

ADC12DL065,CLC5526,LMH6550

*Application Note 1393 Using High Speed Differential Amplifiers to Drive
Analog to Digital Converters*



Literature Number: JAJA289

A/D コンバータを駆動するための高速差動アンプの使用方法

A/D コンバータを駆動するための最適な差動アンプの選択

適切な高速差動アンプは高速 A/D コンバータ(ADC)を含む信号チェーンの柔軟性を高めます。差動アンプにより、シングルエンドから差動への変換、インピーダンス変換、増幅と減衰などのシグナル・コンディショニングが提供されます。

ADC は通常固定ゲイン・デバイスで、フルスケールはわずかに小さく、かつそれより決して大きくない信号で駆動されたときに、最高の性能をもたらします。最下位ビット(LSB)の1桁台の数倍程度の振幅を持つ小さな信号をデジタル化すると歪みが起こります。同様に、ADC をフルスケールを超えて駆動すると歪みの原因となります。信号を ADC 用の最適な振幅範囲に増減するためにはオペアンプを使用できます。CLC5526 は高速 ADC を駆動する際に、増幅と減衰の両方を備えて設計された可変ゲインの差動アンプです。マイクロコントローラで制御されると、42dB の広いダイナミック・レンジを達成できます。LMH6550 は小さな歪み、DC 結合、DC オフセット選択、固定ゲインを提供しています。これらアンプの両方が ADC12DL065 のような高速の CMOS A/D コンバータと組み合わせられたときに、ロー・インピーダンスでハイ・コンプライアンスの駆動能力を発揮します。

ADC 駆動用のアンプを選択するとき非常に重要なのは、最初にシステム要件を決定することです。検討が必要な主なパラメータは帯域幅、歪み、バランス誤差、セトリング・タイムです。通常広帯域信号に対しては歪みが決定要因になります。他方、狭帯域信号に対して、歪みは DSP によって取り除けるので、帯域幅が選択を決定します。狭帯域信号は混合変調と高調波歪成分が帯域外となる特長がありますが、広帯域信号では多くの成分が帯域内にあります。信号と ADC の特性に基づいた、より詳細な選択基準は後述します。

まず ADC の基本のいくつかを概説します。ハイブリッド・デバイスの ADC はアナログおよびデジタル両方の回路を持っています。ADC のデジタル部分は与えられたアプリケーションに対して、通常は固定されているクロック・サンプリング・レート(F_S)で動作します。以下に詳細が説明されているように、サンプリング・レートは多数の主要な動作特性を決定します。信号のデジタル表現を生

National Semiconductor
Application Note 1393
Loren Siebert
2006 年 5 月



成する際、ADC はナイキストのサンプリング定理に従います。ナイキストの定理は、信号に含まれている最高周波数の少なくとも2倍のレートで、信号はサンプリングされる必要があります。これがサンプリング・レートを2で除算したナイキスト帯域を決定します($F_S/2$)。実際には「エイリアス」信号を形成する結果となります。エイリアス信号は ADC にとって実際とは異なった周波数に見える信号です。エイリアス信号は要求されたり、されなかったりしますが、それらはシステム設計で考慮しなければなりません。Figure 1 はエイリアスの図示で周波数領域のグラフがサンプリングの影響を示しています。アプリケーションによっては、エイリアス信号はノイズになったり、好ましい信号になったりします。サンプリング、信号周波数の適切な選択だけでなく、アナログ・フィルタリングがエイリアスによって生じる歪みを消去できます。

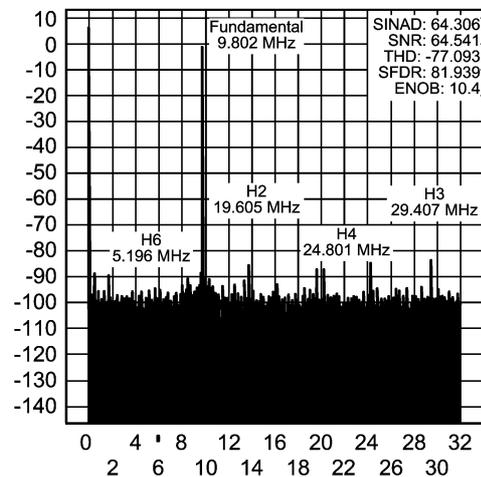


FIGURE 1. Nyquist Operation (Note how harmonic energy folds back into the Nyquist band) (LMH6550 driving ADC12L080, $F_S = 64$ MHz, Signal = 9.8 MHz)

ナイキスト動作

A/D コンバータの従来から最もよく知られたアプリケーションはおそらくナイキスト・アプリケーションです。この場合、信号は DC と ADC サンプルング・レートの半分 ($F_S/2$) の間にすべて含まれます。ナイキストの定理はサンプルングされる信号の最高周波数の少なくとも 2 倍のサンプルング・レートの ADC でデジタル化されなければならないと明確に記述しています (これは変調される信号のキャリアには適用されず、信号の情報を含む部分だけであることに注意してください)。例えば、任意のデータが 300 ~ 3000kHz の範囲に含まれている電話の通話用の音声データをデジタル化するには、最低 6kHz のサンプルング・レートを持つ ADC が使用できます。米国では電話による通話は分解能 8 ビットで 8kHz のレートでデジタル化されています。ナイキスト動作は ADC に最小限の要求されるシナリオですが、それはシステム性能にとってアンチエイリアス・フィルタを非常に重要なものにします。同様に駆動アンプはナイキスト動作のためにきわめて厳しい基準が与えられます。アンプはサンプルング周波数の少なくとも半分で、0.1dB 帯域幅が必要です。アンプと ADC はサンプルング周波数の半分までお互いが同等の歪みおよびノイズ性能を持っていなければなりません。アンプがアクティブ・フィルタとして使用される場合、アンプの -3dB 帯域幅はサンプルング周波数の 2 倍に近いが、それ以上にします。一般的にナイキスト動作に対して、アンプと ADC は周波数 $F_S/2$ およびそれ以下ですべてのパラメータに対してお互いが同等の仕様でなければなりません。LMH6550 のような固定ゲイン・アンプは、バッファリング、小さな値の固定ゲイン、非常に高い信号純度が必要な DC 結合される信号または 50MHz 未満の広帯域信号に対して理想的です。LMH6550 はシングルエンドから差動への変換用のトランスを不要とすることもできます。

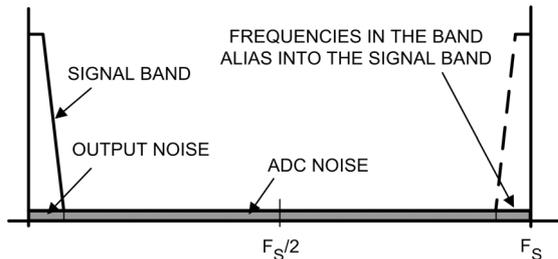


FIGURE 2. Over-Sampling (Sampling Frequency is 6x Over Nyquist)

オーバーサンプリング

急速に進歩している ADC の技術は信号チェーン設計者にとっても強力な選択肢をもたらしました。最近の ADC は非常に高速で、信号帯域が要求するより先はるかに高速のクロックで動作します。これはオーバーサンプリングと呼ばれます。オーバーサンプリング・モードで動作させると、定義によって、信号帯域は $F_S/2$ より先かなり狭くなります。オーバーサンプリングの度合いを数値化するために $F_S/2$ を信号帯域幅で除算します。Figure 2 ではオーバーサンプリングの度合いは約 $\times 6$ です。オーバーサンプリングの度合いが高ければ高いほど、ADC の前段のアナログ・フィルタへの要求は低くなります。もう 1 つのキーとなる利点は、駆動するアンプは信号帯域だけで、ADC の仕様と適合していることです。

オーバーサンプリングの主要な利点の 1 つは後続のデジタル・フィルタリングです。信号の上限周波数と $F_S/2$ との間の全体のゾーンがデジタル処理に利用できます。デジタル・フィルタリングは容易に調整でき、非常に正確で、きわめて高い次数のフィルタが実現できます。これにより処理ゲインが得られます。処理ゲインは DSP におけるデジタル信号処理によって得られる信号対ノイズ比の改良の度合いです。信号帯域外のほぼすべてのノイズがデジタル・フィルタによって取り除かれるので、処理ゲインはほぼオーバーサンプリングの度合いに等しくなります。例えば、信号帯域幅 6MHz でサンプルング・レートが 24MHz のシステムは 2 倍のオーバーサンプリングをしており、信号対ノイズ比で 6dB のゲインがあります。

DSP が取り除けないものの 1 つは信号帯域内のノイズです。ゲイン設定とフィードバック抵抗を注意深く選択することによって、アンプに付加されるノイズを最小に保てます。

サブサンプリング

サブサンプリングは ADC のサンプルング・メカニズムがアナログ・ミキサのように動作することを利用します。非線形ミキシングはかなり古くからある技術でヘテロダインまたはスーパーヘテロダイン受信機によって有名になりました。

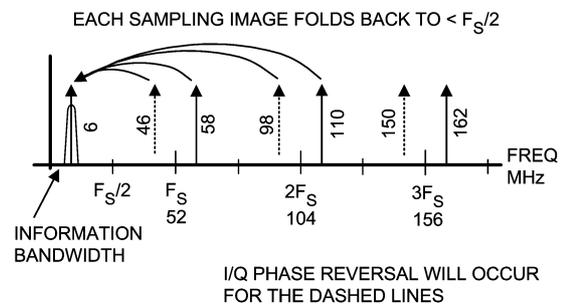


FIGURE 3. Sub-Sampling (Signal presented to the ADC front end at any of the arrows will alias to 6 MHz)

Figure 3 に示されているように、ADC のフロント・エンドが十分な帯域幅を持っていれば、ADC は信号を高い周波数から混合して低くするために使用できます。この例ではサンプルング周波数は 52MHz です。中間周波数 150MHz は 6MHz にミックス・ダウンされます。キャリア周波数は下がりますが、情報帯域幅および内容は、Figure 3 の点線で示された周波数の位相が反転 (すなわち 180 シフトする、具体的に言えば、実 / 虚周波数成分が交換) されることを除いてまったく不変です。

サブサンプリングはほとんど常に、信号帯域幅が $F_S/2$ より先はるかに小さいオーバーサンプリング構成の中で使用されます。中間周波数とサンプルング周波数を注意深く選択して、ADC の次段の DSP は ADC に起因する大半の歪みだけでなく、アナログ信号チェーンで導入された歪みの大半を取り除くことができます。これはオーバーサンプリングのセクションで説明されたのと同じ利点を生じます。高キャリア周波数では、 $F_S/2$ および信号帯域幅について同じ量のフィルタリングがより高いアンチエイリアス・フィルタの Q として要求されることが非常に重要です。オーバーサンプリングがないと、サブサンプリングは実行不可能です。

ナイキスト動作 (つぎ)

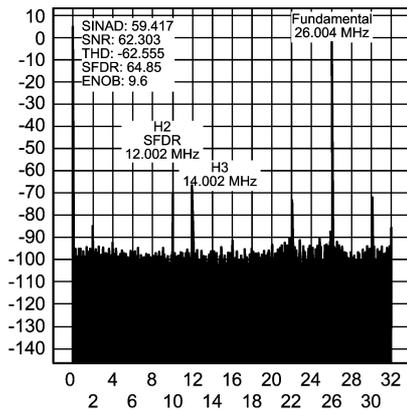


FIGURE 4. Sub-Sampling Operation near $F_S/2$
Sampling Frequency = 64 MHz, Signal = 38 MHz
(6 MHz higher than $F_S/2$; $32 - 6 = 26$ MHz)

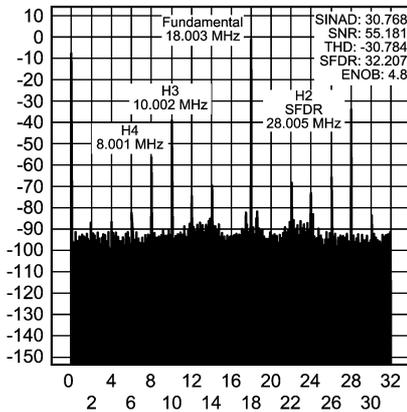


FIGURE 5. Sub-Sampling Operation
Signal = 146 MHz, Sampling Frequency = 64 MHz,
($F_S/2 * 4 = 128$, $146 - 128 = 18$ MHz)
(LMH6550 Driving ADC12L080)

Figure 5 で示されたシステムは SFDR がわずか 32dB で性能が良くないように見えます。しかし、65dB の SFDR を持つ 10 ~ 28MHz のクリアなスペクトル幅があり、SFDR が 80dB を超える狭い帯域があります。GSM システムでは、わずか 200kHz の帯域幅が要求されます。アンプと ADC の間の簡単な 2 極 LC フィルタが H2、H3、駆動アンプに起因するノイズを削減します。デジタル信号処理は多くの歪みを取り除くことができます。

アンプの仕様、主要なパラメータ表

ナイキスト動作 ローパス・アンチエイリアス・フィルタ

アンプの仕様	アンプの要求条件
帯域幅 (0.1dB)	サンプリング周波数 /2
H2 および H3	$20 * \log(1/(2^{(ビット数)}))$ の近傍値
バランス誤差	サンプリング周波数の半分でおおよそ ADC の 1LSB
セトリング・タイム	約 $0.5 * 1/$ サンプリング周波数
ノイズ	ADC のノイズフロアよりおおよそ 6dB 良好

オーバーサンプリング動作

アンプの仕様	アンプの要求条件
帯域幅 (0.1dB)	信号帯域幅 (< < サンプリング周波数)
H2 および H3	高調波 H2 と H3 が帯域内に入らなければ、フィルタすることによって条件は緩和されます
バランス誤差	< 最大信号帯域幅で ADC LSB
セトリング・タイム	約 $0.5 * 1/$ 信号周波数 > > $1/$ サンプリング周波数

サブサンプリング動作

アンプの仕様	アンプの要求条件
帯域幅 (3dB)	> 信号帯域幅 (> > サンプリング周波数)
H2 および H3	高調波 H2 と H3 が帯域内に入らなければ、フィルタすることによって条件は緩和されます
バランス誤差	フィルタリングによって条件は緩和されます
ノイズ	フィルタリングによって条件は緩和されます

アンプの ADC への接続

A/D コンバータには、しばしば難易度の高い負荷条件が発生します。通常 A/D コンバータはハイ・インピーダンスの入力で多くの場合、その容量成分が大きく変動します。さらに、スイッチ・キャパシタ回路やサンプル/ホールド回路に関わる電流スパイクが発生することがあります。これが ADC 入力への駆動を困難にし、アンプはそこで本領を発揮できません。差動アンプの出力段はロー・インピーダンス、正確なサンプリングのための高速セトリング・ソースを提供するばかりでなく、電流スパイクをスムーズにするのに役立ちます。Figure 6 は ADC を駆動するための代表的な回路を示しています。56 の抵抗 2 本により、A/D コンバータの容量性負荷がアンプから分離されて安定性が確保されます。さらに、これらの抵抗はローパス・フィルタの一部を形成し、これによってアンチ・エイリアス機能やノイズ低減機能が得られます。39pF のコンデンサ 2 つは、A/D コンバータ内部のスイッチング回路から発生する電流スパイクを平滑化する役割を果たし、A/D コンバータのローパス・フィルタ処理における重要な部品になっています。

アンプの ADC への接続 (つづき)

Figure 4 を生成するために使用されている回路で、フィルタのカットオフ周波数は $1/(2 * 56 * (39\text{pF} + 16\text{pF})) = 52\text{MHz}$ (サンプリング周波数よりわずかに低い周波数) になります。A/D コンバータの入力容量は入力フィルタの周波数応答の要素として考える必要があるため、差動入力の場合、実質的な入力容量は 2 倍になることに注意してください。また多くの ADC の入力容量は ADC 変換サイクルの関数です (サンプル対ホールド)。詳細については、使用する個別の ADC のデータシートを参照してください。例では容量の実例が使用されました。

すべての高速回路において、ボードのレイアウトは最も重要です。アンプと A/D コンバータは可能な限り近くに配置してください。ア

ンプと ADC の両方とも、フィルタ部品が接近している必要があります。アンプ側では、出力トレース上での寄生負荷の発生を最小限に抑えなければならず、A/D コンバータはその入力トレース上で結合する可能性がある高周波ノイズの影響を受けやすい性質があります。さらに、ADC のデジタル出力はアンプ入力のみならず、ADC 入力からも十分に分離されていなければなりません。アンプと ADC の入力ピンは電源またはグラウンド・プレーンの上に配置されてはなりません。電源バイパス・コンデンサは小さな等価直列抵抗 (ESR) を備え、対応するピンから 2mm 以内に配置されなければなりません。必要に応じて複数ビアを使用するといいいでしょう。

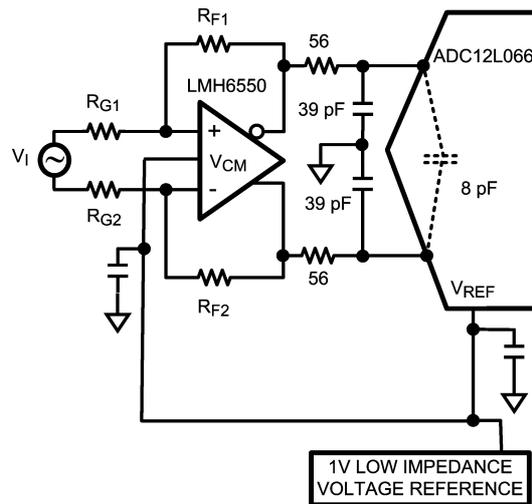


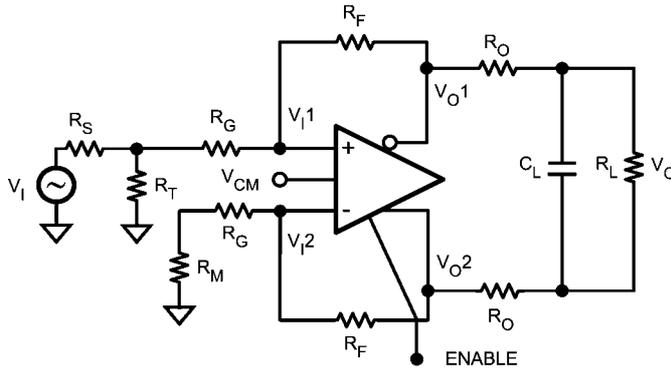
FIGURE 6. Driving an ADC (LMH6550 Driving an ADC12L066)

コモンモード・フィードバック

差動アンプ用のコモンモード・フィードバック回路の主要な利点の 1 つは、出力コモンモード電圧の正確なレベルを設定できる能力です。大抵の ADC に対して、コモンモード電圧はフルダイナミック・レンジを実現するために特定の値に設定しなければなりません。差動アンプは、性質上入力の差のみ増幅するので、出力コモンモードは独立して設定でき、ゲインまたは差動出力信号に影響を与えません。LMH6550 のようなアンプは出力コモンモード電圧バッファ (V_{OCM}) に対してハイ・インピーダンス入力を持っています。このため、バッファされた V_{REF} 出力を持つたいの ADC の基準電圧出力をアンプが使用できます。バッファされた基準電圧ピンを持たない ADC に対しては、両方のデバイスに外部基準が使用できます。

コモンモード・フィードバック回路のその他の利点は、アンプがシングルエンド・ソースから完全な差動信号を作成する必要がある場合です。コモンモード・フィードバック回路は、本質的には、位相差のない入力信号を生成します。それは任意のコモンモード・ポイントを中心に 2 つの差動出力段もバランスさせます。これにより、シングルエンド・ソースから非常に正確な差動信号の作成が可能で

コモンモード・フィードバック (つづき)



$$*V_{CM} = \frac{V_{O1} + V_{O2}}{2} \quad V_{ICM} = V_{OCM} * \frac{(R_G + R_M)}{(R_G + R_M + R_F)} \approx \frac{V_{OCM}}{1 + A_V}$$

*BY DESIGN WHERE $R_M \ll R_G$

FIGURE 7. DC Operating Points

コモンモード・フィードバック回路はバッファの入力ピンと出力コモンモード電圧動作ポイントに関して、ゲインが 1 のバッファのように見えることに注意してください。式 $V_{OCM} = (V + OUT + V - OUT) / 2$ で出力が出力コモンモード電圧 (V_{OCM}) と正確に等しい大きさで反対位相を持っていることを端的に表現しています。Figure 7 は単一電源動作の代表的な構成を示し、コモンモード・フィードバック・ネットワークの影響を計算する式を示しています。この例

では、 V_{CM} はコモンモード・フィードバック・バッファへの入力です。 V_{OCM} は出力コモンモード、またはコモンモード・フィードバック・バッファの出力です。単一電源 ($\pm 5V$ の代わりに $0V$ および $+5V$) で差動アンプを使用するとき、入力コモンモード動作ポイントは結局はシステム設計に対する主要な制限の 1 つになります。ゲインと出力コモン電圧設定の両方が単一電源動作で制限されます。

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売が使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2007 National Semiconductor Corporation
製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

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