

# 電流検出機能を備え、 静止電流が3 $\mu$ Aの42V、 6A同期整流式降圧レギュレータ

## 特長

- モニタ機能を備えたレール・トゥ・レールの電流検出アンプ
- 広い入力電圧範囲: 3.4V ~ 42V
- 超低静止電流の Burst Mode<sup>®</sup> 動作:
  - 3 $\mu$ AのI<sub>Q</sub>で12VのV<sub>IN</sub>から3.3VのV<sub>OUT</sub>を安定化
  - 出力リップル: < 10mV<sub>p-p</sub>
- 高効率の同期整流式動作:
  - 12V入力、5V/3A出力時の効率: 95%
  - 12V入力、3.3V/3A出力時の効率: 94%
- 短い最小スイッチ・オン時間: 40ns
- すべての条件で低ドロップアウト: 250mV (3A時)
- 小型インダクタを使用可能
- 低EMI
- 調整可能および同期可能な周波数: 200kHz ~ 2.2MHz
- 電流モード動作
- 高精度のイネーブル・ピン電圧しきい値: 1V
- 内部補償
- 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- 熱特性が改善された3mm×6mmの小型28ピンQFNパッケージ

## アプリケーション

- 自動車用電源および産業用電源
- 汎用の降圧電源
- CCCV電源

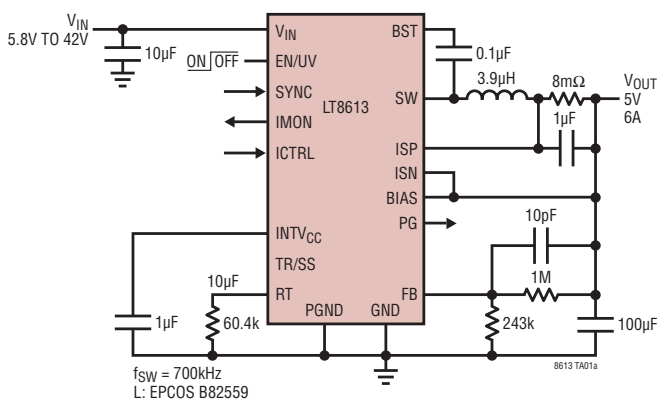
## 概要

LT<sup>®</sup>8613は、小型、高効率、高速の同期整流式モノリシック降圧スイッチング・レギュレータで、消費する静止電流はわずか3 $\mu$ Aです。外付け部品の必要性を最小限に抑えるため、必要なすべての回路とともに上側と下側のパワー・スイッチを内蔵しています。モニタ・ピンと制御ピンを備えた内蔵の電流検出アンプにより、入力または出力の電流レギュレーションおよび電流制限を高精度に実行できます。低リップルのBurst Mode動作により、非常に少量の出力電流まで高い効率が可能であると同時に、出力リップルを10mV<sub>p-p</sub>未満に維持します。SYNCピンにより、外部クロックへの同期が可能です。ピーク電流モード方式を採用した内部補償により、小型のインダクタを使用できるので、高速トランジエント応答と優れたループ安定性が得られます。EN/UVピンのしきい値は高精度の1Vであり、EN/UVピンを使用して入力電圧の低電圧ロックアウトを設定することや、LT8613をシャットダウンして入力電源電流を1 $\mu$ Aまで減らすことができます。TR/SSピンに接続するコンデンサにより、起動時の出力電圧上昇速度を設定できます。V<sub>OUT</sub>が出力電圧設定値の $\pm 9\%$ 以内に入るか、フォルト状態になると、PGフラグで通知します。LT8613は、熱抵抗を低く抑えるための露出パッドを備えた3mm×6mmの28ピン小型QFNパッケージで供給されます。

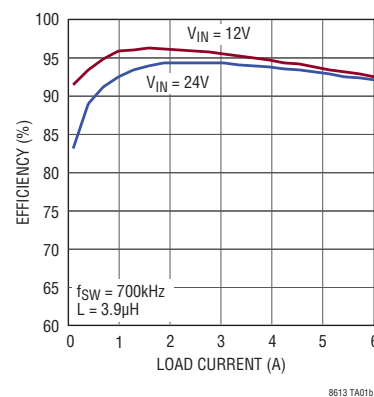
LT、LT、LTC、LTM、Burst Mode、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例

出力電流制限が6Aの5V降圧コンバータ



効率、V<sub>OUT</sub> = 5V



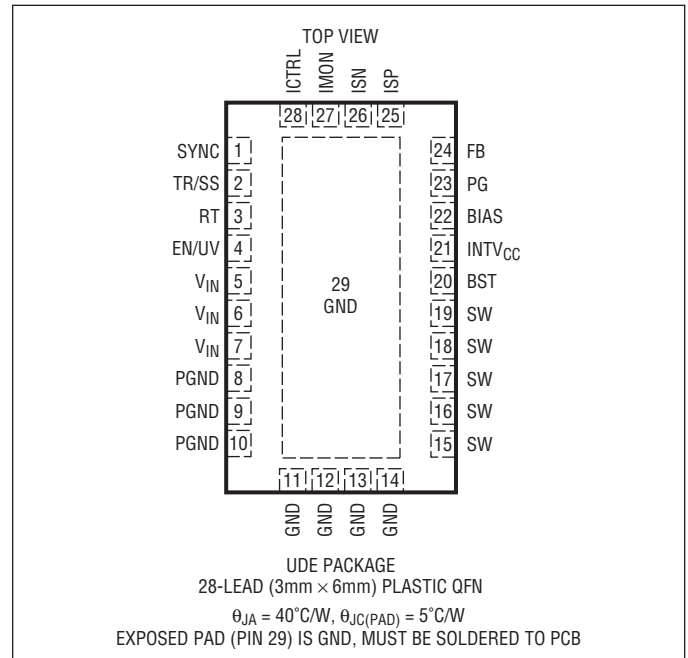
# LT8613

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ 、EN/UV、PG、ISP、ISN ピンの電圧	42V
BIAS ピンの電圧	25V
SW ピンを超える BST ピンの電圧	4V
FB、TR/SS、RT、INTV <sub>CC</sub> 、IMON、ICTRL ピンの電圧	4V
SYNC ピンの電圧	6V
動作接合部温度範囲 (Note 2)	
LT8613E	-40 ~ 125°C
LT8613I	-40 ~ 125°C
保存温度範囲	-65 ~ 150°C

## ピン配置



## 発注情報

無鉛仕上げ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT8613EUDE#PBF	LT8613EUDE#TRPBF	LGHX	28-Lead (3mm×6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT8613IUDE#PBF	LT8613IUDE#TRPBF	LGHX	28-Lead (3mm×6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。\* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。非標準の鉛仕上げ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。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。  
テープ・アンド・リールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreeel/> をご覧ください。

## 電気的特性

- は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Minimum Input Voltage		●	2.9	3.4	V	
$V_{IN}$ Quiescent Current	$V_{EN/UV} = 0V, V_{SYNC} = 0V$	●	1.0	5	$\mu\text{A}$	
		●	1.0	20	$\mu\text{A}$	
	$V_{EN/UV} = 2V, \text{Not Switching}, V_{SYNC} = 0V$	●	1.7	6	$\mu\text{A}$	
		●	1.7	20	$\mu\text{A}$	
$V_{IN}$ Current in Regulation	$V_{OUT} = 0.97V, V_{IN} = 6V, \text{Output Load} = 100\mu\text{A}$	●	24	60	$\mu\text{A}$	
	$V_{OUT} = 0.97V, V_{IN} = 6V, \text{Output Load} = 1\text{mA}$	●	230	370	$\mu\text{A}$	
Feedback Reference Voltage	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 500\text{mA}$	●	0.964	0.970	0.976	V
	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 500\text{mA}$	●	0.958	0.970	0.982	V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V \text{ to } 25V, I_{LOAD} = 0.5A$	●	0.004	0.025	%/V	
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$		-20	0.5	20	nA

8613f

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
BIAS Pin Current Consumption	$V_{BIAS} = 3.3\text{V}$ , $I_{LOAD} = 2\text{A}$ , 2MHz			14		mA
Minimum On-Time	$I_{LOAD} = 2\text{A}$ , SYNC = 0V	●	20	40	60	ns
	$I_{LOAD} = 2\text{A}$ , SYNC = 3.3V	●	20	35	55	ns
Minimum Off-Time			50	85	120	ns
Oscillator Frequency	$R_T = 221\text{k}$ , $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$	●	180	210	240	kHz
	$R_T = 60.4\text{k}$ , $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$	●	665	700	735	kHz
	$R_T = 18.2\text{k}$ , $I_{LOAD} = 1.5\text{A}$	●	1.85	2.00	2.15	MHz
Top Power NMOS On-Resistance	$I_{SW} = 1\text{A}$			65		m $\Omega$
Top Power NMOS Current Limit		●	7.5	9.7	12.0	A
Bottom Power NMOS On-Resistance	$V_{INTVCC} = 3.4\text{V}$ , $I_{SW} = 1\text{A}$			29		m $\Omega$
Valley Current Limit	$V_{INTVCC} = 3.4\text{V}$	●	6	10	12	A
SW Leakage Current	$V_{IN} = 42\text{V}$ , $V_{SW} = 0\text{V}$ , 42V		-10	0.1	10	$\mu\text{A}$
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	●	0.94	1.0	1.06	V
EN/UV Pin Hysteresis				40		mV
EN/UV Pin Current	$V_{EN/UV} = 2\text{V}$		-20	1	20	nA
PG Upper Threshold Offset from $V_{FB}$	$V_{FB}$ Falling	●	6.5	9.0	11.5	%
PG Lower Threshold Offset from $V_{FB}$	$V_{FB}$ Rising	●	-6.5	-9.0	-11.5	%
PG Hysteresis				1.3		%
PG Leakage	$V_{PG} = 3.3\text{V}$		-40		40	nA
PG Pull-Down Resistance	$V_{PG} = 0.1\text{V}$	●		680	2000	$\Omega$
SYNC Threshold	SYNC Falling		0.7	1.0	1.4	V
	SYNC Rising		1.0	1.3	1.55	V
SYNC Pin Current	$V_{SYNC} = 2\text{V}$		-100		100	nA
TR/SS Source Current		●	1.4	2.1	2.7	$\mu\text{A}$
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, TR/SS = 0.1V			230		$\Omega$
Current Sense Voltage ( $V_{ISP-ISN}$ )	$V_{ICTRL} = 1.5\text{V}$ , $V_{ISN} = 3.3\text{V}$	●	48	50	52	mV
	$V_{ICTRL} = 1.5\text{V}$ , $V_{ISN} = 0\text{V}$	●	46	50.5	56	mV
	$V_{ICTRL} = 800\text{mV}$ , $V_{ISN} = 3.3\text{V}$	●	38	41	46	mV
	$V_{ICTRL} = 800\text{mV}$ , $V_{ISN} = 0\text{V}$	●	37	42	47	mV
	$V_{ICTRL} = 200\text{mV}$ , $V_{ISN} = 3.3\text{V}$	●	5	10	15	mV
	$V_{ICTRL} = 200\text{mV}$ , $V_{ISN} = 0\text{V}$	●	4	10.5	17	mV
IMON Monitor Pin Voltage	$V_{ISP-ISN} = 50\text{mV}$ , $V_{ISN} = 3.3\text{V}$	●	0.960	1.00	1.040	V
	$V_{ISP-ISN} = 50\text{mV}$ , $V_{ISN} = 0\text{V}$	●	0.890	0.99	1.09	V
	$V_{ISP-ISN} = 10\text{mV}$ , $V_{ISN} = 3.3\text{V}$	●	130	220	320	mV
	$V_{ISP-ISN} = 10\text{mV}$ , $V_{ISN} = 0\text{V}$	●	110	205	300	mV
ISP, ISN Pin Bias Current		●	-20		20	$\mu\text{A}$

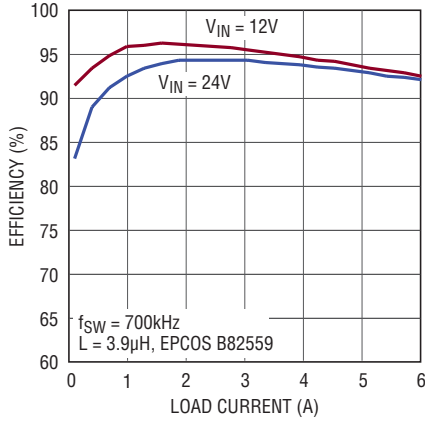
**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

**Note 2:** LT8613Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT8613Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度が高いと、動作寿命は短くなる。 $125^\circ\text{C}$ を超える接合部温度では動作寿命がディレイティングされる。

**Note 3:** このデバイスには過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能が動作しているとき接合部温度は $150^\circ\text{C}$ を超える。規定されている最大動作接合部温度を超えた状態で動作が継続すると、寿命が短くなる。

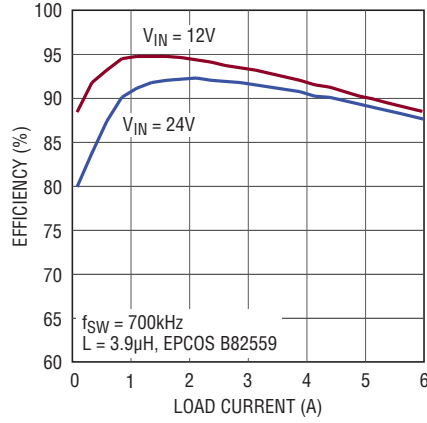
## 標準的性能特性

5V出力での効率



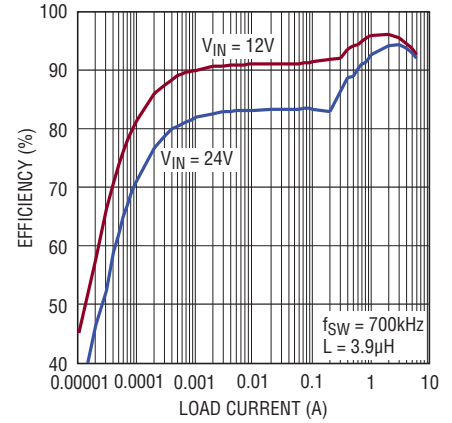
8613 G01

3.3V出力での効率



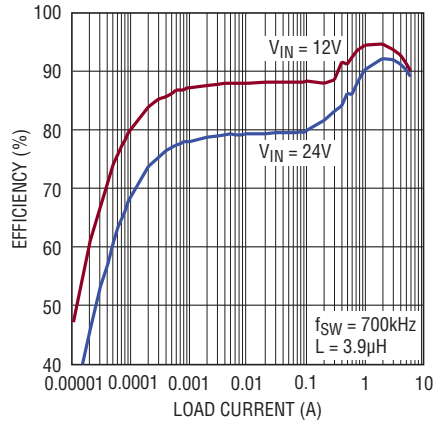
8613 G02

5V出力での効率



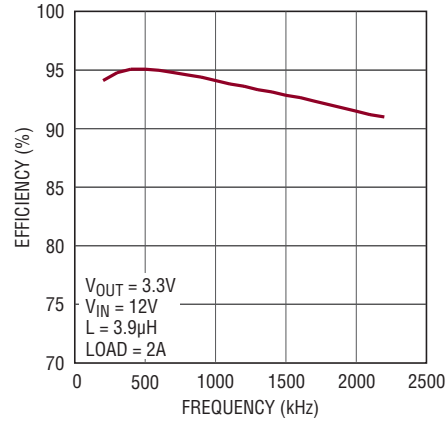
8613 G03

効率、VOUT = 3.3V



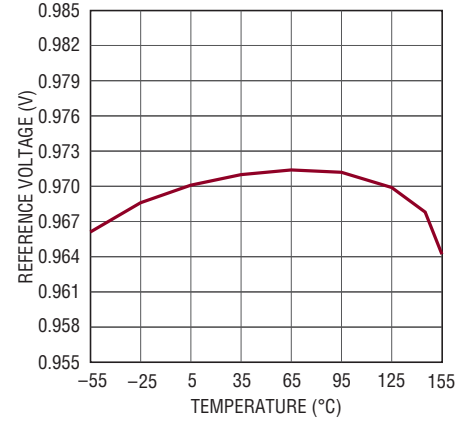
8613 G04

効率と周波数



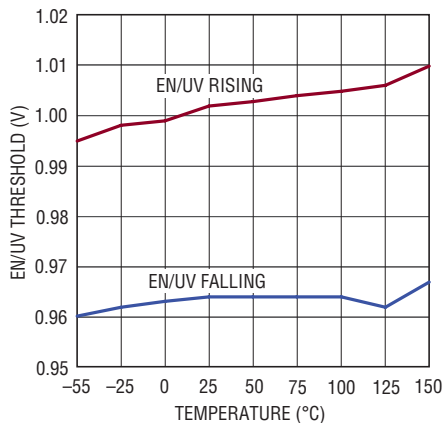
8613 G05

リファレンス電圧



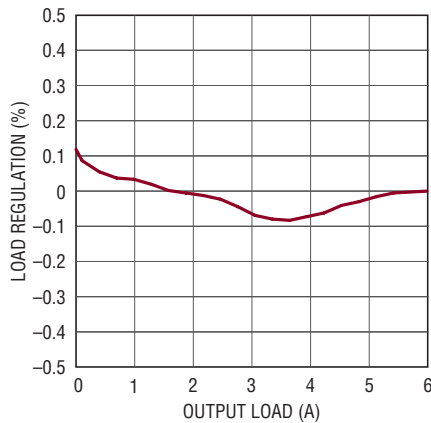
8613 G06

EN/UVピンのしきい値



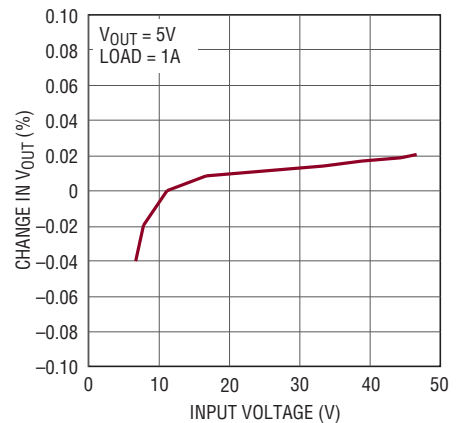
8613 G07

負荷レギュレーション



8613 G08

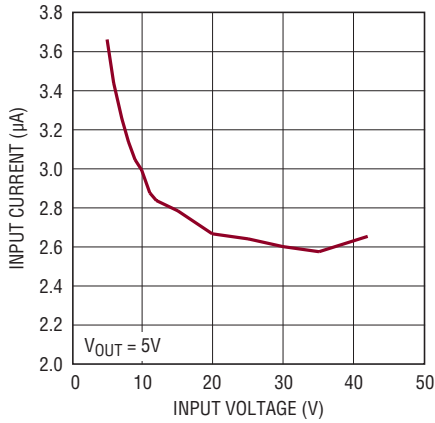
入力レギュレーション



8613 G09

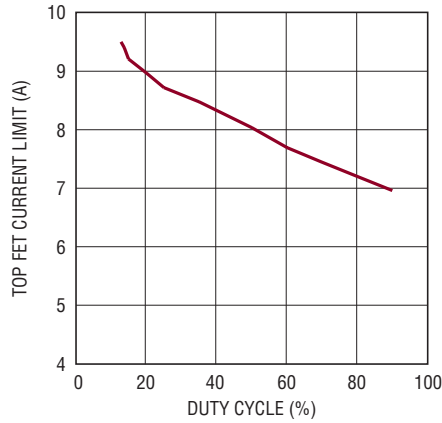
標準的性能特性

無負荷時電源電流



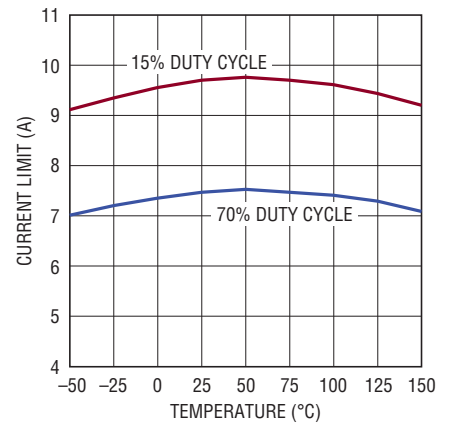
8613 G10

上側FETの電流制限と  
デューティ・サイクル



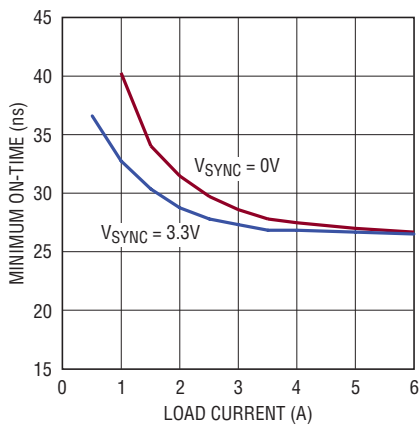
8613 G11

上側FETの電流制限



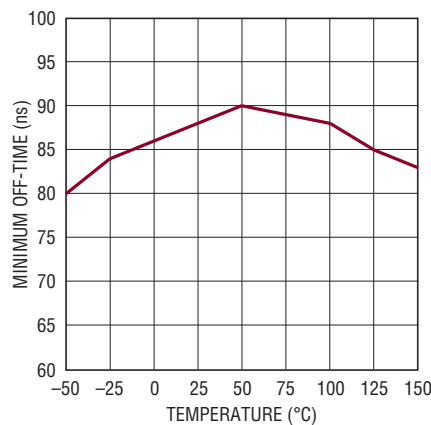
8613 G12

最小オン時間



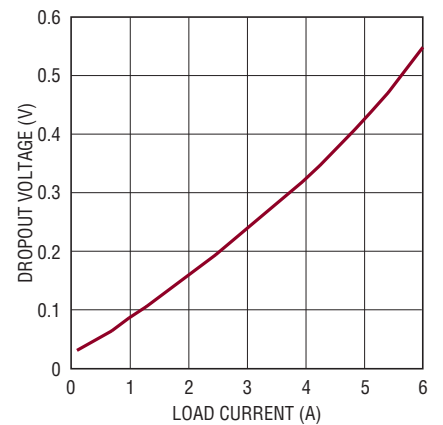
8613 G13

最小オフ時間



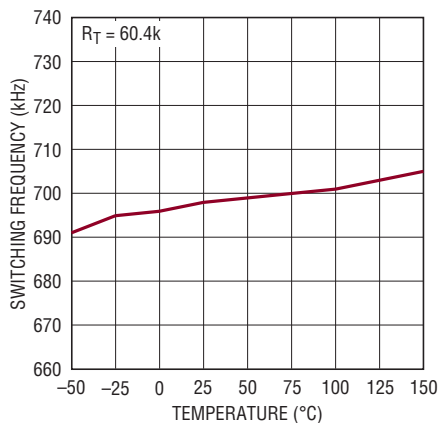
8613 G14

ドロップアウト電圧



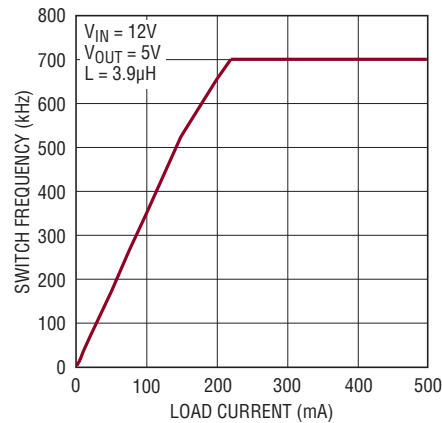
8613 G15

スイッチング周波数



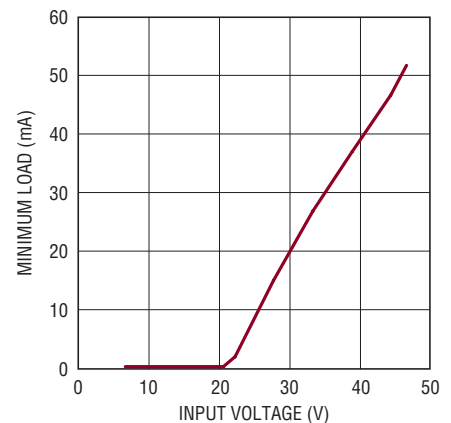
8613 G16

バースト周波数



8613 G17

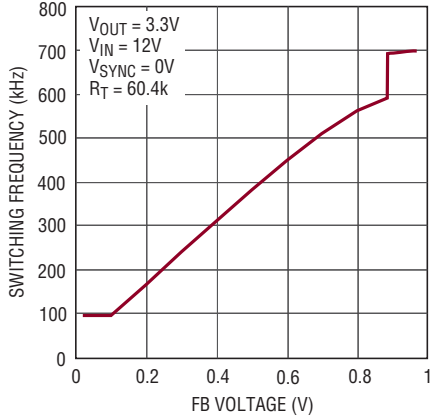
最大周波数に達する最小負荷  
(SYNCが“H”)



8613 G18

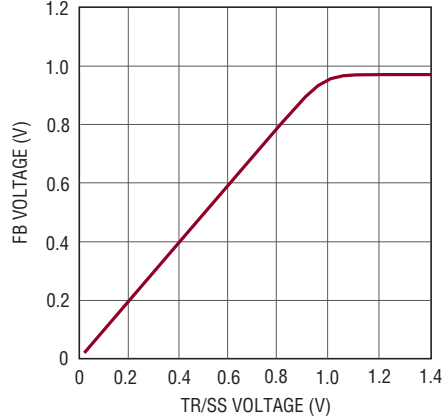
## 標準的性能特性

周波数フォールドバック



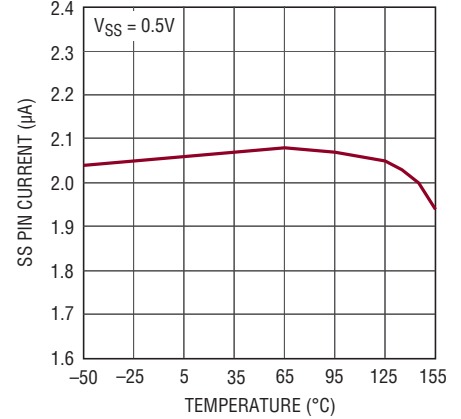
8613 G19

ソフトスタートおよび  
トラッキングの電圧



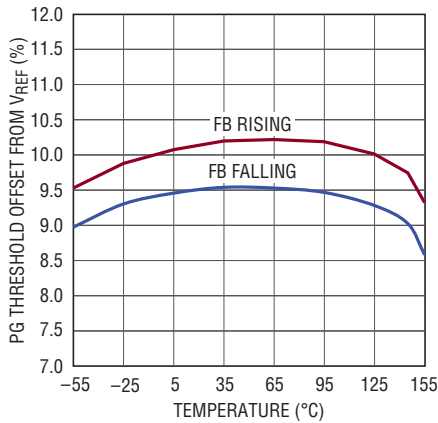
8613 G20

ソフトスタート・ピンの電流



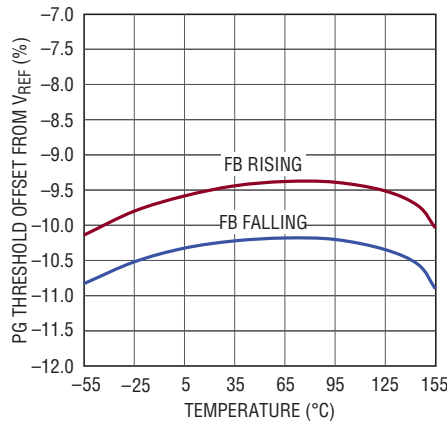
8613 G21

PGピンの“H”しきい値



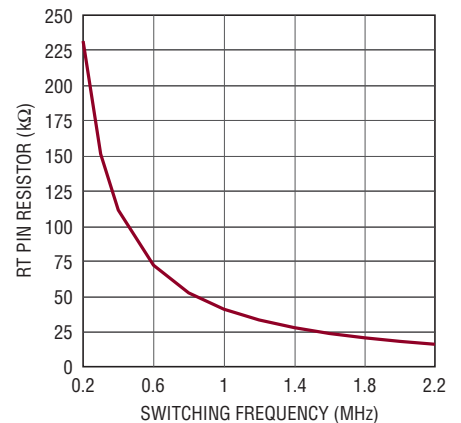
8613 G22

PGピンの“L”しきい値



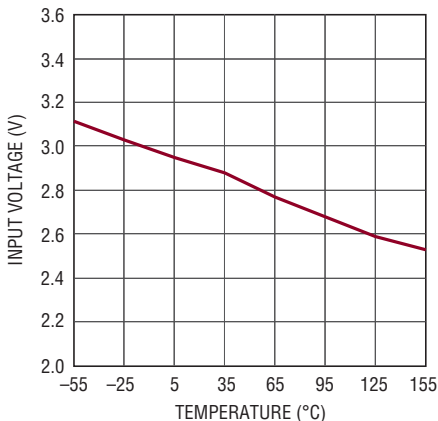
8613 G23

RTで設定したスイッチング周波数



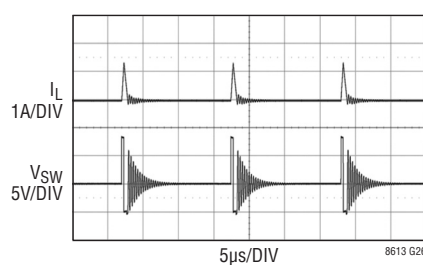
8613 G24

$V_{IN}$  UVLO



8613 G25

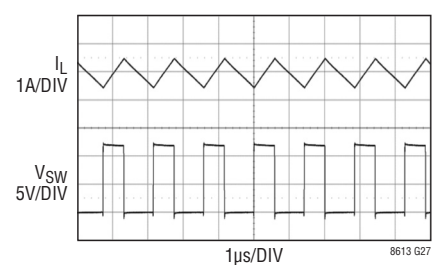
スイッチング波形



8613 G26

12V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub> AT 20mA; FRONT PAGE APP  
V<sub>SYNC</sub> = 0V

スイッチング波形

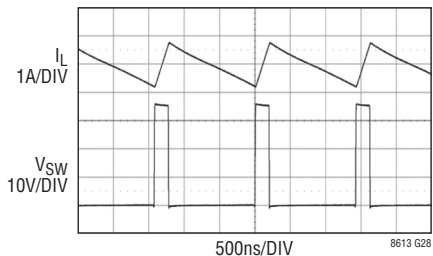


8613 G27

12V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub> AT 2A  
FRONT PAGE APP

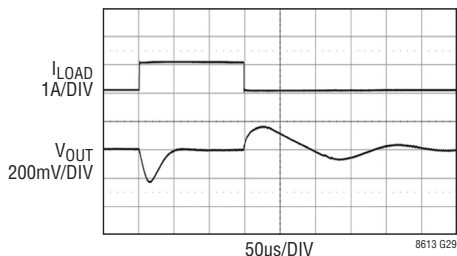
標準的性能特性

スイッチング波形



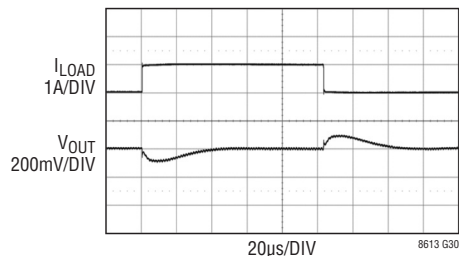
36V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub> AT 2A  
FRONT PAGE APP

トランジェント応答



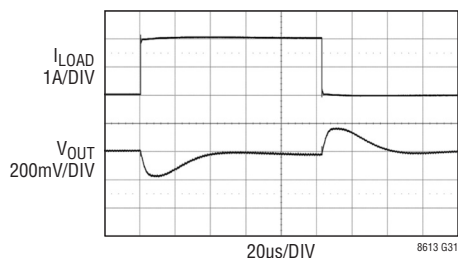
0.1A TO 1.1A TRANSIENT  
12V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub>  
C<sub>OUT</sub> = 2×47µF  
FRONT PAGE APP

トランジェント応答



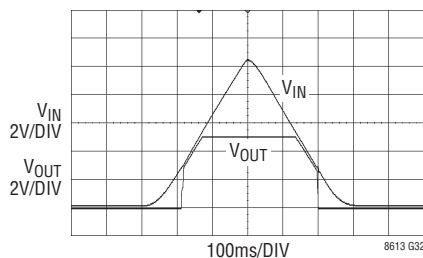
1A TO 2A TRANSIENT  
12V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub>  
C<sub>OUT</sub> = 2×47µF  
FRONT PAGE APP

トランジェント応答



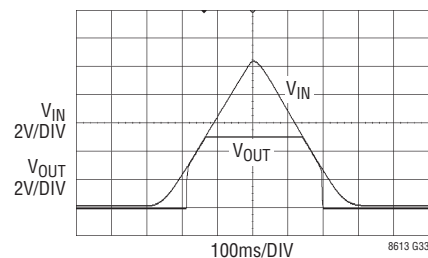
1A TO 3A TRANSIENT  
12V<sub>IN</sub> TO 5V<sub>OUT</sub>  
C<sub>OUT</sub> = 2×47µF  
FRONT PAGE APP

起動時のドロップアウト特性



2.5Ω LOAD  
(2A IN REGULATION)

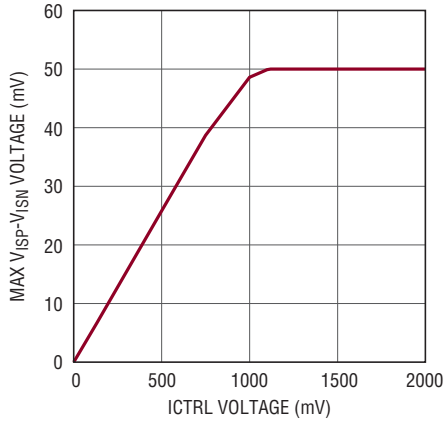
起動時のドロップアウト特性



20Ω LOAD  
(250mA IN REGULATION)

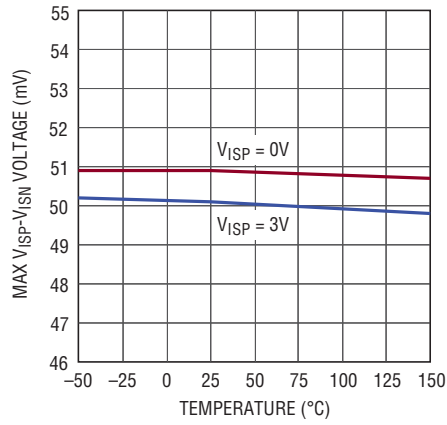
## 標準的性能特性

ICTRL ピンの電圧



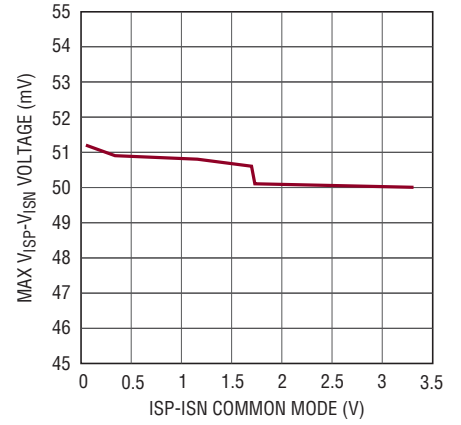
8613 G40

$V_{ISP-VISN}$  間の検出電圧



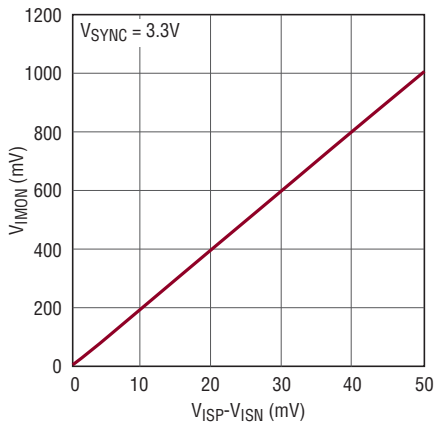
8613 G41

$V_{ISP-VISN}$  間の検出電圧



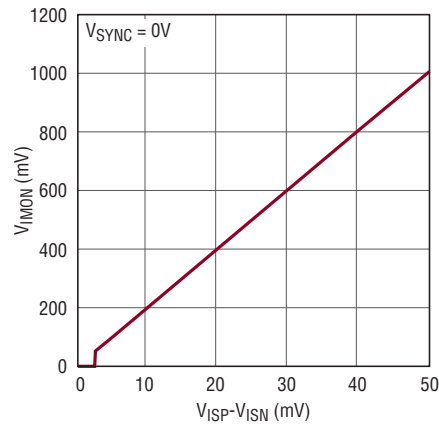
8613 G42

IMON ピンの電圧



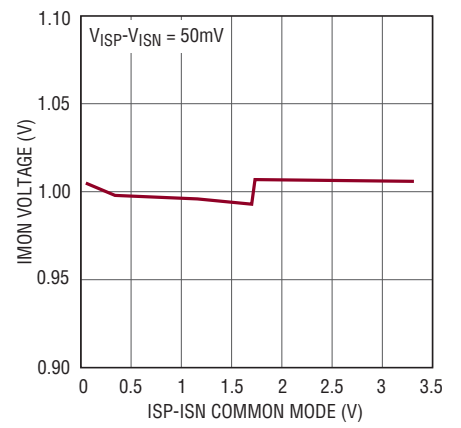
8613 G43

IMON ピンの電圧



8613 G44

IMON ピンの電圧



8613 G45



## ピン機能

**SYNC (ピン1)** : 外部クロックの同期入力。低出力負荷での低リップルBurst Mode動作では、このピンを接地します。外部クロックの周波数に同期させるには、クロック信号源に接続します。パルス・スキップ・モードにする場合は、3V以上のDC電圧を印加するか、INTV<sub>CC</sub>ピンに接続します。パルス・スキップ・モードでは、I<sub>Q</sub>が数百μAまで増加します。SYNCピンの電圧をDCで“H”にするか(外部クロックに)同期させると、周波数フォールドバックはディスエーブルされます。このピンはフロート状態にしないでください。

**TR/SS (ピン2)** : 出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用すると、起動時にユーザーが出力電圧の上昇速度を制御できます。TR/SSピンの電圧が0.97Vより低くなると、LT8613はFBピンの電圧をTR/SSピンの電圧と等しくなるように制御します。TR/SSピンの電圧が0.97Vより高くなると、トラッキング機能がディスエーブルされ、内部リファレンスによってエラーアンプの制御が再開されます。このピンにはINTV<sub>CC</sub>から2.2μAの内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサを接続して出力電圧のスルーレートを設定できます。このピンは、シャットダウン時およびフォルト状態では内部の230Ω MOSFETによってグラウンド電位になるので、低インピーダンス出力で駆動する場合は直列抵抗を使用してください。トラッキング機能が必要ない場合は、このピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

**RT (ピン3)** : RTピンとグラウンドの間に抵抗を接続して、スイッチング周波数を設定します。

**EN/UV (ピン4)** : LT8613は、このピンが“L”のときシャットダウン状態になり、このピンが“H”のときアクティブになります。ヒステリシスのあるしきい値電圧は上昇時1.00V、下降時0.96Vです。シャットダウン機能を使用しない場合は、V<sub>IN</sub>に接続してください。V<sub>IN</sub>からの外付け抵抗分割器を使って、その値を下回るとLT8613がシャットダウンするV<sub>IN</sub>しきい値を設定できます。

**V<sub>IN</sub> (ピン5、6、7)** : V<sub>IN</sub>ピンからはLT8613の内部回路と内蔵の上側パワー・スイッチに電流が供給されます。これらのピンは互いに接続し、短い距離でバイパスする必要があります。入力コンデンサの正端子はV<sub>IN</sub>ピンにできるだけ近づけて設置し、コンデンサの負端子はPGNDピンにできるだけ近づけて設置するようにしてください。

**PGND (ピン8、9、10)** : パワー・スイッチのグラウンド。これらのピンは内蔵の下側パワー・スイッチの帰路であり、互いに接続する必要があります。入力コンデンサの負端子はPGNDピンにできるだけ近くに配置してください。

**GND (ピン11、12、13、14)** : 露出パッドのGNDが最上層のGND銅パターンまで伸びて熱性能を向上することができるように、これらのピンはGNDに接続することを推奨します。

**SW (ピン15～19)** : SWピンは内部パワー・スイッチの出力です。これらのピンは互いに接続し、インダクタおよび昇圧コンデンサに接続します。優れた性能を得るため、プリント回路基板上でのこのノードの面積は小さくなるようにしてください。

**BST (ピン20)** : このピンは、入力電圧より高い駆動電圧を上側のパワー・スイッチに供給するために使用します。0.1μFの昇圧コンデンサをできるだけデバイスの近くに配置してください。

**INTV<sub>CC</sub> (ピン21)** : 内蔵の3.4Vレギュレータのバイパス・ピン。内部パワー・ドライバおよび制御回路はこの電圧から電力を供給されます。INTV<sub>CC</sub>の最大出力電流は20mAです。INTV<sub>CC</sub>ピンには外部回路による負荷をかけないでください。INTV<sub>CC</sub>の電流は、V<sub>BIAS</sub> > 3.1Vの場合はBIASピンから供給され、そうでない場合はV<sub>IN</sub>ピンから供給されます。V<sub>BIAS</sub>が3.0V～3.6Vの範囲の場合、INTV<sub>CC</sub>ピンの電圧は2.8V～3.4Vの範囲で変化します。このピンは、1μF以上の低ESRセラミック・コンデンサをデバイスの近くに配置して、電源グラウンドから分離してください。

**BIAS (ピン22)** : BIASが3.1Vより高い電圧に接続されていると、内部レギュレータにはV<sub>IN</sub>ではなくBIASから電流が流れます。3.3V以上の出力電圧の場合、このピンはV<sub>OUT</sub>に接続します。このピンをV<sub>OUT</sub>以外の電源に接続する場合、このピンに1μFのローカル・バイパス・コンデンサを接続します。

**PG (ピン23)** : PGピンは内部コンパレータのオープンドレイン出力です。PGはFBピンが最終レギュレーション電圧の±9%以内になるまで“L”のままであり、フォルト状態にはなりません。PGピンのレベルは、EN/UVピンの状態に関係なく、V<sub>IN</sub>ピンの電圧が3.4Vより高い場合に有効です。

**FB (ピン24)** : LT8613はFBピンの電圧を0.970Vに安定化します。帰還抵抗分割器のタップをこのピンに接続します。また、位相進みコンデンサをFBピンとV<sub>OUT</sub>の間に接続します。通常、このコンデンサの値は4.7pF～10pFです。

**ISP (ピン25)** : 電流検出(+)ピン。これは電流検出アンプの非反転入力です。

## ピン機能

**ISN (ピン26) :** 電流検出(-)ピン。これは電流検出アンプの反転入力です。

**IMON (ピン27) :** 電流に比例するモニタの出力。このピンでは、次式が成り立つように、ISPピンとISNピンの間の電圧を20倍した電圧が生成されます。

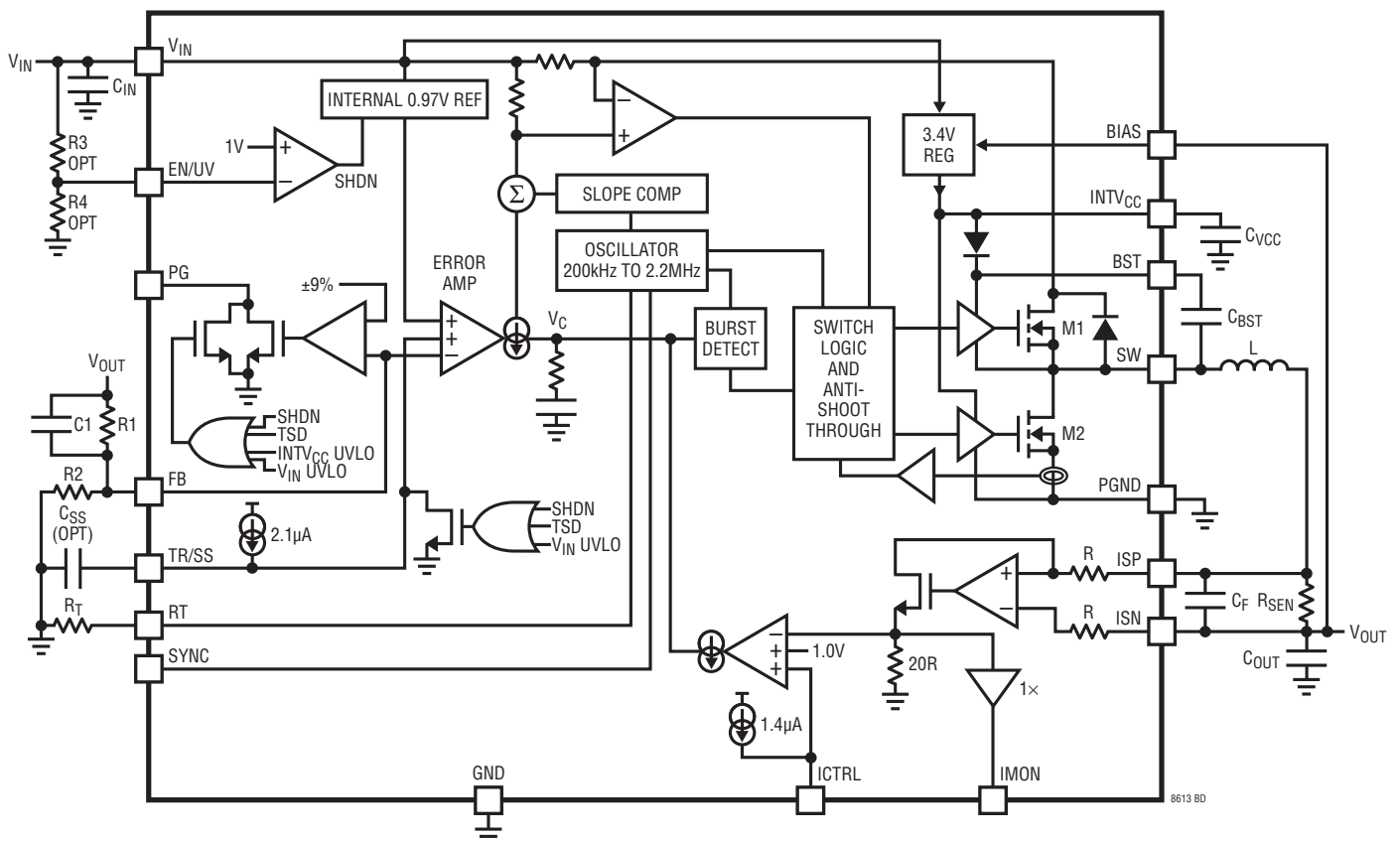
$$V_{IMON} = 20 \cdot (V_{ISP} - V_{ISN})$$

IMONピンでは、200 $\mu$ Aのソース電流と10 $\mu$ Aのシンク電流が可能です。IMONピンを使用しない場合は、フロート状態にしてください。

**ICTRL (ピン28) :** 電流調整ピン。ICTRLピンで調整するのは、LT8613の出力電流が減少する前の、ISP-ISNピン間電圧降下の最大値です。INTV<sub>CC</sub>に直接接続するか、フロート状態にしてフルスケールのISP-ISNピン間しきい値である50mVにするか、またはGND~1Vの範囲の電圧を印加して電流制限値を調整します。このピンには内部から1.4 $\mu$ Aのプルアップ電流が流れます。使用しない場合は、フロート状態にするか、INTV<sub>CC</sub>に接続してください。

**GND (露出パッド・ピン29) :** グランド。露出パッドは、入力コンデンサの負端子に接続し、熱抵抗を小さくするためにプリント回路基板に半田付けする必要があります。

## ブロック図



## 動作

LT8613はモノリシック、固定周波数、電流モードの降圧DC/DCコンバータです。RTピンに接続する抵抗を使用して周波数を設定する発振器により、各クロック・サイクルの開始時に内蔵の上側パワー・スイッチがオンします。次に、インダクタを流れる電流が増加して上側スイッチの電流コンパレータが作動し、上側のパワー・スイッチがオフします。上側スイッチがオフするときのピーク・インダクタ電流は、内部VCノードの電圧によって制御されます。エラーアンプは、 $V_{FB}$ ピンの電圧を0.97Vの内部リファレンスと比較することによってVCノードをサーボ制御します。負荷電流が増加すると、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、エラーアンプによってVCの電圧が上昇し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流に釣り合うまで上昇し続けます。上側パワー・スイッチがオフすると、同期パワー・スイッチがオンし、次のクロック・サイクルが始まるか、インダクタ電流が0に減少するまでオンのままになります。過負荷状態によって10Aを超える電流(谷電流)が下側スイッチに流れると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルは遅延します。

LT8613は、ISN、ISP、IMON、およびICTRLピンを使用した電流制御およびモニタリングのループを内蔵しています。ISP/ISNピンは外付けの検出抵抗両端の電圧をモニタしており、VCノードの電圧によって制御されるピーク・インダクタ電流を制限することにより、 $V_{ISP}-V_{ISN}$ が50mVを超えないようにします。電流検出アンプの入力(ISP/ISN)範囲は、入力電流、出力電流、またはその他のシステム電流をモニタして安定化できるように、レール・トゥ・レールになっています。IMONピンから出力されるグラウンド基準の電圧は、ISP-ISNピン間電圧の20倍に等しく、システム電流のモニタを目的としています。ICTRLピンは、ISP-ISNピン間の50mVという内部制限値を、電流制御ループの下側設定値に変更するときに使用できます。

EN/UVピンが“L”の場合、LT8613はシャットダウンし、入力から1 $\mu$ Aが流れます。EN/UVピンの電圧が1Vを超えると、スイッチング・レギュレータはアクティブになります。

軽負荷での効率を最適化するため、LT8613は軽負荷の状態ではBurst Modeで動作します。バーストとバーストの間は、出力スイッチの制御に関連したすべての回路がシャットダウンし、入力電源電流が1.7 $\mu$ Aに減少します。標準的なアプリケーションでは、無負荷で安定化しているとき入力電源から3 $\mu$ Aを消費します。Burst Mode動作を使用する場合はSYNCピンを“L”に接続します。SYNCピンをロジック“H”に接続すると、パルス・スキップ・モードを使用することができます。SYNCピンにクロックを入力すると、デバイスは外部クロックの周波数に同期し、パルス・スキップ・モードで動作します。パルス・スキップ・モードの間、発振器は連続して動作し、スイッチング波形の正の遷移がクロックに合わせられます。軽負荷時は、スイッチ・パルスがスキップされて出力が安定化され、静止電流は数百 $\mu$ Aになります。

あらゆる負荷にわたって効率を改善するため、BIASピンのバイアス電圧を3.3V以上にする場合は、内部回路に流れる電源電流をBIASピンから供給することができます。BIASピン電圧が3.3Vより低い場合は、 $V_{IN}$ からの電流が内部回路に流れます。LT8613の出力を3.3V以上に設定する場合は、BIASピンを $V_{OUT}$ に接続してください。

出力電圧が設定値から $\pm 9\%$ (標準)より大きく変化する場合や、フォルト状態が存在する場合は、FBピンの電圧をモニタするコンパレータによってPGピンは“L”になります。

FBピンの電圧が低いと、発振器はLT8613の動作周波数を下げます。この周波数フォールドバック機能により、起動時や過電流状態の間に出力電圧が設定値より低くなると、インダクタ電流を制御することができます。SYNCピンにクロックを入力するか、SYNCピンの状態をDC“H”に保持すると、周波数フォールドバックはディスエーブルされ、スイッチング周波数は過電流状態のときにのみ低下するようになります。

## アプリケーション情報

### 超低静止電流の達成

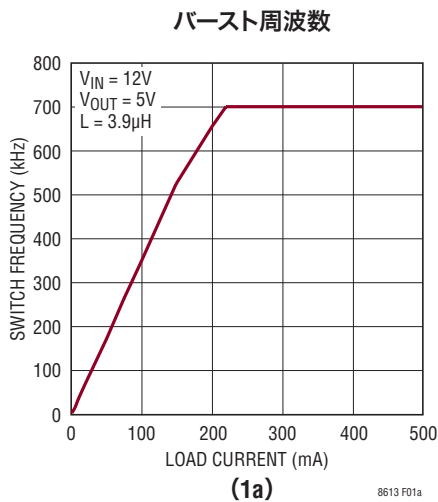
軽負荷での効率を上げるため、LT8613は低リップルのBurst Modeで動作し、入力静止電流と出力電圧リップルを最小に抑えながら、出力コンデンサを目的の出力電圧に充電した状態に保ちます。Burst Mode動作では、LT8613は単一の小電流パルスを出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が供給されます。スリープ・モード時にLT8613が消費する電流は1.7 $\mu$ Aです。

出力負荷が減少すると、単一電流パルスの周波数が低下し(図1aを参照)、LT8613がスリープ・モードで動作する時間の割合が高まるので、軽負荷での効率が標準的なコンバータよりもはるかに高くなります。パルス間の時間を最大にすると、出力負荷がない場合、標準的なアプリケーションでのコン

バータの静止電流は2.5 $\mu$ Aに近づきます。したがって、軽負荷時の静止電流の性能を最適化するには、帰還抵抗分割器の電流を最小限に抑える必要があります。この電流は負荷電流として出力に現れるからです。

Burst Mode動作時は上側スイッチの電流制限値が約1Aなので、図2に示すような出力電圧リップル波形が得られます。出力リップルは、出力容量を大きくするとそれに比例して減少します。負荷が0から次第に増加すると、それに応じてスイッチング周波数も増加しますが、図1aに示すように、RTピンに接続した抵抗で設定されるスイッチング周波数が上限です。LT8613が設定周波数に達する出力負荷は、入力電圧、出力電圧、およびインダクタをどう選択するかによって変わります。

アプリケーションによっては、LT8613がパルス・スキップ・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作と大きく異なる点が2つあるからです。1つ目は、クロックが常時動作していて、すべてのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。このモードでは、内部回路の多くが常時動作しているので、静止電流が数百 $\mu$ Aまで増加します。2つ目は、Burst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです(図1b参照)。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをロジック出力またはINTV<sub>CC</sub>ピンに接続して“H”レベルにします。SYNCピンにクロックを入力した場合にも、LT8613はパルス・スキップ・モードで動作するようになります。



最大周波数に達する最小負荷 (SYNCピンの電圧はDCで“H”)

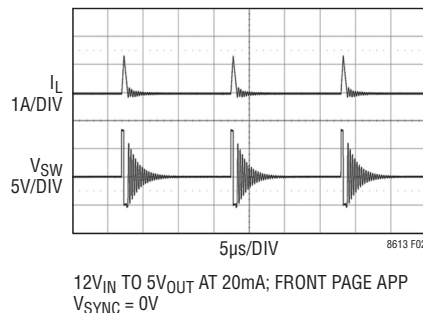
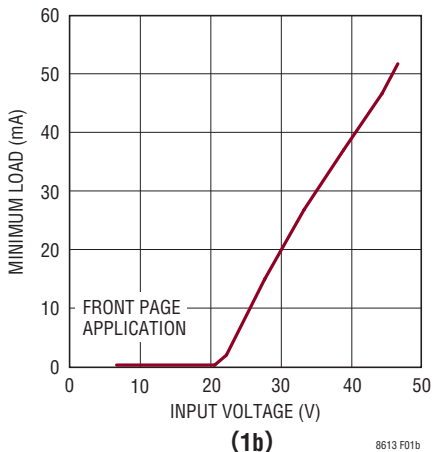


図2. Burst Mode動作

図1. Burst Mode動作(1a)およびパルススキップ・モード(1b)でのスイッチング周波数と負荷の情報



## アプリケーション情報

### FBピンの抵抗回路網

出力電圧は、出力とFBピンの間に接続した抵抗分割器を使用して設定します。次式に従って抵抗の値を選択します。

$$R1 = R2 \left( \frac{V_{OUT}}{0.970V} - 1 \right) \quad (1)$$

参照名については「ブロック図」を参照してください。出力電圧の精度を保つため、誤差1%の抵抗を推奨します。

入力静止電流を小さくして軽負荷時の効率を良好にする場合は、FBピンの抵抗分割器に大きな値の抵抗を使用します。分割器に流れる電流は負荷電流として機能し、コンバータへの無負荷時入力電流が増加します。この値は次のように概算されます。

$$I_Q = 1.7\mu A + \left( \frac{V_{OUT}}{R1 + R2} \right) \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \left( \frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

ここで、1.7μAはLT8613の静止電流、第2項は軽負荷時の効率がnのとき降圧動作の入力に反映される帰還抵抗分割器の電流です。R1 = 1M、R2 = 412kの3.3Vアプリケーションでは、帰還抵抗分割器に2.3μAが流れます。VIN = 12Vおよびn = 80%の場合は、1.7μAの静止電流に0.8μAが加わるので、12V電源から流れる無負荷時電流は2.5μAになります。この式は無負荷時電流がVINの関数であることを意味します。このグラフは「標準的性能特性」のセクションに示してあります。

大きなFB抵抗を使用する場合は、4.7pF～10pFの位相進みコンデンサをVOUTとFBピンの間に接続してください。

### スイッチング周波数の設定

LT8613では、RTピンとグラウンドの間に接続した1本の抵抗を使用して200kHz～2.2MHzの範囲でスイッチングするよう設定できる固定周波数のPWMアーキテクチャが採用されています。目的のスイッチング周波数に必要なRTの値を表1に示します。

目的のスイッチング周波数を得るために必要なRTの抵抗値は次式を使用して計算できます。

$$R_T = \frac{46.5}{f_{SW}} - 5.2 \quad (3)$$

ここで、RTの単位はkΩ、fswは目的のスイッチング周波数で単位はMHzです。

表1. スwitching周波数とRTの値

fsw (MHz)	RT (kΩ)
0.2	232
0.3	150
0.4	110
0.5	88.7
0.6	71.5
0.7	60.4
0.8	52.3
1.0	41.2
1.2	33.2
14	28.0
1.6	23.7
1.8	20.5
2.0	18.2
2.2	15.8

### 動作周波数の選択と交換条件

動作周波数の選択には、効率、部品サイズ、および入力電圧範囲の間の交換条件が存在します。高周波数動作の利点は、小さな値のインダクタとコンデンサを使用できることです。欠点は効率が低いことと、入力電圧範囲が狭いことです。

与えられたアプリケーションでの最大スイッチング周波数 (fsw(MAX)) は、次のように計算することができます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)} (V_{IN} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (4)$$

ここで、VINは標準入力電圧、VOUTは出力電圧、Vsw(TOP)とVsw(BOT)は内部スイッチの電圧降下(最大負荷でそれぞれ約0.4Vと約0.18V)、ton(MIN)はトップ・スイッチの最小オン時間です(「電気的特性」を参照)。この式は、高いVIN/VOUT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ことを示しています。

トランジェント動作では、RTの値に関係なく、VINが42Vの絶対最大定格まで上昇する可能性があります。LT8613では、必要に応じてスイッチング周波数を減少することにより、インダクタ電流の制御を維持して安全な動作を保証します。

## アプリケーション情報

LT8613は99%を超える最大デューティ・サイクルが可能であり、 $V_{IN}$ - $V_{OUT}$ 間のドロップアウト電圧は上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ で制限されます。このモードでは、LT8613はスイッチ・サイクルをスキップするので、スイッチング周波数はRTで設定した周波数よりも低くなります。

$V_{IN}/V_{OUT}$ 比が低いときに、設定スイッチング周波数からの偏差を許容できないアプリケーションの場合は、次式を使用してスイッチング周波数を設定します。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{1 - f_{SW} \cdot t_{OFF(MIN)}} - V_{SW(BOT)} + V_{SW(TOP)} \quad (5)$$

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ はスキップされたサイクルがない場合の最小入力電圧、 $V_{OUT}$ は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ および $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下(最大負荷時にそれぞれ約0.4V、約0.18V)、 $f_{SW}$ は(RTによって設定された)スイッチング周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間です。スイッチング周波数が高くなると、サイクル数を減少させて高いデューティ・サイクルを実現できる入力電圧の最小値が高くなることに注意してください。

### インダクタの選択と最大出力電流

LT8613は、アプリケーションの出力負荷要件に基づいてインダクタを選択できるようにすることで、ソリューション・サイズを最小限に抑えるよう設計されています。LT8613では、高速ピーク電流モード・アーキテクチャの採用により、過負荷状態または短絡状態のときに、インダクタが飽和した動作に支障なく耐えられます。

最初に選択するインダクタの値としては、次の値が適切です。

$$L = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \quad (6)$$

ここで、 $f_{SW}$ はスイッチング周波数(MHz)、 $V_{OUT}$ は出力電圧、 $V_{SW(BOT)}$ は下側スイッチの電圧降下(約0.18V)、 $L$ はインダクタの値( $\mu H$ )です。

過熱や効率低下を防ぐため、インダクタは、その実効値電流定格がアプリケーションの予想最大出力負荷より大きいものを選択する必要があります。さらに、(通常は $I_{SAT}$ と表示される)インダクタの飽和電流定格は、負荷電流にインダクタのリップル電流の1/2を加えた値より大きくなければなりません。

$$I_{L(PEAK)} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (7)$$

ここで、 $\Delta I_L$ は式9で計算されるインダクタのリップル電流、 $I_{LOAD(MAX)}$ は所定のアプリケーションの最大出力負荷です。

簡単な例として、4Aの出力を必要とするアプリケーションでは、実効値定格が4Aより大きく $I_{SAT}$ が5Aより大きいインダクタを使用します。過負荷状態または短絡状態が長時間に及ぶ場合は、インダクタの過熱を防ぐため、インダクタの実効値定格は大きくなります。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が $0.020\Omega$ より小さく、コア材が高周波アプリケーション向けのものにする必要があります。

LT8613は、スイッチとシステムを過負荷フォルトから保護するためにピーク・スイッチ電流を制限します。上側スイッチの電流制限値( $I_{LIM}$ )は、デューティ・サイクルが低いときは7.5A以上ですが、デューティ・サイクルが80%になると、直線的に減少して6Aになります。したがって、インダクタの値は目的の最大出力電流( $I_{OUT(MAX)}$ )を供給するのに十分な大きさにする必要があります。この電流は、スイッチ電流制限値( $I_{LIM}$ )およびリップル電流の関数です。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (8)$$

インダクタのピーク・トゥ・ピークのリップル電流は次のように計算できます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \quad (9)$$

ここで、 $f_{SW}$ はLT8613のスイッチング周波数で、 $L$ はインダクタの値です。したがって、LT8613が供給できる最大出力電流は、スイッチ電流制限値、インダクタの値、入力電圧、および出力電圧に依存します。目的のアプリケーションで使用されるスイッチング周波数と最大入力電圧が与えられているとき、インダクタのリップル電流が十分な最大出力電流( $I_{OUT(MAX)}$ )を許容しない場合は、インダクタの値を大きくする必要が生じる可能性があります。

特定のアプリケーションに最適なインダクタは、この設計ガイドで示されているものとは異なる場合があります。インダクタの値を大きくすると最大負荷電流が増加し、出力電圧リップルが減少します。必要な負荷電流が小さいアプリケーションでは、インダクタの値を小さくすることが可能であり、LT8613を大きいリップル電流で動作させることができます。このため、物理的に小さいインダクタを使用することや、DCRの小さいものを使用して効率を高めることができます。インダクタンスが小さいと不連続モード動作になることがあり、最大負荷電流がさらに減少するので注意してください。

## アプリケーション情報

最大出力電流と不連続動作の詳細については、リニアテクノロジーの「アプリケーションノート44」を参照してください。

最後に、デューティ・サイクルが50%を超える場合 ( $V_{OUT}/V_{IN} > 0.5$ ) は、低調波発振を防ぐためにインダクタンスを最小限に抑える必要があります。「アプリケーションノート19」を参照してください。

### 入力コンデンサ

LT8613回路の入力は、X7RタイプまたはX5Rタイプのセラミック・コンデンサを  $V_{IN}$  ピンとPGNDピンのできるだけ近くに配置してバイパスします。Y5Vタイプは、温度や印加される電圧が変化すると性能が低下するので使用しないでください。LT8613をバイパスするには10 $\mu$ Fのセラミック・コンデンサが適しており、リップル電流を容易に処理できます。低いスイッチング周波数を使用すると、大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力電源のインピーダンスが高いか、長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能の高くない電解コンデンサを使用することができます。

降圧レギュレータには、立ち上がり時間と立ち下がり時間が非常に短いパルス電流が入力電源から流れます。その結果として生じるLT8613での電圧リップルを減らし、周波数が非常に高いこのスイッチング電流を狭い範囲のループに押し込めてEMIを最小限に抑えるためには、入力コンデンサが必要です。10 $\mu$ Fのコンデンサをこの用途に使用できますが、LT8613の近くに配置できる場合に限りです（「プリント回路基板のレイアウト」のセクションを参照）。セラミックの入力コンデンサに関する2つ目の注意点は、LT8613の最大入力電圧定格に関することです。セラミックの入力コンデンサは、トレースやケーブルのインダクタンスと結合して、質の良い（減衰の小さな）タンク回路を形成します。LT8613の回路を通電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じてLT8613の電圧定格を超える恐れがあります。この状況は簡単に回避できます（リニアテクノロジーの「アプリケーションノート88」を参照）。

### 出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサには2つの基本的な機能があります。出力コンデンサは、インダクタとともに、LT8613が発生する方形波をフィルタに通してDC出力を生成します。この機能では出力コンデンサが出力リップルを決定するので、スイッチング周波数でのインピーダンスが低いことが重要です。2番目の機能は、トランジェント負荷に電流を供給してLT8613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。セラミック・コンデンサの等価直列抵抗(ESR)は非常に小さいため、最良のリップル性能が得られます。出発点にふさわしい値については、「標準的応用例」のセクションを参照してください。

X5RまたはX7Rのタイプを使用してください。この選択により、出力リップルが小さくなり、トランジェント応答が良くなります。大きな値の出力コンデンサを使用し、 $V_{OUT}$ とFBピンの間にフィードフォワード・コンデンサを追加することにより、トランジェント性能を改善することができます。また、出力容量を大きくすると出力電圧リップルが減少します。値の小さい出力コンデンサを使用すればスペースとコストを節約できますが、トランジェント性能が低下し、ループが不安定になる可能性があります。コンデンサの推奨値については、このデータシートの「標準的応用例」を参照してください。

コンデンサを選択するときには、データシートに特に注意して、電圧バイアスと温度の該当する動作条件での実効容量を計算してください。物理的に大きなコンデンサまたは電圧定格が高いコンデンサが必要なことがあります。



## アプリケーション情報

### イネーブル・ピン

LT8613は、ENピンが“L”のときシャットダウン状態になり、ENピンが“H”のときアクティブになります。ENコンパレータの上昇時しきい値は1.0Vで、40mVのヒステリシスがあります。ENピンは、シャットダウン機能を使用しない場合にはV<sub>IN</sub>に接続できます。シャットダウン制御が必要な場合は、ロジック・レベルに接続できます。

抵抗分割器をV<sub>IN</sub>とENピンの間に追加すると、LT8613は、V<sub>IN</sub>が目的の電圧より高くなった場合にのみ出力を安定化するように設定されます(「ブロック図」を参照)。通常、このしきい値(V<sub>IN(EN)</sub>)は、入力電源が電流制限されているか、または入力電源のソース抵抗が比較的高い状況で使用されます。スイッチング・レギュレータは電源から一定の電力を引き出すため、電源電圧が低下するにつれ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、電源電圧が低い状態では、電源が電流を制限するか、または低電圧にラッチする原因になることがあります。V<sub>IN(EN)</sub>しきい値は、これらの問題が発生する恐れのある電源電圧でレギュレータが動作するのを防ぎます。このしきい値は、次式を満足するようにR3とR4の値を設定することにより調整することができます。

$$V_{IN(EN)} = \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) \cdot 1.0V \quad (10)$$

この場合は、V<sub>IN</sub>がV<sub>IN(EN)</sub>を超えるまでLT8613はオフのままです。コンパレータのヒステリシスのため、入力がV<sub>IN(EN)</sub>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。

軽負荷電流に対してBurst Modeで動作しているとき、V<sub>IN(EN)</sub>の抵抗回路網を流れる電流はLT8613が消費する電源電流より簡単に大きくなる場合があります。したがって、V<sub>IN(EN)</sub>の抵抗を大きくして軽負荷での効率に対する影響を最小限に抑えてください。

### 電流制御ループ

LT8613は、出力電圧の安定化機能のほかに、「標準的応用例」のセクションに示すように、入力または出力の平均電流制限値を設定するための電流レギュレーション・ループを備えています。

LT8613は、ISPピンおよびISNピンを使用して、外付けの電流検出抵抗両端の電圧降下を測定します。この抵抗は、出力電流を検出するためにインダクタと出力コンデンサの間に接続

することも、入力電流を検出するためにV<sub>IN</sub>のバイパス・コンデンサと入力電源の間に接続することもできます。電流レギュレーション・ループは、ISP-ISNピン間の平均電圧が50mVを超えないように、内部スイッチ電流制限値をサイクルごとに調整します。

正確に動作させるために、ISNピンとISPピンに加わる信号のピーク・トゥ・ピークのリップルが30mVより小さくなるように注意を払い、フィルタを使用する必要があります。DC/DCレギュレータの入力電流など、波高率の高い電流波形に加えて、検出抵抗の両端に高いリップル電圧が発生するもう1つの原因は、過度の抵抗ESLです。通常、この問題は、小さなセラミック・コンデンサを検出抵抗と並列に接続するか、ISPピンとISNピンの間にフィルタ回路網を使用すれば解決します。

ICTRLピンを使用すると、図3に示すように、ICTRLピンの電圧を1Vから0Vまで徐々に下げるのに応じて、ISP-ISNピン間の電圧設定値を50mVから0mVまで直線的に制御できます。この機能を使用しない場合、ICTRLピンはINTV<sub>CC</sub>ピンに接続するか、フロート状態にしておくことができます。さらに、コンデンサを接続してソフトスタート機能を実現できるように、ICTRLピンの内部には2μAのプルアップ電流源があります。

IMONピンは、電流検出抵抗の両端に生じる電圧に比例した電圧出力で、図4に示すようにV<sub>IMON</sub> = 20 • (ISP-ISN)となります。この出力を使用すると、LT8613の入力電流または出力電流をモニタできます。あるいは、この出力をA/Dコンバータの入力にして処理を継続することもできます。

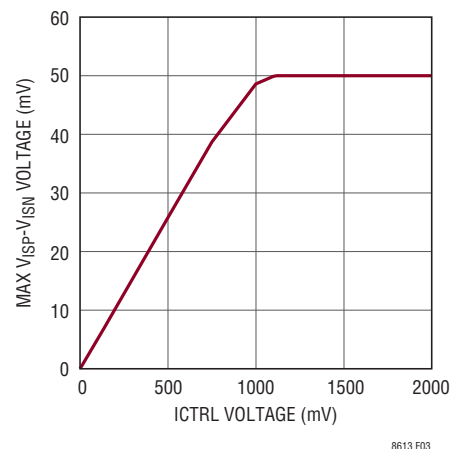


図3. LT8613の検出電圧とICTRLピンの電圧



## アプリケーション情報

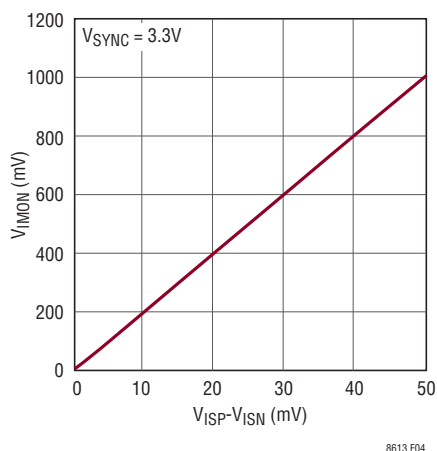


図4. LT8613の検出電圧とIMONピンの電圧

INTV<sub>CC</sub>レギュレータ

内部の低ドロップアウト(LDO)レギュレータは、 $V_{IN}$ を基にして、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給する3.4V電源を生成します。INTV<sub>CC</sub>は、LT8613の回路に十分な電流を供給可能であり、1 $\mu$ F以上のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする必要があります。パワーMOSFETのゲート・ドライバが必要とする大量のトランジェント電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。効率を向上するため、BIASピンの電圧が3.1V以上の場合は、内蔵のLDOによってBIASピンから電流を流すこともできます。通常、BIASピンはLT8613の出力に接続できますが、3.3V以上の外部電源に接続してもかまいません。BIASピンを $V_{OUT}$ 以外の電源に接続する場合は、デバイスの近くにセラミック・コンデンサを接続してバイパスするようにしてください。BIASピンの電圧が3.0Vより低い場合は、 $V_{IN}$ から流れる電流が内蔵のLDOによって消費されます。入力電圧が高く、スイッチング周波数が高いアプリケーションで、 $V_{IN}$ からの電流が内蔵のLDOに流れ込むアプリケーションでは、LDOでの電力損失が大きいためダイ温度が上昇します。INTV<sub>CC</sub>ピンには外部負荷を接続しないでください。

## 出力電圧トラッキングとソフトスタート

ユーザーはLT8613のTR/SSピンによってその出力電圧の上昇率を設定することができます。内蔵の2.2 $\mu$ A電流源により、TR/SSピンの電圧はINTV<sub>CC</sub>になります。外付けコンデンサをTR/SSピンに接続すると、出力をソフトスタートさせて入力電源の電流サージを防ぐことができます。ソフトスタート・ランプ

の間、出力電圧はTR/SSピンの電圧に比例して追従します。出力トラッキング・アプリケーションでは、別の電圧源によってTR/SSピンを外部から駆動することができます。0V～0.97Vの範囲では、エラーアンプに入力される0.97Vの内部リファレンスよりTR/SSピンの電圧の方が優先されるので、FBピンの電圧はTR/SSピンの電圧に安定化されます。TR/SSピンの電圧が0.97Vより高くなるとトラッキングはディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧に安定化されるようになります。この機能が不要な場合は、TR/SSピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

TR/SSピンにはアクティブなプルダウン回路が接続されています。この回路は、フォルト状態が発生すると外付けのソフトスタート・コンデンサを放電し、フォルト状態が解消すると電圧の上昇を再開します。ソフトスタート・コンデンサが放電されるフォルト状態になるのは、EN/UVピンが“L”へ遷移した場合、 $V_{IN}$ の電圧が低下しすぎた場合、またはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

## 出力パワーグッド

LT8613の出力電圧がレギュレーション点の $\pm 9\%$ の範囲内(つまり、 $V_{FB}$ の電圧が0.883V～1.057V(標準)の範囲内)にある場合、出力電圧は良好な状態であるとみなされ、オープンドレインのPGピンは高インピーダンスになり、通常は外付け抵抗によって“H”になります。そうでない場合は、内部のプルダウン・デバイスにより、PGピンは“L”になります。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側のしきい値には、どちらも1.3%のヒステリシスが含まれています。

PGピンは、以下のフォルト状態の間も自動的に“L”になります。それは、EN/UVピンの電圧が1Vより低い、INTV<sub>CC</sub>が低下しすぎている、 $V_{IN}$ が低すぎる、サーマル・シャットダウンが発生しているというフォルト状態です。

## 同期

低リップルのBurst Mode動作を選択するには、SYNCピンを0.4Vより低い電圧に接続します(これはグラウンドまたはロジック“L”の出力のいずれでもかまいません)。LT8613の発振器を外部周波数に同期させるには、(デューティ・サイクルが20%～80%の)方形波をSYNCピンに接続します。方形波の振幅には、0.4Vより低い谷と2.4Vより高い山(最大6V)が必要です。

## アプリケーション情報

LT8613は外部クロックに同期しているときは低出力負荷でBurst Mode動作に入らず、代わりにパルスをスキップしてレギュレーションを維持します。LT8613は200kHz～2.2MHzの範囲にわたって同期させることができます。 $R_T$ 抵抗は、LT8613のスイッチング周波数を最低同期入力以下に設定するように選択します。たとえば、同期信号が500kHz以上になる場合は、(スイッチング周波数が)500kHzになるように $R_T$ を選択します。スロープ補償は $R_T$ の値によって設定され、低調波発振を防ぐのに必要な最小スロープ補償はインダクタのサイズ、入力電圧、および出力電圧によって決まります。同期周波数はインダクタの電流波形のスロープを変えないので、インダクタが $R_T$ で設定される周波数での低調波発振を防ぐのに十分な大きさであれば、スロープ補償は全同期周波数で十分です。

アプリケーションによっては、LT8613がパルス・スキップ・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作と大きく異なる点が2つあるからです。1つ目は、クロックが常時動作していて、すべてのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。2つ目は、Burst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです。これら2つの違いが生じる代償として、静止電流が増加します。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをロジック出力またはINTVCCピンに接続して“H”レベルにします。

LT8613は、SYNCピンの信号には関係なく、強制連続モードでは動作しません。SYNCピンは決してフロート状態にはしないでください。

### 短絡入力と逆入力に対する保護

LT8613は、出力の短絡に耐えることができます。出力短絡状態や出力電圧低下状態時の保護のため、いくつかの機能が使用されています。1つ目は、インダクタ電流制御を維持するために、出力が設定値より低い間はスイッチング周波数が折り返されることです。2つ目は、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合は、インダクタ電流が安全なレベルに減少する時点まで上側スイッチのスイッチングが遅れるように、下側スイッチの電流がモニタされることです。

周波数フォールドバック動作は、以下に示すようにSYNCピンの状態に依存します。SYNCピンが“L”の場合は、スイッチング周波数が低下すると同時に、出力電圧が設定レベルより低くなります。SYNCピンをクロック信号源または“H”に接続すると、LT8613は設定周波数に留まってフォールドバックは発生せず、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合にのみスイッチング速度を低下させます。

LT8613に入力が加わっていないときに出力が高く保たれるシステムでは、考慮すべき状況がもう1つあります。その状況が発生する可能性があるのは、バッテリーや他の電源がLT8613の出力とダイオードOR接続されている、バッテリー充電アプリケーションやバッテリー・バックアップ・システムです。 $V_{IN}$ ピンをフロート状態にすることができる場合で、ENピンが(ロジック信号によって、あるいは $V_{IN}$ に接続されているために)“H”に保持されていると、LT8613の内部回路にSWピンを介して静止電流が流れます。このことは、システムがこの状態で数 $\mu A$ に耐えられる場合は許容できます。ENピンを接地している場合、SWピンの電流は $1\mu A$ 近くまで減少します。ただし、出力を高く保持した状態で $V_{IN}$ ピンを接地すると、ENピンの状態に関係なく、出力からSWピンおよび $V_{IN}$ ピンを通して、LT8613内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れる可能性があります。入力電圧が印加されている場合にのみLT8613が動作し、短絡入力や逆入力に対しては保護する $V_{IN}$ ピンとEN/UVピンの接続を図5に示します。

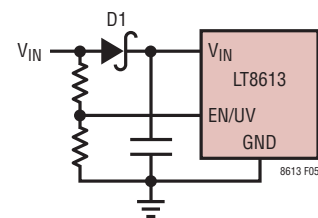


図5. 逆入力電圧保護

## アプリケーション情報

### プリント回路基板のレイアウト

適切に動作させ、EMIを最小にするには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。推奨部品配置と、トレース、グラウンド・プレーン、およびビアの位置を図6に示します。LT8613のV<sub>IN</sub>ピン、PGNDピン、および入力コンデンサ(C1)に大量のスイッチング電流が流れることに注意してください。入力コンデンサによって形成されるループは、入力コンデンサをV<sub>IN</sub>ピンおよびPGNDピンの近くに配置することにより、できるだけ小さくしてください。物理的に大きな入力コンデンサを使用すると、形成されるループが大きくなりすぎる可能性があります。この場合には、筐体/値の小さいコンデンサをV<sub>IN</sub>ピンおよびPGNDピンの近くに配置して、大型のコンデンサを遠くに配置することを推奨します。これらの部品に加えて、インダクタおよび出力コンデンサは回路基板の同じ側に配置し、その層で接続を行うようにしてください。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下には、デバイス付近にある切れ目のないグラウンド・プレーンを配置します。SWノードとBOOSTノードはできるだけ小さくします。最後に、グラウンド・トレースがSWノードとBOOSTノードからFBノードとRTノードをシールドするように、FBノードとRTノードは小さく保ちます。パッケージ底面の露出パッドは、電気的にはグラウンドに接続され、熱的にはヒートシンクとして機能するように、グラウンドに半田付けする必要があります。熱抵抗を小さく保つには、グラウンド・プレーンをできるだけ広げ、LT8613の下や近くから回路基板内および裏側の追加グラウンド・プレーンまでサーマル・ビアを追加します。

### 高温に関する検討事項

周囲温度が高めの場合は、プリント回路基板のレイアウトに注意して、LT8613が十分放熱できるようにします。パッケージ底面の露出パッドはグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。このグラウンドは、サーマル・ビアを使用して、下にある広い銅層に接続してください。これらの層は、LT8613が発生する熱を放散します。ビアを追加すると、熱抵抗をさらに減らすことができます。周囲温度が最大接合部温度の定格に近づくと、最大負荷電流をデレーティングします。LT8613内

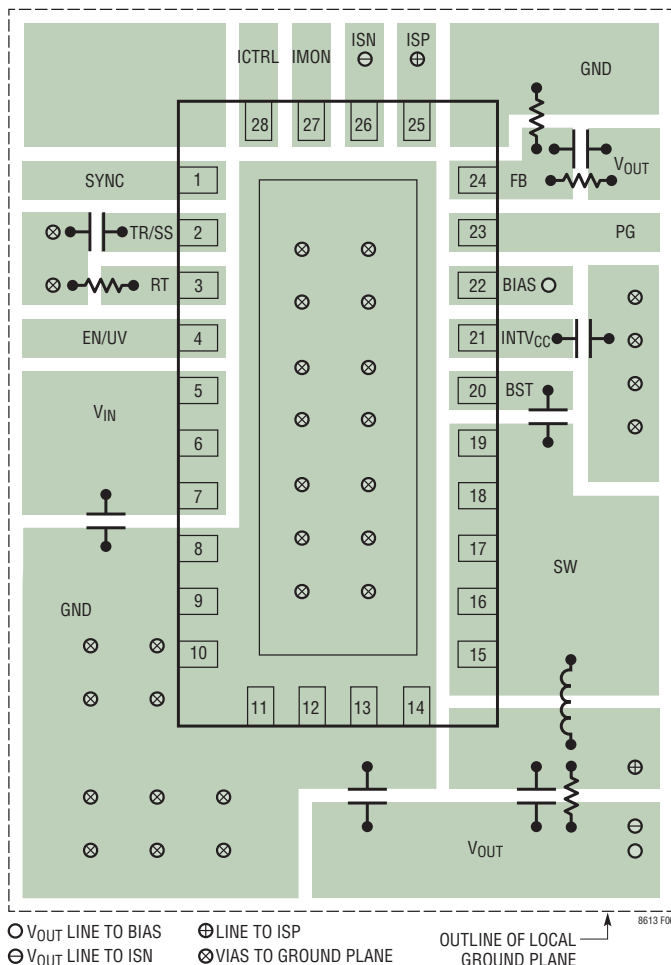
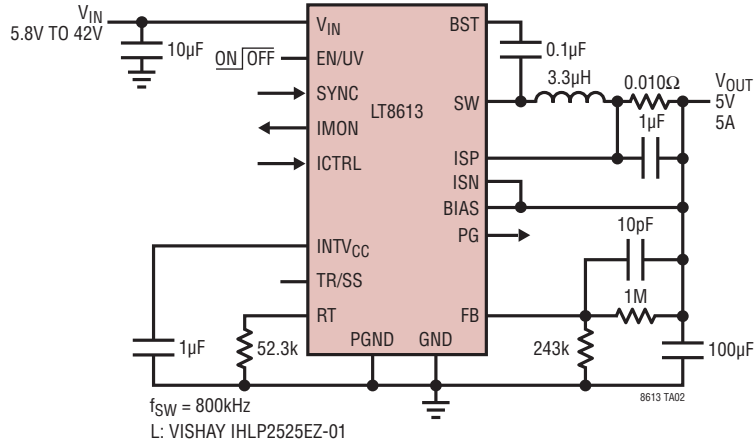


図6. LT8613のプリント回路基板推奨レイアウト

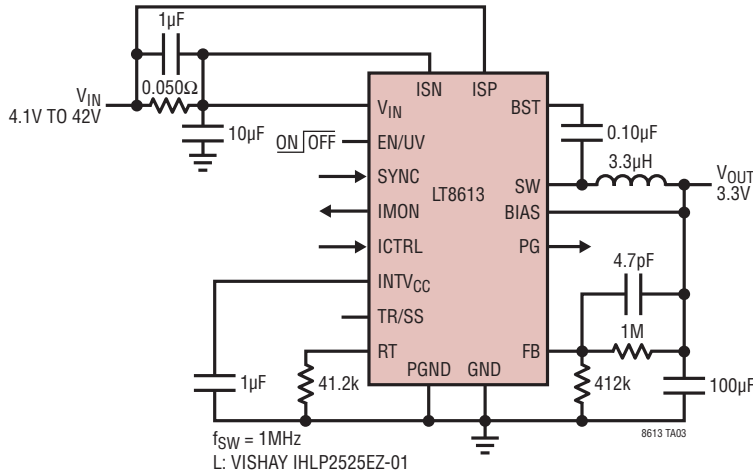
部の電力損失は、効率の測定結果から全電力損失を計算し、それからインダクタの損失を減じることによって推定することができます。ダイ温度は、LT8613の電力損失に、接合部から周囲までの熱抵抗を掛けて計算します。LT8613は、安全な接合部温度を超えると、スイッチングを停止してフォルト状態を示します。

## 標準的応用例

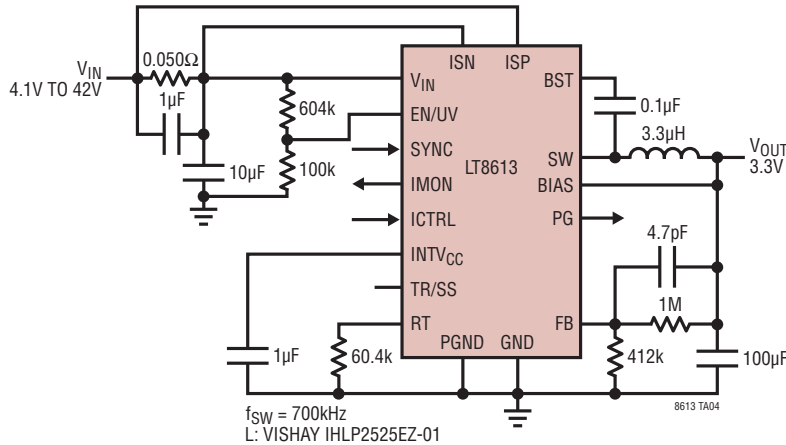
出力電流制限値が5Aの5V降圧コンバータ



入力電流制限値が1Aの3.3V降圧コンバータ

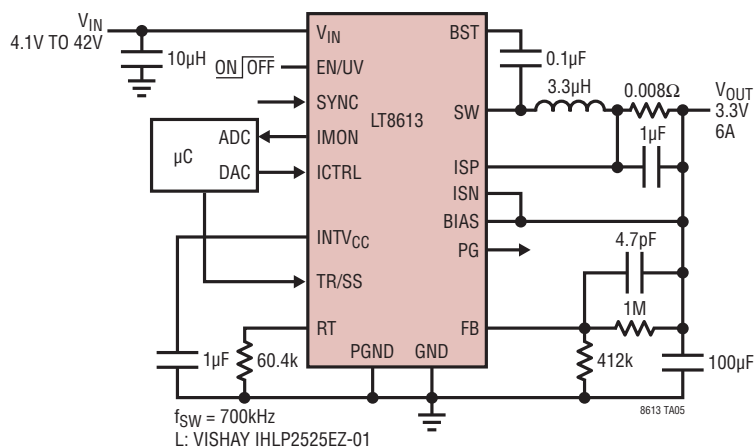


入力電流制限値が1Aで入力低電圧ロックアウトが7Vの3.3V降圧コンバータ

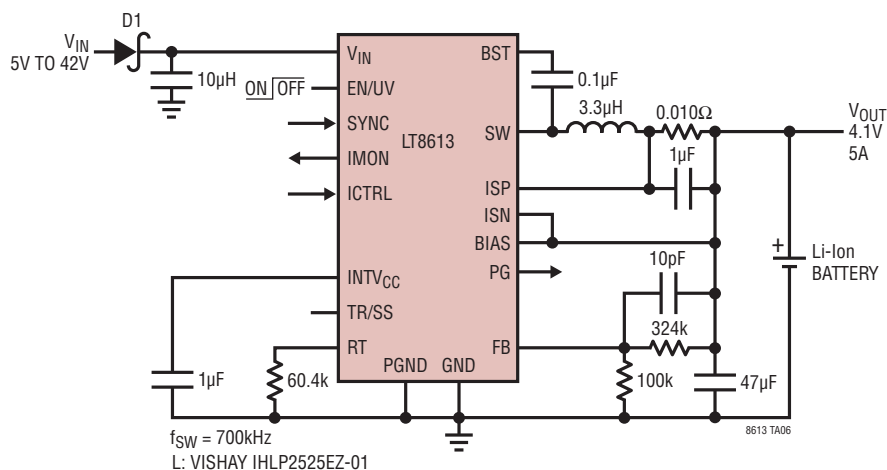


標準的応用例

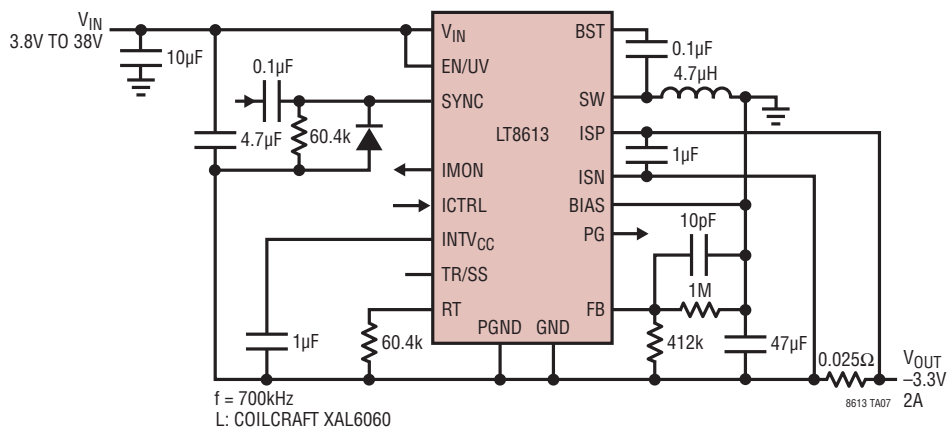
デジタル制御の電流源 / 電圧源



CCCV バッテリ・チャージャ

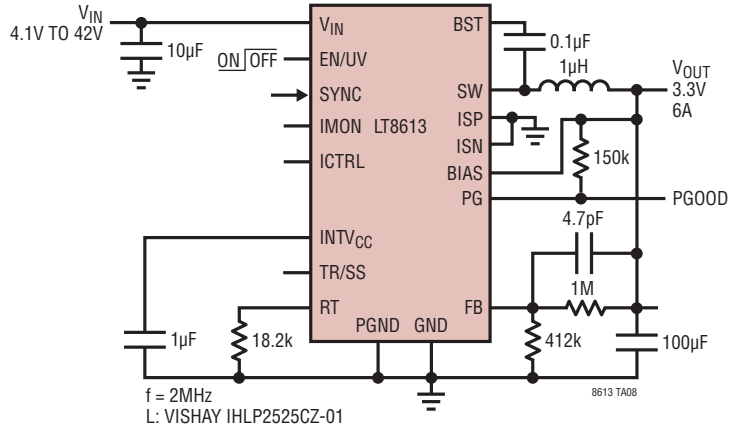


出力電流制限値が2Aの-3.3V負電圧コンバータ

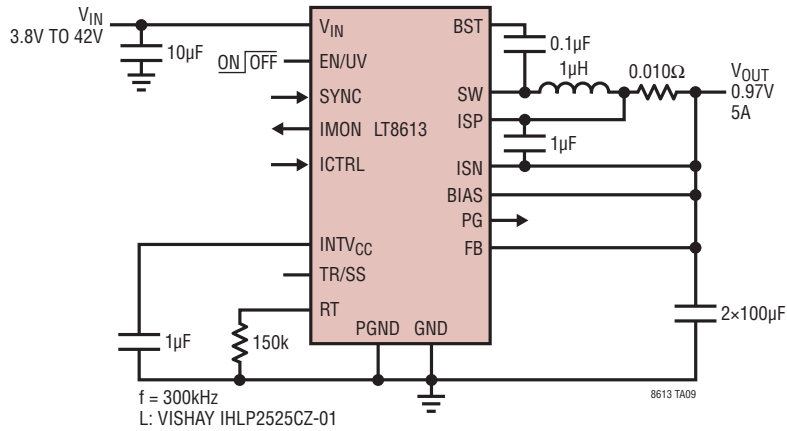


## 標準的応用例

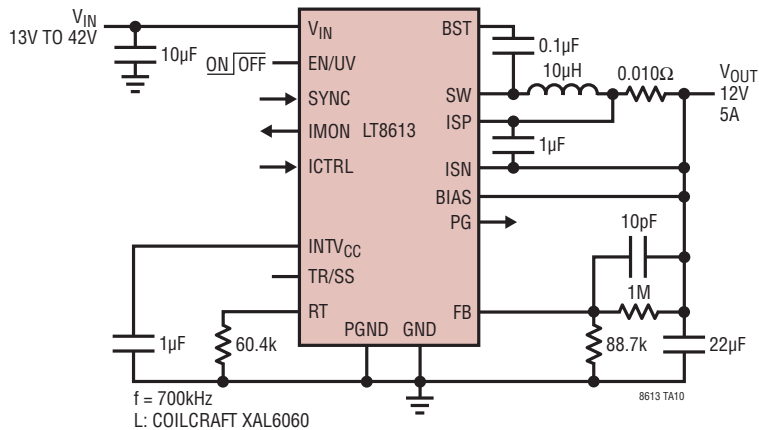
パワーグッド出力があり電流検出機能がない2MHz、3.3V降圧コンバータ



出力電流制限値が5Aの1V降圧コンバータ



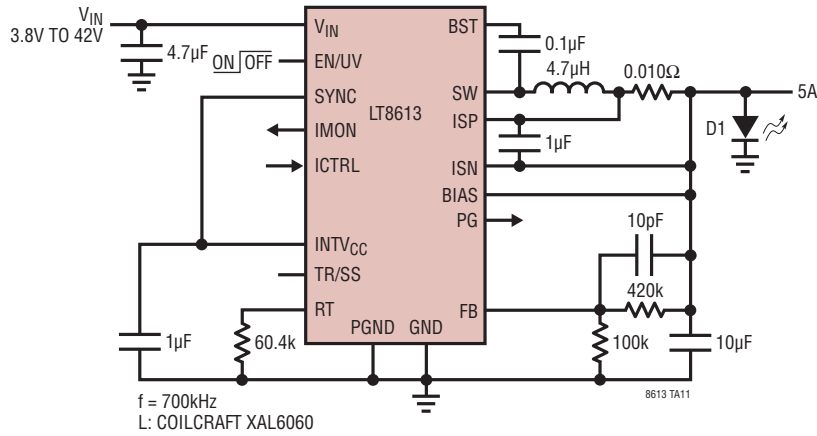
出力電流制限値が5Aの12V降圧コンバータ





標準的応用例

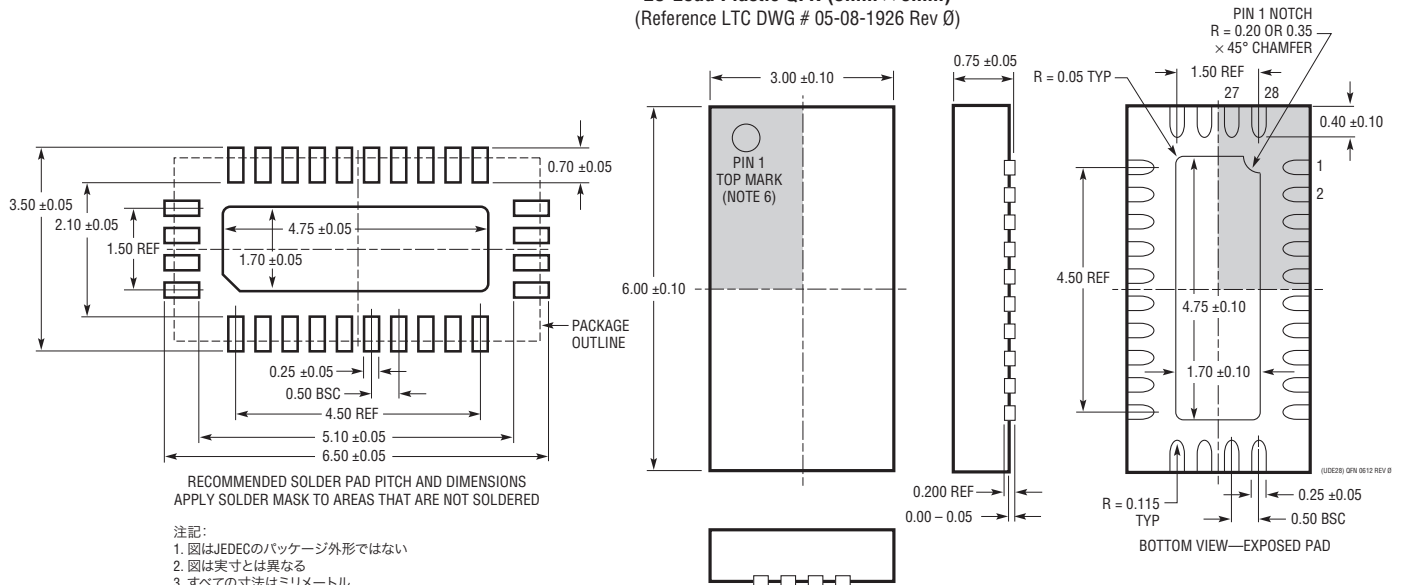
5A LED ドライバ



パッケージ

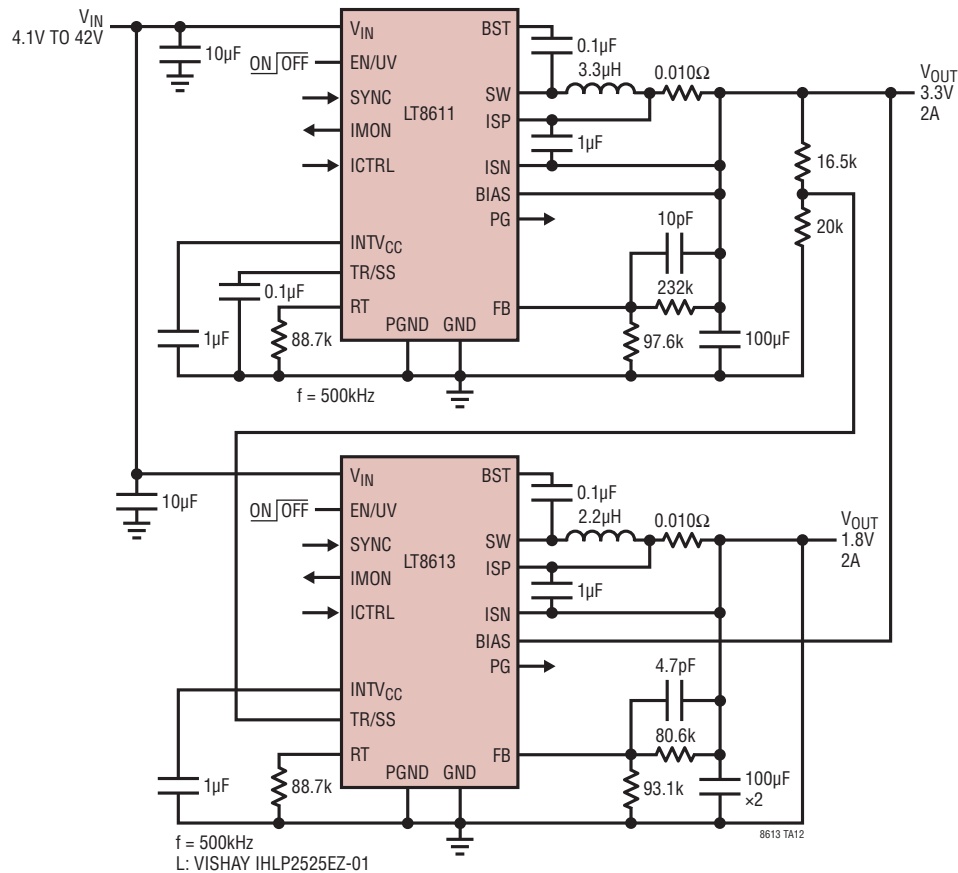
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear.com/designtools/packaging/> を参照してください。

UDE Package  
28-Lead Plastic QFN (3mm × 6mm)  
(Reference LTC DWG # 05-08-1926 Rev 0)



## 標準的応用例

出力電流制限値が各5Aの同時トラッキング降圧コンバータ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT8610A/ LT8610AB	効率が96%の42V、3.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8610AC	効率が96%の42V、3.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8610	効率が96%の42V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、MSOP-16Eパッケージ
LT8611	効率が96%の42V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA、入力/出力電流制限/モニタ機能内蔵)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、3mm×5mm QFN-24パッケージ
LT8620	効率が96%の65V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 65V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、MSOP-16Eパッケージ、3mm×5mm QFN-24パッケージ
LT8614	効率が96%の42V、4A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 2.5µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、3mm×4mm QFN-18パッケージ
LT8612	効率が96%の42V、6A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ (I <sub>Q</sub> = 2.5µA)	V <sub>IN</sub> = 3.4V ~ 42V、V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.97V、I <sub>Q</sub> = 3.0µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、3mm×6mm QFN-28パッケージ