

## PLL、出力トラッキングおよび マーージニングを備えた6A、28V 入力 DC/DC $\mu$ 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 ~ 28V
- 出力電流: 標準 6A (DC)、8A (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ージニング
- リモート検出による高精度レギュレーション
- 標準動作周波数: 1MHz
- PLL 周波数同期
- 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)
- LTM4601/LTM4601HV/LTM4603 とピン互換
- 超高速トランジェント応答
- 電流モード制御
- 5V 入力、3.3V 出力時の効率: 最大 93%
- プログラム可能なソフトスタート
- 出力過電圧保護
- 金仕上げパッド (e4) を備えた RoHS 準拠のパッケージ
- 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

### 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

### 概要

LTM<sup>®</sup>4603HV は完全な 6A 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、およびすべての支持部品がパッケージ内に実装されています。この  $\mu$ Module<sup>™</sup>レギュレータは、15mm×15mm×2.82mm の小型表面実装 LGA パッケージに収容されています。LTM4603HV は 4.5V ~ 28V の入力電圧範囲で動作し、0.6V ~ 5V の出力電圧範囲だけでなく、出力電圧のトラッキングとマーージニングもサポートしています。高効率設計により、6A の連続電流 (8A 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。

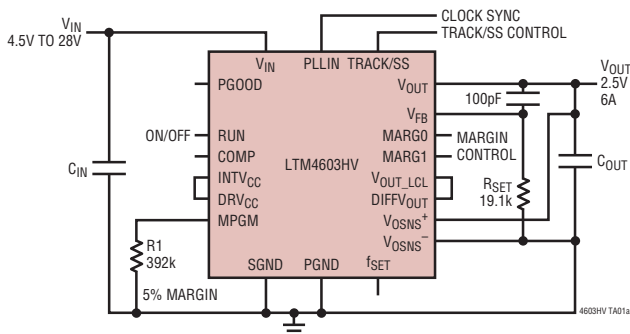
高さの低い (2.82mm) 軽量 (1.7g) パッケージなので、プリント回路基板裏面の未使用スペースへの実装が容易で、高密度のポイントオブロード・レギュレーションが可能です。この  $\mu$ Module レギュレータは外部クロックと同期可能なので、望ましくない周波数の高調波を低減できます。また、PolyPhase<sup>®</sup> 動作により、大きな負荷電流を供給できます。

高いスイッチング周波数と適応型オン時間電流モード・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を実現します。内蔵のリモート検出アンプを使用して、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。

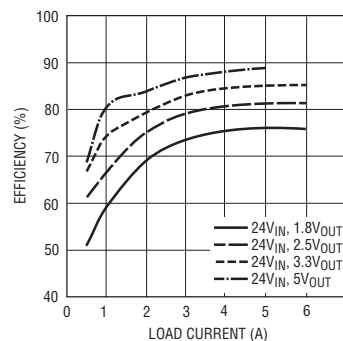
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear のロゴ、 $\mu$ Module および PolyPhase はリアリテックノロジー社の登録商標です。LTpowerCAD はリアリテックノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。5481178、5847554、6580258、6304066、6476589、6774611、6677210 を含む米国特許により保護されています。

### 標準的応用例

入力が 4.5V ~ 28V の 2.5V/6A  $\mu$ Module レギュレータ



24VIN での効率と負荷電流



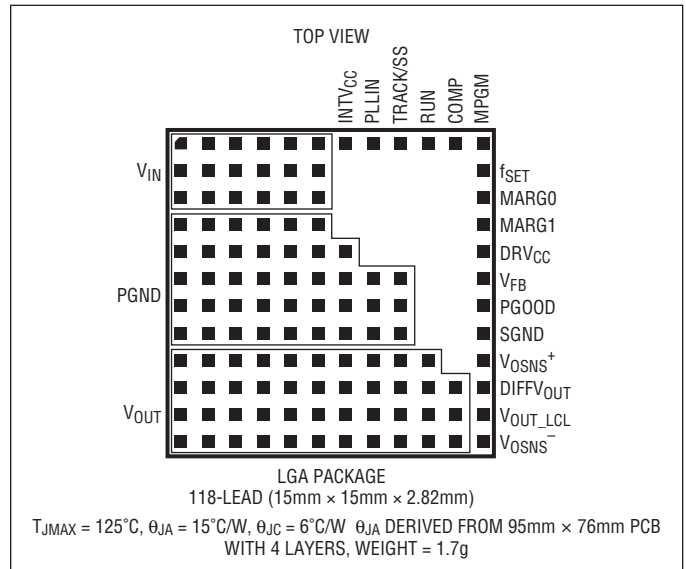
# LTM4603HV

## 絶対最大定格

(Note 1)

INTV <sub>CC</sub> 、DRV <sub>CC</sub> 、V <sub>OUT_LCL</sub> 、V <sub>OUT</sub> (V <sub>OUT</sub> ≤ 3.3V、リモート検出アンプ付き) .....	-0.3V ~ 6V
PLLIN、TRACK/SS、MPGM、MARG0、MARG1、PGOOD、f <sub>SET</sub> .....	-0.3V ~ (INTV <sub>CC</sub> + 0.3V)
RUN .....	-0.3V ~ 5V
V <sub>FB</sub> 、COMP .....	-0.3V ~ 2.7V
V <sub>IN</sub> .....	-0.3V ~ 28V
V <sub>OSNS</sub> <sup>+</sup> 、V <sub>OSNS</sub> <sup>-</sup> .....	-0.3V ~ INTV <sub>CC</sub> + 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

## 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			
LTM4603HVEV#PBF	Au (RoHS)	LTM4603HV	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4603HVIV#PBF						

- 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。\*パッド/ボール仕上げのコードは、IPC/JEDEC J-STD-609による。
- 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](http://www.linear-tech.co.jp/umodule/pcbassembly)
- 端子仕上げの製品マーキング：[www.linear-tech.co.jp/leadfree](http://www.linear-tech.co.jp/leadfree)
- LGA/BGAパッケージおよびトレイ図面：[www.linear-tech.co.jp/packaging](http://www.linear-tech.co.jp/packaging)

## 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<sub>A</sub> = 25°C、V<sub>IN</sub> = 12V、標準的応用例 (表紙) の構成、R<sub>SET</sub> = 40.2k での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>IN(DC)</sub>	Input DC Voltage		● 4.5		28	V
V <sub>OUT(DC)</sub>	Output Voltage	C <sub>IN</sub> = 10μF × 2, C <sub>OUT</sub> = 2 × 100μF X5R Ceramic	● 1.478	1.5	1.522	V
		V <sub>IN</sub> = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 0A	● 1.478	1.5	1.522	V
		V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 0A	● 1.478	1.5	1.522	V

### 入力の仕様

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>IN(UVLO)</sub>	Undervoltage Lockout Threshold	I <sub>OUT</sub> = 0A		3.2	4	V
I <sub>INRUSH(VIN)</sub>	Input Inrush Current at Startup	I <sub>OUT</sub> = 0A, V <sub>OUT</sub> = 1.5V		0.6		A
		V <sub>IN</sub> = 5V		0.7		A
		V <sub>IN</sub> = 12V				

4603hvfA

## 電氣的特性

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{Q(VIN, NOLOAD)}$	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 25 2.5 43 22		mA mA mA mA $\mu\text{A}$
$I_S(VIN)$	Input Supply Current	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 6\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ , $I_{OUT} = 6\text{A}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 6\text{A}$		0.92 1.83 2.12		A A A
INTV <sub>CC</sub>	$V_{IN} = 12\text{V}$ , 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		6	A
$\frac{\Delta V_{OUT(LINE)}}{V_{OUT}}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{IN} = 4.5\text{V}$ 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 6A, $V_{IN} = 12\text{V}$ with Remote Sense Amp (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 $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		10 10		mV <sub>p-p</sub> mV <sub>p-p</sub>
$f_s$	Output Ripple Voltage Frequency	$I_{OUT} = 3\text{A}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		1000		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	$C_{OUT} = 200\mu\text{F}$ , TRACK/SS = Open $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 1\text{A}$ Resistive Load $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.5 0.5		ms ms
$\Delta V_{OUTLS}$	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% to 10% of Full Load $V_{IN} = 12\text{V}$		25		$\mu\text{s}$
$I_{OUTPK}$	Output Current Limit	$C_{OUT} = 2 \times 100\mu\text{F}$ X5R Ceramic $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		8 8		A A

## リモート検出アンプ (Note 3)

$V_{OSNS^+}$ , $V_{OSNS^-}$ CM Range	Common Mode Input Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$ , RUN > 2V	0		INTV <sub>CC</sub> - 1	V
DIFFV <sub>OUT</sub> Range	Output Voltage Range	$V_{IN} = 12\text{V}$ , DIFFV <sub>OUT</sub> Load = 100k	0		INTV <sub>CC</sub> - 1	V
$V_{OS}$	Input Offset Voltage Magnitude				1.25	mV
AV	Differential Gain			1		V/V
GBP	Gain Bandwidth Product			3		MHz
SR	Slew Rate			2		V/ $\mu\text{s}$
R <sub>IN</sub>	Input Resistance	$V_{OSNS^+}$ to GND		20		k $\Omega$
CMRR	Common Mode Rejection Ratio			100		dB

# LTM4603HV

## 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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、標準的応用例 (表紙) の構成、 $R_{SET} = 40.2\text{k}$  での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>制御段</b>							
$V_{FB}$	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	-1.5	-2	$\mu\text{A}$
$t_{ON(MIN)}$	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	$\text{mA}$
$R_{FBHI}$	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
<b>PGOOD出力</b>							
$\Delta V_{FBH}$	PGOOD Upper Threshold	$V_{FB}$ Rising		7	10	13	%
$\Delta V_{FBL}$	PGOOD Lower Threshold	$V_{FB}$ Falling		-7	-10	-13	%
$\Delta V_{FB(HYS)}$	PGOOD Hysteresis	$V_{FB}$ Returning (Note 4)			1.5	3	%
$V_{PGL}$	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:** LTM4603HVは、 $T_J$ が $T_A$ にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTM4603HVEV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。LTM4603HVIVは $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で保証されている。

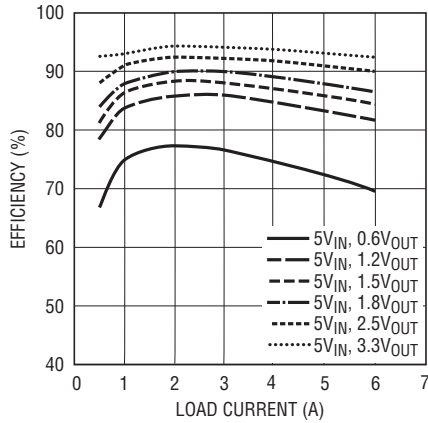
**Note 3:**  $\leq 3.3\text{V}$ の出力に推奨するリモート検出アンブ

**Note 4:** ダイ・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 $T_A$ については出力電流のディレーティング曲線を参照。

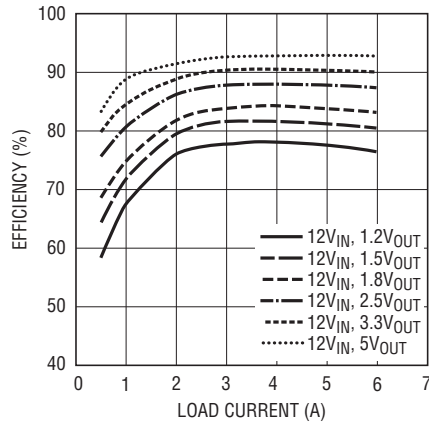
## 標準的性能特性 (全曲線に関して、図20を参照)

### 5V<sub>IN</sub>での効率と負荷電流



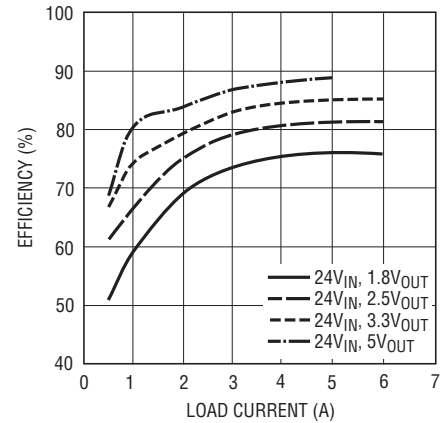
4603HV G01

### 12V<sub>IN</sub>での効率と負荷電流



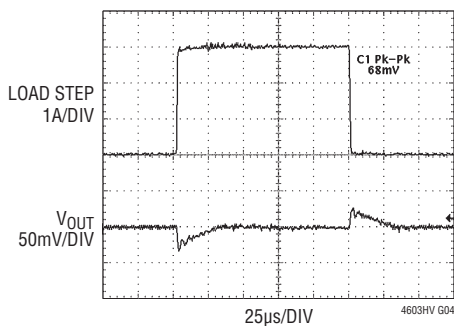
4603HV G02

### 24V<sub>IN</sub>での効率と負荷電流



4603HV G03

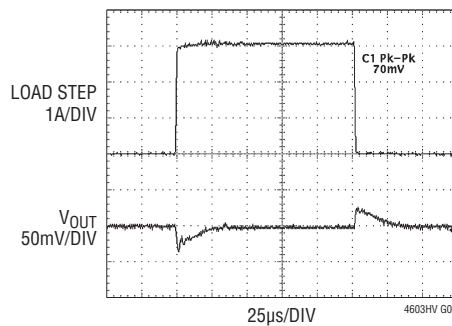
### 1.2V 過渡応答



4603HV G04

1.2V AT 3A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub>: 1x 22µF, 6.3V CERAMIC  
1x 330µF, 4V SANYO POSCAP

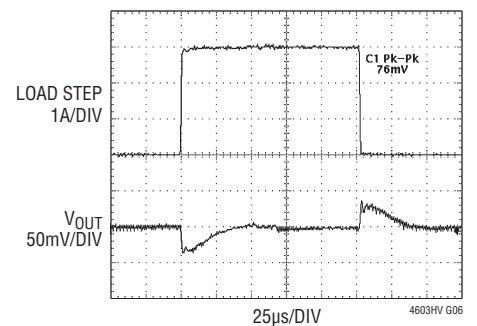
### 1.5V 過渡応答



4603HV G05

1.5V AT 3A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub>: 1x 22µF, 6.3V CERAMIC  
1x 330µF, 4V SANYO POSCAP

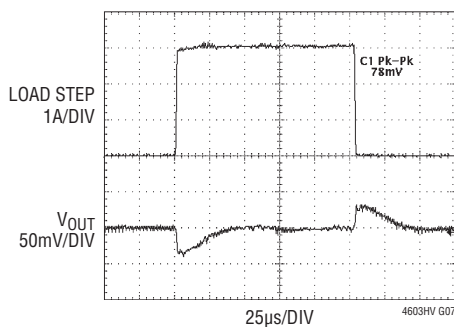
### 1.8V 過渡応答



4603HV G06

1.8V AT 3A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub>: 1x 22µF, 6.3V CERAMIC  
1x 330µF, 4V SANYO POSCAP

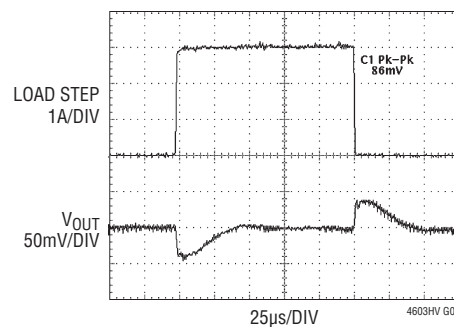
### 2.5V 過渡応答



4603HV G07

2.5V AT 3A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub>: 1x 22µF, 6.3V CERAMIC  
1x 330µF, 4V SANYO POSCAP

### 3.3V 過渡応答



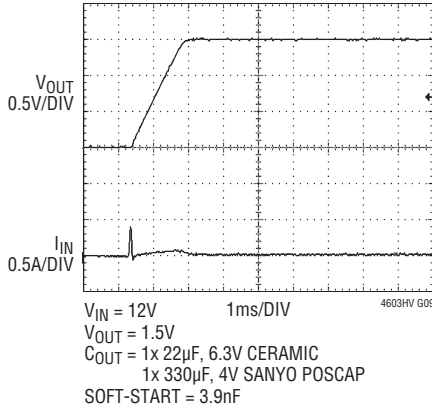
4603HV G08

3.3V AT 3A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub>: 1x 22µF, 6.3V CERAMIC  
1x 330µF, 4V SANYO POSCAP

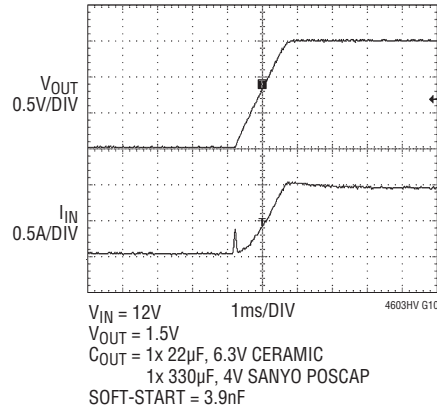
# LTM4603HV

## 標準的性能特性 (全曲線に関して、図20を参照)

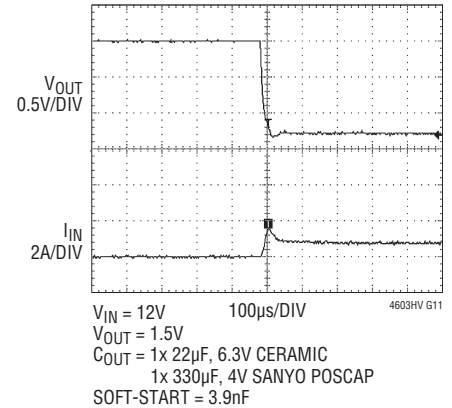
スタートアップ、 $I_{OUT} = 0A$



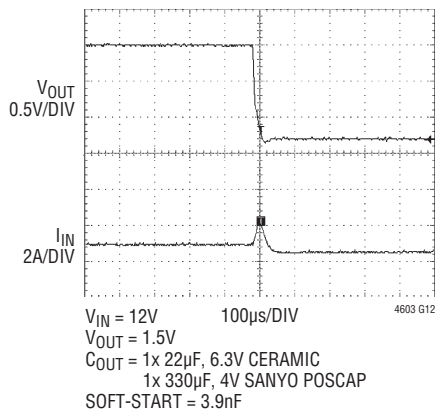
スタートアップ、 $I_{OUT} = 6A$   
(抵抗性負荷)



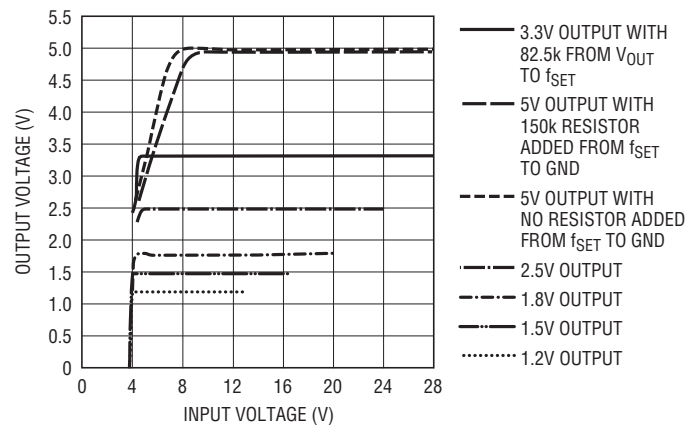
短絡保護、 $I_{OUT} = 0A$



短絡保護、 $I_{OUT} = 6A$



$V_{IN}$  から  $V_{OUT}$  への降圧比



4603HV G13

## ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

**V<sub>IN</sub> (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<sub>IN</sub>ピンとPGNDピンの間に直接配置することを推奨します。

**V<sub>OUT</sub> (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<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> (ピンM12)** : リモート検出アンプの(-)入力。このピンはリモート検出ポイントのグランドに接続します。V<sub>OUT</sub> ≤ 3.3Vにはリモート検出アンプを使用します。使用しない場合は、INTV<sub>CC</sub>に接続します。

**V<sub>OSNS</sub><sup>+</sup> (ピンJ12)** : リモート検出アンプの(+)入力。このピンはリモート検出ポイントの出力に接続します。V<sub>OUT</sub> ≤ 3.3Vにはリモート検出アンプを使用します。使用しない場合は、グランドに接続します。

**DIFFV<sub>OUT</sub> (ピンK12)** : リモート検出アンプの出力。このピンはV<sub>OUT\_LCL</sub>ピンに接続します。リモート検出アンプを使用しない場合は、フロート状態にします。

**DRV<sub>CC</sub> (ピンE12)** : このピンは通常INTV<sub>CC</sub>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が減少し、高い入力電圧での効率が改善されます。

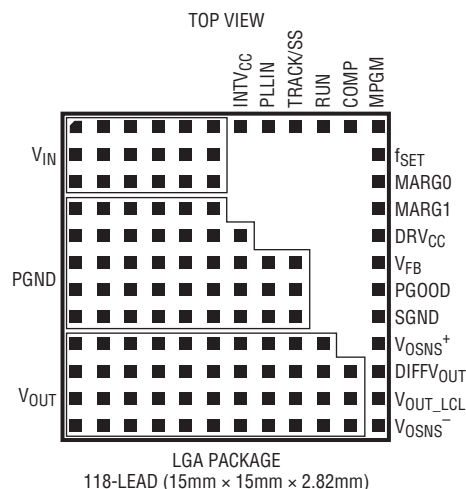
**INTV<sub>CC</sub> (ピンA7)** : このピンは5V内部レギュレータのデカップリングを追加するために使います。

**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<sub>CC</sub>より下のクロックを与えます。「アプリケーション情報」を参照してください。

**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、スタンダロン・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への抵抗により、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パーセンテージをミリボルトで表した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。LTM4603HV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。

**f<sub>SET</sub> (ピンB12)** : 周波数は内部で1MHz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。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。



## ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

**V<sub>FB</sub> (ピン F12) :** 誤差アンプの負入力。このピンは内部で 60.4k の精密抵抗を介して V<sub>OUT\_LCL</sub> に接続されています。V<sub>FB</sub> 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」を参照してください。

**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」を参照してください。

**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」を参照してください。

**SGND (ピン H12) :** 信号グラウンド。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。

**COMP (ピン A11) :** 電流制御スレッシュホールドおよび誤差アンプの補償点。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増加します。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。オープン・ドレインのロジック出力で、25 $\mu$ s のパワーバッド・マスク・タイム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 より低いときはモジュールをオフします。V<sub>IN</sub> からグラウンドに抵抗分割器を接続して、プログラム可能な UVLO 機能を実現することができます。図 1 を参照してください。このピンは、グラウンドへの 5.1V のツェナー・ダイオードを備えています。RUN ピンへの電流は、1mA より低く制限してください。

**V<sub>OUT\_LCL</sub> (ピン L12) :** リモート検出アンプをバイパスするには、V<sub>OUT</sub> を直接このピンに接続します。または、リモート検出アンプが使われるときは DIFFV<sub>OUT</sub> をこのピンに接続します。



簡略ブロック図

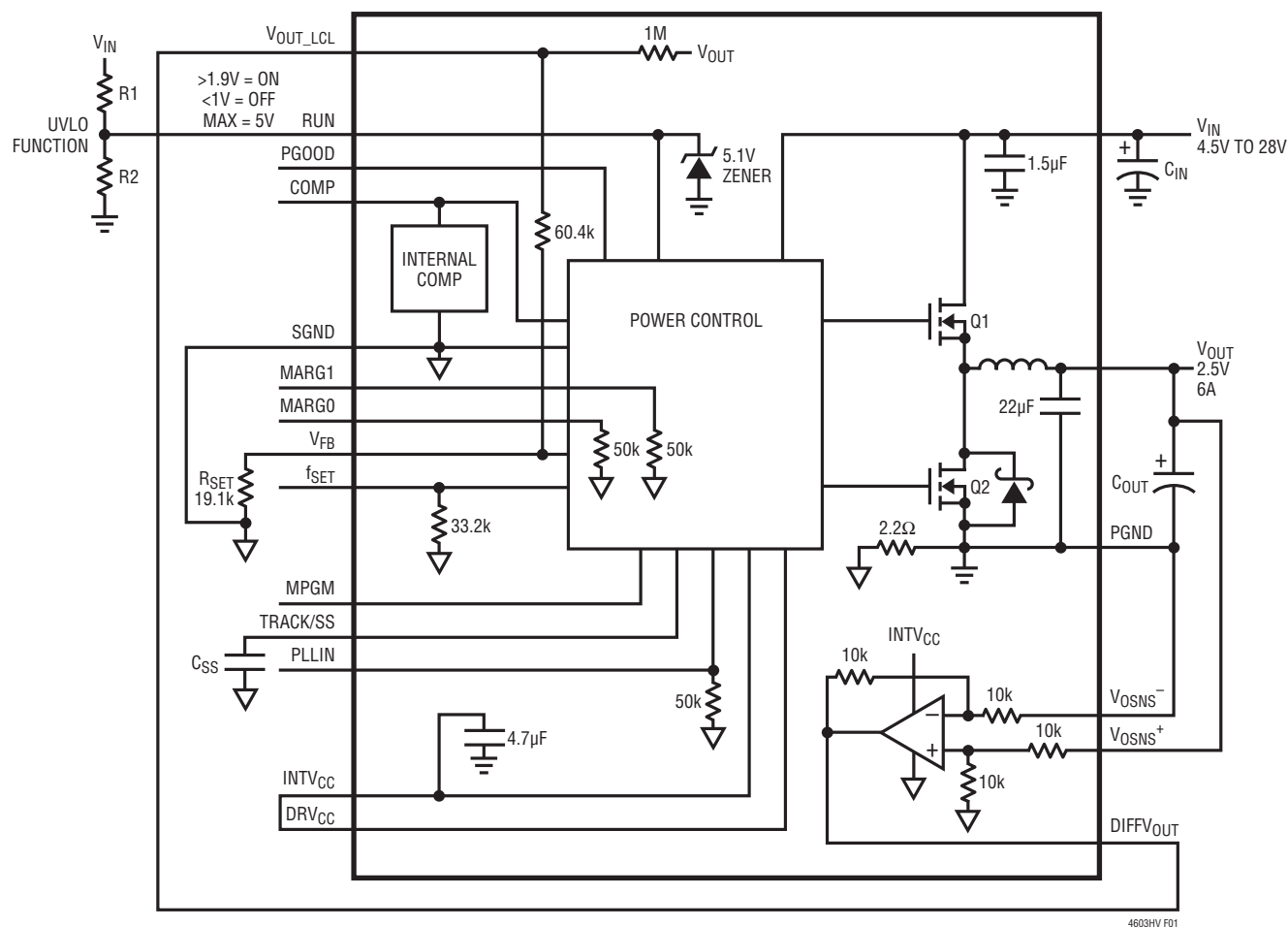


図1. LTM4603HVの簡略ブロック図

デカップリング  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。図1の構成を使用。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{IN}$	外部入力コンデンサの要件 ( $V_{IN} = 4.5\text{V} \sim 28\text{V}$ , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 6\text{A}$	20			$\mu\text{F}$
$C_{OUT}$	外部出力コンデンサの要件 ( $V_{IN} = 4.5\text{V} \sim 28\text{V}$ , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 6\text{A}$	100	200		$\mu\text{F}$

## 動作

### 電源モジュールの概要

LTM4603HV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。入力と出力にわずかの外部コンデンサを使って、最大6A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 $0.6V_{DC} \sim 5.0V_{DC}$ の精密に安定化された出力電圧を、 $4.5V \sim 28V$ 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20に示します。

LTM4603HV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 $R_{DS(ON)}$ 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1MHz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、LTM4603HVモジュールは安定性の十分なマージンと良好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VFB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より下に引き下げると、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。このことは特に高い入力電圧範囲で当てはまります。

LTM4603HVはオフセットが非常に低い非常に精密な差動リモート検出アンプを備えています。これは負荷の出力電圧を非常に精密に検出します。MPGM、MARG0、MARG1の各ピンは、電圧マ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は選択されるマージニングをプログラムします。

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外部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

LTM4603HVの標準的応用回路を図20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。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<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比

与えられた入力電圧に従って、実現可能なV<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への最大降圧比には制約があります。これらの制約は、「V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>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。さらに熱的デイレートイ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ートイング」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<sub>OUT</sub>ピンとV<sub>FB</sub>ピンを相互に接続しています。V<sub>OUT\_LCL</sub>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<sub>OUT\_LCL</sub>ピンが出力に接続されていないとき、またはリモート検出アンプの出力がV<sub>OUT\_LCL</sub>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。出力電圧は既定で0.6Vになります。V<sub>FB</sub>ピンからSGNDピンに抵抗R<sub>SET</sub>を追加して出力電圧を設定します。

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

表1. R<sub>SET</sub>の標準1%抵抗値

R <sub>SET</sub> (kΩ)	Open	60.4	40.2	30.1	25.5	19.1	13.3	8.25
V <sub>OUT</sub> (V)	0.6	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3.3	5

MPGMピンは、内部10k抵抗をそれに掛けると、マーージニングのための0.6Vリファレンス ± オフセットを設定する電流をプログラムします。1.18VリファレンスをMPGMピンのR<sub>PGM</sub>抵抗で割って、この電流がプログラムされます。V<sub>OUT(MARGIN)</sub>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<sub>OUT</sub>は望みのV<sub>OUT</sub>マーージンのパーセンテージ、V<sub>OUT(MARGIN)</sub>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<sub>PGM</sub>はMPGMピンからグラウンドに接続する抵抗の値です。

マーージニング電圧V<sub>OUT(MARGIN)</sub>は、MARG0ピンとMARG1ピンの状態によって決められる公称出力電圧に足されるか、または公称出力電圧から差し引かれます。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

LTM4603HV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。

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、η%は電源モジュールの推定効率です。C<sub>IN</sub>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

## アプリケーション情報

デンサを適当にデレーティングする、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ようにしてください。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20では、10 $\mu$ 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6A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 $\mu$ Fセラミック・コンデンサ2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 $\mu$ 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・コンデンサのカタログを参照してください。

並列接続した複数のLTM4603HVデバイスを使ったマルチフェーズ動作は、相互に挟み込んだ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LTM4603HVのデザインは、12V入力から10A/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。10A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2.5A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

LTM4603HVは低出力電圧リップル用に設計されています。C<sub>OUT</sub>として定義されているバルク出力コンデンサは、出力電圧リップルと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<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 $\mu$ F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の追加を要求するかもしれません。異なる出力電圧と、3A/ $\mu$ 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。

並列接続した複数のLTM4603HVデバイスを使ったマルチフェーズ動作は、相互に挟み込んだレギュレータ動作により、実効出力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・デザインの各LTM4603HVのインダクタ電流は「インダクタのリップルとデューティ・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<sub>SET</sub>からグラ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2Aになります。

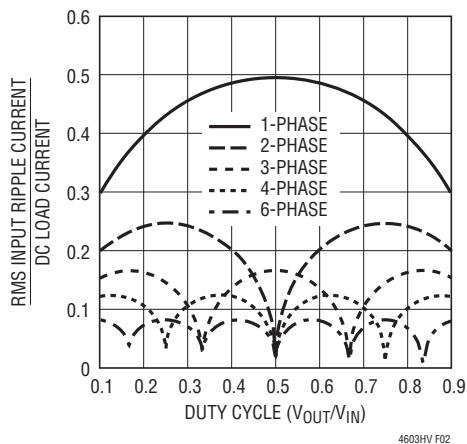


図2. 正規化された入力RMSリップル電流と1～6個のモジュール(フェーズ)のデューティ・サイクル

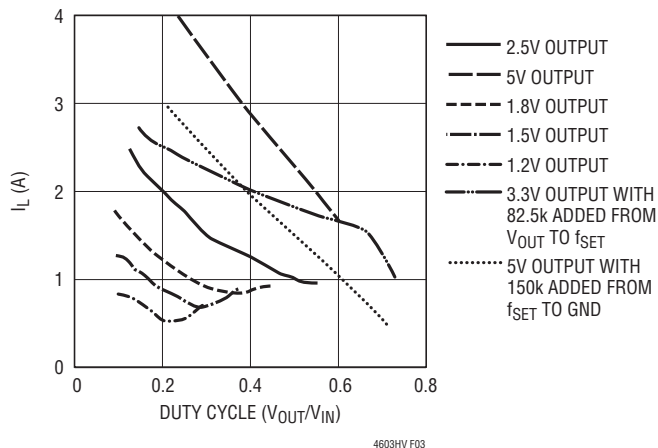
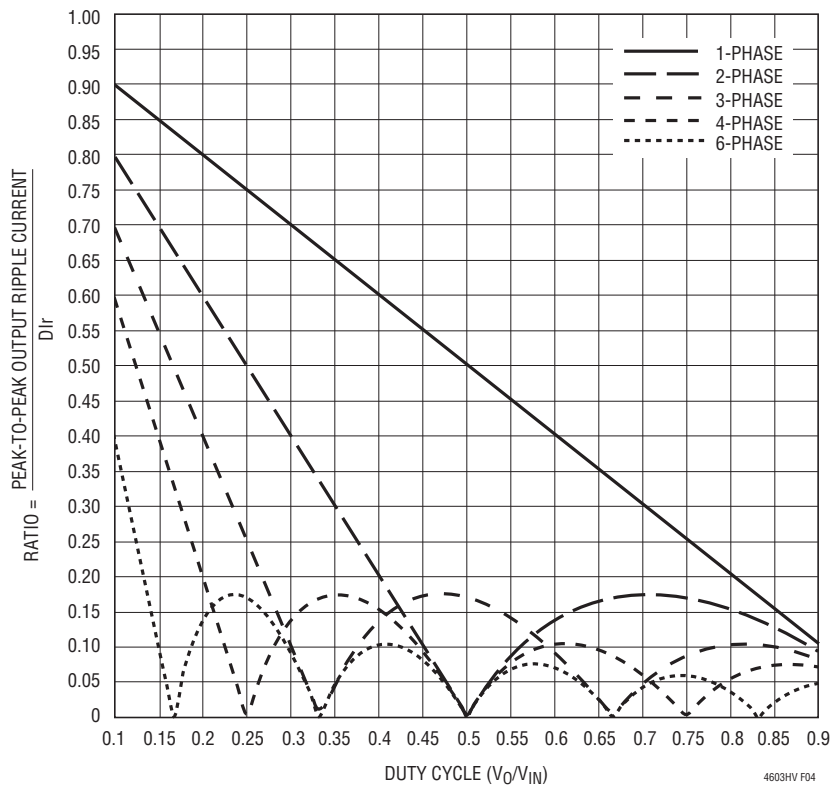


図3. インダクタのリップル電流とデューティ・サイクル

## アプリケーション情報

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 ( $Dir = V_0 T / L_i$ )

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。2A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、1.2A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。

出力電圧リップルには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、出力電圧リップル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、 $\Delta V_{OUT(P-P)} \approx (\Delta I_L / (8 \cdot f \cdot m \cdot C_{OUT}) + ESR \cdot \Delta I_L)$  となります。ここで、 $f$ は周波数、 $m$ は並列位相数です。この計算手順はリニアテクノロジーの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

LTM4603HVには電流モード・コントローラが備わっており、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、LTM4603HV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。

## 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かを与えます。このピンに接続されたコンデンサが出力電圧のランプ・レートを設定します。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差し引いた値の80%に充電します。これにより内部リファレンスと出

## アプリケーション情報

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推定できます。

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

RUNピンが1.5Vより下に下がると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時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イ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可能です。

### 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。

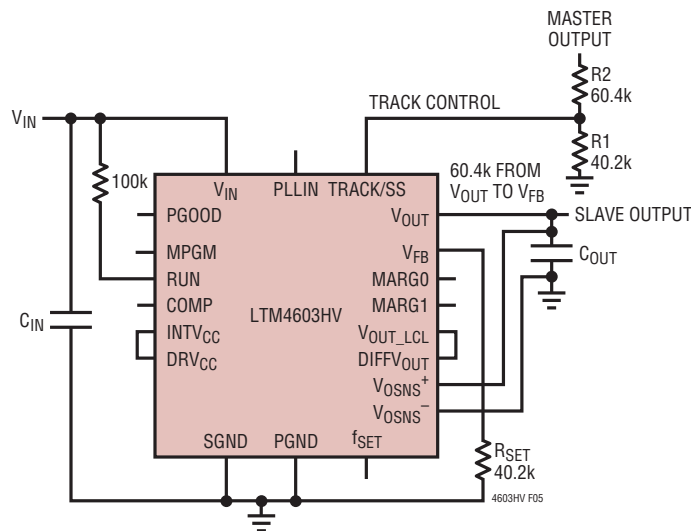


図5. 同時トラッキングの回路図

### 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。

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

簡略ブロック図(図1)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、マーキ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のピンです。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。ほとんどのアプリケーションの要件に対して表2が与えられています。制御ループの最適化のためにLTpowerCADが与えられます。

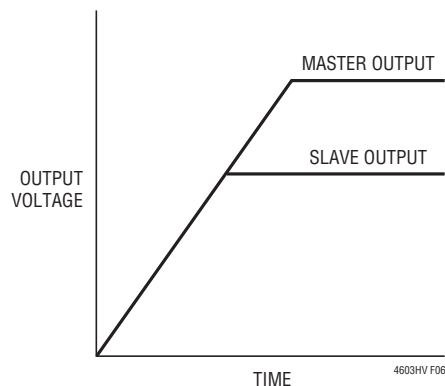


図6. 同時出力トラッキングの特性

## アプリケーション情報

### 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 1MHz の動作周波数の周り  $\pm 30\%$  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・ソースから駆動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<sub>CC</sub> と DRV<sub>CC</sub> 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<sub>CC</sub> 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 電源レールがあれば、LTM4603HV は V<sub>IN</sub> から直接電力供給を受けられます。LDO からのゲート・ドライバ電流は約 20mA です。内部 LDO の電力損失は次のように計算されます。

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

LTM4603HV は外部ゲート・ドライバ電圧ピン DRV<sub>CC</sub> も備えています。システムに 5V レールがあれば、DRV<sub>CC</sub> 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<sub>CC</sub> 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<sub>CC</sub> ピンに給電することができます。

### モジュールの並列動作

LTM4603HV 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。これは、デザインの上昇温暖気流をバランスさせます。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。

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

n は並列に接続したモジュールの個数です。

### 熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

図 7 と図 8 の電力損失の曲線は、図 9 ~ 図 12、および図 13 ~ 図 16 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を使ったモジュールの  $\theta_{JA}$  を概算するのに利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  $\theta_{JA}$  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ではケース温度

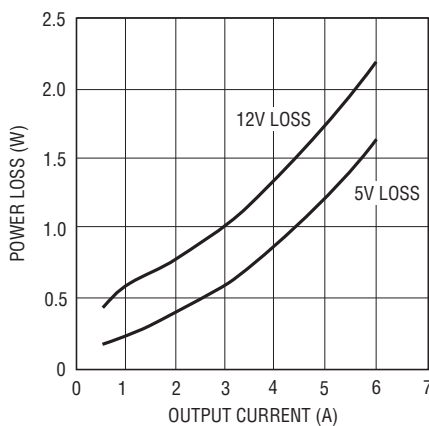


図 7. 1.5V の電力損失

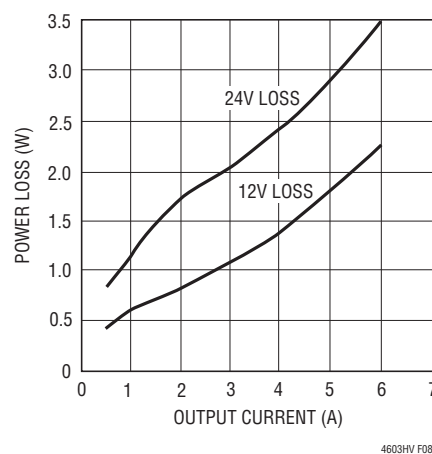


図 8. 3.3V の電力損失

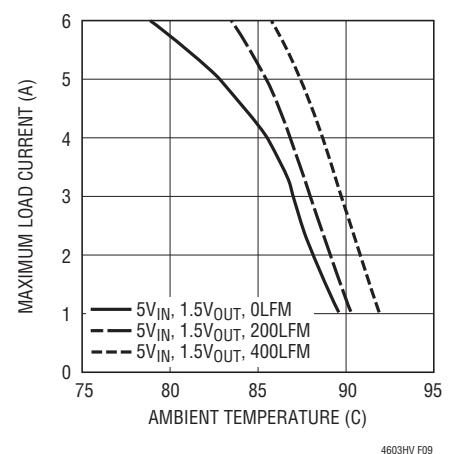


図 9. ヒートシンクなし

## アプリケーション情報

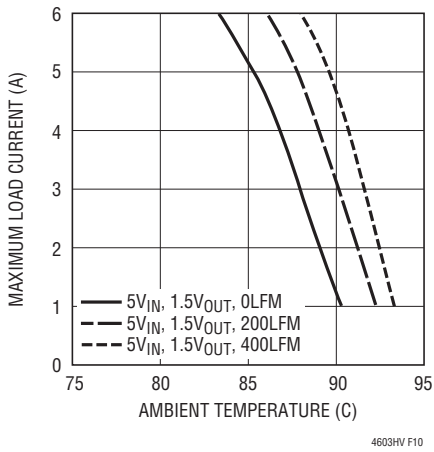


図 10. BGA ヒートシンク

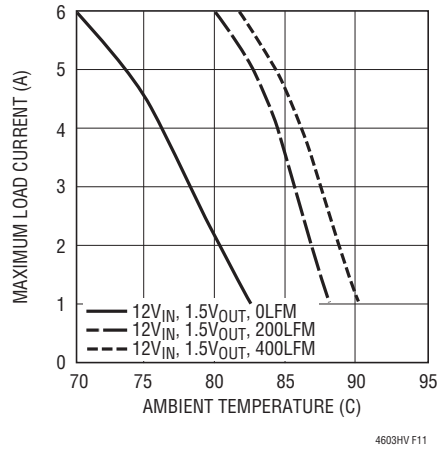


図 11. ヒートシンクなし

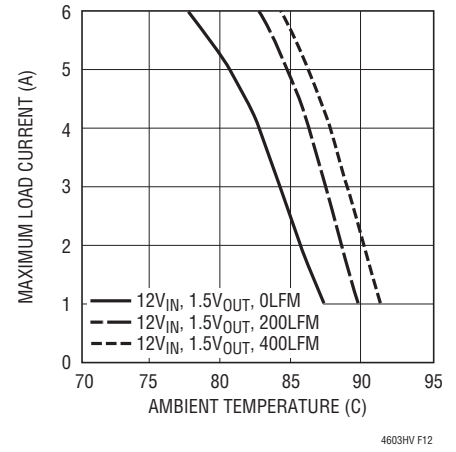


図 12. BGA ヒートシンク

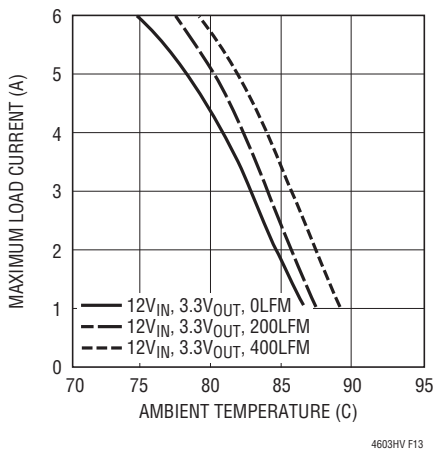


図 13. ヒートシンクなし

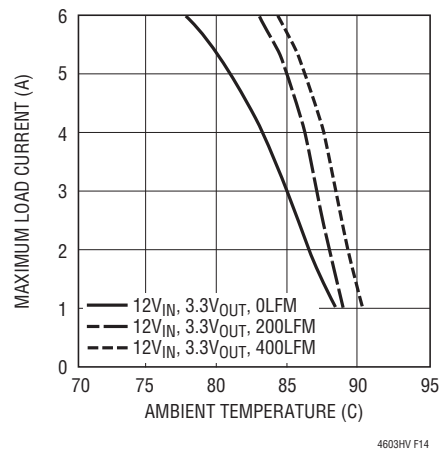


図 14. BGA ヒートシンク

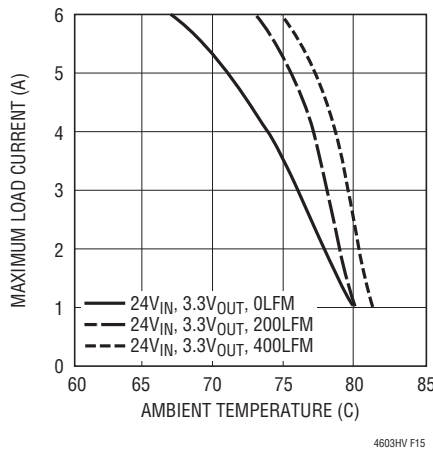


図 15. ヒートシンクなし

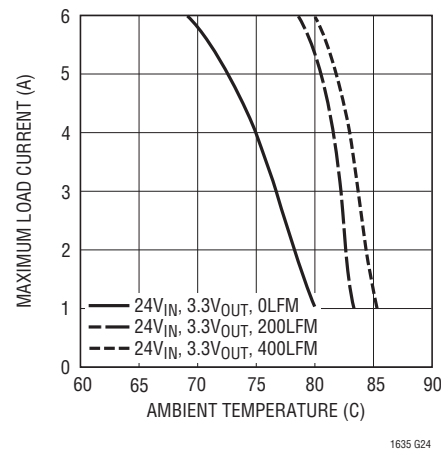


図 16. BGA ヒートシンク



## 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20を参照)

標準的測定値			
C <sub>OUT1</sub> VENDORS	PART NUMBER	C <sub>OUT2</sub> VENDORS	PART NUMBER
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POSCAP	6TPE220MIL (220 $\mu$ F, 6.3V)
TAIYO YUDEN	JMK325BJ476MM-T (47 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POSCAP	2R5TPE330M9 (330 $\mu$ F, 2.5V)
TDK	C3225X5R0J476M (47 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POSCAP	4TPE330MCL (330 $\mu$ F, 4V)

V <sub>OUT</sub> (V)	C <sub>IN</sub> (CERAMIC)	C <sub>IN</sub> (BULK)	C <sub>OUT1</sub> (CERAMIC)	C <sub>OUT2</sub> (BULK)	V <sub>IN</sub> (V)	DROOP (mV)	PEAK TO PEAK (mV)	RECOVERY TIME ( $\mu$ s)	LOAD STEP (A/ $\mu$ s)	R <sub>SET</sub> (k $\Omega$ )
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	5	34	68	30	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	5	22	40	26	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	5	20	40	24	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	5	32	60	18	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	34	68	30	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	12	22	40	26	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	12	20	39	24	3	60.4
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	12	29.5	55	18	3	60.4
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	5	35	70	30	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	5	25	48	30	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	5	24	47.5	26	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	5	36	68	26	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	35	70	30	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	12	25	48	30	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	12	24	45	26	3	40.2
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	12	32.6	61.9	26	3	40.2
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	5	38	76	37	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	5	29.5	57.5	30	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	5	28	55	26	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	5	43	80	26	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	38	76	37	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 2.5V	12	28	55	30	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	12	27	52	26	3	30.1
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	12	36.4	70	26	3	30.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	5	38	78	40	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	5	37.6	74	34	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	5	39.5	78.1	28	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	5	66	119	12	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	38	78	40	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	34.5	66.3	34	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	12	35.8	68.8	28	3	19.1
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	12	50	98	18	3	19.1
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	7	42	86	40	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	7	47	89	32	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	7	50	94	28	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	7	75	141	14	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	42	86	40	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 4V	12	47	88	32	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	220 $\mu$ F 6.3V	12	50	94	28	3	13.3
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	12	69	131	22	3	13.3
5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	15	110	215	20	3	8.25
5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 35V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 47 $\mu$ F 6.3V	NONE	20	110	217	20	3	8.25

# LTM4603HV

## アプリケーション情報

表 3. 1.5V 出力

ディレーティング曲線	V <sub>IN</sub> (V)	電力損失曲線	エアフロー(LFM)	ヒートシンク	θ <sub>JA</sub> (°C/W)
図9、図11	5、12	図7	0	なし	15.2
図9、図11	5、12	図7	200	なし	14
図9、図11	5、12	図7	400	なし	12
図10、図12	5、12、20	図7	0	BGAヒートシンク	13.9
図10、図12	5、12、20	図7	200	BGAヒートシンク	11.3
図10、図12	5、12、20	図7	400	BGAヒートシンク	10.25

表 4. 3.3V 出力

ディレーティング曲線	V <sub>IN</sub> (V)	電力損失曲線	エアフロー(LFM)	ヒートシンク	θ <sub>JA</sub> (°C/W)
図13、図15	12、24	図8	0	なし	15.2
図13、図15	12、24	図8	200	なし	14.6
図13、図15	12、24	図8	400	なし	13.4
図14、図16	12、24	図8	0	BGAヒートシンク	13.9
図14、図16	12、24	図8	200	BGAヒートシンク	11.1
図14、図16	12、24	図8	400	BGAヒートシンク	10.5

### ヒートシンク・メーカー

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

## アプリケーション情報

が100°C以下に保たれています。このため、上面と底面にヒートシンクを付けた全モジュールで4Wの最大電力損失を許容し、 $\theta_{JC}$ がおよそ6°C/W～9°C/Wのモジュールの上面を通して2Wの電力損失を許容します。これはデバイスの接合部で合計124°Cに相当します。

### 安全性に関する検討事項

LTM4603HV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。必要なら、各ユニットを致命的損傷から保護するため、最大入力電流の2倍の定格の低速溶断ヒューズを使う必要があります。

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4603HVは高度に一体化されていますので、PCBボードのレイアウトが非常に簡単で容易です。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ウンド・レイヤを配置します。

- ビアの導通損失を最小に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ・レイヤと他の電源レイヤの間の相互接続に多数のビアを使います。
- パッドの上に直接ビアを置かないでください。
- ビアをパッドに置く場合、ビアを充填する必要があります。
- 必要なら格子間ビア配置も使うことができます。
- 信号ピンに接続された部品には、別のSGNDグラウ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。

推奨レイアウトの良い例を図17に示します。

### 周波数の調節

LTM4603HVはほとんどの入力条件で一般に1MHzで動作するように設計されています。fSETピンは一般に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。1MHz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。5Vと3.3Vのドロップアウト曲線は、もっと広い入力電圧の動作を可能にするため外部抵抗をfSETピンに追加して修正されます。

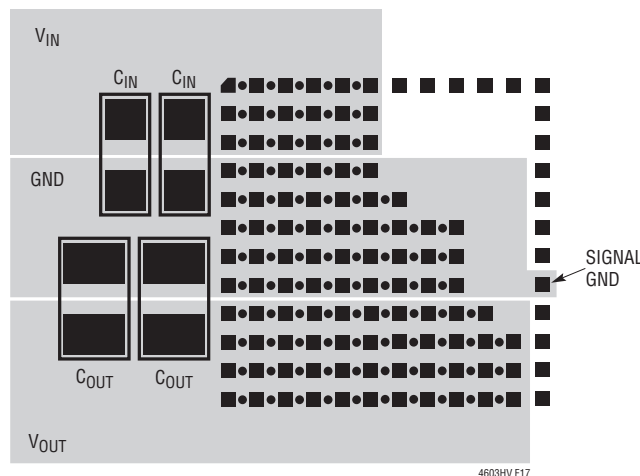


図17. 推奨レイアウト

## アプリケーション情報

### 5V出力の例

LTM4603HVの最小オン時間 = 100ns;

$t_{ON} = ((V_{OUT} \cdot 10\text{pf})/I_{fSET})$ , for  $V_{OUT} > 4.8\text{V}$  use 4.8V

LTM4603HV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 入力動作では,  $I_{fSET} = 281\mu\text{A}$ ,  $t_{ON} = ((4.8\text{V} \cdot 10\text{pf})/I_{fSET})$ ,  $t_{ON} = 171\text{ns}$ , ここで内部  $R_{fSET}$  は 33.2k です。周波数 =  $(V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})) = (5\text{V}/(28\text{V} \cdot 171\text{ns})) \sim 1\text{MHz}$  です。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、18%のデューティ・サイクルで4A以上として、「インダクタのリップル電流とデューティ・サイクル」のグラフに示されています。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。3A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3A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5Aに制限されているので、合計ピーク電流は6.5A以下です。これは8Aの規定ピーク値以下です。150kの抵抗が  $f_{SET}$  からグラウンドに接続されており、150kと33.2kの並列組合せは27.2kに等しくなります。27.2kと28Vの入力電圧を使って  $I_{fSET}$  を計算すると343 $\mu\text{A}$ に等しくなります。これは140ns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1MHzから約1.28MHz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、低い方の入力電圧範囲は1.28MHz動作では10Vに制限されます。式:  $t_{ON} = (V_{OUT}/V_{IN}) \cdot (1/\text{周波数})$  は382nsのオン時間と400nsのオフ時間を与えます。「 $V_{IN}$ から $V_{OUT}$ の降圧比」の曲線は、150k抵抗をグラウンドに接続した1.28MHz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の動作範囲を反映しています。これらの修正がなされているのは、5V出力の設計で、インダクタ・リップル電流を制限し、400nsのオフ時間を維持しながら、入力電圧範囲を広げるためです。

### 3.3V出力の例

LTM4603HVの最小オン時間 = 100ns;

$t_{ON} = ((3.3\text{V} \cdot 10\text{pF})/I_{fSET})$

LTM4603HV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 入力動作では,  $I_{fSET} = 281\mu\text{A}$ ,  $t_{ON} = ((3.3\text{V} \cdot 10\text{pF})/I_{fSET})$ ,  $t_{ON} = 117\text{ns}$ , ここで内部  $R_{fSET}$  は 33.2k です。周波数 =  $(V_{OUT}/(V_{IN} \cdot t_{ON})) = (3.3\text{V}/(28\text{V} \cdot 117\text{ns})) \sim 1\text{MHz}$  です。最小オン時間と最小オフ時間は117nsと883nsで規定内です。ただし、3.3V出力の動作の4.5V最小入力は、400nsの最小オフ時間の仕様、 $t_{ON} = 733\text{ns}$ 、周波数 = 1MHz、 $t_{OFF} = 267\text{ns}$ 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 = ~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 $\mu\text{s}$ )では540kHzに下げする必要があります。 $f_{SET}$ ピンの電圧コンプライアンスは  $V_{IN}$ の1/3、 $I_{fSET}$ 電流は内部33.2kで45 $\mu\text{A}$ に等しくなります。 $I_{fSET}$ 電流は540kHz動作では24 $\mu\text{A}$ にする必要があります。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 $\mu\text{A}$ 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、82.5kの抵抗は21 $\mu\text{A}$ を  $f_{SET}$ ノードにソースし、 $I_{fSET}$ 電流を24 $\mu\text{A}$ に下げます。これにより、図19に示されているように、3.3V出力への降圧変換のための540kHz動作と、4.5V~28Vの入力動作が可能になります。周波数はこの入力範囲にわたって540kHz~1.27MHzで調節されます。これにより、入力範囲にわたって5Aの実効出力電流が与えられます。

標準的応用例

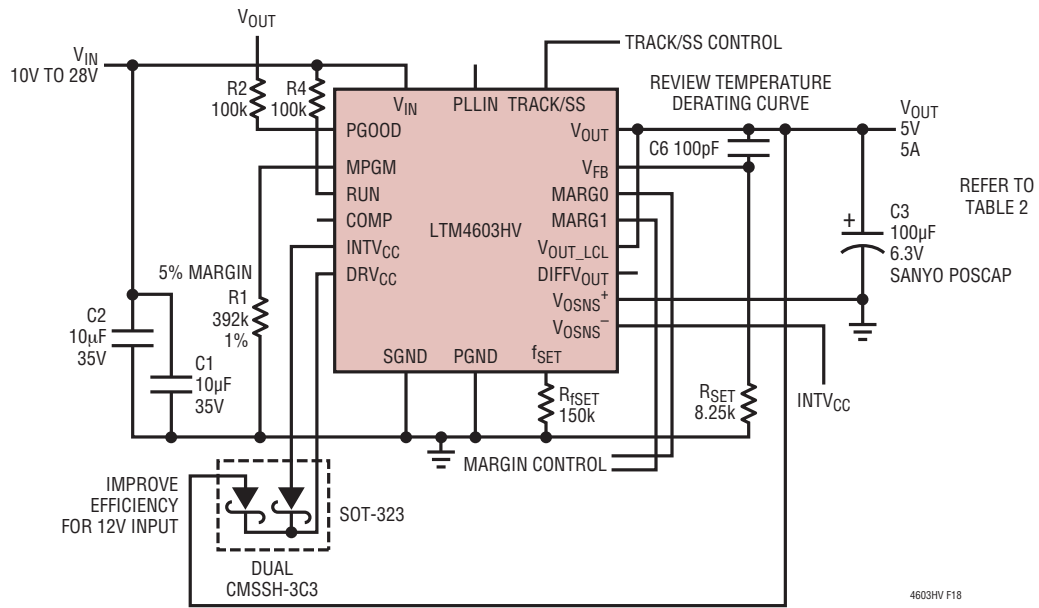


図 18. 5V/5A のデザイン

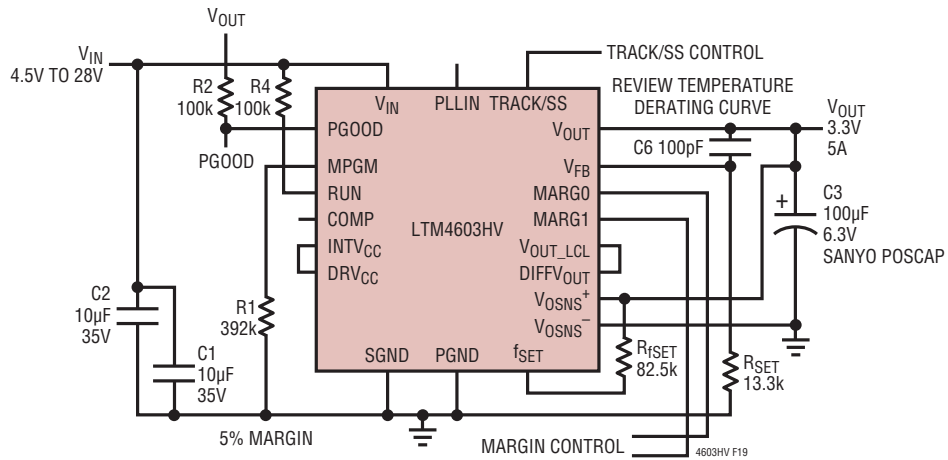


図 19. 3.3V/5A のデザイン

## 標準的応用例

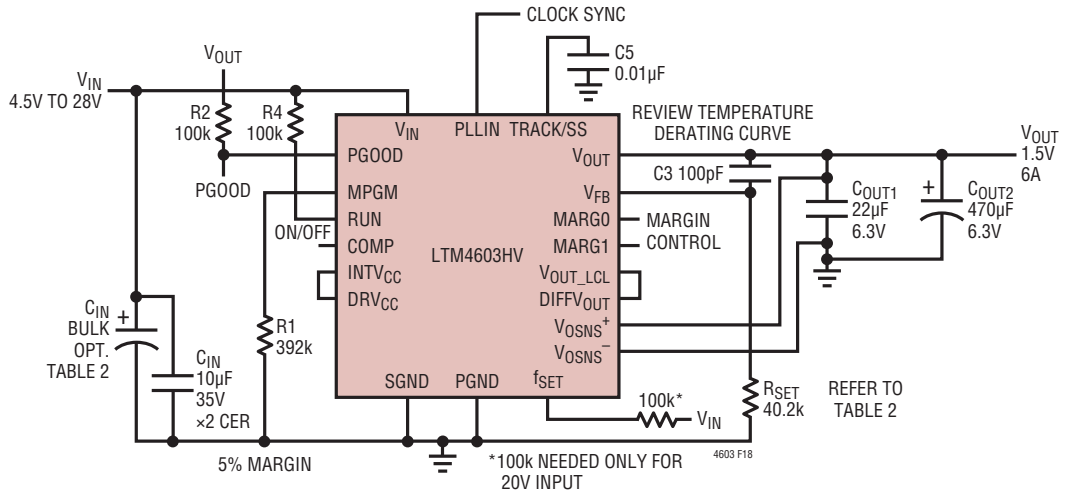


図 20. 4.5V ~ 28VIN、1.5V/6A の標準的デザイン

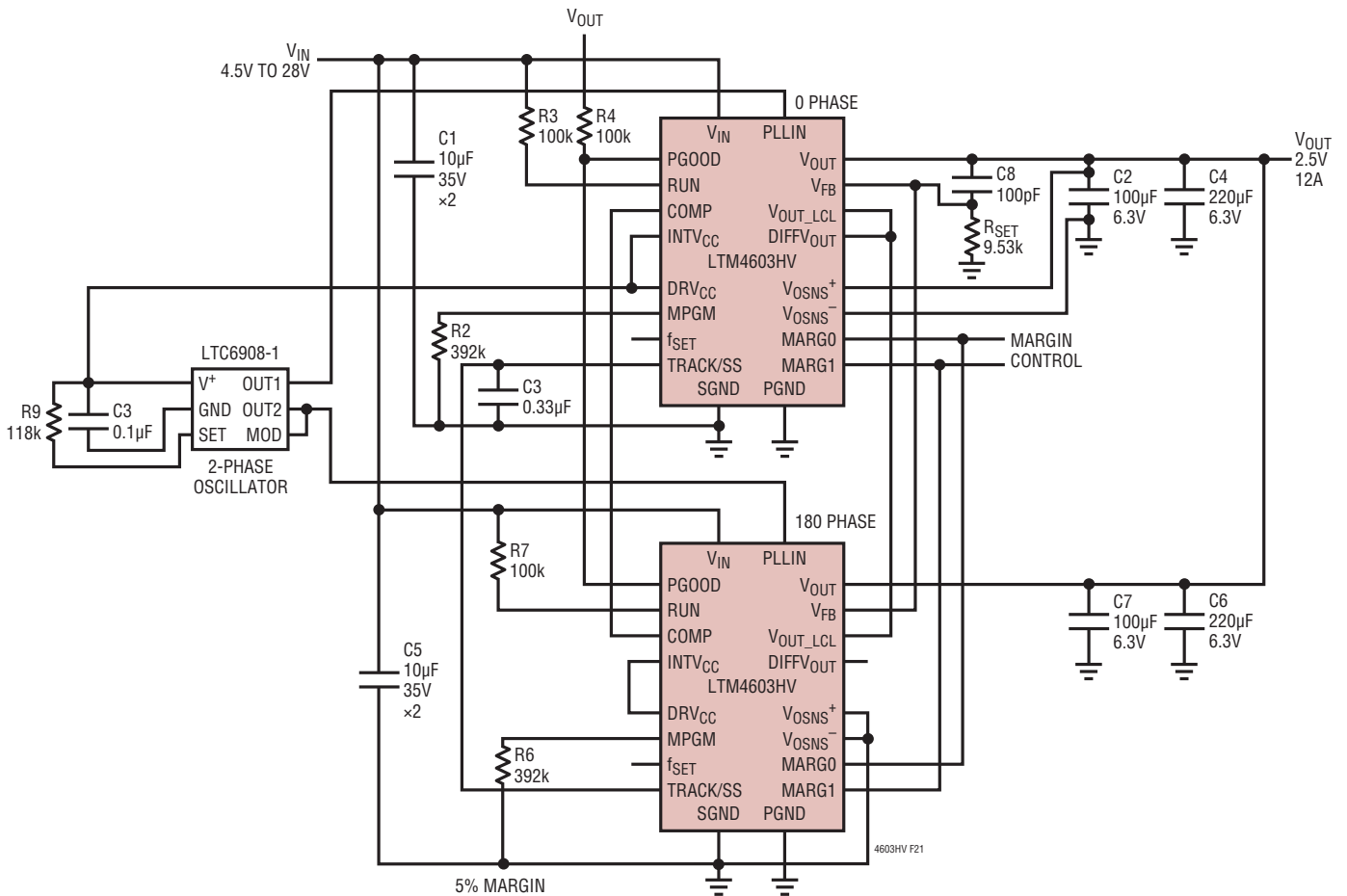


図 21. 2フェーズ、並列 2.5V/12A のデザイン

## 標準的応用例

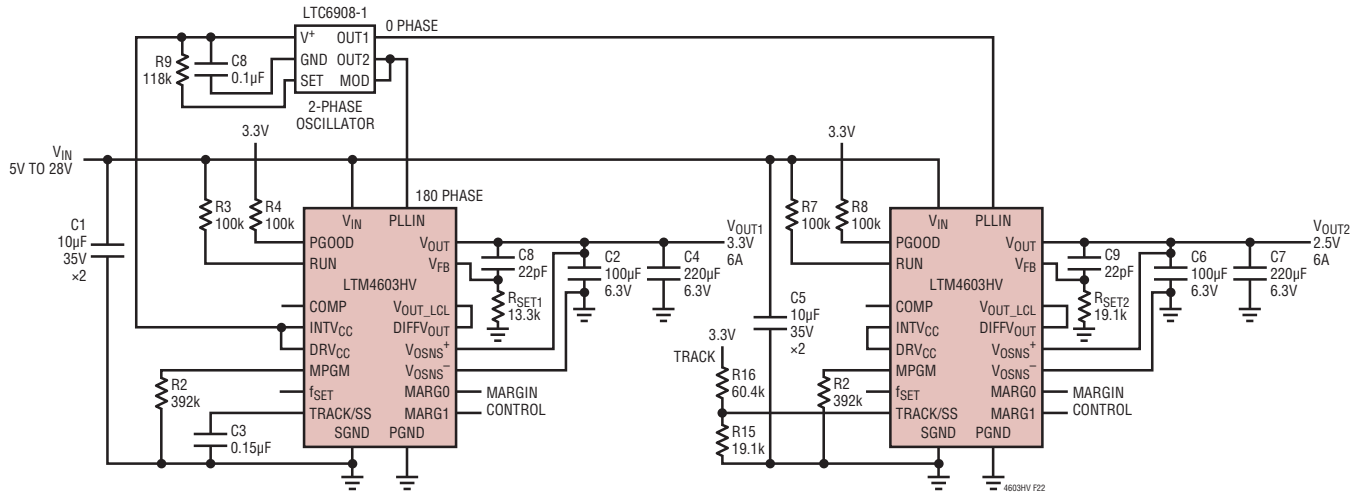


図 22. トラッキング機能付き、2フェーズ、3.3Vと2.5V出力(6A)

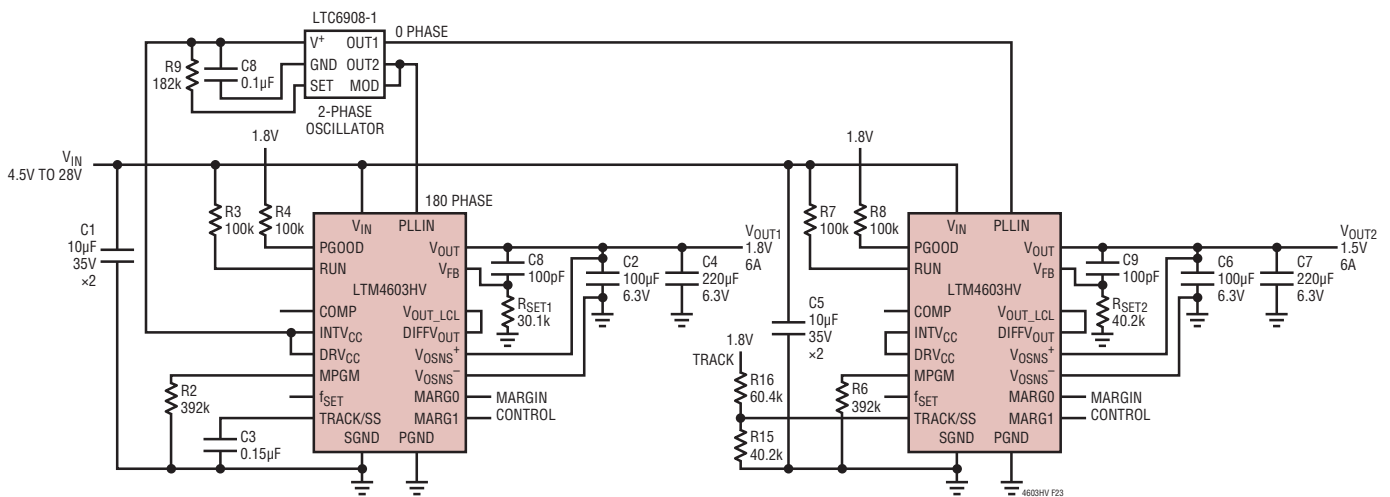
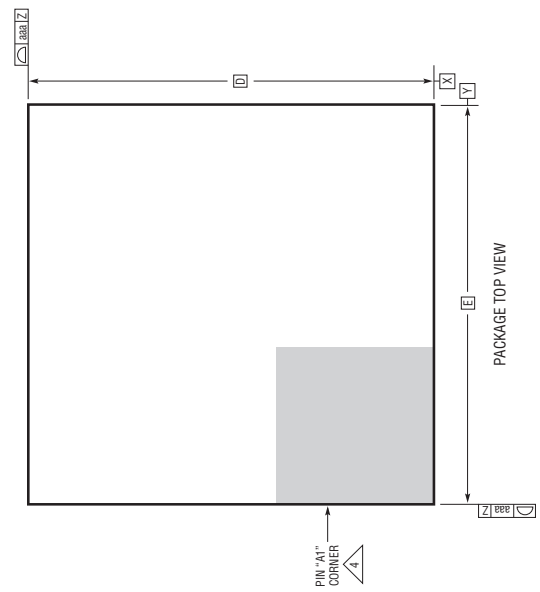
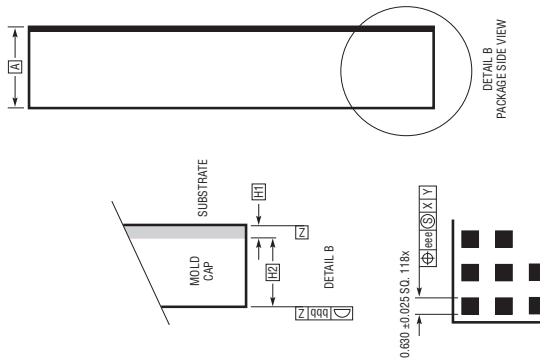
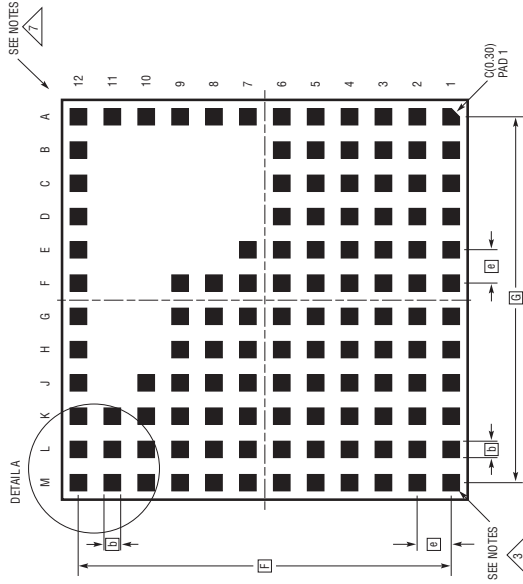


図 23. トラッキング機能付き、2フェーズ、1.8Vと1.5V出力(6A)

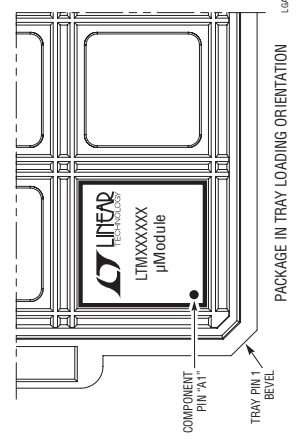
## パッケージ

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

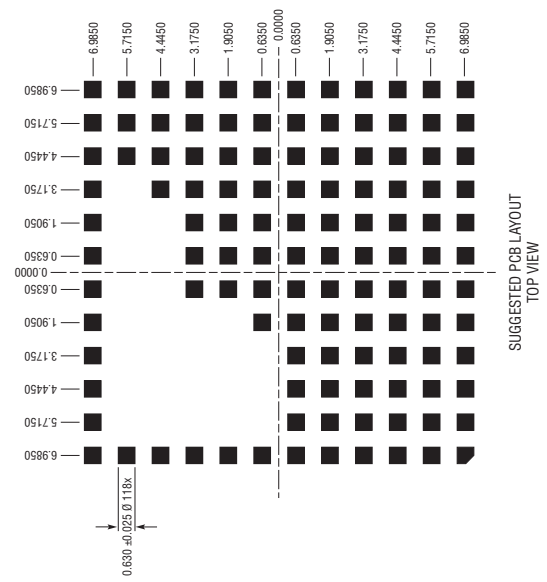
### LGA Package 118-Lead (15mm × 15mm × 2.82mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1801 Rev B)



- NOTES:
1. 寸法と許容公差は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. パッド側の識別マークの詳細はオプションだが、示された領域内にはなければならない。パッド側の識別マークはモールドまたはマーキングにすることができる
  5. 主ターム・Zはシューティングプレーン
  6. パッドの総数: 118
  7. 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



DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	2.72	2.82	2.92	
b	0.60	0.63	0.66	
D		15.00		
E		15.00		
e		1.27		
F		13.97		
G		13.97		
H1	0.27	0.32	0.37	
H2	2.45	2.50	2.55	
aaa		0.15		
bbb		0.10		
eee		0.05		
TOTAL NUMBER OF LGA PADS: 118				





## 改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	6/14	「絶対最大定格」を更新。 「発注情報」の表を更新。 「電気的特性」の表を更新。 「ピン機能」の情報を更新。 「出力電圧のプログラミングとマージニング」セクションを更新。 「PLLIN」セクションを更新。 「アプリケーション情報」セクションを更新。 図18を更新。	2 2 2~4 7~8 11 15 20 21

# LTM4603HV

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
<a href="#">LTC2900</a>	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
<a href="#">LTC2923</a>	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
<a href="#">LT3825/LT3837</a>	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
<a href="#">LTM4600</a>	10A DC/DC $\mu$ Module	高速過渡応答
<a href="#">LTM4601</a>	12A DC/DC $\mu$ Module	PLL、出力トラッキングおよびマーージニング機能付きLTM4603HVとピン互換
<a href="#">LTM4602</a>	6A DC/DC $\mu$ Module	LTM4600とピン互換
<a href="#">LTM4603</a>	トラッキングPLL/マーージニング機能付き 6A DC/DC $\mu$ Module	LTM4601とピン互換