

自己消費電流が6 μ Aの60V、 1.2A同期整流式モノリシック降圧レギュレータ

特長

- 広い入力電圧範囲: 3V ~ 60V
- 短い最小スイッチオン時間: 30ns
- 超低自己消費電流のBurst Mode (バーストモード) 動作:
 - 12V 入力で3.3V 出力を安定化時の $I_Q = 6\mu A$
 - 無負荷時の出力リップル: 10mV_{p-p}
- 同期可能/プログラム可能な固定周波数の強制連続モード動作: 300kHz ~ 2.2MHz
- 高効率の同期整流式動作:
 - 12V 入力、5V/0.5A 出力時の効率: 92%
 - 12V 入力、3.3V/0.5A 出力時の効率: 90%
- 低ドロップアウト電圧: 360mV (0.5A 時)
- 低EMI
- 高精度のイネーブル・ピンしきい値: 1V
- 内部ソフトスタートおよび内部補償
- パワーグッド・フラグ
- 熱特性が改善された小型 16ピン MSOP パッケージおよび 10ピン (3mm×3mm) DFN パッケージ

アプリケーション

- 12V 車載用システム
- 12V および 24V の商用車
- 48V の電気自動車およびハイブリッド車
- 産業用電源

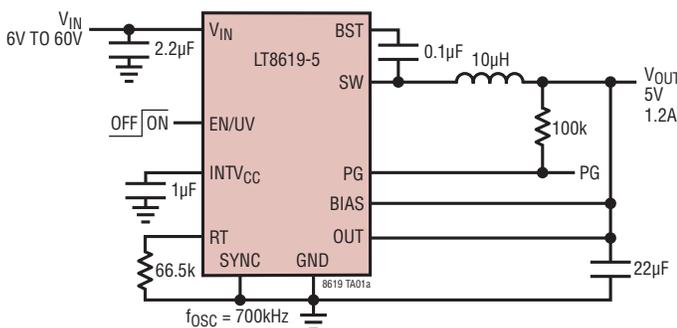
説明

LT[®]8619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、自己消費電流はわずか6 μ Aです。LT8619は1.2Aの直流を供給できます。必要な外付け部品が最小限で済むように、上側および下側のパワー・スイッチの他に、必要な全ての回路が内蔵されています。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が可能であると同時に、出力リップルを10mV_{p-p}に維持します。SYNCピンにより、外部クロックに同期した強制連続モード動作が可能です。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、高速トランジエ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低電圧ロックアウトを設定することや、LT8619をシャットダウンして入力電源電流を0.6 μ A未満まで減らすことができます。V_{OUT}が出力電圧設定値の $\pm 7.5\%$ 以内に入ると、PGフラグで通知します。LT8619は、小型の16ピンMSOPパッケージと、3mm×3mmの10ピンDFNパッケージで供給され、どちらも熱抵抗を低く抑えるための露出パッドを備えています。

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。

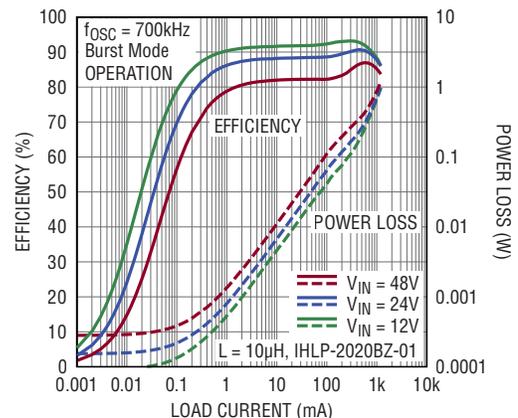
標準的応用例

5V/1.2A 降圧コンバータ



L = VISHAY IHLP-2020BZ-01
C_{OUT} = TDK C3225X7R1C226K250

V_{OUT} = 5Vでの効率



8619 TA01b

LT8619/LT8619-5

絶対最大定格

(Note 1、2)

V_{IN} 、EN/UV.....	60V	動作接合部温度 (Note 3)	
BIAS.....	30V	LT8619E、LT8619E-5.....	-40°C ~ 125°C
SW ピンを超える BST ピンの電圧.....	4V	LT8619I、LT8619I-5.....	-40°C ~ 125°C
PG、SYNC、OUT.....	6V	保存温度範囲.....	-65°C ~ 150°C
FB.....	2V		

ピン配置



*FB FOR LT8619, OUT FOR LT8619-5

発注情報 <http://www.linear-tech.co.jp/product/LT8619#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
LT8619EDD#PBF	LT8619EDD#TRPBF	LGNP	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT8619IDD#PBF	LT8619IDD#TRPBF	LGNP	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT8619EMSE#PBF	LT8619EMSE#TRPBF	8619	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8619IMSE#PBF	LT8619IMSE#TRPBF	8619	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8619EMSE-5#PBF	LT8619EMSE-5#TRPBF	86195	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8619IMSE-5#PBF	LT8619IMSE-5#TRPBF	86195	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°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。* 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、指定の販売経路を通じて#TRMPBF接尾部の付いた500個入りのリールで供給可能です。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{EN/UV} = 2\text{V}$ (Note 2、3)。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
スイッチング・ループ					
V_{IN} Minimum Input Voltage				3.0	V
V_{IN} Quiescent Current at No Load	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{EN/UV} = 0\text{V}$	●	0.6 0.6	1.0 3.0	μA μA
	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $R_T = 66.5\text{k}$, $V_{EN/UV} = 2\text{V}$, $V_{SYNC} = 0\text{V}$	●	6 6	10 18	μA μA
	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $R_T = 66.5\text{k}$, $V_{EN/UV} = 2\text{V}$, Floats SYNC		10		μA
	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $R_T = 66.5\text{k}$, $V_{EN/UV} = 2\text{V}$, $V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$		3		mA
V_{IN} Current in Regulation	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $R_T = 66.5\text{k}$, $V_{EN/UV} = 2\text{V}$, $V_{SYNC} = 0\text{V}$	●	38	65	μA
	$I_{LOAD} = 100\mu\text{A}$	●	320	400	μA
	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$				
BIAS Pin Current Consumption	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{BIAS} = 3.3\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $f_{OSC} = 700\text{kHz}$		2.2		mA
Regulated Output Voltage	LT8619-5, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$, No Load	●	4.975 4.925	5.0 5.075	V
Feedback Voltage	LT8619, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$, No Load	●	0.796 0.788	0.8 0.812	V V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4\text{V}$ to 50V , $V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$	●	± 0.004	± 0.03	%/V
Feedback Pin Input Current	LT8619, $V_{FB} = 0.8\text{V}$			± 20	nA
Minimum On-Time	LT8619, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$	●	30	60	ns
Minimum Off-Time			100	150 180	ns
Top Switch Peak Current Limit		●	1.5	1.75 2.0	A
Bottom Switch Current Limit			1.8		A
Bottom Switch Reverse Current Limit	$V_{SYNC} = \text{INTV}_{CC}$		0.55		A
Soft-Start Duration	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, No Load, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$		0.2		ms
EN/UV to PG High Delay	$C_{\text{INTV}_{CC}} = 1\mu\text{F}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, No Load, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$		0.66		ms
EN/UV to PG Low Delay			10		μs
発振器と SYNC					
Operating Frequency	$R_T = 162\text{k}$	●	260	300 340	kHz
	$R_T = 66.5\text{k}$	●	630	700 770	kHz
	$R_T = 20\text{k}$	●	1.9	2.0 2.1	MHz
Synchronization Frequency	$f_{SYNC} \geq f_{OSC}$	●	0.3	2.2	MHz
SYNC Threshold	Frequency Synchronization			1	V
	Burst Mode Operation		0.35	0.6 0.95	V V
	Floats SYNC Pin, Pulse-Skipping Mode			1.2	V
	Forced Continuous Mode		1.6	2.0 2.4	V B
SYNC Pin Current	Built-In Sourcing Current, $V_{SYNC} = 0\text{V}$		-0.2		μA
	Built-In Sinking Current, $V_{SYNC} = 3.3\text{V}$		3.0		μA

LT8619/LT8619-5

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{EN/UV} = 2\text{V}$ (Note 2、3)。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
スイッチ、ロジックおよびパワーグッド						
Top Switch On-Resistance	$I_{LOAD} = 0.1\text{A}$			0.45		Ω
Bottom Switch On-Resistance	$I_{LOAD} = 0.1\text{A}$			0.22		Ω
EN/UV Power-On Threshold	EN/UV Rising	●	0.94	1.0	1.1	V
EN/UV Power-On Hysteresis				40		mV
EN/UV Shutdown Threshold	EN/UV Falling	●	0.34	0.56	0.92	V
EN/UV Pin Current	$V_{EN/UV} = 2\text{V}$		-100		100	nA
Overvoltage Threshold	V_{FB} Rising Wrt.Regulated V_{FB}			3.75		%
Positive Power Good Threshold	V_{FB} Rising Wrt.Regulated V_{FB}	●	5	7.5	10	%
Negative Power Good Threshold	V_{FB} Falling Wrt.Regulated V_{FB}	●	-5	-7.5	-10	%
Positive Power Good Delay	$V_{FB} = 0.8\text{V} \uparrow 0.9\text{V}$ to PG Low $V_{FB} = 0.9\text{V} \downarrow 0.8\text{V}$ to PG High			60 35		μs μs
Negative Power Good Delay	$V_{FB} = 0.8\text{V} \downarrow 0.7\text{V}$ to PG Low $V_{FB} = 0.7\text{V} \uparrow 0.8\text{V}$ to PG High			60 35		μs μs
PG Leakage	$V_{PG} = 3.3\text{V}$, Power Good				± 100	nA
PG V_{OL}	$I_{PG} = 100\mu\text{A}$	●		0.01	0.3	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おそれがある。

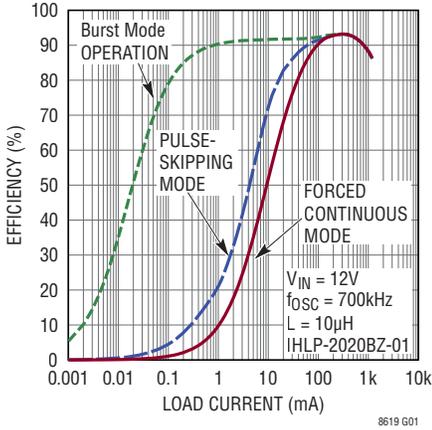
Note 2: デバイスのピンに流れ込む電流は全て正。デバイスのピンから流れ出す電流は全て負。注記がない限り、全ての電圧はグラウンドを基準にしている。

Note 3: LT8619は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LT8619E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。LT8619Iは、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証されている。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。

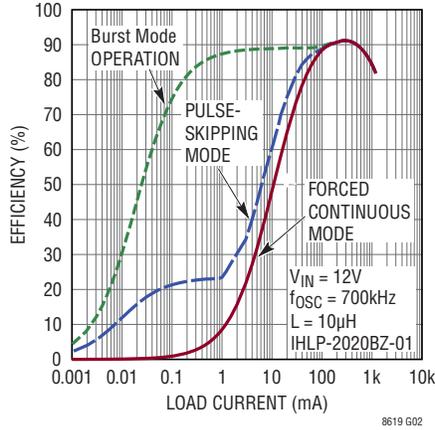
Note 4: このデバイスには過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能が動作しているとき接合部温度は 150°C を超える。規定されている最大動作接合部温度を超えた状態で動作が継続すると、寿命が短くなる。

標準的性能特性

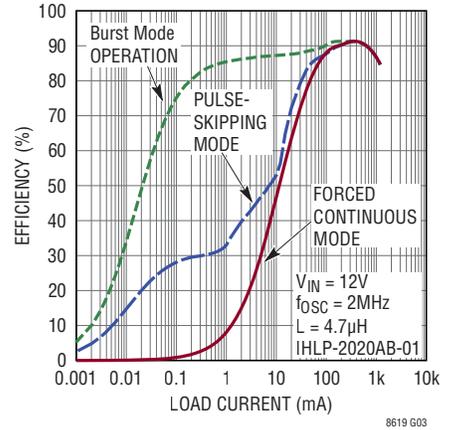
V_{OUT} = 5Vでの700kHzの効率



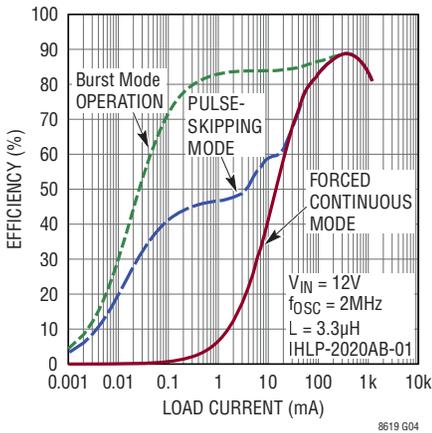
V_{OUT} = 3.3Vでの700kHzの効率



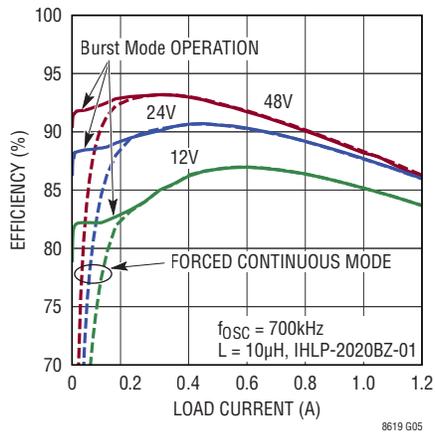
V_{OUT} = 5Vでの2MHzの効率



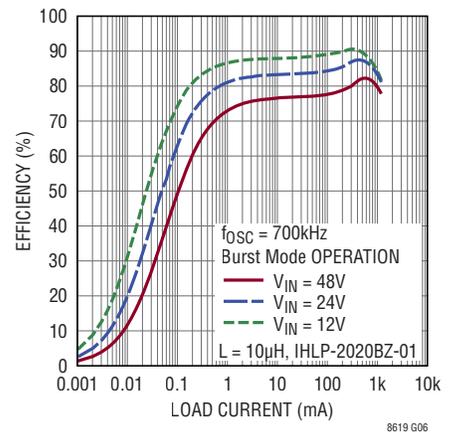
V_{OUT} = 3.3Vでの2MHzの効率



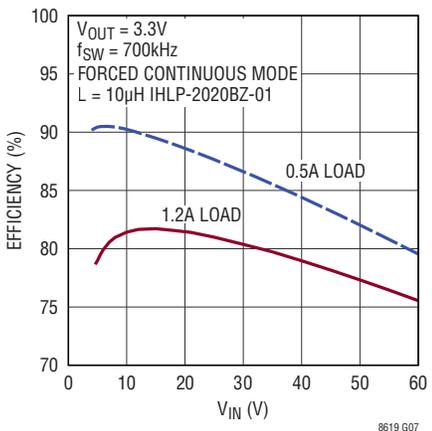
V_{OUT} = 5Vでの効率



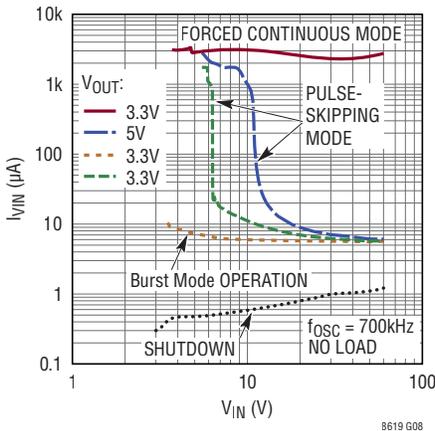
V_{OUT} = 3.3Vでの効率



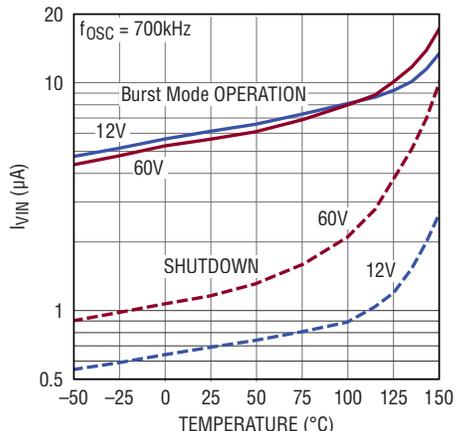
効率と V_{IN}



700kHzでの無負荷時の I_{VIN}

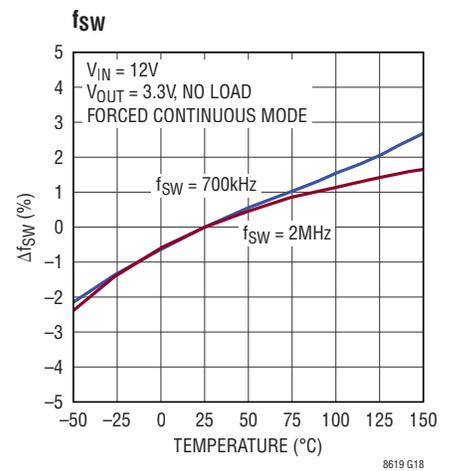
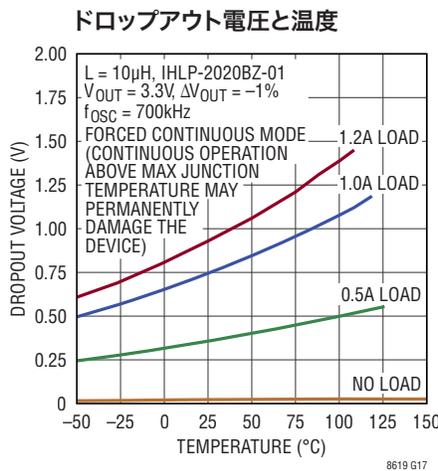
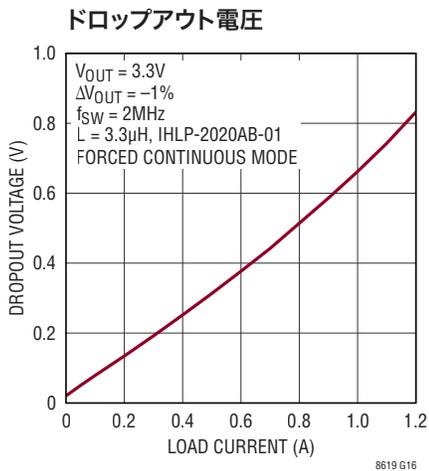
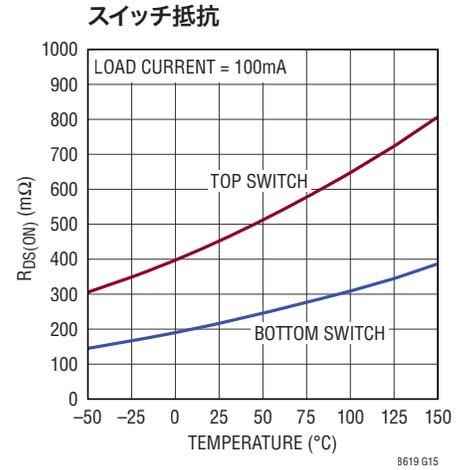
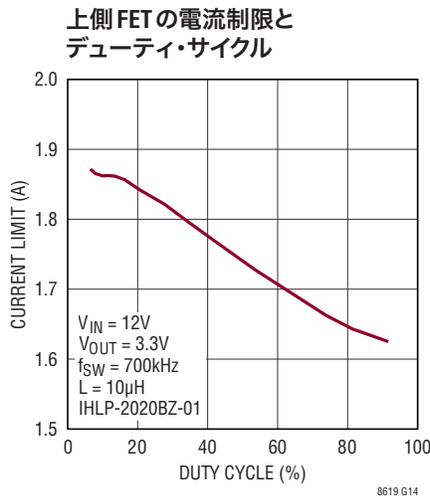
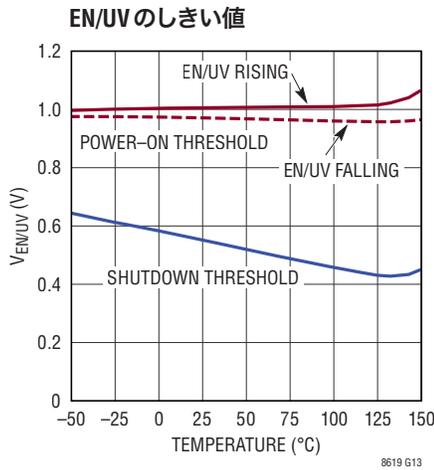
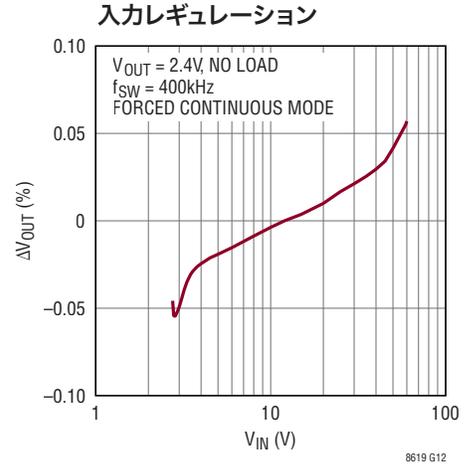
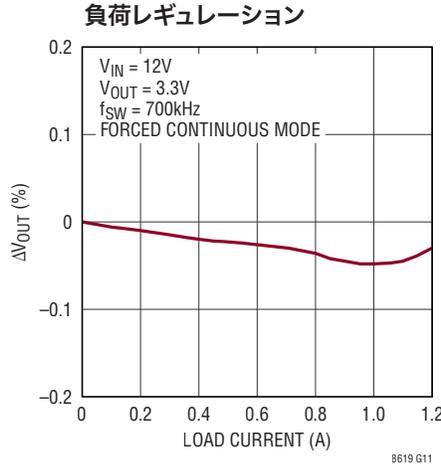
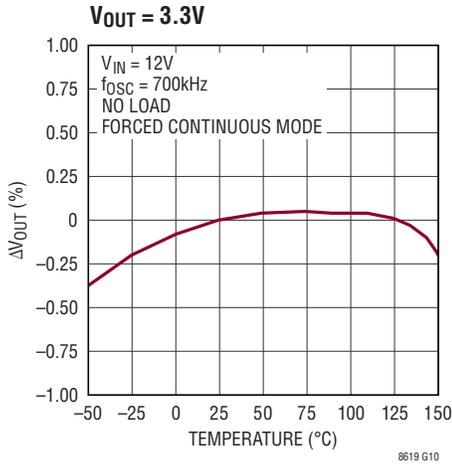


無負荷時の I_{VIN} と温度



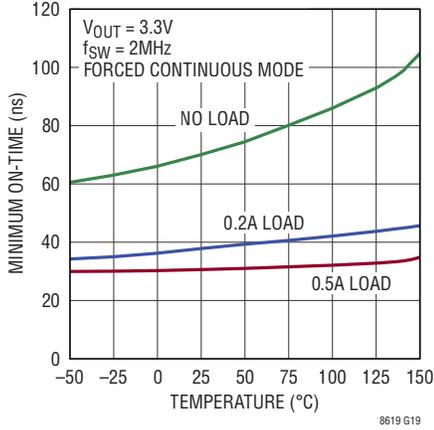
LT8619/LT8619-5

標準的性能特性

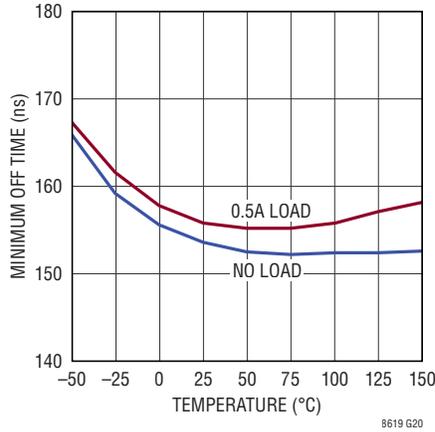


標準的性能特性

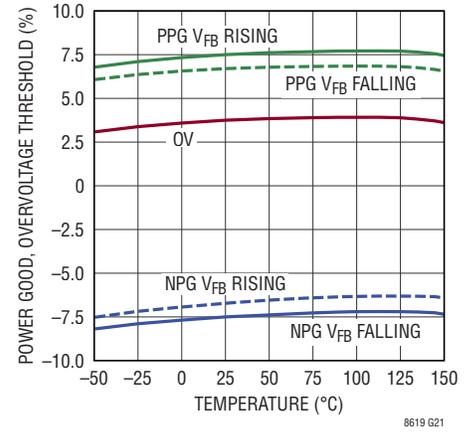
最小オン時間



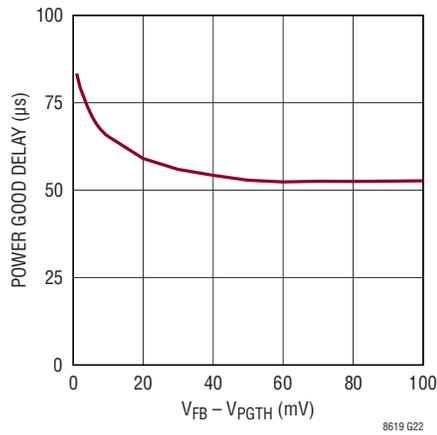
最小オフ時間



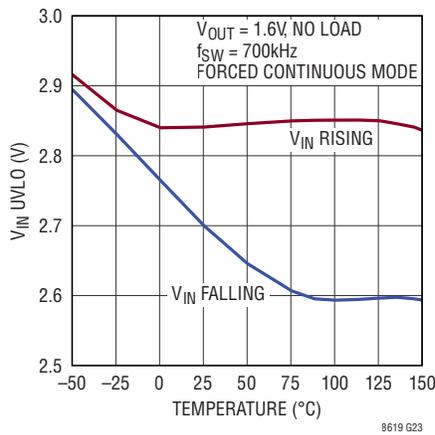
パワーグッド、過電圧しきい値



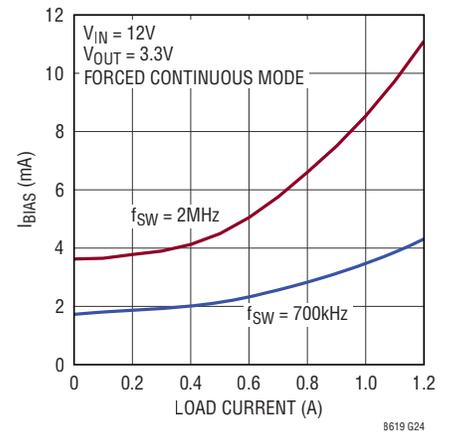
パワーグッド遅延時間



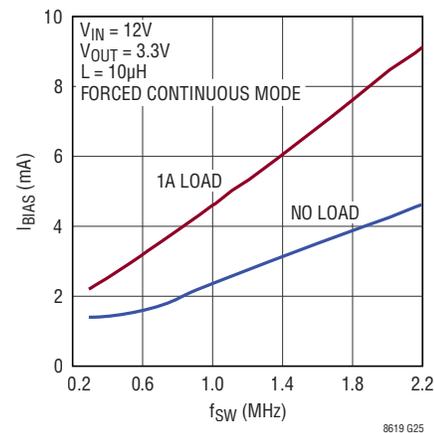
VINの低電圧ロックアウト



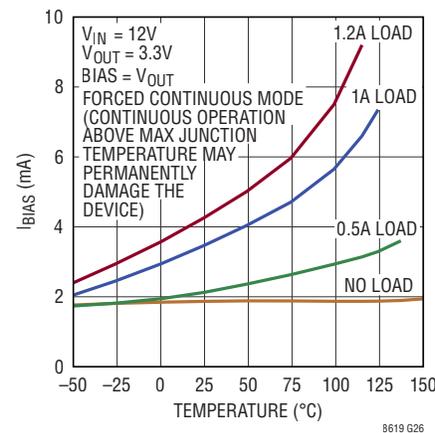
IBIASと負荷



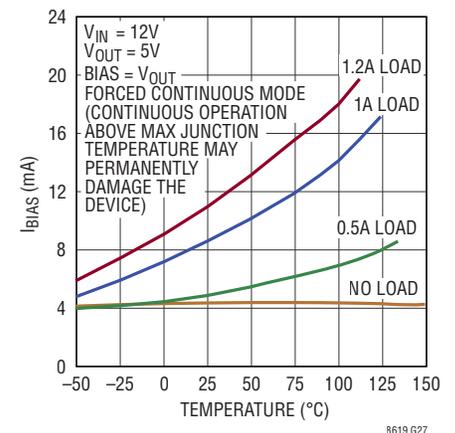
IBIASとfsw



700kHzでのIBIASと温度

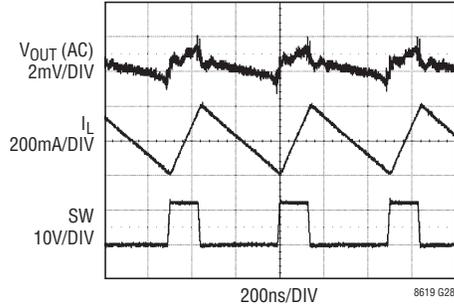


2MHzでのIBIASと温度



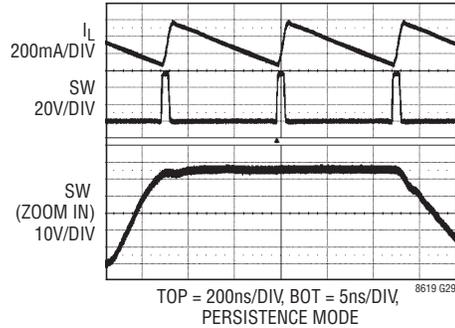
標準的性能特性

強制連続モードでの無負荷時の
スイッチング波形



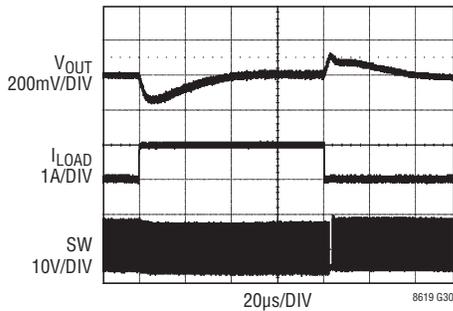
$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V$
 $f_{SW} = 2MHz, L = 3.3\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$

最小オン時間での強制連続モードの
スイッチング波形



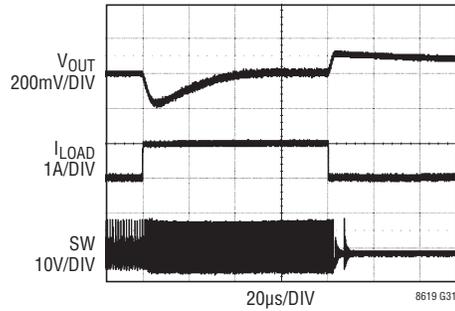
$V_{IN} = 53.7V, V_{OUT} = 3.3V, 0.5A \text{ LOAD}$
 $f_{SW} = 2MHz, L = 3.3\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$

強制連続モードでの10mAから
1Aへのトランジェント負荷ステップ



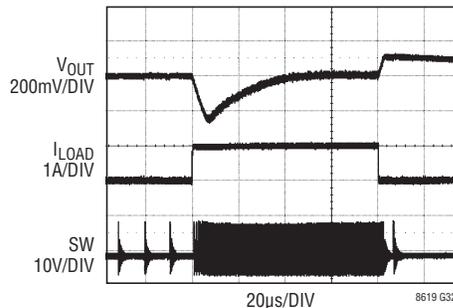
$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V$
 $f_{OSC} = 2MHz, L = 3.3\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$

パルススキップ・モードでの10mAから
1Aへのトランジェント負荷ステップ



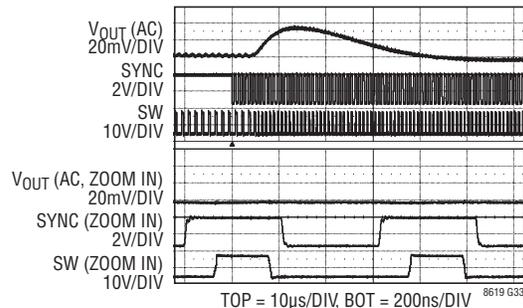
$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V$
 $f_{OSC} = 2MHz, L = 3.3\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$

Burst Modeでの10mAから1Aへの
トランジェント負荷ステップ



$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V$
 $f_{OSC} = 2MHz, L = 3.3\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$

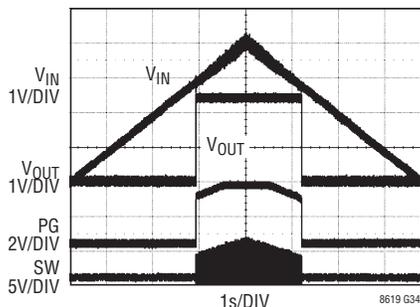
強制連続モードでの周波数同期



$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V, \text{NO LOAD}$
 $f_{OSC} = 700kHz, L = 10\mu H, C_{OUT} = 22\mu F$
 $f_{SW} (\text{FREE RUNNING}) = 700kHz, f_{SYNC} = 1.2MHz$

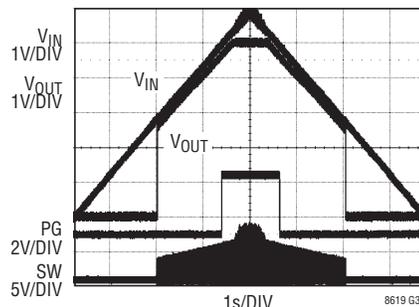
標準的性能特性

**$V_{OUT} = 2.4V$ での
起動ドロップアウト性能**



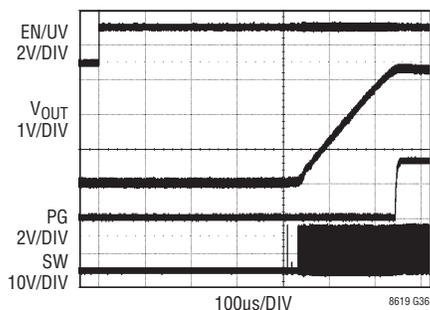
$V_{OUT} = 2.4V$, 10Ω LOAD
 $f_{SW} = 400kHz$, $L = 15\mu H$, $C_{OUT} = 47\mu F$
 PG 100k PULL-UP BY INTV_{CC}
 FORCED CONTINUOUS MODE

**$V_{OUT} = 5V$ での起動ドロップアウト
性能**



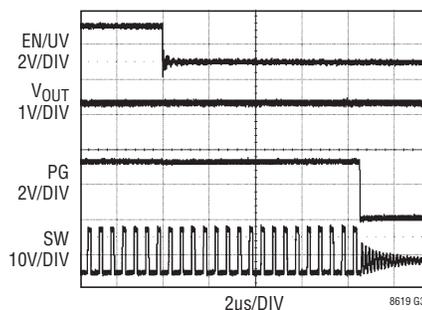
$V_{OUT} = 5V$, 10Ω LOAD
 $f_{SW} = 700kHz$, $L = 10\mu H$, $C_{OUT} = 22\mu F$
 PG 100k PULL-UP BY INTV_{CC}
 FORCED CONTINUOUS MODE

EN/UVの起動



$V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, NO LOAD
 $f_{OSC} = 2MHz$, $L = 3.3\mu H$, $C_{OUT} = 22\mu F$
 FORCED CONTINUOUS MODE

EN/UVのシャットダウン



$V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, NO LOAD
 $f_{OSC} = 2MHz$, $L = 3.3\mu H$, $C_{OUT} = 22\mu F$
 FORCED CONTINUOUS MODE

ピン機能 (DFN/MSOP)

NC (ピン1、3、13、MSOPのみ) : 接続なし。これらのピンは内部回路には接続されていません。

V_{IN} (ピン1/ピン2) : V_{IN}ピンからはLT8619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。入力バイパス・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 (ピン2/ピン4) : LT8619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。EN/UVピンのパワーオンしきい値は1Vです。印加電圧が0.56Vより低くなると、デバイスは低電流のシャットダウン・モードになります。シャットダウン機能を使用しない場合は、V_{IN}に接続します。V_{IN}とこのピンの間に外付け抵抗分割器を使用して、入力電圧の低電圧ロックアウト (V_{IN} UVLO) を設定することができます。

RT (ピン3/ピン5) : 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。同期する場合は、LT8619のスイッチング周波数を同期周波数以下に設定するようにR_T抵抗を選択します。このピンには外部電圧を印加しないでください。

PG (ピン4/ピン6) : オープンドレインのパワーグッド出力。PGはFBピンの電圧が最終レギュレーション電圧の±7.5%以内に入るまで“L”のままです。PGのプルアップ抵抗は、INTV_{CC}、V_{OUT}、または6Vより低い外部電源電圧のいずれに接続してもかまいません。

SYNC (ピン5/ピン7) : 外部クロックの同期入力。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。コントローラは、クロックに同期している間、強制連続モードになります。Burst Mode動作にするには、SYNCピンを接地します。強制連続モード動作をイネーブルするには、INTV_{CC}に接続します。このピンをフロート状態にすると、パルススキップ・モード動作が有効になります。コントローラは、起動時にパルススキップ・モードで動作することを強制されます。パルススキップ・モード動作または強制連続モード動作の場合は、Burst Mode動作と比較してI_Qがはるかに大きくなります。

FB (ピン6/ピン9、10、LT8619のみ) : LT8619はFBピンを0.8V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。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～10pFの範囲内です。このピンには外部電圧を印加しないでください。

OUT (ピン9、10、LT8619-5のMSOPのみ) : レギュレータ出力V_{OUT}に接続します。LT8619-5はOUTピンを5Vに安定化します。このピンは、固定出力電圧を設定する10MΩの内部帰還分圧器に接続されています。

BIAS (ピン7/ピン11) : BIASピンを3.1Vより高い電圧に接続すると、内部レギュレータにはBIASピンから電流が流れるようになり、V_{IN}ピンからは流れなくなります。スイッチング・レギュレータの出力電圧が3.3V以上の場合、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1μFのバイパス・コンデンサを使用してください。

INTV_{CC} (ピン8/ピン12) : 3.3V内部レギュレータの出力。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}の電流は、V_{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。V_{BIAS}が3.0V～3.5Vの範囲の場合、INTV_{CC}ピンの電圧は2.8V～3.3Vの範囲で変化します。このピンは1μF以上の低ESRセラミック・コンデンサを使用してGNDにデカップリングします。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。

BST (ピン9/ピン14) : 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。0.1μF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。

SW (ピン10/ピン15、16) : 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。

GND (露出パッド・ピン11/ピン8、露出パッド・ピン17) : グラウンド。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。

動作

LT8619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、FBピンの電圧を0.8Vの内部リファレンスと比較することにより、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、下側のパワー・スイッチがオンし、次のクロック・サイクルが始まるか、インダクタ電流がゼロに減少するまでオンのままになります(Burst Mode動作またはパルススキップ・モード)。過負荷状態によって1.8A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“L”の場合、LT8619はシャットダウンし、入力から流れる電流は0.6 μ A未満になります。EN/UVピンの電圧が1Vを超えると、スイッチング・レギュレータは動作を開始します。最初に内部LDOが起動し、次にスイッチング・レギュレータが200 μ sのソフトスタート・ランプ動作を開始します。ソフトスタートの段階では、スイッチャはパルススキップ・モードで動作し、V_{OUT}が設定値に近づくと、徐々に強制連続モードに切り替わります(SYNCピンを強制的に“H”にするか、外部クロックに接続した場合)。通常、EN/UVの立ち上がりエッジでは、スイッチャの出力電圧がレギュレーション状態に達してPGがアサートされるまでに約660 μ sかかります。

軽負荷での効率を最適化するには、SYNCピンを接地することにより、LT8619がBurst Modeで動作するよう構成します。軽負荷時で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

しているとき電源から6 μ Aを消費します。SYNCピンをフロート状態にすると、パルススキップ・モード動作が有効になります。パルススキップ・モードの間、発振器は絶えず動作し、インダクタ電流が減少してゼロになると、下側パワー・スイッチがオフします。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、自己消費電流はBurst Mode動作時より増加します。SYNCピンをINTV_{CC}に接続すると、強制連続モード動作が有効になります。強制連続モードでは、インダクタ電流を反転可能であり、スイッチャは固定周波数で動作します。SYNCピンにクロックを入力すると、デバイスは強制連続モードで動作して、外部クロック周波数に同期します。このとき、SWの立ち上がり信号が外部クロックの正のエッジに同期します。

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3.1Vより高い場合は、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。LT8619の出力を3.3V以上に設定する場合は、BIASピンをV_{OUT}に接続してください。

過電圧コンパレータOVは、過渡的なオーバーシュートからデバイスを保護します。V_{FB}が0.83Vより高くなると、OVコンパレータが作動して上側MOSFETをディスエーブルし、下側パワー・スイッチをオンして、次のクロック・サイクルが始まるまでか、インダクタの逆電流が0.55Aに達するまで、その状態が続きます。逆電流が大きいと、上側と下側の両方のMOSFETが次のサイクルまで遮断されます。正と負のパワーグッド・コンパレータは、FBの電圧が設定点から $\pm 7.5\%$ (標準)以上変化すると、PGピンを“L”にします。

FBピンの電圧が低いと、発振器はLT8619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、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。

アプリケーション情報

超低自己消費電流の達成

軽負荷時の効率を高めるため、LT8619はBurst Mode動作を開始し、入力自己消費電流と出力リップル電圧を最小限に抑えつつ、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、LT8619は1発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LT8619が消費する電流は6 μ A未満です。

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)、LT8619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。標準的なアプリケーションでは、出力に負荷がかかっていない場合、パルス間の時間を最大限長くすることにより、レギュレータの自己消費電流は6 μ Aに近づきます。したがって、軽負荷時の自己消費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(「FBの抵抗回路網」セクションを参照)。

Burst Mode動作時は上側スイッチの電流制限値が約380mA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。出力容量を大きくすると、それに比例して出力リップルは減少します。負荷がゼロ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、図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。LT8619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、LT8619がパルススキップ・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作と大きく異なる点が2つあるからです。1つ目は、Burst Mode動作時に機能する最小インダクタ電流クランプが取り除かれて、出力コンデンサに供給される電荷がより少量になり、出力リップル電圧が減少することです。ある一定の負荷では、デバイスの起動頻度が高くなり、Burst Mode動作と比較して電源電流が多くなります。2つ目は、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(図3を参照)。パルススキップ・モードを有効にするには、SYNCピンをフロート状態のままにします。SYNCピンをINTV_{CC}ノードに接続すると、無負荷時には設定スイッチング周波数が有効になります。

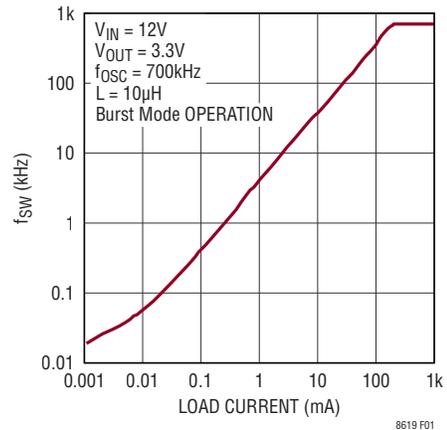


図1. バースト周波数と負荷電流

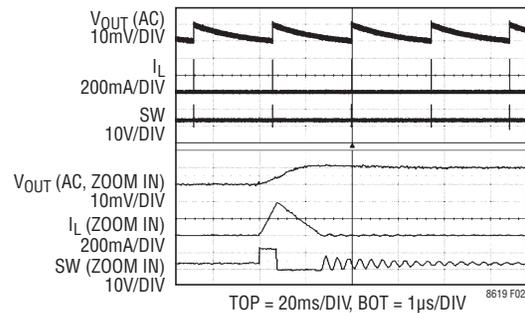


図2. $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ (無負荷時)、 $R_T = 66.5k$ 、 $L = 10\mu H$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ でのBurst Mode動作波形

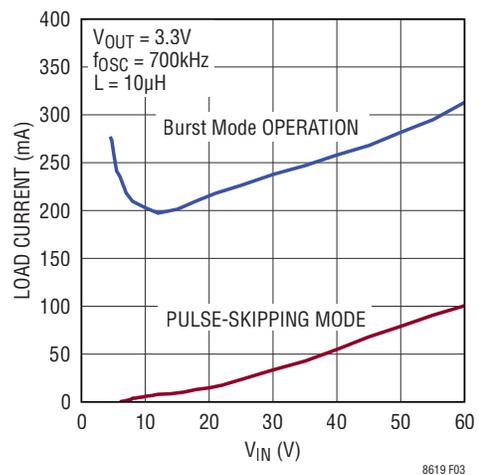


図3. 最大周波数動作での最小負荷とBurst Mode動作およびパルススキップ・モード設定での V_{IN}

アプリケーション情報

FBの抵抗回路網

出力電圧は、 V_{OUT} とFBピンの間に抵抗分割器を接続して設定します。抵抗値は次式に従って選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.8V} - 1 \right)$$

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。

入力の自己消費電流を少なくして軽負荷時の効率を良好にする必要がある場合、FBの抵抗分割器に大きな抵抗値を使用します。分割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。

$$I_Q = 5.2\mu A + \left(\frac{V_{OUT}}{R1 + R2} \right) \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \left(\frac{1}{\eta} \right)$$

ここで、 $5.2\mu A$ はLT8619の自己消費電流であり、第2項は軽負荷時の効率が η のとき降圧動作の入力に反映される帰還抵抗分割器の電流です。 $R1 = 1M$ および $R2 = 316k$ での3.3Vアプリケーションの場合、帰還抵抗分割器には V_{OUT} から $2.5\mu A$ が流れます。 $V_{IN} = 12V$ および $\eta = 85\%$ の場合は、これによって $0.8\mu A$ が $5.2\mu A$ の自己消費電流に加わるので、12V電源から流れる自己消費電流は $6\mu A$ 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「標準的性能特性」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、 $4.7pF \sim 10pF$ の位相進みコンデンサC1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

LT8619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 $300kHz \sim 2.2MHz$ の範囲でスイッチングするよう設定できます。目的の発振器周波数を得るために必要な R_T の抵抗値は、次式を使用して概算できます。

$$R_T = \frac{50.07}{f_{OSC}} - 5$$

ここで、 R_T の単位は $k\Omega$ 、 f_{OSC} は目的のスイッチング周波数で単位はMHzです。

目的の発振器周波数を得るための標準的な R_T の値を表1および図4に示します。

表1. 発振器周波数と R_T の値(1%精度の抵抗)

f_{OSC} (MHz)	R_T (k Ω)	f_{OSC} (MHz)	R_T (k Ω)
0.3	162	1.4	30.9
0.4	121	1.6	26.1
0.5	95.3	1.8	22.6
0.6	78.7	2.0	20.0
0.7	66.5	2.2	17.8
0.8	57.6		
0.9	51.1		
1.0	45.3		
1.2	36.5		

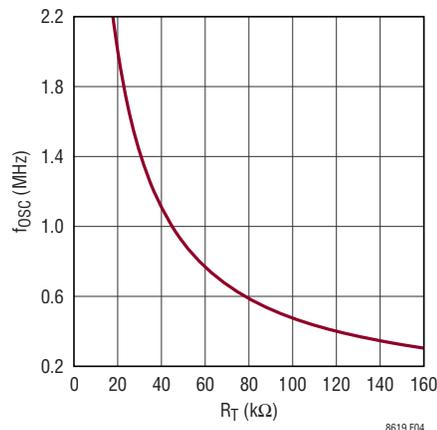


図4. 発振器周波数と R_T の値

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。

強制連続モードでは、所定のアプリケーションでの最も高い発振器周波数($f_{OSC(MAX)}$)を、次の1次方程式で概算することができます。

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

ここで、 V_{IN} は入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 $R_{SW(TOP)}$ および $R_{SW(BOT)}$ は内蔵スイッチのオン抵抗(それぞれ約 0.45Ω 、約 0.22Ω)、であり、 $t_{ON(MIN)}$ は図5に示す負荷条件での上側ス

アプリケーション情報

スイッチの最小オン時間です。図6に、最大入力電圧とスイッチング周波数の関係を示します。図4に示すように、小さな R_T を選択して、レギュレータのスイッチング周波数が高くなるようにする場合は、入力電源電圧の最大値を低くする必要があります。また、負荷を低減する場合や負荷を取り除く場合は、入力電源電圧の最大値を更に低くする必要があります。

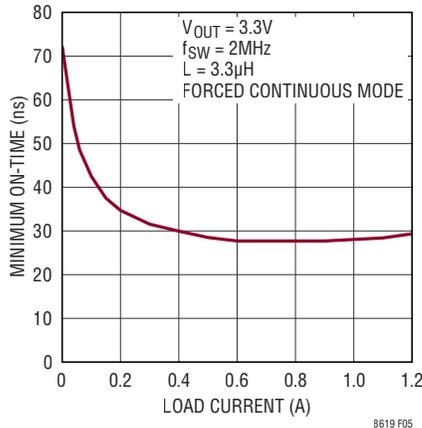


図5. 最小オン時間と負荷電流

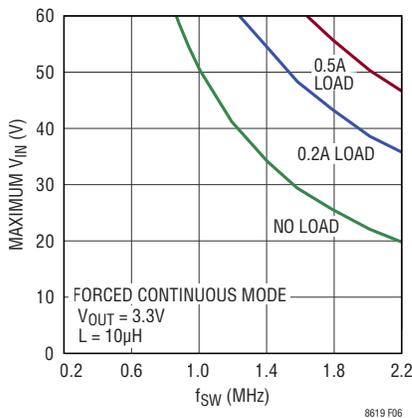


図6. 強制連続モードでの最大入力電圧とスイッチング周波数

高電源電圧動作

Burst Mode 動作またはパルススキップ・モードでは、周波数設定に関係なく、 V_{IN} の電圧が60Vの絶対最大定格と同程度に高くなる場合があります。ただし、LT8619は必要に応じてスイッチング周波数を低減して、出力電圧を安定化します。

強制連続モードでは、 V_{IN} の電圧サージが図6に示す電圧より一瞬高くなって、最小オン時間動作になると、過電圧コンパレータが、過渡的なオーバーシュートや、出力に過電圧が生じる可能性がある他のより深刻な状態からデバイスを保護します。 V_{FB} の電圧がその公称値より3.75%を超えて高くなると、上側MOSFETはオフになり、下側MOSFETはオンになります。この時点では、インダクタ電流が反転するまで出力電圧は増加し続けます。実際のピーク出力電圧は3.75%より高くなり、外付け部品の値、負荷条件、および出力電圧設定値に応じて変動します。インダクタ電流が下側MOSFETの逆電流を超えるか、過電圧状態が解消されるまで、下側MOSFETは引き続きオンのままです。逆電流が大きいと、上側と下側の両方のMOSFETが次のクロック・サイクルまで遮断されます。

低電源電圧動作

LT8619は、入力電圧が一時的に3.0Vより低くなることのある短時間の入力トランジェント時にも動作状態を維持するように設計されています。入力電圧がこれより低くなると、MOSFETをオンするのに十分なゲート駆動電圧を供給できないレベルまでINTV_{CC}の電圧が降下する可能性があります。LT8619は、この低電圧状態を検出する2つの回路を内蔵しています。UVLOコンパレータはINTV_{CC}の電圧をモニタして、起動時に2.8Vより高くなっていることを確認します。いったんレギュレーション状態になると、INTV_{CC}が2.65Vより高い電圧に留まっている限り、デバイスは動作し続けます。このUVLOコンパレータが作動すると、デバイスはシャットダウンし、INTV_{CC}が回復するまでシャットダウンしたままです。別のコンパレータは電源電圧 V_{IN} をモニタして、 V_{IN} が望ましくない電圧より低くなると、 V_{IN} とEN/UVの間に抵抗分割器を追加するように動作して、レギュレータをオフします。

LT8619は99%を超える最大デューティ・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。深いドロップアウト状態では、ループが上側スイッチを絶えずオンしようとします。ただし、上側スイッチのゲート駆動回路は、フロート状態のブートストラップ・コンデンサ C_B からバイアス供給を受けます。このコンデンサは、通常は各オフ・サイクルの間に充電されますが、ドロップアウト状態では、そのリフレッシュ・サイクルが失われ、電荷が放電されます。コンパレータはブートストラップ・コンデンサ電圧の低下を検出し、上側スイッチを強制的にオフして、コンデンサを充電します。

アプリケーション情報

発振器の設定周波数からのずれを許容できない低 V_{IN} のアプリケーションでは、次式を使用してスイッチング周波数を設定します。

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

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、 $V_{SW(TOP)}$ 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0.54V、約0.264V)、 f_{OSC} は(R_T で設定した)発振周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ はスイッチングの最小オフ時間です。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

LT8619 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。LT8619 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。

$$L = 2 \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{OSC}}$$

ここで、 f_{OSC} 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0.264V)、 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、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。

$$I_{SAT} > I_{LOAD(MAX)} + \frac{\Delta I_L(MAX)}{2}$$

ここで、 $I_{LOAD(MAX)}$ は所定のアプリケーションの最大出力負荷であり、 $\Delta I_L(MAX)$ は次式で計算されるインダクタのリップル電流です。

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

簡単な例として、1A の出力電流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 1.5A 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。高い効率を追求するため、直列抵抗 (DCR) の小さいインダクタ (できれば 0.04 Ω 未満) を選択し、コアの材質は高周波アプリケーション向けのものにします。ただし、これを達成するには大型のインダクタが必要です。一般に、DCR が 0.1 Ω 前後のインダクタは、効率と基板面積の両方にとって妥当な折衷案となりますが、その代償として効率の数値が 1% ~ 2% 低下します。

LT8619 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フォルトから保護します。上側スイッチの電流制限値 (I_{LIM}) は 1.5A 以上です。その結果、インダクタの値は目的の最大出力電流 ($I_{LOAD(MAX)}$) 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。

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

したがって、LT8619 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 ($I_{LOAD(MAX)}$) 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、LT8619 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

アプリケーション情報

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。

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、LT8619を大きいリップル電流で動作させることができます。これにより、物理的に小型のインダクタまたはDCRの小さいインダクタを使用できるので、効率が高くなります。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、最大負荷電流がさら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。

入力コンデンサ

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の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LT8619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。連続モードでは、入力コンデンサのRMS電流は次式で与えられます。

$$I_{\text{RMS(MAX)}} \approx I_{\text{LOAD(MAX)}} \frac{\sqrt{V_{\text{OUT}}(V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}}{V_{\text{IN}}}$$

この式でRMS電流が最大になるのは $V_{\text{IN}} = 2V_{\text{OUT}}$ のときで、 $I_{\text{RMS(MAX)}} = I_{\text{LOAD(MAX)}}/2$ です。

LT8319回路の入力は、X7RタイプまたはX5Rタイプで $2.2\mu\text{F} \sim 10\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサを V_{IN} ピンとGNDピンのできるだけ近くに配置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。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い場合や、長い配線またはケーブルによってインダクタンスがかなり大きくなる場合は、セラミック入力コンデンサとトレースまたはケーブルのインダクタンスを組み合わせることにより、高品質の(減衰しにくい)タンク回路が形成されます。LT8619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、

LT8619の電圧定格を超える恐れがあります。損失の大きい電解コンデンサをセラミック・コンデンサと並列に接続することにより、この状況は容易に回避できます(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、LT8619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LT8619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。レギュレータの電流スルーレートは、インダクタと帰還ループによって制限されます。負荷によって要求される電流の大きさが変動した場合は、帰還ループが反応して負荷変動を補償するまで、初期電流の不足分を出力コンデンサが埋め合わせる必要があります。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。出発点にふさわしい値については、「標準的応用例」のセクションを参照してください。

大きな値の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。

セラミック・コンデンサ

コンデンサを選択するときは、該当するバイアス電圧と動作温度の条件で実効容量を正確に計算するため、メーカーのデータシートに特に注意してください。セラミック誘電体は、出力コンデンサとして理想に近い(つまり、体積効率が高く、等価抵抗がきわめて低い)性能を発揮することができます。ただし、マイナス面もあります。kの高い誘電材料は、かなりの温度係数および電圧係数を示し、これはその容量が動作温度と印加電圧に応じて変化することを意味します。X7Rコンデンサは範囲の中間の容量値を示し、 $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲での変動幅はわずか $\pm 15\%$ です。Y5Vの容量は $-30^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で22%から-82%まで変動する可能性があるため、LT8619のアプリケーションには使用しないでください。

アプリケーション情報

図7に、4種類の22μFセラミック・コンデンサの電圧係数を示します(動作定格は全て16Vです)。1210および1812パッケージのX7Rを除き、定格電圧の半分以上を超えるバイアスを加えると、コンデンサは容量の30%以上を失うことに注意してください。通常、パッケージ・サイズが大きくなるにつれて、バイアス電圧係数は小さくなります。特定のパッケージ・サイズでの大型セラミック・コンデンサの電圧係数を許容できない場合は、容量の要件を満たす有効な手段として、電圧係数の小さい複数の小型コンデンサを並列に配置することができます。**全てのコンデンサが置き換え可能なわけではありません**。コンデンサの選択を誤ると、回路の性能が大幅に低下することがあります。

また、セラミック・コンデンサは、その圧電特性に起因する問題が生じることがあります。Burst Mode動作時に、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、LT8619は、可聴ノイズが発生する周波数でセラミック・コンデンサを励起することができます。LT8619はBurst Mode動作時には低インダクタ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、代わりに高性能のタンタル・コンデンサまたは電解コンデンサを出力に使用することを検討してください。低ノイズのセラミック・コンデンサも使用できます。

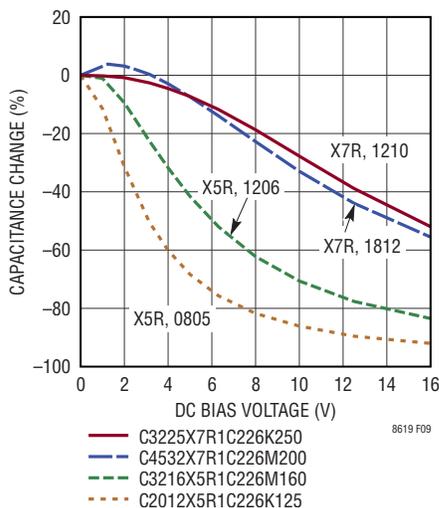


図7. セラミック・コンデンサの電圧係数

また、セラミック・コンデンサは機械的ストレスの影響を受けやすく、容量の大幅な損失につながる可能性があります。機械的ストレスの最も一般的な発生源は、プリント回路基板の曲げやたわみ、インサーキット・パラメータ・テスト時の接触圧力、半田ごての先端による直接の接触などです。セラミック・コンデンサの取り扱いに関するその他の情報については、メーカーのアプリケーション・ノートを参照してください。

イネーブル・ピン

LT8619は、EN/UVピンが“L”のときシャットダウン状態になり、EN/UVピンが“H”のときアクティブになります。ENコンパレータのパワーオンしきい値は1.0Vで40mVのヒステリシスがあり、いったんEN/UVの電圧がこのパワーオンしきい値より低くなると、MOSFETはオフになりますが、内部のバイアス回路は通電状態のままです。印加電圧が0.56Vより低くなると、全ての内部ブロックはディスエーブル状態になり、デバイスは低電流のシャットダウン・モードになります。シャットダウン機能を使用しない場合は、EN/UVピンをV_{IN}に接続してかまいません。

抵抗分割器をV_{IN}とEN/UVピンの間に追加すると、LT8619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、このしきい値(V_{IN(EN/UV)})が使用されるのは、入力電源の電流が制限されているか、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/UV)}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。

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

この場合は、V_{IN}がV_{IN(EN/UV)}を超えるまでLT8619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/UV)}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

軽負荷電流に対してBurst Modeで動作しているとき、 V_{IN} (EN/UV) の抵抗回路網を流れる電流は、LT8619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、 V_{IN} (EN/UV) の抵抗を十分に大きくして、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3.3V電源を生成します。INTV_{CC}は、LT8619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。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ができます。通常、BIASピンはスイッチング・レギュレータの出力に接続できますが、外部電源に接続することもできます(ただし、3.3V以上にする必要があります)。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での電力損失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。

出力パワーグッド

LT8619の出力電圧がレギュレーション点の $\pm 7.5\%$ の範囲内にある場合、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、内部のオープンドレイン・トランジスタにより、PGピンは“L”になります。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UVLOしきい値より低くなっている、 V_{IN} が低すぎる、またはサーマル・シャットダウンが発生しているというフォルト状態です。

同期

デューティ・サイクルが20%~80%の方形波をSYNCピンに接続することにより、LT8619の発振器を外部周波数に同期させることができます。方形波の振幅には、0.4Vより低い谷と2Vより高い山(最大6V)が必要です。周波数同期中、デバイスは、SWの立ち上がりエッジがSYNCの正のエッジに同期した強制連続モードで動作します。LT8619は300kHz~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、LT8619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する必要があります。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になるようにR_Tを選択します。

起動時の突入電流、短絡保護

起動時には、内部のソフトスタート動作によって V_{OUT} のスルーレートが制御されます。LT8619は最大定格の出力電流を供給して、出力コンデンサをできるだけ急速に充電します。起動中、出力が過負荷状態になると、レギュレータは最大限のソース電流を供給し続けて出力負荷に打ち勝ちますが、同時に、下側スイッチの電流をモニタして、インダクタ電流が安全レベルを超えている場合は、インダクタ電流が減少して安全レベルに達する時間まで、上側スイッチのスイッチングが遅延するようにします。

ソフトスタート期間が経過して、FBの電圧が0.74Vより高くなると、外部負荷によって出力電圧が低下した場合にはLT8619のスイッチング周波数が折り返されます。同時に、短絡電流を制限するため、下側スイッチの電流は引き続きモニタされます。図8に周波数フォールドバック伝達曲線を示し、図9に短絡波形を示します。この過電流状態時にSYNCピンをクロック信号源に接続すると、LT8619は同期モードから抜け出します。

アプリケーション情報

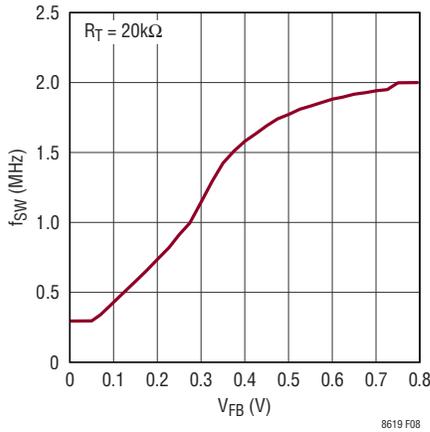


図8. 周波数フォールドバック伝達関数

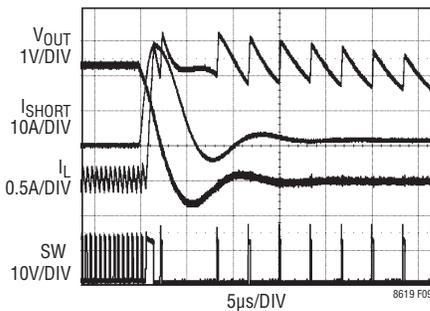


図9. $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $f_{OSC} = 2MHz$ 、 $L = 4.7\mu H$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ での短絡波形

逆入力保護

LT8619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、負荷の保護が必要になる場合があります。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LT8619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、EN/UV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)“H”に保持されていると、SWピンを介してLT8619の内部回路に自己消費電流が流れます。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/UV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/UV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、LT8619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LT8619が動作し、短絡入力や逆入力に対しては保護する V_{IN} ピンとEN/UVピンの接続を図10に示します。

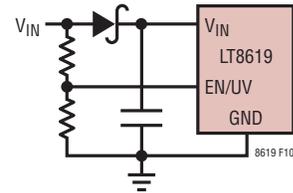


図10. 逆入力電圧保護

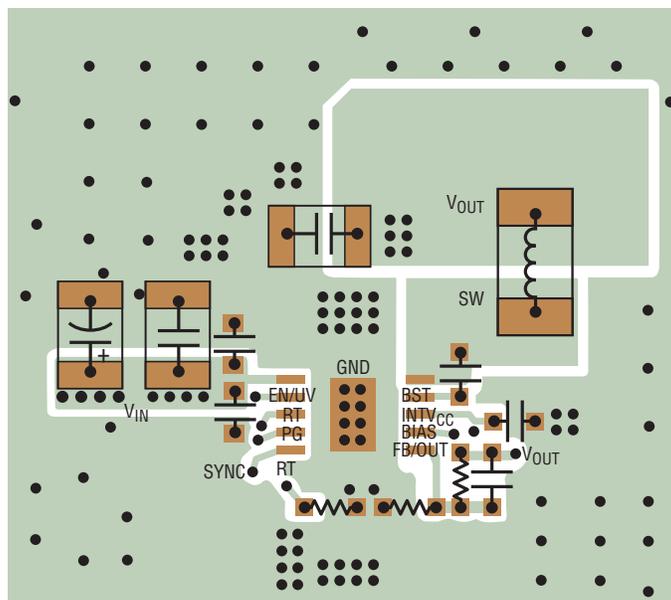
PCBレイアウト

動作を正常にしてEMIを最小にするには、プリント回路基板(PCB)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11および図12に示します。LT8619の V_{IN} ピン、SW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。これらの部品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。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。これらの部品と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、その層で接続するようにします。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BSTノードはできるだけ小さくしてください。最後に、グラウンド・トレースがSWノードとBST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、電気的にはグラウンドに接続され、熱的にはヒートシンクとして機能するように、グラウンドに半田付けする必要があります。熱抵抗を低く保つには、グラウンド・プレーンをできるだけ広げ、LT8619の下や近くから回路基板内および底面の追加グラウンド・プレーンまでサーマル・ビアを追加します。

高温での出力電流に関する検討事項

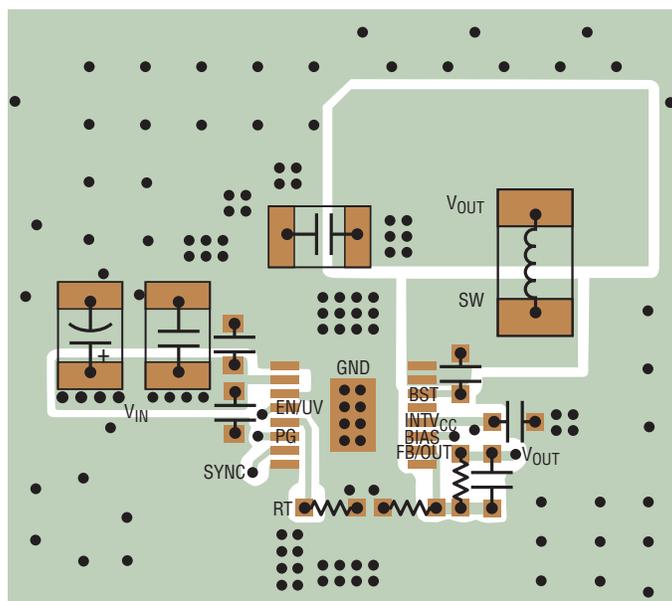
LT8619が駆動できる実用的な最大連続負荷は、定格では1.2Aですが、実際には内部電流制限値(「標準的性能特性」のセクションを参照)と内部温度の両方によって変わります(内部温度は動作条件、PCBレイアウト、および空気流によって決まります)。

アプリケーション情報



8619 F11

図 11. LT8619 10ピン DFNの推奨 PCB レイアウト



8619 F12

図 12. LT8619 16ピン MSOPの推奨 PCB レイアウト

アプリケーション情報

周囲温度が高い場合は、PCBのレイアウトに注意を払い、LT8619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、LT8619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。図13に、ケース温度の上昇と負荷電流のグラフを示します。図14に示すように、周囲温度が高くなると、ケース温度は大幅に上昇します。LT8619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、LT8619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。

図15に、最大出力電流の標準的なデレーティング曲線を示します。他のモノリシック・スイッチング・レギュレータと同様に、PCBレイアウト、熱抵抗、空気流、近くにある他の熱源は、効率的にダイから熱を除去して、ダイの接合部温度を根本的に変えることに影響を及ぼします。LT8619スイッチャの実際の出力電圧および電流供給能力は、このデータシートに記載されている性能曲線からずれる場合があります。LT8619を限界に近づける場合は、動作を実際の環境で検証してください。**周囲温度が高いときに、最大接合部動作温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがあります。**

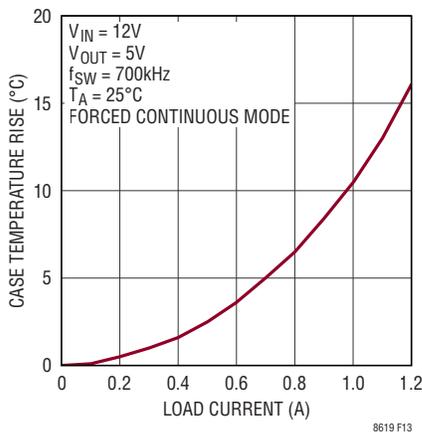


図13. ケース温度の上昇と負荷電流

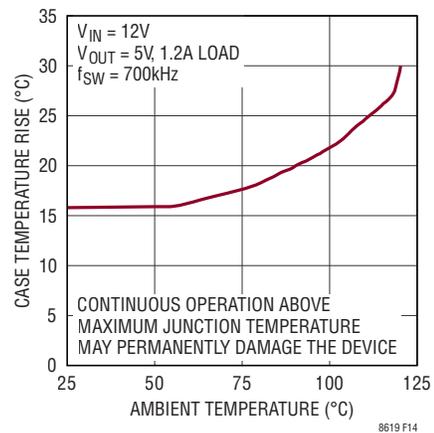


図14. ケース温度の上昇と周囲温度

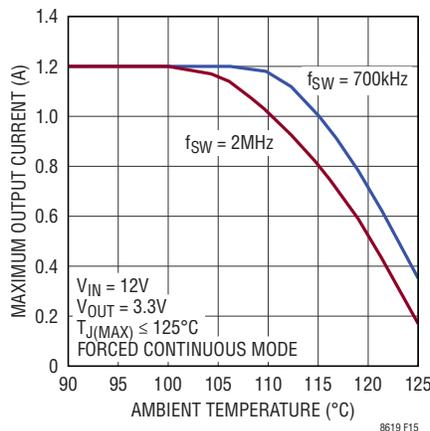
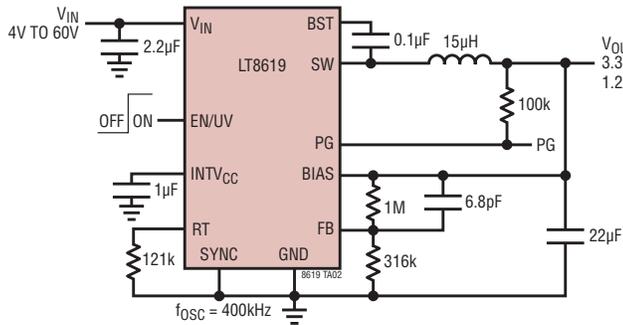


図15. 接合部温度が125°Cより低い場合のLT8619の最大出力電流のデレーティング

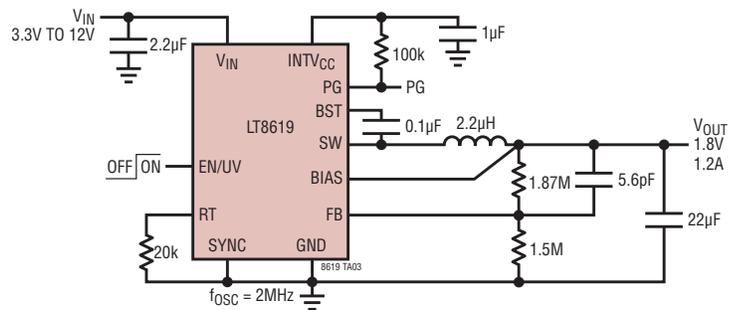
標準的応用例

3.3V/400kHz 降圧コンバータ



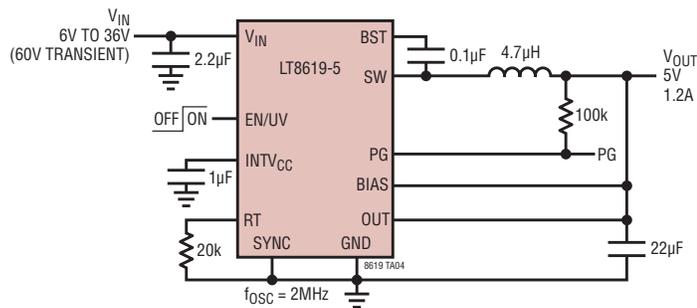
L = VISHAY IHLP-3232CZ-11
C_{OUT} = TDK C3225X7R1C226K250

1.8V、2MHz 降圧コンバータ



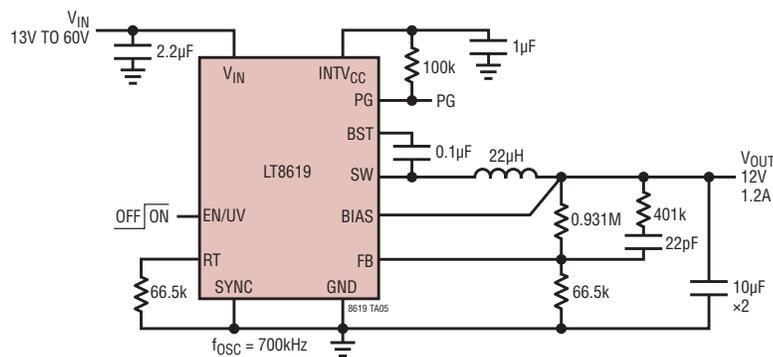
L = VISHAY IHLP-2020AB-01
C_{OUT} = TDK C3225X7R1C226K250

5V/2MHz 降圧コンバータ



L = VISHAY IHLP-2020BZ-01
C_{OUT} = TDK C3225X7R1C226K250

12V/700kHz 降圧コンバータ

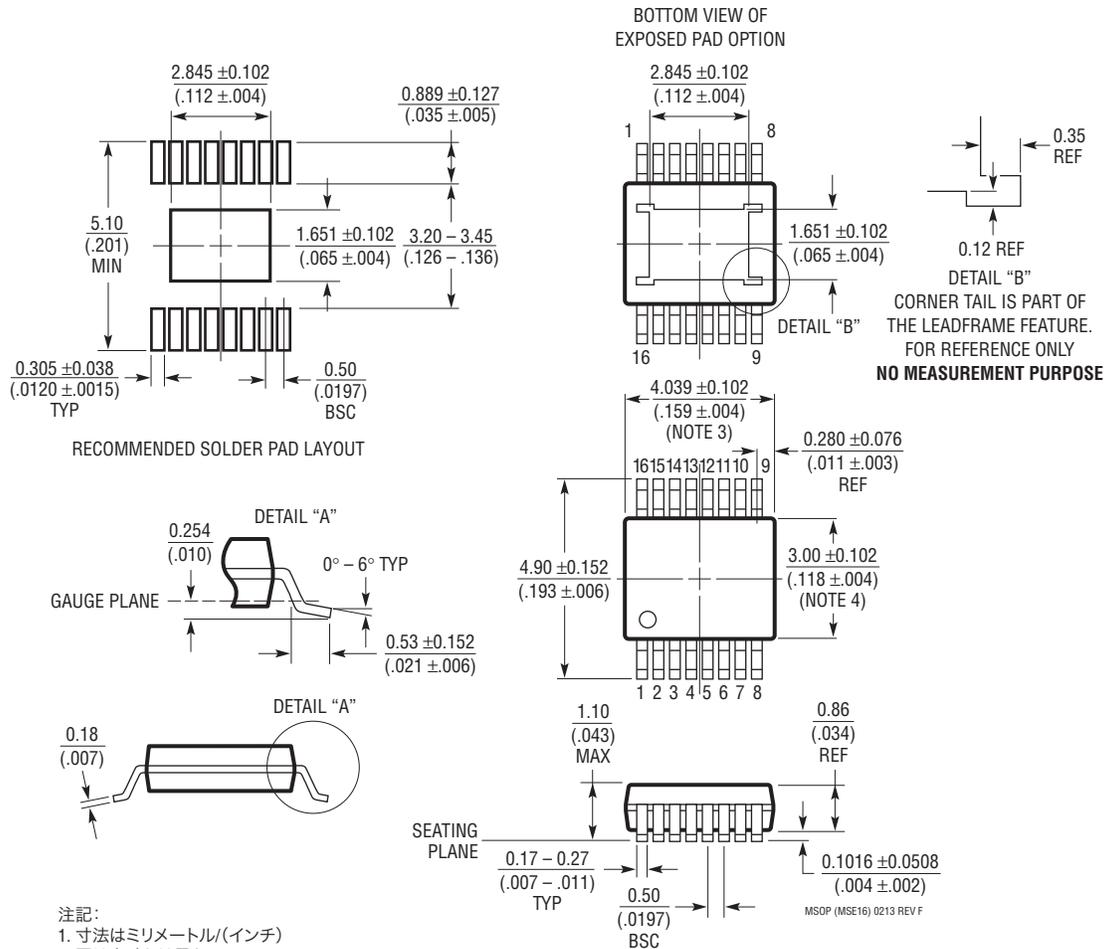


L = VISHAY IHLP-2020CZ-11
C_{OUT} = MURATA GRM32ER7YA106K

パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LT8619#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)



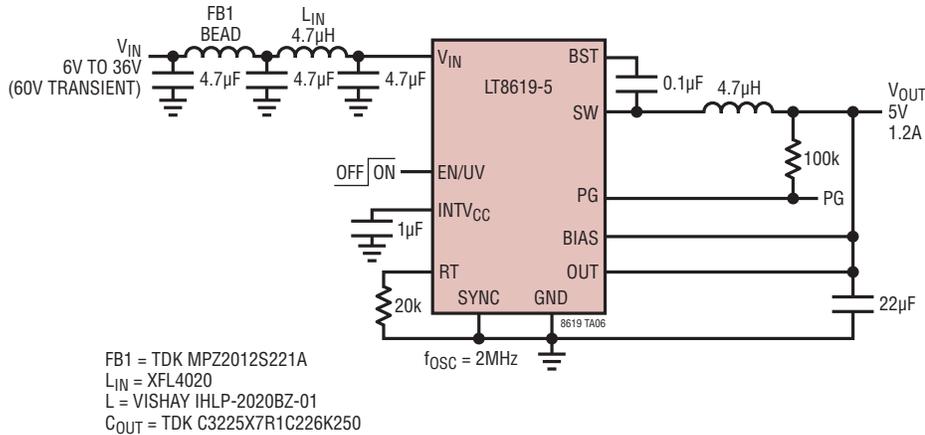
注記:

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. 露出パッドの寸法には、モールドのバリを含む。
 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

LT8619/LT8619-5

標準的応用例

超低EMIの5V/2MHz降圧コンバータ



関連製品

製品番号	説明	注釈
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
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 ($I_Q = 25\mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, MSOP-10E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 ($I_Q = 25\mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, MSOP-16Eパッケージ
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 ($I_Q = 25\mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 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 ($I_Q = 25\mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 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 ($I_Q = 2.5\mu A$ 、入力/出力電流制限/モニタ機能内蔵)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×5mm QFN-24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 ($I_Q = 25\mu A$)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 3.0\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×6mm QFN-28パッケージ
LT8613	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 (電流制限機能内蔵)	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$, $V_{IN(MAX)} = 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 3.0\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×6mm QFN-28パッケージ
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
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
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