

## 超薄型の 1.5A $\mu$ Module 熱電クーラー (TEC) レギュレータ

### 特長

- 2つのゼロ・ドリフト、レールtoレール・チョッパ・アンプ内蔵
- 入力電圧範囲: 2.7V~5.5V
- 駆動能力: 1.5A
- 1%精度の2.5V内部リファレンス出力
- TEC電圧と電流のモニタリング
- 独立したプログラマブルな加熱電流制限と冷却電流制限
- プログラマブルな最大TEC電圧
- デフォルトのスイッチング周波数: 2MHz
- 同期範囲: 1.85MHz~3.25MHz
- NTC、PTC、およびRTDサーマル・センサーに対応
- 3.5mm×4mm×1.3mm LGAパッケージ

### アプリケーション

- TECによる温度制御
- 光ネットワーク・システム、光モジュール
- LiDARシステム

### 概要

LTM<sup>®</sup>4663は、小型の3.5mm×4mm×1.3mm LGAパッケージに収容された1.5A全機能内蔵型 $\mu$ Module<sup>®</sup>熱電クーラー (TEC)レギュレータです。TECコントローラ、リニア・パワー段、スイッチング・レギュレータ、インダクタ、および全ての周辺部品がパッケージに搭載されています。

LTM4663は、2.7V~5.5Vの入力電圧範囲で動作し、1.5Aの連続シンク電流またはソース電流能力をサポートします。必要なのは入力と出力のコンデンサだけです。LTM4663は、2つのゼロ・ドリフト、レールtoレール・チョッパ・アンプを内蔵しており、これらはサーミスタの入力アンプおよび温度帰還制御ループとして機能します。

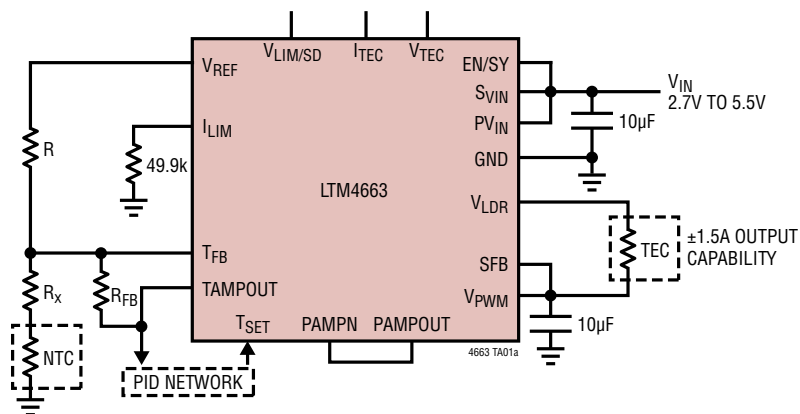
LTM4663は、NTCサーミスタ、PTCサーミスタ、および測温抵抗体 (RTD) をサポートします。最大冷却電流と最大加熱電流を別々にプログラムできます。最大TEC電圧も同様です。

LTM4663は、RoHSに準拠した端子仕上げのLGAで供給されます。

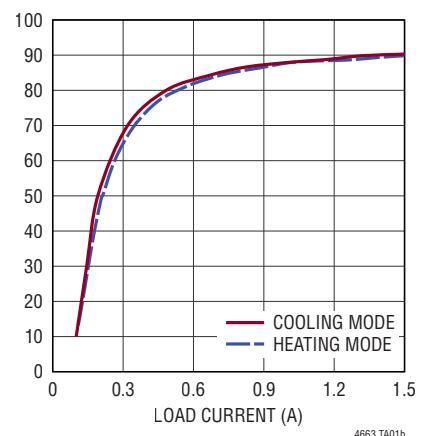
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。6,486,643を含む米国特許によって保護されています。

### 標準的応用例

1.5A TEC 電源  $\mu$ Module レギュレータ



$V_{IN} = 5V$ 、2 $\Omega$ 負荷、冷却/加熱モードでの  
効率とTEC電流

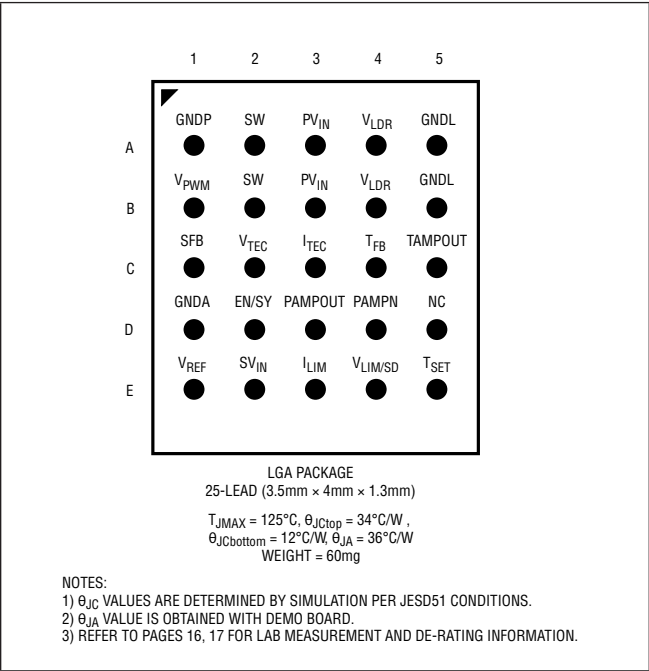


絶対最大定格

(Note 1)

|                                                                                      |                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $PV_{IN}$ 、 $SV_{IN}$ .....                                                          | $-0.3V \sim 5.75V$               |
| $V_{LDR}$ 、 $V_{PWM}$ .....                                                          | $-0.3V \sim PV_{IN}$             |
| $T_{FB}$ 、 $T_{SET}$ 、 $PAMPN$ 、 $SFB$ 、<br>$V_{LIM/SD}$ 、 $I_{LIM}$ 、 $EN/SY$ ..... | $-0.3V \sim SV_{IN}$             |
| $TAMPOUT$ 、 $PAMPOUT$ 、 $I_{TEC}$ 、 $V_{TEC}$ .....                                  | $-0.3V \sim 5.75V$               |
| $V_{REF}$ .....                                                                      | $-0.3V \sim 3V$                  |
| 動作ジャンクション温度                                                                          |                                  |
| (Note 2) .....                                                                       | $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ |
| 保存温度範囲.....                                                                          | $-55^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ |
| ハンダ・リフローのピーク・ボディ温度 .....                                                             | $260^{\circ}C$                   |

ピン配置



発注情報

| 製品番号          | パッド仕上げ    | 製品マーキング* |        | パッケージ・<br>タイプ | MSL 定格 | 温度範囲 (Note 2 参照)                 |
|---------------|-----------|----------|--------|---------------|--------|----------------------------------|
|               |           | デバイス     | 仕上げコード |               |        |                                  |
| LTM4663EV#PBF | Au (RoHS) | 4663V    | v      | LGA           | 3      | $-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$ |
| LTM4663IV#PBF |           |          |        |               |        | $-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$ |

• 更に広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店  
にお問い合わせください。\*パッドの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609に準拠し  
ています。

- [推奨のLGAアセンブリ手順および製造手順についての参照先](#)
- [LGA パッケージおよびトレイの図面](#)

電気的特性

●は仕様規定されている動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}C$  (Note 2) での値。

$PV_{IN} = SV_{IN} = 5V$ 、標準的応用例の構成による。

| SYMBOL        | PARAMETER                    | CONDITIONS                                   | MIN             | TYP        | MAX        | UNITS    |
|---------------|------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|------------|------------|----------|
| $PV_{IN}$     | Power Input Voltage          |                                              | 2.7             |            | 5.5        | V        |
| $SV_{IN}$     | Signal Input Voltage         |                                              | 2.7             |            | 5.5        | V        |
| $I_{Q(SVIN)}$ | Input Supply Bias Current    | PWM Not Switching<br>Shutdown, $EN/SY = GND$ |                 | 3.8<br>480 | 5.5<br>700 | mA<br>μA |
| UVLO          | Undervoltage Lockout         | $SV_{IN}$ Rising                             | 2.45            | 2.55       | 2.65       | V        |
| UVLO_HYS      | UVLO Hysteresis              |                                              |                 | 80         |            | mV       |
| $V_{REF}$     | Reference Voltage            |                                              | 2.475           | 2.5        | 2.525      | V        |
| $V_{TEC}$     | Max TEC Differential Voltage | No Load                                      | 93% • $PV_{IN}$ |            |            | V        |
| $I_{TEC}$     | Max TEC Current              |                                              |                 |            | 1.5        | A        |
| $I_{SFB}$     | SFB Bias Current             | (Note 3)                                     |                 | 1          |            | μA       |
| $t_{SS}$      | Soft-Start Time              |                                              |                 | 150        |            | ms       |
| $V_{LIM/SD}$  | Shutdown Voltage Threshold   |                                              |                 |            | 0.07       | V        |

## 電気的特性 ●は仕様規定されている動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) での値。

$PV_{IN} = SV_{IN} = 5V$ 、標準的応用例の構成による。

| SYMBOL           | PARAMETER                     | CONDITIONS                     | MIN  | TYP | MAX  | UNITS |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|-----|------|-------|
| FREQ             | Oscillator Frequency          |                                |      | 2.0 |      | MHz   |
| SYNC             | External Sync Frequency Range |                                | 1.85 |     | 3.25 | MHz   |
| $V_{EN/SY}$ Low  |                               | EN/SY Input Voltage Low Level  |      |     | 0.8  | V     |
| $V_{EN/SY}$ High |                               | EN/SY Input Voltage High Level | 2.1  |     |      | V     |

### エラー・アンプ

|          |                             |          |   |     |           |               |
|----------|-----------------------------|----------|---|-----|-----------|---------------|
| $V_{CM}$ | Input Voltage Range         | (Note 3) | 0 |     | $SV_{IN}$ | V             |
| $V_{OS}$ | Input Offset Voltage        | (Note 3) |   | 10  | 100       | $\mu\text{V}$ |
| CMRR     | Common Mode Rejection Ratio | (Note 3) |   | 120 |           | dB            |

### TEC 電流の制限

|           |                         |                                                                                              |                            |                            |                            |                      |
|-----------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| $V_{LIM}$ | $I_{LIM}$ Input Range   | Cooling<br>Heating                                                                           | 1.3<br>0.2                 |                            | $V_{REF} - 0.2$<br>1.2     | V<br>V               |
| $I_{LIM}$ | Current Limit Threshold | Cooling $V_{LIM} = 1.3V$<br>$V_{LIM} = 1.8V$<br>Heating $V_{LIM} = 1.2V$<br>$V_{LIM} = 0.7V$ | 220<br>1125<br>220<br>1125 | 300<br>1260<br>300<br>1260 | 360<br>1375<br>360<br>1375 | mA<br>mA<br>mA<br>mA |

### TEC 電圧の制限

|               |                       |                                   |     |   |             |     |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------|-----|---|-------------|-----|
| $V_{V_{LIM}}$ | $V_{LIM}$ Input Range |                                   | 0.2 |   | $SV_{IN}/2$ | V   |
| $AV_{LIM}$    | Voltage Limit Gain    | $(V_{LDR} - V_{SFB})/V_{V_{LIM}}$ |     | 2 |             | V/V |

### TEC 電流の測定

|            |                         |                                                                                                                    |  |                              |  |                  |
|------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--|------------------|
| $R_{CS}$   | Current Sense Gain      | $V_{IN} = 5V$                                                                                                      |  | 0.535                        |  | V/A              |
| $V_{ITEC}$ | TEC Current Measurement | Heating $I_{LOAD} = -1.5A$<br>Heating $I_{LOAD} = -0.5A$<br>Cooling $I_{LOAD} = 0.5A$<br>Cooling $I_{LOAD} = 1.5A$ |  | 0.45<br>0.98<br>1.52<br>2.05 |  | V<br>V<br>V<br>V |

### TEC 電圧の測定

|                      |                         |                                                                                                                                                              |       |                                       |       |                       |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------|
| $AV_{TEC}$           | Voltage Sense Gain      |                                                                                                                                                              |       | 0.25                                  |       | V/V                   |
| $V_{V_{TEC}}$        | TEC Voltage Measurement | TEC = 4.8V, $V_{LIM} = 2.5V$<br>TEC = 2.4V, $V_{LIM} = 2.5V$<br>TEC = 0V, $V_{LIM} = 2.5V$<br>TEC = -2.4V, $V_{LIM} = 2.5V$<br>TEC = -4.8V, $V_{LIM} = 2.5V$ |       | 2.45<br>1.85<br>1.25<br>0.625<br>0.05 |       | V<br>V<br>V<br>V<br>V |
| $V_{V_{TEC\_RANGE}}$ | $V_{TEC}$ Output Range  |                                                                                                                                                              | 0.005 |                                       | 2.625 | V                     |

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

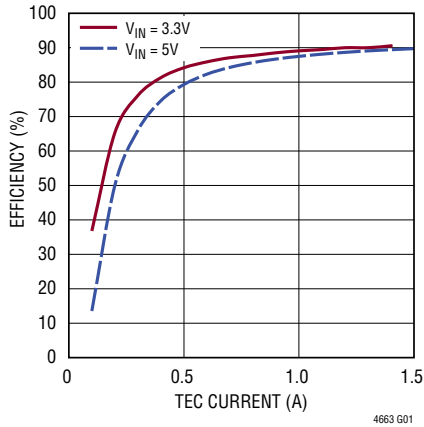
**Note 2:** LTM4663は $T_J$ が $T_A$ にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTM4663Eは、 $0^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の内部動作温度範囲で性能仕様に適合することが確認されている。 $-40^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の全内部動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTM4663Iは $-40^\circ\text{C}$ ～ $125^\circ\text{C}$ の全内部動作温度範囲で仕様に適合することが確認されている。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

**Note 3:** ウェーハ・レベルで全数テストされる。

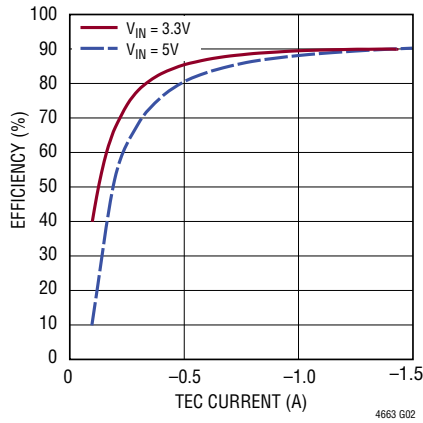
**Note 4:** このデバイスには、短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなときジャンクション温度は $125^\circ\text{C}$ を超える。規定された最大動作ジャンクション温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

## 代表的な性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

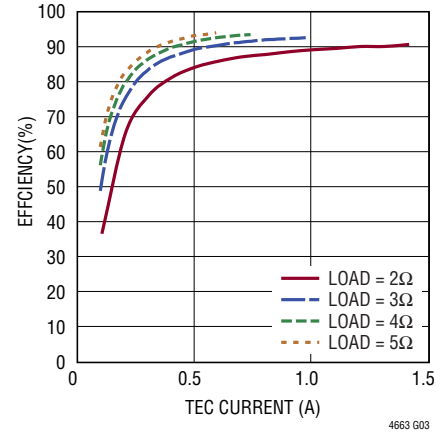
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ および $5\text{V}$ 、 $2\Omega$ 負荷、  
冷却モードでの効率とTEC電流



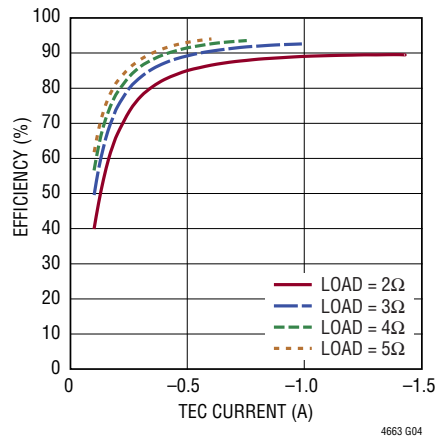
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ および $5\text{V}$ 、 $2\Omega$ 負荷、  
加熱モードでの効率とTEC電流



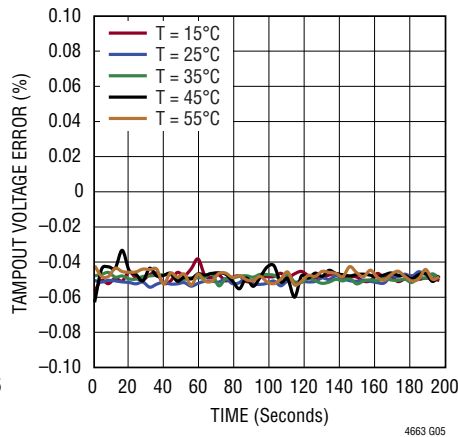
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、様々な負荷、  
冷却モードでの効率とTEC電流



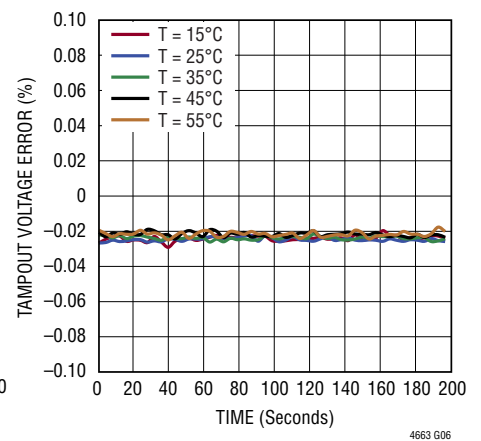
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、様々な負荷、  
加熱モードでの効率とTEC電流



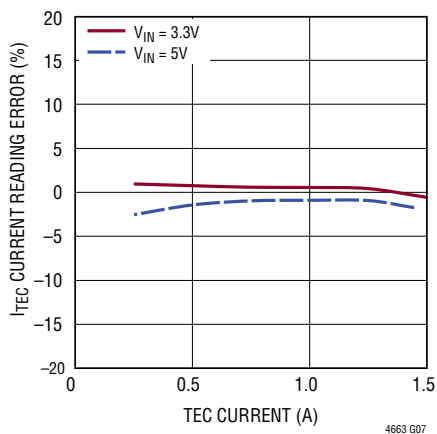
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $T_{SET} = 1\text{V}$ での  
周囲温度変化に対する熱的安定性



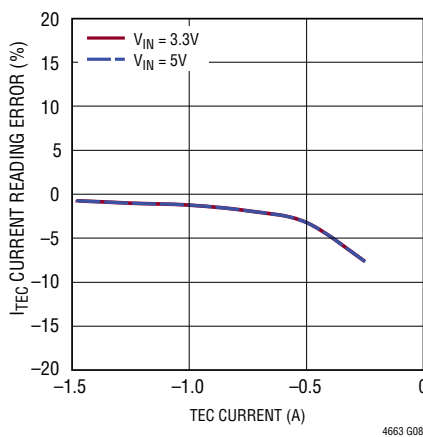
$V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $T_{SET} = 1.5\text{V}$ での  
周囲温度変化に対する熱的安定性



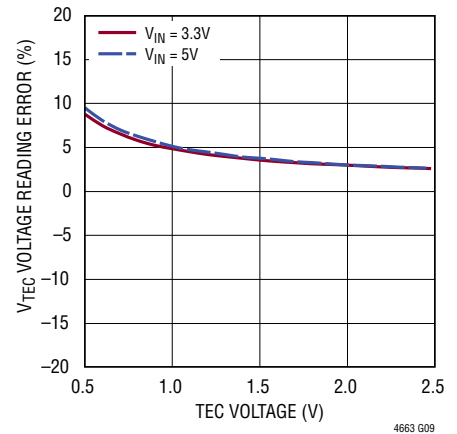
冷却モードでの $I_{TEC}$ 電流  
読出し誤差とTEC電流



加熱モードでの $I_{TEC}$ 電流  
読出し誤差とTEC電流



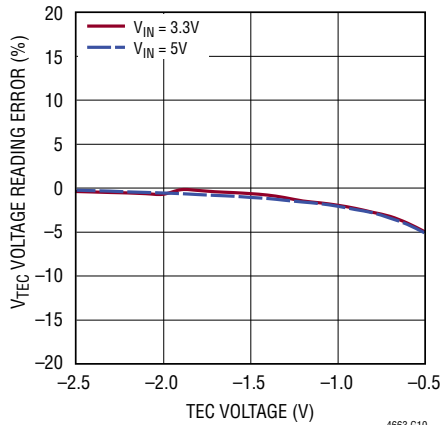
冷却モードでの $V_{TEC}$ 電圧  
読出し誤差とTEC電圧



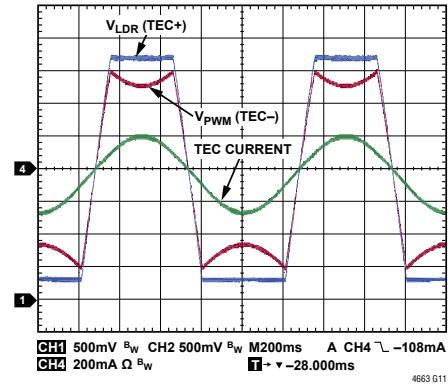
# 代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

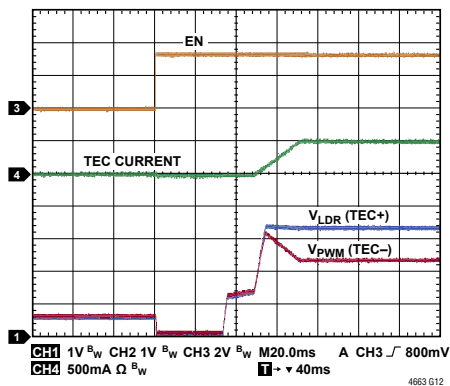
加熱モードでの  $V_{\text{TEC}}$  電圧  
読み出し誤差と TEC 電圧



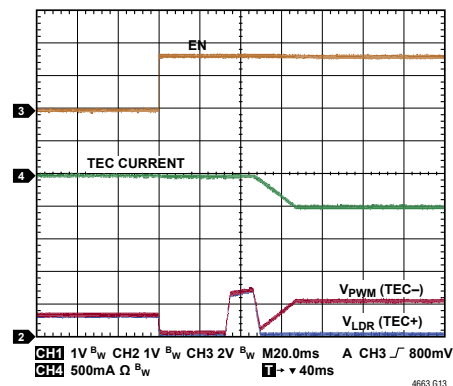
冷却/加熱モードの遷移



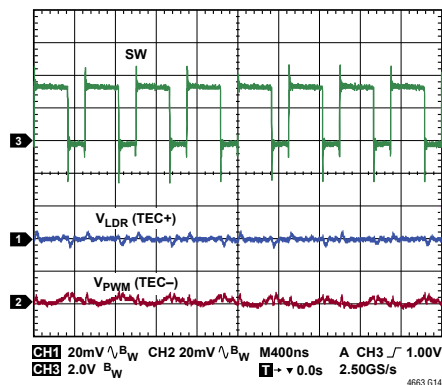
冷却モードでの代表的なイネーブル波形、 $V_{\text{IN}} = 3.3\text{V}$ 、負荷 =  $2\Omega$ 、TEC 電流 =  $0.5\text{A}$



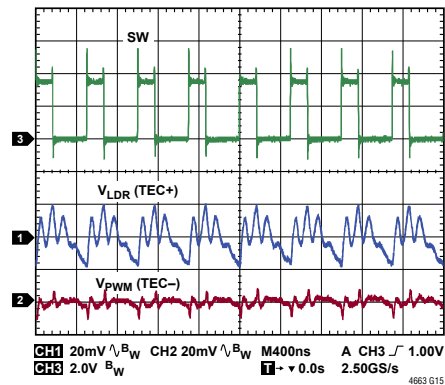
加熱モードでの代表的なイネーブル波形、 $V_{\text{IN}} = 3.3\text{V}$ 、負荷 =  $2\Omega$ 、TEC 電流 =  $-0.5\text{A}$



加熱モードでの代表的なスイッチ波形  
および電圧リップル波形、 $V_{\text{IN}} = 3.3\text{V}$ 、  
負荷 =  $2\Omega$ 、TEC 電流 =  $-1\text{A}$



冷却モードでの代表的なスイッチ波形  
および電圧リップル波形、 $V_{\text{IN}} = 3.3\text{V}$ 、  
負荷 =  $2\Omega$ 、TEC 電流 =  $1\text{A}$



## ピン機能

**GNDP (A1) :** PWMスイッチング・モード・レギュレータのパワー・グラウンド・ピン。実装面積の広い銅箔を使用してGNDLに接続します。

**SW (A2, B2) :** テストの目的で使用されるPWMスイッチング・モード・レギュレータのスイッチング・ノード。RCスナバ回路ネットワークを接続して、スイッチ・ノードのリングングを低減または除去できます。それ以外の場合はフロート状態のままにします。

**PVIN (A3, B3) :** PWMスイッチング・モード・レギュレータとリニア・パワー段の両方の電源入力ピン。これらのピンとGNDP/GNDL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PV<sub>IN</sub>ピンとGNDPピンの間に直接接続することを推奨します。

**VLDR (A4, B4) :** リニア・パワー出力ピン。TECデバイスをV<sub>PWM</sub>ピンとV<sub>LDR</sub>ピンの間に接続します。

**GNDL (A5, B5) :** リニア・パワー段のパワー・グラウンド・ピン。実装面積の広い銅箔を使用してGNDPに接続します。

**VPWM (B1) :** PWMスイッチング・モード・レギュレータのパワー出力ピン。TECデバイスをV<sub>PWM</sub>ピンとV<sub>LDR</sub>ピンの間に接続します。出力デカップリング・コンデンサはV<sub>PWM</sub>ピンとGNDPピンの間に直接接続することを推奨します。

**SFB (C1) :** PWMスイッチング・モード・レギュレータの電圧帰還ピン。このピンはTECデバイスに近づけて接続します。

**VTEC (C2) :** TECデバイスの電圧モニタ・ピン。

**ITEC (C3) :** TECデバイスの電流モニタ・ピン。

**TFB (C4) :** 温度帰還ピン。このピンはサーミスタ入力に接続します。このピンはサーミスタ温度エラー・アンプの反転入力に接続されています。詳細については、[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。

**TAMPOUT (C5) :** サーミスタ温度エラー・アンプの出力。

**GNDA (D1) :** 内部制御回路の信号グラウンド・ピン。全てのアナログ回路の帰還グラウンド経路です。アプリケーションではGNDP/GNDLに一点接続します。[図17](#)のレイアウトのガイドラインを参照してください。

**EN/SY (D2) :** TECドライバのイネーブル入力および外部同期入力。デバイスをイネーブルするには、このピンをロジック・ハイに設定します。このピンには外部同期クロックを入力できます。

**PAMPOUT (D3) :** 補償アンプの出力。

**PAMPN (D4) :** 補償アンプの反転入力。

**NC (D5) :** テストの目的に使用されるピン。フロート状態のままにしてください。何も接続しないでください。

**VREF (E1) :** 2.5Vの内部リファレンス出力電圧。このピンは、0.1μFのコンデンサにより内部でデカップリングされています。追加のデカップリングは不要です。

**SVIN (E2) :** 信号用V<sub>IN</sub>ピン。内部制御回路へのフィルタ処理済み入力電圧。ほとんどのアプリケーションでは、PV<sub>IN</sub>に直接接続します。

**ILIM (E3) :** 電流制限の設定ピン。V<sub>REF</sub>とGNDAの間に抵抗分圧器R<sub>CT</sub>/R<sub>CB</sub>を外付けすることにより、TECドライバの冷却および加熱電流制限を設定します。詳細については、[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。

**VLIM/SD (E4) :** 電圧制限の設定ピン。このピンとGNDAの間に抵抗を外付けすることにより、TECドライバの冷却および加熱電圧制限を設定します。詳細については、[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。

**TSET (E5) :** TECドライバの温度設定ピン。このピンは補償アンプの非反転入力です。T<sub>SET</sub>の電圧は、シンク電流またはソース電流をTECデバイスから流すことにより、サーミスタの目標温度を制御します。



## 動作

LTM4663は、全機能内蔵型の熱電クーラー(TEC)  $\mu$ Moduleレギュレータで、TECの温度を設定し、安定化してモニタします。入力コンデンサと出力コンデンサを外付けすることで、最大1.5Aのシンク電流またはソース電流を供給できます。LTM4663は、2.7V～5.5Vの入力電圧範囲で動作して、内部のFET Hブリッジを制御します。これにより、TECを流れる電流の方向は、正(冷却モードの場合)にも負(加熱モードの場合)にもなります。

LTM4663は、サーマル・センサー入力を線形化して、アナログ温度帰還制御ループを形成する2つの自己補正、自動ゼロ調整アンプ(チョッパ1およびチョッパ2)を内蔵しています。ゼロ・ドリフトのチョッパ・アンプを内蔵しているため、自律温度制御ループによって極めて良好な長期温度安定性が維持されます。アナログPID制御の設定方法の概要については、図18を参照してください。これに対して、デジタルPID制御の設定については、図19を参照してください。

また、LTM4663は、ソフトウェア制御PIDループでの使用に合わせて構成できます。この想定では、チョッパ1アンプ

を、外部の温度計測 A/D コンバータ(ADC)に接続したサーミスタ入力アンプとして構成できます。チョッパ2アンプは、温度設定点を制御する外部のD/Aコンバータ(DAC)のバッファとして使用します。DACを $T_{SET}$ に接続して、PAMPNピンとPAMPOUTピンを互いに短絡します。LTM4663の外部回路をデジタルPID制御用に構成する方法の概要については、図19を参照してください。

優れた効率と小型ソリューション・サイズを実現するため、LTM4663はHブリッジの片側ではPWMスイッチング・モード電源を利用する一方で、反対側ではリニア・パワー段を利用します。2MHzのデフォルト・スイッチング周波数と、10 $\mu$ Fのコンデンサにより、最も厳しい条件でのTEC両端での出力電圧リップルを1%未満に維持します。

TEC両端での最大電圧とTECを流れる電流は、 $V_{LIM/SD}$ ピンと $I_{LIM}$ ピンを使用して設定します。冷却および加熱の最大電流は個別に設定できるため、冷却と過熱の制限値は非対称にすることができます。リアルタイムのTEC電圧および電流は、 $V_{TEC}$ ピンと $I_{TEC}$ ピンを使用してモニタできます。

## アプリケーション情報

### 動作原理

LTM4663は、2つのハーフ・ブリッジ・タイプのパワー段、PWMスイッチング・モード・レギュレータ、およびリニア・パワー段を内蔵しており、中間に接続されたTECデバイスとの間で電流の流入または流出が可能です(図2参照)。

物体の温度は外部のサーマル・センサーで計測します。検出された温度(電圧)は $T_{FB}$ ピンでLTM4663に戻り、閉じた熱制御ループが完成します。サーミスタ入力アンプは、サーミスタ検出電圧を増幅して、PID補償アンプに出力します。その後、PID補償アンプは、帰還ループ応答を補償して、PWMスイッチング・モード・レギュレータとリニア・パワー段の両方を駆動し、TECを駆動して物体を加熱または冷却します。

### 入力と出力のデカップリング・コンデンサ

独自の回路構成と2MHzのデフォルト・スイッチング周波数を活用することにより、TEC両端での出力電圧リップルを最も厳しい条件で1%未満に維持するのに、PWMスイッチング・レギュレータの入力と出力に必要なセラミック・コンデンサが1つだけで済みます。出力リップルや動的トランジェント・スパイクを更に低減する必要がある場合は、システム設計者が出力フィルタを追加することが必要になる可能性があります。

### イネーブルおよびシャットダウン

LTM4663をイネーブルするには、 $V_{LIM/SD}$ ピンの電圧がシャットダウン閾値の最大値である0.07Vより高いときに、EN/SYピンにロジック・ハイの電圧を印加します。EN/SYピンの電圧がロジック・ローに設定されるか、 $V_{LIM/SD}$ の電



## アプリケーション情報

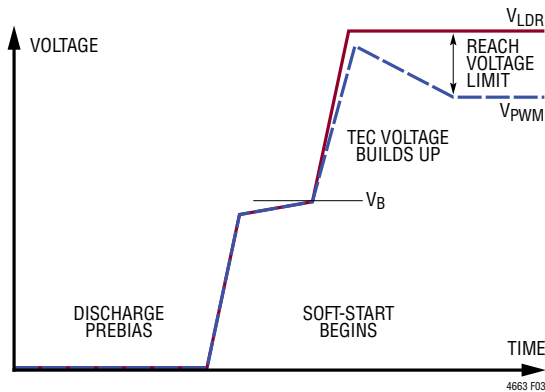


図3. 冷却モードでのソフトスタート・プロファイル

## 最大TEC電圧の制限

LTM4663のTECドライバの最大電圧を個別に設定するには、 $V_{LIM/SD}$ ピンとGNDAの間に抵抗( $R_V$ )を接続します。電圧制限回路は双方向に動作し、冷却制限値と過熱制限値を異なる値にすることができます。

図4に示すように、 $V_{LIM/SD}$ に接続されている内部電流シンク回路は、LTM4663がTECを加熱方向に駆動すると電流を流します。これにより、 $V_{LIM/SD}$ の電圧は低下します。この電流シンク回路は、TECが冷却方向に駆動されているときは動作しません。このため、TECの加熱電圧制限値は、冷却電圧制限値より常に低くなります。

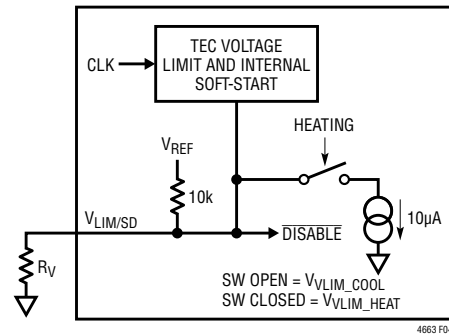


図4. TEC電圧制限の設定

冷却モードでの最大TEC電圧は、次のように計算できます。

$$V_{LIM\_COOL} = 2 \cdot 2.5V \cdot \frac{R_V}{10k + R_V}$$

加熱モードでの最大TEC電圧は、次のように計算できます。

$$V_{LIM\_HEAT} = 2 \cdot \left( 2.5V \cdot \frac{R_V}{10k + R_V} - 10\mu A \cdot \frac{10k \cdot R_V}{10k + R_V} \right)$$

代表的なTEC電圧制限設定値の一覧については、表2を参照してください。

表2. 代表的なTEC電圧制限設定値の例

| 下側の抵抗 $R_V$<br>(kΩ) | 最大TEC電圧<br>(冷却モード)<br>(V) | 最大TEC電圧<br>(加熱モード)<br>(V) |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| OPEN                | 5                         | -4.8                      |
| 90.9                | 4.5                       | -4.32                     |
| 40.2                | 4                         | -3.84                     |
| 23.2                | 3.5                       | -3.35                     |
| 15                  | 3                         | -2.88                     |
| 10                  | 2.5                       | -2.4                      |
| 6.65                | 2                         | -1.92                     |
| 4.22                | 1.5                       | -1.42                     |
| 2.49                | 1                         | -0.96                     |

## アプリケーション情報

### 最大 TEC 電流の制限

LTM4663のTECドライバの最大電流を個別に設定するには、 $V_{REF}$ とGNDAの間に抵抗分圧器( $R_{CT}/R_{CB}$ )を接続します。

図5に示すように、 $I_{LIM}$ に接続されている内部電流シンク回路は、LTM4663がTECを冷却方向に駆動すると40 $\mu$ Aの電流を流します。これにより、大きな冷却電流を流すことができます。この電流シンク回路は、TECが加熱方向に駆動されているときは動作しません。

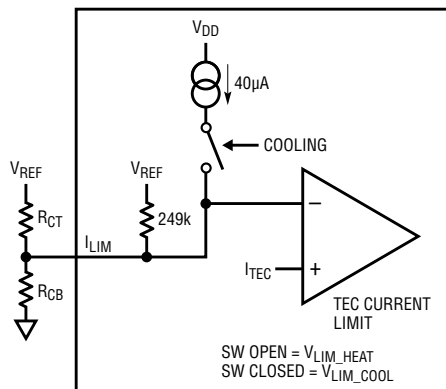


図5. TEC 電流制限の設定

加熱モードでの最大TEC電流制限値は、次のように計算できます。

$$I_{LIM\_HEAT} = \frac{1.25V - 2.5V \cdot \frac{R_{CB}}{R_{CT} // 249k + R_{CB}}}{0.535}$$

冷却モードでの最大TEC電流制限値は、次のように計算できます。

$$I_{LIM\_COOL} = \frac{2.5V \cdot \frac{R_{CB}}{R_{CT} // 249k + R_{CB}} + 40\mu A \cdot \frac{R_{CT} // 249k \cdot R_{CB}}{R_{CT} // 249k + R_{CB}} - 1.25V}{0.535}$$

代表的なTEC電流制限設定値の一覧については、図3を参照してください。

表3. 代表的なTEC電流制限設定値の例

| 上側の抵抗 $R_{CT}$<br>(k $\Omega$ ) | 下側の抵抗 $R_{CB}$<br>(k $\Omega$ ) | TEC 電流の制限値<br>(冷却モード)<br>(A) | TEC 電流の制限値<br>(加熱モード)<br>(A) |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| OPEN                            | 49.9                            | 1.5                          | -1.5                         |
| 316                             | 43.2                            | 1.2                          | -1.2                         |
| 140                             | 37.4                            | 1                            | -1                           |
| 63.4                            | 28                              | 0.7                          | -0.7                         |
| 38.3                            | 21.5                            | 0.5                          | -0.5                         |

## アプリケーション情報

### TEC 電圧のモニタ

$V_{TEC}$  は、アナログ電圧出力ピンで、その電圧は TEC 両端間の実際の電圧に比例します。 $V_{TEC}$  の中点電圧である 1.25V は、TEC 両端間の電圧差が 0V であることに相当します。次式を使用して、 $V_{TEC}$  の電圧と TEC 両端間の電圧を変換します。

$$V_{TEC} = 1.25V + 0.25 \cdot (V_{LDR} - V_{PWM})$$

### TEC 電流のモニタ

$I_{TEC}$  は、アナログ電圧出力ピンで、その電圧は TEC を流れる実際の電流に比例します。 $I_{TEC}$  の中点電圧である 1.25V は、TEC を流れる電流が 0A であることに相当します。以下の式を使用して、 $I_{TEC}$  の電圧と TEC を流れる電流を変換します。

$$V_{ITEC\_COOLING} = 1.25V + I_{LDR} \cdot R_{CS}$$

$$V_{ITEC\_HEATING} = 1.25V - I_{LDR} \cdot R_{CS}$$

ここで、電流検出ゲイン  $R_{CS}$  は 0.535V/A です。

### サーミスタのセットアップ

サーミスタと温度の関係は非線形ですが、適切な値の  $R_X$  をサーミスタと直列に接続することで、仕様規定温度範囲で最適に近い直線性を実現できます。

まず、様々な温度でのサーミスタ抵抗を知る必要があります。ここで、

$$R_{LOW} = R_{TH} \text{ at } T_{LOW}$$

$$R_{MID} = R_{TH} \text{ at } T_{MID}$$

$$R_{HIGH} = R_{TH} \text{ at } T_{HIGH}$$

$T_{LOW}$  と  $T_{HIGH}$  は温度範囲の端点であり、 $T_{MID}$  は平均です。サーミスタの材料定数  $\beta$  のみが分かっているような場合には、次式を使用して  $R_{TH}$  を計算します。

$$R_{TH} = R_R \exp \left[ \beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_R} \right) \right]$$

ここで、

$R_{TH}$  は温度  $T$  (K) でのサーミスタ抵抗。

$R_R$  は標準のリファレンス温度  $T_R$  (K) での公称のサーミスタ抵抗。

次式を使用して  $R_X$  を計算します。

$$R_X = \left( \frac{R_{LOW} R_{MID} + R_{MID} R_{HIGH} - 2 R_{LOW} R_{HIGH}}{R_{LOW} + R_{HIGH} - 2 R_{MID}} \right)$$

### サーミスタ・アンプ

チョッパ 1 アンプはサーミスタの入力アンプとして使用できます。図 6 では、出力電圧はサーミスタ温度の関数です。 $TAMP_{OUT}$  の電圧は次のように表されます。

$$V_{TAMP_{OUT}} = \left( \frac{R_{FB}}{R_{TH} + R_X} - \frac{R_{FB}}{R} + 1 \right) \cdot \frac{V_{REF}}{2}$$

ここで、

$R_{TH}$  はある温度でのサーミスタ抵抗。

$R_X$  は補償抵抗。

チョッパ 1 アンプを各アプリケーションの温度範囲に応じて最適化して、電圧対温度の直線性と温度設定分解能を向上させます。 $V_{TAMP_{OUT}}$  と温度の曲線の中心を  $T_{MID}$  に合わせるには、次式を使用して  $R$  を計算します。

$$R = R_X + R_{MID}$$

図 6 に、 $V_{TAMP_{OUT}}$  と温度の曲線を示します。ここでは、 $V_{TAMP_{OUT}}$  の中心を 25°C での  $V_{REF}/2$  に合わせています。平均温度対電圧の係数は、5°C から 45°C までの範囲では 25mV/°C です。

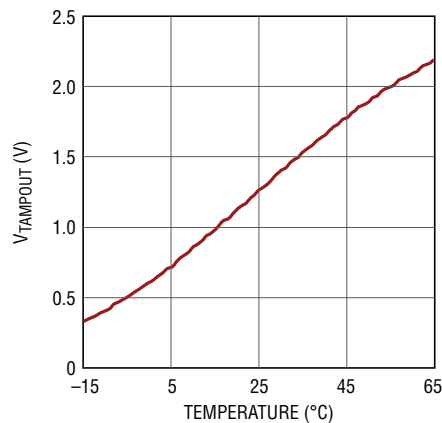


図 6.  $V_{TAMP_{OUT}}$  と温度

4663 F06

## アプリケーション情報

### PID 補償アンプ

チョッパー2アンプは、PID 補償アンプとして使用します。TAMPOUTの電圧がPID 補償アンプに入力されます。周波数応答は補償ネットワークによって決まります。温度設定電圧をT<sub>SET</sub>に入力します。図7では、次式を使用してPAMPOUTの電圧を計算します。

$$V_{\text{PAMPOUT}} = V_{\text{TSET}} - \frac{Z_2}{Z_1} (V_{\text{TAMPOUT}} - V_{\text{TSET}})$$

ここで、

V<sub>TSET</sub>はT<sub>SET</sub>ピンへの制御電圧入力です。V<sub>TSET</sub>は、物体の目標温度を設定します。図6を例にとると、T<sub>SET</sub>の電圧設定値を1.25Vにした場合、物体の目標温度は25°Cに維持されます。T<sub>SET</sub>の電圧設定値を0.75Vにすると、物体は5°Cまで冷却され、T<sub>SET</sub>の電圧設定値を1.75Vにすると、物体は45°Cまで加熱されます。

Z<sub>1</sub>はR<sub>I</sub>、R<sub>D</sub>、およびC<sub>D</sub>のインピーダンスです (図7を参照)。

Z<sub>2</sub>はR<sub>P</sub>、C<sub>I</sub>、およびC<sub>F</sub>のインピーダンスです (図7を参照)。

厳密な補償ネットワークを設定します。このネットワークは、単純な積分器から比例-積分 (PI)、PID (比例-積分-微分)、またはその他の種類のネットワークまで様々です。また、補償の種類と部品の値も決めます。これらは物体とTECの熱応答に依存するからです。これらの値を実験的に決める1つの方法は、階段関数をT<sub>SET</sub>に入力することです。この方法で目標温度を変更し、補償ネットワークを調整して、TEC 温度のセトリング・タイムを最小限に抑えます。

レーザー・モジュールの温度制御に適した代表的な補償ネットワークは、非常に低い周波数にポールが1つあり、高周波に2つの異なるゼロがあるPID ループです。図7に、PID 補償を実装するための単純なネットワークを示します。制御ループのノイズ感度を低減するには、ゼロの周波数より高い周波数に別のポールを追加します。大きさのボード線図を図8に示します。

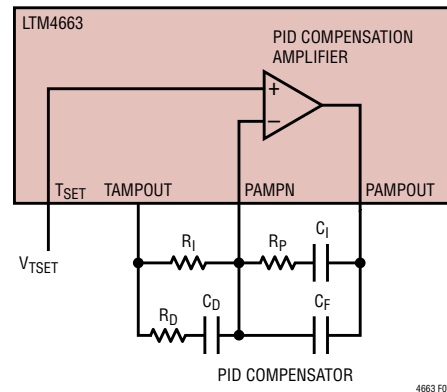


図7. アナログPIDの補償ネットワーク

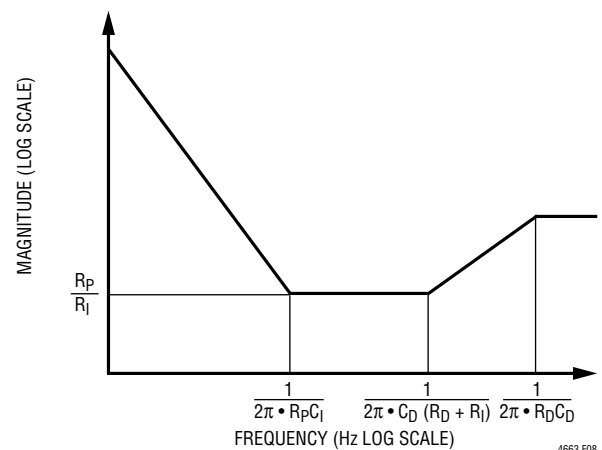


図8. PID 補償のボード線図

安定性を確保するには、クロスオーバー周波数をTECおよびサーミスタの熱時定数より低くする必要があります。ループの安定性に関して記述している教本は数多く存在し、補償ネットワークの最適化に関する全ての方法および相反関係について論じることは、このデータシートの範囲を超えています。

TAMPOUTは、システムの熱的不安定性を評価するのに便利な評価基準です。熱ループが定常状態にある場合、TAMPOUTの電圧はT<sub>SET</sub>の電圧と等しくなります。これは、制御状態にある物体の温度が目標の温度と等しいことを意味します。

## アプリケーション情報

## スイッチング・モード段とリニア・パワー段

PID 補償アンプ信号の出力 (PAMPOUT) を使用して、スイッチング・モード・レギュレータとリニア・パワー段の両方を駆動し、両者の間に接続されている TEC デバイスの両端に正または負の電圧を発生させます。図 9 に、TEC デバイスに加わる電圧である差動電圧  $V_{LDR} - V_{PWM}$  と PAMPOUT の電圧との関係を示します。

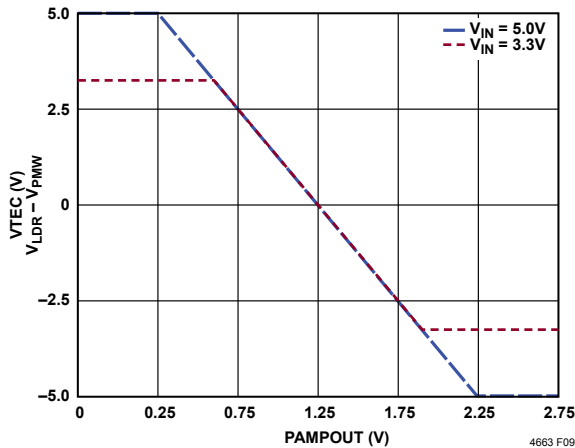


図 9. TEC 電圧と PAMPOUT の電圧

## 熱に関する検討事項と出力電流のディレーティング

データシートのピン配置のセクションに記載された熱抵抗は、JESD 51-9 に定義されたパラメータと整合しています。これらのパラメータは、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。モデリング・ツールでは、JESD51-9 (Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements) によって定義されたハードウェア・テストボードに  $\mu$ Module パッケージを実装して行われたハードウェア評価で得られた熱的モデリング、シミュレーション、相関の結果を使用します。これらの熱係数を示す意図は、JESD51-12 (Guidelines for Reporting and Using Electronic Package Thermal Information) に記載されています。

多くの設計者は、様々な電気的および環境的動作条件で動作する実際のアプリケーションにおける  $\mu$ Module レギュレータの熱性能を予測するのに、実験室の装置およびデモボードのようなテスト手段の使用を選択して、FEA の作業を補強できます。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記載された熱抵抗は、それだけでは熱性能の

目安を示すことになりません。むしろ、このデータシートに示されたディレーティング曲線を使った方が、アプリケーションへの適用方法に沿った見通しと参考情報が得られ、熱性能をユーザ独自のアプリケーションと対応付けるようにディレーティング曲線を適合させることができます。

ピン配置のセクションには、通常は JESD51-12 に明示的に定義された 4 つの熱係数が記載されています。これらの係数は以下のように引用されるか言い換えられます。

1.  $\theta_{JA}$  (接合部から周囲までの熱抵抗) は、1 立方フィートの密閉された筐体内で測定された、接合部から自然対流する周囲の空気までの熱抵抗です。この環境は、自然対流により空気が移動しますが、「自然空冷」と呼ばれることがあります。この値は、JESD 51-9 で定義されているテストボードに実装したデバイスを使って決定されます。このテストボードは実際のアプリケーションまたは実現可能な動作条件を反映するものではありません。
2.  $\theta_{JCbottom}$  (接合部から製品のケースの底面までの熱抵抗) は、パッケージの底面を通して流れ出す部品の全消費電力によって決まります。標準的な  $\mu$ Module レギュレータでは、熱の大半がパッケージの底面から流出しますが、周囲の環境への熱の流出が必ず発生します。その結果、この熱抵抗値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にアプリケーションに合致しません。
3.  $\theta_{JCTop}$  (接合部から製品のケースの上面までの熱抵抗) は、部品のほぼ全消費電力がパッケージの上面を通して流れ出す状態で決定されます。標準的  $\mu$ Module の電氣的接続はパッケージの底部なので、接合部からデバイスの頂部に熱の大半が流れるようにアプリケーションが動作することは稀です。 $\theta_{JCbottom}$  の場合のように、この値はパッケージの比較には役立ちますが、このテスト条件は一般にアプリケーションに合致しません。
4.  $\theta_{JB}$  (接合部からプリント回路基板までの熱抵抗) は、熱の大部分が  $\mu$ Module の底部を通して基板に流れ出すときの接合部から基板までの熱抵抗であり、実際には、 $\theta_{JCbottom}$  と、デバイスの底部から半田接合部を通り、基板

## アプリケーション情報

の一部までの熱抵抗の和です。基板の温度は、両面の2層基板を使って、パッケージからの規定された距離で測定されます。この基板はJESD 51-9で説明されています。

前述の熱抵抗を図式化したものが図10です。青色の部分は $\mu$ Moduleレギュレータ内部の熱抵抗、緑色の部分は $\mu$ Moduleの外部に存在する熱抵抗です。

実際には、JESD 51-12またはピン配置のセクションで定義されている4種類の熱抵抗パラメータは、個別でもいくつかの組み合わせでも、 $\mu$ Moduleレギュレータの通常の動作条件を再現することも表現することもないので注意してください。例えば、通常の基板実装アプリケーションでは、デバイスの全電力損失(熱)の100%が $\mu$ Moduleレギュレータの上面のみを通るか底面のみを通して熱的に伝達されることはありません。これは、 $\theta_{JCtop}$ および $\theta_{JCbottom}$ を標準規格で個々に定義しているのと同様です。実際には、電力損失はパッケージの両面から熱的に放散されます。ヒートシンクと空気流がない場合には、当然、熱流の大部分は基板に流れます。

SIP (System-In-Package) モジュール内部では、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、その結果、部品やダイの様々な接合部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線形ではないことに注意してください。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、(しかも実用的な現実性を無視せずに)解決するため、制御環境室でのラボ・テストと共にFEAソフトウェア・モデリングを使用するやり方を採用して、このデー

タシートに記載されている熱抵抗値を合理的に定義して相関をとります。(1)はじめに、FEAソフトウェアを使用し、正確な材料係数に加えて正確な電力損失源の定義を使用することにより、 $\mu$ Moduleと指定のPCBの機械的形状モデルを高い精度で構築します。(2)このモデルによって、JESD51-9に適合するソフトウェア定義のJEDEC環境のシミュレーションを行い、様々な界面における電力損失熱流と温度計測値を予測します。その値からJEDEC定義の熱抵抗値を計算できます。(3)モデルとFEAソフトウェアを使用してヒートシンクと空気流がある場合の $\mu$ Moduleの熱性能を評価します。(4)これらの熱抵抗値を計算して分析し、ソフトウェア・モデル内で様々な動作条件によるシミュレーションを行った上で、これを再現する徹底した評価実験を実施します。具体的には、制御環境チャンバ内で、シミュレーションと同じ電力損失でデバイスを動作させながら、熱電対を使用して温度を測定します。このプロセスと必要な作業の結果、このデータシートの別のセクションに示されているディレーティング曲線が得られました。これらの実験室評価を実施し、 $\mu$ Moduleモデルとの相関をとってから $\theta_{JB}$ と $\theta_{BA}$ を合計すると、適切な環境のチャンバ内における空気流およびヒートシンクなしの $\mu$ Moduleモデルと、極めてよい相関が得られました。この $\theta_{JB} + \theta_{BA}$ の値はピン配置のセクションに示されていますが、空気流がなく上面にヒートシンクを取り付けていない状態では、電力損失のほぼ100%が接合部から基板を通して周囲に流れるので、この値は $\theta_{JA}$ の値に正確に等しくなります。

図11および図12の電力損失曲線を図13～図16の負荷電流ディレーティング曲線と組み合わせて使用することにより、LTM4663の熱抵抗 $\theta_{JA}$ を概算できます。電力損失曲線は室

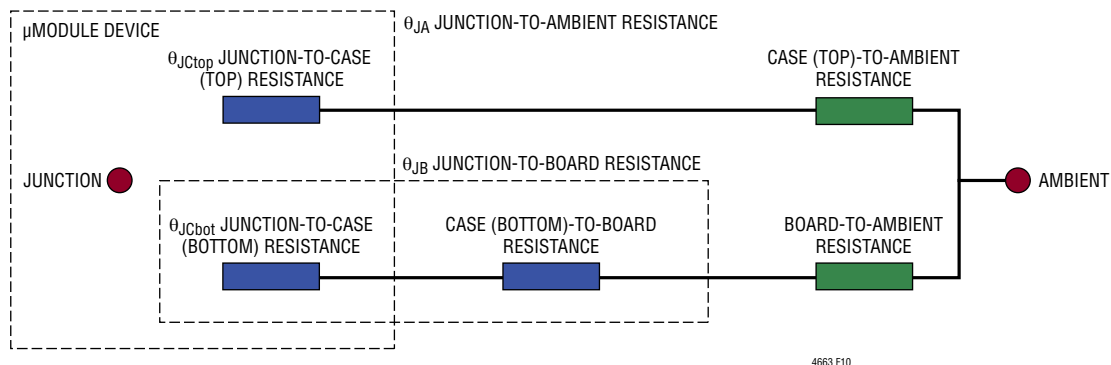


図10. JESD 51-12の熱係数の図解

## アプリケーション情報 (R<sub>L</sub> = 2Ω負荷)

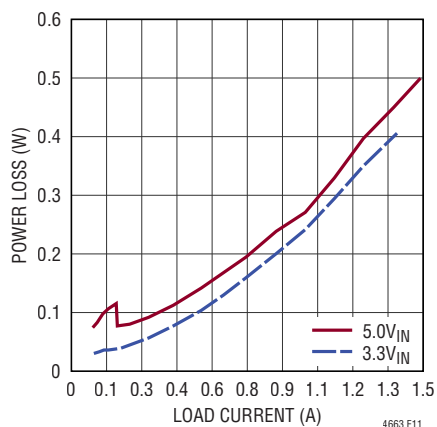


図11. 3.3V入力および5V入力での冷却モードの電力損失

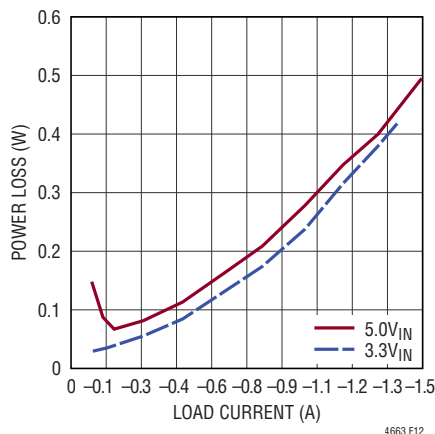


図12. 3.3V入力および5V入力での加熱モードの電力損失

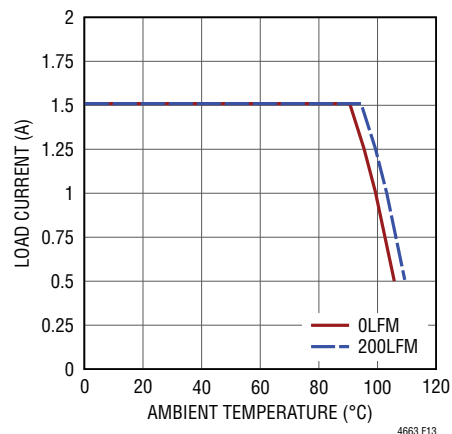


図13. 5V入力、ディレーティング曲線、冷却モード

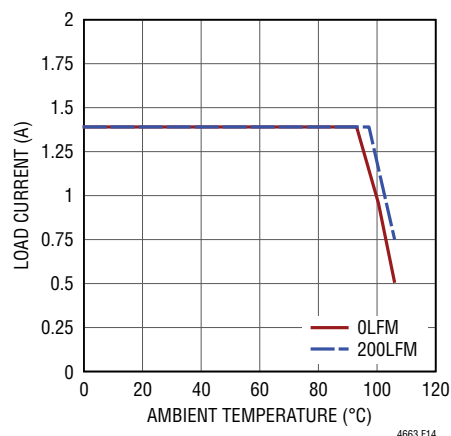


図14. 3.3V入力、ディレーティング曲線、冷却モード

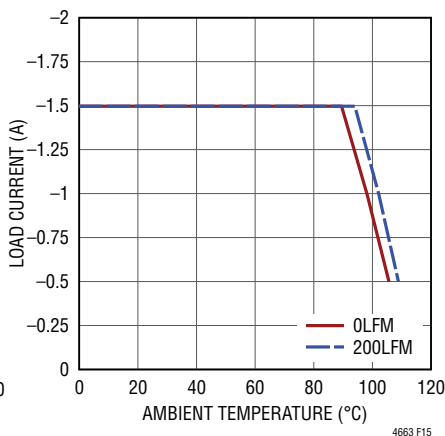


図15. 5V入力、ディレーティング曲線、加熱モード

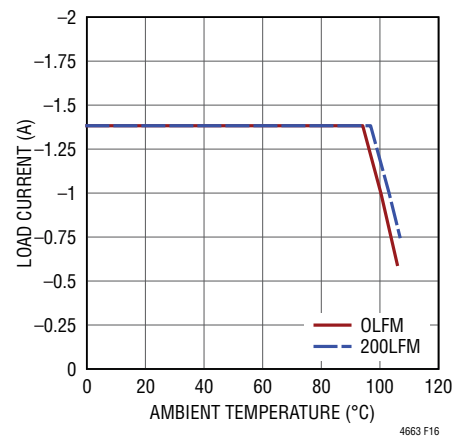


図16. 3.3V入力、ディレーティング曲線、過熱モード

## アプリケーション情報

温で測定されますが、周囲温度に応じた倍率で増加します。110°Cのジャンクション温度を想定した場合、これらの近似倍率は1.1です。ジャンクション温度が110°C(125°Cの最大ジャンクション温度から15°Cのガード・バンドをとった値)より低い限り、周囲温度が高くなっても最大負荷電流を流すことができます。ディレーティング曲線は、最大1.5Aの出力電流と90°Cの周囲温度の条件でプロットされます。抵抗性負荷は、加熱と冷却の両方のモードに対して2Ωになるよう設定され、入力電圧は3.3Vおよび5Vから選択されます。これらの数値が選ばれたのは、低めおよび高めの入力電圧範囲と負荷電流範囲を含むようにして、熱抵抗の相関をとるためです。熱モデルは、恒温槽での数回の温度計測と熱モデリング解析から得られます。空気流ありと空気流なしの条件で周囲温度を上げながらジャンクション温度をモニタします。ディレーティング曲線には、周囲温度の変化に応じた電力損失の増加が加味されます。周囲温度の上昇に合わせて出力電流つまり電力が減少するので、ジャンクション温度は最大で110°Cに維持されます。出力電流が減少することにより、周囲温度が上昇するにつれて内部モジュールの損失は

減少します。モニタされた110°Cのジャンクション温度から周囲動作温度を差し引いた値は、どれだけのモジュール温度の上昇を許容できるかを規定します。図13の例では、負荷電流が1.5Aで空気流がない条件のとき、ジャンクション温度が110°Cを超えないように、周囲温度は90°Cにディレーティングされています。図11は、5V入力、1.5A負荷の場合、冷却モードでの電力損失は0.5Wであることを示しており、倍率1.1によって全電力損失は0.55Wになります。110°Cのジャンクション温度から90°Cの周囲温度を引き、その差の20°Cを0.55Wで割ると、熱抵抗 $\theta_{JA}$ として36.3°C/Wが得られます。表4はこれと非常に近い36°C/Wの値を規定しています。

表4および表5に、空気流の有無を条件とした等価熱抵抗を示します。様々な条件で得られた熱抵抗に、周囲温度の関数として算出した電力損失を掛けると、周囲温度からの温度上昇値が得られ、この値から最大ジャンクション温度が得られます。室温での電力損失を代表的な性能特性のセクションの効率曲線から求めて、前述の周囲温度の倍率で調整することができます。プリント回路基板は1.6mm厚の4層構造で、外側2層には2オンス銅箔、内側2層には1オンス銅箔を使用しています。PCBの寸法は90mm×75mmです。

表4. 2Ω冷却モード

| ディレーティング曲線 | $V_{IN}$ (V) | 電力損失曲線 | 空気流 (LFM) | $\theta_{JA}$ (°C/W) |
|------------|--------------|--------|-----------|----------------------|
| 図13, 図14   | 3.3, 5       | 図11    | 0         | 36                   |
| 図13, 図14   | 3.3, 5       | 図11    | 200       | 27                   |

表5. 2Ω加熱モード

| ディレーティング曲線 | $V_{IN}$ (V) | 電力損失曲線 | 空気流 (LFM) | $\theta_{JA}$ (°C/W) |
|------------|--------------|--------|-----------|----------------------|
| 図15, 図16   | 3.3, 5       | 図12    | 0         | 36                   |
| 図15, 図16   | 3.3, 5       | 図12    | 200       | 27                   |

## アプリケーション情報

### 安全性に関する検討事項

LTM4663 モジュールでは、 $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  の間が電氣的に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。デバイスはサーマル・シャットダウンおよび過電流保護機能を備えています。

### レイアウトのチェックリスト／例

LTM4663 は高度に集積化されているので、PCB 基板のレイアウトが非常に簡単です。ただし、電氣的性能と熱的性能を最適化するには、更にレイアウト上の配慮がいくつか必要です。

- $PV_{IN}$ 、GND、 $V_{PWM}$ 、 $V_{LDR}$  を含む大電流経路では、PCB の銅箔面積を広くします。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  $PV_{IN}$ 、PGND、 $V_{PWM}$  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。
- ユニットの下の専用の電源グラウ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。
- 信号ピンに接続された部品には、別の GND\_A グラウンド銅領域を使います。GND\_A と GND\_P および GND\_L 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 17](#) に示します。

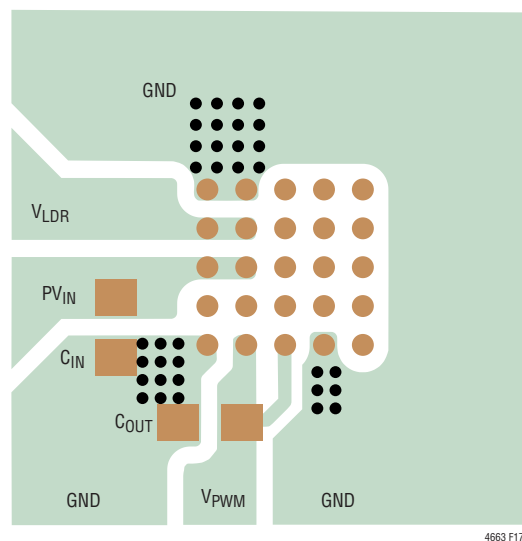


図 17. 推奨の PCB レイアウト

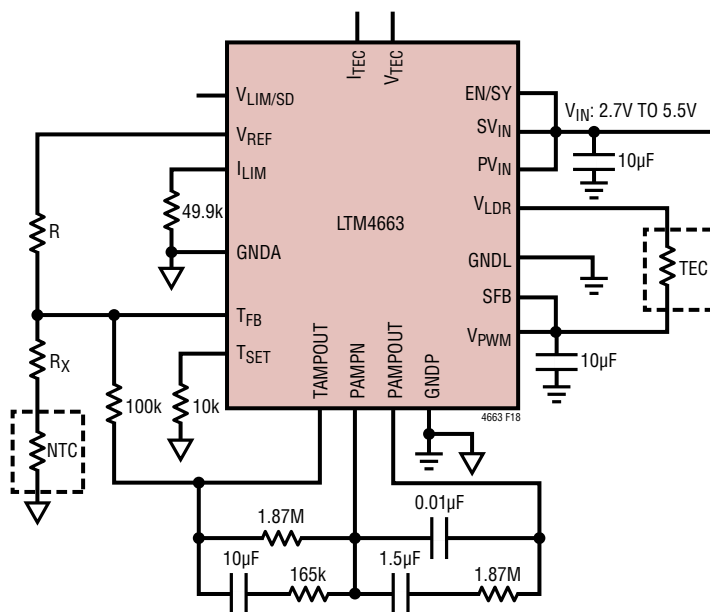


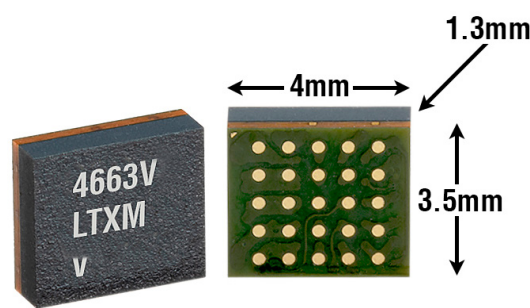
図 19. デジタル温度制御ループでの 2.7V~5.5V 入力、±1.5A の TEC ドライバ回路

パッケージ

LTM4663の構成要素のLGAピン配列

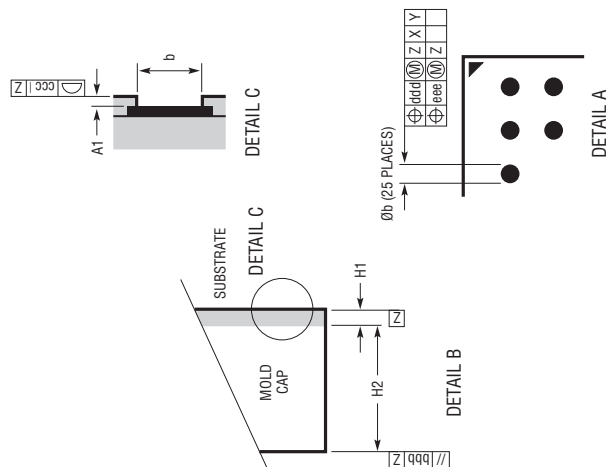
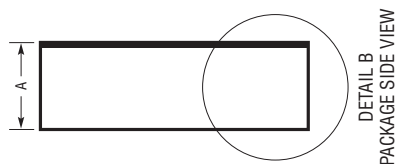
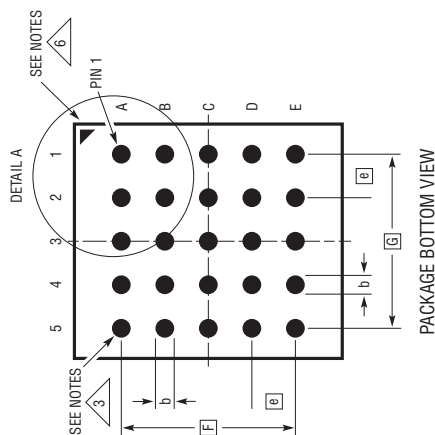
| ピンID | 機能               | ピンID | 機能               | ピンID | 機能                  | ピンID | 機能                  | ピンID | 機能                  |
|------|------------------|------|------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|
| A1   | GNDP             | B1   | V <sub>PWM</sub> | C1   | SFB                 | D1   | GND A               | E1   | V <sub>REF</sub>    |
| A2   | SW               | B2   | SW               | C2   | V <sub>TEC</sub>    | D2   | EN/SY               | E2   | SV <sub>IN</sub>    |
| A3   | PV <sub>IN</sub> | B3   | PV <sub>IN</sub> | C3   | I <sub>TEC</sub>    | D3   | PAMP <sub>OUT</sub> | E3   | I <sub>LIM</sub>    |
| A4   | V <sub>LDR</sub> | B4   | V <sub>LDR</sub> | C4   | T <sub>FB</sub>     | D4   | PAMP <sub>N</sub>   | E4   | V <sub>LIM/SD</sub> |
| A5   | GNDL             | B5   | GNDL             | C5   | TAMP <sub>OUT</sub> | D5   | NC                  | E5   | T <sub>SET</sub>    |

パッケージの写真

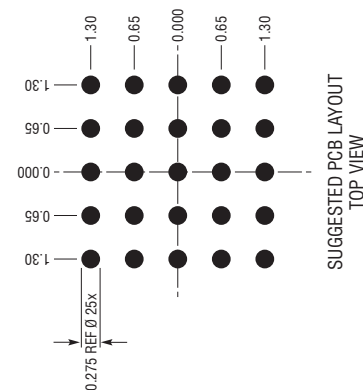


**LGA Package**  
**25-Lead (4mm × 3.5mm × 1.3mm)**  
 (Reference LTC DWG# 05-08-1785 Rev 0)

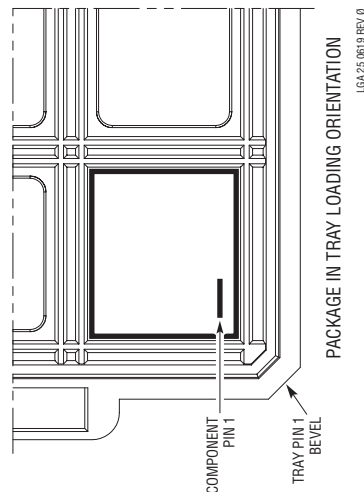
パッケージ



| DIMENSIONS               |       |          |       | NOTES         |
|--------------------------|-------|----------|-------|---------------|
| SYMBOL                   | MIN   | NOM      | MAX   |               |
| A                        | 1.28  | 1.34     | 1.40  |               |
| A1                       | 0.015 | 0.025    | 0.035 |               |
| b                        | 0.25  | 0.28     | 0.31  | PAD DIMENSION |
| D                        |       | 4.00     |       |               |
| E                        |       | 3.50     |       |               |
| e                        |       | 0.65     |       |               |
| F                        |       | 2.60     |       |               |
| G                        |       | 2.60     |       |               |
| H1                       |       | 0.47 REF |       | SUBSTRATE THK |
| H2                       |       | 0.87 REF |       | MOLD CAP HT   |
| aaa                      |       |          | 0.10  |               |
| bbb                      |       |          | 0.10  |               |
| ccc                      |       |          | 0.10  |               |
| ddd                      |       |          | 0.15  |               |
| eee                      |       |          | 0.08  |               |
| TOTAL NUMBER OF PADS: 25 |       |          |       |               |

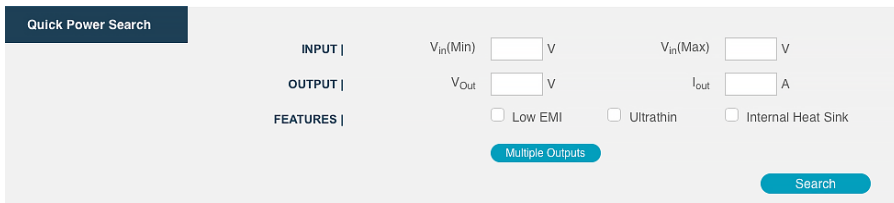


- 注：
1. 寸法と許容誤差は ASME Y14.5M-1994 に従う
  2. 全ての寸法の単位はミリメートル
  3. ランドの指定は JEP95 による
  4. 1 番ピンは識別マークはオプションだが、表示の領域内に設けてある。1 番ピンの識別マークはモールドかマーキングのどちらかである
  5. 主データ・Z はシーティング・プレーン
  6. パッケージの列と行のラベルは、μModule 製品間で異なる。各パッケージのレイアウトを十分に確認すること



LGA 25 0619 REV 0

## デザイン・リソース

| 主題                                    | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#">μModule の設計 / 製造リソース</a>  | <div>設計:</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>選択ガイド</li> <li>デモ・ボードおよびガーバー・ファイル</li> <li>無料シミュレーション・ツール</li> </ul> <div>製造:</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>クイック・スタート・ガイド</li> <li>PCB の設計、組立、および製造ガイドライン</li> <li>パッケージおよびボード・レベルの信頼性</li> </ul> |
| <a href="#">μModule レギュレータ製品の検索</a>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>製品の表をパラメータによって並べ替え、結果をスプレッドシートとしてダウンロードする</li> <li>Quick Power Search パラメトリック・テーブルを使って検索を実行する</li> </ol>                                      |
| <a href="#">デジタル・パワー・システム・マネージメント</a> | アナログ・デバイセズのデジタル電源管理デバイス・ファミリは、電源の監視、管理、マージン制御およびシーケンス制御などの基本機能を提供する高度に集積されたソリューションであり、設定と障害ログを格納する EEPROM を搭載しています。                                                                                                                                                    |

## 関連製品

| 製品番号                                  | 説明                                                                  | 注釈                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#">LTM4691</a>               | 超薄型、デュアル 2A 降圧 μModule レギュレータ                                       | $2.25V \leq V_{IN} \leq 3.6V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 2.5V$ , 3mm×4mm×1.18mm LGA                                                      |
| <a href="#">LTM4668/<br/>LTM4668A</a> | クワッド 1.2A 降圧 μModule レギュレータ                                         | $2.7V \leq V_{IN} \leq 17V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 1.8V$ (LTM4668A: $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 2.25MHz) 6.25mm×6.25mm×2.1mm BGA |
| <a href="#">LTM4622</a>               | 超薄型デュアル 2.5A またはシングル 5A 降圧 μModule レギュレータ                           | $3.6V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm×6.25mm×1.82mm LGA, 6.25mm×6.25mm×2.42mm BGA                        |
| <a href="#">LTM4622A</a>              | 超薄型デュアル 2A またはシングル 4A 降圧 μModule レギュレータ                             | $3.6V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $1.5V \leq V_{OUT} \leq 12V$ , 6.25mm×6.25mm×1.82mm LGA, 6.25mm×6.25mm×2.42mm BGA                         |
| <a href="#">LTM4623</a>               | 超薄型、シングル 3A 降圧 μModule レギュレータ                                       | $4V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm×6.25mm×1.82mm LGA, 6.25mm×6.25mm×2.42mm BGA                          |
| <a href="#">LTM4625</a>               | シングル 5A 降圧 μModule レギュレータ                                           | $4V \leq V_{IN} \leq 20V$ , $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ , 6.25mm×6.25mm×5.01mm BGA                                                    |
| <a href="#">LTM4664</a>               | デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた 54V 入力、デュアル 25A、シングル 50A μModule レギュレータ | $30V \leq V_{IN} \leq 58V$ , $0.5V \leq V_{OUT} \leq 1.5V$ , 16mm×16mm×7.72mm BGA                                                       |