

ハイスピードリンクシステム

テクニカルガイド

(ネットワーク用)

ご注意

1. 本ガイドに記載された内容は、将来予告なしに変更する場合があります。本製品をご使用になる際には、本ガイドが最新の版数であるかをご確認ください。
2. 本ガイドにおいて記載されている説明や回路例などの技術情報は、お客様が用途に応じて本製品を適切にご利用をいただくための参考資料です。実際に本製品をご使用になる際には、基板上における本製品の周辺回路条件や環境を考慮の上、お客様の責任においてシステム全体を十分に評価し、お客様の目的に適合するようシステムを設計してください。当社は、お客様のシステムと本製品との適合可否に対する責任を負いません。
3. 本ガイドに記載された情報、製品および回路等の使用に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関して、当社は一切その責任を負いません。
4. 本製品および本ガイドの情報や回路などをご使用になる際、当社は第三者の工業所有権、知的所有権およびその他権利に対する保証または実施権を許諾致しません。
5. 本製品は、人命に関わる装置用としては開発されておりません。人命に関わる用途への採用をご検討の際は、当社までご相談ください。
6. 本ガイドの一部または全部を、当社に無断で転載および複製することを禁じます。

はじめに

本書は、ハイスピードリンクシステムを利用するにあたって、ネットワークの構築に役立つ予備知識や技術的説明を記述します。

本書の理解に先駆けて、“ハイスピードリンクシステム 導入ガイド”を必ずお読みください。

本書においては、ハイスピードリンクシステムを、略称として“HLS”と呼びます。

●対象読者

- ハイスピードリンクシステムを初めて構築する方
- ハイスピードリンクシステムを構築するために、弊社の各種 IC を初めてご利用になる方

●読者が必要とする知識

- ネットワーク技術に関する標準的な知識
- 半導体製品（特にマイクロコントローラおよびメモリ）に関する標準的な知識

【注意事項】

- **2001年3月までにリリースした“ハイスピードリンクシステム ユーザーズマニュアル”をお持ちの方へ**

本書は、国際標準規格の表現に統一するために、一部の用語が変更されていますのでご注意ください。

- 本書において記載されている一部の用語は、弊社の Web および営業用ツール（総合カタログ等）において記載されている用語とは異なっています。営業用ツールにおいては、様々な業界において弊社製品をご理解いただけるよう、一般的用語を用いています。

HLS ファミリーおよび CUnet ファミリーに関する専門知識は、技術ドキュメント（マニュアル等）を基にご理解ください。

目 次

1. 推奨のネットワーク	1
2. マルチドロップ接続	2
3. 通信ケーブルにおける終端処理の原理	3
3.1 水の波紋にたとえた信号伝播	3
3.2 電気的な実際の信号伝播	4
4. 終端抵抗の具体的な接続	5
4.1 ハーフデュプレックス通信方式における終端抵抗の接続	5
4.2 フルデュプレックス通信方式における終端抵抗の接続	6
5. スタブ (引出し線) 接続の禁止	7
6. 未使用ツイストペア線の処理	8
7. 通信ケーブルの選択	9
8. 差動ドライバ/レシーバ部品の選択方法	10
8.1 差動ドライバの選択	10
8.2 差動レシーバの選択	11
9. パルストランスの使用	12
9.1 パルストランス使用の利点	12
9.2 パルストランス使用時の信号の透過性	13
10. 活栓挿抜への対応	14
11. テストの実施方法と結果	15

目 次

図 1.1	フルデュプレックス（全二重）通信方式の接続	1
図 1.2	ハーフデュプレックス（半二重）通信方式の接続	1
図 2.1	ハーフデュプレックス（半二重）通信方式におけるマルチドロップ接続	2
図 2.2	フルデュプレックス（全二重）通信方式におけるマルチドロップ接続	2
図 3.1	波の伝わり	3
図 3.2	電気的な実際の信号伝播	4
図 4.1	ハーフデュプレックス（半二重）通信方式における終端処理	5
図 4.2	フルデュプレックス（全二重）通信方式における終端処理	6
図 5.1	スタブが無い接続	7
図 5.2	スタブがある接続	7
図 6.1	ツイストペア線の構造と未使用ツイストペア線の処理	8
図 7.1	シールド付き通信ケーブルの敷設	9
図 8.1	レシーバの感度および再生性能のテスト方法	11
図 9.1	パルストランス	12
図 9.2	信号の透過性	13
図 10.1	2つのモジュラコネクタを使った端末間の接続	14
図 10.2	サブ基板方式による個別端末の活性挿抜への対応	14
図 11.1	ハーフデュプレックス（半二重）通信方式におけるノイズテスト	15
図 11.2	フルデュプレックス（全二重）通信方式におけるノイズテスト	16

1. 推奨のネットワーク

HLS の利用にあたっては、図 1.1 および図 1.2 に示すようなネットワークの接続を推奨しています。図中の TRX (ドライバ/レシーバ) は、パルストランスと、RS-485 仕様の差動ドライバ/レシーバから構成されています。この TRX は、センタ IC やサテライト IC と通信ケーブルとの間を電氣的に絶縁します。通信ケーブルとしては、イーサネット LAN 用の通信ケーブル (10BASE-T、カテゴリ 3 以上) であり、かつ一括シールドの通信ケーブルを推奨します。

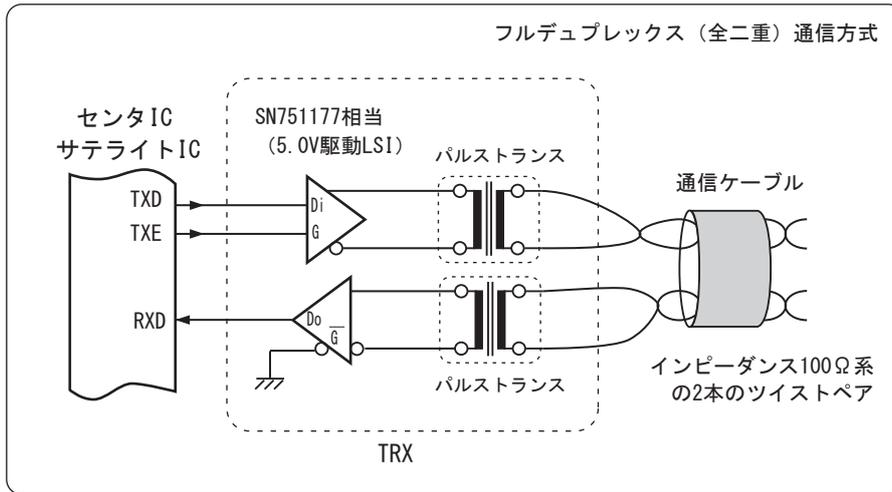


図 1.1 フルデュプレックス (全二重) 通信方式の接続

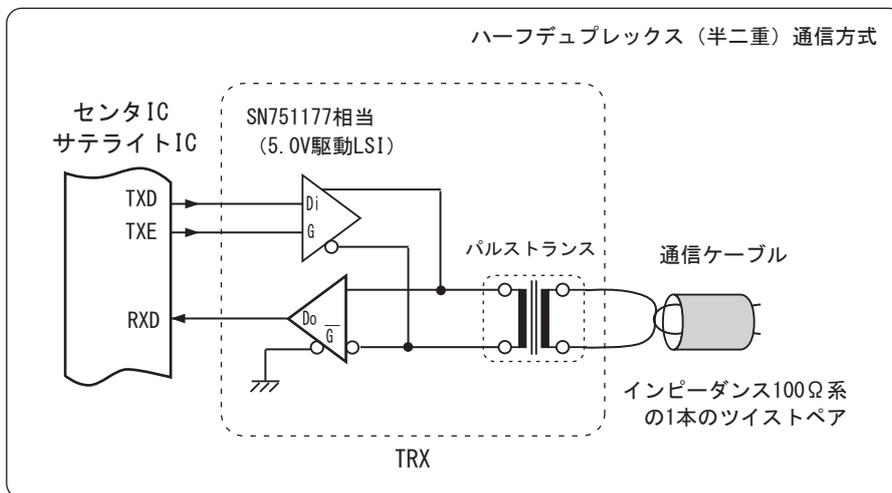


図 1.2 ハーフデュプレックス (半二重) 通信方式の接続



参考

弊社が推奨する部品の入手方法については、弊社の Web サイトをご参照ください。

<https://www.steptecnica.com/>

2. マルチドロップ接続

HLS は、1つのセンタ装置に対して複数の端末（サテライト IC 搭載）をマルチドロップ接続して利用します。図 2.1 にハーフデュプレックス（半二重）通信方式のマルチドロップ接続を、図 2.2 にフルデュプレックス（全二重）通信方式のマルチドロップ接続を示します。

これらマルチドロップ接続された通信ケーブルの両端には、終端抵抗を接続し、インピーダンス整合を保つ必要があります。

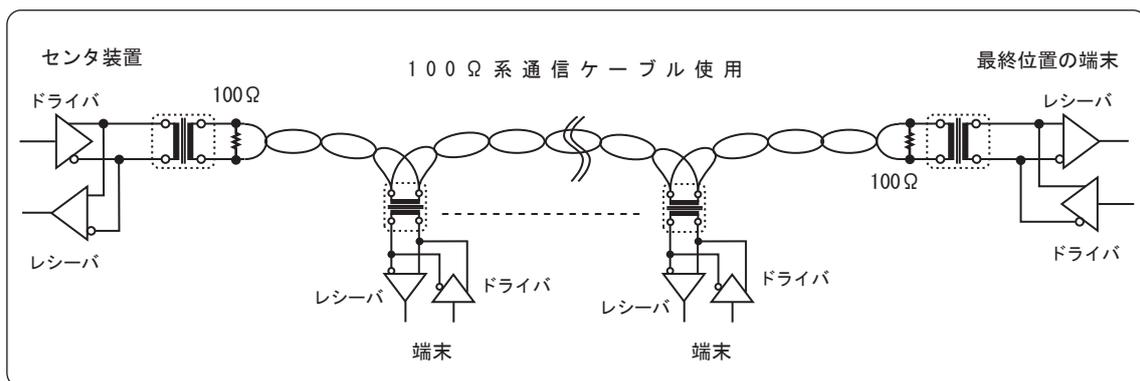


図 2.1 ハーフデュプレックス（半二重）通信方式におけるマルチドロップ接続

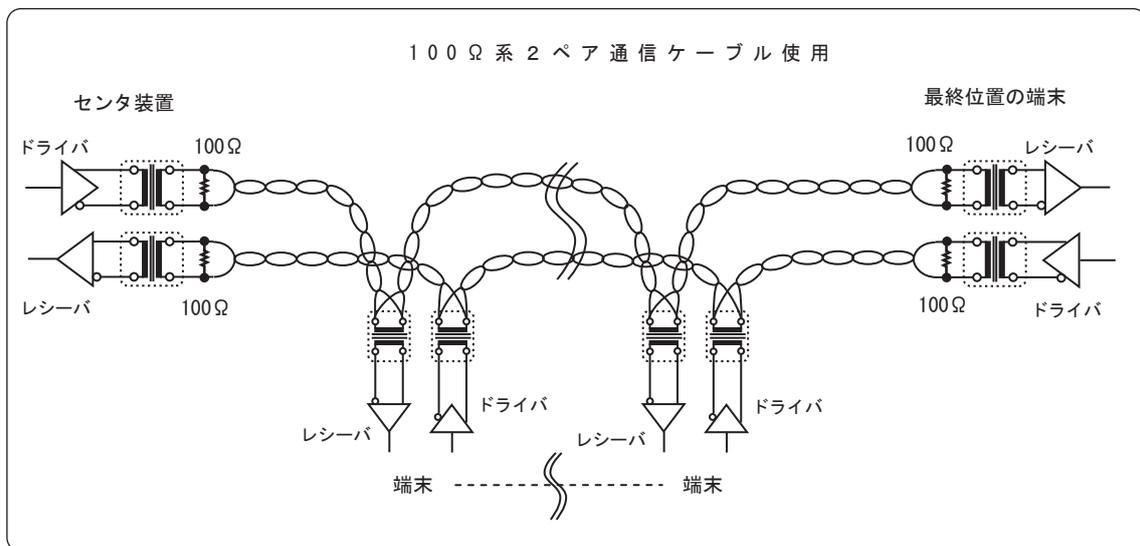


図 2.2 フルデュプレックス（全二重）通信方式におけるマルチドロップ接続

3. 通信ケーブルにおける終端処理の原理

HLS のネットワークを構築するために通信ケーブルを利用する場合は、通信ケーブルの両端に通信ケーブルのインピーダンスと同じ値の終端抵抗を接続しなければなりません。この終端処理の目的は、送信中の信号波形が破壊や消滅せずに受信側装置へ到達することです。以下に、その原理を示します。

3.1 水の波紋にたとえた信号伝播

水の波紋にたとえた信号伝播を、図 3.1 を使って説明します。

- ① デジタル信号の伝播メカニズムは、水面の波紋が広がって行く様子に似ています。
- ② この波が何らかの障害物に当たると、反射により、戻る波が発生します。
- ③ 永遠に障害物に当たらないければ、このような反射の波は発生しません。

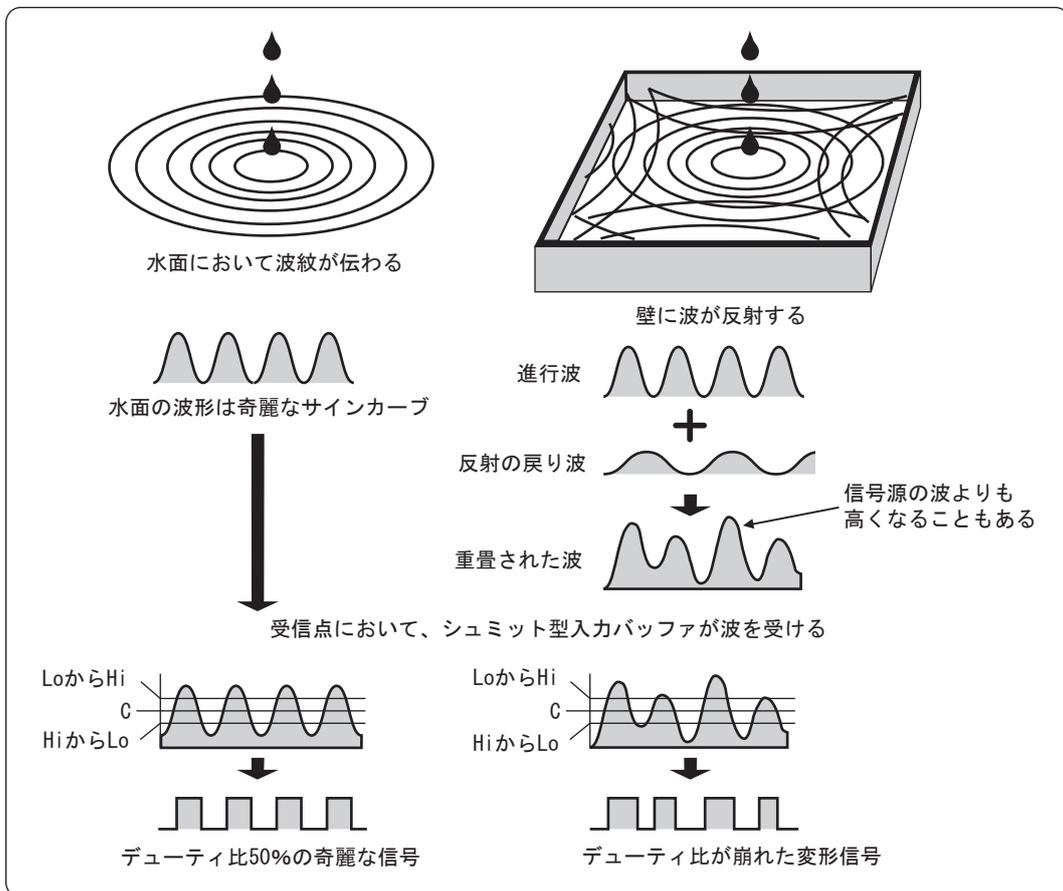


図 3.1 波の伝わり

3.2 電気的な実際の信号伝播

電気的な実際の信号伝播を、図 3.2 を使って説明します。

- ① 通信ケーブルは、どの位置から見てもインピーダンスが同じ負荷（重さ）の水にたとえることができます。インピーダンスが 100Ω の通信ケーブルは、どの位置から見ても 100Ω です。
- ② 通信ケーブルの終端が開放されている場合は無限に大きな抵抗が接続されているのと同じであり、大きな壁が存在するような状態です。このインピーダンスが異なる壁に伝播信号が当たると、反射する信号が生じます。
- ③ 通信ケーブルが永遠に長く続いていれば、このような信号の反射は発生しません。

通信ケーブルにおいては、通信ケーブルのインピーダンスと同じ値の抵抗（終端抵抗）を接続することによって、永遠に長く続く通信ケーブルと等価な電気的特性の環境を創り出すことができます。

以上の理由から、HLS の通信ケーブルを利用するネットワークにおいては、通信ケーブルの終端に終端抵抗を接続してください。

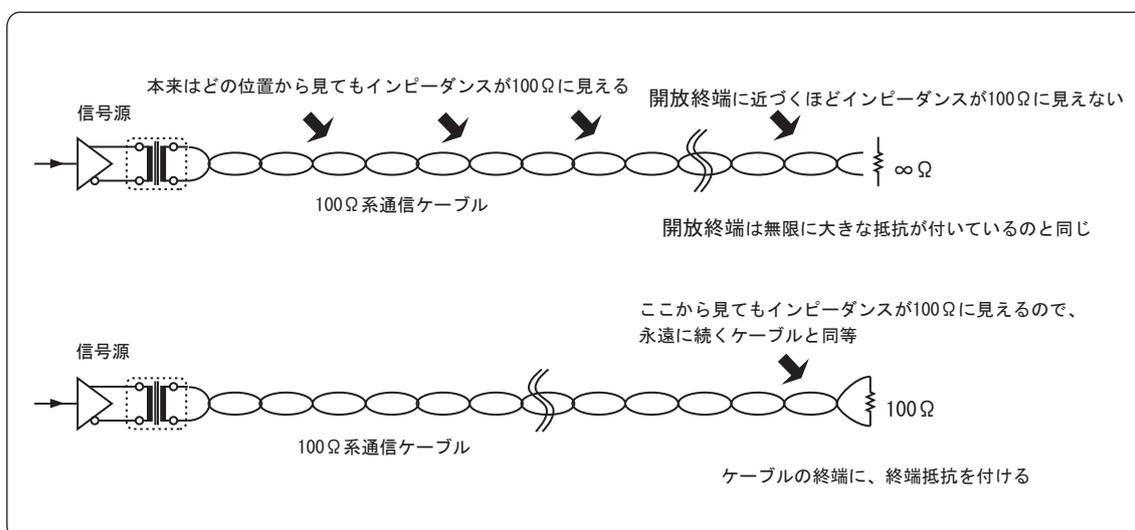


図 3.2 電気的な実際の信号伝播



参考

ネットワークの全てが均一なインピーダンスに保たれていることを、“インピーダンス整合がとれている”と言います。反対に一部のインピーダンスが均一でないことを、“インピーダンス不整合”と言います。

4. 終端抵抗の具体的な接続

本節は、終端抵抗の具体的な接続について、通信方式別に記述します。

4.1 ハーフデュプレックス通信方式における終端抵抗の接続

図 4.1 に、ハーフデュプレックス通信方式におけるセンタ装置と端末に対する終端抵抗の接続を示します。終端抵抗は、ケーブルの終端へ接続してください。図 4.1 のように、マルチドロップ接続の中間位置(通信ケーブルにおける途中の位置)に存在する端末へは、終端抵抗を接続しないでください。また、センタ装置を通信ケーブルの途中位置に配置するようなユーザシステムにおいては、通信ケーブルの両端に存在する端末へ終端抵抗を接続し、通信ケーブルの途中位置に配置されたセンタ装置には終端抵抗を接続しないでください。

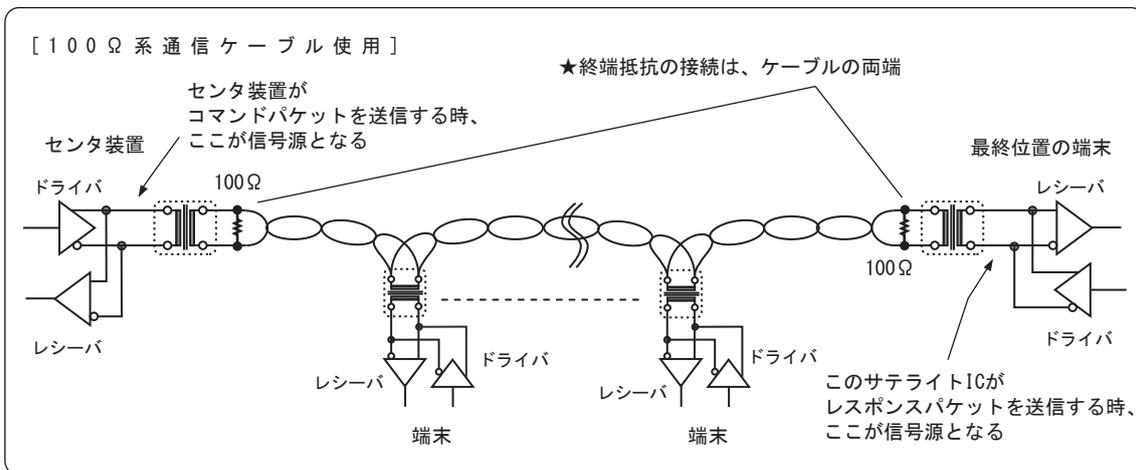


図 4.1 ハーフデュプレックス (半二重) 通信方式における終端処理

4.2 フルデュプレックス通信方式における終端抵抗の接続

図 4.2 に、フルデュプレックス通信方式におけるセンタ装置と端末に対する終端抵抗の接続を示します。終端抵抗は、ケーブルの終端へ接続してください。図 4.2 のように、マルチドロップ接続の中間位置（通信ケーブルにおける途中の位置）に存在する端末へは、終端抵抗を接続しないでください。また、センタ装置を通信ケーブルの途中位置に配置するユーザシステムにおいては、通信ケーブルの両端に存在する端末へ終端抵抗を接続し、通信ケーブルの途中位置に配置されたセンタ装置には終端抵抗を接続しないでください。

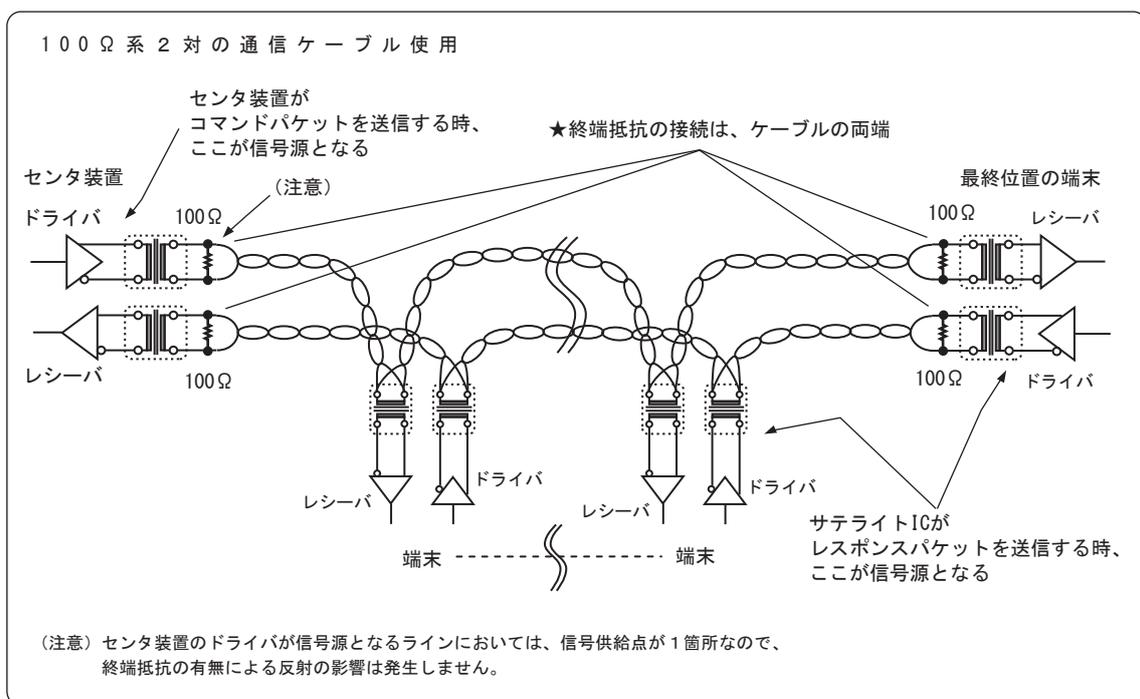


図 4.2 フルデュプレックス（全二重）通信方式における終端処理



参考

フルデュプレックス（全二重）通信方式においてセンタ装置が通信ケーブルの終端に位置する場合に限り、センタ装置のドライバーが接続されている通信ケーブルの終端に終端抵抗が接続されていなくても実用上の性能に影響はありません（図 4.2 の（注意）参照）。これは、通信ケーブルへ発信する信号源が、この一点しか存在しないためです。

5. スタブ (引出し線) 接続の禁止

HLS のネットワークにおいて通信ケーブルを利用する場合は、スタブ (引出し線) による分岐接続 (図 5.2) は行わないでください。以下にその理由を説明します。

スタブの無い接続 (図 5.1) の場合とスタブによる分岐接続 (図 5.2) の場合には、電気的特性が異なります。スタブの無い接続 (図 5.1) の場合にはインピーダンス整合が保たれますが、スタブによる分岐接続 (図 5.2) の場合にはスタブの分岐点においてインピーダンス不整合が発生します。これにより、図中に比喩的に表現された水面の波紋の伝播と同様に、スタブによる分岐接続 (図 5.2) の場合には、信号の反射や、伝播エネルギーのロスが発生します。したがって、スタブによる分岐接続 (図 5.2) は、HLS 用の通信ケーブルを利用するネットワークにおいては不適合です。

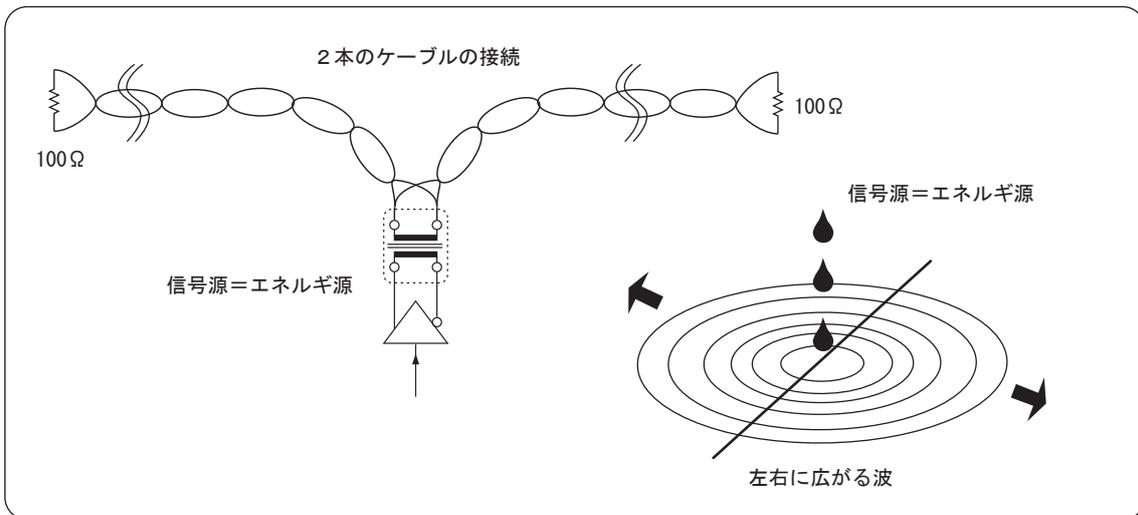


図 5.1 スタブが無い接続

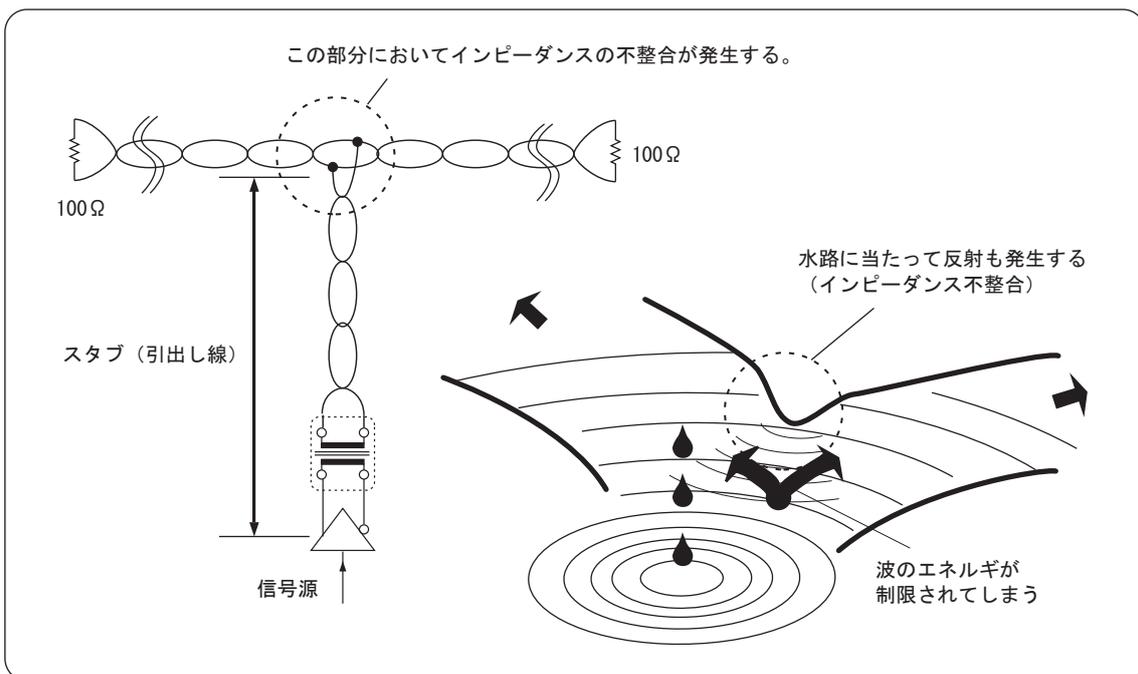


図 5.2 スタブがある接続

6. 未使用ツイストペア線の処理

複数のツイストペアによって構成された通信ケーブルにおいては、各ツイストペアの撚りピッチがそれぞれ異なっています（図 6.1 参照）。これは、各ツイストペア間に伝播する信号同士の干渉（クロストーク）を抑止するため。

HLS において、複数のツイストペアによって構成された通信ケーブルを使用する場合は、未使用のツイストペア線と使用するツイストペア線を並列接続しないでください（図 6.1 参照）。

弊社が実施した実用テストにおいては、未使用ツイストペア線の並列接続以外の方法によって処理（開放のままや GND へ接続するなど）しても、ツイストペア線を伝播する信号に悪影響を与えることはありませんでした。

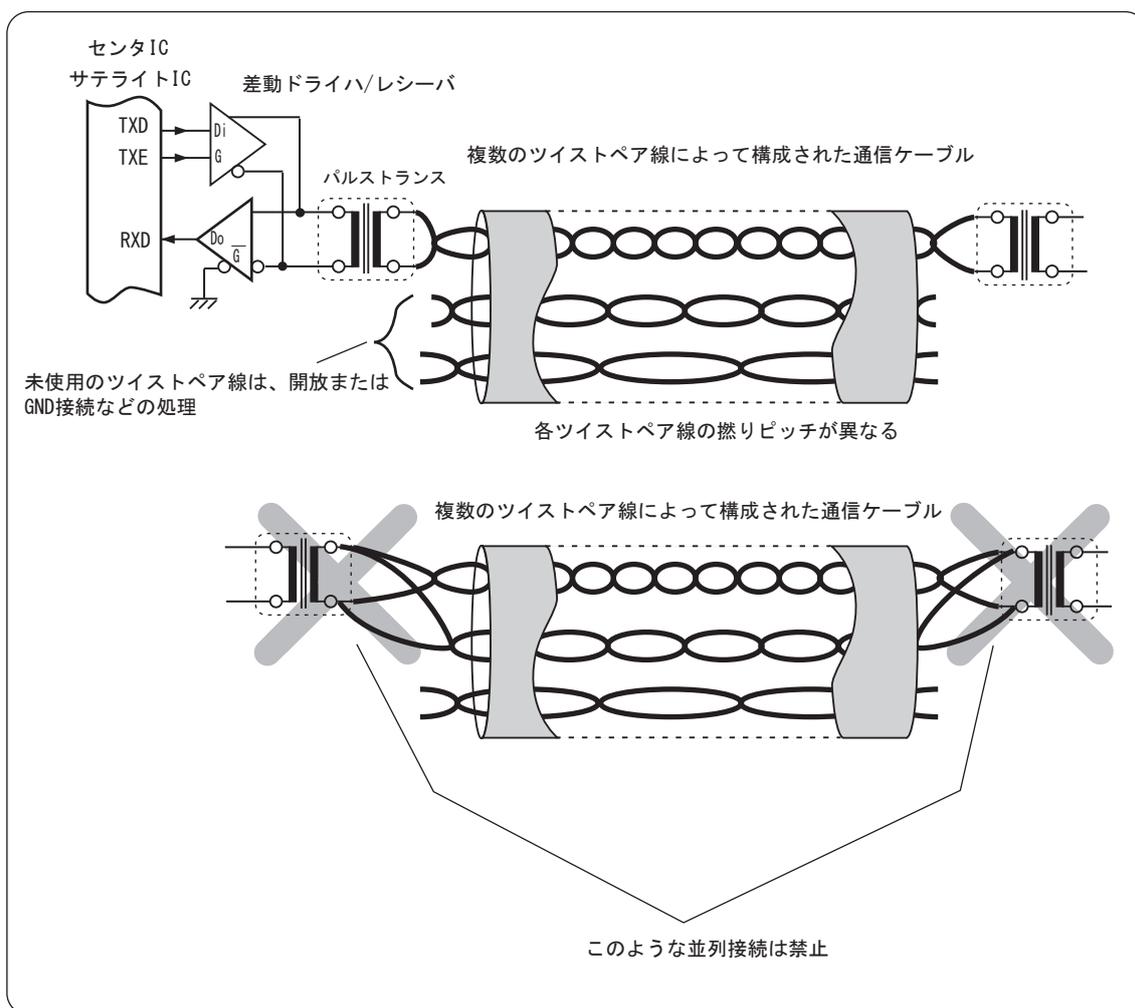


図 6.1 ツイストペア線の構造と未使用ツイストペア線の処理



参考

ツイストペア線を伝播する信号の速度は、撚りピッチの相違によって（実効的なケーブル長が異なるため）僅かに異なります。複数のツイストペア線を並列接続した場合には、信号の到達点において、時間差を持った信号が合成されてしまうため、伝送信号の崩壊を助長する可能性があります。

7. 通信ケーブルの選択

電線（ケーブル）としては、電源の供給用から微小信号の伝送用まで、用途や目的によって様々な種類があります。

一般に、分布量が小さく、信号伝播速度が速く、信号の減衰が少く、クロストーク（信号同士の干渉）が少ないといった性質を持つことにより信号伝送性能の優れた電線（ケーブル）が“通信ケーブル”です。これらの特性を維持する通信ケーブルは、必然的にインピーダンスが均一です（“3.2 電気的な実際の信号伝播”参照）。

HLS の利用においては、通信ケーブルをご利用いただくことが基本です。さらに、コネクタ等へ接続する際の加工性や敷設の簡易さ、シールドの有無、難燃性や強度などといった信号伝送能力以外の要因も考慮して、ユーザシステムに適合する通信ケーブルを選択してください。



弊社が推奨する部品の入手方法については、弊社の Web サイトをご参照ください。

<https://www.steptecnica.com/>

HLS におけるネットワークのケーブル長が比較的短い（10m 程度）場合には、信号伝送性能について、あまり拘る必要はありません。しかし、ケーブル長が長くなればなるほど信号伝送性能は重要視されます。

このような観点から弊社は、イーサネット LAN 用の通信ケーブル（10BASE-T、カテゴリ 3 以上）、かつ一括シールドの通信ケーブルの利用を推奨します。一括シールドの通信ケーブルを使用する目的は、ケーブル外部からのノイズ（静電気など）による、ネットワークへ接続された装置の破壊防止です（図 7.1 参照）。また、通信ケーブル内部から外部へ信号ノイズを放出させないことも目的の一つです（図 7.1 参照）。

シールドの接地は、一般に 1 点アースが良いと論議されていますが、ユーザシステムにおいては理想的な 1 点アースを採れるような環境は稀であり、実用面において 1 点アースが良いとは言いきれません。したがって、ユーザシステムの環境において最も高い効果を得ることができる接地（片側接地、両側接地、中間点のそれぞれに接地、無接地など）方法については、お客様ご自身が選択してください。

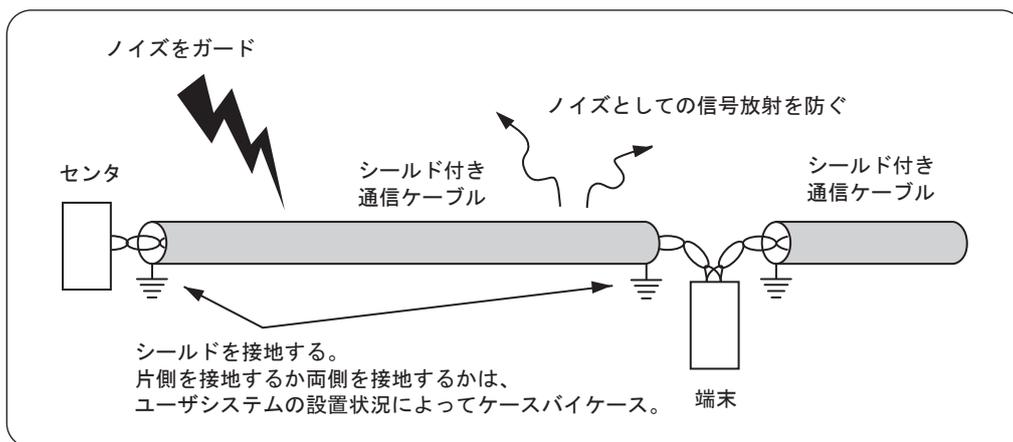


図 7.1 シールド付き通信ケーブルの敷設



HLS の稼働の良否判定には、センタ IC に搭載されている“ユーザ支援機能”が役立ちます。“ユーザ支援機能”の詳細は、“センタ IC の各種マニュアル”を参照してください。

8. 差動ドライバ／レシーバ部品の選択方法

本節は、ネットワークに使用する RS-485 仕様の差動ドライバ／レシーバ部品の選択方法について記述します。

8.1 差動ドライバの選択

HLS に利用する差動ドライバを選択する際には、以下の条件を満たしていなければなりません。

① 転送レートに対応したドライブ応答性能を備えていること

例えば、12Mbps における HLS のコマンドパケット (CP) およびレスポンスパケット (RP) は、6MHz および 3MHz の周波数成分信号によって構成されています。したがって、周波数が高い成分 (6MHz) の正規クロック (デューティ比 50% の方形波あるいはサインカーブ信号) をドライバの入力端子へ入力した時に、差動ドライバの出力がデューティ比 50% の正規クロックと同様に駆動できること。

② ケーブルインピーダンスの負荷を駆動可能なドライブ能力を持っていること

5.0V 電源によって動作するドライバの場合には、100Ω インピーダンスの通信ケーブルをドライブする能力が $\pm 50\text{mA}$ ($5.0\text{V} \div 100\Omega$) 以上であること。

③ 温度上昇時の遮断 (サーマルシャットダウン) 機能を備えていること

装置の故障や想定外の異常が発生した時に、ドライバがイネーブル状態になりかつドライブ信号が静止した場合、パルストランスの一次側コイルが単なる銅線として働き、直流負荷 0Ω (ショート状態) と等価になります。この時に差動ドライバからは最大の電流が継続して流れ、差動ドライバ部品が発熱します。通常の差動ドライバはこの事態が想定されているため、温度上昇時の遮断 (サーマルシャットダウン) 機能を装備しています。



注意事項

“ハイスピードリンクシステム 導入ガイド” や、センタ IC およびサテライト IC の各マニュアル等に記述されている信号伝送可能なケーブル長の目安は、5.0V 電源によって動作する差動ドライバ部品を利用した弊社の実験計測に基づいています。5.0V 電源によって動作する差動ドライバ部品の出力は 5.0Vp-p ですが、3.3V 電源によって動作する差動ドライバ部品の出力は 3.3Vpp です。このように差動ドライバ部品の駆動電源の相違によって、通信ケーブルへ信号供給するエネルギーは異なります。このため、信号伝送可能なケーブル長の目安は、供給するエネルギーに応じて異なると考察されます。

8.2 差動レシーバの選択

HLS に利用する差動レシーバは、以下の条件を満足していなければなりません。

- ① 転送レートの信号に対して、十分な応答能力を持っている。
- ② 上記①の信号に対して、十分な感度を持っている。

差動レシーバの受信感度と高周波数への応答能力の両方が充分ではない場合は、“**ハイスピードリンクシステム 導入ガイド**”や、センタ IC およびサテライト IC の各マニュアル等に記述されている、通信ケーブル長の目安の記述値（例：“**ハイスピードリンクシステム 導入ガイド**”の表 1）を期待することはできません。



参考

弊社の経験においては、差動レシーバのメーカーが提供しているマニュアルやスペックシートの記述からでは、必要十分な感度や再生性能を得ることができるかどうか不明な品種がありました（以下の2つの例に使用したレシーバのマニュアルにおいては、“12Mbps 対応”と表記されていました）。

例 1: RS-485 仕様における受信感度は 200mVp-p です。A 社のマニュアルにも“受信感度は 200mVp-p”と記述されていました。しかし実際には、この受信感度を得ることができるのは、周波数成分が 1MHz 未満の信号の場合でした。

例 2: B 社の場合は、12MHz の正規クロックを入力した時に、デューティ比 50% の正規クロックを再生できるための入力感度として 3.0Vp-p を必要とする品種もありました。

上記のことから、HLS に利用する差動レシーバの選択にあたっては、実用に向けた極めて簡易な実験（図 8.1 参照）をお客様ご自身が実施することを推奨致します。例えば、6MHz および 3MHz の周波数成分から成り立つ 12Mbps の転送レートを利用する場合、以下の 2 つの信号を差動レシーバの入力端子へ接続します。

- ① 200mVp-p 以下の 6MHz 正規クロック（デューティ比 50% の方形波やサインカーブ信号）
- ② 500mVp-p 以下の 12MHz 正規クロック（デューティ比 50% の方形波やサインカーブ信号）

これらのクロックを入力し、“レシーバがデューティ比 50%（あるいは 5% 未満程度のわずかなデューティ崩壊程度）のロジック信号（方形波）を出力するか”を観測します。

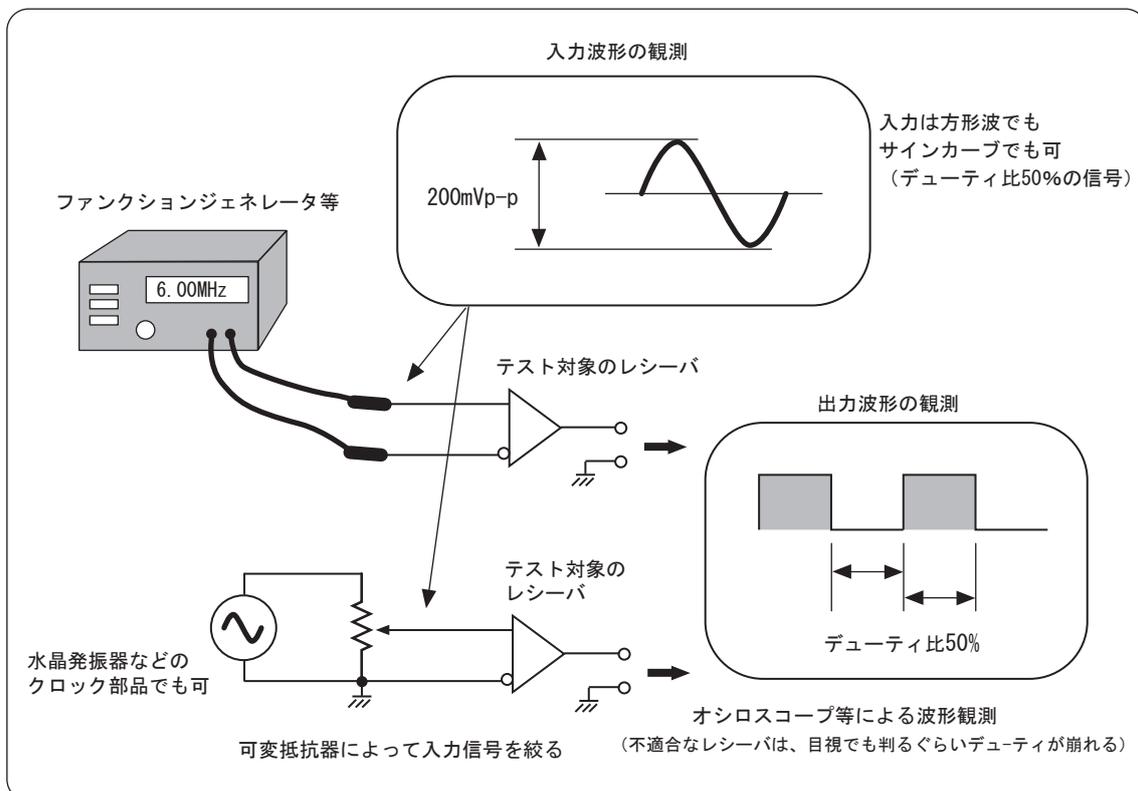


図 8.1 レシーバの感度および再生性能のテスト方法

9. パルストランスの使用

HLS のネットワークにおいては、パルストランスの使用を推奨しています。本節は、パルストランスを使用する利点と、信号の透過性について記述します。

9.1 パルストランス使用の利点

HLS のネットワークにおいては、以下の 3 つの利点を得ることができるため、パルストランスの使用を推奨しています。

- ① HLS のセンタ IC およびサテライト IC を搭載する電子部品（回路基板など）を、ネットワークに対して電氣的に絶縁できます（図 9.1 参照）。
- ② パルストランスが存在しない場合であってかつドライバがネットワークをドライブし続けるといった故障の場合には、全ての信号伝送を阻害してしまいます。その結果ユーザシステム全体が余儀なく停止する事態が発生します。このような場合、パルス

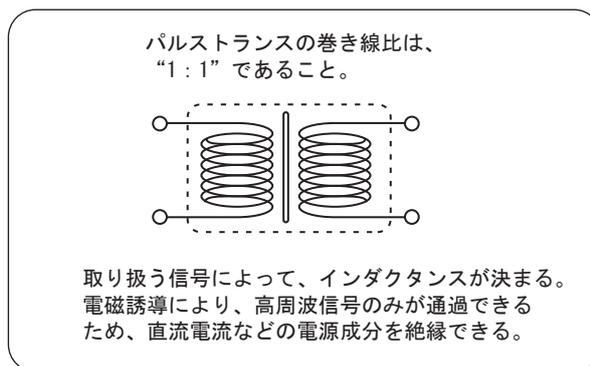


図 9.1 パルストランス

- トランスが使用されていれば、パルストランスは直流成分（DC 成分）を通過させません。したがって、故障した端末のみが信号を伝送できないだけであって、他の端末に悪影響を及ぼすことはありません。
- ③ ネットワークへ外部ノイズが侵入した場合、レシーバ部品にそのノイズが直接到着してしまうことを抑制します。この結果、外部ノイズに対する装置のガード能力が向上します。



参考

弊社が推奨するパルストランスは、HLS の 12Mbps、6Mbps、3Mbps の転送レートに適合します。弊社が推奨する部品の入手方法については、弊社の Web サイトをご参照ください。
<https://www.steptecnica.com/>



注意事項

12Mbps、6Mbps、3Mbps 以外の転送レート（12Mbps 以上あるいは 3Mbps 以下）によって HLS を利用する場合には、お客様ご自身が適合するパルストランスを選択してください。

9.2 パルストランス使用時の信号の透過性

転送レートに適合するパルストランスを使用した場合は、信号の透過性が高いため、そのパルストランス自体の存在を無視できます。HLS におけるマルチドロップ接続とパルストランスの存在、および信号の透過性を、図 9.2 に示します。なお、“4. 終端抵抗の具体的な接続” に記述された終端抵抗を接続する場合、パルストランスと終端抵抗との関係は図 9.2 からも理解できるように、パルストランスを信号が通過する前あるいは通過した後のどちらの位置に終端抵抗を配置しても、効果は同じです。

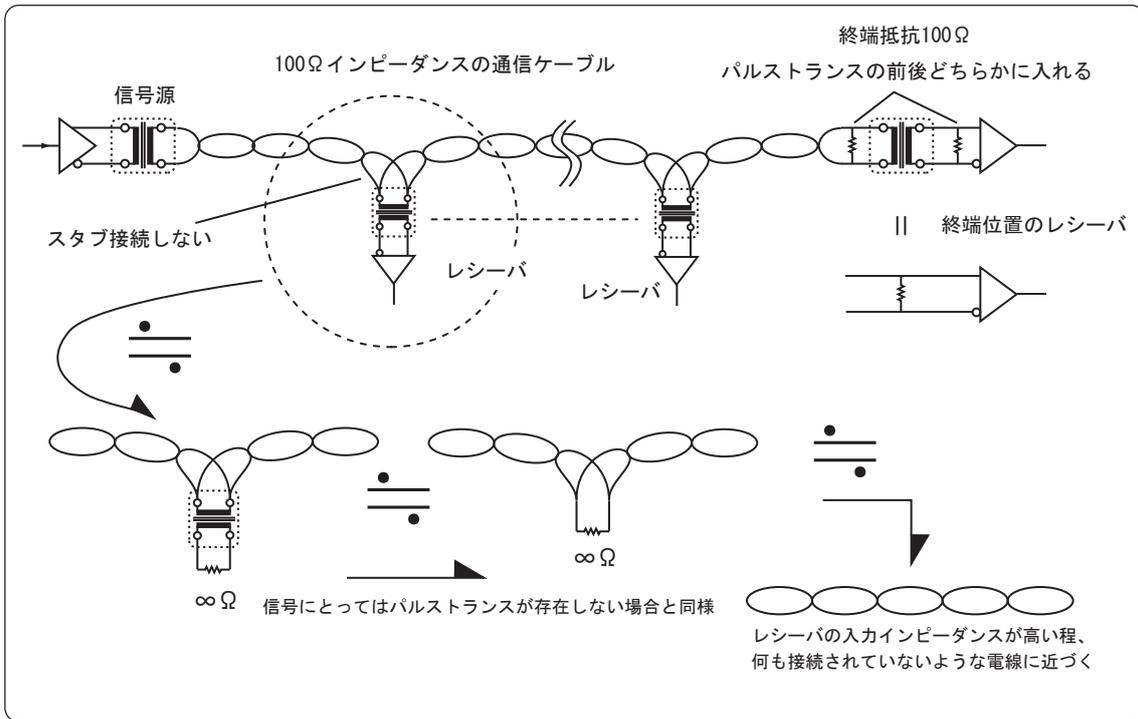


図 9.2 信号の透過性



参考

“9.1 パルストランス使用の利点” に記述されたような利点を必要としないユーザシステムの場合には、パルストランスを使用しないことも可能です。HLS のセンタ IC およびサテライト IC の機能は、パルストランス使用の有無に関わらず問題なく動作します。

10. 活栓挿抜への対応

ユーザシステムにおいては、端末装置の活栓挿抜を必要とする場合があります。このような場合、マルチドロップ接続されている回線の途中が切断状態にならない工夫が必要です。例えば2つのモジュラコネクタを利用する端末接続を、図 10.1 と図 10.2 に示します。

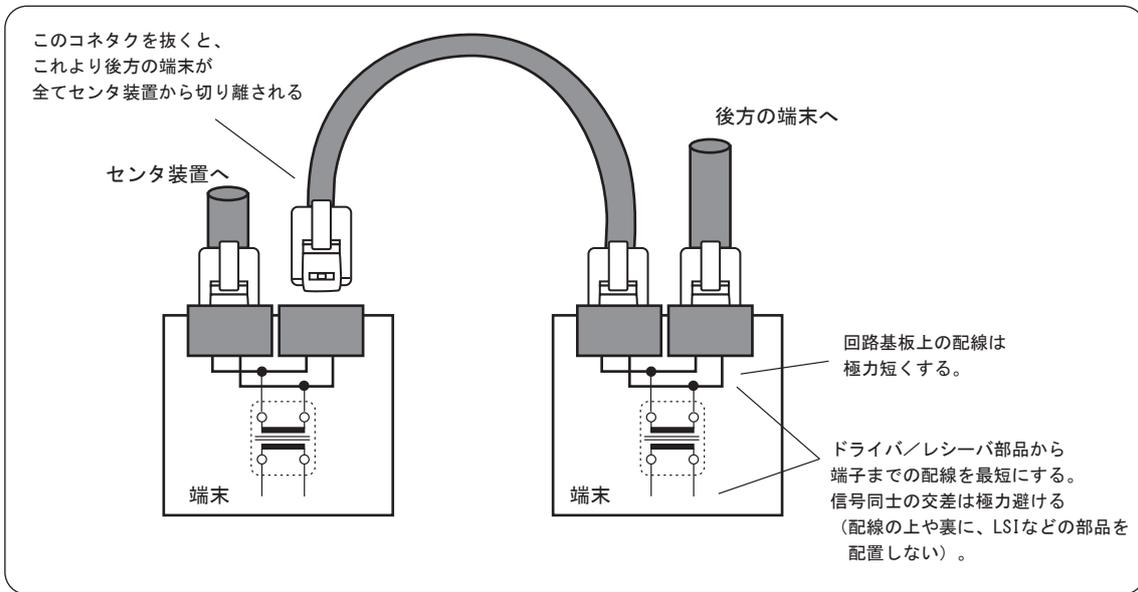


図 10.1 2つのモジュラコネクタを使った端末間の接続

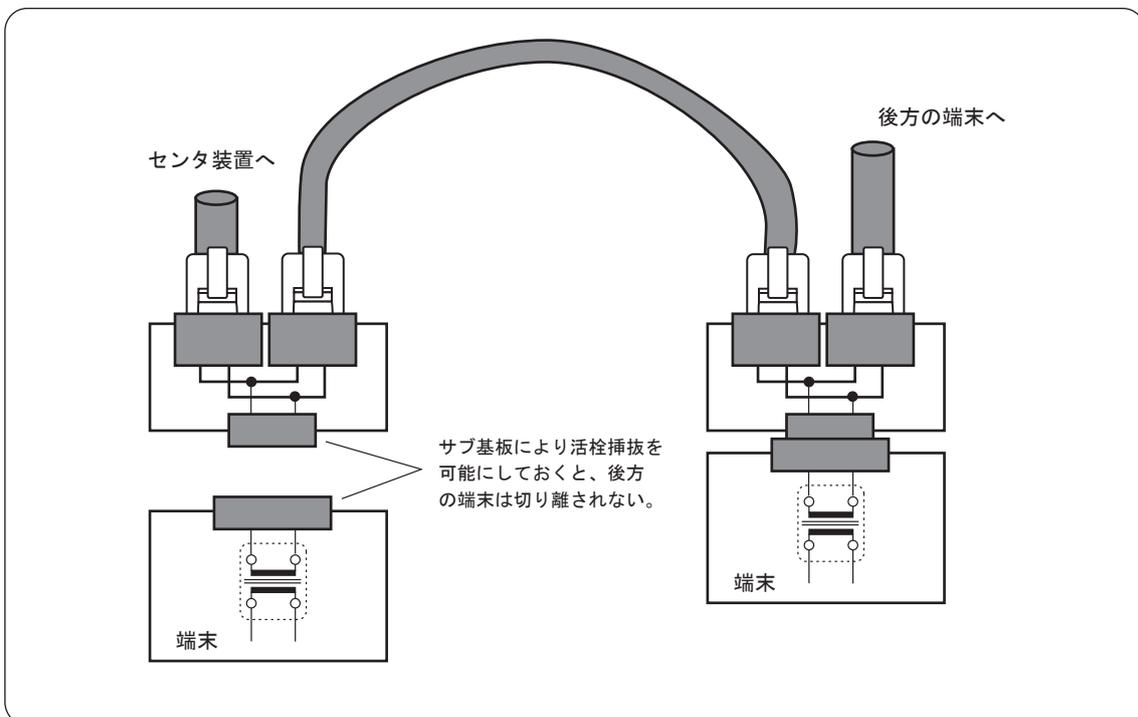


図 10.2 サブ基板方式による個別端末の活性挿抜への対応

11. テストの実施方法と結果

制御や計測に利用される信号伝送システムにおいては、そのシステムが設置される周辺環境からのノイズ（例えば工場の場合は、他の機械から発生するノイズ）によって、信号伝送システムの装置の誤動作や破壊を招く場合があります。

このような場合には、一般に IC 部品を搭載するユーザ装置の設計段階においてノイズ対策を施します。しかし多くの場合、破壊防止以外の効果を得ることができません。その理由は、通信ケーブルを伝播する信号自体を損なわない範囲内においてしかノイズ対策を実行することができないことと、周辺環境から侵入したノイズの全てを除去することができないためです。除去しきれないノイズが正規な信号のように作用し、通信ケーブルを伝播する信号と合成されてしまいます。その結果、データ化けや誤動作を誘発してしまいます。

弊社はこの状況を想定して、図 11.1 および図 11.2 に示すような、信号レベルのノイズを通信ケーブルへ注入するノイズテストを実施しています。このテスト方法は、論理的に極めて過酷なテストに相当します。

弊社の HLS は、それぞれの転送レートや通信方式における 48 時間以上の連続稼働テスト（1 秒間に平均 40 回のノイズ注入。“ $40 \times 60 \text{ 秒} \times 60 \text{ 分} \times 48 \text{ 時間} = 6,912,000 \text{ 回}$ ”のノイズ注入）の結果、データ化けや誤動作の発生が皆無であることを確認しています。



参考

ノイズに対する検定などの具体的内容は、“**ハイスピードリンクシステム 導入ガイド**”の“**9 複製されるデータの品質保証**”の項を参照してください。

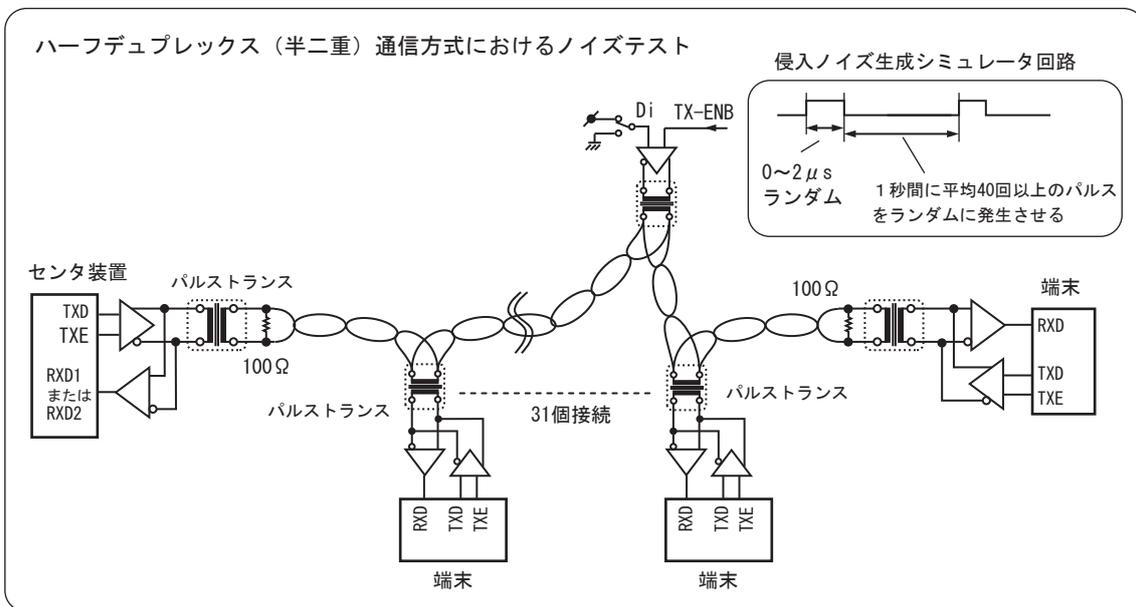


図 11.1 ハーフデュプレックス（半二重）通信方式におけるノイズテスト

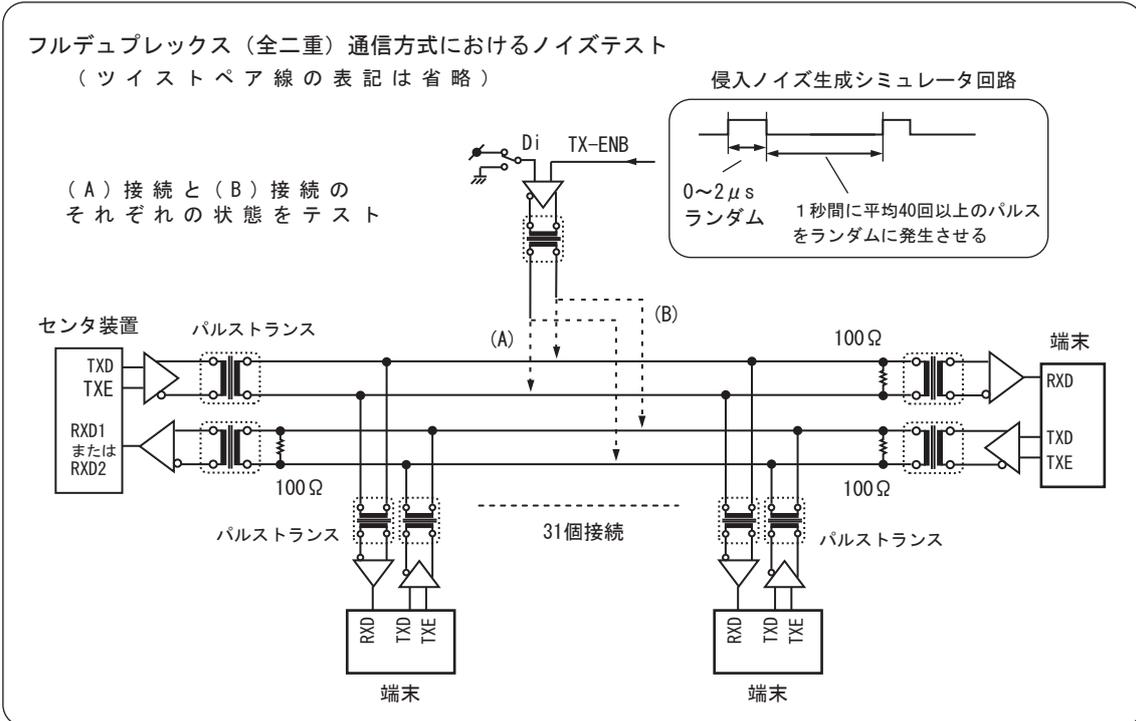


図 11.2 フルデュプレックス（全二重）通信方式におけるノイズテスト

更新履歴

バージョン No.	更新年月日	ページ	更新内容
1.3	2008年6月		
1.4	2023年3月	P.7	図 5.2 スタブ（引出し線）区間の修正

■開発・製造

株式会社ステップテクニカ

〒207-0021 東京都東大和市立野 1-1-15

TEL: 042-569-8577

<https://www.steptechnica.com/>

info@steptechnica.com

**ハイスピードリンクシステム
テクニカルガイド（ネットワーク用）**

ドキュメント No. : STD_HLSTGN_V1.4J

発行年月日 : 2023 年 3 月