

3mm × 3mm LQFN パッケージの 5V、 12.5A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ

特長

- Silent Switcher® (サイレント・スイッチャ) 2
アーキテクチャ: 超低 EMI 放射
- 高効率— $4.5\text{m}\Omega$ NMOS および $16\text{m}\Omega$ PMOS
- 広い帯域幅、高速過渡応答
- 過負荷時にインダクタの飽和を安全に許容
- V_{IN} の範囲: $2.25\text{V} \sim 5.5\text{V}$
- V_{OUT} の範囲: $0.5\text{V} \sim V_{\text{IN}}$
- V_{OUT} の精度: $\pm 1\%$ (リモート検出)
- ピーク電流モード制御
- 最小オン時間: 35ns
- プログラマブルな周波数: 最大 5MHz
- シャットダウン電流: $1\mu\text{A}$
- 高精度のイネーブル閾値: 400mV
- 電圧トラッキング機能を備えた出力ソフトスタート
- パワーグッド出力
- ダイ温度モニタ
- 強制連続モードでパワー一段の並列接続を構成可能
- 熱特性が改善された $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ LQFN パッケージ
- 車載アプリケーション向けの AEC-Q100 認定

アプリケーション

- オートモーティブ / 産業機器 / 通信機器
- サーバー、テレコム電源
- 分散 DC 電源システム (POL)
- FPGA、ASIC、 μP コアの電源

概要

LTC®3311S は、非常に小型で低ノイズのモノリシック降圧 DC/DC コンバータで、 $2.25\text{V} \sim 5.5\text{V}$ の入力電源から最大 12.5A の出力電流を供給できます。このデバイスは、Silent Switcher 2 アーキテクチャを採用し、ホット・ループ・バイパス・コンデンサを内蔵しており、最大 5MHz のスイッチング周波数で低 EMI と高効率の両方を実現します。より大電力が必要なシステムの場合は、マルチフェーズ動作の並列接続コンバータを容易に実装できます。

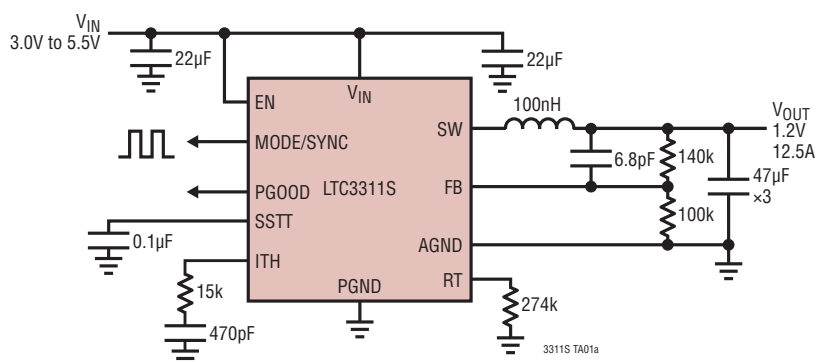
LTC3311S は固定周波数のピーク電流モード制御アーキテクチャを採用して、高速過渡応答に対応します。 500mV のリファレンスにより、低電圧出力が可能です。デューティ・サイクル 100% の動作により、ドロップアウト電圧が少なくて済みます。

その他に、出力がレギュレーション状態のときのパワーグッド信号、高精度のイネーブル閾値、出力過電圧保護、サーマル・シャットダウン、温度モニタ、クロック同期、モード選択、出力短絡保護などの機能を備えています。このデバイスは、 18 ピンの $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 小型 LQFN パッケージで供給されます。

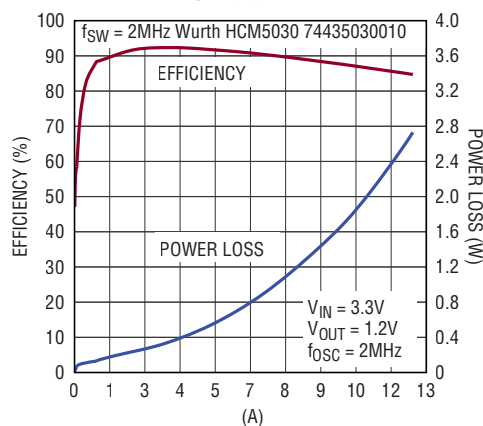
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

1.2V/12.5A 降圧コンバータ



効率と負荷電流



3311S TA01b

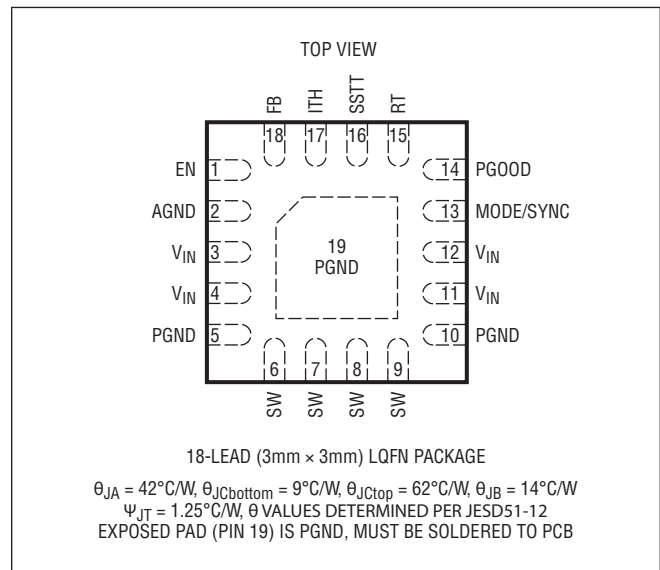
Rev. 0

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN}	$-0.3V \sim 6V$
EN, SSTT	$-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$ または $6V$ の低い方
MODE/SYNC	$-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$ または $6V$ の低い方
RT	$-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$ または $6V$ の低い方
FB	$-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$ または $6V$ の低い方
PGOOD	$-0.3V \sim 6V$
I_{PGOOD}	$5mA$
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2, Note 3)	
LTC3311SE	$-40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$
LTC3311SI	$-40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$
保存温度範囲	$-65^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$
最大リフロー (パッケージ本体) 温度	$260^{\circ}C$

ピン配置



発注情報

LEAD FREE - TRAY/REEL	PART MARKING	FINISH CODE	PAD FINISH	PACKAGE DESCRIPTION	MSL RATING	TEMPERATURE RANGE
LTC3311SEV#PBF	LHKH	e4	Au(RoHS)	18-Lead (3mm × 3mm) LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	MSL3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC3311SIV#PBF						
LTC3311SEV#TRPBF						
LTC3311SIV#TRPBF						
LTC3311SEV#TRMPBF						
LTC3311SIV#TRMPBF						

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。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは、指定された販売経路を通じて、#TRMPBFの接尾辞を付けた500個入りリールで提供しています。

** 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

●は規定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 (Note 2、3)。注記がない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{EN} = V_{IN}$ 、MODE/SYNC = 0V。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電源						
Operating Supply Voltage (V_{IN})		●	2.25		5.5	V
V_{IN} Undervoltage Lockout	V_{IN} Rising	●	2.0	2.1	2.2	V
V_{IN} Undervoltage Lockout Hysteresis				150		mV
V_{IN} Quiescent Current	(Note 4)			1.3	2.0	mA
V_{IN} Quiescent Current in Shutdown	$V_{EN} = 0.1\text{V}$			1	2	μA
EN Threshold	V_{EN} Rising	●	0.375	0.4	0.425	V
EN Hysteresis				60		mV
EN Pin Leakage Current	$V_{EN} = 0.4\text{V}$				± 20	nA

電圧レギュレーション

Regulated Feedback Voltage (V_{FB})		●	495	500	505	mV
Feedback Voltage Line Regulation	$2.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 5.0\text{V}$			0.002	0.025	%/V
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 0.5\text{V}$				± 20	nA
Error Amp Transconductance				1		mS
Error Amp Sink/Source Current				± 45		μA
Top Switch Current Limit	$V_{OUT}/V_{IN} \leq 0.2$, Current Out of SW	●	16	17.5	20	A
Bottom Switch Current Limit (I _{VALLEYMAX})	Current Out of SW	●	12	14	16	A
Top Switch ON-Resistance				16		m Ω
Bottom Switch ON-Resistance				4.5		m Ω
SW Leakage Current	$V_{EN} = 0.1\text{V}$			± 100		nA
V_{TH} to I_{Peak} Current Gain				18		A/V
Minimum On-Time		●		35	60	ns
Maximum Duty cycle		●	100			%

パワーグッド/ソフトスタート/温度モニタ

PGOOD Rising Threshold	As a Percentage of the Regulated V_{OUT}	●	97	98	99	%
PGOOD Hysteresis		●	0.5	1	1.5	%
Overvoltage Rising Threshold	As a Percentage of the Regulated V_{OUT}	●	106	110	112.5	%
Overvoltage Hysteresis		●	1	2.5	3.5	%
PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5.5\text{V}$				20	nA
PGOOD Pull Down Resistance	$V_{PGOOD} = 0.1\text{V}$			12	20	Ω
PGOOD Delay				100		μs
Soft-Start Charge Current	$V_{SSTT} = 0.5\text{V}$	●	7	10	13	μA
Temp Monitor Slope				4		mV/ $^\circ\text{C}$

発振器

Switching Frequency Range	R_T Programmable	●	0.5		5	MHz
Switching Frequency	$R_T = 274\text{k}$	●	1.8	2	2.2	MHz
Synchronization Frequency Range	$R_T = V_{IN}$	●	0.5		2.25	MHz
Default Frequency	$R_T = V_{IN}$	●	1.8	2	2.2	MHz
SYNC Level High on MODE/SYNC		●	1.2			V
SYNC Level Low on MODE/SYNC		●			0.4	V
Minimum MODE/SYNC Pulse Width			40			ns
MODE/SYNC Input Resistance				200		k Ω
MODE/SYNC No Clock Detect Time				20		μs

電気的特性

●は規定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 (Note 2、3)。注記がない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{EN} = V_{IN}$ 、MODE/SYNC = 0V。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MODE/SYNC Clock Out Rise/Fall Time	$C_{\text{MODE/SYNC}} = 50\text{pF}$		10		ns
MODE/SYNC Clock Low Output Voltage	$I_{\text{MODE/SYNC}} = 100\mu\text{A}$		0.2		V
MODE/SYNC Clock High Output Voltage	$I_{\text{MODE/SYNC}} = 100\mu\text{A}$		$V_{IN} - 0.2$		V
MODE/SYNC Clock Out Duty Cycle			50		%

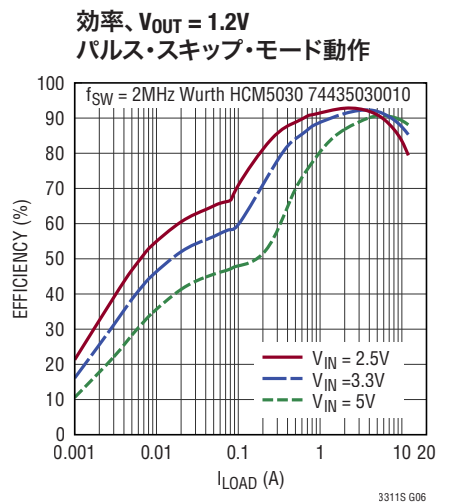
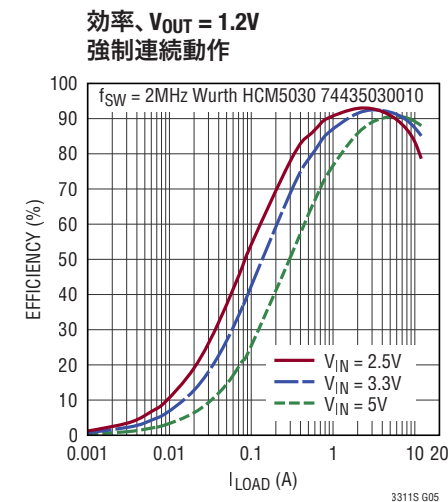
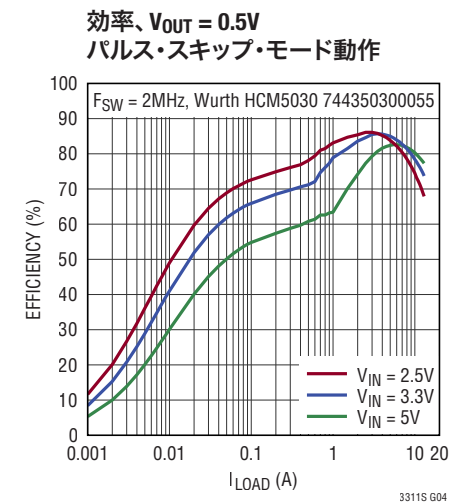
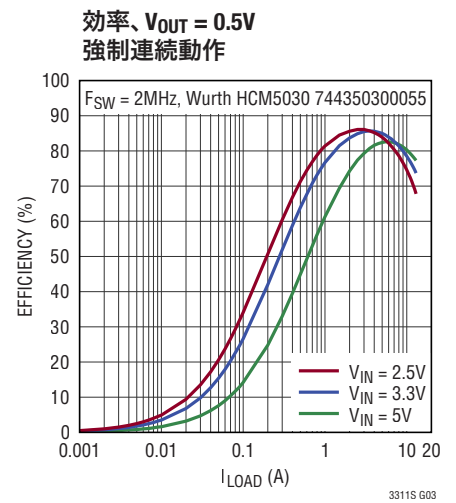
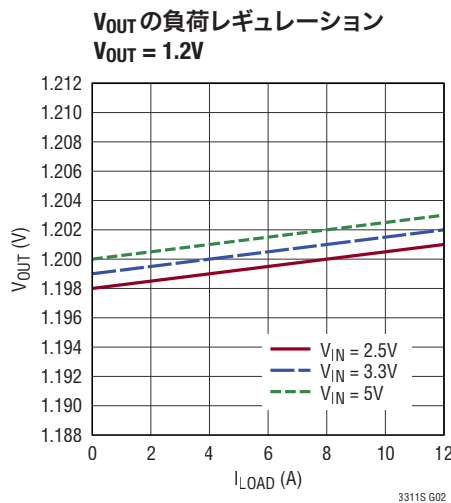
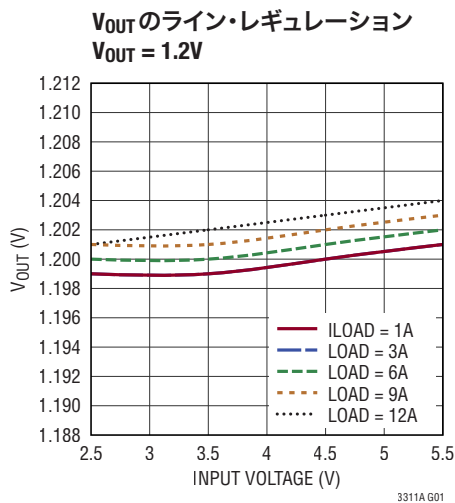
Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: LTC3311SE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的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTC3311SIは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作ジャンクション温度範囲での動作が確認されている。

Note 3: LTC3311Sは、瞬間的な過負荷状態時にデバイスを保護する過熱保護機能を備えている。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。規定された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、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

Note 4: 電源電流の仕様にはスイッチング電流は含まれない。実際の電源電流はこれより大きくなる。

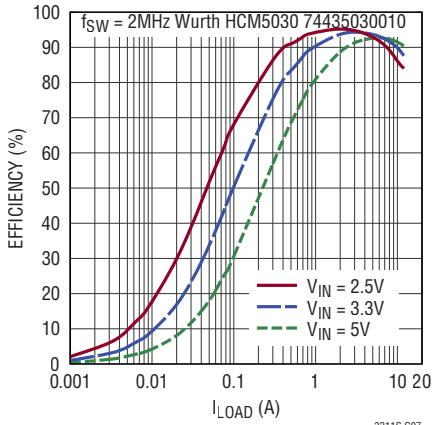
代表的な性能特性 注記のない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



代表的な性能特性

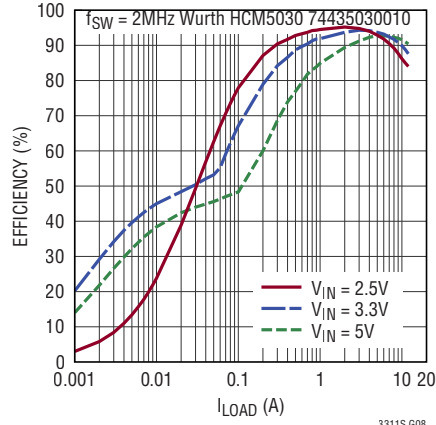
注記のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

効率、 $V_{OUT} = 1.8V$
強制連続動作



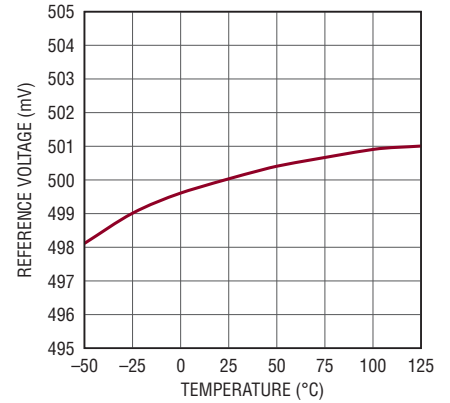
3311S G07

効率、 $V_{OUT} = 1.8V$
パルス・スキップ・モード動作



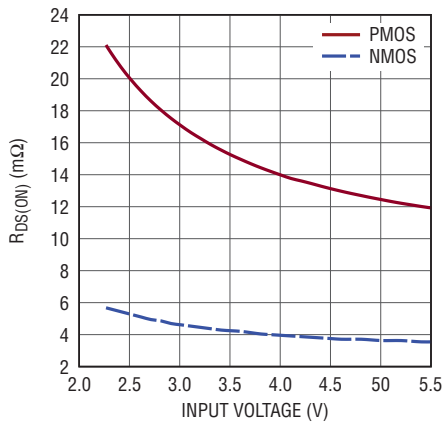
3311S G08

帰還リファレンス電圧



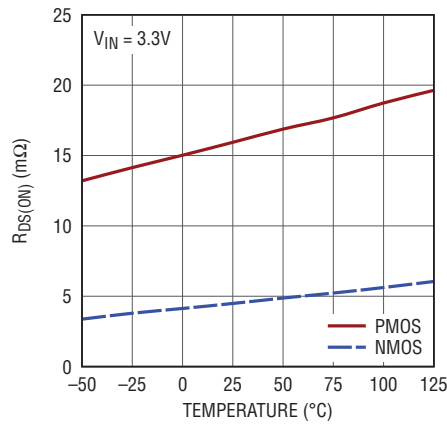
3310S G09

スイッチのオン抵抗と V_{IN}



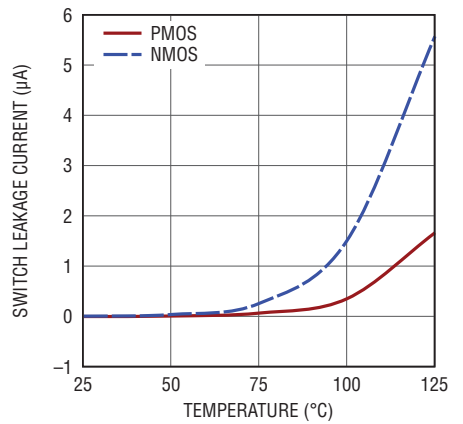
3310S G10

スイッチのオン抵抗



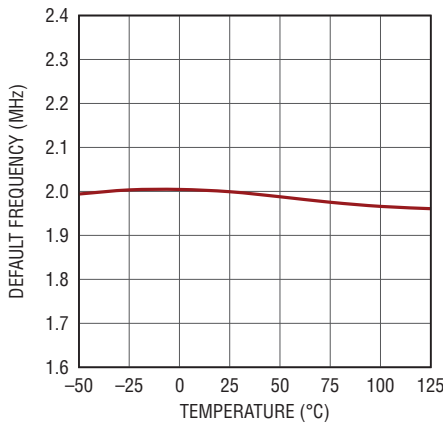
3310S G11

スイッチのリーク電流



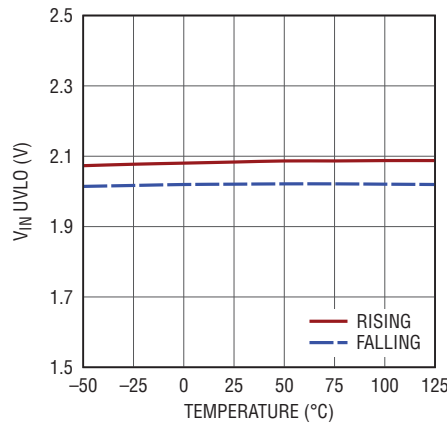
3310S G12

デフォルトのスイッチング周波数



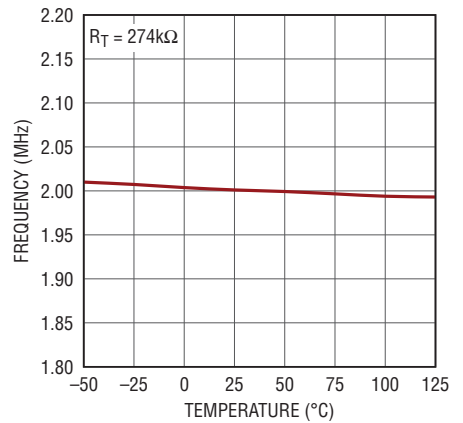
3310S G13

V_{IN} の UVLO 閾値



3310S G14

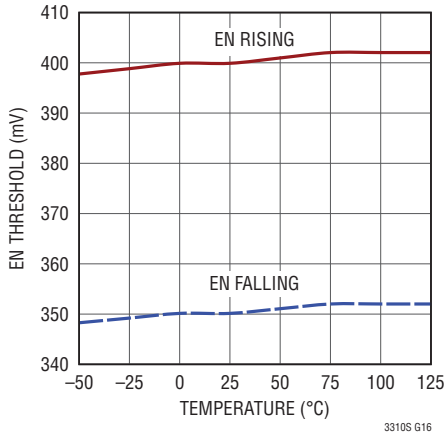
スイッチング周波数



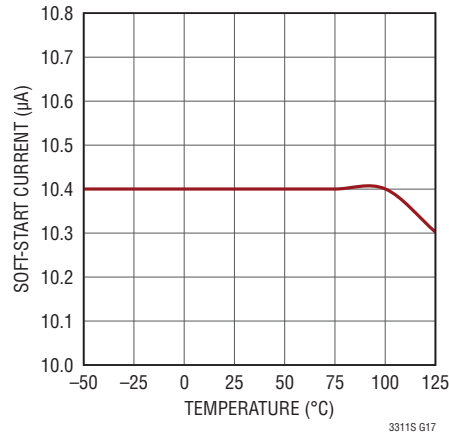
3310S G15

代表的な性能特性 注記のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

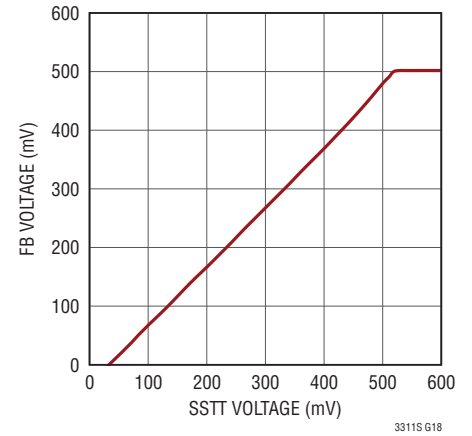
EN ピンの閾値



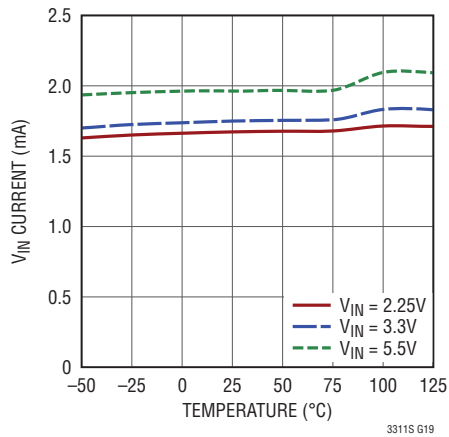
ソフトスタート・ピンの電流



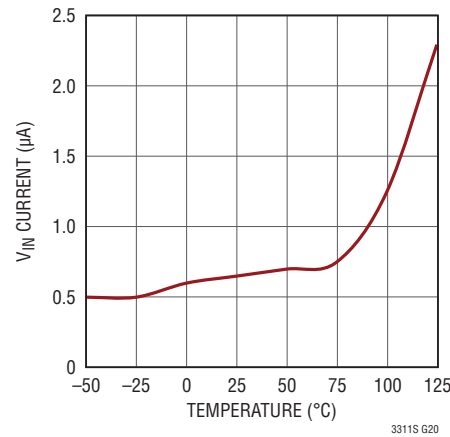
ソフトスタート時のトラッキング



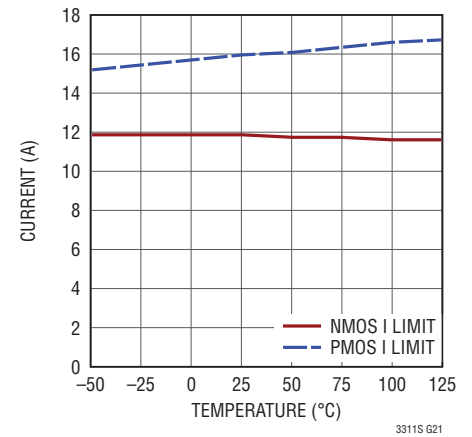
V_{IN} の自己消費電流



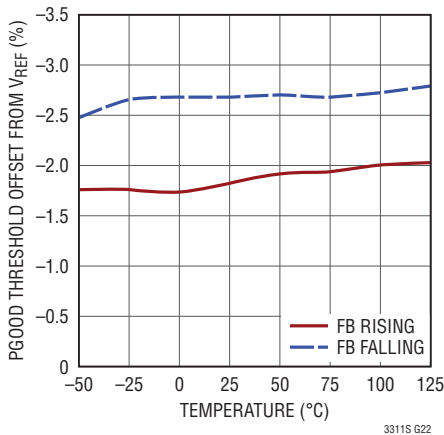
V_{IN} のシャットダウン電流



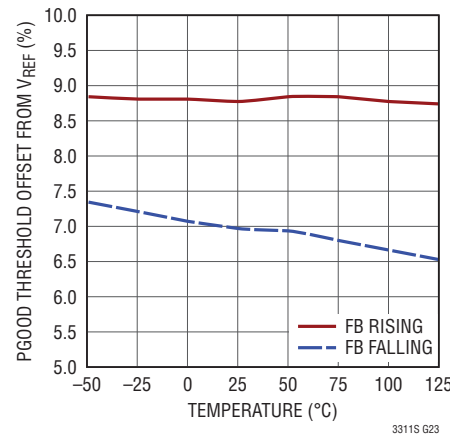
スイッチの電流制限



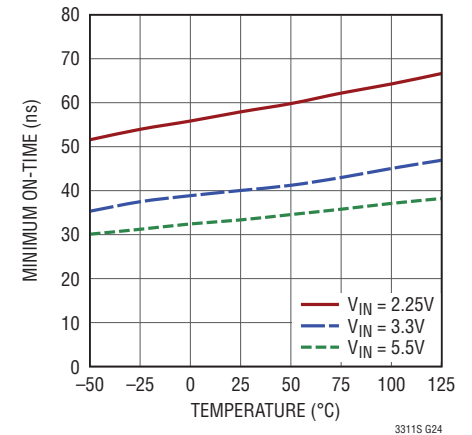
UV PGOOD 閾値



OV PGOOD 閾値



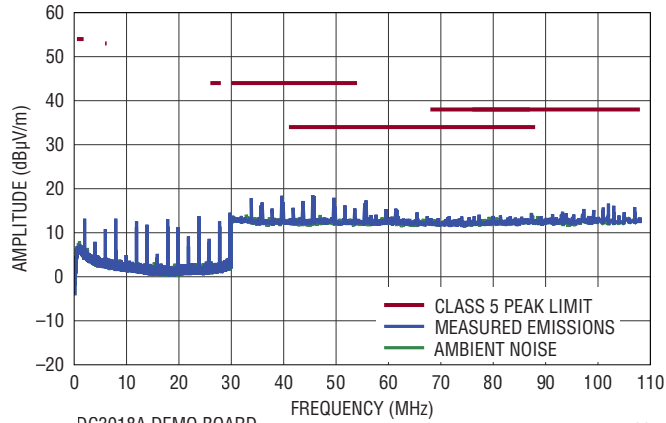
最小オン時間



代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

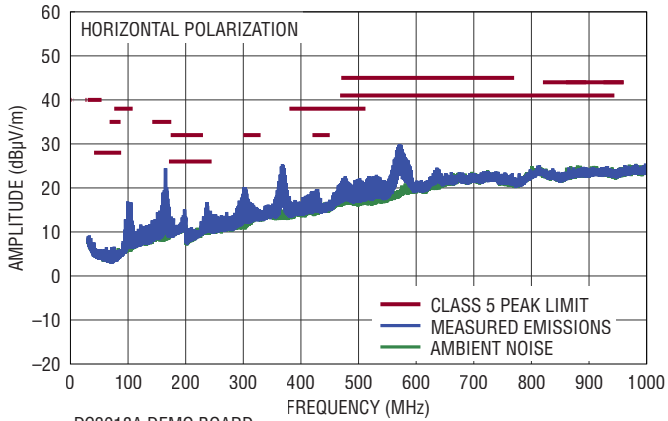
CISPR25 伝導EMI 性能
(クラス5ピーク限度値でのCISPR25伝導エミッション・テスト)



DC3018A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311S G25

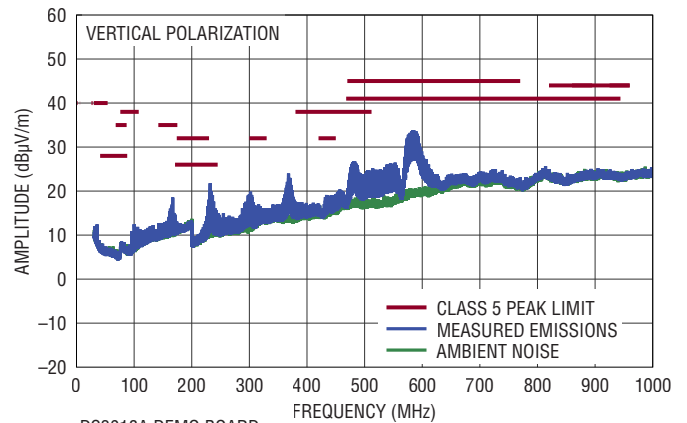
放射EMI性能
(クラス5ピーク限度値でのCISPR25放射エミッション・テスト)



DC3018A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311S G26

放射EMI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)



DC3018A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311S G27

ピン機能

EN (1番ピン) : ENピンのイネーブル閾値は高精度で、ヒステリシスがあります。V_{IN}または他の電源から外付け抵抗分圧器を接続することにより、特定の値より低くなるとLTC3311Sがシャットダウンする閾値を設定できます。高精度の閾値を使用しない場合は、このピンをV_{IN}に直接接続してください。ENピンがローになると、LTC3311Sは、全ての内部回路がデイスエーブルされる低電流のシャットダウン・モードに入ります。

AGND (2番ピン) : AGNDピンは、出力電圧のリモート・グラウンド検出点です。AGNDピンは、負荷の出力コンデンサの負端子と帰還分圧器抵抗に直接接続します。

V_{IN} (3、4、11、12番ピン) : V_{IN}ピンからは内部回路と上側パワー・スイッチに電流が供給されます。全てのV_{IN}ピンを短く幅の広いパターンで互いに接続し、ピンのできるだけ近くに低ESRのコンデンサを配置してPGNDにバイパスする必要があります。コンデンサが内蔵されており、V_{IN}とPGNDの間およびV_{IN}とAGNDの間に接続されています。

PGND (5、10、19番ピン) : PGNDピンは内蔵の下側パワー・スイッチの帰還路です。PGNDピンはまとめて露出パッドに接続します。入力コンデンサの負端子はPGNDピンのできるだけ近くに接続してください。PGNDノードは主要な放熱経路であり、多数の大口径ビアで広いPCBグラウンド・プレーンに接続することが必要です。

SW (6~9番ピン) : SWピンは内部パワー・スイッチのスイッチング出力です。これらのピンは、短く幅の広いパターンでまとめてインダクタに接続します。

MODE/SYNC (13番ピン) : MODE/SYNCピンを使用すると、マルチフェーズ動作と外部クロックへの同期が容易になります。MODE/SYNCピンは、動作モードに応じて、入力クロック・パルスを受け付けるか、またはクロック・パルスを動作周波数で出力します([アプリケーション情報](#)のマルチフェーズ動作を参照)。また、MODE/SYNCピンには動作モード(パルス・スキップ・モードまたは強制連続モード)を設定する機能もあります。

PGOOD (14番ピン) : PGOODピンはパワーグッド・ピンであり、かつ内部コンパレータのオープンドレイン出力です。V_{IN}が2.25Vより高くなり、デバイスがシャットダウンすると、PGOOD出力はローになります。

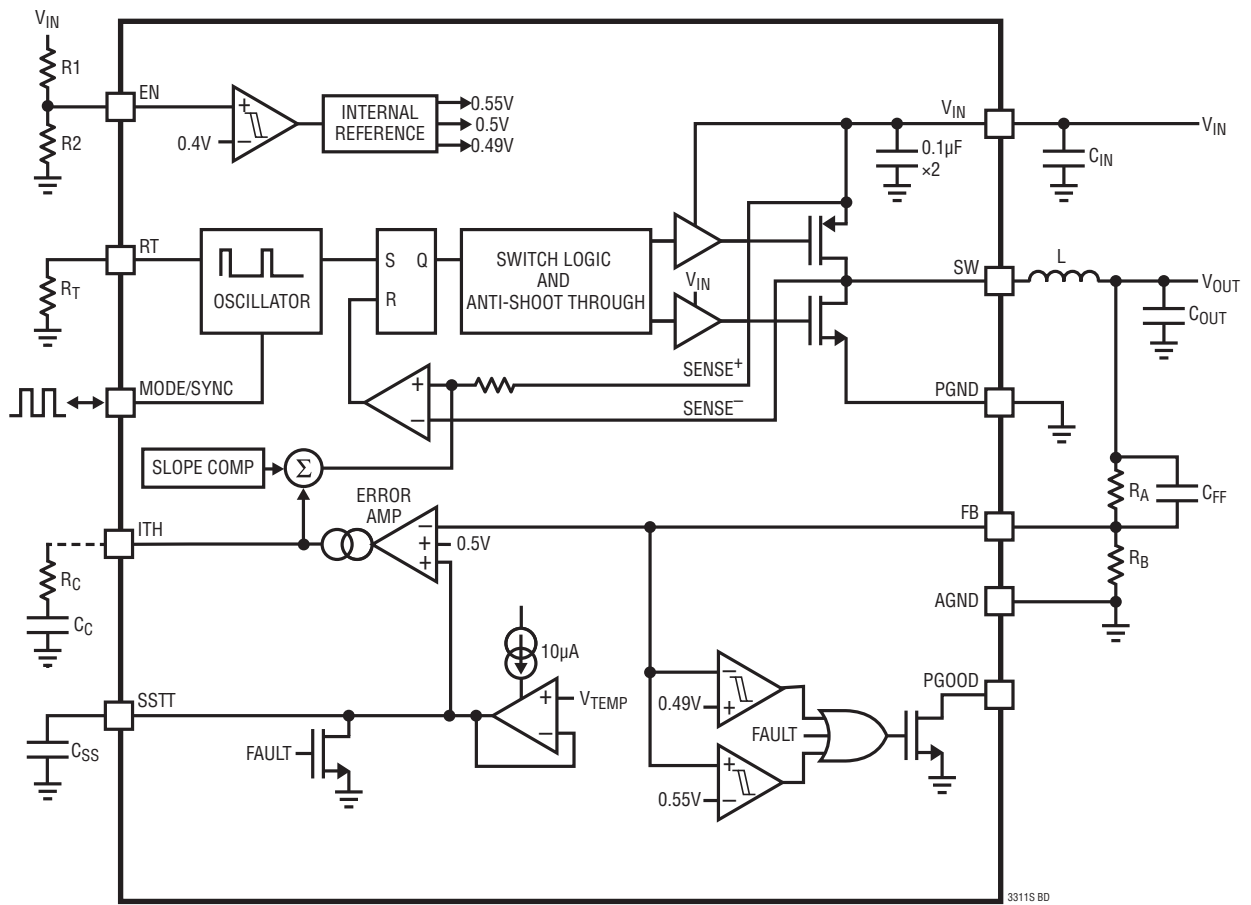
RT (15番ピン) : RTピンでは、AGNDとの間に抵抗を外付けすることによって発振周波数を設定します。マルチフェーズ動作の場合には、位相を設定します([アプリケーション情報](#)のマルチフェーズ動作を参照)。

SSTT (16番ピン) : ソフトスタート、トラッキング、温度モニタ。ソフトスタート・ピンの外付けコンデンサに流れ込む10μAの内部電流によって、起動時の出力電圧ランプ・レートが設定されます。ソフトスタート・サイクルの間、FBピンの電圧はSSTTピンの電圧に追従します。ソフトスタート・サイクルが完了すると、トラッキング機能は無効になり、内部リファレンスはエラーアンプの制御を再開して、SSTTピンはジャンクション温度を表す電圧にサーボ制御されます。出力短絡状態から問題のない状態に回復するため、SSTTピンの電圧はV_{FB}より約140mV高い電圧まで低下し、新しいソフトスタート・サイクルが始まります。シャットダウン状態や障害状態の間、SSTTピンはグラウンド電位まで低下します。

ITH (17番ピン) : ITHピンは、出力電圧レギュレーション制御ループの補償ノードです。このピンに接続されている補償部品の基準となるのはAGNDです。

FB (18番ピン) : 出力電圧帰還ピンは、外部では抵抗分圧器を介して出力電圧に接続され、内部ではエラーアンプの反転入力に接続されています。LTC3311SはFBピンを500mVに安定化します。V_{FB}とV_{OUT}の間に位相進みコンデンサを接続して、過渡応答を最適化します。

ブロック図



動作

電圧レギュレーション

LTC3311S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。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。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作動して上側のパワー・スイッチがオフするまで増加します。上側のスイッチがオフになるときのピーク・インダクタ電流は、ITHノードの電圧によって制御されます。エラー・アンプは、FBピンの電圧と500mVの内部リファレンスを比較することによって、ITH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ITH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・サイクルが始まるまでオンのままになります。また、パルススキップ・モードでは、インダクタ電流が0に減少するまでオンのままになります。過負荷状態によって下側スイッチに過剰な電流が流れると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルは遅延します。

出力電圧は、レギュレータの帰還電圧を発生させるため、外部で抵抗分割されます。大電流動作時は、LTC3311S近くのグラウンドと負荷でのグラウンドの間にグラウンド間オフセットが生じることがあります。このオフセットを解消するため、負荷グラウンドに対するケルビン接続をAGNDに設けて、抵抗分圧器の最低電位ノードをAGNDに接続します。内部のエラーアンプは、この帰還電圧とAGND基準で0.5Vの電圧との差を検出します。この方式では、ローカル・グラウンドとリモート出力グラウンド間のグラウンド・オフセットを解消して、より正確な出力電圧を得ることができます。LTC3311Sでは、ローカル・グラウンドを基準にして最大±100mVのリモート出力グラウンド偏差を許容します。

ENピンがローの場合、LTC3311Sはシャットダウンし、低静止電流状態になります。ENピンの電圧が閾値を超えると、スイッチング・レギュレータはイネーブルされます。

LTC3311SのSは、第2世代のSilent Switcher技術を表します。この技術は、高スイッチング周波数で高効率を実現するための高速スイッチング・エッジを可能にすると同時に、最適なEMI性能を実現します。V_{IN}にセラミック・コンデンサを接続することにより、全ての高速AC電流ループが小さく抑えられ、EMI性能が向上します。

発振器の外部クロックへの同期

LTC3311Sの内部発振器は、方形波のクロック信号をMODE/SYNCピンに入力することにより、内部のPLL回路を通じて外部周波数に同期します。

同期中、上側パワー・スイッチのターンオンは外部の周波数発生源の立上がりエッジに固定されます。同期中、スイッチャはパルス・スキップ・モードで動作します。スロープ補償は外部クロック周波数に自動的に適合します。

MODE/SYNCピンの最初の立上がりエッジで外部クロックを検出後、内部PLLはその動作周波数を徐々に調整して、MODE/SYNCピンでの信号の周波数と位相に一致させます。外部クロックが取り外されると、LTC3311Sは外部クロックがなくなったことを約20μs以内に検出します。この間、PLLはクロック・サイクルを供給し続けます。外部クロックの取り外しが検出されると、発振器はその動作周波数を徐々に調整して、デフォルトの周波数に戻します。

モード選択

MODE/SYNCピンの機能は、スイッチング周波数の外部クロックへの同期、クロック出力、PWMモードの設定のいずれかです。PWM動作モードは、パルス・スキップ・モードまたは強制連続モードです。[アプリケーション情報のセクションの表6](#)を参照してください。パルス・スキップ・モードでは、出力電圧を安定化するため、軽負荷時にスイッチング・サイクルがスキップされます。強制連続モードの間、上側スイッチはサイクルのたびにオンし、軽負荷時のレギュレーションは負のインダクタ電流を流すことによって実現します。

出力パワーグッド

出力電圧が公称設定値から変化した場合や、障害状態が存在する場合は、FBピンの電圧を監視するコンパレータによってPGOODピンはローになります。コンパレータには電圧ヒステリシスが組み込まれています。PGOODを報告するまでの遅延時間を設けて、短時間の出力電圧トランジェントをフィルタで除去します。

動作

ソフトスタート/トラッキング/温度モニタ

ソフトスタート時トラッキング機能により、電源のシーケンス制御が容易になり、 V_{IN} の突入電流が制限され、起動時の出力オーバーシュートが減少します。ソフトスタートが完了すると、SSTTピンは、LTC3311Sダイのジャンクション温度を表す電圧を保持します。SSTTのコンデンサは、シャットダウン時、 V_{IN} のUVLO時、およびサーマル・シャットダウン時にリセットされます。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。

ドロップアウト動作

入力電源電圧が出力電圧に近づくにつれて、デューティ・サイクルは高くなります。電源電圧が更に低下すると、主スイッチがオンのままの状態が1サイクルを超え、最終的にはデューティ・サイクルが100%になります。すると、出力電圧は、内部の主要PチャンネルMOSFETの両端とインダクタ両端のDC電圧降下を入力電圧から引いた値によって決まります。

入力電源電圧が出力電圧に近づく多くの設計では、出力リップル電圧の振幅が、通常の低い値から増加します。このような条件で出力リップル電圧が増加しないようにするには、EN入力に抵抗分圧器を使用して、 V_{IN} のターンオン閾値とターンオフ閾値を、所定のアプリケーションで出力リップル電圧が許容できるレベル(代表値は V_{OUT} より500mV高い値)に制限します。

低電源電圧動作

LTC3311Sは入力電源電圧が2.25Vまで低下しても動作するように設計されています。放熱設計上の重要な考慮事項は、 V_{IN} が低いときにパワー・スイッチの $R_{DS(ON)}$ が増大することです。入力電圧が最小のときに、LTC3311Sの消費電力とダイのジャンクション温度の最も厳しい値を計算します。

出力短絡保護と回復

インダクタ電流のピーク・レベルは、電流コンパレータが上側パワー・スイッチをオフするときのレベルであり、ITHピンの電圧によって制御されます。出力電流が増加すると、平均インダクタ電流が負荷電流に一致するまで、エラーアンプがITHピンの電圧を高くします。LTC3311SはITHピンの最大電圧をクランプするので、インダクタ電流のピーク値は制限されます。

出力がグラウンドに短絡したとき、インダクタ両端の電圧は小さいため、1回のスイッチング・サイクルの間でのインダクタ電流の減衰は非常に緩やかです。インダクタ電流を制御された状態に維持するため、インダクタ電流の谷に2次的な制限がかかります。下側のパワー・スイッチで測定されたインダクタ電流が $I_{VALLEY(MAX)}$ より大きい場合、上側のパワー・スイッチはオフに保持されます。インダクタ電流が $I_{VALLEY(MAX)}$ より少なくなるまで、その後のスイッチング・サイクルはスキップされます。

出力短絡からは、ソフトスタート・サイクルを経て回復します。 V_{OUT} がレギュレーション電圧より低くなると、PGOOD閾値で規定されているように、SSTTの電圧はFBの電圧よりわずかに高い電圧になります。SSTTピンはローになるので、ソフトスタート・サイクルは、出力短絡が解消されると始まります。

アプリケーション情報

参考情報については、[ブロック図](#)を参照してください。

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。

$$R_A = R_B \left(\frac{V_{OUT}}{500\text{mV}} - 1 \right) \quad (1)$$

次の[図1](#)を参照してください。

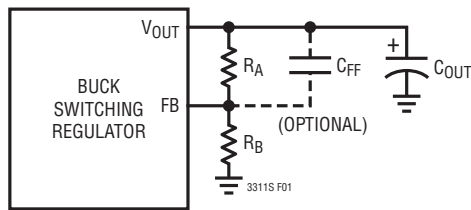


図1. 帰還抵抗回路網

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。広い帯域幅と最適な過渡応答を得るために制御ループを最適化する場合、VOUTとFBの間に位相進みコンデンサを追加してください。

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、過渡応答、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。スイッチング周波数が高いほど制御ループの帯域幅を広くすることが可能であり、したがって過渡応答をより高速化できます。スイッチング周波数が高くなると、スイッチング損失が増えるために効率が低くなり、またスイッチの最小オン時間の制限のために入力電圧範囲が狭くなるのが欠点です。

設定可能なスイッチング周波数は5MHzですが、LTC3311Sの最小オン時間によって動作デューティ・サイクルの最小値が設定されます。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。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)} (V_{IN(MAX)} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (3)$$

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、 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、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です。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ことがあることを示しています。

LTC3311Sは100%の最大デューティ・サイクルに対応できるので、 $V_{IN}-V_{OUT}$ 間のドロップアウト電圧は上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ 、インダクタのDCR、および負荷電流によって制限されます。

スイッチング周波数の設定

LTC3311Sは固定周波数のPWMアーキテクチャを使用しています。スイッチング周波数を設定する方法は3種類あります。第1の方法は、RTピンとグラウンドの間に抵抗(R_T)を接続する方法です。500kHz~5MHzの範囲でスイッチングするよう周波数を設定できます。目的のスイッチング周波数に必要な R_T の値を[表1](#)に示します。

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します。

$$R_T = 568 \cdot f_{SW}^{-1.08} \quad (2)$$

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

表1. スイッチング周波数と R_T の値

f_{SW} (MHz)	R_T (k Ω)
0.5	1210
1	549
2	274
2.2	243
3	178
4	130
5	100

アプリケーション情報

LTC3311Sのスイッチング周波数を設定する第2の方法は、内部PLL回路を、MODE/SYNCピンに入力した外部信号の周波数に同期させる方法です。同期周波数範囲は0.5MHz～2.25MHzです。

内部PLLは2MHzのデフォルト周波数で起動します。MODE/SYNCピンの最初の立ち上がりエッジで外部クロックを検出後、内部PLLはその動作周波数を徐々に調整して、MODE/SYNCの信号の周波数と位相に一致させます。

LTC3311Sは、外部クロックが取り外されたことを検出し、その動作周波数を徐々に調整して2MHzのデフォルト周波数に戻します。LTC3311Sは、外部クロックに同期するときはパルス・スキップ・モードで動作します。

LTC3311Sのスイッチング周波数を設定する第3の方法は、公称2MHzでデフォルトの内部クロックを使用する方法です。ピン配置については、表4を参照してください。

インダクタの選択と最大出力電流

インダクタを選択するときの検討事項は、インダクタンス、実効値電流定格、飽和電流定格、DCR、およびコア損失です。

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。

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{4A \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \leq 0.5 \quad (4)$$

$$L \geq \frac{0.25 \cdot V_{IN(MAX)}}{4A \cdot f_{SW}} \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} > 0.5 \quad (5)$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数(MHz)、 V_{IN} は入力電圧、 L はインダクタの値(μH)です。

インダクタの過熱を防ぐため、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インダクタを選択します。過負荷状態や短絡状態を考慮に入れる必要があります。

更に、インダクタの飽和電流定格(I_{SAT})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。

$$I_{SAT} \geq I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (6)$$

ここで、 $I_{LOAD(MAX)}$ は与えられたアプリケーションの最大出力負荷電流であり、 ΔI_L は次のように計算されるインダクタのリップル電流です。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \quad (7)$$

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ はアプリケーションの最大入力電圧です。

高い効率を維持するため、直列抵抗(DCR)が最も小さいインダクタを選択します。コアの材質は高周波アプリケーション向けのものにしてください。

LTC3311S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。このため、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。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \Delta I_L \quad (8)$$

したがって、LTC3311S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性が生じる可能性があります。

表2. インダクタ・メーカー

メーカー	URL
Coilcraft	www.coilcraft.com
Sumida	www.sumida.com
Toko	www.toko.com
Würth Elektronik	www.we-online.com
Vishay	www.vishay.com
XFMRS	www.xfmrs.com

入力コンデンサ

2個以上の大容量セラミック・コンデンサにより、LTC3311Sの入力をバイパスします。コンデンサはデバイスに近づけて V_{IN} とPGNDの間に接続し、デバイスの両側に1個ずつ配置します。これらのコンデンサのサイズは0603または0805にします。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

アプリケーション情報

るために、X7RまたはX5Rコンデンサを推奨します。低いスイッチング周波数を使用すると、大きな入力容量が必要になることに注意してください。高周波アプリケーションでは、デバイスの近くに2個の小容量コンデンサを追加することを推奨します。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。これには性能の低い電解コンデンサを使用することができません。

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。LTC3311S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、LTC3311S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)。

表3. セラミック・コンデンサのメーカー

メーカー	URL
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
TDK	www.tdk.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
Samsung	www.samsungsem.com

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、LTC3311S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LTC3311S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。

X7RまたはX5Rタイプのコンデンサを使用することにより、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が向上します。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によって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。

マルチフェーズ動作

LTC3311Sは、マルチフェーズ動作に合わせて構成するのが容易です。表4を参照してください。

マスタ位相のRTピンとAGNDの間に抵抗を接続すると、周波数が設定され、MODE/SYNCピンは、スレーブ位相のMODE/SYNCピンを駆動するために使用されるクロック出力になるよう設定されます。

マスタ位相のRTピンをV_{IN}に接続すると、MODE/SYNCピンは外部クロックを受け付ける入力になるよう設定されます。スイッチング周波数は、起動時など、外部クロックが供給されないとき、デフォルトで公称2MHzの内部周波数になります。

FBピンをV_{IN}に接続すると、位相はスレーブとして設定されます。MODE/SYNCは入力になり、電圧制御ループはディスエーブルされます。スレーブ位相の電流制御ループは引き続き動作状態であり、ピーク電流は共用のITHノードを介して制御されます。複数の位相間でITHノードを配線するときは、慎重な検討が必要です。ITHノードとAGNDノードを互いに配線して、低インダクタンスの経路を設けることを推奨します。例としてマルチフェーズ・デモ・ボードのPCBレイアウトを参照してください。

PGOODピンを互いに接続して外付けのプルアップ抵抗を追加すると、起動が完了した時点でマスタ位相とスレーブ位相との通信が可能になります。

表4. LTC3311Sのマルチフェーズ構成

Master/Slave	RT Pin	FB Pin	MODE/SYNC Pin	Switching Frequency (f _{sw})
Master	V _{IN}	V _{OUT} Divider	Clock Input	External Clock/2MHz Default
Master	Resistor to AGND	V _{OUT} Divider	Clock Output	RT programmed
Slave	V _{IN} Divider	V _{IN}	Clock Input	External Clock

アプリケーション情報

マスタ位相を基準としたスレーブ位相の位相調整は、RTピンの抵抗分圧器によって設定されます。誤差1%の抵抗を使用することを推奨します。詳細については、表5を参照してください。

表5. LTC3311Sのスレーブ位相角のプログラミング

SYNC Phase Angle	R3 Ratio	R4 Ratio	R3 Example	R4 Example
0°	0Ω	NA	0Ω	NA
90°	3 • R	R	301k	100k
120°	7 • R	5 • R	243k	174k
180°	NA	0Ω	NA	0Ω
240°	5 • R	7 • R	174k	243k
270°	R	3 • R	100k	300k

マスタ／スレーブ動作に合わせて設定している場合、スレーブ位相は強制連続モードで動作します。

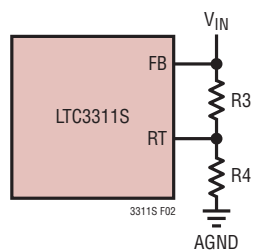


図2. 位相のプログラミング

動作モード

大半の構成では、LTC3311Sは強制連続モードで動作します。強制連続モードの間は、負のインダクタ電流を流すことによって低電流時のレギュレーションを維持します。スイッチング・サイクルはスキップされません。

RTピンとMODE/SYNCピンを両方ともVINに接続した場合、LTC3311Sはパルス・スキップ・モードで動作します。このモードでは、スイッチング周波数は公称2MHzの内部クロックによって設定されます。パルス・スキップ・モードの間は負のインダクタ電流を流すことができず、低電流時のレギュレーションはスイッチング・サイクルをスキップすることによって維持します。

表6. LTC3311Sのシングル・フェーズ構成

RT Pin Connection	MODE/SYNC Pin Connection	MODE of Operation	Switching Frequency
VIN	Clock Input	Forced Continuous	External Clock
VIN	AGND	Forced Continuous	2MHz Default
VIN	VIN	Pulse Skip	2MHz Default
Resistor to AGND	Clock Output	Forced Continuous	RT Programmed

同期

LTC3311Sの発振器を外部周波数に同期させるには、RTピンをVINに接続することにより、MODE/SYNCピンを入力として構成します。周波数範囲が500kHz～2.25MHzで、波形の上端が1.2Vより高く下端が0.4Vより低く（つまり、振幅が0.8Vより広く）、パルス幅が40nsより長い方形波でMODE/SYNCピンを駆動します。

LTC3311Sのフェーズ・ロック・ループ(PLL)は、MODE/SYNCピンに入力されているクロックに内部発振器を同期させます。起動時に、MODE/SYNCに入力されている外部クロックを認識する前に、LTC3311Sはデフォルトの周波数である2MHzでスイッチングします。いったん外部入力クロックが認識されると、スイッチング周波数はデフォルトの周波数から入力周波数へ徐々に遷移します。外部クロックが取り除かれると、LTC3311Sはデフォルトの周波数へ緩やかに戻ります。

LTC3311Sは同期中、強制連続モードで動作します。MODE/SYNCピンとAGNDの間には200kΩの内部抵抗があるので、MODE/SYNCピンはフロート状態のままでかまいません。

過渡応答とループ補償

補償部品 C_{FF} 、 R_C 、および C_C を決定する場合には、制御ループの安定性と過渡応答が2つの主要な考慮事項になります。

LTC3311Sは、高速過渡応答性能を得るため、広い帯域幅で動作するように設計されています。広いループ帯域幅で動作するので、過渡応答条件を満たすために必要な出力容量が小さくなります。

過渡的な負荷をかけてシステムの応答を監視する方法と、ネットワーク・アナライザを使用して実際のループ応答を測定する方法が、制御ループの安定性を検証して最適化する

アプリケーション情報

2つの方法です。LTpowerCAD[®]は、補償部品を最適化するのに役立つツールです。

負荷過渡応答手法を使用して制御ループを安定化する場合は、立ち上がり時間が1μsで、全負荷電流の20%~100%の出力電流パルスを入力します。これにより、出力電圧波形とITHピンの波形にトランジェントが発生します。

スイッチング・レギュレータが負荷電流のステップに応答するには数サイクルを要します。負荷ステップが発生すると、V_{OUT}は即座に変動し、帰還誤差信号が発生します。レギュレータはこの信号を使用してV_{OUT}を定常値に戻します。

この回復時間中にV_{OUT}をモニタして、安定性に問題があることを示すオーバーシュートやリングングがないか調べます。初期出力電圧ステップが帰還ループの帯域幅内にない場合があるため、位相余裕を決定するのに、標準的2次オーバーシュート／DC比を使用することはできません。R_Cを大きくするとループのゲインが大きくなり、C_Cを小さくするとループの帯域幅が広がります。C_Cを減少させるのと同じ比率でR_Cを増加させるとゼロの周波数は変化しないので、帰還ループの最も重要な周波数範囲で位相が一定に保たれます。更に、フィード・フォワード・コンデンサC_{FF}により、高い周波数での応答が改善されます。コンデンサC_{FF}は、R_Aとの組み合わせで高周波のゼロを発生することにより位相進みを得ることができるので、位相余裕が改善されます。代表的なアプリケーション回路の補償部品は、部品の妥当な初期値となります。

出力電圧のセトリング動作はクローズドループ・システムの安定性に関係します。制御ループ理論の概要説明を含む補償部品の最適化の詳細については、弊社のアプリケーション・ノート76を参照してください。

出力過電圧保護

出力が過電圧状態になると(FBピンの電圧が公称値の110%より高くなると)、LTC3311Sの上側のパワー・スイッチはオフになります。出力がレギュレーションを外れた状態が100μs以上続くと、PGOODピンはローになります。

通常の動作条件では、出力が過電圧状態になることはありません。

出力電圧の検出

LTC3311SのAGNDピンは、バンドギャップ電圧リファレンスを含む内部アナログ回路のグラウンド・リファレンスです。優れた負荷レギュレーションを実現するには、負荷に接続されている出力コンデンサ(C_{OUT})の負端子にAGNDピンを接続します。大電流の電源グラウンド帰還パスでの電圧降下は補償されなくなります。FBの抵抗分圧器やソフトスタート・コンデンサなど、全ての信号部品はAGNDノードが基準になるようにしてください。AGNDノードにはほとんど電流が流れないので、最小限のパターン・サイズでかまいません。詳細については、PCBレイアウトの例を参照してください。

イネーブル閾値のプログラミング

LTC3311Sは、スイッチングをイネーブルまたはディスエーブルするための高精度閾値イネーブル・ピンを備えています。強制的にローにすると、LTC3311Sは低電流のシャットダウン・モードに入ります。

ENコンパレータの上昇時間閾値は400mVで、60mVのヒステリシスがあります。シャットダウン機能を使用しない場合は、ENピンをV_{IN}に接続してください。抵抗分圧器をV_{IN}とENピンの間に追加すると、LTC3311S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、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R1とR2の値を設定すれば調整できます。

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R1}{R2} + 1 \right) \cdot 400\text{mV} \quad (9)$$

この場合は、V_{IN}がV_{IN(EN)}を超えるまでLTC3311S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。

また、別のレギュレータの出力とLTC3311Sのイネーブル・ピンの間に抵抗分圧器を接続して、イベント・ベースの電源投

アプリケーション情報

入シーケンスを実現し、他のレギュレータの出力が所定のレベルに達したらLTC3311Sをイネーブルすることもできます。

出力電圧トラッキングとソフトスタート

LTC3311Sでは、SSTTピンによって出力電圧の上昇率／下降率を設定できます。

内蔵の10μA電流源によってSSTTピンの電圧が上昇します。外付けコンデンサをSSTTピンに接続すると、出力をソフトスタートさせて入力電源の電流サージと出力電圧のオーバーシュートを防止できます。ソフトスタート・ランプの間、出力電圧はSSTTピンの電圧に比例して追従します。ソフトスタートが完了すると、このピンはLTC3311Sのジャンクション温度に比例した電圧にサーボ制御されます。SSTTピンの動作範囲を示す図3を参照してください。

ソフト・スタート時間は次のように計算されます。

$$t_{ss} = C_{ss} \cdot \frac{500\text{mV}}{10\mu\text{A}} \quad (10)$$

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SSTTピンを外部から駆動できます。0V～0.5Vの範囲では、エラーアンプに入力される0.5Vの内部リファレンスよりSSTTピンの電圧の方が優先されるので、FBピンの電圧はSSTTピンの電圧に安定化されます。SSTTピンの電圧が0.5Vより高くなるとトラッキングはディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧に安定化されるようになります。

SSTT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、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ます。障害が解消されると、電圧の上昇が再開されます。ソフトスタート・コンデンサが放電されるフォルト状態になるのは、EN/UVピンが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。

温度モニタ

ソフトスタート・サイクルが完了して出力パワーグッド・フラグが立つと、SSTTピンはダイのジャンクション温度を通知します。LTC3311Sは、ジャンクション温度に比例した電圧にSSTTピンを安定化します。温度を通知している間、SSTTピンの電圧は1V未満では無効です。ジャンクション温度は次式により計算されます。

$$T_J (\text{°C}) = \frac{V_{SSTT}}{4\text{mV}} - 273$$

ジャンクション温度をより正確に測定するには、次の手順を実行します。

1. 周囲温度T_Aを測定します。
2. パルス・スキップ・モードのときにSSTTピンの電圧を測定します。このモードでは、V_{OUT}がレギュレーション状態のV_{OUT}よりわずかに高くなっています。
3. 温度検出回路の勾配を次のように計算します。

$$\text{Slope (mV/°C)} = \frac{V_{SSTT}}{T_A + 273}$$

4. 新たな補正済み勾配を使用してジャンクション温度を計算します。

出力電圧がレギュレーション範囲から外れてパワーグッド・ピンがローになると、ソフトスタート・ピンは温度を通知しなくなります。

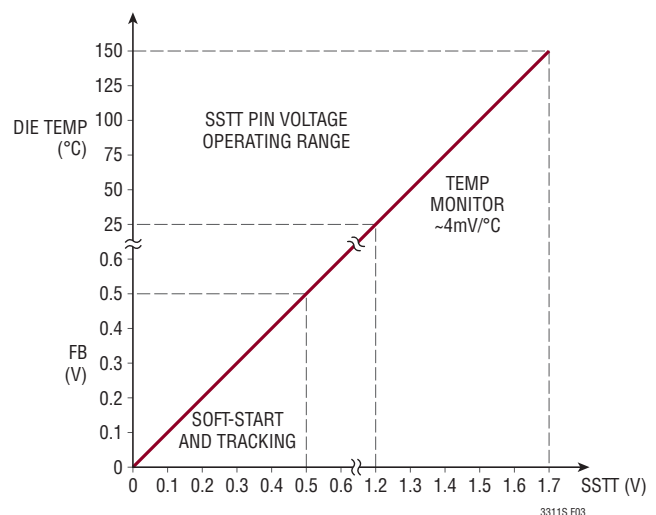


図3. ソフトスタートと温度モニタの動作

出力パワーグッド

LTC3311Sの出力電圧が公称レギュレーション電圧の-2/+10%の範囲内にある場合、出力は良好な状態であるとみなされ、オープンドレインのPGOOD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、PGOOD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、どちらにも1%のヒステリシスならびに組み込みの遅延時間(代表値は100μs)が含まれています。また、PGOODピンは、以下の障害状態の間も能動的にローにな

アプリケーション情報

ります。それは、ENピンがローのとき、 V_{IN} が低すぎるとき、またはサーマル・シャットダウン時です。

マルチフェーズ・アプリケーションでは、マスタ位相とスレーブ位相の間の通信にPGOODピンを使用します。PGOODピンを互いに接続し、外付け抵抗によって V_{IN} または V_{OUT} にプルアップします。

出力短絡保護と回復

インダクタ電流のピーク値は、電流コンパレータが上側パワー・スイッチをオフするときの値であり、ITHピンの電圧によって制御されます。出力電流が増加すると、エラーアンプは、平均インダクタ電流が増加後の負荷電流に一致するまでITHピンの電圧を高くします。通常動作では、LTC3311SはITHピンの最大電圧をクランプします。

出力がグラウンドに短絡した場合、インダクタ両端間の電圧は小さいため、スイッチがオフしている間、インダクタ電流は非常に緩やかに減衰します。電流を制御された状態に維持するため、谷インダクタ電流に副次的な制限も加わります。下側のパワー・スイッチを通じて測定されたインダクタ電流が増加して $I_{VALLEY(MAX)}$ を超えると、上側のパワー・スイッチはオフに保持され、インダクタ電流が減少するまでスイッチング・サイクルはスキップされます。

短絡からの回復は急激である可能性があり、出力は短絡されていてレギュレーション電圧より低い場合、レギュレータは出力を充電する最大電流を要求します。短絡状態が解消されると、インダクタ電流が原因で出力に極端な電圧オーバーシュートが発生することがあります。LTC3311Sは、出力がレギュレーション状態から外れているときは必ず、SSTTピンの電圧をFBピンの電圧よりわずかに高い電圧に安定化することにより、この潜在的な問題に対処します。したがって、出力短絡から回復するには、ソフトスタート・サイクルを実行することになります。出力の上昇／下降が制御され、オーバーシュートが最小限に抑えられます。

EMIを低く抑えるPCBレイアウト

LTC3311Sは、特にEMI/EMC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、LTC3311S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。

多くの設計回路では、大容量の入力バルク・セラミック・コンデンサの間に $0.22\mu F$ 、0402のセラミック・コンデンサを追加すると有益です。レイアウトに $0.22\mu F$ のコンデンサを追加しない場合は、入力バルク・セラミック・コンデンサを移動して、 V_{IN} ピンにできるだけ近づけてください。

FBへのノイズ結合を防ぐため、抵抗分圧器はFBピンとAGNDピンの近くに配置し、LTC3311Sに物理的に近づけてください。リモート出力とグラウンドのパターンは、リモート出力への差動ペアとして一緒に配線します。これらのパターンは物理的にできるだけ近づけて、リモート差動検出によって正確に安定化されるリモート出力点に終端してください。

推奨のPCBレイアウトについては、図4を参照してください。

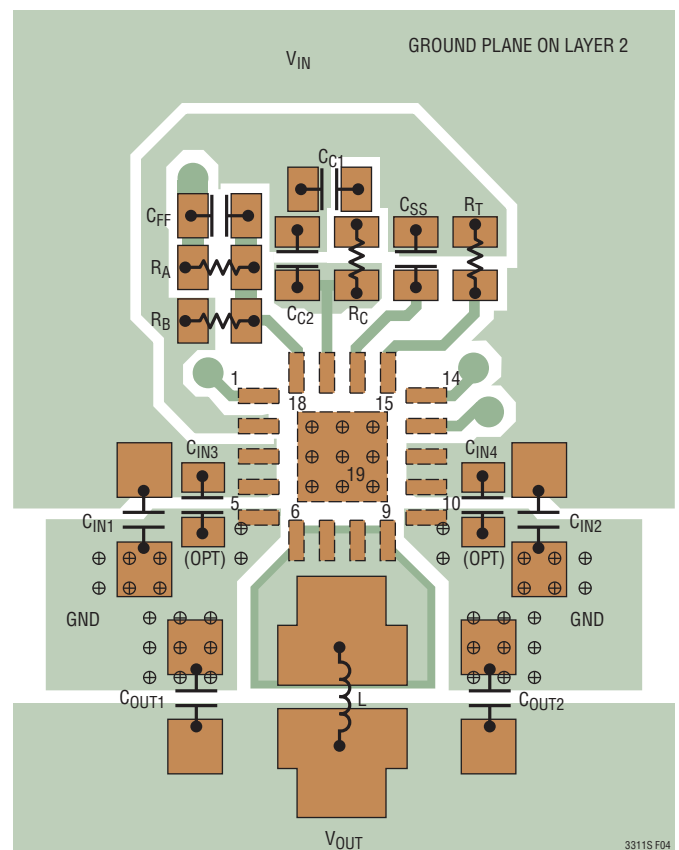


図4. LTC3311Sの推奨PCBレイアウト

アプリケーション情報

LTC3311Sの V_{IN} ピン、SWピン、PGND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ます。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PGND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。入力コンデンサ、インダクタ、および出力コンデンサは回路基板の同じ層に配置します。切れ目のないローカル・グラウンド・プレーンを、アプリケーション回路の下、表面層に最も近い層に配置します。

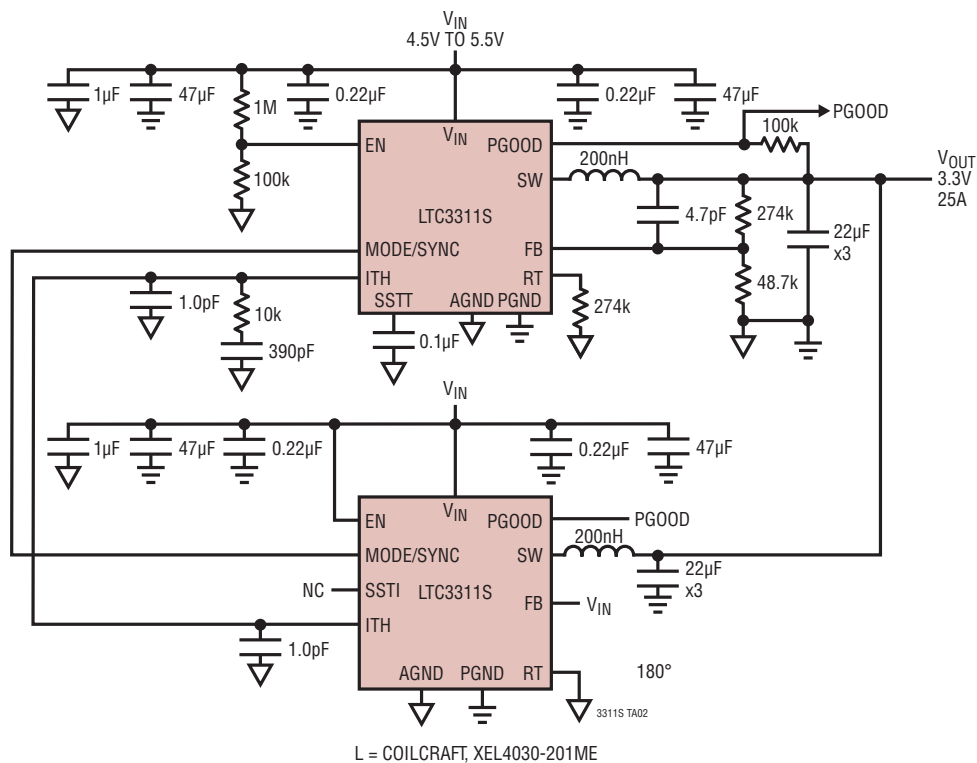
SWノードはできるだけ短くします。最後に、FBとRTのノードは小さくして、ノイズの多いSWノードから遠ざけます。

高温に関する検討事項

周囲温度が高い場合は、PCBのレイアウトに注意を払い、LTC3311Sが十分放熱できるようにします。パッケージ底面のPGNDピンと露出パッドはグラウンド・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、多数のサーマル・ビアを設けて、下にある広い銅層に接続してください。これらの層は、LTC3311S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。LTC3311S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SSTTピンを使用してモニタします。

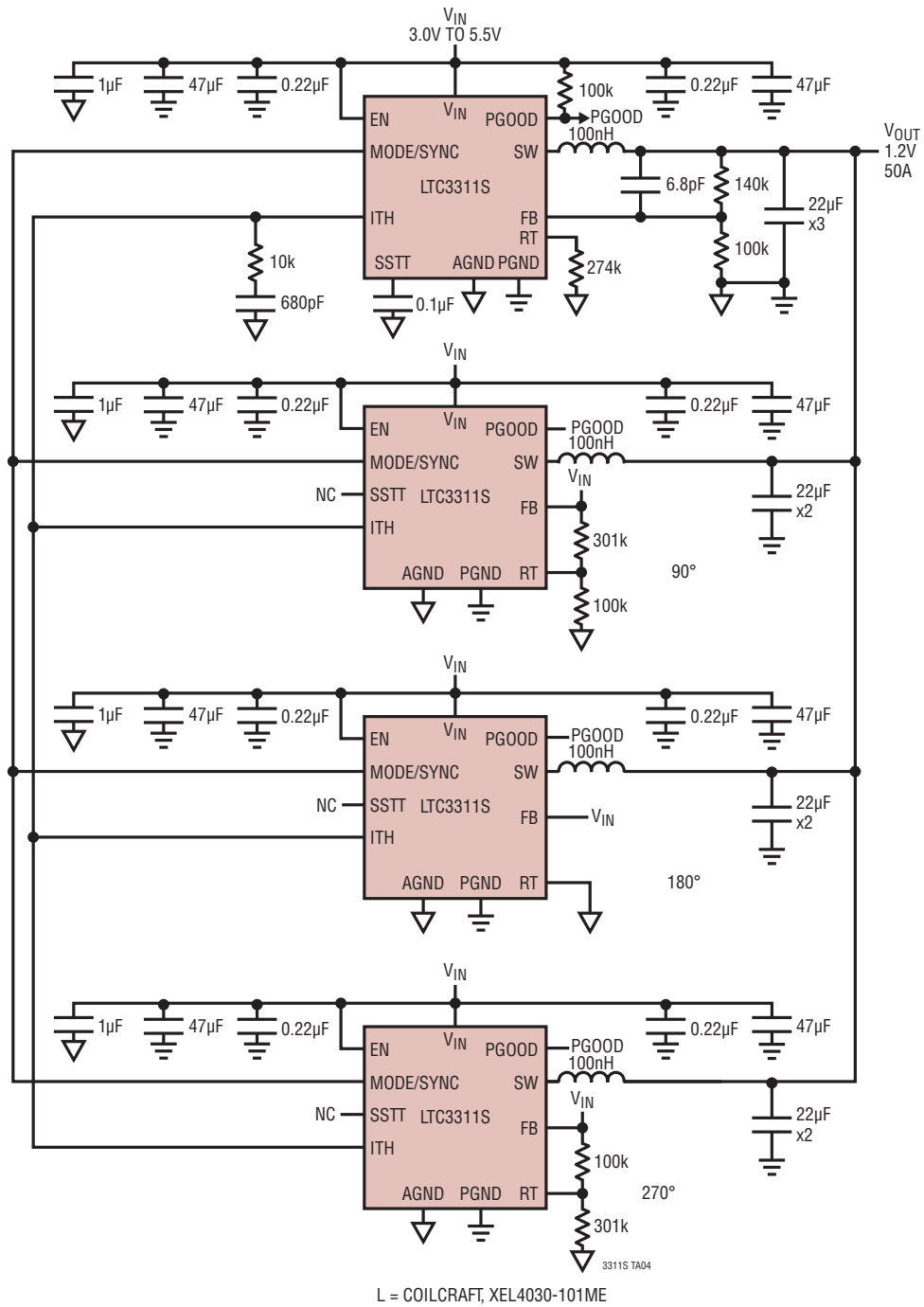
標準的応用例

2相、5V入力、3.3V/25A出力、強制連続モード



標準的応用例

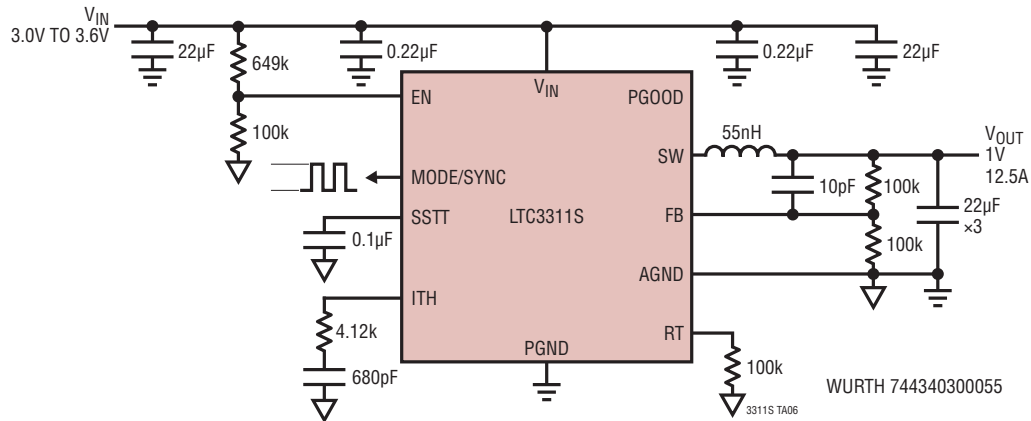
4相、2MHz、1.2V/50A出力、強制連続モード



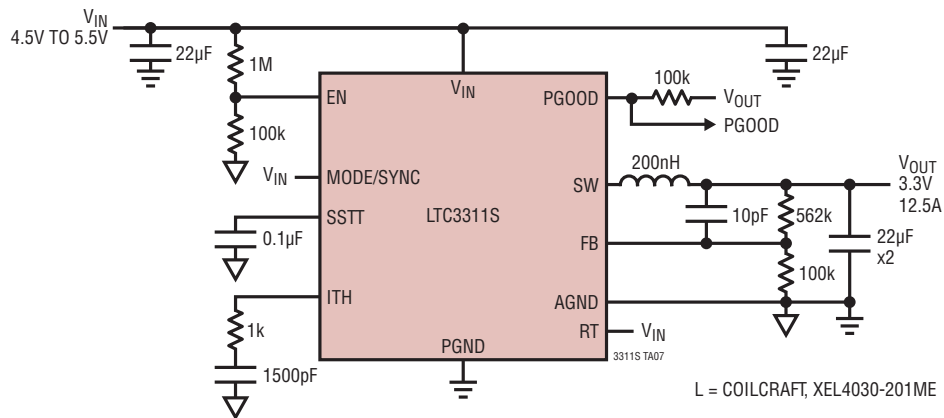
L = COILCRAFT, XEL4030-101ME

標準の応用例

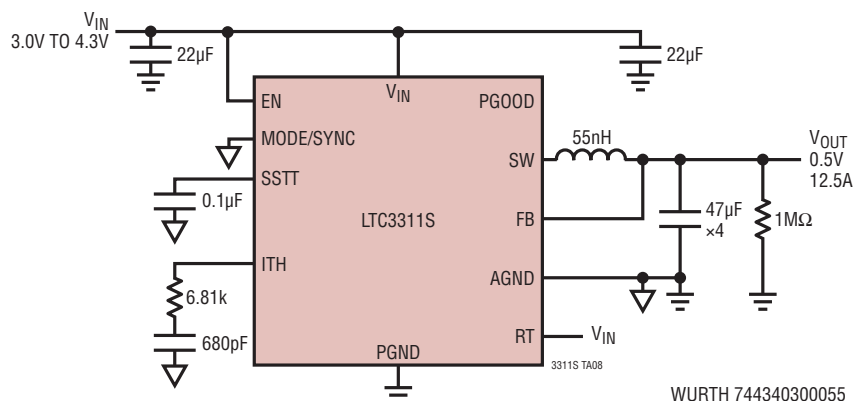
5MHz、1V/12.5A出力、強制連続モード



2MHz、3.3V/12.5A出力、パルス・スキップ・モード

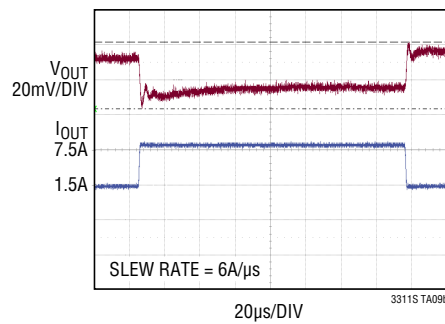
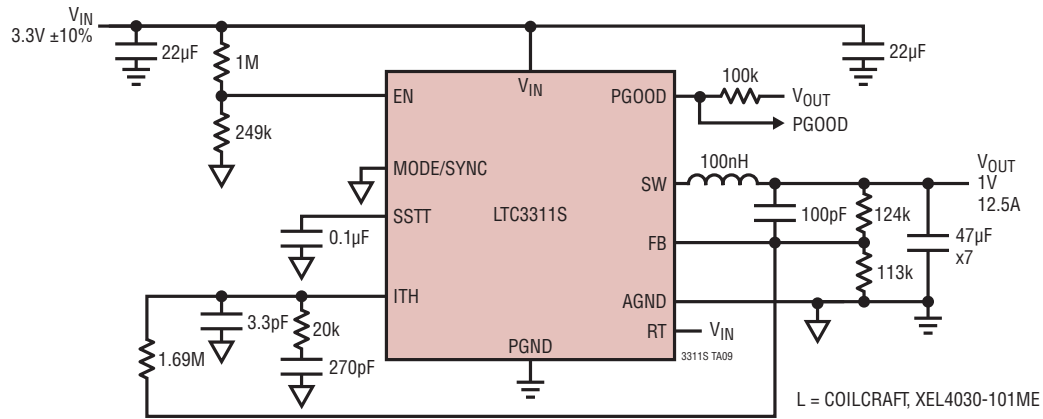


高効率、2MHz、0.5V、12.5A、強制連続モード、少ない部品点数



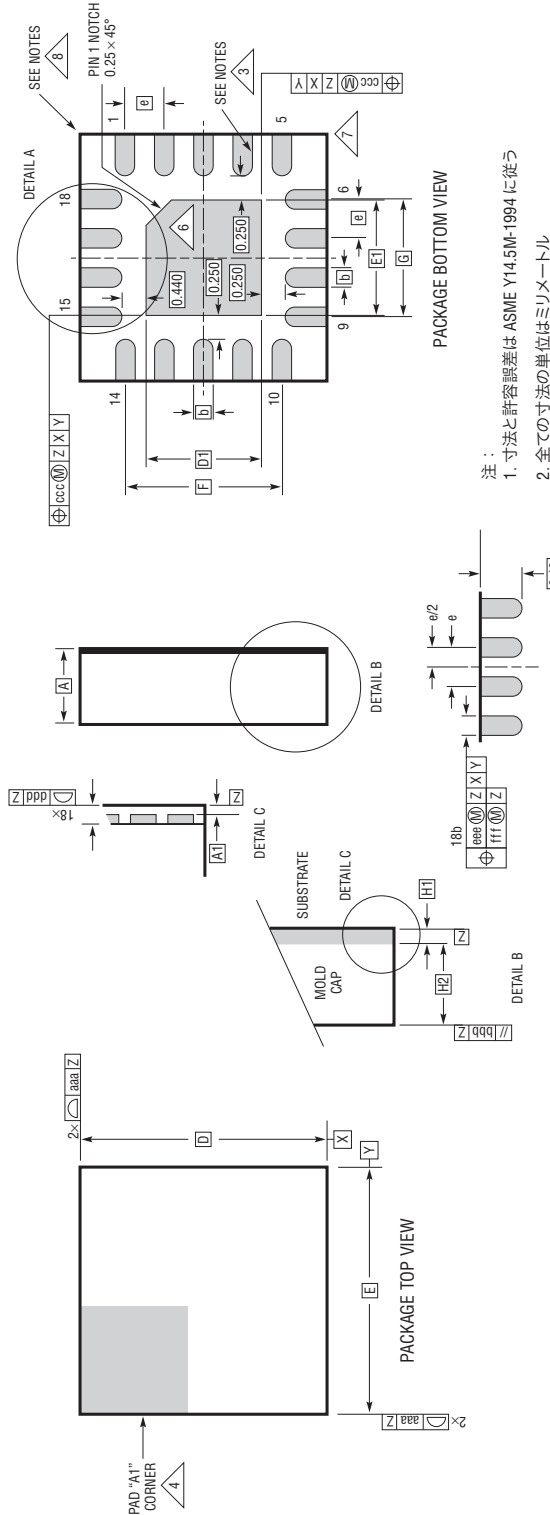
標準的応用例

2MHz、1.0V、強制連続モード
DC 1.5Aから7.5Aへのステップ負荷での過渡応答: 6A/μs、V_{OUT}の変動: ±1.8%



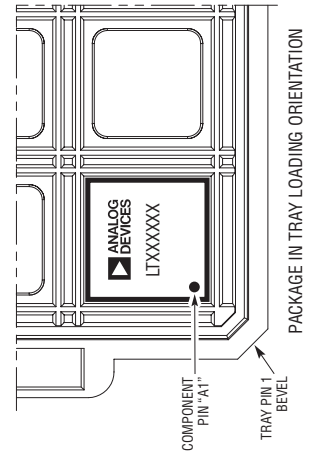
パッケージ

LGA Package
18-Lead (3mm × 3mm × 0.94mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1548 Rev A)



DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	0.85	0.94	1.03	
A1	0.01	0.02	0.03	
b	0.22	0.25	0.28	
D		3.00		
E		3.00		
e		0.50		
F		2.00		
G		1.50		
D1		1.50		
E1		1.70		
H1	0.20	0.24	0.28	
H2	0.65	0.70	0.75	
aaa		0.10		
bbb		0.10		
ccc		0.08		
ddd		0.10		
eee		0.15		
fff		0.08		
TOTAL NUMBER OF LGA PADS: 18				

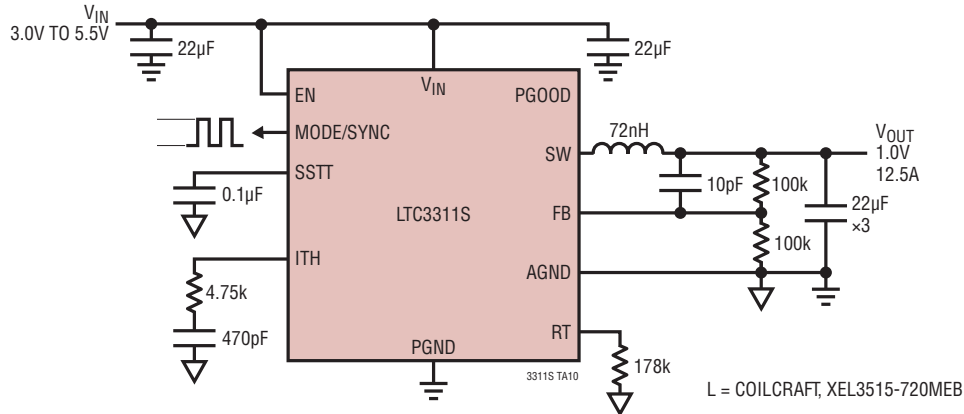
- 注:
1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 に従う
 2. 全ての寸法の単位はミリメートル
 3. これらの端子と放熱部が見えにくくならないように、ハンダ・マスク開口部の下にある金属部は表示されていない
 4. パッド 1 の識別マークの詳細はオプションだが、表示の領域内に設けてある。パッド 1 の識別マークはモールドかマーキングのどちらからである
 5. 主データム-Z はシーティング・プレーン
 6. 放熱用露出部の角にはオプションで丸みを付けることができる
 7. 角の支持パッドの面取りはオプション
 8. パッケージの行と列のラベルは製品間で異なる。各パッケージのレイアウトを十分に確認すること



LGA 18 1216 REV A

標準的応用例

3MHz、1.0V/12.5A 出力、強制連続モード



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3310S	3mm × 3mm LQFN パッケージの 5V、10A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	モノリシック同期整流式降圧 DC/DC、最大 5MHz のスイッチング周波数で 10A を供給。Silent Switcher アーキテクチャによる超低 EMI 放射。入力動作電圧範囲: 2.25V ~ 5.5V。出力電圧範囲: 0.5V ~ VIN、±1% 精度。PGOOD インジケータ、RT プログラミング、SYNC 入力。パワー段の並列接続を構成可能。3mm × 3mm LQFN。
LTC3315A/B	2mm × 2mm LQFN パッケージの 5V、2A デュアル同期整流式降圧 DC/DC コンバータ	デュアル・モノリシック同期整流式降圧電圧レギュレータ、各レギュレータは最大 3MHz (A) および 10MHz (B) のスイッチング周波数で 2A を供給可能。入力動作電圧範囲: 2.25V ~ 5.5V。出力電圧範囲: 0.5V ~ VIN、±1% 精度。PGOOD インジケータ、SYNC 入力。2mm × 2mm LQFN。
LTC3636/ LTC3636-1	デュアル・チャンネル、6A、20V モノリシック同期整流式降圧レギュレータ	95% の効率、VIN: 3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.6V (LTC3636)、1.8V (LTC3636-1)、IQ = 1.3mA、ISD < 13 µA、4mm × 5mm QFN-28 パッケージ
LTC3615/ LTC3615-1	デュアル・チャンネル、5.5V、3A (IOUT)、4MHz 同期整流式降圧 DC/DC コンバータ	94% の効率、VIN: 2.25V ~ 5.5V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 130µA、ISD < 1µA、4mm × 4mm QFN-24 パッケージ
LTC3614/ LTC3616	トラッキングおよび DDR 機能を備えた 5.5V、4A/6A (IOUT)、4MHz 同期整流式降圧 DC/DC コンバータ	95% の効率、VIN: 2.25V ~ 5.5V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 75µA、ISD < 1µA、3mm × 5mm QFN-24 パッケージ
LTC3612	5.5V、3A (IOUT)、4MHz 同期整流式降圧 DC/DC コンバータ	95% の効率、VIN: 2.25V ~ 5.5V、VOUT(MIN) = 0.8V、IQ = 60µA、ISD < 1µA、TSSOP-16E および 4mm × 4mm QFN-16 パッケージ
LTC7150S	20V、20A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	92% の効率、VIN: 3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 2mA、ISD ≤ 40µA、差動リモート検出、6mm × 5mm BGA パッケージ
LT8642S	18V、10A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	96% の効率、VIN: 2.8V ~ 18V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 240µA、ISD < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24 パッケージ
LT8640S	自己消費電流が 2.5µA の 42V、6A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	96% の効率、VIN: 3.4V ~ 42V、VOUT(MIN) = 1.0V、IQ = 230µA、ISD < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24 パッケージ
LT8650S	自己消費電流が 6.2µA のデュアル・チャンネル、4A、42V、同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	94.5% の効率、VIN: 3V ~ 42V、VOUT(MIN) = 0.8V、IQ = 5mA、ISD < 2µA、4mm × 6mm LQFN-32 パッケージ
LTC7151S	20V、15A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	92.5% の効率、VIN: 3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.5V、IQ = 2mA、ISD < 20µA、4mm × 5mm LQFN-28 パッケージ
LTC3307A/B/ LTC3308A/B/ LTC3309A/B	3A、4A、6A の 5V 同期整流式降圧 DC/DC コンバータ、2mm × 2mm LQFN-12 パッケージ	モノリシック同期整流式降圧 DC/DC コンバータ、最大 10MHz のスイッチング周波数で最大 6A を供給可能。Silent Switcher アーキテクチャによる超低 EMI 放射。入力動作電圧範囲: 2.25V ~ 5.5V。出力電圧範囲: 0.5V ~ VIN、±1% 精度。PGOOD インジケータ、RT プログラミング、SYNC 入力。2mm × 2mm LQFN パッケージ。