

3mm×3mm DFNおよび MSE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、60Vまでの
過渡電圧に対して回路を保護
- 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
- 外部クロックに同期可能
- トラ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 <1μA
- 内部補償
- 熱特性が改善された MSOP および
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®3686Aは、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ーなど様々なソースからの電力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。LT3686Aの動作周波数はAM帯域を超えているので、ラジオ放送受信への干渉がなく、とりわけ車載アプリケーションに最適です。

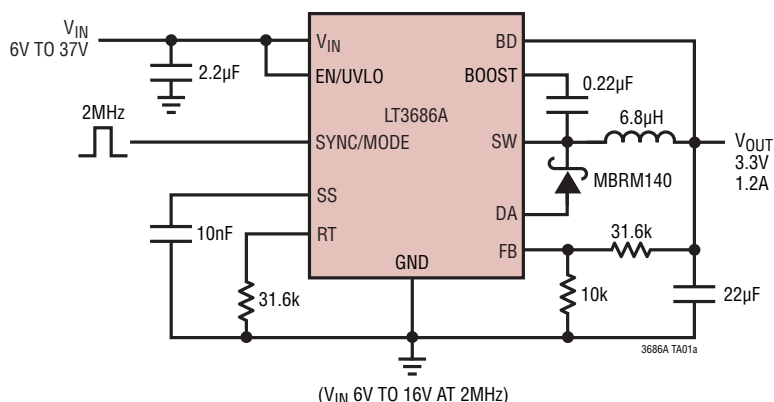
サイクルごとの電流制限、サーマル・シャットダウン、DA電流検出により、フォールト状態からデバイスを保護します。また、ソフトスタートと周波数フォールドバックにより、起動時の入力電流サージをなくします。内部で制御されるアクティブ負荷電流をBDピンを介して出力に与えるオプションにより、軽負荷時にフルスイッチング周波数で動作できるので、可聴帯域やAM帯域を超える周波数で出力リップルが低く抑えられ、予測可能になります。また、内部補償と内蔵の昇圧ダイオードにより、外付け部品数を削減します。

LT3686と異なり、LT3686Aは外部同期が可能です。

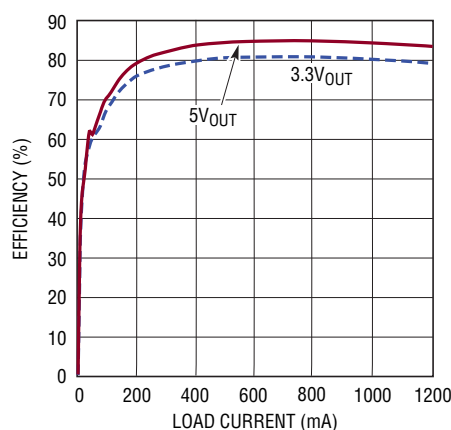
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、LinearのロゴおよびBurst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

3.3V 降圧コンバータ



VIN = 12Vでの効率 (2MHz)



LT3686A

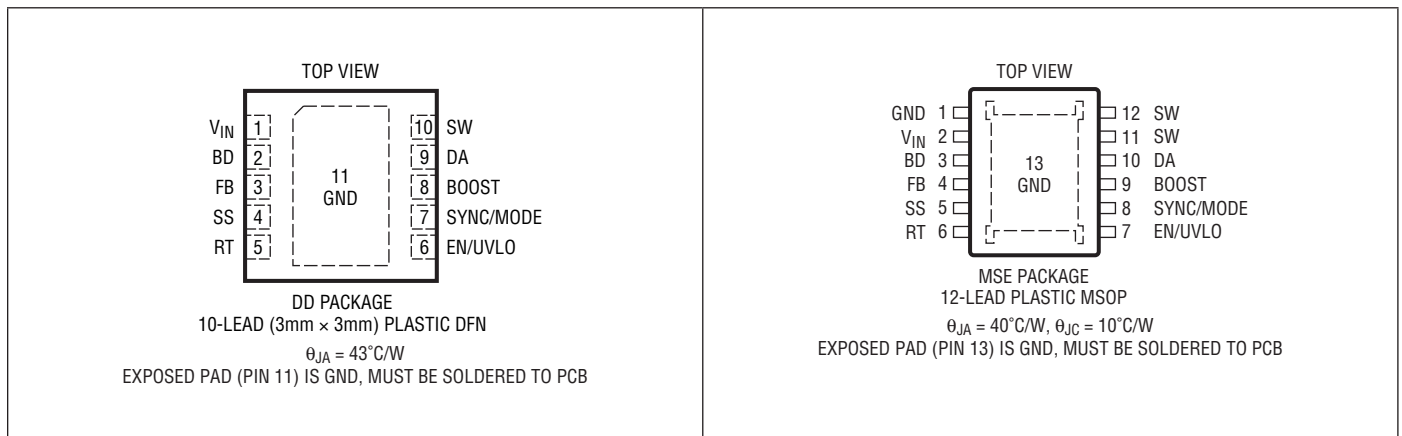
絶対最大定格

(Note 1)

入力電圧 (V_{IN}) (Note 7)	60V
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 (Note 7)	60V
BD の電圧	25V
RT の電圧	6V
SS の電圧	2.5V

SYNC/MODE の電圧	6V
動作接合部温度範囲 (Note 2)	
LT3686AE	-40°C ~ 125°C
LT3686AI	-40°C ~ 125°C
LT3686AH	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C
リード温度 (MSE パッケージのみ、 半田付け、10 秒)	300°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
LT3686AEDD#PBF	LT3686AEDD#TRPBF	LFRK	10-Lead Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3686AIDD#PBF	LT3686AIDD#TRPBF	LFRK	10-Lead Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3686AEMSE#PBF	LT3686AEMSE#TRPBF	3686A	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3686AIMSE#PBF	LT3686AIMSE#TRPBF	3686A	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3686AHMSE#PBF	LT3686AHMSE#TRPBF	3686A	12-Lead Plastic MSOP	-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。

鉛フリー製品の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TA = 25°Cでの値。VIN = 10V、VEN/UVLO ≥ 1.34V。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Current at Shutdown	V _{EN/UVLO} < 0.4V V _{EN/UVLO} = 1V		0.1 10	1 15	μA μA
Quiescent Current	Not Switching, SYNC/MODE ≤ 0.4V Not Switching, SYNC/MODE ≥ 0.8V		1.1 1.2	1.3 1.4	mA mA
Internal Undervoltage Lockout			3.4	3.6	V
Overvoltage Lockout		● 37	38	39	V
Feedback Voltage	V _{IN} = 3.6V ↔ 37V	● 0.790 0.785	0.8 0.8	0.810 0.815	V V
FB Pin Bias Current			60	100	nA
Switching Frequency	I _{DA} < 1.2A R _T = 15.4kΩ, I _{DA} < 1.2A	0.3 1.9		2.5 2.3	MHz MHz
Minimum On Time	SYNC/MODE > 0.8V, BD < 6V		100	110	ns
Minimum Off Time			150	200	ns
Switch V _{CESAT}	I _{SW} = 1.2A		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 = 10V (Note 4) SW = 0V (Note 5)		400 20	600 30	μA μA
BOOST Pin Current	I _{SW} = 1.2A		20		mA
Minimum Boost Voltage Above Switch	I _{SW} = 1.2A		2.2	2.4	V
Max BD Pin Active Load Current	SYNC/MODE > 0.8V, BD < 6V		30	40	mA
BD Pin Voltage to Disable Active Load		● 6	6.5	7	V
DA Pin Current to Stop OSC		● 1.2	1.7		A
SYNC/MODE High		● 0.8			V
SYNC/MODE Low		●		0.4	V
SYNC/MODE Bias Current				0.2	μA
SS Threshold			0.9		V
SS Source Current	V _{SS} = 1V		1.3	2	μA
EN/UVLO Bias Current	V _{EN/UVLO} = 10V V _{EN/UVLO} = 0V			40 1	μA μA
EN/UVLO Threshold to Turn Off		● 1.22	1.28	1.34	V
EN/UVLO Hysteresis Current			1.8	2.4	μA
Boost Diode Forward Drop	I _{BD} to I _{BOOST} = 200mA		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: LT3686AEは、0°C~125°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°C~125°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。LT3686AIは-40°C~125°Cの全動作接合部温度範囲で保証されている。LT3686AHは-40°C~150°Cの全動作接合部温度範囲で保証されている。高い接合部温度は動作寿命に悪影響を及ぼす。接合部温度が125°Cを超えると、動作寿命が短くなる (Note 6)。

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。

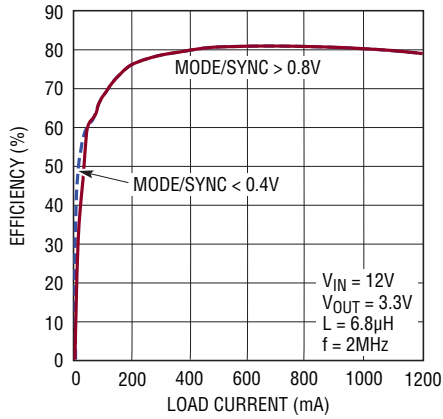
Note 6: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護がアクティブなとき、接合部温度は最大動作接合部温度を超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。「高温に関する検討事項」のセクションを参照。「動作」のセクションも参照。

Note 7: V_{IN} ピンと EN/UVLO ピンの絶対最大定格は、反復しない1秒間の過渡電圧の場合は60V、連続動作の場合は55Vである。

LT3686A

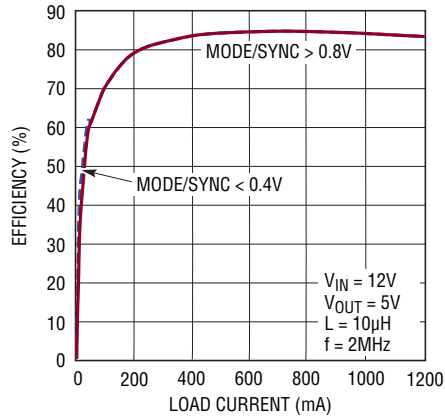
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

3.3V_{OUT}の効率(2MHz)



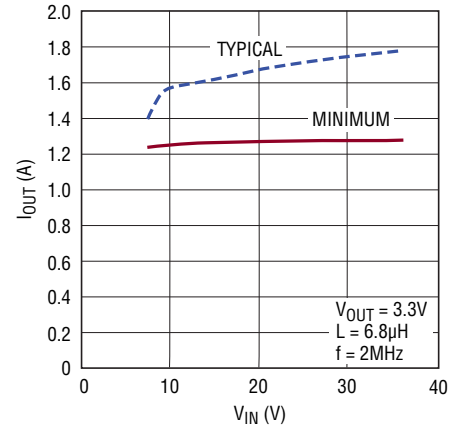
3686A G01

5V_{OUT}の効率



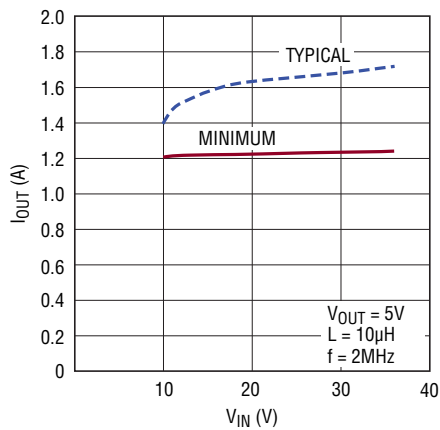
3686A G02

3.3V_{OUT}の最大負荷電流



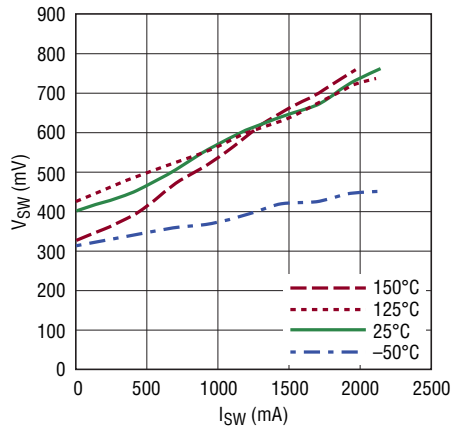
3686A G03

5V_{OUT}の最大負荷電流



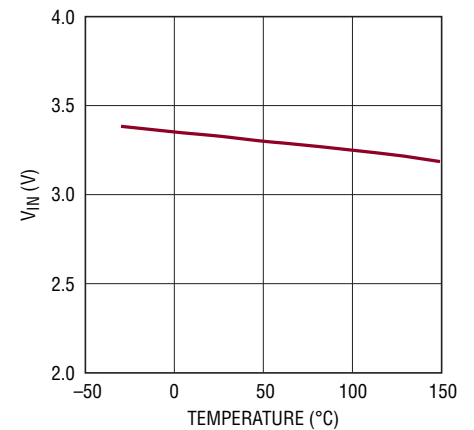
3686A G04

スイッチの電圧降下



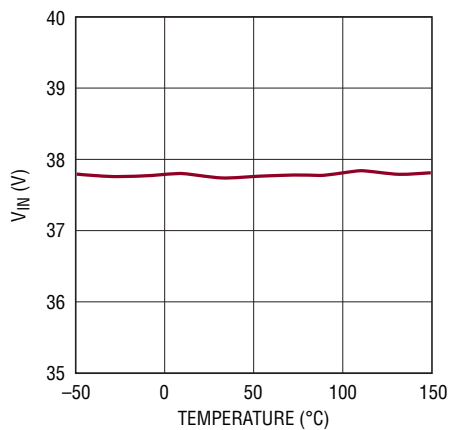
3686A G05

内部低電圧ロックアウト (UVLO)



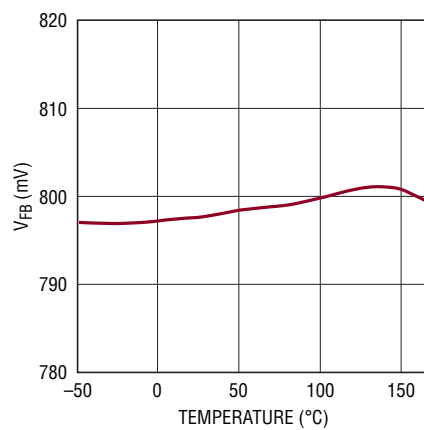
3686A G06

過電圧ロックアウト (OVLO)



3686A G07

VFB と温度

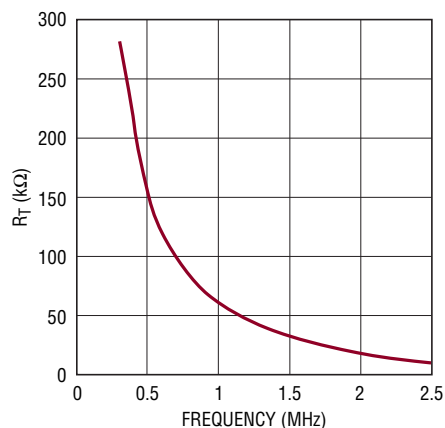


3686A G08

3686afa

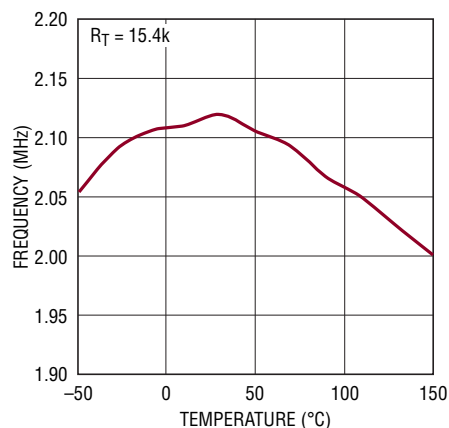
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

スイッチング周波数と R_T



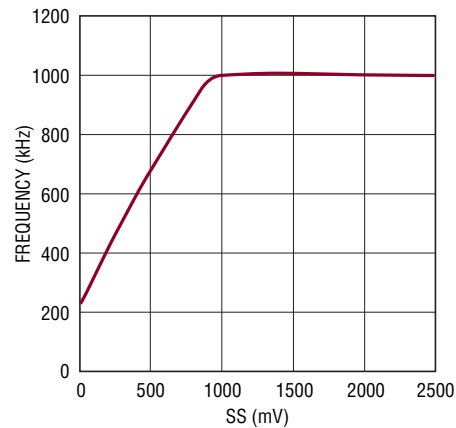
3686A G10

スイッチング周波数と温度



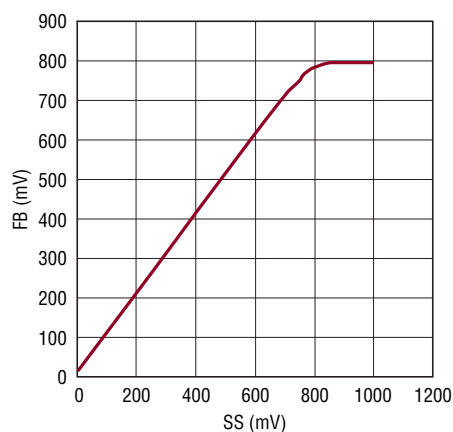
3686A G10

ソフトスタート/トラッキングと
周波数 (1MHz)



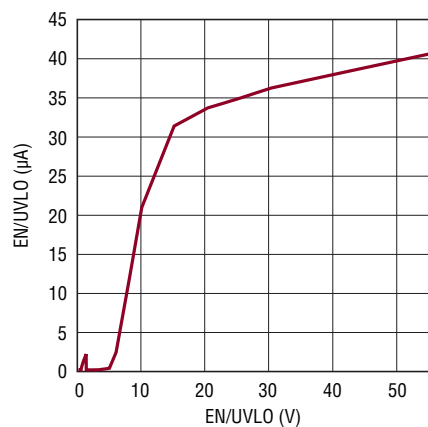
3686A G11

ソフトスタート/トラッキングと V_{FB}



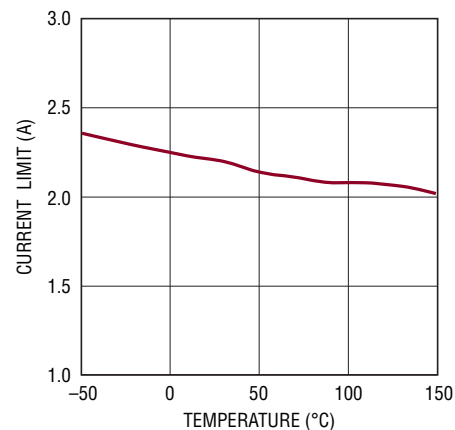
3686A G12

EN/UVLO ピンの電流



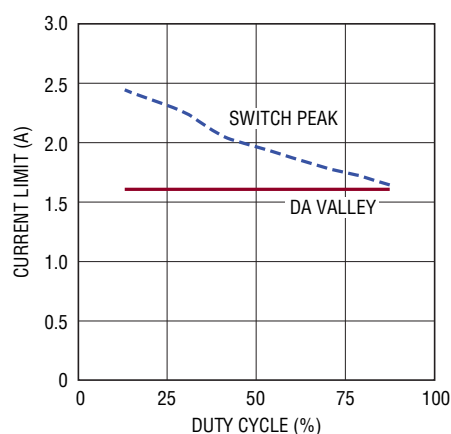
3686A G13

スイッチ電流制限と温度



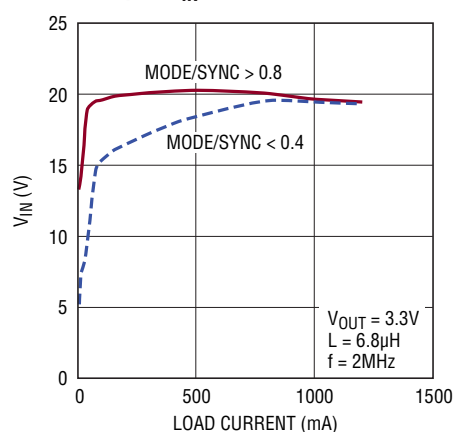
3686A G14

電流制限とデューティ・サイクル



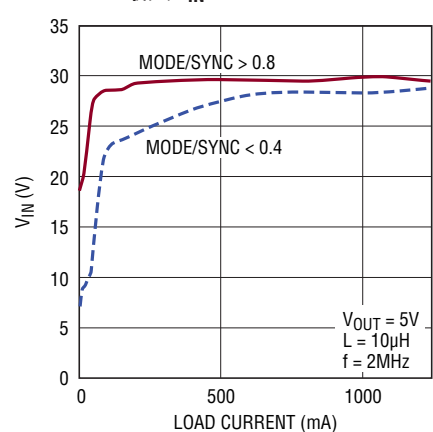
3686A G15

最大周波数 (2MHz) の場合の $3.3V_{OUT}$ での最大 V_{IN}



3686A G16

最大周波数 (2MHz) の場合の $5V_{OUT}$ での最大 V_{IN}

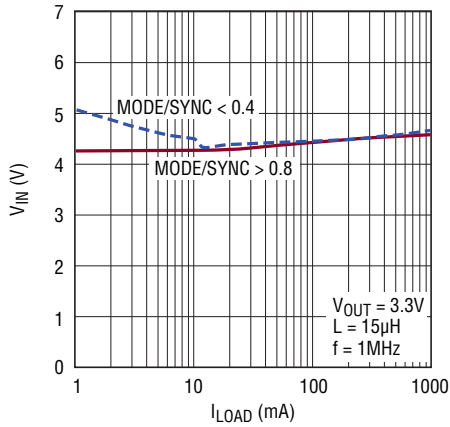


3686A G17
3686afa

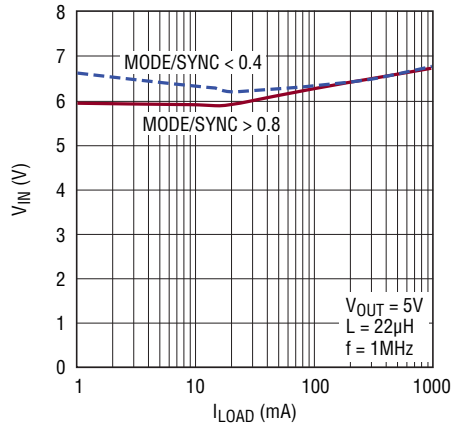
LT3686A

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

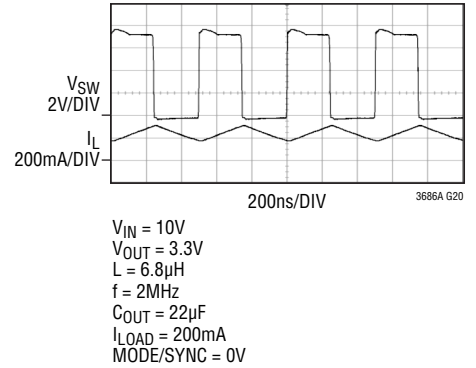
3.3V_{OUT}の標準的最小入力電圧



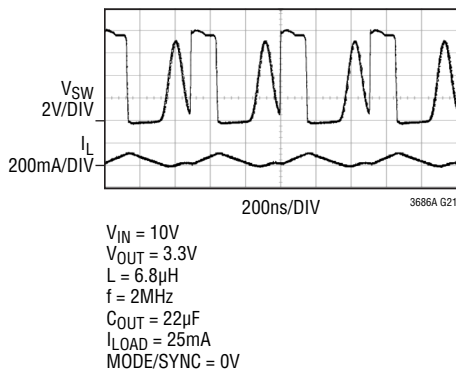
5V_{OUT}の標準的最小入力電圧



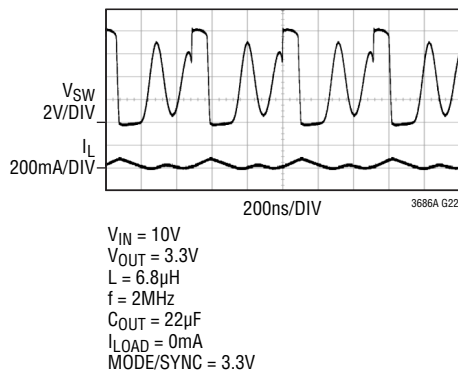
連続モードの波形



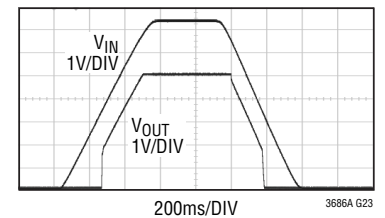
軽負荷時の不連続モードの波形



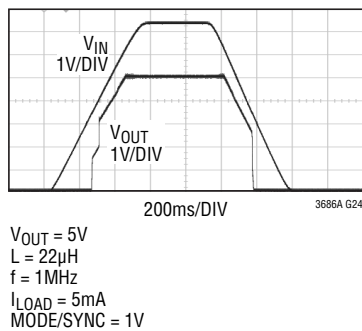
固定周波数で無負荷の波形



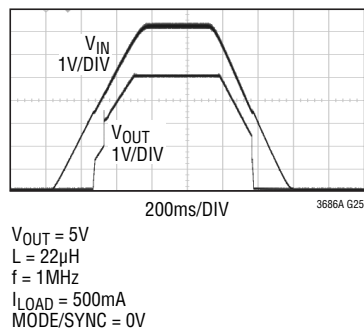
起動時のシャットダウン波形、
 $I_{LOAD} = 5\text{mA}$



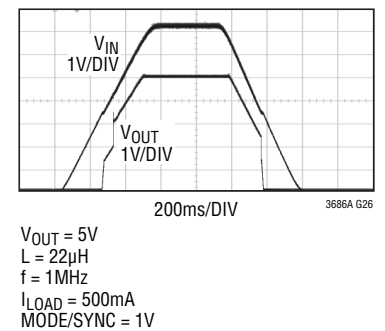
起動時のシャットダウン波形、
 $I_{LOAD} = 5\text{mA}$



起動時のシャットダウン波形、
 $I_{LOAD} = 500\text{mA}$



起動時のシャットダウン波形、
 $I_{LOAD} = 500\text{mA}$



ピン機能 (DFN/MSE)

V_{IN} (ピン1/2) : V_{IN}ピンはLT3686A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2/3) : SYNC/MODEピンをクロック・パルスでドライブするか、0.8Vより高い電圧に接続すると、LT3686A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3/4) : LT3686A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。次式に従って出力電圧を設定します。

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

R2の適切な値は10kΩです。

SS (ピン4/5) : 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UVLO、OVLOおよびサーマル・シャットダウンの状態でリセットします。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5/6) : 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6/7) : EN/UVLOピンは、LT3686Aを起動するのに使用します。LT3686A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。1.28Vのスレッシュホー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。

SYNC/MODE (ピン7/8) : SYNC/MODEピンは、LT3686Aの内部発振器を外部の信号に同期させるために使用します。SYNC信号は、オン時間とオフ時間のパルス幅が200ns以上の信号でドライブすることができます。SYNC/MODEピンは、BDのアクティブ負荷のモード選択ピンとしても機能します。このピンをパルスでドライブするか0.8Vより高い電圧に接続すると、LT3686A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、SYNC/MODEを0.4Vより低い電圧に接続します。

BOOST (ピン8/9) : BOOSTピンは、内蔵バイポーラ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。

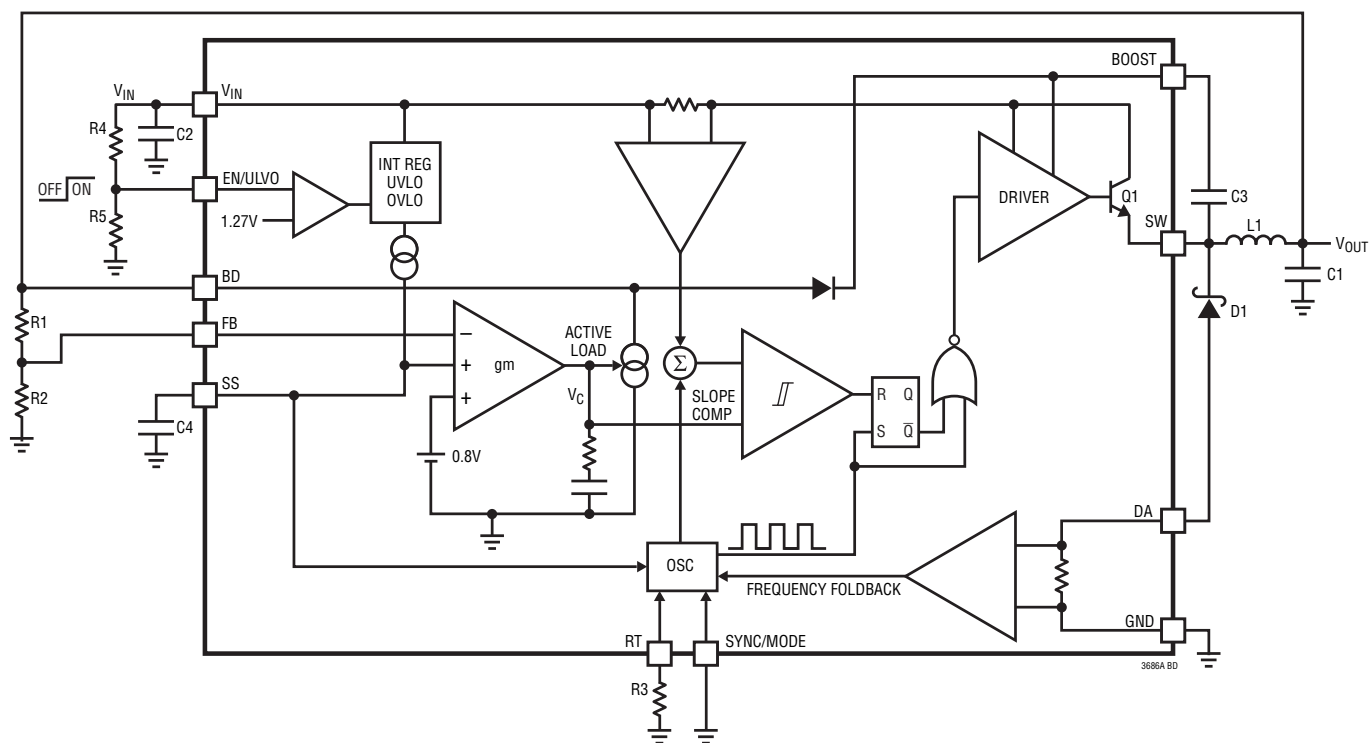
DA (ピン9/10) : キャッチ・ダイオード(D1)のアノードをこのピンに接続します。

SW (ピン10/11、12) : 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・ピン11/ピン1、露出パッド・ピン13) : 露出パッドGNDピンは、このデバイスの唯一のグラウンド接続箇所です。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。

LT3686A

ブロック図



動作

LT3686Aは、電流モードの降圧レギュレータです。EN/UVLOピンは、LT3686Aをシャットダウン状態にするのに使います。EN/UVLOピンの1.28Vのスレッシュホールドには、外付け抵抗分割器(R4、R5)を使って、LT3686A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1.28V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、 V_{IN} 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 V_{IN} 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、 V_{IN} 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、LT3686A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、LT3686Aの最大供給電流を決定します。

SYNC/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も機能します。アクティブ負荷は、SYNC/MODEピンが同期パルスでドライブされるか0.8Vより高い電圧に接続されるとイネーブルされ、SYNC/MODEピンが0.4Vより低い電圧に接続されるとディスエーブルされます。LT3686A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6Vより低いときだけ動作します。

LT3686A

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、 V_{IN} 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。

$$R4 = R5 \left(\frac{V_{IN}}{1.28V} - 1 \right)$$

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、LT3686Aは低消費電流状態($I_q \approx 15\mu A$)になります。LT3686Aを完全にシャットダウン($I_q < 1\mu A$)するには、EN/UVLOピンの電圧を0.4Vより低くします。

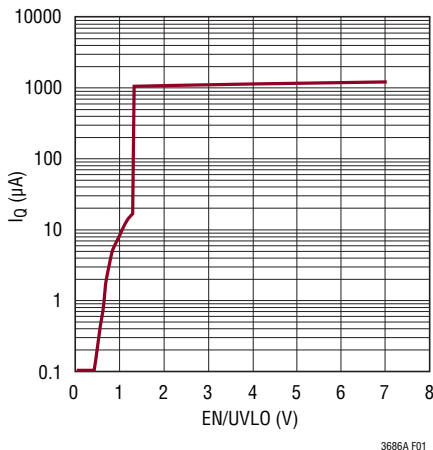


図1. I_q と $V_{EN/UVLO}$ ($V_{IN} = 10V$)

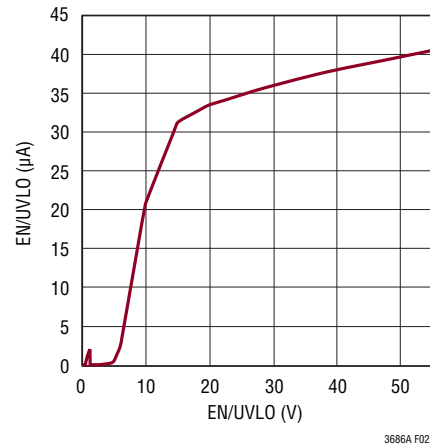


図2. EN/UVLOピンの電流

入力電圧範囲

LT3686A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、LT3686A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まります。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、LT3686A 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まります。LT3686A の最小オン時間は 100ns です (図 3)。

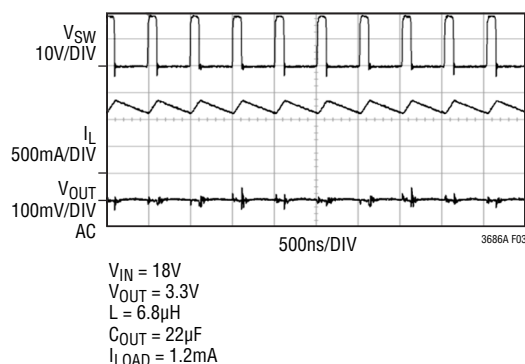


図 3. 最小オン時間の近くでの連続モード動作

必要なオン時間が標準的最小オン時間の 100ns より短くなった場合でも、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す。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ってから、スイッチングを再開します (図 4)。

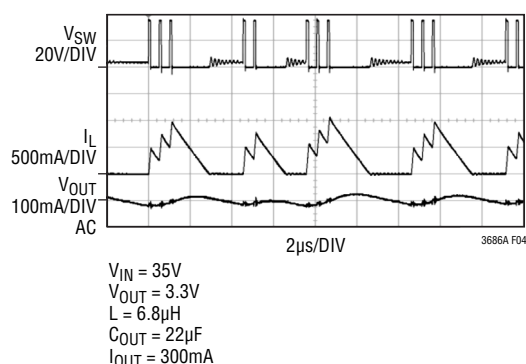


図 4. 必要なオン時間が 100ns 未満のときにパルス・スキップが生じる

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、LT3686A は周期的にその周波数を下げ

アプリケーション情報

て、インダクタの谷電流を1.7Aに保ちます(図5)。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増加分を加えたものになります。

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

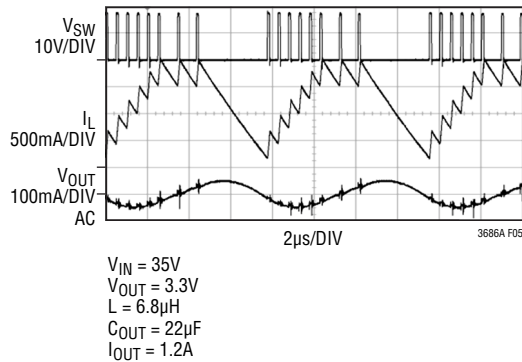


図5. 大きな負荷電流でのパルス・スキップはDA谷電流制限によって制限される(平坦なインダクタ谷電流および低下したスイッチング周波数に注意)

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

LT3686Aをプログラムすることができる最大周波数は2.5MHzです。LT3686A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RT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LT3686A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. RTと周波数

周波数 (MHz)	RT (kΩ)	最小同期周波数 (MHz)
2.5	9.53	N/A
2.3	12.1	N/A
2.1	15.4	N/A
1.9	20.0	N/A
1.8	22.6	2.50
1.7	25.5	2.30
1.5	31.6	1.99
1.3	40.2	1.70
1.1	52.3	1.42
0.9	69.8	1.14
0.7	97.6	0.874
0.5	150	0.615
0.3	280	0.363

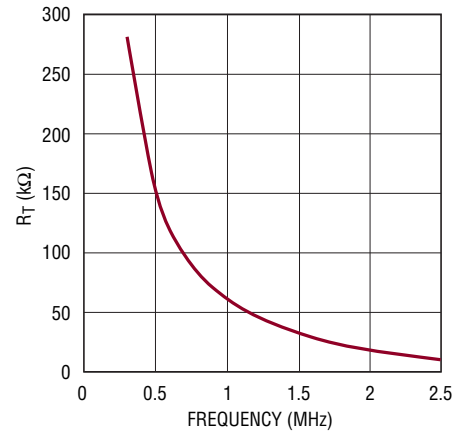


図6a. スwitchング周波数とRT

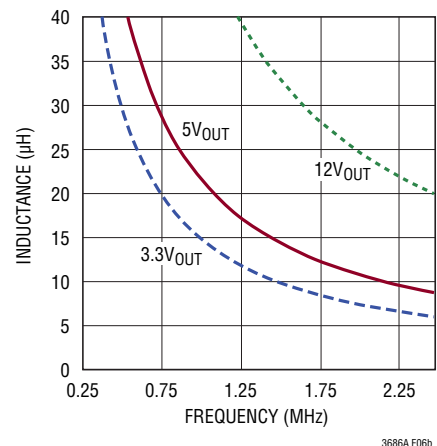


図6b. 推奨されるインダクタンスと周波数

アプリケーション情報

SYNC/MODEピンは内部発振器を外部の方形波に同期させるのに使用します。LT3686Aの同期クロック信号は2.5MHzより低い周波数とし、オン時間とオフ時間のパルス幅が200ns以上、0.4Vより下を“L”状態、0.8Vより上を“H”状態とするようにしてください。SYNC信号の周波数はRTによりプログラムされた周波数よりも高くする必要があります(表1を参照)。

インダクタの値は、最大同期周波数ではなくRTによる周波数に基づいて選択してください。

SYNC/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も機能します。アクティブ負荷は、SYNC/MODEがクロック・パルスでドライブされるか0.8Vより上に接続されるとイネーブルされ、SYNC/MODEが0.4Vより下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 μH 、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。インダクタが小型の場合、次式に従って選択できます。

$$L = \frac{2(V_{OUT} + V_D)}{f}$$

小さな値のインダクタを使うとインダクタの電流リップルが増加し、アクティブ負荷によってLT3686Aを最大スイッチング周波数に保つことができる V_{IN} 電圧が低下します。

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。問題はあります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。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、低調波発振を防止するために必要な最小インダクタンスが存在します。弊社の「アプリケーションノート19」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

LT3686A回路の入力は、X7RまたはX5Rタイプで値が $2.2\mu\text{F}$ 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。LT3686Aをバイパスするには、 $2.2\mu\text{F}$ 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うことができます。降圧レギュレータには、非常に短い

表2.

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

アプリケーション情報

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LT3686A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。2.2μFのコンデンサがこの役目を果たすことができますが、LT3686A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、LT3686A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。LT3686A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倍のリンギングが生じ、LT3686A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、LT3686A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LT3686A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 $R1$ 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LT3686A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、0.22 μ F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

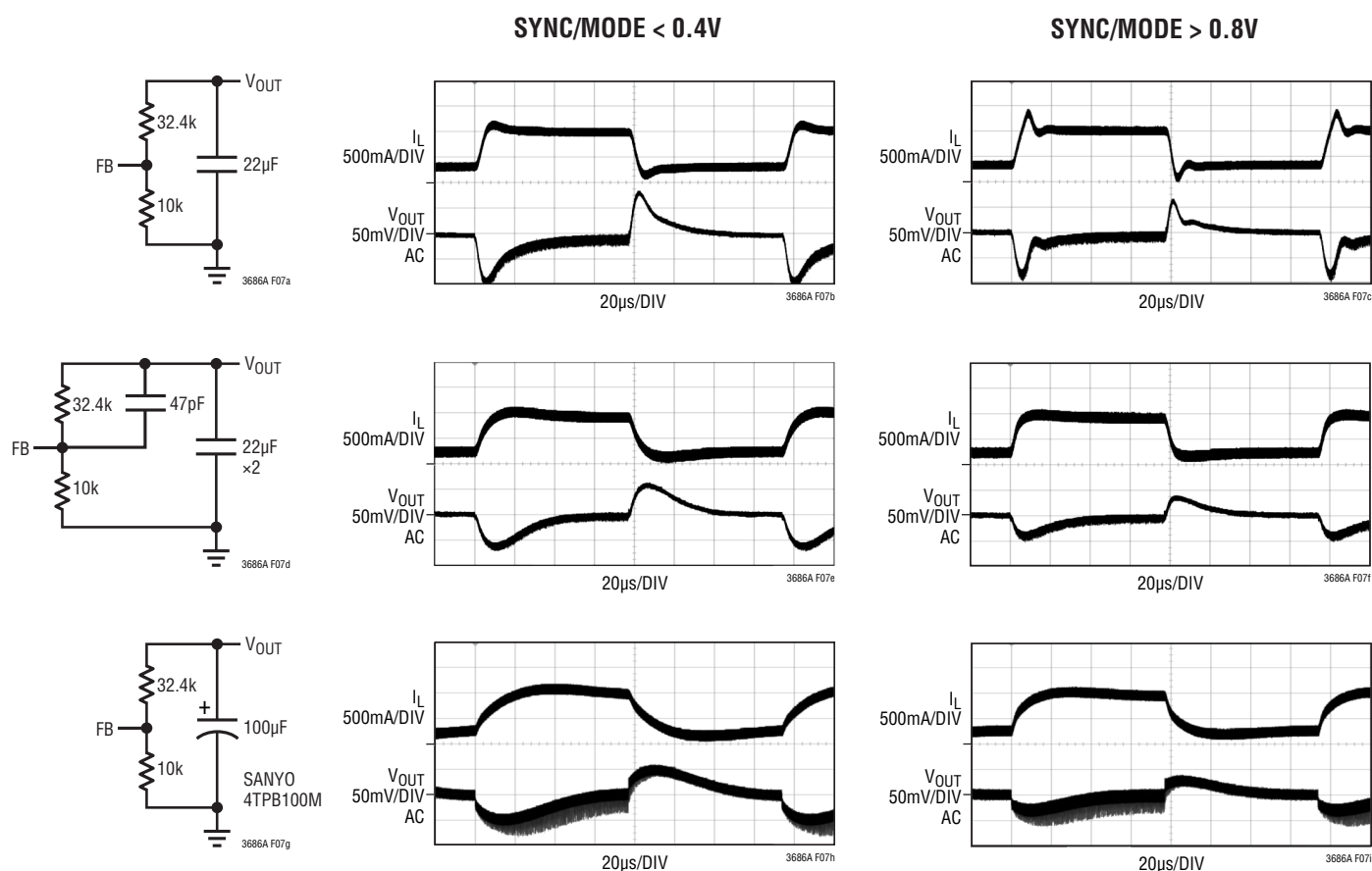


図7. 負荷電流を0.25Aから1Aに階段状に変化させたときの、出力コンデンサによって異なるLT3686Aの過渡負荷応答
($V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $L = 6.8\mu H$, 周波数 = 2MHz)

アプリケーション情報

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(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。 C_{BOOST} には、標準の値である $0.22\mu\text{F}$ を使用できます。

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、LT3686A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ピンを使ってLT3686A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

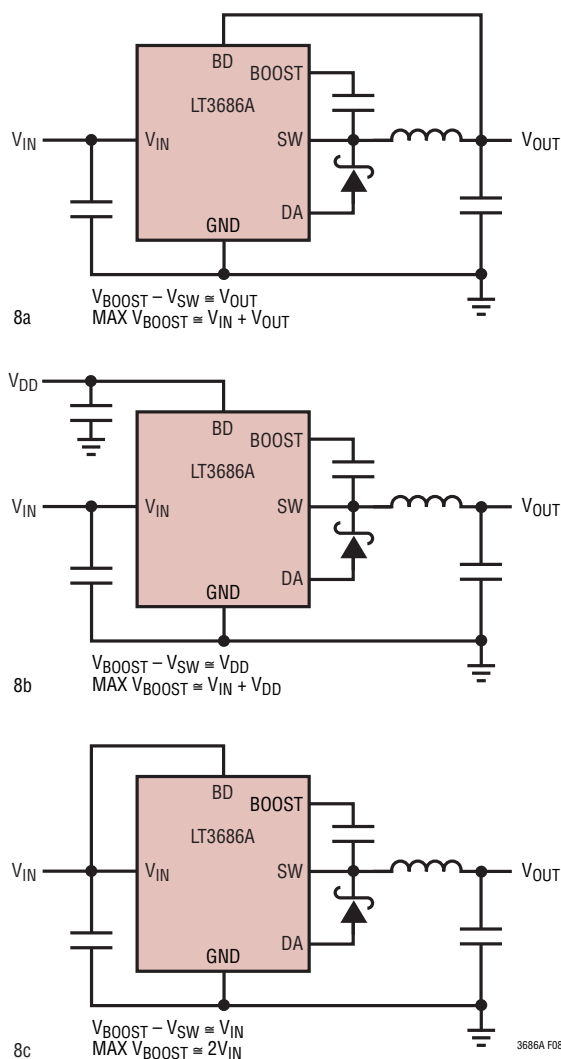


図 8.

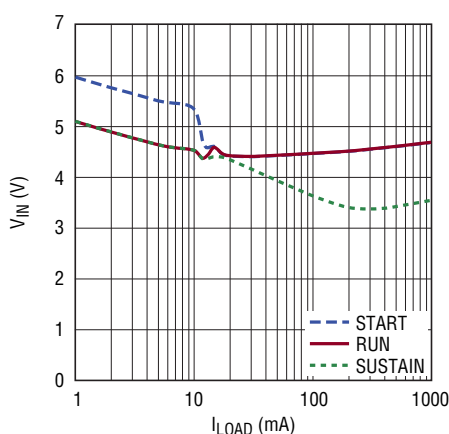
アプリケーション情報

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

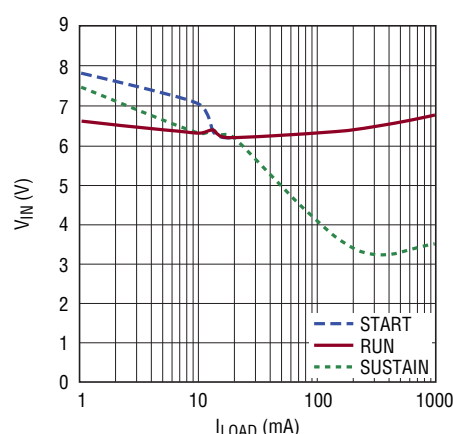
くなることがあります。このため、最小入力電圧は、 V_{OUT} より約 400mV 高い電圧まで減少します。大きな負荷電流ではインダクタ電流が連続しており、デューティ・サイクルは最大デューティ・サイクルによって制限されるので、安定化を維持するには高い入力電圧が必要です。

LT3686A 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



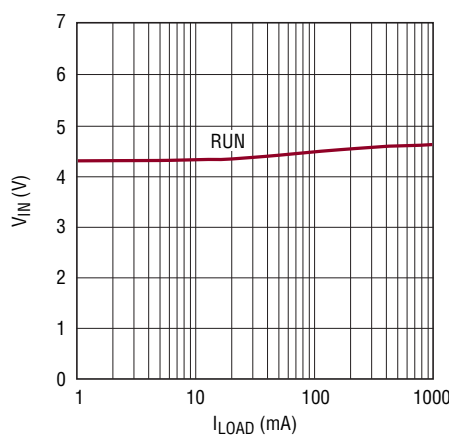
3686A F09a

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



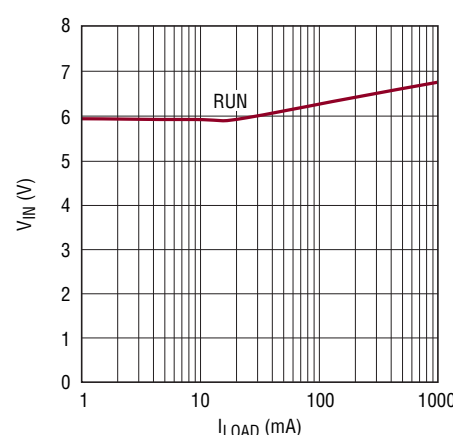
3686A F09b

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



3686A F09c

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



3686A F09d

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

アプリケーション情報

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**するために必要な最小の 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

LT3686A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、SYNC/MODEピンをクロック・パルスでドライブするか、0.8Vより高いDC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ことが、パルス・スキップの境界を押し上げるのに役立ちます。LT3686A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。

LT3686A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へ円滑に移行します。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6V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に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も作動します。

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。

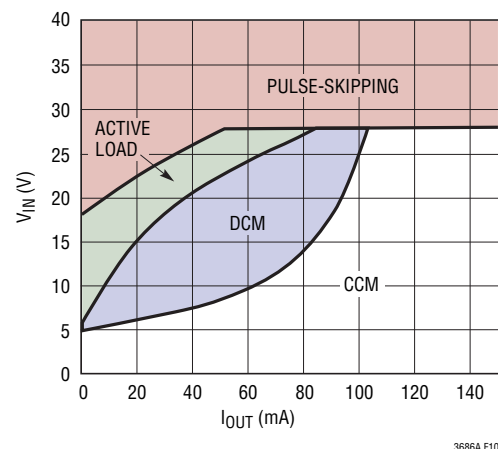


図10. 動作領域 (5V_{OUT}, 2MHz)

アプリケーション情報

ソフトスタート

SSピンは、LT3686A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 μ 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。

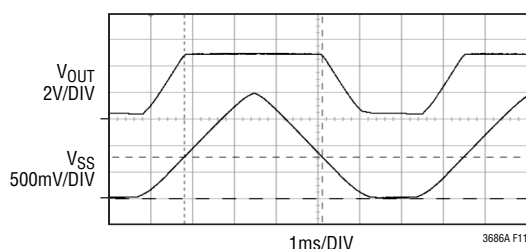


図 11. SSピンの電圧をトラッキングするように構成したLT3686A

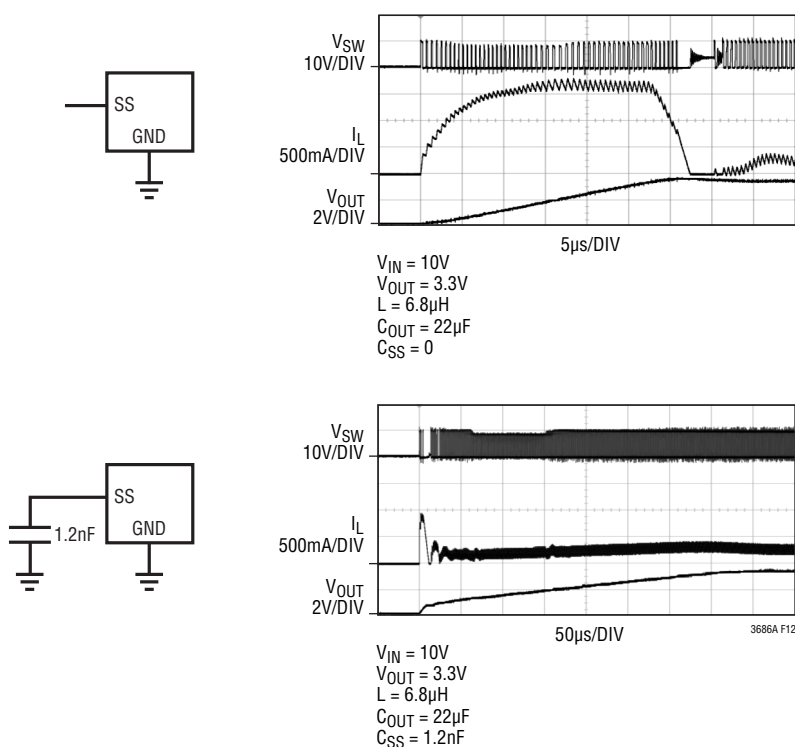


図 12. LT3686AをソフトスタートさせるにはコンデンサをSSピンに追加する

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、LT3686A 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、LT3686A は谷電流が1.7Aになるまで周波数を下げます (図13)。LT3686A に入力に加わってい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、バッテリーや他の電源がLT3686A の出力とダイオードOR結合されている、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/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、LT3686A 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

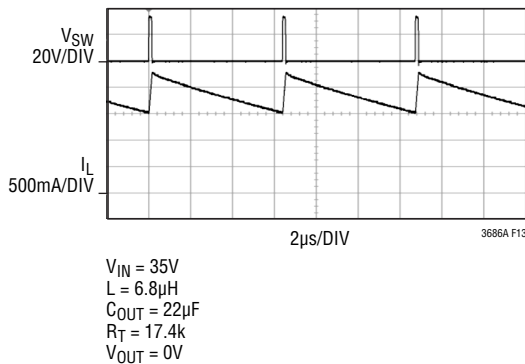


図13. LT3686A はその周波数を2MHzから160kHzに下げ、短絡された出力から保護する

地すると、出力からSW ピンおよびV_{IN} ピンを介してLT3686A 内部の寄生ダイオードに大電流が流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、LT3686A 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、LT3686A 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、LT3686A のV_{IN}ピンの電圧に公称入力電圧の2倍のリングングを生じる可能性があり、このリングングがLT3686A 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

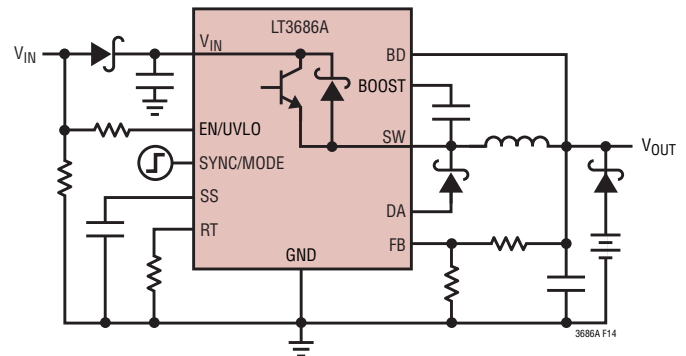
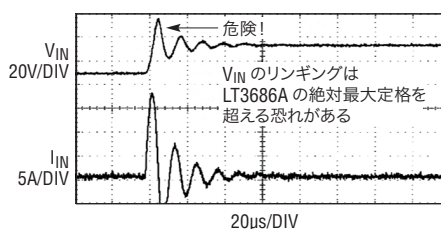
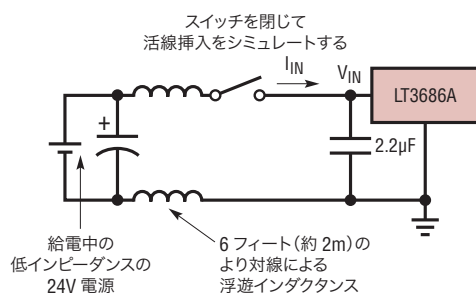


図14. 入力ダイオードは、出力に接続されたバックアップ用バッテリーが短絡された入力によって放電するのを防ぎ、また逆入力からも回路を保護する (LT3686A は入力が存在するときだけ動作する)

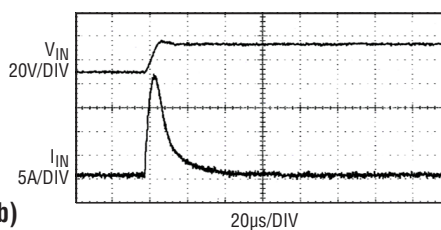
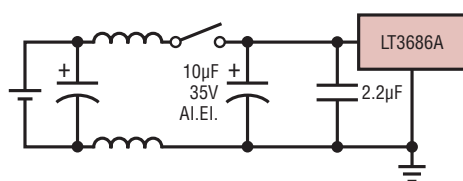
アプリケーション情報

力電源の制御が十分でない場合や、ユーザーがLT3686A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。LT3686A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 μ 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に達するリングングを生じ、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

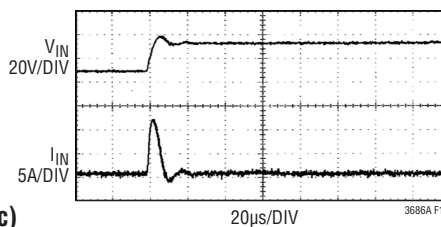
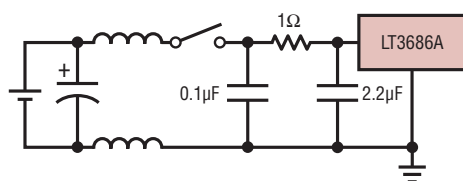
れます。コンデンサの追加により低周波リップルのフィルタ機能が改善され、回路の効率がわずかに改善されますが、このコンデンサはおそらく回路内で最大の部品になるとみられます。代替案となるソリューションを図15cに示します。電圧オーバーシュートを取り除くために、入力と直列に1 Ω の抵抗を追加しています(この抵抗により、ピーク入力電流も減少します)。0.1 μ Fのコンデンサにより、高周波のフィルタ機能が改善されます。このソリューションは、電解コンデンサの場合よりもサイズが小さく安価です。入力電圧が高い場合に、そのことが効率に与える影響は小さく、24Vで動作している最大負荷での5V出力の場合、効率の低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



(15a)



(15b)



(15c)

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LT3686A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

LT3686A

アプリケーション情報

周波数補償

LT3686A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LT3686A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。LT3686A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、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。

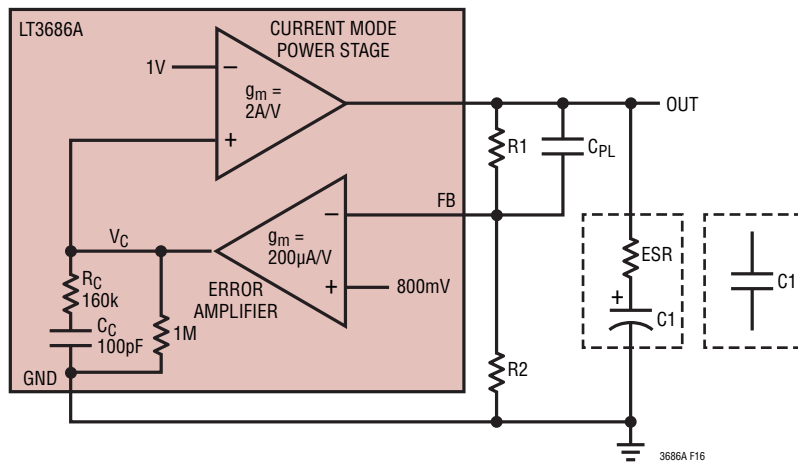


図16. ループ応答モデル

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、LT3686A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箇所ですべてシステム・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箇所ですべてシステム・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。LT3686Aの露出したGNDパッドの近くにビアを置き、LT3686A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

LT3686Aのダイ温度は、最大定格である125°C (LT3686AH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、LT3686Aが十分放熱できるようにします。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レーティングされるようにしてください。ダイ温度は、LT3686A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。LT3686A内部の電力損失は、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。

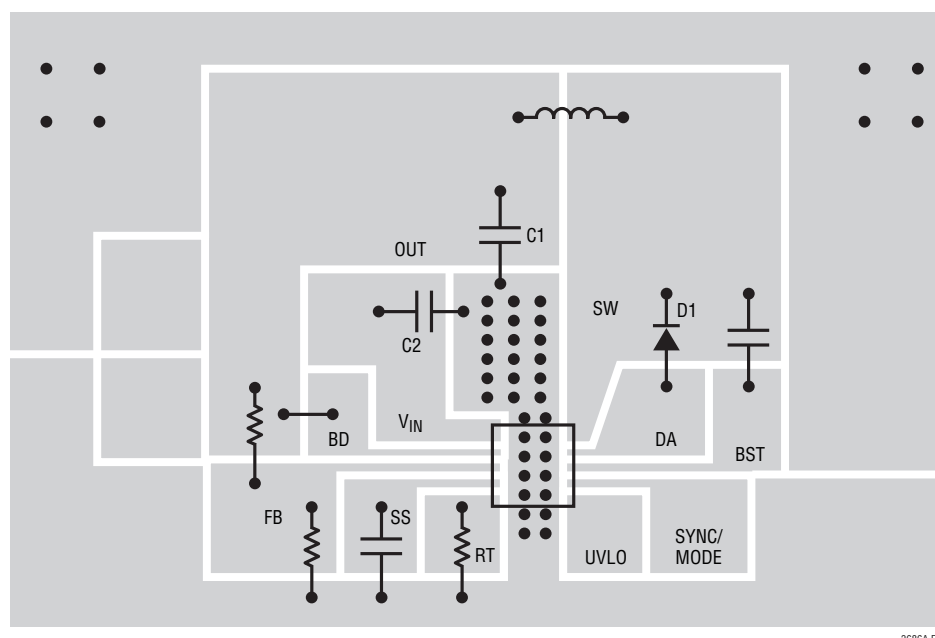


図17. PCBレイアウト

アプリケーション情報

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318」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。

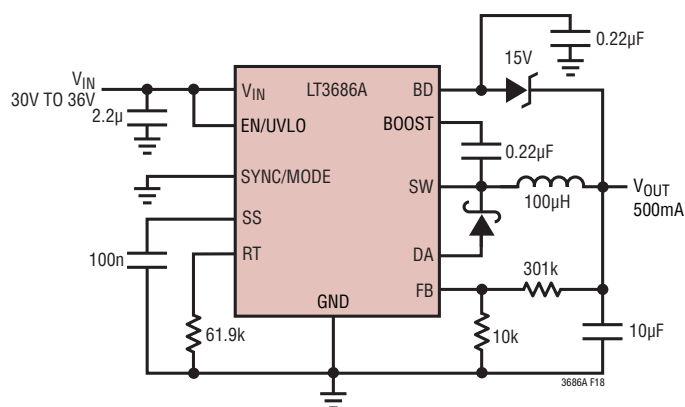
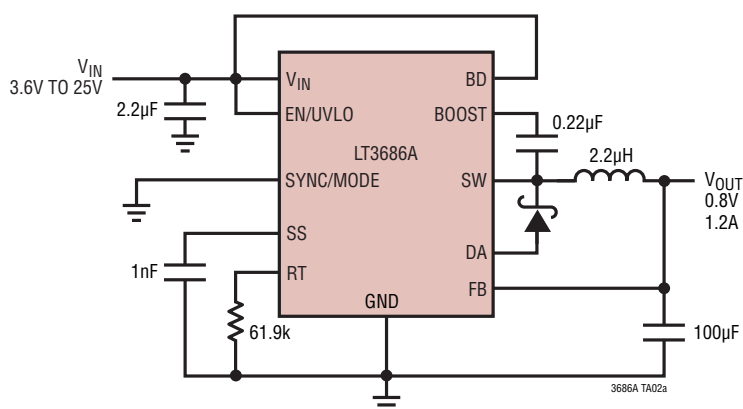


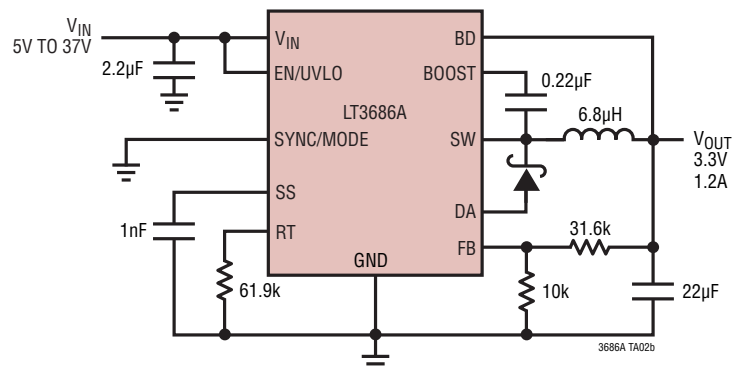
図18. 25V降圧コンバータ

標準的応用例

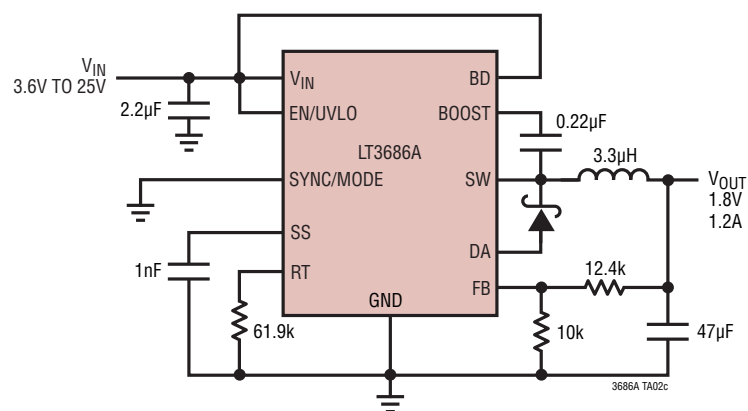
0.8V 降圧コンバータ



3.3V 降圧コンバータ



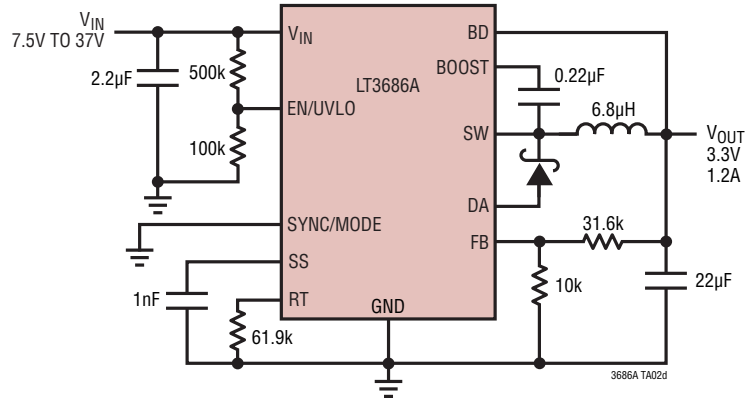
1.8V 降圧コンバータ



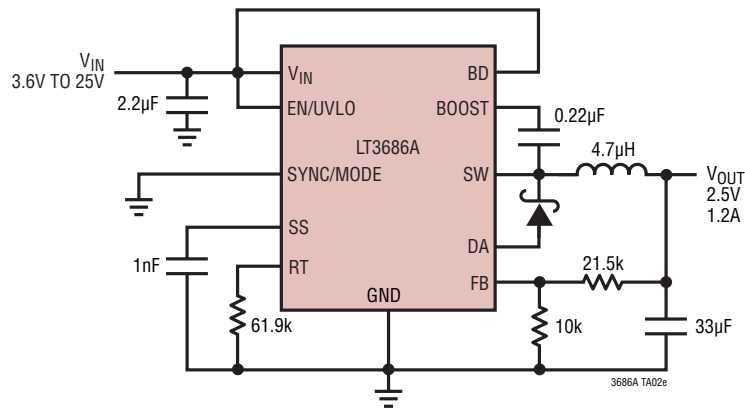
LT3686A

標準的応用例

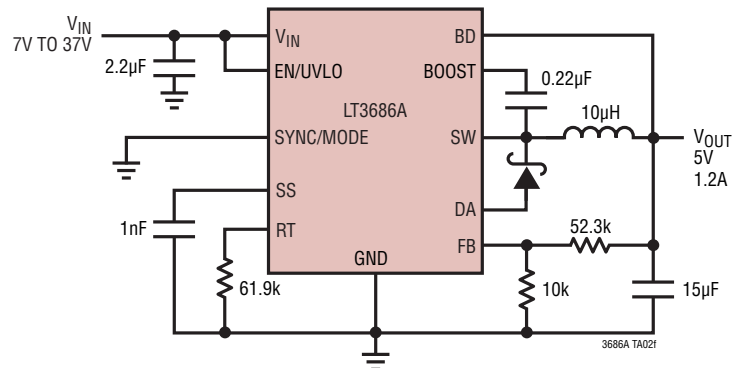
設定済みのUVLOを備えた3.3V降圧コンバータ



2.5V降圧コンバータ

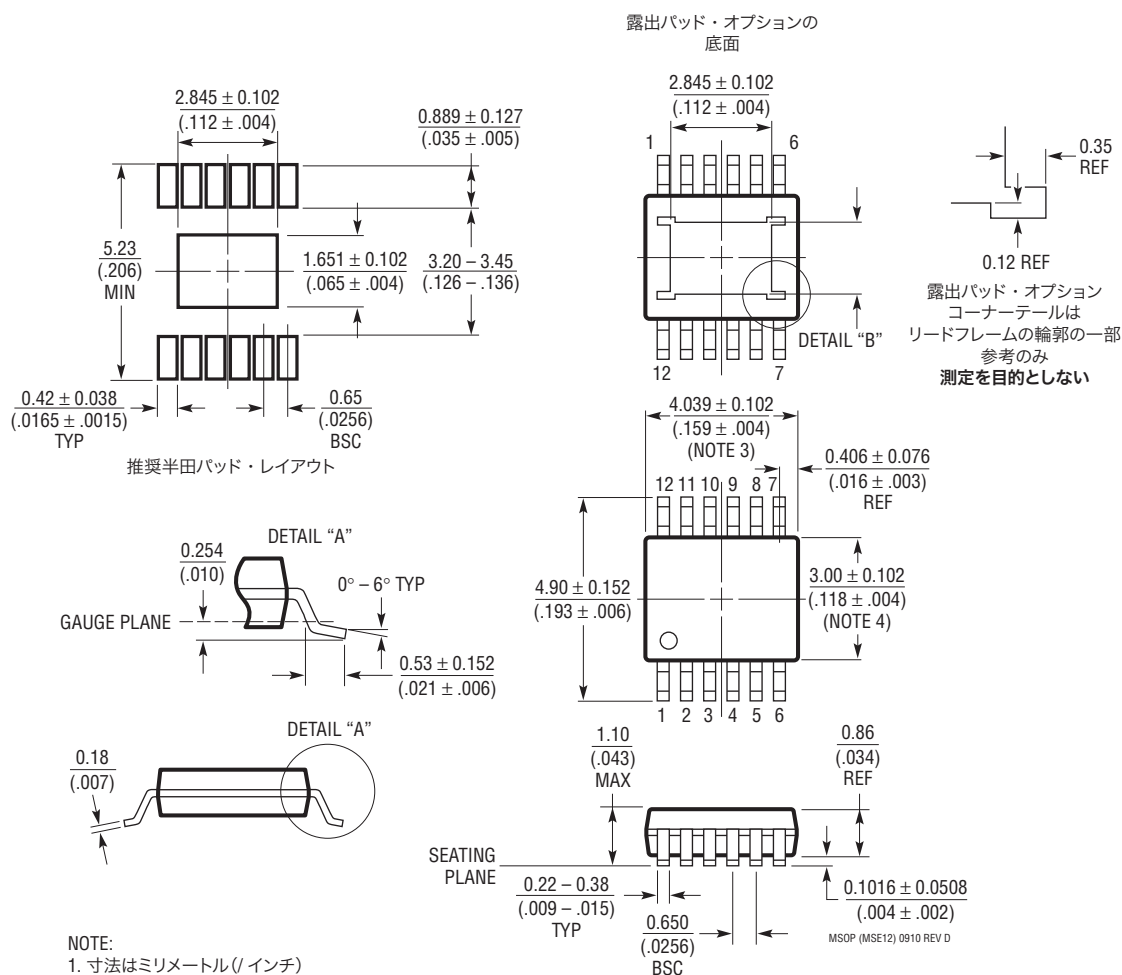


5V降圧コンバータ



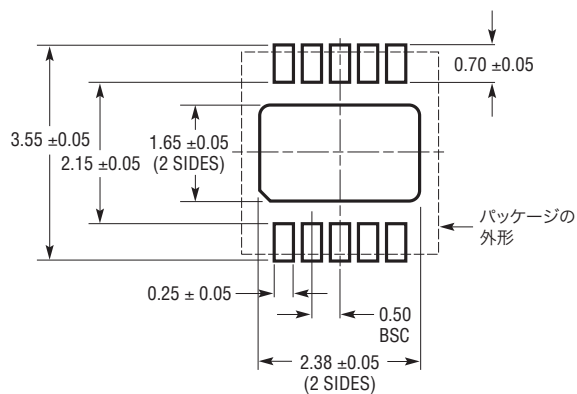
パッケージ寸法

MSEパッケージ
12ピン・プラスチックMSOP、露出ダイ・パッド
(Reference LTC DWG # 05-08-1666 Rev D)

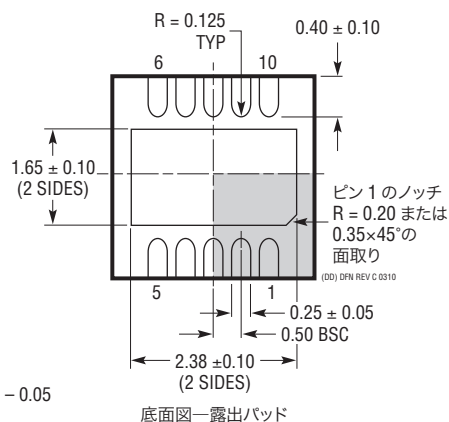
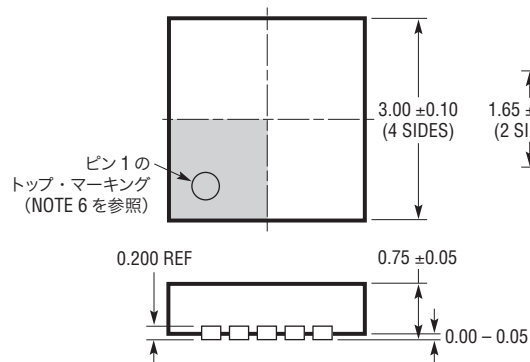


パッケージ寸法

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:

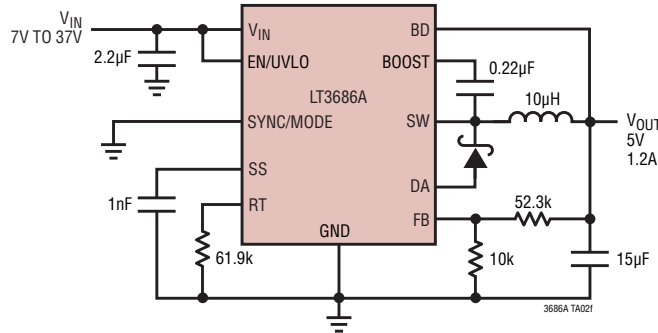
- 図は JEDEC パッケージ・アウトライン MO-229 のバリエーション (WEED-2) になる予定
バリエーションの指定の現状については LTC の Web サイトのデータシートを参照
- 図は実寸とは異なる
- すべての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは (もしあれば) 各サイドで 0.15mm を超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	5/11	「特長」、「ピン配置」、「発注情報」、「パッケージ寸法」の各セクションで MSOP を改訂	1, 2, 27
		「電気的特性」のセクションを更新	3
		「ピン機能」のセクションで EN/UVLO ピンの値を更新	7
		「動作」のセクションで値を更新	9
		「プログラム可能な低電圧ロックアウト」のセクション、表 1 で式を改訂、「アプリケーション情報」のセクションで「最小オン時間」の文章を微細なレベルで編集	10, 12, 13

標準的応用例

5V 降圧コンバータ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3686	～55Vの過渡電圧保護付き37V、1.2A、2.5MHz 高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V～37V、過渡電圧～55V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 1.1mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、10ピン3mm×3mm DFNパッケージ
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、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 75\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、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、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 75\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、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、 $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、10ピン2mm×3mm DFN、10ピンMSOPパッケージ
LT3990	消費電流がわずか2.5µAの60V、350mA (I_{OUT})、2.2MHz 高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 4.2V～60V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、10ピン3mm×3mm DFN、16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、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 70\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、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、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 70\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、10ピン3mm×3mm DFN、10ピンMSOP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、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 2mA$ 、 $I_{SD} = 2\mu A$ 、8ピン3mm×3mm DFN、8ピンMSOP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、 $V_{OUT(MIN)} = 1.25V$ 、 $I_Q = 100\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、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、 $V_{OUT(MIN)} = 1.2V$ 、 $I_Q = 100\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、16ピンTSSOPパッケージ