

トラッキング機能を備えた 低電圧、4A DC/DC μ Module レギュレータ

特長

- 完全な独立型電源
- 全DC出力電圧誤差(-40°C ~ 125°C): 最大 $\pm 1.75\%$
- 広い入力電圧範囲: 2.375V ~ 5.5V
- 出力電流: 4A (DC)、5A (ピーク値)
- 出力電圧範囲: 0.8V ~ 5V
- 出力電圧トラッキング
- UltraFast™ トランジェント応答
- パワーグッド・インジケータ
- 電流モード制御
- 電流フォールドバック保護、並列/電流分担
- 効率: 最大95%
- プログラム可能なソフトスタート
- マイクロパワー・シャットダウン: $I_Q \leq 7\mu A$
- 過熱保護
- 9mm×15mm×2.32mmのLGAパッケージと
9mm×15mm×3.42mmのBGAパッケージ

アプリケーション

- 通信機器およびネットワーク機器
- サーバ
- ストレージ・カード
- ATCAカード
- 産業用機器

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、LTspice、 μ ModuleおよびLinearのロゴはリアテクノロジ社登録商標です。UltraFastおよびLTpowerCADはリアテクノロジ社の商標です。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。

概要

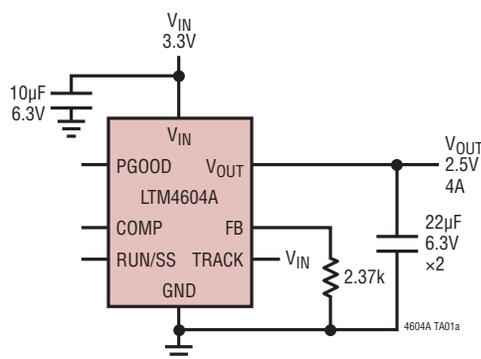
LTM®4604Aは、全出力電圧誤差の最大値が $\pm 1.75\%$ 以内の完全な4Aスイッチ・モード降圧 μ Module®(マイクロモジュール)レギュレータです。スイッチング・コントローラ、パワーFET、インダクタ、およびすべての支持部品がパッケージに搭載されています。LTM4604Aは、2.375V ~ 5.5Vの入力電圧範囲で動作し、0.8V ~ 5Vの出力電圧範囲をサポートしており、出力電圧は1本の抵抗で設定されます。この高効率設計により、最大4Aの連続電流(5Aのピーク電流)を供給します。設計を完了するために必要なのは、入力コンデンサおよび出力コンデンサだけです。

1.27mmピッチの0.630mm LGAパッドにより、標準的なトレース配線とビア配置を行うことで、PCBレイアウトが簡単になります(LTM4604AのパッドはLTM4604より小さくなっています)。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。高いスイッチング周波数と電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく入力および負荷の変動に対するきわめて高速なトランジェント応答が可能です。

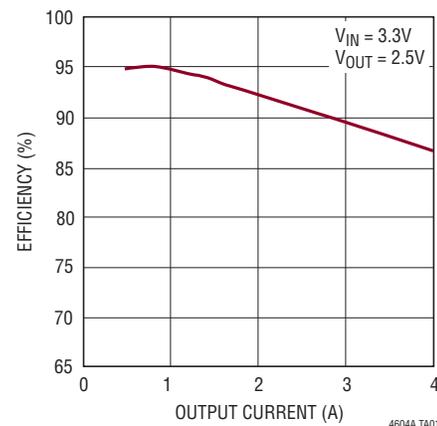
フォルト保護機能には、フォールドバック電流保護、サーマル・シャットダウン、およびプログラム可能なソフトスタート機能があります。LTM4604Aは、SnPb仕上げ(BGA)またはRoHSに準拠した端子仕上げで供給されます。

標準的応用例

3.3V入力/2.5V出力の4A μ Moduleレギュレータ



効率と出力電流



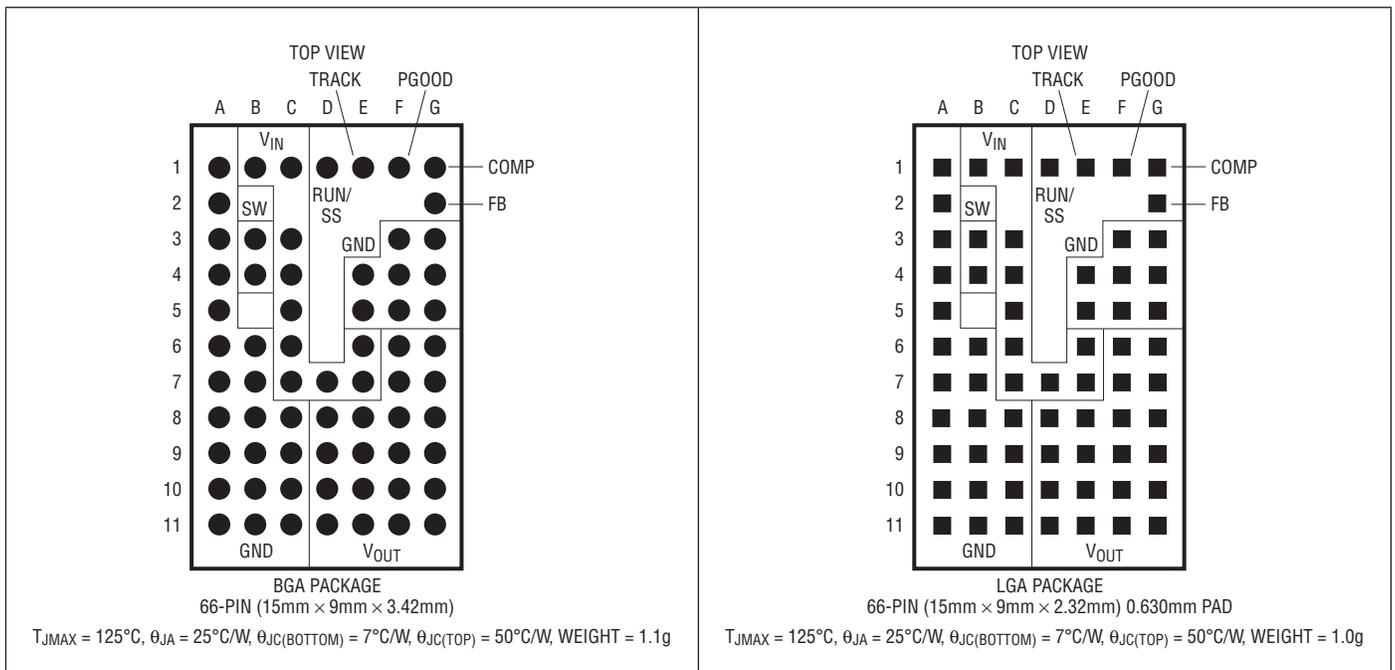
LTM4604A

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} 、PGOOD $-0.3V \sim 6V$
 COMP、RUN/SS、FB、TRACK $-0.3V \sim V_{IN}$
 SW 、 V_{OUT} $-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$

内部動作温度範囲 (Note 2) $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
 保存温度範囲 $-55^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
 リフロー (ピーク・ボディ) 温度 $245^{\circ}C$

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			
LTM4604AEV#PBF	Au (RoHS)	LTM4604AV	e4	LGA	3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTM4604AIV#PBF	Au (RoHS)	LTM4604AV	e4	LGA	3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTM4604AEY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4604AY	e1	BGA	3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTM4604AIY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4604AY	e1	BGA	3	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTM4604AIY	SnPb (63/37)	LTM4604AY	e0	BGA	3	$-40^{\circ}C$ 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。*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

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 。図 15 参照。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{IN(DC)}$	Input DC Voltage		● 2.375		5.5	V
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	$C_{IN} = 10\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$, $R_{FB} = 5.69\text{k}$ $V_{IN} = 2.375\text{V to } 5.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A to } 4\text{A}$ (Note 3)	● 1.482	1.5	1.518	V
			1.474	1.5	1.522	V

入力の仕様

$V_{IN(UVLO)}$	Undervoltage Lockout Threshold	$I_{OUT} = 0\text{A}$	1.75	2	2.3	V
$I_{INRUSH(VIN)}$	Peak Input Inrush Current at Start-Up	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $C_{IN} = 10\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$, $RUN/SS = 0.01\mu\text{F}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.7		A
				0.7		A
$I_Q(VIN \text{ NOLOAD})$	Input Supply Bias Current	$V_{IN} = 3.3\text{V}$, No Switching $V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, Switching Continuous $V_{IN} = 5\text{V}$, No Switching $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, Switching Continuous Shutdown, $RUN = 0$, $V_{IN} = 5\text{V}$		60		μA
				28		mA
				100		μA
				35		mA
				7		μA
$I_S(VIN)$	Input Supply Current	$V_{IN} = 2.5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 4\text{A}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 4\text{A}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 4\text{A}$		2.9		A
				2.2		A
				1.45		A

出力の仕様

$I_{OUT(DC)}$	Output Continuous Current Range	$V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 3)			4	A
$\frac{\Delta V_{OUT(LINE)}}{V_{OUT}}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, V_{IN} from 2.375V to 5.5V, $I_{OUT} = 0\text{A}$	●	0.1	0.2	%
$\frac{\Delta V_{OUT(LOAD)}}{V_{OUT}}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, 0A to 4A (Note 3) $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$	● ●	0.3	0.6	% %
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		10		mV_{P-P}
				12		mV_{P-P}
f_S	Output Ripple Voltage Frequency	$I_{OUT} = 4\text{A}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		1.25		MHz
$\Delta V_{OUT(START)}$	Turn-On Overshoot	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $RUN/SS = 10\text{nF}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$, $I_{OUT} = 0\text{A}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		20		mV
				20		mV
t_{START}	Turn-on Time	$C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 1\text{A}$ Resistive Load, $TRACK = V_{IN}$ and $RUN/SS = \text{Float}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		1.5		ms
				1.0		ms
$\Delta V_{OUT(LS)}$	Peak Deviation for Dynamic Load Step	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load, $C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$ Ceramic $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		25		mV
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		10		μs
$I_{OUT(PK)}$	Output Current Limit	$V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		8		A
				8		A

LTM4604A

電気的特性

●は規定された全内部動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 。図 15 参照。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
制御セクション						
V_{FB}	Voltage at FB Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	● 0.793 0.788	0.8 0.8	0.807 0.808	V V
I_{FB}				0.2		μA
$V_{RUN/SS}$	RUN/SS Pin On/Off Threshold		0.5	0.65	0.8	V
I_{TRACK}	TRACK Pin Current			0.2		μA
$V_{TRACK(OFFSET)}$	Offset Voltage	TRACK = 0.4V		30		mV
$V_{TRACK(RANGE)}$	Tracking Input Range		0		0.8	V
R_{FBHI}	Resistor Between V_{OUT} and FB Pins		4.965	4.99	5.015	$\text{k}\Omega$
PGOOD						
ΔV_{PGOOD}	PGOOD Range			± 7.5		%
R_{PGOOD}	PGOOD Resistance	Open-Drain Pull-Down		90	150	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回復不可能な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。

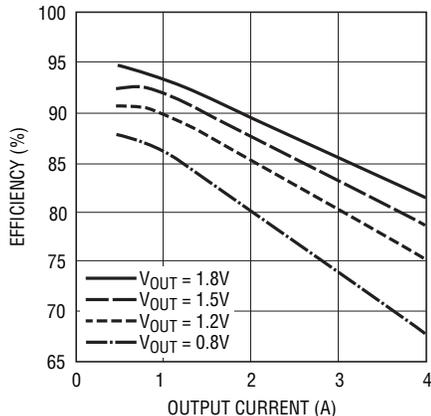
Note 2: LTM4604Aは T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTM4604AEは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コント

ロールとの相関で確認されている。LTM4604AIは全内部動作温度範囲で仕様に適合することが保証されている。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、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: 異なる V_{IN} 、 V_{OUT} 、および T_A については出力電流のディレーティング曲線を参照。

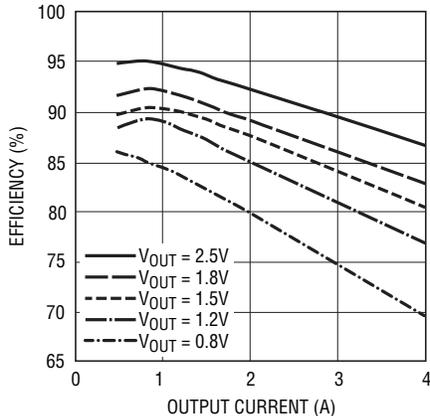
標準的性能特性

効率と出力電流
 $V_{IN} = 2.5V$



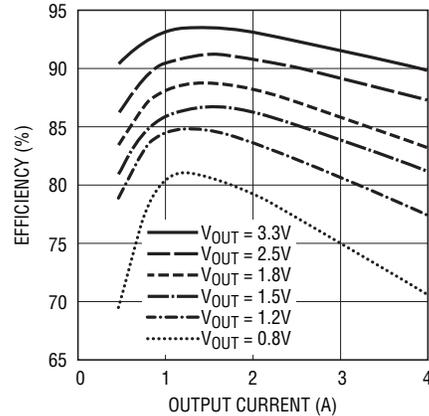
4604A G01

効率と出力電流
 $V_{IN} = 3.3V$



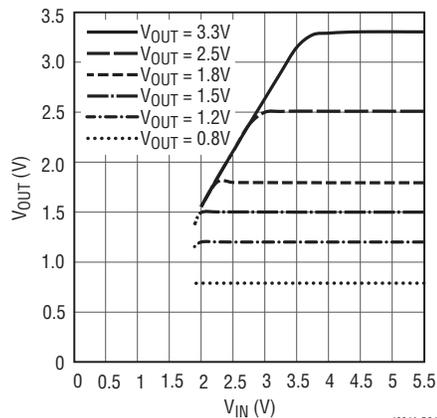
4604A G02

効率と出力電流
 $V_{IN} = 5V$



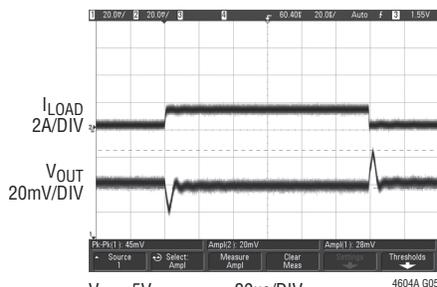
4604A G03

最小入力電圧、
4A 負荷時



4604A G04

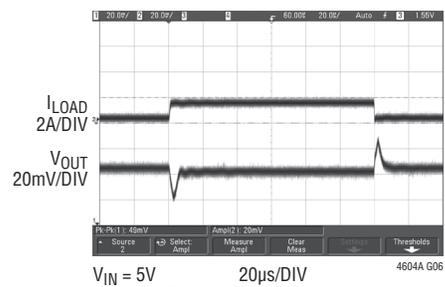
負荷トランジェント応答



$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 1.2V$
 $C_{OUT} = 4 \times 22\mu F$ 6.3V CERAMICS
 $I_{OUT} = 0A$ TO $2A$

4604A G05

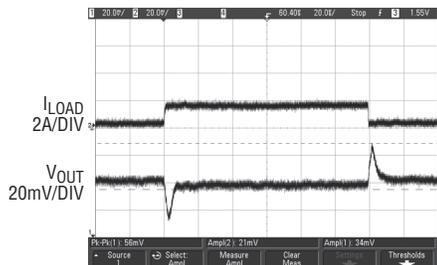
負荷トランジェント応答



$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 4 \times 22\mu F$ 6.3V CERAMICS
 $I_{OUT} = 0A$ TO $2A$

4604A G06

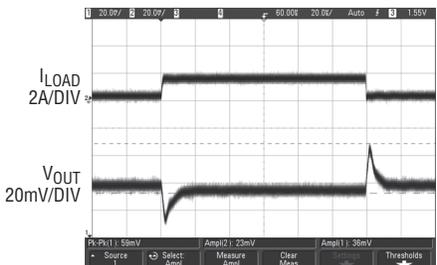
負荷トランジェント応答



$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 1.8V$
 $C_{OUT} = 3 \times 22\mu F$ 6.3V CERAMICS
 $I_{OUT} = 0A$ TO $2A$

4604A G07

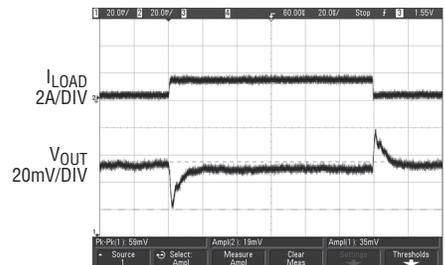
負荷トランジェント応答



$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 2.5V$
 $C_{OUT} = 3 \times 22\mu F$ 6.3V CERAMICS
 $I_{OUT} = 0A$ TO $2A$

4604A G08

負荷トランジェント応答

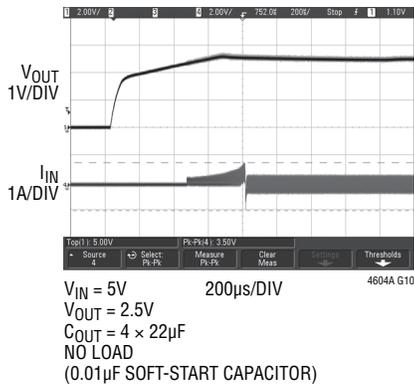


$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 3.3V$
 $C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$ 6.3V CERAMICS
 $I_{OUT} = 0A$ TO $2A$

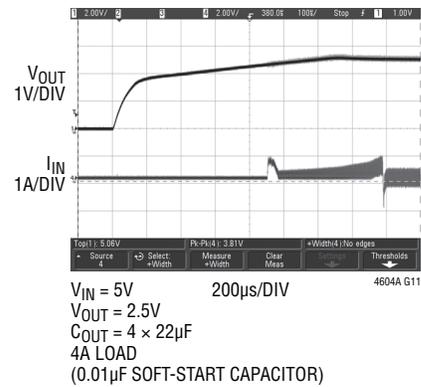
4604A G09

標準的性能特性

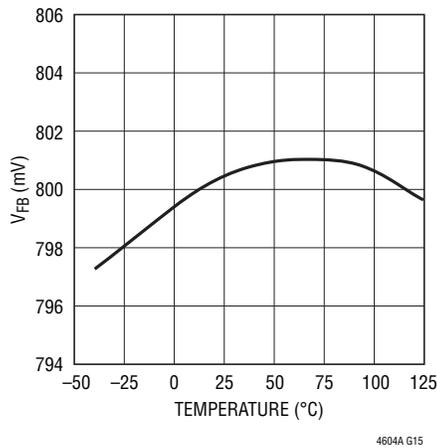
起動



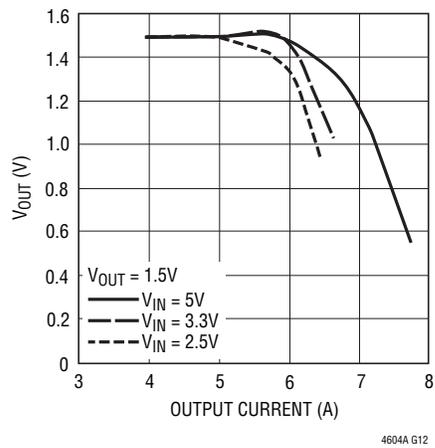
起動



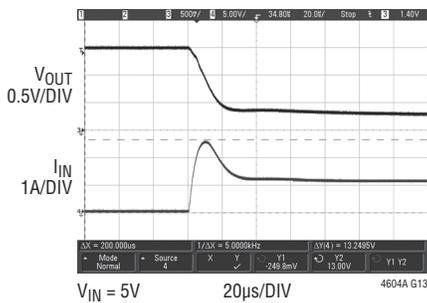
V_{FB}と温度



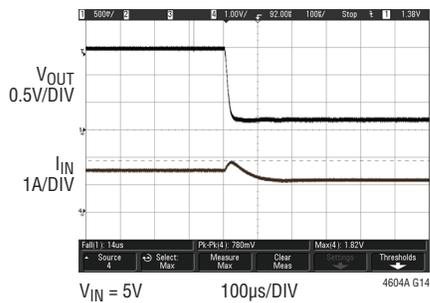
電流制限フォールドバック



短絡保護 1.5Vの短絡、負荷なし



短絡保護 1.5Vの短絡、4Aの負荷



ピン機能



パッケージの行と列のラベルは、 μ Module 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

V_{IN} (B1, C1, C3 ~ C7, D7, E6 および E7) : 電源入力ピン。これらのピンとGNDピンの間に入力電圧を印加します。入力デカップリング・コンデンサはV_{IN}ピンとGNDピンの間に直接配置することを推奨します。

V_{OUT} (D8 ~ D11, E8 ~ E11, F6 ~ F11, G6 ~ G11) : 電源の出力ピン。これらのピンとGNDピンの間に出力負荷を接続します。出力デカップリング・コンデンサはこれらのピンとGNDピンの間に直接配置することを推奨します。表4を参照してください。

GND (G3 ~ G5, F3 ~ F5, E4 ~ E5, A1 ~ A11, B6 ~ B11, C8 ~ C11) : 入力帰路と出力帰路の両方の電源グラウンド・ピン。

TRACK (E1) : 出力電圧トラッキング・ピン。モジュールがマスタ出力として構成される場合、RUN/SSピンとグラウンドの間にソフトスタート・コンデンサを接続してマスタ・ランプ・レートを制御します。スレーブ動作を実行するには、マスタの出力からグラウンドに抵抗分割器を接続し、分割器の中間点をスレーブ・レギュレータ上のこのピンに接続します。トラッキングが不要な場合は、TRACKピンをV_{IN}に接続します。トラッキングを行うには、負荷電流が存在する必要があります。「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。

FB (G2) : エラーアンプの負入力。このピンは内部で4.99kの高精度抵抗を介してV_{OUT}に接続されています。FBピンとGNDピンの間に外付け抵抗を接続して、異なる出力電圧をプログラムすることができます。このピンが隣接するモジュールのFBピンと並列に接続されている場合、2つの電源モジュールは電流分担が可能です。「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。

COMP (G1) : 電流制御しきい値およびエラーアンプの補償点。電流コンパレータのしきい値はこの制御電圧に応じて増加します。このピンが隣接するモジュールのCOMPピンと並列に接続されている場合、2つの電源モジュールは電流分担が可能です。

PGOOD (F1) : 出力電圧のパワーグッド・インジケータ。オープンドレインのロジック出力で、出力電圧がレギュレーション点の $\pm 7.5\%$ 以内になると、グラウンド電位に低下します。

RUN/SS (D1) : 実行制御およびソフトスタート・ピン。0.8Vより高い電圧はモジュールをオンし、0.5Vより低い電圧はモジュールをオフします。このピンは、V_{IN}に対して1Mの抵抗、GNDに対して1000pFのコンデンサを備えています。RUN/SSピンの電圧は、制御ループの電流コンパレータのしきい値をクランプします。ソフトスタートの完了時にRUN/SSピンの電圧が2.375Vであれば、レギュレータが全出力電流を供給できることが保証されます。V_{IN}がアクティブの間にモジュールをオフするには、デバイスが低速で遷移して内部低電圧ロックアウトのしきい値に達しないように、1マイクロ秒以下の立ち下がりエッジでRUN/SSピンを“L”にする必要があります。詳細については「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。

SW (B3およびB4) : テスト目的で使われる回路のスイッチング・ノード。このピンを基板上の銅領域に接続して、熱性能を改善できます。このピンを他の出力ピンに接続しないでください。

LTM4604A

ブロック図

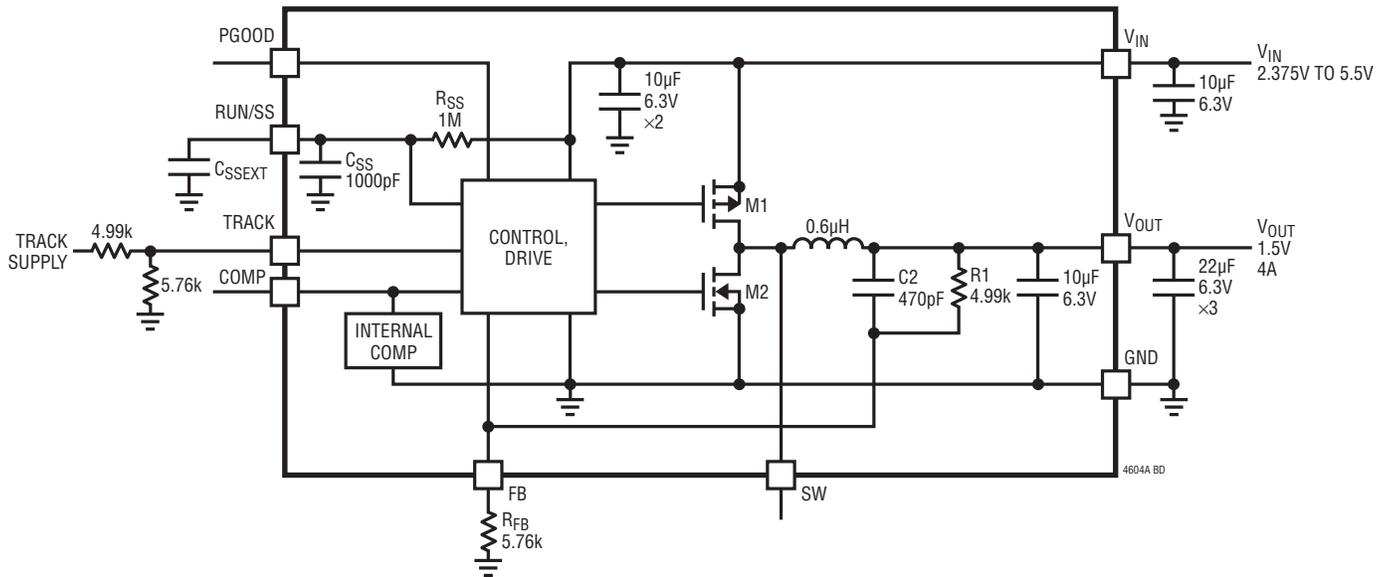


図1. LTM4604Aの簡略ブロック図

デカップリングの要件

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 。図1の構成を使用。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
C_{IN}	External Input Capacitor Requirement ($V_{IN} = 2.375\text{V}$ to 5.5V , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 4\text{A}$		10		μF
C_{OUT}	External Output Capacitor Requirement ($V_{IN} = 2.375\text{V}$ to 5.5V , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 4\text{A}$		66		μF

動作

電源モジュールの概要

LTM4604Aはスタンドアロン非絶縁型スイッチ・モードDC/DC電源です。入力と出力にいくつかの外付けコンデンサを使用するだけで、最大4A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、2.375V～5.5Vの広い入力電圧にわたって、1個の外付け抵抗によってプログラム可能な0.8V DC～5.0V DCの精密に安定化された出力電圧を供給します。標準的応用回路を図15に示します。

LTM4604Aは内蔵の固定周波数電流モード・レギュレータと高速スイッチングが可能な内蔵パワーMOSFETデバイスを備えています。標準スイッチング周波数は1.25MHzです。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、広範囲の動作条件と、(すべてがセラミックの出力コンデンサであっても)広範囲の出力コンデンサで、LTM4604Aモジュールは十分に余裕のある安定性と良好な過渡性能を実現します。

電流モード制御により、各サイクルごとに高速電流制限が行われます。さらに、過電流状態で V_{OUT} が低下するとフォールドバック電流制限が作動します。内蔵されている過電圧コンパレータと低電圧コンパレータは、出力帰還電圧がレギュレーション・ポイントから $\pm 7.5\%$ の範囲を外れると、オープン・ドレ

インのPGOOD出力を“L”に引き下げます。さらに、過電圧状態では内部トップFET(M1)がオフし、ボトムFET(M2)がオンして過電圧状態が解消するまでオン状態に保たれます。

RUN/SSピンの電圧を0.5Vより低くすると、コントローラを強制的にシャットダウン状態にして、M1とM2の両方をオフします。負荷電流が小さいとき、モジュールはデフォルトで連続電流モードで動作し、出力電圧リップルを最小にします。

TRACKピンは電源トラッキングに使用されます。「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。

LTM4604Aは内部補償され、広い動作条件で安定しています。さまざまな動作条件での入力容量と出力容量のガイドラインを表4に示します。過渡解析および安定性解析用に、LTpowerCAD™ GUIが利用可能です。

FBピンは、グランドとの間に1本の外付け抵抗を接続して、出力電圧の設定に使用します。

アプリケーション情報

LTM4604Aの標準的なアプリケーション回路を図15に示します。外付け部品の選択は主に最大負荷電流と出力電圧で決まります。個々のアプリケーションに対する外付けコンデンサの具体的な要件については、表4を参照してください。

V_{IN}からV_{OUT}への降圧比

実現可能なV_{IN}からV_{OUT}への最大降圧比には、与えられた入力電圧に応じた制約があります。LTM4604Aは100%のデューティ・サイクルを実現する能力がありますが、V_{IN}からV_{OUT}への最小ドロップアウトは負荷電流によって決まります。最小0.5V(標準)で十分です(「標準的性能特性」を参照)。

出力電圧のプログラミング

PWMコントローラには0.8Vの内部リファレンス電圧があります。「ブロック図」に示すように、V_{OUT}ピンとFBピンは4.99kの0.5%内部帰還抵抗によって相互に接続されます。外部に接続される帰還抵抗がない場合、出力電圧はデフォルトで0.8Vになります。FBピンとGNDの間に抵抗R_{FB}を追加すると、次のように出力電圧が設定されます。

$$V_{OUT} = 0.8V \cdot \frac{4.99k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

表1. FBピンの抵抗と出力電圧

V _{OUT}	0.8V	1V	1.2V	1.5V	1.8V	2.5V	3.3V
R _{FB}	Open	20k	10k	5.76k	4.02k	2.37k	1.62k

入力コンデンサ

LTM4604Aモジュールは低ACインピーダンスのDCソースに接続する必要があります。モジュールには2個の10μFセラミック・コンデンサが内蔵されています。最大4Aレベルの大きな負荷ステップが必要な場合にのみ、追加の入力コンデンサが必要です。長い誘導性のリードやトレースによって入力のソース・インピーダンスが損なわれる場合にのみ、47μFの入力バルク・コンデンサが必要です。

降圧コンバータの場合、スイッチングのデューティ・サイクルは次のように推定することができます。

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

インダクタの電流リップルを考慮しなければ、入力コンデンサのRMS電流は次のように概算することができます。

$$I_{CIN(RMS)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{\eta\%} \cdot \sqrt{D \cdot (1-D)}$$

上の式で、η%は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサには、スイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CON、またはポリマー・コンデンサを使用することができます。低インダクタンスのプレーンを使用してデバイスに電力を供給する場合は、入力コンデンサは不要です。2個の内部10μFセラミック・コンデンサの定格は、通常は2A～3AのRMSリップル電流に対して決められます。最大電流が4Aの場合、ワーストケースのリップル電流は2A以下です。

出力コンデンサ

LTM4604Aは低出力電圧リップル用に設計されています。C_{OUT}として定義されているバルク出力コンデンサは、出力電圧リップルとトランジェントの要件を満たすために、実効直列抵抗(ESR)が十分に小さいものを選択します。C_{OUT}には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサ、またはX5R/X7Rセラミック・コンデンサを使用することができます。標準的な出力容量は22μF～100μFです。出力リップルや動的トランジェント・スパイクをさらに低減するために、システム設計者による出力フィルタの追加が必要になる場合があります。異なる出力電圧と、2A/μsの過渡での電圧降下やオーバーシュートを最小に抑えるための出力コンデンサの一覧を表4に示します。この表では、過渡性能を最良にするために総等価ESRと総バルク容量が最適化されています。さらなる最適化には、LTpowerCAD GUIを利用できます。

フォルト状態: 電流制限および過電流フォールドバック

LTM4604Aには電流モード制御機能が備わっており、定常状態の動作時だけでなく過渡応答においても、基本的にはサイクルごとにインダクタ電流を制限します。

過負荷状態が発生したとき電流をさらに制限するため、LTM4604Aは、出力電圧低下時にはフォールドバック電流制限機能を提供します。LTM4604A デバイスは、約150°Cでスイッチング動作を停止する過熱シャットダウン保護機能を備えています。

アプリケーション情報

RUN イネーブルとソフトスタート

RUN/SS ピンには、イネーブルとソフトスタート制御の2つの機能があります。RUN/SS ピンは、LTM4604A のオン状態の制御に使用されます。このピンの電圧が0.5Vを下回ると、LTM4604A は7 μ A の低静止電流状態に移行します。このピンが0.8Vのしきい値に達すると、LTM4604A をイネーブルします。このピンを使用して、複数のLTM4604A デバイスをシーケンス構成にできます。RUN/SS ピンの電圧は、制御ループの電流コンパレータのしきい値をクランプします。ソフトスタートの完了時にRUN/SS ピンの電圧が2.375Vであれば、レギュレータが全出力電流を供給できることが保証されます。ソフトスタート制御は、ブロック図に示すように、1Mのプルアップ抵抗(R_{SS})と1000pFのコンデンサ(C_{SS})によって実現されます。外付けコンデンサをRUN/SSピンに接続して、ソフトスタート時間を延長できます。標準値は0.01 μ Fです。ソフトスタート時間は次式で与えられます。

$$t_{\text{SOFTSTART}} = \ln\left(\frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{IN}} - 1.8\text{V}}\right) \cdot R_{\text{SS}}(C_{\text{SS}} + C_{\text{SSEXT}})$$

ここで、 R_{SS} と C_{SS} は図1のブロック図に示されており、1.8Vはソフトスタートの上限、 C_{SSEXT} はより正確なソフトスタート制御のための追加容量です。ソフトスタート機能を使って出力ランプ上昇時間を制御することもできるので、別のレギュレータを簡単にトラッキングすることが可能です。独立したランプ制御信号をマスタ・ランプに適用できます。トラッキングを使用しない場合は、TRACKピンを V_{IN} に接続してトラッキングを無効にできます。 V_{IN} がアクティブの間にモジュールをオフするには、デバイスが低速で遷移して内部低電圧ロックアウトのしきい値に達しないように、1マイクロ秒以下の立ち下がりエッジでRUN/SSピンを“L”にする必要があります。

出力電圧のトラッキング

出力電圧のトラッキングはTRACKピンを使って外部からプログラムできます。出力を別のレギュレータによってトラッキングアップおよびトラッキングダウンさせることができます。マスタ・レギュレータの出力は、スレーブ・レギュレータの帰還分割器と同じ外部抵抗分割器によって分割され、同時トラッキングを実装します。LTM4604Aは、トップ帰還抵抗用として4.99kの非常に高精度な抵抗を使用します。同時トラッキングの例を図2と図3に示します。

$$V_{\text{TRACK}} = \frac{R_{\text{FB2}}}{4.99\text{k} + R_{\text{FB2}}} \cdot V_{\text{MASTER}}$$

V_{TRACK} はスレーブのトラック・ピンに印加されるトラック・ランプです。 V_{TRACK} は、プログラムされた値のポイント(V_{TRACK} が0.8Vのリファレンス値を超える点)までスレーブ出力用のトラック・リファレンスを印加します。スレーブ出力が確実に最終

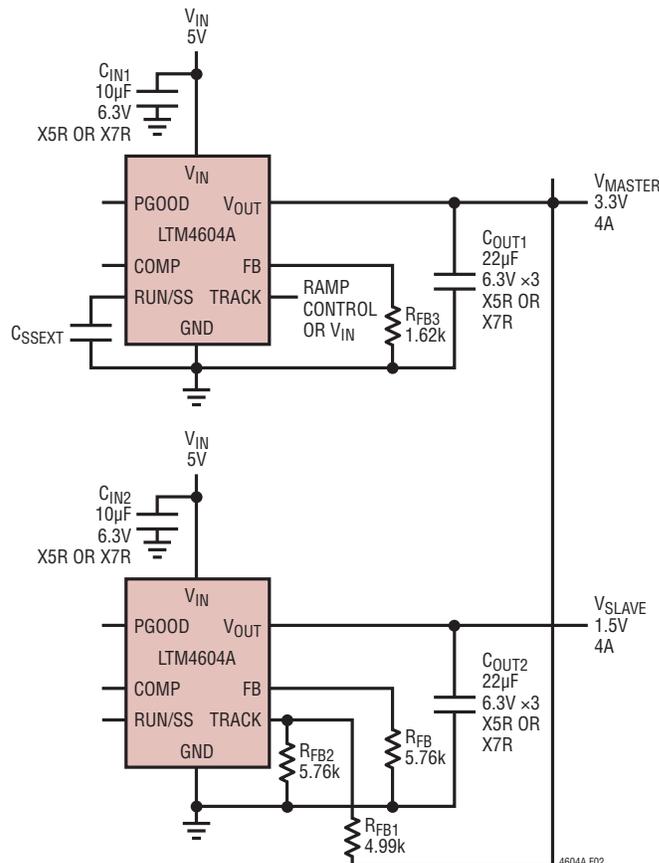


図2. トラッキング機能を備えたデュアル出力(3.3Vおよび1.5V)

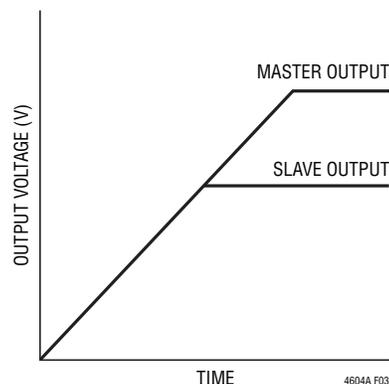


図3. 出力電圧の同時トラッキング

アプリケーション情報

的な値に達するには、V_{TRACK}ピンの電圧が0.8Vを超える必要があります。適切なトラッキングには、負荷電流が存在する必要があります。

比例モードのトラッキングは、異なった抵抗値を選択して出力のトラッキング比を変えることによって実行できます。比例トラッキングが機能するには、マスタ出力がスレーブ出力より大きくなければなりません。LTspice[®]を使用して、さまざまなトラッキング・シナリオを実行できます。マスタ・データおよびスレーブ・データの入力を使用して、同時トラッキングまたは比例トラッキングを実行できます。マスタ・レギュレータとスレーブ・レギュレータには、トラッキングダウン用の負荷電流が必要です。

パワーグッド

PGOODピンはオープン・ドレインのピンで、有効な出力電圧レギュレーションをモニタするのに使うことができます。このピンはレギュレーション・ポイントの上下±7.5%の範囲をモニタします。

COMPピン

COMPピンは外部補償ピンです。LTM4604Aはあらゆる出力電圧に対して内部で補償済みです。ほとんどのアプリケーションの要件に対して表4が与えられています。その他の制御ループの最適化にはLTpowerCAD GUIを使用することができます。

並列動作

LTM4604A デバイスは、基本的に電流モードで制御されるデバイスです。並列モジュールは電流分担が非常に優れています。デザインの発熱バランスがよくなります。並列構成の回路を図16に示します。多数のモジュールを並列接続する場合、電圧帰還は変数Nによって次のように変化します。式は次のようになります。

$$V_{OUT} = 0.8V \cdot \frac{\frac{4.99k}{N} + R_{FB}}{R_{FB}}$$

Nは並列に接続したモジュールの個数です。

熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

図4と図5の電力損失曲線と図6～図13の負荷ディレーティング曲線を組み合わせて使えば、さまざまなエアフロー条件でヒートシンクありとヒートシンクなしのモジュールのθ_{JA}を概算することができます。サーマル・モデルは、ベンチテストのいくつかの温度測定から得られ、サーマル解析ソフトウェアに関連付けられます。表2と表3に、注記された条件の等価θ_{JA}がまとめられています。これらの等価θ_{JA}パラメータは測定値と相関がとれており、エアフローによって改善されます。ディレーティング曲線が得られる間、最大接合部温度がモニタされます。

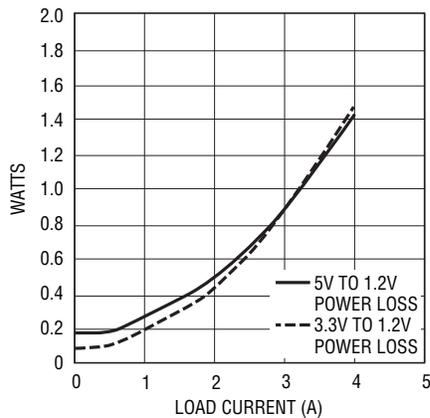


図4. 1.2V出力の電力損失

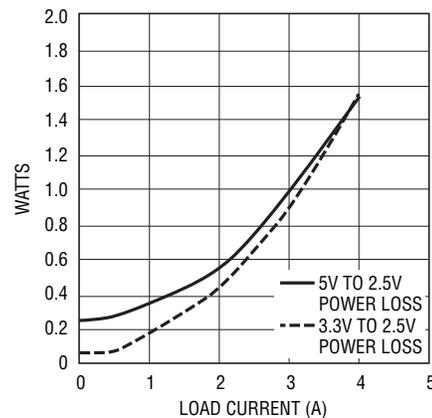


図5. 2.5V出力の電力損失

アプリケーション情報

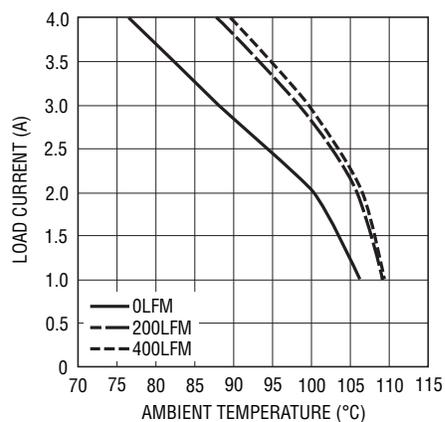


図6. 5V入力から1.2V出力、ヒートシンクなし

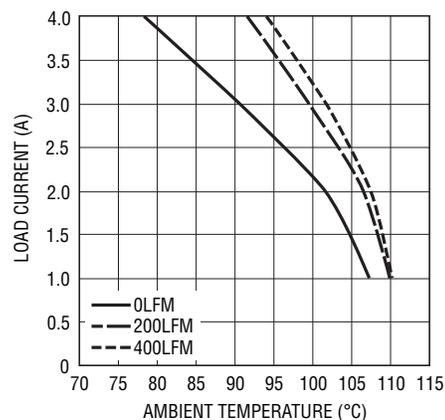


図7. 5V入力から1.2V出力、ヒートシンクあり

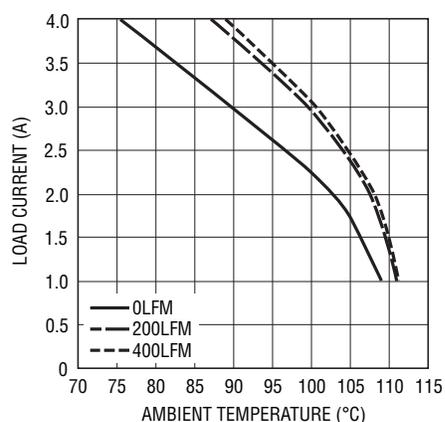


図8. 3.3V入力から1.2V出力、ヒートシンクなし

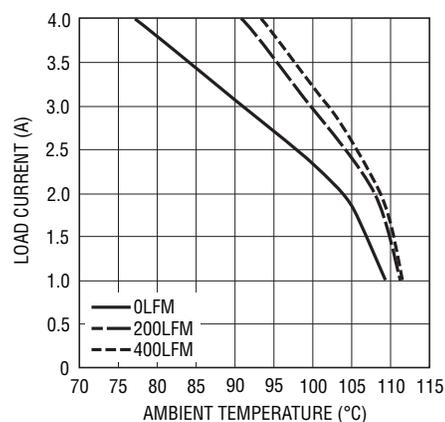


図9. 3.3V入力から1.2V出力、ヒートシンクあり

アプリケーション情報

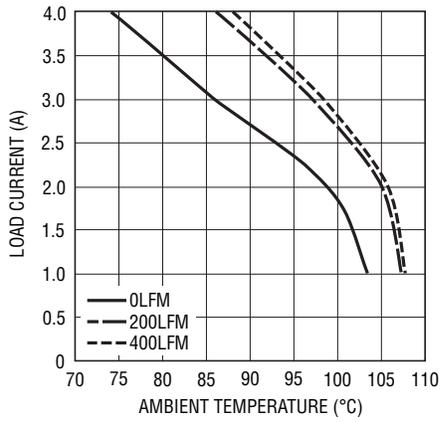


図10. 5V入力から2.5V出力、ヒートシンクなし

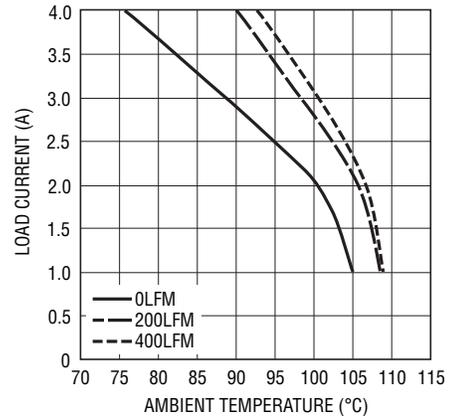


図11. 5V入力から2.5V出力、ヒートシンクあり

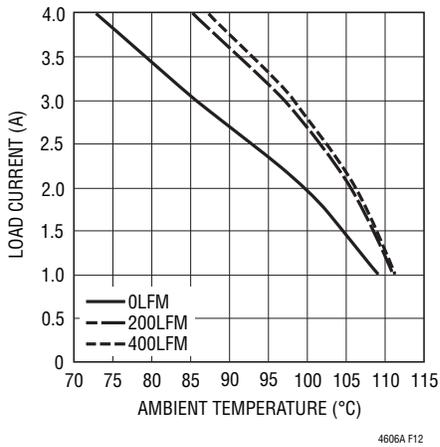


図12. 3.3V入力から2.5V出力、ヒートシンクなし

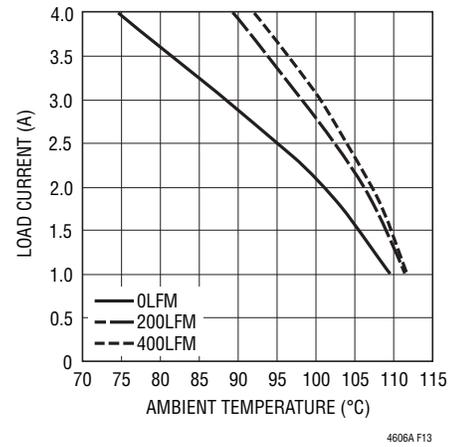


図13. 3.3V入力から2.5V出力、ヒートシンクあり

アプリケーション情報

表 2. 1.2V 出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W)
Figures 6, 8	3.3, 5	Figure 4	0	None	25
Figures 6, 8	3.3, 5	Figure 4	200	None	22.5
Figures 6, 8	3.3, 5	Figure 4	400	None	21
Figures 7, 9	3.3, 5	Figure 4	0	BGA Heat Sink	21
Figures 7, 9	3.3, 5	Figure 4	200	BGA Heat Sink	20
Figures 7, 9	3.3, 5	Figure 4	400	BGA Heat Sink	18

表 3. 2.5V 出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	空気流 (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W)
Figures 10, 12	3.3, 5	Figure 5	0	None	25
Figures 10, 12	3.3, 5	Figure 5	200	None	21
Figures 10, 12	3.3, 5	Figure 5	400	None	21
Figures 11, 13	3.3, 5	Figure 5	0	BGA Heat Sink	21
Figures 11, 13	3.3, 5	Figure 5	200	BGA Heat Sink	18
Figures 11, 13	3.3, 5	Figure 5	400	BGA Heat Sink	16

表 4. 出力電圧応答と部品の一覧 (図 17 を参照)、0A から 2A への負荷ステップ時の標準的測定値

V _{OUT} (V)	C _{IN} (セラミック)	C _{IN} (バルク)	C _{OUT} (セラミック)	C _{COMP}	V _{IN} (V)	DROOP (mV)	ピーク-ピーク間 (mV)	回復時間 (μs)	負荷ステップ (A/μs)	R _{FB} (kΩ)
1.2	10μF	56μF Aluminum	100μF 6.3V	None	2.5	21	43	10	2	10
1.2	10μF	56μF Aluminum	22μF × 4	None	3.3	23	45	10	2	10
1.2	10μF	56μF Aluminum	22μF × 4	None	5	24	46	10	2	10
1.5	10μF	56μF Aluminum	100μF 6.3V	None	2.5	19	41	10	2	5.76
1.5	10μF	56μF Aluminum	22μF × 4	None	3.3	21	43	10	2	5.76
1.5	10μF	56μF Aluminum	22μF × 4	None	5	21	43	10	2	5.76
1.8	10μF	56μF Aluminum	100μF 6.3V	None	2.5	25	50	10	2	4.02
1.8	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	3.3	30	60	10	2	4.02
1.8	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	5	30	60	10	2	4.02
2.5	10μF	56μF Aluminum	100μF 6.3V	None	2.5	22	45	12	2	2.37
2.5	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	3.3	25	55	12	2	2.37
2.5	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	5	25	55	12	2	2.37
3.3	10μF	56μF Aluminum	100μF 6.3V	None	2.5	22	50	15	2	1.62
3.3	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	3.3	25	56	15	2	1.62
3.3	10μF	56μF Aluminum	22μF × 3	None	5	25	56	15	2	1.62

LTM4604A

アプリケーション情報

安全性に関する検討事項

LTM4604A μ Moduleレギュレータは、 V_{IN} と V_{OUT} の間が電氣的に絶縁されていません。内部にヒューズはありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格の低速溶断ヒューズを使って各ユニットを致命的損傷から保護してください。

レイアウトのチェックリスト/例

LTM4604Aは高度に集積化されているため、PCB基板レイアウトが非常に簡単です。ただし、電氣的性能と熱的性能を最適化するには、さらにレイアウト上の配慮がいくつか必要です。

- V_{IN} 、GNDおよび V_{OUT} を含む大電流経路では、PCBの銅箔面積を広くします。PCBの導通損失と熱ストレスを最小に抑えるのに役立ちます。

- 入力と出力の高周波用セラミック・コンデンサを V_{IN} 、GNDおよび V_{OUT} の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小に抑えます。
- ユニットの下に専用の電源グランド・レイヤを配置します。
- ビアの導通損失を最小に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ・レイヤと他の電源レイヤの間の相互接続に多数のビアを使います。
- 充填ビアでない限り、パッドの上に直接ビアを配置しないでください。
- SWパッドを基板に半田付けして、熱性能を改善することができます。

推奨レイアウトの良い例を図14に示します。

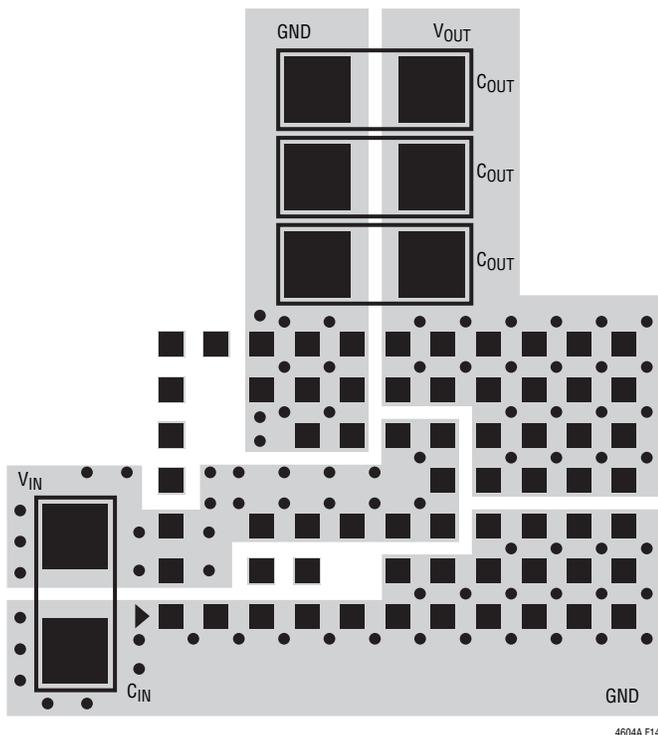


図14. 推奨PCBレイアウト(図はLGAパッケージ、BGAパッケージでは円形パッドを使用)

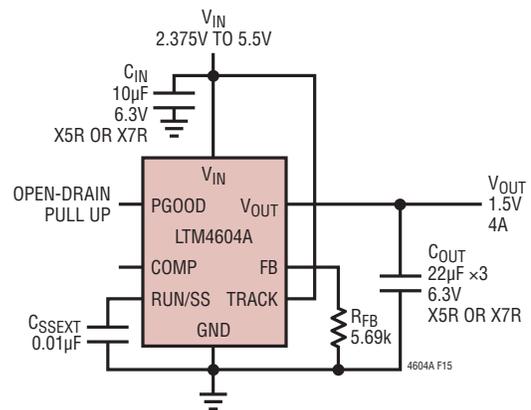


図15. 標準的な2.375V~5.5V入力、1.5V/4A出力の設計

標準的応用例

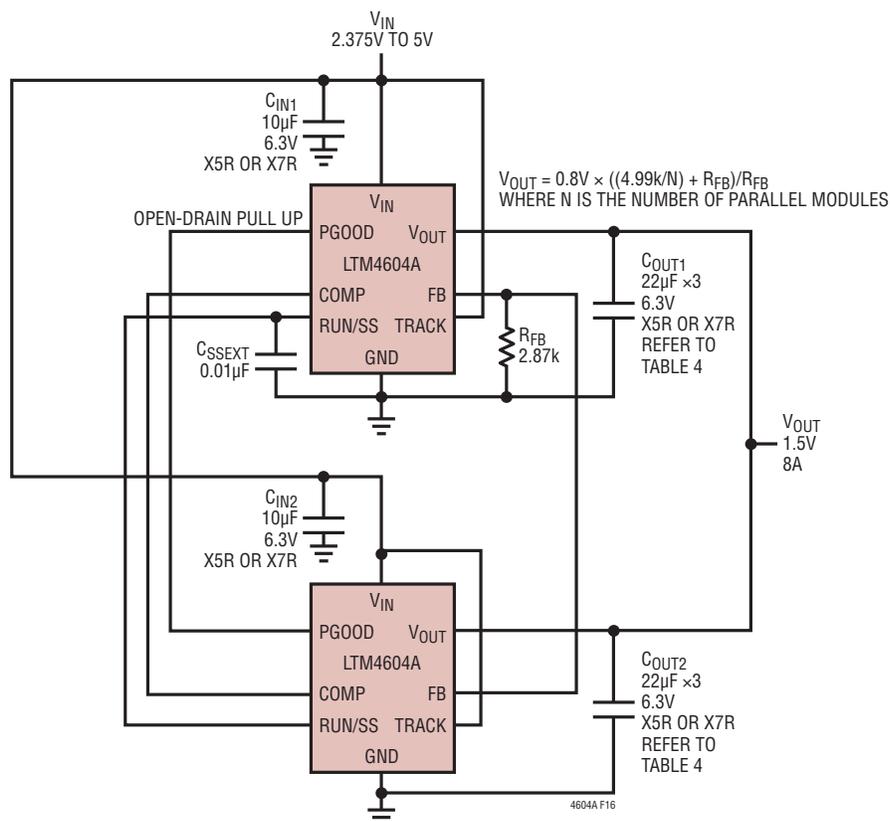


図 16. 2 個の LTM4604A を並列に接続した 1.5V/8A 出力の設計

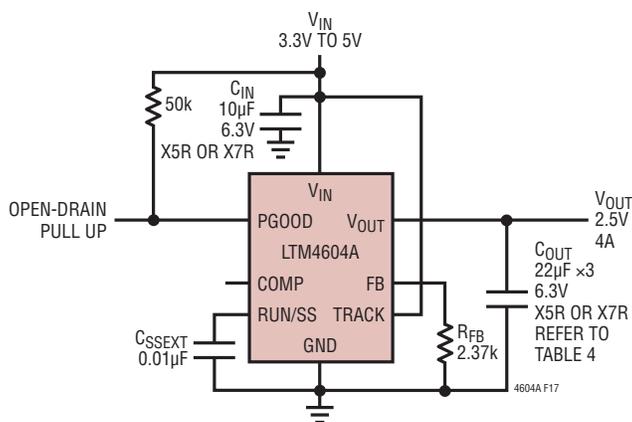


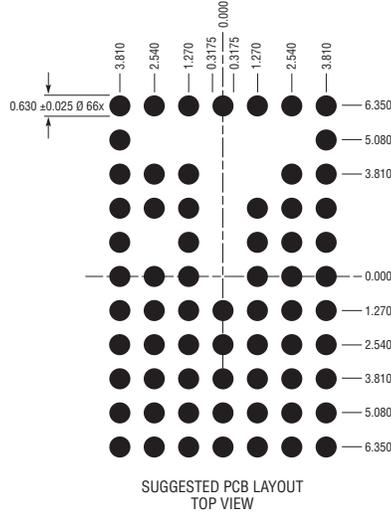
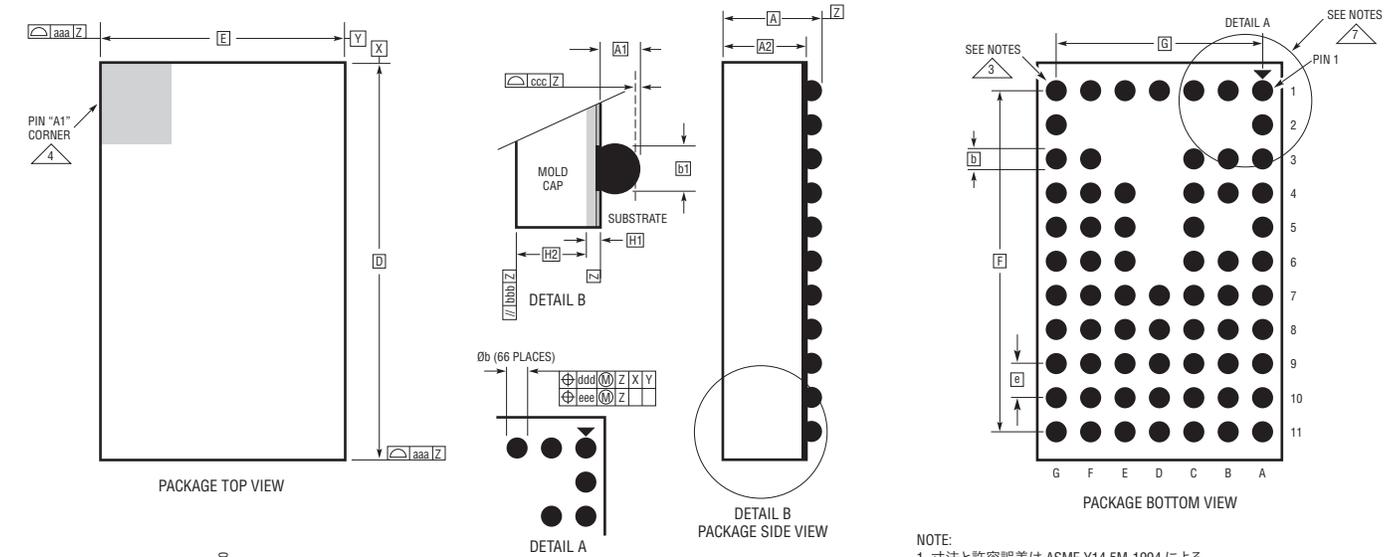
図 17. 3.3V~5V 入力、2.5V/4A 出力の設計

LTM4604A

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/> を参照してください。

BGA Package 66-Lead (15mm × 9mm × 3.42mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1954 Rev 0)

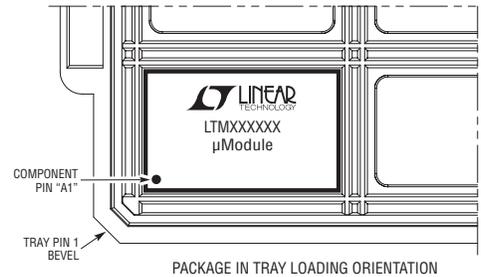


DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	3.22	3.42	3.62	
A1	0.50	0.60	0.70	
A2	2.72	2.82	2.92	
b	0.60	0.75	0.90	
b1	0.60	0.63	0.66	
D		15.00		
E		9.00		
e		1.27		
F		12.70		
G		7.62		
H1	0.27	0.32	0.37	
H2	2.45	2.50	2.55	
aaa			0.15	
bbb			0.10	
ccc			0.20	
ddd			0.30	
eee			0.15	

TOTAL NUMBER OF BALLS: 66

NOTE:

- 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 による
- 全ての寸法はミリメートル
- ボールの指定は JESD MS-028 および JEP95 による
- ピン #1 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にすることができる
- 主データム -Z- はシーティングプレーン
- はんだボールは、元素構成比がスズ (Sn) 96.5%、銀 (Ag) 3.0%、銅 (Cu) 0.5% の合金、またはスズ鉛共晶合金とできる。
- パッケージの行と列のラベルは μModule 製品間で異なります。各パッケージのレイアウトを十分にご確認ください

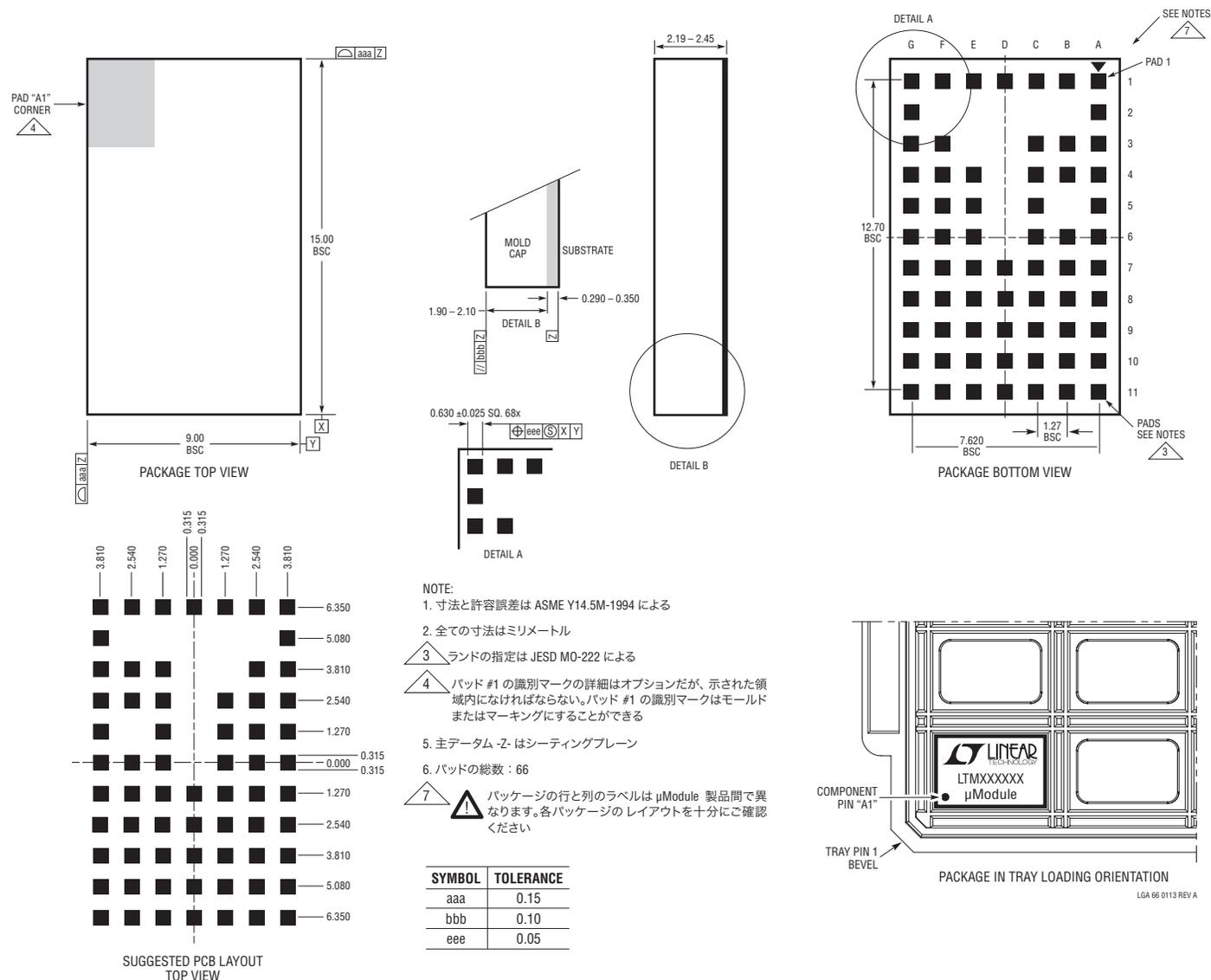


BGA 66 0813 REV 0

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/> を参照してください。

LGA Package 66-Lead (15mm × 9mm × 2.32mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1820 Rev A)



パッケージ

ピン配置表
(ピン番号順)

ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
A1	GND	B1	V _{IN}	C1	V _{IN}	D1	RUN/SS
A2	GND	B2	-	C2	-	D2	-
A3	GND	B3	SW	C3	V _{IN}	D3	-
A4	GND	B4	SW	C4	V _{IN}	D4	-
A5	GND	B5	-	C5	V _{IN}	D5	-
A6	GND	B6	GND	C6	V _{IN}	D6	-
A7	GND	B7	GND	C7	V _{IN}	D7	V _{IN}
A8	GND	B8	GND	C8	GND	D8	V _{OUT}
A9	GND	B9	GND	C9	GND	D9	V _{OUT}
A10	GND	B10	GND	C10	GND	D10	V _{OUT}
A11	GND	B11	GND	C11	GND	D11	V _{OUT}

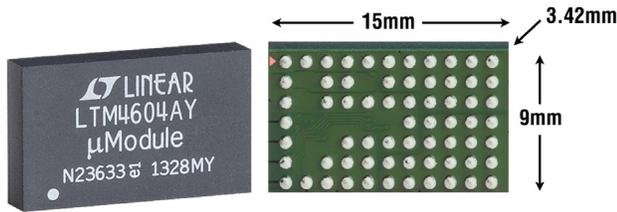
ピンID	機能	ピンID	機能	ピンID	機能
E1	TRACK	F1	PGOOD	G1	COMP
E2	-	F2	-	G2	FB
E3	-	F3	GND	G3	GND
E4	GND	F4	GND	G4	GND
E5	GND	F5	GND	G5	GND
E6	V _{IN}	F6	V _{OUT}	G6	V _{OUT}
E7	V _{IN}	F7	V _{OUT}	G7	V _{OUT}
E8	V _{OUT}	F8	V _{OUT}	G8	V _{OUT}
E9	V _{OUT}	F9	V _{OUT}	G9	V _{OUT}
E10	V _{OUT}	F10	V _{OUT}	G10	V _{OUT}
E11	V _{OUT}	F11	V _{OUT}	G11	V _{OUT}

改訂履歴

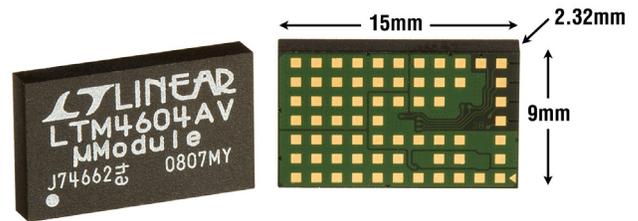
REV	日付	概要	ページ番号
A	12/13	BGAパッケージ・オプションを追加。	全体
		最小入力電圧のグラフを更新。	5
		「負荷トランジェント応答」の曲線に出力電流の情報を追加。	5
		RUN/SSピンの説明を更新。	7
		「RUN イネーブルとソフトスタート」のセクションを更新。	11
B	5/14	SnPb BGAパッケージオプションを追加。	1、2
		「ブロック図」を更新。	8
C	9/14	「ブロック図」を更新。	8

LTM4604A

パッケージの写真



4604A BGA パッケージ



4604A LGA パッケージ

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTM4624	LTM4604A よりも広い入力電圧範囲、0.5cm ² のソリューション・サイズ(両面PCB)	2.375V ≤ V _{IN} ≤ 14V、V _{IN} が低い場合は補助V _{BIAS} が必要、0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 5.5V、6.25mm×6.25mm×5.01mm BGA パッケージ
LTM4615	トリプル出力、4A、4A、1.5A	2.375V ≤ V _{IN} ≤ 5.5V、補助V _{BIAS} 不要
LTM4644	広い入力電圧範囲(最大14V)、クワッド出力、4A/チャンネル	2.375V ≤ V _{IN} ≤ 14V、V _{IN} が低い場合は補助V _{BIAS} が必要、0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 5.5V、電流分担:最大16A、9mm×15mm×5.01mm BGA パッケージ
LTM4619	広い入力電圧範囲(最大26V)、デュアル出力、4A/チャンネル	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 26.5V、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ 5V、15mm×15mm×2.82mm LGA パッケージ
LTM8027	広い入力電圧範囲(最大60V)と出力電圧範囲	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 60V、2.5V ≤ V _{OUT} ≤ 24V、15mm×15mm×4.32mm LGA パッケージと15mm×15mm×4.92mm BGA パッケージ
LTM4608A	より大きな出力電流(8A)	2.7V ≤ V _{IN} ≤ 5.5V、8A、9mm×15mm×2.82mm LGA パッケージ

デザイン・リソース

主題	説明		
μModule のデザイン/製造リソース	<table border="0"> <tr> <td> デザイン <ul style="list-style-type: none"> • 選択ガイド • デモボードおよび Gerber ファイル • 無料シミュレーション・ツール </td> <td> 製造: <ul style="list-style-type: none"> • クイック・スタート・ガイド • PCB のデザイン、組立および製造ガイドライン • パッケージおよびボード・レベルの信頼性 </td> </tr> </table>	デザイン <ul style="list-style-type: none"> • 選択ガイド • デモボードおよび Gerber ファイル • 無料シミュレーション・ツール 	製造: <ul style="list-style-type: none"> • クイック・スタート・ガイド • PCB のデザイン、組立および製造ガイドライン • パッケージおよびボード・レベルの信頼性
デザイン <ul style="list-style-type: none"> • 選択ガイド • デモボードおよび Gerber ファイル • 無料シミュレーション・ツール 	製造: <ul style="list-style-type: none"> • クイック・スタート・ガイド • PCB のデザイン、組立および製造ガイドライン • パッケージおよびボード・レベルの信頼性 		
μModule レギュレータ製品の検索	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製品の表をパラメータによって並べ替え、結果をスプレッドシートとしてダウンロードする 2. Quick Power Search パラメトリック・テーブルを使って検索を実行する <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Quick Power Search</p> <p>Input V_{in} (Min) <input type="text"/> V V_{in} (Max) <input type="text"/> V</p> <p>Output V_{out} <input type="text"/> V I_{out} <input type="text"/> A</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Search"/></p> </div>		
TechClip ビデオ	μModule 製品の電氣的性能と熱特性のベンチマーク・テストの方法を詳しく説明した短いビデオ		
デジタル・パワー・システム管理	リニアテクノロジーのデジタル電源管理デバイス・ファミリは、電源の監視、管理、マージン制御および、シーケンス制御などの基本機能を提供する高度に集積されたソリューションであり、ユーザーの構成設定とフォルト・ログを格納するEEPROMを搭載しています。		

4604afc