

## 特長

- 完全なスイッチモード電源
- 広い入力電圧範囲: 4.5V~28V
- 標準6A のDC出力電流、8A のピーク出力電流
- 出力電圧: 0.6V~5V
- 1.5%の出力電圧レギュレーション
- 超高速過渡応答
- 並列接続されたμModule™ DC/DCコンバータ
- 電流モード制御
- LTM4600およびLTM4602とピン互換
- 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
- 金仕上げパッド付き鉛フリー (e4) RoHS 準拠パッケージ
- 実装面積が小さく、高さの低い(15mm×15mm×2.8mm)  
LGAパッケージ

## アプリケーション

- テレコム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(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。  
μModule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。

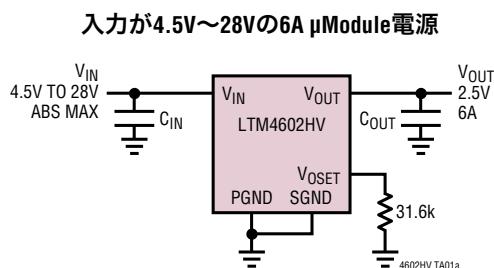
## 概要

LTM®4602HVは、最大28Vの入力で動作する完全な6A DC/DC降圧電源で、スイッチング・コントローラ、パワーFET、インダクタ、すべてのサポート部品をパッケージに搭載しています。LTM4602HVは4.5V~28Vの入力電圧範囲で動作し、0.6V~5Vの出力電圧範囲を1つの抵抗で設定できます。このような高効率設計により、6Aの連続電流(ピーク電流は8A)を供給し、ヒートシンクやエアフローなしで電力仕様を満たすことができます。また、入力と出力にバルク・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。

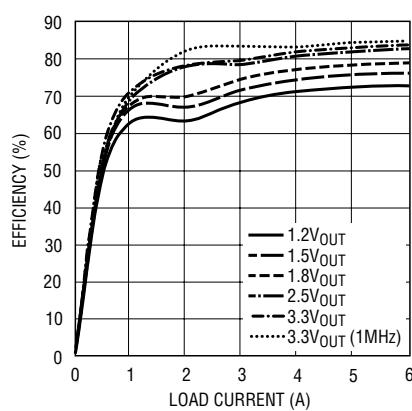
パッケージの高さの低く(2.8mm)、PCボード底面の未使用スペースを利用できるので、高部品密度のポイントオブロード・レギュレーションが可能です。高いスイッチング周波数とアダプティブ・オン時間電流モード・アーキテクチャにより、安定性を損なうことなく入力および負荷の変動に対する高速過渡応答を実現します。フォールト保護機能として、無効にできるシャットダウン・タイマ付きの過電圧保護機能や短絡保護機能を備えています。内蔵のソフトスタート・タイマは小さなコンデンサで調整できます。

LTM4602HVは熱特性が改善された小型で(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。入力範囲が4.5V~20Vのバージョンについては、LTM4602を参照してください。

## 標準的応用例



効率と負荷電流(24VIN (FCB = 0))



4602HV\_G03

4602hvf

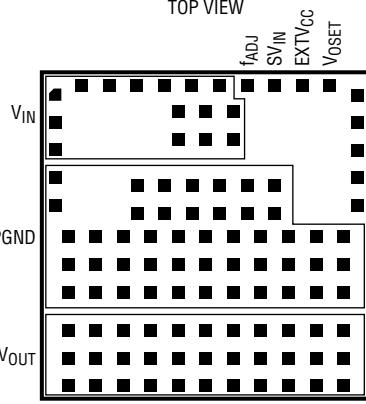
# LTM4602HV

## 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~28V
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.....	-55°C to 125°C

## パッケージ/発注情報

 <p>TOP VIEW</p> <p>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</p>	ORDER PART NUMBER	LGA PART MARKING*
	LTM4602HVEV#PBF LTM4602HVIV#PBF	LTM4602HVV LTM4602HVV

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、弊社へ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。

## 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。「標準的応用例」(表紙)の構成でC<sub>IN</sub>=120μF、C<sub>OUT</sub>=200μFの外付けセラミック・コンデンサを使用。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>IN(DC)</sub>	Input DC Voltage	AbsMax 28V for Tolerance on 24V Inputs	● 4.5	28		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

### 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 V <sub>IN</sub> = 24V	0.6 0.7 0.8		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> = 24V, V <sub>OUT</sub> = 2.5V, FCB = 5V V <sub>IN</sub> = 24V, V <sub>OUT</sub> = 2.5V, FCB = 0V Shutdown, RUN = 0.8V, V <sub>IN</sub> = 12V	1.2 42 1.8 36 50	100	mA mA mA mA μA
Min On Time			100		ns
Min Off Time			400		ns
I <sub>S(VIN)</sub>	Input Supply Current	V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 6A V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 3.3V, I <sub>OUT</sub> = 6A V <sub>IN</sub> = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 6A V <sub>IN</sub> = 24V to 3.3V at 6A, EXTV <sub>CC</sub> = 5V	0.88 1.50 2.08 0.98		A A A A

4602hvf

## 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TA=25°C、VIN=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
<b>Output Specifications</b>						
I <sub>OUTDC</sub>	Output Continuous Current Range (See Output Current Derating Curves for Different VIN, V <sub>OUT</sub> and TA)	V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> = 24V, V <sub>OUT</sub> = 2.5V (Note 3)	0 0	6 6	6	A A
$\Delta V_{OUT(LINE)}$ V <sub>OUT</sub>	Line Regulation Accuracy	V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0V, I <sub>OUT</sub> = 0A, VIN = 4.5V to 28V	●	0.15		%
$\Delta V_{OUT(0A-6A)}$ V <sub>OUT</sub>	Load Regulation Accuracy	V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0V, I <sub>OUT</sub> = 0A to 6A, VIN = 5V, VIN = 12V (Note 4)	●	±0.25 ±0.5	±0.5 ±1	% %
V <sub>OUT(AC)</sub>	Output Ripple Voltage	V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, FCB = 0V, I <sub>OUT</sub> = 0A		10	15	mV <sub>P-P</sub>
f <sub>s</sub>	Output Ripple Voltage Frequency	FCB = 0V, I <sub>OUT</sub> = 6A, VIN = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V		800		kHz
t <sub>START</sub>	Turn-On Time	V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 1A VIN = 12V VIN = 5V		0.5 0.7		ms ms
$\Delta V_{OUTLS}$	Voltage Drop for Dynamic Load Step	V <sub>OUT</sub> = 1.5V, Load Step: 0A/μs to 3A/μs C <sub>OUT</sub> = 22μF 6.3V, 330μF 4V Pos Cap, See Table 2		30		mV
t <sub>SETTLE</sub>	Settling Time for Dynamic Load Step VIN = 12V	Load: 10% to 90% to 10% of Full Load		25		μs
I <sub>OUTPK</sub>	Output Current Limit	Output Voltage in Foldback VIN = 24V, V <sub>OUT</sub> = 2.5V VIN = 12V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V VIN = 5V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V		9 9 9		A A A

## Control Stage

V <sub>OSET</sub>	Voltage at VOSET Pin	I <sub>OUT</sub> = 0A, V <sub>OUT</sub> = 1.5V	●	0.591 0.594	0.6 0.6	0.609 0.606	V V
V <sub>RUN/SS</sub>	RUN ON/OFF Threshold			0.8	1.5	2	V
I <sub>RUN(C)/SS</sub>	Soft-Start Charging Current	V <sub>RUN/SS</sub> = 0V		-0.5	-1.2	-3	μA
I <sub>RUN(D)/SS</sub>	Soft-Start Discharging Current	V <sub>RUN/SS</sub> = 4V		0.8	1.8	3	μA
V <sub>IN</sub> - SV <sub>IN</sub>		EXTV <sub>CC</sub> = 0V, FCB = 0V		100			mV
I <sub>EXTVCC</sub>	Current into EXTV <sub>CC</sub> Pin	EXTV <sub>CC</sub> = 5V, FCB = 0V, V <sub>OUT</sub> = 1.5V, I <sub>OUT</sub> = 0A		16			mA
R <sub>FBHI</sub>	Resistor Between V <sub>OUT</sub> and FB Pins			100			kΩ
V <sub>FCB</sub>	Forced Continuous Threshold			0.57	0.6	0.63	V
I <sub>FCB</sub>	Forced Continuous Pin Current	V <sub>FCB</sub> = 0.6V		-1	-2		μA

## PGOOD Output

ΔV <sub>OSETH</sub>	PGOOD Upper Threshold	V <sub>OSET</sub> Rising		7.5	10	12.5	%
ΔV <sub>OSETL</sub>	PGOOD Lower Threshold	V <sub>OSET</sub> Falling		-7.5	-10	-12.5	%
ΔV <sub>OSET(HYS)</sub>	PGOOD Hysteresis	V <sub>OSET</sub> Returning		2			%
V <sub>PGL</sub>	PGOOD Low Voltage	I <sub>PGOOD</sub> = 5mA		0.15	0.4		V

**Note 1:** 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスに永続的な損傷を与える可能性がある値。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

コントロールとの相関で確認されている。LTM4602HVIIは-40°C～85°Cの温度範囲で保証され、テストされている。

**Note 2:** LTM4602HVE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・

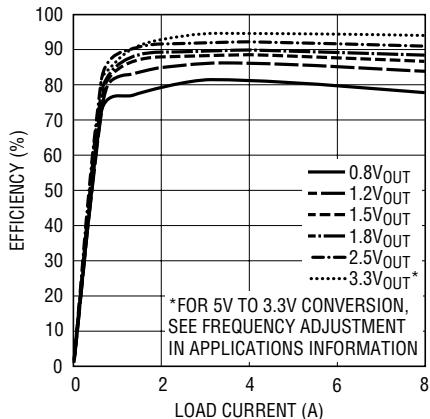
ノート3: 電流ディレーティング曲線とサーマル・アプリケーション・ノートを参照。

**Note 4:** 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。

# LTM4602HV

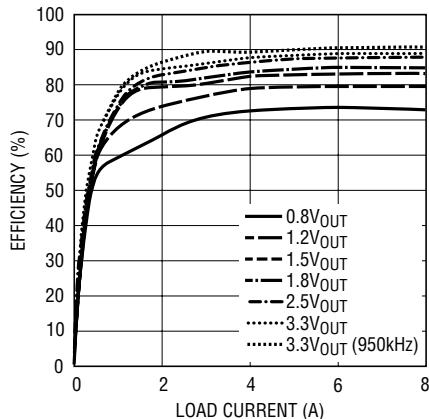
標準的性能特性 (すべての曲線について図22を参照)

効率と $5V_{IN}$  (FCB = 0)の負荷電流



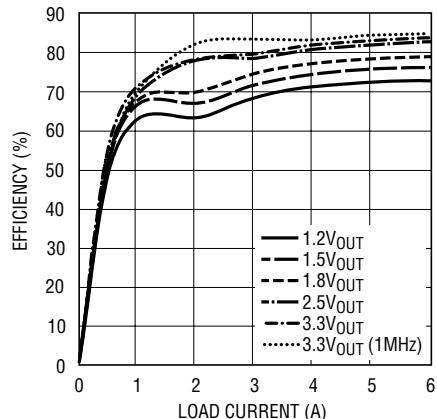
4602HV G01

効率と $12V_{IN}$  (FCB = 0)の負荷電流



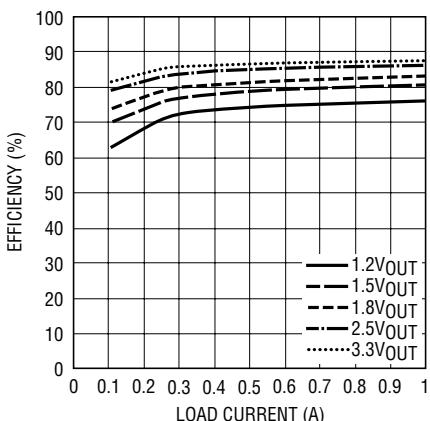
4602HV G02

効率と $24V_{IN}$  (FCB = 0)の負荷電流



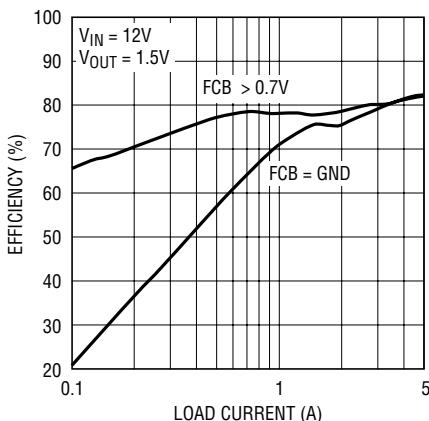
4602HV G03

軽負荷効率と  
12V<sub>IN</sub> (FCB > 0.7V、<5V)の負荷電流



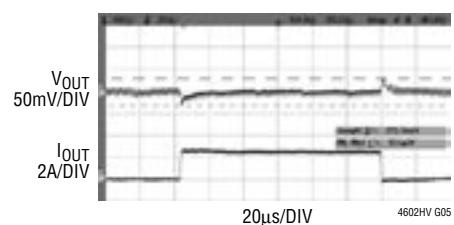
4602HV G15

効率と負荷電流  
(異なるFCBの設定)



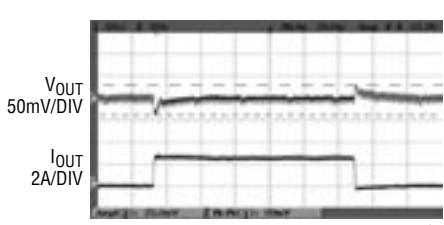
4602HV G04

1.2V 過渡応答



4602HV G05

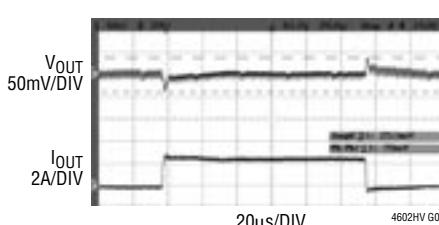
1.5V 過渡応答



4602HV G06

1.5V AT 3A/μs LOAD STEP  
 $C_{OUT} = 22\mu F$ , 6.3V CERAMIC  
 $330\mu F$ , 4V SANYO POS CAP

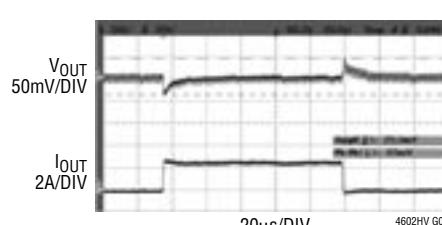
1.8V 過渡応答



4602HV G07

1.8V AT 3A/μs LOAD STEP  
 $C_{OUT} = 22\mu F$ , 6.3V CERAMIC  
 $330\mu F$ , 4V SANYO POS CAP

2.5V 過渡応答

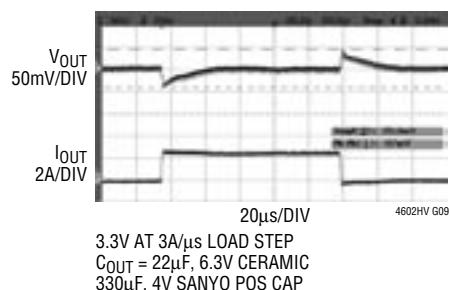
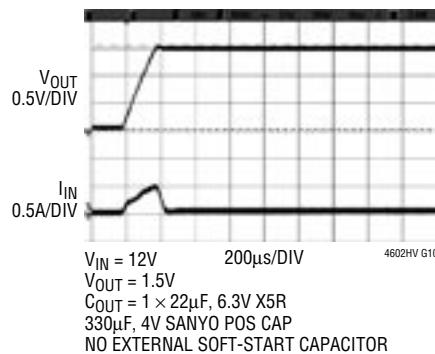
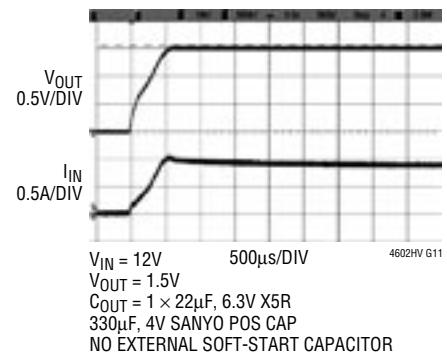
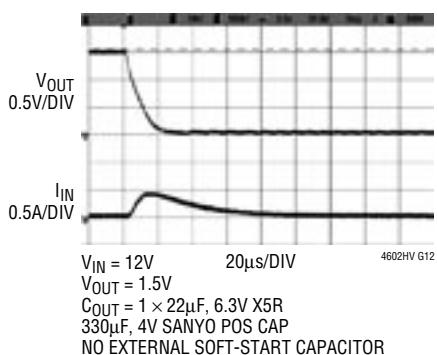
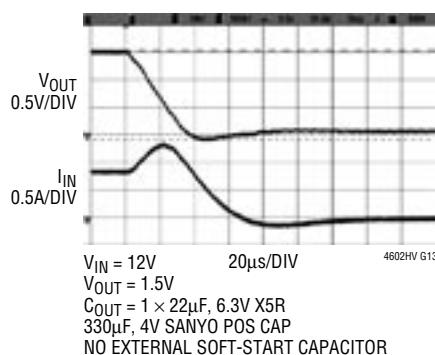
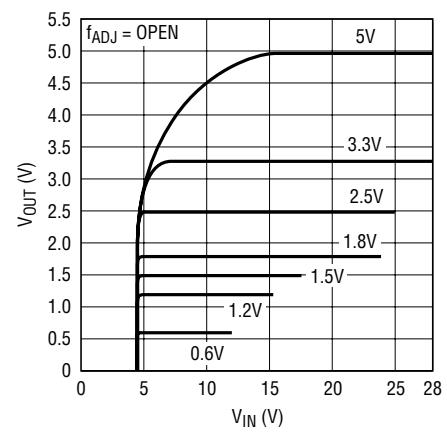


4602HV G08

2.5V AT 3A/μs LOAD STEP  
 $C_{OUT} = 22\mu F$ , 6.3V CERAMIC  
 $330\mu F$ , 4V SANYO POS CAP

## 標準的性能特性 (すべての曲線について図22を参照)

## 3.3V 過渡応答

起動、 $I_{OUT} = 0A$ 起動、 $I_{OUT} = 6A$  (抵抗性負荷)短絡保護、 $I_{OUT} = 0A$ 短絡保護、 $I_{OUT} = 6A$  $V_{IN}$  から  $V_{OUT}$  への降圧比

4602HV G14

4602hvf

## 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・コンデンサはV<sub>IN</sub>ピンとPGNDピンの間に直接配置することを推奨します。

**f<sub>ADJ</sub>(ピンA15):**V<sub>IN</sub>からこのピンに110kの抵抗を接続することにより、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。LTM4602HVのスイッチング周波数は標準で850kHzです。このピンからグランドに外付け抵抗を接続してワンショット・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ピン。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のままになると、内部5Vリニア・レギュレータがコントローラとMOSFETドライバに電力を供給します。入力電圧が高いアプリケーションでは、このピンを外部の5Vに接続するとパワー・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>を超えてはなりません。

**V<sub>OSET</sub>(ピンA21):**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ピンの間に抵抗を追加して、異なった出力電圧をプログラムすることができます。

**COMP(ピンB23):**電流制御スレッショ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ョルドは、この制御電圧に応じて上昇します。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):**信号グランド・ピン。すべての小信号用部品はこのグランドに接続し、このグランド自体はPGNDに一点接続します。

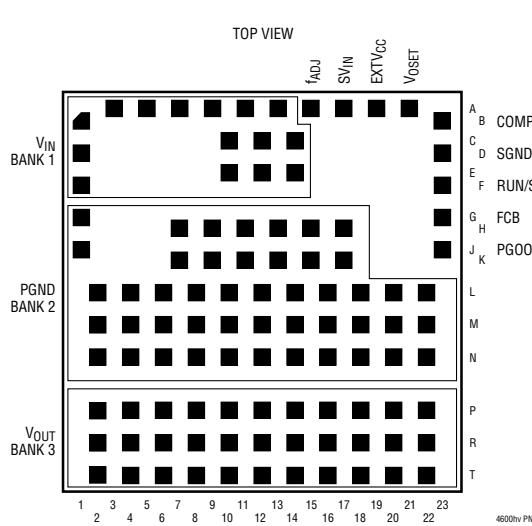
**RUN/SS(ピンF23):**実行制御とソフトスタート制御。このピンを0.8Vより低い電圧に強制すると、電源がシャットダウンします。パワー・モジュールの内部には1000pFのコンデンサがあり、200μFの出力容量では約0.7msのソフトスタート時間を生成します。RUN/SSピンとSGNDピンの間にコンデンサを追加してソフトスタート時間を長くすることができます。このピンとV<sub>IN</sub>ピンの間に抵抗を追加して内部の短絡ラッチオフをディスエーブルすることができます。この抵抗は最小5μAのプルアップ電流を供給する必要があります。

**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を実現します。FCBピンとSGNDピンの間には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。それ以外の場合、このピンはグラ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PGNDピンの間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ピンの間に直接配置することを推奨します。



4602hv

## 簡略ブロック図

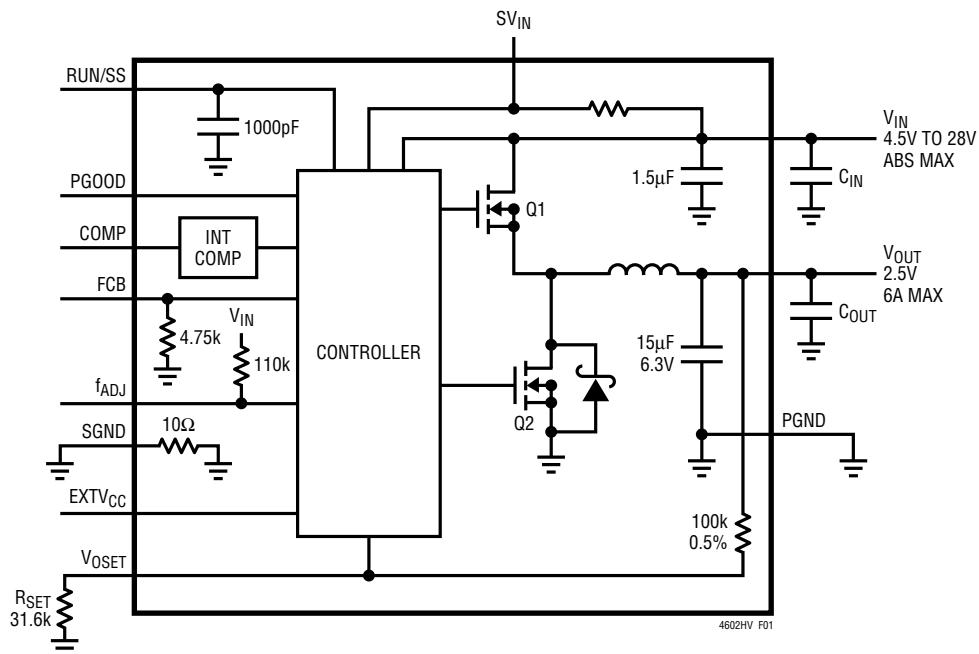


図1. LTM4602HVの簡略ブロック図

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 $28\text{V}$ , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 6\text{A}$ , $2 \times 10\mu\text{F}$ 35V Ceramic Taiyo Yuden GDK316BJ106ML		20		μF
$C_{OUT}$	External Output Capacitor Requirement ( $V_{IN} = 4.5\text{V}$ to $28\text{V}$ , $V_{OUT} = 2.5\text{V}$ )	$I_{OUT} = 6\text{A}$ , Refer to Table 2 in the Applications Information Section	100	200		μF

## 動作

### **μModuleの概要**

LTM4602HVはスタンダードアロン非絶縁型同期整流式スイッチングDC/DC電源です。入力と出力に外付けのパルク・コンデンサを使用するだけで、最大6AのDC出力電流を供給することができます。このモジュールは、1本の外付け抵抗によってプログラム可能な0.6V<sub>DC</sub>～5.0V<sub>DC</sub>の高精度で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～28Vです。簡略ブロック図を図1に、標準的応用回路を図21に示します。

LTM4602HVは、LTCの固定オン時間電流モード・レギュレータ、高速スイッチングの超低R<sub>DS(ON)</sub>のFET、およびショットキー・ダイオードを内蔵しています。最大負荷でのスイッチング周波数は標準で800kHzです。電流モード制御と内部帰還ループ補償により、広範囲の動作条件と広範囲の出力コンデンサで(すべてX5RまたはX7Rのセラミック出力コンデンサを使用する場合でも)、LTM4602HVモジュールは十分に余裕のある安定性と良好な過渡性能を実現します。

電流モード制御によって、サイクルごとに高速電流制限が行われます。さらに、V<sub>FB</sub>が下がっている間、過電流状態でフォールドバック電流制限が行われます。また、LTM4602HVは無効にできる短絡ラッチオフを備えています。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。さらに、過電圧状態では内蔵のトップ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”にすると、コントローラは強制的にシャットダウン状態になり、Q1とQ2の両方をオフします。このピンを解放すると、内蔵の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。

負荷電流が小さいとき、モジュールはデフォルト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限に抑えます。FCBピンを0.8V以上(ただし6Vを超えない)にすると、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ピンにはグランドに接続された4.75kの抵抗が備わっているので、V<sub>IN</sub>に抵抗を接続してFCBピンの電圧を設定することができます。

EXTVCCピンが接地されるかオープン状態のとき、内蔵の5Vリニア・レギュレータがコントローラとMOSFETゲート・ドライバに電力を供給します。最小4.7Vの外部バイアス電源がEXTVCCピンに印加されると、内部レギュレータがオフし、内部スイッチによってEXTVCCがゲート・ドライバの電圧に接続されます。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。EXTVCCピンの最大電圧は6Vです。EXTVCCの電圧は決してV<sub>IN</sub>の電圧を超えてはなりません。また、EXTVCCはV<sub>IN</sub>より後に印加しなければなりません。μModule内部の温度を下げるには24V動作を推奨します。

## アプリケーション情報

LTM4602HVの標準的応用回路を図20に示します。外付け部品の選択は、主に最大負荷電流と出力電圧によって決まります。

### 出力電圧のプログラミングとマージニング

LTM4602HV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。ブロック図に示すように、100k/0.5%の内部帰還抵抗によってV<sub>OUT</sub>ピンとV<sub>OSET</sub>ピンが接続されています。V<sub>OSET</sub>ピンからSGNDピンに抵抗R<sub>SET</sub>を追加して、次のように出力電圧を設定します。

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

標準出力電圧に対応する1% R<sub>SET</sub>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

電圧マージニングでは、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します。LTM4602HVのマ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ジンに設定されます。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ジン

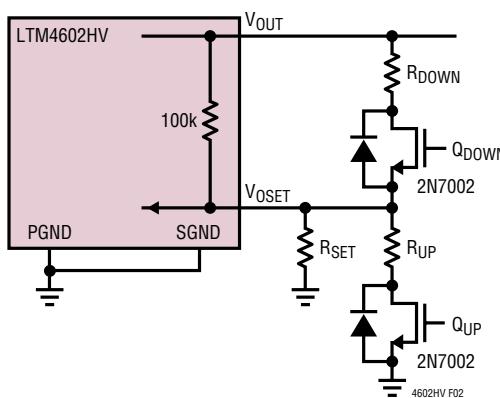


図2

に設定されます。出力電圧V<sub>O</sub>を±M%上下にマ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

LTM4602HV 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20では、コンバータに流れ込む大きなRMS電流を扱う能力により、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概算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電流は次のように概算することができます。

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

上の式で、η%はパワー・モジュールの推定効率です。C<sub>IN</sub>はスイッチャ定格のアルミ電解コンデンサ、OS-CONコンデンサまたは大容量セラミック・コンデンサ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ます。このため、入力コンデンサを適切にディレーティングする、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。ディレーティングの条件に関しては、必ずコンデンサの製造元にお問い合わせください。

図16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用されています。標準的な6A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レイアウトの際、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ノイズを最小限に抑えます。

## アプリケーション情報

### 出力コンデンサ

LTM4602HV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<sub>OUT</sub>は、出力電圧リップルと過渡の必要条件を満たすため、等価直列抵抗(ESR)が十分小さいものが選択されます。C<sub>OUT</sub>には低ESRのタンタル・コンデンサ、低ESRのポリマー・コンデンサまたはセラミック・コンデンサ(X5RまたはX7R)を使用することができます。出力にすべてセラミック・コンデンサを使用する場合、標準容量は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・コンデンサを使用し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、システム設計者が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3A/μsの過渡の間のそれぞれの出力電圧の垂下、ピーク-ピーク間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

LTM4602HV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、LTM4602HV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50%以上低下すると、最大出力電流はその最大電流制限値の約1/6に次第に低下します。

### RUN/SSピンを使用し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、LTM4602HVをシャットダウンする手段を提供します。RUN/SSピンを0.8V以下にすると、LTM4602HVは低消費電流( $I_Q \leq 75\mu A$ )のシャットダウン状態になります。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<sub>SS</sub>を充電することができます。LTM4602HVの内部では、1000pFのコンデンサがRUN/SSピンからグランドに接続されています。RUN/SSピンからグランドに外付けコンデンサC<sub>SS\_EXT</sub>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。

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

RUN/SSピンの電圧が1.5Vに達すると、RUN/SSピンの総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LTM4602HVの内部スイッチが動作しています。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<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比

所定の入力電圧で実現可能なV<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比の最大値には制限があります。これらの制限は、「標準的性能特性」の「V<sub>IN</sub>からV<sub>OUT</sub>への降圧比」の曲線に示されています。追加のサーマル・ディレーティングが適用される可能性がある点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)、0Aから3Aのステップ(標準値)

## TYPICAL MEASURED VALUES

C <sub>OUT1</sub> VENDORS	PART NUMBER	C <sub>OUT2</sub> VENDORS	PART NUMBER
TDK	C4532X5R0J107MZ (100μF, 6.3V)	SANYO POS CAP	6TPE330MIL (330μF, 6.3V)
TAIYO YUDEN	JMK432BJ107MU-T (100μF, 6.3V)	SANYO POS CAP	2R5TPE470M9 (470μF, 2.5V)
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22μF, 6.3V)	SANYO POS CAP	4TPE470MCL (470μF, 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>	C <sub>3</sub>	V <sub>IN</sub> (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	30	60	25	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	5	30	60	20	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	25	54	20	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	25	55	20	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	30	60	25	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	25	54	20	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	25	56	20	3
1.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	25	55	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	5	25	50	25	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	5	25	54	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	25	59	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	26	59	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	25	55	25	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	25	54	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	28	59	20	3
1.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	26	59	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	5	25	54	30	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	5	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	5	29	60	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	25	50	30	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	5	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	29	60	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	100pF	12	25	50	30	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 2.5V	NONE	100pF	12	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	100pF	12	25	50	20	3
1.8	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	12	29	60	20	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	5	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	5	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	5	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	5	25	50	25	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	12	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	12	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	12	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	12	29	60	20	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	12	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	12	25	50	30	3
2.5	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	12	27	54	25	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	7	32	64	30	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	7	30	60	30	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	7	30	60	35	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	7	32	64	25	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	1 × 100μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	12	38	58	30	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	3 × 22μF 6.3V	470μF 4V	NONE	220pF	12	30	60	35	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 100μF 6.3V	330μF 6.3V	NONE	220pF	12	30	60	30	3
3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	220pF	12	32	64	25	3
5	1 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	15	80	160	25	3
5	1 × 10μF 25V	150μF 35V	4 × 100μF 6.3V	NONE	NONE	100pF	20	80	160	25	3

## アプリケーション情報

コントローラが起動し、出力コンデンサを充電するのに十分な所定の時間が経過した後、 $C_{SS}$ は短絡タイマとして使用されます。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%を下回ると、短絡が発生したとみなされます。すると、1.8μAの電流が $C_{SS}$ から放電し始めます。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ピンを能動的にグランドまで引き下げる必要があります。

過電流保護タイマでは、ソフトスタート・タイミング・コンデンサ $C_{SS}$ が4Vのスレッショルドに達するまでに出力が確実に安定化するように、 $C_{SS}$ を十分大きくする必要があります。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概算できます。

$$C_{SS\_EXT} + 1000\text{pF} > C_{OUT} \cdot V_{OUT} (10^{-3} \text{F/V}_S)$$

一般に0.1μFあれば十分すぎるほどです。

負荷電流は短絡時に電流モード制御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るので、特に出力に大容量が存在するか、または起動時に負荷に大電流が流れる場合、過電流ラッチオフ動作は必ずしも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以上(ただし80μA以下)の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の $C_{SS}$ の放電を防ぎ、さらにソフトスタート時間を短縮します。RUN/SSピンから $V_{IN}$ に1本の抵抗を接続するのがラッチオフを無効にする簡単な方法です。どのプルアップ・ネットワークも、RUN/SSを4Vの最大ラッチオフ・スレッショルドよりも高い電圧に保

つことができ、4μAの最大放電電流を確保することができなければなりません。起動時および短絡時の $V_{RUN}$ の概念図を図3に示します。

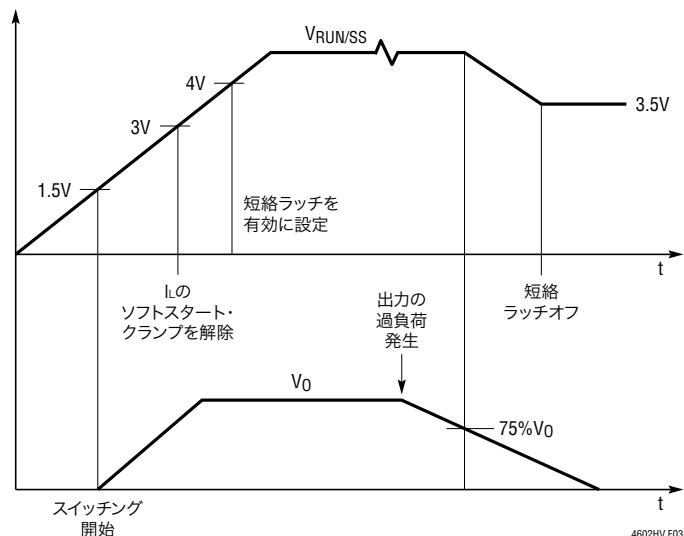


図3. 起動時および短絡保護時のRUN/SSピンの電圧

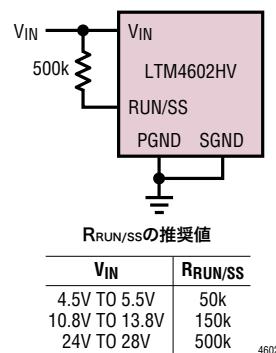


図4.  $V_{IN}$ に接続したプルアップ抵抗による短絡ラッチオフの無効化

## アプリケーション情報

### イネーブル

図5に示すように、RUN/SSピンはロジックでドライブすることができます。この機能によって、LTM4602HVをリモートでオン/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。

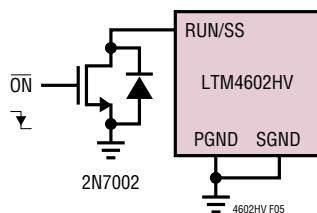


図5. 外部ロジックを使用したイネーブル回路

### 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LTM4602HVモジュールをプログラムすることができます。LTC2923を使用した標準的な回路を図6に示します。 $V_O$ の立ち上がりと立ち下がりの同時トラッキング、比例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み合わせを使用し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。

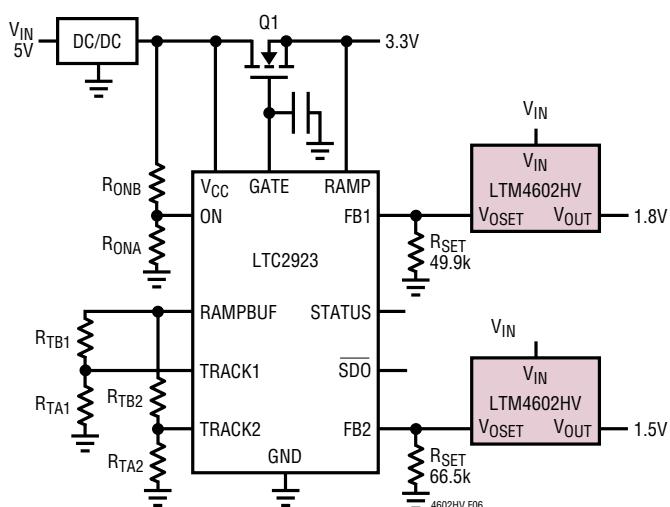


図6. LTC2923コントローラを使用した出力電圧トラッキング

### EXTV<sub>CC</sub>の接続

内蔵の低損失レギュレータは、制御回路とFETドライバに電力を供給する内部5V電源を生成します。したがって、システムに5V電源レールがない場合には、LTM4602HVに $V_{IN}$ から直接電力を供給することができます。LDOを流れるゲート・ドライバ電流は約16mAです。内部LDOの電力消費は次のように計算できます。

$$P_{LDO\_LOSS} = 16\text{mA} \cdot (V_{IN} - 5\text{V})$$

LTM4602HV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レールがある場合には、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 Pチャネル・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を下回るまで、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>ピンに印加しないで、 $EXTV_{CC} < V_{IN}$ になるようにしてください。以下のリストはEXTV<sub>CC</sub>の可能な接続方法をまとめたものです。

1. EXT<sub>V<sub>CC</sub></sub>をグランドに接続します。内部5V LDOには常に内部5Vレギュレータから電力を供給します。

2. EXT<sub>V<sub>CC</sub></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・ドライブの必要条件(標準5V)に対応する高効率電源によって、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>の電圧は $V_{IN}$ ピンの電圧より高くなつてはなりません。

### 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は内部で4.75kのプルダウン抵抗が接続されています。軽負荷時のデフォルト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のスレッショ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、導通損失が最小限に抑えられ、軽負荷時の効率が改善されます。その代償として、軽負荷時に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

6 Aを超える出力電流を供給するため、複数のLTM4602HVモジュールを並列に接続することができます。2個の並列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って、モジュール間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LTM4602HVの新しいフィードバックの式は次のとおりです。

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

ここで、Nは並列に接続したLTM4602HVの個数です。

### 熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

図8と図15の電力損失の曲線は、図9～図14および図16～図19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手法を用いたモジュールの $\theta_{JA}$ を概算するのに使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は「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モジュール全体で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。表3と表4の $\theta_{JA}$ 値を使用して、他の出力電圧のディレーティング曲線を得ることができます。

### 安全性に関する検討事項

LTM4602HV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。

OPTI-LOOPはリニアテクノロジー社の商標です。

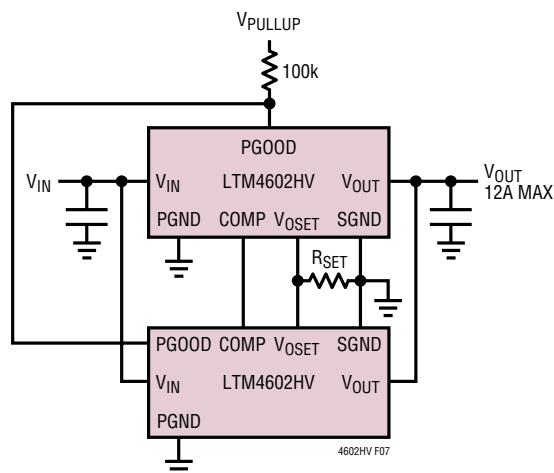


図7. 負荷分担を行う並列接続した2個のμModule

## アプリケーション情報

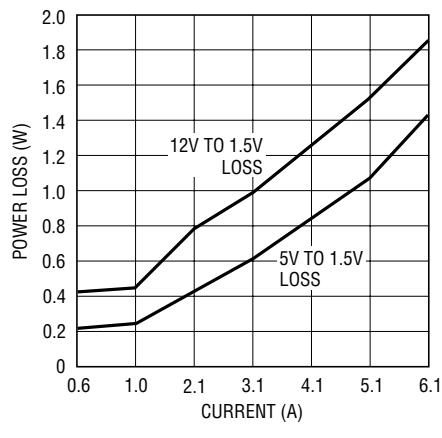


図8. 1.5V電力損失曲線と負荷電流

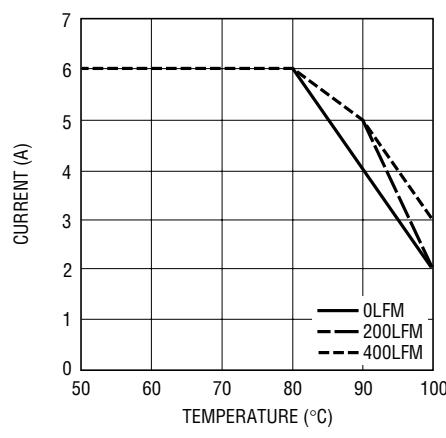


図9. 5Vから1.5V、ヒートシンクなし

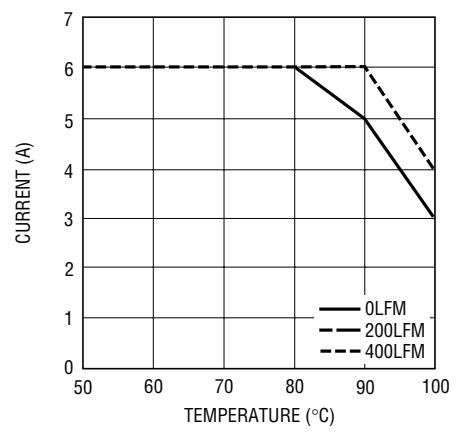


図10. 5Vから1.5V、BGA用ヒートシンク

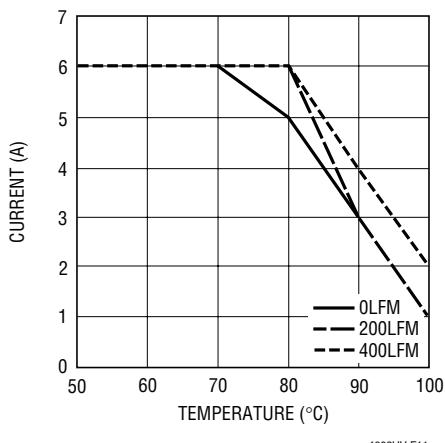


図11. 12Vから1.5V、ヒートシンクなし

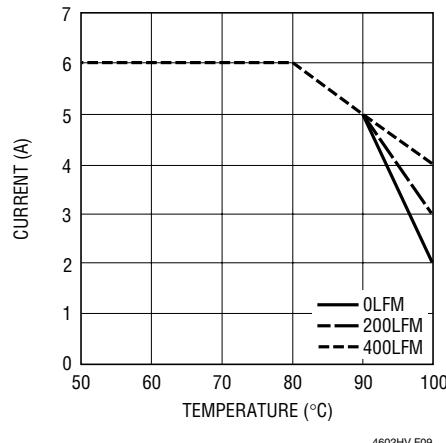


図12. 12Vから1.5V、BGA用ヒートシンク

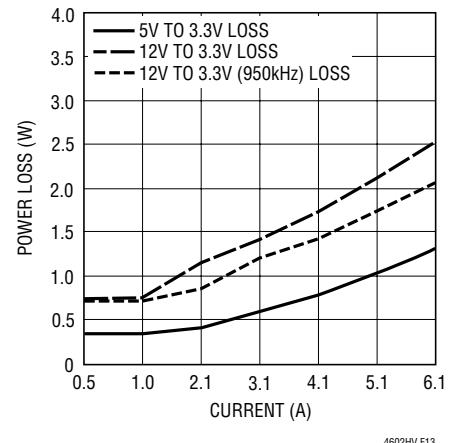


図13. 3.3V電力損失

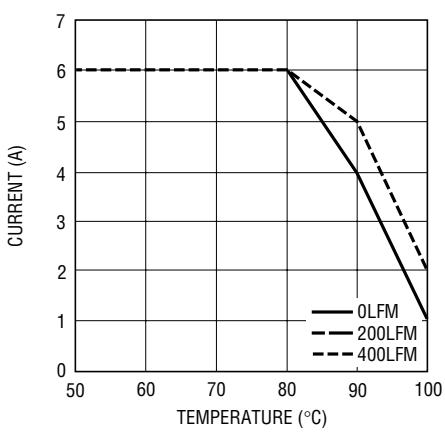


図14. 5Vから3.3V、ヒートシンクなし

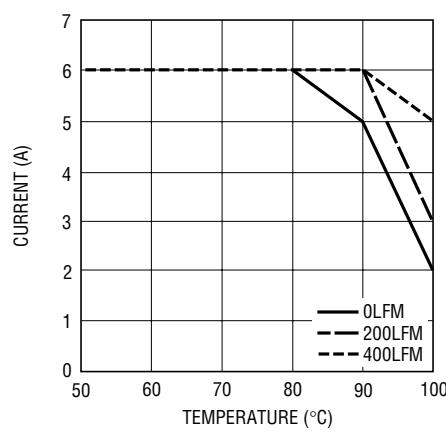


図15. 5Vから3.3V、BGA用ヒートシンク

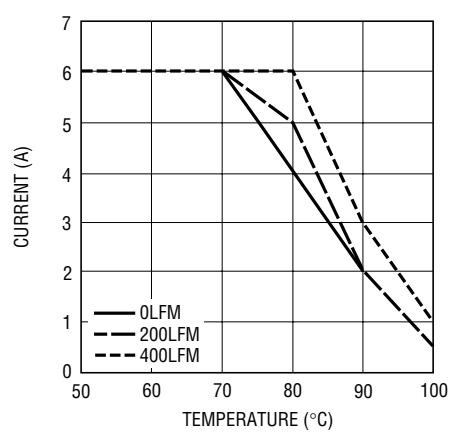


図16. 12Vから3.3V(950kHz)、ヒートシンクなし

## アプリケーション情報

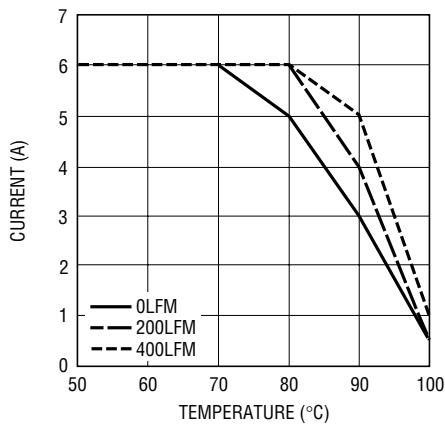


図17. 12Vから3.3V(950kHz)、BGA用ヒートシンク

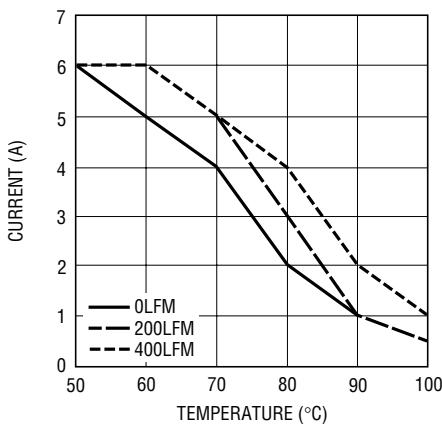


図18. 24Vから3.3V、ヒートシンクなし

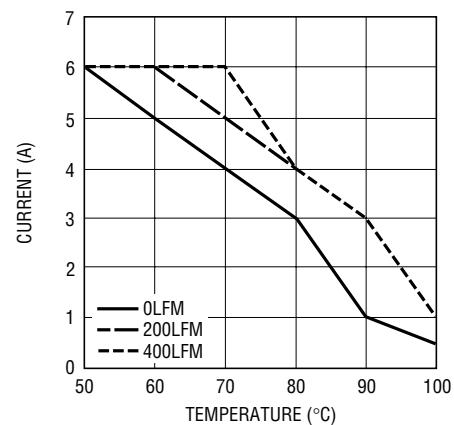


図19. 24Vから3.3V、BGA用ヒートシンク

表3. 1.5V出力

AIR FLOW (LFM)	HEATSINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
0	None	15.2
200	None	14
400	None	12
0	BGA Heatsink	13.9
200	BGA Heatsink	11.3
400	BGA Heatsink	10.25

### レイアウトのチェックリスト/例

LTM4602HVは集積度が高いので、PCBボードのレイアウトが非常にシンプルで容易です。ただし、電気的性能と熱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、 $V_{OUT}$ 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。
- 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。

表4. 3.3V出力

AIR FLOW (LFM)	HEATSINK	$\theta_{JA}$ (°C/W)
0	None	15.2
200	None	14.6
400	None	13.4
0	BGA Heatsink	13.9
200	BGA Heatsink	11.1
400	BGA Heatsink	10.5

- 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20に示します。

### LTM4602HVの周波数の調整

LTM4602HV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。 $f_{ADJ}$ ピンは一般にオープン状態にしておくか、オプションの1000pFのコンデンサを使用してデカップリングします。スイッチング周波数は、すべての動作状態で出力リップルを一定に保つように最適化されています。動作周波数を設定する式は、プログラム可能な一定オン時間の付近に設定されます。

4602hvf

## アプリケーション情報

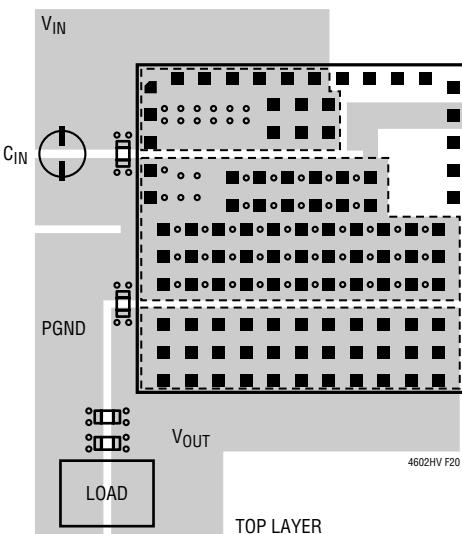


図20. 推奨するPCBレイアウト

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ョ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 $f_{ADJ}$ 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21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。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 $DC/t_{ON}$ に等しくなります。

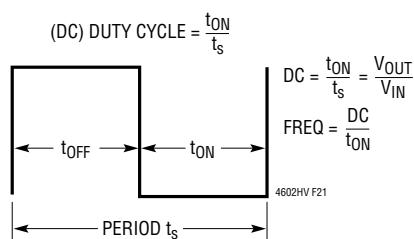


図21

LTM4602HV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・スレッショルドの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・サイクルに適応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 $t = t_{ON} + t_{OFF}$ であるので、 $t_{OFF}$ は400nsの最小オフ時間を下回ります。 $f_{ADJ}$ ピンからグランドに1本の抵抗を接続すると、オン時間ジェネレータからの電流をシャントすることができるので、オン時間の延長やスイッチング周波数の低下が可能になります。12Vから5V、ならびに5Vから3.3Vといった、スイッチング周波数を下げ、これらの降圧変換への適応について以下に説明します。

周波数設定の計算式:  $V_{OUT} = 5V$

$$I_{ON} = (V_{IN} - 0.7V)/110k; 12V \text{ 入力では, } I_{ON} = 103\mu A$$

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

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

$t_{OFF}$ は400nsより大きくなればなりません(つまり、 $t - t_{ON} > 400ns$ )。

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

1MHzの周波数、つまり1 $\mu s$ の周期が選択されます。

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

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

$t_{ON}$ と $t_{OFF}$ は、適切なガードバンドをもって最小値を上回ります。

## アプリケーション情報

周波数 =  $(I_{ON}/[2.4V \cdot 10pF]) \cdot (DC)$ を使用して、 $I_{ON} = (1MHz \cdot 2.4V \cdot 10pF) \cdot (1/0.41) \approx 58\mu A$ について解析します。12V入力から計算された $I_{ON}$ 電流は103 $\mu A$ であったので、 $f_{ADJ}$ からグランドに接続した抵抗の電流 =  $(0.7V/15k) = 46\mu A$ になります。103 $\mu A - 46\mu A = 57\mu A$ になるので、12Vから5Vへの高デューティ・サイクルの変換のための適切な周波数範囲を得るために、十分な $I_{ON}$ 電流が設定されます。入力電圧範囲は8V~16Vに制限されます。 $f_{ADJ}$ に15kがない場合、さらに高い入力電圧を使用することができます。16V以上または8V以下では、インダクタ・リップル電流は大きくなりすぎます。

周波数設定の計算式:  $V_{OUT} = 3.3V$

$$I_{ON} = (V_{IN} - 0.7V)/110k; 5V \text{入力では}, I_{ON} = 39\mu A$$

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

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

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

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

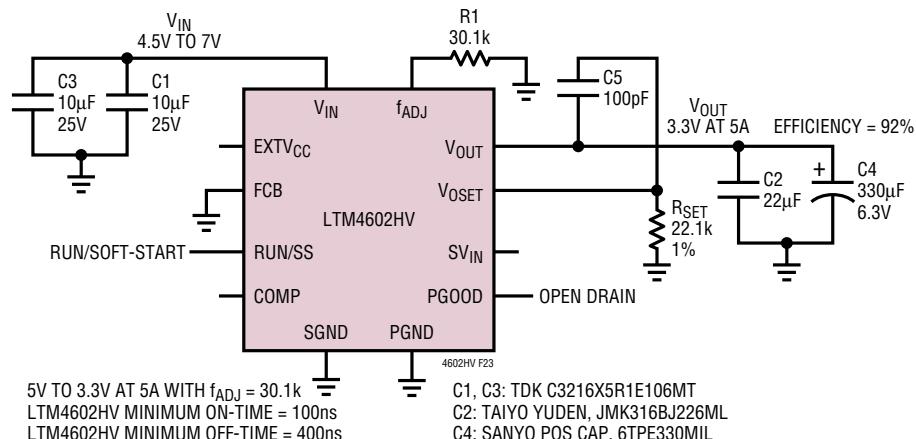
約450kHzの周波数、つまり2.22 $\mu s$ の周期が選択されます。4.5V~7Vの入力では、周波数範囲はおよそ450kHz~650kHzです。

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

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

$t_{ON}$ と $t_{OFF}$ は、適切なガードバンドをもって最小値を上回ります。

### 5Vから3.3V/5A



## アプリケーション情報

12Vから5V/5A

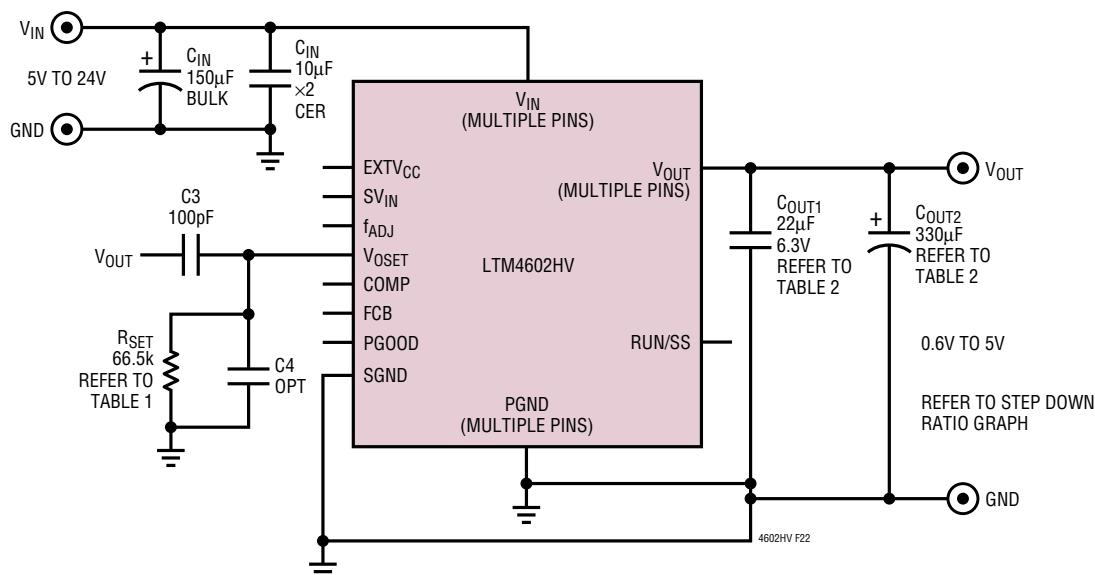
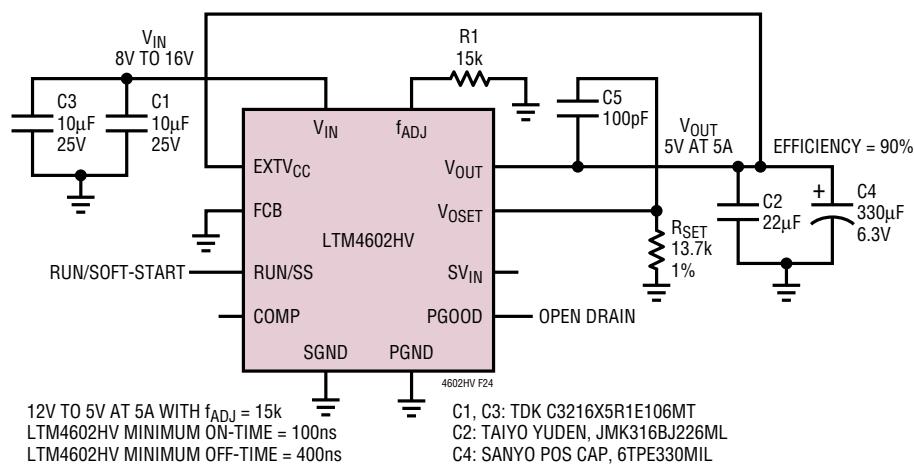
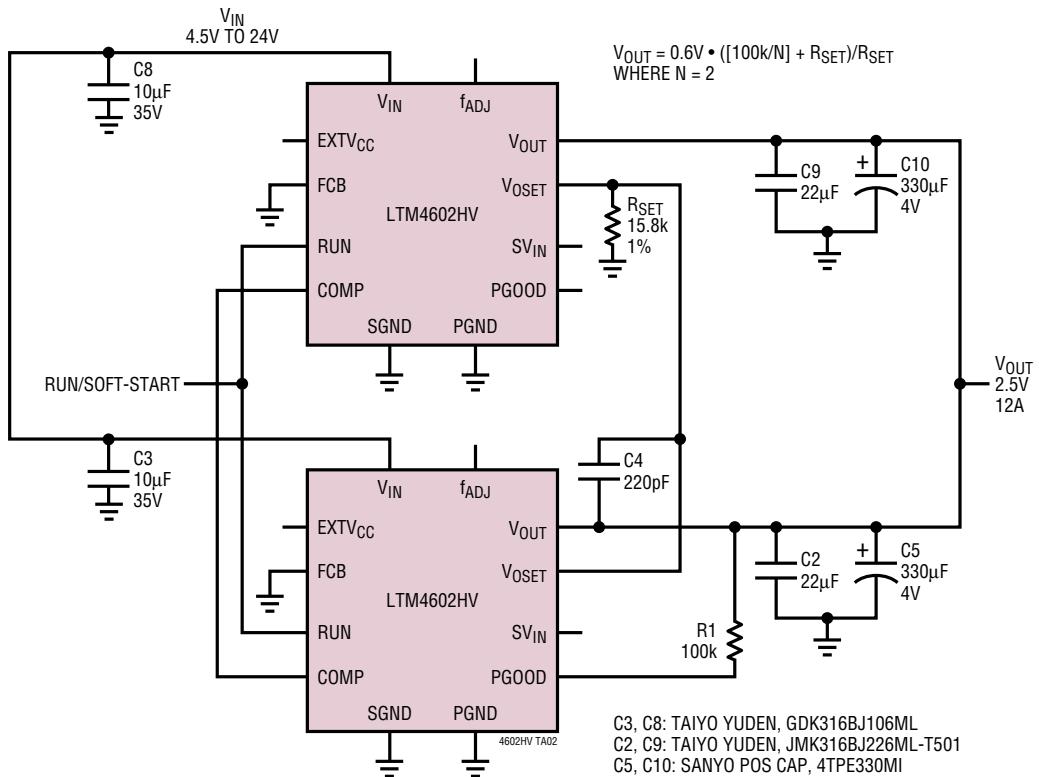


図22. 標準的応用例(5V~24Vの入力、0.6V~5Vの出力、最大6A)

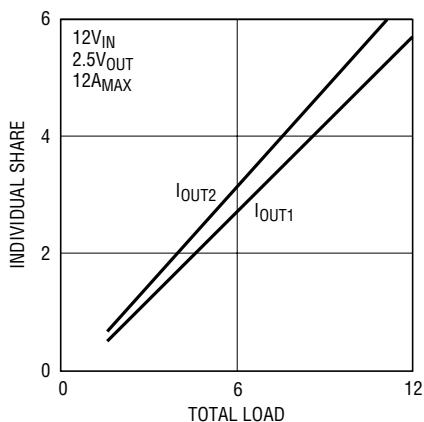
# LTM4602HV

## 標準的応用例

### 並列動作と負荷分担



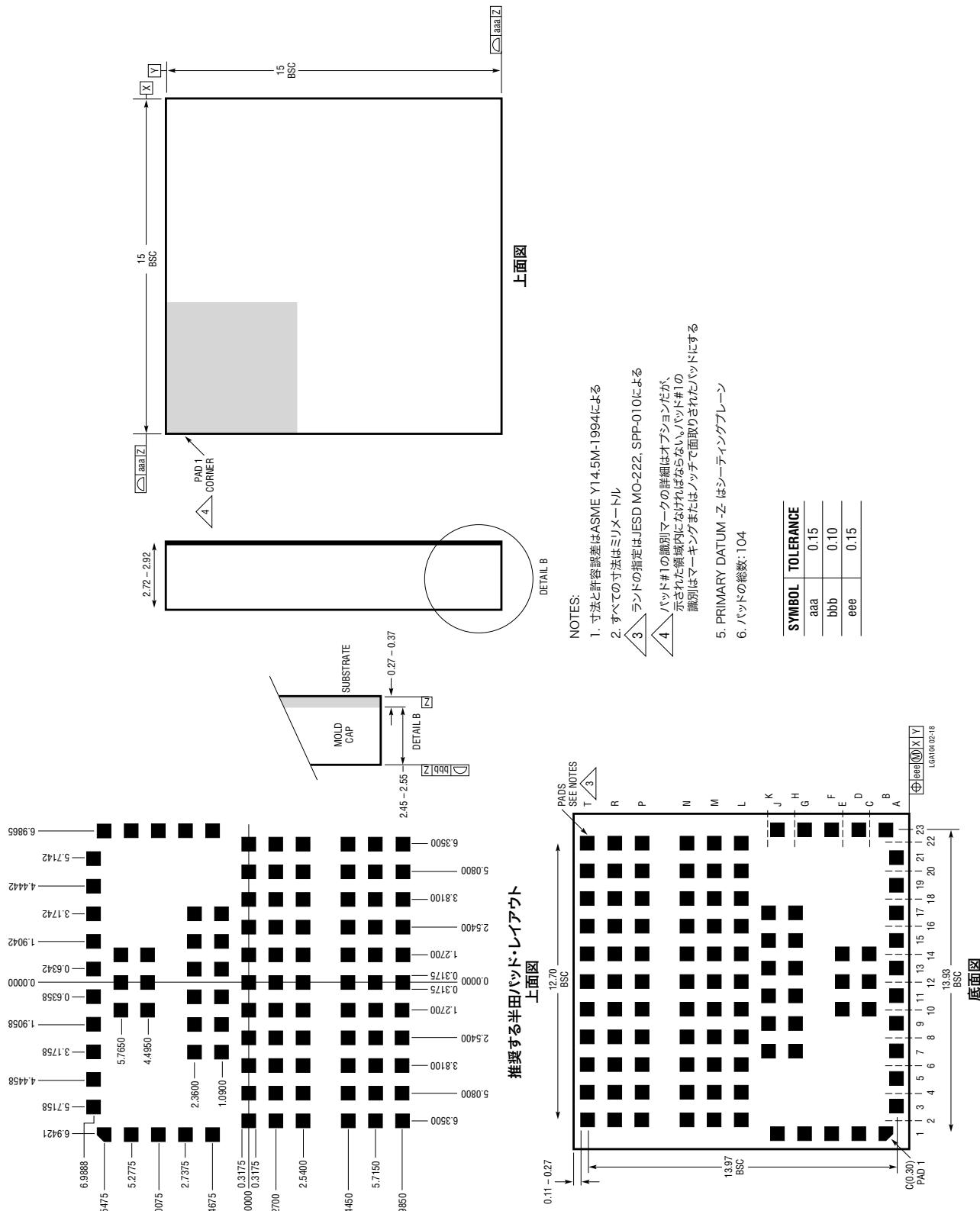
### 2個のLTM4602HVモジュール間の 電流分担



4602hvf

## パッケージ寸法

LGAパッケージ  
104ピン(15mm × 15mm)  
(Reference LTM DWG # 05-05-1800)



## 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 <sub>IN</sub>	C1 -	D1 V <sub>IN</sub>	E1 -	F1 V <sub>IN</sub>	G1 PGND	H1 -
A2 -	B2 -	C2 -	D2 -	E2 -	F2 -	G2 -	H2 -
A3 V <sub>IN</sub>	B3 -	C3 -	D3 -	E3 -	F3 -	G3 -	H3 -
A4 -	B4 -	C4 -	D4 -	E4 -	F4 -	G4 -	H4 -
A5 V <sub>IN</sub>	B5 -	C5 -	D5 -	E5 -	F5 -	G5 -	H5 -
A6 -	B6 -	C6 -	D6 -	E6 -	F6 -	G6 -	H6 -
A7 V <sub>IN</sub>	B7 -	C7 -	D7 -	E7 -	F7 -	G7 -	H7 PGND
A8 -	B8 -	C8 -	D8 -	E8 -	F8 -	G8 -	H8 -
A9 V <sub>IN</sub>	B9 -	C9 -	D9 -	E9 -	F9 -	G9 -	H9 PGND
A10 -	B10 -	C10 V <sub>IN</sub>	D10 -	E10 V <sub>IN</sub>	F10 -	G10 -	H10 -
A11 V <sub>IN</sub>	B11 -	C11 -	D11 -	E11 -	F11 -	G11 -	H11 PGND
A12 -	B12 -	C12 V <sub>IN</sub>	D12 -	E12 V <sub>IN</sub>	F12 -	G12 -	H12 -
A13 V <sub>IN</sub>	B13 -	C13 -	D13 -	E13 -	F13 -	G13 -	H13 PGND
A14 -	B14 -	C14 V <sub>IN</sub>	D14 -	E14 V <sub>IN</sub>	F14 -	G14 -	H14 -
A15 f <sub>ADJ</sub>	B15 -	C15 -	D15 -	E15 -	F15 -	G15 -	H15 PGND
A16 -	B16 -	C16 -	D16 -	E16 -	F16 -	G16 -	H16 -
A17 SV <sub>IN</sub>	B17 -	C17 -	D17 -	E17 -	F17 -	G17 -	H17 PGND
A18 -	B18 -	C18 -	D18 -	E18 -	F18 -	G18 -	H18 -
A19 EXTV <sub>CC</sub>	B19 -	C19 -	D19 -	E19 -	F19 -	G19 -	H19 -
A20 -	B20 -	C20 -	D20 -	E20 -	F20 -	G20 -	H20 -
A21 V <sub>OSET</sub>	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 <sub>OUT</sub>	R2 V <sub>OUT</sub>	T2 V <sub>OUT</sub>
J3 -	K3 -	L3 -	M3 -	N3 -	P3 -	R3 -	T3 -
J4 -	K4 -	L4 PGND	M4 PGND	N4 PGND	P4 V <sub>OUT</sub>	R4 V <sub>OUT</sub>	T4 V <sub>OUT</sub>
J5 -	K5 -	L5 -	M5 -	N5 -	P5 -	R5 -	T5 -
J6 -	K6 -	L6 PGND	M6 PGND	N6 PGND	P6 V <sub>OUT</sub>	R6 V <sub>OUT</sub>	T6 V <sub>OUT</sub>
J7 -	K7 PGND	L7 -	M7 -	N7 -	P7 -	R7 -	T7 -
J8 -	K8 -	L8 PGND	M8 PGND	N8 PGND	P8 V <sub>OUT</sub>	R8 V <sub>OUT</sub>	T8 V <sub>OUT</sub>
J9 -	K9 PGND	L9 -	M9 -	N9 -	P9 -	R9 -	T9 -
J10 -	K10 -	L10 PGND	M10 PGND	N10 PGND	P10 V <sub>OUT</sub>	R10 V <sub>OUT</sub>	T10 V <sub>OUT</sub>
J11 -	K11 PGND	L11 -	M11 -	N11 -	P11 -	R11 -	T11 -
J12 -	K12 -	L12 PGND	M12 PGND	N12 PGND	P12 V <sub>OUT</sub>	R12 V <sub>OUT</sub>	T12 V <sub>OUT</sub>
J13 -	K13 PGND	L13 -	M13 -	N13 -	P13 -	R13 -	T13 -
J14 -	K14 -	L14 PGND	M14 PGND	N14 PGND	P14 V <sub>OUT</sub>	R14 V <sub>OUT</sub>	T14 V <sub>OUT</sub>
J15 -	K15 PGND	L15 -	M15 -	N15 -	P15 -	R15 -	T15 -
J16 -	K16 -	L16 PGND	M16 PGND	N16 PGND	P16 V <sub>OUT</sub>	R16 V <sub>OUT</sub>	T16 V <sub>OUT</sub>
J17 -	K17 PGND	L17 -	M17 -	N17 -	P17 -	R17 -	T17 -
J18 -	K18 -	L18 PGND	M18 PGND	N18 PGND	P18 V <sub>OUT</sub>	R18 V <sub>OUT</sub>	T18 V <sub>OUT</sub>
J19 -	K19 -	L19 -	M19 -	N19 -	P19 -	R19 -	T19 -
J20 -	K20 -	L20 PGND	M20 PGND	N20 PGND	P20 V <sub>OUT</sub>	R20 V <sub>OUT</sub>	T20 V <sub>OUT</sub>
J21 -	K21 -	L21 -	M21 -	N21 -	P21 -	R21 -	T21 -
J22 -	K22 -	L22 PGND	M22 PGND	N22 PGND	P22 V <sub>OUT</sub>	R22 V <sub>OUT</sub>	T22 V <sub>OUT</sub>
J23 PGOOD	K23 -	L23 -	M23 -	N23 -	P23 -	R23 -	T23 -

## パッケージ寸法

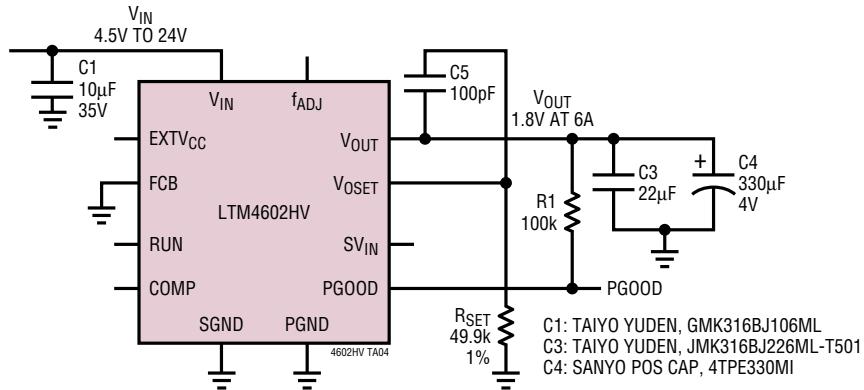
ピン配置表  
(ピン番号によって整理)

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	S <sub>VIN</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>	R2	V <sub>OUT</sub>		
K13	PGND			R4	V <sub>OUT</sub>		
K15	PGND			R6	V <sub>OUT</sub>		
K17	PGND			R8	V <sub>OUT</sub>		
L2	PGND			R10	V <sub>OUT</sub>		
L4	PGND			R12	V <sub>OUT</sub>		
L6	PGND			R14	V <sub>OUT</sub>		
L8	PGND			R16	V <sub>OUT</sub>		
L10	PGND			R18	V <sub>OUT</sub>		
L12	PGND			R20	V <sub>OUT</sub>		
L14	PGND			R22	V <sub>OUT</sub>		
L16	PGND			T2	V <sub>OUT</sub>		
L18	PGND			T4	V <sub>OUT</sub>		
L20	PGND			T6	V <sub>OUT</sub>		
L22	PGND			T8	V <sub>OUT</sub>		
M2	PGND			T10	V <sub>OUT</sub>		
M4	PGND			T12	V <sub>OUT</sub>		
M6	PGND			T14	V <sub>OUT</sub>		
M8	PGND			T16	V <sub>OUT</sub>		
M10	PGND			T18	V <sub>OUT</sub>		
M12	PGND			T20	V <sub>OUT</sub>		
M14	PGND			T22	V <sub>OUT</sub>		
M16	PGND						
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						

# LTM4602HV

## 標準的応用例

### 1.8V、5Aレギュレータ

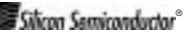


C1: TAIYO YUDEN, GMK316BJ106ML  
C3: TAIYO YUDEN, JMK316BJ226ML-T501  
C4: SANYO POS CAP, 4TPE330MI

## 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
LTM4600	10A DC/DC μModule	10Aの基本DC/DC μModule
LTM4601	PLL、出力トラッキング/マージニング、リモートセンスを備えた12A DC/DC μModule	同期可能、48A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、高速過渡応答
LTM4603	PLL、出力トラッキング/マージニング、リモートセンスを備えた6A DC/DC μModule	同期可能、PolyPhase動作、LTM4603-1バージョンはリモートセンス機能なし、高速過渡応答

PolyPhaseはリニアテクノロジー社の登録商標です。

This product contains technology licensed from Silicon Semiconductor Corporation.  4602hv