

ブーストおよび キャッチ・ダイオードを内蔵した マイクロパワー降圧レギュレータ

特長

- 低消費電流: $12V_{IN}$ から $3.3V_{OUT}$ への変換で $26\mu A$
- 昇圧およびキャッチ・ダイオードを内蔵
- 入力範囲: $4V \sim 40V$
- 低い出力リップル: $< 10mV$
- シャットダウン・モードで $< 1\mu A$
- 出力電圧: $1.25V \sim 16V$
- 出力電流: $200mA$
- ヒステリシス・モード制御
 - 軽負荷での低リップル・Burst Mode動作
 - より重負荷での連続動作
- 小さいソリューション・サイズ: $50mm^2$
- 熱特性が改善された高さの低い ($0.75mm$) $3mm \times 2mm$ 8ピンDDパッケージと $1mm$ ThinSOTパッケージ

アプリケーション

- 車載バッテリーの安定化
- 携帯製品の電源
- 分配型電源の安定化
- 産業用電源
- ACアダプタ・トランスの安定化

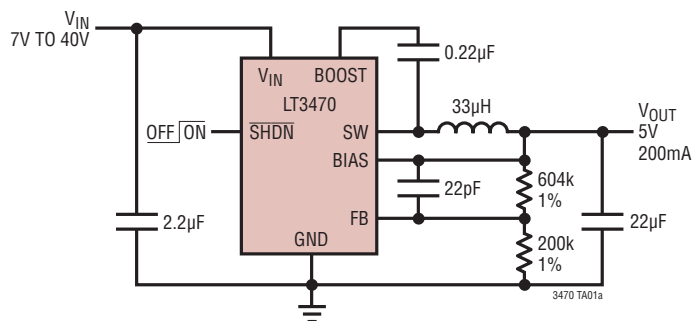
概要

LT[®]3470は、 $300mA$ パワースイッチ、キャッチ・ダイオード、ブーストダイオードを高さの低い $3mm \times 2mm$ DDおよびThinSOT[™]パッケージに搭載したマイクロパワー降圧DC/DCコンバータです。LT3470はBurst Mode動作と連続動作を組み合わせることで、小型のインダクタやコンデンサを使用して最大 $200mA$ の負荷に低リップル出力を供給できます。

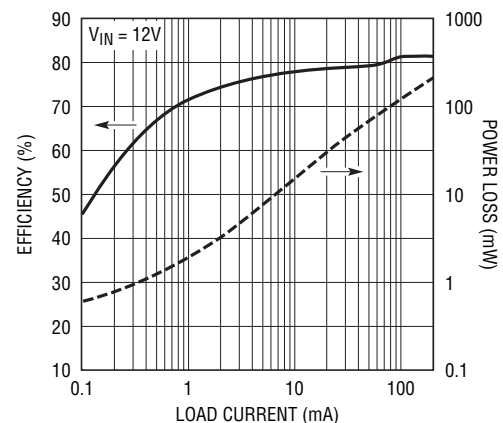
LT3470は入力範囲が $4V \sim 40V$ と広いので、2セル・リチウムイオン・バッテリーから非安定化ACアダプタ・トランスや鉛蓄電池に至る様々な電源を安定化できます。安定化時の消費電流は標準アプリケーションでわずか $26\mu A$ 、ゼロ電流シャットダウン・モードでは負荷を入力ソースから切断するので、バッテリー駆動システムでのパワー・マネージメントを簡素化します。高速電流制限とヒステリシス制御により、LT3470と外付け部品は $40V$ 入力時でも短絡出力から保護されます。

LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴ、Burst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例



効率および電力損失と負荷電流

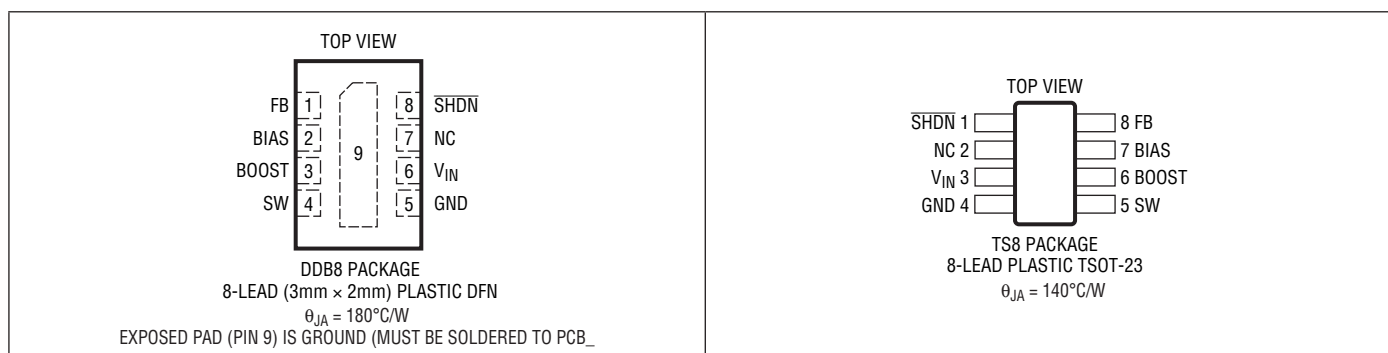


LT3470

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} 、 \overline{SHDN} の電圧	40V	LT3470H	150°C
BOOSTピンの電圧	47V	動作温度範囲 (Note 2)	
SWピンを超えるBOOSTピンの電圧	25V	LT3470E	-40°C~85°C
FBの電圧	5V	LT3470I	-40°C~125°C
BIASの電圧	25V	LT3470H	-40°C~150°C
SWの電圧	V_{IN}	保存温度範囲	-65°C~150°C
最大接合部温度		リード温度 (半田付け、10秒)	300°C
LT3470E、LT3470I	125°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
LT3470EDDB#PBF	LT3470EDDB#TRPBF	LBPN	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LT3470IDDB#PBF	LT3470IDDB#TRPBF	LBPP	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3470HDDB#PBF	LT3470HDDB#TRPBF	LCNR	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 150°C
LT3470ETS8#PBF	LT3470ETS8#TRPBF	LTBDM	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 85°C
LT3470ITS8#PBF	LT3470ITS8#TRPBF	LTBPW	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3470HTS8#PBF	LT3470HTS8#TRPBF	LTCNQ	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 150°C
鉛ベース仕様	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
LT3470EDDB	LT3470EDDB#TR	LBPN	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LT3470IDDB	LT3470IDDB#TR	LBPP	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3470HDDB	LT3470HDDB#TR	LCNR	8-Lead (3mm x 2mm) Plastic DFN	-40°C to 150°C
LT3470ETS8	LT3470ETS8#TR	LTBDM	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 85°C
LT3470ITS8	LT3470ITS8#TR	LTBPW	8-Lead Plastic TSOT-23	-40°C to 125°C
LT3470HTS8	LT3470HTS8#TR	LTCNQ	8-Lead Plastic TSOT-23	-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。

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/tapeandreeil/> 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。注記がない限り、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $V_{SHDN} = 10\text{V}$ 、 $V_{BOOST} = 15\text{V}$ 、 $V_{BIAS} = 3\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage		●			4	V
Quiescent Current from V_{IN}	$V_{SHDN} = 0.2\text{V}$	●		0.1	0.5	μA
	$V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching	●		10	18	μA
	$V_{BIAS} = 0\text{V}$, Not Switching	●		35	50	μA
Quiescent Current from Bias	$V_{SHDN} = 0.2\text{V}$	●		0.1	0.5	μA
	$V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching	●		25	60	μA
	$V_{BIAS} = 0\text{V}$, Not Switching	●		0.1	1.5	μA
FB Comparator Trip Voltage	V_{FB} Falling	●	1.228	1.250	1.265	V
FB Pin Bias Current (Note 3)	$V_{FB} = 1\text{V}$, E and I-Grade	●		35	80	nA
		●		35	150	nA
	H-Grade	●		35	225	nA
FB Voltage Line Regulation	$4\text{V} < V_{IN} < 40\text{V}$			0.0006	0.01	%/V
Minimum Switch Off-Time (Note 5)				500		ns
Switch Leakage Current				0.7	1.5	μA
Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 100\text{mA}$ (TS8 Package)			215	300	mV
	$I_{SW} = 100\text{mA}$ (DD8 Package)			215		mV
Switch Top Current Limit	$V_{FB} = 0\text{V}$		250	325	435	mA
Switch Bottom Current Limit	$V_{FB} = 0\text{V}$			225		mA
Catch Schottky Drop	$I_{SH} = 100\text{mA}$ (TS8 Package)			630	775	mV
	$I_{SH} = 100\text{mA}$ (DD8 Package)			630		mV
Catch Schottky Reverse Leakage	$V_{SW} = 10\text{V}$			0.2	2	μA
Boost Schottky Drop	$I_{SH} = 30\text{mA}$			650	775	mV
Boost Schottky Reverse Leakage	$V_{SW} = 10\text{V}$, $V_{BIAS} = 0\text{V}$			0.2	2	μA
Minimum Boost Voltage (Note 4)		●		1.7	2.2	V
BOOST Pin Current	$I_{SW} = 100\text{mA}$			7	12	mA
SHDN Pin Current	$V_{SHDN} = 2.5\text{V}$			1	5	μA
SHDN Input Voltage High			2.5			V
SHDN Input Voltage Low					0.2	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。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。

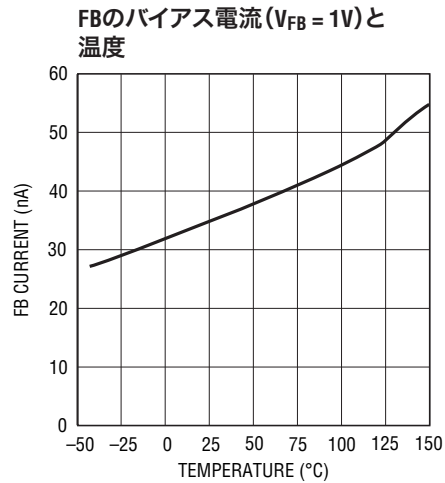
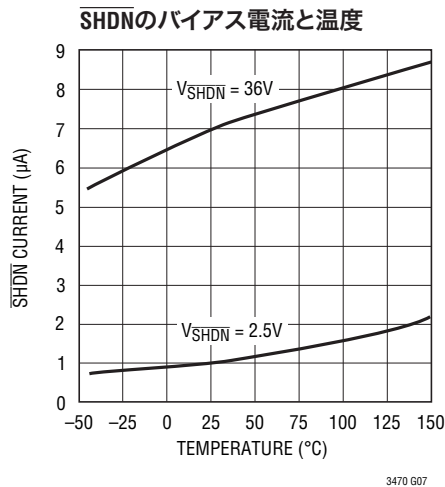
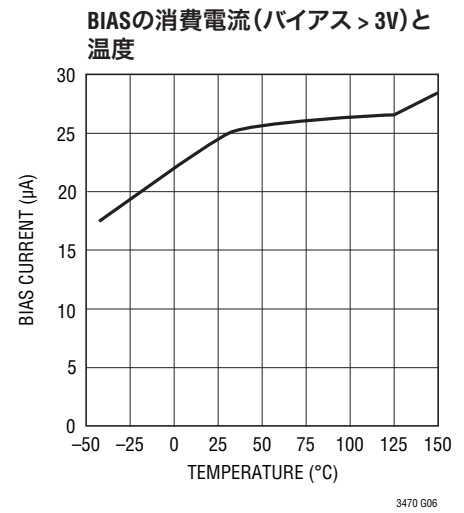
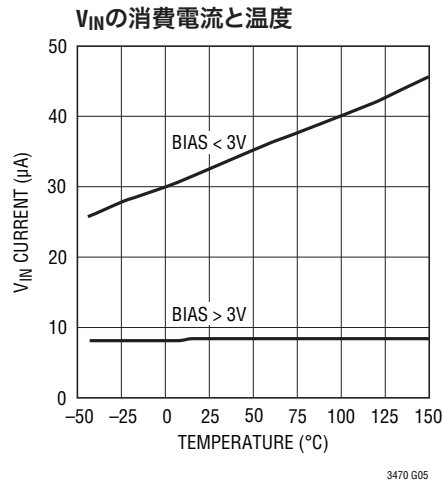
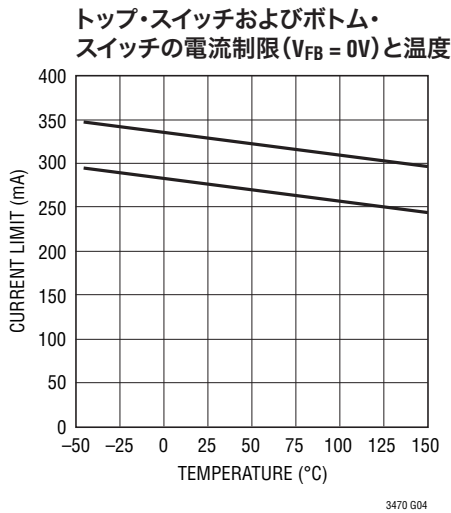
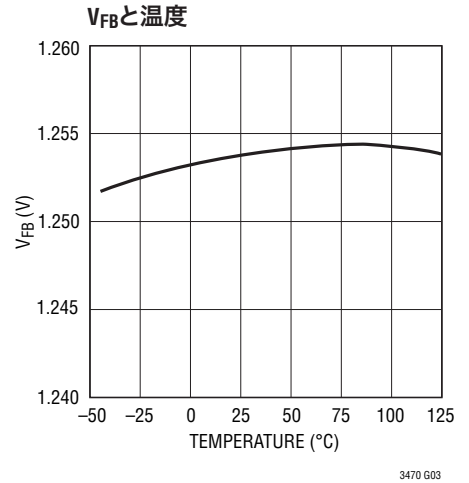
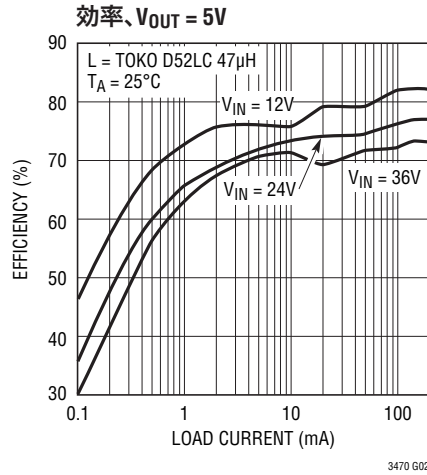
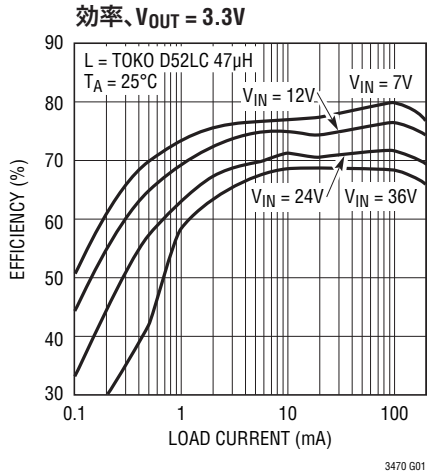
Note 2: LT3470Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3470Iの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲で保証されている。LT3470Hの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の温度範囲で保証されている。

Note 3: バイアス電流はFBピンから流れ出す。

Note 4: これはスイッチを完全に飽和させるのに必要な、昇圧コンデンサの両端の最小電圧である。

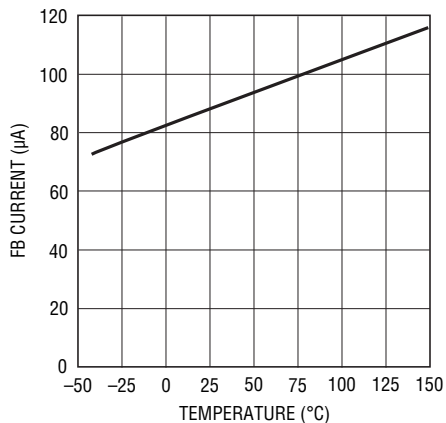
Note 5: このパラメータは設計および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

標準的性能特性



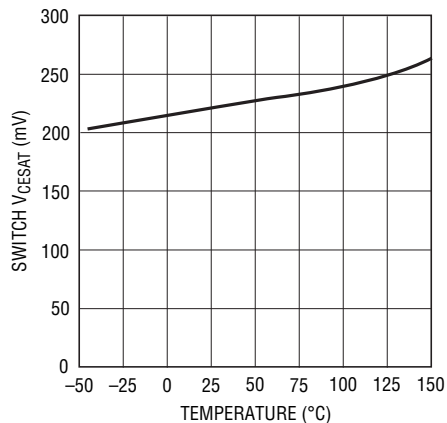
標準的性能特性

FBのバイアス電流 ($V_{FB} = 0V$) と温度



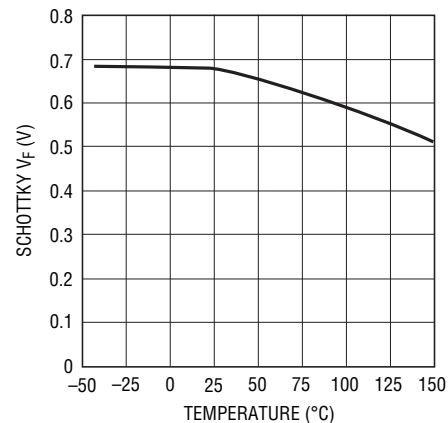
3470 G09

スイッチの V_{CESAT} ($I_{SW} = 100mA$) と温度



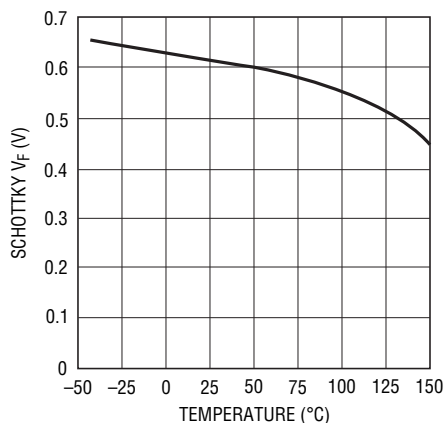
3470 G10

ブーストダイオードの V_F ($I_F = 50mA$) と温度



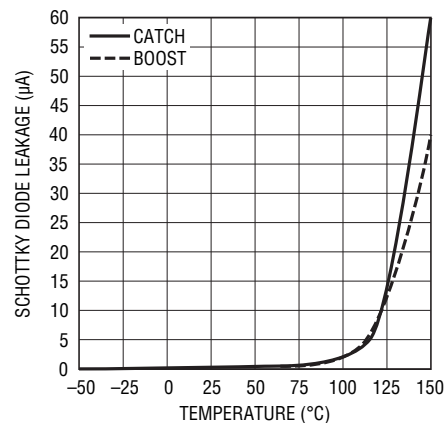
3470 G11

キャッチ・ダイオードの V_F ($I_F = 100mA$) と温度



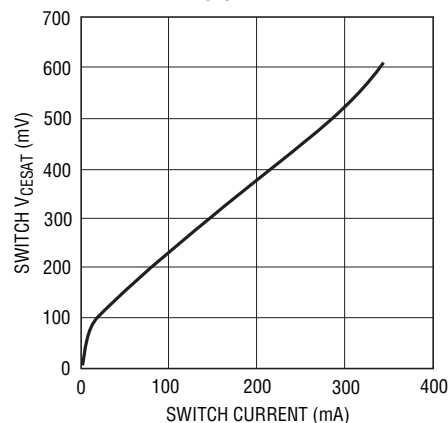
3470 G12

ダイオードのリーク電流 ($V_R = 36V$) と温度



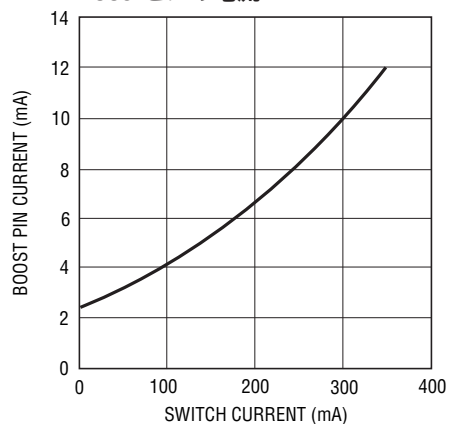
3470 G13

スイッチの V_{CESAT}



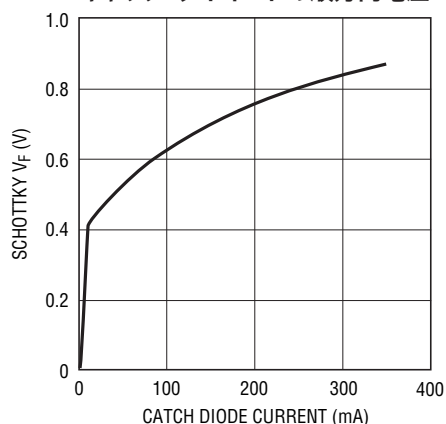
3470 G14

BOOSTピンの電流



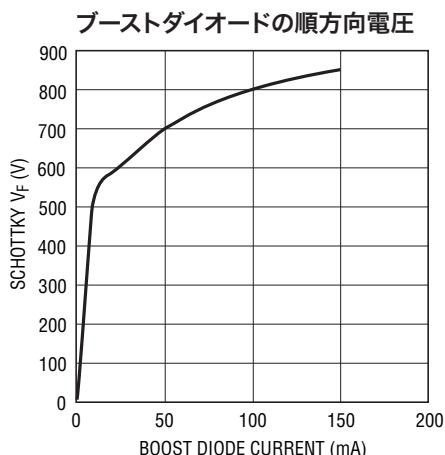
3470 G15

キャッチ・ダイオードの順方向電圧

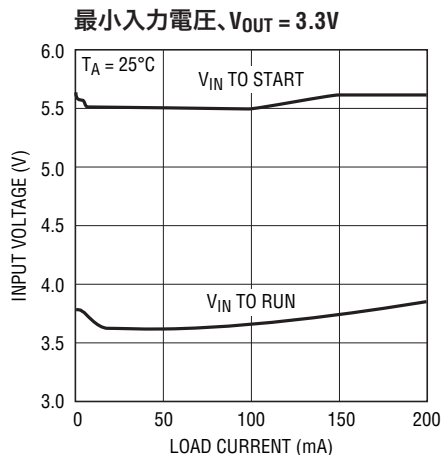


3470 G16

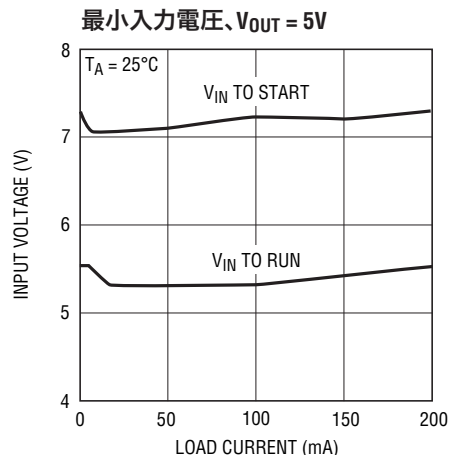
標準的性能特性



3470 G17



3470 G18



3470 G19

ピン機能 (ThinSOT/DD)

SHDN (ピン1/ピン8): このピンを使ってLT3470をシャットダウン・モードにします。グランドに接続するとLT3470はシャットダウンします。通常動作をさせるには2V以上の電圧を印加します。シャットダウン機能を使用しない場合は V_{IN} に接続します。

NC (ピン2/ピン7): このピンはフロートさせておくことも、 V_{IN} に接続することもできます。

V_{IN} (ピン3/ピン6): V_{IN} ピンはLT3470の内部レギュレータおよび内部パワースイッチに電流を供給します。このピンはローカルにバイパスする必要があります。

GND (ピン4/ピン5): GNDピンはLT3470および回路部品の下ローカル・グランド・プレーンに接続します。帰還分割器からのリターンはこのピンに接続してください。

SW (ピン5/ピン4): 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。

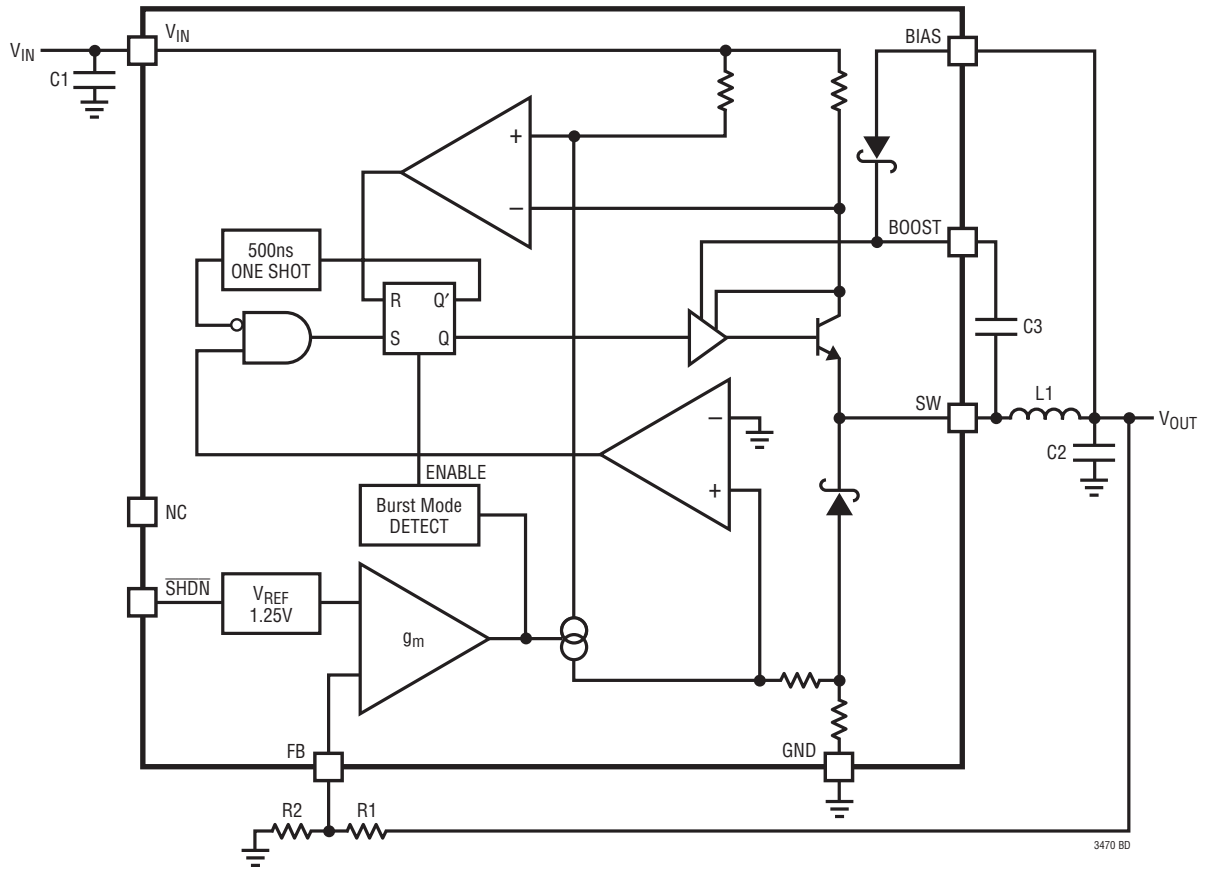
BOOST (ピン6/ピン3): BOOSTピンは(入力電圧よりも高い)ドライブ電圧を内蔵バイポーラNPNパワースイッチに供給するのに使います。

BIAS (ピン7/ピン2): BIASピンは内部ショットキー・ダイオードと内部レギュレータに接続されています。 $V_{OUT} > 2V$ の場合、 V_{OUT} に接続し、それ以外の場合は V_{IN} に接続します。 $V_{BIAS} > 3V$ の場合、BIASピンは内部レギュレータに電流を供給します。

FB (ピン8/ピン1): LT3470はその帰還ピンを1.25Vに安定化します。帰還抵抗分割器のタップはこのピンに接続します。 $V_{OUT} = 1.25V(1+R1/R2)$ 、つまり $R1 = R2(V_{OUT}/1.25 - 1)$ に従って出力電圧を設定します。

露出パッド (DD、ピン9): グランド。PCBに半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

LT3470にはBurst Mode動作とともにヒステリシス制御方式が使われており、小型のインダクタやコンデンサを使いながら出力リップルや消費電流を小さくすることができます。

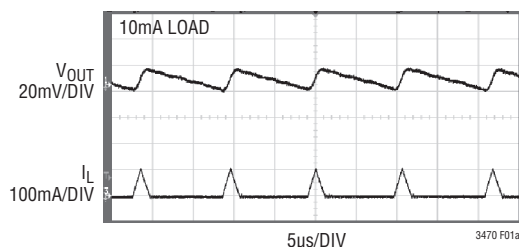
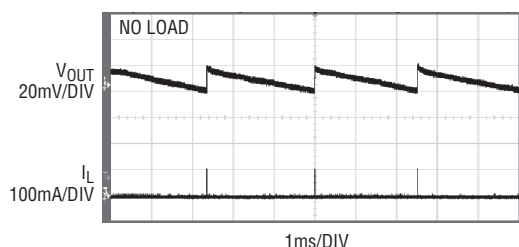
「ブロック図」を調べると動作をよく理解できます。エラーアンプは、FBピンに接続された外付け抵抗分割器を介して、出力電圧を測定します。FBピンの電圧が V_{REF} より高いと、エラーアンプはすべての高電力回路をシャットオフし、LT3470をマイクロパワー状態にします。FBピンの電圧が下がると、エラーアンプが電力回路をイネーブルするのでデバイスがスイッチングを開始し、出力コンデンサを充電します。軽負荷の場合、デバイスはマイクロパワー状態とスイッチング状態のあいだで切り替わり、出力を安定状態に保ちます(図1aを参照)。負荷が大きい場合、エラーアンプがトップとボトムの電流制限値をサーボ制御する間デバイスは連続してスイッチングし、FBピンの電圧を1.25Vに安定化します(図1bを参照)。

このスイッチング動作はRSラッチと2個の電流コンパレータによって以下のように制御されます。スイッチがオンし、スイッチを流れる電流がランプアップします。ランプアップは、トップ電

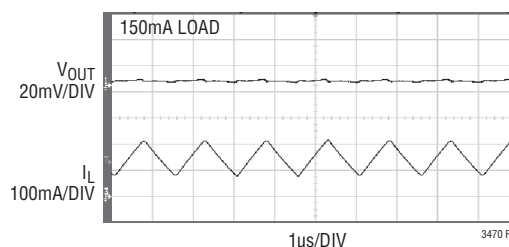
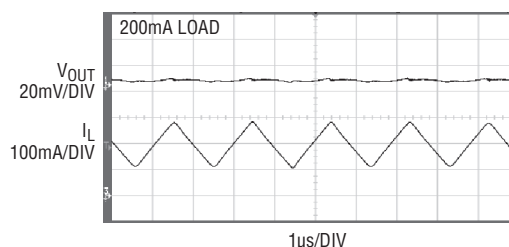
流コンパレータがトリップしてラッチをリセットし、スイッチがオフするまで続きます。スイッチがオフしているあいだ、インダクタ電流はキャッチ・ダイオードによってランプダウンします。両方のボトム電流コンパレータがトリップし、ワンショットの最小オフ時間が経過すると、ラッチがスイッチを再度オンして、フルサイクルを完了します。この制御方式ではヒステリシス動作を行うので、スイッチング周波数はインダクタの値、入力電圧および出力電圧によって変動します。スイッチはキャッチ・ダイオードの電流がスレッシュホールドを下回ったときだけオンするので、デバイスは自動的に低速でスイッチングして、起動時や短絡状態でのインダクタ電流を抑制します。

スイッチ・ドライバは入力または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蔵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、ドライバは内部バイポーラ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。

\overline{SHDN} ピンを接地するとすべての内部回路がオフし、 V_{IN} 電流はデバイスのリーク電流(標準で数nA)まで減少します。



(1a) Burst Mode動作



(1b) 連続動作

図1. 33µHのインダクタと10µFの出力コンデンサを使って12Vを5Vに変換するLT3470の動作波形

アプリケーション情報

入力電圧範囲

LT3470のアプリケーションで特定の出力電圧を発生させるのに必要な最小入力電圧は、4Vの低電圧ロックアウトまたは最大デューティ・サイクルのどちらかによって制限されます。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0.6V)で、 V_{SW} は最大負荷での内部スイッチの電圧降下(約0.4V)です。したがって、 $DC_{MAX} = 0.90$ のとき、最小入力電圧は次のようになります。

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

この分析では、BOOSTピンとSWピンのあいだに接続されたコンデンサが2V以上に充電されるようにデバイスが起動したと仮定しています。正しく起動させるため、「BOOSTピンに関する検討事項」で詳細に説明されているように、最小入力電圧は昇圧回路によって制限されます。

最大入力電圧は、十分な値のインダクタが使用される場合、 V_{IN} の40Vの絶対最大定格によって制限されます。

インダクタの選択

LT3470の連続動作時のスイッチング動作によりSWピンに方形波が発生し、その結果、インダクタに三角波の電流が発生します。ヒステリシス・モード制御により、平均インダクタ電流が負荷電流に等しくなるようにトップとボトム電流制限値が制御されます(「電気的特性」を参照)。安全に動作させるため、LT3470は約150nsに満たないとスイッチをオンさせることができないことに注意してください。インダクタが小さく入力電圧が高いと、スイッチを流れる電流が(LT3470がオフ可能になる前に)安全動作制限値を超えるおそれがあります。これが起きないようにするためのインダクタの最小値は次式により求められます。

$$L_{MIN} = \frac{V_{IN(MAX)} \cdot t_{ON-TIME(MIN)}}{I_{MAX}}$$

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ はアプリケーションの最大入力電圧、 $t_{ON-TIME(MIN)}$ は約150ns、 I_{MAX} はスイッチの最小オン時間のあいだのスイッチ電流の最大許容増加量(150mA)です。この式から安全なインダクタ値が求められますが、その結果得られるアプリケーション回路では、スイッチング周波数が高すぎて良い効率が得られない可能性があります。通常動作時のスイッチング周波数は1.2MHzより低くすることを推奨します。

$$f = \frac{(1-DC)(V_D + V_{OUT})}{L \cdot \Delta I_L}$$

ここで、 f はスイッチング周波数、 ΔI_L はインダクタのリップル電流(約150mA)、 V_D はキャッチ・ダイオードの順方向電圧降下、 V_{OUT} は所期の出力電圧です。

アプリケーション回路が高いデューティ・サイクルで動作することが意図されている場合(V_{IN} が V_{OUT} に近い場合)、スイッチのオフ時間の計算値を確認しておくことが重要です。

$$t_{OFF-TIME} = \frac{1-DC}{f}$$

アプリケーション回路が全定格出力電流を供給できるように、 $t_{OFF-TIME}$ の計算値がLT3470の最小 $t_{OFF-TIME}$ (「電気的特性」を参照)より大きくなるようにします。200mAの全出力電流が必要であれば、 $t_{OFF-TIME}$ の計算値を最小 $t_{OFF-TIME}$ より小さくすることができ、より小さなインダクタを使用できる可能性があります。インダクタの値の選択のガイドラインとして表1を参照してください。

表1. 200mAまでの負荷に対する推奨インダクタ

V_{OUT}	V_{IN} Up to 16V	V_{IN} Up to 40V
2.5V	10 μ H	33 μ H
3.3V	10 μ H	33 μ H
5V	15 μ H	33 μ H
12V	33 μ H	47 μ H

電源アプリケーション用のインダクタを選択してください。インダクタの製造元および製品シリーズのリストを表2に示します。

高い V_{IN} (最大40V)で堅牢な出力短絡保護を実現するには、最小飽和電流が450mAの少なくとも33 μ Hのインダクタを使用します。短絡に対する性能が要求されなければ、 I_{SAT} が300mA以上のインダクタを使用することができます。高い温度ではインダクタの飽和電流が減少することに注意してください(詳細については、インダクタの製造販売元に問い合わせてください)。

アプリケーション情報

表2. インダクタの製造販売元

VENDOR	URL	PART SERIES	INDUCTANCE RANGE (μH)	SIZE (mm)
Coilcraft	www.coilcraft.com	DO1605	10 to 47	1.8 × 5.4 × 4.2
		ME3220	10 to 47	2.0 × 3.2 × 2.5
		DO3314	10 to 47	1.4 × 3.3 × 3.3
Sumida	www.sumida.com	CR32	10 to 47	3.0 × 3.8 × 4.1
		CDRH3D16/HP	10 to 33	1.8 × 4.0 × 4.0
		CDRH3D28	10 to 47	3.0 × 4.0 × 4.0
		CDRH2D18/HP	10 to 15	2.0 × 3.2 × 3.2
Toko	www.tokoam.com	DB320C	10 to 27	2.0 × 3.8 × 3.8
		D52LC	10 to 47	2.0 × 5.0 × 5.0
Würth Elektronik	www.we-online.com	WE-PD2 Typ S	10 to 47	3.2 × 4.0 × 4.5
		WE-TPC Typ S	10 to 22	1.6 × 3.8 × 3.8
Coiltronics	www.cooperet.com	SD10	10 to 47	1.0 × 5.0 × 5.0
Murata	www.murata.com	LQH43C	10 to 47	2.6 × 3.2 × 4.5
		LQH32C	10 to 15	1.6 × 2.5 × 3.2

入力コンデンサ

降圧レギュレータには入力電源から立上りと立下りが非常に高速なパルス電流が流れます。その結果LT3470のV_{IN}ピンに生じる電圧リップルを減らすため、またこ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。これを効果的に実現するには、入力コンデンサのスイッチング周波数でのインピーダンスが小さくなければなりません。1μF～2.2μFのセラミック・コンデンサはこれらの要件を満たします。

入力電源のインピーダンスが大きい場合、入力リップルを低く抑えるためもっと大きな値のコンデンサが必要になる可能性があります。この場合、10μF以上の電解コンデンサと1μFのセラミック・コンデンサを並列に組み合わせるのが適切です。LT3470の回路が低インピーダンスの電源に接続されると入力コンデンサに大きなサージ電流が流れること、また、電解コンデンサによっては(特にタンタル・コンデンサ)このような使い方が規定されているものでなければならぬことに注意してください。

出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサはインダクタのリップル電流をフィルタ処理し、エネルギーを蓄えてLT3470が静止状態のとき負荷電流を供給します。出力電圧リップルを小さく抑えるため、このコンデンサのインピーダンスはLT3470のスイッチング周波数のところで小さくなければなりません。コンデンサの等価直列抵抗

(ESR)により、このインピーダンスが決まります。スイッチング・レギュレータ用の低ESRのものを選択します。ESRによって出力電圧リップルに反映される値はおおよそI_{LIM}・ESRです。ESRは約150mΩより小さくしなければなりません。出力コンデンサの値は、出力電圧を大きく変化させずにインダクタに蓄えられたエネルギーを受け入れるのに十分なだけ大きくなければなりません。この電圧ステップを出力電圧の1%に等しく設定すると、出力コンデンサは次の条件を満たす必要があります。

$$C_{OUT} > 50 \cdot L \cdot \left(\frac{I_{LIM}}{V_{OUT}} \right)^2$$

ここで、I_{LIM}はV_{FB} = 0Vでのトップ電流制限値です(「電気的特性」を参照)。たとえば、L = 33μHを使って3.3Vを発生するLT3470には22μFが必要です。出力リップルを減らすより回路のサイズを小さくする方が重要な場合、この計算値を低減することができます。

Bケース・サイズの三洋電機のPOSCAPシリーズは、LT3470に十分な性能を小型パッケージで提供します。同様の性能を従来のタンタル・コンデンサで得るには大きなパッケージ(Cケース)のものがが必要です。インダクタからのリップル電流を高品質のコンデンサでフィルタ処理する場合、出力電圧リップルはLT3470の帰還コンパレータの遅延によって決まります。このリップルは出力と帰還ピンのあいだに小さな(標準22pF)位相リード・コンデンサを追加してさらに減らすことができます。

アプリケーション情報

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは小さく堅牢で、ESRが非常に小さな値になります。ただし、セラミック・コンデンサはLT3470に使用すると問題を生じることがあります。すべてのセラミック・コンデンサが適しているわけではありません。X5RとX7Rのタイプは全温度範囲と印加電圧で安定しており、安心して使えます。Y5VやZ5Uなど他のタイプは容量の温度係数と電圧係数が非常に大きくなります。アプリケーション回路ではそれらの容量が公称値のわずか数分の一になることがあるため、電圧リップルが予想値よりもはるかに大きくなる可能性があります。

セラミック・コンデンサには圧電特性があります。LT3470のスイッチング周波数は負荷電流によって変動するので、軽負荷ではLT3470はセラミック・コンデンサを可聴周波数で励起し、可聴ノイズを発生することがあります。LT3470はBurst Mode動作では小さい電流制限値で動作するので、通常、普通に聴いただけではノイズはほんのわずかです。この可聴ノイズを許容できない場合、高性能電解コンデンサを出力に使用します。入力コンデンサは2.2μFのセラミック・コンデンサと低コストの電解コンデンサを並列に組み合わせることができます。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点はLT3470の最大入力電圧定格に関係します。入力のセラミック・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。LT3470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、LT3470の定格を超えるおそれがあります。この状況は容易に避けられます。「安全な活線挿入」を参照してください。

BOOSTピンとBIASピンに関する検討事項

入力電圧より高い昇圧電圧を発生させるため、コンデンサC3と内部ショットキー・ダイオード（「ブロック図」を参照）が使われています。ほとんどの場合、0.22μFのコンデンサで良好に動作します。昇圧回路の2つの構成方法を図2に示します。最高の効率を得るには、BOOSTピンはSWピンより2.5V以上高くなければなりません。3.3V以上の出力の場合、標準回路（図2a）が最適です。2.5V～3Vの出力には、0.47μFを使います。さらに低い出力電圧の場合、ブーストダイオードは入力に接続することができます（図2b）。電圧の低い方の電圧源からBOOSTピンの電流とBIASピンの消費電流が供給されるので、図2aの回路の方が効率が高くなります。BOOSTピンとBIASピンの最大電圧定格を超えないようにすることも必要です。

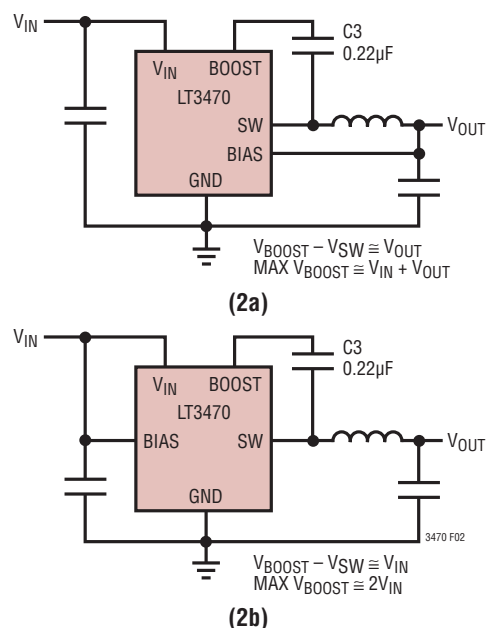


図2. 昇圧電圧を発生させる2つの回路

表3. コンデンサの製造販売元

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) 749-9714	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

LT3470のアプリケーションの最小動作電圧は、前のセクションで説明されているように低電圧ロックアウト(4V)と最大デューティ・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。入力電圧がゆっくりランプアップするか、出力が既に安定化している状態で $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを使ってLT3470をオンする場合、昇圧コンデンサが十分充電されないことがあります。図3のプロットは起動時と動作時の最小 V_{IN} を示しています。軽負荷ではインダクタ電流は不連続になり、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が V_{OUT} より約300mV高い電圧にまで低下します。もっと大きな負荷電流ではインダクタ電流は連続しており、デューティ・サイクルはLT3470の最大デューティ・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もっと高い入力電圧が必要です。

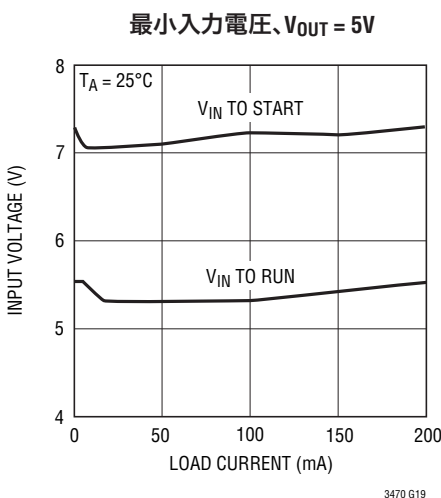
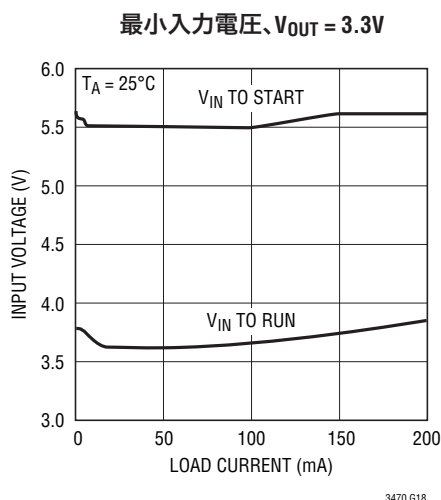


図3. 最小入力電圧は出力電圧、負荷電流および昇圧回路によって異なる

短絡入力保護

トップ・スイッチの最大電流制限値の450mAで過度に飽和しないようにインダクタを選択すると、たとえ $V_{\text{IN}} = 40\text{V}$ であってもLT3470降圧レギュレータは出力の短絡に耐えます。LT3470に入力が印加されていないときに出力が高く保たれるシステムで考慮すべき別の状況があります。それはバッテリー充電アプリケーション、またはバッテリーや他の電源がLT3470の出力とダイオードOR接続されているバッテリー・バックアップ・システムで発生することがあります。 V_{IN} ピンがフロート状態で、 $\overline{\text{SHDN}}$ 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)“H”に保たれていると、SWピンを通してLT3470の内部回路に静止時消費電流が流れます。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。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを接地すると、SWピンの電流は実質的にゼロまで減少します。ただし、出力を高く保った状態で V_{IN} ピンを接地すると、出力からSWピンと V_{IN} ピンを通してLT3470内部の寄生ダイオードに大きな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ときだけ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護する回路を図4に示します。

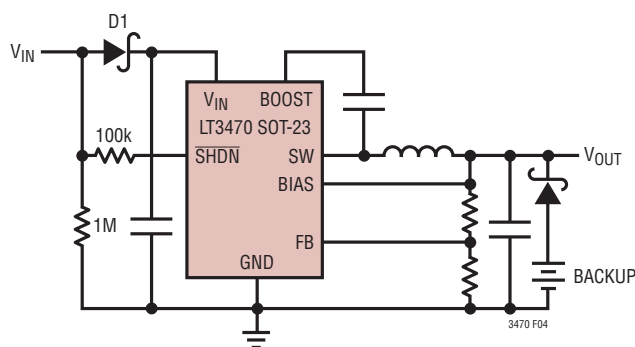


図4. ダイオードD1は出力に接続されたバックアップ用バッテリーが短絡された入力によって放電するのを防ぐ。逆入力に対して回路を保護する。LT3470は入力が印加されているときだけ動作し、安全に活線挿入できる

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を最小限に抑えるには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。大きなスイッチング電流がパワースイッチ、内部キャッチ・ダイオードおよび入力コンデンサを流れることに注意してください。これらの部品が形成するループはできるだけ小さくします。さらに、システム・グラウンドをレギュレータのグラウンドに1点接続します。こうするとスイッチング電流によってシステム・グラウンドにノイズが注入されるのを防ぎます。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、それらはその層で接続します。これらの部品の下には切れ目のないローカル・グラウンド・プレーンを配置し、このグラウンド・プレーンをシステム・グラウンド

に(理想的には出力コンデンサC2のグラウンド端子に)1点接続します。さらに、SWノードとBOOSTノードはできるだけ小さくします。シールドされていないインダクタは帰還パスにノイズを誘起するので、動作が不安定になり、出力リップルが増加することがあります。この問題を避けるには、(図5に示されているように)ビアを使ってV_{OUT}のトレースをグラウンド・プレーンの下で帰還分割器まで配線します。最後に、グラウンド・ピンとグラウンド・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FBノードをできるだけ小さくします。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5に示します。LT3470のGNDピン(またはパッド)の近くにビアを置き、LT3470からの熱がグラウンド・プレーンに放射しやすくします。

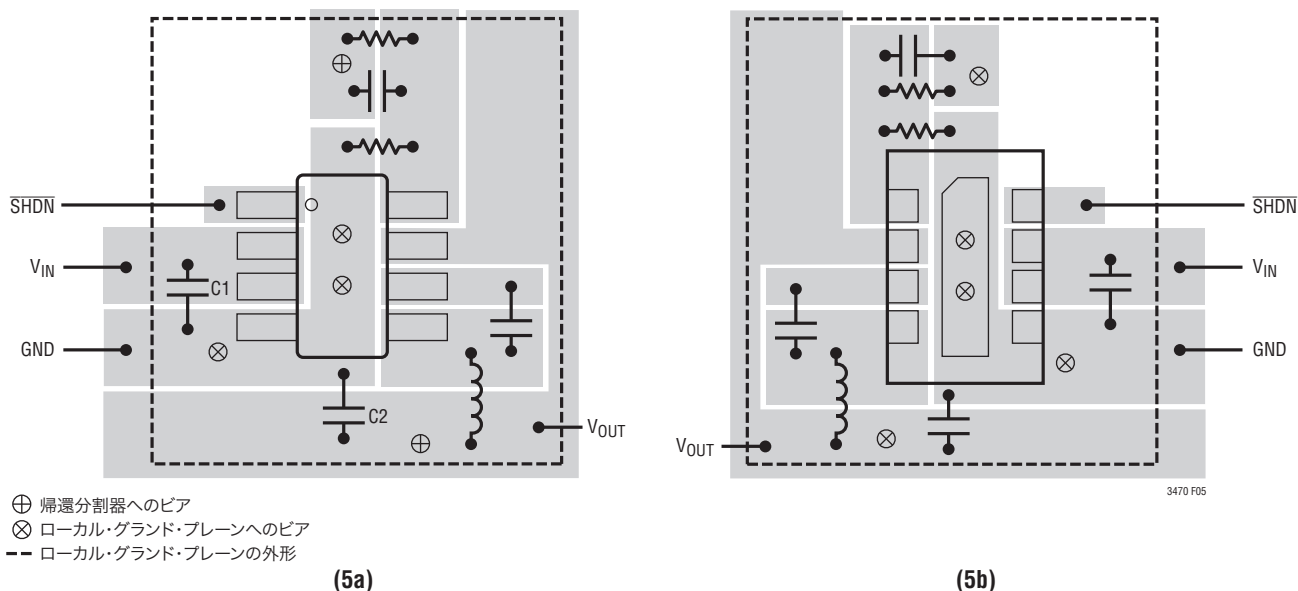


図5. すぐれたPCBレイアウトによる適切な低EMI動作の保証

アプリケーション情報

安全な活線挿入

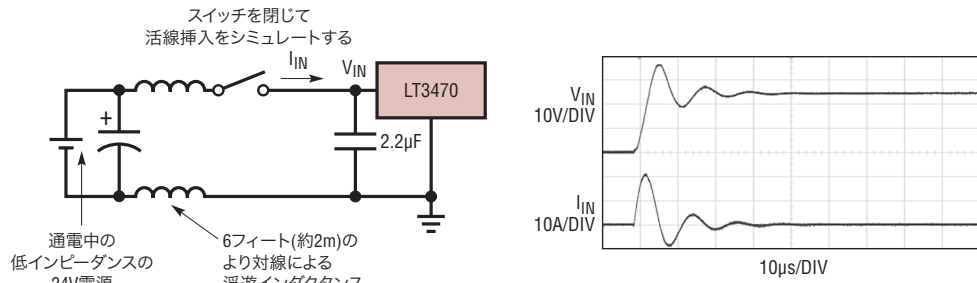
セラミック・コンデンサは小型で、堅牢で低インピーダンスなので、LT3470の回路の入力バイパス・コンデンサに最適です。ただし、LT3470が通電中の電源に挿入されると、これらのコンデンサが問題を生じることがあります(詳細については弊社の「アプリケーションノート88」を参照)。低損失のセラミック・コンデンサは電源に直列の浮遊インダクタンスと結合して減衰の小さなタンク回路を形成し、LT3470の V_{IN} ピンの電圧に公称入力電圧の2倍に達するリングングを生じる可能性があります。LT3470の定格を超えてデバイスを傷めるおそれがあります。入力電源の制御が十分でなかったり、ユーザーがLT3470を通電中の電源に差し込んだりする場合、このようなオーバーシュートを防ぐように入力ネットワークを設計する必要があります。LT3470の回路が24Vの電源に6フィートの24番ゲージのより対線で接続される場合に生じる波形を図6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・コンデンサを使った場合の応答です。入力電圧は35Vに達するリングングを生じ、入力電圧のピークは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、直列抵抗とともにコンデンサをもう1個回路に追加します。図6b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ため回路の過渡応答が減衰し、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向上しますが、このコンデンサは回路内で最大の部品となる可能性があります。代替ソリューショ

ンを図6cに示します。電圧オーバーシュートを抑えるため、1 Ω 抵抗が入力に直列に追加されています(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フィルタ機能が改善されています。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。高い入力電圧の場合、効率に与える影響は小さく、24V電源で動作しているとき最大負荷の5V出力の効率低下は0.5%以下です。

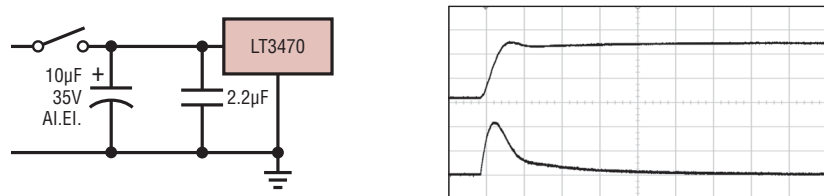
高温に関する検討事項

LT3470のダイの接合部温度は125°Cの最大定格(Hグレードでは150°C)より低くなければなりません。これは、周囲温度が85°Cを超えないかぎり通常は問題になりません。もっと高い温度では、回路のレイアウトに注意してLT3470に十分な放熱を確保します。最大負荷電流は周囲温度が最大接合部温度定格に近づくとつれディレーティングする必要があります。ダイ温度はLT3470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。LT3470内部の電力損失は効率測定から総電力損失を計算して推測することができます。熱抵抗は回路基板のレイアウトとパッケージの選択によって異なります。露出パッド付きのDDパッケージの熱抵抗は約80°C/Wで、ThinSOTパッケージでは約150°C/Wです。最後に、高い周囲温度では内部ショットキー・ダイオードのリーク電流が非常に大きくなり(「標準的性能特性」を参照)、LT3470コンバータの消費電流が増加するので注意してください。

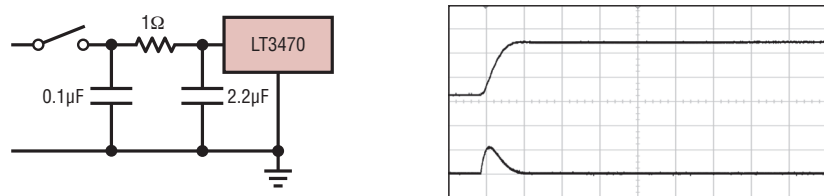
アプリケーション情報



(6a)



(6b)

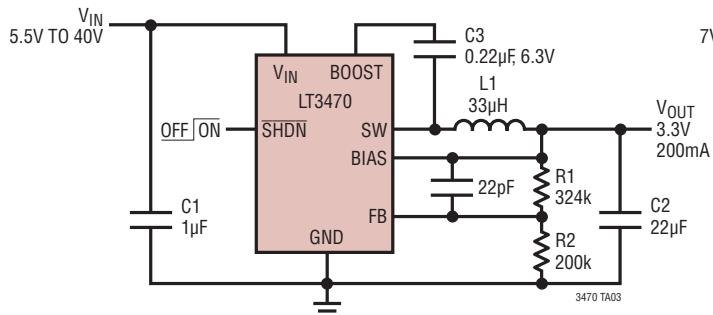


(6c)

図6. 入力ネットワークを正しく選択すると、通電中の電源にLT3470を接続したとき
入力電圧のオーバーシュートを防ぎ、信頼性の高い動作を保証する

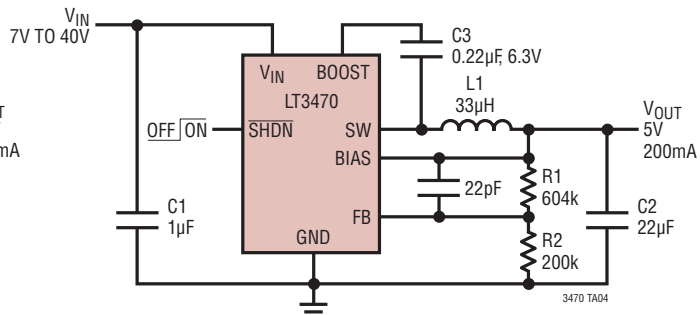
標準的応用例

3.3V降圧コンバータ



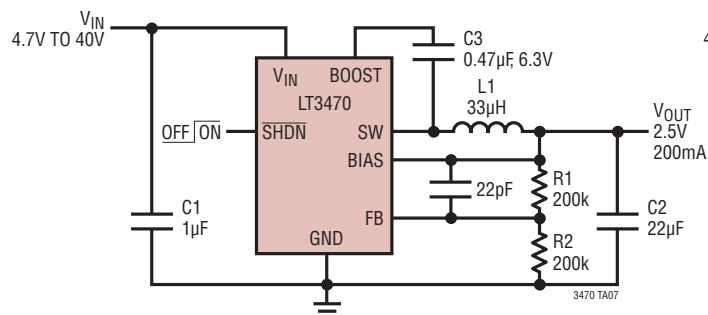
C1: TDK C3216JB1H105M
 C2: CE JMK316 BJ226ML-T
 L1: TOKO A993AS-270M=P3

5V降圧コンバータ



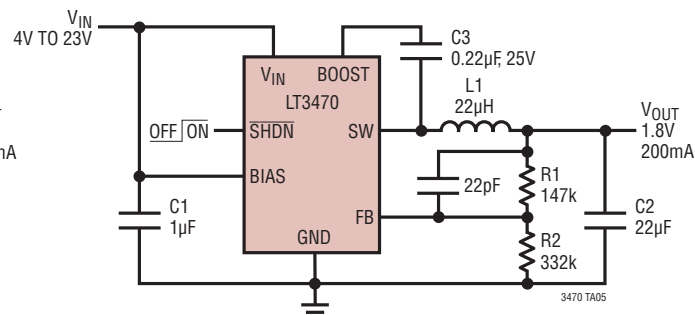
C1: TDK C3216JB1H105M
 C2: CE JMK316 BJ226ML-T
 L1: TOKO A914BYW-330M=P3

2.5V降圧コンバータ



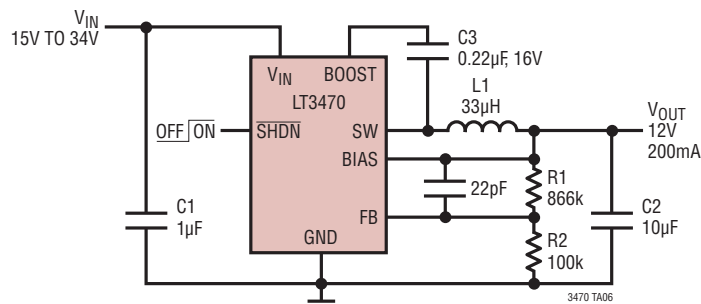
C1: TDK C3216JB1H105M
 C2: TDK C2012JB0J226M
 L1: SUMIDA CDRH3D28

1.8V降圧コンバータ



C1: TDK C3216JB1H105M
 C2: TDK C2012JB0J226M
 L1: MURATA LQH32CN150K53

12V降圧コンバータ

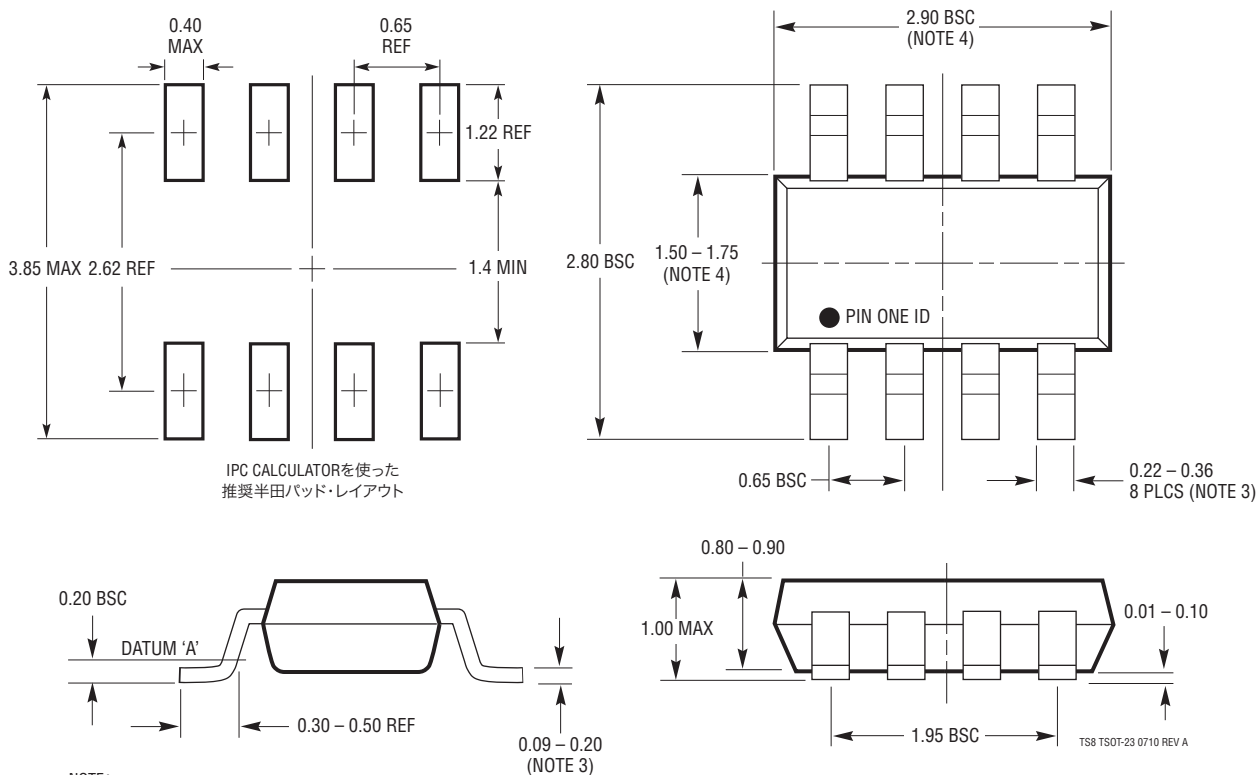


C1: TDK C3216JB1H105M
 C2: TDK C3216JB1C106M
 L1: MURATA LQH32CN150K53

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

TS8パッケージ
8ピン・プラスチックTSOT-23
 (Reference LTC DWG # 05-08-1637 Rev A)



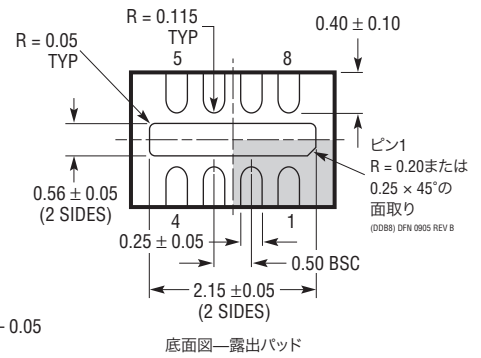
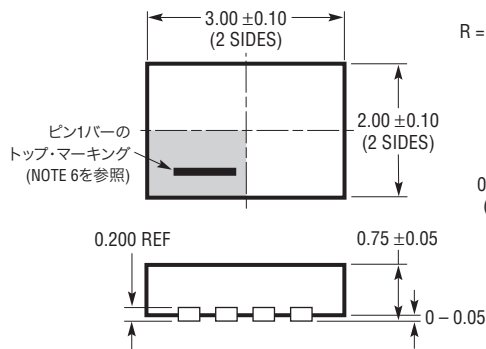
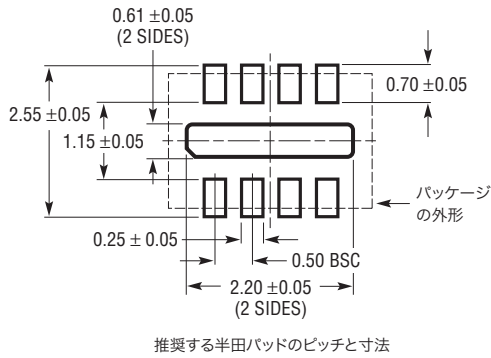
NOTE:

1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはメッキを含む
4. 寸法にはモールドのバリやメタルのバリを含まない
5. モールドのバリは0.254mmを超えてはならない
6. JEDECパッケージ参照番号はMO-193

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

DDBパッケージ 8ピン・プラスチックDFN (3mm×2mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1702 Rev B)



NOTE:

1. 図はJEDECパッケージ外形MO-229のバージョン (WECD-1) に適合
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 (改訂履歴はRev Dから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
D	09/11	「発注情報」セクションの、鉛ベース仕様のテープアンドリールの製品名を修正	2

LT3470

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1616	25V、500mA (I _{OUT})、1.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3.6V~25V、V _{OUT} = 1.25V、I _Q = 1.9mA、I _{SD} = < 1μA、ThinSOTパッケージ
LT1676	60V、440mA (I _{OUT})、100kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 7.4V~60V、V _{OUT} = 1.24V、I _Q = 3.2mA、I _{SD} = 2.5μA、S8パッケージ
LT1765	25V、2.75A (I _{OUT})、1.25MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3V~25V、V _{OUT} = 1.2V、I _Q = 1mA、I _{SD} = 15μA、S8およびTSSOP16E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} = 1.2V、I _Q = 2.5mA、I _{SD} = 25μA、TSSOP16/Eパッケージ
LT1767	25V、1.2A (I _{OUT})、1.25MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3V~25V、V _{OUT} = 1.2V、I _Q = 1mA、I _{SD} = 6μA、MS8/Eパッケージ
LT1776	40V、550mA (I _{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 7.4V~40V、V _{OUT} = 1.24V、I _Q = 3.2mA、I _{SD} = 30μA、N8およびS8パッケージ
LTC®1877	600mA (I _{OUT})、550kHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~10V、V _{OUT} = 0.8V、I _Q = 10μA、I _{SD} = < 1μA、MS8パッケージ
LTC1879	1.2A (I _{OUT})、550kHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~10V、V _{OUT} = 0.8V、I _Q = 15μA、I _{SD} = < 1μA、TSSOP16パッケージ
LT1933	36V、600mA、500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3.6V~36V、V _{OUT} = 1.25V、I _Q = 2.5μA、I _{SD} = < 1μA、ThinSOTおよびDFNパッケージ
LT1934	34V、250mA (I _{OUT})、マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3.2V~34V、V _{OUT} = 1.25V、I _Q = 12μA、I _{SD} = < 1μA、ThinSOTおよびDFNパッケージ
LT1956	60V、1.2A (I _{OUT})、500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 5.5V~60V、V _{OUT} = 1.2V、I _Q = 2.5mA、I _{SD} = 25μA、TSSOP16/Eパッケージ
LTC3405/LTC3405A	300mA (I _{OUT})、1.5MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~6V、V _{OUT} = 0.8V、I _Q = 20μA、I _{SD} = < 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3406/LTC3406B	600mA (I _{OUT})、1.5MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT} = 0.6V、I _Q = 20μA、I _{SD} = < 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3411	1.25A (I _{OUT})、4MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT} = 0.8V、I _Q = 60μA、I _{SD} = < 1μA、MSパッケージ
LTC3412	2.5A (I _{OUT})、4MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT} = 0.8V、I _Q = 60μA、I _{SD} = < 1μA、TSSOP16Eパッケージ
LTC3430	60V、2.75A (I _{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 5.5V~60V、V _{OUT} = 1.2V、I _Q = 2.5mA、I _{SD} = 30μA、TSSOP16Eパッケージ