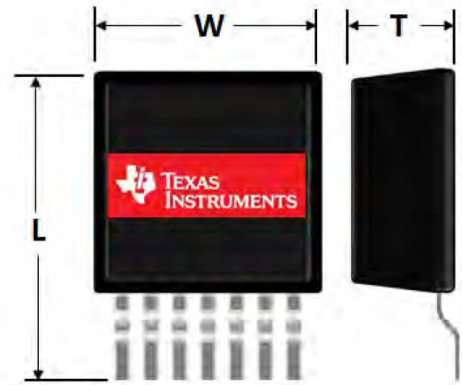


# 設計サマリ：LMZ1/LMZ2パワーモジュール

テキサス・インスツルメンツ(TI)は、TO タイプ・パッケージ・アウトラインを採用した包括的な電源ソリューションである LMZ1 および LMZ2 パワー・モジュール・シリーズを導入しました。NDW、NES、NDY の各パッケージは、欧州連合(EU)の RoHS 指令および REACH 規制で定められた要件を満たすかまたは上回っているだけでなく、JEDEC で規定された業界標準の鉛フリー・ハンダ・プロセスにも適合しています。また、熱特性を向上させる露出パッドを備えているほか、プラスチック製の封止材料と従来式の銅系リード・フレーム技術によって堅牢かつ効果的なソリューションを実現しています。各パワー・モジュール・パッケージ・ソリューションは、業界標準の EIA-481 テープ&リール形式で提供されます。

7-NDW パッケージの図

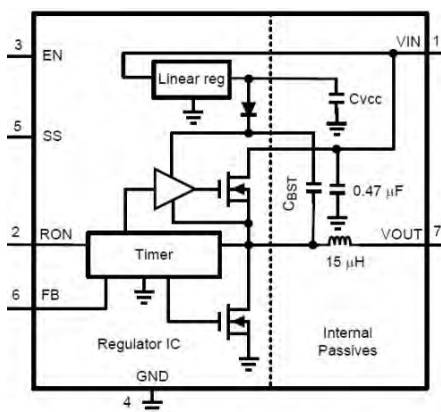


	7-NDW	9-NES	11-NDY
<b>総ピン数</b>	7	9	11
<b>パッケージ長(L) mm</b>	13.77*	24.38*	17.79*
<b>パッケージ幅(W) mm</b>	10.16*	20.0*	15.0*
<b>パッケージ厚(T) mm</b>	最大 4.67	4.8*	5.9*
<b>ピッチ mm*</b>	1.27	1.75	1.27
<b>リード仕上げ</b>	マット錫	マット錫	マット錫
<b>RoHS 準拠</b>	Yes	Yes	Yes
<b>耐湿性レベル(JEDEC)</b>	レベル 3/245C	レベル 3/245C	レベル 3/245C

\*寸法は公称値で記載されています。

作業	アセンブリ・クイック・スタート・チェックリスト
<b>ハンダ・ペースト</b>	LMZ1xxx/LMZ2xxx パワー・モジュール・デバイスを実装する際は、タイプ 3 またはそれよりも粒径の細かいハンダ・ペーストの使用を推奨します。
<b>リフロー・プロファイル</b>	パッケージ本体の上面中央にファイン・ゲージ熱電対線(タイプ K)を配置してピーク・リフロー温度を測定します。
	ピーク・リフロー温度が最大値の 245°C(240°C +/−5°C)を超えないようにします。最大温度を超えると、部品が破損する可能性があります。
	ピーク温度から 5°C 以内のリフロー時間は 20 秒を超えてはならず、液相線より高温のリフロー時間は 60 秒を超えてはなりません。
	パワー・モジュール・デバイスに適用するリフロー・サイクルの回数は、最小限に抑えることを推奨します。
<b>湿気対策</b>	最大で 245°C のピーク温度は、JEDEC に準拠したものです。詳細については、耐湿性のセクションを参照してください。
	LMZ1xxx/LMZ2xxx 製品は MSL3 に分類されており、湿気の影響を受けやすいので、特別な対策が必要です。MSL3 部品の最大フロア・ライフは 168 時間となっています。
	防湿バグの開封後 168 時間のフロア・ライフが経過する前に、部品のリフローを行う必要があります。168 時間のフロア・ライフが経過してしまった場合は、JEDEC の推奨事項に従って部品をベーキングしてください。詳細については、耐湿性のセクションを参照してください。

7-NDW パッケージの図

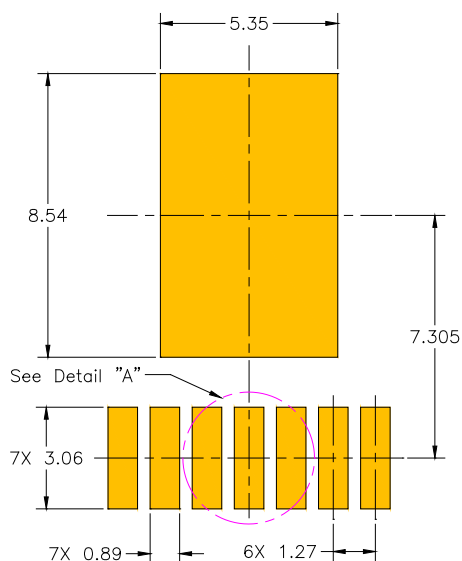


7-NDW の代表的なブロック図の例。LMZ パワー・モジュール・デザイン内に組み込まれた受動部品を使用。

## PCB デザイン ガイドライン

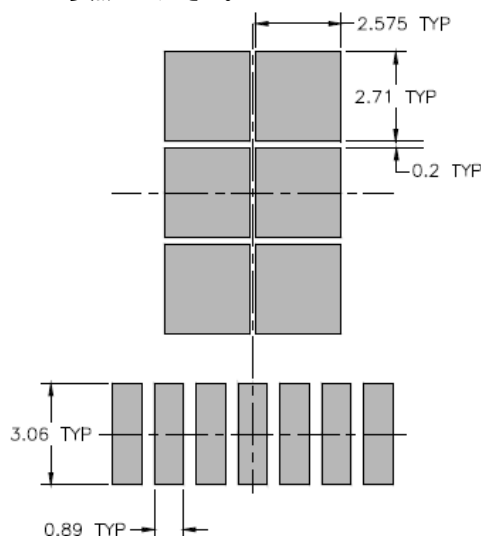
LMZ パワー・モジュール・パッケージを表面実装する際は SMD (ハンダ・マスク定義)パッドよりも NSMD (非ハンダ・マスク定義)パッドを推奨しますが、いずれも利用できます。NSDM の場合、銅エッチングの公差をより厳密にすることができます。また、ハンダ・マスクのない露出端面を利用してハンダ可能領域を広げられるので、PCB 上の接触領域が拡大します。

7ピン NDW の推奨 PCB ランド・パッド設計



7ピン NDW の推奨ステンシル設計

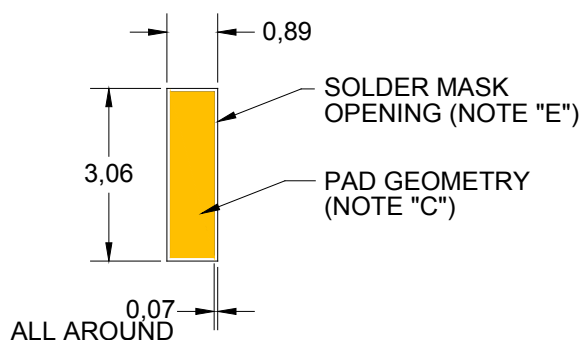
PCB ランド・パッド/ステンシル設計に関する注意事項を参照してください。



PCB ランド・パッド/ステンシル設計に関する注意事項

- (A) すべての寸法はミリメートル(mm)単位です。
  - (B) 図は予告なく変更されることがあります。
  - (C) Publication IPC-SM-782 も PCB ランド・パターン設計の情報源として利用できます。
  - (D) レーザ・カット・アパーチャの壁面を台形にし、角に丸みを付けることで、ペースト離れが良くなります。ステンシル設計の推奨事項については、基板アセンブリ拠点にお問い合わせください。ステンシル設計の考慮事項については、IPC 7525 を参照してください。
- ハンダ・マスクの推奨公差、およびサーマル・パッドに配置するビアのテンティングに関する推奨事項については、基板製造拠点にお問い合わせください。

PCB ランド・パッドの詳細「A」



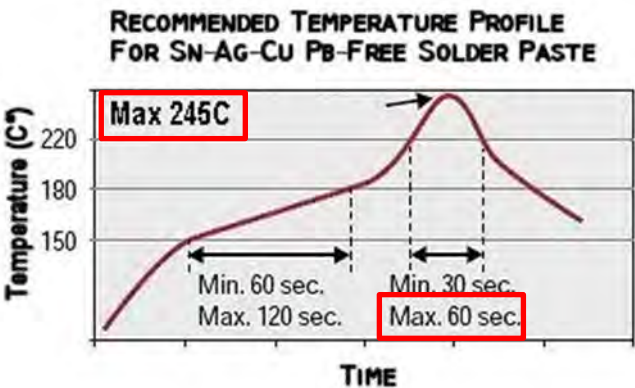
## ハンダ・ペーストの推奨事項

- TIスタイル・パッケージのパワー・モジュールを実装する際は、タイプ3またはそれよりも粒径の細かいハンダ・ペーストの使用を推奨します。ペーストの使用には、以下の利点があります。
- ・ フラックスを含んでおり、PCB ランドに対するハンダの濡れ性を向上させます。
  - ・ ペーストの接着/粘着性によって、製造中に部品が所定の位置に維持されます。
  - ・ ペーストには通常、容量で約 50%の金属が含まれており、印刷量に応じてペースト量が変わるので、特定のハンダ・ジョイントの形成に必要なペースト量を計算できます。パワー・モジュール・パッケージは一般に、周囲のハンダ・ジョイントの濡れ性を向上させ、基板表面からのスタンドオフを確保するために、パッドの印刷量を面積で 50%～80%にして製造されます。
  - ・ ペーストはジョイント中の最終的な金属量に影響するので、ペーストを変えることにより最適なジョイントが得られます。
  - ・ ペーストの選択は通常、全体的なシステム・アセンブリ要件によって決まります。一般的には、実装部品の下の洗浄が困難であるため「無洗浄」タイプを推奨します。

## IR リフロー・プロファイル

LMZxxx パワー・モジュール・パッケージには、鉛使用および鉛フリーのハンダ・ペーストに対応したマット錫のリード仕上げが採用されています。

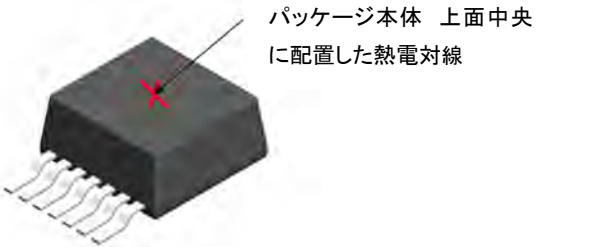
- ・ パッケージ本体の上面中央に配置したファイン・ゲージ熱電対線(タイプK)を使用してピーク・リフロー温度を測定します。
- ・ ピーク・リフロー温度が最大値の245℃ (240℃+/-5℃)を超えないようにします。
- ・ ピーク温度から5℃以内の時間は20秒を超えてはなりません。
- ・ 液相線より高温の時間は60秒を超えてはなりません。
- ・ リフロー・サイクルの回数は最小限に抑えることを推奨します。
- ・ 最大で245℃のピーク・リフロー温度は、JEDECに準拠したものです。下表を参照してください。



ハンダ・ペースト・メーカーの推奨事項に従って、フラックスの活性度を最適化し、J-STD-20 のガイドラインで定められた範囲内の適切な合金熔融温度を実現することを推奨します。上の図に示したのは、パッケージが信頼性へのリスクを生じることなく耐えられる温度の範囲です。ただし、ピーク温度をできる限り抑えて、MSL ラベルに記載された部品のピーク温度定格未満に保ちながら、部品を処理することを推奨します。正確な温度プロファイルは、MSL ラベルに記載された部品の最大ピーク温度、ハンダ・ペースト・メーカーの推奨事項、PWB の複雑さ、SMT アセンブリ・オペレーションで確認されるリフロー装置の性能によって異なります。

	鉛フリー
上昇速度	3℃/秒 (最大)*
予備加熱	150～180℃
	60～120秒
液相線より高温の時間	217℃
	30～60秒
ピーク温度	240℃+/-5℃
ピーク温度から5℃以内の時間	10～20秒
下降速度	6℃/秒 (最大)

\* 6℃/秒の強制冷却を採用したテストは実施していません。



\* IPC/JEDEC J-STD-020: 非密封式のソリッド・ステート表面実装デバイスに関する耐湿性/耐リフロー性分類の基準「分類/再分類」に準拠。

鉛フリー・プロセス - パッケージ別のリフロー温度

Package Thickness	Volume mm <sup>3</sup> <350	Volume mm <sup>3</sup> 350 - 2000	Volume mm <sup>3</sup> >2000
≥2.5 mm	250 +0 °C *	245 +0 °C *	245 +0 °C *

## 耐湿性ガイドライン

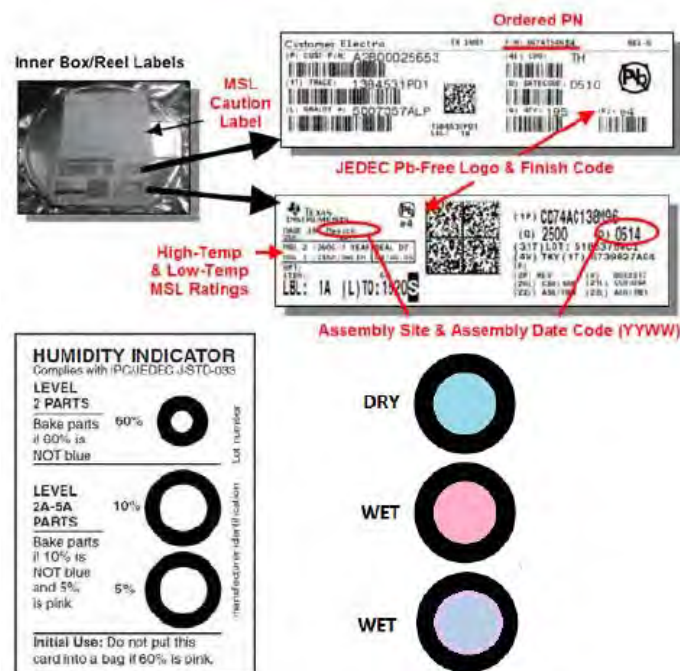
- ・LMZxxxデバイスはMSL3に分類されており、出荷時の防湿パッケージから取り出してアセンブリを行う際は、特別な対策が必要です。
- ・防湿バッグの開封後168時間のフロア・ライフが経過する前に、部品のリフローを行う必要があります。
- ・開封後168時間のフロア・ライフが経過してしまった場合は、下表に示すJEDEC標準(JSTD-033)に従ってベーキングしてから、リフローを行ってください。
- ・リールあたりの数量が幅広く用意されているため、製造方法に適したロット・サイズを選べます。データシート末の「製品情報」を参照してください。

「耐湿性レベルとフロア・ライフ」に、JSTD-033で定められた、部品を防湿バッグから出しておける時間の一般的なガイドラインを示します。このガイドラインは、周囲温度と湿度がそれぞれ30℃および60% (相対湿度) 以下であることを想定しています。また、JSTD-033で定められているように、相対湿度が10%未満のドライ・ボックスを使用する保存方法もあります。ドライ・ボックスに入れている間は、累積フロア・ライフに対する時間の加算を中断できます。

防湿バッグの不適切な密封が原因で、湿気の影響を受けやすい部品が湿気にさらされることがありますが、それを視覚的に判断できる手段が湿度表示カードです。湿度表示カードには湿気に反応する化学物質が使われており、湿気にさらされると、青(乾燥)からピンク(湿潤)に変化します。例えば、MSL3に分類されたLMZxxx 1/2パッケージの場合、5%表示はピンクでもかまいません。ただし、10%表示が青一色でなくなったときは、過剰な湿気にさらされているので、部品のベーキングが必要になります。

デバイスがフロア・ライフを超えた場合は、ベーキングを行って、パッケージ内にたまった過剰な湿気を取り除いてください。下表に、LMZxxx 1/2 パッケージから湿気を取り除くのに必要な時間と温度を示します。

ラベルの例と記載されている情報の概要



耐湿性レベルとフロア・ライフ

Level	Floor Life (out of bag) at factory ambient ≤30°C/60% RH or as stated
1	Unlimited at ≤30°C/85% RH
2	1 year
2a	4 weeks
3	168 hours

オーブンの温度に基づいたベーキング時間。詳細については、JSTD-033を参照してください。

Package Body	Level	Bake @ 125°C		Bake @ 90°C ≤5% RH		Bake @ 40°C ≤5% RH	
		Exceeding Floor Life by >72 h	Exceeding Floor Life by >72 h	Exceeding Floor Life by >72 h	Exceeding Floor Life by >72 h	Exceeding Floor Life by >72 h	Exceeding Floor Life by >72 h
Thickness >2.0 mm 1/4 C MOUNT	2	48 hours	48 hours	10 days	7 days	79 days	67 days
	2a	48 hours	48 hours	10 days	7 days	79 days	67 days
	3	48 hours	48 hours	10 days	8 days	79 days	67 days
	4	48 hours	48 hours	10 days	10 days	79 days	67 days
	5	48 hours	48 hours	10 days	10 days	79 days	67 days
	5a	48 hours	48 hours	10 days	10 days	79 days	67 days



## パッケージ・リペア・ガイドライン

- ・取り外したパッケージの再利用は推奨しません。
- ・リペア・プロセスには新しいパッケージを利用してください(下記のパッケージ交換手順を参照)。
- ・新しいパッケージは乾燥した状態で保存しておき、ドライ・バックの開封後は、規定されたフロア・ライフを超えないようにしてください(前記のMSLガイドラインを参照)。
- ・TI による不良解析が必要な場合は、部品が実装されているアセンブリ全体、または部品が実装されているセクションを切り取ったものを返送することを推奨します。送付方法については、各地域の TI 営業担当者までお問い合わせください。

### LMZxxxパワー・モジュールの交換手順:

このプロセスにはホット・ガス・リペア/リワーク・ステーション (すなわちAir-Vac Engineering、Metcal、またはDen-On Inst)を強く推奨します。

- ・リワーク開始前にPCBとパッケージを125℃で48時間ベーキングします。詳細については、IPC/JEDEC J-STD-033「ベーキング条件」を参照してください。
- ・基板を予備加熱します(ベーキングを推奨)。
- ・部品のハンダをリフローさせます。
- ・部品を真空除去します。
- ・PCBランドの洗浄および準備をします。
- ・部品または基板に対してハンダ・ペーストのスクリーニングを行います。
- ・IRリフロー・ガイドラインに従って新しい部品の配置およびリフローを行います。
- ・ハンダ・ジョイントを検査します。



## FAQ

Q. パッケージのリワークは可能ですか？ ツールは提供されていますか？

A. はい。リワークは可能であり、半自動式の SMT リワーク・マシンやプロファイルが複数提供されています。ただし、TI では再利用パッケージの信頼性を保証していません。テストに不合格となったパッケージは破棄して、新しいものに交換することを推奨します。

Q. どの程度のアラインメント精度を得られますか？

A. パッケージのアラインメント精度は、基板レベルのパッド公差、配置時の精度、リード位置の公差に依存します。リード位置の公差は、 $\pm 50 \mu\text{m}$ と規定されています。パッケージはハンダ・リフロー時にセルフ・アラインメントを行うので、最終的なアラインメント精度は配置時の精度より良くなる場合があります。LMZ パワー・モジュール・パッケージのセルフ・アラインメント効果を最大限に高めるために、ハンダ・ペーストに対して規定された最大リフロー温度を上回らないようにすることを推奨します。目安として、 $4^\circ\text{C}/\text{秒}$ を超えない温度上昇速度を PCB に適用します。

Q. 基板上的のパッケージ用ランド・パッドはどのようなサイズに設計すべきですか？

A. パッド・サイズは基板レベルの信頼性にとって鍵となるものであり、本書に掲載されたランド・パターン設計に従うことを強く推奨します。

Q. ハンダ・ジョイントはリフロー後に検査できますか？

A. 多くのユーザーが Lamographic X 線技術を使ってプロセス・セットアップ時に満足のいく結果を得ています。

Q. LMZ パワー・モジュールのアセンブリ歩留まりを高められる要素はありますか？

A. 以下のことを推奨します。

- ・ハンダ・ペーストの品質 - 均一な粘度と組成。異物が混入していないこと。ペーストは、ハンダ・ステンシル上で乾燥しないように保護してください。
- ・PCBの品質 - クリーンで平坦な、メッキまたはコーティングが施されたハンダ・ランド領域。実装面をクリーンにし、ハンダ・マスクの残留物がないようにしてください。
- ・配置時の精度 - LMZ パワー・モジュール・パッケージは、リード・フィンガーの大部分 (50% 超) が基板上的のハンダ・ペーストで覆われたランド領域と接していれば、セルフ・アラインメントを行えます。
- ・PCBのタイプごとにハンダ・リフロー・プロファイルを作成して、ピーク・リフロー温度を超えないように監視してください。
- ・すべてのハンダ対象箇所でも最適な接合を得るには、ハンダ量が重要です。
- ・基板アセンブリ時にハンダ・ペースト量が過剰であると、ハンダがはみ出して、短絡が発生する可能性があります。推奨ステンシル設計を利用して底面のハンダ・ペースト量を最適化することを推奨します。

Q. TI は LMZ パワー・モジュールの RoHS バージョンを開発していますか？

A. はい。すべての RoHS/鉛フリー環境ポリシーに準拠したパッケージを開発しています。サンプルの入手については、各地域の TI 営業担当者までお問い合わせください。

Q. パッケージ底面のトレースに EMI の問題はありますか？ EMI を最小限に抑えるには、どのように基板を設計すればよいですか？

A. PCB トレース上の複雑な電流ループを最小限に減らすことによって、EMI を抑制できます。有用なヒントをいくつか紹介します。

- ・設計には連続したグラウンド・プレーンや電源プレーンを使用します。分割されたグラウンドや電源プレーンは使用しないでください。グラウンドや電源を分割すると、複雑な電流ループが生成され、放射を増やす可能性があります。
- ・トレースの一部として、直角または「T」型の交差を使用することを避けてください。直角のトレースが存在する場合は、インピーダンス・ミスマッチが生じ、トレースの静電容量が増加して信号を低下させる可能性があります。
- ・電源トレースとグラウンド・トレースを並行に配置して隣接させることで、電源ループを最小限に抑えます。この方式を用いると、パッケージの EMI を大幅に低減できます。

Q. パッケージのフロア・ライフにはどのような時間要件がありますか？

A. リフロー時におけるポップコーン・タイプの欠陥では吸湿性が大きな要因となります。このパッケージは耐湿性レベル 3 に分類されており、1 回目および 2 回目のリフローは、防湿バグの開封後 168 時間以内に完了させる必要があります。この時間内に完了できなかった場合は、パッケージを  $125^\circ\text{C}$  で 48 時間ベーキングしてから再利用することを強く推奨します。

IPC/JEDEC J-STD-33 では、シェルフ・ライフ、フロア・ライフ、MSL 分類 SMT デバイスのリワークに関する追加情報を提供しています。

Q. LMZ パワー・モジュール・パッケージは PCB の裏面に実装できますか？

A. はい。裏面に実装できます。2 回目のリフローの理想的なプロファイルは、1 回目と同じです (本書では IR プロファイルを推奨)。

Q. このモジュールは流動ハンダで実装できますか？

A. いいえ。このパッケージは、ピーク・リフロー温度が  $245^\circ\text{C}$  を超えない表面実装プロセス向けに設計されています。部品に流動ハンダ・プロセスを適用することは推奨しません。

# ご注意

Texas Instruments Incorporated 及びその関連会社 (以下総称して TI といいます) は、最新の JESD46 に従いその半導体製品及びサービスを修正し、改善、改良、その他の変更をし、又は最新の JESD48 に従い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。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。全ての半導体製品は、ご注文の受諾の際に提示される TI の標準販売契約約款に従って販売されます。

TI は、その製品が、半導体製品に関する TI の標準販売契約約款に記載された保証条件に従い、販売時の仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査及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、適用される法令によってそれ等の実行が義務づけられている場合を除き、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又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関連する危険を最小のものとするため、適切な設計上及び操作上の安全対策は、お客様にてお取り下さい。

TI は、TI の製品又はサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、又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おりません。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 が当該製品又はサービスを使用することについてライセンスを与えとか、保証又は是認するという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、又は 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・ブック又はデータ・シートの中にある情報の重要な部分の複製は、その情報に一切の変更を加えること無く、且つその情報と関連する全ての保証、条件、制限及び通知と共になされる限りにおいてのみ許されるものとします。TI は、変更が加えられて文書化されたものについては一切責任を負いません。第三者の情報については、追加的な制約に服する可能性があります。

TI の製品又はサービスについて TI が提示したパラメーターと異なる、又は、それを超えてなされた説明で当該 TI 製品又はサービスを再販売することは、関連する TI 製品又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、且つ不公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負いません。

TI からのアプリケーションに関する情報提供又は支援の一切に拘わらず、お客様は、ご自身の製品及びご自身のアプリケーションにおける TI 製品の使用に関する法的責任、規制、及び安全に関する要求事項の全てにつき、これをご自身で遵守する責任があることを認め、且つそのことに同意します。お客様は、想定される不具合がもたらす危険な結果に対する安全対策を立案し実行し、不具合及びその帰結を監視し、害を及ぼす可能性のある不具合の可能性を低減し、及び、適切な治癒措置を講じるために必要な専門的知識の一切を自ら有することを表明し、保証します。お客様は、TI 製品を安全でないことが致命的となるアプリケーションに使用したことから生じる損害の一切につき、TI 及びその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI 製品につき、安全に関連するアプリケーションを促進するために特に宣伝される場合があります。そのような製品については、TI が目的とするところは、適用される機能上の安全標準及び要求事項を満たしたお客様の最終製品につき、お客様が設計及び製造ができるようお手伝いをすることにあります。それにも拘わらず、当該 TI 製品については、前のパラグラフ記載の条件の適用を受けるものとします。

FDA クラス III (又は同様に安全でないことが致命的となるような医療機器) への TI 製品の使用は、TI とお客様双方の権限ある役員の間で、そのような使用を行う際について規定した特殊な契約書を締結した場合を除き、一切認められていません。

TI が軍需対応グレード品又は「強化プラスチック」製品として特に指定した製品のみが軍事用又は宇宙航空用アプリケーション、若しくは、軍事的環境又は航空宇宙環境にて使用されるように設計され、かつ使用されることを意図しています。お客様は、TI がそのように指定していない製品を軍事用又は航空宇宙用に使う場合は全てご自身の危険負担において行うこと、及び、そのような使用に関して必要とされるすべての法的要求事項及び規制上の要求事項につきご自身のみの責任により満足させることを認め、且つ同意します。

TI には、主に自動車用に使われることを目的として、ISO/TS 16949 の要求事項を満たしていると特別に指定した製品があります。当該指定を受けていない製品については、自動車用に使われるようには設計されてもいませんし、使用されることを意図しておりません。従いまして、前記指定品以外の TI 製品が当該要求事項を満たしていなかったことについては、TI はいかなる責任も負いません。

Copyright © 2014, 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。)

- 直射日光が当たる状態で保管・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