

**DP83848C,DP83848H,DP83848I,DP83848J,
DP83848K,DP83848M,DP83848Q,DP83848T,
DP83848VYB,DP83848YB,DP83865**

Application Note 1511 Cable Discharge Event



Literature Number: JAJA303

ケーブル・ディスチャージ・イベント ケーブル帯電による静電破壊

National Semiconductor
Application Note 1511
Leo Chang
2006年7月



1.0 はじめに

さまざまな環境で電子装置が広く使用されるようになり、半導体デバイスは静電気放電 (ESD) により破壊される危険性にさらされています。装置内部の半導体デバイスは、通常の ESD イベントに耐えられるように製造されています。しかし、外部にインタフェースする半導体デバイスは外部からの ESD イベントに対して脆弱で破壊の危険性が高くなっています。

ESD イベントの原因はさまざまで、それぞれ固有の特性を持っています。最も一般的な ESD イベントは、こうした固有の特性から、人体モデル (HBM)、チャージ・デバイス・モデル (CDM)、マシン・モデル (MM) と呼ばれています。イーサネット接続の装置が普及するにつれて、装置のネットワークまたはイーサネット・インタフェースの危険性も増大しています。イーサネット・ネットワーク接続は非常に長くなる場合が多く、一般的に非シールド対対線 (UTP) で製造されているため、イーサネット・インタフェースもケーブル・ディスチャージ・イベント (CDE) と呼ばれる新たな ESD の影響を受けています。

UTP ネットワークの設置中に起こる ESD イベントは標準の HBM、CDM、MM とは大きく異なっています。UTP CDE は、非常に高いインピーダンスと小さな容量のモデルで構成される HBM、CDM、MM とは異なり、小さなソース・インピーダンスでとても大

きな電荷が放電されます。UTP ケーブル・ディスチャージ・イベントは数千ボルトにも達し、かつ非常に破壊的です。以下のセクションではケーブル設置の際に起こる CDE イベント、すなわち、電荷の蓄積と放散プロセスについて説明します。また、ESD イベント中の破壊防止と ESD 保護法の検証テストについて説明します。

2.0 ケーブル・ディスチャージ・イベント

CDE は、電荷の堆積すなわち蓄積が ESD イベントと同じように起こり、その後電荷の何らかの伝導経路への開放や放電によって発生します。

2.1 充電プロセス

電荷の蓄積には、接触 (摩擦) 効果と電磁誘導効果という2つの主要因があります。ナイロンカーペット上で PVC 被覆の CAT5 UTP ケーブルを引っ張ると、摩擦効果によってケーブルに電荷が蓄積します。同様にケーブルが線管を通して、または他のネットワーク・ケーブルに引っ張られると、ケーブルに電荷が蓄積します。この電荷の蓄積は、カーペットの上を足を引きずって歩く状態と同じです。

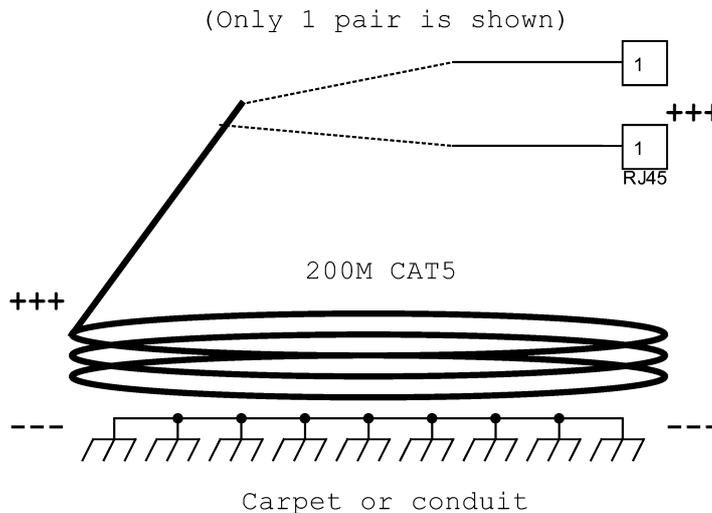


FIGURE 1. Charge Build Up On A Cat5 Cable.

電磁界を発生させる電子光バラストなどのケーブルに隣接した他のイベントも、ケーブルに電荷を誘導します。

こうしたケースでは、上記のケーブルはコンデンサの一方のプレートに、カーペットの床またはコンジットはもう一方のプレートに似ています (Figure 1)。蓄積された電荷の量は、ケーブル長に比例し、2つのプレート間の距離に反比例します。

2.0 ケーブル・ディスチャージ・イベント(つぎ)

電荷の蓄積は、ケーブルが終端されてなく電荷がすぐに消費されない場合のみ発生します。言い換えれば、ケーブルの両端がシステムに接続されていない場合に、電荷は蓄積されます。また、蓄積電荷をそのままにしておくと、大きな損傷を引き起こします。CAT5 や CAT6 といった新しいケーブルほど、誘電体漏洩が小さく、長期間電荷を保持する傾向にあります。相対湿度が低い環境では、電荷の保持期間が長くなります。こうした要因の数々が ESD イベントをさらに増加させています。

破壊的損失、つまり CDE イベントは、これらのすべての電荷蓄積と保持プロセスにより生じます。

2.2 放電プロセス

電荷蓄積された UTP ケーブルが RJ-45 回路ポートにプラグインされると、放電の経路は多くなります。AC 電流が流れる法則に従って、過渡電流はインダクタンスが最小の経路を流れます。RJ-45 コネクタでは、この経路はプリント回路基板 (PCB) の 2 つのトレース間、トランス内、ポプスミス AC 終端、またはシリコン・デバイスとなる可能性があります (Figure 2)。こうした電流は非常に大きく、誘電体破壊を起こします。デバイスのメディア・ディペンダント・インタフェース (MDI) トランシーバ入力に高電圧が生じると、その高電圧は ESD 保護ダイオード、ライン・ドライバ、MDI 信号経路と隣接する回路間などに損傷を与える場合があります。

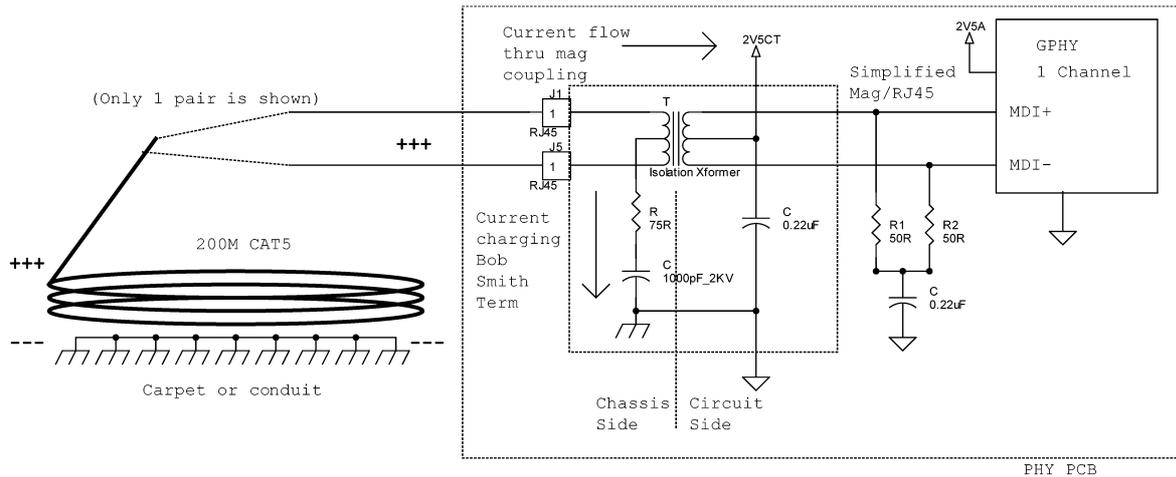


FIGURE 2. The CDE Discharge Path During UTP Cable Installation.

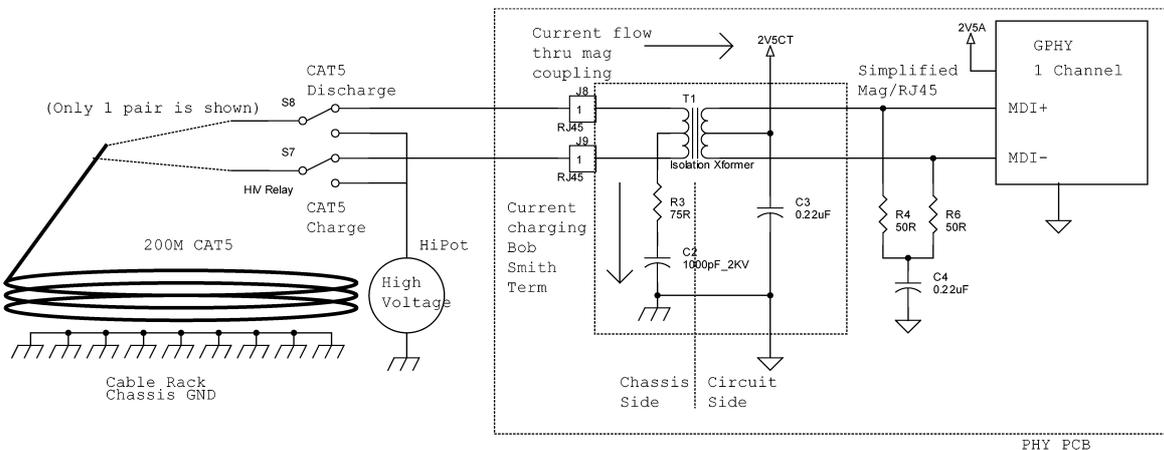


FIGURE 3. The CDE Discharge Using Simulated Test Setup.

Figure 3 は CDE イベントをシミュレートするために、Hi-Pot 電圧発生器を用いて UTP ケーブルを充電し、その後 RJ-45 回路ポートを通して、UTPケーブルを放電するリレーを備えた試験治具です。MDI ピンのグラウンドを基準に測定した信号振幅は+ 10V ~ - 10V (Figure 4) の範囲です。信号振幅はあまり大きくありませんが、UTP ケーブルは過渡状態の電源を制限するには、小さなソー

ス・インピーダンスしかないため、電流が大きくなります。この電流は非常に大きく、トランシーバ用半導体デバイスに回復不可能な損傷を与えてしまいます。CDE 放電を行った後のトランシーバの機能テストの結果、MDI 出力ドライバの損傷が判明しました。Figure 5 は CDE イベント後の出力ドライバの信号振幅が、大きく減少していることを示しています。

2.0 ケーブル・ディスチャージ・イベント(つづき)

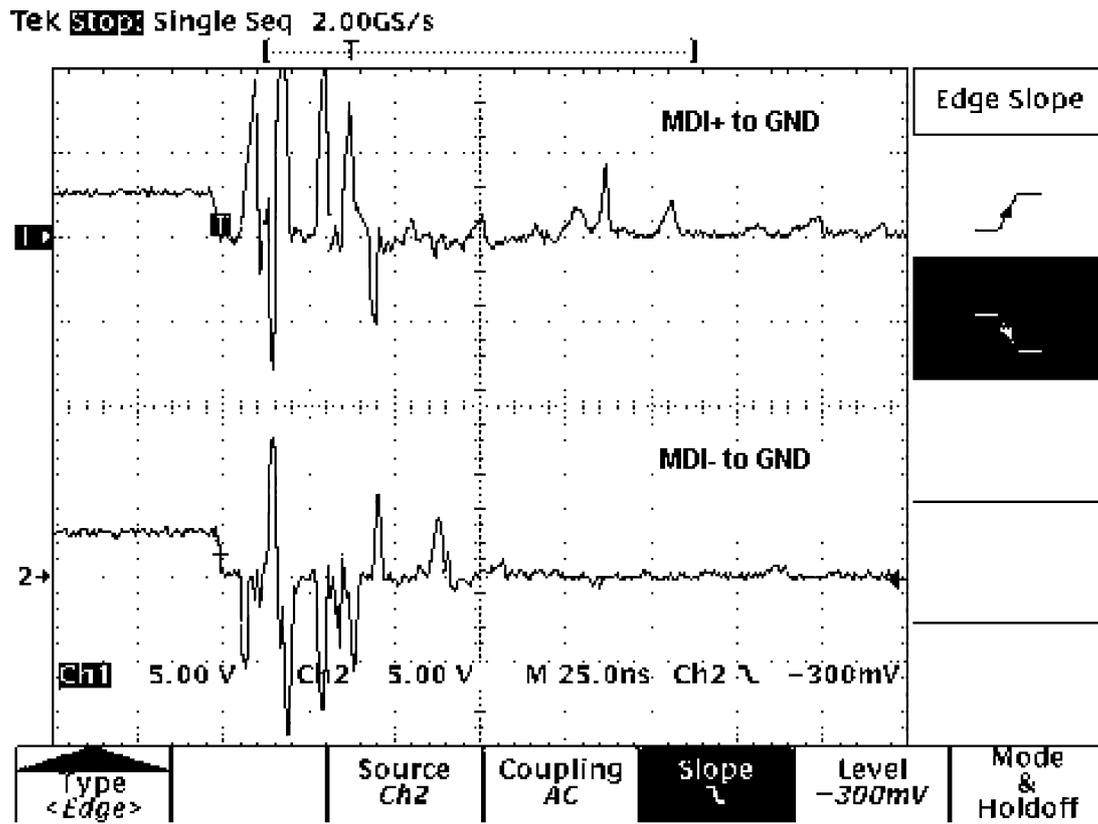


FIGURE 4. Cable discharge measured MDI+ to ground and MDI- to ground. MDI offset is at 2.5V. The peak-to-peak amplitude can be 20V.

2.0 ケーブル・ディスチャージ・イベント(つぎ)

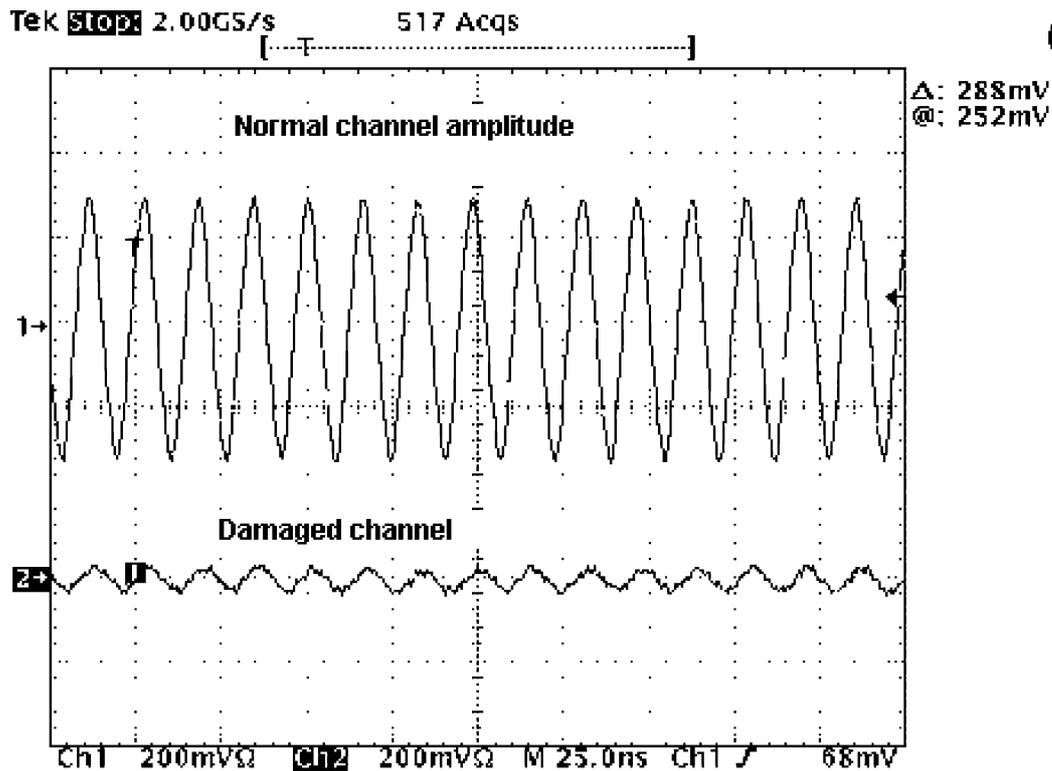


FIGURE 5. IEEE Test Mode 2. Top trace channel A is showing the normal amplitude. Bottom trace channel B shows reduced amplitude due to ESD damage.

3.0 CDE のための設計

RJ-45 コネクタのアーキを防ぐために、回路設計者は高い過渡電圧に耐えられるRJ-45 コネクタを使用しなければなりません。IEEE 802.3 標準ではコネクタの障害を防ぐために、2250V DC および1500V AC の絶縁電圧を推奨しています。こうした絶縁電圧はトランスに対しても適用されます。設計者は部品メーカーと共同で選定したRJ-45 コネクタが、これらの仕様と適合することを確認しなければなりません。

回路ボードの誘電体破壊やスパークの発生を防ぐために、ライン側(例、UTP 側)の回路ボードとグラウンド間には十分な間隔を取ってください。テスト結果では、2000V の過渡電圧に耐える条件として、FR4 の回路ボードのトレースは最低 250ミリの間隔が必要であることを示しています。

MDI トランシーバのピンに高電圧が生じないように、電荷を低減させる電流経路を設計しなければなりません。トランシーバの I/O パッド・リングの周辺に ESD プロテクション・ダイオードを配置すると、高電圧が入力/出力(I/O ブロック)回路に入る前の最初の防御ラインとなります。CDE イベントが発生すると、これらの ESD ダイオードは導通し、大きい過渡電流がデバイス回路をバイパスして、電源またはグラウンドに流れます。CDE のエネルギーは ESD 保護回路で消費されます。

ESD ソースには電流を制限する抵抗が存在しないため、ケーブル・ディスチャージ・イベントは ESD の人体モデル、マシン・モデル、またはチャージ・デバイス・モデルは先はるかに大きい電流が流れます。蓄積電荷はケーブルの長さにもよりますが、ESD モデルで蓄積される電荷に比べ 100 倍も大きくなります。こうした大きな蓄積電荷では、消費設計がさらに困難になります。設計者は ESD ダイオードの代用として、SCR を採用する 경우가多く、より小さい「オン」インピーダンスで、熱の蓄積を少なくして、シリコンのブレイクダウンを減少させます。

ル、またはチャージ・デバイス・モデルは先はるかに大きい電流が流れます。蓄積電荷はケーブルの長さにもよりますが、ESD モデルで蓄積される電荷に比べ 100 倍も大きくなります。こうした大きな蓄積電荷では、消費設計がさらに困難になります。設計者は ESD ダイオードの代用として、SCR を採用する 경우가多く、より小さい「オン」インピーダンスで、熱の蓄積を少なくして、シリコンのブレイクダウンを減少させます。

4.0 CDE 保護回路の検証

CDE CAT5 ケーブル・プラントと試験治具を用いて、CDE 設計 (Figure 6) をテストし検証します。試験治具にはリレーとスイッチング回路が含まれています。高電圧発生器 (Hi-Pot テスタ) を使用することで、CAT5 ケーブルはシャーシ・グラウンドに対して高電圧リファレンスに充電されます。充電されたケーブルを、リレーによって被試験デバイス (DUT) の RJ-45 ポートに接続します。これが電荷転送プロセスです。電荷は UTP ケーブルから DUT への転送されます。若干の電荷が DUT で消費され、DUT には蓄積の電荷が残ります (次のセクションを参照)。ケーブルの放電イベントが終わった後、DUT に蓄積された電荷を放電してください。これは次のテストを始める前に、回路ボードを安全に取り扱えるようにし、テストの再現性を保証するためです。ブロック図 (Figure 6) は 2 セットのリレーを示しています。ひとつのセット (S3 と S4) がケーブルの充電と放電を扱い、もうひとつのリレー・セット (S5) が DUT の残留電荷放電を行います。

4.0 CDE 保護回路の検証 (つづき)

ブロック図 (Figure 6) には放電スイッチ・プロセスでの S3 リレーと S4 リレー間の遅延回路も示されています。この回路はコネクタ挿入プロセスをシミュレートし、接触プロセス間に時間差が存在することを示しています。接触遅延は 0.5ms ~ 5ms の間で可変です。時間差によって、MDI + と MDI - ペア間でさらに差動電圧が発生します。UTP ペア間では、RJ-45 と最初に接触する線が電荷

を消費するか、または一部の電荷を消費します。最初の線の後で、2 番目の線が RJ-45 と接触するとき、2 番目の線が最大電圧を持ち、最初の線はより低い電位となります。この電位差によって、MDI + と MDI - 対の間に差動電圧が生じます。設計者は、この差動電圧がコモンモードの CDE 電圧に加えて、差動電圧に耐えさせるといった新たな課題にも取り組まなければなりません。

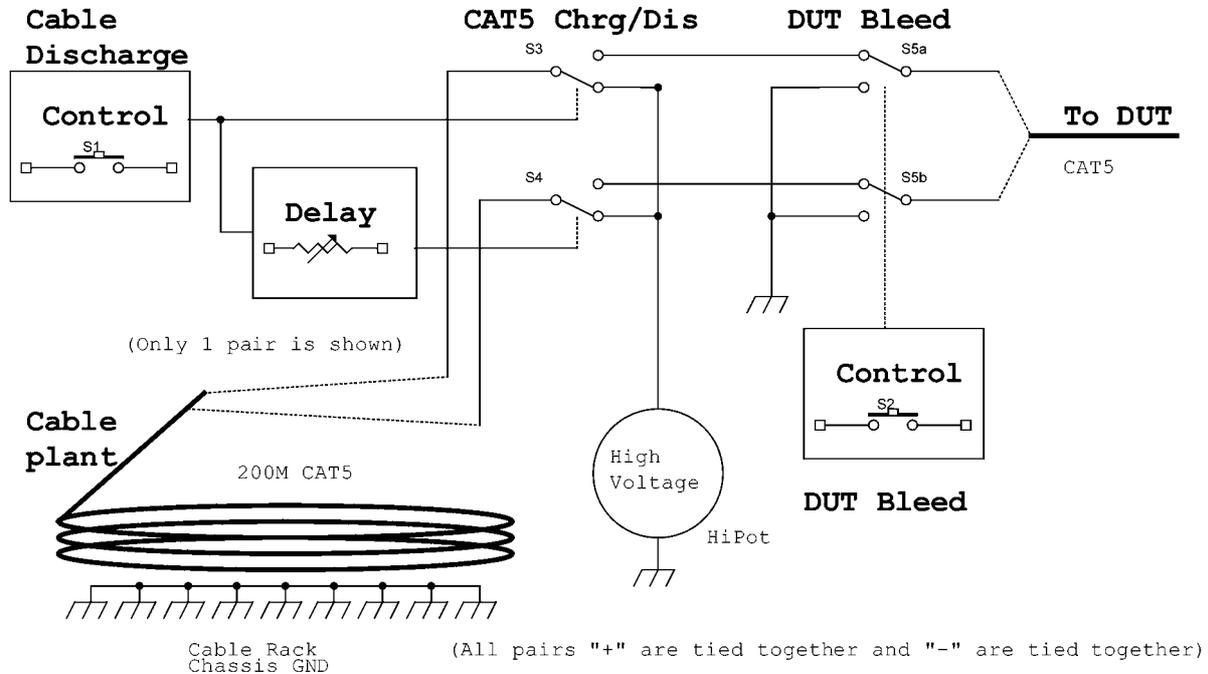


FIGURE 6. CDE Test Jig Block Diagram.

5.0 測定結果に影響する要素

残留電荷の放電

DUT ポートに残留電荷があると、次の CDE 放電は充電ケーブルと DUT ポート間に期待される電位差を発生させることができません。放電電流は UTP ケーブルと DUT 間の電位差に直接比例します。電位差が大きいほど、CDE ESD イベントにおける過渡電流が大きくなります。

テストの間隔

ひとつのテスト・セッションで DUT テストを複数行うには、各 CDE ESD イベントの間は最短で 2 分とすべきことがテスト結果で示されています。大電流を消費するため、ESD 保護回路が熱を発生します。加熱によって、回路の ESD 耐圧がさらに低下し、回路は損傷や故障となります。実際にケーブルを敷設する場合は、CDE イベントの頻度は 2 分未満になることはほとんどなく、シリコン・デバイスに不必要なストレスを与えることはまれです。

湿度

湿度はケーブル・スプールとグラウンド間の電荷の蓄積に影響を与えます。湿度を高くすると、線とグラウンド間の空気の誘電体としての性質に影響し、容量分が小さくなります。容量分が小さくなると、ケーブルに蓄積された電荷が小さくなり、CDE 放電の間の過渡電流が減少して、テスト結果に一貫性がなくなります。テストの一貫性を保つためには、CDE ケーブルは湿度が制御された環境に置かなければなりません。

6.0 結論

あらゆる半導体デバイスは、静電気放電 (ESD) イベントの影響を受けています。外部にインタフェースを持つデバイスは、装置内でインタフェースするデバイスより危険性が高くなっています。イーサネット回路インタフェースは、ケーブル・ディスチャージ・イベント (CDE) と呼ばれるさらに危険な ESD イベントの影響を受けます。UTP ケーブルの敷設時の CDE はイーサネットの PHY デバイスにとっては大きな障害となります。ナショナル セミコンダクターは CDE ESD 耐圧をテストするためのプロセスと装置を新たに作り直しました。このテスト・プロセスは、イーサネット・ネットワークに接続された装置の CDE に対する堅牢性の品質測定に役立ちます。

ナショナル セミコンダクターのデバイスは CDE 試験に合格しています。

DP83848 - 2000V CDE

DP83865 - 1500V CDE

製品の詳細については、

<http://www.national.com/JPN/networks/> をご覧ください。

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か使用、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方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