

# トラッキング付きの 低電圧 4A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ

## 特長

- 完全な独立型電源
- 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
- 全 DC 出力電圧誤差: 最大  $\pm 2\%$
- UltraFast™ トランジェント応答
- 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
- 高さのきわめて低い小型パッケージ:  
15mm×9mm×2.32mm LGA

## 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、ATCAカード
- 産業用機器

基板レイアウトやPCBアセンブリをより簡素化したい場合は、ランドグリッド・パッド間のスペースを広げてある LTM4604A をご検討ください。

## 概要

LTM<sup>®</sup>4604は完全な4Aスイッチモード降圧 $\mu$ Module<sup>®</sup>(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。LTM4604は2.375V~5.5Vの入力電圧範囲で動作し、1本の抵抗で設定される0.8V~5Vの出力電圧範囲をサポートしています。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、入力と出力のバルク・コンデンサだけです。

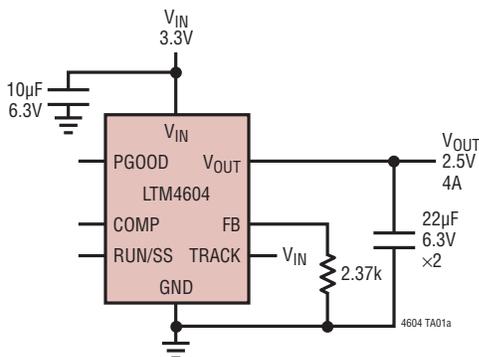
高さの低いパッケージ(2.32mm)なので、プリント回路基板裏面の未使用スペースを利用して、高密度のポイントオブロード・レギュレーションに使用できます。高いスイッチング周波数と電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく入力および負荷の変動に対するきわめて高速なトランジェント応答が可能です。このデバイスは出力電圧トラッキングをサポートしているので、電源レールのシーケンス制御が可能です。

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。LTM4604は、15mm×9mm×2.32mmのLGAパッケージで供給され、RoHSに準拠しています。

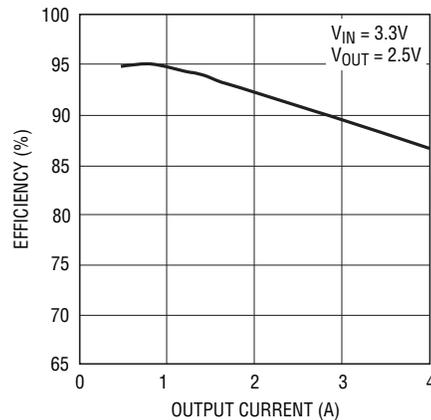
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linearのロゴおよび $\mu$ Moduleはリニアテクノロジー社の登録商標です。LTpowerCAD、LTspiceおよびUltraFastは、リニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例

3.3Vから2.5V/4Aの $\mu$ Moduleレギュレータ



効率と出力電流



4604 G02

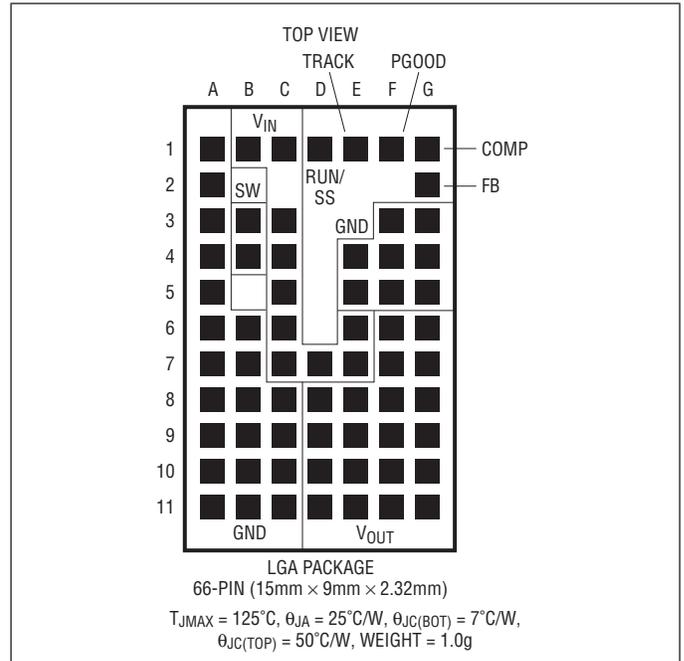
# LTM4604

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ , PGGOOD .....	-0.3V ~ 6V
COMP, RUN/SS, FB, TRACK .....	-0.3V ~ $V_{IN}$
SW, $V_{OUT}$ .....	-0.3V ~ ( $V_{IN} + 0.3V$ )
動作温度範囲 (Note 2) .....	-40°C ~ 85°C
接合部温度 .....	125°C
保存温度範囲 .....	-55°C ~ 125°C
リフロー (ピーク・ボディ) 温度 .....	245°C

## ピン配置



基板レイアウトやPCBアセンブリをより簡素化したい場合は、ランドグリッド・パッド間のスペースを広げてあるLTM4604Aをご検討ください。

## 発注情報

無鉛仕上げ	トレイ	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTM4604EV#PBF	LTM4604EV#PBF	LTM4604V	15mm x 9mm x 2.32mm LGA	-40°C to 85°C
LTM4604IV#PBF	LTM4604IV#PBF	LTM4604V	15mm x 9mm x 2.32mm LGA	-40°C to 85°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。非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。この製品はトレイのみで供給されます。詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/packaging/> をご覧ください。

## 電気的特性

●は全動作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、 $V_{IN} = 5V$ 。図15を参照。

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	$C_{IN} = 10\mu\text{F}$ , $C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$ , $R_{FB} = 5.69k$ (Note 3) $V_{IN} = 2.375V$ to $5.5V$ , $I_{OUT} = 0A$ to $4A$ , $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 2.375V$ to $5.5V$ , $I_{OUT} = 0A$ to $4A$	● 1.478	1.5	1.522	V
			● 1.470	1.5	1.522	V

### 入力の仕様

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

4604fb

## 電气的特性

●は全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 を参照。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{S(VIN)}$	Input Supply Current	$V_{IN} = 2.5\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}, I_{OUT} = 4\text{A}$		2.9		A
		$V_{IN} = 3.3\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}, I_{OUT} = 4\text{A}$		2.2		A
		$V_{IN} = 5\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}, I_{OUT} = 4\text{A}$		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	$V_{OUT} = 1.5\text{V}, 0\text{A}$ to 4A (Note 3)	●	0.3	0.6	%
		$V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$	●	0.3	0.6	%
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}, C_{OUT} = 22\mu\text{F X5R Ceramic} \times 3$ $V_{IN} = 3.3\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}$		10		mVp-p
		$V_{IN} = 5\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}$		12		mVp-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	$C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3, V_{OUT} = 1.5\text{V}, \text{RUN/SS} = 10\text{nF},$ $I_{OUT} = 0\text{A}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		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 = Float $V_{IN} = 3.3\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		1.5		ms
					1.0	
$\Delta V_{OUT(LS)}$	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		$\mu\text{s}$
$I_{OUT(PK)}$	Output Current Limit	$C_{OUT} = 22\mu\text{F} \times 3$ $V_{IN} = 3.3\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}, V_{OUT} = 1.5\text{V}$		8		A
					8	

## 制御セクション

$V_{FB}$	Voltage at FB Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}, V_{OUT} = 1.5\text{V}, 0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ $I_{OUT} = 0\text{A}, V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.792	0.8	0.808	V
				0.788	0.8	0.812	V
$I_{FB}$				0.2		$\mu\text{A}$	
$V_{RUN/SS}$	RUN/SS Pin On/Off Threshold			0.5	0.65	0.8	V
$I_{TRACK}$	TRACK Pin Current			0.2		$\mu\text{A}$	
$V_{TRACK(OFFSET)}$	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	k $\Omega$

## PGOOD

$\Delta V_{PGOOD}$	PGOOD Range			$\pm 7.5$		%
$R_{PGOOD}$	PGOOD Resistance	Open-Drain Pull-Down		90	150	$\Omega$

**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。

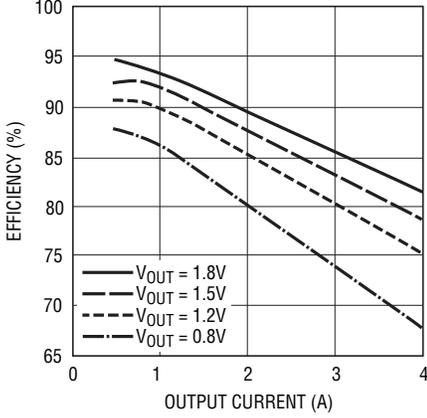
**Note 2:** LTM4604E は  $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の動作温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4604I は  $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の全動作温度範囲で保証されている。

**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。

# LTM4604

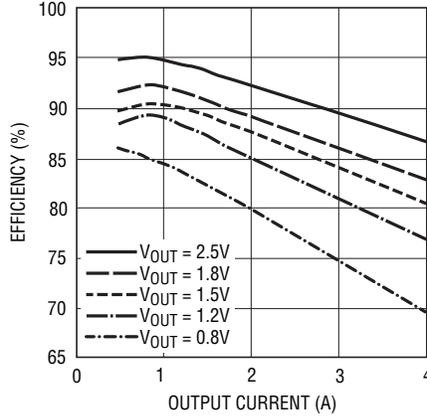
## 標準的性能特性

効率と出力電流 ( $V_{IN} = 2.5V$ )



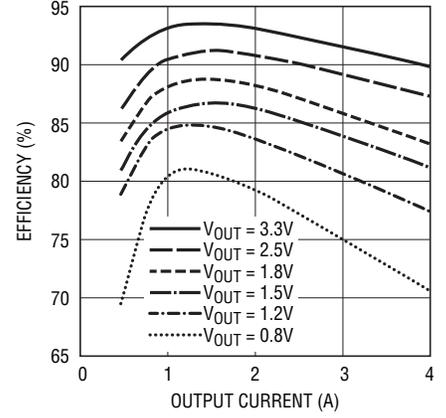
4604 G01

効率と出力電流 ( $V_{IN} = 3.3V$ )



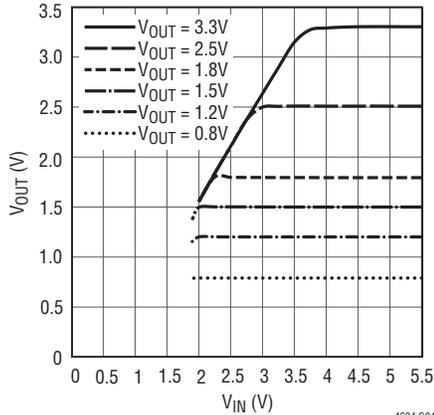
4604 G02

効率と出力電流 ( $V_{IN} = 5V$ )



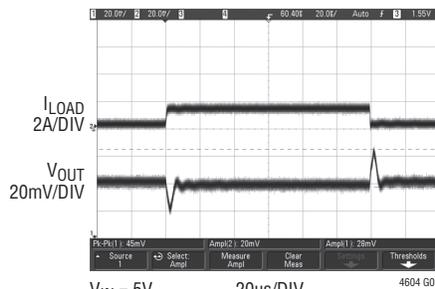
4604 G03

4A負荷での最小入力電圧



4604 G04

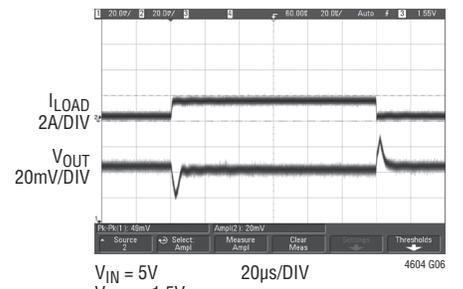
負荷過渡応答



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

4604 G05

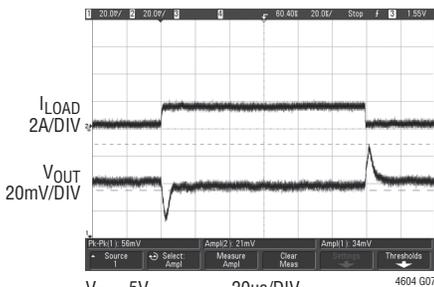
負荷過渡応答



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

4604 G06

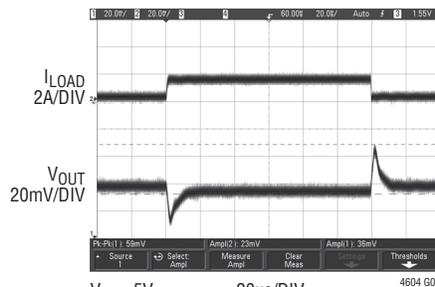
負荷過渡応答



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

4604 G07

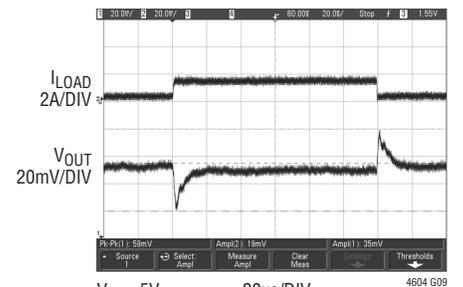
負荷過渡応答



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

4604 G08

負荷過渡応答



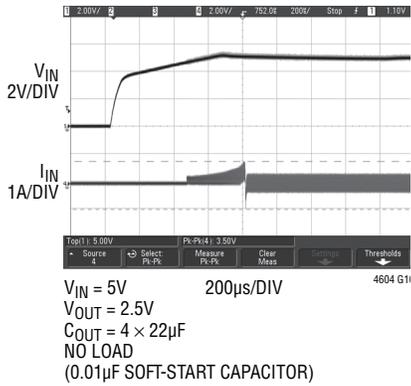
$V_{IN} = 5V$   
 $V_{OUT} = 3.3V$   
 $C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$  6.3V CERAMICS  
 $I_{OUT} = 0A$  to 2A

4604 G09

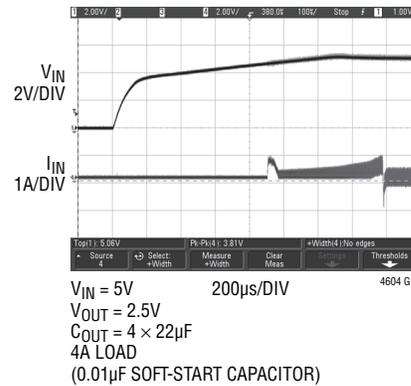
4604fb

標準的性能特性

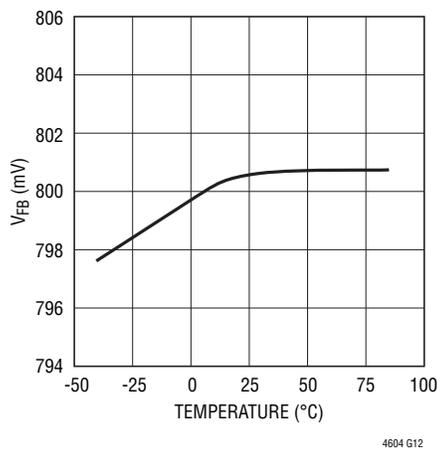
起動



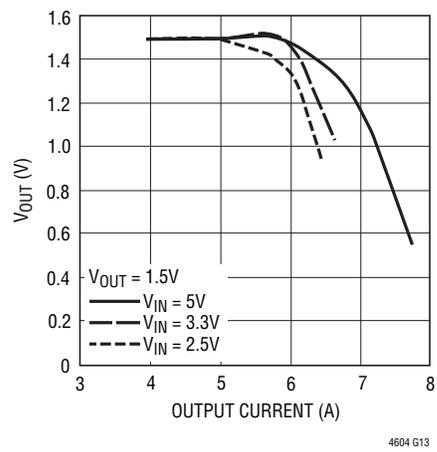
起動



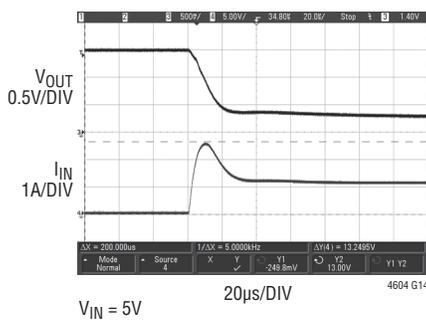
$V_{FB}$ と温度



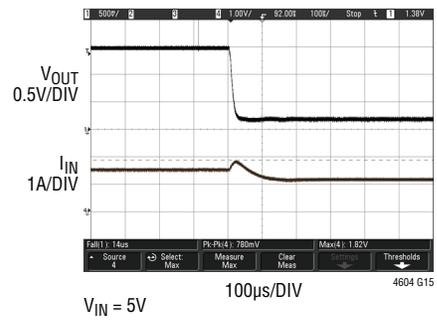
電流制限フォールドバック



1.5Vの短絡保護(無負荷)



1.5Vの短絡保護(4A負荷)



## ピン機能

**V<sub>IN</sub> (B1, C1, C3 ~ C7, D7, E6, 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<sub>IN</sub>ピンとGNDピンの間に直接配置することを推奨します。

**V<sub>OUT</sub> (D8 ~ D11, E8 ~ E11, F6 ~ F11, G6 ~ G11) :** 電源出力ピン。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) :** 入力リターンと出力リターン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。モジュールをマスタ出力に設定する場合、RUN/SSピンからグラウンドにソフトスタート・コンデンサを配置してマスタのランプ・レートを制御します。マスタ出力からグラウンドに抵抗分割器を接続し、分割器の中心点をスレーブ・レギュレータのこのピンに接続することによって、スレーブ動作が実行されます。トラッキングが不要な場合には、TRACKピンをV<sub>IN</sub>に接続します。トラッキングを行うには負荷電流が必要になります。「アプリケーション情報」の項目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<sub>OUT</sub>に接続されています。FBピンとGNDピンの間に抵抗を追加して、異なった出力電圧を設定することができます。このピンを隣接するモジュールのFBピンと並列に接続すると、2個の電源モジュールは電流を分担することができます。「アプリケーション情報」の項目を参照してください。

**COMP (G1) :** 電流制御スレッシュホールドおよびエラーアンプの補償ポイント。電流コンパレータのスレッシュホールドは、この制御電圧に応じて上昇します。このピンを隣接するモジュールのCOMPピンと並列に接続すると、2個の電源モジュールは電流を分担することができます。

**PGOOD (F1) :** 出力電圧パワーグッド・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・ポイントから±7.5%の範囲を外れると、グラウンドに引き下げられます。

**RUN/SS (D1) :** 実行制御およびソフトスタートピン。電圧が0.8Vを上回るとモジュールをオンし、0.5Vを下回るとオフします。このピンは1Mの抵抗でV<sub>IN</sub>に接続され、1000pFのコンデンサでGNDに接続されています。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<sub>IN</sub>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。ソフトスタートの情報については、「アプリケーション情報」の項目を参照してください。

**SW (B3, B4) :** 回路のスウィッチング・ノードはテストのために使用されます。これを基板の銅に接続することによって熱性能を改善できます。他の出力ピンに接続しないように注意してください。

ブロック図

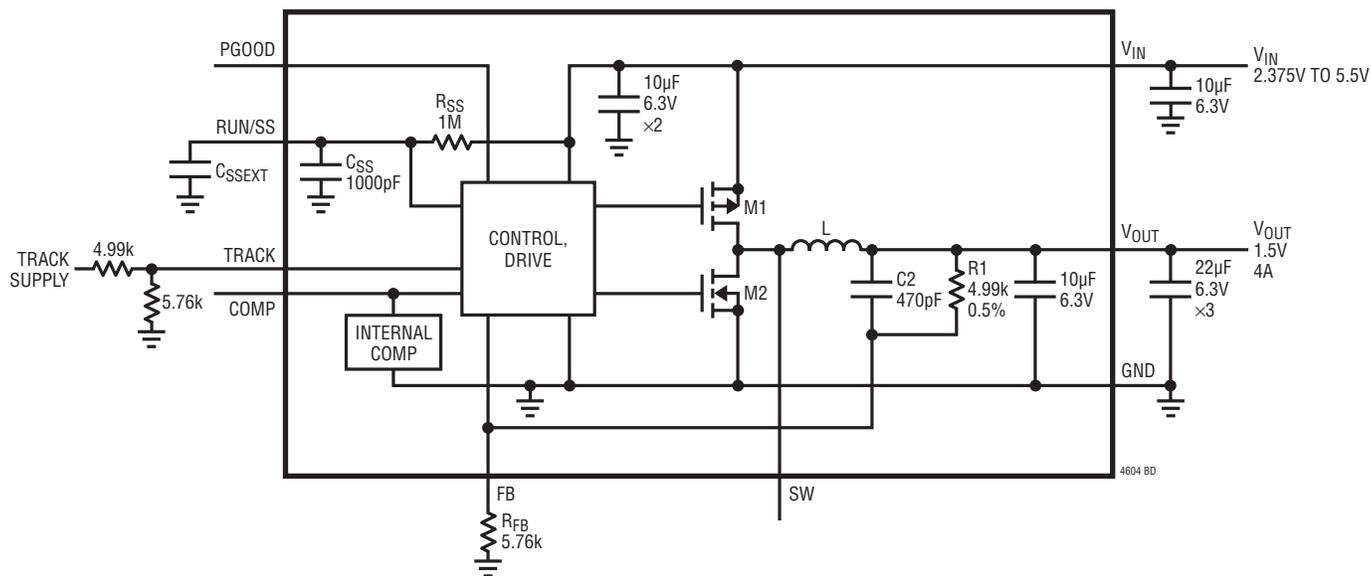


図1. LTM4604の簡略ブロック図

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 ( $V_{IN} = 2.375\text{V to } 5.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 4\text{A}$		10		$\mu\text{F}$
$C_{OUT}$	External Output Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 2.375\text{V to } 5.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 4\text{A}$		66		$\mu\text{F}$

## 動作

### 電源モジュールの概要

LTM4604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。入力と出力にほんの少数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の入力電圧範囲で、1本の外付け抵抗によってプログラム可能な0.8V DC～5.0V DCの高精度で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。

LTM4604は、高速スイッチングのパワー MOSFETが組み込まれた固定周波数電流モード・レギュレータを内蔵しています。標準的な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、LTM4604モジュールは、広範囲の動作条件で広範囲の出力コンデンサを使用して(すべてセラミック出力コンデンサを使用する場合でも)十分に余裕のある安定性と良好な過渡性能を達成します。

電流モード制御によって、サイクルごとに高速電流制限が行われます。さらに、 $V_{OUT}$ が低下している間、過電流状態でフォールドバック電流制限が行われます。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”にします。さらに、過電圧状態では内蔵のトップ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ピンを0.5V以下にすると、コントローラは強制的にシャットダウン状態になり、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は連続電流モードで動作して、出力電圧リップルを最小限に抑えます。

電源トラッキングではTRACKピンが使用されます。「アプリケーション情報」の項目を参照してください。

LTM4604は内部補償され、広い動作範囲で安定しています。いくつかの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

LTM4604の標準的応用回路を図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によって決まります。個別のアプリケーションに必要な特定の外付けコンデンサについては、表4を参照してください。

### V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比

所定の入力電圧で実現可能なV<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比の最大値は限られています。LTM4604は100%デューティ・サイクルですが、V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>までの最小損失は負荷電流に応じて変動します。標準0.5Vの最小値で十分です(「標準的性能特性」を参照)。

### 出力電圧の設定

PWMコントローラには0.8Vの内部リファレンス電圧が備わっています。「ブロック図」に示すように、4.99k、0.5%の内部帰還抵抗によってV<sub>OUT</sub>ピンとFBピンが一緒に接続されています。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ピンからGNDに抵抗R<sub>FB</sub>を追加することによって、出力電圧が次のように設定されます。

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

表1. FB抵抗と出力電圧

V <sub>OUT</sub>	0.8V	1.0V	1.2V	1.5V	1.8V	2.5V	3.3V
R <sub>FB</sub>	Open	20k	10k	5.76k	4.02k	2.37k	1.62k

### 入力コンデンサ

LTM4604モジュールは低ACインピーダンスのDCソースに接続します。2個の10μFセラミック・コンデンサがモジュール内に実装されています。4Aの最大レベルまでの大きな負荷ステップが必要な場合のみ、追加の入力コンデンサが必要になります。47μFのバルク入力コンデンサは、入力ソース・インピーダンスが長い誘導性のリードやトレースに影響される場合のみ必要です。

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概算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いと、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。

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

上の式で、η%は電源モジュールの推定効率です。高インピーダンスのトレースやリードのためのバルク入力容量として、バルク・コンデンサは、スイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CONコンデンサにすることができます。低インピーダ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には、入力容量は不要です。2個の内部10μFセラミック・コンデンサのRMSリップル電流定格は標準で2A～3Aです。4Aの最大電流に対する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

LTM4604は低出力電圧リップル用に設計されています。バルク出力コンデンサC<sub>OUT</sub>は、出力電圧リップルと過渡の必要条件を満たすのに十分低い等価直列抵抗(ESR)のものが選択されます。C<sub>OUT</sub>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。標準的な出力容量範囲は22μF～100μFです。出力リップルや動的過渡スパイクをさらに減らす必要がある場合、システム設計者が出力フィルタを追加する必要があるかもしれません。2A/μsの過渡の間の電圧の垂下およびオーバーシュートを最小限に抑えるための、様々な出力電圧と出力容量のマトリックスを表4に示します。この表では、過渡性能を最大にするために全等価ESRと全バルク容量が最適化されています。リニアテクノロジーのLTpowerCAD GUIはさらなる最適化が可能です。

### フォルト状態: 電流制限と過電流フォールドバック

LTM4604は電流モード制御機能を備えており、定常状態の動作時だけでなく、過渡においても本来的に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、LTM4604は出力電圧が低下したときにフォールドバック電流制限を行います。LTM4604デバイスは、約150°Cでスイッチング動作を停止する過温度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

### 実行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LTM4604のターンオン制御に使用されます。このピンが0.5Vを下回っている間、LTM4604は7μAの低消費電流状態になります。LTM4604は0.8Vのスレッシュホールドによってイネーブルされます。このピンはLTM4604デバイスのシーケンス制御に使用できます。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<sub>SS</sub>)と1000pFのコンデンサ(C<sub>SS</sub>)によって実行されます。RUN/SSピンに外付けコンデンサを接続してソフトスタート時間を延長することができます。標準値は0.01μFです。ソフトスタートの概算式は次のとおりです。

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

ここで、R<sub>SS</sub>およびC<sub>SS</sub>は図1の「ブロック図」に示す値、1.8Vはソフトスタート範囲の上限、C<sub>SSEXT</sub>はソフトスタート制御を延長するために追加するコンデンサです。ソフトスタート機能は出力ランプアップ時間の制御にも使用することができます。別のレギュレータを容易にトラッキングさせることができます。独立したランプ制御信号をマスタのランプに加えるか、またはTRACKピンをV<sub>IN</sub>に接続することによって、トラッキングをディスエーブルできます。V<sub>IN</sub>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ピンを使用することによって外部から設定することができます。この出力は、別のレギュレータによってトラックアップおよびトラック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付け抵抗分割器を使用して分割され、同時トラッキングが実行されます。LTM4604では、トップ帰還抵抗に非常に高精度の4.99k抵抗を使用しています。図2と図3に同時トラッキングの例を示します。

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

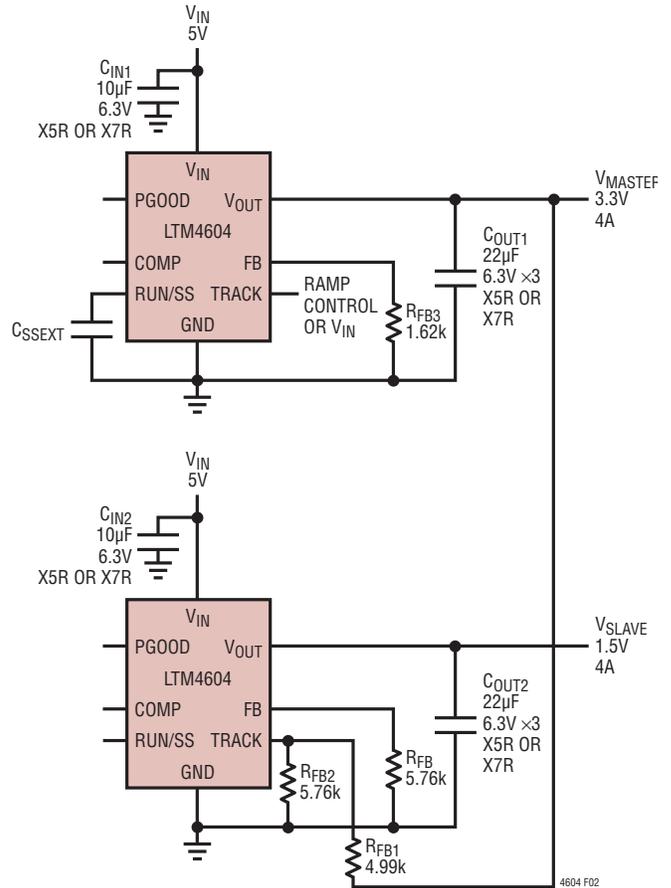


図2. トラッキング機能を備えたデュアル出力 (3.3Vおよび1.5V)

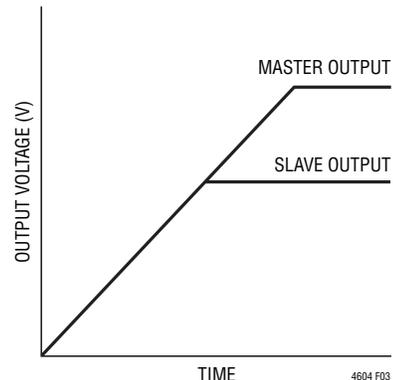


図3. 出力電圧の同時トラッキング

## アプリケーション情報

V<sub>TRACK</sub>はスレーブのTRACKピンに印加されたトラック・ランプです。V<sub>TRACK</sub>が0.8Vのリファレンス値を上回る設定値までスレーブ出力が上昇するように、V<sub>TRACK</sub>はトラック・リファレンスを印加します。スレーブ出力が最終値に達していることを保証するためには、V<sub>TRACK</sub>ピンは0.8Vを上回る必要があります。適正なトラックングを行うには負荷電流が必要になります。

比例モードのトラックングは、異なる抵抗値を選択して出力トラックングの比率を変更することによって実行できます。トラックングを実行するためには、マスタ出力はスレーブ出力よりも大きくなければなりません。リニアテクノロジーのLTpowerCAD GUIを使用して、様々なケースのトラックングを実行できます。マスタ・データ入力とスレーブ・データ入力を使用して、同時トラックングまたは比例トラックングの正確な抵抗値を実装することができます。マスタ・レギュレータおよびスレーブ・レギュレータでは、トラックダウンさせるために負荷電流が必要になります。

### パワーグッド

PGOODピンはオープンドレインのピンで、出力電圧のレギュレーションが適正であることのモニタに使用することができます。このピンはレギュレーション・ポイントから±7.5%の範囲をモニタします。

### COMPピン

このピンは外部の補償ピンです。このモジュールは、すべての出力電圧に対してすでに内部で補償されています。表4はほと

んどアプリケーションの要件に対応しています。その他の制御ループの最適化に対してはLTspice™モデルが提供されています。

### 並列動作

LTM4604 デバイスは、本来、電流モード制御のデバイスです。並列モジュールでは適正な電流分担が行われます。これによって、熱を均衡させた設計ができます。並列設計の回路図を図16に示します。電圧帰還は複数のモジュールを並列に接続するときの変数Nによって変化します。計算式:

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

Nは並列に接続したモジュールの数です。

### 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の電力損失の曲線は、図6~図13の負荷ディレーティング曲線と関連付けて、様々なエアフロー条件でヒートシンク手法を用いた場合と用いない場合のモジュールの $\theta_{JA}$ を概算するのに使用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、熱解析ソフトと相関があります。表2と表3に、注記された条件の等価 $\theta_{JA}$ がまとめられています。これらの等価 $\theta_{JA}$ 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を求めるときは最大接合部温度をモニタします。

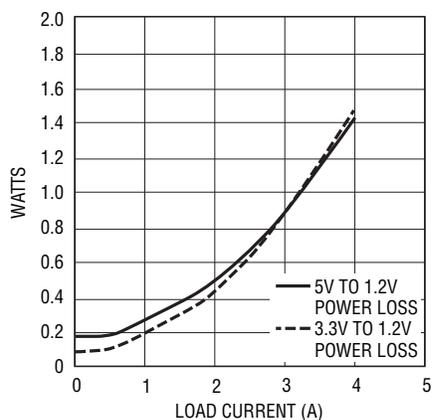


図4. 1.2V電力損失

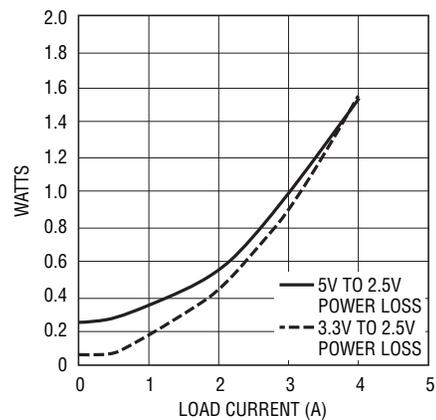
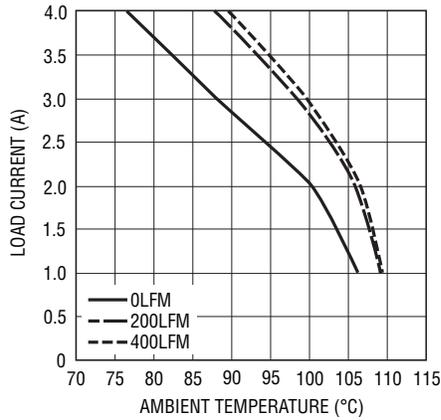


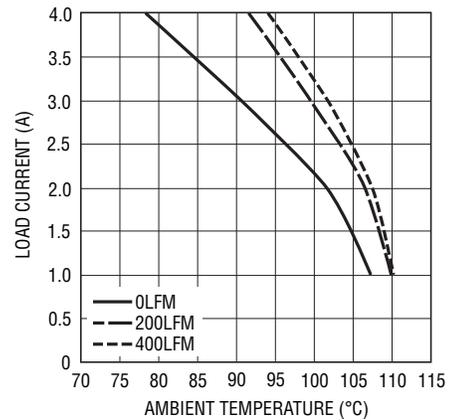
図5. 2.5V電力損失

## アプリケーション情報



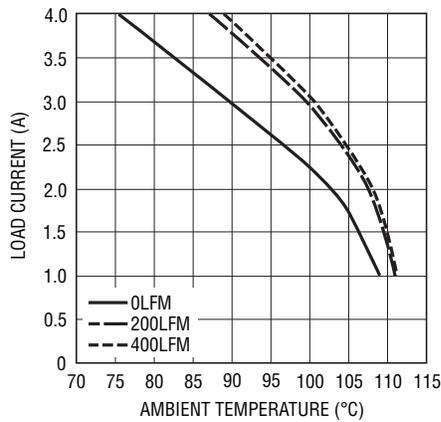
4606 F06

図 6. 5V<sub>IN</sub> から 1.2V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし



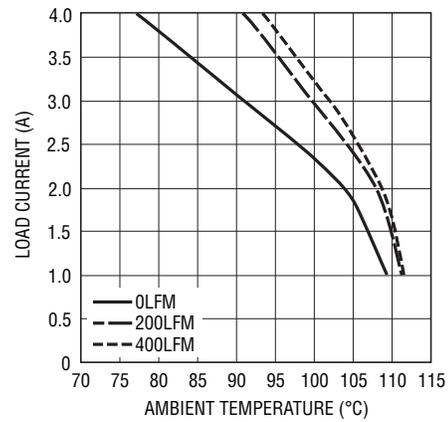
4606 F07

図 7. 5V<sub>IN</sub> から 1.2V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクあり



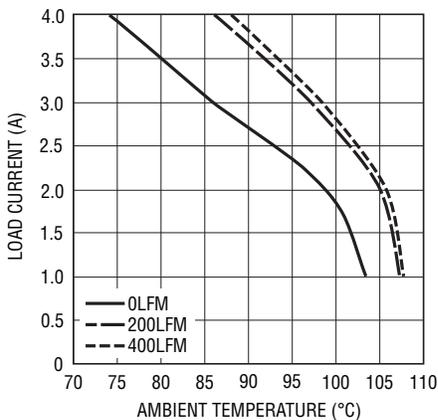
4606 F08

図 8. 3.3V<sub>IN</sub> から 1.2V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし



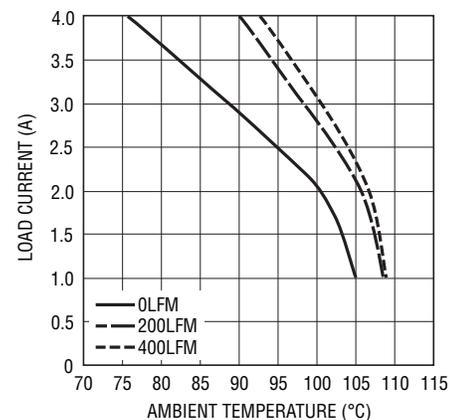
4606 F09

図 9. 3.3V<sub>IN</sub> から 1.2V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクあり



4606 F10

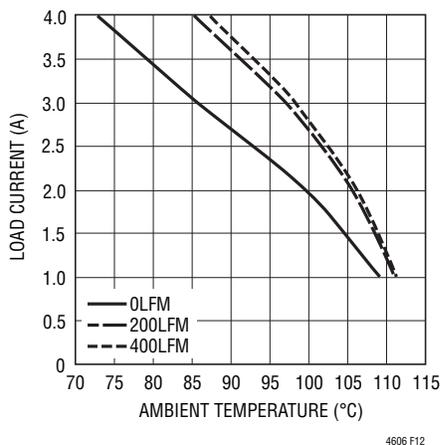
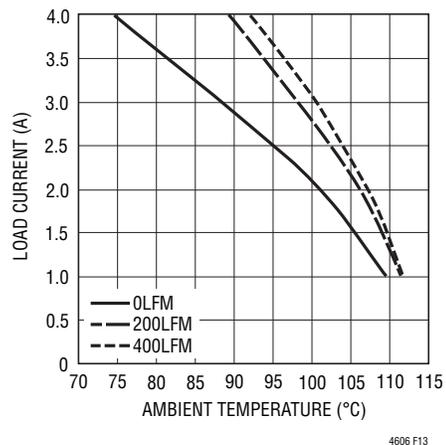
図 10. 5V<sub>IN</sub> から 2.5V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし



4606 F11

図 11. 5V<sub>IN</sub> から 2.5V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクあり

## アプリケーション情報

図12. 3.3V<sub>IN</sub>から2.5V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし図13. 3.3V<sub>IN</sub>から2.5V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクあり

## アプリケーション情報

表2. 1.2V出力

DERATING CURVE	V <sub>IN</sub> (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ <sub>JA</sub> (°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

DERATING CURVE	V <sub>IN</sub> (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ <sub>JA</sub> (°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マトリックス (図17を参照)、0A～2Aの負荷ステップの標準測定値

V <sub>OUT</sub> (V)	C <sub>IN</sub> (CERAMIC)	C <sub>IN</sub> (Bulk)	C <sub>OUT</sub> (CERAMIC)	C <sub>COMP</sub>	V <sub>IN</sub> (V)	DROOP (mV)	PEAK-TO-PEAK(mV)	RECOVERY (μs)	LOAD STEP (A/μs)	R <sub>FB</sub> (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

## アプリケーション情報

### 安全性に関する検討事項

LTM4604 モジュールでは  $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  が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用して各ユニットを致命的損傷から保護します。

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4604 は集積度が高いので、PCB ボードのレイアウトが非常にシンプルで容易です。ただし、電気的性能と熱性能を最適化するにはいくつかのレイアウト上の配慮が依然として必要です。

- $V_{IN}$ 、GND、 $V_{OUT}$  を含む高電流経路には大きな PCB 銅エリアを使用します。これは、PCB の導通損失と熱ストレスを最小限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、 $V_{OUT}$  の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小限に抑えます。
- ユニットの下に専用の電源グランド層を配置します。
- ビアの導通損失を最小限に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ層と他の電源層の間の相互接続に複数のビアを使用します。

- 制限がある場合を除いて、パッドの上に直接ビアを置かないでください。
- SW パッドをボード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。基板レイアウトやPCBアセンブリをより簡素化したい場合は、ランドグリッド・パッド間のスペースを広げてあるLTM4604Aをご検討ください。

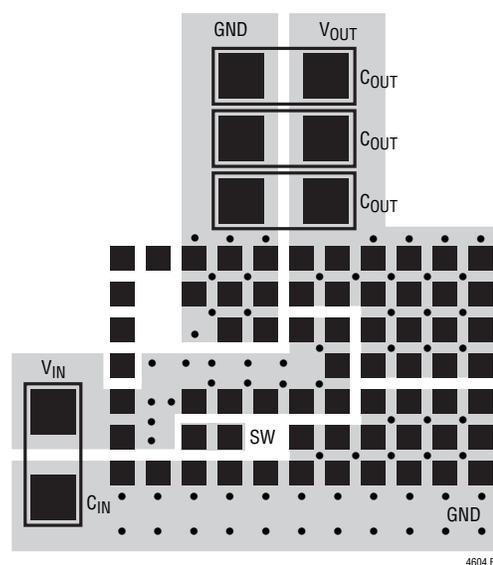


図14. 推奨するPCBレイアウト

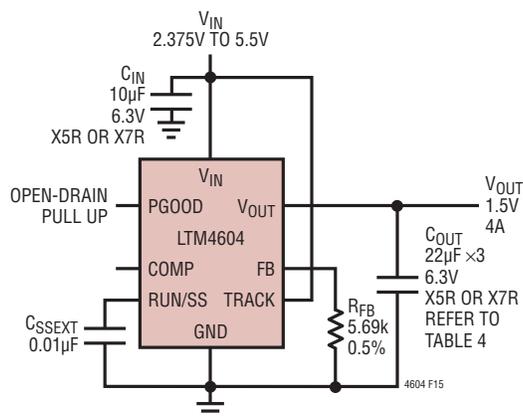


図15. 標準的な2.375V～5.5V入力、1.5V/4Aの設計

## 標準的応用例

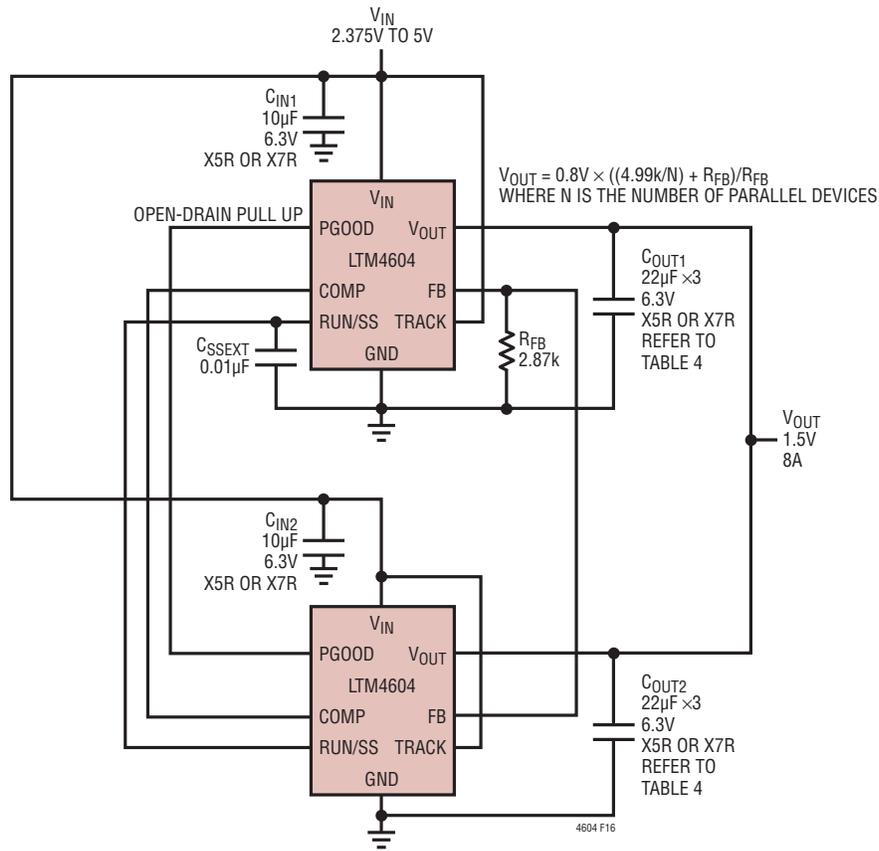


図 16. 2 個の LTM4604 の並列接続、1.5V/8A の設計  
(8A の LTM4608A やデュアル 4A/チャンネルの LTM4614 も参照してください)

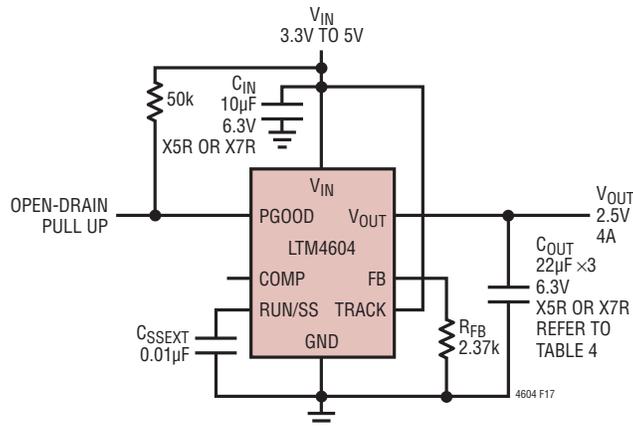
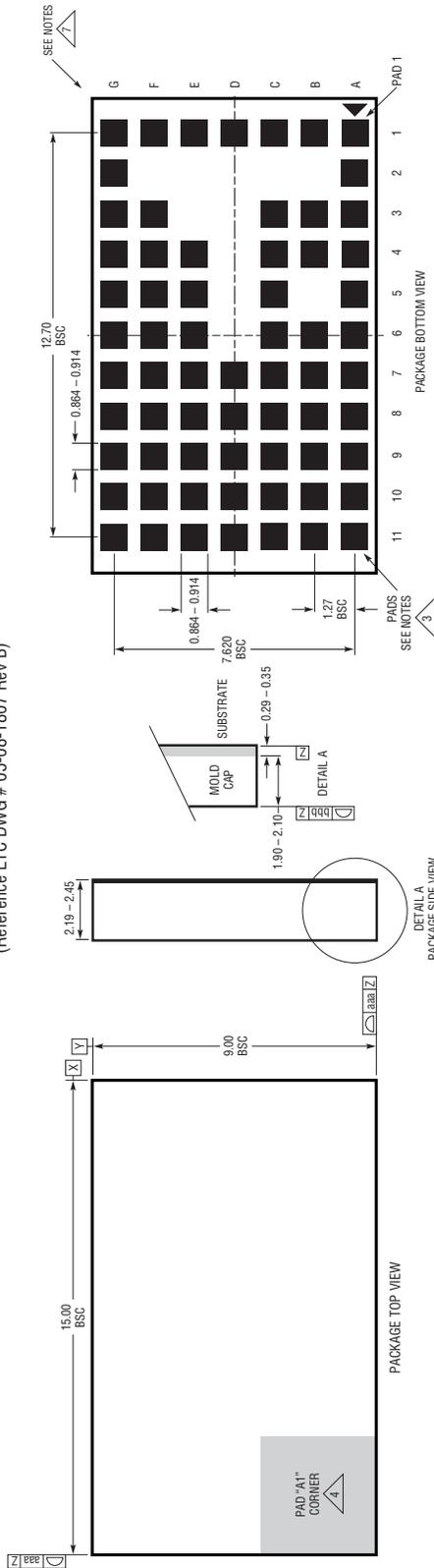


図 17. 3.3V ~ 5V 入力、2.5V/4A の設計

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。

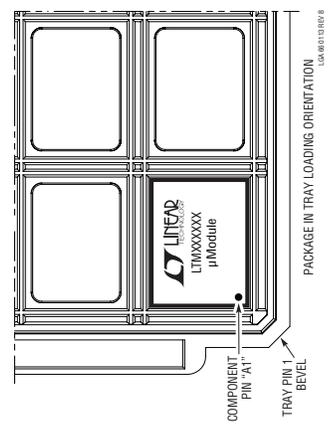
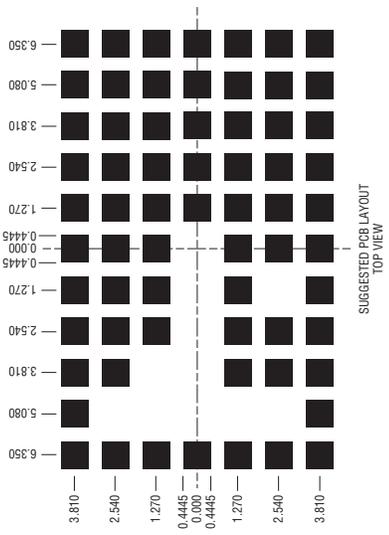
**LGA Package**  
**66-Lead (15mm × 9mm × 2.32mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1807 Rev B)



- 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 JESD MO-222 による
  4. パッド #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。パッド #1 の識別はモールドまたはマーキングにする
  5. 主ターム-Z<sub>1</sub> はシーティングプレーン
  6. パッドの総数: 66

△ 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

SYMBOL	TOLERANCE
aaa	0.15
bbb	0.10



## パッケージ

ピン割り当て表  
(ピン番号によって整理)

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

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
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 <sub>IN</sub>	F6	V <sub>OUT</sub>	G6	V <sub>OUT</sub>
E7	V <sub>IN</sub>	F7	V <sub>OUT</sub>	G7	V <sub>OUT</sub>
E8	V <sub>OUT</sub>	F8	V <sub>OUT</sub>	G8	V <sub>OUT</sub>
E9	V <sub>OUT</sub>	F9	V <sub>OUT</sub>	G9	V <sub>OUT</sub>
E10	V <sub>OUT</sub>	F10	V <sub>OUT</sub>	G10	V <sub>OUT</sub>
E11	V <sub>OUT</sub>	F11	V <sub>OUT</sub>	G11	V <sub>OUT</sub>

## 改訂履歴

Rev	日付	概要	ページ番号
A	5/10	表紙ページの文章を更新。	1
		「絶対最大定格」と「ピン配置」のセクションを更新。	2
		グラフの付記を更新。	5
		「レイアウトのチェックリスト/例」セクションに文章を追加。	15
		図 16 のタイトルを更新。	15
B	5/14	熱抵抗と WEIGHT を更新。	2
		最小入力電圧のグラフを更新。	4
		負荷過渡応答のグラフに出力電流の情報を追加。	4
		RUN/SS ピンの説明を更新。	6
		「実行イネーブルとソフトスタート」セクションを更新。	10

# LTM4604

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2900	可変リセット・タイマ付きクワッド電源モニタ	4個の電源をモニタ、可変リセット・タイマ
LTC2923	電源トラッキング・コントローラ	上昇下降両方のトラッキング、電源シーケンス制御
LTM4600	10A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ	10Aの基本DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ
LTM4601	PLL、出力トラッキング/マージニング、リモートセンスを備えた12A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ	同期可能、PolyPhase動作、LTM4601-1バージョンはリモートセンス機能なし
LTM4602	6A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ	LTM4600とピン互換
LTM4603	PLL、出力トラッキング/マージニング、リモートセンスを備えた6A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ	同期可能、PolyPhase動作、LTM4603-1バージョンはリモートセンス機能なし、LTM4601とピン互換
LTM4608A	8A 低電圧 $\mu$ Module レギュレータ	$2.375 \leq V_{IN} \leq 5V$ 、並列接続によって出力電流を増大可能、 $9mm \times 15mm \times 2.82mm$