

RS-485: 速度と距離のトレードオフの課題を克服する

はじめに

最新の産業環境が絶えず大規模化し複雑化する中で、生産技術者は、自動化された産業用プロセス制御システムの設計やレイアウトにおいて、ますます多くの課題に直面しています(図1)。



図1. 自動化されたプロセス制御システム

制御および測定信号の伝送距離と伝送速度は増大し続けています。PROFIBUSなどの一般的な産業用ネットワークプロトコルでは、20年以上にわたって、物理媒体による電気信号の伝送にRS-485規格が使用されています。しかし、これらのネットワークプロトコルが発展と進化を遂げてきたため、当初のRS-485仕様はその限界に達しています。このデザインソリューションでは、当初のRS-485仕様について簡単に再確認し、その相対的な長所と短所について検討します。さらに、RS-485で最新の産業用ネットワークプロトコルの要求を満たすことにより、当分の間、その使用の継続を可能にする新しいソリューションについて説明します。

当初のRS-485仕様

一般にRS-485と呼ばれているANSI/TIA/EIA-485-A-1998規格は、1998年3月に承認されました。RS-485は、複数のバス接続されたドライバおよびレシーバを特長とする双方向のハーフデュプレックス規格で、各ドライバはバスを明け渡すことができます。RS-485は電気的仕様(物理層)のみの規格で、差動シグナリングを利用してノイズ耐性を確保し、通常、非シールドツイストペア(UTP)などの平衡型伝送ケーブルを使用します。

バスの共通モード範囲が-7V~+12Vで、レシーバの入力感度は±200mVです。これは、「マーク」(ロジック1)または「スペース」(ロジック0)を認識するために、レシーバは+200mVを超えまたは-200mV未満の信号レベルを認識する必要があるということです。レシーバの最大入力インピーダンスは12kΩで、ドライバの出力電圧は最小±1.5V、最大±5Vです。表1は、当初のRS-485規格の主な仕様をまとめたものです。

RS-485規格	
動作モード	差動、ハーフおよびフルデュプレックス、マルチポイント
ドライバとレシーバの許容数	ドライバ:32、レシーバ:32
最大ケーブル長	4,000フィート(1.2km)
最大データレート	10Mbps
ドライバの最小出力範囲	±1.5V
ドライバの最大出力範囲	±5V
ドライバの最大短絡電流	250mA
ドライバの負荷インピーダンス	54Ω
レシーバの入力感度	±200mV
レシーバの最大入力抵抗	12kΩ
レシーバの入力電圧範囲	-7V~+12V
レシーバのロジックハイ	>200mV
レシーバのロジックロー	<200mV

表1. 当初のRS-485仕様

RS-485の長所と短所

RS-485は、差動型であることから、産業環境における機器間の信号伝送に広く使用されています。差動動作によって、産業環境におけるノイズの大きい過酷な電磁場の中でも高度なノイズ耐性が確保されます。しかし、当初の規格は最大10Mbpsの速度と最大1.2kmの距離で動作するように規定されたものの、これらを同時に達成することはできませんでした。最大データレートは、比較的短い距離(10m~15m)の場合に達成可能です。データレートと距離のトレードオフを見積もるための経験則によると、データレート(bps)と距離(m)の積は 1×10^8 を超えないものと考えられます。

産業用ネットワークプロトコルはますます高いデータレートでの動作が求められており、最新のRS-485トランシーバの設計では、性能要件が当初の仕様の限界を大幅に上回るに至っています。最新のトランシーバでは、当初の仕様の数倍にのぼる速度(たとえば、30Mbps~40Mbps)で動作することも珍しくありません。これらのデータレートは、比較的短い距離(数m程度)でのみ達成可能です。しかし、大規模で複雑な最新のプロセス制御システムでは、より高い速度で中距離(最大100m)にわたる信号の伝送が必要です。これは従来、RS-485を使用して達成することはできませんでした。

より高い速度を長距離で実現

RS-485/RS-422トランシーバのMAX22500E (図2)は、RS-485で達成可能とされてきた従来の限界を文字通り変更し、少なくとも1桁引き上げました。図3に示したアイダイアグラムにおける(規格上の仕様である最小 $\pm 200\text{mV}$ を大幅に上回る)約 $\pm 2\text{V}$ の差動電圧レベルに見られるとおり、MAX22500Eは、10mのCat5eケーブルで(また、ケーブルの選択によってはさらに長い距離にわたって)100Mbpsという前例のないデータレートを達成しています。

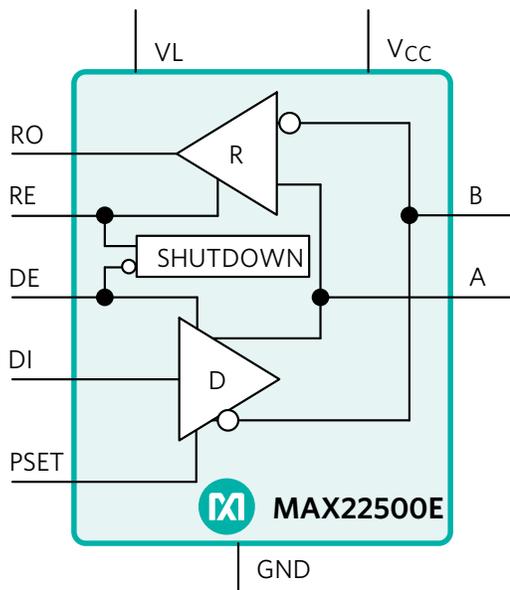


図2. MAX22500Eのファンクションダイアグラム

この速度レベル自体が目覚ましいものですが、図4は、比較的短い距離(数十m程度)において高速が達成可能であるだけでなく、MAX22500Eが100mのケーブルで最大50Mbpsのデータ伝送レートを達成可能であることを示しています。図3の場合ほど明瞭ではありませんが、それでもアイダイアグラムの開口部(約 $\pm 0.7\text{V}$)は当初のRS-485規格で規定された最低電圧レベルを上回っています。

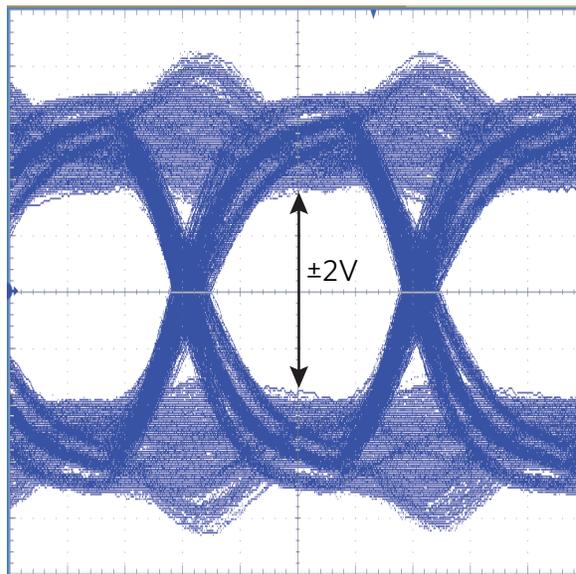


図3. 10mのCat5eにおいて100Mbpsで動作するMAX22500E (2.5ns/divスケール)

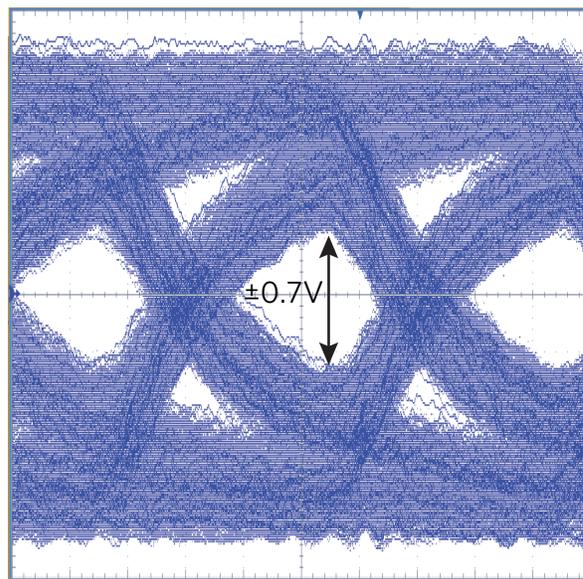


図4. 100mのCat5eにおいて50Mbpsで動作するMAX22500E (5ns/divスケール)

長距離におけるトランシーバの性能は、図5に示すとおり、「プリエンファシス」という手法を利用することでさらに向上させることができます。速度と距離は図4の場合と同じですが、プリエンファシス機能を有効にすると電圧レベルが上昇し、アイダイアグラムの開口部が視覚的により明瞭になります。

長距離のデータ伝送でプリエンファシスを有効にすることができれば、機器の設計者は、RS-485インタフェースを使用して目的の速度-距離性能のレベルを達成する上で、より大きな柔軟性を得ることになります。

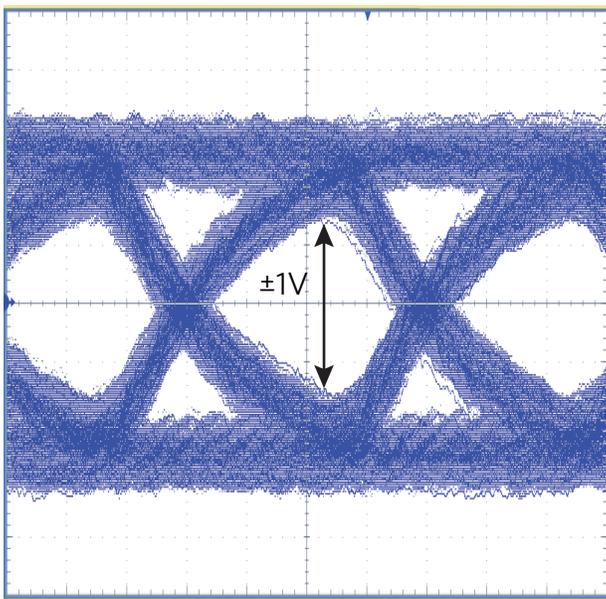


図5. プリエンファシスを有効にし、100mのCat5eにおいて50Mbpsで動作するMAX22500E (5ns/divスケール)

MAX22500Eの特長

MAX22500Eでは、速度×距離の増大(この積は 10^9 で、以前のトランシーバに比べて10倍程度の改善)に加え、その他の顕著な利点として保護機能の内蔵によるESD耐性の強化が挙げられます。これには、-15V~+15Vのコモンモード範囲、±15kVのESD保護(ヒューマンボディモデル)、±7kVのIEC 61000-4-2気中放電ESD保護、±6kVのIEC 61000-4-2接触放電ESD保護、ドライバ出力の短絡保護が含まれます。このデバイスは3V~5.5Vの電源範囲で動作し、旧型システムとの互換性が維持されています。最小1.6Vの低電圧ロジック電源でも動作し、電圧変換なしで低電圧マイクロコントローラと容易にインタフェースすることができます。プリエンファシスを備えていないMAX22500EのバリエーションであるMAX22501Eは、同様の距離要件を伴わないアプリケーション向けに提供されています。このファミリのもう1つの製品であるMAX22502Eは、必要に応じてフルデュプレックスのデータ伝送を実現します。産業用制御システムやフィールドバスネットワークに加えて、これらのICは、モーション制御、エンコーダインタフェース、バックプレーンバスを含むアプリケーションにも適しています。

結論

このデザインソリューションでは、物理層の通信規格としてのRS-485規格の長所と短所について再確認しました。この規格は堅牢で信頼性が高いものの、RS-485を使用して達成可能な速度と距離の間には重要なトレードオフが存在すると言えます。RS-485トランシーバのMAX22500E (および同ファミリの類似

製品)は、フルデュプレックスまたはハーフデュプレックスモードで、10mのケーブルでは最大100Mbps、100mのケーブルでは最大50Mbpsの安定したデータ伝送を実現します。これは、産業オートメーションや制御機器の設計者が、当分の間、通信インタフェースとしてRS-485の使用継続を安心して想定することができるということです。

用語集

PROFIBUS:(プロセスフィールドバス)は、オートメーション技術におけるフィールドバス通信用の規格であり、1989年にBMBF (ドイツ連邦教育研究省)によって初めて推奨され、その後、Siemensによって採用されました。

ESD: 静電放電。蓄積された静電気の放電。通常、帯電した人体が電子機器に接触すると、数千ボルトの放電が発生し、損傷をもたらす可能性があります。

プリエンファシス:一部の伝送およびレコーディングシステム(ビニルレコード、FM無線、アナログ磁気テープなど)では、周波数が高くなるほどノイズも大きくなります。これを補正するために、トランスミッタでオーディオ信号に「プリエンファシス」を適用します。つまり、ハイパスフィルタでフィルタリングすることによって高いオーディオ周波数を増強します。レシーバでは整合用ローパスフィルタを使用して、全体的にフラットなオーディオ周波数応答を実現します。レシーバのフィルタは、伝送プロセスで引き起こされる高周波ノイズを低減します。

IC:集積回路

さらに詳しく:

MAX22500E 100Mbps/ハーフデュプレックスRS-485/RS-422トランシーバ、プリエンファシス内蔵、長尺ケーブル用

MAX22501E 100Mbps/ハーフデュプレックスRS-485/RS-422トランシーバ、長尺ケーブル用

MAX22502E 100MbpsフルデュプレックスRS-485/RS-422トランシーバ、プリエンファシス内蔵、長尺ケーブル用

この記事は当初Electronic Productsに掲載されました。

デザインソリューション No. 61

Rev 0; October 2017

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

その他のデザインソリューションを探す

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F maximintegrated.com/jp

© 2019 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. Maxim IntegratedおよびMaxim Integratedのロゴは、米国およびその他の国の管轄域におけるMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。その他、記載されている会社名、製品名は各社の登録商標、または商標です。

