

## 5V、4A 同期整流式降圧レギュレータ (2mm × 2mm FCQFN パッケージ)

### 特長

- 高効率: 12mΩ NMOS、34mΩ PMOS
- ピーク電流モード制御
  - 最小オン時間: 27ns
  - 広帯域幅、高速過渡応答
- 低リップルの Burst Mode<sup>®</sup> 動作 ( $I_Q$ : 80μA)
- 最大動作周波数: 6MHz
- 過負荷によるインダクタ飽和時も安全に動作
- $V_{IN}$  範囲: 2.25V~5.5V
- 固定  $V_{OUT}$  範囲: 0.5V~3.65V (出荷時に 50mV ステップで設定)
- $V_{OUT}$  精度: 全温度範囲で ±1%
- 高精度の 400mV イネーブル閾値
- シャットダウン電流: 1μA
- パワー・グッド、内部補償、ソフトスタート機能
- 熱強化された 12ピン 2mm × 2mm フリップ・チップ (FCQFN) パッケージ (サイド・ウェットプル・フランク付き)
- 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

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

### 概要

LTC<sup>®</sup>3303 は、非常に小型で高効率かつ低ノイズのモノリシック同期整流式 4A 降圧 DC/DC コンバータで、2.25V~5.5V の入力電源で動作します。このレギュレータは、一定周波数のピーク電流モード制御を使用し、小型の外付け部品で高速過渡応答を実現します。

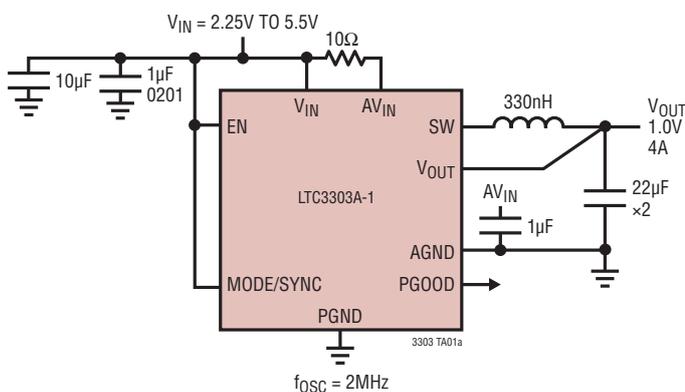
LTC3303 は、低ノイズ向けの強制連続モードもしくはパルススキップ・モード、または軽負荷時に高効率が見られる低リップルの Burst Mode で動作するため、バッテリー駆動システムに最適です。この IC は、出力電圧をわずか 500mV という低い値までレギュレーションできます。可変出力バージョンは、2つの外付け抵抗を追加して、500mV~ $V_{IN}$  で動作します。更に、出力の過電圧保護、短絡保護、サーマル・シャットダウン、クロック同期、低ドロップアウト向けに最大 100% のデューティ・サイクル動作などの機能も内蔵しています。

このデバイスは低背型の 2mm × 2mm FCQFN パッケージで供給され、露出パッドおよびサイド・ウェットプル・フランクを備えています。

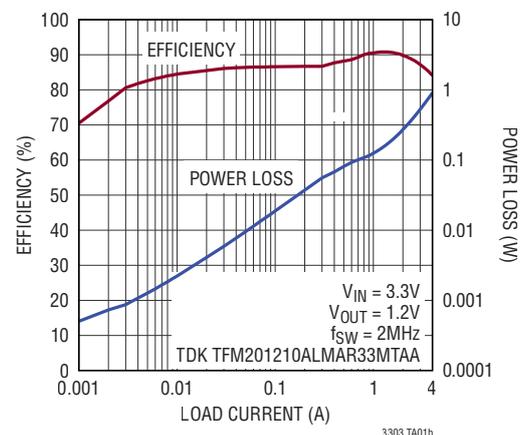
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

### 標準的応用例

高効率の 2MHz、1V、4A 降圧コンバータ



Burst Mode 動作時の効率と電力損失



# LTC3303

## 絶対最大定格

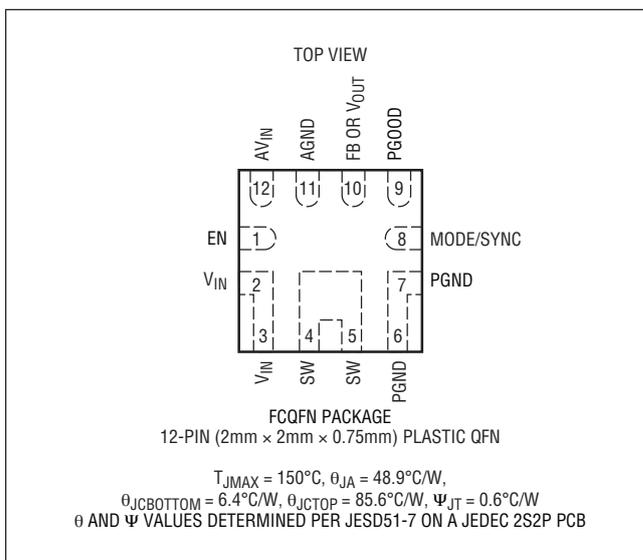
(Note 1)

$V_{IN}$ , $AV_{IN}$ .....	-0.3V~6V
EN .....	-0.3V~( $V_{IN} + 0.3V$ )または6Vの小さい方
FB, $V_{OUT}$ .....	-0.3V~( $V_{IN} + 0.3V$ )または6Vの小さい方
MODE/SYNC .....	-0.3V~( $V_{IN} + 0.3V$ )または6Vの小さい方
AGND~PGND .....	-0.3V~0.3V
PGOOD .....	-0.3V~6V
$I_{PGOOD}$ .....	5mA

動作ジャンクション温度範囲 (Note 2) :

LTC3303R .....	-40°C~+150°C
LTC3303J .....	-40°C~+150°C
保存温度範囲 .....	-65°C~+150°C
最大リフロー (パッケージ本体) 温度 .....	260°C

## ピン配置



## 発注情報 \*\*\*

テープ&リール	周波数****	製品マーキング*	パッケージ・タイプ	周辺温度範囲 (TA)
LTC3303ARUCM#TRPBF	2MHz	LHSH	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C
LTC3303CRUCM#TRPBF	6MHz	LHSJ	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C

### オートモーティブ製品\*\*

LTC3303AJUCM#WTRPBF	2MHz	LHSH	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C
LTC3303AJUCM-1#WTRPBF	2MHz	LHSR	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C
LTC3303AJUCM-1.1#WTRPBF	2MHz	LHSS	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C
LTC3303AJUCM-3.5#WTRPBF	2MHz	LHVV	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C
LTC3303CJUCM#WTRPBF	6MHz	LHSJ	FCQFN, 12ピン, 2mm × 2mm × 0.75mm (QFN フットプリントのフリップ・チップ・パッケージ)	-40°C~125°C

更に広い動作温度範囲で規定された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表示されています。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージ(接尾文字列が「#TRMPBF」)は、指定の販売チャンネルを通じて500個単位のリールで購入いただけます。

サンプル&購入。ウェブサイトの製品ページにある、利用可能な販売オプションのリストを記載したサンプル&購入テーブルをご覧ください。

\*\*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」という接尾文字で指定されます。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固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・デバイスまでお問い合わせください。

\*\*\*固定出力バージョンでは、0.5V~3.65Vの電圧を50mV単位で設定したものを購入いただけます。在庫の有無については、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

\*\*\*\*4MHzおよび8MHzの周波数バージョンの在庫については、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

## 電気的特性

●は、規定された動作ジャンクション温度範囲全体に適用されることを示し(Note 2)、それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での仕様です。また、特に指定のない限り、 $V_{IN} = 4\text{V}$ 、 $V_{EN} = V_{IN}$ 、MODE/SYNC = Floatです。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Input Supply</b>						
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 in Shutdown	$V_{EN} = 0.1\text{V}$			1	2	$\mu\text{A}$
$V_{IN}$ Quiescent Current (Note 3)	Burst Mode Operation, Sleeping All Modes, Not Sleeping			80 1.2	120 2	$\mu\text{A}$ mA
Enable Threshold	$V_{EN}$ Rising	●	0.375	0.4	0.425	V
Enable Threshold Hysteresis				50		mV
EN Pin Leakage	$V_{EN} = 0.5\text{V}$		-20		20	nA
<b>Voltage Regulation</b>						
Regulated FB or Output Voltage (FB or $V_{OUT}$ )	% of Selected FB or $V_{OUT}$ , $0.5\text{V} \leq \text{FB or } V_{OUT} \leq 3.65\text{V}$	●	99	100	101	%
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = \text{MAX}(2.25\text{V}, V_{OUT} + 150\text{mV})$ to 5.5V			0.015	0.05	%/V
Minimum On Time ( $t_{ON,MIN}$ )	$V_{IN} = 5.5\text{V}$	●		27	50	ns
Maximum Duty Cycle		●	100			%
Top Switch ON-Resistance				34		m $\Omega$
Bottom Switch ON-Resistance				12		m $\Omega$
Top Switch Current Limit ( $I_{PEAKMAX}$ )	$V_{OUT}/V_{IN} \leq 0.2\text{V}$		6	6.4	6.8	A
Bottom Switch Current Limit ( $I_{VALLEYMAX}$ )				5.2		A
Bottom Switch Reverse Current Limit ( $I_{REVMAX}$ )	Forced Continuous Mode		-3.0	-2.0	-1.0	A
SW Leakage Current	$V_{EN} = 0.1\text{V}$		-100		100	nA
<b>Power Good and Soft-Start</b>						
PGOOD Rising Threshold	As a Percentage of the Regulated $V_{OUT}$	●	97	98	99	%
PGOOD Hysteresis		●	0.7	1.2	1.7	%
Overvoltage Rising Threshold	As a Percentage of the Regulated $V_{OUT}$	●	107	110	114	%
Overvoltage Hysteresis		●	1	2.2	3.5	%
PGOOD Delay				120		$\mu\text{s}$
PGOOD Pull-Down Resistance	$V_{PGOOD} = 0.1\text{V}$			10	20	$\Omega$
PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5.5\text{V}$				20	nA
Soft-Start Duration		●	0.25	1	3	ms
Default Oscillator Frequency	LTC3303A	●	1.85	2	2.15	MHz
	LTC3303C	●	5.55	6	6.45	MHz
<b>Oscillator and MODE/SYNC</b>						
Frequency Synchronization Range	Percentage of Nominal Frequency Range	●	-20		20	%
Minimum SYNC High or Low Pulse Width		●	40			ns
SYNC Pulse Voltage Levels	Level High	●	1.2			V
	Level Low	●			0.4	V
MODE/SYNC No Clock Detect Time	Percentage of Nominal Period			50		%
MODE/SYNC Pin Threshold	For Programming Forced Continuous Mode	●			0.1	V
	For Programming Pulse-Skipping Mode	●	1.0	Float	$V_{IN} - 1.0$	V
	For Programming Burst Mode Operation	●	$V_{IN} - 0.1$			V

## 電気的特性

**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:** LTC3303は  $T_J \approx T_A$  となるようなパルス負荷条件下でテストされています。LTC3303Rは  $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$  の動作ジャンクション温度範囲での動作が確保されています。LTC3303Jは  $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$  の動作ジャンクション温度範囲全体での動作が確保されています。ジャンクション温度が高いと動作寿命が低下し、このような寿命の低下は  $125^\circ\text{C}$  を超えると始まります。なお、ここに示す仕様に対応する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、他の環境要因などと関連した具体的な動作条件によって決まります。ジャンク

ション温度 ( $T_J$ , 単位  $^\circ\text{C}$ ) は、周囲温度 ( $T_A$ , 単位  $^\circ\text{C}$ ) および消費電力 ( $P_D$ , 単位ワット) から次式に従って計算されます。  $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$ 、ここで  $\theta_{JA}$  (単位  $^\circ\text{C}/\text{W}$ ) はパッケージの熱抵抗です。

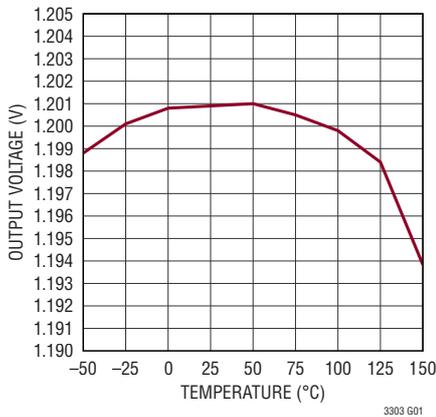
LTC3303は、一時的な過負荷状態時にデバイスを保護する過熱保護機能を備えています。ジャンクション温度が  $150^\circ\text{C}$  を超えると、過熱保護機能が働きます。規定された最大動作ジャンクション温度を超えて連続動作を行うと、デバイスの信頼性を損なう可能性があります。

**Note 3:** 電源電流仕様にはスイッチング電流が含まれていません。実際の電源電流はより高くなります。

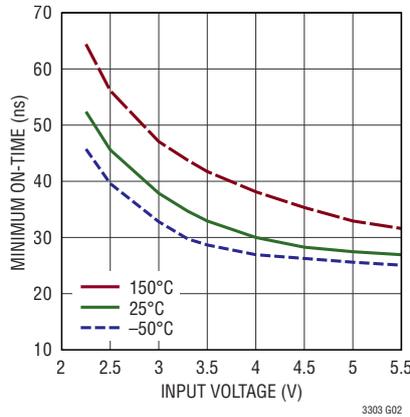
## 代表的な性能特性

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

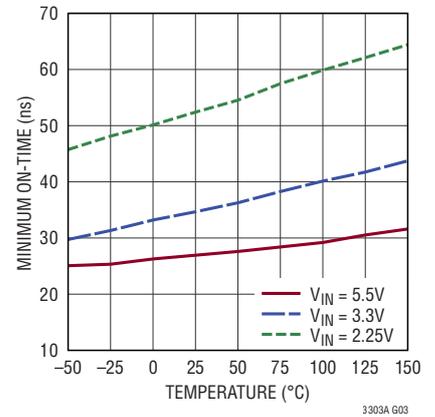
(1.2Vに対して)規格化したレギュレーション電圧と温度の関係



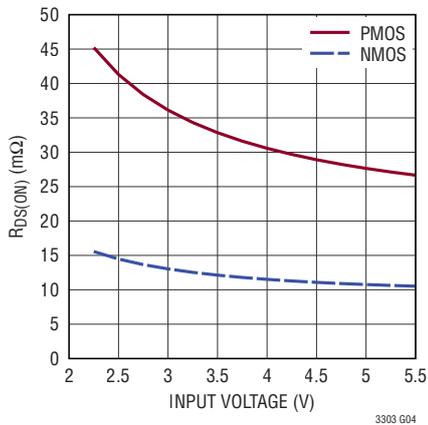
最小オン時間と  $V_{IN}$  の関係



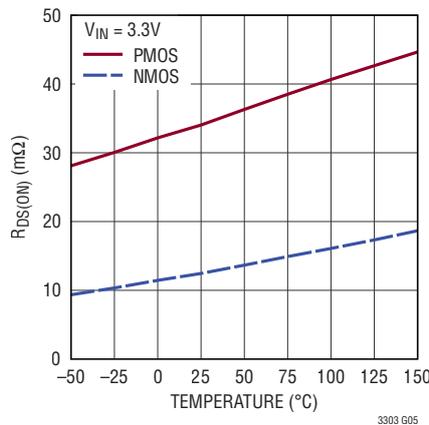
最小オン時間と温度の関係



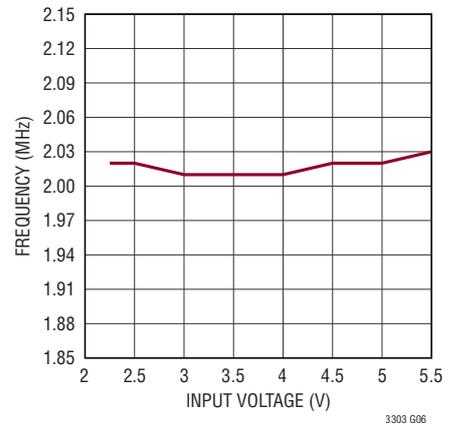
スイッチのオン抵抗と  $V_{IN}$  の関係



スイッチのオン抵抗と温度の関係



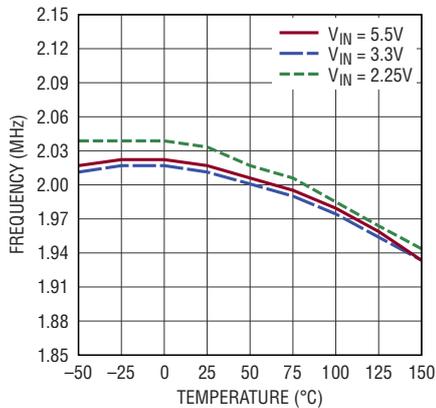
スイッチング周波数と  $V_{IN}$  の関係



## 代表的な性能特性

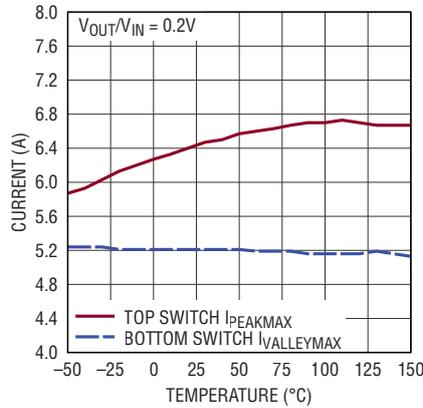
特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

スイッチング周波数と温度の関係



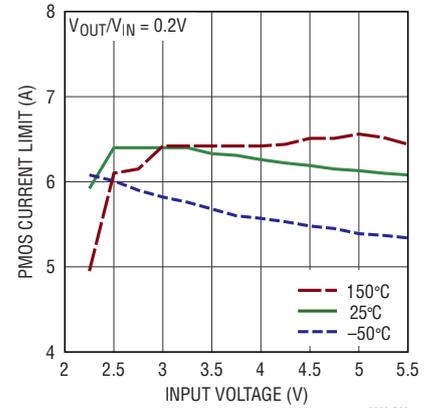
3303 G07

スイッチの電流制限値と温度の関係



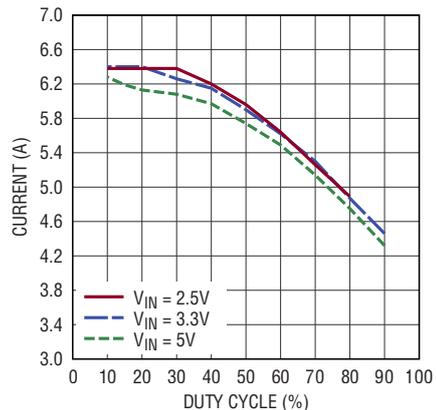
3303 G08

PMOSの電流制限値とVINの関係



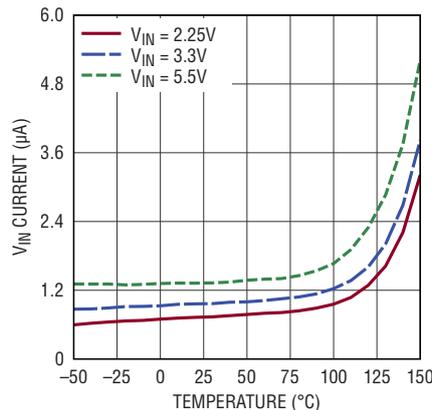
3303 G09

PMOSの電流制限値とデューティ・サイクルの関係



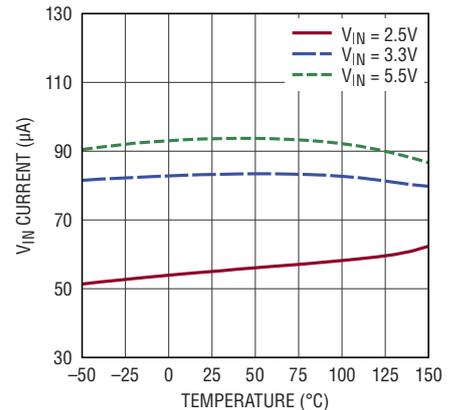
3303 G10

VINシャットダウン電流と温度の関係



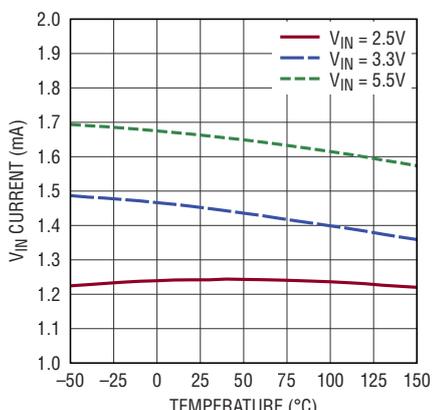
3303 G11

VIN静止電流、Burst Mode動作、スリープ状態



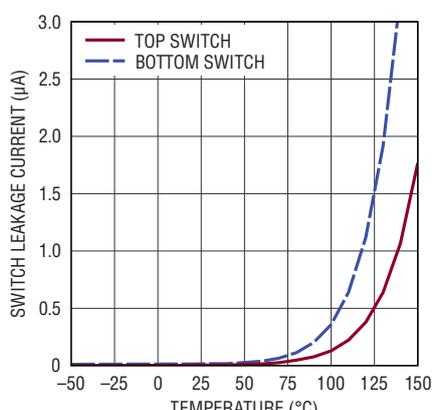
3303 G12

VIN静止電流(全モード)、非スリープ状態



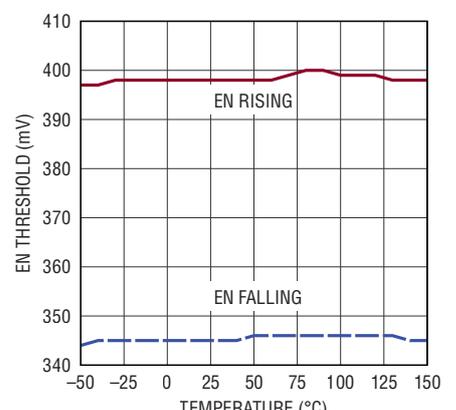
3303 G13

スイッチリーク電流と温度の関係



3303 G14

EN 閾値と温度の関係

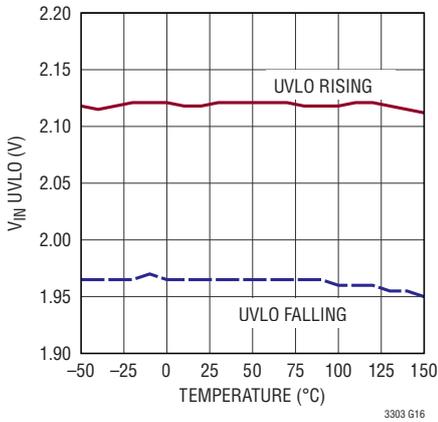


3303 G15

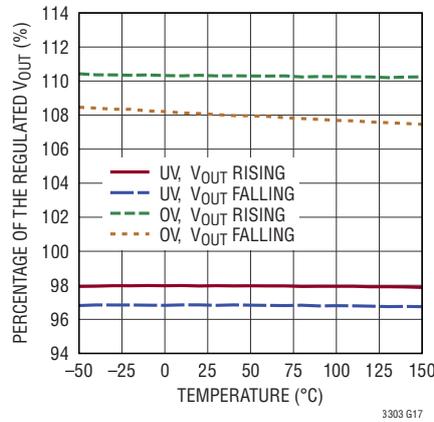
## 代表的な性能特性

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

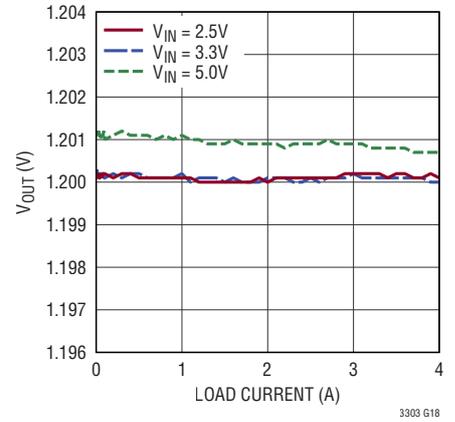
$V_{IN}$  UVLO 閾値と温度の関係



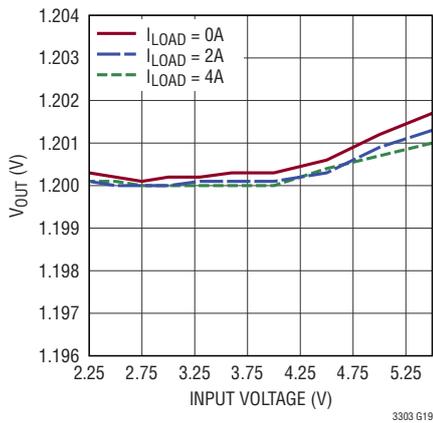
UV、OVのPGOOD 閾値と温度の関係



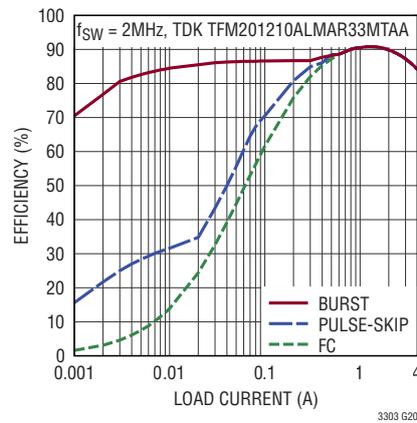
$V_{OUT}$  負荷レギュレーション、 $V_{OUT} = 1.2V$ のアプリケーション、強制連続モード



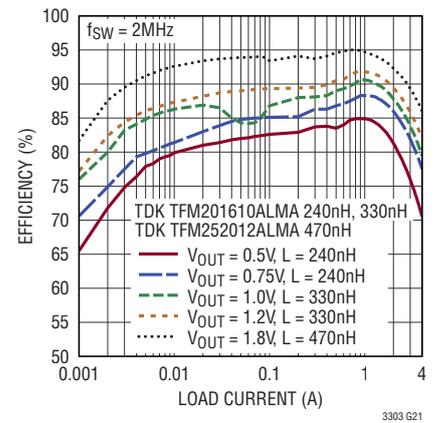
$V_{OUT}$  ラインレギュレーション、 $V_{OUT} = 1.2V$ のアプリケーション、強制連続モード



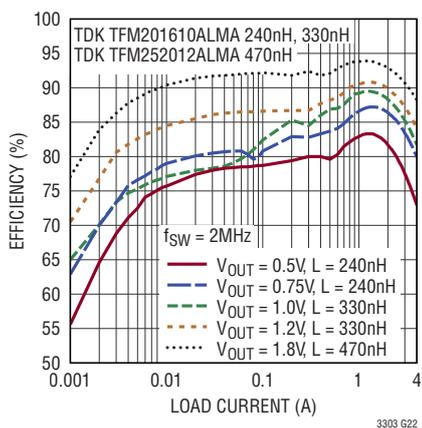
効率と負荷の関係、全モード、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $V_{OUT} = 1.2V$



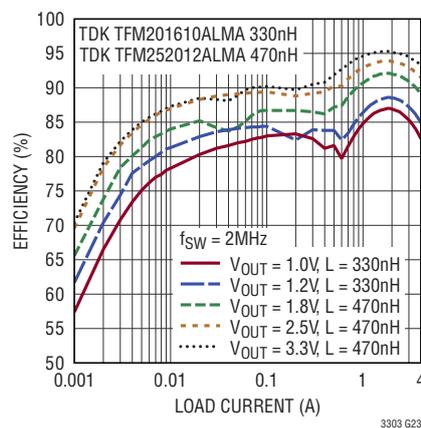
効率、 $V_{IN} = 2.5V$ 、Burst Mode 動作



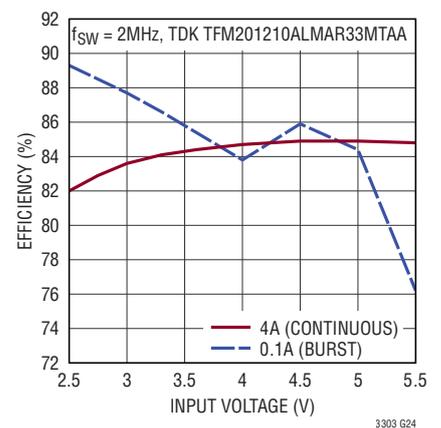
効率、 $V_{IN} = 3.3V$ 、Burst Mode 動作



効率、 $V_{IN} = 5.0V$ 、Burst Mode 動作



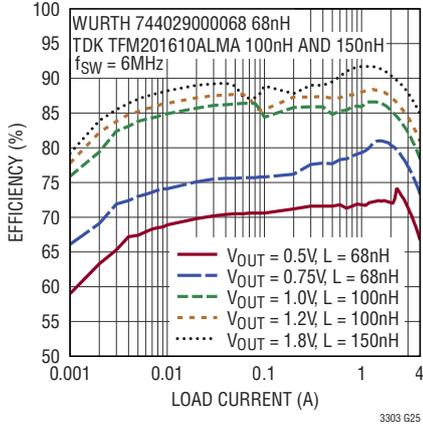
効率と  $V_{IN}$  の関係、 $V_{OUT} = 1.2V$



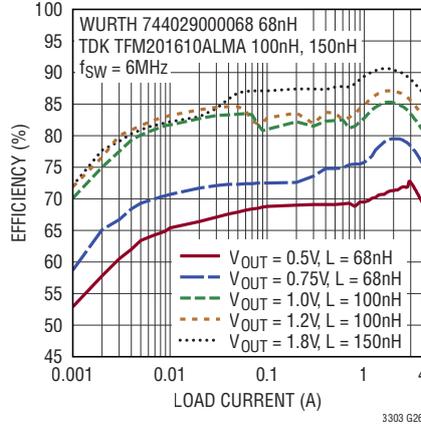
代表的な性能特性

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

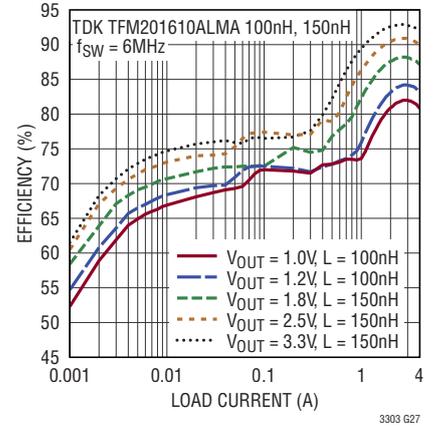
効率、 $V_{IN} = 2.5V$ 、  
Burst Mode動作



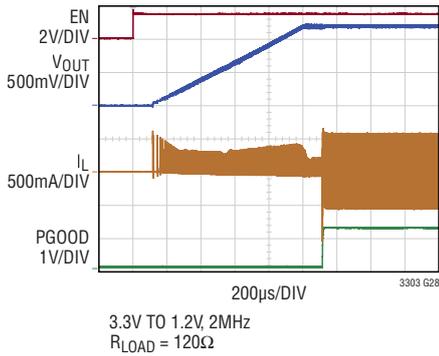
効率、 $V_{IN} = 3.3V$ 、  
Burst Mode動作



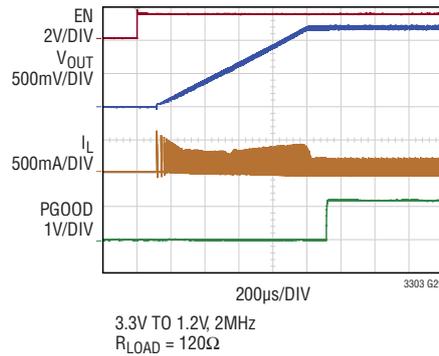
効率、 $V_{IN} = 5V$ 、  
Burst Mode動作



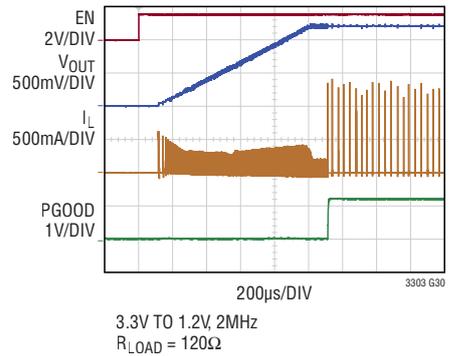
起動時の波形、  
強制連続モード



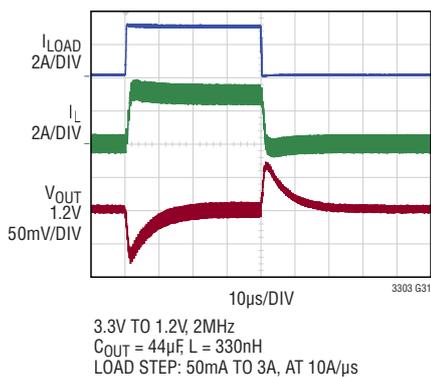
起動時の波形、  
パルススキッピング・モード



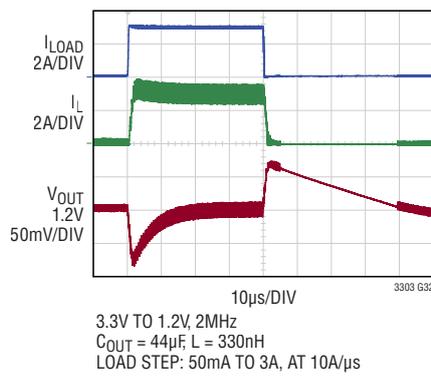
起動時の波形、  
Burst Mode動作時



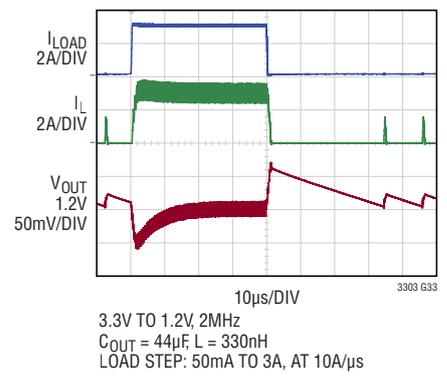
負荷過渡応答、  
強制連続モード



負荷過渡応答、  
パルススキッピング・モード



負荷過渡応答、  
Burst Mode動作



## 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<sub>IN</sub>または別電源から外付け抵抗分圧器を使用して閾値を設定し、その閾値未満でLTC3303をシャットダウンさせることができます。高精度の閾値を必要としない場合は、ENを直接V<sub>IN</sub>に接続します。ENピンがローになるとLTC3303は低電流シャットダウンモードに入り、全ての内蔵回路がデイスエーブルになります。このピンはフロート状態にしないでください。

**V<sub>IN</sub> (ピン2, 3) :** V<sub>IN</sub>ピンは、ハイサイド・パワー・スイッチに電流を供給します。両方のV<sub>IN</sub>ピンを短く幅の広いパターンで互いに接続してPGNDにバイパスし、低ESRコンデンサをこれらのピンのできるだけ近くに配置します。

**SW (ピン4, 5) :** SWピンは、内部パワー・スイッチのスイッチング出力です。これらのピンを互いに接続した上で、短く幅の広いパターンを使ってインダクタに接続します。

**PGND (ピン6, 7) :** PGNDピンは、内蔵のローサイド・パワー・スイッチのリターン・パスです。入力コンデンサの負端子を、PGNDピンのできるだけ近くに接続します。

**MODE/SYNC (ピン8) :** MODE/SYNCピンは、モード選択と外部クロック同期用の入力です。このピンをフロート状態にすると、軽負荷時にパルススキップ・モードを有効化できます。軽負荷時の効率を上げるには、このピンをAV<sub>IN</sub>に接続して、低リップルのBurst Mode動作を有効にします。過渡応答を速くし、ノイズを低く抑え、広い負荷範囲にわたる全周波数動作を行うには、このピンをAGNDに接続して強制連続モードを有効にします。外部クロックでMODE/SYNCを駆動して、スイッチャを印加周波数に同期させます。同期中、このデバイスは強制連続モードで動作します。

**PGOOD (ピン9) :** PGOODピンは、内蔵パワー・グッド・コンパレータのオープンドレイン出力です。レギュレーションされた出力電圧がPGOOD閾値を下回るか、または過電圧閾値を上回ると、このピンがローに引き下げられます。V<sub>IN</sub>がUVLO閾値を上回り、このデバイスがシャットダウン状態になった場合も、このピンはローに引き下げられます。

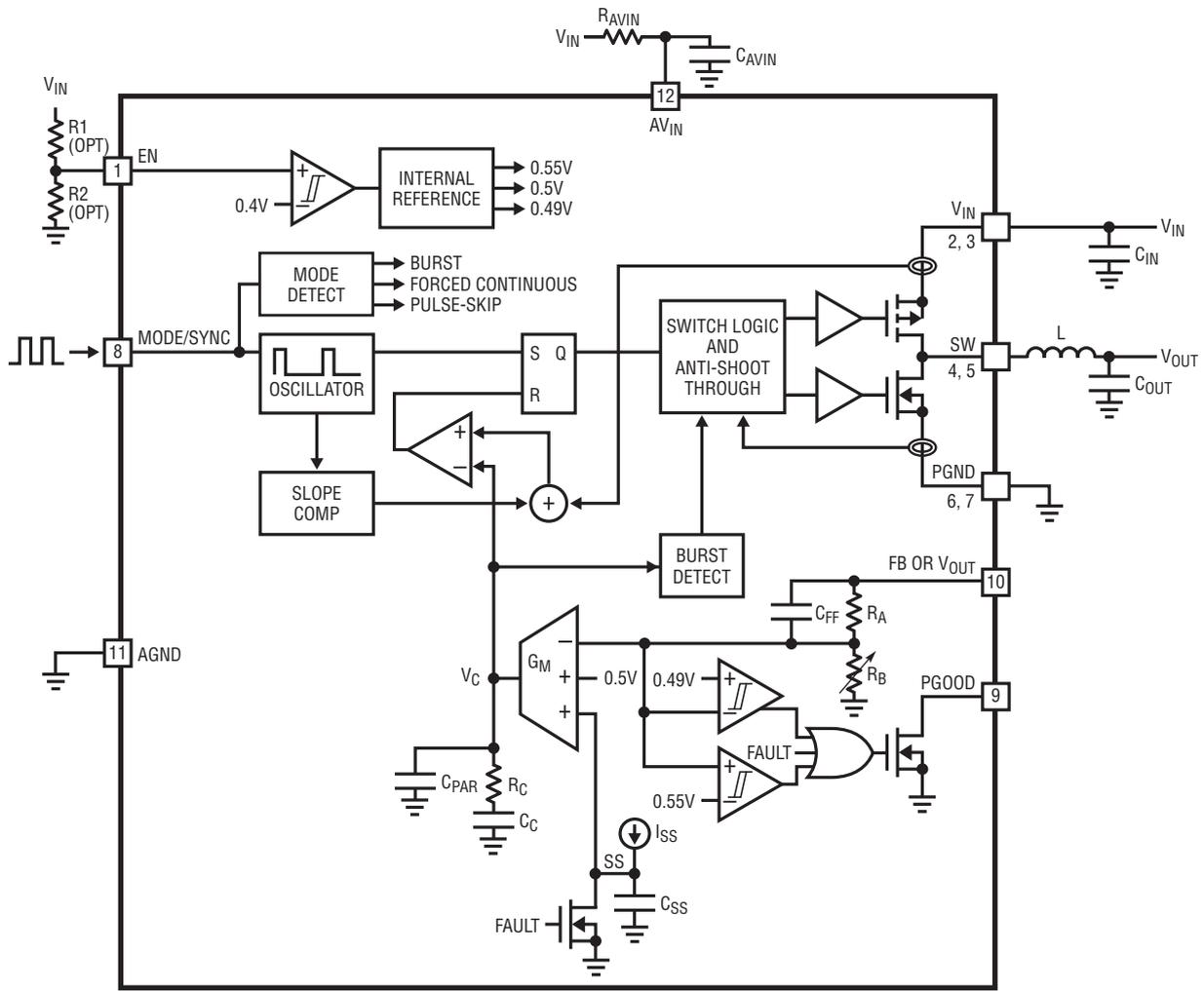
**FB (ピン10) :** FBは、LTC3303の調整可能バージョン向けの出力電圧帰還ピンです。FBピンは500mVにレギュレーションされます。レギュレータ出力とAGNDの間にある抵抗分圧器の中間ノードにこのピンを接続することにより、出力電圧を設定して制御ループを閉じます。

**V<sub>OUT</sub> (ピン10) :** V<sub>OUT</sub>は、LTC3303の固定電圧バージョン向けのレギュレーション出力電圧ピンです。固定V<sub>OUT</sub>バージョンでは、このピンをレギュレータ出力に直接接続します。このノードとAGNDの間に低ESRコンデンサを接続します。

**AGND (ピン11) :** AGNDピンは出力電圧のリモート・グラウンド・センスです。AGNDピンは、負荷の出力コンデンサの負端子に直接接続してください。AGNDピンは、内部アナログ回路のグラウンド・リファレンスでもあります。1μFのセラミック・バイパス・コンデンサをAV<sub>IN</sub>ピンおよびAGNDピンのできるだけ近くに配置します。FBのリターンもAGNDに接続します。

**AV<sub>IN</sub> (ピン12) :** AV<sub>IN</sub>ピンは、内蔵アナログ回路に電流を供給します。このピンは、V<sub>IN</sub>ピンへの10Ω抵抗およびAGNDへの1μF低ESRコンデンサでAGNDとデカップルします。

ブロック図



NOTES:  
 FOR THE LTC3303 ADJUSTABLE VERSION, PIN 10 IS FB. FB IS HIGH IMPEDANCE AND RB RESISTANCE IS INFINITE. THE FB PIN WILL REGULATE TO THE 500mV TARGET.  
 FOR THE LTC3303 FIXED OUTPUT VOLTAGE VERSIONS, PIN 10 IS V<sub>OUT</sub>. RB IS INTERNALLY SET FOR THE REGULATION TARGET. THE V<sub>OUT</sub> PIN IS NOT HIGH IMPEDANCE AND WILL REGULATE TO THE OUTPUT VOLTAGE TARGET.

## 動作

### 電圧レギュレーション

LTC3303は、5V、4Aのモノリシック、一定周波数、ピーク電流モード制御の降圧DC/DCコンバータです。この同期整流式降圧スイッチング・レギュレータは内部補償されており、出力電圧の設定に必要なのは外付けの帰還抵抗だけです。周波数が出荷時に設定された、もしくは外部クロックに同期した内蔵発振器が、各クロック・サイクルの開始時に内蔵のハイサイド・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、ハイサイド・スイッチ電流コンパレータがトリップしてハイサイド・パワー・スイッチをオフにするまで増加します。ハイサイド・スイッチがオフになるときのピーク・インダクタ電流は、内部 $V_C$ 電圧で制御されます。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、 $V_C$ をレギュレーションします。負荷電流が増加すると、帰還電圧がリファレンスに対して減少し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流と一致するまでエラー・アンプが $V_C$ 電圧を引き上げます。ハイサイド・パワー・スイッチがオフになると、同期するパワー・スイッチがオンになり、クロック・サイクルの残り時間で、またはインダクタ電流がゼロに下がるまで(パルススキップ・モードもしくはBurst Mode動作の場合)、インダクタ電流を減少させます。過負荷状態によって過大な電流がローサイド・スイッチに流れるようになると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで、次のクロック・サイクルがスキップされます。

イネーブル・ピンには高精度の400mV閾値が設定されているため、抵抗分圧器を通じてENピンを別の降圧コンバータの出力に接続することにより、イベントベースのパワーアップ・シーケンスを実現することが可能です。ENピンがローの場合、このデバイスはシャットダウンして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。

LTC3303は、順方向および逆方向のインダクタ電流制限、短絡保護、出力過電圧保護、および起動時や短絡からの回復時に突入電流を制限するソフトスタートを備えています。

### モード選択

LTC3303は、MODE/SYNCピンによって設定される3つの異なるモードで動作します。すなわち、パルススキップ・モード(MODE/SYNCピンがフロート状態の場合)、強制連続モード(MODE/SYNCピンがローに設定されている場合)、およびBurst Mode動作(MODE/SYNCピンがハイに設定されている場合)です。

パルススキップ・モードでは発振器が常に動作し、正のSW遷移がクロックに揃えられます。負のインダクタ電流は流れず、また、軽負荷時には、スイッチ・パルスをスキップして出力電圧をレギュレーションします。

強制連続モードでも発振器は常に動作します。ハイサイド・スイッチはサイクルごとにオンになり、軽負荷時にはインダクタ電流を反転できるようにすることでレギュレーションが維持されます。このモードでは、出力リップルを最小限に抑えながら、固定周波数で降圧レギュレータを動作させることができます。強制連続モードでは、(SWピンに流れ込む)インダクタ電流が $I_{REVMAX}$ に達すると、そのサイクルの残り時間ボトム・スイッチがオフになって、電流が制限されます。

軽負荷時のBurst Mode動作では、レギュレーション・ポイントよりわずかに高い電圧まで出力コンデンサが充電されます。その後レギュレータはスリープ状態になり、その間は出力コンデンサが負荷電流を供給します。スリープ時はレギュレータのほとんどの回路がパワーダウンされて、入力電力を節約します。出力電圧が設定値を下回ると回路の電源がオンになり、新しいバースト・サイクルが開始されます。負荷電流が大きくなるとスリープ時間は短くなります。バースト・モード動作では、軽負荷時にはレギュレータがバースト動作し、高負荷時には固定周波数のPWMモードで動作します。

## 動作

### 発振器の外部クロックへの同期

LTC3303の内蔵発振器は、MODE/SYNCピンに方形波クロック信号を印加することで、外部周波数に同期できます。同期中、ハイサイド・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。同期周波数範囲は、公称周波数の $\pm 20\%$ です。

MODE/SYNCピンで外部クロックを検出した後に、内部クロックの立上がりエッジが外部クロックの立上がりエッジと比較されます。両エッジが揃っている場合、LTC3303は外部クロックに切り替えます。1.5クロック・サイクルを過ぎても外部クロックが現れなくなると、クロックは直ちに内部クロックに戻ります。

### 出力パワー・グッド

LTC3303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PGOODピンはハイ・インピーダンスになり、通常は外付け抵抗でハイに引き上げられます。それ以外の場合は、内蔵プルダウン・デバイスによってPGOODピンがローに引き下げられます。PGOODピンは次に示すフォルト状態時にもローに引き下げられます。すなわち、ENピンがローの場合、 $V_{IN}$ が低すぎる場合、またはサーマル・シャットダウンの場合です。ノイズと短時間の出力電圧トランジェントを除去するために、下限閾値には1.2%のヒステリシス、上限閾値には2%のヒステリシスがあります。また、これらのヒステリシスには、PGOODを通知するために、いずれも120 $\mu$ s(代表値)の時間遅延が組み込まれています。

### 出力過電圧保護

FBピンの電圧が公称値の110%を超える出力過電圧イベント時には、LTC3303のハイサイド・パワー・スイッチがオフになります。出力がレギュレーションから外れている状態が120 $\mu$ sを超えて続くと、PGOODピンはローに引き下げられません。

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。

### 過熱保護

LTC3303とその周辺部品が熱によって損傷するのを防ぐために、このデバイスは過熱(OT)保護機能を備えています。ダイ温度が165 $^{\circ}$ C(代表値、未テスト)に達するとスイッチャーがシャットダウンして、ダイ温度が160 $^{\circ}$ C(代表値、未テスト)に下がるまでシャットダウンを維持します。

### 出力電圧ソフトスタート

出力のソフトスタートは、入力電源の電流サージや出力電圧のオーバーシュートを防ぎます。ソフトスタートでは、出力電圧は内蔵ノードの電圧上昇に比例して増加します。フォルト状態では、アクティブ・プルダウン回路がその内蔵ノードを放電させます。フォルトが解消されると、電圧の増加が再開します。このソフトスタート上昇を開始するフォルト状態は、ENピンがローに遷移した場合、 $V_{IN}$ 電圧が低下しすぎた場合、またはサーマル・シャットダウンの場合です。

### 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100%へと増加します。電源電圧が更に低下すると、メイン・スイッチが1サイクルを超えてオン状態のままになり、最終的にはデューティ・サイクルが100%に達します。この場合出力電圧は、内蔵PチャンネルMOSFETおよびインダクタでの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。

### 低電源電圧動作

LTC3303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。入力電源電圧が低い場合に考慮すべき重要な点は、内蔵パワー・スイッチの $R_{DS(ON)}$ が大きくなるということです。最も厳しい条件におけるLTC3303の消費電力およびダイ・ジャンクション温度は、最低入力電圧で計算します。

## 動作

### 出力短絡保護と回復

電流コンバータが上側のパワー・スイッチをオフにするときのピーク・インダクタ電流レベルは、内部  $V_C$  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見合った値となるまで、エラー・アンプが内部  $V_C$  の電圧を上げます。LTC3303 が最大  $V_C$  電圧をクランプすることにより、インダクタのピーク電流が制限されます。

出力をグラウンドに短絡させた場合、インダクタにかかる電圧が小さいため、ローサイド・パワー・スイッチをオンにしたとき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下に保つために、インダクタ電流の谷に

二次的な制限を設けます。ローサイド・パワー・スイッチを通じて測定されるインダクタ電流が、サイクル終了時点で  $I_{VALLEYMAX}$  より大きい場合、ハイサイド・パワー・スイッチはオフを保ちます。その後のスイッチング・サイクルは、インダクタ電流が  $I_{VALLEYMAX}$  より小さくなるまでスキップされます。

$V_{FB}$  がレギュレーションより約 100mV 以上低下した場合、出力短絡からの回復にはソフトスタート・サイクルが必要になることがあります。この回復過程において、 $V_{FB}$  は約 100mV まで速やかに上昇しますが、それ以降はレギュレーションに達するまでソフトスタート・ランプに追従します。

## アプリケーション情報

ブロック図を参考のために参照してください。

### FB 抵抗ネットワーク (LTC3303 の調整可能バージョン)

LTC3303 の調整可能バージョンの出力電圧は、出力と FB ピンの間にある抵抗分圧器で設定されます。式 1 に従って抵抗値を選びます。

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

図 1 を参照してください。

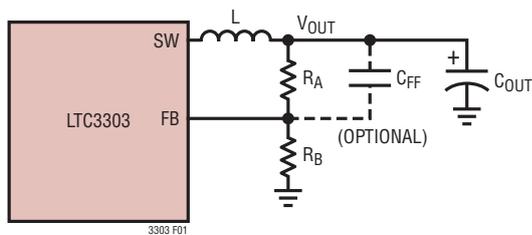


図 1. LTC3303 の調整可能バージョン向け帰還抵抗ネットワーク

調整可能バージョンでは、0.5V ~  $V_{IN}$  の出力電圧が可能です。

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。  $R_B$  の標準的な値は 10k ~ 400k の範囲です。出力電圧の精度を維持するためには、精度 0.1% の抵抗を推奨します。降圧レギュレータの過渡応答は、進相コンデンサ  $C_{FF}$  を追加することで改善できます。このコンデンサは、帰還抵抗と FB ピンの入力容量によって形成される極を除去するのに役立ちます。容量 2pF ~ 50pF のコンデンサをいくつか使用して実験することで、過渡応答を改善できます。代表的なアプリケーション回路で使用されている値は、出発点として妥当な値です。

### 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トレードオフになります。

高周波数動作の利点は、使用するインダクタとコンデンサの値を小さくできることです。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。

## アプリケーション情報

降圧レギュレータのオン時間を最小にすることで、動作デューティ・サイクルが最小になります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。

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

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、 $V_{OUT}$ は出力電圧、 $t_{ON(MIN)}$ はハイサイド・スイッチの最小オン時間です。この式から分かるのは、高い $V_{IN(MAX)}/V_{OUT}$ 比に対応するには、スイッチング周波数を下げる必要があるということです。

LTC3303は100%の最大デューティ・サイクルに対応できるので、 $V_{IN}$ と $V_{OUT}$ の間のドロップアウト電圧は、ハイサイド・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

LTC3303は、一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います。スイッチング周波数は、出荷時に4種類の値の1つに設定されています(2MHz、4MHz、6MHz、または8MHz)。周波数を高くするとスイッチング損失が増えるため効率が低下しますが、外付け部品を小さくできる可能性があります。

LTC3303の内蔵発振器は、MODE/SYNCピンに方形波クロック信号を印加することで、外部周波数に同期できます。同期周波数範囲は、出荷時に設定された公称周波数の $\pm 20\%$ です。

MODE/SYNCピンでの立上がりエッジが内部クロックに揃うと、LTC3303は外部クロックに切り替わることになります。1.5クロック・サイクルを過ぎても外部クロックが現れなくなると、クロックは直ちに内部クロックに戻ります。

### 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。

インダクタの値は**式3**および**式4**に基づいて選択します。

$$L \approx \frac{V_{OUT}}{1.2A \cdot f_{SW}} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \leq 0.5 \quad (3)$$

$$L \approx \frac{0.25 \cdot V_{IN(MAX)}}{1.2A \cdot f_{SW}} \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} > 0.5 \quad (4)$$

ここで、 $f_{SW}$ はスイッチング周波数、 $V_{OUT}$ は出力電圧、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧です。

インダクタの過熱を防ぐために、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。過負荷状態と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(通常は $I_{SAT}$ で表される)は、**式5**で与えられるように、予想最大負荷電流にインダクタ・リップル電流の1/2を加えた値より大きくなければなりません。

$$I_{SAT} > I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (5)$$

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、 $\Delta I_L$ は**式6**で計算されるインダクタ・リップル電流です。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (6)$$

より安全側を選択するならば、 $I_{SAT}$  定格がLTC3303の最大電流制限値より大きいインダクタを使用してください。

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。**表1**に、推奨インダクタおよびそのメーカーを示します。

### 入力コンデンサ

LTC3303の入力は、セラミック・コンデンサを $V_{IN}$ からPGNDまでバイパスします。コンデンサはデバイスの近くに配置して

## アプリケーション情報

表1. 推奨インダクタと代表的仕様値

MANUFACTURER	INDUCTOR FAMILY	INDUCTANCE (nH)	I <sub>TEMP</sub> (A)*	I <sub>SAT</sub> (A)	DCR (mΩ)	W × L × H (mm)
Murata	DFE201210U	240	3.8	6.5	20	2.0 × 1.2 × 1.0
Murata	DFE201610E	240 to 470	5.5 to 4.2	7.0 to 5.3	16 to 26	2.0 × 1.6 × 1.0
Murata	DFE201612E	240 to 680	6.0 to 4.1	7.8 to 4.8	13 to 27	2.0 × 1.6 × 1.2
Murata	DFE252010F	330, 470	5.6, 4.4	7.6, 6.0	16, 27	2.5 × 2.0 × 1.0
Murata	DFE252012F	330 to 680	6.0 to 4.6	8.5 to 6.0	14 to 25	2.5 × 2.0 × 1.2
Vishay	IHHP-0806AB-01	220 to 470	5.3 to 4.2	5.8 to 4.4	13 to 29	2.0 × 1.6 × 1.2
Vishay	IHHP-1008AB-01	220 to 470	7.4 to 4.5	7.1 to 5.05	8.4 to 21	2.5 × 2.0 × 1.2
NIC	NPMH0805B	240	4.2	4.8	25 (Max)	2.0 × 1.2 × 0.8
NIC	NPMH0806C	240, 330	3.9, 4.7	5.6, 5.3	27, 23 (Max)	2.0 × 1.6 × 1.0
NIC	NPIM26LP	240 to 680	6.5 to 4.2	7.5 to 5.1	15 to 36	2.0 × 1.6 × 1.0
NIC	NPIM20LP	240 to 680	6.0 to 4.4	9.5 to 5.5	18 to 32	2.5 × 2.0 × 1.0
Sumida	201610CDMCD/DS	240 to 680	6.3 to 4.2	7.2 to 4.2	16 to 36	2.2 × 1.8 × 1.0
Sumida	252010CDMCD/DS	470 to 1000	6.0 to 4.0	6.1 to 4.0	17 to 40	2.7 × 2.2 × 1.0
Sumida	252012CDMCD/DS	470 to 1000	6.1 to 4.2	7.3 to 5.4	17 to 35	2.7 × 2.2 × 1.2
Cyntec	HMLQ20161T	330, 470	4.8, 4.4	5.7, 4.9	21, 26	2.0 × 1.6 × 1.0
Cyntec	HTEK20161T	470, 1000	5.4, 4.5	6.0, 4.6	18, 35	2.0 × 1.6 × 1.0
Cyntec	HMLB25201T	220	5.9	7.0	9.4	2.5 × 2.0 × 1.0
Cyntec	HMLQ25201T	330, 470	5.5, 4.3	7.3, 5.6	16, 19	2.5 × 2.0 × 1.0
Cyntec	HMLQ25201B	330 to 1000	6.4 to 4.0	7.5 to 4.5	14 to 34	2.5 × 2.0 × 1.2
XFRMS	XFHCL43LT	220, 330	8.0, 5.6	7.0, 4.3	13 to 17 (Max)	2.5 × 2.0 × 1.2
Würth Elektronik	WE-LQS-2512	160	3.7	6.4	16	2.5 × 2.0 × 1.2
Murata	DFE201612PD-R15M	150	5.2	6.2	12	2.0 × 1.6 × 1.2
TDK	TFM201208BLD	110	6.8	8.8	10	2.0 × 1.2 × 0.8

\* PCBの熱特性に大きく依存します。

ください。このコンデンサのサイズは0603または0805とします。必要に応じてサイズがもっと小さい0201コンデンサをLTC3303にできるだけ近づけて、V<sub>IN</sub> (ピン3)およびPGND (ピン6)から通じるパターン上に直接配置することも可能です。この場合、アプリケーション・フットプリントの増加を(あったとしても)最小限に抑え、共に性能を向上させることができます。詳細についてはPCBレイアウト時の考慮事項のセクションを参照してください。温度や入力電圧の変動に対して最良の性能を実現するには、X7RまたはX5Rコンデンサを推奨します(表2を参照)。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。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、更に大きな容量が必要になることがあります。これには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。LTC3303回路を通電中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、LTC3303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(アプリケーション・ノートAN88を参照)。

表2. セラミック・コンデンサのメーカー

VENDOR	URL
AVX	<a href="http://www.avxcorp.com">www.avxcorp.com</a>
Murata	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
TDK	<a href="http://www.tdk.com">www.tdk.com</a>
Taiyo Yuden	<a href="http://www.t-yuden.com">www.t-yuden.com</a>
Samsung	<a href="http://www.samsungsem.com">www.samsungsem.com</a>
Würth Elektronik	<a href="http://www.we-online.com">www.we-online.com</a>

## アプリケーション情報

### 出力コンデンサ、出力リップル、過渡応答

出力コンデンサには2つの重要な役割があります。まず、出力コンデンサは、インダクタと共に、LTC3303によりSWピンで生成された方形波をフィルタリングして、DC出力を発生させます。この操作は出力リップルを決定するので、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つ目の役割は、トランジェント負荷に対応しLTC3303の制御ループを安定させるためにエネルギーを蓄えることです。LTC3303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内部補償され、設計されています。C<sub>OUT</sub>の選択はシステムの帯域幅に影響を与えますが、過渡応答はV<sub>OUT</sub>、V<sub>IN</sub>、f<sub>sw</sub>などの要因によっても影響を受けます。手始めとしては、式7によって与えられる出力容量値が適した値です。

$$C_{OUT} = 20 \cdot \frac{I_{MAX}}{f_{SW}} \sqrt{\frac{0.5}{V_{OUT}}} \quad (7)$$

ここで、C<sub>OUT</sub>は出力コンデンサの推奨値(μF)、f<sub>sw</sub>はスイッチング周波数(MHz)、I<sub>MAX</sub> = 4Aは定格出力電流(A)、V<sub>OUT</sub>は出力電圧(V)です。

出力コンデンサの値が小さいほど、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悪化するのでループ安定性の確認が必要になります。

セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗(ESR)が非常に小さく、最良の出力リップルとトランジェント性能をもたらします。X5RまたはX7Rセラミック・コンデンサを使用してください(表2を参照)。低ESLの反転構成、または3端子のセラミック・コンデンサを使用することにより、更に優れた出力リップル性能と過渡応答性能を実現できます。

負荷ステップ発生時には、帰還ループがスイッチ電流を十分に増加させて負荷に対応できるようになるまで、出力コンデンサが即座に電流を供給して負荷に対応する必要があります。帰還ループの応答に要する時間は、補償部品と出力コンデンサのサイズに依存します。負荷ステップへの応答には通常3~4サイクルを要しますが、最初のサイクルだけ出力が直線的に低下します。出力ドロップV<sub>DROOP</sub>は、V<sub>OUT</sub>、V<sub>IN</sub>、f<sub>sw</sub>、t<sub>ON(MIN)</sub>、出力コンデンサの等価直列インダクタンス(ESL)などの要因に影響されますが、式8で与えられるように、通常は最初のサイクルの直線的低下の約3倍になります。

$$V_{DROOP} = \frac{3 \cdot \Delta I_{OUT}}{C_{OUT} \cdot f_{SW}} \quad (8)$$

ここで、ΔI<sub>OUT</sub>は負荷ステップです。

過渡応答性能と制御ループの安定性は、C<sub>OUT</sub>を大きくすることや、V<sub>OUT</sub>とFBの間にフィードフォワード・コンデンサC<sub>FF</sub>を追加することによって改善できます。コンデンサC<sub>FF</sub>は、位相マージンと高周波応答を改善する高周波ゼロを発生させることで、進相補償を行います。代表的なアプリケーション回路で使用されている値は、開始点として妥当な値です。LTpowerCAD<sup>®</sup>は、必要なトランジェント性能を得るためにC<sub>FF</sub>とC<sub>OUT</sub>を最適化するのに役立つ、有効なツールです。

負荷トランジェントを与えてシステムの応答をモニタリングすること、またはネットワーク・アナライザを使用して実際のループ応答を測定することが、トランジェント性能と制御ループ安定性を実験的に確認して、C<sub>FF</sub>とC<sub>OUT</sub>を最適化する2つの方法です。

負荷過渡応答法を使用して制御ループを安定化させる場合は、全負荷電流の20%~100%にあたる、立上がり時間が非常に短い出力電流パルスを加えます。これにより、出力電圧にトランジェントが生じます。V<sub>OUT</sub>を監視して、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の有無を確認してください(アプリケーション・ノートAN149を参照)。

### 出力電圧の検出

LTC3303のAGNDピンは、バンドギャップ電圧リファレンスを含む内蔵アナログ回路のグラウンド・リファレンスです。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<sub>OUT</sub>)の負端子に接続してください。高電流電源のグラウンド・リターン・パスにおける低下が補償されます。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。小型のアナログ・バイパス・セラミック・コンデンサ0201または0402をLTC3303にできるだけ近づけて、AV<sub>IN</sub>(ピン12)およびAGND(ピン11)から通じるパターン上に直接配置します。FB抵抗分圧器などの全ての信号部品は、AGNDノードを基準とする必要があります。詳細については、推奨PCBレイアウト(図3)を参照してください。

## アプリケーション情報

### イネーブル閾値の設定

LTC3303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の閾値イネーブル・ピンを備えています。このピンをローにすると、デバイスは低電流シャットダウン・モードになります。

ENコンパレータの立上がり閾値は400mVで、50mVのヒステリシスがあります。シャットダウン機能を使わない場合は、ENピンをV<sub>IN</sub>に接続できます。V<sub>IN</sub>とENの間に抵抗分圧器を追加すると、V<sub>IN</sub>が目的の電圧より高くなった場合に限りLTC3303が出力をレギュレーションするように設定されます(図2を参照)。通常、この閾値V<sub>IN(EN)</sub>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、その入力電源からほぼ一定の電力を取り出すので、電源電圧が低下すると電源電流が増大します。これはソースからは負の抵抗負荷のように見えるため、ソース電圧が低い条件下では、ソースが電流制限するか、またはローにラッチする原因になることがあります。V<sub>IN(EN)</sub>閾値は、問題が生じる可能性があ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、式9を満たすようにR1とR2の値を設定することによって調整できます。

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

図2を参照してください。

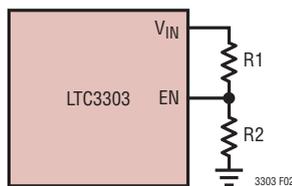


図2. EN分圧器

LTC3303は、V<sub>IN</sub>がV<sub>IN(EN)</sub>を超えるまでオフのままになります。降圧レギュレータは、V<sub>IN</sub>が0.875・V<sub>IN(EN)</sub>まで低下して、ENが350mVになるまでイネーブルのままになります。

あるいは、上流側レギュレータの出力とLTC3303のENピンの間に抵抗分圧器を接続するとイベントベースのパワーアップ・シーケンスが可能になり、上流側レギュレータの出力が予め決められたレベル(例えば、調整済み出力の90%)に達すると、LTC3303がイネーブルになります。式9のV<sub>IN(EN)</sub>を、この予め決められたレベルと置き換えます。

### PCBレイアウト時の考慮事項

LTC3303は、高効率かつ高速過渡応答が得られるように設計された高性能ICです。最適な結果を得るためにPCBボードのレイアウトは注意深く行い、適切に動作させるため、以下の推奨事項に従ってください。推奨PCBレイアウトについては図3を参照してください。

- V<sub>IN</sub>入力電源ピン(ピン2,3)には、PGNDピン(ピン6,7)との間にローカル・デカップリング・コンデンサが必要で、これらのコンデンサは、内蔵パワーMOSFETおよびそのドライバにAC電流を供給します。これらのコンデンサには大きいスイッチド電流が流れるため、これらのコンデンサおよびそのPCBパターンとV<sub>IN</sub>およびPGNDピンの間のインダクタンスを最小限に抑えることが重要です。
  - 0603などの小さいケースサイズを選択し、ボード上側のピンの近くに配置します。
  - デカップリング・インダクタンスを更に減らすには、もっと小さい0201コンデンサを並列に、V<sub>IN</sub>ピンおよびPGNDピンのできるだけ近くに配置することが可能です。
  - C<sub>IN1</sub>およびC<sub>IN2</sub>の配置については、図3に示す推奨PCBレイアウトを参照してください。
- レギュレータ・インダクタはボードのLTC3303と同じ面に配置して、V<sub>OUT</sub>側のインダクタおよびC<sub>OUT</sub>コンデンサによる寄生インダクタンスを最小限に抑えます。SWをインダクタに接続する電源パターンは、幅を広くしてPCBメタル層2に配置し、付加される寄生インダクタンスを最小限に抑えるために可能な限り多くのビアを設ける必要があります。
- PGNDピン(ピン6,7)を最上層のグランド・プレーンに直接ハンダ付けします。最上層のグランド・プレーンを下層にあるグランド・プレーンに多数のサーマル・ビアを使って接続します。これらの層は、LTC3303が放出する熱を拡散します。
- FBやENに接続する部品はグラウンド側をAGND(ピン11)に接続します。AV<sub>IN</sub>(ピン12)とAGNDの間に1μFのデカップリング・コンデンサを接続します。10Ωのフィルタ抵抗をV<sub>IN</sub>電源とAV<sub>IN</sub>の間に接続して、AV<sub>IN</sub>ピンに電源を供給します。

## アプリケーション情報

AGNDピンとその他のPCBグラウンド・プレーンを1カ所だけで接続し、グラウンド・プレーンの過度電流がAGNDパターンにも流れるのを防ぎます。必要に応じて、AGNDピンを負荷側にある出力コンデンサの負端子に接続します。これにより、負荷側にあるグラウンドとLTC3303の電圧リファレンス・グラウンドの間の電圧降下で生じる負荷レギュレーションがいずれも低下します。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。

- LTC3303の良好な放熱を実現するには、PCBのレイアウトに注意を払う必要があります。パッケージ内部で発生する熱はパワー・MOSFETの近くに集中し、大部分がVINピンおよびPGNDピンから流れ出て、PCBに広がります。

PGNDピン(ピン6、7)は最上層の大きなメタル領域に接続します。最上層のグラウンド・メタルを下層にあるグラウンド・プレーンに多数のサーマル・ビアを使って接続しま

す。これらの層は、LTC3303が放出する熱を拡散します。また、VINピン(ピン2、3)は熱抵抗が低い大きなメタル領域に接続します。

ジャンクション温度 $T_J$ は、式10で与えられるように周辺温度 $T_A$ から計算されます。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) \quad (10)$$

ここで、 $\theta_{JA}$ は約37.6°C/W~48.9°C/Wで、レイアウトに依存します。

LTC3303内での消費電力は、効率測定値から全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で推定されます。

LTC3303評価キットのPCBでは $\theta_{JA}$ が約37.6°C/Wであり、比較対象のJEDEC 2S2P PCBでは約48.9°C/Wです。熱抵抗の低下は25%になり、これはレイアウトの工夫で熱抵抗がどれだけ改善されるかを示す一例です。

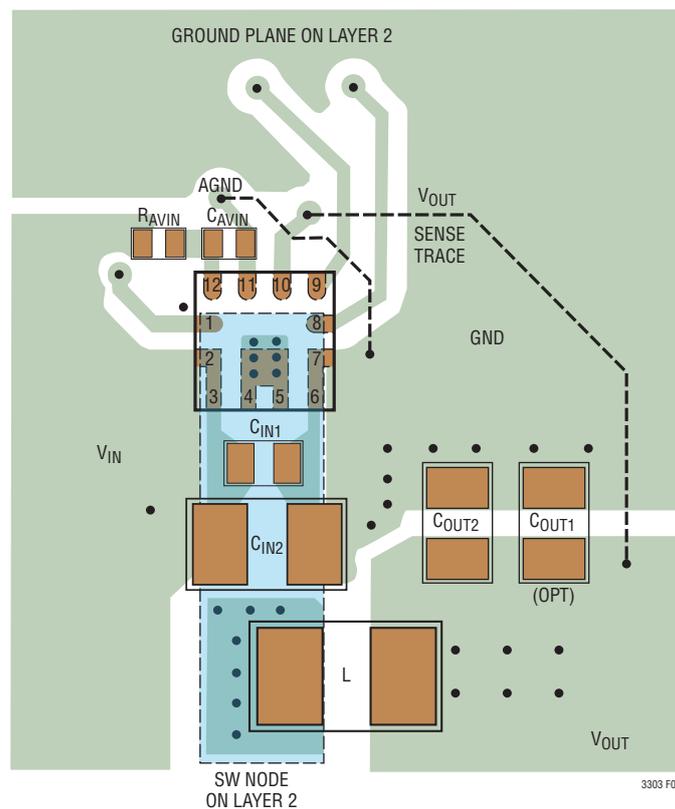
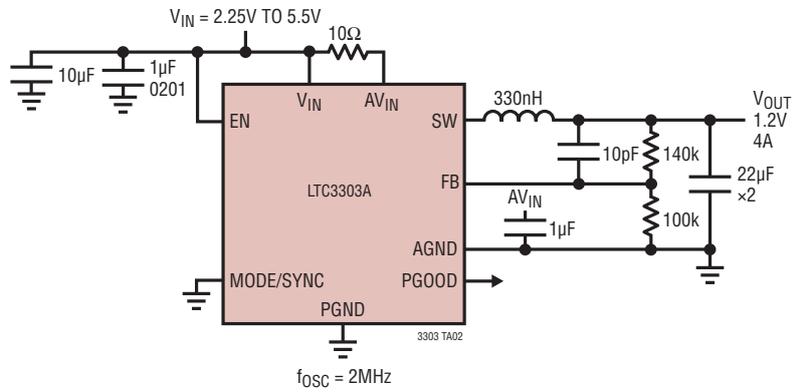


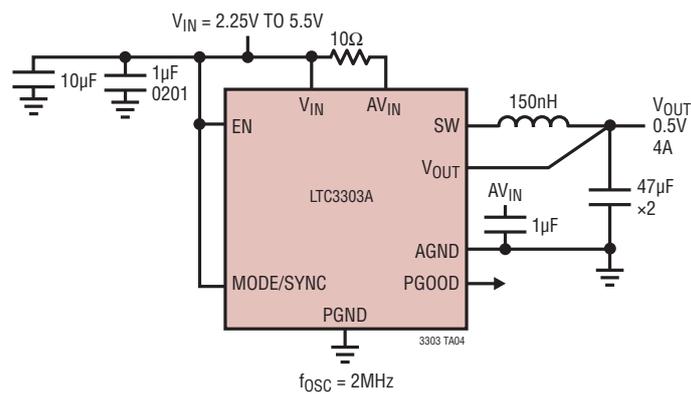
図3. 推奨プリントPCBレイアウト

## 標準的応用例

$V_{FB}$  を抵抗設定した、2MHz、1.2V、4Aの強制連続モード動作



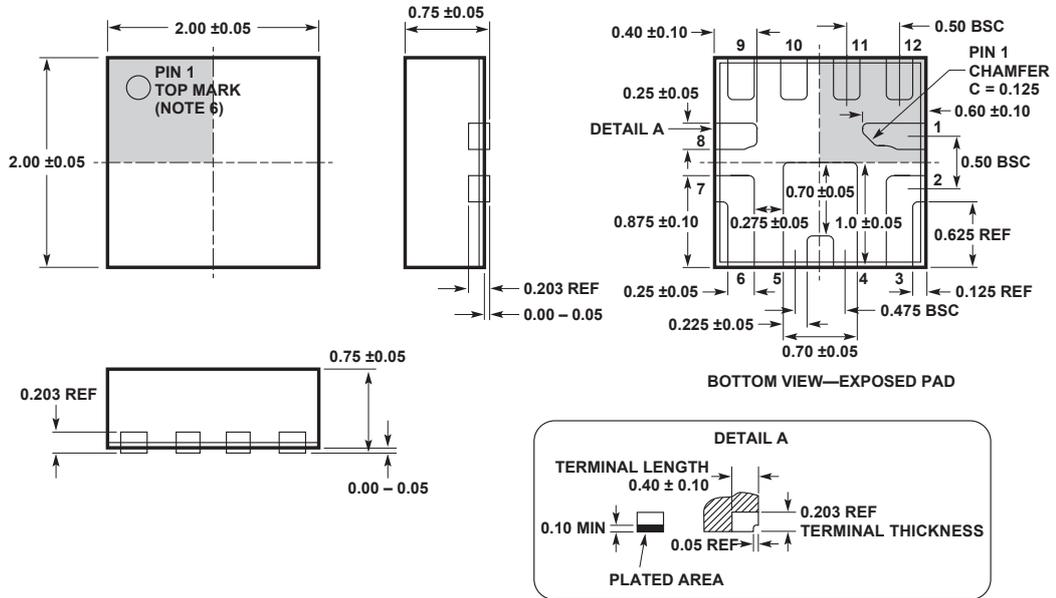
固定  $V_{OUT}$ 、0.5V、4Aの Burst Mode 動作



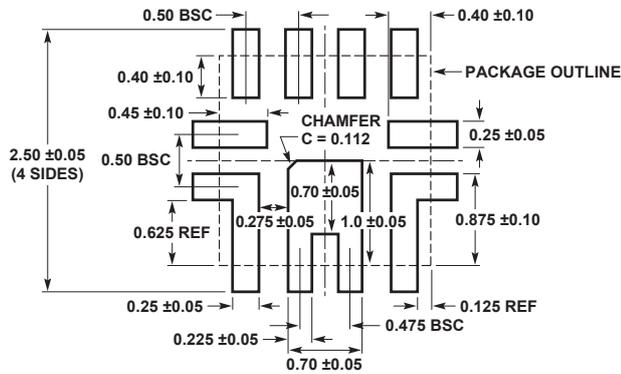
パッケージの説明



UCM Package  
12-Lead Plastic Side Solderable TQFN (2mm × 2mm)  
(Reference DWG # 05-08-7072)



- NOTE:
1. DRAWING IS NOT A JEDEC PACKAGE OUTLINE
  2. DRAWING NOT TO SCALE
  3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
  5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
  6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

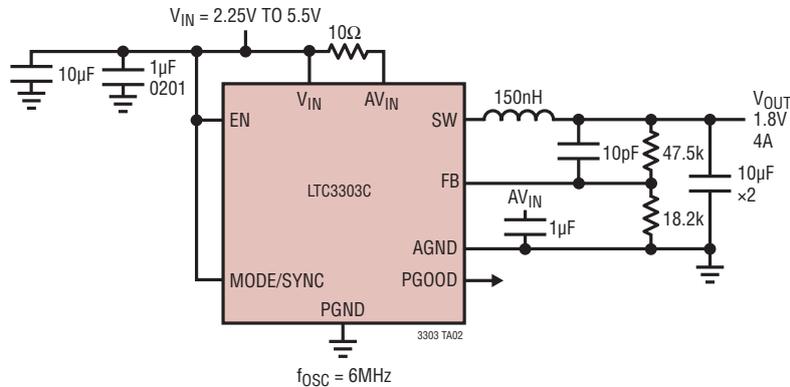


RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS  
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

05-29-2022-08

## 標準的応用例

V<sub>FB</sub>を抵抗設定した、6MHz、1.8V、4AのBurst Mode動作



## 関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC3307A	5V、3A同期整流式降圧 Silent Switcher (2mm × 2mm LQFN 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3MHzのスイッチング周波数で3Aを供給可能。Silent Switcherアーキテクチャによる超低EMI放射。入力動作範囲:2.25V~5.5V。出力電圧範囲:0.5V~V <sub>IN</sub> (精度:±1%)。PGOOD表示、RT設定、SYNC入力。2mm × 2mm LQFNパッケージ。
LTC3308A	5V、4A同期整流式降圧 Silent Switcher (2mm × 2mm LQFN 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3MHzのスイッチング周波数で4Aを供給可能。Silent Switcherアーキテクチャによる超低EMI放射。入力動作範囲:2.25V~5.5V。出力電圧範囲:0.5V~V <sub>IN</sub> (精度:±1%)。PGOOD表示、RT設定、SYNC入力。2mm × 2mm LQFNパッケージ。
LTC3310S	5V、10A同期整流式降圧 Silent Switcher 2 (3mm × 3mm LQFN 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5MHzのスイッチング周波数で10Aを供給可能。Silent Switcherアーキテクチャによる超低EMI放射。入力動作範囲:2.25V~5.5V。出力電圧範囲:0.5V~V <sub>IN</sub> (精度:±1%)。PGOOD表示、RT設定、SYNC入力。電力段の並列接続構成が可能。3mm × 3mm LQFNパッケージ。
LTC3315A	デュアル出力5V、2A同期整流式降圧DC/DCコンバータ(2mm × 2mm LQFN パッケージ)	デュアル出力モノリシック同期整流式降圧レギュレータ、それぞれ最大3MHzのスイッチング周波数で2Aを供給可能。入力動作範囲:2.25V~5.5V、出力電圧範囲:0.5V~V <sub>IN</sub> (精度:±1%)、PGOOD表示、SYNC入力。2mm × 2mm LQFNパッケージ。
LTC3370/ LTC3371	4チャンネル8A構成が可能な1A降圧DC/DCコンバータ	4チャンネル同期整流式降圧レギュレータ、8×1Aのパワー段。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで高電流出力(最大4A)を実現、8種類の出力構成が可能、高精度PGOOD表示。LTC3371はウォッチドッグ・タイマーを搭載。LTC3370:32ピン5mm × 5mm QFNパッケージ。LTC3371:38ピン5mm × 7mm QFNおよびTSSOPパッケージ。
LTC3374A	8チャンネルの並列接続可能な1A降圧DC/DCコンバータ	8チャンネル1A同期整流式降圧レギュレータ。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで高電流出力(最大4A)を実現、15種類の出力構成が可能。高精度イネーブル入力とPGOOD_ALLによる通知。38ピン5mm × 7mm QFNおよびTSSOPパッケージ。
LTC3375	8チャンネルの並列接続可能な1A降圧DC/DCコンバータ	8チャンネル1A同期整流式降圧レギュレータ。最大4つのパワー段を並列接続して単一インダクタで高電流出力(最大4A)を実現、15種類の出力構成が可能。高精度イネーブル入力とPGOOD_ALLによる通知。ウォッチドッグ・タイマーおよびプッシュボタンによるI <sub>C</sub> 設定。48ピン7mm × 7mm QFNパッケージ。
LTC3412A	3A、4MHz、モノリシック同期整流式降圧レギュレータ	効率:95%、V <sub>IN</sub> :2.25~5.5V、V <sub>OUT(MIN)</sub> =0.8V、I <sub>Q</sub> =64µA、I <sub>SD</sub> <1µA、4mm × 4mm 16ピンQFNパッケージ
LTC3616	5.5V、6A、4MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	効率:95%、V <sub>IN</sub> :2.25~5.5V、V <sub>OUT(MIN)</sub> =0.6V、I <sub>Q</sub> =75µA、I <sub>SD</sub> <1µA、3mm × 5mm 24ピンQFNパッケージ