



压力眼图

入门手册

目录

摘要.....	3	注入各个成分抖动.....	14
接收机抖动容限测试 — 基础.....	3	总结.....	15
接收机的工作.....	3	参考文献.....	15
抖动的影响.....	5	附录 1：压力眼图的标准要求.....	15
时钟恢复如何工作.....	6	注释.....	15
利用正弦抖动测试时钟恢复电路.....	7	电压力眼图标准.....	16
正弦抖动.....	7	光压力眼图标准.....	17
SONET / SDH.....	7	附录 2：抖动树状图和压力成分.....	18
最近标准的抖动容限测试.....	8		
损伤信号的类型.....	3		
BER 轮廓概述.....	7		
干净眼图.....	9		
正弦抖动.....	9		
正弦干扰.....	10		
随机抖动.....	11		
ISI.....	13		
BUJ.....	13		



图 1. 理想接收机的工作图

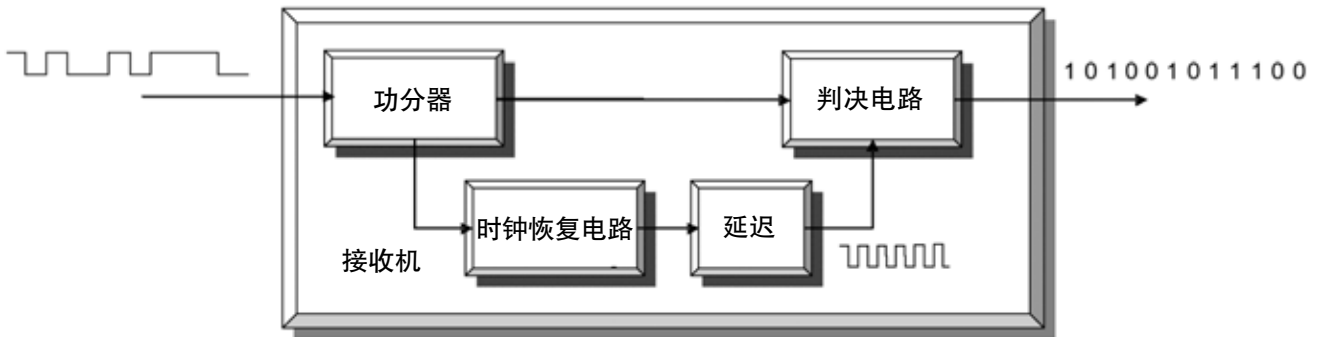


图 2. 接收机简单框图

摘要

许多高速串行接口标准把一个标准测试称为“压力眼图”测试。本文主要介绍一些高速串行标准的压力眼图测试，以及如何进行接收机的压力眼图测试。

接收机抖动容限测试—基础

接收机的工作

压力眼图测试的正式名称是“接收机抖动容限测试”，即高速串行电或光接收机处理受损伤的输入信号(带抖动和串扰)而不产生误码的极限能力。换句话说，到底信号质量多差的输入信号被接收机接收，而不会造成把1误判成0，产生误码，或者不会造成把0误判成1。

从概念上，不论是跨洋光纤连接还是通过电路板或高速背板连接，大多数数字通信通道链路是相同的。一个发射机产生“干净”的信号，信号通过一个坏的传输通道，传输通道将会破坏发射机产生的干净信号，接收机的任务就是把经过传输后受损伤的信号重新构建1和0原流，而不产生误码。

当数据速率高于 1Gb/s，大部分都是把时钟信号嵌入到数据后进行传输。为了使接收机能正确地接收输入数据，它需要一个与数据相关的时间参考。由于传输链路的影响，数据信号改变了时序，因此，从输入数据信号中恢复出时间参考非常有用。接收机简单框图如图2所示。虽然它忽略了放大器和其它元件，但是对获得一些相关概念是非常有帮助的。

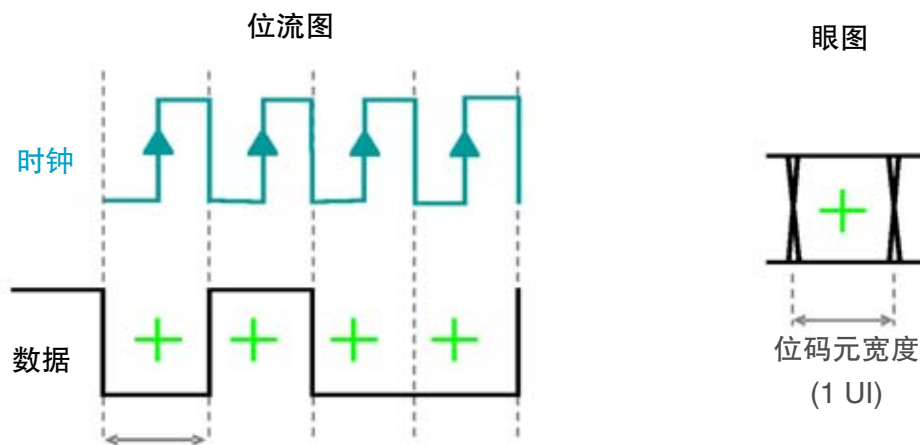


图 3. 时钟用于输入数据 1 和 0 之间时序判断(左图)，眼图形成(右图)。

时钟恢复电路从数据中恢复出与数据相关的时钟信号。其目的是使用这个时钟来对输入数据进行判决(每个比特时间，无论信号是一个 1 还是一个 0)。该判决电路将着眼于时间上某时刻，在那个瞬间决定数据是否高于或低于某一阈值点。从这个判决后，电路将产生一个新的、干净的 1 或 0，见图 3。图 2 的时钟恢复电路产生时钟信号，然后通过延迟定位时钟信号的上升沿时间在正确的位置上。

图 3 显示了眼图形成的过程，输入数据中的位序列，如 0-0-0，0-0-1，0-1-0，0-1-1 等，从叠在一个位码元单元后，显示系统信号完整性(在图的右侧)的图。

在上述过程，假定是理想化的数据，显然，现实世界并不是这样，信号到达接收机后，通常幅度会变小，并包含噪声，还有其它损伤。我们将在后面详细介绍这些。什么是抖动容限？

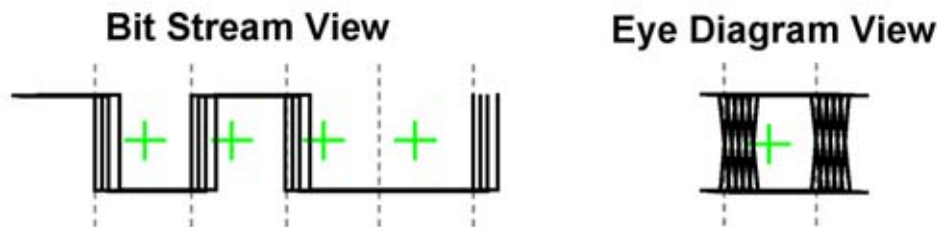


图 4. 边沿相对理想位置移动的含抖动数据流

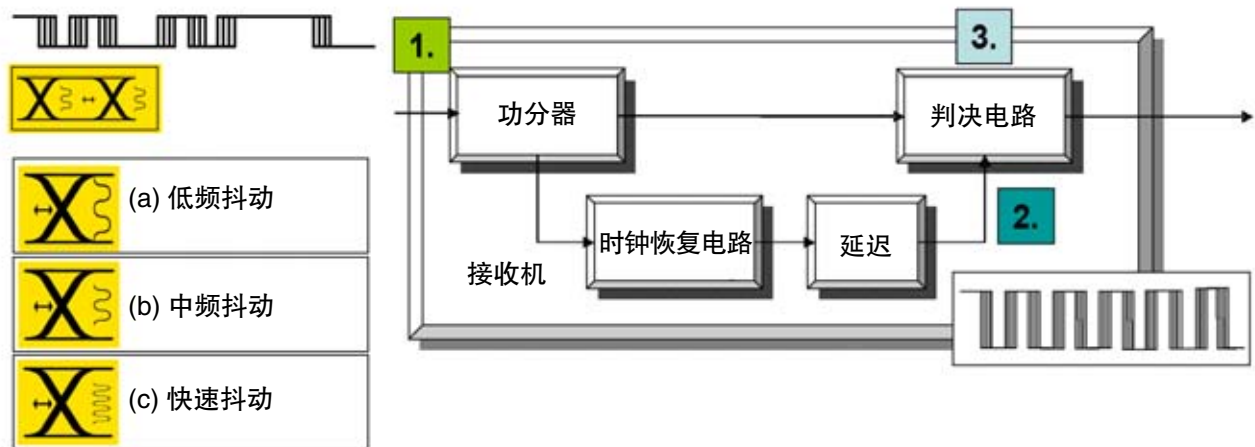


图 5. 正弦抖动对带有时钟恢复接收机的影响。

抖动的影

抖动通常定义为数据信号边沿相对偏离理想时间位置的变化。抖动是一个复杂的主题，关于它的介绍，有许多网页进行了相关的介绍，我们将继续简单讨论。图4显示了在图3中注入抖动的数据（数据流中边沿偏离了理想位置）。如果这种情况发生（数据含有抖动），从图 4 中很容易地看到，这些错误的边沿可能干扰判决过程，随着错误增加，更多的边沿跨越码元位单元。

使用时钟嵌入到数据，然后从数据中恢复时钟的主要优点是，时钟恢复电路可以恢复一个跟踪数据抖动的时钟。如果数据所有边沿慢慢移动，即时钟恢复会恢复出跟踪这个缓慢移动的相关时钟信号，这很直观。如果边沿移动非常的快速或完全不稳定，时钟恢复电路将很难跟踪这个抖动。这就产生了这样一种概念，时钟恢复电路可以作为抖动滤波器，时钟恢复电路能够跟踪低频抖动到一定的极限值，这样，数据流与恢复出的时钟之间的抖动减少了。让我们来看看它是如何工作的。

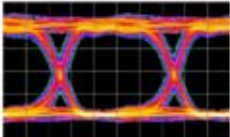
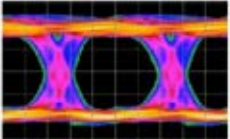
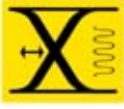
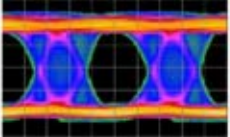
注入的抖动 频率	1.	恢复的时钟	2.	利用恢复的时钟进行判决输入数据： 在判决点处观测眼图	3.
低			恢复的时钟跟踪数据(数据抖动，时钟也抖动)	时钟和数据跟踪： 波形几乎没有抖动	
中			恢复的时钟不停地跟踪数据，但是不能完全跟踪(抖动变小了)	时钟和数据跟踪一部分： 抖动增加	
高			恢复的时钟完全不能跟踪数据的抖动 – 时钟没有抖动，数据含有抖动。	时钟稳定，数据抖动， 因此所有抖动都在数据中	

图 6. 不同频率的正弦抖动的效果

时钟恢复如何工作

利用图2中的接收机，我们将对数据信号边沿进行调制。这将使得信号边沿向某个方向移动的效应，例如使边沿晚到的越来越多，然后使边沿回到理想的位置，然后让使边沿早到。这样重复进行，相当信号发生器调制了。在这个例子中，我们将使用不同频率的正弦波。

图6显示了接收机在三种不同的正弦抖动下的工作情况。表的第一列，输入到接收机的抖动信号(1)。第二列列出了时钟恢复电路(通常是一个锁相环，或 PLL)(2)。第三

列列出了在接收机判决点的信号。这可能不是很直观。对于缓慢变化的边沿，恢复的时钟是数据的一面镜子，恢复的时钟与数据的抖动大小和方向完全保持一致。每一个瞬间变化，判决电路监测位与时钟选通完全同步，并作出正确的判决。在高频率，超出PLL的跟踪能力，它减小恢复时钟的抖动。输入的数据含有大量的抖动，但时钟没有抖动，这显然增加了误码的概率。

请注意，输入的数据抖动量并没有改变，抖动的频率一样。

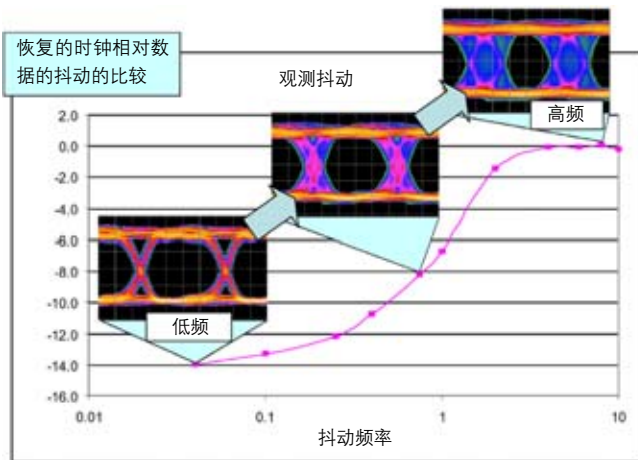


图7. 抖动传递函数图形显示输出信号抖动的幅度与输入信号抖动的幅度比例(dB), 左边显示了由于恢复时钟跟踪了数据中的抖动, 恢复时钟相对数据的抖动的很小。

利用正弦抖动测试时钟恢复电路

在 10 Gb / s 速率, 典型的时钟恢复电路跟踪抖动, 抖动范围介于 1– 4MHz 之间。图 7 显示了这样一个时钟恢复单元传递函数。

正弦抖动模板

我们已经知道, 接收机时钟恢复电路对接收机处理抖动效果有很大的影响。接收机的抖动容限测试通常采用不同频率和不同幅度抖动调制到输入数据信号中, 直到出现误码。抖动容限测试因此需要一个 BERT 的误码检测和能产生带损伤码型的信号源。该测试通常使用正弦调制的数据信号, 不同频率和不同幅度的正弦抖动模板图。图 8 就是一个例子。在低频抖动, 接收机通常能忍受大量的抖动(许多单位间隔(UI)足以完全多次闭合眼图)。在这些低频抖动, 时钟恢复完全消除了抖动的影响。在较高的频率抖动, 抖动量小于 1UI。

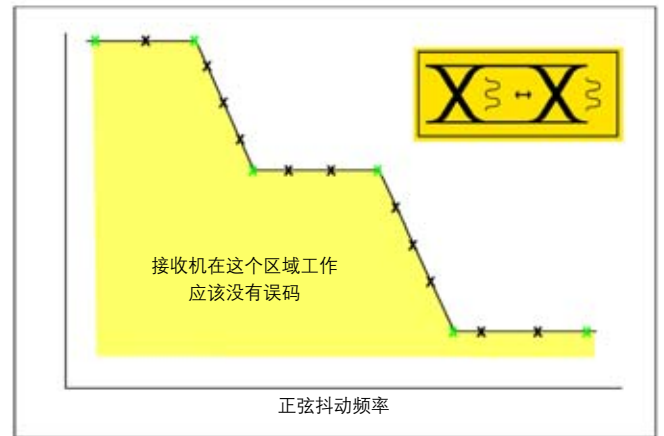


图8. 正弦抖动容限的模板

测试时, 模板上选择一些离散点, 通常是遵守设备标准的一致性, 并尽量减少测试时间。通常更关注模板梯度变化的地方(图 8 的绿色交叉点)。

SONET/SDH

上面已经描述抖动容限, 在 SONET / SDH 系统中首次利用正弦抖动通过进行模板测试。这些网络最初的实现是有一个传输链路终端和一个接收端, 以及两者之间的中继器。每个中继器将光信号转换回电信号, 处理和放大到足以驱动它转换回光域和以便下一个中继器。在这样的'中继'系统, 信噪比对系统的性能有很大的损伤, 但至关重要是中继器没有放大抖动的影响。

最近标准的抖动容限测试

在中继的SONET / SDH系统中利用正弦抖动模板进行抖动容限测量，近期的许多标准已解决了通信中不同的分类连接。这样的系统，他们的共同点是，无论光、电线、或背板及电路板，信噪比往往不是性能的限制因素。引入更加复杂的损伤信号去测试接收机。压力眼图测试通常对整个眼图周围的进行极限测试，不仅仅是时间轴，所以不仅是抖动测试了。后面将讨论创建带损伤的压力信号。

第一个使用压力眼图的标准是千兆以太网以及1X, 2X和4X 光纤信号(在 1998 和 2003 年)。在此期间，压力眼图被新兴的 10G 以太网标准(2002年)采纳和修改。自那以后，压力眼图已被许多标准采纳，包括诸如PCI Express 和串行ATA高速总线。一个共同的标准项目表见附录 1。压力眼图测试现在在许多的工业规范中变得越来越常见。

损伤信号的类型

BER 轮廓的概述

新的压力眼图测试方法是为了反映一个接收机可能会面损伤信号的可能性。在下面的列表中，通过眼图和BER轮廓阐述了损伤。可以从SyntheSys Research公司索取关于BER轮廓更多的详细资料，而简单的轮廓像一个地理地图上的轮廓图，显示出陡峭的山。在眼图中，陡峭的斜率，不太可能影响判决点，导致误码。BER轮廓的优点是它的深度远远超出了传统示波器的眼图，BER轮廓更深入地揭示了偶发事件。在下面的例子最外层(蓝色)轮廓显示其中 1×10^{-6} 的边界，也就是说，如果接收机的判决点沿着这条线被移动到某处，接收机将实现了 1×10^{-6} 的误码率。最里面的(白)轮廓，通常情况下，预测了 1×10^{-16} 的误码率，接收机放置在这个边界判决点可以评估无误码的验证。显然，在越靠内部边缘区域，被认为是越好的眼图。

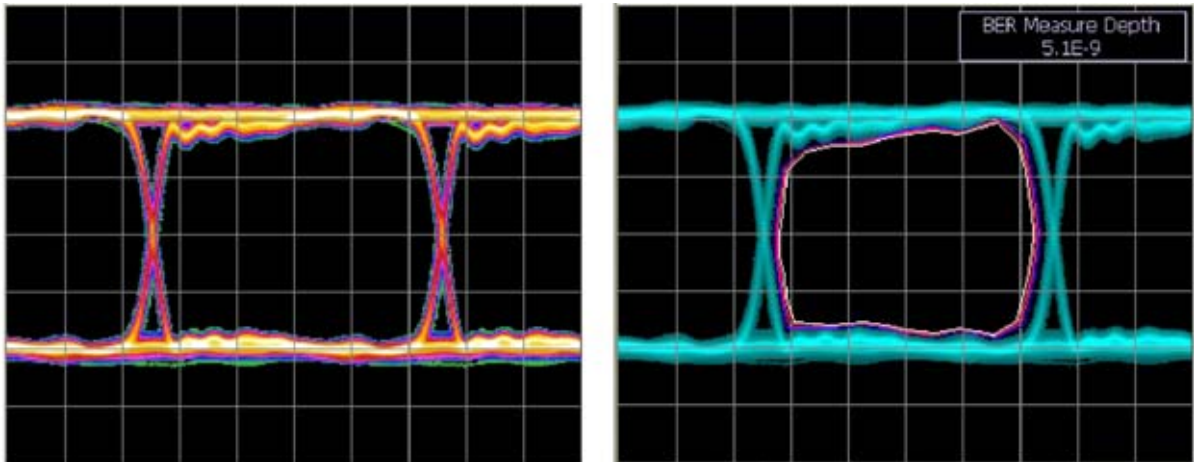


图9. 未受到损害的信号眼图(左图)和BER轮廓线(右图), 在最外面的(蓝色)轮廓代表 1×10^{-6} 误码率和最内层(白)外形代表 1×10^{-16} 误码率。在这个例子中, BER 轮廓线间距紧密, 因为信号中含有的随机抖动或噪声很小。

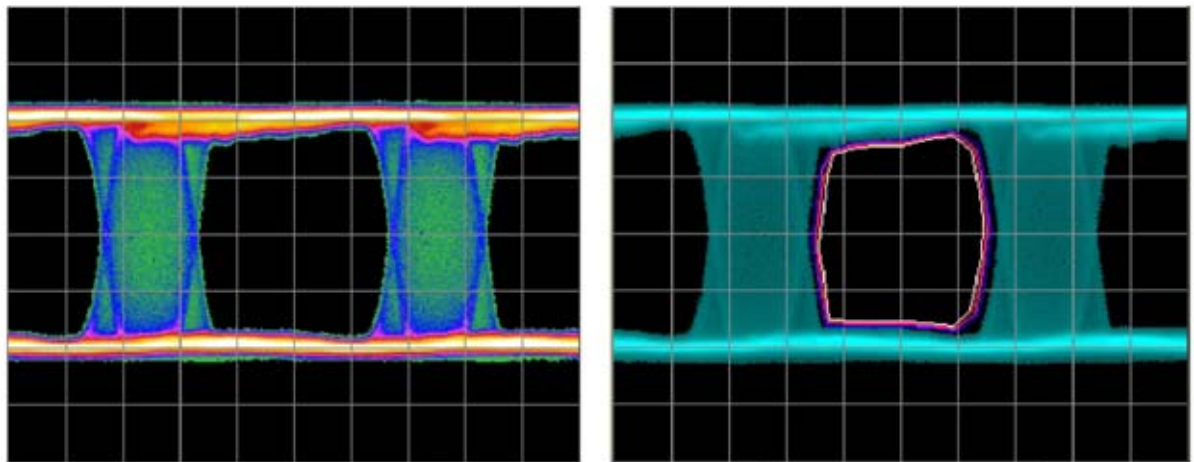


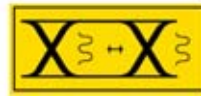
图10. 含有正弦抖动的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图)。

干净眼图



作为参考,图9显示了用于比较的两个干净的眼图。关于眼图的详细描述请参考“剖析眼图”文章,分析了每一个压力信号类型产生的影响。

正弦抖动



关于 SONET, 正弦抖动是用来验证接收机中时钟恢复单元的抖动容限。在 SONET 中使用模板测试。眼图在时间轴线上闭合, 这就是抖动作用。BER 轮廓显示了非常紧凑分组轮廓线。这意味着, 是非常有用的, 意味着所有的眼图最终都会闭合的, 即使没有偶发故障事件。抖动调制是确定性抖动, 完全有界的。

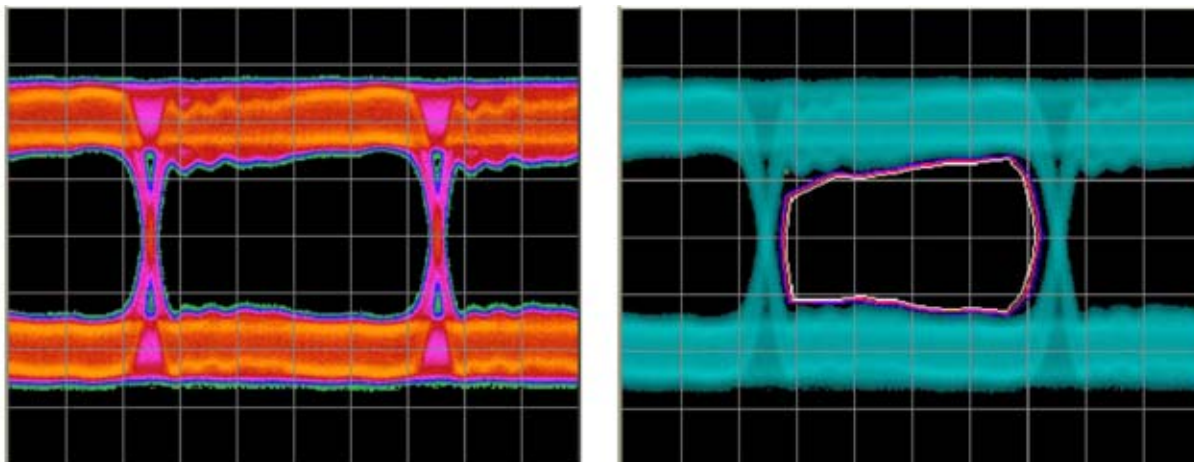


图 11. 含有正弦干扰的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图)。

正弦干扰



用于幅度轴的眼图向下闭合，模拟低电平信号或其它确定的、有界的损伤，如失配导致反射。其结果是类似

于使用正弦调制闭合眼图的时域。眼图在幅度轴看起来闭合，但BER轮廓显示了仍然有大部分区域作为接收机判决点。

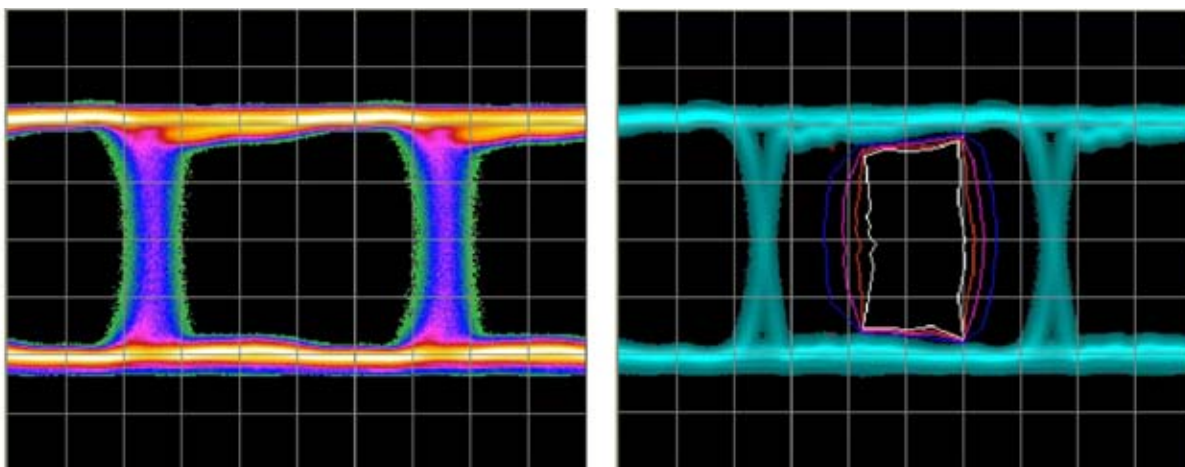


图12. 含有随机抖动的眼图(左图)和BER轮廓(右图)。利用传统的示波器测眼图很难看见低概率事件(如随机抖动)

随机抖动



随机抖动的目的是模拟噪声有关的影响(如振荡器相位噪声)。引起随机抖动真实的原因可以是以下任何一项:

- 大多数情况下随机抖动来源于低成本的PLL合成器的时钟源。
- 在铜链路系统没有太多的宽带RJ,但在接收机后使用放大器的光链路系统会有很多的宽带RJ。
- 另外,在光链路,在光接收机的输入端可能会混入一些带高频激光和激光/光纤噪声的低频抖动。发射机高频抖动在长电缆被滤掉。
- 基于对VCSEL的850nm的链接通常会有RJ。
- 放大器的噪声会把噪声混入数据边沿,其结果是导致边沿变慢。

图12的眼图张开度非常好,应该不用担心出现问题。接收机的BER轮廓。这是第一个损伤很少却导致故障事件的例子。随机抖动是一个无边界的。在这种情况下,边沿出现在任何位置跨越眼图并导致误码的概率是有限的。如在图12所示的大跨度的轮廓线是一个警告信号。基于这个原因,如果RJ很大,需要仔细设置测试设置,最好使用BER轮廓或深度抖动测量,以确保抖动的大小是在指标范围内。

典型的测试设置将有一些固有的RJ(它们是有源元件组成)。有的标准规定不需要加入更多的RJ,有的标准需要添加RJ,这就意味着增加外加的RJ和内部的RJ总的大小直到满足达到正确的水平。

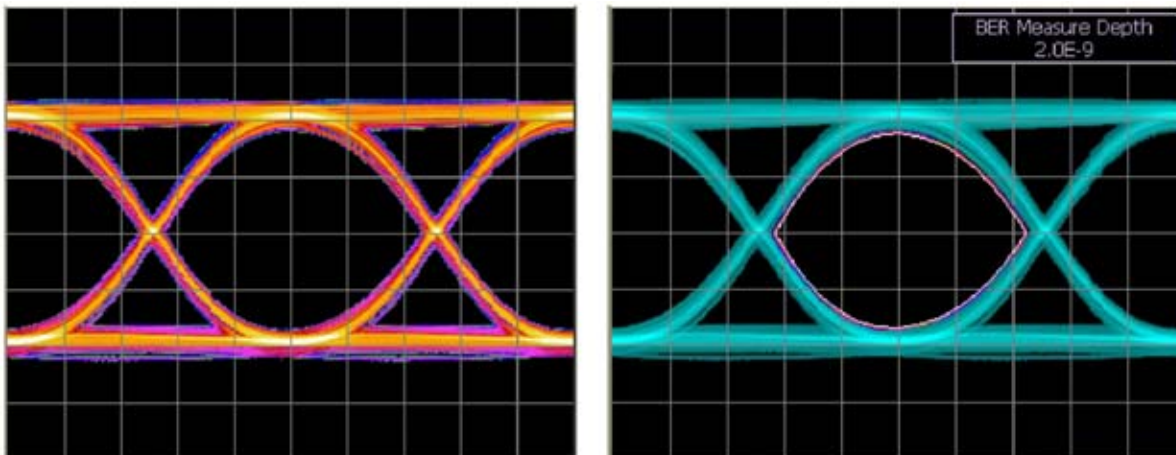


图 13. 含有 ISI 的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图), 信号通过四阶贝塞尔 – 汤普森滤波器(3dB 点等于 0.75 倍的码速率) (使用 PRBS27-1 仿真的)。

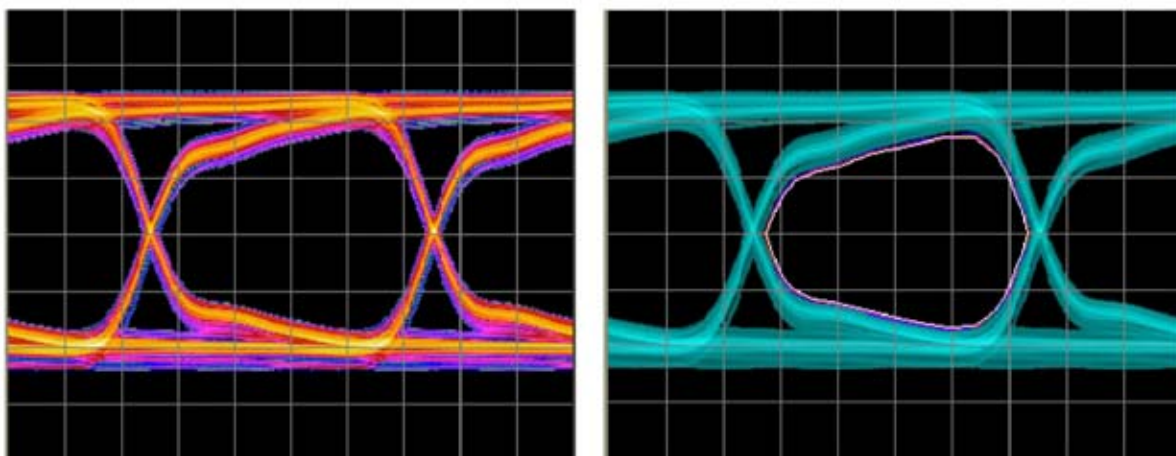


图 14. 含有 ISI 的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图), 信号通过有损耗的同轴电缆(使用时超过了设计的工作频率) (使用 PRBS27-1 仿真的)。

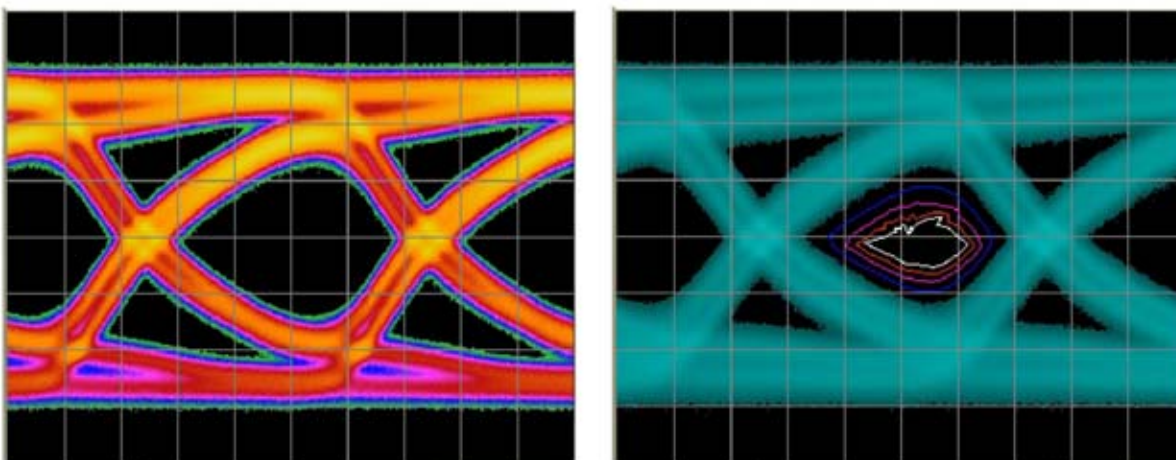


图 15. 含有 ISI 的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图), 信号通过一个高速背板(使用 PRBS231-1 仿真的)。传统的眼图不能看到码长度超过 2 亿比特的确定性影响。

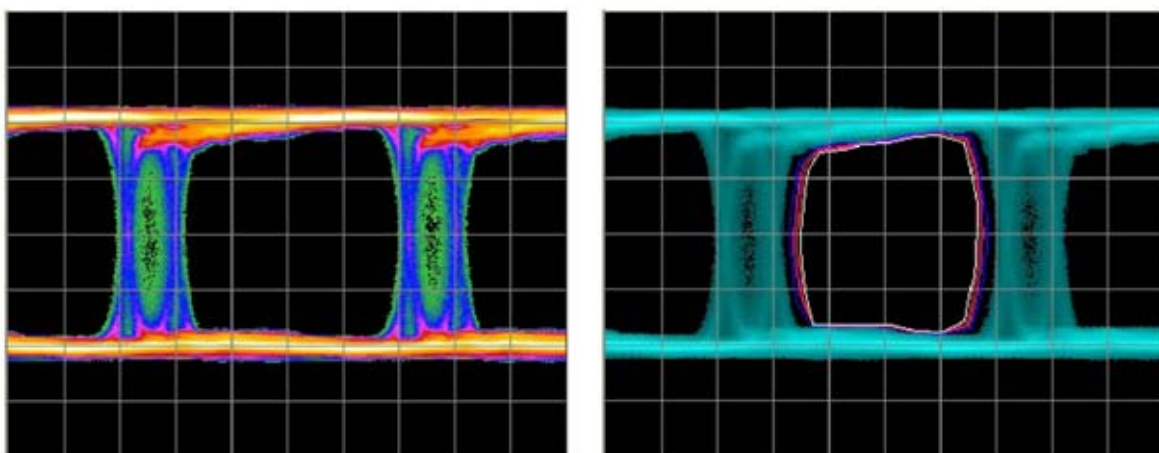


图 16. 含有有界不相关抖动的眼图(左图)和 BER 轮廓(右图)。

ISI



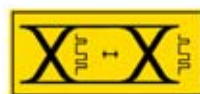
数据相关抖动(DDJ)主要由符号间的干扰引起。正如其名称言,该类型的抖动与码型相关。它模拟带宽限制或系统的频率响应问题。有时标准只给了压力眼图测试需要的 ISI 的大小,并不标明如何创建 ISI。图 13, 如 14 和图 15 显示了利用不同的方式实现 ISI, 分别用滤波器, 长同轴电缆以及背板。在每一种情况下, 效果是完全确定的, 也就是说, 每次使用同样的方法相同的数据码型将产生同样的眼图闭合度。要注意以下几点:

图 13 使用一种称为线性相位特殊滤波器, 形成了对称眼图波形。在图 14 中, 采用了劣质同轴电缆, 形成了不对称的眼图波形, 产生了电容效应。在这两个例子中, 所采用的是 2^7-1 的 PRBS 码, 127 位长度的短码型, 并不包含特别比特序列。眼图中捕获了每一个码型的影响, 没有确定的罕见事件, 这就是为什么这两个例子的 BER 轮廓是紧密的。

图 15 不同与图 13 和图 14, 图 15 的 ISI 主要有背板产生。然而, 图 15 的 BER 轮廓变成清晰。其原因是, 所采用

的码型是 $2^{31}-1$ 的 PRBS, 码型长度长比上面两个例子的码型长度更长。这种码型有不好的码型序列, 其中许多码只重复出现一次。对于一个码型长度超过 2×10^9 位, 这意味着这种序列会导致边沿移动, 对于这种码型, 传统的取样示波器大部分时间里无法看到边沿移动。重要的是, 许多标准要求使用长码型(如 $2^{23}-1$ 和 $2^{31}-1$ 的 PRBS)做压力眼图测试。注意, 在图 15 的 BER 轮廓看起来像可能被一些随机抖动(例如图 12 中的 RJ)造成的, 这不是很正确, 因为码型相关的影响是有界的。只要你在测量过程能看到所有的影响(如运行时间足够长的 BER 轮廓。罕见事件码型的影响可能会出现(如 RJ)。

BUJ



BUJ 是有界的、不相关的抖动, 用于模拟干扰信号的影响。通过调制短的 PRBS 数据(大约在 2^7-1 至 $2^{11}-1$ 范围, 具体的码型长度由标准决定)边沿注入 BUJ 抖动。典型的干扰信号可能来自邻近通道的串扰, 干扰信号可能是高频信号, 可能来源开关电源的噪声, 频率范围在 100kHz–1MHz 之间。标准都会规定码型长度、滤波器的带宽、调制的频率。

图 16 的测量使用了 2^7-1 PRBS 数据沿调制, 因为使用的码型长度很短, 影响有限, 在典型眼图里可以捕获整个边沿。

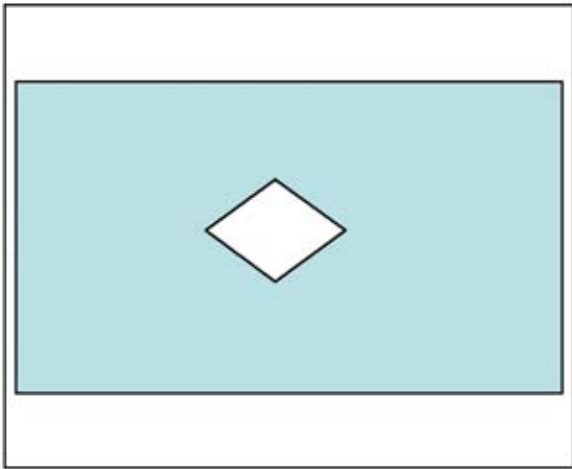


图 17. 压力眼图模板(左图)

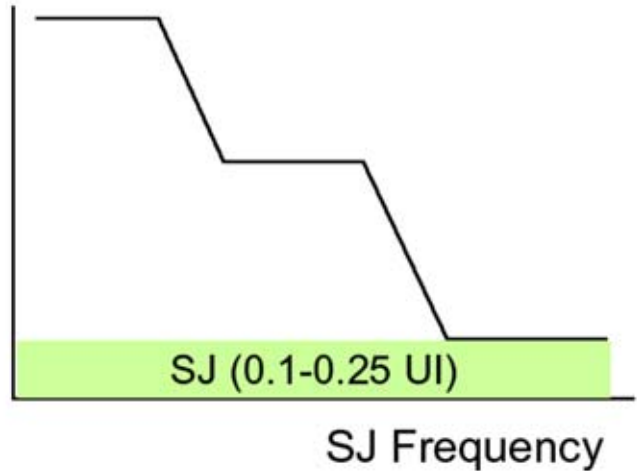


图 18. SJ 模板(右图)

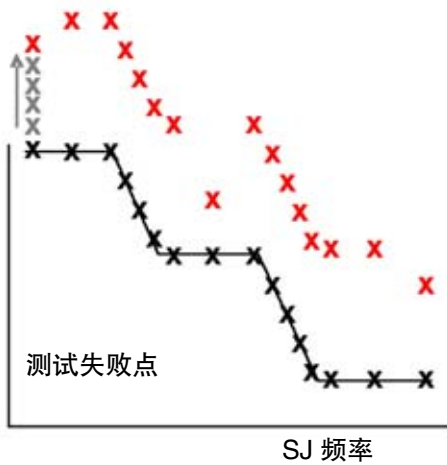


图 19. 模板测试超出被测设备余量

添加各个成分抖动

典型的压力眼图测试有两个部分：一个是正弦抖动模板(见图8的抖动)，利用不同频率和不同幅度的正弦调制进行测试。另一个是眼图模板(见图 17)。注入不同成分的抖动来慢慢让眼图闭合到菱形区域(蓝色区域)，规定中间无误码的区域(白色菱形区域)，尽管信号有损伤，接收机也期望这个小的区域里工作正常。

根据标准的要求，利用不同的方式设置组合抖动进行模板测试，如XFP标准要求构建不注入SJ抖动的压力信号进行模板测试，一旦符合该模板，将不需要进行SJ模板测试。像其它的标准10G以太网和XAUI使用另一种方法，构建注入SJ抖动的压力信号进行模板测试，并且SJ抖动设置到最高频率，抖动大小一般介于0.1–0.25UI之间，见图18中的绿色部分。然后其它抖动成分将被注入到压力信号(不注入SJ抖动)中进行模板测试。

两种情况下，在最后的目的是创建压力信号激励接收机，不注入SJ抖动进行测试，并计算误码。通常工程师将以此作为为基础的模板测试，但是，在模板上给定频率，不停增加抖动的幅度，直到达到被测设备的性能极限来评估被测设备的余量有多大。(抖动的幅度再加大一点就会导致设备的一致性测试失败)。见图19。同样，通过把模板中的菱形区域变小，从而增加了眼图模板测的测试余量。

总结

使用压力信号进行抖动容限测试。我们已经看到，在许多不同高速标准，利用压力眼图测试进行接收机验证，不仅仅是一个正弦激励信号，并且只在幅度方面验证接收机。随着构建典型的压力信号进行模板测试，这就是标准为什么利用特定的压力成分信号进行接收机测试原因。

参考文献

- i “Bridging the Gap – BER 轮廓教程 “ 文献号 SR-TN032, www.tektronix.com.
- ii “眼图剖析” 应用文章, www.tektronix.com
- iii “压力眼图容限测试中的 DJ ” Tom Lindsay 评论, E2O#128MJSQ, 2004 年 4 月

附录 1：压力眼图的标准要求

下面两个表对一些常见的标准进行说明。由于在光域和电域都有 FC 光纤通道标准, 所以我们把标准分为光 and 电两个部分。

正如本文中其它地方所陈述, 解释标准往往并不简单。我们确信下表是正确的。(2005 年 4 月)。

注释

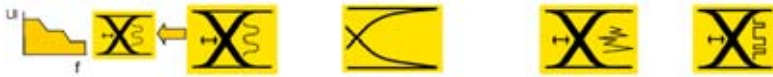
光: SM: 单模 MM: 多模

电压力眼标准



	SJ 最大	高频 SJ	DJ	RJ	BUJ	TJ	注释
解释说明	模板通常逐步使用不同的频率和幅度进行测试 – 此列显示模板上出现任何频率的最大偏移	在进行逐步 SJ 模板测试之前用于构建眼图的电平	有时指定为一个特定的滤波器，如四阶贝塞尔汤普森线性相位滤波器，在 3dB 点等于 0.75 倍比特率，有时没有指定，可能是色散电缆或任何提供正确的闭合单元。	通常，这是推断，而不是规定的	通常一个在定义频率的标准 PRBS 多项式	通常所有成分包括高频 SJ，但在模板上没有其它 SJ 值	
OIF-CEI	6G:5UI 11G SR:5UI	6G:0.05UI 11G SR:0.05UI	“相关，有界，高概率抖动” 6G:0.45UI 11G SR:0.2UI	6G:”高斯滤波器” 0.15UI 11G SR:”高斯滤波器” 0.2UI	6G:没有 11G SR:0.25UI	6G:0.6UI 11G SR:0.7UI	
XFP:XFI 接口(电)	电信:15.2UI 数据通信: 5.763UI	0.05 UI	ISI:0.2UI 最小	DCD+RJ+PJ=0.2 最小 (PJ=SJ HF,0.05UI)	没有 (正在讨论建议补充)	TJ 最大 B:0.65UI D:0.61UI TJ-ISI 最大 (没有 DDJ 抖动) B:0.45UI D:0.41UI	光纤端口 XFP 模块已由有关电信和企业标准提出。电口 (XFI)根据不同应用(电信或数据通信)有不同的 SJ
PCI-Express (2.5Gb/s)				0.48UI	0.01UI (5.4ps)	接收机容限	
SATA 1i & 1m			5UI:0.25 250UI:0.35 *PJ,DCD,DDJ 的值合成总的大小	推算 RJ 5UI:0.18UI 250UI:0.25UI	没有	5UI 测量: 0.43UI 250UI 测量: 0.6UI	
SATA 1x & 2x			0.35UI	推算 RJ:0.3UI		0.65UI	f _{BAUD} /1667
SATA 2i & 2m			0.35UI	推算 RJ:0.11UI		0.46UI	f _{BAUD} /10
			0.42UI	推算 RJ:0.18UI		0.6UI	f _{BAUD} /500
Fiber Channel							
2X	所有:1.5UI	所有:0.1UI 最小	Inter (Gamma) Elec: 0.37 UI Inter (Beta) Elec: 0.33 UI Intra (Delta) Elec: 0.39 UI	Inter (Gamma) Elec: 0.3 UI Inter (Beta) Elec: 0.29 UI Intra (Delta) Elec: 0.3 UI	隐含作为 DJ 一部分	Inter (Gamma) Elec: 0.67 UI Inter (Beta) Elec: 0.62 UI Intra (Delta) Elec: 0.69 UI	Intra (Delta & Beta) – Delta E & O, Beta E only Inter (Gamma) SERDES (Alpha) (4G FC test for Rx in SERDES) (RJ 值被推算)
4X	所有:1.5UI	所有:0.1UI 最小	Inter (Gamma) Elec: 0.37 UI Inter (Beta) Elec: 0.33 UI Intra (Delta) Elec: 0.39 UI SERDES (Alpha) 0.41 UI	Inter (Gamma) Elec: 0.3 UI Inter (Beta) Elec: 0.29 UI Intra (Delta) Elec: 0.3 UI SERDES (Alpha) 0.3 UI	隐含作为 DJ 一部分	Inter (Gamma) Elec: 0.67 UI Inter (Beta) Elec: 0.62 UI Intra (Delta) Elec: 0.69 UI SERDES (Alpha)0.71 UI	

光压力眼图标准



	SJ 最大	高频 SJ	DJ	RJ	BUJ	TJ	注释
解释说明	模板通常逐步使用不同的频率和幅度进行测试 – 此列显示模板上出现任何频率的最大偏移	在进行逐步 SJ 模板测试之前用于构建眼图的电平	有时指定为一个特定的滤波器，如四阶贝塞尔汤普森线性相位滤波器，在 3dB 点等于 0.75 倍比特率，有时没有指定，可能是色散电缆或任何提供正确的闭合单元。	通常，这是推断，而不是规定的	通常一个在定义的频率的标准 PRBS 多项式	通常所有成分包括高频 SJ，但在模板上没有其它 SJ 值	
10GbE-LX4 (4 通道光)	5UI	介于 0.05UI–0.15UI 范围之间	ISI: 规定使用塞尔汤普森滤波器	光发射机内在的 RJ	没有	0.3 UI inc HF SJ0.25 UI w/o HF SJ	标准规定使用塞尔汤普森 ISI 滤波器。光发射也有内在的抖动。所有这些抖动成分，使压力眼符合模板
10GbE 串行 (光)	5UI	介于 0.05UI–0.15UI 范围之间	ISI: 规定使用塞尔汤普森滤波器	光发射机内在的 RJ	没有	0.3 UI inc HF SJ0.25 UI w/o HF SJ	标准规定使用塞尔汤普森 ISI 滤波器。光发射也有内在的抖动。所有这些抖动成分，使压力眼符合模板
Fiber Channel							
2X	所有: 1.5UI	所有: 0.1UI 最小	Inter (Gamma) SM: 0.28 UI MM: 0.29 UI Intra (Delta) SM: 0.39 UI MM 0.39 UI	Inter (Gamma) SM: 0.25 UI MM: 0.24 UI Intra (Delta) SM: 0.3 UI MM 0.3 UI	隐含作为 DJ 一部分	Inter (Gamma) SM: 0.53 UI MM: 0.53 UI Intra (Delta) SM: 0.69 UI MM: 0.69 UI	Intra (Delta & Beta) – Delta E & O, Beta E only Inter (Gamma) SERDES (Alpha) (4G FC test for Rx in SERDES) (RJ 值被推算)
4X	所有: 1.5UI	所有: 0.1UI 最小	Inter (Gamma) SM: 0.28 UI MM: 0.29 UI Intra (Delta) SM: 0.39 UI MM: N/A SERDES (Alpha) 0.41 UI	Inter (Gamma) SM: 0.25 UI MM: 0.24 UI Intra (Delta) SM: 0.3 UI MM: N/A SERDES (Alpha) 0.3 UI	隐含作为 DJ 一部分	Inter (Gamma) SM: 0.53 UI MM: 0.53 UI Intra (Delta) SM: 0.69 UI MM: N/A SERDES (Alpha) 0.71 UI	
SONET							
OC-48	106.4 UI	0.15UI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OC-192	446.6 UI	0.15UI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

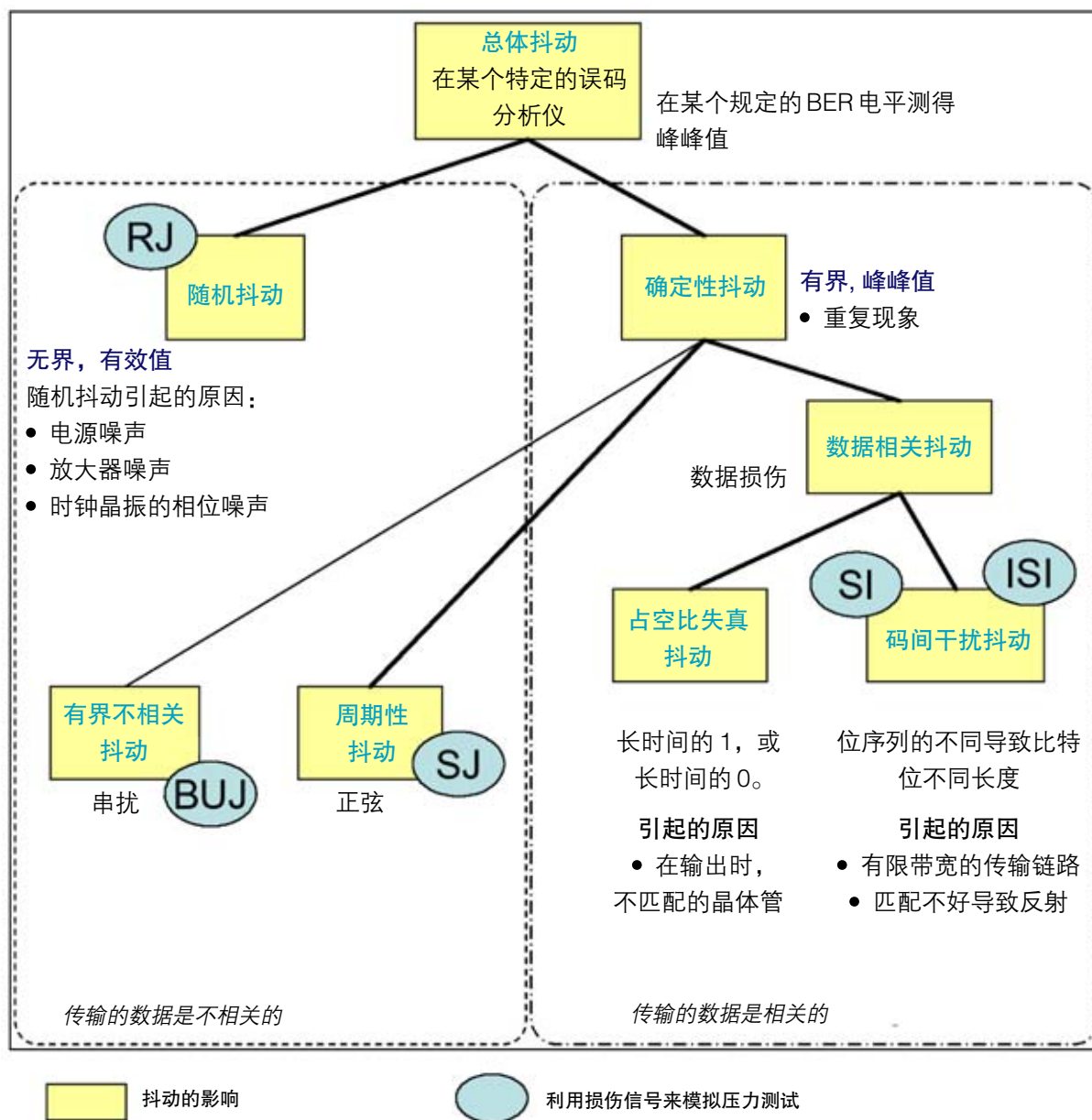


图 20. 总体抖动与压力成分映射关系的树状模型图

附录 2: 抖动树状图和压力成分

整体抖动经常以树状图形式分成各个组成部分

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

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) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编: 200233
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编: 518031
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

西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦20层K座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市汉口建设大道518号
招银大厦1611室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处

九龙尖沙咀加连威老道2-6号
爱宾大厦15楼6室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

了解有关的更多信息 泰克公司不断收集应用文章,技术简报和其它资源,
帮助工程师了解最前沿技术。请访问 www.tektronix.com.cn



版权© 泰克。保留所有权利。泰克公司的产品涵盖 受美国和外国专利,
发表之前。本出版物中的信息取代,在所有先前公布的材料。规格和价
格 改变特权保留。泰克和泰克的注册商标 泰克公司的所有其他商品名称
参照是服务商标, 商标或注册商标, 其各自公司所有。

09/10 EA/WWW

65C-26049-0

Tektronix®