

## 測定のイロハ(第4回)

### Eye パターンとは? ~ 高速デジタル信号の波形品質評価ツール

#### 1 はじめに

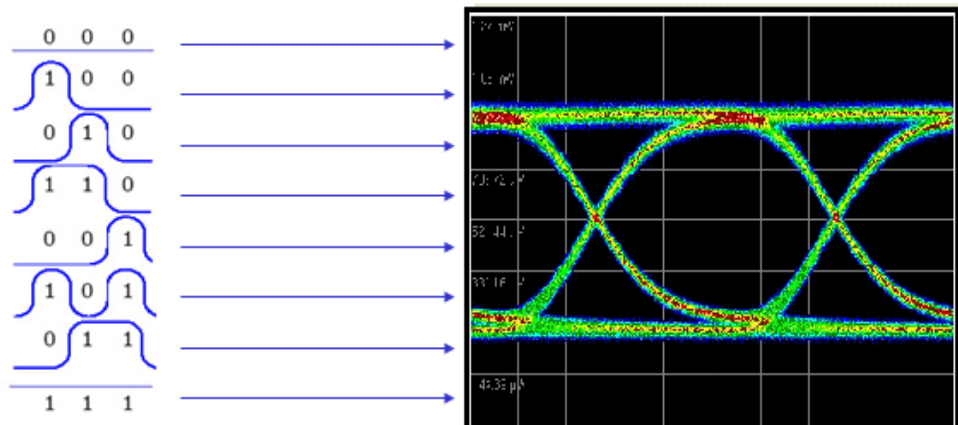
近年、インターネットの普及に伴い伝送容量が増大とともに、FTTx および 10 ギガビットイーサネット向けデバイス/モジュールの開発・製造が盛んになっています。伝送装置では光モジュールが用いられ、光ファイバを用いたリンク信号の送受信を可能にしました。XFP/SFP/SFP+に代表される光モジュールは、Multi-Source Agreements (MSA) によって規格化され、サプライヤー間のインターフェースの互換性を保証しています。

伝送されるデジタル信号波形が規格に適合しているか否かを、サンプリングオシロスコープを用いて検証(合否判定)するのが一般的です。この測定では EYE パターン(EYE ダイアグラム)から、信号のノイズ、ジッタ、消光比、そして規定マスクへのマージンなど波形品質を解析することができます。

#### 2 EYE パターンとは

EYE パターンは、高速デジタルシステムの物理層における信号障害、送信信号の整合性の確認、そして振幅軸及び時間軸の BER(Bit Error Rate: ビット誤り率) が悪化する要因を検出するための一般的なツールです。

広帯域なサンプリングオシロスコープを使用し、高速デジタル信号を表示することができます。論理“1”信号と論理“0”信号、及びその信号レベル間を遷移する様子(1→0、0→1、1→1、0→0)を、サンプルの集合として加算処理し重ね合わせ表示することで、その結果、EYE パターン(目の形状)が描かれます。



#### 3 EYE パターンの定義

##### 3.1 EYE パターン解析の原理

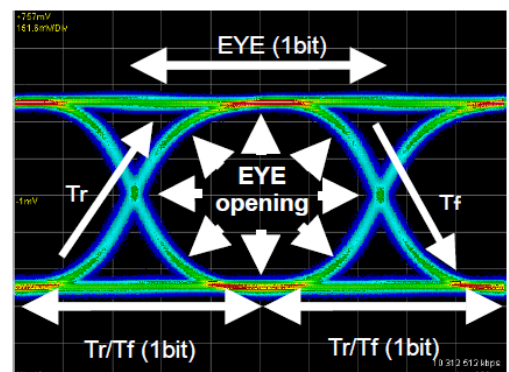
この EYE パターンから高速伝送デバイスの品質評価が行なわれます。時間軸は 2bit で表現され、そのうち 1bit は表示の中央の“EYE 開口部”になり、キャプチャした中央からの左右の 1bit は  $T_r$ / $T_f$ (信号の立ち上がり、立ち下り遷移時間)を簡単に見ることができます。

EYE パターンではジッタ成分も描画され、波形はラインが太くなっていき、描写される線は EYE の中央に近づきます。

一般的に、より開いた EYE は、伝送システムのレシーバが論理“1”レベルと“0”レベルを誤識別する可能性(ビット誤り)を低減します。

ジッタ成分が増加すると振幅、時間軸方向のマージンの量が減少し、必然的に EYE の開口が狭くなります。より低い BER を実現するため、広い EYE 開口が要求されます。

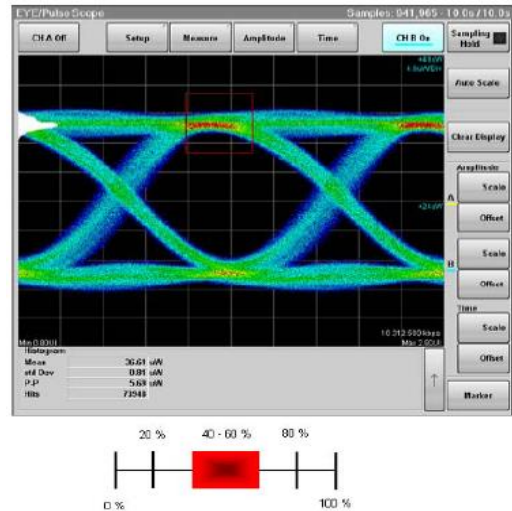
一方、EYE パターンではプロトコルやデータストリームの誤りを洗い出すことはできません。しかし、多くのエンジニアは簡単に物理層の振幅と時間軸の信号障害を見ることができるため、EYE ダイアグラムを使用します。送信データストリームの問題まで測定する際には、ビット誤り率測定器を使用して回路上の BER を測定することになります。



### 3.2 EYE パターンの振幅の定義(縦軸)

信号の振幅情報、例えば“1”レベル、“0”レベル、EYE Amplitude 等は、EYE パターン解析器を使うことによって EYE ダイアグラムから自動抽出することができ、また、ヒストグラムのデータから算出することもできます。

左図は“1”レベルのヒストグラム測定を示しています。IEEE802.3 規格では、波形中心(クロスポイント間)の 40 ~ 60% 部分を選択し、その部分のヒストグラムから“1”レベルの値を算出するよう規定しています。“0”レベルも同様に測定されます。消光比や、EYE Amplitude などの振幅方向の測定は、全てこの“1”レベル、“0”レベルを基に算出されます。



### 3.3 EYE パターンの時間の定義(横軸)

振幅情報と同様に、波形の時間軸情報、例えばジッタ、Tr/Tf 等は、EYE パターン解析器を用いることによって抽出することができます。また、EYE パターンから生成されたヒストグラムを使用して算出することも出来ます。また、波形の時間軸上の単位の一つとして、Unit Interval (UI) があります。次の式にその定義式を示します。

$$UI = \frac{1}{\text{Bit rate}}$$

例えば 10 Gbit/s のデータストリームの 1 UI は 100 ps であり、2 Gbit/s のデータストリームの 1 UI は 500 ps です。時間軸(横軸)は UI で表示されています。1 ビット幅での正規化によって、ビットレートに関係なく、EYE パターン上の時間軸方向の波形品質を明確に表すことができます。

## 4. EYE パターン解析での主要な測定項目

EYE パターンの解析では、信号のレベル、振幅、Tr/Tf の主要な測定項目のほか、マスクマージン、消光比(ER: Extinction Ratio), OMA(Optical Modulation Amplitude), ジッタの測定があります。

### まとめ

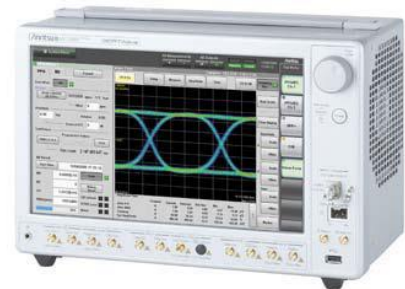
EYE パターンは、高速デジタル信号の波形品質を評価する上で強力なツールとなるもので、測定された EYE パターンからヒストグラムを使用し、振幅軸や時間軸の歪みに関するさまざまなパラメータを計算できます。

アンリツの EYE パターンアナライザ (MP2100A BERTWave) を使用すると、最新の高速データシステムにおいても信号や回路の障害を強力に診断できます。

< PR >

<<計測器の正しい使い方>>

電子計測器の取扱い時の注意事項や、計測測定のアドバイスなどを紹介しています。  
詳細は【[こちら](#)】



MP2100A BERTWave™