

高度可靠地 测试 10-Gb/s 系统 (STM-64/OC-192)



通信行业对带宽无尽的需求,主要源自于互联网的爆炸性增长,这已经导致业内最近正在大规模部署符合 STM-64/OC-192 SDH 和 SONET 标准的 10-Gb/s 系统。泰克研制出 CSA8000 取样示波器,旨在帮助设计人员以迅速提高的速度,完成物理层测试。通过采取高速度、低噪声、可调谐取样模块 80C02 和 80C04,CSA8000 为测试新型 10-Gb/s 发射器设备和系统提供了理想的工具。

由于 80C02 和 80C04 取样模块独特的体系结构,CSA8000 的转换增益和信噪比(SNR)改善了近两倍。这些模块还在理想的 ITU 光参考接收器(ORR)响应中实现了更加紧密的容限。其结果,改善了测量结果的重复性,在创建 10-Gb/s 发射器和网络时,在测量质量上为设计人员提供了更高的信心。

通信行业正在转向 10-Gb/s 系统

互联网、电子商务、虚拟专用网、IP 电话和其它以数据为中心的应用的迅猛增长,正促使人们要求越来越高的带宽,而且这一势头有增无减。为跟上需求增长,网络供应商正被迫迅速从部署 2.5-Gb/s 系统转向部署 10-Gb/s 系统。随着这一技术的元器件价格不断下降,同时随着 10-Gb/s 技术的可靠性不断提高,这种发展趋势只会进一步加强。

高度可靠地测试 10-Gb/s 系统

► 技术简介

电话业务的管制解除也有助于转向 10-Gb/s 系统。新型服务供应商正在创建网络，与老牌运营商展开竞争。为了保证在面对未来的需求时，这些服务供应商的投资具有充足的发展空间，他们正在安装尽可能多的带宽，目前主要是 10 Gb/s 系统。即使老牌运营商也正在积极升级传统光纤，以包括 10-Gb/s 功能。

直到最近，在运营商能够最终经济可靠地部署 10-Gb/s 系统之前，运营商还一直采用密集波分复用(DWDM)技术满足日益提高的带宽需求。通过这种技术，光的多个波长用来在一股光纤上承载许多信号。现在，通过这种方法，每条光纤可以实现最多 160 条通道，每个波长承载一个 2.5-Gb/s 的基本信号，从而大大提高了有效带宽。

尽管 DWDM 可望明显提高网络容量，但 DWDM 存在着某些局限性。其最明显的缺点非常简单，每个波长要求一个单独的接收器，称为线路终端设备(LTE)。例如，在 40 个波长时，每条光纤需要 40 台 LTE。由于 DWDM 设备的成本及电话公司局端中的可用空间，这类数字还是可行的。但是，如果在这个实例中把网络带宽提高 4 倍，那么则要求安装总共 160 台单独的 2.5 Gb/s 的 LTE。一个更具吸引力的替代方案是，升级到使用 40 条光波的 10 Gb/s 线路终端设备，实现具有相同网络容量、但效率更高的数据带宽。

10-Gb/s 速率时的设计挑战

尽管在数据速率提高 4 倍时可以预计到一般的复杂性问题，但从 2.5-Gb/s 系统转向 10-Gb/s 系统涉及到许多新的因素，使得转型过程成为特别困难的一个挑战。在电领域中，10-GHz 窄带微波器件已经问世了一段时间，但只到最近，半导体工艺才发展到可以在 10 Gb/s 上实现数字电路和超宽带模拟电路的水平。尽管这些新工艺支持超快速的有源设备，但互连寄生单元对响应的影响要明显超过过去的水平。

此外，即使是“板上芯片”或混合技术，元器件之间的互连相对于单位间隔来说，也会很容易导致较长的延时。鉴于 50 皮秒(ps)微带线（位间隔的 1/2）约为 6 mm 铝线，上述问题显得尤其明显。之后，用来上下 IC 的焊接线与传输线串联，则增加了相对较大的阻抗，隐藏了线路匹配

性差的问题。这种分布式特点与信号源和负载匹配不完美相结合，会导致大的畸变，从数据边沿发生延迟，或者与通过数据间隔的振零产生谐振。这类效应可能会降低容限，或导致依赖于图案。设计人员可以模拟寄生单元对串扰、定时和脉冲稳定的影响，但他们必须确切地知道哪些因素重要及应该怎样建模。

在光领域中，光放大器和 DWDM 已经改变了系统部署的方式。光放大器正在可能的地方代替再生器，因为一台放大器可以同时放大 DWDM 系统中的所有波长。遗憾的是，如果没有再生技术，那么将放大、并沿着下一光纤长度发送模拟波形，包括任何色散和噪声失真。其结果，这些效应将累积到再生器之间的总间隔上。为了避免 DWDM 系统中的串扰，必需在通道中包括某些色散，以使四波组合达到最小。必需非常认真地管理色散，保证在整体上累计的色散能够在光纤末端生成一个合理的眼形。

由于这些效应，在设计过程中调试系统时，或者在制造过程及网络试运行过程中检验系统一致性时，设计人员必须认真地测量波形性能。误码率(BER)测量仍是最重要的测试。眼图测量，例如模板一致性、噪声、抖动、消光比和 Q 系数及描绘上升时间和畸变特点的脉冲测量，可以直接查看时域特点，为洞察误差来源及余量问题提供了重要的信息。

测量问题

发射器设计人员解决物理层信号问题的主要途径之一是查看模拟波形。在 STM-64/OC-192 速率上,捕获这些波形的唯一方式是使用取样示波器。通用示波器一般缺乏足够的带宽或足够低的抖动来正确地测量 10-Gb/s 信号。相反,现代取样示波器支持具有参考接收器响应的光输入,允许以标准化方式、可控制地测量高速发射器,从而可以更加简便地比较不同仪器的测量结果,保证与其它电信设备的互操作能力。某些设计人员和制造测试工程师还首先查看未滤波的波形,以了解整体信号输出,然后接收器可以处理这些输出。

测试设备中的脉冲响应保真度非常关键。为了获得 12 dB 的消光比,被测器件和示波器的综合响应必须从 50% 交点起不到 50 ps 内,稳定在 6%。很明显,测量仪器必须好于这水平,才可以有效地完成测量。在较低速率上,ITU 标准明确定义了具体的参考接收器响应。这些标准规定,标量频率响应应具有接近高斯形状的贝塞尔-汤普森形状,在 3/4 比特率时电功率响应滚降点为 -3 dB。这将导致 0.467 UI 的上升时间,过冲量为 0.84%,在间隔中心附近达到最高点,到下个位间隔之前稳定在 0.12%。除提供理想接收器的定义外,ITU 标准还描述了较理想情况可以接受的偏差。对 STM-16/OC-48,允许的偏差是从 DC 到 3/4 比特率 ± 0.5 dB,在 1.5 倍比特率时线性(在 dB 刻度上)提高到 ± 3 dB。

对 STM-64/OC-192,尽管草议的响应标准扩展了 STM-16 上使用的方法,规定了一个类似的四阶贝塞尔-汤普森响应,其带宽为比特率的 3/4 (7.46 GHz),但 ITU 标准还没有最终完成。然而,可以接受的偏差从 DC 到 3/4 比特率提高到了 ± 0.85 dB,在 1.5 倍比特率时线性提高到 ± 4 dB。

使取样示波器的噪声达到最小非常关键。如果通过分接进行测量,且分接只提供很小比重的可用功率,或者分接位于一条长光纤的末端,以查看累计噪声或色散的影响,那么相对于示波器噪声来说,信号电平可能很小。例如,对消光比为 13 dB 的 -10 dBm 信号,高低电平之差约为 180 μ w。如果示波器噪声电平为 8 μ w 均方根(RMS)或约为 64 μ w 峰到峰(p-p)(适用于取样示波器),那么示波

器噪声的眼图张开程度将降低 35%。其导致的 Q 系数将是 11:1。噪声还将影响查看由图案相关性导致的信号中的瞬时响应偏差。BER 问题的实际成因可能是畸变或串扰,而不是随机噪声,但由于测量噪声,设计人员可能注意不到这些成因。

传统取样结构的局限性

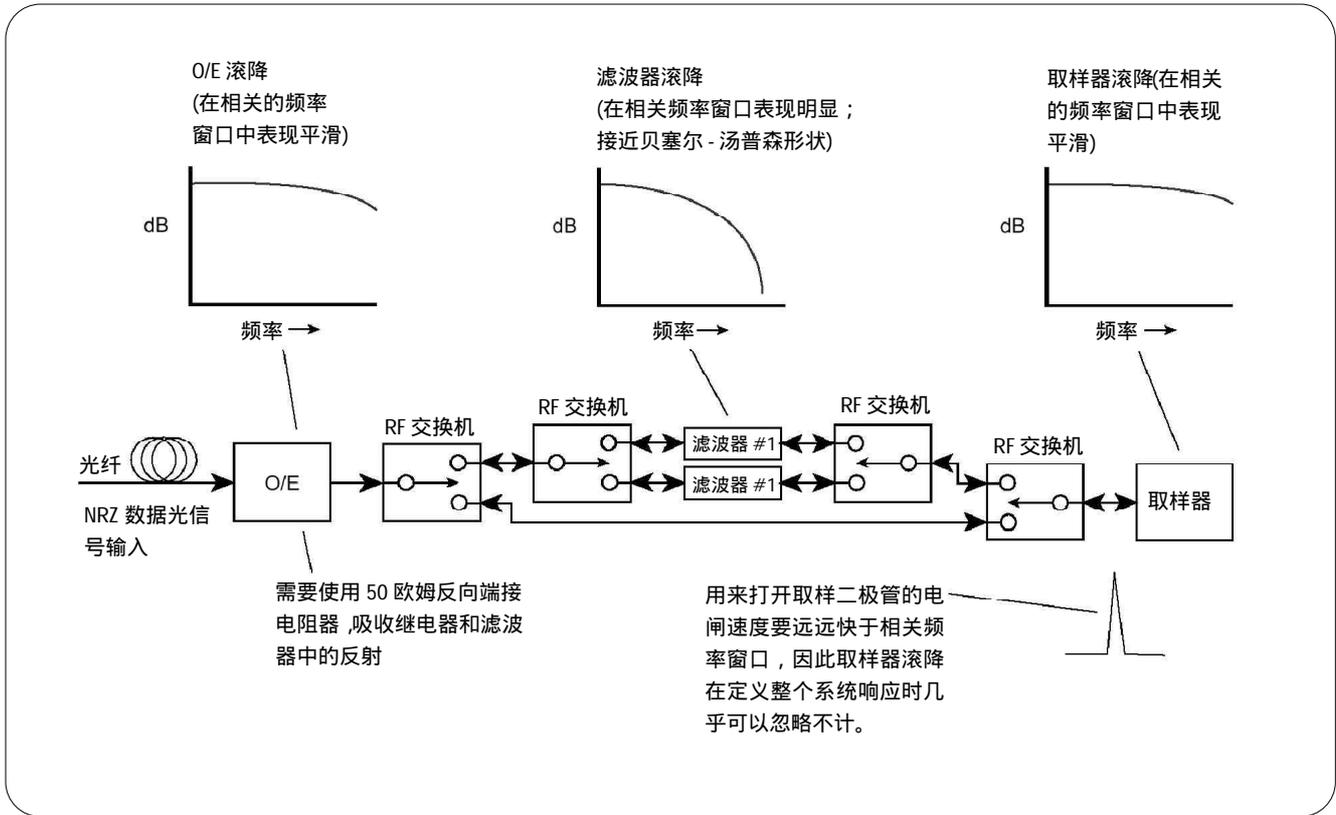
在传统上,设计人员一直通过在光电(O/E)转换器和取样器之间插入单独的模拟硬件滤波器,来在取样示波器内部滤波参考接收器响应。可以使用微波交换机,在多个滤波器和一条全带宽通道之间进行选择(参见图 1)。尽管这些滤波器提供了精确的滚降来实现贝塞尔-汤普森响应,但它们也也在输入和输出中引入了有限的阻抗不匹配。这种滤波器不匹配把部分输入信号反射回 O/E 转换器,然后反射回取样器。其结果,导致了步进响应畸变,表现为频率响应中出现波纹。

类似的,交换机、电缆和连接器不完美也会导致反射,进而降低响应质量。在测量数据速率较高的信号时,如 STM-64/OC-192 和 10-Gb/s 波形时,这种对测量系统响应的威胁变得特别敏锐。其原因包括:元器件不完美在较高频率时会进一步恶化;单位间隔(UI)相对于布线时延很短。因此畸变加大,可能会在发生时几个周期之后才会显现,并且可能会出现在眼图正中。

为了使反射效应达到最小,传统上在 O/E 转换器中增加了一个反向端接电阻器,以吸收反射的信号。遗憾的是,端接也会从 O/E 转换器中吸收一半的原始输出信号,从而会有效地提高仪器的噪声底。另外,在过去数据速率较低的接收器中,可以在相关频率范围内接近理想状态完成反向端接。这在 10 Gb/s 接收器中则要困难得多,端接在吸收反射方面的效率通常也要低得多。

高度可靠地测试 10-Gb/s 系统

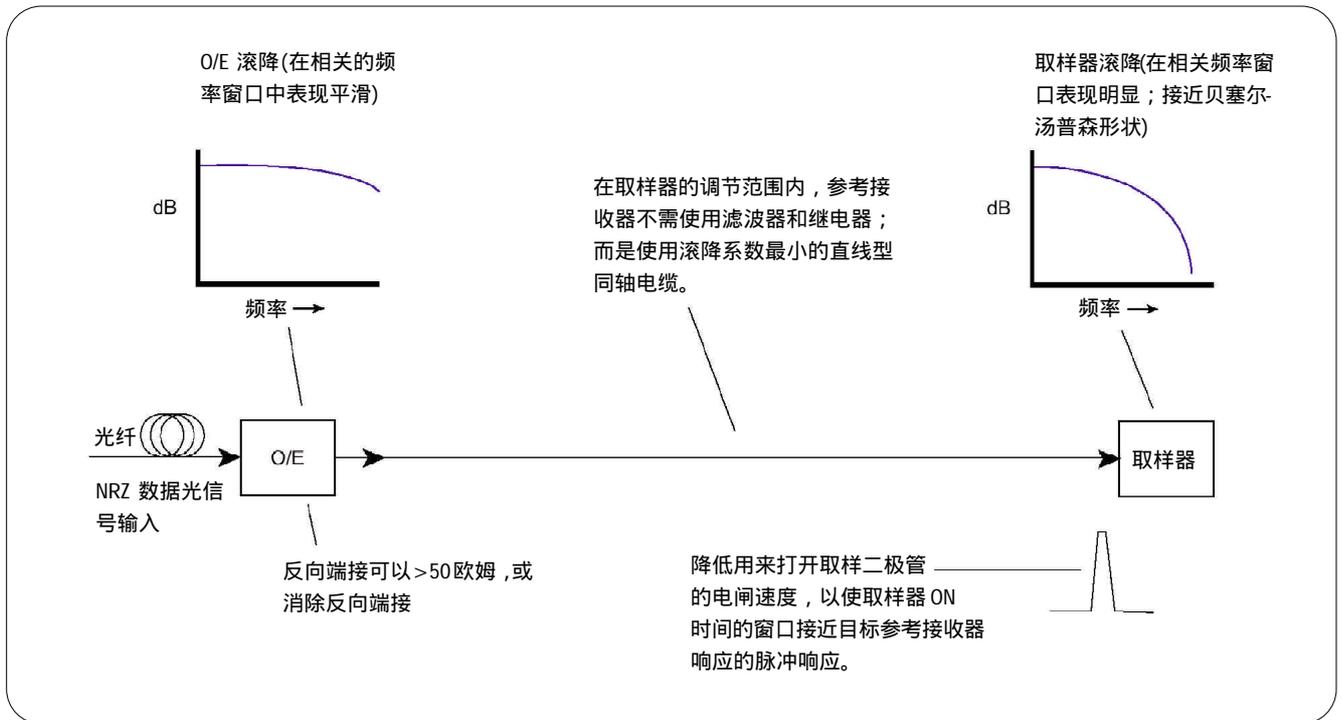
► 技术简介



► 图 1. 实现参考接收器系统频率响应的现有一般方法

与CSA8000一起使用的泰克10-Gb/s光模块解决方案
泰克新推出的 80C02 和 80C04 光模块是为以 STM-64/OC-192 速率进行物理层通信测量而优化设计的。80C04 模块还能够测量 10.664-Gb/s 信号(根据 ITU-T G.975 规定, 标准 STM-64/OC-192 加 7% 的前向纠错(FEC))。这些模块实现的参考接收器采用优异的最新方法, 使元器件数量达到最小, 同时较过去草议的ITU标准保持在更加紧密的容差带之内, 提供了杰出的信号采集性能。其结果, 在 10 Gb/s 上实现了突破性的性能及超低的噪声和良好的保真度。因此, 带有 80C02 或 80C04 模块的 CSA8000 能够为测量 STM-64/OC-192 波形提供最优秀的信号采集性能。

这种新方法没有采用传统的滤波结构, 而是通过调低取样器的带宽, 使其足以在没有滤波器时, 系统响应仍能落在理想的贝塞尔-汤普森响应的紧密容差带之内, 实现了希望的频率滚降。80C02 模块为 STM-64/OC-192 提供了一个 ORR 响应以及三个更高的带宽设置(12.5 GHz, 20 GHz 和 30 GHz)。80C04 模块为 STM-64/OC-192 提供了一个 ORR 响应, 为 STM-64/OC-192 提供了一个 ORR 响应外加 7% FEC 以及两个更高的带宽设置(20 GHz 和 30 GHz)。由于所有这些设置都可以通过简单地调节取样器带宽实现, 因此消除了滤波器和微波交换器器件(参见图2), 从而在 O/E 转换器和取样器之间建立了一条非常干净的通道。事实上, 取样器中的布线和端接非常好, 足以消除 O/E 中的反向端接, 而不会导致过多的频率响应波纹。在 O/E 中消除反向端接使信号振幅提高了大约 3 dB, 其噪声性能和测量精度明显高于在过去的取样示波器中所提供的性能水平。



► 图 2. 由于消除了其它参考接收器中常用的交换机和模拟滤波器, 因此 80C02 和 80C04 模块非常简单。

去掉滤波器更明显的结果是, 取样器带宽的降低进一步改善了噪声性能。在采用滤波器的系统中, 必须明显调高取样器带宽, 以使综合系统响应能够达到指定的带宽。由于取样器是主要噪声源, 而且其噪声几乎与带宽呈线性相关, 因此去掉滤波器和降低取样器带宽可以明显改善系统性能。

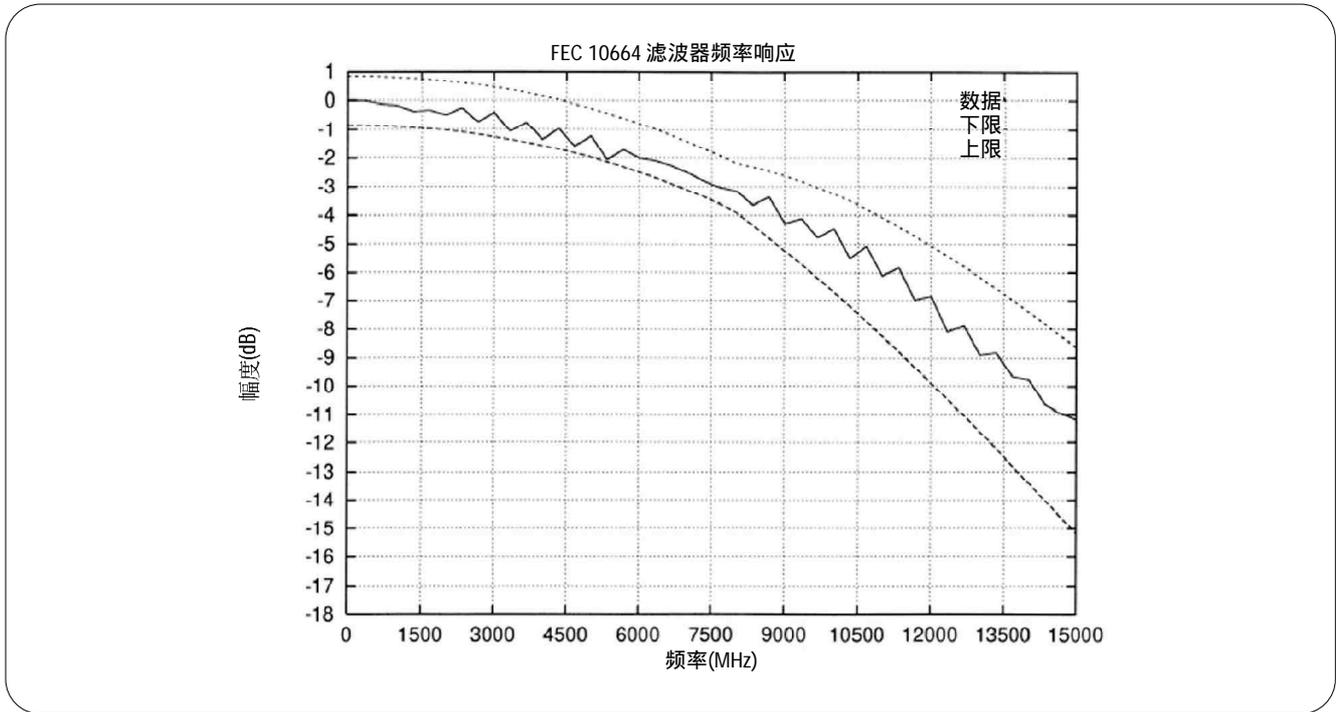
图 3 显示了典型的 80C04 模块测量的 10.664 Gb/s 参考接收器响应, 以及 ITU 标准最新建议的容限曲线。尽管这一取样器滤波器表现出略微偏离贝塞尔-汤普森滤波器的特点, 但其具有的属性使它适合于这种参考接收器应用。最重要的是, 取样器选通创建的滤波器没有在步进响应中增加任何过冲或额外的稳定时间。此外, 上升时间为 44 ps, 接近于 46.9 ps 的理想上升时间。图 4 显示了典型的 80C02 或 80C04 光模块测量的脉冲和计算得出的步进响应。

这种获得参考接收器系统响应的方法还具有可调谐的优点。这种调谐能力使得 80C04 模块能够支持 9.953 Gb/s 的 STM-64/OC-192 标准数据速率及 10.664 Gb/s 的 7% FEC 速率。此外, 在 O/E 和互连器件中可以容许更大的偏差, 同时仍与理想的 ITU 响应标准紧密关联。这种新方法直接改善了精确测量结果的重复能力, 在评估 10-Gb/s 器件时, 大大提高了设计人员的信心。

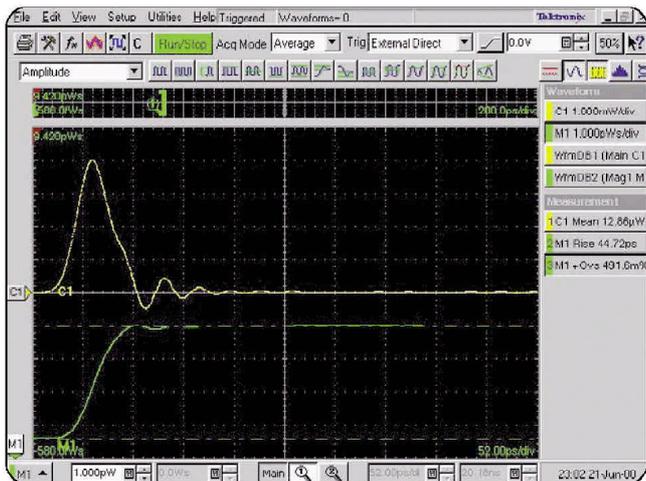
80C01 模块提供了三种参考接收器设置: STM-4/OC-12、STM-16/OC-48 和 STM-64/OC-192。两种速率较低的设置使用单独的滤波器器件, 生成接收器响应, 而 10-Gb/s 接收器仅使用取样器调节实现。在这种情况下, 把取样器调节为参考接收器的能力可以覆盖第三个速率。否则, 它不可能安装在模块中, 同时由于在使用滤波器器件时要求额外的交换操作, 因此其在所有速率上都会损害电接口性能。

高度可靠地测试 10-Gb/s 系统

► 技术简介



► 图3. 80C04 模块的典型频率响应和 10.664-Gb/s ITU 标准新建议的(0.85 dB 容限曲线。



► 图4. 典型80C02或80C04模块测量的脉冲和计算的步进响应。

CSA8000/80C02 或 80C04 : 为 10-Gb/s 器件提供最优秀的波形测量解决方案

泰克 CSA8000 与 80C02 或 80C04 光取样模块相结合，可以满足 10-Gb/s 发射器设计人员的需求。其独特的参考接收器结构，使其特别适合测量速率如此之高的数据信号。通过明显使元器件数量达到最小、并采用可调谐响应，这些模块的设计较理想的 ITU 标准实现了更紧密的容限，同时提供了杰出的信噪比，改善了低功率信号的转换增益。其结果，提高了测量结果的重复性，在创建 10-Gb/s 元件和网络时为设计人员提供更高的测量质量保证。这为设计人员提供了所需的最优测量性能，使设计人员能够满怀信心地、高效地为严格的 STM-64/OC-192 标准创建解决方案。

► CSA8000 的其它特性进一步提升了测量结果的信心

除新型 80C01、80C02 和 80C04 取样模块外,CSA8000 还提供了一系列其它功能和特性,保证了高质量地测量高速数据信号。

80C03 数据通信取样模块支持千兆位以太网和光纤通道的波形一致性测试。其放大的光电(O/E)转换器设计允许用户测量超低电平的光信号。

80C01、80C02、80C03 和 80C04 这四个模块都提供了可选的时钟恢复功能,在经常发生的时钟信号不可用的情况下,可以帮助用户采集信号。恢复时钟触发功能可以滤除非常长期的抖动,而这正是接收器的工作方式,因此眼图可以非常有效地表示接收器的操作。时钟恢复消除了与数据触发有关的问题,由于时钟恢复锁相环(PLL)的环路带宽很窄,因此提供了杰出的触发灵敏度。时钟恢复还消除了长光纤末端测量电信号时可变传输时延效应。

CSA8000 本身还提供了其它特性,帮助改善了高速数据测量的重复性。在信号振幅太低,以致不能测量时,CSA8000 可以使用 FrameScan™ 采集技术平均和重叠多个波形,创建一个眼图。这种技术降低了

输入信号上的噪声,可以更加简便地观察信号的脉冲形状及图案相关(非随机)抖动的效应。

FrameScan 具有一个独特的特点,它不要求专用的位图发生器来创建平均眼图。相反,图案发生器仅要求一个帧同步,同时可能要求一个 10-MHz 频率参考点。新的超高稳定水平时基可以锁定在外部频率参考点,允许示波器查看远离帧同步的边沿,而不会增加过多的抖动,而取样示波器在过去是不可能提供这种功能的。

CSA8000 还同时提供电输入和光输入,允许使用光效应关联广泛的测量项目。通过这种功能,设计人员可以查看地面反跳、模块间反射及串扰等问题是怎样影响光信号的。由于这些效应可能在串行器/解串器(SERDES)中导致噪声、抖动或图案相关脉冲失真,因此它们会直接影响驱动激光器或光调制器的模拟波形。在发现光信号中的问题时,如数据相关抖动时,同时显示电信号和光信号可以帮助发射器设计人员确定这些问题的成因。如果在传输的波形和其它效应之间存在明确的关联,如地面反跳,设计人员将知道怎样修复问题。

高度可靠地测试 10-Gb/s 系统

► 技术简介

实现更加智能化的光传输网络

► CSA8000 通信信号分析仪



CSA8000通信信号分析仪是为高性能通信应用专门设计的，为数据通信和电信器件、收发器组件和传输系统的设计评估和生产测试提供了理想的工具。

► 光取样模块



配有一个或多个光取样模块的CSA8000取样示波器为电信应用(622 Mb/s到10.664 Gb/s)或数据通信应用(光纤通道和千兆位以太网)以及通用光器件测试提供了完整的光测试解决方案。高速度、低噪声、可调谐的取样模块80C02和80C04使得CSA8000成为测试10-Gb/s发射器设备和系统的理想系统。

► 电取样模块



配有一个或多个电取样模块的8000系列取样示波器从12.5 GHz到50 GHz带宽，提供了完整的电测试解决方案，它包括一个用于时域(TDR)测量的模块。

► OTS9100 光测试系统



OTS9100光测试系统包括10 Gb/s SONET/SDH信号发生器或发射器和信号分析仪或接收器，可以帮助您在生产和安装过程中集中精力检验系统传输质量。

如需更多信息

泰克一直在不懈努力，不断编制和收集应用说明、技术简介和其它资源，帮助工程师走在技术发展前沿。请访问 www.tektronix.com 网站上的 "Resources For You" 区域。

泰克科技(中国)有限公司
北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编: 100088
电话: (86 10) 6235 1210/1230
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市静安区延安中路841号
东方海外大厦18楼
邮编: 200040
电话: (86 21) 6289 6908
传真: (86 21) 6289 7267

泰克广州办事处
广州市环市东路403号
广州国际电子大厦2807A室
邮编: 510095
电话: (86 20) 8732 2008
传真: (86 20) 8732 2108

泰克深圳办事处
深圳市罗湖区深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦G1-02室
邮编: 518008
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编: 610016
电话: (86 28) 8620 3028
传真: (86 28) 8620 3038

泰克西安办事处
西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店322室
邮编: 710001
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克香港办事处
香港铜锣湾希慎道33号
利园3501室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

©2001年泰克公司版权所有。保留所有权利。泰克产品受到美国及国外已申请及正在申请的专利保护。本资料中的信息代替以前印刷的所有资料。本规范和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX和TEK是泰克公司的注册商标。文中的所有其它商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。
01/01 TD/PG 85C-13595-0

Tektronix
Enabling Innovation