
ちょっとした小技集 その④

ノイズ対策の基本的な考え方と 産業用シリアル通信に関する基礎知識

野原産業株式会社
盛田 直樹

本日の内容

- はじめに
- 簡単な自己紹介
- 使われている信号の種類
- 現場で何が起きているのか？を知る
- 配線の種類と施工で通信エラーが改善される
- 正しく終端がされていますか？
- 具体的なノイズ対策
- 通信の品質評価をしよう
- まとめ

はじめに

産業用装置でよく用いられる通信規格に関して、通信が安定しない問題をよく耳にします。

これは単純に装置間の相性だけ出なく、正しい施工や正しい終端が採られていないという問題もあります。

そこで、今回は産業機器にあるべき姿や電子回路設計者側からの視点からの正しいノイズ対策を学びます。

不安定な通信環境から、安定で確実な通信環境へと一歩でも前に進めることを期待しております。

難しいことはさておき、最低限の知識を持って、業者を動かせる・業者に勉強してもらえる環境づくりを推進してゆきましょう。

簡単な自己紹介

- 複数社の設備技術者経験
- 特別高圧受電設備の監督経験
- ガスタービン発電設備の電気設備等の監督経験

主な資格

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➢ 技術士(電気電子部門) ➢ 第2種電気主任技術者 ➢ 第一種電気工事士 ➢ エネルギー管理士 | } | <p>知識・実務もできる電機・電気・電子の専門</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ➢ iNARTE EMC Engineer ➢ テクニカルエンジニア エンベデッドシステム→組み込みエンジニアとしての能力 ➢ ボイラー技士1級 他... | | <p>→ノイズ・電磁波障害に関する専門</p> <p>→プラントエンジニアとしての能力
(ボイラー取扱作業主任者の経験)</p> |

あなたの職歴と通信線の関係は？

- 産業機器の電子機器開発、Gbitシリアルも...
⇒ノイズ対策は必須要件です
⇒しかも、GHz帯からしたらMHz帯なんて...
- ノイズ対策技術者
⇒S/N比(信号対ノイズの比率)を稼ぐのは十八番
- プラントエンジニア・電気主任技術者
⇒産業用インバータが散乱している中のアナログ通信
⇒24時間365日安定操業の為には耐ノイズマージンは必須

偏った技術者ではないからこそその提供価値があります

ノイズ問題解決順序は至って簡単

1. どこが問題なのか？電界・磁界どちらか？
を正しく分析する
2. 原因を解決できる程度まで細分化する
3. できる施策とコストと効果を一覧にする
4. 予算の割合を鑑みながら、
落とし処を決めてゆく
5. 予測と照らして納得できる内容かを判断
6. 対策の実施を行う

掴みはさておき

早速本題へ...

この業界でよく使われる通信信号の種類

- RS-232C: 規格が曖昧なシングルエンドのシリアル通信
最速でも920[kbps] (通常は115[kbps]まで、9800[bps]が一般的)
- RS-422: RS-232Cをディファレンシャルにしたもの。大体
10[Mbps]ぐらいで抑えるのが一般的
- RS-485: 1回線の通信線で多接続を実現した規格、半二
重(1組のペア線)と、全二重(2組のペア線)がある。終
端は通常120[Ω]であることが多い。
- Ethernet: PCでもおなじみの汎用通信規格
- USB2.0: PCでもおなじみのマスター対スレーブの通信
規格、480[Mbps]でなくとも2.0なので注意
- その他の通信回線(CAN、SPI、I2C、ARCNET、デバイスネット等)

シングルエンドとディファレンシャルって？

- シングルエンド(非平衡型): 0か一定以上の電圧があるか？で通信を行う古典的な方法
- ディファレンシャル(平衡型): ある中心電圧を基準に差動の信号で電圧信号+と-を作り、それを1と0に割り当てて通信を行う方法。必ず行きと帰りの線が存在するため、小さな信号でも確実に伝わりやすい。昨今の主流方式。

ディファレンシャルの方がノイズに強い
ノイズに強いということは信号の幅を下げるできるので、
高速な信号の送受信ができる

話が広がりすぎると良くないので、的を絞る

全てを説明すると薄くなる

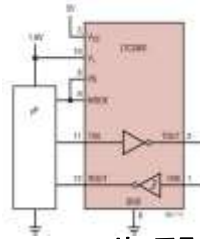
⇒価値が低くなるため、的を絞る

ここからはRS-485の話

ノイズ対策は通信障害ですので、
対策という内容でお話を進めます。

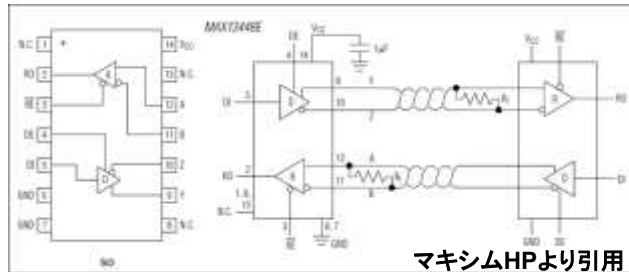
こんな感じのICが使われる

一般的なシングルエンドドライバ



リニアテクノロジーHPより引用

一般的な
ディファレンシャル
ドライバ



マキシムHPより引用

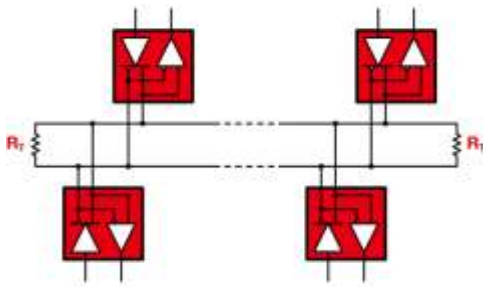
NOHARA SUN SUN GUARD 20

11

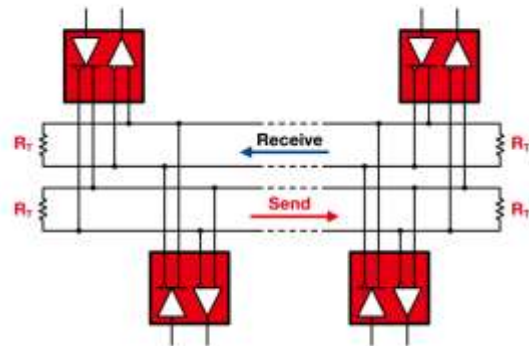
こんな感じで使用される

- RS-485の場合こんな感じで実装される

1ペアの信号線による連続した送受信



2ペアの信号線による同時送受信



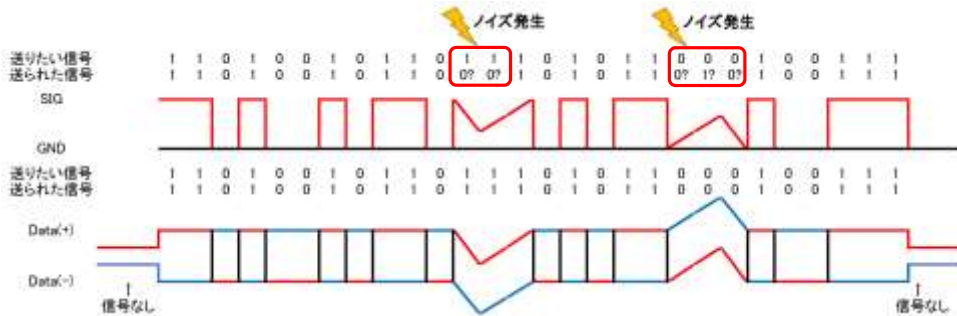
TIのHPより引用

NOHARA SUN SUN GUARD 20

12

通信線ではどのようなことがおきているの？

ノイズが発生した時の挙動について、
シングルエンド(上)とディファレンシャル(下)を比べてみる



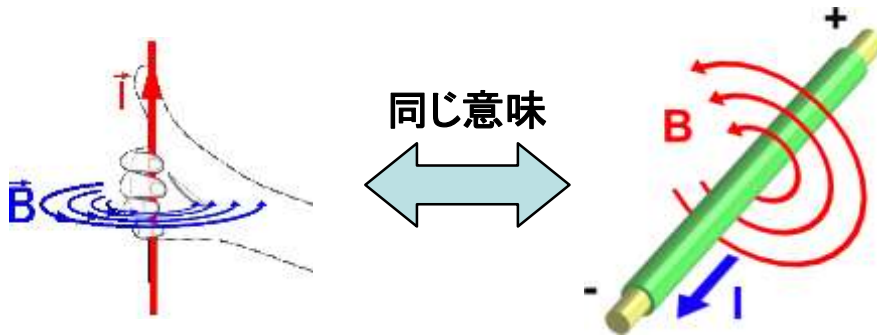
ディファレンシャルのほうが圧倒的にノイズに強い

通信を阻害する要因を挙げてみる

- 電磁波ノイズを出す根源は？
 - ⇒ 急な電磁界の変動を起こす装置 + アンテナ
 - パワーコンディショナー、インバータなど
- 伝播の種類は？
 - 磁気結合
 - 電流の変化で生まれた磁気の変動によって、伝播する
 - コイル成分・インダクタンスによって結合する
 - 静電結合(変位電流)
 - 電圧の大きな変化で生まれた電界の変動によって伝播する
 - コンデンサ成分・キャパシタンスによって結合する

覚えていますか？右ねじの法則

- 電線の+と-の間の空間があると、近くで磁界の変動があれば起電力=ノイズになる
- パワーコンディショナーは強烈な電磁波発生装置
- 電磁波は近傍=磁界が主体成分



磁界のノイズは防ぎにくい

- 電界のノイズはアルミ箔1枚でほぼ抑えることができる
⇒アルミ箔の電気の通りやすさは空気に対して非常に大きい。おおよそ 1.2×10^{22} 倍
- 磁界のノイズは鉄板1枚では押さえられない
⇒鉄板の磁気の通りやすさは空気に対してせいぜい4000倍ぐらい

数字を見れば対処をすべきは磁気結合であることが良く分かる

では、本来あるべき施工とは？

- 通信線側の対策
 - 通信線はツイストペア+シールド線で施工する
 - 通信線のインピーダンスと終端の値を合わせる
 - 通信線と電力線は一緒に這わせない
 - 場合によっては直流絶縁できる機器を取り付ける
- 電力線側の対策
 - 電磁波が発生する装置・線と可能な限り距離を置く
 - 電力線は基本的に鉄の金属管・箱・ダクトに収納する
 - 電力線の行きと帰りの線を離して施工しない

配線の施工問題は通信線だけではない

- ノイズの大きさを式で表すと...
 - ⇒ 発生源の強さ × 伝播効率 × 受信感度
 - 伝播効率: シールド材追加、互いを離すなど
 - 受信感度: ツイスト線、経路変更、S/N比向上など
- 肝心なのはノイズの大元を断つこと
- 断てないならば、可能な限り疎遠にする

**発生源自体が対策可能な場合は、
可能な限り発生源側で対処をしたほうが良い**

受信感度を下げて、S/N比の向上

- 基本的・安価で施策可能な所からしっかり抑える
 - 配線経路を変更する向きを変える
 - ⇒動力線と離して設置する、平行させないなど
 - 配線は正しいものを使用しているか？
 - インピーダンスが正しいか？
 - インピーダンスの連続性はあるか？
- 基本を尽くしたところで、ノイズ対策品に手を出す
 - ⇒効果が限定的であるため

順序を誤ると、間違いなくデスマーチに突っ込みます

配線の種類はどのようなものにすべきか？

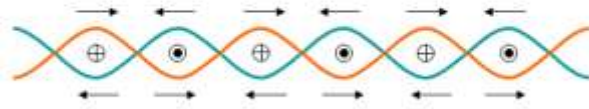
- 通信線の理想はツイストペア＋シールド線
- 可能であれば、インピーダンスが制御された通信線
 - ⇒高価なので、100[Ω]前後ならLANケーブルがお勧め
- 普通の一般的な線では施工しないこと
- 電力線の理想はケーブル＋シールド
- 最低限度、電力線は接地線入りのケーブルで施工する

ツイストペア線って何で使うの？

- 利点

磁界の影響削減
外部への放射削減

より対線を流れる信号電流で発生する磁束(●と⊕)は、隣同士で反転しているので互いに打ち消しあう
→伝送する信号により、外部にノイズを出しにくい



- 欠点

距離が長くなる
価格上昇

より対線を貫通する磁束により発生する電流の向き(→と←)は、隣同士で反転しているので互いに打ち消しあう
→伝送する信号は、外部からの影響を受けにくい



通信線なら使わなくては駄目
動力線も可能なら使う

磁束の向き ⊕ 手前から奥向き ● 奥から手前向き

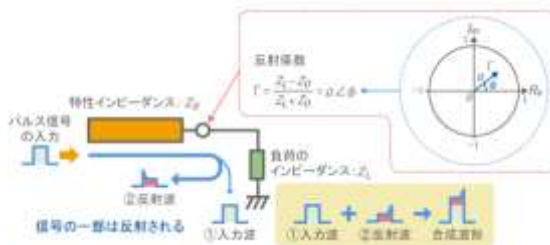
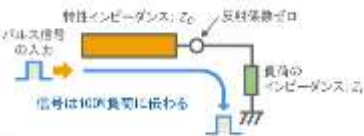
肝心の終端を忘れていませんか？

- インピーダンスを合せないと反射が起きる

⇒インピーダンスは水路の面積、信号は波と考えるとイメージしやすい(波の高さが電圧、流量が電流)

⇒インピーダンスを平滑にする

⇒終端は最低必要条件

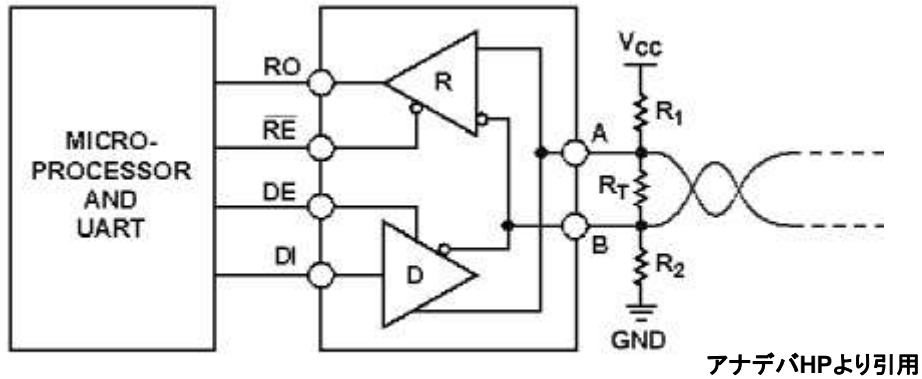


整合が取れていないと...

村田製作所HPより引用

RS-485の終端の何処かにはバイアス回路が必要

- RS-485はシステム上バイアス回路が無いと不安定
- R_T が $100[\Omega]$ の場合、 R_1 や R_2 は $1[k\Omega]$ 前後が一般的

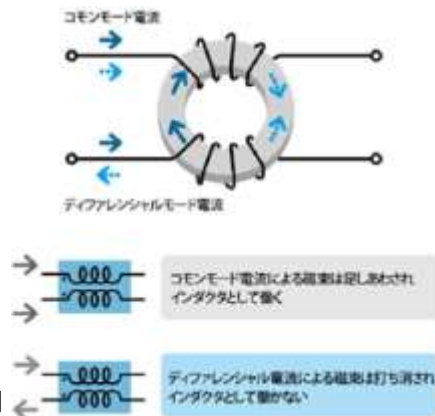


フェイルセーフ・バイアス回路

全てをクリアしてからノイズ対策に乗りかかる

- 使用するビットレート～10倍周波数の通過を狙う
- 信号のそれなりに品質を確保しながら楽に対策できるのは
 - コモンモードチョークコイル
 - フェライトコア

※ 素子ごとに効果のある周波数帯域が大きく変わる。必ず専門家と相談しながら選定をすること
(ノイズの周波数帯を測定しその周波数だけを落とすように設計する必要がある)



村田製作所HPより引用

コモンモードチョークとクランプフィルタ

- 対象の周波数帯で、使用する対策品が変わる
 - コモンモードチョーク
 - 外来ノイズの大きな減衰が欲しい時や、対策対象が確定している場合
 - フェライトコア(分割＝クランプフィルタ)
 - 比較的高めの周波数帯
 - フェライトコア(円形の割れていないもの)
 - 比較的低い周波数帯
- 使用する素材で周波数が変わってくる
 - アモルファス、ダストコア、珪素鋼板、コア材の種類など

下手に設置すると減衰で通信品質が低下するので、データシートを見ながら選定する

現物はどんなものなのか？

- コモンモードチョーク
線路に取り付ける
- フェライトコア
分割＝クランプフィルタ
- フェライトコア
円形の割れていないもの



忘れてはいけない通信基板の電源品質

- 信号発生器には、電源のノイズが減衰して伝播する
- PCS⇒トランス⇒ACアダプタ⇒基板⇒信号という順序でノイズが...
⇒PSRR(電源ノイズ除去比)が目的値に達成してるか?
- 信号品質を確保するためには...
⇒ACアダプタは良い物を選ぶ
⇒制御電源のトランスはノイズカットトランスを選定する

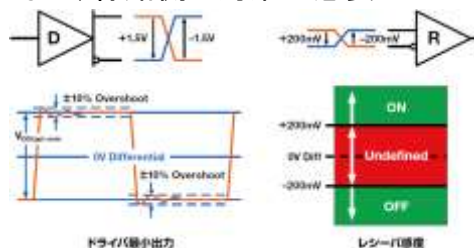
足元(電源)が揺らげば不安定になるのはみんな一緒



27

通信信号の品質を評価する(RS-422,485の例)

- 信号の種類を確認する
- 信号の回路・経路を確認する
- ドライバとレシーバーの仕様を確認する
- 品質が合致しているかどうかの判断を行う
⇒あっているなら、基板側・ソフト側の問題対策が必要
⇒あっていないなら、線路側で対策が必要



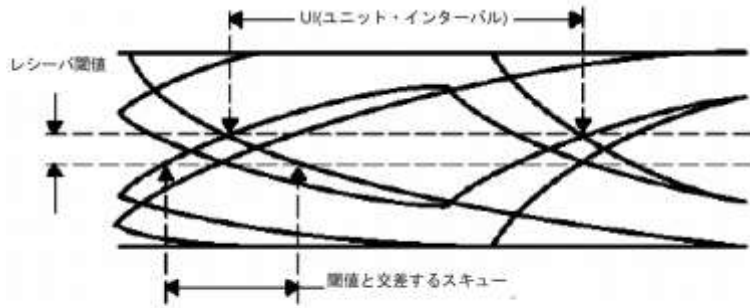
TIのHPより引用



28

アイパターンの評価と判断

- 信号の品質計測のためには、実際の信号をオシロスコープに取り込み、正しい信号であるかどうかを見分けると良い

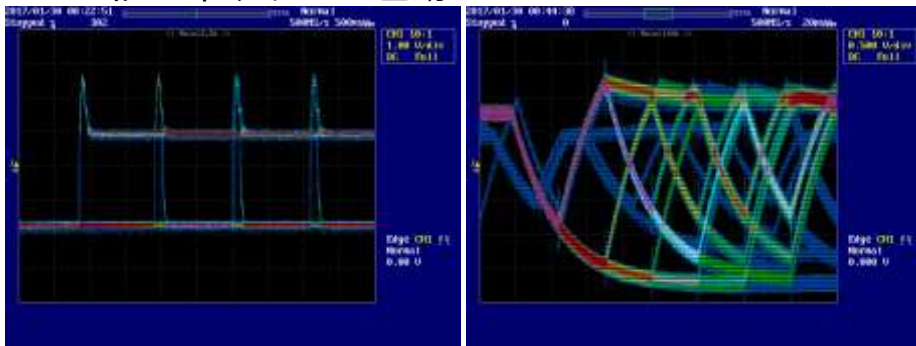


5%以下にする → $\%ジッタ = \frac{\text{閾値と交差するスキュー}}{\text{ユニット・インターバル}} \times 100\%$

TIのHPより引用

信号をどうやって測るの？

- 用意するもの
 - 測定周波数 × 10倍以上の帯域のオシロスコープ
 - 上記の帯域以上の差動プローブ



正しい施工をしている時

不良施工をしている時

太陽光発電所はノイズまみれの厄介者

- ノイズ対策は地道な一歩が踏めるかどうか？が勝負
- PCSにはアマチュア無線帯のノイズを出すものが多い
- 無線通信の障害事例が多く報告されている
- 行政動向から、今後は法規制連携強化が図られる

⇒電波法、CISPR、IEC 62920等との連携

今後はノイズに対して一層の認識強化が求められます

困ったときのご相談はこちらへ

野原産業株式会社 事業開発部

電話:03-3357-7761

FAX:03-3357-2568

E-mail:ssg20@nohara-inc.co.jp

web: <http://pv-om.nohara-inc.co.jp/>

webセミナーは毎月15日に更新されます

**土木・造成・緑化・動物・電気など、
何か困ったらお気軽にご相談ください**