

60V、300W のハイブリッド降圧 μModule バス・コンバータ

特長

- 入力電圧範囲: 30V~60V (65V 絶対最大定格)
- 広い出力電圧: 4.5V~18V ($V_{OUT} < V_{IN}/2$)
- 97.3% のピーク効率 (12V_{OUT}/15A、48V_{IN})
- 最大総合 DC 出力誤差: ±1.5%
- 最大 300W の出力電力
- スケーラブル: LTM4660 の並列化による高電力化
- 固定周波数電流モード制御
- 200kHz~1MHz でフェーズロック可能な外部同期
- フライイング・コンデンサ電圧バランスによる DC/DC スイッチング動作前の低起動突入電流
- 出力電圧トラッキングとソフトスタート
- 調整可能な再試行タイマーによる短絡保護
- 過電流および過熱からの保護
- ダイオード温度モニタ内蔵
- オプションの外部リファレンス入力
- パワー・グッドおよび FAULT インジケータ
- 16mm × 16mm × 10.34mm BGA パッケージ

アプリケーション

- テレコム、データセンター、ネットワーク機器
- 産業用および試験装置

概要

LTM[®]4660 は、全機能を内蔵した 300W 出力のスイッチング・モード・ハイブリッド・トポロジ降圧 DC/DC μModule[®] (マイクロモジュール) 非絶縁型バス・コンバータです。パッケージ上部にはパワー・インダクタが露出して配置され、熱がモジュールから放出されてプリント回路基板から放散するための本質的な経路を提供しています。パッケージには、スイッチング・コントローラ IC、パワー MOSFET、およびサポート部品が含まれています。必要なのは、フライイング (チャージポンプ) コンデンサ、バルク入出力バイパス・コンデンサ、およびいくつかの構成用受動部品のみです。

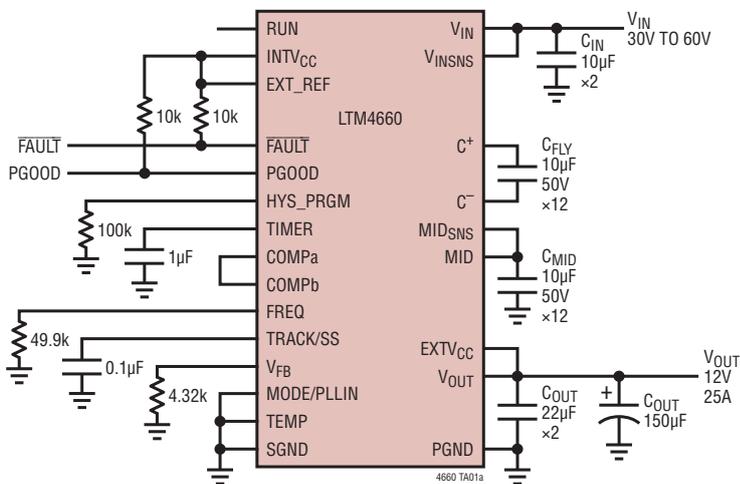
LTM4660 は、周波数同期、Burst Mode[®] 動作、および出力電圧ソフトスタートおよびトラッキングの各機能を備えています。温度のモニタリングにはオンボードの温度ダイオードが使用できます。LTM4660 は短絡回路、過電流、過熱のフォルトに対し保護されています。より高出力のアプリケーションには、複数の LTM4660 モジュールを簡単に並列化できます。

LTM4660 は、RoHS 準拠の端子仕上げが行われ、16mm × 16mm × 10.34mm の BGA パッケージにより供給されます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。第 9484799 号を含む米国特許により保護されています。

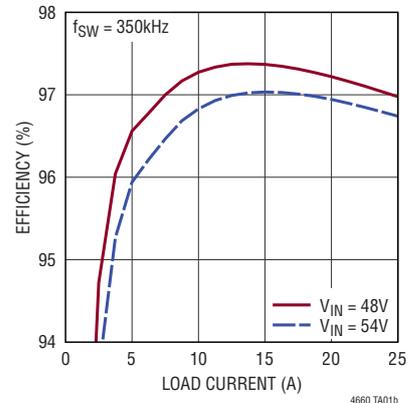
標準的応用例

12V、25A の DC/DC μModule 非絶縁型バス・コンバータ



PINS NOT USED IN THIS CIRCUIT: CLKOUT, TEMP+, TEMP-

効率と負荷電流の関係
V_{OUT} = 12V



LTM4660

絶対最大定格

(Note 1)

端子電圧

V_{IN} , V_{INSNS}	-0.3V~65V
V_{OUT} , $EXTV_{CC}$, $PGOOD$, $FAULT$	-0.3V~20V
MID , MID_{SNS}	-0.3V~32.5V
RUN , $FREQ$, HYS_PRGM , $TEMP$, V_{FB} , $TRACK/SS$, $TIMER$, $MODE/PLLIN$, EXT_REF	-0.3V~ $INTV_{CC}$

端子電流

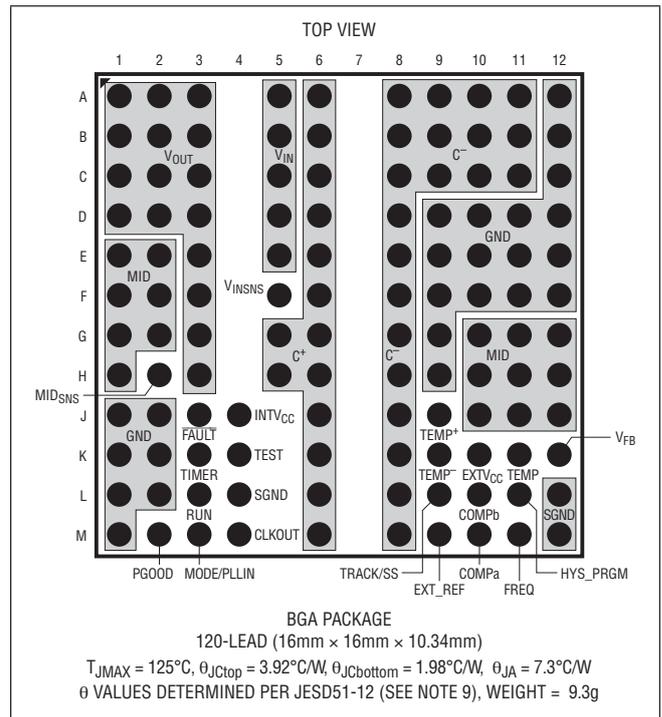
$TEMP^+$	-1mA~1mA
$TEMP^-$	-1mA~1mA

温度

内部動作温度	
範囲 (Note 2)	-40°C~125°C
保管温度範囲	-55°C~125°C
リフロー中のピーク・パッケージ	
本体温度	245°C

(特に指定のない限りすべての電圧はGNDを基準として
ます)

ピン配置



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・ タイプ	MSL レーティング	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	仕上げコード			
LTM4660EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4660Y	e1	BGA	4	-40°C~125°C
LTM4660IY#PBF						

- 更に広い動作温度範囲で規定された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。*パッドの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609によります。
- デバイスの温度グレードは、出荷容器のラベルに表示されています。
- [推奨されるLGAおよびBGA PCBのアセンブリおよび製造手順](#)
- [LGAおよびBGAのパッケージ図面とトレイ図面](#)

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) です。 $V_{IN} = V_{INSNS} = 54\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 12\text{V}$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 12\text{V}$ (Note 4 参照)。特に指定のない限り、出力負荷のない状態でブロック図の回路に従って設定されています。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{IN(\text{DC})}$	Input DC Voltage		●	30	60	V	
$V_{OUT(\text{RANGE})}$	Output Voltage, Supported Range of Regulation	$V_{IN} = 54\text{V}$	●	4.5	18	V	
$V_{OUT(\text{DC})}$	Output Voltage Variation	$V_{OUT} = 12\text{V}$, $I_{OUT} = 15\text{A}$ (Notes 3, 5)	●	11.8	12	12.2	V
Input Specifications							
$V_{IN(\text{UVLO})}$	Undervoltage Lockout Threshold	V_{IN} Rising Hysteresis	●	8.8 0.38	9.4	V V	
$I_S(V_{IN}, \text{FCM})$	Input Supply Power Current, in Forced Continuous Mode	MODE/PLLIN = 0V, $I_{OUT} = 0\text{A}$ (Note 6) MODE/PLLIN = 0V, $I_{OUT} = 0.5\text{A}$		38 150		mA mA	
$I_S(V_{IN}, \text{PS})$	Input Supply Power Current, in Pulse-Skipping Mode	MODE/PLLIN = INTV _{CC} , $I_{OUT} = 0.5\text{A}$		135		mA	
$I_S(V_{IN}, \text{BM})$	Input Supply Power Current, in Burst Mode	MODE/PLLIN = Open Circuit, $I_{OUT} = 0.5\text{A}$		120		mA	
$I_S(V_{IN}, \text{SHUTDOWN})$	Input Supply Power Current in Shutdown	Shutdown, $V_{RUN} = 0\text{V}$		300		μA	
Output Specifications							
$I_{OUT(\text{DC})}$	Output Continuous Current Range	(Note 3)		0	25	A	
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	Line Regulation Accuracy	$30 \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$		0.003	0.2	%/V	
	Load Regulation Accuracy	$I_{OUT} = 15\text{A}$ $30 \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 25\text{A}$ (Note 7)	●	0.5	1.5	% %	
$\Delta V_{OUT(\text{AC})}$	Output Voltage Ripple			150		mV _{P-P}	
f_s	V_{OUT} Ripple Frequency	$R_{\text{FREQ}} = 61.9\text{k}\Omega$, $I_{OUT} = 0\text{A}$		450		kHz	
$t_{\text{Start-Up}}$	Turn-On Start-Up Time	Capacitor Balancing – Delay Measured from Toggling RUN on to MID Reaching $V_{IN}/2$, $C_{\text{TIMER}} = 1.47\mu\text{F}$, C_{MID} and $C_{\text{FLY}} = 10\mu\text{F} \times 12$ Delay Measured from MID Reaching $V_{IN}/2$ to PGOOD Exceeding 3V, $C_{\text{TRACK/SS}} = 0.1\mu\text{F}$		300		ms	
				5		ms	
$\Delta V_{OUT(\text{LS})}$	Peak Output Voltage Deviation for Dynamic Load Step	Load: 0W to 150W in 1μs and 150W to 0W in 1μs $C_{OUT} = 150\mu\text{F} \times 2$, $10\mu\text{F} \times 3$ (Note 7)		0.3		V	
t_{SETTLE}	Settling Time for Dynamic Load Step	Load: 0W to 150W in 1μs and 150W to 0W in 1μs $C_{OUT} = 150\mu\text{F} \times 2$, $10\mu\text{F} \times 3$ (Note 7)		300		μs	
Control Section							
V_{FEB}	Regulated V_{FB} Pin Feedback Voltage	$I_{OUT} = 0\text{A}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$	●	0.792	0.8	0.808	V
I_{VFB}	V_{FB} Pin Leakage Current	(Note 8)		±10		nA	
$I_{\text{TRACK/SS}}$	Soft-Start Charge Current	$V_{\text{TRACK/SS}} = 0\text{V}$		-9	-10	-11	μA
Monitors							
I_{VINSNS}	V_{INSNS} Bias Current	$V_{\text{RUN}} = 5\text{V}$, Normal Mode $V_{\text{RUN}} = 0\text{V}$, Shutdown		1		mA	
				45		μA	
RUN Enable Pins							
V_{RUN}	RUN Turn-On Threshold	V_{RUN} Rising	●	1.1	1.3	1.6	V
$V_{\text{RUN, HYS}}$	RUN Hysteresis			100		mV	
I_{RUN}	RUN Pull-Up Current	$V_{\text{RUN}} = 0\text{V}$		1		μA	

電気的特性

●は、仕様規定された内部動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) です。 $V_{IN} = V_{INSNS} = 54\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 12\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 12\text{V}$ (Note 4 参照)。特に指定のない限り、出力負荷のない状態でブロック図の回路に従って設定されています。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Capacitor Voltage-Balancing						
V_{TIMER_LOW}	Voltage at TIMER Pin to Start Capacitor Balancing			0.5		V
V_{TIMER_HIGH}	Voltage at TIMER Pin to Stop Capacitor Balancing			1.25		V
I_{TIMER}	TIMER Pin Charge Current	$V_{TIMER} = 0.9\text{V}$ $V_{TIMER} = 2.8\text{V}$	● -6 -3	-7 -3.5	-8 -4	μA μA
V_{HYS_PRGM}	Capacitor Balancing Window Comparator Threshold	$V_{HYS_PRGM} = 0\text{V}$ $V_{HYS_PRGM} = 1.2\text{V}$ $V_{HYS_PRGM} = INTV_{CC}$		± 0.3 ± 1.2 ± 0.8		V V V
I_{HYS_PRGM}	HYS_PRGM Pin Current	$V_{HYS_PRGM} = 0\text{V}$	●	-9	-10	-11 μA
V_{FAULT}	FAULT Pin Voltage Low	$I_{FAULT} = 0.6\text{mA}$		0.2	0.4	V
I_{FAULT}	FAULT Leakage Current	$V_{FAULT} = 20\text{V}$			1	μA
$I_{C^+ (SOURCE)}$	Current Out of C^+ During Capacitor Balancing	$V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} < V_{IN}/2$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		40		mA
$I_{C^+ (SINK)}$	Current Into C^+ During Capacitor Balancing	$V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} > V_{IN}/2$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		6		mA
$I_{C^- (SINK)}$	Current Into C^- During Capacitor Balancing	$V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} < V_{IN}/2$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		40		mA
$I_{C^- (SOURCE)}$	Current Out of C^- During Capacitor Balancing	$V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} > V_{IN}/2$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		6		mA
$I_{MID (SOURCE)}$	Current Out of MID During Capacitor Balancing	$V_{MID} < V_{IN}/2$, $V_{MID} = V_{MID_SNS} = 23\text{V}$, $V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} \geq 27\text{V}$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		60		mA
$I_{MID (SINK)}$	Current Into MID During Capacitor Balancing	$V_{MID} > V_{IN}/2$, $V_{MID} = V_{MID_SNS} = 31\text{V}$, $V_{C^+} \text{ to } V_{C^-} \geq 27\text{V}$, $V_{C^-} = 12\text{V}$, $V_{IN} = 48\text{V}$ (Note 8)		40		mA
Oscillator and Timer Circuits						
$f_{SYNC(RANGE)}$	External Frequency Synchronization Range			200	1000	kHz
f_{SW}	Nominal Switching Frequency	$R_{FREQ} = 61.9\text{k}\Omega$		450		kHz
I_{FREQ}	FREQ Setting Current	$V_{FREQ} = 0\text{V}$ (Note 8)		-9.5	-10	-10.5 μA
Power Good						
R_{PGOOD}	PGOOD Pull-Down Resistance	$I_{PGOOD} = 0.6\text{mA}$		650		Ω
I_{PGOOD_LEAK}	PGOOD Leakage Current	$V_{PGOOD} = 20\text{V}$			± 1	μA
INTV_{CC} Regulator and EXTV_{CC} Circuits						
$V_{INTV_{CC_INT}}$	INTV _{CC} Voltage No Load	$10\text{V} \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$, $V_{EXTV_{CC}} = 0\text{V}$	●	5.65	5.95	V
	INTV _{CC} Load Regulation	$I_{INTV_{CC}} = 0$ to 50mA , $V_{EXTV_{CC}} = 0\text{V}$		0.8	± 2	%
$V_{INTV_{CC_EXT}}$	INTV _{CC} Voltage No Load with EXTV _{CC} Bias	$12\text{V} < V_{EXTV_{CC}} < 18\text{V}$		5.65	5.8	5.95 V
	INTV _{CC} Load Regulation with EXTV _{CC} Bias	$I_{INTV_{CC}} = 0$ to 50mA , $V_{EXTV_{CC}} = 12\text{V}$		0.5	± 2	%
	EXTV _{CC} Switchover Voltage	EXTV _{CC} Ramping Positive		7		V
	EXTV _{CC} Hysteresis			200		mV
Temperature Sensor						
ΔV_{TEMP}	Temperature Sensor Forward Voltage, V_{TEMP^+} to V_{TEMP^-}	$I_{TEMP^+} = 100\mu\text{A}$ and $I_{TEMP^-} = -100\mu\text{A}$ at $T_A = 25^\circ\text{C}$		0.6		V
$TC_{\Delta V(TEMP)}$	ΔV_{TEMP} Temperature Coefficient			-2.0		$\text{mV}/^\circ\text{C}$

電気的特性

Note 1: 上記の**絶対最大定格**を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: LTM4660は $T_J \approx T_A$ となるようなパルス負荷条件下でテストされています。LTM4660Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲で性能仕様を満たすよう設計されています。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。LTM4660Iは全内部動作温度範囲で仕様を満たすよう設計されています。これらの仕様と一致した最高周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因に加え、個々の動作条件によって決定されることに留意してください。

Note 3: 他の V_{IN} 、 V_{OUT} 、および T_A については、アプリケーション情報のセクションの出力電流デレーティング曲線を参照してください。

Note 4: 内部モジュール温度の増加を防ぐために、EXTV_{CC}をバイアスすることを推奨します。 $V_{OUT} > 8\text{V}$ となるアプリケーションでは、V_{OUT}とEXTV_{CC}を接続してください。 $V_{OUT} < 8\text{V}$ となるアプリケーションでは、補助電源を使用してEXTV_{CC}を駆動することを強く推奨します。

Note 5: 総合DC出力電圧誤差には、ラインレギュレーションや負荷レギュレーションの他、V_{OUT}をV_{FB}に内部接続する60.4k Ω の帰還抵抗の許容誤差など、全温度を通じてすべての誤差が含まれます。

Note 6: 動的な電源電流は、強制連続モード動作のスイッチング周波数でゲート電荷が供給されるため増加します。[アプリケーション情報](#)を参照してください。

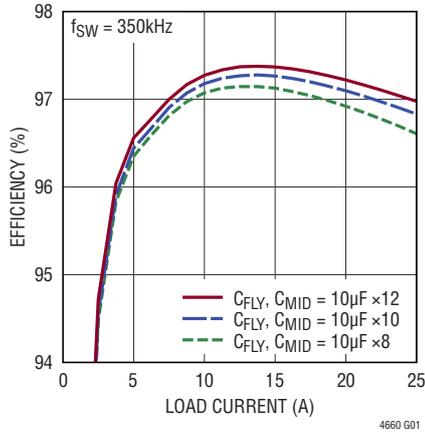
Note 7: 設計により性能を確保。ベンチ測定で検証しています。

Note 8: ウェーハ・ソートのみでATE試験済み。

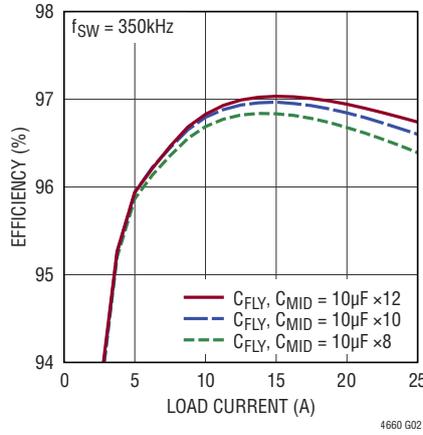
Note 9: θ_{JA} の値はデモ基板DC2879Aで取得したものです。[アプリケーション情報](#)のセクションの**熱に対する考慮事項**を参照してください。

代表的な性能特性

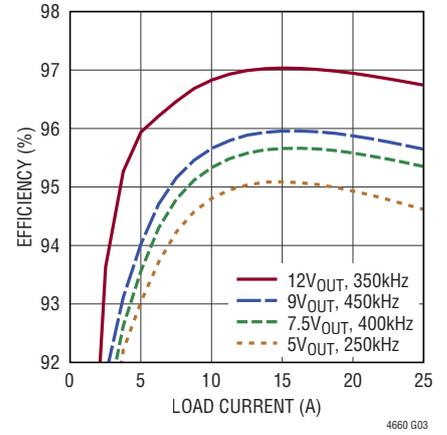
効率と出力電流の関係
 $V_{IN} = 48V$ 、 $V_{OUT} = 12V$



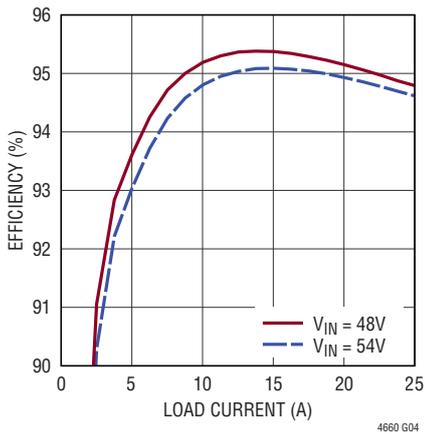
効率と出力電流の関係
 $V_{IN} = 54V$ 、 $V_{OUT} = 12V$



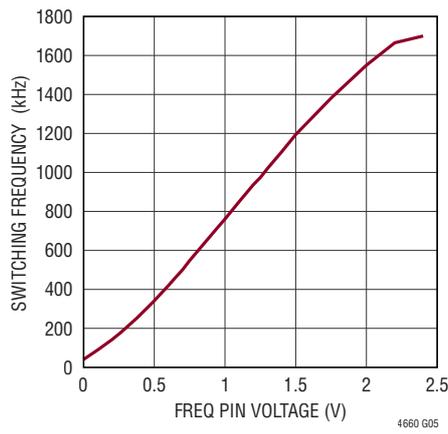
$54V_{IN}$ 、 $C_{MID} = C_{FLY} = 10\mu F \times 12$ での効率



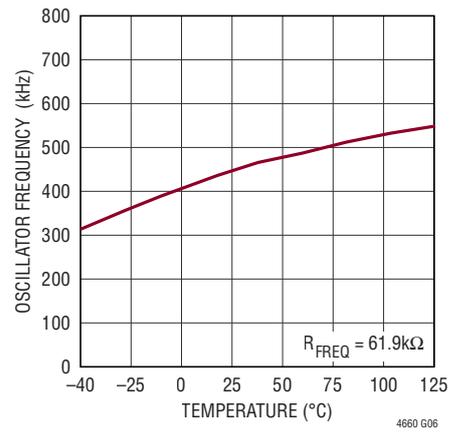
$V_{OUT} = 5V$ 、 $f_{SW} = 250kHz$ での効率



スイッチング周波数とFREQの関係

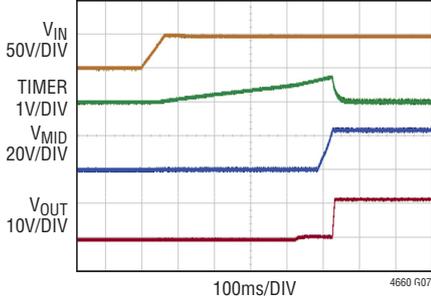


発振器周波数と温度の関係

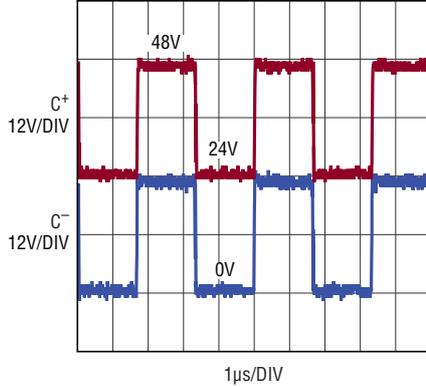


代表的な性能特性

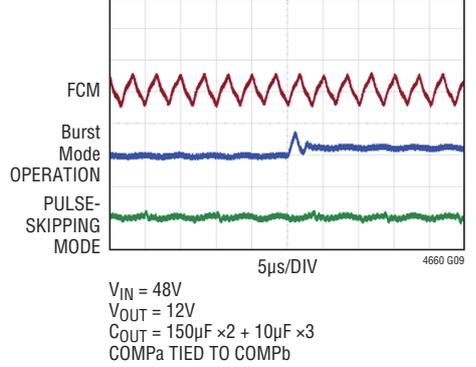
起動特性



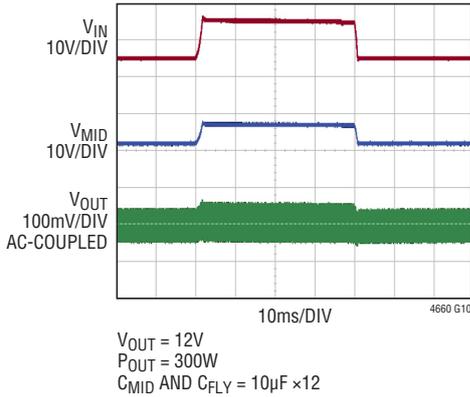
定常状態波形
VIN = 48V、VOUT = 12V、FCM



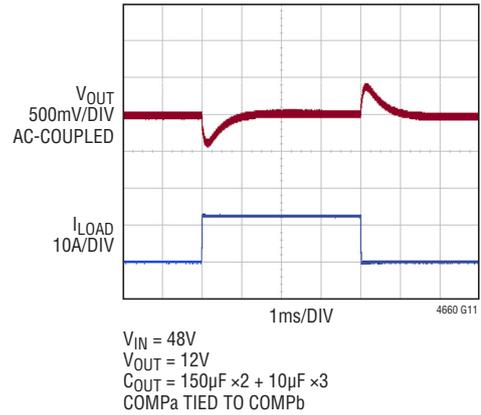
VOUTのリップル



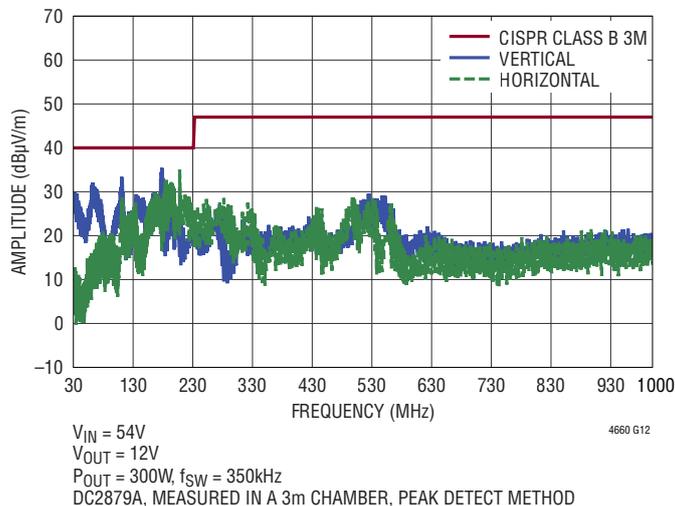
ライン・トランジェント
VINのスルー・レート: 10V/ms



負荷過渡応答
12.5A~25A~12.5A



放射 EMI 性能
(Class B 3m 限界値での CISPR22 放射妨害波テスト)



ピン機能

V_{OUT} (A1-3, B1-3, C1-3, D1-3, E3, F3, G3, H3) : 出力電圧。アプリケーションに適したコンデンサを使用してグラウンドにバイパスします。デカップリング条件を参照してください。

V_{IN} (A5, B5, C5, D5, E5) : メイン入力電源。このピンは、適切な電圧定格値の4.7μF X7RまたはX7Sタイプのコンデンサを少なくとも2個使用してGNDにバイパスします。

C⁺ (A6, B6, C6, D6, E6, F6, G5-6, H5-6, J6, K6, L6, M6) : フライイング・コンデンサの1つの端子へのスイッチ・ノード接続。このピンの電圧は、V_{IN}/2～V_{IN}の間で変動します。

C⁻ (A8-11, B8-11, C8-11, D8, E8, F8, G8, H8, J8, K8, L8, M8) : 内部パワー・インダクタおよびフライイング・コンデンサの1つの端子へのスイッチ・ノード接続。このピンの電圧はグラウンド～V_{IN}/2の間で変動します。

GND (A12, B12, C12, D9-D12, E9-12, F9-12, G9, H9, J1-2, K1-2, L1-2, M1) : 電源グラウンド。モジュールのすべてのGNDピンをアプリケーションの電源グラウンド・プレーンに接続します。

MID (E1-2, F1-2, G1-2, G10-12, H1, H10-12, J10-12) : V_{IN}からのハーフ電源。これを電流ソースとしては使用しないでください。このノードからGNDにMLCCバイパス・コンデンサを接続します。少なくとも8個の10μF X7RまたはX7S MLCCコンデンサを推奨します。12個の10μF X7RまたはX7S MLCCコンデンサを使用するとより高い効率を実現できます。すべてのMIDピンはモジュール内で内部接続されていますが、LTM4660が実現する最高の高率で動作するためには、すべてのMIDピンをモジュール外部の面積銅平面と一緒に接続することが必要です。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

V_{INSNS} (F5) : V_{IN}のケルビン検出入力。入力電圧を正確に検出するために使用します。モジュールの下でV_{IN}に接続します。

MID_{SNS} (H2) : MIDのケルビン検出入力。MID電圧を正確に検出するために使用します。モジュールの下でMIDに接続します。

FAULT (J3) : オープン・ドレイン出力ピン。信号がローになると、このピンは次のいずれかの状態を示します。

a. コンデンサ・バランスング・フェーズで、コンデンサC_{FLY}またはC_{MID} ([標準的応用例](#)のセクションを参照)がV_{IN}/2に充電されていません。ローのFAULTは、C_{FLY}またはC_{MID}がV_{IN}/2まで充電できない異常状態があることを示します。

b. 通常動作時、電圧が、HYS_PRGMピンの電圧で設定されたウィンドウ量だけ、V_{IN}/2とは異なっています。

c. ダイ温度がその内部設定制限値を超えています。あるいは、抵抗分圧器(使用している場合)の下側の抵抗として接続されたPTC抵抗がTEMPピン閾値から外れています。

TRACK/SSピンも、上記のどの状態でもローに引き下げられています。

INTV_{CC} (J4) : 内部レギュレータ出力。モジュールに内蔵されている制御回路とゲート・ドライバに電力を供給します。これらのピンはフロート状態のままにしておきます。

TEMP⁺ (J9) : 温度センサー、正の入力。2N3906-ジャンルPNPバイポーラ・ジャンクション・トランジスタ(BJT)のエミッタ。LTC[®]2997、LTC2990、LTC2974、LTC2975などの温度モニタリング回路に接続することも可能です。それ以外の場合には電気的にオープンなままとします。

TEMP⁻ (K9) : 温度センサー、負の入力。2N3906-ジャンルPNPバイポーラ・ジャンクション・トランジスタ(BJT)のコレクタとベース。LTC2997、LTC2990、LTC2974、LTC2975などの温度モニタリング回路に接続することも可能です。それ以外の場合には電気的にオープンなままとします。

TIMER (K3) : チャージ・バランスング・タイマー入力。このピンからSGNDに接続されたコンデンサにより、コンデンサ・バランスング・フェーズの間、C_{FLY}とC_{MID}をV_{IN}/2に充電するために割り当てられる時間の量を設定できます。また、コンデンサが設定時間内にこの電圧に達しなかった場合の自動再試行タイムアウトも設定できます。TIMERの電圧が0.5V～1.2Vの場合に、コンデンサC_{FLY}によって充電が開始され、C_{MID}によって充電が終了します。TIMER電圧が1.2Vになる前にコンデンサがバランスしたら、この電圧はグラウンドにリセットされ、通常動作が開始します。ただし、電圧が1.2Vになったときにバランスに達していなかった場合は、コンデンサの充電が終了し、自動再試行タイムアウト時間が開始します。TIMERコンデンサは、4Vに達するまで半分の割合で増加し、その後ゼロにリセットされて同じ割合で増加を開始します。0.5VになるとC_{FLY}とC_{MID}が再び充電を開始し、このプロセスを繰り返します。

TEST (K4) : テスト・ピン。ATE試験でのみ使用します。オープン・サーキットのままにしてください。

ピン機能

EXTV_{CC} (K10) : INTV_{CC}に接続された内蔵LDOへの外部電源入力。このLDOは、EXTV_{CC}が8Vより高い場合は常に、V_{IN}から電源が供給される内蔵LDOをバイパスして、INTV_{CC}電源に電力を供給します。このピンはフロート状態または20Vを超える状態にしないでください。この機能が不要の場合は、EXTV_{CC}はGNDに接続します。

内部モジュール温度の増加を防ぐために、EXTV_{CC}を8V_{DC}以上でバイパスすることを強く推奨します。V_{OUT} ≥ 8Vとなるアプリケーションでは、V_{OUT}をEXTV_{CC}に接続するという、簡単な方法があります。V_{OUT} < 8Vとなるアプリケーションでは、外部バイアス電源を使用してEXTV_{CC}を8V(またはそれ以上)に駆動することを強く推奨します。EXTV_{CC}を外部から駆動する場合、常にEXTV_{CC} ≤ V_{IN}が確保されるよう注意してください。

TEMP (K11) : 温度検出入力。PTC抵抗を抵抗分圧器の下側抵抗として使用し、TEMPピンを分圧器のコモン・ポイントに接続します。PTC抵抗を使用するとPCBの高熱部をモニターできます。1.22VのTEMP閾値に達すると、LTM4660は100ms間スイッチングを停止してから、再試行します。使用しない場合、このピンは接地します。

V_{FB} (K12) : エラー・アンプの帰還入力。このピンとSGNDの間に抵抗R_{VFB}を接続し、V_{OUT}出力電圧を設定します。R_{VFB}は式1で与えられます。

$$R_{VFB} \text{ (k}\Omega\text{)} = \frac{60.4}{\left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1\right)} \quad (1)$$

EXT_REFがINTV_{CC}に接続されている場合、モジュールはV_{FB}ピンを0.8V(公称値)にレギュレーションします。EXT_REFを使用している場合、またはTRACK/SSが外部駆動されてV_{FB}の目標サーボ電圧に影響を及ぼしている場合、R_{VFB}の値はそれに対応して計算する必要があります。(アプリケーション情報のセクションを参照)。

RUN (L3) : 実行制御入力。1.3Vを超える電圧でLTM4660がオンになります。電圧が1.1Vを下回る場合、モジュールはシャットダウンします。電圧が1.3V未満の場合このピンには1μAのプルアップ電流が流れています。

SGND (L4, L12, M12) : 信号グラウンド。すべての小信号部品と補償部品(使用する場合は)、モジュール内でGNDに接続されているこの信号SGNDに接続する必要があります。SGNDを外部でGNDに接続する必要はありません。

TRACK/SS (L9) : 出力電圧のトラッキングとソフトスタート入力。LTM4660は、V_{FB}の電圧を、0.8V、EXT_REFピンの電圧、TRACK/SSピンの電圧の3つのうち最も低い電圧にレギュレーションします。このピンには10μAの内部プルアップ電流源が接続されています。このピンとSGNDの間に接続したコンデンサにより、レギュレーションされた最終出力電圧までの立上がり時間が設定されます。あるいは、抵抗分圧器を別の電圧源からこのピンに接続して、スタートアップ時にLTM4660の出力電圧が他の電源をトラッキングするようにもできます。

HYS_PRGM (L11) : このピンからは10μAの電流が流れます。このピンからSGNDに抵抗を接続することで生成される電圧で、V_{IN}/2を中心とする等しい量のウィンドウ閾値がウィンドウ・コンパレータに設定されます。MID_{SNS}の電圧がこのウィンドウ閾値内にはない場合は、 $\overline{\text{FAULT}}$ がローに引き下げられ、スイッチングは停止します。C_{FLY}とC_{MID}はV_{IN}の半分に再度バランスされてから、通常動作を再開します。

PGOOD (M2) : パワー・グッド・ピン。これはオープン・ドレイン出力です。V_{FB}ピンの電圧が設定ポイントの7.5%未満に低下した場合、または8.5%を超えて増加した場合、PGOODはグラウンドに引き下げられます。また、 $\overline{\text{FAULT}}$ がトリップされた場合もローに引き下げられます。

MODE/PLLIN (M3) : モード選択または位相検出器への外部同期入力。外部同期が使用されない場合、このピンは動作モードを選択し、SGNDまたはINTV_{CC}に接続するか、オープン・サーキットのままにできます。ピンがSGNDに接続された場合、強制連続モードが可能となり、INTV_{CC}に接続するとパルススキッピング・モードが可能となります。ピンをフローティング状態にすると、Burst Mode動作が可能です。外部同期の場合は、クロック信号をこのピンに印加します。内蔵PLLと内部補償ネットワークで、内部発振器を外部クロックに同期できます。外部クロックが印加されている場合は、強制連続モードが可能です。

CLKOUT (M4) : クロック出力ピン。このピンは、LTM4660のメイン動作クロックの位相と180°異なるクロックを出力します。

EXT_REF (M9) : 外部リファレンス入力。このピンに印加された電圧によって、V_{FB}がその電圧にレギュレーションするよう設定されます。0.45Vと0.9Vに設定された内部クランプは、EXT_REFがコマンドできるV_{FB}レギュレーションの下限と上限を設定します。このピンをINTV_{CC}に接続すると、内部

ピン機能

リファレンスが出力電圧レギュレーションのために使用されます。

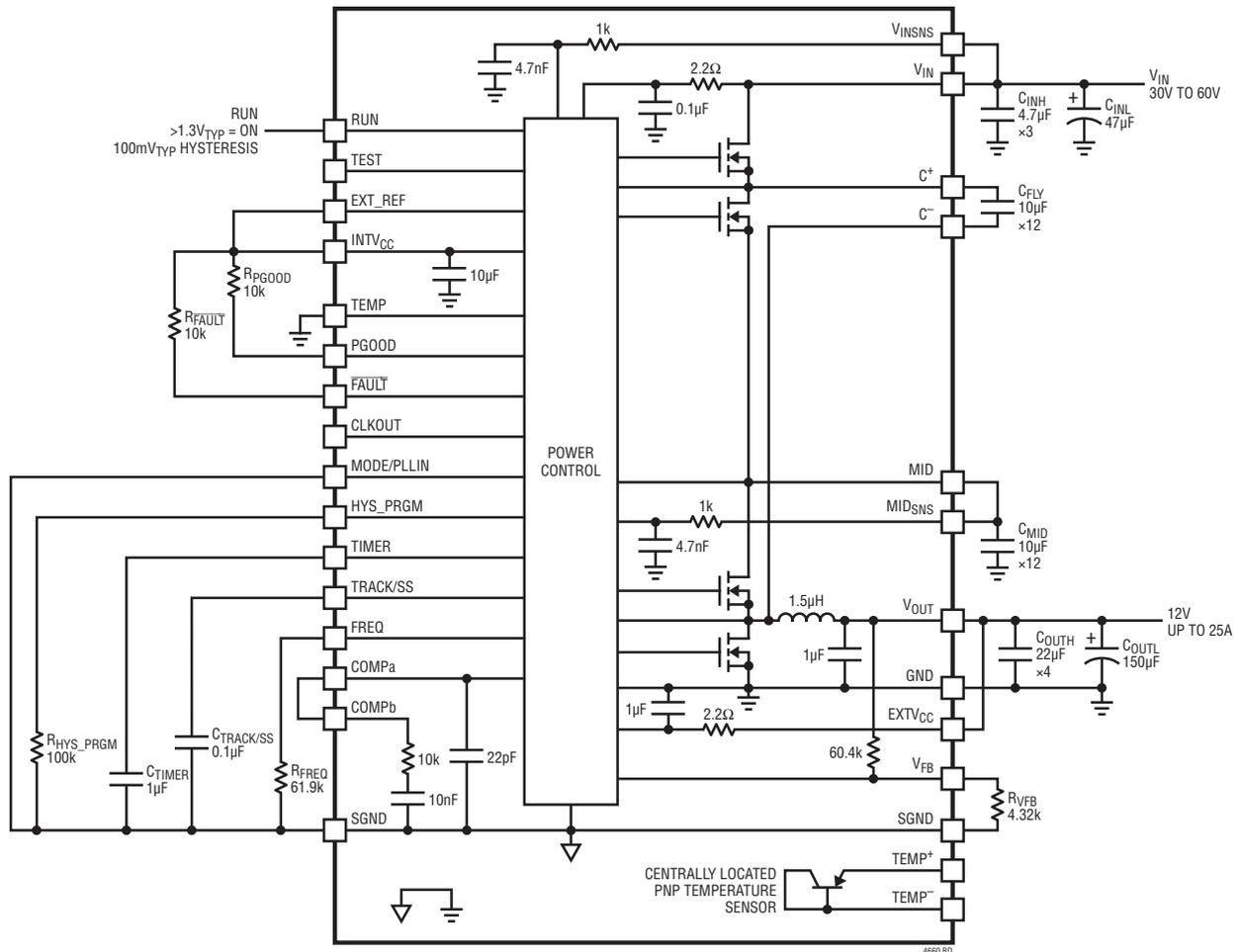
COMPb (L10) : デフォルト・ループ補償ネットワーク。デフォルトのループ補償を行う場合は、COMPaとCOMPbを接続します。そうでない場合は、オープン・サーキットのままにします。

COMPa (M10) : 電流制御閾値とエラー・アンプの補償点。電流コンパレータ閾値は、COMPa制御電圧に応じて増加します。デフォルトのループ補償を行う場合は、COMPaと

COMPbを接続します。あるいは、アプリケーション固有のループ補償を行う場合は、COMPaとSGNDの間に直列にR-Cネットワークを接続します。

FREQ (M11) : 周波数設定ピン。このピンからは10 μ Aの電流が流れます。グラウンドとの間に抵抗を接続すると電圧が設定され、この電圧によってモジュールのスイッチング周波数がプログラムされます。

ブロック図



デカップリング条件 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。ブロック図を参照してください。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
C _{FLY}	External Flying Capacitor Requirement, $30\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 60\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 12\text{V}$	$P_{\text{OUT}} = 300\text{W}$ (Note 3)	80	100	120	μF
C _{MID}	External Midpoint Capacitor Requirement, $30\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 60\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 12\text{V}$	$P_{\text{OUT}} = 300\text{W}$ (Note 3)	80	100	120	μF
C _{OUT}	External Output Capacitor Requirement, $30\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 60\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 12\text{V}$	$P_{\text{OUT}} = 300\text{W}$		100		μF

動作

モジュールの説明

LTM4660は、ハイブリッド・スイッチド・キャパシタ・トポロジを使用した高効率の中間バス・コンバータ(IBC)です。4つのパワー・スイッチと、コンデンサ・バンクC_{FLY}およびC_{MID}がスイッチド・キャパシタ段を形成し、入力電圧をMIDで2分の1にします。MIDでの電圧は、ステップ・ダウン・スイッチング・コンバータのように、パワー・インダクタおよび出力コンデンサを通じて更にステップ・ダウンされます。LTM4660は、インダクタ電流のピーク電流モード制御を採用してスイッチのパルス幅変調を行い、正確な出力レギュレーションを維持します。パワー・スイッチのソフト・スイッチングは優れた効率とEMI性能を実現します。

電流モード制御により、インダクタ電流のサイクルごとの電流制限が可能であるため、短絡回路状態時にLTM4660の内部部品を保護できます。電流モード制御によって、LTM4660は良好なトランジェント性能を示し、広い範囲の出力コンデンサに対し安定したマージンを確保しています。LTM4660の内部補償ネットワークは、代表的なほとんどのアプリケーションに十分な性能を持っています。V_{FB}ピンを使用することで、グラウンドとの間に1個の抵抗を接続して出力電圧を設定できます。

スイッチング周波数は、1個の抵抗をFREQピンとSGNDの間に接続することで設定できます。LTM4660を使用したIBCアプリケーションの代表的なスイッチング周波数は300kHz～500kHzです。モジュール内のフェーズロック・ループにより、スイッチング周波数を外部クロックに同期させることができます。

RUNピンを1.1V未満に引き下げると、すべてのスイッチング回路および内部回路をオフにすることでレギュレータをシャットダウン状態にできます。TRACK/SSピンを使用すると、起動時の出力電圧の増加と電圧トラッキングをプログラムできます。0.8Vの内部バンドギャップ・リファレンスは、

EXT_REFに適切な電圧を印加することでオーバーライドできます。アプリケーション情報のセクションを参照してください。

モジュールの内部温度をモニタするために、汎用温度ダイオードが内蔵されています。また、モジュールのTEMPピンを使用すると、OTPトリップ・ポイントを設定できます。出力帰還電圧がレギュレーション・ウィンドウから外れると、内蔵の過電圧および低電圧コンパレータがオープン・ドレインPGOOD出力をローに引き下げます。

μ Moduleに外部接続されたコンデンサ・バンクC_{FLY}およびC_{MID}もエネルギー転送部品の一部です。LTM4660はこれらのコンデンサ・バンクを使用して、入力から出力へ効率的にエネルギーを転送します。これらのコンデンサは、独自の制御手法を用い、コンデンサ・バランシング・フェーズで最初にプリチャージされています。このバランシングにより、同様のスイッチド・キャパシタ・ベースの回路構成で生じる大きな過渡電流をなくすことができます。コンデンサ・バンクの電圧は、LTM4660によって連続的にモニタとバランスが行われています。TIMERおよびHYS_PRGMの専用ピンは、バランシングの時間間隔と電圧ウィンドウを設定するために設けられており、LTM4660のアプリケーションごとに調整できます。バランシング・フェーズに続き、通常のスイッチング動作が開始します。各スイッチング・サイクルにおいて、コンデンサC_{FLY}がC_{MID}と直列または並列に接続されます。動作およびアプリケーション情報のセクションを参照してください。

コンデンサ・バランシング・フェーズ

最初の起動時に、フライング・コンデンサ(C_{FLY})とC_{MID}の電圧が測定されます。これらの電圧のどちらかがV_{IN}/2でなかった場合、TIMERのコンデンサをチャージ・アップできるようになります。TIMERコンデンサの電圧が0.5Vに達すると、C_{FLY}電圧をV_{IN}/2にするための内部電流源がオンになります。C_{FLY}電圧がV_{IN}/2になると、次にC_{MID}がV_{IN}/2まで充電されます。この間、TRACK/SSピンはローに引き下げられます。この初期起動時には、FAULTピンがローに引き下げられることはありません。TIMERコンデンサの電圧が1.2V

動作

になる前に C_{FLY} および C_{MID} の電圧が $V_{IN}/2$ に達すると、TRACK/SS がリリースされ、チャージ・アップが可能となります。TIMER ピンはグラウンドにリセットされ、その状態を維持し、通常動作が開始されます (図 1a 参照)。

ただし、 V_{TIMER} が 1.2V になったときに C_{FLY} または C_{MID} の電圧が $V_{IN}/2$ でなかった場合、内部電流源がオフになり、TIMER コンデンサは 4V になるまで最初の半分のレートで充電されます。その後タイマーはゼロにリセットされ、LTM4660 は、 C_{FLY} および C_{MID} が $V_{IN}/2$ になるまで、上記のプロセスを繰り返します (図 1b 参照)。

通常動作時、 C_{MID} だけが、HYS_PRGM とグラウンドの間に接続された抵抗で設定されたウィンドウの量だけ $V_{IN}/2$ から外れていないかをモニタされます。この抵抗の電圧は $V_{IN}/2$ の上下に同じ量のウィンドウ閾値を設定します。 V_{CMID} がこの電圧ウィンドウから外れると、すべてのスイッチングが停止し、TRACK/SS ピンがローに引き下げられます。対応する内部電流源がオンになり、 C_{FLY} および C_{MID} の電圧を $V_{IN}/2$ に戻します。FAULT はローに引き下げられ、バランスングが完了するとリリースされます。このバランスングの期間、PGOOD もローに引き下げられます。バランスングが完了すると、TRACK/SS ピンもチャージ・アップ可能になります (図 2

参照)。HYS_PRGM を $INTV_{CC}$ に接続すると、ウィンドウ閾値は $V_{IN}/2$ を中心に $\pm 0.8V$ に設定されます。

メイン制御ループ

コンデンサ・バランスング・フェーズが完了すると、通常動作が開始します。パワー・スイッチのオン/オフは、パワー・インダクタのピーク電流に基づきます。ピーク・インダクタ電流は、トランスコンダクタンス・エラー・アンプの出力である、COMP_a ピンの電圧で制御されます。 V_{FB} ピンは、 V_{OUT} からの電圧帰還信号を受け取り、この信号がエラー・アンプによって内部リファレンス電圧と比較されます。負荷電流が増加すると、0.8V のリファレンス電圧に対して V_{FB} がわずかに低くなるので、平均インダクタ電流が新しい負荷電流に一致するまで COMP_a 電圧を増加させます。

各スイッチング・サイクルにおいて、コンデンサ C_{FLY} が C_{MID} と直列または並列に接続されます。 C^+ の電圧は V_{IN} と $V_{IN}/2$ の間でオルタネートし、 C^- の電圧は $V_{IN}/2$ とグラウンドの間でオルタネートします。MID の電圧と C_{FLY} の電圧は、それぞれおよそ $V_{IN}/2$ になります。

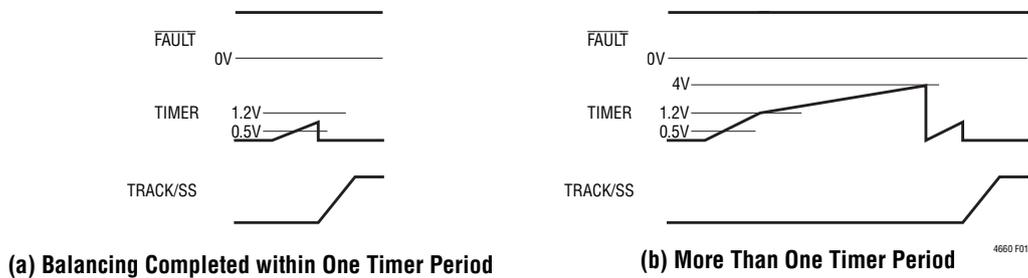


図 1. 起動時のチャージ・バランスング

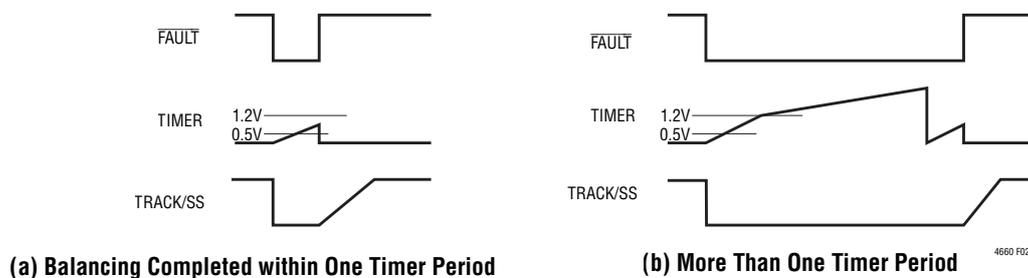


図 2. 通常動作時のチャージ・バランスング

アプリケーション情報

最初のページの標準的応用例は、LTM4660の基本的なアプリケーション回路です。

INTV_{CC}/EXTV_{CC} 電源

パワー・スイッチ用ドライバとほとんどの内部回路の電力は、V_{CC}ピンから供給されます。EXTV_{CC}ピンがGNDに短絡されているか7V未満の電圧に接続されている場合、内蔵の5.8Vリニア電圧レギュレータがV_{IN}からINTV_{CC}に電力を供給します。EXTV_{CC}が8Vを超えている場合このリニア電圧レギュレータはオフになり、別の5.8Vリニア電圧レギュレータがオンになってEXTV_{CC}からINTV_{CC}に電力が供給されます。EXTV_{CC}ピンを使用すると、高効率の外部電源からINTV_{CC}に電力を供給できるため、LTM4660の全体的な効率向上につながります。V_{OUT}が8Vより高いLTM4660アプリケーションでは、EXTV_{CC}をV_{OUT}に直接接続することができます。

シャットダウンとスタートアップ

RUNピンが1.1V未満の場合、INTV_{CC}リニア電圧レギュレータはメイン制御ループを含むすべての内部回路と共に、シャットダウンモードになります。RUNピンをリリースすると、1μAの内部電流源がこのピンをプルアップし、LTM4660がイネーブルされます。また、ロジック電圧が絶対最大定格である6Vを超えていなければ、RUNピンはロジック電圧で直接駆動することもできます。

出力電圧V_{OUT}のスルー・レートは、TRACK/SSピンの電圧で制御できます。TRACK/SSピンの電圧が内部リファレンス電圧0.8V（または外部リファレンスを使用する場合はEXT_REF）より低い場合、LTM4660はV_{FB}の電圧をリファレンス電圧ではなくTRACK/SSピンの電圧にレギュレーションします。このため、TRACK/SSピンとSGNDの間に外付けコンデンサを接続することにより、TRACK/SSピンを使ってソフトスタート時間を設定することができます。LTM4660のコンデンサ・バランスング・フェーズが終了すると、10μAの内部プルアップ電流がソフトスタート・コンデンサを充電し、電圧の上昇が始まります。このピンの電圧は0Vからリファレンス電圧（およびそれ以上）まで直線的に上昇するため、出力電圧V_{OUT}はゼロから最終設定値までスムーズに上昇します。ソフトスタートはLTM4660の最大出力電流を制限することによってではなく、TRACK/SSピンの電圧の上昇率に応じて出力ランプ電圧を制御することによって行われることに注意してください。ソフトスタートの合計時間は式2を使用して計算できます。

$$t_{\text{SOFT-START}} = 0.8\text{V or } V_{\text{EXT_REF}} \cdot \frac{C_{\text{SS}}}{10\mu\text{A}} \quad (2)$$

0.1μFのコンデンサをTRACK/SSピンとSGNDの間に接続すれば、LTM4660を使用するほとんどの代表的IBCアプリケーションに対し十分です。

出力電圧トラッキング

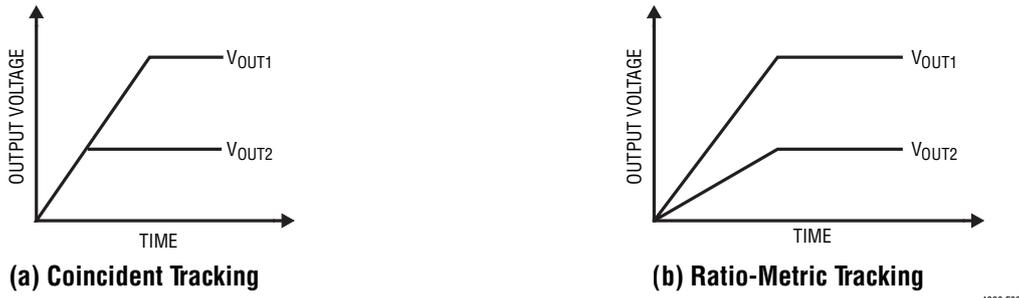
代わりに、TRACK/SSピンを使って、V_{OUT}の起動を別の電源の起動に追従させることもできます。そのためには、通常、別の電源とグラウンドの間の外付け抵抗分圧器をTRACK/SSピンに接続することが必要です。トラッキングは、図3に示すように、同時トラッキングまたは比例トラッキングとなるよう設定できます。以下の説明では、V_{OUT1}は別の電源の出力を指し、V_{OUT2}はV_{OUT1}をトラッキングするLTM4660の出力を指すものとします。図3aの同時トラッキングを実行するには、追加の抵抗分圧器をV_{OUT1}に接続し、その中点をLTM4660のTRACK/SSピンに接続します。この分圧器の比は、図4aに示すスレーブ・チャンネルの帰還分圧器の比と同じであることが必要です。このトラッキング・モードでは、V_{OUT1}はV_{OUT2}より高いことが必要です。これによって、TRACK/SSピンの最終的な電圧が0.8Vを上回るようになります。

図3bの比例トラッキングを実行するには、抵抗分圧器R1およびR2を外部電源とLTM4660のTRACK/SSピンの間に接続します。外部電源が定常状態に達した場合にTRACK/SSの最終電圧が0.8V未満になるように、R1およびR2を選択します。この最終電圧を使用してFB抵抗R4を選択します（図4b参照）。外部電源電圧V_{OUT1}の比例トラッキングを行うLTM4660の出力電圧V_{OUT2}は、式3によって与えられます。

$$V_{\text{OUT2}} = \frac{V_{\text{OUT1}} \left(1 + \frac{60.4\text{k}}{R4} \right)}{1 + \frac{R1}{R2}} \quad (3)$$

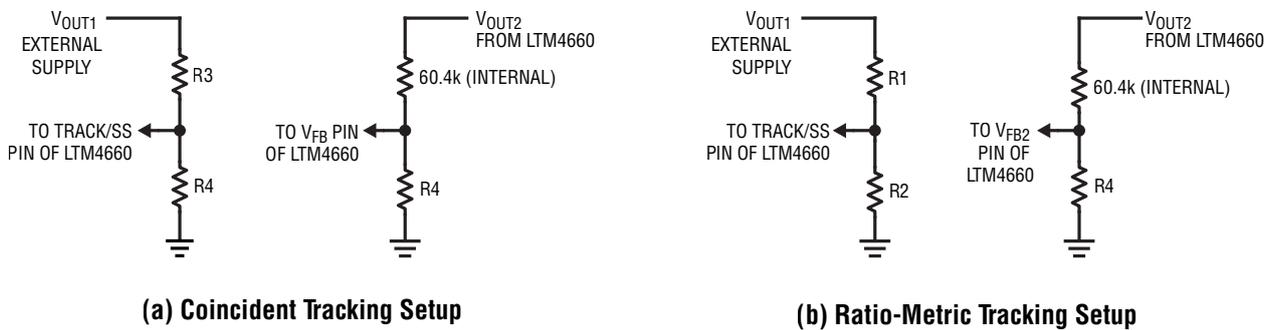
ソフトスタートが0.8Vの82.5%またはV_{EXT_REF}の82.5%に正常に達した後、別の電源をトラッキングするためには、MODE/PLLINを0Vに設定してLTM4660を強制連続モードに設定することを推奨します。異なる抵抗を選択することで、LTM4660は、図3の2つを含む別のトラッキング・モードを実行できます。比例モードではV_{OUT2}の出力精度は低下しますが、V_{OUT1}のいかなる変化にも完全に対応できます。どちらのモードも、TRACK/SSのピン電流が原因で、出力電圧設定値に誤差があります。この誤差を最小にするには、分圧器の抵抗値を小さなものにします。

アプリケーション情報



4660 F03

図3. 出力電圧トラッキングの2種類の方法



4660 F04

図4. 同時トラッキングと比例トラッキングのセットアップ

Burst Mode 動作、パルススキッピング・モード、または強制連続モード

LTM4660は、高効率のBurst Mode動作、一定周波数のパルススキッピング・モード、または強制連続モードが可能です。強制連続動作を選択するには、MODE/PLLINピンをSGNDに接続します。パルススキッピング・モード動作を選択するには、MODE/PLLINピンをINTV_{CC}に接続します。Burst Mode動作を選択するには、MODE/PLLINピンをフロート状態にします。コントローラでBurst Mode動作がイネーブルされているとき、平均インダクタ電流が負荷電流より大きい場合、エラー・アンプがCOMP_aピンの電圧を低下させます。COMP_a電圧が0.5Vを下回ると、内部スリープ信号がハイになり（スリープ・モードが有効化され）、スイッチングがオフになります。スリープ・モードでは、負荷電流が出力コンデンサから供給されます。出力電圧が低下するにつれて、COMP_aピンの電圧は上昇し始めます。出力電圧が十分低下すると、スリープ信号はローになり、コントローラは内部発振器の次のサイクルでパワー・スイッチをオンすることにより、通常動

作を再開します。コントローラでBurst Mode動作がイネーブルされている場合、コントローラは不連続に動作します。強制連続動作では、ピーク・インダクタ電流はCOMP_aの電圧で決まります。スイッチング周波数は、R_{FREQ}抵抗でセットされる値で一定となり、インダクタ電流はスイッチング期間中、連続状態を維持します。このモードでは、軽負荷での効率がBurst Mode動作の場合よりも低下します。ただし、連続モードには負荷過渡に対する応答が速く、オーディオ回路への干渉が少ないという利点があります。MODE/PLLINピンをINTV_{CC}に接続した場合、LTM4660は軽負荷時にPWMパルススキッピング・モードで動作します。非常に軽負荷の場合、スイッチングは数サイクルの間オフになり（パルスをスキッピングし）、デバイスは不連続モードで動作します。強制連続動作と同様、このモードでは、Burst Mode動作に比べて出力リップルとオーディオ・ノイズが小さくなり、RF干渉が減ります。軽負荷時には、パルススキッピング・モードが強制連続モードより高効率となりますが、Burst Mode動作ほどには高くありません。MODE/PLLINピンで選択されたモー

アプリケーション情報

ドに関わらず、LTM4660は起動時には常にパルススキッピング・モードで動作します。

周波数の選択とフェーズロック・ループ

LTM4660のスイッチング周波数は、FREQピンで選択できます。MODE/PLLINピンを駆動外部クロック源で駆動している場合、FREQピンを使用してコントローラの動作周波数を200kHz～1MHzの範囲に設定できます。FREQピンから10μAの電流が流れ出ているため、SGNDとの間に1個の抵抗を接続してコントローラのスイッチング周波数を設定できます。スイッチング周波数の変化とFREQピンとSGNDの間に接続した抵抗の関係を図5に示します。V_{IN}が48Vまたは54Vのバス電圧で、V_{OUT}が12Vの設定での、LTM4660の代表的なデータセンターIBCアプリケーションでは、40k～60kのFREQ抵抗を選択すると効率を最大にできます。

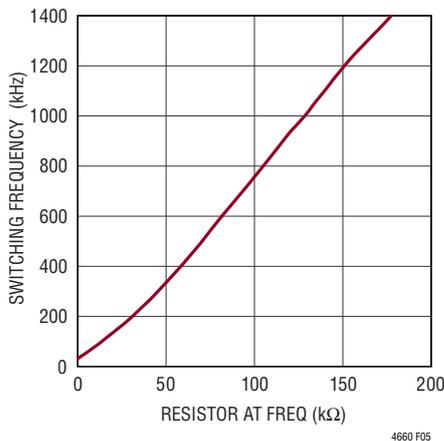


図5. スイッチング周波数の変化と FREQピンとSGNDの間に接続した抵抗の関係

LTM4660にはフェーズロック・ループ(PLL)が内蔵されており、MODE/PLLINピンに接続された外部クロック信号源に内部発振器を同期させることができます。C⁻ピンの立上がりエッジが外部クロック源の立上がりエッジに同期します。コントローラは、同期している場合は強制連続モードで動作します。フェーズロック・ループは200kHz～1MHzの範囲内の任意の周波数にロックできます。外部クロックにロックする前にコントローラの初期スイッチング周波数を設定するために、周波数設定抵抗は必ず配置してください。

温度モニタリング

LTM4660は、TEMPピンを介して高熱部をモニタリングできます。図6に示すように、PTCサーミスタを抵抗分圧器の下側抵抗として使い、この分圧器のコモン・ポイントをTEMPピンに接続することで、温度がPTCサーミスタのキュリー点を超えると電圧が急激に増加します。PTCサーミスタの特性を図7に示します。TEMPピンが1.22Vに達すると、すべてのスイッチングが100ms間停止します。

TEMPピンの電圧がこの100msのタイムアウトの間に1.1V未満になるならば、TRACK/SSピンとFAULTの電圧はローに引き下げられてから100ms後にリリースされます(図8)。TEMPピン電圧が1.1Vより高いままの場合は、このタイムアウト時間は、電圧が1.1V未満に低下するまで延長されます。高熱部保護をトリガするために用いられる温度は、サーミスタの選択によって決まります。この温度はサーミスタのキュリー点で、これは、多くの場合、25°Cでの抵抗の2倍となる温度として定義されます。サーミスタの既知のキュリー点抵抗R_{2CURIE}を使用すると、上側抵抗R₁は、式4から求めることができます。

$$R_1 = \frac{R_{2CURIE} (V_{EXT} - 1.22)}{1.22} \quad (4)$$

TEMP⁺ピンとTEMP⁻ピンの間には、PNPトランジスタがダイオード接続されています。このトランジスタは、高熱部に近い、LTM4660の中心部にあります。TEMP⁺ピンとTEMP⁻ピンから出力される電圧を使用すると、LTM4660の内部温度を正確に見積もることができます。

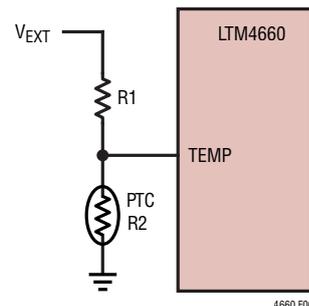


図6. 温度モニタリング用のセットアップ

アプリケーション情報

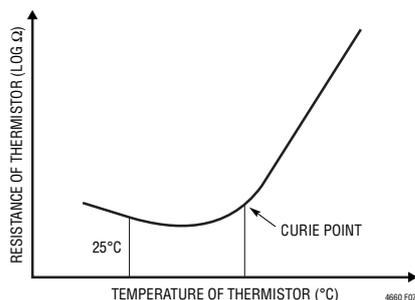


図7. サーミスタの特性

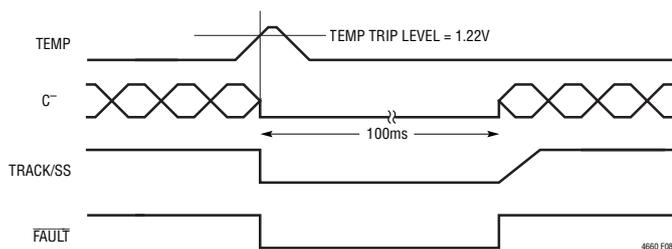


図8. 温度トリップ特性

パワー・グッド

V_{FB}ピンの電圧が0.8V内部リファレンスまたはEXT_REFで設定されたリファレンスよりも7.5%低下または8.5%増加した場合、PGOODピンがローに引き下げられます。また、RUNピンが1.1V未満、またはLTM4660がソフトスタートまたはトラッキングのフェーズの場合にも、PGOODはローになります。V_{FB}ピンがリファレンス・ウィンドウの範囲内に入ると、PGOODピンは直ちにパワー・グッドを示します。ただし、V_{FB}がこのウィンドウから外れたときの50μsのパワー・バッド・マスクが内蔵されています。PGOODピンは外付け抵抗によって最大20Vの電源にプルアップすることができます。

FAULT

LTM4660の起動時や、RUNピンを使用してデバイスをイネーブルするときは、C_{FLY}やC_{MID}がV_{IN}/2に再度バランスさせる必要がある場合でも、FAULTピンはローには引き下げられません。しかし、通常動作時でバランスが必要な場合には、FAULTはローに引き下げられます。FAULTがローになるもう1つの原因は、サーマル・シャットダウンで、これは、内部温度が150°Cに達するか、TEMPピンの電圧が1.22Vに達した場合に発生します。FAULTピンは外付け抵抗によって最大20Vの電源にプルアップできます。

周波数補償

LTM4660 μModuleは、パワー・スイッチのパルス幅変調調用にピーク電流モード制御を採用しています。この制御法により、クロズド・ループ応答に影響するパワー・インダクタの動的変化がなくなり、補償設計を簡素化できます。LTM4660の帰還ループを補償するには、タイプIIのネットワークで十分です。そのようなネットワークは、COMP_aピン(LTM4660内のトランスコンダクタンス・エラー・アンプ)とSGNDの間に接続されたコンデンサと直列の抵抗で構成されます。22pFの高周波数ロールオフ・コンデンサが、既にタイプIIネットワークの一部としてLTM4660の内部でCOMP_aピンに接続されています。

ライン変動や負荷変動に対しての必要な出力応答や、帰還ループの位相マージンやゲイン・マージンなどのループ安定性パラメータに応じて、タイプIIネットワークの部品を選定してください。一般的に、COMP_aピンのタイプIIネットワークに対しては、低容量および高抵抗を選択すると、高速過渡応答が実現できますが、ループ安定性パラメータには悪影響を及ぼす可能性があります。

COMP_bとSGNDの間には、LTM4660内で、10nFと直列の10k抵抗からなる抵抗コンデンサ・ネットワークが接続されています。ほとんどのLTM4660アプリケーションでは、COMP_aとCOMP_bを互いに接続すれば、ライン変動および負荷変動に対するクロズド・ループ安定性を十分に確保できます。LTM4660のアプリケーション回路ごとにタイプIIネットワークを微調整し最適化するには、LTspice®のLTM4660モデルを参照してください。

入力コンデンサの選択

LTM4660モジュールは、低ACインピーダンスのDC電源に接続する必要があります。レギュレータの入力には、RMSリップル電流用に、10μFの入力セラミック・コンデンサが2個必要です。入力バルク容量を増やすために、33μFまたは47μFの表面実装アルミ電解バルク・コンデンサを使用できます。このバルク入力容量が必要になるのは、長い誘導性のリードによって入力ソース・インピーダンスが損なわれる場合に限られます。低インピーダンスの電源プレーンを使用する場合、このバルク・コンデンサは不要です。48Vまたは54VバスのIBCアプリケーション向けには、定格が100V以上の入力コンデンサを選択します。

アプリケーション情報

インダクタ電流リップルを考えなければ、入力コンデンサの RMS 電流は式5で概算できます。

$$I_{CIN(RMS)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{2 \cdot \eta\%} \cdot \sqrt{(D \cdot D')} \quad (5)$$

ここで、Dは、 $2 \cdot V_{OUT}/V_{IN}$ 、 $D' = 1 - D$ です。

上の式で、 $\eta\%$ は電源モジュールの推定効率です。バルク・コンデンサには、スイッチャに使用できる定格値を備えたアルミ電解コンデンサやポリマー・コンデンサを使用できます。

出力コンデンサの選択

LTM4660は、優れた過渡応答と低出力電圧リップルを実現できる設計となっています。出力リップルと過渡応答の条件を満たすには低 ESR の C_{OUT} を選択してください。10 μ F の少なくとも2つの出力セラミック・コンデンサを V_{OUT} ピンと GND ピンの近くに配置します。これにより C_{OUT} の合計 ESR が下がるため、出力リップルが低減されます。これより離れた位置に、100 μ F または 150 μ F のアルミ電解コンデンサをバルク出力コンデンサとして配置できます。これより下段の負荷に必要なトランジェント仕様を満たせるだけのバルク容量を選択してください。 C_{OUT} を選択する場合、ESR がループ安定性に及ぼす影響を把握しておくことが必要です。LTM4660 アプリケーションごとに C_{OUT} の組み合わせの最適化や微調整を行うには、LTSpice の LTM4660 を参照してください。

C_{FLY} と C_{MID} の選択

LTM4660 の μ Module では、 μ Module に外部接続されたコンデンサ・バンク C_{FLY} および C_{MID} はエネルギー転送部品の一部です。そのため、セラミック・コンデンサが最も低 ESR であるため、この用途には適しています。ただし、このタイプのコンデンサを選択する場合には注意が必要です。動作時に C_{FLY} と C_{MID} に加わる DC 電圧は、 V_{IN} 電源のおよそ半分であるため、コンデンサの電圧定格はこれより大きいことが必要です。一般的なルールとして、コンデンサの電圧定格はコンデンサの動作電圧の2倍となるよう選択します。電圧定格と容量が同じであれば、ケース・サイズが大きい方が故障率は下がります。

更に、コンデンサの動作温度も考慮する必要があります。動作温度が 85 $^{\circ}$ C を超える場合には X7R の誘電体のコンデンサを使用する必要がありますが、85 $^{\circ}$ C 未満での動作の場合は X5R の誘電体が適切です。コンデンサの長期信頼性を確保するためには、コンデンサの温度上昇を 20 $^{\circ}$ C 未満、できれ

ば 10 $^{\circ}$ C 未満に維持します。コンデンサの温度上昇は、コンデンサを流れる RMS 電流の量と動作周波数によって異なります。

セラミック・コンデンサは電圧係数も大きく、コンデンサに印加された電圧が定格電圧の半分の場合、容量は半分近く減少します。DC バイアスがコンデンサに及ぼす影響は、ケース・サイズが小さいほど大きくなります。コンデンサを決める際には、これらの効果を考慮してください。

C_{FLY} および C_{MID} のリップル電流は式6で与えられます。

$$V_{RIPPLE} = \frac{I_{OUT}}{C_{BANK} \cdot f_{SW}} \frac{2V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (6)$$

ここで、 C_{BANK} は C_{FLY} または C_{MID} 、 I_{OUT} は出力電流、 f_{SW} はスイッチング周波数です。

C_{FLY} および C_{MID} のリップル電流は、LTM4660 の消費電力に大きく影響します(代表的な性能特性のセクションの効率の図を参照)。各コンデンサのリップルがコンデンサの DC バイアス電圧の 1% 未満となるようなコンデンサを選択すると、良好な開始点となります。例えばコンデンサの DC バイアス電圧が 24V の場合は、リップルを 240mV 未満に抑えます。LTM4660 の損失を最小限にするには、 C_{MID} の容量は C_{FLY} と同じ値のものを選択してください。

LTM4660 は、12V $_{OUT}$ 時に 300W の出力電力を供給するよう設計されています。300W で効率が最大となるよう、 C_{MID} と C_{FLY} のそれぞれについて、8~12 個の 10 μ F セラミック・コンデンサを使用します。セラミック・コンデンサの電圧定格を考慮すると、48V $_{IN}$ ~54V $_{IN}$ の範囲のバス電圧に対し 50V 以上の定格のセラミック・コンデンサを選択してください。

タイマーおよびヒステリシス

LTM4660 μ Module は、スイッチド・キャパシタ・ハイブリッド・トポロジを使用しています。このトポロジでは、スイッチド・キャパシタ段は、 C_{FLY} および C_{MID} のコンデンサ・バンクが、LTM4660 内のパワー・スイッチを通じて直列または並列に交互に接続される構成となっています。起動時には、 C_{FLY} および C_{MID} のコンデンサは完全に放電しています。コンデンサが放電された状態でスイッチングを開始すると、パワー・スイッチに不必要に大きな電流が流れる可能性があります。この現象を回避するために、LTM4660 では、起動時に C_{FLY} および C_{MID} の電荷量を V_{IN} の半分にバランスするという、特許取得技術を用いています。

アプリケーション情報

TIMERピンとSGNDの間にコンデンサを接続することで、LTM4660がコンデンサ・バランスング・フェーズになっている時間を定義できます。このピンの内部電流源が、TIMERコンデンサを充電し電圧の増加を発生させます。コンデンサ・バランスングは、このピンの電圧が0.5V~1.2Vの間にあるときに開始されます。このコンデンサの選択は、最大入力電圧とコンデンサ・バンクC_{FLY}およびC_{MID}の容量に基づいて行います。入力電圧や容量が大きくなると、LTM4660がコンデンサ・バランスングを完了するのに要する時間が長くなるため、大きなTIMERコンデンサが必要になります。小さなTIMERコンデンサを選択すると、LTM4660は複数のTIMERサイクルを使用してコンデンサ充電バランスングを完了するため、起動時間が長くなります。

V_{IN}が最大60VでC_{MID} = C_{FLY} = 10μF・12であれば、TIMERコンデンサは1μFで十分です。

HYS_PRGMの電圧

HYS_PRGMピンの電圧によってV_{IN}/2を中心とするウィンドウが設定され、フォルト保護が行われます。動作時、MID_{SNS}の電圧がこのウィンドウから外れると、フォルトが示され、コンデンサ・バランスングが開始します。そのため、ウィンドウ設定を適切に行うことは、これによってLTM4660アプリケーション回路に別の保護層が追加されることになるため重要です。

通常動作時には、MIDへのインピーダンスおよび出力電流に応じて、MIDの電圧はV_{IN}/2未満の電圧にセトリングします。一般的に、I_{OUT}が大きい方が、V_{IN}/2からのMIDの偏差は大きくなります。同様に、C_{MID}とスイッチング周波数が小さい方が、MIDに向かうインピーダンスは高くなります。V_{IN}/2を基準とするMIDのDCオフセットの他、HYS_PRGMウィンドウを選択する場合には、C_{MID}のACリップルも考慮する必要があります(C_{FLY}とC_{MID}の選択のセクションの式6を参照してください)。

ほとんどのLTM4660アプリケーションでは、1Vのヒステリシス・ウィンドウがあれば適切な動作には十分です。1Vのウィンドウを設定するには、HYS_PRGMとSGNDの間に100kの抵抗を接続します。

出力電圧の設定

LTM4660は、EXT_REFがINTV_{CC}に接続されている場合、0.8Vの内部リファレンスを使用します。出力電圧は式7で与

えられます。V_{OUT}は、必ず最小予想入力電圧の半分未満に設定してください。

$$V_{OUT} = 0.8V \cdot \left(1 + \frac{60.4k}{R1}\right) \quad (7)$$

EXT_REFピンに0.45V~0.9Vの電圧を印加すると、LTM4660の出力は、図9に示すように、EXT_REFをトラッキングできます。

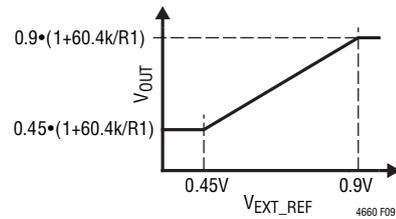


図9. EXT_REFピンで設定される出力電圧

その独特のアーキテクチャにより、LTM4660は、V_{OUT} = V_{IN}/4の場合に最大効率を示します。降圧比が4:1より高くても低くても効率は低下します。V_{IN}のある範囲内で最大効率が必要とされるアプリケーションでは、EXT_REFを使用すると、このV_{IN}の変化をトラッキングしながらも、出力での4:1の降圧比を維持できます。この種のセットアップでは、出力電圧も入力電圧と共に変化します。図10に、V_{IN}が36V~60Vの間で変化することを考慮した48Vから12Vへの降圧用セットアップを示します。

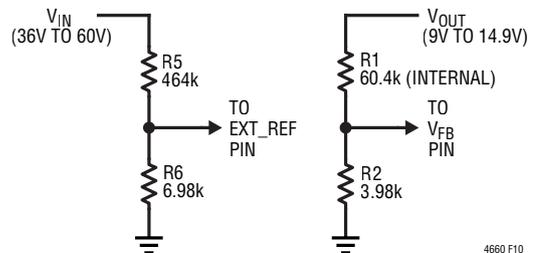


図10. V_{IN}を4:1の比でトラッキングする出力電圧

最小オン時間に関する考慮事項

最小オン時間t_{ON(MIN)}は、LTM4660がパワー・スイッチをオンにすることができる最小時間です。低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、最小オン時間の制限値に近づく可能性があるため、式8が成り立つように注意する必要があります。

$$\frac{2V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{1}{f_{SW}} > t_{ON(MIN)} \quad (8)$$

アプリケーション情報

デューティ・サイクルが最小オン時間で対応できる値を下回ると、LTM4660はサイクルのスキップを開始します。出力電圧はレギュレーションされ続けますが、リップル電圧およびリップル電流は増加します。LTM4660の $t_{ON(MIN)}$ は、降圧比が4:1の場合210nsで、これは降圧比の上昇と共に直線的に増加します。動作がLTM4660のスイッチングの最小オン時間に近付くのを回避するために、降圧比が6:1より大きいアプリケーションでは、スイッチング周波数を200kHz~400kHzに下げることが推奨されます。

2相動作

出力電力が更に大きいアプリケーションには、2つのLTM4660を並列化して、2相1出力構成を簡単に作成できます。図23に、2つのLTM4660の間の主要な信号接続を示します。

熱に対する考慮事項

ピン配置のセクションに記載されている熱抵抗は、JESD 51-9に定義されたパラメータと一致しており、有限要素解析(FEA)ソフトウェアのモデリング・ツールでの使用を意図したものです。これらのモデリング・ツールは、JESD 51-9 (Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements)によって定められたハードウェア・テストボードに実装された μ Moduleパッケージについて行われた、熱的モデリング、シミュレーション、およびハードウェア評価の結果を利用します。これらの熱係数を提供する理由は、JESD 51-12 (Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information)に記載されています。

設計者の多くは、自らのアプリケーションでの様々な電気的条件下および様々な環境上の動作条件下における μ Moduleレギュレータの熱性能を予想するため、実験機器やデモ基板などのテスト手段を使用し、FEAによる作業を補完することがあります。FEAソフトウェアを使用しない場合、ピン配置のセクションに示す熱抵抗はそれ自体では熱性能のガイドとなりませんが、その代わりにこのデータシートにあるディレーティング曲線をアプリケーションの利用に関する考察やガイドとして使用でき、また熱性能とアプリケーションとの関係を把握するために応用できます。

ピン配置のセクションにはJESD 51-12に明示的に定義された4つの熱係数が示されており、これらは以下のように説明されます。

1. θ_{JA} はジャンクションから環境への熱抵抗であり、1立方フィートの密閉された容器内で測定された、自然対流によるジャンクションから周囲の空気への熱抵抗です。この環境は「静止空気」と呼ばれることもありますが、実際には自然対流により空気の動きが生じます。この値はパーツをJESD 51-9定義のテスト基板にマウントして得られたものであり、実際のアプリケーションや現実的な動作条件を反映したものではありません。
2. $\theta_{JCbottm}$ はジャンクションから製品ケース底部までの熱抵抗であり、すべてのコンポーネントからの熱放散がパッケージ底部を通じて起こる場合のジャンクションから基板への熱抵抗です。代表的な μ Moduleでは、熱の大半はパッケージ底部を通じて流出しますが、周囲環境への熱放散も常に発生します。結果として、この熱抵抗の値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものととはなりません。
3. θ_{JCTop} はジャンクションから製品ケース上端への熱抵抗であり、コンポーネントからの熱放散のほぼすべてがパッケージ上端を通じて行われるものとして決定されます。代表的な μ Moduleの電気的接続はパッケージ底部で行われるため、熱の大半がパーツ上端のジャンクション経由で放散されるようなアプリケーションはまれです。 $\theta_{JCbottm}$ の場合のように、この値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものととはなりません。
4. θ_{JB} はジャンクションからプリント基板への熱抵抗であり、熱のほぼすべてが μ Moduleの下部から基板へ流れる場合のジャンクションから基板への熱抵抗であり、実際には $\theta_{JCbottm}$ とハンダ接合と基板の一部を経由するパーツ底部での熱抵抗の合計値です。

前述の熱抵抗を視覚的に表したものが図11です。青色の部分が μ Moduleレギュレータ内部の熱抵抗で、緑色の部分は μ Module外部の熱抵抗です。

アプリケーション情報

実践的な注意点として、JESD 51-12に定義されている、あるいはピン配置のセクションに示す4種類の熱抵抗パラメータのいずれも、あるいはそれらのサブグループも、 μ Moduleの通常の動作条件を反映したものではないことに留意してください。例えば、通常の基板実装アプリケーションでは、JESD 51-12が θ_{JCtop} と $\theta_{JCbottom}$ についてそれぞれ定義しているように、デバイスの全電力損失(熱)がすべて μ Moduleの上面だけから放出されたり、底面だけから放出されたりすることはありません。ヒート・シンクも空気流もない場合は熱の大半が基板へと流れるとしても、実際には電力損失はパッケージから両方向に熱として放散されます。

SIP(システム・イン・パッケージ)モジュール内部には、電力損失を生じるパワー・デバイスや部品が複数存在するので、結果として、各種の部品やダイの様々なジャンクションを基準にした熱抵抗は、パッケージの全電力損失に対して正確には線形になっていないという点に留意する必要があります。この複雑な問題を、モデリングの簡潔性を犠牲にすることなく(なおかつ現実的な実用性を無視することなく)解決するために、このデータシートに記載されている熱抵抗値は、以下のように、実験室での恒温槽を使ったテストとFEAソフトウェア・モデリングを併用する方法を採用して合理的に定義し、相関付けを行っています。(1)はじめに、FEAソフトウェアを使用し、 μ Moduleおよびすべての適切な材料係数で規定されたPCBの機械的配置を正確に構築すると共に電力損失源を正確に定義します。(2)このモデルによって、

JSED 51-9に整合するソフトウェア定義のJEDEC環境をシミュレートし、電力損失となる熱流を予測します。

LTM4660のパッケージでは、上部のインダクタがヒート・シンクも兼ねており、下部のパワー・スイッチの熱を除去できるよう設計されています。底部の基板材料は、プリント基板への熱抵抗が非常に小さいものを使用しています。デバイス上部にヒート・シンクを外付けすると、空気流がある場合に優れたヒート・シンク効果が得られます。

図12に、ヒート・シンクを使用し空気流を200LFMとしたときの、48V入力、12V 25A出力でのLTM4660の熱画像を示します。

推奨PCBフットプリント

LTM4660は高度に集積化されているので、PCB基板のレイアウトが極めて容易です。ただし、電気的性能と熱的性能を最適化するには、やはりレイアウト上の配慮がいくつか必要になります。

- V_{IN} 、GND、 V_{OUT} を含む大電流経路では、PCBの銅箔面積を広くします。これは、PCBの導通損失と熱ストレスを最小限に抑える助けとなります。
- 高周波ノイズを最小限に抑えるために、高周波の入力および出力セラミック・コンデンサを V_{IN} 、MID、GND、および V_{OUT} の各ピンのすぐ近くに配置します。
- C^+ から C^- への C_{FLY} コンデンサの配線ループが小さくなるようにし、このループ内のパターンに寄生インダクタンスと寄生抵抗を低減します。

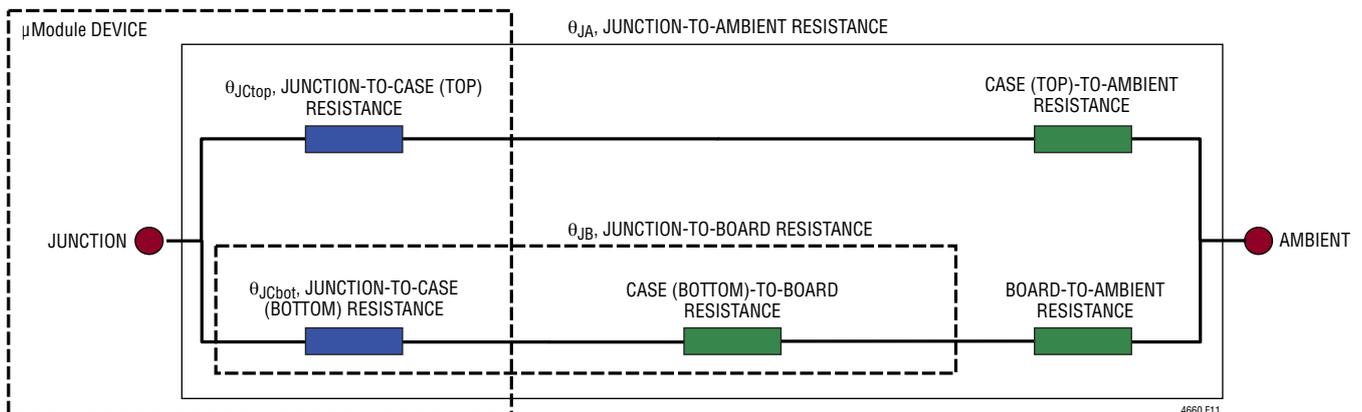


図 11. 熱係数の概要を示す図、JESD51-12の用語を含む

アプリケーション情報

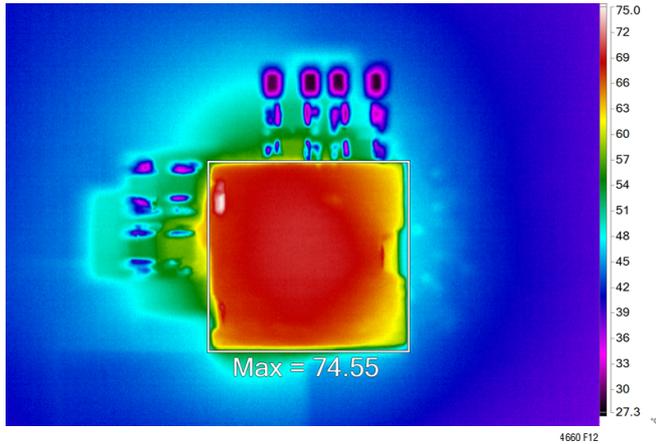


図12. 48V入力12V、25A出力、200LFMの空気流、ヒート・シンクなしの条件での熱画像 (全層に2オンスの銅を用いた6層PCBをベースに使用)

- モジュールの下には専用の電源グラウンド・レイヤを配置します。
- ビアの伝導損を最小限に抑えると共にモジュールの熱応力を軽減するため、最上層レイヤと他の電力レイヤの間には複数のビアを使用してください。

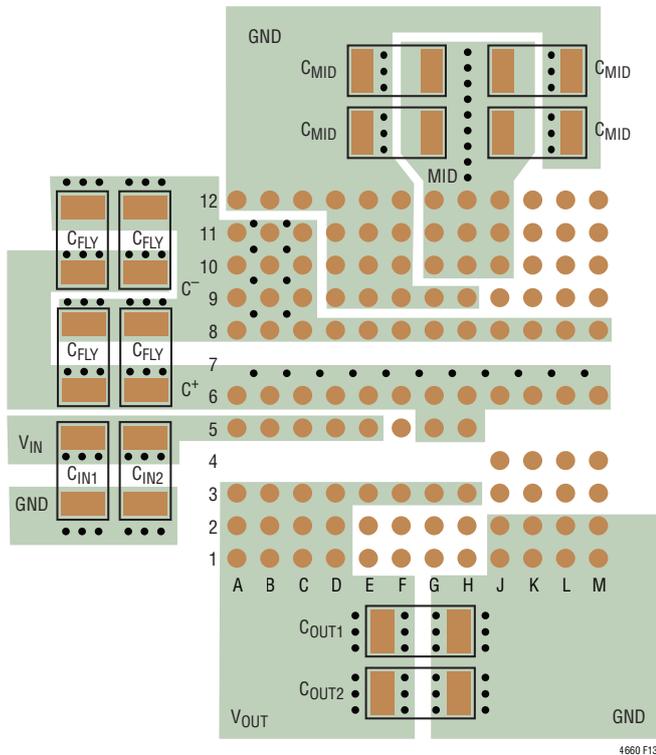


図13. 最上層の推奨レイアウト

- 充填ビアやメッキビアでない限りパッド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ている部品には、他とは別のSGND銅箔プレーンを使用します。SGNDはモジュール内のGNDに接続されています。
- モジュールを並列して使用する場合、VOUT、VFB、およびCOMPピンを互いに接続してください。内側の層を使用してこれらのピンを互いに短い距離で接続します。TRACKピンはレギュレータのソフトスタート用に共通のコンデンサに接続できます。
- モニタリングのため、信号ピンからテスト・ポイントを引き出します。

最上層の入力、出力、CFLYコンデンサ、CMIDコンデンサの推奨レイアウトの例を図13に示します。LTM4660のピン配置は、CFLYコンデンサがモジュール直下の最下層に都合よく配置できるよう設計されており、合計PCB面積に与える影響を最小限にできます(最下層のレイアウトの例は図14を参照してください)。

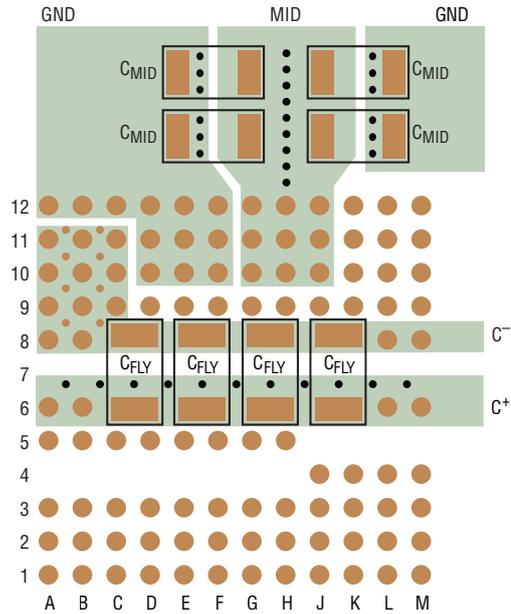


図14. 最下層の推奨レイアウト

4660 F14

アプリケーション情報

表 1. バルク・コンデンサおよびセラミック・コンデンサのメーカー

C _{IN} (BULK)			C _{OUT} (BULK)		
VENDORS	VALUE	PART NUMBER	VENDORS	VALUE	PART NUMBER
Panasonic	33 μ F, 80V	EEHZA1K330	Panasonic	150 μ F, 16V	16SVPC150
C _{IN} (CERAMIC)			C _{FLY} , C _{MID}		
VENDORS	VALUE	PART NUMBER	VENDORS	VALUE	PART NUMBER
Murata	2.2 μ F, 100V, 1210, X7R	GRM32DR72A225KA12	Murata	10 μ F, 100V, 1210, X7S	GRM32EC72A106KE05
TDK	2.2 μ F, 100V, 1210, X7R	C3225X7R2A225K230AB	TDK	10 μ F, 100V, 1210, X7R	C3225X7R2A106K250AC
C _{OUT} (CERAMIC)			Murata	10 μ F, 50V, 1210, X7S	GCM32EC71H106KA03
VENDORS	VALUE	PART NUMBER	TDK	10 μ F, 50V, 1210, X7R	C3225X5R1H106K250AB
Murata	10 μ F, 25V, 1210, X7S	GCM32EC7YA106KA03			
TDK	10 μ F, 25V, 1210, X7R	C3225X7R1E106K250AC			

表 2. LTM4660 の代表的なアプリケーションの部品選択表

V _{IN} (V)	V _{OUT} (V) I _{OUT} = 25A	C _{IN} (BULK) (μ F)	C _{IN} (CERAMIC) (μ F)	C _{OUT} (BULK) (μ F)	C _{OUT} (CERAMIC) (μ F)	C _{FLY} (μ F)	C _{MID} (μ F)	R _{VFB} (k Ω)	R _{FREQ} (k Ω)	R _{HYS_PRGM} (k Ω)	TIMER (μ F)
48	12	33	10	150 \times 2	10 \times 3	10 \times 10	10 \times 10	4.32	49.9	100	1
54	12	22	10	150 \times 2	10 \times 3	10 \times 12	10 \times 12	4.32	49.9	100	1
48	5	33	10	100 \times 2	10 \times 2	10 \times 12	10 \times 12	11.49	39.9	100	1
54	9	22	10	100 \times 2	10 \times 2	10 \times 10	10 \times 10	5.92	43.2	100	1

安全に関する考慮事項

LTM4660では、入力と出力の間にガルバニック絶縁を備えていません。また、内部ヒューズもありません。必要に応じて、最大入力電流の2倍の定格値を持つ低速溶断ヒューズを使って、各ユニットを致命的損傷から保護してください。デバイスは、過電流保護機能をサポートしています。温度ダイオードとTEMPピンを使用すると、RUNピンの制御によって実行できるサーマル・シャットダウンが必要となった場合にこれを検出できます。

LTM4660では、高電圧ピン(V_{IN}およびC⁺)と隣接する低電圧ピンの間にBGAボール1個分のクリアランスがあるようなBGAピン配置になっています。

パワー・ディレーティング

図15～図20のディレーティング極性を使用すると、様々な空気流条件での熱抵抗 θ_{JA} の値を概算できます。

放射EMIノイズ

EM干渉(EMI)の可能性は、すべてのスイッチング・レギュレータに内在しています。高い周波数を得るために必要なパワーMOSFETの高速でのオンオフ切替えは、DC/DCコンバータ内で高周波数(約30MHz+)のdi/dtの変化を生じます。このようなシステムでは、この動作が高周波数のEMI放射の主なソースとなります。LTM4660内の高レベルのデバイス集積化とパワーMOSFETのソフト・スイッチングは、放射EMIノイズが低いという性能を実現しています。代表的な性能特性のEMIのグラフは、CISPR22 Class Bによる放射エミッション制限を満たすLTM4660の例を示しています。

アプリケーション情報

(特に指定のない限り、 C_{MID} および $C_{FLY} = 10\mu F \times 12$)

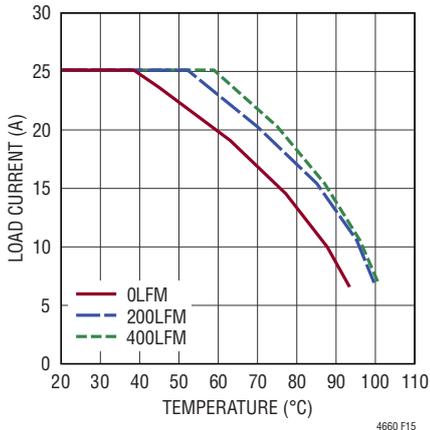


図 15. 48V 入力 12V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし

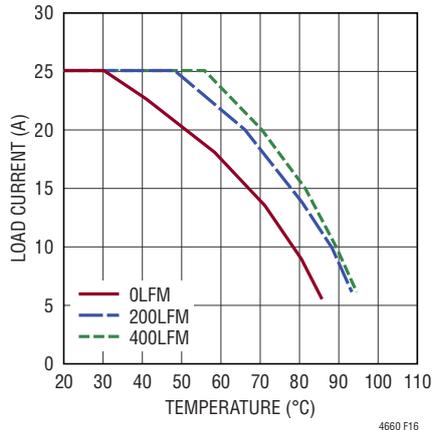


図 16. 54V 入力 12V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし

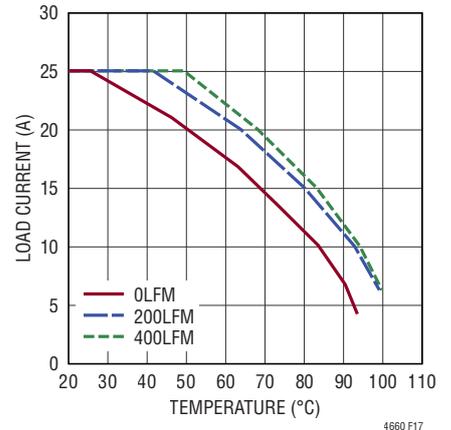


図 17. 48V 入力 15V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし

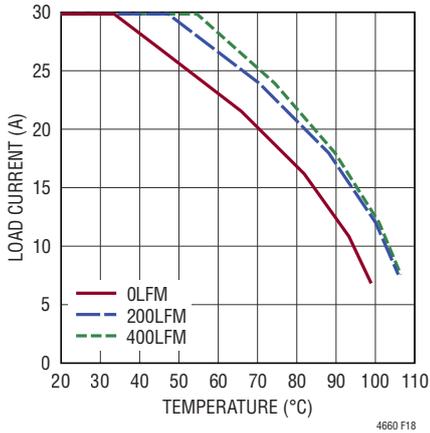


図 18. 48V 入力 5V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし

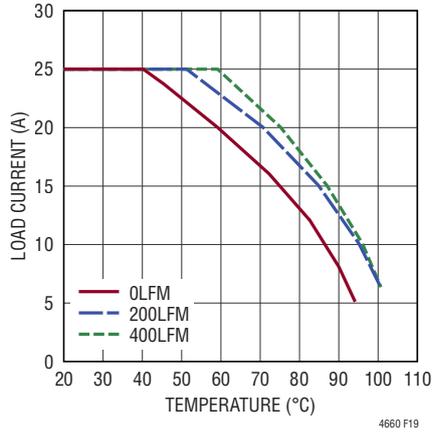


図 19. 48V 入力 12V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし、
 C_{FLY} および $C_{MID} = 10\mu F \times 10$

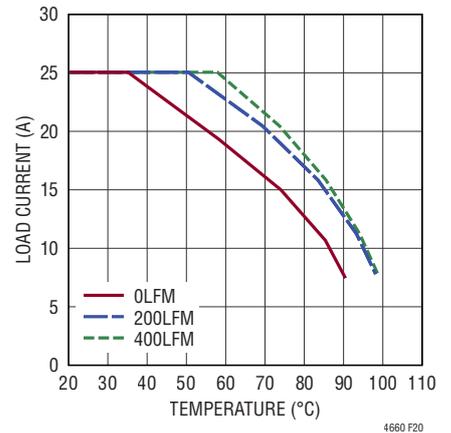


図 20. 48V 入力 12V 出力での
ディレーティング曲線、
ヒート・シンクなし、
 C_{FLY} および $C_{MID} = 10\mu F \times 8$

標準的応用例

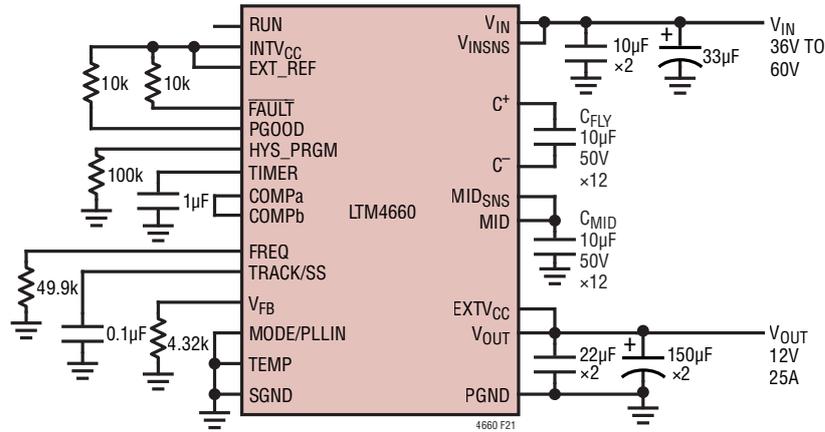
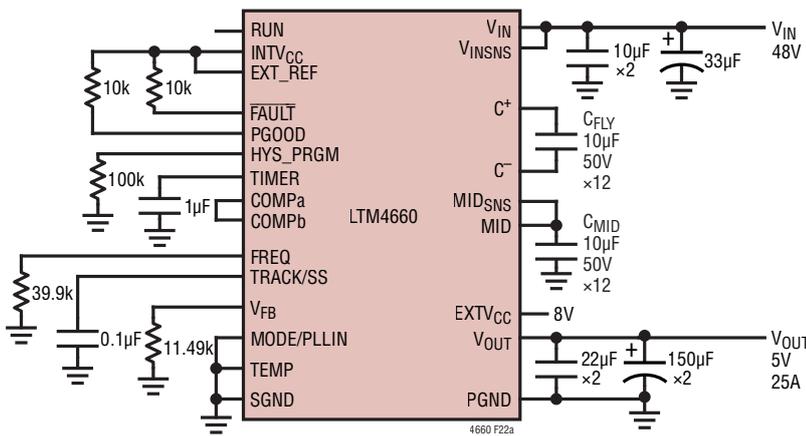


図 21. 12V_{OUT}、25A 中間バス・コンバータ



48V 入力 5V 出力時の効率および電力損失と
負荷電流の関係

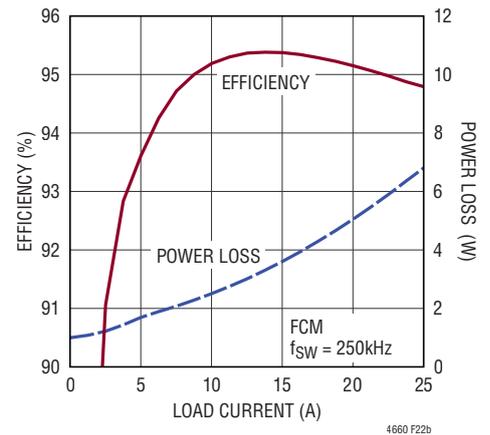
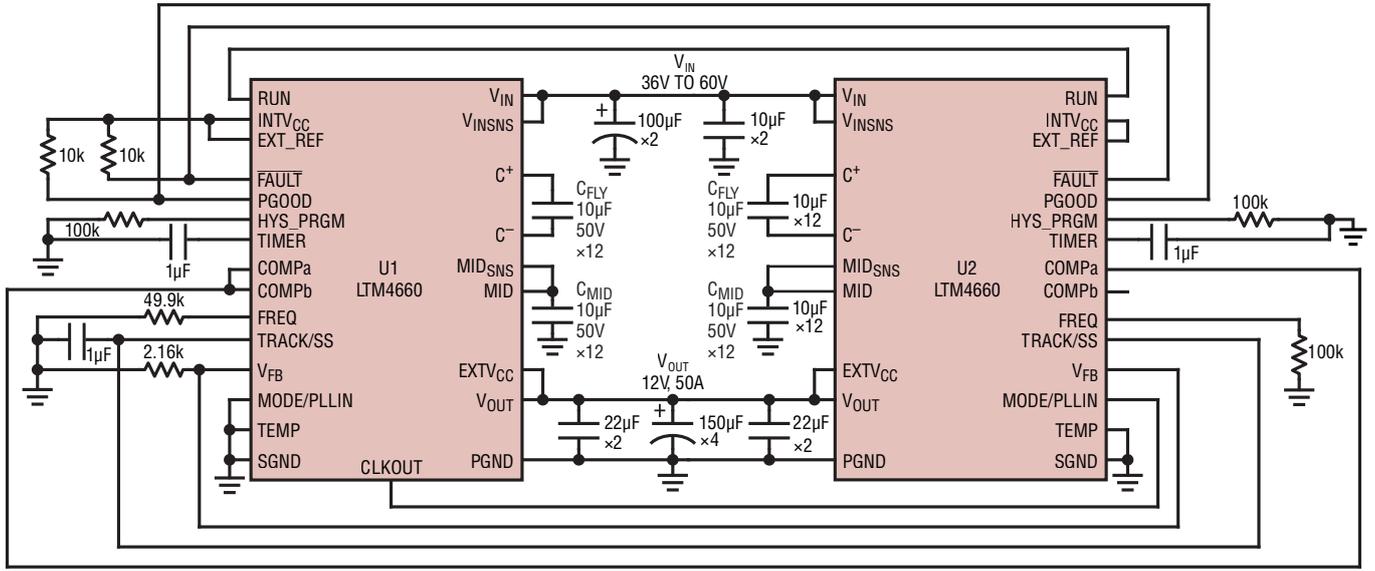


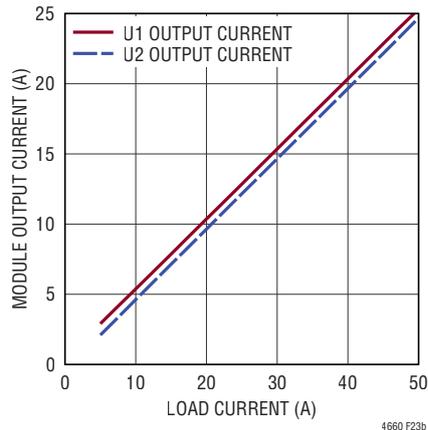
図 22. 48V 入力 5V 出力降圧コンバータ

標準的応用例



4660 F23a

電流分担



4660 F23b

図 23. 2 相動作に構成された LTM4660: 48V 入力 12V 50A 出力の降圧コンバータ

パッケージの説明



μModule 製品では、パッケージの行と列のラベル表示が製品ごとに異なることがあります。各パッケージのレイアウトをよく確認してください。

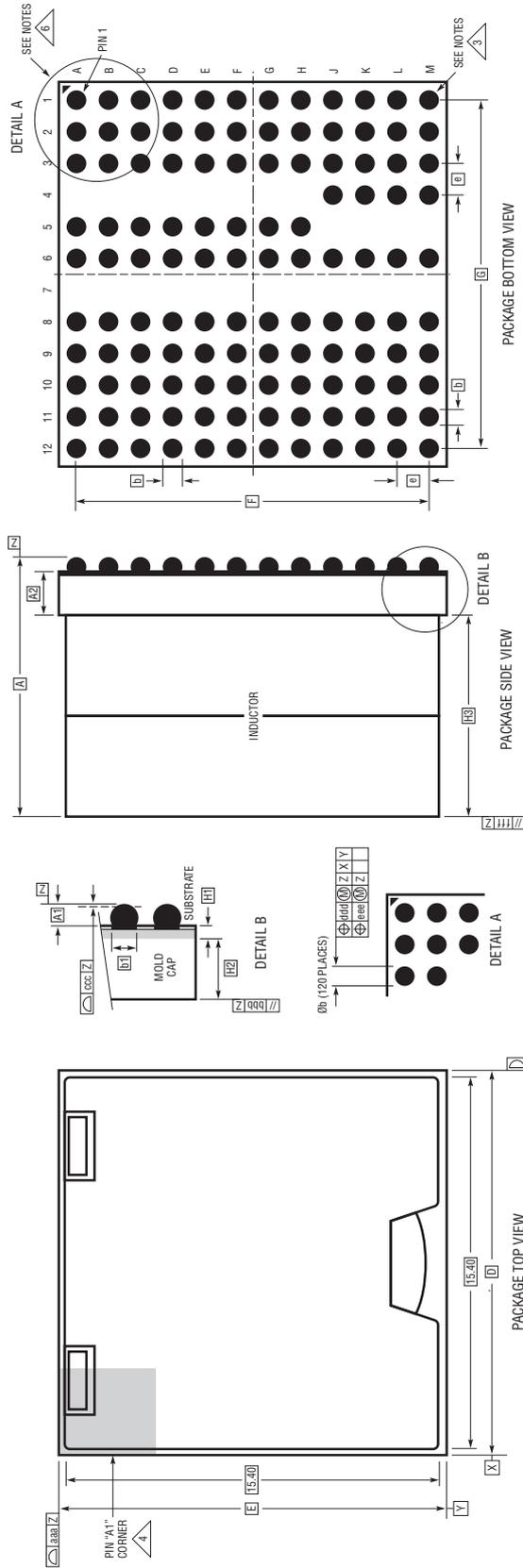
LTM4660 の BGA ピン配置

PIN ID	FUNCTION										
A1	V _{OUT}	B1	V _{OUT}	C1	V _{OUT}	D1	V _{OUT}	E1	MID	F1	MID
A2	V _{OUT}	B2	V _{OUT}	C2	V _{OUT}	D2	V _{OUT}	E2	MID	F2	MID
A3	V _{OUT}	B3	V _{OUT}	C3	V _{OUT}	D3	V _{OUT}	E3	V _{OUT}	F3	V _{OUT}
A4	(NO PIN)	B4	(NO PIN)	C4	(NO PIN)	D4	(NO PIN)	E4	(NO PIN)	F4	(NO PIN)
A5	V _{IN}	B5	V _{IN}	C5	V _{IN}	D5	V _{IN}	E5	V _{IN}	F5	V _{INSNS}
A6	C ⁺	B6	C ⁺	C6	C ⁺	D6	C ⁺	E6	C ⁺	F6	C ⁺
A7	(NO PIN)	B7	(NO PIN)	C7	(NO PIN)	D7	(NO PIN)	E7	(NO PIN)	F7	(NO PIN)
A8	C ⁻	B8	C ⁻	C8	C ⁻	D8	C ⁻	E8	C ⁻	F8	C ⁻
A9	C ⁻	B9	C ⁻	C9	C ⁻	D9	GND	E9	GND	F9	GND
A10	C ⁻	B10	C ⁻	C10	C ⁻	D10	GND	E10	GND	F10	GND
A11	C ⁻	B11	C ⁻	C11	C ⁻	D11	GND	E11	GND	F11	GND
A12	GND	B12	GND	C12	GND	D12	GND	E12	GND	F12	GND

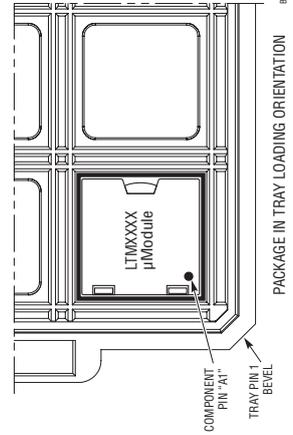
PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION	PIN ID	FUNCTION
G1	MID	H1	MID	J1	GND	K1	GND	L1	GND	M1	GND
G2	MID	H2	MID _{SNS}	J2	GND	K2	GND	L2	GND	M2	PGOOD
G3	V _{OUT}	H3	V _{OUT}	J3	FAULT	K3	TIMER	L3	RUN	M3	MODE/PLLIN
G4	(NO PIN)	H4	(NO PIN)	J4	INTV _{CC}	K4	TEST	L4	SGND	M4	CLKOUT
G5	C ⁺	H5	C ⁺	J5	(NO PIN)	K5	(NO PIN)	L5	(NO PIN)	M5	(NO PIN)
G6	C ⁺	H6	C ⁺	J6	C ⁺	K6	C ⁺	L6	C ⁺	M6	C ⁺
G7	(NO PIN)	H7	(NO PIN)	J7	(NO PIN)	K7	(NO PIN)	L7	(NO PIN)	M7	(NO PIN)
G8	C ⁻	H8	C ⁻	J8	C ⁻	K8	C ⁻	L8	C ⁻	M8	C ⁻
G9	GND	H9	GND	J9	TEMP ⁺	K9	TEMP ⁻	L9	TRACK/SS	M9	EXT_REF
G10	MID	H10	MID	J10	MID	K10	EXTV _{CC}	L10	COMP _b	M10	COMP _a
G11	MID	H11	MID	J11	MID	K11	TEMP	L11	HYS_PRGM	M11	FREQ
G12	MID	H12	MID	J12	MID	K12	V _{FB}	L12	SGND	M12	SGND

パッケージの説明

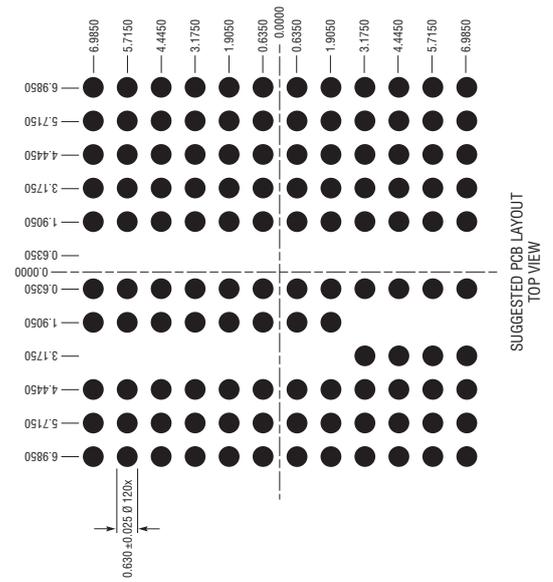
BGA Package
120-Lead (16mm × 16mm × 10.34mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1623 Rev 0)



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. BALL DESIGNATION PER JEDEC MS-028 AND JEP95
 4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 5. PRIMARY DATUM -Z- IS SEATING PLANE
 6. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG MODULE PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

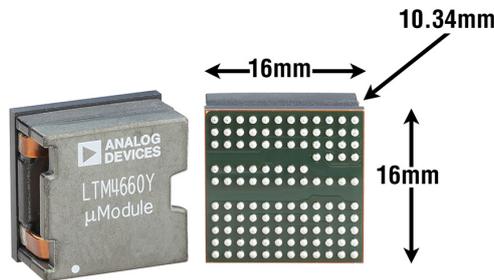


DIMENSIONS			
SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	9.94	10.34	10.74
A1	0.50	0.60	0.70
A2	1.72	1.82	1.92
b	0.60	0.75	0.90
b1	0.60	0.63	0.66
D		16.00	
E		16.00	
e		1.27	
F		13.97	
G		13.97	
H1	0.27	0.32	0.37
H2	1.45	1.50	1.55
H3	7.72	7.92	8.12
aaa			0.15
bbb			0.10
ccc			0.20
ddd			0.30
eee			0.15
fff			0.35
TOTAL NUMBER OF BALLS: 120			

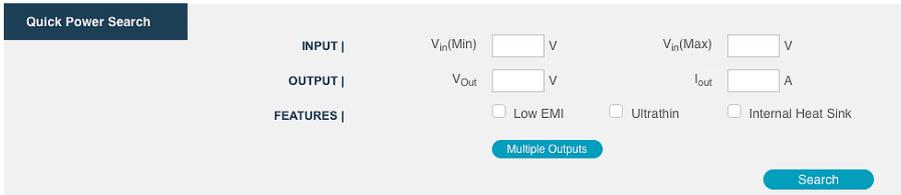


パッケージ写真

製品マーキングはインク・マーキングまたはレーザー・マーキングです。



設計リソース

SUBJECT	DESCRIPTION	
μModule Design and Manufacturing Resources	Design: <ul style="list-style-type: none"> • Selector Guides • Demo Boards and Gerber Files • Free Simulation Tools 	Manufacturing: <ul style="list-style-type: none"> • Quick Start Guide • PCB Design, Assembly and Manufacturing Guidelines • Package and Board Level Reliability
μModule Regulator Products Search	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sort table of products by parameters and download the result as a spread sheet. 2. Search using the Quick Power Search parametric table. 	
Digital Power System Management	Analog Devices' family of digital power supply management ICs are highly integrated solutions that offer essential functions, including power supply monitoring, supervision, margining and sequencing, and feature EEPROM for storing user configurations and fault logging.	

関連製品

製品番号	概要	注釈
LTM4664	PMBus インターフェースを備えた 54V _{IN} デュアル 25A または シングル 30A の μModule レギュレータ	30V ≤ V _{IN} ≤ 58V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 1.5V, 16mm × 16mm × 7.72mm BGA
LTM4664A	PMBus インターフェースを備えた 54V _{IN} デュアル 30A または シングル 60A の μModule レギュレータ	30V ≤ V _{IN} ≤ 58V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 1.5V, 16mm × 16mm × 7.72mm BGA
LTM4681	PMBus インターフェースを備えた クワッド 31.25A または シングル 125A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 3.3V, 15mm × 22mm × 8.17mm BGA
LTM4700	PMBus インターフェースを備えた デュアル 50A または シングル 100A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 1.8V, 15mm × 22mm × 7.87mm BGA
LTM4680	PMBus インターフェースを備えた デュアル 30A または シングル 60A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 3.3V, 16mm × 16mm × 7.82mm BGA
LTM4678	PMBus インターフェースを備えた デュアル 25A または シングル 50A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V, 0.5V ≤ V _{OUT} ≤ 3.3V, 16mm × 16mm × 5.86mm BGA
LTM4650	デュアル 25A または シングル 50A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 15V, 0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 1.8V, 16mm × 16mm × 5.01mm BGA
LTM4650A	高 V _{OUT} 範囲の デュアル 25A または シングル 50A の μModule レギュレータ	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 16V, 0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 5.5V, 16mm × 16mm × 5.01mm BGA, 16mm × 16mm × 4.41mm LGA