

# 36V<sub>IN</sub>、24V<sub>OUT</sub>、高効率 昇降圧DC/DC μModuleレギュレータ

## 特長

- シングル・インダクタ・アーキテクチャにより、出力電圧を上回るまたは下回る入力電圧、また出力電圧と等しい入力電圧が可能
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~36V
- 広い出力電圧範囲: 0.8V~24V
- 5AのDC電流(降圧モードでは10AのDC電流)
- 高効率: 最大98%
- 電流モード制御
- パワーグッド出力信号
- フェーズロック可能な固定周波数: 200kHz~400kHz
- 超高速過渡応答
- 電流フォールドバック保護
- 出力過電圧保護
- 高さの低い小型(15mm×15mm×2.8mm)表面実装LGAパッケージ

## アプリケーション

- テレコム、サーバおよびネットワーク機器
- 産業用および車載機器
- 高電力バッテリー駆動機器

## 概要

LTM<sup>®</sup>4607は高効率スイッチモード昇降圧電源で、スイッチング・コントローラ、パワーFET、サポート部品をパッケージに搭載しています。LTM4607は4.5V~36Vの入力電圧範囲で動作し、0.8V~24Vの出力電圧を1本の抵抗で設定可能です。このような高効率設計により、昇圧モードで最大5Aの連続電流(降圧モードで10A)を供給します。また、インダクタ、センス抵抗、バルクの入力および出力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。

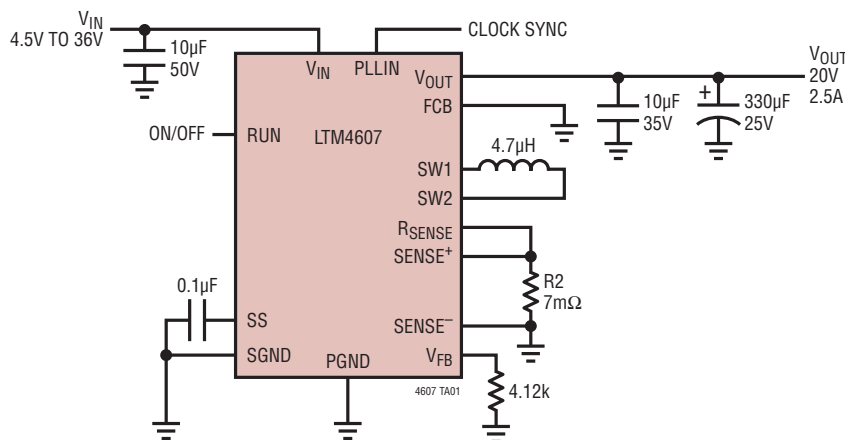
パッケージの高さが低く、PCボード底面の未使用スペースを利用できるので、高部品密度のポイントオブロード・レギュレーションが可能です。高いスイッチング周波数と電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく入力および負荷の変動に対する高速過渡応答を実現します。LTM4607は外部クロックに周波数同期可能なので、望ましくない周波数高調波を低減することができます。

フォールト保護機能には、過電圧保護、フォールドバック電流保護などがあります。このDC/DC μModule<sup>®</sup>レギュレータは熱特性が改善された小型(15mm×15mm×2.8mm)のLGAパッケージで供給され、鉛(Pb)フリーで、RoHS準拠です。

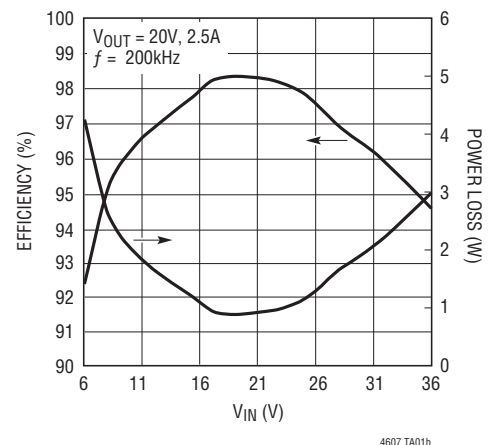
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linearのロゴ、μModuleおよびPolyPhaseはリアテクノロジ社の登録商標です。No RSENSEはリアテクノロジ社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例

入力が4.5V~36Vの20V/2.5A昇降圧DC/DC μModuleレギュレータ



効率および電力損失と  
入力電圧

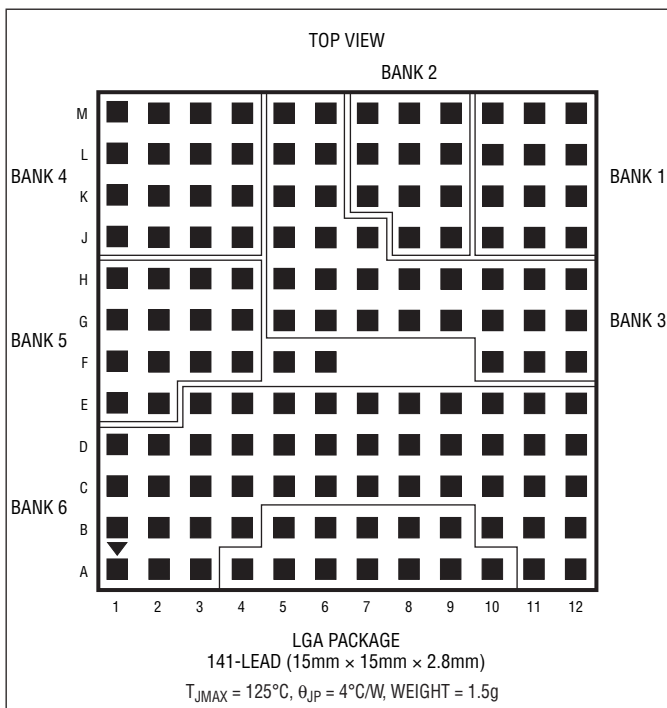


# LTM4607

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN}$ .....	-0.3V~36V
$V_{OUT}$ .....	0.8V~25V
INTV <sub>CC</sub> 、EXTV <sub>CC</sub> 、RUN、SS、PGOOD .....	-0.3V~7V
SW1 (Note 6) .....	-5V~25V
SW2 (Note 6) .....	-5V~36V
$V_{FB}$ 、COMP .....	-0.3V~2.4V
FCB、STBYMD .....	-0.3V~INTV <sub>CC</sub>
PLLIN .....	-0.3V~5.5V
PLLFLTR .....	-0.3V~2.7V
動作温度範囲 (Note 2) .....	-40°C~85°C
保存温度範囲 .....	-55°C~125°C

## ピン配置 (表6のピン割り当てを参照)



## 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	動作範囲 (Note 2)
		デバイス	コード			
LTM8033EV#PBF	Au (RoHS)	LTM8033V	e4	LGA	3	-40°C to 125°C
LTM8033IV#PBF	Au (RoHS)	LTM8033V	e4	LGA	3	-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。パッド/ボール仕上げのコードは、IPC/JEDEC J-STD-609による。

- 端子仕上げの製品マーキング:  
[www.linear-tech.co.jp/leadfree](http://www.linear-tech.co.jp/leadfree)

- 推奨されるLGA/BGAのPCBアセンブリおよび製造方法:  
[www.linear-tech.co.jp/umodule/pcbassembly](http://www.linear-tech.co.jp/umodule/pcbassembly)
- LGA/BGAパッケージおよびトレイ図面:  
[www.linear-tech.co.jp/packaging](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。それ以外は $T_A = 25^{\circ}C$  (Note 2)、 $V_{IN} = 12V$ での値。「標準的応用例」(表紙)の構成による。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
入力の仕様						
$V_{IN(DC)}$	Input DC Voltage		●	4.5	36	V
$V_{IN(UVLO)}$	Undervoltage Lockout Threshold	$V_{IN}$ Falling	●	3.4	4	V
$I_{Q(VIN)}$	Input Supply Bias Current			2.8		mA
	Normal	$V_{RUN} = 0V$ , $V_{STBYMD} > 2V$		1.6		mA
	Standby	$V_{RUN} = 0V$ , $V_{STBYMD} = Open$		35	60	$\mu A$
	Shutdown Supply Current					$\mu A$

4607tc

## 電气的特性

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>出力の仕様</b>						
$I_{OUTDC}$	Output Continuous Current Range (See Output Current Derating Curves for Different $V_{IN}$ , $V_{OUT}$ and $T_A$ )	$V_{IN} = 32\text{V}$ , $V_{OUT} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 6\text{V}$ , $V_{OUT} = 12\text{V}$		10 5		A A
$\Delta V_{FB}/V_{FB(NOM)}$	Reference Voltage Line Regulation Accuracy	$V_{IN} = 4.5\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{COMP} = 1.2\text{V}$ (Note 3)		0.002	0.02	%/V
$\Delta V_{FB}/V_{FB(LOAD)}$	Load Regulation Accuracy	$V_{COMP} = 1.2\text{V}$ to $0.7\text{V}$ $V_{COMP} = 1.2\text{V}$ to $1.8\text{V}$ (Note 3)	● ●	0.15 -0.15	0.5 -0.5	% %

## スイッチ・セクション

M1 $t_r$	Turn-On Time (Note 4)	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		50		ns
M1 $t_f$	Turn-Off Time	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		40		ns
M3 $t_r$	Turn-On Time	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		25		ns
M3 $t_f$	Turn-Off Time	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		20		ns
M2, M4 $t_r$	Turn-On Time	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		20		ns
M2, M4 $t_f$	Turn-Off Time	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		20		ns
$t_{1d}$	M1 Off to M2 On Delay (Note 4)	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		50		ns
$t_{2d}$	M2 Off to M1 On Delay	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		50		ns
$t_{3d}$	M3 Off to M4 On Delay	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		50		ns
$t_{4d}$	M4 Off to M3 On Delay	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		50		ns
Mode Transition 1	M2 Off to M4 On Delay	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		220		ns
Mode Transition 2	M4 Off to M2 On Delay	Drain to Source Voltage $V_{DS} = 12\text{V}$ , Bias Current $I_{SW} = 10\text{mA}$		220		ns
M1 $R_{DS(ON)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	Bias Current $I_{SW} = 3\text{A}$		10		m $\Omega$
M2 $R_{DS(ON)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	Bias Current $I_{SW} = 3\text{A}$		12	18	m $\Omega$
M3 $R_{DS(ON)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	Bias Current $I_{SW} = 3\text{A}$		8	12	m $\Omega$
M4 $R_{DS(ON)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	Bias Current $I_{SW} = 3\text{A}$		8	12	m $\Omega$

## 発振器とフェーズロック・ループ

$f_{NOM}$	Nominal Frequency	$V_{PLLFLTR} = 1.2\text{V}$		260	300	330	kHz
$f_{LOW}$	Lowest Frequency	$V_{PLLFLTR} = 0\text{V}$		170	200	220	kHz
$f_{HIGH}$	Highest Frequency	$V_{PLLFLTR} = 2.4\text{V}$		340	400	440	kHz
$R_{PLLIN}$	PLLIN Input Resistance			50			k $\Omega$
$I_{PLLFLTR}$	Phase Detector Output Current	$f_{PLLIN} < f_{OSC}$ $f_{PLLIN} > f_{OSC}$		-15 15			$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$

4607fc

## 電気的特性

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>制御セクション</b>							
$V_{FB}$	Feedback Reference Voltage	$V_{COMP} = 1.2\text{V}$	●	0.792	0.8	0.808	V
$V_{RUN}$	RUN Pin ON/OFF Threshold			1	1.6	2.2	V
$I_{SS}$	Soft-Start Charging Current	$V_{RUN} = 2.2\text{V}$		1	1.7		$\mu\text{A}$
$V_{STBYMD}(\text{START})$	Start-Up Threshold	$V_{STBYMD}$ Rising		0.4	0.7		V
$V_{STBYMD}(\text{KA})$	Keep-Active Power On Threshold	$V_{STBYMD}$ Rising, $V_{RUN} = 0\text{V}$			1.25		V
$V_{FCB}$	Forced Continuous Threshold			0.76	0.8	0.84	V
$I_{FCB}$	Forced Continuous Pin Current	$V_{FCB} = 0.85\text{V}$		-0.3	-0.2	-0.1	$\mu\text{A}$
$V_{BURST}$	Burst Inhibit (Constant Frequency) Threshold	Measured at FCB Pin			5.3	5.5	V
$DF_{(\text{BOOST, MAX})}$	Maximum Duty Factor	% Switch M4 On			99		%
$DF_{(\text{BUCK, MAX})}$	Maximum Duty Factor	% Switch M1 On			99		%
$t_{\text{ON}(\text{MIN, BUCK})}$	Minimum On-Time for Synchronous Switch in Buck Operation	Switch M1 (Note 5)			200	250	ns
RFBHI	Resistor Between $V_{OUT}$ and $V_{FB}$ Pins			99.5	100	100.5	$\text{k}\Omega$

内部 $V_{CC}$ レギュレータ

$INTV_{CC}$	Internal $V_{CC}$ Voltage	$V_{IN} > 7\text{V}$ , $V_{EXTVCC} = 5\text{V}$	●	5.7	6	6.3	V
$\Delta V_{LDO}/V_{LDO}$	Internal $V_{CC}$ Load Regulation	$I_{CC} = 0\text{mA}$ to $20\text{mA}$ , $V_{EXTVCC} = 5\text{V}$			0.3	2	%
$V_{EXTVCC}$	$EXTV_{CC}$ Switchover Voltage	$I_{CC} = 20\text{mA}$ , $V_{EXTVCC}$ Rising	●	5.4	5.6		V
$\Delta V_{EXTVCC}(\text{HYS})$	$EXTV_{CC}$ Switchover Hysteresis				300		mV
$\Delta V_{EXTVCC}$	$EXTV_{CC}$ Switch Drop Voltage	$I_{CC} = 20\text{mA}$ , $V_{EXTVCC} = 6\text{V}$			60	150	mV

## 電流検出セクション

$V_{SENSE}(\text{MAX})$	Maximum Current Sense Threshold	Boost Mode Buck Mode	● ●	-95	160 -130	190 -150	mV mV
$V_{SENSE}(\text{MIN, BUCK})$	Minimum Current Sense Threshold	Discontinuous Mode			-6		mV
$I_{SENSE}$	Sense Pins Total Source Current	$V_{SENSE}^- = V_{SENSE}^+ = 0\text{V}$			-380		$\mu\text{A}$

## PGOOD

$\Delta V_{FBH}$	PGOOD Upper Threshold	$V_{FB}$ Rising		5.5	7.5	10	%
$\Delta V_{FBL}$	PGOOD Lower Threshold	$V_{FB}$ Falling		-5.5	-7.5	-10	%
$\Delta V_{FB}(\text{HYS})$	PGOOD Hysteresis	$V_{FB}$ Returning			2.5		%
$V_{PGL}$	PGOOD Low Voltage	$I_{PGOOD} = 2\text{mA}$			0.2	0.3	V
$I_{PGOOD}$	PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5\text{V}$				1	$\mu\text{A}$

**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:** LTM4607Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作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。LTM4607I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。

**Note 3:** LTM4607は帰還ループを使用して $V_{COMP}$ を規定電圧にサーボ制御し、そのときの $V_{FB}$ を測定することによってテストされている。

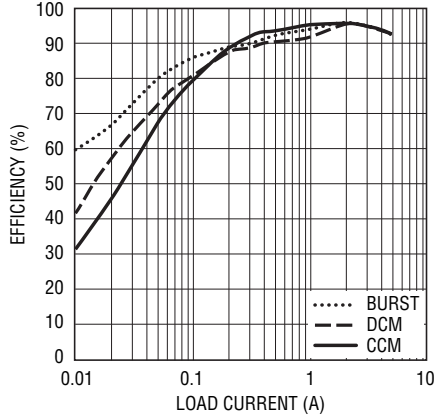
**Note 4:** ターンオン時間およびターンオフ時間は10%と90%のレベルを使用して測定されている。遷移遅延時間は50%のレベルを使用して測定されている。

**Note 5:** ウェハレベルのみで100%テスト済み。

**Note 6:** SW1とSW2における $-5\text{V}$ の絶対最大定格は過渡条件下のみの値である。

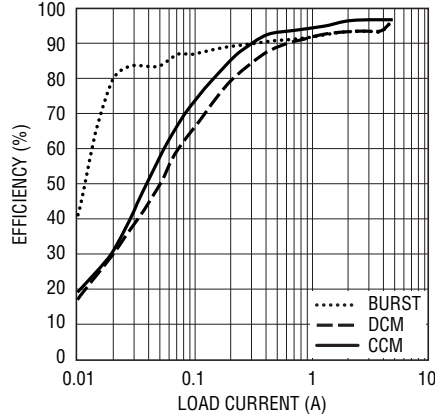
標準的性能特性 (図18を参照)

効率と負荷電流  
(6V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



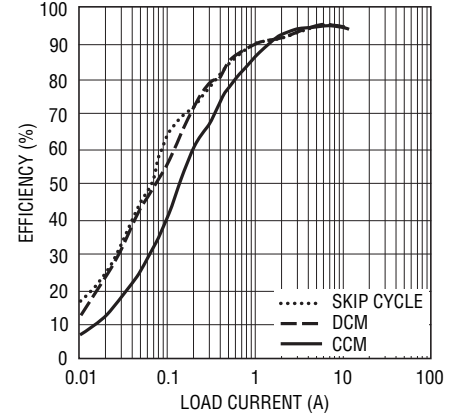
4607 G01

効率と負荷電流  
(12V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



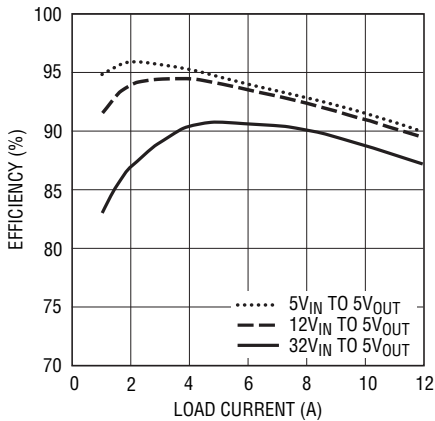
4607 G02

効率と負荷電流  
(32V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



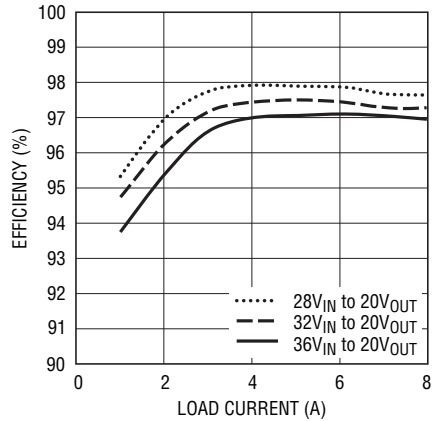
4607 G03

効率と負荷電流  
(3.3μHのインダクタ)



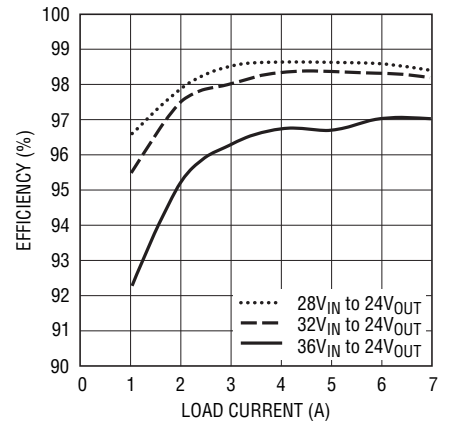
4607 G04

効率と負荷電流  
(6μHのインダクタ)



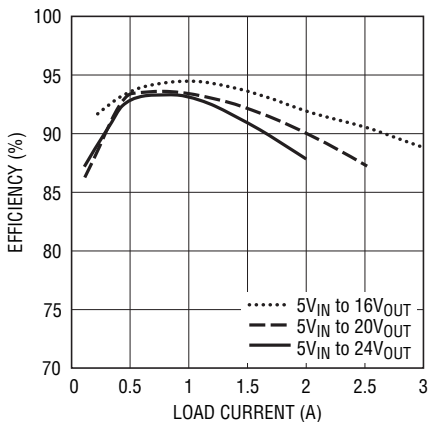
4607 G05

効率と負荷電流  
(8μHのインダクタ)



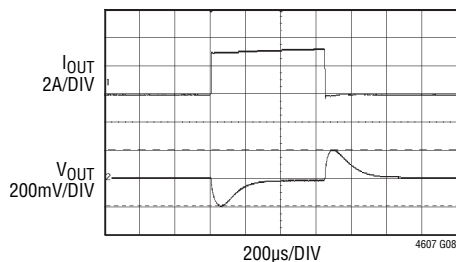
4607 G06

効率と負荷電流  
(3.3μHのインダクタ)



4607 G07

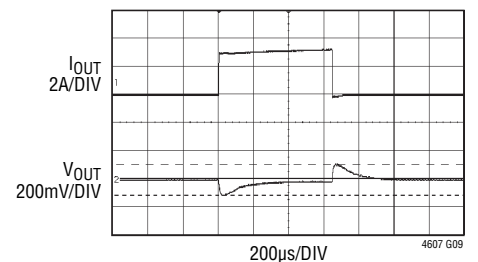
6V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>の過渡応答



4607 G08

LOAD STEP: 0A TO 3A AT CCM  
OUTPUT CAPS: 4× 22μF CERAMIC CAPS AND  
2× 180μF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 15mΩ SENSING RESISTORS

12V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>の過渡応答

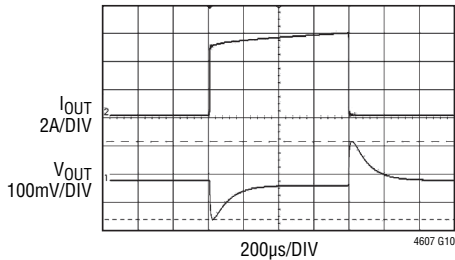


4607 G09

LOAD STEP: 0A TO 3A AT CCM  
OUTPUT CAPS: 4× 22μF CERAMIC CAPS AND  
2× 180μF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 15mΩ SENSING RESISTORS

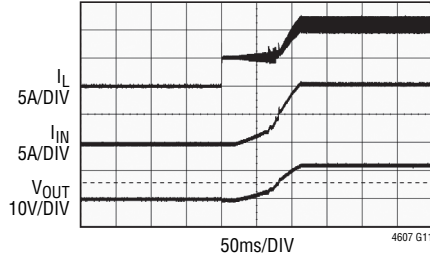
## 標準的性能特性

32V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>の過渡応答



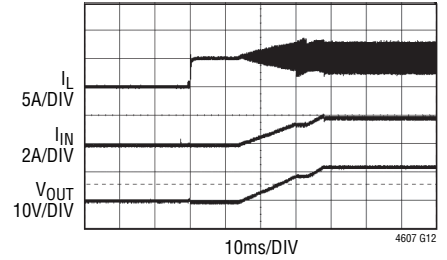
LOAD STEP: 0A TO 5A AT CCM  
OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 12mΩ SENSING RESISTORS

起動  
(I<sub>OUT</sub> = 5Aで6V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



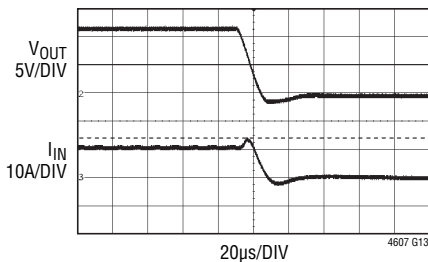
0.1µF SOFT-START CAP  
OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 12mΩ SENSING RESISTORS

起動  
(I<sub>OUT</sub> = 5Aで32V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



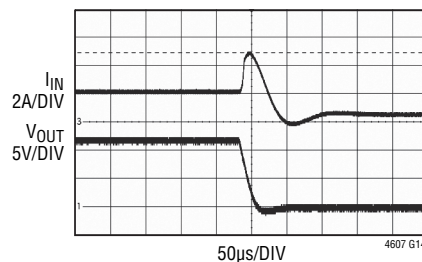
0.1µF SOFT-START CAP  
OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 12mΩ SENSING RESISTORS

短絡  
(I<sub>OUT</sub> = 5Aで6V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



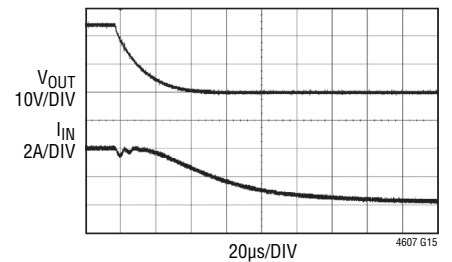
OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 12mΩ SENSING RESISTORS

短絡  
(I<sub>OUT</sub> = 5Aで32V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>)



OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
2× 12mΩ SENSING RESISTORS

短絡  
(I<sub>OUT</sub> = 6Aで36V<sub>IN</sub>から24V<sub>OUT</sub>)



OUTPUT CAPS: 4× 22µF CERAMIC CAPS AND  
2× 180µF ELECTROLYTIC CAPS  
15mΩ SENSING RESISTORS

## ピン機能

**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印加します。入力デカップリング・コンデンサをV<sub>IN</sub>ピンとPGNDピンの間に直接接続することを推奨します。

**V<sub>OUT</sub> (バンク5)**: 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・コンデンサをこれらのピンとPGNDピンの間に直接接続することを推奨します。

**PGND (バンク6)**: 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。

**SW1, SW2 (バンク4, バンク2)**: スイッチ・ノード。SW1とSW2の間にパワー・インダクタを接続します。

**R<sub>SENSE</sub> (バンク3)**: センス抵抗ピン。センス抵抗はこのピンからPGNDに接続します。

**SENSE<sup>+</sup> (ピンA4)**: 電流センスおよび逆電流検出コンパレータの正入力。

**SENSE<sup>-</sup> (ピンA5)**: 電流センスおよび逆電流検出コンパレータの負入力。

**EXTV<sub>CC</sub> (ピンF6)**: 外部V<sub>CC</sub>入力。EXTV<sub>CC</sub>が5.7Vを超えると、コントローラとゲート・ドライブの電力がEXTV<sub>CC</sub>から供給されるように、内部スイッチがこのピンをINTV<sub>CC</sub>に接続し、内部レギュレータをシャットダウンします。このピンは7Vを超えないようにし、EXTV<sub>CC</sub> < V<sub>IN</sub>になるようにします。

**INTV<sub>CC</sub> (ピンF5)**: 内部6Vレギュレータの出力。このピンは6V内部レギュレータの追加デカップリング用です。

**PLLIN (ピンB9)**: 位相検出器の外部クロック同期入力。このピンは、内部で50kの抵抗によってSGNDに終端されています。フェーズロック・ループは、コントローラのボトム・ゲート信号の立ち上がりPLLIN信号の立ち上がりエッジに同期させます。

**PLLFLTR (ピンB8)**: フェーズロック・ループのローパス・フィルタをこのピンに接続します。このピンを使用して、ACまたはDCの電圧で内部発振器の周波数を設定することもできます。詳細については、「アプリケーション情報」を参照してください。

**SS (ピンA6)**: ソフトスタート・ピン。ソフトスタートは、コントローラの電流制限を徐々に増加させることによって、電源からの入力サージ電流を低減します。

**STBYMD (ピンA10)**: LDO制御ピン。コントローラがシャットダウンするとき、内部LDOをアクティブのままにするかどうかを決定します。詳細については「動作」を参照してください。STBYMDピンをグランドにすると、SSピンが内部でグランドに引き下げられ、起動が無効になるので、コントローラをオフする単一の制御ピンとして機能します。内部のデカップリング・コンデンサがこのピンに接続されています。

**V<sub>FB</sub> (ピンB6)**: エラーアンプの負入力。このピンは内部で、100kの高精度抵抗を使用してV<sub>OUT</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設定することができます。「アプリケーション情報」を参照してください。

**FCB (ピンA9)**: 強制連続制御入力。このピンに印加される電圧によって、モジュールの動作モードが設定されます。印加された電圧が0.8Vより低いと、強制連続電流モードがアクティブになります。このピンがフロート状態になることが許容されると、昇圧動作ではBurst Mode動作がアクティブになり、降圧動作ではスキップサイクル・モードがアクティブになります。このピンをINTV<sub>CC</sub>に接続すると、降圧動作でも昇圧動作でも固定周波数の不連続電流モードがアクティブになります。「アプリケーション情報」を参照してください。

**SGND (ピンA7)**: 信号グランド・ピン。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B7)**: 電流制御スレッシュホールドおよびエラーアンプの補償ポイント。電流コンパレータのスレッシュホールドは、この制御電圧に応じて上昇します。この電圧の範囲は0V~2.4Vです。

**PGOOD (ピンB5)**: 出力電圧パワーグッド・インジケータ。このピンはオープンドレインのロジック出力であり、25μsのパワーバッド・マスク・タイマの終了後に出力電圧がレギュレーション・ポイントから±10%の範囲を外れると、グランドに引き下げられます。

**RUN (ピンA8)**: 実行制御ピン。電圧が1.6Vを下回るとモジュールをオフします。モジュールのRUNピンとSGNDの間に100k抵抗が接続されています。6Vより高い電圧はこのピンに印加しないでください。「アプリケーション情報」を参照してください。

## 簡略ブロック図

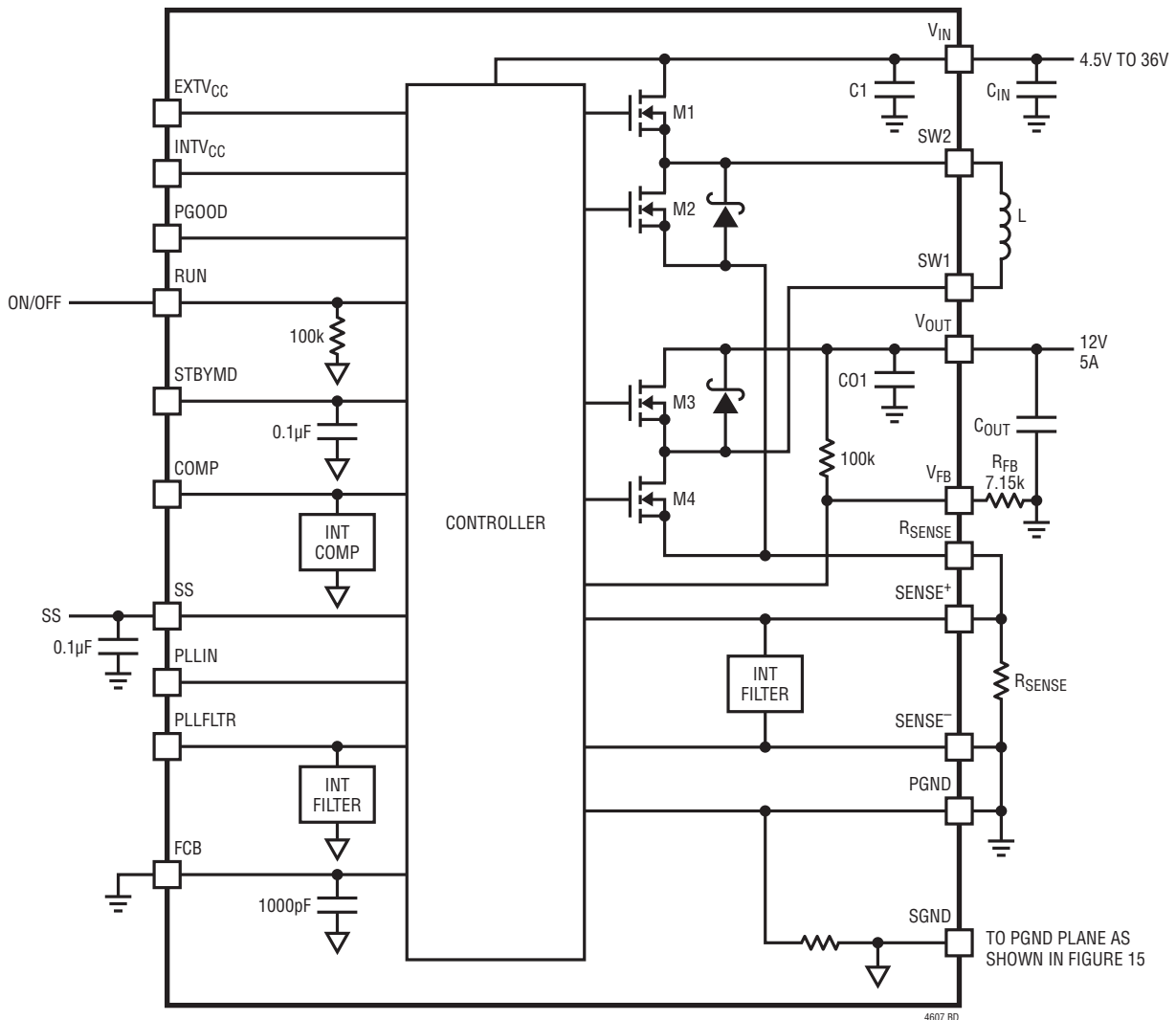


図1. LTM4607の簡略ブロック図

デカップリングの必要条件  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。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 $36\text{V}$ , $V_{OUT} = 12\text{V}$ )	$I_{OUT} = 5\text{A}$	10			$\mu\text{F}$
$C_{OUT}$	External Output Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 4.5\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{OUT} = 12\text{V}$ )	$I_{OUT} = 5\text{A}$	200	300		$\mu\text{F}$



## 動作

### 電源モジュールの概要

LTM4607は非絶縁型昇降圧DC/DC電源です。このモジュールは、センス抵抗、インダクタ、いくつかの外付けの入力コンデンサおよび出力コンデンサを追加するだけで、4.5V～36Vの広い入力範囲で0.8V～24Vの広範な出力電圧を供給することができます。1本の外付け抵抗によってプログラム可能な高精度で安定化された出力電圧を供給します。標準的応用回路を図18に示します。

LTM4607は、電流モード昇降圧制御回路、高速スイッチングの超低 $R_{DS(ON)}$ のFET、ショットキー・ダイオードを内蔵しています。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、LTM4607モジュールは、広範囲の動作条件で広範囲の出力コンデンサを使用して、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。LTM4607は、PLLFLTRピンの電圧を設定することによって、200kHz～400kHzの周波数で動作させることができます。この周波数は、PLLINピンからの入力クロック

信号によって同期させることもできます。標準的なスイッチング周波数は400kHzです。

LTM4607は、軽負荷時にBurst Mode動作とスキップサイクル・モード動作をイネーブルして効率を改善することが可能であり、固定周波数のアプリケーションでは、強制連続モード動作と不連続モード動作が使用されます。 $V_{FB}$ が低下すると、過電流状態でフォールドバック電流制限が開始されます。内蔵されている過電圧コンパレータと低電圧コンパレータは、出力帰還電圧がレギュレーション・ポイントから±10%の範囲を外れると、オープンドレインのPGOOD出力を“L”にします。RUNピンを1.6Vより低くすると、コントローラをシャットダウン状態に強制します。

EXTV<sub>CC</sub>ピンに外部バイアス電源を供給すると、内部リニア・レギュレータの電力損失が減少することによって効率が改善されます。これは、高い入力電圧範囲では特に顕著です。

## アプリケーション情報

LTM4607の標準的応用回路を図18に示します。外付け部品の選択は、主に最大負荷電流と出力電圧によって決まります。個別のアプリケーションに必要な特定の外付けコンデンサについては、表3を参照してください。

### 出力電圧の設定

PWMコントローラには0.8Vの内部リファレンス電圧が備わっています。「ブロック図」に示すように、100kの内部帰還抵抗によって、 $V_{OUT}$ ピンと $V_{FB}$ ピンが互いに接続されています。 $V_{FB}$ ピンからSGNDピンに抵抗 $R_{FB}$ を追加することによって、出力電圧が次のように設定されます。

$$V_{OUT} = 0.8V \cdot \frac{100k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

表1.  $R_{FB}$ 抵抗(0.5%)と出力電圧

$V_{OUT}$	0.8V	1.5V	2.5V	3.3V	5V	6V	8V
$R_{FB}$	Open	115k	47.5k	32.4k	19.1k	15.4k	11k
$V_{OUT}$	9V	10V	12V	15V	16V	20V	24V
$R_{FB}$	9.76k	8.66k	7.15k	5.62k	5.23k	4.12k	3.4k

### 動作周波数の選択

LTM4607は、内部発振器のコンデンサによって決まる固定スイッチング周波数では、電流モード制御アーキテクチャを採用します。この内部コンデンサは、固定電流とPLLFLTRピンに印加される電圧に比例する電流を加算した電流で充電されます。PLLFLTRピンをグラウンドに接続して周波数を200kHzまで下げるか、または2.4Vに接続して約400kHzにすることができます。PLLFLTRをオープンのままにすると、PLLFLTRピンが低くなり、発振器は最小周波数に強制されます。

PLLFLTRピンに印加された電圧と周波数のグラフを図2に示します。動作周波数が高くなると、ゲート電荷損失が増えて効率が低下します。最大スイッチング周波数は約400kHzです。

### 周波数同期

LTM4607は、PLLFLTRピンの電圧を直接調整するのではなく、PLLINピンによって外部ソースに同期させることもできます。電源モジュールは、内部電圧制御発振器と位相検出器で構成されるフェーズロック・ループを備えています。これにより、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させることができます。パルス検出回路を使

## アプリケーション情報

用してPLLINピンのクロックを検出することによって、フェーズロック・ループを作動します。このクロックの入力パルス幅は少なくとも400nsで2Vの振幅が必要です。同期周波数範囲は200kHz～400kHzで、PLLFLTRでの0V～2.4VのDC電圧入力に相当します。レギュレータの起動時には、フェーズロック・ループ機能はディスエーブルされます。

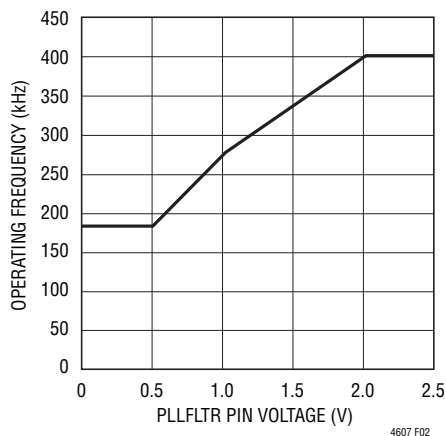


図2. 周波数とPLLFLTRピンの電圧

## 低電流動作

低出力電流動作での効率を改善するため、LTM4607には、FCBピンにロジック入力を受け取ることによって選択される3つのモードが、降圧動作と昇圧動作どちらにも備わっています。表2に異なる動作モードを示します。

表2. 異なる動作モード

FCB PIN	BUCK	BOOST
0V to 0.75V	Force Continuous Mode	Force Continuous Mode
0.85V to 5V	Skip-Cycle Mode	Burst Mode Operation
>5.3V	DCM with Constant Freq	DCM with Constant Freq

FCBピンの電圧が0.8Vより低いと、コントローラは連続PWM電流モード同期整流式スイッチング・レギュレータとして動作します。FCBピンの電圧が $V_{INTVCC}-1V$ より低くても0.85Vより高いと、コントローラは昇圧動作ではBurst Mode動作になり、降圧動作ではスキップサイクル・モードになります。昇圧動作時には、負荷電流がプリセットされた最小出力電流レベルより小さいと、Burst Mode動作が開始されます。MOSFETは数サイクルの間オンし、次いで、負荷電流に応じて変動する「スリープ」期間が続きます。降圧動作時には、スキップサイクル・モードによって、正の最小インダクタ電流レベルが設定されます。

このモードでは、出力負荷電流が設計された最大負荷の1%を下回ると、出力電圧を維持するために数サイクルがスキップされます。

FCBピンの電圧をINTV<sub>CC</sub>ピンに印加すると、コントローラは固定周波数の不連続電流モード(DCM)になります。昇圧動作では、出力電圧が十分高いと、コントローラは1サイクルの間、連続電流降圧モードになってインダクタ電流を放電します。次のサイクルで、コントローラはDCM昇圧動作を再開します。降圧動作では、プリセットされた負の最小インダクタ電流レベルに達すると、固定周波数の不連続電流モードがオンします。非常に軽い負荷では、この固定周波数動作はBurst Mode動作やスキップサイクルほど効率的ではありませんが、低ノイズの固定周波数動作が得られます。

## 入力コンデンサ

昇圧モードでは入力電流は連続しているため、最小限の入力コンデンサだけを必要とします。ただし、降圧モードでは入力電流は不連続です。したがって、入力コンデンサ $C_{IN}$ は入力の方波電流をフィルタ処理する必要性に基づいて選択されます。

降圧コンバータの場合、スイッチングのデューティ・サイクルは次のように概算することができます。

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

インダクタの電流リップルを考慮しなければ、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。 $C_{IN}$ はスイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CONコンデンサまたは大容量セラミック・コンデンサにすることができます。多くの場合、コンデンサのリップル電流定格は温度と寿命時間によって規定されています。このため、入力コンデンサを適切にデレーティングする、つまり要求条件よりも高い温度定格のコンデンサを選択することを推奨します。デレーティングの要求条件に関しては、必ずコンデンサの製造元にお問い合わせください。

## アプリケーション情報

### 出力コンデンサ

昇圧モードでは、この不連続電流は入力から出力にシフトするので、出力コンデンサ $C_{OUT}$ は出力電圧リップルを低減できなければなりません。

昇圧モードおよび降圧モードの場合、バルク容量の充放電による定常リップルは次式で求められます。

$$V_{RIPPLE,BOOST} = \frac{I_{OUT(MAX)} \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)})}{C_{OUT} \cdot V_{OUT} \cdot f}$$

$$V_{RIPPLE,BUCK} = \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{8 \cdot L \cdot C_{OUT} \cdot V_{IN(MAX)} \cdot f^2}$$

ESR (等価直列抵抗) 両端の電圧降下による定常リップルは次式で求められます。

$$V_{ESR,BUCK} = \Delta I_{L(MAX)} \cdot ESR$$

$$V_{ESR,BOOST} = I_{L(MAX)} \cdot ESR$$

LTM4607は低出力電圧リップルを実現するように設計されています。バルク出力コンデンサ $C_{OUT}$ は、出力電圧リップルと過渡要件を満たすのに十分低いESRのものが選択されます。 $C_{OUT}$ には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサ、またはセラミック・コンデンサを使用することができます。ESRおよびRMS電流の処理要件を満たすため、複数のコンデンサを並列に接続することができます。標準的な容量は300 $\mu$ 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必要があるかもしれません。電流過渡時の電圧の垂下とオーバーシュートを最小限に抑えるための、様々な出力電圧と出力容量のマトリックスを表3に示します。

### インダクタの選択

インダクタは主に、必要とするリップル電流と動作周波数によって決定されます。インダクタの電流リップル $\Delta I_L$ は、標準で最大インダクタ電流の20%~40%に設定されます。インダクタの設計では、連続モードのワーストケースは以下のように考えられます。

$$L_{BOOST} \geq \frac{V_{IN} \cdot (V_{OUT(MAX)} - V_{IN})}{V_{OUT(MAX)} \cdot f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \text{Ripple}\%}$$

$$L_{BUCK} \geq \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{V_{IN(MAX)} \cdot f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \text{Ripple}\%}$$

ここで、

$f$ は動作周波数、Hz

Ripple%は許容インダクタ電流リップル、%

$V_{OUT(MAX)}$ は最大出力電圧、V

$V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、V

$V_{OUT}$ は出力電圧、V

$I_{OUT(MAX)}$ は最大出力負荷電流、A

インダクタは、 $I^2R$ 損失を低減するためにDC抵抗が小さく、飽和させることなくピーク・インダクタ電流に対応できるものにする必要があります。放射ノイズを最小限に抑えるため、トロイド、ポット型コア、またはシールドされたボビン・インダクタを使用してください。異なるケースの推奨インダクタについては、表3を参照してください。

### $R_{SENSE}$ の選択と最大出力電流

$R_{SENSE}$ は必要なインダクタ電流に基づいて選択します。降圧モードの最大インダクタ谷電流は、昇圧モードのインダクタのピーク電流よりもかなり小さいので、降圧モードと昇圧モードでは異なるセンス抵抗を使用することを推奨します。

電流コンパレータのスレッシュホールドによって、昇圧モードではインダクタ電流のピークが設定され、降圧モードでは最大インダクタ谷電流が設定されます。昇圧モードでは、許容最大平均負荷電流は次のようになります。

$$I_{OUT(MAX,BOOST)} = \left( \frac{160\text{mV}}{R_{SENSE}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

ここで、 $\Delta I_L$ はピーク-ピーク間インダクタ・リップル電流です。

## アプリケーション情報

降圧モードでは、許容最大平均負荷電流は次のようになります。

$$I_{OUT(MAX,BUCK)} = \frac{130mV}{R_{SENSE}} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

昇圧モードでの電流センス抵抗 $R_{SENSE}$ の最大値は次のようになります。

$$R_{SENSE(MAX,BOOST)} = \frac{2 \cdot 160mV \cdot V_{IN}}{2 \cdot I_{OUT(MAX,BOOST)} \cdot V_{OUT} + \Delta I_L \cdot V_{IN}}$$

降圧モードでの電流センス抵抗 $R_{SENSE}$ の最大値は次のようになります。

$$R_{SENSE(MAX,BUCK)} = \frac{2 \cdot 130mV}{2 \cdot I_{OUT(MAX,BUCK)} - \Delta I_L}$$

算出されるセンス抵抗には、標準で20%~30%のマージンをもたせることを推奨します。様々なアプリケーションの推奨センス抵抗については、表3を参照してください。

### ソフトスタート

SSピンによって、レギュレータのソフトスタートが実行されます。このピンにコンデンサを接続することによって、出力電圧のランプ・レートが設定されます。1.7 $\mu$ Aの電流源が外付けのソフトスタート・コンデンサを充電します。これにより、内部リファレンスと出力電圧のランプが制御されます。全ソフトスタート時間は次のように算出できます。

$$t_{SOFTSTART} = \frac{2.4V \cdot C_{SS}}{1.7\mu A}$$

RUNピンが1.6Vを下回ると、ソフトスタート・ピンがリセットされ、レギュレータが再度イネーブルされたときに正常なソフトスタート制御を行うことができます。ソフトスタート・プロセスの間、電流フォールドバックと強制連続モードがディスエーブルされます。ソフトスタート機能は出力ランプアップ時間の制御にも使用することができるので、別のレギュレータを容易にトラッキングさせることができます。6Vより高い電圧はSSピンに印加しないでください。

### 実行イネーブル

RUNピンは電源モジュールをイネーブルするために使用されます。このピンは6Vを超えないロジック入力でドライブすることができます。

RUNピンは、入力電源からRUNピンに抵抗を接続することによって、低電圧ロックアウト(UVLO)機能として使用することもできます。計算式:

$$V_{UVLO} = \frac{R1+R2}{R2} \cdot 1.6V$$

### パワーグッド

PGOODピンはオープンドレインのピンで、出力電圧のレギュレーションが適正であることをモニタするのに使用できます。このピンはレギュレーション・ポイントから $\pm 7.5\%$ の範囲をモニタします。

### COMPピン

このピンは外部の補償ピンです。このモジュールは、ほとんどの出力電圧に対してすでに内部で補償されています。その他の制御ループの最適化に対してはスパイスモデルが利用できません。

### フォールト状態:電流制限と過電流フォールドバック

LTM4607は電流モード・コントローラを備えており、定常状態の動作時だけでなく、過渡時に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。表3を参照してください。

過負荷状態が発生したとき電流をさらに制限するため、LTM4607はフォールドバック電流制限機能を備えています。出力電圧が70%以上低下すると、最大出力電流は、昇圧モードでは最大電流制限値の約30%まで、降圧モードでは約40%まで次第に低下します。

### スタンバイ・モード(STBYMD)

スタンバイ・モード(STBYMD)ピンにより、起動とスタンバイの動作モードをいくつか選択できます。このピンをグラウンドに引き下げると、SSピンが内部でグラウンドに引き下げられて起動が防止されるので、コントローラをオフする単一の制御ピンと

## アプリケーション情報

して機能します。このピンをオープンのままにするか、またはコンデンサでグラウンドにデカップリングすると、SSピンに内部で起動電流が供給されるので、外部制御でコントローラをオンすることが可能になります。このピンが1.25Vより高い電圧に接続されていると、コントローラがシャットダウンしているとき (RUNピンの電圧 < 1.6V) でも内部レギュレータ (INTV<sub>CC</sub>) がオンします。このモードでは、内蔵の6V出力リニア・レギュレータがキーボード・コントローラなどのキープアライブ機能に電力を供給することができます。

### INTV<sub>CC</sub>とEXTV<sub>CC</sub>

内部Pチャネル低損失レギュレータは、V<sub>IN</sub>電源ピンからINTV<sub>CC</sub>ピンに6Vを生成します。INTV<sub>CC</sub>はモジュール内の制御チップと内部回路に電力を供給します。

LTM4607は外部電源電圧ピンEXTV<sub>CC</sub>も備えています。EXTV<sub>CC</sub>に印加された電圧が5.7Vを上回ると、内部レギュレータがオフし、内部スイッチがEXTV<sub>CC</sub>ピンをINTV<sub>CC</sub>ピンに接続するので、内部に電力が供給されます。EXTV<sub>CC</sub>に印加された電圧が5.5Vを上回っている限り、スイッチは閉じたままです。これにより、MOSFETドライバと制御回路への電力は、(5.7V < V<sub>OUT</sub> < 7V)のときは出力から供給し、出力が安定化されていないとき(始動時、短絡時)は内部レギュレータから供給することができます。EXTV<sub>CC</sub>スイッチに規定値以上の電流を流す必要がある場合には、EXTV<sub>CC</sub>ピンとINTV<sub>CC</sub>ピンの間に外付けのショットキー・ダイオードを接続することができます。EXTV<sub>CC</sub> ≤ V<sub>IN</sub>になるようにしてください。

以下のリストはEXTV<sub>CC</sub>の3つの可能な接続方法をまとめたものです。

1. EXTV<sub>CC</sub>をオープンのままにする(または接地する)。これにより、INTV<sub>CC</sub>は効率があまり低下することなく、内部の6Vレギュレータから電力供給されます。
2. EXTV<sub>CC</sub>をV<sub>OUT</sub>(5.7V < V<sub>OUT</sub> < 7V)に直接接続する。これは6Vレギュレータでは通常の接続方法であり、効率が最も高くなります。
3. EXTV<sub>CC</sub>を外部電源に接続する。5.5V～7Vの外部電源が利用でき、MOSFETのゲート・ドライブ要件に適合すれば、EXTV<sub>CC</sub>の電力供給に使用することができます。

### 熱に関する検討事項と出力電流のデレーティング

LTM4607は、多様なアプリケーションにおいて様々な温度環境で動作します。最大出力電流は周囲温度条件によって制限されます。動作の信頼性を確保するため、十分に冷却する必要があります。冷却が不十分な場合、出力電流の適切なデレーティングが必要で、周囲温度、エアフロー、入力/出力条件、信頼性向上の必要性を検討します。

図5と図6の電力損失曲線は、図7～図14の負荷電流のデレーティング曲線と関連付けて、モジュールのθ<sub>JA</sub>を概算するのに使用することができます。ヒートシンクなしとBGAヒートシンク付きの場合を縦に並べて示してあります。負荷電流のデレーティング曲線のそれぞれでは、最大負荷電流が周囲温度の上昇に応じて減少し、電源モジュールの最大接合部温度が115°Cに維持されるので、125°Cを下回る最大動作温度での安全マージンが得られます。適正な出力電圧に対応するデレーティング曲線と電力損失曲線は、それぞれその条件のθ<sub>JA</sub>を概算するのに使用することができます。

### 設計例

#### 降圧モード動作

設計例として、入力電圧V<sub>IN</sub> = 12V～36V、V<sub>OUT</sub> = 12V、f = 400kHzを使用します。

400kHzの周波数を得るにはPLLFLTRピンを2.4V以上に設定し、連続電流モード動作をさせるためにはFCBをグラウンドに接続します。図16に示すように、周波数を設定するのに抵抗分割器を使用する場合には、下側の抵抗R<sub>3</sub>が1kΩを超えないことを推奨します。

出力電圧を12Vに設定するには、V<sub>FB</sub>ピンからグラウンドに接続する抵抗R<sub>FB</sub>に次の値を選択します。

$$R_{FB} = \frac{0.8V \cdot 100k}{V_{OUT} - 0.8V} \approx 7.15k$$

## アプリケーション情報

適正なインダクタを選択するには、様々な入力電圧での電流リップルを知る必要があります。インダクタは、実動作領域でのワーストケースを考慮して選択します。降圧モードでの最大出力電力Pが120Wの場合、最大インダクタ電流 $I_L$ に対する電流リップル $\Delta I_L$ の電流リップル比は次のように求められます。

$$\frac{\Delta I_L}{I_L} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot V_{OUT}^2}{V_{IN} \cdot L \cdot f \cdot P}$$

図3は、2.5 $\mu$ H、3.3 $\mu$ H、4.7 $\mu$ H、6 $\mu$ Hのインダクタ値を基準にした様々な入力電圧での電流リップル比を示します。すべての入力で約40%のリップル電流比が必要な場合、4.7 $\mu$ Hのインダクタを選択することができます。

降圧モードでは、センス抵抗は、最大出力電流と130mVの許容最大センス・スレッシュホールドに基づいて選択されます。

$$R_{SENSE} = \frac{2 \cdot 130\text{mV}}{2 \cdot (P / V_{OUT}) - \Delta I_L}$$

約30%の安全マージンを考慮すると、9m $\Omega$ 程度のセンス抵抗を選択できます。

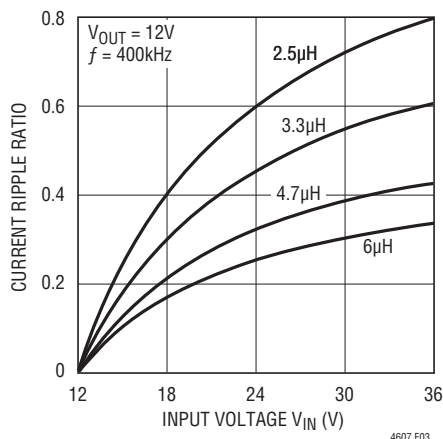


図3. 降圧モードの様々な入力での電流リップル比

入力コンデンサには、最大RMS電流に対応できるサイズの低ESRコンデンサを使用します。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16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、10 $\mu$ Fのセラミック入力コンデンサが選択されています。この100 $\mu$ Fのバルク・コンデンサは、入力ソース・インピーダンスが長い誘導性のリードやトレースに影響される場合のみ必要となります。

出力コンデンサでは、出力電圧リップルと過渡の要件に低ESRのコンデンサが必要になります。ESRが出力リップルを左右すると仮定すると、出力リップルは次のようになります。

$$\Delta V_{OUT(P-P)} = ESR \cdot \Delta I_L$$

出力コンデンサの総ESRを約5m $\Omega$ の低い値に選択した場合、36Vの入力電圧時に、4.3Aの電流リップルで21.5mVの最大出力リップルが生じます。

### 昇圧モード動作

昇圧モード動作では、入力電圧 $V_{IN} = 5V \sim 12V$ 、 $V_{OUT} = 12V$ 、 $f = 400\text{kHz}$ を使用します。

PLLFLTRピンと $R_{FB}$ を降圧モードと同様に設定します。

昇圧モードでの最大出力電力Pが60Wで、モジュールの効率 $\eta$ が約95%の場合、最大インダクタ電流 $I_L$ に対する電流リップル $\Delta I_L$ の電流リップル比は次のように求められます。

$$\frac{\Delta I_L}{I_L} = \frac{(V_{OUT} - V_{IN}) \cdot V_{IN}^2 \eta}{V_{OUT} \cdot L \cdot f \cdot P}$$

## アプリケーション情報

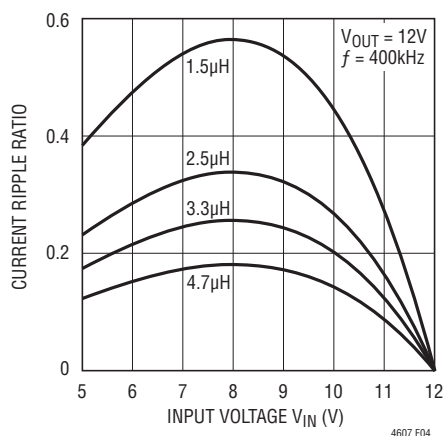


図4. 昇圧モードの様々な入力での電流リップル比

図4は、1.5µH、2.5µH、3.3µH、4.7µHのインダクタ値を基準にした様々な入力電圧での電流リップル比を示します。すべての入力で30%のリップル電流比が必要な場合、3.3µHのインダクタを選択することができます。

昇圧モードでは、センス抵抗は、最大入力電流と160mVの許容最大センス・スレッショルドに基づいて選択されます。

$$R_{\text{SENSE}} = \frac{2 \cdot 160\text{mV}}{2 \cdot \frac{P}{\eta \cdot V_{\text{IN}(\text{MIN})}} + \Delta I_L}$$

約30%の安全マージンを考慮すると、7mΩ程度のセンス抵抗を選択できます。

昇圧モードでは入力電流は連続しているため、入力コンデンサには、最大RMS電流に対応する最小限のコンデンサだけが必要とします。100µFのコンデンサは、入力ソース・インピーダンスが長い誘導性のリードやトレースに影響される場合のみ必要となります。

昇圧モード時に、出力コンデンサは方形波電流をフィルタ処理する必要があるため、降圧モードと同じ出力リップルを達成するにはより多くのコンデンサが必要になります。ESRが出力リップルを左右すると仮定すると、出力リップルは次のようになります。

$$\Delta V_{\text{OUT(P-P)}} = \text{ESR} \cdot I_{\text{L}(\text{MAX})}$$

出力コンデンサの総ESRを約5mΩの低い値に選択した場合、5Vの入力電圧時に、14Aのピーク・インダクタ電流で70mVの最大出力リップルが生じます。

図17に示すように、スイッチング・ノイズを小さくするため、SW1にRCスナバを使用することを推奨します。

## 広範囲入力モード動作

5V～36Vの広い入力範囲が必要な場合、このモジュールは別の動作モードで機能します。入力電圧 $V_{\text{IN}} = 5\text{V} \sim 36\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 12\text{V}$ 、 $f = 400\text{kHz}$ の場合、降圧モードまたは昇圧モードの設計時にワーストケースを考慮する必要があります。したがって、最大出力電力は60Wに制限されます。センス抵抗は7mΩのものを選択し、入力コンデンサは降圧モードの設計時と同じもの、出力コンデンサは昇圧モードの設計時のものを使用します。広範囲入力モードの設計では、通常、昇圧モードで最大出力リップルが生じるため、降圧モードでは、大きなインダクタ・リップル電流(最大でインダクタ電流の150%)がリップルの設計要件を満たすことが可能です。したがって、広範囲入力モードでは3.3µHのインダクタが選択されます。総ESRが約5mΩの場合、最大出力リップル電圧は70mVのままです。

また、広範囲入力モードの動作で使用されるセンス抵抗が小さいため、モジュールが降圧モードで動作するとき電流制限が非常に大きくなる可能性があります。

## 安全性に関する検討事項

LTM4607モジュールでは $V_{\text{IN}}$ と $V_{\text{OUT}}$ が絶縁されていません。内部にヒューズはありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格の低速溶断ヒューズを使用して各ユニットを致命的損傷から保護します。

## アプリケーション情報

表3. 標準部品 (f = 400kHz)

C <sub>OUT1</sub> VENDORS	PART NUMBER	C <sub>OUT2</sub> VENDORS	PART NUMBER
TDK	C4532X7R1E226M (22μF, 25V)	Sanyo	16SVP180MX (180μF, 16V), 20SVP150MX (150μF, 20V)
INDUCTOR VENDORS	PART NUMBER	R <sub>SENSE</sub> VENDORS	PART NUMBER
Toko	FDA1254	Vishay	Power Metal Strip Resistors WSL1206-18
Sumida	CDEP134, CDEP145, CDEP147	Panasonic	Thick Film Chip Resistors ERJ12

V <sub>IN</sub> (V)	V <sub>OUT</sub> (V)	R <sub>SENSE</sub> (0.5W RATING)	Inductor (μH)	C <sub>IN</sub> (CERAMIC)	C <sub>IN</sub> (BULK)	C <sub>OUT1</sub> (CERAMIC)	C <sub>OUT2</sub> (BULK)	I <sub>OUT(MAX)</sub> * (A)
12	5	2 × 18mΩ 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
20	5	2 × 18mΩ 0.5W	2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
24	5	2 × 18mΩ 0.5W	2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
32	5	2 × 20mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
36	5	2 × 20mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
5	8	2 × 16mW 0.5W	1.5	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	7
12	8	2 × 18mΩ 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
20	8	2 × 20mW 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
24	8	2 × 20mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
32	8	2 × 20mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
36	8	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
5	10	2 × 16mW 0.5W	2.2	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	6
15	10	2 × 18mW 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
20	10	2 × 20mW 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
24	10	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
32	10	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
36	10	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
6	12	2 × 14mΩ 0.5W	2.2	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	6
16	12	2 × 16mW 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
20	12	2 × 18mW 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	12
24	12	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
32	12	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
36	12	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
5	16	2 × 18mW 0.5W	3.3	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	3
8	16	2 × 16mW 0.5W	3.3	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	6
12	16	2 × 14mW 0.5W	2.2	None	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	9
20	16	2 × 20mW 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	11
24	16	2 × 20mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	11
32	16	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	10
36	16	2 × 22mΩ 0.5W	6	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	10
5	20	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	NONE	150μF 50V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 50V	2.5
10	20	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	None	150μF 50V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 50V	5
32	20	1 × 12mΩ 0.5W	6	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 150μF 50V	9



## アプリケーション情報

表3. 標準部品 ( $f = 400\text{kHz}$ ) 続き

$V_{IN}$ (V)	$V_{OUT}$ (V)	$R_{SENSE}$ (0.5W RATING)	Inductor ( $\mu\text{H}$ )	$C_{IN}$ (CERAMIC)	$C_{IN}$ (BULK)	$C_{OUT1}$ (CERAMIC)	$C_{OUT2}$ (BULK)	$I_{OUT(MAX)}^*$ (A)
36	20	1 × 13m $\Omega$ 0.5W	8	2 × 10 $\mu\text{F}$ 50V	150 $\mu\text{F}$ 50V	2 × 22 $\mu\text{F}$ 25V	2 × 150 $\mu\text{F}$ 50V	8
5	24	2 × 16m $\Omega$ 0.5W	3.3	None	150 $\mu\text{F}$ 50V	4 × 22 $\mu\text{F}$ 25V	2 × 150 $\mu\text{F}$ 50V	2
12	24	2 × 18m $\Omega$ 0.5W	4.7	None	150 $\mu\text{F}$ 50V	4 × 22 $\mu\text{F}$ 25V	2 × 150 $\mu\text{F}$ 50V	5
32	24	1 × 14m $\Omega$ 0.5W	4.7	2 × 10 $\mu\text{F}$ 50V	150 $\mu\text{F}$ 50V	2 × 22 $\mu\text{F}$ 25V	2 × 150 $\mu\text{F}$ 50V	8
36	24	1 × 13m $\Omega$ 0.5W	7	2 × 10 $\mu\text{F}$ 50V	150 $\mu\text{F}$ 50V	2 × 22 $\mu\text{F}$ 25V	2 × 150 $\mu\text{F}$ 50V	8

INDUCTOR MANUFACTURER	WEBSITE	PHONE NUMBER
Sumida	www.sumida.com	408-321-9660
Toko	www.toko.com	847-297-0070

SENSING RESISTOR MANUFACTURER	WEBSITE	PHONE NUMBER
Panasonic	www.panasonic.com/industrial/components	949-462-1816
KOA	www.koaspeer.com	814-362-5536
Vishay	www.vishay.com	800-433-5700

\*最大負荷電流はリニアテクノロジー社のDC1198Aによるもので、室温時に自然対流状態で得られたものです。ボード・レイアウトの設計に不備があると、最大負荷電流が減少することがあります。

表4. 昇圧モード

DERATING CURVE	$V_{OUT}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )*
Figure 7, 9	12, 16	Figure 5	0	None	11.4
Figure 7, 9	12, 16	Figure 5	200	None	8.5
Figure 7, 9	12, 16	Figure 5	400	None	7.5
Figure 8, 10	12, 16	Figure 5	0	BGA Heat Sink	11.0
Figure 8, 10	12, 16	Figure 5	200	BGA Heat Sink	7.9
Figure 8, 10	12, 16	Figure 5	400	BGA Heat Sink	7.1

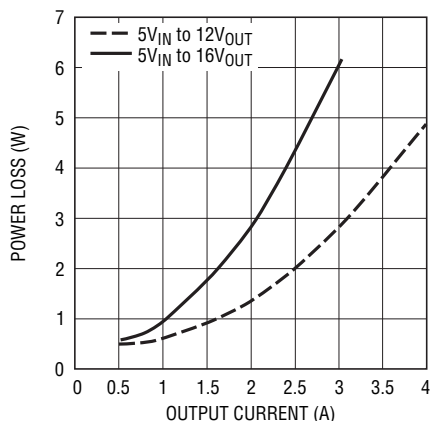
表5. 降圧モード

DERATING CURVE	$V_{OUT}$ (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	$\theta_{JA}$ ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )*
Figure 11, 13	12, 20	Figure 6	0	None	8.2
Figure 11, 13	12, 20	Figure 6	200	None	5.9
Figure 11, 13	12, 20	Figure 6	400	None	5.4
Figure 12, 14	12, 20	Figure 6	0	BGA Heat Sink	7.5
Figure 12, 14	12, 20	Figure 6	200	BGA Heat Sink	5.3
Figure 12, 14	12, 20	Figure 6	400	BGA Heat Sink	4.8

HEAT SINK MANUFACTURER	PART NUMBER	PHONE NUMBER
Wakefield Engineering	LTN20069	603-635-2800
Aavid Thermalloy	375424B00034G	603-224-9988

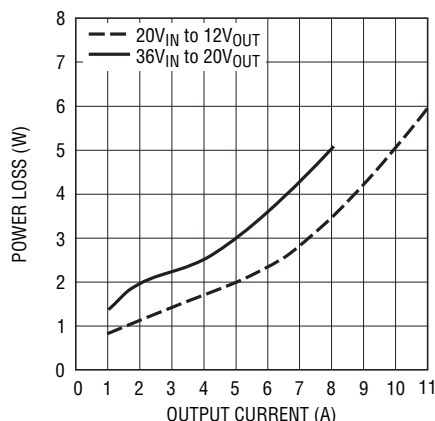
\*接合部-周囲間の熱抵抗 $\theta_{JA}$ はデモ・ボードDC 1198Aによる結果です。したがって、ボードの最大温度は(多くの場合、 $\mu\text{Module}$ 内の)接合部温度とみなされ、すべての部品で生じる電力損失が算入されています。ボードの設計に不備があると $\theta_{JA}$ が大きくなる点に注意が必要です。

## アプリケーション情報



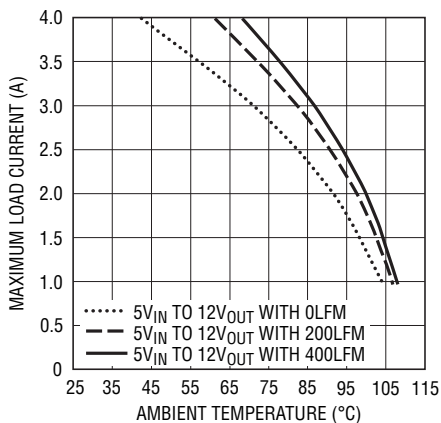
4607 F05

図5. 昇圧モード動作



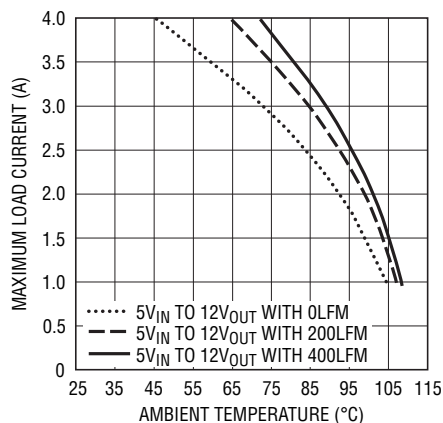
4607 F06

図6. 降圧モード動作



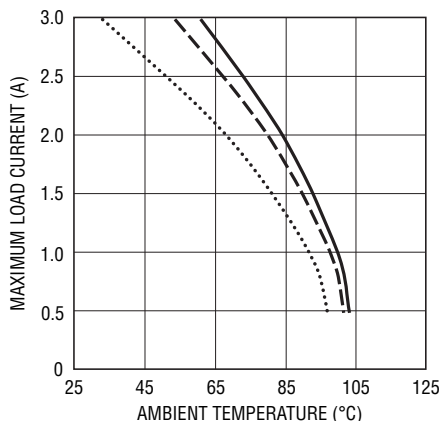
4607 F07

図7. 5V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし



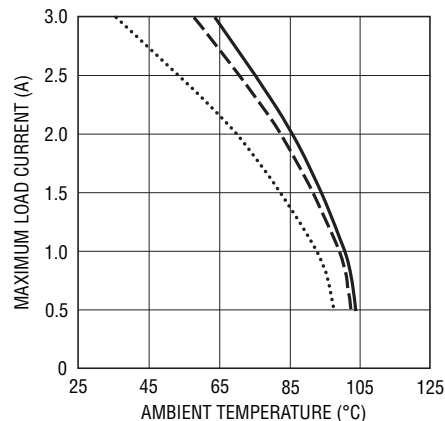
4607 F08

図8. 5V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>、ヒートシンク付き



4607 F09

図9. 5V<sub>IN</sub>から16V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし



4607 F10

図10. 5V<sub>IN</sub>から16V<sub>OUT</sub>、ヒートシンク付き

アプリケーション情報

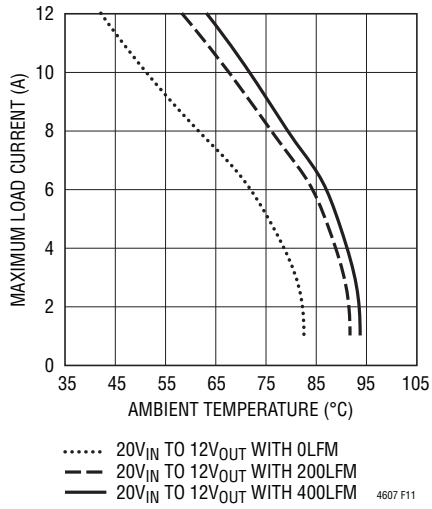


図11. 20V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし

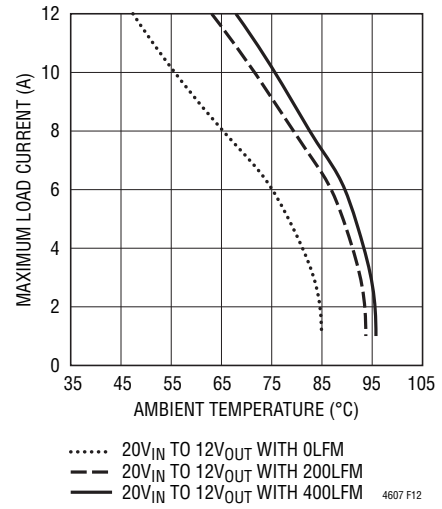


図12. 20V<sub>IN</sub>から12V<sub>OUT</sub>、ヒートシンク付き

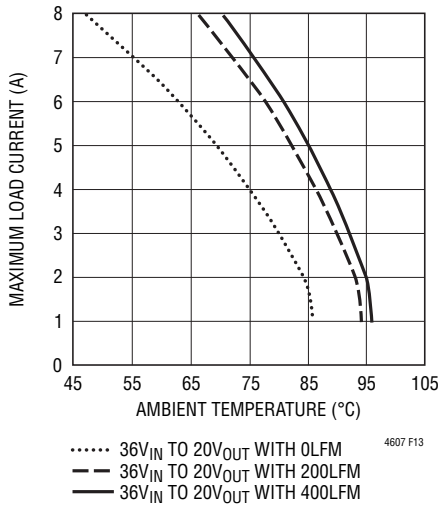


図13. 36V<sub>IN</sub>から20V<sub>OUT</sub>、ヒートシンクなし

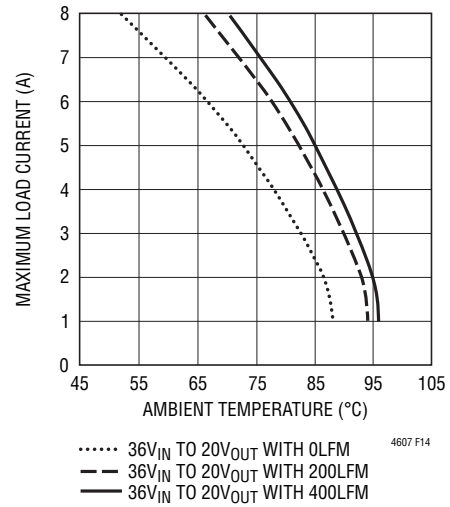


図14. 36V<sub>IN</sub>から20V<sub>OUT</sub>、ヒートシンク付き

## アプリケーション情報

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4607は集積度が高いので、PCBのボード・レイアウトが非常にシンプルで容易です。ただし、電気的性能と熱性能を最適化するには、いくつかのレイアウト上の配慮がさらに必要になります。

- $V_{IN}$ 、 $R_{SENSE}$ 、 $SW1$ 、 $SW2$ 、 $PGND$ 、 $V_{OUT}$ を含む高電流経路には大きなPCB銅エリアを使用します。これは、PCBの導通損失と熱ストレスを最小限に抑えるのに役立ちます。
- 入力と出力の高周波用セラミック・コンデンサを $V_{IN}$ 、 $PGND$ 、 $V_{OUT}$ の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小限に抑えます。
- $SENSE^-$ と $SENSE^+$ のリードを最小限のPCトレース間隔で一緒に配線します。センス・ラインは、スイッチ・ノードなどのノイズの多いエリアを通さないようにします。

- ユニットの下に専用の電源グランド層を配置します。
- ビアの導通損失を最小限に抑え、モジュールの熱ストレスを減らすため、トップ層と他の電源層の間の相互接続に複数のビアを使用します。
- 制限がある場合を除いて、パッドの上に直接ビアを置かないでください。
- 信号ピンに接続された部品には、別のSGNDグランドの銅エリアを使用します。SGNDとPGNDをユニットの下で接続します。

推奨レイアウトの良い例を図15に示します。

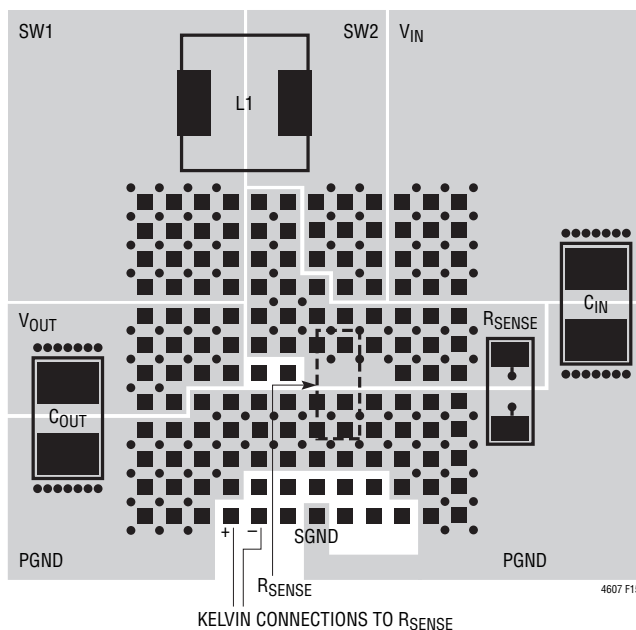


図15. 推奨するPCBレイアウト

## 標準的応用例

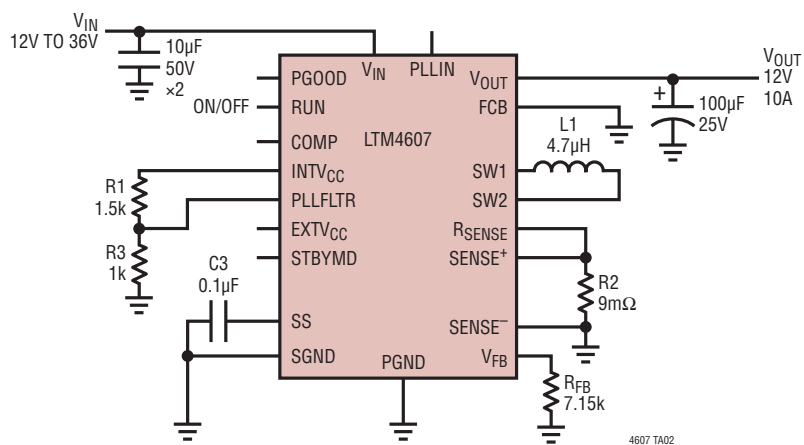


図16. 12V~36V入力の降圧モード動作

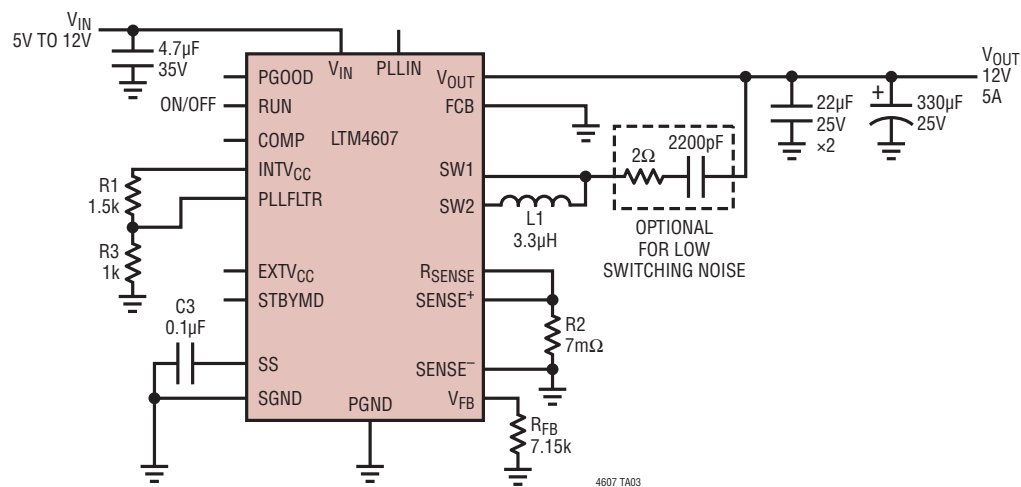


図17. スイッチング・ノイズが低い(オプション)5V~12V入力の昇圧モード動作

## 標準的応用例

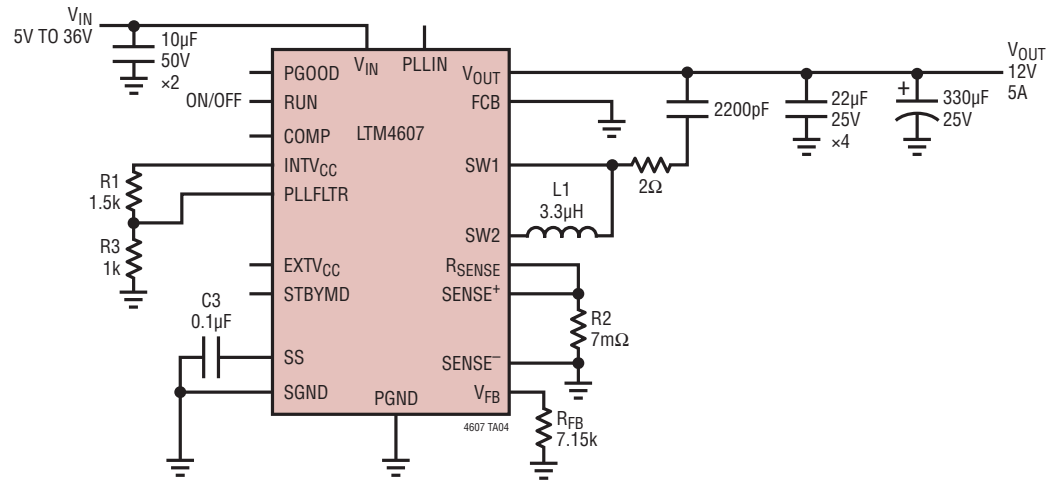


図18. 5V~36V入力の広範囲入力モード、12V/5A出力

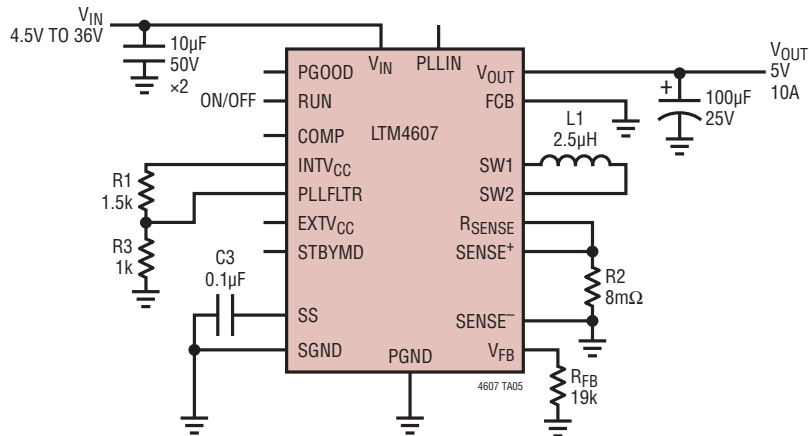


図19. 5V/10Aの設計

標準的応用例

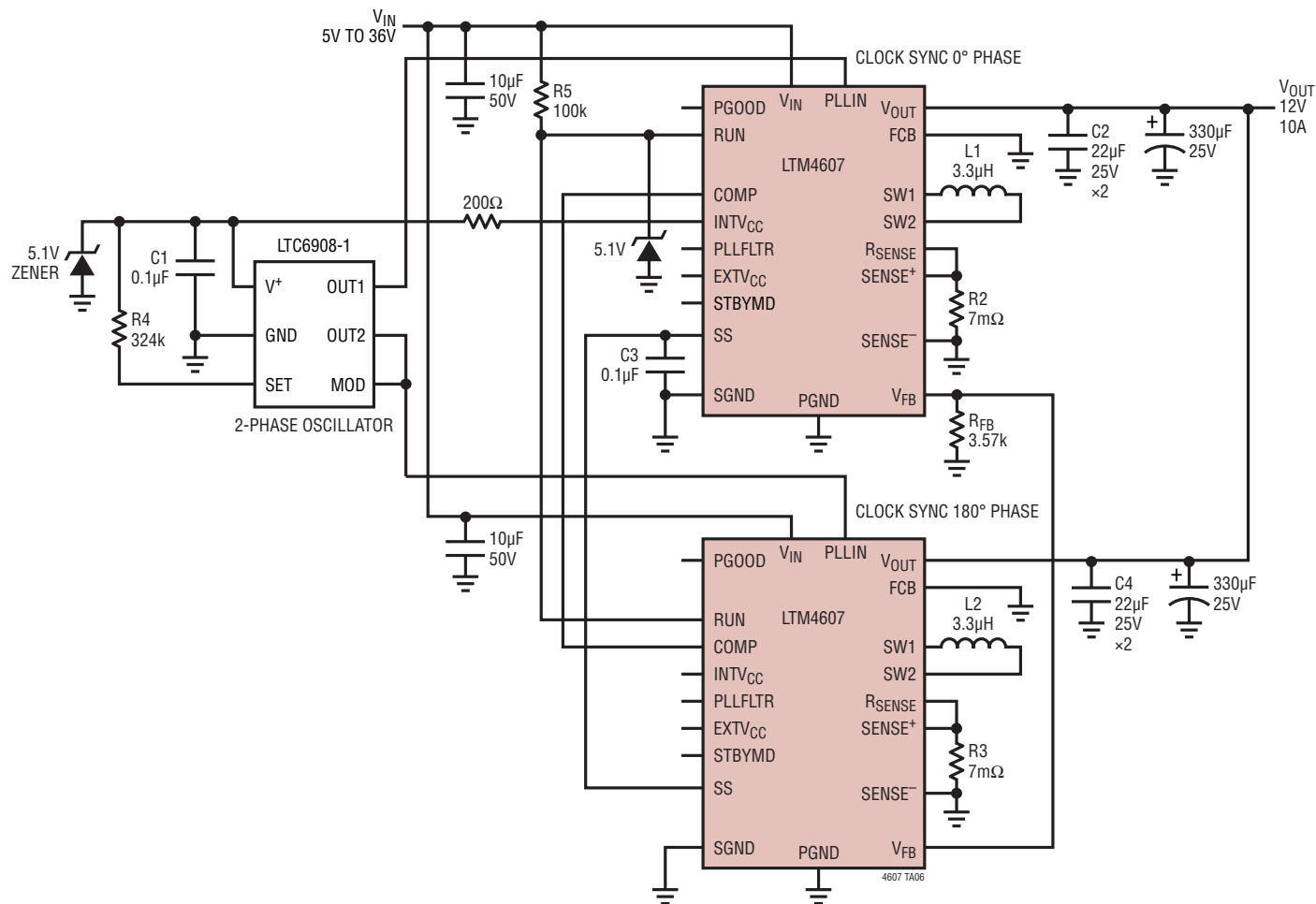


図20. 2フェーズ並列、12V/10Aの設計

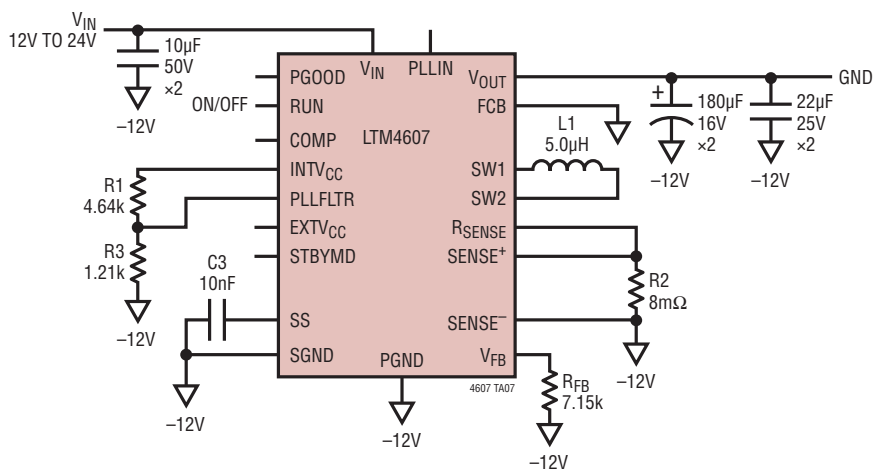
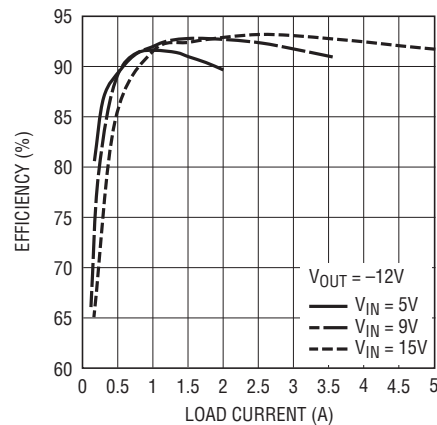


図21. 正入力から-12V負出力の降圧モード動作

効率と負荷電流

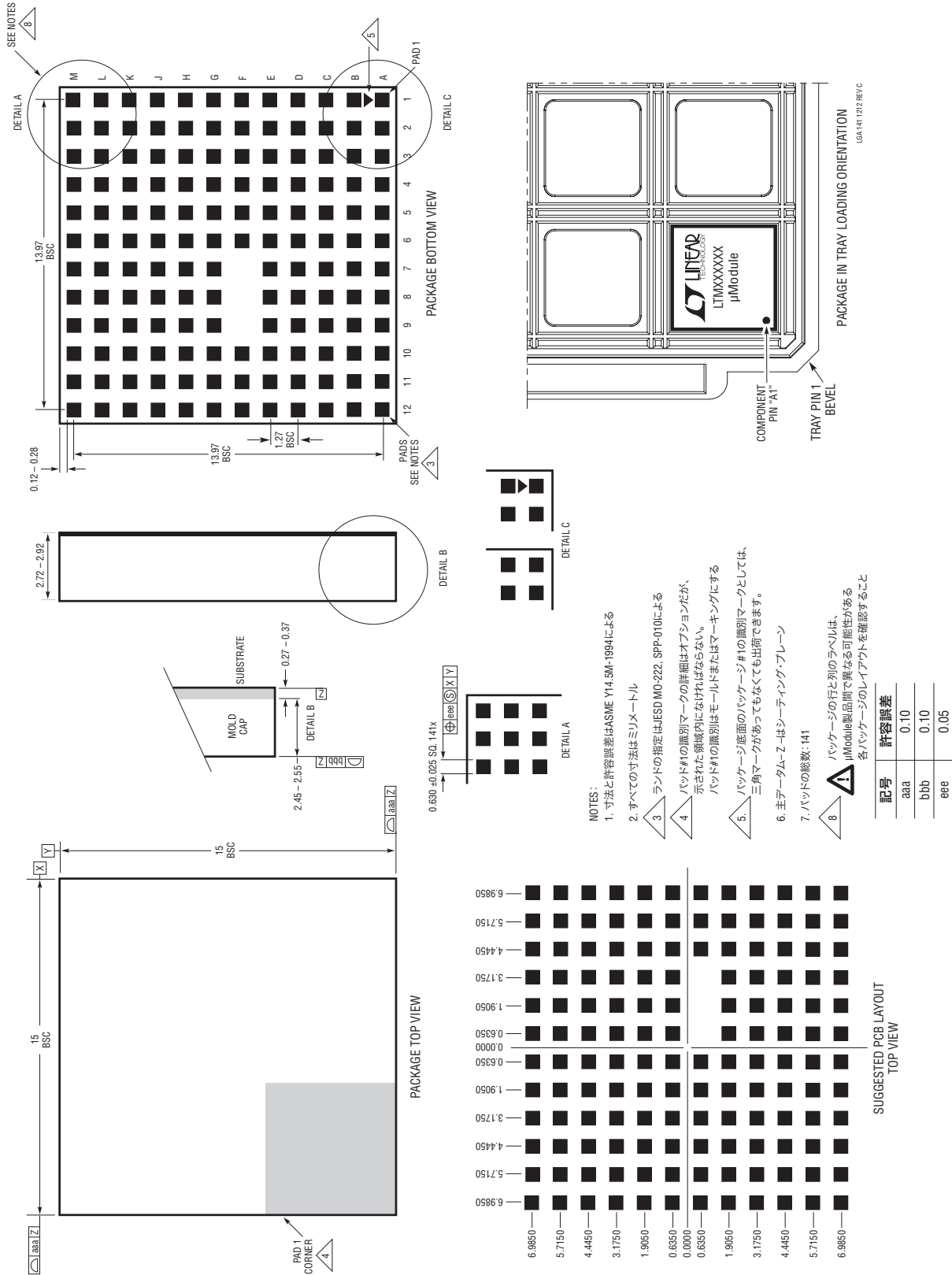


4607 TA07b

## パッケージ

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

### LGA Package 141-Lead (15mm × 15mm × 2.82mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1815 Rev C)





## 改訂履歴 (改訂履歴はRev Bから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
B	01/11	「絶対最大定格」セクションを更新	2
		「電気的特性」セクションのV <sub>FB</sub> を更新	4
		Note 2を更新、Note 6を追加	4
		「ピン機能」セクションのFCBピンの説明を更新	7
		「簡略ブロック図」を更新	8
		「アプリケーション情報」セクションの「出力電圧の設定」を更新	9
		図3と図4に文章追加	14、15
		図20を更新	23
		図21を新規追加	23
		「関連製品」セクションを更新	26
C	04/14	「発注情報」の表を更新	2
		回路図を更新	21~23

## パッケージ

ピン配置、表6  
(ピン番号によって整理)

PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME
A1 PGND	C1 PGND	E1 V <sub>OUT</sub>	G1 V <sub>OUT</sub>	J1 SW1	L1 SW1
A2 PGND	C2 PGND	E2 V <sub>OUT</sub>	G2 V <sub>OUT</sub>	J2 SW1	L2 SW1
A3 PGND	C3 PGND	E3 PGND	G3 V <sub>OUT</sub>	J3 SW1	L3 SW1
A4 SENSE <sup>+</sup>	C4 PGND	E4 PGND	G4 V <sub>OUT</sub>	J4 SW1	L4 SW1
A5 SENSE <sup>-</sup>	C5 PGND	E5 PGND	G5 R <sub>SENSE</sub>	J5 R <sub>SENSE</sub>	L5 R <sub>SENSE</sub>
A6 SS	C6 PGND	E6 PGND	G6 R <sub>SENSE</sub>	J6 R <sub>SENSE</sub>	L6 R <sub>SENSE</sub>
A7 SGND	C7 PGND	E7 PGND	G7 R <sub>SENSE</sub>	J7 R <sub>SENSE</sub>	L7 SW2
A8 RUN	C8 PGND	E8 PGND	G8 R <sub>SENSE</sub>	J8 SW2	L8 SW2
A9 FCB	C9 PGND	E9 PGND	G9 R <sub>SENSE</sub>	J9 SW2	L9 SW2
A10 STBYMD	C10 PGND	E10 PGND	G10 R <sub>SENSE</sub>	J10 V <sub>IN</sub>	L10 V <sub>IN</sub>
A11 PGND	C11 PGND	E11 PGND	G11 R <sub>SENSE</sub>	J11 V <sub>IN</sub>	L11 V <sub>IN</sub>
A12 PGND	C12 PGND	E12 PGND	G12 R <sub>SENSE</sub>	J12 V <sub>IN</sub>	L12 V <sub>IN</sub>
B1 PGND	D1 PGND	F1 V <sub>OUT</sub>	H1 V <sub>OUT</sub>	K1 SW1	M1 SW1
B2 PGND	D2 PGND	F2 V <sub>OUT</sub>	H2 V <sub>OUT</sub>	K2 SW1	M2 SW1
B3 PGND	D3 PGND	F3 V <sub>OUT</sub>	H3 V <sub>OUT</sub>	K3 SW1	M3 SW1
B4 PGND	D4 PGND	F4 V <sub>OUT</sub>	H4 V <sub>OUT</sub>	K4 SW1	M4 SW1
B5 PGOOD	D5 PGND	F5 INTV <sub>CC</sub>	H5 R <sub>SENSE</sub>	K5 R <sub>SENSE</sub>	M5 R <sub>SENSE</sub>
B6 V <sub>FB</sub>	D6 PGND	F6 EXTV <sub>CC</sub>	H6 R <sub>SENSE</sub>	K6 R <sub>SENSE</sub>	M6 R <sub>SENSE</sub>
B7 COMP	D7 PGND	F7 -	H7 R <sub>SENSE</sub>	K7 SW2	M7 SW2
B8 PLLFLTR	D8 PGND	F8 -	H8 R <sub>SENSE</sub>	K8 SW2	M8 SW2
B9 PLLIN	D9 PGND	F9 -	H9 R <sub>SENSE</sub>	K9 SW2	M9 SW2
B10 PGND	D10 PGND	F10 R <sub>SENSE</sub>	H10 R <sub>SENSE</sub>	K10 V <sub>IN</sub>	M10 V <sub>IN</sub>
B11 PGND	D11 PGND	F11 R <sub>SENSE</sub>	H11 R <sub>SENSE</sub>	K11 V <sub>IN</sub>	M11 V <sub>IN</sub>
B12 PGND	D12 PGND	F12 R <sub>SENSE</sub>	H12 R <sub>SENSE</sub>	K12 V <sub>IN</sub>	M12 V <sub>IN</sub>

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2900	可変リセット・タイマ付きクワッド電源モニタ	4個の電源をモニタ、可変リセット・タイマ
LTC2923	電源トラッキング・コントローラ	上昇下降両方のトラッキング、電源シーケンス制御
LTC3780	36V昇降圧コントローラ	同期動作、単一インダクタ、 $4V \leq V_{IN} \leq 36V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 30V$
LTC3785	10V昇降圧コントローラ	同期、No R <sub>SENSE</sub> <sup>TM</sup> 、 $2.7V \leq V_{IN} \leq 10V$ 、 $2.7V \leq V_{OUT} \leq 10V$
LT3825/LT3837	絶縁型同期整流式フライバック・コントローラ	オプトカプラ不要、3.3V、12A出力、シンプルな設計
LTM4600	10A DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	10Aの基本DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ
LTM4601/ LTM4601A	PLL、出力トラッキング/マーゼニング、リモートセンスを備えた12A DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	同期可能、48VまでのPolyPhase動作、LTM4601-1バージョンはリモートセンス機能なし
LTM4600HVMP	ミリタリ・プラスチック10A DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	$-55^{\circ}C \leq T_A \leq 125^{\circ}C$ 動作、ミリタリ・プラスチックLGA
LTM4602	6A DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	LTM4600とピン互換
LTM4603	PLL、出力トラッキング/マーゼニング、リモートセンスを備えた6A DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	同期可能、PolyPhase <sup>®</sup> 動作、LTM4603-1バージョンはリモートセンス機能なし、LTM4601とピン互換
LTM4604A	4A低入力電圧DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	$2.75V \leq V_{IN} \leq 5V$ 、 $0.8V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、9mm×15mm×2.3mm
LTM4605	5A高効率昇降圧DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	LTM4607とピン互換、4.5V～20Vの入力と0.8V～16Vの出力
LTM4608A	8A低入力電圧DC/DC $\mu$ Moduleレギュレータ	$2.75V \leq V_{IN} \leq 5V$ 、 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 、9mm×15mm×2.8mm

4607fc