

ヒストグラムを利用したジッタ解析

OptiSystem Application Note

ジッタ解析

このプロジェクトでは、「Eye Diagram Analyzer」のヒストグラム機能を利用してジッタを測定する方法を紹介します。図1は、アイの交点で測定されたアイ・ダイアグラムのトータルジッタを、A点とB点の時間の差として示しています。この例では、トータルジッタは約0.29UI(ユニットインターバル、あるいは1ビット周期の29%)です。

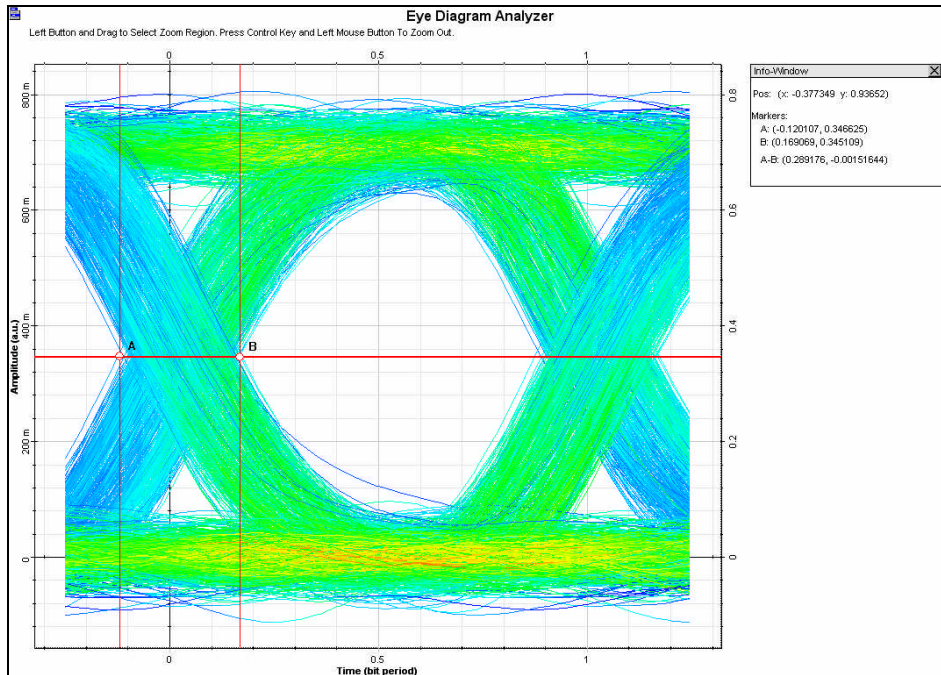


図1 - Total jitter from the eye diagram

ジッタには R_j (ランダム・ジッタ) と D_j (デターミニスティック・ジッタ) の2種類があります。図2は R_j と D_j の合計です。データ・ストリームに図2のジッタ確率分布を効果的に加えることで、サンプリングの瞬間のデータ端を調整します。これは図3(データ変遷ポイント上に確率ヒストグラムを重ね書きした理想的なアイ・ダイアグラム)で例証されます。

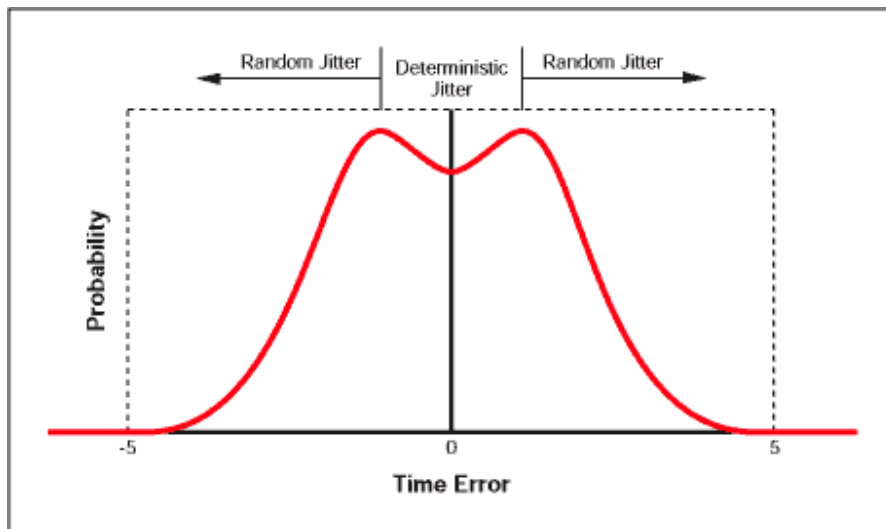


図 2 - Histogram showing deterministic and random components

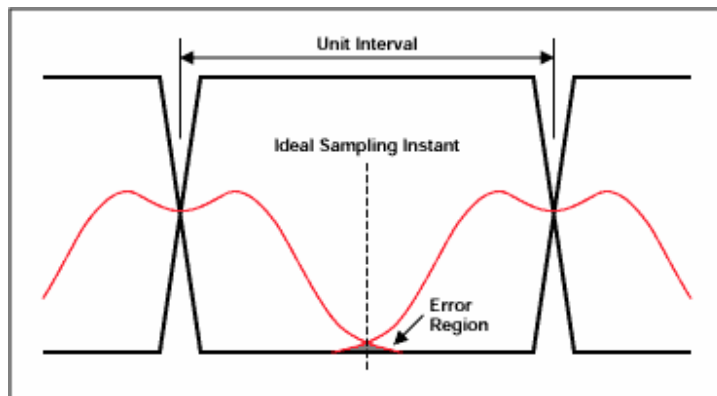


図 3 - Ideal eye diagram with data transition time probability histograms

OptiSystem では、図 1 で示されるように、ジッタのデターミニスティック成分とランダム成分を示すヒストグラムを生成するために、Eye Diagram Analyzer のヒストグラム機能を使用することができます。

図4は、ジッタ測定の実験のデモンストレーションのために作成したシステムレイアウトです。レイアウトの最初の部分は送信機です。「PRBS Generator」と「NRZ Pulse Generator」によって10GB/sの信号が生成されます。「Electrical Jitter」を使用することで、Djを信号に追加し、「Noise Source」によってRjを追加します。

「Electrical jitter」コンポーネントの *Jitter amplitude* は 0.2UI で、「Noise Source」の *PSD*(パワーのスペクトル密度) は -100dBm/Hz です。

「Eye Diagram Analyzer」での可視化の前に、「Low Pass Bessel Filter」で信号の雑音帯域幅を制限します。ヒストグラム測定には多くのサンプル数および *Samples per bit* (1つのビット当たりのサンプル数)が必要となります。

このレイアウトでは、*Sequence length* は 2048ビット、*Samples per bit* は 256 です。総サンプル数は 524288 となります。図 5 はこれらのパラメータの設定画面です。

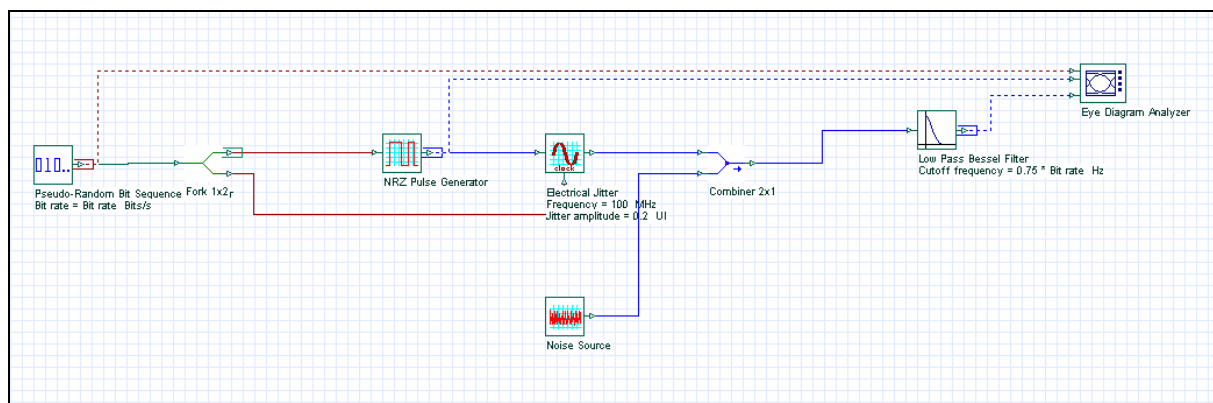


図 4 - System layout

Layout 1 Parameters

Label: Layout 1

Simulation | Signals | Spatial effects | Noise | Signal tracing

| Name | Value | Units | Mode |
|--------------------|-------------------------------------|--------|--------|
| Simulation window | Set bit rate | | Normal |
| Reference bit rate | <input checked="" type="checkbox"/> | | Normal |
| Bit rate | 10000000000 | Bits/s | Normal |
| Time window | 2.043e-007 | s | Normal |
| Sample rate | 2560000000000 | Hz | Normal |
| Sequence length | 2048 | Bits | Normal |
| Samples per bit | 256 | | Normal |
| Number of samples | 524288 | | Normal |

Buttons: Add Param..., Remove Par..., Edit Param..., Help

Electrical Jitter Properties

Label: Electrical Jitter Cost\$: 0.00

Main | Simulation

| Disp | Name | Value | Units | Mode |
|-------------------------------------|------------------|-------|-------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Frequency | 100 | MHz | Normal |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Jitter amplitude | 0.2 | UI | Normal |

Noise Source Properties

Label: Noise Source Cost\$: 0.00

Main | Simulation | Noise | Random numbers

| Disp | Name | Value | Units | Mode |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | PSD | <input checked="" type="checkbox"/> | | Normal |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Noise power | -100 | dBm | Normal |

Buttons: Load..., Save As..., Security..., Help

図 5 - Layout parameters

シミュレーション実行後、「Eye Diagram Analyzer」をダブルクリックし、*Color Grade* と *Invert Colors* オプションをc
チェックすると、図6と同じアイ・ダイアグラムが表示されます。

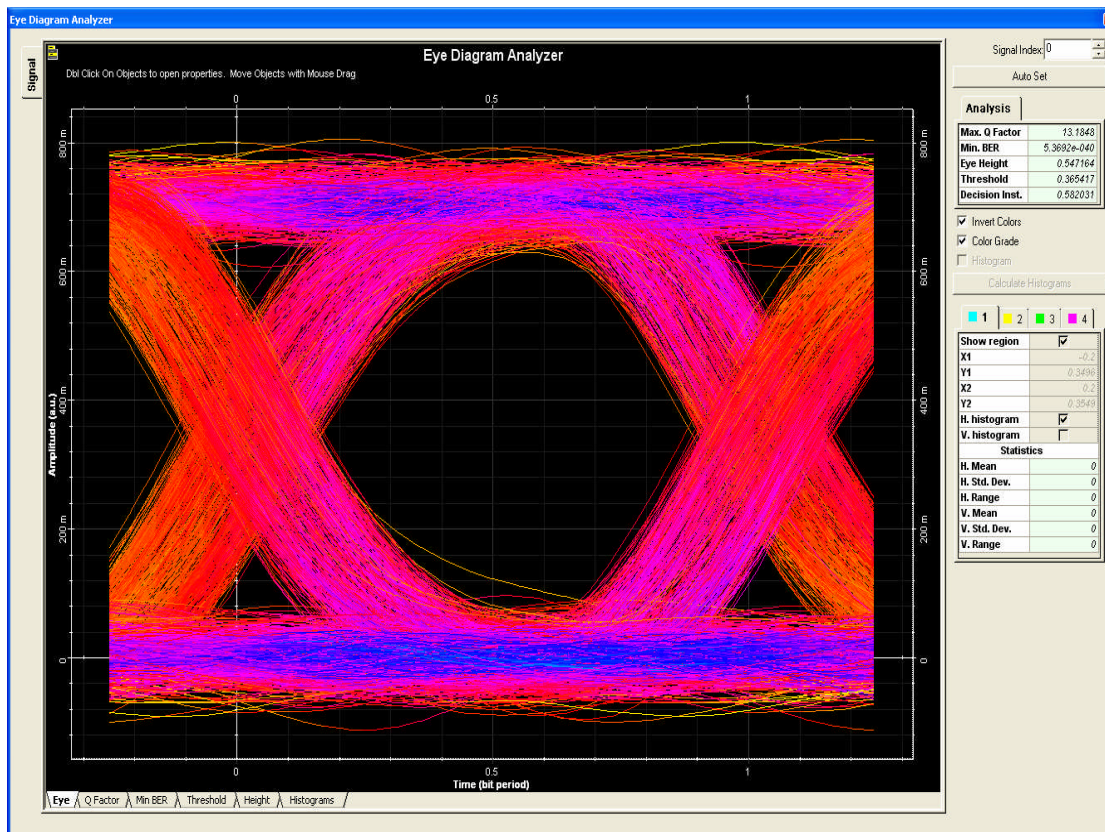


図 6 - Eye diagram from the system layout

タイムヒストグラムの作成

ヒストグラムを作成するファーストステップとして、データ抽出とヒストグラム分析のために領域を定義します:

「Eye Diagram Analyzer」で、*Histograms* タブを選択し、*Histogram* のチェックボックスを有効にします。

Show region を有効にします。

解析のために領域を定義します。ここではアイの交点付近を長方形で囲みます。

- X1 = -0.2
- Y1 = 0.3496
- X2 = 0.2
- Y2 = 0.3549

Calculate Histograms をクリックすると、アイ・ダイアグラムの交点上に最初の領域が表示されます。(図 7)

H. histogram を有効にし、*Calculate Histograms* をクリックすると、結果が表示されます(図 8)。

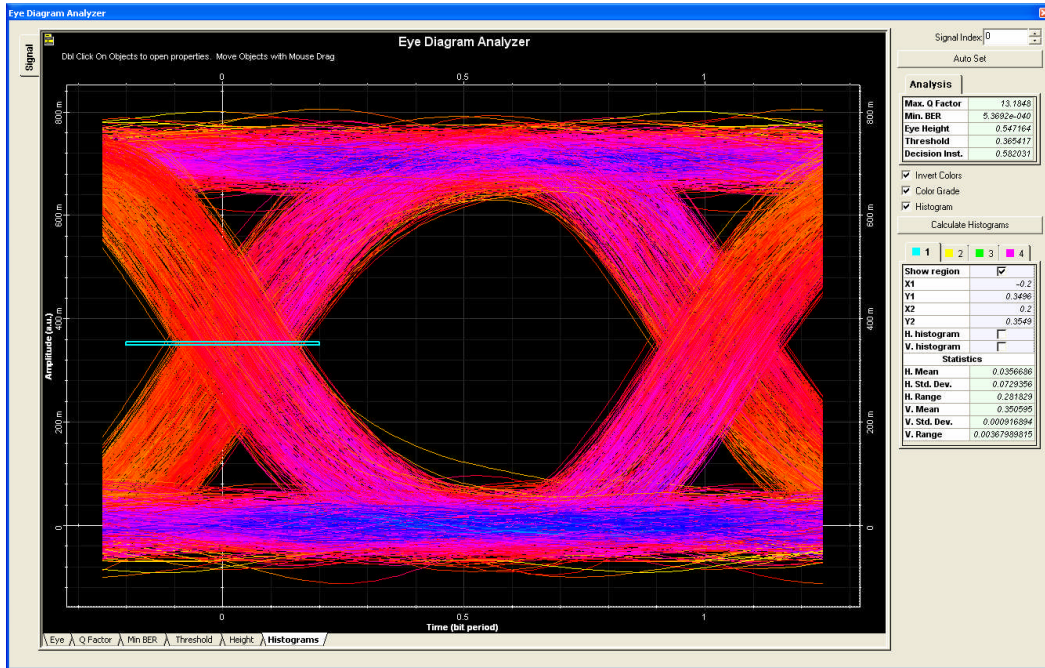


図 7 - Histogram region

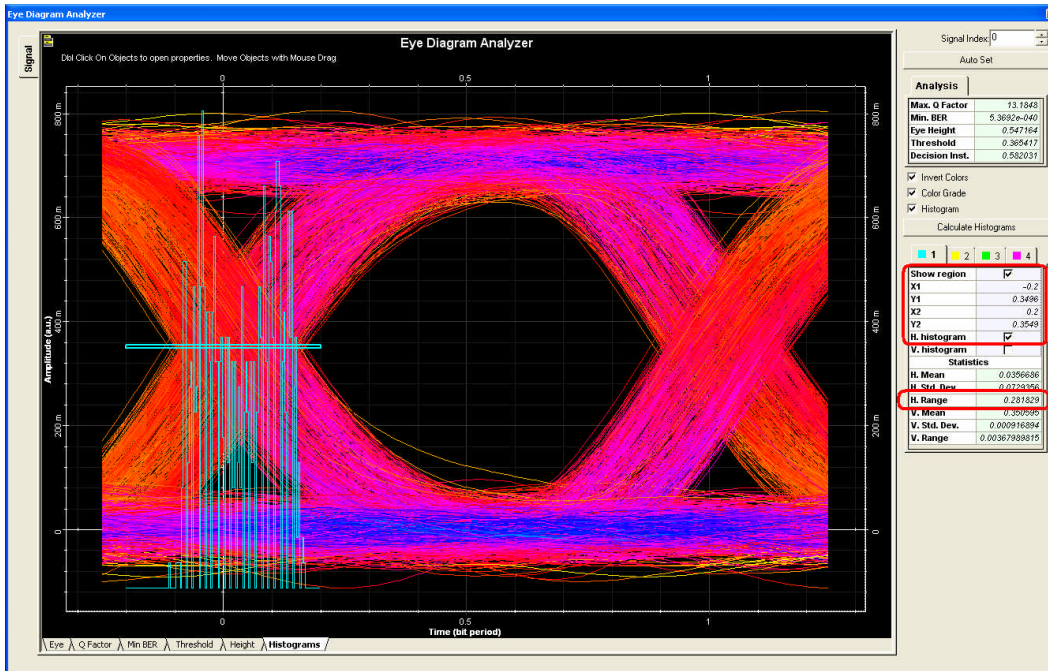


図 8 - Horizontal histogram plot

ジッタ成分の測定

図 1 に従って、トータルジッタはヒストグラムレンジで表され、そして、**Dj** は水平ヒストグラムのピークからピークで表され、**Rj** はそれらの差で表されます。

トータルジッタは「Eye Diagram Analyzer」で **H. Range** (0.28 UI) として表示されます。

マーカーを使用して、ヒストグラムから **Dj** を測定することができます。ヒストグラムの 2 つのピークにマーカーを配置してください。それらの差が **Dj** を表します。そして以下の式に従って、手動で **Rj** について計算することができます；

$$\text{Random Jitter} = \text{Total Jitter} - \text{Deterministic Jitter}$$

この例では、**Dj** は 0.16UI、**Rj** は 0.12UI です(図 9)。

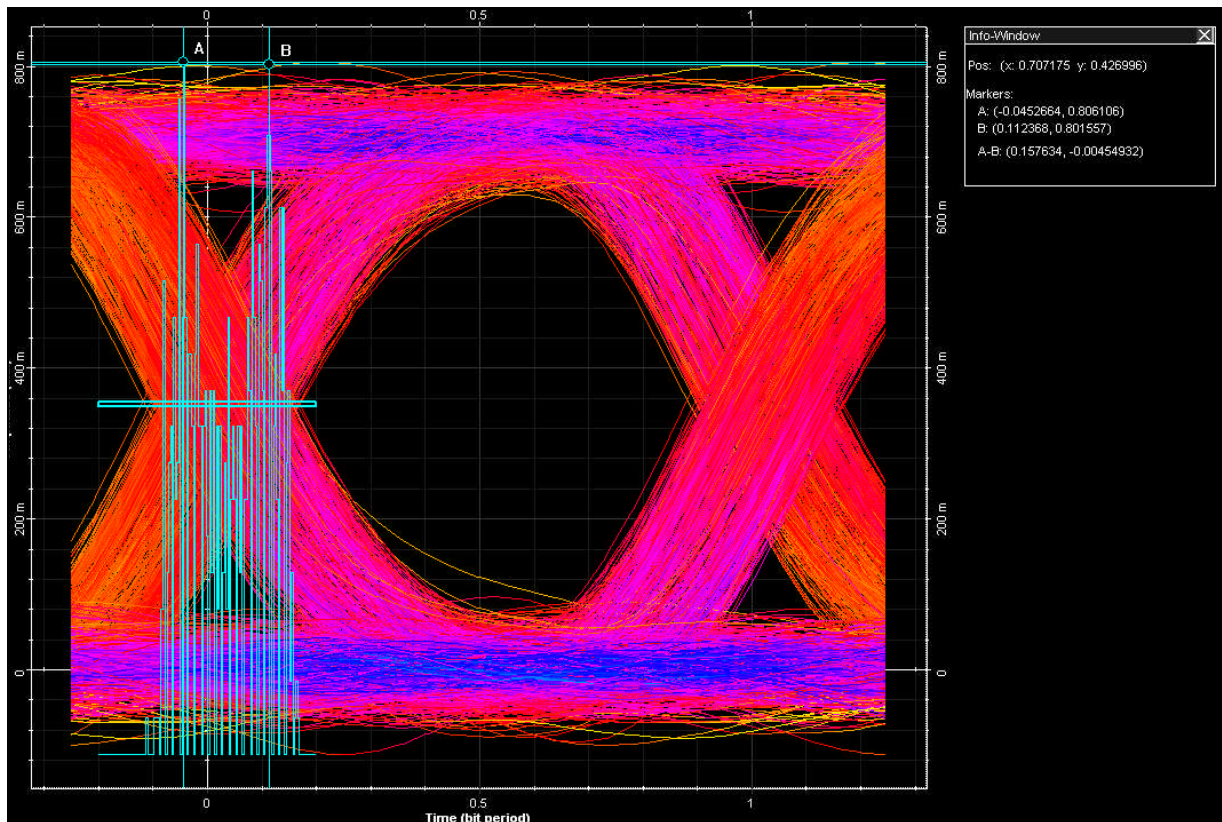


図 9 - Using markers to measure deterministic jitter

本測定方法の妥当性の検証

信号雑音の値を減少させることによって、 R_j のレベルが減少するのを確認できます、そして、トータルジッタの値は D_j の値と等しくなります。図 10 は「Noise source」を無効にした後の信号の水平ヒストグラムを示します。ピークからピークの値はヒストグラムレンジと同じになります。

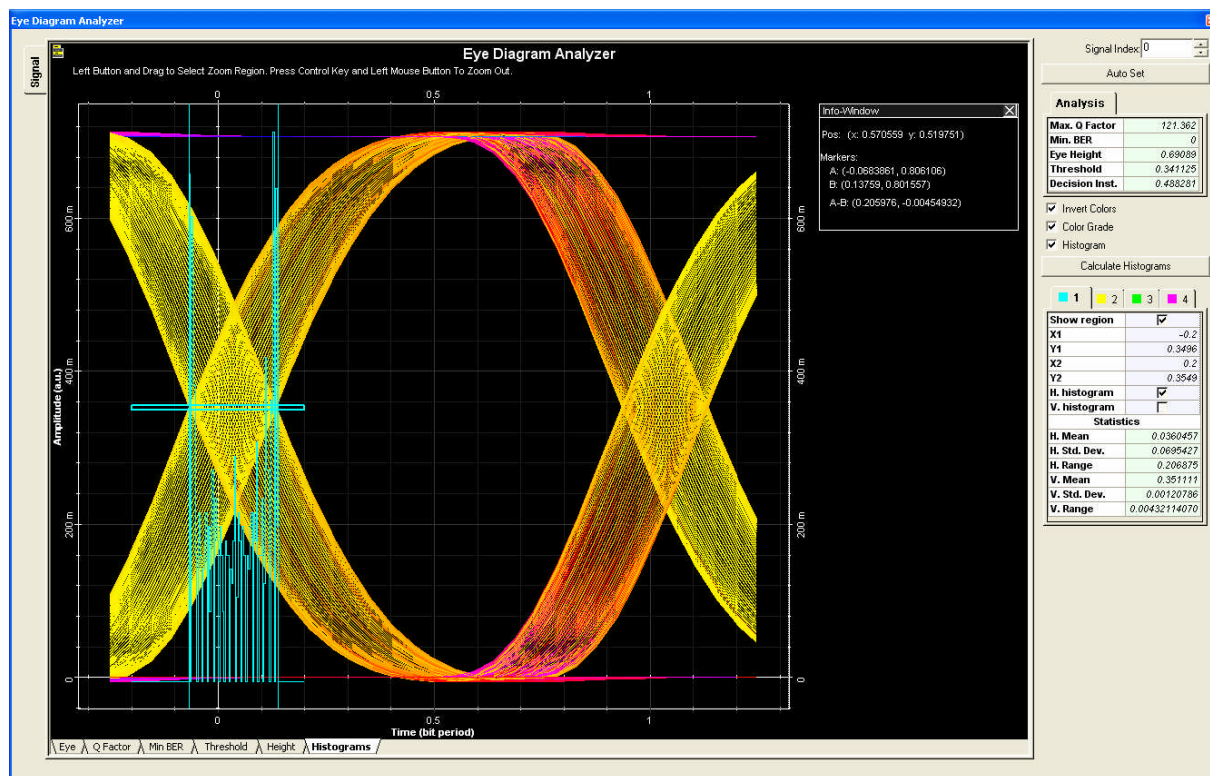


図 10 - Deterministic is the total jitter

結論

ヒストグラムを使うことで、OptiSystem で D_j , R_j 成分を評価することができます。トータルジッタだけであれば、「Eye Diagram Analyzer」に表示されるヒストグラムレンジを参照するだけで評価可能です。ジッタ測定に関するより詳しい情報につきましては、以下をご参照下さい。

MAXIM application note 1916 “An Introduction to Jitter in Communications Systems” and to Agilent’s White Paper “Jitter Analysis: The dual-Dirac Model, R_j/D_j , and Q-Scale”