

PLL、出力トラッキングおよび マーージニングを備えた 12A、28V_{IN} DC/DC μ Module レギュレータ

特長

- スイッチ・モード電源
- 広い入力電圧範囲: 4.5V ~ 28V
- 標準 12A の DC 出力電流、14A のピーク出力電流
- 出力電圧: 0.6V ~ 5V
- 出力電圧トラッキングおよびマーージニング
- 冗長実装パッドにより、半田接合強度が向上
- 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
- 差動リモートセンスによる高精度レギュレーション
- PLL 周波数同期
- 全 DC 誤差: $\pm 1.5\%$
- 電流フォールドバック保護 (起動時にディスエーブル)
- 鉛フリー RoHS 準拠パッケージ
金仕上げパッド付き LGA (e4) または SAC 305 BGA (e1)
- -55°C ~ 125°C の動作温度範囲 (LTM4601AHVMPV)
- Ultrafast[™] 過渡応答
- 入力電圧 5V、出力電圧 3.3V での効率: 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
- 改善された (15mm × 15mm × 2.82mm) 表面実装 LGA パッケージおよび (15mm × 15mm × 3.42mm) BGA パッケージ

アプリケーション

- テレコム、産業用機器、およびネットワーク機器
- 軍用およびアビオニクス・システム

概要

LTM[®]4601AHV は 12A 降圧スイッチ・モード DC/DC 電源で、スイッチング・コントローラ、MOSFET、インダクタ、ならびにすべてのサポート部品をパッケージに搭載しています。この μ Module レギュレータは小型 (15mm × 15mm × 2.82mm) の表面実装 LGA パッケージまたは 15mm × 15mm × 3.42mm の BGA パッケージで供給されます。LTM4601AHV の LGA および BGA パッケージは冗長実装パッドを使用することにより、半田接合強度を向上させるので、広い温度サイクルに耐えることができます。LTM4601AHV は 4.5V ~ 28V の入力電圧範囲で動作し、0.6V ~ 5V の出力電圧範囲が可能で、出力電圧のトラッキングとマーージニングをサポートしています。このような高効率設計により、12A の連続電流 (ピーク電流は 14A) を供給します。入力と出力にバルク・コンデンサを使用するだけで設計を完成させることができます。

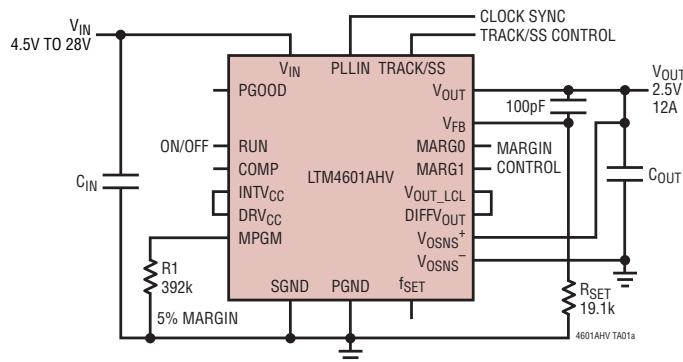
高さの低い軽量パッケージは PC ボード裏面の未使用スペースに容易に実装できるので、高部品密度のポイントオブロード・レギュレーションが可能です。この μ Module レギュレータは外部クロックと同期可能なので、望ましくない周波数の高調波を低減することができます。また、PolyPhase[®] 動作が可能なので、高い負荷電流を供給できます。

内蔵の差動リモートセンス・アンプを使用して、負荷電流と関係なく出力電圧を高精度で安定化することができます。

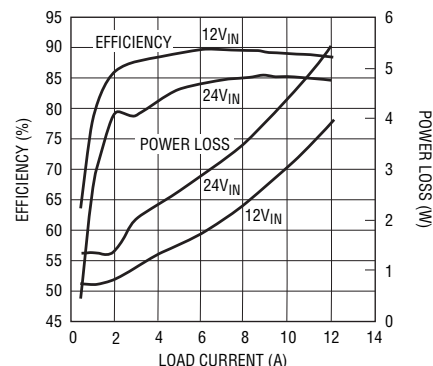
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、リニアのロゴ、 μ Module および PolyPhase はリニアテクノロジー社の登録商標です。Ultrafast および LTpowerCAD はリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。5481178、5847554、6580258、6304066、6476589、6774611、6677210 を含む米国特許により保護されています。

標準的応用例

入力が 4.5V ~ 28V の 2.5V/12A 電源



効率および電力損失
と負荷電流



4601ahvfb

LTM4601AHV

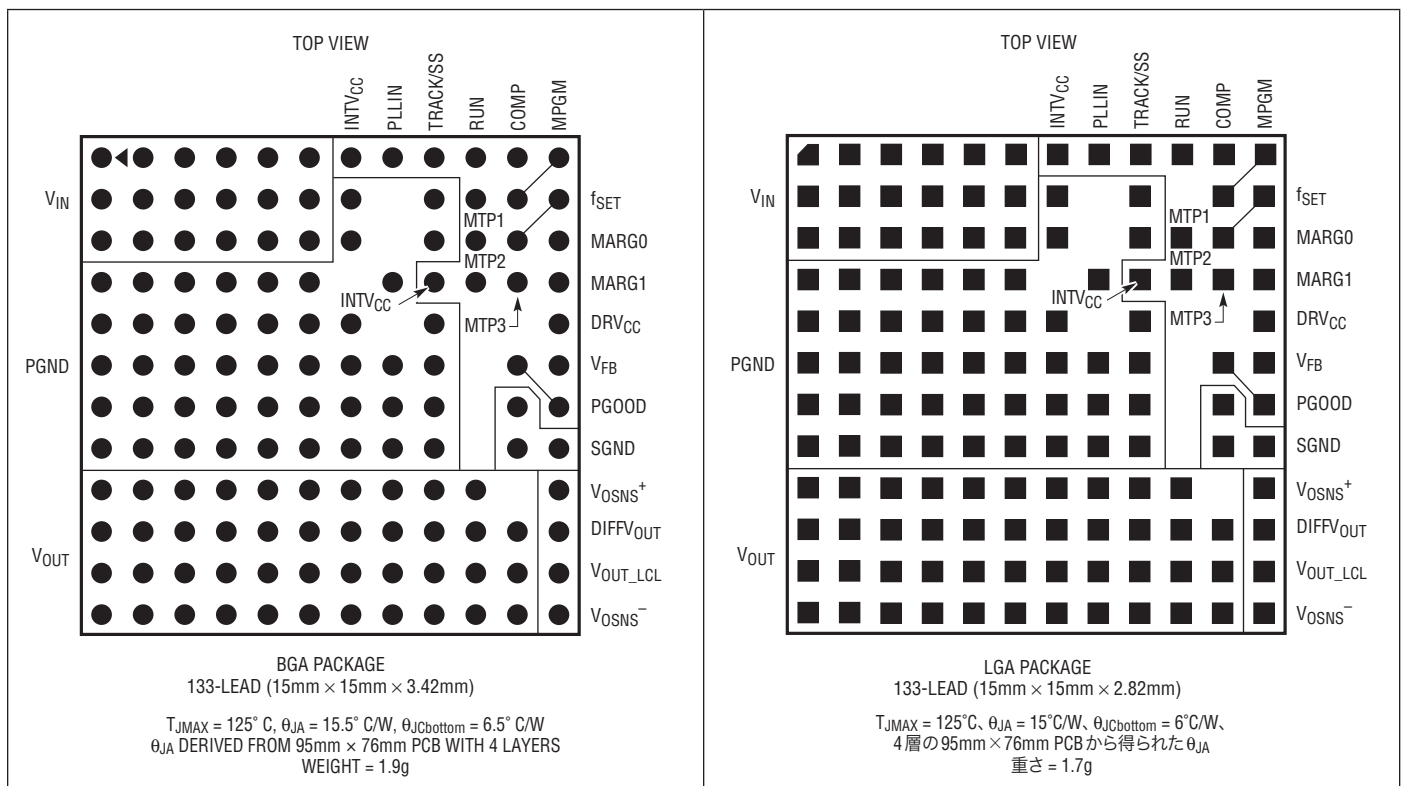
絶対最大定格

(Note 1)

INTV _{CC} 、DRV _{CC} 、V _{OUT_LCL} 、V _{OUT} (V _{OUT} ≤ 3.3V リモートセンス・アンプ付き)	−0.3V ~ 6V
PLLIN、TRACK/SS、MPGM、MARG0、MARG1、 PGOOD、f _{SET}	−0.3V ~ (INTV _{CC} + 0.3V)
RUN	−0.3V ~ 5V
V _{FB} 、COMP	−0.3V ~ 2.7V
V _{IN}	−0.3V ~ 28V

V _{OSNS} ⁺ 、V _{OSNS} [−]	−0.3V ~ (INTV _{CC} + 0.3V)
動作温度範囲 (Note 2)	
EおよびIグレード	−40°C ~ 85°C
MPグレード	−55°C ~ 125°C
接合部温度	125°C
保存温度範囲	−55°C ~ 125°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲 (Note 2)
LTM4601AHVEV#PBF	LTM4601AHVV	133-Lead (15mm × 15mm × 2.82mm) LGA	−40°C to 85°C
LTM4601AHVIV#PBF	LTM4601AHVV	133-Lead (15mm × 15mm × 2.82mm) LGA	−40°C to 85°C
LTM4601AHVMPV#PBF	LTM4601AHVMPV	133-Lead (15mm × 15mm × 2.82mm) LGA	−55°C to 125°C
LTM4601AHVEY#PBF	LTM4601AHVY	133-Lead (15mm × 15mm × 3.42mm) BGA	−40°C to 85°C
LTM4601AHVIY#PBF	LTM4601AHVY	133-Lead (15mm × 15mm × 3.42mm) BGA	−40°C to 85°C
LTM4601AHVMPY#PBF	LTM4601AHVMPY	133-Lead (15mm × 15mm × 3.42mm) BGA	−55°C to 125°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。*温度は出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

鉛フリー製品のマーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧下さい。

この製品はトレイでのみ供給されます。詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/packaging/> をご覧下さい。

電気的特性 ●は規定動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ での値。標準的応用例 (表紙) の構成による ($R_{SET} = 40.2\text{k}$)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{IN(DC)}$	Input DC Voltage		●	4.5	28	V
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage Total Variation with Line and Load	$C_{IN} = 10\mu\text{F} \times 3$, $C_{OUT} = 200\mu\text{F}$, $R_{SET} = 40.2\text{k}$ $V_{IN} = 5\text{V to } 28\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A to } 12\text{A}$ (Note 5)	●	1.478	1.5	1.522 V

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 Startup	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$		0.6 0.7		A A
$I_Q(VIN, NO\ LOAD)$	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 5)		0	12	A
$\frac{\Delta V_{OUT(LINE)}}{V_{OUT}}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$, V_{IN} from 4.5V to 28V	●		0.3	%
$\frac{\Delta V_{OUT(LOAD)}}{V_{OUT}}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A to } 12\text{A}$, $V_{IN} = 12\text{V}$, with Remote Sense Amplifier (Note 5)	●		0.25	%
$V_{OUT(AC)}$	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 0.7		ms ms
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 μF 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

LTM4601AHV

電気的特性 ●は規定動作温度範囲の規格値を意味する (Note 2)。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ での値。標準的応用例 (表紙) の構成による ($R_{SET} = 40.2\text{k}$)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
リモートセンス・アンプ (Note 3)						
V_{OSNS}^+ , V_{OSNS}^- CM Range	Common Mode Input Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$, $RUN > 2\text{V}$	0		$INTV_{CC} - 1$	V
$DIFFV_{OUT}$ Range	Output Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$, $DIFFV_{OUT}$ Load = 100k	0		$INTV_{CC} - 1$	V
V_{OS}	Input Offset Voltage Magnitude				1.25 2	mV 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		k Ω
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	k Ω
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		%
V_{PGL}	PGOOD Low Voltage	$I_{PGOOD} = 5\text{mA}$			0.15	0.4	V

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: LTM4601AHV 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。LTM4601AHVE 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。LTM4601AHVI は $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲で保証されている。

LTM4601AHVMP は $-55^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作温度範囲で保証され、テストされている。高温での出力電流のディレーティングに関しては、「熱に関する検討事項」および「出力電流のディレーティング」の説明を参照。

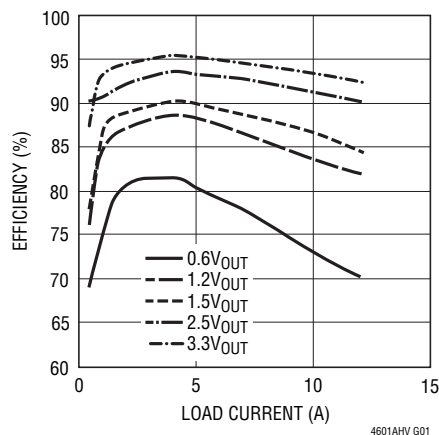
Note 3: 3.3V 以下の出力にはリモートセンス・アンプを推奨。

Note 4: ウェハ・レベルでのみ全数テストされる。

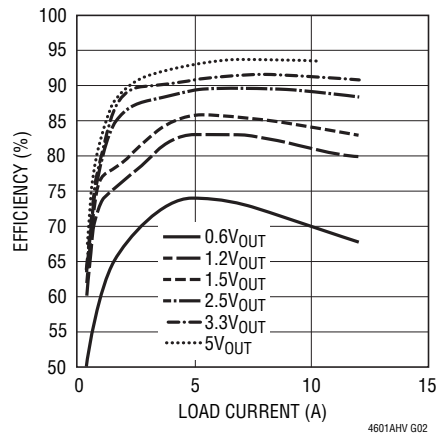
Note 5: 異なる V_{IN} 、 V_{OUT} および T_A の「出力電流のディレーティング」曲線を参照。

標準的性能特性 (全曲線に関して図19と図20を参照)

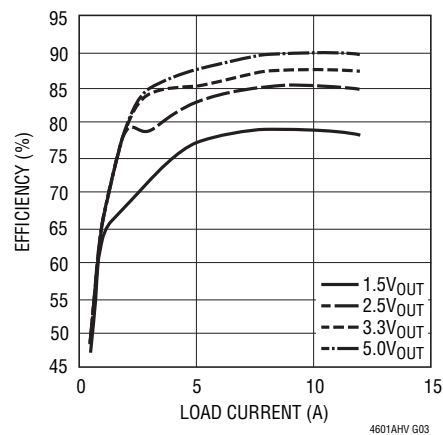
5V_{IN}での効率と負荷電流



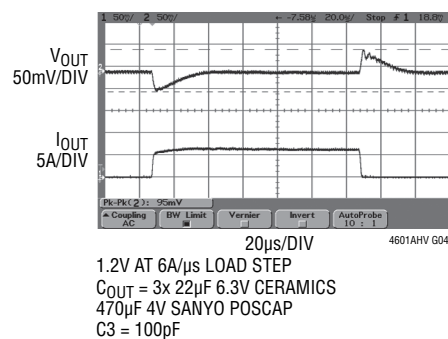
12V_{IN}での効率と負荷電流



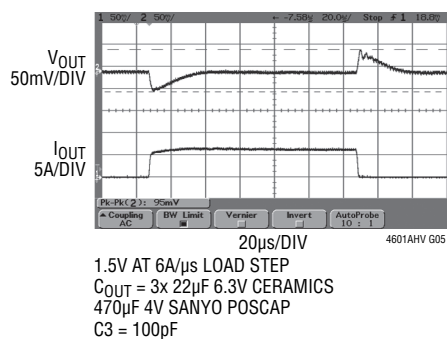
24V_{IN}での効率と負荷電流



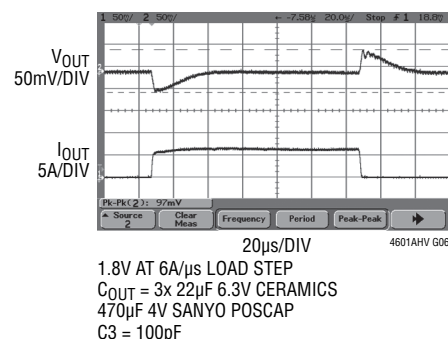
1.2V 過渡応答



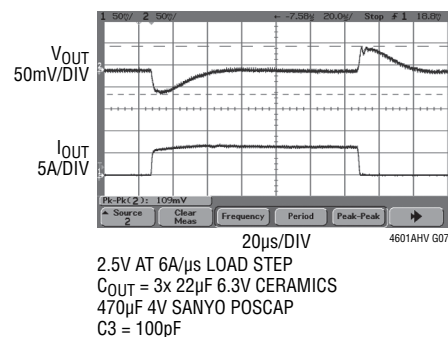
1.5V 過渡応答



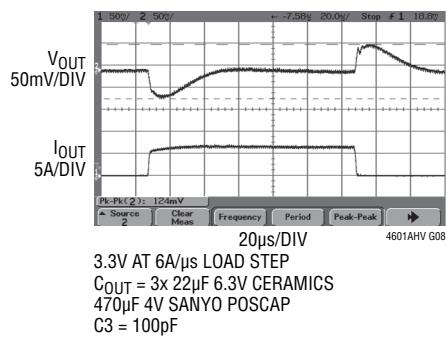
1.8V 過渡応答



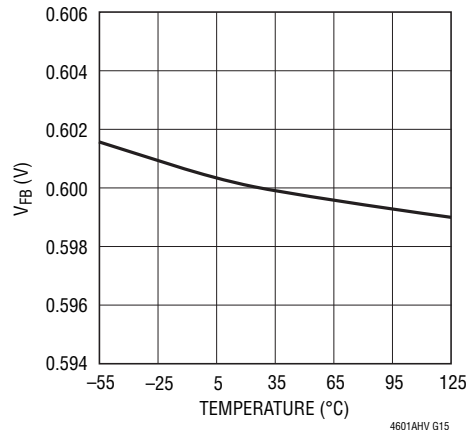
2.5V 過渡応答



3.3V 過渡応答



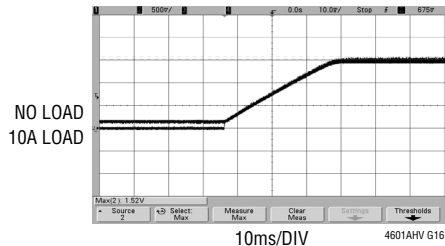
V_{FB}と温度



LTM4601AHV

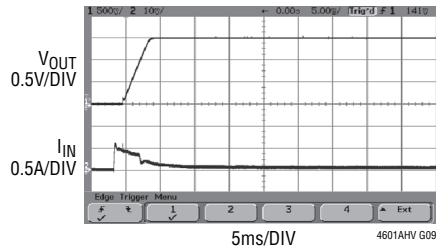
標準的性能特性 (全曲線に関して図19と図20を参照)

起動、 $T_A = -55^\circ\text{C}$



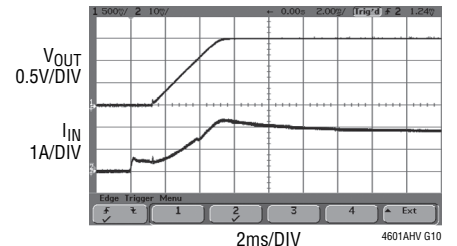
$V_{IN} = 12\text{V}$
 $V_{OUT} = 1.5\text{V}$
 $C_{OUT} = 470\mu\text{F}$, $3 \times 22\mu\text{F}$
 $\text{SOFT-START} = 10\text{nF}$

起動、 $I_{OUT} = 0\text{A}$



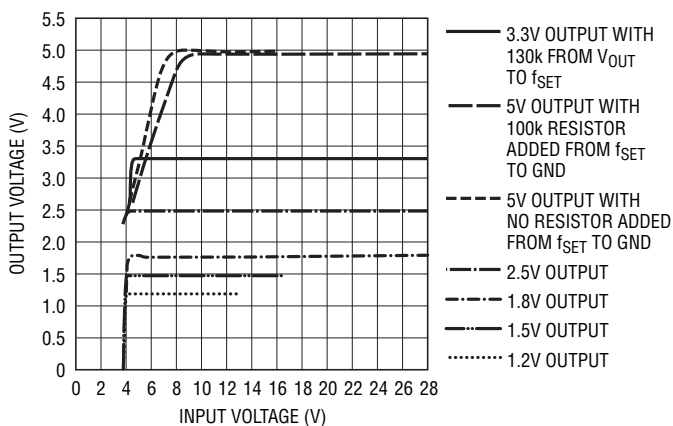
$V_{IN} = 12\text{V}$
 $V_{OUT} = 1.5\text{V}$
 $C_{OUT} = 470\mu\text{F}$, $3 \times 22\mu\text{F}$
 $\text{SOFT-START} = 10\text{nF}$

起動、 $I_{OUT} = 12\text{A}$ (抵抗性負荷)



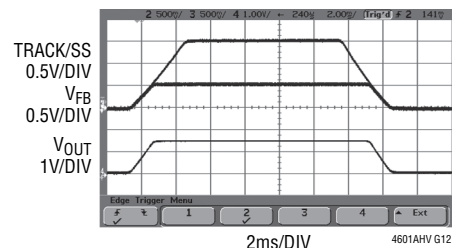
$V_{IN} = 12\text{V}$
 $V_{OUT} = 1.5\text{V}$
 $C_{OUT} = 470\mu\text{F}$, $3 \times 22\mu\text{F}$
 $\text{SOFT-START} = 10\text{nF}$

V_{IN} から V_{OUT} への降圧比



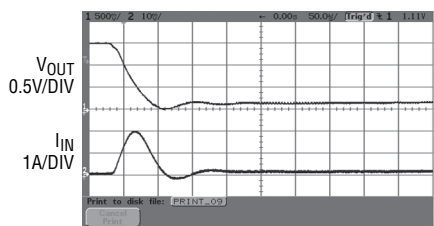
4601AHV G11

トラッキング、 $I_{OUT} = 12\text{A}$



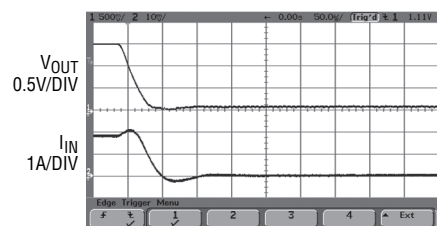
$V_{IN} = 12\text{V}$
 $V_{OUT} = 1.5\text{V}$
 $C_{OUT} = 470\mu\text{F}$, $3 \times 22\mu\text{F}$
 $\text{SOFT-START} = 10\text{nF}$

短絡保護、 $I_{OUT} = 0\text{A}$



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

短絡保護、 $I_{OUT} = 12\text{A}$



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

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与えます。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) : 電源の出力ピン。これらのピンとPGND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PGNDピンの間に直接配置することを推奨します。図17を参照。

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。3.3V以下のV_{OUT}にはリモートセンス・アンプを使用します。使用しない場合、INTV_{CC}に接続します。

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3.3V以下のV_{OUT}に使用します。使用しない場合、GNDに接続します。

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。リモートセンス・アンプを使用しない場合、フロートさせておきます。

DRV_{CC} (ピンE12) : このピンは通常INTV_{CC}に接続し、内部MOSFETドライバに給電します。このピンは能力が約50mAの外部電源により、または図18に示されている外部回路により、6Vまでバイアスすることができます。これにより、モジュール内の電力損失を減らすことにより、高い入力電圧での効率が改善されます。

INTV_{CC} (ピンA7、D9) : このピンは5V内部レギュレータのデカップリングを追加するために使います。これらのピンは内部で接続されています。ピンA7はテスト・ピンです。

PLLIN (ピンA8) : 位相検出器への外部クロック同期入力。このピンは内部でSGNDに50k抵抗で終端されています。2Vより上でINTV_{CC}より下のクロックを与えます。「アプリケーション情報」を参照。

TRACK/SS (ピンA9) : 出力電圧トラッキングおよびソフトスタート・ピン。モジュールがマスタ出力として構成設定される場合、ソフトスタート・コンデンサをこのピンからグランドに接続してマスタ・ランプ・レートを制御します。ソフトスタート・コンデンサ

を使って、スタンドアロン・レギュレータとしてソフトスタートをオンすることができます。スレーブ動作を実行するには、マスタの出力からグランドに抵抗分割器を接続し、分割器の中間点をこのピンに接続します。「アプリケーション情報」を参照。

MPGM (ピンA12、B11) : 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接続された抵抗により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あるパーセンテージに当たるミリボルトを単位とする値に等しくなります。「アプリケーション情報」を参照。LTM4601AHVを並列に接続するには、それぞれ個別のMPGM抵抗が必要です。MPGMピンを一緒に結線しないでください。両方のピンは内部で接続されています。ピンA12はテスト・ピンです。

f_{SET} (ピンB12、C11) : 周波数は内部で850kHzに設定されています。外部抵抗をこのピンからグランドに接続して周波数を上げることができます。このピンは1000pFのコンデンサを使ってデカップリングすることができます。周波数の調節については「アプリケーション情報」を参照してください。両方のピンは内部で接続されています。ピンB12はテスト・ピンです。

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プログラムすることができます。「アプリケーション情報」を参照。

MARG0 (ピンC12) : このピンはマージニング機能のLSBのロジック入力です。MARG1ピンと一緒に、上方マージン、下方マージン、またはマージンなしのどの条件を適用するか決定します。このピンには50kの内部プルダウン抵抗が備わっています。「アプリケーション情報」を参照。

MARG1 (ピンD12) : このピンはマージニング機能のMSBのロジック入力です。MARG0ピンと一緒に、上方マージン、下方マージン、またはマージンなしのどの条件を適用するか決定します。このピンには50kの内部プルダウン抵抗が備わっています。「アプリケーション情報」を参照。

SGND (ピンH12、H11、G11) : 信号グランド。これら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17を参照してください。

LTM4601AHV

ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

COMP (ピンA11) : 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点。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。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、F11) : 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、25 μ sのパワーバッド・マスク・タイマの時間が経過した後、出力電圧がレギュレーション・ポイントの $\pm 10\%$ 以内ないとグラウンドに引き下げられます。

RUN (ピンA10) : 実行制御ピン。1.9Vより高い電圧はモジュールをオンし、1Vより低い電圧はモジュールをオフします。グラ

ンドへの5.1Vのツェナー・ダイオードを備えたこのピンに V_{IN} から1本の抵抗を接続することによって、プログラム可能なUVLO機能を実現することができます。最大ピン電圧は5Vです。RUNピンへの電流は1mA未満に制限します。

VOUT_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} を直接このピンに接続します。または、リモートセンス・アンプが使われるときはDIFF V_{OUT} をこのピンに接続します。

MTP1、MTP2、MTP3 (ピンC10、D10、D11) : 追加の実装パッド。これらのパッドはフロート状態(電氣的開放回路)のままにしておき、半田接合強度を増すため使用されます。

簡略ブロック図

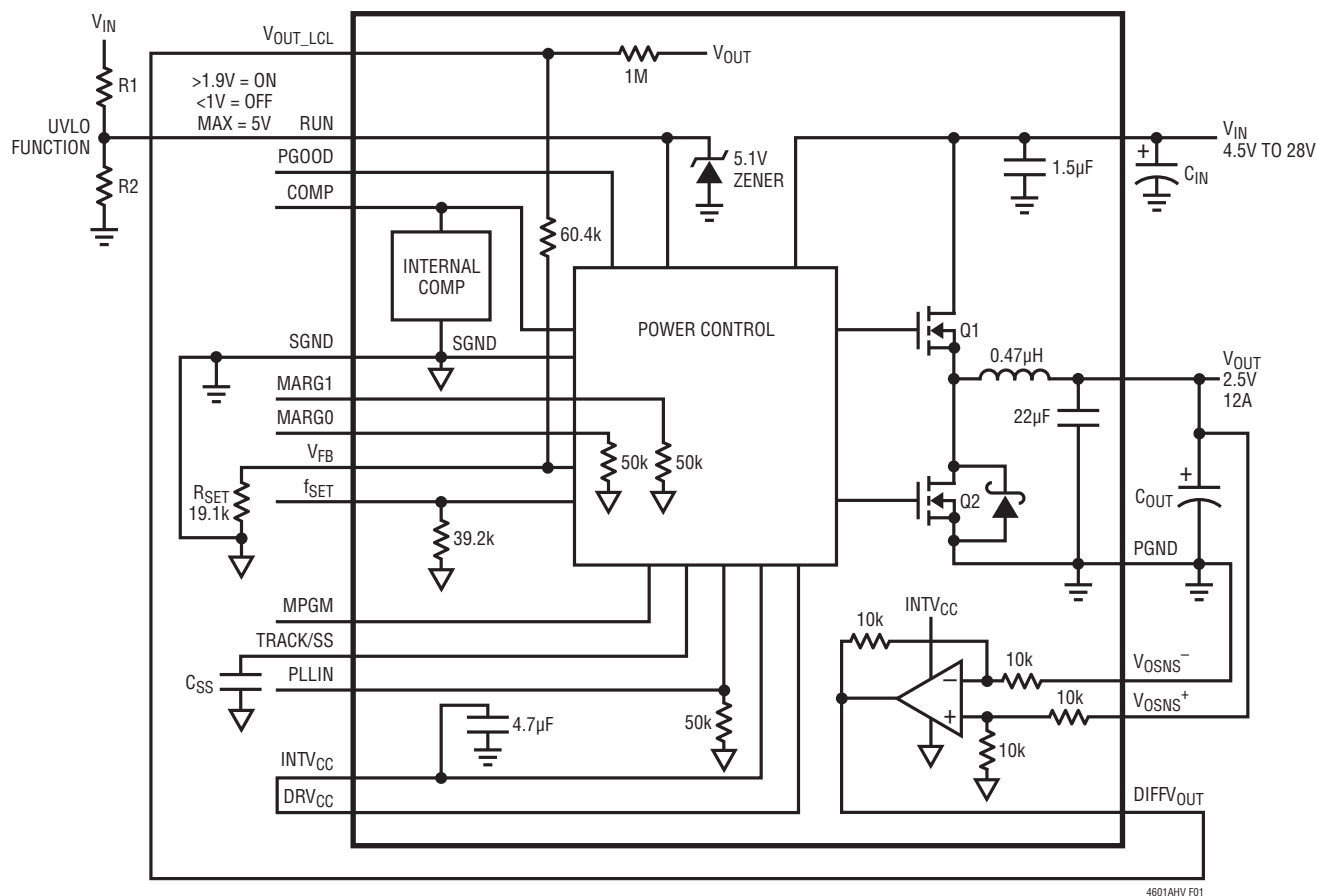


図1. LTM4601AHVの簡略ブロック図

デカップリングの要件 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ 。図1の構成を使用。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
C_{IN}	External Input Capacitor Requirement ($V_{IN} = 4.5\text{V}$ to 28V , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 12\text{A}$	20	30		μF
C_{OUT}	External Output Capacitor Requirement ($V_{IN} = 4.5\text{V}$ to 28V , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 12\text{A}$	100	200		μF

動作

電源モジュールの概要

LTM4601AHVはスタンドアロン非絶縁型スイッチング・モードDC/DC電源です。入力と出力に外付けのいくつかのコンデンサを使って、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、1個の外付け抵抗によってプログラム可能な $0.6\text{V}_{\text{DC}} \sim 5.0\text{V}_{\text{DC}}$ の精密に安定化された出力電圧を、 $4.5\text{V} \sim 28\text{V}$ の広い入力電圧で供給します。標準的応用例の回路図を図19と図20に示します。

LTM4601AHVには固定オン時間電流モード・レギュレータと、高速スイッチング速度のショットキー・ダイオードを一体化した超低 $R_{\text{DS(ON)}}$ のFETが備わっています。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、広い範囲の動作条件と、(全てがセラミックの出力コンデンサであっても) 広い範囲の出力コンデンサで、LTM4601AHVモジュールは安定性の十分なマージンと十分な過渡性能を備えています。

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_{FB} 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・ポイントの上下 $\pm 10\%$ のウィンドウを外れると、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 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より下にすると、コントローラをシャットダウン状態に強制して、Q1とQ2の両方をオフします。モジュールは負荷電流が低いとき既定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にします。

DRVCCピンがINTVCCに接続されていると、内蔵5Vリニア・レギュレータが内部ゲート・ドライバに給電します。5V外部バイアス電源をDRVCCピンに与えると、内部リニア・レギュレータの電力損失が減少するので効率が改善されます。このことは特に入力電圧範囲の上端部分で当てはまります。

LTM4601AHVはオフセットが非常に低い非常に高精度な差動リモートセンス・アンプを備えています。これはリモートセンス・電圧を非常に高精度に測定します。MPGM、MARG0、MARG1の各ピンは、電圧マーージニングをサポートするのに使われます。マージンのパーセンテージはMPGMピンによってプログラムされ、MARG0とMARG1はマーージニングを選択します。

PLLINピンはデバイスを外部クロックの周波数に同期させます。TRACK/SSピンは電源トラッキングとソフトスタートのプログラミングに使用されます。

アプリケーション情報

LTM4601AHVの標準的応用回路を図19と図20に示します。外部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。特定のアプリケーションの外部コンデンサの具体的な要件に関しては、表2を参照してください。

V_{IN}からV_{OUT}への降圧比

与えられた入力電圧に応じて、実現可能なV_{IN}からV_{OUT}への最大降圧比には制約があります。これらの制約は、「V_{IN}からV_{OUT}への降圧比」とタイトルの付いた「標準的性能特性」の曲線に示されています。さらに熱的デイレレーティングが適用される可能性があること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イレレーティング」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。ブロック図に示されているように、1Mと60.4kの0.5%内部帰還抵抗がV_{OUT}ピンとV_{FB}ピンを相互に接続しています。V_{OUT_LCL}ピンは1M抵抗と60.4k抵抗の間に接続されています。1M抵抗は、V_{OUT_LCL}ピンが出力に接続されていないとき、またはリモートセンス・アンプの出力がV_{OUT_LCL}に接続されていないとき、出力の過電圧状態に対して保護するのに使われています。これらの場合、出力電圧は既定で0.6Vになります。V_{FB}ピンからSGNDピンに抵抗R_{SET}を追加して出力電圧を設定します。

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

または、等価的に次のようになります。

$$R_{SET} = \frac{60.4k}{\left(\frac{V_{OUT}}{0.6V} - 1\right)}$$

表1. 標準1%抵抗値

R _{SET} (kΩ)	開放	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R_{PGM}抵抗で割ることによって設定されます。V_{OUT(MARGIN)}を次のように計算します。

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

ここで、%V_{OUT}は望みのV_{OUT}マーージンのパーセンテージ、V_{OUT(MARGIN)}はボルトで表したマーージンの大きさです。

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

ここで、R_{PGM}はMPGMピンからグランドに接続する抵抗の値です。

公称出力電圧に対し、マーージニング電圧V_{OUT(MARGIN)}を加えるか、差し引くかは、MARG0ピンとMARG1ピンによって決まります。下の真理値表を参照してください。

MARG1	MARG0	モード
"L"	"L"	マーージンなし
"L"	"H"	上方マーージン
"H"	"L"	下方マーージン
"H"	"H"	マーージンなし

入力コンデンサ

LTM4601AHV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20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、長い誘導性のリードやトレースによって入力ソース・インピーダンスが損なわれる場合にだけ必要です。

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いと、入力コンデンサのRMS電流は次のように推定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ることに注意してください。このため、入力コンデンサを適当にデレーティングする、つまり要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。デレーティングの要件に関しては、必ずコンデンサ・メーカーにお問い合わせください。

図19と図20では、10 μ Fのセラミック・コンデンサが高周波用入力デカップリング・コンデンサとして一緒に使われています。標準的な12A出力のアプリケーションには、ESRが非常に低いX5RまたはX7Rの10 μ Fセラミック・コンデンサ3個を推奨します。これらのデカップリング・コンデンサはPCBレイアウトで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ノイズを最小に抑えます。2A～3AのRMSリップル電流には一般に各10 μ Fセラミック・コンデンサで十分です。RMS電流定格については、セラミック・コンデンサのカatalogを参照してください。

並列接続した複数のLTM4601AHVデバイスを使ったマルチフェーズ動作は、相互にインターリーブしたレギュレータ動作により、実効入力RMSリップル電流を減少させます。詳細な説明が「アプリケーションノート77」に与えられています。位相数の関数としての入力コンデンサのリップル電流の要件については、図2を参照してください。同図は、DC負荷電流に対するRMSリップル電流の比を、デューティ・サイクルおよび並列位相数の関数として与えています。対応するデューティ・サイク

ルと位相数を選択すると、正しいリップル電流値に到達します。たとえば、2フェーズ並列のLTM4601AHVのデザインは、12V入力から24A/2.5V出力を供給します。デューティ・サイクルは、 $DC = 2.5V/12V = 0.21$ です。2位相の曲線の比は0.21のデューティ・サイクルで約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の比は、外部入力コンデンサの約6Aの入力RMSリップル電流に等しくなります。

出力コンデンサ

LTM4601AHVは低出力リップル電圧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、出力リップル電圧と過渡の要件を満たすのに十分低い等価直列抵抗(ESR)のものを選択します。 C_{OUT} には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサまたはセラミック・コンデンサを使うことができます。出力に全てセラミック・コンデンサを使う場合、標準的容量は200 μ Fです。出力リップルや動的過渡スパイクをさらに低減する必要がある場合、システム設計者が出力フィルタを追加することが必要になる可能性があります。異なる出力電圧と、5A/ μ sの過渡での電圧の垂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2に示します。表は過渡性能を最良にする合計等価ESRと合計バルク容量の最適値を与えています。

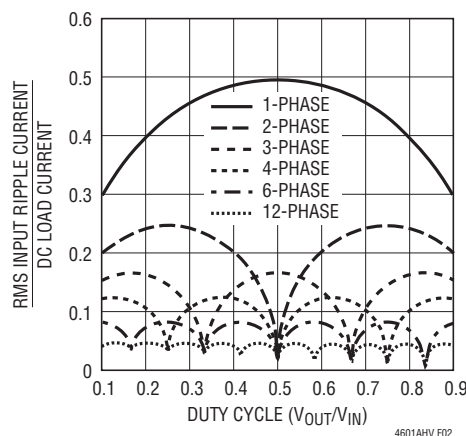


図2. 正規化された入力RMSリップル電流と1～6個のモジュール(フェーズ)のデューティ・サイクル

アプリケーション情報

並列接続した複数のLTM4601AHVデバイスを使ったマルチフェーズ動作は、レギュレータのインターリーブ動作により、実効出力RMSリップル電流を減少させます。たとえば、12Vから2.5Vのマルチフェーズ構成の各LTM4601AHVのインダクタ電流は「インダクタのリップル電流とデューティ・サイクル」

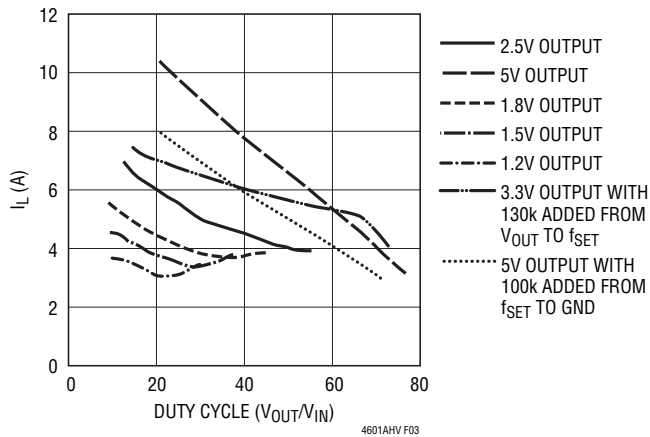


図3. インダクタのリップル電流とデューティ・サイクル

(図3)から読み取ることができます。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、外部抵抗を f_{SET} からグラウンドに接続して周波数を上げることにより減らすことができます。 $DC = 2.5V/12V = 0.21$ のデューティ・サイクルを選ぶと、21%デューティ・サイクルで2.5V出力のインダクタ・リップル電流は図3で約6Aになります。

インダクタ電流に対するピーク・トゥ・ピーク出力リップル電流の比を、デューティ・サイクルおよび並列位相数の関数として図4に与えます。対応するデューティ・サイクルと位相数を選択すると、正しい出力リップル電流比の値に到達します。21%のデューティ・サイクルで2フェーズ動作を選択すると、比は0.6です。6Aのインダクタ・リップルに対する出力リップル電流のこの0.6の比は、3.6Aの実効出力リップル電流に等しくなります。並列位相の関数としての出力リップル電流の削減の詳しい説明に関しては、「アプリケーションノート77」を参照してください。

出力リップル電圧には2つの成分があり、出力バルク容量の大きさと等価直列抵抗 (ESR) に関係しています。したがって、出力リップル電圧は既知の実効出力リップル電流を使って計算することができます。式は次のようになります。

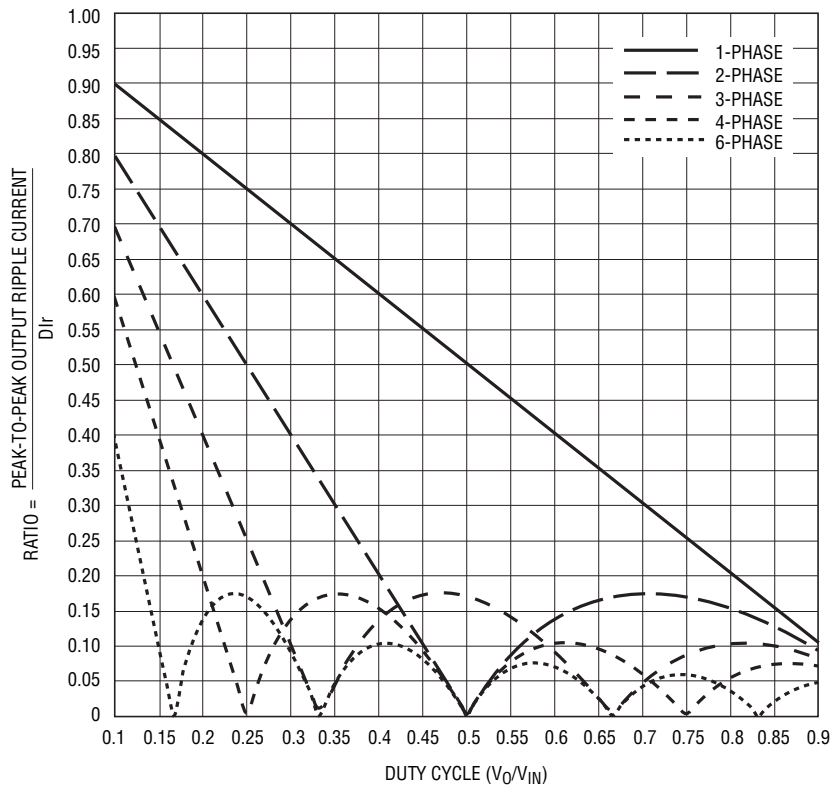


図4. 正規化された出力リップル電流とデューティ・サイクル、 $D_{lr} = V_O T / L I_L$, D_{lr} = 各位相のインダクタ電流

アプリケーション情報

$\Delta V_{OUT(P-P)} \approx (\Delta I_L / (8 \cdot f \cdot m \cdot C_{OUT}) + ESR \cdot \Delta I_L)$ 、ここで f は周波数、 m は並列位相数です。この計算手順は LTpowerCAD™ を使って容易に実行することができます。

フォールト状態：電流制限と過電流フォールドバック

LTM4601AHV には電流モード・コントローラが備わっており、本来、定常状態の動作時だけでなく過渡応答においても、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、LTM4601AHV にはフォールドバック電流制限機能が備わっています。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リミット値の約 1/6 に徐々に低下します。V_{OUT} と V_{FB} がそれらの公称値に戻ると、電流制限はその公称値に戻ります。

ソフトスタートとトラッキング

TRACK/SS ピンは、レギュレータをソフトスタートさせる手段と、別の電源をトラッキングさせる手段のどちらをも与えます。このピンにコンデンサを接続して出力電圧のランプ・レートをプログラムします。1.5μA 電流源が、外部ソフトスタート・コンデンサを、0.6V 内部電圧リファレンスからマージンのデルタをプラスまたはマイナスした値の 80% に充電します。これにより内部リファレンスと出力電圧のランプが制御されます。合計ソフトスタート時間は次のように計算できます。

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

RUN ピンが 1.5V より下になると TRACK/SS ピンがリセットするので、レギュレータが再度イネーブルされると適切なソフトスタートの制御が可能になります。電流フォールドバックと強制連続モードはソフトスタートの間ディスエーブルされます。ソフトスタート機能を使って出力のランプアップ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 ピンを使って外部でプログラムすることができます。出力は別のレギュレータをトラッキングしながら立ち上がることも、立ち下がることもできます。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ます。同時トラッキングの例を図 5 に示します。レシオメトリック・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り、達成することができます。トラッキングがうまく動作するには、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。同時出力トラッキングの特性を図 6 に示します。

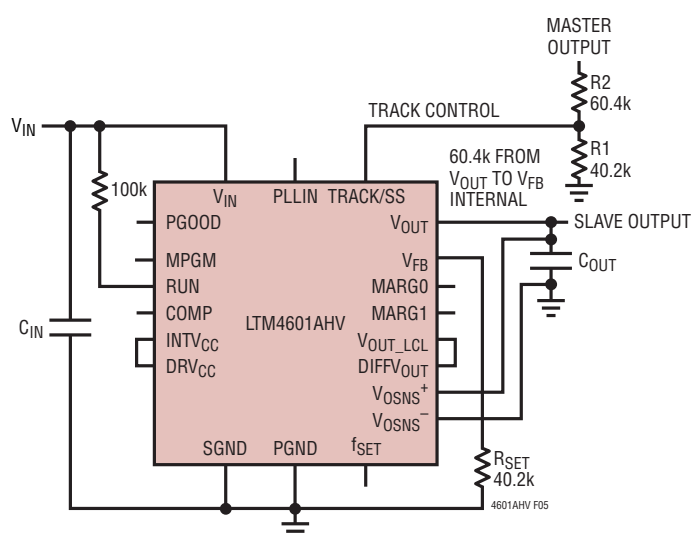


図 5. 同時トラッキングの回路図

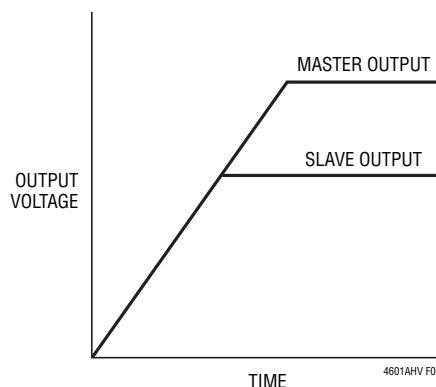


図 6. 同時トラッキングの特性

アプリケーション情報

実行イネーブル

電源モジュールをイネーブルするにはRUNピンを使います。このピンにはグラウンドへの内部5.1Vツェナー・ダイオードが備わっています。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、抵抗分割器を入力電源からRUNピンに接続することにより、低電圧ロックアウト (UVLO) 機能としても使うことができます。

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

「図1. 簡略ブロック図」を参照してください。

パワーグッド機能

PGOODピンはオープン・ドレインのピンで、有効な出力電圧の安定化をモニタするのに使うことができます。このピンは安定化ポイントの周り±10%をモニタし、マーゼニングを使ってトラッキングします。

COMPピン

このピンは外部補償ピンです。モジュールはほとんどの出力電圧に対して既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。他の制御ループの最適化にはLTpowerCADを使用することができます。

PLLIN

このパワー・モジュールには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・ループが内蔵されています。そのため、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の動作周波数の周り±30%です。PLLINピンのクロックを検出してフェーズロック・ループをオンするのにパルス検出回路が使われています。クロックのパルス幅は少なくとも400ns、振幅は2V必要です。PLLINピンは、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の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、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

内部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5V電源を与えます。したがって、システムに5V電源レールがなければ、LTM4601AHVはV_{IN}から直接電力供給を受けられます。LDOからのゲート・ドライブ電流は約20mAです。内部LDOの電力損失は次のように計算されます。

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

LTM4601AHVは外部ゲート・ドライブ電圧ピンDRV_{CC}も備えています。システムに5Vレールがあれば、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。このことは特に高い入力電圧で当てはまります。DRV_{CC}ピンには6Vを超える電圧を印加しないでください。5V出力を使って、図18に示されている外部回路を介してDRV_{CC}ピンに給電することができます。

モジュールの並列動作

LTM4601AHV デバイスは本来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。これにより、熱の発生を均衡させた設計ができます。並列構成の回路を図21に示します。電圧帰還の式は、モジュールを並列接続すると変数Nを使って次のように変化します。

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

または、等価的に次のようになります。

$$R_{SET} = \frac{\frac{60.4k}{N}}{\left(\frac{V_{OUT}}{0.6V} - 1\right)}$$

ここで、Nは並列に接続したモジュールの個数です。

並列構成で使用された2個のLTM4601AHVモジュールを図21に示します。LTM4601AHV デバイスは差動アンプを使わずに使用することができます。

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の電力損失曲線を図9～図16の負荷電流ディレーティング曲線と一緒に使って、様々なヒートシンク方式を備えたモジュールの 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が熱に関する「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の最大ケース温度は、6°C/W～9°C/Wの θ_{JC} （接合部からケースの熱抵抗）で μ Moduleレギュレータ内部の約13°C～25°Cの温度上昇を許すためです。これにより、デバイス内部の最大接合部温度が125°Cより下に保たれます。

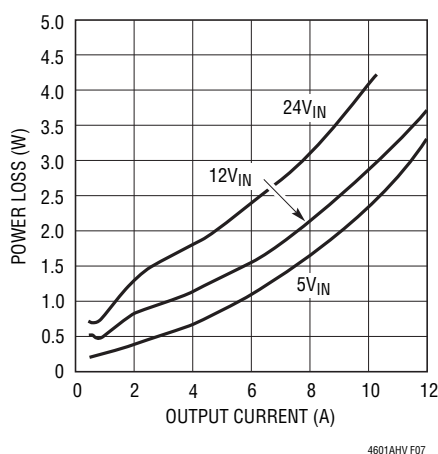


図7. 1.5V出力の電力損失

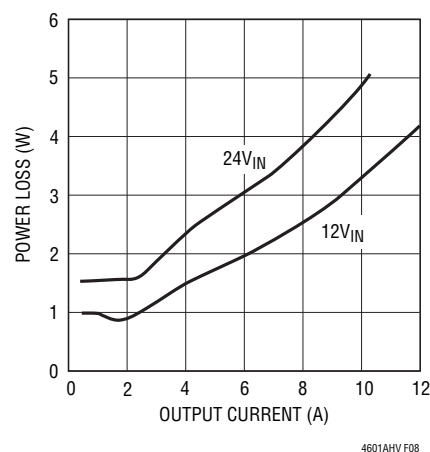
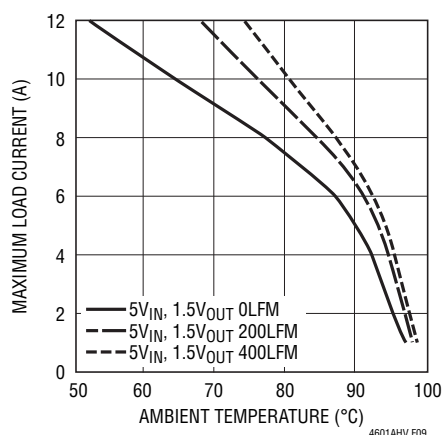
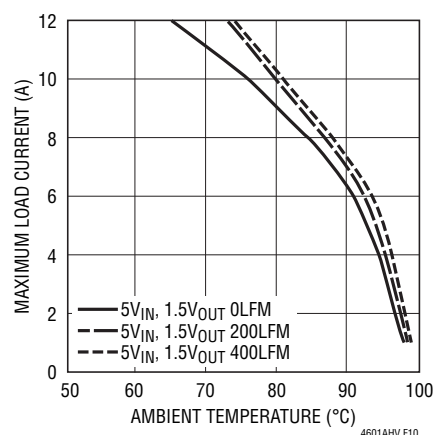


図8. 3.3V出力の電力損失

図9. ヒートシンクなし、5V_{IN}図10. BGAヒートシンク、5V_{IN}

アプリケーション情報

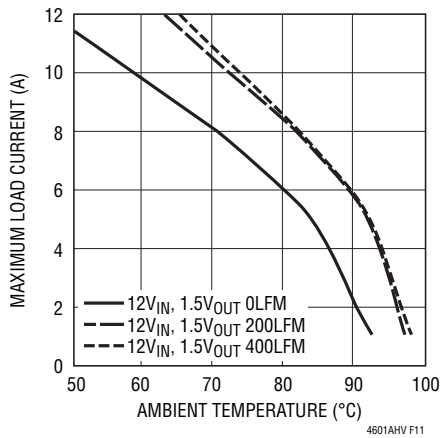


図 11. ヒートシンクなし、12V_{IN}

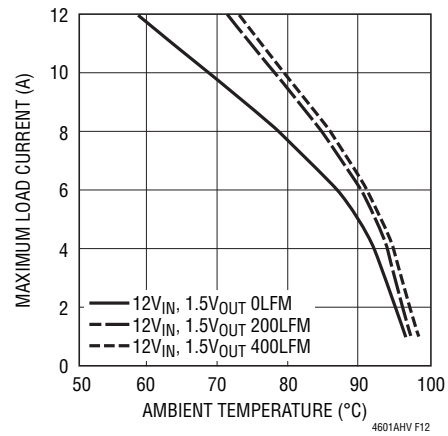


図 12. BGA ヒートシンク、12V_{IN}

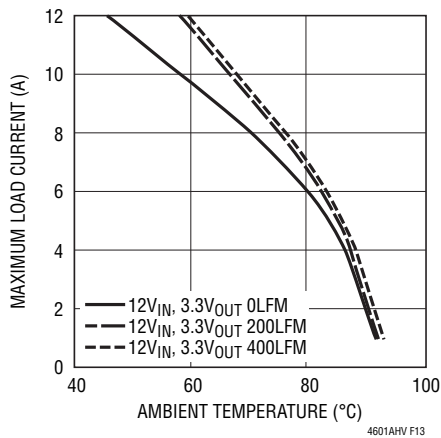


図 13. 12V_{IN}、3.3V_{OUT}、ヒートシンクなし

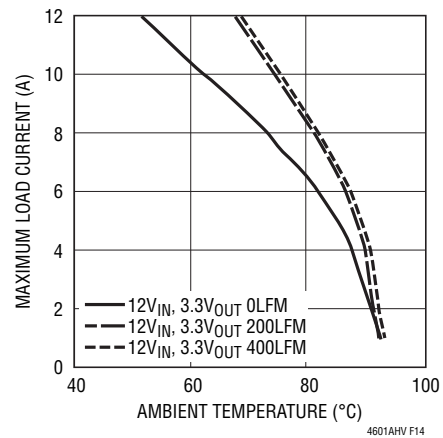


図 14. 12V_{IN}、3.3V_{OUT}、BGA ヒートシンク

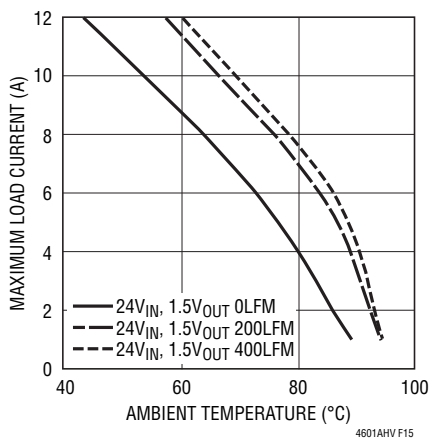


図 15. 24V_{IN}、1.5V_{OUT}、ヒートシンクなし

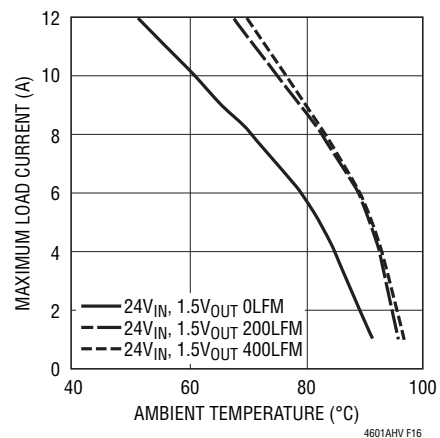


図 16. 24V_{IN}、1.5V_{OUT}、BGA ヒートシンク

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19と図20を参照) 0Aから6Aへの負荷ステップ

標準測定値

C _{OUT1} VENDORS	PART NUMBER	C _{OUT2} VENDORS	PART NUMBER
TDK	C4532X5R0J107MZ (100μF, 6.3V)	SANYO POSCAP	6TPE330MIL (330μF, 6.3V)
TAIYO YUDEN	JMK432BJ107MU-T (100μF, 6.3V)	SANYO POSCAP	2R5TPE470M9 (470μF, 2.5V)
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22μF, 6.3V)	SANYO POSCAP	4TPE470MCL (470μF, 4V)

V _{OUT} (V)	C _{IN} (CERAMIC)	C _{IN} (BULK)	C _{OUT1} (CERAMIC)	C _{OUT2} (BULK)	C _{COMP}	C3	V _{IN} (V)	DROOP (mV)	PEAK TO PEAK (mV)	RECOVERY TIME (μs)	LOAD STEP (A/μs)	R _{SET} (kΩ)
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	47pF	5	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	5	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	22pF	5	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	40	93	30	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	22pF	12	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	49	98	20	6	60.4
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	5	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	33pF	5	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	44	84	30	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	61	118	30	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	33pF	12	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	44	89	25	6	40.2
1.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	54	108	25	6	40.2
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	47pF	5	48	100	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	5	44	90	20	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	65	130	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	65	130	20	6	30.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	5	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	5	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	NONE	5	57	116	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	60	115	25	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	NONE	12	51	102	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	12	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	12	70	140	25	6	19.1
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	7	120	240	30	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	7	114	230	30	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	150pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	114	230	30	6	13.3
5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	22pF	15	188	375	25	6	8.25
5	2 × 10μF 35V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	22pF	20	159	320	25	6	8.25

*拡張温度範囲にはX7Rを推奨します。

LTM4601AHV

アプリケーション情報

表3. 12Aで1.5V出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	エアフロー (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W) LGA	θ _{JA} (°C/W) BGA
図9、11、15	5, 12, 24	図7.	0	なし	15.2	15.7
図9、11、15	5, 12, 24	図7.	200	なし	14	14.5
図9、11、15	5, 12, 24	図7.	400	なし	12	12.5
図10、12、16	5, 12, 24	図7.	0	BGAヒートシンク	13.9	14.4
図10、12、16	5, 12, 24	図7.	200	BGAヒートシンク	11.3	11.8
図10、12、16	5, 12, 24	図7.	400	BGAヒートシンク	10.25	10.75

表4. 12Aで3.3V出力

ディレーティング曲線	V _{IN} (V)	電力損失曲線	エアフロー (LFM)	ヒートシンク	θ _{JA} (°C/W) LGA	θ _{JA} (°C/W) BGA
図13.	12	図8.	0	なし	15.2	15.7
図13.	12	図8.	200	なし	14.6	15.0
図13.	12	図8.	400	なし	13.4	13.9
図14.	12	図8.	0	BGAヒートシンク	13.9	14.4
図14.	12	図8.	200	BGAヒートシンク	11.1	11.6
図14.	12	図8.	400	BGAヒートシンク	10.5	11

ヒートシンクのメーカー

Aavid Thermalloy	Part No: 375424B00034G	Phone: 603-224-9988
------------------	------------------------	---------------------

アプリケーション情報

安全性に関する検討事項

LTM4601AHV 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って各ユニットを致命的損傷から保護して下さい。

レイアウトのチェックリスト/例

LTM4601AHV は高度に集積化されているので、PCB 基板のレイアウトは非常に簡単です。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 銅エリアを使います。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} 、PGND 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。周波数同期ソースは電源グランドを基準にします。

- 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 グランド銅領域を使います。SGND と PGND をユニットの下で接続します。

推奨レイアウトを図 17 に示します。

周波数の調節

LTM4601AHV 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。 f_{SET} ピンは通常は開放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にわたって出力リップル・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り、5V から 3.3V のような高いデューティ・サイクルでの動作が制限され、28V 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・リップルが生じることがあります。 f_{SET} ピンに 1 本の外付け抵抗を追加して $5V_{OUT}$ と $3.3V_{OUT}$ のドロップアウト曲線を修正することにより、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。

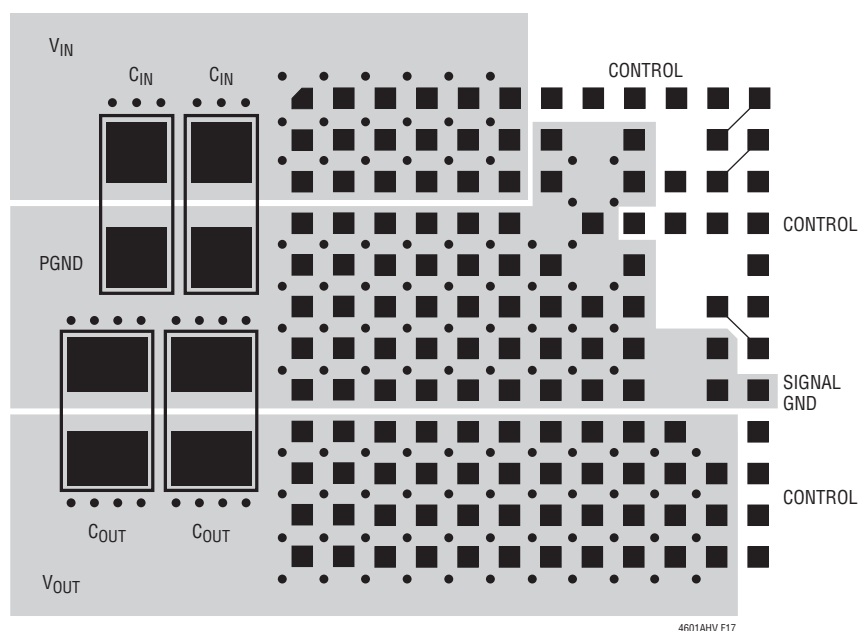


図 17. 推奨レイアウト
(BGA の円形パッドを除いて、LGA および BGA の PCB レイアウトは同じ。「パッケージ」を参照。)

LTM4601AHV

アプリケーション情報

5V出力の例

LTM4601AHV の最小オン時間 = 100ns
 $t_{ON} = [(V_{OUT} \cdot 10\text{pF})/I_{FSET}]$ 、 $V_{OUT} > 4.8\text{V}$ のときは 4.8V を使います。

LTM4601AHV 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}

周波数設定の式:

$I_{FSET} = [V_{IN}/(3 \cdot R_{FSET})]$ 、28V 動作の場合、 $I_{FSET} = 238\mu\text{A}$ 、 $t_{ON} = [(4.8 \cdot 10\text{pF})/I_{FSET}]$ 、 $t_{ON} = 202\text{ns}$ 、ここで、内部 R_{FSET} は 39.2k。周波数 = $[V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})] = [5\text{V}/(28 \cdot 202\text{ns})] \approx 884\text{kHz}$ 。高い入力電圧ではインダクタ両端の電圧が大きくなるため、インダクタ・リップル電流が高くなります。これは、「インダクタのリップル電流とデューティ・サイクル」のグラフ(図3)に示されており、20%のデューティ・サイクルで I_L は約 10A です。外部抵抗を f_{SET} からグラウンドに接続してスイッチング周波数を上げることにより、高い入力電圧でインダクタ・リップル電流を下げるすることができます。7A のリップル電流が選択されているので、合計ピーク電流は 7A リップル電流の 1/2 を出力電流に加えたものです。5V 出力の電流は 8A に制限されているので、合計ピーク電流は 11.5A 未満になります。これは 14A の規定ピーク値を下回ります。100k の抵抗が f_{SET} からグラウンドに接続されており、100k と 39.2k が並列に組み合わせられて 28k に等しくなります。28k と 28V の入力電圧を使って I_{FSET} を計算すると 333 μA に等しくなります。これは 144ns の t_{ON} に相当します。これは、28V から 5V への変換の場合、スイッチング周波数を約 884kHz から約 1.24MHz に増加させます。最小オン時間は 28V 入力で 100ns を超えます。スイッチング周波数は入力条件と出力条件の全体にわたりほぼ一定なので、400ns の最小オフ時間により、1.24MHz 動作での低入力電圧の範囲は 10V に制限されます。式: $t_{ON} = (V_{OUT}/V_{IN}) \cdot (1/\text{周波数})$ は 400ns のオン時間および 400ns のオフ時間になります。「 V_{IN} から V_{OUT} の降圧比」の曲線は、図 18 に示されているように 100k 抵抗をグラウンドに接続した 1.24MHz 動作の 10V ~ 28V の動作範囲と、 f_{SET} をフロートさせた場合の 8V ~ 16V の動作を反映しています。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

LTM4601AHV の最小オン時間 = 100ns
 $t_{ON} = [(V_{OUT} \cdot 10\text{pF})/I_{FSET}]$

LTM4601AHV 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}

周波数設定の式:

$I_{FSET} = [V_{IN}/(3 \cdot R_{FSET})]$ 、28V 動作では、 $I_{FSET} = 238\mu\text{A}$ 、 $t_{ON} = [(3.3 \cdot 10\text{pF})/I_{FSET}]$ 、 $t_{ON} = 138.7\text{ns}$ 、ここで、内部 R_{FSET} は 39.2k。周波数 = $[V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})] = [3.3\text{V}/(28 \cdot 138.7\text{ns})] \approx 850\text{kHz}$ です。最小オン時間と最小オフ時間は 139ns と 1037ns で規定内です。ただし、4.5V の最小入力で 3.3V 出力に変換する場合は、 $t_{ON} = 868\text{ns}$ 、周波数 = 850kHz、 $t_{OFF} = 315\text{ns}$ となり、400ns の最小オフ時間の仕様を満たしません。

解決策

低い入力電圧ではスイッチング周波数を下げ、高いデューティ・サイクルを可能にして 4.5V の入力電圧で 400ns の最小オフ時間を満たすようにします。オフ時間は 100ns のガードバンドを付けて約 500ns にします。(3.3V/4.5V) のデューティ・サイクル = 約 73% です。周波数 = $(1 - \text{DC})/t_{OFF}$ 、つまり $(1 - 0.73)/500\text{ns} = 540\text{kHz}$ です。スイッチング周波数は、4.5V の入力、 $t_{ON} = \text{DC}/\text{周波数}$ (つまり 1.35 μs) では 540kHz に下げる必要があります。 f_{SET} ピンの電圧は V_{IN} の 1/3、 I_{FSET} 電流は内部の 39.2k により 38 μA に等しくなります。 I_{FSET} 電流は 540kHz 動作では 24 μA にする必要があります。図 19 に示されているように、抵抗を V_{OUT} から f_{SET} に接続して、 f_{SET} ピンから流れ出す実効 I_{FSET} 電流を 24 μA に下げることができます。 f_{SET} ピンは 4.5V/3 = 1.5V、 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、したがって、130k の抵抗は 14 μA を f_{SET} ノードにソースし、 I_{FSET} 電流を 24 μA に下げます。これは、3.3V 出力への降圧変換のための 540kHz 動作および 4.5V ~ 28V 入力の動作を可能にします。この入力範囲にわたり、周波数が 540kHz ~ 1.1MHz で変化します。これにより、全入力範囲で 8A の実効出力電流が与えられます。

アプリケーション情報

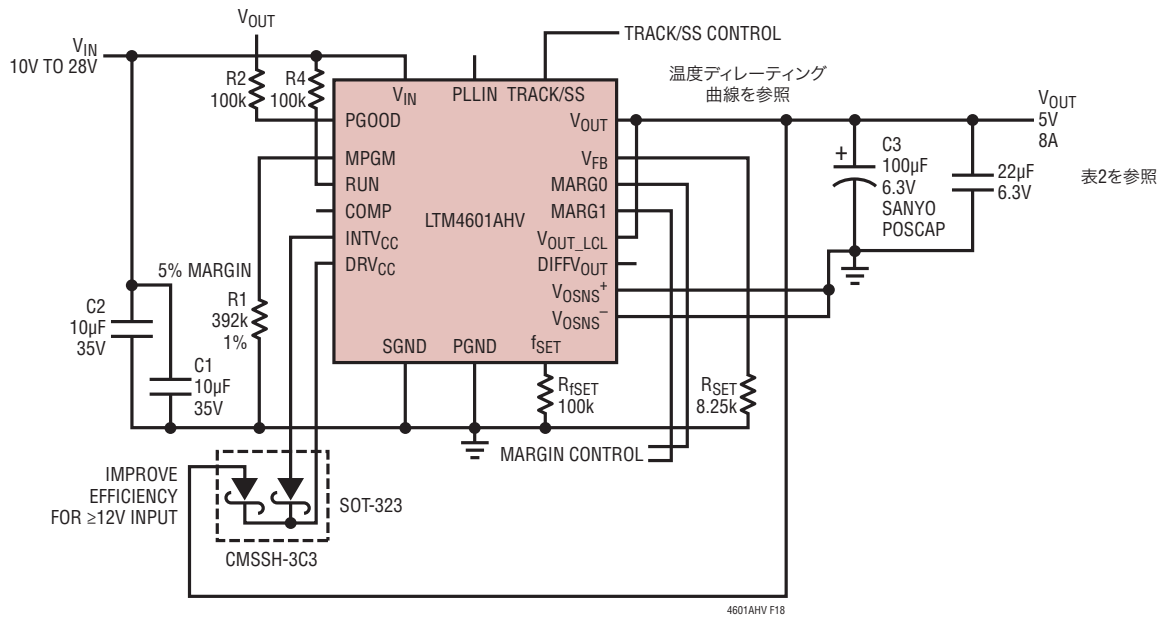


図 18. 差動アンプを使わない5V/8Aの設計

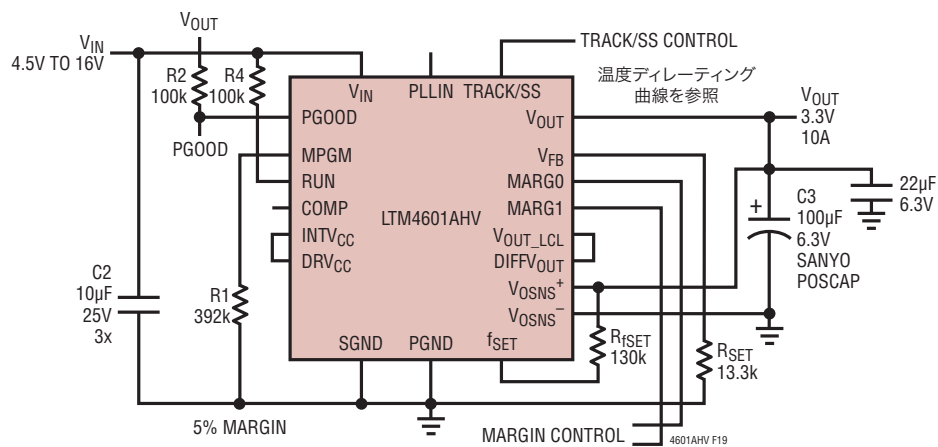


図 19. 3.3V/10Aの設計

LTM4601AHV

アプリケーション情報

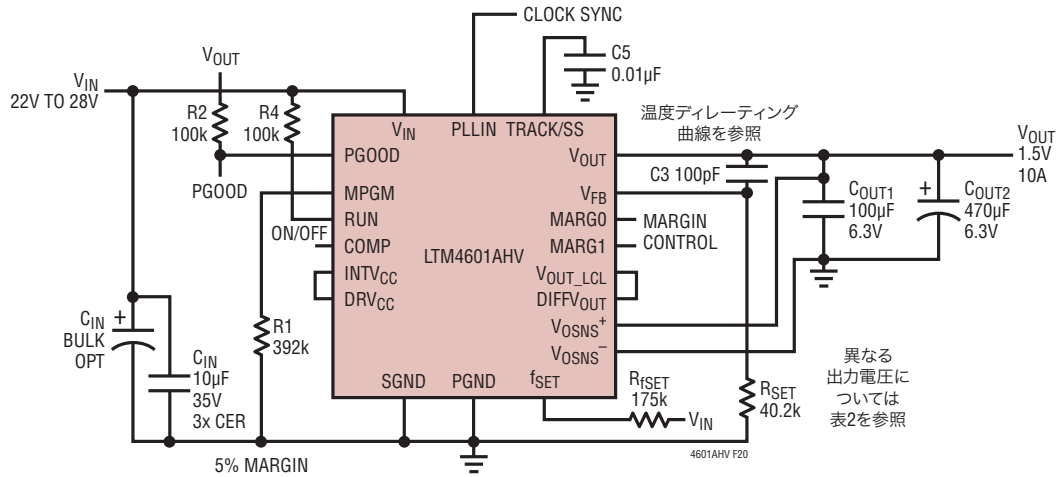
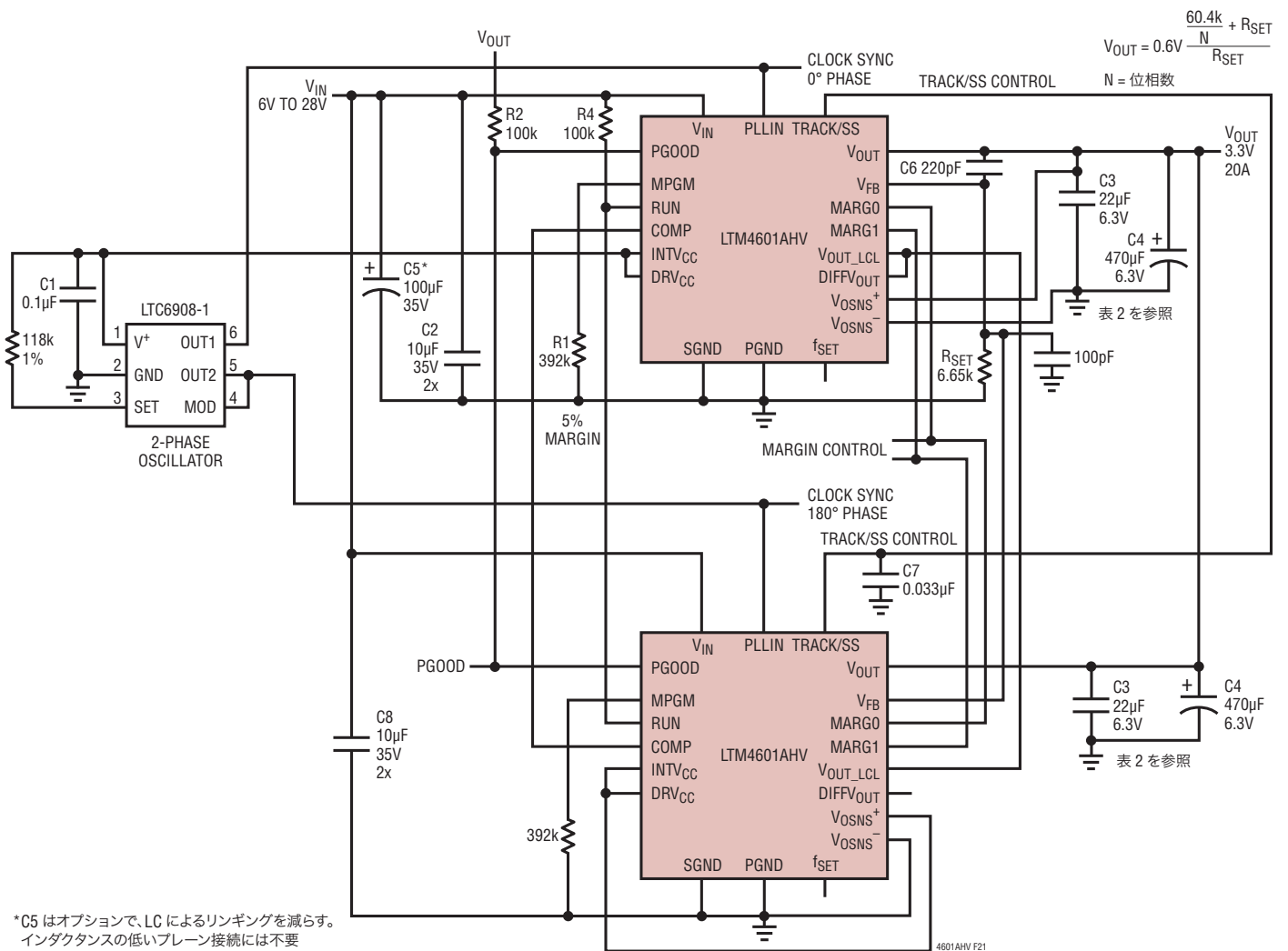


図 20. 22V ~ 28V 入力、1.5V/10A の標準的設計 (500kHz)



*C5 はオプションで、LC によるリンギングを減らす。
インダクタンスの低いプレーン接続には不要

図 21. 2 フェーズ、並列 3.3V/20A の設計

4601ahvfb

標準的応用例

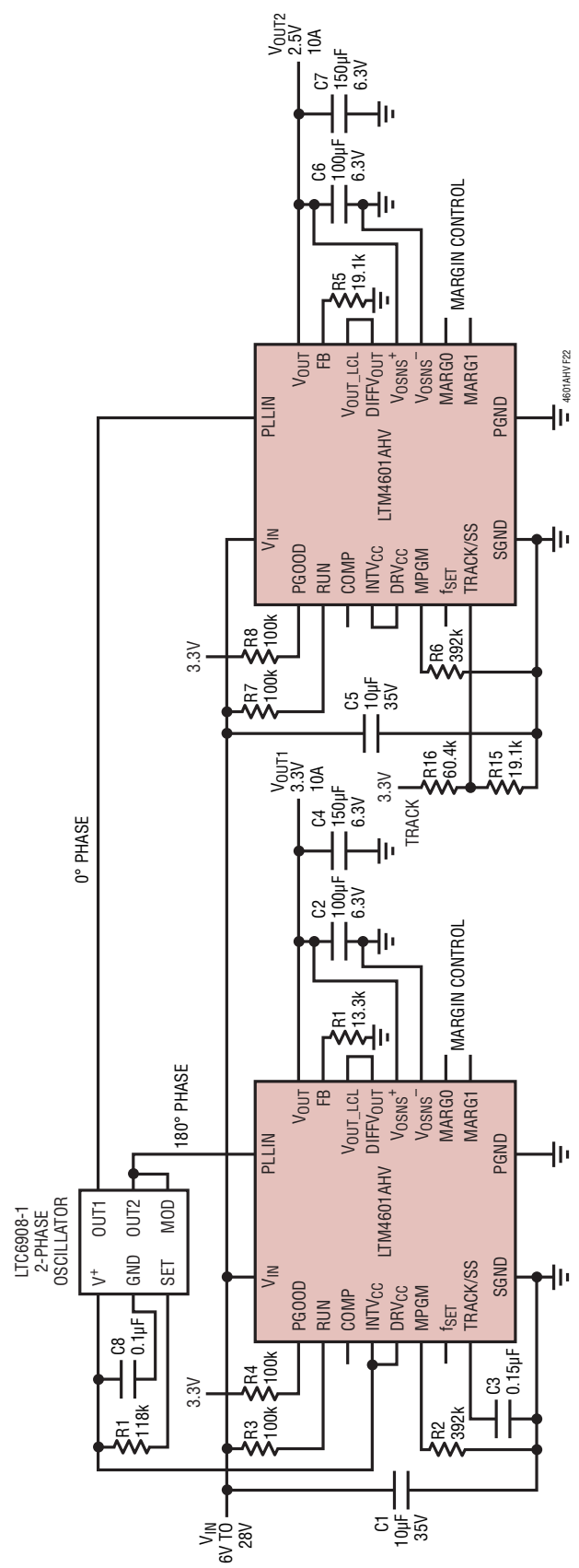
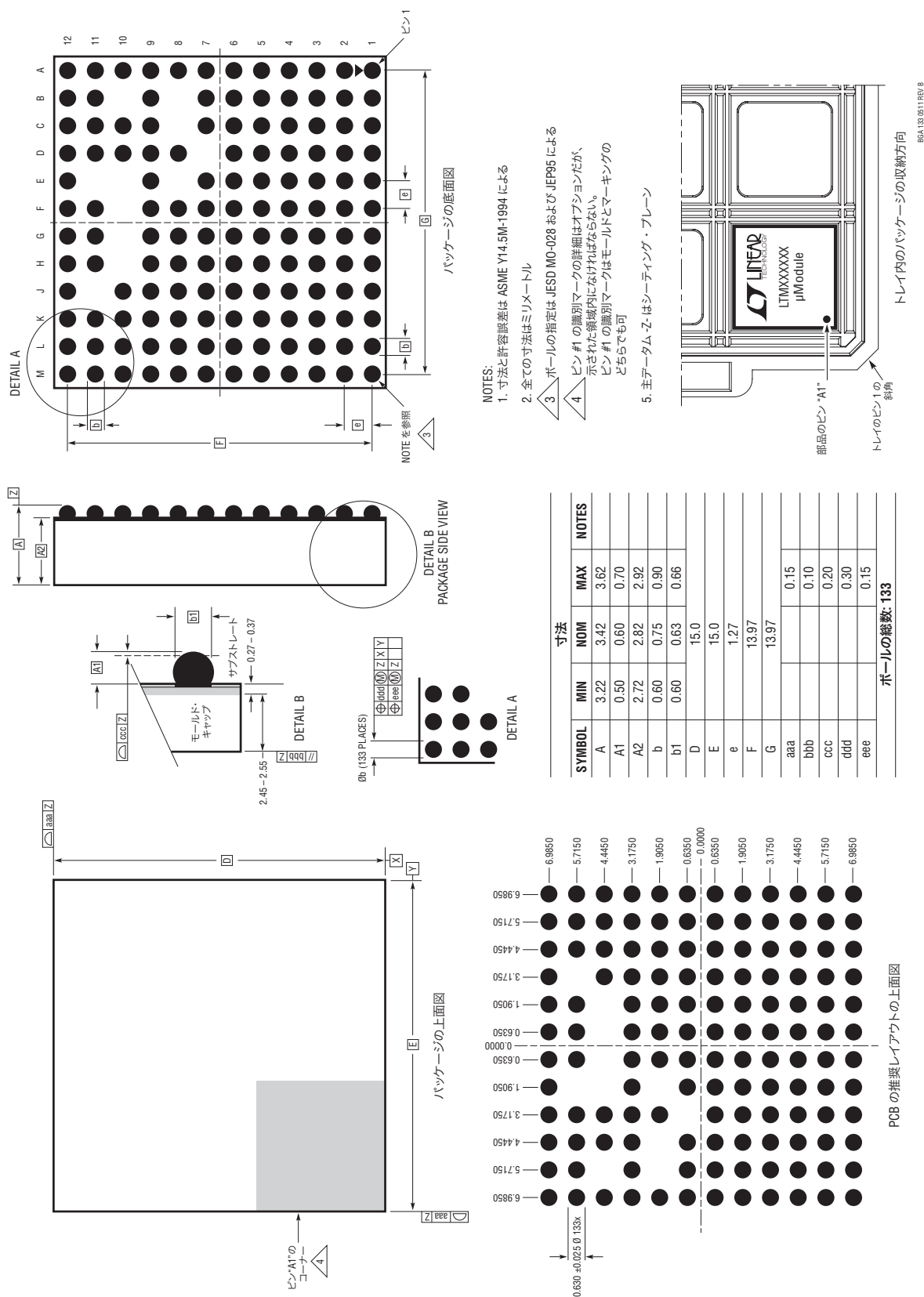


図 22. デュアル出力 (3.3V および 2.5V)、同時トラッキング付き

パッケージ

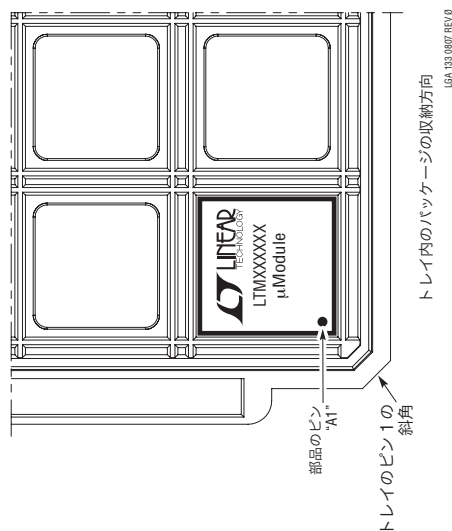
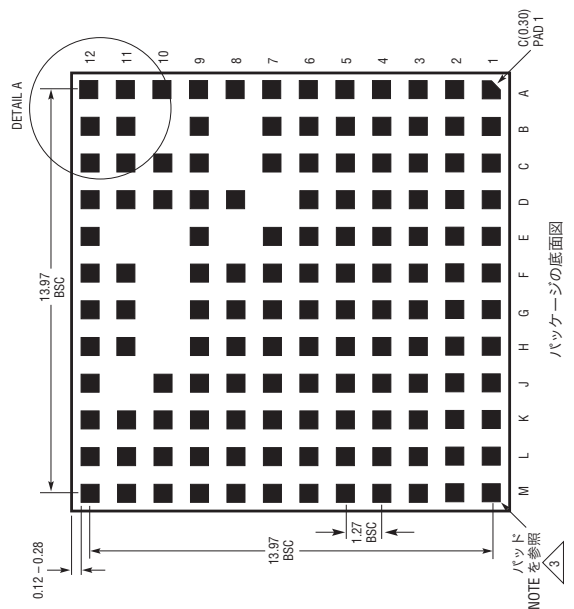
最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>を参照してください。

BGAパッケージ
133ピン(15mm × 15mm × 3.42mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1877 Rev B)

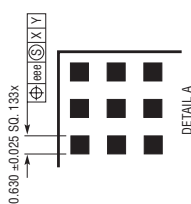
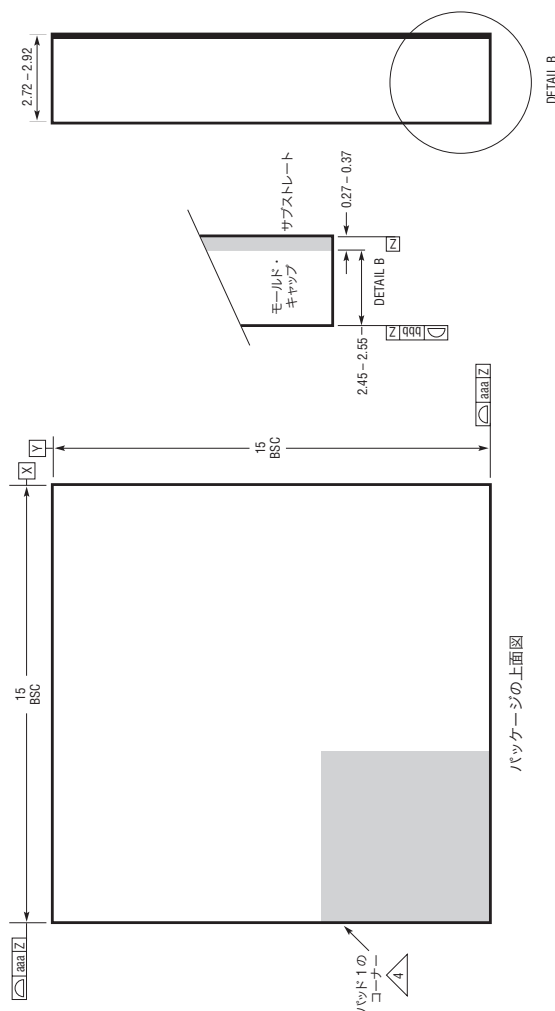


パッケージ

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。



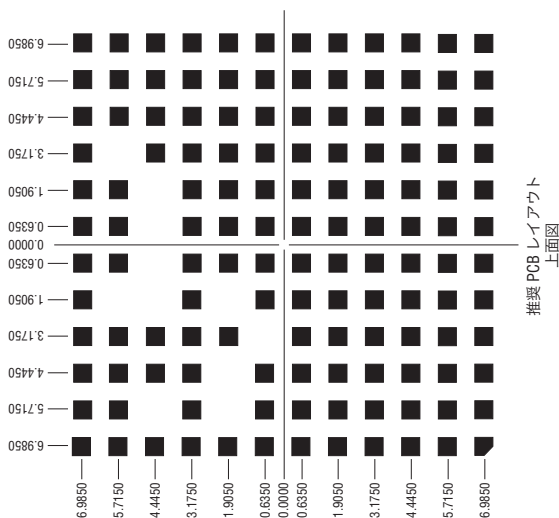
LGAパッケージ
133ピン(15mm×15mm×2.82mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1755 Rev 0)



..
品
共

1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 による
2. 全ての寸法はミリメートル
3. ランドの指定は JESD MO-222, SPP-010 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ぬ。
パッド #1 の識別マークはモールドまたはマーキングをすることができ
5. 主データム -Z- はシーティングプレーン
6. パッドの総数: 133

記号	許容誤差
aaa	0.10
bbb	0.10
ccc	0.05



パッケージ

表5. ピン配置
(ピン番号順に並べてある)

ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称
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 PGND	C7 PGND	D7 -	E7 PGND	F7 PGND
A8 PLLIN	B8 -	C8 -	D8 PGND	E8 -	F8 PGND
A9 TRACK/SS	B9 PGND	C9 PGND	D9 INTV _{CC}	E9 PGND	F9 PGND
A10 RUN	B10 -	C10 MTP1	D10 MPT2	E10 -	F10 -
A11 COMP	B11 MPGM	C11 f_{SET}	D11 MPT3	E11 -	F11 PGOOD
A12 MPGM	B12 f_{SET}	C12 MARG0	D12 MARG1	E12 DRV _{CC}	F12 V_{FB}

ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称	ピン名称
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 SGND	H11 SGND	J11 -	K11 V_{OUT}	L11 V_{OUT}	M11 V_{OUT}
G12 PGOOD	H12 SGND	J12 V_{OSNS}^+	K12 DIFFV _{OUT}	L12 V_{OUT_LCL}	M12 V_{OSNS}^-

パッケージ寸法

ピン配置表
(ピン機能によって並べてある)

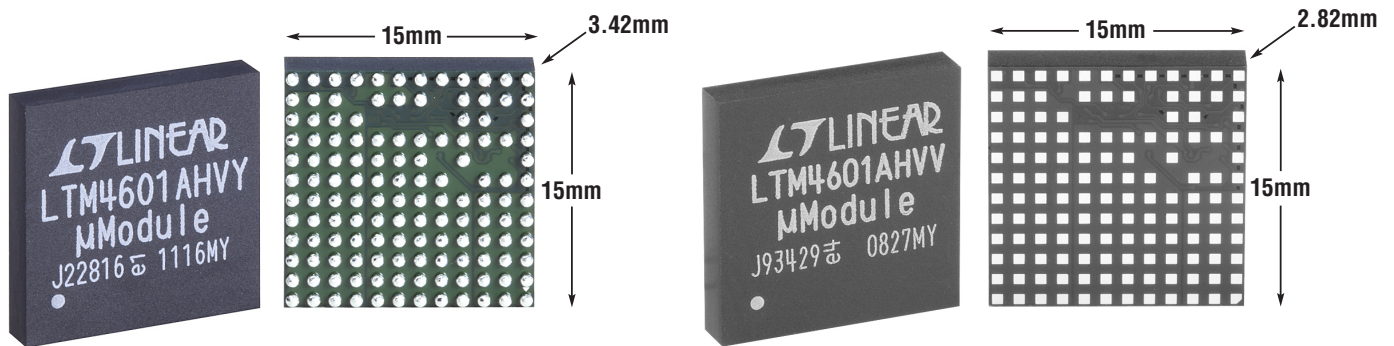
ピン名称		ピン名称		ピン名称		ピン名称		ピン名称	
A1	V _{IN}	D1	PGND	J1	V _{OUT}	A7	INTVCC	B7	PGND
A2	V _{IN}	D2	PGND	J2	V _{OUT}	A8	PLLIN	B8	-
A3	V _{IN}	D3	PGND	J3	V _{OUT}	A9	TRACK/SS	B9	PGND
A4	V _{IN}	D4	PGND	J4	V _{OUT}	A10	RUN	B10	-
A5	V _{IN}	D5	PGND	J5	V _{OUT}	A11	COMP	B11	MPGM
A6	V _{IN}	D6	PGND	J6	V _{OUT}	A12	MPGM		
		D8	PGND	J7	V _{OUT}	B12	f _{SET}	C7	PGND
B1	V _{IN}	E1	PGND	J8	V _{OUT}			C8	-
B2	V _{IN}	E2	PGND	J9	V _{OUT}	C12	MARG0	C9	PGND
B3	V _{IN}	E3	PGND	J10	V _{OUT}			C10	MTP1
B4	V _{IN}	E4	PGND			D12	MARG1	C11	f _{SET}
B5	V _{IN}	E5	PGND	K1	V _{OUT}	E12	DRV _{CC}	D7	-
B6	V _{IN}	E6	PGND	K2	V _{OUT}			D8	PGND
		E7	PGND	K3	V _{OUT}	F12	V _{FB}	D9	INTVCC
C1	V _{IN}	F1	PGND	K4	V _{OUT}	G12	PGOOD	D10	MTP2
C2	V _{IN}	F2	PGND	K5	V _{OUT}			D11	MTP3
C3	V _{IN}	F3	PGND	K6	V _{OUT}	H12	SGND		
C4	V _{IN}	F4	PGND	K7	V _{OUT}	J12	V _{OSNS} ⁺	E8	-
C5	V _{IN}	F5	PGND	K8	V _{OUT}	K12	DIFFV _{OUT}	E9	PGND
C6	V _{IN}	F6	PGND	K9	V _{OUT}			E10	-
		F7	PGND	K10	V _{OUT}	L12	V _{OUT_LCL}	E11	-
		F8	PGND	K11	V _{OUT}	M12	V _{OSNS} ⁻	F10	-
		F9	PGND					F11	PGOOD
		G1	PGND	L1	V _{OUT}			G10	-
		G2	PGND	L2	V _{OUT}			G11	SGND
		G3	PGND	L3	V _{OUT}				
		G4	PGND	L4	V _{OUT}			H10	-
		G5	PGND	L5	V _{OUT}			H11	SGND
		G6	PGND	L6	V _{OUT}				
		G7	PGND	L7	V _{OUT}			J11	-
		G8	PGND	L8	V _{OUT}				
		G9	PGND	L9	V _{OUT}				
				L10	V _{OUT}				
				L11	V _{OUT}				
		H1	PGND	M1	V _{OUT}				
		H2	PGND	M2	V _{OUT}				
		H3	PGND	M3	V _{OUT}				
		H4	PGND	M4	V _{OUT}				
		H5	PGND	M5	V _{OUT}				
		H6	PGND	M6	V _{OUT}				
		H7	PGND	M7	V _{OUT}				
		H8	PGND	M8	V _{OUT}				
		H9	PGND	M9	V _{OUT}				
				M10	V _{OUT}				
				M11	V _{OUT}				

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	12/10	「電気的特性」のセクションのDIFFV _{OUT} Rangeの仕様を更新。	3
		「ピン機能」のセクションのMTP1、MTP2、MTP3の各ピンの説明を更新。	8
		「簡略ブロック図」を更新。	8
		「アプリケーション情報」のセクションの様々なテキストを編集。	10～21
		図7と図8を更新。	15
B	8/11	BGAパッケージを追加。データシート全体に変更を反映。	1～30

LTM4601AHV

パッケージの写真



関連製品

製品番号	概要	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
LT3825/LT3837	同期整流式絶縁型フライバック・コントローラ	オプトカプラ不要、3.3V/12A出力、設計が簡単
LTM4600	10A DC/DC μModuleレギュレータ	高速過渡応答、LTM4600HVMPV: -55°C ~ 125°Cでテスト
LTM4601	12A DC/DC μModuleレギュレータ、PLL、出力トラッキング/マージニングおよびリモートセンス付き	同期可能、48AまでのPolyPhase動作、LTM4601-1バージョンにはリモートセンスなし
LTM4602	6A DC/DC μModuleレギュレータ	LTM4600とピン互換
LTM4603	6A DC/DC μModuleレギュレータ、PLL、出力トラッキング/マージニングおよびリモートセンス付き	同期可能、PolyPhase動作、LTM4603-1バージョンにはリモートセンスなし、LTM4601とピン互換
LTM4604A	4A低電圧DC/DC μModuleレギュレータ	$2.375V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $15mm \times 9mm \times 2.32mm$ (超薄型) LGAパッケージ
LTM4608A	8A低電圧DC/DC μModuleレギュレータ	$2.375V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $15mm \times 9mm \times 2.82mm$ (超薄型) LGAパッケージ
LTM8020	200mA、36V _{IN} 低電圧DC/DC μModuleレギュレータ	$4V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $1.25V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $6.25mm \times 6.25mm \times 2.32mm$ LGAパッケージ
LTM8021	500mA、36V _{IN} DC/DC μModuleレギュレータ	$3V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $11.25mm \times 6.25mm \times 2.82mm$ LGAパッケージ
LTM8022/ LTM8023	1A/2A、36V _{IN} DC/DC μModuleレギュレータ・ファミリ	$3.6V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 10V$ 、ピン互換、 $11.25mm \times 9mm \times 2.82mm$ LGAパッケージ

この製品にはSilicon Semiconductor Corporationからライセンス供与されたテクノロジーが使用されています。Silicon Semiconductor® 4601ahvfb