

TMS320DM64xx、TMS320DM64x、および TMS320C6000 デバイスにおける熱考察

アプリケーション技術部

アブストラクト

集積回路(IC) コンポーネントがより複雑になるにつれ、高度な放熱性能を持った最終製品を製作することが課題になる場合が増加しています。放熱性能はシステム・レベルでの問題であり、プリント基板(PCB) 設計と同様にIC のパッケージングによっても影響を受けます。このアプリケーション・レポートは、TMS320DM64xx、TMS320DM64x、およびTMS320C6000™ デバイスにおける熱考察について扱います。

目次

登録商標.....	1
1 はじめに.....	2
2 一般的な熱考察.....	2
3 熱に関する定義.....	2
4 シータJA (Θ _{JA}) を用いたシステム放熱性能の概算.....	4
5 ケース温度の計測.....	5
6 システム放熱性能の向上.....	7
7 システム・ヒートシンクによる放熱性能の向上.....	7
8 ヒートシンクに関する推奨事項.....	7
9 ヒートシンクの取り付け方法.....	8
10 ヒートシンク・ベンダーの一覧.....	10

図

図 1 熱パス.....	3
--------------	---

登録商標

TMS320C6000、DM64x、C6000 はテキサス・インスツルメンツ社の商標です。
 グラフォイルはUCAR Company の登録商標です。

この資料は日本テキサス・インスツルメンツ(日本TI)が、お客様がTIおよび日本TI製品を理解するための一助としてお役に立てるよう、作成しております。製品に関する情報は随時更新されますので最新版の情報を取得するようお勧めします。TIおよび日本TIは、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。また、TI及び日本TIは本ドキュメントに記載された情報により発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

SPRAAL9 翻訳版

最新の英語版資料

<http://www-s.ti.com/sc/techlit/spraal9.pdf>

1 はじめに

技術が進むにつれて、より高速なクロック・レート、より小さいパッケージ、より多くのピン数およびより少ないコストで信頼性が高い、より複雑なIC が求められる機会が増加します。この複雑化により、より大きな消費電力が必要となり、この製品を使った熱設計が課題になる機会が増加します。これらの多くのICパッケージにより、熱に関する制限を満たす最終製品を製作することが困難になります。以下のICパッケージの特徴は発熱の原因になります。

- パッケージ・サイズの縮小
- ダイ・サイズの縮小
- ピン・カウントの増加
- システムの複雑化/統合化
- より速いクロック
- リーク電流が多いプロセス
- 低コスト化の要求
- 高信頼性/低いジャンクション温度

このアプリケーション・レポートではDM64xx およびDM64xTM デジタル・メディア・プロセッサと、C6000TM DSP デバイスの熱考察について議論し、熱設計の向上方法に加え放熱性能の解析に対する指針を提供します。

2 一般的な熱考察

DM64xx、DM64x およびC6000 デバイスを使ったシステムを設計する際に、以下の項目について考慮してください。

- アプリケーションにおける潜在的な最大消費電力。これはデバイス固有の電力に関するアプリケーション・レポートで決めることができます。
- ケース温度またはジャンクション温度の最大定格の仕様。これはデバイス固有のデータ・マニュアルから決定することができます。
- 実際のシステムにおける θ_{JA} 。これは使用しているデバイスとシステム全体の熱設計双方に依存します。

デバイスの消費電力はアプリケーションによって変化するため、アプリケーションに特化した消費電力を計算するために、デバイス固有の消費電力概要アプリケーション・レポートを使用すべきです。

2.1 ジャンクション温度対ケース温度

デバイス固有のデータ・マニュアルにおいて、TI は最大の動作温度を指定しています。データ・マニュアルで示されている最大動作温度は、最大動作ケース温度または、最大動作ジャンクション温度のどちらか一方です。デバイスの信頼性及び適切な動作を損なわないために、データ・マニュアルの最大動作ケースまたはジャンクション温度を超えないようにしてください。

TI が示している熱要件は最大動作ケースまたはジャンクション温度ですが、PCB の特性、PCB レイアウト、および周辺温度といった他のシステムに関する要素によっても、システムの放熱性能を向上させることができます。これらは、TI の最大ケースまたはジャンクション温度の仕様を満たすように設計されなければなりません。例えば、最も一般的に使われる熱パラメータ θ_{JA} は、デバイス・パッケージだけではなく、デバイスが実装されるPCBの特性でもあります。

3 熱に関する定義

以降のいくつかの項で、デバイス固有のデータ・マニュアルに記載されている熱抵抗の使用方法を要約します。データ・マニュアルにはより多くの情報があります。

3.1 概要

図 1 はパッケージのトップとボトムに通じたダイの接合点からの熱パスを単純に表現しています。ここで示すように熱パスは、電気回路と同じようにモデル化することができます。このアプローチでは、ワット単位での電力はアンペア単位の電流、度表記の温度は電圧降下、 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 単位の熱抵抗は Ω 単位の電気抵抗となります。そのため、熱抵抗はノードX とノードY の温度差を消費電力で割ったものになります。

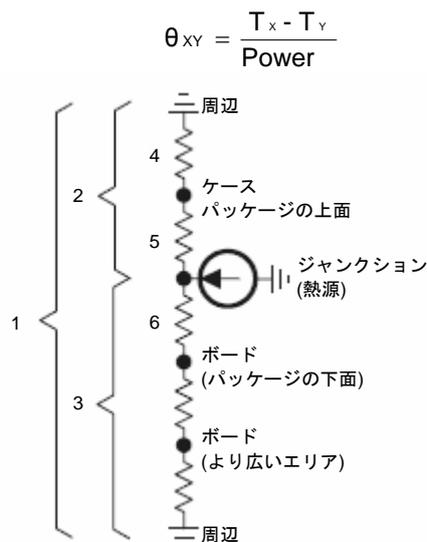


図 1 熱パス

図 1 に示す抵抗は、次のように、パッケージとシステムの熱抵抗に関連しています。

1. $\theta_{JA, effective}$: ダイ（ジャンクション）から周辺までのシステム全体の総抵抗
2. デバイスの上面(θ_{top}) から（ヒートシンクがあればそれを含まない）周辺までの θ の合計
3. デバイスの下面(θ_{bot}) から周辺のPCB までの θ の合計
4. θ_{CA} : デバイスの上面から空気またはヒートシンクを通じた周辺までの抵抗
5. θ_{JC} : ダイ（ジャンクション）からパッケージの上面（ケース）までの抵抗
6. θ_{JB} : ダイ（ジャンクション）からボード（デバイスの近傍）までの JESD 51-8 で定義された抵抗

ステップ2 と3 の抵抗は、デバイス固有のデータ・マニュアルでは定義されていませんが、ヒートシンクの計算に役立つため、ここで述べられています。

3.2 シータJA (θ_{JA}) ジャンクションから周辺

θ_{JA} は、接合点と周辺温度の差を動作電力で割ったものになります。3.1 項で議論したように、 θ_{JA} は一定ではなく、デバイスの接合点と周辺温度の間の熱抵抗に影響を与えるすべての要因によります。 θ_{JA} に影響を与える要因には以下のものがあります。

- PCB デザインとレイアウト
- シャーシ/ボックスのデザイン
- 通気口
- 位置

デバイス固有のデータ・マニュアルでは、 θ_{JA} は特定のテスターに乗せられた IC パッケージの放熱性能を測定したものです。TI が行った計測方法は、以下の JEDEC 仕様で定義されています。

- JESD51-2 で定義されている JEDEC シータJA の計測条件
- JESD51-3 で定義されている 1s0p または実効熱伝導率が低いテスト基板
- JESD51-7 で定義されている 2s2p または実効熱伝導率が高いテスト基板

θ_{JA} は、関連するパッケージの放熱性能を比較できる測定基準です。従ってテキサス・インスツルメンツのデバイスの放熱性能は、JEDEC 仕様で定義される条件に従った他社製のデバイスと比較することができます。

これらの θ_{JA} の値を使用して、実際のシステムにおけるジャンクションと周辺の温度差を正確に見積もることは意図されていません。代わりに、JEDEC により定義された θ_{JA} の値より、パッケージ間の放熱性能を比較することができます。この温度差を見積もる方法は次の項で説明します。

3.3 シータ θ_{JC} ジャンクションからケース

θ_{JC} はジャンクション温度とケース温度の差を特定の環境下での動作電力で割った値です。この値は現在JEDEC で規定されるパラメータではありませんが、検討されています。銅製の塊の冷却板にパッケージを取り付けて計測し、熱はダイからモールド・コンパウンドを通して銅に流れるようになっています。

このアプリケーション・レポートで後述するように、このパラメータはパッケージにヒートシンクを取り付ける時に便利です。ヒートシンクを使わない時に、ジャンクション温度を予測するために θ_{JC} を使うべきではありません。ケース温度をシステムで計測し、ジャンクション温度を次の式から計算した場合、悪条件のジャンクション温度を得ることができます。

$$T_{\text{Junction}} = T_{\text{Case}} + (\text{消費電力} \times \theta_{JC})$$

3.4 シータ θ_{JB} ジャンクションから基板

θ_{JB} は特定環境下で、ジャンクション温度と基板温度の差を特定の環境下での動作電力で割った値です。 θ_{JB} はダイとPCB 間の大まかな熱抵抗です。PCB が冷却板で固定されるとき、ジャンクション温度をPCB 周辺でのPCB 温度(ダイに最も近い)の差です。JEDEC 規格JESD51-8 では θ_{JB} の計測条件とボートの計測位置について規定しています。

3.5 プサイ Ψ_{JT} ジャンクションからパッケージ上面

Ψ_{JT} はジャンクション温度とパッケージの上面中心のケース温度の差を特定の環境下での動作電力で割った値です。 Ψ_{JT} は θ_{JC} と同じ測定位置及び単位ですが、 Ψ_{JT} は電力をどんなパスにもしきれるように、パッケージをテスト用のPCB の上に乗せて計測したものです。 Ψ_{JT} は実際により近い使用条件で計測したものである一方、 θ_{JC} は本当の熱抵抗であることに注意してください。

Ψ_{JT} は主に次の式を使ってジャンクション温度からケース温度を計測するために使用されます。

$$T_{\text{Junction}} = T_{\text{Case}} + (\text{消費電力} \times \Psi_{JC})$$

4 シータ θ_{JA} を用いたシステム放熱性能の概算

システム・レイアウトとPCB デザインの最終決定をする前に、データ・マニュアルに記載されている最大動作温度に合わせる必要があります。2.1 項で述べられているように、最大動作温度はケースまたはジャンクション温度のどちらか一方で決まります。これには、システム全体を踏まえてケースまたはジャンクション温度を初めに評価する必要があります。システム・レイアウトを終える前に、ケース温度とジャンクション温度を評価する最も正確な方法は、最終システムの詳細な熱モデルを使うことです。TI が認識しているシステムの熱モデルと分析の手助けをすることができる1つのサービスプロバイダーは、Applied Thermal Technologies です。<http://www.thermalcooling.com/> を参照してください。

熱モデルは特定のアプリケーションにおいてデバイスのケースまたはジャンクション温度を予測するための最も正確な方法ですが、JEDEC で定義されたテスト・ボード上で計測したTI のJEDEC θ_{JA} データを比較することにより、おおそ見積もることができます。

- JESD51-7 で定義されている高い実効熱伝導率が高いテスト基板上での θ_{JA} (エア・フローなし)
- JESD51-3 で定義されている低い実効熱伝導率が高いテスト基板上での θ_{JA} (エア・フローなし)

θ_{JA} は、デバイス・パッケージ単体に依存するだけでなく、システムの他の要因にも依るので、アプリケーションによって変動します。そのため、JEDEC のテスト条件で計測した周辺の温度上昇は、実際のアプリケーションでの周辺の温度上昇と異なります。JEDEC条件で計測した θ_{JA} と、実際のシステムで見積もられた、または計測されたものを区別するためにTIは実際のアプリケーションにおける θ_{JA} を $\theta_{JA, \text{effective}}$ と表現します。

JEDECで規定されるテスト条件下での θ_{JA} 値により定義される範囲によっては、特定のアプリケーションにおいて、 $\theta_{JA, effective}$ を大まかに見積もるために使用することができます。しかし、アプリケーションによってはその範囲の中に落ち着くこともあれば範囲の外に落ち着くことさえもあります。極論を言うと、システムの熱モデリングや、アプリケーションの環境で実際に計測から集計することが最良です。

一旦 $\theta_{JA, effective}$ を見積もると、次の式を使ってジャンクション温度を大まかに見積もることができます。

$$T_{Junction} = T_{Ambient} + (\text{消費電力} \times \theta_{JA, effective})$$

注: 最も独立した静的な温度位置を参照するのと同様に、JEDEC の計測手法に反しないために、TI は最終製品の周辺温度を測定すること推奨しますが、その際に他の部品からの熱の影響を受ける可能性がある内部を計測するよりもむしろ外部を計測することを推奨します。

特定の最大動作ケース温度を持ったデバイスでは、ケース温度を見積もるために追加の作業をする必要があるかもしれません。データ・マニュアルにヒートシンクなしで低い Ψ_{JT} 値 (0.2 °C/W より小さい) が記載されているデバイスにおいては、ケース温度とジャンクション温度の差は一般的に1°C より小さいです。そのため、ケース温度はジャンクション温度とほぼ等しいと仮定することができます。

$$T_{Case} \approx T_{Junction} = T_{Ambient} + (\text{消費電力} \times \theta_{JA, effective}) \text{ (低い } \Psi_{JT} \text{ のデバイスに使用)}$$

高い Ψ_{JT} (0.2 °C/W より大きい) を持ったデバイスにおいては、ケース温度とジャンクション温度の差はより大きくなります。ケース温度を見積もるために次の式を使用してください。

$$T_{Case} = T_{Junction} - (\text{消費電力} \times \Psi_{JT}) \text{ (高い } \Psi_{JT} \text{ のデバイスに使用)}$$

上式に含まれている電力は、デバイス固有の消費電力アプリケーション・レポートを使って特定のアプリケーション用に見積もられるべきです。

5 ケース温度の計測

一旦システムが決まり製造されたら、デバイスの最大ケース温度の仕様を超えていないことを確認するためにケース温度を計測してください。

特定の最大動作ジャンクション温度を持ったデバイスの場合、計測したケース温度からジャンクション温度を計算する追加の作業が必要です。ヒートシンクなしの次の式を使ってください。

$$T_{Junction} = T_{case} + (\text{消費電力} \times \Psi_{JT})$$

5.1 ヒートシンク無しのケース温度の計測

ケース温度はデバイスの上面で最も高い温度であり、デバイスの上面の中心で計測されるべきです。ケース温度を正確に計測するために、赤外線カメラ、蛍石オブティック・プローブ、熱電対、または4mm径の最大視野がある銃型の赤外線温度計を使用してください。

赤外線カメラまたは銃型赤外線温度計を使用する場合、計測する面の反射率によって、正確に読み取れているかを確認してください。詳細は機器の説明書をご覧ください。

計測方法に熱電対を選択した場合、熱電対からの冷却を最小限にするためによいゲージ・ワイヤ(36から40ゲージ、JまたはKワイヤ)を使用してください。熱電対は、2x2mm 以内の伝熱製のエポキシでパッケージの表面の中心(±1mm) に接続するべきです。テープで熱電対をパッケージの表面に固定するのはお勧めしません。熱電対の放熱面を最小にするために、ワイヤはパッケージの対角線に沿って這わせ、PCB の表面に落とし、PCB から持ち上がる前に最低25mm の長さをもって這わされるべきです。熱電対のワイヤは、テープを使ってこの引き回し方法でPCB に留めることができます。適切でない、熱電対のワイヤ・ゲージを使用すると、5-50% の測定誤差が生じます。

5.2 ヒートシンク付きのケース温度の測定

ヒートシンク付きのケース温度を測る場合は、ヒートシンクが計測すべき表面を覆ってしまうため難しいです。ヒートシンク付きのケース温度を測定するには、次の手順を行ってください。

1. ヒートシンクに直径1mm以下の穴を開け、ヒートシンクを着ける時に穴がパッケージの中心にくるようにしてください。パッケージを取り付ける前にヒートシンクに穴を確実に開けてください。ヒートシンクを固定するために、圧力に敏感な接着剤またはエポキシを使用する場合、この接着剤を通して穴を開けてください。バリや他の物質が表面との間に入っていないか確認してください。
2. ヒートシンクをパッケージに取り付けてください。取り付けにエポキシを使用している場合、穴がエポキシで塞がれないように、ステップ1であけた穴に、蝟、発泡体または他の物質を注入してください。この物質で、ヒートシンクを取り付ける表面を汚さないように注意してください。
3. 穴を伝熱グリスで満たしてください。エポキシで穴が塞がってしまうのを避けるために物質を注入していれば、必ずそれを取り除いてください。
4. 5.1項で述べたタイプのよい熱電対のゲージを穴に入れ、エポキシまたはテープで確実に留めてください。

5.3 ケース温度の測定: リークの変化のための計算

システムで計測されたデバイスのケース温度の結果は、特定のアプリケーションにおけるデバイスの消費電力に依存します。最大ケース温度の測定を行うために、最終製品におけるデバイスの消費電力の最悪値を計算する必要があります。

デバイスの消費電力は、2つのコンポーネント、アクティブ電力と静的電力(リーク電力とも呼ぶ)の和と考えることができます。静的電力は電圧、温度、及び製造プロセスによって変わります。デバイス固有の消費電力概要スプレッドシートは消費電力が大きめのユニット(生産ユニットにおける静的消費電力が最大になる代表ユニット)からの静的消費電力を計算します。スプレッドシートは与えられたケース温度における静的消費電力の最悪値を計算します。得られた値を使って、総消費電力の最悪の場合を計算することができます。

次に計測方法及び静的消費電力の最悪値の使用方法について説明します。

1. 5.2項で述べた方法を使ってケース温度を計測します。
2. 周辺温度を計測します。TIは他の部品からの熱の影響を受けてしまうので筐体内部より、外部で計測することを推奨します。
3. 最終アプリケーションにおける総消費電力を測定します。
4. ステップ1で計測したケース温度におけるデバイスの静的消費電力を計測します。
5. 最終アプリケーションにおけるアクティブ消費電力を計算します。
アクティブ電力 = 総消費電力(ステップ3) - 静的電力(ステップ4)
6. 次の式を使って最終システムの $\theta_{JA, effective}$ を計算します。

$$T_{Junction} = T_{case} (\text{ステップ 1}) + (\text{消費電力} (\text{ステップ 3}) \times \Psi_{JT})$$

$$\theta_{JA, effective} \approx \frac{T_J(\text{ステップ 6}) - T_A(\text{ステップ 2})}{\text{総消費電力} (\text{ステップ 3})}$$

7. 消費電力アプリケーション・レポートのスプレッドシートを使って最大の静的消費電力を決定します。
 - a データ・マニュアルに最大動作ケース温度が規定されているデバイスにおいては、消費電力アプリケーション・レポートのスプレッドシートを使ってステップ1で計測したケース温度における最大静的消費電力を求めてください。
 - b データ・マニュアルに最大動作ジャンクション温度が規定されているデバイスにおいては、消費電力アプリケーション・レポートのスプレッドシートを使ってステップ6で計算したジャンクション温度における最大静的消費電力を求めてください。
8. デバイスの最大総消費電力を再計算してください。
総消費電力 = アクティブ電力(ステップ5) + 最大静的電力(ステップ7)
9. 最大総消費電力に従って、ジャンクション、またはかつ、ケース温度を再計算してください。

$$T_J = T_A + (\text{総消費電力 (ステップ 8)} \times \theta_{JA, \text{effective}} \text{ (ステップ 6)})$$

$$T_{\text{Case}} = T_{\text{Junction}} \text{ (ステップ 9)} - (\text{消費電力 (ステップ 8)} \times \Psi_{JT})$$

6 システム放熱性能の向上

本アプリケーション・レポートで述べたように、システムの放熱性能はデバイスとPCB レイアウト双方から影響を受けます。次の項目は、システムの放熱性能を向上させます。これは、完璧なリストではなく、各項目はアプリケーションに適しているかどうか考慮すべきです。

- デバイス直下のPCB の(GND BGA ボールとPCB のGND プレートに接続された) 放熱ビアを最大限に配置してください。
- PCB 上で(電源等を含んだ) 500 mW 以上を消費する部品を広い範囲に配置してください。
- 筐体への通気口を、特にDSP の近くに配置してください
- PCB から筐体へのネジをDSP の近くに配置してください
- 特に金属製筐体の場合、デバイスの上面と筐体の間に放熱用ギャップ・フィラーを入れてください。この冷却方法が効果的であるためには、PCB とシステム筐体の間は3mm 以内であるべきです。ギャップ・フィラーはPCB から効果的にシステムから排熱できるシステム筐体に熱を伝えます。0.5 W/m²・°C から3 W/m²・°C の範囲の放熱が可能な放熱用ギャップ・フィラーは、Bergquist Companyを含む多くのメーカから入手することができます。製品の一つを次のリンクから参照することができます。

http://www.bergquistcompany.com/tm_gap_pad_detail.cfm?oid=110236

- デバイスの上面から筐体の間に金属製のクリップを入れてください
- デバイスにヒートシンク(エア・フローに基づいて最適なもの)を取り付けてください

7 システム・ヒートシンクによる放熱性能の向上

ヒートシンクは最も一般的に考えられている放熱性能の向上手法の一つです。このアプリケーション・レポートでは、ヒートシンクという言葉は、デバイスの上面と筐体を(筐体が金属製またはよい放熱特性を持ったものであれば)直接接続すること(この場合は筐体がヒートシンクになる)、及び、ベンダーから購入する市販のヒートシンク双方を指します。パッケージの上面に取り付けた時、ヒートシンクは、パッケージ面の実効面積を拡大し、パッケージ上面からの伝導および放射を高めます。

一般的にヒートシンクがない場合、デバイスから出る熱の80-90% はPCBを通じて逃げます。ヒートシンクを取り付けることによりデバイス上面からの熱フローが向上します。良いヒートシンクはデバイス上面を通じた熱フローの割合を、次の結果により、10-20% から30-80% まで向上させます。

- $\theta_{JA, \text{effective}}$ の20-80% の低減見積もり
- T_{Junction} の10-30°C の低減見積もり

システムにおけるヒートシンクの正確な効果を得るために、正確に解析を行わなければなりません。

8 ヒートシンクに関する推奨事項

DM64xx、DM64x、及びC6000デバイスといったBGA のIC パッケージを冷却するさまざまなタイプのヒートシンクがあります。最も簡単な入手方法は、ヒートシンクのサプライヤからの標準品を見つけることです。アプリケーションの詳細(物理的な構造、使用方法、筐体の材質、適応性、製造工程等)に基づいたヒートシンクの種類及びデザインを選択する意味が有ることもあり、通常これにより、より良い放熱性能が得られ、コスト的にもメリットがあります。この項では、ヒートシンクの推奨選定方法及び有力なヒートシンク・ベンダーのリストに加え、シンプルで、ミドル・レンジで、高い性能を持ったヒートシンクの種類について説明します。

最も単純な種類のヒートシンクは、<http://www.chomerics.com/products/twing.htm> のようにデバイスの上面に取り付ける板状のものです。

最も標準的なヒートシンクは、ヒートシンクの基部からフィンが伸びた、プレート型フィンを持ったもの、もしくは、ピン型のフィンを持ったものです。このフィンは長方形か円形で、違う角度、違う側面に伸びています。これらのタイプのヒートシンクは極めて適切な価格で、すぐに使用可能ですが、これらの種類のヒートシンクを選択する場合、エア・フローを考察してください。例えば、一方向から固定のエア・フローが来る場合、長い長方形のフィンを持ったデザインは最適です。しかし、固定のエア・フローが混ざり合う場合、効果的にエアがフィンの間を流れるように円形のフィンが必要になります。固定のエ

アー・フローがない場合、ある場合と比べて性能は悪くなるので、自然対流(しばしば θ_n と呼ばれる)でのヒートシンクの性能カーブを考慮することが重要です。(前の項で計算に使われた)このタイプのヒートシンクの例は次のリンクで利用可能です。

<http://www.aavidthermalloy.com>

部品に取り付ける台に乗った円形プレートを持った放射状のヒートシンクを使うと、より良い放熱性能になるアプリケーションもあります。この種類の特徴は、次のリンクに示すように、自然対流の中でもより低い熱抵抗値を示すことです。

<http://catalog.tycoelectronics.com>

小型化と高電力密度に工業トレンドが傾いている中、既に多くのヒートシンク・ベンダーが、迅速なプロトタイプ製造と柔軟性のある生産を行えるカスタム・デザインをサポートする広告を出しています。

利用可能な多くのヒートシンクの種類(標準品及びカスタム品)及びアプリケーションの唯一性に基づいて、熱解析によりお客様のアプリケーションにおいてヒートシンクが必要になった場合、他のシステム設計の制限に加え熱に関する要件を満たすための最適な解を得るために、お客様とヒートシンク・ベンダーがより親密に作業されることをTIはお奨めします。

9 ヒートシンクの取り付け方法

ヒートシンクをパッケージの表面に実装した時、ヒートシンクの取り付け部分の熱抵抗を減らすことは重要なことです。ヒートシンクとパッケージの間に断熱材を使用した場合、放熱性能はヒートシンクを使わなかった場合より悪くなります。接着剤の熱抵抗は次の式で計算してください。

$$\theta_{CA} = \frac{t}{kA}$$

ここで、

- t = ヒートシンクの化合物接着剤の層の厚さ
- k = 化合物の熱伝導率
- A = パッケージの表面積

エポキシ接着剤、伝熱グリス、伝熱パッドの3つの材料が主にヒートシンクをパッケージに取り付けるのに使われます。その他の材料に、グラフォイル®と半田があります。

9.1 エポキシ接着剤

ヒートシンクを取り付ける時に最も信頼性のある材料は、伝熱性のあるエポキシ化合物です。これらの材料は、ヒートシンク・ベンダーから購入でき、熱伝導性は一般的に、 $0.5\text{--}1.5\text{ W/m}\cdot\text{C}$ です。また、大量の熱伝導性があるメタル・フィラーを持った特別な材料もあります。エポキシを用いて、ヒートシンクをパッケージに接着した場合、硬化工程で余剰な材料を押し出し、接着剤の層の厚さを最小限にするために、圧をかけてください。エポキシを用いてヒートシンクを取り付ける場合、接着力を落とすグリスや汚れをきれいにすることは重要です。接着/パッケージの組み合わせはデバイスのライフタイムを通じて信頼性が保てるように試験すべきです。

エポキシをヒートシンクの取り付けに使用した際の利点は以下のとおりです。

- エポキシが硬化した跡にヒートシンクを固定する必要がない
- エポキシは表面の凹凸が激しい面にも塗れる
- 時間と温度により熱特性にあまり、または全く変化がない
- 衝撃や振動に強い

欠点は以下のとおりです。

- エポキシによる取り付けは通常永久的で、ヒートシンクを必要に応じて取り外すことができません
- エポキシの降下中にヒートシンクを固定する必要があるかもしれません。これは実質的にヒートシンクの実装工程のコストを増大させます
- エポキシはプラスチック・モールド・パッケージのICで使われるような特定のプラスチック化合物を強く接着できません

9.2 伝熱グリス

伝熱グリスはヒートシンクとパッケージ表面間の熱接触抵抗を最小限にするために長い間使われています。これらの材料は、通常熱伝導率のために酸化金属を混合した粘度の高いシリコン・グリスで構成されています。熱伝導率はおよそ0.6-0.9 W/m-°C です。

利点は以下のとおりです。

- 使用が簡単
- ヒートシンクが取り外し可能
- 平坦で内面に良いギャップ・フィラーとなる

欠点は以下のとおりです。

- 接着面の厚さを最小にするために、パッケージにヒートシンクを留める必要がある
- シリコンは、反対の面を濡らす傾向があり、グリスを劣化させ時間とともに伝熱性が悪くなる
- 取り扱いが煩わしいことがある

9.3 伝熱パッド

伝熱パッドは、圧に敏感な接着剤かどうかに関係なくパッケージに大きなヒートシンクを取り付けるためにしばしば使われます。伝熱パッドは通常熱伝導性のある材料で満たされた低い剛性の(柔軟な、弾力性のある)ポリマーから成っています。熱伝導率は0.8-3 W/m-°Cです。エポキシや伝熱グリスに対して複数の利点がありますが、欠点もいくつかあります。

利点は以下のとおりです。

- 取り扱いが簡単
- 切ったり形を合わせたりすることできる
- ヒートシンクを簡単に取り外せる
- 経年劣化が小さい

欠点は以下のとおりです。

- ヒートシンクをパッケージの表面に留める必要がある
- エポキシや伝熱グリスに比べて凹凸のある表面を埋めるのに適さない
- 通常、エポキシや電熱グリスに比べて接着面が厚くなる

伝熱パッドを用いた接着は圧に敏感で、恒久的なものではありません。このように、周辺の湿気の変化にも敏感で、時間とともに収縮する傾向があります。システムがパッケージ上のヒートシンクに大きな重力がかかるような場合、つまりPCBが水平に置かれヒートシンクがパッケージ方向に引かれる場合、圧に敏感な接着剤はヒートシンクをパッケージに固定できると信頼するべきではありません。

10 ヒートシンク・ベンダーの一覧

以下にいくつかの有力なヒートシンクベンダーの一覧を示します。

- Aavid Thermalloy: <http://www.aavidthermalloy.com/products/bga/index.shtml>
- Alpha: <http://www.alphanovatech.com/>
- Calgreg: <http://www.calgreg.com/heatsinks.html>
- Chomerics: <http://www.chomerics.com/products/thermal.htm>
- Enertron: <http://www.enertron-inc.com/enertron-products/index.php>
- Graftech: <http://www.graftech.com/Home/Brands/eGRAF.aspx>
- Malico: <http://www.malico.com.tw/>
- Radian: <http://www.radianheatsinks.com/>
- R-Theta: <http://www.r-theta.com/>
- ThermShield: <http://www.thermshield.com/ThermshieldPages/ThermalProducts.html>
- Tyco Electronics: <http://catalog.tycoelectronics.com/TE/bin/TE.Connect?M=FEAT&LG=1&I=13&C=16819>

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメータに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIJは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIJは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIJは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIJがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。

前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上