

最小入力電圧が14Vのナノパワー環境発電(エナジーハーベスト)電源

特長

- 入力消費電流: 1500nA (出力安定時、無負荷、 $V_{IN} = 18V$)
- 入力消費電流: 830nA (UVLOモード、 $V_{IN} = 12V$)
- 入力動作範囲: 14V~20V
- 低損失の全波ブリッジ整流器を内蔵
- 16VのUVLOしきい値により、高電圧の電流制限入力からの電力利用率を改善
- 出力電流: 最大100mA
- ヒステリシスを備えた高効率降圧DC/DCコンバータを内蔵
- 選択可能な出力電圧: 3.45V、4.1V、4.5V、5.0V
- 入力保護用シャント: $V_{IN} \geq 20V$ でシャント電流最大25mA
- 10ピンMSEおよび3mm×3mm DFNパッケージ

アプリケーション

- 圧電性環境発電(エナジーハーベスト)
- 電気機械式環境発電(エナジーハーベスト)
- 低消費電力のバッテリー充電
- ワイヤレスHVAC センサ
- モバイル資産管理
- タイヤ空気圧センサ
- 産業用センサの代替バッテリー

概要

LTC[®]3588-2は、低損失の全波ブリッジ整流器と高効率の降圧コンバータを一体化して、総合的な環境発電(エナジーハーベスト)ソリューションを構成しており、圧電変換器、太陽光発電変換器、磁気変換器などの高出力インピーダンス・エネルギー源に最適です。

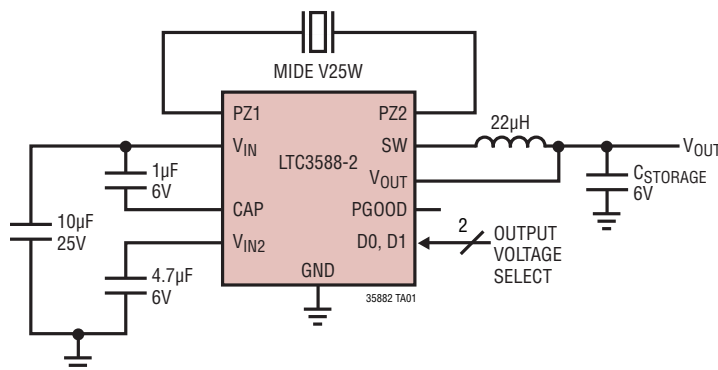
超低静止電流の低電圧ロックアウト(UVLO)モードと16Vの立ち上がりしきい値により、高い開放電圧のエネルギー源からエネルギーを効率的に抽出することができます。このエネルギーは、入力コンデンサから高効率の同期整流式降圧レギュレータを介して出力へ伝送されます。16VのUVLOしきい値により、降圧レギュレータを介して入力/出力間で電流を増倍することもできます。この降圧レギュレータは、レギュレーション時に入力および出力の両方の静止電流を最小限に抑えるスリープ状態を特長としています。

3.45V、4.1V、4.5V、および5.0Vの4種類の出力電圧をピンで選択可能であり、最大100mAの連続出力電流を供給できるので、リチウムイオン・バッテリーやLiFePO₄バッテリーのほかにスーパーキャパシタにも適しています。20Vに設定された入力保護用シャント回路により、過電圧保護が実現しています。

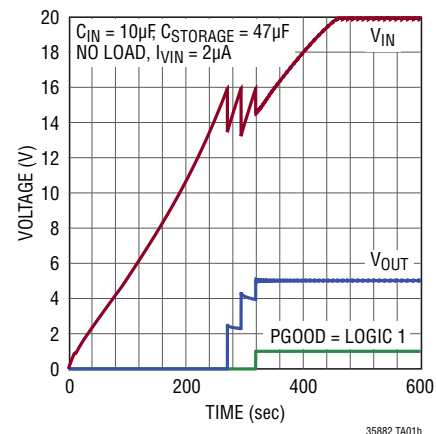
LT, LTC, LTM, Linear Technology, LinearのロゴおよびBurst Modeはリアテクノロジ社登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

高電圧の圧電環境発電電源



LTC3588-2 5.0Vレギュレータの起動時電圧分布



35882fb

LTC3588-2

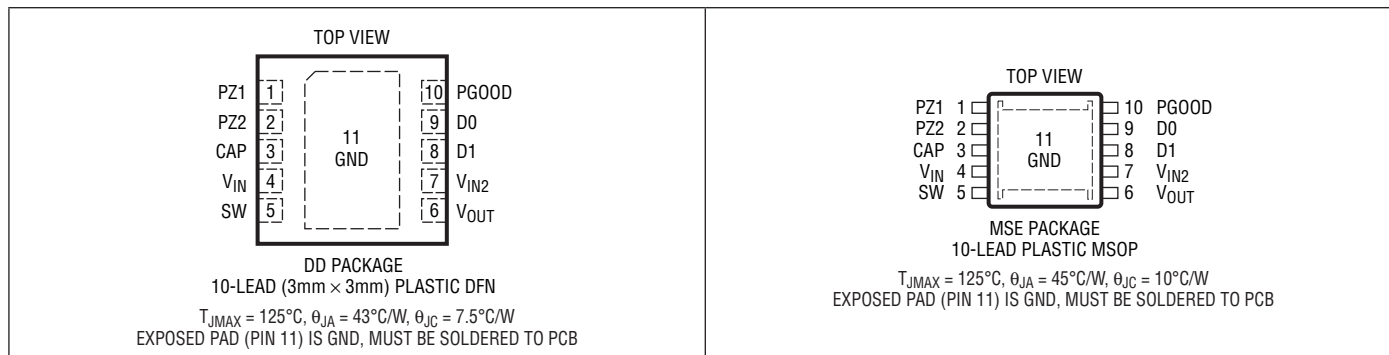
絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN}
 低インピーダンス・ソース..... $-0.3V \sim 18V^*$
 供給される電流、 $I_{SW} = 0A$ $25mA^\dagger$
 $PZ1, PZ2$ $0V \sim V_{IN}$
 $D0, D1$ $-0.3V \sim [(V_{IN2} + 0.3V) \text{と} 6V \text{の低い方}]$
 CAP $[-0.3V \text{と} (V_{IN} - 6V) \text{の高い方}] \sim V_{IN}$
 V_{IN2} $-0.3V \sim [(V_{IN} + 0.3V) \text{と} 6V \text{の低い方}]$

* V_{IN} には20Vのクランプが備わっている
 † $t < 1ms$ かつデューティ・サイクル1%未満の場合、絶対最大連続電流は5mA

V_{OUT} $-0.3V \sim [(V_{IN} + 0.3V) \text{と} 6V \text{の低い方}]$
 $PGOOD$ $-0.3V \sim [(V_{OUT} + 0.3V) \text{と} 6V \text{の低い方}]$
 I_{PZ1}, I_{PZ2} $\pm 50mA$
 I_{SW} $350mA$
 動作接合部温度範囲 (Note 2, 3) $-40^\circ C \sim 125^\circ C$
 保存温度範囲..... $-65^\circ C \sim 125^\circ C$
 リード温度 (半田付け、10秒)
 MSEパッケージのみ $300^\circ C$

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
LTC3588EDD-2#PBF	LTC3588EDD-2#TRPBF	LFYK	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3588IDD-2#PBF	LTC3588IDD-2#TRPBF	LFYK	10-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3588EMSE-2#PBF	LTC3588EMSE-2#TRPBF	LTFYM	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC3588IMSE-2#PBF	LTC3588IMSE-2#TRPBF	LTFYM	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。*温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

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。
 この製品はトレイでのみ供給されます。詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/packaging/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作接合部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 (Note 2)。注記がない限り $V_{IN} = 18\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	Input Voltage Range	Low Impedance Source on V_{IN}	●		18.0	V	
I_Q	V_{IN} Quiescent Current UVLO Buck Enabled, Sleeping Buck Enabled, Not Sleeping	$V_{IN} = 12\text{V}$, Not PGOOD $V_{IN} = 18\text{V}$ $I_{SW} = 0\text{A}$ (Note 4)		830 1500 150	1400 2500 250	nA nA μA	
V_{UVLO}	V_{IN} Undervoltage Lockout Threshold	V_{IN} Rising	●	16.0	17.0	V	
		V_{IN} Falling	●	13.0	14.0	V	
V_{SHUNT}	V_{IN} Shunt Regulator Voltage	$I_{VIN} = 1\text{mA}$		18.8	20.0	21.2	V
I_{SHUNT}	Maximum Protective Shunt Current	1ms Duration		25		mA	
	Internal Bridge Rectifier Loss ($ V_{PZ1} - V_{PZ2} - V_{IN}$)	$I_{BRIDGE} = 10\mu\text{A}$		350	400	450	mW
	Internal Bridge Rectifier Reverse Leakage Current	$V_{REVERSE} = 18\text{V}$			20	nA	
	Internal Bridge Rectifier Reverse Breakdown Voltage	$I_{REVERSE} = 1\mu\text{A}$		V_{SHUNT}	30	V	
V_{OUT}	Regulated Output Voltage	3.45V Output Selected Sleep Threshold	●	3.346	3.466	3.554	V
		Wake-Up Threshold	●		3.434		V
		4.1V Output Selected Sleep Threshold	●	3.979	4.116	4.221	V
		Wake-Up Threshold	●		4.084		V
		4.5V Output Selected Sleep Threshold	●	4.354	4.516	4.646	V
		Wake-Up Threshold	●		4.484		V
		5.0V Output Selected Sleep Threshold	●	4.825	5.016	5.175	V
		Wake-Up Threshold	●		4.984		V
	PGOOD Falling Threshold	As a Percentage of the Selected V_{OUT}		83	92	%	
I_{VOUT}	Output Quiescent Current	$V_{OUT} = 5.0\text{V}$		125	250	nA	
I_{PEAK}	Buck Peak Switch Current			200	260	350	mA
I_{BUCK}	Available Buck Output Current			100		mA	
R_P	Buck PMOS Switch On-Resistance				1.1	Ω	
R_N	Buck NMOS Switch On-Resistance				1.3	Ω	
	Max Buck Duty Cycle		●	100		%	
$V_{IH}(D0, D1)$	D0/D1 Input High Voltage		●	1.2		V	
$V_{IL}(D0, D1)$	D0/D1 Input Low Voltage		●		0.4	V	
$I_{IH}(D0, D1)$	D0/D1 Input High Current				10	nA	
$I_{IL}(D0, D1)$	D0/D1 Input Low Current				10	nA	

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恐れがある。

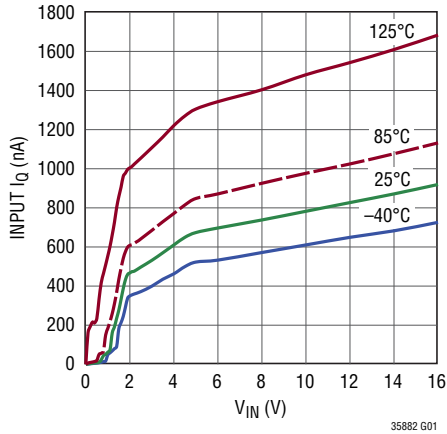
Note 2: LTC3588E-2は T_J が T_A にほぼ等しいなどのパルス負荷条件のもとでテストされている。LTC3588E-2は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度範囲で仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTC3588I-2は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証されている。これらの仕様に合致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抵抗および他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。

Note 3: 接合部温度 T_J ($^\circ\text{C}$)は周囲温度 T_A ($^\circ\text{C}$)および電力損失 P_D (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、 θ_{JA} ($^\circ\text{C}/\text{W}$)はパッケージの熱インピーダンス。

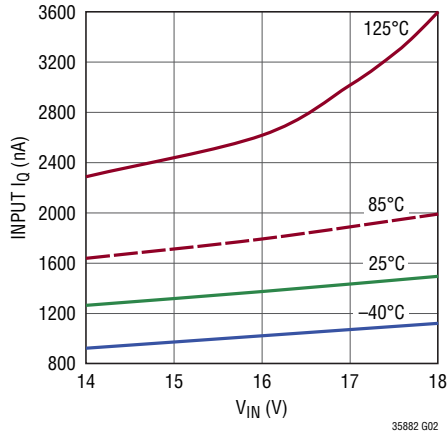
Note 4: スイッチング周波数で供給されるゲート電荷によって動作時消費電流が増える。

標準的性能特性

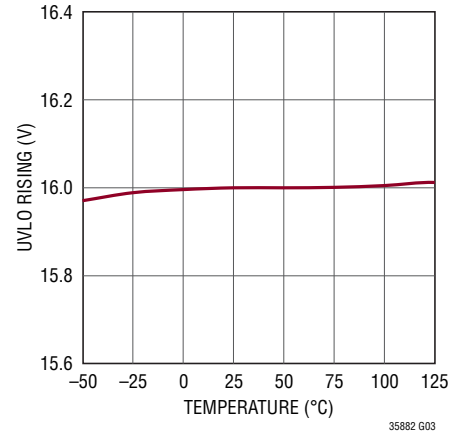
UVLO時の入力消費電流と V_{IN}



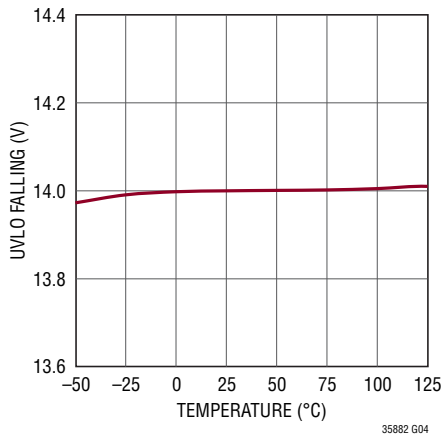
スリープ時の入力消費電流と V_{IN}



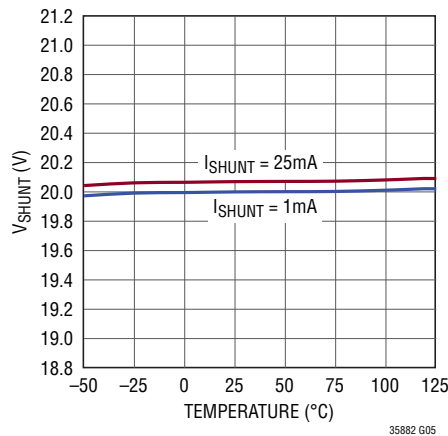
UVLOの立ち上がり
スレッシュホールドと温度



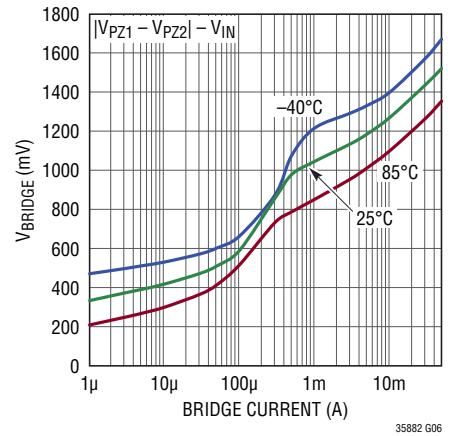
UVLOの立ち下がり
スレッシュホールドと温度



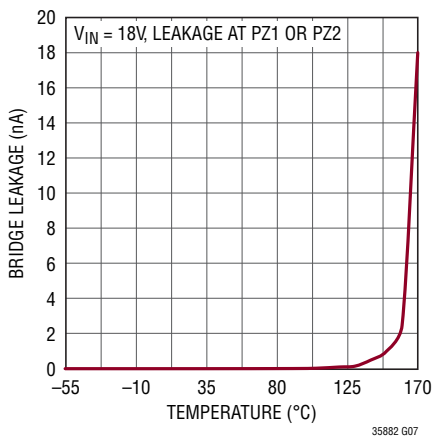
V_{SHUNT} と温度



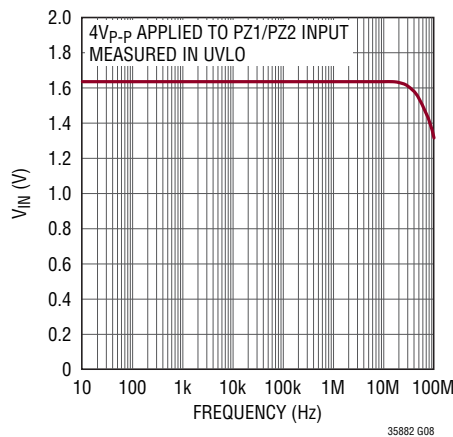
ブリッジ整流器の
全電圧降下とブリッジ電流



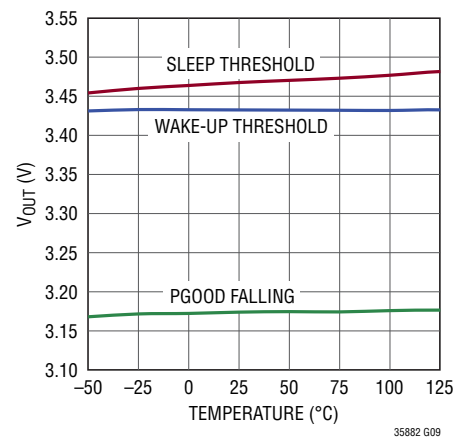
ブリッジのリーク電流と温度



ブリッジの周波数応答



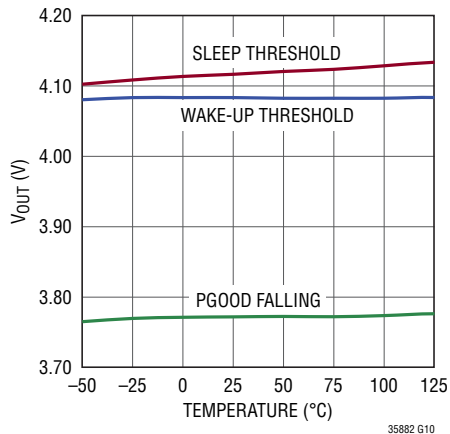
3.45V出力と温度



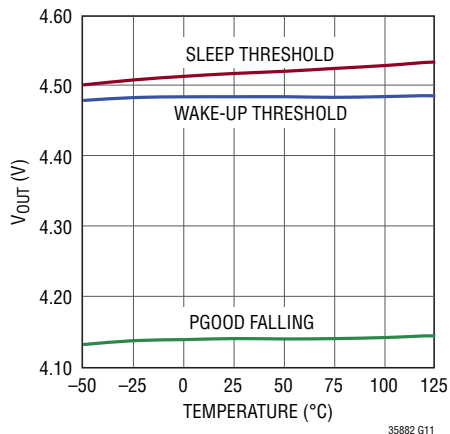
35882fb

標準的性能特性

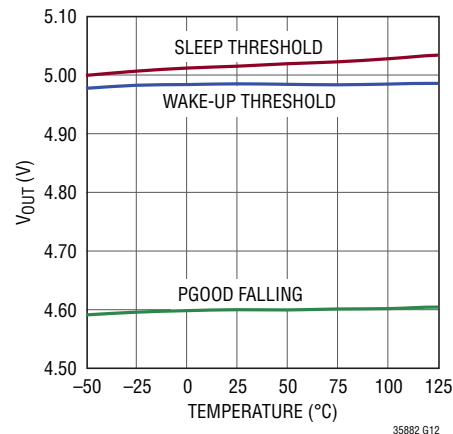
4.1V出力と温度



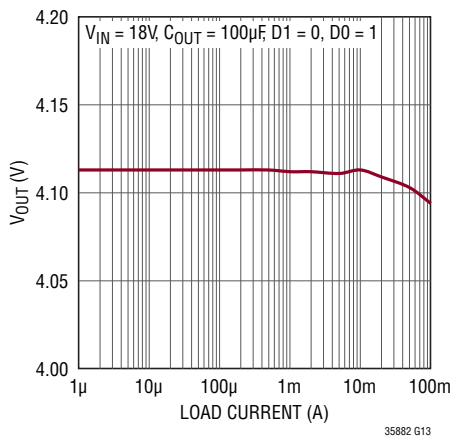
4.5V出力と温度



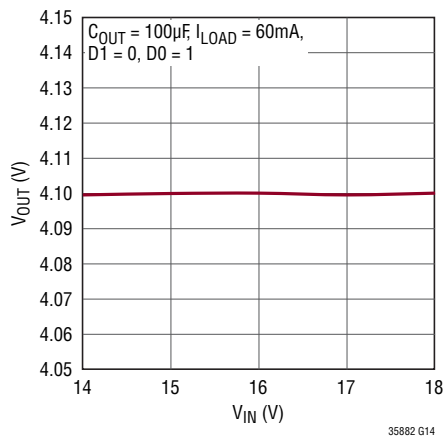
5.0V出力と温度



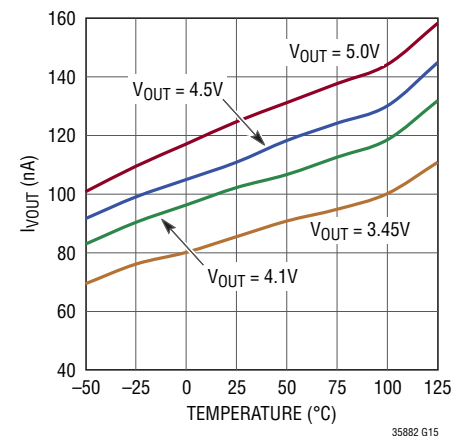
VOUTのロード・レギュレーション



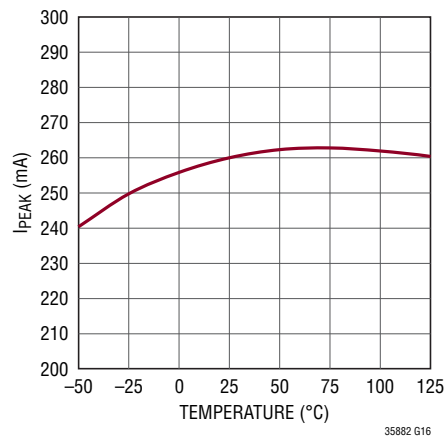
VOUTのライン・レギュレーション



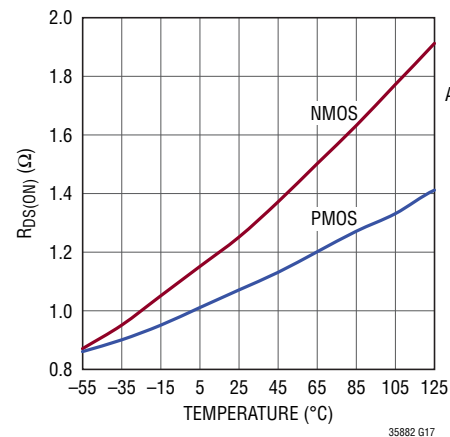
Ivoutと温度



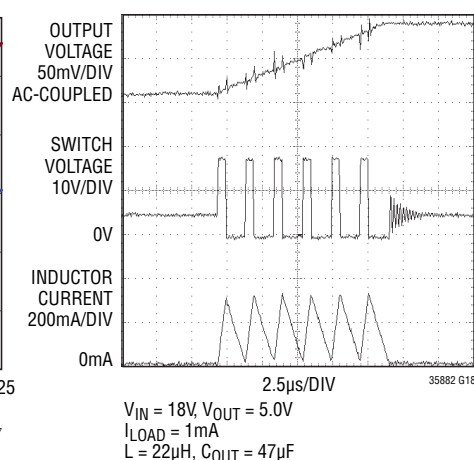
IPEAKと温度



PMOS/NMOSのRDS(ON)と温度

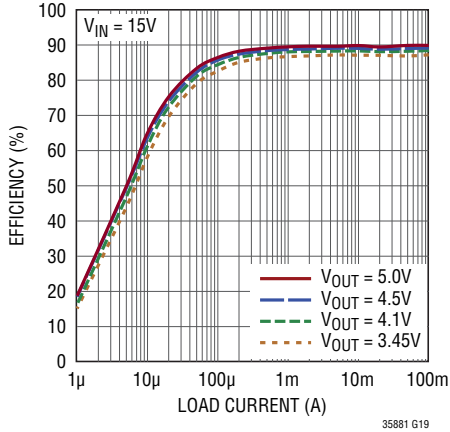


動作時の波形

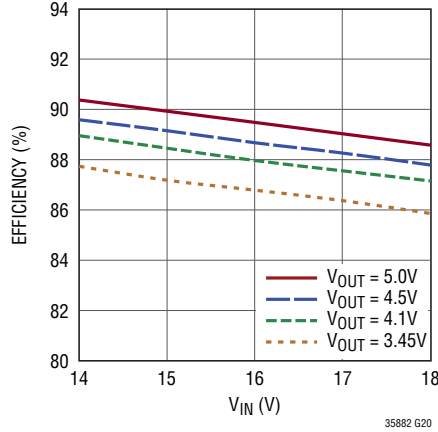


標準的性能特性

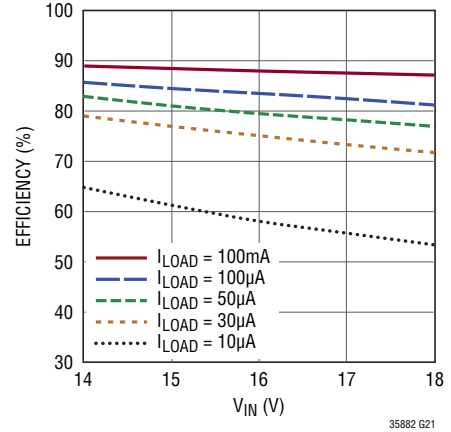
効率と I_{LOAD} 、 $L = 22\mu H$



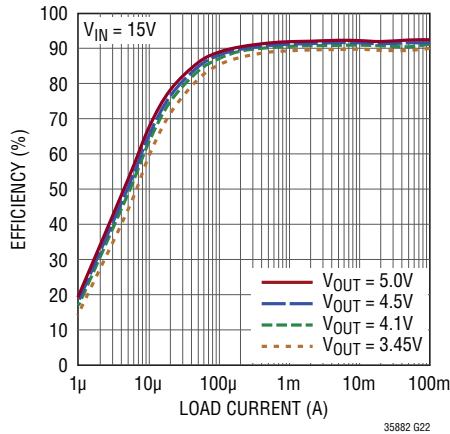
$I_{LOAD} = 100mA$ での効率と V_{IN} 、 $L = 22\mu H$



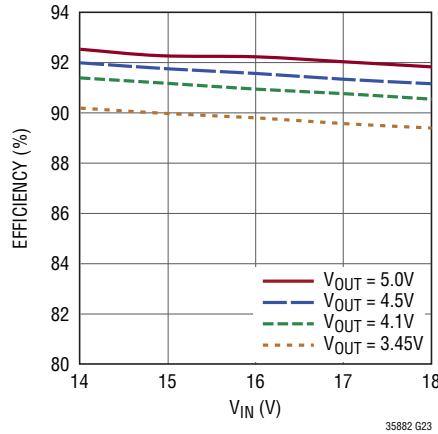
$V_{OUT} = 4.1V$ での効率と V_{IN} 、 $L = 22\mu H$



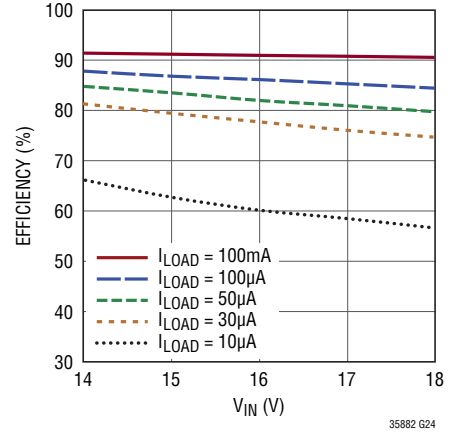
効率と I_{LOAD} 、 $L = 100\mu H$



$I_{LOAD} = 100mA$ での効率と V_{IN} 、 $L = 100\mu H$



$V_{OUT} = 4.1V$ での効率と V_{IN} 、 $L = 100\mu H$



ピン機能

PZ1 (ピン1): 圧電素子などのAC電源の入力接続 (PZ2と併用)。

PZ2 (ピン2): 圧電素子などのAC電源の入力接続 (PZ1と併用)。

CAP (ピン3): V_{IN} を基準にした内部レールで、降圧PMOSスイッチのゲート・ドライブとして機能します。CAPと V_{IN} の間に $1\mu\text{F}$ のコンデンサを接続します。このピンは外部システム・レールとして使用するものではありません。

V_{IN} (ピン4): 整流された入力電圧。このピンに接続されたコンデンサは、エネルギー蓄電器と降圧レギュレータの入力電源として機能します。 V_{IN} 電圧は最大20V (標準)に内部クランプされます。

SW (ピン5): 降圧スイッチング・レギュレータのスイッチ・ピン。SWから V_{OUT} に $22\mu\text{H}$ 以上のインダクタを接続します。

V_{OUT} (ピン6): 出力電圧をモニタして内部帰還によって調整するのに使用される検出ピン。

V_{IN2} (ピン7): 降圧NMOSスイッチのゲート・ドライブとして機能する内部低電圧レール。出力電圧選択ビットD0およびD1のロジック“H”レールとしても機能します。 V_{IN2} からGNDに $4.7\mu\text{F}$ のコンデンサを接続します。このピンは外部システム・レールとして使用するものではありません。

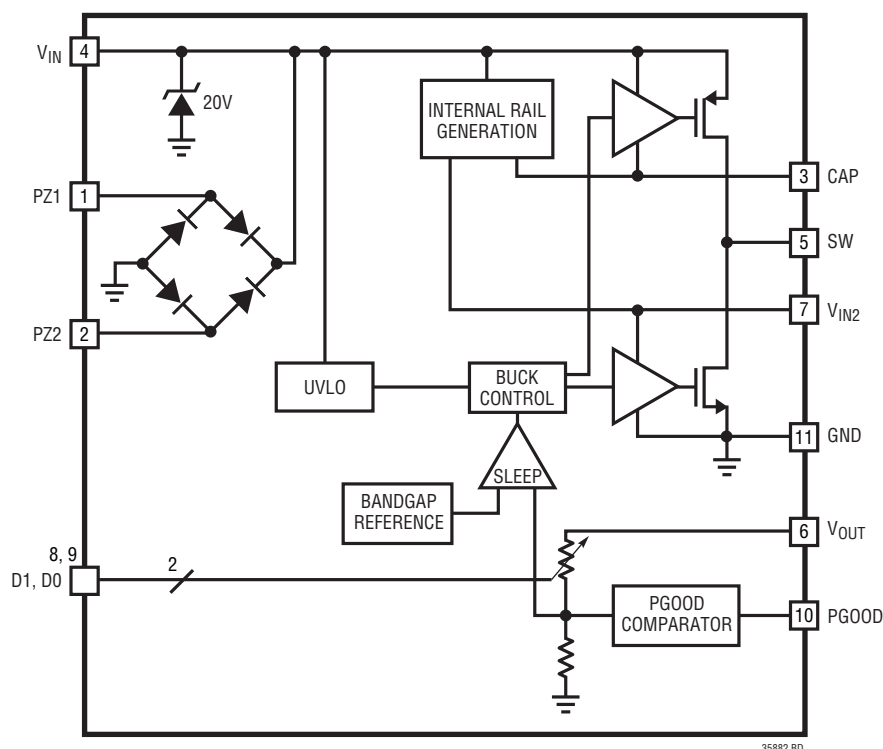
D1 (ピン8): 出力電圧選択ビット。D1を V_{IN2} に接続して“H”にするか、またはGNDに接続して“L”にすることにより、必要な V_{OUT} を選択します (表1を参照)。

D0 (ピン9): 出力電圧選択ビット。D0を V_{IN2} に接続して“H”にするか、またはGNDに接続して“L”にすることにより、必要な V_{OUT} を選択します (表1を参照)。

PGOOD (ピン10): V_{OUT} が目標値の92%を上回ると、パワーグッド出力はロジック“H”になります。ロジック“H”は V_{OUT} レールを基準にしています。

GND (露出パッド・ピン11): グランド。露出パッドは、LTC3588-2の直下に配置した複数のビアにより、プリント回路基板の2番目の層の連続したグランド・プレーンに接続します。

ブロック図



35882fb

動作

LTC3588-2は超低消費電流の電源で、特に環境発電(エナジーハーベスト)アプリケーションや低電流降圧アプリケーション向けに設計されています。このデバイスは、圧電素子などの代替A/C電源と直接インタフェースするように設計されており、電圧波形を整流して取り込んだエネルギーを外付けコンデンサに蓄積します。余剰電力は内部シャント・レギュレータで処理し、ナノパワー高効率同期整流式降圧レギュレータによって安定した出力電圧を維持します。

内部ブリッジ整流器

LTC3588-2は、差動入力PZ1およびPZ2を介してアクセスできる全波ブリッジ整流器を内蔵しており、圧電素子などからのAC入力を整流します。整流された出力は V_{IN} ピンのコンデンサに蓄積され、降圧コンバータのエネルギー蓄電器として使用できます。標準的な圧電素子に生じる電流(約 $10\mu\text{A}$)による低損失ブリッジ整流器の全電圧降下は約 400mV です。ブリッジは最大 50mA を流すことができます。ブリッジの片側はシングルエンドのDC入力として動作させることができます。ブリッジを使用しているとき、決してPZ1とPZ2を一緒に短絡しないでください。

低電圧ロックアウト (UVLO)

V_{IN} の電圧がUVLOの立ち上がりスレッシュホールドを上回ると、降圧コンバータがイネーブルされ、電荷が入力コンデンサから出力コンデンサに転送されます。広い(約 2V)のUVLOヒステリシス・ウィンドウにより、降圧コンバータは、入力コンデンサに蓄えられたエネルギーの一部を出力コンデンサに転送できます。入力コンデンサの電圧がUVLOの立ち下がりスレッシュホールドを下回ると、降圧コンバータはディスエーブルされます。UVLO状態での消費電流が極めて少ない(標準 830nA 、 $V_{IN} = 12\text{V}$)ので、エネルギーを低電力源から取り込まなければならない場合でもエネルギーを入力コンデンサに蓄積することができます。

内部レールの生成

2本の内部レールCAPおよび V_{IN2} は V_{IN} から生成され、それぞれ降圧コンバータのハイサイドPMOSおよびローサイドNMOSのドライブに使用されます。また、 V_{IN2} レールは、出力電圧選択ビットD0およびD1のロジック“H”としても機能します。 V_{IN2} レールはGNDより 4.8V 高い電圧に制御され、CAPレールは V_{IN} より 4.8V 低い電圧に制御されます。これらは外部レールとして使用するためのものではありません。CAPピンと V_{IN2} ピン

にバイパス・コンデンサが接続され、降圧スイッチをドライブするためのエネルギー貯蔵装置として機能します。 V_{IN} が 4.8V を下回ると、 V_{IN2} が V_{IN} に等しくなってCAPがGND電位に保たれます。 V_{IN} 、 V_{IN2} 、CAPの理想的な関係を図1に示します。

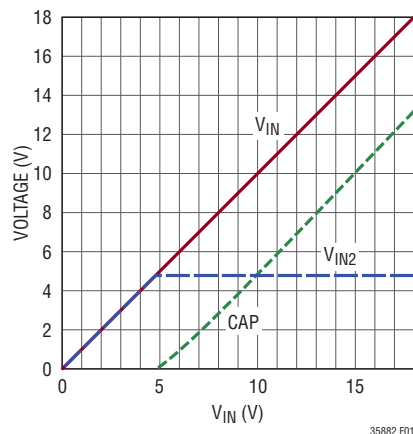


図1. V_{IN} 、 V_{IN2} 、CAPの理想的な関係

降圧動作

降圧レギュレータは、ヒステリシスをもった選択電圧アルゴリズムを使用して、 V_{OUT} 検出ピンからの内部帰還によって出力を制御します。降圧コンバータは、インダクタを介して出力コンデンサを安定化ポイントよりわずかに高い値まで充電します。これは、内部PMOSスイッチを介してインダクタ電流を 260mA までランプアップさせてから、内部NMOSスイッチを介して 0mA までランプダウンさせることによって行われます。これにより、エネルギーが出力コンデンサに効率的に供給されます。ランプレートは V_{IN} 、 V_{OUT} およびインダクタ値によって決まります。出力電圧が安定化に達する前に入力電圧がUVLOの立ち下がりスレッシュホールドを下回ると、降圧コンバータはシャットオフし、入力電圧が再度UVLOの立ち上がりスレッシュホールドを上回るまでオンしません。この間、出力電圧の負荷は約 100nA になります。降圧コンバータによって出力電圧が安定化すると、コンバータは低消費電流のスリープ状態になり、スリープ・コンパレータで出力電圧をモニタします。この動作モードの間、負荷電流は降圧コンバータの出力コンデンサによって供給されます。出力電圧が安定化ポイントを下回ると、降圧レギュレータが起動してサイクルが繰り返されます。安定した出力を供給するこのヒステリシス手法により、FETのスイッチングに関連する損失が低減され、軽負荷時の出力が維持されます。降圧コンバータは、スイッチング動作時には最小 100mA の平均電流を出力に供給します。

動作

出力がスリープ・スレッシュホールドに達したことをスリープ・コンパレータが通知するとき、降圧コンバータがサイクルの途中で、電流がまだインダクタを流れている可能性があります。通常は、どちらの同期スイッチもオフして、インダクタ内の電流がNMOSのボディ・ダイオードを流れてそのまましばらく流れてゼロになります。LTC3588-2の場合はこの間NMOSスイッチをオンに保ち、NMOSがオフであったとすればダイオードに生じるであろう導通損失を防止します。スリープ・コンパレータがトリップしたときにPMOSがオン状態であれば、NMOSは電流をランプダウンさせるためにすぐオンします。NMOSが既にオン状態であれば、電流がゼロに達するまでそのままオンに保たれます。

降圧コンバータのスイッチング時の消費電流はスリープ時の消費電流よりもはるかに大きくなりますが、平均インダクタ電流のほんの数パーセントに過ぎないので、ほとんどの負荷条件で高効率になります。降圧コンバータは入力コンデンサに十分なエネルギーが蓄積されているときしか動作しないので、コンバータが出力にエネルギーを転送するのに要する時間は、エネルギーを蓄積する時間よりもはるかに短くなります。このように、降圧動作時の消費電流は長時間平均したものなので、全平均消費電流は小さくなります。この機能は少量の周囲エネルギーを取り込む電源に適応しています。

出力選択ビットD0およびD1をGNDまたはV_{IN2}に接続することにより、4つの電圧の1つを選択可能です。4つのD0/D1コードとこれらに対応する出力電圧を表1に示します。

表1. 出力電圧の選択

D1	D0	V _{OUT}	V _{OUT} の消費電流(I _{VOUT})
0	0	3.45V	86nA
0	1	4.1V	101nA
1	0	4.5V	111nA
1	1	5.0V	125nA

表1に示すように、内部帰還ネットワークにV_{OUT}から少量の電流が流れます。

パワーグッド・コンパレータ

コンバータが設定されたV_{OUT}のスリープ・スレッシュホールドに最初に達すると、パワーグッド・コンパレータはPGOODピンにV_{OUT}を基準にしたロジック“H”を生成して、出力が安定化されていることを通知します。PGOODピンはV_{OUT}が所期の安定化電圧の92%に低下するまで“H”に保たれます。この間、いくつかのスリープ・サイクルが生じることがあります。ま

た、PGOODが“H”のときにV_{IN}がUVLOの立ち下がりスレッシュホールドを下回ると、PGOODはV_{OUT}が所期の安定化ポイントの92%に低下するまで“H”に保たれます。これにより、入力遮断されても出力エネルギーを使用することができます。V_{OUT} = 5V、負荷が10μAの動作を図2に示します。t = 2秒の時点でV_{IN}は高インピーダンスになり、LTC3588-2の消費電流によって放電されます。また、自己のリーク電流によって放電するV_{OUT}に電流を供給することによってもV_{IN}は放電されます。V_{IN}はUVLOの立ち下がりスレッシュホールドと交差しますが、PGOODはV_{OUT}が所期の安定化ポイントの92%に低下するまで“H”に保たれます。PGOODピンはマイクロプロセッサなどのデバイスのI/Oをドライブするために設計されているものであり、LEDなどの高電流負荷をドライブするためのものではありません。

図3に示すように、安定化された状態のときにD0/D1入力を切り替えることができます。PGOODの立ち下がりスレッシュホールドが前のV_{OUT}より高い電圧にV_{OUT}が設定されると、PGOODは

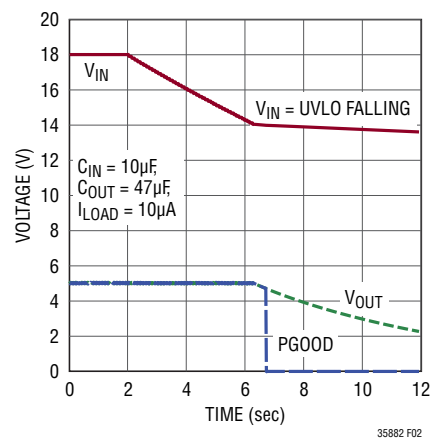


図2. UVLOへの移行時のPGOODの動作

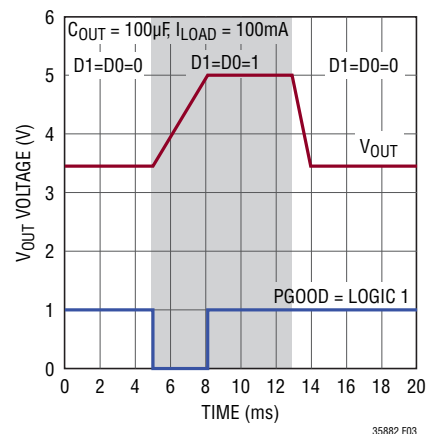


図3. D0/D1の遷移時のPGOODの動作

動作

新たな安定化ポイントに達するまで“L”になります。V_{OUT} がより低い電圧に設定されると、PGOODは遷移の間“H”に保たれます。

エネルギーの蓄積

取り込んだエネルギーは入力コンデンサまたは出力コンデンサに蓄積することができます。UVLOのスレッシュホールドが高いため、コンデンサに蓄積されたエネルギーがコンデンサの電圧の2乗に比例するという事実を活用できます。出力電圧が安定化されると、入力コンデンサに全ての余剰エネルギーが蓄積されて入力コンデンサの電圧が上昇します。出力に負荷が接続されていると、降圧コンバータは高電圧で蓄積されたエネルギーを安定化された出力に効率的に転送することができます。

ます。入力でのエネルギー蓄積は入力を高い電圧にすることによって行われますが、負荷電流は降圧コンバータの供給能力に制限されます。大きな負荷に対応する必要がある場合、出力コンデンサをある程度の期間大きな電流に対応する大きさにすることができます。たとえば、PGOODが“H”になったときに電流バーストを開始し、PGOODが“L”になるまで出力コンデンサを放電し続けることができます。

LTC3588-2で得られる出力電圧は、出力でのエネルギー蓄積が必要なアプリケーションにおいて、リチウムイオン・バッテリーやLiFePO₄バッテリーの他、スーパーキャパシタにも特に適しています。

アプリケーション情報

はじめに

LTC3588-2の主なアプリケーションでは、圧電素子を介して周囲の振動エネルギーを取り込みます。よく使用される圧電素子は、PZT (lead zirconate titanate - チタン酸ジルコン酸鉛) セラミック、PVDF (polyvinylidene fluoride - ポリフッ化ビニリデン) ポリマーなどの複合材料です。セラミック圧電素子はセラミックの結晶構造が圧縮されたときに圧電効果を生じるものであり、内部の分極によって電圧を生じます。ポリマー圧電素子は長鎖状分子で構成されており、曲げられたときに分子が互いに反発することによって電圧を生じます。セラミック圧電素子は直接圧力のかかる場所によく使用され、ポリマー圧

電素子は容易に曲げることができます。様々な圧電素子が使用可能であり、様々な開放電圧と短絡電流が得られます。図4に示すように、開放電圧と短絡電流は通常、得られる振動エネルギーに従って大きくなります。必要な開放電圧を得るため、圧電素子を直列または並列に接続することができます。

LTC3588-2は圧電エネルギー・ハーベスティング・アプリケーションに適しています。20Vの入力保護シャントは様々な圧電素子に対応することができます。LTC3588-2は消費電流が少ないので、数十マイクロアンペア程度の短絡電流を発生可能な圧電素子から効率的にエネルギーを蓄積することができます。圧電素子は表2に示す製造元から入手できます。

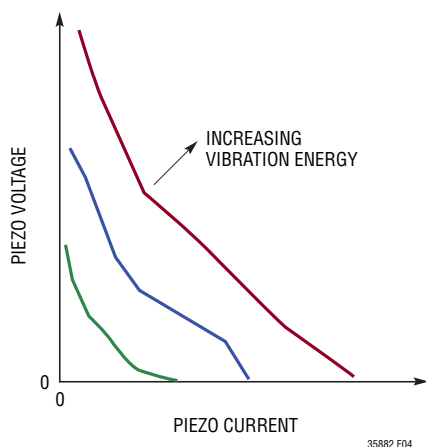


図4. 標準的な圧電負荷曲線

表2. 圧電素子の製造元

Advanced Cerametrics	www.advancedcerametrics.com
Piezo Systems	www.piezo.com
Measurement Specialties	www.meas-spec.com
PI (Physik Instrumente)	www.pi-usa.us
MIDE Technology Corporation	www.mide.com
Morgan Technical Ceramics	www.morganelectroceramics.com

アプリケーション情報

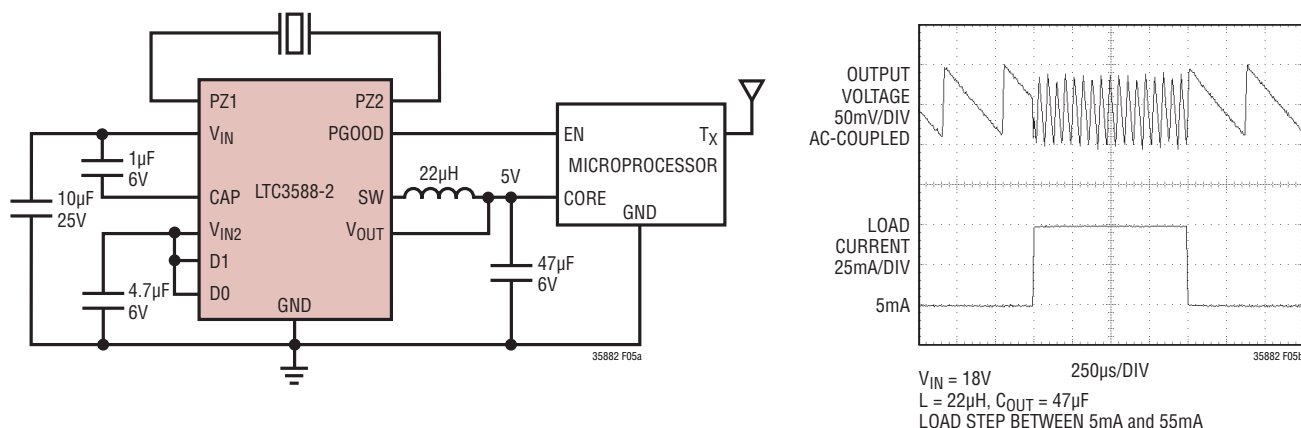


図5. ワイヤレス・トランスミッタを備えたマイクロプロセッサに電力を供給する5V圧電エネルギーハーベスタと50mAの負荷ステップ応答

LTC3588-2はエネルギーを取り込み、それをマイクロプロセッサ、ワイヤレス・センサやワイヤレス・トランスミッタに電力を供給するのに使用可能な出力電圧に変換します。このようなワイヤレス・センサのアプリケーションでは、圧電素子が生成可能な電力よりもはるかに大きなピーク電力を必要とする場合があります。ただし、LTC3588-2は長時間エネルギーを蓄積するので、短時間の電力バースト用に効率的に使用することができます。連続動作では、バースト時の全出力エネルギーがエネルギー蓄積サイクルで取り込まれた平均電源電力を超えないように、これらのバーストを低デューティ・サイクルで生じさせる必要があります。圧電入力では、サイクル間の時間は選択されたコンデンサの値と振動源の性質によって分単位、時間単位またはそれ以上になることがあります。

PGOOD信号

図5に示すように、PGOOD信号を使用して、 V_{OUT} が安定化に達するときにスリープ状態のマイクロプロセッサなどの回路をイネーブリングすることができます。通常、 V_{IN} はこの時点でUVLOスレッシュホールド間の値であり、負荷は出力コンデンサだけで支えられている可能性があります。また、PGOODが“H”になった後でしばらく待機すると、入力コンデンサがより大きなエネルギーを蓄積できるので、降圧コンバータがそのエネルギーを出力に効率的に転送するときに負荷電流をより長く維持することができます。マイクロプロセッサがアクティブ状態のとき、センサの操作時に小さな負荷電流を流し、次いでデータを転送するために大きな負荷電流を流す場合があります。LTC3588-2がこのような負荷ステップにスムーズに対応する様子を図5に示します。

入力および出力コンデンサの選択

入力コンデンサと出力コンデンサは、アプリケーションのエネルギー要件と負荷要件に基づいて選択します。どの場合でも、 V_{IN} コンデンサは V_{IN} に生じる最も高い電圧に耐える定格にします。100mA以下の負荷では、降圧コンバータが100mAの平均負荷電流を出力に効率的に供給できるので、入力でのエネルギーの蓄積に高電圧の入力を活用します。したがって、入力コンデンサは、出力電力を必要な時間供給するのに十分なエネルギーを蓄積できる大きさにします。これには、大きなコンデンサを使用するか、 V_{IN} を高電圧に充電するか、またはその両方を行います。降圧コンバータが出力へのエネルギー転送を停止するUVLOの立ち下がりスレッシュホールドに達しないように、入力に十分なエネルギーを蓄積します。通常、以下のようになります。

$$P_{LOAD} t_{LOAD} = \frac{1}{2} \eta C_{IN} (V_{IN}^2 - V_{UVLO(FALLING)}^2)$$

$$V_{UVLO(FALLING)} \leq V_{IN} \leq V_{SHUNT}$$

上式を使用して、入力コンデンサを、継続的にエネルギーが入力されるアプリケーションにおける出力の電源要件を満たす大きさにすることができます。ここで、 η は降圧コンバータの全入力範囲の平均効率、 V_{IN} は降圧コンバータがスイッチングを開始するときの入力電圧です。負荷電流によって出力コンデンサが下側のPGOODスレッシュホールドまで放電することができるので、この式では必要な入力コンデンサを過大に見積もることができます。また、充電する入力ソースの充電時の影響は無視できるものとしています。

アプリケーション情報

1つのUVLOサイクルで出力が安定化に達しなければならぬアプリケーションでは、C_{IN}の大きさを決める際に、出力コンデンサの充電に必要なエネルギーを考慮する必要があります。

レギュレータのスリープ時間は負荷電流と出力コンデンサの大きさに応じて変化します。スリープ時間は負荷電流の増加や出力コンデンサの容量低下に従って短くなります。DCのスリープ・ヒステリシス・ウィンドウは設定された出力電圧の±16mVです。理想的には、これはスリープ時間が次式によって決まることを意味しています。

$$t_{\text{SLEEP}} = C_{\text{OUT}} \frac{32\text{mV}}{I_{\text{LOAD}}}$$

このことは約100μF以上の出力コンデンサに当てはまりますが、出力コンデンサが10μFに向かって小さくなるに従い、内部スリープ・コンパレータの遅延と負荷電流により、V_{OUT}電圧が±16mVのスレッシュホールドを短時間に通過してしまうことがあります。これにより、スリープ時間が長くなってV_{OUT}リップルが大きくなります。V_{OUT}リップルが好ましくないレベルまで大きくなる可能性があるため、10μF以下のコンデンサは推奨しません。

100mAを上回る過渡負荷電流が必要な場合には、出力にもっと大きなコンデンサを使用することができます。このコンデンサは負荷状態の間連続して放電するので、コンデンサは以下のようにV_{OUT}の電圧降下を許容できる大きさにすることができます。

$$C_{\text{OUT}} = (V_{\text{OUT}+} - V_{\text{OUT}-}) \frac{I_{\text{LOAD}} - I_{\text{BUCK}}}{t_{\text{LOAD}}}$$

ここで、V_{OUT+}はPGOODが“H”になったときのV_{OUT}の値、V_{OUT-}はV_{OUT}の望みの下限です。I_{BUCK}は降圧コンバータから供給されている平均電流で、通常、I_{PEAK}/2になります。

C_{OUT}には標準の表面実装セラミック・コンデンサを使用することができますが、アプリケーションによっては低リークのアアルミ電解コンデンサやスーパーキャパシタが適しているものもあります。これらのコンデンサは、Vishay、Illinois Capacitor、AVX、CAP-XXなどの製造元から入手することができます。

インダクタ

降圧コンバータは22μHのインダクタで動作するように最適化されていますが、アプリケーションの中には22μHより大きなインダクタ値が有効なものもあります。例えば、大きなインダクタは、PMOSスイッチのオン時間を長くし、ゲート充電損失を低減することによって効率を向上させるので、高電圧のアプリケーションに有効です。DC電流定格が350mA以上のインダクタを選択してください。インダクタのDCRは損失の要因になるので効率に影響を及ぼす可能性があります。価格、寸法、DCRの間のトレードオフを評価する必要があります。LTC3588-2に適したインダクタのいくつかを表3に示します。

表3. LTC3588-2の推奨インダクタ

インダクタの種類	L (μH)	最大 I _{DC} (mA)	最大 DCR (Ω)	寸法 (単位:mm) (L×W×H)	製造元
A997AS-220M	22	390	0.440	4.0 × 4.0 × 1.8	Toko
LPS5030-223MLC	22	700	0.190	4.9 × 4.9 × 3.0	Coilcraft
LPS4012-473MLC	47	350	1.400	4.0 × 4.0 × 1.2	Coilcraft
SLF7045T	100	500	0.250	7.0 × 7.0 × 4.8	TDK

VIN2コンデンサとCAPコンデンサ

V_{IN}とCAPの間に1μFのコンデンサを接続し、V_{IN2}とGNDの間に4.7μFのコンデンサを接続します。これらのコンデンサにより、降圧コンバータのスイッチング時に内部レールが保たれ、内部レール生成回路が補償されます。

圧電入力を使用したその他のアプリケーション

汎用性の高いLTC3588-2は様々な構成で使用することができます。図6に、2個のLTC3588-2に同時に電力を供給し、複数レール・システムを可能にする1個の圧電電源を示します。圧電素子が入力に電力を供給するときに、最初は両方のV_{IN}レールが一緒に起動しますが、片方の出力が電力を供給し始めると、それぞれのLTC3588-2のブリッジが相互に絶縁しているので、対応するV_{IN}だけが低下します。入力圧電エネルギーはその後、両方のV_{IN}レールが再度等しくなるまでこの低い電圧のコンデンサに導かれます。この構成は、圧電素子が各LTC3588-2の消費電流の総量に対応できる限り、1個の圧電素子によって電力を供給されるLTC3588-2の数を増やすことが可能です。

アプリケーション情報

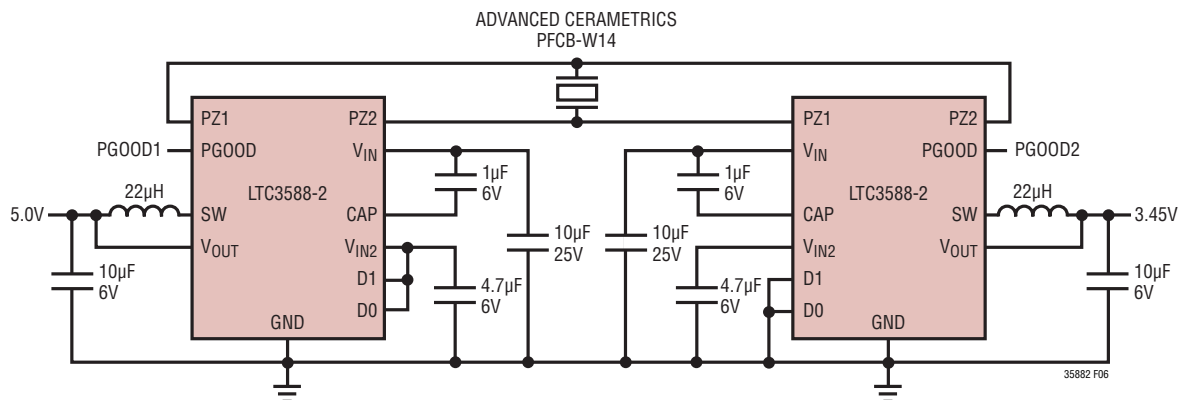


図6. 1個の圧電素子を使用したデュアル・レール電源

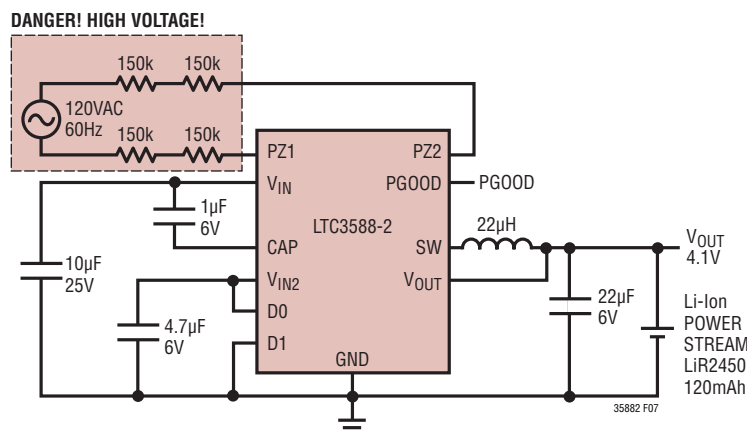


図7. ACラインから電力を供給される4.1Vリチウムイオン・バッテリー・チャージャ

オフライン回路には危険かつ致命的な電圧が生じる！作業を進める前に、オフライン回路の組み立て、テストおよび使用時には注意が必要であることを警告する。これらの回路での作業や接続を行うときには最大の注意を必要とする。再び警告する：オフライン回路には ACラインに接続された危険な高電圧が存在する。注意せよ。オフライン回路で行う全てのテストは、オフライン回路の入力と ACラインの間に絶縁トランスを接続して行う必要がある。オフライン回路の使用や組み立ての際、回路にテスト装置を接続するときにはこの予防措置を遵守して電気ショックを防止する必要がある。再び警告する：何らかのテスト装置を接続する場合には、回路入力と ACラインの間に絶縁トランスを接続する必要がある。

代替電源

LTC3588-2は圧電素子とともに使用されるだけでなく、得られる周囲エネルギーの種類に応じて様々な入力ソースに対応することができます。内部ブリッジ整流器が4本の150k電流制限抵抗と直列のACラインに接続されたLTC3588-2を図7に示します。これは高電圧のアプリケーションであり、適用されるUL規格に従い、電源線、接地線などの高電圧の部品の最小間隔を確保する必要があります。一般的なオフライン・アプリケーションについてはUL規則1012を参照してください。

図8に、銅板を通常の室内蛍光灯に近づけて、光の周囲の電界からエネルギーを容量的に取り込むアプリケーションを示します。

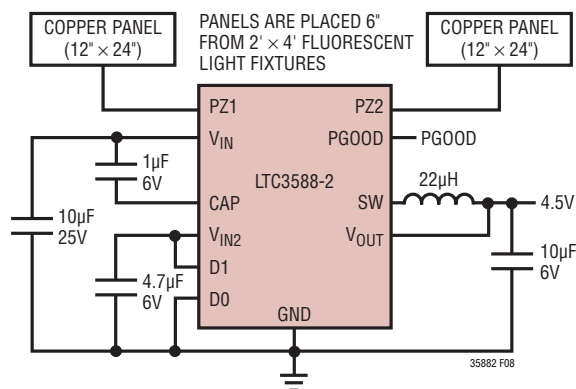


図8. 電界エネルギーハーベスタ

LTC3588-2

アプリケーション情報

放射周波数は磁気安定器の場合は120Hzになりますが、蛍光灯が電子安定器を使用している場合にはもっと高くなる可能性があります。LTC3588-2のブリッジ整流器は広範囲の入力周波数に対応することができます。

48Vの通信回線から電力を供給されるLTC3588-2を図9に示します。この例では、引き出すことができる電流は最大1mAです。LTC3588-2は V_{IN} を20Vでシャントするので、この電流は、28kの電流制限抵抗によって設定されます。この回路の利点は、 V_{IN} の V_{OUT} に対する比率（から降圧コンバータでの損失分を差し引いた値）だけ出力電流が増加することです。これは、入力で得られる電流よりも大きな電流が出力で必要とされる場合に有効です。UVLOスレッシュホールドが16Vと高く、この電圧ですらに良好な増倍率が存在するので、いかなる起動時の問題も

防ぐことができます。これと同じ手法を発展させて、同じく入力電流を制限したAC電源に使用することができます。

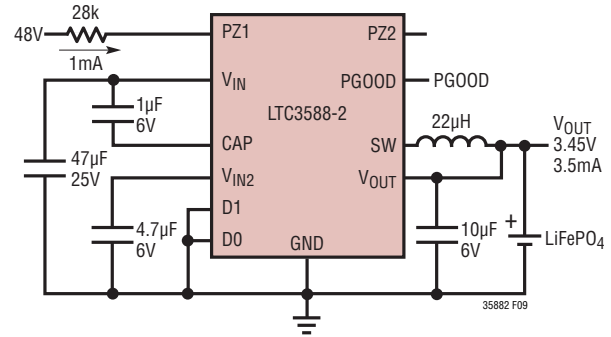
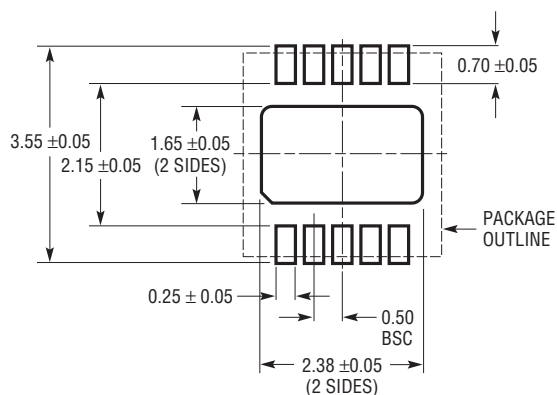


図9. 電流を供給される3.45VのLiFePO₄バッテリー・チャージャ

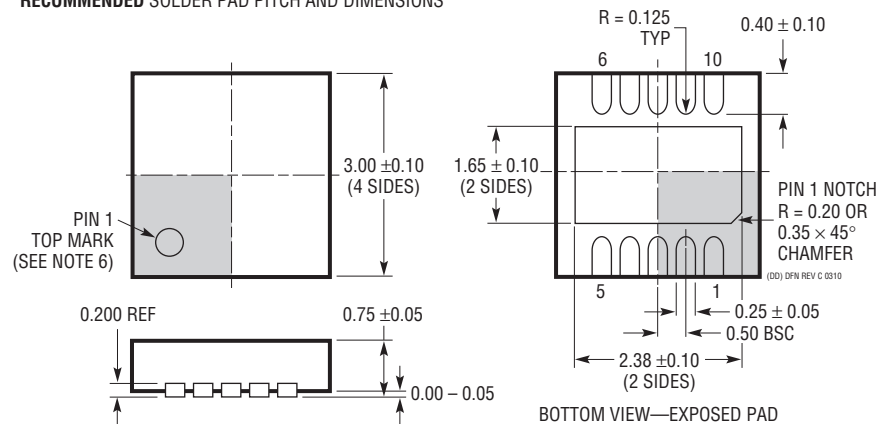
パッケージ

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。

DD Package
10-Lead Plastic DFN (3mm × 3mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



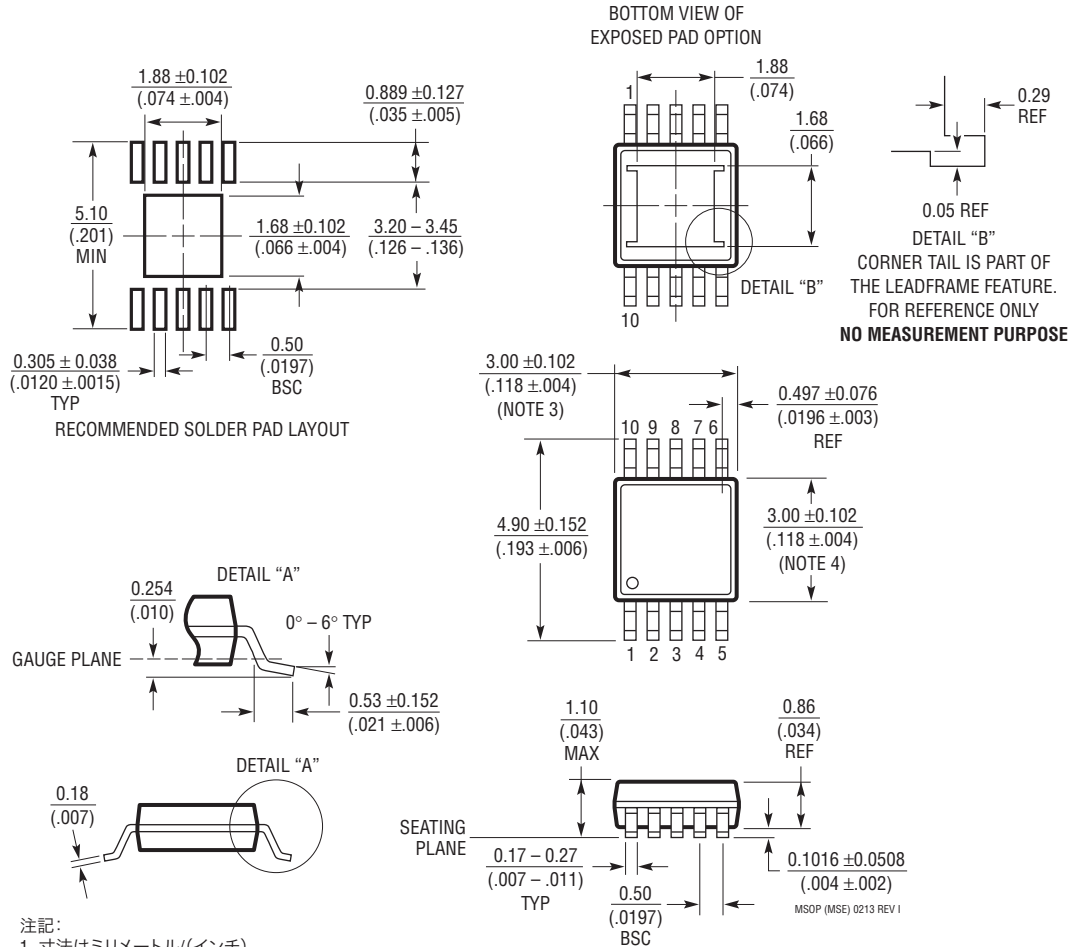
注記:

1. 図はJEDECのパッケージ外形M0-229のバリエーション (WEED-2) になる予定
バリエーションの指定の現状については、LTCのWebサイトのデータシートを参照
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

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。

MSE Package 10-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad (Reference LTC DWG # 05-08-1664 Rev I)



注記:

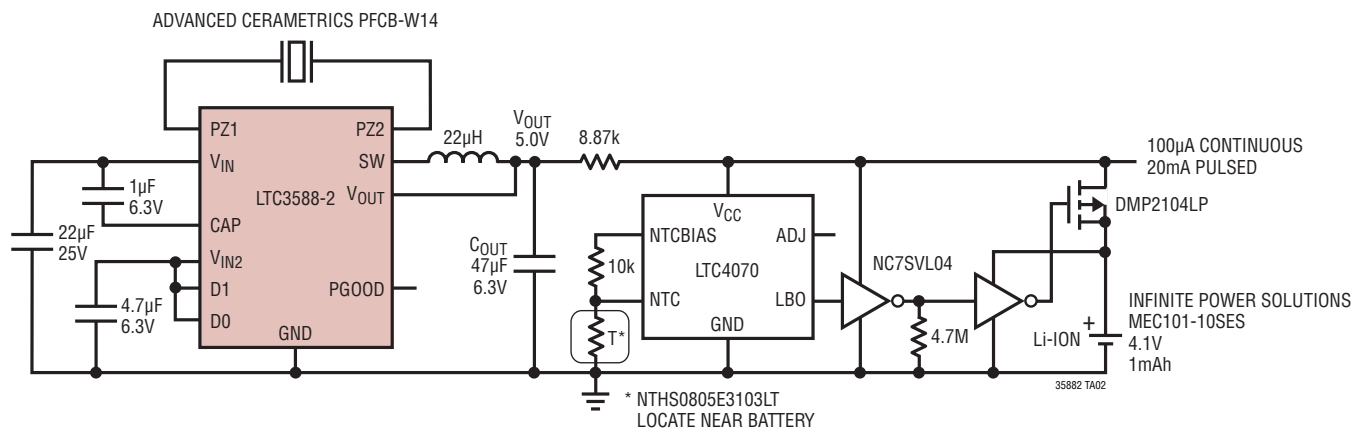
1. 寸法はミリメートル/(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは各サイドで0.152mm (0.006")を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない
リード間のバリまたは突起は各サイドで0.152mm (0.006")を超えないこと
5. リードの平坦度(成形後のリードの底面)は最大0.102mm (0.004")であること
6. 露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
露出パッドのモールドのバリは各サイドで0.254mm (0.010")を超えないこと

改訂履歴 (改訂履歴はRev Cから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
A	5/11	V _{OUT} とPG00Dの絶対最大定格に括弧を追加。	2
		MSパッケージの説明をMSEパッケージの説明に差し替え。	15
		「関連製品」セクションに追記。製品番号順に表示。	16
B	7/14	タイトルと概要を明確化。	1
		図1のX軸のラベルを明確化。	8
		図8を明確化。	14
		「関連製品」のリストを明確化。	18

標準的応用例

小型リチウムイオン・セルまたは薄膜バッテリー用圧電シャント・チャージャ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1389	ナノパワー高精度シャント電圧リファレンス	動作電流: 800nA, 1.25V/2.5V/4.096V
LTC1540	リファレンス付きナノパワー・コンパレータ	消費電流: 0.3µA, 0.01µFのコンデンサをドライブ、調整可能なヒステリシス、入力電圧範囲: 2V~11V
LT3009	消費電流3µAの20mA低損失リニア・レギュレータ	低消費電流: 3µA、入力電圧範囲: 1.6V~20V、出力電流: 20mA
LTC3105	最大電力点制御と250mVでの起動を特長とする400mA昇圧コンバータ	高効率昇圧DC/DCコンバータ、V _{IN} : 0.225V~5V、最大電力点コントローラ (MPPC) を搭載、光起電力電池、熱電発電機 (TEG)、燃料電池、Burst Mode®動作
LTC3108/ LTC3108-1	超低電圧の昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	V _{IN} : 0.02V~1V, V _{OUT} = 2.2V, 2.35V, 3.3V, 4.1V, 5V, I _Q = 6µA、4mm×3mm DFN-12およびSSOP-16パッケージ、LTC3108-1のV _{OUT} = 2.2V, 2.5V, 3V, 3.7V, 4.5V
LTC3109	Auto-Polarity、超低電圧の昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	V _{IN} : 0.03V~1V, V _{OUT} = 2.2V, 2.35V, 3.3V, 4.1V, 5V, I _Q = 7µA、4mm×4mm QFN-20 および SSOP-20 パッケージ
LTC3388-1/ LTC3388-3	20V高効率ナノパワー降圧レギュレータ	スリープ時消費電流: 860nA、入力電圧範囲: 2.7V~20V、出力電圧: 1.2V~5.0V、イネーブル入力ピンおよびスタンバイ入力ピン
LTC3588-1	ナノパワー環境発電電源	スリープ時消費電流: 950nA、出力電圧: 1.8V, 2.5V, 3.3V, 3.6V、ブリッジ整流器を内蔵
LTC3631	消費電流12µAの45V、100mA同期整流式降圧レギュレータ	入力電圧範囲: 4.5V~45V、最大60Vの過電圧ロックアウト
LTC3642	消費電流12µAの45V、50mA同期整流式降圧レギュレータ	入力電圧範囲: 4.5V~45V、最大60Vの過電圧ロックアウト
LT3652	ソーラーパワー向けパワー・トラッキング2Aバッテリー・チャージャ	ソーラー・アプリケーション向けMPPT、V _{IN} : 4.95V~32V、充電レート: 最大2A、充電終了をユーザーが選択可能: C/10または内部終了タイマ、最大14.4Vのフロート電圧を抵抗で設定可能、3mm×3mm DFN12 または MSOP-12パッケージ
LT3970	静止電流2.5µA、40V、350mA降圧レギュレータ	昇圧ダイオードおよびキャッチ・ダイオードを内蔵、入力動作範囲: 4.2V~40V
LT3971	静止電流が2.8µAの38V、1.2A、2MHz降圧レギュレータ	入力動作範囲: 4.3V~38V、低リップルBurst Mode動作
LT3991	静止電流2.8µAの55V、1.2A、2MHz降圧レギュレータ	入力動作範囲: 4.3V~55V、低リップルBurst Mode動作
LTC4070	リチウムイオン/リチウムポリマー・バッテリー向けのシャント・バッテリー・チャージャ・システム	消費電流: 450nA、1%のフロート電圧精度、シャント電流: 50mA、4.0V, 4.1V, 4.2V
LTC4071	ローバッテリー切断機能付きリチウムイオン/ポリマー・バッテリー向けシャント・バッテリー・チャージャ・システム	消費電流: 550nA、1%のフロート電圧精度、ローバッテリー切断機能: <10nA, 4V/4.1V/4.2V, 8ピン 2mm×3mm DFN および MSOP パッケージ
LTC3330	環境発電 (エナジーハーベスト) バッテリー寿命延長回路を内蔵したナノパワー昇降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~20V, BAT: 1.8V~5.5V, I _Q = 750nA, 5mm×5mm QFN-32パッケージ
LTC3331	環境発電 (エナジーハーベスト) バッテリー・チャージャを内蔵したナノパワー昇降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~20V, BAT: 最大4.2V、シャント・チャージャ、バッテリー電圧低下時の切断機能、I _Q = 950nA, 5mm×5mm QFN-32パッケージ

35882fb