

# 示波器在查找长时间测量中异常信号的应用

董丽萍

北京普源精电科技有限公司

## 1 引言

示波器作为电子测量中最常用的调试工具，其定位异常信号的能力至关重要。经常听到工程师问到这样的问题：我要进行一段长时间的波形测量，然后找出其中有异常的信号，最好还能知道异常信号出现的时间，你们的示波器能否做到？相信很多工程师都有类似的疑问。现如今，随着示波器技术的不断进步，示波器能提供的定位异常信号的方法也越来越多，不同方法适用于不同的应用场合，了解每种方法的原理和特点，可以帮助工程师在遇到问题时用最合适的方法快速解决问题。针对示波器在查找长时间测量中异常信号的应用，本文结合RIGOL示波器的特点给出了解决办法。

## 2 如何确定有没有异常信号

工程师们在调试电路中遇到问题时，首先会做的是逐个探测有可能出问题的地方到底有没有异常信号。可能会因为在自己认为有问题的地方发现了异常信号而兴奋，或者在不期望出问题的地方没有发现异常而暗喜。那是不是没有发现异常就代表没问题呢？不！有经验的工程师，往往能很快地准确定位异常信号的位置，但这必须建立在根据特定应用正确选择和使用示波器的基础上。

### 2.1 选择捕获率足够快的示波器

是不是所有曾经出现过的波形包括异常信号都会在屏幕上显示出来呢？不！示波器两次捕获之间的时间

间隔内出现的信号是会被漏失的，这段时间间隔就是死区时间。如图1所示，示波器两次捕获之间的波形是无法看见的，所有的示波器都是如此。

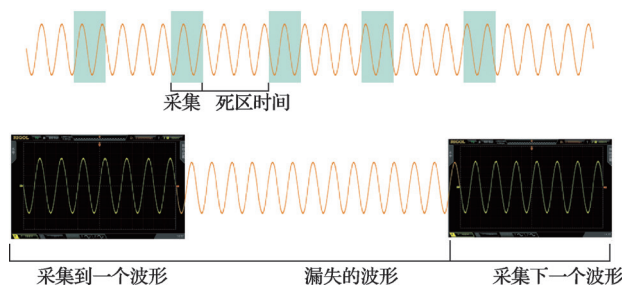


图1 波形捕获示意

示波器每秒钟捕获波形的次数称为波形捕获率。例如RIGOL MSO/DS4000系列示波器波形捕获率最快为11万次，也就是说在上升沿触发时每秒钟屏幕上会有11万个边沿出现。越快的捕获率意味着两次捕获之间的死区时间越短，异常信号越不容易被漏掉。因此选择足够快的波形捕获率的示波器尤为重要，有时候看不到异常就认为电路没有问题，但实际上很可能是因为所选的示波器捕获率不足，很难捕获电路中的异常，从而导致测试中的误判。

那么到底应该选择多快的波形捕获率合适呢？对于捕获率的选择其实没有一个统一的标准和经验值，在选购示波器时，当基本的带宽、采样率、存储深度、通道数指标满足后，选择捕获率越高的示波器越好。

那么是不是拥有了捕获率足够高的示波器，就一定能捕获到异常信号呢？也不一定！对于那些出现概率非常低的信号，仅仅依靠快捕获率也是极难捕获到的。例如异常信号出现的概率是10亿分之一，使用11万次捕获率的示波器仍然很难抓住到10亿分之一的瞬间。当然难不代表不可以，只不过可能需要的时间比较长。那么当异常信号出现概率很低，示波器费了半天劲好不容易捕获到一次却又转瞬即逝了，应该怎么办？

### 2.2 使用余辉模式“稳住”异常信号

在保证当前使用的示波器有能力捕获到异常信号之后，最简单的方法是通过触发信号边沿并用余辉显示方式来观察有没有异常信号。所谓余辉显示就是不断累积历史上出现过的波

形。例如，将MSO/DS4000系列示波器中的“余辉时间”设为“无限”，则示波器显示新采集的波形时不会清除之前的波形，已采集的波形会以亮度较低颜色显示，新采集的波形以正常亮度和颜色显示。下面是MSO/DS4000测量一个方波信号时捕获到异常脉冲

的示例。如图2所示为正常波形，如图3所示为捕获到异常时的波形。

由图3可见，使用无限模式可以将历史出现的波形保留在屏幕上（包括异常信号）。需要注意，由于当前采用边沿触发，所有满足条件的波形都会被触发，异常信号会夹杂在正常

信号中显示。无限余辉模式下，当屏幕上累积的波形太多时，并不利于波形的观察。可以将“余辉时间”设为最小值或具体值（50 ms、100 ms、200 ms、500 ms、1 s、2 s、5 s、10 s、20 s），让出现过的波形只停留一段足够看清基本特征的时间。



图2 正常波形

余辉显示模式尤其适用于在调试中对异常信号事先不了解的场合。注意，不是所有示波器都有余辉显示的功能，如果没有这项功能，工程师们恐怕只能通过肉眼观察异常信号出现的瞬间，这将是件令人抓狂的事情。即便你幸运的在示波器捕获到异常信号时刚好盯着屏幕看，恐怕要看清也不是件容易的事情。我们最终的目的

还是要让异常信号稳定显示在屏幕上，以便观察和测量。

### 3 如何让异常信号稳定显示

借助无限余辉显示模式，工程师对异常信号有了初步的了解，要让其稳定显示在屏幕上，必须设置合适的触发条件。以上文示例中的异常信号为例，从图3中可以看出异常信号是一个脉宽约为5 ns的脉冲信号。为了稳



图3 捕获异常信号

定触发该信号，可以设置如下触发条件：选择脉宽触发，设置触发条件为“正脉宽小于”指定的脉宽设置值，本例中小于10 ns即可，然后适当调节触发电平，触发方式采用普通触发，以上设置完毕后，示波器只会显示符合该条件的波形。图4显示了异常信号被稳定触发后的效果，图5显示出异常信号和正常信号的全貌。

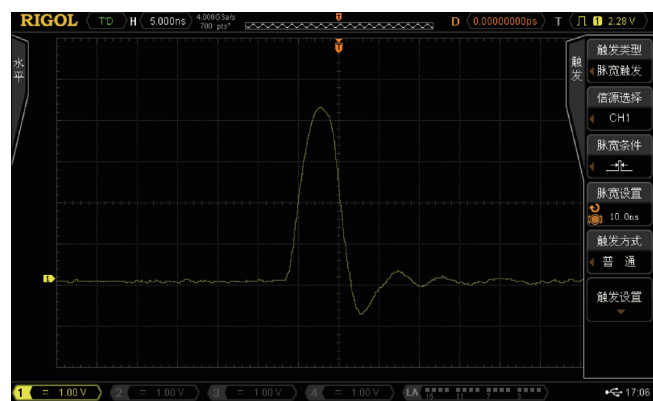


图4 稳定触发异常波形

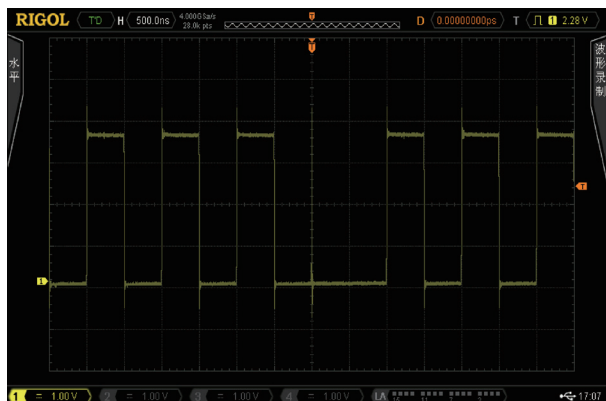


图5 异常波形全景

可见异常信号仅仅是正常信号中夹杂的一个窄脉冲。使用边沿触发时，由于正常信号和异常信号均符合触发条件，两者均会被触发，无法稳定查看异常信号。设定脉宽触发后且采用普通触发模式后，示波器只会显示符合条件的窄脉冲，且在下一个符合条件的波形出现之前保留上一个波形的显示。

稳定触发和显示所关心的异常信号后，工程师便可以使用示波器的各种测量功能对异常信号进行详细的参数测量，例如水平和电压参数的自动

测量、手动光标测量、数学分析等。所有的示波器均能做到这一点，本文不再赘述。然而调试的最终目的是尽可能多的找到异常信号，找出规律，分析原因并解决。那么有没有办法将示波器捕获到的信号都记录下来呢？

#### 4 如何记录所有的异常信号

大部分的示波器止步于帮助用户找到感兴趣的信号，而没有提供记录这些信号的功能。RIGOL示波器的硬件实时波形录制功能可将每次触发到的波形记录下来，并支持回放和分析。这就

跟先用照相机把感兴趣的美景拍下来，然后回头再一张一张慢慢欣赏一样。

还是以MSO/DS4000为例，如图6所示，打开波形录制模式，启动录制后，示波器会将每次触发的波形作为一帧存储在仪器内部，每帧的波形点数取决于当前的存储深度，当存储的波形点数填满存储空间后停止录制（如图7所示）。示波器会记住录制第一帧波形时的绝对时间以及其他波形相对于第一帧的相对时间，通过回放模式，就可以观察每一帧波形的特点及其出现的时间。



图6 开始录制

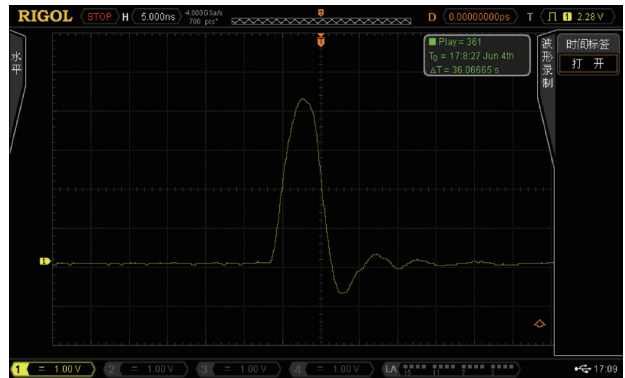


图7 停止录制

如图8所示，录制第一帧波形的时刻是6月4日17时8分27秒，录制第100帧时（如图9所示）经过了9.968 880 s，由此可推算出第100

个异常信号出现的时间是6月4日17时8分36.968 880 s。可见本例中异常信号出现的频次较高。假如异常信号出现的概率较低，例

如几分钟，几小时，甚至更长时间，只要示波器未断电，可以一直测量到将异常波形填满存储空间为止。

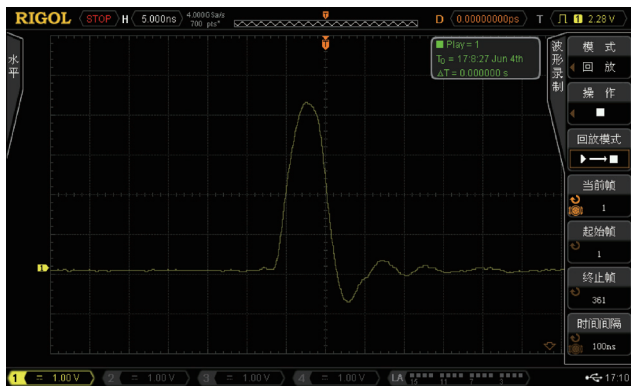


图8 录制第1帧时的波形回放

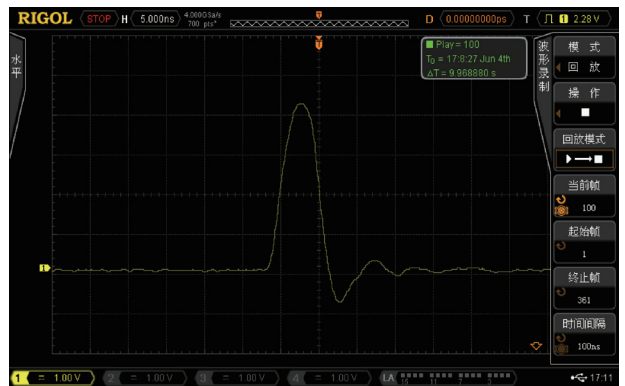


图9 录制第100帧时的波形回放

## 5 对异常信号进行比较分析

在某些电路调试中，并不是每次出现的异常信号都是一样的，或许一定程度的异常信号被认为是可以接受的，那么能不能在示波器上进行更细致的比较分析呢？当然可以！使用波形录制功能不仅可以记录每次捕获到

的异常信号，还可以分析这些异常信号是否在要求范围内。

如图10所示，分析模式选择“通过测试”，可将每个波形与用户设定的模板进行比较。通过“规则范围”菜单，调节规则区域的垂直和水平范围。当波形“穿越”模板（蓝色区

域）的程度超过设定的门限则判定为错误波形。分析结果（如图11所示）会给出总的错误帧数量，并可以逐一查看每个错误帧。所有的错误帧还会以色谱图形式呈现，颜色越深表示与模板差异越大，可以更直观的显示错误帧数量及分布情况。



图10 设置“通过测试”模板



图11 查看分析结果

## 6 结 语

本文针对示波器调试中的常见应用——查找长时间测量中的异常信号，结合RIGOL示波器的特点给出了解决

方案。RIGOL示波器具备高波形捕获率，更易于捕获偶发异常信号；余辉显示模式有利于观察那些特征未知的信号，以便确定异常信号的有无；硬件实

时波形录制和回放分析有利于记录每次捕获的异常信号（带时间戳），并可对其进行模板分析。合理使用这些功能，可在调试异常信号时做到事半功倍。