

10A 高効率 DC/DC μ Module

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
- 出力電流: 10A (DC)、14A (ピーク値)
- 20A 出力電流用に並列接続した2個の μ Module[®] DC/DC コンバータ
- 出力電圧範囲: 0.6V ~ 5V
- 出力電圧レギュレーション: 1.5%
- 超高速トランジェント応答
- 電流モード制御
- RoHS 準拠のパッケージ
- 効率: 最大 92%
- 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 \times 15mm \times 2.82mm) 表面実装 LGA パッケージ

アプリケーション

- 通信機器およびネットワーク機器
- サーバ
- 産業用機器
- ポイントオブロード・レギュレーション

LT、LT、LTC、LTM、 μ Module および OPTI-LOOP はリ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、6100678、6580258、5847554、6304066 を含む米国特許により保護されています。

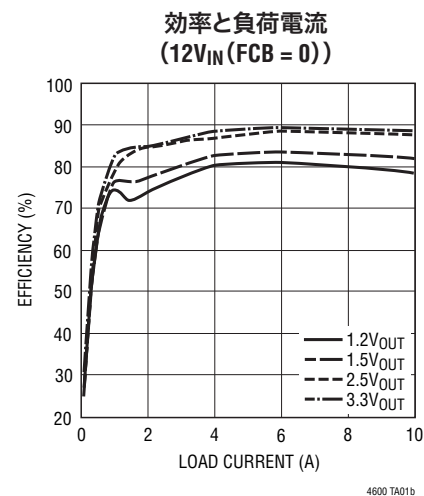
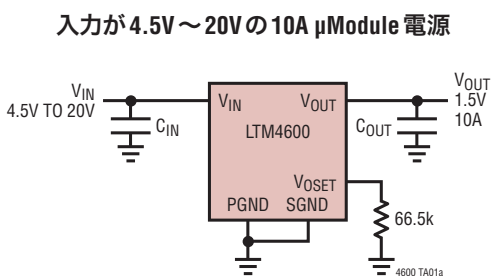
概要

LTM[®]4600 は完全な 10A 降圧 DC/DC 電源で、スイッチング・コントローラ、パワー FET、インダクタ、およびすべての支持部品がパッケージに搭載されています。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。設計を完了するために必要なのは、入力と出力のバルク・コンデンサだけです。

高さの低いパッケージ (2.82mm) なので、プリント回路基板裏面の未使用スペースを利用して、高密度のポイントオブロード・レギュレーションに使用できます。高いスイッチング周波数と適応型オン時間電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく入力および負荷の変動に対するきわめて高速なトランジェント応答が可能です。フォ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 は小型で (15mm \times 15mm) 高さの低い (2.82mm) 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 RoHS に準拠しています。

標準的応用例



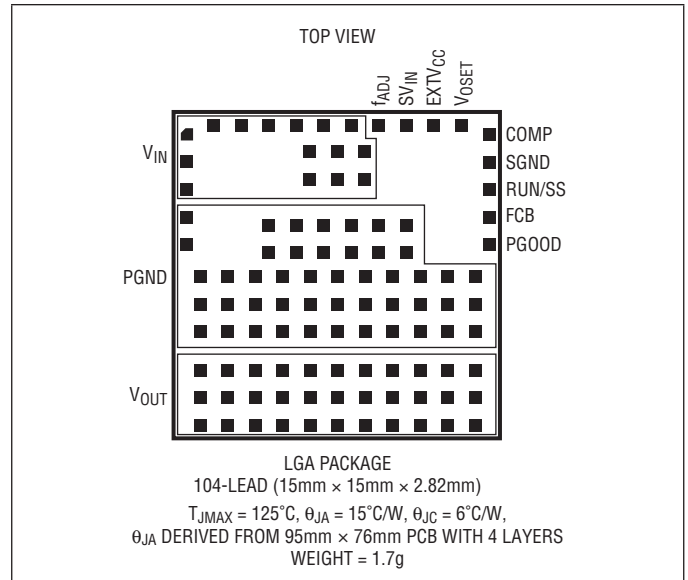
LTM4600

絶対最大定格

(Note 1)

FCB、EXTV _{CC} 、PGOOD、RUN/SS、V _{OUT}	-0.3V ~ 6V
V _{IN} 、SV _{IN} 、f _{ADJ}	-0.3V ~ 20V
V _{OSET} 、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.....	-55°C ~ 125°C
リフロー (ピーク・ボディ) 温度.....	245°C

Pin Configuration



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ	MSL レーティング	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	コード			
LTM4600EV#PBF	Au (RoHS)	LTM4600EV	e4	LGA	3	-40°C to 85°C
LTM4600IV#PBF		LTM4600IV				

• 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。

• 端子仕上げの製品マーキング: 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

• LGA/BGAパッケージおよびトレイ図面:
www.linear-tech.co.jp/packaging

電気的特性

● は $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 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
$V_{IN(DC)}$	Input DC Voltage		● 4.5		20	V
$V_{OUT(DC)}$	Output Voltage	FCB = 0V $V_{IN} = 5\text{V}$ or 12V , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	● 1.478 1.470	1.50 1.50	1.522 1.530	V V

入力の仕様

$V_{IN(UVLO)}$	Under Voltage Lockout Threshold	$I_{OUT} = 0\text{A}$		3.4	4	V
$I_{INRUSH(VIN)}$	Input Inrush Current at Startup	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, FCB = 0 $V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$		0.6 0.7		A A
$I_Q(VIN)$	Input Supply Bias Current	$I_{OUT} = 0\text{A}$, EXT V_{CC} Open $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, FCB = 5V $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, FCB = 0V $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, FCB = 5V $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, FCB = 0V Shutdown, RUN = 0.8V, $V_{IN} = 12\text{V}$		1.2 42 1.0 52 35	75	mA mA mA mA μA
$I_S(VIN)$	Input Supply Current	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 10\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$, $I_{OUT} = 10\text{A}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 10\text{A}$		1.52 3.13 3.64		A A A

出力の仕様

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
$\frac{\Delta V_{OUT(LINE)}}{V_{OUT}}$	Line Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$, FCB = 0V, $V_{IN} = 4.5\text{V}$ to 20V	●	0.15	0.3	%
$\frac{\Delta V_{OUT(LOAD)}}{V_{OUT}}$	Load Regulation Accuracy	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$ to 10A , FCB = 0V $V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ (Notes 3, 4)	●		± 1 ± 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 = 0V		10	15	mV _{p-p}
f_s	Output Ripple Voltage Frequency	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 5\text{A}$, FCB = 0V		850		kHz
t_{START}	Turn-On Time	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 1\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.5 0.7		ms ms
ΔV_{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 POSCAP, See Table 2		36		mV
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 10% to 90% to 10% of Full Load		25		μs
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

制御段

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	μA
$I_{RUN(D)/SS}$	Soft-Start Discharging Current	$V_{RUN/SS} = 4\text{V}$		0.8	1.8	3	μA
$V_{IN} - SV_{IN}$		EXT $V_{CC} = 0\text{V}$, FCB = 0V			100		mV

4600fd

LTM4600

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
I_{EXTVCC}	Current into EXTVCC Pin	EXTVCC = 5V, FCB = 0V, $V_{OUT} = 1.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$		16		mA
R_{FBHI}	Resistor Between V_{OUT} and V_{OSET} Pins			100		k Ω
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	μA

PGOOD出力

ΔV_{OSETH}	PGOOD Upper Threshold	V_{OSET} Rising	7.5	10	12.5	%
ΔV_{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。

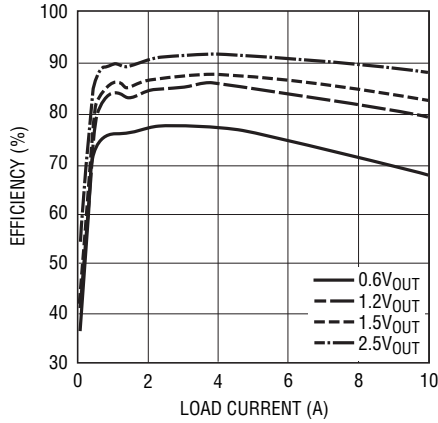
Note 2: LTM4600Eは 0°C ～ 85°C の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 -40°C ～ 85°C の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4600Iは -40°C ～ 85°C の温度範囲で保証されている。

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。

Note 4: 相関により保証されている。

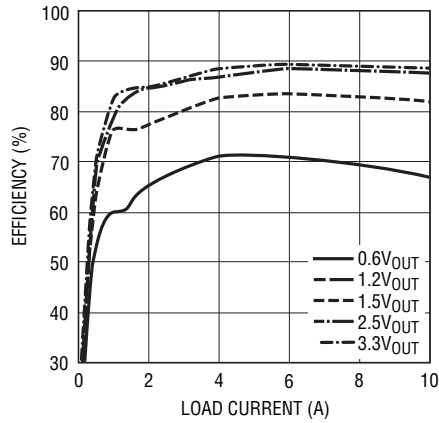
標準的性能特性 (すべての曲線について図18を参照)

効率と負荷電流 (5V_{IN} (FCB = 0))



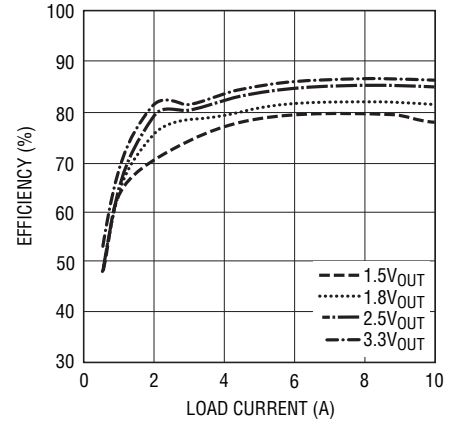
4600 G01

効率と負荷電流 (12V_{IN} (FCB = 0))



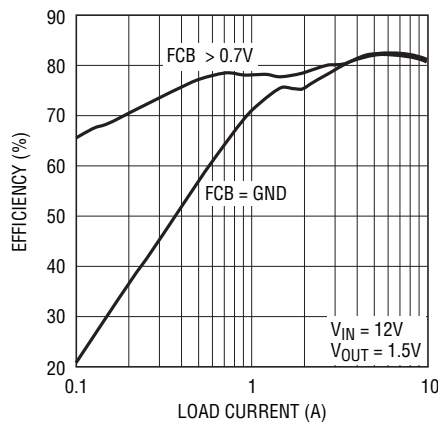
4600 G02

効率と負荷電流 (18V_{IN} (FCB = 0))



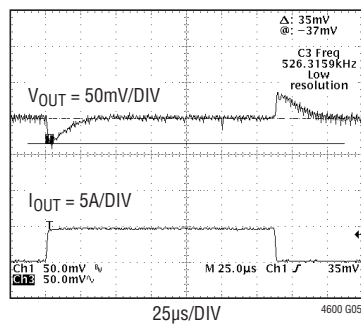
4600 G03

効率と負荷電流 (異なるFCBの設定)



4600 G04

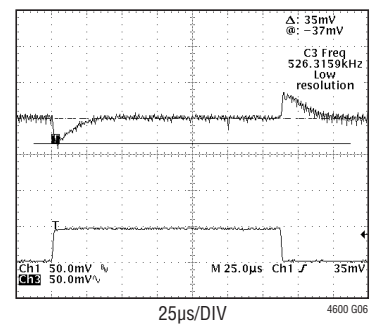
1.2V 過渡応答



4600 G05

1.2V AT 5A/µs LOAD STEP
C_{OUT} = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS
470µF 4V SANYO POSCAP
C₃ = 100pF

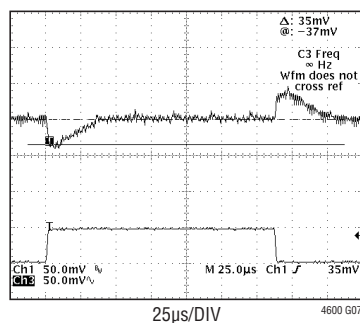
1.5V 過渡応答



4600 G06

1.5V AT 5A/µs LOAD STEP
C_{OUT} = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS
470µF 4V SANYO POSCAP
C₃ = 100pF

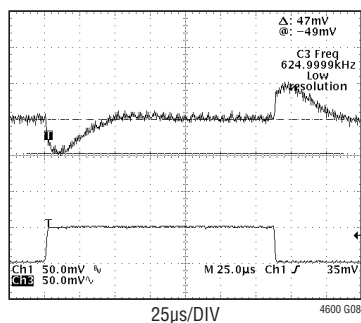
1.8V 過渡応答



4600 G07

1.8V AT 5A/µs LOAD STEP
C_{OUT} = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS
470µF 4V SANYO POSCAP
C₃ = 100pF

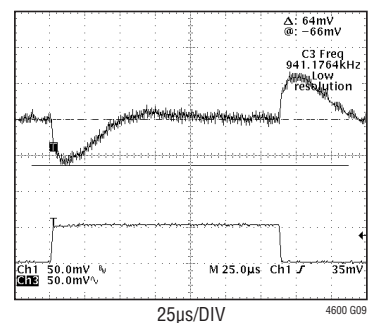
2.5V 過渡応答



4600 G08

2.5V AT 5A/µs LOAD STEP
C_{OUT} = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS
470µF 4V SANYO POSCAP
C₃ = 100pF

3.3V 過渡応答



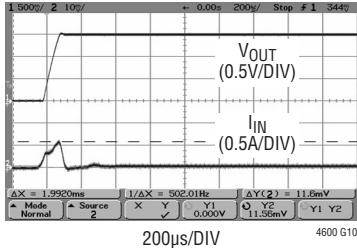
4600 G09

3.3V AT 5A/µs LOAD STEP
C_{OUT} = 3 • 22µF 6.3V CERAMICS
470µF 4V SANYO POSCAP
C₃ = 100pF

LTM4600

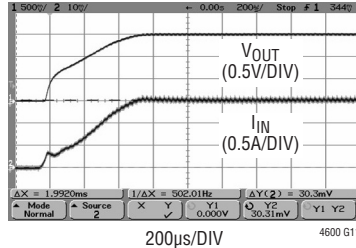
標準的性能特性 (すべての曲線について図18を参照)

スタートアップ、 $I_{OUT} = 0A$



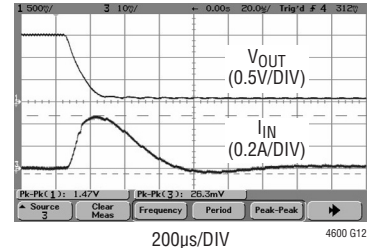
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 200\mu F$
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

スタートアップ、 $I_{OUT} = 10A$
 (抵抗性負荷)



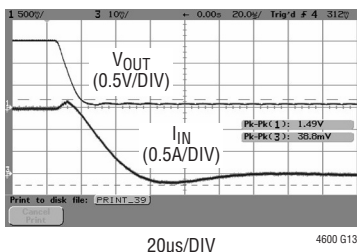
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 200\mu F$
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

短絡保護、 $I_{OUT} = 0A$



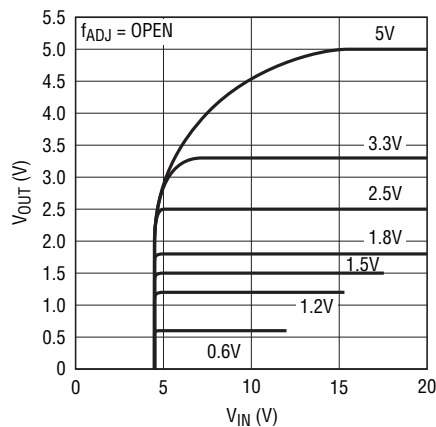
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 2 \times 200\mu F / X5R$
 NO EXTERNAL SOFT-START CAPACITOR

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

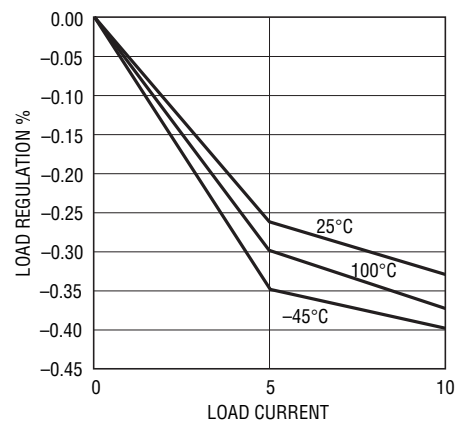
V_{IN} から V_{OUT} への降圧比



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

4600 G14

12V 入力負荷レギュレーションと
 温度



4600 G15

ピン機能 (ピン配置については「パッケージ」を参照)

V_{IN} (バンク1) : 電源入力ピン。これらのピンとPGNDピンの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_{IN}ピンとPGNDピンのあいだに直接配置することを推奨します。

f_{ADJ} (ピンA15) : V_{IN}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_{IN} (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_{CC} (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_{CC}の電圧は決してV_{IN}を超えないようにします。

VOSET (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_{OUT}に接続されています。VOSET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。

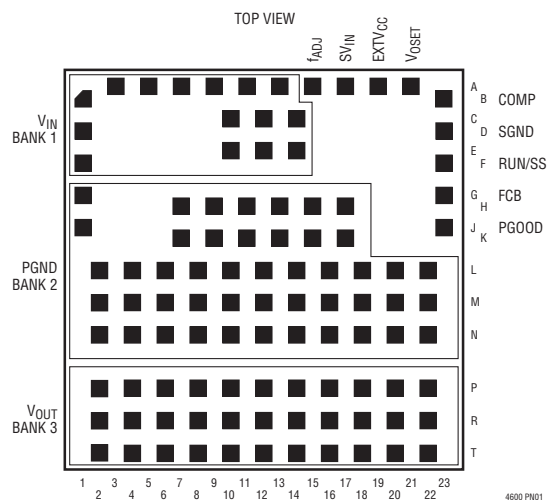
RUN/SS (ピンF23) : 実行制御とソフトスタート制御。このピンを0.8Vより下に強制すると、電源がシャットダウンします。電源モジュールの内部には1000pFのコンデンサがあり、200μFの出力容量では約0.7msのソフトスタート時間を与えます。RUN/SSピンとSGNDピンのあいだにコンデンサを追加してソフトスタート時間を長くすることができます。このピンとV_{IN}ピンのあいだに抵抗を追加して内部の短絡ラッチオフをディスエーブルすることができます。このプルアップ抵抗は最小5μAのプルアップ電流を供給する必要があります。RUN/SSピンにはグラウンドへの6Vツェナー・ダイオードが内蔵されています。

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、PGOOD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_{OUT} (バンク3) : 電源出力ピン。これらのピンとPGND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PGNDピンのあいだに直接配置することを推奨します。



4600fd

LTM4600

簡略ブロック図

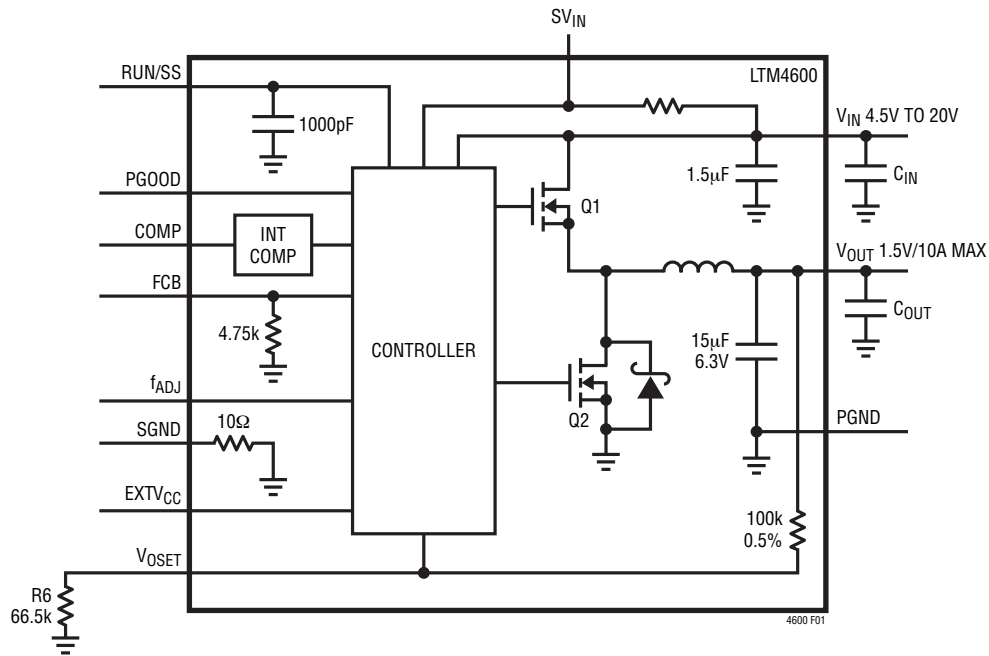


図1. LTM4600の簡略ブロック図

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

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

動作

μModule の概要

LTM4600はスタンドアロ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}~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18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850kHzです。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、広い範囲の動作条件と、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_{OSET}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す。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±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1.2μA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_{CC}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_{CC}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_{CC}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_{CC}ピンの最大電圧は6Vです。EXTV_{CC}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_{CC}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。

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_{OUT}ピンとV_{OSET}ピンを接続しています。V_{OSET}ピンからSGNDピンに抵抗R_{SET}を追加して出力電圧を設定します。

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

標準的出力電圧に対応する1%R_{SET}抵抗の標準値を表1に示します。

表1.

R _{SET} (kΩ)	Open	100	66.5	49.9	43.2	31.6	22.1	13.7
V ₀ (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_{SET}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イスエーブルするには両方のトランジスタQ_{UP}とQ_{DOWN}をオフします。Q_{UP}がオンしてQ_{DOWN}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。Q_{DOWN}がオンしてQ_{UP}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_Oを±M%上下

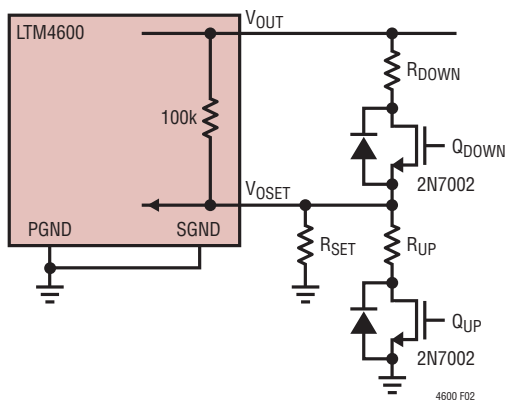


図2. LTM4600のマーージニング機能の実装

にマーージニングする必要がある場合、R_{UP}とR_{DOWN}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18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_{IN}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。

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

上の式で、η%は電源モジュールの推定効率です。C1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18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。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。

アプリケーション情報

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200μF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/μs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。出力電圧が50%以上低下すると、最大出力電流はその最大電流リミット値の約1/6に次第に低下します。

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。

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 ≤ 75μA)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1.2μA電流源がタイミング・コンデンサC_{SS}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C_{SS_EXT}が接続されていると、起動するまでの遅延時間はおよそ次のようになります。

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

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。

コントローラが起動し、出力コンデンサが充電するのに十分な時間が経過した後、C_{SS}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C_{SS}が放電し始めます。RUN/SSピンが3.5Vに低下するまでフォルト状態が続くと、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ウンドまで引き下げる必要があります。

C_{SS}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C_{SS}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。

$$C_{\text{SS_EXT}} + 1000\text{pF} > \frac{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}}{10\text{kV}}$$

一般に0.1μFあれば十分過ぎるほどです。

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18を参照)

標準測定値

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

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

アプリケーション情報

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5 μ Aより大きく80 μ A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ルト時にC_{SS}の放電が防がれ、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_{IN}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、4 μ A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。プルアップ抵抗を使用すると、起動前の遅延時間はおよそ次のようになります。

$$t_{\text{DELAY}} = -R_{\text{RUN/SS}} \cdot (C_{\text{SS_EXT}} + 1000\text{pF}) \cdot \ln \left(1 - \frac{1.5\text{V}}{V_{\text{IN}} + (1.2\mu\text{A} \cdot R_{\text{RUN/SS}})} \right)$$

起動時および短絡時のV_{RUN}の概念図を図3に示します。

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。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。

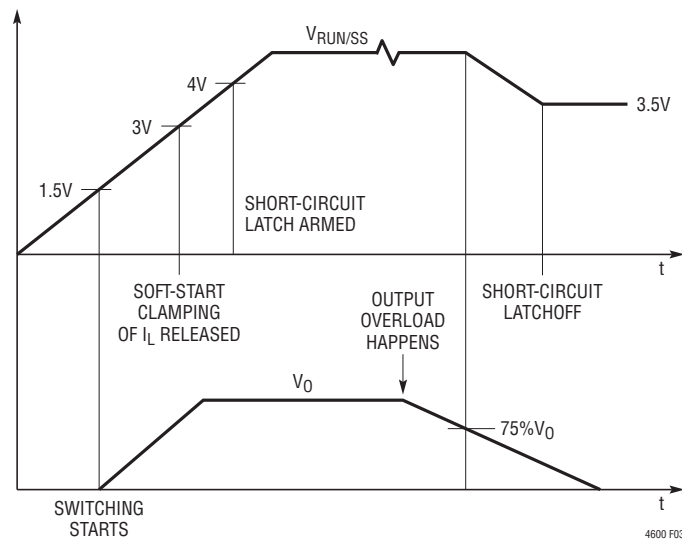


図3. 起動時および短絡保護時のRUN/SSピンの電圧

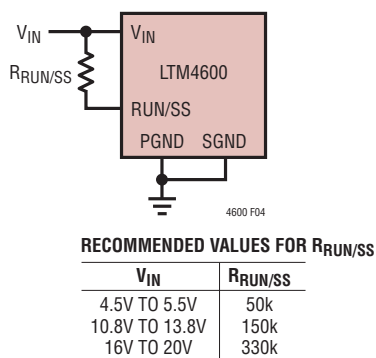


図4. V_{IN}に接続したプルアップ抵抗による短絡ラッチオフの無効化

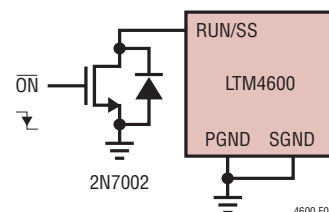


図5. 外部ロジックを使ったイネーブル回路

アプリケーション情報

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。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。

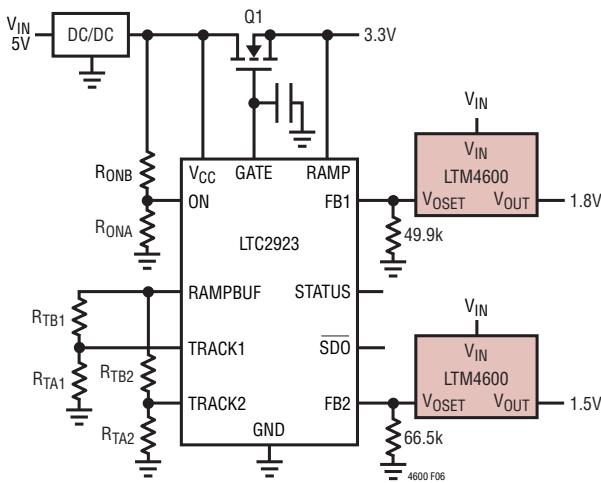


図6. LTC2923コントローラを使った出力電圧トラッキング

EXTV_{CC}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ドライブに電力を供給する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・ドライブ電流は約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・ドライブ電圧ピンEXTV_{CC}も備えています。システムに5Vレールがあれば、EXTV_{CC}ピンを外部の5Vレールに接続することを推奨します。EXTV_{CC}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_{CC}を内部5Vに接続します。EXTV_{CC}ピンが4.5Vより下に下がるまで、内部5VはEXTV_{CC}から供給されます。6Vを超える電圧はEXTV_{CC}に印加しないで、EXTV_{CC} < V_{IN}となるようにしてください。EXTV_{CC}の可能な接続方法を以下にまとめて列挙します。

1. EXTV_{CC}をグラウンドに接続します。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。
2. EXTV_{CC}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・ドライブの必要条件(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_{CC}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。このピンからグラウンドに接続された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。

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を超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。

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

ここでNは並列に接続したLTM4600の個数です。

アプリケーション情報

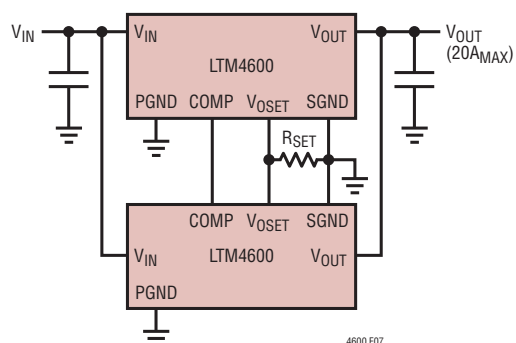


図7. 負荷分担をおこなう並列接続した2個のμModule

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 θ_{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 θ_{JA} がまとめられています。これらの等価 θ_{JA} パラメータは測定値と相関がとれており、エアフローによって改善されます。ディレーティング曲線ではケース温度が100°C以下に保たれています。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、 θ_{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。

表3. 1.5V出力

DERATING CURVE	V_{IN} (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ_{JA} (°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 Heat Sink	13.9
Figures 10, 12	5, 12	Figure 8	200	BGA Heat Sink	11.3
Figures 10, 12	5, 12	Figure 8	400	BGA Heat Sink	10.25

表4. 3.3V出力

DERATING CURVE	V_{IN} (V)	POWER LOSS CURVE	AIR FLOW (LFM)	HEAT SINK	θ_{JA} (°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 Heat Sink	13.9
Figure 15	12	Figure 13	200	BGA Heat Sink	11.1
Figure 15	12	Figure 13	400	BGA Heat Sink	10.5

アプリケーション情報

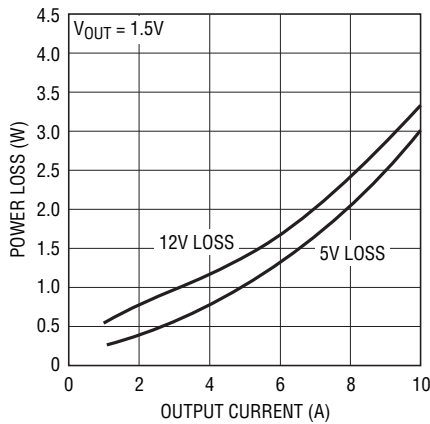


図8. 電力損失と負荷電流

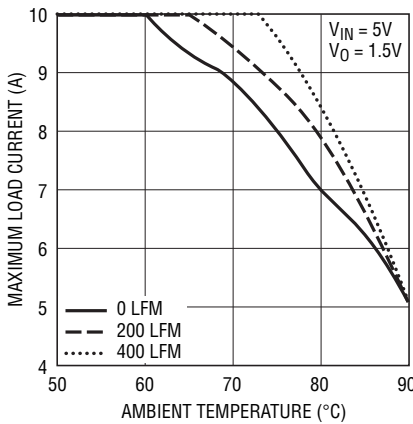


図9. ヒートシンクなし

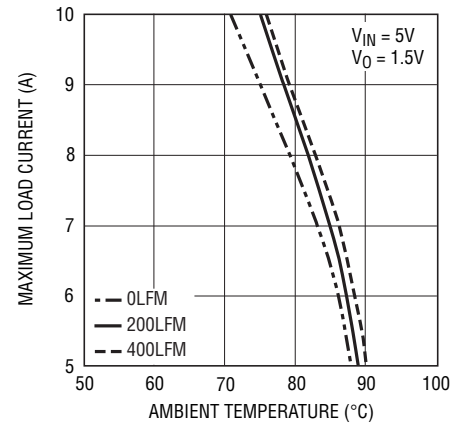


図10. BGA用ヒートシンク

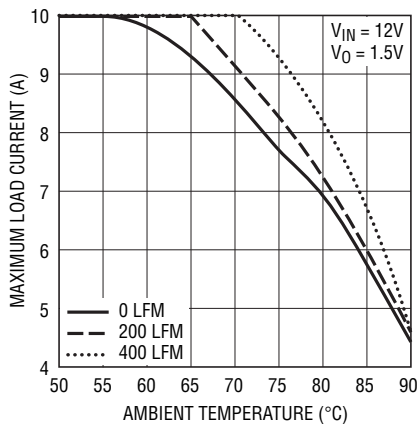


図11. ヒートシンクなし

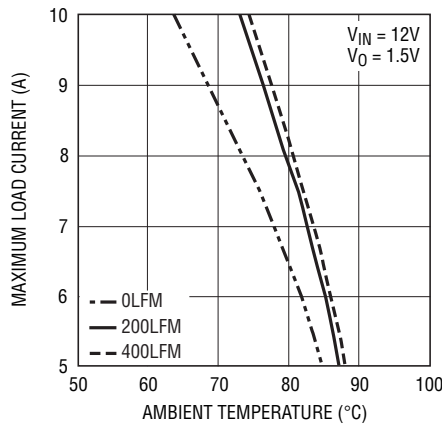


図12. BGA用ヒートシンク

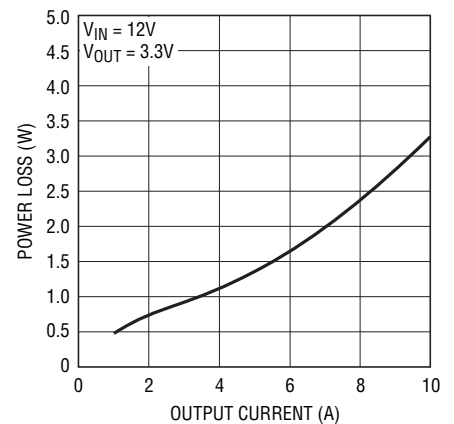


図13. 電力損失と負荷電流

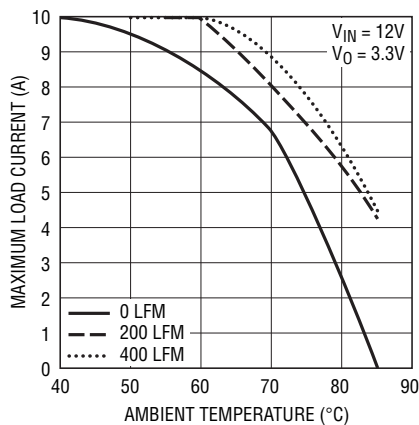


図14. ヒートシンクなし

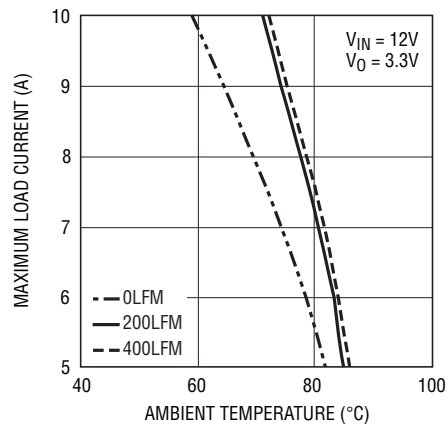


図15. BGA用ヒートシンク

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あいだの相互接続に多数のビアを使います。
- 充填ビアでない限り、パッドの上に直接ビアを置かないでください。
- 信号ピンに接続された部品には、別のSGNDグランド銅エリアを使います。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。

LTM4600の周波数の調整

LTM4600はほとんどの入力条件と出力条件で一般に850kHzで動作するように設計されています。この制御アーキテクチャは、オン時間が一定の谷電流モード制御を採用しています。 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。動作周波数を設定する数式は、プログラム可能な一定オン時間の付近に設定されます。このオン時間は、プログラム可能な電流が10pFのオンボード・コンデンサに流れることによって生成されます。これによって、2.4Vクランプまでの出力電圧に等しい電圧スレッシュホールドと比較されるランプが形成されます。この I_{ON} 電流は、 V_{IN} から f_{ADJ} までの間に110kのオンボード抵抗を接続すると、 $I_{ON} = (V_{IN} - 0.7V)/110k$ になります。オン時間は $t_{ON} = (V_{OUT}/I_{ON}) \cdot 10pF$ に等しくなり、また、 $t_{OFF} = t_s - t_{ON}$ になります。周波数は $Freq. = DC/t_{ON}$ に等しくなります。 I_{ON} 電流は V_{IN} に比例し、レギュレータのデューティ・サイクルは V_{IN} に反比例するので、 V_{IN} を低下させてデューティ・サイクルを調整する場合、降圧レギュレータは比較的一定の周波数を維持します。オン時間は、2.4Vクランプまで V_{OUT} に比例します。これによって、2.4Vまでの出力電圧が異なっても周波数は比較的一定になります。図17に示すように、レギュレータのスイッチング周期はオン時間とオフ時間から構成されます。

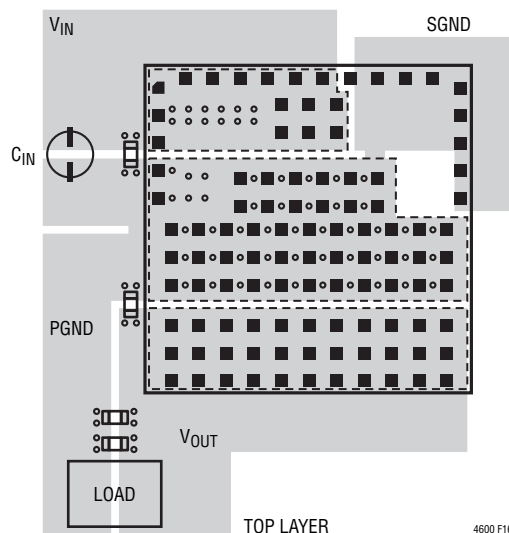


図16. 推奨PCBレイアウト

アプリケーション情報

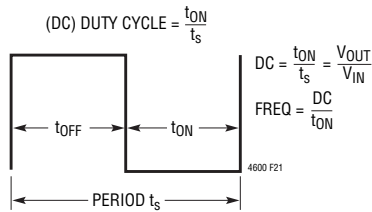


図 17. LTM4600 のスイッチング周期

LTM4600 の最小オン時間 (t_{ON}) は 100 ナノセカンド、最小オフ時間 (t_{OFF}) は 400 ナノセカンドです。 V_{OUT} の関数としてのランプ・スレッシュホールドの 2.4V クランプによって、3.3V 出力と 5V 出力でのスイッチング周波数が $V_{OUT}/2.4V$ の比率で増加します。これは、 V_{OUT} が 2.4V を超えると実際、オン時間が増加しなくなるためです。したがって、公称スイッチング周波数が 850kHz の場合、周波数 = (DC/t_{ON}) であるので、スイッチング周波数は、3.3V 出力では約 1.2MHz まで、5V 出力では約 1.7MHz まで増加します。スイッチング周波数が 1.2MHz まで増加すると、周期 t_s が約 833 ナノセカンドまで減少し、1.7MHz ではスイッチング周期が約 588 ナノセカンドまで減少します。5V から 3.3V への変換や 12V から 5V への変換などの高デューティ・サイクルに適合させる必要がある場合、スイッチング周波数を下げることによって、400ns の最小オフ時間の違反を低減することができます。総スイッチング周期は $t_s = t_{ON} + t_{OFF}$ であるので、 t_{OFF} は 400ns の最小オフ時間を下回ります。 f_{ADJ} ピンからグラウンドに抵抗を 1 本接続すると、オン時間ジェネレータからの電流をシャントできるので、オン時間を長くし、スイッチング周波数を低くすることが可能になります。12V から 5V、ならびに 5V から 3.3V の変換について、スイッチング周波数を下げてこれらの降圧変換に適合させることを以下に説明します。

12V から 5V への場合の周波数設定の式:

$$I_{ON} = (V_{IN} - 0.7V)/110k, I_{ON} = 103\mu A$$

$$\begin{aligned} \text{周波数} &= (I_{ON}/[2.4V \cdot 10pF]) \cdot DC = 1.79MHz, \\ DC &= \text{デューティ・サイクル}, \\ \text{デューティ・サイクル} &\text{は } (V_{OUT}/V_{IN}) \end{aligned}$$

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

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

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

12V から 5V の場合、1MHz の周波数、つまり 1 μs の周期が選択されます。

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

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

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、 $I_{ON} = (1MHz \cdot 2.4V \cdot 10pF) \cdot (1/0.41) \cong 58\mu A$ について解きます。12V 入力から計算された I_{ON} 電流は 103 μA だったので、 f_{ADJ} からグラウンドへの抵抗 = $(0.7V/15k) = 46\mu A$ となります。103 $\mu A - 46\mu A = 57\mu A$ 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。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。

5V から 3.3V の場合の周波数設定の式:

$$I_{ON} = (V_{IN} - 0.7V)/110k, I_{ON} = 39\mu A$$

$$\begin{aligned} \text{周波数} &= (I_{ON}/[2.4V \cdot 10pF]) \cdot DC = 1.07MHz, \\ DC &= \text{デューティ・サイクル}, \\ \text{デューティ・サイクル} &\text{は } (V_{OUT}/V_{IN}) \end{aligned}$$

$$t_s = t_{ON} + t_{OFF}, t_{ON} = DC \cdot t_s, t_{OFF} = \text{スイッチング周期のオフ時間}, t_s = 1/\text{周波数}$$

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

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

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

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

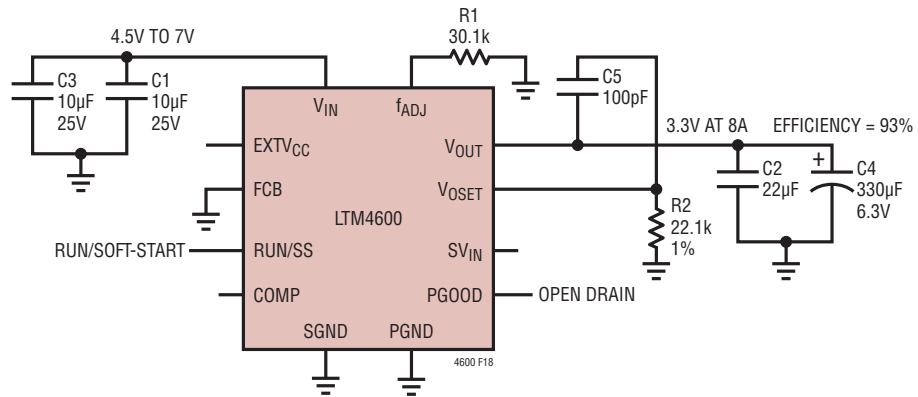
t_{ON} と t_{OFF} は適切なガードバンドをもって最小値より上になります。

周波数 = $(I_{ON}/[2.4V \cdot 10pF]) \cdot DC$ を使って、 $I_{ON} = (450kHz \cdot 2.4V \cdot 10pF) \cdot (1/0.66) \cong 16\mu A$ について解きます。5V 入力から計算された I_{ON} 電流は 39 μA 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。

4600fd

アプリケーション情報

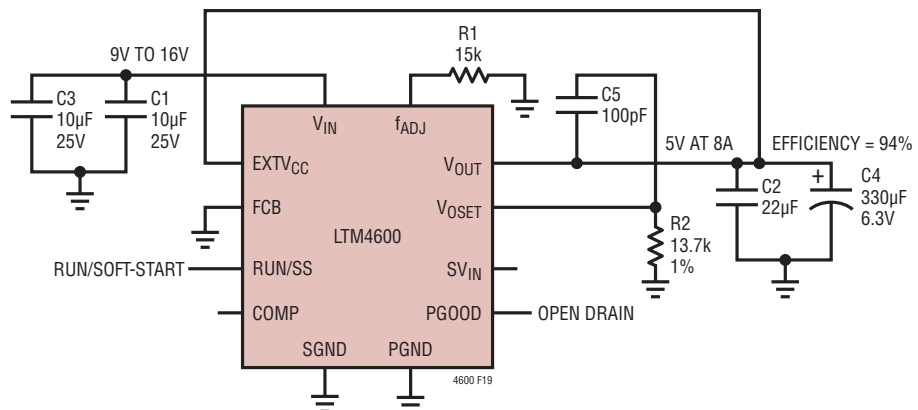
5Vから3.3V/8A



5V TO 3.3V AT 8A WITH $f_{ADJ} = 30.1k$

- C1, C3: TDK C3216X5R1E106MT
- C2: TAIYO YUDEN, JMK316BJ226ML
- C4: SANYO POS CAP, 6TPE330MIL

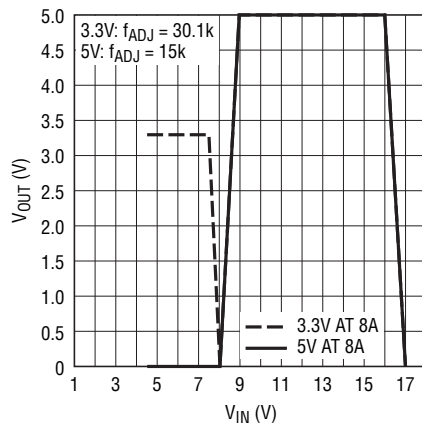
12Vから5V/8A



12V TO 5V AT 8A WITH $f_{ADJ} = 15k$

- C1, C3: TDK C3216X5R1E106MT
- C2: TAIYO YUDEN, JMK316BJ226ML
- C4: SANYO POSCAP, 6TPE330MIL

12VINから5VOUTと5VINから3.3VOUTの場合のVINからVOUTへの降圧比



4600 F20

標準的応用例

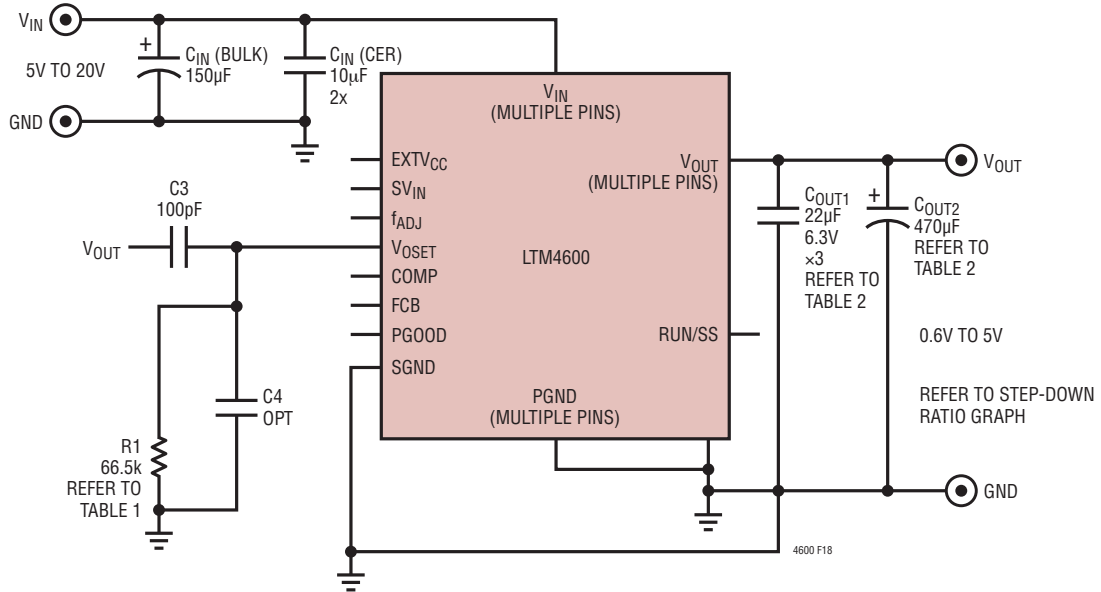
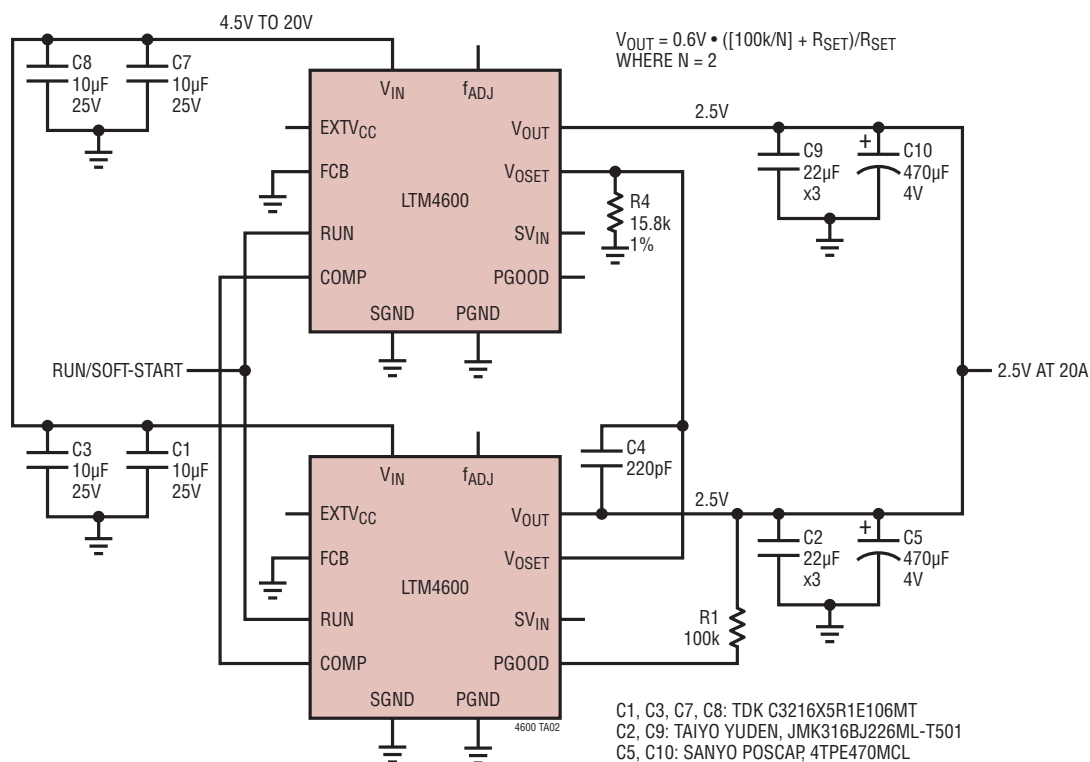


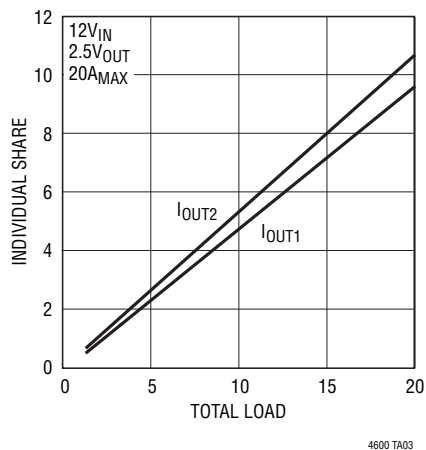
図 18. 標準的応用例、5V～20Vの入力、0.6V～5Vの出力、最大10A

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

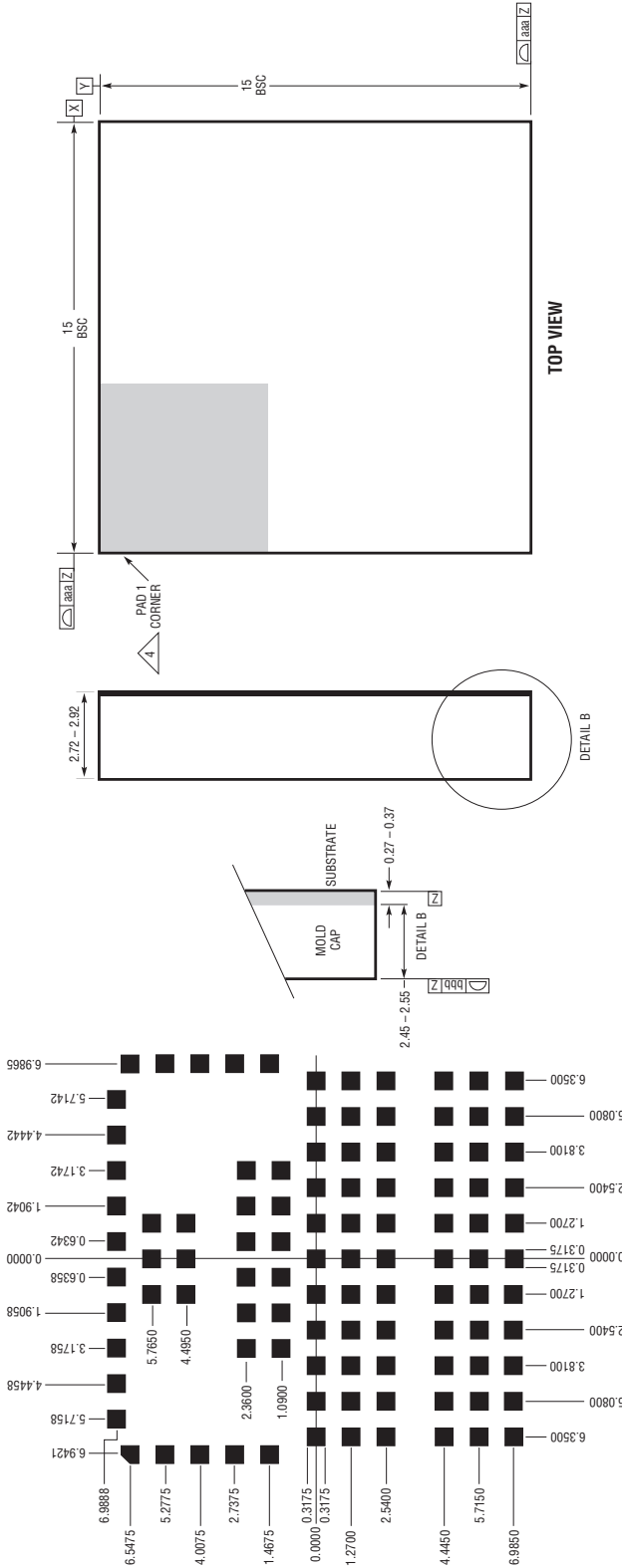


LTM4600

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 104-Lead (15mm x 15mm x 2.82mm) (Reference LTM DWG # 05-05-1800 Rev C)



注記:

1. 寸法と許容誤差はASME Y14.5M-1994による
2. すべての寸法はミリメートル
3. ランドの指定はJESD MO-222, SPP-010による
4. パッドの識別マークの詳細はオプションだが、示された領域内になければならない。パッドの識別はマーキングまたはノッチを刻んだ斜角つきパッドにする
5. 主ターダム-Zはシーティングブレーン
6. パッドの総数: 104
7. パッケージの行と列のラベルは、iModule製品間で異なります。各パッケージのレイアウトを十分にご確認ください

SYMBOL	TOLERANCE
aaa	0.15
bbb	0.10
eee	0.15

LGA 104 1112 REV C

パッケージ

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 EXT _{VCC}	B19 -	C19 -	D19 -	E19 -	F19 -	G19 -	H19 -
A20 -	B20 -	C20 -	D20 -	E20 -	F20 -	G20 -	H20 -
A21 VO _{SET}	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

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	VOUT	A3	VIN	A15	f _{ADJ}
H7	PGND	P4	VOUT	A5	VIN	A17	SV _{IN}
H9	PGND	P6	VOUT	A7	VIN	A19	EXTV _{CC}
H11	PGND	P8	VOUT	A9	VIN	A21	V _{OSET}
H13	PGND	P10	VOUT	A11	VIN	B23	COMP
H15	PGND	P12	VOUT	A13	VIN	D23	SGND
H17	PGND	P14	VOUT	B1	VIN	F23	RUN/SS
J1	PGND	P16	VOUT	C10	VIN	G23	FCB
K7	PGND	P18	VOUT	C12	VIN	J23	PGOOD
K9	PGND	P20	VOUT	C14	VIN		
K11	PGND	P22	VOUT	D1	VIN		
K13	PGND	R2	VOUT	E10	VIN		
K15	PGND	R4	VOUT	E12	VIN		
K17	PGND	R6	VOUT	E14	VIN		
L2	PGND	R8	VOUT	F1	VIN		
L4	PGND	R10	VOUT				
L6	PGND	R12	VOUT				
L8	PGND	R14	VOUT				
L10	PGND	R16	VOUT				
L12	PGND	R18	VOUT				
L14	PGND	R20	VOUT				
L16	PGND	R22	VOUT				
L18	PGND	T2	VOUT				
L20	PGND	T4	VOUT				
L22	PGND	T6	VOUT				
M2	PGND	T8	VOUT				
M4	PGND	T10	VOUT				
M6	PGND	T12	VOUT				
M8	PGND	T14	VOUT				
M10	PGND	T16	VOUT				
M12	PGND	T18	VOUT				
M14	PGND	T20	VOUT				
M16	PGND	T22	VOUT				
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						

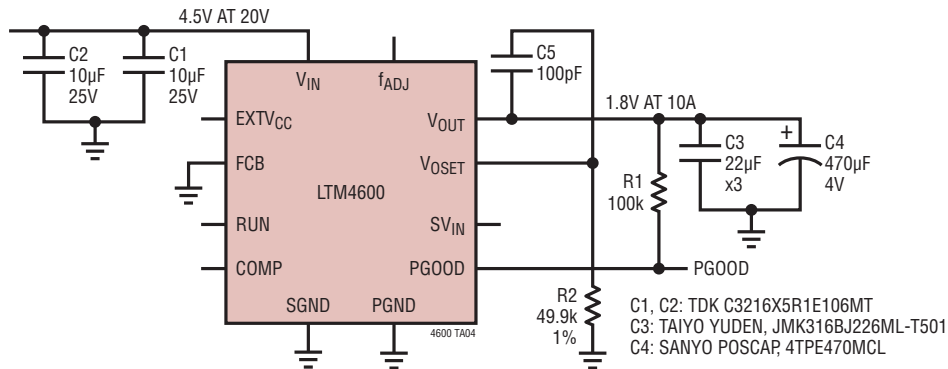
改訂履歴 (改訂履歴は Rev D から開始)

REV	日付	概要	ページ番号
D	6/14	「発注情報」の表を更新。	2
		RUN/SSピンの説明を更新。	7
		ソフトスタートのセクションを更新。	13

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
LTM4649	16V _{IN} 、10A、降圧µModuleレギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V、0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 3.3V、PLL入力、リモート検出アンプ、V _{OUT} トラッキング、9mm×15mm×4.92mm BGAパッケージ
LTM4641	先進の入力および負荷保護機能を備えた38V _{IN} 、10A、降圧µModuleレギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 38V、0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 6V、各フォルト(出力過電圧、入力過電圧、入力低電圧、過熱)に対する調整可能な作動検出しきい値、15mm×15mm×5.01mm BGAパッケージ
LTM4633	16V _{IN} 、トリプル10A、降圧DC/DC µModuleレギュレータ	4.7V ≤ V _{IN} ≤ 16V、0.8V ≤ V _{OUT1,2} ≤ 1.8V、0.8V ≤ V _{OUT3} ≤ 5.5V、PLL入力、V _{OUT} ソフトスタート/電圧トラッキング、PGOOD、内部温度モニタ、15mm×15mm×5.01mm BGAパッケージ
LTM4627	20V _{IN} 、15A DC/DC 降圧µModuleレギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 20V、0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 5V、PLL入力、出力電圧トラッキング、リモート検出アンプ、15mm×15mm×4.32mm LGAパッケージと15mm×15mm×4.92mm BGAパッケージ
LTM4611	1.5V _{IN(MIN)} 、15V、降圧DC/DC µModuleレギュレータ	1.5V ≤ V _{IN} ≤ 5.5V、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ 5V、PLL入力、リモート検出アンプ、出力電圧トラッキング、15mm×15mm×4.32mm LGAパッケージ
LTM4613	EN55022 クラス B 準拠の36V _{IN} 、8A、DC/DC 降圧µModuleレギュレータ	5V ≤ V _{IN} ≤ 36V、3.3V ≤ V _{OUT} ≤ 15V、PLL入力、出力電圧トラッキングおよびマーゼニング、15mm×15mm×4.32mm LGAパッケージ
LTM8061	入力電流制限をプログラム可能な32V、2A、降圧µModule バッテリ・チャージャ	1セルまたは2セルのリチウムイオンまたはリチウムポリマー・バッテリー・スタックと互換(4.1V、4.2V、8.2Vまたは8.4V)、4.95V ≤ V _{IN} ≤ 32V、充電終了方式:C/10または調整可能なタイマ、NTC抵抗によるモニタ入力、9mm×15mm×4.32mm LGAパッケージ
LTM8045	最大出力電流が700mAで反転またはSEPIC構成のµModule DC/DCコンバータ	2.8V ≤ V _{IN} ≤ 18V、±2.5V ≤ V _{OUT} ≤ ±15V、同期可能、反転構成時にデイレティングや制御入力のロジック・レベル・シフトが不要、6.25mm×11.25mm×4.92mm BGAパッケージ
LTM8048	LDOポストレギュレータ付き、1.5W、725VDC電氣的絶縁型µModuleコンバータ	3.1V ≤ V _{IN} ≤ 32V、2.5V ≤ V _{OUT} ≤ 12V、1mVP-P出力リップル、絶縁型トランスを内蔵、9mm×11.25mm×4.92mm BGAパッケージ
LTC2977	8チャンネルPMBusパワー・システム・マネージャ	TUE:0.25%、16ビットADC、電圧/温度のモニタおよび監視
LTC2974	4チャンネルPMBusパワー・システム・マネージャ	TUE:0.25%、16ビットADC、電圧/電流/温度のモニタおよび監視

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