

FlexRay 物理層信号波形解析 SI Voting Procedures

SB5000 series Vehicle Serial Bus Analyzer



Introduction

次世代車載ネットワークプロトコル“FlexRay”については、現在、FlexRayコンソーシアム(FRC)を中心に、規格の最終決定、評価基準の策定が行なわれている。信号物理層の解析方法や基準の策定は、その中でも重要なテーマである。これに関連し、FRCのPhysical Layer Working Groupの要求に基づいた解析方法である、SI Voting Proceduresについて述べる。

“SI Voting Procedures” とは?

SI Voting Proceduresとは、FRCのPhysical Layer Working Groupからの要求内容に基づいた、FlexRayバスポートロジ内での物理層信号品質の解析方法であり、バスドライバ(BD)の品質と障害に対する堅牢性を定量的に評価する試験方法である。

詳細は後述するが、本試験では、FlexRayバスの差動信号(ビット)の形状を、いくつかの評価基準に従って計測する。試験対象は、パターンが規定された連続したビットデータ列である。

SI Voting Proceduresを用いれば、様々なセットアップの方法を考慮して信号の形状を計測し、そのトポロジが動作可能であるかどうかを見極めることができる。

なぜ SI Voting Procedures が必要なのか?

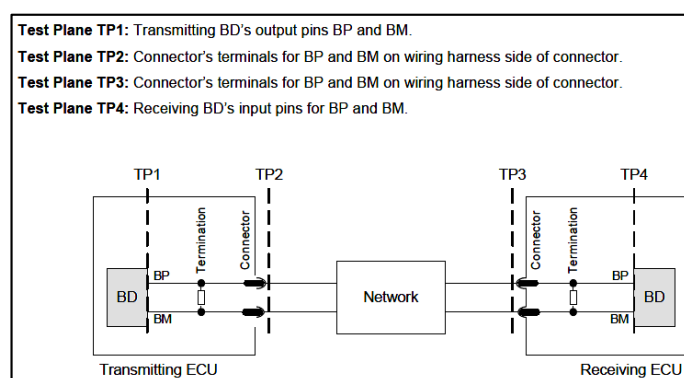
FlexRay物理層信号の解析には、従来からアイダイアグラムテストが規定されている。

ところが、パッシブネットワークに適用されたアイダイアグラムテストでは、支障なく通信ができるにも関わらず、反射の影響で試験に不合格になるケースがある。SI Voting Proceduresはこの問題を切り離して考え、FlexRay物理層を効率的に評価するものである。

アイダイアグラムテストを“Primary Test”、SI Voting Proceduresを物理層に対する“Secondary Test”と位置づけ、アイダイアグラムテストで不合格となった場合、その原因を絞り込む目的等でSI Voting Procedures試験を実施する。

解析(試験)方法と判定基準

SI Voting Proceduresは、FlexRayネットワーク Test Planes(図 1)として、TP1からTP4までの4箇所をテストポイントに定義している。



<図 1> テストポイント

出典：
FlexRay Communications System
Electrical Physical Layer Specification
Version 2.1 Revision B

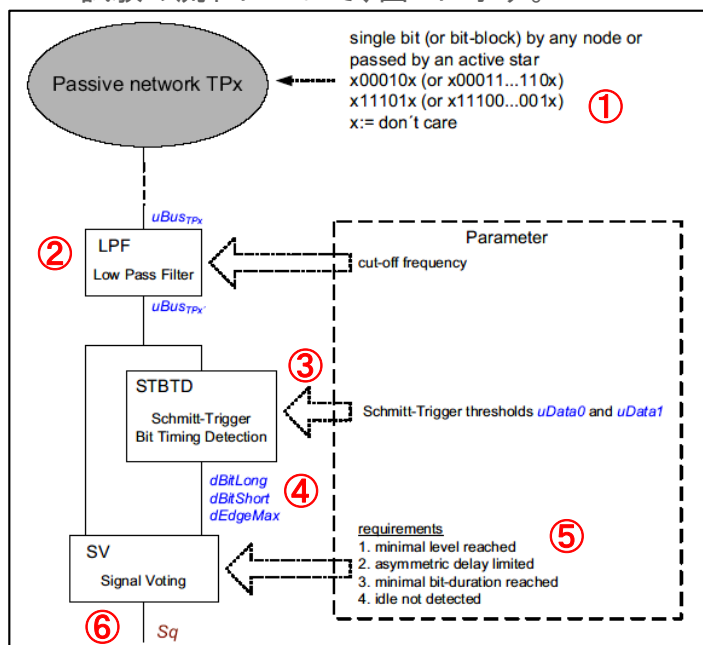
SI Voting Proceduresにおけるテスト基準（評価試験に合格するための条件）は、以下の4項目を全て満たすことである。

1. 信号の電圧レベルが十分に大きい（または小さい）か？
2. ビット波形の非対称性が許容範囲内か？
3. ビット長が基準以上か？
4. アイドル（注1）は検出されないか？

注1:

uData1(max) = 300mV と、
uData0(min) = -300mVの間に、信号レベルが最小アイドル時間50ns以上停滞してはならない。

試験の流れについて、図 2に示す。



<図 2>シグナルインテグリティモデル（シングルビット）

① パッシブネットワークにおいて、以下の2種類のパターンパルス（FlexRayの差動信号）をテスト信号（uBustpx）とする。

X00010x
x11101x
(x: Don't care)

② 信号（uBustpx）に対して、ローパスフィルタ（注2）をかける。

注2:

1次のローパスフィルタ、
Cutoff Frequency=14MHz(-3dB)

③ フィルタ後の出力信号（uBustpx'）を“Schmitt Trigger”のスレシールド基準ごとにビット長を計測する。
“Schmitt Trigger”のスレシールド基準（値、組み合わせ）を、図 3に示す。
また、出力信号（uBustpx'）のエッジ立ち上がり時間（dEdge01）、立ち下がり時間（dEdge10）を計測する。計測方法を、図 4に示す。

④ ③で計測されたビット長のうち、最短ビット長（dBitShort）、最長ビット長（dBitLong）、および、Slowest edge（dEdgeMax : dEdge10またはdEdge01の長い方、図 4参照）を求める。

⑤ ①から④までに求めたパラメータが、以下の条件を満たすことを判定する。

1. 信号のレベルが十分に大きい（または小さい）こと
（uBustpx'の最大値が規定値“uData1Top”以上、または最小値が規定値“uData0Top”以下であること）
2. 非対称性が許容範囲内であること
（“dBitLengthVariation”: dBitLong – dBitShort が、規定値“dBitLengthVariation Max”以下であること）
3. 最小ビット長が基準以上であること
（“dBitShort”が、規定値“dBitMin”以上であること）
4. アイドルが検出されないこと
（dEdgeMaxが、規定時間“dIdleDetectionMin”以上であること）

BEHAVIOR bit-length	Single target bit x00010x	Single target bit x11101x	Duration of one single <i>Data_0</i> or <i>Data_1</i> bit measured at different thresholds.		
3 inverted bits before and one inverted bit after the monitored bit are required at least					
	<i>uData1</i>	<i>uData0</i>	<i>uData0</i>	<i>uData1</i>	
	300mV	-300mV	-300mV	300mV	<i>dBit</i> ₃₀₀₋₃₀₀
	300mV	-270mV	-270mV	300mV	<i>dBit</i> ₃₀₀₋₂₇₀
	270mV	-300mV	-300mV	270mV	<i>dBit</i> ₂₇₀₋₃₀₀
	270mV	-240mV	-240mV	270mV	<i>dBit</i> ₂₇₀₋₂₄₀
	240mV	-270mV	-270mV	240mV	<i>dBit</i> ₂₄₀₋₂₇₀
	240mV	-210mV	-210mV	240mV	<i>dBit</i> ₂₄₀₋₂₁₀
	210mV	-240mV	-240mV	210mV	<i>dBit</i> ₂₁₀₋₂₄₀
	210mV	-180mV	-180mV	210mV	<i>dBit</i> ₂₁₀₋₁₈₀
	180mV	-210mV	-210mV	180mV	<i>dBit</i> ₁₈₀₋₂₁₀
	180mV	-150mV	-150mV	180mV	<i>dBit</i> ₁₈₀₋₁₅₀
	150mV	-180mV	-180mV	150mV	<i>dBit</i> ₁₅₀₋₁₈₀
	150mV	-150mV	-150mV	150mV	<i>dBit</i> ₁₅₀₋₁₅₀
	180mV	-180mV	-180mV	180mV	<i>dBit</i> ₁₈₀₋₁₈₀
	210mV	-210mV	-210mV	210mV	<i>dBit</i> ₂₁₀₋₂₁₀
	240mV	-240mV	-240mV	240mV	<i>dBit</i> ₂₄₀₋₂₄₀
	270mV	-270mV	-270mV	270mV	<i>dBit</i> ₂₇₀₋₂₇₀

<図 3> Signal Voting –ビット長計測

BEHAVIOUR edge- duration			Determination of edge durations	
	<i>uData1Max</i>	<i>uData0Min</i>	<i>dEdge10</i>	<i>dEdge01</i>
	<i>uData1Max</i> = 300mV	<i>uData0Min</i> = -300mV	<i>dEdge10</i>	<i>dEdge01</i>

<図 4> Signal Voting –エッジの立ち上がり(下がり)時間測定

- ⑥ ⑤の結果として全ての条件を満たす場合、合格(Sq=pass)
- ⑤の結果として1つでも条件を満たさない場合、不合格(Sq=Fail)と判定する。

各パラメータを、図 5、図 6にまとめて示す。

<i>dBitLengthVariation</i>	detected length variation
<i>dBitLengthVariation Max</i>	allowed maximal length variation
<i>dBitMin</i>	allowed shortest Bit at TP4_BDI (e.g. limited by the properties of the CC)
<i>dBitLong</i>	shortest detectable duration of one bit
<i>dBitShort</i>	longest detectable duration of one bit
<i>uBusTPx</i>	differential voltage at any test plane
<i>uBusTPx</i>	filtered differential voltage <i>uBusTPx</i>
<i>uData0Top</i>	required voltage <i>uBusTPx</i> to detect <i>Data_0</i>
<i>uData1Top</i>	required voltage <i>uBusTPx</i> to detect <i>Data_1</i>
<i>IdleDetectionMin</i>	minimal timeout to detect <i>Idle</i>
<i>dEdgeMax</i>	detected duration of the slowest edge
<i>Sq</i>	voted signal quality: "pass" or "fail" Fail: the signal shape does not meet the specified requirements Pass: the signal shape meets the specified requirements system specific individual additional voting states like e.g. "warning" are not defined

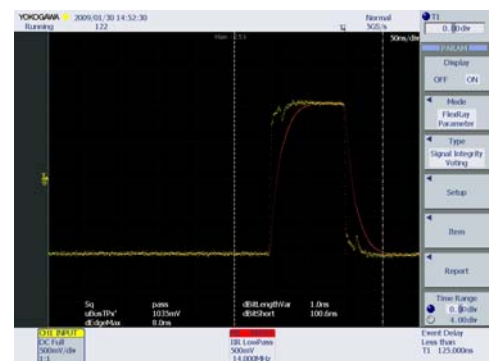
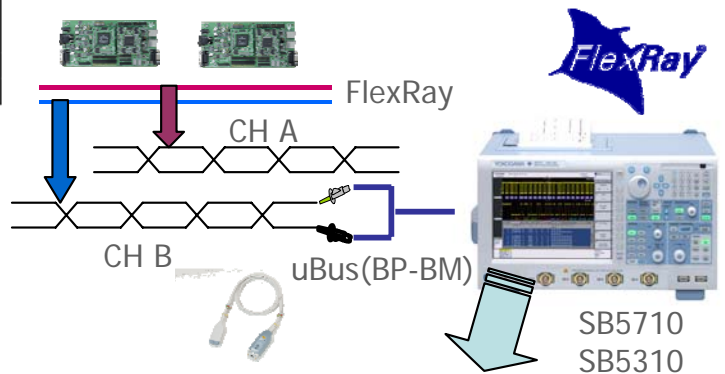
<図 5>パラメーター一覧

PARAMETER	<i>dBitLengthVariationMax</i>	Allowed maximal length variation 7ns
<i>dBitMin</i>		required minimum duration of the shortest bit at TP4_BDI: 69.95ns @ 10Mbit/s (*) 133.40ns @ 5.0Mbit/s (**) 260.30ns @ 2.5Mbit/s (***)
<i>uData0Top</i>		required level (top): -330mV
<i>uData1Top</i>		required level (top): 330mV
<i>IdleDetectionMin</i>		minimal timeout to detect <i>Idle</i> : 50ns

<図 6>パラメータ判定基準

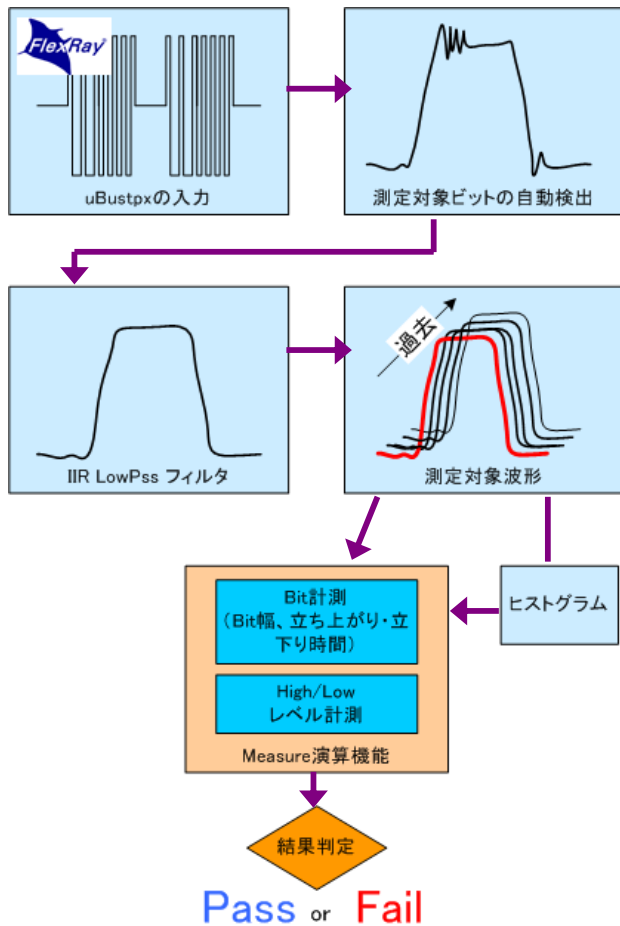
SB5710/SB5310を使った解析

ビークルシリアルバスアナライザ SB5710/SB5310(横河電機)を使用して、これまで述べてきた試験と判定を行なうことができる。それについて紹介する。



<図 7>ビークルシリアルバスアナライザ SB5710/SB5310(横河電機)での測定と解析

図 7に示すように、差動プローブを用いて uBus差動信号(uBustpx)を測定する。信号入力から解析・判定まで、SB5710/SB5310内部の処理の流れを、図 8に示す。



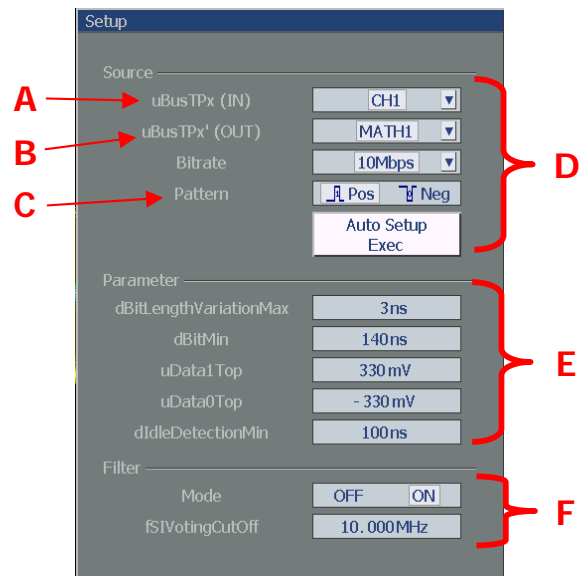
<図 8> SI Voting 解析フローチャート (SB5710/SB5310)

ビットレートやテストパターンパルスなどの条件を指定すれば、それに従って対象ビットを自動で検出(トリガ検知)することができる。内部演算機能(IIR、一次のローパスフィルタ)でフィルタリングされた波形(uBustpx')を演算波形として表示する。オリジナル波形(uBustpx)とフィルタリングされた波形(uBustpx')を同時に表示する。

パラメータ測定機能で、対象ビットの幅(dBit)、立ち上がり(dEdge01)、立ち下がり(dEdge10)、uBustpx'の最大値または最小値を求め、前述の4項目を判定し、判定結果(Sq)とともに表示する。

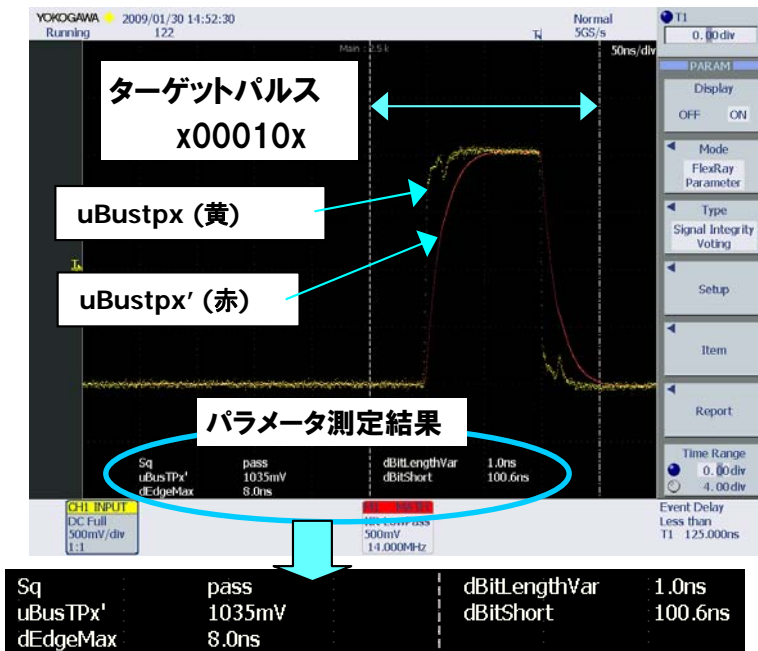
対象のパターンパルスが捕捉されるたびに、以上の解析・判定をリアルタイムで実行する。

図 9に示すセットアップ画面において、解析のソース信号の条件(A, B, C)を選択するだけで、解析に必要な条件が自動設定される。



<図 9> SB5710/SB5310 セットアップメニュー

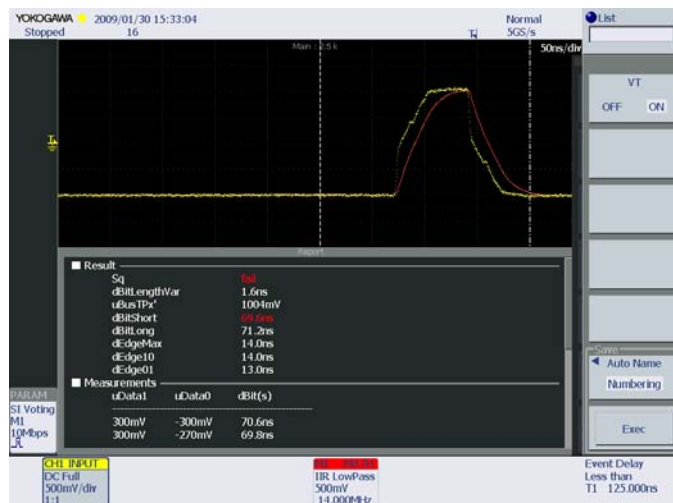
- A: uBustpx: ソース信号
- B: uBustpx': ローパスフィルタをかけた後の信号(解析対象波形)
- C: テストパターンパルスの選択
- D: 上記 A, B, Cをそれぞれ選択し、“Autosetup Exec”を選択(実行)すると、“E”に示される各パラメータが自動で設定され、図 10に示すようにターゲットパルスが自動で捕捉・表示される。(Figure 10の例: Pos(X00010x))
- E: これらの設定値は、必要に応じて変更可能。
- F: ローパスフィルタは、ON/OFF切替可能。また、カットオフ周波数も必要に応じて変更可能。



<図 10> 解析例

図 2 ⑥の判定結果 (Sq) および⑤の各パラメータ測定結果は、図 11 のようにレポート表示される。

- G: 判定結果が "Fail" の場合, その原因であるパラメータが赤字で表示される。図 11 の例では, dBitShort が規定値に未達のため, Fail と判定されていることが分かる。
- H: "Schmitt Trigger" の測定結果が表示され, 捕捉・解析の度にリアルタイムで更新される。最大値, 最小値には, 図 11 で示すように矢印が表示される。



<図 12> 波形とレポートの同時表示例

Result		
Sq	fail	
dBitLengthVar	1.6ns	
uBusTPx'	1004mV	
dBitShort	69.6ns	
dBitLong	71.2ns	
dEdgeMax	14.0ns	
dEdge10	14.0ns	
dEdge01	13.0ns	

} G

Measurements		
uData1	uData0	dBit(s)
300mV	-300mV	70.6ns
300mV	-270mV	69.8ns
270mV	-300mV	71.2ns
270mV	-240mV	69.8ns
240mV	-270mV	71.0ns
240mV	-210mV	69.6ns
210mV	-240mV	71.2ns
210mV	-180mV	69.8ns
180mV	-210mV	71.0ns
180mV	-150mV	69.6ns
150mV	-180mV	71.0ns
150mV	-150mV	70.2ns
180mV	-180mV	70.4ns
210mV	-210mV	70.4ns
240mV	-240mV	70.4ns
270mV	-270mV	70.4ns

} H

<図 11> Report 表示例

波形とレポートは、図 12 のように同時に表示できる。また、レポートは csv 形式のファイルとしてセーブできる。(図 13)。

	A	B	C	D	E
1	Measure Type	Signal Integrity Voting			
2	Model Name	SB5000			
3	Model Version	9.99			
4	Result				
5		Sq	fail		
6		dBitLengthVar	1.60E-09 s		
7		uBusTPx'	1.00E+00 V		
8		dBitShort	6.96E-08 s		
9		dBitLong	7.12E-08 s		
10		dEdgeMax	1.40E-08 s		
11		dEdge10	1.40E-08 s		
12		dEdge01	1.30E-08 s		
13	Measurements				
14		uData1	uData0	tdBit	
15		300mV	-300mV	7.06E-08 s	
16		300mV	-270mV	6.98E-08 s	
17		270mV	-300mV	7.12E-08 s	
18		270mV	-240mV	6.98E-08 s	
19		240mV	-270mV	7.10E-08 s	
20		240mV	-210mV	6.96E-08 s	
21		210mV	-240mV	7.12E-08 s	
22		210mV	-180mV	6.98E-08 s	
23		180mV	-210mV	7.10E-08 s	
24		180mV	-150mV	6.96E-08 s	
25		150mV	-180mV	7.10E-08 s	
26		150mV	-150mV	7.02E-08 s	
27		180mV	-180mV	7.04E-08 s	
28		210mV	-210mV	7.04E-08 s	
29		240mV	-240mV	7.04E-08 s	
30		270mV	-270mV	7.04E-08 s	
31					

<図 13> レポートファイル例 (csv 形式)

解析のための キーテクノロジー (SB5710/SB5310)

以上述べてきた、ビークルシリアルバスアナライザSB5710/SB5310のキーテクノロジーを、以下に紹介する。

1. 解析と判定を、高速かつリアルタイムで実行

横河電機が独自に開発した信号処理ICであるADSE(Advanced Data Stream Engine)により、ローパスフィルタ処理、パラメータ測定から結果判定まで高速リアルタイムに実行する。また、画面更新(トリガレート)も高速(約19Hz, 10Mbps時、注3)であるため、目的のテストパターンパルス信号を確実に捕らえられる。

注3: 参考値
(保証するものではありません。)



ADSE (Advanced Data Stream Engine)

2. 優れたユーザーインターフェース

解析のために必要な項目を自動でセットアップする"Auto Setup機能"を搭載している。各パラメータの設定状況を一つの画面で確認したり、必要に応じてそれらの設定値をフレキシブルに変更することが出来る。

3. 詳細なレポート表示で、原因事象をスピーディーに把握

判定結果と、その根拠となる解析結果をレポートとして表示し、さらにそれをCSV形式でファイルセーブすることができる。

SB5710/SB5310 機能仕様詳細

セットアップ テストに必要な設定項目

ソース:

uBusTPx(入力): ローパスフィルタ(LPF)処理前のオリジナル信号

uBusTPx'(出力): 演算波形 Math1(M1) ~ Math4(M4)

LPF処理後の波形

(IIR 一次のローパスフィルタ演算処理された波形)

ビットレート : 10, 5, または 2.5 Mbpsから選択

テストパターン: Pos(x00010x) または Neg(x11101x)から選択

Auto Setup Exec: 信号捕捉と解析に必要な上記以外の項目を自動設定

パラメータ:

dBitLengthVariationMax: 設定範囲 1ns ~ 150ns

dBitMin : 設定範囲 60ns ~ 400ns

uData1Top : 設定範囲 300mV ~ 900mV

uData0Top : 設定範囲 -900mV ~ -300mV

dIdleDetectionMin: 設定範囲 20ns ~ 200ns

fSIVotingCutOff: LPFのカットオフ周波数
(設定範囲: 0.01Hz ~ 1GHz)

アイテム 解析結果の表示
テスト結果 : Sq(Pass/Fail)
パラメータ値: dBitLengthVariation
 /uBustpx'(Max or Min)
 [LPF演算波形の最大値または
 最小値]
 /dBitShort/dBitLong
 /dEdgeMax
 [MAX(dEdge01,dEdge10)]/
 dEdge10/dEdge01

レポート テスト結果のレポート表示
表示項目は、以下は通り。
1. 判定結果
 - Sq (Pass または Fail)
 - (判定Failの場合)原因となった
 項目
2. 測定項目
 - dBitLengthVariation/
 uBustpx'(Max or Min)
 /dBitShort/dBitLong/dEdgeMax
 /dEdge10/dEdge01/
 dBit

- ・レポート結果は、測定・解析を行なうたびにリアルタイムで更新される。
- ・レポート結果は、csv形式でファイルセーブ可能

(End of Document)

Yokogawa Electric Corporation
<http://www.yokogawa.co.jp/tm>



QUALITY ■ INNOVATION ■ FORESIGHT

