

特長

- 完全な降圧スイッチモード電源
- 広い入力電圧範囲: 3.6V~36V
- 出力電流: 2A
- 出力電圧範囲: 0.8V~10V
- 選択可能なスイッチング周波数: 200kHz~2.4MHz
- 電流モード制御
- プログラム可能なソフトスタート
- SnPb仕上げ (BGA) またはRoHS準拠の仕上げ (LGAおよびBGA)
- 高さの低い小型の表面実装LGA (9mm×11.25mm×2.82mm) およびBGA (9mm×11.25mm×3.42mm) パッケージ

アプリケーション

- 自動車用バッテリーのレギュレーション
- 携帯型製品の電源
- 分散電源のレギュレーション
- 産業用電源
- ACアダプタ・トランスのレギュレーション

概要

LTM[®]8023は完全な2A降圧DC/DC電源で、スイッチング・コントローラ、パワー・スイッチ、インダクタ、全てのサポート部品をパッケージに搭載しています。LTM8023は3.6V~36Vの入力電圧範囲で動作し、0.8V~10Vの出力電圧と200kHz~2.4MHzのスイッチング周波数をそれぞれ1本の抵抗で設定可能です。設計を完了するために必要なのは、入力と出力のバルク・フィルタ・コンデンサだけです。

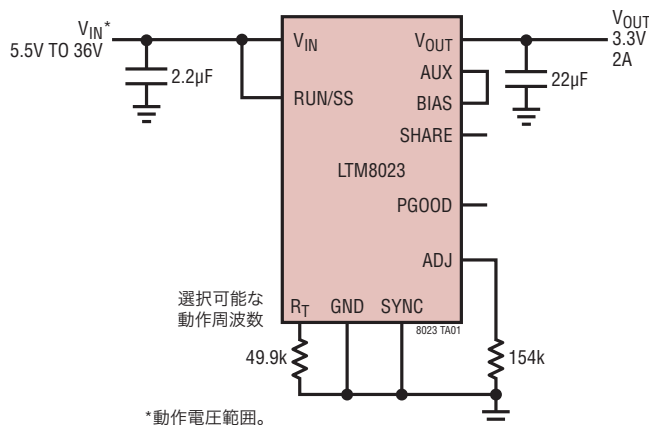
高さの低いパッケージなので、プリント回路基板裏面の未使用スペースを利用して、高密度のポイントオブロード・レギュレーションが可能です。

LTM8023は熱特性が改善された高さの低い小型のオーバーモールドLGAおよびBGAパッケージで供給され、標準的な表面実装装置による自動アセンブリに適しています。LTM8023は、SnPb (BGA) またはRoHS準拠の端子仕上げで供給されます。

LT, LTC, LTM, Linear Technology, Linearのロゴ、Burst ModeおよびμModule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。

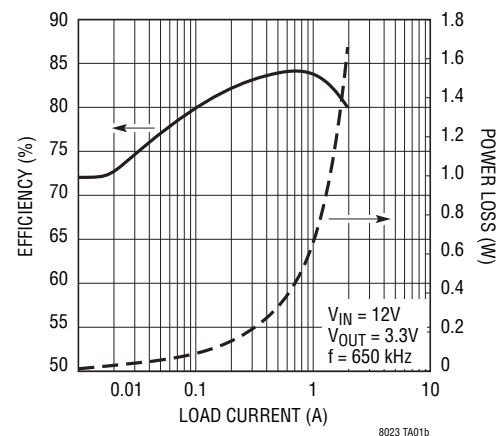
標準的応用例

5.5V_{IN}~36V_{IN}、3.3V/2A DC/DC μModule[®]コンバータ



*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

効率と電力損失



LTM8023

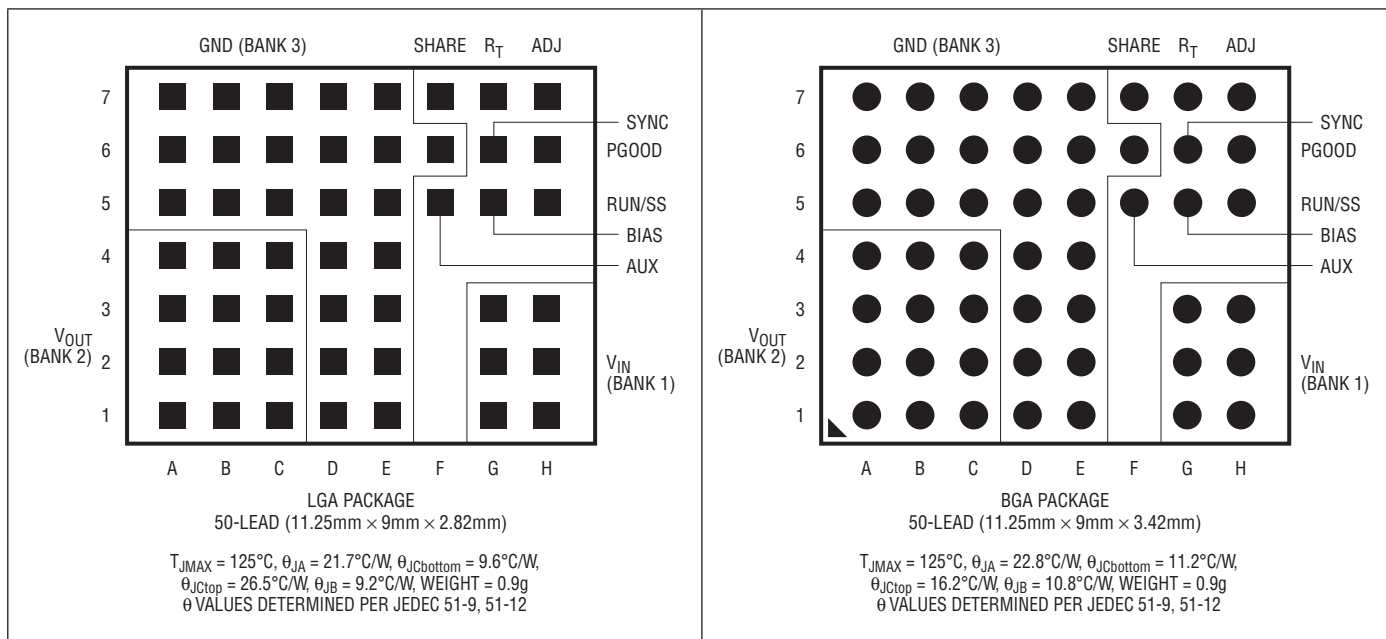
絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} 、RUN/SSの電圧.....	40V
ADJ、 R_T 、SHAREの電圧.....	5V
V_{OUT} 、AUX.....	10V
PGOOD、SYNC.....	30V
BIAS.....	16V

$V_{IN} + BIAS$	56V
内部動作温度 (Note 2).....	-40°C~125°C
保存温度.....	-55°C~125°C
半田付け温度.....	250°C

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ	MSL レーティング	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	コード			
LTM8023EV#PBF	Au (RoHS)	LTM8023V	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM8023IV#PBF	Au (RoHS)	LTM8023V	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM8023MPV#PBF	Au (RoHS)	LTM8023MPV	e4	LGA	3	-55°C to 125°C
LTM8023EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM8023Y	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM8023IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM8023Y	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM8023IY	SnPb (63/37)	LTM8023Y	e0	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM8023MPY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM8023Y	e1	BGA	3	-55°C to 125°C
LTM8023MPY	SnPb (63/37)	LTM8023Y	e0	BGA	3	-55°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。パッド/ボール仕上げのコードは、IPC/JEDEC J-STD-609による。

• 端子仕上げの製品マーキング：
www.linear-tech.co.jp/leadfree

• 推奨される LGA/BGA の PCB アセンブリおよび製造方法：
www.linear-tech.co.jp/umodule/pcbassembly

• LGA/BGA パッケージおよびトレイ図面：
www.linear-tech.co.jp/packaging

電气的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $V_{RUN/SS} = 10\text{V}$ 、 $V_{BIAS} = 3\text{V}$ 、 $R_T = 60.4\text{k}$ 、 $C_{OUT} = 4.7\mu\text{F}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	Input DC Voltage		●	3.6	36	V	
V_{OUT}	Output DC Voltage	$0\text{A} < I_{OUT} \leq 2\text{A}$, R_{ADJ} Open, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$ (Note 3) $0\text{A} < I_{OUT} \leq 2\text{A}$, $R_{ADJ} = 43.2\text{k}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$ (Note 3)		0.8 10		V V	
$R_{ADJ(MIN)}$	Minimum Allowable R_{ADJ}	(Note 4)		42.2		k Ω	
I_{OUT}	Continuous Output DC Current	$4 \leq V_{IN} \leq 36$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0	2	A	
I_{QVIN}	V_{IN} Quiescent Current	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$, $R_T = 174\text{k}$ $V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (E, I) $V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (MP) $V_{BIAS} = 0\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$	● ●	0.1 25 25 85	0.5 60 350 120	μA μA μA μA	
I_{QBIAS}	BIAS Quiescent Current	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$, $R_T = 174\text{k}$ $V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (E, I) $V_{BIAS} = 3\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (MP) $V_{BIAS} = 0\text{V}$, Not Switching, $R_T = 174\text{k}$	● ●	0.03 50 50 1	0.5 120 200 5	μA μA μA μA	
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	Line Regulation	$5 \leq V_{IN} \leq 36$, $I_{OUT} = 1\text{A}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0.1		%	
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	Load Regulation	$V_{IN} = 24\text{V}$, $0 \leq I_{OUT} \leq 2\text{A}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0.4		%	
$V_{OUT(AC_RMS)}$	Output Ripple (RMS)	$V_{IN} = 24\text{V}$, $I_{OUT} = 2\text{A}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		10		mV	
f_{SW}	Switching Frequency	$R_T = 113\text{k}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		325		kHz	
$I_{SC(OUT)}$	Output Short Circuit Current	$V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$ (Note 5)		2.9		A	
V_{ADJ}	Voltage at ADJ Pin	$C_{OUT} = 51\mu\text{F}$	●	765	790	805	mV
$V_{BIAS(MIN)}$	Minimum BIAS Voltage for Proper Operation			2.3	2.8	V	
I_{ADJ}	Current Out of ADJ Pin	$ADJ = 1\text{V}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		2		μA	
$I_{RUN/SS}$	RUN/SS Pin Current	$V_{RUN/SS} = 2.5\text{V}$		5	10	μA	
$V_{IH(RUN/SS)}$	RUN/SS Input High Voltage	$C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		2.5		V	
$V_{IL(RUN/SS)}$	RUN/SS Input Low Voltage	$C_{OUT} = 51\mu\text{F}$			0.2	V	
$V_{PGOOD(TH)}$	PGOOD Threshold	V_{OUT} Rising		730		mV	
$I_{PGOOD(O)}$	PGOOD Leakage	$V_{PGOOD} = 30\text{V}$		0.1	1	μA	
$I_{PGOOD(SINK)}$	PGOOD Sink Current	$V_{PGOOD} = 0.4\text{V}$		200	800	μA	
V_{SYNCIL}	SYNC Input Low Threshold	$f_{SYNC} = 550\text{kHz}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$			0.5	V	
V_{SYNCIH}	SYNC Input High Threshold	$f_{SYNC} = 550\text{kHz}$, $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0.7		V	
$I_{SYNCBIAS}$	SYNC Pin Bias Current	$V_{SYNC} = 0\text{V}$		0.1		μA	

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: LTM8023Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の周囲温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の全周囲動作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。LTM8023Iは $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の全周囲動作温度範囲で仕様に適合することが保証されている。LTM8023MPIは $-55^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全温度範囲で仕様に適合することが保証されている。最大内部温度は、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。

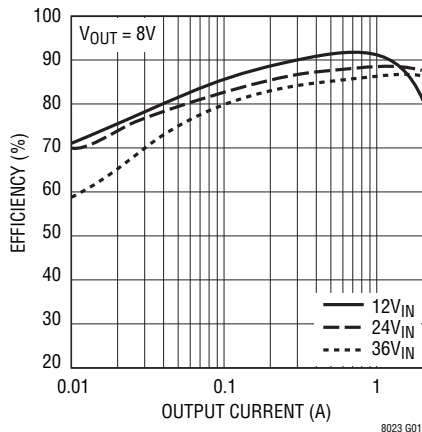
Note 3: $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$ は並列に接続された $4.7\mu\text{F}$ セラミック・コンデンサと $47\mu\text{F}$ の電解コンデンサで構成されている。

Note 4: 設計によって保証されている。

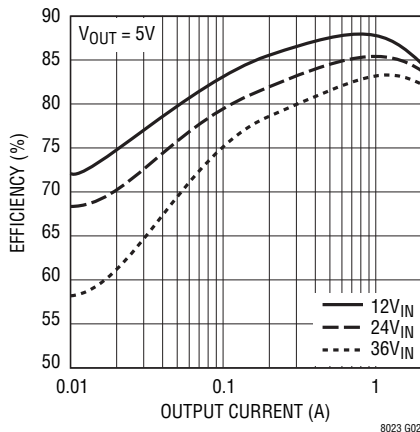
Note 5: $V_{IN} = 36\text{V}$ での短絡電流は特性評価および相関で保証されている。 $V_{IN} = 10\text{V}$ で全数テストされている。

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

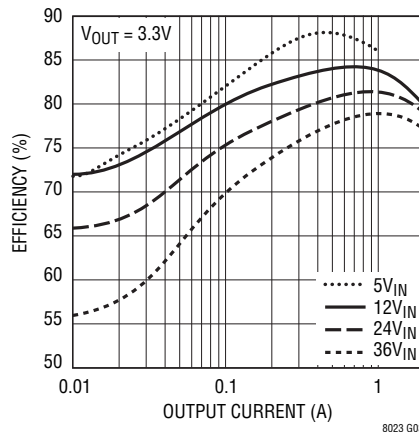
効率 (8V_{OUT})



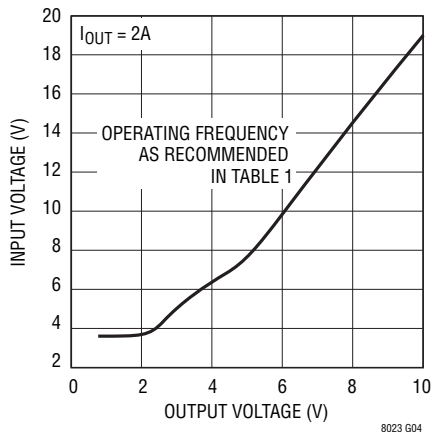
効率 (5V_{OUT})



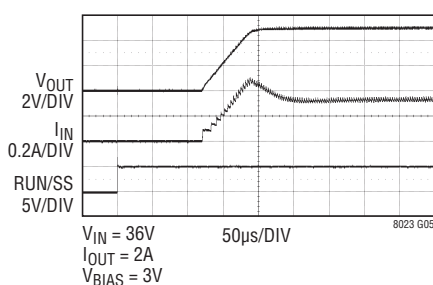
効率 (3.3V_{OUT})



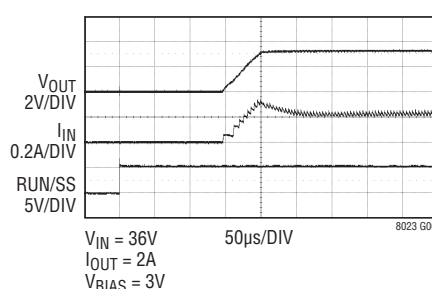
必要な最小入力電圧と出力電圧



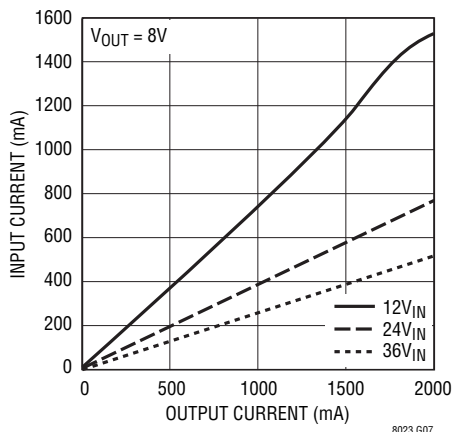
36V_{IN}の起動波形 (5V_{OUT})



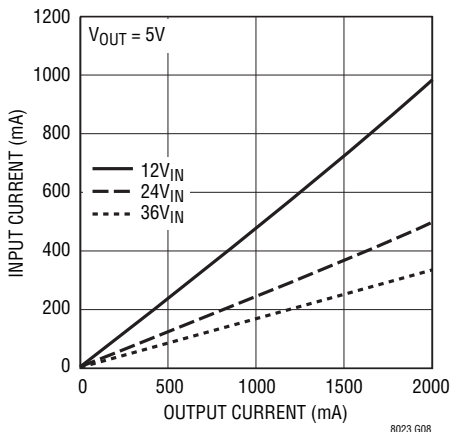
36V_{IN}の起動波形 (3.3V_{OUT})



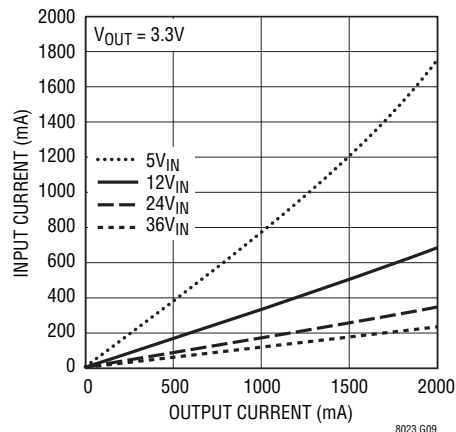
入力電流と出力電流



入力電流と出力電流

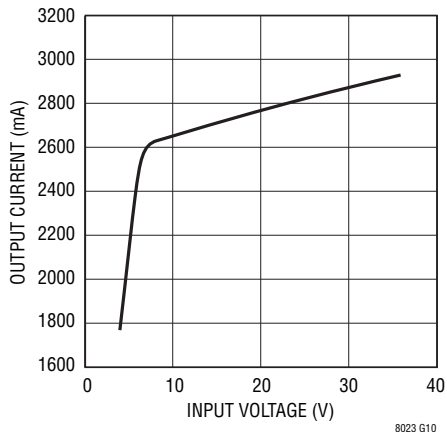


入力電流と出力電流

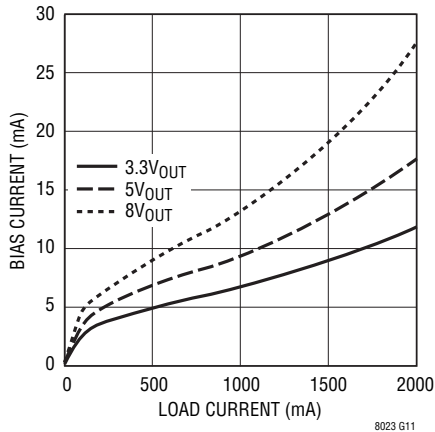


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

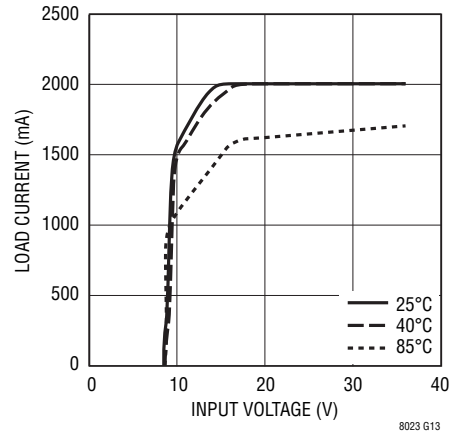
出力短絡電流と入力電圧



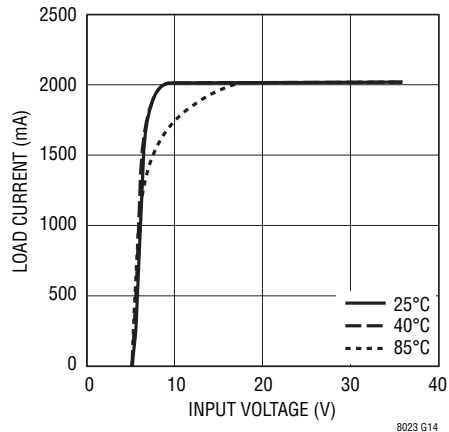
BIAS電流と負荷電流



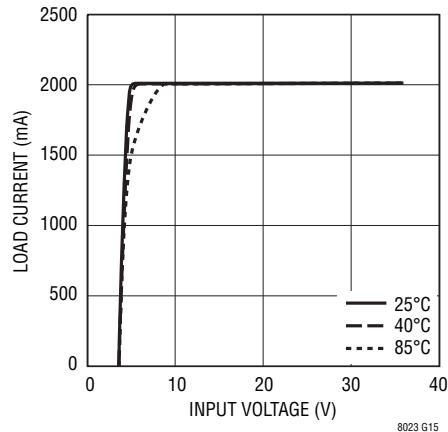
最大負荷電流と
入力電圧 (8V_{OUT}, LGA)



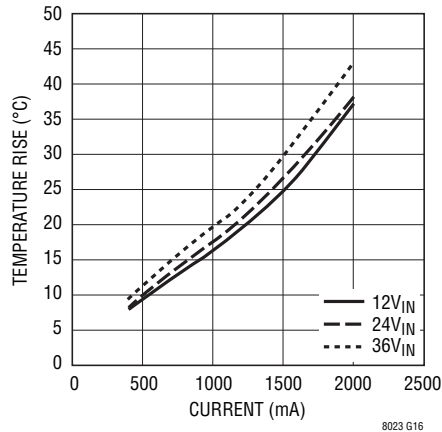
負荷電流と入力電圧 (5V_{OUT}, LGA)



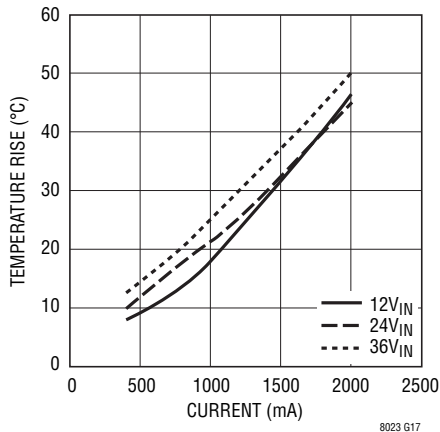
負荷電流と
入力電圧 (3.3V_{OUT}, LGA)



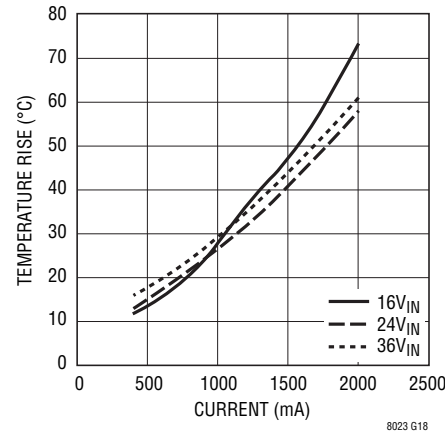
3.3V_{OUT}での接合部温度と
負荷 (LGA)



5V_{OUT}での接合部温度と
負荷 (LGA)



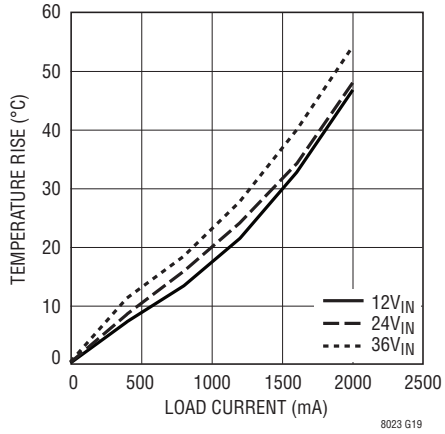
8V_{OUT}での接合部温度と
負荷 (LGA)



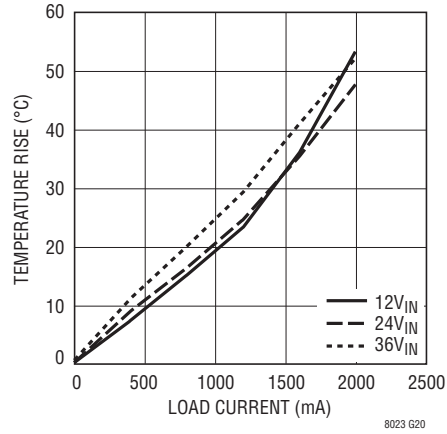
LTM8023

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

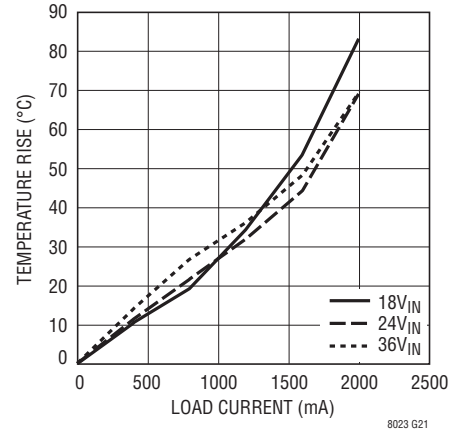
3.3V_{OUT}での温度上昇と
負荷電流 (BGA)



5V_{OUT}での温度上昇と
負荷電流 (BGA)



8V_{OUT}での温度上昇と
負荷電流 (BGA)



ピン機能

V_{IN} (バンク1): V_{IN}ピンはLTM8023の内部レギュレータおよび内部パワー・スイッチに電流を供給します。これらのピンは少なくとも2.2μFの外付け低ESRコンデンサを使ってローカルにバイパスする必要があります。

V_{OUT} (バンク2): 電源出力ピン。これらのピンとGNDピンの間に出力フィルタ・コンデンサと出力負荷を接続します。

AUX (ピンF5): BIASのための低電流電圧源。V_{AUX}ピンは内部でV_{OUT}に接続されており、プリント回路基板の配線をしやすくするため、BIASピンに隣接して配置されています。このピンは内部でV_{OUT}に接続されているとはいえ、負荷には接続しないでください。このピンをBIASに接続しない場合、フロート状態のままにします。

BIAS (ピンG5): BIASピンは内部の電力バスに接続されています。2.8Vを超える電源に接続してください。出力が2.8Vより大きい場合、このピンをそこに接続します。出力電圧がそれより小さい場合、このピンを2.8V~16Vの電圧源に接続します。また、必ずBIAS+V_{IN}が56Vより小さくなるようにしてください。

RUN/SS (ピンH5): LTM8023をシャットダウンするにはRUN/SSピンをグランドに接続します。通常動作時は2.5V以上の電圧に接続します。シャットダウン機能を使用しない場合はこのピンをV_{IN}ピンに接続します。RUN/SSはソフトスタート機能も提供します。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

GND (バンク3): これらのGNDピンはLTM8023と回路部品の下のローカル・グランド・プレーンに接続します。ほとんどのアプリケーションでは、LTM8023からの熱流の大半はこれらのパッドを通るので、プリント回路のデザインがデバイスの熱性能に大きな影響を与えます。詳細については「PCBレイアウト」

と「熱に関する検討事項」のセクションを参照してください。帰還分割器(R_{ADJ})からのリターンはこのネットに接続します。

R_T (ピンG7): R_Tピンは、このピンからグランドに抵抗を接続してLTM8023のスイッチング周波数をプログラムするのに使います。このデータシートの「アプリケーション情報」のセクションには、望みのスイッチング周波数に基づいて抵抗値を決めるための表が含まれています。このピンの容量は最小に抑えます。

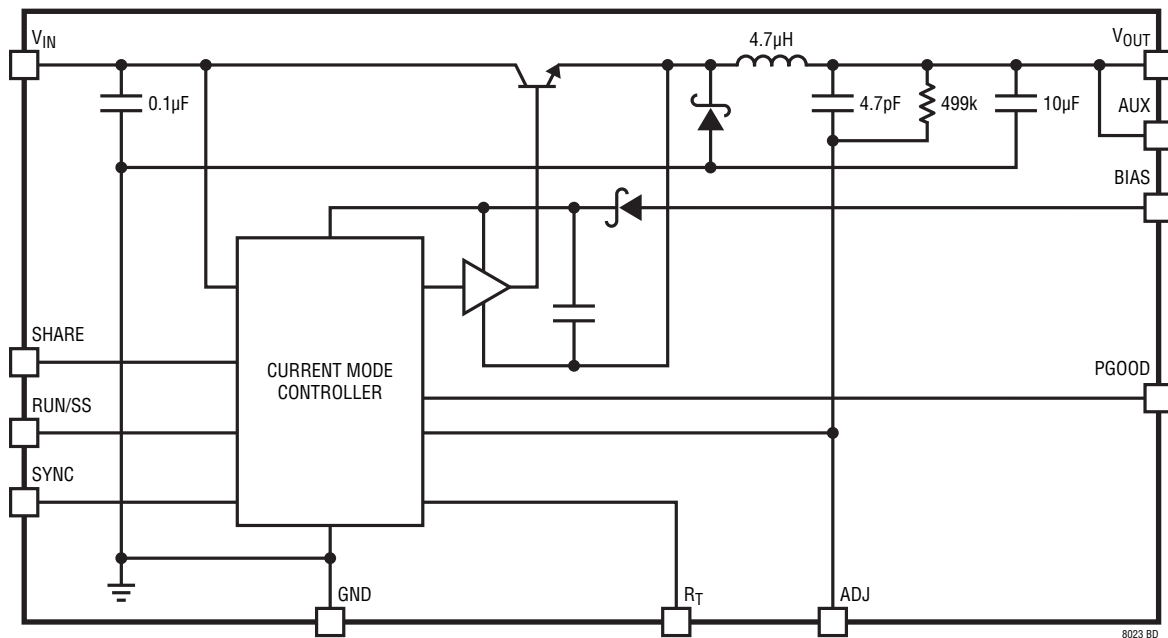
SHARE (ピンF7): 複数の出力を並列接続する場合、このピンを他のLTM8023のSHAREピンに接続します。それ以外の場合は接続しないでください(フロート状態のままにします)。

SYNC (ピンG6): これは外部クロック同期入力です。低出力負荷での低リップルBurst Mode[®]動作では、このピンを接地します。Burst Mode動作をディスエーブルするには、0.7Vを超える安定した電圧源に接続します。このピンはフロート状態のままにしないでください。同期させるにはクロック・ソースに接続します。クロックのエッジの立上り時間と立下り時間は1μsより速くします。「アプリケーション情報」の「同期」のセクションを参照してください。

PGOOD (ピンH6): PGOODピンは内部コンパレータのオープン・コレクタ出力です。PGはADJピンが最終安定化電圧の10%以内に入るまで“L”に保たれます。PG出力はV_{IN}が3.6Vを超え、RUN/SSが“H”のとき有効です。この機能を使用しない場合、このピンをフロート状態のままにします。

ADJ (ピンH7): LTM8023はそのADJピンを0.79Vに安定化します。このピンからグランドに調整抵抗を接続します。R_{ADJ}の値は式 $R_{ADJ} = 394.21 / (V_{OUT} - 0.79)$ によって与えられます。ここで、R_{ADJ}の単位はkΩです。

ブロック図



動作

LTM8023はスタンドアロン非絶縁型降圧スイッチングDC/DC電源です。入力と出力に外付けのバルク・コンデンサを使うだけで、最大2AのDC出力電流を供給することができます。このモジュールは、1個の外付け抵抗によってプログラム可能な0.8V_{DC}~10V_{DC}の精密に安定化された出力電圧を供給します。入力電圧範囲は3.6V~36Vです。LTM8023は降圧コンバータなので、必ず入力電圧を望みの出力電圧と負荷電流をサポートするのに十分な高さにします。簡略ブロック図を上に表示します。

LTM8023には、電流モード・コントローラ、パワー・スイッチング素子、パワー・インダクタ、パワー・ショットキー・ダイオードおよびいくらかの入力容量と出力容量が備わっています。

LTM8023は固定周波数PWMレギュレータです。スイッチング周波数は、単に適当な値の抵抗をR_TピンからGNDに接続して設定します。

内部レギュレータが制御回路に電力を供給します。このバイアス・レギュレータは通常V_{IN}ピンから電力供給を受けますが、

2.8Vを超える外部電圧にBIASピンが接続されると、バイアス電力は外部ソース(一般に安定化された出力電圧)から供給されます。これにより、効率が改善されます。RUN/SSピンを使ってLTM8023をシャットダウンすると、出力が切断され、入力電流が1μA以下に減少します。

効率をさらに上げるため、LTM8023は軽負荷状態では自動的にBurst Mode動作に切り替わります。バーストとバーストの間には、出力スイッチの制御に関連した全ての回路がシャットダウンし、標準的アプリケーションでは入力電源電流が50μAに減少します。ADJピンの電圧が低いと発振器はLTM8023の動作周波数を下げます。この周波数フォールドバックは起動時および過負荷時の出力電流を制御するのに役立ちます。

ADJピンが安定化電圧値の92%になるとトリップするパワーグッド・コンパレータがLTM8023には備わっています。PGOOD出力はオープン・コレクタ・トランジスタで、出力が安定化しているときオフしているので、外部抵抗によりPGOODピンを“H”に引き上げることができます。LTM8023がイネーブルされていてV_{IN}が3.6Vを超えているときパワーグッドは有効です。

アプリケーション情報

ほとんどのアプリケーションでは、設計手順は単純明快で、以下のようにまとめられます。

1. 表1を参照し、望みの入力範囲と出力電圧に該当する行を見つけます。
2. C_{IN}、C_{OUT}、R_{ADJ}およびR_Tの推奨値を適用します。
3. 示されているようにBIASを接続します。

これらの部品の組合せは正しく動作するかテストされていますが、目的のシステムの電源ライン、負荷および環境条件で正しく動作することをユーザー自身で検証してください。

コンデンサの選択に関する検討事項

表1のC_{IN}コンデンサとC_{OUT}コンデンサの値は、関連した動作条件に対する最小推奨値です。表1に示されているコンデンサ値より小さな値を適用することは推奨されておらず、望ましくな

い動作を引き起こす可能性があります。大きな値を使うことは一般に問題なく、もし必要ならば、ダイナミック応答を改善することができます。この場合も、目的のシステムの電源ライン、負荷および環境条件で正しく動作することをユーザー自身で検証してください。

セラミック・コンデンサは小さく堅牢で、非常に小さなESRをもっています。ただし、全てのセラミック・コンデンサが適しているわけではありません。X5RとX7Rのタイプは全温度範囲と印加電圧で安定しており、安心して使えます。Y5VやZ5Uなど他のタイプは容量の温度係数と電圧係数が非常に大きくなります。実際の回路ではそれらの容量が公称値の数分の一にも低下することがあるため、出力電圧リップルが予期したよりもはるかに大きくなる可能性があります。

アプリケーション情報

表1. 推奨部品の値と構成 (T_A = 25°C)

V _{IN}	V _{OUT}	C _{IN}	C _{OUT}	R _{ADJ}	BIAS	f _{OPTIMAL} (kHz)	R _{T(OPTIMAL)}	f _{MAX} (kHz)	R _{T(MIN)}
3.6V to 36V	0.82V	10μF	200μF 1206	13M	≥2.8V, <16V	250	150k	250	150k
3.6V to 36V	1.00V	10μF	147μF 1206	1.87M	≥2.8V, <16V	300	124k	300	124k
3.6V to 36V	1.20V	10μF	100μF 1206	953k	≥2.8V, <16V	350	105k	350	105k
3.6V to 36V	1.50V	10μF	100μF 1206	549k	≥2.8V, <16V	400	88.7k	400	88.7k
3.6V to 36V	1.80V	4.7μF	100μF 1206	383k	≥2.8V, <16V	450	79k	450	79k
3.6V to 36V	2.00V	2.2μF	68μF 1206	324k	≥2.8V, <16V	450	79k	500	69.8k
3.6V to 36V	2.20V	2.2μF	47μF 1206	274k	≥2.8V, <16V	500	69.8k	550	61.9k
4.1V to 36V	2.50V	2.2μF	47μF 1206	226k	≥2.8V, <16V	550	61.9k	615	54.9k
5.5V to 36V	3.30V	2.2μF	22μF 1206	154k	AUX	650	49.9k	750	42.2k
7.5V to 36V	5.00V	2.2μF	10μF 0805	93.1k	AUX	650	49.9k	890	34.8k
3.6V to 15V	0.82V	10μF	200μF 1206	13M	V _{IN}	350	105k	650	49.9k
3.6V to 15V	1.00V	10μF	147μF 1206	1.87M	V _{IN}	400	88.7k	725	43.2k
3.6V to 15V	1.20V	10μF	100μF 1206	953k	V _{IN}	450	79k	800	39.2k
3.6V to 15V	1.50V	10μF	100μF 1206	549k	V _{IN}	450	79k	1000	29.4k
3.6V to 15V	1.80V	4.7μF	100μF 1206	383k	V _{IN}	450	79k	1100	26.7k
3.6V to 15V	2.00V	2.2μF	68μF 1206	324k	V _{IN}	450	79k	1200	23.7k
3.6V to 15V	2.20V	2.2μF	47μF 1206	274k	V _{IN}	500	69.8k	1300	21.0k
3.6V to 15V	2.50V	2.2μF	47μF 1206	226k	V _{IN}	550	61.9k	1450	18.2k
5.5V to 15V	3.30V	2.2μF	22μF 1206	154k	AUX	650	49.9k	1400	19.6k
7.5V to 15V	5.00V	2.2μF	10μF 0805	93.1k	AUX	650	49.9k	1200	23.7k
9V to 24V	0.82V	10μF	200μF 1206	13M	≥2.8V, <16V	250	150k	250	150k
9V to 24V	1.00V	10μF	147μF 1206	1.87M	≥2.8V, <16V	300	124k	450	79k
9V to 24V	1.20V	2.2μF	100μF 1206	953k	≥2.8V, <16V	450	79k	500	69.8k
9V to 24V	1.50V	2.2μF	100μF 1206	549k	≥2.8V, <16V	450	79k	615	54.9k
9V to 24V	1.80V	2.2μF	100μF 1206	383k	≥2.8V, <16V	450	79k	700	44.2k
9V to 24V	2.00V	2.2μF	68μF 1206	324k	≥2.8V, <16V	450	79k	750	42.2k
9V to 24V	2.20V	2.2μF	47μF 1206	274k	≥2.8V, <16V	500	69.8k	800	39.2k
9V to 24V	2.50V	2.2μF	47μF 1206	226k	≥2.8V, <16V	550	61.9k	890	34.8k
9V to 24V	3.30V	2.2μF	22μF 1206	154k	AUX	650	49.9k	1150	25.5k
9V to 24V	5.00V	2.2μF	10μF 0805	93.1k	AUX	650	49.9k	1000	29.4k
14.5V to 24V	8.00V	2.2μF	10μF 0805	53.6k	AUX	650	49.9k	800	39.2k
18V to 36V	0.82V	10μF	200μF 1206	13M	≥2.8V, <16V	250	150k	250	150k
18V to 36V	1.00V	10μF	147μF 1206	1.87M	≥2.8V, <16V	300	124k	300	124k
18V to 36V	1.20V	2.2μF	100μF 1206	953k	≥2.8V, <16V	350	105k	350	105k
18V to 36V	1.50V	2.2μF	100μF 1206	549k	≥2.8V, <16V	400	88.7k	400	88.7k
18V to 36V	1.80V	2.2μF	100μF 1206	383k	≥2.8V, <16V	450	79k	450	79k
18V to 36V	2.00V	2.2μF	68μF 1206	324k	≥2.8V, <16V	450	79k	500	69.8k
18V to 36V	2.20V	2.2μF	47μF 1206	274k	≥2.8V, <16V	450	79k	550	61.9k
18V to 36V	2.50V	2.2μF	47μF 1206	226k	≥2.8V, <16V	500	69.8k	615	54.9k
18V to 36V	3.30V	2.2μF	22μF 1206	154k	AUX	650	49.9k	750	42.2k
18V to 36V	5.00V	2.2μF	10μF 0805	93.1k	AUX	800	39.2k	890	34.8k
18V to 36V	8.00V	2.2μF	10μF 0805	53.6k	AUX	650	49.9k	800	39.2k
20V to 36V	10.00V	2.2μF	10μF 0805	42.2k	AUX	615	54.9k	750	42.2k
4.75V to 32V	-3.30V	2.2μF	22μF 1206	154k	AUX	550	61.9k	800	39.2k
7V to 31V	-5.00V	2.2μF	10μF 0805	93.1k	AUX	800	39.2k	1100	26.7k
15V to 28V	-8.00V	2.2μF	10μF 0805	53.6k	AUX	800	39.2k	1600	15.8k

バルク入力コンデンサが必要。

8023fi

アプリケーション情報

また、セラミック・コンデンサは圧電現象の影響を受けます。Burst Mode動作では、LTM8023のスイッチング周波数は負荷電流に依存し、セラミック・コンデンサを可聴周波数で励起し、可聴ノイズを発生することがあります。LTM8023はBurst Mode動作では低い電流リミットで動作するので、普通に聴くとノイズは一般に非常に静かです。

この可聴ノイズを許容できない場合、高性能電解コンデンサを出力に使用します。入力コンデンサには2.2 μ Fのセラミック・コンデンサと低コストの電解コンデンサを並列に組み合わせることができます。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点はLTM8023の最大入力電圧定格に関係します。入力のセラミック・コンデンサはトレースやケーブルのインダクタンスと結合してQの高い(減衰の小さな)タンク回路を形成します。LTM8023の回路を給電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じて、デバイスの定格を超えるおそれがあります。この状況は容易に避けられます。「安全な活線挿入」のセクションを参照してください。

周波数の選択

LTM8023には固定周波数PWMアーキテクチャが使われており、 R_T ピンからグランドに接続した抵抗を使って200kHz~2.4MHzの範囲でスイッチングするようにプログラムすることができます。 R_T 抵抗値と対応する周波数が表2にまとめてあります。

表2. スwitching周波数と R_T の値

SWITCHING FREQUENCY (MHz)	R_T VALUE (k Ω)
0.2	187
0.3	124
0.4	88.7
0.5	69.8
0.6	56.2
0.7	46.4
0.8	39.2
0.9	34.6
1.0	29.4
1.2	23.7
1.4	19.6
1.6	15.8
1.8	13.3
2.0	11.5
2.2	9.76
2.4	8.66

動作周波数のトレードオフ

入力と出力の動作条件に合わせて、表1に与えられている最適 R_T 値を使うことを推奨します。ただし、システム・レベルや他の検討事項により、異なる周波数が必要になることがあります。LTM8023は十分柔軟性があり、広い範囲の動作周波数に対応しますが、偶然に選んだ周波数により、一定の動作条件やフォールト条件で望ましくない動作になることがあります。周波数が高すぎると効率が低下し、過度の熱が生じることがあり、出力に過負荷や短絡が生じるとLTM8023が損傷を受けることさえあります。周波数が低すぎると最終デザイン出力リップルが大きくなりすぎたり、出力コンデンサが大きくなりすぎることがあります。

LTM8023がスイッチング可能な最大周波数(および対応する R_T 値)は表1の f_{MAX} の列に示されており、与えられた入力条件で最適効率を与える推奨周波数(および R_T 値)は $f_{OPTIMAL}$ の列に示されています。

同期機能を使う場合、満たす必要のある追加条件があります。詳細については、「同期」のセクションを参照してください。

BIASピンに関する検討事項

BIASピンは、内部パワー・スイッチング段にドライブ電力を供給し、内部回路を動作させるのに使われます。正しく動作させるには、少なくとも2.8Vでこのピンに電力を供給する必要があります。出力電圧が2.8V以上にプログラムされている場合、単にBIASを V_{OUT} に接続します。 V_{OUT} が2.8Vより低い場合、BIASを V_{IN} または他の電圧源に接続することができます。全ての場合に、BIASピンの最大電圧が16Vより低く、 V_{IN} とBIASの和が56Vより小さくなるようにします。遠く離れた電圧源またはノイズの大きな電圧源からBIAS電力が供給される場合、LTM8023の近くにデカップリング・コンデンサを置く必要があります。

アプリケーション情報

負荷分担

2個以上のLTM8023を並列に接続して、さらに大きな電流を供給することができます。そうするには、並列接続される全てのLTM8023のV_{IN}、ADJ、V_{OUT}およびSHAREの各ピンを相互に接続します。並列接続されたモジュールが一緒に起動するようにするには、RUN/SSピンも相互に接続することができます。RUN/SSピンを相互に接続しない場合、必ず各モジュールに同じ値のソフトスタート・コンデンサを使ってください。負荷を分担するように構成された2個のLTM8023モジュールの例が「標準的応用例」のセクションに示されています。

複数のLTM8023を使用する電流分担アプリケーションでは、ADJピンとグランド間に1本の抵抗を接続することによってすべてのレギュレータのADJピンを結合することができます。この抵抗の値は次式で決まります。

$$R_{ADJ} = \frac{394.21}{N} \cdot \frac{1}{V_{OUT} - 0.79}$$

ここで、Nは並列接続されたモジュールの数で、R_{ADJ}の単位はkΩです。

Burst Mode動作

軽負荷での効率を向上させるため、LTM8023は自動的にBurst Mode動作に切り替わります。Burst Mode動作は、入力消費電流を最小に抑えながら、出力コンデンサを適切な電圧に充電された状態に保ちます。LTM8023はBurst Mode動作の間1サイクルのバーストで電流を出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が負荷に供給されます。さらに、V_{IN}とBIASの消費電流はスリープ時間の間それぞれ標準で25μAと50μAに減少します。負荷電流が無負荷状態に向かって減少するにつれ、LTM8023がスリープ・モードで動作する時間の割合が増加し、平均入力電流が大きく減少するので効率が高くなります。

SYNCをGNDに接続するとBurst Mode動作がイネーブルされます。Burst Mode動作をディスエーブルするには、SYNCを0.7Vを超える安定した電圧に接続するか、あるいは外部クロックに同期させます。SYNCピンはフロート状態のままにしないでください。

最小入力電圧

LTM8023は降圧コンバータなので、出力を安定化された状態に保つため、最小量の空き高が必要です。さらに、起動に必要な入力電圧は動作に必要な電圧より高く、RUN/SSが使われているかどうかによって依存します。図2に示されているように、LTM8023は軽負荷で3.3Vの出力を供給するのにわずか約3.5VのV_{IN}しか必要としません。RUN/SSがV_{IN}に接続されていると、起動するのに5.5VINが必要です。V_{IN}がまず最初に動作領域内で安定可能となった後にRUN/SSピンがイネーブルされる場合は、軽負荷で起動させる最小電圧はもっと低く、約4.2Vです。5V_{OUT}の動作の同様の曲線も図2に示されています。

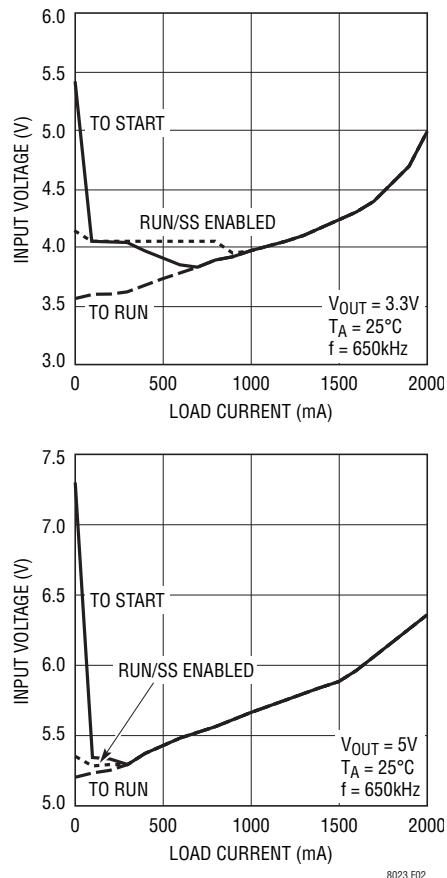


図2. LTM8023は動作時よりも高い電圧を起動時に必要とする

アプリケーション情報

ソフトスタート

RUN/SSピンを使ってLTM8023をソフトスタートさせることができますので、起動時の最大入力電流が減少します。RUN/SSピンは外付けのRCフィルタによって駆動され、このピンに電圧ランプが発生します。ソフトスタート回路を使った場合のスタートアップとシャットダウンの波形を図3に示します。適当なRC時定数を選択すると、オーバーシュートなしに、ピーク起動電流を出力を安定化するのに必要な電流まで減らすことができます。RUN/SSピンが2.5Vに達したとき少なくとも $20\mu\text{A}$ を供給できるように抵抗の値を選択します。

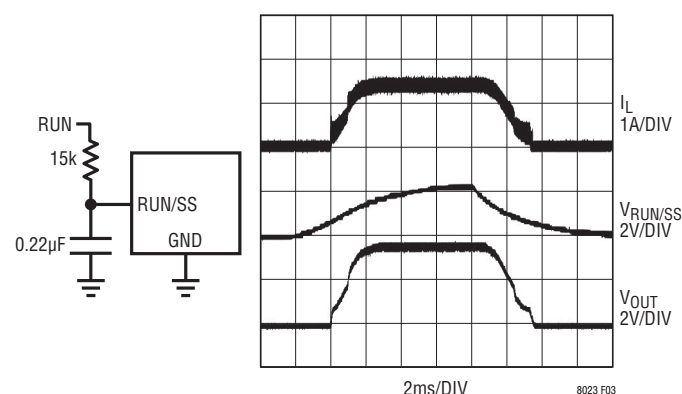


図3. LTM8023をソフトスタートさせるには抵抗とコンデンサをRUN/SSピンに追加する

同期

LTM8023の内部発振器は、250kHz~2MHzの外部クロックをSYNCピンに与えることにより同期させることができます。このピンはフロート状態のままにしないでください。R_Tピンからグラウンドに接続する抵抗は、目的の同期周波数より20%低い周波数でLTM8023が発振するように選択します(「周波数の選択」のセクションを参照)。

LTM8023は外部クロックに同期しているときはBurst Mode動作に入らず、代わりにパルスをスキップして安定化状態を維持します。

短絡入力保護

LTM8023に入力が加わっていないときに出力が高い電圧に保持されるシステムでは、注意が必要です。それはバッテリーや他の電源がLTM8023の出力とダイオードOR結合されているバッテリー充電アプリケーションやバッテリー・バックアップ・システムで生じることがあります。V_{IN}ピンがフロート状態で、RUN/SSピンが(ロジック信号によって、あるいはV_{IN}に接続されていて)“H”に保持されていると、内部パワー・スイッチを通してLTM8023の内部回路に静止電流が流れます。この状態で数ミリアンペアの電流を許容できるシステムであればこれは問題ありません。RUN/SSピンを接地すれば内部パワー・スイッチの電流は実質的にゼロに低下します。ただし、出力を高い電圧に保持した状態でV_{IN}ピンを接地すると、出力からV_{IN}ピンを通してLTM8023内部の寄生ダイオードに大きな電流が流れる可能性があります。入力電圧が与えられているときだけ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護する回路を図4に示します。

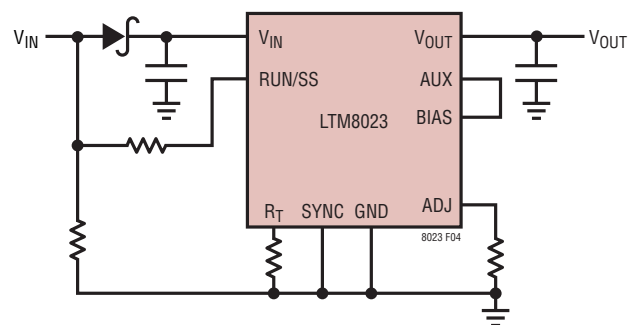


図4. 入力ダイオードは、出力に接続されたバックアップ用バッテリーが入力の短絡によって放電するのを防ぎ、また、逆入力から回路を保護する。LTM8023は入力を与えられているときだけ動作する

アプリケーション情報

PCBのレイアウト

PCBのレイアウトに関連した頭痛の種のほとんどはLTM8023による高度の集積化によって緩和ないし除去されました。とはいえ、LTM8023がスイッチング電源であることに変わりはないので、EMIを最小に抑えて正しい動作を保証するには注意を払う必要があります。高レベルに集積化されていても、いいかげんまずいレイアウトでは規定動作を実現できないことがあります。推奨レイアウトについては図5を参照してください。

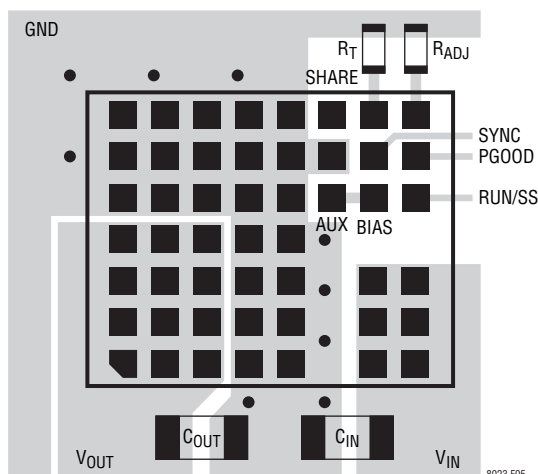


図5. 推奨外部部品、GNDプレーンおよびサーマル・ビアを示すレイアウト

接地とヒートシンクに問題がないことを確認します。注意すべきいくつかのルールがあります。

1. R_{ADJ} と R_T の抵抗をそれぞれのピンのできるだけ近くに配置します。
2. C_{IN} コンデンサをLTM8023の V_{IN} およびGND接続のできるだけ近くに配置します。
3. C_{OUT} コンデンサをLTM8023の V_{OUT} およびGND接続のできるだけ近くに配置します。
4. C_{IN} コンデンサと C_{OUT} コンデンサのグラウンド電流がLTM8023の近くまたは下を流れるように C_{IN} コンデンサと C_{OUT} コンデンサを配置します。
5. 全てのGND接続をトップ層のできるだけ大きな銅領域またはプレーン領域に接続します。外部部品とLTM8023の間でグラウンド接続を切断しないようにします。

6. ビアを使って、GND銅領域をボードの内部グラウンド・プレーンに接続します。これらのGNDビアを多数分散配置して、プリント回路基板の内部プレーンへの十分なグラウンド接続と熱経路の両方を与えます。

安全な活線挿入

セラミック・コンデンサはサイズが小さく、堅牢でインピーダンスが低いので、LTM8023の回路の入力バイパス・コンデンサに最適です。ただし、LTM8023が給電中の電源に挿入されると、これらのコンデンサは問題を生じることがあります（詳細についてはリニアテクノロジー社の「アプリケーションノート88」を参照）。低損失のセラミック・コンデンサは電源に直列の浮遊インダクタンスと結合して減衰の小さなタンク回路を形成し、LTM8023の V_{IN} ピンの電圧に公称入力電圧の2倍に達するリングングを生じる可能性があります。LTM8023の定格を超えてデバイスを傷めるおそれがあります。入力電源の制御が十分でなかったり、ユーザーがLTM8023を給電中の電源に差し込んだりする場合、このようなオーバーシュートを防ぐように入力ネットワークを設計する必要があります。LTM8023の回路が24Vの電源に6フィートの24番ゲージのより対線で接続される場合に生じる波形を図6に示します。最初のプロットは入力に2.2 μ Fのセラミック・コンデンサを使った場合の応答です。入力電圧は35Vに達するリングングを生じ、入力電流のピークは20Aに達します。タンク回路を減衰させる1つの方法として、直列抵抗とともにコンデンサをもう1個回路に追加します。図6bではアルミ電解コンデンサが追加されています。このコンデンサは等価直列抵抗が大きいため回路の過渡応答が減衰し、電圧オーバーシュートが抑えられます。追加コンデンサにより低周波リップルのフィルタ機能が改善され、回路の効率がわずかに改善されますが、このコンデンサはおそらく回路内で最大の部品となるでしょう。代替ソリューションを図6cに示します。電圧オーバーシュートを抑えるため、0.7 Ω 抵抗が入力に直列に追加されています（ピーク入力電流も下がります）。0.1 μ Fのコンデンサにより高周波フィルタ機能が改善されています。このソリューションは電解コンデンサの場合よりもサイズが小さく安価です。高い入力電圧の場合、効率に与える影響は小さく、24V電源で動作しているとき最大負荷の5V出力の効率低下は0.5%以下です。

アプリケーション情報

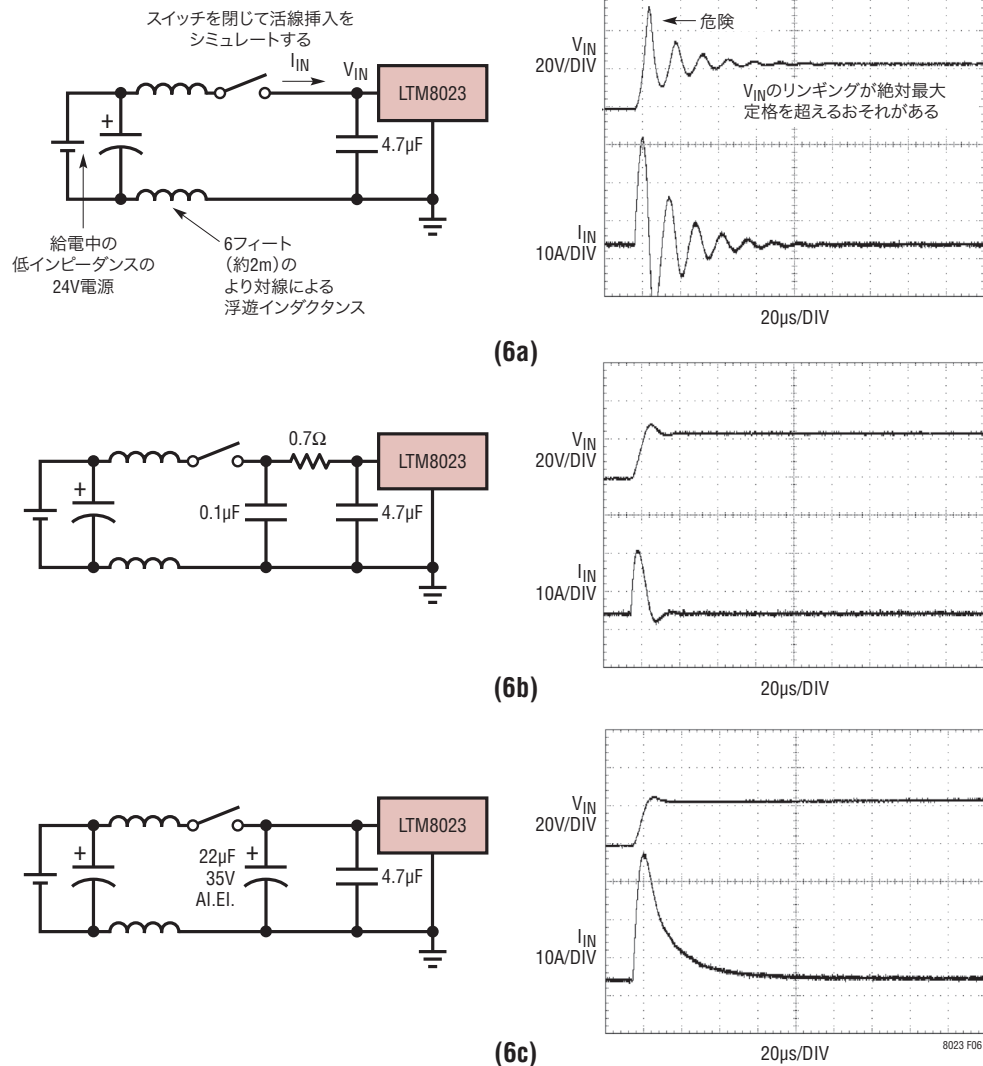


図6. 入力ネットワークを正しく選択すると、給電中の電源にLTM8023を接続したとき入力電圧のオーバーシュートを防ぎ、信頼性の高い動作を保証する

アプリケーション情報

熱に関する検討事項

高い周囲温度で動作する必要がある場合、または大きな電流を連続して供給する必要がある場合、LTM8023の出力電流をディレーティングしなければならないことがあります。電流のディレーティングの程度は入力電圧、出力電力および周囲温度に依存します。「標準的性能特性」のセクションに記載されている温度上昇曲線を目安として使うことができます。これらの曲線は33cm²の4層FR4プリント回路基板に実装したLTM8023によって得られました。寸法や層数の異なる基板では異なった熱的振る舞いを示すことがあるので、目的のシステムの電源ライン、負荷および環境動作条件で正しく動作することをユーザーの側で検証してください。

「ピン配置」に示されている熱抵抗の値は、JESD 51-9 “Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements”で規定されているテストボードに実装した μ Moduleパッケージのモデリングをベースにしています。このページで与えられている熱係数は、JESD 51-12 (“Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information”)に基づいています。

実際のアプリケーションに対する精度と忠実度を上げるため、多くの設計者はFEAを使って熱性能を予測します。その目的で、「ピン配置」は一般に4種類の熱係数を与えています。

- θ_{JA} – 接合部から周囲までの熱抵抗。
- $\theta_{JCbottom}$ – 接合部から製品のケースの底部までの熱抵抗。
- θ_{JCTop} – 接合部から製品のケースの頂部までの熱抵抗。
- θ_{JB} – 接合部からプリント回路基板までの抵抗。

これらの係数それぞれの意味は直観的に分かるように思えますが、混乱と首尾一貫性の欠如を避けるため、JEDECはそれぞれについて定義を与えています。これらの定義はJESD 51-12に与えられており、以下のように引用され、または言い換えられます。

- θ_{JA} は1立方フィートの密閉された筐体内で測定された、接合部から自然対流する周囲の空気までの熱抵抗です。この環境は、自然対流により空気が移動しますが、「静止空気」と呼ばれることがあります。この値は、JESD 51-9で定義されているテストボードに実装したデバイスを使って決定されます。このテストボードは実際のアプリケーションまたは実現可能な動作条件を反映するものではありません。
- $\theta_{JCbottom}$ は、デバイスの電力損失による熱が全てパッケージの底部を通して流れる状態での接合部から基板までの熱抵抗です。標準的な μ Moduleレギュレータでは、熱の大半がパッケージの底部から流れ出しますが、周囲の環境に流れ出す熱流も常に存在します。その結果、この熱抵抗値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに合致しません。
- θ_{JCTop} は、デバイスの電力損失による熱がほとんど全てパッケージの頂部を通して流れる状態で決定されます。標準的な μ Moduleレギュレータの電気的接続はパッケージの底部なので、接合部からデバイスの頂部に熱の大半が流れるようにアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottom}$ の場合のように、この値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに合致しません。
- θ_{JB} は接合部から基板までの熱抵抗であり、熱の大部分が μ Moduleレギュレータの底部を通して基板に流れ出し、実際には、 $\theta_{JCbottom}$ と、デバイスの底部から半田接合部を通り、基板の一部までの熱抵抗の和です。基板温度は、両面2層基板を使って、パッケージから規定された距離において測定されます。この基板はJESD 51-9に記述されています。

全ての熱抵抗を同時に考慮する(FEAのような)詳細な熱解析を行うとき、これらの係数を使用するのが最も適切な方法です。これらのうちのどれも製品の熱性能を精確に予測するのに個別に使用することはできないので、どの1つの係数も、LTM8023のデータシートに与えられている接合部温度と負荷の曲線と相関させようとするのは適当ではありません。

アプリケーション情報

これらの熱抵抗を図解したものを図7に示します。

青色の熱抵抗は μ Moduleレギュレータ内部に含まれ、緑色の熱抵抗は外部にあります。

LTM8023のダイ温度は125°Cの最大定格より低くなければならぬので、回路のレイアウトに注意してLTM8023に十分なヒートシンクを与えます。LTM8023からの熱流の大半はモジュールの底部およびLGAパッドを通してプリント回路基板

に達します。したがって、プリント回路基板の設計が良くないと過度の熱が生じ、性能や信頼性が損なわれることがあります。プリント回路設計の推奨事項については、「PCBレイアウト」のセクションを参照してください。

最後に、高い周囲温度では、内部ショットキー・ダイオードのリーク電流がかなり大きくなり、LTM8023の消費電流が増加することに注意してください。

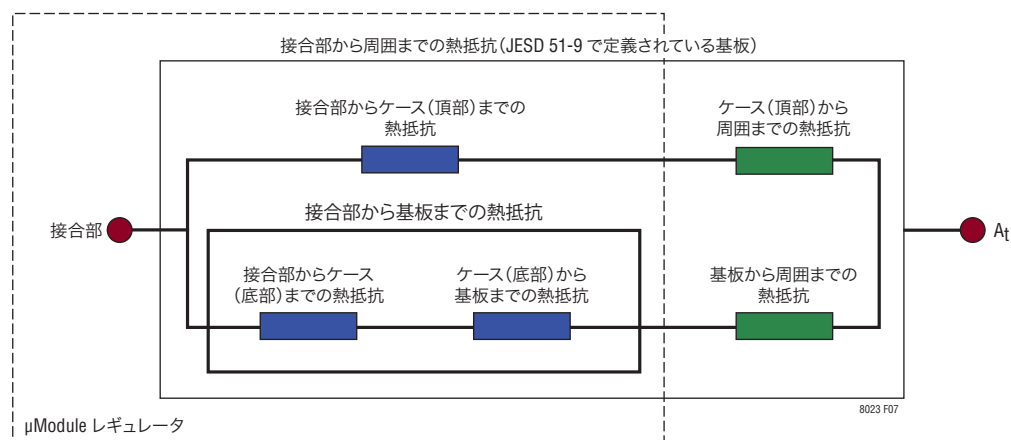
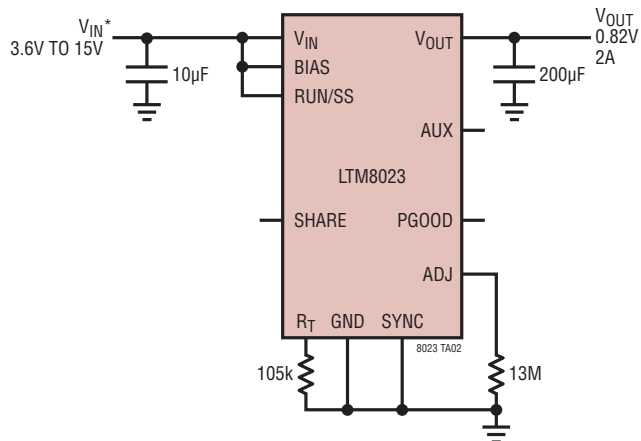


図7

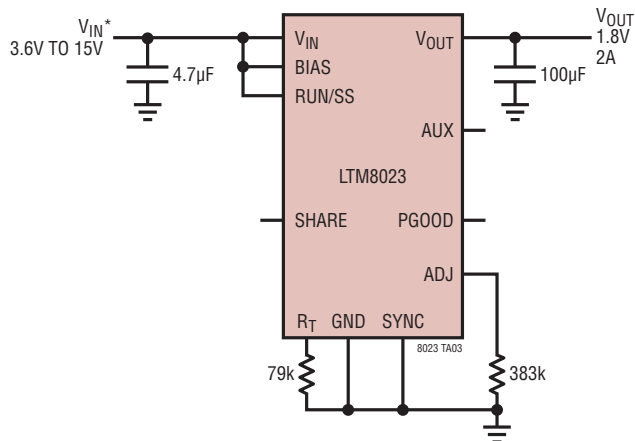
標準的応用例

0.82V降圧コンバータ



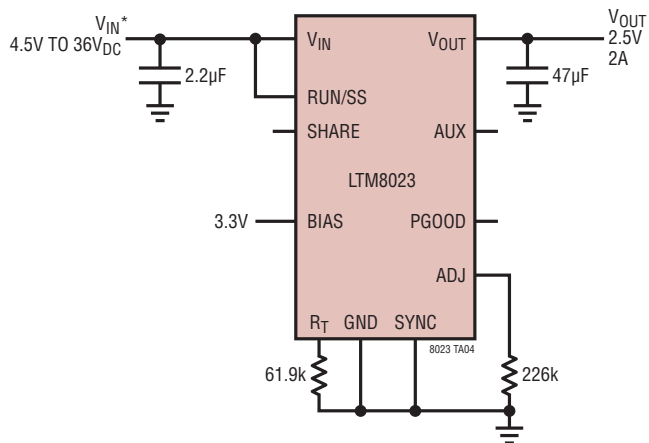
*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

1.8V降圧コンバータ



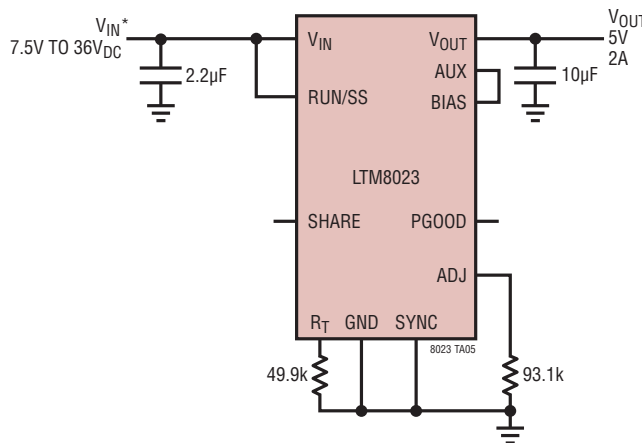
*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

2.5V降圧コンバータ

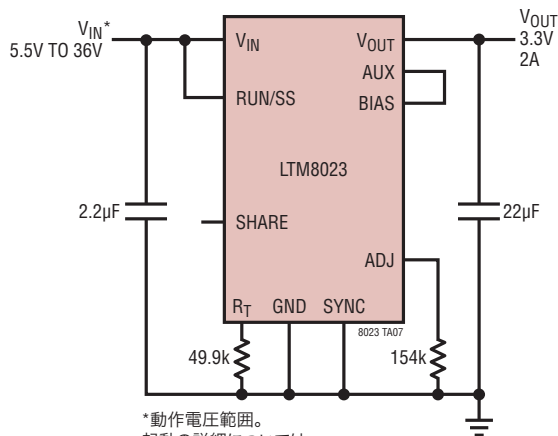


*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

5V降圧コンバータ



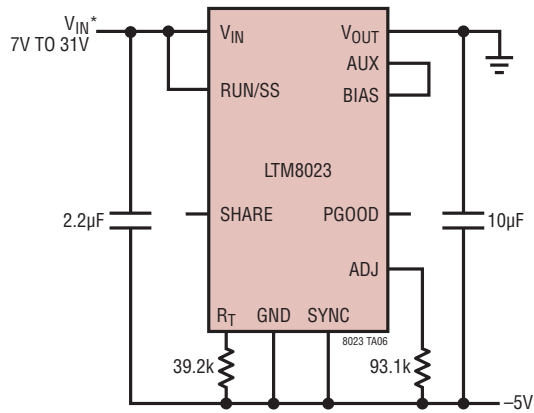
*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。



*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

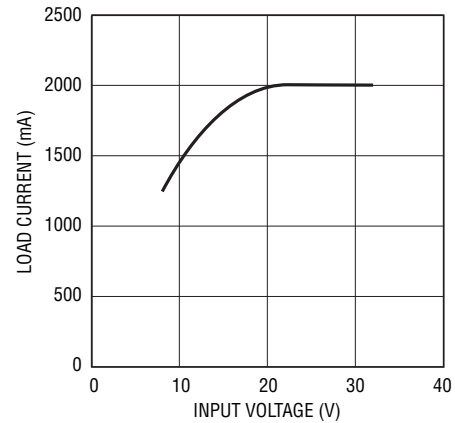
標準的応用例

-5V正-負コンバータ



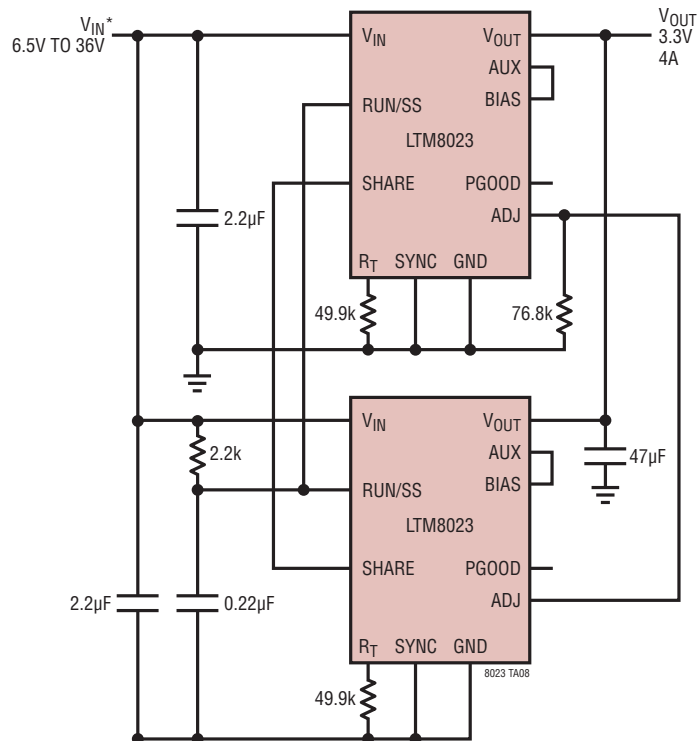
*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

-5V正-負コンバータ
負荷電流と入力電圧



8023 TA06b

並列接続した2個のLTM8023、3.3V/4A

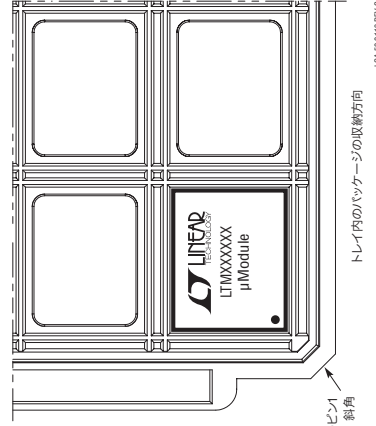
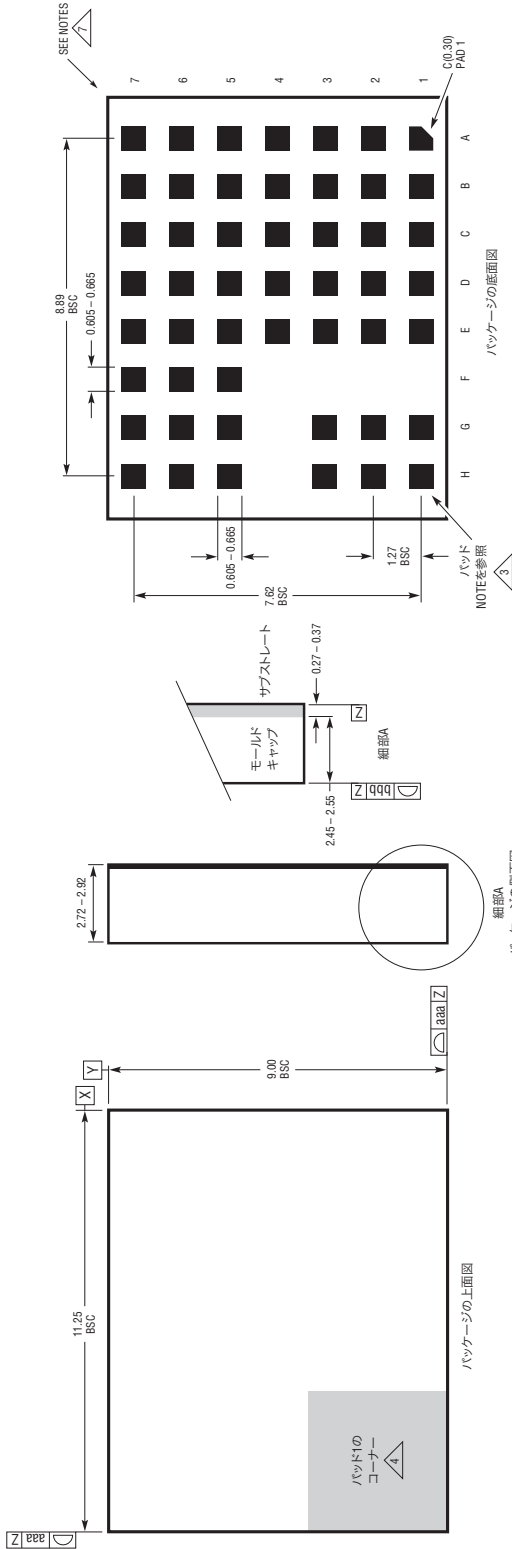


*動作電圧範囲。
起動の詳細については、
「アプリケーション情報」を参照。

パッケージ

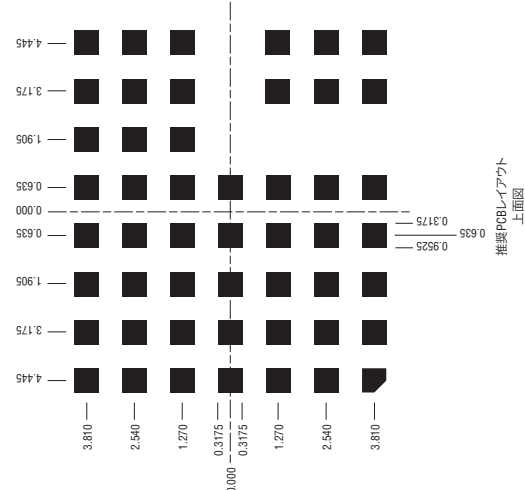
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

LGA Package
50-Lead (11.25mm × 9.00mm × 2.82mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1804 Rev C)



- NOTES:
1. 寸法と許容誤差はASME Y14.5M-1994による
 2. すべての寸法はミリメートル
 3. ランドの指定はJEDEC MO-222, SPP-Q1 08およびSPP-Q20による
 4. パッド側の識別マークの詳細はオプションだが、示された領域内にはなければならない。
パッド側の識別マークはモールドまたはマーキングにすることがある
 5. 主データA-Zはシーテイング・プレーン
 6. パッドの総数: 50
 7. パッケージの行と列のラベルは、µModule製品間で異なる可能性がある。各パッケージのレイアウトを確認すること

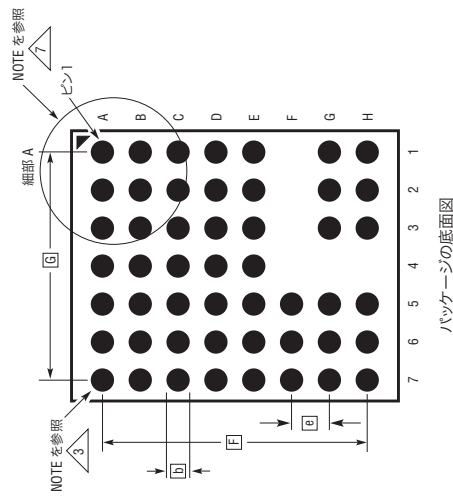
シンボル	許容誤差
aaa	0.15
bbb	0.10



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。

BGA Package
50-Lead (11.25mm x 9.00mm x 3.42mm)
(Reference LTC DWG#05-08-1883 Rev A)

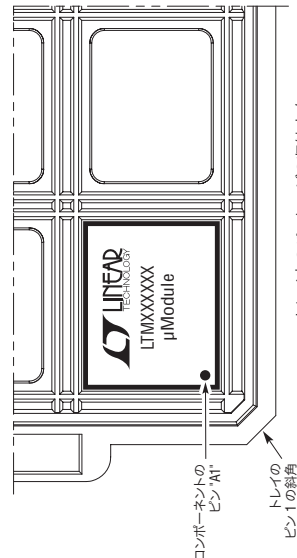


NOTES:

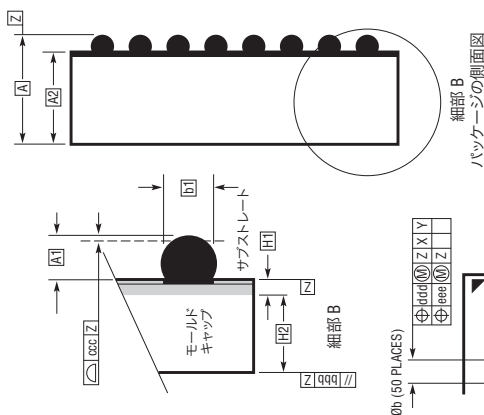
1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 による
2. 全ての寸法はミリメートル
3. BALL の指定は JESD MS-028 および JEFP95 による
4. ピン #1 の識別マークはオプションだが、示された領域内になければならない。ピン #1 の識別マークはモールドまたはマーキングが施すことができる
5. 主アークラム-Z はシーテイング・プレーン
6. 半田ボールは、元素構成比がスズ (Sn)96.5%、銀 (Ag)3.0%、銅 (Cu)0.5% の合金である



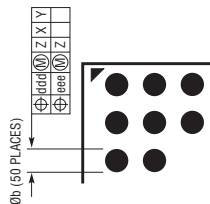
パッケージの行と列のラベルは、μModule 製品間で異なる可能性がある。各パッケージのレイアウトを確認すること



BGA 50 (22 REV A)

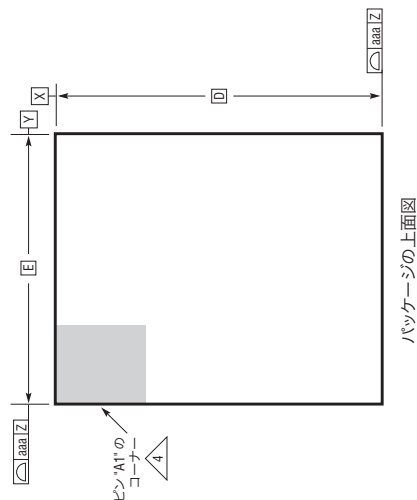


細部 B
パッケージの側面図

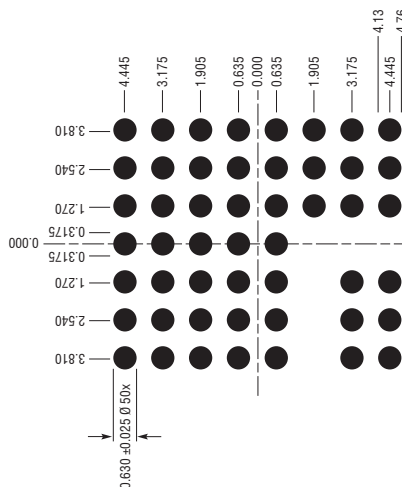


SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	3.22	3.42	3.62	
A1	0.50	0.60	0.70	
A2	2.72	2.82	2.92	
b	0.71	0.78	0.85	
b1	0.60	0.63	0.66	
D		11.25		
E		9.0		
e		1.27		
F		8.89		
G		7.62		
H1	0.27	0.32	0.37	
H2	2.45	2.50	2.55	
aaa			0.15	
bbb			0.10	
ccc			0.20	
ddd			0.30	
eee			0.15	

ボールの総数: 50



パッケージの上面図



推奨 PCB レイアウト
上面図

パッケージ

表3. ピン配置 (ピン番号順)

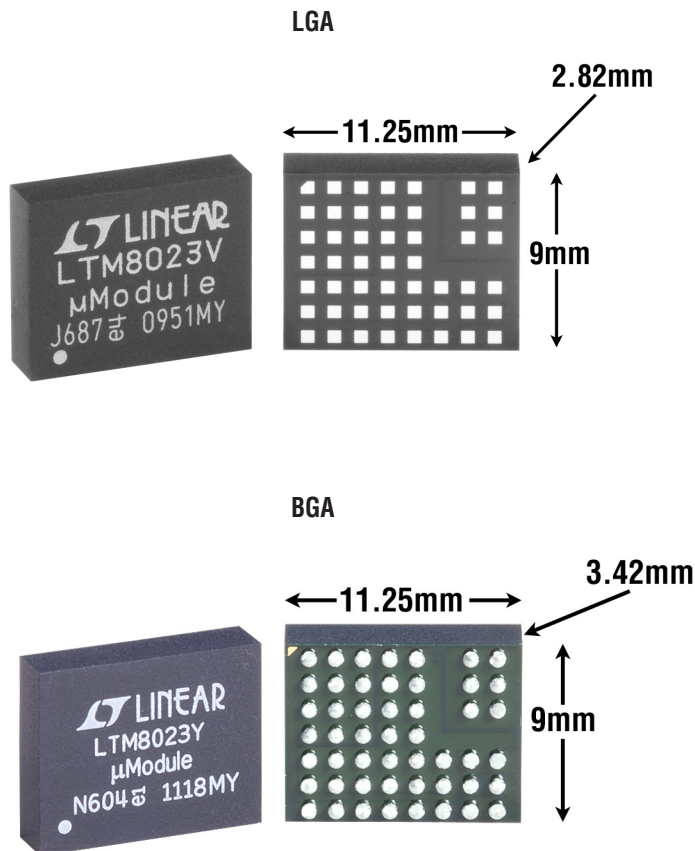
ピン	信号の説明	ピン	信号の説明
A1	V _{OUT}	D5	GND
A2	V _{OUT}	D6	GND
A3	V _{OUT}	D7	GND
A4	V _{OUT}	E1	GND
A5	GND	E2	GND
A6	GND	E3	GND
A7	GND	E4	GND
B1	V _{OUT}	E5	GND
B2	V _{OUT}	E6	GND
B3	V _{OUT}	E7	GND
B4	V _{OUT}	F5	AUX
B5	GND	F6	GND
B6	GND	F7	SHARE
B7	GND	G1	V _{IN}
C1	V _{OUT}	G2	V _{IN}
C2	V _{OUT}	G3	V _{IN}
C3	V _{OUT}	G5	BIAS
C4	V _{OUT}	G6	SYNC
C5	GND	G7	R _T
C6	GND	H1	V _{IN}
C7	GND	H2	V _{IN}
D1	GND	H3	V _{IN}
D2	GND	H5	RUN/SS
D3	GND	H6	PGOOD
D4	GND	H7	ADJ

改訂履歴 (改訂履歴はRev Fから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
F	8/10	Note 5を追加	3
G	8/11	BGAパッケージを追加、データシート全体に反映	1~24
H	8/13	出力コンデンサを2.2 μ Fから22 μ Fに変更	1
I	2/14	SnPb BGAパッケージオプションを追加	1,2

LTM8023

パッケージの写真



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTM8022	36V、1A DC/DC 降圧μModuleレギュレータ	$0.8V \leq V_{OUT} \leq 10V$ 、同期可能、9mm×11.25mm×2.8mm LGAパッケージ
LTM8025	36V、3A DC/DC 降圧μModuleレギュレータ	$0.8V \leq V_{OUT} \leq 24V$ 、同期可能、9mm×15mm×4.3mm LGAパッケージ
LTM8027	60V、4A DC/DC 降圧μModuleレギュレータ	$2.5V \leq V_{OUT} \leq 24V$ 、同期可能、15mm×15mm×4.3mm LGAパッケージ
LTM4612	EN55022B認証済みの36V、5A 降圧μModuleレギュレータ	$3.3V \leq V_{OUT} \leq 15V$ 、同期可能、15mm×15mm×2.8mm LGAパッケージ
LTM4613	EN55022B認証済みの36V、8A 降圧μModuleレギュレータ	$3.3V \leq V_{OUT} \leq 15V$ 、同期可能、15mm×15mm×4.3mm LGAパッケージ
LTM8061	32V、2A リチウムイオン/リチウムポリマー μModule バッテリ・チャージャ	C/10または内部終了タイマ、自動再充電、プログラム可能な充電電流、9mm×15mm×4.3mm LGAパッケージ