



チュートリアル
RS-485：今なお最も堅牢な通信

目次

要約.....	1
RS-485とRS-422	2
RS-485の詳細	3
産業環境の課題	5
過酷な環境からのシステムの保護	5
結論.....	10
参考文献.....	10

要約

ワイヤレスネットワークの急速な普及にも関わらず、特に過酷な環境において、有線シリアルネットワークは引き続き最も堅牢で、高信頼性の通信を提供しています。これらの優れた技術で作られたネットワークは、産業およびビルオートメーションアプリケーションで効果的な通信を提供します。これらのアプリケーションではノイズ、静電気放電、および電圧フォルトに対する耐性が要求され、これらのすべてが稼働時間の増大につながります。このチュートリアルではRS-485プロトコルについて概説し、産業アプリケーションで広く使用されている理由およびそれが解決する一般的な問題について解説します。

RS-485とRS-422

RS-485が過酷な、産業環境で最も広く使用されるインタフェースプロトコルである理由についての考察

RS-485トランシーバは、過酷な産業およびビルオートメーションネットワークにおいてシリアルポート通信用の物理層を実装するための最も一般的なインタフェースです。このシリアルインタフェース規格は、ツイストペアのワイヤ上で、産業アプリケーションに必要な長距離・高速伝送用のシングルパス差動信号方式を提供します。RS-485規格は、過酷な環境に耐えることができる堅牢なインタフェースを提供します。産業およびビルアプリケーションの一般的な問題の1つは、高速スイッチング誘導性負荷からの大きい電氣的過渡、静電気放電、およびファクトリーオートメーションに関連する頻繁な電圧サージによって、データ伝送のエラーやネットワークの

物理的な破壊が生じる場合があります。

今日一般的に使用されるデータインタフェースプロトコルには、多数のタイプがあります。それぞれ特定のアプリケーションを念頭に開発されたもので、特定のプロトコル仕様一式と構造を備えています。これらのインタフェースの例として、CAN、RS-232、RS-485/RS-422、I²C、I²S、LIN、SPI、SMBusなどがあります。これらの中で、特に工場やビルオートメーションなどの過酷な産業環境/電氣的環境において、RS-485とRS-422は現在でも最高の信頼性を提供します。

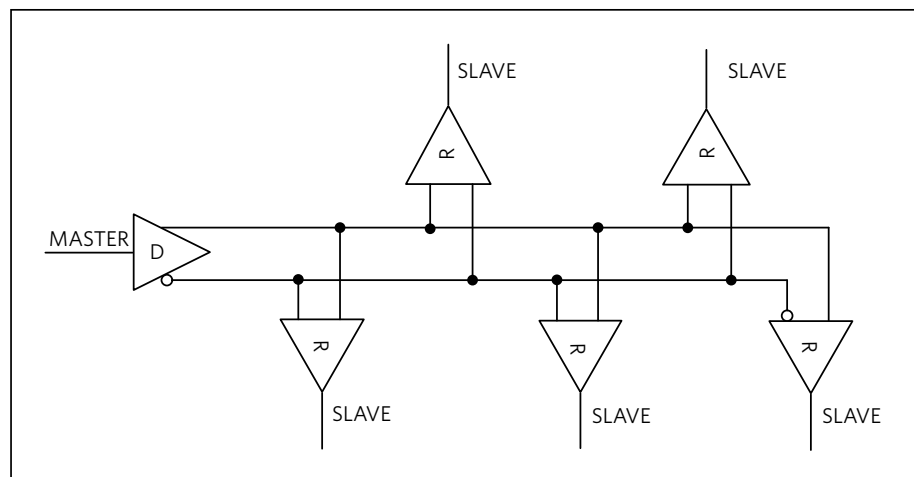


図1. RS-422マルチドロップバス

RS-485とRS-422は似ていますが、同じではありません。これらの2つの規格の間にはいくつかの相違点があり、システム設計時に注意する必要があります。

RS-422は、1つのバスマスター(ドライバ)のみを必要とする産業環境に最適です。この規格は、最大10Mbpsでデータを送信するメカニズムを提供します。RS-422は、ツイストペアのワイヤを使って各信号を送信することで、ノイズ耐性を高めボーレートとケーブル長を増大します。RS-422はマルチドロップアプリケーション用の仕様で、TIA/EIA-422に従って、1つのトランスミッタのみが最大10のレシーバが接続されたバスに接続され、バス上で送信を行います(図1)。標準的なアプリケーションには、プロセスオートメーション(化学製品、醸造、製紙)、ファクトリーオートメーション(自動車および金属製作)、HVAC、セキュリティ、モーター制御、およびモーションコントロールがあります。

RS-485は、複数のバスマスター/ドライバが必要な場合に、より高い柔軟性を提供します。TIA/EIA-485に従ってデバイス数が10から32へと増加し、より広いコモンモード($\pm 7V$ に対し $-7V \sim +12V$)とわずかに低い差動電圧範囲($\pm 2V$ に対し ± 1.5)によって最大負荷時に適切な信号電圧を確保するという点で、RS-422より改善されています。この強化されたマルチドロップ機能によっ

て、1つのRS-485シリアルポートに接続されたデバイスのネットワークを作ることができます。より高いノイズ耐性とマルチドロップ機能を備えたRS-485は、PLCまたはその他のデータ収集やHMIなどの動作のコントローラにネットワーク接続された複数の分散デバイスを必要とする産業アプリケーションで最も多く選択されるシリアル接続になっています。RS-485はRS-422の上位仕様であるため、すべてのRS-422デバイスはRS-485によって制御することが可能です。

RS-485の標準的なアプリケーションはRS-422の場合と同様で、プロセスオートメーション(化学製品、醸造、製紙)、ファクトリーオートメーション(自動車および金属製作)、HVAC、セキュリティ、モーター制御、およびモーションコントロールがあります。そのため、この2つの規格では、拡張された機能を持つRS-485の方がより一般的に使用されます。

RS-485の詳細

すでに述べたように、TIA/EIA-485(通称RS-485)は産業アプリケーションで最も広く使用されているインタフェースです。RS-485は最大4000フィートの長距離で使用することが可能で、より短い距離では40Mbps以上の高速が可能です。差動というRS-485の特性によって長距離での動作が可能ですが、ケーブル長が長くなるほど速度が低下します。

RS-485
トランシーバは、
過酷な産業
およびビル
オートメーション
ネットワークに
おいてシリアル
ポート通信用の
物理層を実装
するための最も
一般的なインタ
フェースです。

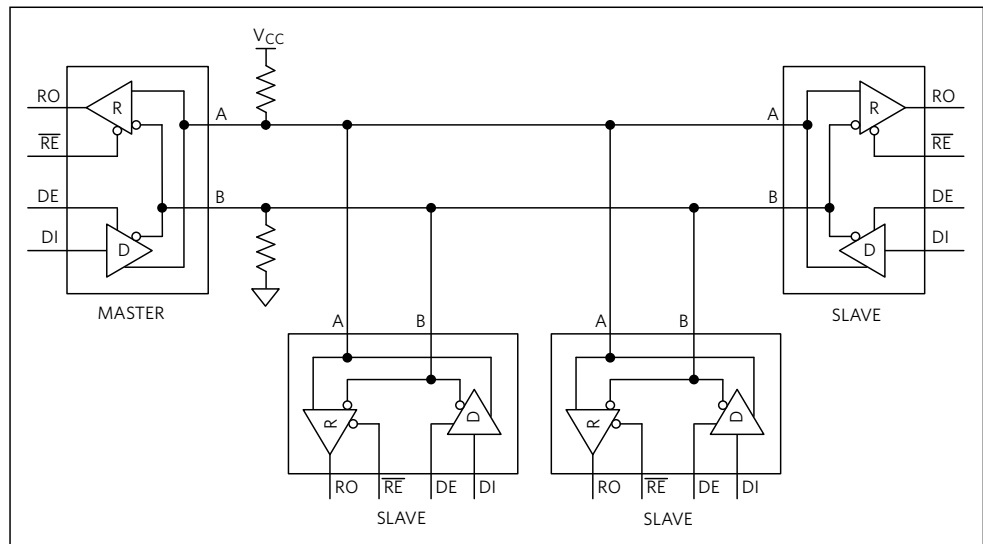


図2. 産業アプリケーションで一般的に使用されるマルチドロップ半2重トランシーバシステム

距離以外にも、データレートはワイヤ径およびネットワーク上のノード数に影響されます。MAX3291などのプリエンファシスを備えたRS-485は、帯域幅と距離の大幅な向上が可能で、それを必要とするアプリケーションに対応します。

RS-485インタフェースは、1ペアの伝送バスによる半2重モード、または2ペアのバス(4線)による同時送受信動作が可能な全2重モードで使用することができます。半2重マルチドロップ構成では、

最大32のドライバと最大32のレシーバを処理することができます。1/4ユニット負荷を備えた新しいデバイスや、さらにはMAX13448Eなどの1/8ユニット負荷レシーバ入力インピーダンスのデバイスが登場しており、同一バス上に128~256のレシーバを接続可能になっています。この強化されたマルチドロップ機能によって、図2に示すように、1つのRS-485シリアルポートに接続されたデバイスのネットワークを作ることができます。

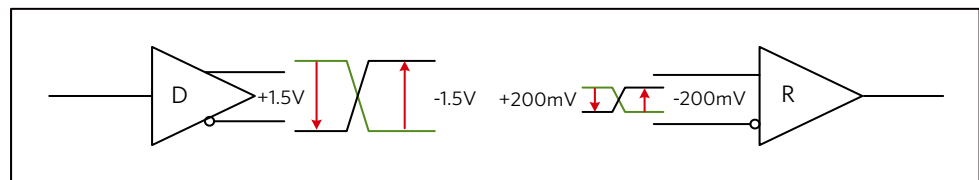


図3. RS-485の最小バス信号レベル

レシーバ入力感度は $\pm 200\text{mV}$ です。すなわち、1または0のビットを認識するために、レシーバは0の場合 $+200\text{mV}$ 以上、1の場合 -200mV 以下の信号レベルを必要とします(図3)。 $\pm 200\text{mV}$ の範囲のノイズは、基本的にブロックされます。差動形式によって、効果的にコモンモードノイズが除去されます。レシーバの入力インピーダンスは $12\text{k}\Omega$ (min)で、ドライバの出力電圧は $\pm 1.5\text{V}$ (min)、 $\pm 5\text{V}$ (max)です。

産業環境の課題

産業システム的设计者は、ハードウェアの損傷やデジタル通信への悪影響の可能性のある環境条件において堅牢な動作を確保するために、多数の困難な課題に直面します。

1つの例が、ファクトリーオートメーションにおける加工機械の自動制御です。プロセスコントローラは動作と環境の変数を監視および測定し、動作コマンドを送信して機器やアラームを制御します。コントローラは、通常はマイクロコントローラベースの機械で、工場とアプリケーションのニーズを満たすように最適化されたアーキテクチャを備えています。これらのシステムのポイント間データ通信ラインは、過酷な電気的環境に晒されます。

産業アプリケーションで使用されるDC-DCコンバータには、高い入力電圧と絶縁型電力出力を備えたものがあります。多くのアプリケーションは、 24V または 48V DC入力を使用して、ライン給電されていない分散アプリケーションに電力を供給します。 12V または 5V にダウンコンバートされた後で、ポイントオブロード変換を適用することができます。リモートセンサーやアクチュエータとの通信を維持するアプリケーションは、過渡、EMI、およびグラウンド電位差の影響に対する保護が必要です。

マキシム・インテグレイテッドなどの企業は、産業アプリケーション用ICが堅牢で過酷な電気的環境に耐えることを確保するために細心の注意を払っています。マキシムのRS-485トランシーバICは、高ESD耐性、大きい電圧スパイクに対するフォルト保護、ホットスワップ機能などの保護を内蔵し、エラーのないデータ伝送を実現します。

過酷な電気的環境からのシステムの保護

以下に示すのは、RS-485トランシーバに内蔵される場合がある保護機能です。

マキシムのRS-485トランシーバICは、高ESD耐性、大きい電圧スパイクに対するフォルト保護、ホットスワップ機能などの保護を内蔵し、エラーのないデータ伝送を実現します。

ESDは産業にとって重大な問題で、年間数十億ドルの損害を引き起こしていると推定されます。

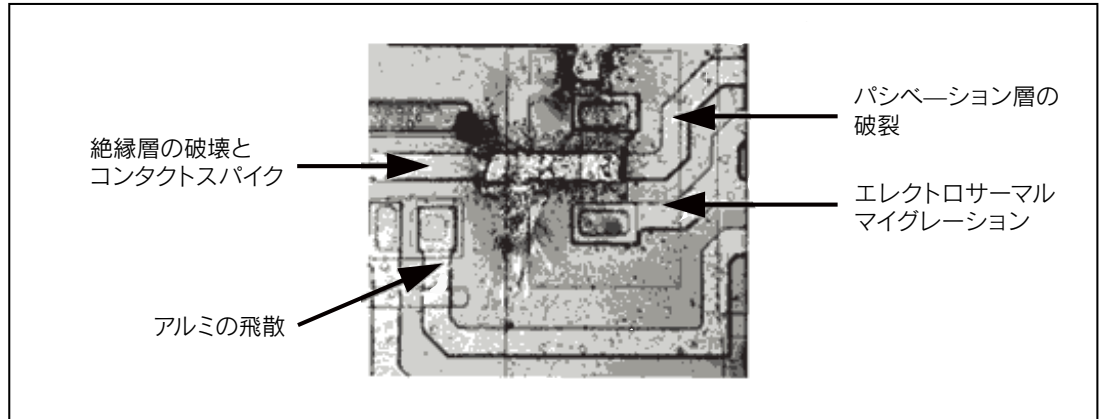


図4. ESD保護が不適切なICで発生する重大な故障

拡張ESD

静電気放電(ESD)は過電圧事象の1つで、電位が異なる2つの物質が接触したときに、蓄積された静電荷が転移して、スパークが発生します。多くの場合、ESDスパークは人間と周囲との相互作用によって発生します。これらの偶発的なスパークによって、半導体デバイスの特性が変化し、性能の低下または完全な破壊につながります。また、ESDはケーブルの交換時やI/Oポートに触れてしまったとき、電子システムに対する脅威となります。これらの日常的なできごとに伴う放電は、1つまたはそれ以上のインタフェースICを破壊し、ポートを無効化します(図4)。保証修理のコストが上昇するとともに、製品の品質に対する印象が悪化するため、これらの故障は高コストになります。ESDは産業にとって重大な問題で、年間数十億ドルの損害を引き起こしていると推定されます。フィールドで発生するESD事象は、個々の部

品の故障を発生させ、場合によっては重大なシステム障害を引き起こします。

外付けESDダイオードやその他のディスクリット部品を使用して、データラインを保護することができます。多くのICデバイスはある程度のESD保護を内蔵しているため、IC自体用にはそれ以上の外付け保護を必要としません。図5は、一般的な内蔵保護方式の簡略ファンクションダイアグラムを示します。信号入出力(I/O)の電圧スパイクはV_{CC}またはGNDにクランプされ、内部回路を保護します。多くのインタフェース製品やアナログスイッチは、IEC 61000-4-2規格に準拠するように設計されたESD保護を内蔵しています。

マキシム・インテグレイテッドは、多大な労力を投入して堅牢なESD保護を内蔵したICを開発してきました。RS-232およびRS-485インタフェースICからスタート

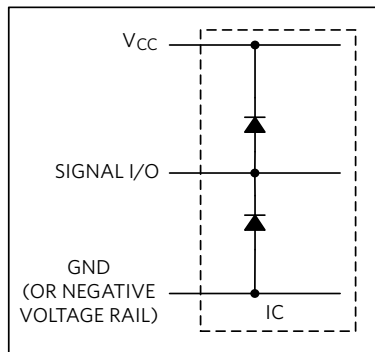


図5. 内蔵ESD保護回路の簡略図

して、マキシムはインタフェーストランシーバ用ESD保護のリーダーになりました。これらのデバイスは、入出力端子に直接印加されるIEC 61000-4-2およびJEDEC JS-001のESDイベントに耐えることができます。この方式は堅牢で、すぐに利用可能で、外付け部品用の面積が不要で、ほとんどの代替方式より低コストです。

すべてのマキシム製デバイスは、取扱い中や組立て中に発生する静電気放電に対する保護のために、すべての端子にESD保護構造が組み込まれています。[MAX3483AE/MAX3485AE](#)ファミリなどの高ESD保護内蔵トランシーバは、トランスミッタ出力およびレシーバ入力端子に $\pm 20\text{kV}$ のESD保護を備えています。これらのトランシーバは、定格値以下のESDストライクによって損傷しないのみでなく、電源サイクルの必要なしに正常に動作を継続します。さらに、パワーアップ時、パワーダウン時、および

シャットダウンモード時にもESDストライクに対して保護されます。

フォルト保護

産業用ネットワークアプリケーションのRS-485デバイスのドライバ出力レシーバ入力は、浮遊電圧スパイクに起因する電圧フォルトにしばしば晒されます。フォルトは、ESD事象とは異なります。ESD事象は100ns以下の短い時間範囲内で発生するのに対し、フォルトは一般に約200 μs またはそれ以上の持続時間にわたって発生します。過電圧などのフォルトは、配線の誤り、接続の緩み、ケーブルの潰れや傷み、あるいはPCB上またはコネクタ内のはんだのかすが原因で電源ラインがデータ接続と接触することによって発生し、数秒あるいは数分間にわたって高電圧に晒されたあと、故障が発生します。多くの産業用電源は+24V以上あるため、これは大きな事故につながる可能性があります。データラインとの接触が発生すると、標準的な、保護なしのRS-485トランシーバは確実に破壊されます。

これらのフォルトに対する保護のために、通常のRS-485デバイスは高コストのディスクリット外付け保護回路またはデバイスを必要とします。フォルト保護を備えたRS-485トランシーバは、通信バスライン上で $\pm 40\text{V}$ 、 $\pm 60\text{V}$ 、あるいは $\pm 80\text{V}$ もの過電圧保護を提供します。

過電圧などのフォルトは、配線の誤り、接続の緩み、ケーブルの潰れや傷み、あるいはPCB上またはコネクタ内のはんだのかすが原因で電源ラインがデータ接続と接触することによって発生します。

フェイルセーフレシーバは、レシーバ入力オープンの場合、または終端処理されたバス上のすべてのトランスミッタがディセーブルされている場合に、レシーバがロジックハイになることを保証します。

ホットスワップ回路は、初期化時や通電中されているバックプレーンへの接続時に発生するデータケーブル上の不要な遷移を除去します。

マキシムは、MAX13442E~MAX13444Eなど、データ端子の高DC電圧に耐えることができる多数のフォルト保護RS-485/RS-422トランシーバを提供しています。システムの複雑さと外付け保護の必要性を低減するために、これらのフォルト保護内蔵デバイスのドライバ出力とレシーバ入力は、グランドに対し最大±80Vの電圧フォルトに損傷なしで耐えることができます。デバイスがアクティブ、シャットダウン、または電源が供給されていない状態でも関係なく保護が保証されます。これによって、これらのデバイスは業界最堅牢のトランシーバになっており、そのため、産業アプリケーションに最適です。これらのデバイスは、電源への直接短絡、誤配線フォルト、コネクタ故障、ケーブル圧壊、および工具の適用ミスなどの過電圧フォルトに耐えるように設計されています。

真のフェイルセーフレシーバ

多くのRS-485トランシーバが備える重要な機能の1つが真のフェイルセーフ回路で、レシーバ入力オープンまたは短絡状態の場合、または終端処理されたバス上のすべてのトランスミッタがディセーブルされた状態(ハイインピーダンス)の場合に、レシーバ出力がロジックハイになることを保証します。真のフェイルセーフは、レシーバ入力スレッショルドを-50mVおよび-200mVのわずかな負の差動電圧に変化させることによってバスエラーの問題を解決しまし

た。このロジックハイの保証は、レシーバスレッショルドを-50mV~-200mVの範囲に設定することによって実現されます。差動レシーバ入力電圧($V_A - V_B$)が-50mVまたはそれ以上の場合、ROはロジックハイです。 $(V_A - V_B)$ が-200mVまたはそれ以下の場合、ROはロジックローです。終端処理されたバスですべてのトランスミッタがディセーブルされている場合、レシーバの差動入力電圧は終端によってグランドにプルダウンされます。その結果、50mV (min)のノイズマージンを備えたロジックハイが実現します。従来のフェイルセーフデバイスとは異なり、-50mV~-200mVのスレッショルドはEIA/TIA-485規格の±200mVに適合しています。

ホットスワップ機能

ホットスワップ回路は、回路の初期化時や通電中されているバックプレーンへの接続時に発生するデータケーブル上の不要な遷移を除去します。短絡電流制限およびサーマルシャットダウン回路は過度の消費電力からドライバを保護します。

活線状態の(または給電されている)バックプレーンに回路基板を挿入すると、DE、DE/ \overline{RE} 、 \overline{RE} 、およびレシーバ入力AとBに電圧過渡が発生し、データエラーにつながる可能性があります。たとえば、最初の回路基板の挿入時に、プロセスはパワーアップシーケンスを実行しま

す。この期間に、出力ドライバがハイインピーダンス状態になると、トランシーバのイネーブル入力を定義されたロジックレベルに駆動することができません。それと同時に、ハイインピーダンス出力からの最大10 μ Aのリーク電流、またはV_{CC}またはGNDからの容量性結合ノイズによって、入力が不正なロジック状態にドリフトする可能性があります。このような状態の発生を防止するために、MAX3440E~MAX3443EなどのデバイスはDE、DE/ \overline{RE} 、および \overline{RE} にホットスワップ入力回路を備え、ホットスワップ状態での不要なドライバのアクティブ化を防いでいます。V_{CC}が上昇するとき、内部プルダウン(または \overline{RE} の場合はプルアップ)回路が少なくとも10 μ sの間、かつDEへの電流が200 μ Aを超えるまで、DEをローに維持します。最初のパワーアップシーケンス後は、プルダ

ウン回路が透過的になり、ホットスワップ対応入力のリセットされます。

この内部ホットスワップ回路は、どのように動作するのでしょうか？ドライバイネーブル入力(DE)には、M1とM2の2つのnMOSデバイスがあります(図6)。V_{CC}がゼロから立ち上がる時、内部15 μ sタイマーがM2をオンにし、SRラッチをセットして、それがM1もオンにします。トランジスタM2 (2mA電流シンク)およびM1 (100 μ A電流シンク)が、5.6k Ω の抵抗を介してDEをGNDにプルダウンします。M2は、DEをハイに駆動する可能性がある最大100pFの外部寄生容量に対抗して、DEをディセーブル状態にプルダウンします。15 μ s後、タイマーによってM2はオフになりますが、M1はオンのままで、DEをハイに駆動する可能性があるスリーステートリーク電流に対抗してDEをローに維持します。M1は、外部電流ソースが必要な入力電流を超えるまでオンのままです。その時点で、SRラッチがM1をリセットし、オフになります。M1がオフになると、DEは標準のハイインピーダンスCMOS入力に戻ります。V_{CC}が1Vを下回るたびに、入力のリセットされます。 \overline{RE} の相補型回路は、2つのpMOSデバイスを使用して \overline{RE} をV_{CC}にプルアップします。

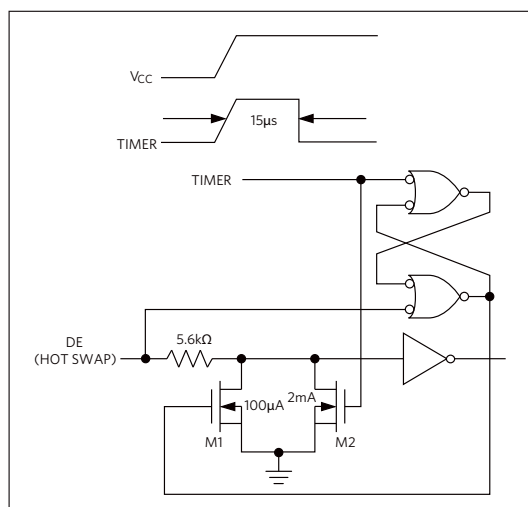


図6. ドライバイネーブル端子(DE)の簡略構造

結論

ファクトリーオートメーションなどの産業システムアプリケーションは、過酷な電氣的環境に晒されます。システムレベルの設計者にとって、これらの条件に耐えることができるハードウェアを開発する際に、いくつかの発生源からの電圧過渡を考慮に入れることが非常に重要です。ほとんどのデータ通信ネットワークは、RS-485プロトコル規格の堅牢性ととも、トランシーバICに組み込まれた特別な安全性機能によって、これらの影響に耐えています。拡張ESD保護、高電圧フォルト保護、ホットスワップ機能などの構造は、これらが発生した場合の保護を提供し、システムの信頼性維持に役立ちます。

参考文献

1. アプリケーションノート4491 「稲妻または静電気スパークによる損傷—それは身長で決まります!」
2. アプリケーションノート5260 「過酷な産業環境のための設計について」
3. アプリケーションノート639 「ESD保護をリードするマキシム」

さらに詳しく

詳細については、www.maximintegrated.com/jpをご覧ください。