



# 超低入力電圧の 15A DC/DC $\mu$ Module レギュレータ

## 特長

- スイッチモード電源
- 入力電圧範囲: 1.5V ~ 5.5V
- 15AのDC出力電流 
- 出力電圧範囲: 0.8V ~ 5V
- 全DC出力誤差:  $\pm 1.5\%$
- 差動リモートセンスによる高精度レギュレーション
- 電流モード制御/高速過渡応答
- 過電流フォールドバックによる保護
- 複数のLTM<sup>®</sup>4611の並列接続による電流分担
- 周波数同期
- バルススキップ動作またはBurst Mode<sup>®</sup>動作を選択可能
- ソフトスタート/電圧トラッキング
- 効率: 最大94% 
- 出力過電圧保護
- 小型 15mm $\times$ 15mm $\times$ 4.32mm LGAパッケージ

## アプリケーション

- テレコム・サーバやネットワーク機器
- ストレージ・カードやATCAカード
- 汎用ポイントオブロード・レギュレーション

## 概要

LTM<sup>®</sup>4611は、非常に低電圧の入力電源で動作可能な、高集積の15A出力、スイッチモードDC/DC降圧コンバータ電源で、降圧スイッチング・コントローラ、パワーFET、インダクタ、ループ補償部品をパッケージに搭載しています。LTM4611は1.5V~5.5Vの入力電圧で動作し、高効率で最大15Aの連続電流を供給します。出力電圧は、抵抗を使用して0.8V~5Vの範囲で設定されます。必要なのは、数個の入力および出力コンデンサのみです。

高いスイッチング周波数と電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく、入力および負荷の変動に対する高速過渡応答が可能です。このデバイスは周波数同期、マルチフェーズ/電流分担動作、Burst Mode動作、電源レールのシーケンス制御のための出力電圧トラッキングをサポートしています。

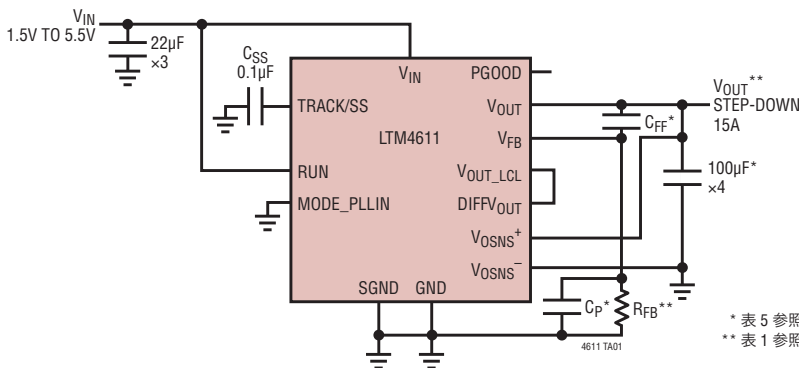
LTM4611は熱特性が改善された15mm $\times$ 15mm $\times$ 4.32mm LGAパッケージで供給され、鉛フリーで、RoHSに準拠しています。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linearのロゴ、Burst Mode、PolyPhaseおよび $\mu$ Moduleはリニアテクノロジー社の登録商標です。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って保護されています。

 をクリックすると、関連するビデオクリップをご覧いただけます。

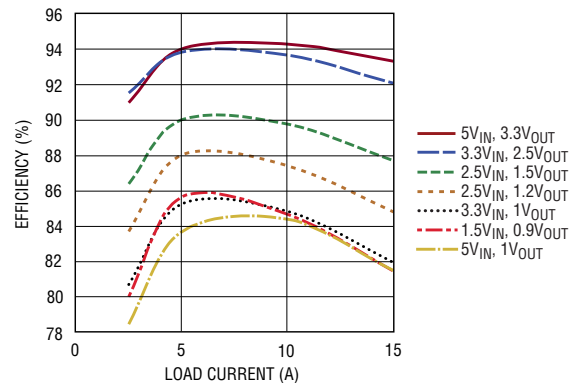
## 標準的応用例

1.5V~5.5V入力の15A降圧DC/DC  $\mu$ Module<sup>®</sup>レギュレータ



\* 表 5 参照  
\*\* 表 1 参照

効率と負荷電流



4611 TA01b

# LTM4611

## 絶対最大定格

(Note 1)

端子電圧

$V_{IN}$ .....-0.2V ~ 6V

$V_{OUT}$  (差動アンプあり)  
.....-0.1V ~ ( $V_{IN} + 0.1V$ ) と 4V の低い方

$V_{OUT}$  (差動アンプなし)  
.....-0.1V ~ ( $V_{IN} + 0.1V$ ) と 5.5V の低い方

RUN、INTV<sub>CC</sub>、 $V_{OUT\_LCL}$ ..... 6V  
MODE\_PLLIN、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>、TRACK/SS、

$V_{OSNS-}$ 、 $V_{OSNS+}$ 、PGOOD.....-0.3V ~ 5.5V

COMP、 $V_{FB}$ .....-0.3V ~ 2.7V

端子電流

DIFFV<sub>OUT</sub>.....-10mA ~ 1mA

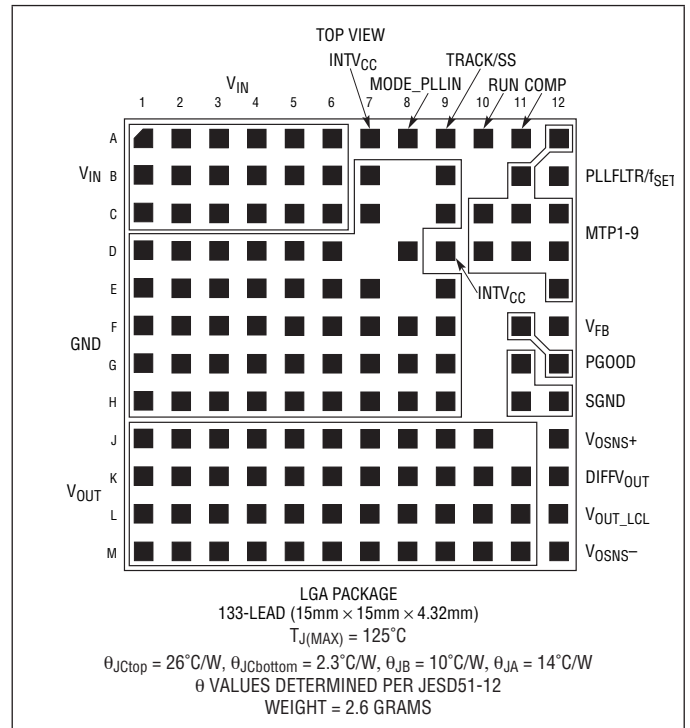
温度

動作接合部温度範囲 (Note 2).....-40°C ~ 125°C

保存温度範囲.....-55°C ~ 125°C

半田リフローのピーク・ボディ温度 (Note 3).....250°C

## ピン配置



## 発注情報

鉛フリー仕様	トレイ	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTM4611EV#PBF	LTM4611EV#PBF	LTM4611V	133-Lead (15mm × 15mm × 4.32mm) LGA	-40°C to 125°C
LTM4611IV#PBF	LTM4611IV#PBF	LTM4611V	133-Lead (15mm × 15mm × 4.32mm) LGA	-40°C to 125°C

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

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

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

## 電气的特性

●は全内部動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$  での値。図21の標準的応用例の構成による。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>入力の仕様</b>						
$V_{IN}$	Input DC Voltage		● 1.5		5.5	V
$V_{RUN}$	RUN Pin On Threshold	$V_{RUN}$ Rising	● 1.1	1.22	1.35	V
$V_{RUNHYS}$	RUN Pin On Hysteresis			80		mV
$V_{RUN(FLOAT)}$	RUN Pin Voltage when Floating		3.4	3.65	4	V
$I_{RUN(UP,1V)}$	RUN Pin Pull-Up Current (RUN = 1V)			1.1		$\mu\text{A}$
$I_{RUN(UP,1.5V)}$	RUN Pin Pull-Up Current (RUN = 1.5V)			10		$\mu\text{A}$
$I_{RUN(DOWN,5V)}$	RUN Pin Pull-Down Current (RUN = 5V)			1		nA
$I_Q$	Input Supply Bias Current	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , Burst Mode Operation, $I_{OUT} = 0.1\text{A}$ $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , Pulse-Skipping Mode, $I_{OUT} = 0.1\text{A}$ $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , Switching Continuous, $I_{OUT} = 0.1\text{A}$ Shutdown, RUN = 0V		70 140 145 1.1		$\text{mA}$ $\text{mA}$ $\text{mA}$ $\text{mA}$
$I_S(V_{IN})$	Input Supply Current	$V_{IN} = 2.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 15\text{A}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 15\text{A}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 15\text{A}$ $V_{IN} = 1.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 0.8\text{V}$ , $I_{OUT} = 15\text{A}$		10.4 7.9 5.3 10.2		A A A A
<b>出力の仕様</b>						
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage, Total Variation with Line and Load	Utilizing DIFF_AMP, $R_{FB} = \text{Not Used}$ , $V_{IN} = 1.5\text{V}$ to $5.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ to $15\text{A}$ (Note 4), $R_{FB}$ Electrically Floating, MODE_PLLIN = GND	● 0.785 0.781	0.797 0.797	0.809 0.813	V V
$V_{OUT(RANGE)}$	Utilizing DIFF_AMP	(Example See Figure 21)			3.7	V
	Not Utilizing DIFF_AMP	(Example See Figure 20)			5.4	V
$I_{OUT(DC)}$	Output Continuous Current Range	$V_{OUT} = V_{FB}$ (Note 4)		0	15	A
$\frac{\Delta V_{OUT}(\text{Line})}{V_{OUT}}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = V_{FB}$ , $V_{IN}$ from $1.5\text{V}$ to $5.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$	●		0.3	%
$\frac{\Delta V_{OUT}(\text{Load})}{V_{OUT}}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ to $15\text{A}$ , $V_{IN} = 3.3\text{V}$ (Note 4)	●	0.2	0.5	%
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F} \times 4$ X5R Ceramic, $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		8		mV <sub>p-p</sub>
$\Delta V_{OUT(START)}$	Turn-On Overshoot	$C_{OUT} = 100\mu\text{F} \times 4$ X5R Ceramic, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $C_{SS} = 1\text{nF}$		5		mV
$t_{START}$	Turn-On Time	$C_{OUT} = 100\mu\text{F} \times 4$ X5R Ceramic, No Load, $C_{SS} = 1\text{nF}$ , $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		500		$\mu\text{s}$
$\Delta V_{OUTLS}$	Peak Deviation for Dynamic Load	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F} \times 4$ X5R Ceramic, $C_{FF} = 100\text{pF}$		60		mV
$t_{SETTLE}$	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F} \times 4$ X5R Ceramic, $C_{FF} = 100\text{pF}$		40		$\mu\text{s}$
$I_{OUT(PK)}$	Output Current Limit	$V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		30 30		A A

# LTM4611

## 電気的特性

●は全内部動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ での値。図21の標準的応用例の構成による。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>制御セクション</b>							
$V_{FB}$	Voltage at $V_{FB}$ Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{OUT} = V_{FB}$	● 0.783	0.797	0.811	V	
$I_{FB}$				-10		nA	
$V_{OVL}$	Feedback Overvoltage Lockout		● 0.84	0.87	0.89	V	
$I_{TRACK/SS}$	Track Pin Soft-Start Pull-Up Current	$TRACK/SS = 0\text{V}$		0.9	1.4	1.9	$\mu\text{A}$
$t_{ON(MIN)}$	Minimum On-Time	(Note 5)		90		ns	
$R_{FBHI}$	Resistor Between $V_{OUT\_LCL}$ and $V_{FB}$ Pins		60.05	60.40	60.75	$\text{k}\Omega$	
$V_{OSNS}^+$ , $V_{OSNS}^-$ CM RANGE	Common Mode Input Range	$V_{IN} = 3.3\text{V}$ , Run > 1.5V		0	$INTV_{CC} - 1$	V	
$DIFFV_{OUT}$ Range	$DIFF\_AMP$ Output Voltage Range	$V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $DIFFV_{OUT}$ Load = 100k		0	$INTV_{CC}$	V	
$V_{OS}$	$DIFF\_AMP$ Input Offset Voltage Magnitude				1.25 2	mV mV	
$A_V$	$DIFF\_AMP$ Differential Gain			1		V/V	
$V_{PGOOD}$	PGOOD Trip Level	$V_{FB}$ with Respect to Set Output $V_{FB}$ Ramping Positive, PGOOD Transitioning $\downarrow$ $V_{FB}$ Ramping Positive, PGOOD Transitioning $\uparrow$ $V_{FB}$ Ramping Negative, PGOOD Transitioning $\downarrow$ $V_{FB}$ Ramping Negative, PGOOD Transitioning $\uparrow$	-10 5 5 -10	-7.5 7.5 7.5 -7.5	-5 10 10 -5	% % % %	
SR	$DIFF\_AMP$ Slew Rate			2		V/ $\mu\text{s}$	
GBP	$DIFF\_AMP$ Gain-Bandwidth Product			3		MHz	
CMRR	$DIFF\_AMP$ Common Mode Rejection			100		dB	
$R_{IN}$	$DIFF\_AMP$ Input Resistance	$V_{OSNS+}$ to GND	19.9	20.0	20.1	$\text{k}\Omega$	
<b>INTV<sub>CC</sub> リニア・レギュレータ</b>							
$V_{INTVCC}$	Internal $V_{CC}$ Voltage	$1.5\text{V} < V_{IN} < 5.5\text{V}$	4.8	5	5.2	V	
$V_{INTVCC}$ Load Reg	$INTV_{CC}$ Load Regulation	$I_{CC} = 0$ to 50mA		0.5		%	
<b>発振器とフェーズロック・ループ</b>							
$f_s$	Output Ripple Voltage Frequency	$V_{IN} = 3.3\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $0.85\text{V} \leq PLLFLTR/f_{SET} \leq 2.0\text{V}$	280		835	kHz	
$f_{SYNC}$	SYNC Capture Range		360		710	kHz	
$PLLFLTR/f_{SET(FLOAT)}$	$PLLFLTR/f_{SET}$ Open-Circuit Voltage	$PLLFLTR/f_{SET}$ Pin Voltage When Floating		1.23		V	
Frequency Nominal	Nominal Frequency	$PLLFLTR/f_{SET}$ Floating		500		kHz	
Frequency Low	Lowest Frequency	$PLLFLTR/f_{SET} = 0.85\text{V}$		330		kHz	
Frequency High	Highest Frequency	$PLLFLTR/f_{SET} = 2.0\text{V}$		780		kHz	
$I_{PLLFLTR}$	$PLLFLTR$ Sourcing Capability Sinking Capability	Mode_PLLIN Frequency > $f_{osc}$ Mode_PLLIN Frequency < $f_{osc}$		-13 13		$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$R_{MODE(PLLIN)}$	Mode_PLLIN Input Resistance			250		$\text{k}\Omega$	
$V_{IH}$	Clock Input Level High		2.0			V	
$V_{IL}$	Clock Input Level Low				0.6	V	
Mode_PLLIN Clock	Clock Input Duty Cycle Range		40	50	60	%	

## 電気的特性

**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:** LTM4611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。LTM4611Eは $0^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度( $T_J$ )範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4611は $-40^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

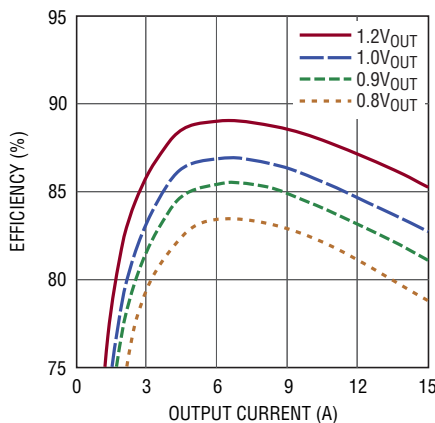
**Note 3:** ピーク温度が $260^\circ\text{C}$ の鉛フリーのIR半田リフロー・プロファイルと矛盾しない。「アプリケーションノート100」を参照。

**Note 4:** 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。

**Note 5:** 最小オン時間の条件は、最大負荷電流の約40%のインダクタのピーク・トゥ・ピーク・リップル電流に対して規定されている。「アプリケーション情報」のセクションを参照

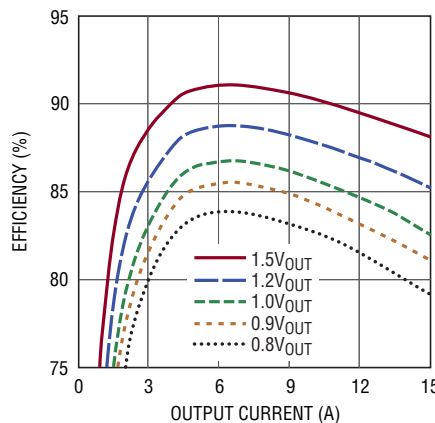
## 標準的性能特性

効率と負荷電流  
( $V_{IN} = 1.5\text{V}$ 、強制連続モード)



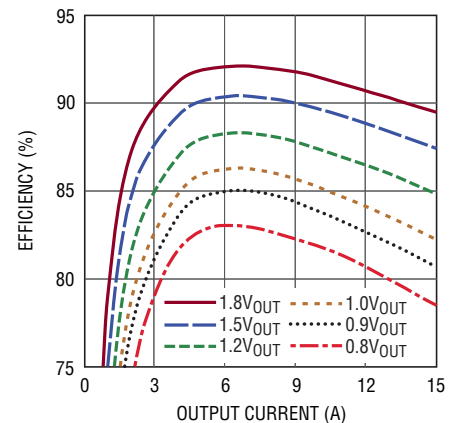
4611 G01

効率と負荷電流  
( $V_{IN} = 1.8\text{V}$ 、強制連続モード)



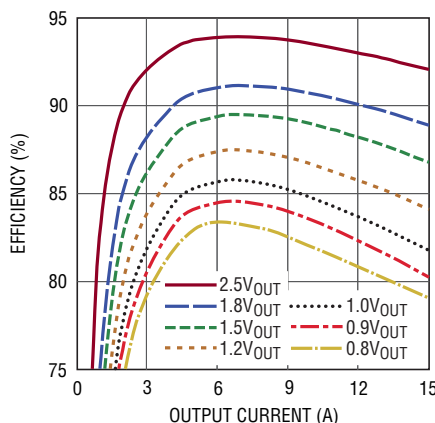
4611 G02

効率と負荷電流  
( $V_{IN} = 2.5\text{V}$ 、強制連続モード)



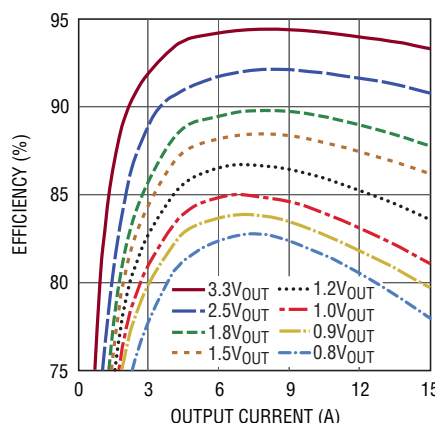
4611 G03

効率と負荷電流  
( $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、強制連続モード)



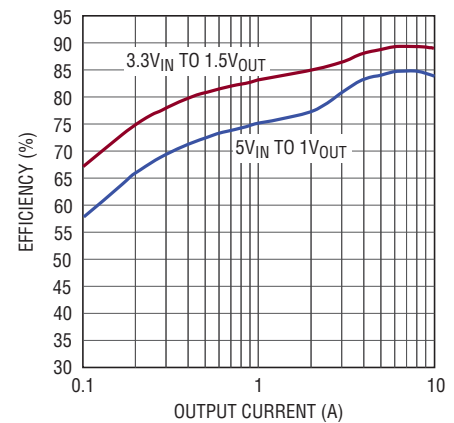
4611 G04

効率と負荷電流  
( $V_{IN} = 5\text{V}$ 、強制連続モード)



4611 G05

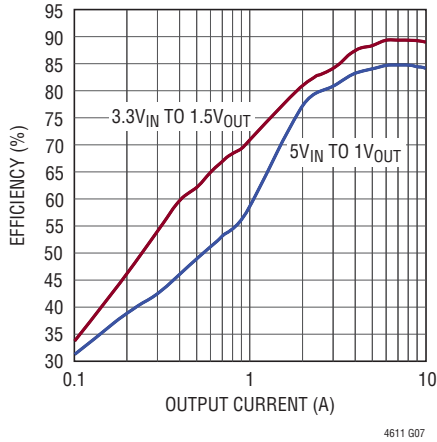
Burst Mode の効率



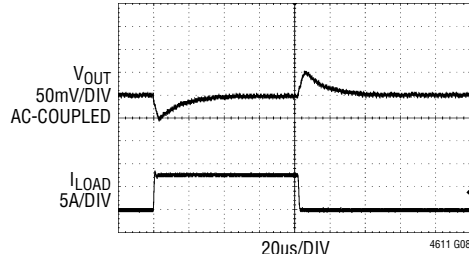
4611 G06

## 標準的性能特性

パルス・スキップ・モードの効率

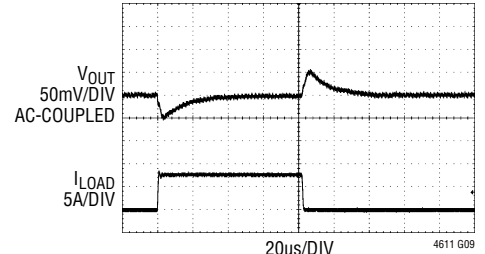


1Vの過渡応答 ( $V_{IN} = 3.3V$ )



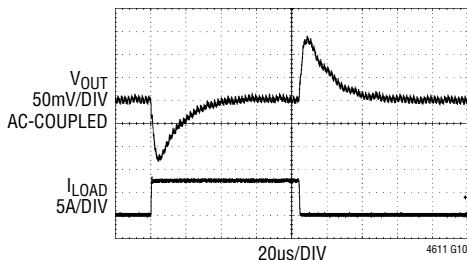
$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1V$ , USING DIFF AMP  
 $4 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 47pF$ ,  $C_P = NONE$   
 $7.5A$  LOAD STEP AT  $7.5A/\mu s$

1Vの過渡応答 ( $V_{IN} = 5V$ )



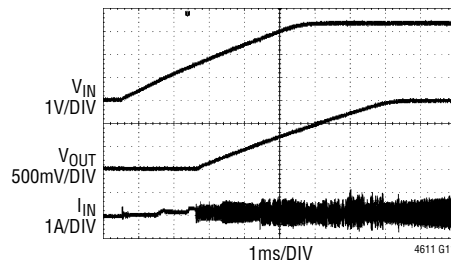
$V_{IN} = 5V$ ,  $V_{OUT} = 1V$ , USING DIFF AMP  
 $4 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 47pF$ ,  $C_P = NONE$   
 $7.5A$  LOAD STEP AT  $7.5A/\mu s$

3.3Vの過渡応答 ( $V_{IN} = 5V$ )



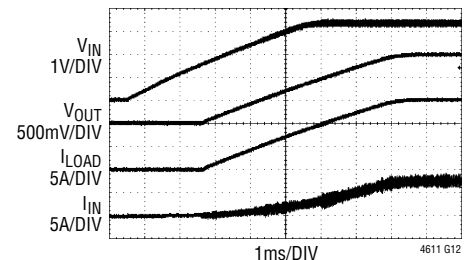
$V_{IN} = 5V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ , USING DIFF AMP  
 $2 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 10pF$ ,  $C_P = NONE$   
 $7.5A$  LOAD STEP AT  $7.5A/\mu s$

起動(無負荷)



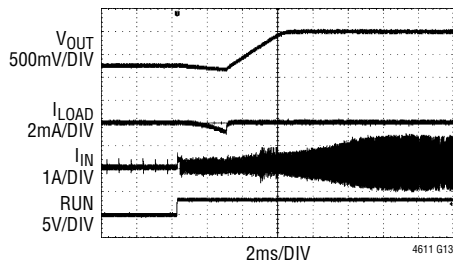
$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1.5V$ , NO LOAD  
 $3 \times 22\mu F$  CERAMIC INPUT CAPACITORS  
 $C_{SS} = 10nF$   
 $4 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 33pF$ ,  $C_P = 10pF$

起動(15Aの負荷電流)



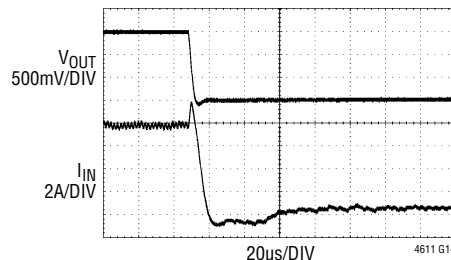
$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1.5V$ ,  $100m\Omega$  LOAD  
 $3 \times 22\mu F$  CERAMIC INPUT CAPACITORS  
 $C_{SS} = 10nF$   
 $4 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 33pF$ ,  $C_P = 10pF$

起動(プリバイアス)



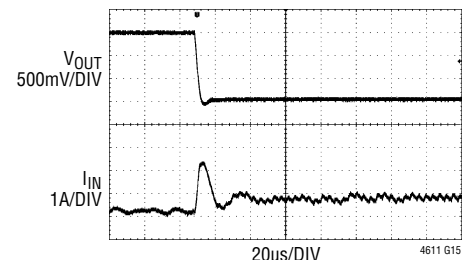
$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1.5V$ ,  $0.75V$  PRE-BIAS LOAD  
 $3 \times 22\mu F$  CERAMIC INPUT CAPACITORS  
 $C_{SS} = 10nF$   
 $4 \times 100\mu F$  CERAMIC OUTPUT CAPACITORS  
 $C_{FF} = 33pF$ ,  $C_P = 10pF$

短絡(15Aの負荷電流)



$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1.5V$   
 $15A$  LOAD PRIOR TO SHORT

短絡(無負荷)



$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 1.5V$   
 NO LOAD PRIOR TO SHORT



## ピン機能

**V<sub>IN</sub> (A1 ~ A6, B1-B6, C1-C6) :** 電源入力ピン。これらのピンと GND ピンの間に入力電圧を印加します。入力デカップリング・コンデンサは V<sub>IN</sub> ピンと GND ピンの間に直接配置することを推奨します。

**V<sub>OUT</sub> (J1 ~ J10, K1 ~ K11, L1 ~ L11, M1 ~ M11) :** 電源の出力ピン。これらのピンと GND ピンの間に出力負荷を接続します。出力デカップリング・コンデンサはこれらのピンと GND ピンの間に直接配置することを推奨します。表5を参照してください。

**GND (B7, B9, C7, C9, D1 ~ D6, D8, E1 ~ E7, E9, F1 ~ F9, G1 ~ G9, H1 ~ H9) :** 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。

**PGOOD (F11, 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、出力電圧が±5%のレギュレーション範囲を外れるとグランドに引き下げられます。両方のピンが内部で相互接続されています。

**SGND (G11, H11, H12) :** 信号グランド・ピン。全てのアナログ回路と低電力回路のリターン・グランド・パス。アプリケーションでは出力コンデンサの GND に一点接続します。図 17 のレイアウトのガイドラインを参照してください。

**MODE\_PLLIN (A8) :** 強制連続モード、Burst Mode 動作、またはパルス・スキップ・モードの選択ピン、および位相検出器への外部同期入力ピン。連続モード動作に強制するには、このピンを GND に接続します。パルス・スキップ・モード動作をイネーブルするには INTV<sub>CC</sub> に接続します。このピンをフロート状態にしておくと Burst Mode 動作がイネーブルされます。このピンにクロックを与えると、強制連続動作による同期が可能になります。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

**PLLFLTR/f<sub>SET</sub> (B12) :** 内部位相検出器のフェーズロック・ループのローパス・フィルタ。LTM4611 のデフォルトのスイッチング周波数は 500kHz です。デフォルトのスイッチング周波数は、このピンから INTV<sub>CC</sub> に抵抗を接続することによって高くするか、またはこのピンから SGND に抵抗を接続することによって低くすることができます。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

**V<sub>FB</sub> (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<sub>OUT\_LCL</sub> に接続されています。V<sub>FB</sub> ピンと GND ピンの間に抵抗を追加して、異なった出力電圧を設定することができます。PolyPhase<sup>®</sup> 動作では、V<sub>FB</sub> ピンを相互接続することによって並列動作が可能になります。詳細については「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

**TRACK/SS (A9) :** 出力電圧のトラッキングおよびソフトスタートの入力ピン。このピンは 1.4μA のプルアップ電流源を備えています。このピンからグランドにコンデンサを接続するとソフトスタート・ランプレートが設定されます。トラッキングでは、レギュレータの出力を別の電圧にトラッキングさせることができます。この別の電圧は分圧器に加えられ、次いでスレブ出力のトラック・ピンに加えられます。この分圧器は同時トラッキング用スレブ出力の帰還分割器と同じです。並列動作を行うには、すべての TRACK/SS ピンを相互接続します。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

**COMP (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。並列動作を行うには、すべての COMP ピンを相互接続します。このデバイスは内部補償されています。

**RUN (A10) :** 実行制御ピン。電圧が 1.35V を上回るとモジュールがオンします。LTM4611 の V<sub>IN</sub> 低電圧ロックアウト (UVLO) は、V<sub>IN</sub> から RUN に接続した抵抗と、必要に応じて RUN から GND に接続した抵抗のネットワークを使って設定する必要があります。並列動作を行うには、すべての RUN ピンを相互接続します。

**INTV<sub>CC</sub> (A7, D9) :** 制御回路とパワー MOSFET ドライバをドライブするための 5V の内部 LDO。両方のピンは内部で接続されています。

**V<sub>OUT\_LCL</sub> (L12) :** このピンは 1M の抵抗を介して V<sub>OUT</sub> に接続され、60.4k の抵抗を介して V<sub>FB</sub> に接続されています。リモートセンスのアプリケーションでは、リモートセンス・アンプの出力 DIFFV<sub>OUT</sub> は V<sub>OUT\_LCL</sub> に接続され、60.4k のトップ帰還抵抗をドライブします。リモートセンス・アンプを使用する場合、DIFF\_V<sub>OUT</sub> は V<sub>OUT</sub> から V<sub>OUT\_LCL</sub> に接続された 1MΩ を実質的に無効にします。リモートセンス・アンプを使用しない場合は、V<sub>OUT\_LCL</sub> を V<sub>OUT</sub> に直接接続します。

## ピン機能

**V<sub>OSNS+</sub> (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、 $V_{OUT} \leq 3.7V$  のときに使用されます。 $V_{OUT} > 3.7V$  のときは、 $V_{OSNS+}$  をリモートセンス・アンプの出力の GND レールに接続します。

**V<sub>OSNS-</sub> (M12) (-)**: リモートセンス・アンプの入力。このピンはグラウ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、 $V_{OUT} \leq 3.7V$  のときに使用されます。 $V_{OUT} > 3.7V$  のときは、 $V_{OSNS-}$  をリモートセンス・アンプの出力の INTV<sub>CC</sub> レールに接続します。

**DIFFV<sub>OUT</sub> (K12)**: リモートセンス・アンプの出力。リモートセンス・アプリケーションでは、このピンを V<sub>OUT\_LCL</sub> ピンに接続します。それ以外の場合で使用しないときはフロート状態にします。

**MTP1:A12、MTP2:B11、MTP3:C10、MTP4:C11、MTP5:C12、MTP6:D10、MTP7:D11、MTP8:D12、MTP9:E12**: 半田付けの強度を向上させるために使用される追加の実装パッド。電氣的にオープン状態のままにします。



ブロック図

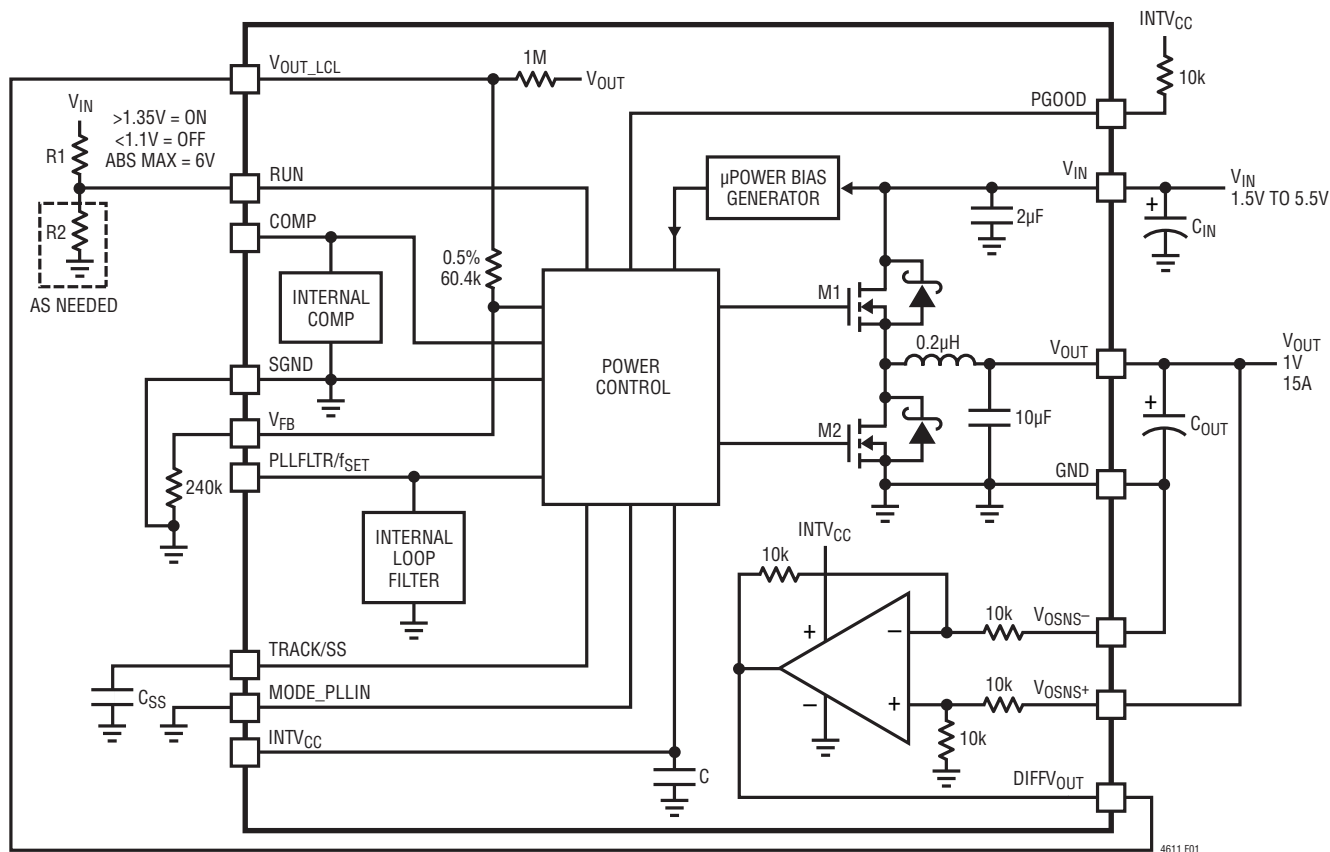


図1. LTM4611の簡略ブロック図

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{IN}$	External Input Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 1.5\text{V to } 5.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1\text{V}$ )	$I_{OUT} = 15\text{A}$		66		$\mu\text{F}$
$C_{OUT}$	External Output Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 1.5\text{V to } 5.5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1\text{V}$ )	$I_{OUT} = 15\text{A}$		400		$\mu\text{F}$

## 動作

### 電源モジュールの概要

LTM4611は、高性能シングル出力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。このデバイスは、わずか数個の入力コンデンサと出力コンデンサを外付けするだけで15Aを出力することができます。このモジュールは、1.5V～5.5Vの入力電圧範囲で、外付け抵抗によって設定可能な0.8V<sub>DC</sub>～5V<sub>DC</sub>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21に示します。

LTM4611には、固定周波数電流モード・レギュレータ、パワーMOSFET、0.2μHのインダクタ、その他のディスクリートのサポート部品が備わっています。公称スイッチング周波数の範囲は330kHz～780kHz、デフォルトの動作周波数は500kHzです。スイッチング・ノイズに敏感なアプリケーションでは、360kHz～710kHzに外部同期させることができます。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

電流モード制御と内部帰還ループ補償により、LTM4611モジュールは、広範囲の出力コンデンサを使って(すべてセラミック出力コンデンサを使用する場合でも)十分に余裕のある安定性と良好な過渡性能を達成します。

電流モード制御により、過電流状態でのサイクルごと的高速電流制限が行われます。内部過電圧モニタが、7.5%を上回る過電圧が生じたときに出力電圧を保護します。過電圧出力が解消されるまでトップMOSFETはオフし、ボトムMOSFETはオンします。

RUNピンを1.1Vより低くすると、レギュレータをシャットダウン状態に強制します。起動時に、TRACK/SSピンは出力電圧のランプと電圧トラッキングの設定に使用されます。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

LTM4611は内部補償され、あらゆる動作条件で安定しています。いくつかの動作条件での入力容量と出力容量のガイドラインを表5に示します。リニアテクノロジーからμModule Power Design Toolが過渡と安定性の解析のために提供されています。VFBピンは、グランドとの間に1本の外付け抵抗を接続して、出力電圧の設定に使用します。

リモートセンス・アンプを備えており、負荷ポイントでの3.7V以下の出力電圧を高精度で検出します。

同期入力に外部クロック・ソースを使って、マルチフェーズ動作を容易に行うことができます。「標準的応用例」を参照してください。

MODE\_PLLINピンを使って選択可能なBurst Mode動作により、軽負荷時に高効率を実現できます。この軽負荷時の特性はバッテリー動作に適しています。効率のグラフは「標準的性能特性」のセクションの軽負荷時の動作に示されています。

## アプリケーション情報

LTM4611の標準的応用回路を図21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。個々のアプリケーションに必要な特定の外付けコンデンサについては、表5を参照してください。

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

所定の入力電圧で実現可能なV<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比には制限があります。V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>までの最小損失は、非常に低い入力電圧でも負荷電流と相関関係があります。LTM4611の入力から出力までの損失電圧は15Aの負荷で300mVが実現可能ですが、このようなアプリケーションでは入力電圧リップルやノイズへの影響を考慮する必要があります。また、LTM4611に供給する電源の過渡処理能力が、高出力電流で超低損失を実現する重要な要因になる可能性があります。たとえば、不十分な入力バイパス容量が反応の遅い電源と組み合わせ使用されている場合、LTM4611が出力の大きな過渡ステップ負荷に応答するとき、V<sub>IN</sub>に大幅なサグやオーバーシュートが生じる可能性があります。

V<sub>OUT</sub>がV<sub>IN</sub>の600mV以内と想定されるか、または電源の能力に問題がある場合、目的のアプリケーションで使用される電源を使って、目標の損失電圧を維持するために必要な入力バイパス容量の大きさと品質を評価することを推奨します。このような評価にはデモ・ボードDC1588Aを使用することができます。

非常に低いデューティ・サイクルでは、規定された最小オン時間を維持する必要があります。周波数調整に関するセクションと温度ディレーティング曲線を参照してください。

マイクロパワー・バイアス・ジェネレータがオーバーストレスにならないように、5V/μsを超える速度でV<sub>IN</sub>をランプアップしないでください(実際には、このガイドラインに違反することは困難です)。V<sub>IN</sub>を放電する速度に制限はありません。

### 出力電圧のプログラミング

PWMコントローラには全温度範囲で0.8V±1.75%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、60.4kの内部帰還抵抗によって、V<sub>OUT\_LCL</sub>ピンとV<sub>FB</sub>ピンが相互接続されています。リモートセンス・アンプを使用する場合、DIFFV<sub>OUT</sub>をV<sub>OUT\_LCL</sub>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は、V<sub>OUT\_LCL</sub>をV<sub>OUT</sub>

に接続します。帰還抵抗がない場合、出力電圧はデフォルトで0.8Vになります。V<sub>FB</sub>からGNDに抵抗R<sub>FB</sub>を追加すると、出力電圧は次のように設定されます。

$$V_{OUT} = 0.8V \cdot \frac{60.4k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

表1. 各種出力電圧に対するV<sub>FB</sub>抵抗

V <sub>OUT</sub>	0.8V	1.0V	1.2V	1.5V	1.8V	2.5V	3.3V	5.0V
R <sub>FB</sub> (kΩ)	Open	243	121	68.1	47.5	28.0	19.1	11.5

N個のLTM4611を並列動作させる場合、次式を使ってR<sub>FB</sub>を求めることができます。

$$R_{FB} = \frac{60.4k / N}{\frac{V_{OUT}}{0.8V} - 1}$$

各並列出力ではV<sub>FB</sub>ピンを相互接続します。図18と図19に示すように、COMP、TRACK/SS、V<sub>OUT\_LCL</sub>、RUNの各ピンも相互接続する必要があります。

並列アプリケーションでは、V<sub>FB</sub>からGNDに値がC<sub>p</sub>のコンデンサを、V<sub>OUT</sub>からV<sub>FB</sub>に値がC<sub>FF</sub>のコンデンサを各μModuleにローカルに設置することにより、最高のノイズ耐性を達成することができます。スペースの制限によってこれを実現できない場合には、V<sub>FB</sub>からGNDに値がN・C<sub>p</sub>のコンデンサを、V<sub>OUT</sub>からV<sub>FB</sub>信号バスに値がN・C<sub>FF</sub>のコンデンサを設置することによって達成することができます。

### 入力コンデンサ

LTM4611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。RMS入力リップル電流の定格を満たすためには、入力コンデンサを追加する必要があります。後に出てくるI<sub>CIN</sub>(RMS)の式を使って入力コンデンサの要件を算出することができます。通常、RMSリップル電流定格がそれぞれ約2Aの22μFのX7Rセラミック・コンデンサが妥当な選択です。さらに大きな入力バルク容量には、100μF～150μFの表面実装アルミ電解バルク・コンデンサを使うことができます。このバルク入力コンデンサは、長い誘導性のリード、トレースまたはソースの容量不足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。低インピーダンスのパワー・プレーンが使用されている場合は、このバルク・コンデンサは不要です。

## 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概算することができます。

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

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

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

上の式で、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサは、スイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、またはポリマー・コンデンサにすることができます。

### 出力コンデンサ

LTM4611は出力電圧リップル・ノイズを小さくするよう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小さい等価直列抵抗(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・コンデンサを使用することができます。標準的な出力容量は200 $\mu$ F～800 $\mu$ 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、7A/ $\mu$ 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5に示します。この表では、過渡性能を最適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。表5のマトリックスでは安定性の判定基準が考慮されており、リニアテクノロジーから $\mu$ Module Power Design Toolが安定性の解析のために提供されています。マルチフェーズ動作では、位相数に応じて実効出力リップルが低減されます。このノイズ低減と出力リップル電流の相殺については「アプリケーションノート77」で解説していますが、出力容量と安定性および過渡応答の関係を注意深く検討する必要があります。リニアテクノロジーの $\mu$ Module Power Design Toolは、実装される位相数のN倍の増加に伴う出力リップルの減少を計算することができます。

### Burst Mode 動作

LTM4611は、パワー MOSFETが負荷要件に応じて間欠的に動作するBurst Mode動作を行うことができるので、消費電流が節約されます。非常に軽い負荷での効率を最大にするための優先順位が高いアプリケーションでは、Burst Mode動作を使用します。Burst Mode動作をイネーブルするには、MODE\_PLLINピンをフロート状態にしておくだけです。Burst Mode動作の間、I<sub>TH</sub>ピンの電圧が低い値を示しても、インダクタのピーク電流は通常動作時の最大ピーク電流値の約33%に設定されます。インダクタの平均電流が負荷の要求値より大きいと、I<sub>TH</sub>ピンの電圧は下がります。I<sub>TH</sub>電圧が0.5Vを下回ると、バースト・コンパレータがトリップし、内部のスリープ・ラインが“H”になって両方のパワー MOSFETをオフします。

このスリープ・モードでは、内部回路が部分的にオフし、負荷電流が出力コンデンサから供給されている間LTM4611の消費電流が減少します。出力電圧が低下して、I<sub>TH</sub>の電圧が上昇すると、内部のスリープ・ラインは“L”になり、LTM4611は通常動作を再開します。次の発振器サイクルでトップ・パワー MOSFETがオンし、スイッチング・サイクルを繰り返します。

### パルス・スキップ・モードの動作

低出力リップルおよび中程度の電流での高い効率が望まれるアプリケーションでは、パルス・スキップ・モードを使います。パルス・スキップ動作により、LTM4611は低出力負荷時にサイクルをスキップすることができるので、スイッチング損失が減少して効率が向上します。MODE\_PLLINピンをINTV<sub>CC</sub>に接続すると、パルス・スキップ動作がイネーブルされます。軽負荷時のパルス・スキップ・モードでは、内部電流コンパレータが数サイクルの間トリップしたままになり、動作サイクルをスキップすることがあります。このモードはリップルがBurst Mode動作より小さく、Burst Mode動作より高い周波数動作を維持します。

### 強制連続動作

低電流での効率より固定周波数動作が重要で、さらに最小の出力リップルが望まれるアプリケーションでは、強制連続動作を使います。MODE\_PLLINピンをGNDに接続することにより、強制連続動作をイネーブルすることができます。このモー

## アプリケーション情報

ドでは、インダクタ電流は低出力負荷の間反転可能で、常に  $I_{TH}$  電圧が電流コンパレータのスレッシュホールドを制御し、トップ MOSFET は各発振器パルスごとに常にオンします。起動時には、LTM4611 の出力電圧が安定化されるまで、強制連続モードがディスエーブルされ、インダクタ電流の反転が防止されます。

### マルチフェーズ動作

15A より大きな負荷電流を必要とする出力の場合、複数の LTM4611 デバイスを並列接続して、入力と出力の電圧リップルを増大させることなく出力電流を大きくすることができます。MODE\_PLLIN ピンによって LTM4611 を外部クロック (360kHz ~ 710kHz) に同期させることができ、内部フェーズロック・ループによって LTM4611 を入力クロックの位相にロックさせることもできます。PLLFLTR/f<sub>SET</sub> ピンには PLL のループ・フィルタが組み込まれています。同期回路の例については図 18 と図 19 を参照してください。

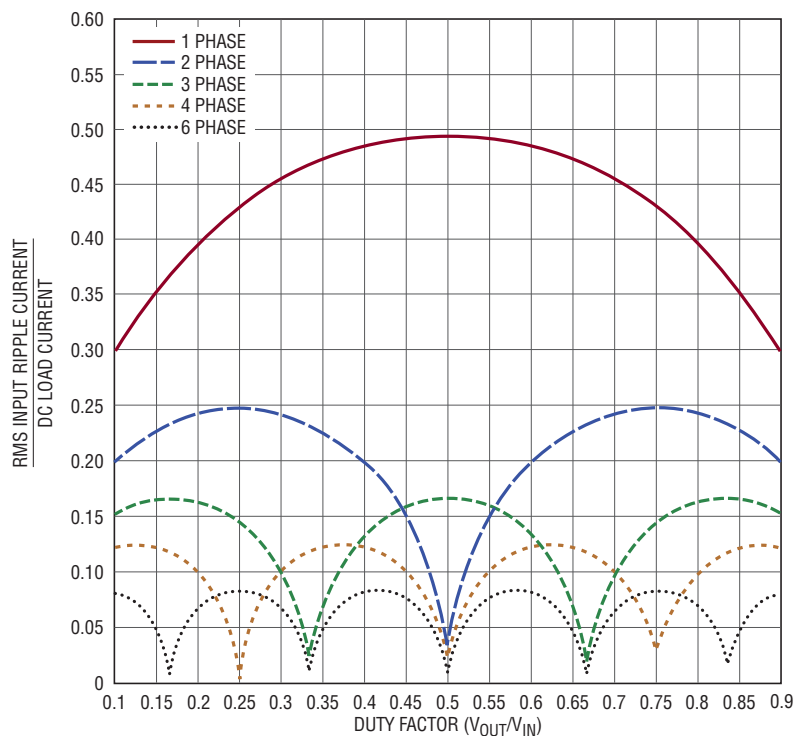
マルチフェーズ電源では、入力と出力のどちらのコンデンサのリップル電流の量も大幅に減少します。RMS 入力リップル電流は使用される位相数により低減され、実効リップル周波数

は乗算されます (入力電圧が、使用される位相数 × 出力電圧より大きいと仮定)。出力リップルの振幅も使用される位相数によって減少します。「アプリケーションノート 77」を参照してください。

LTM4611 は本来、電流モードで制御されるデバイスなので、並列モジュールでは適正な電流分担が行われます。これにより、熱の発生を均衡させた設計ができます。各 LTM4611 の COMP ピン、V<sub>OUT\_LCL</sub> ピン、V<sub>FB</sub> ピンを相互接続し、電流を均等に分担します。さらに、並列接続した LTM4611 デバイスのそれぞれの TRACK/SS ピンと RUN ピンを相互接続し、適正な起動およびシャットダウン動作を行うようにします。LTM4611 デバイスが並列で動作する回路を図 18 と図 19 に示します。

### 入力 RMS リップル電流の相殺

マルチフェーズ動作は「アプリケーションノート 77」で詳細に説明されています。入力 RMS リップル電流の相殺の算出方法が説明され、RMS リップル電流の減少とインターリーブされた位相数の関係を表すグラフが示されています (図 2 を参照)。



4611 F02

図 2. 正規化された入力 RMS リップル電流と 1 ~ 6 個の  $\mu$ Module (フェーズ) のデューティ・ファクタ

4611fb



## アプリケーション情報

## PLL、周波数調整、および同期

LTM4611の(PLLFLTR/f<sub>SET</sub>をフロート状態にしたままの)デフォルトのスイッチング周波数は500kHz(公称)です。PLLFLTR/f<sub>SET</sub>ピンは、高インピーダンス(>350kΩ)のネットワークによって1.23Vまでドライブされます。必要であれば、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>ピンからINTV<sub>CC</sub>に抵抗(R<sub>fSET</sub>)を接続して、スイッチング周波数を780kHz(公称)まで上げることができます。代わりに、R<sub>fSET</sub>をPLLFLTR/f<sub>SET</sub>から信号グランド(SGND)に接続して、スイッチング周波数を330kHz(公称)の最小規定値まで下げることができます。ただし、実際の問題として、400kHzより低いスイッチング周波数ではこの動作状態に伴ってインダクタのリップル電流が増加するので、利点が限られることがある点に注意してください。図3を参照してください。

スイッチモードDC/DC電源の変換効率とスイッチング周波数の間には基本的なトレードオフがあります。モジュールの動作スイッチング周波数を高くすると、(出力容量が最小限に抑えられて)所定のアプリケーションでの全体のソリューション・サイズを最小にすることが可能です。これに対して、(ピークインダクタ電流とRMSインダクタ電流をサポートできる範囲で)スイッチング周波数を低くすると、所定のアプリケーションでの効率を最大にすることが可能ですが、同等の出力電圧リップルとノイズ特性を維持するには大きな出力容量が必要になります。

LTM4611は、“H”レベルが2Vより高く“L”レベルが0.6Vより低い、360kHz～710kHzの入力クロックに同期することができます。この場合も実際問題として、400kHzより低いスイッチング周波数ではこの動作状態に伴ってインダクタのリップル電流が増加するので、利点が限られることがある点に注意して

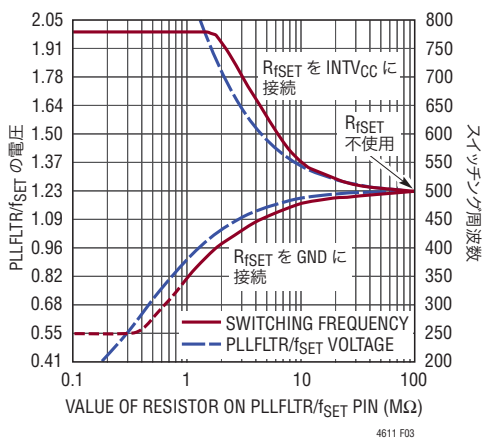


図3. 発振器の周波数、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>の電圧、外付けR<sub>fSET</sub>の値および接続の関係

ください。同期の例については「標準的応用例」のセクションを参照してください。LTM4611の最小オン時間は90nsに制限されています。オン時間には130nsのガードバンドを設定してください。オン時間は次式のように算出することができます。

$$t_{ON(MIN)} = \frac{1}{FREQ} \cdot \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

## 出力電圧のトラッキング機能とソフトスタート機能

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。マスター・レギュレータの出力は、スレーブ・レギュレータの帰還分割器と同じ外部抵抗分割器によって分割され、同時トラッキングを実装します。LTM4611はトップ帰還抵抗用に60.4kの高精度抵抗を内蔵しています。同時トラッキングの例を図4に示します。

$$V_{OUT\_SLAVE} = \left( 1 + \frac{60.4k}{R_{FB2}} \right) \cdot V_{TRACK}$$

V<sub>TRACK</sub>はスレーブのトラック・ピンに与えられるトラック・ランブです。V<sub>TRACK</sub>の制御範囲は0V～0.8V(内部リファレンスの電圧)です。スレーブの出力を設定するのに使われる抵抗値と同じ値でマスターの出力が分圧されると、スレーブはその最終値に達するまでマスターを同時トラッキングします。マスターはスレーブのレギュレーション・ポイントからその最終値まで上昇を続けます。V<sub>TRACK</sub>が0.8Vを超えると、電圧トラッキングがディスエーブルされます。同時トラッキングの場合、図4のRTAはR<sub>FB2</sub>に等しくなります。

マスターのTRACK/SSピンは外部ランブによって制御することができます。つまり、レギュレータのソフトスタート機能を使ってマスターのランブを発生させることができます。LTM4611は、ソフトスタート・コンデンサを使ってトラック・ピンのランプレートを設定することにより、マスターとして使用することができます。1.4μAの電流源を使ってソフトスタート・コンデンサを充電します。次式を使用することができます。

$$t_{SOFTSTART} = 0.8V \cdot \left( \frac{C_{SS}}{1.4\mu A} \right)$$

## アプリケーション情報

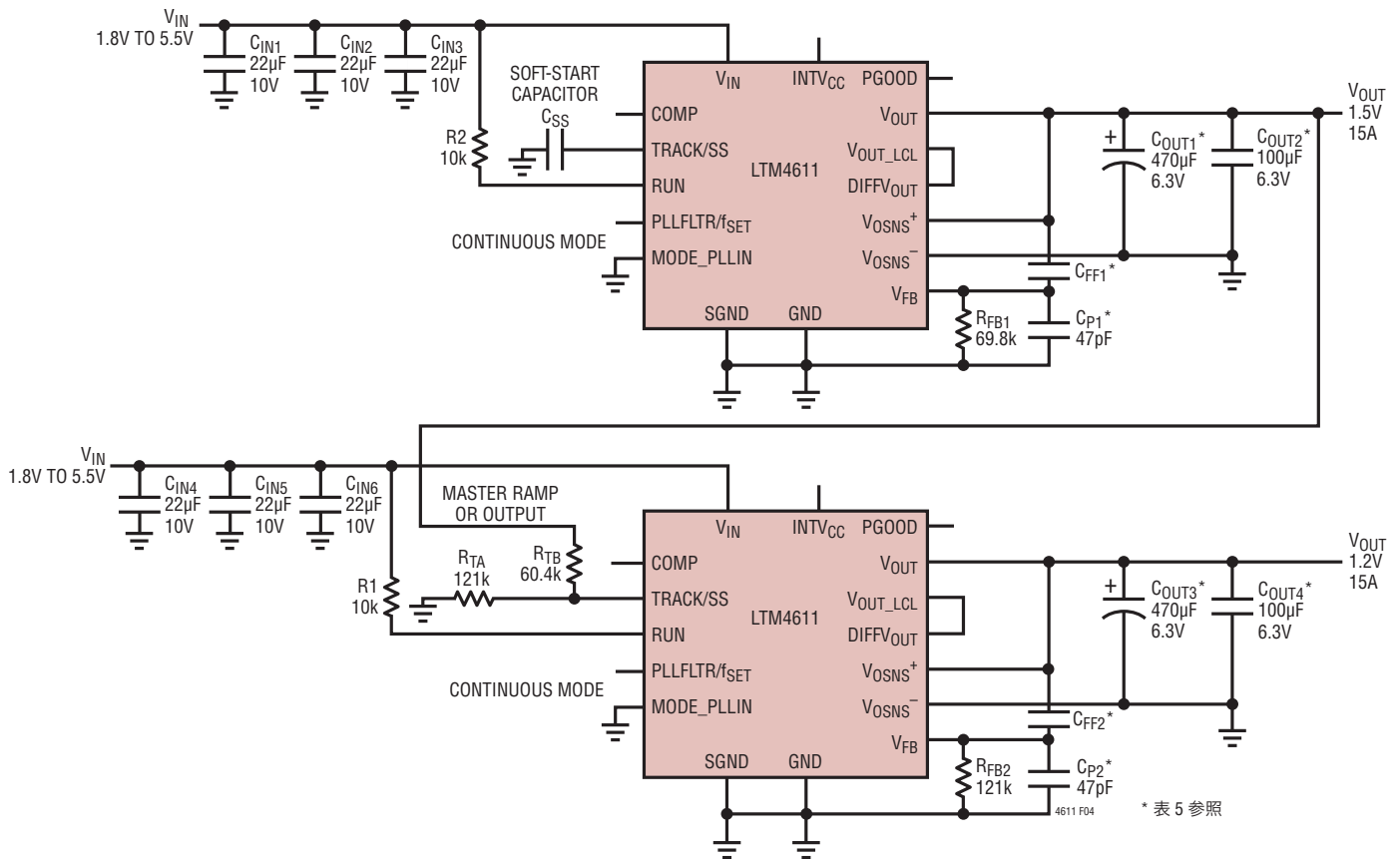


図4. トラッキングを使ったデュアル出力(1.5Vおよび1.2V)

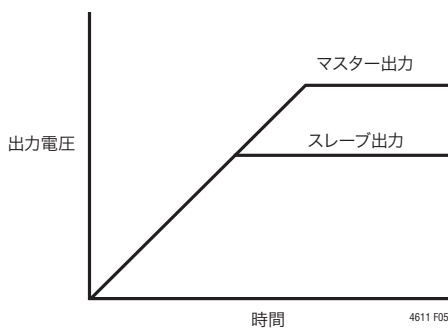


図5. 出力電圧の同時トラッキング

トラッキングもシーケンス制御も必要としないアプリケーションの場合でも、 $C_{SS}$ の最小推奨値は10nF(許容誤差10%(公称)のX7R誘電体のMLCC、コンデンサの温度が85°Cを超えない場合にはX5R誘電体のコンデンサで代用可能)で、最小3.8msから最大9.8msの優れたターンオン立ち上がり時間

が得られます。TRACK/SSが210V/sより速い速度でランプアップする方法でレールをトラッキングする際にも、以下に説明するように、特別な注意が必要になります。

必要に応じて速いターンオン・レートとトラッキング・レートを実現可能であり、PLLFLTR/fSETのデフォルトのRC時定数を小さくするだけで済みます。PLLFLTR/fSETピンが高インピーダンス・ソース(>350kΩ)によって1.23Vにバイアスされていることを思い出してください。また、内部PLLフィルタが備えている10nFのコンデンサは、INTV<sub>CC</sub>が規定電圧に達する前には放電しきっていることに注意してください。

PLLFLTR/fSETの時定数に注意せずに出力電圧の急速なパワーアップを求めると、PLLFLTR/fSETの電圧が定常値(デフォルトでは1.23V)に達するまで、動作の初期スイッチング周波数が最初は(起動の早い段階の間のみ)期待値より低い値(約250kHz)になります。



## アプリケーション情報

たとえば、INTV<sub>CC</sub>およびGNDからPLLFLTR/f<sub>SET</sub>に外付けした低インピーダンスの抵抗分割器ネットワークでPLLFLTR/f<sub>SET</sub>ピンをドライブすることにより、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>のRC時定数を小さくすることができます。これを最も簡単に行うには、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>をINTV<sub>CC</sub>に短絡する(その結果、スイッチング周波数が780kHz(公称)に設定される)か、または低インピーダンスの電圧源によってPLLFLTR/f<sub>SET</sub>ピンをドライブします。

高速のターンオン時間を要するほかに外部クロック信号に同期させる場合に留意する点として、PLLのシンクおよびソース電流は±8μAを超えない負荷に対して推奨されており、フェーズロックするにはPLLが外付けPLLFLTR/f<sub>SET</sub>ネットワークのインピーダンスを十分ドライブする必要がある、最後に、PLLFLTR/f<sub>SET</sub>の外部負荷が重くなるにつれ、クロック同期にある程度の位相のずれが生じます。

つまり、10nF(以上)の値のC<sub>SS</sub>を使えば、上記の特別な配慮や措置はいずれも不要になります。

比例トラッキングは、いくつかの簡単な計算とマスターのTRACK/SSピンに与えられるスルーレートの値によって達成することができます。上述したように、TRACK/SSピンの制御範囲は0V~0.8Vです。マスターのTRACK/SSピンのスルーレートは、マスターの出力スルーレート(単位:ボルト/時間)に等しくなります。式は次のようになります。

$$\frac{MR}{SR} \cdot 60.4k = R_{TB}$$

ここで、MRはマスターの出力スルーレートで、SRはスレーブの出力スルーレート(単位:ボルト/時間)です。同時トラッキングが必要な場合には、MRとSRが等しくなるのでR<sub>TB</sub>は60.4kに等しくなります。R<sub>TA</sub>は次式から求められます。

$$R_{TA} = \frac{0.8V}{\frac{V_{FB}}{60.4k} + \frac{V_{FB}}{R_{FB2}} - \frac{V_{TRACK}}{R_{TB}}}$$

ここで、V<sub>FB</sub>はレギュレータの帰還電圧リファレンスで、V<sub>TRACK</sub>は0.8Vです。R<sub>TB</sub>はスルーレートが等しい(つまり同時トラッキング時の)スレーブ・レギュレータの60.4kのトップ帰還抵抗に等しいので、V<sub>FB</sub> = V<sub>TRACK</sub>のとき、R<sub>TA</sub>はR<sub>FB2</sub>に等しくなります。したがって、図4ではR<sub>TB</sub> = 60.4k、R<sub>TA</sub> = 121kになります。

比例トラッキングでは、スレーブ・レギュレータ用に異なるスルーレートが必要になる場合があります。SRがMRより低いときのR<sub>TB</sub>を求めることができます。マスターの出力より前にスレーブの出力電圧がその最終値に達するように、十分速いスレーブ電源のスルーレートが選択されていることを確認してください。

たとえば、MR = 1.5V/ms、SR = 1.2V/msのとき、R<sub>TB</sub> = 75kになります。R<sub>TA</sub>を求めると87kに等しくなります。

ソフトスタートのランプアップを行わない場合は、入力ラインのサグや電源のモーター・ボートティング(超低域発振)が過度にならないように、十分な入力フィルタ容量を与えて起動時の入力サージ電流を処理することが重要です。アプリケーションに少なくともソフトスタート・コンデンサを備えておくことを強く推奨します。

### 過電流保護と過電圧保護

LTM4611は短絡時の過電流保護(OCP)機能を備えています。短絡時に、内部電流コンパレータのスレッシュホールドがフォールドバックして出力電流を低減します。安定化出力電圧を7.5%上回る過電圧状態(OVP)では、この状態が解消されるまでトップMOSFETがオフに、ボトムMOSFETがオンに強制されます。入力電子回路ブレーカまたはヒューズは、過電圧から保護するためにボトムMOSFETがオンするとトリップまたはクリアされるサイズにすることができます。フォールドバック電流制限は、ソフトスタートまたはトラッキングによる起動時はデイスエーブルされます。

### 実行イネーブル

RUNピンは、電源モジュールのイネーブルまたはシーケンス制御を行うために使用されます。スレッシュホールドは1.22Vです。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)機能として使う必要があります。

$$R2 = \frac{R1}{\frac{V_{UVLO}}{1.22V} - 1}$$

可能な最小UVLOの1.22Vを達成するには、R2は使用しません。R1は10kにすることができ、あるいはR2を使用しない場合、R1はV<sub>IN</sub>からRUNへのハードワイヤード接続に置き換えることができます。

## アプリケーション情報

使用例については「ブロック図」を参照してください。RUNがそのスレッシュホールドより低くなると、TRACK/SSは内部回路によって“L”に引き下げられます。

### INTV<sub>CC</sub>レギュレータ

LTM4611はINTV<sub>CC</sub>と呼ばれる安定化バイアス電源を備えています。このレギュレータの出力には4.7μFのセラミック・コンデンサが内蔵されています。このレギュレータは内部コントローラとMOSFETドライバに電力を供給します。ゲート・ドライバの電流は、500kHz動作で約13mA、780kHz動作で約20mA、レギュレータの損失は、それぞれ約40mWと約60mWです。

### 安定性補償

モジュールは全て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5が与えられています。その他の制御ループの最適化のためには、リニアテクノロジーよりμModule Power Design Toolが提供されています。

### 熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

LTM4611を高い周囲温度で動作させるか、または大きな電力を継続して供給させる必要がある場合、出力電流のディレーティングが必要になる可能性があります。ディレーティングに影響を与える要素には、入力電圧、出力電力、周囲温度、エアフロー、高度(空気密度)などがあります。図7～9の電力損失曲線と図10～16の電流ディレーティング曲線を目安として使用することができます。これらの曲線は、外部層に2オンスの銅を、2つの内部層に1オンスの銅を含む、厚さが1.6mmの95mm×76mmの4層FR4プリント回路基板(PCB)に実装したLTM4611から得られました。寸法や層数の異なる基板では異なった温度特性を示すことがあるので、目的のシステムの電源ライン、負荷および環境動作条件で正しく動作することを最終的にユーザーの側で検証する必要があります。

このデータシートの「ピン配置」のセクションに記載されている熱抵抗の値は、JESD51-9(“Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements”)で規定されるテスト・ボードに実装したμModuleパッケージのモデリングに基づいています。与えられている熱係数は、JESD 51-12(“Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information”)に基づいています。

実際のアプリケーションに対する精度と品質を向上させるため、多くの設計者は有限要素解析(FEA)を使って熱性能を予測しています。その目的で、データシートの「ピン配置」には一般に4種類の熱係数が与えられています。

1.  $\theta_{JA}$ : 接合部から周囲までの熱抵抗。
2.  $\theta_{JCbottm}$ : 接合部から製品のケースの底面までの熱抵抗。
3.  $\theta_{JCTop}$ : 接合部から製品のケースの上面までの熱抵抗。
4.  $\theta_{JB}$ : 接合部からプリント回路基板までの熱抵抗。

これらの係数のそれぞれの意味は直感的に分かると思えるかもしれませんが、JEDECではそれぞれを定義して混乱と不整合を防止しています。これらの定義はJESD 51-12に記載されており、以下はこれを引用または説明したものです。

1.  $\theta_{JA}$ は1立方フィートの密閉された筐体内で測定された、接合部から自然対流する周囲の空気までの熱抵抗です。この環境は、自然対流により空気が移動しますが、「静止空気」と呼ばれることがあります。この値はJESD 51-9で規定されるテスト・ボードに実装されたデバイスで決まるものであり、実際のアプリケーションや実現可能な動作条件を反映するとは限りません。
2.  $\theta_{JCbottm}$ は、デバイスの電力損失による熱が全てパッケージの底面を通して流れる場合の接合部から基板までの熱抵抗です。標準的なμModuleでは、熱の大半がパッケージの底面から流出しますが、周囲の環境への熱の流出が必ず発生します。その結果、この熱抵抗値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに合致しません。
3.  $\theta_{JCTop}$ は、デバイスの電力損失による熱がほとんど全てパッケージの上面を通して流れる状態で決定されます。標準的なμModuleの電氣的接続はパッケージの底面なので、接合部からデバイスの上面に熱の大半が流れるようにアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottm}$ の場合のように、この値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にユーザーのアプリケーションに一致しません。

## アプリケーション情報

4.  $\theta_{JB}$  は、熱の大部分が  $\mu$ Module の底面を通して基板に流れ出すときの接合部から基板までの熱抵抗であり、実際には、 $\theta_{JCbottom}$  と、デバイスの底面から半田接合部を通り、基板の一部までの熱抵抗の和です。基板温度は、両面2層基板を使って、パッケージから規定された距離をおいて測定されます。この基板は JESD 51-9 に記述されています。

これらの定義を見れば、これらの熱係数が  $\mu$ Module の実際の物理的動作条件を反映しないことは明らかです。したがって、これらを個々に使ってデバイスの熱性能を正確に予測することはできません。同様に、いずれか1つの係数をデバイスのデータシートに記載されている接合部温度と負荷のグラフと関連付けようとするのは適切ではありません。これらの係数を使用する唯一の適切な方法は、熱抵抗のすべてを同時に考慮する FEA などの詳細な熱解析を行うことです。

これらの熱抵抗をグラフで表したものを図6に示します。

青色の熱抵抗は  $\mu$ Module 内部に含まれ、緑色の熱抵抗は外部にあります。

LTM4611 のダイ温度は  $125^{\circ}\text{C}$  の最大定格より低くなければならないので、回路のレイアウトに注意して LTM4611 に十分なヒートシンク効果を与えます。LTM4611 からの熱の大部分は、モジュールの底面と LGA パッドを通してプリント回路基板に流れます。したがって、プリント回路基板の設計に不備がある

と、過熱状態を生じて性能や信頼性が低下する可能性があります。PCB レイアウトに関するセクションのプリント回路基板の設計の推奨事項を参照してください。

図7と図8の1.2V、2.5V および3.3Vの電力損失曲線を図9～図16の負荷電流のデイレティング曲線と一緒に使って、前述の4層FR4 PCBで得られた様々なヒートシンク条件やエアフロー条件での LTM4611 の  $\theta_{JA}$  熱抵抗を概算することができます。これらの電力損失曲線は室温で求められたものであり、周囲温度とともに大きくなる係数に従って増加します。これらのおおよその係数は、 $50^{\circ}\text{C}$  で1、 $60^{\circ}\text{C}$  で1.1、 $70^{\circ}\text{C}$  で1.15、 $80^{\circ}\text{C}$  で1.2、 $90^{\circ}\text{C}$  で1.25、 $100^{\circ}\text{C}$  で1.3、 $110^{\circ}\text{C}$  で1.35、 $120^{\circ}\text{C}$  で1.4になります。デイレティング曲線は、15Aから始まる出力電流と  $55^{\circ}\text{C}$  の周囲温度でプロットされています。出力電圧は1.2V、2.5V および3.3Vです。これらの電圧は熱抵抗との相関をとるため、低いほうと高い方の出力電圧範囲を含むように選択されています。サーマルモデルは恒温室を使った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。エアフローありとなしの条件と熱伝導性粘着テープで取り付けられたヒートシンクありとなしの条件で、周囲温度を上げながら接合部温度をモニタします。表5に示されているBGAヒートシンクは、外見の構造とフォームファクタが異なりますが、空気の層流が非常に似ています。周囲温度の変化による電力損失の増加はデイレティング曲線に加味されています。周囲温

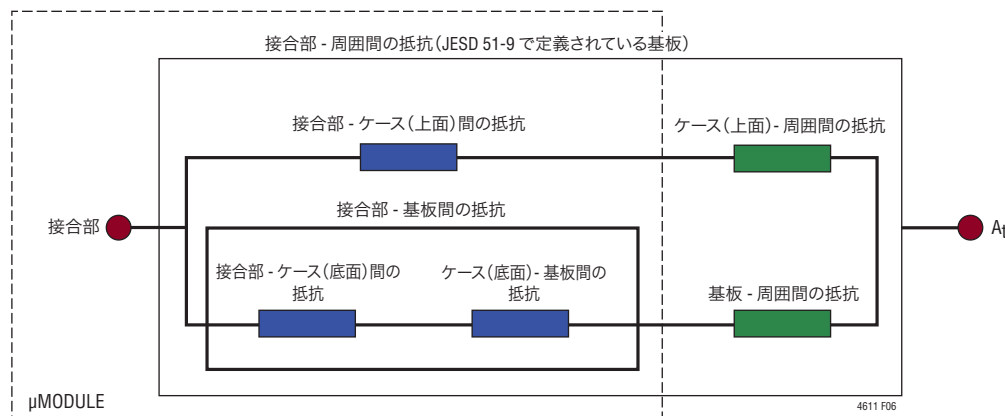
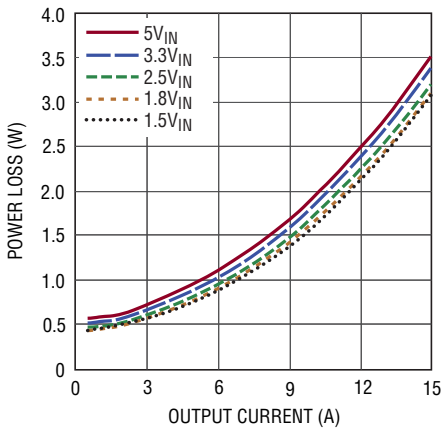


図6

## アプリケーション情報

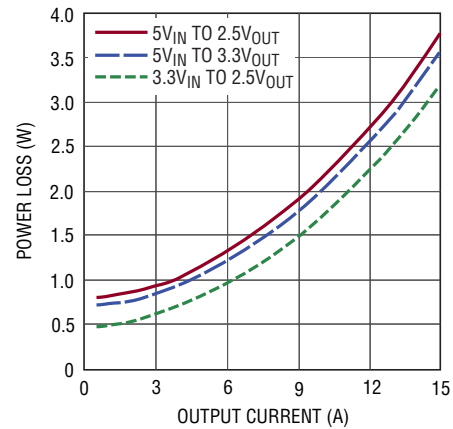
度を上げながら、他方、出力電流つまり電力は減らして、接合部温度を最大115°Cに維持します。周囲温度を上げながら出力電流を減らすと、内部モジュールの損失が減少します。モニタされた115°Cの接合部温度から周囲動作温度を差し引いた値は、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定します。図11の例では、エアフローやヒートシンクなしで約75°Cのとき負荷電流が約12Aにディレーティングされ、3.3Vから1.2V/12A出力の電力損失は2.82Wです。2.82Wの損失は、12Aでの3.3Vから1.2Vの電力損失曲線(図7)から得られる約2.4Wの室温での損失と75°Cの周囲温度での1.175の乗算係数を使って算出されます。115°Cの接合部温度から

75°Cの周囲温度を差し引き、その差の40°Cを2.82Wで割ると、14.2°C/Wの熱抵抗 $\theta_{JA}$ が得られ、表2と十分に一致します。表2、表3および表4は、エアフローとヒートシンクのありとなしの1.2V出力、2.5V出力、および3.3V出力の等価熱抵抗を与えます。表2～表4の様々な条件に対して得られた熱抵抗に周囲温度の関数として算出された電力損失を掛けて、周囲温度を超える温度を求めることができるので、最大接合部温度が得られます。室温での電力損失は「標準的性能特性」のセクションの効率曲線から求め、上の周囲温度の増加係数を使って調整することができます。



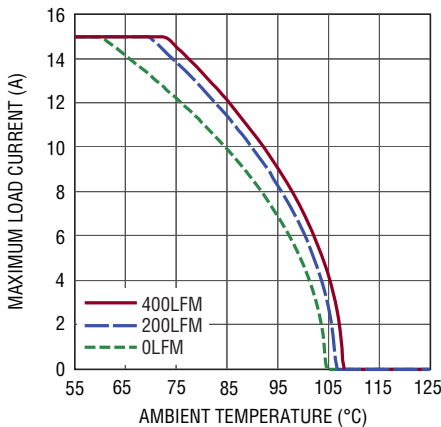
4611 F07

図7. 1.2V出力での電力損失



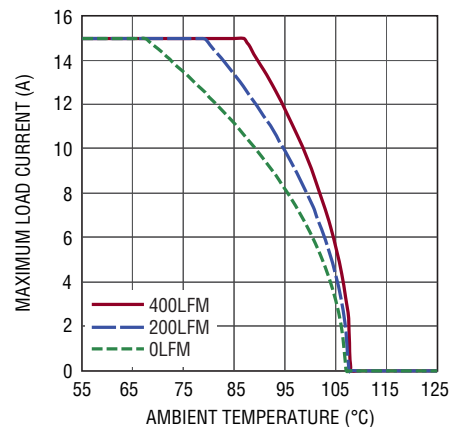
4611 F08

図8. 2.5V出力と3.3V出力での電力損失



4611 F09

図9. 5V入力から1.2V出力、ヒートシンクなし



4611 F10

図10. 5V入力から1.2V出力、ヒートシンクあり



## アプリケーション情報

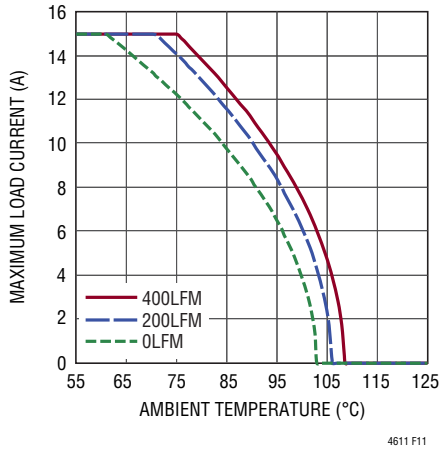


図 11. 3.3V 入力から 1.2V 出力、ヒートシンクなし

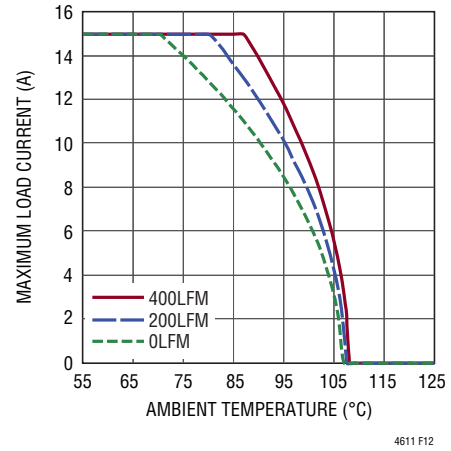


図 12. 3.3V 入力から 1.2V 出力、ヒートシンクあり

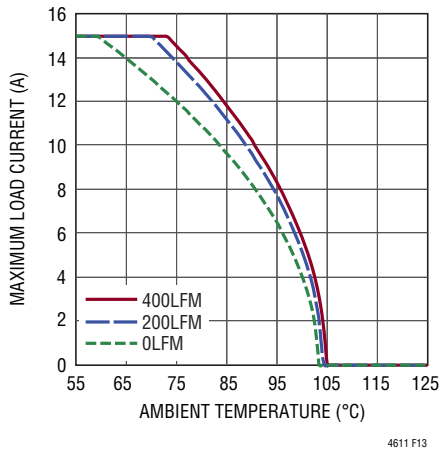


図 13. 3.3V 入力から 2.5V 出力、ヒートシンクなし

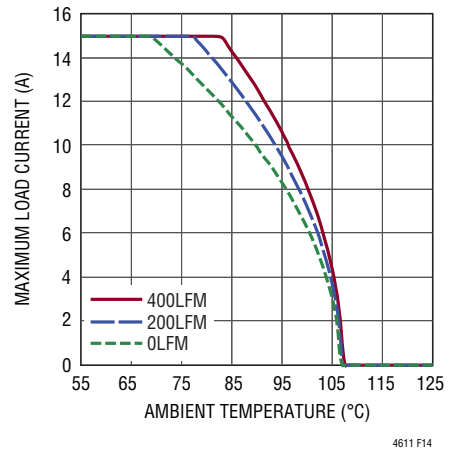


図 14. 3.3V 入力から 2.5V 出力、ヒートシンクあり

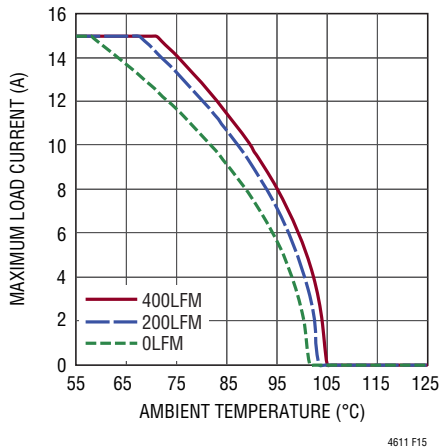


図 15. 5V 入力から 3.3V 出力、ヒートシンクなし

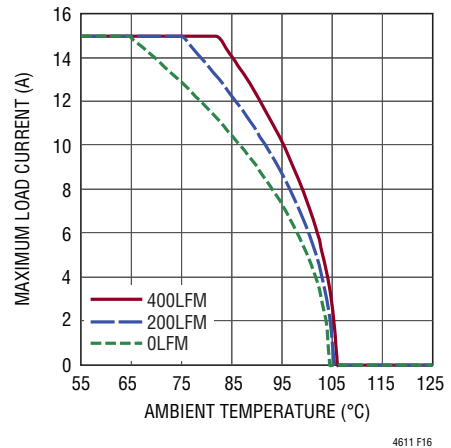


図 16. 5V 入力から 3.3V 出力、ヒートシンクあり

## アプリケーション情報

表2. 1.2V出力

ディレーティング 曲線	V <sub>IN</sub>	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	5V, 3.3V	図7	0	なし	14
図9、図11	5V, 3.3V	図7	200	なし	11.5
図9、図11	5V, 3.3V	図7	400	なし	10.6
図10、図12	5V, 3.3V	図7	0	BGAヒートシンク	11.5
図10、図12	5V, 3.3V	図7	200	BGAヒートシンク	8.4
図10、図12	5V, 3.3V	図7	400	BGAヒートシンク	7.5

表3. 2.5V出力

ディレーティング 曲線	V <sub>IN</sub>	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	3.3V	図8	0	なし	15.5
図13	3.3V	図8	200	なし	12.7
図13	3.3V	図8	400	なし	12.1
図14	3.3V	図8	0	BGAヒートシンク	12.6
図14	3.3V	図8	200	BGAヒートシンク	10.6
図14	3.3V	図8	400	BGAヒートシンク	8.9

表4. 3.3V出力

ディレーティング 曲線	V <sub>IN</sub>	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15	5V	図8	0	なし	14
図15	5V	図8	200	なし	11.5
図15	5V	図8	400	なし	10.2
図16	5V	図8	0	BGAヒートシンク	12
図16	5V	図8	200	BGAヒートシンク	10.1
図16	5V	図8	400	BGAヒートシンク	9.3

## アプリケーション情報

表5. 部品のマトリックスに対する出力電圧応答、0A～7.5Aの負荷ステップ

標準測定値			
C <sub>OUT1</sub> のメーカー	製品番号	C <sub>OUT2</sub> のメーカー	製品番号
AVX	12106D107MAT2A (100μF, 6.3V, 1210 Case Size)	Sanyo POSCAP	6TPF330M9L (330μF, 6.3V, 9mΩ ESR, D3L Case Size)
Taiyo Yuden	JMK325BJ107MM-T (100μF, 6.3V, 1210 Case Size)	Sanyo POSCAP	2R5TPE470M9 (470μF, 2.5V, 9mΩ ESR, D2E Case Size)
TDK	C3225X5R0J107MT (100μF, 6.3V, 1210 Case Size)		
AVX	1206D226MAT (22μF, 6.3V, 1206 Case Size)		
Taiyo Yuden	JMK316BJ226ML-T (22μF, 6.3V, 1206 Case Size)		
TDK	C3216X5R0J226MT (22μF, 6.3V, 1206 Case Size)		

V <sub>OUT</sub> (V)	V <sub>IN</sub> (V)	C <sub>IN</sub> * (セラミック)	C <sub>IN</sub> * (パルク)	C <sub>OUT2</sub> (セラミック)	C <sub>OUT1</sub> (パルク)	C <sub>FF</sub>	C <sub>P</sub>	差動アンプの使用	図	過渡垂下、0A～7.5Aの負荷ステップ (mV)	過渡ピーク、トウ・ピーク、0A～7.5A～0A (mVp-p)	回復時間 (μs)	負荷ステップのスルー・レート (A/μs)	R <sub>SET</sub> (kΩ)
0.9	1.5	2 × 47μF	470μF	5 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	65	118	15	7.5	481
0.9	1.5	2 × 47μF	470μF	3 × 22μF	470μF	22pF	なし	Y	21	63	122	25	7.5	481
0.9	1.8	2 × 47μF	220μF	4 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	65	119	20	7.5	481
0.9	1.8	2 × 47μF	220μF	3 × 22μF	470μF	47pF	なし	Y	21	60	113	25	7.5	481
0.9	1.8	2 × 47μF	220μF	4 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	64	119	30	7.5	481
0.9	2.5	2 × 47μF	150μF	5 × 100μF	なし	33pF	10pF	Y	21	54	108	20	7.5	481
0.9	2.5	2 × 47μF	150μF	7 × 22μF	330μF	なし	22pF	Y	21	65	123	20	7.5	481
0.9	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	50	104	25	7.5	481
0.9	3.3	2 × 47μF	150μF	7 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	55	109	20	7.5	481
0.9	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	47	102	20	7.5	481
0.9	5	2 × 47μF	150μF	6 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	61	116	20	7.5	481
1	1.5	2 × 47μF	680μF	5 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	70	128	20	7.5	243
1	1.5	2 × 47μF	680μF	3 × 22μF	470μF	33pF	なし	Y	21	62	121	25	7.5	243
1	1.8	2 × 47μF	330μF	4 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	68	123	20	7.5	243
1	1.8	2 × 47μF	330μF	3 × 22μF	470μF	33pF	なし	Y	21	60	115	30	7.5	243
1	1.8	2 × 47μF	330μF	4 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	66	123	30	7.5	243
1	2.5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	61	115	25	7.5	243
1	2.5	2 × 47μF	150μF	7 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	63	115	25	7.5	243
1	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	52	106	30	7.5	243
1	3.3	2 × 47μF	150μF	7 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	57	111	20	7.5	243
1	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	53	108	25	7.5	243
1	5	2 × 47μF	150μF	6 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	62	119	25	7.5	243
1.2	1.5	2 × 47μF	1000μF	6 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	82	145	20	7.5	121
1.2	1.5	2 × 47μF	1000μF	2 × 22μF	470μF	47pF	なし	Y	21	70	133	30	7.5	121
1.2	1.8	2 × 47μF	470μF	4 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	75	136	25	7.5	121
1.2	1.8	2 × 47μF	470μF	3 × 22μF	470μF	22pF	なし	Y	21	64	126	30	7.5	121
1.2	1.8	2 × 47μF	470μF	4 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	72	137	30	7.5	121
1.2	2.5	2 × 47μF	220μF	4 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	58	114	30	7.5	121
1.2	2.5	2 × 47μF	220μF	5 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	65	122	25	7.5	121
1.2	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	33pF	10pF	Y	21	60	116	30	7.5	121
1.2	3.3	2 × 47μF	150μF	7 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	63	117	20	7.5	121
1.2	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	47	105	30	7.5	121



## アプリケーション情報

V <sub>OUT</sub> (V)	V <sub>IN</sub> (V)	C <sub>IN</sub> * (セラミック)	C <sub>IN</sub> * (バルク)	C <sub>OUT2</sub> (セラミック)	C <sub>OUT1</sub> (バルク)	C <sub>FF</sub>	C <sub>P</sub>	差動 アンプの 使用	図	過渡垂下、 0A~7.5Aの 負荷ステップ (mV)	過渡ピーク・ トゥ・ピーク、 0A~7.5A~0A (mVp-p)	回復時間 (μs)	負荷 ステップの スルー・レート (A/μs)	R <sub>SET</sub> (kΩ)
1.2	5	2 × 47μF	150μF	6 × 22μF	330μF	10pF	10pF	Y	21	64	123	25	7.5	121
1.5	1.8	2 × 47μF	1000μF	6 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	83	147	25	7.5	69
1.5	1.8	2 × 47μF	1000μF	2 × 22μF	470μF	47pF	なし	Y	21	71	135	40	7.5	69
1.5	2.5	2 × 47μF	220μF	4 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	64	122	40	7.5	69
1.5	2.5	2 × 47μF	220μF	5 × 22μF	330μF	22pF	10pF	Y	21	68	133	30	7.5	69
1.5	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	33pF	10pF	Y	21	66	123	30	7.5	69
1.5	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	67	124	30	7.5	69
1.5	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	33pF	10pF	Y	21	59	122	30	7.5	69
1.5	5	2 × 47μF	150μF	6 × 22μF	330μF	なし	10pF	Y	21	67	131	30	7.5	69
1.8	2.5	2 × 47μF	330μF	4 × 100μF	なし	220pF	なし	Y	21	73	137	45	7.5	48.1
1.8	2.5	2 × 47μF	330μF	5 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	76	145	35	7.5	48.1
1.8	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	47pF	10pF	Y	21	57	118	40	7.5	48.1
1.8	3.3	2 × 47μF	150μF	4 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	69	137	30	7.5	48.1
1.8	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	33pF	10pF	Y	21	64	127	40	7.5	48.1
1.8	5	2 × 47μF	150μF	6 × 22μF	330μF	なし	10pF	Y	21	69	133	30	7.5	48.1
2.5	3.3	2 × 47μF	330μF	3 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	71	143	45	7.5	28.4
2.5	3.3	2 × 47μF	330μF	4 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	66	123	40	7.5	28.4
2.5	3.3	2 × 47μF	330μF	3 × 22μF	330μF	47pF	なし	Y	21	67	128	50	7.5	28.4
2.5	5	2 × 47μF	150μF	3 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	60	134	45	7.5	28.4
2.5	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	54	115	50	7.5	28.4
2.5	5	2 × 47μF	150μF	5 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	81	160	40	7.5	28.4
3.3	5	2 × 47μF	150μF	2 × 100μF	なし	22pF	なし	Y	21	137	274	40	7.5	19.3
3.3	5	2 × 47μF	150μF	3 × 100μF	なし	47pF	なし	Y	21	67	143	50	7.5	19.3
3.3	5	2 × 47μF	150μF	4 × 100μF	なし	100pF	なし	Y	21	56	119	60	7.5	19.3
3.3	5	2 × 47μF	150μF	5 × 22μF	330μF	22pF	なし	Y	21	95	193	45	7.5	19.3
5	5.5	2 × 47μF	680μF	1 × 100μF	なし	10pF	なし	N	20	264	511	30	7.5	11.5
5	5.5	2 × 47μF	680μF	7 × 22μF	なし	なし	なし	N	20	218	431	40	7.5	11.5

ヒートシンクのメーカー	製品番号	Webサイト
Wakefield Engineering	LTN20069	www.wakefield.com
AAVID Thermalloy	375424B00034G	www.aavidthermalloy.com

熱伝導性粘着テープのメーカー	製品番号	Webサイト
Chromerics	T411	www.chromerics.com

\*特に低損失(V<sub>IN</sub>-V<sub>OUT</sub><600mV)の場合、必要なバルクの入力バイパス容量の大きさと品質は主に、LTM4611に電力を供給する電源の出力インピーダンスとダイナミック応答に依存します。重い負荷ステップに対して、LTM4611の出力の全過渡が入力に直接反映され、LTM4611は電源やローカルの入

力コンデンサが与えることができる分しか出力に供給できないという、極端な場合を考慮しています。電源の応答が遅い場合は、LTM4611の入力に大きなバルク容量をローカルに設置して、電源が大きな過渡負荷ステップを乗り切る手助けをする必要があります。

## アプリケーション情報

### 安全性に関する検討事項

LTM4611 モジュールでは  $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  がガルバニック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。このデバイスは過電圧保護と過電流保護をサポートしています。

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4611は集積度が高いので、PCB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。

- $V_{IN}$ 、GND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 $V_{IN}$ 、GNDおよび $V_{OUT}$ の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小に抑えます。
- ユニットの下に専用の電源グランド・レイヤを配置します。
- ビアの導通損失を最小に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ・レイヤと他の電源レイヤの間の相互接続に多数のビアを使います。
- 充填ビアまたはメッキビアでない限り、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GNDをユニットの下で接続します。
- 並列モジュールの場合、COMP、 $V_{FB}$ 、 $V_{OUT\_LCL}$ 、TRACK/SS、RUNの各ピンを相互接続します。内部層を使ってこれらのピンを互いに近づけて接続します。推奨レイアウトの良い例を図17に示します。LTM4611デバイスが並列で動作する回路を図18と図19に示します。
- 部品装着検査、テストおよびデバッグ機能を容易にするため、PCBレイアウトのスペースが許す限り、LTM4611の制御信号を短いトレースで局在するテスト・ポイント、テスト・パッドやテスト・ビアまで配線するように配慮します。自社でも製造委託先でもICまたは $\mu$ Moduleデバイスのすべての低インピーダンスでない( $>10\Omega$ )ピンに電氣的にアクセスして、インサーキットテスト(ICT)の対象範囲を広げることができます。

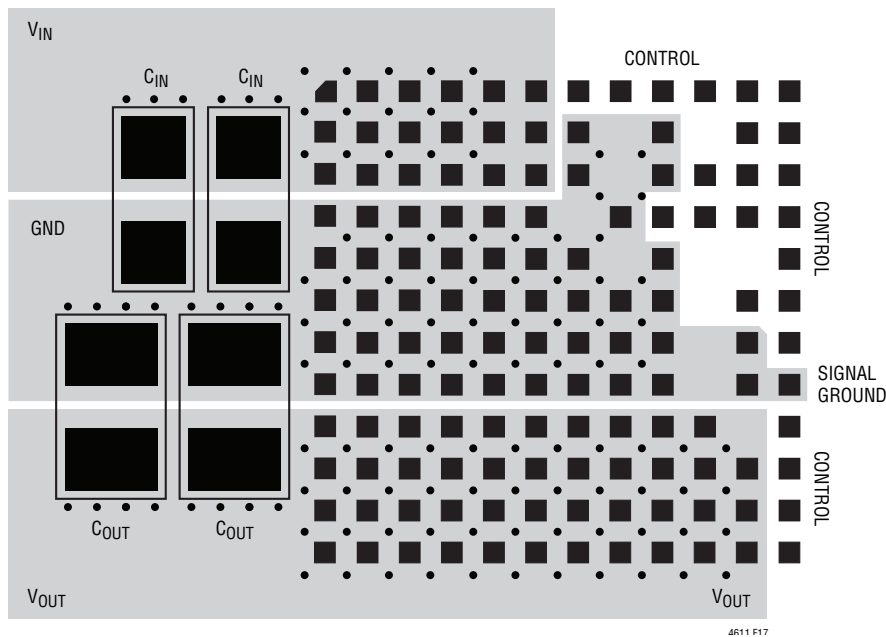


図17. PCBの推奨レイアウト

## 標準的応用例

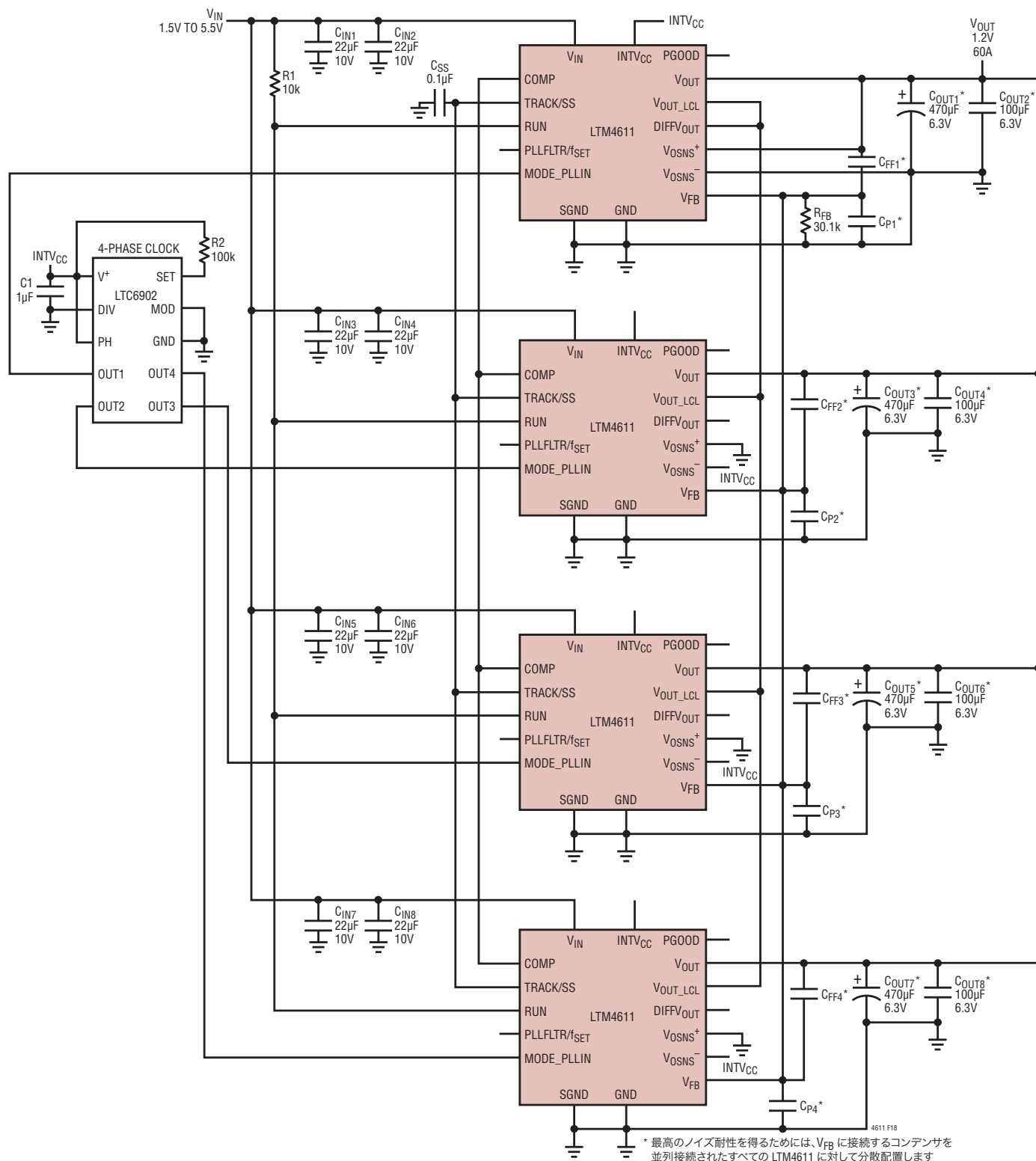


図18. 1.2V/60A、4フェーズ動作による電流分担

## 標準的応用例

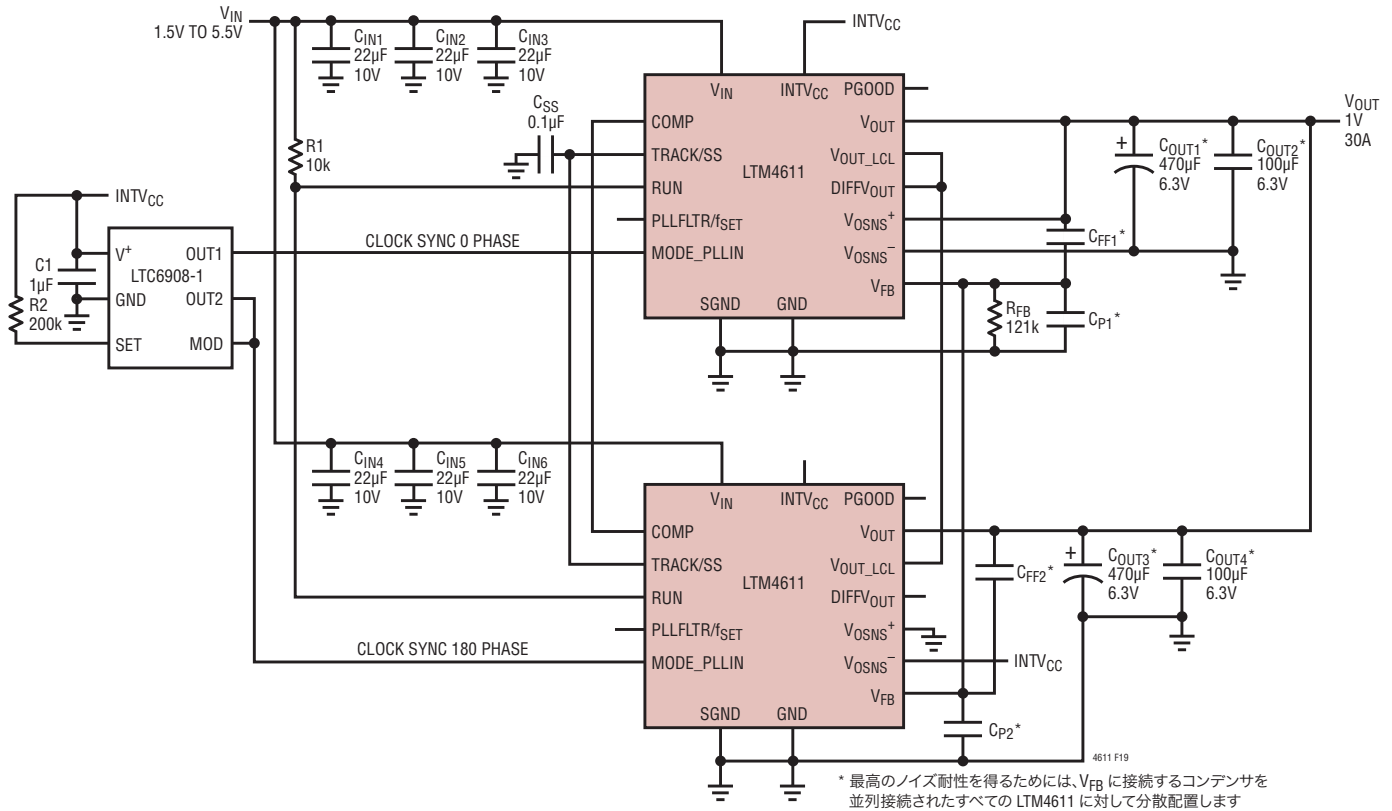


図 19. LTM4611 を 2 個並列接続した 2 フェーズ動作による 1V/30A の出力

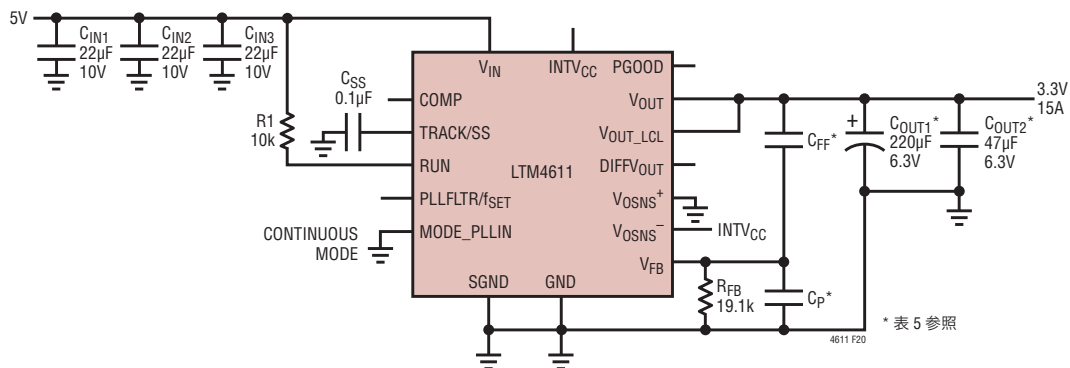
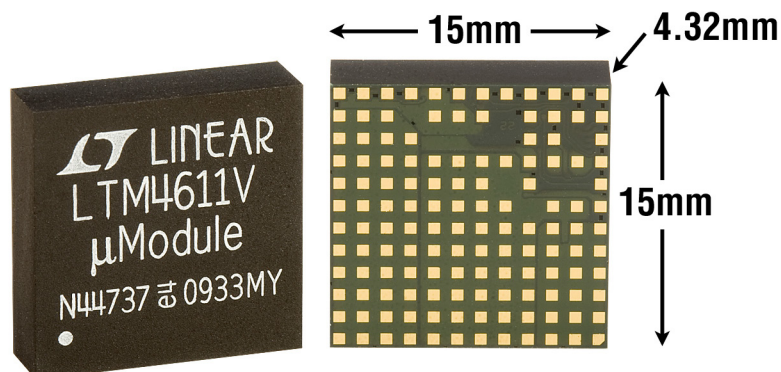


図 20. 差動リモートセンスを使用しない 3.3V/15A の設計例

## パッケージの写真



## パッケージ

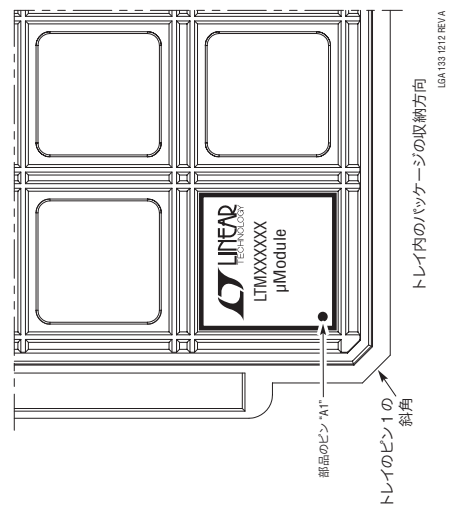
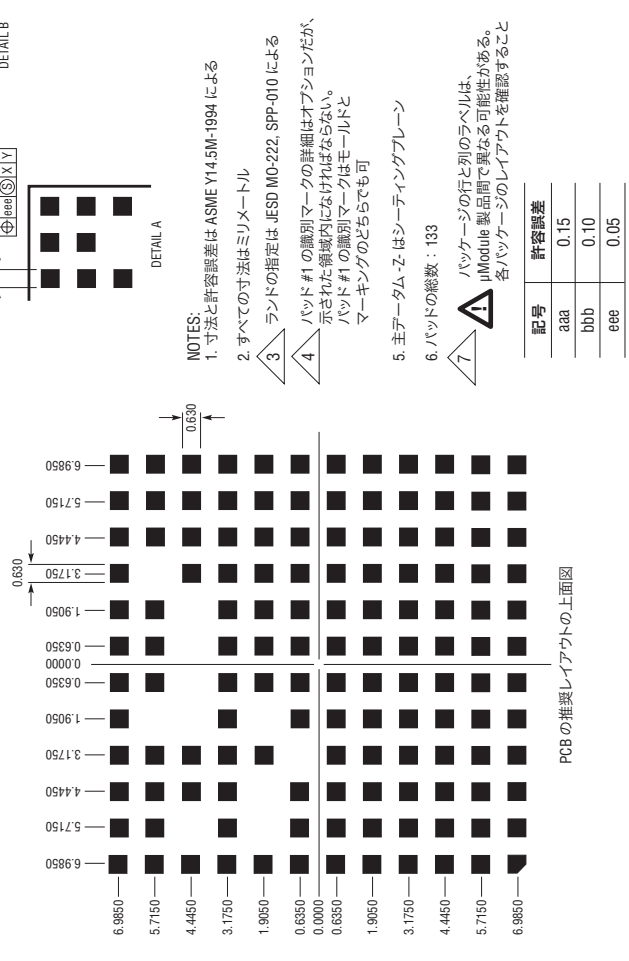
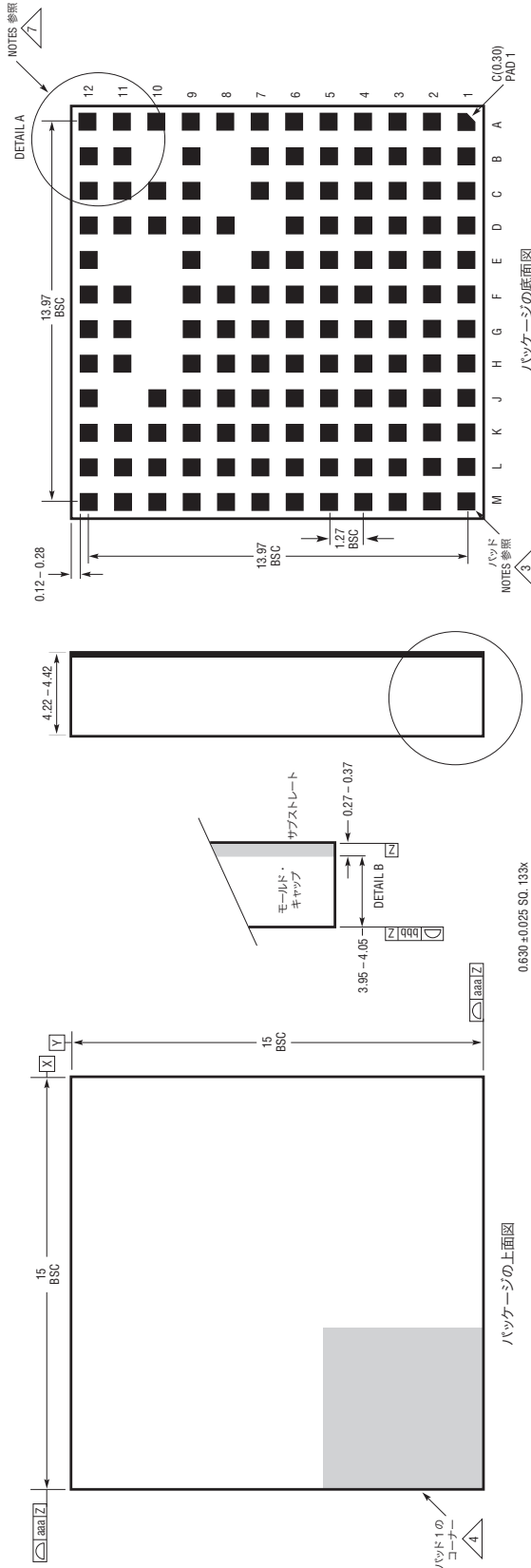
ピン配置表  
(ピン番号順に並べてある)

ピン名	ピン名	ピン名	ピン名	ピン名	ピン名
A1 V <sub>IN</sub>	B1 V <sub>IN</sub>	C1 V <sub>IN</sub>	D1 GND	E1 GND	F1 GND
A2 V <sub>IN</sub>	B2 V <sub>IN</sub>	C2 V <sub>IN</sub>	D2 GND	E2 GND	F2 GND
A3 V <sub>IN</sub>	B3 V <sub>IN</sub>	C3 V <sub>IN</sub>	D3 GND	E3 GND	F3 GND
A4 V <sub>IN</sub>	B4 V <sub>IN</sub>	C4 V <sub>IN</sub>	D4 GND	E4 GND	F4 GND
A5 V <sub>IN</sub>	B5 V <sub>IN</sub>	C5 V <sub>IN</sub>	D5 GND	E5 GND	F5 GND
A6 V <sub>IN</sub>	B6 V <sub>IN</sub>	C6 V <sub>IN</sub>	D6 GND	E6 GND	F6 GND
A7 INTV <sub>CC</sub>	B7 GND	C7 GND	D7 -	E7 GND	F7 GND
A8 MODE_PLLIN	B8 -	C8 -	D8 GND	E8 -	F8 GND
A9 TRACK/SS	B9 GND	C9 GND	D9 INTV <sub>CC</sub>	E9 GND	F9 GND
A10 RUN	B10 -	C10 MTP3	D10 MTP6	E10 -	F10 -
A11 COMP	B11 MTP2	C11 MTP4	D11 MTP7	E11 -	F11 PGOOD
A12 MTP1	B12 PLLFLTR/f <sub>SET</sub>	C12 MTP5	D12 MTP8	E12 MTP9	F12 V <sub>FB</sub>

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

## パッケージ

**LGA Package**  
**133-Lead (15mm × 15mm × 4.32mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1777 Rev A)



## 改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	6/11	ビデオ解説のリンクを追加	1
B	5/13	新しいビデオアイコンを追加	1



# LTM4611

## 標準的応用例

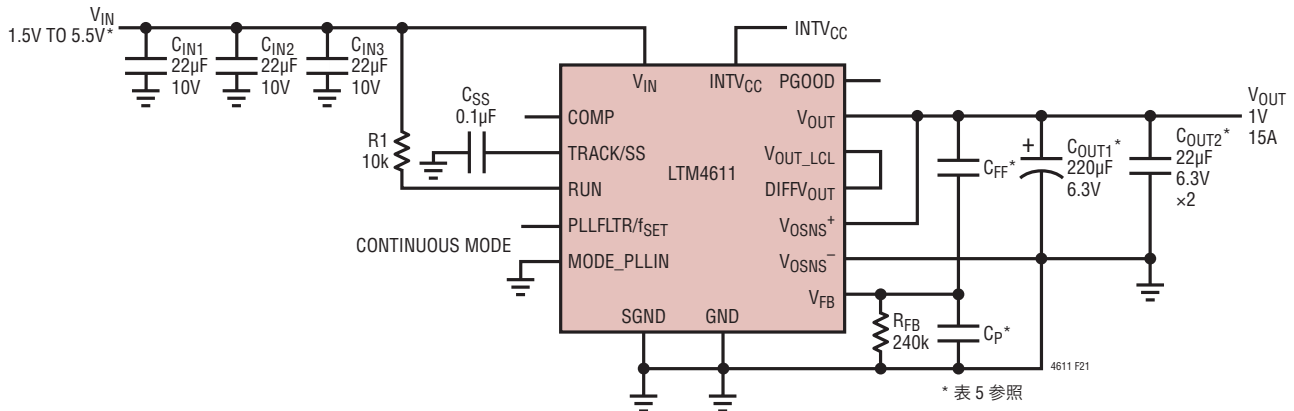


図 21. 1.5V~5.5V 入力、1V/15A の設計

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTM4600	10A DC/DC µModule	基本の 10A DC/DC µModule
LTM4601A	12A DC/DC µModule、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、LTM4611 および LTM4617 とピン互換
LTM4602	6A DC/DC µModule	LTM4600 とピン互換
LTM4603	6A DC/DC µModule、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	$2.375V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $9mm \times 15mm \times 2.3mm$ (超薄型) LGA パッケージ
LTM4605	昇降圧 DC/DC µModule ファミリー	すべてのピンが互換、最大 5A の DC 電流、入力電圧: 最大 20V、出力電圧: 最大 16V、 $15mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM4606	超低ノイズ 6A DC/DC µModule	$4.5V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $15mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM4607	昇降圧 DC/DC µModule ファミリー	すべてのピンが互換、最大 5A の DC 電流、入力電圧: 最大 20V、出力電圧: 最大 16V、 $15mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM4608A	8A 低電圧 DC/DC µModule	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、 $9mm \times 15mm \times 2.8mm$ LGA パッケージ
LTM4609	昇降圧 DC/DC µModule ファミリー	すべてのピンが互換、最大 5A の DC 電流、入力電圧: 最大 20V、出力電圧: 最大 16V、 $15mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM4612	超低ノイズ、高電圧出力 DC/DC µModule	5A、 $5V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 15V$ 、 $15mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM8023	36V、2A DC/DC µModule	$3.6V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 10V$ 、 $9mm \times 11.25mm \times 2.8mm$ パッケージ
LTM8032	超低ノイズ、36V、2A DC/DC µModule	EN55022 クラス B 準拠、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 10V$ 、 $3.6V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $9mm \times 15mm \times 2.8mm$ パッケージ

4611fb