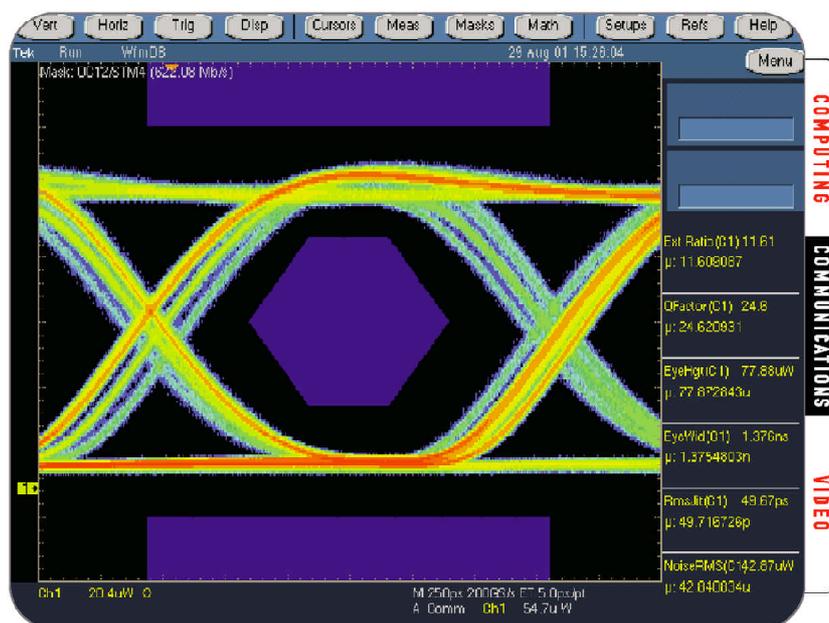


## CSA7000 系列通信 信号分析仪在网络 通信物理层测试领 域中的应用



### ► 电信与数据通信速率达 2.5 Gb/s 的电光信号物理层测试

CSA7000 系列实时通信信号分析仪，可用于“测试设计输出的标准一致性”和“分析电路参数的特性”。

在有线通信网设备的设计过程中，信号测试程序的一个关键环节是设备的物理层测试。所谓物理层是指“开放系统互连 (OSI) 网络模型的最低层。当今高性能的数字荧光示波器，如 CSA7000 系列通信信号分析仪，具有能在高达 2.5 Gb/s 的数据速率上进行眼图测量和信号模板测试所需的电光带宽。DPO 示波器可提供设计工程师的是，在其设计输出的标准一致性测试工作，和关键性内部线路参数(如信号完整性、定时容限和抖动等)分析工作中，所需要的多种测试功能。

读者可通过本应用文章介绍的测量功能，对该示波器在设计调试和按工业标准进行一致性验证方面的测试能力有所了解。

所有示范测试均使用了美国泰克公司的 CSA7000 系列通信信号分析仪 (电信号和光信号)。

## CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

### ► 应用文章

表 1 - 本应用文章所涉及的有线通信网络物理层规范

SONET/SDH GR 253-CORE	OC-1/STM0 OC-3/STM1 OC-12/STM4 OC-48/STM16
ITU-T G.703	DS1 Rate, DS2 Rate Sym Pair, DS2 Rate Coax, DS3 Rate E1 Sym Pair, E1 Coax, E2, E3 E4 Binary 0, E4 Binary 1 32 Mb, 97 Mb STM 1E 0/ Bin 0, STM 1E 1/ Bin 1
ANSI T1.102-1993	DS1, DS1A, DS1C, DS2, DS3, DS4NA, DS4NA Max Output STS-1 Pulse, STS-1 Eye STS-3, STS-3 Max Output
Ethernet IEEE Std 802.3 和 ANSI X3.263-1995	100 Base-T STP, 100 Base-T UTP 1000 Base-SX Short Wave Optical 1000 Base-LX Long Wave Optical
Fibre Channel Optical	FC133, FC266, FC531 FC1063, FC1063 Draft Rev 11 FC2125
Fibre Channel Electrical	FC133E, FC266E, FC531E FC1063E FC1063E Normalized Beta, Delta, Gamma Transmit FC1063E Absolute Beta, Delta, Gamma Transmit FC1063E Absolute Beta, Delta, Gamma Receive FC2125E Normalized Beta, Delta, Gamma Transmit FC2125E Absolute Beta, Delta, Gamma Transmit C2125E Absolute Beta, Delta, Gamma Receive
USB 1.1 / 2.0	FS:T1,T2,T3,T4,T5,T6 HS:T1,T2,T3,T4,T5,T6
InfiniBand	2.5 Gb/s Optical 2.5 Gb/s Electrical
IEEE1394	S400 Optical S400 T1, S400 T2 S800 Optical S800 T1, S800 T2 S1600 Optical S1600 T1, S1600 T2
Serial ATA	G1,G1 Rx, G1 Tx G2,G2 Rx, G2 Tx

### DPO 在设计调试中的应用

有线通信网络设备不仅必须满足性能规格，而且还必须符合工业标准，并能提供各标准之间的互操作性。在设计 and 调试这些极为复杂的系统时，是否能洞悉信号的相互作用和行为是非常关键的。例如，在设计通信发射机过程中，工程师需要捕获可能出现的间歇性故障，并观察设备的输出，以确定设备参数是否在允许的极限内。

当今高性能的 DPO，如 CSA7000 系列通信信号分析仪，用户可通过这些仪器观察到 OC-48/STM-16 等高数据速率信号。不仅如此，高性能示波器的实时捕获能力还能捕获到取样示波器无法捕获的许多罕见事件。取样示波器是以每次触发一个点的方式捕获数据的，因此建立一个波形需要上百次触发。这种低占空比捕获方式，对于重复性的高数据速率信号很有效，但通过取样示波器捕获足够的波形所需要的时间过长，因此降低了其捕获罕见事件的能力。

对于速率达 2.5 Gb/s 的通信硬件调试工作而言，实时示波器往往是最好的测试仪器。当发射机不能运行或只是“局部”运行时，实时示波器在装置的调试工作中的价值将不可限量。DPO 示波器的图形显示功能，可使故障检测更为得心应手。如果通信装置出现故障，光靠误码率测试仪(Bit Error Rate Tester，以下简称 BERT)是无法帮助设计人员查出问题的根源。BERT 在查找不经常出现的错误方面很有效，但先决条件是被测通信设备要工作正常，保证能接受输入和(或)发射数据。BERT 的发射机需输出一种已知的数据模式来激励被测设备。在 BERT 的接收机接到设备的输出数据后，测试仪将对出现的比特差错进行检查。BERT 接收机通常只有可显示误码率的数值显示。

高性能 DPO 是 BERT 极有价值的姊妹仪器，因为用户可通过前者的亮度层次显示功能观察发射机的输出，并可立即看到出现的间歇性问题。例如，在隔离间歇性问题时，人们通常借助分析仪来触发网络上的某一事件。触发事件一般为某种网络错误情况，如出现某种帧或某一网络统计值达到一定水平等。问题也可能出自模式相关信号，并可在输出发射机上产生尖脉冲或抖动。这类问题可造成间歇性信号的损失，以及全面的链路故障，而用取样示波器甚或 BERT 往往不易捕获。只有 DPO 的高级触发功能可迅速发现此类信号误差。TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO，可提供几种类型的高级触发功能，其中包括通信逻辑触发、脉冲宽度触发以及独特的串行模式触发。

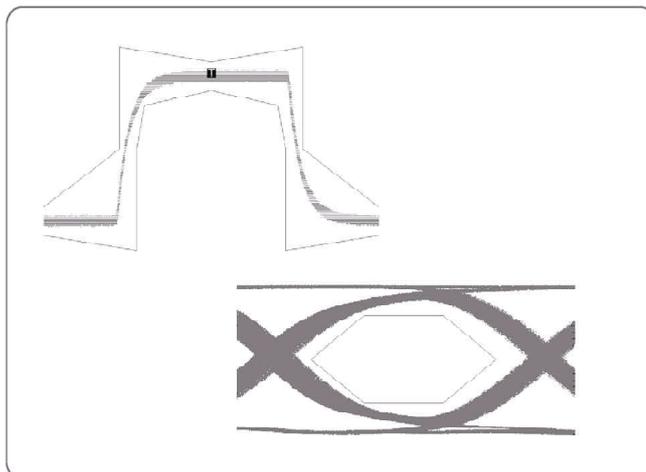
## CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

### ► 应用文章

#### 标准验证

要想让您设计的网络设备得到业界的接受，设备就必须符合电信工业的标准，如 SONET/SDH、ANSI T1.105、ITU-T G，或包括 IEEE802.3 和 ANSI T11.2 在内的数据通信标准。这些标准确立了各种物理层特性和测量条件，其中包括：

- 电规范：1000 BASE-CX 发射机规范界定了数据速率、时钟容错、标称信号传输速度、差分幅度、上升/下降时间以及差分时滞等。规范还规定，在指定的发射机测试负载上测量时，需使用眼图。
- 眼图形状规范：对 FC2125 而言，Fibre Channel(光纤)接收机的最小眼开度，宽大约只有 200 ps。
- 光规范：SONET 光测量需用具有 Bessel-Thompson 特性的 ORR(光参考接收机)。光纤通道需使用同样的滤波器、850 nm 波长光接收机以及从数据恢复时钟之功能。对大部分标准而言，时域中的各种测量值大多用于鉴定发射波形的形状。这些测量值包括周期、上升时间、下降时间、时钟 - 数据抖动、消光比、Q - 因数、交叉%、眼图高度、眼图宽度以及运行周期失真。
- 抖动规范：光纤通道是随机抖动、确定性抖动以及绝对抖动的来源。测量必须以差分方式进行（如果是差分电信号的话），因为电信号传输中的不对称性或实际 PCB 轨迹都会增加抖动。
- BER 规范：InfiniBand 规范要求使用眼图和抖动测试，以确保较低的误码率 (BER)。

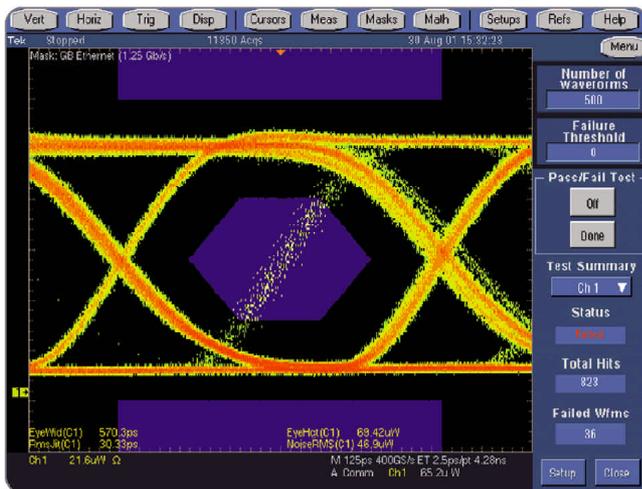


► 图 1. 各类模板示例。

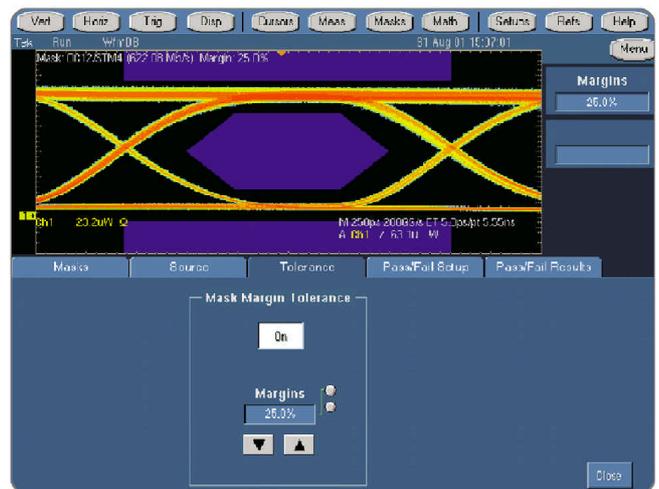
#### 模板测试要求

电信设备测试中的一项关键性要求是要能够保证各厂商设备之间的互操作性。模板测试的开发就是以此项要求为基础的。模板测试可确保大部分关键性波形参数（周期、上升/下降时间、时钟 - 数据抖动、过冲、瞬变、噪声、信噪比）均在允许的容错范围内。由于测定的波形形状取决于测量系统的频率响应（即带宽），所以各标准机构就这类测量指定了应使用的标准“参考接收机”（Reference Receiver）。通过严格控制测量系统的频率响应（用标准参考接收机），便可保证不同厂商的测试和测量设备之间在测量值上的重复性。

界定一个模板，且要求信号必须驻留于的示波器相应的显示区域中，这就是眼图模板测试。这些模板可随被测信号类型的不同而变化。对于许多数据速率较低的电信号而言，可界定单一的正负脉冲模板。而对高速电光信号而言，则可界定眼图模板（见图 1）。



► 图2. 以 Gigabit Ethernet 眼图标准进行的合格/不合格测试情景。



► 图3. 模板余量容错选择菜单。

### 合格/不合格测试

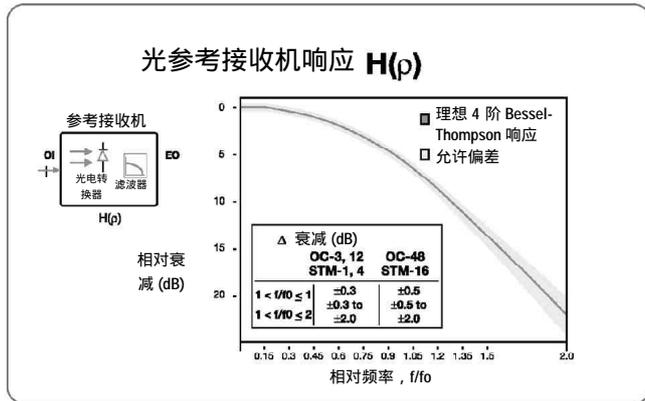
TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 示波器能够显示多种符合工业标准的通信模板，数据速率可达 2.5 Gb/s。当 DPO 屏幕上出现模板时，用户便可通过 AUTOSET 按钮迅速将测试信号放置在模板边界内的中心位置。此外，DPO 还可通过内置的高级 DSP 处理功能，将目前捕获的波形与模板边界进行比较，以检查是否出现过任何模板违例情况（亦称“命中”，hits）。DPO 此时可向用户显示模板命中情况发生的位置和命中次数。最后便可设置自动进行的合格/不合格模板测试，用以确定当捕获到用户定义的波形数时，设备是否有超出模板边界的情况。图 2 中的 DPO 读出表明了所需的波形数量和已捕获的波形数量。此外，“合格”(passing) 读出还显示了测试所处的当前状态。如果模板违例数量超过用户指定的阈值，读出将变为“不合格”(failed)。用户可通过这种测试方式在实验室内，以无人看管的形式进行模板测试，并在制造环境中以自动形式进行测试。

### DPO 在模板余量测试中的应用

除了检查与标准的一致性外，模板还可用来确定相对于标准要求的信号余量。对设计余量的测试可确保系统在最坏情况下仍然符合标准，亦可确保批量生产的系统符合工业标准，并符合实验室测试时使用的原设计标准。用模板检查设备余量时，可在模板中输入余量百分比。然后便可进行模板测试，检查故障。模板余量测试可通过 TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 的模板余量容错功能得以实现。图 3 所示为模板余量容错选择菜单，用户可以通过该选择菜单选择眼图模板测试所用的容错百分比。

# CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

## ► 应用文章

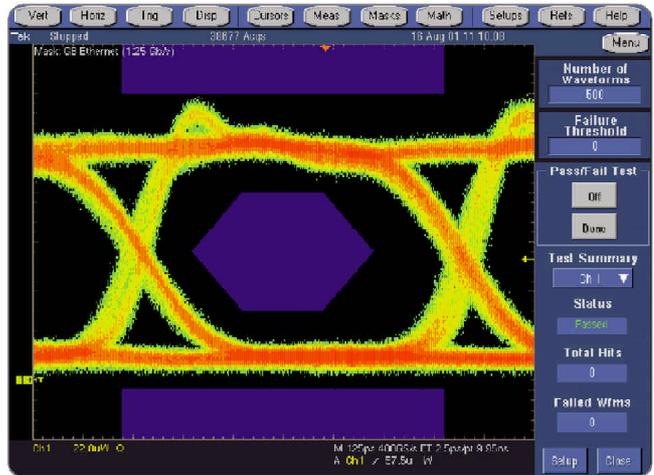


► 图 4. CSA7000 系列的频率响应。

## 光信号调试

### 内置光参考接收机

用示波器进行的光信号测试（如OC-48/STM-16 或光 Fibre Channel），需要将光信号从光功率转换为电压，并需要为模板测试配备一部光参考接收机。光模板测试使用的系统须具有如图 4 中所示一样的频率响应曲线。为了能在较高的数据速率（达 2.5 Gb/s）上提供测试所需的灵活性和可靠性，CSA7000 系列通信信号分析仪整合了光参考接收机的全部功能，其中包括光 - 电转换器。光参考接收机的频率响应是通过机内的高级数字滤波功能取得的。这一综合体系结构为客户提供了一种经过全面校准的、并符合光网通信各项标准要求的测试仪器。



► 图 5. 光参考接收机滤波器关闭情况下的 Gigabit Ethernet 眼图。

表 2 - 光参考接收机滤波器和模板

	CSA7154	CSA7404
SONET/ SDH	OC-1/STM0, OC-3/STM1, OC-12/STM4	OC-1/STM0, OC-3/STM1, OC-12/STM4, OC-48/STM16
Gigabit Ethernet	1000 Base-SX, LX	1000 Base-SX, LX
Fibre Channel	FC133 - FC1063	FC133 - FC2125
IEEE 1394b	S400, S800	S400, S800, S1600
InfiniBand		2.5 Gb/s

光参考接收机中的数字滤波器可提供更接近理想频率响应的数字滤波响应。这一改进的滤波响应可相对于工业标准极限提供更多的余量。CSA7000 系列通信信号分析仪，可将光参考接收机的频率响应，匹配到测量 SONET 信号（可达 OC-48）、Fibre Channel 信号（可达 2.5Gb/s）以及 Gigabit Ethernet 和 InfiniBand 光信号所需的频率响应（见表 2 光参考接收机特性）。用户可迅速而简单地，通过数字滤波功能，在各种数据速率之间切换，从而不必增添外部模块或插件。

### 光参考接收机开 / 关

在用模板比较 SONET/SDH 信号时，所需光参考接收机的频率响应是有限的。而鉴定设备时，使用的建议带宽是比特速率的几倍。因此在全示波器带宽上观察信号时，最好关闭光参考接收机的滤波功能。在 CSA7000 系列通信信号分析仪上关闭光参考接收机的滤波器，用户简单地只需按一个按钮。关闭了光参考接收机滤波器后，仪器便可显示更快的信号边沿以及更多的瞬变和过冲（见图 5）。现代接收机上的光检测器等许多组件的带宽都显著宽于信号的比特速率。由于带宽较高的接收机能够实际看到信号，所以在以全带宽鉴定信号时，可观察到信号的失真情况。如果只进行标准一致性测试而不鉴定装置特性，则可能导致发射机在制造过程、以及现场使用中出現间歇性问题。

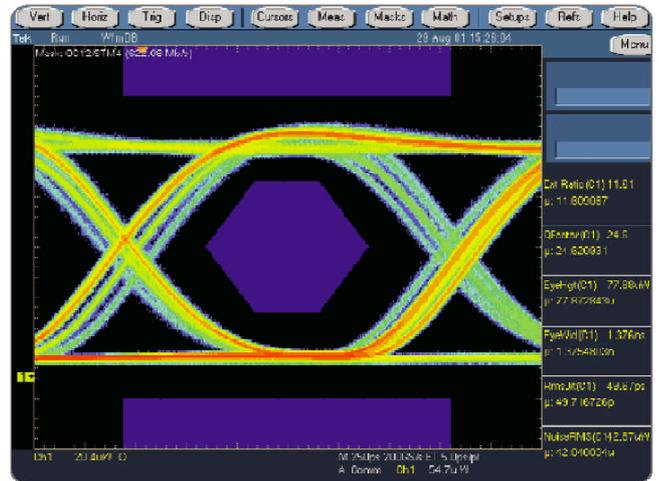
### 通信测量

除幅度和时间相关的测量功能外，DPO 还能提供其它与眼图相关的测量，如噪声、Q - 因数、抖动和各种眼图测量以及消光比（亦称衰减率）。图 6 所示为用 OC-3 眼图测量的 CSA7404 消光比测量值，并显示了消光比的平均 ( $\mu$ ) 和标准偏差值。

### 消光比

消光比是光网通信标准规定的光一致性测量，它是逻辑 1 (E1) 与逻辑 0 (E0) 的平均功率等级之比：消光比 =  $10\log(E_1/E_0)$ 。

消光比用于测量数字信号的调制深度。消光比愈高，传输系统在 BER 增加之前，抵制失真所拥有的余量就愈大。用户可用标准和数据速率要求，设定一个理想的系统消光比范围。CSA7000 系列通信信号分析仪能自动进行消光比测量。因此，这种测量并不难。



► 图 6. 相对于与通信标准的一致性检查需要做几种测试，如脉冲宽度、幅度、消光比、Q - 因数、眼图的高和宽、噪声以及抖动测量。如果使用 DPO，则如此众多的测试，都可在开发实验室、制造厂或网络装置的现场进行。

1. 用光参考接收机进行消光比测量。消光比测量需在全数据速率信号上进行。由于数据速率高而且需要使用平均功率等级，所以参考接收机的综合效应将很近似逻辑 1 和逻辑 0 功率等级。
2. 由于示波器中的 DC 电压偏移可为一种误差来源，所以要想确保精确的消光比测量，任何偏移量都应为零。这一程序就是所谓的黑电平或 0 光电平校准。当没有光输出到光电 (OE) 转换器时，0 光电平与由 DPO 测定的电压电平一致。用户可通过 CSA7000 系列选择并运行自动 0 光电平校准功能。如果 0 光电平发生变化，消光比值则会有显著的变化。图 7 中的例子，表明不同的 0 光电平基准对消光比值的影响。

# CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

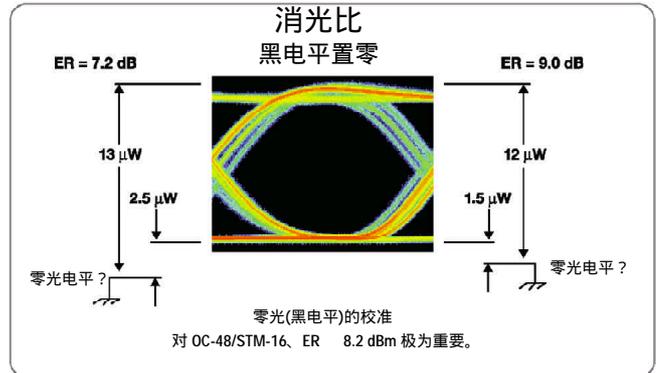
## ► 应用文章

在图 7 的左侧，测定的逻辑零电平高于基准  $2.5 \mu\text{W}$ 。测定的逻辑 1 电平高于基准  $13 \mu\text{W}$ 。从这些值计算得出的消光比为  $7.2 \text{ dB}$ 。在该图的右侧是运行校准后显示的不同 0 光电平。在这个新基准条件下，得到的逻辑零和逻辑 1 电平分别为  $1.5$  和  $12 \mu\text{W}$ 。用这些值计算消光比，结果是  $9.0 \text{ dB}$ ，有显著的增加。

另一潜在的误差来源是示波器，和光电转换器在测量上的不定性。光电转换器和示波器的精确度规格，可给消光比测量造成很大的误差，具体程度取决于消光比值。我们现在以一个消光比为  $8 \text{ dB}$  的信号为例，如果示波器测定该信号的逻辑 1 电平为  $100 \mu\text{W}$ ，测定的逻辑零电平则为  $16 \mu\text{W}$ 。如果测量的不定性为  $\pm 1 \mu\text{W}$ ，消光比则将从  $7.7 \text{ dB}$  变为  $8.2 \text{ dB}$ 。 $0.3 \text{ dB}$  的测量变化也许还可以接受。然而，如果信号的消光比是  $14 \text{ dB}$  且信号的逻辑 1 电平在示波器上为  $100 \mu\text{W}$ ，逻辑零电平则将是  $4 \mu\text{W}$ 。 $\pm 1 \mu\text{W}$  的测量方差此时的影响显著增加。消光比将从  $13 \text{ dB}$  变为  $15.2 \text{ dB}$ ，方差为  $1 \text{ dB}$  至  $1.2 \text{ dB}$ 。

为了避免或尽量减少此类测量误差，请遵循下列建议操作：

1. 设定 DPO 的电压范围，以使光信号能尽可能多地使用示波器的动态范围。
2. 测量消光比时应进行多次测量，并使用平均值。



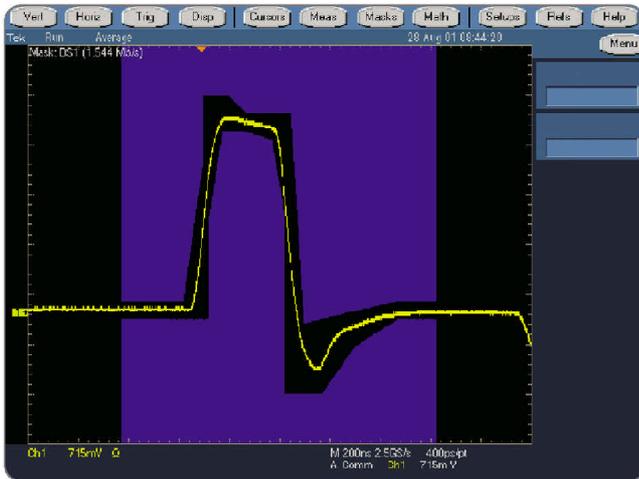
► 图 7. 零光电平的变化可影响消光比值。

### 波形数据库和参数测量

CSA7000 系列通信信号分析仪，可将捕获的大量数据样值储存到波形数据库。该数据库是随波形数据的不断采集而累积起来的源波形数据，并能以彩色层次予以显示，从而为用户提供了一种可在大量样值基础上，定性验证测试信号的途径。用户通过波形数据库验证信号的稳定性，而且还能运行统计测量，其中包括基于直方图的测量。

### 时钟恢复

在所有的电信信号传输中，未被剥离的时钟与数据一并传输，因此必须从数据恢复时钟。TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 均具有时钟恢复能力，用于 NRZ 眼图时速率可达  $2.5 \text{ Gb/s}$  (在 TDS7000 系列为选项)。用户可通过时钟恢复功能进行更可靠、更精确的模板测试和通信测量。



► 图 8. DS1 模板, 其中环绕逻辑 1 脉冲的前导和结尾比特, 至少须在一个比特时间内为零。所示信号被称为隔离脉冲 1。

### 通信模式触发

标准的模板测试要求示波器具有高超的数据识别能力, 而这正是许多常规数字示波器所欠缺的。这实际上是一种可查找数据模式(如具有前导和结尾零的正脉冲等模式)并可在其上触发的能力。许多为测试信号指定的标准模板都有一个区域。在这个区域中, 信号的零状态必须长到足以在出入模板时不造成任何违例的长度。例如 ANSI T1.102 规定的 DS1 信号要求是, 用 DS1 模板测试的信号, 须为具有四个前导零和一个结尾零的脉冲。有关隔离的 1 脉冲示例, 请见图 8。TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 可通过其通信信号触发功能查找随机数据流中存在的任何隔离的 1 脉冲, 并在脉冲上触发。用于其它信号的模板旨在测试特定的波形, 如码传号反转 (CMI) 正 1、负 1 或 0 波形。若需在无通信触发能力的情况下正确地进行模板测试, 发射机则须输出指定的比特模式, 如全为 1 的脉冲。在用伪随机数据等实际通信信号测试设备时, 所用示波器必须在进行模板测试前能找到特定的比特模式, 并能在其上触发。

### 抖动测量

对于许多设计师, 只符合业界标准还不够。他们想对设计的系统进行全面的鉴定, 以找出系统的操作极限。而且必要时可在设计中考虑增加设备的公差, 以预防在制造测试期间, 或现场多年运行后出现故障。

随着数字设备和通信系统在速度上的不断提高, 抖动鉴定在确保系统正常运行中的地位也愈加重要。抖动可降低系统的误差余量。抖动可定义为相对于理想值的相位变化或定时偏差。在数字通信系统中, 过多的抖动可导致不可接受的误码率 (BER, 亦称比特差错率)。抖动来源可能与数据相关或是随机的。与数据相关的抖动是一个比特的定时误差, 由传输序列中的一个或多个前置比特的状态所导致。随机抖动可定义为与传输的数据不相关的定时误差。比较简单的抖动测量可测定出抖动的类型, 并得到合计的抖动值。但在消除抖动方面, 最好分别对随机和数据相关的部分单独进行测量。此后, 如果一个抖动类型高于另一个, 则可通过系统的方法, 先减少随机或数据相关的抖动。

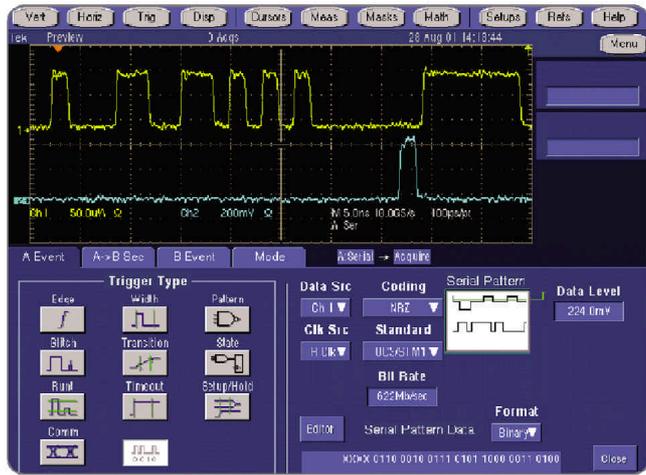
### 随机抖动

用户可通过 TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 的直方图测量功能测定随机抖动。测量随机抖动分量的具体步骤如下:

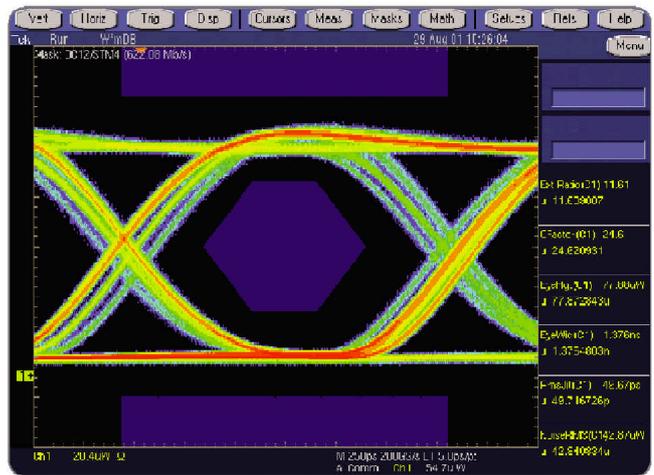
1. 用一简单的低频重复模式激励发射机。例如, 低频模式可为五个高比特, 然后五个低比特。这种低频模式可避免在输出中感应出与数据相关的抖动。
2. 用 DPO 中的快速统计数据库捕获信号。
3. 用水平直方图测量随机抖动的分布。对于真正的随机抖动而言, 直方图数据的一个标准偏差就等于随机或 RMS 抖动。

# CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

## ► 应用文章



► 图 9. CSA7000 系列的串行模式触发选择菜单。



► 图 10. 亮度层次眼图交叉显示。

测量随机抖动时，系统需收集足够的数量才能提供统计意义上有效的抖动分布。直方图数据应包括上千或上百万次捕获的数据方能提供有效的统计数字。在鉴定数据速率较低的分支信号时，如果使用常规数字存储示波器，则捕获数据花费的时间可显著地降低抖动测量速度。TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 可使直方图以较快的速度进行数据积累和测量。有关泰克公司提供的抖动测量解决方案的详细资料，请访问：[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)。

### 数据相关抖动

用 DPO 的亮度层次余辉显示功能，用户可轻而易举地发现与数据相关的抖动。随着在多次触发期间捕获到数据，亮度层次显示功能将突出显示波形中常被命中的区域。亮度层次突出显示之功能往往可显示出抖动波形的清晰边沿。这些独特的边沿或模式即表明发射机中的数据模式相关性。这些数据相关情况显示出来后，就可用 DPO 对各种模式的影响或效应进行定量分析。通过观察亮度层次显示、或眼图交叉直方图，便可看到造成不同跃迁穿过眼图交叉点的数据相关性。

请注意图 10 中眼图交叉点处的边沿双模态分布。这些独特的模式对应于“激光传输的不同数据模式”所造成的定时误差。由这些不同模式引起的定时误差，正是数据相关抖动的典型例证。

### 用串行模式触发功能分析数据相关抖动

如果发射机中存在着数据相关抖动，则可用 TDS7000 系列和 CSA7000 系列 DPO 的串行模式触发功能捕获 NRZ 串行数据中几种独特数据模式中的一个模式。图 9 所示为 CSA7000 系列的模式触发选择菜单。该通信信号触发功能可提供的串行比特模式多达 32 种，都可用来触发示波器。在输出某一个数据模式时，用户可通过对发射机行为的观察来鉴定数据模式效应。这一能力可在速率达 1.25 Gb/s 的信号上使用。

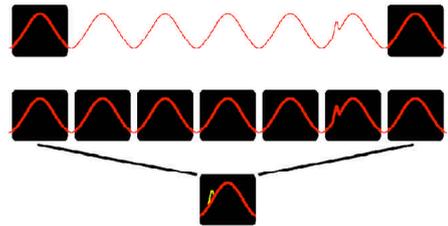
## 结论

在以高达 2.5 Gb/s 的速率调试通信硬件设备时，TDS7000 系列或 CSA7000 系列 DPO 往往是最好的测试仪器。其功能强大的信号捕获系统可使您看到即使取样示波器也爱莫能助的罕见问题。此外，这两种 DPO 是 BERT 极有价值的姊妹仪器，因为用户可通过数字荧光示波器的亮度层次显示功能观察发射机的输出情况，并立即看到出现的间歇性问题。这两种 DPO 的高级触发功能，能在许多情况下迅速发现信号误差。不仅如此，TDS7000 系列和 CSA7000 DPO 还能提供设计工程师们在其，设计输出的标准一致性测试工作和关键性内部线路参数（如信号完整性、定时容限和抖动等）分析工作中所需的一机多用途。总之，CSA7000 系列通信信号分析仪和内置的光参考接收机、光电转换器、以及时钟恢复功能，为光通信硬件设备的调试和验证工作提供了一个既全面又易于使用的解决方案。

## DPO 与 DPX™ 捕获优势：

### 举世无双的洞察力

要想看到信号，就要先将其捕获。大多数信号都较易于捕获，但面对罕见的或随机毛刺则不那么容易，而且这些毛刺有 99.9% 时间都可能在一般数字存储示波器重新准备触发之时出现。泰克公司专有的 DPO 加上 DPX™ 技术可使示波器每秒捕获 400,000 多个波形，是其它数字示波器的 200 倍。从统计学角度看，用户可通过这种先进技术，在几秒钟内检测出欠幅脉冲、毛刺和跃迁错误等多种高难度问题，而其它示波器则需几个小时。DPX™ 技术还能揭示出动态阴影图象所具有的难以捉摸的调制模式。眼图和 I-Q 模式中的动态特性也可通过图形显示，而变得显而易见。

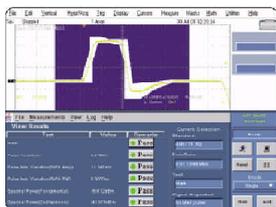


## CSA7000 系列在网络通信测试中的应用

### ► 应用文章



**CSA 7000 系列**  
高性能数字荧光示波器，适用于速率达 2.5 Gb/s 电信和数据通信电光信号物理层测试。



**TDS7000 系列**  
数字荧光示波器  
带宽从 500 MHz 至 4 GHz、实时取样速率达 20 GS/s 的 TDS7000 系列示波器，是尖端电子设计在验证、调试和鉴定工作中不可或缺的、高性能实时示波器。

**CSA 7000 系列**  
高性能数字荧光示波器，适用于速率达 2.5 Gb/s 电信和数据通信电光信号物理层测试。



**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



Copyright © 2001, Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material. Specification and price change privileges reserved. TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc. All other trade names referenced are the service marks, trademarks or registered trademarks of their respective companies. 10/01 HMM/PG 55W-15028-0