODEピンに接続します。方形波の振幅は、50nsの最小オン時間およびオフ時間で、0.4V未満の谷および1.5Vを超える(最大6V)の山を持つ必要があります。

LT8636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動作にならず、代わりに強制連続モードで動作してレギュレーションを維持します。LT8636は200kHz~3MHzの範囲にわたって同期させることができます。RT抵抗は、LT8636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RTを選択します。スロープ補償はRT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。

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圧器を使用して設定します。抵抗値は次式に従って選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.970V} - 1 \right) \quad (1)$$

参照名についてはブロック図を参照してください。出力電圧の精度を保つため、誤差1%の抵抗を推奨します。

LT8636では、入力静止電流を小さくして軽負荷時の効率を良好にする必要がある場合、FBの抵抗分圧器に大きな抵抗値を使用します。分圧器に流れる電流は負荷電流の役割を果たすので、コンバータへの無負荷時入力電流が増加します。この値は次式で概算されます。

$$I_Q = 1.7\mu A + \left(\frac{V_{OUT}}{R1+R2} \right) \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \left(\frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

ここで、1.7μAはLT8636の静止電流、第2項は軽負荷時の効率が n のとき降圧動作の入力に反映される帰還抵抗分圧器の電流です。R1 = 1M、R2 = 412kの3.3Vアプリケーションでは、帰還抵抗分圧器に2.3μAが流れます。V_{IN} = 12Vおよび n = 80%の場合は、1.7μAの静止電流に0.8μAが加わるので、12V電源から流れる無負荷時電流は2.5μAになります。この式は無負荷時電流がV_{IN}の関数であることを意味します。このグラフは代表的な性能特性のセクションに示してあります。

大きなFB抵抗を使用する場合は、4.7pF~22pFの位相進みコンデンサをV_{OUT}とFBピンの間に接続してください。

スイッチング周波数の設定

LT8636には固定周波数PWMアーキテクチャが使われており、RTピンから接地した抵抗を使って、200kHz~3MHzの範囲でスイッチングするように設定することができます。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。

目的のスイッチング周波数を得るために必要なR_Tの抵抗値は次式を使用して計算できます。

$$R_T = \frac{46.5}{f_{SW}} - 5.2 \quad (3)$$

ここで、R_Tの単位はkΩ、f_{sw}は目的のスイッチング周波数で単位はMHzです。

アプリケーション情報

表 1. スイッチング周波数と R_T の値

f_{sw} (MHz)	R_T (k Ω)
0.2	232
0.3	150
0.4	110
0.5	88.7
0.6	71.5
0.7	60.4
0.8	52.3
1.0	41.2
1.2	33.2
1.4	28.0
1.6	23.7
1.8	20.5
2.0	17.8
2.2	15.8
3.0	10.7

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。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)} (V_{IN} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (4)$$

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 0.15V)、 $t_{ON(MIN)}$ 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下げる必要があることを示しています。

トランジェント動作では、 R_T の値に関係なく、 V_{IN} が 42V の絶対最大定格まで上昇する可能性があります。LT8636 では、必要に応じてスイッチング周波数を下げることで、インダクタ電流の制御を維持して安全に動作します。

LT8636 は最大で約 99% のデューティ・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、LT8636 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。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{1 - f_{SW} \cdot t_{OFF(MIN)}} - V_{SW(BOT)} + V_{SW(TOP)} \quad (5)$$

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 0.15V)、 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

LT8636 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。LT8636 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。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \right) \cdot 0.7 \quad (6)$$

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 0.15V)、 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。更に、(通常は I_{SAT} と表示される) インダクタの飽和電流定格は、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。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \right) \cdot 0.7 \quad (7)$$

アプリケーション情報

ここで、 ΔI_L は式9で計算され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、3A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3Aより大きく I_{SAT} が4Aより大きいインダクタを使用します。過負荷状態または短絡状態が長時間に及ぶ場合は、インダクタの過熱を防ぐため、インダクタの実効値定格要件が大きくなります。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が 0.02Ω 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。

LT8636は、ピーク・スイッチ電流を制限してスイッチとシステムを過負荷障害から保護します。上側スイッチ電流制限値(I_{LIM})は低デューティ・サイクルでは10Aですが、直線的に低下して、DC = 0.8では7A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。

$$I_{L(PEAK)} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (8)$$

インダクタのピークto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。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (9)$$

ここで、 f_{SW} はLT8636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、LT8636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、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では最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を十分に流すことができない場合は、インダクタの値を大きくする必要が生じる可能性があります。

軽負荷時の効率を高めるため、Burst Mode動作では1回の小パルス間に供給するエネルギーを増やして、LT8636が各パルス間でより長い時間スリープ・モードにとどまることができるようにする必要があります。これを実現するには、大きな値のインダクタ(例えば $4.7\mu H$)を使用します。また、インダクタを選択するときはスイッチング周波数とは独立して検討することが必要です。例えば、スイッチング周波数が高いアプリケーションでは、通常は低いインダクタ値を使用する

のに対して、軽負荷時に高い効率が要求される場合は、高いインダクタ値を選択します。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

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、LT8636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。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、最大負荷電流が更に減少するので注意してください。

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

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(式10参照)。詳細については、[アプリケーション・ノート19](#)を参照してください。

$$L_{MIN} = \frac{V_{IN}(2 \cdot DC - 1)}{3.5 \cdot f_{SW}} \quad (10)$$

ここで、DCはデューティ・サイクル比(V_{OUT}/V_{IN})、 f_{SW} はスイッチング周波数です。

入力コンデンサ

最高の性能を得るには、LT8636の V_{IN} ピンを少なくとも3個のセラミック・コンデンサを使ってバイパスする必要があります。1 μF の小型セラミック・コンデンサ2個(C_{IN1} 、 C_{IN2})をデバイスの両側に1つずつ、デバイスに近づけて配置します。これらのコンデンサのサイズは0402または0603にします。2個の直列入力コンデンサが必要な車載アプリケーションの場合、0402または0603の小型コンデンサ2個をLT8636の両側の V_{IN1} ピンおよびGNDピンの近くに配置できます。

3つ目の、容量が2.2 μF 以上の大きいセラミック・コンデンサは、 C_{IN1} または C_{IN2} の近くに配置します。詳細についてはレイアウトのセクションを参照してください。温度変動と入力電圧の変化に対して最高の性能を得るために、X7RまたはX5Rコンデンサを推奨します。

アプリケーション情報

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。入力ソース・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。

セラミック入力コンデンサは、パターンやケーブルのインダクタンスと結合して、質の良い(減衰の小さな)タンク回路を形成します。LT8636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、LT8636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つの基本的な機能があります。出力コンデンサは、インダクタと共に、LT8636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LT8636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。初期値に適した値については、標準的応用例のセクションを参照してください。

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、過渡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、LT8636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、LT8636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、LT8636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。LT8636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。低ノイズ・セラミック・コンデンサも使用できます。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点は、LT8636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、品質の高い(減衰しにくい)タンク回路を形成します。LT8636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LT8636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

LT8636は、ENピンがローのときシャットダウン状態になり、ENピンがハイのときアクティブになります。ENコンパレータの上昇時間閾値は1.0Vで、40mV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 V_{IN} 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。

抵抗分圧器を V_{IN} とENピンの間に追加すると、LT8636は、 V_{IN} 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)。通常、この閾値($V_{IN(EN)}$)は、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高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、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。 $V_{IN(EN)}$ 閾値は、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。この閾値は、次式を満足するようにR3とR4の値を設定すれば調整できます。

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R3}{R4} + 1 \right) \cdot 1.0V \quad (11)$$

アプリケーション情報

この場合は、 V_{IN} が $V_{IN(EN)}$ を超えるまでLT8636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 $V_{IN(EN)}$ 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。

軽負荷電流に対してBurst Modeで動作しているとき、 $V_{IN(EN)}$ の抵抗ネットワークを流れる電流はLT8636が消費する電源電流より簡単に大きくなる場合があります。したがって、 $V_{IN(EN)}$ 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。

INTV_{CC}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、 V_{IN} 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3.4V電源を生成します。INTV_{CC}は、LT8636の回路に十分な電流を供給可能であり、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のゲート・ドライバが必要とする大量の過渡電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。効率を向上するため、BIASピンの電圧が3.1V以上の場合、内蔵のLDOによってBIASピンから電流を流すこともできます。通常、BIASピンはLT8636の出力に接続できますが、3.3V以上の外部電源に接続してもかまいません。BIASピンを V_{OUT} 以外の電源に接続する場合は、デバイスの近くにセラミック・コンデンサを接続してバイパスするようにしてください。BIASピンの電圧が3.0Vより低い場合は、 V_{IN} から流れる電流が内蔵のLDOによって消費されます。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、 V_{IN} からの電流が内蔵のLDOに流れ込むアプリケーションでは、LDOでの消費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。

出力電圧トラッキングとソフトスタート

LT8636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1.9 μ A電流源により、TR/SSピンの電圧はINTV_{CC}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~0.97Vの範囲では、エラーアンプに入力される0.97V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0.97Vより高くなるとトラッキングはディスプレイされ、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。この機能が不要な場合は、TR/SSピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

TR/SSピンにはアクティブなブルダウン回路が接続されています。この回路は、障害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、障害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障害状態になるのは、EN/UVピンがローへ遷移した場合、 V_{IN} 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。

出力パワーグット

LT8636の出力電圧がレギュレーション点の $\pm 8\%$ 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、どちらも0.2%のヒステリシスが含まれています。 V_{IN} が3.4Vより高い場合、PGは有効です。

PGピンは、以下の障害状態の間も自動的にローになります。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。

短絡保護と逆入力保護

LT8636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。

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ピンがローの場合は、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か、フロート状態にするか、またはハイに接続すると、LT8636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。

LT8636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、バッテリーや他の電源がLT8636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。 V_{IN} ピンをフロート状態にすることができる場合で、

アプリケーション情報

ENピンが(ロジック信号によって、あるいは V_{IN} に接続されているために)ハイに保持されていると、LT8636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 $1\mu A$ 近くまで減少します。ただし、出力を高く保持した状態で 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ピンおよび V_{IN} ピンを通してLT8636内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れ、デバイスを損傷す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、LT8636は入力電圧が印加されているときのみ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護されます。

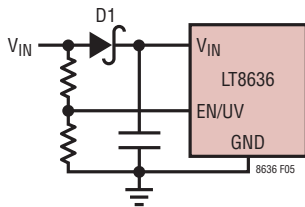


図5. 逆入力電圧保護

熱に関する検討事項およびピーク出力電流

周囲温度が高い場合は、PCBのレイアウトに注意を払い、LT8636が十分放熱できるようにします。パッケージ底面のグラウンド・ピンはグラウンド・プレーンにハンダ処理する必要があります。このグラウンドは、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、LT8636が発生する熱を放散します。ビアを追加すると、熱抵抗を更に減らすことができます。周囲温度が最大ジャンクション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。LT8636内部の消費電力は、効率の測定結果から全消費電力を計算し、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、LT8636の消費電力に、接合部から周囲までの熱抵抗を掛けて計算します。

内蔵されている過熱保護機能は、LT8636のジャンクション温度をモニタします。ジャンクション温度が約 $180^{\circ}C$ に達すると、LT8636はスイッチング動作を停止し、温度が約 10° 低下するまで障害状態を示します。

LT8636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。 V_{IN} 、スイッチング周波数、または負荷電流を減らすことでケース温度の上昇を管理する方法の例を図6に示します。

LT8636の内部パワー・スイッチは、最大7Aのピーク出力電流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7A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ジャンクション温度の定格に達するかによって決まります。1kHz、7Aのパルス負荷のデューティ・サイクルに応じてケース温度の上昇がどのように変化するかを例を図7に示します。

LT8636の上側スイッチ電流制限は、スロープ補償のためにより高いデューティ・サイクルで動作するにつれて減少します。これにより、特定のアプリケーションでLT8636が供給できるピーク出力電流も制限されます。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

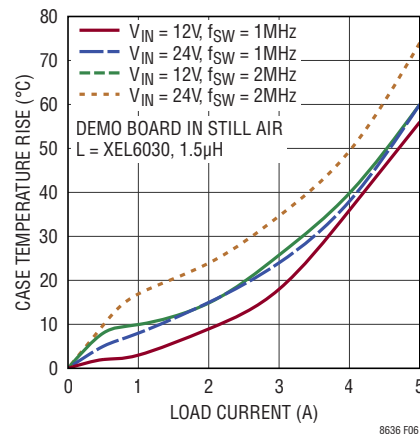


図6. ケース温度の上昇

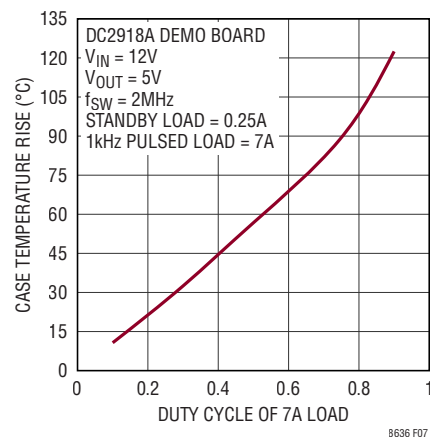


図7. ケース温度の上昇と7Aパルス負荷

標準的応用例

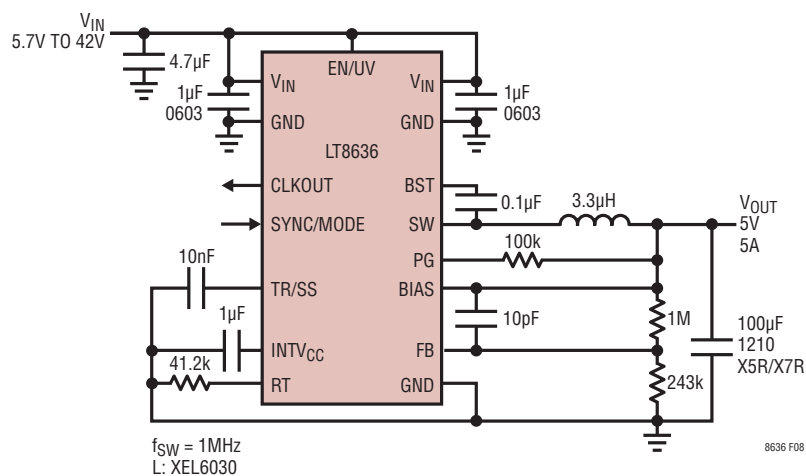


図8. ソフトスタートおよびパワーグッド付きの5V/5A 降圧コンバータ

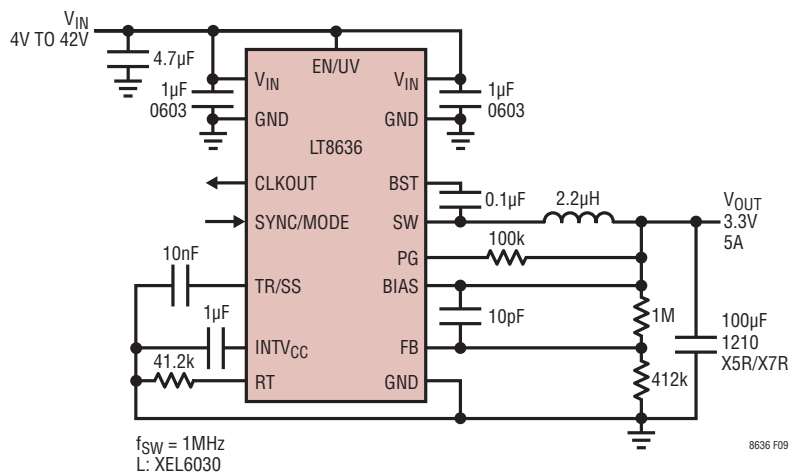


図9. ソフトスタートおよびパワーグッド付きの3.3V/5A 降圧コンバータ

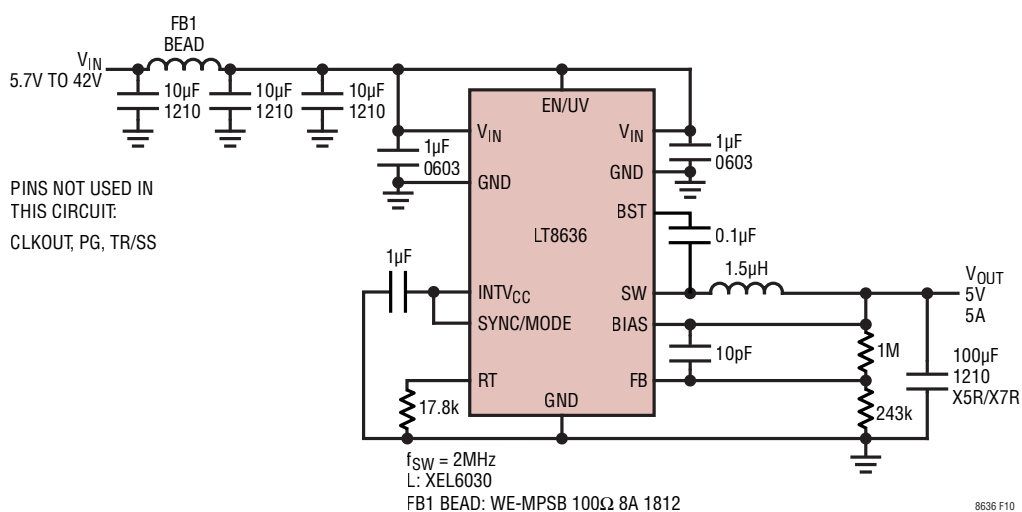


図10. スペクトラム拡散機能付き超低 EMI 5V/5A 降圧コンバータ

標準的応用例

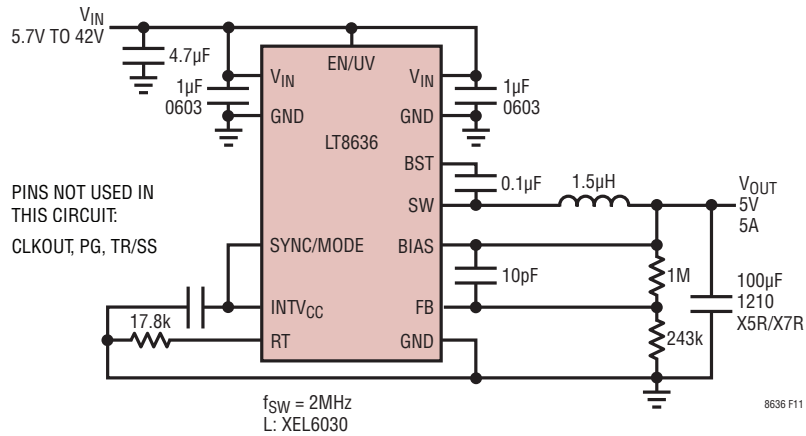


図11. スペクトラム拡散機能付き、2MHz、5V/5A 降圧コンバータ

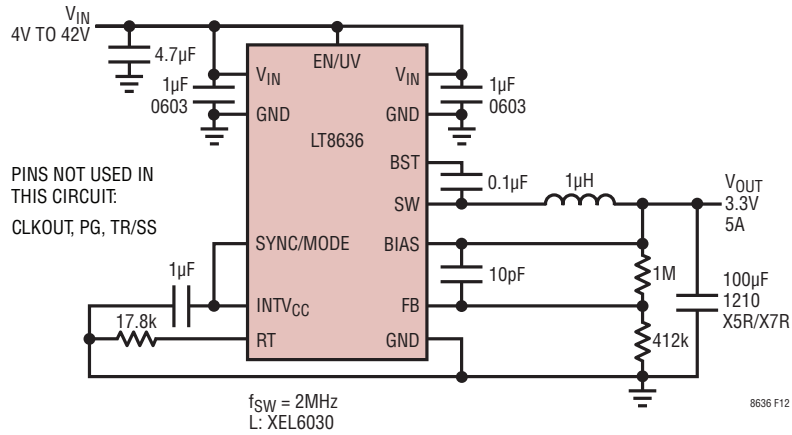


図12. スペクトラム拡散機能付き、2MHz、3.3V/5A 降圧コンバータ

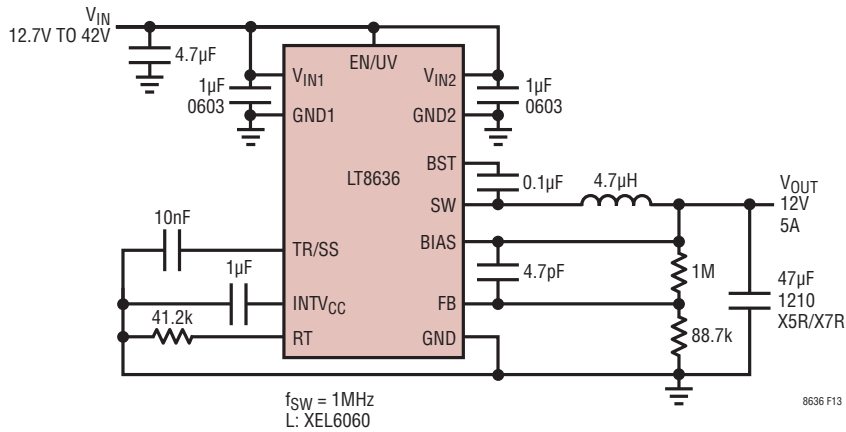
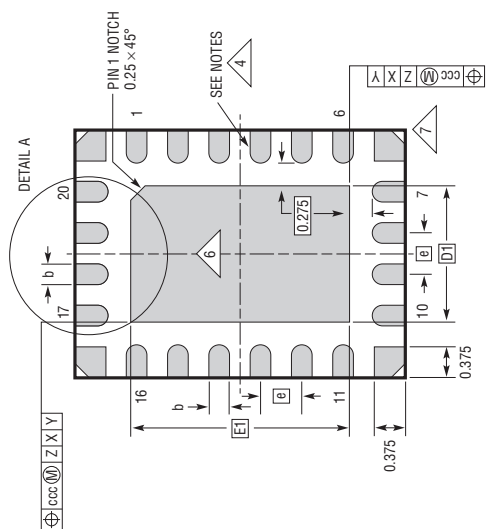


図13. 12V/5A 降圧コンバータ

パッケージ

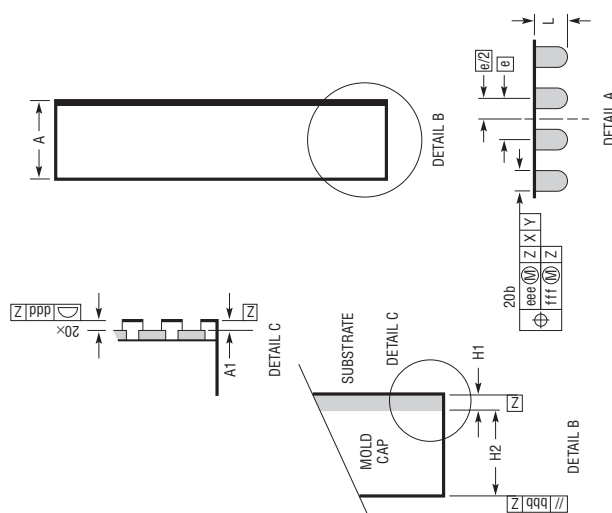
LQFN Package
20-Lead (4mm × 3mm × 0.94mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1602 Rev A)



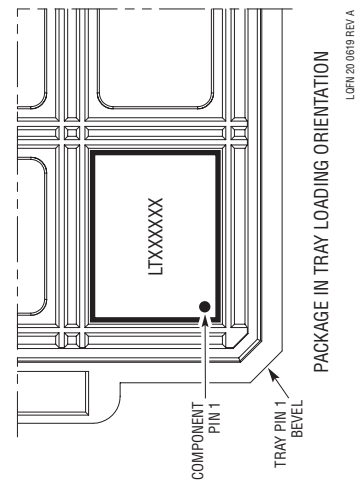
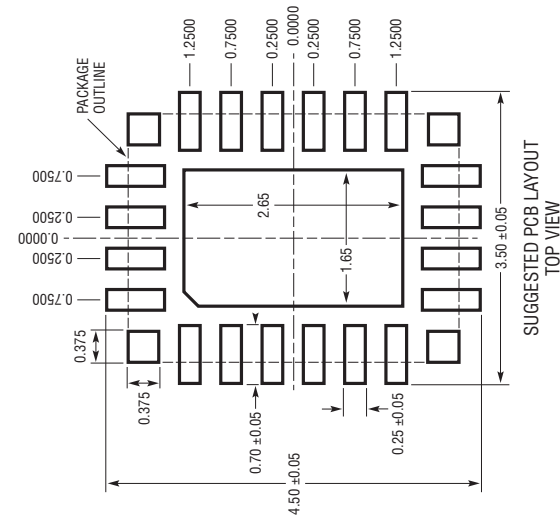
PACKAGE BOTTOM VIEW

注記:

1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 に従う
2. 全ての寸法はミリメートル
3. 主アークラム・Z はシーティング・プレーン
4. これらの端子と放熱部が見えにくくなるように、ハンダ・マスク開口部の下にある金属部は表示されていない
5. 1 番ピンの識別マークの詳細はオプションだが、示された領域内にある 1 番ピンの識別マークはモールドがマーキングのどちらかである
6. 放熱用露出部にはオプションで角に丸みを付けることができる
7. 角の支持パッドの面取りはオプション



DIMENSIONS			
SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.85	0.94	1.03
A1	0.01	0.02	0.03
L	0.30	0.40	0.50
b	0.22	0.25	0.28
D		3.00	
E		4.00	
D1		1.65	
E1		2.65	
e		0.50	
H1		0.24 REF	
H2		0.70 REF	
aaa			0.10
bbb			0.10
ccc			0.10
ddd			0.10
eee			0.15
fff			0.08
SUBSTRATE THK			
MOLD CAP HT			

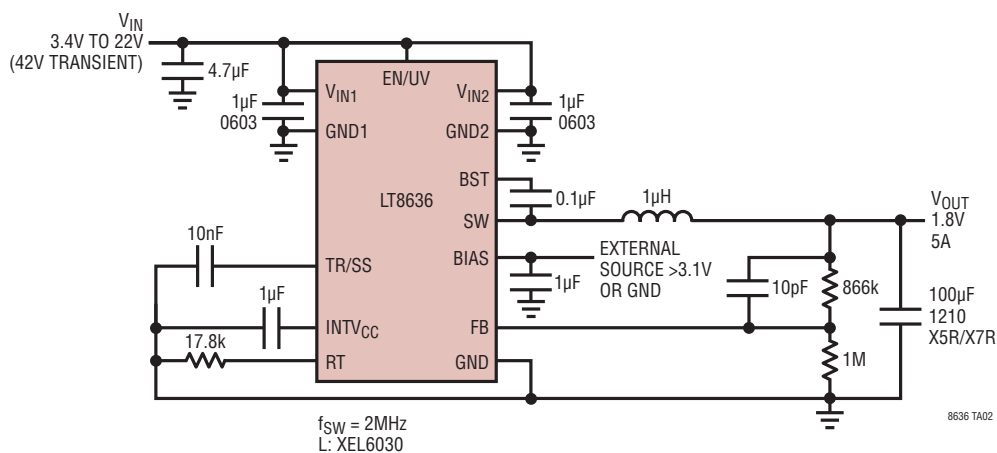


PACKAGE IN TRAY LOADING ORIENTATION

LQFN 20 0616 Rev A

標準的応用例

2MHz、1.8V、5Aの降圧コンバータ



PINS NOT USED IN THIS CIRCUIT:
CLKOUT, PG, SYNC/MODE

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT8640S/ LT8643S	42V、6A、同期整流式降圧 Silent Switcher 2 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、4mm × 4mm LQFN-24 パッケージ
LT8640/ LT8640-1	効率が96%の42V、5A、3MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18 パッケージ
LT8645S/ LT8646S	65V、8A、同期整流式降圧 Silent Switcher 2 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、4mm × 6mm LQFN-32 パッケージ
LT8641	効率が95%の65V、3.5A、3MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.81V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18 パッケージ
LT8609/ LT8609A	効率が94%の42V、2A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、MSOP-10E パッケージ
LT8610A/ LT8610AB	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 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、MSOP-16E パッケージ
LT8610AC	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 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、MSOP-16E パッケージ
LT8610	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 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、MSOP-16E 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 ($I_Q = 5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、TSSOP-28E、3mm × 6mm QFN-28 パッケージ
LT8620	効率が94%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 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、MSOP-16E、3mm × 5mm QFN-24 パッケージ
LT8614	効率が96%の42V、4A、2.2MHz同期整流式 Silent Switcher 降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18 パッケージ
LT8612	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 ($I_Q = 2.5 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 3.0 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、3mm × 6mm QFN-28 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 ($I_Q = 25 \mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5 \mu A$ 、 $I_{SD} < 1 \mu A$ 、6mm × 6mm QFN-40 パッケージ