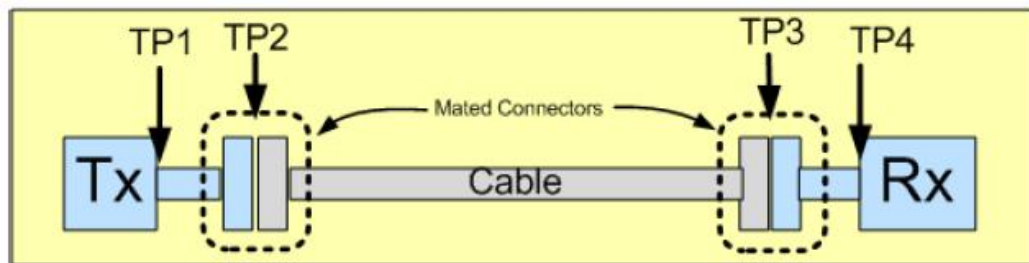


DisplayPort 的测试

DisplayPort的设备生产厂家如果希望在自己的产品上打上DP的LOGO，需要到VESA协会指定的第三方的测试认证中心完成一致性测试，然后再向VESA协会申请LOGO。台湾的Allion是DP的第一家认证测试中心。测试认证中心测试的依据是VESA协会发布的DP的CTS (Compliance Test Standard), 目前CTS的最新版本是1.1。

根据被测件的不同，CTS规定了相应的测试点。TP1是Source芯片的管脚，TP2是Source的连接器，TP3是Device的连接器，TP4是Device芯片的管脚。由于芯片的管脚从设备外面不容易接触到，所以DP的Source设备的测试选择的是TP2点，DP的Device设备的测试选择的是TP3点，具体的实现方法就是通过相应夹具把DP连接器的信号引出完成测试。以下是DP测试点的定义。

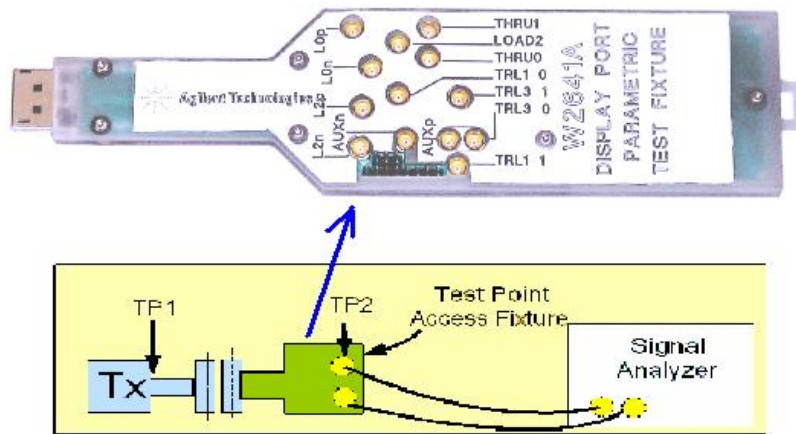


DisplayPort 的 Source 测试

由于Source设备可以自己产生DisplayPort的信号，因此Source的测试方法是用相应的测试夹具(fixture)把DisplayPort引出，用示波器采集，然后在示波器上用测试软件对信号的分析。Source测试的测试点是在Source设备的连接器上。

由于DisplayPort信号速率比较高，为了进行可靠的探测，对于示波器的要求也非常高，DP的CTS要求进行DP信号的测试需要8GHz带宽的示波器。

要进行DP信号的测试，只有示波器是不够的，为了方便地进行DP信号的分析，还需要有测试夹具和测试软件。测试夹具的目的是把DP信号引出，提供一个标准的测试接口以方便测试，测试夹具型号是W2641A。W2641A上提供了所有DP高速和低速信号的连接测试点，同时为了方便结合网络仪或TDR进行阻抗测试，夹具上还提供了相应的校准接口。下图是夹具的图示。

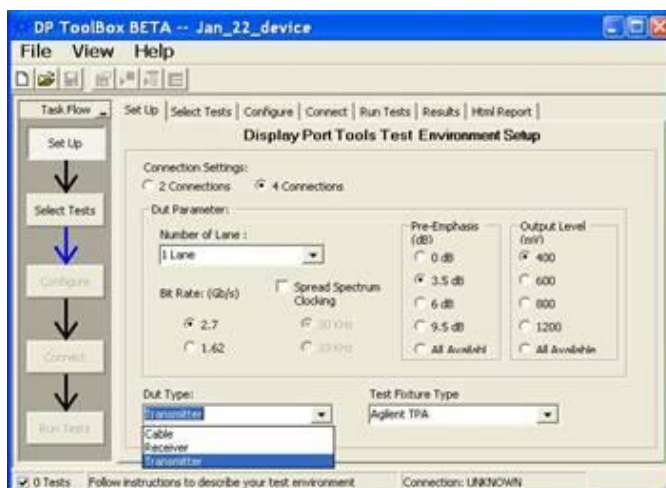


另外，VESA 规定了很多 DP 信号的参数，对于电气参数，参考的是 DP 规范的物理层部分章节。如果不借助相应的软件，要完全手动进行这些参数的测量是一件非常烦琐和耗时耗力的工作，为了便于用户完成 DP 信号的测量，Agilent 在 90000 系列的 Infiniium 系列示波器上提供了 DP 的一致性测试软件 U7232A。

U7232A 软件的测试项目和测试方法严格参照最新的 CTS 规范，下面是 CTS 中规定的 Source 一致性测试的项目。

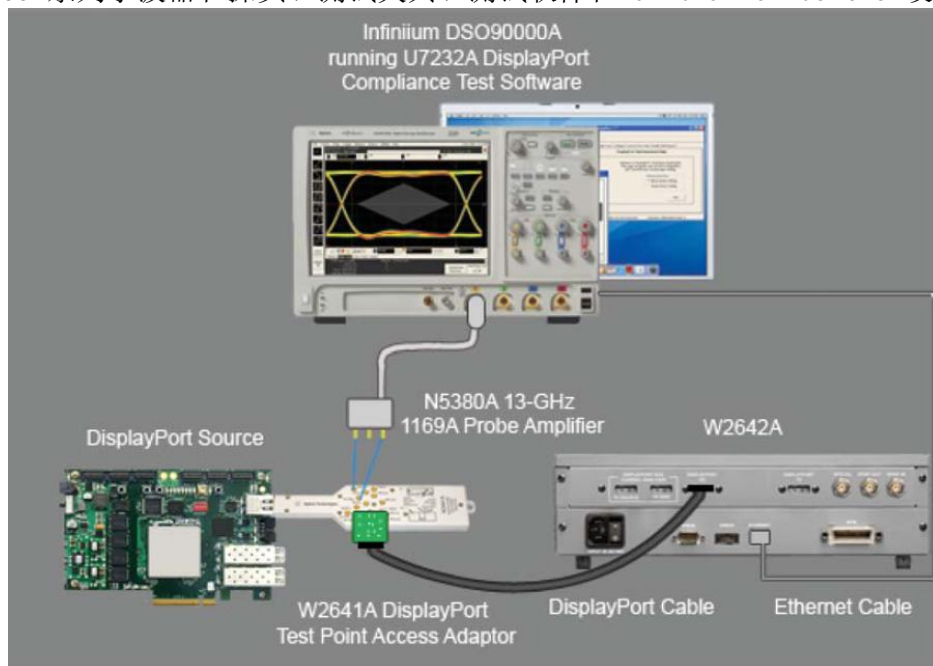
- Eye Diagram : 800mV 信号电平的眼图和模板测试
- Non-Pre-Emphasis Level : 测量没有做预加重的 400mV、600mV、800mV、1.2V 正常信号电平
- Pre-Emphasis Level : 测量 0dB、3.5dB、6dB、9dB 预加重的比例
- Inter-Pair Skew: 测量差分对间信号的时延
- Intra-Pair Skew: 测量差分对内正负信号的时延
- AC Common Mode: 测量差分对内正负信号的共模噪声
- Non-ISI Jitter: 非码间干扰的抖动
- Total Jitter: 总的抖动
- Main Link Frequency Compliance: 测量信号的频率精度
- Spread Spectrum Modulation Frequency: 扩频调制频率
- Spread Spectrum Modulation Deviation: 扩频调制范围
- AUX Channel DC Test: Aux Channel 上下拉电平的测量

这个软件的使用也非常简便，用户只需要顺序选择好测试速率、测试项目并根据提示进行连接，然后运行测试软件即可。软件运行后，示波器会自动设置时基、垂直增益、触发等参数并进行测量，测量结果会汇总成一个 html 格式的测试报告，报告中列出了测试的项目、是否通过、spec 的要求、实测值、margin 等。下面是软件的操作界面：



另外，在进行Source的测试中，需要Source能够根据Sink设备的信息产生不同的视频信号，因此测试中我们还需要有一台设备能够模拟Sink设备通过Aux-Channel和Source通信，建立起数据链路。Agilent在业内首先推出了AuxChannel controller的功能，并把这个功能集成到了QuantumData的882 DP协议测试仪器内。

因此，要进行DisplayPort的Source测试，我们需要的是8G以上的Agilent 90000B系列示波器和探头、测试夹具、测试软件和Aux Channel Control设备。



DisplayPort 的 Sink 测试

对于DisplayPort的Sink设备，我们主要测试的是抖动的容限和灵敏度。Sink测试的测试点是在Sink设备的连接器上。下表是DP对Sink设备的一些要求指标：

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units	Comments
UI_High_Rate	Unit Interval for high bit rate (2.7 Gbps / lane)		370		ps	Range is nominal +/-350ppm. DisplayPort link RX does not require local crystal for link clock generation.
UI_Low_Rate	Unit Interval for low bit rate (1.62 Gbps / lane)		617		ps	
Down_Spread_Amplitude	Link clock down spreading	0.5			%	0.5% downspread support is required. Modulation frequency range of 30 kHz to 33 kHz must be supported.
V _{RX-DIFFP-P}	Differential Peak-to-peak Input Voltage at package pins	120			mV	Refer to Figure 3-14 for definition of differential voltage.
Rx Horizontal Eye Specification for High Bit Rate						
T _{RX-EYE_CONN}	Minimum Receiver Eye Width at Rx-side connector pins	0.51			UI	
T _{RX-EYE_CHIP}	Minimum Receiver Eye Width at Rx package pins	0.47			UI	
T _{RX-EYE-MEDIAN-to-MAX-JITTER_CHIP}	Maximum time between the jitter median and maximum deviation from the median at Rx package pins			0.265	UI	T _{RX-EYE-MEDIAN-to-MAX-JITTER} specifies the total allowable DJ

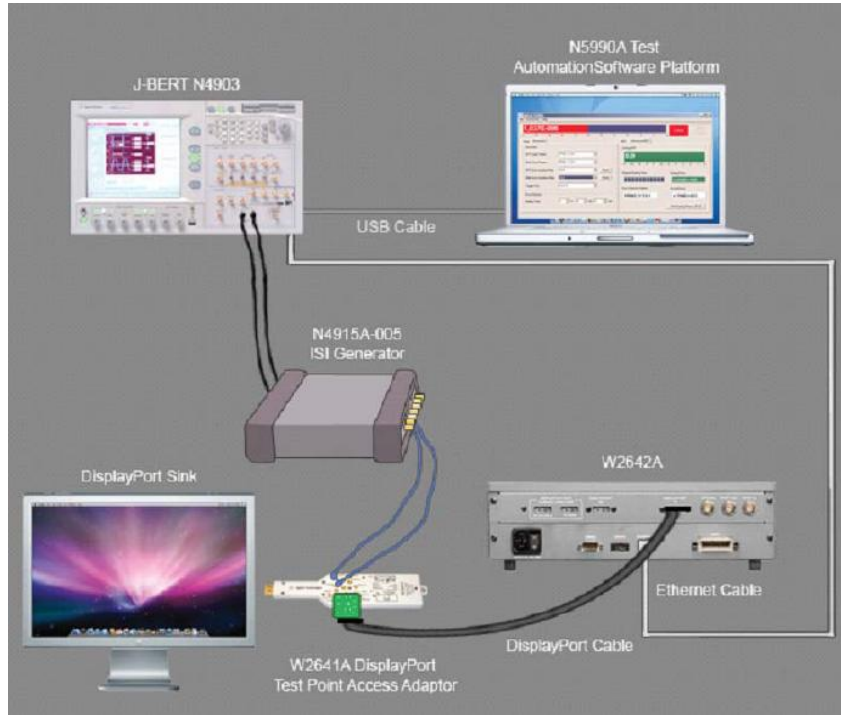
对于正常的DP信号，Sink是应该能正常接收的，但对于Sink设备，我们需要知道信号恶化到什么程度的时候会影响正常的通信，因此需要有设备能够产生抖动和幅度可调的DP信号。在DisplayPort中，把产生这种信号的设备叫做Stressed Signal Generator。

要产生Stressed Signal，通常使用的设备是码型发生器，因为码型发生器产生的是真正的数字信号，相比用任意波发生器来说其产生的信号精度更高。对于码型发生器的基本要求是能产生的码型速率要在2.7Gbps或更高，Agilent的N4903A(J-BERT)和81250(ParBert)都可以产生DisplayPort的信号。N4903A的好处在于内置了经过校准的抖动源，可以直接产生准确的带抖动的信号，如产生不同RJ、PJ、SJ、ISI的抖动和带SSC的信号。

如果用户同时也要进行HDMI信号的测量，则可以考虑使用81250(ParBert)产生DP的信号。81250是模块化的并行码型发生器，其好处是可以根据不同的需求选配不同速率和不同通道数的模块，以同时输出很多路时钟和数据信号，因此在HDMI的测试中广泛应用。使用81250产生DP信号或HDMI信号时需要外加其它设备如信号源等以产生带抖动的信号。

在进行Sink测试时，码型发生器产生的DP信号要连接到Sink设备也需要通过测试夹具W2641A。同时，要控制码型发生器发出DP的信号也需要相应的测试软件完成对整个测试系统的控制，也需要Aux Channel控制器用于建立连接。

因此，一个完整的DP的Sink测试需要2.7Gbps以上的JBERT或ParBert（使用ParBert时需要外加信号源产生抖动调制），Aux Channel的控制器，再加上相应的测试夹具和测试软件。



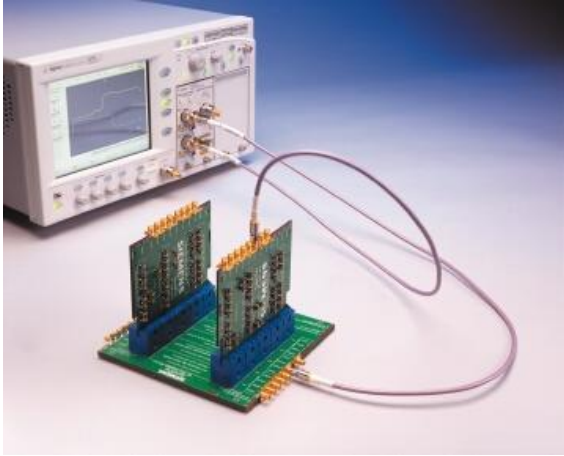
DisplayPort 的 Cable 测试

在DisplayPort中, Cable用于连接Source和Sink。由于DP的信号速率比较高, 因此对于Cable的指标也有一定的要求。Cable的损耗过大会造成信号的衰减, Cable的阻抗不连续会造成信号的反射。DP测试对于Cable主要关注的指标是阻抗、IL (insertion loss, 插损), RL (reflection loss, 回波损耗), skew (both intra pair and inter-pair), and Near End Noise (NEN)。

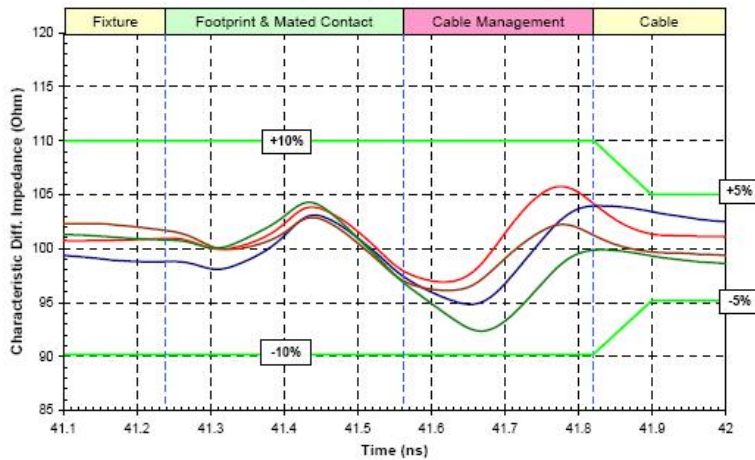
对于阻抗的测试, 使用的是TDR的方式, 其工作原理是产生一个快沿的脉冲送到被测电缆的一端, 根据发射回来的信号的时间和幅度判断信号路径上的阻抗变化。下表是DP对于Cable阻抗的要求。

Segment	Differential Impedance Value	Maximum Tolerance	Comment
Fixture	100 Ω	$\pm 10\%$	Fixture shall have traces lengths of no more than 50 mm (2")
Connector	100 Ω		
Wire Management	100 Ω		
Cable	100 Ω	$\pm 5\%$	Transition from $\pm 10\%$ to $\pm 5\%$ shall have a slope of 5 Ω / 80ps

进行TDR测试可以选择Agilent的86100C采样示波器主机配上54754A差分TDR模块。下图是用86100+54754进行阻抗测试的例子。



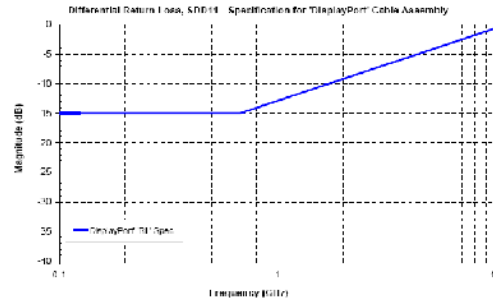
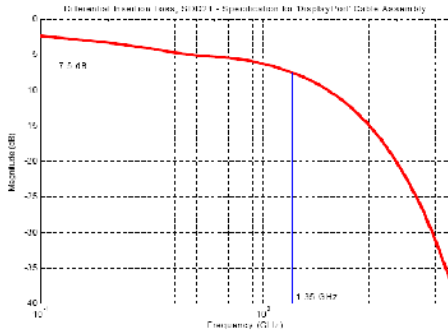
下图是一个从DP的cable和连接器测试得到的TDR结果。TDR还可以测试电缆的skew (both intra pair and inter-pair)。



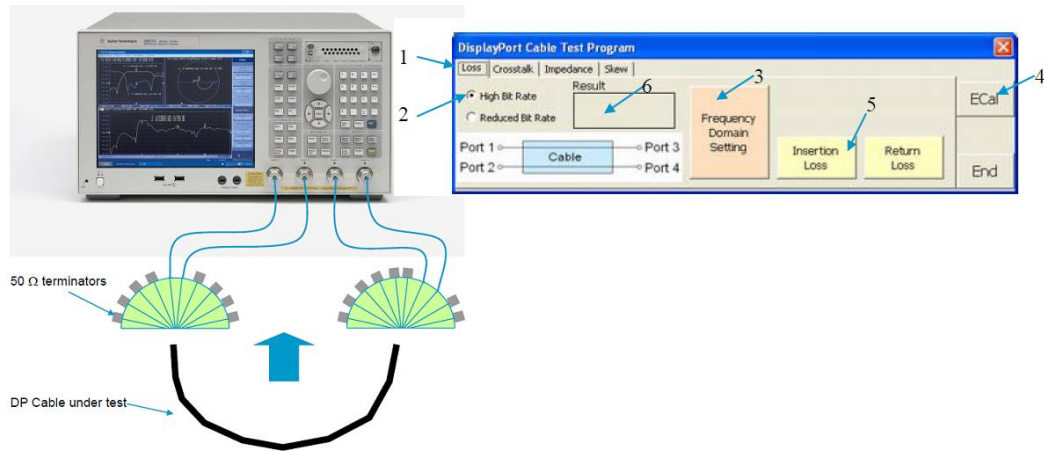
对于IL (insertion loss, 插损), RL (reflection loss, 回波损耗), 我们一般用S参数来进行描述。对于一段差分传输线的特性, 可以用混合模式的S参数完整描述。如下图所示:

		Stimulus			
		Differential		Common	
Response	Differential	SDD11	SDD12	SDC11	SDC12
		SDD21	SDD22	SDC21	SDC22
	Common	SCD11	SCD12	SCC11	SCC12
		SCD21	SCD22	SCC21	SCC22

其中SDD参数反应的是其对差分信号的反射和传输特性, 是我们最关注的, IL (insertion loss, 插损)对应SDD21参数, RL (reflection loss, 回波损耗)对应的是SDD11参数。其它参数中, SDC反映的是电缆的EMC性能, SCD反映的是EMI性能。下图是DP对电缆的SDD11和SDD21参数的要求。



要进行S参数的测试，我们使用的仪器是VNA(矢量网络分析仪)，VNA可以对电缆的S参数进行完整的分析。由于网络仪的工作原理是用一个高质量的窄带扫频源做幅频和相频特性的测试，因此可以测量噪声很低，动态范围很大，测量精度非常高。下图是用Agilent的E5071C矢量网络分析仪进行频响特性测量的一个例子。













VNA还可以测试电缆的NEN (Near End Noise) 和FEN (Far End Noise) 。

DisplayPort 的链路层测试

以上所介绍的主要是物理层的测试项目，物理层测试主要是保证信号的电气指标和信号质量。Agilent还可以提供链路层的测试，链路层测试的目的主要是检查链路的连接、通信、断开等过程是否符合DP的要求，对于Source和Sink都需要进行测试。由于链路层的信息交互是通过Aux Channel进行的，因此要进行链路层的测试，需要的是Aux Channel的控制器和被测设备进行链路层的信息交互，用逻辑分析仪对交互的信息进行采集，并根据DP的规范对信息包进行解码，从而检测链路交互信息是否正确。

DisplayPort 的完整测试方案

综上所述，Agilent是唯一能够提供DP物理层完整测试方案的公司。下图是DP的完整测试方案。

Source Test Solution	Media Testing	Sink Test Solution	Link Layer & General Solutions
 <p>Computer Motherboards, ICs, Graphic Cards</p>  <p>DSO90000A Infiniium Real Time Oscilloscopes</p>  <p>W2642A for Automation</p>  <p>U7232A DisplayPort Compliance Test SW</p>  <p>W2641A TPA fixture</p>	 <p>Cables, PC Boards, Connectors</p>  <p>86100C DCA-J</p>  <p>E5071C VNA</p>  <p>Bit-DP-CBL-0001</p>	 <p>PC Monitors</p>  <p>ParBERT</p>  <p>N4903A JBERT</p>  <p>N4915A-006 DP ISI Generation</p>  <p>W2642A for Automation</p>  <p>N5990A Rx Compliance Test SW</p>  <p>Bit-DP-RTF-0001</p>  <p>W2641 TPA fixture</p>	<p>Link Layer & General Solutions</p> <p>HDCP, Link Layer Compliance Test, AUX Channel Validation and Test Pattern Generation</p>  <p>Available on the W2642A through Quantum Data upgrades</p>  <p>Main Link Analysis 16900A w/FS4430 From FuturePlus</p>

我们可以看到，做 Source 测试需要 8GHz 带宽以上的示波器，测试夹具和测试软件。如果要进行 Sink 的测试，还需要码型发生器 N4903A 或 81250 做信号激励，对于 Cable 的测试需要 86100C+54754A 做阻抗测试和 VNA 做 S 参数测试。对于链路层测试需要逻辑分析仪。测试中需要 Aux Channel 的控制器帮助建立链路连接。

对于这么一整套的测试系统，要完成所有仪器的控制和所有项目的测试是一项非常庞大的工作。为了简化操作、提高效率 and 避免人为误差，Agilent 提供了 N5990A 软件平台，在这个软件的帮助下，我们可以轻易完成对于所有仪器的控制并在其指引下完成所有测试项目。下图是 N5990A 软件测试平台和仪器及其它软件的接口关系。

