评测拥有最佳波形捕获率的示波器

应用指南

如何提高找出偶发毛刺的几率

Agilent Technologies

简介

目录

简介 2
了解示波器死区时间.....3
掷色子的启示.....4
毛刺捕获比较.....5
确定示波器的
实际波形捕获率.....6
波形捕获率的
测量结果.....7
总结 10
术语表.....11
销售和服务 12

工程师在评测各个示波器的性能时往往会忽略波形捕获率，但这个指标极其重要—有时与厂商标榜的传统技术指标同样重要(包括带宽、采样率和存储器深度)。在显示屏上查看重复捕获的波形时，该示波器的波形更新速率可能看上去很快，但这种"快速"也是相对的。例如，每秒钟几千个波形的更新速率从表面上看是很快的；但从统计学上讲，这种速率在您捕获随机和偶发事件(信号每出现一百万次才有一次事件)时会显得非常慢。

当前示波器的快速捕获率之所以重要，有三个原因。 首先，如果示波器的波形更新非常慢，那么会让使用示波器的人感到很不方便。

如果您旋转时基控制，您一定希望示波器可以立即响应，而不是等到示波器完成数据处理几秒钟之后才有所响应。其次，快速波形捕获率可改善示波器显示质量，通过调节显示强度来显示微小的波形细节，例如噪声和抖动。但最重要的是，快速波形捕获率可提高示波器捕获随机和偶发事件的几率，从而使您不必再为此花费更多的调试时间。

Agilent InfiniiVision 系列示波器不仅能够在您只使用示波器通道时提供最快的波形捕获率(高达每秒 1,000,000 个波形)，而且在您使用逻辑采集通道和/或串行总线解码时，也是业界唯一能够保持这种快速更新速率的 MSO。 尽管其他厂商可能标榜其 示波器 的波形捕获率也不慢，但当您使用逻辑通道和/或串行总线解码时，其波形捕获率将会明显下降。

本应用指南包括同类示波器的测量案例，比较了不同厂商的 MSO 捕获异常事件的几率。但您首先需要了解影响示波器更新速率的几个因素。随后，该指南将为您介绍如何计算捕获偶发事件的几率。

了解示波器死区时间

您调试新设计时，波形和解码更新速率极为重要，尤其是当您尝试找出并调试偶发或间歇发生的问题时。这是最难解决的问题。更快的波形和解码更新速率可提高示波器捕获偶发事件的几率。要知道这是为什么，首先您必须了解什么是示波器的"死区时间"(有时也称为"盲区时间")。如图1所示，所有示波器都具有"死区时间"，即指示波器两次采集(即示波器处理上一个捕获波形，并将其显示在示波器显示屏上)的间隔时间。在此处理过程中或死区时间内，示波器基本上"无视"您正在调试的设计中出现的任何信号活动。

请注意，图1中突出显示的毛刺发生在示波器的死区时间内。在两次示波器采集周期之后，这些毛刺将不会在示波器屏幕上显示。

当您知道设备的更新速率时，可轻松确定示波器的死区时间百分比。示波器的死区时间百分比等于示波器采集周期时间减去屏幕上采集时间得出的值，再除以示波器采集周期时间的比率。示波器的采集周期时间是示波器波形捕获率的倒数，必须根据所用的特定设置条件进行测量。

以下方程总结了示波器的死区时间百分比的计算方法:

% DT = 示波器的死区时间百分比
= 100 x [(1/U) – W]/(1/U)
= 100 x (1 – UW)

其中
U = 示波器的捕获率

而
W = 显示采集窗口 = 时基设置x 10

然而，示波器的死区时间要比屏幕上采集时间延长了多倍，即便是拥有极高更新速率的示波器也是如此。这是多数示波器厂商无法回避的一个事实。

也就是说，通过示波器来采集偶发事件和复杂难懂的事件，纯粹是以几个不同的设置参数为基础的几率游戏。事实上，示波器捕获偶发事件的原理和掷色子时猜中哪一面向上的原理相差无几。首先我们来看一下掷色子的几率，其次再讨论它与示波器捕获几率之间的关联。

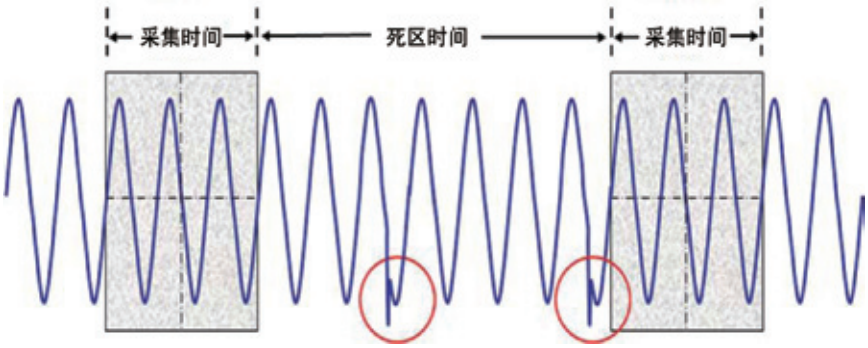

图1. 示波器死区时间和显示采集时间

掷色子的启示

当您一次掷一个色子(六面)时，某一面向上的几率是1/6。非常好算!那么掷两次色子时，同一面向上的几率是多少呢？在未经过认真思考前，有人可能直观地认为几率是2/6或33.3%。假设这种推断正确，那么掷10次色子时同一面向上的几率岂不是大于100%? 这显然是不可能的。"S"面的色子掷"N"次时，同一面向上几率(PN)的百分比为:

$$P_N = 100 \times (1 - [(S-1)/S]^N)$$

为了便于理解，实际上计算某一面不向上的几率要比计算某一面向上的几率更简单。掷色子时某一面不向上的几率是"(S-1)/S"。因此，一个六面的色子某一面不向上的几率是5/6。掷色子的次数(N)越多，同一面不向上的几率成指数下降。也就是说，同一面向上的几率逐步增加，但绝不会达到或超过100%。

图2. 仅有一面带有"毛刺"的多面色子

对于示波器捕获几率来说，"S"是异常事件的平均出现时间与示波器显示窗口时间的比率。因此例如，如果一个毛刺每10 ms (每秒100次)出现一次，而示波器时基设置为20 ns/格，则屏幕上捕获时间为200 ns，并且S = 10 ms/200 ns或50000。

在本例中，即是一个50000个面的色子，您可以借助图2中的色子想象一下，出现异常波形的那一面向上的几率。因此仅一次采集就可捕获毛刺的几率是1/50000，而无法捕获毛刺的几率是49999/50000。

为了在固定时间段内提高捕获偶发毛刺的几率，示波器必须多次捕获信号，而且越快越好。这就是方程中要加入的示波器波形捕获率因数。"N"是指示波器的采集数量，等于示波器波形捕获率的倍数乘以适当的观察时间。观察时间是指观察示波器屏幕上的波形的时间，以确定将探头移到另一个测试点之前状态是否正常。对于示波器来说，异常事件捕获几率方程可简化为:

$$P_t = 100 \times (1-[1-RW](U \times t))$$

其中

P_t = 在"t"秒内捕获异常事件的几率

t = 观察时间

U = 示波器的测量波形捕获率

R = 异常事件发生率

W= 显示采集窗口 = 时基设置 x 10

毛刺捕获比较

使用上述几率方程和死区时间方程式，可以对两个具有相似性能特征和价位的500 MHz带宽示波器进行测量比较。

在进行比较测量时，使用真实的电路来生成一个随机亚稳态信号(偶发毛刺)，平均每秒生成大约5次。两台示波器均启用默认设置(Default Setup)。由于需要观察的毛刺宽度在5~15 ns之间，因此适合本次测量的最佳时基设置为10 ns/格。为了某些品牌的示波器只有特殊模式下才能达到最佳性能，因此为了捕获率达到最快，请勿开启测量、波形运算、串行总线分析或数字通道采集等功能。两台示波器均开启5秒钟的可变余辉。使用示波器的默认上升边沿触发条件，触发电平设为+1.40 V；在采集过程中出现的亚稳状态可以在屏幕中央看到。为了确定示波器捕获毛刺的几率，在计算中假定5秒是合适的观察时间。

从图3中可以看到Agilent 3000 X系列示波器能够在5秒钟内可靠地捕获多次随机和偶发亚稳状态，因为该示波器的波形捕获率为1,000,000个波形/秒。

通过以下计算方程可以算出Agilent 3000 X系列示波器的死区时间百分比:

$$\% DT = 100 \times (1 - (1{,}000{,}000/s \times 100\ ns)) = 90\%$$

当时基设置为10 ns/格时，尽管示波器的死区时间百分比约为90%，感觉上会显得很长，实际上在5秒内捕获毛刺的几率实际上非常高，通过以下几率计算方程得出:

$$P_{(5s)} = 100 \times (1 - [1 - (5/s \times 100\ ns)]^{(1{,}000{,}000/s \times 5s)}) = 91.8\%$$

如图4所示，使用Tektronix DPO/MSO3000系列示波器会导致测量结果出现很大差异。尽管示波器"标榜"的波形捕获率可以达到55,000个波形/秒，但时基设为10 ns/格时，其最大更新速率仅为2,600个波形/秒。下面是Tektronix MSO3000系列示波器的死区时间百分比:

$$\% DT = 100 \times (1 - (2600/s \times 100\ ns)) = 99.97\%$$

在5秒的观察时间之后，通过Tektronix示波器无法观察到偶发亚稳状态。原因是死区时间太长，从而导致捕获毛刺的几率极低。假设信号中的问题信号发生概率较低，并且您愿意等，那么该示波器最终会捕获到这个亚稳状态。以下是使用Tektronix DPO/MSO3000系列示波器时在5秒观察时间后捕获毛刺的几率。

$$P_{(5s)} = 100 \times (1 - [1 - (5/s \times 100\ ns)]^{(2600/s \times 5s)}) = 0.65\%$$

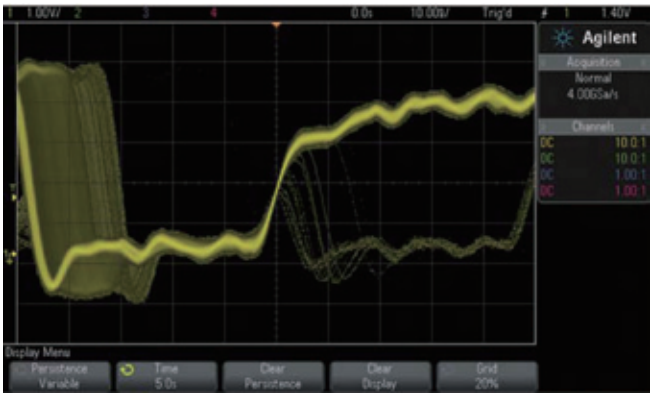

图3: 当更新速率为每秒钟1,000,000个波形时，Agilent MSO/DSO3000 X系列示波器可靠地捕获偶发亚稳状态

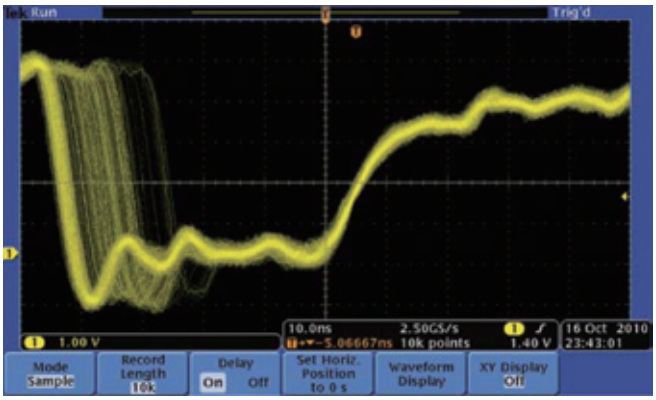

图4: 当更新速率为每秒钟2,600个波形时，Tektronix DPO/MSO3000系列示波器无法捕获偶发亚稳状态

确定示波器的实际波形捕获率

影响示波器的波形捕获率的因素有很多。示波器厂商往往只突出宣传示波器的"优点"或最佳情况下的波形捕获率，而这通常只会在极为有限的设置条件下才能达到。

示波器的时基设置通常是影响捕获率的首要设置条件，这是因为时基设置决定了采集显示的时间窗口。把示波器的时基设为较长的时间/格设置时，示波器可对更长的波形进行数字转换。假设示波器在2 ms/格时的采集时间是20 ms。如果示波器的死区时间为零(理论上是不可能的)，则绝对最佳条件下的波形捕获率将是每秒50个波形(1/20 ms)。

如果您需要了解示波器的波形和解码更新速率，那么必须在各种预计会用到的设置条件下进行测量，不要轻信厂商标榜的波形捕获率。

测量示波器的捕获率并不难。大多数示波器都提供了一个触发输出信号－通常用于使其他仪器与示波器的触发同步。您可以通过外部计数器来测量这个输出触发信号的平均频率，进而测量示波器的更新速率。但要切记，用作示波器输入触发源的信号的潜在触发速率必须要超过示波器的预计更新速率。

否则，较慢的触发速率会限制示波器的更新速率。

在表1、2和3中，分别对具有价格优势的100 MHz、500 MHz和1 GHz带宽示波器进行波形捕获率比较。测试首先会采用每个示波器的默认设置条件。在测试过程中仅开启其中的一个通道。通过选择最小的采集存储器(提供最大采样率)，存储器深度可在每个时基范围内优化。借助Agilent MegaZoom技术可自动对存储器深度进行优化。

波形捕获率的测量结果（100 MHz 带宽示波器）

时基	Agilent 2000 X 系列	Tek DPO2000 系列	Tek TDS2000 系列	LeCroy WaveJet
2 ns／格	54,000	140	60	1,000
5 ns／格	54,000	130	60	1,000
10 ns／格	54,000	130	60	1,000
20 ns／格	54,000	160	60	1,000
50 ns／格	54,000	220	60	1,000
100 ns／格	52,000	6,200	50	1,000
200 ns／格	49,000	5,500	100	1,000
500 ns／格	43,000	4,200	100	1,000
1 µs／格	35,000	2,300	100	625
2 µs／格	26,000	2,000	100	300
5 µs／格	18,000	2,000	100	150
10 µs／格	9,000	1,400	100	70
20 µs／格	4,500	1,200	100	35
50 µs／格	1,800	400	90	35
100 µs／格	900	180	90	35
200 µs／格	460	120	200	35
500 µs／格	170	80	140	25
1 ms／格	60	60	80	20
2 ms／格	43	30	40	15
5 ms／格	~18	~20	~20	~10
10 ms／格	~9	~8	~10	~7
20 ms／格	~5	~4	~4	~4
50 ms／格	~2	~2	~2	~2
100 ms／格	~1	~1	~1	~1

表 1: 100 MHz 带宽示波器具备出色的价格优势和波形捕获率

波形捕获率的测量结果 (500 MHz 带宽示波器)

时基	Agilent 3000 X 系列	Tek DPO3000 系列	Tek TDS3000 系列	LeCroy WaveSurfer
1 ns/格	960,000	2,500	670	490
2 ns/格	960,000	2,500	670	470
5 ns/格	960,000	2,500	670	485
10 ns/格	1030,000	2,600	770	480
20 ns/格	960,000	2,200	770	420
50 ns/格	570,000	46,000	770	410
100 ns/格	340,000	46,000	770	400
200 ns/格	170,000	46,000	770	250
500 ns/格	74,000	43,000	770	220
1 µs/格	38,000	7,300	770	190
2 µs/格	19,000	4,400	770	145
5 µs/格	7,800	2,500	770	75
10 µs/格	3,900	200	500	50
20 µs/格	2,000	200	500	25
50 µs/格	780	150	430	12
100 µs/格	780	25	330	6
200 µs/格	450	18	250	6
500 µs/格	170	18	160	6
1 ms/格	60	16	77	~6
2 ms/格	43	14	42	~6
5 ms/格	18	11	~20	~5
10 ms/格	9	6	~10	~4
20 ms/格	~5	~4	~5	~3
50 ms/格	~2	~2	~2	~1.5
100 ms/格	~1	~1	~1	~0.8

表 2: 500 MHz 带宽示波器具备出色的价格优势和波形捕获率

波形捕获率的测量结果（1 GHz 带宽示波器）

时基	Agilent 7000 系列	Tek DPO4000 系列	LeCroy WaveRunner
500 ps／格	94,000	2,500	490
1 ns／格	74,000	2,500	490
2 ns／格	74,000	2,500	470
5 ns／格	60,000	2,500	485
10 ns／格	60,000	2,500	480
20 ns／格	95,000	58,000	420
50 n／格	74,000	58,000	410
100 ns／格	63,000	58,000	400
200 ns／格	63,000	48,000	250
500 ns／格	30,000	10,000	220
1 µs／格	30,000	4,700	190
2 µs／格	8,000	2,500	145
5 µs／格	7,600	360	75
10 µs／格	4,000	290	50
20 µs／格	2,000	150	25
50 µs／格	800	25	12
100 µs／格	800	17	6
200 µs／格	460	11	6
500 µs／格	160	11	6
1 ms／格	60	10	~6
2 ms／格	40	9	~6
5 ms／格	18	8	~5
10 ms／格	9	5	~4
20 ms／格	~5	~3	~3
50 ms／格	~2	~2	~1.5
100 ms／格	~1	~1	~0.8

表 3: 1 GHz 带宽示波器具备出色的价格优势和波形捕获率

总结

如果找出并调试随机和偶发问题对您来说非常重要，那么在选择测量所用的示波器时，必须考虑波形捕获率这个因素。更新速率直接决定示波器捕获和显示随机电路问题的几率。

本应用指南主要阐述了当使用模拟采集通道时，示波器的最佳波形捕获率比较。您应当注意到在使用数字采集通道(MSO 型号)和／或串行总线解码时，大多数示波器的波形捕获率都会明显下降，特别是在启用深存储器后。

安捷伦第四代 InfiniiVision 系列示波器拥有业内最快的波形和串行解码更新速率(高达每秒钟 1,000,000 个波形)。使用逻辑通道和串行总线解码功能时，InfiniiVision MSO 不会降低更新速率。Agilent InfiniiVision DSO 和 MSO 还通过更高程度的硬件集成(MegaZoom 技术)，将示波器死区时间降至最低，从而获得最快且不会影响性能的捕获率。

术语表

死区时间 示波器处理并显示数字化波形所用的时间; 在死区时间内, 示波器基本上"无法捕获"任何信号活动

MegaZoom IV技术 安捷伦获得专利的采集和显示技术, 可提供极快的波形和串行总线解码速率(InfiniiVision 3000 X系列示波器的捕获率大于1,000,000个实时波形/秒), 同时自动优化存储器深度和采样率

亚稳状态 数字电路的一种不稳定输出状态, 通常显示为毛刺。输入的设置和/或保持时间违规可能会导致亚稳状态

混合信号示波器(MSO) 使用额外通道进行逻辑定时分析的示波器, 具有直接时间关联以及跨越模拟和数字输入进行组合式逻辑/码型触发的功能

实时采样 使用高速采样对单次采集的输入信号进行数字转换

串行解码更新速率 示波器在一秒钟内能够捕获和显示的串行协议解码串的数量

波形捕获率 示波器在一秒钟内能够捕获和显示的波形数量

相关文献

出版物标题	出版物类型	出版物编号
Agilent InfiniiVision 2000 X 系列示波器	技术资料	5990-6618EN
Agilent InfiniiVision 3000 X 系列示波器	技术资料	5990-6619EN
Agilent 7000B Series InfiniiVision Oscilloscopes	技术资料	5990-4769EN
Agilent 6000 Series InfiniiVision Oscilloscopes	技术资料	5989-2000EN
Agilent 5000 Series InfiniiVision Oscilloscopes	技术资料	5989-6110EN
Agilent InfiniiVision Series Oscilloscope Probes and Accessories	技术资料	5968-8153EN
Evaluating Oscilloscope Sample Rates vs.Sampling Fidelity	应用指南	5989-5732EN
Evaluating Oscilloscope Vertical Noise Characteristics	应用指南	5989-3020EN
Evaluating Oscilloscope Bandwidth for your Applications	应用指南	5989-5733EN
Evaluating Oscilloscopes for Best Display Quality	应用指南	5989-2003EN
Evaluating Oscilloscopes to Debug Mixed-Signal Designs	应用指南	5989-3702EN

如欲下载这些文件, 请在URL中插入出版编号:
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/xxxx-xxxxEN.pdf

产品网站

如欲了解最新和最全面的应用和产品信息, 请访问安捷伦产品网站:
www.agilent.com/find/infiniivision

www.agilent.com
www.agilent.com/find/scopes

欢迎订阅免费的

安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates
根据您的选择即时呈送的产品和应用软件新闻

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。安捷伦是 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。安捷伦是 LXI 联盟的创始成员。

http://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。

安捷伦渠道合作伙伴

www.agilent.com/find/channelpartners
黄金搭档: 安捷伦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组合。

安捷伦优势服务

安捷伦优势服务旨在确保设备在整个生命周期内保持最佳状态，为您的成功奠定基础。我们提供测量与服务方面的专业经验，支持您设计创新产品。我们不断投资开发新的工具和流程，努力提高校准和维修效率，降低拥有成本，为您的开发工作铺平道路，让您保持卓越的竞争力。

www.agilent.com/find/advantageservices

Agilent Electronic Measurement Group
KEMA Certified
ISO 9001:2008
Quality Management System

www.agilent.com/quality

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

安捷伦科技(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: 上海张江高科技园区
碧波路690号4号楼1-3层
电话: (021) 38507688
传真: (021) 50273000
邮编: 201203

广州分公司
地址: 广州市天河北路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
拓新西一街116号
电话: (028) 83108888
传真: (028) 85330830
邮编: 610041

深圳分公司
地址: 深圳市福田中心区
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

安捷伦科技香港有限公司
地址: 香港太古城英皇道1111号
太古城中心1座24楼
电话: (852) 31977777
传真: (852) 25069256

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

E-mail: tm_asia@agilent.com

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改
©Agilent Technologies, Inc. 2011

出版号: 5989-7885 CHCN

2011年5月 印于北京

Agilent Technologies