

示波器触发原理和应用

The Trigger Principle and Application of Oscilloscope

秦源淋

(中国空空导弹研究院,河南 洛阳 471009)

摘要: 文章介绍了示波器触发的基本原理, 并且对触发电路和常见的触发类型及其应用作了说明。

关键词: 同步; 触发源; 耦合方式

1 触发概述

触发是使用示波器时最常提到的一个词。要明白触发的概念, 首先要了解示波器同步的概念。示波器同步是指示波器的扫描或采集信号与被测信号的频率之间存在着整数倍的关系。触发电路实际上起到一个比较器的作用。先设定一些条件, 将被测信号不断地与这些条件相比较, 只有当被测信号满足这些条件时才启动扫描或采集, 同步并稳定显示。

触发能保证每次扫描或采集的时候, 都从输入信号上与定义的相同的触发条件开始, 这样每一次扫描或采集的波形就同步, 从而显示稳定的波形。通俗的讲触发就是用来控制示波器显示什么。归纳起来有以下几方面应用:

- (1) 使重复信号稳定显示;
- (2) 对单次信号进行捕获;
- (3) 对重复信号中的异常波形和单次事件中的特殊波形进行隔离捕获。

2 触发原理

当示波器输入一个信号, 这时如果不对信号的显示作出相应的控制, 那么显示则是杂乱无章的, 如图 1 所示, 每一屏的显示都不同, 当示波器快速刷新的时候, 看到的信号是混叠的、不稳定的图像, 无法进行观察和测量。

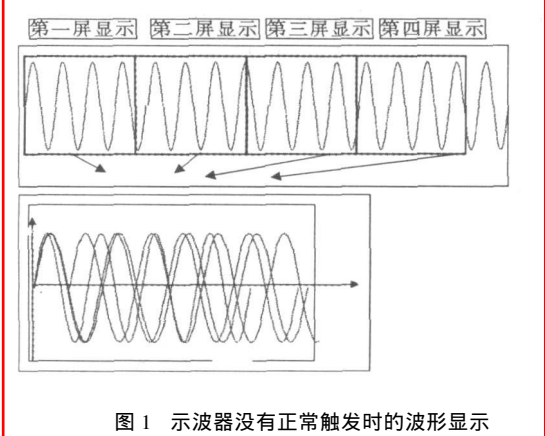


图 1 示波器没有正常触发时的波形显示

为了解决这种情况, 就需要规定示波器的触发条件, 以达到稳定同步, 把信号清晰的显示出来。

就以最简单常用的边缘触发来说明一下触发的原理。首先分析一下所要观察的波形: 正弦波在一个周期内的波形特征, 只有一个唯一的上升和下降沿, 那么可以选择上升沿作为触发条件, 同时设置一个触发电平与上升沿相交, 得到一个触发点。在正弦波的不同周期, 该触发点的位置是相同并唯一的, 这时当我们把该触发点定义在显示屏幕的特定位置时, 示波器每刷新一屏, 把满足触发条件的点都放在屏幕的相同位置, 由于该点在波形中是唯一相同的, 所有不同屏幕的触发点都在同一位置, 那么屏幕上的显示就稳定同步了, 同时刷新一屏只有第一个满足触发条件的点定义为触发点, 其它被忽略。为方便起见, 把触发点放在屏幕的最左边位置, 当每刷新一屏时, 示波器把满足触发条件的点放在同一点, 波形就稳定地被显示在示波器的屏幕上, 波形如图 2 所示。

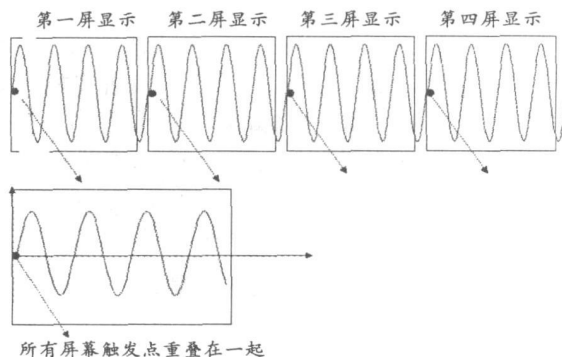


图 2 示波器正常触发时的波形显示

3 示波器触发电路

触发电路的作用是提供符合要求的触发脉冲, 去启动扫描或采集, 它是水平通道的一部分。包括触发源选择、触发耦合方式选择、触发方式选择、触发极性选择、触发电平选择和触发放大整形等电路。图 3 为模拟示波器触发电路示意图。

数字示波器的触发电路原理与模拟示波器类似,这里就不给出了。

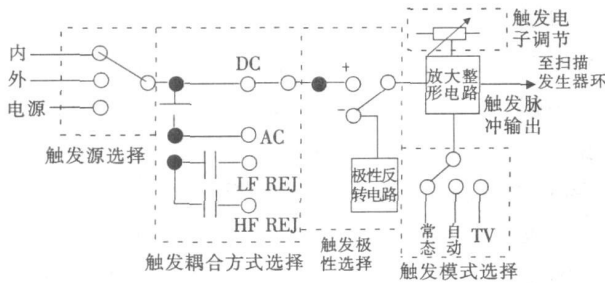


图3 模拟示波器触发电路示意图

3.1 触发源的选择

内触发(INT):将垂直通道前置放大器输出(延迟线前的被测信号)作为触发信号,适用于观测被测信号。内触发的源可以是任何输入通道。

外触发(EXT):用外接的与被测信号有严格同步关系的信号作为触发源,可用于比较两个信号的同步关系。

电源触发(LINE):用50Hz工频正弦信号作为触发源,适用于观测与50Hz交流有同步关系的信号。

3.2 触发耦合方式

当触发信号存在干扰和噪声的时候,就需要通过触发耦合来净化触发信号,使触发电路能够完成预期的工作,不出现误触发。

触发电路产生的只是控制信号,用来控制示波器的存储和显示,它不会影响到被测信号的显示,所以使用触发耦合不会对被测信号有任何影响。触发耦合有直流耦合。交流耦合、高频抑制、低频抑制和噪声过滤等,在应用中有各自不同的用法。

表1 Tektronix公司的TDS3000B系列示波器的触发耦合方式

直流耦合	触发源直接连接到触发电路,交流和直流的通路
高频抑制	抑制触发信号中高于30kHz的信号
低频抑制	抑制触发信号中低于1kHz的信号
噪声控制	用低灵敏度的直流耦合来抑制触发信号中的噪声

表1给出了Tektronix公司的TDS3000B系列示波器的触发耦合方式和作用,其它型号不尽相同。需要注意的一点就是触发耦合与垂直通道耦合是有本质区别的,垂直耦合会影响到被测波形。

3.3 触发极性和触发电平

触发极性也称触发斜率,是指触发点位于触发源信号的上升沿(正极性)还是下降沿(负极性)。触发电平指触发脉冲到来时所对应的触发放大器输出电压的瞬时值。触发极性和触发电平决定触发脉冲产生的时刻,并决定被显示信号的起始点。

3.4 触发模式

触发模式是指一些为产生触发所选定的方式,以满足不同的观测需要。常见的触发模式有以下几种:

自动(AUTO):在这种模式下,当触发没有发生时,示波器的扫描系统会根据设定的扫描速率自动进行扫描;当有触发发生时,扫描系统会尽量按信号的频率进行扫描。所以在这种模式下不论触发条件是否满足,示波器都会产生扫描,都可以在屏幕上可以看到有变化的扫描线。

正常(NORMAL):这种模式下,示波器只有当触发条件满足了才进行扫描。因此在该模式下如果没有触发的话,对于模拟示波器而言会看不到扫描线,屏幕上什么都没有,对于数字示波器而言会看不到波形更新。

正常模式的作用在于观测波形的细节,特别是对于比较复杂的信号,例如视频同步信号。为了观测细节,必须将时基扫描速率调高,以便将波形展开,这样就会使得被观测信号的频率相对于示波器扫描速率而言变低,也就是说,在两次触发之间示波器可能会作很多次扫描。这种情形下如果选择的是自动模式,示波器就会实际进行所有这些扫描,其结果是使这些扫描(它们不是由触发产生)所对应的波形与触发扫描所对应的波形一起显示,造成显示波形的混迭,因而不能清晰地显示需要的波形。而如果选择的是正常模式,这些在触发之间的扫描示波器实际上不会进行,只显示想看到的与触发相联系的波形,从而使波形会比较清晰。

单次(SINGLE):这种模式与“正常模式”有一点类似,就是只有当触发条件满足时才产生扫描,否则不扫描。而不同在于,这种扫描一旦产生并完成后,示波器的扫描系统即进入一种休止状态,使得后面即使再有满足触发条件的信号出现也不再进行扫描,也就是触发一次只扫描一次,即单次,必须通过手工的方法将扫描系统重启,才能产生下一次触发。对于数字示波器而言,单次触发用的非常多,可以捕捉单次出现或多次出现但不太具有周期性的信号。

3.5 放大整形电路

放大整形电路的作用是对触发信号进行放大整形,以满足触发信号的要求。整形电路的基本形式是电压比较器,当输入的触发源信号与通过触发极性和触发电平选择的信号之差达到某一设定值时,比较电路翻转,输出矩形波,然后经过整形,变成触发脉冲。

4 触发与存储

传统的模拟示波器由于没有存储单元,触发只是示波器显示波形的一个起始信号,单单定义了波形的起点。但是数字存储示波器由于把模拟信号数字化,并且存储

到内存之中, 触发作为一个定义点也同样被存储到内存, 这种模式就决定了可以把触发点放到内存中的任意一个位置。有了这个特性我们就可以看到触发之前的波形, 也就是我们所说的预触发, 这是数字示波器特有的。

通过图 4 可以看到被测信号不断地输入示波器, 这些数字化的信号是遵循先进先出的原理存储到示波器内存中去的。当在存储器中定义了触发点的位置后, 波形点满足了触发条件时, 该点就被固定在存储器定义的触发点上了, 这时还要参考一个参数就是触发延时, 它规定了触发点到起点的时间距离, 是事先定义好的, 存储器的起点也就固定下来, 这时示波器存储器变成了只进不出, 后进来的信号直到填满存储深度为止, 存满后再重新刷新。如果是单次捕获就只存储刷新一次。很容易看到存储器起点到触发点这段时间记录的波形数据就是触发前的波形信息, 我们称之为预触发。而触发点到存储器终点的波形称之为后触发。

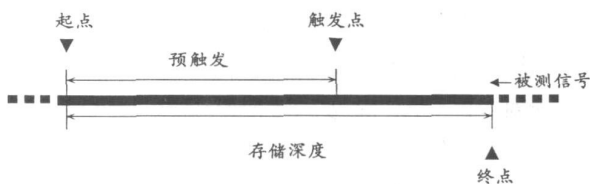


图4 预触发示意图

5 数字示波器的触发类型及其应用

用作触发条件的形式很多, 最常用最基本的就是边沿触发。模拟示波器一般只有边沿触发一种类型, 而数字示波器则非常多, 常用的如表 2 所示。

表 2 数字示波器常用触发类型

触发类型	触发条件
边沿	所有现代示波器上都提供了边沿触发, 它是基本的、最常见的触发类型。边沿触发通常可以使用户查看波形的一般幅度和定时特点。
毛刺	只能接受(或拒绝)低于定义脉冲宽度极限脉冲的触发。可以选择负、正或任一极性。这种触发控制功能可以检查非常罕见的毛刺成因及其对其它信号的影响。
脉宽	只接受(或拒绝)位于两个定义的时间极限之间的脉宽。可以选择正或负的脉冲极性。
矮脉冲	仅接受进出两个定义的幅度门限之间的脉冲指定的触发
窗口	通过窗口触发功能, 示波器会触发进入(或退出)由两个用户可调节的门限定义的窗口的事件。此外, 还可以使用窗口触发上的时间判定指标, 构成一个矩形时间窗口, 如果信号进入或退出这个窗口, 将触发示波器。
超时	基于特定滞设置触发, 可以不必等到触发脉冲结束就可以产生触发事件。
转换时间	允许在从低到高门限和/或从高到低门限的时间间隔慢于(大于)或快于(小于)指定时间时触发系统, 其中可以选择正、负或任一极性。
建立/保持	允许确定性地捕获单个建立时间和保持时间超限

首先, 分析这种特殊信号, 目标是捕获在方波信号中存在的与正常脉冲宽度不一样的窄脉冲。如果我们只设定边缘触发, 那么每个脉冲都满足条件, 都产生触发, 会产生混叠, 这时无法把关心的窄脉冲隔离出来。

所以不能用边缘触发, 而要选择更高级的触发方式。根据信号的特征选用脉冲宽度触发功能, 设定所要捕获波形的时间宽度, 时间触发条件设定为小于, 设定触发电平。当波形满足电平触发条件的同时, 又满足设定的波形脉冲宽度的触发条件, 就能捕获到所关心的窄脉冲了。图 5 的波形也可用毛刺触发来找出关心的信号。

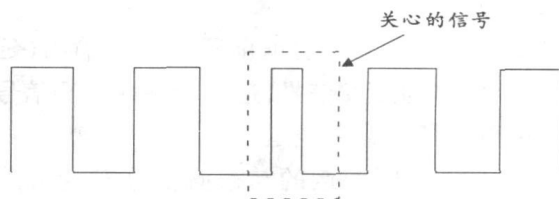


图 5 脉宽触发的应用

6 结束语

现实工作中所要观测的信号千变万化, 特别是那些隐藏在标准信号下的偶发错误信号。示波器的作用是观测这些信号, 而其核心是触发条件的设置。只有准确的触发, 才能更快更好的观测要研究的信号。设置触发是示波器使用的难点, 要正确地设置触发条件应该做到以下两点: (1) 了解要观察的信号, 只有了解信号本身的特征, 才能够找出正确的触发条件, 才能准确的定位隐藏在正常信号中的异常信号; (2) 所使用的示波器, 期待的触发条件再好, 示波器不支持也无济于事。只有知道示波器所具有的触发类型, 合理设置触发条件, 才能真正迅速地捕获被测信号。

参考文献

[1] 国防科工委科技与质量司. 无线电电子学计量. 原子能出版社, 2002.
[2] 泰克公司. 示波器 XYZ.

作者简介: 秦源淋, 男, 工程师。工作单位: 中国空空导弹研究院计量测试中心。通讯地址: 471009 河南省洛阳市 030 信箱 2 分箱。

收稿时间: 2011- 10- 10

更正

本刊 2011 年第 12 期总第 235 期第 82 页, 作者罗丽君简介中的“工作单位: 吉林省计量科学研究院”应为“工作单位: 吉林省机电研究设计院”。

特此更正。