

3mm×3mm DFNパッケージの 37V/1.2A降圧レギュレータ

特長

- 広い入力範囲：
3.6V～37V動作
過電圧ロックアウトにより、**55V**までの過渡電圧からデバイスを保護
- 短い最小オン時間：
2MHzで16VINを3.3VOUTに変換
- 出力電流：**1.2A**
- 調整可能な周波数：**300kHz～2.5MHz**
- 軽負荷での固定スイッチング周波数
- トランシッキングとソフトスタート
- 高精度UVLO
- 短絡耐性
- シャットダウン時の消費電流： $I_Q < 1\mu A$
- 内部補償
- 10ピン3mm×3mm DFNパッケージ

アプリケーション

- 車載システム
- バッテリ駆動機器
- ACアダプタ・トランスの安定化
- 分配電源の安定化

概要

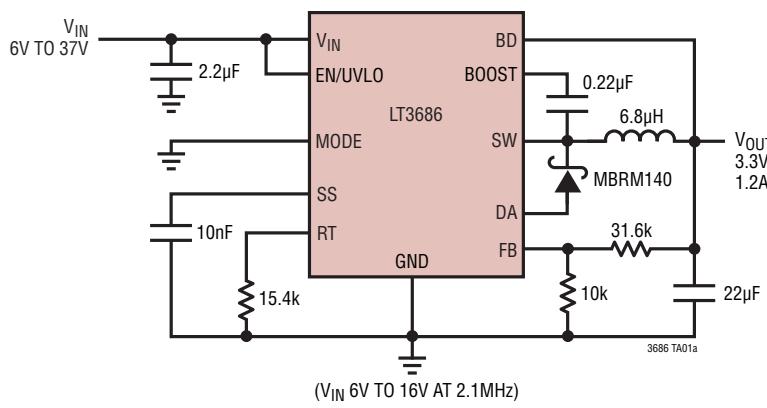
LT[®]3686は、1.2Aパワー・スイッチを内蔵した電流モードPWM降圧DC/DCコンバータで、10ピン3mm×3mm DFNパッケージで供給されます。3.6V～37Vという広い入力電圧範囲で動作するので、24V産業用電源や車載バッテリなどの様々な電源を安定化するのに適しています。最大周波数が高いので、小型のインダクタやコンデンサを使用可能で、非常に小さいソリューションを提供します。LT3686はAM帯域を超える動作周波数によって無線受信への干渉を回避するので、車載アプリケーションに特に適しています。

サイクルごとの電流制限とDA電流検出により、フォールト状態からデバイスを保護します。また、ソフトスタートと周波数フォールドバックにより、起動時の入力電流サージをなくします。内部で制御されるアクティブ負荷電流をBDピンを介して出力に与えるオプションにより、軽負荷時にフルスイッチング周波数で動作できるので、可聴帯域やAM帯域を超える周波数での出力リップルを低く抑え、予測することができます。また、内部補償と内蔵の昇圧ダイオードにより、外付け部品数を削減します。

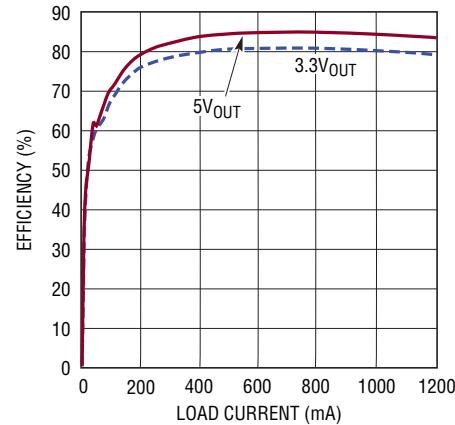
LT、LT、LTC、LTM、Burst Mode、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

3.3V降圧コンバータ



V_{IN} = 12Vでの効率(2.1MHz)



LT3686

絶対最大定格

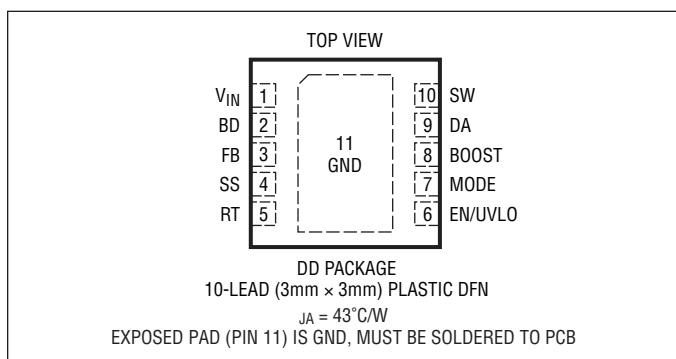
(Note 1)

入力電圧(V_{IN})	55V
BOOSTの電圧	55V
SW ピンを超える BOOST ピンの電圧	25V
FB の電圧	6V
EN/UVLO の電圧	55V
BD の電圧	25V
RT の電圧	6V
SS の電圧	2.5V
MODE の電圧	6V

動作接合部温度範囲 (Note 2)

LT3686E	-40°C ~ 125°C
LT3686I	-40°C ~ 125°C
LT3686H	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	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
LT3686EDD#PBF	LT3686EDD#TRPBF	LDYC	10-Lead Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3686IDD#PBF	LT3686IDD#TRPBF	LDYC	10-Lead Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3686HDD#PBF	LT3686HDD#TRPBF	LDYC	10-Lead Plastic DFN	-40°C to 150°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。* 温度等級は出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
鉛ベースの非標準仕様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。

鉛フリー仕様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/tapeandreel/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $V_{EN/UVLO} \geq 1.32\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Current at Shutdown	$V_{EN/UVLO} < 0.4\text{V}$ $V_{EN/UVLO} = 1\text{V}$	0.1 10	1 15	μA	μA
Quiescent Current	Not Switching, MODE $\leq 0.4\text{V}$ Not Switching, MODE $\geq 0.8\text{V}$	1.1 1.2	1.3 1.4	mA	mA
Internal Undervoltage Lockout			3.4	3.6	V
Oversupply Lockout		● 37	38	39	V
Feedback Voltage		● 0.790 0.785	0.8 0.8	0.810 0.815	V V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 3.6\text{V} \leftrightarrow 37\text{V}$		0.0012		%/V
FB Pin Bias Current			20	100	nA
Switching Frequency	$I_{DA} < 1.2\text{A}$ $R_T = 15.4\text{k}\Omega$ $R_T = 100\text{k}\Omega$ $R_T = 267\text{k}\Omega$	0.3 1.9	2.1 670 300	2.5 2.3	MHz MHz kHz kHz
Minimum On Time			100	110	ns
Minimum Off Time			150	200	ns
Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 1.2\text{A}$		680		mV
Switch Current Limit	(Note 3)	● 1.9 1.85	2.3 2.3	2.6 2.65	A A
Switch Active Current	$SW = 10\text{V}$ (Note 4) $SW = 0\text{V}$ (Note 5)		400 20	600 30	μA μA
BOOST Pin Current	$I_{SW} = 1.2\text{A}$		20		mA
Minimum Boost Voltage Above Switch	$I_{SW} = 1.2\text{A}$		2.2	2.4	V
Max BD Pin Active Load Current	MODE $> 0.8\text{V}$, BD $< 5.2\text{V}$		30	40	mA
BD Pin Active Load Disable Threshold		●	5.2	6.5	V
DA Pin Current to Stop OSC		●	1.2	1.7	A
MODE High		●	0.8		V
MODE Low		●		0.4	V
MODE Pin Bias Current				0.1	μA
SS Threshold			0.9		V
SS Source Current	$V_{SS} = 1\text{V}$		1.3	2	μA
EN/UVLO Bias Current	$V_{EN/UVLO} = 10\text{V}$ $V_{EN/UVLO} = 0\text{V}$			40 1	μA μA
EN/UVLO Threshold to Turn Off		●	1.22	1.27	V
EN/UVLO Hysteresis Current			1.8	2.4	μA
Boost Diode Forward Drop	$ I_{BD} \text{ to } I_{BOOST} = 200\text{mA}$		0.85		V

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

Note 2: LT3686E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。LT3686Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証されている。LT3686Hは $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証されている。

Note 3: 設計か、静的テストとの相関によって保証されている電流制限値。高いデューティ・サイクルではスロープ補償により電流制限値が低下する。

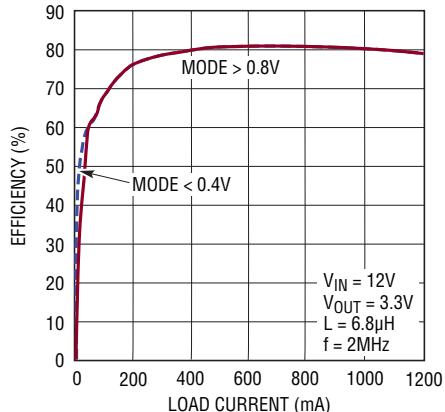
Note 4: 電流はピンに流れ込む。

Note 5: 電流はピンから流れ出す。

Note 6: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護がアクティブなとき、接合部温度は最大動作接合部温度を超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。「高温に関する検討事項」のセクションを参照。「動作」のセクションも参照。

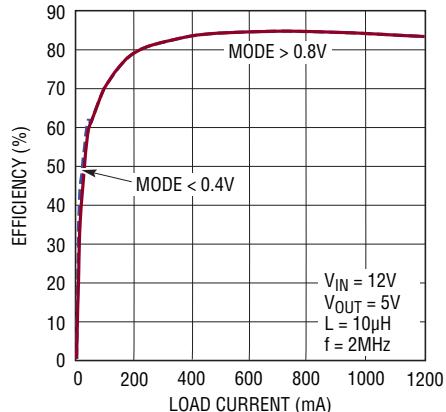
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

3.3V_{OUT}の効率(2MHz)



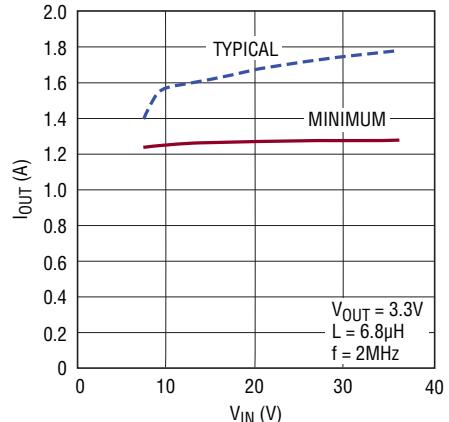
3686 G01

5V_{OUT}の効率



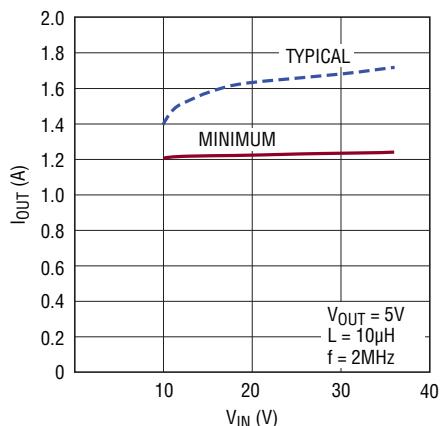
3686 G02

3.3V_{OUT}の最大負荷電流



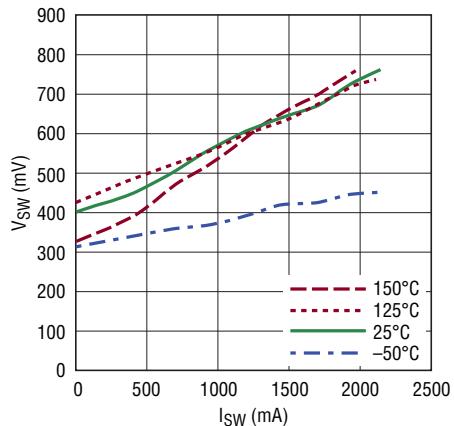
3686 G03

5V_{OUT}の最大負荷電流



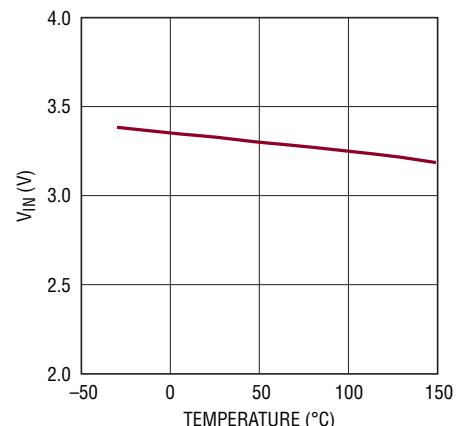
3686 G04

スイッチの電圧降下



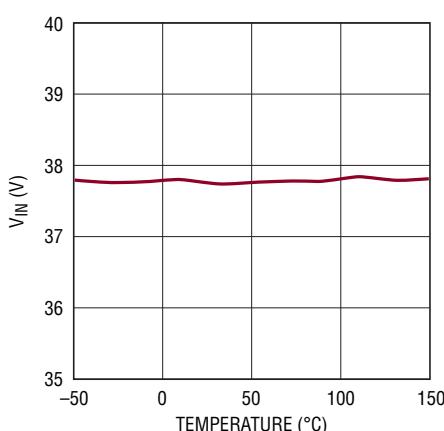
3686 G05

内部低電圧ロックアウト(UVLO)



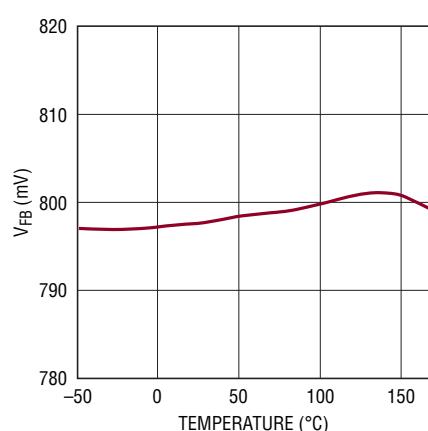
3686 G06

過電圧ロックアウト(OVLO)



3686 G07

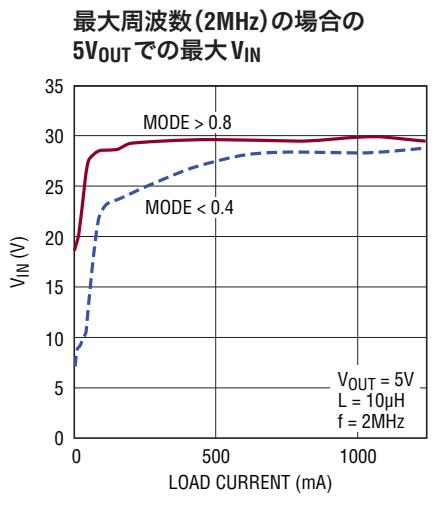
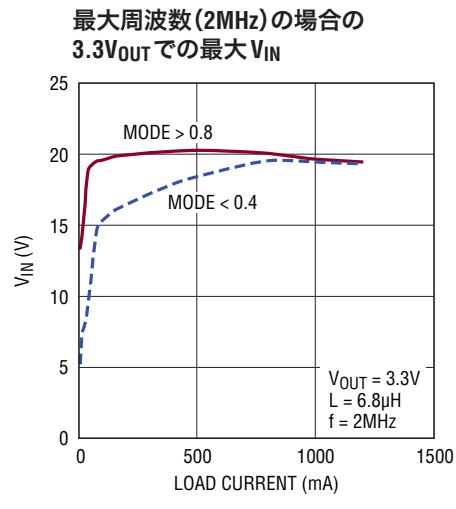
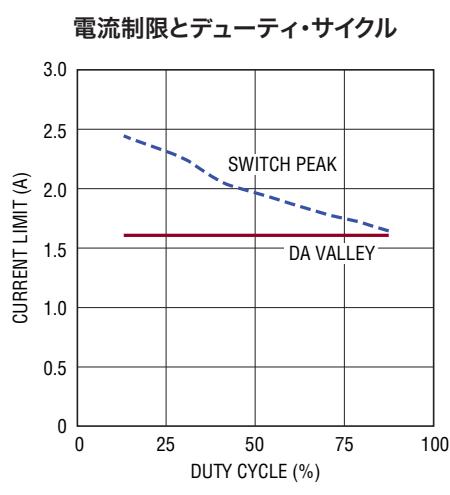
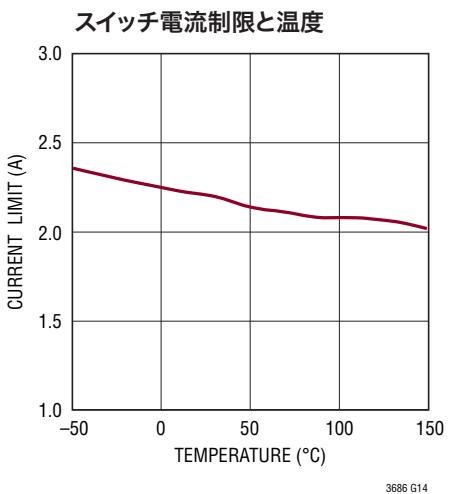
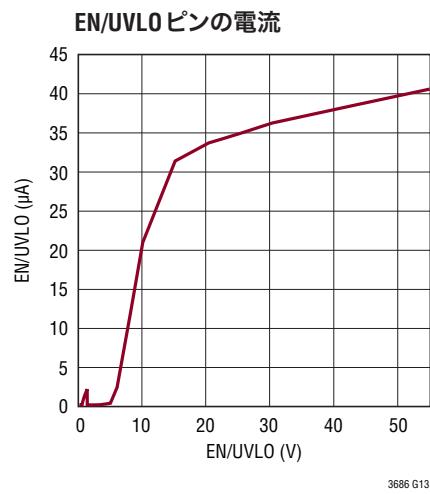
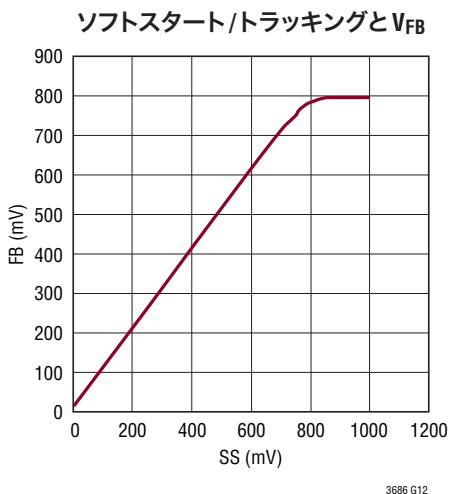
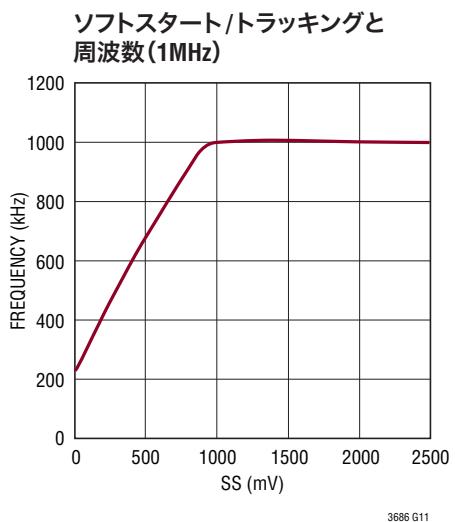
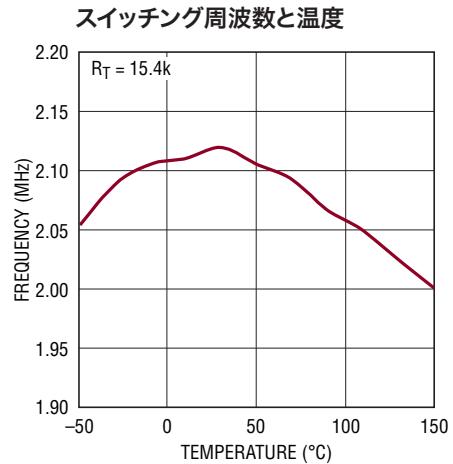
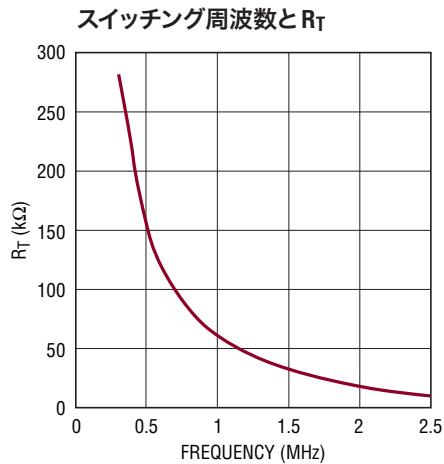
V_{FB}と温度



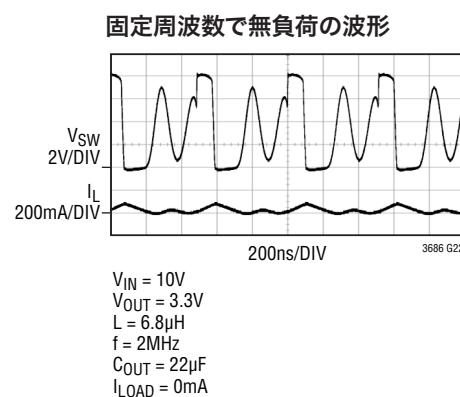
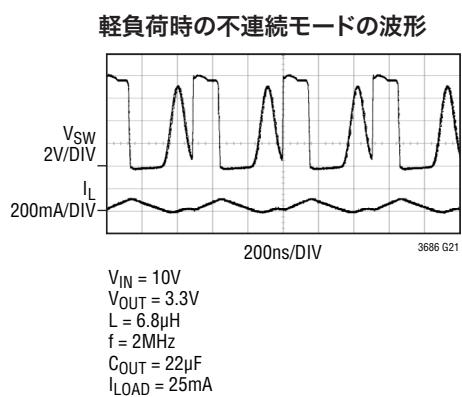
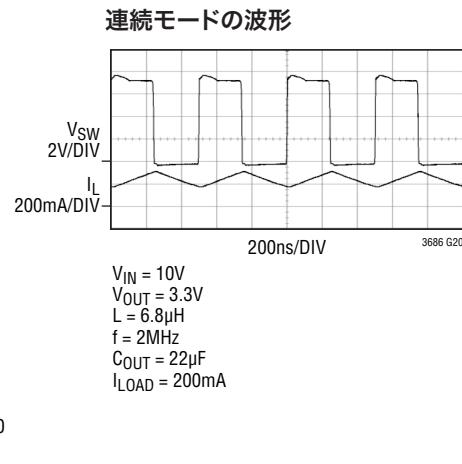
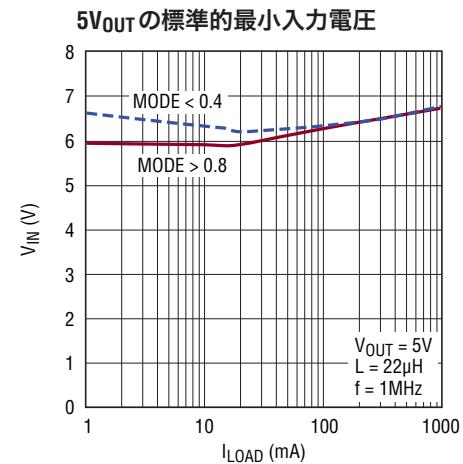
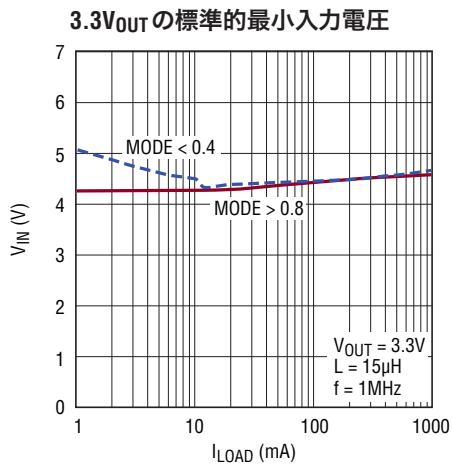
3686 G08

3686fc

標準的性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



ピン機能

V_{IN}(ピン1): V_{IN}ピンは、LT3686の内部レギュレータと内蔵のパワー・スイッチに電流を供給します。このピンはすぐ近くでバイパスする必要があります。

BD(ピン2): BDピンは、内蔵の昇圧ショットキー・ダイオードに電流を供給するために使用します。可能な場合はこのピンを必ず出力に接続します。MODEピンの電圧が0.8Vより高い場合、LT3686はBDピンのアクティブ負荷を制御することにより、軽負荷でのパルス・スキップを防止します。「アプリケーション情報」のセクションの「軽負荷での固定周波数」を参照してください。

FB(ピン3): LT3686は、その帰還(FB)ピンを0.8V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。V_{OUT} = 0.8 (1 + R1/R2)に従って出力電圧を設定します。R2の適切な値は10kΩです。

SS(ピン4): ソフトスタートおよびトラッキングの機能を提供します。2.5Vのリファレンスに接続されている内部の2μA電流源がこのピンに電流を供給し、外付けコンデンサを充電して、このピンに電圧ランプを発生させます。帰還電圧とスイッチング周波数の両方がSSの電圧に追従します。帰還電圧は0.8Vに達すると追従を停止します。SSはすべてのフォールト状態でリセットされます。ソフトスタート機能を使用しない場合は、このピンをフロート状態にします。

RT(ピン5): RTピンは、発振器の周波数を設定するのに使用します。R_T抵抗の値は、データシートの「アプリケーション情報」のセクションの表1に従って選択します。

EN/UVLO(ピン6): EN/UVLOピンは、LT3686を起動するのに使用します。LT3686をシャットダウンするには、このピンを0.4Vより下に引き下げます。1.27Vのスレッショルドは高精度な低電圧ロックアウト(UVLO)として使用でき、入力電圧が設定されたレベルに達するまでレギュレータが動作しないようにします。EN/UVLOピンをV_{IN}より高い電圧にドライブしないでください。

MODE(ピン7): MODEピンは、BDのアクティブ負荷のモード選択ピンとして機能します。このピンを“H”に接続すると、LT3686はBDピンのアクティブ負荷を制御することにより軽負荷でのパルス・スキップを防止します。アクティブ負荷をディスエーブルするには、MODEをGNDに接続します。

BOOST(ピン8): BOOSTピンは、内蔵のバイポーラNPNパワー・スイッチに、入力電圧より高いドライブ電圧を供給するために使用します。

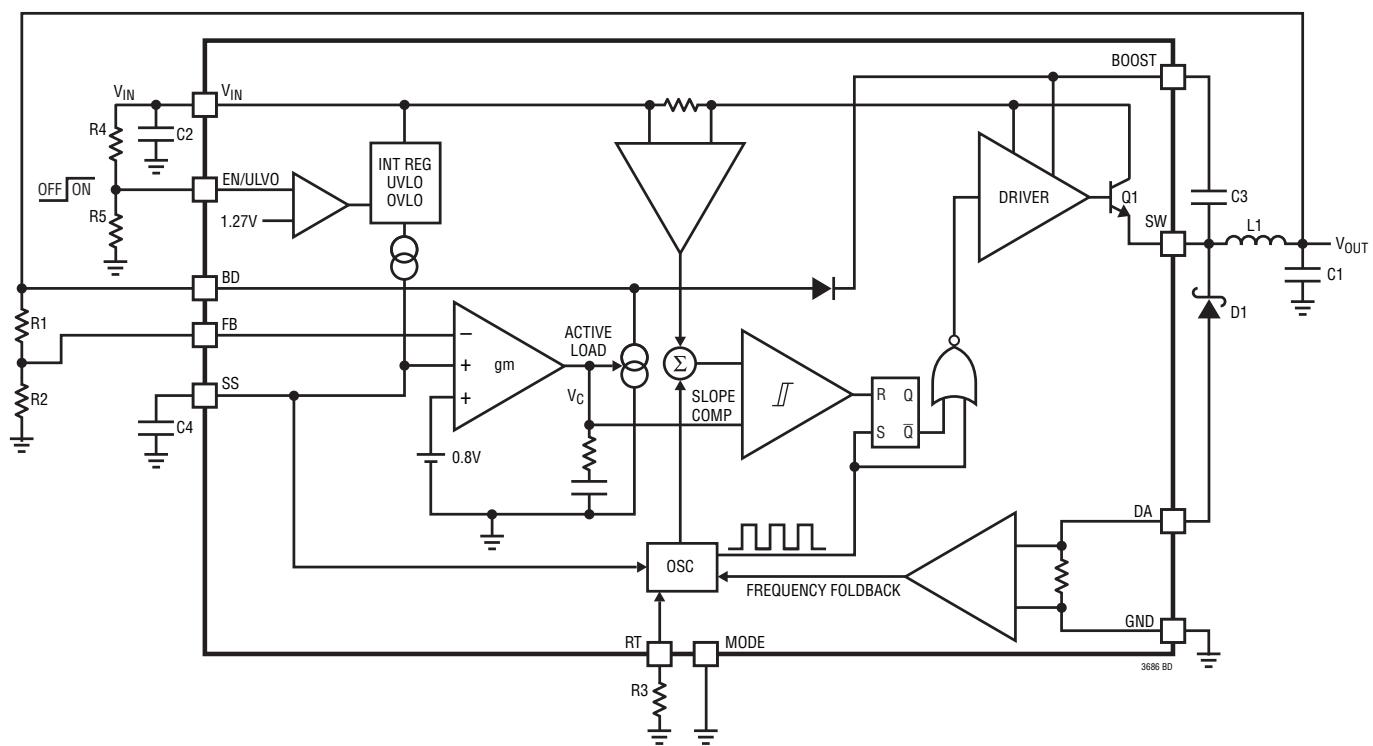
DA(ピン9): キャッチ・ダイオード(D1)のアノードをこのピンに接続します。

SW(ピン10): SWピンは、内部パワー・スイッチの出力です。このピンは、インダクタ、キャッチ・ダイオードおよび昇圧コンデンサに接続します。

GND(露出パッドのピン11): 露出パッドGNDピンは、このデバイスの唯一のグランド接続箇所です。熱抵抗を下げるため、露出パッドは大きな銅領域に半田付けしてください。

LT3686

ブロック図



動作

LT3686は、電流モードの降圧レギュレータです。EN/UVLOピンは、LT3686をシャットダウン状態にするのに使います。EN/UVLOピンの1.27Vのスレッショルドには、外付け抵抗分割器(R4、R5)を使って、LT3686をディスエーブルする電圧レベルを設定することができます。EN/UVLOピンが1.27Vより上にドライブされると、内部レギュレータは制御回路に電力を供給します。このレギュレータは過電圧ロックアウトと低電圧ロックアウトの両方を備えており、VINが37Vを超えるか3.6Vより低くなると、スイッチングを停止します。

外付けのソフトスタート・コンデンサ(C4)にSSピンを介して定電流を供給して電圧ランプを発生させることにより、トラッキング・ソフトスタートを実現しています。SSピンの電圧が0.8Vを超えるまで、FB電圧はSSピンの電圧に制御されます。次いで、FBはリファレンスの0.8Vに制御されます。ソフトスタートは、発振器の周波数を下げて起動時に電流制限を受けないようにする役目も果たします。SSコンデンサは、過電圧、低電圧、サーマル・シャットダウン、起動などのフォールト事象発生時にリセットされます。

発振器は、抵抗 R_T によって設定されます。発振器はRSフリップフロップをセットし、内部の1.2Aパワー・スイッチQ1をオンします。アンプとコンパレータはVINピンとSWピンの間を流れる電流をモニタし、この電流が V_C の電圧によって決められるレベルに達するとスイッチをオフします。エラーアンプは、FBピンに接続された外付け抵抗分割器を介して出力電圧を測定し、 V_C ノードをサーボ制御します。エラーアンプの出力が増加すると、より多くの電流が出力に流れます。逆に、エラーアン

プの出力が減少すると、流れる電流は少なくなります。 V_C ノードのアクティブ・クランプ(図示せず)によって電流制限が行われます。

スイッチ・ドライバは、VINピンまたはBOOSTピンのいずれかで動作します。外付けのコンデンサと内部昇圧ダイオードを使って、入力電源より高い電圧をBOOSTピンに発生させます。これにより、ドライバは内蔵のバイポーラNPNパワー・スイッチを完全に飽和させ、高い効率で動作させることができます。

コンパレータはキャッチ・ダイオードを流れる電流をDAピンを介してモニタし、DAピンの電流が1.7Aの谷電流の制限値を超えると、LT3686の動作周波数を下げます。これは、高い入力電圧での短絡出力など、フォールト状態の出力電流を制御するのに役立ちます。DAコンパレータは、スイッチのピーク電流制限コンパレータと連携して機能し、LT3686の最大供給電流を決定します。

アクティブ負荷は、MODEピンが0.8Vより高い電圧に接続されるとイネーブルされ、MODEピンの電圧が0.4Vより低くなるとディスエーブルされます。アクティブ負荷を使用するには、BDピンをVOUTに接続してください。LT3686は、アクティブ負荷を安定化することにより、軽負荷でのパルス・スキップを防ぎます。アクティブ負荷は、昇圧コンデンサを充電する最小負荷を保証することにより、起動を助けます。また、最大デューティ・サイクルを超えて動作するときに昇圧コンデンサの再充電を加速します。

アクティブ負荷は、BDピンが5.2Vより低いときだけ動作します。

アプリケーション情報

FBの抵抗ネットワーク

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1%精度の抵抗を選択します。

$$R1=R2\left(\frac{V_{OUT}}{0.8V}-1\right)$$

バイアス電流による誤差を避けるため、R2は20k以下にしてください。参照名については「ブロック図」を参照してください。

プログラム可能な低電圧ロックアウト

EN/UVLOピンは、VINとEN/UVLOピンの間の外付け抵抗分割器によってプログラムすることができます。次式に従って抵抗を選択します。

$$R4=R5\left(\frac{V_{IN}}{1.27V}-1\right)$$

R4は、プログラム可能なUVLOのヒステリシス電圧も設定します。

$$\text{ヒステリシス} = R4 \cdot 2.4\mu A$$

V_{IN}が設定電圧より低くなると、LT3686は低消費電流状態(I_Q ≈ 15μA)になります。LT3686を完全にシャットダウン(I_Q < 1μA)するには、EN/UVLOピンの電圧を0.4Vより低くします。

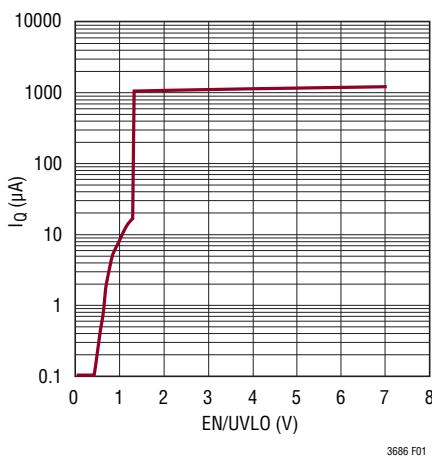


図1. I_QとV_{EN/UVLO}(V_{IN} = 10V)

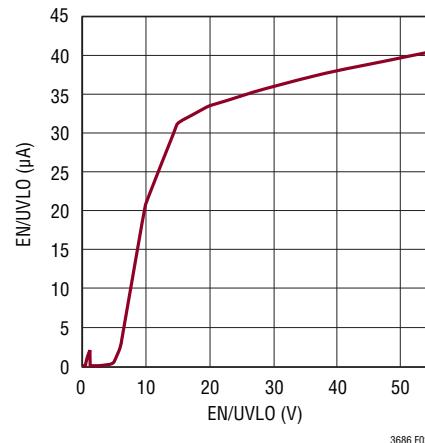


図2. EN/UVLOピンの電流

入力電圧範囲

LT3686のアプリケーションの入力電圧範囲は、出力電圧およびV_{IN}ピンとBOOSTピンの絶対最大定格によって決まります。最小入力電圧は、LT3686の最小動作電圧である3.6Vか、その最大デューティ・サイクルのいずれかによって決まります。

デューティ・サイクルは内部スイッチがオンしている時間の割合であり、入力電圧と出力電圧によって決まります。

$$DC = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SW} + V_D}$$

ここで、V_Dはキャッチ・ダイオードの順方向電圧降下(約0.4V)であり、V_{SW}は内部スイッチの電圧降下(最大負荷で約0.67V)です。したがって、最小入力電圧は次のようになります。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_D}{DC_{MAX}} - V_D + V_{SW}$$

DC_{MAX}は周波数で調節できます。

昇圧コンデンサはインダクタに蓄えられたエネルギーによって充電されるので、昇圧コンデンサ両端の充電電圧を維持するために、回路はいくらかの最小負荷電流を必要とします。

アプリケーション情報

最大入力電圧は、 V_{IN} ピンとBOOSTピンの絶対最大定格によって決ります。固定周波数動作では、最大入力電圧は最小デューティ・サイクル DC_{MIN} によって次のように求められます。

$$V_{IN(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_D}{DC_{MIN}} - V_D + V_{SW}$$

DC_{MIN} は周波数で調節できます。なお、これは固定周波数動作での動作入力電圧に対する制限です。回路そのものには、 V_{IN} ピンとBOOSTピンの絶対最大定格までの過渡入力電圧に対する耐性があります。

最小オン時間

入力電圧が高くなるにつれて、LT3686がスイッチをオンする必要のある時間は短くなります。デバイスの最小オン時間は、パワー・スイッチをオフするのに伴う遅延によって決ります。LT3686の最小オン時間は約 100ns です(図3)。

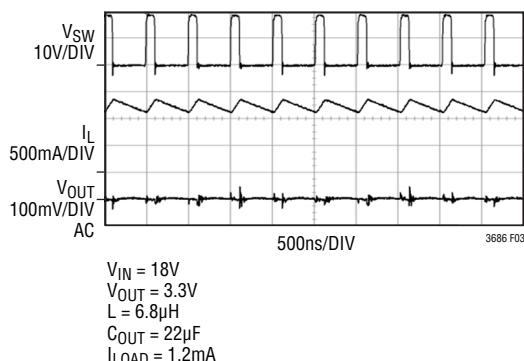


図3. 最小オン時間の近くでの連続モード動作

必要なオン時間が標準的最小オン時間の 100ns より短くなつた場合でも、より低いデューティ・サイクルの要件に対応するためにスイッチのパルス幅が狭くならることはなく、スイッチのパルス幅は 100ns に固定されたままで。インダクタ電流は負荷電流を超える値まで上昇していき、出力リップルが増加します。その後、デバイスは出力電圧が設定値より低くなるまでオフ状態を保つてから、スイッチングを再開します(図4)。

増加した出力電圧リップルに対して負荷が耐性を持つことができ、部品が適切に選択されていれば、パルス・スキップ時の動作は安全で、デバイスを損傷することはありません。入力電圧が高くなると、インダクタ電流は急激に増大し、スキップされたパルスの数が増加して、出力電圧リップルが大きくなります。

小さな値のインダクタを使ってパルス・スキップ・モードで動作しているときは、インダクタ電流が電流リミットに達することがあります。この場合、LT3686は周期的にその周波数を下げて、インダクタの谷電流を 1.7A に保ちます(図5)。

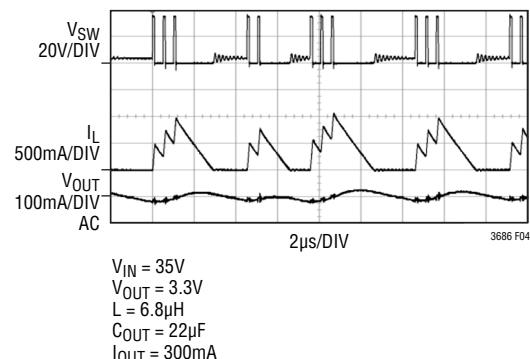


図4. 必要なオン時間が 100ns 未満のときにパルス・スキップが生じる

アプリケーション情報

したがって、ピーク・インダクタ電流は、次のようにピーク谷電流に最小スイッチ遅延の間の電流の增加分を加えたものになります。

$$1.7A + (V_{IN} - V_{OUT})/L \cdot 100ns$$

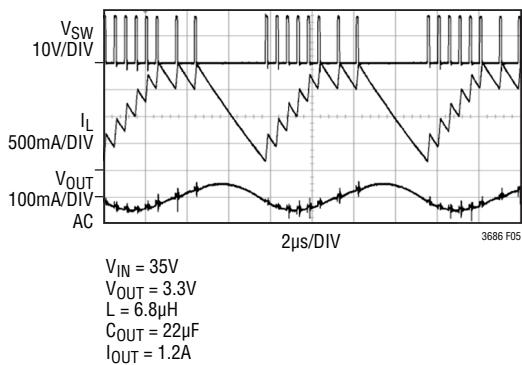


図5. 大きな負荷電流でのパルス・スキップはDA谷電流制限によって制限される(平坦なインダクタ谷電流および低下したスイッチング周波数に注意)

ピーク・インダクタ電流が2Aを超えない限り、デバイスは、これらの条件での長時間動作が十分可能なほど堅牢です。この動作方式では、インダクタ電流の飽和および接合部温度により性能がさらに制限されることがあります。

周波数の選択

LT3686をプログラムすることができる最大周波数は2.5MHzです。LT3686をプログラムすることができる最小周波数は300kHzです。スイッチング周波数をプログラムするには、RTピンとグランドとの間に1%精度の抵抗を接続します。表1を使って R_T の値を選択することができます。目的の動作周波数を選択するときは、最小オン時間とエッジ損失を考慮に入れる必要があります。スイッチング周波数が高いほど電力損失が増加し、効率が低下します。トランジスタの帯域幅は有限なので、パワー・スイッチをオン/オフできるスピードが制限されることで、実質的にLT3686の最小オン時間が設定されます。出力電圧が与えられている場合、データシートの「最小オン時間」のセクションで概説されている連続モードの動作に留まるための最大入力電圧は、最小オン時間によって決まります。遷移時間が有限であることにより、パワー・スイッチがオン/オフするたびに少量の電力損失が生じます(エッジ損失)。エッジ損失は、周波数、スイッチ電流および入力電圧とともに増加します。

表1. R_T と周波数

周波数(MHz)	$R_T(k\Omega)$
2.5	9.53
2.3	12.1
2.1	15.4
1.9	20
1.7	25.5
1.5	31.6
1.3	40.2
1.1	52.3
0.9	69.8
0.7	97.6
0.5	150
0.3	280

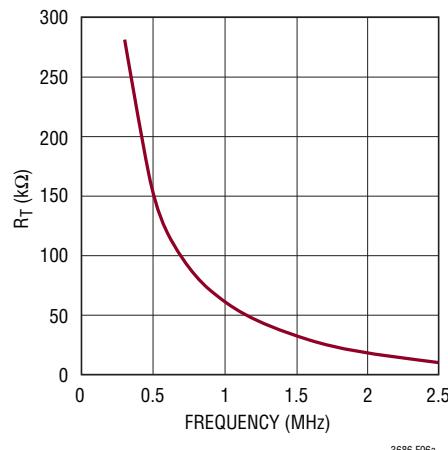


図6a. スイッチング周波数と R_T

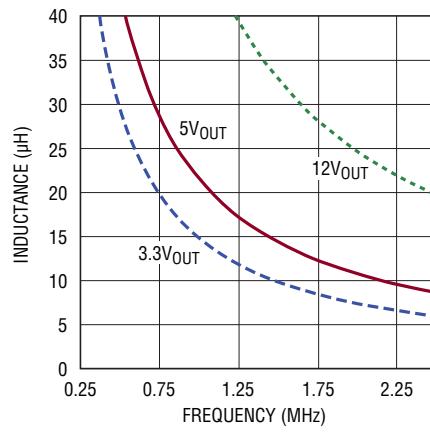


図6b. 推奨されるインダクタンスと周波数

アプリケーション情報

MODEピンは、BDのアクティブ負荷回路のモード選択ピンとして機能します。アクティブ負荷は、MODEが“H”に接続されるとイネーブルされ、MODEが“L”に接続されるとディスエーブルされます。「軽負荷での固定周波数」のセクションを参照してください。

インダクタの選択と最大出力電流

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。

$$L = \frac{4(V_{OUT} + V_D)}{f}$$

ここで、 V_D はキャッチ・ダイオードの電圧降下(約0.4V)、Lの単位は μ H、周波数の単位はMHzです。この値を使うと低調波発振は起きません。インダクタのRMS電流定格は最大負荷電流より大きくする必要があります。そしてその飽和電流は約30%大きくしてください。フォールト状態の間安定した動作を保つには、飽和電流を2Aより大きくしてください。高い効率を維持するには、直列抵抗(DCR)を 0.1Ω より小さくしてください。適しているいくつかのメーカーとタイプを表2に示します。

このデータシートの「標準的性能特性」のセクションのいくつかのグラフには、いくつかのよく使われる出力電圧に対して、入力電圧とインダクタ値の関数としての最大負荷電流が示されています。インダクタンスが低いと不連続モード動作になることがあります。問題はありませんが最大負荷電流がさらに減少します。最大出力電流と不連続モード動作の詳細については、弊社の「アプリケーションノート44」を参照してください。

キャッチ・ダイオード

キャッチ・ダイオードD1には低容量の1A～2Aのショットキー・ダイオードを推奨します。ダイオードの逆電圧定格は最大入力電圧以上である必要があります。MBRM140は最適なダイオードの1つです。このダイオードの定格は連続順方向電流が1A、最大逆電圧が40Vです。

入力コンデンサ

LT3686回路の入力は、X7RまたはX5Rタイプで値が 2.2μ F以上のセラミック・コンデンサを使用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。LT3686をバイパスするには、 2.2μ Fのセラミック・コンデンサが適切です。このコンデンサは、リップル電流を容易に処理します。ただし、入力電源のインピーダンスが高い場合や、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は、追加のバルク容量が必要になります。これには性能の高くなない電解コンデンサを使うことができます。降圧レギュレータには、非常に短い立ち上がり時間と立ち下がり時間のパルス電流が入力電源から流れます。その結果としてLT3686で生じる電圧リップルを減らし、この非常に高い周波数のスイッチング電流を狭いローカル・ループに閉じ込めてEMIを最小限に抑えるために、入力コンデンサが必要です。 2.2μ Fのコンデンサがこの役目を果たすことができますが、LT3686とキャッチ・ダイオードの近くに配置した場合に限ります(「PCB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、LT3686の最大入力電圧定格に関するものです。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(減衰しにくい)タンク回路を形成します。

表2

VENDOR	URL	PART SERIES	INDUCTANCE RATE(μ H)	SIZE(mm)
Sumida	www.sumida.com	CDRH4D28	1.2 to 4.7	4.5 × 4.5
		CDRH5D28	2.5 to 10	5.5 × 5.5
		CDRH8D28	2.5 to 33	8.3 × 8.3
Toko	www.toko.com	A916CY	2 to 12	6.3 × 6.2
		D585LC	1.1 to 39	8.1 × 8
Würth Elektronik	www.we-online.com	WE-TPC(M)	1 to 10	4.8 × 4.8
		WE-PD2(M)	2.2 to 22	5.2 × 5.8
		WE-PD(S)	1 to 27	7.3 × 7.3

LT3686

アプリケーション情報

LT3686の回路を給電中の電源に接続すると、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じ、LT3686の電圧定格を超える恐れがあります。この状況は容易に避けられます。「安全な活線挿入」のセクションを参照してください。

出力コンデンサ

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、LT3686が生成する方形波をフィルタしてDC出力を生成します。この機能では出力コンデンサは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、過渡的な負荷に電流を供給してLT3686の制御ループを安定化するためにエネルギーを蓄えることです。セラミック・コンデンサの等価直列抵抗(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。次の値が適切です。

$$C_{OUT} = \frac{145}{V_{OUT} \cdot f}$$

ここで、 C_{OUT} の単位は μF 、周波数の単位はMHzです。X5RまたはX7Rのタイプを使いますが、 V_{OUT} でバイアスされているセラミック・コンデンサの容量は公称値よりも小さくなることに留意してください。この選択により、出力リップルが小さくなる

り、過渡応答が良くなります。値の大きなコンデンサを使用することによって過渡性能を改善することができますが、利点を十分に引き出すには帰還抵抗 R_1 の両端に位相リード・コンデンサを接続することが必要な場合があります（「補償」のセクションを参照）。

小さなサイズの場合、出力コンデンサは次に従って選択できます。

$$C_{OUT} = \frac{83}{V_{OUT} \cdot f}$$

ここで、 C_{OUT} の単位は μF 、周波数の単位はMHzです。ただし、こうした小さな出力コンデンサを使うと、ループのクロスオーバー周波数が高くなり、ノイズに対して敏感になるので、PCBを注意して設計する必要があります。

出力コンデンサには、高性能電解コンデンサを使用することができます。ESRが小さいことが重要なので、スイッチング・レギュレータでの使用を目的としたものを選択します。ESRはメーカーが規定するものですが、 0.1Ω 以下のものにしてください。このタイプのコンデンサはセラミック・コンデンサより大きく、容量も大きくなります。ESRを小さくするにはコンデンサを大きくする必要があるからです。いくつかのコンデンサ・メーカーを表3に示します。

表3

VENDOR	PHONE	URL	PART SERIES	COMMENTS
Panasonic	(714) 373-7366	www.panasonic.com	Ceramic Polymer Tantalum	EEF Series
Kemet	(864) 963-6300	www.kemet.com	Ceramic Tantalum	T494, T495
Sanyo	(408) 794-9714	www.sanyovideo.com	Ceramic Polymer Tantalum	POSCAP
Murata	(404) 436-1300	www.murata.com	Ceramic	
AVX		www.avxcorp.com	Ceramic Tantalum	TPS Series
Taiyo Yuden	(864) 963-6300	www.taiyo-yuden.com	Ceramic	

アプリケーション情報

いくつかの出力コンデンサについて、選択した場合のLT3686のそれぞれの過渡応答を図7に示します。出力は3.3Vです。負荷電流は0.25Aから1Aに階段状に変化させ、0.25Aに戻しています。また、オシロスコープのトレースは出力電圧を示しています。上の写真は推奨値の場合を示しています。2番目の写真は、出力コンデンサが大きくなり、位相リード・コンデンサが追加された結果改善された応答(電圧降下が小さい)を示しています。最後の写真は高性能電解コンデンサの場合の応答を示しています。出力容量を大きくすることによって、過渡性能が改善されています。

BOOSTピンとBDピンに関する検討事項

コンデンサC3と内部昇圧ダイオードは、入力電圧より高い昇圧電圧を発生させるために使われます。ほとんどの場合、0.22μFのコンデンサで問題なく動作します。昇圧回路の2通りの構成方法を図8に示します。最高の効率を得るには、BOOSTピンはSWピンよりも少なくとも2.2V高くする必要があります。3V以上の出力の場合は、標準回路(図8a)が最適です。3Vより低く2.5Vより高い出力の場合は、内部ダイオードと

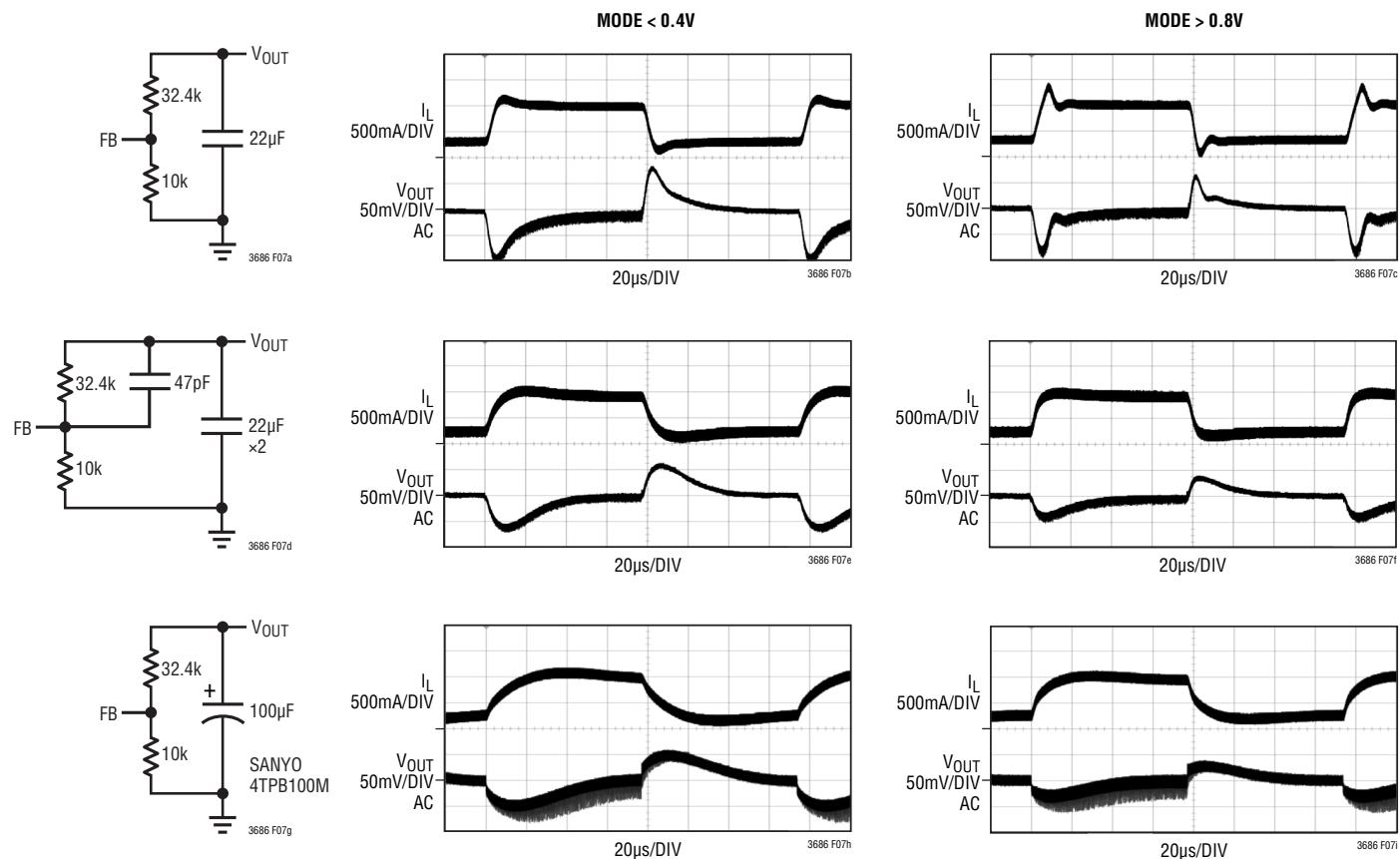


図7. 負荷電流を0.25Aから1Aに階段状に変化させたときの、出力コンデンサによって異なるLT3686の過渡負荷応答
($V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $L = 6.8\mu H$ 、周波数 = 2MHz)

アプリケーション情報

並列に(BAT54などの)ディスクリート・ショットキー・ダイオードを配置して V_D を減らします。次式を使用して、昇圧コンデンサの容量(単位: μF)を計算して最小にすることができます。

$$C_{\text{BOOST}} = \frac{0.065}{(V_{\text{BD}} + V_{\text{CATCH}} - V_D - 2.2) \cdot f}$$

V_D は昇圧ダイオードの順方向電圧降下、 V_{CATCH} はキャッチ・ダイオード(D1)の順方向電圧降下で、周波数の単位はMHzです。

さらに低い出力電圧の場合は、適切なローカル・バイパス・コンデンサを使ってBDピンを外部の電圧源に接続することができます(図8b)。上の式は、選択されたBDの電圧に最適

な昇圧コンデンサの計算にも使えます。起動時にBDの電圧が存在しないと、最小起動電圧が増加し、効率が低下します。BOOSTピンの最大電圧定格を決して超えないようにすることも必要です。BDピンは V_{IN} に接続することもできますが(図8c)、 V_{IN} は25Vに制限され、アクティブ負荷回路は自動的にディスエーブルされます。

先に説明したとおり、LT3686のアプリケーションの最小動作電圧は、低電圧ロックアウト(3.6V)および最大デューティ・サイクルによって制限されます。正しく起動するために、最小入力電圧は昇圧回路によっても制限されます。入力電圧が徐々に上昇するか、出力が既に安定化している状態でEN/UVLO

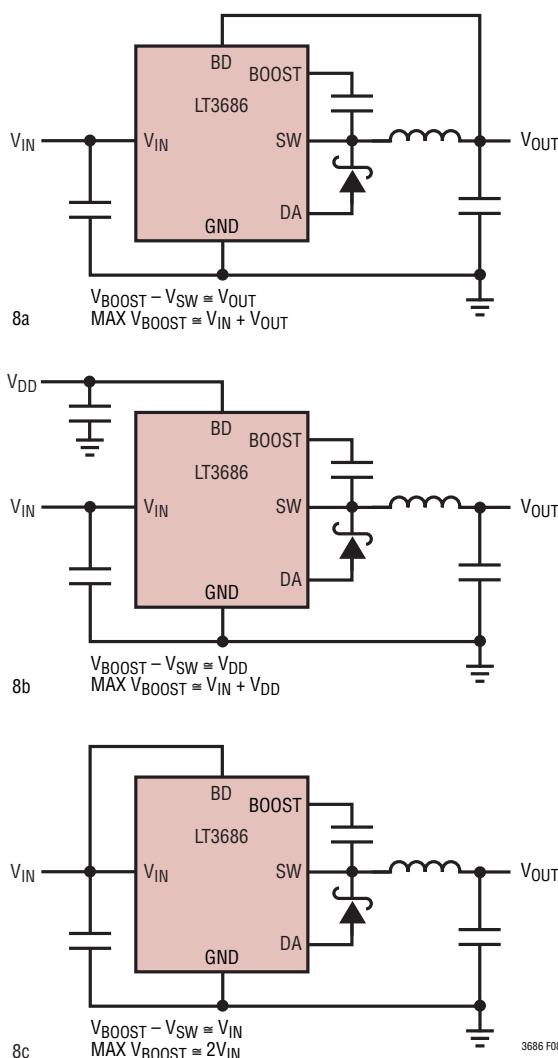


図8

アプリケーション情報

ピンを使ってLT3686をオンする場合は、昇圧コンデンサが満充電されないことがあります。昇圧コンデンサはインダクタに蓄えられたエネルギーによって充電されるので、昇圧回路を適切に動作させるため、回路はいくらかの最小負荷電流を必要とします。

この最小負荷は、入力電圧、出力電圧、および昇圧回路の構成に依存します。回路が起動すると、最小負荷電流は通常ゼロになります。起動および動作に必要な最小負荷電流を入力電圧の関数としてプロットしたものを図9に示します。多くの場合、放電した出力コンデンサがスイッチャの負荷となるので、

これによってスイッチャは起動できます。軽負荷では、インダクタ電流が不連続になり、実効デューティ・サイクルが非常に高くなることがあります。このため、最小入力電圧は、 V_{OUT} より約400mV高い電圧まで減少します。大きな負荷電流ではインダクタ電流が連続しており、デューティ・サイクルは最大デューティ・サイクルによって制限されるので、安定化を維持するには高い入力電圧が必要です。

LT3686がドロップアウト状態になると、昇圧コンデンサの電圧は V_{OUT} によって制限されますが、これは最大デューティ・サイクルによって固定されます。ドロップアウト状態での昇圧コ

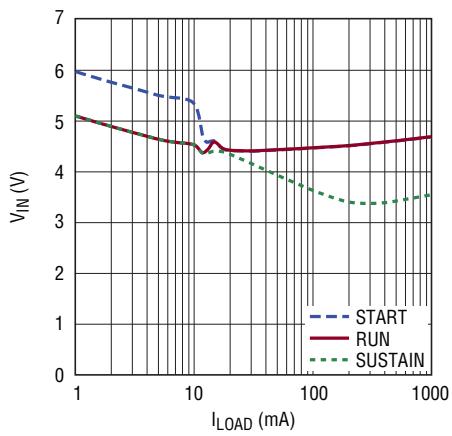


図9a. 標準的な最小入力電圧
($V_{OUT} = 3.3V$ 、 $f = 1MHz$ 、 $L = 15\mu H$ 、Mode < 0.4V)

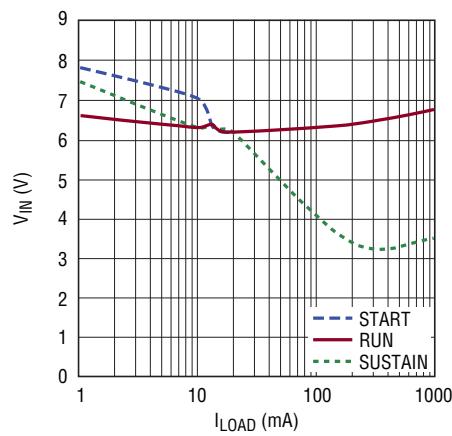


図9b. 標準的な最小入力電圧
($V_{OUT} = 5V$ 、 $f = 1MHz$ 、 $L = 22\mu H$ 、Mode < 0.4V)

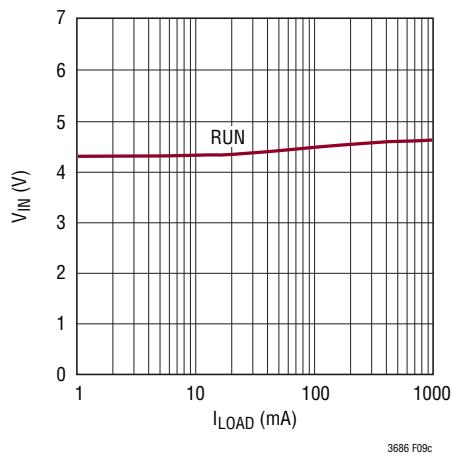


図9c. 標準的な最小入力電圧
($V_{OUT} = 3.3V$ 、 $f = 1MHz$ 、 $L = 15\mu H$ 、Mode > 0.8V)

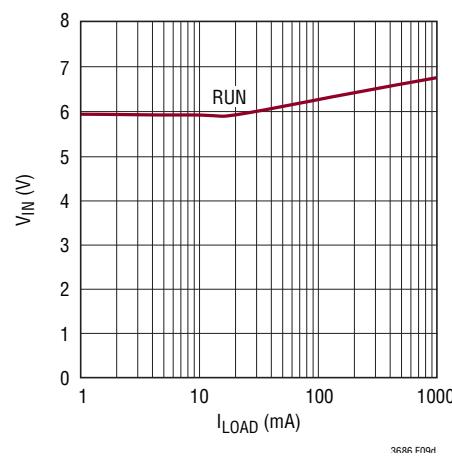


図9d. 標準的な最小入力電圧
($V_{OUT} = 5V$ 、 $f = 1MHz$ 、 $L = 22\mu H$ 、Mode > 0.8V)

アプリケーション情報

ンデンサの電圧が、昇圧動作を維持するための最小電圧(昇圧コンデンサの両端で2.2V)を下回ると、出力電圧は次式のように急激に低下します。

$$V_{OUT} = (V_{IN} - 2.2) \cdot DC_{MAX}$$

図9には、ドロップアウト状態で昇圧動作を維持するのに必要な最小の V_{IN} を示しています。 V_{IN} が維持電圧より低くなったら、昇圧コンデンサを再充電するために、 V_{IN} は再度起動電圧に達する必要があります。 V_{IN} が起動電圧を超えない限り、プログラム可能な低電圧ロックアウト(UVLO)機能を使って動作を停止することができます。

軽負荷での固定周波数

LT3686は独自のアクティブ負荷回路を備えており、負荷が非常に軽くても最大周波数でのスイッチングが可能です。アクティブ負荷をイネーブルするには、MODEピンを0.8Vより高い電圧に接続します。

標準的な固定周波数非同期降圧レギュレータは、軽負荷ではパルスをスキップします。固定された入力電圧では、負荷電流が不連続モードで減少するのに応じて、レギュレータはスイッチをオンする時間を短くする必要があります。必要なオン時間が標準の最小オン時間より短くなると、レギュレータは1つまたは複数のパルスをスキップするので、実効平均デューティ・サイクルは必要なデューティ・サイクルに等しくなります。負荷が非常に軽いと、最小オン時間が長くなる傾向があり、パルス・スキップに移行してしまう恐れが増します。パルス・スキップは、好ましくないことです。これは、AMラジオやオーディオ機器など他の高感度コンポーネントの動作を妨げる恐れがある、予測できない低調波出力リップルの原因となるからです。

BDのアクティブ負荷は、最大周波数での不連続モードとパルス・スキップ・モードの間の動作方式を備えることによってパルス・スキップに対抗するよう設計されています。

不連続モードでパルス・スキップに至る前の最大の V_{IN} は、負荷電流に直接依存します。負荷が減少するのに応じて、パルス・スキップへの境界となる入力電圧も低下します。出力に人為的な負荷をかけると、パルス・スキップの境界を押し上げるのに役立ちます。LT3686は、それ自体を最大スイッチング周波数に維持するために必要な最小負荷を要求することによってこの目的を実現するので、この回路はアクティブ負荷と呼ばれます。

LT3686が不連続モードで最小オン時間に近づくにつれて、そのパワー・スイッチは固定オン時間、固定周波数の開ループ電流源動作に円滑に移行します。スイッチ電流を制御する代

わりに、内部のエラーアンプがBDピンを介して出力のアクティブ負荷をサーボ制御することで、出力電圧のレギュレーションを維持します。効率への影響は、スイッチングを最大周波数に保つのに必要な最小の電流を流すことにより緩和されます。出力レギュレーションを維持するのに必要なBDの負荷は、 V_{IN} 、インダクタの大きさおよび負荷電流に依存します。必要なBDの負荷がその制限値の40mAを超えて増加すると、パルス・スキップ・モードが再開されます。

BDのアクティブ負荷回路は、MODEが“H”に接続されるとイネーブルされ、MODEが“L”に接続されるとディスエーブルされます。アクティブ負荷は、作動している場合でも、電力損失を最小限に抑えて、外部の構成に対して高度な反応を示そうとして、BD電圧が5.2Vと V_{IN} のいずれかを超えると、シャットダウンします。

「BOOSTピンとBDピンに関する検討事項」のセクションで説明されているような、起動に関する問題を解決するため、アクティブ負荷は、適切な負荷が存在しないときに最大電流(40mA)を流して昇圧コンデンサを必要な電圧まで充電することにより、起動を助けます。内部パワーグッド回路は、 V_{FB} が0.7Vに達すると、BDのアクティブ負荷をディスエーブルします。図9では、起動および動作に必要な最小入力電圧を負荷電流の関数としてプロットしたものを比較しています。多くの場合、放電した出力コンデンサがスイッチャの負荷となるので、これによってスイッチャは起動できます。これらのプロットは、 V_{IN} が非常に緩やかに上昇するというワーストケースの状態を示しています。

アクティブ負荷は、最大デューティ・サイクルを超えて動作するときに昇圧コンデンサの再充電を加速するために作動します。

使用されないとき、アクティブ負荷には電流が流れません。

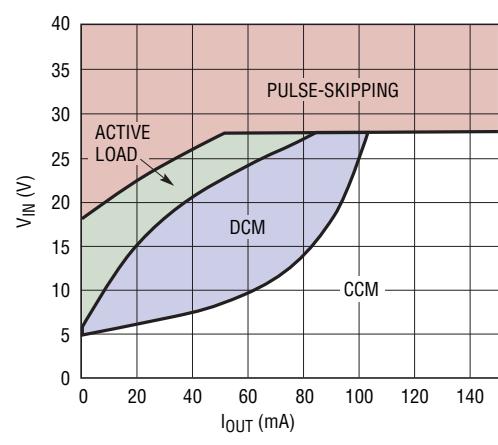


図10. 動作領域(5V_{OUT}、2MHz)

3686fc

アプリケーション情報

ソフトスタート

SSピンは、LT3686をソフトスタートさせ、起動時の入力電流サージを除去するために使用されます。システム内の別の電圧を追跡する目的にも使用できます(図11)。

内部の $2\mu A$ 電流源が外付けのソフトスタート・コンデンサを充電して、電圧ランプを発生させます。SSピンの電圧が $0.8V$ を

超えるまで、FBの電圧はSSピンの電圧に制御されます。次いで、FBはリファレンスの $0.8V$ に制御されます。ソフトスタートは、発振器の周波数を下げて起動時に電流制限を受けないようにする役目も果たします。ソフトスタート回路を使った場合と使わない場合の起動波形を図12に示します。

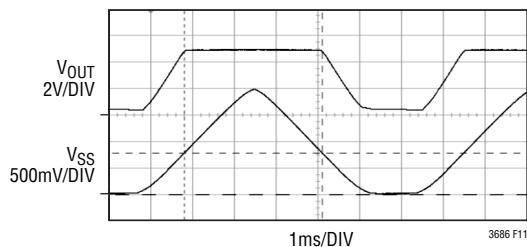


図11. SSピンの電圧をトラッキングするように構成したLT3686

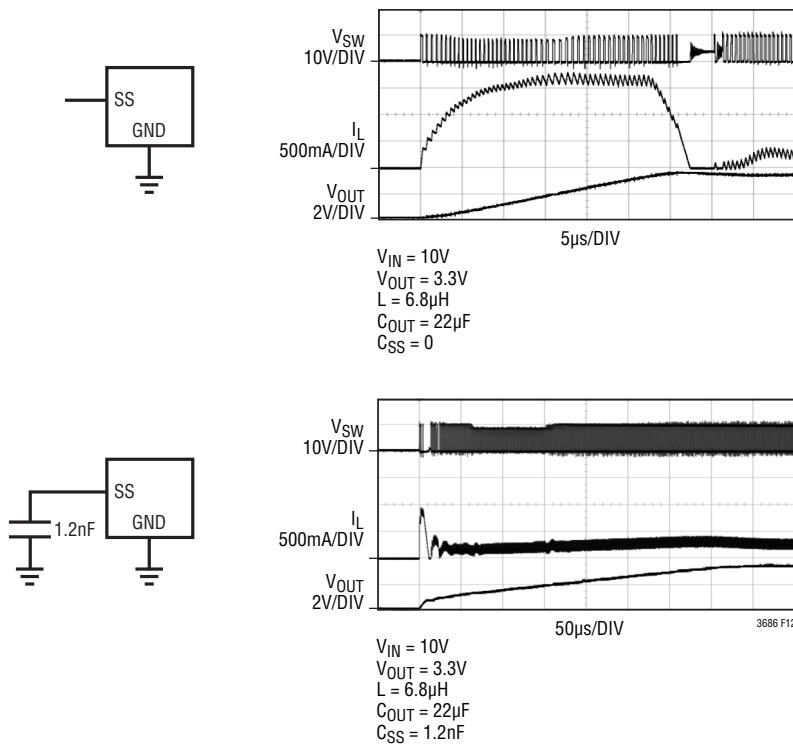


図12. LT3686をソフトスタートさせるにはコンデンサをSSピンに追加する

アプリケーション情報

短絡保護と逆入力保護

過度に飽和しないようにインダクタを選択すれば、LT3686は出力の短絡への耐性を持ちます。短絡状態で動作するとき、LT3686は谷電流が1.7Aになるまで周波数を下げます(図13)。LT3686に入力が加わっていなくても出力が高く保持されるシステムでは、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、バッテリや他の電源がLT3686の出力とダイオードOR結合されている、バッテリ充電アプリケーションやバッテリ・バックアップ・システムです。V_{IN}ピンをフロート状態にできる場合で、EN/UVLOピンが(ロジック信号によって、またはV_{IN}に接続されているために)“H”に保たれていると、LT3686の内部回路にはSWピンを介して静止電流が流れます。この状態で数mAの電流を許容できるシステムであれば、これは問題ありません。EN/UVLOピンを接地すれば、SWピンの電流は実質的にゼロに低下します。ただし、出力を“H”に保った状態でV_{IN}ピンを接地すると、出力からSWピンおよびV_{IN}ピンを介してLT3686内部の寄生ダイオードに大電流が流れれる可能性があります。入力電

圧が存在しているときにのみ動作し、短絡入力や逆入力から保護する回路を図14に示します。

安全な活線挿入

セラミック・コンデンサはサイズが小さく、堅牢でインピーダンスが低いので、LT3686の回路の入力バイパス・コンデンサに適しています。ただし、LT3686を給電中の電源に接続すると、これらのコンデンサは問題を生じることがあります(詳細については弊社の「アプリケーションノート88」を参照)。低損失のセラミック・コンデンサは、電源に直列の浮遊インダクタンスと結合することで、減衰しにくいタンク回路を形成しますが、LT3686のV_{IN}ピンの電圧に公称入力電圧の2倍のリングを生じる可能性があり、このリングがLT3686の定格を超えてデバイスに損傷を与える恐れがあります。入力電源の制御が十分でない場合や、ユーザーがLT3686を給電中の電源に接続する場合は、このようなオーバーシュートが発生しないように入力ネットワークを設計してください。LT3686の回路を24Vの電源に6フィートの24番ゲージのより対線で接続

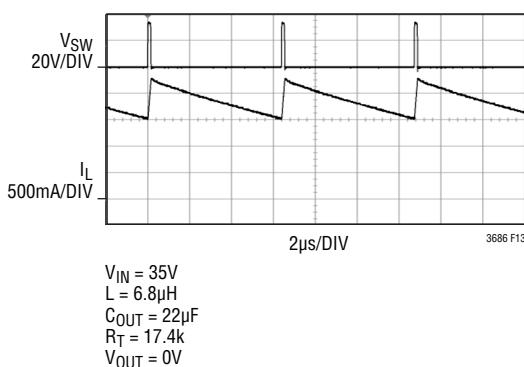


図13. LT3686はその周波数を2MHzから160kHzに下げ、短絡された出力から保護する

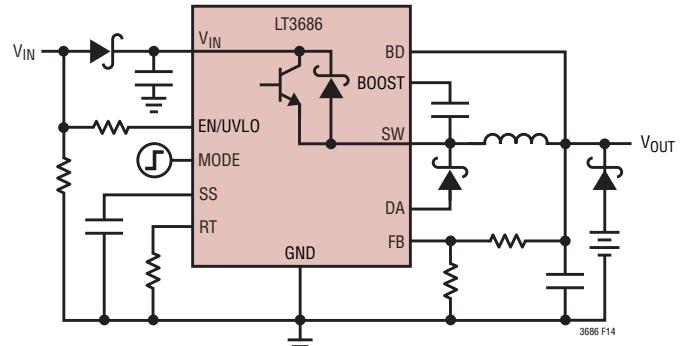


図14. 入力ダイオードは、出力に接続されたバックアップ用バッテリが短絡された入力によって放電するのを防ぎ、また逆入力からも回路を保護する(LT3686は入力が存在するときだけ動作する)

アプリケーション情報

した場合に生じる波形を図15に示します。最初のプロットは、入力に $2.2\mu F$ のセラミック・コンデンサを接続した場合の応答です。入力電圧は35Vに達するリンギングを生じ、入力電流のピークは20Aに達します。タンク回路を減衰させる1つの方法として、コンデンサをもう1個、直列抵抗とともに回路に追加します。図15bでは、アルミ電解コンデンサが追加されています。このコンデンサは等価直列抵抗が大きいので、回路が減衰され、電圧オーバーシュートが抑えられます。コンデンサの追加により低周波リップルのフィルタ機能が改善され、回路の効率がわずかに改善されますが、このコンデンサはおそらく回路内

で最大の部品となるとみられます。代替案となるソリューションを図15cに示します。電圧オーバーシュートを取り除くために、入力と直列に 1Ω の抵抗を追加しています(この抵抗により、ピーク入力電流も減少します)。 $0.1\mu F$ のコンデンサにより、高周波のフィルタ機能が改善されます。このソリューションは、電解コンデンサの場合よりもサイズが小さく安価です。入力電圧が高い場合に、そのことが効率に与える影響は小さく、24Vで動作している最大負荷での5V出力の場合、効率の低下は0.5%未満です。

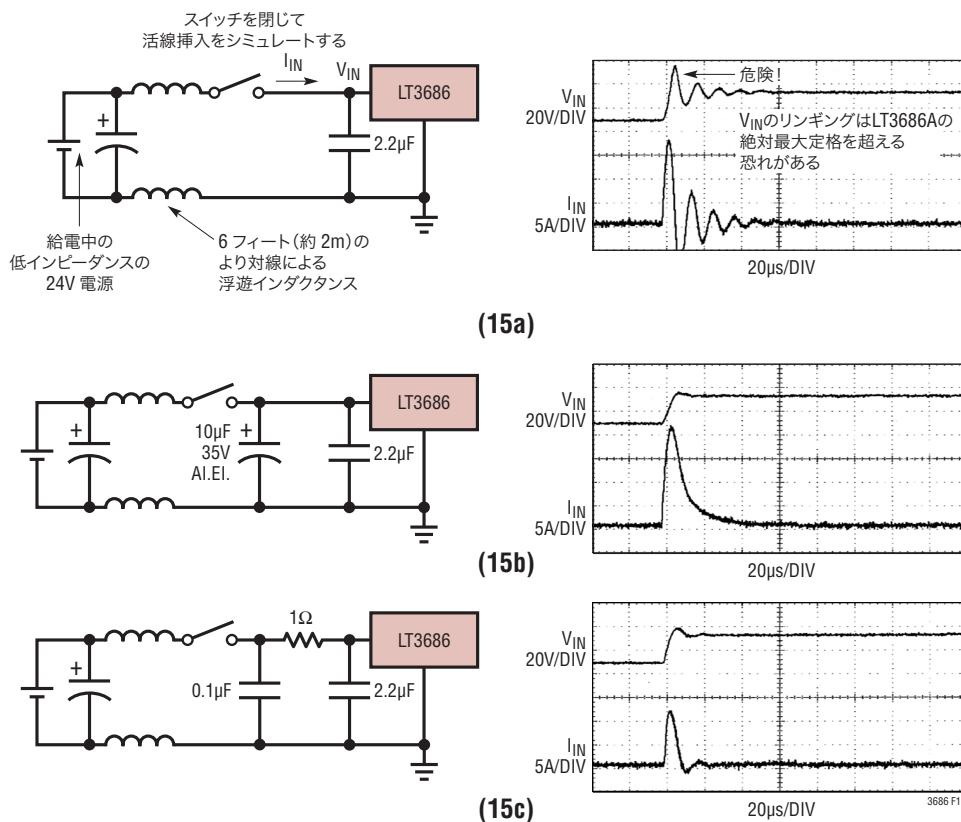


図15. 入力ネットワークを正しく選択すると、給電中の電源にLT3686を接続したときに入力電圧がオーバーシュートしなくなり、信頼性の高い動作が保証される

アプリケーション情報

周波数補償

LT3686は、電流モード制御を使用して出力を調整します。これにより、ループ補償が簡素化されます。特にLT3686は、安定動作のための出力コンデンサのESRを必要としないので、セラミック・コンデンサを使用することで出力リップルを下げ、回路のサイズを小さくすることができます。LT3686の制御ループの等価回路を図16に示します。エラーアンプは、出力インピーダンスが有限であるトランスコンダクタンス・アンプです。変調器、パワー・スイッチおよびインダクタで構成される電源部分は、 V_C ノードの電圧に比例した出力電流を発生するトランスコンダクタンス・アンプとしてモデル化されます。なお、出力コンデンサはこの電流を積分し、 V_C ノードのコンデンサ(C_C)はエラーアンプの出力電流を積分するので、ループに2つのポールが生じます。 R_C はゼロを1つ生じます。推奨の出力コンデンサを使用すると、ループのクロスオーバーは $R_C C_C$ のゼロ

より上に生じます。この簡単なモデルは、インダクタの値が大きすぎず、ループのクロスオーバー周波数がスイッチング周波数よりはるかに低い限りにおいて、正しく機能します。大きなセラミック・コンデンサ(非常に低いESR)を使うとクロスオーバーを下げることができ、帰還分割器の両端に位相リード・コンデンサ(CPL)を使うと位相マージンと過渡応答を改善することができます。大きな電解コンデンサのESRは、追加のゼロを生じるのに十分なほど大きいことがあります。位相リード・コンデンサが不要となる可能性があります。出力コンデンサが推奨のコンデンサと異なる場合は、すべての動作条件(負荷電流、入力電圧、温度など)にわたって安定性をチェックしてください。LT1375のデータシートには、ループ補償のさらに詳細な説明が記載されており、過渡負荷を使用した安定性のテスト方法が説明されています。

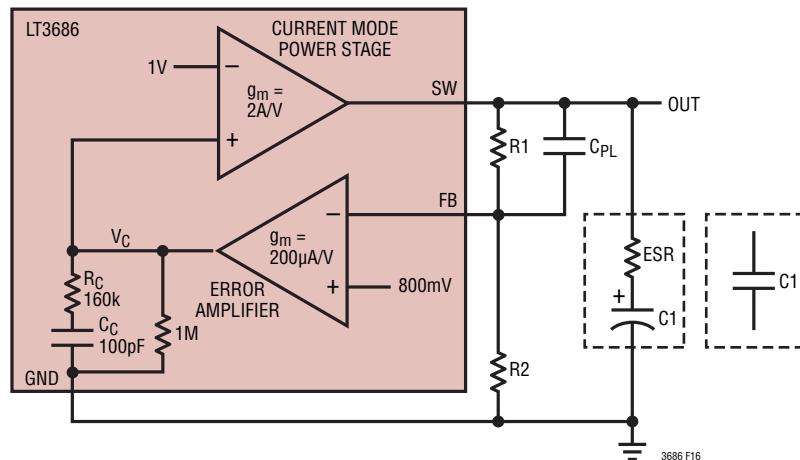


図16. ループ応答モデル

アプリケーション情報

PCBのレイアウト

動作を最適化し、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。推奨される部品配置とトレース、グランド・プレーンおよびビアの位置を図17に示します。なお、大きなスイッチング電流が、LT3686のV_{IN}ピンとSWピン、キャッチ・ダイオード(D1)および入力コンデンサ(C2)に流れます。これらの部品が形成するループはできるだけ小さくし、1箇所でシステム・グランドに接続してください。これらの部品と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、その層で接続してください。これらの部品の下には、切れ目のないローカル・グランド・プレーンを配置し、このグランド・プレーンを1箇所でシステム・グランドに(理想的には出力コンデンサC1のグランド端子に)接続します。SWノードとBOOSTノードはできるだけ小さくしてください。最後に、FB

ノードが小さい状態を保つことで、グランド・ピンとグランド・トレースがFBノードをSWノードとBOOSTノードからシールドするようにします。LT3686の露出したGNDパッドの近くにビアを置き、LT3686からの熱がグランド・プレーンに放散しやすくなるようにします。

高温に関する検討事項

LT3686E/Iのダイ温度は、最大定格である125°C(LT3686Hでは150°C)より低くする必要があります。周囲温度が高い場合は、回路のレイアウトに注意して、LT3686が十分放熱できるようになります。最大負荷電流は、周囲温度が最大許容接合部温度に近づくのに応じてディレーティングされるようにしてください。ダイ温度は、LT3686の電力損失に、接合部から周囲までの熱抵抗を掛けることによって計算します。LT3686内部の電

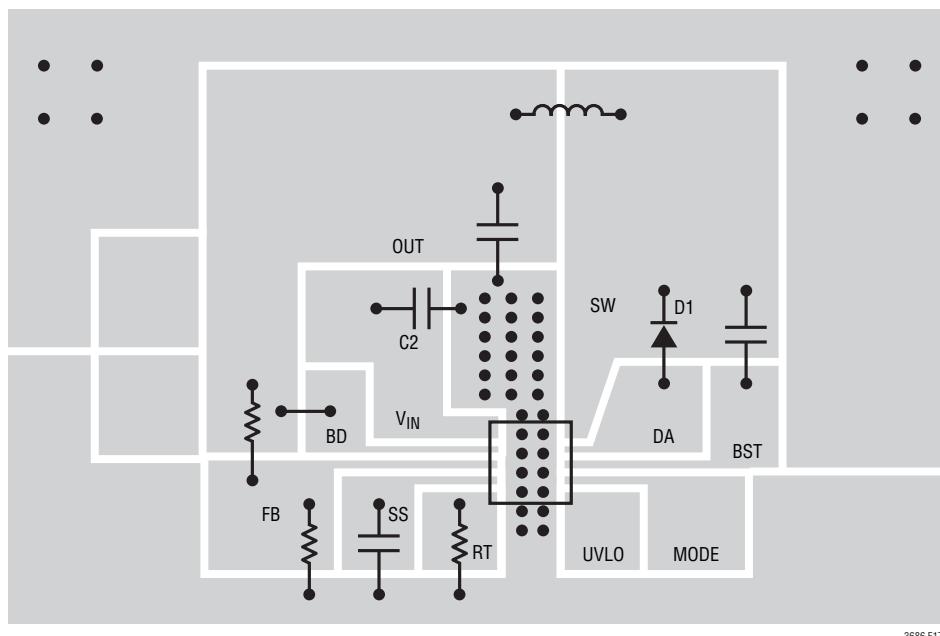


図17. PCBレイアウト

アプリケーション情報

力損失は、効率の測定値から総電力損失を計算し、その結果からキャッチ・ダイオードの損失を差し引くことによって概算できます。その結果得られる最大負荷での温度上昇は、入力電圧にほとんど依存しません。熱抵抗は回路基板のレイアウトに依存しますが、(3mm×3mm) DFNパッケージの場合、43°C/Wが標準的な値です。

19Vを超える出力

19Vを超える出力の場合は、入力電圧範囲がBOOSTピンの最大定格によって制限されることに注意してください。入力電圧と出力電圧の合計は、BOOSTピンの定格55Vを超えること

はできません。追加のツェナー・ダイオードを使ってこの制限を克服する方法を、25V出力の回路(図18)に示します。

リニアテクノロジー社の他の出版物

「アプリケーションノート」の19、35および44に、降圧レギュレータやその他のスイッチング・レギュレータの詳細な説明と設計情報が記載されています。LT1376のデータシートには、出力リップル、ループ補償および安定性のテストに関するさらに広範な説明が記載されています。「デザインノート100」には、降圧レギュレータを使って両極性出力電源を発生させる方法が示されています。

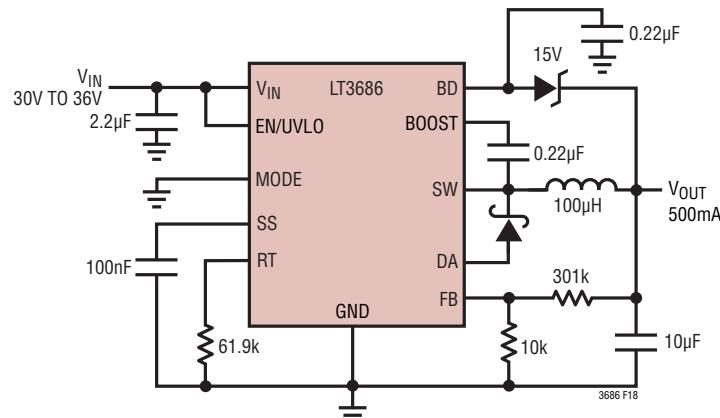
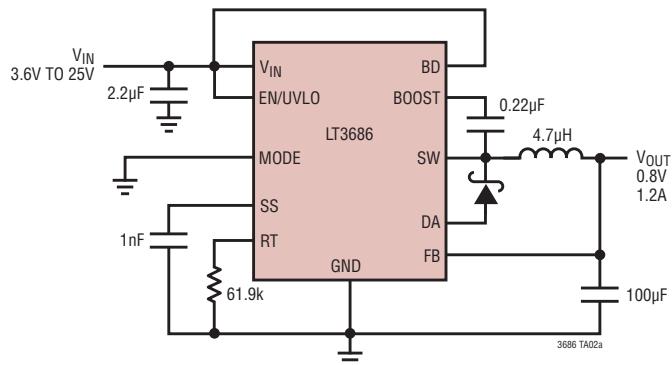


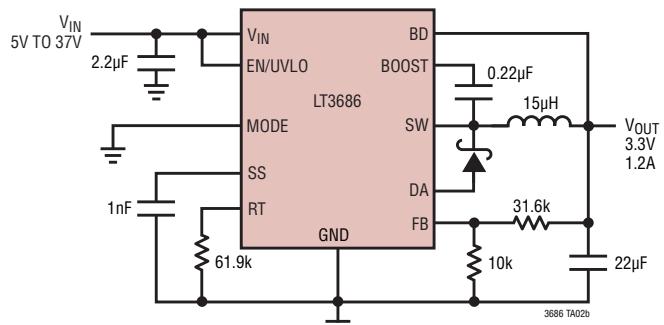
図18. 25V降圧コンバータ

標準的応用例

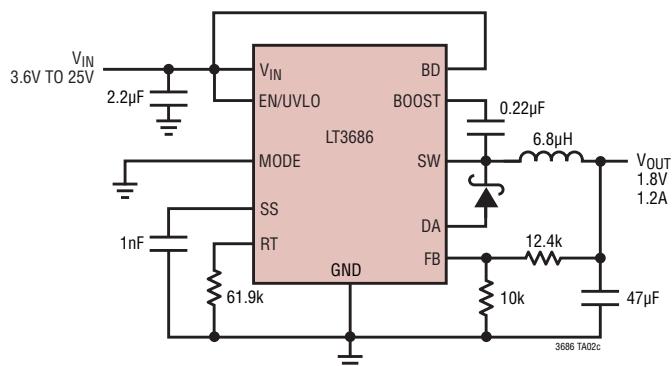
0.8V 降圧コンバータ



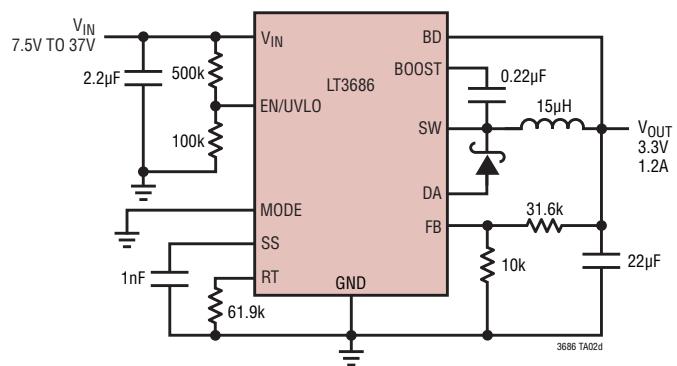
3.3V 降圧コンバータ



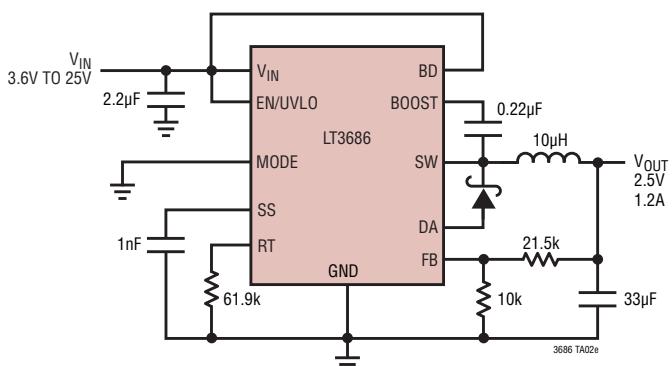
1.8V 降圧コンバータ



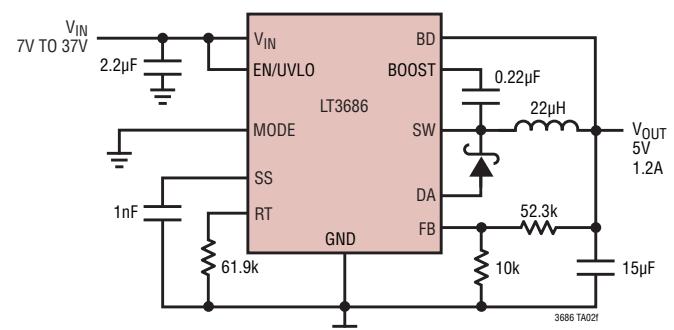
設定済みのUVLOを備えた3.3V 降圧コンバータ



2.5V 降圧コンバータ

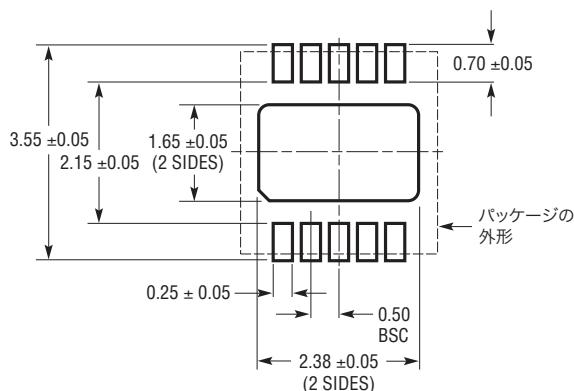


5V 降圧コンバータ

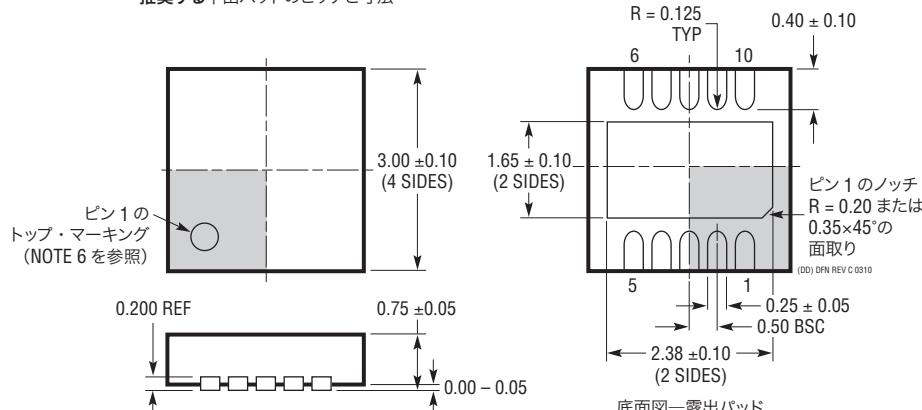


パッケージ寸法

**DDパッケージ
10ピン・プラスチック DFN(3mm×3mm)**
(Reference LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)



推奨する半田パッドのピッチと寸法



NOTE:

1. 図は JEDEC パッケージ・アウトライン MO-229 のバリエーション(WEED-2)になる予定
バリエーションの指定の現状については LTC の Web サイトのデータシートを参照
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで 0.15mm を超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	1/10	「特長」のセクションを改訂 「電気的特性」(Feedback Voltage)を更新	1 3
B	6/10	Hグレード情報を追加	2, 3, 23
C	5/11	「電気的特性」を改訂し、Note 6 を更新 「プログラム可能な低電圧ロックアウト」のセクションを改訂、表1を更新、さらに「アプリケーション情報」の「19Vを超える出力」のセクションでの値を微細なレベルで更新 「標準的応用例」の「0.8V降圧コンバータ」の図で単位を μ Hに改訂	3 10, 12, 24 25

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3689	60Vの過渡電圧保護、PORリセットおよびウォッチドッグ・タイマ付き36V、800mA、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～36V、過渡電圧～60V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =75μA、I _{SD} <1μA、16ピン3mm×3mm QFNパッケージ
LT3682	36V、60V MAX、1A、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～36V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =75μA、I _{SD} <1μA、12ピン3mm×3mm DFNパッケージ
LT3970	消費電流がわずか2.5μAの40V、350mA(I _{OUT})、2.2MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :4.2V～40V、V _{OUT(MIN)} =1.21V、I _Q =2.5μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3480	～60Vの過渡電圧保護付き36V、2A(I _{OUT})、2.4MHz、Burst Mode [®] 動作対応高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～38V、V _{OUT(MIN)} =0.78V、I _Q =70μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3685	～60Vの過渡電圧保護付き36V、2A(I _{OUT})、2.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～38V、V _{OUT(MIN)} =0.78V、I _Q =70μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3481	～36Vの過渡電圧保護付き34V、2A(I _{OUT})、2.8MHz、Burst Mode動作対応高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～34V、V _{OUT(MIN)} =1.26V、I _Q =50μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3684	～36Vの過渡電圧保護付き34V、2A(I _{OUT})、2.8MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～34V、V _{OUT(MIN)} =1.26V、I _Q =850μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3508	～40Vの過渡電圧保護付き36V、デュアル1.4A(I _{OUT})、3MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.7V～37V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =4.6mA、I _{SD} =1μA、24ピン4mm×4mm QFN、16ピンTSSOPパッケージ
LT3505	～40Vの過渡電圧保護付き36V、1.4A(I _{OUT})、3MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～34V、V _{OUT(MIN)} =0.78V、I _Q =2mA、I _{SD} =2μA、8ピン3mm×3mm DFN、8ピンMSOPパッケージ
LT3500	36V、40V MAX、2A、2.5MHz高効率降圧DC/DCコンバータおよびLDOコントローラ	V _{IN} :3.6V～36V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =2.5mA、I _{SD} <10μA、10ピン3mm×3mm DFNパッケージ
LT3507	LDOコントローラを備えた36V、2.5MHz、トリプル(2.4A+1.5A+1.5A(I _{OUT}))高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :4V～36V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =7mA、I _{SD} =1μA、38ピン5mm×7mm QFNパッケージ
LT3437	60V、400mA(I _{OUT})、Burst Mode動作対応マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.3V～60V、V _{OUT(MIN)} =1.25V、I _Q =100μA、I _{SD} <1μA、10ピン3mm×3mm DFN、16ピンTSSOPパッケージ
LT1976/LT1977	60V、1.2A(I _{OUT})、200/500kHz、Burst Mode動作対応高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.3V～60V、V _{OUT(MIN)} =1.2V、I _Q =100μA、I _{SD} <1μA、16ピンTSSOPパッケージ
LT3434/LT3435	60V、2.4A(I _{OUT})、200/500kHz、Burst Mode動作対応高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.3V～60V、V _{OUT(MIN)} =1.2V、I _Q =100μA、I _{SD} <1μA、16ピンTSSOPパッケージ
LT1936	36V、1.4A(I _{OUT})、500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～36V、V _{OUT(MIN)} =1.2V、I _Q =1.9mA、I _{SD} <1μA、8ピンMSパッケージ
LT3493	36V、1.4A(I _{OUT})、750kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :3.6V～36V、V _{OUT(MIN)} =0.8V、I _Q =1.9mA、I _{SD} <1μA、6ピン2mm×3mm DFNパッケージ
LT1766	60V、1.2A(I _{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} :5.5V～60V、V _{OUT(MIN)} =1.2V、I _Q =2.5mA、I _{SD} =25μA、16ピンTSSOPパッケージ