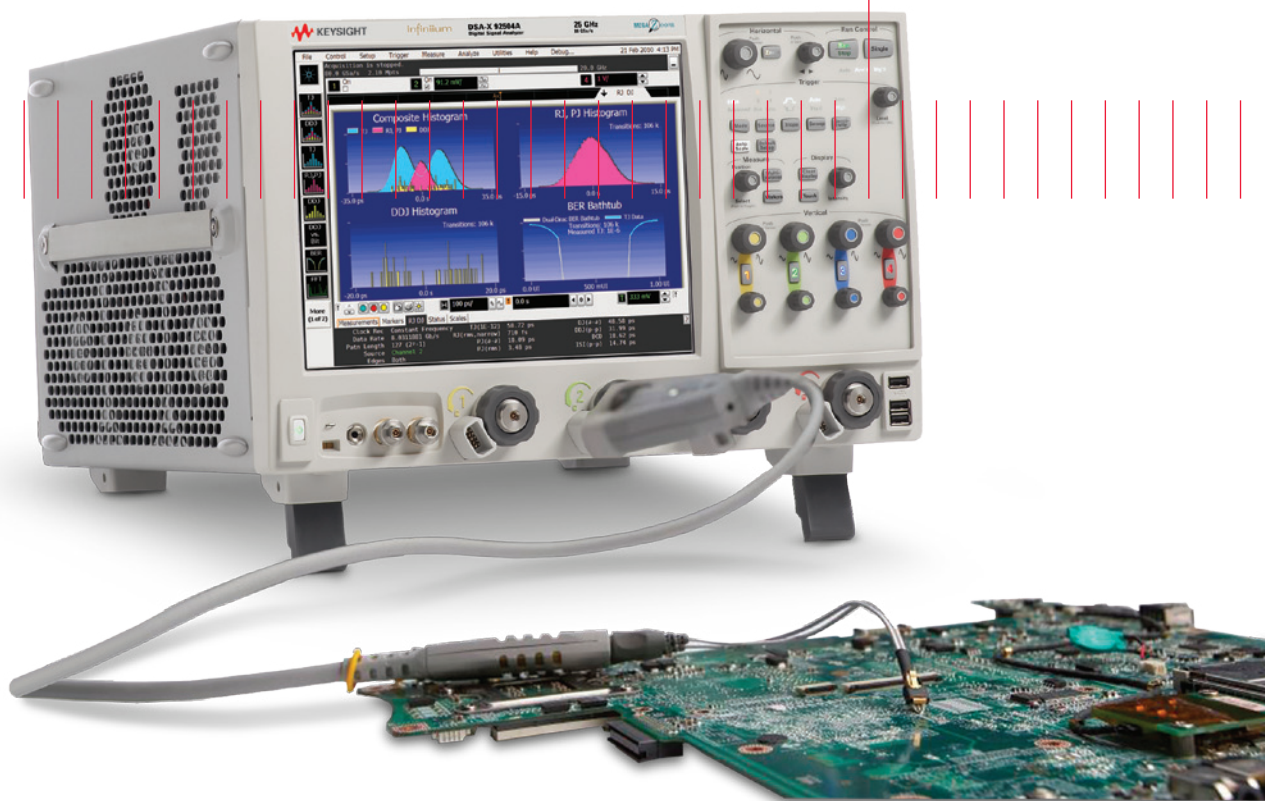


是德科技 了解示波器的抖动 技术指标

技术资料



简介

抖动定义为数字信号的多余或者不需要的相位调制，是用户测量器件质量时需要考虑的一个重要技术指标。为了更好地理解抖动的重要性，我们以目前的无线通信设备为例。这种设备借助数字传输以避免累积噪声引起的系统性能降级。它们应当为用户提供无误差的通信，但事实往往相反。传输设备的计时错误等问题会产生抖动，从而降低设备性能。因此，各种通信标准技术目前已将抖动性能列为设备的主要技术指标之一，并通过技术指标规定来强制执行。一致性要求指定了随机抖动、确定性抖动、时间间隔误差以及总体抖动。此外，某些标准技术也对有边界不相关抖动、J2/J9 抖动等测量做出规定。过高的抖动测量结果将会对产品造成极大影响。在某些情况下，厂商不得不重新设计产品，甚至阻碍了产品及时出货。

可以采用功能强大的通用工具(例如示波器)对抖动执行精确测量。大多数基于Windows的示波器均提供分析软件，帮助您执行抖动测量。这类仪器受限于它们的抖动测量本底，可能会减少重要的设计裕量，甚至造成器件测试出现不必要的超标。如果被测器件(DUT)的抖动低于示波器的抖动测量本底，那么示波器无法测量这个器件。因此在做出购买决策之前，工程师有责任全面了解示波器的抖动技术指标。这不仅将确保您选择正确的示波器，还能提高测量精度、加快产品上市速度。

了解抖动技术指标

抖动测量本底是示波器最重要的抖动技术指标。该技术指标由示波器的采样时钟抖动和本底噪声组成，会在示波器内部产生随机抖动，进而影响测量精度。鉴于示波器厂商采用不同的方式指定仪器的抖动测量本底，这便要求工程师有针对性地了解各个技术指标的含义，进而做出明智的购买决策。这些技术指标包括：固有抖动、抖动测量本底和长期抖动。

– 固有抖动

示波器的固有抖动(或称为采样时钟抖动)定义为由内部时钟系统传递的抖动数值。为了更好地理解这一定义，我们以数据采样率极高(高达120GSa/s)的实时示波器为例。正因如此，确保各个数据点对齐成为一项关键任务。可以通过两种方式来完成这项任务：使用芯片或时基系统，在模数转换器(A-D)中的采样输入信号和内部时钟之间提供所需的紧密时间关联。与示波器类似，内部时钟也具备抖动技术指标。借助内部时钟的时基对示波器的采样点进行调整，进而也对这个时钟加以表征。因此，示波器整体时基的抖动技术指标被称为采样时钟抖动。

示波器厂商通常采用不同的方式指定仪器的固有抖动。以是德科技为例，Keysight Infiniium 90000 X系列示波器的固有抖动是150fs。固有抖动表示在没有其它变量的前提下，示波器理论上的最佳抖动测量。部分厂商称之为示波器的抖动测量本底。然而仅凭固有抖动的技术指标，工程师无法确切地了解示波器贡献了多少抖动对真实抖动测量。

– 抖动测量本底

示波器的抖动测量本底来自于采样时钟抖动和叠加在转换边沿上的噪声。示波器的本底噪声会影响这个技术指标。一般来说，测得的转换速率(上升时间)越低，本底噪声的影响也就越大。抖动测量本底技术指标需要考虑示波器的本底噪声。这是因为，噪声是形成示波器抖动的最大因素之一，仅考虑采样时钟抖动技术指标是远远不够的。

以90000 X系列示波器的技术资料为例，进一步介绍示波器的抖动测量本底：

$$\sqrt{\left(\frac{\text{Noise}}{\text{Slew rate}}\right)^2 + \text{Sample Clock Jitter}^2}$$

此时，抖动测量本底由三部分组成：采样时钟抖动、噪声和转换速率。每个部分都发挥着重要作用。某些厂商提供的技术资料仅指定了一个数值(例如200fs)。该数值仅能表示示波器的最佳抖动或采样时钟抖动，而不能正确地显示仪器的抖动测量本底。

相比之下，分别指定采样时钟抖动、噪声以及转换速率，便可以更加周密、准确地展示示波器的抖动测量本底。原因在于噪声会影响示波器的抖动。通过查看不同正弦波频率上的时间间隔误差，即可观察到这一现象。

了解抖动技术指标

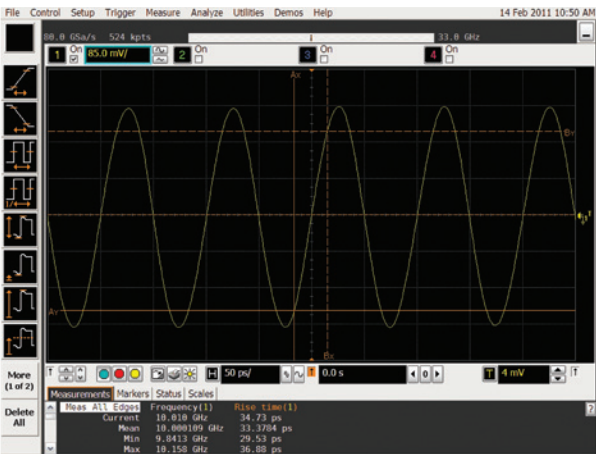


图1. 噪声会影响示波器的抖动, 通过查看不同正弦波频率上的时间间隔误差即可观察到这一现象。

图1展示了噪声对示波器抖动的影响。图中是一个 20-GHz 正弦波, 示波器测得的时间间隔误差是 190 fs。正弦波的频率降至 5 GHz 时, 时间间隔误差为 400 fs (图 2)。图 3 是 90000 X 系列示波器的抖动与频率完整曲线。请注意, 当正弦波的频率增加到 30 GHz 以上时, 抖动测量本底接近 150 fs (采样时钟抖动技术指标)。正弦波频率的转换速率随着频率增加而变快。当正弦波的频率为 30 GHz 时, 转换速率比 5 GHz 时的速率快 10 倍以上。因此, 明显在高频正弦波信号输入时由于更快的转换边沿, 示波器噪声的衍生影响也较低, 对时间间隔误差的测量结果影响也较小。

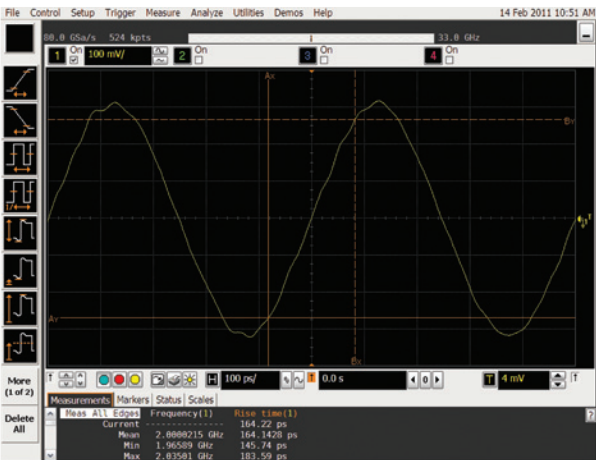


图2. 当正弦波频率下降时, 时间间隔误差增加。

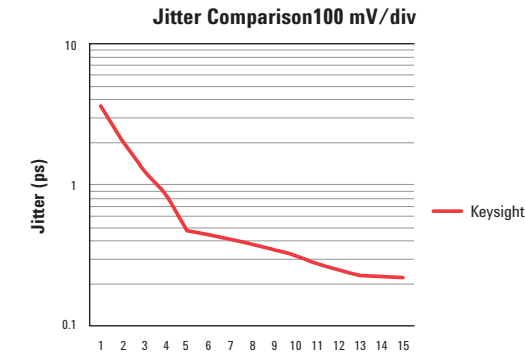


图3. 该曲线说明了 90000 X 系列示波器的抖动与频率关系。

— 长期抖动

长期抖动技术指标是指时钟经过许多数据点之后, 它的输出跳变相对理想位置的最大变化量。随着示波器存储器深度的增加, 时基必须以极快的速率对准更多的采样点。由于目前的示波器均提供深存储器, 这个问题将变得更加严重。Keysight 90000 X 系列现可提供高达 2 Gpts 存储器, 对时基带来极大的压力。除此之外, 芯片制造商现在能够在长码型上进行抖动分离 (例如 PRBS23 和 PRBS31)。在长码型上将随机抖动和确定性抖动准确地分离 (例如 PRBS23), 需要 500 Mpts 或更大内存。对于这样的存储器深度, 示波器的长期抖动变得至关重要。

由于长期抖动需要考虑示波器的时基漂移效应, 不适合深存储器的时基将会产生明显的漂移, 并导致极大的抖动。时基漂移会带来意外的结果: 例如, 使用 2 Mpts 深内存进行抖动测量可能产生完全不同于 100 Mpts 的结果。

抖动验证

无论采取何种方式指定示波器的抖动，通过以下步骤可对其进行验证：

步骤1. 选择一个具有极低抖动、带宽等于或高于示波器带宽的正弦波信号源(例如，Keysight E8267D PSG 矢量信号发生器具备30 GHz以上的带宽和极低的抖动)。

步骤2. 将正弦波发生器连接至示波器的输入端(图4)。

步骤3. 将正弦波发生器的起始频率设为1 GHz，并把正弦波输入到示波器。

步骤4. 激活示波器的时间间隔误差测量，并记录测量结果。请注意，时钟恢复可设为示波器的恒定时钟恢复。

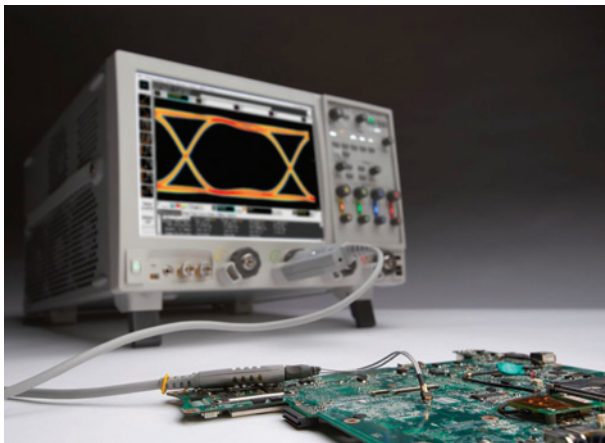


图4. 90000 X系列示波器显示了抖动与频率的完整曲线。

以上四个步骤是对抖动测量本底曲线的初次测量。为了完整地执行曲线测量，在步进为1-GHz或500-MHz、带宽高达示波器带宽的条件下，重复步骤2至4。

尽管这些步骤简单易用，但您仍需谨慎记下列问题。首先，由于正弦波的带宽增加，抖动测量本底将会下降。这是因为随着上升时间的加快，噪声对抖动测量本底的影响会降低。事实上，当上升时间低于30 ps时，噪声对抖动测量本底的影响超过了示波器的实际采样时钟抖动带来的影响。

另一个必须考虑的因素是，随着正弦波的幅度和偏置发生改变，示波器的测量结果也在变化。以一台对偏置变化极为敏感的示波器为例，它的抖动可能会在偏置增加时急剧恶化。另一家厂商的示波器经过优化后可以实现75%的量程输入(图5)。输入量程增至90%，则抖动测量本底也会增加。

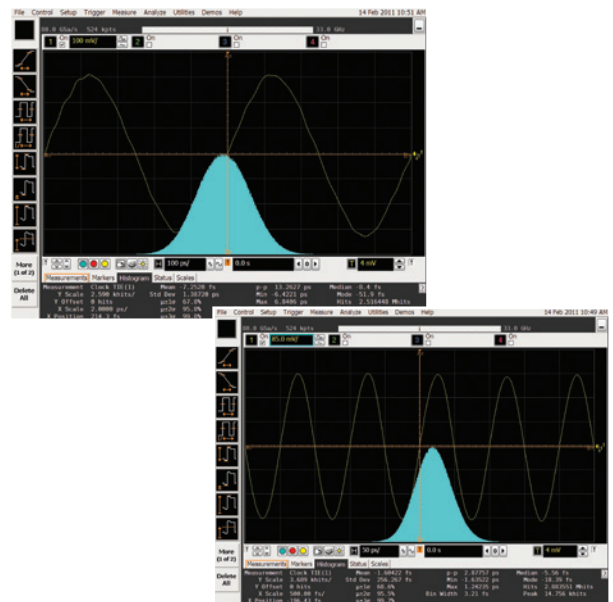


图5. 抖动测量随着频率的下降而增加。

抖动验证

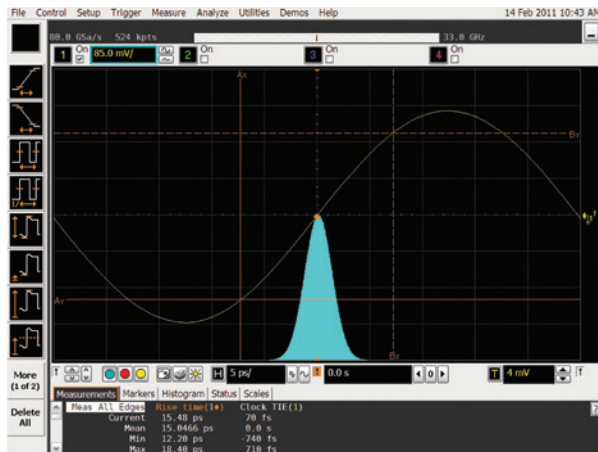


图6. 以90000 X系列示波器为例，随着上升时间的延长，噪声对抖动测量的影响将会增大。

在时间允许的前提下，改变关键测量变量（例如幅度、偏置和输入屏幕的百分比），对测量同一个抖动测量本底曲线或许有所帮助。此时需要考虑的是：上升时间会在频率下降时延长。因此，示波器的噪声会对抖动测量带来更大影响。图6可以说明这一点，它显示了90000 X系列示波器的抖动测量本底。请注意，当正弦波频率高于20 GHz时，90000 X系列的固有抖动约为150 fs。

您还应当了解示波器抖动与抖动测量接近时的情况。此时，示波器将会对测量带来更多的抖动。尽管示波器可能存在理论上的最低抖动，但这要求器件具有极低的抖动。以带有150 fs抖动的器件为例，假定示波器的最低抖动测量本底也是150 fs。在本例中，抖动测量会有大概30%至40%的误差。换句话说，实时示波器至多能够达到200 fs的抖动测量。

总结

迄今为止，抖动是示波器最重要的技术指标之一。原因在于，要想精确地了解某个设计（而非仅查看噪声和抖动），就必须要求示波器具有较低的抖动测量本底。然而，仅通过抖动测量的技术资料不足以判定设计是否符合要求。工程师需要了解示波器厂商实际指定的技术指标。抖动技术指标是否与采样时钟抖动一致？示波器厂商是否混淆了最佳采样时钟抖动与抖动测量本底？

通过综合考虑采样时钟抖动、本底噪声以及转换速率得到抖动测量本底能够最终确定示波器的真正抖动。由于抖动技术指标随转换速率而变化，因而有必要找到所需的转换速率并对这个点的技术指标进行实际测试。评估示波器可能花费额外的时间，但可以为工程师带来极大的益处：以更低的总体抖动执行更精确的测量，同时加快产品的上市速度。



是德科技示波器

从 20 MHz 到 >90 GHz 的多种型号 | 业界领先的技术指标 | 功能强大的应用软件

myKeysight

myKeysight
www.keysight.com/find/mykeysight
个性化视图为您提供最适合自己的信息！



www.axiestandard.org
AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准, 将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试和半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



www.lxistandard.org
局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。



www.pxisa.org
PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。



3 年保修
是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合, 从另一途径帮助您实现业务目标: 增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



是德科技保证方案
www.keysight.com/find/AssurancePlans
5 年的周密保护以及持续的巨大预算投入, 可确保您的仪器符合规范要求, 精确的测量让您可以继续高枕无忧。



www.keysight.com/quality
Keysight Electronic Measurement Group
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

是德科技渠道合作伙伴
www.keysight.com/find/channelpartners
黄金搭档: 是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息, 请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表, 请访问:
www.keysight.com/find/contactus

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863

是德科技(中国)有限公司

地址: 北京市朝阳区望京北路 3 号
电话: (010) 64397888
传真: (010) 64390278
邮编: 100102

上海分公司

地址: 上海市虹口区四川北路 1350 号
中信泰富申虹广场 5 楼、16-19 楼
电话: (021) 36127688
传真: (021) 36127188
邮编: 200080

广州分公司

地址: 广州市天河区北路 233 号
中信广场 66 层 07-08 室
电话: (020) 38113988
传真: (020) 86695074
邮编: 510613

成都分公司

地址: 成都高新区南部园区
天府四街 116 号
电话: (028) 83108888
传真: (028) 85330830
邮编: 610041

深圳分公司

地址: 深圳市福田区
福华一路六号免税商务大厦 3 楼
电话: (0755) 83079588
传真: (0755) 82763181
邮编: 518048

西安分公司

地址: 西安市碑林区南关正街 88 号
长安国际大厦 D 座 5/F
电话: (029) 88867770
传真: (029) 88861330
邮编: 710068

是德科技香港有限公司

地址: 香港北角电气道 169 号 25 楼
电话: (852) 31977777
传真: (852) 25069292

香港热线: 800-938-693
香港传真: (852) 25069233