

LM2742,LM2748



Literature Number: JAJA415

POWER | *designer*

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No. 122

特集記事..... 1-7

同期整流 降圧型
コントローラ..... 2

性能特性の有効活用による パワー・コントローラ設計の最適化

— Ricardo Capetillo, Application Engineer

はじめに

ミクスト・シグナル電子機器の電源回路設計において必要なのは、性能、コスト、効率およびサイズの要件を満たすことです。ラック・マウント型サーバ、通信機器、ノートPCなどの電子機器や多くの民生用電子製品では、製品のフォーム・ファクタを維持するために省スペース化が不可欠です。本稿では適切な機能の採用がシステム仕様への対応と電源および負荷の性能向上にいかに関与するかについて解説します。

本稿では、主要機能として可変スイッチング周波数、帰還電圧精度、スタートアップ・トラッキング、電源シーケンシング、プリバイアス・スタートアップ、外部リファレンスの利用および外部クロックへの同期を取り上げます。これらの機能の最適化により、EMI、過渡応答時間、過渡電圧振幅、ソリューション・サイズ、所要出力容量および全体的な部材費などを低減できます。

ユーザー設定可能なスイッチング周波数と外部補償

ユーザー設定可能なスイッチング周波数により、希望通りのフィルタ・コンポーネント・サイズが実現でき、結果的に期待したソリューション・サイズの実現が可能です。高いスイッチング周波数を使えば、電力素子のサイズを縮小してパワー・ソリューションを小型化することができます。これに含まれるのは、入力/出力コンデンサ、インダクタおよび他のフィルタ・コンポーネントなどです。

スイッチング周波数を100kHzから1MHzに上げた場合、インダクタの容積を5分の1に縮小させながら、代表的な所要インダクタンス値を10分の1に低減できます（この比較では、同じシリーズの2つのシールド付きドラム・コア・インダクタを使い、互いの飽和レベルの差は15%に、インダクタ電流リップルは最大負荷電流の30%に設定し、さらに、アプリケーション・パワー・パラメータを $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $I_{LOAD} = 5A$ としています。Figure 1を参照）。0.33 μH から1mHの間のインダクタンス値を必要とするスイッチング・モード電源には、シールド付きドラム・コア・インダクタが最も適切な選択肢で、このインダクタは高スイッチング周波数で低EMI、低コストのアプリケーションに適しています。

次号予告

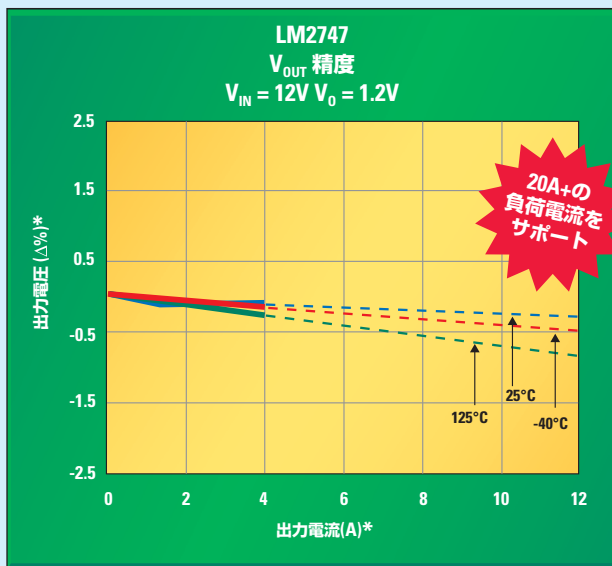
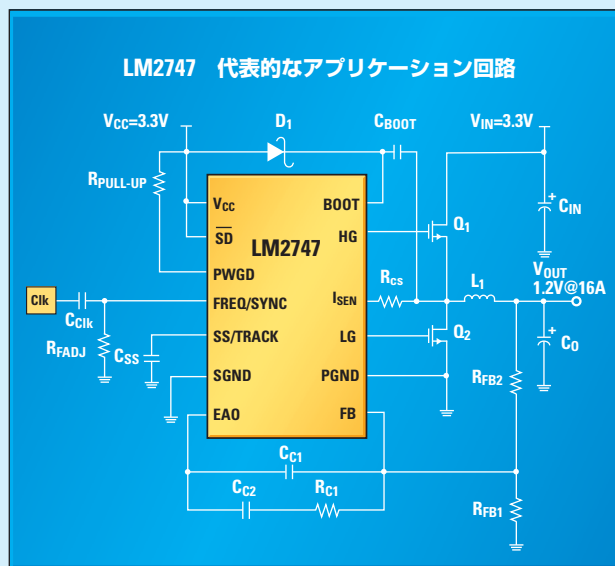
ADCに最適な基準電圧源

 **National**
Semiconductor

-40°C～+125°Cで1%の電圧フィードバック精度を実現 高精度の同期整流 降圧型コントローラ

national.com/JPN/power

ナショナルのLM274x 降圧型コントローラ・ファミリは、
0.6Vまでの極めて低い出力電圧の設定が可能です。



*各温度での外部コンポーネントからの影響を含む

製品名	スイッチング周波数	特長	パッケージ
LM2742	50kHz ～ 2MHz	40ns の最小オンタイム	TSSOP-14
LM2743	50kHz ～ 1MHz	トラッキング	TSSOP-14
LM2744	50kHz ～ 1MHz	外部リファレンス、トラッキング	TSSOP-14
LM2745	50kHz ～ 1MHz	プリバイアス動作、250kHz ～ 1MHz の外部クロック	TSSOP-14
LM2746	50kHz ～ 1MHz	0°C ～ 85°C で 1% の精度、スタートアップ遅延	放熱特性を向上させた TSSOP-14
LM2747	50kHz ～ 1MHz	-40°C ～ +125°C で 1% の精度、プリバイアス動作、外部クロック、プログラマブル・ソフトスタート	TSSOP-14
LM2748	50kHz ～ 1MHz	プリバイアス動作、1.5% の精度	TSSOP-14

アプリケーション

ケーブル・モデム、DSL/ADSL、レーザー/インクジェット・プリンタ、低電圧パワー・モジュール、DSP、ASIC、コアおよびポータブル・コンピューティングに最適です。

製品サンプル、データシート、およびその他の情報は：

national.com/JPN/power

性能特性の有効活用によるパワー・コントローラ設計の最適化

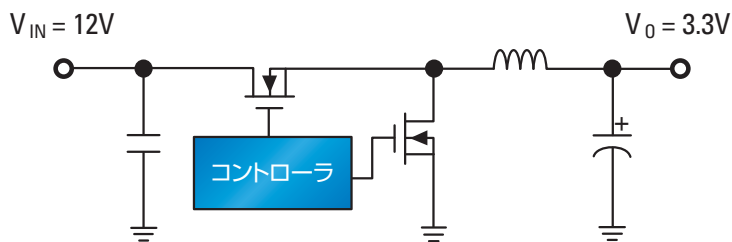


Figure 1. 降圧型コントローラ回路のブロック図

スイッチング周波数を上げると出力コンデンサも小型化できます。出力フィルタ用に等価直列抵抗（ESR）が十分に低い積層セラミック・コンデンサ（MLCC）を選択し、出力電圧リップルが容量性になっていると想定します。スイッチング周波数100kHz、ピーク・ツー・ピーク AC電流1.5A、出力電圧リップル50mVのスイッチング電源を設計するには37.5 μ Fのコンデンサを必要とします。1MHzのスイッチング周波数で動作する場合の代表的な所要容量は10分の1に低減します。そして、ケース・サイズ（mm）は3225 MLCCから1608に移行し、容積はほぼ20分の1に縮小します。

この例では、出力フィルタ・コンポーネントを設計する際、負荷/ライン過渡特性は考慮せず、電圧/電流リップルのみを考慮しています。外部補償を使うと、出力容量を大きくせずに帰還ループの最適化を図れるフレキシビリティ

が得られます。例えば、エラー・アンプの広いゲイン帯域幅積を利用すれば、出力電圧の過渡変動を低減できます。また、高い閉ループ帯域の周波数を使うと、負荷/ライン過渡変動に対するエラー・アンプの応答所要時間を短縮できます。典型的な経験則から言えば、帯域幅をスイッチング周波数の10分の1から5分の1にすると、高性能のループ応答が得られます。Figures 2 および 3 は、帯域幅を広げた時の結果です。2つは同じテスト条件での結果です。すなわち同じスルーレート、350mAから8Aへの負荷過渡ステップ、440 μ Fの出力容量、同じ帰還ループ・ゲイン位相マージン（48°）という条件でテストしました。

この例では、出力電圧の過渡変動は約 ± 80 mV低減しました。外部補償を使えば、同じ出力容量を維持しながらループ応答速度を微調整できるフレキシビリティが得られます。

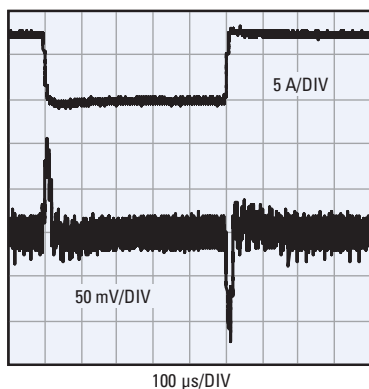


Figure 2. 帯域幅 26kHz 時

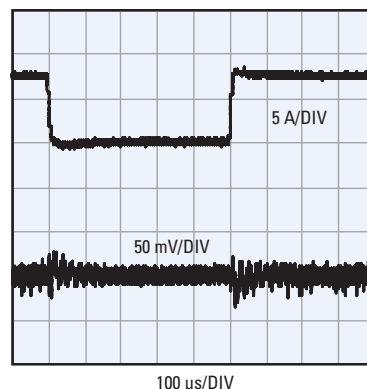


Figure 3. 帯域幅 119kHz 時

性能特性の有効活用によるパワー・コントローラ設計の最適化

帰還電圧精度

処理速度の高速化、バッテリーの長寿命化および熱対策への要求が強まるにつれてデジタル・プロセッサの動作電圧が低下しています。予測可能なロジック・レベル状態を維持するため、スイッチング電源は -40°C から $+125^{\circ}\text{C}$ の拡張ダイ温度範囲にわたって正確な帰還電圧精度を保つことが特に重要です。帰還電圧精度が $\pm 2\%$ を超える $\pm 1\%$ 精度のデバイスを使うと、容量を低減できます。FPGAの電源要件では、出力電圧のライン/負荷過渡応答特性は公称電源電圧 1.2V の $\pm 5\%$ を超えてはならないとされています。

すなわち、DC精度が $\pm 2\%$ のデバイスを使うと、許容できる出力電圧の振幅は $\pm 36\text{mV}$ にとどまり、DC精度が $\pm 1\%$ のデバイスを使えば、その値が $\pm 48\text{mV}$ に拡大することになります。

Figures 4および5に示す代表的な例では、 350mA から 6A へのステップの負荷過渡応答に基づいてループ・ゲイン帯域幅と位相マージンが同じで、精度が 2% を超える 1% のデバイスを使うとすれば、 50% の出力容量低減を実現できることを意味します。より正確な帰還電圧精度の仕様にするコンデンサ容量はさらに低下し、コストと総ソリューション・サイズを低減できます。

トラッキングおよび高精度イネーブル機能

今日のミクスト・シグナル・システムは、プロセッサ・コア、I/Oなどのアナログおよびデジタル回路に給電するためのマルチ電圧レールを必要とします。各電圧レールに必要な電圧定格/負荷定格は異なります。電圧レールを相互参照する場合、各電圧レールのスタートアップ・タイミングは極めて重要です。パワーアップ時の電圧差を最小限に保つか、もしくはシーケンシングを行うことにより、ラッチアップ、バス・コンテンションおよび望ましくないトランジスタ・ロジック状態を防止できます。

高精度イネーブル機能は適切なスタートアップに必要なシーケンシャル・タイミングを提供します。もうひとつのシーケンシング方法はトラッキングで、スレーブのスタートアップ立ち上がり時間中にマスタ電源を制御できます。一般的なトラッキング方式として、供給電圧が同時にレギュレーション・ポイントに達するレシオメトリック方式と、同じスループートで電源電圧を上昇させる同時スタートアップ方式の2つがあります（それぞれFigures 6および7を参照）。トラッキングおよび高精度イネーブル機能により、複数の電圧レールは特定のターゲット時間内に公称電圧に達することができます。

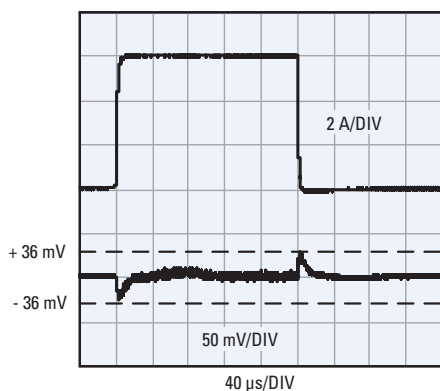


Figure 4. $940\text{ }\mu\text{F}$ の出力容量を使用する精度 2% のデバイス

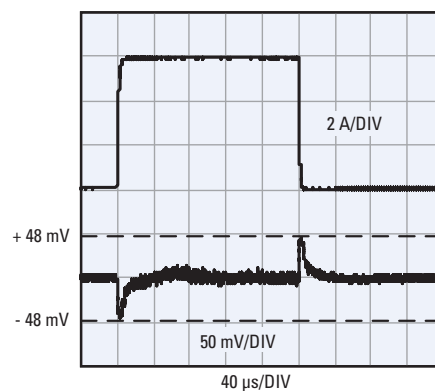


Figure 5. $470\text{ }\mu\text{F}$ の出力容量を使用する精度 1% のデバイス

性能特性の有効活用によるパワー・コントローラ設計の最適化

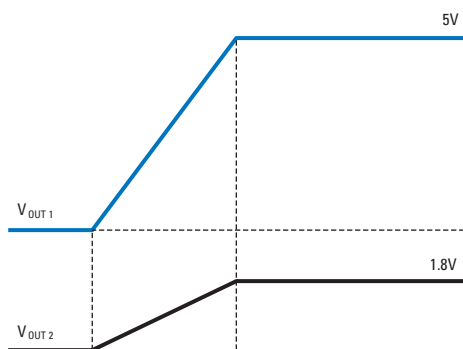


Figure 6. レシオメトリック方式のトラッキング

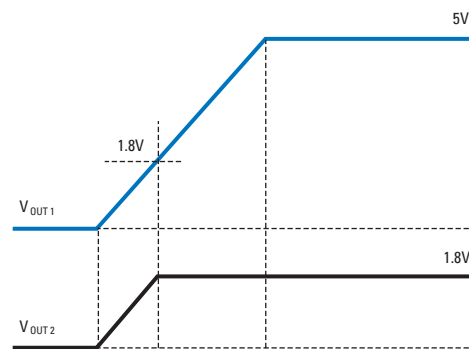


Figure 7. 同時スタートアップ方式のトラッキング

プリバイアス・スタートアップ機能

スイッチング電源に関しては、プリバイアス・スタートアップは出力レールがバイアスされた状態で起動することと定義されています。出力電圧がプリバイアス状態になる一般的要因としては、余剰な電源、マルチ・フェーズ電圧レギュレータ・モジュール、無負荷または軽負荷状態でのスイッチング電源のサイクリングなどが挙げられます。出力コンデンサの放電により、1つのレールの電圧が寄生PN接合を通じて他のレールの出力に潜入するといった事態が発生し、漏れ成分が原因で支障を来すことがあります。また、別の負荷によって、電圧レギュレータICの出力パワーグッド・フラグと、出力電圧低下保護および出力電流保護またはそのいずれかが作動することもあり得ます。

多くの場合、プリバイアス負荷がスイッチング電源の出力レールに誤って放電されるのは許されません。出力コンデンサをプリバイアス状態でローサイドMOSFETを通じて放電させる能力を備えているのは同期整流レギュレータだけです。ソフトスタート・プリバイアス回路を内蔵した同期

整流スイッチング電源は、パワーアップ時には出力コンデンサを充電された状態に保ちます。この機能は、プリバイアス・スタートアップ時に不意の放電を防止します。

外部リファレンス機能

外部リファレンス機能付きレギュレータは特定のアプリケーションにおいて効果的です。外部リファレンス機能が有利となる一例が、DDR（ダブル・データ・レート）およびDDR2 SDRAMの終端仕様を満たす場合です。DDRおよびDDR2メモリでは、特にパワーアップ時に重要になりますが、すべての電圧レベルの相互トラッキングを確保するため、主電源電圧（VDD）として単一の電圧ソースが必要です。初めのスタートアップ時にはすべての電源は安定し、かつ仕様に定められたタイミングを遵守しなければなりません。外部リファレンス電圧はVDDの2分の1に相当することが見込まれ、そしてDC電圧レベルのさまざまなバリエーションをトラッキングしなければなりません。Figure 8はDDR2ソリューションの代表的なアプリケーション回路図です。

性能特性の有効活用によるパワー・コントローラ設計の最適化

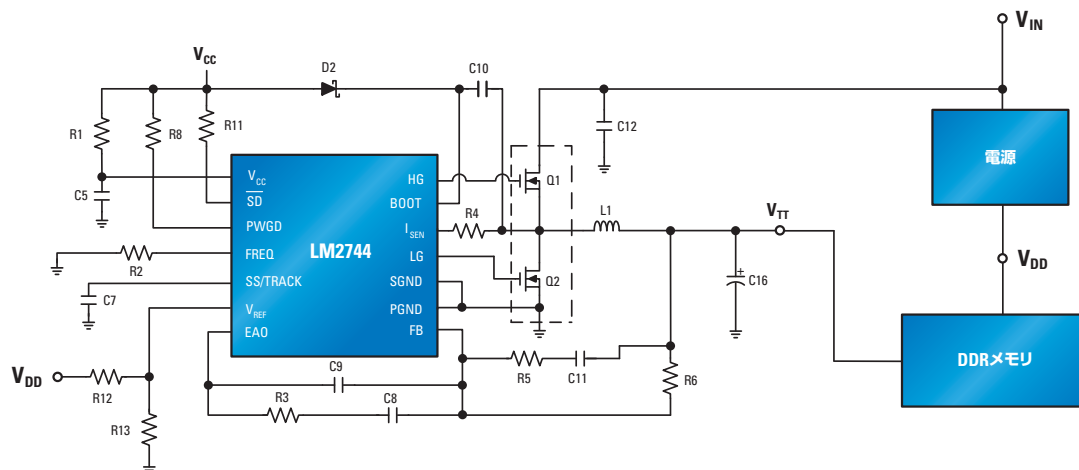


Figure 8. DDR2 の代表的なアプリケーション回路図

周波数同期

データ通信および高品質のオーディオ/ビデオ電子機器では、妥協のないシグナル・インテグリティ（信号の整合性）を維持するために低ノイズが不可欠です。一般的には、1本のレール・バスが複数のスイッチング電源にパワーを供給し、次いでスイッチング電源がシステム内の多くの電子コンポーネントに電圧レールを提供する方式が用いられています。2つないしそれ以上のスイッチング電源が同じ入力電源に接続されているか、または1つのスイッチング電源の入力がもう1つのスイッチング電源の出力に接続されているとビート・ノイズが発生します。同期されていない複数のスイッチング電源のスイッチング周波数の和と差からビート周波数が生じます。電源はビート・ノイズを入力バスに反映させ、他のスイッチング電源など、接続されているすべての電子回路にノイズが伝わります。

以下のような手法がビート・ノイズの減衰に使われます。

1. 各スイッチング・レギュレータのフロントエンド側で追加のフィルタ処理を行う。
2. ビート周波数でのループ・ゲインを十分に高めて入力から出力へのノイズ転送を防ぐ。
3. 1つのスイッチング電源のスイッチング周波数を2番目のスイッチング周波数の2倍になるように設定する。

これらの手法はソリューション・サイズの拡大と設計時間の増加、またはそのいずれかを招きます。別の良い手法としてスイッチング電源のオシレータを同期させる方法があります。2個ないしそれ以上の内部オシレータを同期させるとビート・ノイズが低減し、転送ノイズの他の負荷との相互作用が抑制されます。また同期化することで発生するEMIを予測可能な周波数に保ちます（Figures 9 および10を参照）。

性能特性の有効活用によるパワー・コントローラ設計の最適化

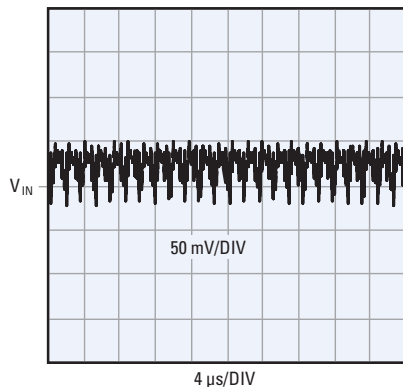


Figure 9. 同期された2つの独立した内部オシレータ

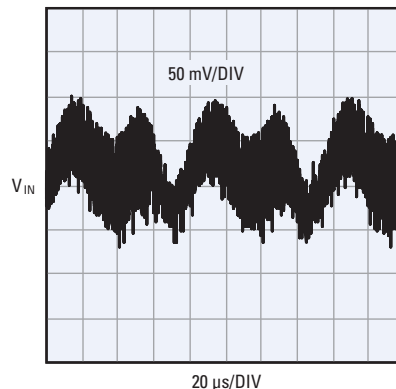


Figure 10. 同期されていない2つの独立した内部オシレータ

まとめ

ふさわしい機能を備えた適正なデバイスを選択することは、システム仕様を満足させ、供給電圧および負荷の性能向上に貢献します。本稿では主要機能として可変スイッチング周波数、帰還電圧精度、スタートアップ・トラッキング、電源シーケンシング、プリバイアス・スタートアップ、外部リファレンスの利用、外部クロックへの同期を取り上げましたが、これらはすべてナショナルの高性能コントローラ・ファミリ製品LM2742からLM2748に内蔵されています。

LM274xは強制設定PWM（パルス幅変調）電圧モード・コントローラ・ファミリで、既存および将来世代の総合的なアナログ/デジタル負荷への給電に最適な、優れた負荷専用の機能を備えています。

高性能LM274xファミリとナショナルのパワーマネジメント・ソリューションに関する詳細情報は、national.com/JPN/powerおよびアプリケーション・ノートAN-1603をご覧ください。

参考資料

1. LM2747製品フォルダ:
www.national.com/pf/LM/LM2747.html
2. アプリケーション・ノート:
AN-1603: LM274x リファレンス・デザイン:
www.national.com/an/AN/AN-1603.pdf
AN-1641: LM2747-19A デモ・ボード:
www.national.com/an/AN/AN-1641.pdf
AN-1573: LM2745-19A デモ・ボード:
www.national.com/an/AN/AN-1573.pdf
AN-1640: LM2743-19A デモ・ボード:
www.national.com/an/AN/AN-1640.pdf
3. パワーマネジメント製品セレクションガイド:
www.national.com/appinfo/power/files/PowerSelGuide.pdf

電源回路設計ツール

エネルギー効率の高い製品設計のためのツール

PowerWise®製品/システムに関するホワイト・ペーパー、リファレンス・デザインおよびアプリケーション・ノートをぜひご利用ください。

www.national.com/JPN/powerwise

Analog Edge/ アプリケーション・ノート

アナログ設計に関するナショナルのオンライン技術情報誌。毎月発行。

www.national.com/JPN/analogedge



オンライン・セミナー

ナショナルのエキスパートによる無料オンライン・セミナーです。ナショナルのアナログ専門オンライン・セミナーにぜひご登録ください。

www.national.com/JPN/onlineSeminar



ナショナルの日本語サイト：
www.national.com/jpn

お問い合わせ：
jpn.feedback@nsc.com

どの号もお見逃しなく！



Power Designerのバックナンバーは
ナショナルのサイトでご覧いただけます。
power.national.com/jpndesigner

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。
signalpath.national.com/jpndesigner



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ご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取り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う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