

PLL、出力トラッキング およびマージニングを備えた 12A μ Module レギュレータ

特長

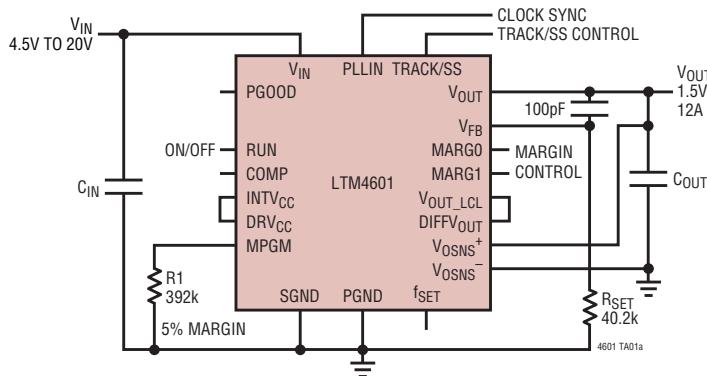
- 完全なスイッチモード電源
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~20V
- 出力電流: 標準12A(DC)、14A(ピーク値)
- 出力電圧範囲: 0.6V~5V
- 出力電圧トラッキングおよびマージニング
- 複数の μ Moduleレギュレータを並列接続することにより、電流分担を実現
- 差動リモート検出による高精度レギュレーション (LTM4601のみ)
- PLL周波数同期
- $\pm 1.5\%$ のレギュレーション
- 電流フォールドバック保護(起動時はディスエーブル)
- SnPb仕上げまたはRoHS準拠の仕上げ
- 超高速(UltraFast™)トランジエント応答
- 電流モード制御
- 5V入力、3.3V出力時の効率: 最大95%
- プログラム可能なソフトスタート
- 出力過電圧保護
- 表面実装面積が小さく、高さの低い(15mm×15mm×2.82mm)表面実装LGAパッケージと(15mm×15mm×3.42mm)BGAパッケージ

アプリケーション

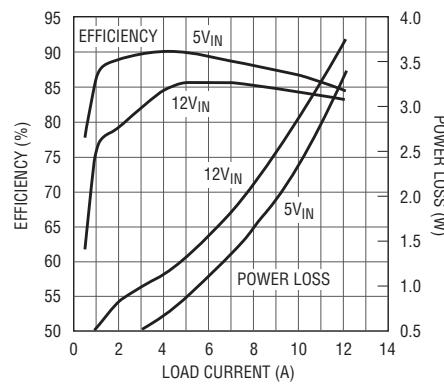
- 通信機器およびネットワーク機器
- サーバ
- 産業用機器
- ポイントオブロード・レギュレーション

標準的応用例

入力が4.5V~20Vの1.5V/12A電源



効率および電力損失と
負荷電流



LTM4601/LTM4601-1

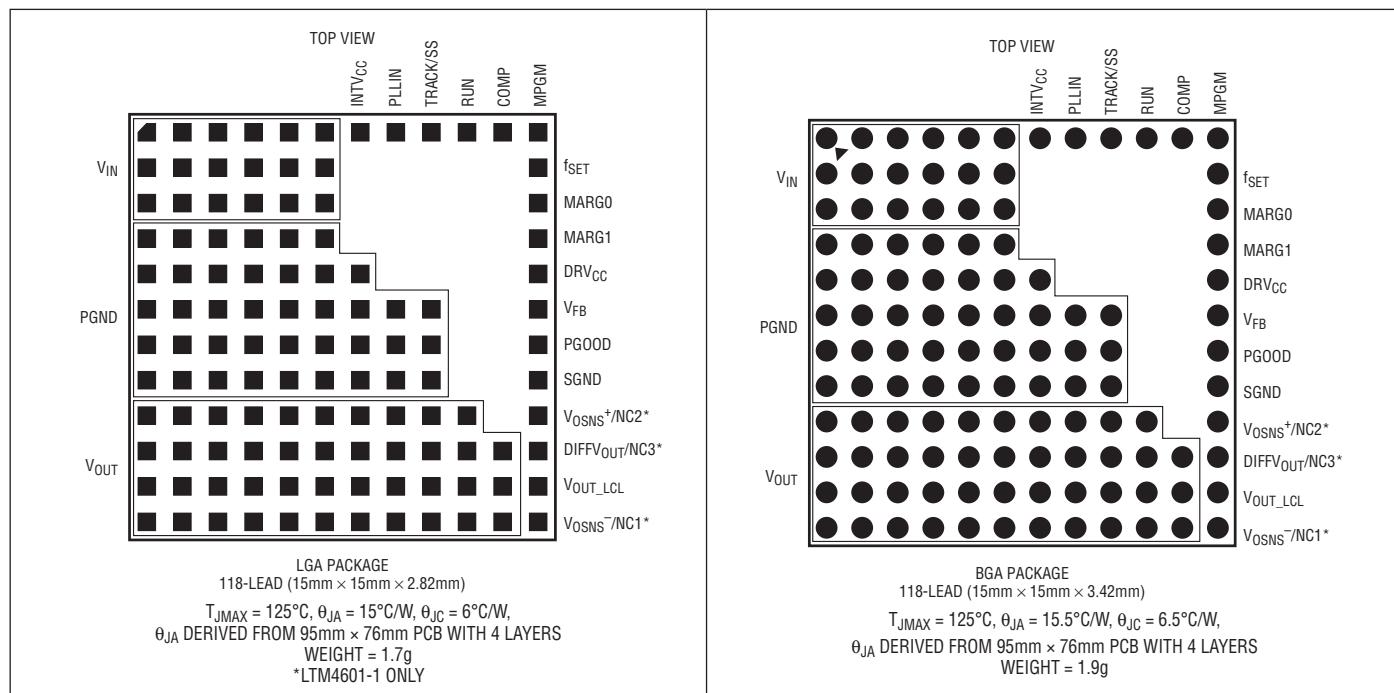
絶対最大定格

(Note 1)

INTV _{CC} 、DRV _{CC} 、V _{OUT_LCL} 、V _{OUT} (DIFFV _{OUT} 使用時、 V _{OUT} ≤3.3V)	-0.3V~6V
PLLIN、TRACK/SS、MPGM、MARG0、MARG1、 PGOOD、f _{SET}	-0.3V~INTV _{CC} +0.3V
RUN (Note 5)	-0.3V~5V
V _{FB} 、COMP	-0.3V~2.7V

V _{IN}	-0.3V~20V
V _{OSNS⁺} 、V _{OSNS⁻}	-0.3V~INTV _{CC} +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



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			
LTM4601EV#PBF	Au (RoHS)	LTM4601V	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IV#PBF	Au (RoHS)	LTM4601V	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601EV-1#PBF	Au (RoHS)	LTM4601V-1	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IV-1#PBF	Au (RoHS)	LTM4601V-1	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4601Y	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4601Y	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601EY-1#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4601Y-1	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IY-1#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4601Y-1	e1	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IY	SnPb (63/37)	LTM4601Y	e0	BGA	3	-40°C to 85°C
LTM4601IY-1	SnPb (63/37)	LTM4601Y-1	e0	BGA	3	-40°C to 85°C

4601fe

発注情報

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

電気的特性

●は-40°C～85°Cの温度範囲の規格値を意味する(Note 2)。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ での値。標準的応用例(表紙)の構成による。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{IN(DC)}$	Input DC Voltage		●	4.5	20	V
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage	$C_{IN} = 10\mu\text{F} \times 3$, $C_{OUT} = 200\mu\text{F}$, $R_{SET} = 40.2\text{k}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	● ●	1.478 1.478	1.5 1.5	1.522 1.522

入力の仕様

$V_{IN(UVLO)}$	Undervoltage Lockout Threshold	$I_{OUT} = 0\text{A}$		3.2	4	V	
$I_{INRUSH(VIN)}$	Input Inrush Current at Start-Up	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$		0.6 0.7		A A	
$I_{Q(VIN,NOLOAD)}$	Input Supply Bias Current	$V_{IN} = 12\text{V}$, No Switching $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, 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, $V_{IN} = 12\text{V}$		3.8 38 2.5 42 22		mA mA mA mA μA	
$I_{S(VIN)}$	Input Supply Current	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 12\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $I_{OUT} = 12\text{A}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 12\text{A}$		1.81 3.63 4.29		A A A	
$INTV_{CC}$	$V_{IN} = 12\text{V}$, RUN > 2V	No Load		4.7	5	5.3	V

出力の仕様

I_{OUTDC}	Output Continuous Current Range	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ (Note 6)		0	12	A
$\Delta V_{OUT(LINE)} / V_{OUT}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$, V_{IN} from 4.5V to 20V	●		0.3	%
$\Delta V_{OUT(LOAD)} / V_{OUT}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, 0A to 12A (Note 6) $V_{IN} = 12\text{V}$, with Remote Sense Amplifier $V_{IN} = 12\text{V}$ (LTM4601-1)	● ●		0.25 1	% %
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $C_{OUT} = 2 \times 100\mu\text{F}$ X5R Ceramic $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		20 18		mV _{P-P} mV _{P-P}
f_S	Output Ripple Voltage Frequency	$I_{OUT} = 5\text{A}$, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		850		kHz
$\Delta V_{OUT(START)}$	Turn-On Overshoot	$C_{OUT} = 200\mu\text{F}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$, TRACK/SS = 10nF $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		20 20		mV mV
t_{START}	Turn-On Time	$C_{OUT} = 200\mu\text{F}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, TRACK/SS = Open, $I_{OUT} = 1\text{A}$ Resistive Load $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.5 0.5		ms ms

LTM4601/LTM4601-1

電気的特性

●は -40°C ～ 85°C の温度範囲の規格値を意味する(Note 2)。それ以外は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ での値。標準的応用例(表紙)の構成による。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ΔV_{OUTLS}	Peak Deviation for Dynamic Load	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load, $C_{OUT} = 2 \times 22\mu\text{F}$ Ceramic, $470\mu\text{F}$ 4V Sanyo POSCAP $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		35	35	mV mV
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0% to 50%, or 50% to 0% of Full Load $V_{IN} = 12\text{V}$		25		μs
I_{OUTPK}	Output Current Limit	$C_{OUT} = 200\mu\text{F}$ Ceramic $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		17	17	A A

リモート・センス・アンプ(Note 3) (LTM4601のみ、LTM4601-1ではサポートされていない)

V_{OSNS^+} , V_{OSNS^-} CM Range	Common Mode Input Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$, RUN > 2V		0	INT V_{CC} - 1	V
DIFF V_{OUT} Range	Output Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$, DIFF V_{OUT} Load = 100k		0	INT V_{CC} - 1	V
V_{OS}	Input Offset Voltage Magnitude				1.25	mV
A_v	Differential Gain			1		V/V
GBP	Gain Bandwidth Product			3		MHz
SR	Slew Rate			2		V/ μs
R_{IN}	Input Resistance	V_{OSNS^+} to GND		20		k Ω
CMRR	Common Mode Rejection Mode			100		dB

制御段

V_{FB}	Error Amplifier Input Voltage Accuracy	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.594	0.6	0.606	V
V_{RUN}	RUN Pin On/Off Threshold			1	1.5	1.9	V
$I_{TRACK/SS}$	Soft-Start Charging Current	$V_{TRACK/SS} = 0\text{V}$		-1.0	-1.5	-2.0	μA
$t_{ON(MIN)}$	Minimum On Time	(Note 4)		50	100		ns
$t_{OFF(MIN)}$	Minimum Off Time	(Note 4)		250	400		ns
R_{PLLIN}	PLLIN Input Resistance			50			$\text{k}\Omega$
I_{DRVCC}	Current into DRV_{CC} Pin	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 1\text{A}$, $DRV_{CC} = 5\text{V}$		18	25		mA
R_{FBHI}	Resistor Between V_{OUT_LCL} and V_{FB}			60.098	60.4	60.702	$\text{k}\Omega$
V_{MPGM}	Margin Reference Voltage			1.18			V
V_{MARG0} , V_{MARG1}	MARG0, MARG1 Voltage Thresholds			1.4			V

PGOOD出力

ΔV_{FBH}	PGOOD Upper Threshold	V_{FB} Rising		7	10	13	%
ΔV_{FBL}	PGOOD Lower Threshold	V_{FB} Falling		-7	-10	-13	%
$\Delta V_{FB(HYS)}$	PGOOD Hysteresis	V_{FB} Returning			1.5		%

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超す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: LTM4601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ている。LTM4601E/LTM4601E-1は 0°C ～ 85°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°C ～ 85°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。LTM4601/LTM4601-1は -40°C ～ 85°C の温度範囲で保証されている。

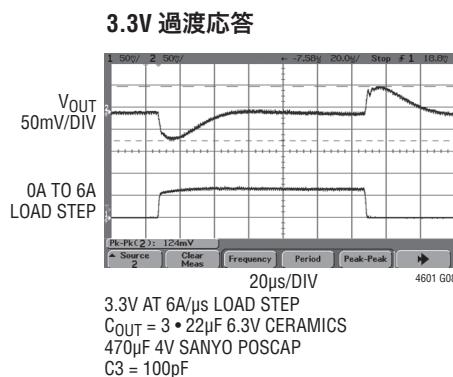
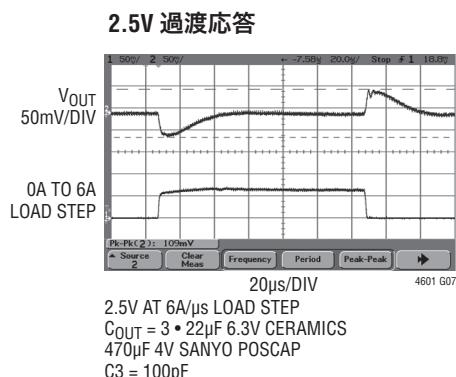
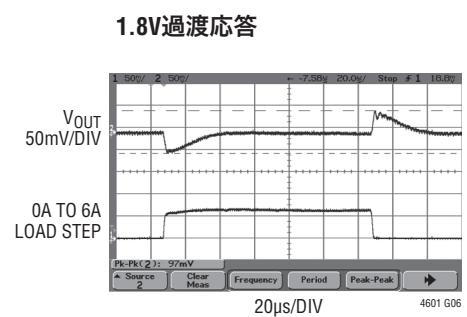
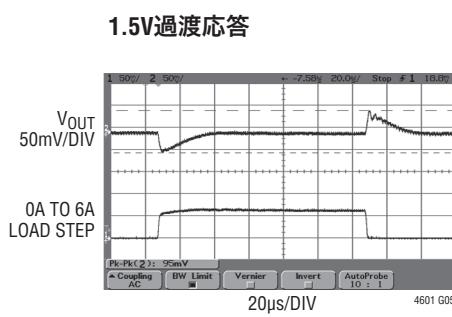
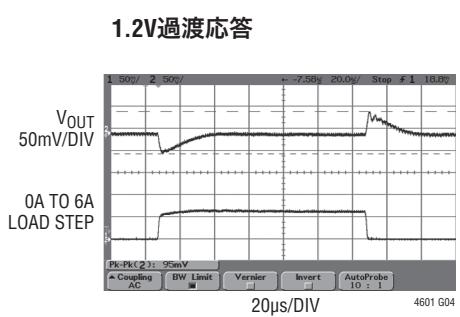
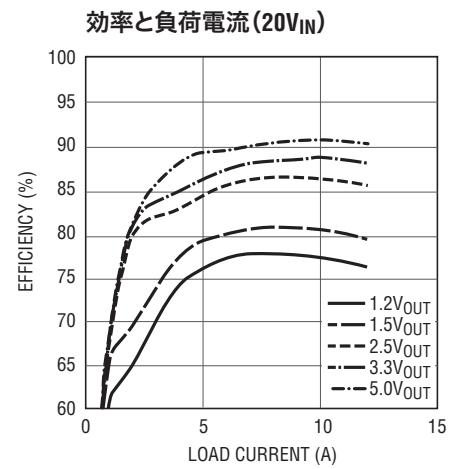
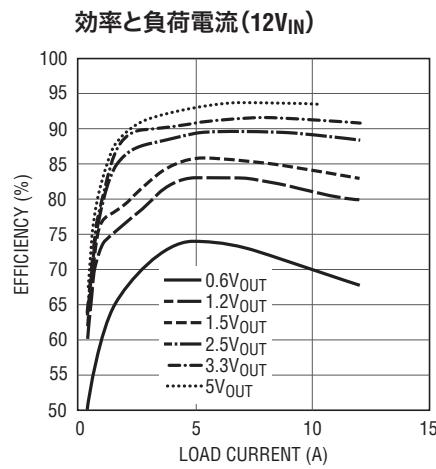
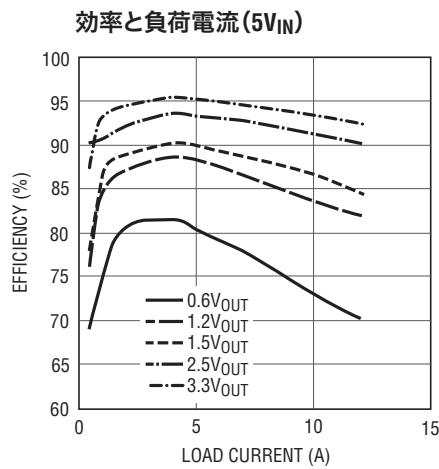
Note 3: 出力が 3.3V 以下の場合、リモートセンス・アンプが推奨される。

Note 4: ウェハーレベルのみで100%テスト済み。

Note 5: RUNピンへの電流は 1mA 以下に制限して下さい。

Note 6: 異なる V_{IN} 、 V_{OUT} および T_A の出力電流のディレーティング曲線を参照。

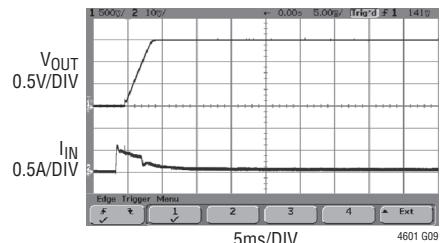
標準的性能特性 (すべての曲線について図18を参照)



LTM4601/LTM4601-1

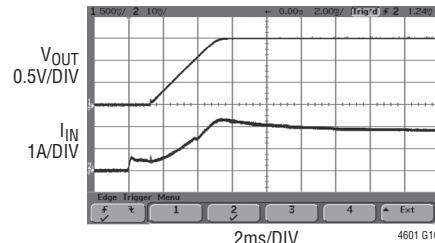
標準的性能特性 (すべての曲線について図18を参照)

起動、 $I_{OUT} = 0A$



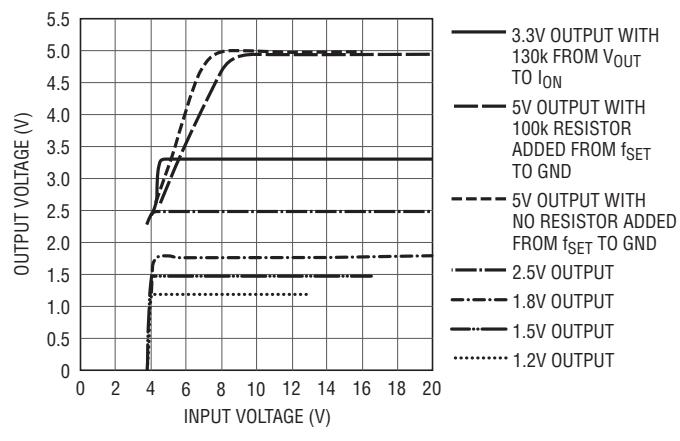
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F, 3 \times 22\mu F$
SOFT-START = 10nF

起動、 $I_{OUT} = 12A$ (抵抗性負荷)



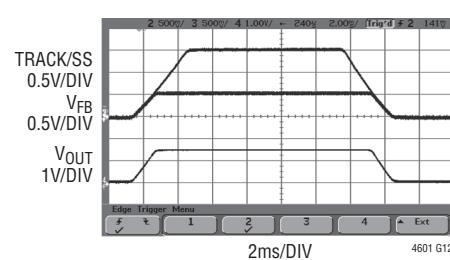
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F, 3 \times 22\mu F$
SOFT-START = 10nF

V_{IN} から V_{OUT} への降圧比



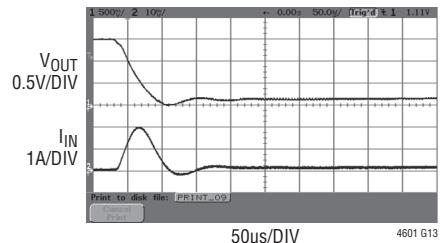
4601 G11

トラッキング、 $I_{OUT} = 12A$



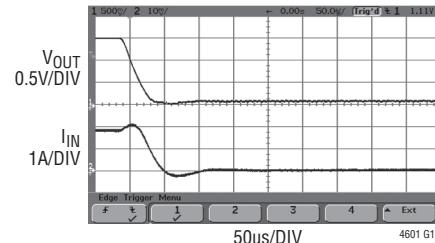
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F, 3 \times 22\mu F$
SOFT-START = 10nF

短絡保護、 $I_{OUT} = 0A$



$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F, 3 \times 22\mu F$
SOFT-START = 10nF

短絡保護、 $I_{OUT} = 12A$



$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F, 3 \times 22\mu F$
SOFT-START = 10nF

ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

V_{IN}(バンク1): 電源入力ピン。これらのピンとPGND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PGNDピンの間に直接配置することを推奨します。

V_{OUT}(バンク3): 電源出力ピン。これらのピンとPGNDピンの間に出力負荷を与えます。出力デカップリング・コンデンサはこれらのピンとPGNDピンの間に直接配置することを推奨します。図15を参照してください。

PGND(バンク2): 入力リターンと出力リターンの両方の電源グランド・ピン。

V_{OSNS-}(ピンM12): リモート・センス・アンプの(−)入力。このピンはグランドのリモート・センス・ポイントに接続します。リモート・センス・アンプは、V_{OUT} ≤ 3.3Vのときに使用されます。使用しない場合は、INTV_{CC}に接続してください。

NC1(ピンM12): LTM4601-1では内部接続されていません。

V_{OSNS+}(ピンJ12): リモート・センス・アンプの(+)入力。このピンは出力のリモート・センス・ポイントに接続します。リモート・センス・アンプは、V_{OUT} ≤ 3.3Vのときに使用されます。使用しない場合はグランドに接続してください。

NC2(ピンJ12): LTM4601-1では内部接続されていません。

DIFFV_{OUT}(ピンK12): リモート・センス・アンプの出力。このピンはV_{OUT_LCL}ピンに接続します。使用しない場合はフロート状態のままにします。

NC3(ピンK12): LTM4601-1では内部接続されていません。

DRV_{CC}(ピンE12): このピンは内部MOSFETドライバに電源を供給するために、通常、INTV_{CC}に接続します。このピンには、約50mAが可能な外部電源、または図16に示す外部回路から最大6Vをバイアスすることができます。このため、モジュール内の電力消費が低減することによって高入力電圧での効率が改善されます。

INTV_{CC}(ピンA7): このピンは5V内部レギュレータの追加デカップリング・コンデンサ用です。

PLLIN(ピンA8): 位相検出器の外部クロック同期入力。このピンは、内部で50kの抵抗を介してSGNDに終端されています。2V以上INTV_{CC}以下のクロックを入力します。「アプリケーション情報」を参照してください。

TRACK/SS(ピンA9): 出力電圧のトラッキングとソフトスタート・ピン。モジュールをマスタ出力に設定する場合、このピンからグラ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。ソフトスタート・コンデンサは、スタンダードアロンのレギュレータとしてソフトスタートのターンオン用に使用することができます。マスタの出力からグランドに抵抗分割器を接続し、分割器の中心点を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。「アプリケーション情報」を参照してください。

MPGM(ピンA12): プログラム可能なマージニング入力。このピンからグランドに1本の抵抗を接続することによって、1.18V/Rに等しい電流が設定されます。この電流に10kΩを掛けると、0.6Vのリファレンス電圧のパーセント値であるミリボルト単位の値に等しくなります。「アプリケーション情報」を参照してください。LTM4601を並列に接続するには、それぞれ個別のMPGM抵抗が必要になります。MPGMピンは一緒に接続してはなりません。

f_{SET}(ピンB12): 周波数が内部で850kHzに設定されます。このピンからグランドに1本の外付け抵抗を接続することによって、周波数を増加することができます。周波数の調整については「アプリケーション情報」を参照してください。

V_{FB}(ピンF12): エラーアンプの負入力。このピンは、内部で60.4kの高精度抵抗を介してV_{OUT_LCL}ピンに接続されています。V_{FB}ピンとSGND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。「アプリケーション情報」を参照してください。

MARG0(ピンC12): このピンはマージニング機能用のLSBロジック入力です。MARG1ピンとともに、入力された状態が高マージン、低マージンまたはマージンなしの状態であるかを判定します。このピンの内部プルダウン抵抗は50kです。「アプリケーション情報」を参照してください。

MARG1(ピンD12): このピンはマージニング機能用のMSBロジック入力です。MARG0ピンとともに、入力された状態が高マージン、低マージンまたはマージンなしの状態であるかを判定します。このピンの内部プルダウン抵抗は50kです。「アプリケーション情報」を参照してください。

ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

SGND(ピンH12):信号グランド。このピンは出力コンデンサのポイントでPGNDに接続します。図15を参照してください。

COMP(ピンA11):電流制御スレッショ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ョルドは、この制御電圧に応じて上昇します。電圧範囲は0V～2.4Vで、0.7Vがゼロ・センス電圧(ゼロ電流)に対応します。

PGOOD(ピンG12):出力電圧パワーグッド・インジケータ。オーブンドレインのロジック出力で、25 μ sのパワーバッド・マスク・タイムの終了後に出力電圧がレギュレーション・ポイントから $\pm 10\%$ の範囲を外れると、グランドに引き下げられます。

RUN(ピンA10):実行制御ピン。電圧が1.9Vを上回るとモジュールをオンし、1Vを下回るとオフします。V_{IN}からグランドに抵抗分割器を接続することによって、プログラム可能なUVLO機能を実現できます。最大ピン電圧は5Vです。図1を参照してください。このピンにはグランドに接続された5.1Vのツエナーが備わっています。RUNピンに流れ込む電流は1mA以下に制限してください。

V_{OUT_LCL}(ピンL12):リモート・センス・アンプをバイパスするには、V_{OUT}をこのピンに直接接続します。また、リモート・センス・アンプを使用する場合には、DIFFV_{OUT}をこのピンに接続します。V_{OUT_LCL}はLTM4601-1のV_{OUT}に接続することができますが、V_{OUT}はLTM4601-1内部で50 Ω を介してV_{OUT_LCL}に接続されています。

簡略ブロック図

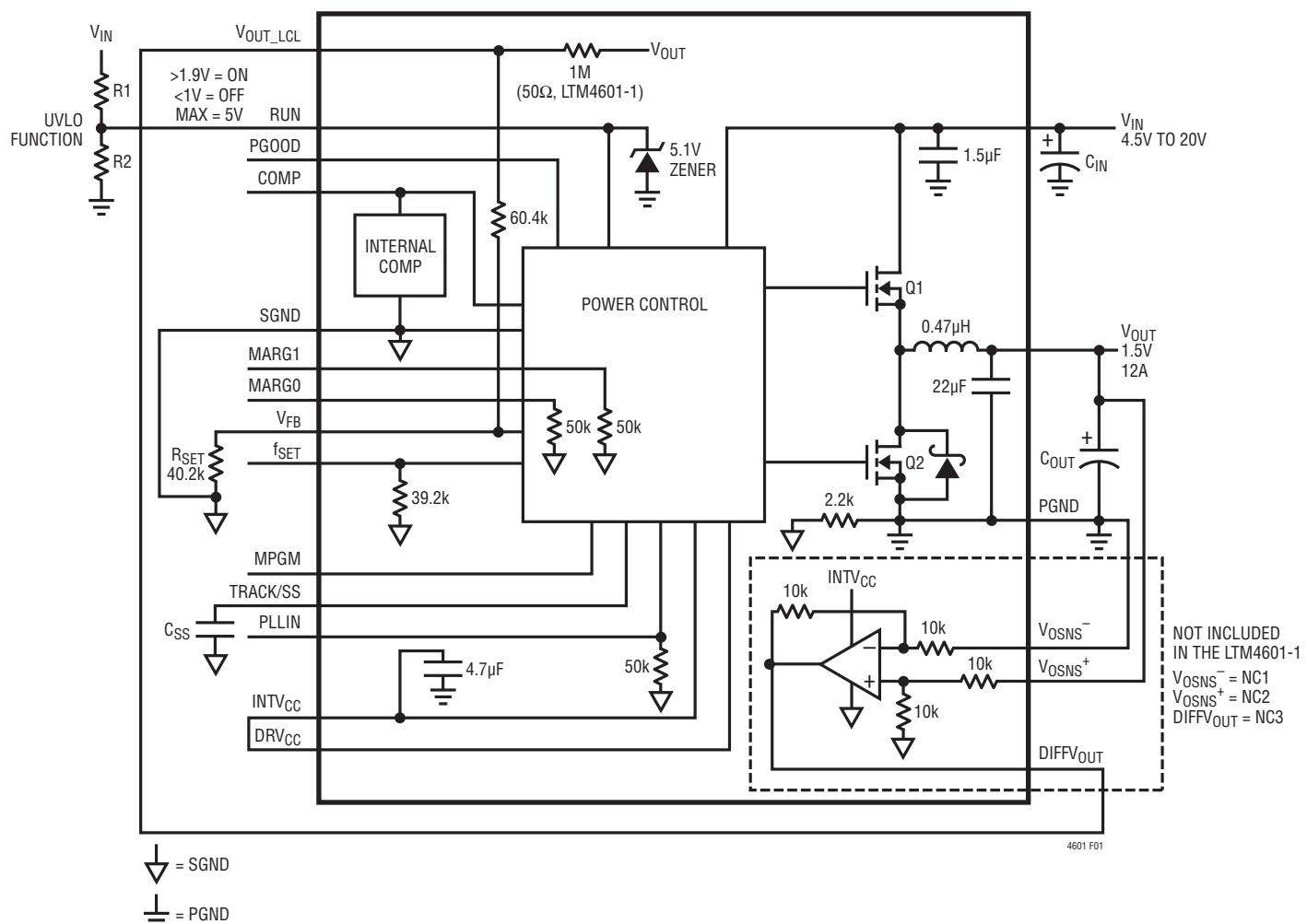


図1. LTM4601/LTM4601-1の簡略ブロック図

デカップリングの必要条件 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 。図1の構成を使用。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
C_{IN}	External Input Capacitor Requirement (V_{IN} = 4.5V to 20V, V_{OUT} = 1.5V)	I_{OUT} = 12A, 3× 10 μ F Ceramics	20	30		μ F
C_{OUT}	External Output Capacitor Requirement (V_{IN} = 4.5V to 20V, V_{OUT} = 1.5V)	I_{OUT} = 12A	100	200		μ F

動作

電源モジュールの概要

LTM4601はスタンダードアロン非絶縁型スイッチング・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ことによって、最大12A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、4.5V～20Vの広い入力電圧範囲で、1本の外付け抵抗によってプログラム可能な0.6V_{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18に示します。

LTM4601は、固定オン時間電流モード・レギュレータ、高速スイッチングの超低R_{DS(ON)}のFET、ショットキー・ダイオードを内蔵しています。最大負荷でのスイッチング周波数は標準850kHzです。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、LTM4601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)十分な安定性のマージン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_{FB}が下がっている間、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±10%の範囲を外れると、オーブンドレインの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 Q1がオフし、ボトムFET Q2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ピンを1V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、Q1とQ2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。

DRV_{CC}ピンをINTV_{CC}に接続すると、内蔵された5Vリニア・レギュレータが内部ゲート・ドライバに電力を供給します。DRV_{CC}ピンに5Vの外部バイアス電源を供給すると、内部リニア・レギュレータの電力損失が減少することによって効率が改善されます。これは、高い入力電圧範囲では特に顕著です。

LTM4601は、オフセットが非常に小さく、非常に高精度の差動リモート・センス・アンプを備えています。これによって、非常に高精度のリモート・センス電圧測定が可能になります。MPGMピン、MARG0ピン、およびMARG1ピンは、電圧のマージニングのサポートに使用されます。MPGMピンによってマージンの割合が設定され、MARG0とMARG1によってマージニングが選択されます。

PLLINピンによって、デバイスの外部クロックへの周波数同期が行われます。TRACK/SSピンは、電源のトラッキングとソフトスタートの設定に使用されます。

アプリケーション情報

LTM4601の標準的応用回路を図18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が必要とする特殊な外付けコンデンサについては、表2を参照してください。

V_{IN}からV_{OUT}への降圧比

所定の入力電圧で実現可能なV_{IN}からV_{OUT}への降圧比の最大値は限られています。これらの制限は、「標準的性能特性」の「V_{IN}からV_{OUT}への降圧比」の曲線に示されています。追加のサーマル・ディレーティングが適用される可能性がある点に注意してください。このデータシートの「熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング」のセクションを参照してください。

出力電圧のプログラミングとマージニング

PWMコントローラには0.6V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、1Mと60.4kの0.5%内部帰還抵抗によってV_{OUT}ピンとV_{FB}ピンを接続しています。V_{OUT_LCL}ピンは1Mと60.4kの抵抗の中間に接続されています。1Mの抵抗は、V_{OUT_LCL}ピンが出力に接続されていない場合やリモート・センス・アンプの出力がV_{OUT_LCL}に接続されていない場合に、出力過電圧状態から保護するために使用されます。出力電圧はデフォルトで0.6Vになります。V_{FB}ピンからSGNDピンに抵抗R_{SET}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。

$$V_{\text{OUT}} = 0.6V \cdot \frac{60.4k + R_{\text{SET}}}{R_{\text{SET}}}$$

表1. R_{SET}の標準1%抵抗値とV_{OUT}

R _{SET} (kΩ)	Open	60.4	40.2	30.1	25.5	19.1	13.3	8.25
V _{OUT} (V)	0.6	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3.3	5

MPGMピンによって電流が設定され、この電流に内部の10k抵抗を掛けることによって、0.6Vリファレンス±マージニングのオフセットが設定されます。この電流は、1.18VリファレンスをMPGMピンのRPGM抵抗で割ることによって設定されます。

V_{OUT(MARGIN)}の計算:

$$V_{\text{OUT}(\text{MARGIN})} = \frac{\%V_{\text{OUT}}}{100} \cdot V_{\text{OUT}}$$

ここで、%V_{OUT}はマージンにしたいV_{OUT}に対する割合、またV_{OUT(MARGIN)}はマージン量で単位はボルト。

$$R_{\text{PGM}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{0.6V} \cdot \frac{1.18V}{V_{\text{OUT}(\text{MARGIN})}} \cdot 10k$$

ここで、R_{PGM}はMPGMピンからグランドに接続された抵抗の値。

マージニング電圧V_{OUT(MARGIN)}は、MARG0ピンとMARG1ピンの状態に応じて、公称出力電圧に加えられるか、または公称出力電圧から差し引かれます。以下の真理値表を参照してください。

MARG1	MARG0	MODE
LOW	LOW	NO MARGIN
LOW	HIGH	MARGIN UP
HIGH	LOW	MARGIN DOWN
HIGH	HIGH	NO MARGIN

入力コンデンサ

LTM4601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。入力コンデンサはモジュールに隣接させて配置する必要があります。図18では、コンバータに流れ込む大きなRMS電流を扱う能力により、10μFのセラミック入力コンデンサが選択されています。100μFの入力バルク・コンデンサはオプションです。この100μFのコンデンサは、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だけ必要になります。

アプリケーション情報

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。

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

上の式で、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。 C_{IN} はスイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CONコンデンサまたは大容量セラミック・コンデンサにすることができます。多くの場合、コンデンサのリップル電流定格は温度と寿命時間によって規定されています。このため、入力コンデンサを適切にディレーティングする、つまり要求条件よりも高い温度定格のコンデンサを選択することを推奨します。ディレーティングの要求条件に関しては、必ずコンデンサの製造元にお問い合わせください。

図18では、10μFのセラミック・コンデンサはすべて、高周波用入力デカップリング・コンデンサとして使用されています。標準的な12A出力のアプリケーションには、3個のESRが非常に小さいX5RまたはX7Rの10μFセラミック・コンデンサを推奨します。これらのデカップリング・コンデンサはPCBレイアウトの際モジュールの入力ピンに直接隣接させて配置して、トレースのインダクタンスと高周波数のACノイズを最小限に抑えます。各10μFのセラミック・コンデンサは、一般に2A～3AのRMSリップル電流に対して効果があります。セラミック・コンデンサのカタログのRMS電流定格値を参照してください。

複数のLTM4601デバイスを並列に接続したマルチフェーズ動作では、レギュレータを交互動作させることによって実効入力RMSリップル電流を低減します。「アプリケーション・ノート77」に詳細な説明があります。位相数に対する入力コンデンサのリップル電流要件については、図2を参照してください。この図

は、デューティ・サイクルと並列位相数に対するRMSリップル電流とDC負荷電流の比率を表します。該当するデューティ・サイクルと位相数を選択すると、正確なリップル電流値が得られます。たとえば、2フェーズ並列のLTM4601の設計では、12Vの入力から2.5V/24Aが得られます。デューティ・サイクルはDC = 2.5V/12V = 0.21です。0.21のデューティ・サイクルでは、2フェーズ曲線の比率は約0.25です。24AのDC負荷電流に対するRMSリップル電流のこの0.25の比率は、外付け入力コンデンサの約6Aの入力RMSリップル電流に相当します。

出力コンデンサ

LTM4601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_{OUT}は、等価直列抵抗(ESR)が出力電圧リップルと過渡の必要条件を満たすのに十分小さいものが選択されます。C_{OUT}には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサまたはセラミック・コンデンサを使用することができます。出力にすべてセラミック・コンデンサを使用する場合、標準容量は200μF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。5A/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2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。

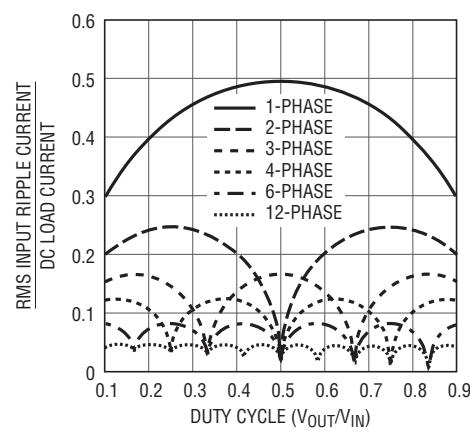


図2. 正規化された入力RMSリップル電流と
1～6モジュール(位相)のデューティ・サイクル

アプリケーション情報

複数のLTM4601デバイスを並列に接続したマルチフェーズ動作では、レギュレータを交互動作させることによって実効出力リップル電流を低減します。たとえば、12Vから2.5Vのマルチフェーズ設計の各LTM4601のインダクタ電流は、インダクタ・リップル電流とデューティ・サイクルのグラフ(図3)から読み取れます。低デューティ・サイクルおよび高出力電圧での大きなリップル電流は、f_{SET}からグランドに1本の外付け抵抗を追加

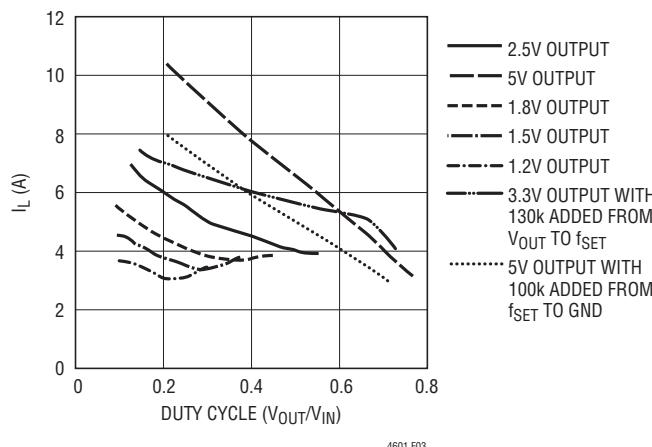


図3. インダクタ・リップル電流とデューティ・サイクル

し、周波数を増加することによって減少させることができます。デューティ・サイクルがDC = 2.5V/12V = 0.21の場合、図3の21%デューティ・サイクルでの2.5V出力のインダクタ・リップル電流は約6Aです。

図4は、デューティ・サイクルと並列位相数に対するピーク-ピーク間出力リップル電流とインダクタ電流との比率を表します。該当するデューティ・サイクルと位相数を選択すると正確な出力リップル電流の比率が得られます。21%のデューティ・サイクルでの2フェーズ動作を選択すると、この比率は0.6になります。6Aのインダクタ・リップル電流に対する出力リップル電流のこの0.6の比率は、3.6Aの実効出力リップル電流に相当します。並列位相に対する出力リップル電流の低減の詳細については、「アプリケーション・ノート77」を参照してください。

出力電圧リップルには、バルク・コンデンサの容量に対応する成分と出力バルク・コンデンサの等価直列抵抗(ESR)に対応する成分があります。したがって、出力電圧リップルは、既知の実効出力リップル電流を使用して算出することができます。計算式: $\Delta V_{OUT(P-P)} \approx (\Delta I_L / (8 \cdot f \cdot m \cdot C_{OUT}) + ESR \cdot \Delta I_L)$ 、

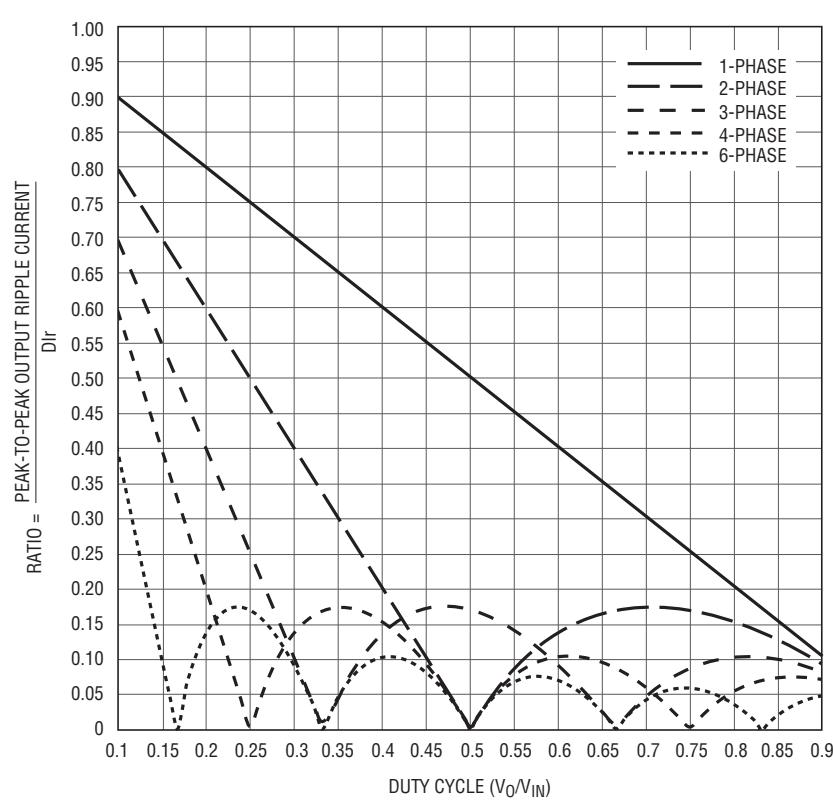


図4. 正規化された出力リップル電流とデューティ・サイクル、 $D_{IR} = V_O T / L_I$ 、 D_{IR} = 各位相のインダクタ電流

4601fe

アプリケーション情報

ここで f は周波数、 m は並列位相数。この計算プロセスは、LTpowerCAD™を使用することによって容易に実行できます。

フォールト状態:電流制限と過電流フォールドバック

LTM4601は電流モード・コントローラを備えており、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、LTM4601はフォールドバック電流制限機能を備えています。出力電圧が50%以上低下すると、最大出力電流はその最大電流制限値の約1/6に次第に低下します。

ソフトスタートとトラッキング

TRACK/SSピンによって、レギュレータのソフトスタートまたはレギュレータの別の電源へのトラッキングが実行されます。このピンにコンデンサを接続することによって、出力電圧のランプ・レートが設定されます。1.5 μ Aの電流源は、0.6Vの内部電圧リファレンスの80%に対して何らかのマージン(デルタ)を加算または減算した値まで、外付けのソフトスタート・コンデンサを充電します。これによって、内部リファレンスと出力電圧のランプが制御されます。全ソフトスタート時間は次のように算出できます。

$$t_{SOFTSTART} = 0.8 \cdot (0.6V \pm V_{OUT(MARGIN)}) \cdot \frac{C_{SS}}{1.5\mu A}$$

RUNピンが1.5Vを下回ると、TRACK/SSピンがリセットされ、レギュレータが再度イネーブルされたときに正常なソフトスタート制御を行うことができます。ソフトスタート・プロセスの間、電流フォールドバックと強制連続モードがディスエーブルされます。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るので、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。

出力電圧のトラッキング

出力電圧のトラッキングは、TRACK/SS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ます。図5に同時トラッキングの例を示します。比例モードのトラッキングは、異なる抵抗値を選択して出力トラッキングの比率を変更することによって実行されます。トラッキングを実行させるためには、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。図6に同時出力トラッキングの特性を示します。

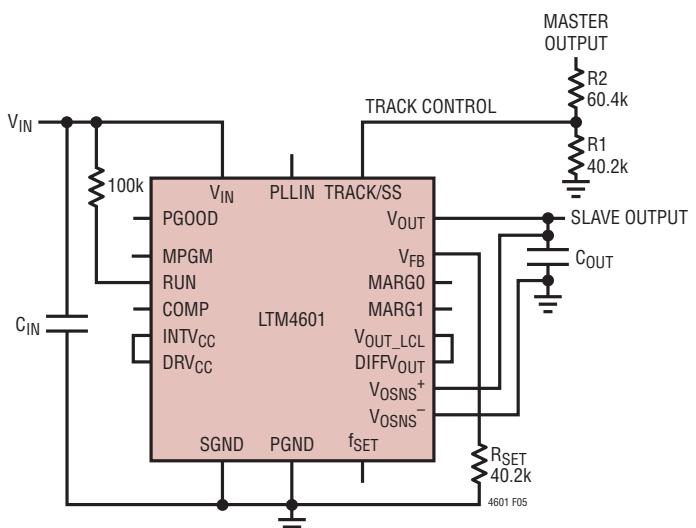


図5. 同時トラッキングの例

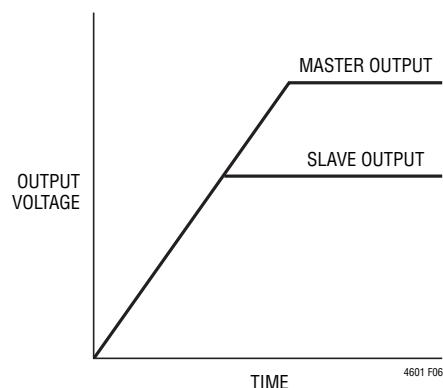


図6. 同時出力トラッキングの特性

アプリケーション情報

実行イネーブル

RUNピンは電源モジュールをイネーブルするために使用されます。このピンは内部で5.1Vのツエナーがグランドに接続されています。このピンは5Vを超えないロジック入力でドライブすることができます。

RUNピンは、入力電源からRUNピンに抵抗分割器を接続することによって、低電圧ロックアウト(UVLO)機能として使用することができます。

$$V_{UVLO} = \frac{R1 + R2}{R2} \cdot 1.5V$$

図1の簡略ブロック図を参照してください。

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±10%の範囲をモニタし、マージンをもってトラッキングします。

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、ほとんどの出力電圧に対してすでに内部で補償されています。表2はほとんどの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LTpowerCADが提供されています。

PLLIN

電源モジュールは、内部電圧制御発振器と位相検出器で構成されるフェーズロック・ループを備えています。これによって、内部トップMOSFETのターンオンを、外部クロックの立ち上がりエッジにロックすることができます。周波数範囲は、850kHzの動作周波数から±30%です。パルス検出回路を使用してPLLINピンのクロックを検出することによって、フェーズロック・ループを作動します。このクロックは、パルス幅が少なくとも400nsで2Vの振幅が必要です。PLLINピンは、このピンの近くに配置されたロジック・ゲートなどの低インピーダンス・ソースからドライブする必要があります。レギュレータの起動時には、フェーズロック・ループ機能はディスエーブルされます。

INTV_{CC}とDRV_{CC}の接続

内蔵の低損失レギュレータは、制御回路と、内部パワーMOSFETをドライブするDRV_{CC}に電力を供給する内部5V電源を生成します。したがって、システムに5V電源レールがない場合には、LTM4601にV_{IN}から直接電力を供給することができます。LDOを流れるゲート・ドライバ電流は約20mAです。内部LDOの電力消費は次のように計算できます。

$$P_{LDO_LOSS} = 20mA \cdot (V_{IN} - 5V)$$

LTM4601は外部ゲート・ドライバ電圧ピンDRV_{CC}も備えています。システムに5Vレールがある場合には、DRV_{CC}ピンを外部の5Vレールに接続することを推奨します。これは、高い入力電圧では特に推奨します。6Vを超える電圧はDRV_{CC}に印加しないでください。図16に示すように、外部回路によって5V出力をDRV_{CC}ピンへの電力供給に使用することができます。

モジュールの並列動作

LTM4601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。電圧帰還の式は次のように、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。

$$V_{OUT} = 0.6V \frac{\frac{60.4k}{N} + R_{SET}}{R_{SET}}$$

Nは並列に接続したモジュールの数です。

図19は並列設計に使用されるLTM4601とLTM4601-1を示します。2個目のLTM4601デバイスはリモート・センス・アンプを必要としないので、LTM4601-1デバイスが使用されます。LTM4601デバイスは差動アンプなしで使用することができます。V_{OSNS}⁺はグランドに、V_{OSNS}⁻はINTV_{CC}に接続することができます。DIFFV_{OUT}はフロートさせることができます。複数のLTM4601-1デバイスをLTM4601と並列に使用する場合は、全部で6個のモジュールが並列になるように数を5個に制限してください。

アプリケーション情報

熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

図7と図8の電力損失の曲線は、図9～図14の負荷電流ディレーティング曲線と関連付けて、多様なヒートシンク手法を用いたモジュールの θ_{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とサーマルモデル解析から得られます。サーマルモデルとディレーティング曲線の分析は「アプリケーション・ノート103」で詳細に説明されています。表3と表4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います。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ではケース温度が100°C以下に保たれています。100°C

の最大ケース温度では、接合部からケースまでの熱抵抗 θ_{JC} が $6^{\circ}\text{C}/\text{W} \sim 9^{\circ}\text{C}/\text{W}$ の場合、μModule内で約 $13^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ の温度上昇を許容することになります。これによって、μModule内の最大接合部温度が125°C以下に保たれます。

安全性に関する検討事項

LTM4601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。

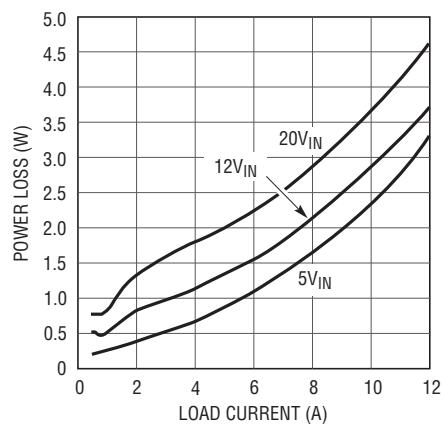


図7. 1.5V電力損失

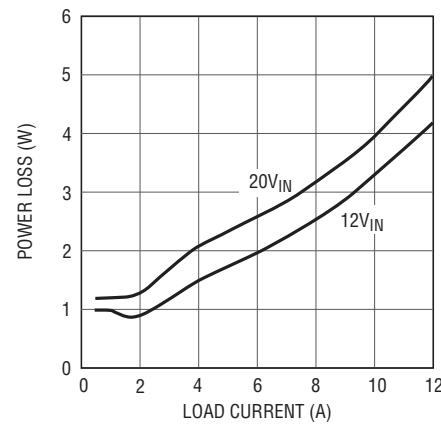


図8. 3.3V電力損失

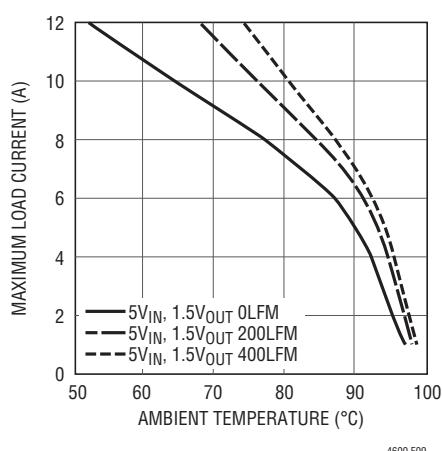


図9. ヒートシンクなし、5V_{IN}

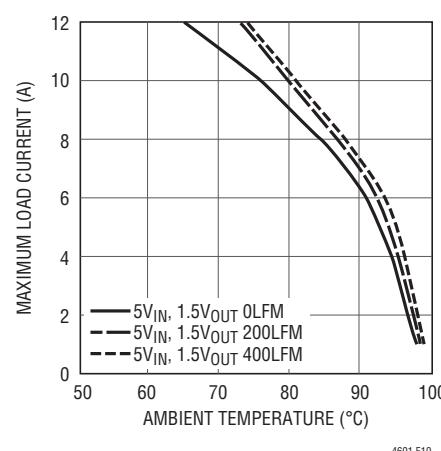
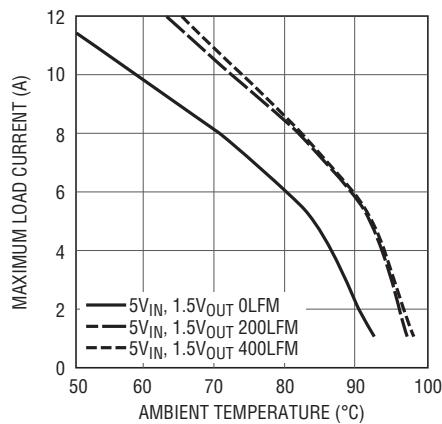
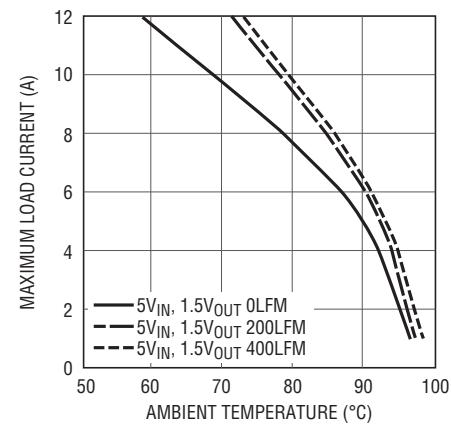


図10. BGA用ヒートシンク、5V_{IN}

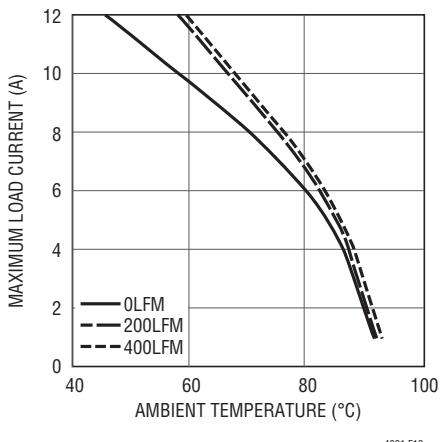
アプリケーション情報



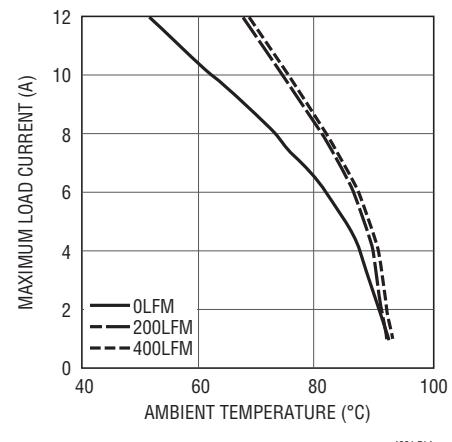
4601 F11

図11. ヒートシンクなし、12V_{IN}

4601 F12

図12. BGA用ヒートシンク、12V_{IN}

4601 F13

図13. 12V_{IN}、3.3V_{OUT}、ヒートシンクなし

4601 F14

図14. 12V_{IN}、3.3V_{OUT}、BGA用ヒートシンク

アプリケーション情報

表2. 出力電圧応答と部品のマトリックス(図18を参照)、0Aから6Aの負荷ステップ

TYPICAL MEASURED VALUES

C_{OUT1} VENDORS	PART NUMBER				C_{OUT2} VENDORS		PART NUMBER					
TDK	C4532X5R0J107MZ (100 μ F, 6.3V)					SANYO POS CAP	6TPE330MIL (330 μ F, 6.3V)					
TAIYO YUDEN	JMK432BJ107MU-T (100 μ F, 6.3V)					SANYO POS CAP	2R5TPE470M9 (470 μ F, 2.5V)					
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22 μ F, 6.3V)					SANYO POS CAP	4TPE470MCL (470 μ F, 4V)					
V_{OUT} (V)	C_{IN} (CERAMIC)	C_{IN} (BULK)	C_{OUT1} (CERAMIC)	C_{OUT2} (BULK)	C_{COMP}	C_3	V_{IN} (V)	DROOP (mV)	PEAK TO PEAK (mV)	RECOVERY TIME (μs)	LOAD STEP (A/μs)	R_{SET} (kΩ)
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	47pF	5	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	100pF	5	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	22pF	5	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	40	93	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	12	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	100pF	12	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	22pF	12	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	49	98	20	6	60.4
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	5	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	33pF	5	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	5	44	84	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	61	118	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	12	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	33pF	12	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	12	44	89	25	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	54	108	25	6	40.2
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	47pF	5	48	100	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	100pF	5	44	90	20	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	5	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	65	130	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	NONE	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	12	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	65	130	20	6	30.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	5	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	220pF	5	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	NONE	5	57	116	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	60	115	25	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	12	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	NONE	12	51	102	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	220pF	12	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	220pF	12	70	140	25	6	19.1
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	7	120	240	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	7	114	230	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	100pF	12	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	NONE	150pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	NONE	100pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	114	230	30	6	13.3
5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	22pF	15	188	375	25	6	8.25
5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	NONE	NONE	22pF	20	159	320	25	6	8.25

アプリケーション情報

表3. 12Aでの1.5V出力

DERATING CURVE	V _{IN} (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ _{JA} (°C/W) LGA	θ _{JA} (°C/W) BGA
Figures 9, 11	5, 12	Figure 7	0	None	15.2	15.7
Figures 9, 11	5, 12	Figure 7	200	None	14	14.5
Figures 9, 11	5, 12	Figure 7	400	None	12	12.5
Figures 10, 12	5, 12	Figure 7	0	BGA Heat Sink	13.9	14.4
Figures 10, 12	5, 12	Figure 7	200	BGA Heat Sink	11.3	11.8
Figures 10, 12	5, 12	Figure 7	400	BGA Heat Sink	10.25	10.75

表4. 12Aでの3.3V出力

DERATING CURVE	V _{IN} (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ _{JA} (°C/W) LGA	θ _{JA} (°C/W) BGA
Figure 13	12	Figure 8	0	None	15.2	15.7
Figure 13	12	Figure 8	200	None	14.6	15.0
Figure 13	12	Figure 8	400	None	13.4	13.9
Figure 14	12	Figure 8	0	BGA Heat Sink	13.9	14.4
Figure 14	12	Figure 8	200	BGA Heat Sink	11.1	11.6
Figure 14	12	Figure 8	400	BGA Heat Sink	10.5	11.0

ヒートシンクの製造元

Aavid Thermalloy

Part No: 375424B00034G

Phone: 603-224-9988

アプリケーション情報

レイアウトのチェックリスト/例

LTM4601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、電気的性能と熱的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} 、 $PGND$ および 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} 、 $PGND$ 、 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。周波数同期ソースから電源グランドまでです。
- 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。
- 充填ビアでない限り、パッドの上に直接ビアを置かないでください。

- 信号ピンに接続された部品には、別のSGNDグランド銅エリアを使用します。SGNDとPGNDをユニットの下で接続します。

推奨レイアウトの良い例を図15に示します。

周波数の調整

LTM4601は、ほとんどの入力条件で、一般に850kHzで動作するように設計されています。fSETピンは一般にオーブン状態にしておきます。スイッチング周波数は、ほとんどの動作範囲で出力リップル・ノイズを一定に保つように最適化されています。850kHzのスイッチング周波数と400nsの最小オフ時間によって5Vから3.3Vのような高いデューティ・サイクルでの動作を制限することができます。また、20Vから5Vのような低いデューティ・サイクルのアプリケーションでは過度のインダクタ・リップル電流を生じます。fSETピンに1本の外付け抵抗を追加して5Vと3.3Vの損失曲線を修正することによって、より低い入力電圧やより高い入力電圧の動作が可能になります。

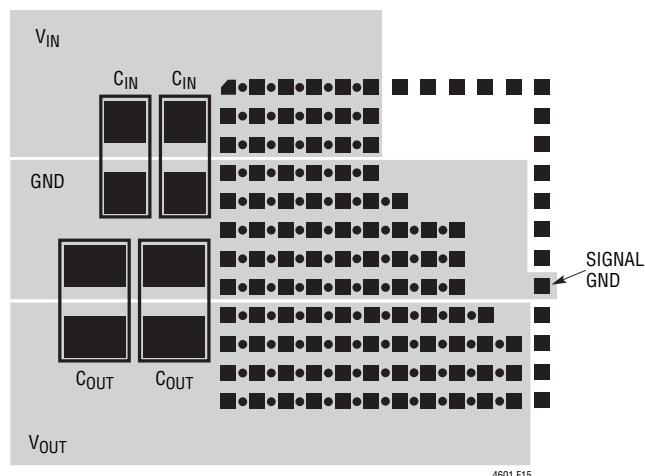


図15. 推奨レイアウト(LGAとBGAのPCBレイアウトは、BGAのパッドが円形であること以外は同じ。「パッケージ」を参照)

アプリケーション情報

5V出力の例

LTM4601の最小オン時間 = 100ns;
 $t_{ON} = ((V_{OUT} \cdot 10pF) / I_{fSET})$ ($V_{OUT} > 4.8V$ の場合は 4.8V を使用。)

LTM4601の最小オフ時間 = 400ns; $t_{OFF} = t - t_{ON}$ 、
 ここで $t = 1/\text{周波数}$

デューティ・サイクル = t_{ON}/t または V_{OUT}/V_{IN}

周波数設定の計算式:

$I_{fSET} = (V_{IN}/(3 \cdot R_{fSET}))$ 、20V動作では、 $I_{fSET} = 170\mu A$ 、
 $t_{ON} = ((4.8 \cdot 10pF) / I_{fSET})$ 、 $t_{ON} = 282\text{ns}$ 、ここで内部 R_{fSET} は 39.2k。周波数 = $(V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})) = (5V/(20 \cdot 282\text{ns})) \sim 886\text{kHz}$ 。入力電圧を高くするとインダクタ両端の電圧が上昇するので、インダクタ・リップル電流が大きくなり始めます。これは「標準インダクタ・リップル電流とデューティ・サイクル」のグラフ(図3)に示されています(25%のデューティ・サイクルで $I_L \approx 10A$)。高入力電圧でのインダクタ・リップル電流は、 f_{SET} からグランドに1本の外付け抵抗を追加し、スイッチング周波数を増加することによって減少させることができます。8Aのリップル電流を選択すると、全ピーク電流は8Aのリップル電流の1/2に输出電流を加算した値に等しくなります。5Vの出力電流は8Aに制限されるので、全ピーク電流は12A以下になります。これは14Aの最大規定値を下回ります。 f_{SET} からグランドに100kの抵抗を接続すると、100kと39.2kが並列に組み合わされて28kに等しくなります。28kと20Vの入力電圧を使用して I_{fSET} を計算すると、238 μA に等しくなります。これは200nsの t_{ON} に相当します。これによって、20Vから5Vへの変換でのスイッチング周波数が約886kHzから約1.25MHzに増加します。20V入力での最小オン時間は100nsを上回ります。スイッチング周波数は全入力条件と出力条件でほぼ一定になるので、1.25MHz動作での低入力電圧の範囲は400nsの最小オフ時間によって10Vに制限されます。計算式: $t_{ON} = (V_{OUT}/V_{IN}) \cdot (1/\text{周波数})$ は 400ns のオン時間と 400ns のオフ時間に等しくなります。「 V_{IN} から V_{OUT} の降圧比曲線」は、 f_{SET} からグランドに100kの抵抗を接続したときの10V～20Vの範囲の1.25MHz動作、および f_{SET} をフロートさせたときの8V～16Vの動作を示します。これらの修正を行うことによって、インダクタ・リップル電流を制限し、400nsの最小オフ時間を維持しながら、5V出力の設計でより広い入力電圧範囲を実現することができます。

3.3V出力の例

LTM4601の最小オン時間 = 100ns;
 $t_{ON} = ((V_{OUT} \cdot 10pF) / I_{fSET})$

LTM4601の最小オフ時間 = 400ns; $t_{OFF} = t - t_{ON}$ 、
 ここで $t = 1/\text{周波数}$

デューティ・サイクル(DC) = t_{ON}/t または V_{OUT}/V_{IN}

周波数設定の計算式:

$I_{fSET} = (V_{IN}/(3 \cdot R_{fSET}))$ 、20V動作では、 $I_{fSET} = 170\mu A$ 、
 $t_{ON} = ((3.3 \cdot 10pF) / I_{fSET})$ 、 $t_{ON} = 195\text{ns}$ 、ここで内部 R_{fSET} は 39.2k。周波数 = $(V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})) = (3.3V/(20 \cdot 195\text{ns})) \sim 846\text{kHz}$ 。最小オン時間および最小オフ時間は 195ns および 980ns の規定値内です。4.5V の最小入力で 3.3V 出力に変換する場合は、400ns の最小オフ時間の仕様を満たしません。 $t_{ON} = 868\text{ns}$ 、周波数 = 850kHz、 $t_{OFF} = 315\text{ns}$ 。

解決策

低入力電圧でスイッチング周波数を下げる、デューティ・サイクルが高くなり、4.5V の入力電圧で 400ns の最小オフ時間を満たすことができます。オフ時間は 100ns のガードバンドを加えた約 500ns を必要とします。(3.3V/4.5V) のデューティ・サイクル = ~73%。周波数 = $(1 - DC) / t_{OFF}$ 、つまり $(1 - 0.73) / 500\text{ns} = 540\text{kHz}$ 。スイッチング周波数は 4.5V 入力で 540kHz まで下げる必要があります。 $t_{ON} = DC / \text{周波数}$ 、つまり $1.35\mu s$ 。 f_{SET} ピン電圧の規格は V_{IN} の 1/3、また I_{fSET} 電流は内部の 39.2k によって 38 μA に等しくなります。540kHz 動作の場合には、 I_{fSET} 電流を 24 μA にする必要があります。 V_{OUT} から f_{SET} に 1 本の抵抗を接続し、 f_{SET} ピンから流れ出す実効 I_{fSET} 電流を減少させて 24 μA にすることができます。 f_{SET} ピンが 4.5V/3 = 1.5V、また $V_{OUT} = 3.3V$ であるので、130k によって f_{SET} ノードに 14 μA をソースし、 I_{fSET} 電流を 24 μA に減少させます。これによって、540kHz 動作および 4.5V～20V 入力から 3.3V 出力の降圧変換動作が可能になります。この入力範囲を超えると、周波数は 540kHz から 1.1MHz まで変化します。これによって、全入力範囲で 8A の実効出力電流が流れます。

LTM4601/LTM4601-1

アプリケーション情報

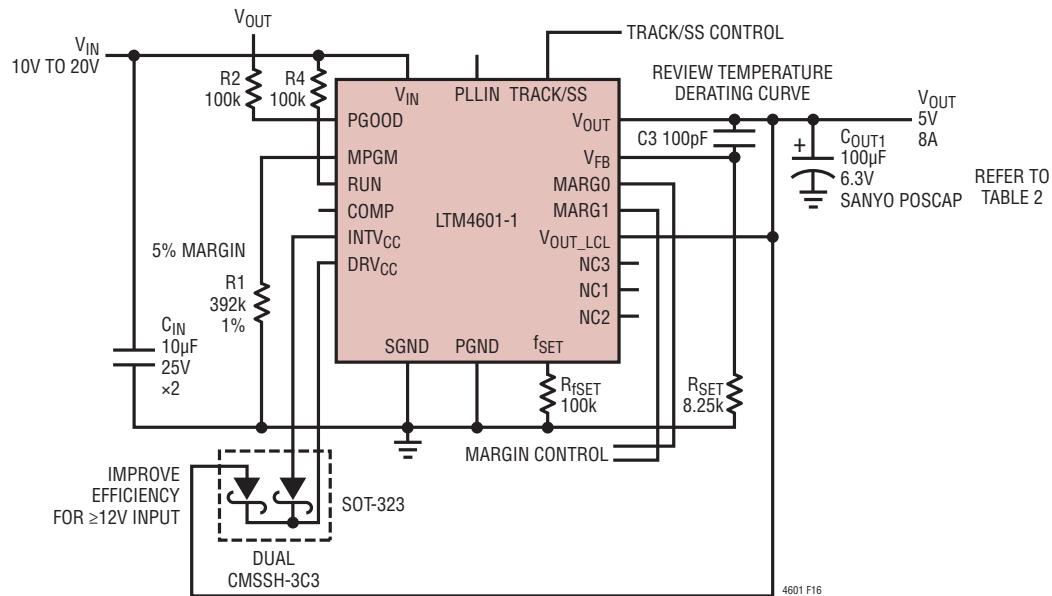


図16. 差動アンプなしの5V/8Aの設計

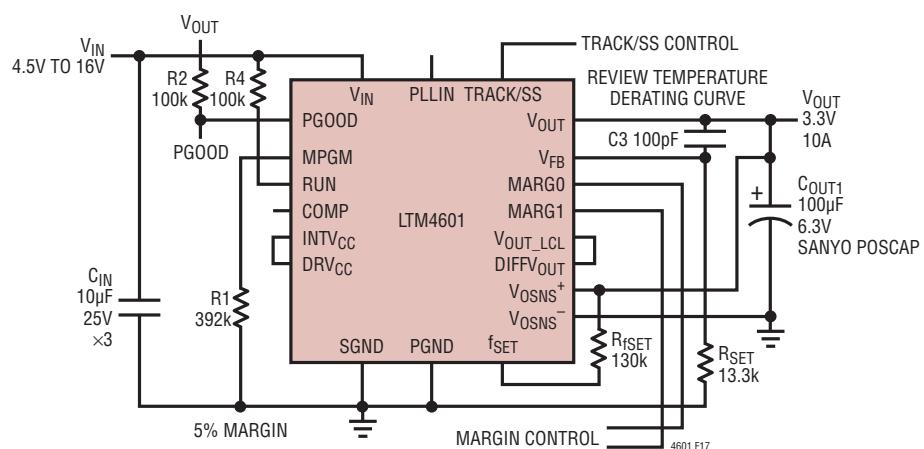


図17. 3.3V/10Aの設計

アプリケーション情報

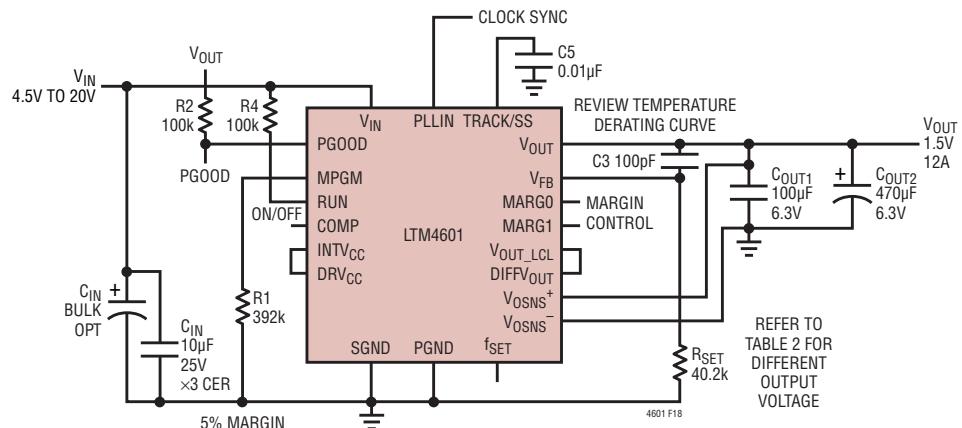


図18. 標準的な4.5V～20V入力、1.5V/12Aの設計

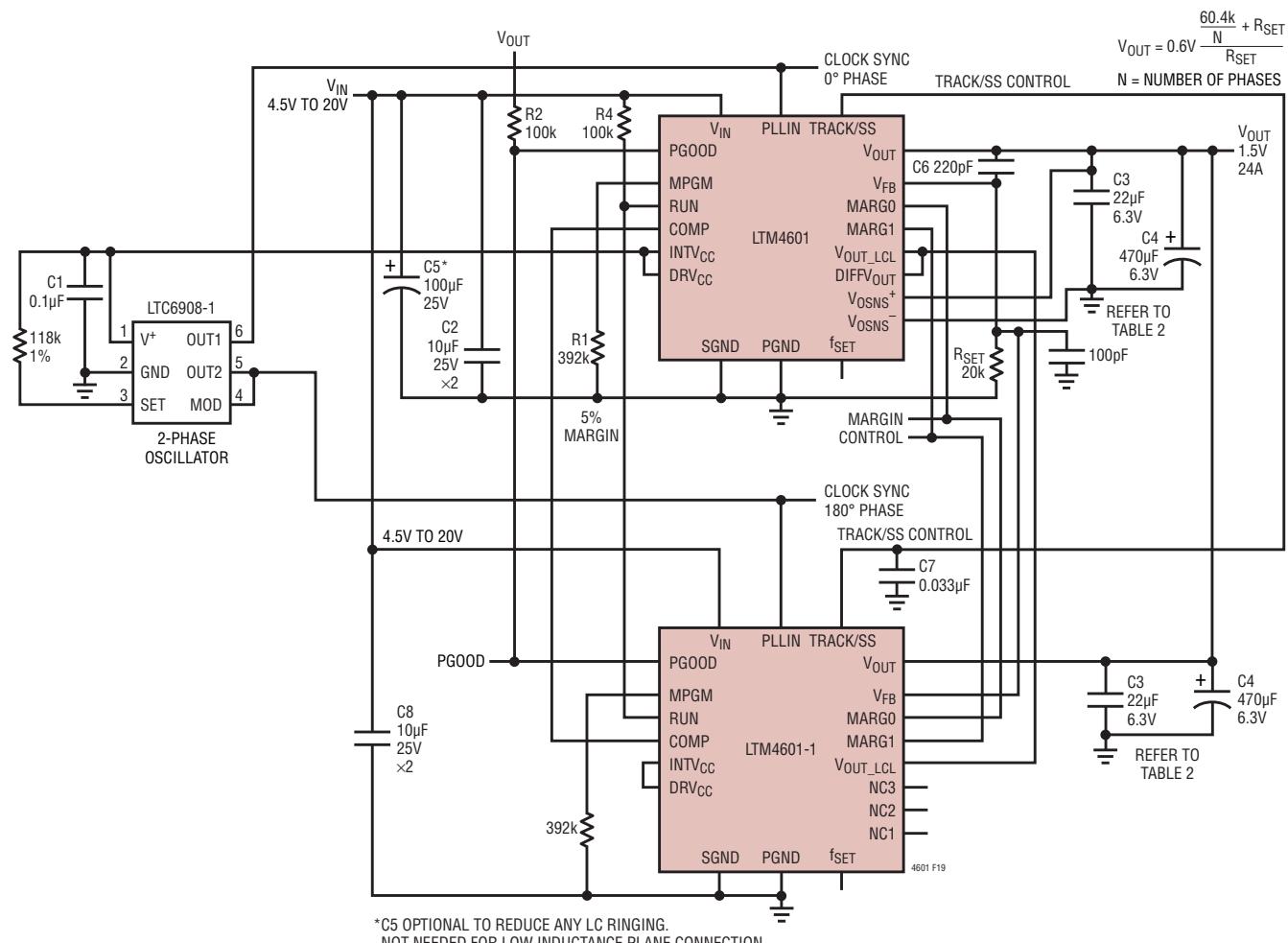
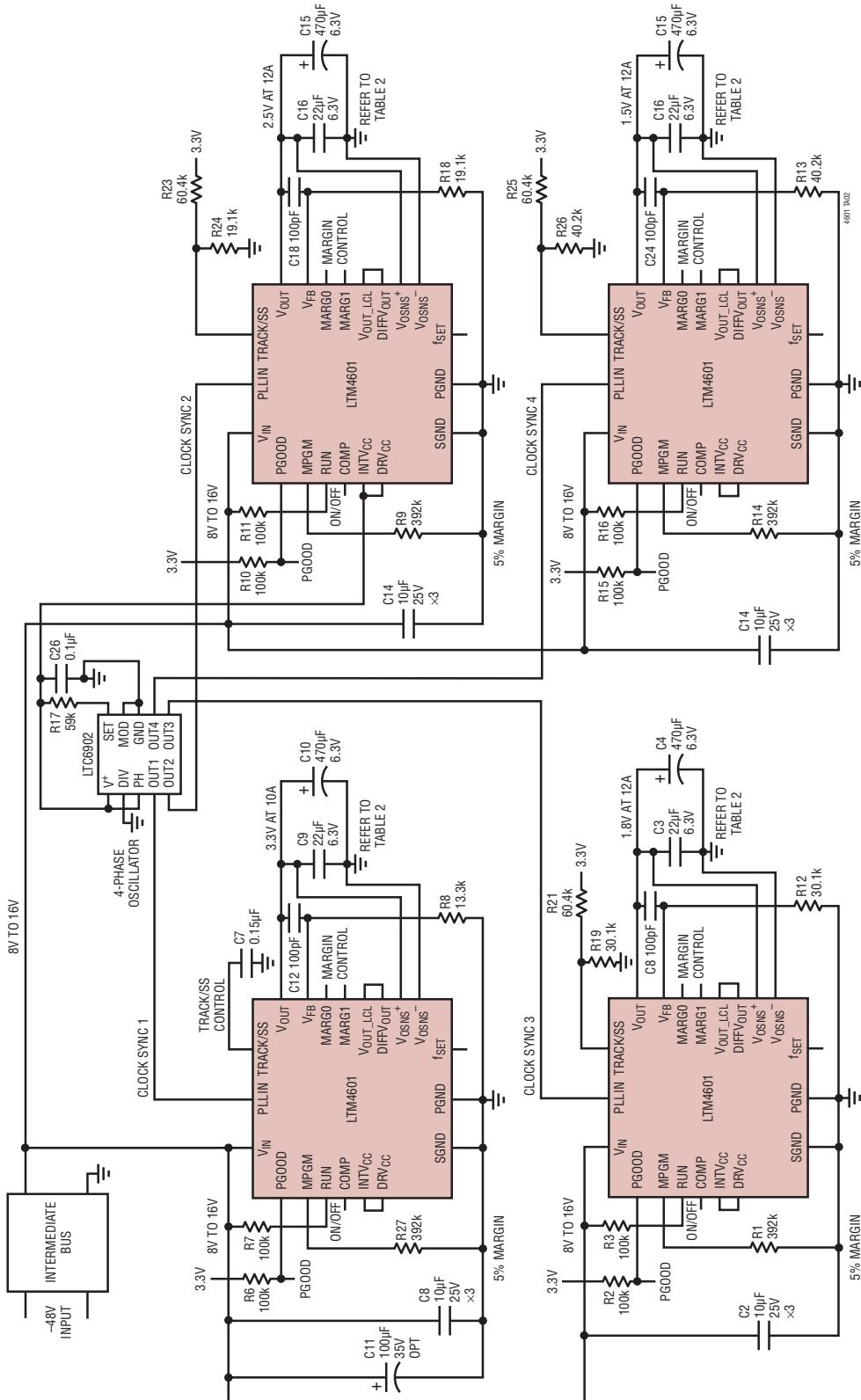


図19. 2フェーズ並列、1.5V/24Aの設計

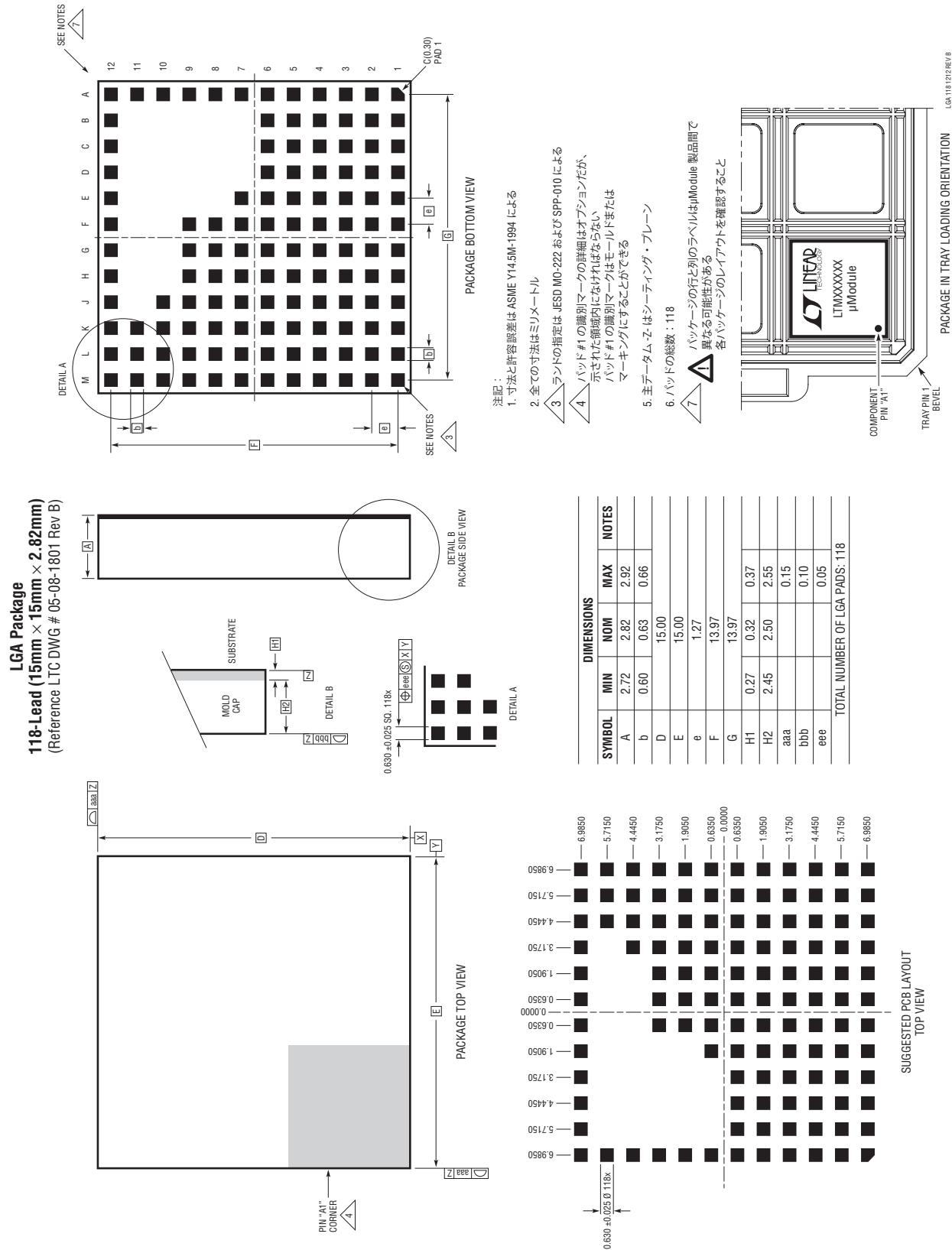
標準的応用例

トランシッキングを使用した4フェーズ、4出力(3.3V、2.5V、1.8V、1.5V)



パッケージ

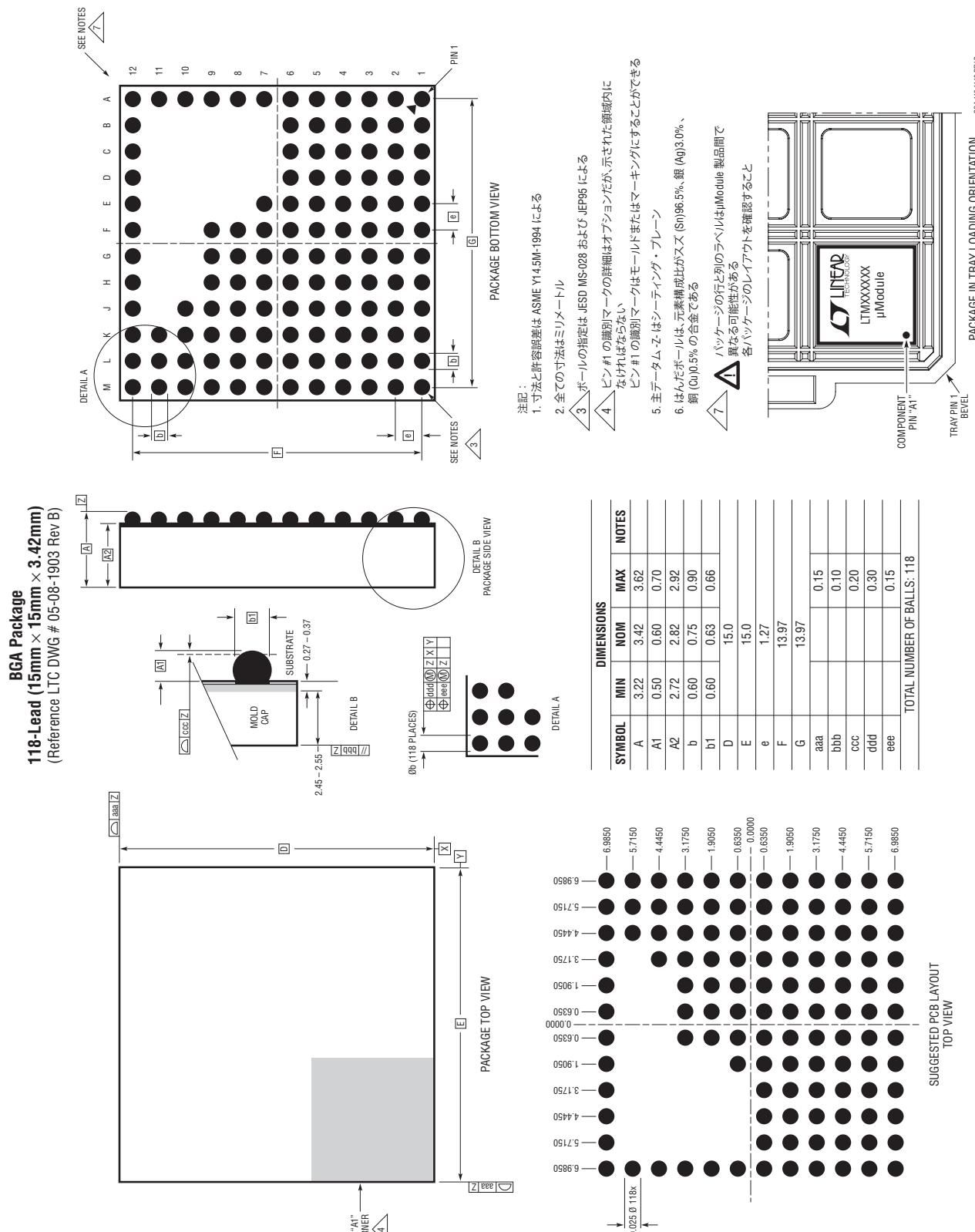
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>をご覧ください。



LTM4601/LTM4601-1

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。



パッケージ

表5.ピン配置表
(ピン番号によって整理)

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
A1	V _{IN}	B1	V _{IN}	C1	V _{IN}	D1	PGND	E1	PGND	F1	PGND
A2	V _{IN}	B2	V _{IN}	C2	V _{IN}	D2	PGND	E2	PGND	F2	PGND
A3	V _{IN}	B3	V _{IN}	C3	V _{IN}	D3	PGND	E3	PGND	F3	PGND
A4	V _{IN}	B4	V _{IN}	C4	V _{IN}	D4	PGND	E4	PGND	F4	PGND
A5	V _{IN}	B5	V _{IN}	C5	V _{IN}	D5	PGND	E5	PGND	F5	PGND
A6	V _{IN}	B6	V _{IN}	C6	V _{IN}	D6	PGND	E6	PGND	F6	PGND
A7	INTV _{CC}	B7	-	C7	-	D7	-	E7	PGND	F7	PGND
A8	PLLIN	B8	-	C8	-	D8	-	E8	-	F8	PGND
A9	TRACK/SS	B9	-	C9	-	D9	-	E9	-	F9	PGND
A10	RUN	B10	-	C10	-	D10	-	E10	-	F10	-
A11	COMP	B11	-	C11	-	D11	-	E11	-	F11	-
A12	MPGM	B12	f _{SET}	C12	MARG0	D12	MARG1	E12	DRV _{CC}	F12	V _{FB}

PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
G1	PGND	H1	PGND	J1	V _{OUT}	K1	V _{OUT}	L1	V _{OUT}	M1	V _{OUT}
G2	PGND	H2	PGND	J2	V _{OUT}	K2	V _{OUT}	L2	V _{OUT}	M2	V _{OUT}
G3	PGND	H3	PGND	J3	V _{OUT}	K3	V _{OUT}	L3	V _{OUT}	M3	V _{OUT}
G4	PGND	H4	PGND	J4	V _{OUT}	K4	V _{OUT}	L4	V _{OUT}	M4	V _{OUT}
G5	PGND	H5	PGND	J5	V _{OUT}	K5	V _{OUT}	L5	V _{OUT}	M5	V _{OUT}
G6	PGND	H6	PGND	J6	V _{OUT}	K6	V _{OUT}	L6	V _{OUT}	M6	V _{OUT}
G7	PGND	H7	PGND	J7	V _{OUT}	K7	V _{OUT}	L7	V _{OUT}	M7	V _{OUT}
G8	PGND	H8	PGND	J8	V _{OUT}	K8	V _{OUT}	L8	V _{OUT}	M8	V _{OUT}
G9	PGND	H9	PGND	J9	V _{OUT}	K9	V _{OUT}	L9	V _{OUT}	M9	V _{OUT}
G10	-	H10	-	J10	V _{OUT}	K10	V _{OUT}	L10	V _{OUT}	M10	V _{OUT}
G11	-	H11	-	J11	-	K11	V _{OUT}	L11	V _{OUT}	M11	V _{OUT}
G12	PGOOD	H12	SGND	J12	V _{OSNS+} /NC2*	K12	DIFFV _{OUT} /NC2*	L12	V _{OUT_LCL}	M12	V _{OSNS-/NC1*}

*LTM4601-1 の場合

パッケージ

表6.ピン配置表
(ピン機能によって整理)

PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	
A1	V _{IN}	D1	PGND	J1	V _{OUT}
A2	V _{IN}	D2	PGND	J2	V _{OUT}
A3	V _{IN}	D3	PGND	J3	V _{OUT}
A4	V _{IN}	D4	PGND	J4	V _{OUT}
A5	V _{IN}	D5	PGND	J5	V _{OUT}
A6	V _{IN}	D6	PGND	J6	V _{OUT}
B1	V _{IN}	E1	PGND	J7	V _{OUT}
B2	V _{IN}	E2	PGND	J8	V _{OUT}
B3	V _{IN}	E3	PGND	J9	V _{OUT}
B4	V _{IN}	E4	PGND	J10	V _{OUT}
B5	V _{IN}	E5	PGND	K1	V _{OUT}
B6	V _{IN}	E6	PGND	K2	V _{OUT}
C1	V _{IN}	E7	PGND	K3	V _{OUT}
C2	V _{IN}	F1	PGND	K4	V _{OUT}
C3	V _{IN}	F2	PGND	K5	V _{OUT}
C4	V _{IN}	F3	PGND	K6	V _{OUT}
C5	V _{IN}	F4	PGND	K7	V _{OUT}
C6	V _{IN}	F5	PGND	K8	V _{OUT}
		F6	PGND	K9	V _{OUT}
		F7	PGND	K10	V _{OUT}
		F8	PGND	K11	V _{OUT}
		F9	PGND	L1	V _{OUT}
		G1	PGND	L2	V _{OUT}
		G2	PGND	L3	V _{OUT}
		G3	PGND	L4	V _{OUT}
		G4	PGND	L5	V _{OUT}
		G5	PGND	L6	V _{OUT}
		G6	PGND	L7	V _{OUT}
		G7	PGND	L8	V _{OUT}
		G8	PGND	L9	V _{OUT}
		G9	PGND	L10	V _{OUT}
		H1	PGND	L11	V _{OUT}
		H2	PGND	M1	V _{OUT}
		H3	PGND	M2	V _{OUT}
		H4	PGND	M3	V _{OUT}
		H5	PGND	M4	V _{OUT}
		H6	PGND	M5	V _{OUT}
		H7	PGND	M6	V _{OUT}
		H8	PGND	M7	V _{OUT}
		H9	PGND	M8	V _{OUT}
				M9	V _{OUT}
				M10	V _{OUT}
				M11	V _{OUT}

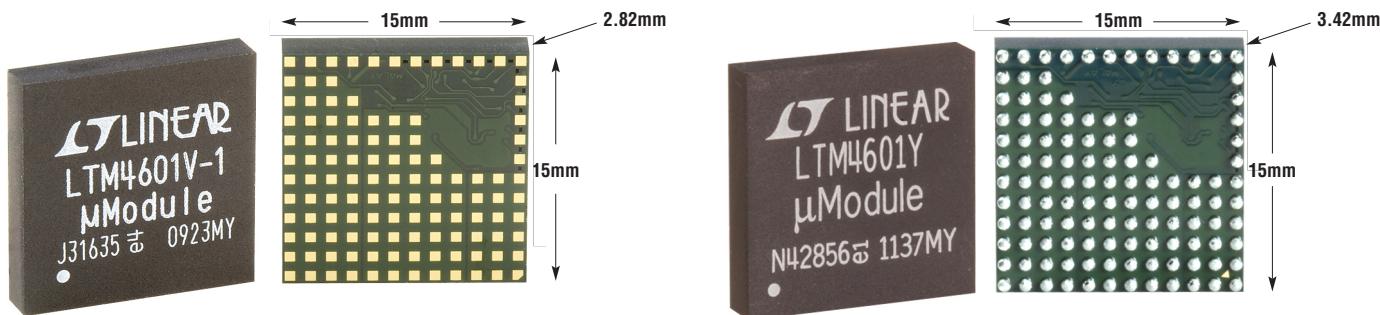
*LTM4601-1 の場合

改訂履歴 (Rev Bよりスタート)

REV	日付	修正内容	頁番号
B	1/10	Note 5の追加	2,4
C	3/12	BGAパッケージ追加のためにデータシート全体を改訂	1~30
D	2/14	SnPb BGAオプションを追加	1,2
E	4/14	LTM4601-1 BGA/パッケージの図とパッケージ情報を追加	2

LTM4601/LTM4601-1

パッケージの写真



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTM4628	26V、デュアル8A、DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 26.5V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、リモートセンス・アンプ、内部温度検出出力、 $15mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA
LTM4627	20V、15A、DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、PLL入力、 V_{OUT} トラッキング、リモートセンス・アンプ、 $15mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA
LTM4611	1.5V _{IN} (MIN)、15A DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$1.5V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、PLL入力、リモートセンス・アンプ、 V_{OUT} トラッキング、 $15mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA
LTM4613	EN55022 クラスB準拠の8A、DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$5V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $3.3V \leq V_{OUT} \leq 15V$ 、PLL入力、 V_{OUT} トラッキングおよびマージニング、 $15mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA
LTM4601AHV	28V、12A DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 28V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、PLL入力、リモートセンス・アンプ、 V_{OUT} トラッキングおよびマージニング、 $15mm \times 15mm \times 2.82mm$ LGA または $15mm \times 15mm \times 3.42mm$ BGA
LTM4601A	20V、12A DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、PLL入力、リモートセンス・アンプ、 V_{OUT} トラッキングおよびマージニング、 $15mm \times 15mm \times 2.82mm$ LGA または $15mm \times 15mm \times 3.42mm$ BGA
LTM8027	60V、4A DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 60V$ 、 $2.5V \leq V_{OUT} \leq 24V$ 、CLK入力、 $15mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA
LTM8032	EN55022 クラスB準拠の 36V、2A、DC/DC降圧μModuleレギュレータ	$3.6V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 10V$ 、同期可能、 $9mm \times 15mm \times 2.82mm$ LGA または $9mm \times 15mm \times 3.42mm$ BGA
LTM8061	プログラム可能な入力電流制限付きの32V、2A 降圧μModuleバッテリ・チャージャ	1セルまたは2セルのリチウムイオン/ポリマー・バッテリ・スタック(4.1V、4.2V、8.2Vまたは8.4V)と互換、 $4.95V \leq V_{IN} \leq 32V$ 、C/10または調節可能な内部充電終了タイマ、NTC抵抗によるモニタ入力、 $9mm \times 15mm \times 4.32mm$ LGA

This product contains technology licensed from Silicon Semiconductor Corporation.  Silicon Semiconductor® 4601fe