

# An introduction to forward and reverse crosstalk

## アプリケーションノート AP8164

[Home](#) [Contact](#) [Products](#) [Offers](#) [Exhibitions](#) [Search](#) [News](#) [Support](#)

### クロストークとは？

クロストークは複数の線間のエネルギーのカップリングより発生します。クロストークは電気信号に悪影響を及ぼします。

※クロストークが発生する側の線路を(aggessor: 加害者の意)このアプリケーションノート内では発信側と翻訳し、受ける側の線路を(victim: 被害者の意)と言います、この文章内では受動側と翻訳しました。

クロストークの大きさを表示するには、2通りの計算方法があります。(図1)

1. 発信側ラインよりカップリングされたエネルギーが受動側ライン上に移り、受動側ラインの起点まで戻ります。これは近端クロストークと呼ばれています。
2. 発信側ラインよりカップリングされたエネルギーが受動側ライン上に移り、受動側ラインの終点まで到達します。これを遠端クロストークと呼ばれています。

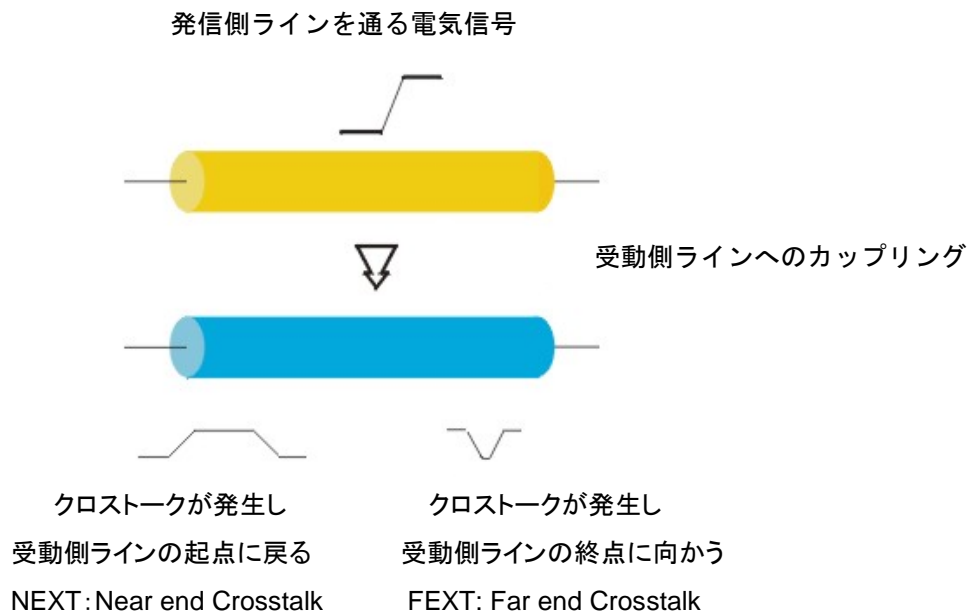


図 1 クロストークノイズが伝導するイメージ

受動側ラインの両端が終端処理されていない場合は、**特性インピーダンスにより**引き起こされたスプリアス信号(見かけ上の信号)が伝送線路の終端で反射し伝送線路を反対方向に移動することがあります。このように反射した近端クロストークが離れた個所で確認されることもあり、その逆もあります。

### 適用範囲

本アプリケーションノートでのクロストーク値は比較を容易にするために、一般的によく使われている方法で計算されたピーク値を使っています。これらの方程式はカップリングが弱い場合や、下記の仮定が当てはまる時にのみ適用

されます。

1. 発信側ラインの電圧と電流が受動側ラインへのカップリングに影響されていない場合
2. 発信側ラインまたは受動側ラインの終端処理が影響を持たない場合
3. 両ラインの伝播がカップリングのない伝送線路の伝播と同じ場合
4. 両伝送線路の平均減衰値が同じの場合
5. 各伝送線路の特性インピーダンスがカップリングのないシングル伝送線路と同じインピーダンス場合

#### 近端クロストーク (NEXT: Near-End Crosstalk)

近端クロストークの大きさは、互いに作用しあう 2 本のライン間の相互キャパシタンス（静電容量）とインダクタンスに依存し、カップリングの長さが長くなるにつれて最大値まで増大します。

2 本の同等なコンディションの伝送線路があると仮定します。

$$\text{Next}(K_b) = \frac{1}{4} \left( \frac{C_m}{C} + \frac{L_m}{L} \right)$$

$C_m$  はユニット長あたりのライン間の相互キャパシタンス、 $L_m$  はユニット長あたりのライン間の相互インダクタンス、 $C$  は発信側ラインまたは受動側ラインのユニット長あたりのキャパシタンス値、 $L$  は発信側ラインまたは受動側ラインのユニット長あたりのインダクタンス値です

近端クロストーク (NEXT) の最大値を表す  $K_b$  は、発信側ラインと受動側ライン間の電圧値の容量で測れない (dimensionless) 比率となります。

#### 遠端クロストーク (FEXT: Far-End Crosstalk)

遠端クロストークは、偶数モードと奇数モードの間の伝播速度の違いと、線路の終端への到達時間の差によって引き起こされると考えられています。 — 下記の図 2 と図 3 を参照してください。

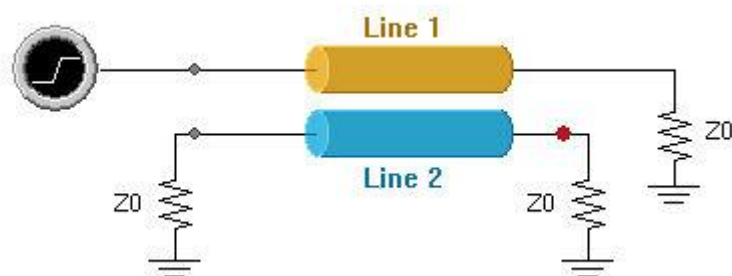


図 2

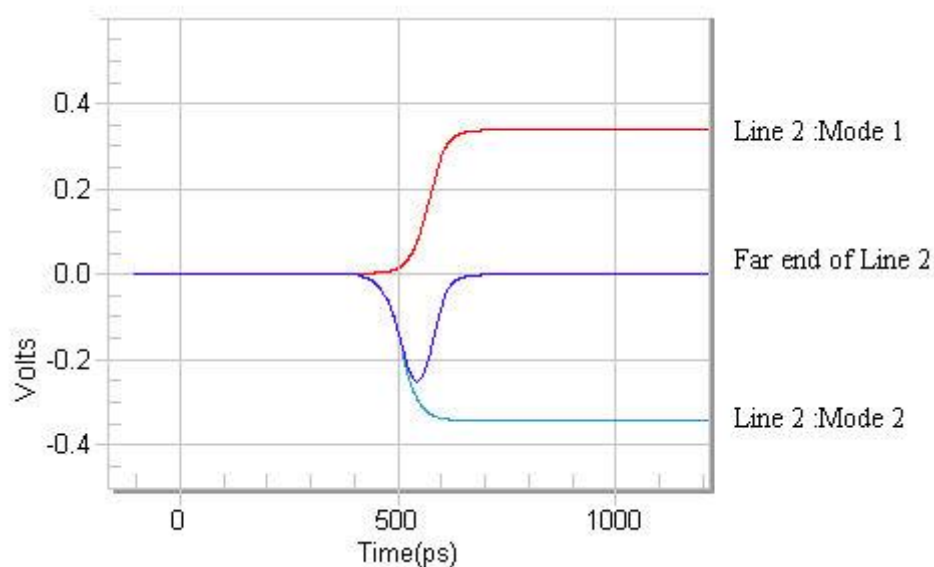


図3 偶数と奇数モードの波形を重ね合わせによる遠端クロストーク

遠端クロストーク カップリング係数 ( $K_f$ ) は下記のように計算されます：

$$K_f = \frac{1}{Z} \left( \frac{1}{V_{\text{odd}}} - \frac{1}{V_{\text{even}}} \right)$$

下記のように表すこともできます。

$$K_f = \frac{1}{V} \left( \frac{C_m}{C} - \frac{L_m}{L} \right)$$

遠端クロストーク カップリング係数 (FEXT) は受動側ラインに起きる最大の電圧摂動の**ユニット無しの比率**です。

※摂動（せつどう、英語：perturbation）とは、一般に力学系において、主要な力の寄与（主要項）による運動が、他の副次的な力の寄与（摂動項）によって乱される現象である。

$$FEXT = \frac{\text{Coupling Length}}{\text{AggressorSignal Risetime}} \times K_f$$

遠端クロストークは、発信側信号のライズタイム(立ち上がり時間)が高速になるほど、カップリング長が長いほど（結合が大きいほど）、 $K_f$  因数が高いほど増大されていきます。理想的な均一のストリップラインでは遠端クロストークは起こりません。

## クロストークの要約

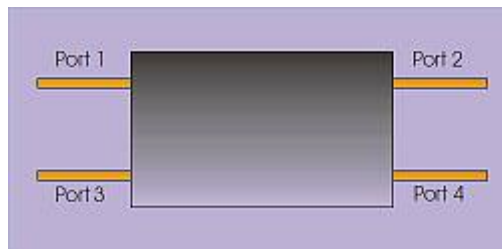
クロストークとは、2本の伝送線路が隣接して互いに伝送線路間で作用し合うこと、両方の伝送線路の信号の動作に影響を与える電磁場。

本アプリケーションノートで紹介している公式で影響値のピーク最大値を予測できる。

#### 付録：周波数依存のクロストーク

クロストークの影響への対策をさらに充実させる場合、Sパラメータを利用します。Sパラメータは、単一周波数の正弦波が「ブラックボックス」デバイスとどのように作用し合い、異なる出力ポートから出ている出力信号の影響を定義します。クロストークは印加信号ではなく伝送線路のポートの出力信号です。

Sパラメータ抽出のための接続方法には「モダン」と「クラシック」の2つがあります、今回は通常の一般的な方法である「モダン」接続方式を用いたSパラメータポートのナンバリング方法を例としています、この場合、信号をポート1から送信して、リターン損失はS11、送信信号の挿入損失はS21として検出されます。



モダン接続方式

また、近端クロストーク（NEXT）はS31として、遠端クロストーク（FEXT）はS41として表わされます。

異なるクラシック方式など他のジオメトリックモデルや他の方法のクロストークパラメータは、それぞれが利点と欠点を持ち、使用目的に沿って選択されます。

これらのSパラメータをタイムドメインで表示させることは、現行のSi9000ではできません。しかし他のツールを使うことや、方式を変えることによって可能になる可能性はあります。

#### 参考:

[AP157 Even mode and common mode characteristic impedance,  \$Z\_{oe}\$ ,  \$Z\_{cm}\$ ,  \$Z\_o\$ ,  \$Z\_{diff}\$](#)

[AP174 Proximity effect of a ground plane on an electric field](#)

#### さらに学習したい方に

シグナルインテグリティの教材情報をご希望の方は、下記のリンクをクリックしてポラー・インスツルメンツ社推奨の学習教材の簡易リストを入手して下さい。

[AP194 Polar recommended signal integrity reading](#)

この記事についてお問い合わせは...

ポーラー・インスツルメンツ&PWB 製品販売 担当 小泉 哲也

080-7011-8501