

### 特長

- 完全なスイッチ・モード電源
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~20V
- 10A DC出力電流、14Aピーク出力電流
- 20A出力電流用に並列接続した2個の $\mu$ Module™ DC/DCコンバータ
- 出力電圧: 0.6V~5V
- 出力電圧レギュレーション: 1.5%
- 超高速過渡応答
- 電流モードの制御
- 金パッド仕上げのPbフリー (e4) のRoHSに準拠したパッケージ
- 最大92%の効率
- プログラム可能なソフトスタート
- 出力過電圧保護
- オプションの短絡シャットダウン・タイマ
- フットプリントが小さく、高さの低い(15mm×15mm×2.8mm)表面実装型LGAパッケージ

### アプリケーション

- テレコムとネットワーク機器
- サーバー
- 産業用装置
- ポイントオブロード (POL) レギュレーション

LT, LTC, LTおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。  
 $\mu$ Moduleはリニアテクノロジー社の商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に  
 所有権があります。5481178、6100678、6580258、5847554、6304066を含む米国特許によっ  
 て保護されています。

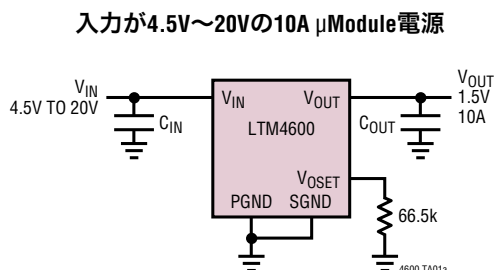
### 概要

LTM<sup>®</sup>4600は完全な10A、DC/DC降圧電源です。スイッチング・コントローラ、パワーFET、インダクタ、およびすべてのサポート部品がパッケージに含まれています。LTM4600は4.5V~20Vの入力電圧範囲で動作し、1個の抵抗で設定される0.6V~5Vの出力電圧範囲をサポートします。この高効率デザインは連続で10A(ピークで14A)の電流を供給し、電力仕様を満たすのにヒートシンクやエアフローを必要としません。デザインを完了するには、入力と出力にバルク・コンデンサだけですが必要です。

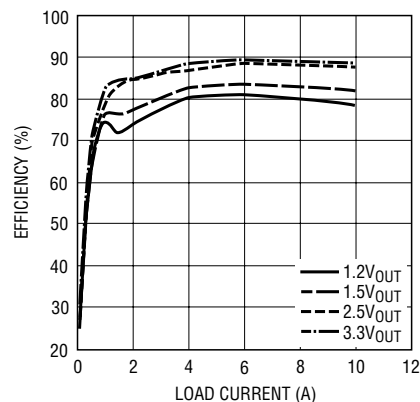
パッケージの高さが低いので(2.8mm)、高密度のPOL(ポイントオブロード)レギュレーションではPC基板の裏側の未使用スペースを利用することができます。高いスイッチング周波数とオン時間適応型電流モード・アーキテクチャにより、安定性を犠牲にすることなく、ラインと負荷の変化に対する非常に速い過渡応答が可能です。フォールト保護機能として、無効にできるシャットダウン・タイマ付きの過電圧保護と短絡保護が内蔵されています。内蔵されているソフトスタート・タイマは小さなコンデンサで調節することができます。

LTM4600は熱的に改善された小型で(15mm×15mm)高さの低い(2.8mm)オーバーモールドのランドグリッドアレイ (LGA) パッケージで供給されます。これは標準的な表面実装装置による自動アセンブリに適しています。LTM4600はPbフリーでRoHSに準拠しています。

### 標準的応用例



効率と負荷電流  
(12V<sub>IN</sub> (FCB = 0))



4600 TA01b

4600fa

# LTM4600

## 絶対最大定格

(Note 1)

FCB、EXTV <sub>CC</sub> 、PGOOD、RUN/SS、V <sub>OUT</sub> .....	-0.3V~6V
V <sub>IN</sub> 、SV <sub>IN</sub> 、f <sub>ADJ</sub> .....	-0.3V~20V
V <sub>OSET</sub> 、COMP.....	-0.3V~2.7V
動作温度範囲 (Note 2).....	-40°C~85°C
接合部温度.....	125°C
保存温度範囲.....	-45°C~125°C

## パッケージ/発注情報

TOP VIEW

LGA PACKAGE  
104-LEAD (15mm × 15mm × 2.8mm)  
T<sub>JMAX</sub> = 125°C, θ<sub>JA</sub> = 15°C/W, θ<sub>JC</sub> = 6°C/W,  
θ<sub>JA</sub> DERIVED FROM 95mm × 76mm PCB WITH 4 LAYERS  
WEIGHT = 1.7g

ORDER PART NUMBER	LGA PART MARKING
LTM4600EV#PBF	LTM4600EV
LTM4600IV#PBF	LTM4600IV

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

## 電気的特性

●は-40°C~85°Cの温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT<sub>A</sub> = 25°C、V<sub>IN</sub> = 12Vでの値。標準的アプリケーション(表紙)の構成で外部C<sub>IN</sub> = 120μF、C<sub>OUT</sub> = 200μFのセラミック。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>IN(DC)</sub>	Input DC Voltage		● 4.5		20	V
V <sub>OUT(DC)</sub>	Output Voltage	FCB = 0V V <sub>IN</sub> = 5V or 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 0A	● 1.478 1.470	1.50	1.522 1.530	V V

### Input Specifications

V <sub>IN(UVLO)</sub>	Under Voltage Lockout Threshold	I <sub>OUT</sub> = 0A		3.4	4	V
I <sub>INRUSH(VIN)</sub>	Input Inrush Current at Startup	I <sub>OUT</sub> = 0A, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0 V <sub>IN</sub> = 5V V <sub>IN</sub> = 12V		0.6 0.7		A A
I <sub>Q(VIN)</sub>	Input Supply Bias Current	I <sub>OUT</sub> = 0A, EXTV <sub>CC</sub> Open V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 5V V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0V V <sub>IN</sub> = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 5V V <sub>IN</sub> = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0V Shutdown, RUN = 0.8V, V <sub>IN</sub> = 12V		1.2 42 1.0 52 35	75	mA mA mA μA μA
I <sub>S(VIN)</sub>	Input Supply Current	V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 10A V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 3.3V, I <sub>OUT</sub> = 10A V <sub>IN</sub> = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 10A		1.52 3.13 3.64		A A A

4600fa

## 電気的特性

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>Output Specifications</b>							
$I_{OUTDC}$	Output Continuous Current Range (See Output Current Derating Curves for Different $V_{IN}$ , $V_{OUT}$ and $T_A$ )	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	0		10	A	
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ , $FCB = 0\text{V}$ , $V_{IN} = 4.5\text{V}$ to $20\text{V}$	●	0.15	0.3	%	
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ to $10\text{A}$ , $FCB = 0\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ (Note 3)	●		$\pm 1$ $\pm 1.5$	% %	
$V_{OUT(AC)}$	Output Ripple Voltage	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ , $FCB = 0\text{V}$		10	15	mV <sub>P-P</sub>	
$f_s$	Output Ripple Voltage Frequency	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 5\text{A}$ , $FCB = 0\text{V}$		800		kHz	
$t_{START}$	Turn-On Time	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 10\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.5 0.7		ms ms	
$\Delta V_{OUTLS}$	Voltage Drop for Dynamic Load Step	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , Load Step: $0\text{A}/\mu\text{s}$ to $5\text{A}/\mu\text{s}$ $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V, $470\mu\text{F}$ 4V Pos Cap, See Table 2		36		mV	
$t_{SETTLE}$	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 10% to 90% to 10% of Full Load		25		$\mu\text{s}$	
$I_{OUTPK}$	Output Current Limit	Output Voltage in Foldback $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		14 14		A A	
<b>Control Stage</b>							
$V_{OSET}$	Voltage at $V_{OSET}$ Pin	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.591 0.594	0.6 0.6	0.609 0.606	V V
$V_{RUN/SS}$	RUN ON/OFF Threshold			0.8	1.5	2	V
$I_{RUN(C)/SS}$	Soft-Start Charging Current	$V_{RUN/SS} = 0\text{V}$		-0.5	-1.2	-3	$\mu\text{A}$
$I_{RUN(D)/SS}$	Soft-Start Discharging Current	$V_{RUN/SS} = 4\text{V}$		0.8	1.8	3	$\mu\text{A}$
$V_{IN} - SV_{IN}$		$EXTV_{CC} = 0\text{V}$ , $FCB = 0\text{V}$			100		mV
$I_{EXTVCC}$	Current into $EXTV_{CC}$ Pin	$EXTV_{CC} = 5\text{V}$ , $FCB = 0\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$			16		mA
$R_{FBHI}$	Resistor Between $V_{OUT}$ and FB Pins				100		k $\Omega$
$V_{FCB}$	Forced Continuous Threshold			0.57	0.6	0.63	V
$I_{FCB}$	Forced Continuous Pin Current	$V_{FCB} = 0.6\text{V}$			-1	-2	$\mu\text{A}$
<b>PGOOD Output</b>							
$\Delta V_{OSETH}$	PGOOD Upper Threshold	$V_{OSET}$ Rising		7.5	10	12.5	%
$\Delta V_{OSETL}$	PGOOD Lower Threshold	$V_{OSET}$ Falling		-7.5	-10	-12.5	%
$\Delta V_{OSET(HYS)}$	PGOOD Hysteresis	$V_{OSET}$ Returning			2		%
$V_{PGL}$	PGOOD Low Voltage	$I_{PGOOD} = 5\text{mA}$			0.15	0.4	V

**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を越すストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

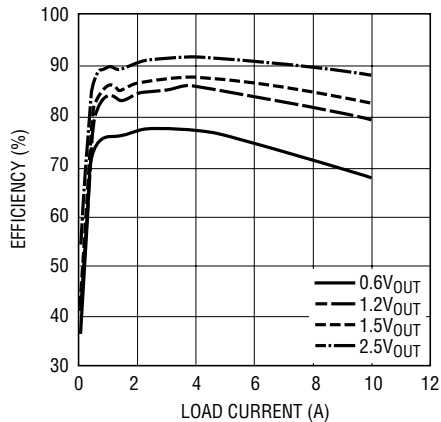
**Note 2:** LTM4600Eは0°C~85°Cの温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。-40°C~85°Cの動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4600Iは-40°C~85°Cの温度範囲で保証され、テストされている。

**Note 3:** テストでは、温度に対する電流のディレーティングが仮定されている。

# LTM4600

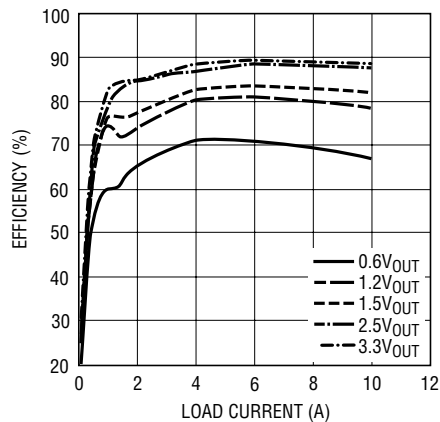
標準的性能特性 (すべての曲線について図17を参照)

効率と負荷電流 (5V<sub>IN</sub> (FCB = 0))



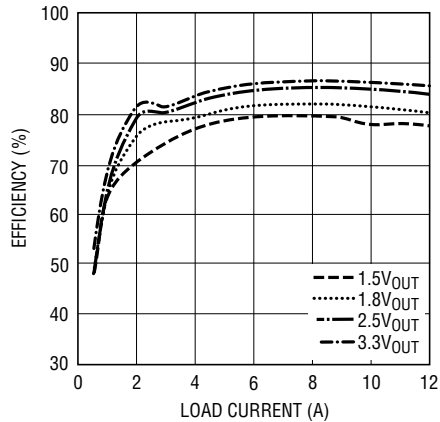
4600 G01

効率と負荷電流 (12V<sub>IN</sub> (FCB = 0))



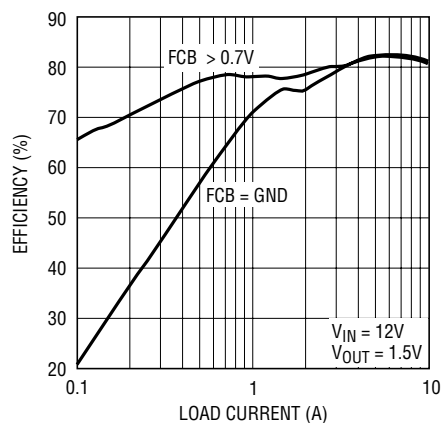
4600 G02

効率と負荷電流 (18V<sub>IN</sub> (FCB = 0))



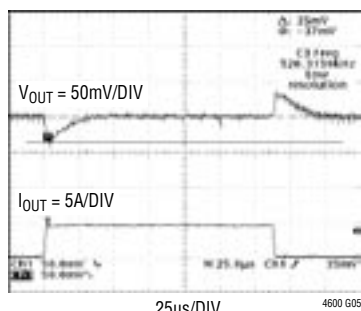
4600 G03

効率と負荷電流  
(異なるFCBの設定)



4600 G04

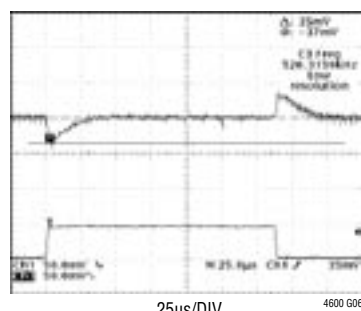
1.2V 過渡応答



4600 G05

1.2V AT 5A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub> = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS  
470µF 4V SANYO POS CAP  
C3 = 100pF

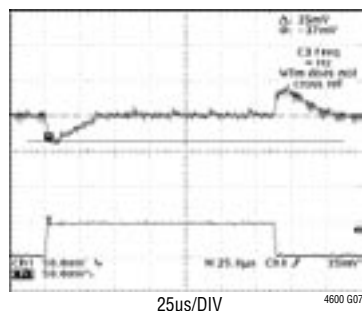
1.5V 過渡応答



4600 G06

1.5V AT 5A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub> = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS  
470µF 4V SANYO POS CAP  
C3 = 100pF

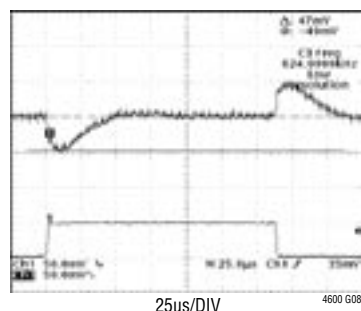
1.8V 過渡応答



4600 G07

1.8V AT 5A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub> = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS  
470µF 4V SANYO POS CAP  
C3 = 100pF

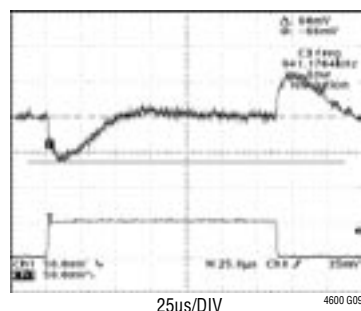
2.5V 過渡応答



4600 G08

2.5V AT 5A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub> = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS  
470µF 4V SANYO POS CAP  
C3 = 100pF

3.3V 過渡応答



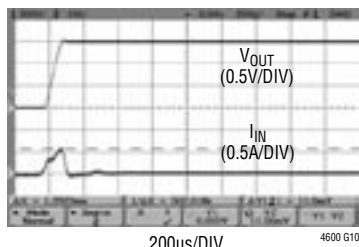
4600 G09

3.3V AT 5A/µs LOAD STEP  
C<sub>OUT</sub> = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS  
470µF 4V SANYO POS CAP  
C3 = 100pF

4600fa

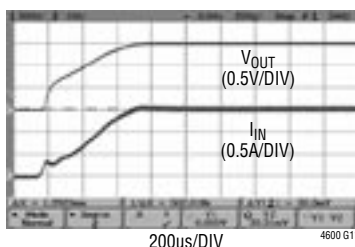
標準的性能特性 (すべての曲線について図17を参照)

スタートアップ、 $I_{OUT} = 0A$



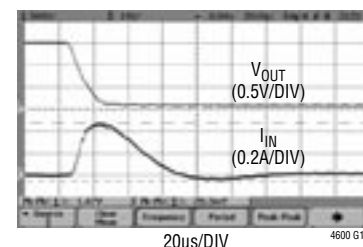
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1.5V$   
 $C_{OUT} = 200\mu F$   
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

スタートアップ、 $I_{OUT} = 10A$   
 (抵抗性負荷)



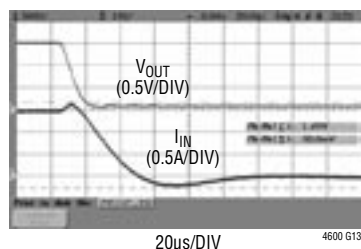
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1.5V$   
 $C_{OUT} = 200\mu F$   
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

短絡保護、 $I_{OUT} = 0A$



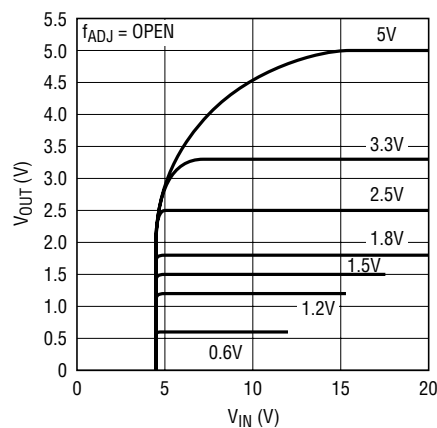
$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1.5V$   
 $C_{OUT} = 2 \times 200\mu F/X5R$   
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

短絡保護、 $I_{OUT} = 10A$



$V_{IN} = 12V$   
 $V_{OUT} = 1.5V$   
 $C_{OUT} = 2 \times 200\mu F/X5R$   
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

$V_{IN}$ から $V_{OUT}$ への降圧比



SEE FREQUENCY ADJUSTMENT DISCUSSION  
 FOR  $12V_{IN}$  TO  $5V_{OUT}$  AND  $5V_{IN}$  TO  $3.3V_{OUT}$   
 CONVERSION

4600 G14

## ピン機能 (ピン配置については「パッケージ寸法」を参照)

**V<sub>IN</sub> (バンク1):**電源入力ピン。これらのピンとGNDピンのあいだに入力電圧を加えます。入力デカップリング・コンデンサはV<sub>IN</sub>ピンとGNDピンのあいだに直接配置することを推奨します。

**f<sub>ADJ</sub> (ピンA15):**V<sub>IN</sub>からこのピンに接続された110k抵抗により、ワンショット・タイマの電流が設定され、それによってスイッチング周波数が設定されます。LTM4600のスイッチング周波数は標準850kHzです。グラウンドに接続する外付け抵抗を選択してワンショット・タイマの電流を減らすことにより、スイッチング周波数を下げて、デューティ・サイクルの高い降圧条件に適応させることができます。「アプリケーション」のセクションを参照してください。

**SV<sub>IN</sub> (ピンA17):**内部PWMコントローラ用電源。このピンはオープンのままにするか、デカップリング・コンデンサを追加します。

**EXTV<sub>CC</sub> (ピンA19):**コントローラ用外部5V電源ピン。オープンまたは接地したままにすると、内部5Vリニア・レギュレータがコントローラとMOSFETドライバに給電します。入力電圧が高いアプリケーションでは、このピンを外部5Vに接続すると電源モジュールの電力損失が減少します。EXTV<sub>CC</sub>の電圧は決してV<sub>IN</sub>を超えないようにします。

**V<sub>OSET</sub> (ピンA21):**誤差アンプの負入力。このピンは内部で精密100k抵抗を介してV<sub>OUT</sub>に接続されています。V<sub>OSET</sub>ピンとSGNDピンのあいだに抵抗を追加して、異なった出力電圧をプログラムすることができます。

**COMP (ピンB23):**電流制御スレッシュホールドおよび誤差アンプの補償点。電流コンパレータのスレッシュホールドはこの制御電圧に応じて増加します。電圧範囲は0V~2.4Vで、0.8Vがゼロ・センス電圧(ゼロ電流)に対応します。

**SGND (ピンD23):**信号グラウンド・ピン。すべての小信号用部品はこのグラウンドに接続し、このグラウンド自身はPGNDに一点接続します。

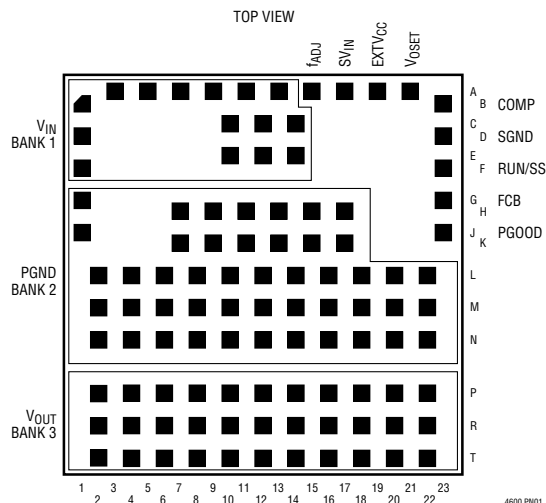
**RUN/SS (ピンF23):**実行制御とソフトスタート制御。このピンを0.8Vより下に強制すると、電源がシャットダウンします。電源モジュールの内部には1000pFのコンデンサがあり、200μFの出力容量では約0.7msのソフトスタート時間を与えます。RUN/SSピンとSGNDピンのあいだにコンデンサを追加してソフトスタート時間を長くすることができます。このピンとV<sub>IN</sub>ピンのあいだに抵抗を追加して内部の短絡ラッチオフをディスエーブルすることができます。このプルアップ抵抗は最小5μAのプルアップ電流を供給する必要があります。

**FCB (ピンG23):**強制連続入力。このピンを接地すると、負荷状態に関係なく、強制連続モード動作がイネーブルされます。このピンを0.63Vより高い電圧に接続すると、不連続導通モードがイネーブルされ、軽負荷での高効率動作が実現されます。FCBピンとSGNDピンのあいだには4.75Kの内部抵抗があります。

**PGOOD (ピンJ23):**出力電圧パワーグッド・インジケータ。出力電圧が公称電圧の10%以内のとき、PWRGDはオープン・ドレイン出力です。それ以外、このピンはグラウンドに引き下げられます。

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

**V<sub>OUT</sub> (バンク3):**電源出力ピン。これらのピンとGNDピンのあいだに出力負荷を接続します。高周波用出力デカップリング・コンデンサをこれらのピンとGNDピンのあいだに直接配置することを推奨します。



## 簡略ブロック図

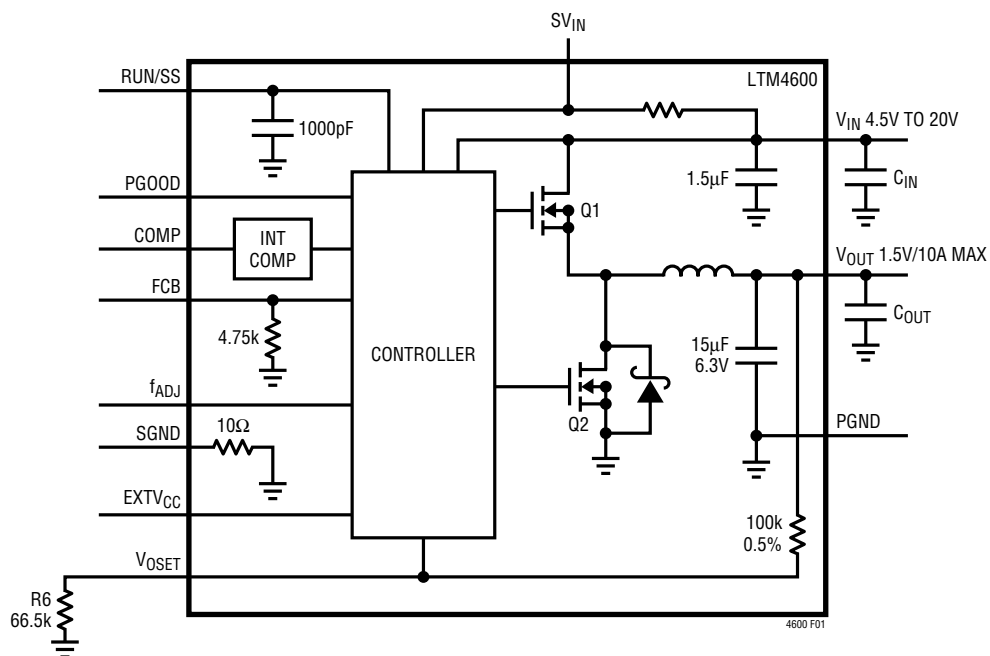


図1. LTM4600の簡略ブロック図

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$C_{IN}$	External Input Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 4.5\text{V to }15\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 10\text{A}$	20			$\mu\text{F}$
$C_{OUT}$	External Output Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 4.5\text{V to }15\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 10\text{A}$ , Refer to Table 2 in the Applications Information Section	100	200		$\mu\text{F}$

## 動作

## μModuleの概要

LTM4600はスタンダアローン非絶縁型同期式スイッチングDC/DC電源です。入力と出力に外付けのバルク・コンデンサを使うだけで、最大10AのDC出力電流を供給することができます。このモジュールは、1個の外付け抵抗によってプログラム可能な(入力電圧の80%を超えない)  $0.6V_{DC} \sim 5.0V_{DC}$  の精密に安定化された出力電圧を供給します。入力電圧範囲は4.5V~20Vです。簡略ブロック図を図1に、標準的応用回路を図17に示します。

LTM4600にはLTCの固定オン時間電流モード・レギュレータICと、高速スイッチング速度のショットキー・ダイオードを一体化した超低 $R_{DS(ON)}$  のFETが含まれています。最大負荷でのスイッチング周波数は標準800kHzです。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、広い範囲の動作条件と、すべてがセラミック(X5RまたはX7R)の出力コンデンサであっても、広い範囲の出力コンデンサで、LTM4600モジュールは十分な安定性のマージンと十分な過渡性能を備えています。

電流モード制御により、各サイクルごとに高速電流制限がおこなわれます。さらに、 $V_{FB}$ が下がっているあいだ過電流状態でフォールドバック電流制限をおこないません。また、LTM4600には無効にできる短絡ラッチオフが備わっています。内蔵されている過電圧コンパレータと低電圧コンパレータは、出力帰還電圧がレギュレーション・ポイントの上下 $\pm 10\%$ のウィンドウを外れると、オープン・ドレインのPGOOD出力を“L”に引き下げます。さらに、過電圧状態では内部トップFET Q1がオフし、ボトムFET Q2がオンして過電圧状態が解消するまでオン状態に保たれます。

RUN/SSピンを“L”に引き下げると、コントローラをシャットダウン状態に強制して、Q1とQ2の両方をオフします。このピンを解放すると、内部の1.2 $\mu$ A電流源がソフトスタート・コンデンサを充電することができます。この電圧が1.5Vに達すると、コントローラがオンしてスイッチングを開始します。

モジュールは負荷電流が低いとき既定では連続電流モードで動作して、出力電圧リップルを最小にします。FCBピンを0.8Vより上(ただし6Vを超えない)に引き上げると、軽負荷時の効率を上げるため、モジュールを不連続電流モードで動作するようにプログラムすることができます。FCBピンにはグラウンドに接続された4.75kの抵抗が備わっているため、抵抗を $V_{IN}$ に接続してFCBピンの電圧を設定することができます。

EXTV<sub>CC</sub>ピンが接地されるかオープン状態のとき、内蔵5Vリニア・レギュレータがコントローラとMOSFETゲート・ドライバに給電します。最小4.7Vの外部バイアス電源がEXTV<sub>CC</sub>ピンに与えられると、内部レギュレータがオフし、内部スイッチがEXTV<sub>CC</sub>をゲート・ドライバの電圧に接続します。これにより、高い入力電圧でのリニア・レギュレータの電力損失が除去され、コントローラに対する熱ストレスが減少します。EXTV<sub>CC</sub>ピンの最大電圧は6Vです。EXTV<sub>CC</sub>の電圧は決して $V_{IN}$ の電圧を超えないようにします。また、EXTV<sub>CC</sub>は $V_{IN}$ より後に印加します。

## アプリケーション情報

LTM4600の標準的応用回路を図17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。

### 出力電圧のプログラミングとマーージニング

LTM4600のPWMコントローラには0.6V±1%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、100k/0.5%の内部帰還抵抗がV<sub>OUT</sub>ピンとFBピンを接続しています。V<sub>OSET</sub>ピンからSGNDピンに抵抗R<sub>SET</sub>を追加して出力電圧を設定します。

$$V_0 = 0.6V \cdot \frac{100k + R_{SET}}{R_{SET}}$$

標準的出力電圧に対応する1%抵抗の標準値を表1に示します。

表1.

R <sub>SET</sub> (kΩ)	Open	100	66.5	49.9	43.2	31.6	22.1	13.7
V <sub>0</sub> (V)	0.6	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3.3	5

電圧マーージニングは、負荷回路にストレスを加えてボードの制御/保護機能を検証し、システムの信頼性を高めるため、製造時のテストで出力電圧をワーストケースの動作範囲へ動的に調節することです。LTM4600のマーージニング機能の実装方法を図2に示します。帰還抵抗R<sub>SET</sub>の他にいくつかの外付け部品が追加されています。マーージニングをディスエーブルするには両方のトランジスタQ<sub>UP</sub>とQ<sub>DOWN</sub>をオフします。Q<sub>UP</sub>がオンしてQ<sub>DOWN</sub>がオフすると、出力電圧が上のマーージンに設定されます。

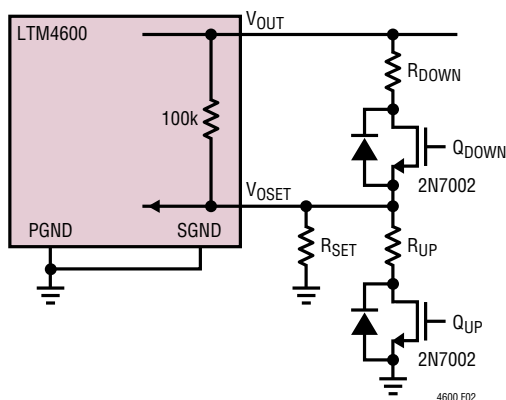


図2.

Q<sub>DOWN</sub>がオンしてQ<sub>UP</sub>がオフすると、出力電圧が下のマーージンに設定されます。出力電圧V<sub>O</sub>を±M%上下にマーージニングする必要がある場合、R<sub>UP</sub>とR<sub>DOWN</sub>の抵抗値は以下の式から計算することができます。

$$\frac{(R_{SET} \parallel R_{UP}) \cdot V_0 \cdot (1 + M\%)}{(R_{SET} \parallel R_{UP}) + 100k\Omega} = 0.6V$$

$$\frac{R_{SET} \cdot V_0 \cdot (1 - M\%)}{R_{SET} + (100k\Omega \parallel R_{DOWN})} = 0.6V$$

### 入力コンデンサ

LTM4600 μModuleは低acインピーダンスのDCソースに接続します。高周波数、低ESR入力コンデンサをモジュールに隣接させて配置する必要があります。図17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、バルク入力コンデンサC<sub>IN</sub>が選択されています。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算定することができます。

$$D = \frac{V_0}{V_{IN}}$$

インダクタの電流リップルを考慮しないと、入力コンデンサのRMS電流は次のように算定することができます。

$$I_{CIN(RMS)} = \frac{I_0(MAX)}{\eta\%} \cdot \sqrt{D \cdot (1 - D)}$$

上の式で、η%は電源モジュールの推定効率です。C<sub>1</sub>はスイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CONコンデンサまたは大容量セラミック・コンデンサにすることができます。多くの場合、コンデンサのリップル電流定格はわずか2000時間の寿命時間によって規定されていることに注意してください。このため、入力コンデンサを適当にデレーティングする、つまり要求条件よりも高い温度定格のコンデンサを選択するようにしてください。デレーティングの要件に関しては、必ずコンデンサの製造元にお問い合わせください。

図17では、入力コンデンサは高周波用入力デカップリング・コンデンサとして使われています。標準的な10A出力のアプリケーションには、1個か2個のESRが非常に低いX5RまたはX7Rの10μFセラミック・コンデンサを推奨します。

## アプリケーション情報

このデカップリング・コンデンサはPCBレイアウトでモジュールの入力ピンに直接隣接させて配置して、トレースのインダクタンスと高周波数のACノイズを最小に抑えます。

### 出力コンデンサ

LTM4600は低出力電圧リップル用に設計されています。バルク出力コンデンサ $C_{OUT}$ は、出力電圧リップルと過渡の必要条件を満たすのに十分低い等価直列抵抗(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(X5RまたはX7R)を使うことができます。出力にすべてセラミック・コンデンサを使う場合、標準的容量は200 $\mu$ Fです。内部で最適化されたループ補償により、すべてセラミック・コンデンサを使ったアプリケーションで安定性に十分なゆとりが得られます。出力リップルや動的過渡スパイクをさらに減らす必要がある場合、システム設計者によって出力フィルタを追加する必要があるかもしれません。特定の出力容量に対する5A/ $\mu$ sの過渡のあいだのそれぞれの出力電圧の垂下、ピーク・トゥ・ピークの変動および回復時間については、表2の出力容量のマトリックスを参照してください。

### フォールト状態:電流制限と過電流フォールドバック

LTM4600には電流モード・コントローラが備わっており、定常状態の動作時だけでなく、過渡においても本来的にサイクルごとにインダクタ電流を制限します。

過負荷状態が発生したとき電流をさらに制限するため、LTM4600にはフォールドバック電流制限機能が備わっています。出力が50%以上低下すると、最大出力電流はその最大電流リミット値の約1/6に次第に低下します。

### RUN/SSピンを使ったソフトスタートとラッチオフ

RUN/SSピンは、ソフトスタート用タイマおよび過電流ラッチオフだけでなく、LTM4600をシャットダウンする手段を与えます。RUN/SSピンを0.8Vより下に引き下げると、LTM4600を低消費電流( $I_Q \leq 75\mu$ A)のシャットダウン状態にします。このピンを解放すると、内部の1.2 $\mu$ A電流源がタイミング・コンデンサCSSを充電することができます。LTM4600の内部では、1000pFのコンデンサがRUN/SSピンからグラウンドに接続されています。RUN/SSピンからグラウンドに外部コンデンサCSS\_EXTが接続されると、起動するまでの遅延時間はおよそ次のようになります。

$$t_{\text{DELAY}} = \frac{1.5\text{V}}{1.2\mu\text{A}} \cdot (C_{\text{SS\_EXT}} + 1000\text{pF})$$

RUN/SSピンの電圧が1.5Vに達すると、RUN/SSピンの全ソフトスタート容量によって制限された最大出力インダクタ電流がクランプされた状態でLTM4600の内部スイッチが動作します。RUN/SSピンの電圧が3Vに上昇すると、インダクタ電流のソフトスタート・クランピングが解除されます。

### $V_{IN}$ から $V_{OUT}$ への降圧比

与えられた入力電圧で実現可能な $V_{IN}$ から $V_{OUT}$ への最大降圧比には制限があります。これらの制限は、「 $V_{IN}$ から $V_{OUT}$ への降圧比」とタイトルの付いた「標準的性能特性」の曲線に示されています。さらに熱的ディレーティングが必要となる可能性があることに注意してください。このデータシートの「熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング」のセクションを参照してください。

## アプリケーション情報

表2. 出力電圧応答と部品のマトリックス (図17を参照)

## TYPICAL MEASURED VALUES

C <sub>OUT1</sub> VENDORS	PART NUMBER	C <sub>OUT2</sub> VENDORS	PART NUMBER
TDK	C4532X5R0J107MZ (100 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POS CAP	6TPE330MIL (330 $\mu$ F, 6.3V)
TAIYO YUDEN	JMK432BJ107MU-T (100 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POS CAP	2R5TPE470M9 (470 $\mu$ F, 2.5V)
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22 $\mu$ F, 6.3V)	SANYO POS CAP	4TPE470MCL (470 $\mu$ F, 4V)

V <sub>OUT</sub> (V)	C <sub>IN</sub> (CERAMIC)	C <sub>IN</sub> (BULK)	C <sub>OUT1</sub> (CERAMIC)	C <sub>OUT2</sub> (BULK)	C <sub>COMP</sub>	C3	V <sub>IN</sub> (V)	DROOP (mV)	PEAK TO PEAK (mV)	RECOVERY TIME ( $\mu$ s)	LOAD STEP (A/ $\mu$ s)
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	5	35	68	25	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	5	35	70	20	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	5	40	80	20	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	49	98	20	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	35	68	25	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	12	35	70	20	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	12	40	80	20	5
1.2	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	49	98	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	5	36	75	25	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	5	37	79	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	5	44	84	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	61	118	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	36	75	25	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	12	37	79	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	12	44	89	20	5
1.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	54	108	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	5	40	81	30	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	5	44	88	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	5	46	91	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	62	128	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	40	81	30	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 2.5V	NONE	100pF	12	44	85	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	12	44	91	20	5
1.8	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	62	125	20	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	5	48	103	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	5	56	113	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	5	57	116	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	60	115	25	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	48	103	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	51	102	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	12	56	113	30	5
2.5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	70	159	25	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	7	64	126	30	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	7	66	132	30	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	7	82	166	35	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	7	100	200	25	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	1 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	52	106	30	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	3 $\times$ 22 $\mu$ F 6.3V	470 $\mu$ F 4V	NONE	100pF	12	64	129	35	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	2 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	330 $\mu$ F 6.3V	NONE	100pF	12	64	126	30	5
3.3	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	76	144	25	5
5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	15	188	375	25	5
5	2 $\times$ 10 $\mu$ F 25V	150 $\mu$ F 35V	4 $\times$ 100 $\mu$ F 6.3V	NONE	NONE	100pF	20	159	320	25	5

## アプリケーション情報

コントローラが起動し、外部コンデンサが充電するのに十分な時間が経過した後、CSSは短絡タイマとして使われます。RUN/SSピンが4Vを超えるまで充電された後、出力電圧が安定化電圧の75%より下まで低下すると、短絡が発生したとみなされます。すると、1.8μAの電流によってCSSが放電し始めます。RUN/SSピンが3.5Vに低下するまでフォールト状態が続くと、コントローラは両方のパワーMOSFETをオフし、コンバータを永続的にシャットダウンします。動作を再開するには、RUN/SSピンをアクティブにグランドまで引き下げる必要があります。

CSSが4Vのスレッシュホールドに達するまでに出力が確実に安定化するように、ソフトスタート・タイミング・コンデンサCSSを十分大きくすることが、過電流保護タイマにとって必要です。これは一般に出力容量、出力電圧および負荷電流特性に依存します。外付けソフトスタート・コンデンサの最小値は次式から算定できます。

$$C_{SS\_EXT} + 1000pF > C_{OUT} \cdot V_{OUT} (10^{-3} [F/V_S])$$

一般に0.1μFあれば十分過ぎるほどです。

負荷電流は短絡時に電流モード・コントロールと電流フォールドバック回路によって既に制限されていますので、とりわけ出力に大容量が存在するか、または起動時に大電流が負荷に流れる場合、過電流ラッチオフ動作は常に必要であるとも望ましいとも限りません。このラッチオフ機能は、RUN/SSピンへの5μAより大きく80μAよりは小さいプルアップ電流によって無効にすることができます。この追加電流によってフォールト時にCSSの放電を防がれ、さらにソフトスタート時間が短縮されます。ラッチオフを無効にする簡単な方法として、RUN/SSピンからV<sub>IN</sub>に抵抗を1個接続します。どんなプルアップ・ネット

ワークも、RUN/SSを4Vの最大ラッチオフ・スレッシュホールドよりも上に保つことができなければならず、4μAの最大放電電流にうちかつことができなければなりません。起動時および短絡時のV<sub>RUN</sub>の概念図を図3に示します。

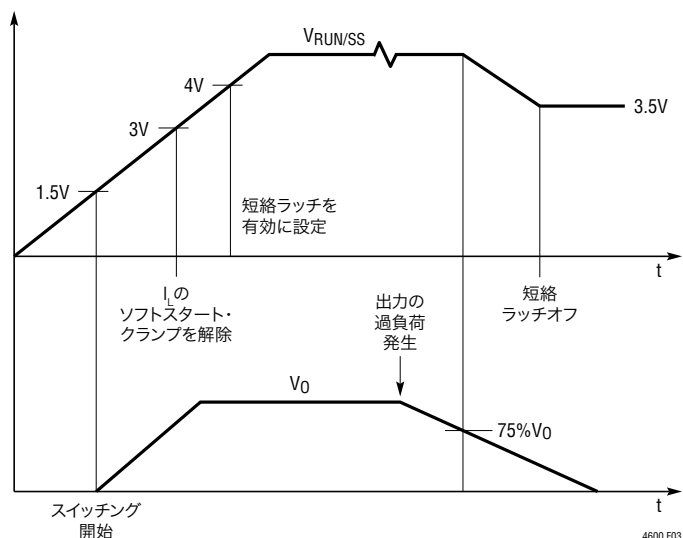


図3. 起動時および短絡保護時のRUN/SSピンの電圧

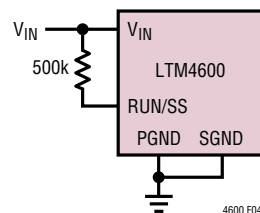


図4. V<sub>IN</sub>に接続したプルアップ抵抗による短絡ラッチオフの無効化

## アプリケーション情報

### イネーブル

図5に示されているように、RUN/SSピンはロジックでドライブすることができます。この機能により、LTM4600はリモートでオン/オフすることができます。 $\overline{\text{ON}}$ 信号は出力電圧のシーケンスを制御することもできます。

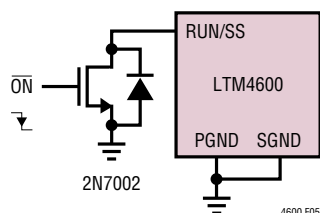


図5. 外部ロジックを使ったイネーブル回路

### 出力電圧のトラッキング

出力電圧のトラッキングが必要なアプリケーションでは、LTC2923のような電源トラッキング・コントローラによって複数のLTM4600モジュールをプログラムすることができます。LTC2923を使った標準的な回路を図6に示します。

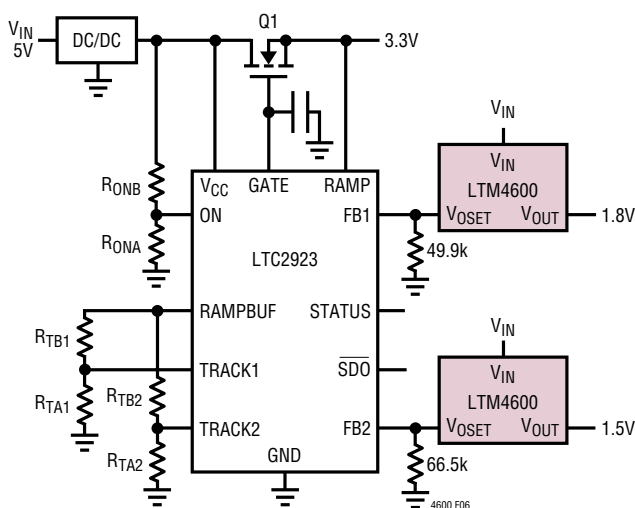


図6. LTC2923コントローラを使った出力電圧トラッキング

$V_O$ の立上りと立下りの同時トラッキング、レシオメトリック・トラッキングおよびオフセット・トラッキングを異なった抵抗値の組を使って実装することができます。詳細については、LTC2923のデータシートを参照してください。

### EXTV<sub>CC</sub>の接続

内部低ドロップアウト・レギュレータは、制御回路とFETドライバに電力を供給する5V電源を与えます。したがって、システムに5V電源レールがなければ、LTM4600は $V_{IN}$ から直接電力供給を受けられます。LDOからのゲート・ドライバ電流は約18mAです。内部LDOの電力消費は次のように計算されます。

$$P_{LDO\_LOSS} = 18\text{mA} \cdot (V_{IN} - 5\text{V})$$

LTM4600は外部ゲート・ドライバ電圧ピンEXTV<sub>CC</sub>も備えています。システムに5Vレールがあれば、EXTV<sub>CC</sub>ピンを外部の5Vレールに接続することを推奨します。EXTV<sub>CC</sub>ピンが4.7Vを超えているときは常に内部5V LDOはシャットオフし、内部の50mAのPチャンネル・スイッチがEXTV<sub>CC</sub>を内部5Vに接続します。EXTV<sub>CC</sub>ピンが4.5Vより下に下がるまで、内部5VはEXTV<sub>CC</sub>から供給されます。6Vを超える電圧はEXTV<sub>CC</sub>に印加しないで、EXTV<sub>CC</sub> <  $V_{IN}$ となるようにしてください。EXTV<sub>CC</sub>の可能な接続方法を以下にまとめて列挙します。

- EXTV<sub>CC</sub>をグランドに接続します。内部5V LDOは常に内部5Vレギュレータから電力を供給されます。
- EXTV<sub>CC</sub>を外部電源に接続します。内部LDOはシャットオフされます。MOSFETゲート・ドライバの必要条件(標準5V)を満たす高効率電源により、全体の効率を上げることができます。この接続方法では、EXTV<sub>CC</sub>の電圧が $V_{IN}$ ピンの電圧より決して高くならないことが要求されます。

### 不連続動作とFCBピン

FCBピンは、インダクタ電流が反転するとき内部のボトムMOSFETがオン状態に留まるかどうかを決定します。このピンからグランドに接続された4.75kの内部プルダウン抵抗があります。軽負荷時の既定の動作モードは強制連続(PWM)電流モードです。このモードでは、出力電圧リップルが最小になります。

## アプリケーション情報

軽負荷時の効率が重要なアプリケーションでは、FCBピンを0.6Vのスレッシュホールドより高い電圧に接続すると不連続動作がイネーブルされ、インダクタ電流が反転するとボトムMOSFETはオフします。したがって、導通損失が最小になり、軽負荷時の効率が改善されます。その代わりに、軽負荷でコントローラがサイクルをスキップして出力電圧リップルが増加する可能性があります。

### 負荷を分担する並列動作

10Aを越す出力電流を供給するため、複数のLTM4600モジュールを並列に接続することができます。並列に使用する2個のモジュールに必要な相互接続を図7に示します。OPTI-LOOP™電流モード制御により、モジュールのあいだで適正な電流分担がなされ、熱ストレスが均衡します。並列に接続した複数のLTM4600の新しいフィードバックの式は次のとおりです。

$$V_{OUT} = 0.6V \cdot \frac{100k + R_{SET}}{N \cdot R_{SET}}$$

ここでNは並列に接続したLTM4600の個数です。

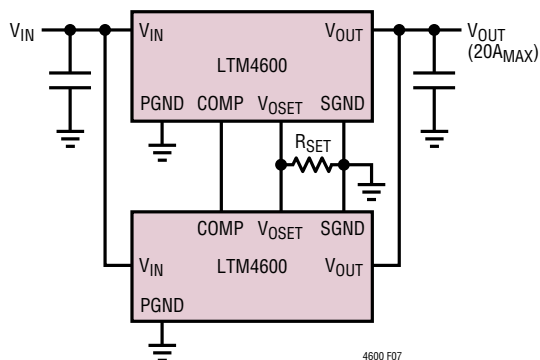


図7. 負荷分担をおこなう並列接続した2個のμModule

OPTI-LOOPはリニアテクノロジー社の商標です。

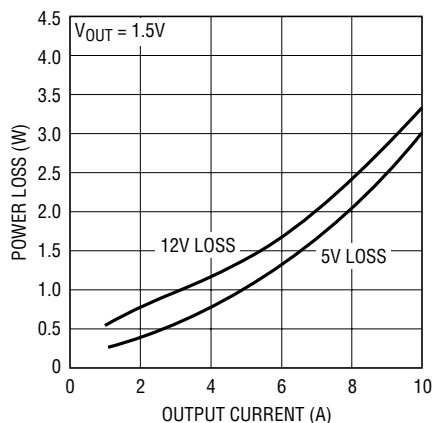
### 熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

図8と図13の電力損失の曲線は、図9～図12、図14および図15の負荷電流ディレーティング曲線と関連付けて、多様なヒートシンクを使ったモジュールの $\theta_{JA}$ を概算するのに利用することができます。サーマルモデルはベンチテストのいくつかの温度測定とサーマルモデル解析から得られます。サーマルモデルとディレーティング曲線の分析が「アプリケーションノート103」で詳細に説明されています。表3と表4に、注記された条件の等価 $\theta_{JA}$ がまとめられています。これらの等価 $\theta_{JA}$ パラメータは測定値と相関がとれており、エアフローによって改善されます。ディレーティング曲線ではケース温度が100°C以下に保たれています。このため、上面と底面にヒートシンクを付けた全モジュールで4Wの最大電力消費が可能で、 $\theta_{JC}$ がおよそ6°C/W～9°C/Wのモジュールの上面を通して2Wの電力消費が可能です。これはデバイスの接合部で合計124°Cに相当します。

### 安全性に関する検討事項

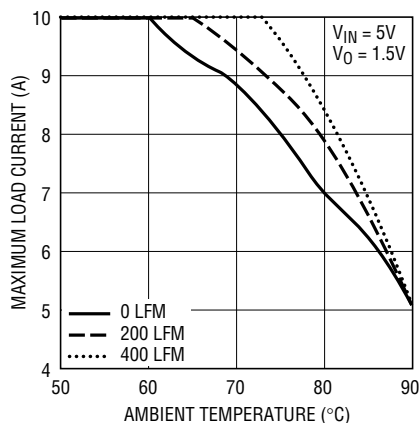
LTM4600モジュールでは $V_{IN}$ と $V_{OUT}$ が絶縁されていません。内部にヒューズはありません。必要なら、最大入力電流の2倍の定格の低速溶断ヒューズを使って各ユニットを致命的損傷から保護します。

アプリケーション情報



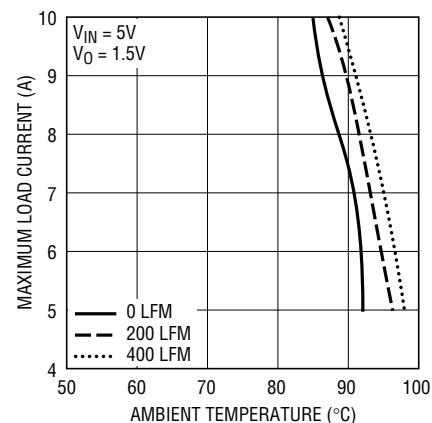
4600 F08

図8. 電力損失と負荷電流



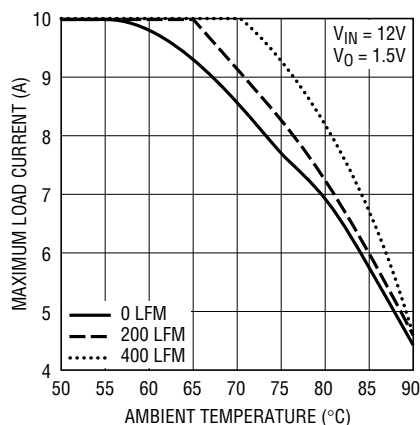
4600 F09

図9. ヒートシンクなし



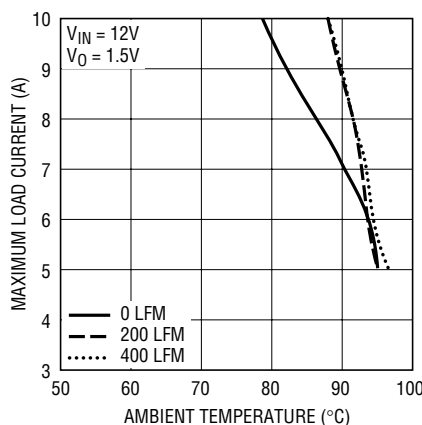
4600 F10

図10. BGA用ヒートシンク



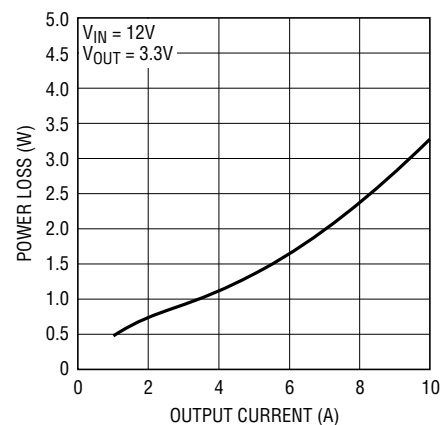
4600 F11

図11. ヒートシンクなし



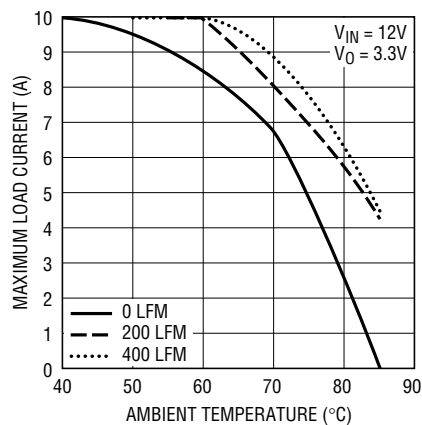
4600 F12

図12. BGA用ヒートシンク



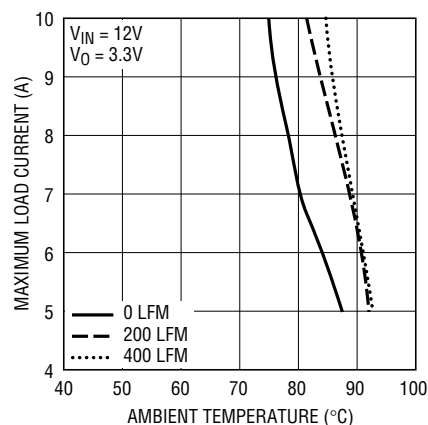
4600 F13

図13. 電力損失と負荷電流



4600 F14

図14. ヒートシンクなし



4600 F15

図15. BGA用ヒートシンク

## アプリケーション情報

表3. 1.5V出力

DERATING CURVE	V <sub>IN</sub> (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEATSINK	θ <sub>JA</sub> (°C/W)
Figures 9, 11	5, 12	Figure 8	0	None	15.2
Figures 9, 11	5, 12	Figure 8	200	None	14
Figures 9, 11	5, 12	Figure 8	400	None	12
Figures 10, 12	5, 12	Figure 8	0	BGA Heatsink	13.9
Figures 10, 12	5, 12	Figure 8	200	BGA Heatsink	11.3
Figures 10, 12	5, 12	Figure 8	400	BGA Heatsink	10.25

表4. 3.3V出力

DERATING CURVE	V <sub>IN</sub> (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEATSINK	θ <sub>JA</sub> (°C/W)
Figure 14	12	Figure 13	0	None	15.2
Figure 14	12	Figure 13	200	None	14.6
Figure 14	12	Figure 13	400	None	13.4
Figure 15	12	Figure 13	0	BGA Heatsink	13.9
Figure 15	12	Figure 13	200	BGA Heatsink	11.1
Figure 15	12	Figure 13	400	BGA Heatsink	10.5

## アプリケーション情報

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4600は高度に一体化されていますので、PCBボードのレイアウトが非常に簡単で容易です。ただし、電気的性能と熱的性能を最適化するにはいくつかのレイアウト上の配慮が依然として必要です。

- $V_{IN}$ 、PGNDおよび $V_{OUT}$ を含む高電流経路には大きなPCB銅エリアを使います。PCBの導通損失と熱ストレスを最小に抑えるのに役立ちます。
- 入力と出力の高周波用セラミック・コンデンサを $V_{IN}$ 、PGNDおよび $V_{OUT}$ の各ピンに隣接させて配置し、高周波ノイズを最小に抑えます。
- ユニットの下の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あいだの相互接続に多数のビアを使います。
- パッドの上に直接ビアを置かないでください。
- 信号ピンに接続された部品には、別のSGNDグランド銅エリアを使います。SGNDとPGNDをユニットの下で接続します。

推奨レイアウトの良い例を図16に示します。

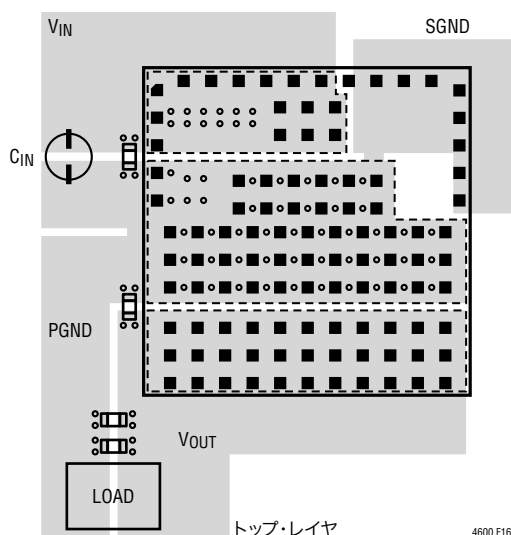


図16. 推奨PCBレイアウト

### 周波数の調整

LTM4600はほとんどの入力条件と出力条件で一般に800kHzで動作するように設計されています。 $f_{ADJ}$ ピンは一般に開放状態にしておくか、オプションで1000pFのコンデンサを使ってデカップリングします。スイッチング周波数は動作範囲にわたって出力リップル・ノイズを一定に保つように最適化されています。スイッチング周波数は5Vと3.3Vの出力では標準1.2MHzまで増加し、出力リップル・ノイズの増加を制限します。5Vから3.3V、12Vから5Vのような高いデューティ・サイクルの要件に適合させるため、スイッチング周波数を低く調節することができます。高い負荷電流でインダクタが飽和しないように内部インダクタのリップル電流を制限する、デューティ・サイクルが高いデザインでは、入力電圧範囲が制限されます。例:

$$\text{LTM4600の最小オン時間} = 100\text{ns}$$

$$\text{LTM4600の最小オフ時間} = 400\text{ns}$$

周波数設定の式:

$$I_{ON} = V_{IN} - 0.7\text{V} / 110\text{k}; 12\text{V入力の場合、} I_{ON} = 103\mu\text{A}$$

$$\text{周波数} = (I_{ON} / [2.4\text{V} \cdot 10\text{pF}]) \cdot \text{DC}; \text{DC} = \text{デューティ・サイクル、デューティ・サイクルは } (V_{OUT} / V_{IN})$$

$$t = t_{ON} + t_{OFF}, t_{ON} = \text{オン時間、} t_{OFF} = \text{スイッチング周期のオフ時間}; t = 1/\text{周波数}$$

$t_{OFF}$ は400nsより大きくなければなりません。つまり $t - t_{ON} > 400\text{ns}$ となります。

$$t_{ON} = \text{DC} \cdot t$$

12Vから5Vの場合、1MHzの周波数、つまり1 $\mu\text{s}$ の周期が選択されます。

$$t_{ON} = 0.41 \cdot 1\mu\text{s} \cong 410\text{ns}$$

$$t_{OFF} = 1\mu\text{s} - 410\text{ns} \cong 590\text{ns}$$

$t_{ON}$ と $t_{OFF}$ は適切なガードバンドをもって最小値より上になります。

周波数 =  $(I_{ON} / [2.4\text{V} \cdot 10\text{pF}]) \cdot \text{DC}$ を使って、 $I_{ON} = (1\text{MHz} \cdot 2.4\text{V} \cdot 10\text{pF}) \cdot (1/0.41) \cong 58\mu\text{A}$ について解きます。12V入力から計算された $I_{ON}$ 電流は103 $\mu\text{A}$ だったので、 $f_{ADJ}$ からグランドへの抵抗 =  $(0.7\text{V} / 15\text{k}) = 46\mu\text{A}$ となります。103 $\mu\text{A} - 46\mu\text{A} = 57\mu\text{A}$ により、12Vから5Vへの高いデューティ・サイクルの変換のための適切な周波数範囲のための適切な $I_{ON}$ 電流が設定されます。入力電圧範囲は9V~16Vに制限されます。 $f_{ADJ}$ の15kなしに、高い入力電圧を使うことができます。

4600fa

# LTM4600

## アプリケーション情報

16Vより上ではインダクタ・リップル電流が高くなりすぎ、9Vより下では400nsの最小オフ時間が制限されます。

周波数設定の式:

$$I_{ON} = V_{IN} - 0.7V / 110k; 5V \text{ 入力の場合, } I_{ON} = 39\mu A$$

$$\text{周波数} = (I_{ON} / [2.4V \cdot 10pF]) \cdot DC; DC = \text{デューティ} \cdot \text{サイクル, デューティ} \cdot \text{サイクル} = (V_{OUT} / V_{IN})$$

$$t = t_{ON} + t_{OFF}, t_{ON} = \text{オン時間}, t_{OFF} = \text{スイッチング周期のオフ時間}; t = 1 / \text{周波数}$$

$t_{OFF}$ は400nsより大きくなければなりません。つまり  $t - t_{ON} > 400ns$  となります。

$$t_{ON} = DC \cdot t$$

5Vから3.3Vの場合、約450kHzの周波数、つまり2.22 $\mu s$ の周期が選択されます。4.5V~7Vの入力では、周波数範囲はおよそ450kHz~650kHzです。

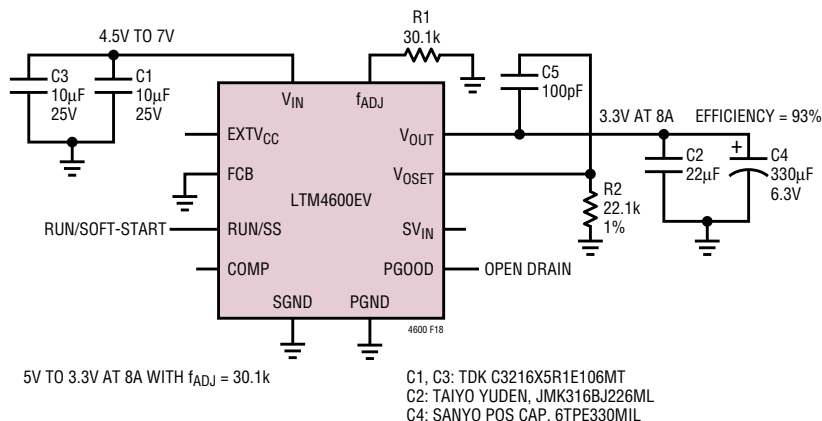
$$t_{ON} = 0.66 \cdot 2.22\mu s \approx 1.46\mu s$$

$$t_{OFF} = 2.22\mu s - 1.46\mu s \approx 760ns$$

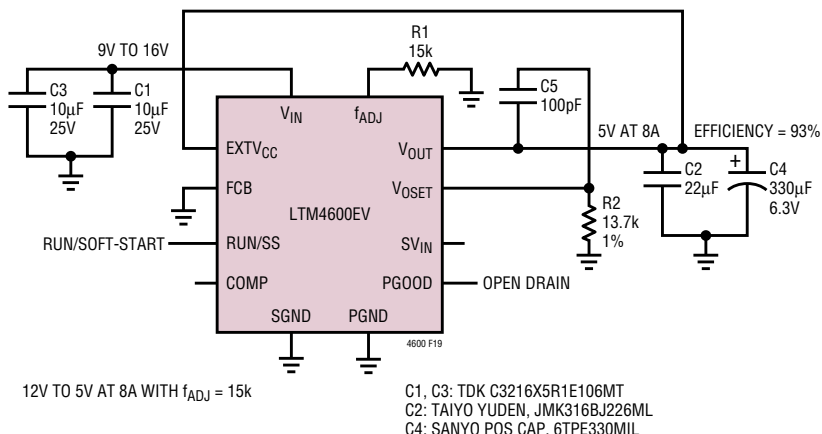
$t_{ON}$ と $t_{OFF}$ は適切なガードバンドをもって最小値より上になります。

周波数 =  $(I_{ON} / [2.4V \cdot 10pF]) \cdot DC$  を使って、 $I_{ON} = (450kHz \cdot 2.4V \cdot 10pF) \cdot (1/0.66) \approx 16\mu A$  について解きます。5V入力から計算された $I_{ON}$ 電流は39 $\mu A$ だったので、 $f_{ADJ}$ からグラウンドへの抵抗 =  $(0.7V / 30.1k) = 23\mu A$  となります。39 $\mu A - 23\mu A = 16\mu A$  により、5Vから3.3Vへの高いデューティ・サイクルの変換のための適切な周波数範囲のための適切な $I_{ON}$ 電流が設定されます。入力電圧範囲は4.5V~7Vに制限されます。 $f_{ADJ}$ の30.1kなしに、高い入力電圧を使うことができます。7Vより上ではインダクタ・リップル電流が高くなりすぎ、4.5Vより下では400nsの最小オフ時間が制限されます。

### 5Vから3.3V/8A

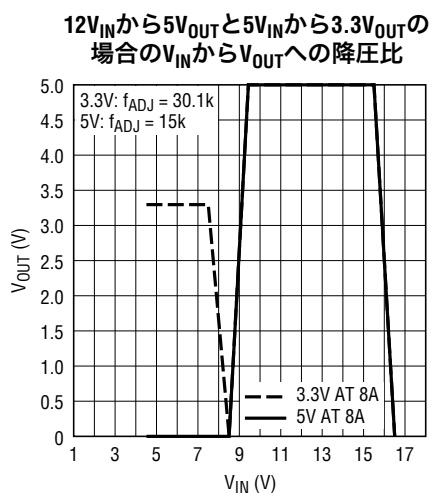


### 12Vから5V/8A



4600fa

## アプリケーション情報



## 標準的応用例

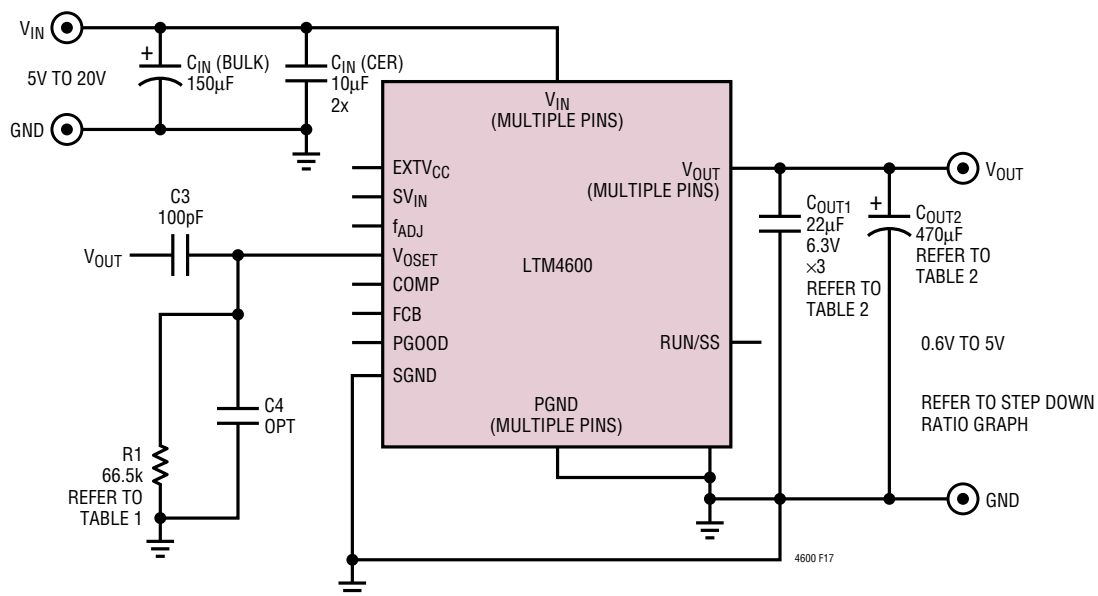
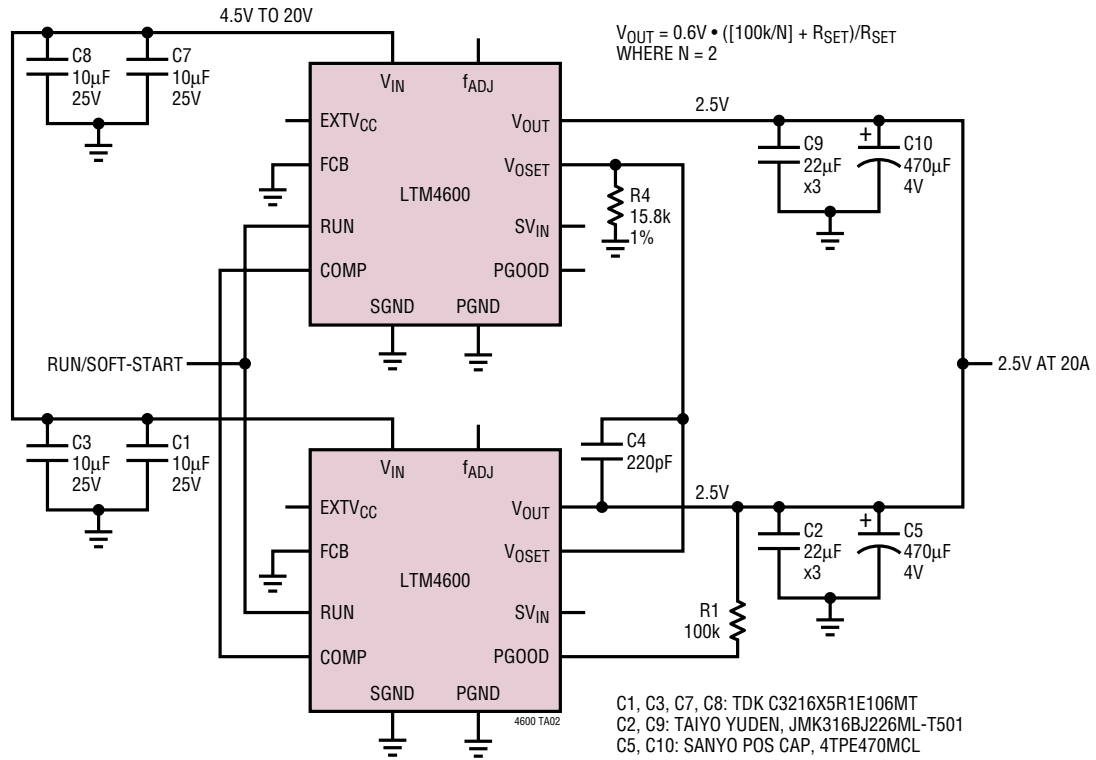


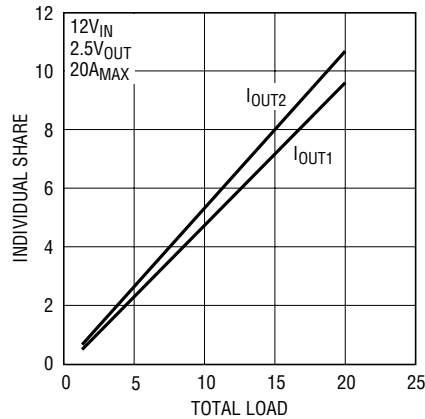
図17. 標準的応用例、5V~20Vの入力、0.6V~5Vの出力、最大10A

## 標準的応用例

### 並列動作と負荷分担



### 2個のLTM4600モジュールの あいだの電流分担





## パッケージ寸法

ピン配置表  
(ピン番号によって整理)

PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME
A1 -	B1 $V_{IN}$	C1 -	D1 $V_{IN}$	E1 -	F1 $V_{IN}$	G1 PGND	H1 -
A2 -	B2 -	C2 -	D2 -	E2 -	F2 -	G2 -	H2 -
A3 $V_{IN}$	B3 -	C3 -	D3 -	E3 -	F3 -	G3 -	H3 -
A4 -	B4 -	C4 -	D4 -	E4 -	F4 -	G4 -	H4 -
A5 $V_{IN}$	B5 -	C5 -	D5 -	E5 -	F5 -	G5 -	H5 -
A6 -	B6 -	C6 -	D6 -	E6 -	F6 -	G6 -	H6 -
A7 $V_{IN}$	B7 -	C7 -	D7 -	E7 -	F7 -	G7 -	H7 PGND
A8 -	B8 -	C8 -	D8 -	E8 -	F8 -	G8 -	H8 -
A9 $V_{IN}$	B9 -	C9 -	D9 -	E9 -	F9 -	G9 -	H9 PGND
A10 -	B10 -	C10 $V_{IN}$	D10 -	E10 $V_{IN}$	F10 -	G10 -	H10 -
A11 $V_{IN}$	B11 -	C11 -	D11 -	E11 -	F11 -	G11 -	H11 PGND
A12 -	B12 -	C12 $V_{IN}$	D12 -	E12 $V_{IN}$	F12 -	G12 -	H12 -
A13 $V_{IN}$	B13 -	C13 -	D13 -	E13 -	F13 -	G13 -	H13 PGND
A14 -	B14 -	C14 $V_{IN}$	D14 -	E14 $V_{IN}$	F14 -	G14 -	H14 -
A15 $f_{ADJ}$	B15 -	C15 -	D15 -	E15 -	F15 -	G15 -	H15 PGND
A16 -	B16 -	C16 -	D16 -	E16 -	F16 -	G16 -	H16 -
A17 $SV_{IN}$	B17 -	C17 -	D17 -	E17 -	F17 -	G17 -	H17 PGND
A18 -	B18 -	C18 -	D18 -	E18 -	F18 -	G18 -	H18 -
A19 $EXTV_{CC}$	B19 -	C19 -	D19 -	E19 -	F19 -	G19 -	H19 -
A20 -	B20 -	C20 -	D20 -	E20 -	F20 -	G20 -	H20 -
A21 $V_{OSET}$	B21 -	C21 -	D21 -	E21 -	F21 -	G21 -	H21 -
A22 -	B22 -	C22 -	D22 -	E22 -	F22 -	G22 -	H22 -
A23 -	B23 COMP	C23 -	D23 SGND	E23 -	F23 RUN/SS	G23 FCB	H23 -

PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME	PIN NAME
J1 PGND	K1 -	L1 -	M1 -	N1 -	P1 -	R1 -	T1 -
J2 -	K2 -	L2 PGND	M2 PGND	N2 PGND	P2 $V_{OUT}$	R2 $V_{OUT}$	T2 $V_{OUT}$
J3 -	K3 -	L3 -	M3 -	N3 -	P3 -	R3 -	T3 -
J4 -	K4 -	L4 PGND	M4 PGND	N4 PGND	P4 $V_{OUT}$	R4 $V_{OUT}$	T4 $V_{OUT}$
J5 -	K5 -	L5 -	M5 -	N5 -	P5 -	R5 -	T5 -
J6 -	K6 -	L6 PGND	M6 PGND	N6 PGND	P6 $V_{OUT}$	R6 $V_{OUT}$	T6 $V_{OUT}$
J7 -	K7 PGND	L7 -	M7 -	N7 -	P7 -	R7 -	T7 -
J8 -	K8 -	L8 PGND	M8 PGND	N8 PGND	P8 $V_{OUT}$	R8 $V_{OUT}$	T8 $V_{OUT}$
J9 -	K9 PGND	L9 -	M9 -	N9 -	P9 -	R9 -	T9 -
J10 -	K10 -	L10 PGND	M10 PGND	N10 PGND	P10 $V_{OUT}$	R10 $V_{OUT}$	T10 $V_{OUT}$
J11 -	K11 PGND	L11 -	M11 -	N11 -	P11 -	R11 -	T11 -
J12 -	K12 -	L12 PGND	M12 PGND	N12 PGND	P12 $V_{OUT}$	R12 $V_{OUT}$	T12 $V_{OUT}$
J13 -	K13 PGND	L13 -	M13 -	N13 -	P13 -	R13 -	T13 -
J14 -	K14 -	L14 PGND	M14 PGND	N14 PGND	P14 $V_{OUT}$	R14 $V_{OUT}$	T14 $V_{OUT}$
J15 -	K15 PGND	L15 -	M15 -	N15 -	P15 -	R15 -	T15 -
J16 -	K16 -	L16 PGND	M16 PGND	N16 PGND	P16 $V_{OUT}$	R16 $V_{OUT}$	T16 $V_{OUT}$
J17 -	K17 PGND	L17 -	M17 -	N17 -	P17 -	R17 -	T17 -
J18 -	K18 -	L18 PGND	M18 PGND	N18 PGND	P18 $V_{OUT}$	R18 $V_{OUT}$	T18 $V_{OUT}$
J19 -	K19 -	L19 -	M19 -	N19 -	P19 -	R19 -	T19 -
J20 -	K20 -	L20 PGND	M20 PGND	N20 PGND	P20 $V_{OUT}$	R20 $V_{OUT}$	T20 $V_{OUT}$
J21 -	K21 -	L21 -	M21 -	N21 -	P21 -	R21 -	T21 -
J22 -	K22 -	L22 PGND	M22 PGND	N22 PGND	P22 $V_{OUT}$	R22 $V_{OUT}$	T22 $V_{OUT}$
J23 PGOOD	K23 -	L23 -	M23 -	N23 -	P23 -	R23 -	T23 -

## パッケージ寸法

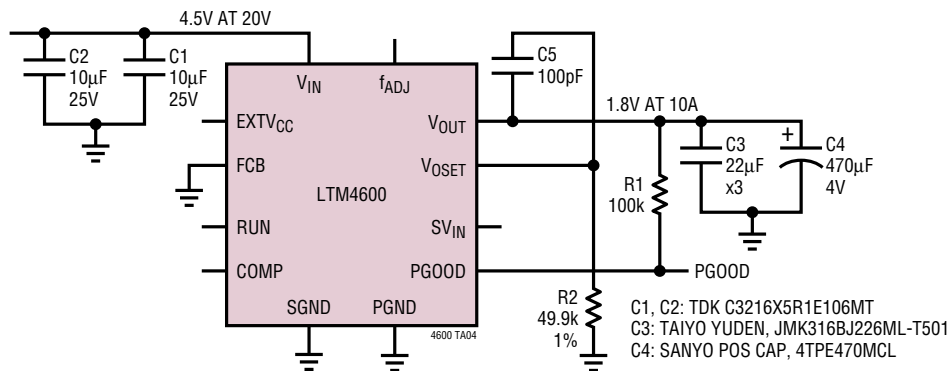
ピン配置表  
(ピン番号によって整理)

PIN NAME		PIN NAME		PIN NAME		PIN NAME	
G1	PGND	P2	V <sub>OUT</sub>	A3	V <sub>IN</sub>	A15	f <sub>ADJ</sub>
H7	PGND	P4	V <sub>OUT</sub>	A5	V <sub>IN</sub>	A17	SV <sub>IN</sub>
H9	PGND	P6	V <sub>OUT</sub>	A7	V <sub>IN</sub>	A19	EXTV <sub>CC</sub>
H11	PGND	P8	V <sub>OUT</sub>	A9	V <sub>IN</sub>	A21	V <sub>OSET</sub>
H13	PGND	P10	V <sub>OUT</sub>	A11	V <sub>IN</sub>	B23	COMP
H15	PGND	P12	V <sub>OUT</sub>	A13	V <sub>IN</sub>	D23	SGND
H17	PGND	P14	V <sub>OUT</sub>	B1	V <sub>IN</sub>	F23	RUN/SS
J1	PGND	P16	V <sub>OUT</sub>	C10	V <sub>IN</sub>	G23	FCB
K7	PGND	P18	V <sub>OUT</sub>	C12	V <sub>IN</sub>	J23	PGOOD
K9	PGND	P20	V <sub>OUT</sub>	C14	V <sub>IN</sub>		
K11	PGND	P22	V <sub>OUT</sub>	D1	V <sub>IN</sub>		
K13	PGND	R2	V <sub>OUT</sub>	E10	V <sub>IN</sub>		
K15	PGND	R4	V <sub>OUT</sub>	E12	V <sub>IN</sub>		
K17	PGND	R6	V <sub>OUT</sub>	E14	V <sub>IN</sub>		
L2	PGND	R8	V <sub>OUT</sub>	F1	V <sub>IN</sub>		
L4	PGND	R10	V <sub>OUT</sub>				
L6	PGND	R12	V <sub>OUT</sub>				
L8	PGND	R14	V <sub>OUT</sub>				
L10	PGND	R16	V <sub>OUT</sub>				
L12	PGND	R18	V <sub>OUT</sub>				
L14	PGND	R20	V <sub>OUT</sub>				
L16	PGND	R22	V <sub>OUT</sub>				
L18	PGND	T2	V <sub>OUT</sub>				
L20	PGND	T4	V <sub>OUT</sub>				
L22	PGND	T6	V <sub>OUT</sub>				
M2	PGND	T8	V <sub>OUT</sub>				
M4	PGND	T10	V <sub>OUT</sub>				
M6	PGND	T12	V <sub>OUT</sub>				
M8	PGND	T14	V <sub>OUT</sub>				
M10	PGND	T16	V <sub>OUT</sub>				
M12	PGND	T18	V <sub>OUT</sub>				
M14	PGND	T20	V <sub>OUT</sub>				
M16	PGND	T22	V <sub>OUT</sub>				
M18	PGND						
M20	PGND						
M22	PGND						
N2	PGND						
N4	PGND						
N6	PGND						
N8	PGND						
N10	PGND						
N12	PGND						
N14	PGND						
N16	PGND						
N18	PGND						
N20	PGND						
N22	PGND						

# LTM4600

## 標準的応用例

1.8V、10Aレギュレータ



## 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
LT3825/LT3837	同期式絶縁型フライバック・コントローラ	オプトカプラ不要;3.3V/12A出力;設計が簡単

This product contains technology licensed from Silicon Semiconductor Corporation. Silicon Semiconductor® 4600fa