

测试设备制造商力推 224Gbps DP-QPSK 实时测试仪

作者：Meghan Fuller Hanna，《Lightwave》资深编辑

为了研发长距离、高速收发系统，譬如采用 56Gbaud DP-QPSK 调制格式和相干检测技术的系统，制造商必须借助带宽超过 30GHz 的新型实时示波器。

目前，包括 LeCroy (www.lecroy.com) 和 Tektronix (www.tektronix.com) 等测试和测量设备制造商，都已经能够提供具有较高带宽的示波器 (14 到 20GHz)，用于测试迅速发展的 IEEE 802.3ba 标准。该标准采用了传统的 NRZ 信号，在短距离内能够通过 4 × 10Gbps 提供 40Gb 以太网 (GbE) 连接，或以 4 × 28Gbps 方式提供 100GbE 连接。不仅如此，它还能将 OIF 建议的双偏振四相相移键控 (DP-QPSK) 编码技术和相干检测结合，具备 28Gbaud/112Gbps 的长距离传输能力。

但是，有些通信系统制造商已经将目光投向未来——支持两倍于 28Gbaud/112Gbps 符号和线路速率的长距离系统，甚至要达到 400Gbps 甚至 Tbps 的超高速率。当然，他们的实验室在研发此类系统时，需要的示波器带宽最少要达到 28GHz。

业界仍然在讨论哪种先进调制格式会成为主流，其中包括 16 或 64 阶 QAM，正交频分复用 (OFDM)。DP-QPSK 配合相干检测技术已经能够实现 28Gbaud/112Gbps 的速率，并很快能够达到 224Gbps，因此成为领跑者。它不需要从零开始，只需要在现有调制技术下，将符号和线路速率提高一倍即可。

LeCroy 和 Agilent (www.agilent.com) 能够在研发阶段提供帮助，它们都有现成的技术，保证更高带宽的示波器能够满足超过 200Gbps 发射系统的测试要求。假设，采用 DP-QPSK 的线路速率达到 224Gbps，符号速率则为 56Gbaud。其基础频率就是 28GHz。因此，示波器带宽至少必须达到 28GHz，理想状态为 30GHz 或更高。但是直到最近，市面上才能找到具备这种能力的商用示波器。

LeCroy 的 WaveMaster 830Zi 示波器

LeCroy 的高级产品营销经理 Kenneth Johnson 承认：

“LeCroy 并不属于该领域”。但就在去年，该公司发现，其具有 5 年发展史的数字带宽交错技术 DBI 能够达到“一定的带宽能力，这种能力就连光通信领域的工程师也非常感兴趣”，Johnson 说。

DBI 技术能够帮助 LeCroy 将其 WaveMaster 830Zi 示波器的带宽、采样速率和内存加倍，从而达到 30GHz 的实时带宽和双通道 80Gsamples/s 的采样速率。

Johnson 说：“使用 DBI 技术，我们可以利用现有技术，并将其速率提高一倍。从而为客户提供满足下一代系统研发需求的实时测试带宽。”

在 DP-QPSK 和相干检测系统中，示波器用于完成模数变换 (ADC)，并通过数字信号处理 (DSP) 修复信号损伤，包括色散和偏振模弥散。而这两种损伤对高数据速率系统的影响非常大。

“示波器中的 DSP 可以改善前端放大器的响应，从而缓解用户对硬件的担忧。” Johnson 解释道。“从事光技术的工程师非常聪明。他们说：‘如果我们能实时将任何信号都数字化，那么只要计算机足够快，就可以用 DSP 处



LeCroy 的 WaveMaster 830Zi 示波器的两个通道都具备 30GHz 实时带宽和 80Gsamples/s 的采样速率。



Agilent 的新型 Infiniium 90000X 系列拥有 10 个机型，其带宽包括 16GHz、20GHz、25GHz 和 30GHz。

理这些数字信号，从而修正传输过程中发生的任何问题。’”

这其中的关键在于实时信号的获取。过去光网络的测试常用采样示波器，其部分原因在于，它们的价格比实时示波器便宜很多。

Johnson 用一个例子来比喻。如果你在 1 秒钟内睁开和闭上眼睛 10 次，并试图综合每幅画面中获取的信息，以确定面前是什么东西，那么这种尝试无法做到百分百准确。采样示波器就是通过对信号进行断续的采样来获取信号特征。而实时示波器则恰恰相反，它会对信号进行不间断的获取。“实时示波器就（相当于）（保持）你的眼睛一直睁开着，在整个时段内不会闭上，从而获得期间发生的一切信息。”他解释道。

“为了应用数字信号处理，获取信号时不能留有空隙。”Johnson 继续说，“必须保证数据的连续性。因此，为了应用相干（检测）系统，在尾端均衡色散和偏振模弥散，并测试信号，我们需要利用模数变换（ADC）获取信号，这就是示波器的作用。而且它获取信号的方式是实时的。”

Alcatel-Lucent (www.alcatel-lucent.com) 是采用 LeCroy 双通道、30GHz WaveMaster 830Zi 设备的系统制造商之一。一篇 Alcatel-Lucent 和 LeCroy 合写的论文发表于去年 9 月 ECOC 会议上，描述了一个成功案例。该案例在接收端利用 WaveMaster 830Zi 实时示波器实现 ADC 和数字信号处理，实现了 56Gbaud 符号速率/224Gbps 线路速率信号传输，并且传输距离达到 2500 公里。其中示波器完成了信号数字化、数据捕获功能，并利用一个内置于示波器的 MATLAB 程序模拟接收机均衡。最后，课题组宣称他们第一次实现了在一个信道里传输“速率达到 56Gbaud/224Gbps，采用相干检测，并完全实现损伤补偿的信号”。

ECOC 的论文中介绍了整个实验的细节，在实验系统

里，Alcatel-Lucent 将两台 WaveMaster 830Zi 示波器手动配置为联合作业，以获取所需的四个 30GHz 带宽通道（这是因为信号分别以两个偏振态来传输）。另外，LeCroy 已经发布了一个工具包，编号为 Zi-8CH-SYNCH，能够方便的实现信道同步。

Agilent 的 Infiniium 90000X 系列

Brigham Asay 是 Agilent 科技的高性能示波器产品经理。他指出 Agilent 已经注意到了所谓的“光系统客户对实时带宽的渴望”。为了满足这一需求，Agilent 已经开发出了 Infiniium 90000X 系列示波器，能够提供达到 32GHz 的实时“完全模拟性能”。

Agilent 的上一代示波器基于砷化钾（GaAs）/磷化铟（InP）材料，虽然具备满足 32GHz 带宽需求的潜力，但是“在带宽提高时，完全不具备升级能力”。这促使 Agilent 的工程师寻找新的方法。

另一支 Agilent 的团队正在开发一种基于 InP 材料的新结构——“异质结双极晶体管”。数字测试分部的工程师称：“我们使用的这种新型结构，具备高达 200GHz 的截止频率。最起码我们对它在未来的应用和升级非常有信心。”

最终，Agilent 决定采用自己研发的 InP 基电路开发 Infiniium 90000X 系列产品。Asay 将其称为“非常英明的决定”。示波器的前端和多芯片模块都采用了基于 InP 材料的自制新型 ASIC，其中包括两个预放模块，速率达到 32GHz，一个边缘触发模块，速率超过 20GHz，以及一个 32GHz 采样器/滤波器。

Agilent 还发现了采用 InP 材料的另一个优点。Infiniium 90000X 系列“的固有抖动性能远远超过了我们的预期。”Asay 称。在光通信领域，低抖动意味着低相位噪声，能够帮助系统设计师利用其带来的冗余设计性能高于示波器的系统。事实上，Agilent 宣称，Infiniium 90000X 系列能够提供高达 68% 的额外冗余。

而且，由于测试系统有四个信道，因此需要将一对两个 32GHz 信道示波器进行同步，而较低的固有长周期抖动对这种结构中的 DP-QPSK 信号非常重要。这种低抖动“意味着在两个示波器间，1 到 2 度的相差将对同一相位内 4 到 5 度的差别。”

Asay 认为，最终业界将开发出四通道示波器，以实现在一个盒子里对 QPSK 调制格式的四个通道同时进行测量。“我们正在努力。”他说，“但这需要时间。”LWC