

**ADC161S626,DAC122S085,LM7705,LMP2015,
LMP2016,LMP7702**



Literature Number: JAJA437

D/A コンバータの主要アプリケーション: 回路設計の基礎とポイント

— Bill McCulley, Applications Engineer

デジタル/アナログ・コンバータ (D/Aコンバータ) は、デジタル・データのアナログ信号への変換のために使われています。ナイキスト-シャノンのサンプリング定理が発表されて以来、長い年月が経過していますが、その間に、D/Aコンバータが開発され、実際に使用されるようになりました。しかし、モノリシックD/Aコンバータが広く普及するようになってからは、まだ25年の年月しか経過していません。ナイキスト-シャノンのサンプリング定理によると、サンプリングされたいかなるデータも、帯域幅とナイキスト基準に適合している限り、完全な再現が可能です。このことは、適切な設計が行われれば、D/Aコンバータはサンプリングしたデータを高い精度で再現できることを意味します。デジタル・データは、マイクロプロセッサ、ASIC(特定用途向けIC)あるいはFPGA(フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ)から生成できますが、そのデジタル・データを実際に利用するためには、アナログ信号への変換が必要です。不安定でダイナミックに変化するアナログ信号の世界を、ただ単に3.3Vのデジタル世界で取り扱うことは容易ではありません。こうした中で、デジタル領域からアナログ領域への架け橋として機能しているのがD/Aコンバータです。D/Aコンバータにはデジタル・データを正確で忠実にアナログ信号へ復元することが求められています。

D/A コンバータのアプリケーション

D/Aコンバータは幅広いアプリケーションで使用されています。年々、ICメーカーは、より多くの機能をマイクロプロセッサやFPGAに集積化する傾向にあります。今後、インタフェースにおける何らかの形のアナログ変換へのニーズは存続します。このため、D/Aコンバータはエレクトロニクス産業の数々のアプリケーションの中で重要な役割を果たし続けることになります。包括的なリストではありませんが、**Table 1** は一般的なD/Aコンバータのアプリケーションとその機能の概要についてまとめたものです。相対的に見て、

いくつかのアプリケーションではD/Aコンバータの持つ機能は明快です。しかし、較正などに見られるように、D/Aコンバータの利用が即座に眼に見えてこないアプリケーションもあります。

較正

アプリケーションによっては、結果の一貫性を確保するため、電圧オフセット、ゲイン調整、あるいは電流バイアスなど、数多くのパラメータの調整が必要になります。こうしたパラメータを調整する能力は、センサ、ファクトリ・ライン・システムあるいは試験/計測機器で重要な意味を持っています。定期的なメンテナンス点検の際に、工場のエンジニアがマニュアルで調整や修正を行うことも可能です。しかし、産業界で自動化が進展する中で、こうしたパラメータの調整をさらにダイナミックなものにするニーズが高まっています。その中で新たに生まれたニーズが、システムの出力段階でエラーを即座に計測し、エラー解消のために、プロセスフローの最初の段階で「補正」機能を組み込むことです。信号の補正は本質的にはアナログ技術の領域であることから、D/Aコンバータは多くのアプリケーションにおいて、較正のための最適なツールの1つとなっています。

較正を必要とする基本的なアプリケーションの1つが、圧力センサ・システムです。**Figure 1** は圧力センサ・システムの概略を図示したものです。

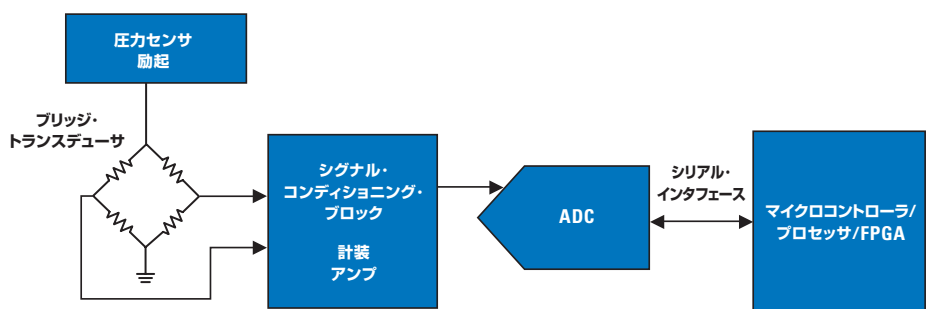


Figure 1. 圧力センサ・システムのダイアグラム

D/A コンバータの主要アプリケーション: 回路設計の基礎とポイント

アプリケーション	D/A コンバータ機能の概要
オーディオ・アンプ	D/Aコンバータはマイクロコントローラの命令により、DC電圧ゲインを生成するために使用されます。多くの場合、D/Aコンバータはシグナル・プロセッシング機能を持つ全体的なオーディオ・コーデックに内蔵されています。
ビデオ・エンコーダ	ビデオ・エンコーダ・システムはビデオ信号の処理を行い、デジタル信号をさまざまなD/Aコンバータに送り、出力レベルの最適化を行うとともに、種々のフォーマットのアナログ・ビデオ信号を生成します。オーディオ・コーデックと同じように、こうしたICはD/Aコンバータを内蔵している場合があります。
ディスプレイ用 エレクトロニクス製品	通常、グラフィック・コントローラは赤、緑、青(RGB)信号などのアナログ出力のためにビデオD/Aコンバータに送られるデータ信号を生成する際、「ルックアップ・テーブル」を使用してディスプレイを駆動します。
データ・アキュイジション・システム	測定されるデータはA/Dコンバータによってデジタル化され、プロセッサに送られます。データ・アキュイジションはプロセス制御の最終部分も含んでおり、ここでアナログ信号への変換のため、プロセッサがフィードバック・データをD/Aコンバータに送ります。
較正	D/Aコンバータは試験/計測システムの精度向上のため、ゲイン/電圧オフセットに対するダイナミックな較正機能を提供します。
モーター制御	モーター制御の多くは電圧制御信号を必要とします。D/Aコンバータはプロセッサあるいはコントローラによるモーター制御に最適です。
データ・ディストリ ビューション・システム	産業用あるいは工場用ラインの多くは複数のプログラム可能な電圧ソースを必要としていますが、その生成には多重化した1列のD/Aコンバータを使うことができます。D/Aコンバータの使用により、システム動作中に電圧をダイナミックに変化させることができます。
デジタル電位差計	ほとんどすべての電位差計はストリングD/Aコンバータ・アーキテクチャに基づいています。レジスタ/スイッチ・アレイのいくつかの再構成とI2C互換インタフェースの追加により、完全にデジタル化した電位差計が可能になります。
ソフトウェア無線	D/Aコンバータは、デジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)とともに使用され、ミキサ回路内への伝送のほか、ソフトウェア無線のパワーアンプおよびトランスミッタへの伝送のため、信号をアナログに変換します。

Table 1. 代表的なD/Aコンバータ・アプリケーション

このシステムは微小な電圧信号をセンサから取り出し、処理のためにその信号をプロセッサへ送ります。さらに詳細に見ると、ダイアグラムに示したブリッジ・トランスデューサは圧力センサから信号(励起)を受け取り、圧力レベルを基に出力電圧を生成します。全体的には、センサ/ブリッジ機能は圧力ブリッジ・トランスデューサの機能と見なすことができます¹。トランスデューサは信号の増幅が低いことから、通常、シグナル・コンディショニング機能のために計装アンプが使用されます。これにより、低ノイズで小差動信号のためのゲインが追加されます。アプリケーションによっては、アンチ・エイリアシングのための信号のフィルタリングや、あるいはサンプリングのためのA/Dコンバータへの信号のバッファリングのために、追加のアンプが使用される場合があります。その後、A/DコンバータはマイクロコントローラあるいはFPGAに対しデータ・コードを転送します。通常、A/DコンバータあるいはD/Aコンバータのようなミクスト・シグナルIC間の相互接続のためには、I²C互換、SPIあるいはMicrowire[®]シリアル・インタフェースが使われます。

一般的に、圧力センシングなどのアプリケーションは、温度、回路ボード上の寄生エラー、あるいは受動部品のロット間誤差などのさまざまな条件に対し、高い精度と正確性を要求します。さらに、測定が行われるごとにゲインが追加されるため、時間の経過とともに、システムで発生するエラーが増加します。システム動作時のエラーのダイナミックな補正のために、D/Aコンバータにより、このような較正機能をシステム内で実行することも可能です。次ページの**Figure 2**に圧力センサ・システムの較正の流れを示します。ここで注意が必要なのは、この図が実際の回路図そのものではなく、D/Aコンバータにより較正がいかに可能になるかを示したものであるということです。図は較正がいかに実行されるかをダイアグラムの形で示したもので、回路の電源、受動部品、バイパッシング、基準電圧源回路などの側面を考慮に入れたものではありません。

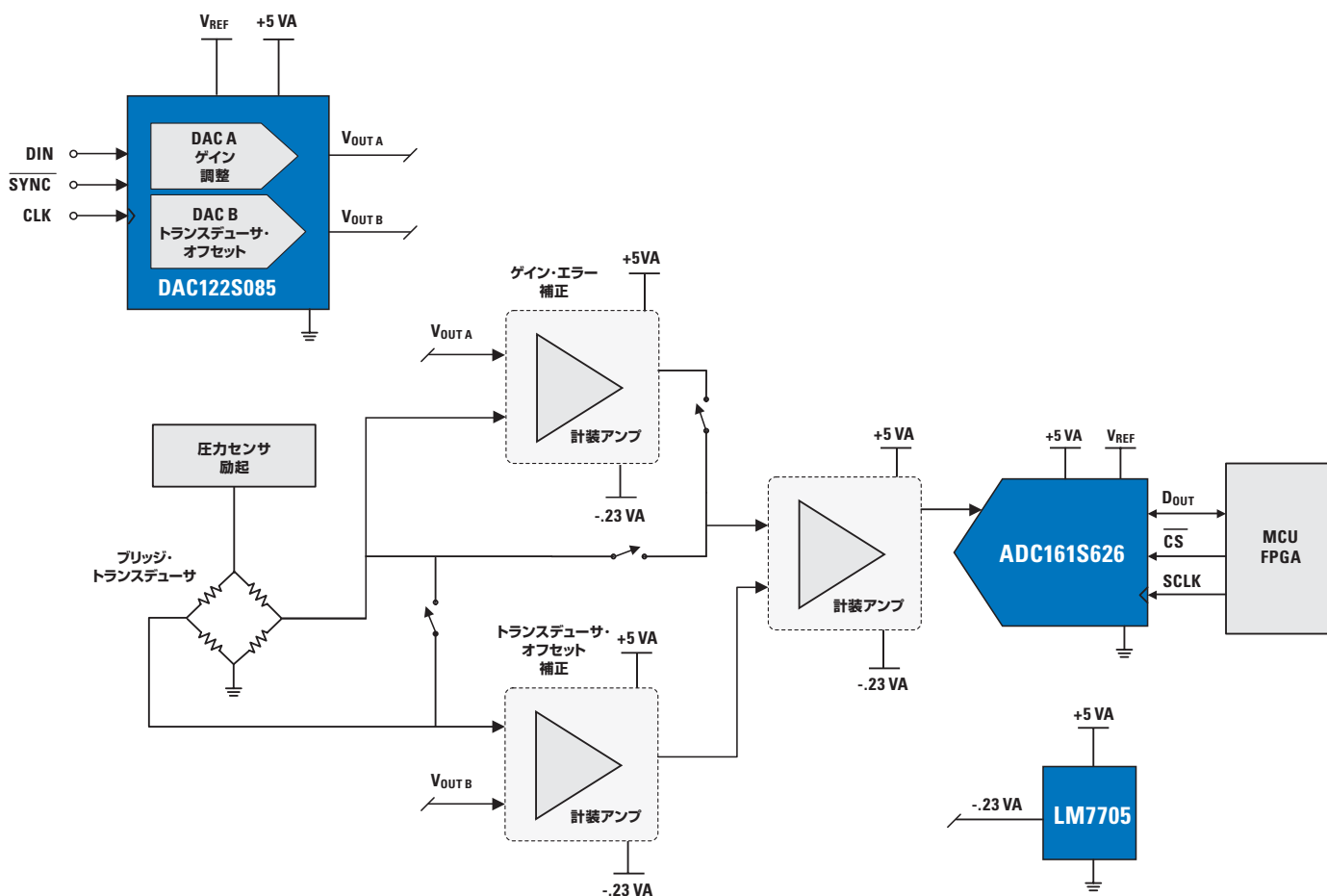


Figure 2. 校正した圧力センシングのダイアグラム

Figure 2 に示すように、ゲイン調整D/Aコンバータとトランスデューサ・オフセットD/Aコンバータは、A/Dコンバータの出力をモニターするマイクロコントローラにより、校正のためのデータ・コード入力を受け取ります。マイクロコントローラは内部ルックアップ・テーブルあるいはソフトウェア比較ルーティーンを使い容易にプログラミングが可能で、測定されたデータ・エラーに基づき、適切な校正データをD/Aコンバータに送ります。D/Aコンバータからは、プリスケールとバッファリングを可能にするために一対の計装アンプを通じて校正信号が送られ、その後、校正信号は一次計装アンプ入力の調整のために使われます。この図に示したD/Aコンバータの機能のために使用しているのは、2チャンネルの12ビットD/Aコンバータ(ナショナル セミコンダクターのDAC122S085)です。D/AコンバータAは補正ゲイン信号をゲインのプリスケール段(計装アンプ)を通じて送り、補正ゲイン

信号はさらに一次計装アンプとA/Dコンバータに送られます。D/AコンバータBはもう1つのプリスケール段(計装アンプ)を通じてトランスデューサDCエラーのために補正オフセット信号を送り、補正オフセット信号はさらに一次計装アンプに送られます。図示しているように、スイッチにより校正モード間の変更が可能です。LMP7702またはLMP2015/LMP2016などの高精度オペアンプを、計装アンプの機能を実行するために使うことができます。あるいはLMP8358アンプのような集積デバイスもアプリケーションによっては使用可能です。最後に、出力フルスイングアンプは高い性能で動作している限り、単一電源レールで動作する際に、真のグラウンド(0V)を生成しません。このため、次の段で増幅が行われるアンプの出力飽和電圧により、エラーが生じます。

D/A コンバータの主要アプリケーション: 回路設計の基礎とポイント

この問題を解消するための方法の1つは、小さな負の電源電圧を使い、アンプ出力が0Vで飽和するのを防ぎ、16ビットA/DコンバータであるADC161S626のために正確なゼロとフルスケールの維持を可能にすることです。この回路では、-0.23Vという小さな負電圧がLM7705負バイアス・ジェネレータを使って追加されています。

モーター制御

本稿ではさまざまなタイプのモーターすべてを網羅した解説は行いませんが、現在、最も普及しているモーターについての知識を身につけていることは重要です。主要なモーターのタイプとしては、DCモーター(ブラッシュ/ブラッシュレス型)、ACモーター(同期/誘導型)、静電モーターなどがあります。クローズド・ループ制御を必要としないモーターのアプリケーションもいくつかありますが、大部分のモーター・システムでは何らかの方法での制御が必要です。一般的に、こうしたモーターの制御にはコントローラ、D/Aコンバータ、モーター・ドライバのほか、センサで測定したデータを含むフィードバック・パスが使われています。

今日、最も普及しているモーターの1つがDCブラッシュレス・モーター(BLDC)です。BLDCモーターは効率が高い、機械的磨耗が少ない、サービス/維持コストが低いなど、DCブラッシュ・

モーターに比べて重要な利点をいくつか持っています。DCブラッシュレス・モーターには、さらにステッパ・モーター、リラクタンس・モーターなど、いくつかのタイプがあります。DCブラッシュレス・モーターは、消費者製品、産業/ファクトリ・システム、ロボット、ツールなどのアプリケーションで非常に普及しています。通常、DCモーターはモーターの位置と速度測定のために可変磁気抵抗センサ(VRS)あるいはHall効果センサを使っています。最新のDCモーターの場合には、モーターの全体的なメカニズムの中にセンサ電子部品を内蔵していることもあります。

カスタムICに内蔵されていない場合には、D/Aコンバータはしばしば、モーター・ドライバ制御システムのための重要な機能として使われます。**Figure 3** はモーター制御システムにD/Aコンバータの集積が可能であることを示しています。ここで注意しなければならないのは、この図が実際の回路図ではなく、モーター制御システムがいかに設計されているかを示したものであるということです。

通常、D/Aコンバータを駆動するのはマイクロコントローラあるいは専用のコントローラです。D/Aコンバータは入力データ・コードを受け取り、そのデータ・コードを電流出力に変換し、適切なモーター・ドライバ回路へ送ります。

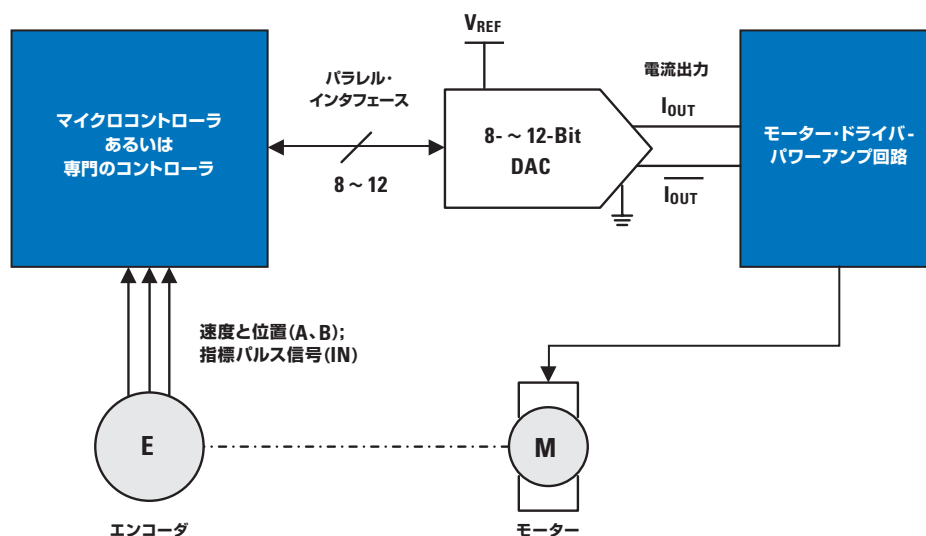


Figure 3. モーター制御の例

モーター・ドライバ回路にはいくつかのタイプがあります。集積ドライバICも使えるし、パワーオペアンプを使った回路も可能です。モーター・ドライバ回路のアーキテクチャは、総電力、連続/最大電流および電圧範囲などのDCモーターの要件により異なります。動作中は、エンコーダ内蔵モーターが速度と位置信号をマイクロコントローラに送ります。エンコーダによっては、こうした信号に指標パルス信号を含む場合があります。マイクロコントローラはD/Aコンバータに送られるデータ・コードを変更することにより、モーターの速度と方向を調整します。「制御ループを閉じる」際のD/Aコンバータの重要な役割は、数多くのメーカーがD/Aコンバータの機能をモーター・ドライバICに集積し、製品の付加価値を高めていることから分かります。

まとめ

A/Dコンバータやオペアンプと同じように、D/Aコンバータは数多くのアプリケーションで重要な役割を果たしています。汎用的なオペアンプを複数のミクスト・シグナル・コンポーネントの「接着剤」と見るなら、シグナルパスにおける3つの中核的なコンポーネントはオペアンプ、A/Dコンバータ、D/Aコンバータだと結論付けることができます。信号はアナログ領域からデジタル領域へ、さらに逆にデジタル領域からアナログ領域へと移動するため、D/Aコンバータはある回路の終点としての役割を果たしています。役割を終えた信号は、アナログ領域に帰属します。D/Aコンバータは次代の新たなアプリケーションを含め、今後も多くの電子アプリケーションで重要な役割を果たし続けます。

脚注:

(1) Pressure Bridge Transducers - http://wiki.xtronics.com/index.php/Pressure_Transducer_Primer

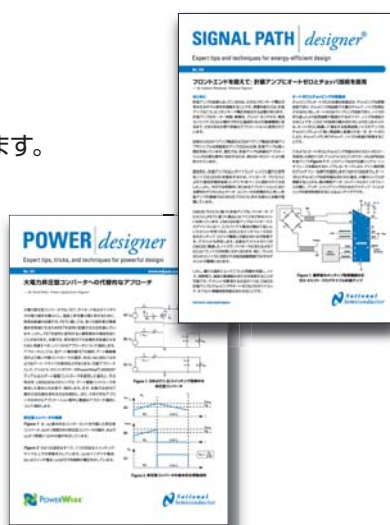
どの号もお見逃しなく!

Signal Path 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。

www.national.com/spdesigner

Power Designerもオンラインで提供しています。

www.national.com/powerdesigner



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:

www.national.com/JPN/feedback

 **National**
Semiconductor

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もありません。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もありません。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