

# ZDS2022 示波器 FAQ

电子测量仪器

AN01010101 V1.00 Date: 2014/11/18

产品应用笔记

| 类别  | 内容                             |
|-----|--------------------------------|
| 关键词 | 测量、触发、存储、协议解码、FFT 分析           |
| 摘要  | 介绍使用 ZDS2022 示波器过程中的常见问题与解决方法。 |

## 修订历史

| 版本    | 日期         | 原因   |
|-------|------------|------|
| V1.00 | 2014/11/18 | 创建文档 |
|       |            |      |

## 目 录

|  |    |
|--|----|
| 1. 应用测量.....                               | 1  |
| 1.1 如何保存设置参数? .....                        | 1  |
| 1.2 高频小毛刺的测量与刷新率有什么关系? .....               | 1  |
| 1.3 如何实现两台示波器同步测量? .....                   | 2  |
| 1.4 用 ZDS2022 如何实现不同时间段的波形对比分析? .....      | 3  |
| 1.5 用 ZDS2022 如何安全测量市电? .....              | 4  |
| 1.5.1 火线、零线和地线.....                        | 4  |
| 1.5.2 为什么会跳闸.....                          | 5  |
| 1.5.3 测量量程确认.....                          | 5  |
| 1.5.4 错误的测量方法.....                         | 5  |
| 1.5.5 不推荐的测量方法.....                        | 6  |
| 1.5.6 推荐的测量方法.....                         | 7  |
| 2. 触发.....                                 | 9  |
| 2.1 什么是自动触发? .....                         | 9  |
| 2.2 SPI 协议触发不稳定, 是怎么回事? .....              | 9  |
| 2.2.1 触发模式.....                            | 9  |
| 2.2.2 SPI 信号时钟 .....                       | 9  |
| 2.3 触发波形为何显示不稳定? .....                     | 10 |
| 2.3.1 触发.....                              | 10 |
| 2.3.2 触发释抑.....                            | 10 |
| 2.4 CAN 协议触发为什么无法实现 ID 帧过滤? .....          | 11 |
| 2.5 IIC 协议触发相关 .....                       | 12 |
| 2.5.1 IIC 特定数据位如何触发? .....                 | 12 |
| 2.5.2 IIC 特定地址为何无法触发? .....                | 13 |
| 2.6 ZDS2022 示波器的模板触发是什么原理? .....           | 14 |
| 3. 显示问题.....                               | 15 |
| 3.1 波形轨迹为何有时显示较粗? .....                    | 15 |
| 3.2 ZDS2022 示波器显示机制是怎样的? .....             | 17 |
| 3.3 用 ZDS2022 示波器测量波形, 为何有时比安捷伦显示得慢? ..... | 17 |
| 3.4 示波器显示的方波, 两个高电平中间为何有虚直线显示? .....       | 17 |
| 3.5 波形除了中间较亮的曲线外, 周围还有阴影的区域, 这是否正常呢? ..... | 18 |
| 3.6 112Mpts 与 10s/div 模式下, 波形响应为何较慢? ..... | 19 |
| 3.7 为何在 112Mpts 存储深度下看不到之前能看到的毛刺? .....    | 19 |
| 3.8 为什么在自动模式下, 改变垂直档位, 信号地没有指向零? .....     | 19 |
| 4. 存储.....                                 | 22 |
| 4.1 如何使用 ZDS2022 实现自定义保存数据? .....          | 22 |
| 4.2 为何导出数据时, 等了很久才能完成? .....               | 22 |
| 4.3 导入的数据能否进行测量.....                       | 22 |
| 5. 协议解码.....                               | 23 |
| 5.1 协议解码信号是如何输入的? .....                    | 23 |
| 5.2 ZDS2022 示波器支持的协议解码时间长度为多久? .....       | 23 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.3    | 用 ZDS2022 示波器对协议解码, 为何有时会出错? .....           | 23 |
| 5.4    | ZDS2022 示波器中 UART 协议解码可否适用于 RS485/422? ..... | 23 |
| 5.5    | CAN 协议解码相关 .....                             | 24 |
| 5.5.1  | CAN 协议解码与 CAN 分析仪器有什么区别? .....               | 24 |
| 5.5.2  | CAN_DIFF 信号解析.....                           | 24 |
| 5.5.3  | CAN_L 能否接地? .....                            | 24 |
| 6.     | FFT 分析.....                                  | 26 |
| 6.1    | 在 FFT 分析结果中出现-dBm 正常吗? .....                 | 26 |
| 6.2    | 如何查找感兴趣的 FFT 频率点? .....                      | 26 |
| 6.3    | 可以自定义 FFT 分析的波形区域吗? .....                    | 27 |
| 6.4    | ZDS2022 示波器的频率分辨率 $\Delta f$ 是多少? .....      | 27 |
| 6.5    | 为什么在 5ms/div 时基档位时, 市电的 THD 值测量结果不对? .....   | 28 |
| 7.     | 统计测量.....                                    | 29 |
| 7.1    | 两通道波形的测量参数能否同时显示? .....                      | 29 |
| 7.2    | 为什么当前值与平均值相差很大? .....                        | 29 |
| 7.3    | 为何在测量表中有最小脉宽 150ns, 却搜索不到? .....             | 29 |
| 7.4    | ZDS2022 示波器标配的探头电容是不是较大? .....               | 30 |
| 7.5    | 如何提高相位差的测试精度? .....                          | 30 |
| 7.6    | 测量脉冲个数时, 为何测量结果跟波形中实际的个数不同? .....            | 31 |
| 7.6.1  | 原因分析.....                                    | 31 |
| 7.6.2  | 正确的测量方法.....                                 | 33 |
| 8.     | 探头.....                                      | 35 |
| 8.1    | 能否将 ZDS2022 示波器的输入阻抗转换为 50 $\Omega$ ? .....  | 35 |
| 8.2    | ZDS2022 示波器标配探头的带宽是多少? .....                 | 35 |
| 8.3    | ZDS2022 示波器能否自动识别探头的衰减档位? .....              | 36 |
| 8.4    | 有什么办法可以区分不同通道上的探头? .....                     | 36 |
| 9.     | 操作.....                                      | 37 |
| 9.1    | 移动波形后, 怎么快速返回初始位置? .....                     | 37 |
| 9.2    | AutoSetup 是如何检测通道开/关状态的? .....               | 37 |
| 9.3    | 为什么调整时基时, 波形响应很慢? .....                      | 37 |
| 9.4    | 为什么按下【Run/Stop】键响应慢? .....                   | 37 |
| 9.5    | 能否恢复上次的设置? .....                             | 37 |
| 9.6    | 为什么【Run/Stop】按一下闪烁, 再按一次才停止? .....           | 37 |
| 9.7    | 怎么进行系统固件升级? .....                            | 38 |
| 10.    | 性能参数.....                                    | 39 |
| 10.1   | ZDS2022 示波器的死区时间是多长? .....                   | 39 |
| 10.1.1 | 概念.....                                      | 39 |
| 10.1.2 | 与波形刷新率的关系.....                               | 39 |
| 10.1.3 | ZDS2022 示波器的死区时间 .....                       | 40 |
| 10.2   | ZDS2022 示波器的测量精度有多高? .....                   | 40 |
| 10.3   | ZDS2022 示波器的底噪怎么样? .....                     | 40 |
| 10.3.1 | 概述.....                                      | 40 |
| 10.3.2 | 底噪的测量方法.....                                 | 40 |
| 10.3.3 | ZDS2022 示波器的底噪 .....                         | 41 |

|        |                               |    |
|--------|-------------------------------|----|
| 10.4   | 使用 ZDS2022 示波器及标配探头时，系统带宽是多少？ | 42 |
| 10.5   | ZDS2022 示波器支持最大的输入电压是多少？      | 42 |
| 10.6   | ZDS2022 示波器的电压分辨率是多少？         | 43 |
| 11.    | 品质工艺                          | 44 |
| 11.1   | 旋钮                            | 44 |
| 11.1.1 | 旋钮调节的灵便性                      | 44 |
| 11.1.2 | 旋钮开关采用什么材质？寿命有多长？             | 44 |
| 12.    | Demo 板测试                      | 45 |
| 12.1   | 怎么测试有源晶振信号？                   | 45 |
| 12.1.1 | 概述                            | 45 |
| 12.1.2 | 测量对比                          | 45 |
| 12.1.3 | 注意事项                          | 47 |
| 13.    | 免责声明                          | 48 |

## 1. 应用测量

### 1.1 如何保存设置参数？

当一台示波器同时供不同工程师使用时，每次测试重新设置测量参数将会是一件耗时、让人头痛的事。因为，不同工程师的测试习惯不同，要求测试的参数也不同。

目前，ZDS2022 示波器支持设置参数的保存功能，用户可按下【Save/Recall】键，在导入菜单中设置文件类型为“设置文件”，除了参考波形和 FFT 的部分参数没保存外，基本上所有的测量参数设置均被保存。将不同工程师的测试设置以不同的文件名保存在示波器内存中，测试时导入相应文件即可，如图 1.1 所示。



图 1.1 导入存储文件

### 1.2 高频小毛刺的测量与刷新率有什么关系？

所谓高频小毛刺噪声，是指在波形上面看到的那些乱的小细线。

在测试时，像一些刷新率低的示波器，如泰克 1000 系列的示波器，由于刷新率低，采集叠加的帧数不够，所以能看到少数的杂乱小细线。而一些刷新率较高的示波器，像 ZDS2022（刷新率高达 33 万帧/秒），和安捷伦的 MSO3000 系列示波器（刷新率最高 1M 帧/秒），因为采集叠加的波形帧很多，此时无数的杂乱小细线叠加在一起就形成了整条淡淡的线甚至是一片分不清的波形（而不是少数的杂乱小细线）。因为杂乱小细线在主波形上下等概率分布，当叠加次数少时（刷新率低），能看到杂乱小细线；而当叠加次数高时（刷新率高），无数小细线叠加在一起就成了整条线或者一片波形。

通过增加【触发释抑】的时间可降低波形刷新率。如图 1.2、图 1.3 所示是不同波形刷新率观测到的小毛刺。

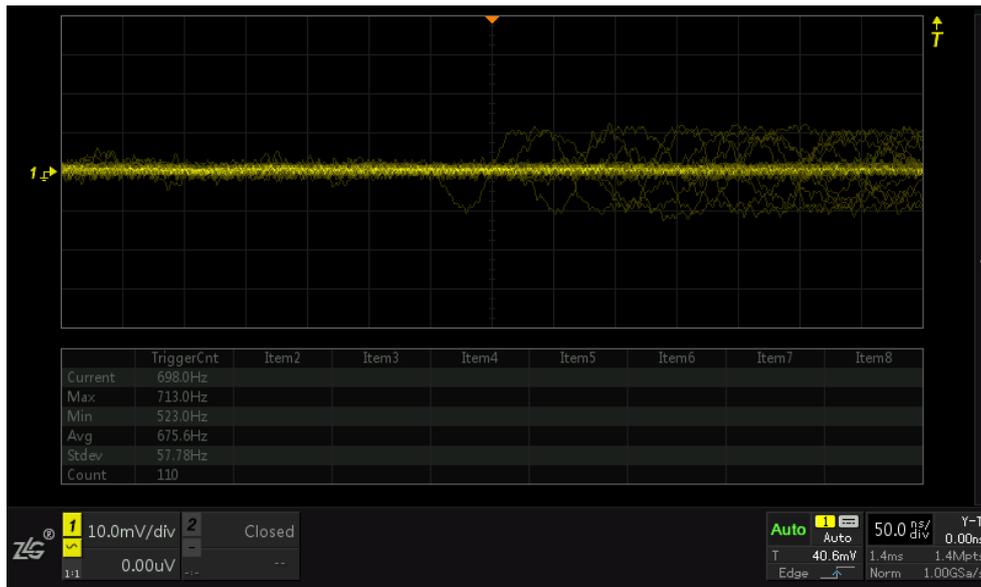


图 1.2 低波形刷新率（700 帧/秒）

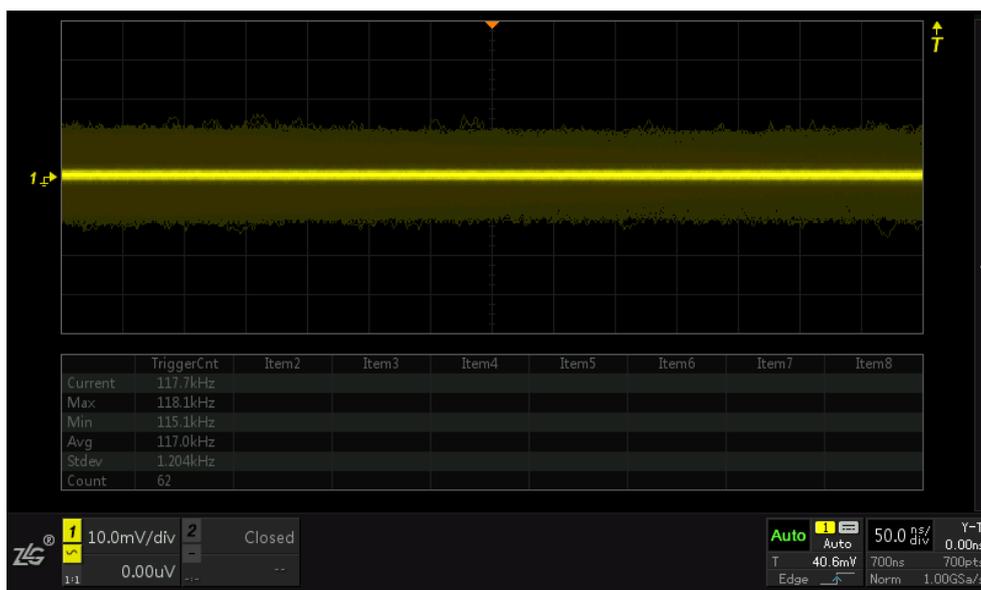


图 1.3 高刷新率（117,000 帧/秒）

### 1.3 如何实现两台示波器同步测量？

当两台仪器需要协同工作时，可以靠触发信号来同步。ZDS2022示波器支持触发输出和外部触发输入，如图1.4、图1.5所示。当ZDS2022示波器捕获到满足触发条件的信号时，会输出一上升沿的触发输出信号。外部触发输入可用作边沿触发的触发源，输入通道阻抗为1MΩ。若把两台ZDS2022的触发输入与触发输出连接起来，就可实现两台ZDS2022示波器的同步测量，即可实现四通道同步采样。

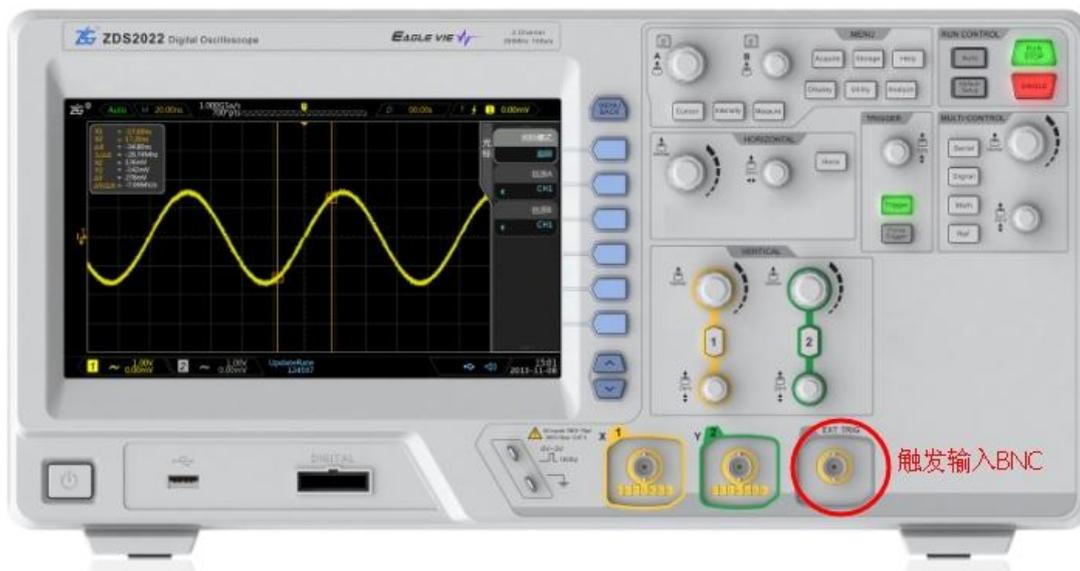


图 1.4 外部触发输入端口



图 1.5 触发输出端口

#### 1.4 用 ZDS2022 如何实现不同时间段的波形对比分析？

有些情况下，需要对比分析不同时间段的波形，传统方式是手动把波形画在纸上，然后再进行对比，这不但 inaccurate 还很不方便。使用 ZDS2022 的波形参考功能，即可快速方便地在同一屏幕上对比不同时间段的波形。ZDS2022 示波器同时可支持 3 个参考波形通道，按下【Ref】按键打开参考波形设置菜单，选择对应的信号通道，然后【暂存波形】即可，如图 1.6 所示。

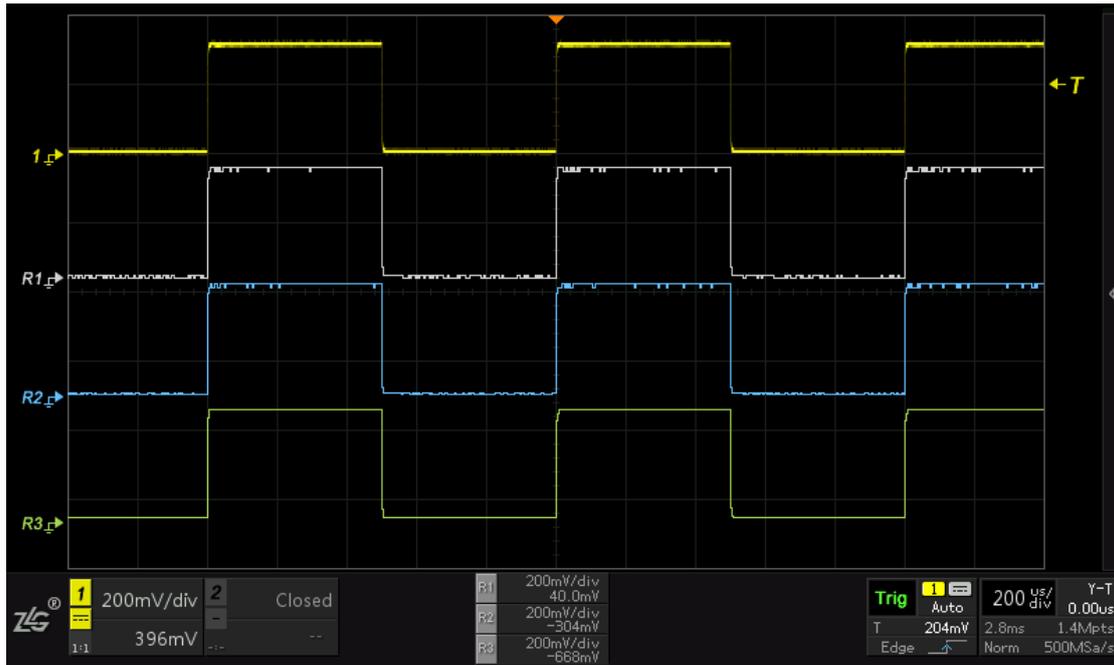


图 1.6 参考波形设置

## 1.5 用 ZDS2022 如何安全测量市电？

### 1.5.1 火线、零线和地线

我国的市电（居民用电）规格为交流 220V@50Hz，供电线路由火线、零线和地线组成，它们的关系如图 1.7 所示。

- (1) **火线 (L)**：也称相线，由发电站或变电站提供，电压 220V，人体接触会有危险；
- (2) **零线 (N)**：为火线提供回路，在发电站或变电站端接地；由于是远端接地，因此在居民楼用户端电位不一定为零，可能带弱电，但相对安全，
- (3) **地线 (E)**：零电势参考点，在居民楼用户端接大地，零电压，绝对安全。

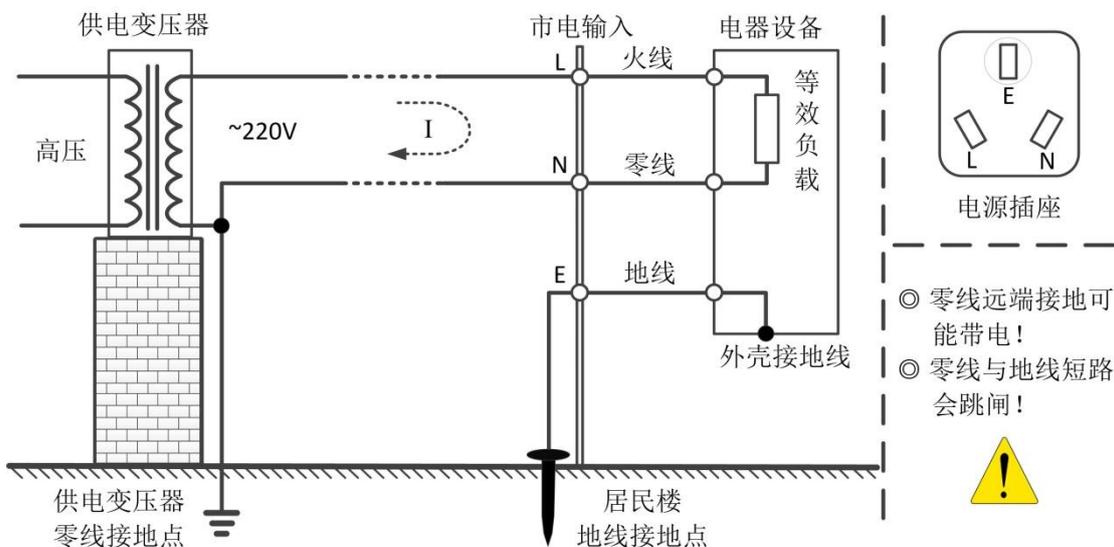


图 1.7 火线、零线和地线的关系

### 1.5.2 为什么会跳闸

居民楼用电一般都会安装漏电保护开关，当发生漏电情况时就会切断供电线路，以保证人身安全。正常时，火线和零线的电流大小一样，两条线产生的磁场大小相等，方向相反，正好抵消，漏电开关感应器不动作；当发生漏电事故时，则两条线的磁场不能抵消，漏电开关感应器动作，切断供电线路。一般来说，漏电是因为有电流分流到大地，导致零线电流变小或为零，通常有以下情况：

- (1) 人体接触火线；
- (2) 仪器不当操作，导致零线与地线短路。
- (3) 仪器不当操作，导致火线与地线短路。

### 1.5.3 测量量程确认

由于 220V 已属于高压范围，用示波器测量市电时，除了考虑安全问题外，还必须确认示波器的电压量程是否满足测量需求。

ZDS2022 示波器标配的探头在  $\times 10$  档位下，具备 CAT II 300Vrms 安全等级；示波器的垂直档位最大为 10V/格，垂直方向有 8 格，也就是最大电压测量范围为 80V 峰峰值，配合  $\times 10$  探头，最大具备 800V 峰峰值的测量满量程，因此是可以测量 220V 市电。测量前，需要确认以下准备工作：

- (1) 将示波器测量探头打到  $\times 10$  档位；
- (2) 将示波器的垂直档位打到 10V/div。

### 1.5.4 错误的测量方法

普通的示波器是没有隔离的，出于安全考虑，示波器的外壳和地线是连接在一起的，示波器测量探头的负端（地）也是和地线连接在一起的，如图 1.8 所示，当使用示波器直接对零线和火线测量时，就会通过示波器的测试回路，间接地把零线或火线对地线短路（等效于图中红色虚线），从而导致发生以下事故：

- (1) 短路时交变大电流信号通过测试回路形成的线圈聚集能量发热并烧坏探头或仪器；
- (2) 烧坏的探头或带电的外壳引发安全事故；
- (3) 电源跳闸，影响其它设备正常工作。

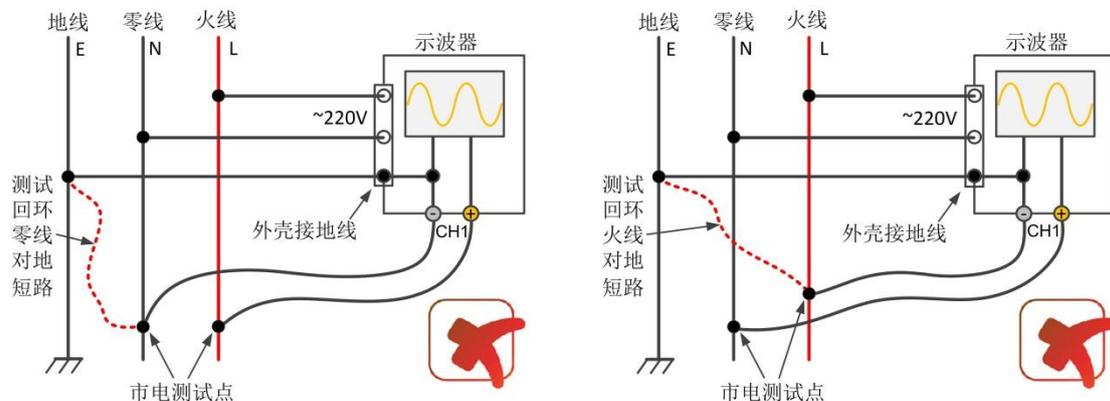


图 1.8 错误的测量方法

### 1.5.5 不推荐的测量方法

断开地线进行测量（浮地测量）可以避免回环短路事故进行测量，下面介绍的方法具有一定的危险性，如若操作不当可能引发触电事故，不推荐使用。

#### 1. 浮地测量

如图 1.9 所示，通过将示波器的电源地线人为断开（可以用两芯电源插排供电）或使用隔离变压器的方法对示波器供电，达到断开测量回环的目的，实现“浮地”测量。进行“浮地测量”时应注意以下事项：

(1) 测量时只能使用一个通道，因为多个通道间的地是共用，测量多组电压会造成短路；

(2) 确保示波器金属外壳不要和大地有直接的接触，避免间接接地；

(3) 探头的正端要接火线，负端接零线；若接反不会影响测量，但外壳会带电，这是相当危险的；

(4) 测量结束时不能直接触摸示波器金属端，要先放电；外壳接地，把浮地的电荷排除；

(5) 始终确保人体和示波器的外壳（金属端）没有接触，安全第一。

关于火线和零线的识别，请参考后述的“A-B 测量法”。

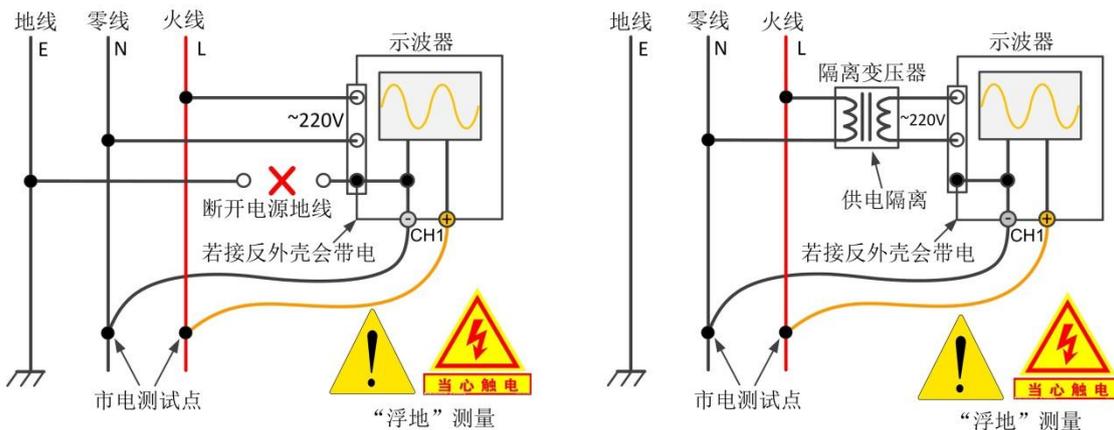


图 1.9 浮地测量法（不推荐）

#### 2. 浮地测量的安全隐患

使用不会把接地传送到次级电路的隔离变压器，或断开 AC 电源地线的方式为示波器供电，都是常用的有风险的示波器浮地测量方式。

浮地测量时，示波器外壳金属端（如机箱、外壳、连接器）和探头参考地（负端）带有同等电平，相对大地浮空，具有一定电压  $V_1$ ，如图 1.10 所示。例如测量市电，外壳可能带有 220V 的电压，人体一旦不小心接触到示波器外壳，电流会经过人体流入大地，可能导致严重的人身伤害，甚至死亡！因此“浮地”测量是非常危险的做法，不推荐进行此类操作。严重的人身伤害，甚至导致死亡！因此“浮地”测量是非常危险的做法，不得进行此类操作。

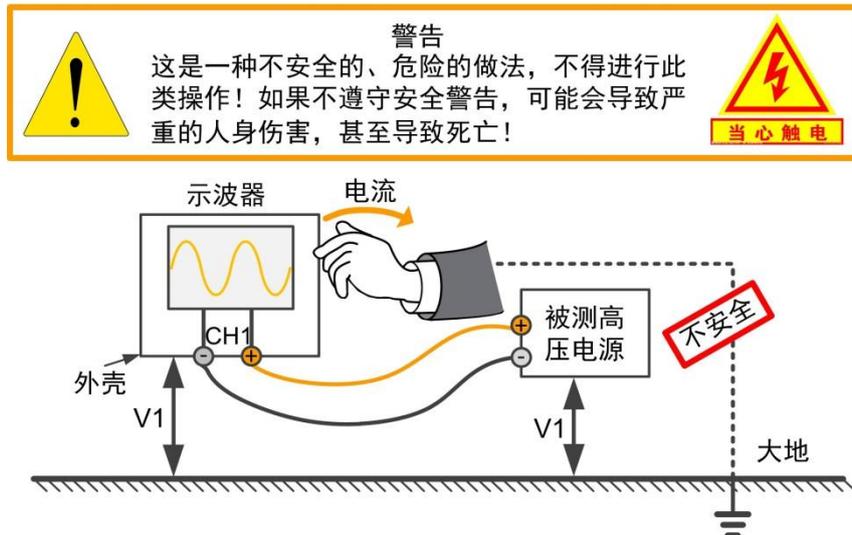


图 1.10 浮地测量安全隐患

### 1.5.6 推荐的测量方法

基于安全角度考虑，测量市电（或其它高压）一般推荐以下几种方式。

- (1) 使用专用的隔离示波器；
- (2) 使用高压差分探头（图 1.11 右）；
- (3) 使用伪差分测量，即“A-B”测量（图 1.11 左）。

下面针对高压差分探头测量法和“A-B”伪差分测量法做简单介绍。

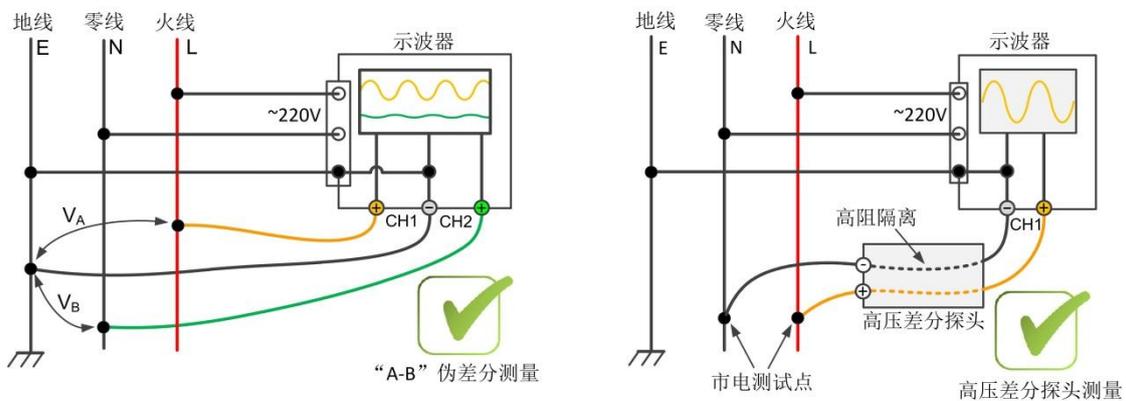


图 1.11 推荐的测量方法

#### 1. “A-B”伪差分测量

事实上，市电是可以使用普通的无源探头进行安全可靠地测量的，不过此方法必须使用两个通道，将两通道探头的负端（地）均接至电源地线，一个通道的探头探针（正端）接零线，另一个通道的探头探针（正端）接火线（如图 1.11 左所示），则两通道的测量差值即为市电波形，打开 Math 数学运算对 CH1 ( $V_A$ ) 和 CH2 ( $V_B$ ) 做减法运算即可。测量时需要注意以下事项：

- (1) 确保探头和示波器量程足够大；
- (2) 两通道的探头必须使用同种规格的，使共模抑制比达到最大，减少测量误差；
- (3) 确保示波器和被测电源地线良好接大地，否则即为浮地测试（表现为两通道的

电压相同相位相反), 具有一定的危险性。

根据测量结果可知, 电压高的通道为火线, 电压低的通道为零线, 若零线的电压很低几乎为零, 则可以单独使用火线测量通道 ( $V_A$ ) 的结果进行分析。

“A-B”伪差分测量法的优点是成本低, 缺点是测量过程复杂。

## 2. 高压差分探头测量

高压差分探头, 是专门用来测量高压信号的, 探头测量端是差分的, 火线和零线测试点正反接都没关系, 探头内部通过高阻的方式将测量端的地和示波器的地隔离开来, 可等效为浮地测量, 测量方式如图 1.11 右所示。

高压差分探头是最佳的推荐方式, 其优点是安全方便, 缺点是价格昂贵。

## 2. 触发

### 2.1 什么是自动触发？

在自动模式下，对于不同时基档位，若信号频率很低，凑巧预触发完成后碰不到触发条件，那么第一次至少需要等待如表 2.1 中对应档位下的时间后才会强制触发，第二次之后的采样若还没有触发就会直接强制触发。

自动触发时间的选择特别重要。ZDS2022 示波器采用稳定波形显示的优先原则，保证在测试小频率信号时，自动触发可以准确在同一触发位置触发，稳定显示波形。如测试 0.2Hz 的信号时，即周期为 5s，若自动触发等待时间小于 5s，则无法在同一位置触发，导致波形显示不稳定。

表 2.1 自动触发时间

| 档位     | 屏幕时间  | 自动触发时间(ms) | 信号触发最小频率 | 计数值 (8ns) |
|--------|-------|------------|----------|-----------|
| ≤2ms   | ≤28ms | 50         | 20Hz     | 6249999   |
| 5ms    | 70ms  | 100        | 10Hz     | 12499999  |
| 10ms   | 140ms | 200        | 5Hz      | 24999999  |
| 20ms   | 280ms | 500        | 2Hz      | 62499999  |
| 50ms   | 700ms | 1000       | 1Hz      | 124999999 |
| 100ms  | 1.4s  | 2000       | 0.5Hz    | 249999999 |
| 200ms  | 2.8s  | 4000       | 0.25Hz   | 499999999 |
| ≥500ms | ≥7s   | 5000       | 0.20Hz   | 624999999 |

### 2.2 SPI 协议触发不稳定，是怎么回事？

使用 SPI 协议触发时，若波形无法稳定显示，可能是由于触发模式设置不对、SPI 信号时钟速率过高、SPI 信号时钟连续不断造成的。

#### 2.2.1 触发模式

ZDS2022 示波器的触发方式包括普通触发与自动触发。测试 SPI 信号时若使用自动触发，波形则可能无法稳定显示。

##### 1. 普通 (Normal) 触发

在普通触发模式下，只有在满足触发条件时显示波形，不满足触发条件时保持原有波形显示，并等待下一次触发。也就是说，这种模式下必须有满足条件的触发事件才会采样波形。

##### 2. 自动 (Auto) 触发

在自动触发模式下，不论是否满足触发条件都会显示波形。即在此模式下，等待一段时间后，若没有符合条件的触发事件出现，则会强制触发并采样波形。由于触发位置是随机的，往往会导致波形显示不稳定。

#### 2.2.2 SPI 信号时钟

在 SPI 协议触发模式下，SPI 信号时钟的速率与连续性都会影响触发，导致波形显示不稳定。

##### 1. SPI 信号时钟速率

若 SPI 信号时钟速率比较高（达到几十 MHz），则 ZDS2022 示波器的协议触发器可能

无法正常触发，从而导致波形显示不稳定，但不会影响 SPI 信号的正常解码。

## 2. SPI 信号时钟连续性

因为 ZDS2022 示波器只有两通道，只测量 CLK 信号和 MISO 信号，没有 CS 信号，所以 SPI 信号的协议触发必须靠时钟信号的空闲时间来识别起始位，若时钟信号是连续不断的，则会影响触发和触码。

## 2.3 触发波形为何显示不稳定？

当遇到复杂波形时，波形常常会出现闪动，显示不稳定。如图 2.1 所示的波形中，一个波形周期中存在三个上升沿，此时若将触发条件设置为上升沿或自动触发，那么触发后的波形就会出现重叠，显示不稳定，因为在一个波形周期内发生了三次触发，每次触发捕获的波形都不同。这种情况下，可以通过设置【触发释抑】的释抑时间来解决问题。



图 2.1 电机驱动信号

### 2.3.1 触发

触发是指按照需求设置一定的电压幅值、时间、波形变化率等方面的条件，当波形流中的某一个波形满足这一条件时，示波器立即触发开始捕获该波形，并显示在屏幕上。触发条件的唯一性是波形稳定显示必要条件。只有保证每次时基在屏幕上扫描的时候，都从输入信号上与定义的触发点相同的点开始，才能显示稳定的波形。

### 2.3.2 触发释抑

释抑时间是指示波器重新启用触发电路所等待的时间，在触发释抑期间，触发电路封闭，触发功能暂停，即使有满足触发条件的信号波形示波器也不会触发。

当被测信号是大周期重复而在大周期内有很多满足触发条件的不重复的波形点的信号时，如果不采用触发释抑功能，触发点将不固定，造成显示不稳定，使用触发释抑后，每次都在同一个点触发，因此可以稳定显示。

例如，在重复波形上触发，重复波形之间具有多个边沿（或其他事件），如图 2.2 中橙色的点处都可以满足触发条件，要在图 2.2 所示的重复脉冲触发上获得稳定触发，可将释抑时间设置为  $>200\text{ ns}$  但  $<600\text{ ns}$  的值。注意：其中设置的  $600\text{ ns}$  时间必须大于采样周期，否则无法稳定触发。

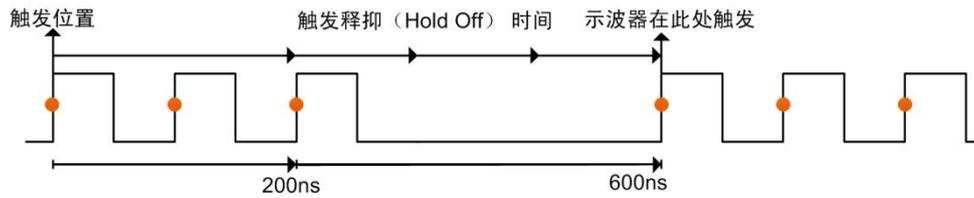


图 2.2 触发释抑时间

了解触发与触发释抑之后，就可以解决图 2.1 中波形显示不稳定的问题了。从图中可以知道，波形的整个周期不到 5div，200us/div，即这段波形的时间长度小于 1ms（ $1\text{ms}=5\text{div}\times 200\text{us}/\text{div}$ ）。这时只要把 ZDS2022 示波器的触发释抑时间调到 1ms 到 1.1ms（不能大于整个周期），就可以稳定触发了。

注：触发释抑时间并非指死区时间，设置触发释抑时间是为了增大死区时间来稳定的捕获和显示一些特殊的信号。

## 2.4 CAN 协议触发为什么无法实现 ID 帧过滤？

使用 CAN 协议触发进行 ID 帧过滤的触发，需要确认以下设置正确：

(1) 触发方式设置为【普通】。若触发方式为【自动】，即使没有符合条件的触发事件出现也会采集显示波形。

(2) 将 DLC 设置为 0。DLC 不为 0 时，需要指定具体的数据值，此时只有同时满足帧 ID 和所有数据均匹配的情况下才能触发。若只筛选帧 ID，不需要筛选数据，应设置 DLC=0。

下面是一个设置错误导致的 CAN 协议触发无法进行 ID 帧过滤的例子。

进行 CAN 协议信号测试，发送多个不同 ID 的帧，500K 波特率，标准帧，8 个数据位。图 2.3 显示总线上多个不同 ID 帧，如 0x280,0x320,0x288,0x588。图 2.4 显示帧 ID 筛选设置，希望只显示 0x280 帧的数据；图 2.5 是显示结果，可以发现实际显示了 0x288 和 0x588 帧的数据。



图 2.3 总线上多个不同 ID 帧

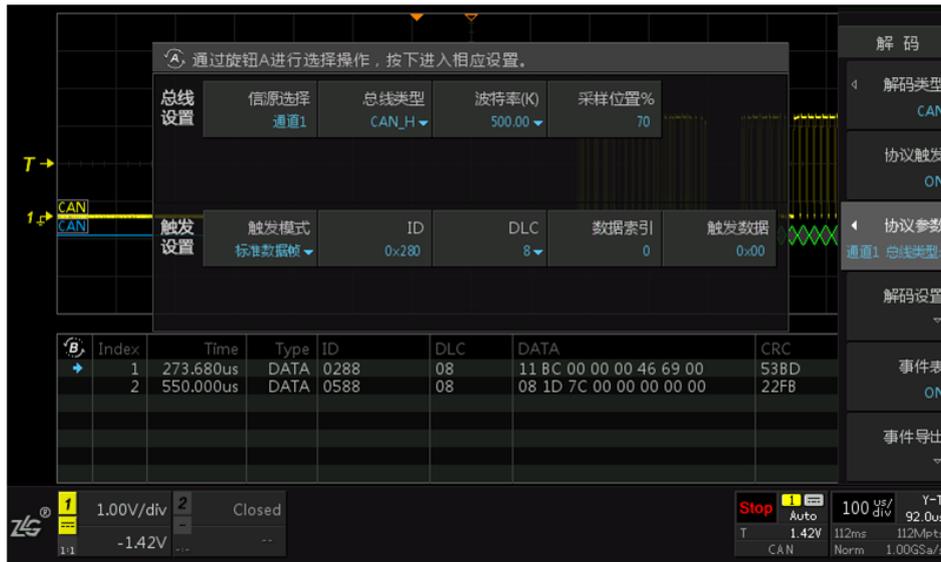


图 2.4 帧 ID 筛选设置

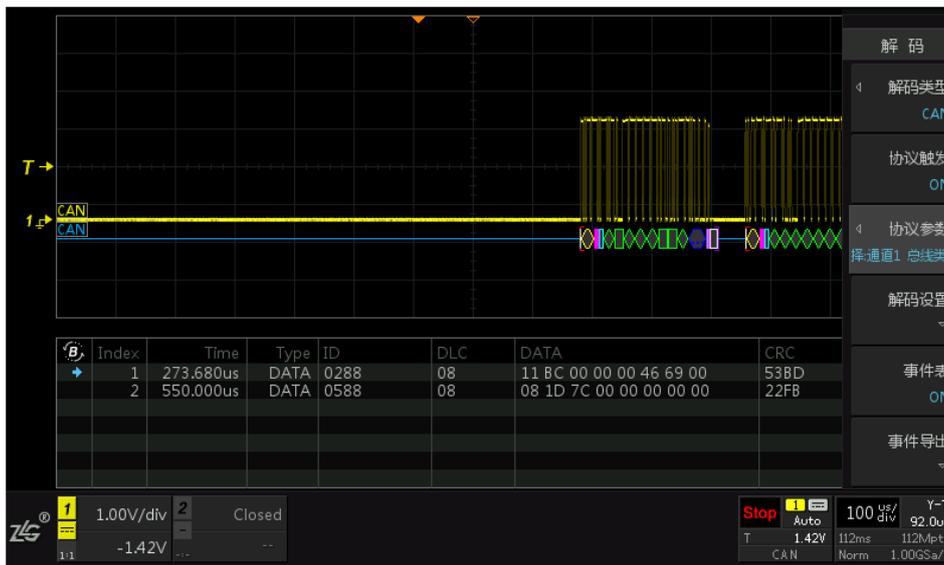


图 2.5 帧 ID 筛选显示结果

从图 2.5 右下角可以看出，触发方式为【Auto】，即自动触发，而且 DLC 设置为 8。事实上，图 2.5 中是【Auto】模式下超时后显示的波形及其解码数据，而非真正触发出来的波形，把触发模式改为【Normal】模式后就看不到任何波形了。另外，当 DLC 不为 0 时，需要指定具体的数据值，只有同时满足帧 ID 和所有数据均匹配的情况下才能触发。图 2.4 中设置 DLC=8，而数据设置却又是默认的 0，这样即使设置为【Normal】模式也触发不了。

## 2.5 IIC 协议触发相关

### 2.5.1 IIC 特定数据位如何触发？

ZDS2022 示波器支持的 IIC 协议触发，包括起始位、结束位、地址值三种模式触发方式。若想将 IIC 协议信号的某一数据位作为触发条件，可配合【模板触碰】功能来实现。首先，使用 IIC 协议信号的起始位触发捕获波形，然后找到感兴趣的数据位，在该数据位的高电平或低电平处设置模板区域，即可实现特定数据位触发效果。

### 2.5.2 IIC 特定地址为何无法触发？

使用 ZDS2022 示波器测试 IIC 数据（被测 IIC 信号中包含 0x33 地址位，如图 2.6 所示）时，设置触发为 IIC 模式触发，设置地址位触发，地址位为 0x33，写模式，ACK 响应。但设置之后却无法对数据进行触发，如图 2.7 所示。

从图中来看，应该是触发设置不正确导致不触发。图中有四个地方设置错误：

(1) 时钟信源和数据信源设置反了。图 2.6 的波形数据信源为通道 1，时钟信源为通道 2，而图 2.7 的设置却相反了。

(2) 触发电平设置错误。通道 1 的触发电平（左边黄色 T）处于波形的上方。应该使触发电平介于高电平和低电平之间。

(3) 被测信号存在欠幅波形。从图 2.4 中箭头所指的地方可以看到，被测 IIC 信号的 SDA 波形有明显的欠幅问题，正常的电平为 3V 左右，而欠幅的 ACK 电平为 2V 左右。图 2.5 中的触发电平设置为 2.5V 左右，这样就无法触发到欠幅的 ACK 电平而导致无法特定地址触发。

(4) 触发方式设置错误，图中显示的触发方式为 Auto 模式。使用 IIC 协议触发时需要将触发方式设置为 Normal 模式。

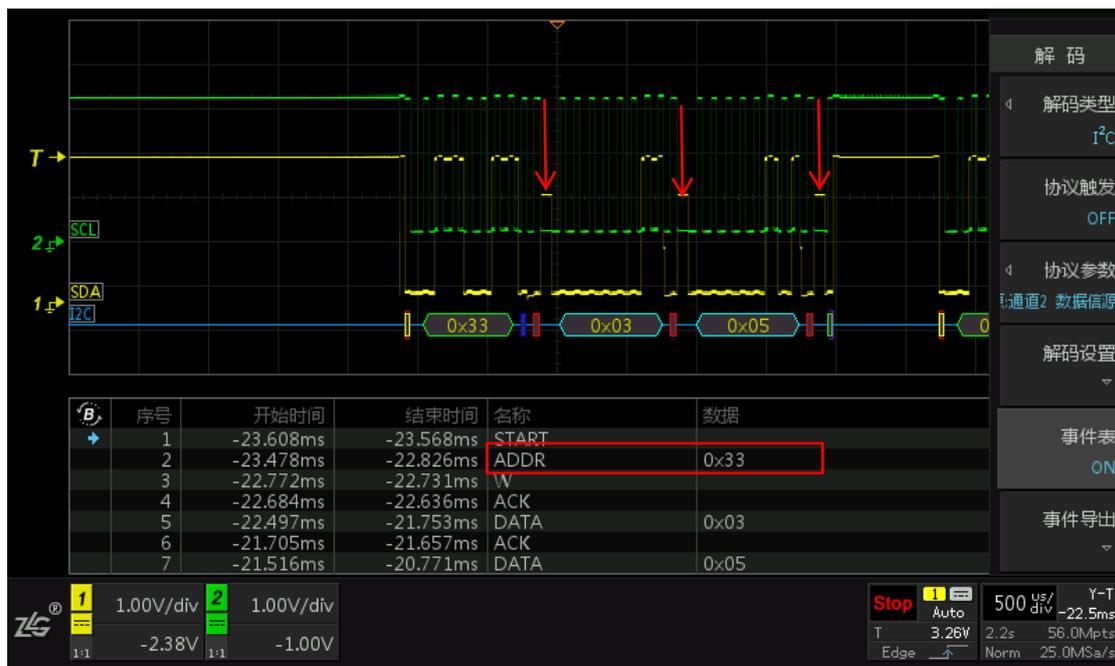


图 2.6 IIC 信号

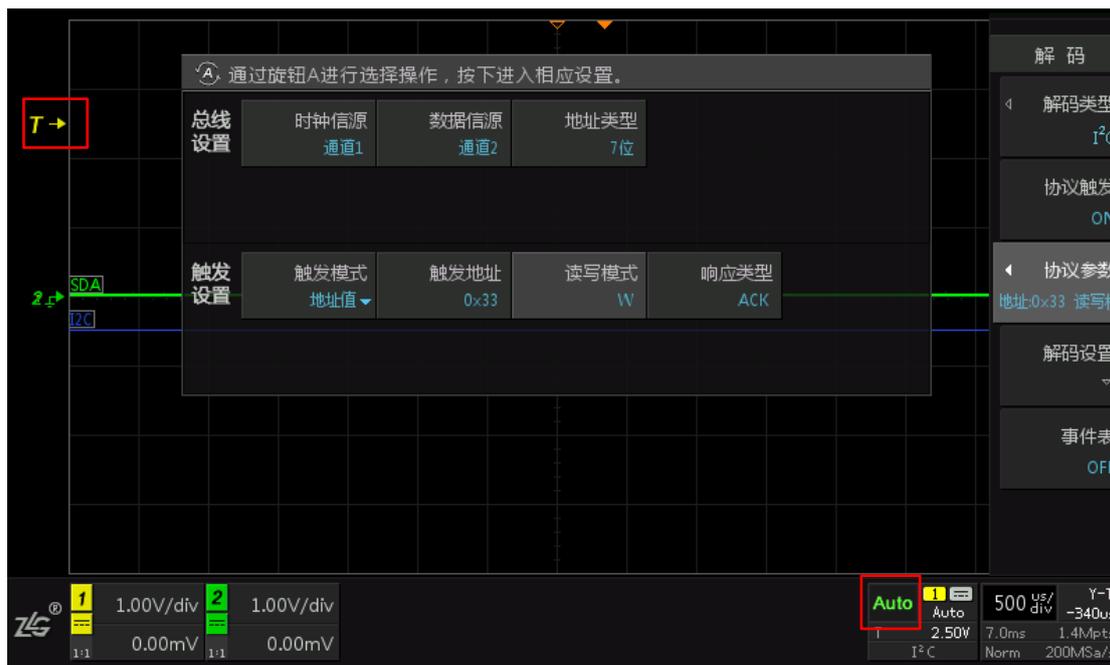


图 2.7 IIC 特定地址触发

## 2.6 ZDS2022 示波器的模板触发是什么原理？

当模板触发打开之后，模板其实是作为一个图层来的，它会不断地检测是否有波形会碰到模板的区域，当有波形触碰到模板时，就会检测到一个信号，进而就会把它过滤，显示出来。

### 3. 显示问题

#### 3.1 波形轨迹为何有时显示较粗？

有时候，使用 ZDS2022 示波器与泰克或者安捷伦的示波器同时观测波形，ZDS2022 示波器捕捉到的波形水平轨迹看起来相对较粗，如图 3.1 所示，这是否是 ZDS2022 示波器本身的噪声引起的呢？



图 3.1 波形轨迹较粗

答案是否定的。这个波形的水平轨迹看起来比较粗，外部包络着淡淡的一层波形轨迹，是因为信号本身噪声较大，在 ZDS2022 示波器高达 33 万次/秒的波形刷新率下，多帧叠加显示的结果。如果波形刷新率低的话，由于叠加的样本不多，看到的波形轨迹相对就会平滑细腻一些，但那并不是波形的真实本质。

通过调大触发释抑，可降低波形刷新率，波形刷新率可以通过自动测量功能中的【触发计数器】测量查看。如图 3.2、图 3.3 所示是调节触发释抑降低波形刷新率测量同一信号的测量效果。可以看到，如图 3.2 所示，在 700 帧/秒的波形刷新率下，波形轨迹细腻平滑；而图 3.3 中，在 117,000 帧/秒的波形刷新率下，波形轨迹相对来说就比较粗。也就是说，低波形刷新率会丢失波形细节，造成测量错误。

波形刷新率是示波器的重要技术指标，直接体现示波器捕获波形细节的能力。ZDS2022 示波器标配高于 33 万次/秒的波形刷新率，如图 3.4 所示是显示原理，图中的数字仅为参考。高波形刷新率可以减少死区时间，提高异常信号的捕捉概率。如图 3.1 中红色圈标示的亮度较暗的波形，就是 ZDS2022 示波器捕捉到的概率很低的异常信号，而低波形刷新率的示波器难以捕捉到此类信号。

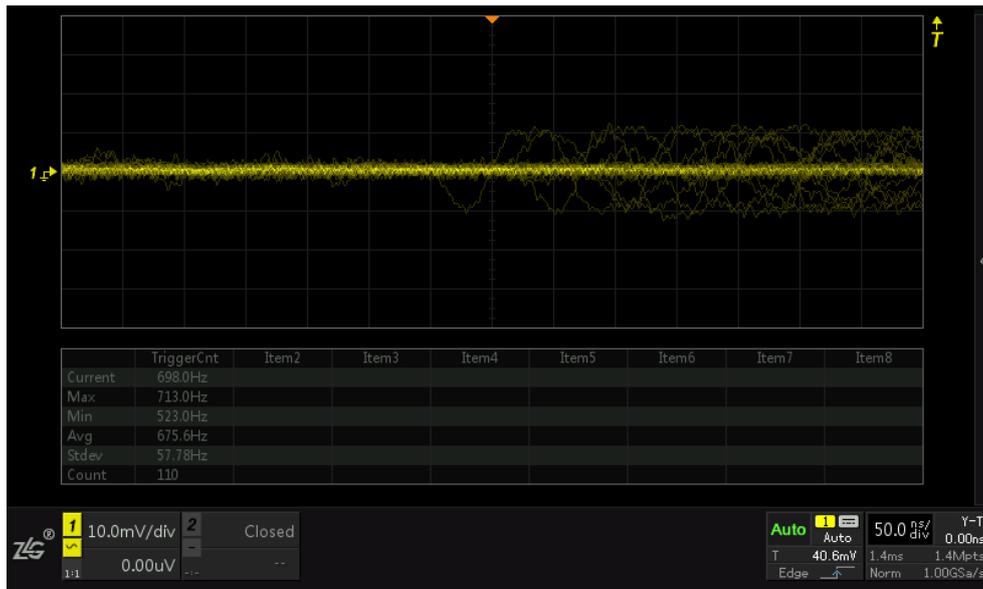


图 3.2 低波形刷新率（700 帧/秒）

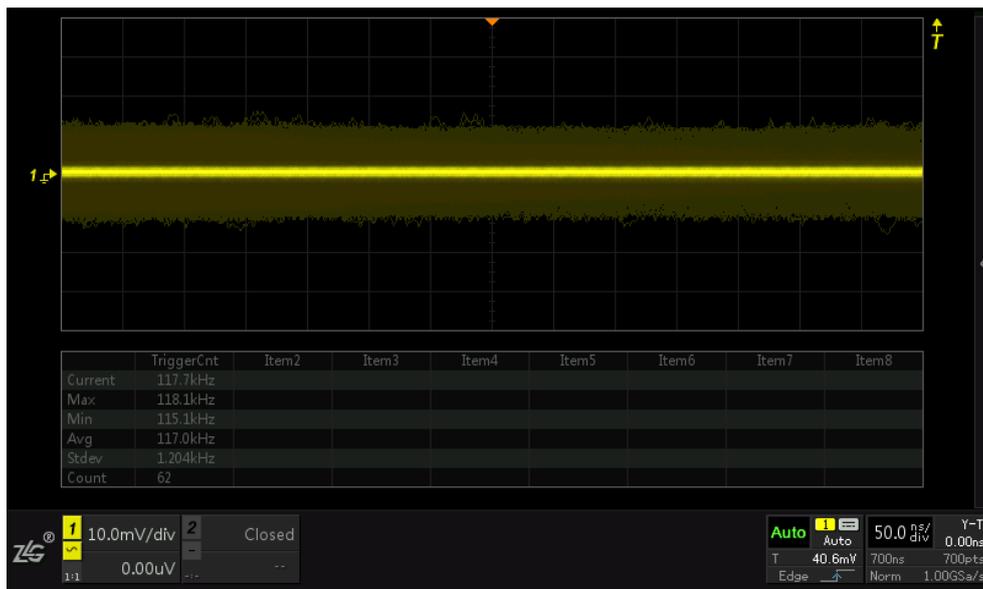


图 3.3 高刷新率（117,000 帧/秒）

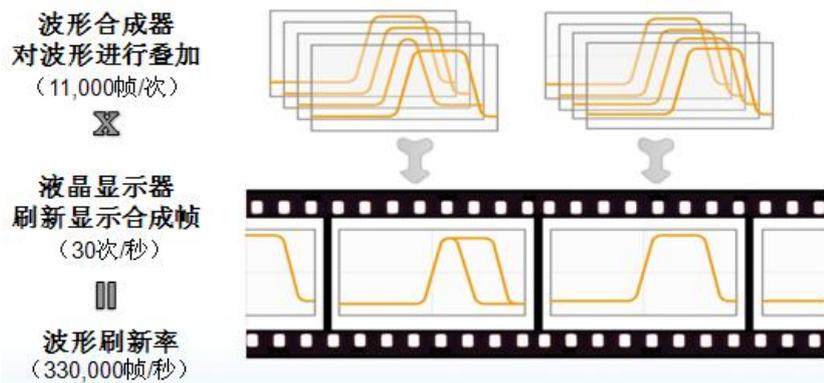


图 3.4 高波形刷新率的显示原理

### 3.2 ZDS2022 示波器显示机制是怎样的？

ZDS2022 示波器在不同触发模式下，其显示机制是不同的。在自动模式下，当时基小于 100ms/div 时，ZDS2022 示波器需要采满一屏数据才显示；当大于 100ms/div 时，ZDS2022 示波器是采满预触发存储深度就立即显示。而在普通触发模式下，ZDS2022 示波器是采满预触发存储深度就显示。

### 3.3 用 ZDS2022 示波器测量波形，为何有时比安捷伦显示得慢？

波形显示速度除了示波器本身波形刷新率有关，还与采集时间、触发设置有关。比如，安捷伦的示波器满屏占 10 格，ZDS2022 示波器满屏是 14 格。当预触发位置都处于于中间位置，ZDS2022 示波器要比安捷伦的示波器多采集 2 格的数据才显示，比如为 2s/div，那么就需要多采集 4s 数据才显示波形，这样就会导致波形显示慢的感觉。

### 3.4 示波器显示的方波，两个高电平中间为何有虚直线显示？

ZDS2022 示波器测量方波时，在自动触发模式下，若触发电平设置偏离波形，就会导致波形显示杂乱，看起来就像方波的两个高电平之间有虚直线连在一起，整个屏幕就好像两条直线，如图 3.5 所示。此时，只要通过【触发偏移】旋钮使触发电平处于波形之中即可。

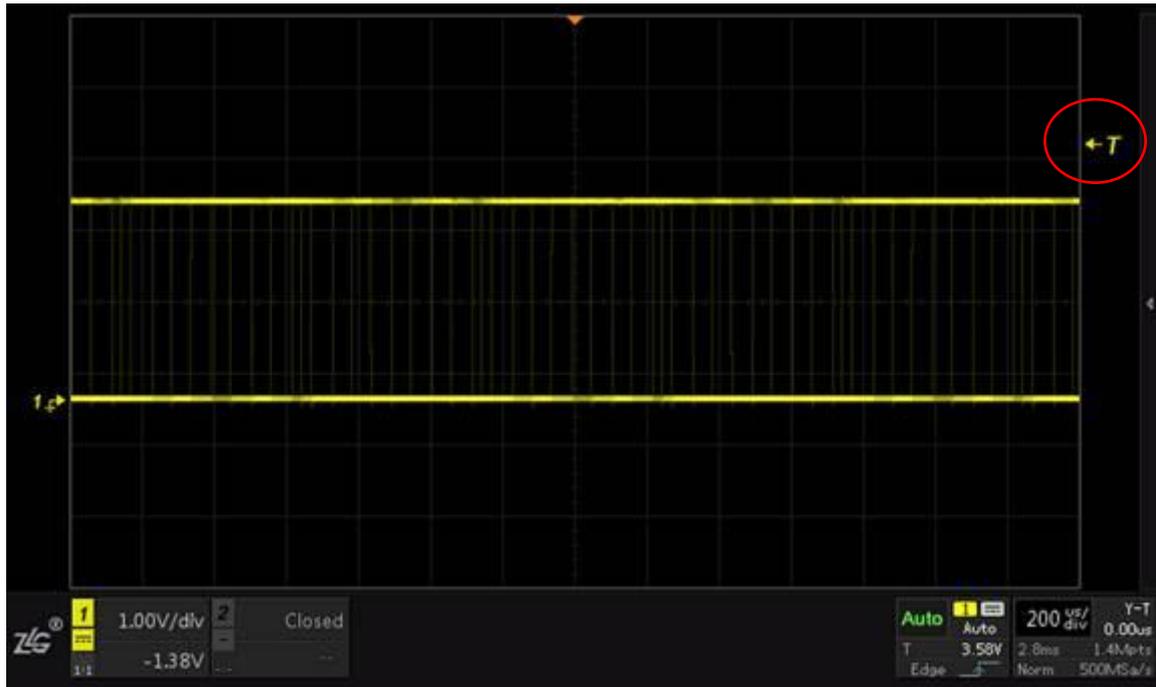


图 3.5 触发电平偏离波形

### 3.5 波形除了中间较亮的曲线外，周围还有阴影的区域，这是否正常呢？

这是由于信号中存在很多寄生杂波造成的。ZDS2022 示波器高达 33 万帧/秒的波形刷新率，能够捕获信号本身存在的各种抖动和杂波，并叠加在一起，其直观效果就是曲线周围有很多“阴影区域”。像一些刷新率较低的示波器，看到的波形只有中间那条亮线，但这并不是真实的信号。



图 3.6 波形显示有阴影区域

### 3.6 112Mpts 与 10s/div 模式下，波形响应为何较慢？

测试 40KHz 超声波雷达探头时，当 ZDS2022 存储深度调到 112Mpts，时基档位设为 10s/div 时，采样率 500Ksa/s，当预触发处于中间时，需要等待 1.5min 才能看到波形，即使把水平箭头调到最左端，也需要等待 40s 才能看到波形。这是为什么呢？

在存储深度为 112Mpts，时基为 10s/div 时，总采样时间是 224s，而此时屏幕内的波形时间只有  $10\text{s/div} \times 14\text{div} = 140\text{s}$ 。也就是说，还有 84s 的波形在屏幕外，左右各 42s。所以，当预触发处于中间时，需要等待 112s ( $70\text{s} + 42\text{s} = 112\text{s}$ ) 才能看到波形；当预触发调到最左端时，需要等待 42s。

### 3.7 为何在 112Mpts 存储深度下看不到之前能看到的毛刺？

使用 ZDS2022 示波器对 DEMO 板上的毛刺信号进行测试。在自动模式下，开启无限余晖，就能看到很多毛刺；但如果将存储深度设置为 112Mpts，同时也开启无限余晖模式，此时就很难看到毛刺现象。这是什么原因呢？

在自动捕获模式下，将存储深度手动设为 112Mpts 时，采样时间增长了，每次采样时间为 112ms。从理论上来说，此时的波形刷新率只有 8.9 帧/秒 ( $8.9 \text{ 帧} = 1\text{s} / 112\text{ms}$ )，再加上处理数据的死区时间，波形刷新率就更低了。因此，存储深度为 112Mpts 模式下无法和自动存储模式下的波形刷新率相比，也就自然找不到毛刺信号了。

### 3.8 为什么在自动模式下，改变垂直档位，信号地没有指向零？

比如，测试 DEMO 板上的 1MHz 方波，在自动捕获之后，将垂直档位调到 50mV/div 的时候，地并没有指向零（中心），而是具有一定的偏移量，这是什么原因呢？

自动捕获后，ZDS2022 示波器以最佳视觉角度的视图显示波形，所以地并不一定在中心，如图 3.7 所示，此时的垂直偏移量为 -188mV，若想偏移量指向零，只要短按【垂直移动旋钮】即可。此时调节垂直档位，波形是默认设置的相对地扩展，因为地本来并不是在中心，所以调节垂直档位为 50mV/div 后，地也不会指向中心的位置，如图 3.8 所示，此时的偏移量变为 -95mV，同时波形也超出了屏幕。

自动捕获波形后，可在【Utility】-【系统】-【波形扩展】中选择【相对中心】的波形扩展方式，这样波形扩展是相对中心扩展的。如图 3.9 所示，50mV/div 时的偏移量仍为 -188mV，波形并不会超出屏幕，这样就比较方便观察。

另外请注意，DEMO 板上的方波信号本身低电平并不是零，而是具有一定的垂直偏移量。

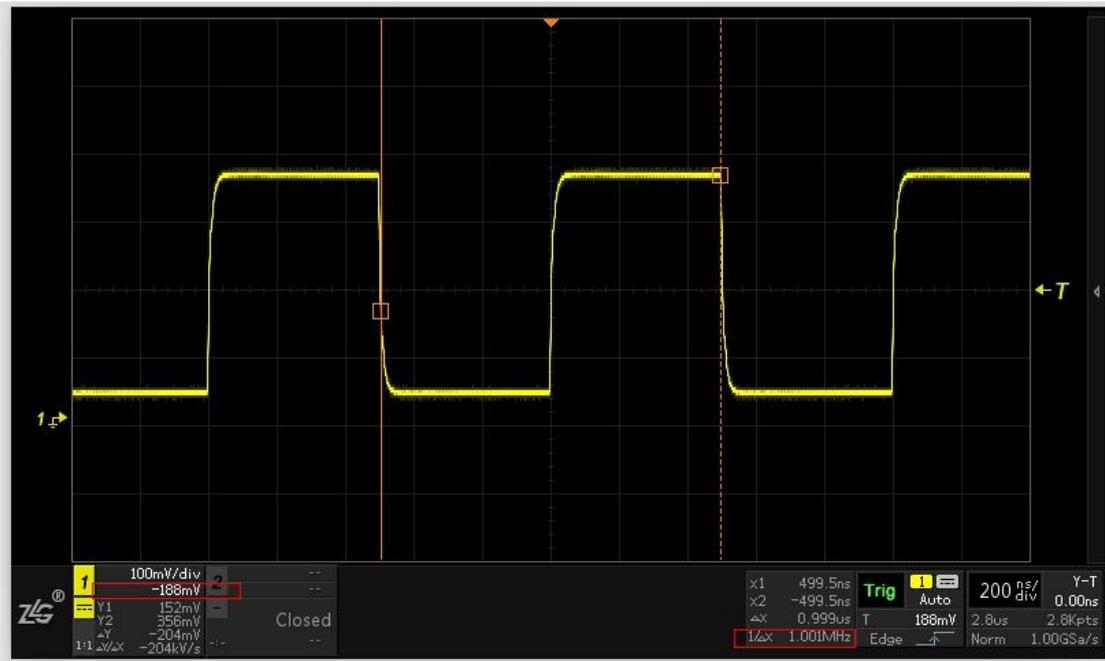


图 3.7 DEMO 板上的方波信号

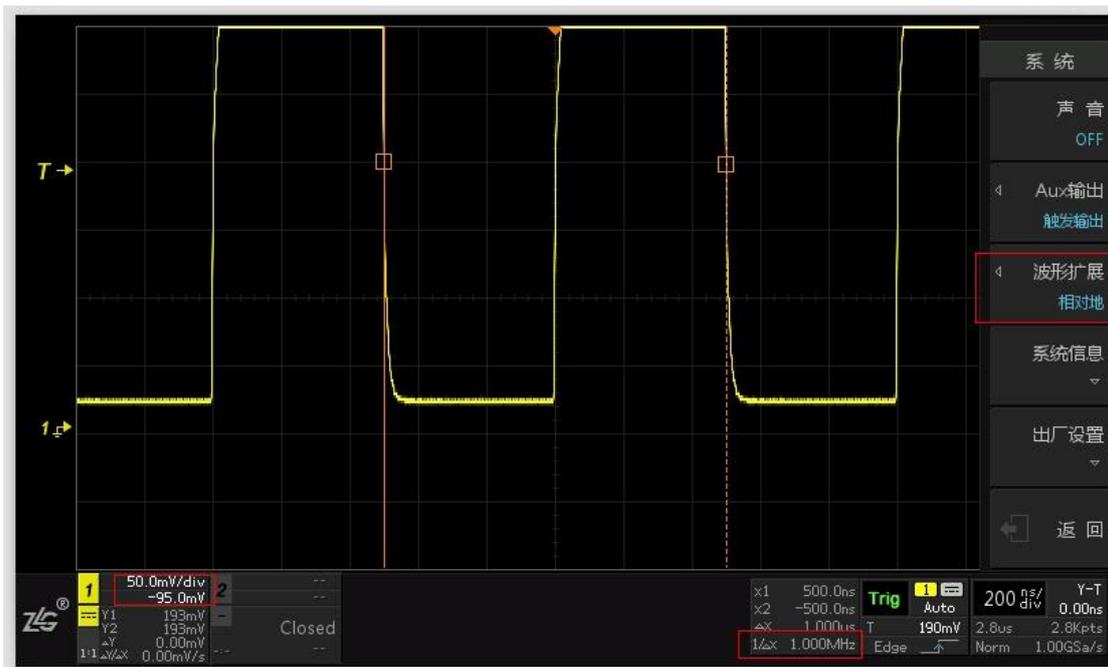


图 3.8 相对地扩展的 50mV/div 档位波形显示



图 3.9 相对中心扩展的 50mV/div 档位方波显示

## 4. 存储

### 4.1 如何使用 ZDS2022 实现自定义保存数据？

ZDS2022 示波器支持 BMP/JPG/PNG/灰度图像、设置文件、二进制数据及 CSV 数据等格式的数据存储。其中，二进制数据及 CSV 数据可选择存储内存数据或屏幕数据存储。当保存的数据包括较多无用数据时，可通过以下两种方法来实现自定义保存数据区域功能来过滤无用数据：

(1) 对于采样率要求不高的信号，可先调小存储深度，再选择适当时基定位到感兴趣的波形，然后再保存数据。

(2) 在大存储深度下，打开一键缩放 (ZOOM)，然后调整水平位移和时基，使下面的放大窗口显示感兴趣的波形，此时保存屏幕数据，即可将无用的数据过滤。

若使用二进制数据及 CSV 数据保存，请确认【存储设置】中的【数据长度】是选择【屏幕】设置。

### 4.2 为何导出数据时，等了很久才能完成？

这是由于在大存储深度（单通道可达 112Mpts）下，使用 CSV 数据导出的缘故。

ZDS2022 存储 CSV 数据时，需要将二进制数据转换成 ASCII 码，这需要较长的转换时间，且转换成 ASCII 码后，数据大小比原来的要大 4~5 倍，如二进数 100，只需要 1 个字节存储，而转换成 ASCII 码后，变成了字符“100，”，就需要 4 个字符了，也即 4 个字节，导出时自然就需要很长的时间。如果数据量大，建议使用二进制数据存储，二进制格式下存储文件大小与存储深度一致，且中间不需要二进制转 ASCII 码的过程，速度会快很多。

### 4.3 导入的数据能否进行测量

目前 ZDS2022 只支持设置文件波形文件可导入，对于导入波形无法再次进行测量，只能做对比参考之用。

## 5. 协议解码

### 5.1 协议解码信号是如何输入的？

被测信号首先通过 ZDS2022 示波器的 ADC 采样量化转换为数字信号，然后 ZDS2022 示波器内部的处理器通过设置逻辑门限电平将其转换为二值逻辑信号，最后再对这些逻辑信号进行协议分析并解码。

### 5.2 ZDS2022 示波器支持的协议解码时间长度为多久？

目前 ZDS2022 示波器在协议解码时，最多支持 3 个屏的时间长度的数据协议解码，且以当前屏幕中心为中间。

比如说，在 200us/div 时基下，一屏的时间长度为  $200\text{us}/\text{div} * 14\text{div} = 2.8\text{ms}$ ；3 屏的时间长度为  $2.8\text{ms} * 3 = 8.4\text{ms}$ ；由于协议解析的数据长度是以屏幕中心为中间，所以若数据帧头出现在屏幕中心时间前 4.2ms(8.4ms/2)，则程序无法找到帧头，造成解析失败。

因此为了有效地解析数据，一方面可以使用相关的协议触发捕捉协议信号的帧开头，一方面可以调节水平时基，确保一帧的数据完整地落在 3 屏时间长度内。

### 5.3 用 ZDS2022 示波器对协议解码，为何有时会出错？

ZDS2022 示波器在对捕获的协议信号解码时，是针对屏幕上的数据进行的。当屏幕上显示的数据不足一个协议帧包时，就会解码错误或无法解码。

建议进行解码时，选择较大的存储深度捕获足够的信号数据，然后停止采集，在 ZOOM 模式下，选择感兴趣的波形进行查看。

### 5.4 ZDS2022 示波器中 UART 协议解码可否适用于 RS485/422？

RS485/422 虽然是差分传输，但单条传输线的数据是符合 UART 协议的，可以当作 UART 协议进行解码。因此，测试时，只需测量 RS485/422 差分信号中的其中一路信号，并注意电平正反相的问题，就可以采用 UART 协议解码。

注：RS 485 上层的 modbus 协议不支持。

使用 UART 协议解析测试 DEMO 板上的 RS232 信号，解析数据正常。但是，测试从电脑发出来的 RS232 数据时，有时无法正常解析出数据。这又是为什么呢？

UART 协议解码时，识别模式是被测信号空闲时是高电平，起始位是一个低电平。而电脑上的 RS232 收发器发送的数据电平是反相的，也就是说在空闲状态时是保持低电平的，所以导致无法正常解码。此时，只要使能协议参数设置中的【电平反相】功能即可正确解析数据，如图 5.1 所示。



图 5.1 电平反相设置

## 5.5 CAN 协议解码相关

### 5.5.1 CAN 协议解码与 CAN 分析仪器有什么区别？

两种仪器的定位是不一样的，ZDS2022 示波器是为了让客户直观快速的看到流过屏幕的 CAN 信号，支持解析 CAN 信号的协议内容，包括帧起始、仲裁段、控制段、数据段、CRC 段、ACK 段及帧结束，并且支持观察错误的 CAN 信号和触发观察特定的 ID 数据包，但是它不具备 CAN 分析仪器的 CAN 报文的过滤，分析，处理等功能。

### 5.5.2 CAN\_DIFF 信号解析

ZDS2022 示波器标配的电压探头 ZP1025S 是单端探头，只能测量 CAN\_H 或者 CAN\_L，若需要同时测量，需要使用差分探头。

将差分探头的输入端子与 CAN\_H 和 CAN\_L 连接，这样捕获到的信号就是 CAN\_DIFF 信号，解码时在“CAN 总线解码”对话框中将总线类型设置为“CAN\_DIFF”，然后设置输入通道、波特率等参数即可完成解码。

### 5.5.3 CAN\_L 能否接地？

用普通探头测试 CAN 信号时，探头的地是不能直接接到 CAN-L 信号的，因为对普通无源探头而言，探头的地直接与示波器的地连一起，而示波器的地是与机壳、AC-DC 等是一起接到大地的，探头的地线接到 CAN-L 意味着把 CAN-L 直接短路到大地了，这可能会影响到被测系统原有的 CAN 通信。

但对示波器而言，有可能可以解码，也有可能不行。示波器能否正常解码取决于被测系统与示波器的地连接情况，以及被测系统的 CAN 总线通信能力。总之，只要被测系统能 CAN 通信，示波器就能正常解码。即示波器能否解码与 CAN-L 是否接大地无关，而与 CAN 总线上的波形是否正常有关，若 CAN-L 接大地后造成 CAN 无法通信，此时示波器当然也无法正常解码。

图 5.2 图 5.3 是探头地分别接 CAN-L 和板子 GND 的测试情况，在这两种情况下，

ZDS2022 示波器都能解码，但其中的波形幅值等信息是不一样的。

若要用 CAN 总线的差分信号来解码，请用差分探头，这样既能保证正确测量，又不影响原有系统的 CAN 通信。

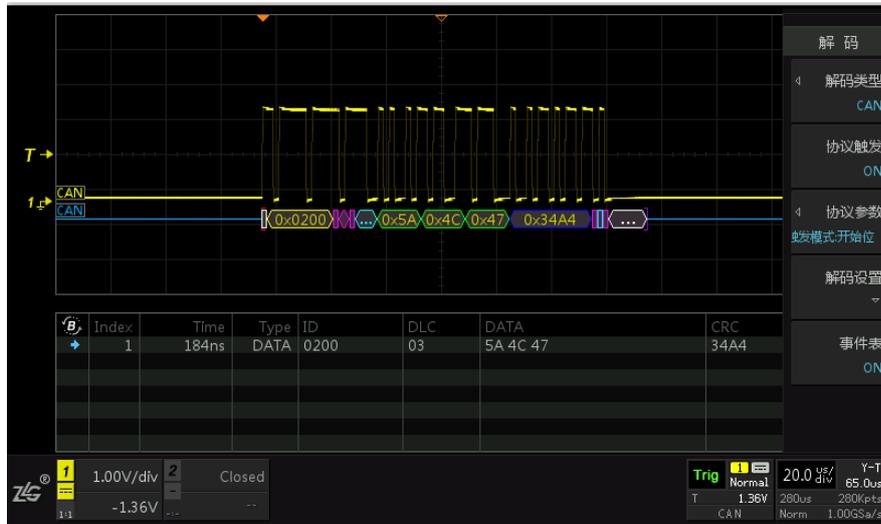


图 5.2 探头地接 CAN\_L，协议参数设为 CAN\_DIFF

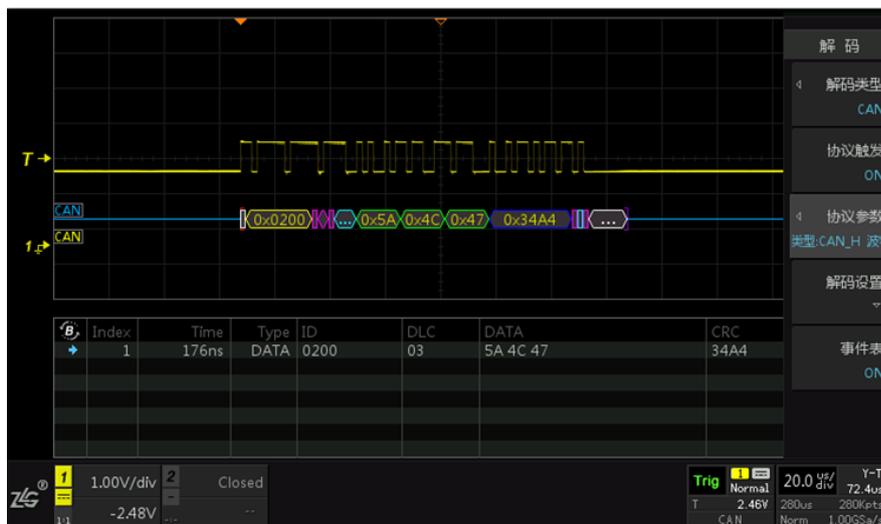


图 5.3 探头地接板子 GND，协议参数设为 CAN\_H

## 6. FFT 分析

### 6.1 在 FFT 分析结果中出现-dBm 正常吗？

正常。进行 FFT 分析，选择 dBm 显示模式时，测量结果若出现-dBm 甚至全部是-dBm，是因为被测信号幅值比较小。在 FFT 分析中，dBm 满足以下关系

$$\text{dBm} = 20 \log (V_{\text{rms}} / V_{\text{ref}})$$

其中， $V_{\text{rms}}$  表示电压有效值，参考电压  $V_{\text{ref}} = \sqrt{0.001\text{watt} \times 50 \Omega}$ 。由上式可知，当  $V_{\text{rms}} < V_{\text{ref}}$  时，测量结果就会是-dBm，如图 6.1 所橙色标示的-0.52-dBm。

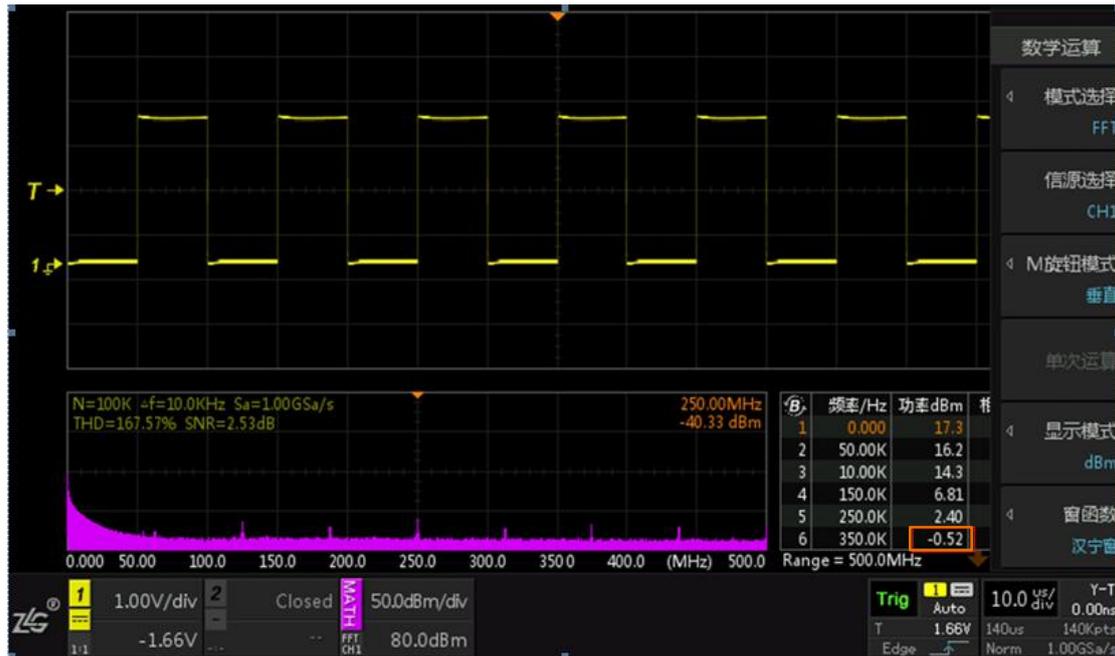


图 6.1 FFT 分析出现负数结果

### 6.2 如何查找感兴趣的 FFT 频率点？

查找感兴趣的频率点（要确保感兴趣的频率点在测量范围内），可通过下面两种方法：

- （1）通过在如图 6.2 所示的列表中进行查找，列表显示的是能量排前 20 大的频率点。若感兴趣的频率点能量在前 20 位，通过【旋钮 B】查看并定位即可。
- （2）若感兴趣的频率点不在列表中，可通过放大频谱图进行查找。通过【M1】旋钮进行缩放和【M2】旋钮的移动，将感兴趣的频率点定位在中心指标即可测出其能量值，如图 6.2 的频谱图右上角所示。

注意：FFT 分析时，其频谱图测量范围是 FFT 采样频率的 1/2（停止状态下）或 1/4（运行状态下）。

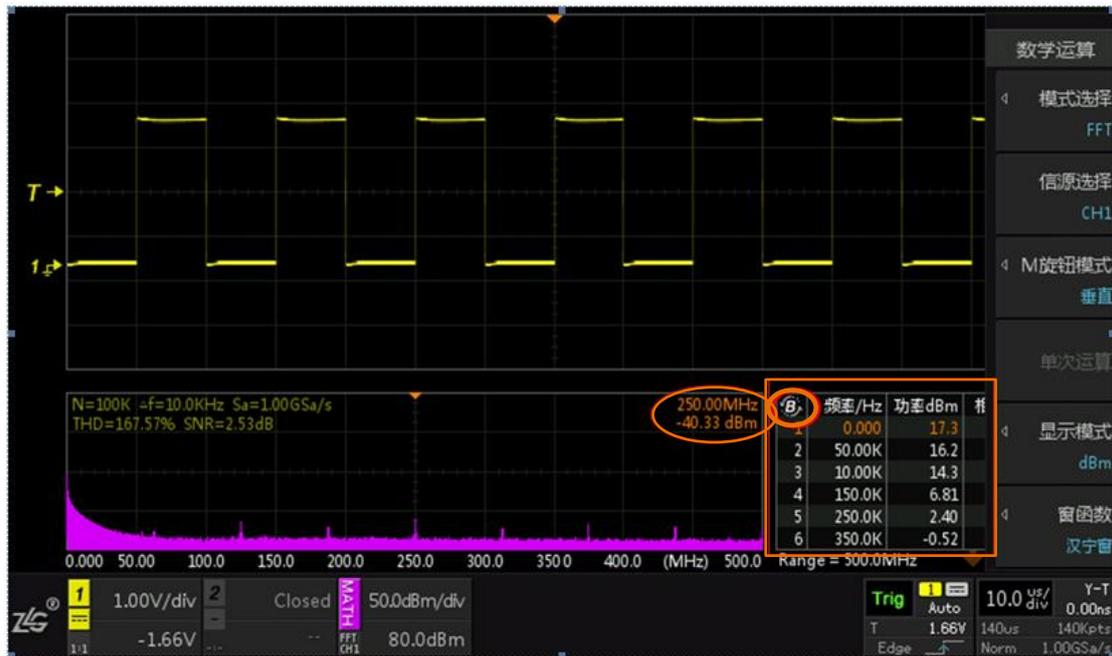


图 6.2 FFT 测量结果查找

### 6.3 可以自定义 FFT 分析的波形区域吗？

目前不支持自定义 FFT 分析的波形区域功能，但可通过以下操作来选择 FFT 分析的波形区域：

- (1) 选择较大的存储深度（如 56Mpts）采集足够的数据；
- (2) 按【Run/Stop】键暂停；
- (3) 通过时基缩放与水平移动旋钮，使感兴趣的波形段处于屏幕中。此时 FFT 分析的数据即是当前屏幕中的数据。

### 6.4 ZDS2022 示波器的频率分辨率 $\Delta f$ 是多少？

在 FFT 分析中，示波器的频率分辨率 $\Delta f$ 满足以下关系：

$$\Delta f = F_s / N = 1 / (N / F_s) = 1 / T$$

其中， $F_s$  表示示波器的采样频率， $N$  表示示波器用于 FFT 变换的样本数据个数， $T$  表示采样时间。注意，这个采样时间对应于 FFT 变换所用的  $N$  个点，而非整个示波器捕获时间。示波器捕获时间对应于整个存储深度，但做 FFT 变换时，并不一定用全部的存储深度，因此两者并不等价。

FFT 分析只能分析频率分辨率的整数倍频率成分。假设频率分辨率为 10Hz，则只可分辨出 10Hz、20Hz、30Hz……等 10Hz 整数倍的频率点，而不能分辨出 15Hz、25Hz、37Hz 等非整数倍的频率点。如果被测信号中存在 15Hz 这样的信号，这样的信号经过 FFT 变换后，频谱上不会出现 15Hz 这个频率点，但该频点的能量会泄露到旁边相近的 10Hz 和 20Hz 频点上。这样就会造成 15Hz 的信号分辨不出来，而且连 10Hz 和 20Hz 频点的测量也不准确。

其解决的方法是进一步提高频率分辨率。比如，提高到 5Hz 或 1Hz 或更高（或更高， $\Delta f$  越低越好）。从上式可以知道，当采样率一定时，只能通过增加 FFT 点数才能提高频率分辨率。另一种办法是降低采样率，但这会导致无法分析高频信号。

**ZDS2022 示波器最大可以支持 4M 点 FFT，在 1GS/S 采样率下，频率分辨率达到了 1GS/S / 4M 点**

= 250Hz。从上式知道，改变采样时间也可提高频率分辨率。因此，只要改变 ZDS2022 示波器的时基，改变采样时间，即可提高频率分辨率。时基越大，频率分辨率越高。

### 6.5 为什么在 5ms/div 时基档位时，市电的 THD 值测量结果不对？

其实，图 6.3 中的测试并没有问题，这是频率分辨率设置不对及频谱泄露导致的。从图 6.3 中可以看出，当前状态下的频率分辨率  $\Delta f = 20\text{Hz}$ ，也就是说当前只能分辨 20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz ..... 等  $\Delta f$  的整数倍周期，并不能分辨交流电的 50Hz，因此此时 50Hz 的能量存在频谱泄露，如列表中所显示的能量值可知，50Hz 的能量泄露到了 60Hz 上。这种情况下，需要提高频率分辨率，使  $\Delta f$  恰好能整数倍到 50Hz，尽可能降低频谱泄露。方法是提高存储深度，同时降低采样率。简单地来说，调大时基即能解决此问题（可以参考“ZDS2022 示波器的频率分辨率”章节的说明）。

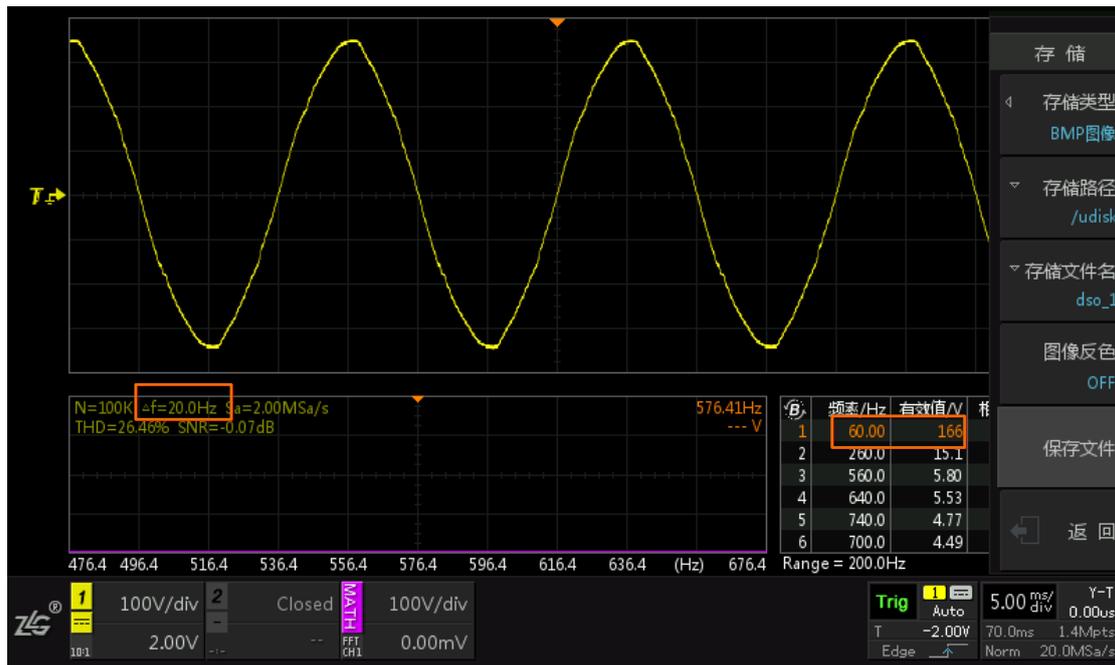


图 6.3 交流电 THD 值测试

## 7. 统计测量

### 7.1 两通道波形的测量参数能否同时显示？

两通道波形的测量参数可以同时显示。ZDS2022 示波器支持 51 种自动测量参数，可以同时测量显示 24 种参数，如图 7.1 所示。其中，测量项符号后的“(C1)”、“(C2)”指示通道编号，“C1”为通道 1，“C2”为通道 2。同时测量显示两通道的参数时，只需按下【Measure】打开设置菜单，切换通道选择对应的测量参数即可。



图 7.1 参数统计测量

### 7.2 为什么当前值与平均值相差很大？

测量统计开始时，倘若探头还没放在测试点上，或者接触不良，或者测试点的电压还不稳定，就会导致当前值跟平均值的测量结果有较大的差异。

ZDS2022 示波器进行参数自动测量时，带有统计功能，在打开参数测量功能时就开始统计，如图 7.1 所示，其测量结果统计了 40 次。

如果出现上述当前值与平均值差异较大的情况，读数时取平均值，就会引起很大的误差。这时应该按下【Clear】键，将统计数据清零，重新统计。这样，就可以避免上述情况引起的测量误差。

### 7.3 为何在测量表中有最小脉宽 150ns，却搜索不到？

测试 Demo 板偶发毛刺信号的正/负脉冲宽度，如图 7.2 所示，最小的正脉冲宽度为 150ns，使用搜索功能（设置【搜索模式】为脉宽，【搜索类型】为正脉宽，脉宽时间小于 180ns）进行搜索定位，却找不到 150ns 的毛刺波形，这是怎么回事？

其实，测量统计功能是基于从开始到结束的数据，其中最小值或最大值会一直被保持，只要被测信号中没出现更小或更大的测量数据，也就是说显示的测量结果可能是历史数据。而搜索功能是基于当前屏幕的波形数据。

这样，就可以解释上述的现象了：因为 Demo 板上最小的正脉冲宽度是属于偶发性的，

而且测量列表中的数据可能是历史数据，因此在搜索时若当前屏幕中没有 150ns 的毛刺波形，当然也就无法找到这个 150ns 的波形了。

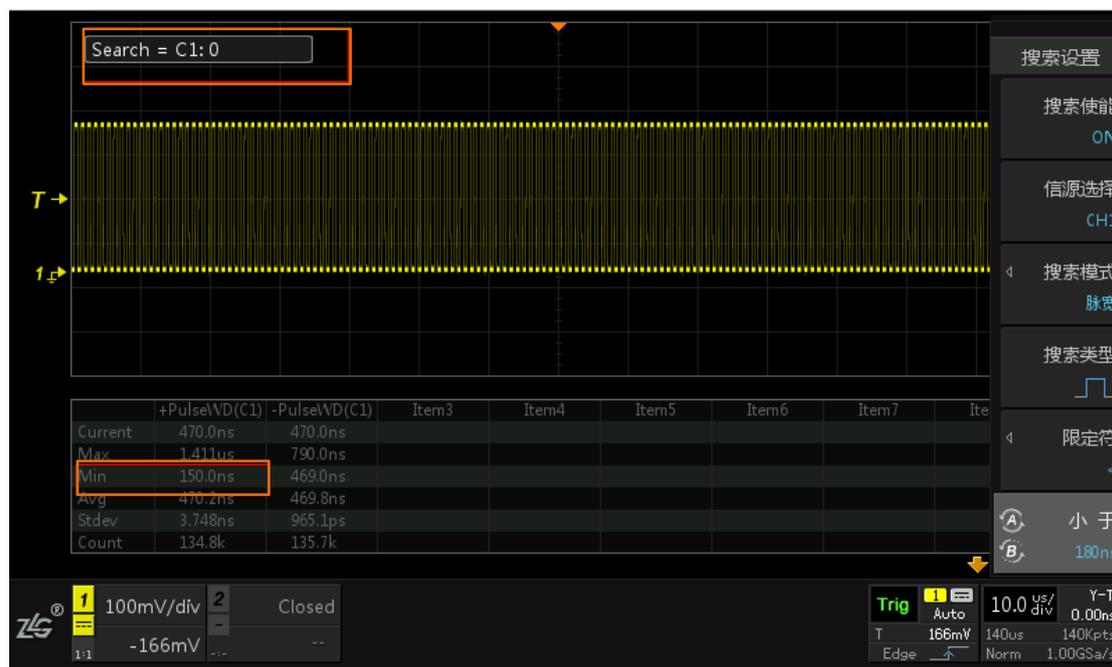


图 7.2 搜索不到相应的波形

## 7.4 ZDS2022 示波器标配的探头电容是不是较大？

利用 DEMO 板上的 1MHz 方波信号进行上升时间测试。使用安捷伦示波器 DSO6102A 及其探头，上升时间为 28ns。使用 ZDS2022 及配套探头，在 X1 衰减档位下，上升时间为 52ns 左右；在 X10 衰减档位下，上升时间为 21ns。这是 ZDS2022 示波器配置的探头电容较大的原因吗？

首先，这个说法是有问题的，因为电容越大，上升时间越长。ZDS2022 示波器在配套探头的 X10 衰减档位时，测量值 21ns 是比较小的（小于安捷伦测量的 28ns），也就是说探头的电容相对来说较小。

而在不同衰减档位下，出现 52ns 和 21ns 两个相差较大的测量值，是因为 ZDS2022 示波器标配的探头在不同档位下，带宽不同：X1 档位时，带宽只有 10MHz 左右；X10 档位时，带宽为 250MHz。带宽的限制会衰减高频成分导致上升时间变长。

实际上，测试信号的上升时间需要采用高带宽探头进行测试。因为上升时间与频率无关，哪怕是 1KHz 的方波，如果信号的上升时间非常短促，也要用高带宽探头才能正确测量上升时间。所以，不能使用 X1 衰减档位进行波形上升时间测量。

另外，测量前请使用示波器自带的 1KHz 方波对探头进行校准，否则也会影响测量结果的正确性。

## 7.5 如何提高相位差的测试精度？

测量相位差时，若要精确的测量，需要进行通道间的延迟校准和探头间的延迟校准。ZDS2022 示波器内部具有通道延迟自动校准功能，每次开机都会自动进行校准。而外部探头由于受一致性（不同厂商、不同档位或工艺等因素）的影响，可能会有一点误差。探头间的延迟校准，可以通过同时输入一个边沿比较陡的信号（在最小时基时仍能看到上升沿的信

号), 然后使用旋钮 A 和旋钮 B 调节对应通道的延迟时间 (旋钮 A 细调, 旋钮 B 粗调, 可调节范围为-100ns 至 100ns), 如图 7.3 所示, 使两通道的波形上升沿对齐。

另外, 提高采样率也有助于提高测量精度。在较大的时基档位下, 采样率可能会下降, 此时可将存储深度设置为 112Mpts, 提高采样率。



图 7.3 延迟校正

## 7.6 测量脉冲个数时, 为何测量结果跟波形中实际的个数不同?

如图 7.4 所示, 被测波形有 5 个正脉冲, 4 个负脉冲, 可是测量结果却显示 4 个正脉冲, 3 个负脉冲, 这是为什么?



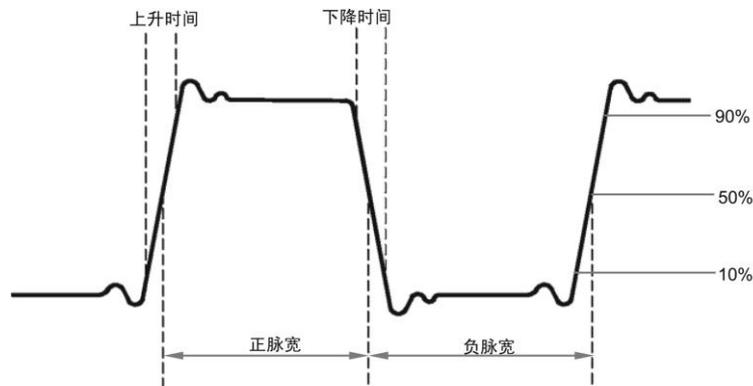
图 7.4 默认正负脉冲测量统计

### 7.6.1 原因分析

事实上, 当涉及到对上升/下降时间或是脉宽的参数进行测量统计时, 必须对阈值进行

相关设置。其中，中等阈值会影响脉冲个数、脉冲宽度和占空比等参数，而较低和较高阈值则共同决定了上升时间、下降时间和斜率等测量参数，如图 7.5 所示。阈值设置适用于所有信号通道，也适用于搜索功能。

在 ZDS2022 示波器里，较低阈值、中等阈值、较高阈值分别默认为 10%、50%、90%。



1. 上升时间：信号幅度从 10% 上升至 90% 所经历的时间。
2. 下降时间：信号幅度从 90% 下降至 10% 所经历的时间。
3. 正脉宽：从脉冲上升沿的 50% 阈值处到紧接着的一个下降沿的 50% 阈值处之间的时间差。
4. 负脉宽：从脉冲下降沿的 50% 阈值处到紧接着的一个上升沿的 50% 阈值处之间的时间差。

图 7.5 阈值说明



图 7.6 默认正负脉冲个数测量说明

由图 7.6 中可知，当直接选中正负脉冲个数统计时，此时默认设置中等阈值为 50%。电平显示与中等阈值（TH 与 TL 表示中等阈值的迟滞范围）的关系：

- 当波形高于 TH 时，统计脉冲电平显示为 1；
- 当波形低于 TL 时，统计脉冲电平显示为 0；

如图 7.6 中所示，左边的第一个正脉冲高于默认 TH，故可显示为电平 1；此时由于第二个正脉冲也高于 TH，故电平仍显示为电平 1（此时的统计已丢掉了第一个正脉冲），直到第一个负脉冲出现，波形低于 TL，电平 0 才显示，即此时只统计到了一个正脉冲；当检测到第三个正脉冲时，此时负脉冲个数统计为 1，以此类推，最终测量统计结果如图 7.6 中示意图所示，出现了 4 个正脉冲，3 个负脉冲的结果。

由该统计过程看来，测量方法是没有问题的，只是由于没有正确地对阈值进行设置，造成了不正确的测量结果。

## 7.6.2 正确的测量方法

### 1. 测量正脉冲个数

图 7.6 中个数统计结果显示不对的根本原因是因为在统计左边第二个正脉冲之前，并没有波形低于 TL，故第一个正脉冲与第二个正脉冲共同显示为一个电平 1，所以为了得到正确的测量结果，在第一个正脉冲与第二个正脉冲之间应该是有波形低于 TL 的，这样才能统计出两个正脉冲个数，故此将中等阈值向上调，如图 7.7 所示。

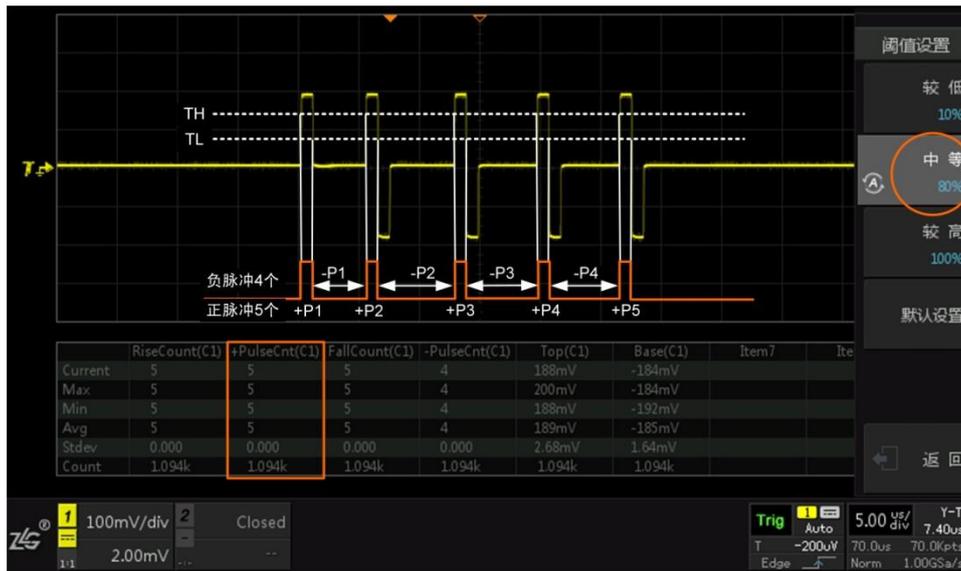


图 7.7 中等阈值适当上调

很明显，中等阈值适当上调后，对于每一个正脉冲，波形上升沿高于 TH，波形下降沿低于 TL，此时应该注意应适当调整中等阈值的位置。由于此时是针对正脉冲个数统计进行的阈值调整，故此时的负脉冲个数统计值无参考价值。

### 2. 测量负脉冲个数

将中等阈值适当下调，如图 7.8 所示，统计原理与正脉冲统计相同，负脉冲的下降沿波形低于 TL，上升沿波形高于 TH，以此类推，每一个负脉冲都能准确统计。当然，此时只针对负脉冲统计，正脉冲个数的统计无参考价值。

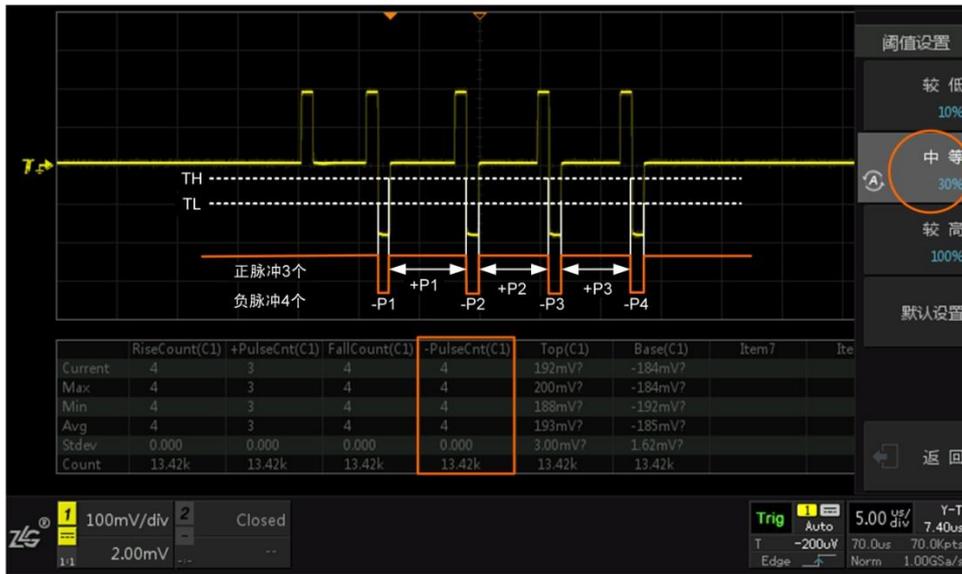


图 7.8 中等阈值适当下调

## 8. 探头

### 8.1 能否将 ZDS2022 示波器的输入阻抗转换为 50Ω?

目前, ZDS2022 示波器的输入阻抗是 1MΩ, 不支持 50Ω 的直接切换。但可通过外接阻抗转换器转变成 50Ω 的输入阻抗, 具体型号是 Texas, TX22, 50Ω 电阻, BNC 公头转母头, 如图 8.1 所示。



图 8.1 50Ω 电阻转换接头

### 8.2 ZDS2022 示波器标配探头的带宽是多少?

ZDS2022 示波器标配的探头是电压探头 ZP1025S, 分为 X1 和 X10 两个衰减档位。该探头在不同的衰减档位下, 带宽不一样: 使用 X1 档位时, 带宽只有 10MHz 左右; 使用 X10 档位时, 带宽为 250MHz。表 8.1 为 ZDS2022 示波器标配探头的参数表。

表 8.1 电压探头 ZP1025S 的性能参数表

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| 带宽(-3 dB)         | ×1: DC-10MHz、×10: DC-250MHz    |
| 上升时间(10% - 90%)   | ×1: 35ns、×10: 1.4 ns           |
| 衰减比               | 1:1/10:1 (可切换)                 |
| 输入阻抗 (端接到 1 MΩ 时) | ×1: 1MΩ、×10: 10MΩ              |
| 输入电容              | ×1: 55 pF±10 pF、×10: 13pF±5 pF |
| 最大输入电压            | ×1 : 150VRMS CAT II            |
|                   | ×10: 300VRMS CAT II            |
| 示波器补偿范围           | 10-35 pF                       |
| 安全性               | 符合 IEC-61010 CAT II            |
| 电缆长度              | 1.2m                           |
| 操作环境              | 0 至 50℃, 0 至 80% RH            |
| 存储环境              | 0 至 50℃, 0 至 80% RH            |

在测试时，需注意探头的负载效应。探头本身有一定的输入阻抗：X1 档位时，是 1MΩ 并联 55 pF±10 pF；X10 档位时，是 10MΩ 并联 13pF±5 pF。在一些高阻输出的网络，或一些对电容敏感的电路（如无源晶振的起振电路）中，探头的接入会对原有电路的工作造成影响。建议在测量高频、高阻电路时，使用 X10 衰减档位，这样可以减少探头对原有电路的影响。

### 8.3 ZDS2022 示波器能否自动识别探头的衰减档位？

ZDS2022 示波器能够自动识别 X1/X10/X100 的衰减档位。示波器自动识别探头的衰减档位，既要示波器支持，也要探头本身支持被识别（这种探头的 BNC 上有根专门的引脚）。

### 8.4 有什么办法可以区分不同通道上的探头？

目前，标配的示波器探头提供了 4 种颜色的色环，如图 8.2 所示，每一对有 2 个色环，将其分别套在探头的示波器 BNC 端和探针端，就能容易的辨别出不同通道上的探头。



图 8.2 探头色环

## 9. 操作

### 9.1 移动波形后，怎么快速返回初始位置？

改变波形的垂直位移或水平位移后，只要短按垂直位移旋钮或水平位移旋钮即可快速返回到改变前的最初位置。

### 9.2 AutoSetup 是如何检测通道开/关状态的？

目前，当 ZDS2022 示波器所有通道都关闭时，按下【AutoSetup】按键，就会扫描所有通道，并对有信号的通道进行自动测量；若已经有通道被打开，按下【AutoSetup】按键，则仅对打开的通道进行自动测量。

### 9.3 为什么调整时基时，波形响应很慢？

其实，并不是波形响应慢，而是调整时基时波形重新采集刷新了一次。在运行状态下，ZDS2022 示波器无论是改变时基、水平位移还是垂直档位都会重新采集刷新波形。

不同时基下，存储时间不同，因此采集时间也不同。比如从 500ms/div 切换到 1s/div 时，预触发从 3.5s 变为 7s，也就是需要等预触发存满 7s 的波形后才会触发开始采集显示。而在改变垂直档位与水平位移时，ZDS2022 示波器同样需要重新采集波形。

### 9.4 为什么按下【Run/Stop】键响应慢？

其实，这种情况下并不存在响应快慢的问题，这是 ZDS2022 示波器的一种处理机制。因为为了保证数据的完整性，ZDS2022 示波器在运行状态下，按下【Run/Stop】，并非立即停止，而是在一屏数据采集完毕之后才停止，也就是说停止的速度与一屏数据的采集时间有关。因此，在存储时间较长的情况下，按下【Run/Stop】可能需要等待一会儿才能停止。

### 9.5 能否恢复上次的设置？

ZDS2022 示波器具有类似 Microsoft office 软件的自动保存功能，会自动保存测试设置及测量参数的结果，但不保存测试波形。也就是说，关机并重新开机后，ZDS2022 示波器会显示上次测量参数，测量设置与关机前一样。

另外，在按下【Auto Setup】执行自动捕获功能后，也可以恢复到自动捕获前的设置。按下【Auto Setup】键后，再按下【Menu Back】按键打开撤销菜单选择“撤销”，即可撤销按下【Auto Setup】执行的自动设置，恢复到上一次的配置。注意，下面两种情况无法撤销恢复到上次测量设置：

- (1) 执行两次自动捕获功能后。
- (2) 按下【Auto Setup】键后，再按其他按键。

### 9.6 为什么【Run/Stop】按一下闪烁，再按一次才停止？

其实，这是一种处理机制设计的问题。使用这种设计的除了 ZDS2022 示波器外，其他一些品牌的示波器（如安捷伦的部分示波器）也是如此。“按一次就停止”功能实际上更容易实现，之所以要“按一下闪烁，再按一次停止”，是为了保证数据的完整性。当数据采集到快满屏时，如果按一次停止，很难让数据刚好采满屏，但是按一下闪烁，让它采满后自动停止就能保证数据的完整性；如果实在不想等采满一屏，再次按一下【Run/Stop】键即可强制停止。

## 9.7 怎么进行系统固件升级？

升级 ZDS2022 示波器的系统固件时，请按以下步骤进行：

- (1) 在 U 盘根目录下，建一个名为 ZDS2000 的文件夹，在该文件夹下再建一个名为 code 的文件夹，然后将“code.bin”文件放到这个 code 文件夹下；
- (2) 关闭示波器；
- (3) 插入 U 盘；
- (4) 启动示波器，之后系统自动进入升级状态；
- (5) 升级完成后，会有蜂鸣声，这时拔掉 U 盘并自动重启即可。

固件升级完成之后，可依次通过按【Utility】—【系统】—【系统信息】来查看当前机器的版本，如图 9.1 所示。



图 9.1 系统固件升级

## 10. 性能参数

### 10.1 ZDS2022 示波器的死区时间是多长？

#### 10.1.1 概念

如图 10.1 所示是数字示波器的工作流程，由触发开始，然后是波形采集，波形存储，波形处理，最后是波形显示，如此循环。其中触发和采集属于示波器有效采集时间。存储、处理及显示属于示波器盲区，即死区时间，在这个时间段示波器对采集到的数据不做任何处理，而直接丢掉，也就是说只有在采集阶段采集到的波形才会最终显示在示波器屏幕上。

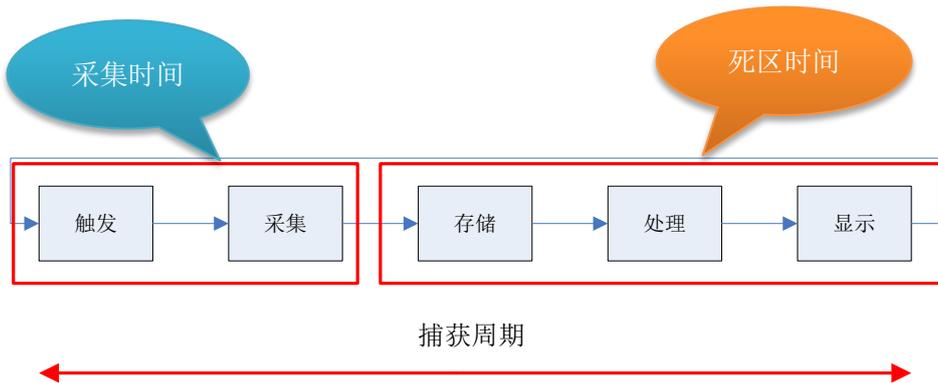


图 10.1 数字示波器工作流程

#### 10.1.2 与波形刷新率的关系

波形刷新率，也称为波形捕获率，指在 1 秒钟之内，示波器捕捉的波形次数。如下所示是死区时间与波形刷新率的关系。

$$\text{波形刷新率} = \frac{1}{\text{捕获周期}} = \frac{1}{\text{采集时间} + \text{死区时间}}$$

在整个采集捕获过程中，采集时间相对于死区时间几乎可以忽略不计，所以只有不断缩小死区时间来提高波形刷新率，这样才会捕获到更多信号。图 10.2 展示了高波形刷新率在捕获异常信号的重要性。

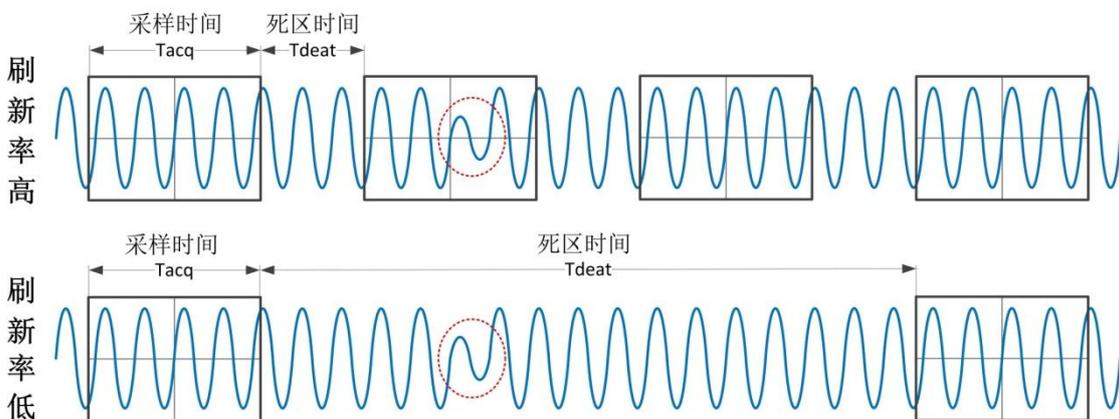


图 10.2 死区时间与波形刷新率的关系

### 10.1.3 ZDS2022 示波器的死区时间

数字示波器每个时基档位下的波形刷新率都不同，采样时间与死区时间的比例也都不同。下面以 ZDS2022 示波器与安捷伦的 MSO-X 2022A 在 50ns/div 档位下为例进行对比说明：

ZDS2022 示波器的最高刷新率为 330K 帧/秒，满屏水平方向有 14 格 (div) 在 50ns/div 档位下：

$$\text{捕获周期: } T = \frac{1s}{330KHz} = 3.03\mu s$$

$$\text{采集时间: } T_{acq} = 50ns/div \times 14 = 700ns$$

$$\text{死区时间: } T_{deat} \% = \frac{3030-700}{3030} = 76.89\%$$

安捷伦的 MSO-X 2022A 最高刷新率为 50K 帧/秒，满屏水平方向有 10 格 (div)，在 50ns/div 档位下：

$$\text{捕获周期: } T = \frac{1s}{50KHz} = 20\mu s$$

$$\text{采集时间: } T_{acq} = 50ns/div \times 10 = 700ns$$

$$\text{死区时间: } T_{deat} \% = \frac{20000-500}{20000} = 97.5\%$$

## 10.2 ZDS2022 示波器的测量精度有多高？

所有信号输入到 ADC 之前都会经过调理电路处理。对于微小信号，调理电路中的输入放大器会对微小信号进行放大，以保证放大后的信号幅值最符合 ADC 的输入电压范围。

示波器的测量精度不仅跟垂直分辨率 (ZDS2022 示波器的垂直分辨率是 8bit) 有关，还与垂直档位有关。比如在 2mV/div 档位下，满量程 8 格，即 16mV (2mV/div \* 8div = 16mV)，饱和溢出余量超出屏幕 2.24 格为 4.48mV，总共 20.48mV，这 20.48mV 对应到 8 位 ADC 的 0~255 范围。此时的测量精度就为  $(20.48/256) * 1000\mu V = 80\mu V$ 。

## 10.3 ZDS2022 示波器的底噪怎么样？

### 10.3.1 概述

通常所说的“底噪”，是指示波器的“基线本底噪声”，在示波器的模拟前端和数字转换过程造成的垂直噪声。底噪在示波器屏幕上表现出来就是当示波器置于最灵敏（最小垂直档位）的垂直档位时产生的噪声波形。示波器的底噪与仪器使用的器件、硬件设计、信号处理等各方面都有关系。此外，测试对比仪器底噪的时候，影响噪声测试结果的因素很多，比如：带宽、采样率、通道垂直分辨率、水平时基档位和通道耦合方式等，一般在 DC 耦合、全带宽开启的情况下测得的底噪值更加准确。

### 10.3.2 底噪的测量方法

以下是示波器底噪的测量方法：

- (1) 确保示波器是在正常的运行状态下；
- (2) 使示波器不接探头或示波器探头 BNC 端与地端短接；
- (3) 设置合适的水平时基档位和垂直时基档位（一般都是非常灵敏的档位，如 2mv/div, 1us/div 等）；

- (4) 短按【Trigger】旋钮，调整触发电平，使底噪波形稳定显示；
- (5) 由于示波器屏幕上显示的是噪声的峰值偏移，所以对于底噪最直观的测量参数就是峰峰值测量。按下【Measure】选择“峰峰值”测量即可。

### 10.3.3 ZDS2022 示波器的底噪

为更清楚的说明 ZDS2022 示波器的底噪，下面以与泰克及安捷伦的示波器的对比进行说明。

如图 10.3、图 10.4 所示，在水平时基档位为 2us/div，垂直档位时基为 2ms/div 下，MSO4054 示波器（采样率为 500MSa/S）测得峰峰值平均值为 1.60mV，而 ZDS2022 示波器（采样率为 1GSa/S）的峰峰值平均测量为 351uV。从理论上说，采样率越高，波形细节越清晰，底噪应该越大，但从测量结果可知，ZDS2022 示波器的底噪明显优于泰克的 MSO4054 示波器。

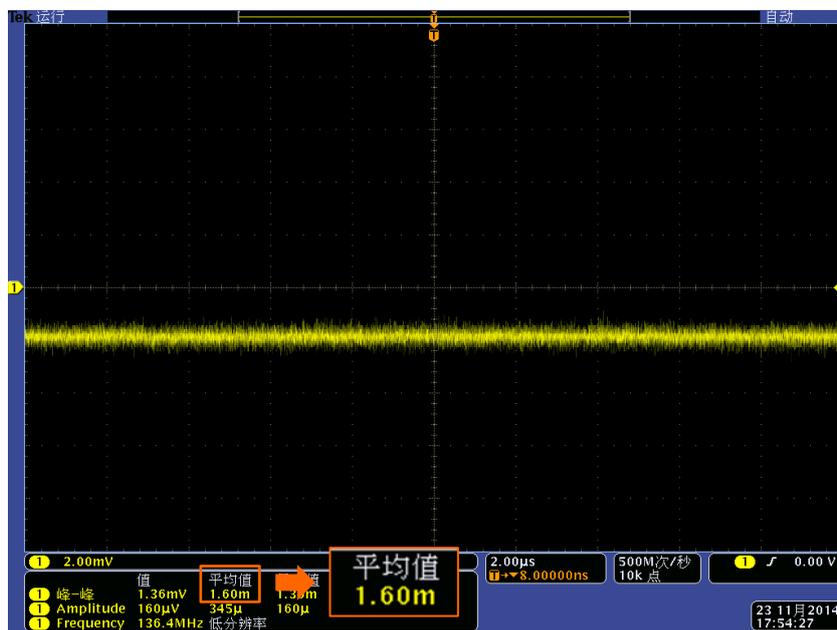


图 10.3 Tek 公司的 MSO4054 底噪

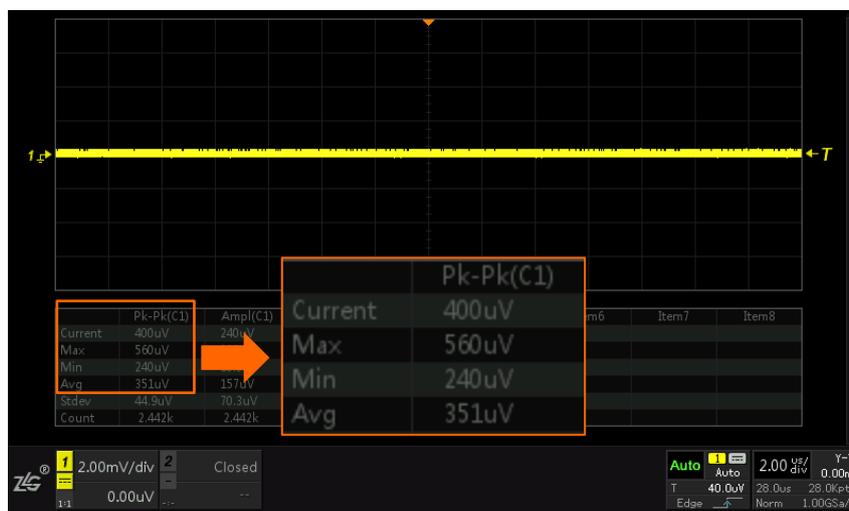


图 10.4 ZDS2022 示波器底噪之一

如图 10.5、图 10.6 所示，水平时基档位设置为 100us/div，垂直时基档位设为 2mv/div，并且两示波器都开启无限余辉模式。ZDS2022 示波器测得峰峰值平均值为 449uV，而 MSO-X3012A（带宽 100 MHz，此时采样率为 1GSa/s）测得峰峰值平均值为 1.6529mV。从理论上说，当带宽越高时，采集到的信号谐波分量越丰富，底噪应该越大，但从测量结果可知，ZDS2022 示波器的底噪同样优于安捷伦的 MSO-X3012A 示波器。

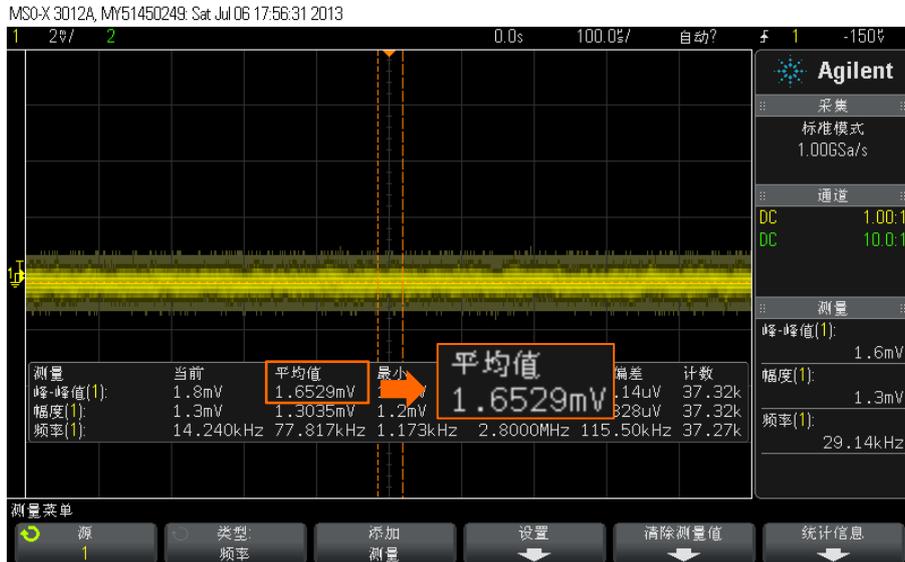


图 10.5 Agilent 的 MSO-X3012A 底噪

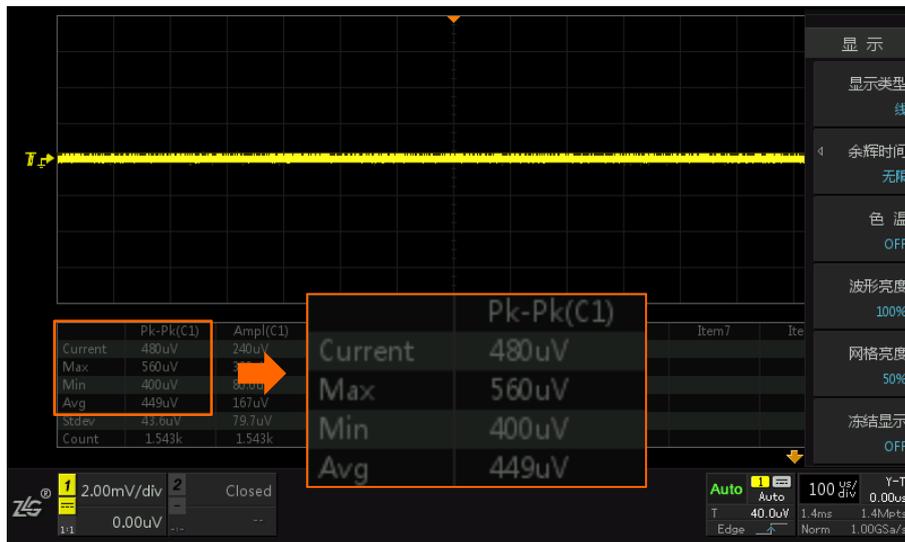


图 10.6 ZDS2022 示波器底噪之二

#### 10.4 使用 ZDS2022 示波器及标配探头时，系统带宽是多少？

ZDS2022 示波器的带宽大于 200MHz，而标配的电压探头为 250MHz（X1 档位时，带宽为 10MHz 左右；X10 档位时，带宽为 250MHz），所以系统的测量带宽能保证达到 200MHz。同时，ZDS2022 示波器是经过国家计量测试中心认证的，200MHz 的带宽是有保证的。

#### 10.5 ZDS2022 示波器支持最大的输入电压是多少？

ZDS2022 示波器在标配探头的 X10 档位下，最大输入电压可达 800V<sub>pp</sub>。标配探头在 X10 档位下，具有 300V<sub>rms</sub> CATII 等级，即最大输入大电压不能超过 300V<sub>rms</sub> 有效值（正

弦波电压峰峰值为 848 V<sub>pp</sub>)。而 ZDS2022 示波器垂直档位满屏 8 格，最大档位 10 V/div，即输入电压不能超过 80 V 峰峰值。因此，使用 ZDS2022 示波器标配的电压探头，输入电压峰峰值不能超过 800 V<sub>pp</sub>。

### 10.6 ZDS2022 示波器的电压分辨率是多少？

ZDS2022 示波器测量电压的分辨率，为（屏幕满幅值/200）。如在 5V/div 电压档位下，其电压分辨率为  $5\text{V/div} \times 8\text{div}/200 = 0.2\text{V}$ ，ZDS2022 示波器满屏幕垂直方向为 8div。

在测试设定垂直档位时，最好能使波形在屏幕上占据 6div 左右的空间，这样才能充分发挥 ADC 8 位的分辨率。例如，一个交流正弦波的峰峰值为 7V<sub>pp</sub>，则示波器的垂直档位应该设为 1V/div，而不是 2V/div 或 5V/div。

## 11. 品质工艺

### 11.1 旋钮

#### 11.1.1 旋钮调节的灵便性

有客户建议，随着旋钮旋转速度增加，波形滚动速度也随着增加，这样方便快速找到想看的点。同时，在旋钮返回时，在经过最初触发点可做短暂的停顿。

实际上，在 ZDS2022 示波器上，随着旋钮的旋转速度增加，波形位移滚动速度就是随着增加的。而“在经过最初出发点时有短暂的停顿”的功能，客户是希望达到“定位到最初触发点”的效果，这个功能通过短按旋钮就可以实现了。

目前，ZDS2022 示波器所用旋钮步进精确度很高，可能会有客户觉得手感没有那么好。我们也是测试了多个厂商的旋钮，才决定采用此款旋钮的，因为一些手感好的步进不精确。而对于旋钮扭力的问题，也请客户放心：该因素不会影响旋钮的寿命。我们目前也正在寻找手感更好扭力更小的旋钮。

#### 11.1.2 旋钮开关采用什么材质？寿命有多长？

ZDS2022 示波器的旋钮材质是采用全球知名品牌日本阿尔卑斯的，品质肯定是有保证的，像其他品牌如泰克，安捷伦的示波器旋钮也都是采用知名品牌的。

该种旋钮具有极强的耐寒、耐热、耐湿性能，其负荷寿命至少可达到 20000 次，其他品牌示波器的旋钮寿命也都差不多，甚至更低。

## 12. Demo 板测试

### 12.1 怎么测试有源晶振信号？

#### 12.1.1 概述

Demo 板上的有源晶振输出信号是 25MHz 或 27MHz 的方波。当示波器的测量带宽较低时，方波的很多高频谐波分量会被滤除，此时看起来会比较像正弦波。

根据傅立叶展开公式，方波是由一系列正弦分量叠加而成的，称为各次谐波，且完美的方波只有 1、3、5、7... 奇次谐波，无偶次谐波。公式为：

$$f(t) = \sin(w * t) + \frac{1}{3} * \sin(3 * w * t) + \frac{1}{5} * \sin(5 * w * t) + \dots$$

从上式可知，级数越多，越接近方波；级数越少，越接近正弦波。

#### 12.1.2 测量对比

为了更清楚直观地说明这种情况。下面以 ZDS2022 示波器和泰克 DS4054（500MHz 带宽）进行测试对比说明，被测信号为 ZDS2022 示波器 Demo 板上 27MHz 的有源晶振信号。

如图 12.1、图 12.2 所示，在探头为 X1 档（带宽为 10MHz），关闭带宽限制的条件下进行测试，由于测试带宽仅为 10MHz，滤除大量高频谐波分量，测试的波形比较接近正弦波。而在探头为 X10 档，关闭带宽限制的条件下进行测试，测到的波形是比较接近方波的，如图 12.3、图 12.4 所示。

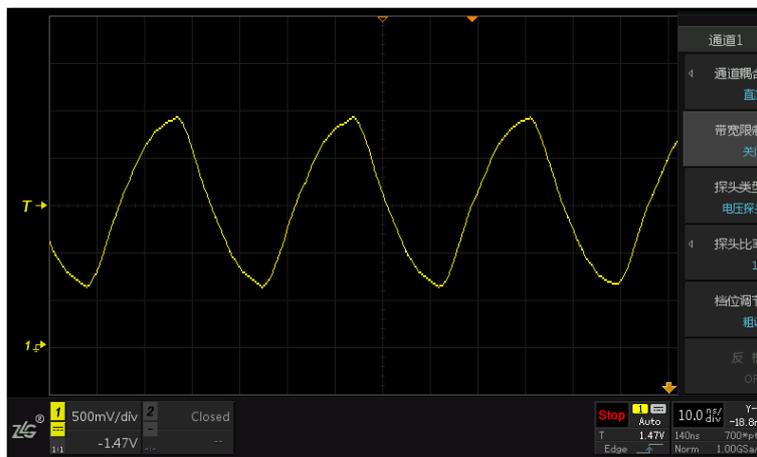


图 12.1 X1 档、关闭带宽限制的 ZDS2022 测试结果



图 12.2 X1 档、关闭带宽限制的 DS4054 测试结果



图 12.3 X10 档、关闭带宽限制的 ZDS2022 测试结果



图 12.4 X10 档、关闭带宽限制的 DS4054 测试结果

### 12.1.3 注意事项

使用 ZDS2022 示波器测试晶振信号时，需要特别注意：

- (1) 由于晶振信号对于电容负载比较敏感，所以在测试晶振输出信号时，需要把探头拨到 X10 衰减档位，以减小测试引入的负载效应。
- (2) 晶振信号的输出边沿一般比较陡，即上升时间较短，其实质是晶振信号中包含了较多的高频分量，对于这类信号的测试，应该当作高频信号来对待，选择带宽较大的探头与示波器进行测量，以免失真。
- (3) 测试中使用探头标配的接地弹簧代替接地鳄鱼夹就近接地，可有效提高信号保真度。

### 13. 免责声明

此文档的著作权属于广州致远电子股份有限公司。任何个人或者是单位，未经广州致远电子股份有限公司同意，私自使用此用户手册进行商业往来，导致或产生的任何第三方主张的任何索赔、要求或损失，包括合理的律师费，由您赔偿，广州致远电子股份有限公司与合作公司、关联公司不承担任何法律责任。

广州致远电子股份有限公司特别提醒用户注意：广州致远电子股份有限公司为了保障公司业务发展和调整的自主权，拥有随时自行修改此文档而不通知用户的权利。如有必要，修改会以通告形式公布于广州致远电子股份有限公司网站重要页面上。