

# 使用示波器区域触发功能 应对偶发异常和复杂信号

叶树栋  
(是德科技公司)

## 1 引言

在调试数字电路设计时,通常我们难以设置示波器触发条件来触发指定和罕见的信号异常,有时甚至压根没有合适的触发设置。是德科技 InfiniiVision3000T、4000 和 6000X 系列示波器的标配区域触发功能,可以与传统触发模式相结合来帮助您解决触发问题。如果您能够看到异常信号,您就可以使用区域触发功能触发到该信号。

下面,我们将通过部分实例来帮助您更好地了解区域触发功能。本应用指南将介绍以下 4 种测量应用:

- 非单调边沿触发
- 建立和保持时间违规触发
- 触发单独的“1”和“0”
- 串行总线仲裁触发

## 2 非单调边沿触发

具有非单调边沿的数字信号是指信号在上升或下降过程中改变方向或瞬时静止。图 1 是一个偶发的随机非单调边沿实例。InfiniiVision X 系列示波器具有高达 1,000,000 个波形每秒的波形捕获速率,可以让我们在任意上升沿触发下清晰地看到这个异常信号。现在,我们需要考虑如何触发并只显示异常信

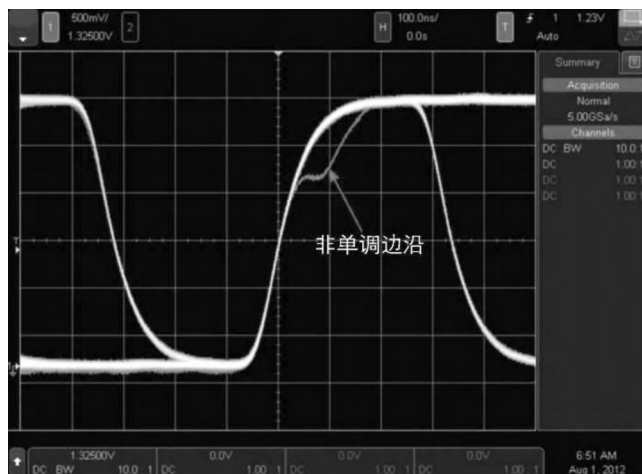


图 1 使用标准沿触发捕获具有偶发非单调边沿的信号

号,不显示具有正确边沿的正常信号。如果我们可以触发示波器只显示异常信号,则我们可以探测系统中的其它信号以寻找关联,而解决这个信号完整性问题。

部分示波器(包括 Keysight3000T、4000 和 6000 X 系列示波器)能够根据“大于”或“小于”上升时间或下降时间条件设置边沿触发。该功能可能可以解决这个触发问题,但设置示波器以建立类似上述情景的独特触发条件需要大量的时间。利用区域触发,我们可以在示波器的电容触摸屏上显示的异常信号穿过的区域划一个框(区域),并指定波形“必须交叉”划出的区域以捕获和单独显示异常波形。如图 2 所示,示波器只显示符合触发条件的波形。

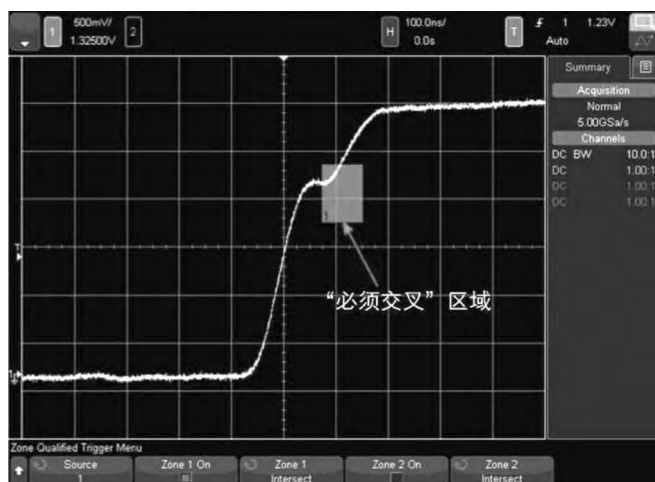


图2 使用区域触发捕获并仅显示具有异常(非单调边沿)的波形

注意,我们也可以更改条件为“不得交叉”,以便让示波器只显示具有正常上升沿的波形(如图3所示)。或者,我们可以在示波器的触摸屏上将之前划出的“必须交叉”区域框滑动至相邻的正常信号波形区域。

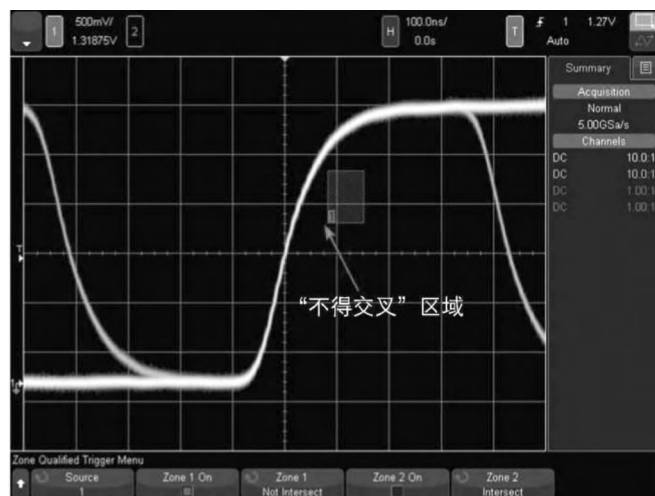


图3 使用区域触发捕获并仅显示具有“常规”边沿的波形

区域触发的工作原理是什么?启用区域触发后,示波器首先以高达200,000个波形/秒的速率捕获所有满足指定传统触发条件的波形(假定输入触发速率达到或超过捕获速率)。除最常用的简单的上升沿或下降沿触发外,包括串行触发的任何其他传统触发条件也可以用作预选条件。然后,示波器将所有捕获的波形依次同预定义“区域”(多达2个

条件区域)进行比较,以查看波形是否通过了“必须交叉”区域,且没有通过“不得交叉”区域。

借助高达200,000个波形/秒、基于硬件扫描的波形捕获速率,Keysight区域触发功能提供了一种简单可靠的随机和偶发异常信号的捕获方法。

一般来说,如果您能够在示波器关闭区域触发下以波形捕获率为1,000,000个波形/秒(6000X系列示波器波形捕获率为450,000个波形/秒)时发现异常,那么在启用区域触发条件后仅显示异常信号的可能性很大。

### 3 建立和保持时间违规触发

数字数据从一个设备传输到另一个设备时通常会使用时钟信号进行同步。但是,数据信号在时钟边沿出现前必须确保稳定一段时间(高或低电平),以确保数据采样准确、可靠。这段时间称为最短必要“建立时间”。此外,数据信号还必须在时钟边沿出现后保持稳定(高或低)一段时间。这段时间称为最短必要“保持时间”。

图4显示了一个实例:示波器在通道1上触发并捕获时钟信号(黄色轨迹),同时使用通道2捕获数据信号(绿色轨迹)作为眼图。使用示波器的计时光标,我们可以确定数据信号的上升沿和下降沿通常在时钟上升沿之前40 ns出现。我们也观察到

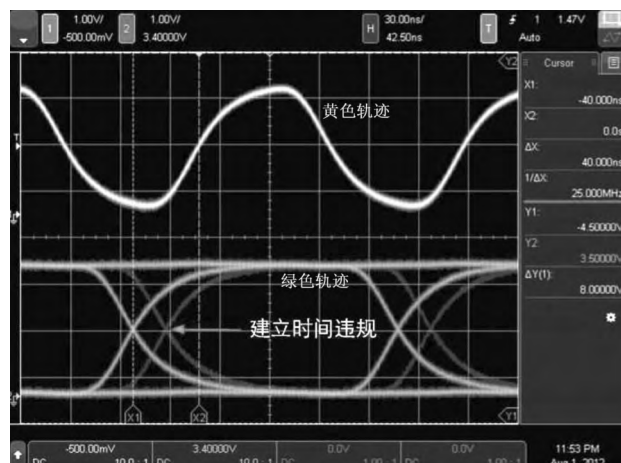


图4 利用时钟信号上升沿(黄色轨迹)触发来观察具有偶发建立时间违规的数据信号眼图(绿色轨迹)

数据信号上升沿和下降沿存在偶发漂移,违反了存储设备最短 30 ns 建立时间的要求。

我们可以使用示波器先进的建立和保持时间触发模式使示波器仅在出现违规时触发并显示异常波形。当然,您可以采用一个更简单的方法,在违规信号区域中绘制一个“必须交叉”区域框(如图 5 所示)。将 X1 计时光标置于数据信号的交叉点,我们现在可测得建立时间约为 20 ns,违反了设备 30 ns 的技术指标要求。此时,我们可以使用示波器的通道 3 和通道 4 探测系统中的其他信号,以便找出造成违规的原因。

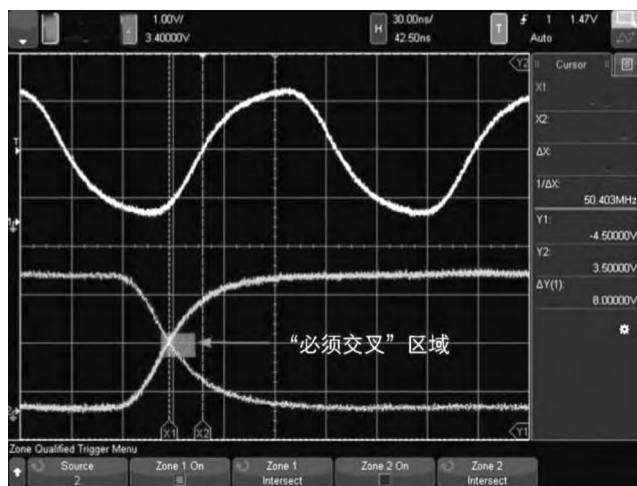


图 5 使用区域触发隔离建立时间违规

如图 6 所示,借助示波器的电容式触摸屏,您只需滑动区域框即可仅触发非违规信号。

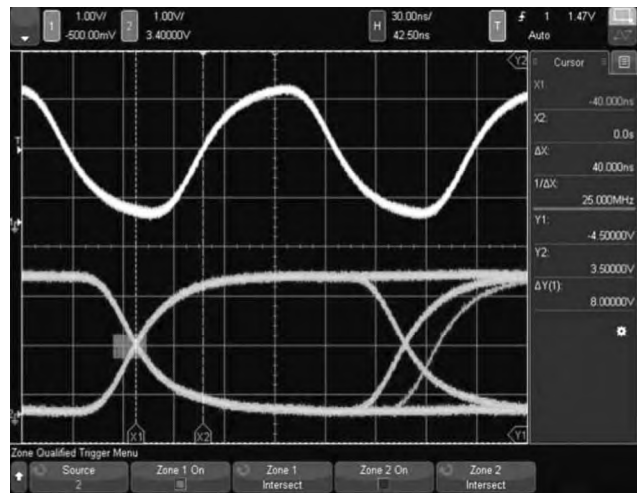


图 6 使用区域触发隔离有效的建立时间

#### 4 触发单独的“1”和“0”

表征串行总线信号的质量经常需要测量独立的“1”和 / 或单独的“0”。对于 NRZ 类信号,单独的“1”表示指定数目“0”之前和之后的单一高比特。单独的“0”是指定数目“1”之前和之后的单一低比特。

测量单独比特的目的通常是表征器件的输出能力,确定器件能否在没有其他邻近脉冲影响时生成有效比特。目前,市场极少示波器能够触发位于一个以上相反极性比特之前和 / 或之后的单独比特。现在,我们设置 Keysight InfiniiVision X 系列示波器来触发位于至少三个“0”之后和至少两个“0”之前的独立“1”。

图 7 是一个示波器触发 10 Mbps FlexRay 串行总线信号上升沿的实例。此时,示波器显示屏的中央只显示了该信号的一个隔离上升沿。该信号的串行波特率为 10 Mbps,因此单一比特应为 100 ns 宽。设置示波器时基为 100 ns/格,这样我们可以轻松确定区域框的大致宽度。



图 7 时基设为 100ns/格,触发 10Mbps 串行总线信号的上升沿

图 8 显示了我们划出的两个“不得交叉”区域框,目的是隔离位于三个或以上 0 之后和两个或以上 0 之前的单一高比特。您可以将这些区域视为波形“禁入区域”。既然我们已经隔离了“1”脉冲,我们就可以执行需要的波形表征测量,例如上升时间、



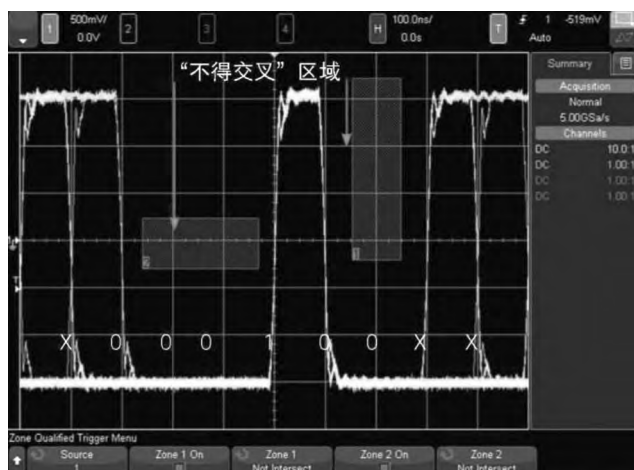


图 8 使用两个“不得交叉”区域并结合上升沿触发来触发单独的“1”

下降时间、脉宽等。

图 9 是一个示波器仅隔离具有类似条件的 0 的实例：位于三个或以上 1 之后和两个或以上 1 之前。此次我们设置示波器触发下降沿，然后划出的“不得交叉”区域框。区域触发可以用于触发单独的“1”和“0”，也可以同步其他独特的串行码型。

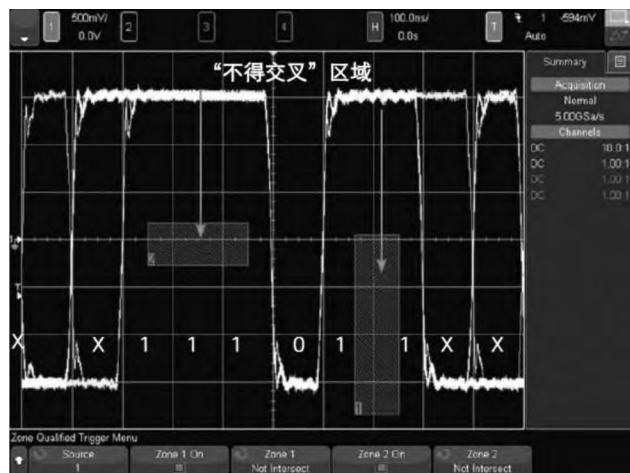


图 9 使用两个“不得交叉”区域并结合下降沿触发以触发单独的“0”

## 5 串行总线仲裁触发

如前所述，区域触发可与串行总线触发等更复杂的触发功能结合使用。图 10 是一个示波器触发 ID 为 025HEX 的控制器局域网 (CAN) 总线数据帧的实例。注意，您可以在示波器显示屏底部看到时

间相关的解码轨迹，轨迹起始为帧 ID (025)。

CAN 总线以系统中多个节点的数据异步传输为基础，例如车载系统。异步传输意味着多个节点可能会同时或接近同时传输数据。此时，仲裁程序将确定具有最高优先级的节点并允许该节点继续传输数据，系统中优先级较低的节点必须暂停数据传输。

如图 10 所示，帧 025HEX 中第一个脉冲具有两个不同的低电平幅度：有时较低，有时会更低。信号达到最低电平证明有两个节点正在同时尝试传输数据，仲裁将由此开始。脉冲恢复为正常电平表明仲裁结束，帧 025HEX 优先级较高。

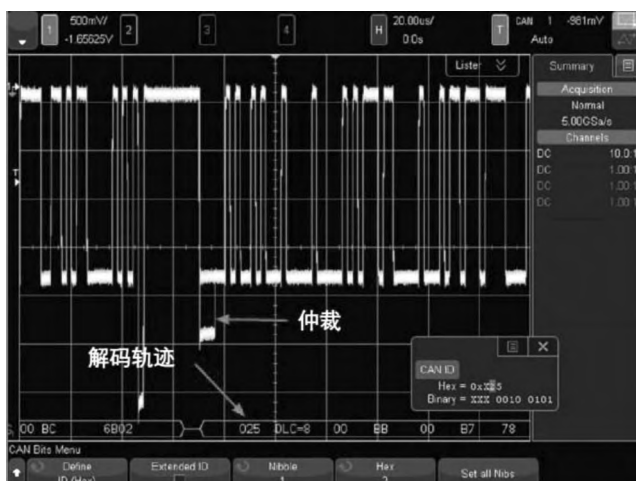


图 10 触发有时包括仲裁的串行 CAN 帧

如何确保示波器仅显示包括仲裁的帧？现有示波器高级触发条件无法满足要求，串行总线触发与区域触发结合能够解决此问题。图 11 是一个使用区域触发仅同步包含仲裁的 CAN 帧 025HEX 的实例。在本例中，首先设置示波器串行触发帧 ID: 025HEX。然后，在低电平脉冲周围绘制“必须交叉”区域。或者，如果在同一位置绘制“不得交叉”区域，示波器将触发不包括仲裁、ID 为 025HEX 的帧。

## 6 总结

本应用指南列举了几个实例，介绍了如何使用

(下转第 76 页)

受控器误差放大器必须通过把其 FB 引脚连接至  $V_{CC}$  来停用。应仅使用一个连接至 SGND 的电容器把所有的电流限值均设定为相同的数值。CLKOUT 信号可连接至随后的 LTC7851/-1 电路级的 CLKIN 引脚,以对齐整个系统的频率和相位。

## 结论

路由器和交换机设计越来越复杂,电源系统设计师现在可以使用适用于多个平台的一个 DC/DC 控制器来建立不同功率级的设计。使用功率链路中的 DrMOS 或者电源模块 (power block) 从 1 到 12 相中进行选择,而且每相高达 40 A,这使得 LTC7851/-1 能够为当今要求最严格的通信和网络产品提供非常灵活的解决方案。CIC

上接第 71 页

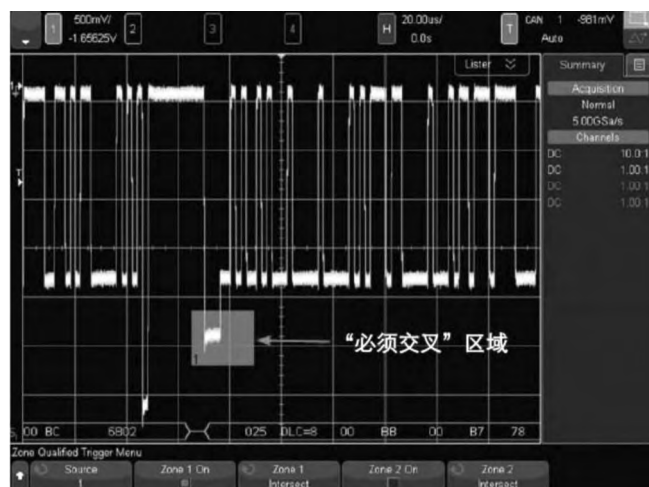


图 11 使用区域触发仅同步包括仲裁的帧

Keysight InfiniiVision 3000T、4000 和 6000X 系列示波器的区域触发来触发包含偶发异常 (或形状异常) 的信号。此外,我们也展示了使用区域触发来触发有效信号 (非异常信号) 的方法。这些信号十分复杂,在现有技术条件下,应用当今示波器的标准触发功能可能难以甚至不可能实现触发。

众多新型数字存储示波器 (DSO) 都具有触发

和分析复杂高速信号的功能。但是,使用这些高级示波器功能往往得不偿失。Keysight InfiniiVision 3000T、4000 和 6000X 系列 DSO 和 MSO 配备的区域触发特性却并非如此。

这个功能强大且易于使用的工具可支持您隔离特定信号形状的测量。结合示波器高达 1,000,000 个波形 / 秒的更新速率 (使用 6000X 系列示波器可达到 450,000 个波形 / 秒),您可以确保触发所有看到的信号异常。CIC

## 作者简介

叶树栋,是德科技 (中国) 有限公司 (原安捷伦科技电子测量事业部) 数字测试业务与市场拓展经理。2008 年获得天津大学电子信息工程学士学位,2011 年获得北京邮电大学信号与信息处理专业硕士学位并加入安捷伦 / 是德科技,专注于高速数字设计验证、信号完整性、以及嵌入式系统、高速总线 (如 USB、DDR、Ethernet、SATA/SAS、PCIe、MIPI、HDMI 等)、可编程逻辑、时钟、电源等电路的设计与测试。

## 力成、美光西安合建封装厂量产

力成与美光科技 (Micron) 在西安合建的封装厂于去年底如期完工,双方日前在西安共同举行开幕仪式,并正式开始进入量产阶段,为双方长期的战略合作关系建立新的里程碑。

力成与美光于 2014 年 12 月签订合作合约,美光在西安高新技术产业开发区的现有测试及存储器模组厂旁,新建一座先进封装厂,作为力成未来数年提供美光封装服务使用。此封装厂已按规划进度于去年底完工,力成目前已在该新厂量产美光产品。(来自力成)