5V、15A同期整流式降圧Silent Switcher（3mm × 3mm LQFN）

特長

- **LTC3310/LTC3311ファミリとレイアウト互換。**
- **Silent Switcher®（サイレント・スイッチャ）アーキテクチャ**
  - **超低EMI放射**
- **高効率：3mΩのNMOSと8mΩの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までプログラム可能な周波数
- シャットダウン電流：1µA
- 高精度な400mVのイネーブル閾値
- 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
- 電力段の並列構成が可能。
- 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に適合

アプリケーション

- オートモーティブ／工業用／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®3313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15Aの出力電流を供給することができます。このデバイスは、Silent Switcher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。より高い電力が必要なシステムには、多相動作の並列接続コンバータを容易に実装できます。

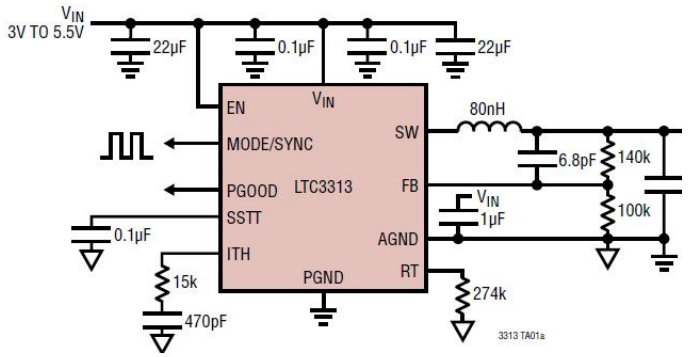
LTC3313は、固定周波数のピーク電流モード制御アーキテクチャを採用することで、高速過渡応答を実現しています。500mVのリファレンスが、低電圧出力を可能にする一方、デューティ・サイクル100%の動作は、ドロップアウトを小さい値に抑えます。

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。

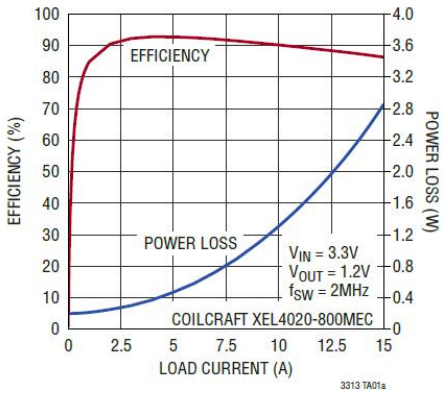
本紙記載の登録商標および商標は、全て各社の所有に属します。

標準的応用例

1.2V、15A降圧コンバータ



効率と負荷電流の関係



Rev. 0

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、Note 3）

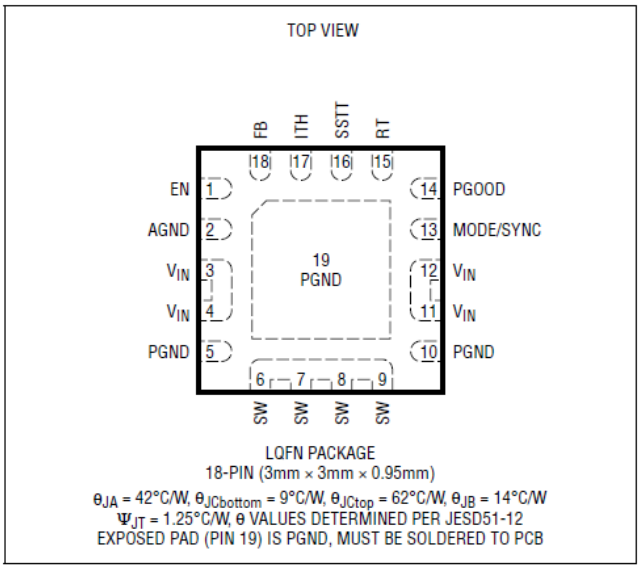
LTC3313E .....−40℃～125℃

LTC3313J .....−40℃～150℃

保管温度.....−65℃～150℃

最大リフロー（パッケージ・ボディ）温度 .....260℃

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ＆リール（ミニ）	テープ＆リール	製品マーキング*	パッケージの説明	温度範囲
LTC3313EV#PBF	LTC3313EV#TRMPBF	LTC3313EV#TRPBF	LHQF	18ピン（3mm × 3mm × 0.95mm）LQFN（QFNフットプリントの積層パッケージ）	−40℃～125℃
LTC3313JV#PBF	LTC3313JV#TRMPBF	LTC3313JV#TRPBF	LHQF	18ピン（3mm × 3mm × 0.95mm）LQFN（QFNフットプリントの積層パッケージ）	−40℃～150℃

オートモーティブ製品**

LTC3313EV#WPBF	LTC3313EV#WTRMPBF	LTC3313EV#WTRPBF	LHQF	18ピン（3mm × 3mm × 0.95mm）LQFN（QFNフットプリントの積層パッケージ）	−40℃～125℃
LTC3313JV#WPBF	LTC3313JV#WTRMPBF	LTC3313JV#WTRPBF	LHQF	18ピン（3mm × 3mm × 0.95mm）LQFN（QFNフットプリントの積層パッケージ）	−40℃～150℃

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。*温度グレードは出荷容器のラベルで識別されます。鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

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

** このデバイスの各バージョンは、オートモーティブ・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工程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。オートモーティブ・アプリケーション向けには、上記のオートモーティブ・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ーティブ信頼性レポートについては、最寄りのアナログ・デバイセズまでお問い合わせください

電気的特性

●は、仕様規定された動作温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様はT_A = 25℃での値です（Note 2、Note 3）。特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{EN} = V_{IN}、MODE/SYNC = 0Vです。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Supply						
Operating Supply Voltage (V_{IN})		●	2.25		5.5	V
V_{IN} Undervoltage Lockout V_{IN} Undervoltage Lockout Hysteresis	V_{IN} Rising	●	2.0	2.1 150	2.2	V mV
V_{IN} Quiescent Current V_{IN} Quiescent Current in Shutdown	(Note 4) V_{EN} = 0.1V			1.3 1	2.0 2	mA µA
EN Threshold EN Hysteresis	V_{EN} Rising	●	0.375	0.4 60	0.425	V mV
EN Pin Leakage Current	V_{EN} = 0.4V				±20	nA
Voltage Regulation						
Regulated Feedback Voltage (V_{FB})		●	495	500	505	mV
Feedback Pin Input Current	V_{FB} = 0.5V				±20	nA
Error Amp Transconductance				1		ms
Error Amp Source/Sink Current				±45		µA
Top Switch Current Limit	$V_{OUT}/V_{IN} \leq 0.2$, Current Out of SW	●	18	21	24	A
Bottom Switch Current Limit ($I_{VALLEY(MAX)}$)	Current Out of SW	●	15	17	19	A
Top Switch ON-Resistance				8		mΩ
Bottom Switch ON-Resistance				3		mΩ
SW Leakage Current	V_{EN} = 0.1V				±100	nA
V_{ITH} to I_{PEAK} Current Gain				31		A/V
Minimum On-Time		●		35	60	ns
Maximum Duty Cycle		●	100			%
Power Good/Soft-Start/Temp Monitor						
PGOOD Rising Threshold PGOOD Hysteresis	As a Percentage of the Regulated V_{OUT}	● ●	97 0.5	98 1	99 1.5	% %
Overvoltage Rising Threshold Overvoltage Hysteresis	As a Percentage of the Regulated V_{OUT}	● ●	106 1	110 2.5	114.5 3.5	% %
PGOOD Leakage Current	V_{PGOOD} = 5.5V				20	nA
PGOOD Pull-Down Resistance	V_{PGOOD} = 0.1V			12	20	Ω
PGOOD Delay				125		µs
PGOOD Input Threshold PGOOD Input Hysteresis	Multiphase Mode, Rising	●	390	440 130	490	mV mV
Soft-Start Charge Current	V_{SSTT} = 0.5V	●	7	10	13	µA
Temp Monitor Slope				4		mV/°C
Oscillator and MODE/SYNC						
Switching Frequency Range	R_T-Programmed	●	0.5		5	MHz
Switching Frequency	R_T = 274k	●	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 SYNC Level Low on MODE/SYNC		● ●	1.2		 0.4	V V
Minimum MODE/SYNC Pulse Width			40			ns
MODE/SYNC Input Resistance				200		kΩ

電気的特性

●は、仕様規定された動作温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様はT_A = 25℃での値です（Note 2、Note 3）。特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{EN} = V_{IN}、MODE/SYNC = 0Vです。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
MODE/SYNC No Clock Detect Time				20		µs
MODE/SYNC Clock Out Rise/Fall Time	$C_{MODE/SYNC}$ = 50pF			10		ns
MODE/SYNC Clock Low Output Voltage	$I_{MODE/SYNC}$ = −100µA			0.2		V
MODE/SYNC Clock High Output Voltage	$I_{MODE/SYNC}$ = 100µA			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: LTC3313Eは、0℃～125℃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ます。−40℃～125℃の動作ジャンクション温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。LTC3313Jは-40℃～150℃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ます。

Note 3: LTC3313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℃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。

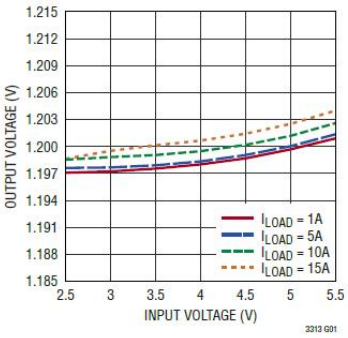
Note 4: 電源電流仕様にはスイッチング電流は含まれていません。実際の電源電流はより高くなります。

Note 5: インダクタ・リップル電流は、全負荷の30% に等しい値です($4.5A_{P-P}$)。

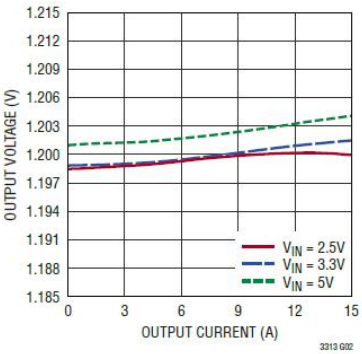
標準的性能特性

特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、T_A = 25℃。

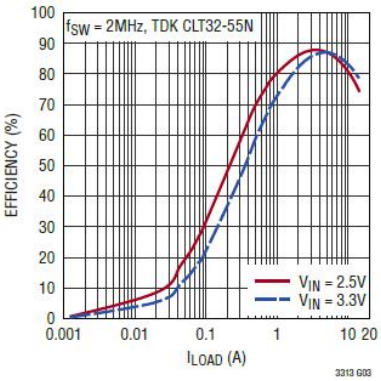
V_{OUT}のライン・レギュレーション（V_{OUT} = 1.2V）



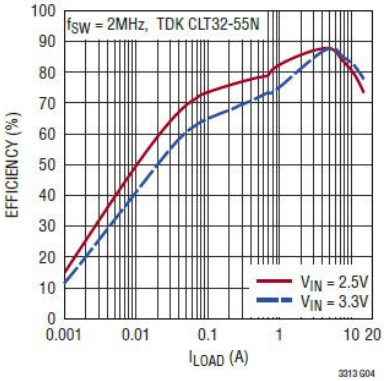
V_{OUT}の負荷レギュレーション（V_{OUT} = 1.2V）



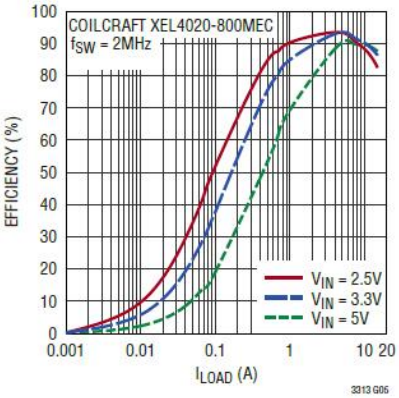
効率（V_{OUT} = 0.5V、強制連続動作）



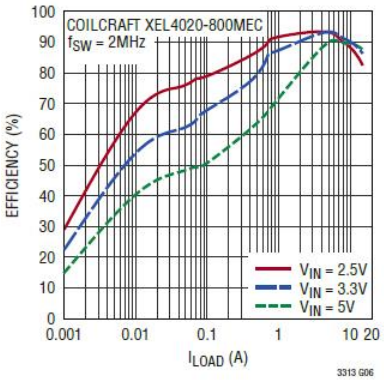
効率（V_{OUT} = 5V、パルススキッピング・モード動作）



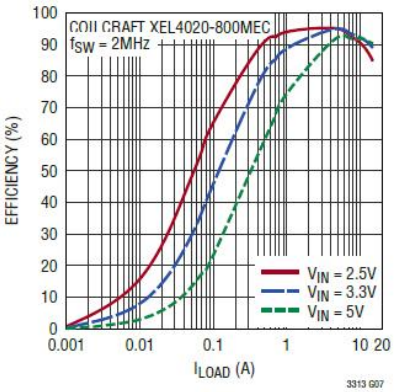
効率（V_{OUT} = 1.2V、強制連続動作）



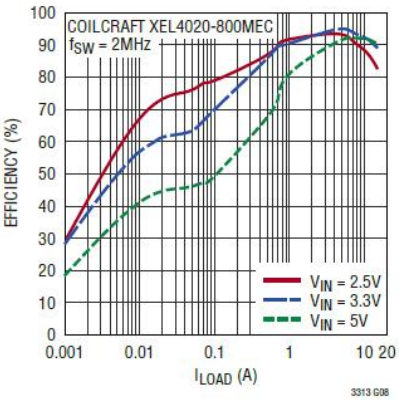
効率（V_{OUT} = 1.2V、パルススキッピング・モード動作）



効率（V_{OUT} = 1.8V、強制連続動作）



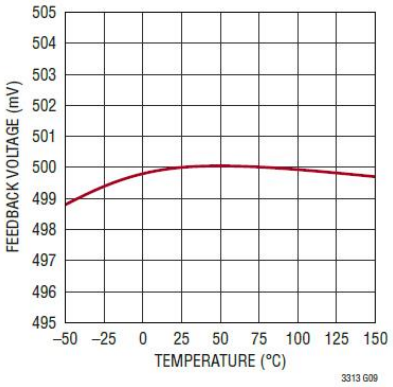
効率（V_{OUT} = 1.8V、パルススキッピング・モード動作）



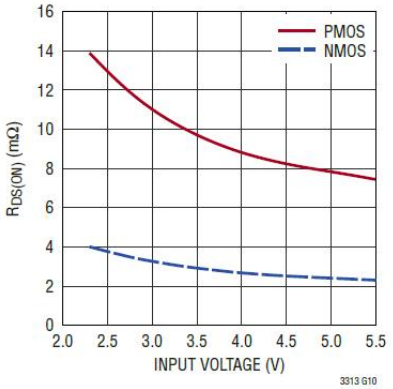
標準的性能特性

特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、T_A = 25℃。

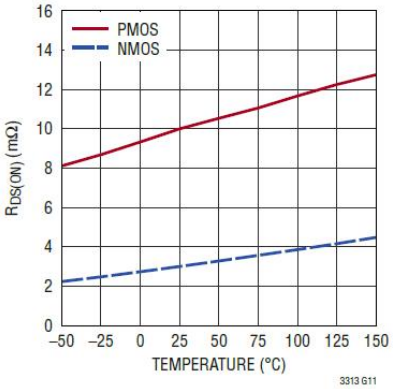
帰還リファレンス電圧



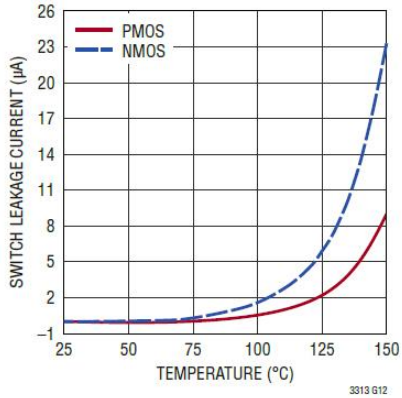
スイッチのオン抵抗とV_{IN}の関係



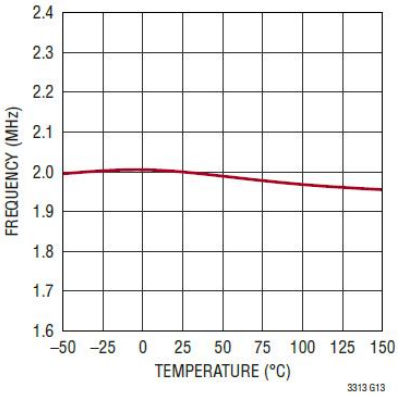
スイッチのオン抵抗



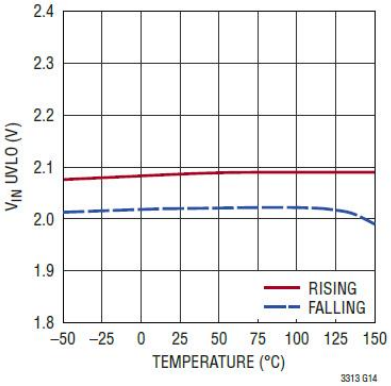
スイッチのリーク電流



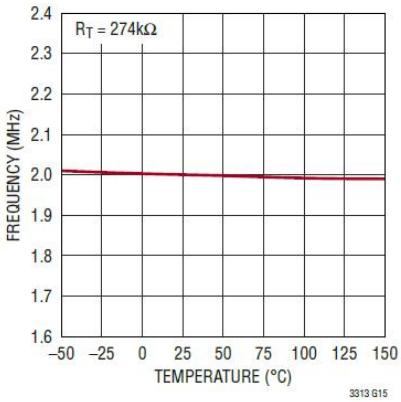
デフォルトのスイッチング周波数



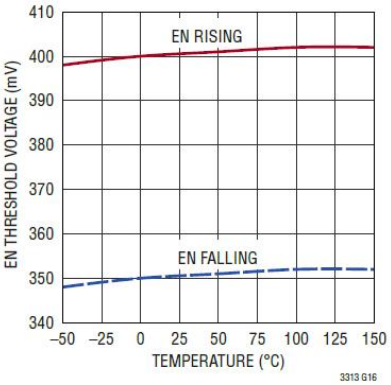
V_{IN}のUVLO閾値



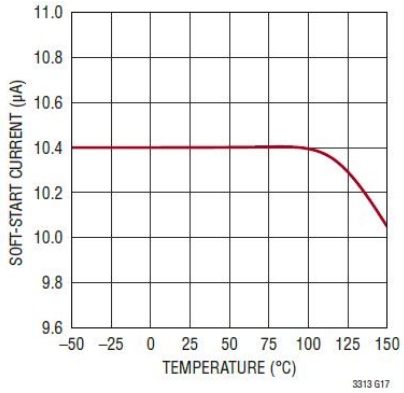
スイッチング周波数



ENピンの閾値



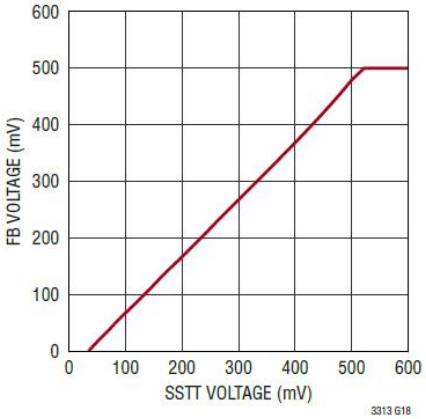
ソフトスタート電流



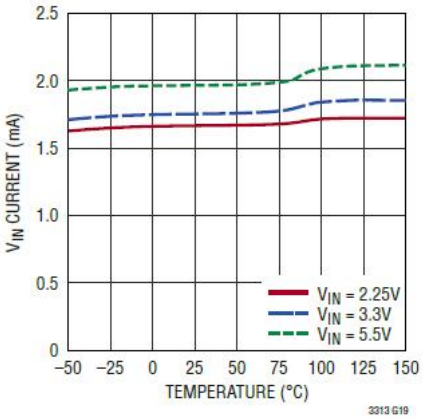
標準的性能特性

特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、T_A = 25℃。

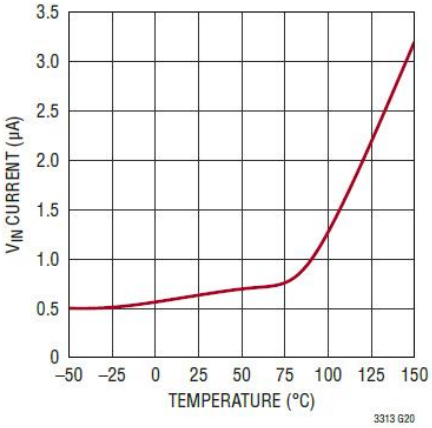
ソフトスタートのトラッキング



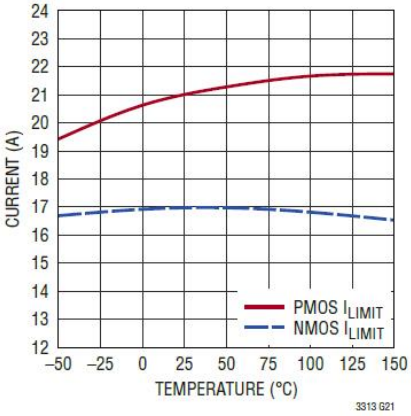
V_{IN}の静止電流



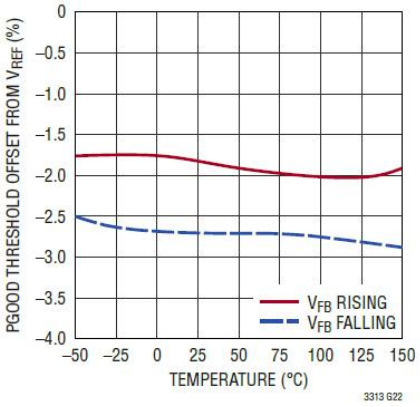
V_{IN}のシャットダウン電流



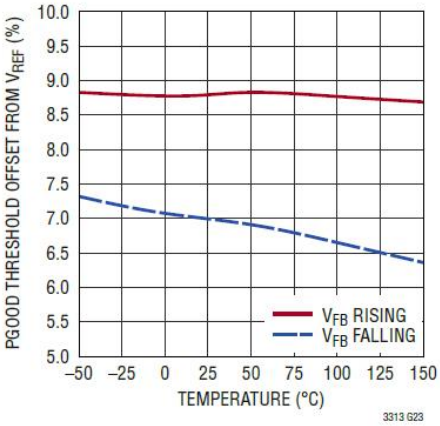
スイッチの電流制限



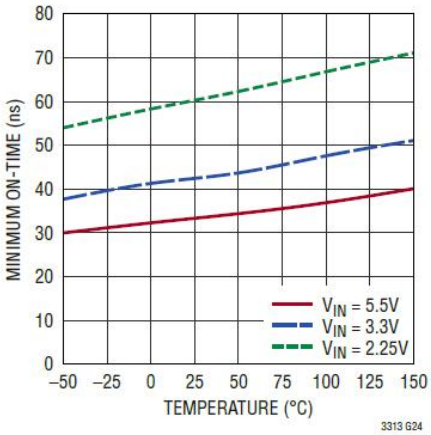
UV PGOOD閾値



OV PGOOD閾値



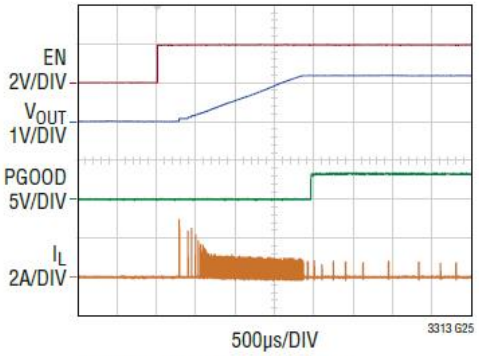
最小オン時間



標準的性能特性

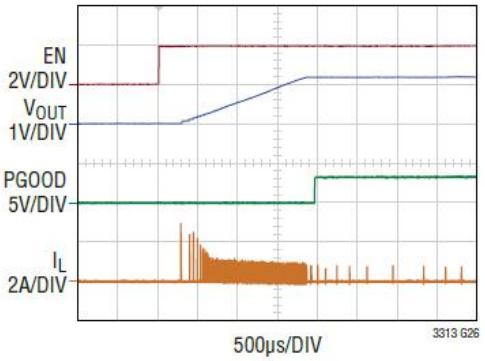
特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、T_A = 25℃。

起動波形
（パルススキッピング・モード）



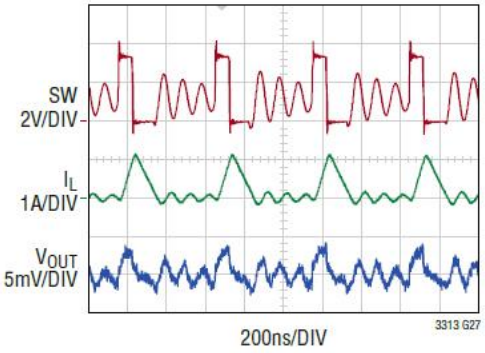
3.3V TO 1.2V, 2MHz, I_{LOAD} = 1mA

起動波形（強制連続モード）



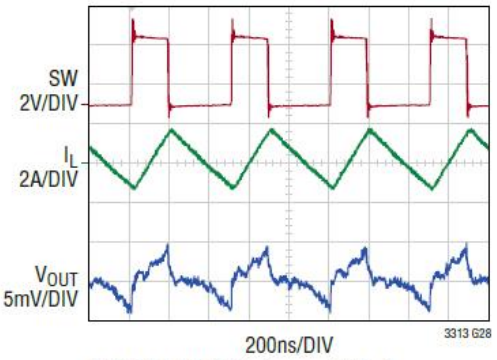
3.3V TO 1.2V, 2MHz, I_{LOAD} = 1mA

スイッチング波形
（パルススキッピング・モード）



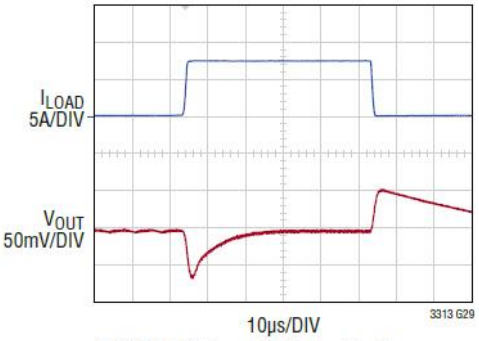
3.3V TO 1.2V, 2MHz, I_{LOAD} = 200mA

スイッチング波形（強制連続モード）



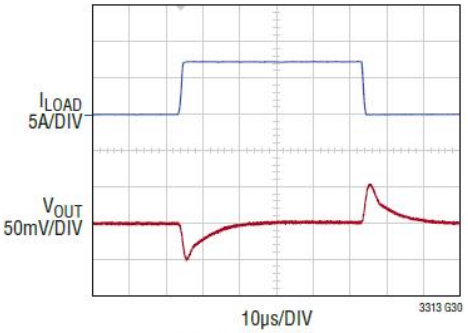
3.3V TO 1.2V, 2MHz, I_{LOAD} = 200mA

負荷過渡応答
（パルススキッピング・モード）



3.3V TO 1.2V, f_{SW} = 2MHz, L = 80nH
C_{OUT} = 22µF ×6, 0805, X7R
LOAD STEP: 0.1A TO 7.5A IN 1µs

負荷過渡応答（強制連続モード）



3.3V TO 1.2V, f_{SW} = 2MHz, L = 80nH
C_{OUT} = 22µF ×6, 0805, X7R
LOAD STEP: 0.1A TO 7.5A IN 1µs

ピン機能

EN（ピン1）：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}または他の電源との間に接続した外付けの抵抗分圧器で、特定の値より低くなるとLTC3313がシャットダウンする閾値を設定できます。高精度の閾値が不要な場合は、このピンをV_{IN}に直接接続します。ENピンがローの場合、LTC3313は低電流のシャットダウン・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・グラウンド検出点です。このピンは、負荷の出力コンデンサの負端子と帰還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、内部回路と上側パワー・スイッチに電流を供給します。すべてのV_{IN}ピンを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5、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ます。PGNDノードは熱の主要な放熱経路なので、多数の大口径ビアで広いPCBグランド・プレーンに接続する必要ががあります。

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。これらのピンは幅広の短いパターンでまとめてインダクタに接続します。

MODE/SYNC（ピン13）：MODE/SYNCピンを使用すると、多相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、もしくはクロック・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多相動作のセクションを参照）。MODE/SYNCピンは、動作モード（パルススキッピングまたは強制連続）の設定にも使用します。

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。V_{IN}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。複数の位相を並列に接続する場合は、PGOODピンを互いに接続します。

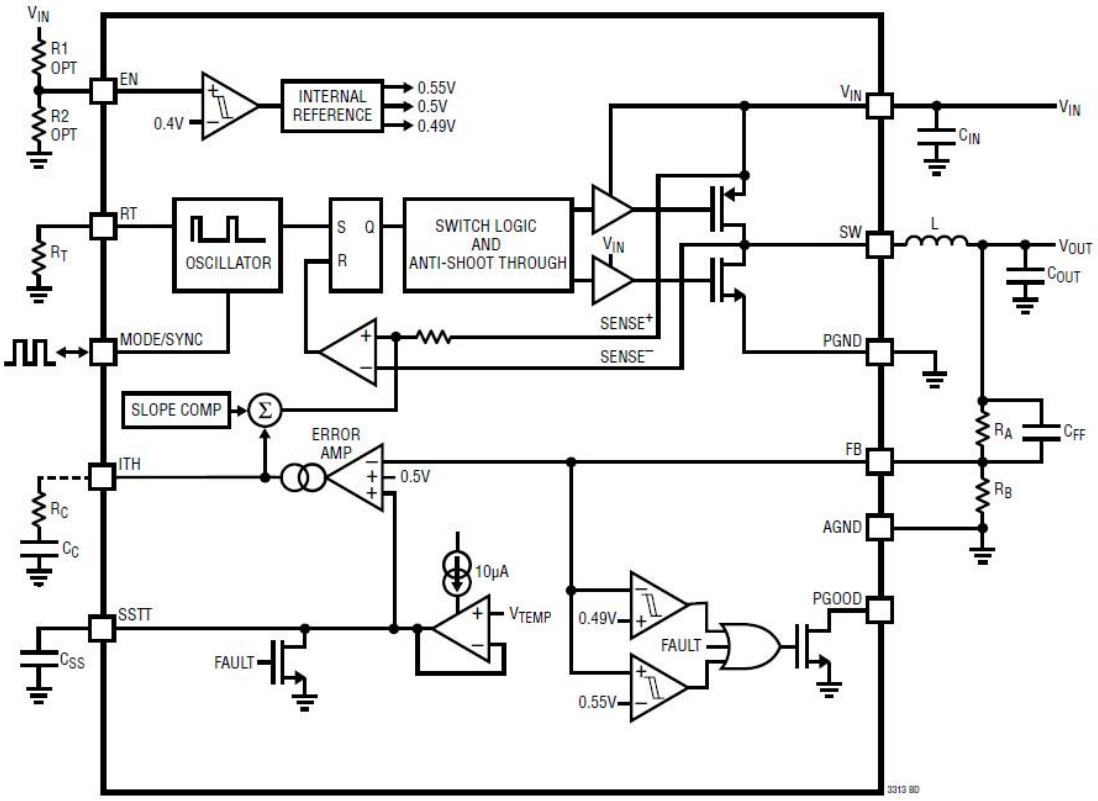
RT（ピン15）：RTピンは、AGNDとの間に接続した外付け抵抗で発振周波数を設定するか、多相動作の位相を設定するために使用します（アプリケーション情報の多相動作のセクションを参照）。

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に流れ込む1多相動作0μAの内部電流によって、起動時の出力電圧の上昇率を設定します。ソフトスタート・サイクルの間、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エラー・アンプの制御を再開し、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に、SSTTピンはV_{FB}電圧より約140mV高い値までプルダウンされ、新しいソフトスタート・サイクルが開始されます。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部品はAGNDを基準とします。

FB（ピン18）：FB（帰還）ピンは、抵抗分圧器を介して出力電圧に外部接続され、内部ではエラー・アンプの反転入力に接続されています。LTC3313は、FBピンを500mVにレギュレーションします。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


VIN
R1
OPT
R2
OPT
EN
0.4V
INTERNAL
REFERENCE
0.55V
0.5V
0.49V
RT
RT
OSCILLATOR
S
Q
R
SWITCH LOGIC
AND
ANTI-SHOOT THROUGH
VIN
SENSE+
SENSE−
MODE/SYNC
SLOPE COMP
Σ
ERROR
AMP
0.5V
ITH
RC
CC
10μA
VTEMP
SSTT
CSS
FAULT
0.49V
0.55V
FAULT
VIN
CIN
VIN
SW
L
VOUT
COUT
PGND
RA
CFF
FB
RB
AGND
PGOOD
3313 BD

動作

電圧レギュレーション

LTC3313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、上側スイッチの電流コンパレータが作動して上側パワー・スイッチがオフになるまで増加します。上側スイッチがオフになるときのピーク・インダクタ電流は、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ノードの電圧と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・スイッチがオフになると、同期パワー・スイッチがオンになり、次のクロック・サイクルが始まるまで（あるいは、パルススキッピング・モードの場合はインダクタ電流がゼロに低下するまで）オンのままになります。過負荷状態となって下側スイッチに流れる電流が過大となった場合は、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。

LTC3313では、出力電圧は外部で抵抗分圧され、レギュレータの帰還電圧を生成します。大電流動作では、LTC3313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。内部のエラー・アンプは、この帰還電圧と0.5VのAGND基準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。LTC3313では、ローカル・グラウンドに対して最大±100mVのリモート出力グラウンド偏差が許容されます。

ENピンがローになるとLTC3313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。

Silent Switcher

LTC3313 は、Silent Switcher 1技術を採用しています。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、良好なEMI性能を実現します。V_{IN}のセラミック・コンデンサによってすべての高速AC電流ループを小さく抑えることで、EMI性能を向上させます。

発振器の外部クロックへの同期

MODE/SYNCピンに矩形波クロック信号を入力することにより、内部PLL回路を介して内部発振器を外部周波数に同期させることができます。

同期中、上側のパワー・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。スロープ補償は外部クロック周波数に合わせて自動的に調整されます。

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はその動作周波数を徐々に調整して、MODE/SYNCピンの信号の周波数と位相に合わせます。外部クロックが除去されると、LTC3313は約20µs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・サイクルの供給を続けます。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2MHzのデフォルト周波数に戻します。

モード選択

MODE/SYNCピンは、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、またはPWMモードの設定に使用します。PWM動作モードは、パルススキッピングまたは強制連続のいずれかです。詳細については、アプリケーション情報セクションの表 6を参照してください。パルススキッピング・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

出力電圧が公称設定値から変動した場合や、故障状態が存在する場合は、FBノードの電圧をモニタ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・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LTC3313のダイ・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と、デューティ・サイクルが増加します。電源電圧が更に低下すると、メイン・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。この状態では、出力電圧は、内部のメインPチャンネルMOSFETとインダクタの両端のDC電圧降下を入力電圧から引いた値によって決まります。

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を許容できるような値（通常はV_{OUT}より500mV高い値）に制限することを推奨します。

低電源電圧動作

LTC3313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。熱設計上、考慮すべき重要事項は、V_{IN}が低いときにパワー・スイッチの$R_{DS(ON)}$が増加することです。最も厳しい条件におけるLTC3313の消費電力とダイのジャンクション温度は、最も低い入力電圧で計算してください。

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、エラー・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。LTC3313はITHピンの最高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した場合、インダクタ両端間の電圧は小さいため、1回のスイッチング・サイクルの間、インダクタ電流は非常に緩やかに減衰します。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第二の制限がかかります。下側パワー・スイッチで測定されたインダクタ電流が$I_{VALLEY(MAX)}$より大きい場合、上側パワー・スイッチはオフに維持されます。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（PGOOD閾値で定義）を下回ると、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ピンがローにプルダウンされているため、出力短絡が解消されると、ソフトスタート・サイクルが開始されます。

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の抵抗ネットワーク

LTC3313の出力電圧は、出力とFBピンの間にある抵抗分圧器でプログラムされます。次式に従って抵抗値を選択します。

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

図 1を参照してください。

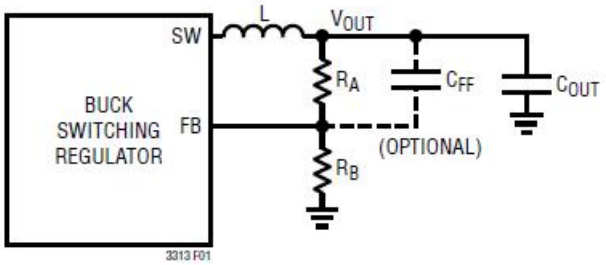


図 1. 帰還抵抗ネットワーク

式に使われている記号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、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は、V_{OUT}とFBの間に進相コンデンサを追加します。

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、部品サイズ、過渡応答、および入力電圧範囲の間のトレードオフになります。

高周波数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が、スイッチング周波数が高ければ制御ループの帯域幅を広くすることができ、結果として過渡応答をより高速にすることができます。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えるため効率が低下することと、スイッチの最小オン時間が制限されるため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、LTC3313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。所定のアプリケーションの最大スイッチング周波数（$f_{SW(MAX)}$）は次式で計算できます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT}}{t_{ON(MIN)} \bullet V_{IN(MAX)}} \quad (2)$$

ここで、$V_{IN(MAX)}$は最大入力電圧、V_{OUT}は出力電圧、$t_{ON(MIN)}$は上側スイッチの最小オン時間です。この式から、高いV_{IN}/V_{OUT}比に対応するためには、スイッチング周波数を下げる必要があることが分かります。

LTC3313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、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

LTC3313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。500kHz～5MHzの範囲でスイッチングするように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に必要なR_T抵抗値は、次式を使用して計算します。

$$R_T = \frac{580}{f_{SW}} - 16 \quad (3)$$

ここでR_Tの単位はkΩです。また、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値の関係

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

LTC3313のスイッチング周波数を設定する2番目の方法は、MODE/SYNCピンに外部周波数を印加してこれに内部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起動します。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、LTC3313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。LTC3313は、外部クロックに同期するときは強制連続モードで動作します。

LTC3313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。

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。

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{4.5A \bullet f_{SW}} \bullet \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}}\right) \text{for} \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \leq 0.5 \quad (4)$$

$$L \geq \frac{0.25 \bullet V_{IN(MAX)}}{4.5A \bullet f_{SW}} \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} > 0.5 \quad (5)$$

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。過負荷状態や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。

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

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電流、ΔI_Lは次式で計算されるインダクタのリップル電流です。

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

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）が最も小さいインダクタを選択してください。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。

LTC3313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でなければならず、この電流値はスイッチ電流制限値（I_{LIM}）とリップル電流の関数となります

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

したがって、LTC3313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するスイッチング周波数と最大入力電圧が決まっている場合で、インダクタのリップル電流では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しなければならないことがあります。表 2に推奨インダクタ・メーカーの一覧を示します。

表 2.インダクタ・メーカー

VENDOR	URL
Coilcraft	www.coilcraft.com
Sumida	www.sumida.com
TDK	www.tdk.com
Toko	www.toko.com
Vishay	www.vishay.com
Wurth Elektronik	www.we-online.com
XFMRS	www.xfmrs.com

入力コンデンサ

LTC3313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

アプリケーション情報

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、デバイスの近くに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、あるいは長い配線やケーブルによって大きなインダクタンスが存在する場合は、更に大きい容量が必要になることがあります。これには性能の高くない電解コンデンサを使用できます。

セラミック入力コンデンサにパターンまたはケーブルのインダクタンスが組み合わさることにより、高品質の（減衰しにくい）タンク回路が構成されます。LTC3313の回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧に公称値の2倍のリンギングが生じて、LTC3313の定格電圧を超えるおそれがありますが、この状況は簡単に回避できます（アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート88を参照）。表 3に推奨コンデンサ・メーカーの一覧を示します。

表 3.セラミック・コンデンサのメーカー

VENDOR	URL
Kyocera AVX	www.kyocera-avx.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つの重要な役割があります。出力コンデンサは、インダクタと共に、LTC3313が生成する矩形波をフィルタ処理して、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におけるインピーダンスを小さくすることが重要です。2つめの役割は、トランジェントな負荷を吸収してLTC3313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。

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を改善するには、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小さくなります。出力コンデンサの値を小さくすると、スペースとコストの節約になりますが、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。コンデンサの推奨値については、このデータシートの標準的応用例のセクションを参照してください。

多相動作

LTC3313は、簡単に多相動作構成にできます。表 4を参照してください。

マスタ位相の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ピンが外部クロックを受け入れ可能な入力になるように設定されます。起動時など、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、位相がスレーブとして設定されます。MODE/SYNCが入力になり、電圧制御ループが無効化されます。スレーブ位相の電流制御ループはアクティブのままで、ピーク電流は共用のITHノードを介して制御されます。位相間でITHノードを配線する場合は、慎重に検討する必要があります。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、多相デモ・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プルアップ抵抗を追加すると、起動が完了したときにマスタ位相がスレーブ位相と通信できるようになります。

表 4. LTC3313の多相構成

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。1%抵抗の使用を推奨します。詳細については、表 5および図 2を参照してください。

表 5.LTC3313のスレーブ位相角の設定

SYNC PHASE ANGLE	R3 VALUE	R4 VALUE	R3 EXAMPLE	R4 EXAMPLE
0°	0Ω	None	0Ω	None
90°	3・R	R	301k	100k
120°	7・R	5・R	243k	174k
180°	None	0Ω	None	0Ω
240°	5・R	7・R	174k	243k
270°	R	3・R	100k	301k

マスタ／スレーブ動作に合わせて構成した場合、スレーブ位相は強制連続モードで動作します。

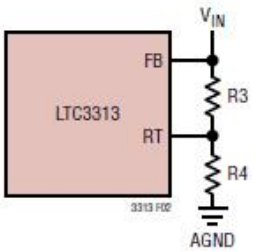


図 2.位相の設定

動作モード

ほとんどの構成では、LTC3313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。

RTピンとMODE/SYNCピンの両方をV_{IN}に接続すると、LTC3313 はパルススキッピング・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。パルススキッピング・モードでは、負電流は禁止され、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.LTC3313の単相構成

RT PIN CONNECTION	MODE/SYNC PIN CONNECTION	MODE OF OPERATION	SWITCHING FREQUENCY
V_{IN}	Clock Input	Forced Continuous	External Clock
V_{IN}	AGND	Forced Continuous	2MHz Default
V_{IN}	V_{IN}	Pulse- Skipping	2MHz Default
Resistor to AGND	Clock Output	Forced Continuous	RT-Programmed

同期

LTC3313の発振器を外部周波数に同期させるには、RTピンをV_{IN}に接続して、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、振幅の上端が1.2Vより高く、下端が0.4Vより低く、パルス幅が40nsより長い矩形波でMODE/SYNCピンを駆動します。

LTC3313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。起動時、MODE/SYNCに入力された外部クロックを認識する前は、LTC3313は2MHzのデフォルト周波数でスイッチングします。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へ徐々に遷移します。外部クロックが除去されると、LTC3313はゆっくりとデフォルト周波数に戻ります。

LTC3313は、同期中は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、C_Cを決定する上で主に考慮すべきことは、制御ループの安定性と過渡応答の2つです。

LTC3313は、高速過渡応答性能を得るために、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のに必要な出力容量が小さくなります。

アプリケーション情報

制御ループの安定性を検証して最適化する2つの方法として、過渡的な負荷をかけてシステムの応答をモニタする方法と、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、補償部品の最適化に役立つ便利なツールです。

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応答するには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、帰還誤差信号を生成します。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ギングがないか調べます。初期出力電圧ステップは帰還ループの帯域幅内にない場合があるため、位相マージンを決定するのに、標準の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。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同じに保たれます。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ゼロを生成して位相を進めることができるので、位相マージンが改善されます。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。制御ループ理論のレビューなど、補償部品の最適化の詳細な説明については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート76を参照してください。

出力過電圧保護

FBノードの電圧が公称値の110%を超える出力過電圧状態では、LTC3313の上側パワー・スイッチがオフになります。出力が125μsより長い時間レギュレーション範囲から外れると、PGOODピンはローにプルダウンされます。

通常の動作条件では、出力過電圧状態になることはありません。

出力電圧の検出

LTC3313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ピンを負荷側にある出力コンデンサ（C_{OUT}）の負端子に接続してください。大電流電源のグラウンド・リターン・パスにおける降下が補償されます。FBの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部品は、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

LTC3313には、スイッチングをイネーブルまたはディスエーブルする高精度な閾値のイネーブル・ピン（EN)があります。ENピンが強制的にローになると、LTC3313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}とENの間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のみ出力をレギュレーションするようにLTC3313を設定できます（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、入力電源の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て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、電源電圧が低い条件下では、電源が電流を制限したり、ローに

アプリケーション情報

ラッチすることがあります。$V_{IN(EN)}$閾値は、問題が生じるおそ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の値を設定することにより調整できます。

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

この場合は、V_{IN}が$V_{IN(EN)}$より高くなるまでLTC3313はオフのままです。コンパレータにはヒステリシスがあるので、入力が$V_{IN(EN)}$よりわずかに低くなるまでスイッチングは停止しません。

また、別のレギュレータの出力とLTC3313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・ベースのパワーアップ・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ときにLTC3313をイネーブルすることもできます。

出力電圧のトラッキングとソフトスタート

LTC3313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。

SSTTピンは10μAの内部電流によってプルアップされています。SSTTピンに外付けコンデンサを接続すると、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ぐことができます。ソフトスタートによる電圧上昇時には、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LTC3313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、次式で計算されます。

$$t_{SS} = C_{SS}\bullet\frac{500mV}{10\mu A} \qquad (10)$$

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の範囲では、SSTT電圧がエラー・アンプへの内部0.5Vリファレンス入力より優先されるので、FBピンの電圧は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、電圧上昇が再開します。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になるのは、ENピンがローに遷移した場合、V_{IN}電圧が低くなりすぎた場合、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、出力パワー・グッドのフラグが立つと、SSTTピンはダイ・ジャンクション温度を通知します。LTC3313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、1V未満のSSTT電圧は無効となります。ジャンクション温度は式11で計算します。

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

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. パルススキッピング・モードで、V_{OUT}をレギュレーション時よりもわずかに高くしてSSTT電圧を測定します。
3. 式12で、温度検出回路の勾配を計算します。

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

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。

アプリケーション情報

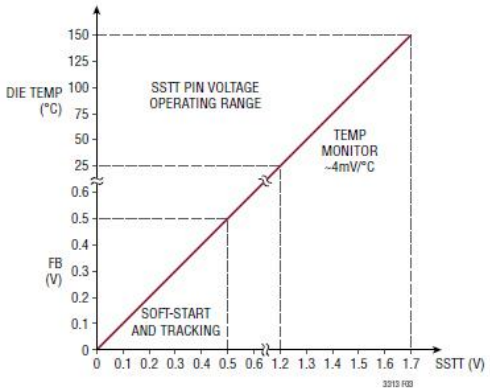


図 3.ソフトスタートと温度モニタ動作

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。

出力パワー・グッド

LTC3313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、出力は良好な状態にあると見なされます。このとき、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プルアップされます。そうでない場合は、内部のプルダウン・デバイスにより、PGOODピンがローになります。グリッチの発生を防ぐため、上限閾値と下限閾値には、どちらにも1%のヒステリシスと組み込みの遅延時間（代表値は125µs）が含まれています。また、PGOODピンは、次のような故障状態の間も能動的にローになります。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。

多相アプリケーションの場合、PGOODピンはマスタ位相とスレーブ位相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・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、エラー・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、LTC3313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、インダクタ電流の谷には第二の制限も課せられます。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。

短絡からの回復は急激である可能性があり、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。LTC3313は、出力がレギュレーション状態から外れると必ず、SSTTピンの電圧をFBピンの電圧よりわずかに高い電圧にレギュレーションすることにより、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。

低EMIのPCBレイアウト

LTC3313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、LTC3313では複数のV_{IN}バイパス・コンデンサを使用する必要があります。

多くの設計回路では、大容量の入力バルク・セラミック・コンデンサとLTC3313の間に0.1µF、0201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0.1µF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・コンデンサをできるだけV_{IN}ピンの近くに移動させてください。

FBノード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、かつ、物理的にLTC3313に近い位置に配置する必要があります。リモート出力とグラウンドのパターンは、差動ペアとしてリモート出力に一緒に配線する必要があります。これらのパターンは、リモート差動検出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できるだけ近くで終端する必要があります。

アプリケーション情報

推奨PCBレイアウトについては図 4を参照してください。

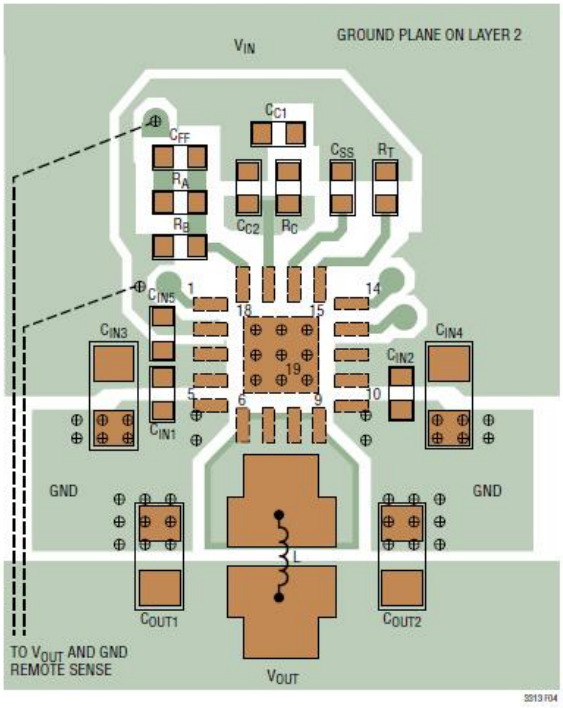


図 4.LTC3313の推奨PCBレイアウト

LTC3313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。また、V_{IN}ピンとPGNDピンに隣接させてコンデンサを配置することにより、入力コンデンサによって形成されるループをできるだけ小さくする必要があります。入力コンデンサ、インダクタ、および出力コンデンサを回路基板の同じ層に配置します。局部的な切れ目のないグランド・プレーンを、表面層に最も近い層にあるアプリケーション回路の下に配置します。

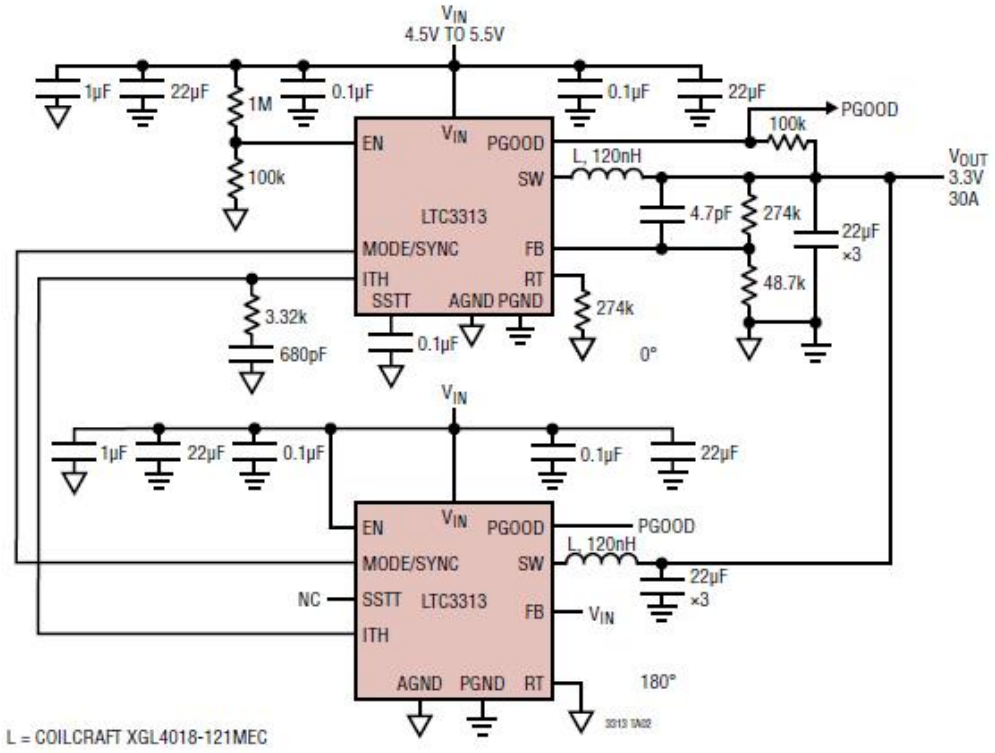
SWノードはできるだけ短くする必要があります。最後に、FBノードとRTノードを小さくして、ノイズの多いSWノードから遠ざけます。

高温に関する考慮事項

周囲温度が高い場合は、PCBのレイアウトに注意を払い、LTC3313が十分放熱できるようにします。パッケージの底面のPGNDピンと露出パッドは、グランド・プレーンにはハンダ付け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する必要があります。これらの層は、LTC3313が発生する熱を拡散します。ビアを追加すれば、熱抵抗をさらに小さくすることができます。周囲温度が最大ジャンクション温度の定格値に近づくにつれて、最大負荷電流をディレーティングする必要があります。LTC3313内部の消費電力は、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。

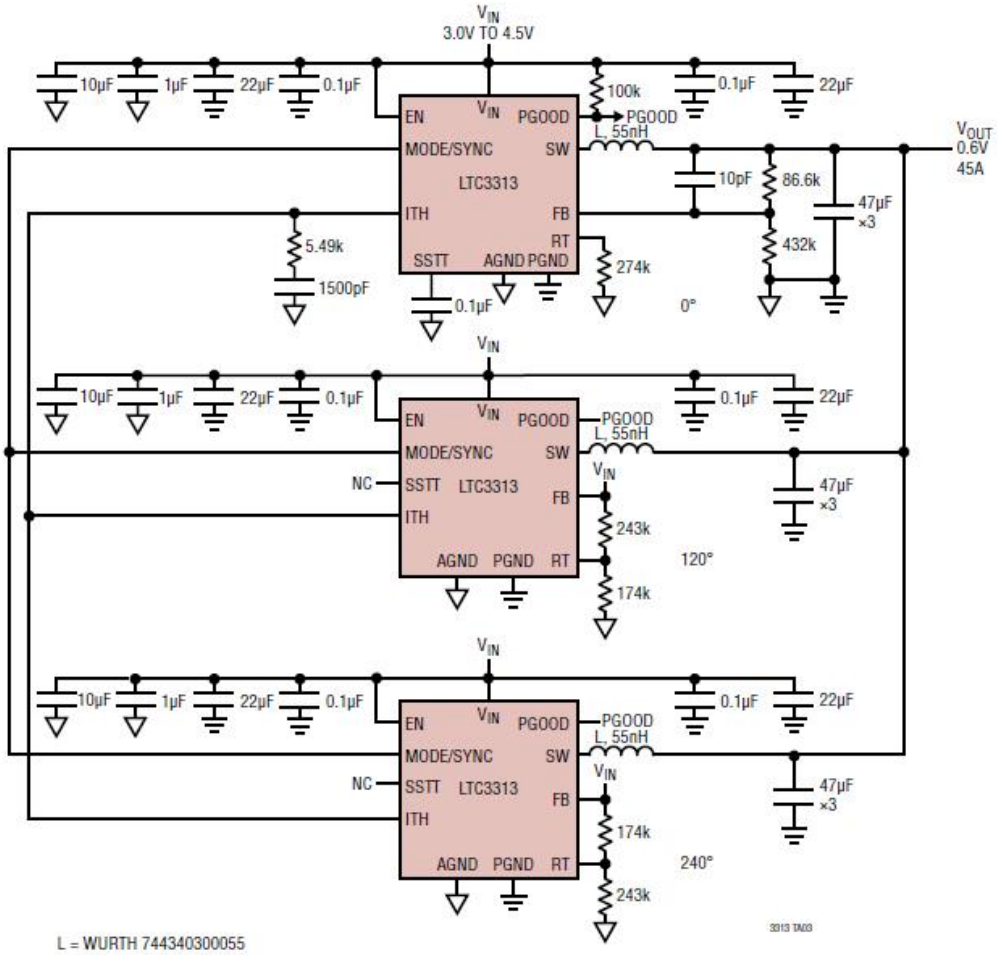
標準的応用例

2相、2MHz、5V入力、3.3V/30A出力、強制連続モード



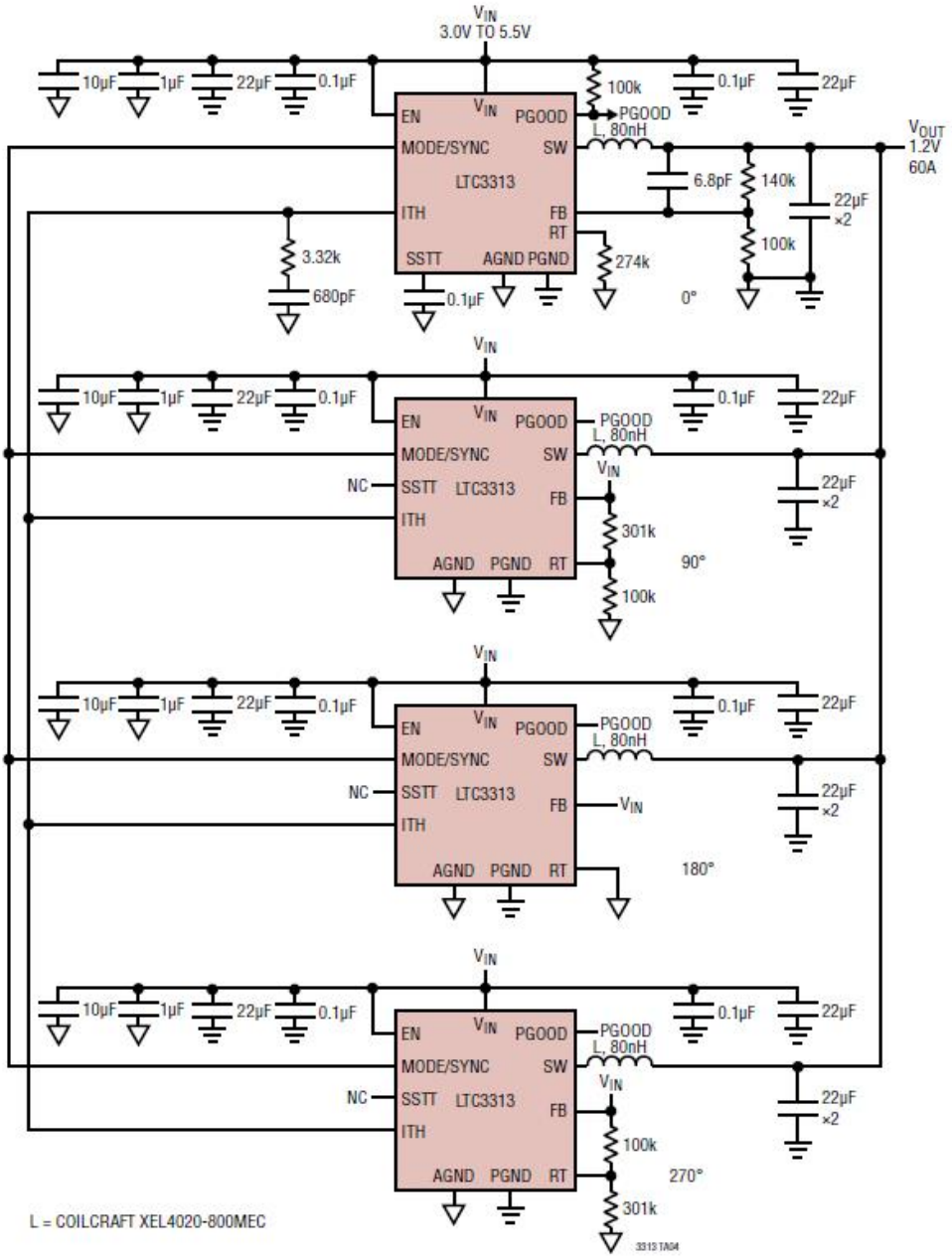
標準的応用例

3相、2MHz、0.6V/45A出力、強制連続モード



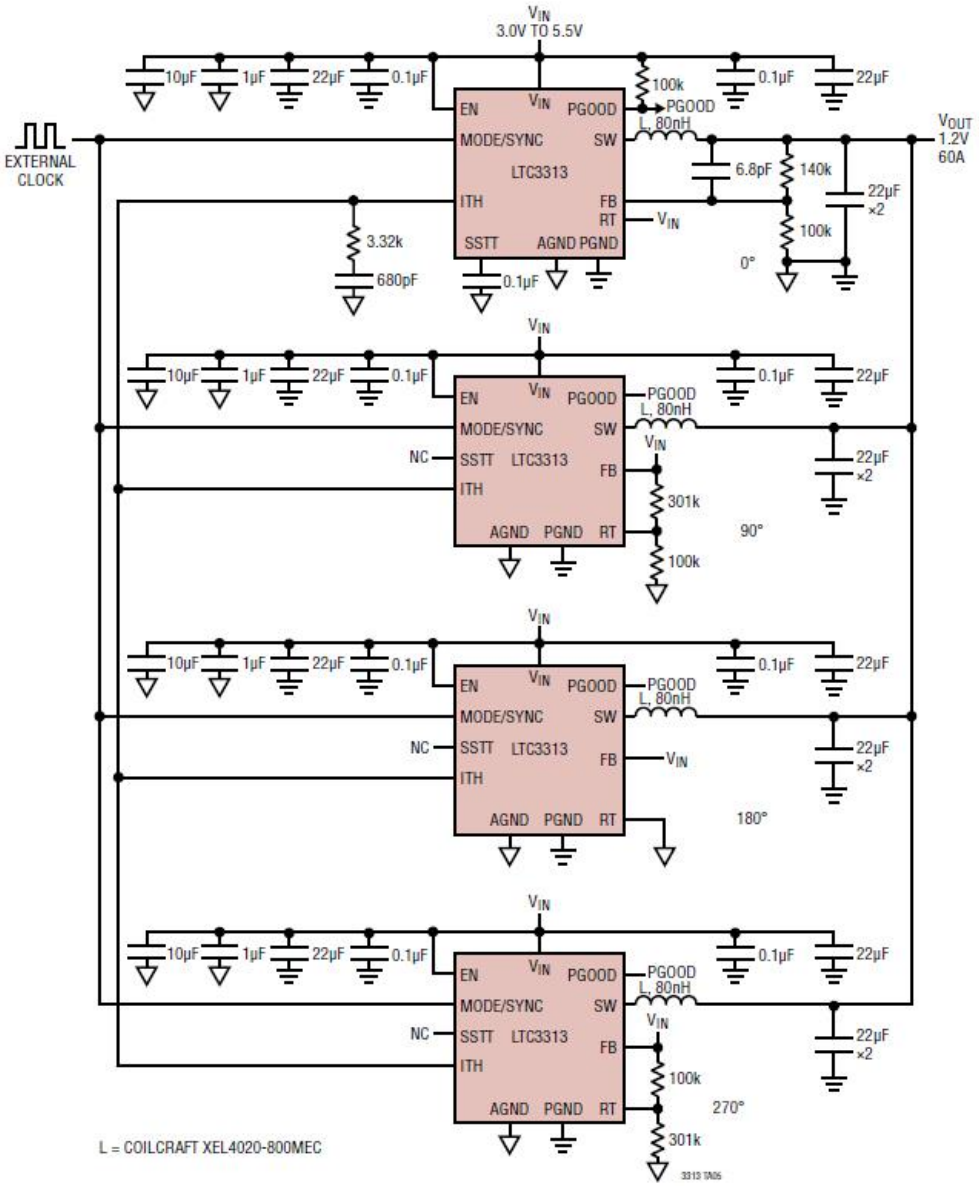
標準的応用例

4相、2MHz、1.2V/60A出力、強制連続モード



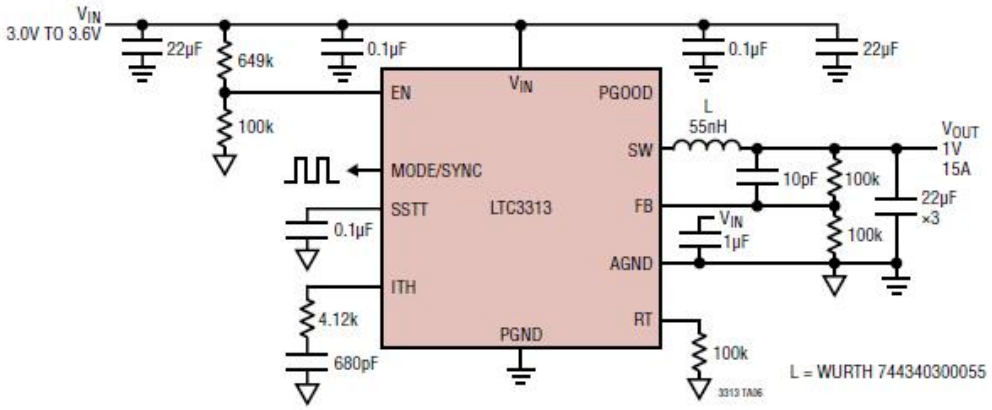
標準的応用例

4相、2MHz、1.2V/60A出力、外部クロックで駆動、強制連続モード

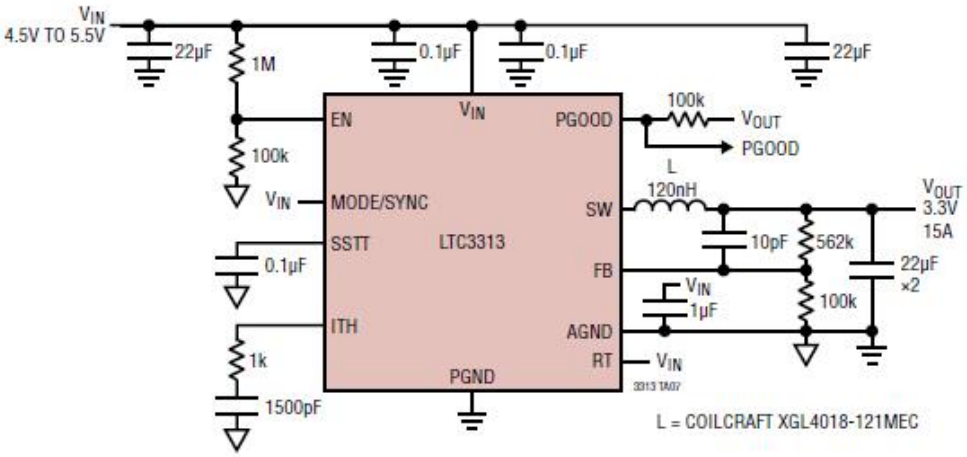


標準的応用例

5MHz、1V/15A出力、強制連続モード

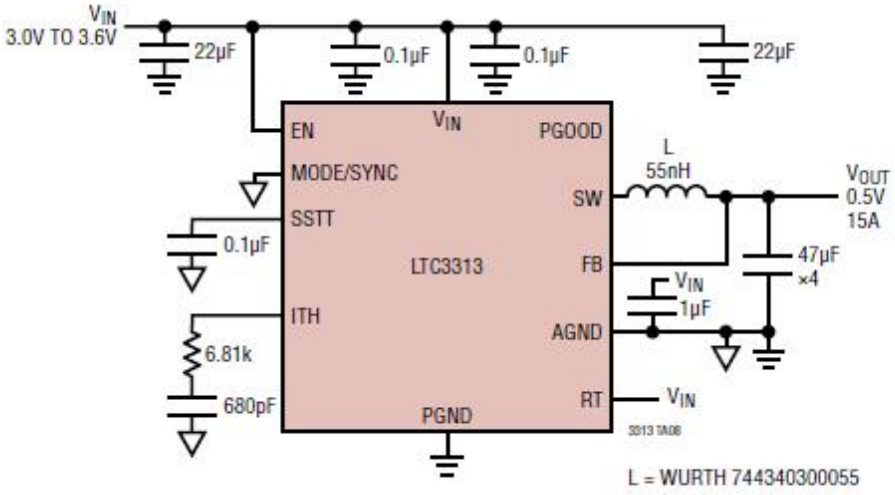


2MHz、3.3V/15A出力、パルススキッピング・モード



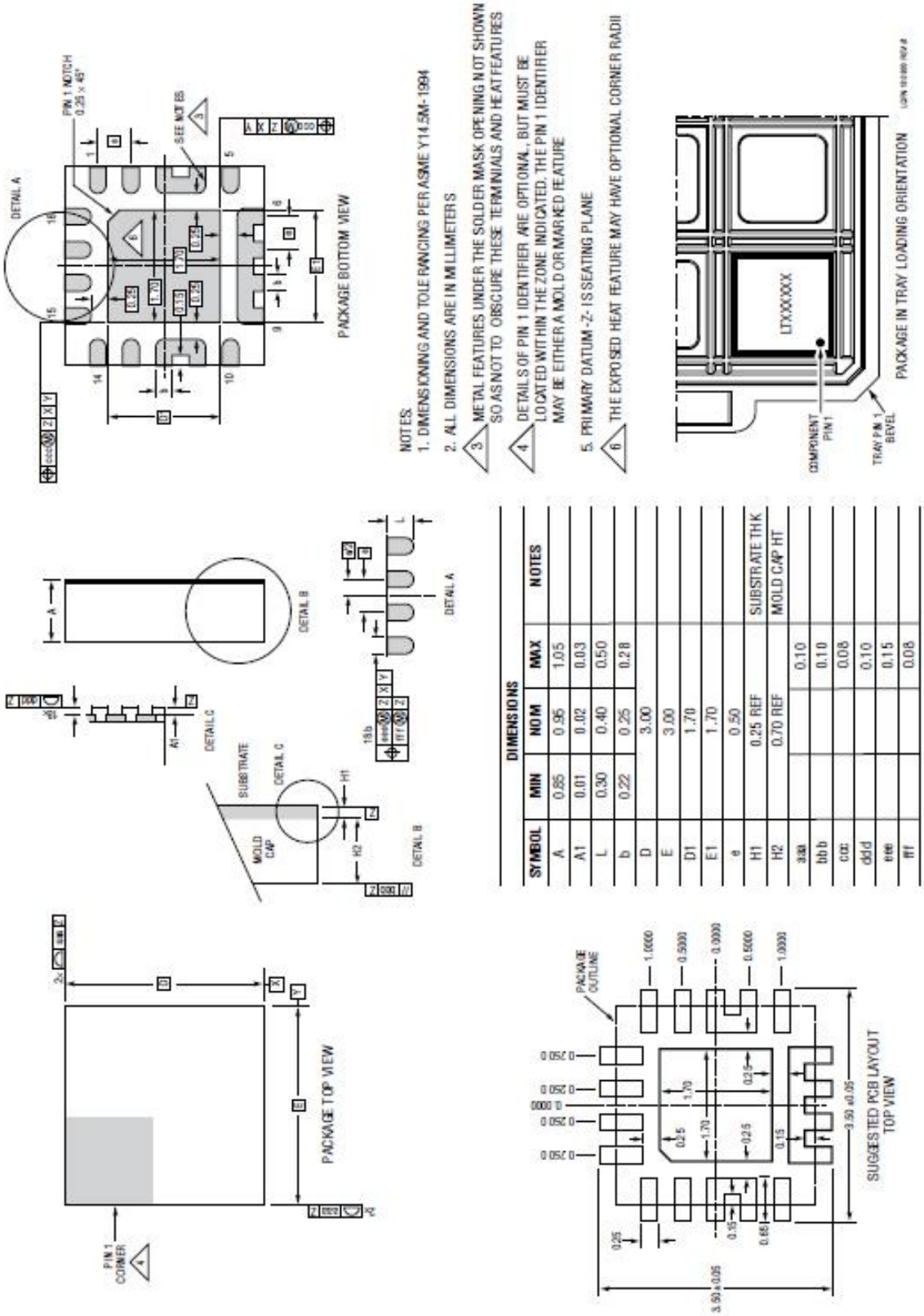
標準的応用例

2MHz、0.5V/15A出力、強制連続モード、少ない部品点数



パッケージ

LQFNパッケージ
18ピン (3mm × 3mm × 0.95mm)
（リファレンス LTC DWG # 05-08-7061 Rev 0）

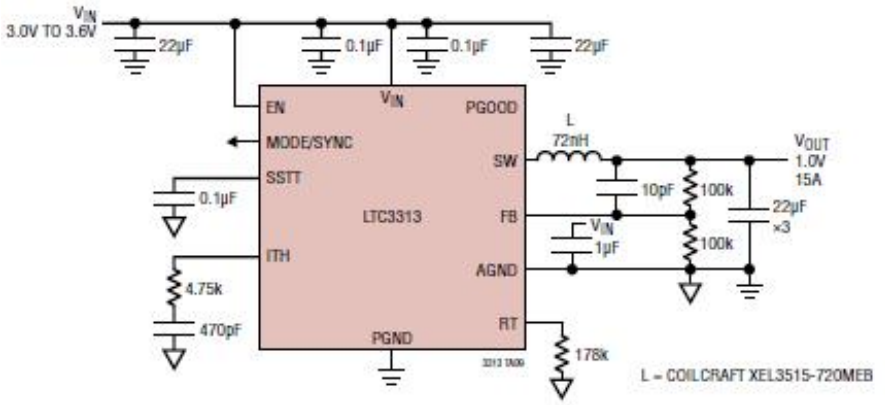


DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	0.85	0.95	1.05	
A1	0.01	0.02	0.03	
L	0.30	0.40	0.50	
b	0.22	0.25	0.28	
D		3.00		
E		3.00		
D1		1.70		
E1		1.70		
e		0.50		
H1		0.25 REF		SUBSTRATE THK
H2		0.70 REF		MOLD CAP HT
aaa			0.10	
bbb			0.10	
ccc			0.08	
ddd			0.10	
eee			0.15	
fff			0.08	

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることに万全を期していますが、その利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。仕様は予告なく変更される場合があります。アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。

標準的応用例

3MHz、1.0V/15A出力、強制連続モード



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3307A/LTC3307B 、LTC3308A/LTC3308B 、LTC3309A/LTC3309B	3A、4A、6Aの5V同期整流式降圧 Silent Switcher DC/DCコンバータ	最大3MHz(A)/10MHz(B)までのスイッチング周波数で最大6Aを供給可能なモノリシック同期整流式降圧DC/DCコンバータ、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～V_{IN}の出力電圧範囲、PGOOD通知、R_Tプログラミング、SYNC入力、2mm × 2mm LQFN
LTC3310/LTC3310S LTC3311/LTC3311S	5V、10A/12.5A同期整流式降圧 Silent Switcher/Silent Switcher 2	最大5MHzまでのスイッチング周波数で10A/12.5Aを供給可能なモノリシック同期整流式降圧DC/DCコンバータ、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～V_{IN}の出力電圧範囲、PGOOD通知、R_Tプログラミング、SYNC入力、電力段の並列構成が可能、3mm × 3mm LQFN
LTC3315A/LTC3315B	デュアル5V、2A同期整流式降圧 DC/DCコンバータ	それぞれ最大3MHz(A)/10MHz(B)までのスイッチング周波数で2Aを供給可能なデュアル、モノリシック同期整流式降圧レギュレータ、2.25V～5.5Vの入力動作範囲、±1%の精度で0.5V～V_{IN}の出力電圧範囲、PGOOD通知、SYNC入力、2mm × 2mm LQFN
LTC3612	5.5V、3A（I_{OUT}）、4MHz、同期整流式降圧DC/DCコンバータ	効率：95%、V_{IN}：2.25V～5.5V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V、I_Q = 60µA、I_{SD} < 1µA、TSSOP-16Eおよび4mm × 4mm QFN-16パッケージ
LTC3614/LTC3616	トラッキングおよびDDR付きの5.5V、4A/6A（I_{OUT}）、4MHz、同期整流式降圧DC/DCコンバータ	効率：95%、V_{IN}：2.25V～5.5V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.6V、I_Q = 75µA、I_{SD} < 1µA、3mm × 5mm QFN-24パッケージ。
LTC3615/LTC3615-1	デュアル・チャンネル5.5V、3A（I_{OUT}）、4MHz、同期整流式降圧 DC/DCコンバータ	効率：94%、V_{IN}：2.25V～5.5V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.6V、I_Q = 130µA、I_{SD} < 1µA、4mm × 4mm QFN-24パッケージ。
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	効率：95%、V_{IN}：3.1V～20V、$V_{OUT(MIN)}$=0.6V（LTC3636）、1.8V（LTC3636-1）、I_Q = 1.3mA、I_{SD} < 13µA、4mm×5mm QFN-28
LTC7150S	20V、20A同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	効率：92%、V_{IN}：3.1V～20V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.6V、I_Q = 2mA、I_{SD} ≤40µA、差動リモート検出、6mm × 5mm BGA
LTC7151S	20V、15A同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	効率：92.5%、V_{IN}：3.1V～20V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.5V、I_Q = 2mA、I_{SD} < 20µA、4mm × 5mm LQFN-28
LT8640S	静止電流2.5µAの42V、6A 同期整流式降圧Silent Switcher 2	効率：96%、V_{IN}：3.4V～42V、$V_{OUT(MIN)}$ = 1.0V、I_Q = 230µA、I_{SD} < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24
LT8642S	18V、10A同期整流式降圧 Silent Switcher 2 レギュレータ	効率：96%、V_{IN}：2.8V～18V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.6V、I_Q = 240µA、I_{SD} < 1µA、4mm × 4mm LQFN-24
LT8650S	静止電流6.2µAのデュアル・チャンネル4A、42V同期整流式降圧 Silent Switcher 2	効率：94.5%、V_{IN}：3V～42V、$V_{OUT(MIN)}$ = 0.8V、I_Q = 5mA、I_{SD} < 2µA、4mm × 6mm LQFN-32

©ANALOG DEVICES, INC. 2023