

1 USB 2.0 模板測試於數字示波器

2 R & S®RTO 應用說明

產品介紹： | R & S RTO | R & S RT-ZD30 / 40

本應用筆記詳細介紹如何按指定執行模版測試在通用串行總線規範中使用 R & S Digital 的文檔示波器 R & S RTO。

模板測試，也稱為眼圖測試，在上面引用的中定義文件作為電氣測試的一部分高速（HS）模式的描述在 480 Mbit / s。

用於眼圖分析 RTO 採集了波形數據官方 USB 實施者論壇（USB-IF）使用電氣測試工具。

USB(Universal Serial Bus)通用串列匯流排技術已被今天的市場所廣泛的接受並且大量的被使用在電腦與筆電等周邊裝置傳輸介面，面對日趨趨成熟的 USB2.0 實體層和電氣測試，羅德史瓦茲運用 RT01044 4GHz 即時示波器參與 USB2.0 在眼圖測試與官方的 USB 論壇（USB-IF 的）電氣測試工具的使用並加速 USB2.0 驗證與分析縮短產品上市的時間以及品質的保障。

USB2.0 的基本原理

USB2.0 是一種串列匯流排，使用四條線 Vbus，D+，D- 和接地。D+ 和 D- 傳送資料。Vbus 來自主機(Host)或者集線器(Hub)。

高速模式測試和設置總結 USB-IF USB2.0 電子測試規範(5)和測試重點項目如下：

<發射端測試>

1. 傳輸速率為 480 Mbit / s 的 $\pm 0.05\%$
2. 對一致性測試有不同的波罩測試規範
3. 上升時間與下降時間大於 500ps
4. 單調性測試

5. 輸出電壓為 400 mV 的 $\pm 10\%$ 時 D+或 D- 任一驅動高
6. 輸出電壓為 0 mV ± 10 mV 時 D+或 D- 任一不被驅動
7. 差分輸出阻抗為 90 歐姆 $\pm 10\%$

發射端測試須具備至少 2GHz 頻寬的示波器如 RT01024

<接收端測試>

1. 傳輸速率為 480 Mbit / s 的 $\pm 0.05\%$
2. 對一致性測試有不同的波罩測試規範
3. 接收數據中存在的共模電壓分量在 0.50 mV 至 500 mV 的範圍內
4. 接收端靈敏度測試(即從未收到封包)，接收器輸入低於 100mV 差分幅度
5. 接收端靈敏度測試，(即可靠接收封包)時，接收超過 150 毫伏差分幅度
6. 接收檢測數據傳輸，實現 DLL 鎖定，檢測結束 12bits 的時間內同步字段

對於接收端測試來說，信號源是必要的且用來驅動確認 USB 待測物的振幅

波罩試驗只需要在高速(HS)模式下進行，USB 2.0 章節 7.1.2.2 規範包括定義幾個波罩適合 HS 測試模式，這些試驗怎樣可以被使用 RTO 執行。

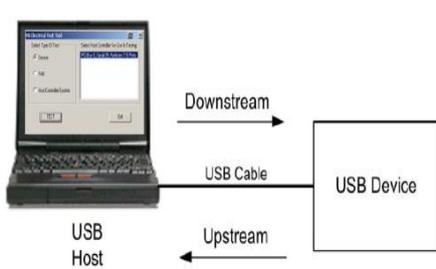


Figure 3: Down- and Upstream test

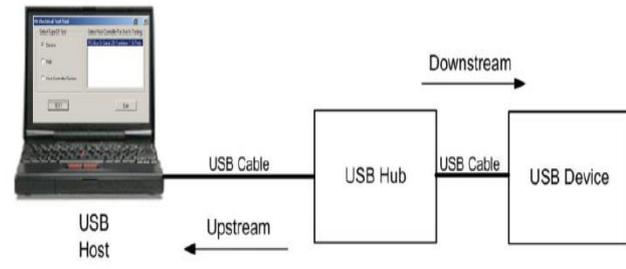
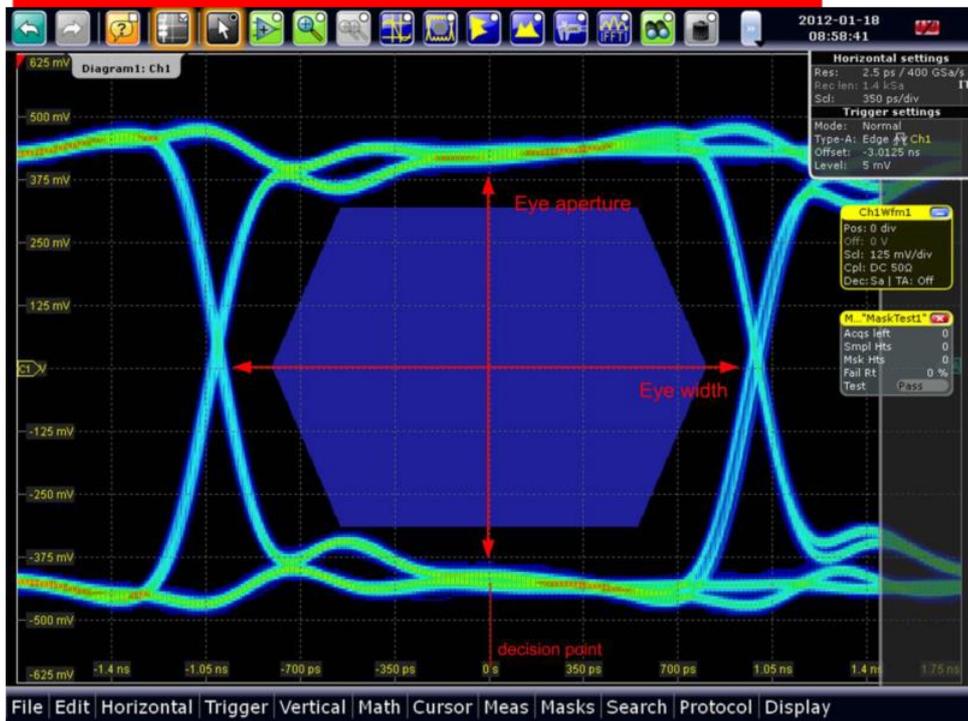
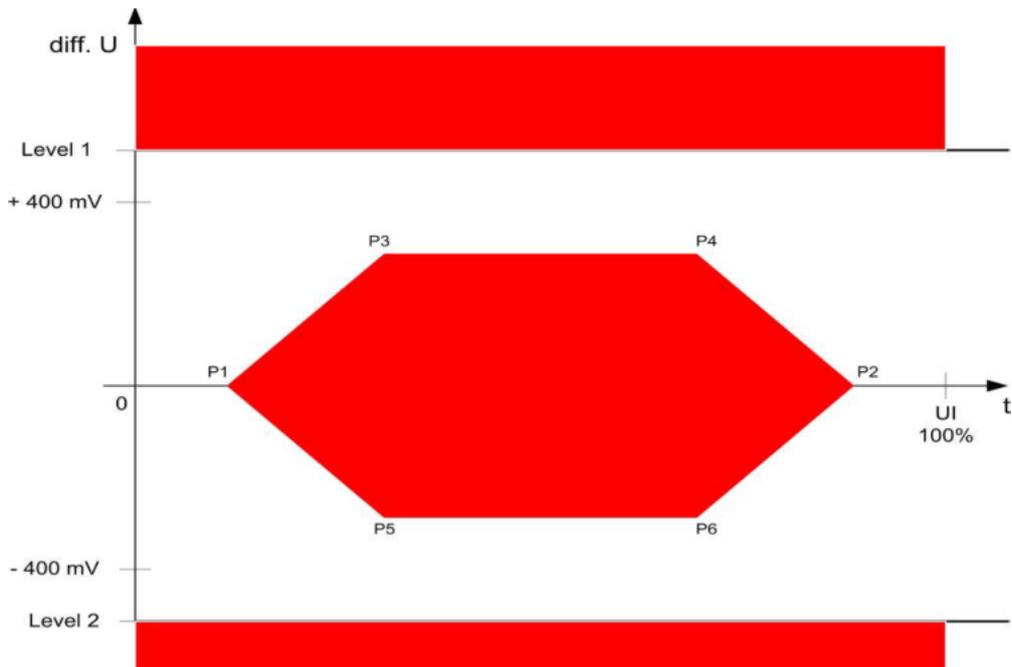


Figure 4: USB Hub Down- and Upstream test

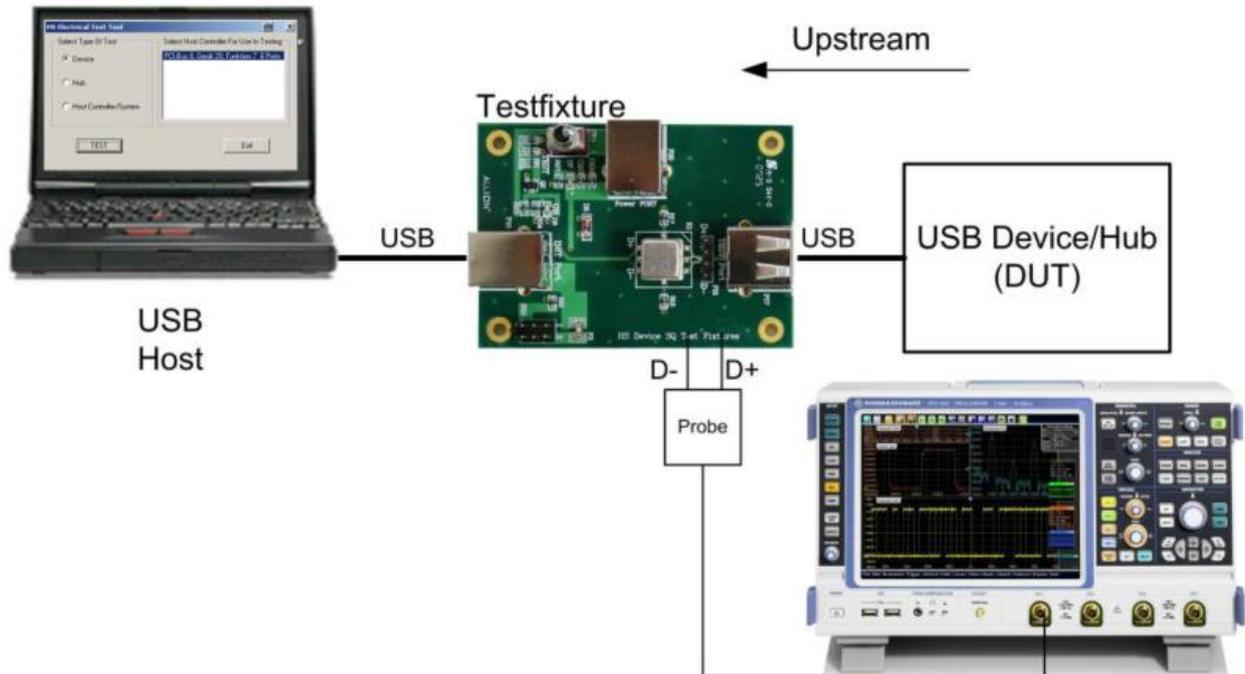
以下說明發射端的波罩測試：

執行 USB2.0 發射端波罩測試的硬體與軟體工具是必要的。以下的儀器和工具用於測量：

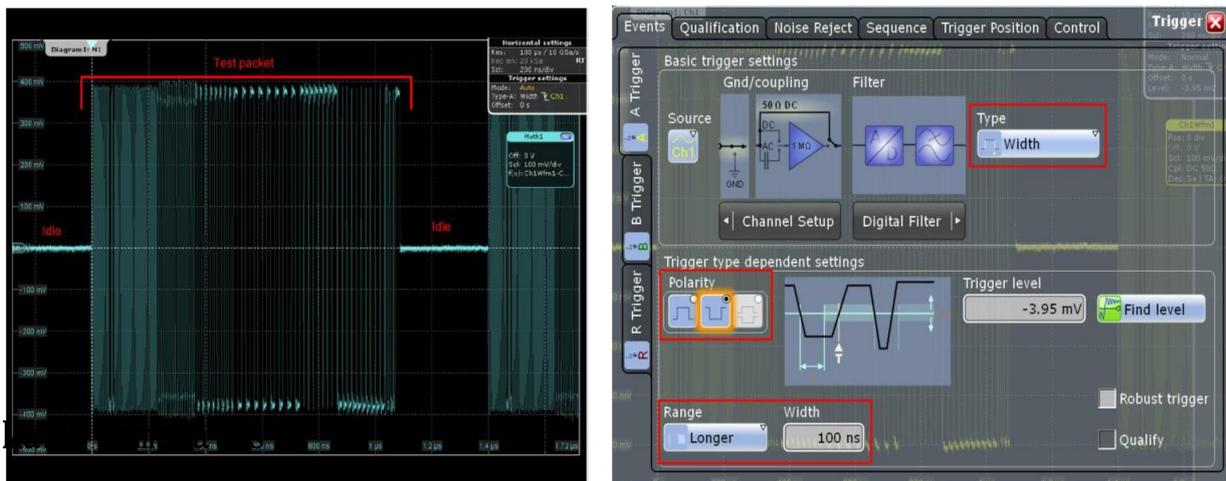
1. RTO 示波器 (RT01044, RT01022 或 RT01024)
2. 差分探頭 (RT-ZD40 或 RT-ZD30)
3. 測試夾具
4. 外部 PC (HS 電氣測試工具運行 USB.org)
5. USB.org Software and R&S RTO.csv Converter (<http://www.usb.org/developers/tools.>)



上行端口測試 (HS 設備信號品質測試)



直接連接到外部 PC 與安裝 HS 電氣的測試工具，測試夾具的 INIT 端口。RTO 是通過差分探頭連接到測試相應的數據線的 D+和 D-，與 DUT 連接到測試端口。
 至少有一個完整的測試包，需要捕獲以執行分析。為了實現這一目標，測量觸發之間的空間時間包（見圖）。按觸發硬鍵和“事件”選項卡設置觸發類型，寬度和極性負面。範圍設置較長調整寬度值>100 ns 的時間，直到一個穩定的波形出現的 RTO（半透明的對話框窗口，通過這個觀察）



為各個測量點定義不同的模板，即所謂的測試平面（TP），如圖 7 所示。用於 USB 規範模板的合規性驗證測試平面 TP2 和 TP3 的測試是必需的。TP1 和 TP4 的測量直接位於印刷電路板（PCB）上的收發器晶片上可選的。

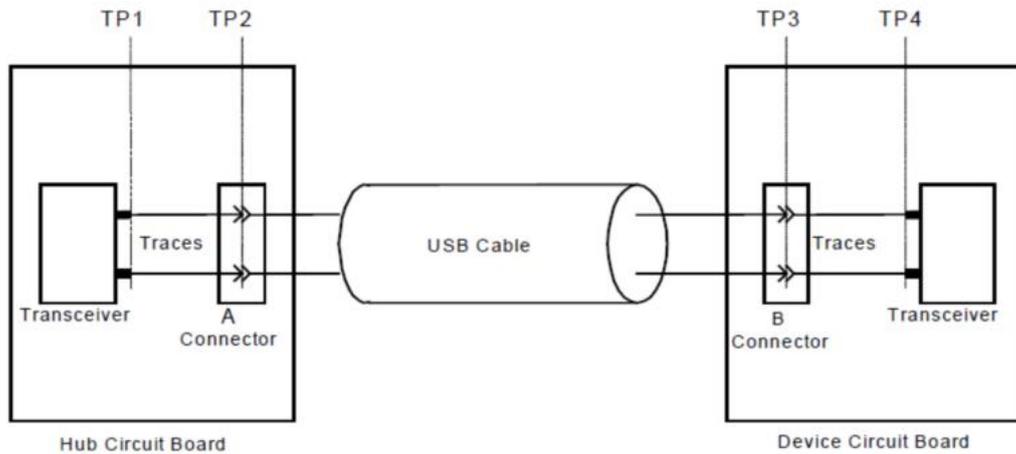


圖7：USB 2.0眼圖測試的測量點概述[1]：測試平面（TP）1到4

表 1 概述了 USB 2.0 規範中定義的六種不同模板。各種測試方向（發送或接收）以及 DUT 類型都不同（集線器或設備）。模板 1..4 對於合規性測試是必需的，模板 5 和 6 為設計工程師提供參考：

Overview Templates			
Template		Description	Mandatory
1	Transmit	Hub, measured at TP2 Device, measured at TP3 (without captive cable, "near end")	yes
2	Transmit	Device, measured at TP2 (with captive cable, "far end")	yes
3	Receiver	Device, signal applied at TP2	yes
4	Receiver	Hub, signal applied at TP2 Device, signal applied at TP3	yes
5	Transmit	Hub, measured at TP1 Device, measured at TP4	optional
6	Receive	Hub, signal applied at TP1 Device, signal applied at TP4	optional

Table 1: Overview of the six Eye Mask templates in accordance with the USB 2.0 Spec

USB發送模板也指定了最小和最大幅度限制作為開放的“眼睛”的限制。模板定義涵蓋動態測試發射機輸出端的信號行為，例如輸出電壓電平，超過/下衝，下垂，上升/下降時間和定時抖動。變送器設計的目標是具有寬開數據眼的信號，以確保通過數據傳輸可靠的數據帶寬受限的信號路徑，包括連接器，PCB通道和電纜。

USB接收模板指定最小和最大幅度限制和打開“眼睛”區域。然而，對於接收機測試，測試信號具有較小的邊際睜開眼睛來強調接收器並驗證它是否仍然能夠可靠地恢復傳輸的數據。

圖8顯示了USB

2.0模板的結構。內在的模板是由點P1到P6定義。模板的最大值和最小值幅度限制由1級和2級定義。內部模板

的時序點P1到P6被指定為單位間隔（UI）的百分比值。有點長，也稱為UI，在HS模式下對應於1/480 Mbit / s（2.08333 ns）。名義上的USB 2.0差分電壓為±400 mV。測試信號的所有位都必須在模板的“白色區域”內運行不違反模板的“紅色區域”。

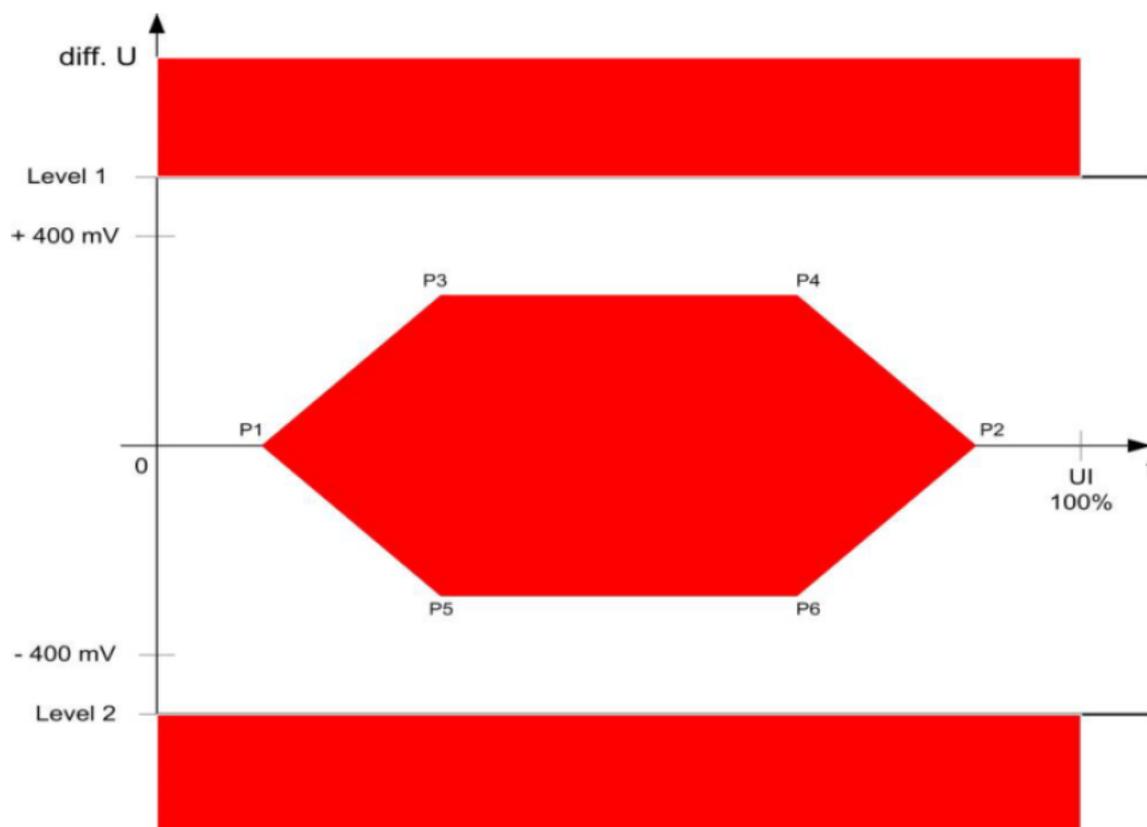


圖8：USB 2.0模板的示意圖。兩者，最低水平/ -

最大（在頂部和底部）模板以及內部的水平和時間（P1到P6）表1中列出的模板具有不同的值。測試數據包的所有位都不應違反模板的讀取區域。一個UI的持續時間對應於一個比特長度（名義上2.08333 ns）。

2. 使用RTO進行USB 2.0發送器模板測試

R&S®RTO 數字示波器是可靠信號的合適儀器完整性測量。由於其低，它提供高測量動態噪聲前端及其模擬數字轉換器（ADC），具有有效功能比特數（ENOB）> 7。

RTO 的另一個突出特點是它為所有輸入提供全帶寬靈敏度範圍，甚至低於 10 mV / div。

RTO 的數字觸發系統實時運行，因此減少了觸發抖動相當大，但也提高了觸發靈敏度。

RTO 每秒捕獲和分析多達一百萬個波形，即在數字示波器中是獨一無二的，因此可以快速檢測出罕見的信號偏差。

對於 HS 信號質量測試，USB 測試規範[5]定義了差分必須應用探頭接觸差分信號：

將 R&S 差分探頭 (RT-ZD30 或 RT-ZD40) 連接到 D +和 D 連接器在測試夾具上和 RTO 的通道 1 上。需要捕獲至少一個完整的測試包才能執行分析。為實現這一目標，測量是在 IDLE 時間之間觸發的數據包 (見圖 6)。按 Trigger 硬鍵並在 Events 選項卡中設置觸發類型為 WIDTH，極性為負。範圍設置為更長將寬度時間調整為 > 100 ns，直到 RTO 上出現穩定的波形 (通過半透明對話框窗口觀察)，如圖 15 所示下面。

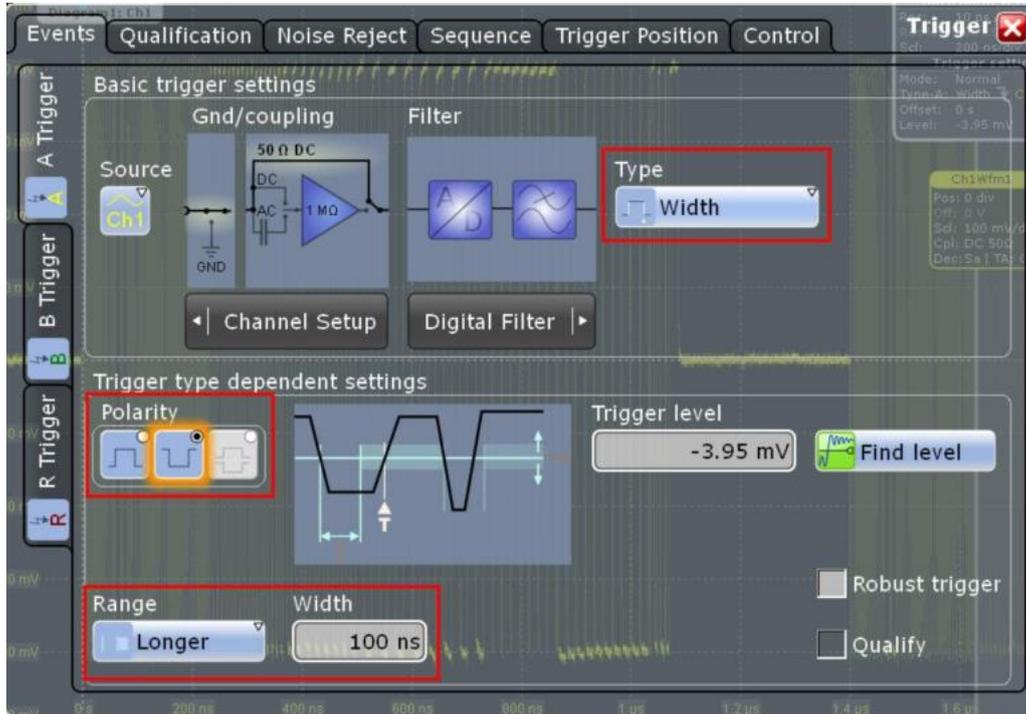


圖 15：USB 2.0 測試封包的觸發設置

調整水平刻度，至少可以看到一個完整的測試包屏幕如圖16所示。為實現這一點，將水平刻度設置為200 ns / div並將觸發位置更改為10%。由於標稱差分電壓水平USB為±400 mV，垂直設置為100 mV / div將成為最佳信號視圖。在保存波形之前，使用“RunSingle”運行單次觸發記錄。

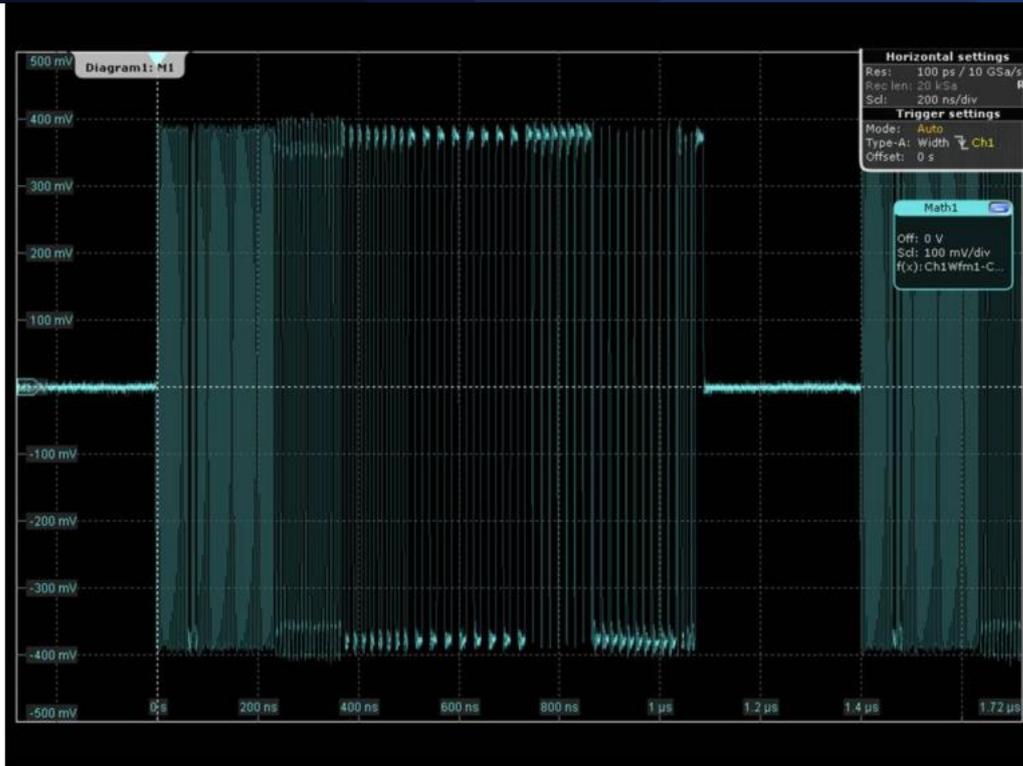


圖 16：RTO 上的 USB 2.0 測試封包的視圖

保存的波形數據（上面保存的兩個文件）必須轉換為官方USB.org提供的分析工具USB-IF

Electrical可以使用的格式測試工具。為此，Rohde & Schwarz提供RTO.csv轉換器。開始RTO上的轉換器或使用基於WINDOWS操作的PC系統。

分析工具還提供捕獲的測試包和計算的圖表Mask

Test如圖24所示。兩個圖表都另外保存在文件中圖形格式*.jpg。在帶有模板的眼圖中，您可以看到±400 mV的標稱電平

以及上升和下降位轉換。既不是內部模板也不是最大限度在這個例子中違反了。波形圖顯示捕獲的測試數據包和之間的空閒時間數據包。如果違反了模板限制，則會標記相應的數據點。

Signal Data and Eye

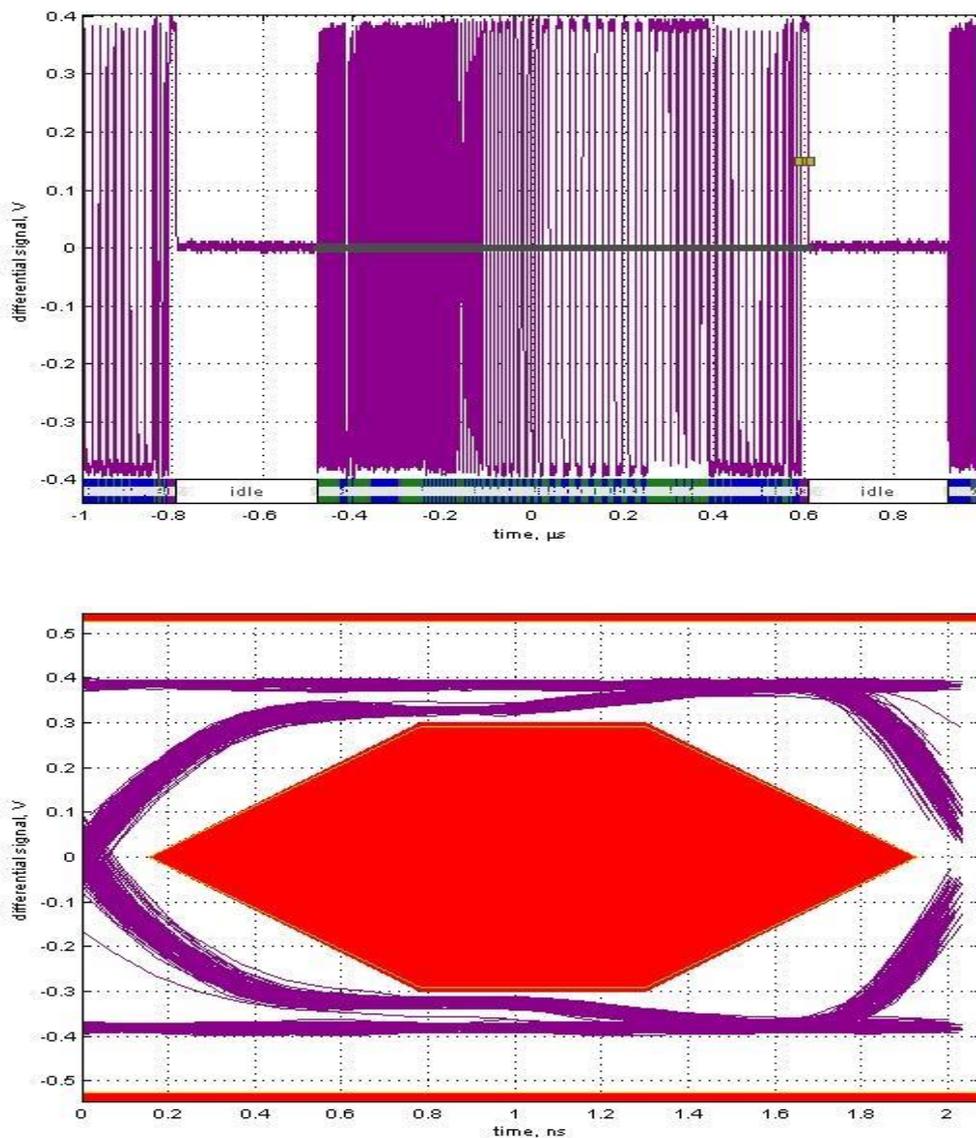
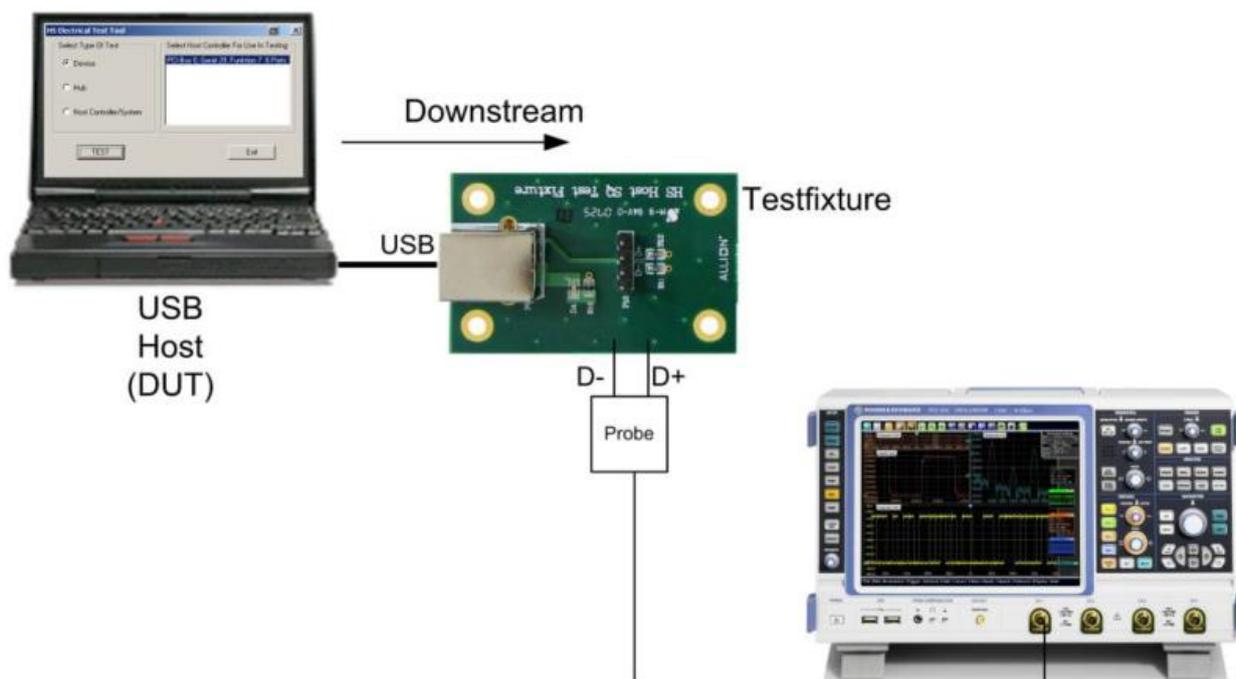
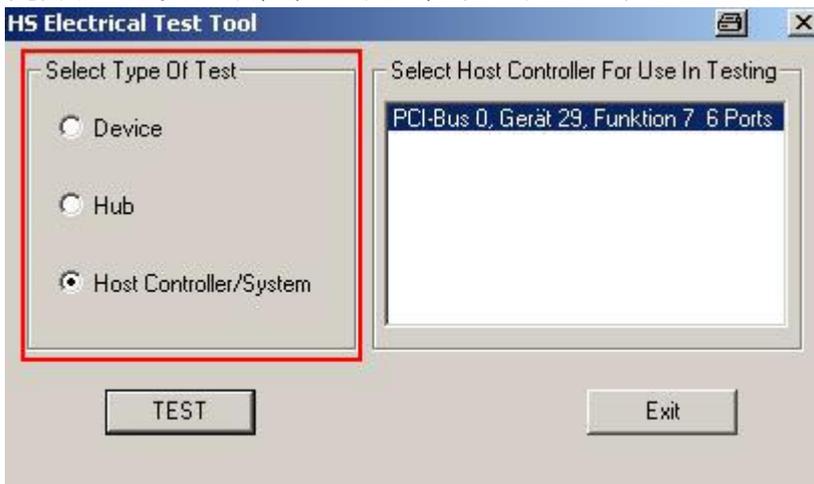


圖24：報告分析摘要文件，第2部分；圖片的上半部分顯示了獲得的標記了相應協議序列的波形；下圖顯示了計算結果眼圖與面具模板。在此示例中，不違反模板。

下行端口測試 (HS 設備信號品質測試)



下行測試的完整測試裝置與集線器作為 DUT 的下行端口。集線器的下行端口直接連接到測試夾具和主機 PC 的集線器的上行端口的 USB 端口。



本應用介紹了一個易於使用和大幅降低成本的有效途徑，為 USB 2.0 發射端與高性能的 R&S®RTO 的數位示波器在波罩測試結合的 R&S 的差分主動探棒和一個 USB 2.0 測試夾具。波罩測試是驗證信號完整性調試目的的有效工具或符合性測試潛在的問題，如緩慢的上升/下降時間，過衝，抖動或噪音可以檢測一目了然，滿足 USB 2.0 高速模式法規通過模板測試 USB2.0 模板必須執行[1]，[5]。

在 R&S®RTO 的數位示波器證明波形適當的儀器捕捉的信號保真度，高可靠的測量結果。官方的 USB 論壇上 usb.org 提供的一致性測試軟件工具允許快速分析，結果顯示在一個緊湊的報告一目了然所有。

波罩測試分析了 USB-IF 電氣測試工具進行進一步的信號質量測試，如信號傳輸速率，邊緣單調性，上升/下降沿率和額外的抖動信息。

所有必要的測量序列與 RTO 的遠程控制命令，羅德史瓦茲轉換工具一應俱全，為使用者提供無比簡單與功能強大的示波器，為新一代高速串列信號測試的最佳選擇。



參考文獻：

- [1] Universal Serial Bus Specification, Revision 2.0, April 2000
- [2] Rohde & Schwarz: User Manual RTO Digital Oscilloscope
- [3] www.allion.com
- [4] Rohde & Schwarz: Product Brochure RTO Digital Oscilloscope
- [5] USB-IF: USB 2.0 Electrical Test Specification, Revision 1.03, January 2005