

テクニカル・ホワイトペーパー

- 適応型イコライザの必要性 -

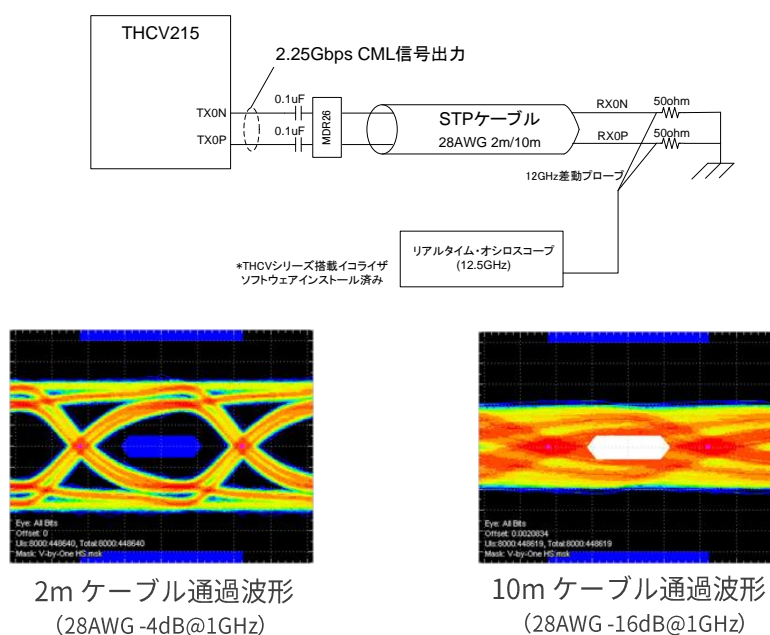
Jul 2017

注意事項

本資料に含まれる情報及びデータ、考察は、いかなる場合でもザインエレクトロニクスがその性能や動作、情報の確度を保証するものではありません。製品のご使用に際してはお客様使用条件下にて十分にご評価いただき、性能・機能がお客様の要求事項を満たしていることをご確認の上でご使用ください。

ケーブルによる差動信号の減衰

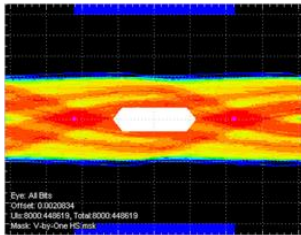
画像データを取り扱う産業機器設備や音声データを取り扱う通信機器設備においてデータ通信を行う機器間のケーブル長は使用される環境により異なり、設置される現場で最適なケーブルが選択されます。この場合、短いものでは2m、長いものでは10mを越えるケーブルが使用されますが、長さの異なるケーブル通過後の信号波形はその挿入損失の違いにより大きく異なります。次に示す波形はTHCV215から出力される差動信号（8B10B／ビットレート：2.25Gbps／差動電圧：Typ300mV）が2m、10mのSTP（Twisted Shield Pair）ケーブルを通過した後の波形です。



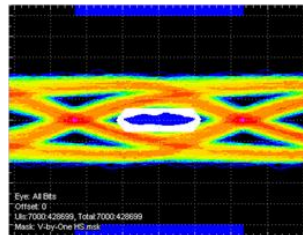
同じ材料、構造のケーブルでも長さに応じて挿入損失が異なるため、10mのケーブルでは差動信号が大きく減衰し、規定された EyeMask に触れてしまった部分が Violation 領域として白く表示されています。こうなるとエラーレートが極端に上がり、受信機は正しく信号を受信できません。

イコライザによる波形等価

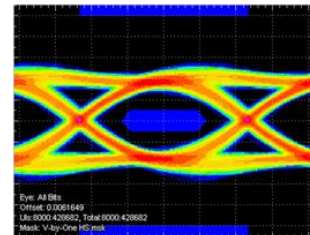
伝送路の減衰が大きく通常使用に問題がある場合、イコライザによる波形等価処理を行うことで受信機が受け取れる信号に補正します。先に示した 10m ケーブル通過後の減衰信号に対して送信機でのプリエンファシス (PE) と受信機側でのリニア・イコライザ (LE) による波形等価処理で EyeMask への Violation を回避した例を示します。



等価処理前
(ケーブル通過減衰波形)



PE 処理後
(PE:6dB@1UI)

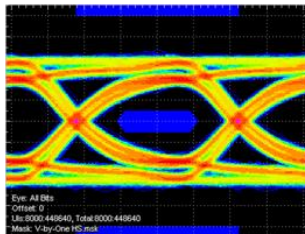


PE+LE 処理後
(LE:3.5dB@1GHz)

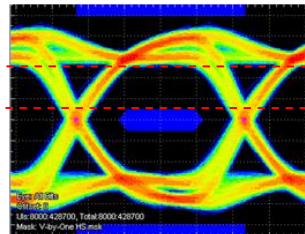
10m ケーブル (-16dB@1GHz) 通過信号に対する波形等価処理

上記例ではケーブルでの損失 (-16dB@1GHz) を完全に復元する程の波形等価処理は行われていませんが、受信機の受信感度に対して十分にマージンを持った Eye 開口が得られており、10m ケーブル通過後の波形等価処理としては適切な設定となっています。

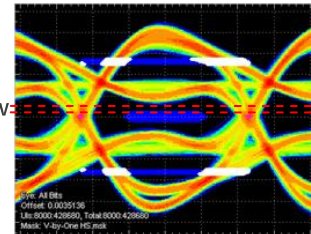
次に 10m ケーブルに最適な波形等価処理設定を取り入れたシステムにおいて、2m のケーブルに交換した際の波形を以下に示します。



等価処理前
(ケーブル通過減衰波形)



PE 処理後
(PE:6dB@1UI)



PE+LE 処理後
(LE:3.5dB@1GHz)

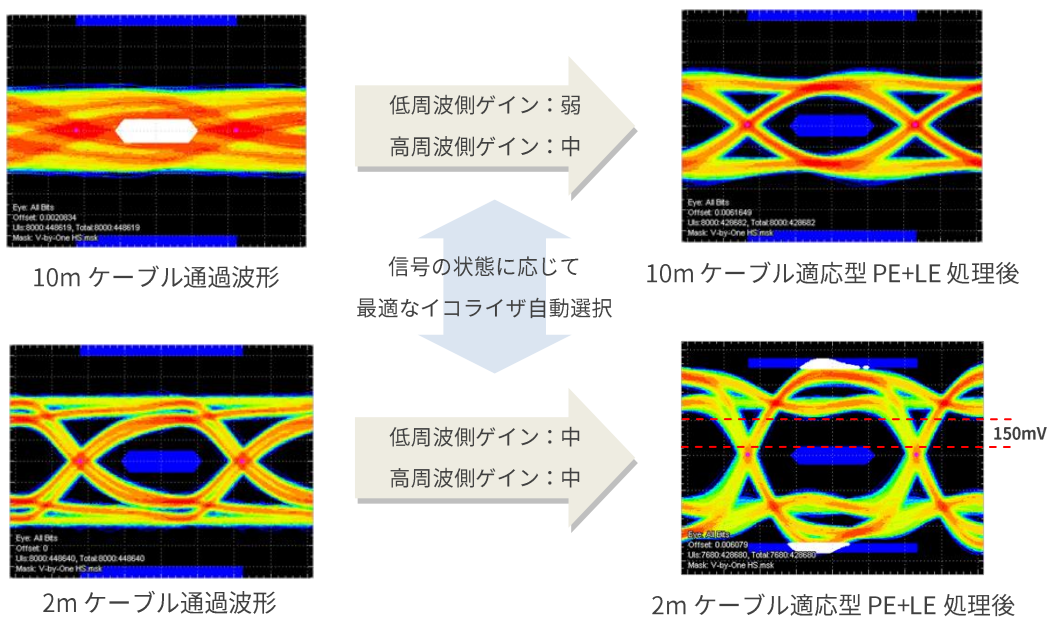
10m ケーブル用波形等価処理設定を 2m ケーブルに適用した例

PE 処理では EyeMask に対する電圧余裕が拡大していますが、さらに LE 処理を加えると波形が大きく歪み電圧余裕が大幅に縮小してしまっています。これは 2m のケーブルでは信号の減衰量が小さいにも関わらず、減衰量が高い仮定である 10m ケーブル用の強力な LE 処理をそのまま適用しているため、いわゆる“オーバーイコライズ”状態となり逆効果となった例です。このように波形等価処理はケーブルの減衰量に応じた適切なイコライザ設定を選ぶ必要があります。

適応型イコライザの必要性

先の波形例では比較的インピーダンス不整合点が少ない（反射波の影響が少ない）環境で測定したのですが、実際はこれよりも多くのインピーダンス不整合点が存在するケースが殆どで、反射波にも高いゲインが適用されてしまうことで歪みが増幅され更なる波形の劣化を招く恐れがあります。したがってケーブルの減衰量に応じた適切なイコライザを選択することは非常に重要です。しかし適応型ではないイコライザの場合は製品出荷後にユーザーが使用するケーブルの損失に応じて適切なイコライザ設定を選択しなければなりません。またケーブルの損失も長さのみで決まるものではありませんので、ユーザーは受信波形を観測しながら最適なイコライザを選択することになります。しかしながら広帯域のリアルタイムオシロスコープは大変高価でありユーザーがこのためだけにオシロスコープを準備するのは現実的ではありません。

この問題を解決するためには減衰量に応じたイコライザ強度を自動選択する“適応型イコライザ”をシステムに組み込んでおく必要があります。下記の例はザインエレクトロニクス製の [THCV シリーズ](#)と [THCS シリーズ](#)の一部の製品に搭載された適応型イコライザによる波形等価の例です。



適応型イコライザによるケーブル長（減衰量）に応じた波形等価例

上記例でも 2m ケーブル通過波形に PE+LE 処理を適用することで若干波形が歪んでいるものの、EyeMask に対して 150mV 以上の電圧余裕があり、先のオーバレイコライズ状態に比べて大きな電圧余裕が確保されています。適応型イコライザはオーバー／アンダーイコライズを判断し複数のイコライザの中から使用するケーブルに応じた最適なイコライザを自動選択するため、ユーザーがマニュアルで設定を変更する必要はありません。これは製品出荷後のメンテナンスを削減すると共にシステムが適用可能なケーブルの幅を広げることを意味します。

注意事項

1. 本資料の掲載内容は、予告なしに変更されることがあります。
2. 本資料の複製・転載、第三者への無断公開を禁じます。
3. ザインエレクトロニクス株式会社（以下、ザインエレクトロニクス）は本資料の内容に基づくお客様の設計について責任を負うことはありません。本資料掲載内容に基づく設計が適用されたお客様の応用製品において想定される不具合を最小のものとするため、適切な設計上および取り扱い上の対策は、お客さまにてご検討下さい。
4. 本資料掲載内容に基づく設計を行う際は、掲載内容に基づく回路の誤動作や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないようお客様責任において安全な設計を行って下さい。なお、設計およびご使用に際しては本資料中に記載された製品に関する資料（データシートやアプリケーションノート等）をご確認の上、これに従って下さい。
5. 本資料に掲載された技術情報（製品データ、図、表が示す技術内容、回路例等）を使用する際は、お客様にて十分にご評価の上、お客様の責任において適用可否をご判断ください。
6. 本資料に掲載された製品に関する技術情報は、その代表的な機能・性能を説明するためのものであり、その使用に際してザインエレクトロニクスおよび第三者の知的財産権、その他権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
7. 本資料の作成におきましては細心の注意を払っておりますが、内容に誤りがあることが御座います。内容に誤りがあった場合でもザインエレクトロニクスがその責任を負うことはありません。また、誤りが発見された場合におきましても、直ちに修正されない場合が御座いますので、ご了承ください。