

アイパターンを利用した 信号障害のトラブルシューティング

MP2100A

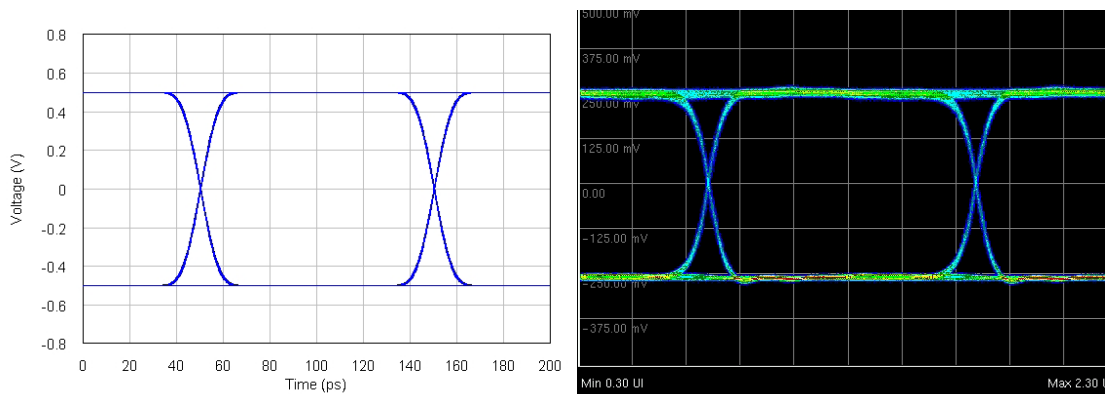
BERTWave シリーズ

アイパターンは、デジタル信号の品質を評価する目的で用いられます。アイパターンはデータストリームの「1」と「0」の波形を重ね合わせて表示したもので、伝送線路がデータに与える影響を一目で確認できます。一般に、デバイスや伝送線路の適合性試験では、アイパターンに対して消光比やマスクマージンなどの統計的計測が行われます。これは合否判定の基準としては有用ですが、伝送線路における信号劣化の原因についてはあまり多くの情報が得られません。本稿では信号劣化のトラブルシューティングにアイパターンをどのように役立てるか解説します。

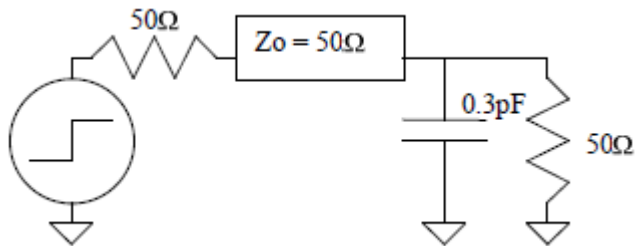
歪みのないアイパターン

ここからは、実際の信号障害によってアイパターンがどのように変化するかを見ていきます。以下の説明では、データソースはすべて理想的な 50Ω シグナルジェネレータと仮定します。

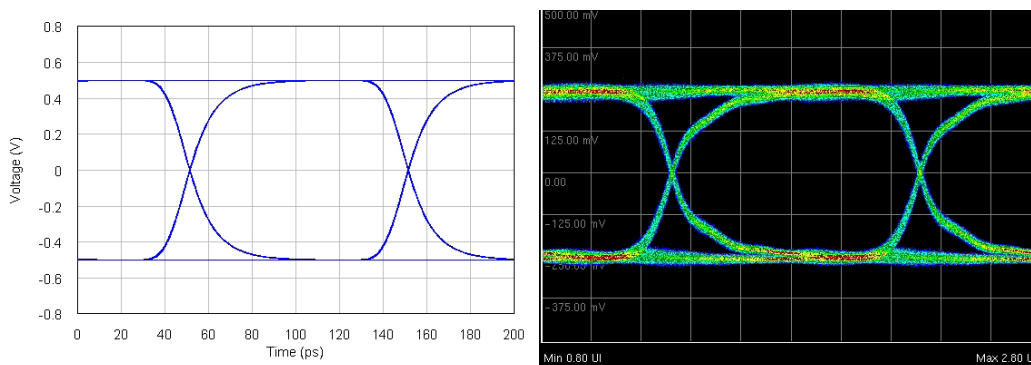
まず、歪のないアイパターンを下に示します。この NRZ 信号は 1 レベル、0 レベルともに歪みがなく、クロスポイントにも大きなジッタはありません。左側はシミュレーション波形、右側は実測波形を示しています。



集中定数素子の不連続性

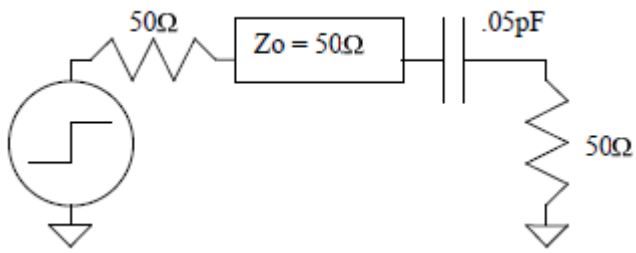


並列容量や直列インダクタンスがあると、アイパターンに下図のような歪みが発生します。

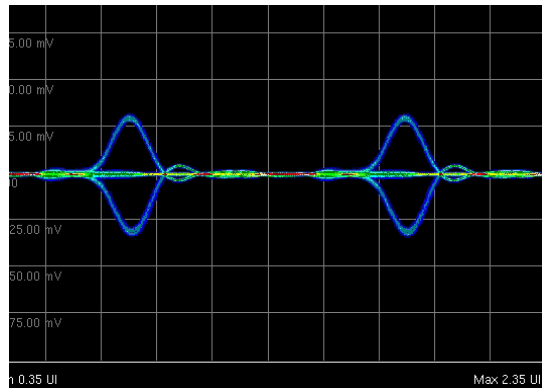
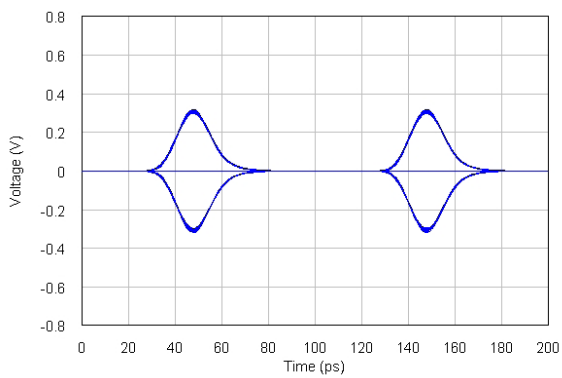


並列容量は電圧レベルの急峻な遷移を妨げるため、データパターンの立ち上がり/立ち下がりエッジが緩やかになります。この信号劣化は、時定数 $\tau=RC$ に対して指数関数的な応答を示します。50Ωの負荷と0.3pFの寄生容量の場合、時定数は15psecとなります。同様に、直列インダクタンスは電流の急峻な遷移を妨げます。この場合の時定数は L/R です。50Ωの負荷と0.75nHの寄生インダクタンスの場合も、時定数は15psecとなります。

開放回路または短絡回路の不連続性

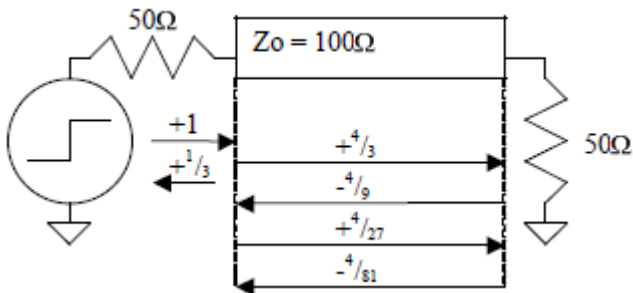


これは極めて深刻な障害で、非常に小さな直列容量または並列インダクタンスとしてモデル化できます。データパターンの高周波成分のみが障害部を通過するため、本来のアイパターンのクロスポイントの場所にパルスが発生します。アイパターンの中央は完全に閉じています。コネクタやケーブルに損傷がある場合、このような症状が現れます。



直列伝送線路の不連続性

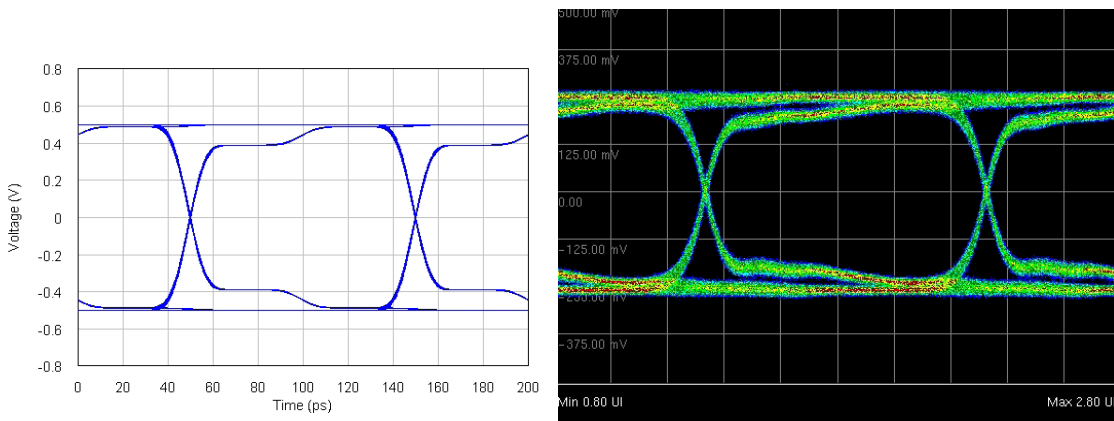
伝送線路に高インピーダンスや低インピーダンスの部分があると、アイパターンにアンダーシュートが生じます。次に示す例は、伝送線路に 100Ω で $\lambda/4$ のラインを挿入してシミュレーションを行った場合のアイパターンです。 50Ω と 100Ω の境界ではいくつかの反射が発生します。反射係数は $(Z_L - Z_0)/(Z_L + Z_0)$ に等しくなります。 50Ω ソースからの最初のパルスの振幅が $1V$ なら、正電圧の反射によって 100Ω ラインでは $1 + (100 - 50)/(100 + 50) = 4/3$ に増えます。



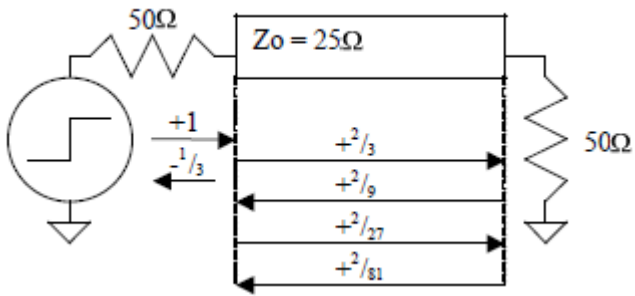
100Ω の伝送線路と 50Ω の負荷の境界で発生する反射により、負荷に到達するのは最初のパルス振幅の $4/3 - 4/9 = 8/9$ のみとなります。

これは、アイの左半分が閉じていることにはっきりと現れています。2回目の反射により信号レベルは最初のパルス振幅の $4/3 - 4/9 + 4/27 - 4/81 = 80/81$ にまで回復します。

このため、アイの右半分はやや閉じていますが、見た目にはほとんど分かりません。伝送線路が長いほど、最初の反射によって水平方向のアイ開口が狭くなり、インピーダンスの不整合が大きいほど垂直方向のアイ開口が狭くなります。



次に、低インピーダンスの伝送線路を挿入した場合についても見てみます。



最初の反射:

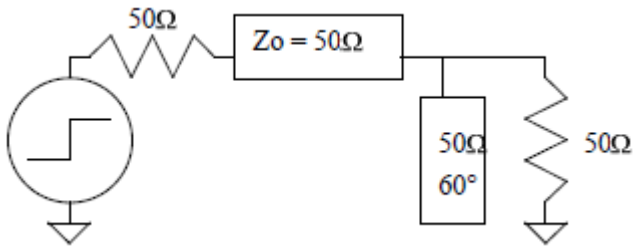
$$2/3 + 2/9 = 8/9$$

2回目の反射:

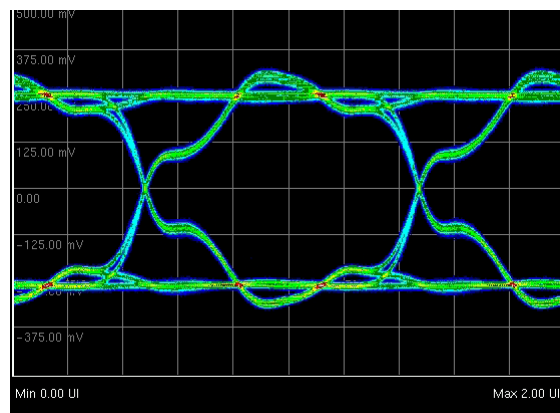
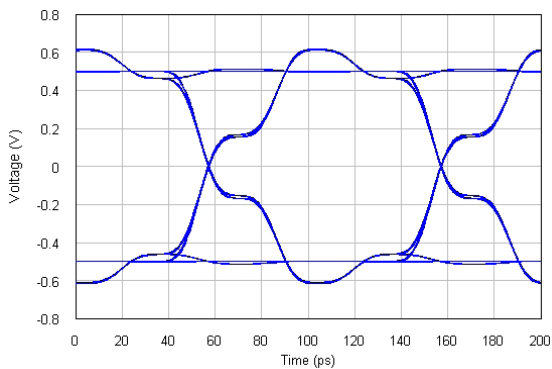
$$2/3 + 2/9 + 2/27 + 2/81 = 80/81$$

このような不連続性が生じる原因としては、コネクタの接続が不完全、配線パターン幅が不適切、直列回路素子の幅が広すぎる、などが考えられます。

並列伝送線路の不連続性

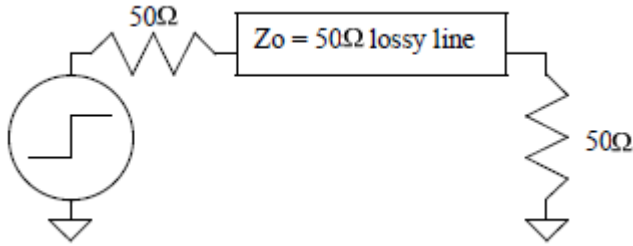


下のアイパターンは、ビットレートに対して 60 度の角度を持つ並列接続のオープンスタブで観察したものです。スタブは、オーバーシュートやリングング、アイのクロスポイントの異常などの原因となります。これら歪みの量は、スタブの長さに比例して大きくなります。

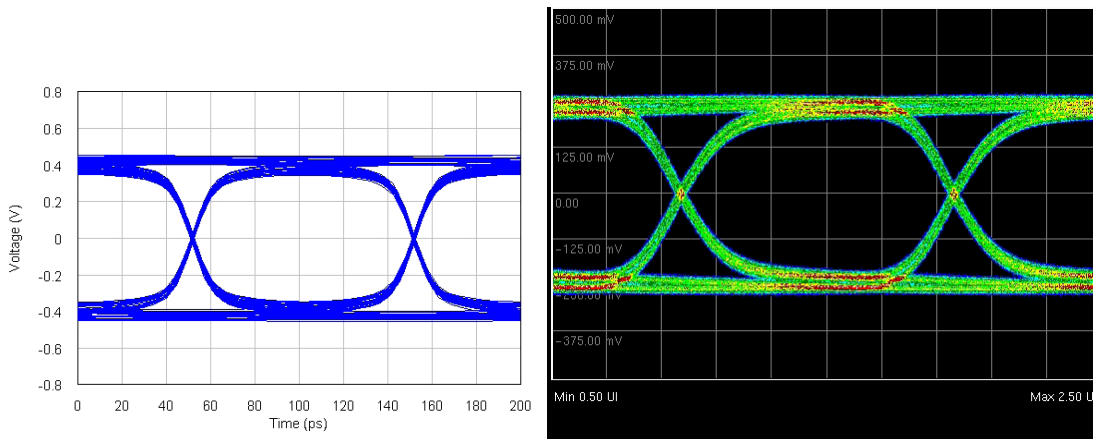


伝送線路のスタブは、並列バイアス回路の設計が不適切だと生じる場合があります。例えばインダクタなどの並列バイアス素子を伝送線路上に直接配置していない場合、意図しないスタブが回路上に生じることがあります。

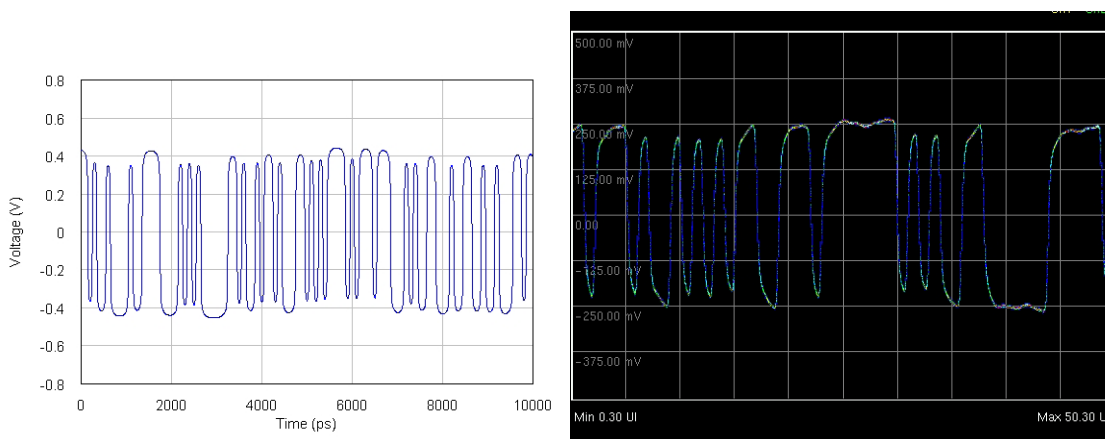
伝送線の損失



伝送線の損失が大きいと、低周波よりも高周波の損失が大きくなるため、アイパターンに歪みが生じます。0 と 1 が交互に現れるパターンでは、0 や 1 が連続するパターンよりも減衰が大きくなります。この結果、アイが閉じて 0 レベルと 1 レベルの線が太くなり、場合によっては線が 2 つに分かれる場合もあります。



この症状は、パルスパターンを見るとはっきり分かります。「1010」のシーケンスの方が「111000」のシーケンスよりも Peak-to-Peak の振幅が小さくなっています。これは、「1010」のパターンの方が「111000」パターンよりも高周波成分が多く、ケーブルによる減衰の影響を大きく受けるためです。



本稿で説明したように、アイパターンは信号劣化のトラブルシューティングに役立ちます。アイパターンの形状を注意深く検査すれば、伝送線路における信号劣化の原因を明確にできます。こうして障害の原因を取り除くことにより、アイパターンの形状は劇的に改善されます。



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.com>

本社	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	TEL 046-223-1111
厚木	〒243-0016 神奈川県厚木市田村町 8-5	
	計測器営業本部	TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
	計測器営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	
	ネットワークス営業本部	TEL 046-296-1205 FAX 046-225-8357
新宿	〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-14-1	新宿グリーンタワービル
	計測器営業本部	TEL 03-5320-3560 FAX 03-5320-3561
	ネットワークス営業本部	TEL 03-5320-3552 FAX 03-5320-3570
	東京支店(官公庁担当)	TEL 03-5320-3559 FAX 03-5320-3562
仙台	〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央 4-6-1	住友生命仙台中央ビル
	計測器営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
	ネットワークス営業本部東北支店	TEL 022-266-6132 FAX 022-266-1529
大宮	〒330-0081 埼玉県さいたま市中央区新都心 4-1	FSKビル
	計測器営業本部	TEL 048-600-5651 FAX 048-601-3620
名古屋	〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3-20-1	サンシャイン名駅ビル
	計測器営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪	〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-101	大同生命江坂ビル
	計測器営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
	ネットワークス営業本部関西支店	TEL 06-6338-2900 FAX 06-6338-3711
広島	〒732-0052 広島県広島市東区光町 1-10-19	日本生命光町ビル
	ネットワークス営業本部中国支店	TEL 082-263-8501 FAX 082-263-7306
福岡	〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 1-8-28	ツインスクエア
	計測器営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699
	ネットワークス営業本部九州支店	TEL 092-471-7655 FAX 092-471-7699

再生紙を使用しています。

計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。

計測サポートセンター


TEL: 0120-827-221, FAX: 0120-542-425
受付時間/9:00~12:00, 13:00~17:00, 月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@anritsu.com

● ご使用前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1207



■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

No. MP2100A-J-E-3-(1.00) 

2012-8 MG