

RS-485の単位負荷と最大バス接続数

 Kevin Gingerich (Email: k-gingerich@ti.com)

High-Performance Analog/Interface Products

はじめに

TIA/EIA-485 (RS-485)は、マルチポイント差動バスを介したデータ交換に適用される一般的な電気規格です。マルチポイント・バスは、共通の伝送媒体に接続した3つ以上のステーションであり、任意の2つのノード間での双方向データ通信を可能にします。

図1に、マルチポイント・バスの一例を概略的に示します。

RS-485ドライバの出力駆動能力(output-drive capability)の実用的な限界を維持するために、バスの提示する定常状態の負荷に制限を課する必要があります。この制限により、ステーションの入力抵抗、そして最終的には最大接続数に制約が発生することになります。

RS-485では、バス接続数の上限を規定していません。代わりにこの規格では、ひとつのバス接続が提示する定常状態の電気負荷を、単位負荷(unit loads)で定義しています。以降のパラグラフでは、単位負荷と、単位負荷を使用して1つのRS-485バス・セグメントに接続されるノードの最大数を決定する方法について説明します。

単位負荷

TIA/EIA-485-Aでは単位負荷を、「 $-3V$ または $5V$ の電源に接続した $15k\Omega$ の抵抗」と定義しています(図2参照)。 $-3V$ 電源は、正の入力電流に適用され、 $5V$ 電源は負のバス電流に適用されます。定義とモデルは、入力電圧が $-7V \sim 12V$ の場合に有効です。これは、ドライバ出力が $0V \sim 5V$ で、ドライバレシーバ間の同相ノイズ電圧の範囲が $\pm 7V$ の場合に対応しています。

図2. 単位負荷1つの電気モデル

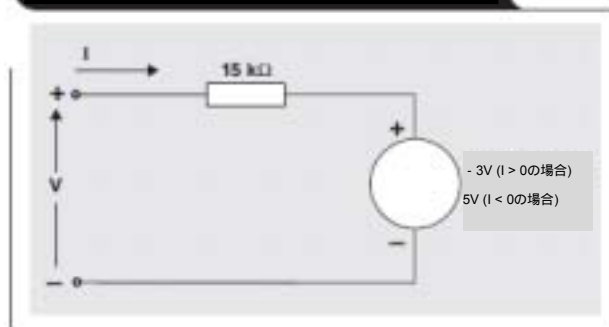
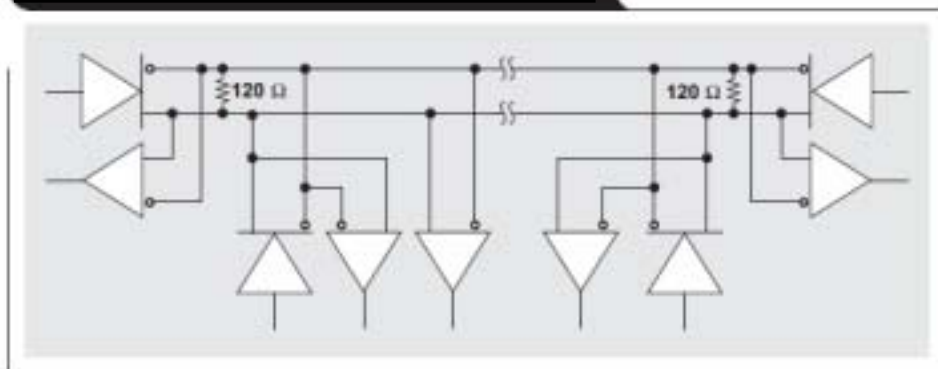
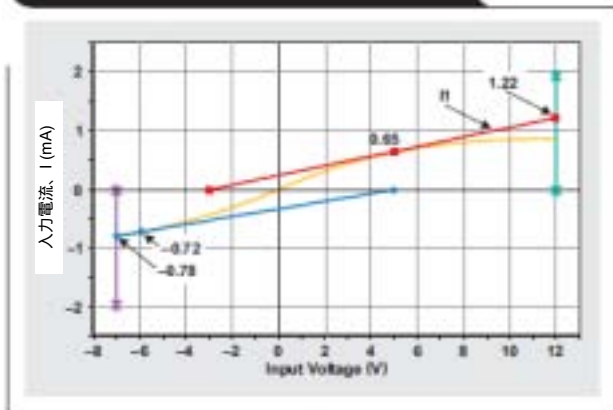


図1. マルチポイント・バスの回路例



RS-485バスに対して提案された任意の接続により提示される単位負荷(nUL)の数は、したがって、単位負荷の入力電流測定値と単位負荷1つあたりの電流の比率によって決まります。単位負荷1つあたりの電流は電圧の関数となるため、入力電流を測定する必要があります。これにより、入力電圧範囲-7V ~ 2V全体を通しての比率が決まります。そのうち最も高い比率によって、単位負荷の定格(rating)が決まります。図3は、ある回路の入力電流の測定値がノンリニアであると仮定した場合の例です。それによると(次ページのサイドバー参照)、電流測定値と単位負荷電流の比率は、最大の場合には2つの関数の傾きの比率(勾配比)と等しくなり、正電流の場合には-3V、負電流の場合には5Vでの切片を持つ直線となります。概念上、これはI = 0mAおよびV = -3Vのポイントを軸とする直線を回転させ、「正の電流の測定値vs 電圧」の曲線に対する接線としたのと同じこととなります。

図3. 単位負荷の解析例



nULが勾配比(slope ratios)であることの証明

単位負荷の入力電流を $f_1(V)$ 、回路の測定値を $f_2(V)$ とすると、単位負荷数(nUL)は次のようになります。

$$nUL = \frac{f_2(V)}{f_1(V)}$$

これは、 $-7V < V < 12V$ の場合です。

nULの最大値は、一次導関数がゼロに等しい場合、つまり次のような場合に発生します。

$$\frac{d}{dV} \frac{f_2(V)}{f_1(V)} = \frac{1}{f_1(V)} \frac{d}{dV} f_2(V) - \frac{f_2(V)}{f_1^2(V)} \frac{d}{dV} f_1(V) = 0.$$

$$\frac{d}{dV} f_2(V) = \frac{f_2(V)}{f_1(V)} \frac{d}{dV} f_1(V).$$

$$\frac{f_2(V)}{f_1(V)} = \frac{\frac{d}{dV} f_2(V)}{\frac{d}{dV} f_1(V)} \tag{1}$$

したがって、nULの最大値は入力電流関数の一次導関数(傾き)の比率に等しくなります。

次の式は、単位負荷回路の解を求めるために使用されます。

$$f_1(V) = \frac{V+3}{15} \text{ mA or}$$

$$f_1(V) = \frac{V-5}{15} \text{ mA and } \frac{d}{dV} f_1(V) = \frac{1}{15} \text{ mho.}$$

これらの値を式(1)に代入すると、次のようになります。

$$\frac{f_2(V)}{\frac{V+3}{15}} = \frac{\frac{d}{dV} f_2(V)}{\frac{1}{15}}$$

$$f_2(V) = \frac{d}{dV} f_2(V) \times (V+3)$$

または、次のようになります。

$$\frac{f_2(V)}{\frac{V-5}{15}} = \frac{\frac{d}{dV} f_2(V)}{\frac{1}{15}}$$

$$f_2(V) = \frac{d}{dV} f_2(V) \times (V-5).$$

これらの線型方程式 (line equations)が意味するのは、nULが最大となる入力電流が、(正の電流の場合には) I = 0mAおよびV = -3Vとなるポイントと交差する直線上、そして(負の電流の場合には) I = 0mAおよびV = 5Vとなるポイントと交差する直線上に存在するということです。

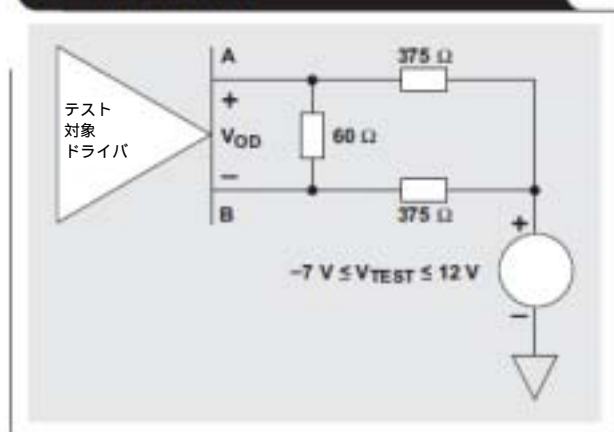
負電流の場合は、直線の軸は $I = 0\text{mA}$ および $V = 5\text{V}$ のポイントとなります。この例では、入力電流測定値が 0.65mA および -0.72mA の場合に比率が最大となります。

比率と nUL を計算するには、切片での測定値を、単位負荷回路の解から導かれる値で除算します。また、便宜上、これらの直線を切片 12V または -7V の位置まで延長するという方法もよく用いられます。1つの単位負荷の傾きと、接線の傾きは定数であるため、それらの比率は不変であり、電圧がどのような値であっても決定できます。定義により、単位負荷1つに入る電流は、 12V の場合は 1mA 、 -7V の場合は -0.8mA になります。これらの値をそれぞれ除算して、 12V および -7V の場合の接線の「電流-切片値」を求めます。その最大値により、回路の nUL が決まります。この例では、仮説回路の「入力電流対電圧特性」は「1.22負荷単位」という結果になります。

単位負荷の最大数

標準的なRS-485ドライバの出力駆動能力の最小値は、TIA/EIA-485-Aの4.2.3項に規定されています。この項では、同相負荷のある差動出力電圧の最低値を 1.5V と定めています。図4はこのテスト回路の概略図です。

図4.同相負荷のある差動出力電圧



図を見れば分かるように、抵抗 375Ω は同相負荷の一部です。一見ただけでは分からないのは、テスト電圧 $-7\sim 12\text{V}$ が実際に表しているのが、負荷での同相ノイズ源 $\pm 7\text{V}$ と局所電源電圧 $0\sim 5\text{V}$ であるということです。これは、このテスト回路の単位負荷を決定する上で、局所電源について考慮する必要があるという意味で重要となります。図5は、単位負荷の計算用の基準電圧として使用される「局所的な」グラウンドを挿入した同相テスト回路です。

図5. 具体化されたテスト回路

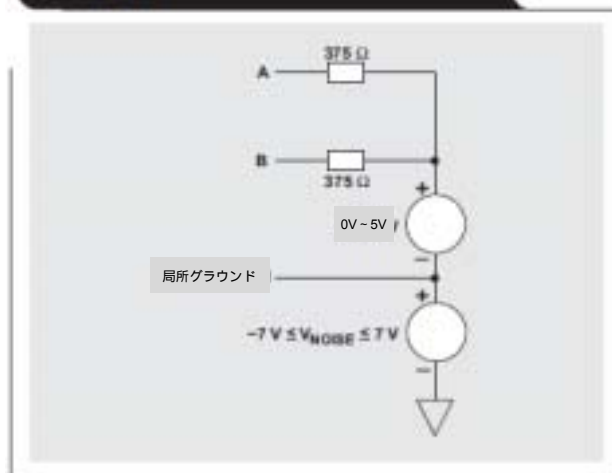
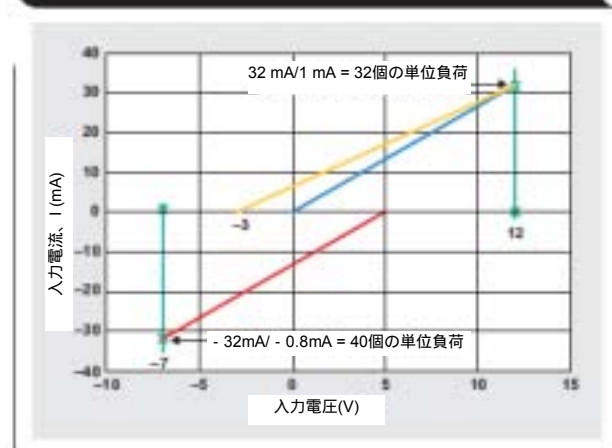


図6.同相テスト回路の単位負荷



このテスト回路の単位負荷を決定するには、ポイントAまたはBと、図5の「局所的な」グラウンド間の「入力電流対電圧」の関数をプロットしてから、前述の単位負荷の定義を適用します。これを行った結果を図6に示します。接線の切片での電流が、 $V = 12\text{V}$ の場合に 32mA 、 $V = -7\text{V}$ の場合に -32mA になっていることが分かります。定義により、これは32個と40個の単位負荷をそれぞれ表しています。

気づかれた読者もいるかもしれませんが、単位負荷モデルとドライバのテスト回路の間には矛盾があります。TIA/EIA-485の作成者側の過失か、妥協の結果と推測する他はないでしょう。テスト時には、電源 $-3\text{V}\sim 5\text{V}$ に接続した $15\text{k}\Omega$ の抵抗ではなく、電源 $0\text{V}\sim 5\text{V}$ に接続した $12\text{k}\Omega$ の抵抗で単位負荷モデルを構成する必要があります。この変更した定義を使用すれば、TIA/EIA-485-Aに規定する同相負荷テストでの差動出力電圧により、標準的なドライバが32個の負荷で動作することが確定します。

単位負荷の使用

解析幾何学の復習ができるという以外に、データ交換回路の設計者は単位負荷の概念を知ることによってどんなメリットが得られるのでしょうか。まず、単位負荷の概念が分かっているならば、最大接続数を計算し、可能な線形回路(伝送線回路)の入力特性を指定するためのただひとつの標準的なパラメータを求めることができます。標準的なバス構成では、ひとつのドライバでサポートする単位負荷数が32であることが分かっているため、32をノード(N)の総数で割れば、各線形回路の単位負荷の最大定格(the maximum unit-load rating)が導き出せることになります。例えば、48個のノードを接続する場合は、各ライン・レシーバまたはライン・トランシーバで持つことのできる単位負荷の数は最大0.67(32/48)になります。

単位負荷はまた、規格外のバス構成を実装する場合に役に立ちます。接続されたドライバすべてが未使用状態の場合に既知のバス・ステートを提供するために、差動信号ペアの差動終端に加えて、プルアップ抵抗とプルダウン抵抗を伝送線路(line)に接続することもよくあります。このフェイルセーフ終端用を使用する抵抗値は通常、約1kΩです。その場合、この終端では、予算として用意された32個のうち12個の単位負荷(12Vの場合に12mA)を消費することになります。この結果、線形回路で使用可能な単位負荷は20個となり、48個のノードを引き続き接続しておく必要があれば、各線形回路の単位負荷は最大0.42個(20/48)となります。

様々な種類のRS-485バス接続をサポートするために、Texas Instruments (TI)では数多くのオプションを用意しています。そのいくつかを表1に挙げます。

表 1 TIの単位負荷デバイス(一部)

単位負荷	1つのバス・セグメント上のデバイスの最大数	部品番号
0.5	64	SN65HVD05
		SN65HVD10
		SN65HVD20
		SN65HVD23
0.25	128	SN65LBC182
		SN65LBC184
0.125	256	SN65HVD06
		SN65HVD07
		SN65HVD08
		SN65HVD11
		SN65HVD12
		SN65HVD21
		SN65HVD22
SN65HVD24		

結論

単位負荷は相対パラメータとして、RS-485バス・セグメントへの接続の最大数を決定するための基準や、線形回路の入力特性を指定するための基準を提供します。標準的なRS-485ドライバでは、32個の単位負荷を扱います。単位負荷が32個あれば、1/8の単位負荷という定格で256種類のデバイスを構成することが可能です。

関連サイト

analog.ti.com

www.ti.com/sc/device/partnumber

上記の「partnumber」の部分で、次の番号に置き換えてください。

SN65HVD05, SN65HVD06,SN65HVD07, SN65HVD08, SN65HVD10, SN65HVD11,SN65HVD12, SN65HVD20, SN65HVD21, SN65HVD22,SN65HVD23, SN65HVD24, SN65LBC182, SN65LBC184

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)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といひます)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るとか、保証もしくは承認をする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 © 2009, 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、導電性のものを使用すること。

マウンタやはんだ付け設備等、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 °C、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。)

直射日光があたる状態で保管・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 °C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