

特長

- 20mV入力で動作
- 完全な環境発電(エナジーハーベスト) パワーマネージメント・システム
 - 選択可能なV_{OUT}: 2.35V、3.3V、4.1V、5V
 - LDO: 2.2V/3mA
 - ロジック制御の出力
 - 蓄積エネルギー出力
- パワーグッド・インジケータ
- 小型昇圧トランスを使用
- 小型12ピン(3mm×4mm)DFNまたは16ピンSSOPパッケージ

アプリケーション

- リモート・センサおよび無線電源
- 余剰熱エネルギーのハーベスティング
- HVACシステム
- 産業用ワイヤレスセンシング
- 自動計量
- ビルオートメーション
- 予知保全

LT、LT、LTC、LTM、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。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。

概要

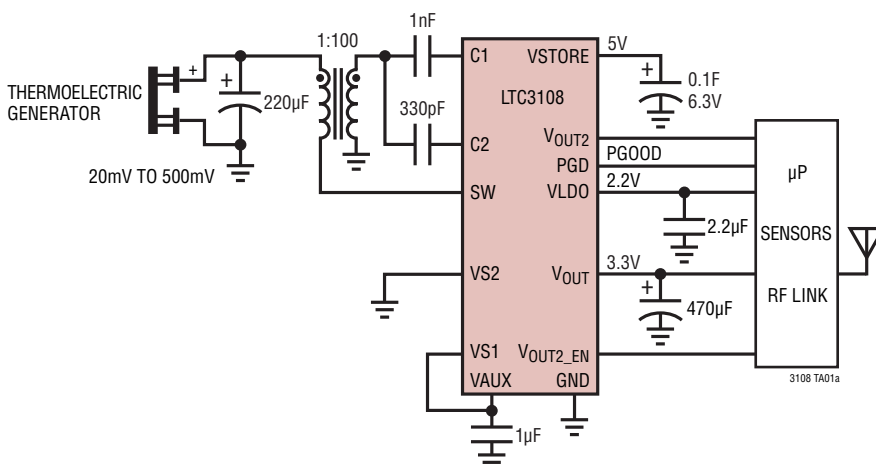
LTC[®]3108はTEG(熱電発電機)、サーモパイル、小型太陽電池などの超低入力電圧源から余剰エネルギーを取り込んで管理するのに最適な高集積DC/DCコンバータです。この昇圧トポロジーはわずか20mVの低入力電圧で動作します。LTC3108は独自の固定出力電圧を選択可能であることを除けば、LTC3108-1と機能的に同等です。

LTC3108は小型の昇圧トランスを使用して、ワイヤレスセンシングおよびデータ収集向けに完全なパワーマネージメント・ソリューションを提供します。内蔵の2.2V LDOは外部のマイクロプロセッサに電力を供給し、メイン出力は4つの固定電圧の1つに設定してワイヤレス・トランスミッタやセンサに電力を供給することができます。パワーグッド・インジケータは、メイン出力電圧が安定化していることを知らせます。もう1つの出力はホストによってイネーブルされます。入力電圧源を利用できない場合は、蓄電コンデンサが電力を供給します。消費電流が極めて少なく、高効率で動作するように設計されているので、可能な限り高速で出力蓄電コンデンサを充電することができます。

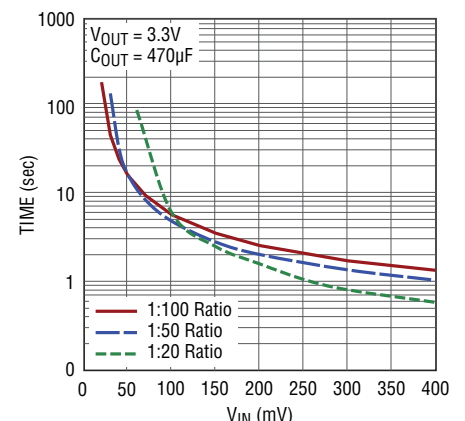
LTC3108は、熱特性が改善された小型の12ピン(3mm×4mm)DFNパッケージまたは16ピンSSOPパッケージで供給されます。

標準的応用例

ペルチェセルから電力供給されるワイヤレス・リモート・センサ・アプリケーション



V_{OUT}充電時間



3108 TA01b

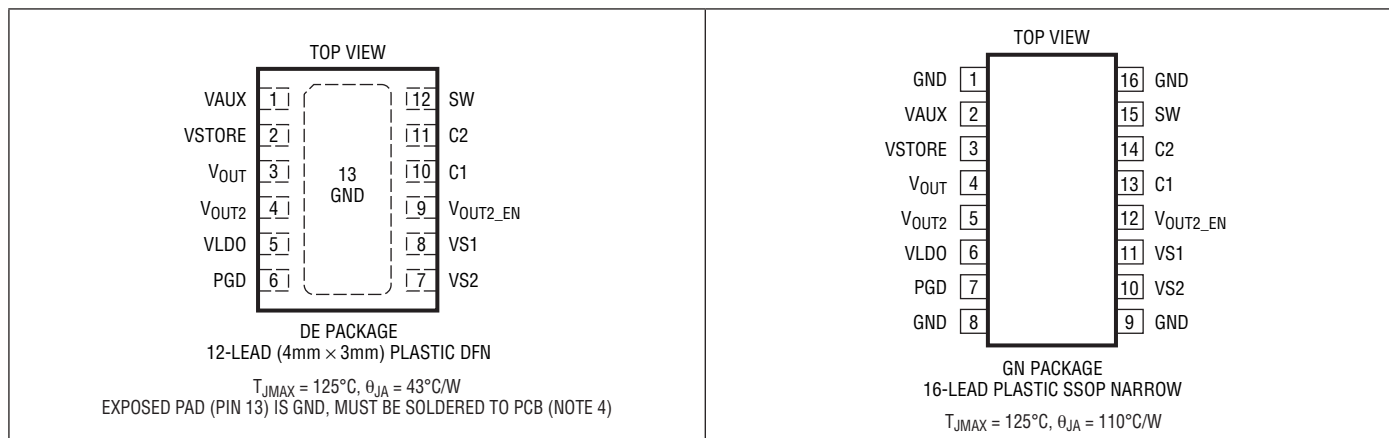
3108fc

LTC3108

絶対最大定格 (Note 1)

SWの電圧	-0.3V~2V	VS1、VS2、VAUX、V _{OUT} 、PGD	-0.3V~6V
C1の電圧	-0.3V~6V	VLDO、VSTORE	-0.3V~6V
C2の電圧 (Note 5)	-8V~8V	動作接合部温度範囲	
V _{OUT2} 、V _{OUT2_EN}	-0.3V~6V	(Note 2)	-40°C~125°C
VAUX	VAUXへ15mA	保存温度範囲	-65°C~125°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC3108EDE#PBF	LTC3108EDE#TRPBF	3108	12-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3108IDE#PBF	LTC3108IDE#TRPBF	3108	12-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC3108EGN#PBF	LTC3108EGN#TRPBF	3108	16-Lead Plastic SSOP	-40°C to 125°C
LTC3108IGN#PBF	LTC3108IGN#TRPBF	3108	16-Lead Plastic SSOP	-40°C to 125°C

他の固定出力電圧または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。

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、VAUX = 5V。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Start-Up Voltage	Using 1:100 Transformer Turns Ratio, VAUX = 0V		20	50	mV
No-Load Input Current	Using 1:100 Transformer Turns Ratio; $V_{IN} = 20\text{mV}$, $V_{OUT2_EN} = 0\text{V}$; All Outputs Charged and in Regulation		3		mA
Input Voltage Range	Using 1:100 Transformer Turns Ratio	● $V_{STARTUP}$		500	mV

3108fc

電气的特性

●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、 $V_{AUX} = 5V$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	VS1 = VS2 = GND	●	2.30	2.350	2.40	V
	VS1 = VAUX, VS2 = GND	●	3.234	3.300	3.366	V
	VS1 = GND, VS2 = VAUX	●	4.018	4.100	4.182	V
	VS1 = VS2 = VAUX	●	4.90	5.000	5.10	V
V_{OUT} Quiescent Current	$V_{OUT} = 3.3V$, $V_{OUT2_EN} = 0V$			0.2		μA
VAUX Quiescent Current	No Load, All Outputs Charged			6	9	μA
LDO Output Voltage	0.5mA Load	●	2.134	2.2	2.266	V
LDO Load Regulation	For 0mA to 2mA Load			0.5	1	%
LDO Line Regulation	For VAUX from 2.5V to 5V			0.05	0.2	%
LDO Dropout Voltage	$I_{LDO} = 2\text{mA}$	●		100	200	mV
LDO Current Limit	$V_{LDO} = 0V$	●	4	11		mA
V_{OUT} Current Limit	$V_{OUT} = 0V$	●	2.8	4.5	7	mA
VSTORE Current Limit	VSTORE = 0V	●	2.8	4.5	7	mA
VAUX Clamp Voltage	Current into VAUX = 5mA	●	5	5.25	5.55	V
VSTORE Leakage Current	VSTORE = 5V			0.1	0.3	μA
V_{OUT2} Leakage Current	$V_{OUT2} = 0V$, $V_{OUT2_EN} = 0V$			0.1		μA
VS1, VS2 Threshold Voltage		●	0.4	0.85	1.2	V
VS1, VS2 Input Current	VS1 = VS2 = 5V			0.01	0.1	μA
PGOOD Threshold (Rising)	Measured Relative to the V_{OUT} Voltage			-7.5		%
PGOOD Threshold (Falling)	Measured Relative to the V_{OUT} Voltage			-9		%
PGOOD V_{OL}	Sink Current = 100 μA			0.15	0.3	V
PGOOD V_{OH}	Source Current = 0		2.1	2.2	2.3	V
PGOOD Pull-Up Resistance				1		M Ω
V_{OUT2_EN} Threshold Voltage	V_{OUT2_EN} Rising	●	0.4	1	1.3	V
V_{OUT2_EN} Pull-Down Resistance				5		M Ω
V_{OUT2} Turn-On Time				5		μs
V_{OUT2} Turn-Off Time	(Note 3)			0.15		μs
V_{OUT2} Current Limit	$V_{OUT} = 3.3V$	●	0.15	0.3	0.45	A
V_{OUT2} Current Limit Response Time	(Note 3)			350		ns
V_{OUT2} P-Channel MOSFET On-Resistance	$V_{OUT} = 3.3V$ (Note 3)			1.3		Ω
N-Channel MOSFET On-Resistance	$C2 = 5V$ (Note 3)			0.5		Ω

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の損傷を与える可能性がある。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、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: LTC3108は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件下でテストされる。LTC3108Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度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。LTC3108I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。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。接合部温度 T_J は、周囲温度 T_A および電力損失 P_D から次式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})^\circ\text{C}/\text{W}$$

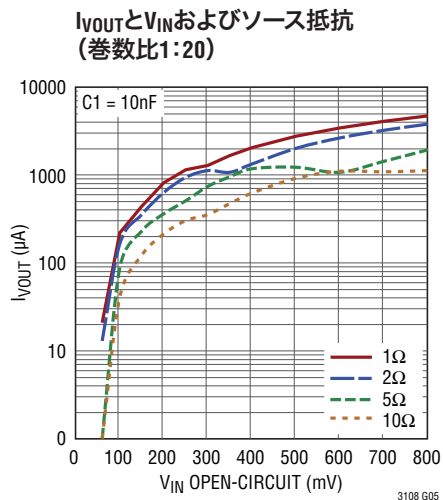
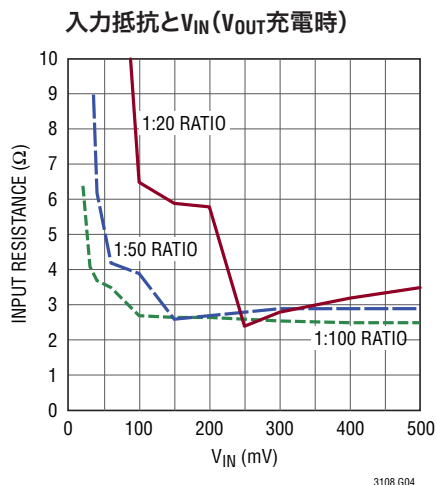
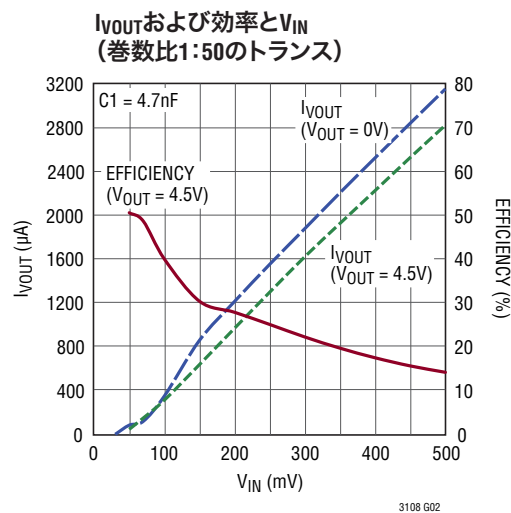
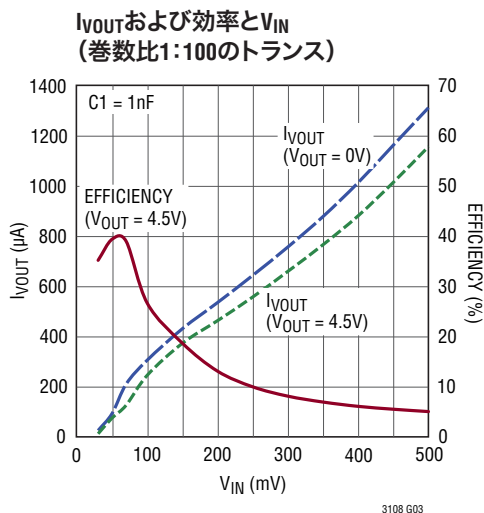
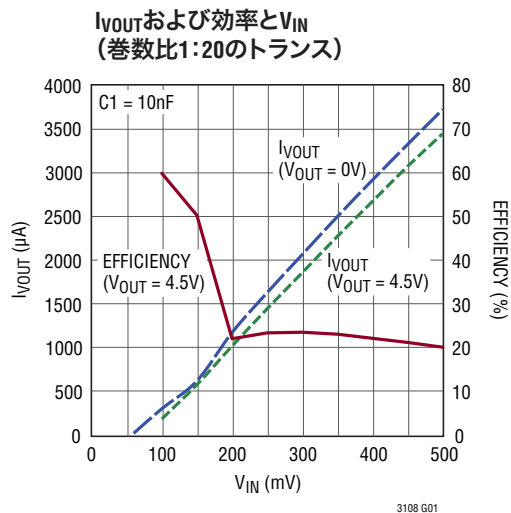
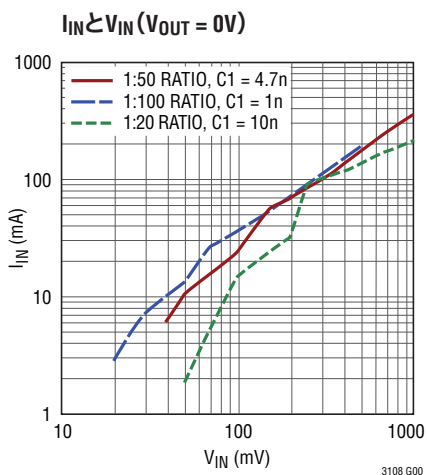
ここで θ_{JA} はパッケージの熱抵抗。

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行われない。

Note 4: パッケージの露出した裏面にPCボードに半田付けしないと、熱抵抗が $43^\circ\text{C}/\text{W}$ よりもはるかに大きくなる。

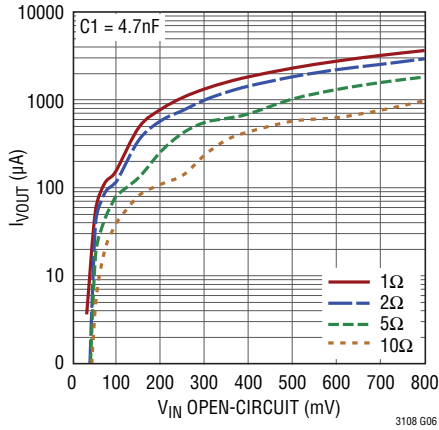
Note 5: 絶対最大定格はDC定格。アプリケーションに示されているような一定の条件下では、C2ピンのピークAC電圧は $\pm 8V$ を超える恐れがあるが、このピンに流れ込む電流はカップリング・コンデンサのインピーダンスにより制限されているため、このような振る舞いは正常であり、許容範囲内である。

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

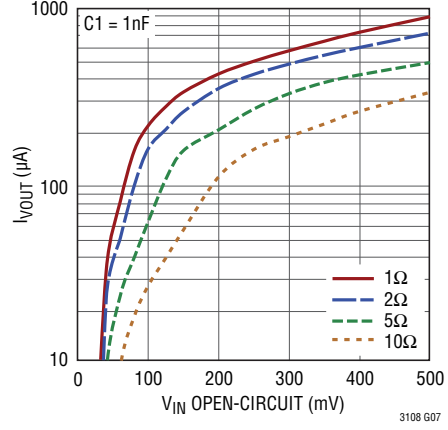


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

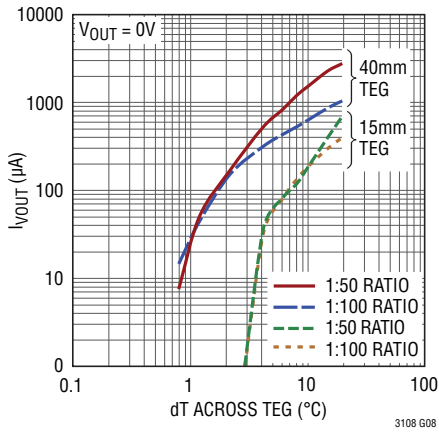
I_{VOUT} と V_{IN} およびソース抵抗
(巻数比1:50)



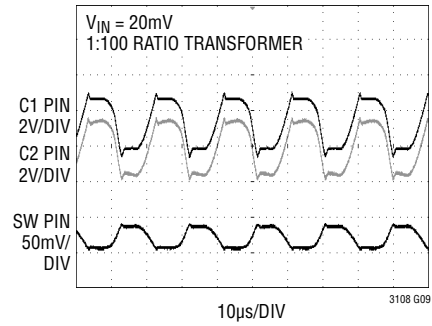
I_{VOUT} と V_{IN} およびソース抵抗
(巻数比1:100)



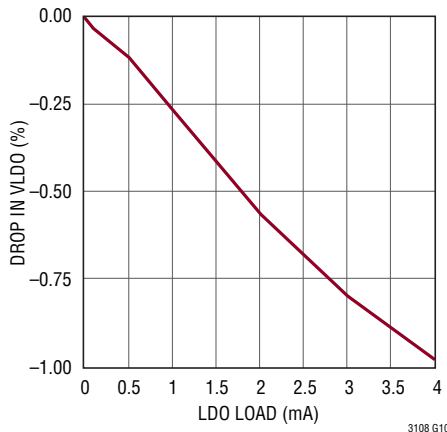
I_{VOUT} と dT およびTEGのサイズ
(巻数比1:100)



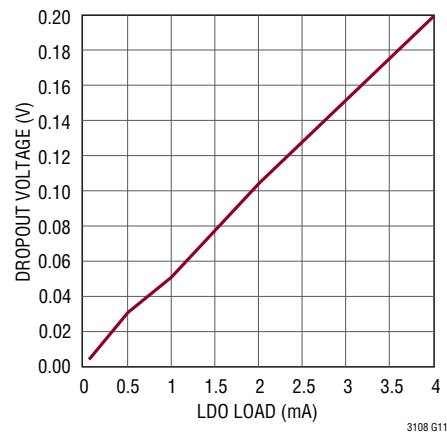
共振スイッチング波形



LDOのロード・レギュレーション

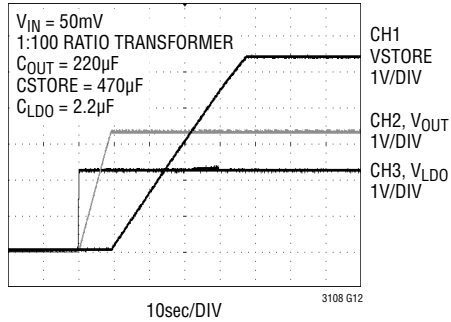


LDOの損失電圧

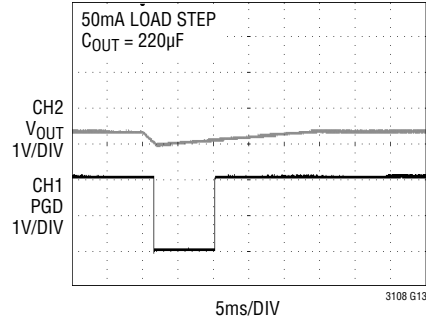


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

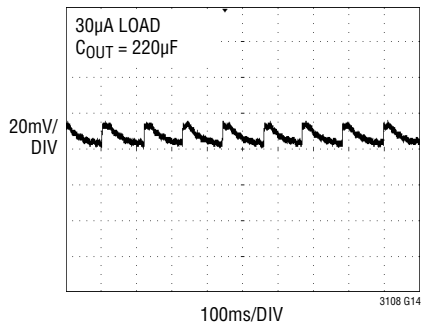
起動電圧シーケンス



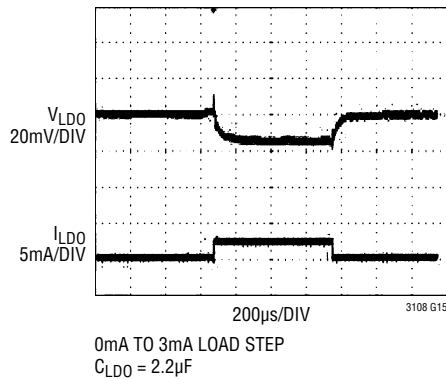
負荷ステップ時の V_{OUT} およびPGDの応答



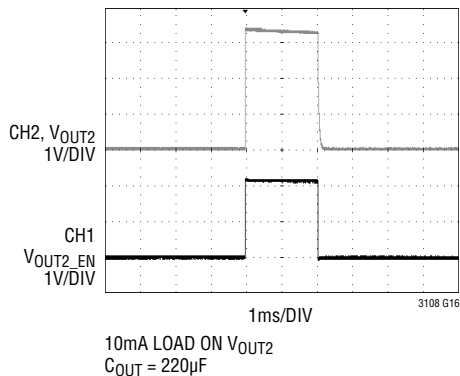
V_{OUT} リップル



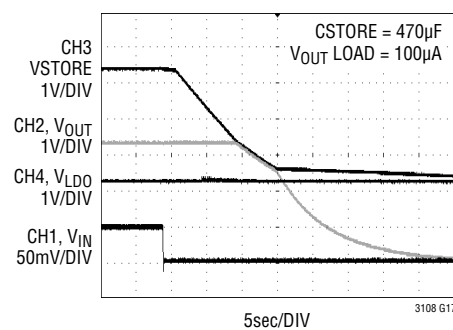
LDOの負荷ステップ応答



イネーブル入力および V_{OUT2}



蓄電コンデンサ使用時の動作



ピン機能 (DFN/SSOP)

VAUX (ピン1/ピン2): 内部整流回路の出力およびデバイスの V_{CC} 。少なくとも $1\mu\text{F}$ の容量で VAUX をバイパスしてください。アクティブ・シャント・レギュレータによって VAUX は 5.25V (標準) にクランプされます。

VSTORE (ピン2/ピン3): 蓄電コンデンサまたはバッテリー用の出力。入力電圧が失われたときにシステムに電力を供給するため、このピンから GND に大容量のコンデンサを接続することができます。このコンデンサは VAUX の最大クランプ電圧まで充電されます。使用しない場合、このピンはオープンのままにするか、または VAUX に接続します。

V_{OUT} (ピン3/ピン4): コンバータのメイン出力。このピンの電圧は VS1 と VS2 によって選択された電圧に安定化されます (表1を参照)。このピンは、エネルギー蓄積コンデンサまたは再充電可能なバッテリーに接続します。

V_{OUT2} (ピン4/ピン5): コンバータのスイッチ付き出力。このピンはスイッチされる負荷に接続します。この出力は、V_{OUT2_EN} が “H” にドライブされる結果として 1.3Ω の Pチャネル・スイッチを介して V_{OUT} に接続されるまで、オープン状態を保ちます。使用しない場合、このピンはオープンのままにするか、または V_{OUT} に接続します。この出力のピーク電流は標準で 0.3A に制限されています。

VLDO (ピン5/ピン6): 2.2V LDO の出力。このピンから GND に $2.2\mu\text{F}$ 以上のセラミック・コンデンサを接続します。使用しない場合、このピンは VAUX に接続します。

PGD (ピン6/ピン7): パワーグッド出力。V_{OUT} が設定値の 7.5% の範囲にある場合、PGD は $1\text{M}\Omega$ の抵抗を介して VLDO にプルアップされます。V_{OUT} が設定値を 9% 下回ると、PGD は “L” になります。このピンは最大 $100\mu\text{A}$ をシンクできます。

VS2 (ピン7/ピン10): V_{OUT} 選択ピン2。このピンをグランドまたは VAUX に接続して出力電圧を設定します (表1を参照)。

VS1 (ピン8/ピン11): V_{OUT} 選択ピン1。このピンをグランドまたは VAUX に接続して出力電圧を設定します (表1を参照)。

V_{OUT2_EN} (ピン9/ピン12): V_{OUT2} のイネーブル入力。このピンが “H” にドライブされると、V_{OUT2} がイネーブルされます。このピンは $5\text{M}\Omega$ のプルダウン抵抗を備えています。使用しない場合、このピンはオープンのままにするか、または接地することができます。

C1 (ピン10/ピン13): チャージポンプおよび整流回路の入力。このピンから昇圧トランスの2次巻線にコンデンサを接続します。

C2 (ピン11/ピン14): Nチャネル・ゲート・ドライブ回路の入力。このピンから昇圧トランスの2次巻線にコンデンサを接続します。

SW (ピン12/ピン15): 内部Nチャネル・スイッチのドレイン。このピンはトランスの1次巻線に接続します。

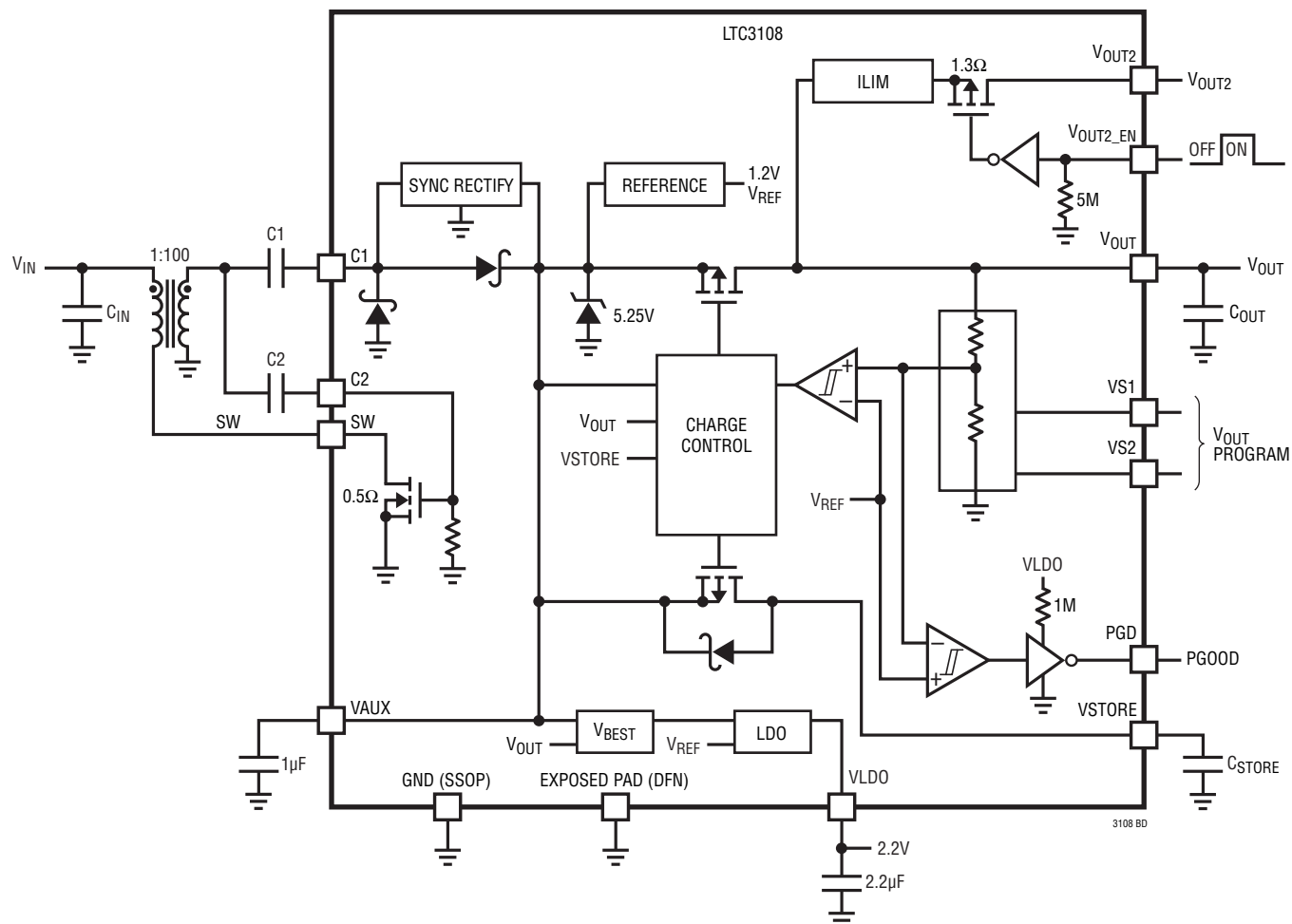
GND (ピン1、8、9、16) SSOPのみ: グランド。

GND (露出パッド・ピン13) DFNのみ: グランド。DFNの露出パッドはPCBのグランド・プレーンに半田付けする必要があります。露出パッドはグランド接続、およびダイからの放熱の役割を果たします。

表1. ピンVS1およびVS2を使用した安定化電圧

VS2	VS1	V _{OUT}
GND	GND	2.35V
GND	VAUX	3.3V
VAUX	GND	4.1V
VAUX	VAUX	5V

ブロック図



動作 (「ブロック図」を参照)

LTC3108は、小型の外付け昇圧トランスを使用して超低入力電圧の昇圧DC/DCコンバータおよびパワーマネージャを構成するように設計されています。このデバイスは、従来のバッテリー電力では不便または非実用的なために余剰エネルギーを捕集してシステム電力を発生する、低電力ワイヤレス・センサなどのアプリケーションに最適です。

LTC3108は、平均電力は非常に小さいものの、間欠的なパルス状の大きな負荷電流を必要とする可能性があるシステム

の、複数出力の充電と安定化を制御します。このようなシステムとしてワイヤレス・センサ・アプリケーションが代表的であり、回路が起動して測定とデータ送信を行う際の送信バーストを除き、大部分の時間は電力消費が極めて小さくなります。

また、LTC3108は、ペルチェセルまたは光起電力セルによる環境発電を利用した標準的なコンデンサ、スーパーキャパシタ、または再充電可能バッテリーのトリクル充電に使用することもできます。

動作

発振器

LTC3108はMOSFETスイッチを利用して、外付け昇圧トランスと小容量のカップリング・コンデンサを使用した共振昇圧発振器を構成します。これにより、デバイスは、わずか20mVの入力電圧を昇圧して、他の回路に電力を供給する複数の安定化出力を与えるのに十分な高い電圧にすることができます。発振周波数はトランスの2次巻線のインダクタンスによって決まり、通常、10kHz～100kHzの範囲です。入力電圧がわずか20mVなので、約1:100の1次対2次の巻数比を推奨します。高い入力電圧では、この比を小さくすることができます。トランスの選択の詳細については、「アプリケーション情報」を参照してください。

チャージポンプと整流器

トランスの2次巻線に生じるAC電圧は、(2次巻線からC1ピンに接続された)外付けチャージポンプ・コンデンサとLTC3108の内部整流器を使用して昇圧され、整流されます。整流回路はVAUXピンに電流を流し、VAUXの外付けコンデンサやその他の出力に電荷を供給します。

VAUX

LTC3108内のアクティブな回路はVAUXから電力を供給されるので、1 μ Fのコンデンサでバイパスします。1:50や1:20の巻数比を使用する場合には、もっと大きいコンデンサ値を推奨します(「標準的応用例」の例を参照)。VAUXがいったん2.5Vを超えると、メインのV_{OUT}が充電開始可能になります。

内部シャント・レギュレータが、VAUXの最大電圧を標準で5.25Vに制限します。コンバータが無負荷状態、または入力電源が負荷に必要な値より大きな電力を発生している場合、VAUXに流れる余分な電流をこのレギュレータがGNDにシャントします。

電圧リファレンス

LTC3108は、正確な安定化出力電圧を得るため、高精度、マイクロパワー・リファレンスを備えています。このリファレンスは、VAUXが2Vを超えると直ちにアクティブになります。

同期整流器

VAUXがいったん2Vを超えると、それぞれの内部ダイオードと並列接続された同期整流器が入力電圧を整流する役割を引き継ぐので、効率が向上します。

低損失リニア・レギュレータ(LDO)

LTC3108は低電流LDOを備えており、低電力プロセッサなどの低電力デバイスに電力を供給するための安定化された2.2V出力を供給します。このLDOは、VAUXまたはV_{OUT}の高い方から電力供給されます。これにより、V_{OUT}の蓄電コンデンサが充電中であっても、VAUXが2.3Vまで充電されると直ちにLDOをアクティブにすることができます。LDO出力の負荷にステップが生じたときにVAUXがV_{OUT}を下回ると、メインのV_{OUT}のコンデンサから電流が流れる可能性があります。LDOは、安定化するために2.2 μ Fのセラミック・コンデンサを必要とします。制限なく大きなコンデンサ値を使用することができますが、すべての出力を充電するのに要する時間が長くなります。LDO出力は、最小4mAに電流制限されています。

V_{OUT}

V_{OUT}のメイン出力電圧はVAUX電源から充電され、表2のとおり、電圧選択ピンVS1およびVS2を使用して4つの安定化された電圧の1つが設定されます。VS1とVS2のロジック・スレッシュホールド電圧は標準で0.85Vですが、これらをグランドまたはVAUXに接続することを推奨します。

表2. VS1ピンとVS2ピンを使用した安定化電圧

VS2	VS1	V _{OUT}
GND	GND	2.35V
GND	VAUX	3.3V
VAUX	GND	4.1V
VAUX	VAUX	5V

出力電圧が安定化された値をわずかに下回ると、VAUXが2.5Vより高い限り充電電流がイネーブルされます。V_{OUT}がいったん適正な値に達すると、充電電流はオフします。

プログラム可能な内部抵抗分割器によってV_{OUT}が設定されるので、基板のリーク電流の影響を受けやすい大きな値の外付け抵抗が不要になります。

動作

標準的なアプリケーションでは、 V_{OUT} に蓄電コンデンサ（通常、数百 μF ）を接続します。 V_{AUX} が2.5Vを超えると直ちに、 V_{OUT} のコンデンサの安定化電圧までの充電が可能になります。コンデンサの充電に利用できる電流は入力電圧とトランスの巻数比に依存しますが、標準で約4.5mAに制限されています。

PGOOD

パワーグッド・コンパレータが V_{OUT} 電圧をモニタします。PGDピンは、LDO電圧への弱いプルアップ（1M Ω ）を備えたオープンドレイン出力です。 V_{OUT} がいったん安定化電圧から7.5%以内の範囲まで充電されると、PGD出力は“H”になります。 V_{OUT} がその安定化電圧から9%以上低下すると、PGDは“L”になります。PGD出力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おり、LEDなどの高電流の負荷をドライブするためのものではありません。PGDを外外部でVLDOより高い電圧にプルアップすると、VLDOに小さな電流がソースされます。PGDは、他の回路とワイヤードOR構成にして“L”にすることができます。

V_{OUT2}

V_{OUT2} は、ホストが V_{OUT2_EN} ピンを使用してオン/オフすることが可能な出力です。 V_{OUT2} はイネーブルされると、1.3 Ω のPチャネルMOSFETスイッチを介して V_{OUT} に接続されます。ホスト・プロセッサによって制御されるこの出力は、低電力のスリープ機能やシャットダウン機能がないセンサやアンプなどの外部回路の電力供給に使用することができます。 V_{OUT2} を使って、これらの回路が電力を必要とするときだけ電力を供給することができます。

V_{OUT2} のデカップリング容量の値を最小限に抑えることによって V_{OUT2} のスイッチを高速でオン/オフし、バースト時間を短くできるので、ワイヤレス・センサ/トランスミッタなどの負荷がパルス状のアプリケーションのデューティ・サイクルを小さくすることができます。また、 V_{OUT2} のコンデンサを小さくすると、 V_{OUT2} がイネーブルされるたびにコンデンサの充電で消費されるエネルギーを最小限に抑えることができます。

V_{OUT2} には約5 μs のソフトスタート時間があり、コンデンサの充電電流を制限して、 V_{OUT2} がイネーブルされたときのメイン出力のグリッチを最小限に抑えます。また、 V_{OUT2} は、ピーク電流を標準で0.3Aに制限する電流制限回路も備えています。

V_{OUT2} のイネーブル入力には、100mVのヒステリシスをもつ標準1Vのスレッシュホールドがあるので、この入力はロジック互換です。（内部プルダウン抵抗を備えた） V_{OUT2_EN} が“L”のとき、 V_{OUT2} はオフになります。 V_{OUT2_EN} を“H”にドライブすると、 V_{OUT2} 出力をオンします。

V_{OUT2_EN} が“H”の間、 V_{OUT2} の電流制限回路には V_{OUT} から8 μA の消費電流が余分に流れることに注意してください。イネーブル時には、 V_{OUT2} 出力の負荷が8 μA より桁違いに大きくなる可能性が高いので、この余分な電流がアプリケーションとコンデンサの値に及ぼす影響は無視できません。

VSTORE

V_{OUT} がレギュレーション状態に達した後、VSTORE出力を使用して、大容量の蓄電コンデンサや再充電可能なバッテリーを充電することができます。 V_{OUT} がいったんレギュレーション状態に達すると、VSTORE出力は V_{AUX} 電圧まで充電可能になります。入力ソースが失われるか、または V_{OUT} 、 V_{OUT2} 、LDOの各出力に必要な電流を供給できない場合、VSTOREの蓄電素子を使用してシステムに電力を供給することができます。 V_{AUX} がVSTOREを下回ると、LTC3108は蓄電素子から自動的に電流を引き出します。利用できる入力エネルギーや V_{OUT} およびVLDOの負荷にもよりますが、大容量のコンデンサの充電には長い時間がかかることに注意してください。

VSTOREから流れる最大電流は数mAに制限されているので、入力電圧が失われた場合に、この電流を使用してエネルギー蓄積用の再充電可能なNiCdバッテリーやNiMHバッテリーを安全にトリクル充電することができます。VSTOREのコンデンサは V_{OUT} に大きなパルス電流を供給できないことに注意してください。 V_{OUT} のパルス負荷はすべて V_{OUT} のコンデンサで対応する必要があります。

短絡保護

LTC3108のすべての出力は電流制限されていて、グラウンドへの短絡から保護します。

出力電圧のシーケンス制御

標準的な出力の充電と電圧のシーケンス制御を表すタイミング図を図1に示します。注記：時間は実際とは異なる。

動作

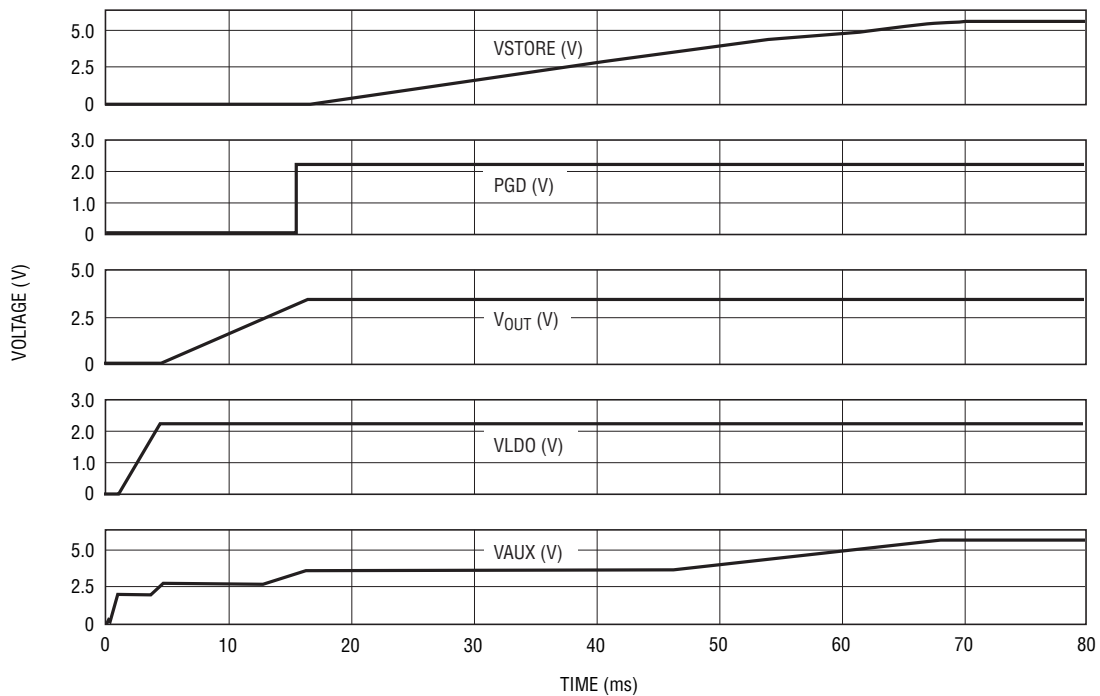


図1. V_{OUT} を3.3Vに設定した出力電圧のシーケンス制御(時間は実際とは異なる)

アプリケーション情報

はじめに

LTC3108は、非常に低い入力電圧源からエネルギーを捕集して、マイクロプロセッサ、ワイヤレス・トランスミッタ、アナログ・センサなど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。このようなアプリケーションは一般に、入力電圧源が生成可能な値よりはるかに大きなピーク電力や高い電圧を必要とします。LTC3108は、長時間にわたりエネルギーの蓄積と管理を行い、データの収集と送信用の短い電力バーストを実現するように設計されています。バースト時の全出力エネルギーがバースト間の捕集時間に蓄電された平均電源電力を超えないように、このバーストを十分低いデューティ・サイクルで発生させる必要があります。多くのアプリケーションの場合、このバースト間の時間は数秒、数分、または数時間になることがあります。

PGD信号を使用して、 V_{OUT} がレギュレーション状態に達したときにスリープ状態のマイクロプロセッサやその他の回路をイネーブルし、バーストに十分なエネルギーを使用可能なことを知らせることができます。

入力電圧源

LTC3108は、ペルチェセル、光起電力セル、サーモパイル・ジェネレータなど多くの低入力電圧源によって動作することができます。所定のアプリケーションで必要とする最小入力電圧は、トランスの巻数比、必要な負荷電力、および電圧源の内部DC抵抗(ESR)によって決まります。ESRが小さいほど低い入力電圧を使用することができ、大きな出力電力能力が得られます。

「標準的性能特性」の「 I_{IN} と V_{IN} 」の曲線を参照して、所定の入力電圧を得るために電源からどのくらいの入力電流を必要とするかを確認してください。

トランスの特定の巻数比に対して、過度に高い2次側電圧とシャント・レギュレータの電力損失を回避するために推奨する最大入力電圧があります。最大入力電圧と巻数比の積を50より小さくすることを推奨します。

電源のESRおよび(数百mAに達する可能性がある)1次側ピーク・スイッチング電流による大きな電圧垂下とリップルを防ぐため、通常、入力電源の両端に低ESRのバルク・デカップリング・コンデンサが必要になることに注意してください。フィルタ・コンデンサと電圧源のESRによる時定数が、共振スイッチング周波数の周期よりも大幅に長くなるようにします。

ペルチェセル(熱電発電機)

ペルチェセル(別名、熱電冷却器)は、並行する2枚のセラミック・プレート間に挟まれた、多数の直列接続されたP-N接合で構成されています。ペルチェセルは、入力にDC電圧を印加することによって冷却器としてよく使用されますが、2枚のプレートの温度が異なる場合のゼーベック効果を利用することにより、DC出力電圧を発生させることができます。出力電圧の極性は、プレート間の温度差の方向によって決まります。出力電圧の大きさは、プレート間の温度差の大きさに比例します。このようにして使用する場合、ペルチェセルは熱電発電機(TEG)と呼ばれます。

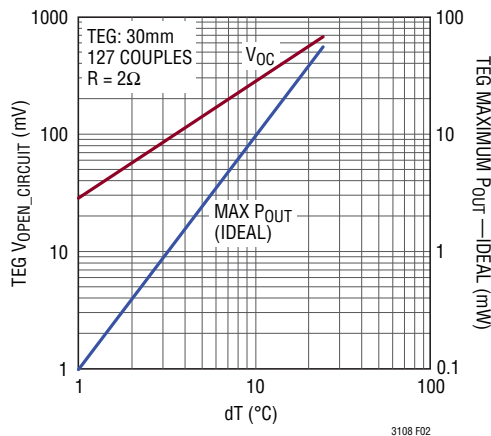


図2. 熱電発電機として動作するペルチェセルの標準特性

アプリケーション情報

LTC3108は低電圧が可能な設計になっているので、最小1°Cの温度差のTEGで動作することが可能であり、2つの表面の間や表面と周囲温度の間に温度差が存在するアプリケーションのエネルギーを捕集するのに最適です。ほとんどのセルの内部抵抗(ESR)は1Ω~5Ωの範囲なので、適正な電力転送が可能です。温度差が20°Cの範囲の標準的な(ESRが2Ωの)ペルチェセルの開放出力電圧と最大転送電力を図2の曲線に示します。

TEG負荷の整合

LTC3108は、「標準的性能特性」の曲線に示すような、入力電圧とトランスの巻数比によって決まる2Ω~10Ωの範囲の最小入力抵抗(負荷)を与えるように設計されています。所定の巻数比では、入力電圧が低下するに従って入力抵抗が増加します。LTC3108にはこの特性があるので、標準的なTEGなどのソース抵抗が数Ωの電源からの電力転送を最適化することができます。ソース抵抗が小さいほど、負荷がかけられている状態で入力電圧が高くなるので、常に大きな出力電流能力が与えられることに注意してください。

ペルチェセル(TEG)電源

ペルチェセルには、10mm平方より小さなものから50mm平方より大きなものまでの広範囲の寸法と電力能力のものがあります。高さは通常、2mm~5mmです。ペルチェセルのメーカーのリストを表3に示します。

表3. ペルチェセルのメーカー

CUI, Inc. www.cui.com (Distributor)
Fujitaka www.fujitaka.com/pub/peltier/english/thermoelectric_power.html
Ferrotec www.ferrotec.com/products/thermal/modules
Kryotherm www.kryothermusa.com
Laird Technologies www.lairdtech.com
Marlow Industries www.marlow.com
Micropelt www.micropelt.com
Nextreme www.nextreme.com
TE Technology www.tetech.com/Peltier-Thermoelectric-Cooler-Modules.html
Tellurex www.tellurex.com

表4. 推奨するTEGの寸法別の製品番号

メーカー	15mm × 15mm	20mm × 20mm	30mm × 30mm	40mm × 40mm
CUI Inc. (Distributor)	CP60133	CP60233	CP60333	CP85438
Ferrotec	9501/031/030 B	9501/071/040 B	9500/097/090 B	9500/127/100 B
Fujitaka	FPH13106NC	FPH17106NC	FPH17108AC	FPH112708AC
Kryotherm			TGM-127-1.0-0.8	LCB-127-1.4-1.15
Laird Technology			PT6.7.F2.3030.W6	PT8.12.F2.4040.TA.W6
Marlow Industries		RC3-8-01	RC6-6-01	RC12-8-01LS
Tellurex	C2-15-0405	C2-20-0409	C2-30-1505	C2-40-1509
TE Technology	TE-31-1.0-1.3	TE-31-1.4-1.15	TE-71-1.4-1.15	TE-127-1.4-1.05

アプリケーション情報

サーモパイル・ジェネレータ

サーモパイル・ジェネレータ(別名、パワーパイル・ジェネレータ)は、金属チューブ内に密封された多数の直列接続された熱電対で構成されています。このデバイスは通常、ガスバーナーのアプリケーションで使用され、高温の炎に曝されたときに数百mVのDC出力を発生します。標準的な例として、HoneywellのCQ200とQ313が挙げられます。これらのデバイスは内部直列抵抗が3Ωより小さく、最大定格温度で750mVほどの開放電圧を発生させることができます。ソリッドステートの熱電デバイスには温度上昇が大きすぎるアプリケーションの場合、サーモパイルをLTC3108に電力を供給するエネルギー源として使用することができます。サーモパイル・ジェネレータでは高い出力電圧が可能なので、アプリケーションにもよりますが、通常、1:20の低い巻数比のトランスを使用することができます。

光起電力セル

LTC3108コンバータは、他の低入力電圧の昇圧コンバータを動作させるには低すぎる照度で、1個の光起電力セル(別名、PVセル、または太陽電池)によって動作することもできます。ただし、多くの変動要素がこれらのアプリケーションの性能に影響を及ぼします。照度は数桁の大きさに変動する可能性があり、照明の条件(照明の種類や室内対室外)に依存します。光の種類が異なる(太陽光、白熱光、蛍光)と色のスペクトルも異なり、使用される光起電力セルの種類(単結晶、多結晶、または薄膜)に応じて生成される出力電力レベルが異なります。したがって、光起電力セルは得られる光の種類と量に応じて選択する必要があります。LTC3108コンバータに電力を供給するためには、セルからの短絡出力電流は少なくとも数mAが必要なことに注意してください。

非昇圧アプリケーション

LTC3108は、昇圧が不要な入力電源用の環境発電機やパワーマネージャとして使用することもできます。これらのアプリケーションでは昇圧トランスを省くことが可能です。

ピーク電圧が2.5V ACまたは5V DCを超えるすべての電源を、電流制限抵抗を介してC1入力に接続することが可能であり、ここで整流/ピーク検出が行われます。これらのアプリケーションでは、C2ピンとSWピンは使用しないので、接地するか、またはオープンのままにすることができます。

このような入力電源の例は、圧電トランスジューサ、振動エネルギーハーベスタ、低電流発電機、低電流太陽電池のスタック、60Hz AC入力などです。

少なくとも100Ω/Vの直列抵抗を使用して、VAUXのシャントレギュレータに流れる最大電流を制限します。

部品の選択

昇圧トランス

昇圧トランスの巻数比により、コンバータが起動する入力電圧をどこまで低くできるかが決まります。1:100の比を使用すると、わずか20mVの起動電圧が実現可能です。性能に影響するその他の要素は、トランスの巻線のDC抵抗と巻線のインダクタンスです。DC抵抗が大きくなると効率が低下します。2次巻線のインダクタンスにより、発振器の共振周波数が次式に従って決まります。

$$\text{周波数} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L(\text{sec}) \cdot C}} \text{ Hz}$$

ここで、Lはトランスの2次巻線のインダクタンス、Cは2次巻線の負荷容量です。この容量は、トランスの2次巻線のシャント容量と、それに並列接続されたピンC2の入力容量(標準で30pF)から成ります。推奨する共振周波数は10kHz~100kHzの範囲です。推奨するトランスについては表5を参照してください。

表5. 推奨するトランス

メーカー	製品番号
Coilcraft www.coilcraft.com	LPR6235-752SML (1:100 Ratio) LPR6235-253PML (1:20 Ratio) LPR6235-123QML (1:50 Ratio)
Würth www.we-online	74488540070 (1:100 Ratio) 74488540120 (1:50 Ratio) 74488540250 (1:20 Ratio)

アプリケーション情報

C1のコンデンサ

トランスの2次巻線からC1ピンに接続されたチャージポンプ・コンデンサは、コンバータの入力抵抗と最大出力電流能力に影響を与えます。通常、1:100の巻数比のトランスを使用して非常に低い入力電圧で動作する場合、1nFの最小値を推奨します。コンデンサの値が大きすぎると、低入力電圧または高抵抗の電源で動作する場合に性能が低下する可能性があります。入力電圧が高い場合と巻数比が低い場合には、C1のコンデンサの値を大きくして出力電流能力を向上させることができます。所定の巻数比での推奨値については「標準的応用例」の回路例を参照してください。

間欠発振

LTC3108の共振発振器などのトランス結合発振器を含む特定の種類の発振器は、間欠発振と呼ばれる現象を生じることがあります。間欠発振とは、発振時間より大幅に長い時間発振が阻止されるかまたは停止した結果、バースト状に発振する状態のことをいいます。この1つの例は、間欠発振してバースト状の発振を生じるように設計されたブロッキング発振器です。間欠発振はRF発振器や再生受信機でも使用されています。

LTC3108の場合、C2のゲート・カップリング・コンデンサに電荷が蓄積されて、DCバイアス・ポイントがずれて一定時間発振が停止し、その後コンデンサの電荷が徐々に減少して発振を再開できるようになる場合、間欠発振が生じることがあります。所定のアプリケーションで間欠発振が生じる時期と条件を予測するのは困難です。間欠発振は有害ではありませんが、LTC3108の平均出力電流能力を低下させます。

間欠発振は、C2ピンのカップリング・コンデンサと並列にブリーダ抵抗を接続することによって容易に防ぐことができます。性能に悪影響を与えることなく間欠発振を防止するには、100k~1MΩの範囲の抵抗値で十分です。ほとんどのアプリケーションではC2に330pFのコンデンサを使用しており、499kのブリーダ抵抗を推奨します。例として「標準的応用例」の回路図を参照してください。

外付けチャージポンプ整流器の使用

LTC3108内部の(C1ピンに接続されている)同期チャージポンプ整流器は、1:100~1:50の標準的なトランス昇圧比と10nF未満の標準的なC1チャージポンプ・コンデンサ値を使用して、非常に低い入力電圧源で動作するように最適化されています。

高入力電圧源(通常、負荷がかけられた状態で250mV以上)での動作では、低いトランス昇圧比(1:20や1:10など)と大きなC1コンデンサ値を使用して、LTC3108からの高い出力電流能力を確保できます。ただし、この結果、これらのアプリケーションの整流器の電流と共振発振器の周波数が増加するので、性能を最適化するために外付けのチャージポンプ整流器を使用することを推奨します。

昇圧比が1:20以下でC1のコンデンサが10nF以上のアプリケーションでは、C1ピンを接地して2個の外付け整流器(1N4148ダイオードや1N914ダイオードなど)を使用します。これらは単一パッケージのデュアル・ダイオードとして市販されています。ショットキー整流器は順方向電圧が低下すると最小起動電圧が上昇するので、使用しないでください。例として「標準的応用例」の回路図を参照してください。

V_{OUT}およびV_{STORE}のコンデンサ

パルス負荷のアプリケーションでは、V_{OUT}のコンデンサを、負荷のパルスがオンになったときに必要な電流を供給できる大きさにします。必要なコンデンサの値は、負荷電流、負荷パルスの持続時間、回路が許容できる電圧垂下の大きさによって決まります。コンデンサは、VS1とVS2によって選択されているV_{OUT}の電圧に対して定格が規定されている必要があります。

$$C_{OUT}(\mu\text{F}) \geq \frac{I_{LOAD}(\text{mA}) \cdot t_{PULSE}(\text{ms})}{\Delta V_{OUT}(\text{V})}$$

V_{OUT}が負荷パルスと負荷パルス間にコンデンサを再充電するためには、入力電圧源から十分なエネルギーが与えられなければならないことに注意してください(次の例で説明します)。負荷パルスのデューティ・サイクルを小さくすると、小さな入力エネルギーでの動作が可能になります。

アプリケーション情報

VSTOREのコンデンサを非常に大きな値(数千 μ F、場合によっては数F)にして、入力電力が失われた場合でも電圧を保持することができます。このコンデンサは(V_{OUT} の設定に関係なく)5.25Vまで充電可能なので、ホールドアップ・コンデンサの動作電圧定格が使用温度で少なくとも5.5Vになるように注意してください。VSTOREのコンデンサの値は次式を使用して求めることができます。

$$C_{STORE} \geq \frac{[6\mu A + I_Q + I_{LDO} + (I_{BURST} \cdot t \cdot f)] \cdot T_{STORE}}{5.25 - V_{OUT}}$$

ここで、6 μ AはLTC3108の消費電流、 I_Q はバースト間の V_{OUT} の負荷、 I_{LDO} はバースト間のLDOの負荷、 I_{BURST} はバースト時の全負荷、 t はバーストの継続時間、 f はバーストの周波数、 T_{STORE} は必要な蓄積時間、そして V_{OUT} は必要な出力電圧です。出力電圧が5Vに設定された場合、VSTOREのコンデンサは有効な蓄積時間を与えられないことに注意してください。

損失とコンデンサの充電時間を最小限に抑えるには、 V_{OUT} とVSTOREに使用するすべてのコンデンサを低リークのものにします。推奨する蓄電コンデンサについては表6を参照してください。

表6. 推奨する蓄電コンデンサのメーカー

メーカー	製品番号/シリーズ
AVX www.avx.com	BestCap Series TAJ and TPS Series Tantalum
Cap-XX www.cap-xx.com	GZ Series
Cooper/Bussmann www.bussmann.com/3/PowerStor.html	KR Series P Series
Vishay/Sprague www.vishay.com/capacitors	Tantamount 592D 595D Tantalum 150CRZ/153CRV Aluminum 013 RLC (Low Leakage)

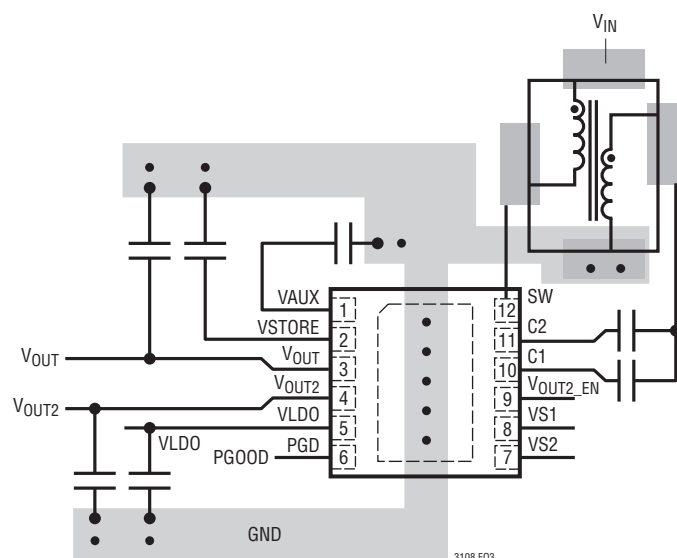
電圧バランスを必要とする蓄電コンデンサは、バランス抵抗に電流が流れるので推奨しません。

PCBレイアウトのガイドライン

共振コンバータのスイッチング周波数がやや低く、消費する電力レベルが小さいので、PCBレイアウトは他の多くのDC/DCコンバータほど重要ではありません。ただし、多くの検討事項があります。

回路が非常に低い入力電圧で動作可能なので、 V_{IN} 、トランスの1次側、LTC3108のSWピンおよびGNDピンへの接続は、浮遊抵抗による電圧降下を最小限に抑えて最大500mAの電流を流せるように設計する必要があります。1次巻線の導通経路に少しでも電圧降下が生じると、効率が低下してコンデンサの充電時間が長くなります。

LTC3108の出力に与えられる充電電流は少ないので、出力電圧ピンのすべてのリーク電流源を最小限に抑える必要があります。基板レイアウトの例を図3に示します。



● グランド・プレーンへのビア

図3. 2層PC基板の部品配置の例 (DFNパッケージ)

設計例1

この設計例では、ワイヤレス・センサ/トランスミッタなどのパルス負荷のアプリケーションの V_{OUT} に必要な蓄電コンデンサの値を計算する方法を説明します。これらのタイプのアプリケーションでは、大部分の時間(回路が低電力のスリープ状態の間)負荷は非常に小さく、送信バースト時にバースト状の負荷電流が間欠的に生じます。送信バースト時には V_{OUT} の蓄電コンデンサが負荷をサポートし、バースト間のスリープ時間が長いので、LTC3108がコンデンサを再充電することができます。LTC3108の所定の出力電流で可能な負荷パルスの最大レートを計算する方法も説明します。

アプリケーション情報

この例では、 V_{OUT} を3.3Vに設定し、送信バースト時の最大許容電圧垂下を10%、つまり0.33Vに設定しています。バースト時に必要な総平均電流が40mAの場合、送信バーストの継続時間は1msになります。これらの要素が与えられると、 V_{OUT} に必要な最小容量は次のようになります。

$$C_{OUT}(\mu\text{F}) \geq \frac{40\text{mA} \cdot 1\text{ms}}{0.33\text{V}} = 121\mu\text{F}$$

この式は、コンデンサのESRが出力電圧の垂下に影響を与えることを無視していることに注意してください。ほとんどのセラミック・コンデンサや低ESRのタンタル・コンデンサの場合、これらの負荷電流での影響は無視できます。

この場合、 C_{OUT} には150 μF 以上の標準値を使用できます。 V_{OUT} 、 V_{OUT2} 、およびVLDOの出力に流れる電流はバースト時に V_{OUT} から供給する必要があるため、負荷電流はこれらの電流の合計であることに注意してください。VSTOREのホールドアップ・コンデンサはバースト間に再充電することができない可能性があるため、このコンデンサからの電流の寄与は考慮していません。また、LTC3108からの充電電流はバースト時の負荷電流の大きさに比べて無視できると想定しています。

負荷バーストの可能な最大レートを計算するには、使用される入力電圧源が与えられたら、どれくらいの充電電流がLTC3108の V_{OUT} ピンから得られるかを決定します。コンバータの効率には多くの要素が影響するので、この数値は経験的に見つけるのがベストです。また、スリープ状態(バースト間)での V_{OUT} の総負荷電流の大きさも決定します。これには、蓄電コンデンサのリーク電流などのすべての損失を含める必要があることに注意してください。

たとえば、LTC3108からの充電電流を50 μA 、コンデンサのリーク電流を含めたスリープ状態の V_{OUT} の電流の合計を17 μA と仮定します。さらに、 V_{OUT} のコンデンサに150 μF の値を使用します。この結果、最大送信レート(通常、送信バーストの継続時間は非常に短いので無視する)は次式で与えられます。

$$t = \frac{150\mu\text{F} \cdot 0.33\text{V}}{(50\mu\text{A} - 17\mu\text{A})} = 1.5\text{sec or } f_{\text{MAX}} = 0.666\text{Hz}$$

したがって、このアプリケーションの例では、回路が1.5秒ごとに1msのバーストを送信することができます。

スリープ電流が小さい限り、数秒(または数分または数時間)ごとにしか送信を必要としないシステムでは、必要な平均充電電流は非常に小さくなると判断できます。上記の例では、たとえ利用可能な充電電流が10 μA 、スリープ電流が5 μA とわずかだとしても、10秒ごとにバーストを送信することができます。

以下の式を使用して、LDOの出力コンデンサと V_{OUT} のコンデンサを最初に0Vから充電するのに要する時間を計算することができます。この場合も、LTC3108から得られる充電電流が分らなければなりません。この計算では、LDOの出力コンデンサを2.2 μF と仮定しています。

$$t_{\text{LDO}} = \frac{2.2\text{V} \cdot 2.2\mu\text{F}}{I_{\text{CHG}} - I_{\text{LDO}}}$$

利用可能な充電電流が50 μA でLDOの負荷(プロセッサがスリープ状態)が5 μA の場合、LDOがレギュレーションに達するのに要する時間は107msになります。

V_{OUT} が3.3Vに設定され、 V_{OUT} のコンデンサが150 μF に設定された場合、 V_{OUT} がレギュレーションに達するのに要する時間は次のようになります。

$$t_{\text{VOUT}} = \frac{3.3\text{V} \cdot 150\mu\text{F}}{I_{\text{CHG}} - I_{\text{VOUT}} - I_{\text{LDO}}} + t_{\text{LDO}}$$

利用可能な充電電流が50 μA で V_{OUT} の負荷が5 μA の場合に、最初に電源が印加されてから V_{OUT} がレギュレーションに達するまでの時間は12.5秒になります。

設計例2

多くのパルス負荷のアプリケーションでは、負荷電流バーストの継続時間、大きさ、および周波数は既知で一定の値です。これらの場合、LTC3108が平均負荷をサポートするのに必要な平均充電電流を計算する必要があり、次式によって容易に算出できます。

$$I_{\text{CHG}} \geq I_Q + \frac{I_{\text{BURST}} \cdot t}{T}$$

ここで、 I_Q はバースト間に外部回路が必要とする V_{OUT} のスリープ電流(コンデンサのリーク電流を含む)、 I_{BURST} はバースト時の総負荷電流、 t はバーストの継続時間、そして T は送信バースト・レートを表す時間(基本的にバースト間の時間)です。

LTC3108

アプリケーション情報

この例では、 $I_Q = 5\mu\text{A}$ 、 $I_{BURST} = 100\text{mA}$ 、 $t = 5\text{ms}$ 、そして $T = 1$ 時間になります。LTC3108からの必要な平均充電電流は次のようになります。

$$I_{CHG} \geq 5\mu\text{A} + \frac{100\text{mA} \cdot 0.005\text{sec}}{3600\text{sec}} = 5.14\mu\text{A}$$

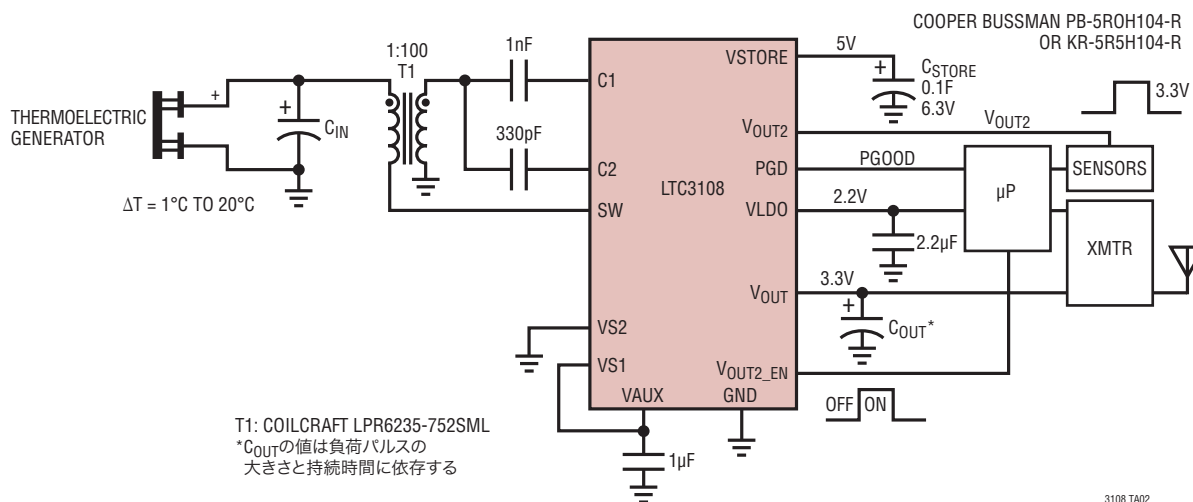
したがって、LTC3108の入力電圧が $5.14\mu\text{A}$ より大きな充電電流を供給可能な値の場合、アプリケーションは1時間ごとに5ms継続する100mAのバーストに対応することができます。送信のデューティ・サイクルが非常に小さい(0.00014%)ので、

$5\mu\text{A}$ のスリープ電流は支配的要素といえます。3.3Vの V_{OUT} では、このアプリケーションが必要とする平均電力がわずか $17\mu\text{W}$ (コンバータの損失を除く)であることに注目してください。

また、バースト時の負荷電流が充電電流よりもはるかに大きいと仮定した場合に、LTC3108から得られる充電電流が V_{OUT} のコンデンサの値に影響しないこと、そして V_{OUT} のコンデンサが最大許容バースト・レートに影響しないことにも注目してください。

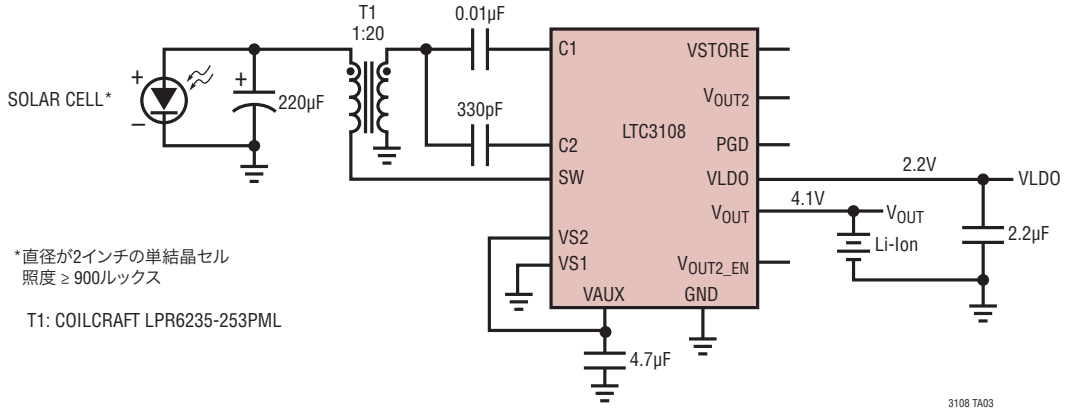
標準的応用例

リモートセンサ・アプリケーション用のペルチェセルによる環境発電機

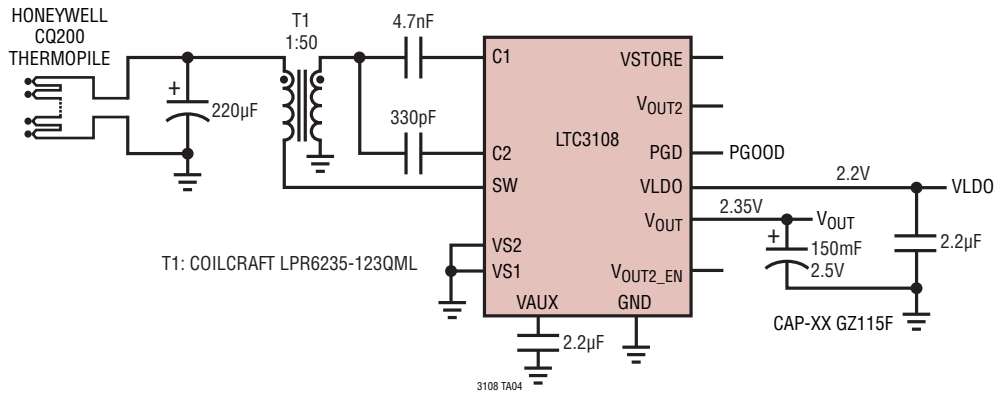


標準的応用例

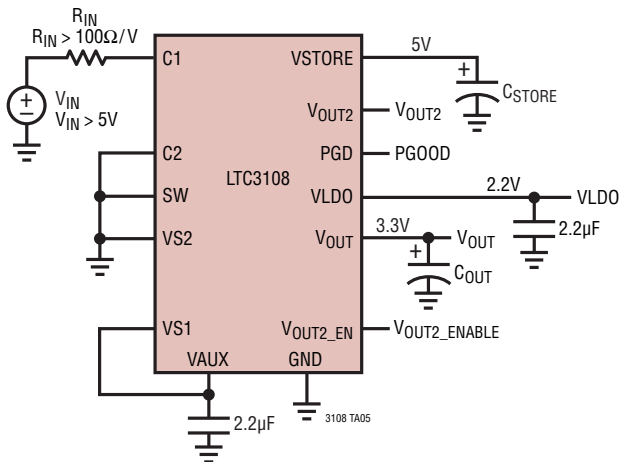
太陽電池から電力供給されるリチウムイオン・バッテリー・チャージャおよびLDO



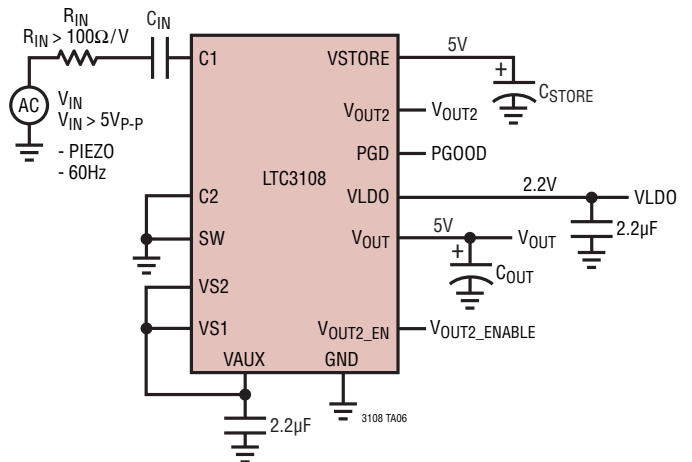
サーモパイル・ジェネレータから電力供給されるスーパーキャパシタ・チャージャおよびLDO



DC入力の環境発電機およびパワーマネージャ



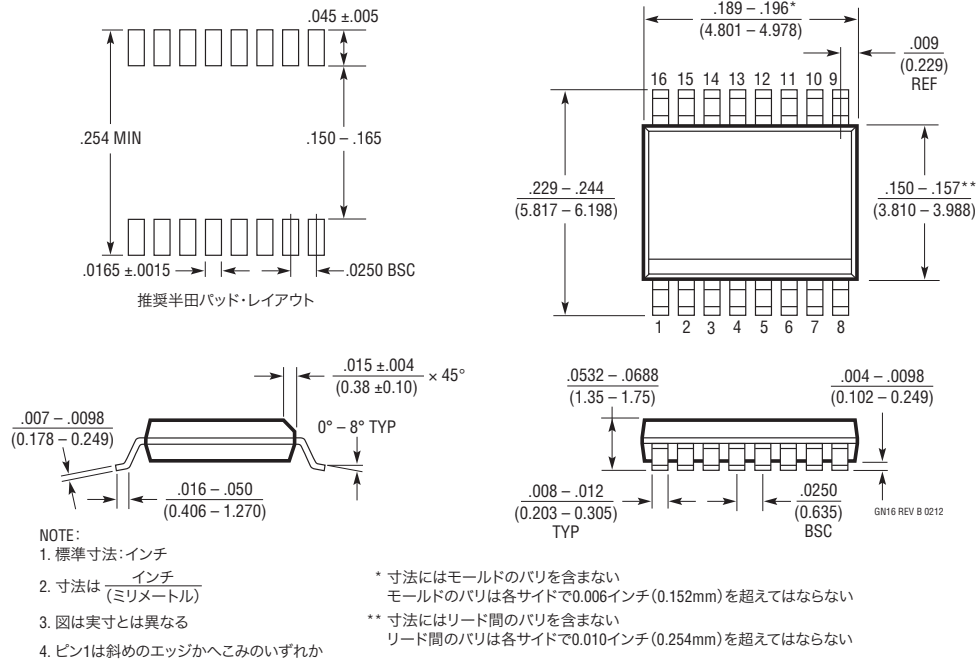
AC入力の環境発電機およびパワーマネージャ



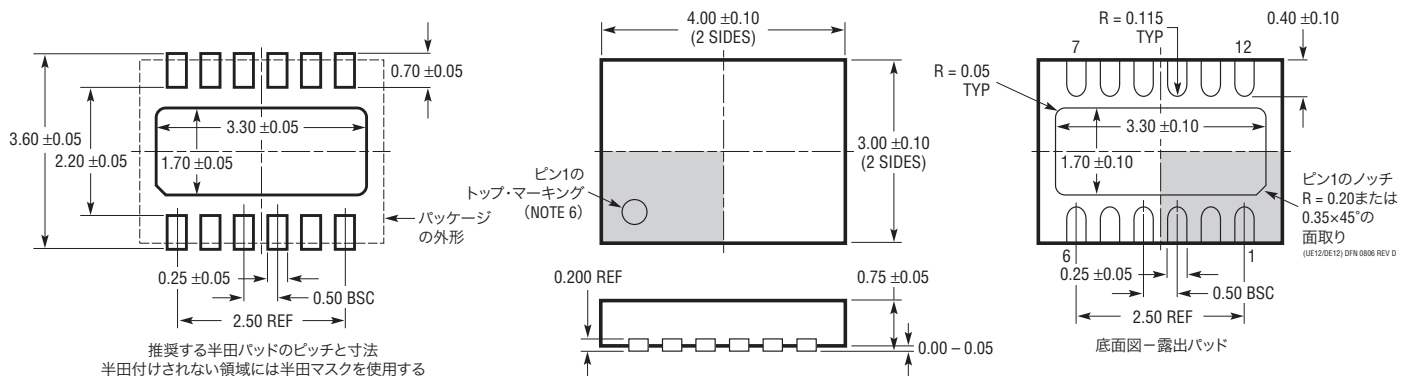
パッケージ

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。

GN Package 16-Lead Plastic SSOP (Narrow .150 Inch) (Reference LTC DWG # 05-08-1641 Rev B)



DE/UE Package 12-Lead Plastic DFN (4mm × 3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1695 Rev D)

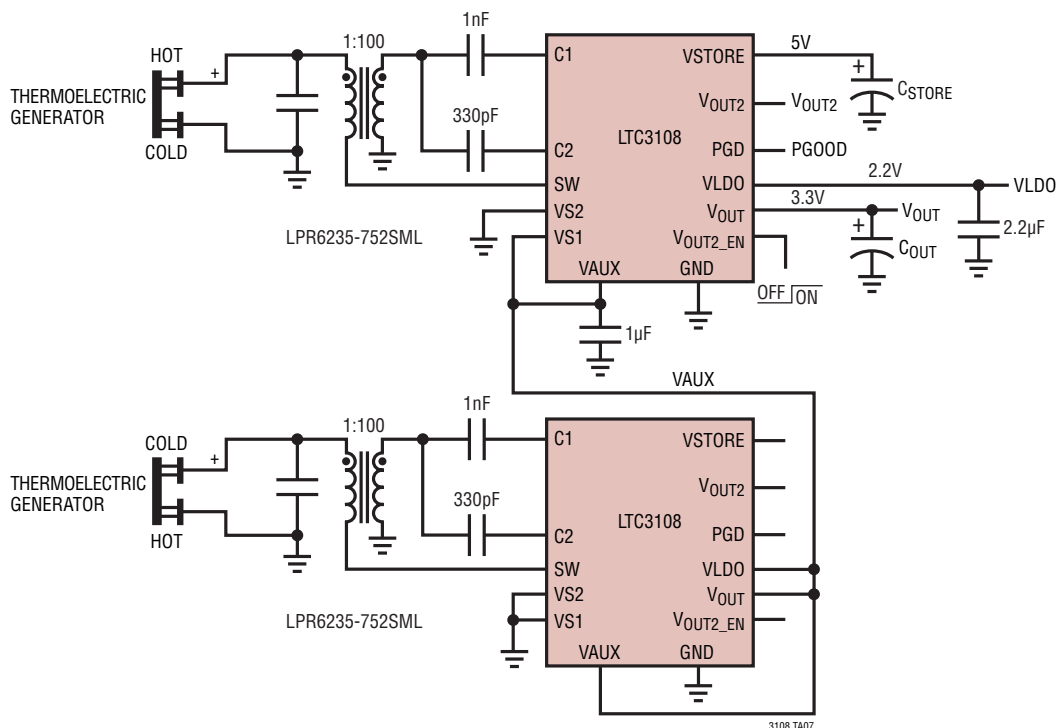


改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	04/10	冒頭ページの文章と「標準的応用例」を更新	1
		「絶対最大定格」と「発注情報」のセクションを更新	2
		「電気的特性」を更新	3
		「標準的性能特性」にグラフ(3108 G00)を追加	4
		「ブロック図」を更新	8
		「動作」セクションに文章追加	9
		「アプリケーション情報」のセクションを変更	12~18
		「標準的応用例」を更新	18、19、22
		「関連製品」を更新	22
B	06/13	表5にメーカー情報を追加	14
C	08/13	Würthのトランスの製品番号を変更。	14

標準的応用例

どちらの極性の温度差でも動作する2個のTEGによる環境発電



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1041	バング・バング・コントローラ	V_{IN} : 2.8V~16V、消費電流: 1μA、SO-8パッケージ
LT1389	ナノパワー高精度シャント電圧リファレンス	$V_{OUT(MIN)}$: 1.25V、消費電流: 0.8μA、SO-8パッケージ
LT1672/LT1673/ LT1674	シングル/デュアル/クワッド高精度2μA レール・トゥ・レール・オペアンプ	SO-8、SO-14およびMSOP-8パッケージ
LT3009	消費電流3μA、20mAリニア・レギュレータ	V_{IN} : 1.6V~20V、可変出力電圧バージョン: $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$ 、 固定出力電圧バージョン: $V_{OUT} = 1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V、5V$ 、 消費電流: 3μA、 $I_{SD} < 1μA$ 、2mm×2mm DFN-8およびSC70パッケージ
LTC3108-1	超低電圧昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	V_{IN} : 0.02V~1V、固定出力電圧: 2.5V、3V、3.7V、4.5V、 消費電流: 6μA、3mm×4mm DFN-12およびSSOP-16パッケージ
LTC3525L-3/ LTC3525L-3.3/ LTC3525L-5	出力切断機能付き400mA (I_{SW}) 同期整流式昇圧 DC/DCコンバータ	V_{IN} : 0.7V~4V、 $V_{OUT(MIN)}$: 最大5V、消費電流: 7μA、 $I_{SD} < 1μA$ 、 SC70パッケージ
LTC3588-1	高効率降圧コンバータ内蔵、 圧電エネルギー・ジェネレータ	V_{IN} : 2.7V~20V、固定出力電圧: 1.8V、2.5V、3.3V、3.6V、 消費電流: 0.95μA、3mm×3mm DFN-10およびMSOP-10Eパッケージ
LTC3642	45V、50mA同期整流式 マイクロパワー降圧コンバータ	V_{IN} : 4.5V~45V、最大60V、可変出力電圧バージョン: $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 固定出力電圧バージョン: $V_{OUT} = 3.3V、5V$ 、消費電流: 12μA、 $I_{SD} < 1μA$ 、 3mm×3mm DFN-8およびMSOP-8Eパッケージ
LT6656	850mA高精度リファレンス	低損失、高精度シリーズ・リファレンス
LT8410/LT8410-1	ショットキー・ダイオード内蔵、出力切断機能付き マイクロパワー25mA/8mA低ノイズ昇圧コンバータ	V_{IN} : 2.6V~16V、 $V_{OUT(MIN)}$: 40V(最大)、消費電流: 8.5μA、 $I_{SD} < 1μA$ 、 2mm×2mm DFN-8パッケージ
LTC4070	リチウムイオン・バッテリー用マイクロパワー・シャント・ チャージャ	μA電源での充電を制御

3108IC