

5V、12.5A 同期型降圧 Silent Switcher (3mm × 3mm LQFN)

特長

- LTC3310/LTC3310S および LTC3311S とピン互換
- Silent Switcher® アーキテクチャ:
 - 超低 EMI 放射
- 高効率—4.5mΩ NMOS および 16mΩ PMOS
- 広帯域幅、高速過渡応答
- 過負荷におけるインダクタの飽和状態に対する安全な耐性
- V_{IN} 範囲: 2.25V~5.5V
- V_{OUT} 範囲: 0.5V~ V_{IN}
- V_{OUT} 精度: ±1% (リモート検出)
- ピーク電流モードの制御
- 最小オン時間: 35ns
- 5MHz までプログラマブルな周波数
- 高精度な 400mV のイネーブル閾値、シャットダウン時 1μA
- 電圧トラッキング付き出力ソフトスタート
- パワーグッド出力
- ダイ温度の監視
- 強制連続モードで電力段の並列接続を構成可能
- 熱強化型 3mm × 3mm LQFN パッケージ
- オートモーティブ・アプリケーション向けの AEC-Q100 認定済み

アプリケーション

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

概要

LTC®3311 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、2.25V~5.5V の入力電源で最大 12.5A の出力電流を得ることができます。このデバイスは、ホット・ループ・バイパス・コンデンサを内蔵した Silent Switcher 1 アーキテクチャを採用しており、5MHz という高いスイッチング周波数で低 EMI と高効率を実現します。高電力が必要なシステム向けには、マルチフェーズの並列コンバータを容易に取り付けることができます。

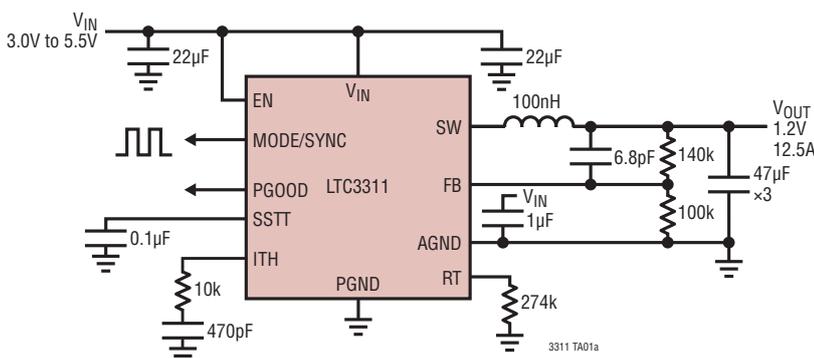
LTC3311 は、固定周波数のピーク電流モード制御アーキテクチャを使用することで、高速の過渡応答を実現しています。500mV のリファレンスにより低電力出力が可能です。100% のデューティ・サイクルでの動作はドロップアウトを小さい値に抑えます。

その他の機能としては、出力がレギュレーション状態にある場合のパワーグッド信号、高精度イネーブル閾値、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、出力短絡保護などがあります。このデバイスは、小型で 18 ピンの 3mm × 3mm LQFN パッケージを採用しています。

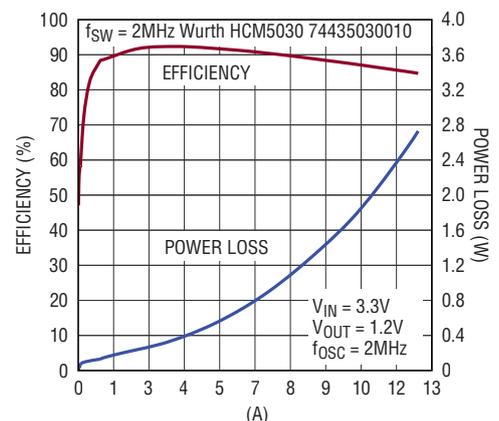
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

1.2V、12.5A 降圧コンバータ



効率と負荷電流の関係



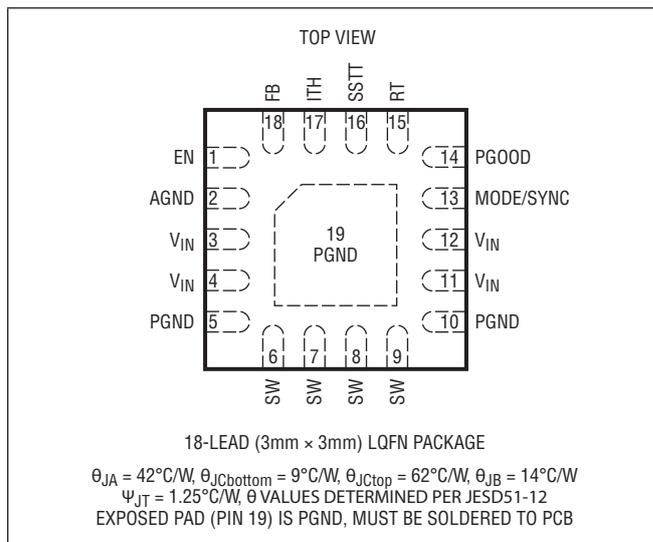
LTC3311

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN}	-0.3V~6V
EN, SSTT	-0.3V~($V_{IN} + 0.3V$) または 6V のいずれか小さい方
MODE/SYNC	-0.3V~($V_{IN} + 0.3V$) または 6V のいずれか小さい方
RT	-0.3V~($V_{IN} + 0.3V$) または 6V のいずれか小さい方
FB	-0.3V~($V_{IN} + 0.3V$) または 6V のいずれか小さい方
PGOOD	-0.3V~6V
I_{PGOOD}	5mA
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2, 3)	
LTC3311J	-40°C~150°C
LTC3311H	-40°C~150°C
保存温度範囲	-65°C~150°C
最高リフロー (パッケージ・ボディ) 温度	260°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー - トレイ/リール	オートモティブ製品**	部品マーキング*	パッケージ・タイプ	温度範囲
LTC3311JV#PBF	LTC3311JV#WPBF	LHMN	18ピン(3mm × 3mm)LQFN (QFN フットプリントの積層パッケージ)	-40°C to 150°C
LTC3311HV#PBF	LTC3311HV#WPBF			
LTC3311JV#TRPBF	LTC3311JV#WTRPBF			
LTC3311HV#TRPBF	LTC3311HV#WTRPBF			
LTC3311JV#TRMPBF	LTC3311JV#WTRMPBF			
LTC3311HV#TRMPBF	LTC3311HV#WTRMPBF			

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容器のラベルに示されています。

テープ&リール仕様。一部のパッケージは、指定販売チャンネルを通じ500個入りのリールで購入できます。末尾に#TRMPBFという記号が付きま。

** このデバイスの各バージョンは、オートモティブ・アプリケーションの品質と信頼性の条件に対応するよう管理された製造により提供されています。これらのモデルは「#W」というサフィックスで指定されます。オートモティブ・アプリケーション向けには、上記のオートモティブ・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オートモティブ信頼性レポートについては、最寄りのアナログ・デバイスまでお問い合わせください。

電気的特性

●は仕様規定されている全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外の場合、仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2, 3)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{EN} = V_{IN}$ 、 $\text{MODE}/\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Supply						
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 Threshold Hysteresis				60		mV
EN Pin Leakage Current	$V_{EN} = 0.4\text{V}$				± 20	nA
Voltage Regulation						
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	●	15	18	21	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_{ITH} to I_{Peak} Current Gain				26		A/V
Minimum On-Time	$V_{IN} = 5.5\text{V}$	●		35	60	ns
Maximum Duty Cycle		●	100			%
Power Good and Soft-Start						
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}	●	105	110	115	%
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				125		μs
PGOOD Input Threshold	Multi-Phase Mode, Rising	●	390	440	490	mV
PGOOD Input Hysteresis				130		mV
Soft-Start Charge Current	$V_{SST} = 0.5\text{V}$	●	7	10	13	μA
Temp Monitor Slope				4		mV/ $^\circ\text{C}$
Oscillator						
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

LTC3311

電気的特性

●は仕様規定されている全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外の場合、仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2, 3)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{EN} = V_{IN}$ 、 $\text{MODE}/\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MODE/SYNC Input Resistance			200		k Ω
MODE/SYNC No Clock Detect Time			20		μs
MODE/SYNC Clock Out Rise/Fall Time	$C_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 50\text{pF}$		10		ns
MODE/SYNC Clock Low Output Voltage	$I_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 100\mu\text{A}$		0.2		V
MODE/SYNC Clock High Output Voltage	$I_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 100\mu\text{A}$		$V_{IN} - 0.2$		V
MODE/SYNC Clock Out Duty Cycle			50		%

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: LTC3311J/LTC3311Hは、 -40°C ~ 150°C のジャンクション温度で仕様を満たすよう設計されています。

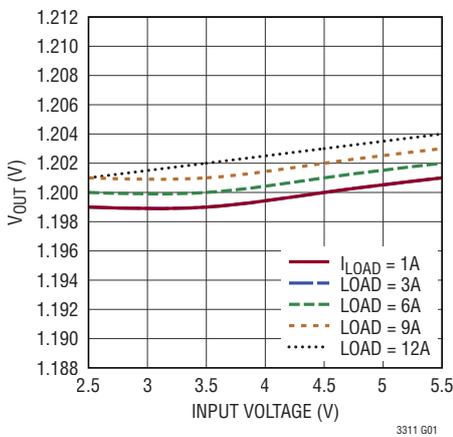
Note 3: LTC3311は、一時的な過負荷状態からデバイスを保護するための過熱保護機能を内蔵しています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 150°C を超えています。仕様規定されている最大動作ジャンクション温度を超えて連続動作すると、デバイスの信頼性が損なわれる可能性があります。

Note 4: 電源電流仕様にはスイッチング電流は含まれていません。実際の電源電流はより高くなります。

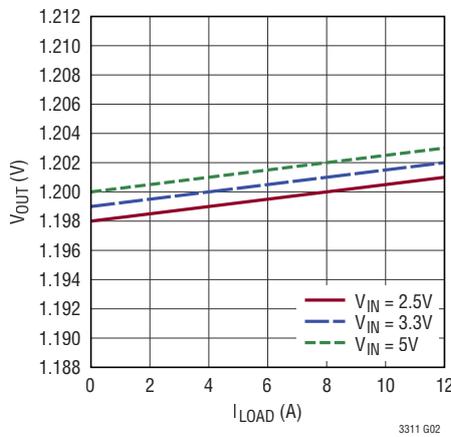
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

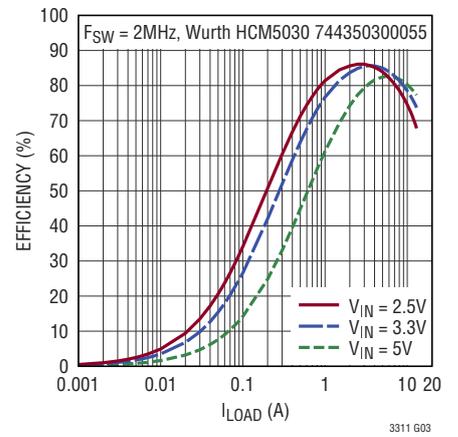
V_{OUT} ラインレギュレーション
 $V_{OUT} = 1.2\text{V}$



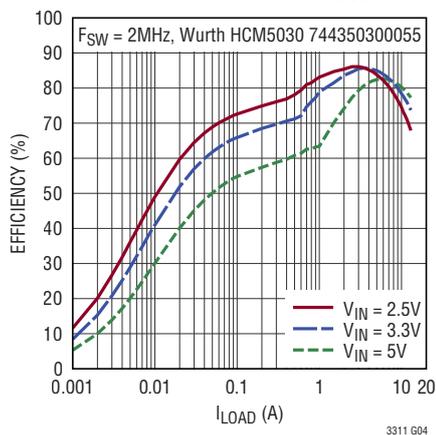
V_{OUT} 負荷レギュレーション
 $V_{OUT} = 1.2\text{V}$



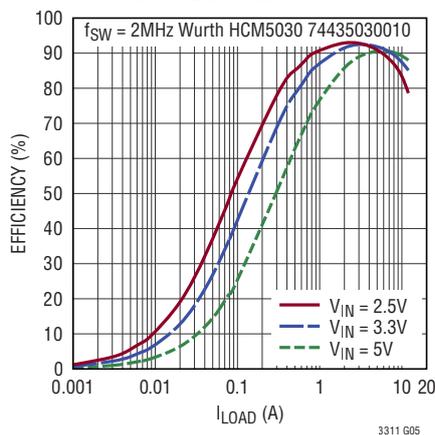
効率、 $V_{OUT} = 0.5\text{V}$
強制連続動作



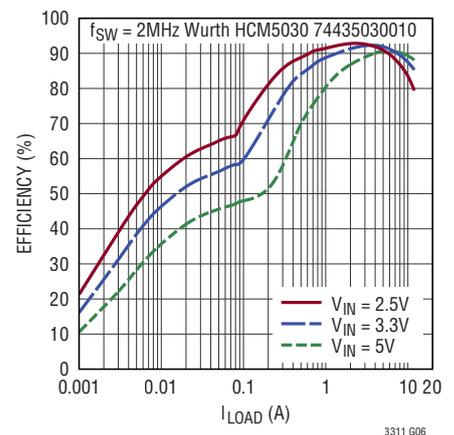
効率、 $V_{OUT} = 0.5\text{V}$
パルス・スキップ・モード動作



効率、 $V_{OUT} = 1.2\text{V}$
強制連続動作



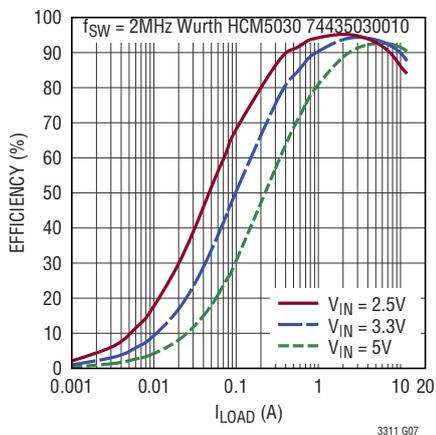
効率、 $V_{OUT} = 1.2\text{V}$
パルス・スキップ・モード動作



代表的な性能特性

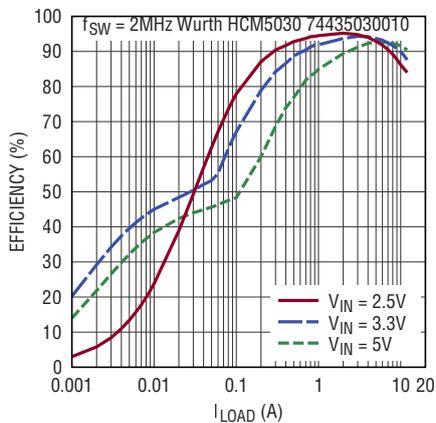
特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

効率、 $V_{OUT} = 1.8V$
強制連続動作



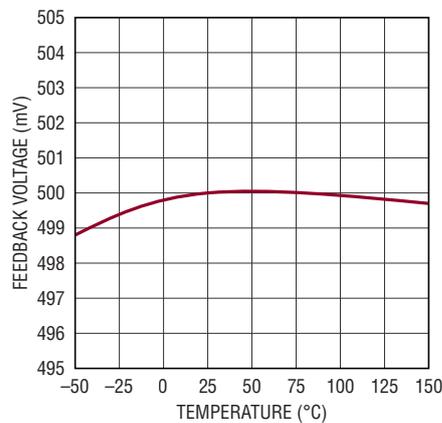
3311 G07

効率、 $V_{OUT} = 1.8V$
パルス・スキップ・モード動作

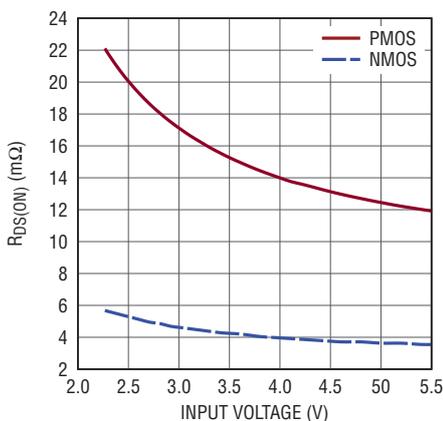


3311 G08

フィードバック・リファレンス電圧

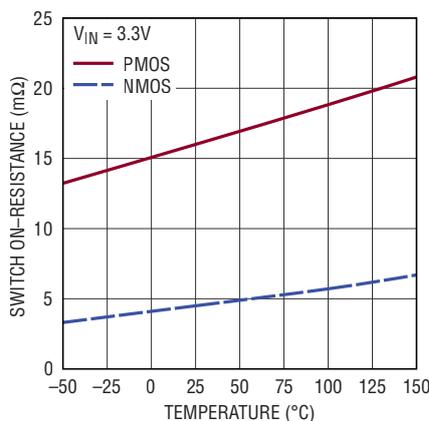


スイッチ・オン抵抗と V_{IN} の関係



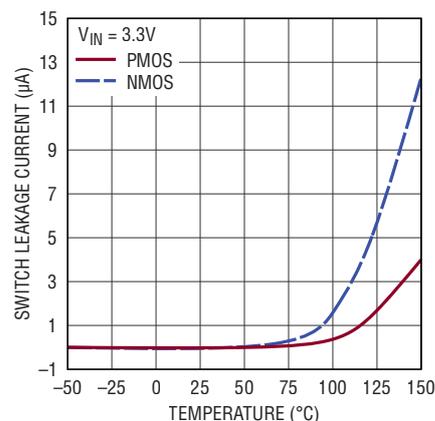
3311 G10

スイッチ・オン抵抗



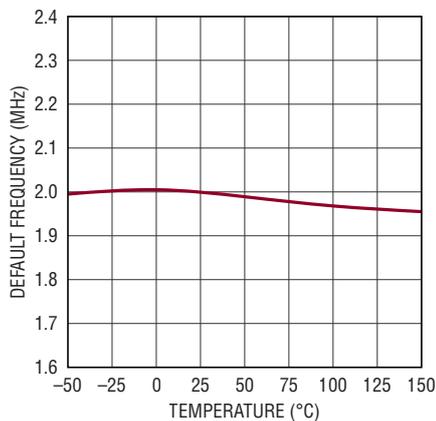
3311 G11

スイッチのリーク電流



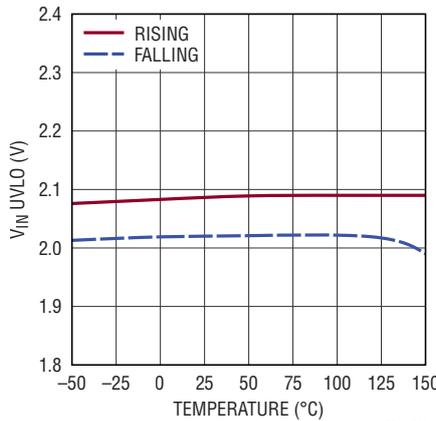
3311 G12

デフォルトのスイッチング周波数



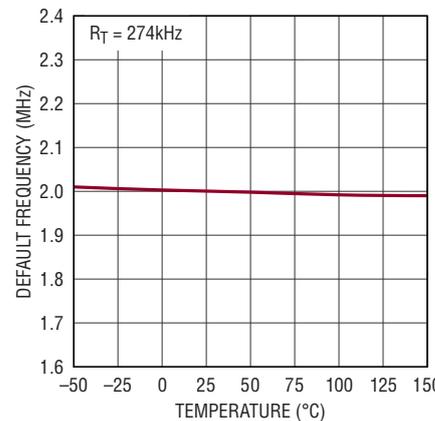
3311 G13

V_{IN} UVLO 閾値



3311 G14

スイッチング周波数



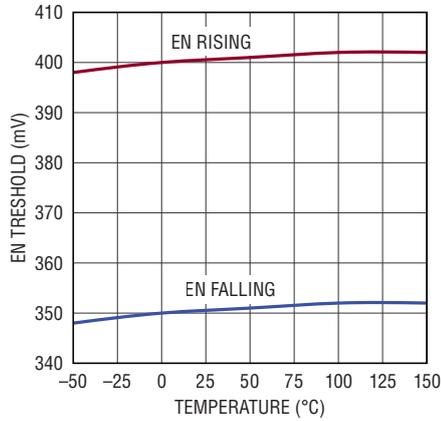
3311 G15

LTC3311

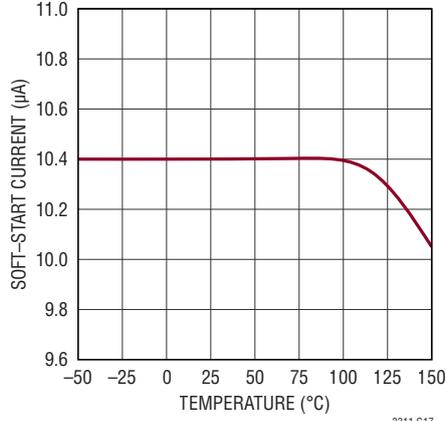
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

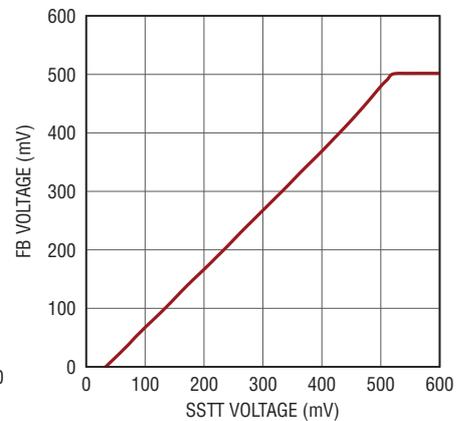
ENピンの閾値



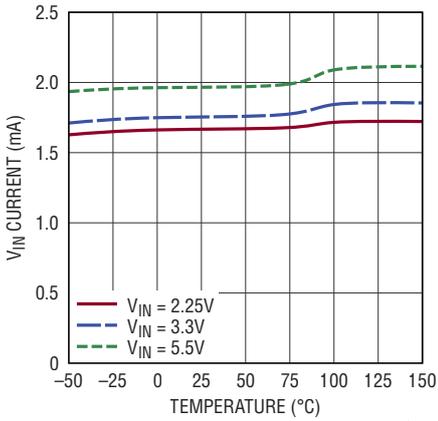
ソフトスタート電流



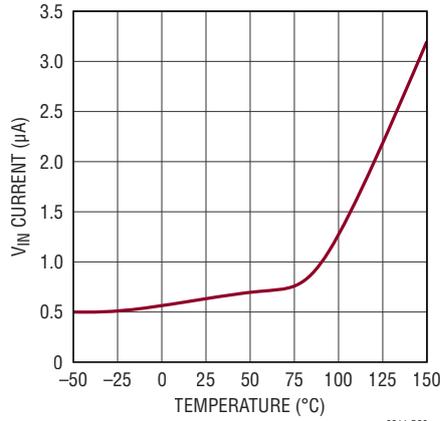
ソフトスタートのトラッキング



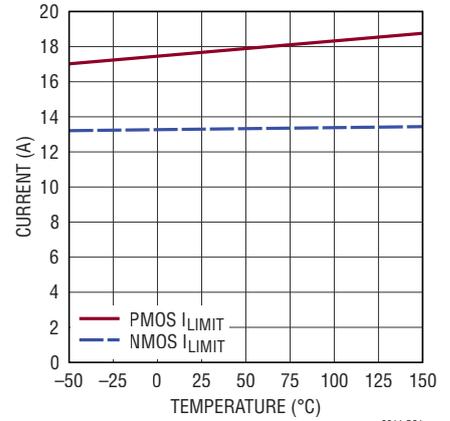
V_{IN} の静止電流



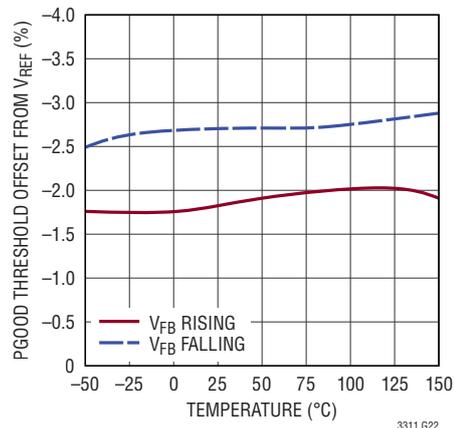
V_{IN} のシャットダウン電流



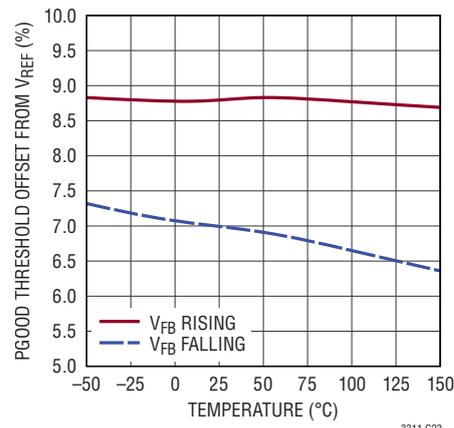
スイッチ電流制限



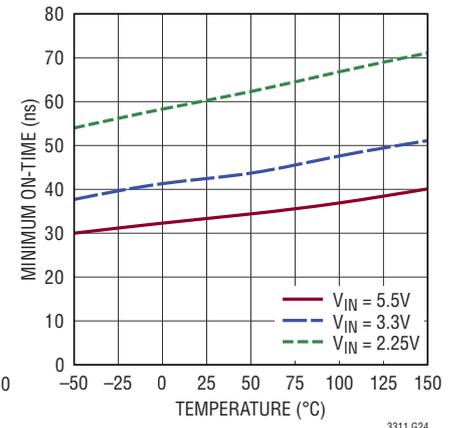
UV PGOOD 閾値



OV PGOOD 閾値



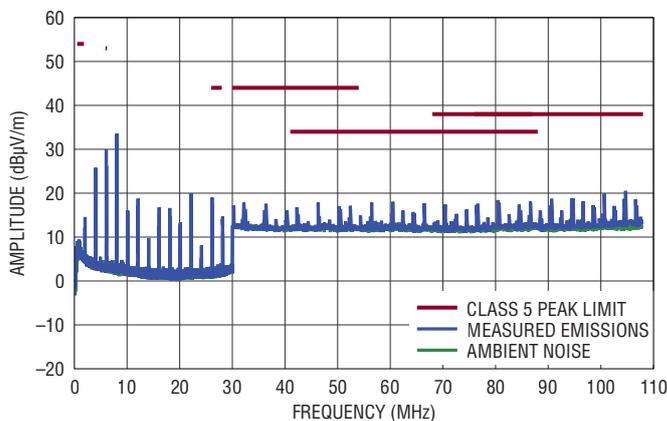
最小オン時間



代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

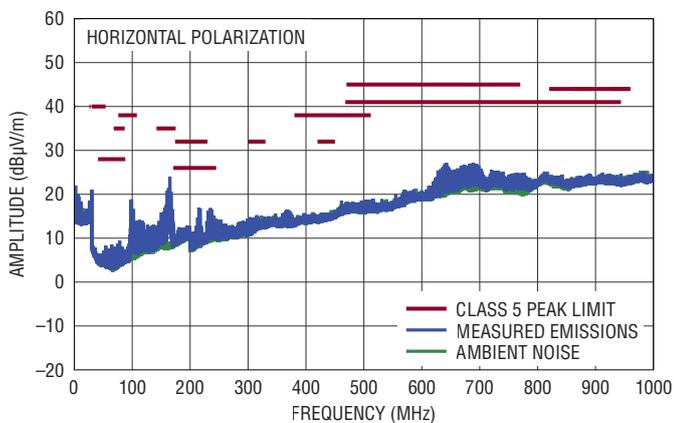
CISPR25 伝導 EMI 性能 (クラス 5 ピーク 限度値での CISPR25 伝導エミッション・テスト)



DC3056A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311 G25

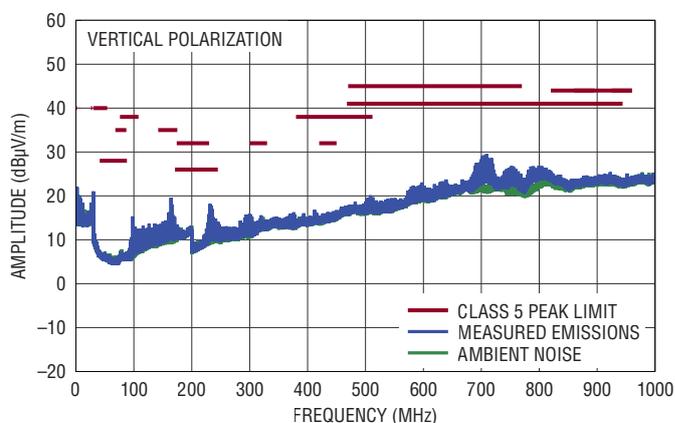
放射 EMI 性能 (クラス 5 ピーク 限度値での CISPR25 放射エミッション・テスト)



DC3056A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311 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)



DC3056A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 10A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3311 G27

ピン機能

EN (ピン1) : ENピンには、ヒステリシス付きの高精度イネーブル閾値が備わっています。V_{IN}または別の電源に接続する外付けの抵抗分圧器で、LTC3311がシャットダウンする閾値を設定します。精度閾値を使用しない場合は、このピンをV_{IN}に直接接続します。ENピンがローの場合、LTC3311は低電流シャットダウン・モードに入り、すべての内部回路が無効化されます。

AGND (ピン2) : AGNDピンは、出力電圧のリモート・グラウンド・センスです。このピンは、負荷の出力コンデンサの負端子とフィードバック分圧抵抗に直接接続します。

V_{IN} (ピン3、4、11、12) : V_{IN}ピンは、内部回路と上側のパワー・スイッチに電流を供給します。すべてのV_{IN}ピンは、幅広の短いパターンで接続し、ピンのできるだけ近くに配置された低ESRコンデンサでPGNDにバイパスする必要があります。

PGND (ピン4、10、19) : PGNDピンは、内部の下側パワー・スイッチのリターン・パスです。PGNDピンを一緒に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ます。PGNDノードは熱の主要な放出経路なので、多くの大きなビアを備えた大きなPCBグラウンド・プレーンに接続する必要があります。

SW (ピン6-9) : SWピンは、内部パワー・スイッチのスイッチング出力です。これらのピンは一緒に幅広の短いパターンでインダクタに接続します。

MODE/SYNC (ピン13) : MODE/SYNCピンは、マルチフェーズ動作と外部クロックへの同期に使用します。動作モードに応じて、MODE/SYNCピンは入力クロック・パルスを受け入れるか、動作周波数のクロック・パルスを出力します。(Applications Informationのマルチフェーズ動作を参照)。MODE/SYNCピンは、動作モード(パルス・スキップまたは強制連続)も設定します。

PGOOD (ピン14) : PGOODピンはパワーグッド・ピンであり、内部コンパレータのオープンドレイン出力です。VINが2.25Vを超え、デバイスがシャットダウン状態になると、PGOOD出力がローになります。複数のフェーズを並列に接続する場合は、PGOODピンを一緒に接続します。

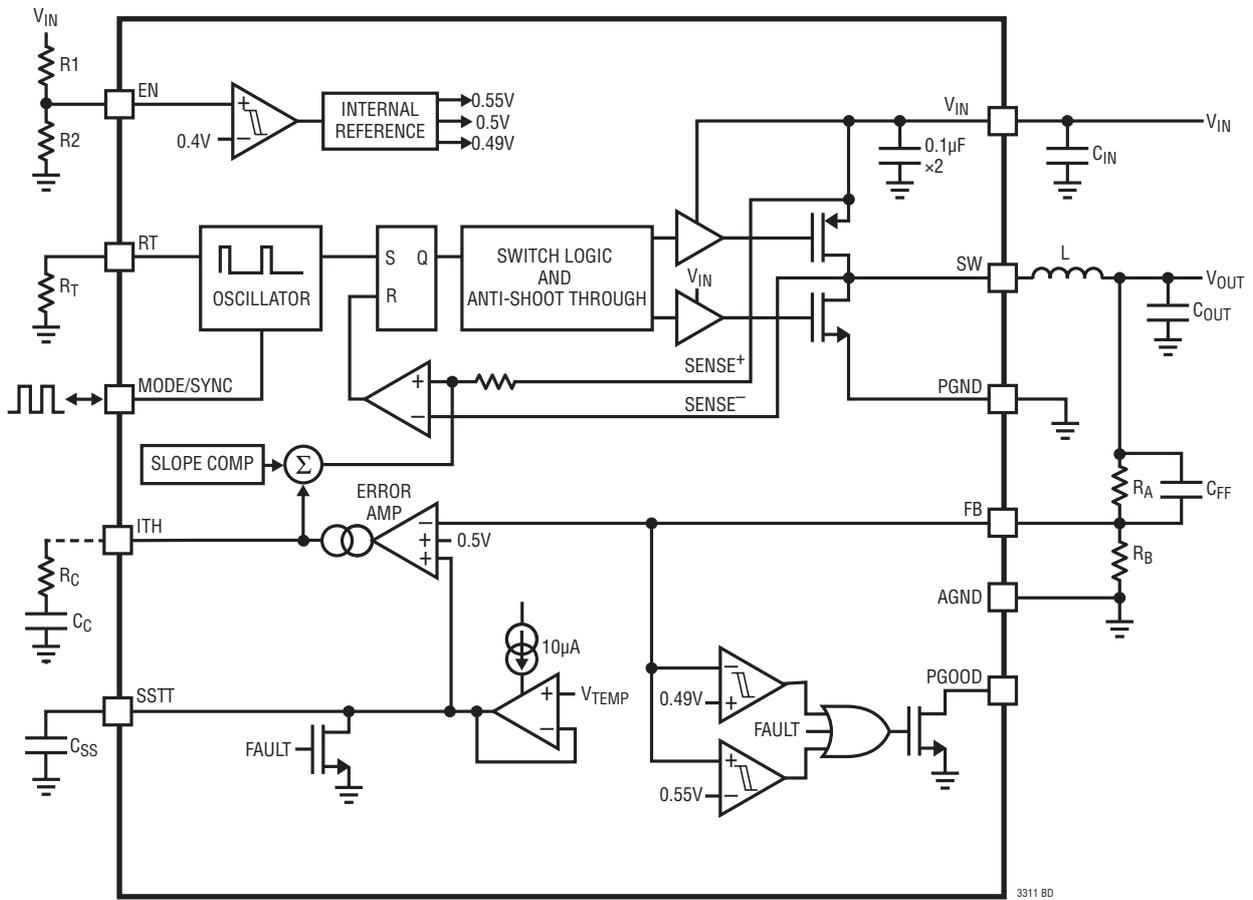
RT (ピン15) : RTピンは、外付け抵抗を介してAGNDに接続することにより発振器周波数を設定するか、マルチフェーズ動作の位相を設定します。(アプリケーション情報のマルチフェーズ動作を参照)。

SSTT (ピン16) : 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へ流れる内部10 μ A電流は、スタートアップ時における出力電圧の上昇率を設定します。ソフトスタート・サイクル中、FBピンの電圧はSSTTピンの電圧をトラッキングします。ソフトスタート・サイクルが完了すると、トラッキング機能が無効になり、内部リファレンスが誤差アンプの制御を再開し、SSTTピンがジャンクション温度を表す電圧にサーボ制御されます。出力短絡状態からクリーンに回復するために、SSTTピンはV_{FB}電圧より約140mV高くまでプルダウンされ、新しいソフトスタート・サイクルが開始します。シャットダウンおよび故障状態の間、SSTTピンはグラウンドにプルダウンされます。

ITH (ピン17) : ITHピンは、出力電圧の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コンポーネントはAGNDを基準とします。

FB (ピン18) : 出力電圧フィードバック・ピンは、抵抗分圧器を介して出力電圧に外部接続され、内部では誤差アンプの反転入力に接続されています。LTC3311はFBピンを500mVにレギュレーションします。V_{FB}とV_{OUT}の間に接続される進相コンデンサは、過渡応答を最適化するのに使用します。

ブロック図



3311 BD

動作

電圧レギュレーション

LTC3311は、モノリシック、固定周波数の電流モード降圧DC/DCコンバータです。各クロック・サイクルの開始時に、発振器が内部の上側パワー・スイッチをオンにします。インダクタを流れる電流は上側のスイッチ電流コンパレータがトリップするまで増加し、トリップすると上側の電源スイッチがオフになります。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。誤差アンプは、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がリファレンスよりも減少するため、平均インダクタ電流が新しい負荷電流に見合った値となるまでエラー・アンプがITH電圧を引き上げます。上側の電源スイッチがオフになると、次のクロック・サイクルが始まるまで（あるいは、パルス・スキップ・モードの場合はインダクタ電流が0に低下するまで）同期電源スイッチがオンになります。過負荷状態となって下側のスイッチに流れる電流が過大となった場合は、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルの開始が遅延されます。

出力電圧は外部で抵抗分圧され、レギュレータのフィードバック電圧を生成します。大電流動作では、LTC3311のローカル・グラウンドと負荷のグラウンドの間にグラウンド・オフセットが生じる場合があります。このオフセットを相殺するには、AGNDを負荷グラウンドにケルビン接続し、抵抗分圧器の最低電位ノードをAGNDに接続する必要があります。内部誤差アンプは、このフィードバック電圧と0.5VのAGNDリファレンス電圧の差を検出します。この方法により、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・オフセットが相殺されるため、より正確な出力電圧が得られます。LTC3311は、ローカル・グラウンドに対して最大 $\pm 100\text{mV}$ のリモート出力グラウンド偏差を許容します。

ENピンがローになるとLTC3311はシャットダウンし、低静止電流状態になります。ENピンが閾値を超えると、スイッチング・レギュレータがイネーブルされます。

発振器の外部クロックへの同期

LTC3311の内部発振器は、MODE/SYNCピンに方形波クロック信号を印加することにより、内部PLL回路を介して外部周波数に同期されます。

同期中、上側のパワー・スイッチのターンオンは外部周波数ソースの立上がりエッジにロックされます。同期中、スイッチャーは強制連続モードで動作します。外部クロック周波数に対してスロープ補償が自動的に適用されます。

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した後、内部PLLは、MODE/SYNCピンの信号の周波数と位相に一致するように動作周波数を徐々に調整します。外部クロックが除去されると、LTC3311は約 $20\mu\text{s}$ 以内に外部クロックがないことを検出します。この間、PLLはクロック・サイクルを供給し続けます。外部クロックの除去が検出されると、発振器はその動作周波数を徐々にデフォルト周波数に戻します。

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・スキップまたは強制連続のいずれかです。[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、出力電圧をレギュレーションするために、軽負荷ではスイッチング・サイクルがスキップされます。強制連続モードでは、上側スイッチがサイクルごとにオンになり、負のインダクタ電流を許可することで軽負荷のレギュレーションが実現されます。

出力パワーグッド

FBピン電圧をモニタするコンパレータは、出力電圧が公称設定値から変動した場合、または故障状態が存在する場合、PGOODピンをローにプルダウンします。コンパレータには電圧ヒステリシスが備わっています。短時間の出力電圧トランジェントをフィルタ処理するために、PGOODの通知には時間遅延が設定されています。

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・トラッキング機能は、電源シーケンスを行い、 V_{IN} 突入電流を制限して、スタートアップ出力のオーバーシュートを低減します。ソフトスタートが完了すると、SSTT ピンは LTC3311 のダイ・ジャンクション温度を表す電圧を維持します。SSTT コンデンサは、シャットダウン、 V_{IN} UVLO、およびサーマル・シャットダウン時にリセットされず。アプリケーション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と、デューティ・サイクルが増加します。電源電圧を更に下げると、メイン・スイッチが1サイクルを超えてオンのままになり、最終的に100%のデューティ・サイクルに達します。この状態では、出力電圧は、入力電圧から内部のメインPチャンネルMOSFETとインダクタの両端のDC電圧降下を差し引いたものによって決定されます。

多くの設計では、入力電圧が出力電圧に近づくと、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。これらの条件における出力リップル電圧の増加を回避するために、EN 入力で抵抗分圧器を使用し、 V_{IN} のターンオンおよびターンオフの閾値を特定のアプリケーションで許容できる出力リップル電圧に制限する(通常は V_{OUT} より 500mV 高くする)ことを推奨します。

低電源電圧動作

LTC3311 は、2.25V の入力電源電圧まで動作するように設計されています。重要な熱設計上の考慮事項は、パワー・スイッチの $R_{DS(ON)}$ が低 V_{IN} で増加することです。最低入力電圧では、最も厳しい条件での LTC3311 の消費電力とダイ・ジャンクション温度を計算してください。

出力短絡保護と回復

電流コンパレータが上側のパワー・スイッチをシャットオフするピークのインダクタ電流レベルは、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、誤差アンプは平均インダクタ電流が負荷電流と一致するまで ITH ピン電圧を上昇させます。LTC3311 は ITH ピンの最大電圧をクランプすることによって、ピーク・インダクタ電流を制限します。

出力がグラウンドに短絡すると、インダクタ両端の電圧が低くなるため、インダクタ電流は1回のスイッチング・サイクルの間に非常にゆっくりと減衰します。インダクタ電流を制御し続けるために、インダクタ電流の谷に第二の制限が課せられます。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・スイッチはオフになります。後続のスイッチング・サイクルは、インダクタ電流が $I_{VALLEY(MAX)}$ を下回るまでスキップされます。

出力短絡からの回復は、ソフトスタート・サイクルを経由します。 V_{OUT} がレギュレーション (PGOOD 閾値で定義) を下回ると、SSTT 電圧は FB 電圧のすぐ上の電圧にプルされます。SSTT ピンがローにプルダウンされているため、出力短絡が除かれると、ソフトスタート・サイクルが開始します。

アプリケーション情報

ブロック図を参照してください。

FB 抵抗ネットワーク

出力電圧は、出力とFBピンにある抵抗分圧器でプログラムされます。式1に従って抵抗値を選んでください。

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

図1を参照。

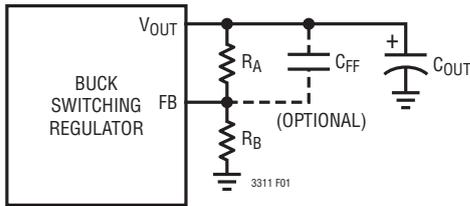


図1. フィードバック抵抗ネットワーク

記号はブロック図を参照してください。出力電圧の精度を確保するために、1%の抵抗を推奨します。高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は、VOUTからFBに進相コンデンサを接続します。

動作周波数の選択とトレードオフ

動作周波数の選択は、効率、コンポーネント・サイズ、過渡応答、および入力電圧範囲の間のトレードオフとなります。

高周波動作の利点は、インダクタとコンデンサの値を小さくできることです。高いスイッチング周波数では、制御ループ帯域幅を高くすることができるため、過渡応答が速くなります。スイッチング周波数を高くした場合の欠点は、スイッチング損失が増加するために効率が低下し、スイッチのオン時間制限が最小になるために入力電圧範囲が狭くなることです。

プログラマブルな最大スイッチング周波数は5MHzですが、LTC3311の最小オン時間により動作デューティ・サイクルが

最小になります。特定のアプリケーションの最高スイッチング周波数($f_{SW(MAX)}$)は、式2で計算できます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)}(V_{IN(MAX)} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (2)$$

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ と $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です。式2は、高い V_{IN}/V_{OUT} 比に対応するには、より遅いスイッチング周波数が必要であることを示しています。

LTC3311は100%の最大デューティ・サイクルが可能であるため、 V_{IN} から V_{OUT} へのドロップアウトは、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

LTC3311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の設定には3つの方法があります。最初の方法は、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。周波数は、500kHz~5MHzを設定できます。表1は、目的のスイッチング周波数に必要な R_T 値を示しています。

目的のスイッチング周波数に必要な R_T 抵抗値は、式3で計算します。

$$R_T = 568 \cdot f_{SW}^{(-1.08)} \quad (3)$$

ここで、 R_T はkΩ単位、 f_{SW} は目的とするスイッチング周波数で、MHz単位です。

表1. SW周波数と R_T の値

f_{sw} (MHz)	R_T (kΩ)
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

LTC3311のスイッチング周波数を設定する2番目の方法は、MODE/SYNCピンに印加する外部周波数に内部PLL回路を同期させることです。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開始します。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した後、内部PLLは、MODE/SYNC信号の周波数と位相に一致するように動作周波数を徐々に調整します。

外部クロックが除去されたことを検出した場合、LTC3311はその動作周波数を2MHzのデフォルト周波数に徐々に調整します。LTC3311は、外部クロックに同期すると、強制連続モードで動作します。

LTC3311のスイッチング周波数を設定する3番目の方法は、公称2MHzの内部デフォルト・クロックを使用することです。ピン構成については表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際の考慮事項は、インダクタンス、RMS電流定格、飽和電流定格、DCR、およびコア損失です。

インダクタ値の最初の適切な選択は、式4と式5で与えられます。

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

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

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

インダクタの過熱を回避するには、アプリケーションで予想される最大出力負荷よりも大きいRMS電流定格のインダクタを選択します。過負荷状態および短絡状態を考慮しなければならない場合があります。

更に、インダクタの飽和電流(I_{SAT})定格は、負荷電流にインダクタ・リップル電流の1/2を加えたものよりも大きくなるようにする必要があります(式6)。

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

ここで、 $I_{LOAD(MAX)}$ は特定のアプリケーションでの最大出力負荷電流であり、 ΔI_L は式7で計算されるインダクタ・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には、直列抵抗(DCR)が最も低いインダクタを選択します。コア材料は、高周波アプリケーション用である必要があります。

LTC3311は、スイッチとシステムを過負荷による故障から保護するために、ピーク・スイッチ電流を制限します。その場合、インダクタ値は、必要な最大出力電流 $I_{OUT(MAX)}$ を供給するのに十分な大きさをなければならず、この電流値はスイッチ電流制限 I_{LIM} 、およびリップル電流の関数となります(式8)。

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

したがって、LTC3311が供給する最大出力電流は、スイッチ電流制限、インダクタ値、および入力電圧と出力電圧によって異なります。目的のアプリケーションで使用するスイッチング周波数や最大入力電圧に応じて、インダクタのリップル電流が十分な最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を確保できない場合は、インダクタの値を大きくする必要があります。

表2. インダクタ・メーカー

VENDOR	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

LTC3311の入力は、2個以上のバルク・ストレージ・セラミック・コンデンサを用いてデバイスの近くでバイパスします。 V_{IN} からPGNDまで両側に1つずつ配置します。これらのコンデンサのサイズは0603または0805とします。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。温度と入力電圧の変動に対して最高性能を発揮するために、X7RまたはX5Rコンデンサを推奨します。スイッチング周波数が低い

アプリケーション情報

ほど、より大きな入力容量が必要になることに注意してください。高周波アプリケーションの場合、デバイスの近くで2つの小容量コンデンサを追加することを推奨します。入力電源のインピーダンスが高い場合、またはワイヤやケーブルが長いためにインダクタンスが大きい場合は、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、低性能の電解コンデンサを使用できません。

セラミック入力コンデンサは、パターンまたはケーブルのインダクタンスと組み合わせると、高品質の(不足減衰の)タンク回路を形成します。LTC3311回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧が公称値の2倍まで上昇して、LTC3311の定格電圧を超えるおそれがあります。この状況は簡単に回避できます(アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 88を参照)。

表3. セラミック・コンデンサ・メーカー

VENDOR	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欠くことのできない2つの役割があります。LTC3311によって生成された方形波を、インダクタと共にフィルタ処理してDC出力を生成します。この役割では、出力リップルが決まるため、スイッチング周波数でロー・インピーダンスであることが重要です。2つめの役割は、トランジェントな負荷を吸収してLTC3311の制御ループを安定させるためにエネルギーを保存することです。セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗(ESR)が非常に低く、最高のリップル性能を提供します。適切な開始値については、[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タイプのコンデンサは、出力リップルが低く、過渡応答が良好です。トランジェント性能は、出力コンデンサの値を大きくし、 V_{OUT} とFBの間にフィードフォワード・コンデンサを追加することによって改善されます。出力容量を大きくすることでも、出力電圧リップルを小さくできます。出力コンデンサの値を小さくすると、スペースとコストが節約されますが、トランジェント性能が低下し、ループが不安定になるおそれがあります。推奨コンデンサの値については、[標準的応用例](#)を参照してください。

マルチフェーズ動作

LTC3311は、マルチフェーズ動作用に簡単に構成できます。[表4](#)を参照してください。

マスタ・フェーズのRTピンを抵抗を介してAGNDに接続すると、周波数が設定され、MODE/SYNCピンがスレーブ・フェーズのMODE/SYNCピンを駆動するためのクロック出力になるように構成されます。

マスタ・フェーズのRTピンを V_{IN} に接続すると、MODE/SYNCピンが外部クロックを受け入れ可能な入力に構成されます。スタートアップ時など、外部クロックが使用できない場合、スイッチング周波数はデフォルトで公称2MHzの内部周波数になります。

FBピンを V_{IN} に接続すると、フェーズがスレーブとして構成されます。MODE/SYNCが入力になり、電圧制御ループが無効化されます。スレーブ・フェーズの電流制御ループはアクティブのまま、ピーク電流は共有ITHノードを介して制御されます。フェーズ間でITHノードをルーティングする際は、慎重に検討する必要があります。パスを低インダクタンスにするには、ITHノードとAGNDノードを一緒にルーティングす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ピンを一緒に接続し、外付けプルアップ抵抗を追加すると、スタートアップが完了したときにマスタ・フェーズがスレーブ・フェーズと通信できるようになります。

表4. LTC3311のマルチフェーズ構成

Master/Slave	RT Pin	FB Pin	MODE/SYNC Pin	Switching Frequency (fsw)
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・フェーズに対するスレーブ・フェーズの位相は、RTピンの抵抗分圧器で設定します。1%抵抗の使用を推奨します。詳細については、表5を参照してください。

表5. LTC3311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/スレーブ動作に構成している場合、スレーブ・フェーズは強制連続モードで動作します。

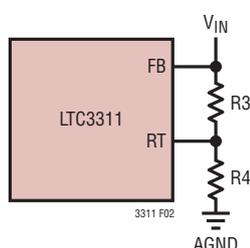


図2. フェーズ・プログラミング

動作モード

ほとんどの構成では、LTC3311は強制連続モードで動作します。強制連続モードでは、負のインダクタ電流を許可することにより、低電流でのレギュレーションが実現します。スイッチング・サイクルはスキップされません。

LTC3311は、RTピンとMODE/SYNCピンの両方がVINに接続されている場合、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の内部クロックに設定されます。パルス・スキップ・モードでは、負電流は許可されず、スイッチング・サイクルをスキップすることで低電流でのレギュレーションが実現します。

表6. LTC3311 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

LTC3311発振器を外部周波数に同期させるには、RTピンをVINに接続して、MODE/SYNCピンを入力として構成します。MODE/SYNCピンを500kHz~2.25MHzの周波数範囲の方形波で駆動します。振幅は1.2Vより大きく0.4V未満で、パルス幅は40nsを超えるようにします。

LTC3311のフェーズ・ロック・ループ(PLL)は、MODE/SYNCピンに印加されたクロックに内部発振器を同期させます。スタートアップ時、LTC3311がMODE/SYNCに印加された外部クロックを認識する前に、LTC3311はデフォルトの周波数2MHzに切り替わります。外部から印加されたクロックを認識すると、スイッチング周波数はデフォルト周波数から印加周波数に徐々に移行します。外部クロックが除去されると、LTC3311はゆっくりとデフォルト周波数に戻ります。

LTC3311は、同期中は強制連続モードで動作します。AGNDへのMODE/SYNCピンの内部200kΩ抵抗により、MODE/SYNCピンをフローティングのままにできます。

過渡応答とループ補償

補償コンポーネント、 C_{FF} 、 R_C 、 C_C を決定する際には、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です。

LTC3311は、高速過渡応答機能のために高帯域幅で動作するように設計されています。高いループ帯域幅で動作すると、過渡応答条件を満たすのに必要な出力容量が減少します。

制御ループの安定性を検証および最適化する2つの方法として、過渡的な負荷を印加してシステムの応答をモニターするか、ネットワーク・アナライザを用いて実際のループ応答を測定する方法があります。LTpowerCAD[®]は、補償コンポーネントの最適化に役立つ便利なツールです。

アプリケーション情報

負荷過渡応答方式で制御ループを安定させる場合は、立上がり時間が1 μ sで、全負荷電流の20%~100%の出力電流パルスを印加します。これにより、出力電圧と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・レギュレータは、負荷電流のステップにตอบสนองするために複数サイクルを要します。負荷ステップが発生すると、V_{OUT}はすぐにわずかな変動を示し、レギュレータがV_{OUT}を定常状態値に戻すために使用するフィードバック・エラー信号を生成します。

この回復時間中に、安定性の問題を示すオーバーシュートまたはリングがないかV_{OUT}をモニタします。最初の出力電圧ステップはフィードバック・ループの帯域幅内にない可能性があるため、標準の2次オーバーシュート/DC比を用いて位相マージンを決定することはできません。ループのゲインはR_Cと共に増加し、ループの帯域幅はC_Cの減少と共に増加します。C_Cが減少すると同じ要因でR_Cが増加すると、ゼロ周波数が同じように維持されるため、フィードバック・ループの最も重要な周波数範囲で同じ位相に維持されます。更に、フィードフォワード・コンデンサC_{FF}を追加すると、高周波応答が向上します。コンデンサC_{FF}は、R_Aで高周波ゼロを生成して位相マージンを改善することにより、位相進みを提供します。代表的なアプリケーション回路の補償コンポーネントは、コンポーネント値の開始点として適しています。

出力電圧のセトリグ動作は、クローズドループ・システムの安定性に関連しています。制御ループ理論のレビューなど、補償コンポーネントの最適化の詳細な説明については、アナログ・デバイス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

出力過電圧イベント時に、FBピンの電圧が公称値の110%を超えると、LTC3311の上側パワー・スイッチがオフになります。出力が100 μ sを超えてレギュレーション範囲から外れると場合、PGOODピンはローにプルダウンされます。

出力過電圧イベントは、通常の動作条件下では発生することはありません。

出力電圧の検出

LTC3311のAGNDピンは、バンドギャップ電圧リファレンスなど、内部アナログ回路のグラウンド基準です。良好な負荷レギュレーションを実現するには、AGNDピンを負荷の出力コンデンサ(C_{OUT})の負端子に接続します。大電流電源のグラウンド・リターン・パスのドロップが補償されます。FB抵抗分圧器やソフトスタート・コンデンサなどのすべての信号コンポーネントは、AGNDノードを基準にする必要があります。AGNDノードはほとんど電流を流さないため、最小サイズのパターンで済みます。詳細については、PCBレイアウトの例を参照してください。

イネーブル閾値の設定

LTC3311には、スイッチングを有効化または無効化するための高精度閾値イネーブル・ピンがあります。強制的にローにすると、LTC3311は低電流シャットダウン・モードに入ります。

ENコンパレータの立上がり閾値は400mVで、ヒステリシスは60mVです。シャットダウン機能を使用しない場合は、ENピンをV_{IN}に接続します。V_{IN}からENに抵抗分圧器を追加すると、V_{IN}が目的の電圧を超えた場合にのみ出力がレギュレーションされるようにLTC3311が設定されます(ブロック図を参照)。通常、この閾値V_{IN(EN)}は、入力電源を電流制限しているか、ソース抵抗が比較的大きい場合に使用します。スイッチング・レギュレータはソースから一定の電力を引き出すため、ソース電圧が低下するとソース電流が増加します。これは、ソースに対する負性抵抗負荷のように見えるため、低ソース電圧条件下でソースの電流制限またはラッチ・ローを引き起こす可能性があります。V_{IN(EN)}閾値は、問題が発生し得るソース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、値R1とR2が式9を満たすように設定することで調整できます。

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

ここで、LTC3311はV_{IN}がV_{IN(EN)}を超えるまでオフを維持します。コンパレータのヒステリシスにより、入力がV_{IN(EN)}をわずかに下回るまでスイッチングは停止しません。

あるいは、別のレギュレータの出力からLTC3311のイネーブル・ピンへの抵抗分圧器を使用してイベント・ベースのパ

アプリケーション情報

ワーアップ・シーケンスを提供すると、他のレギュレータの出力が所定のレベルに達したときにLTC3311がイネーブルされます。

出力電圧のトラッキングとソフトスタート

LTC3311では、SSTTピンを用いて出力電圧の上昇率を設定できます。

内部の10 μ AでSSTTピンがプルアップされています。SSTTに外付けコンデンサを接続すると、出力がソフトスタートするので、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ぐことができます。ソフトスタートのランプ時、出力電圧はSSTTピンの電圧に比例して増加します。ソフトスタートが完了すると、このピンはLTC3311のジャンクション温度に比例する電圧にサーボ制御されます。SSTTピンの動作範囲については図3を参照してください。

ソフトスタート時間は、式10で計算します。

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

出力トラッキング・アプリケーションの場合、SSTTは別の電圧源によって外部から駆動できます。0V~0.5Vで、SSTT電圧が誤差アンプへの内部0.5Vリファレンス入力をオーバーライドし、FBピン電圧がSSTTピンの電圧にレギュレーションされます。SSTTが0.5Vを超えると、トラッキングが無効になり、フィードバック電圧は内部リファレンス電圧にレギュレーションされます。

SSTTピンにはアクティブ・プルダウン回路が接続されており、故障が発生した場合に外付けのソフトスタート・コンデンサを放電します。故障が解消すると、ランプが再開します。ソフトスタート・コンデンサをクリアするような故障状態は、EN/UVピンの遷移が低い、V_{IN}電圧が低くなりすぎる、またはサーマル・シャットダウンです。

温度モニタ

ソフトスタート・サイクルが完了し、パワーグッドの出力フラグがスローされると、SSTTピンはダイ・ジャンクション温度を通知します。LTC3311は、SSTTピンをジャンクション温度に比例する電圧にレギュレーションします。温度を通知している間、SSTT電圧は1V未満では無効となります。ジャンクション温度は式11で計算します。

$$T_J (\text{°C}) = \frac{V_{SSTT}}{4\text{mV}} - 273 \quad (11)$$

ジャンクション温度をより正確に測定するには、次の手順を使用します。

1. 周囲温度T_Aを測定します。
2. パルス・スキップ・モードで、V_{OUT}がレギュレーションされたV_{OUT}よりもわずかに高くなった状態でSSTT電圧を測定します。
3. 式12で、温度検出回路のスロープを計算します。

$$\text{Slope (mV/°C)} = \frac{V_{SSTT}}{T_A + 273} \quad (12)$$

4. 新しいキャリブレーション済みのスロープを用い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内から外れてパワーグッド・ピンがローにプルダウンされると、ソフトスタート・ピンは温度を通知しなくなります。

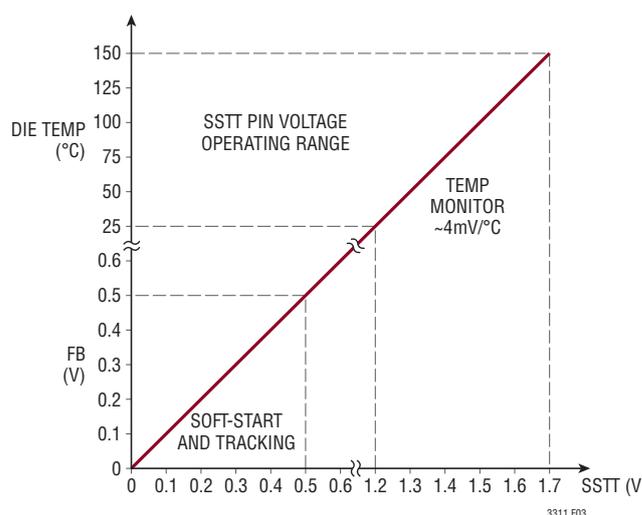


図3. ソフトスタートと温度モニタ動作

出力パワーグッド

LTC3311の出力電圧が公称レギュレーション電圧の-2/+10%ウィンドウ内にある場合、出力は良好であると見なされ、オープンドレインのPGOODピンはハイ・インピーダンスになって、通常は外付け抵抗でハイにプルアップされます。それ以外の場合、内部プルダウン・デバイスによってPGOODピンがローにプルダウンされます。上限閾値と下限閾値の両方のグリッチを防ぐために、1%のヒステリシスと、組み込みの時間遅延(通常は100 μ s)が備わっています。PGOODピンは、次のような故障状態の間もアクティブ・ロー

アプリケーション情報

にプルダウンされます。すなわち、ENピンが低い、 V_{IN} が低すぎる、またはサーマル・シャットダウン中です。

マルチフェーズ・アプリケーションの場合、PGOODピンはマスタ・フェーズとスレーブ・フェーズ間の通信に使用されます。PGOODピンを互いに接続し、外付け抵抗を用いて V_{IN} または V_{OUT} にプルアップします。

出力短絡の保護と回復

電流コンバータが上側のパワー・スイッチをシャットオフするピーク・インダクタ電流は、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、誤差アンプは平均インダクタ電流が新しい負荷電流と一致するまでITHピン電圧を上昇させます。通常の動作では、LTC3311は最大のITHピン電圧をクランプします。

出力がグラウンドに短絡すると、インダクタ両端の電圧が低くなるため、スイッチオフ時間中にインダクタ電流が非常にゆっくりと減衰します。電流を制御し続けるために、インダクタ電流の谷に第二の制限が課せられます。下側パワー・スイッチで測定されたインダクタ電流が $I_{VALLEY(MAX)}$ を超えて増加すると、上側パワー・スイッチはオフになり、インダクタ電流が減少するまでスイッチング・サイクルがスキップされます。

短絡からの回復は突然発生する可能性があり、出力が短絡していてレギュレーション電圧を下回っているため、レギュレータは出力を充電するために最大電流を要求します。短絡状態が解消されると、インダクタ電流が出力に極端な電圧オーバーシュートを引き起こすことがあります。LTC3311は、出力がレギュレーション範囲から外れたときは常に、SSTT電圧がFB電圧を少し上回るようにレギュレーションすることによってこの問題に対処します。したがって、出力短絡からの回復は、ソフトスタート・サイクルを経ることになります。出力ランプが制御され、オーバーシュートが最小限に抑えられます。

低EMIのPCBレイアウト

LTC3311は、EMI/EMC放射を最小限に抑えながら、高周波数でのスイッチング時に最大限の効率が得られるように特別に設計されています。最適な性能を得るには、LTC3311で複数の V_{IN} バイパス・コンデンサを使用する必要があります。

LTC3311には内部バイパス・コンデンサがないため、[図4](#)に示すように、3つの追加の0201外付けコンデンサ(C_{IN5} 、 C_{IN6} 、 C_{IN7})が必要です。これらのコンデンサは、ICのできるだけ近くに配置します。

FBへのノイズ結合を回避するには、抵抗分圧器をFBピンとAGNDピンの近くで、LTC3311の物理的に近くに配置する必要があります。リモート出力とグラウンド・パターンは、差動ペアとしてリモート出力と一緒にルーティングする必要があります。これらのパターンは、リモート差動センシングによって正確にレギュレーションされるリモート出力ポイントの可能な限り近くで終端する必要があります。

推奨PCBレイアウトについては[図4](#)を参照してください。

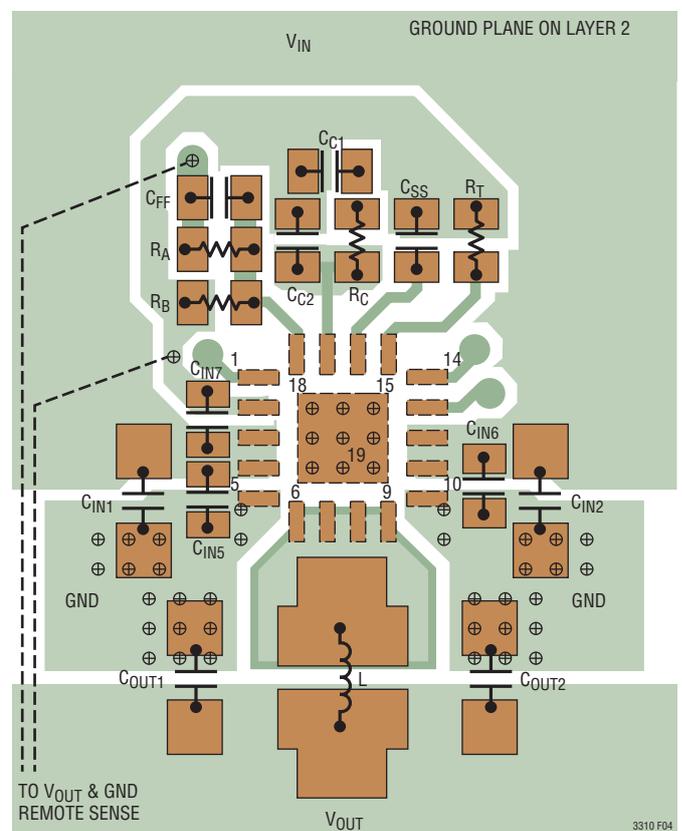


図4. LTC3311の推奨PCBレイアウト

アプリケーション情報

LTC3311の V_{IN} 、SW、PGNDのピンと入力コンデンサには大きなスイッチ電流が流れます。入力コンデンサによって形成されるループは、 V_{IN} ピンとPGNDピンに隣接してコンデンサを配置することにより、可能な限り小さくする必要があります。入力コンデンサ、インダクタ、出力コンデンサを回路基板の同じ層に配置します。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下に、ローカルの途切れないグラウンド・プレーンを配置します。

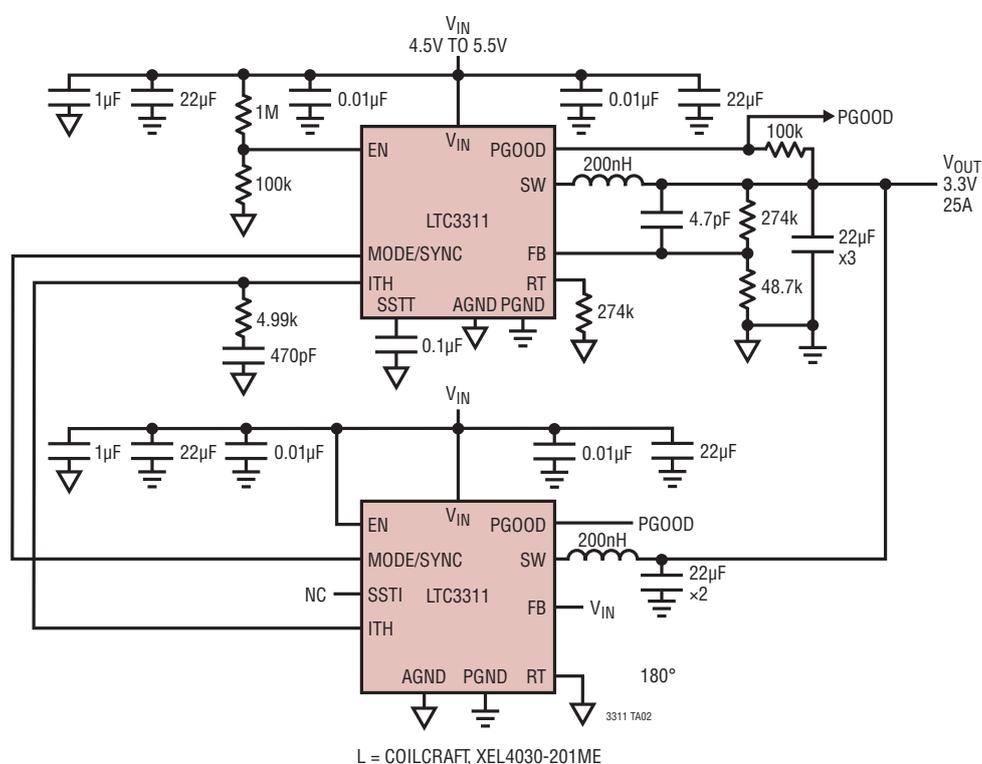
SWノードはできるだけ短くする必要があります。最後に、FBノードとRTノードを小さくして、ノイズの多いSWノードから離します。

高温に関する考慮事項

周囲温度が高い場合は、LTC3311のヒートシンク機能が適切に確保されるよう、PCBのレイアウトに注意する必要があります。パッケージの下部にあるPGNDピンと露出パッドは、グラウンド・プレーンにはんだ付けする必要があります。このグラウンドは、下層にある多くのサーマル・ビアを備えた大きな銅層に接続する必要があります。これらの層は、LTC3311によって放散される熱を拡散します。追加のビアを配置すると、熱抵抗を更に下げることができます。周囲温度が最大ジャンクション定格に近づくにつれて、最大負荷電流をデレーティングする必要があります。LTC3311内での消費電力は、効率測定値から合計電力損失を計算して、そこからインダクタ損失を減じることによって予測できます。ダイ温度は、SSTTピンでモニタします。

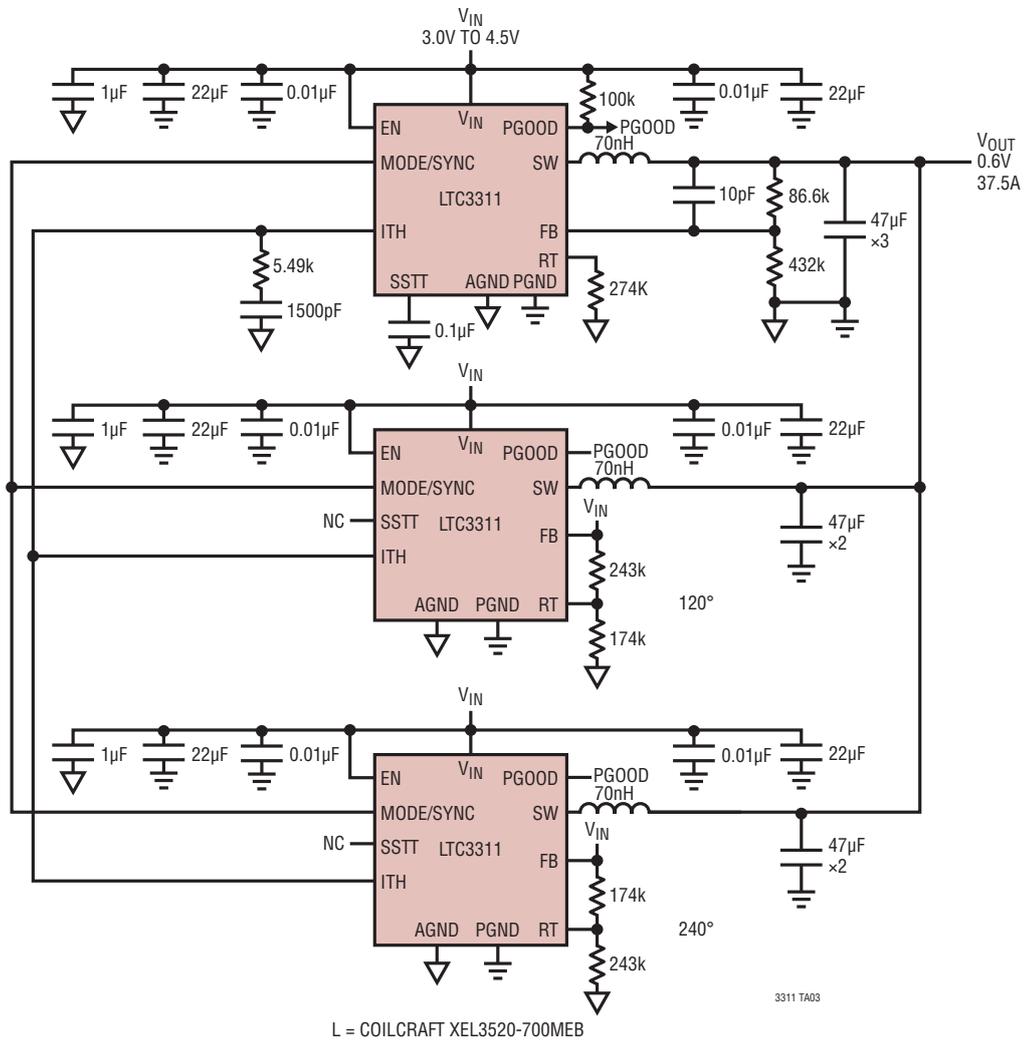
標準的応用例

二相、5V～3.3V、25A、強制連続モード



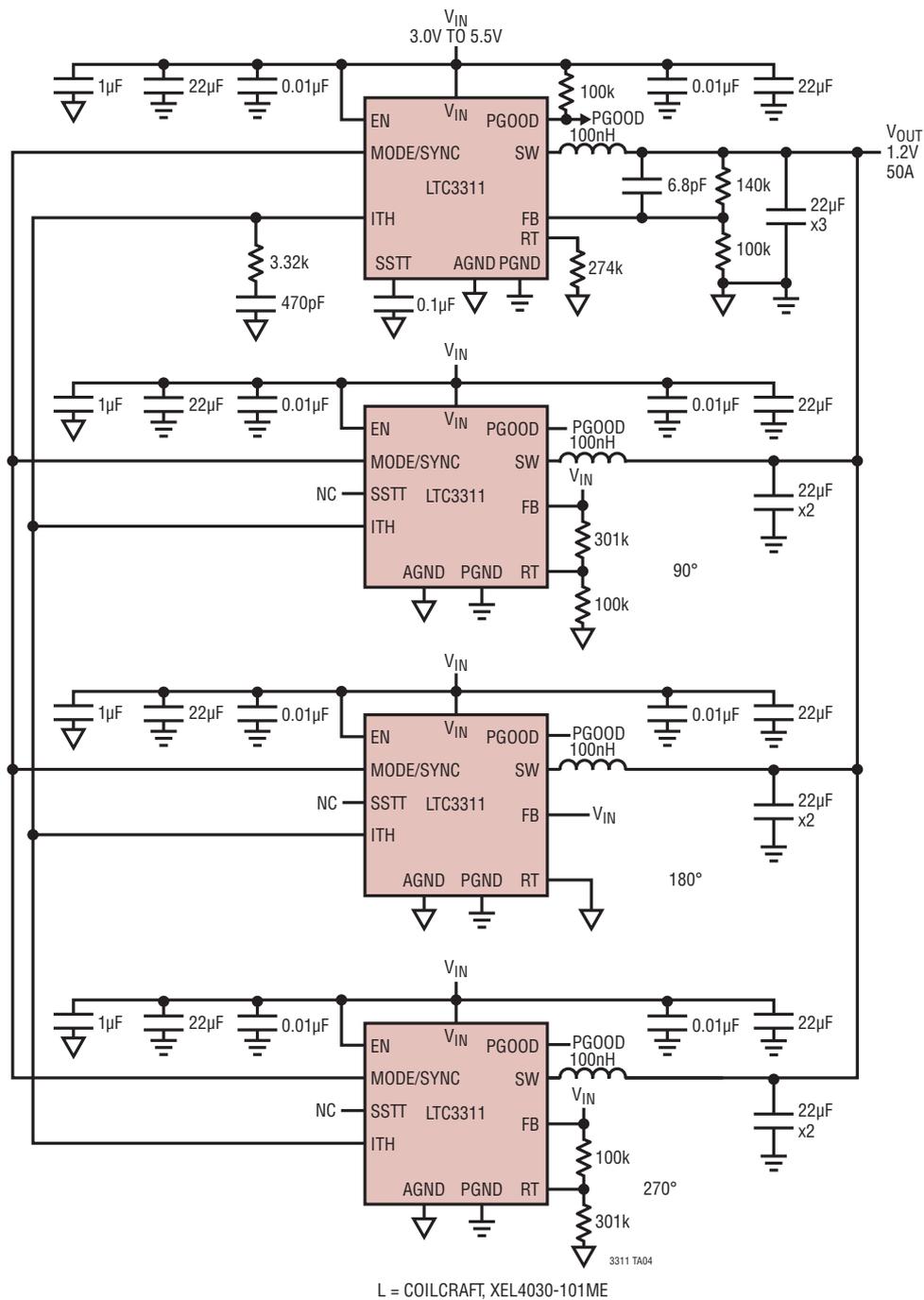
標準的応用例

三相、0.6V、37.5A、強制連続モード



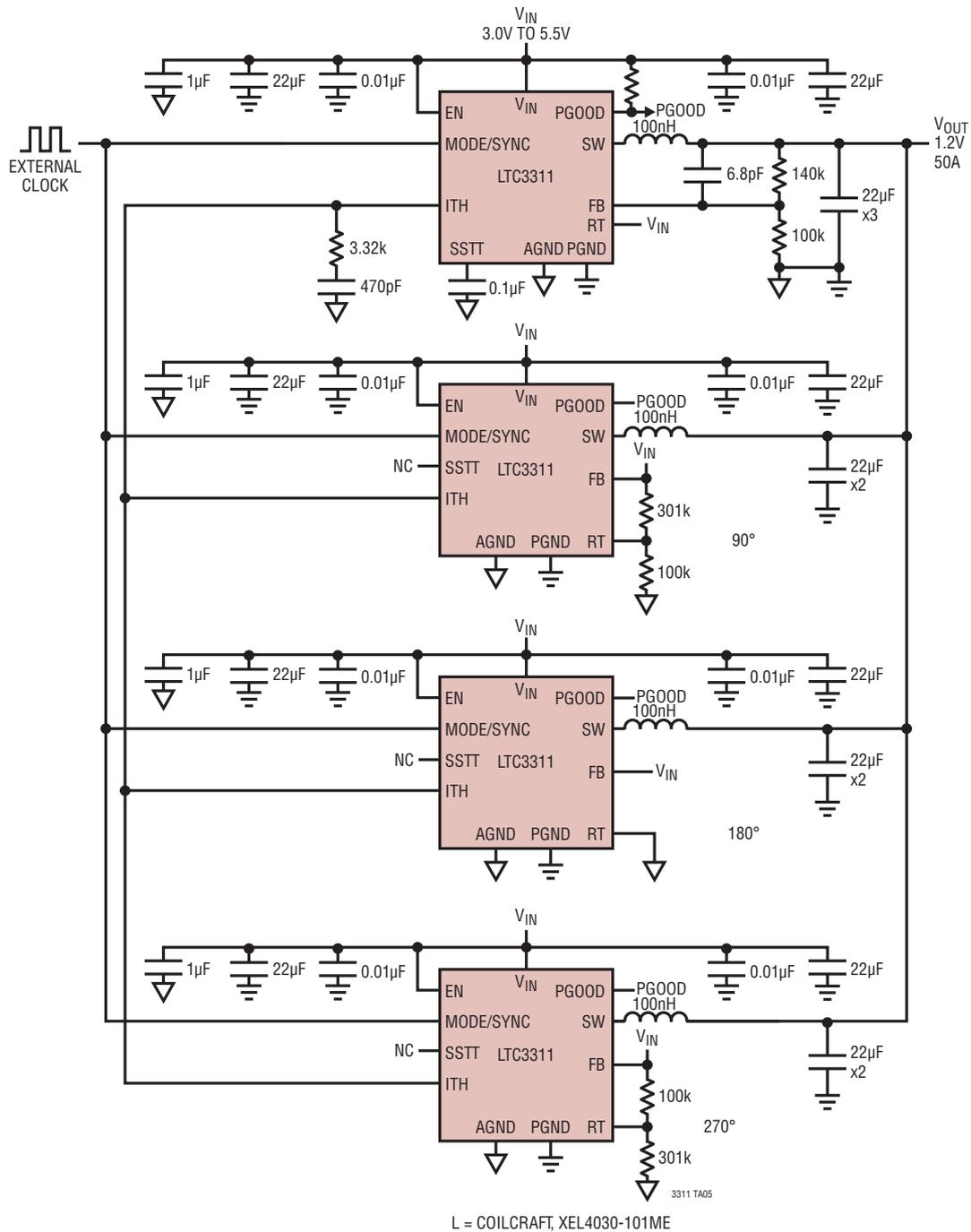
標準の応用例

四相、2MHz、1.2V、50A、強制連続モード



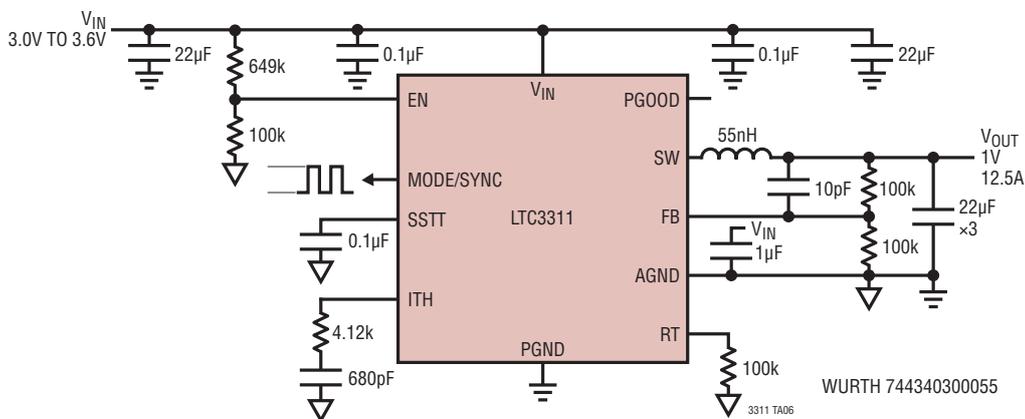
標準的応用例

四相、2MHz、1.2V、外部クロックによる50A駆動、強制連続モード

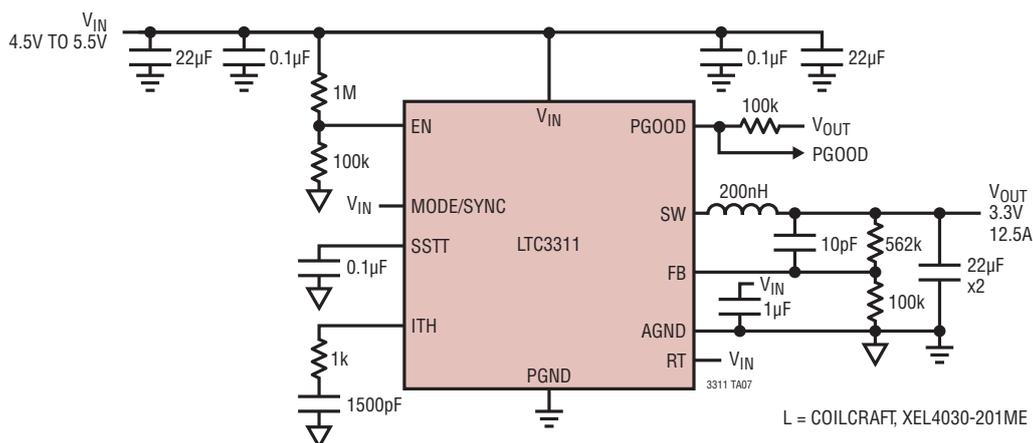


標準的応用例

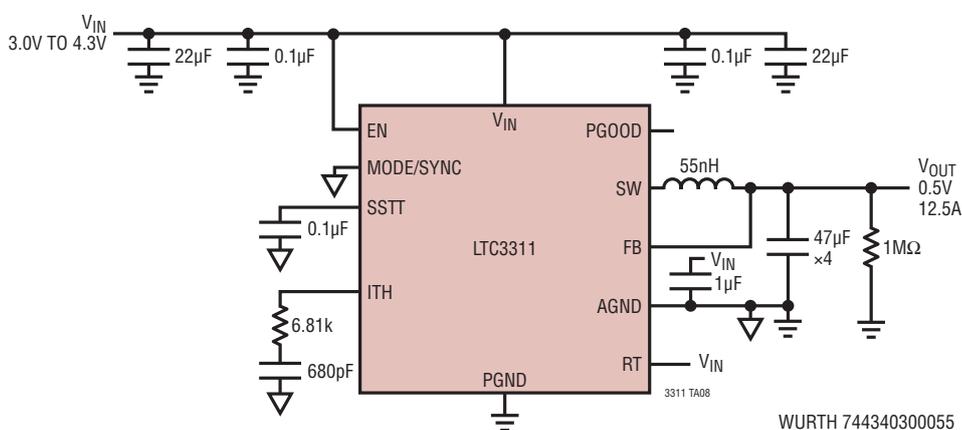
5MHz、1V、12.5A、強制連続モード



2MHz、3.3V、12.5A、パルス・スキップ・モード

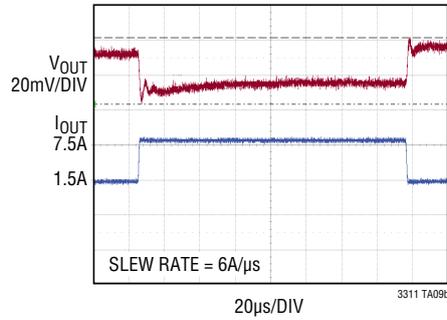
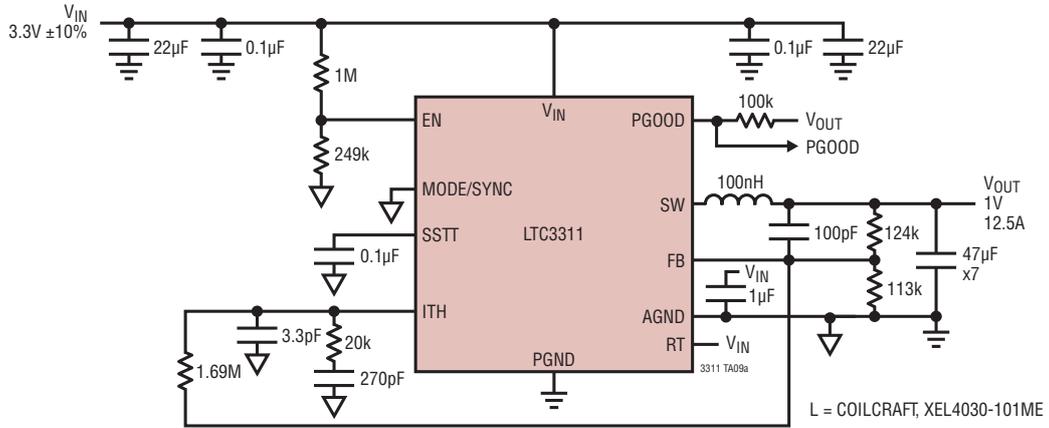


高効率、2MHz、0.5V、12.5A、強制連続モード、少ない部品点数



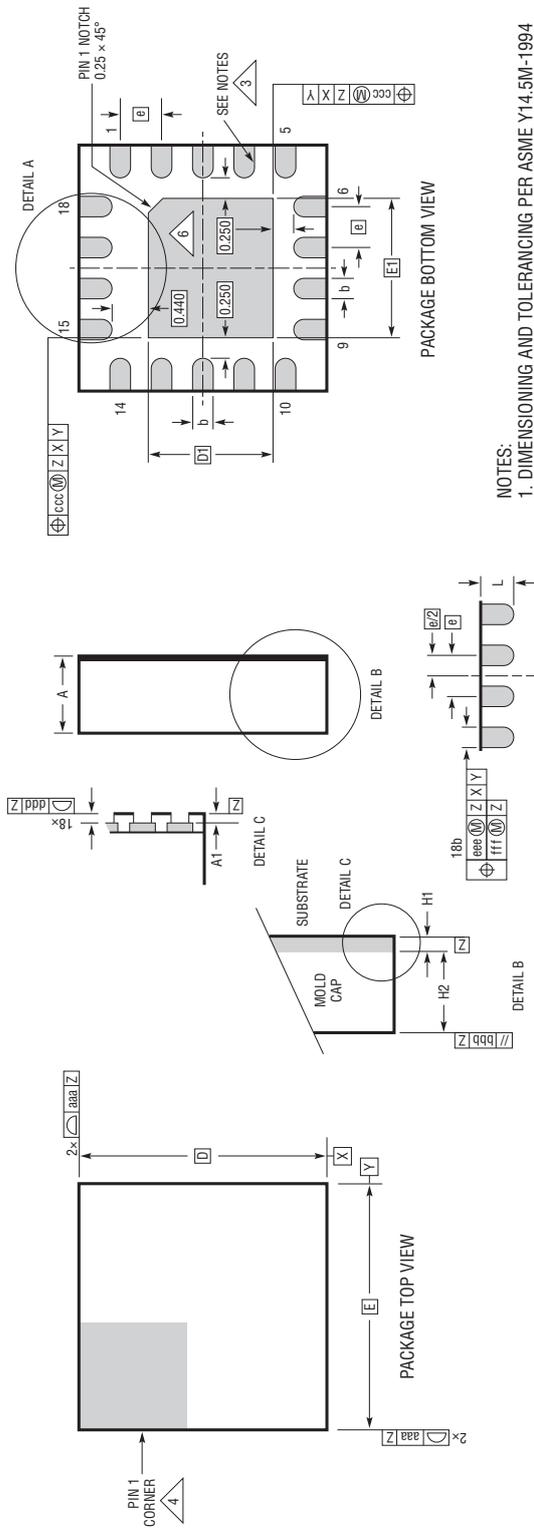
標準的応用例

2MHz、1.0V、強制連続
1.5A、DC ~ 7.5A ステップ負荷、6A/μs トランジェント、±1.8% V_{OUT} 偏差



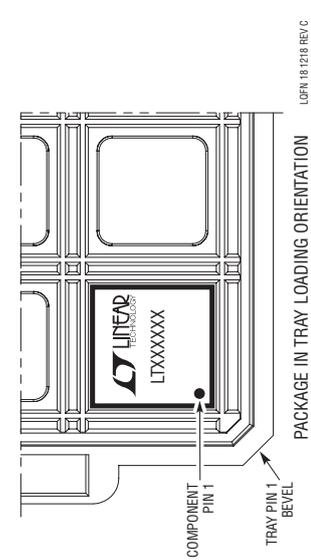
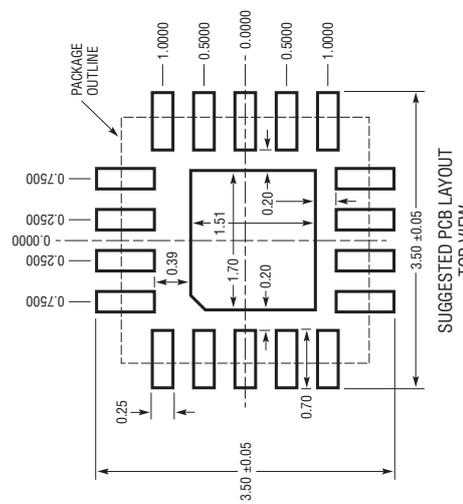
パッケージ

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



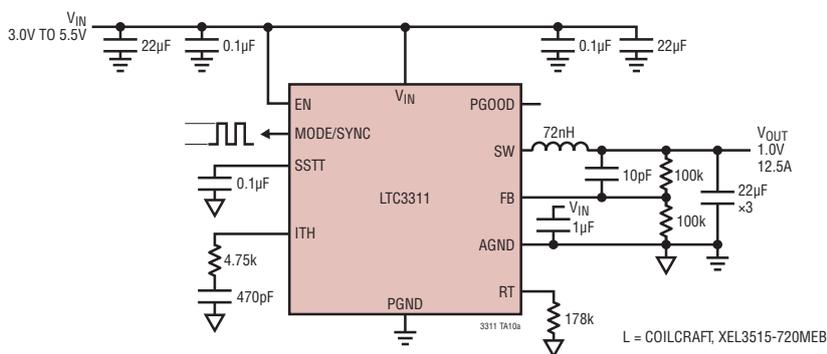
- NOTES:**
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. METAL FEATURES UNDER THE SOLDER MASK OPENING NOT SHOWN SO AS NOT TO OBSCURE THESE TERMINIALS AND HEAT FEATURES
 4. DETAILS OF PIN 1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED.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

DIMENSIONS				MAX	NOTES
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		3.00			
D1		1.51			
E1		1.70			
e		0.50			
H1		0.24 REF			SUBSTRATE THK
H2		0.70 REF			MOLD CAP HT
aaa			0.10		
bbb			0.10		
ccc			0.08		
ddd			0.10		
eee			0.15		
fff			0.08		



標準的応用例

3MHz、1.0V、12.5A、強制連続モード



関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC3311S	5V、12.5A同期整流式降圧 Silent Switcher 2 (3mm × 3mm LQFN)	最大5MHzのスイッチング周波数。超低EMI放射の Silent Switcherアーキテクチャ。2.25V ~ 5.5Vの入力動作範囲。±1%の精度で0.5V ~ VINの出力電圧範囲。PGOOD通知、RTプログラミング、SYNC入力。電力段の並列構成が可能。LTC3310/LTC3310Sとピン互換。3mm × 3mm LQFN-18パッケージ。
LTC3310/ LTC3310S	5V、10A同期整流式降圧 Silent Switcher/ Silent Switcher 2 (3mm × 3mm LQFN)	最大5MHzのスイッチング周波数。超低EMI放射の Silent Switcher/Silent Switcher 2アーキテクチャ。2.25V ~ 5.5Vの入力動作範囲。±1%の精度で0.5V ~ VINの出力電圧範囲。PGOOD通知、RTプログラミング、SYNC入力。電力段の並列構成が可能。150°C動作 (LTC3310) LTC3311/LTC3311Sとピン互換。3mm × 3mm LQFN-18パッケージ。
LTC3315A/ LTC3315B	デュアル5V、2A同期整流式降圧DC/DC (2mm × 2mm LQFN)	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、各々が最大3MHz (A) および10MHz (B)のスイッチング周波数で2Aを供給可能。2.25V ~ 5.5Vの入力動作範囲。±1%の精度で0.5V ~ VINの出力電圧範囲。PGOOD通知、SYNC入力。2mm × 2mm LQFN-12。
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%効率、VIN:3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.6V (LTC3636)、1.8V (LTC3636-1)、IQ = 1.3mA、ISD < 13µA、4mm × 5mm QFN-28
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%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	5.5V、4A/6A (IOUT)、4MHz、トラッキングおよびDDR付き同期整流式降圧DC/DCコンバータ	95%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%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%効率、VIN:3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 2mA、ISD ≤ 40µA、差動リモート・センス、6mm × 5mm BGA
LT8642S	18V、10A同期整流式降圧 Silent Switcher 2レギュレータ	96%効率、VIN:2.8V ~ 18V、VOUT(MIN) = 0.6V、IQ = 240µA、ISD < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24
LT8640S	42V、6A同期整流式降圧 Silent Switcher 2、2.5µA 静止電流	96%効率、VIN:3.4V ~ 42V、VOUT(MIN) = 1.0V、IQ = 230µA、ISD < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24
LT8650S	デュアル・チャンネル、4A、42V、同期整流式降圧 Silent Switcher 2、6.2µA 静止電流	94.5%効率、VIN:3V ~ 42V、VOUT(MIN) = 0.8V、IQ = 5mA、ISD < 2µA、4mm × 6mm LQFN-32
LTC7151S	20V、15A同期型降圧サイレント・スイッチャ2レギュレータ	92.5%効率、VIN:3.1V ~ 20V、VOUT(MIN) = 0.5V、IQ = 2mA、ISD < 20µA、4mm × 5mm LQFN-28
LTC3307A/B、 LTC3308A/B、 LTC3309A/B	3A、4A、および6A、5V同期整流式降圧 Silent Switcher DC/DC、2mm × 2mm LQFN-12	モノリシック同期整流式降圧DC/DC、最大3MHz (A) および10MHz (B)のスイッチング周波数で6Aを供給可能。超低EMI放射の Silent Switcherアーキテクチャ。2.25V ~ 5.5Vの入力動作範囲。±1%の精度で0.5V ~ VINの出力電圧範囲。PGOOD通知、RTプログラミング、SYNC入力。2mm × 2mm LQFN-12