

LM3152,LMZ14201,LMZ14202,LMZ14203



Literature Number: JAJA420

DESIGN MADE EASY

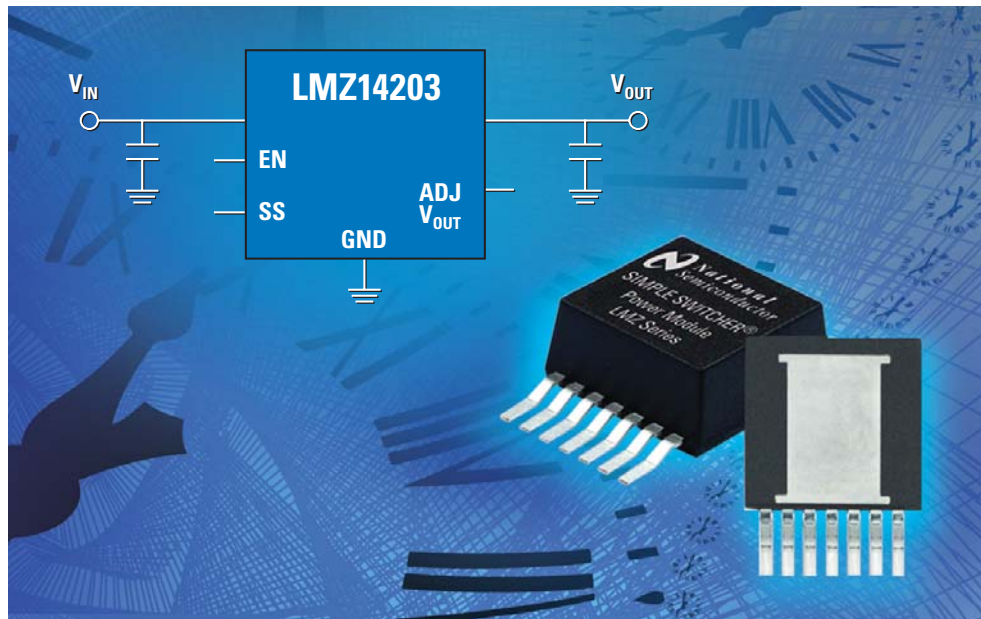


調べる 選ぶ 設計する

時間を節減。容易に設計。

新しいSIMPLE SWITCHER® パワー・モジュール

定評のあるシンプルスイッチャ・ファミリの新世代製品として登場したSIMPLE SWITCHER® パワー・モジュールは、革新的なパッケージ、優れたEMI特性と熱特性を特長とする、インダクタ内蔵一体型の小型高効率電源ソリューションです。



業界をリードする インダクタ内蔵一体型の パッケージ

実装性を向上するシングル銅箔底面パッケージは、優れた熱特性を実現し、プロトタイプ製作と製造を容易にします。各製品シリーズでピン互換性とフットプリント互換性を実現しているため、異なる負荷電流要件にも簡単に対応できます。

優れたEMI特性

LMZパワー・モジュール・シリーズは優れた放射EMI特性を提供すると同時に、CISPR22 Class B放射妨害波規格の要件にも対応しているため、ノイズに敏感なアプリケーションに最適です。

卓越した熱特性

熱特性に優れ、エアフローが不要なことと、動作温度とシステムの熱発生が低いことから、パワー・モジュールは高い信頼性と堅牢性を実現します。さらに、効率的な放熱技術は、複雑さとコストの増大につながる外付けヒートシンクやファンを不要にします。

ディスクリート型レギュレータと集積型パワー・モジュールのメリットの比較

集積型モジュールを使うと、設計とレイアウトに関連した課題への対応がスムーズになりますが、2つのプロセスが完全に不要になるわけではありません。少なくとも、設計者にとって、設計電源回路の仕様の評価が必要です。評価の際には、入力/出力電圧、電流、許容温度上昇、ノイズ問題、安全性、エミッションのほか、さまざまな事項を検討する必要があります。最もシンプルなモジュール・タイプのソリューションであっても、入念な立案が不要になるわけではありません。

回路性能は多面的な要素を持っており、アプリケーションにも左右されます。例えば、RF回路電源での出力ノイズが深刻な問題になる補聴器などの場合には、回路の温度上昇とサイズが仕様決定の際に重要な要素となります。

設計例

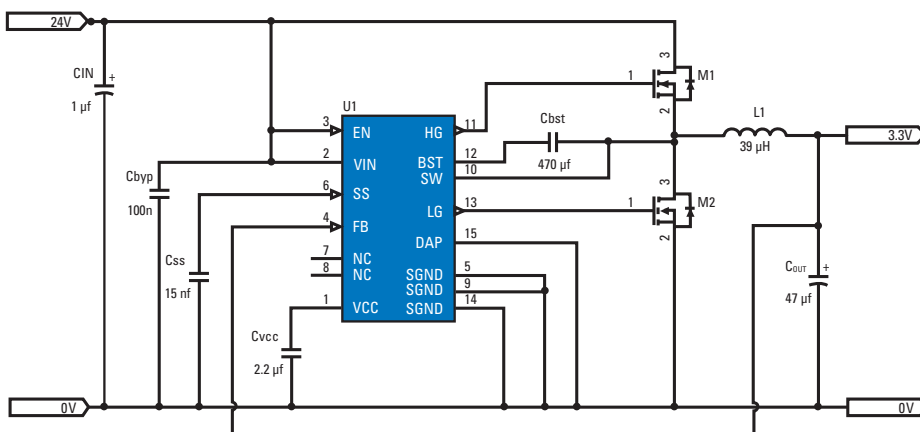
可能性がある電圧値と電流値をすべて使って各アプローチのメリットとデメリットを検討することは不可能です。ここでは、一般的な設計パラメータを使い、ディスクリート型コントローラICに対しモジュールを使った場合の長所と短所を分析します。2つのアプローチについて、同じ設計仕様を採用しました：

- $V_{IN} = 24V$
- $V_{out} = 3.3V$
- 出力電流 = 最大3.0A
- 周囲温度 = 55°C

2つのアプローチのどちらが相対的に設計が容易かを示すために、ナショナル セミコンダクターのWEBENCH設計支援ツールにより、LM3152 3.3V SIMPLE SWITCHER®コントローラとLMZ14203 SIMPLE SWITCHERパワー・モジュールを使って、回路設計を行ってみました。使いやすさに優れたWEBENCHツールは、非常に多くの補完的な設計ツールを提供しており、ここですべてを紹介するのは不可能です。しかし、national.com/webenchにアクセスすれば、その全機能をオンラインで検討できます。ここでは回路図、BOMコスト、PCBの部品ラウンド・エリア、出力ノイズ分析、効率、熱特性シミュレーションに焦点を絞ります。

回路図と部品リスト(BOM)

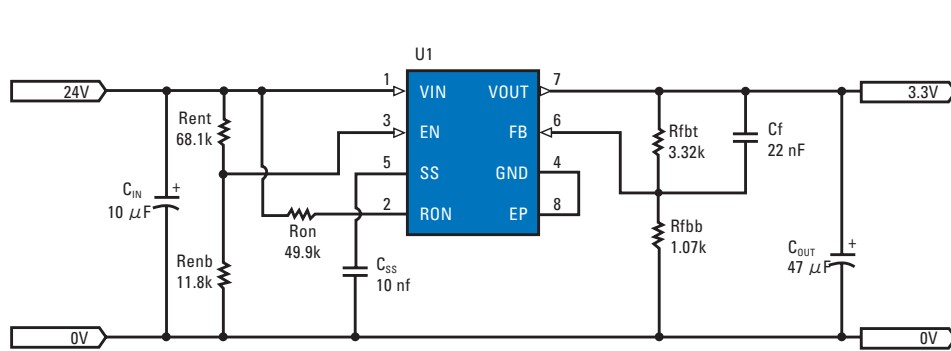
Figure 2 はディスクリート・タイプのLM3152 3.3Vコントローラを使った場合の設計回路を示します。この設計では、WEBENCHツールを使用しました。その際に、コスト削減のために選択した部品の変更や、最適動作検証のために設計シミュレーションを数回、行いましたが、総所要時間は約30分でした。CADプログラムを使用せずに設計を行うと、回路計算や部品検索に数時間から丸一日の時間が必要になる場合があります。



部品	仕様	価格
Cbst	470 nF/16V	\$ 0.02
Cbyp	100 nF/50V	\$ 0.01
C _{IN}	1 µF/50V	\$ 0.05
C _{OUT}	47 µF/16V	\$ 0.41
C _{SS}	15 nF/50V	\$ 0.01
C _{VCC}	2.2 µF/10V	\$ 0.02
L1	10 µH/4A	\$ 0.54
M1	80V/30 mΩ	\$ 0.39
M2	80V/30 mΩ	\$ 0.39
U1	LM3152MH-3.3	\$ 2.30
総BOM		\$ 4.14

Figure 2. ディスクリート・タイプのLM3152 3.3Vコントローラを使った回路設計と部品リスト

ディスクリート型レギュレータと集積型パワー・モジュールのメリットの比較



部品	仕様	価格
Cf	22 nF/50V	\$ 0.01
C _{IN}	10 µF/50V	\$ 0.43
C _{OUT}	47 µF/6.3V	\$ 0.18
C _{SS}	10 nF/50V	\$ 0.02
Renb	11.8 KΩ	\$ 0.01
Rent	68.1 KΩ	\$ 0.01
Rfbb	1.07 KΩ	\$ 0.01
Rfbb	3.32 KΩ	\$ 0.01
Ron	49.9 KΩ	\$ 0.01
U1	LMZ14203	\$ 9.50
総BOM		\$ 10.19

Figure 3. モジュール・タイプのLMZ14203集積型パワー・モジュールを使った回路設計と部品リスト

Figure 3 はモジュール・タイプのLMZ14203集積型パワー・モジュールを使った場合の設計回路を示します。設計時に必要な選択が少なくなり、さらにエラー発生の可能性も限定されることから、WEBENCH設計支援ツールを使えば設計プロセスをほぼ瞬時に完了できます。データシートにはコンデンサと抵抗の選択に関する指示が明記されています。カタログからFETとインダクタを探す手間は不要です。

ディスクリート・タイプとモジュール・タイプを使った場合のBOMコストを比較すると、コスト上のメリットがあるのは明らかにディスクリート・タイプです。ただし、価格の基準として使っているのは、コントローラの場合が1,000個一括購入時で、一方、パワー・モジュールは500個一括購入時です。WEBENCHツールを使うとコストすべてが表示されます。その価格は公表カタログ価格であり、基準となっているのは一般的な1,000個一括購入時あるいはカットテープ単位の価格です。

PCBレイアウトの簡便性

Figure 4 はこれまで行ってきた設計例に対応した評価ボードを示します。スイッチング・レギュレータのレイアウトの際の「ポイント」となるのは、大電流高周波ノードの長さやサイズの低減と、リターン電流経路の適切な管理です。単に「動作する」だけの電源であれば、どんなPCB CADオペレータでも設計できます。しかし、電源の堅牢性を確保し、さらに動作時のノイズ・エミッションを最小限に抑えるためには、入念な立案と回路動作に関する知識が必要になります。モジュール・タイプの場合、レイアウト上のミスが発生しにくいことは明白です。

モジュール電源を使ったPCBレイアウトのもう一つのメリットは、切れ目のない最上層銅プレーンをダイの下にルーティングできることです。ダイと最上層銅プレーン間の熱伝導の最大化は、接合部温度を最も低いレベルに抑えるための重要な課題になります。



集積型パワー・モジュール



ディスクリート型コントローラ

Figure 4. モジュール・タイプとディスクリート・タイプ・ソリューションの評価ボード

設計タイプ	WEBENCHフットプリント (片面レイアウト)	50%パッキング・ファクタ	評価ボードの比較 (片面レイアウト)
ディスクリート	526 mm ² / 0.815 in ²	1.22 in ²	1.4 in ²
モジュール	374 mm ² / 0.58 in ²	0.87 in ²	0.902 in ²

Figure 5. 部品ランド・エリアの比較

ナショナル セミコンダクターのLMZパワー・モジュール・ファミリの場合、グラウンド電位の露出底面パッドはサイズが大きく、その位置は他の信号ピンから空間的に離れています。**Figure 4**のLMZ14203評価ボードを見れば、モジュール底面の露出パッドに切れ目のない最上層銅プレーンを容易に配置できることがわかります。

部品ランド・エリア

WEBENCHツールでは、部品PCB「フットプリント」をmm²単位で表示します。このフットプリントには、クリアランスを確保するため、各辺にプラス1mmの余裕が設定されています。**Figure 5**の表は、総部品フットプリントをまとめたもので、さらにトレースとオープン・スペースを確保するため50%パッキング・ファクタを追加しています。サイズはすべて、片面レイアウトの際のもので。

効率と熱特性シミュレーション

下記の図ではWEBENCH熱特性シミュレータを使った際のデータ(動作条件は入力電圧24V、出力電圧3.3V、出力電流3A、周囲温度55°C、ファン不使用、両面1.5オンス銅箔使用)が表示されています。熱特性グラフが示すのは一般的なレイアウトで、最大パッキング密度の場合のものではありません。

Figure 6 および **7** の効率プロットと熱特性イメージから、モジュール・タイプに比べてディスクリート・タイプは高効率で、動作時の熱発生が低いことがわかります。もちろん、これは単なる1つの条件下での動作例です。

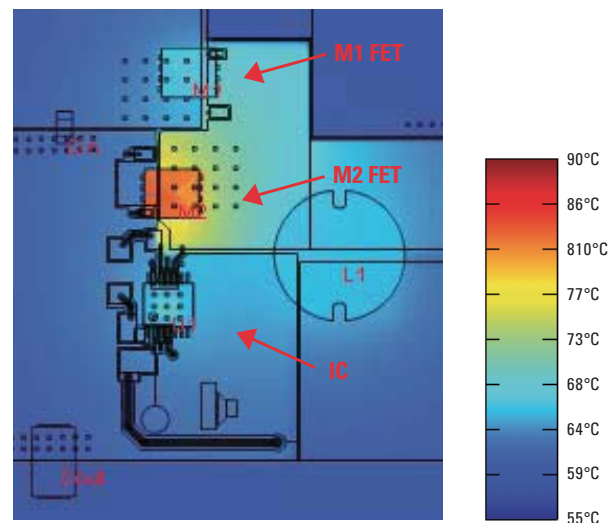
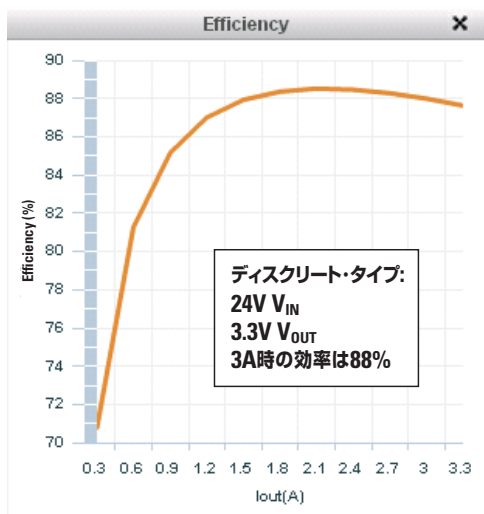


Figure 6. ディスクリート・タイプのWEBENCHシミュレーション結果

ディスクリート型レギュレータと集積型パワー・モジュールのメリットの比較

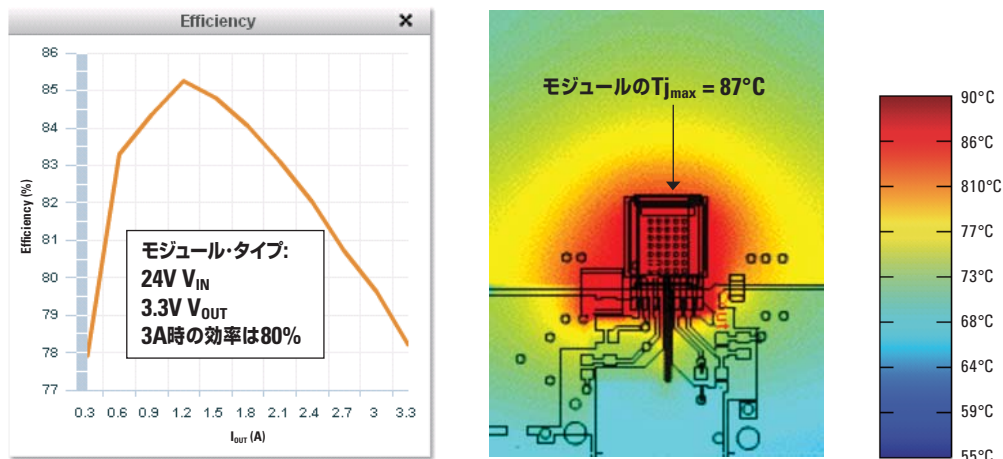


Figure 7. モジュール・タイプのWEBENCHシミュレーション結果

ディスクリート・タイプのメリットの1つは、特定した動作電圧と出力電流に対してFET選択を最適化できることです。また、モジュール・タイプもディスクリート・タイプも周囲温度が55°Cと高いレベルに設定されていることへの留意も重要です。モジュール・タイプの場合は最大周囲温度(T_j)が125°Cなので、38°Cの安全バッファを確保できます。

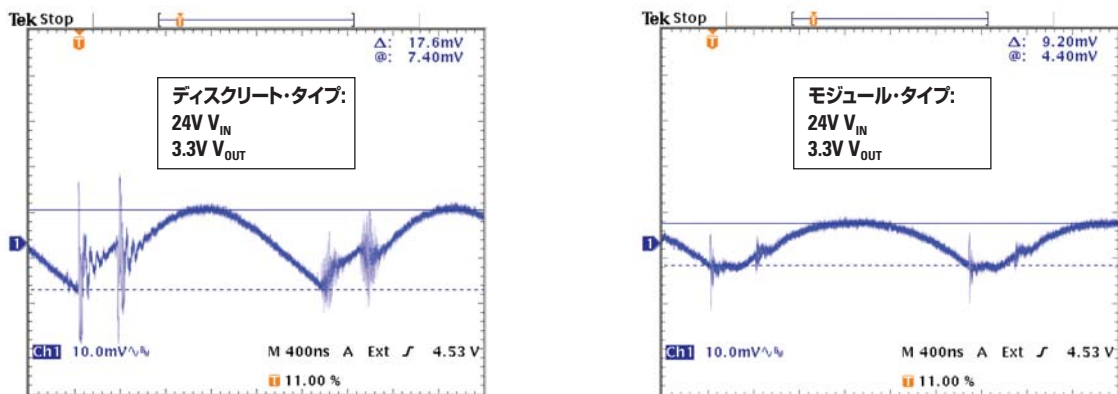
出力ノイズとエミッション

スイッチング電源から発生するノイズを定量化する方法が多数存在するので、本稿では比較の対象をディスクリート・タイプとモジュール・タイプの2つの出力電圧ノイズだけに絞りました。さらに、1つのアプローチのノイズが他方のノイズに比べ常に高いと想定するのは誤りになる可能性があります。インダクタ・

サイズ、入力電圧、スイッチング周波数、コンデンサ等価直列抵抗(ESR)などの要因は、結果として生じる出力電圧リップルで重要な役割を果たします。

しかしモジュール・タイプの場合は、ディスクリート・タイプで可能なサイズに比べ、レギュレータ部品を接続した回路トレースをさらに最小化できるというメリットが存在します。

集積型モジュールのLMZファミリはトレース長とインダクタンスを最小化するため、シリコンとシールド付きインダクタの三次元スタックを採用しています。出力電圧のスコープ・プロットをFigure 8に示します。



注: AC結合出力ノイズ。BW=150 MHz。複数の出力コンデンサ間の超低インダクタンス・プローブ。

Figure 8. 評価ボードの出力リップル・ノイズの計測結果

モジュール・タイプとディスクリート・タイプではともに、総コンデンサESRの低減により、電圧リップルのさらなる低減も実現できます。これは、より高価なコンデンサを使用するか、容量を並列に接続しても実現できます。注意すべき相違点は、ディスクリート・タイプに現れる超高周波ノイズ「スパイク」の大きさです。トレース要素の追加寄生インダクタンスおよび容量はすべて、高周波スパイクを生成し、同様にノイズ・エミッション・テストの基準を超える可能性のある伝導/放射ノイズを生成します。

信頼性の比較

電源設計の場合、回路の不具合は3つのカテゴリ、すなわち初期のアセンブリ・エラー、過負荷出力、過入力電圧などの誤使用に対する保護機能の欠如、寿命の短縮を引き起こす部品の不具合に分類できます。ディスクリート・タイプもモジュール・タイプも、3つのカテゴリすべての不具合の影響を受けやすいと言えます。しかし、モジュール・タイプは多くの場合、より広範で綿密な保護機能を備えています。さらに、一人の設計者が回路全体の「立案」にあたっているほか、一般的なエンド・ユーザーの電源利用環

境よりも極めて厳しい条件下でモジュール・メーカーによる回路テストが行われています。

不適切な部品選択、欠陥部品、ハンダ接合欠陥などのアセンブリでのミスが発生する可能性を比較しても、モジュール・タイプは大きなメリットを持っています。モジュール・タイプの場合、PCBへのアセンブリ用に出荷される前に、常にテストが行われています。

まとめ

下記の表は、上記の設計例におけるモジュール型電圧レギュレータに対するディスクリート・タイプのメリットとデメリットをまとめたものです。一般的にこの表のデータを、多くのDC/DCレギュレータ・アプリケーションに適用できます。設計仕様が一般的な電圧/電流範囲から逸脱することが多いため、例外もしばしば発生します。

検討事項		モジュール・アプローチ	ディスクリート・アプローチ	コメント
コスト	設計コスト		✓	初期コストはディスクリート・タイプの方が大幅に低い しかし、製品開発期間が長い場合、そのコスト優位性が相殺
	設計の信頼性	✓		モジュール・タイプはアセンブリ・エラーを大幅に低減 モジュール・タイプは、より高度なレベルのテストを実施済み
	評価(まとめ)	所有コストは数量、アセンブリ・ラインの質、購入の一貫性などの要素により左右される		
設計の容易さ	設計の容易さ	✓		常に容易。特にCADツールが利用できない場合
	PCBレイアウトの簡便性	✓		常に容易。ミスの可能性は低い
	評価(まとめ)	設計労力については、モジュール・アプローチの方が回路図、部品調達、PCBレイアウトすべての面で容易		
性能	設計サイズ	✓		モジュール・タイプは通常、より小型
	熱特性上のメリット		✓	部品最適化が可能で、設計に高いフレキシビリティ
	出力ノイズ、リップル	✓	✓	上記の設計事例ではモジュール・タイプの方が低ノイズだが、部品値の選択によりリップル・ノイズを制御
	出力電圧、RF	✓		ノードとサイズが小さいため、モジュール・タイプは本質的に低ノイズ
	RFエミッション/規格準拠	✓		前述のように、ナショナル セミコンダクターのSIMPLE SWITCHER パワー・モジュールは最初からEN55022準拠、また同等のテストに合格
	評価(まとめ)	回路性能については上記以外の評価基準も利用可能。アプリケーションによって大きく左右される		

ナショナル セミコンダクターのパワー・モジュールおよびコントローラ・ファミリの詳細は、national.com/powerをご覧ください。

電源回路設計ツール



アナログ回路設計、製作、検証がオンラインで完了。
開発期間を短縮する設計/プロトタイプ製作ツール。
national.com/webench



アナログに関する知識と理解を深めるオンライン・トレーニング。
ご利用は無料。
national.com/training



アナログ設計に関するナショナル セミコンダクターの技術情報誌。
毎月発行。
national.com/edge

リファレンス・デザイン・ライブラリ

ナショナル セミコンダクターの広範なアナログ・ソリューションをサポートするさまざまなアプリケーションとトポロジを網羅したリファレンス・デザインをすべて紹介。
national.com/refdesigns

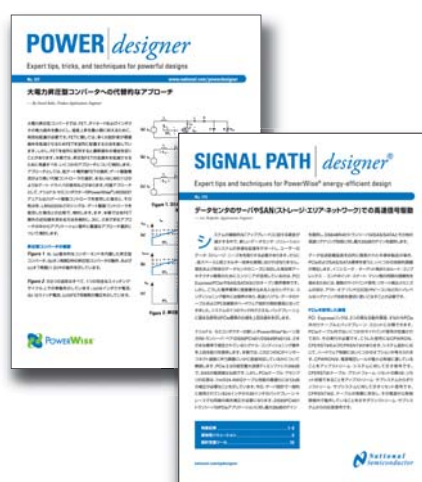
どの号もお見逃しなく!

Power Designerのバックナンバーは
ナショナル セミコンダクターのサイトで
ご覧いただけます。

national.com/powerdesigner

Signal Path Designerもオンラインで
提供しています。ぜひお読みください。

national.com/spdesigner



ナショナル セミコンダクターの
日本語サイト:
www.national.com/jpn

お問い合わせ:
jpn.feedback@nsc.com



ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社
〒135-0042 東京都江東区木場 2-17-16
TEL 03-5639-7300 (大代表) www.national.com/jpn

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）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といいます）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たり、保証もしくは承認することを含みません。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 © 2011, 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