

## 3mm×2mm DFNパッケージの 1A、1MHz同期整流式 昇圧DC/DCコンバータ

### 特長

- 1セル・アルカリ/NiMHバッテリーで3.3V/200mA  
または2セルで3.3V/400mAを供給
- $V_{IN}$ 起動電圧: 700mV
- $V_{OUT}$ の範囲: 1.6V~5.25V
- 効率: 最大94%
- 出力切断機能
- 1MHzの固定周波数動作
- $V_{IN} > V_{OUT}$ での動作
- ソフトスタートを搭載
- 内部補償付き電流モード制御
- 消費電流12μAのBurst Mode<sup>®</sup>動作(LTC3528)
- 低ノイズPWM動作(LTC3528B)
- 同期整流器を内蔵
- ロジック制御のシャットダウン: < 1μA
- アンチリングング制御
- 高さの低い(3mm×2mm×0.75mm)DFNパッケージ

### アプリケーション

- 医療計測器
- フラッシュ・ベースのMP3プレーヤ
- ノイズキャンセル・ヘッドフォン
- ワイヤレス・マウス
- Bluetoothヘッドセット

### 概要

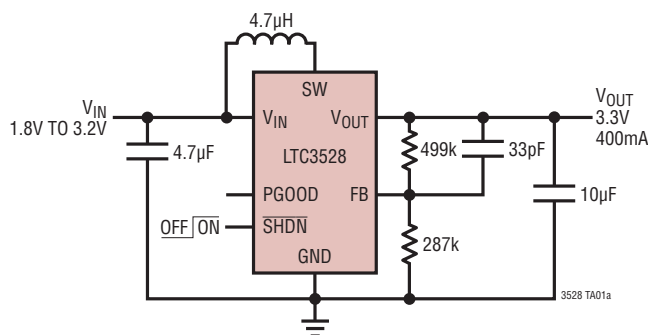
LTC<sup>®</sup>3528/LTC3528Bは、出力切断機能を搭載した同期整流式、固定周波数、昇圧DC/DCコンバータです。700mVで起動し、いったん起動すると500mVで動作し、高効率同期整流を行うので、1セルまたは複数セル・バッテリー駆動製品の動作時間を延ばします。

1MHzのスイッチング周波数により、高さの低い小型のインダクタやセラミック・コンデンサを使用できるので、ソリューションの実装面積を最小限に抑えます。電流モードPWMは内部で補償されているので、設計プロセスを簡素化します。LTC3528は軽負荷時にBurst Mode動作を行い、LTC3528Bは軽負荷時の連続スイッチングを特長としています。また、アンチリングング回路は不連続モードでインダクタを制動することによってEMIを低減します。この他に、低いシャットダウン電流、オープン・ドレイン・パワーグッド出力、短絡保護、熱過負荷保護などを特長としています。

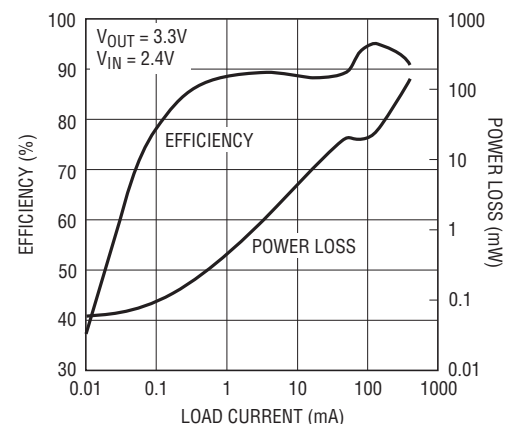
LTC3528/LTC3528Bは3mm×2mm×0.75mmの8ピンDFNパッケージで供給されます。

LT、LTC、LTM、Burst Mode、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。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



効率と電力損失



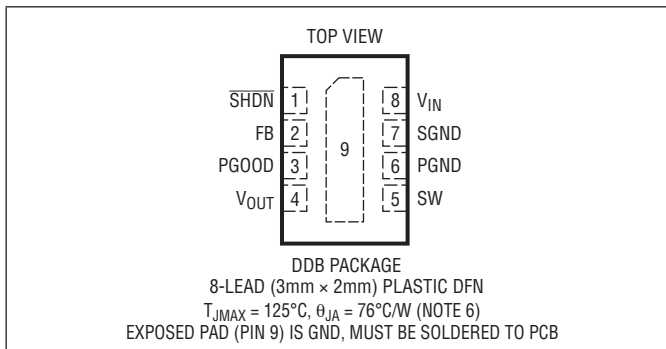
# LTC3528/LTC3528B

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ 電圧 .....	$-0.3V \sim 6V$
SW 電圧	
DC .....	$-0.3V \sim 6V$
パルス < 100ns .....	$-0.3V \sim 7V$
SHDN、FB 電圧 .....	$-0.3V \sim 6V$
$V_{OUT}$ .....	$-0.3V \sim 6V$
PGOOD .....	$-0.3V \sim 6V$
動作接合部温度範囲 (Note 2, 5) .....	$-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
保存温度範囲 .....	$-65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$

## 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
LTC3528EDDB#PBF	LTC3528EDDB#TRPBF	LCYD	8-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC3528BEDDB#PBF	LTC3528BEDDB#TRPBF	LDDG	8-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$

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。  
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/tapeandreeel/> をご覧ください。

## 電気的特性

●は規定動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}C$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{IN} = 1.2V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Start-Up Voltage	$I_{LOAD} = 1mA$	●	0.70	0.88	V
Output Voltage Adjust Range	$T_A = 0^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$	●	1.7 1.6	5.25 5.25	V V
Feedback Voltage	(Note 7)	●	1.170	1.200 1.230	V
Feedback Input Current	$V_{FB} = 1.3V$		1	50	nA
Quiescent Current—Shutdown	$V_{SHDN} = 0V$ , Not Including Switch Leakage, $V_{OUT} = 0V$		0.01	1	$\mu A$
Quiescent Current—Active	Measured on $V_{OUT}$ , Nonswitching (Note 4)		300	500	$\mu A$
Quiescent Current—Burst	Measured on $V_{OUT}$ , $FB > 1.230V$		12	20	$\mu A$
N-Channel MOSFET Switch Leakage Current	$V_{SW} = 5V$		0.1	10	$\mu A$
P-Channel MOSFET Switch Leakage Current	$V_{SW} = 5V$ , $V_{OUT} = 0V$		0.1	10	$\mu A$
N-Channel MOSFET Switch On-Resistance			0.175		$\Omega$
P-Channel MOSFET Switch On-Resistance			0.250		$\Omega$
N-Channel MOSFET Current Limit		●	1.0	1.5	A
Current Limit Delay Time to Output	(Note 3)		60		ns
Maximum Duty Cycle	$V_{FB} = 1.15V$	●	88	93	%
Minimum Duty Cycle	$V_{FB} = 1.3V$	●		0	%
Frequency		●	0.7	1.0 1.3	MHz

3528fd

## 電気的特性

●は規定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 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{IN} = 1.2\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SHDN Input High Voltage		0.88			V
SHDN Input Low Voltage				0.25	V
SHDN Input Current	$V_{SHDN} = 1.2\text{V}$		0.3	1	$\mu\text{A}$
PGOOD Threshold Percentage	Referenced to Feedback Voltage Falling	-7	-10	-13	%
PGOOD Low Voltage	$I_{PGOOD} = 1\text{mA}$ $V_{OUT} = 1.6\text{V}$ , $I_{PGOOD} = 1\text{mA}$		0.05	0.1	V
PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5.5\text{V}$		0.01	1	$\mu\text{A}$

**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:** LTC3528/LTC3528Bは $T_J$ が $T_A$ にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされている。LTC3528E/LTC3528BEは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。これらの仕様と調和する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱インピーダンスなどの環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。接合部温度 $T_J$  (単位:  $^\circ\text{C}$ ) は周囲温度 $T_A$  (単位:  $^\circ\text{C}$ ) および電力損失 $P_D$  (単位: W) から次式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

ここで、 $\theta_{JA} = 76^\circ\text{C/W}$ はパッケージの熱インピーダンスである。

**Note 3:** 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おこなわれない。

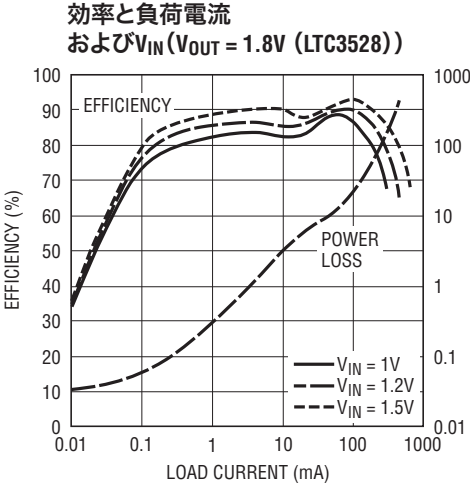
**Note 4:** 電流測定は出力がスイッチングしていないときにおこなわれる。

**Note 5:** 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 $125^\circ\text{C}$ 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。

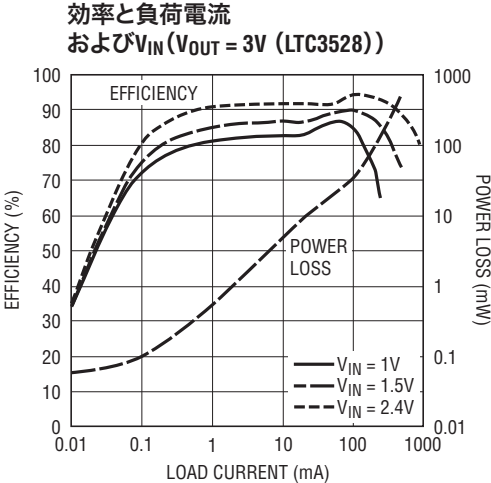
**Note 6:** パッケージの露出した裏面をPCボードのグラウンド・プレーンに半田付けしないと、熱抵抗が $76^\circ\text{C/W}$ よりもはるかに大きくなる。

**Note 7:** このデバイスは測定を行う帰還ループでテストされる。

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



3528 G01

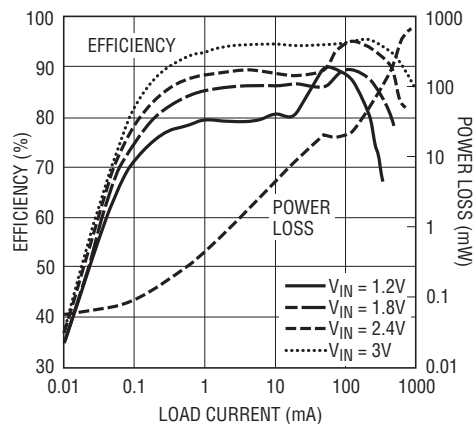


3528 G06

# LTC3528/LTC3528B

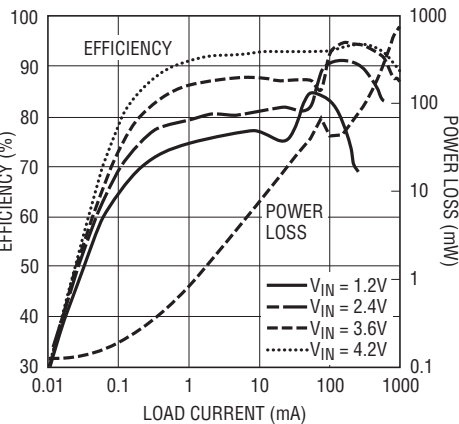
## 標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

効率と負荷電流  
および $V_{IN}$  ( $V_{OUT} = 3.3\text{V}$  (LTC3528))



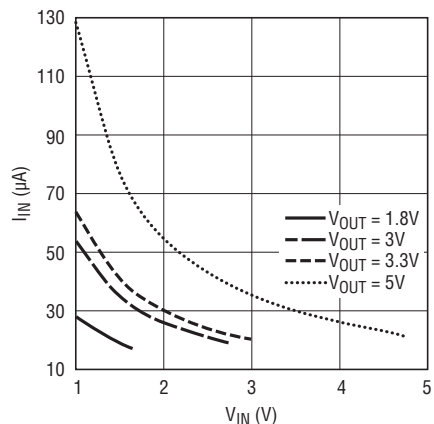
3528 G02

効率と負荷電流  
および $V_{IN}$  ( $V_{OUT} = 5\text{V}$  (LTC3528))



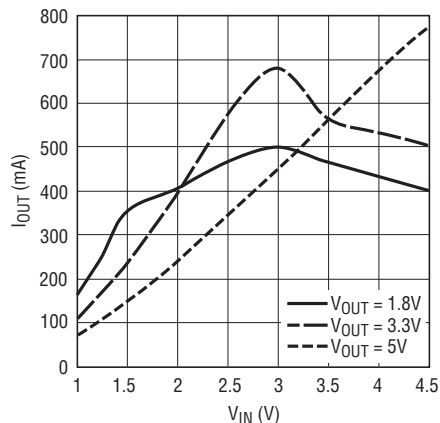
3528 G03

無負荷時入力電流と $V_{IN}$  (LTC3528)



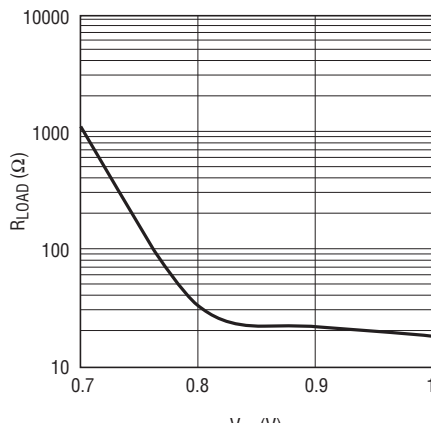
3528 G04

最大出力電流と $V_{IN}$



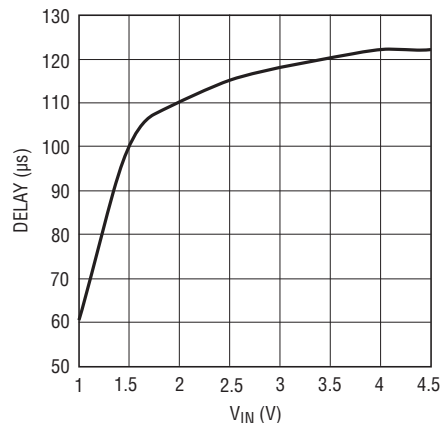
3528 G05

起動時最小負荷抵抗と $V_{IN}$



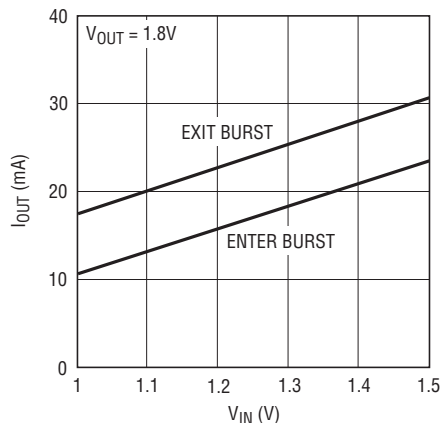
3528 G06

起動遅延時間と $V_{IN}$



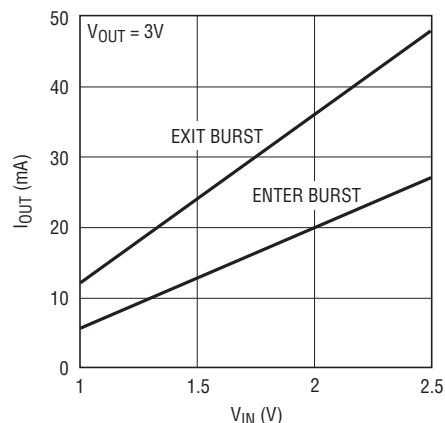
3528 G07

Burst Modeスレッシュホールド電流と $V_{IN}$



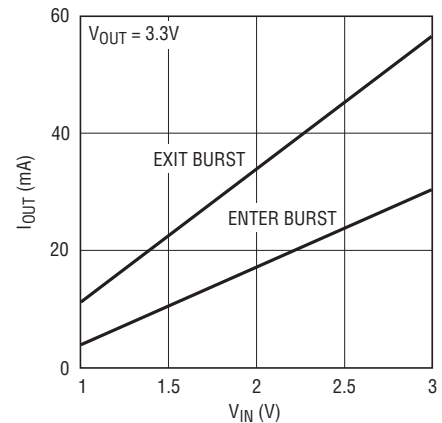
3528 G08

Burst Modeスレッシュホールド電流と $V_{IN}$



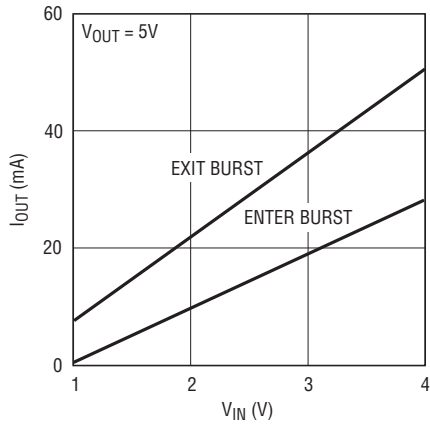
3528 G09

Burst Modeスレッシュホールド電流と $V_{IN}$

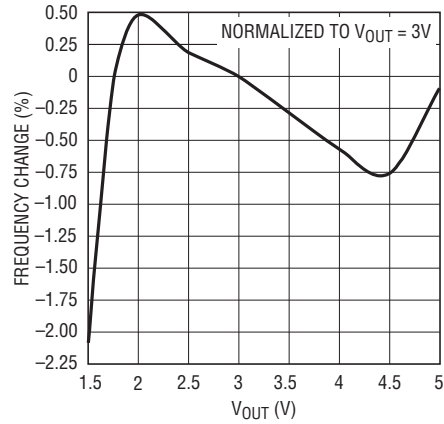


3528 G10

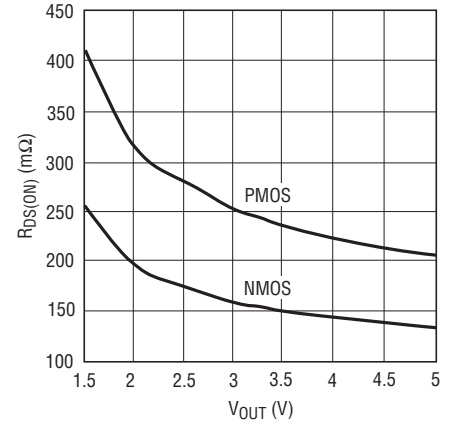
3528fd

標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ )Burst Modeスレッシュホールド電流と $V_{IN}$ 

3528 G11

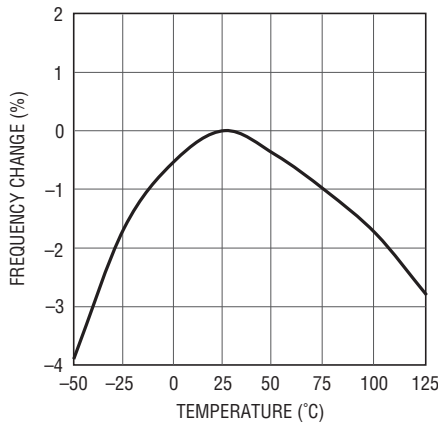
発振器周波数の変化と $V_{OUT}$ 

3528 G12

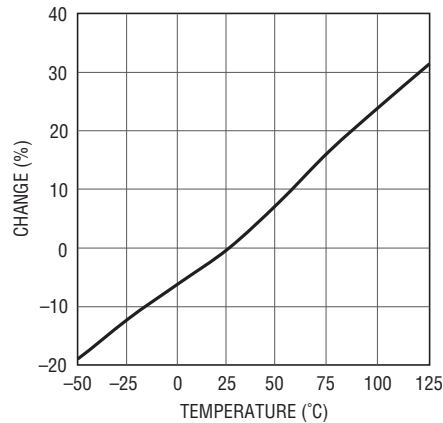
 $R_{DS(ON)}$ と $V_{OUT}$ 

3528 G13

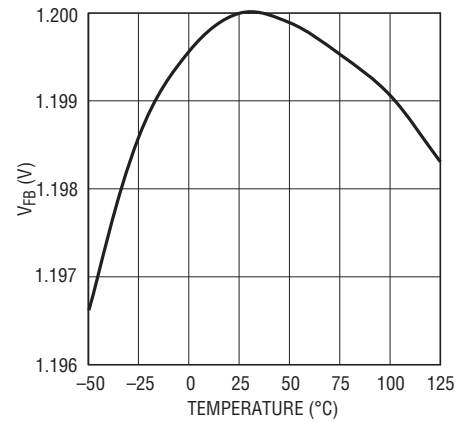
発振器周波数の変化と温度



3528 G14

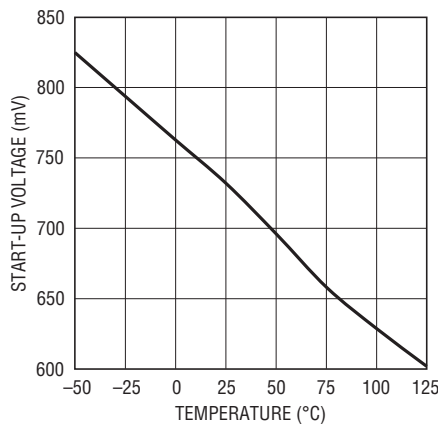
 $R_{DS(ON)}$ の変化と温度

3528 G15

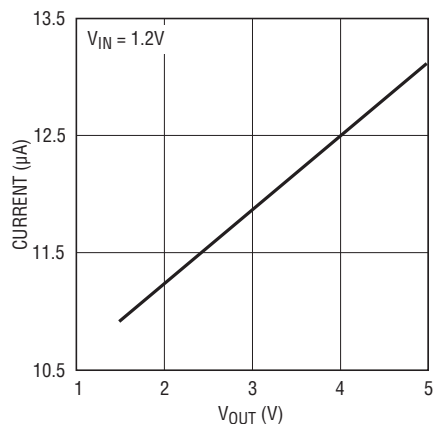
 $V_{FB}$ と温度

3528 G16

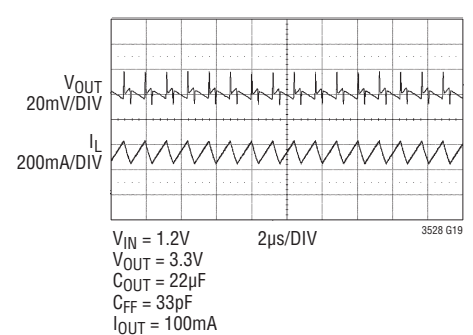
起動電圧と温度



3528 G17

Burst Mode消費電流と $V_{OUT}$  (LTC3528)

3528 G18

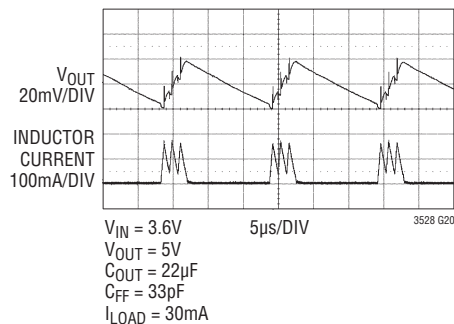
固定周波数 $V_{OUT}$ のリプルとインダクタ電流の波形

3528 G19

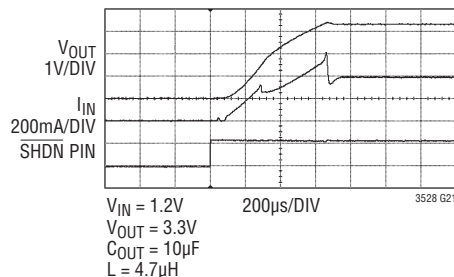
# LTC3528/LTC3528B

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

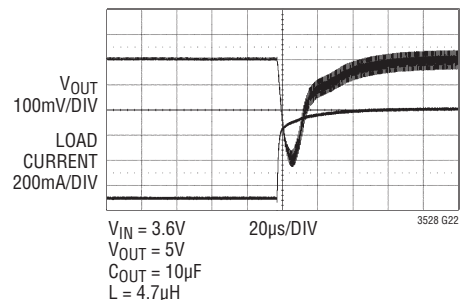
Burst Modeの波形



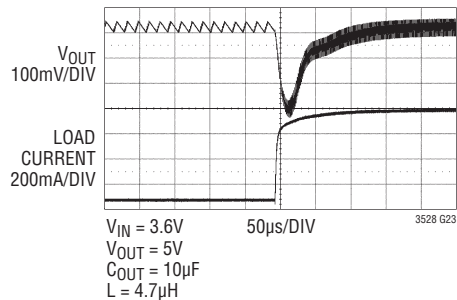
ソフトスタート時の $V_{OUT}$ と $I_{IN}$



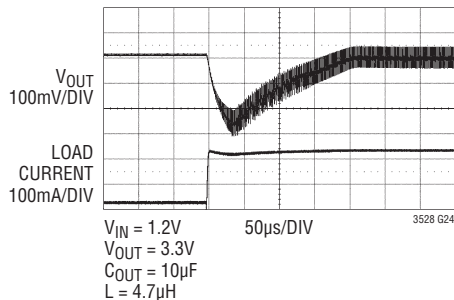
負荷ステップ応答  
(固定周波数、3.6V~5V)



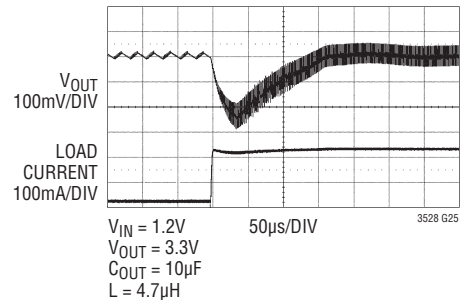
負荷ステップ応答  
(Burst Mode動作、3.6V~5V、LTC3528)



負荷ステップ応答  
(固定周波数、1.2V~3.3V)



負荷ステップ応答  
(Burst Mode動作、1.2V~3.3V、LTC3528)



## ピン機能

**SHDN (ピン1):** ロジック制御のシャットダウン入力。このピンには4MΩのプルダウン抵抗が備わっています。

- SHDN = “H”: 通常動作
- SHDN = “L”: シャットダウン、消費電流は<1μA

**FB (ピン2):** 帰還入力。抵抗分割器のタップをこのピンに接続します。出力電圧は1.6V~5.25Vの範囲で次のように調節できます。

$$V_{OUT} = 1.20\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

**PGOOD (ピン3):** パワーグッド・コンパレータの出力。このオープン・ドレイン出力は、 $V_{FB}$ がレギュレーション電圧より10%以上低くなると、“L”になります。

**VOUT (ピン4):** 出力電圧検出と内部同期整流器のドレイン接続。 $V_{OUT}$ から出力フィルタ・コンデンサ (最小4.7μF) までのPCBトレースをできるだけ短くし、幅を広くします。

**SW (ピン5):** スイッチ・ピン。SWと $V_{IN}$ の間にインダクタを接続します。PCBトレースをできるだけ短くし、幅を広くしてEMIを減らします。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、内部のアンチリング・スイッチがSWから $V_{IN}$ に接続されてEMIを最小限に抑えます。

**PGND (ピン6):** パワー・グラウンド。PGNDと、入力コンデンサと出力コンデンサの(-)側をPCBの短い直線経路で接続します。

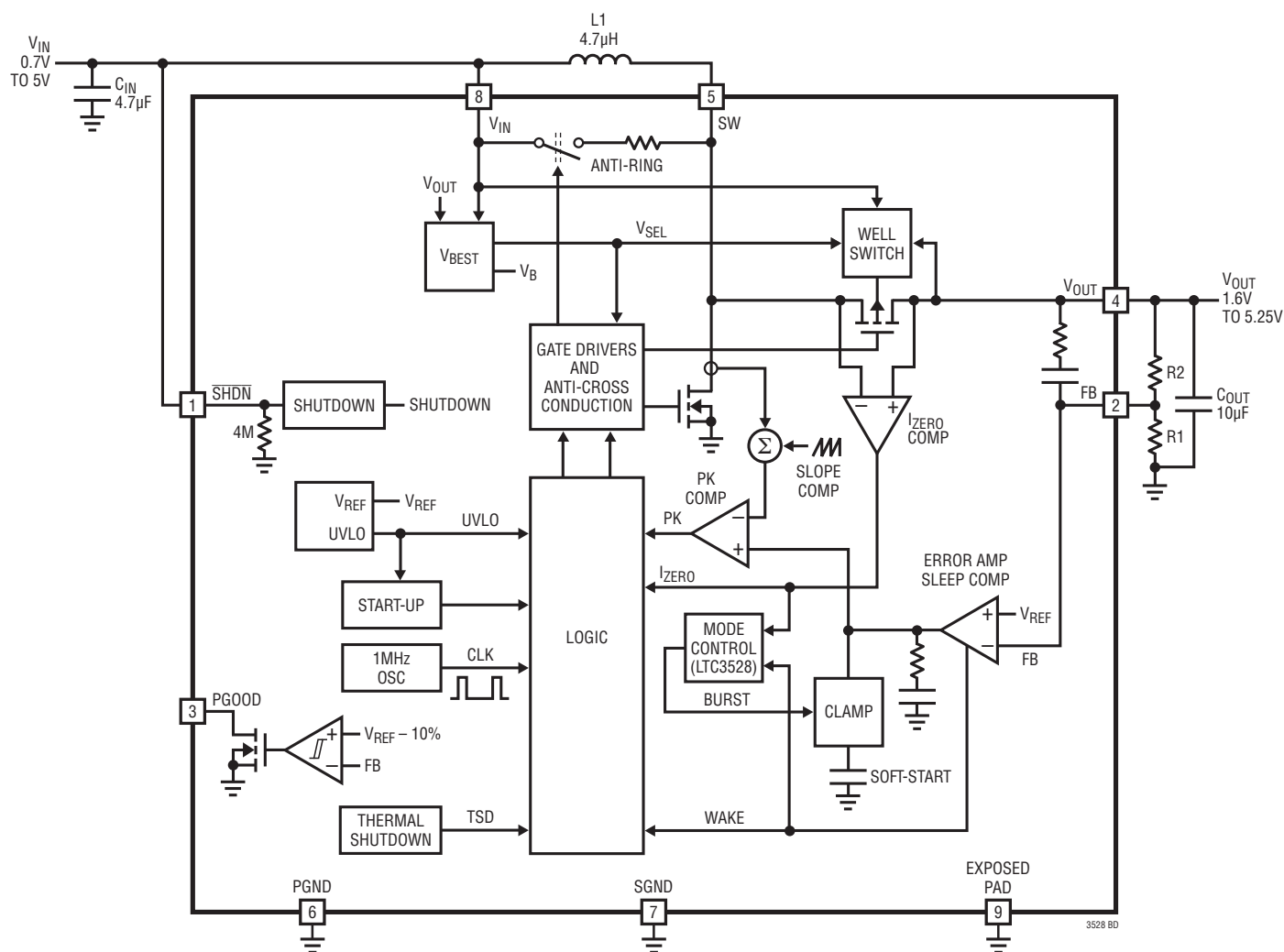
**SGND (ピン7):** 信号グラウンド。SGNDと、入力コンデンサと出力コンデンサの(-)側をPCBの短い直線経路で接続します。

## ピン機能

**V<sub>IN</sub> (ピン8)**: バッテリ入力電圧。最小1 $\mu$ Fのセラミック・デカップリング・コンデンサをこのピンからグランドに接続します。

**GND (露出パッド・ピン9)**: 露出パッドはPCBのグランド・プレーンに半田付けする必要があります。これは、別のグランド接続として、また熱をダイから外部に放散する手段として役立ちます。

## ブロック図





# LTC3528/LTC3528B

## 動作 (ブロック図を参照)

LTC3528/LTC3528Bは1MHz同期整流式昇圧コンバータで、8ピンの3mm×2mm DFNパッケージで供給されます。これらのデバイスは0.88V以下の入力電圧でも起動および動作が可能で、固定周波数の電流モードPWM制御機能を備えており、ラインと負荷のレギュレーションが非常に優れています。適応型スロープ補償付き電流モード・アーキテクチャは過渡負荷応答が優れており、最小の出力フィルタ機能しか必要としません。内部ソフトスタートと内部ループ補償により設計過程が簡素化され、外部部品点数が最少に抑えられます。

LTC3528は $R_{DS(ON)}$ が小さくゲート電荷が低い内部NチャネルMOSFETスイッチとPチャネルMOSFETの同期整流器を備えているので、広い負荷電流範囲で高い効率を維持します。Burst Mode動作は非常に軽い負荷で高効率を維持し、消費電流を12μAに減らします。ブロック図を参照すると動作をよく理解できます。

## 低電圧での起動

LTC3528/LTC3528Bは、0.70V(標準)の入力電圧で動作するように設計されている独立した起動発振器を備えています。通常の動作モードとともに、起動時のソフトスタートと突入電流制限が備わっています。

$V_{IN}$ または $V_{OUT}$ が1.6V(標準)を超えるとデバイスは通常の動作モードに移行します。出力電圧が入力を0.24Vだけ超えるとICは $V_{IN}$ ではなく $V_{OUT}$ から自己給電します。この時点で内部回路は $V_{IN}$ 入力電圧に依存しなくなるため、大容量入力コンデンサは不要です。入力電圧はわずか0.5Vまで下がることができます。アプリケーションを制限する要素としては、低い電圧で出力に十分な電力を供給する電源の有無と、標準で93%にクランプされる最大デューティ・サイクルがあります。低い入力電圧では、直列抵抗による小さな電圧降下が重要になり、コンバータの電力供給能力を大きく制限することに注意してください。

## 低ノイズ固定周波数動作

## ソフトスタート

LTC3528/LTC3528Bにはソフトスタート動作を行う内部回路が備わっています。内部ソフトスタート回路はピーク・インダクタ電流をゼロから1.5A(標準)のピーク値までゆっくりランプさせますので、重い負荷での起動が可能になります。ソフトスタート時間は約0.5msです。ソフトスタート回路は、コマンドによるシャットダウンまたは熱によるシャットダウンが起きるとリセットされます。

## 発振器

内部発振器は動作周波数を1MHzに設定します。

## シャットダウン機能

コンバータは $\overline{SHDN}$ ピンを0.25Vより下に引き下げるとシャットダウンし、 $\overline{SHDN}$ を0.88Vより上に引き上げるとアクティブになります。 $\overline{SHDN}$ ピンの電圧を $V_{IN}$ または $V_{OUT}$ より上に(絶対最大定格まで)ドライブしてもデバイスには損傷を与えませんが、LTC3528/LTC3528Bは、 $\overline{SHDN}$ の電圧が $V_{IN}$ または $V_{OUT}$ のいずれか高い方より0.5V~1V上に保持されると作動できる独自のテストモードを備えています。このテストモードが作動した場合、通常のPWMスイッチング動作は中断され、アプリケーションによっては、不適切な動作が生じる可能性があります。したがって、 $\overline{SHDN}$ の電圧を $V_{IN}$ より上にドライブするアプリケーションでは、抵抗分割器やその他の手段を使って $\overline{SHDN}$ の電圧を $(V_{IN} + 0.4V)$ より下に抑え、テストモードが作動できないようにする必要があります。考えられる2つの実装方法については図1を参照してください。

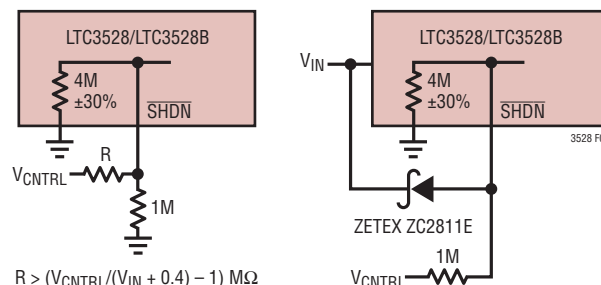


図1.  $\overline{SHDN}$ の電圧を $V_{IN}$ より上にドライブする場合の推奨シャットダウン回路



## 動作 (ブロック図を参照)

### 誤差アンプ

誤差アンプはトランスコンダクタンス・タイプです。非反転入力には内部で1.20Vのリファレンスに接続されており、反転入力にはFBに接続されています。大信号過渡応答を改善するため、内部クランプにより、誤差アンプの最小と最大の出力電圧が制限されます。パワー・コンバータの制御ループの補償は内部で与えられています。V<sub>OUT</sub>からグランドに接続された分圧器は、FBを介して出力電圧を1.6V～5.25Vにプログラムします。

$$V_{OUT} = 1.20V \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

### 電流検出

無損失電流検出により、NチャネルMOSFETスイッチのピーク電流信号が電圧に変換され、内部スロープ補償に加算されます。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。

### 電流制限

電流制限コンパレータはそのスレッショルドに達すると内部NチャネルMOSFETスイッチをオフします。電流制限コンパレータの出力までの遅延は標準60nsです。ピーク・スイッチ電流は、入力電圧や出力電圧に無関係に、V<sub>OUT</sub>が0.7Vより下に下がらない限り約1.5Aに制限されます。V<sub>OUT</sub>が0.7Vより下に下がると、電流制限は半分に切り下げられます。

### 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20mAに下がると同期整流器をオフします。これにより、インダクタ電流の極性が反転するのを防止し、軽負荷での効率を改善します。

### 同期整流器

突入電流を制御し、V<sub>OUT</sub>がV<sub>IN</sub>に近いときインダクタ電流が暴走しないようにするため、PチャネルMOSFET同期整流器はV<sub>OUT</sub> > (V<sub>IN</sub> + 0.24V) のときだけイネーブルされます。

### アンチリングング制御

アンチリングング制御回路は、不連続電流モード動作で、インダクタの両端に抵抗を接続してSWピンの高周波リングングを防ぎます。LとC<sub>SW</sub>(SWピンの容量)で形成される共振回路のリングングはエネルギーは低いですが、EMI放射を生じることがあります。

### 出力切断機能

LTC3528/LTC3528B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、V<sub>OUT</sub>をシャットダウンの間ゼロボルトにすることができるので、入力ソースから電流は流れません。また、ターンオン時に突入電流制限をイネーブルしますので、入力電源から見たサージ電流を最小に抑えます。出力切断の利点を得るには、SWとV<sub>OUT</sub>の間にショットキー・ダイオードを接続することはできないことに注意してください。出力切断機能により、V<sub>IN</sub>のバッテリーへ逆電流が流れ込むことなく、V<sub>OUT</sub>をプログラムされた安定化電圧より上に強制することもできます。

### サーマル・シャットダウン

LTC3528/LTC3528Bはダイの温度が約160°Cに達するとサーマル・シャットダウン状態になります。全てのスイッチがオフしてソフトスタート・コンデンサが放電します。デバイスはダイの温度が約15°C低下すると再度イネーブルされます。

## 動作 (ブロック図を参照)

### Burst Mode動作

LTC3528は軽負荷電流では自動的にBurst Mode動作に移行し、負荷が重くなると固定周波数のPWMモードに戻ります。「標準的性能特性」を参照して、出力負荷の「Burst Modeスレッシュホールド電流と $V_{IN}$ 」を見てください。Burst Mode動作に入る負荷は、インダクタの値を調整することにより、変更することができます。インダクタの値を上げると、Burst Mode動作に入る負荷電流が下がります。

Burst Mode動作では、LTC3528はピーク電流モード制御の同じ誤差アンプとループ補償を使って1MHzの固定周波数でスイッチングを継続します。この制御方法では、モード間の切替えのとき出力過渡を最小に抑えます。Burst Mode動作時、安定化された公称値に達するまでエネルギーが出力に供給され、それからLTC3528はスリープ・モードに移行します。スリープ・モードでは出力はオフし、 $V_{OUT}$ から12 $\mu$ Aの静止電流が流れるだけです。出力電圧がわずかに垂下すると、スイッチングが再度開始されます。このため、スイッチング損失と消費電流

損失が最小に抑えられ、非常に軽い負荷での効率が最大化されます。Burst Modeの出力リップル(ピーク-ピーク間で標準1%)は、出力容量を増やすことにより(10 $\mu$ F以上)、減らすことができます。

負荷電流が増加するにつれ、LTC3528は自動的にBurst Mode動作から出ます。出力コンデンサの値を大きくすると、この移行が軽い負荷で起きることに注意してください。負荷過渡が生じてインダクタ電流が繰り返し電流リミットに達する場合も、レギュレータはBurst Mode動作から出ます。LTC3528がBurst Mode動作から出て通常動作に戻ると、出力負荷がバースト・スレッシュホールドより下に下がるまでそこに留まります。

Burst Mode動作は起動時、およびソフトスタートが完了して $V_{OUT}$ が $V_{IN}$ より少なくとも0.24V上になるまで禁止されます。

LTC3528Bは1MHzの連続PWM動作を備えています。非常に軽い負荷では、LTC3528Bはパルス・スキップ動作を行います。

## アプリケーション情報

### V<sub>IN</sub> > V<sub>OUT</sub>での動作

LTC3528/LTC3528Bは入力電圧が望みの出力電圧より高くても引き続き電圧を安定化します。このモードでは効率がはるかに低くなり、最大出力電流能力が小さくなることに注意してください。「標準的性能特性」を参照してください。

### 短絡保護

LTC3528/LTC3528Bの出力切断機能は、内部で設定された最大電流リミットを維持しながら、出力の短絡を許容します。短絡状態での電力損失を減らすため、ピーク・スイッチ電流リミットは750mA (標準) に下げられます。

### ショットキー・ダイオード

必要ではありませんが、SWからV<sub>OUT</sub>にショットキー・ダイオードを追加すると、効率が約2%改善されます。こうすると、出力切断と短絡保護機能が無効になることに注意してください。

### PCBレイアウトのガイドライン

LTC3528/LTC3528B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。不注意なレイアウトは規定されている性能を実現しません。推奨部品配置を図2に示します。グラウンドの銅面積を大きくし、パッケージ裏側のメタルパッドを適切に半田付けするとチップの温度を下げるのに役立ちます。別個のグラウンド・プレーンを備えた多層基板が理想ですが、必須だというわけではありません。

## 部品の選択

### インダクタの選択

LTC3528/LTC3528Bのスイッチング周波数は1MHzと高速なので、これらには小型表面実装チップ・インダクタを利用することができます。2.2μH～4.7μHのインダクタの値はほとんどのアプリケーションに適しています。インダクタンスの値を大きくすると、インダクタ・リップル電流が減るので、出力電流能力をわずかに増やすことができ、Burst Modeスレッシュホールドが下がります。インダクタンスを10μHより大きくしても、サイズ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。

最小インダクタンス値は次式で与えられます。

$$L > \frac{V_{IN(MIN)} \cdot (V_{OUT(MAX)} - V_{IN(MIN)})}{1.2 \cdot \text{Ripple} \cdot V_{OUT(MAX)}} \mu\text{H}$$

ここで、

リップル = 許容インダクタ電流リップル  
(アンペア、ピーク-ピーク間)

V<sub>IN(MIN)</sub> = 最小入力電圧

V<sub>OUT(MAX)</sub> = 最大出力電圧

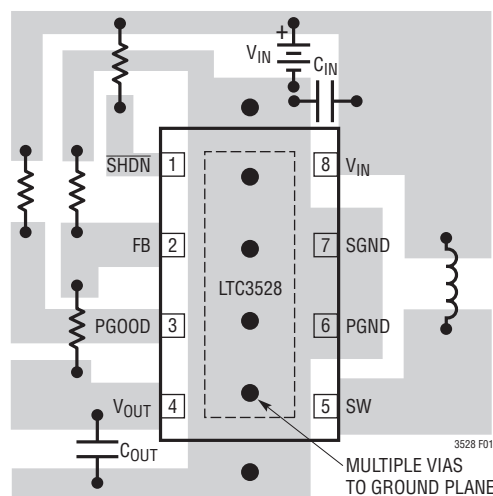


図2. 単層基板の推奨部品配置

アプリケーション情報

インダクタ電流リップルは一般に最大インダクタ電流 (IP) の 20%~40% に設定されます。高周波用フェライト・コアのインダクタ素材は、安価な鉄粉タイプに比べて、周波数に依存した電力損失を減らして効率を上げます。インダクタは、 $I^2R$  電力損失を減らすために、ESR (巻線の直列抵抗) が低く、また飽和せずにピーク・インダクタ電流を流すことができなければなりません。モールド型チョークコイルやチップ・インダクタは、LTC3528/LTC3528B で見られる 1.5A のピーク・インダクタ電流に対応するのに十分なコアを一般に持っていません。放射ノイズを最小限に抑えるには、シールドされたインダクタを使用します。推奨部品とメーカーについては、表 1 を参照してください。

表1. 推奨インダクタ

VENDOR	PART/STYLE
Coilcraft (847) 639-6400 www.coilcraft.com	LP02506, MSS5131 MSS6122, MOS6020 ME3220, D01608C 1812PS
Coiltronics	SD14, SD18, SD20 SD25, SD52
Sumida (847) 956-0666 www.sumida.com	CD43 CDC5D23B CDRH5D18 CR43
TDK	VLP, VLF VLCF, SLF
Toko (408) 432-8282 www.tokoam.com	D53, D63 D73, D75
Würth (201) 785-8800 www.wurth-online.com	WE-TPC type M, MH

出力コンデンサと入力コンデンサの選択

出力電圧リップルを最小限に抑えるため、低 ESR (等価直列抵抗) のコンデンサを使います。多層セラミック・コンデンサは ESR が非常に小さく、実装面積の小さいものが入手できるの

で最適です。ほとんどのアプリケーションでは 10μF~22μF の出力コンデンサで十分です。22μF より大きな値を使って、非常に低い出力電圧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。Y5V タイプは使わないでください。

LTC3528/LTC3528B の内部ループ補償は 10μF 以上の出力コンデンサの値で安定するように設計されています。セラミック・コンデンサを推奨しますが、低 ESR のタンタル・コンデンサも使うことができます。

負荷過渡が大きな、要求の厳しいアプリケーションでは、大きなタンタル・コンデンサに並列に小さなセラミック・コンデンサを使うことができます。過渡応答を改善する別の方法として、帰還分割器の上側の抵抗の両端に (V<sub>OUT</sub> から FB に) 小さなフィードフォワード・コンデンサを追加します。33pF の標準値で一般に十分です。

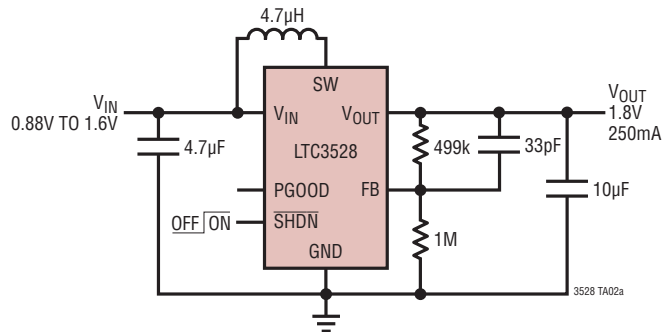
低 ESR 入力コンデンサは入力スイッチング・ノイズを減らし、バッテリーから流れるピーク電流を減らします。セラミック・コンデンサは入力デカップリング用に最適で、デバイスにできるだけ近づけて配置します。ほとんどのアプリケーションでは 10μF の入力コンデンサで十分です。もっと大きな値を使うこともでき、制限はありません。セラミック・コンデンサのメーカーを数社表 2 に示します。セラミック製品の選択の詳細についてはメーカーへ直接お問い合わせください。

表2. コンデンサ・メーカーに関する情報

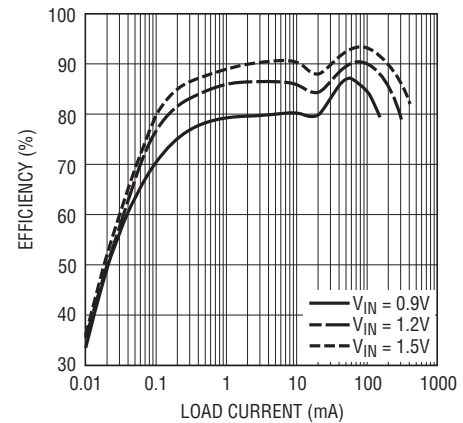
SUPPLIER	PHONE	WEBSITE
AVX	(803) 448-9411	www.avxcorp.com
Murata	(714) 852-2001	www.murata.com
Taiyo-Yuden	(408) 573-4150	www.t-yuden.com
TDK	(847) 803-6100	www.component.tdk.com

## 標準的応用例

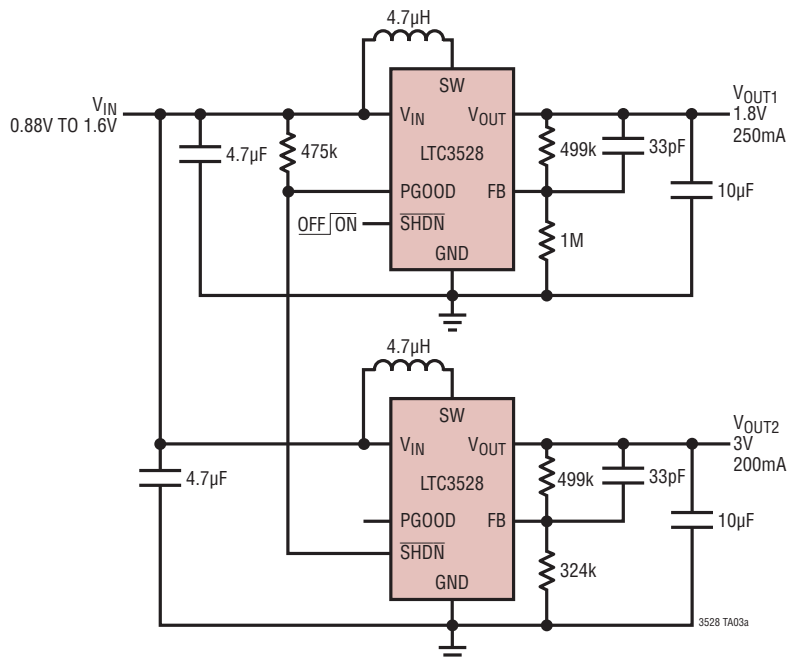
1セルから1.8V



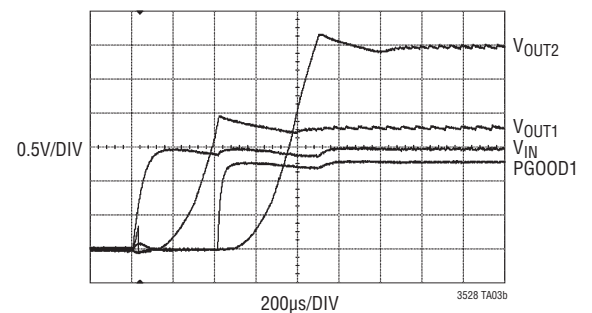
効率



1セルから1.8V、3Vのシーケンス制御されたデュアル電源



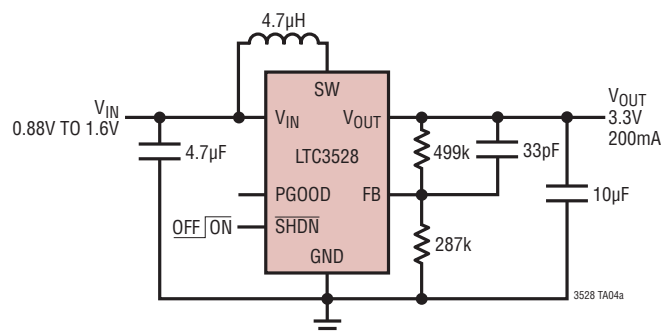
出力電圧のシーケンシング



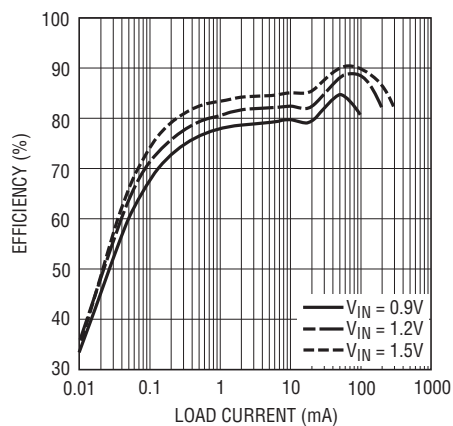
# LTC3528/LTC3528B

## 標準的応用例

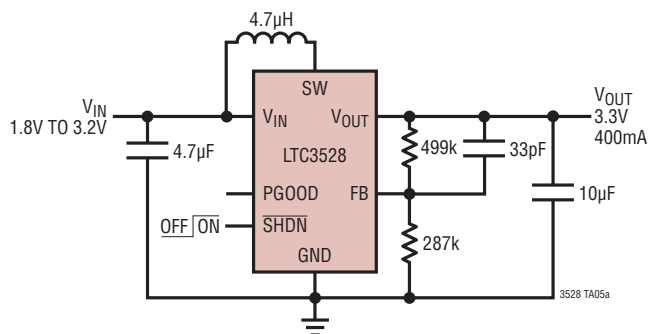
1セルから3.3V



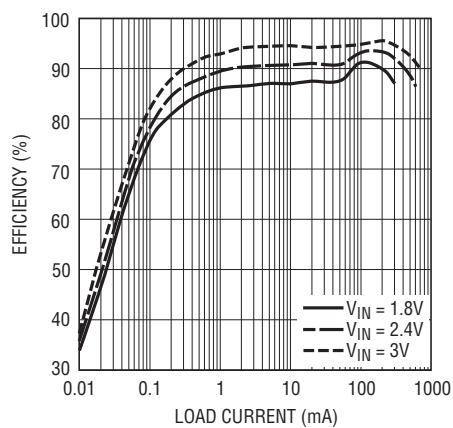
効率



2セルから3.3V

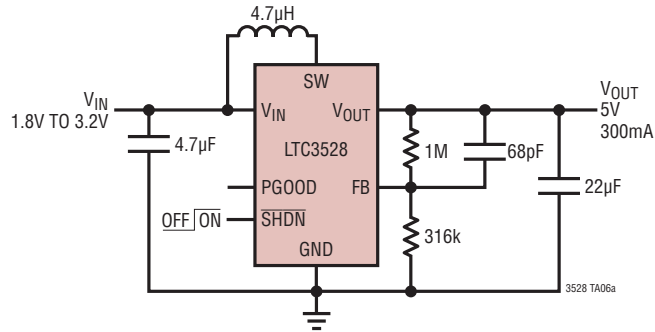


効率

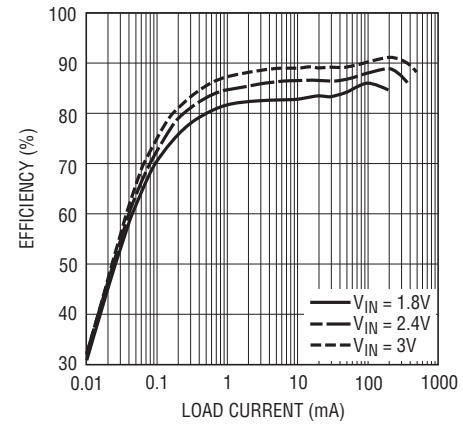


## 標準的応用例

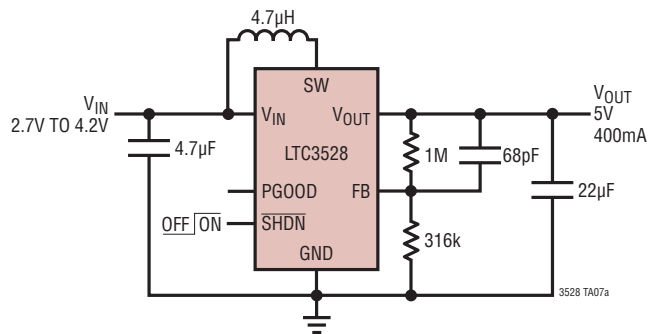
2セルから5V



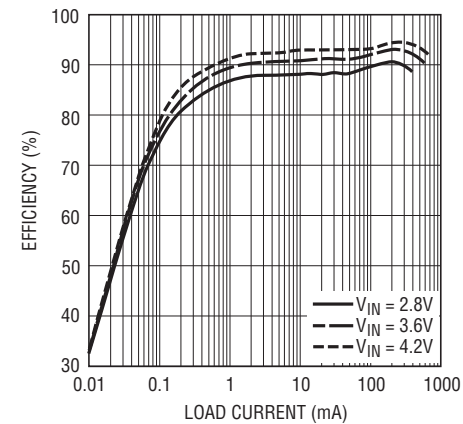
効率



リチウムイオンから5V



効率







改訂履歴 (Rev Dよりスタート)

REV	日付	概要	ページ番号
D	01/11	動作温度範囲を変更	2
		Note 2を改訂	2
		グラフG14、G15、G16、G17を差し替え	4
		「動作」セクションの「シャットダウン機能」の文章変更、図1の追加	8

# LTC3528/LTC3528B

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3400/LTC3400B	600mA $I_{SW}$ 、1.2MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	効率: 92%、 $V_{IN}$ : 0.85V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 $I_Q$ = 19 $\mu$ A/300 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、ThinSOT™パッケージ
LTC3401	1A $I_{SW}$ 、3MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	効率: 97%、 $V_{IN}$ : 0.5V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 6V、 $I_Q$ = 38 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、10ピンMSパッケージ
LTC3402	2A $I_{SW}$ 、3MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	効率: 97%、 $V_{IN}$ : 0.5V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 6V、 $I_Q$ = 38 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、10ピンMSパッケージ
LTC3421	3A $I_{SW}$ 、3MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 0.5V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 $I_Q$ = 12 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、QFN24パッケージ
LTC3422	1.5A $I_{SW}$ 、3MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 0.5V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 $I_Q$ = 25 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC3423/LTC3424	1A/2A $I_{SW}$ 、3MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 0.5V~5.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V、 $I_Q$ = 38 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、10ピンMSパッケージ
LTC3426	2A ( $I_{SW}$ )、1.2MHz昇圧DC/DCコンバータ	効率: 92%、 $V_{IN}$ : 1.6V~4.3V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、SOT-23パッケージ
LTC3428	500mA $I_{SW}$ 、1.25MHz/2.5MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	効率: 92%、 $V_{IN}$ : 1.8V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、2mm×2mm DFNパッケージ
LTC3429	600mA $I_{SW}$ 、500kHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断とソフトスタート機能付き	効率: 96%、 $V_{IN}$ : 0.5V~4.4V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 $I_Q$ = 20 $\mu$ A/300 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、ThinSOTパッケージ
LTC3458	1.4A $I_{SW}$ 、1.5MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断とBurst Mode動作付き	効率: 93%、 $V_{IN}$ : 1.5V~6V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 7.5V、 $I_Q$ = 15 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、DFN12パッケージ
LTC3458L	1.7A $I_{SW}$ 、1.5MHz、同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断と自動Burst Mode動作付き	94%の効率、 $V_{OUT(MAX)}$ = 6V、 $I_Q$ = 12 $\mu$ A、DFNパッケージ
LTC3459	70mA $I_{SW}$ 、10Vマイクロパワー同期整流式昇圧コンバータ、出力切断とBurst Mode動作付き	$V_{IN}$ : 1.5V~5.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 10V、 $I_Q$ = 10 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、ThinSOTパッケージ
LTC3525-3/LTC3525-3.3 LTC3525-5	400mAマイクロパワー同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断機能付き	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 1V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 3V、3.3V または 5V、 $I_Q$ = 7 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、SC-70パッケージ
LTC3525L-3	400mAマイクロパワー同期整流式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断機能付き	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 0.7V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 3V、3.3V または 5V、 $I_Q$ = 7 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、SC-70パッケージ
LTC3526/LTC3526B LTC3526-2/LTC3526-2B	500mA、1MHz/2MHz同期整流式昇圧コンバータ	効率: 94%、 $V_{IN}$ : 0.85V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 $I_Q$ = 9 $\mu$ A/250 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、2mm×2mm DFNパッケージ
LTC3526L	550mA、1MHz同期整流式昇圧コンバータ	効率: 95%、 $V_{IN}$ : 0.7V~5.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 $I_Q$ = 9 $\mu$ A、 $I_{SD}$ < 1 $\mu$ A、2mm×2mm DFNパッケージ