

特長

- 1個のインダクタ
- 出力電圧を上回る/下回る、あるいは等しい入力電圧での安定化出力
- 広い V_{IN} 範囲: 2.4V~5.5V
- V_{OUT} 範囲: 2.4V~5.25V
- 最大500mAのピーク出力電流
- 同期整流: 最大95%の効率
- 手動またはプログラム可能な自動Burst Mode®動作
- シャットダウン時の出力切断
- プログラム可能な発振器: 300kHz~2MHz
- LTC3440とピン互換
- 熱特性が改善された小型10ピン(3mm×3mm)DFNおよび10ピンMSOPパッケージ

アプリケーション

- 小型ハードディスク・ドライブ電源
- MP3プレーヤー
- ハンドヘルド機器
- デジタルカメラ
- ハンドヘルド端末

概要

LTC®3532は出力電圧を上回るまたは下回る入力電圧でも、また出力電圧に等しい入力電圧でも動作する高効率の固定周波数昇降圧DC/DCコンバータです。このデバイスはあらゆる動作モード間で連続的に遷移するので、出力電圧がバッテリ電圧範囲内にある1セル・リチウムイオン・バッテリや複数セル・アルカリまたはNiMHバッテリのアプリケーションに最適です。

このデバイスは2つの0.36Ω NチャネルMOSFETスイッチと2つの0.42Ω Pチャネル・スイッチを内蔵しています。最大2MHzのスイッチング周波数が外付け抵抗で設定されます。Burst Mode動作時の消費電流はわずか35µAで、携帯アプリケーションのバッテリ動作時間を最大限に延ばします。自動Burst Mode動作により、Burst Mode動作の負荷電流をユーザが設定したり手動で制御することができます。

この他に、1µAのシャットダウン電流、ソフトスタート制御、サーマル・シャットダウン、ピーク電流制限などの機能も搭載しています。LTC3532は、高さの低い(0.75mm)10ピン(3mm×3mm)DFNおよび10ピンMSOPパッケージで供給されます。

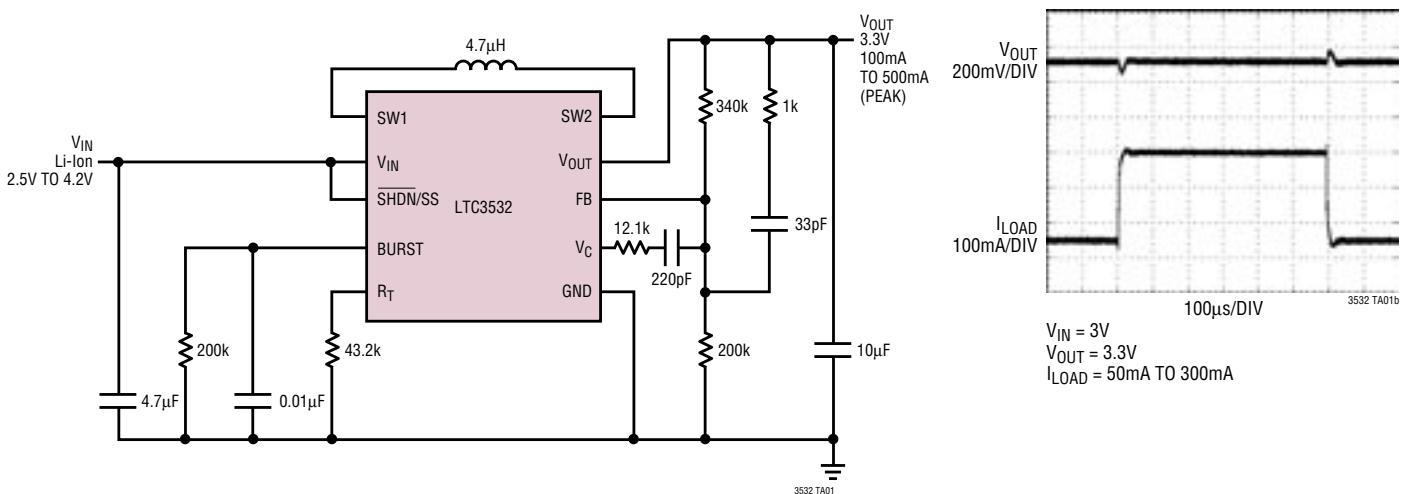
 LT、LTCおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。

BurstModeはリニアテクノロジー社の登録商標です。

他のすべ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

小型ハードディスク・ドライブ電源



LTC3532

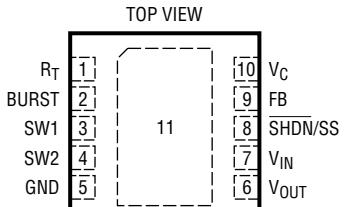
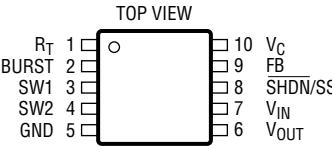
絶対最大定格

(Note 1)

BURST, V _{IN} , V _{OUT} , V _C , FB	-0.3V~6V
R _T	0V~5V
SHDN/SS	-0.3V~6V
SW1, SW2	
DC	-0.3V~6V
パルス < 100ns	-0.3V~7V
動作温度範囲 (Note 2)	-40°C~85°C

最高接合部温度 (Note 4)	125°C
保存温度範囲	
DD	-65°C~125°C
MSOP	-65°C~150°C
リード温度(半田付け、10秒)	
MSOP	300°C

パッケージ/発注情報

 <p>TOP VIEW DD PACKAGE 10-LEAD (3mm × 3mm) PLASTIC DFN $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 43^\circ\text{C/W}$ EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND, MUST BE CONNECTED TO PCB</p>	 <p>TOP VIEW MS PACKAGE 10-LEAD PLASTIC MSOP $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$ $\theta_{JA} = 130^\circ\text{C/W}$ 1 LAYER BOARD $\theta_{JA} = 100^\circ\text{C/W}$ 4 LAYER BOARD $\theta_{JC} = 45^\circ\text{C/W}$</p>		
ORDER PART NUMBER	DD PART MARKING	ORDER PART NUMBER	MS PART MARKING
LTC3532EDD	LBXR	LTC3532EMS	LTBXS

Order Options Tape and Reel: Add #TR
Lead Free: Add #PBF Lead Free Tape and Reel: Add #TRPBF
Lead Free Part Marking: <http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/>

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

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 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_T = 64.9\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Input Start-Up Voltage		●	2.3	2.4	V	
Input Operating Range		●	2.4	5.5	V	
Output Voltage Adjust Range		●	2.4	5.25	V	
Feedback Voltage		●	1.19	1.22	1.25	V
Feedback Input Current	$V_{FB} = 1.22\text{V}$		1	50	nA	
Quiescent Current, Burst Mode Operation	$BURST = 0\text{V}$		35	60	μA	
Quiescent Current, Shutdown	$SHDN = 0\text{V}$, Not Including Switch Leakage, $V_{OUT} = 0\text{V}$		0.1	1	μA	
Quiescent Current, Active	$V_C = 0\text{V}$, $BURST = V_{IN}$ (Note 3)		600	1000	μA	
NMOS Switch Leakage	Switches B and C		0.1	5	μA	
PMOS Switch Leakage	Switches A and D		0.1	10	μA	
NMOS Switch On Resistance	Switches B and C		0.36		Ω	
PMOS Switch On Resistance	Switches A and D		0.42		Ω	
Input Current Limit		0.8	1.1	1.45	A	

3532fa

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 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_T = 64.9\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Duty Cycle	Boost (% Switch C On) Buck (% Switch A On)	● 70 ● 100	88		%
Minimum Duty Cycle		●	0		%
Frequency Accuracy		● 575	740	885	kHz
Burst Threshold (Falling)			0.88		V
Burst Threshold (Rising)			1.12		V
Burst Current Ratio	Ratio of I_{OUT} to I_{BURST}		8000		
Error Amp AVOL			90		dB
Error Amp Source Current	$V_C = 1.4\text{V}$		15		μA
Error Amp Sink Current	$V_C = 2\text{V}$		310		μA
SHDN/SS Threshold	When IC is Enabled When EA is at Maximum Boost Duty Cycle	● 0.4 ● 2.2	1 2.2	1.5	V
SHDN/SS Input Current	$V_{SHDN} = 5.5\text{V}$		0.01	1	μA

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超す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。

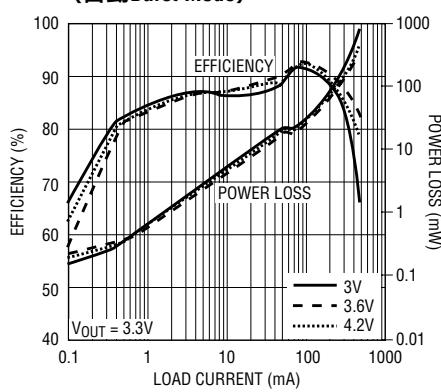
Note 2: LTC3532Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作周囲温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

Note 3: 電流測定は出力がスイッチングしていないときにおこなわれる。

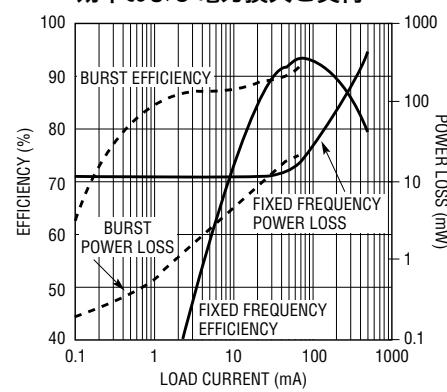
Note 4: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなとき接合部温度は 125°C を超える。規定された最高動作接合部温度を超えた動作が継続するとデバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

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

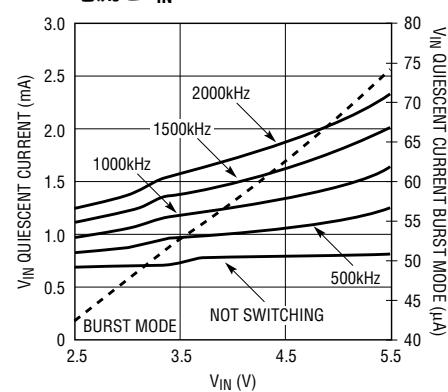
効率および電力損失と負荷
(自動Burst Mode)



効率および電力損失と負荷



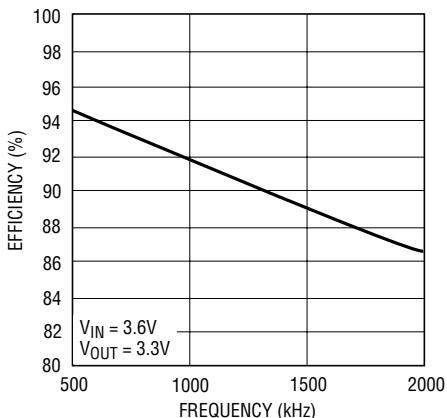
固定周波数およびBurst Mode消費電流と V_{IN}



LTC3532

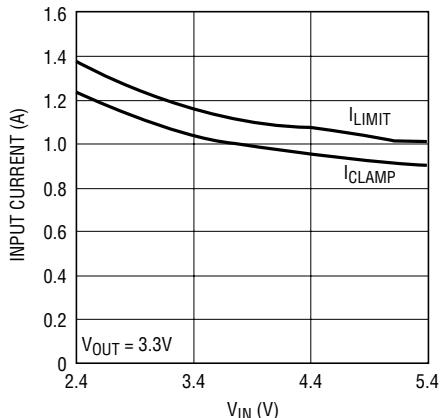
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

効率と周波数



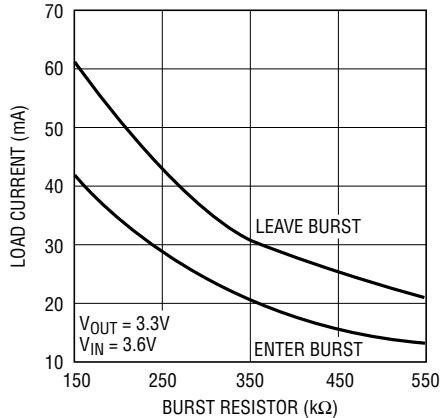
3532 G04

ピーク電流クランプおよび制限
と V_{IN}



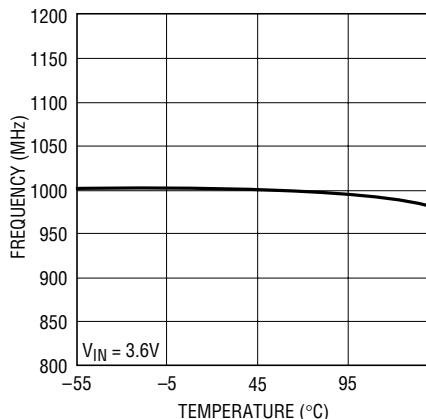
3532 G05

自動バースト・スレッショルドと
 R_{BURST}



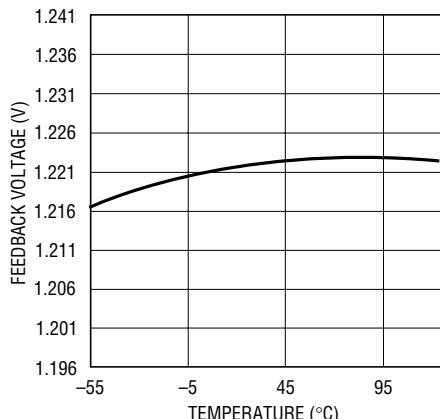
3532 G06

周波数と温度



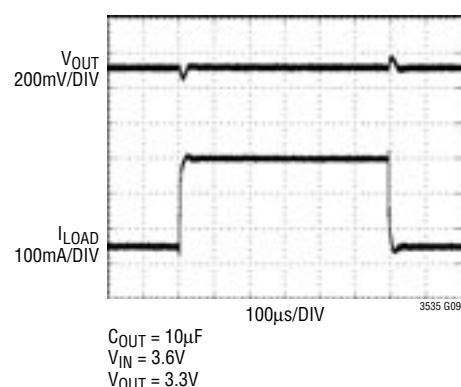
3532 G07

帰還電圧と温度



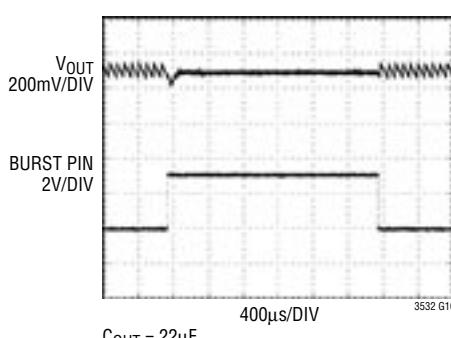
3532 G08

固定周波数モードの
負荷過渡応答



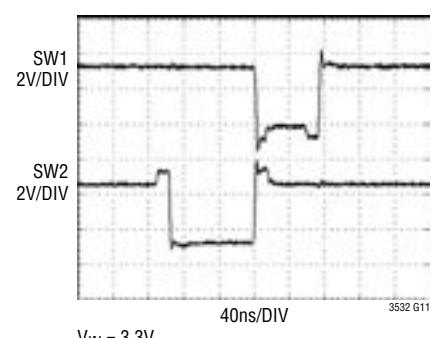
3535 G09

Burst Modeから固定周波数への
遷移



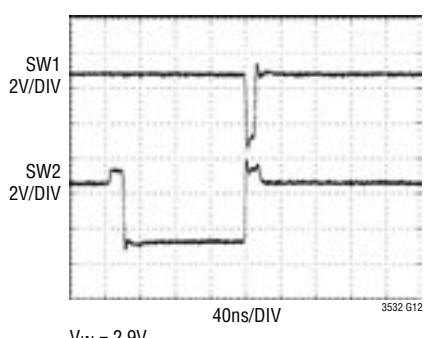
$C_{OUT} = 22\mu\text{F}$
 $V_{IN} = 3.6\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$

昇降圧モードのスイッチ・ピン



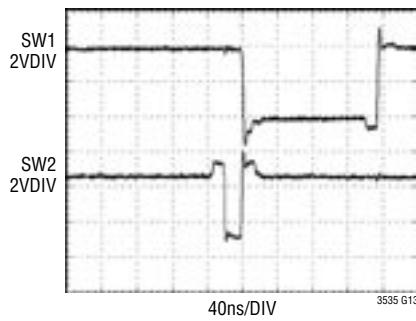
$V_{IN} = 3.3\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 100\text{mA}$

昇圧モードに入る前の
スイッチ・ピン



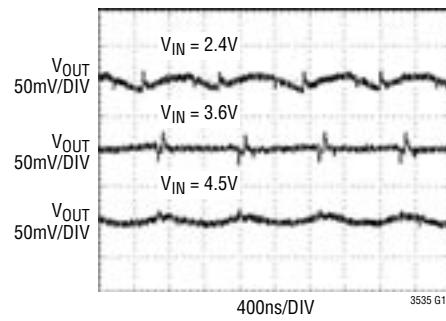
$V_{IN} = 2.9\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 100\text{mA}$

3532fa

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 降圧モードに入る前の
スイッチ・ピン

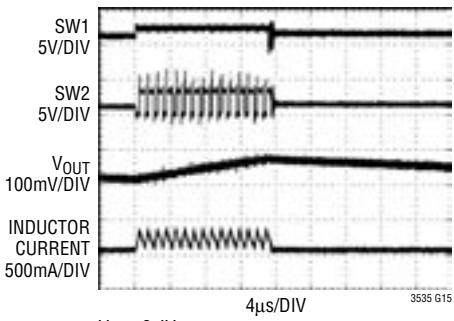
$V_{IN} = 4\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 100\text{mA}$

100mA 負荷での出力リップル



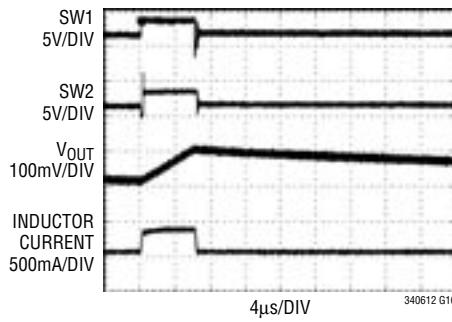
$V_{OUT} = 3.6\text{V}$
 $I_{OUT} = 100\text{mA}$
 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$

Burst Mode、昇圧



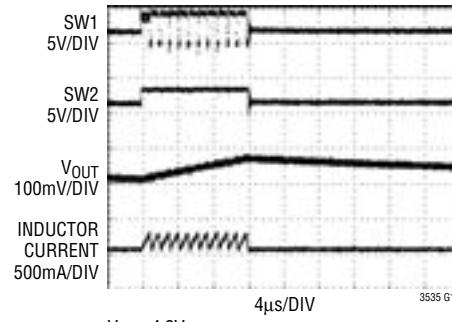
$V_{IN} = 2.4\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 20\text{mA}$
 $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$

Burst Mode、昇降圧



$V_{IN} = 3.75\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 20\text{mA}$
 $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$

Burst Mode、降圧



$V_{IN} = 4.2\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $I_{LOAD} = 20\text{mA}$
 $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$

ピン機能

R_T(ピン1):発振器の周波数をプログラムするタイミング抵抗。プログラミングの範囲は300kHz～2MHzです。

$$f(\text{kHz}) = \frac{48,000}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

BURST(ピン2):自動Burst Mode動作のスレッショルドの設定に使います。抵抗とコンデンサを並列にこのピンからグランドに接続します。部品の値の選択に関しては、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。Burst Mode動作の手動制御では、このピンを接地してBurst Mode動作を強制するか、またはV_{OUT}に接続して固定周波数モードを強制します。

SW1(ピン3):内部スイッチのAとBが接続されているスイッチ・ピン。インダクタをSW1からSW2に接続します。オプションでショットキー・ダイオードをこのSW1から

グランドに接続することができます。EMIを最小に抑えるためにトレース長を最小にしてください。

SW2(ピン4):内部スイッチのCとDが接続されているスイッチ・ピン。出力電圧が4.3Vを超えるアプリケーションでは、SW2が過度の電圧を示さないようにするために、SW2からV_{OUT}にショットキー・ダイオードが必要です。

GND(ピン5):信号とデバイスの電源のグランド。

V_{OUT}(ピン6):同期整流器の出力。フィルタのコンデンサをV_{OUT}からGNDに接続します。

V_{IN}(ピン7):入力電源ピン。SW1を通してインダクタに電流を供給し、デバイスの内部V_{CC}に電力を供給します。セラミック・バイパス・コンデンサがV_{IN}ピンとGND(ピン5)の近くに必要です。

ピン機能

SHDN/SS(ピン8): ソフトスタートとシャットダウンの組合せ。このピンをグランドに接続するとデバイスがシャットダウンします。ICをイネーブルするには>1.5Vに接続し、誤差アンプがソフトスタートによってクランプされないようにするには>2.4Vに接続します。シャットダウンのコマンド信号からこのピンへ接続されたRCにより V_C ピンの立上り時間が制限されてソフトスタート機能が実現されます。

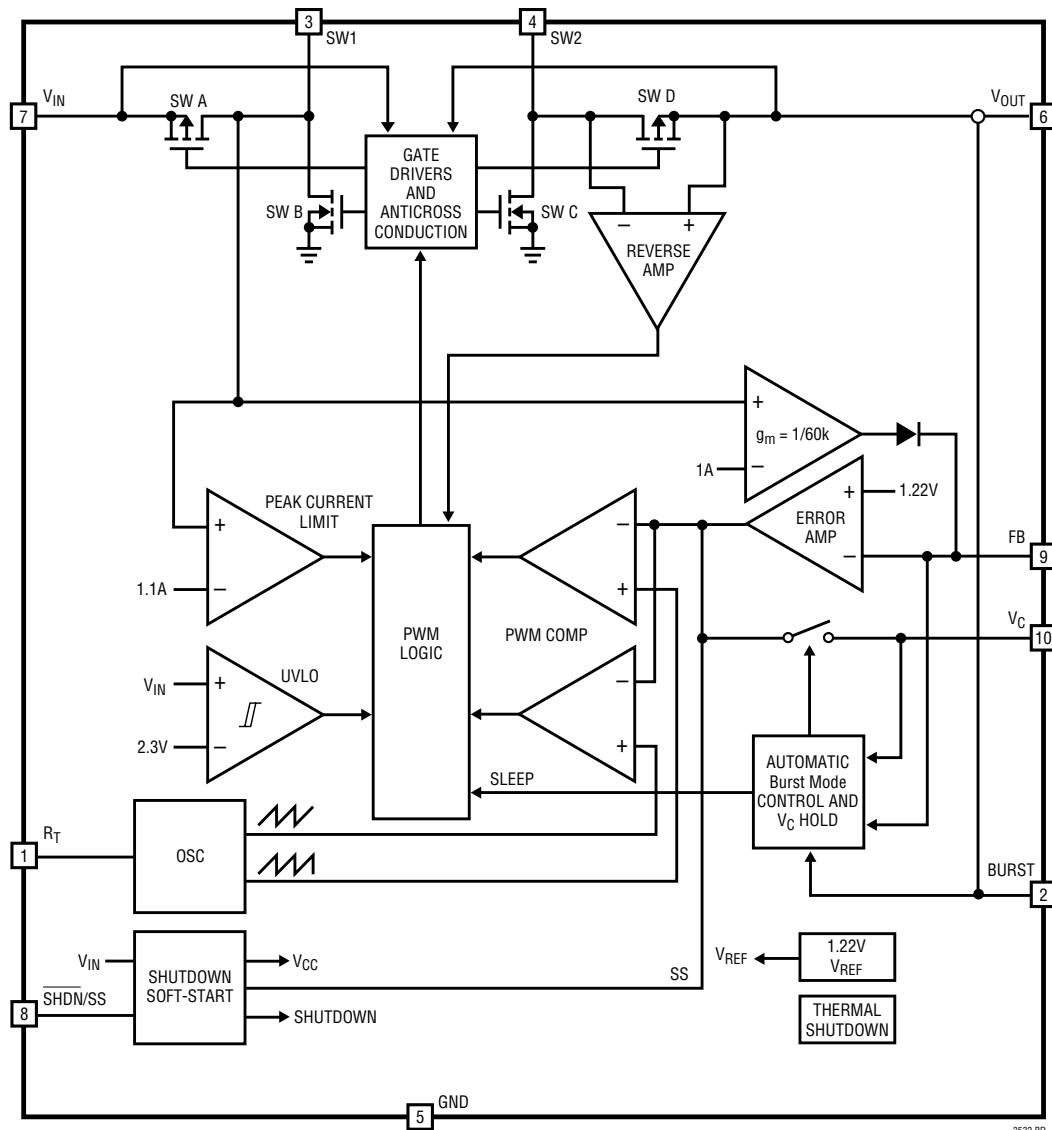
FB(ピン9): 帰還ピン。抵抗分割器のタップをここに接続します。出力電圧は2.4V～5.25Vの範囲で調節できます。帰還リファレンスは標準で1.22Vです。 V_{OUT} は次式に従って設定します。

$$V_{OUT} = \frac{1.22V \cdot (R1 + R2)}{R2}$$

V_C (ピン10): 誤差アンプの出力。ループ補償のため、周波数補償ネットワークをこのピンからFBピンに接続します。部品の値の選択に関しては、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

露出パッド(ピン11): 露出パッド(DFNパッケージ)は、電気的接続と定格熱性能を与えるため、PCBのグランドに半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

LTC3532は携帯用計測器、デジタルカメラ、MP3プレーヤなどのアプリケーション向けの高効率の低ノイズ電源を提供します。LTC独自のトポロジーが使われているので、出力スイッチの位相を適切に調整することにより、出力電圧に比べて高い、低い、または等しい入力電圧を使用することができます。 V_C に現われる誤差アンプの出力電圧によりスイッチの出力デューティ・サイクルが決まります。 V_C はフィルタされた信号なので、スイッチング周波数よりはるか下の周波数も除去されます。同期スイッチは $R_{DS(ON)}$ が小さくゲート電荷が少ないので、高い効率で高周波パルス幅変調制御を実現します。同期スイッチのDとBの両端にショットキー・ダイオードを接続する必要はありませんが、接続すればブレイク・ビフォア・メイク時間(標準15ns)中の電圧降下が小さくなります。ショットキー・ダイオードを追加するとピーク効率が通常1%~2%改善されます。Burst Mode動作に入つてデバイスの消費電流がわずか35 μ Aに下がる軽負荷時に高い効率が得られます。

低ノイズ固定周波数動作

発振器

動作周波数は、次式に従って、 R_T からグランドに接続した外部抵抗によってプログラムされます。

$$f(\text{kHz}) = \frac{48,000}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

誤差アンプ

誤差アンプは電圧モード増幅器です。ループ補償用部品は、コンバータを安定化するため、このアンプの周囲(FBから V_C)に配置します。帯域幅を改善するには、追加のRCフィードフォワード・ネットワークを帰還分割器の上側の抵抗の両端に配置することができます。 \overline{SHDN}/SS の電圧は誤差アンプの出力(V_C)をクランプして、ソフトスタート機能を実現します。

内部電流電源

LTC3532には2つの異なった電流制限回路があります。それらには V_{IN} と反対の方向に変化する内部固定スレッショルドがあります。1番目の回路は高速ピーク電流制限コンパレータで、電流が1.1A(標準)を超えるとスイッチAをオフします。このアンプの出力までの遅延は標準

で50nsです。ピーク入力電流が標準1Aを超えると、出力電圧を下げるため、2番目のアンプがFBピンに電流をソースし始めます。この方法により、入力電流をクランプする閉ループが与えられます。短絡時や起動のように、 V_{OUT} がグランドに近い状態の間、このスレッショルドは半分に切り下げられ、フォールドバック機能を与えます。この電流制限機能が有効に働くには、FBからグランドのテブナン抵抗を100kより大きくします。

逆電流制限

固定周波数動作の間、LTC3532は強制連続導通モードで動作します。逆電流制限アンプは出力からスイッチDを通って流れるインダクタ電流を監視します。負のインダクタ電流が標準340mAを超えると、デバイスはスイッチDをオフします。

4スイッチ制御

4つの内部スイッチがインダクタ、 V_{IN} 、 V_{OUT} およびGNDにどのように接続されているかを簡略化して図1に示します。LTC3532の動作領域を内部制御電圧 V_{CI} の関数として図2に示します。制御電圧に依存して、デバイスは降圧モード、昇降圧モードまたは昇圧モードのいずれかで動作します。 V_{CI} 電圧は誤差アンプの出力(V_C)をレベル・シフトした電圧です(図5を参照)。4つのパワー・スイッチは適切に位相が制御されますので、動作モード間の移行は連続的に滑らかにおこなわれ、ユーザーには見えません。 V_{IN} が V_{OUT} に近づくと昇降圧領域に達し、そこでは4スイッチ領域の導通時間は通常150nsです。図1と図2を参照しながらさまざまな動作領域について説明します。

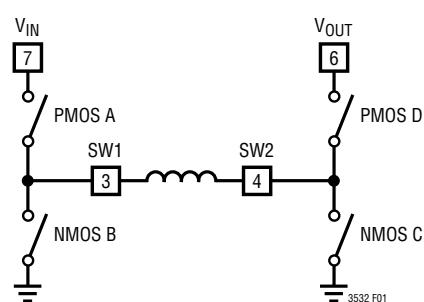


図1. 出力スイッチの簡略図

動作

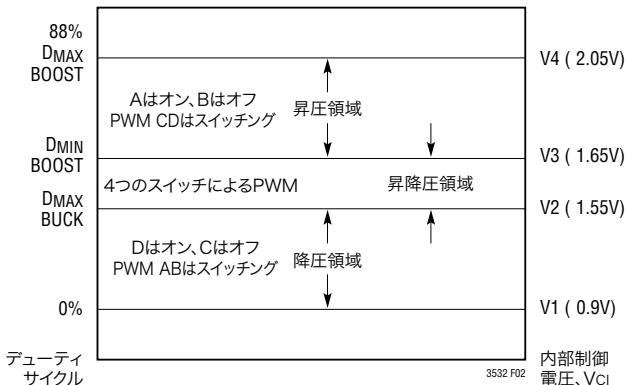


図2. スイッチの制御と内部制御電圧V_{ci}

降圧領域 ($V_{IN} > V_{OUT}$)

このモードの間スイッチDは常にオンしており、スイッチCは常にオフしています。内部制御電圧(V_{ci})が電圧V1より高いと、出力Aはスイッチングを開始します。スイッチAのオフ時間の間、同期スイッチBは残りの時間オンになります。スイッチAとスイッチBは、典型的な同期式降圧レギュレータと同様に交互に動作します。制御電圧が上昇するにつれ、降圧モードのコンバータの最大デューティ・サイクルが(次式で与えられる)D_{MAX_BUCK}に達するまでスイッチAのデューティ・サイクルが増加します。

$$D_{MAX_BUCK} = 100 - D_{4SW} \%$$

ここで、D_{4SW}は4スイッチ領域のデューティ・サイクル(%)です。

$$D_{4SW} = (150\text{ns} \cdot f) \cdot 100 \%$$

ここで、fは動作周波数(Hz)です。

この点を超えると「4スイッチ」領域(つまり昇降圧領域)に達します。

昇降圧領域、つまり4スイッチ領域 (V_{IN} が V_{OUT} にほぼ等しい)

内部制御電圧(V_{ci})が電圧V2を超えるとスイッチ・ペアADはデューティ・サイクルD_{MAX_BUCK}の間オン状態を保ち、スイッチ・ペアACがフェーズインを開始します。V_{ci}電圧が電圧V3で昇降圧範囲の端に達すると、スイッチ・

ペアACはスイッチ・ペアBDを完全にフェーズアウトして、昇圧フェーズがデューティ・サイクルD_{4SW}で開始されます。4スイッチ領域が開始される入力電圧(V_{IN})は次式で与えられます。

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT}}{1 - (150\text{ns} \cdot f)}$$

4スイッチ領域の終点は次式で与えられます。

$$V_{IN} = V_{OUT}(1 - D) = V_{OUT}(1 - 150\text{ns} \cdot f) V$$

昇圧領域 ($V_{IN} < V_{OUT}$)

このモードの間スイッチAは常にオンしており、スイッチBは常にオフしています。内部制御電圧(V_{ci})が電圧V3より高いと、スイッチ・ペアCDは交互にスイッチして昇圧された出力電圧を供給します。この動作は同期式昇圧レギュレータと同様です。コンバータの最大デューティ・サイクルは標準88%に制限されており、V_{ci}がV4を超えるとこのリミット値に達します。

Burst Mode動作

出力が安定化されるまでデバイスがエネルギーを出力に供給し、安定化されたらスリープ・モードに入る場合、Burst Mode動作がおこなわれています。スリープ・モードでは出力はオフしており、デバイスはわずか35μAの電流しかV_{IN}から消費しません。このモードでは、出力リップル電圧の周波数成分は負荷電流に依存して変化し、一般にピーク・トゥ・ピークで約2%になります。Burst Mode動作のリップルは、出力容量を増やすことにより(44μF以上)、わずかに減らすことができます。Burst Mode動作のリップルを減らす別の方法として、V_{OUT}帰還分割器ネットワークの上側の抵抗の両端に(タイプIIIの補償のように)小さなフィードフォワード・コンデンサを接続します。デバイスが出力にエネルギーを供給している間にピーク・スイッチ電流は標準で250mAに等しくなり、インダクタ電流はサイクルごとにゼロ電流で終了します。このモードでの標準最大平均出力電流は次式で与えられます。

$$I_{OUT(MAX)BURST} \approx \frac{0.2 \cdot V_{IN}}{V_{OUT} + V_{IN}} A$$

動作

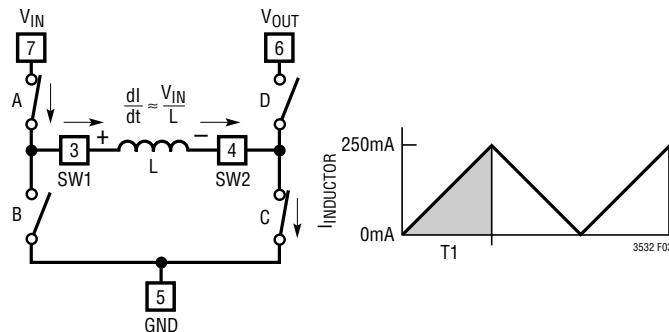


図3. Burst Mode動作時のインダクタ充電サイクル

Burst Mode動作時のピーク効率は固定周波数動作時のピーク効率よりも低くなることに注意してください。これは、デバイスがフルタイムの4スイッチ・モードに入り、図3と図4に示されているように、(出力に供給するとき)インダクタ電流が不連続になるためです。Burst Mode動作では制御ループが非直線的であり、制御モードを決定するのに誤差アンプからの制御電圧を利用することができます。昇降圧機能を維持するのにフルタイムの4スイッチ・モードが必要です。1mA未満での効率は主に消費電流によって支配されます。Burst Mode動作の効率は次式で与えられます。

$$\text{EFFICIENCY} \approx \frac{n \cdot I_{\text{LOAD}}}{35\mu\text{A} + I_{\text{LOAD}}}$$

ここで、nはBurst Mode動作時には標準88%です。

Burst Mode動作の自動制御

Burst Mode動作は、自動制御することも、1つの信号ピンで手動制御することもできます。自動モードでは、デバイスは軽負荷でBurst Mode動作に移り、負荷が重くなると固定周波数動作に戻ります。モードの移行が生じる負荷電流は、以下の式に従って、1個の外部抵抗をBURSTピンからグランドに接続してプログラムします。

$$\text{Burst Mode動作に入る: } I = \frac{10.5V}{R_{\text{BURST}}}$$

$$\text{Burst Mode動作から出る: } I = \frac{7V}{R_{\text{BURST}}}$$

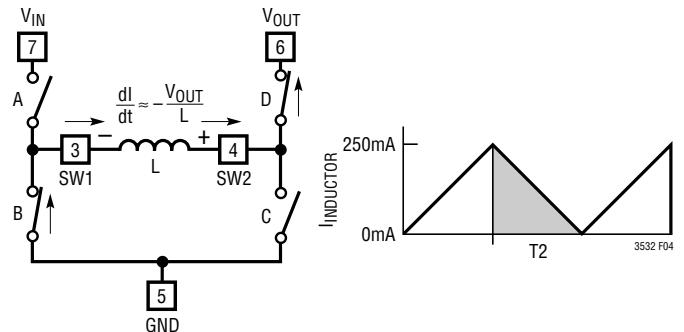


図4. Burst Mode動作時のインダクタ放電サイクル

ここで、R_{BURST}の単位はkΩ、I_{BURST}はアンペアを単位にした負荷過渡電流です。自動動作では、フィルタ・コンデンサもBURSTからグランドに接続して、BURSTのリップルによってデバイスがBurst Mode動作に入ったり出たりして発振するのを防ぎます。最小コンデンサ値の式は次のとおりです。

$$C_{\text{BURST(MIN)}} \geq \frac{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}}{60,000V}$$

ここで、C_{BURST(MIN)}とC_{OUT}の単位はμFです。Burst Mode動作時に負荷トランジエントにより帰還ピンがレギュレーション値から4%以上低下すると、デバイスは直ちに固定周波数モードに切り替わり、内部プルアップが短時間BURSTに与えられ、BURSTコンデンサを急速に充電します。これにより、出力が安定化されると直ちにデバイスがBurst Mode動作に再度移行するのを防ぎます。

手動Burst Mode動作

Burst Mode動作を手動制御する場合、BURSTに接続したRCネットワークを省くことができます。固定周波数モードを強制するには、BURSTをV_{OUT}に接続します。Burst Mode動作を強制するには、BURSTを接地します。Burst Mode動作を手動で操作する場合、BURSTに接続される回路は最大2mAをシンクすることができるようになります。大きな動的負荷に対して最適過渡応答を得るには、動作モードをホスト・プロセッサによって手動で制御します。負荷が突如増加する前に固定周波数動作を強制することにより、出力電圧の垂下を最小に抑えることができます。

動作

強制Burst Mode動作時(BURSTピンは接地)の負荷電流が供給可能な電流を超えると、出力電圧が垂下し始め、デバイスは自動的にBurst Mode動作から抜け出して固定周波数モードに移行し、V_{OUT}が上昇することに注意してください。安定化が達成されるとデバイスは再度Burst Mode動作に移行し、このサイクルが繰り返され、約4%の出力リップルが生じます。ソフトスタートの間はBurst Mode動作が禁じられていることに注意してください。

Burst Mode動作から固定周波数への過渡応答

Burst Mode動作では、補償ネットワークが使われず、V_Cは誤差アンプから切り離されます。Burst Mode動作が長く続くと、外部部品やPCボードのリーク電流によって補償コンデンサが充電(または放電)することがあり、その結果、固定周波数モードの動作に戻るとき、同じ負荷電流であっても大きな出力過渡が生じことがあります。これを防ぐため、LTC3532にはアクティブ・クランプ回路が内

蔵されており、Burst Mode動作の間、V_Cの電圧を最適電圧に保ちます。これにより、固定周波数モード動作に戻るとき、どんな出力過渡でも最小に抑えます。最適過渡応答のため、制御ループの帯域幅を広げ、出力のLCフィルタの2ポール応答を過ぎてからロールオフさせるには、タイプ3の補償も推奨します(「帰還ループの補償」を参照)。

ソフトスタート

ソフトスタート機能はシャットダウン機能と組み合わされています。SHDN/SSピンが1V(標準)より上に引き上げられるとデバイスはイネーブルされますが、EAのデュエティ・サイクルはV_Cによってクランプされます。この機能の詳細図を図5に示します。外付け部品のR_{SS}とC_{SS}によりSHDN/SSの電圧がゆっくりランプし、ソフトスタート機能を実現します。V_Cがクランプされないようにするために、SHDN/SSを2.4Vより上に上げる必要があります。

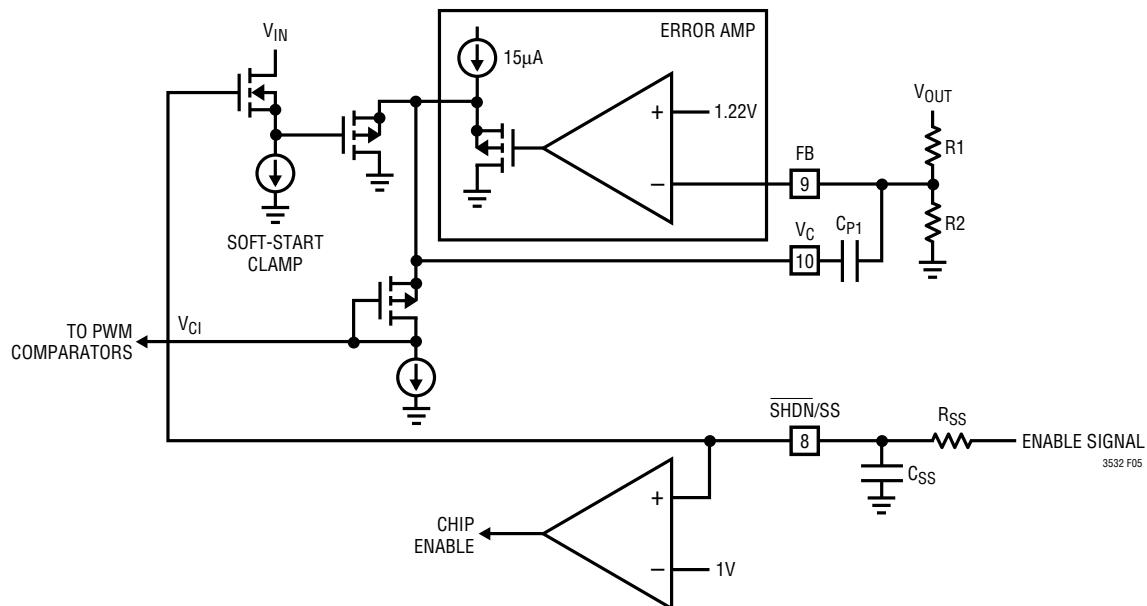


図5. ソフトスタート回路

アプリケーション情報

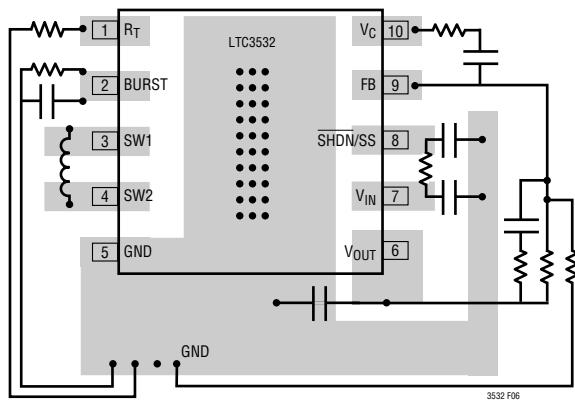


図6. 推奨部品配置。高電流を流すトレースは直接接続にする。
FBピンとV_cピンのトレース面積を小さくする。バッテリへの
リード線の長さを短くする

インダクタの選択

LTC3532は高い周波数で動作するので、小型表面実装インダクタを使用できます。インダクタのリップル電流は一般に最大インダクタ電流の20%~40%に設定されます。与えられたリップルに対してインダクタンスの項は以下のように与えられます。

$$L_{\text{BOOST}} > \frac{V_{\text{IN}(\text{MIN})}^2 \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}(\text{MIN})})}{f \cdot \Delta I_L \cdot V_{\text{OUT}}^2} \text{ H}$$

$$L_{\text{BUCK}} > \frac{V_{\text{OUT}} \cdot (V_{\text{IN}(\text{MAX})} - V_{\text{OUT}})}{f \cdot \Delta I_L \cdot V_{\text{IN}(\text{MAX})}} \text{ H}$$

ここで、 f = 動作周波数(Hz)

ΔI_L = 最大許容インダクタ・リップル電流(A)

$V_{\text{IN}(\text{MIN})}$ = 最小入力電圧

$V_{\text{IN}(\text{MAX})}$ = 最大入力電圧

V_{OUT} = 出力電圧

$I_{\text{OUT}(\text{MAX})}$ = 最大出力負荷電流

高効率を得るには、高周波用コア材を使ったフェライト・インダクタを選択して、コア損失を減らします。 I^2R 損失を減らすため、インダクタはESR(等価直列抵抗)が小さく、飽和せずにピーク・インダクタ電流を流すことができるものになります。モールド型チョークコイルやチップ・インダクタのコアは一般に1A~2Aの範囲のピーク・インダ

クタ電流を担うのに十分ではありません。放射ノイズを抑えるには、シールドされたインダクタを使用します。インダクタの製造元については表1を参照してください。

表1. インダクタの製造元

SUPPLIER	WEB SITE
Coilcraft	www.coilcraft.com
Murata	www.murata.com
Sumida	www.sumida.com
TDK	www.component.tdk.com
TOKO	www.tokoam.com

出力コンデンサの選択

出力フィルタ・コンデンサのバルク値はサイクルごとにコンデンサの充電によって生じるリップルを減らすように設定します。充電による定常リップルは以下の式で与えられます。

$$\% \text{ RIPPLE_BOOST} =$$

$$\frac{I_{\text{OUT}(\text{MAX})} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}(\text{MIN})}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}^2 \cdot f} \%$$

$$\% \text{ RIPPLE_BUCK} =$$

$$\frac{I_{\text{OUT}(\text{MAX})} \cdot (V_{\text{IN}(\text{MAX})} - V_{\text{OUT}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{IN}(\text{MAX})} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot f} \%$$

ここで、 C_{OUT} = 出力フィルタ・コンデンサ(F)、 f = スイッチング周波数(Hz)です。

出力容量はコンバータの過渡応答の要求条件を満たすため、通常は最小値より何倍も大きくします。目安として、所期の過渡応答を維持するには、コンバータのユニティゲインの帯域幅に対する動作周波数の比だけ出力容量を上の計算値から増やす必要があります。

リップルの他の成分は出力コンデンサのESR(等価直列抵抗)によって生じます。出力電圧リップルを下げるには低ESRのコンデンサを使います。表面実装アプリケーションには、太陽誘電またはTDKのセラミック・コンデンサ、AVXのTPSシリーズのタンタル・コンデンサまたは三洋電機のPOSCAPを推奨します。問合せ先については表2を参照してください。

アプリケーション情報

表2. コンデンサの製造元

SUPPLIER	WEB SITE
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
Sanyo	www.sanyovideo.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
TDK	www.component.tdk.com

入力コンデンサの選択

V_{IN} はデバイスの電源電圧であり、またコンバータの電力段への入力でもあるので、少なくとも4.7 μ Fの低ESRセラミック・バイパス・コンデンサを V_{IN} ピンとGNDピンの近くに配置することを推奨します。コンバータからバッテリや他の電源への浮遊抵抗を最小に抑えることも重要です。

オプションのショットキー・ダイオード

同期スイッチのBとDの両端にショットキー・ダイオードは不可欠ではありませんが($V_{OUT} < 4.3V$)、接続すればブレイク・ビフォア・メイク時間(標準15ns)中の電圧降下が小さくなり、効率が改善されます。MBRM120T3あるいは同等の表面実装ショットキー・ダイオードを使用してください。通常の整流ダイオードは回復時間が遅くて効率が低下するので使用しないでください。出力電圧が4.3Vを超えるアプリケーションでは、SW2から V_{OUT} にショットキー・ダイオードが必要です。

出力電圧 > 4.3V

4.3Vを超える出力電圧にはSW2から V_{OUT} にショットキー・ダイオードが必要です。ピンとトレースの寄生インダクタンスによるSW2のピーク電圧を減らすため、このダイオードはピンにできるだけ近づけて配置する必要があります。

入力電圧 > 4.5V

過負荷や短絡状態を生じるおそれのある、入力電圧が4.5Vを超えるアプリケーションでは、SW1ピンとGNDの間に2 Ω /1nFの直列スナバが必要です。ショットキー・ダイオードもSW1と V_{IN} の間にできるだけピンに近づけて追加します。入力電圧がさらに高い場合、 V_{IN} のバイパスが重要になりますので、セラミック・バイパス・コンデンサもできるだけ V_{IN} ピンとSGNDピンの近くに必要です。

動作周波数の選択

動作周波数を高くすると、インダクタおよび入力と出力のフィルタ・コンデンサを小さくすることができるるので、基板の面積と部品の高さが減少します。ただし、動作周波数を高くすると、以下の式で与えられる、4個のスイッチのゲート電荷によりデバイス全体の消費電流も増加します。

$$\text{降圧: } I_Q = (0.125 \cdot V_{IN} \cdot f) \text{ mA}$$

$$\text{昇圧: } I_Q = [0.06 \cdot V_{IN} + V_{OUT}] \cdot f \text{ mA}$$

$$\text{昇降圧: } I_Q = [f \cdot (0.19 \cdot V_{IN} + 0.06 \cdot V_{OUT})] \text{ mA}$$

ここで、 f = スイッチング周波数(MHz)です。したがって、周波数は、最適効率と最小のソリューション・サイズの間を妥協させて選択します。

帰還ループの補償

LTC3532には電圧モードのPWM制御回路が内蔵されています。出力利得の制御は動作領域(降圧、昇圧、昇降圧)に従って変化しますが、通常は15を超えることはありません。出力フィルタは、以下の式で与えられているように、2ポール応答特性を示します。

$$f_{\text{FILTER_POLE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{\text{OUT}}}} \text{ Hz}$$

(降圧モード)

$$f_{\text{FILTER_POLE}} = \frac{V_{IN}}{2 \cdot V_{OUT} \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{\text{OUT}}}} \text{ Hz}$$

(昇圧モード)

ここで、Lの単位はヘンリー、C_{OUT}の単位はファラッドです。

出力フィルタのゼロは次式で与えられます。

$$f_{\text{FILTER_ZERO}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ESR}} \cdot C_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

ここで、R_{ESR}は出力コンデンサの等価直列抵抗です。

昇圧モードで面倒なのは右半平面(RHP)のゼロで、次式で与えられます。

$$f_{\text{RHPZ}} = \frac{V_{IN}^2}{2 \cdot \pi \cdot I_{\text{OUT}} \cdot L \cdot V_{OUT}} \text{ Hz}$$

アプリケーション情報

ループ利得は一般にRHPのゼロの周波数より前でロールオフします。

簡単なタイプIの補償ネットワークを組み込んでループを安定化することができますが、代償として帯域幅が少し、過渡応答速度が低下します。タイプIの補償を使って適切な位相マージンを保証するには、ループはLCのダブル・ポールより1桁下の周波数でクロスオーバーする必要があります。タイプIの補償を備えた誤差アンプのユニティゲイン周波数は次式で与えられます。

$$f_{UG} = \frac{1}{2\pi \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

(図7を参照。)

ほとんどのアプリケーションでは出力フィルタのコンデンサを小さくできるように過渡応答の改善を必要とします。帯域幅を上げるにはタイプIIIの保証が必要であり、2

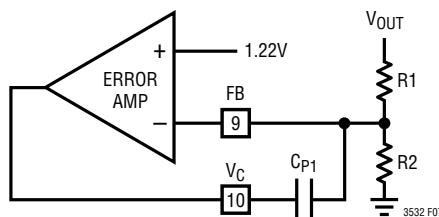


図7. タイプIの補償を備えた誤差アンプ

つのゼロを与えて、出力フィルタの2ポール応答を補償します。図8を参照すると、ポールとゼロの位置は以下の式で与えられます。

$$f_{POLE1} \approx \frac{1}{2\pi \cdot 32e^3 \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

(これはきわめてDCに近い値です)

$$f_{ZERO1} = \frac{1}{2\pi \cdot R_z \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

$$f_{ZERO2} = \frac{1}{2\pi \cdot R1 \cdot C_{Z1}} \text{ Hz}$$

$$f_{POLE2} = \frac{1}{2\pi \cdot R_z \cdot C_{P2}} \text{ Hz}$$

ここで、抵抗の単位はオーム、容量の単位はファラッドです。

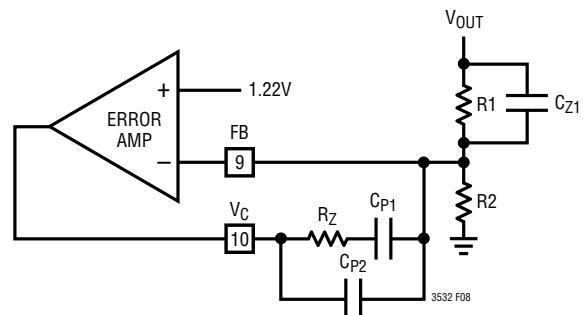
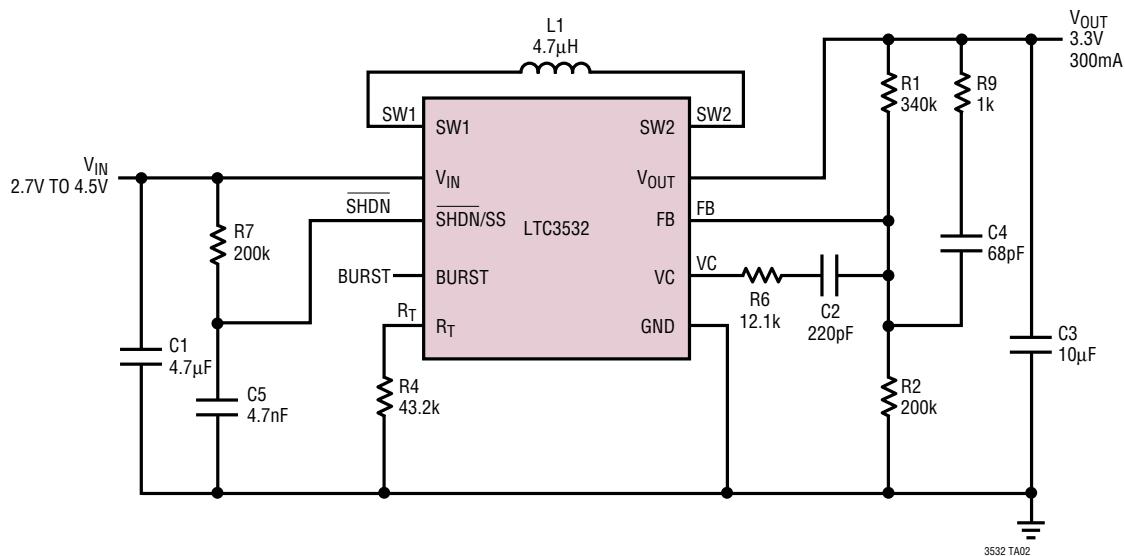


図8. タイプIIIの補償を備えた誤差アンプ

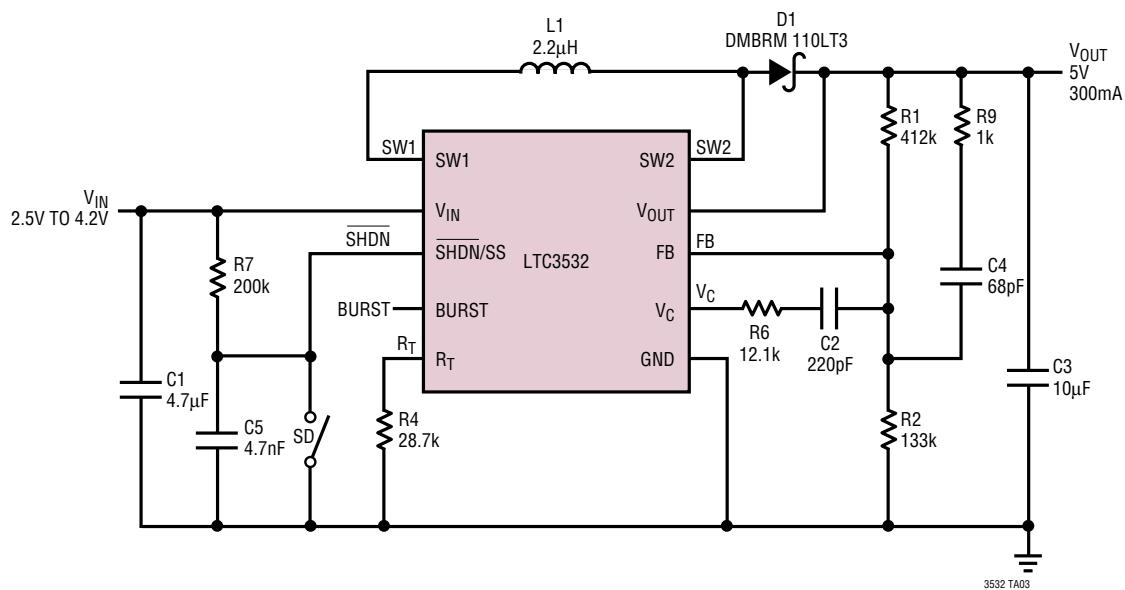
LTC3532

標準的応用例

3セルから3.3V/300mAの昇降圧コンバータ
(手動の昇圧モード動作とソフトスタート付き)



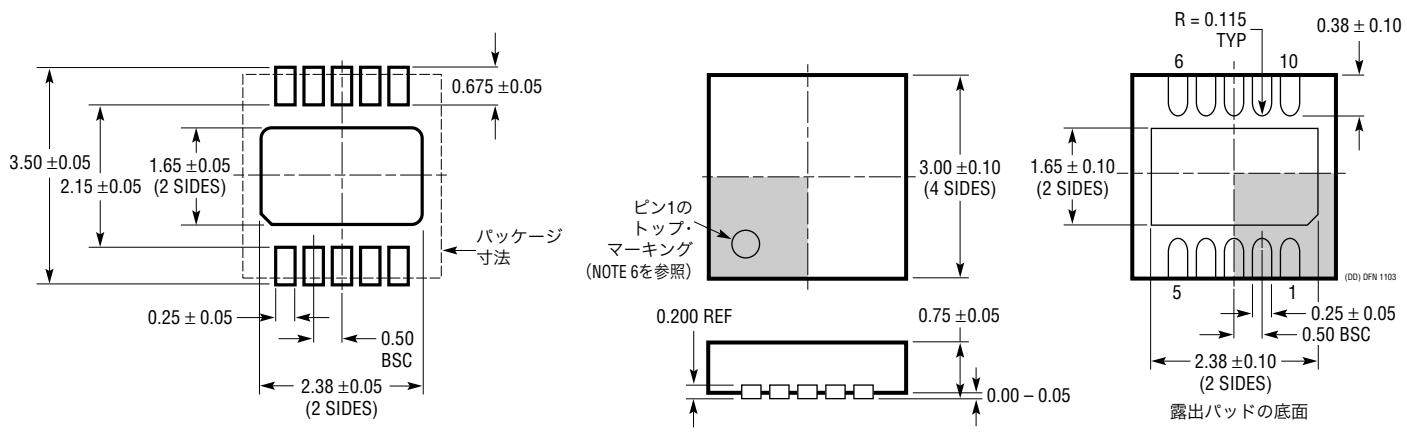
リチウムイオンから5Vの昇圧コンバータ(出力切斷付き)



3532fa

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)

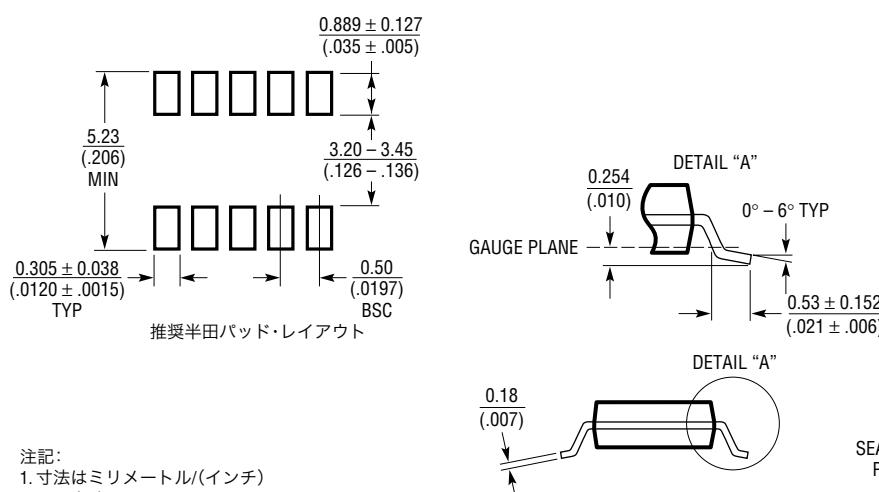


推奨する半田パッドのピッチと寸法

注記:

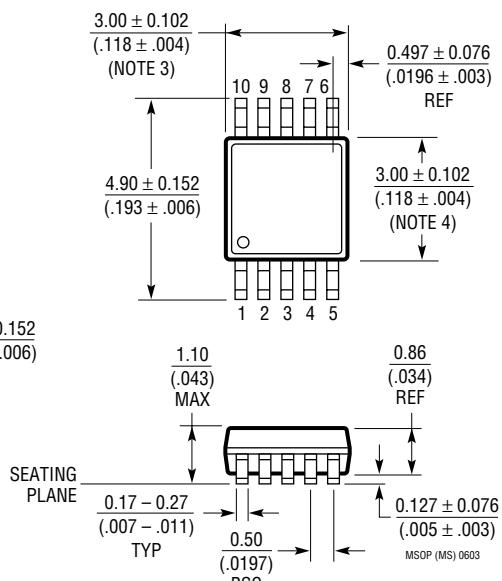
- 図はJEDECパッケージ・アウトラインMO-229のバリエーション(WEEED-2)になる予定。
バリエーションの指定の現状についてはLTCのWebサイトのデータシートを参照
- 図は実寸とは異なる
- すべての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは
(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 網掛けの部分はパッケージのトップとボトムのピン1の位置の参考に過ぎない

MSパッケージ
10ピン・プラスチックMSOP
(Reference LTC DWG # 05-08-1663)



注記:

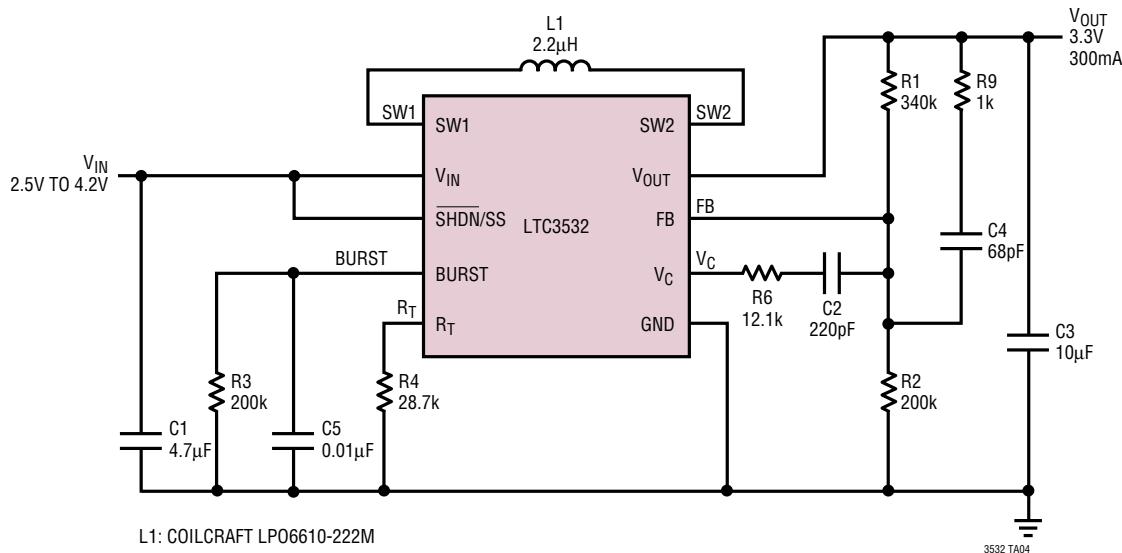
- 寸法はミリメートル/(インチ)
- 図は実寸とは異なる
- 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。モールドのバリ、
突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
- 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、
各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
- リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大0.102mm (.004")であること



LTC3532

標準的応用例

リチウムイオンから3.3V/300mAの高さの低いコンバータ(自動Burst Mode動作付き)



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3440	600mA (I_{OUT})、2MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :2.5V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:2.5V~5.5V、 I_Q =25μA、 $I_{SD}<1\mu A$ 、MS10/DFNパッケージ
LTC3441	1.2A (I_{OUT})、1MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :2.4V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:2.4V~5.25V、 I_Q =25μA、 $I_{SD}<1\mu A$ 、DFNパッケージ
LTC3442	1.2A (I_{OUT})、2MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :2.4V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:2.4V~5.25V、 I_Q =35μA、 $I_{SD}<1\mu A$ 、DFNパッケージ
LTC3443	1.2A (I_{OUT})、600kHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :2.4V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:2.4V~5.25V、 I_Q =28μA、 $I_{SD}<1\mu A$ 、MS10パッケージ
LTC3444	WCDMAに最適化された500mA (I_{OUT})、1.5MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :2.7V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:0.5V~5.25V、 $I_{SD}<1\mu A$ 、3×3DFNパッケージ
LTC3531/ LTC3531-3.3/ LTC3531-3	SOT-23の200mA (I_{OUT})、同期式昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} :1.8V~5.5V、 $V_{OUT(RANGE)}$:2V~5.25V、 I_Q =16μA、 $I_{SD}<1\mu A$ 、SOT-23パッケージ、3×3 DFNパッケージ

3532fa