

# 逆バッテリー保護付き 750mA 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ

## 特長

- 逆バッテリーに対し DC/DC コンバータおよび負荷を保護
- 高効率: 最大 94%
- 1.8V 入力で 5V/175mA を生成
- 1.8V ~ 5.5V の入力電源で動作
- 調整可能な出力電圧: 2V ~ 6V
- 起動時に突入電流を制御
- シャットダウン時の出力切断
- 低ノイズ 1.2MHz PWM 動作
- 小型の外付け部品
- 自動 Burst Mode<sup>®</sup> 動作 (LTC3499)
- 軽負荷で連続スイッチング (LTC3499B)
- 過電圧保護
- 8ピン (3mm×3mm×0.75mm) DFN および MSOP パッケージ

## アプリケーション

- 医療機器
- デジタルカメラ
- MP3 プレーヤ
- ハンドヘルド機器

LT, LT, LTC および LTM はリニアテクノロジー社の登録商標です。  
 Burst Mode はリニアテクノロジー社の登録商標です。  
 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。

## 概要

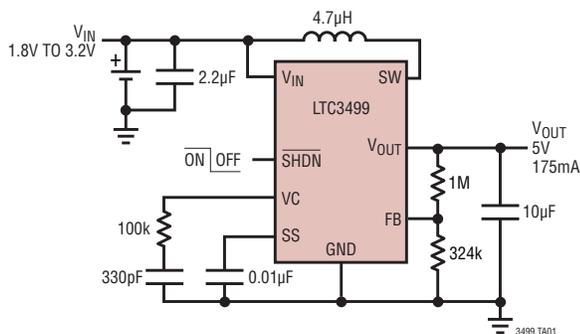
LTC<sup>®</sup>3499/LTC3499B は、小型 (3mm×3mm) DFN パッケージで高効率を達成しつつ、バッテリー極性が逆の場合にデバイスと負荷を保護および切断する逆バッテリー保護機能付き同期整流式固定周波数昇圧 DC/DC パワー・コンバータです。真の出力切断により、突入電流をなくし、シャットダウン時の負荷電流をゼロにすることができます。

これらのデバイスは入力電圧範囲が 1.8V ~ 5.5V なので、2個のアルカリまたは NiMH バッテリーで動作できます。スイッチング周波数は 1.2MHz に内部設定されているので、小型の表面実装インダクタやコンデンサを使用できます。最小限の外付け部品数で、2V ~ 6V の出力電圧を生成できます。LTC3499 は軽負荷時の効率を上げる自動 Burst Mode 動作を特長とし、LTC3499B は軽負荷時の連続スイッチングを特長としています。

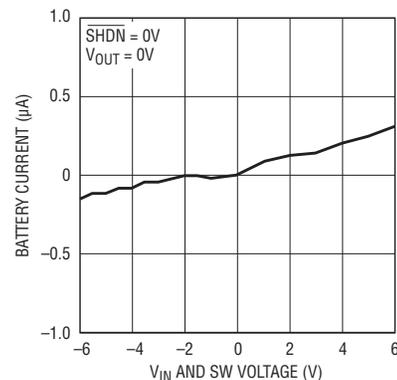
ソフトスタート時間は小型コンデンサを介して外部設定可能です。アンチリング回路により、不連続モードでインダクタが減衰されるので、EMI が低減されます。また、これらのデバイスは 1μA 以下のシャットダウン電流と過電圧保護を特長とし、8ピン (3mm×3mm) DFN パッケージと 8ピン MSOP パッケージで供給されます。

## 標準的応用例

2個の AA セルから 5V の同期整流式昇圧コンバータ



バッテリー電流と VIN

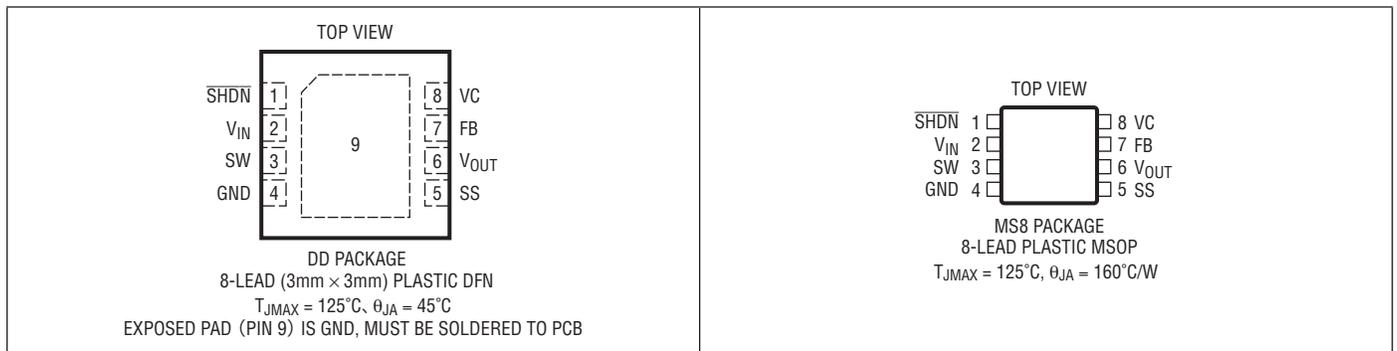


# LTC3499/LTC3499B

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN}$ から GND .....	-7V ~ 7V	FB、SS から GND .....	-0.3V ~ 7V
$V_{OUT}$ から GND .....	-0.3V ~ 7V	動作温度範囲	
SW から $V_{OUT}$ .....	-7V ~ 1V	(Note 3, 4) .....	-40°C ~ 85°C
SW から GND		保存温度範囲 .....	-65°C ~ 125°C
DC .....	-7V ~ 7V	リード温度 (半田付け, 10 秒)	
パルス (<100ns) .....	-7V ~ 8V	MSOP .....	300°C
$\overline{SHDN}$ から GND .....	-7V ~ 7V		

## 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
LTC3499EDD#PBF	LTC3499EDD#TRPBF	LBRB	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC3499BEDD#PBF	LTC3499BEDD#TRPBF	LCDZ	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC3499EMS8#PBF	LTC3499EMS8#TRPBF	LTBRC	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC3499BEMS8#PBF	LTC3499BEMS8#TRPBF	LTCFB	8-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C

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。  
非標準の鉛ベース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/tapeandree/> をご覧ください。

## 電気的特性 ● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 2.4\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 5\text{V}$ 、 $\overline{SHDN} = 2.4\text{V}$ 、 $T_A = T_J$ 。(Note 3)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>電源</b>							
$V_{IN}$	Minimum Start-Up Voltage		●	1.6	1.8	V	
$V_{OUT}$	Output Voltage Adjust Range		●	2	6	V	
$V_{FB}$	FB Voltage		●	1.195	1.220	1.245	V

3499fc

**電気的特性** ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 2.4\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 5\text{V}$ 、 $\overline{\text{SHDN}} = 2.4\text{V}$ 、 $T_A = T_{Jc}$  (Note 3)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$I_{FB}$	FB Input Current	$V_{FB} = 1.22\text{V}$		3	50	nA	
$I_{VIN}$	$V_{IN}$ Quiescent Current	No Output Load	●	300	600	$\mu\text{A}$	
$I_{SD}$	$V_{IN}$ Quiescent Current in Shutdown	$\overline{\text{SHDN}} = 0\text{V}$ , $V_{OUT} = 0\text{V}$		0.1	1	$\mu\text{A}$	
$I_{BURST}$	Quiescent Current – Burst Mode Operation	$V_{IN}$ Current at 2.4V (LTC3499 Only) $V_{OUT}$ Current at 5V (LTC3499 Only)		20 1.5		$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$I_{NMOS}$	NMOS Switch Leakage Current	$V_{SW} = 6\text{V}$		0.1	5	$\mu\text{A}$	
$I_{PMOS}$	PMOS Switch Leakage Current	$V_{OUT} = 6\text{V}$ , $V_{SW} = 0\text{V}$		0.1	5	$\mu\text{A}$	
$R_{NMOS}$	NMOS Switch On Resistance	$V_{OUT} = 3.3\text{V}$ $V_{OUT} = 5\text{V}$		0.45 0.4		$\Omega$ $\Omega$	
$R_{PMOS}$	PMOS Switch On Resistance	$V_{OUT} = 3.3\text{V}$ $V_{OUT} = 5\text{V}$		0.58 0.45		$\Omega$ $\Omega$	
$I_{LIM}$	NMOS Current Limit		●	0.75	1	A	
$t_{DLY, ILIM}$	Current Limit Delay to Output	Note 2		60		ns	
$D_{MAX}$	Maximum Duty Cycle		●	80	85	%	
$D_{MIN}$	Minimum Duty Cycle		●		0	%	
$f_{OSC}$	Frequency Accuracy		●	1	1.2	1.4	MHz
$G_{mEA}$	Error Amplifier Transconductance			40		$\mu\text{mhos}$	
$I_{SOURCE}$	Error Amplifier Source Current			-5		$\mu\text{A}$	
$I_{SINK}$	Error Amplifier Sink Current			5		$\mu\text{A}$	
$I_{SS}$	SS Current Source	$V_{SS} = 1\text{V}$		-3		$\mu\text{A}$	
$V_{OV}$	$V_{OUT}$ Overvoltage Threshold			6.8		V	
$V_{OV(HYST)}$	$V_{OUT}$ Overvoltage Hysteresis			400		mV	

#### シャットダウン

$V_{\overline{\text{SHDN}}(LOW)}$	$\overline{\text{SHDN}}$ Input Low Voltage		●		0.2	V
$V_{\overline{\text{SHDN}}(HIGH)}$	$\overline{\text{SHDN}}$ Input High Voltage	Measured at SW	●	1.2		V
$I_{SD}$	$\overline{\text{SHDN}}$ Input Current				1	$\mu\text{A}$

#### 逆バッテリー

$I_{V_{OUT, REV BATT}}$	$V_{OUT}$ Reverse-Battery Current	$V_{OUT} = 0\text{V}$ , $V_{IN} = V_{\overline{\text{SHDN}}} = V_{SW} = -6\text{V}$	●		5	$\mu\text{A}$
$I_{V_{IN, REV BATT}}$	$V_{IN}$ and $V_{SW}$ Reverse-Battery Current	$V_{OUT} = 0\text{V}$ , $V_{IN} = V_{\overline{\text{SHDN}}} = V_{SW} = -6\text{V}$	●		-5	$\mu\text{A}$
$I_{\overline{\text{SHDN}}, REV BATT}$	$\overline{\text{SHDN}}$ Reverse-Battery Current	$V_{OUT} = 0\text{V}$ , $V_{IN} = V_{\overline{\text{SHDN}}} = V_{SW} = -6\text{V}$	●		-5	$\mu\text{A}$

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

**Note 2:** 仕様は設計によって保証されており、製造時に全数テストは行われない。

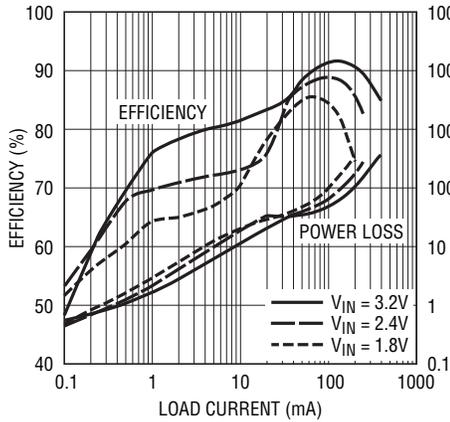
**Note 3:** LTC3499E/LTC3499BEは  $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の温度範囲でデバイスの仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の動作温度での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

**Note 4:** これら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。過温度保護機能がアクティブなとき接合部温度は  $125^\circ\text{C}$  を超える。規定された最大動作温度範囲を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうおそれがある。

# LTC3499/LTC3499B

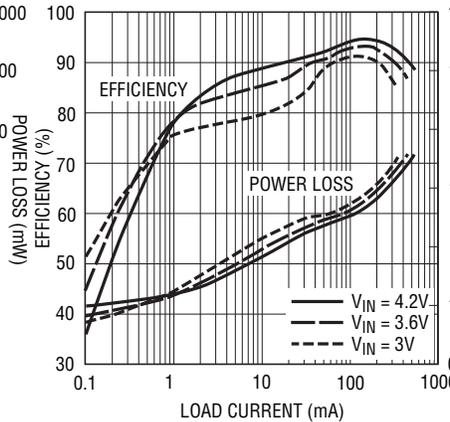
標準的性能特性 注記がない限り  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

2セルから5Vの効率と  
負荷電流 (LTC3499のみ)



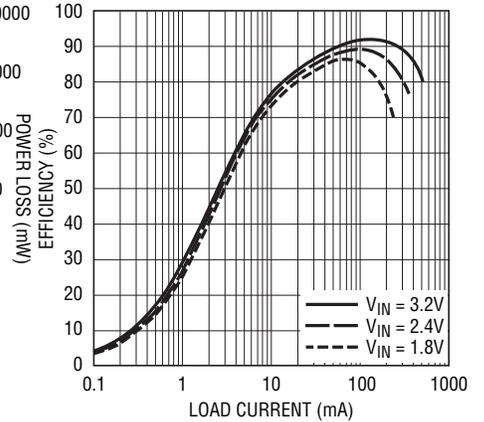
3499 G01

リチウムイオンから5Vの効率と  
負荷電流 (LTC3499のみ)



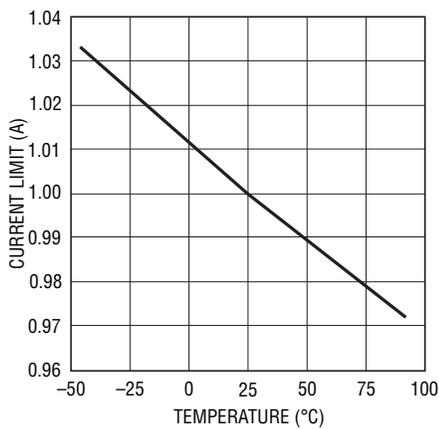
3499 G03

2セルから5Vの効率と  
負荷電流 (LTC3499Bのみ)



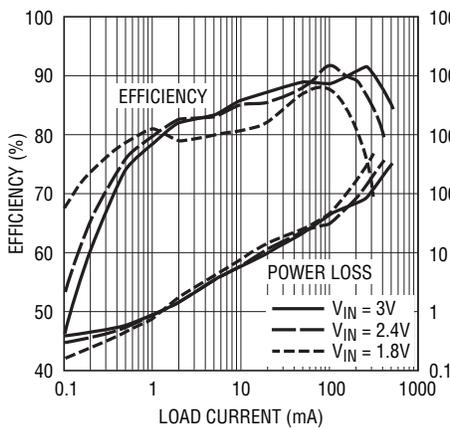
3499 G17

電流制限の精度と温度



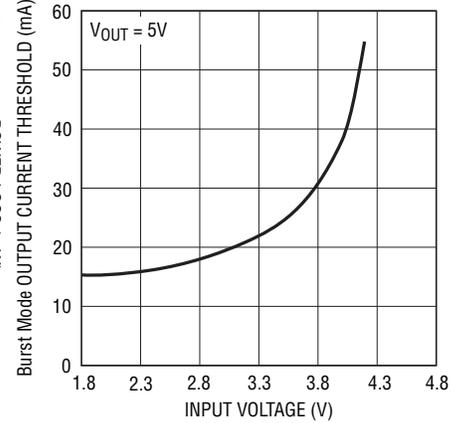
3499 G04

2セルから3.3Vの効率と  
負荷電流 (LTC3499のみ)



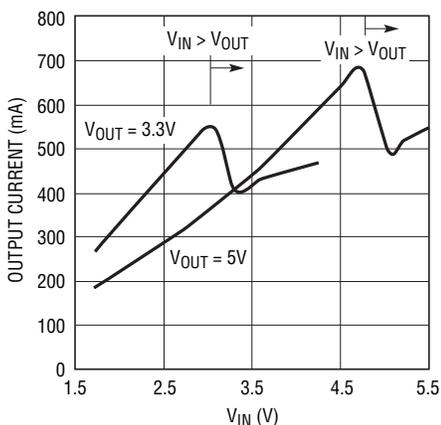
3499 G02

Burst Mode 出力電流スレッシュホールド  
と入力電圧 (LTC3499のみ)



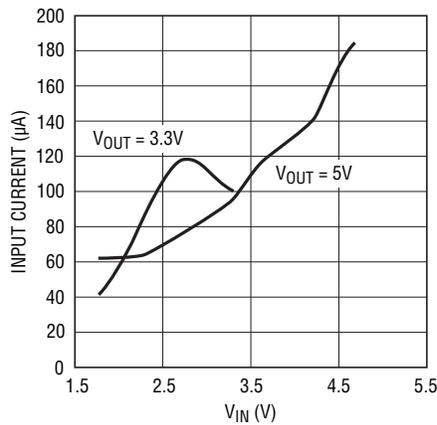
3499 G05

最大出力電流能力と  $V_{IN}$



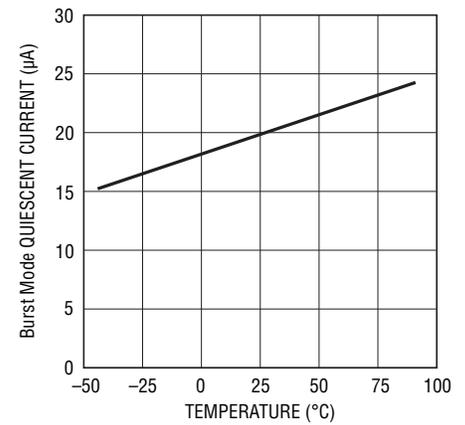
3499 G06

無負荷時入力電流と  $V_{IN}$   
(LTC3499のみ)



3499 G07

Burst Mode の消費電流と温度  
(LTC3499のみ)

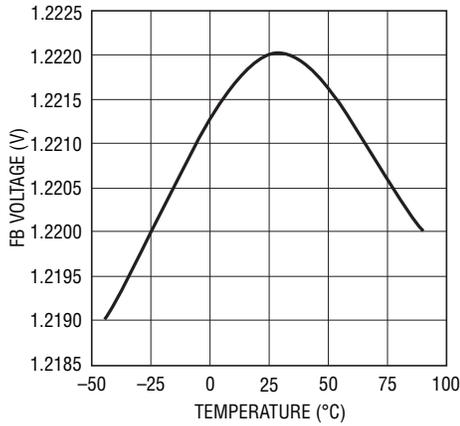


3499 G08

3499fc

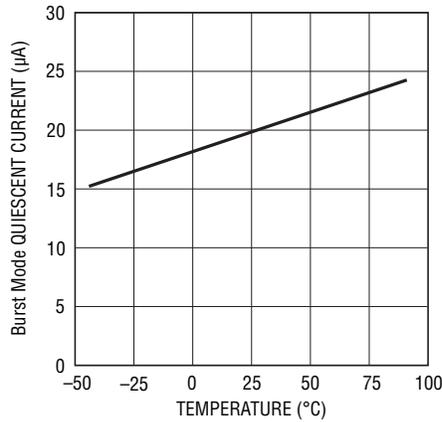
## 標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

### FB 電圧と温度



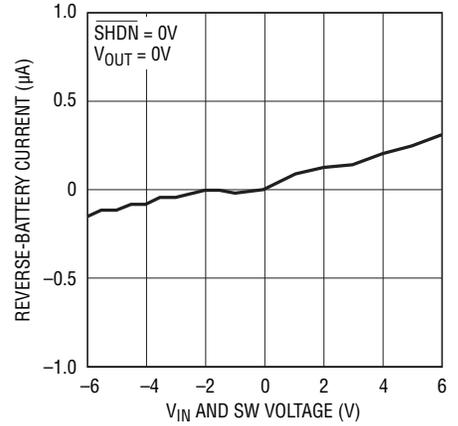
3499 G09

### Burst Mode の消費電流と温度



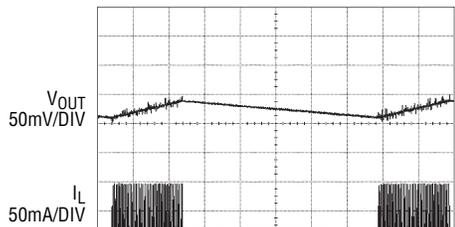
3499 G08

### $V_{IN}$ および SW の逆バッテリー電流と $V_{IN}$ および SW の電圧



3499 G11

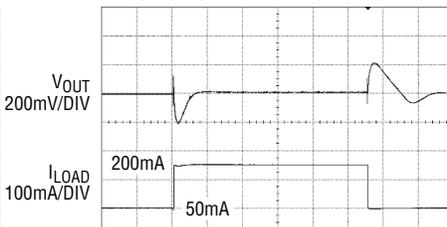
### Burst Mode 動作 (LTC3499 のみ)



$V_{IN} = 2.4\text{V}$   
 $V_{OUT} = 5\text{V}$   
 $L = 4.7\mu\text{H}$   
 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$   
 $C_{FF} = 10\text{pF}$  (FEEDFORWARD CAPACITOR FROM  $V_{OUT}$  TO FB)

3499 G12

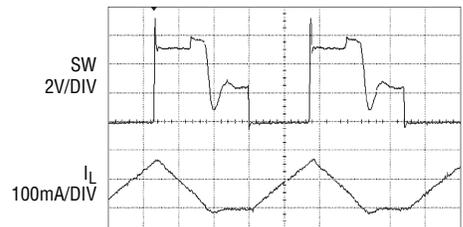
### 負荷過渡変動、50mA から 200mA



$V_{IN} = 2.4\text{V}$   
 $V_{OUT} = 5\text{V}$   
 $I_{LOAD} = 50\text{mA}$  to  $200\text{mA}$   
 $R_Z = 100\text{k}$   
 $C_F = 680\text{pF}$   
 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$   
 $L = 4.7\mu\text{H}$

3499 G13

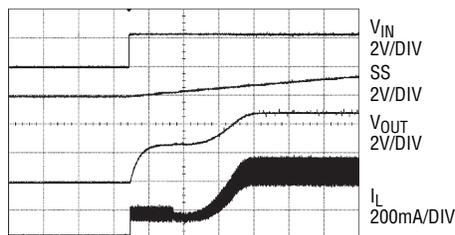
### 固定周波数不連続モード動作



$V_{IN} = 2.4\text{V}$   
 $V_{OUT} = 5\text{V}$   
 $L = 4.7\mu\text{H}$

3499 G14

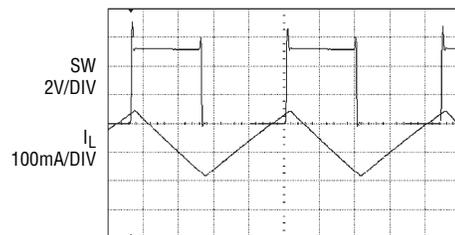
### 25Ω 負荷に対するソフトスタート



$V_{IN} = 2.4\text{V}$   
 $V_{OUT} = 5\text{V}$   
 $L = 4.7\mu\text{H}$   
 $C_{SS} = 0.01\mu\text{F}$   
 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$

3499G15

### 固定周波数動作



$V_{IN} = 2.4\text{V}$   
 $V_{OUT} = 5\text{V}$   
 $L = 4.7\mu\text{H}$

3499 G16

## ピン機能

**SHDN (ピン1)**: ICのシャットダウン入力。LTC3499/LTC3499Bをイネーブルするには1.2Vより高い電圧に接続し、デイスエーブルするには0.2Vより低い電圧に接続します。

**V<sub>IN</sub> (ピン2)**: 入力電源電圧。有効な動作電圧は1.8V～5.5Vです。V<sub>IN</sub>は逆バッテリーに対して保護されています。LTC3499/LTC3499Bは、主バイアス源としてV<sub>IN</sub>を使用するので、少なくとも2.2μFの低ESRセラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**SW (ピン3)**: スイッチ・ピン。2.2μH～10μHのインダクタをV<sub>IN</sub>からこのピンに接続します。PCBトレースをできるだけ短くし、幅をできるだけ広くしてEMIと電圧のオーバーシュートを最小に抑えます。インダクタ電流がゼロになるか、SHDNが“L”に引き下げられると、内部の250Ωアンチリング・スイッチがV<sub>IN</sub>からSWに接続されてEMIを抑えます。

**GND (ピン4/露出パッド、DDパッケージのピン9)**: 信号と電源のグランド。DDパッケージの露出パッドは、電気的接続と定格熱性能を与えるため、PCBのパワー・グランド・プレーンに半田付けする必要があります。

**SS (ピン5)**: ソフトスタート入力。コンデンサをSSからグランドに接続して起動時の突入電流を制御します。内部の3μA電流源がこのピンを充電します。SHDNを“L”にするか、サーマル・シャットダウンが生じるか、またはV<sub>IN</sub>が最小動作電圧を下回ると、SSは放電されます。

**V<sub>OUT</sub> (ピン6)**: 電源の出力。低ESRの出力フィルタ・コンデンサをこのピンからグランド・プレーンに接続します。

**FB (ピン7)**: エラーアンプへのFB入力。抵抗分割器のタップをV<sub>OUT</sub>からこのピンに接続して、出力電圧を設定します。出力電圧は2Vから6Vの間で調整することができます。機能ブロック図を参照して、出力電圧は次のように与えられます。

$$V_{OUT} = 1.22 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{R1}{R2} \right) \right]$$

**VC (ピン8)**: エラーアンプの出力。昇圧コンバータ・ループを補償するため、周波数補償ネットワークをこのピンからGNDに接続します。ガイドラインとして「フィードスルー・ループを閉じる」のセクションを参照してください。

機能ブロック図

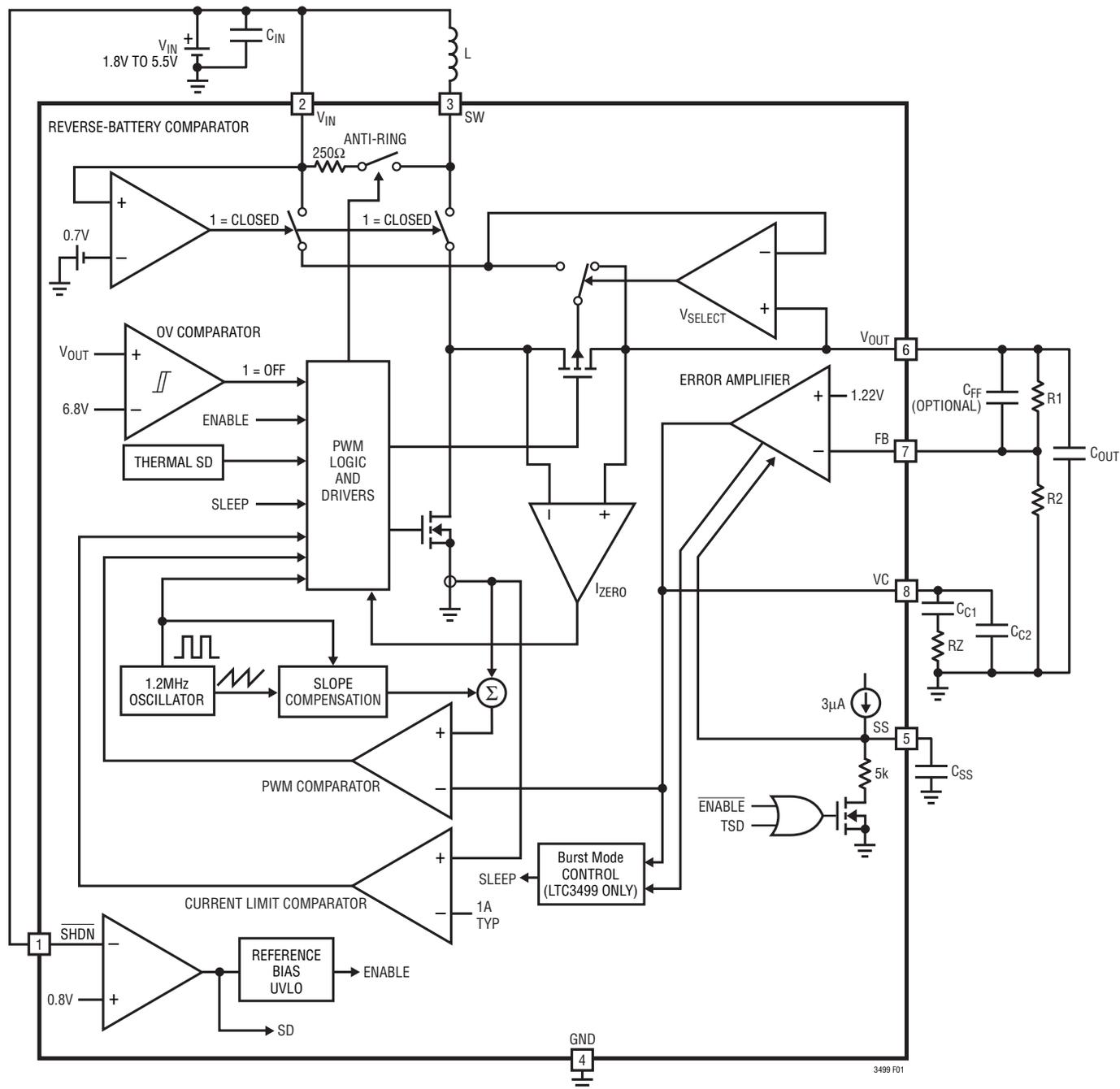


図1. 機能ブロック図

## 動作

LTC3499/LTC3499Bは、出力が6Vまでの昇圧アプリケーション向けに高効率の低ノイズ電源を提供します。図1の機能ブロック図を参照すると動作をよく理解できます。同期整流式昇圧コンバータは8ピン(3mm×3mm)DFNまたはMSOPパッケージで供給され、固定1.2MHzで動作します。これらのデバイスは最小 $V_{IN}$ 電圧が標準1.6Vなので、2セルまたは3セルのアルカリ電池またはニッケル-メタル・ハイブリッド(NiMH)セル、または1セルのリチウムイオン・セルを使用するアプリケーションに適しています。LTC3499/LTC3499Bは、入力にバッテリーが逆方向に接続された場合、バッテリー、IC、およびそのデバイスによって給電されている回路を保護する回路を内蔵しています(逆バッテリー保護)。真の出力切断機能により、突入電流が除去され、シャットダウン時に $V_{OUT}$ をゼロボルトにすることができます。電流モード・アーキテクチャはループ補償を簡素化し、負荷の過渡変動に対する応答が優れています。同期スイッチは $R_{DS(ON)}$ が小さく、ゲート電荷が低いので、外付けのショットキー・ダイオード整流器は不要で、効率の高い高周波数パルス幅変調(PWM)を実現します。LTC3499のBurst Modeでの $V_{IN}$ からの消費電流はわずか20 $\mu$ Aなので、バッテリーの寿命を最大にします。LTC3499BにはBurst Mode動作がなく、デバイスは固定周波数でスイッチングを継続します。このため、軽負荷での効率が下がりますが、低周波数の出力リップルが生じません。

## 低ノイズ固定周波数動作

### シャットダウン機能

LTC3499/LTC3499Bは、 $\overline{SHDN}$ を0.2Vより下にするとシャットダウンし、このピンを1.2Vより上にすると起動します。 $\overline{SHDN}$ は、絶対最大定格より下に制限されている限り、 $V_{IN}$ または $V_{OUT}$ より上にドライブすることができます。

### ソフトスタート

ソフトスタート時間は外部コンデンサをSSからグラウンドに接続してプログラムします。内部電流源がコンデンサ( $C_{SS}$ )を公称3 $\mu$ Aで充電します。VCの電圧をクランプするのにSSの電圧が使われます。ソフトスタート時間は次式で与えられます。

$$t_{(msec)} = C_{SS} (\mu F) \cdot 200$$

外部シャットダウンまたはサーマル・シャットダウン(TSD)が生じると、 $C_{SS}$ は公称5k $\Omega$ のインピーダンスを通してGNDに放電します。この状態が解消し、SSがグラウンド近くまで放電すると、ソフトスタートが自動的に再度開始されます。

## エラーアンプ

トランスコンダクタンス・アンプが、内部で1.22Vのリファレンスに接続されている正入力とFBに接続されている負入力との差からエラー電圧を発生します。VCからグラウンドに簡単な補償ネットワークが接続されます。大信号過渡応答を改善するため、内部クランプにより、誤差アンプの最小出力電圧と最大出力電圧が制限されます。 $V_{OUT}$ からGNDへの分圧器が、FBを介して、2V~6Vの出力電圧をプログラムします。この電圧は次式で定義されます。

$$V_{OUT} = 1.22 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{R1}{R2} \right) \right]$$

## 電流検出

無損失電流検出によりピーク電流信号を電圧に変換して、内部スロープ補償に加算します。この加算された信号が誤差アンプ出力と比較され、PWMのためのピーク電流制御コマンドを出力します。ピーク・スイッチ電流は最小750mAに制限されます。

## アンチリングング制御

アンチリングング制御回路はインダクタの両端に抵抗を接続して、不連続導通モードでSWのリングングを減衰させます。LC共振によるリングング(L = インダクタ、 $C_{sw}$  = SWの容量)は低エネルギーですが、アンチリングング制御が備わっていないとEMI放射を生じることがあります。

## ゼロ電流コンパレータ

ゼロ電流コンパレータは出力へのインダクタ電流をモニタし、この電流が約40mAに下がると同期式整流器をオフし、負インダクタ電流を防ぎます。

## 動作

### 逆バッテリー保護

バッテリーを逆接続すると、大半のパワー・コンバータで深刻な事態が生じます。少なくとも、バッテリーが急速に放電します。ほとんどのICには本来 $V_{IN}$  (カソード)からグランド(アノード)へのダイオードが存在し、 $V_{IN}$ がグランドから0.7V下より低くなると大きな電流が流れます。この状態では、集積回路は過度の電流によってほとんど間違いなく損傷を受けます。バッテリーとデバイスによって給電される回路も損傷を受ける可能性があります。LTC3499/LTC3499Bは、逆バッテリー状態で流れる電流を無視できる程度にする回路を内蔵しており、バッテリー、デバイスおよび出力に接続されている回路を保護します。流れる逆バッテリー電流のグラフを「標準的性能特性」に示します。

逆バッテリー保護のディスクリートによる方法では、電力を消費する素子を高電流経路に追加するので、効率が下がり、保護を実装する部品数が増加します。LTC3499/LTC3499Bはこれらの弱点のどちらも免れています。

### Burst Mode 動作 (LTC3499のみ)

携帯機器は低消費電力またはスタンバイ・モードで長時間経過することが多く、特定の機能が有効になったときだけ、高電力を消費します。この種の製品のバッテリー寿命を改善するには、広い出力電力範囲で電力コンバータの効率を高く維持する必要があります。中負荷や重負荷での高効率に加えて、LTC3499には自動Burst Mode動作が備わっており、軽負荷での電力コンバータの効率を改善します。内部でプログラムされたスレッシュホールドよりも出力負荷電流が低くなると、Burst Mode動作が開始されます(標準的性能特性の「出力負荷Burst Modeスレッシュホールドと $V_{IN}$ 」のグラフを参照してください)。一旦開始されると、Burst Mode動作の回路はLTC3499の回路の大部分をシャットダウンし、出力電圧をモニタするのに必要な回路だけを動作状態に保ちます。

この状態はスリープ状態と呼ばれます。スリープ状態では、LTC3499には入力電源からわずか20 $\mu$ Aしか流れず、効率を大きく高めます。出力電圧が公称レギュレーション・ポイントから1%ほど垂下すると、LTC3499は覚醒し、通常のPWM動作を開始します。出力コンデンサが再充電され、出力負

荷電流がスリープ・スレッシュホールドより下に留まっていると、LTC3499はスリープ状態に戻ります。この間欠的(つまりバースト)動作の頻度は負荷電流に比例します。したがって、負荷電流がバースト・スレッシュホールドより下にさらに低下するにつれ、LTC3499がPWMモードで動作する頻度が下がります。負荷電流がバースト・スレッシュホールドを超すと、LTC3499は連続PWM動作をシームレスに再開します。

機能ブロック図を参照すると、場合によっては、 $V_{OUT}$ とFBの間のオプションのコンデンサ( $C_{FF}$ )により、Burst Mode動作時のピーク・トゥ・ピーク $V_{OUT}$ リップルと入力消費電流を下げるすることができます。 $C_{FF}$ の標準的な値は10pF～220pFです。

### 出力切断と突入電流制限

LTC3499/LTC3499Bは内蔵PチャネルMOSFET整流器のボディ・ダイオードに電流が流れないようにして真の出力切断ができるように設計されています。これにより、入力ソースから電流を流さずに、 $V_{OUT}$ をシャットダウンの間ゼロボルトにすることができます。また、ターンオン時に突入電流を制限するので、入力電源から見たサージ電流を最小に抑えます。

### $V_{IN} > V_{OUT}$ での動作

LTC3499/LTC3499Bは入力電圧が出力電圧より高くても電圧レギュレーションを維持します。これは同期PチャネルMOSFETのスイッチングを停止し、 $V_{IN}$ を静的にゲートに加えて実現されます。これにより、電流が出力に流れている間にインダクタのボルト秒が反転します。このモードではデバイス内の電力消費が増えますので、許容接合部温度を維持するため、最大出力電流が制限されます。

$$I_{OUT(MAX)} \approx \frac{125 - T_A}{\theta_{JA} \cdot ((V_{IN} + 1.5) - V_{OUT})}$$

ここで、 $T_A$  = 周囲温度、 $\theta_{JA}$ はパッケージの熱抵抗(DD8では45°C/W、MS8では160°C/W)です。

たとえば、DD8パッケージで $V_{IN} = 4.5V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $T_A = 85^\circ C$ のとき、最大出力電流は330mAです。

## アプリケーション情報

### PCBレイアウトのガイドライン

LTC3499/LTC3499Bは高速で動作するので、ボードのレイアウトに細心の注意が必要です。レイアウトに注意を払わないと記載されているとおりの性能を得られません。推奨部品配置を図2に示します。銅面積を大きくするとチップの温度を下げるのに役立ちます。高電流が流れるトレース(SW、V<sub>OUT</sub>、GND)は短くします。バッテリーへのリード線はできるだけ短くします。V<sub>IN</sub>とV<sub>OUT</sub>のセラミック・コンデンサをデバイスのピンにできるだけ近づけて配置します。

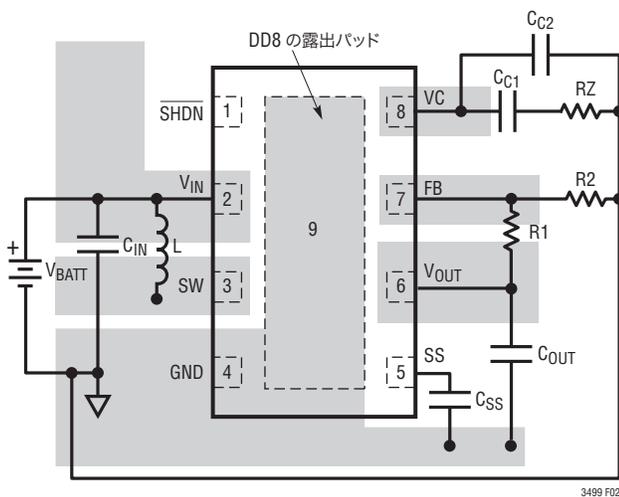


図2. 推奨部品配置

### 部品の選択

#### インダクタの選択

LTC3499/LTC3499Bのスイッチング周波数は1.2MHzと高速なので、小型表面実装インダクタとチップ・インダクタを使用することができます。2.2μHの最小インダクタンスが必要です。大きな値のインダクタンスでは、インダクタ・リップル電流が減るので、出力電流能力を増やすことができます。インダクタンスを10μHより大きくすると、ソリューションの総面積が大きくなるだけで、出力電流能力はほとんど改善されません。

インダクタ電流リップルは一般に最大インダクタ電流の20%～40%に設定されます。高効率を実現するには、フェライトなどの高周波用コア材のインダクタを選択して、コア損失を減らします。I<sup>2</sup>R電力損失を減らすため、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します。放射ノイズを抑えるには、トロイド、またはシールドされたインダクタを使用します。推奨インダクタ・メーカーについては表1を参照してください。

表1. インダクタ・メーカーに関する情報

製品番号	メーカー	WEBサイト
MSS5131 and MOS6020 Series	Coilcraft	<a href="http://www.coilcraft.com">www.coilcraft.com</a>
SLF7028 and SLF7045 Series	TDK	<a href="http://www.component.tdk.com">www.component.tdk.com</a>
LQH55D Series	Murata	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
CDRH4D28 Series	Sumida	<a href="http://www.sumida.com">www.sumida.com</a>
D53LC and D62CB Series	Toko	<a href="http://www.tokoam.com">www.tokoam.com</a>
DT0703 Series	CoEV	<a href="http://www.coev.net">www.coev.net</a>
MJPF2520 Series	FDK	<a href="http://www.fdk.com">www.fdk.com</a>

#### 出力コンデンサの選択

出力電圧リップルには3つの成分があります。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。充電による最大リップル電圧は次式で与えられます。

$$V_{RBULK} = I_P \cdot \frac{V_{IN}}{(C_{OUT} \cdot V_{OUT} \cdot f)}$$

ここで、I<sub>P</sub> = ピーク・インダクタ電流、f = スイッチング周波数です。

ほとんどの電力コンバータでは、ESR(等価直列抵抗)が一般にリップルの最も支配的な要因です。コンデンサのESRによるリップルは、単純に次式で与えられます。

$$V_{RCESR} = I_P \cdot C_{ESR}$$

ここで、C<sub>ESR</sub>はコンデンサの等価直列抵抗です。

## アプリケーション情報

ESL (等価直列インダクタンス)も高周波コンバータの重要な要素です。できるだけ $V_{OUT}$ の近くに置いた小型表面実装セラミック・コンデンサを使うとESLが最小に抑えられます。

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。ほとんどのアプリケーションでは $4.7\mu\text{F} \sim 10\mu\text{F}$ の出力コンデンサで十分です。 $V_{OUT}$ にできるだけ近づけて配置します。大きな値を使って、さらに低い出力リップルと改善された過渡応答を得ることもできます。X5RとX7Rの誘電体は広い電圧範囲と温度範囲にわたって容量を維持するので、素材として適しています。

### 入力コンデンサの選択

入力フィルタのコンデンサは入力ソースから流れるピーク電流を減らし、入力スイッチング・ノイズを減らします。セラミック・コンデンサはESRが小さく、逆電圧に耐える能力があるので、入力のデカップリングに適しています。このコンデンサは、できるだけデバイスに近づけて配置してください。ほとんどのアプリケーションでは $2.2\mu\text{F}$ の入力コンデンサで十分です。もっと大きな値を使うこともでき、制限はありません。セラミック・コンデンサのメーカーを数社表2に示します。

表2. コンデンサ・メーカーに関する情報

メーカー	WEBサイト
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
TDK	www.component.tdk.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com

### 熱に関する検討事項

LTC3499/LTC3499Bが最大出力で電力を供給するには、パッケージ内部で発生した熱を放散するのに十分な熱経路を与えることが不可欠です。DFNパッケージの場合、これはデバイス底部の大きな熱パッドの利点を利用して実現することができます。プリント回路基板のビアを多数使って、できるだけ

面積の大きな銅プレーンにデバイスの熱を逃がすことを推奨します。接合部温度が上昇し続けるとデバイスはサーマル・シャットダウンし、温度が下がるまでスイッチングが完全に停止します。

### 帰還ループを閉じる

LTC3499/LTC3499Bは内部のスロープ補償付き電流モード制御を使用しています。電流モード制御によって、電圧モード・コントローラで見られるインダクタと出力コンデンサによる2次フィルタが不要になるので、単一ポール・フィルタ応答に簡単化されます。変調器制御から出力へのDC利得と誤差アンプの開ループ利得の積がシステムのDC利得を与えます。

$$G_{DC} = G_{CONTROL} \cdot G_{EA} \cdot \frac{V_{REF}}{V_{OUT} \cdot G_{CURRENT\_SENSE}}$$

$$G_{CONTROL} = 2 \cdot \frac{V_{IN}}{I_{OUT}}$$

$$G_{EA} \approx 1000, G_{CURRENT\_SENSE} = \frac{1}{R_{DS(ON)}}$$

出力フィルタのポールは次式で与えられます。

$$f_{FILTER\_POLE} = \frac{I_{OUT}}{(\pi \cdot V_{OUT} \cdot C_{OUT})}$$

ここで、 $C_{OUT}$ は出力フィルタ・コンデンサです。

出力フィルタのゼロは次式で与えられます。

$$f_{FILTER\_ZERO} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT})}$$

ここで、 $R_{ESR}$ はコンデンサの等価直列抵抗です。

昇圧レギュレータ・トポロジーの厄介な点は、右半平面(RHP)のゼロで、次式で与えられます。

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

## アプリケーション情報

その結果、位相の遅れに伴って利得が増加するので、ループを補償するのが困難になります。負荷が重いと、比較的低い周波数で右半平面のゼロが生じることがあります。ループ利得は一般に右半平面のゼロの周波数より前でロールオフします。

標準的なエラーアンプ補償を図3に示します。このループのダイナミック特性の式は次のとおりです。

$$f_{\text{POLE1}} \sim \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 10e6 \cdot C_{C1})}$$

これはきわめてDCに近い値です。

$$f_{\text{ZERO1}} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{C1})}$$

$$f_{\text{POLE2}} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{C2})}$$

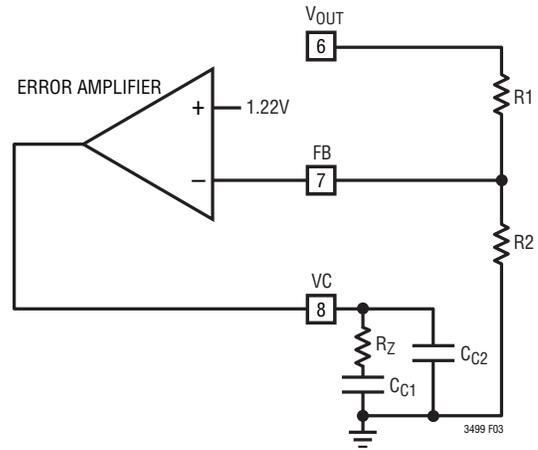
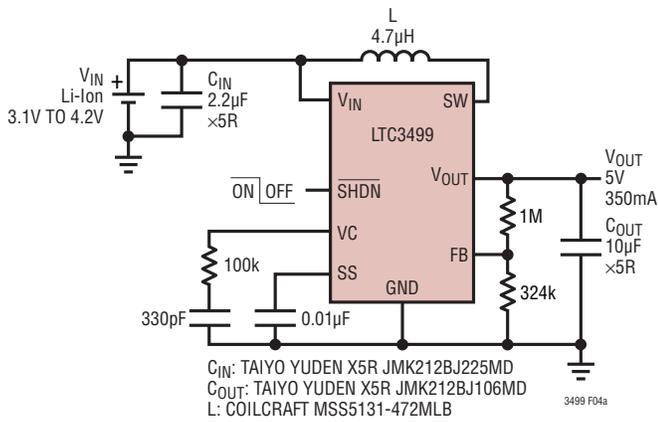


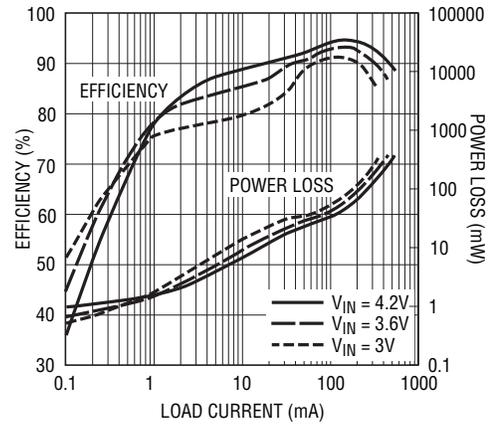
図3. エラーアンプの標準的補償

## 標準的応用例

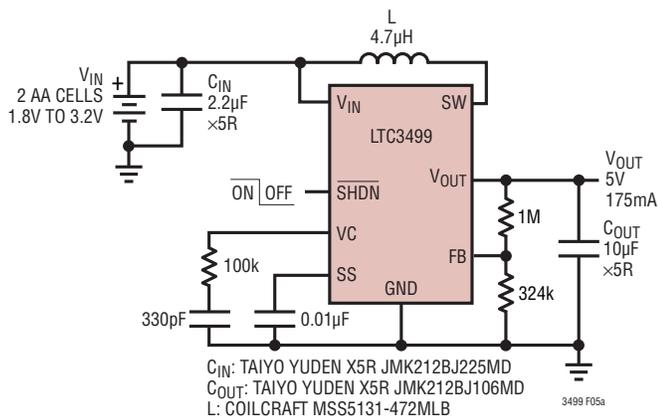
### リチウムイオンから5V、350mA



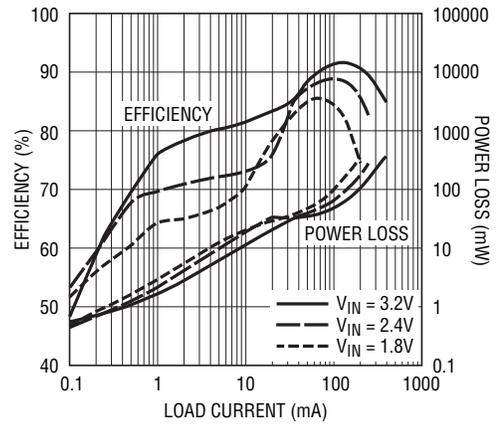
### リチウムイオンから5Vの効率



### 2セルから5V、175mA



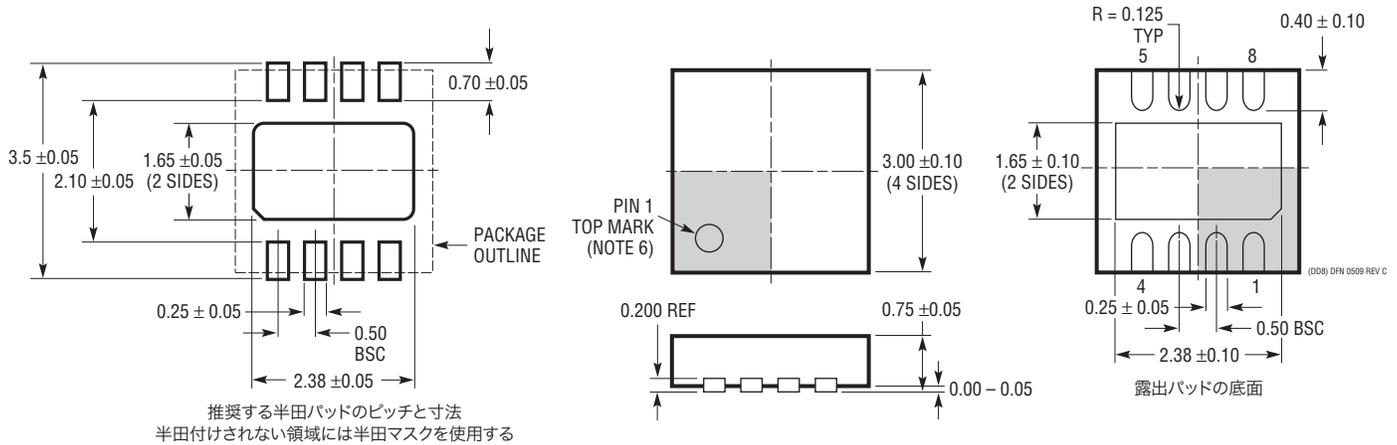
### 2セルから5Vの効率



# LTC3499/LTC3499B

## パッケージ寸法

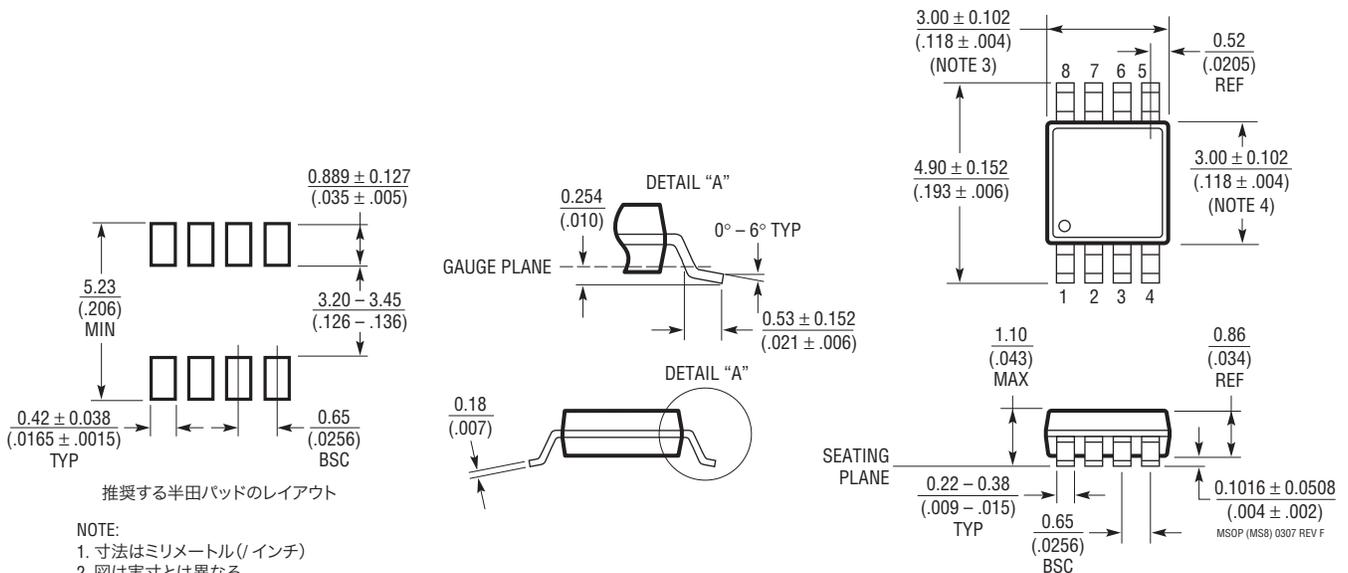
### DD パッケージ 8ピン・プラスチック DFN (3mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1698 Rev C)



NOTE:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーション (WEED-1) になる予定
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

### MS8 パッケージ 8ピン・プラスチック MSOP (Reference LTC DWG # 05-08-1660 Rev F)



NOTE:

1. 寸法はミリメートル (1/1000 インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 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
4. 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
5. リードの平坦度 (成形後のリードの底面) は最大 0.102mm (0.004") であること

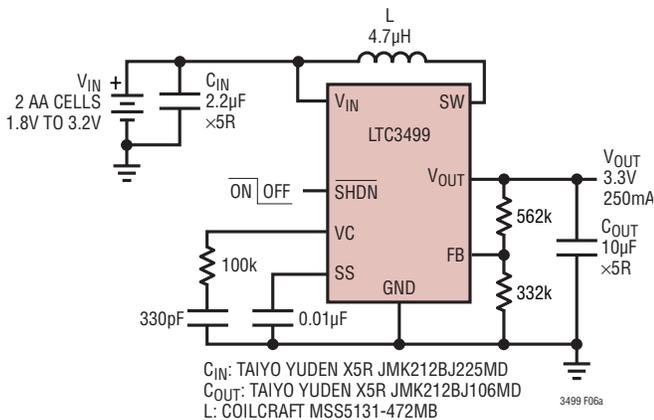
## 改訂履歴 (改訂履歴は Rev C から開始)

REV	日付	説明	ページ番号
C	3/11	ピン4とピン9のピン機能を更新 式の誤記を f <sub>RPHZ</sub> から f <sub>RHPZ</sub> に訂正	6 11

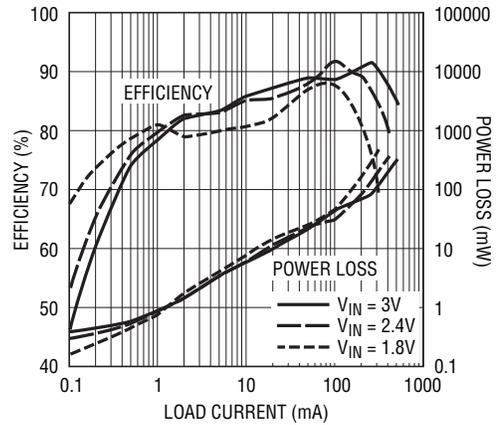
# LTC3499/LTC3499B

## 標準的応用例

2セルから3.3V、250mA



2セルから5Vの効率



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1930/LT1930A	1A (I <sub>SW</sub> )、1.2MHz/2.2MHz 高効率昇圧 DC/DC コンバータ	高効率、V <sub>IN</sub> : 2.6V ~ 16V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V、I <sub>Q</sub> = 4.2mA/5.5mA、I <sub>SD</sub> < 1µA、ThinSOT パッケージ
LT1961	1.5A (I <sub>SW</sub> )、1.25MHz 高効率昇圧 DC/DC コンバータ	90% の効率、V <sub>IN</sub> : 3V ~ 25V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 35V、I <sub>Q</sub> = 0.9mA、I <sub>SD</sub> < 6µA、MS8E パッケージ
LTC3400/ LTC3400B	600mA (I <sub>SW</sub> )、1.2MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ	92% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5V、I <sub>Q</sub> = 19µA/300µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、ThinSOT パッケージ
LTC3401	1A (I <sub>SW</sub> )、3MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ	97% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5V、I <sub>Q</sub> = 38µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、10ピン MS パッケージ
LTC3402	2A (I <sub>SW</sub> )、3MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ	97% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5V、I <sub>Q</sub> = 38µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、10ピン MS パッケージ
LTC3421	3A (I <sub>SW</sub> )、3MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、出力切断機能付き	95% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 4.5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5.25V、I <sub>Q</sub> = 12µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、24ピン QFN パッケージ
LTC3422	1.5A (I <sub>SW</sub> )、3MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、出力切断機能付き	95% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 4.5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5.25V、I <sub>Q</sub> = 25µA、I <sub>SD</sub> < 1µA
LTC3425	5A (I <sub>SW</sub> )、8MHz、4 フェーズ同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、出力切断機能付き	95% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 4.5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5.25V、I <sub>Q</sub> = 12µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、32ピン QFN パッケージ
LTC3427	500mA (I <sub>SW</sub> )、1.25MHz、同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、ソフトスタート/出力切断機能付き	94% の効率、V <sub>IN</sub> : 1.8V ~ 5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5.25V、I <sub>SD</sub> < 1µA、DFN パッケージ
LTC3429/ LTC3429B	600mA (I <sub>SW</sub> )、550kHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、ソフトスタート/出力切断機能付き	92% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 4.3V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5V、I <sub>Q</sub> = 20µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、ThinSOT パッケージ
LTC3458/ LTC3458L	1.4A/1.7A (I <sub>SW</sub> )、1.5MHz 同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、ソフトスタート/出力切断機能付き	93% の効率、V <sub>IN</sub> : 1.5V ~ 6V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 7.5V/6V、I <sub>Q</sub> = 15µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、DFN パッケージ
LTC3525	400mA (I <sub>SW</sub> )、同期整流式昇圧 DC/DC コンバータ、SC パッケージ	94% の効率、V <sub>IN</sub> : 0.5V ~ 4.5V、V <sub>OUT(MAX)</sub> = 5.25V、I <sub>Q</sub> = 7µA、I <sub>SD</sub> < 1µA、出力切断機能付き

3499fc