

# TPS54620の熱特性の測定

John Tucker, Stephanie Johnson

プリント基板の熱管理は複雑ですが、最適な性能と信頼性を実現するため、よく理解しておく必要があります。14ピンQFNパッケージで供給されるSWIFT™ DC/DCコンバータでは、パッケージの底面にある露出したリード・フレーム・ダイ・パッドを使用することで、接合部・ケース間の熱抵抗を極めて低くすることができます。接合部周囲間の熱インピーダンス $R_{\theta JA}$  (以前は $\theta_{JA}$ と表記)はプリント基板の設計、配置方向、およびエアフローに大きく依存するため、基板

と動作環境の詳細なコンピュータ・シミュレーションなしでは、コンバータICの実際の接合部温度を見積もることは困難です。ここでは、PWRGDオープン・ドレイン出力トランジスタのボディ・ダイオードを使用して、ユーザー・アプリケーション回路内のデバイスの実際の接合部温度を測定する方法を示します。この情報を使用すれば、特定の回路の接合部・周囲間熱インピーダンスを正確に予測することが可能です。

## 1. はじめに

TPS54620 DC/DCコンバータには、14ピンQFNパッケージが使用されています。このデバイスは、出力電流が6Aです。パワー・FETがデバイスに内蔵されているため、出力電流が最大値の6Aに近づくと、消費電力が大きくなる可能性があります。設計の性能と信頼性を決定する際には、熱管理が重要な要素となります。TPS54620で使用されているQFNパッケージは、パッケージの下側にリード・フレームが露出した状態で製造されます。これにより、ICチップとパッケージの間の熱抵抗が極めて低くなります。このデバイス上の露出したサーマル・パッドをPCBに直接半田付けすることにより、発生した熱をデバイスから逃がすことができます。デバイスの下に配置されたサーマル・ビアを使用して、熱を直接内部グランド・プレーンに伝達するか、または

PCBに組み込まれた他のヒート・シンク構造へと伝達できます。接合部と露出したサーマル・パッドの間の熱インピーダンスは非常に低いため、接合部・周囲間熱抵抗は主に、プリント基板の設計に依存します。プリント基板の熱特性を特定のモデリング・ソフトウェアなしでモデル化するのは困難です。ただし、PWRGDオープン・ドレイン出力トランジスタが固定電流でバイアスされているときにトランジスタのボディ・ダイオードにかかる電圧から、デバイスの接合部温度を見積もることが可能です。

## 2. テスト設定

このアプリケーション・レポートでは、TPS54620EVM-374回路を使用しています。図1に、回路図を示します。

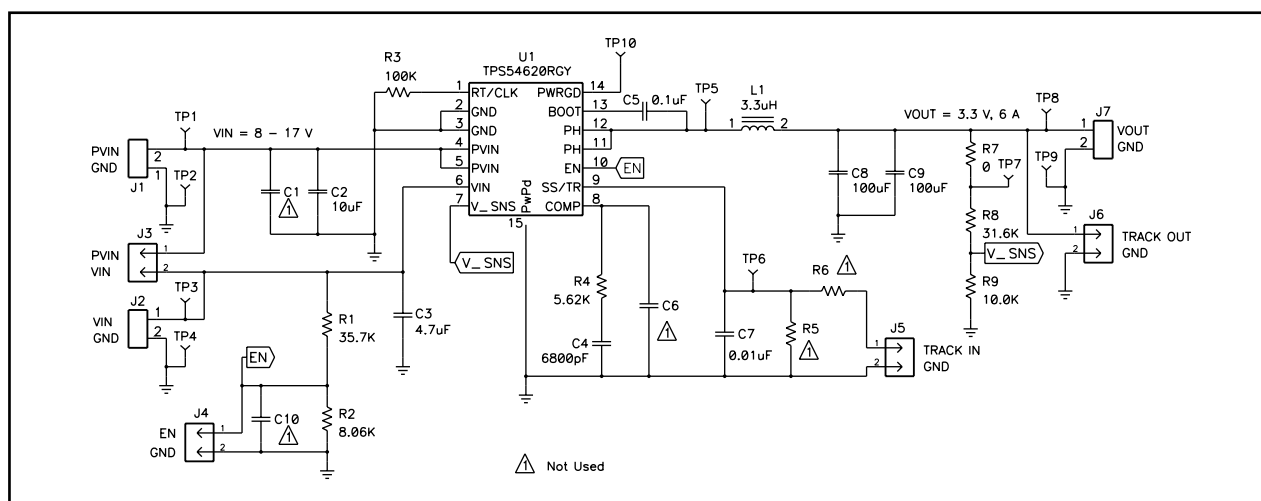


図 1. 電気回路図

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、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。

SLVA397 翻訳版

最新の英語版資料  
<http://www.ti.com/lit/slva397>

デバイスの接合部温度を正確に測定するために、PWRGDオープン・ドレインFETの内部ドレイン-ソース間ボディ・ダイオードの順方向電圧降下を監視することが可能です。このダイオードは、300 $\mu$ Aの一定電流で順方向バイアスされます。この300 $\mu$ Aのバイアス電流は、電流源から、または図2に示すように10k $\Omega$ の抵抗と直列に接続した電圧源によって供給できます。

### 3. ボディ・ダイオードの特性測定

熱データを取得する最初の手順は、接合部温度に対するダイオードの順方向電圧の特性を決定することです。VIN入力PCBに電力が印加されていない状態で、表1に示す各周囲温度でダイオード電圧を測定します。

$T_J$ - °C	ダイオード電圧の測定値(V)
25	0.4609
50	0.4438
75	0.4265
100	0.4076
125	0.3863
150	0.3591

表 1. ダイオード電圧 vs 温度

データをプロットすると、ダイオード電圧が接合部温度に対して直線的な関係にあることがわかります。トレンド・ラインを使用すれば、図3に示されるこの関係を表す式を簡単に求めることができます。

ダイオード電圧の関数としての接合部温度の式は、トレンド・ラインの式で項を移動することによって簡単に求められます。

$$T_J = \frac{V_D - 0.4841}{0.0008} \quad (1)$$

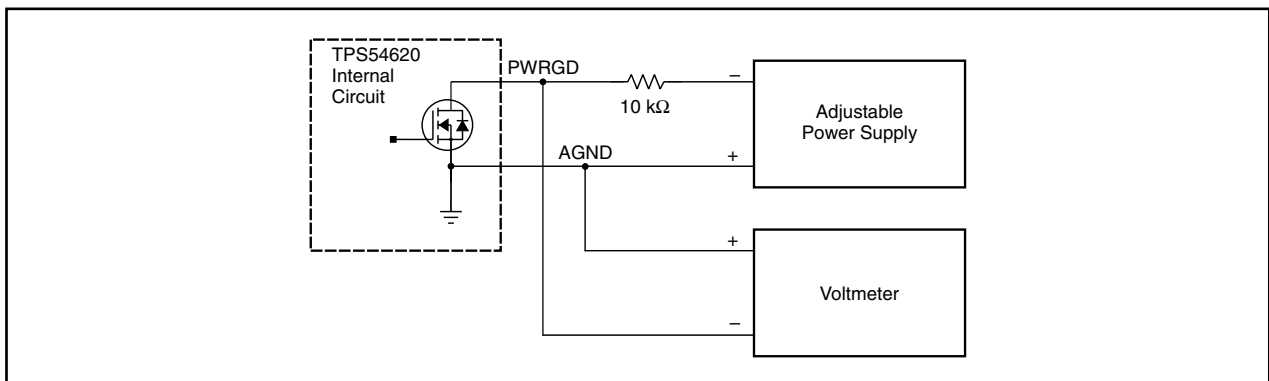


図 2. テスト・セットアップ

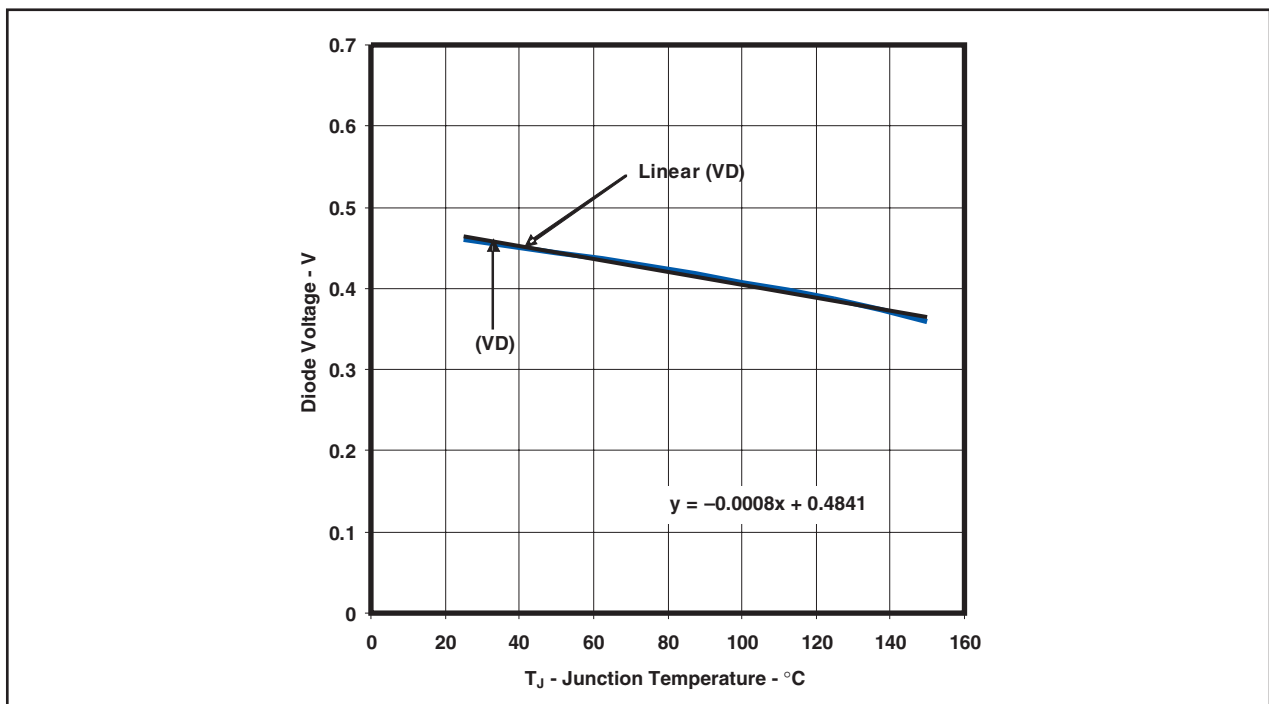


図 3. ダイオード電圧 vs 接合部温度

## 4. テスト結果

ダイオード電圧に対する接合部温度の特性がわかったところで、熱特性データを求め、接合部-周囲間の熱抵抗を計算できます。室温のような既知の周囲温度で、デバイスの消費電力を計算し、出力電流の範囲全体にわたってダイオード電圧を測定する必要があります。テスト基板は、12V入力および3.3V出力に設定しています。入力電圧、入力電流、出力電圧、および出力電流を測定することにより、消費電力を決定します。ハイサイドFETおよびローサイドFETはデバイスに内蔵されているため、他に重要な電力損失はインダクタの直列抵抗だけです。

したがって、デバイスの消費電力は次の式で与えられます。これらのテストPCBには電力変換回路だけが含まれることに注意してください。すべての負荷電力はPCBの外部で消費され、ここで示される熱測定結果には寄与しません。

図4に、デバイスの消費電力を出力電流の関数として示します。与えられた出力電流に対して、電力消費は主に内部FETのRDSonによって生じます。TPS54620の場合、FETのハイサイド・オン抵抗は通常26mΩであり、ローサイドは19mΩです。

$$P_{DISS} = (V_{IN} \times I_{IN}) - (V_{OUT} \times I_{OUT}) - (I_{OUT}^2 \times R_{INDUCTOR}) \quad (2)$$

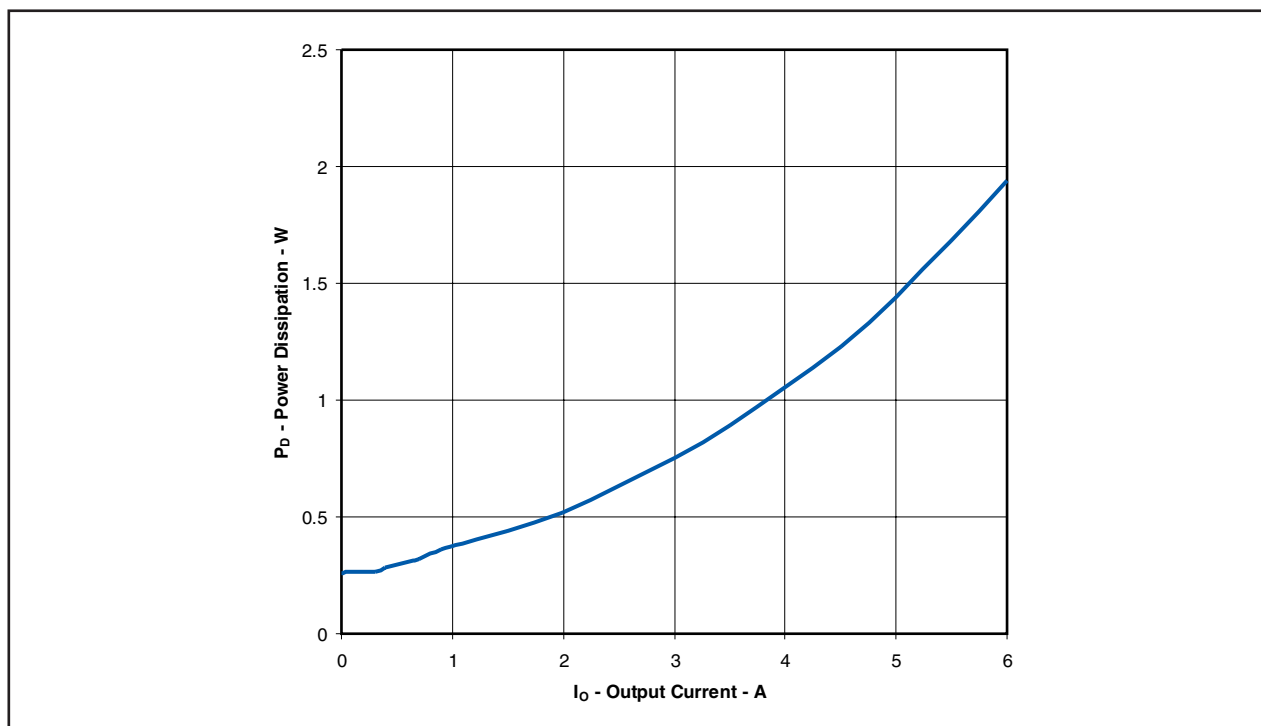


図 4. デバイスの消費電力 vs 出力電流

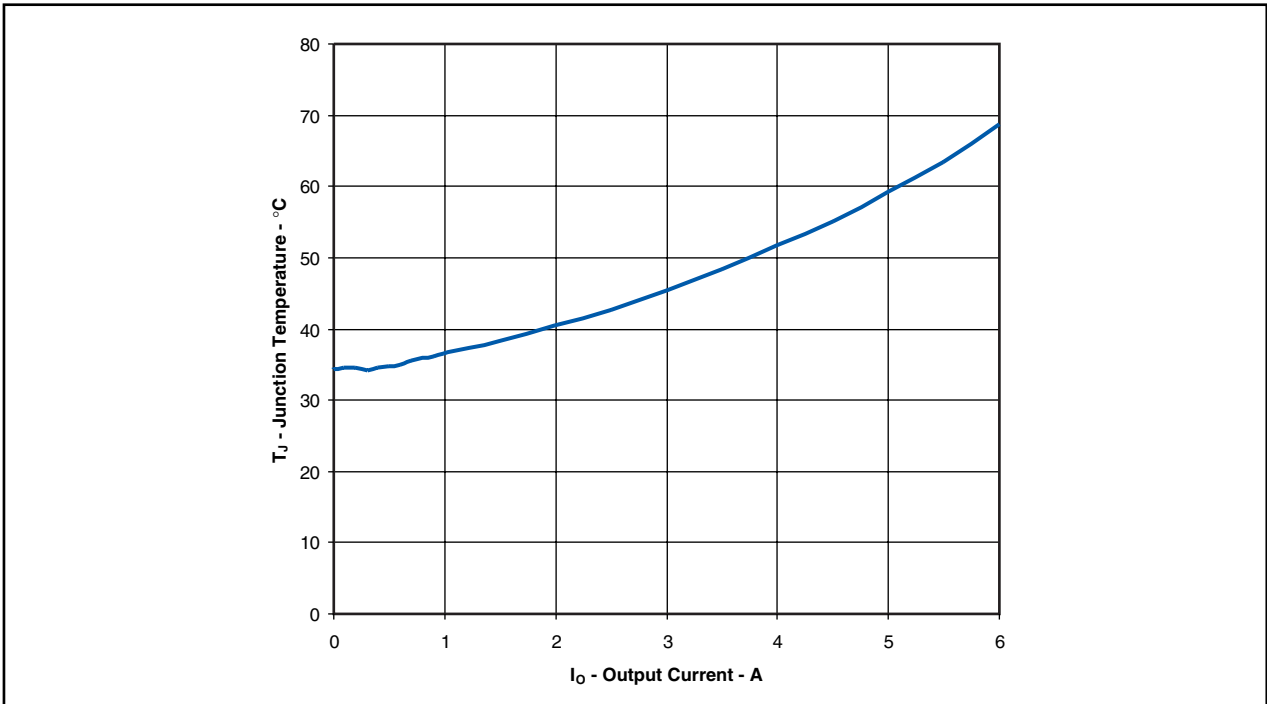


図 5. デバイスの接合部温度 vs 出力電流

図5に、接合部温度を出力電流の関数として示します。

デバイスの消費電力と接合部温度が既知であれば、熱抵抗 $R_{\theta JA}$ を求めることができます。このパラメータの単位は $^{\circ}C/W$ であるため、デバイスの温度上昇を消費電力に対してプロットします。この曲線を図6に示します。

消費電力に対する接合部温度上昇の曲線は、直線に近くなります。図6で係数20.867として表されるこの直線の傾きが、接合部-周囲間の熱抵抗です。

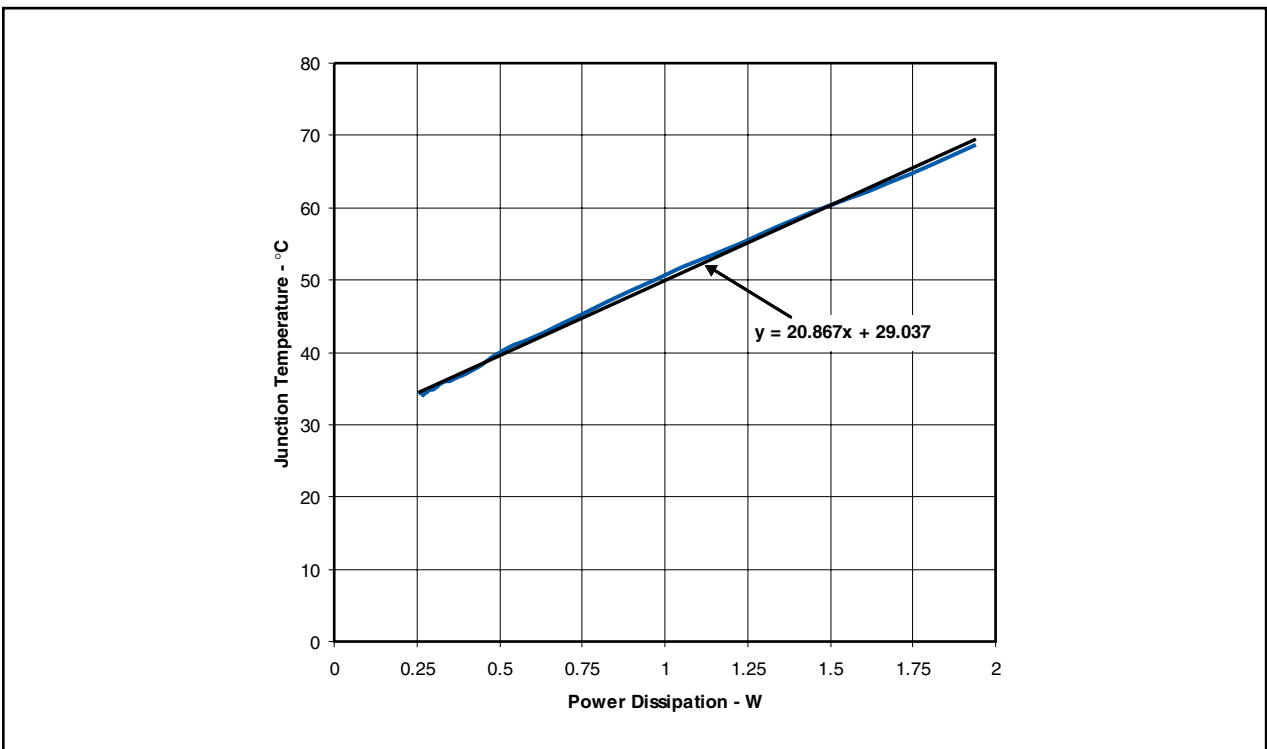


図 6. 接合部温度の上昇 vs デバイスの消費電力

## 5. 結論

14ピンQFNパッケージのTPS54620 SWIFTデバイスを使用した設計では、熱特性がほぼ完全にPCB設計およびレイアウトに依存します。最適の性能を得るためには、常にデバイスのデータシートに記載された推奨フットプリントを使用する必要があります。デバイスのサーマルパッドを、デバイスの下に露出した銅領域に半田付けするようにしてください。ヒートシンクに使用する銅領域の面積を増やし、エアフローを提供することにより、特に高電流アプリケーションで、熱特性を向上させることができます。このアプリケーション・レポートに示されたテスト結果は、ここに示

されるPCB構成に対してのみ有効であることに注意してください。他のアプリケーション回路では結果が異なります。標準的なアプリケーションでは、SWIFT DC/DCコンバータはおそらくポイント・オブ・ロード (POL) 電源として使用されます。負荷で消費される熱はSWIFT DC/DCコンバータで消費される熱の数倍にもなるため、負荷での消費電力が熱特性に大きく寄与します。このアプリケーション・レポートで示した手法を使用することで、ユーザーは設計の熱特性を簡単に決定できます。

# 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。従ひまして、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。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ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ひ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ー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。

TI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。

TI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TIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、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。TI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。

TI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TI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ひ基板実装すること。

### 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