

10.1	顶部菜单栏	33
10.2	参数区	33
10.3	前面板快捷键	34
11	快速捕获信号	35
12	垂直设置	36
12.1	开启/关闭通道	36
12.2	通道设置	37
13	数字通道	42
13.1	概述	42
13.2	开启/关闭数字通道	43
13.3	数字通道设置	44
14	水平和采样设置	47
14.1	时基设置	47
14.1.1	XY 模式	49
14.1.2	滚动 (Roll) 模式	49
14.2	采样设置	49
14.2.1	概述	49
14.2.2	采集方式	51
14.2.3	存储模式	53
14.2.4	分段采样 (Sequence) 模式	54
14.3	历史 (History) 模式	56
15	缩放波形 (Zoom)	59
16	触发	61
16.1	概述	61
16.2	触发设置	62
16.3	触发电平	64
16.4	触发模式	64
16.5	触发类型	65
16.5.1	概述	65

16.5.2	边沿触发	66
16.5.3	斜率触发	67
16.5.4	脉宽触发	69
16.5.5	视频触发	70
16.5.6	窗口触发	74
16.5.7	间隔触发	75
16.5.8	超时触发	76
16.5.9	欠幅触发	77
16.5.10	码型触发	77
16.5.11	前提边沿触发	79
16.5.12	第 N 边沿触发	80
16.5.13	延迟触发	80
16.5.14	建立/保持触发.....	81
16.5.15	串行触发	81
16.6	触发源	82
16.7	触发释抑 (Holdoff)	82
16.8	触发耦合	84
16.9	噪声抑制	84
16.10	区域触发	85
17	串行触发和解码	90
17.1	概述	90
17.2	I2C 触发和串行解码	92
17.2.1	I2C 信号设置	92
17.2.2	I2C 触发	93
17.2.3	I2C 解码	96
17.3	SPI 触发和串行解码.....	98
17.3.1	SPI 信号设置.....	99
17.3.2	SPI 触发.....	102

17.3.3	SPI 解码.....	102
17.4	UART 触发和串行解码.....	102
17.4.1	UART 信号设置.....	103
17.4.2	UART 触发.....	104
17.4.3	UART 解码.....	105
17.5	CAN 触发和串行解码.....	106
17.5.1	CAN 信号设置.....	106
17.5.2	CAN 触发.....	106
17.5.3	CAN 解码.....	107
17.6	LIN 触发和串行解码.....	108
17.6.1	LIN 信号设置.....	108
17.6.2	LIN 触发.....	108
17.6.3	LIN 解码.....	109
17.7	FlexRay 触发和串行解码.....	110
17.7.1	FlexRay 信号设置.....	110
17.7.2	FlexRay 触发.....	110
17.7.3	FlexRay 解码.....	111
17.8	CAN FD 触发和串行解码.....	112
17.8.1	CAN FD 信号设置.....	112
17.8.2	CAN FD 触发.....	113
17.8.3	CAN FD 解码.....	114
17.9	I2S 触发和串行解码.....	115
17.9.1	I2S 信号设置.....	115
17.9.2	I2S 触发.....	116
17.9.3	I2S 解码.....	117
17.10	MIL-STD-1553B 触发和串行解码.....	118
17.10.1	MIL-STD-1553B 信号设置.....	118
17.10.2	MIL-STD-1553B 触发.....	118

17.10.3	MIL-STD-1553B 解码	120
17.11	SENT 触发和串行解码	121
17.11.1	SENT 信号设置	121
17.11.2	SENT 触发	122
17.11.3	SENT 解码	125
17.12	Manchester 串行解码	126
17.12.1	Manchester 信号设置	126
17.12.2	Manchester 解码	127
17.13	ARINC 429 触发和串行解码	128
17.13.1	ARINC 429 信号设置	128
17.13.2	ARINC 429 触发	129
17.13.3	ARINC 429 解码	130
17.14	CAN XL 串行解码	131
17.14.1	CAN XL 信号设置	131
17.14.2	CAN XL 解码	131
18	光标测量	134
18.1	概述	134
18.2	光标模式	136
18.3	参考光标	138
18.4	光标显示	140
18.5	选择和移动光标	144
19	参数测量	146
19.1	概述	146
19.2	设置参数	147
19.3	了解测量参数	151
19.3.1	垂直测量	151
19.3.2	水平测量	153
19.3.3	混合测量	154
19.3.4	通道延迟	155

19.4	测量轨迹图	156
19.5	测量趋势图	157
19.6	显示模式	158
19.7	测量统计	160
19.8	统计直方图	161
19.9	基本测量	162
19.10	门限测量	163
19.11	幅度策略	163
19.12	阈值电平	163
20	数学运算	165
20.1	概述	165
20.2	算术运算	166
20.2.1	加法/减法/乘法/除法	166
20.2.2	恒等和相反	167
20.2.3	平均值和增强分辨率	168
20.2.4	最大保持和最小保持	168
20.2.5	包络	168
20.3	代数运算	169
20.3.1	微分	169
20.3.2	积分	170
20.3.3	平方根	171
20.3.4	绝对值	171
20.3.5	符号	172
20.3.6	指数	173
20.3.7	对数	173
20.3.8	插值	174
20.3.9	正切	174
20.3.10	反正切	175
20.4	滤波	176

20.5	频率分析	178
20.6	公式编辑器	184
21	参考波形	188
22	内存波形	190
23	分析门限	192
24	搜索	194
25	导航	197
26	模板测试	202
26.1	概述	202
26.2	模版设置	203
26.2.1	创建规则模板	204
26.2.2	创建多边形模板	205
26.3	判断规则	206
26.4	操作	207
27	数字万用表	208
27.1	概述	208
27.2	测量模式	209
27.3	状态图	210
28	计数器	214
28.1	概述	214
28.2	计数模式	215
29	直方图	217
29.1	概述	217
29.2	区域设置	219
30	电源分析	222
30.1	概述	222
30.2	电源质量	222
30.3	电流谐波	224
30.4	浪涌电流	226

30.5	开关损耗	227
30.6	转换速率	230
30.7	调制分析	230
30.8	输出纹波	231
30.9	开启/关闭	231
30.10	瞬变响应	233
30.11	电源抑制比	234
30.12	功率效率	235
30.13	安全工作区	235
31	波特图	238
31.1	概述	238
31.2	配置信息	239
31.2.1	连接配置	239
31.2.2	扫描配置	239
31.3	显示设置	241
31.4	数据分析	243
32	双脉冲测试	246
32.1	概述	246
32.2	测试项配置	248
32.2.1	开关参数分析	250
32.2.2	开关定时分析	251
32.2.3	二极管恢复分析	252
32.2.4	电容分析	253
32.3	探头校准	254
32.4	结果查看	254
33	三相电分析	257
33.1	概述	257
33.2	时滞校准	260
33.3	测量项设置	260
33.3.1	电能质量	261

33.3.2	浪涌分析	262
33.3.3	谐波分析	262
33.3.4	效率分析	263
33.4	结果查看	264
34	函数信号发生器	267
34.1	概述	267
34.2	波形设置	268
34.3	其它设置	269
34.4	系统	271
35	显示	272
35.1	显示类型	272
35.2	色温显示	274
35.3	颜色设置	275
35.4	设置余辉	276
35.5	轴标签设置	277
35.6	设置网格	278
35.7	字体设置	280
35.8	扩展显示器设置	280
35.9	多窗口设置	280
36	存储和调用	284
36.1	存储类型	284
36.2	文件管理器	285
36.3	保存和调出实例	287
36.4	快捷保存与截图	290
36.5	自动保存	290
37	系统功能设置	293
37.1	查看系统状态	293
37.2	系统设置	293
37.2.1	设置语言	293
37.2.2	设置屏幕保护时间	294

4 文档约定

为方便描述，本文中采用带字符边框的文字来表示前面板的按键，如 Default 代表前面板的“Default”按键；采用斜体加字符底纹的文字来表示显示屏上可通过鼠标点击的菜单、选项和虚拟按键，如 显示 代表显示屏上的“显示”菜单。



对于含有多个步骤的操作，采用“步骤 1 > 步骤 2 > ...”的形式进行描述，如进入升级界面的步骤：

功能 > 菜单 > 维护 > 升级

代表第 1 步点击菜单栏的 功能 菜单，第 2 步点击 菜单，第 3 步点击 维护 选项，第 4 步点击 升级，即可进入升级界面。

本文中的注意事项提示了一些重要信息，每个注意事项前有图标  标示。

5 安装和开关机

5.1 开机

SDS5000X HD 提供了两种开机方式，分别为：

上电开机

当“上电开机”功能使能有效时，示波器通过电源线一接入交流电源，示波器马上开机。

设置“上电开机”使能有效步骤为：

Utility > 系统设置 > 自动开机

手动开机

取消设备的“上电开机”功能后，在示波器通过电源线接入交流电源后，需要手动按电源按钮，示波器才能开机。

5.2 关机

长按电源按钮 1 秒关闭示波器，或者通过下述步骤关闭：

功能 > 关机

5.3 版本信息

可以采取下述步骤确定示波器的软件和硬件版本：

功能 > 菜单 > 系统信息

详见“查看系统状态”一节。



注：

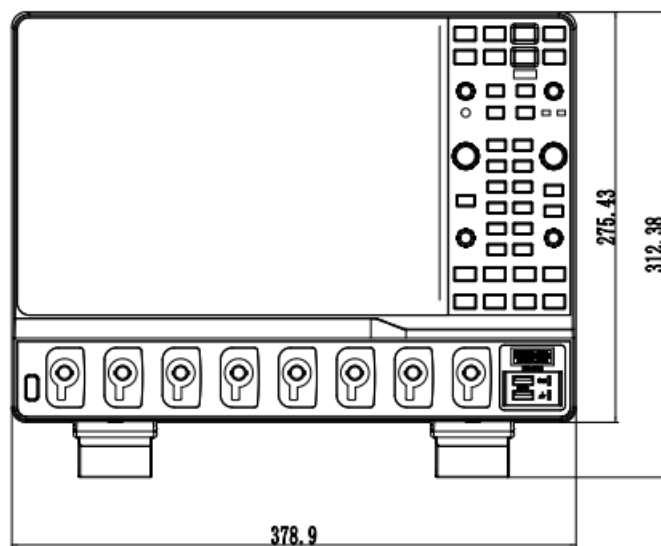
关机后示波器处于待机状态，功耗约 4W。如果不希望示波器继续耗电请彻底断开输入示波器的交流电源。

5.4 添加新选件

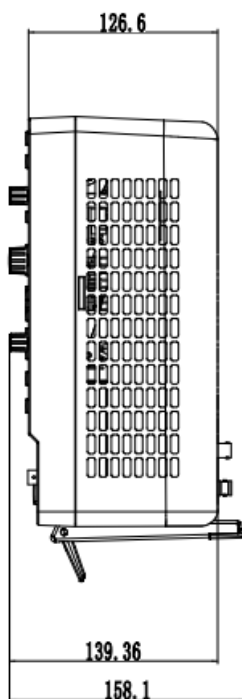
为添加软件选件，需要一个授权码激活这个选件。详细请见“安装选件”章节。

6 快速入门

6.1 外观尺寸



正视图



右视图

6.2 前面板



- A. 模拟通道输入端
- B. 数字通道输入端
- C. USB 3.0 Host 用于连接 USB 存储设备或鼠标、键盘等 USB 外设
- D. 校准信号补偿端和接地端 用于补偿无源探头
- E. 触摸屏显示区 示波器最重要的控制和显示中心。详见“触摸屏显示区”介绍。
- F. 前面板键盘 包括旋钮和按键，详见“使用前面板控制功能”一章。
- G. 电源按钮
- H. 支撑脚

6.3 后面板



- A. AC 电源输入端
- B. USB 2.0 Host 用于连接 USB 存储设备或鼠标、键盘等 USB 外设
- C. USB 3.0 Device 用于连接 PC 实现 USBTMC 通信控制
- D. 1000M LAN 端口 用于连接网络实现远程控制
- E. HDMI 视频信号输出接口用于外接显示设备，输出分辨率 1280x800
- F. 辅助输出端 用于触发指示信号、通过/失败信号输出
- G. 外触发输入端
- H. 10 MHz 参考时钟输入
- I. 10 MHz 参考时钟输出
- J. 锁孔
- K. 提手

6.4 连接

6.4.1 电源

本设备可输入交流电源的规格为：100 ~ 240V，50/60Hz。请使用附件提供的电源线缆将示波器与交流电源连接。

6.4.2 LAN

使用网线将示波器侧面板的 LAN 端口与一台网络设备相连。

设置网络连接：

Utility > 接口设置 > 局域网配置

关于通过网页直接访问示波器的方法，详见“网页连接”一节。

6.4.3 USB 外设

使用 USB 存储设备或外设连接到 USB Host 端口，用于传输数据或通过外围设备（如鼠标）来操作仪器。

将鼠标或键盘连接到设备前面板 USB Host 接口，即可使用。鼠标操作与触摸屏单点手势操作等效。当外接显示器的显示模式为扩展屏时，扩展屏内的操作只能通过鼠标进行。

6.4.4 HDMI 监控

使用 HDMI 线缆连接示波器 HDMI 接口和外部显示器。支持 1280*800 的分辨率信号输出。

6.4.5 辅助输出

当“模板测试”（Pass/Fail）功能打开时，输出通过/失败指示信号；其它情况下输出触发指示信号。

设置 Pass/Fail，详见“模板测试”一章。

6.4.6 参考时钟输入/输出

该设备可以使用内部的高精度 10 MHz 时钟作为参考，也可以接受来自外部的 10 MHz 参考，同时支持将参考源整形为方波后输出给其它设备。通过以下路径设置参考时钟输入/输出：

功能 > 菜单 > 接口设置 > 时钟

详见“时钟源”一节。

6.4.7 函数发生器

本设备支持函数发生器功能。购买 SAG1021I 函数/任意波形发生器模块，即可支持函数发生器功能。将 SAG1021I 通过 USB 线缆连接到示波器的 USB Host 端口。

通过以下方式进入函数发生器设置：

按下前面板 WaveGen 按键或通过触摸屏操作 功能 > 函数发生器

6.4.8 探头

本设备支持有源探头（选配）和无源探头（标配），探头的规格和文档可以在 www.siglent.com 获取。有源探头请使用适配鼎阳 SAPBus 接口的型号；无源探头建议使用标配的型号，以获得最佳的系统频率响应。

无源探头补偿

首次使用探头时，应进行探头补偿调节，使探头与示波器输入通道匹配。未经补偿或补偿偏差的探头会导致测量偏差或错误。探头补偿步骤如下：

1. 把无源探头的同轴线缆接口（BNC 接头）连接到任意通道上。
2. 把探头信号端连接到示波器正面的补偿信号（Cal）输出连接器上，将探头的接地鳄鱼夹与 Cal 输出端下面的“接地端”相连。



3. 按 **Auto Setup** 键。
4. 检查所显示的波形形状并与下图对比。



5. 用非金属质地的“一”字型螺丝刀调整探头上的低频补偿调节孔, 直到显示的波形如上图“补偿适当”。



注：
有源探头无需补偿。

6.4.9 逻辑探头



连接逻辑探头: 按住探头两边将探头以正确的方向插入前面板的逻辑信号接口, 当听到“咔”的一声, 表示探头连接正确;

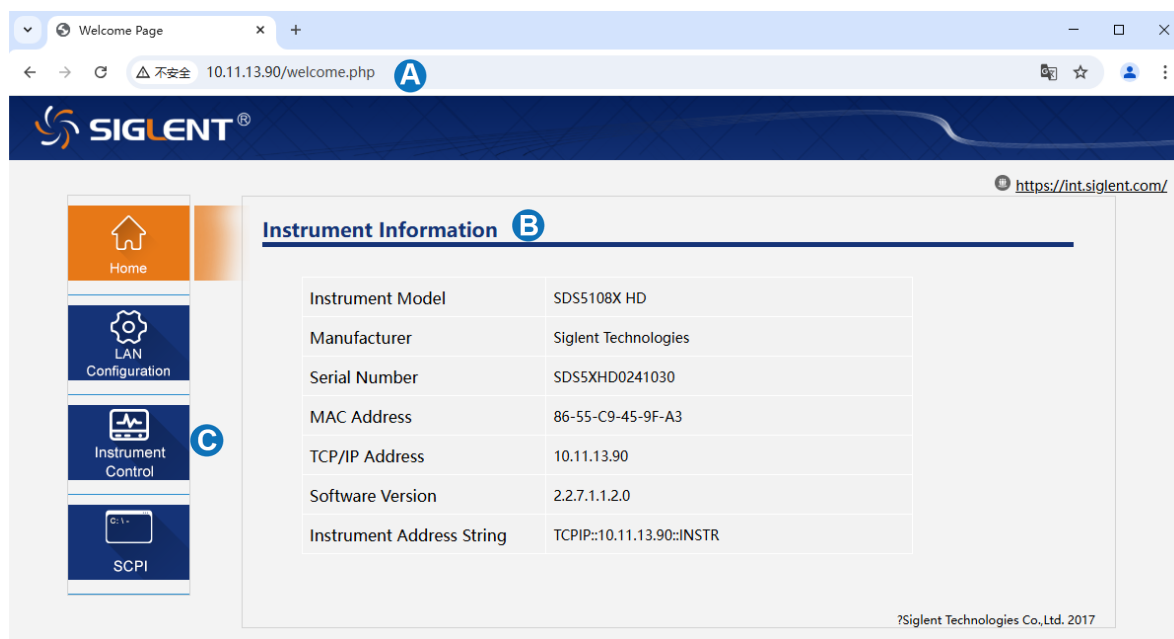
移除逻辑探头: 按住探头两边将探头慢慢往后拔出即可。

7 远程控制

本设备具备 LAN 口和 USB Device 口，基于这两种端口，用户可通过多种方式实现对仪器的远程控制。

7.1 网页连接

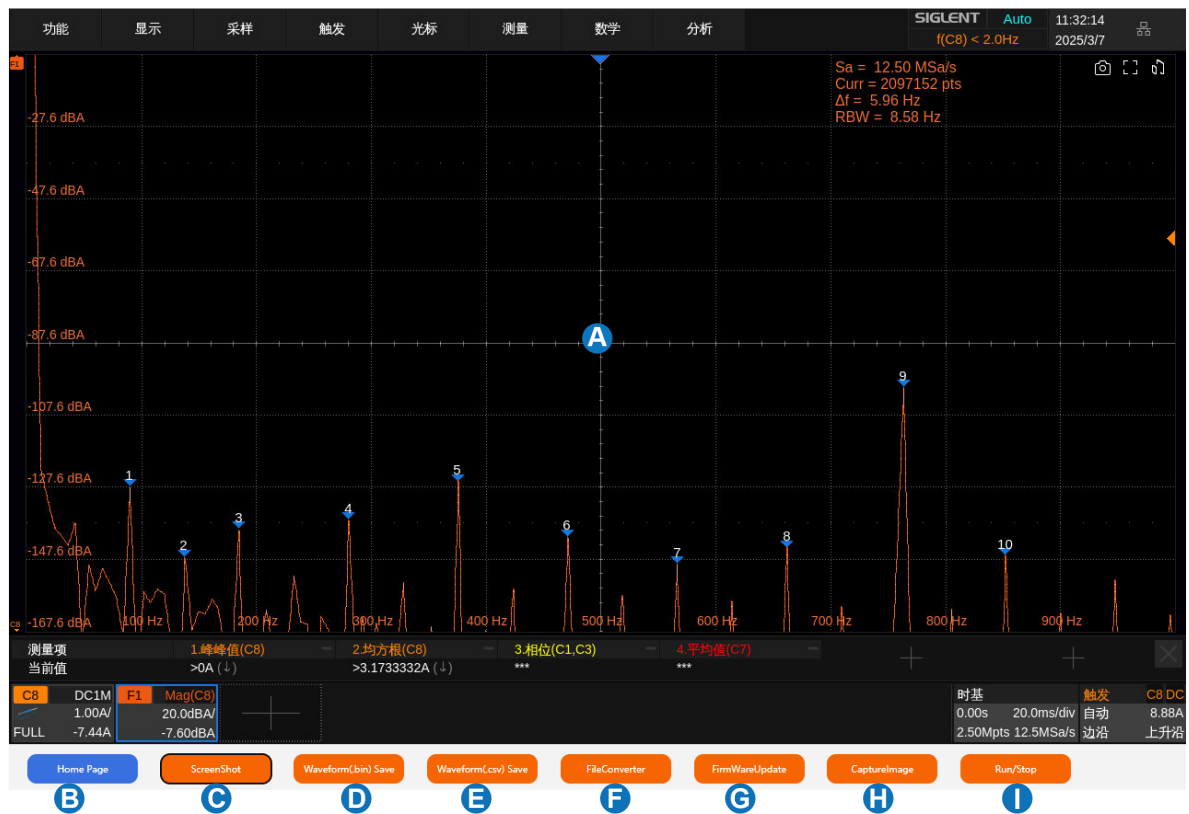
本设备支持用户通过 Web 浏览器访问和控制示波器。在网页服务界面下可以设置访问的密码。用户在浏览器地址栏输入示波器 IP 地址，即可访问示波器。



- A. 在浏览器键入示波器的 IP 地址
- B. 进入首页后默认显示的仪器信息
- C. 点击此处即可进入仪器控制界面

关于示波器的 IP 地址设置，详见“局域网设置”一节。

仪器控制界面如下图：



- A. 仪器界面显示与控制区，该区域显示的内容为仪器显示区的拷贝，使用鼠标在该区域操作，效果等同于直接操作仪器的显示区
- B. 点击返回首页
- C. 点击进行当前屏幕截图，并下载到本地
- D. 点击进行屏幕波形数据保存为 bin 文件，并下载到本地
- E. 点击进行屏幕波形数据保存为 csv 文件，并下载到本地
- F. 点击下载 bin 文件转换 csv 文件的工具包
- G. 点击进行软件版本升级
- H. 点击进行当前屏幕截图，在弹出的图片窗口右键，可选择复制到剪贴板或保存
- I. 点击此按键启动或停止采集。

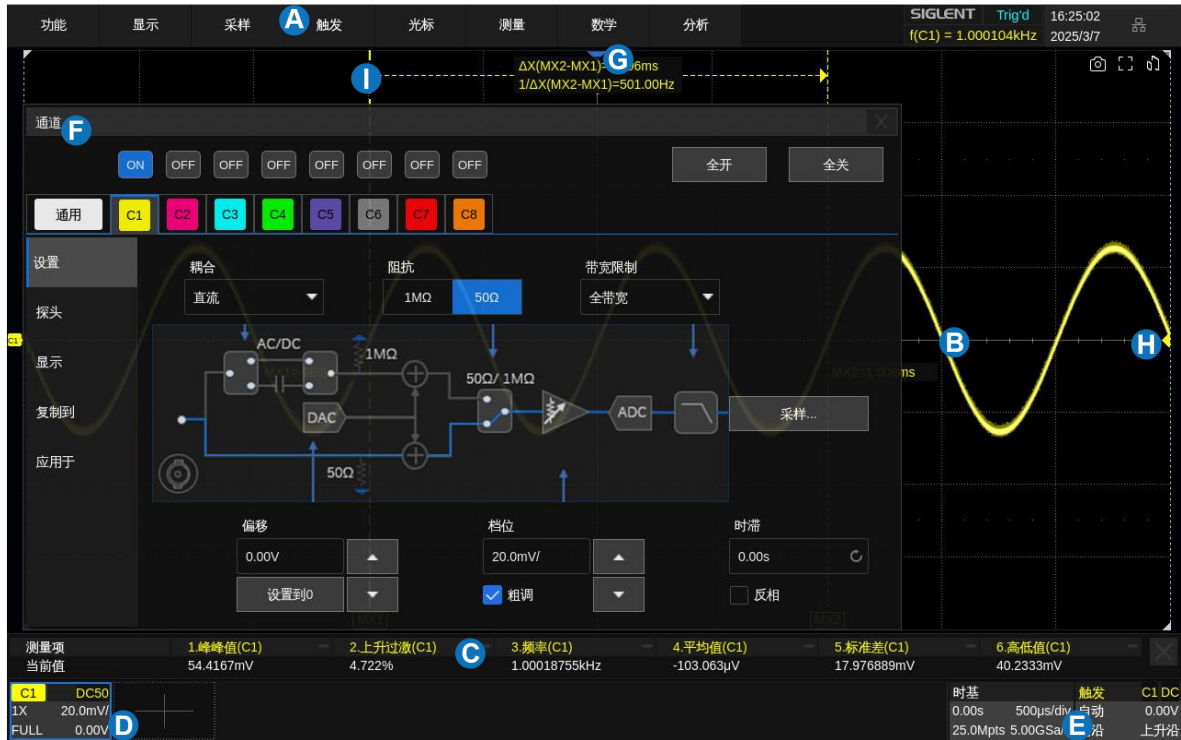
7.2 其它连接

本设备还支持通过 NI-VISA、Telnet 或 Socket 连接的方式对仪器发送 SCPI 命令进行远程控制。要了解详情，请参考本产品的编程手册。

8 触摸屏显示区

8.1 概述

示波器整个屏幕都是触摸屏。您可以使用手指进行触控，也可以使用鼠标进行操作。大部分的显示和控制都可以通过触摸屏实现，效果等同于按键和旋钮。



- A. 菜单栏 点击相应的菜单名弹出下拉式菜单，进行功能设置
- B. 波形（网格）区域 显示波形轨迹，可调节网格和波形亮度以获得最佳显示效果
- C. 测量参数显示区
- D. 通道参数区 包括模拟通道（C1-C8）、数字通道（D）、缩放通道（Z1-Z8）、数学运算（F1-F8）和内存波形（M1~M4），显示对应轨迹的当前参数，单击参数区建立对话
- E. 时基参数和触发参数区 分别显示时基和触发参数，单击参数区建立对话
- F. 对话框 对选定的功能进行参数设置的主要区域，选择对应功能弹出
- G. 触发位置指示符 指示波形的触发时刻的位置
- H. 触发电平指示符 指示波形的触发电平
- I. 光标 指示设置点的水平或垂直位置。

显示区的亮度是可调节的，通过下述操作进行调节：

显示 > 屏幕

8.2 菜单栏

顶部菜单栏可以进入各种软件菜单，它与任何 Windows 程序上的“文件”菜单类似。对常用的示波器操作，不必使用菜单栏，因为可以从前面板或参数描述标签进入大多数菜单。但是，下述操作必须通过顶部菜单栏才能进入设置：

功能 > 帮助

功能 > 重新启动

分析 > 模板测试

分析 > 数字万用表

分析 > 直方图

分析 > 波特图

分析 > 电源分析

分析 > 计数器

分析 > 双脉冲

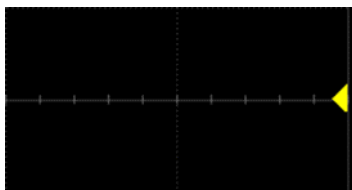
分析 > 三相电分析

8.3 网格区域

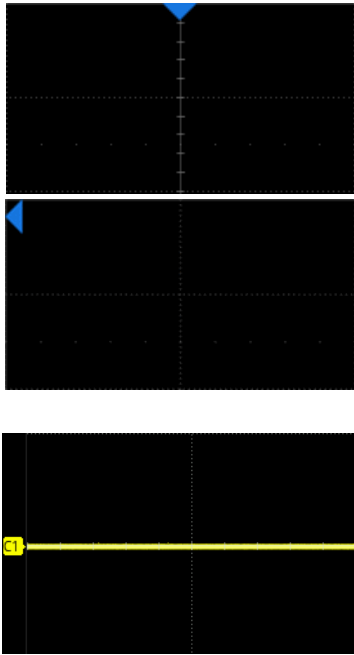
网格区域显示波形轨迹，分成 8 个竖格和 10 个横格。可以通过调节波形亮度和网格亮度获得在当前使用环境下的最佳显示效果。

设置方法：Display > 波形亮度，Display > 网格亮度。

网格上有多个指示符：



触发电平指示符 三角形，位于网格右侧的垂直方向，其颜色与示波器目前设置触发的通道颜色相同。



触发延迟指示符 三角形，位于网格的水平方向。触发延迟在水平方向上确定示波器轨迹在显示屏上的位置，从而可以观察触发时间以前的信号。当触发位置在屏幕外时，三角形的方向变化为指向屏幕外。

通道偏移指示符 是帶有通道名稱的標籤，位於網格左側的垂直方向。

8.4 通道参数区



- A. 当前通道标识
- B. 耦合方式与输入阻抗
- C. 垂直档位
- D. 垂直偏移
- E. 带宽标识
- F. 探头衰减比例

带宽标识 -- 指示当前通道的有效带宽

20M : 20M 帶寬限制

200M : 200M 带宽限制

FULL : 全带宽

反相标识 -- 指示当前通道的反相已开启，此时波形相对地电位反相 180°。

I : 反相开启

不显示：反相关闭

耦合方式与输入阻抗 -- 指示当前通道的耦合方式。

DC1M : 直流耦合, 1MΩ 输入阻抗

DC50 : 直流耦合, 50Ω 输入阻抗

AC1M : 交流耦合, 1MΩ 输入阻抗

DC50 : 交流耦合, 50Ω 输入阻抗

GND : 接地

垂直档位 -- 垂直方向上每格代表的幅度。例如当垂直档位为 1.00V/div 时, 每格代表的幅度值为 1V, 此时示波器的满幅度范围为 $1.00\text{V/div} \times 8\text{div} = 8\text{V}$ 。

垂直偏移 -- 波形在垂直方向上的偏移值。当垂直偏移为 0 时, 通道偏移指示符位于网格区域垂直方向的正中间。

探头衰减比例 -- 指示当前探头的衰减比例。示波器会根据当前的探头衰减比例自动换算垂直档位, 例如在 1X 衰减下示波器的垂直档位是 100mV/div, 改变衰减比例为 10X 后, 垂直档位将自动设置为 1V/div。当插入标配的 10X 无源探头时, 示波器会自动将该值设置为 10X。

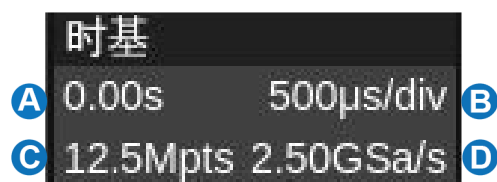
1X : 1 倍衰减, 适用于同轴线缆直接接入信号, 或无源探头的 1X 档位接入

10X : 10:1 衰减, 适用于一般的无源探头或有源探头

100X : 100:1 衰减, 适用于一些高压探头

 : 自定义衰减比例

8.5 时基和触发参数区



- A. 触发位置
- B. 水平档位 (时基)
- C. 采样点数
- D. 采样率

触发位置 -- 波形在水平方向上的偏移值 (触发延迟)。当该值为 0 时, 触发延迟指示符位于网格区域水平方向的正中间。

水平档位 -- 即时基，水平方向上每格代表的时间。例如当档位为 500us/div 时，每格代表的时间为 500us，此时示波器的满屏时间范围为 500us/div*10div = 5ms。

采样点数 -- 一帧波形对应的采样点数。

采样率 -- 当前屏幕上波形对应的采样率。



- A. 触发源
- B. 触发耦合方式
- C. 触发模式
- D. 触发电平值
- E. 触发类型
- F. 触发斜率

触发源 -- 支持多种源

C1~C8: 模拟通道

EXT: 外触发通道

EXT/5: 外触发通道 5 倍衰减

AC Line: 市电

D0~D15: 数字通道

触发耦合方式 -- 触发信号的耦合方式，仅对触发源为 C1~C8、EXT 和 EXT/5 时有效。

DC: 直流耦合，通过信号的所有分量

AC: 交流耦合，抑制信号的直流分量，截止频率详见数据手册

HFR: 高频抑制，相当于低通滤波器，截止频率详见数据手册

LFR: 低频抑制，相当于高通滤波器，截止频率详见数据手册

触发模式 -- 包含自动、正常、单次三种状态。

自动: 无论是否满足触发条件，都显示活动信号波形；无信号输入时，显示一条水平线。

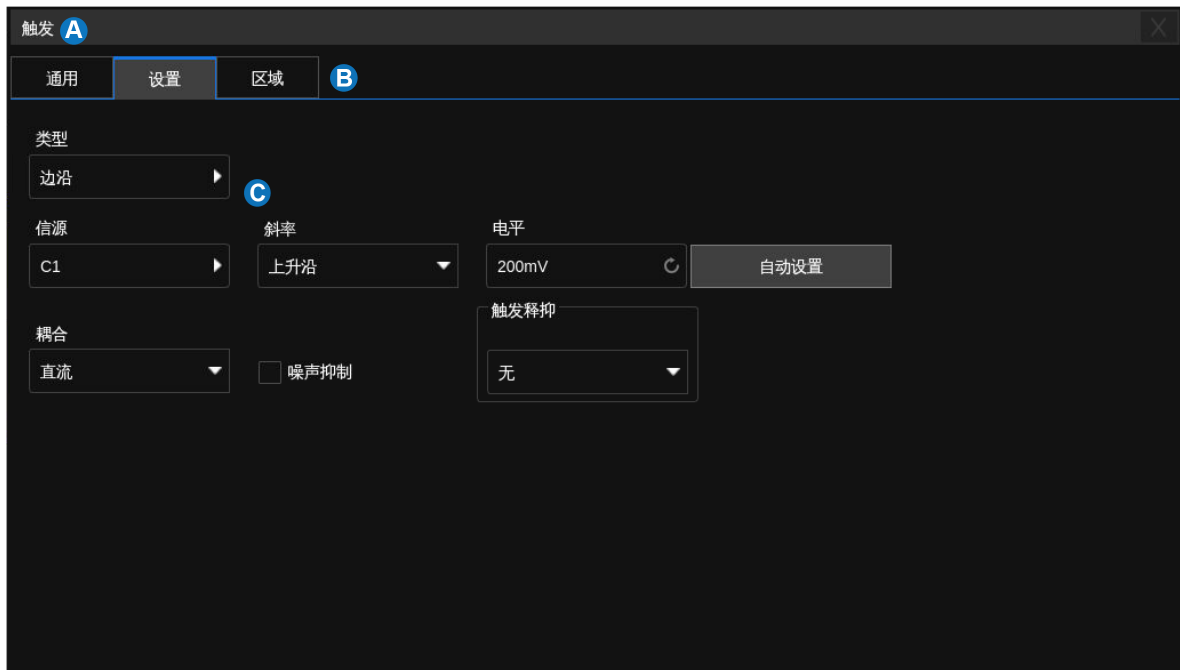
正常: 只有满足触发条件时才会进行触发和采集；不满足条件时保持上一次波形显示，等待下一次触发。

单次：满足条件触发一次，显示波形，然后停止捕获信号。

触发类型 -- 详见“触发”一章。

8.6 对话框

对话框是对选定的功能进行参数设置的主要区域，选择对应功能弹出。



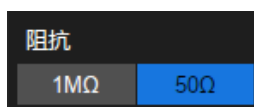
A. 对话框名称，随选定功能的不同而不同。

B. 切换对话框页面。

C. 参数设置区域。

输入/选择参数

对话框的参数区域提供几种不同输入/选择参数的方式：



拨动开关 -- 用于在两个可选参数间切换，如通道的阻抗。
方法：点击参数区域实现切换。

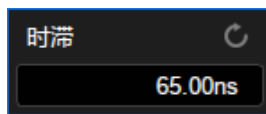


菜单列表 -- 用于在多个可选参数间切换，如通道的耦合方式。方法：点击参数区域弹出参数的列表，然后在列表中选择需要的参数。



单选框 - 用于在两个可选参数间切换，如指定功能的开启和关闭。

方法：点击单选框实现切换。



数字键盘 -- 用于需要输入数值和单位的参数。

方法：点击参数区，选中该参数，可通过滚动鼠标中轮或旋转多功能旋钮设置参数；再次点击该参数区，即弹出虚拟数字键盘：



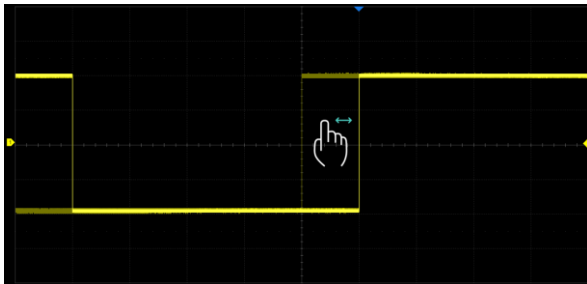
以通道时滞为例，若需要指定为 65ns，输入“65”，并点击数字键盘上的 **n** 按钮完成设置。在数字键盘上，可以选择 **Max**、**Min** 快速设置为参数的最大值和最小值，或选择 **Default** 设置为参数的默认值。

隐藏对话框

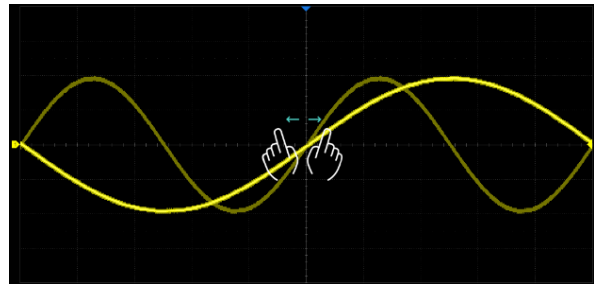
参数设置完毕后，如需观察被覆盖区域，可点击对话框区域右上角的  隐藏对话框。

8.7 手势或鼠标控制

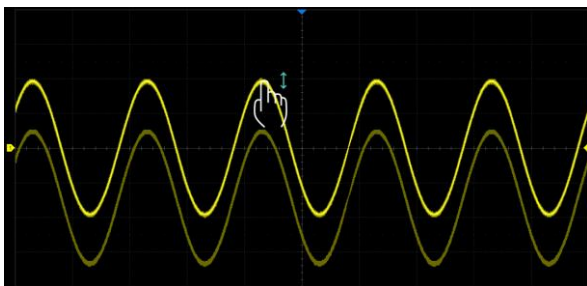
通过手指或鼠标在触摸显示屏上的触摸/拖拽，可以更加便捷地移动、缩放波形，设置光标和触发电平，绘制矩形框等。



通过手势或鼠标单点左右移动控制波形的水平位移



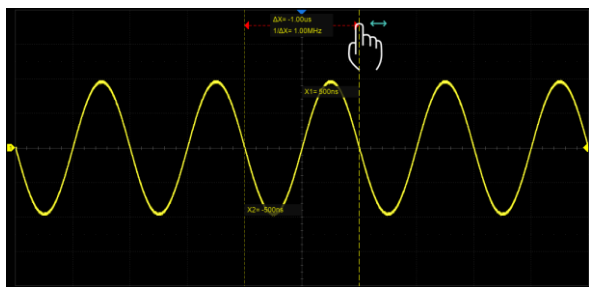
通过水平方向的两点缩放手势控制波形的水平档位



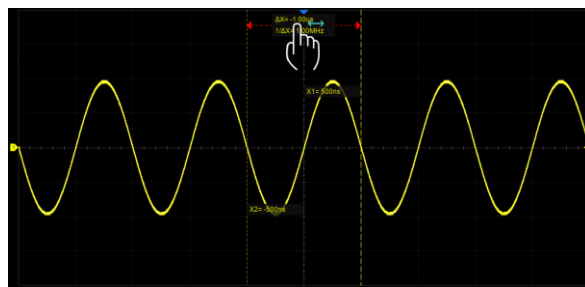
通过手势或鼠标单点上下移动控制波形的垂直位移。当多个通道打开时，控制的是当前激活的通道



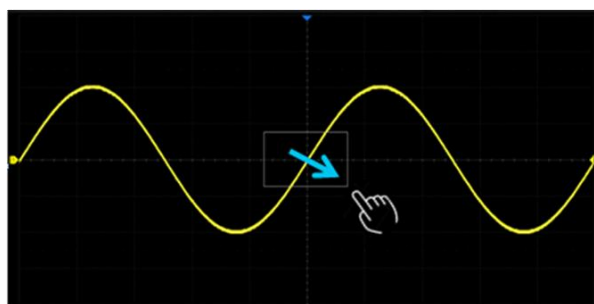
通过垂直方向的两点缩放手势控制波形的垂直档位。当多个通道打开时，控制的是当前激活的通道



将手指或鼠标放到光标位置后单点移动控制光标的位移



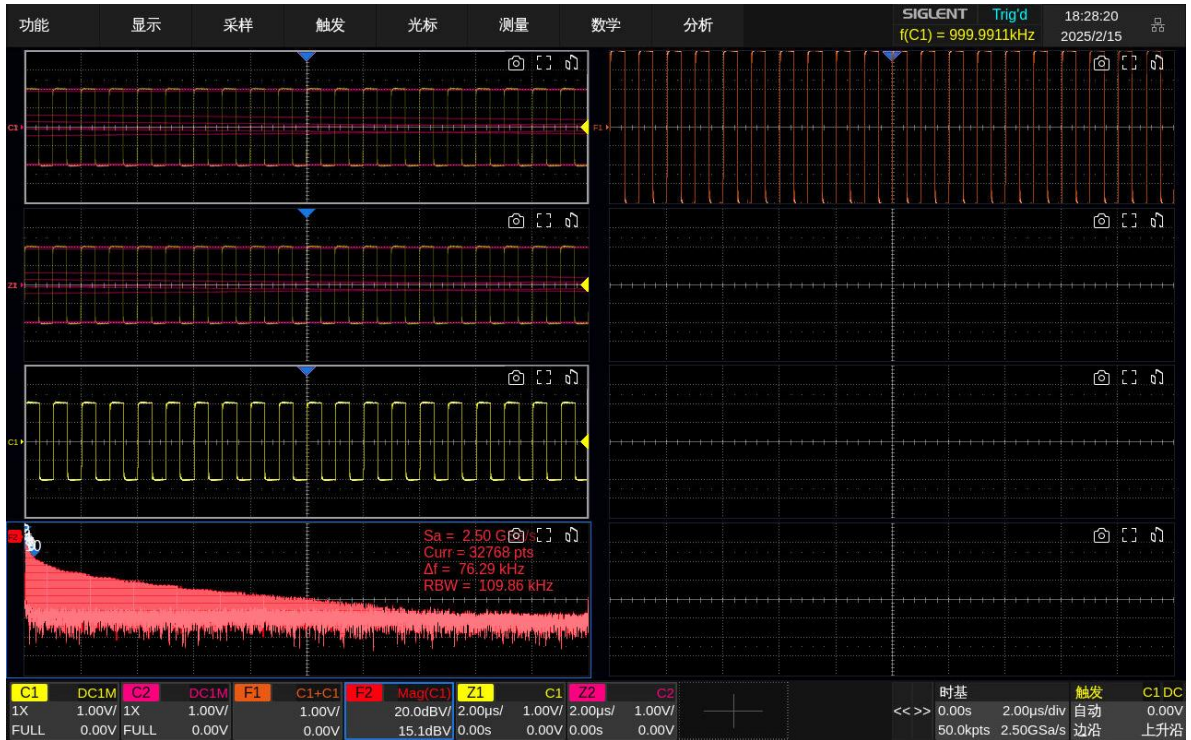
将手指或鼠标放到 ΔX （或 Δy ）显示区域后单点移动控制两根光标一起移动



通过单点拖动绘制矩形框。该功能在区域触发、直方图功能时有效。在画框动作开始时请保持角度在 45° 左右以保证设备能正确识别为画框操作

8.8 多窗口显示

本设备的显示屏具有 1280*800 的高清分辨率，可以在屏幕上显示更多的内容。设备最多支持在触摸显示屏上显示 9 个窗口，同时还支持外接显示器作为扩展屏。



关于多窗口的设置，详见“多窗口设置”一节。

关于外接显示屏的设置，详见“扩展显示器设置”一节。

8.9 鼠标和键盘操作

对于触摸屏显示区的操作不仅仅限于触摸。如果仪器连接了鼠标，也可以使用鼠标点击或拖动需要操作的对象。同样，如果连接了键盘，也可以使用键盘输入字符。

8.10 语言选择

设置语言： **功能** > **菜单** > **系统** > **语言**，详见“设置语言”一节。

9 使用前面板控制功能

9.1 概述



SDS5000X HD 系列示波器的前面板设计成不必打开软件菜单，即可操作基本示波器功能。使用 Horizontal 和 Vertical 控制功能的方式与其它示波器相同。下面介绍了各种控制功能。

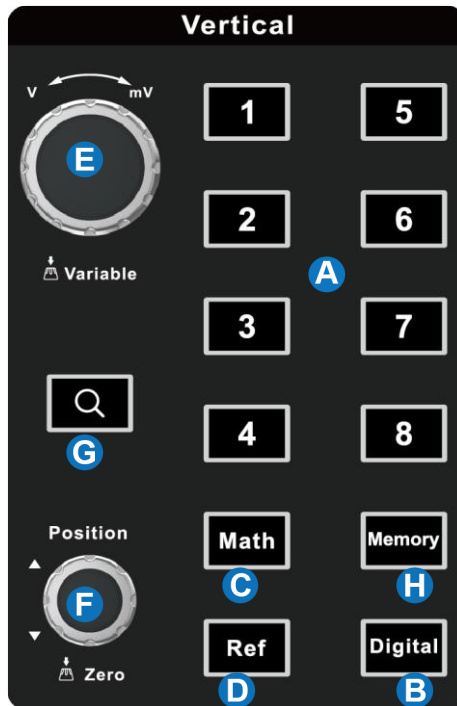


所有的前面板旋钮都有多种操作模式：旋转模式表示一种功能，按下模式则表示另外一种功能。旋钮周围的标识表示旋钮的功能。

前面板的按键灯亮度可调节，调节方法：

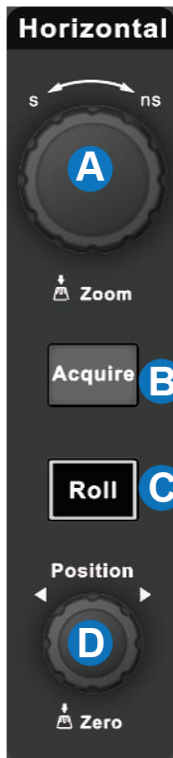
Display > **按键灯亮度** ；

9.2 垂直控制功能



- A. 当对应通道关闭时，按下此键打开通道波形；当对应通道打开且处于非激活状态时，按下此键激活通道；当对应通道打开且处于激活状态时，按下此键关闭通道波形。
- B. 按一下开启数字通道，再按一下关闭数字通道。
- C. 按一下启动数学运算，再按一下关闭数学运算。
- D. 按一下启动参考波形，再按一下关闭参考波形功能。
- E. 模拟通道（C1-C8）、数字通道（D）、数学运算（F1-F8）、参考波形（Ref）和内存波形（M1-M4）共用该垂直档位旋钮，旋转改变激活波形的垂直档位（Volt/div），按下此旋钮实现垂直档位细调功能的开启或关闭。当数字通道激活时，用于改变选中的数字通道。
- F. 模拟通道（C1-C8）、数字通道（D）、数学运算（F1-F8）、参考波形（Ref）和内存波形（M1-M4）共用该 Offset 旋钮，旋转改变激活波形的 Offset 值，按下此旋钮 Offset 归零。当数字通道激活时，用于改变选定数字通道在屏幕上的位置。
- G. 按下开启缩放波形（Zoom），再次按下退出 Zoom 模式。
- H. 按一下启动内存波形，再按一下关闭内存波形。

9.3 水平控制功能



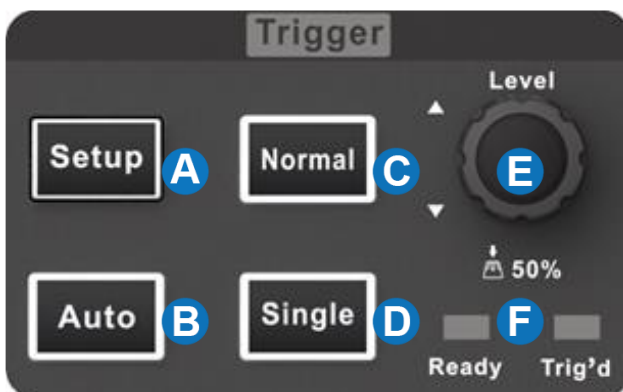
- A. 旋转改变水平档位（时基，Time/div）；
- B. 按下此按钮打开采集（Acquire）功能。
- C. 按下此按钮示波器进入滚动（Roll）模式；再次按下退出 Roll 模式。
- D. 旋转改变水平触发延时；按下此旋钮使水平触发延时归零。



注：

在某些非常高的时基下（ $\geq 50\text{ms/div}$ ），建议示波器采用滚动工作模式，以便长时间采集而不会延迟在屏幕上显示信号。

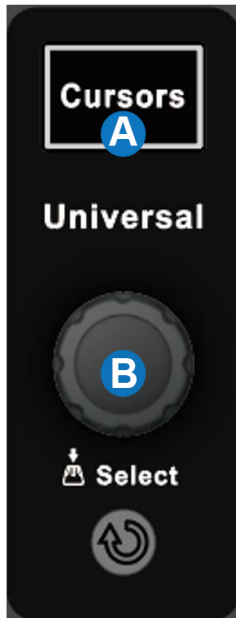
9.4 触发控制功能



- A. 按下此键打开触发设置对话框

- B. 自动触发模式（无论是否满足触发条件，都显示活动信号波形；无信号输入时，显示示波器的底噪波形。）
- C. 正常触发模式（只有满足触发条件时才会进行触发和采集；不满足条件时保持上一次波形显示，等待下一次触发。）
- D. 单次触发模式（满足条件触发一次，显示波形，然后停止捕获信号。）按一次 **Single** 按键进入单次触发模式，连续按两次此按键强制触发一帧并自动停止采集
- E. 旋转设置触发电平；按下自动将电平设置到波形的中央
- F. 触发状态灯，Ready、Trig'd

9.5 光标控制



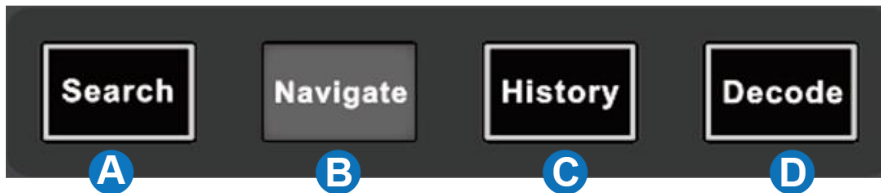
- A. 按下此键打开光标功能并激活 **光标** 设置对话框，再次按下此键关闭光标功能。
- B. 旋转多功能旋钮移动光标位置，按下则选择不同的光标线。

9.6 多功能旋钮



当参数设置区变成高亮时都可以使用图中的多功能旋钮修改数据。按下旋钮起选择的作用，如切换要移动的光标。默认功能为调节波形亮度。

9.7 常用功能



- A. 按下此按键打开搜索（Search）功能；再次按下关闭 Search 功能。
- B. 按一下启动导航功能，并显示导航设置对话框。
- C. 按下此按键启动历史模式并显示历史设置对话框。再次按下关闭历史模式。
- D. 按一下启动串行解码功能，并显示解码设置对话框。再按一下关闭解码。

9.8 其他按键

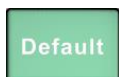


按下此按键启动采集，此时绿色的灯亮；再次按下此按键停止采集，此时红色的灯亮。



自动设置时基、触发和垂直档位，显示各种重复的信号。

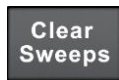
也可以通过菜单栏执行 **采样** > **自动设置**。按下此按键时，示波器会提示是否继续，点击屏幕上的“继续”或再次按下此按键将执行自动设置。



重置示波器的状态至默认配置。按下此按键时，示波器会提示是否继续，点击屏幕上的“继续”或再次按下此按钮将执行操作。



按下此按钮启动或关闭触摸屏。灯打开表明示波器触摸屏正在工作



清除多个扫描(采集)中的数据, 包括: 余辉显示、参数(测量)统计、平均后的波形和 Pass/Fail 统计等。



当连接外部存储器时可以按照设定的格式存储图片。支持的图片格式有.bmp\.jpg\.png。图片存储可以使用该快捷键。



按下此按键启动测量功能并显示 **测量** 设置对话框。再次按下关闭测量功能。



按下此按键显示 **函数发生器** 设置对话框。当函数发生器的输出使能时灯亮起。



按下此按键调出 **显示** 设置对话框。第二次按下启动波形的余辉功能, 此时灯亮起; 再次按下关闭余辉功能。



按下此按键显示 **保存/调出** 设置对话框



按下此按键显示 **功能** 设置对话框

10 通过不同方式完成同一操作

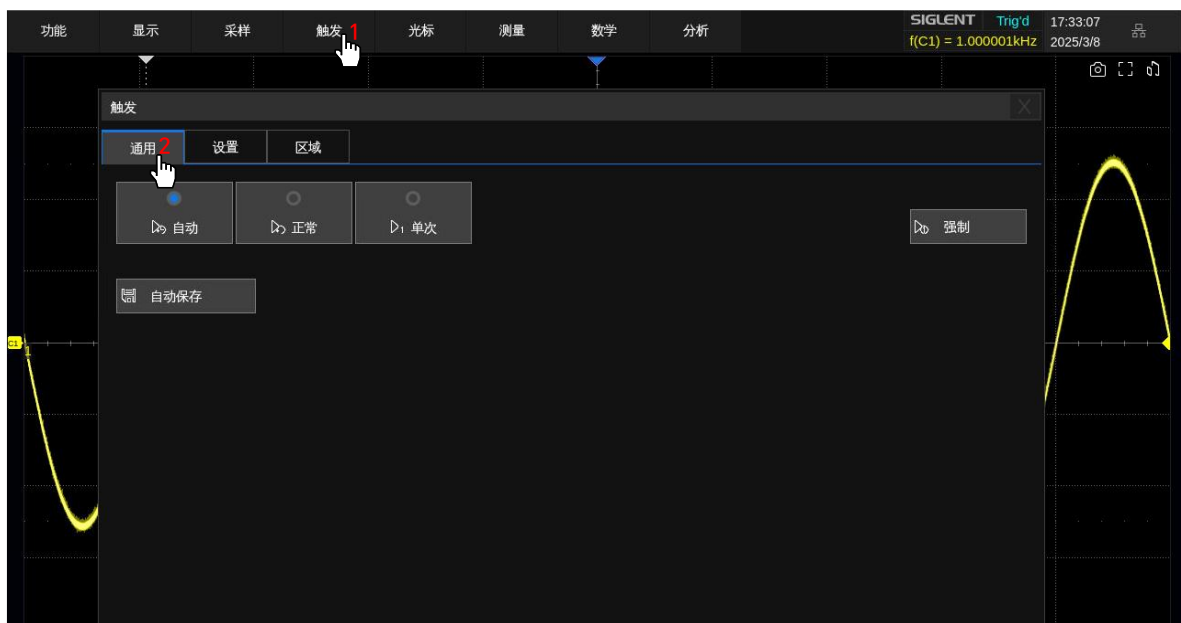
该仪器通常可以通过多种方式进入菜单、进行操作设置。

10.1 顶部菜单栏



如果熟悉 Windows 风格, 您可能会首选从显示屏顶部的菜单栏进入下拉菜单。点击需要的选项后, 将在屏幕中打开相应的设置对话框。

例如, 打开触发的设置对话框, 可以执行如下操作: **触发** > **通用**



10.2 参数区

对于通道设置、时基（水平）设置和触发设置等常用操作, 可以通过触摸屏显示区下方的参数区进入。对于参数区的介绍, 详见“通道参数区”和“时基和触发参数区”。

以上一节中打开触发的设置对话框为例, 触摸或点击屏幕下方的触发参数区即可。



10.3 前面板快捷键

示波器的大多数功能可以通过前面板的快捷键直接调用菜单，详见“使用前面板控制功能”一章。

同样是打开触发的设置对话框，按前面板触发控制区域的

 按键即可。



11 快速捕获信号

把一个信号连接到一个通道上（在本例中，我们假设信号连接到通道 1，且通道还没有开启）。

第一步，在前面板上按通道 1 按键，启动通道 1。按键灯亮起，屏幕下方显示该通道的参数区。



第二步，按 AutoSetup（自动设置）按键，示波器会根据信号的幅度、频率等信息自动设置垂直、水平和触发相关参数，快捷地显示信号

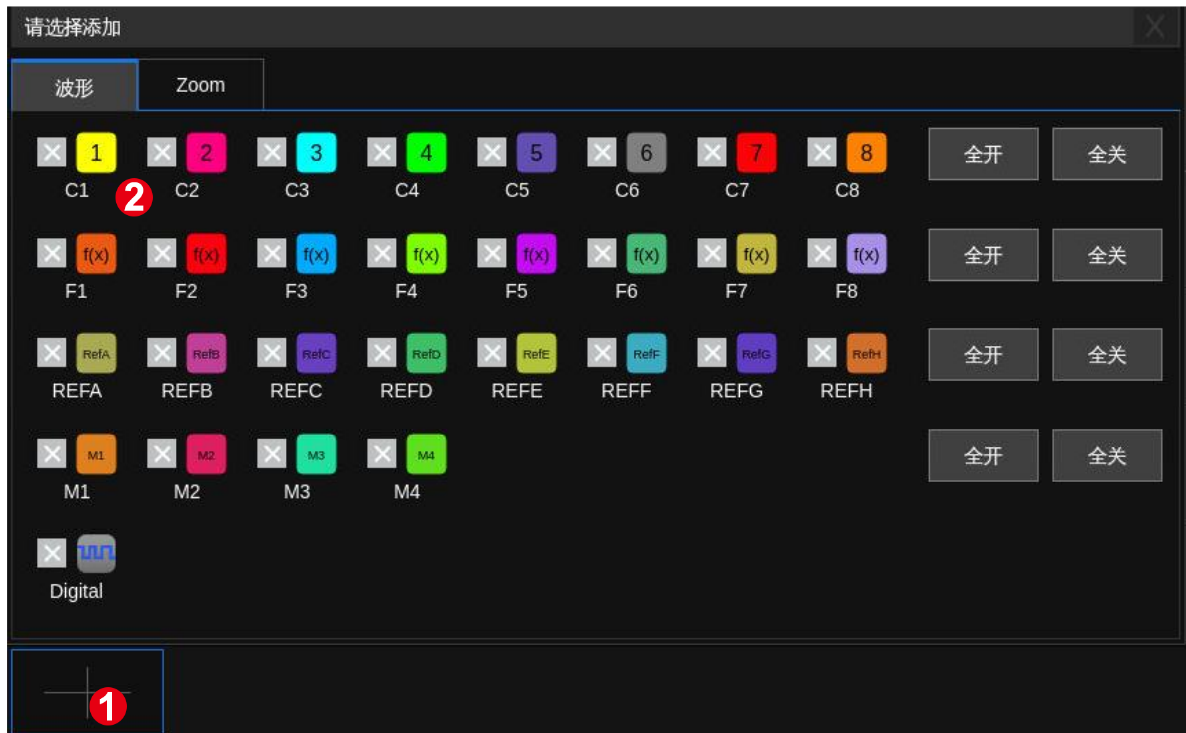


如果自动设置达不到想要的设置状态，可手动调节垂直、水平和触发参数，详见“垂直设置”、“水平和采样设置”和“触发”章节。

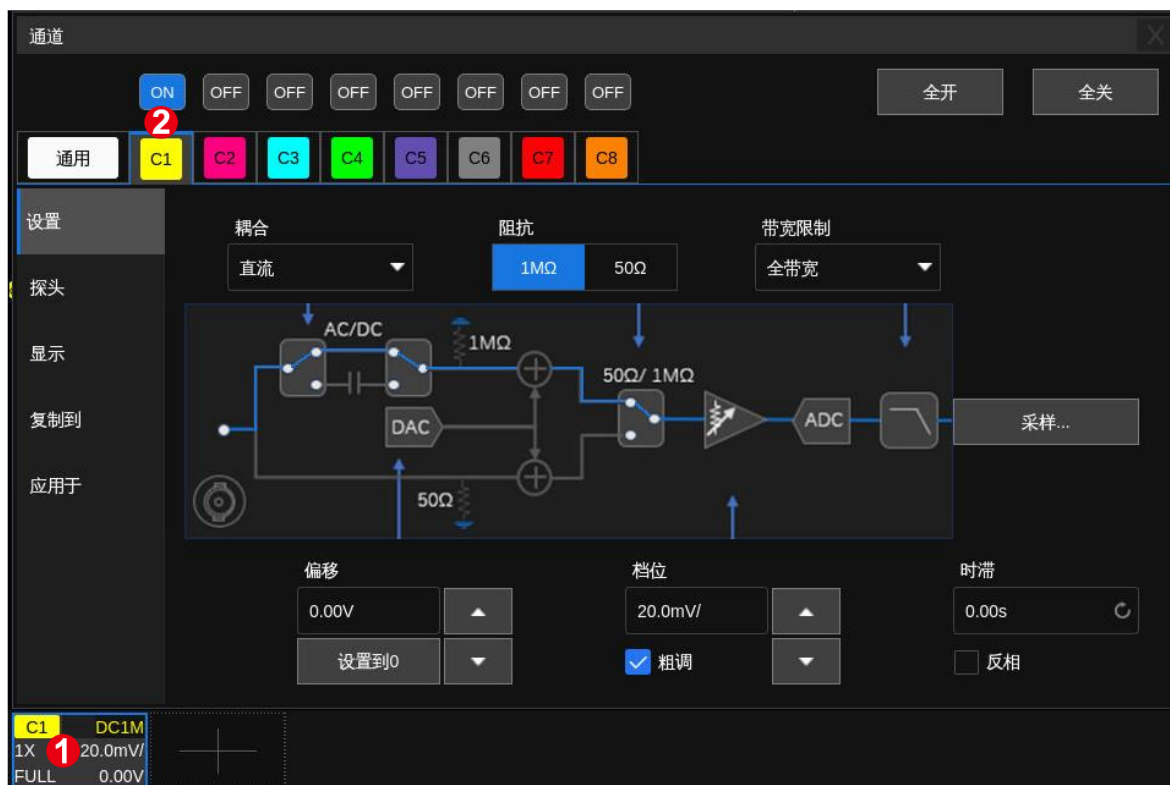
12 垂直设置

12.1 开启/关闭通道

按前面板的通道按键来操作对应的通道。当对应通道关闭时，按下此键打开通道波形；当对应通道打开且处于非激活状态时，按下此键激活通道；当对应通道打开且处于激活状态时，按下此键关闭通道波形。也可通过触摸区点击波形区域下方的 **+** 并选择通道开启对应通道波形，再次点击关闭通道波形；还可点击通道参数区，通道设置对话框中开启关闭通道。



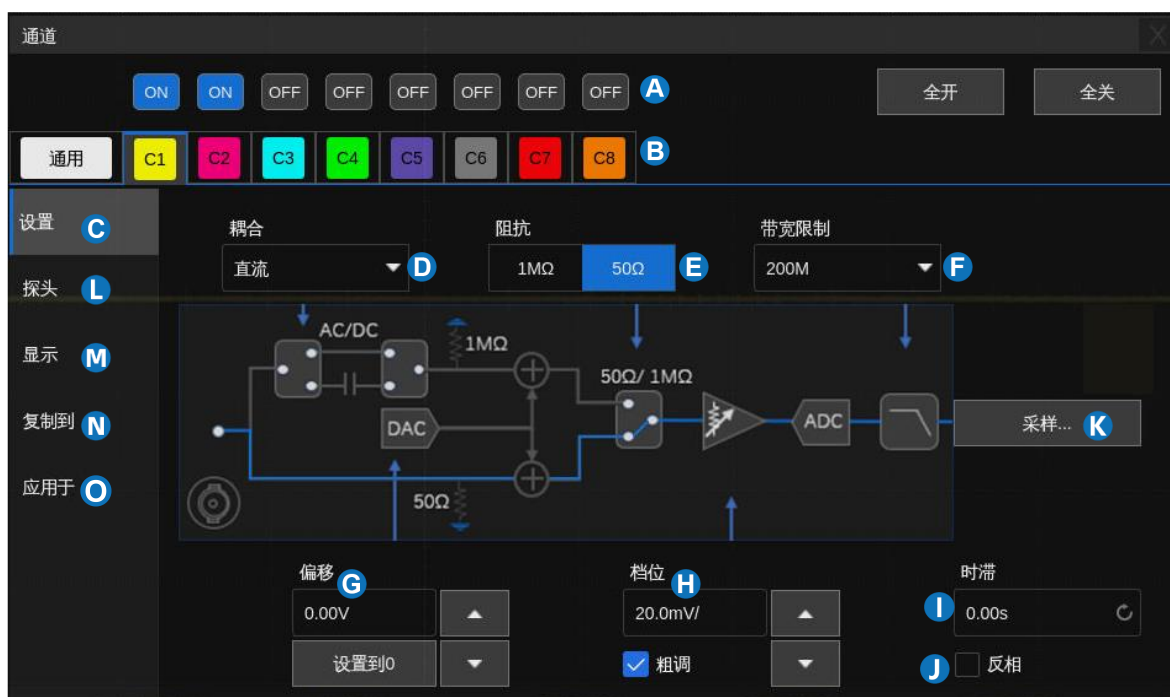
开启通道 1



关闭通道 1

12.2 通道设置

点击通道参数区，打开通道设置对话框。



- A. 开启/关闭通道。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有通道
- B. 切换对话框页面。通用页面下可设置垂直扩展策略；通道页面下可设置对应通道参数
- C. 通道基本设置
- D. 选择通道耦合方式（直流、交流或地）
- E. 选择输入阻抗
- F. 选择带宽限制（全带宽、200MHz、20MHz）
- G. 设置垂直偏移。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直偏移，向下减小，也可通过垂直偏移旋钮设置；点击 **设置到0** 设置偏移为 0
- H. 设置垂直档位。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直档位，向下减小，也可通过垂直档位旋钮设置；勾选粗调设置档位粗调，否则为细调
- I. 设置通道时滞，用于补偿不同通道间外部探头或线缆的延时差
- J. 设置通道反相。勾选开启，否则关闭
- K. 打开采样设置对话框
- L. 通道探头设置。设置探头衰减比例（1X、10X、100X 或自定义）
- M. 通道显示相关设置。设置通道单位、标签、波形可见/隐藏
- N. 通道复制。可将该通道的参数同步到其他波形通道
- O. 通道应用于功能。可将通道作为信源应用到其他基本功能

耦合

直流：通过信号的所有分量。

交流：隔离信号的直流成分，适用于观察带有直流偏置的交流信号，如电源纹波。交流耦合的截止频率请参考产品数据手册。

接地：通过内部开关将通道输入接地，可用于观察通道的零偏误差，或判断波形中噪声的来源（信号或示波器本身）。

阻抗

1M Ω ：连接高输入阻抗的无源探头时必须把阻抗设置为此选项，否则将无法测量到正确的信号。

50 Ω ：适用于通过同轴电缆引入的高频信号测试，可以最大限度地降低因阻抗不匹配而引起的幅度失真。

带宽限制

全带宽可以通过较高频率成分的信号，但同时也意味着可以通过较高频率成分的噪声。当感兴趣的信号频率成分很低时，开启带宽限制能获得更好的信噪比。本设备提供了 20MHz 和 200MHz 两种固定带宽限制选项。

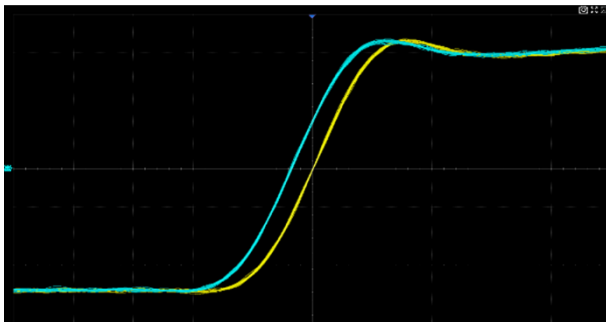
**注：**

带宽限制打开时可能会降低示波器的波形刷新率。

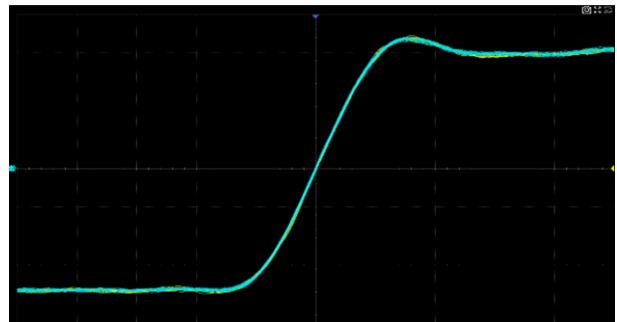
时滞

由于示波器的通道间、线缆或探头间的差异，会导致信号经过不同通道的测量路径后的延时不一致。例如两根长度相差 1 英寸的同轴线缆，其延时差可以大于 100ps。在一些测量两个（或多个）通道间延时关系的应用（如测量时钟和数据间的建立/保持时间）中，需要对通道间的延时进行补偿，以获得精确的测量结果。

补偿的方法：将两个通道（包括测量用的线缆或探头）接入同一个信号，调节其中一个通道的时滞值至屏幕上观察到的两个通道波形在水平方向上重合。



时滞补偿前



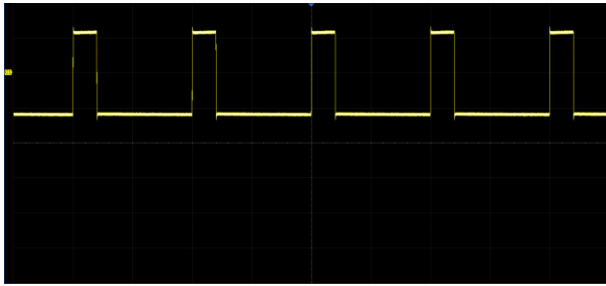
时滞补偿后

**注：**

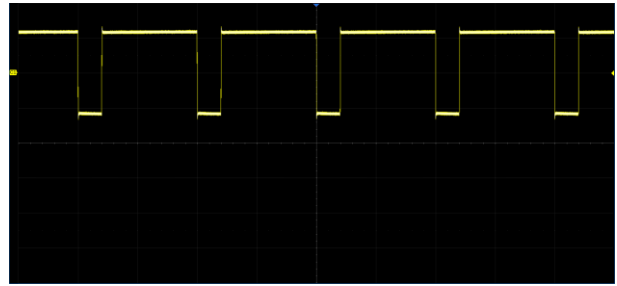
当有时滞补偿的通道为触发源时，触发延时指示符不会随时滞值改变而改变。

反相

反相开启时，通道波形相对地电位反相 180°。



反相关闭



反向开启

探头衰减

本设备提供了 1X, 10X, 100X 和自定义几种探头衰减比例选项。自定义值的范围在 10^{-6} ~ 10^6 之间。示波器会根据当前的探头衰减比例自动换算垂直档位，例如在 1X 衰减下示波器的垂直档位是 100mV/div，改变衰减比例为 10X 后，垂直档位将自动设置为 1V/div。当插入标配的 10X 无源探头时，示波器会自动将该值设置为 10X；当插入匹配本设备有源探头接口的有源探头时，示波器会自动将该值设置为符合此有源探头的比例值。

波形可见/隐藏

波形隐藏时，波形区域不再显示通道波形。波形隐藏影响的只是通道波形的显示，采集仍然在后台进行。



波形可见



波形隐藏

标签

用户可为通道设置标签。进入通道显示菜单页后，可自定义标签内容、设置显示。标签长度限制在 128 个字符以内，超出长度的字符将不会显示；开启显示后，标签将显示在通道偏移指示符右侧，随指示符同步移动。



标签显示关闭



标签显示打开

单位

电压单位“V”或电流单位“A”。当使用电流探头时，应该将单位切换至“A”。

应用于

通过此设置可快速开启常用功能，如测量、FFT、搜索、数字万用表、直方图和模板测试等。选择通道应用于的功能后，将直接开启该功能，并自动设置该通道为信源。当应用于 FFT 时，需要在弹出菜单中进行数学函数的选择。

垂直扩展

设置垂直方向上缩放的参考点。用户可指定当垂直档位变化时，垂直方向上偏移值的变化策略。

- 偏移固定 -- 在垂直档位变化时，垂直偏移值保持不变。
- 位置固定 -- 在垂直档位变化时，垂直偏移按屏幕上固定网格的位置保持不变。

13 数字通道

13.1 概述

SPL2016 探头

本设备的逻辑分析仪探头 SPL2016 同时测量最多 16 路数字信号。16 路数字信号可分为两组，每组可自定义命名。



两组信号在逻辑分析仪探头中可独立设置阈值电平，这样用户可以使用同一个探头同时观察两种不同的数字逻辑电平信号。



警告：

为避免造成人身伤害或损坏 SPL2016 及相连的任何设备，应注意以下安全事项。

只应在制造商指定的用途中使用本仪器。SPL2016 探头仅用于 SIGLENT 特定系列的示波器。如果使用 SPL2016 连接的设备的方式不符合指定用途，可能会损坏保护机制。

正确连接和断开。应避免过度弯曲而损坏电缆。

不要在潮湿或爆炸性环境中使用设备。

仅用于室内。SPL2016 仅用于室内，应在干净、干燥的环境中操作。

在怀疑发生问题时不要使用设备。如果任何部件损坏，不要使用 SPL2016。应由具有相应资质的维护人员完成维护工作。

保持产品表面清洁干燥。

示波器的数字通道支持以下功能：

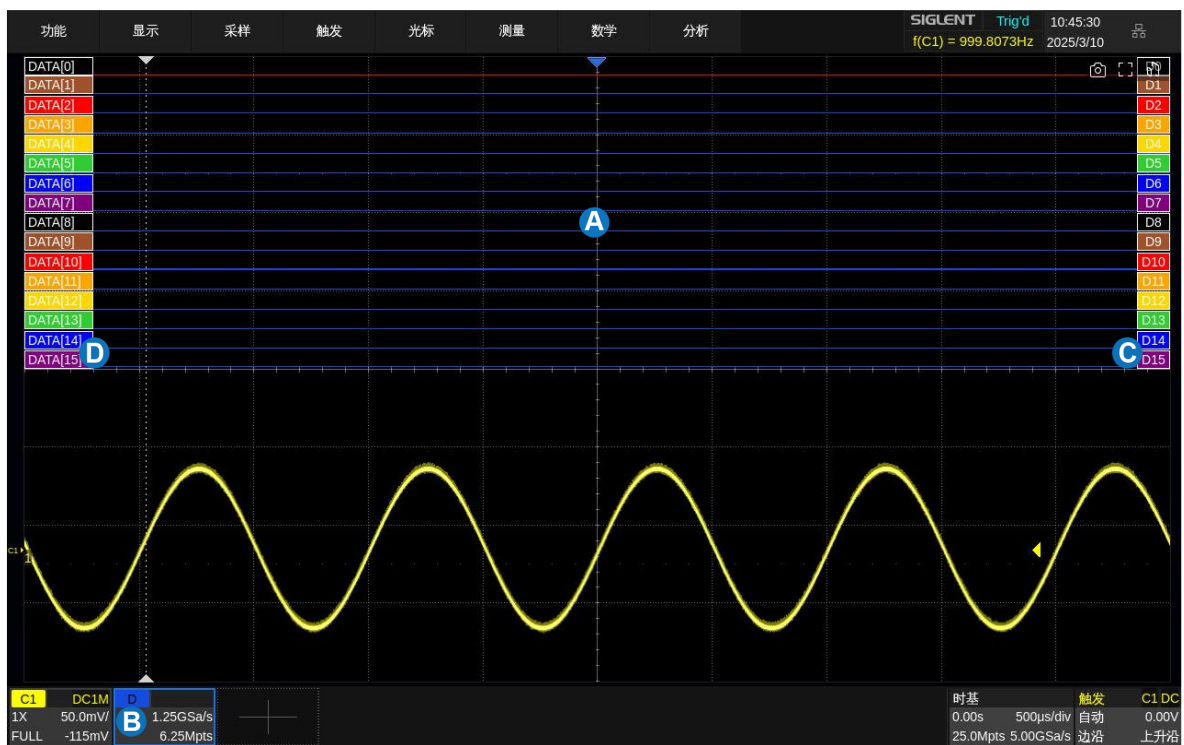
数字通道采集与分析 -- 对连接数字逻辑探头的信号进行采集与分析，包括波形的显示、存储、参数的测量等。

在数字通道上触发 -- 以数字通道为源进行触发，隔离出感兴趣的事件。

在数字通道上解码 -- 对数字通道进行串行协议的解码，需要安装对应的总线解码选件。

13.2 开启/关闭数字通道

数字通道与模拟通道非常类似，它们可以打开或关闭。还可以作为波形文件存储。水平光标和大多数水平测量也适用于数字波形。

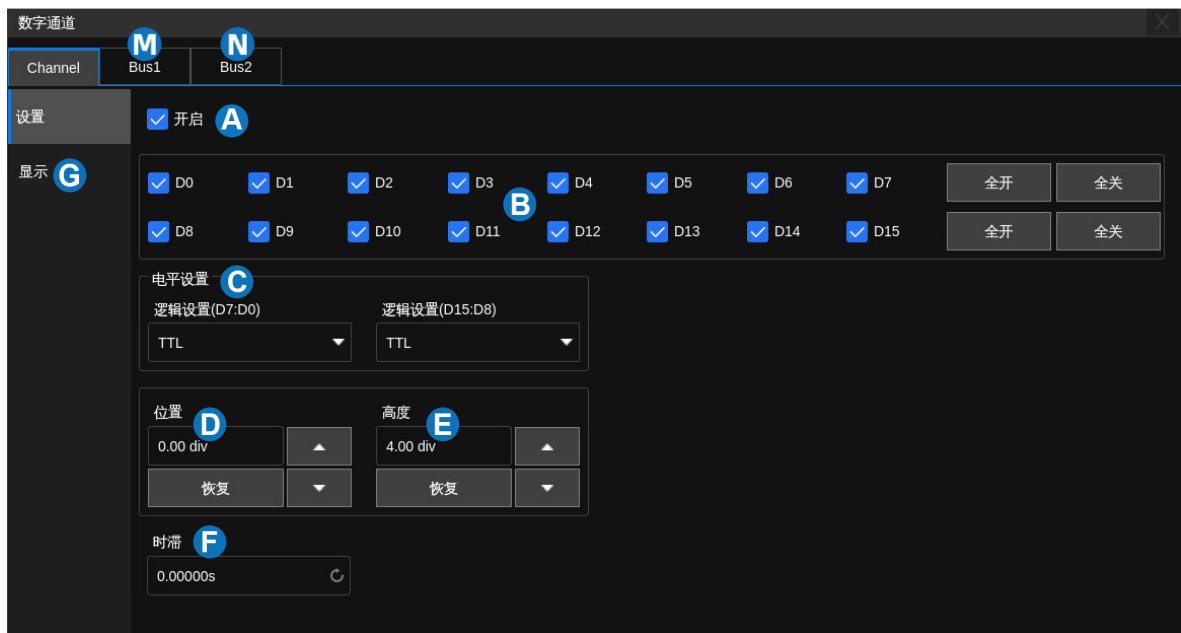


- A. 数字通道波形显示区域，可以与模拟通道波形叠加显示
- B. 数字通道参数区
- C. 通道标识符，最多可显示 D15~D8、D7~D0 两组共 16 个数字通道，也可以选择其中的任意通道显示
- D. 通道标签，可选择显示为 DATA、ADDRESS 或自定义字符

点击波形区域下方的 **+** 并选择“Digital”即可开启；点击通道参数区，在弹出的对话框中关闭通道。可参考“垂直设置”一章中的相应操作。

13.3 数字通道设置

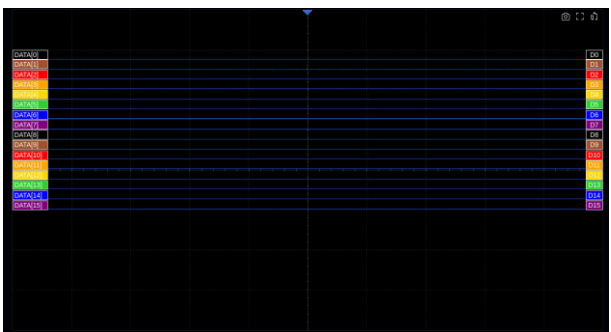
点击数字通道参数区，打开数字通道设置对话框：



- A. 开启/关闭数字通道。
- B. 设置要显示的通道。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有通道
- C. 数字通道的逻辑门限设置，示波器会根据不同的电平逻辑选项自动设置判决门限。
- D. 数字通道显示区域的上限。点击参数区可调出虚拟数字键盘设置。点击向上增大位置，向下减小；点击恢复，恢复位置的默认值
- E. 数字通道显示区域在高度上的范围。点击参数区可调出虚拟数字键盘设置。点击向上增大范围，向下减小。点击恢复，恢复高度的默认值
- F. 时滞设置
- G. 设置通道显示方式（向下、向上、默认）、通道标签（可选择数据、地址或自定义字符）等
- H. 总线 1 显示设置
- I. 总线 2 显示设置



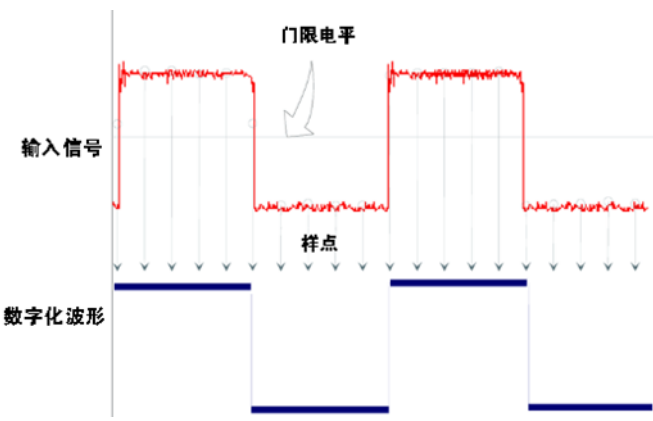
高度=8div，位置=0div



高度=4div，位置=-1div

逻辑门限设置

门限电平决定着怎样判决输入信号。可以在 **逻辑设置** 或 **触发** 设置的 **电平** 菜单中设置门限电平（设置相同，但位置不同，以方便操作人员使用）。小于门限的输入电压转换成‘0’，大于门限的输入电压转换成‘1’。

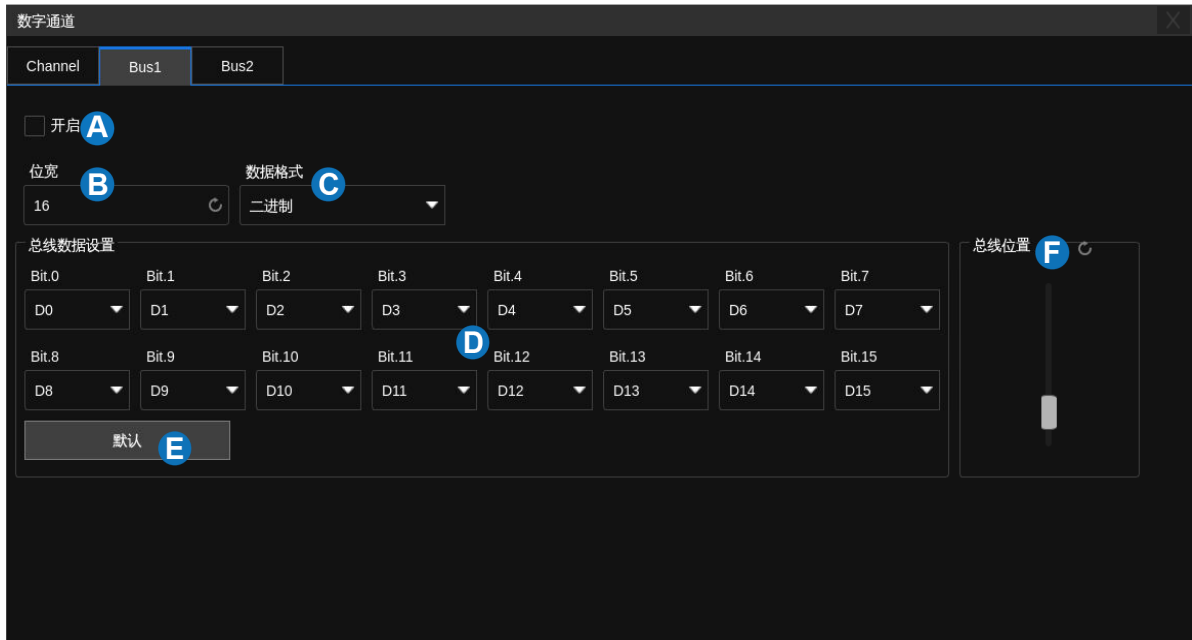


可设置的逻辑电平包括 TTL，CMOS，LVCMOS 3.3V，LVCMOS 2.5V 和自定义。

自定义门限电平的设置范围为-10.0V 到 +10.0V。

总线设置

触摸底部的数字通道参数区以打开数字通道对话框，触摸 **Bus1** 或 **Bus2** 以打开数字总线对话框。



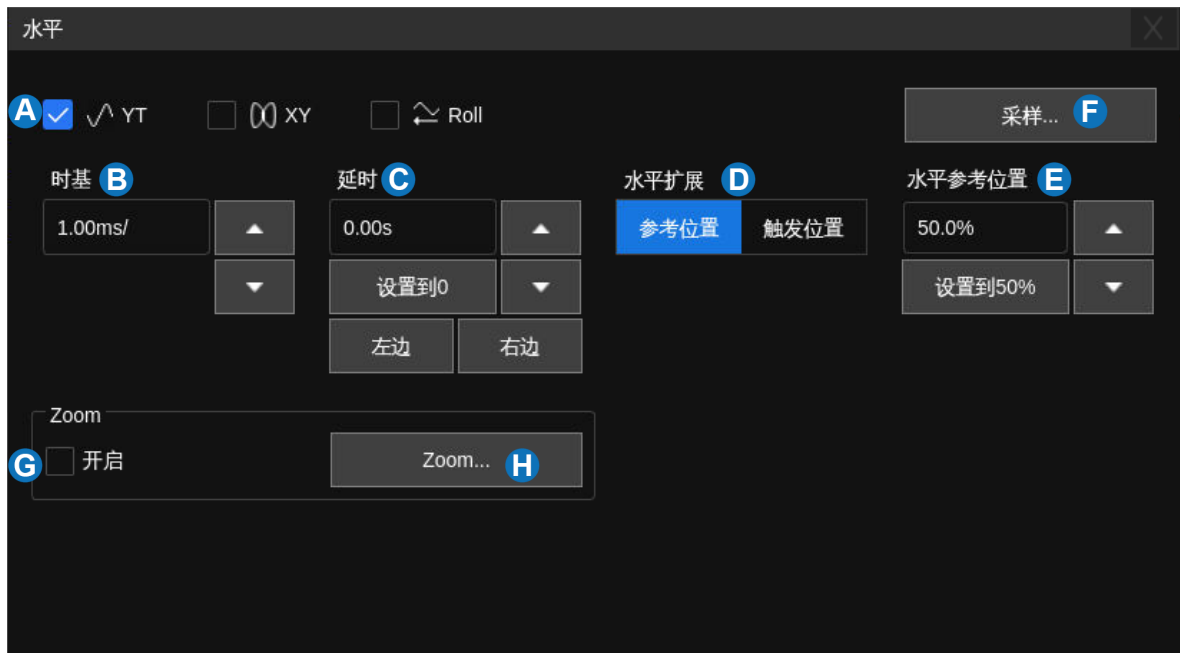
- A. 开启/关闭总线显示
- B. 设置数据总线的位宽
- C. 设置数字通道总线的数据格式（二进制，十进制，无符号十进制，十六进制）
- D. 设置数字通道总线的的数据。按位进行设置，总线位和数字通道之间的映射关系显示为 Bit.x[Dy]。例如，Bit.0[D15] 意味着总线的位 0 是 D15；点击 Bit.x[Dy] 将数字通道 D0-D15 分配给指定的位 x。
- E. 重置数据总线的数据，返回初始态
- F. 设置总线在垂直方向的位置

14 水平和采样设置

14.1 时基设置

时基设置用于调整波形在 X 轴上的相关参数，适用所有通道波形。

点击时基参数区，打开水平设置对话框，可设置时基（水平档位）、延时等参数：



- A. 设置水平模式：YT、XY、Roll
- B. 设置水平档位。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大水平档位，向下减小，也可通过水平档位旋钮设置
- C. 设置延时。点击参数区调出虚拟数字键盘设置；点击向上增大延时，向下减小，也可通过延时旋钮设置；点击 设置到 0 设置延时为 0；点击 左边 设置延时到屏幕左边；点击 右边 设置延时到屏幕右边
- D. 选择水平扩展策略
- E. 当水平扩展为“参考位置”时，设置水平参考位置。点击参数区调出虚拟数字键盘设置；点击向上增大水平参考位置，向下减小，也可通过延时旋钮设置；点击 设置到 50% 设置水平参考中心为 50%
- F. 打开采样设置对话框
- G. 开启/关闭 Zoom
- H. 打开 Zoom 设置对话框

水平扩展

设置水平方向上缩放的参考点，用户可指定当时基变化时，水平方向上偏移值的变化策略。

- 延时固定 -- 在水平档位变化时，水平延时值保持不变。在该模式下可设置水平参考点位置，水平延时值以参考点为中心，保持不变。
- 位置固定 -- 在水平档位变化时，水平延时按屏幕上固定网格的位置保持不变。

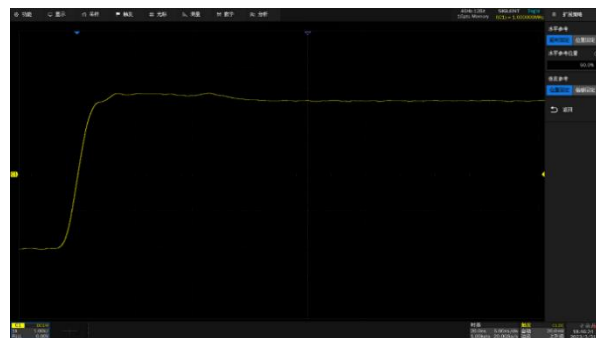
以下以水平参考的为例，来演示不同设置对应的缩放效果：



水平档位 = 10ns/div，水平延时 = 20ns = -2div



位置固定，水平档位设置为 5ns/div，延时的格数（-2div）不变，水平延时变化为 10ns



延时固定，水平档位设置为 5ns/div，水平延时绝对值（20ns）保持不变，延时的格数变化为 -4div

14.1.1 XY 模式

用 C1 输入的一帧数据作为 X 轴，用 C2 输入的同步采集的一帧数据作为 Y 轴来显示两路信号之间的关系。XY 模式通常被用来绘制李萨如图或元器件的伏安关系图。

14.1.2 滚动 (Roll) 模式

按下前面板 **Roll** 键直接切换为滚动模式。在该模式下，波形自右向左滚动刷新显示，波形水平位移控制不起作用。支持滚动模式的水平档位为 50ms/div 及以上。

如果希望暂停以“滚动”模式显示，请按下 **Run/Stop** 键。要清除显示屏并以“滚动”模式重新开始采集，请再次按下 **Run/Stop** 键。

滚动模式下还支持缩放波形 (Zoom) 功能，可对滚动波形进行放大观察，该功能详见“缩放波形 (Zoom)”一节。

14.2 采样设置

14.2.1 概述

点击水平对话框的 **采样...**，或点击菜单栏 **采样**，可弹出采样参数设置对话框。



A. 启动/停止采集，也可通过前面板 **Run/Stop** 按键实现

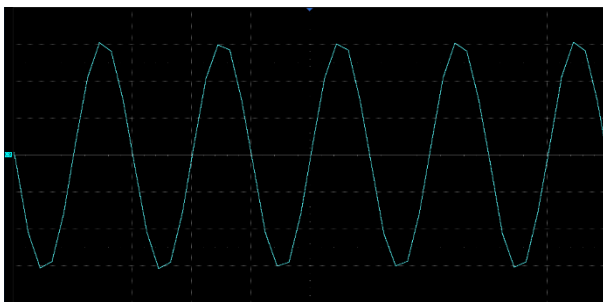
B. 自动设置时基、触发和垂直档位，显示各种重复的信号，也可通过前面板 **AutoSetup** 按键实现

- C. 重置示波器的状态至默认配置，也可通过前面板 Default 按键实现
- D. 清除多个扫描(采集)中的数据，包括：余辉显示、参数(测量)统计、平均后的波形和 Pass/Fail 统计等也可通过前面板 ClearSweeps 按键实现
- E. 选择内插方式
- F. 选择采集模式(快采、慢采)
- G. 选择采集方式(普通、峰值检测、平均值或高分辨率)
- H. 选择存储模式：自动、固定采样率或固定存储深度
- I. 选择最大存储深度(“自动”模式适用)
- J. 开启/关闭分段采集模式
- K. 设置分段采集段数

内插方式 -- 在小时基下，屏幕的原始数据点数可能会小于网格区域的像素点数，这样就需要对原始数据点进行内插处理来获得连续的波形显示效果。例如在 1 ns/div 时基，5 GSa/s 采样率下，原始数据点数为 50，但网格区域的像素点数远远大于 50，此时示波器需要对原始点进行内插来使得屏幕上的波形显示连续。

x：线性插值，最简单的插值方式，用直线将两个原始点连接起来。

Sinc：即 $\sin(x)/x$ 插值，根据奈奎斯特重构公式对原始点进行插值，对于正弦波有很好的时域恢复效果。 $\sin(x)/x$ 插值对正弦波有很好的恢复效果，但对于阶跃信号，会由于吉布斯效应给插值后的信号带来虚假的过冲。



x 插值



Sinc 插值

采集模式 -- “快采”是默认的设置，在快采模式下本设备提供了非常高的波形刷新率。当用户需要降低刷新率时，可以选择“慢采”模式。

采集方式 -- 详见“采集方式”一节。

存储模式 -- 详见“存储模式”一节。

存储深度 -- 一帧波形的数据长度。根据公式“采样时间=采样点数×采样间隔”，设置较大的存储深度可以在大时基下获得较高的采样率，但由于示波器处理的点数增加，可能会降低波形刷新率。本设备可以在仅开启一个通道、固定采样率 2.5 GSa、50 ns/div 时基、点显示模式、所有数据分析功能（测量、数学运算、解码、光标等）关闭时获得最佳的波形刷新率。在全存储深度下，本设备可以在 50 ms/div 的时基下仍然运行于全速采样，做到整体与细节的兼顾。

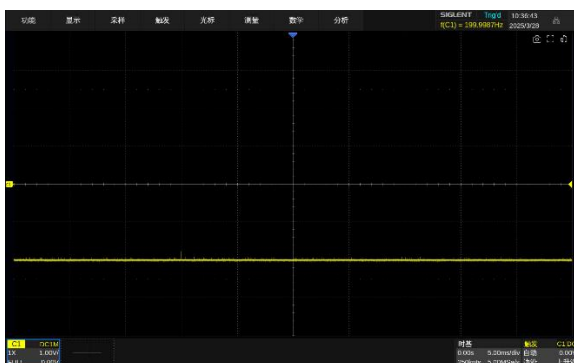
14.2.2 采集方式

采集方式用于控制如何从采样点中产生出波形点。示波器常用的波形捕获模式有普通模式、峰值检测模式、平均值模式和高分辨率（Hi Res）模式。

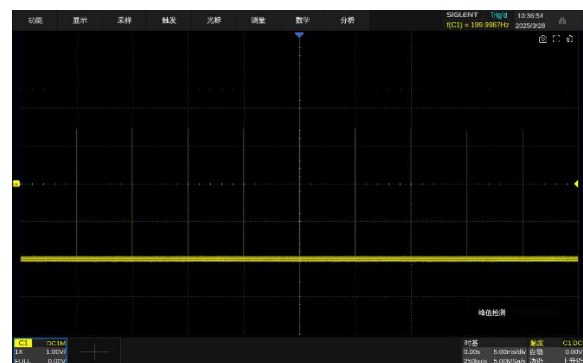
普通模式 -- 最简单的波形捕获模式。该模式下，示波器以相等的时间间隔对信号进行采样。每一个波形间隔，示波器存储一个采样点的值，并作为波形的一个点，以此来重构波形。此模式对大多数波形可产生最佳的显示效果。

峰值检测 -- 该模式下，示波器采集采样间隔内的最小值和最大值，并把这些值作为两个相关的波形点，以此来重构波形。该模式能捕获发生在波形采样点之间快速变化的信号，非常有效地观察到偶尔发生的窄脉冲或毛刺，但显示的噪声比较大。峰值检测模式下，示波器将显示脉宽大于 0.5ns 的所有脉冲。

在下面的例子中，在 5MSa/s 采样率下，分别用普通模式和峰值检测模式对脉宽 3.4ns、周期 200Hz 的窄脉冲序列进行采集。可以看到，由于采样间隔（200ns）远远大于脉冲宽度（3.4ns），普通模式难以捕捉到窄脉冲，但峰值检测模式可以保证每个脉冲都捕捉到。



普通模式



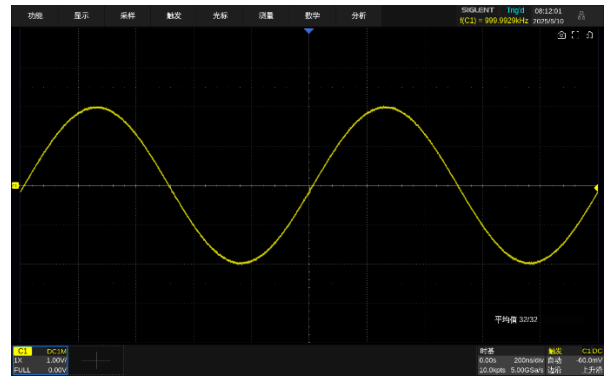
峰值检测模式

平均值 -- 该模式下，示波器对多次采样的波形进行平均，以减少输入信号上的随机噪声并提高示波器的有效分辨率。平均次数越高，随机噪声越小。本设备的平均值处理由硬件引擎实现，因此在平均

值开启时仍然能保持高波形刷新率。



普通模式



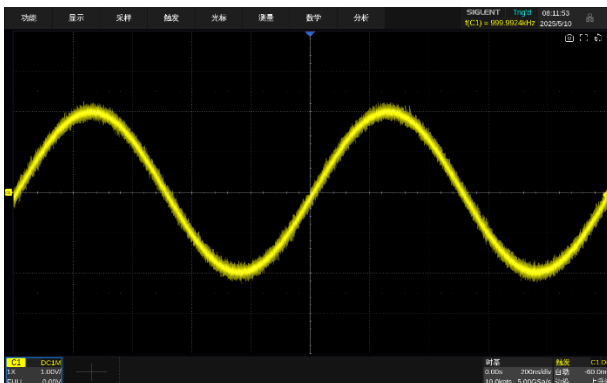
平均值模式 (32 倍)



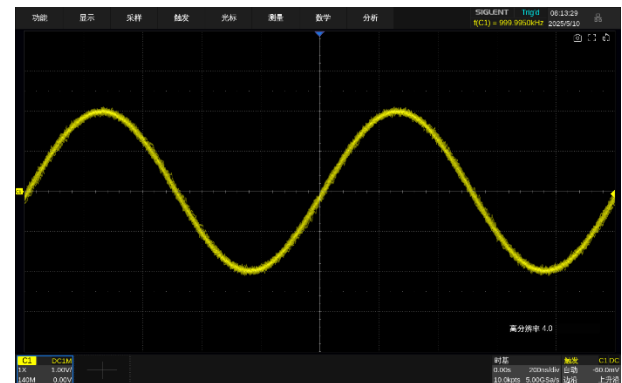
注:

平均值采集方式只对周期信号有效，且使用平均值模式时务必要保证波形稳定触发。

高分辨率 (Hi-Res) -- 该模式下，示波器对采样点进行数字滤波，可减少输入信号上的宽带随机噪声，提高信噪比，从而提高示波器的有效分辨率 (ENOB)。本设备的 Hi Res 处理由硬件引擎实现，因此在 Hi Res 开启时仍然能保持高波形刷新率。



普通模式



高分辨率模式 (4.0)

高分辨率采集方式不要求信号具有周期性，也不需要稳定触发，但由于其实现的原理是基于数字滤波，所以开启时会降低示波器的系统带宽，增强的位数越高，带宽越低。下表体现了增强位数和带宽的关系：

增强位数	-3dB 带宽
1.0	0.25*采样率

增强位数	-3dB 带宽
2.0	0.115*采样率
3.0	0.055*采样率
4.0	0.028*采样率

14.2.3 存储模式

共有三种存储模式可供选择。

自动 -- 按一帧波形对应屏幕，并保持最大采样率的原则，根据时基来自动设置存储深度和采样率。例如在 1 us/div 时基下，一屏数据所代表的采样时间为 10 us，此时取示波器最高采样率 5 GSa/s，根据公式“采样时间=采样点数×采样间隔”，计算得到采样点数（即：存储深度）为 50k 点。

自动模式下提供了可设置参数“最大存储深度”。在较大时基下，如果以示波器的最高采样率采集一屏数据会超过最大存储深度，系统将自动降低采样率。

	注： “最大存储深度”参数是设定示波器存储采样点数的上限，实际的采样点数与当前时基设置相关，可能会小于该值。实际的采样点数信息可以在时基参数区（详见“时基和触发参数区”小节）获得。
--	--

固定采样率 -- 按指定的采样率采集一帧波形。此时示波器按一帧波形对应屏幕，并保持指定采样率的原则，根据时基来自动设置存储深度。

	注： 在固定采样率下，需要留意设定的采样率与输入信号的最高频率之间是否满足奈奎斯特采样定理。如果设定的采样率小于输入信号最高频率的 2 倍，会因为采样混叠而得到失真的信号。
---	--

固定存储深度 -- 按指定的存储深度采集一帧波形。此时示波器根据存储深度和时基来自动设置采样率。该模式与自动模式的区别是，在较小时基下，即使示波器最高采样率来采集，所得的存储深度也会超过屏幕显示的范围，需要将采集停止后将时基调大到合适的档位才能看到整帧波形的全景。

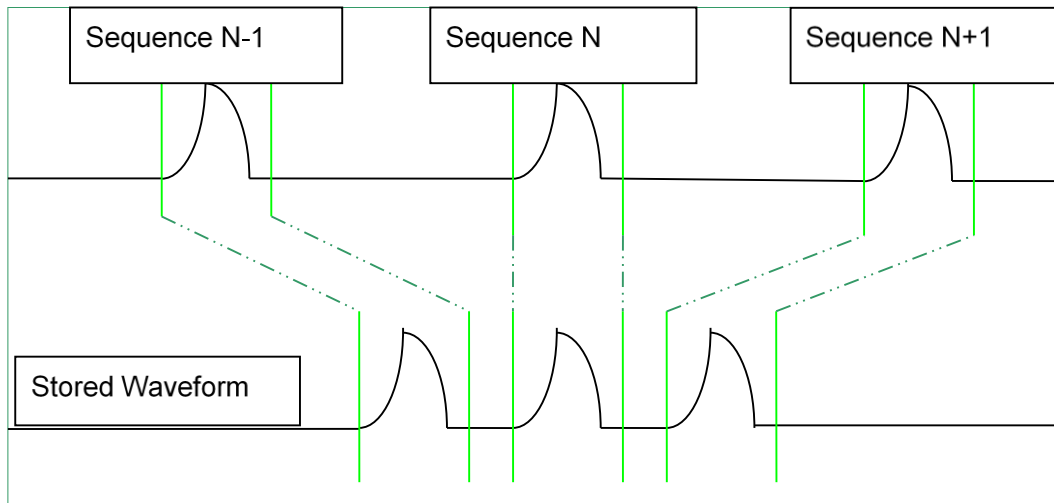
	注： 在固定存储深度下，采集运行状态下，测量、数学运算、解码等数字信号处理的操作都只对屏幕上对应的数据进行处理。历史帧缓存内存储的是完整存储深度的波形。
---	--

14.2.4 分段采样 (Sequence) 模式

Sequence 模式是一种快速采集模式，它将示波器的存储深度分成若干（最多 170,000）等份，每个等份里只存储触发到的单次波形。在存储的段数没有达到设置的段数之前，示波器只进行采集和存储，而不进行显示和数据处理。这种模式可以最小化触发事件之间的死区时间，因而极大地提高刷新率。本设备在 Sequence 模式下可以达到最低 1.5 μ s 的触发间隔，对应 650 000 帧/秒的波形刷新率。

在指定的段数采集满以后，示波器会将所有段一起映射到屏幕上。如果需要对每帧进行单独的查看和分析，可以进入历史模式（详见“历史 (History) 模式”一节）。历史模式可以为每段提供时间标签。

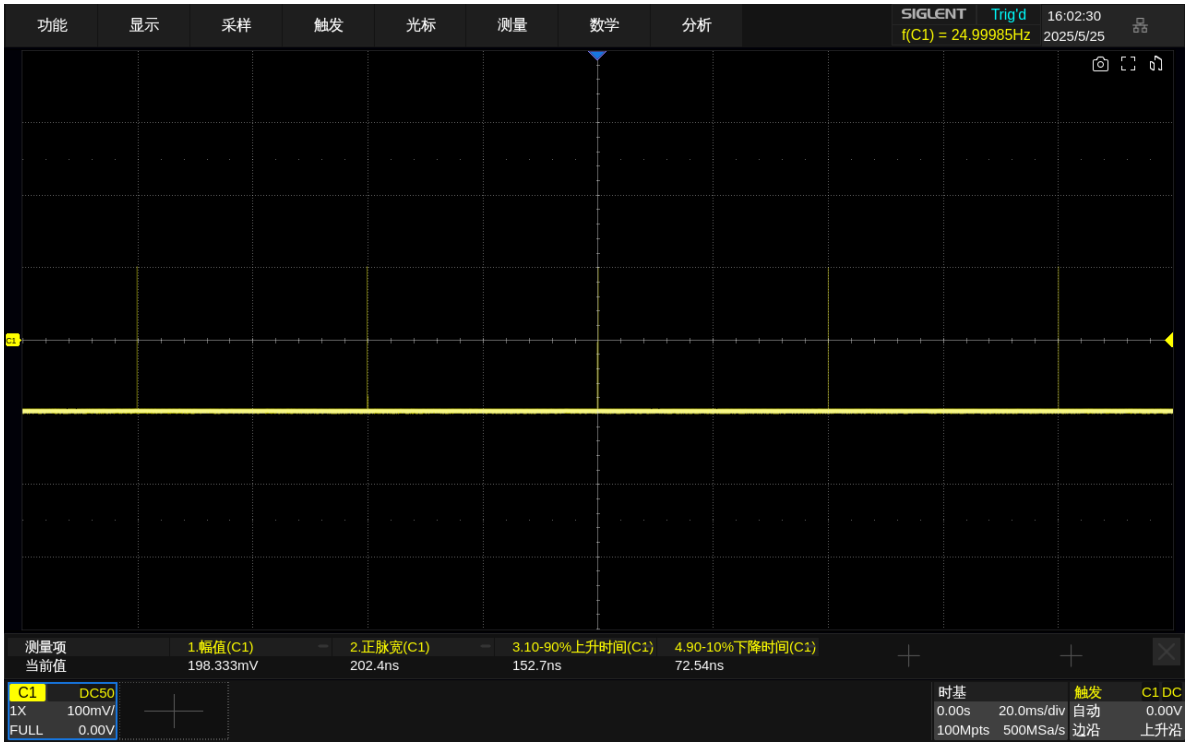
Sequence 模式下除了可以最小化触发事件之间的死区时间，另一个好处是可以捕获单个独立的长周期的罕见事件。示波器能够捕获很长时间内符合触发条件的多个事件，忽略相邻两个事件中间的不感兴趣的周期，从而最大化利用波形存储空间。你可以对选定的段，使用采集时基的全精度来做与时间有关的各种测量。



实例操作

向 C1 输入一个周期为 40ms 的等间隔脉冲，脉冲的上升时间为 150ns，下降时间为 70ns，脉宽 200ns，幅度 0.2Vpp。点击 AutoSetup。

设置 C1 的耦合方式为 DC50 Ω ，电压档位为 100mV/div，垂直偏移为 0，触发电平为 0。设置存储深度为 100 Mpts。

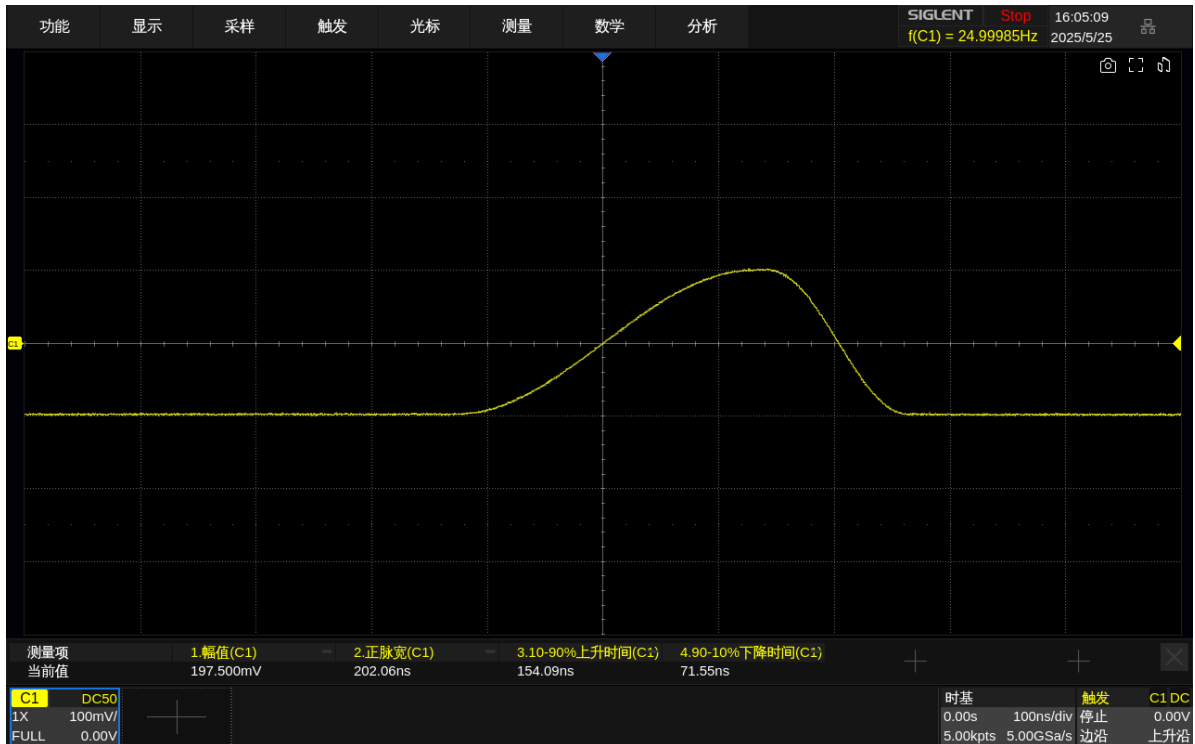


普通模式，在 100 Mpts 存储深度下能以 500 MSa/s 的采样精度在屏幕上获得 5 个脉冲。

设置触发模式为“Single”，改变水平档位为 100ns/div，打开分段采样模式，设置段数为最大值（根据当前时基下的采样点数不同而不同，本例中为 43231，最大支持到 170,000），耐心等待采集结束（约半小时：40ms*43231），所有符合触发条件的波形都被投影到屏幕上。



Sequence 模式, 指定的段数未采集满前不显示波形, 此时屏幕上有计数器指示已采集完成的段数。



Sequence 模式, 能以 5GSa/s 的采样精度获得 43231 个脉冲。

14.3 历史 (History) 模式

通过点击 **分析** > **历史菜单** 可打开历史模式的设置对话框。



- A. 开启或关闭历史模式
- B. 点击选中该区域, 调出虚拟数字键盘指定要观察的帧
- C. 开启或关闭列表
- D. 列表时间类型。仅在开启列表时才可设置

- E. 选择播放模式
- F. 设置自动播放时两帧间的时间间隔
- G. 自动向前、暂停、自动向后播放
- H. 列表，显示每帧的序号和时间标签
- I. 搜索开启时，可设置停止播放条件：搜索到事件时停止

当您开始使用示波器时，示波器将自动采集并存储数据，可采集的帧数随当前时基下的采样点数不同而不同，最大支持到 170,000。打开历史模式可以观察之前存储的波形，并对其进行测量分析和数学运算。您可以通过波形导航以不同的速度来捕捉个别细节或随时间变化的波形。

每个记录都有时间标签，您可以打开列表，选择采集的绝对时间和相邻两帧之间的采集间隔作为标签。在列表中点击一帧的时间标签，显示的波形会自动跳到对应的帧。

仍然以上一节中的波形为例。Sequence 模式下所有符合触发条件的波形都被一次性投射到屏幕上。如果需要观察某一单帧波形，可以使用历史模式。

开启历史模式，点击 **显示帧数** 区域两次，调出虚拟数字键盘，输入数字“52”，指定观察第 52 段波形，如下图：



在历史模式下观察 Sequence 采集的第 52 帧波形

点击 **列表** 区域，打开列表，可以看到第 52 段波形对应的时间标签，时间精确到 us。时间标签可以选择 **采样时间** 和 **采集间隔** 两种，采样时间对应采集到某一帧的绝对时间，与示波器的实时时钟同步；采集间隔为相邻两帧之间的采集时间间隔，在下图中体现为 40ms，与实际波形周期符合。

History List		×
his.	acq.time	^
58	19: 25: 40. 957317	
57	19: 25: 40. 917317	
56	19: 25: 40. 877317	
55	19: 25: 40. 837317	
54	19: 25: 40. 797316	
53	19: 25: 40. 757316	
52	19: 25: 40. 717316	v

History List		×
his.	delta t	^
58	00: 00: 00. 040000	
57	00: 00: 00. 040000	
56	00: 00: 00. 040000	
55	00: 00: 00. 040001	
54	00: 00: 00. 040000	
53	00: 00: 00. 040000	
52	00: 00: 00. 040001	v

除了手动指定波形，还可以自动播放：

按下  软键：从当前帧向前回放直到第一帧波形。

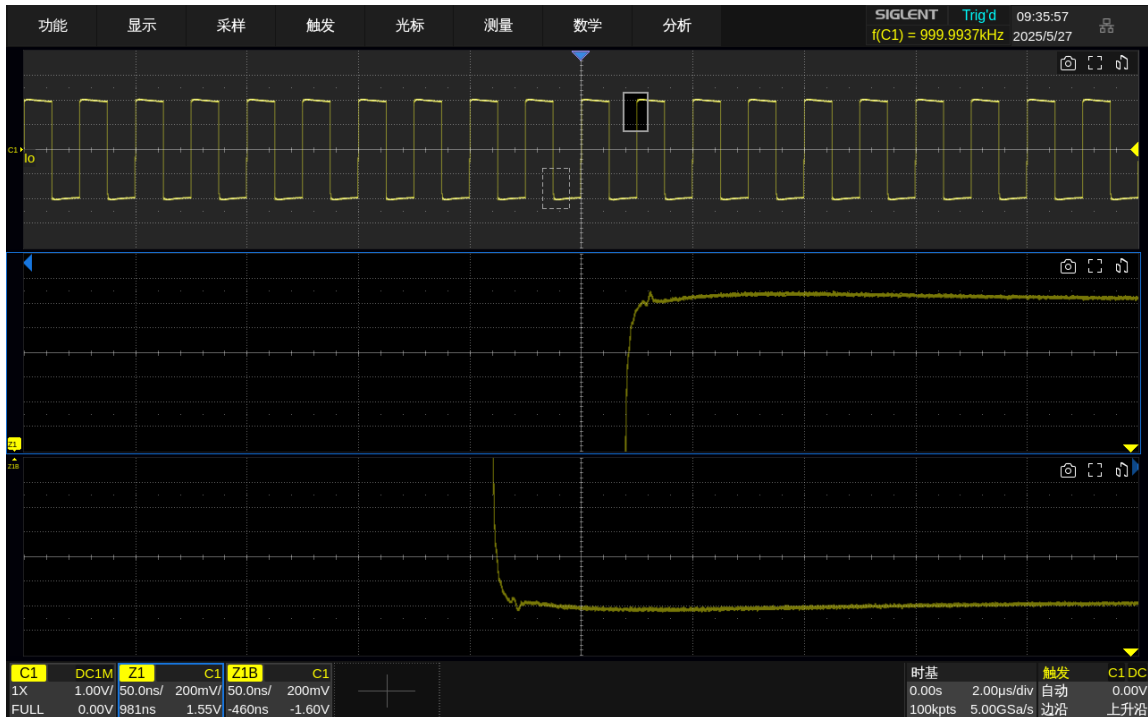
按下  软键：停止回放。

按下  软键：从当前帧向后回放直到最后一帧波形。

点击 **播放间隔** 区域可以控制自动播放的速度。在自动播放的过程中，列表会自动滚动到当前播放的帧。

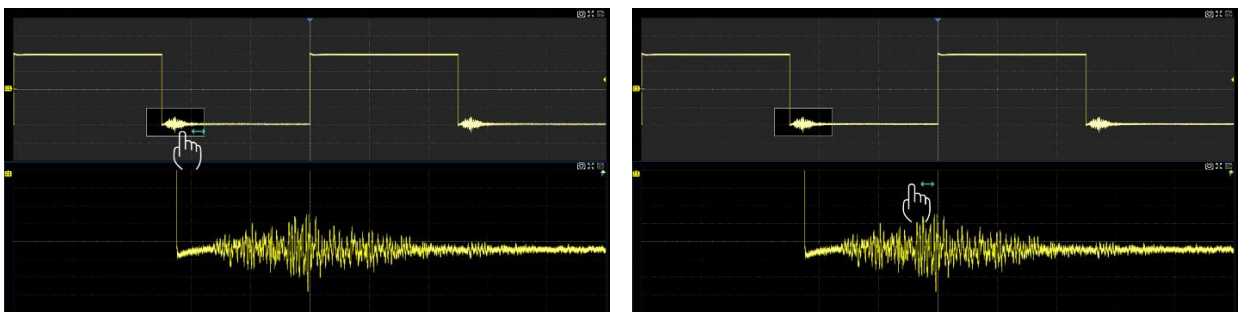
15 缩放波形 (Zoom)

按  按钮，或点击时基参数区的对话框 **Zoom** 来开启波形缩放。Zoom 打开后，示波器会另外开辟一个窗口专门显示 Zoom 波形。Zoom 窗口可以在垂直和水平两个方向上放大波形。Zoom 对话框的 **通用** 页面下，勾选 **双 Zoom** 开启两个 Zoom 波形，同时观察不同区域的波形细节。



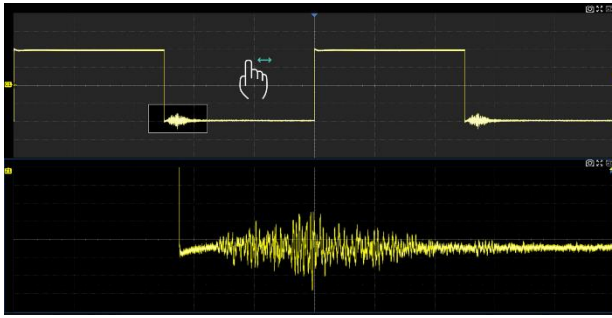
主窗口中未被灰色背景覆盖的区域即为放大的区域。在主窗口被选中时，可通过旋转水平档位旋钮改变主时基，通过旋转垂直档位旋钮改变主波形的垂直档位；旋转水平 Position 旋钮和垂直 Position 旋钮在水平和垂直方向移动主波形。在主窗口的某个点上双击可快速将此点的位置设置为 Zoom 窗口的中心点。

在 Zoom 窗口被选中时，可通过旋转水平档位旋钮和垂直档位旋钮改变水平和垂直方向上的档位（即：改变放大倍数）；旋转水平 Position 旋钮和垂直 Position 旋钮在水平和垂直方向移动放大区域。点击 Zoom 波形（Z1~Z8、Z1B~Z8B）对应的通道参数区也可设置 Zoom 波形的水平和垂直参数，其方法与通道波形的相关参数设置一致；也可通过鼠标操作来设置波形或放大区域的位移。

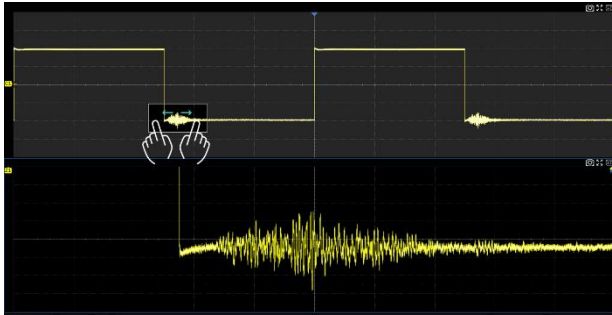


在主窗口的放大区域或 Zoom 窗口左右拖动鼠标来控制放大区域的水平位移；上下拖动鼠标来控制放

大区域的垂直位移



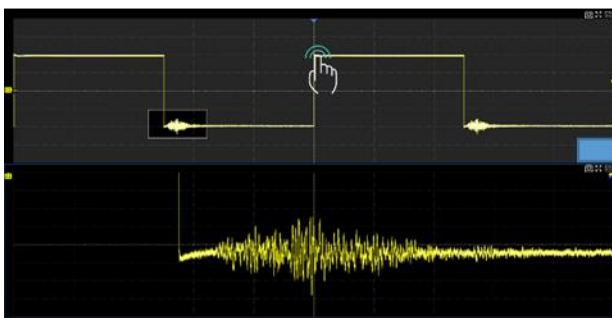
在主窗口的灰色区域左右拖动鼠标来控制波形的水平位移；上下拖动鼠标来控制波形的垂直位移



在主窗口的放大区域或 Zoom 窗口通过水平方向的两点缩放手势控制 Zoom 窗口的水平档位；通过垂直方向的两点缩放手势控制 Zoom 窗口的垂直档位



在主窗口的灰色区域通过水平方向的两点缩放手势控制主窗口的水平档位；通过垂直方向的两点缩放手势控制主窗口的垂直档位



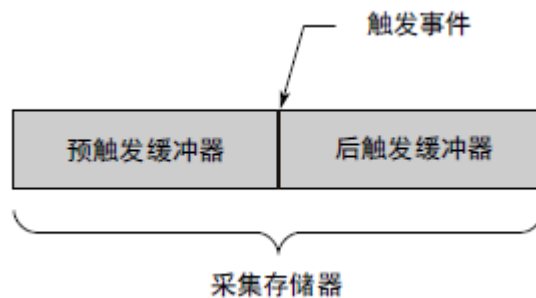
在主窗口域双击某点可快速将放大区域切换至此处

16 触发

16.1 概述

触发，是指按照需求设置一定的触发条件，当波形中的某一段满足这一条件时，示波器即时捕获该段波形及其相邻部分，并显示在屏幕上。触发的作用有两点：第一，隔离感兴趣的事件。第二，同步波形，或者说稳定显示波形。只有稳定的触发才有稳定的显示。触发电路保证每次时基扫描或采集都从输入信号上与用户定义的触发条件开始，即每一次扫描和采集同步，捕获的波形相重叠，从而显示稳定的波形。

下图显示采集存储器的概念。为便于理解触发事件，可将采集存储器分为预触发缓冲器和后触发缓冲器。触发事件在采集存储器中的位置是由触发延迟（水平位置）设置定义的。在触发事件到来之前，示波器先填充预触发缓冲器，在预触发缓冲器满后不断以先进先出（FIFO）的方式更新预触发缓冲器并等待触发事件到来；在触发事件到来之后，停止更新预触发缓冲器，改为填充后触发缓冲器；待后触发缓冲器满后，一帧波形采集完成。



以下是采集存储器填充过程中各个状态的定义：

Arm -- 预触发缓冲器未满，此时示波器不响应任何触发事件

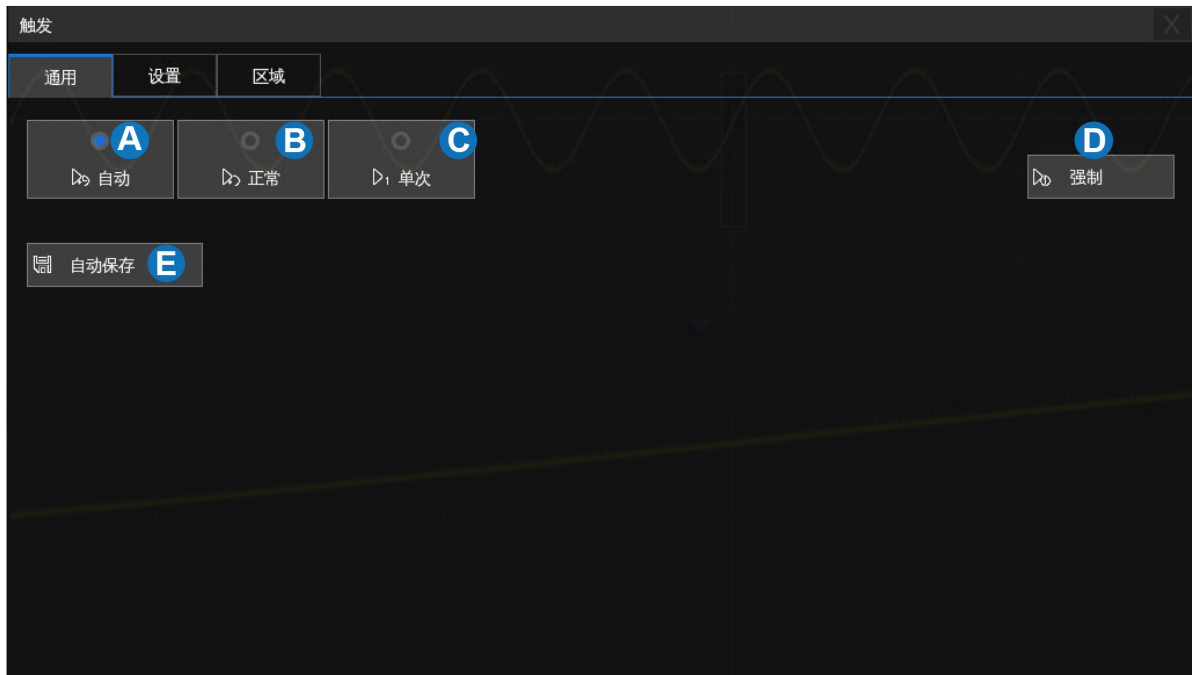
Ready -- 预触发缓冲器已满，等待触发事件到来

Trig'd -- 检测到触发事件，开始填充后触发缓冲器

触发应根据输入信号的特征来设置。例如，对于周期重复的正弦波，可以设置在上升沿进行触发；对于捕捉组合逻辑电路中的冒险信号（毛刺），可以设置脉宽触发。您应该对被测信号有所了解，才能正确捕获感兴趣的波形。

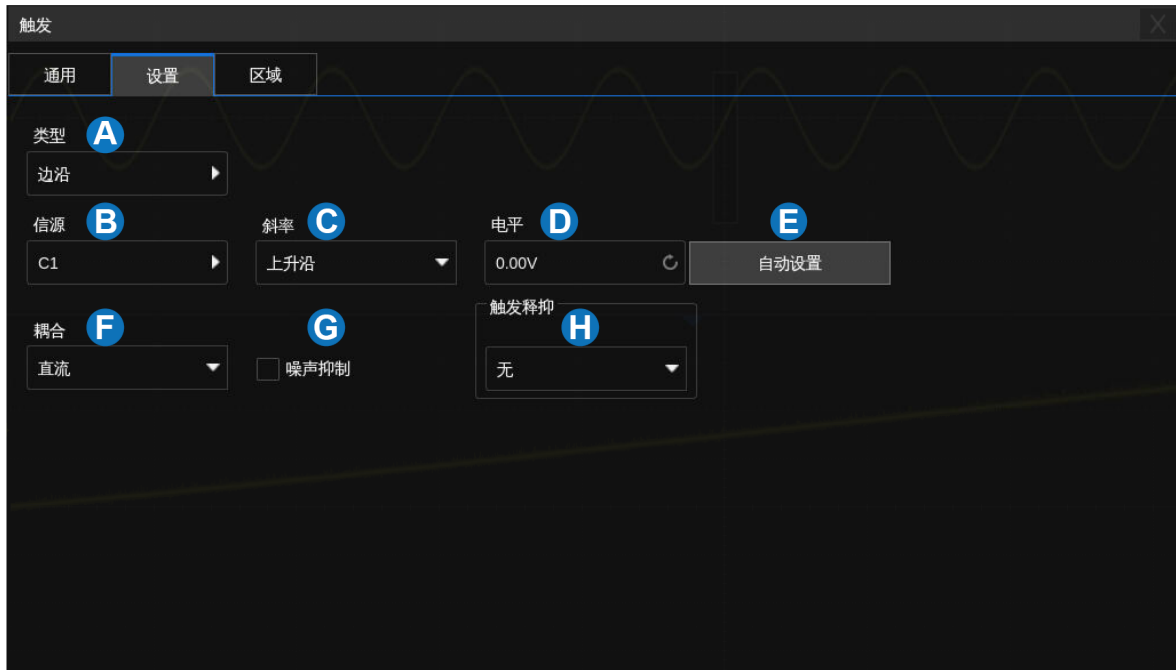
16.2 触发设置

点击触发参数区，在屏幕中弹出触发的设置对话框。通用页面下：



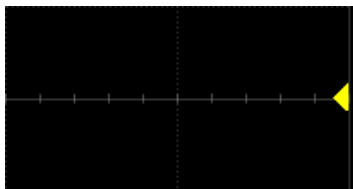
- A. 设置触发模式为“自动”，也可通过前面板的 Auto 按键设置
- B. 设置触发模式为“正常”，也可通过 Normal 按键设置
- C. 设置触发模式为“单次”，也可通过 Single 按键设置
- D. “强制”触发一帧
- E. 调出自动保存设置窗口

点击 设置 切换到触发类型设置页面：

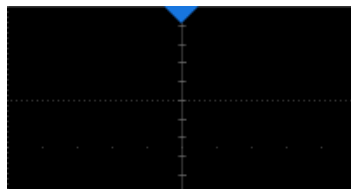


- A. 选择触发类型
- B. 选择触发信源
- C. 选择触发沿（当触发类型为“边沿”、“斜率”等特定类型时）
- D. 设置触发电平。点击参数区调出虚拟数字键盘，也可通过前面板的“Level”旋钮调节
- E. 自动设置触发电平到波形垂直中心
- F. 触发耦合方式（直流、交流、高频抑制和低频抑制）
- G. 设置噪声抑制，当噪声抑制打开时，触发电路对噪声的容忍度会变高，但同时会降低触发灵敏度
- H. 设置触发释抑（无、时间或事件）

触发相关标识



电平标识



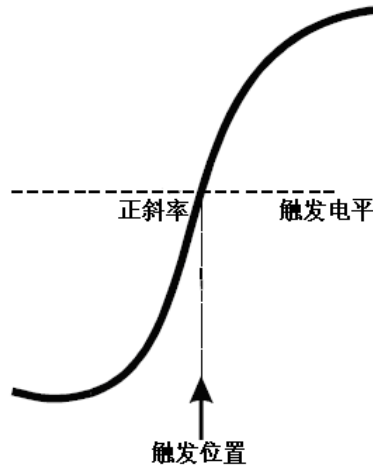
水平 0 位置标识



水平 0 位置（屏幕外）标识

16.3 触发电平

不论是模拟触发还是数字触发，都必须设置正确的触发电平。示波器在信号跨越触发电平的时刻判断波形是否满足触发条件，当满足条件时，该时刻就是触发位置。如下图，设置触发条件为上升沿的边沿触发，当具有正斜率的信号跨越触发电平时，触发条件满足，跨越的时间点即为触发位置。



在一些特殊的触发类型下，系统会自动设置好触发电平，此时不需要用户来设置，如采用 AC Line 作为触发源的边沿触发。

16.4 触发模式

当示波器运行时，触发模式指示示波器在没有触发时要进行的操作。

自动 (Auto)：在自动触发模式中，如果超过定时值仍未找到满足触发条件的波形，示波器将进行强制采集一帧波形数据，在示波器上显示。

自动模式适用于：

检查 DC 信号或具有未知电平特性的信号。



注：

在自动模式下，当信号满足触发条件仍然不能稳定触发时，可能是信号的周期超出自动模式下的定时器定时值造成的。此时可尝试使用正常触发模式。

正常 (Normal)：只有满足触发条件时才会进行触发和采集；不满足条件时保持上一次波形显示，等待下一次触发。

正常模式适用于：

- 只需要采集由触发设置指定的特定事件；
- 较为罕见的触发事件，使用正常模式可防止示波器自动触发，从而使显示稳定。

单次 (Single)：当输入的信号满足触发条件时，示波器即进行捕获并将波形稳定显示在屏幕上。此后，即使再有满足条件的信号，示波器也不予理会。需要进行再次捕获须重新进行单次设置。

单次模式适用于：

- 捕获偶然出现的单次事件或非周期性信号，如上、下电波形；
- 较为罕见的触发事件。

强制 (Force)：无论输入的信号是否满足触发条件，强制触发一帧。

16.5 触发类型

16.5.1 概述

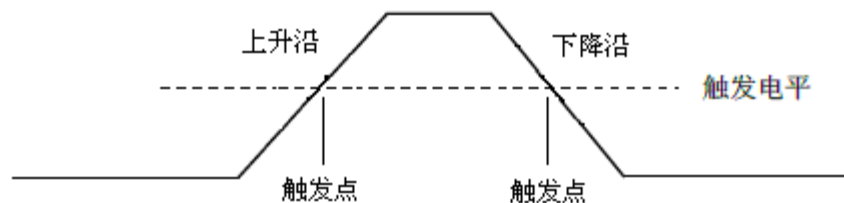
本设备采用数字触发，相对于模拟触发，不但能大大提高触发精度，优化触发动抖，而且可以对复杂条件进行判断，支持多种触发类型。

	边沿 (Edge) -- 对简单的重复信号使用边沿触发。在上升沿或下降沿或二者都触发。
	斜率 (Slope) -- 当上升沿或下降沿在指定时间范围内或范围外穿过两个门限时触发。
	脉宽 (Pulse) -- 当脉冲宽度符合指定的时间条件时，在脉冲结束处触发。允许定义正向或负向脉宽，在大于或小于这个脉宽时会发生触发。也可以指定脉宽范围，在落入或超出这个范围时会发生触发。
	视频 (Video) -- 触发标准或高清视频及自定义合成视频信号。用于 PAL、NTSC、720p、1080p 或 1080i 系统上。
	窗口 (Window) -- 当信号电平跨过窗口区域时触发。
	间隔 (Interval) -- 当间隔时间满足指定时间条件时，在第二个上升沿或下降沿触发。

	超时 (Dropout) -- 可以检测丢失的信号。在信号消失的时间比超时时间长时发生触发。
	欠幅 (Runt) -- 用来捕获落在用户自定义的幅度范围内的脉冲。脉冲跨过第一个门限电平后，在再次跨过第一个门限电平前未能跨过第二个门限时，会发生欠幅触发。
	码型 (Pattern) -- 可以触发由多个输入组成的逻辑组合。可以选择四个布尔运算符 (与, 与非, 或, 或非), 可以为每个输入通道独立设置高或低电压逻辑电平。
	总线 (Serial) -- 在串行总线特定条件下触发。详见“ 错误!未找到引用源。 ”一章。
	前提边沿 (Qualified) -- 当满足前提条件后，再以边沿模式触发。
	第 N 边沿 (Nth Edge) -- 在满足指定空闲时间后的第 N 个沿上触发。
	延迟 (Delay) -- 当信源 A 和信源 B 之间的延迟时间满足限制条件时触发。
	建立/保持 (Setup/Hold) -- 在建立时间或保持时间满足限制条件时触发。

16.5.2 边沿触发

边沿触发通过查找波形上的指定沿（上升沿、下降沿、上升&下降沿）和电平来识别触发。可以在触发设置对话框中设置触发源和斜率。



点击 **信源** 区域选择触发源，点击 **斜率** 区域选择上升沿、下降沿或交替。

上升沿 -- 仅在上升沿触发

下降沿 -- 仅在下降沿触发

交替 -- 在上升或下降沿触发

在边沿触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。



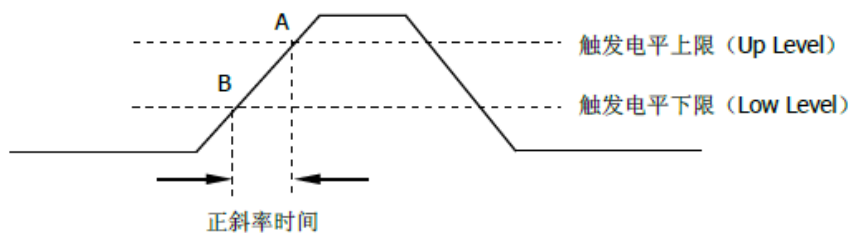
注：

执行“自动设置”时，示波器将使用简单的边沿触发类型在波形上触发。

16.5.3 斜率触发

斜率触发设置示波器在指定时间的正斜率或负斜率上触发。可以在触发设置对话框中设置触发源和斜率（上升沿、下降沿）、限制条件、时间，以及在触发快捷菜单中设置高/低触发电平。

如下图所示，我们将高、低触发电平分别与波形上升沿（下降沿）相交的两点间的时间差定义为正（负）斜率时间。



点击对话框的 **信源** 区域选择触发源。

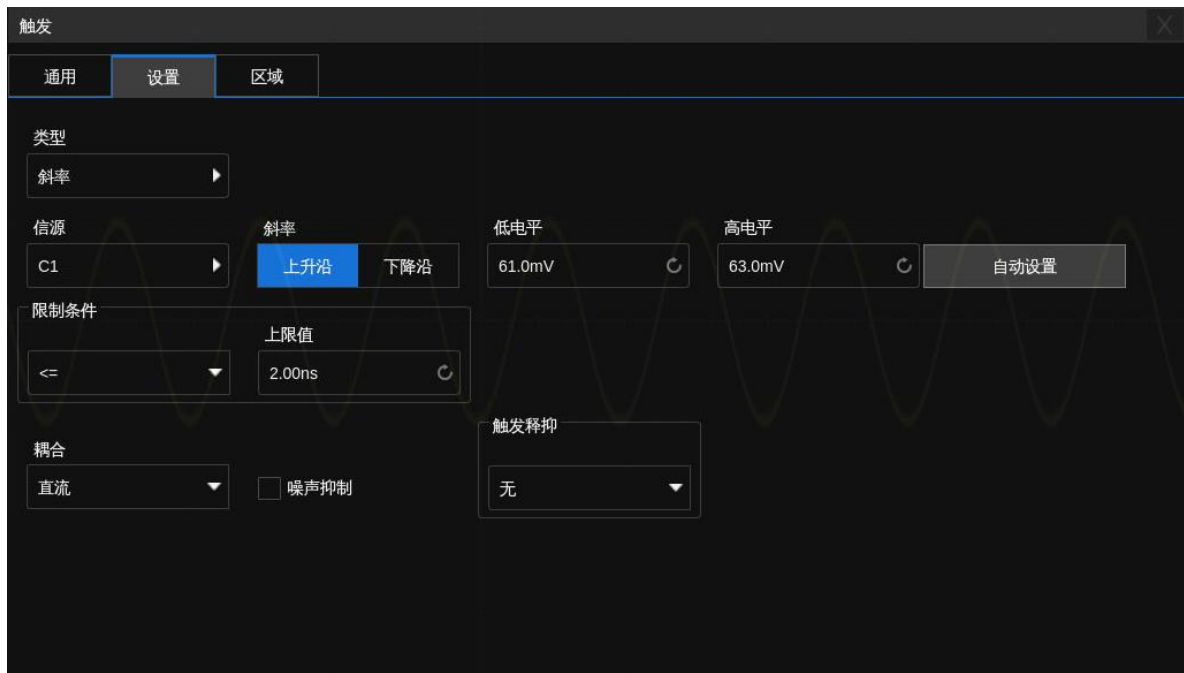
点击对话框的 **斜率** 区域选择上升沿或下降沿。

上升沿 -- 正斜率触发

下降沿 -- 负斜率触发

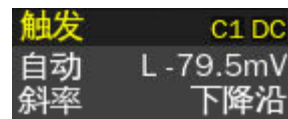
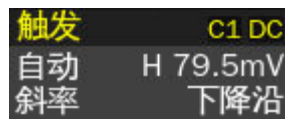
调节高/低电平

斜率触发需要设置高、低两个触发电平。当触发类型为斜率触发时，对话框中将体现两个电平。



可以通过以下方式设置高/低电平：

在对话框中点击 **高电平** 区域选中高电平，然后在弹出的虚拟数字键盘中设置电平值，或通过旋转多功能旋钮、滚动鼠标中轮设置电平值；低电平设置同理。低电平的值应始终小于或等于高电平。在触发参数区，显示的是当前激活的电平的值。如下图左，“H”代表高电平；如下图右，“L”代表低电平。



设置限制条件

点击触发设置对话框的 **限定条件** 区域选择时间限定符，并在 **上限值** / **下限值** 区域分别进行对应时间设置。

小于时间值 ($\leq$) -- 选定“ $\leq$ ”后，点击 **上限值** 设置时间。假定设置时间为 500ns，若两个电平之间的波形持续的时间 $t \leq 500\text{ns}$ ，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。

大于时间值 ($\geq$) -- 选定“ $\geq$ ”后，点击 **下限值** 设置时间。假定设置时间为 500ns，若两个电平之间的波形持续的时间 $t \geq 500\text{ns}$ ，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。

时间值范围内 ($[-, -]$) -- 选定“ $[-, -]$ ”后，分别点击 **上限值** 和 **下限值** 设置时间范围。假定设置时间为上限值 10 μs ，下限值 500ns。若 $500\text{ns} < t < 10\mu\text{s}$ ，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。

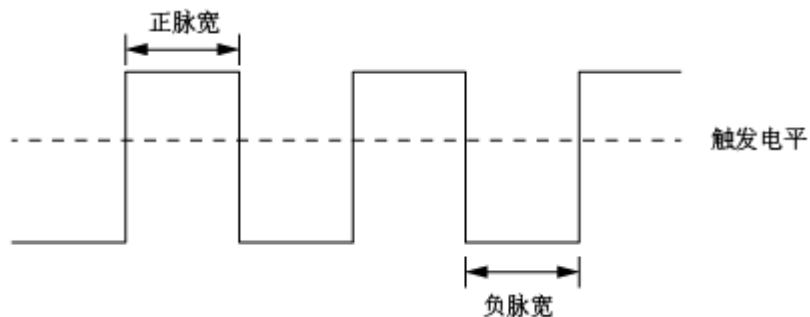
时间值范围外 ($--[-]$) -- 选定“ $--[-]$ ”后，分别点击 **上限值** 和 **下限值** 设置时间范围。假

定设置时间为上限值 $10\mu\text{s}$ ，下限值 500ns 。 t 在 500ns 至 $10\mu\text{s}$ 范围外，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。

在斜率触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.4 脉宽触发

脉冲触发将示波器设置为在指定宽度的正脉冲或负脉冲上触发。可以在触发设置对话框设置触发源、极性（正脉宽、负脉宽）、限制条件和脉宽时间。



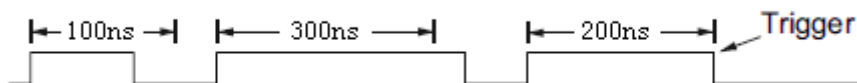
小于时间值 ($\leq$) -- 选定“ $\leq$ ”后，点击 **上限值** 设置时间。假定设置时间为 100ns ，若脉宽时间 $t \leq 100\text{ns}$ ，则波形在脉宽结束处触发。否则，波形不触发。



大于时间值 ($\geq$) -- 选定“ $\geq$ ”后，点击 **下限值** 设置时间。假定设置时间为 100ns ，若脉宽时间 $t \geq 100\text{ns}$ ，则波形在脉宽结束处触发。否则，波形不触发。



时间值范围内 ($[-, -]$) -- 选定“ $[-, -]$ ”后，分别点击 **上限值** 和 **下限值** 设置时间范围。假定设置时间为上限值 $300\mu\text{s}$ ，下限值 100ns 。若 $100\text{ns} < t < 300\mu\text{s}$ ，则波形在脉宽结束处触发。否则，波形不触发。



时间值范围外 (--) [--] -- 选定"--" [--]后，分别点击 **上限值** 和 **下限值** 设置时间范围。假定设置时间为上限值 300 μ s，下限值 100ns。t 在 100ns 至 300ns 范围外，则波形在脉宽结束处触发。否则，波形不触发。

在脉宽触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.5 视频触发

视频触发可用于捕获大多数标准模拟视频信号及高清视频信号的复杂波形。触发电路可检测波形的垂直和水平间隔，并基于所选的视频触发设置产生触发。本设备支持 NTSC (National Television Standards Committee, 美国国家电视标准委员会)、PAL 和 HDTV (高清晰度电视) 标准视频信号及自定义视频信号的触发。可以在视频触发设置对话框进行触发信源、视频标准和同步方式的设置。当同步方式为“选择”时，可以指定行和场触发。

点击 **标准** 区域，进行视频标准选择。本设备支持以下视频标准：

TV 标准	扫描类型	行同步区域脉冲
NTSC	隔行	双电平
PAL	隔行	双电平
HDTV 720P/50	逐行	三电平
HDTV 720P/60	逐行	三电平
HDTV 1080P/50	逐行	三电平
HDTV 1080P/60	逐行	三电平
HDTV 1080i/50	隔行	三电平
HDTV 1080i/60	隔行	三电平
自定义		

自定义视频触发所有参数如下：

帧速率	25Hz、30 Hz、50 Hz、60 Hz	
选择行数	300 ~ 2000	
选择场数	1、2、4、8	
交错	1:1、2:1、4:1、8:1	
同步触发于	行	场
	(设置行) / 1 (1:1 交错)	1
	(设置行) / 2 (2:1 交错)	1、2、3、4、5、6、7、8
	(设置行) / 4 (4:1 交错)	1、2、3、4、5、6、7、8
	(设置行) / 8 (8:1 交错)	1、2、3、4、5、6、7、8

设置行：指在 **选择行数** 菜单中设置的行数（300 ~ 2000）

在自定义视频触发中，选择“交错”不同，对应的“指定场”也不同。因而在菜单下所能选择的场数及每场对应能选择的行数也不同。若“指定行”设置为 800，则它们之间的正确关系如下图：

选择行数	交错	选择场数	触发于行	触发于场
800	1:1	1	800	1
800	2:1	1/2/4/8	400	1/1~2/1~4/1~8
800	4:1	1/2/4/8	200	1/1~2/1~4/1~8
800	8:1	1/2/4/8	100	1/1~2/1~4/1~8

对接入示波器的视频信号进行触发设置。

点击 **同步** 区域进行触发模式选择，可选择的视频触发模式有“任意”和“选择”两种方式。在“任意”模式下，视频信号可在满足条件的任意行上进行触发，在“选择”模式下，可选择指定场和指定行对信号进行触发。

对于逐行扫描信号（如：720p/50、720p/60、1080p/50、1080p/60），触发模式选“选择”时，只能选择指定行触发。

对于隔行扫描信号（如：NTSC、PAL、1080i/50、1080i/60、自定义信号），触发模式选“选择”时，可以选择指定行和指定场触发。

下表列出了所有视频标准（自定义除外）的行和场的对应关系。

视频标准	场 1	场 2
NTSC	1 至 263	1 至 262
PAL	1 至 313	1 至 312
HDTV 720P/50、720P/60	1 至 750	
HDTV 1080P/50、1080P/60	1 至 1125	
HDTV 1080i/50、1080i/60	1 至 563	1 至 562

通过以下两个示例可熟悉使用视频触发：

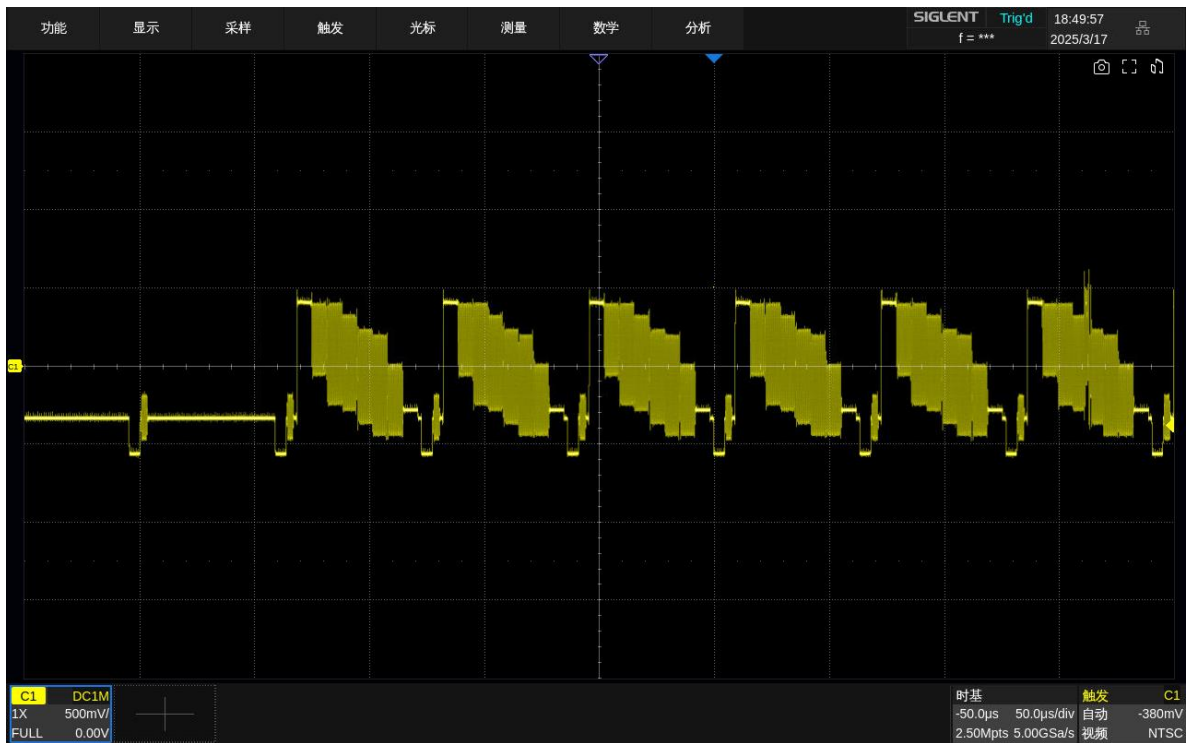
- 在特定视频行上触发（NTSC 标准）
- 使用“自定义”触发视频信号

在特定视频行上触发

视频触发要求具有任何模拟通道作为触发源的同步幅度大于 1/2 格。因为触发电平自动设置为同步脉冲提示，所以在视频触发中设置触发电平无效。

以下触发示例针对 NTSC 标准视频信号，设置在场 1 的第 22 行触发。

1. 打开触发功能对话框。
2. 在触发菜单下，点击 **类型** 区域，选择“视频”。
3. 点击 **信源** 区域，选择 C1 为触发源。
4. 点击 **标准** 区域，选择“NTSC”视频标准。
5. 点击 **同步** 区域选“选择”触发模式使得场和行可选，然后依次在“场”菜单下选择“1”，并滚动鼠标中轮或者数字键盘将“行”设置为“22”。



特定行上视频触发 (NTSC 标准)

使用“自定义”触发视频信号

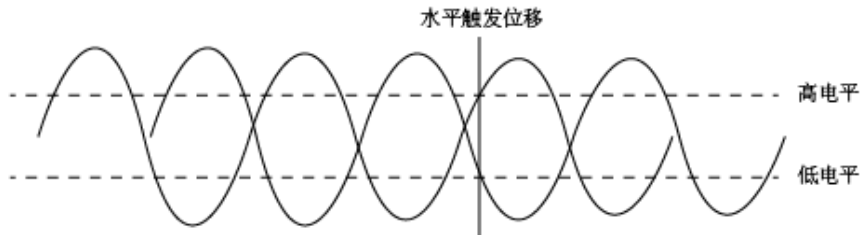
自定义视频触发支持帧速率分别为 25Hz、30 Hz、50 Hz 和 60 Hz，指定行在 300 至 2000 范围内的视频信号。以下描述如何对“自定义”视频信号进行触发。

1. 打开触发功能对话框。
2. 在触发菜单下，点击 **类型** 区域，选择“视频”。
3. 点击 **信源** 区域，选择 C1 为触发源。
4. 点击 **标准** 区域，选择“自定义”标准。
5. 点击 **自定义** 区域打开自定义设置菜单，点击“**交错**”选择所需的交错比例（假设此处选择交错比例为 8:1）。然后设置帧速率、选择行数、选择场数。
6. 点击 **同步** 区域对接入的信号进行选择触发模式：
 - a) 选择“任意”模式，则信号可在满足触发条件的任意行上进行触发
 - b) 选择“选择”模式，则设置指定行和指定场对信号进行触发，假设“选择场数”设置为 8，则可选择指定场为 1 至 8 中的任意一个场，每场可选择的指定行数为 1 至 100 中的任意一行。

16.5.6 窗口触发

窗口触发类似于边沿触发，不同之处在于可通过调节两个触发电平使波形同时在上升沿或下降沿上触发。

窗口触发类型分为两种：“绝对”窗口和“相对”窗口。两者区别于触发电平的调节方式。在绝对窗口下，可单独调节高、低触发电平；在相对窗口下，可同时移动高、低触发电平，或放大/缩小两电平间的垂直距离，但不能单独调节高、低触发电平的垂直位移。



- 若高、低电平都在波形范围内，则波形同时在上升沿或下降沿上触发。
- 若高电平在波形范围内，而低电平在波形范围外，则波形只在上升沿处触发。
- 若高电平在波形范围外，而低电平在波形范围内，则波形只在下降沿上触发。

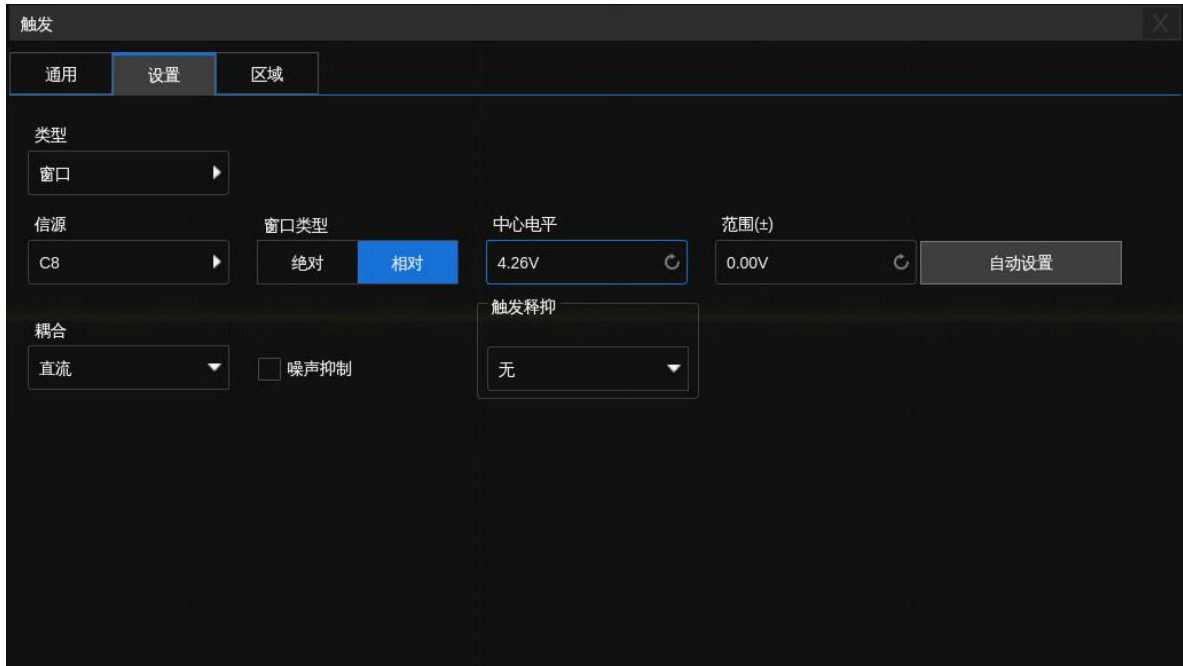
按“绝对”方式设置窗口触发：

可参考“斜率触发”章节中的“调节高/电平部分”。

按“相对”方式设置窗口触发：

在窗口触发类型设置为“相对”时，对话框中将体现“范围($\pm$)”和“中心电平”两个可设置的参数。可以通过以下方式设置以上两个参数：

在快捷菜单中点击 **范围 ($\pm$)** 区域选中该参数，然后在弹出的虚拟数字键盘中或通过旋转多功能旋钮、滚动鼠标中轮设置参数值；中心电平的设置同理。在触发参数区，显示的是当前激活的参数值。“C”代表中心电平，“D”代表范围。



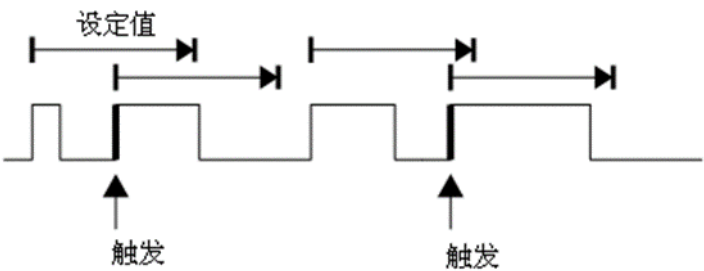
	注： “范围(±)”的参数值代表实际窗口范围的一半。例如该值为 200mV 时，实际代表的是±200mV 的窗口范围，即 400mV。
--	--

在窗口触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.7 间隔触发

连续两个上升沿（或下降沿）之间的间隔满足所设定的时间条件时触发。

连续两个上升沿间隔时间小于设定时间值时触发示意图如下：



可以在触发设置对话框中设置触发源和斜率（上升沿、下降沿）、限制条件和时间。在间隔触发中也

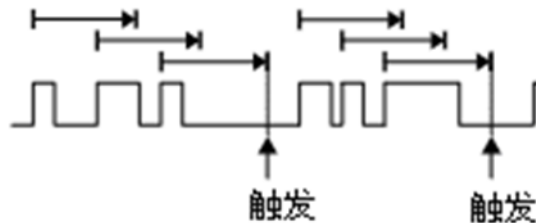
可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑（Holdoff）”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.8 超时触发

超时触发分两种类型：边沿超时和状态超时。

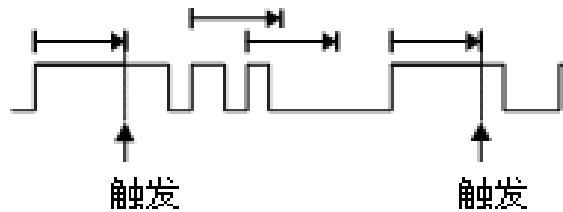
边沿

从输入信号的上升沿（或下降沿）通过触发电平开始到相邻的上升沿（或下降沿）通过触发电平结束的时间间隔（ ΔT ）大于设定的超时时间时触发。如下图所示：



状态

从输入信号的上升沿（或下降沿）开始通过触发电平到相邻的下降沿（或上升沿）通过触发电平结束的时间间隔（ ΔT ）大于设定的超时时间时触发。如下图所示：



可以在触发设置对话框中设置触发源和斜率（上升沿、下降沿）、超时类型（状态、边沿）和时间。在超时触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑（Holdoff）”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

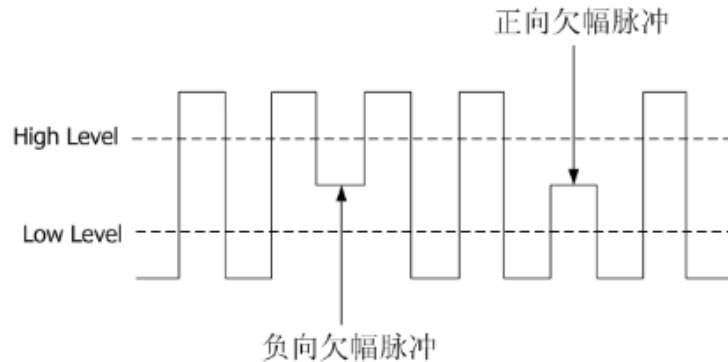


注：

超时触发下，选择上沿或下沿是指从沿开始计算超时时间，波形不一定在沿上触发。只要所设时间值小于 ΔT ，波形即在从选定沿开始到满足所设时间值的位置上触发。

16.5.9 欠幅触发

欠幅触发用于触发跨过了一个触发电平但没有跨过另一个触发电平的脉冲，如下图所示：

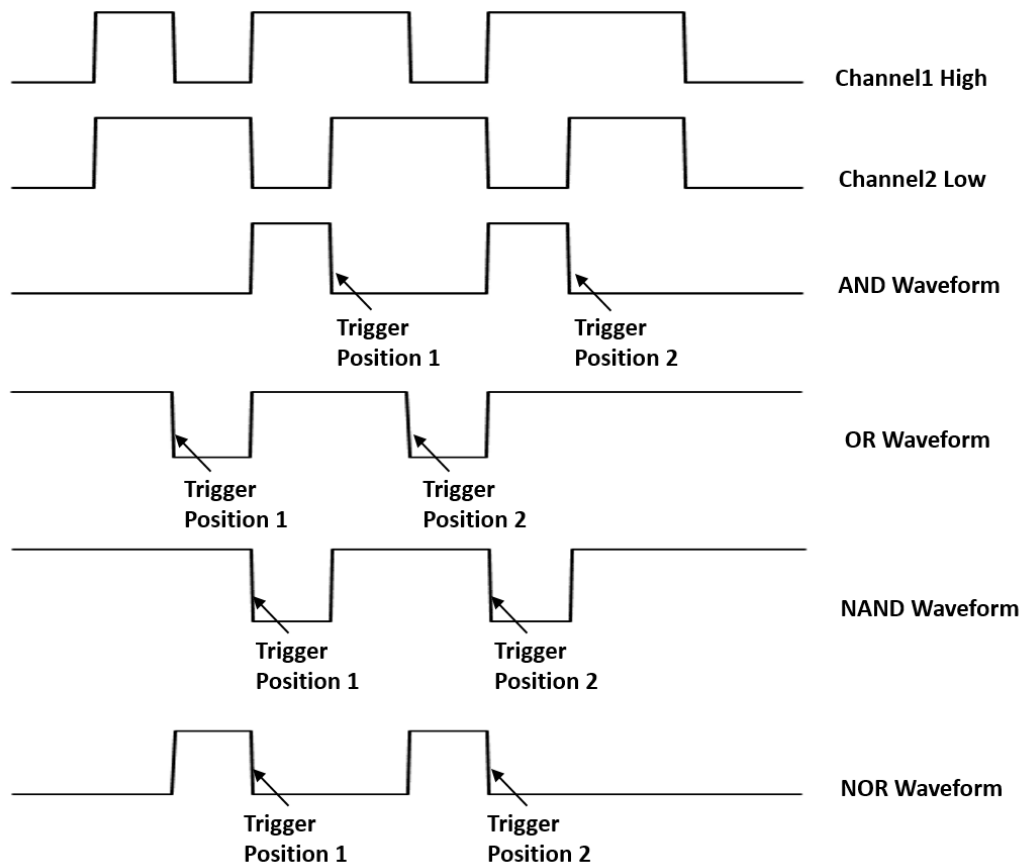


- 正向欠幅脉冲跨过低电平而未跨过高电平。
- 负向欠幅脉冲跨过高电平而未跨过低电平。

在欠幅触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.10 码型触发

码型触发通过查找特定码型而识别触发条件。码型是指多个通道的逻辑关系（与，或，与非，或非）的组合，每个通道的值可设为“无效 (Don't Care)”、“低 (Low)”、“高 (High)”。如果所有通道的码型都设置为“无效 (Don't Care)”，示波器将不会触发。所有码型触发在逻辑运算后的结果由真到假时触发，即为组合波形的下降沿触发。

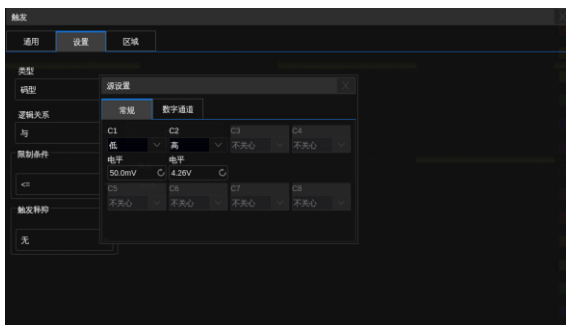


在触发设置对话框中设置逻辑关系（与、或、与非、或非）、源、限制条件和时间。

源设置

点击 **信源** 区域，可调出如下的对话框，对每个通道分别设置。每个通道的值可设为“无效 (Don't Care)”、“低 (Low)”、“高 (High)”，并通过设置比较电平值 (Level Value) 来作为判断高、低的门限。

当数字通道打开时，源设置中还可以设置数字通道的逻辑状态。



模拟通道的逻辑设置



数字通道的逻辑设置

限制条件

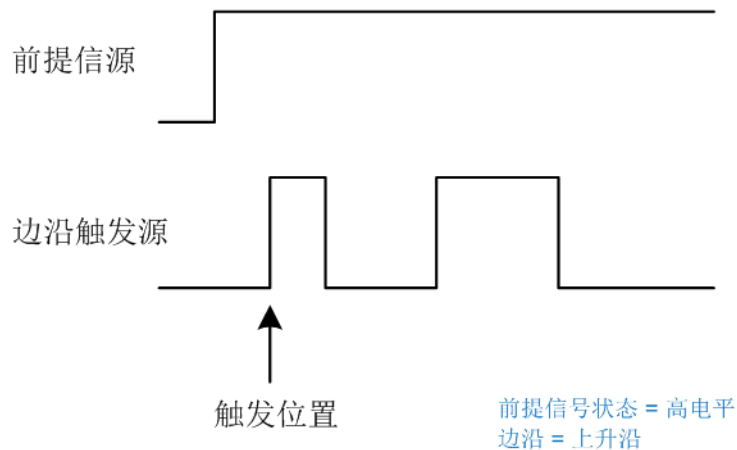
用户可以对满足码型的组合波形进行时间限定以触发。即在多个触发位置同时满足码型触发条件下，可设置特定的时间值，使示波器在满足时间值的码型组合位置触发。这种设置在过滤组合逻辑的冒险信号时特别有用。

在码型触发中也可设置触发释抑，具体设置方法，请分别参见“触发释抑（Holdoff）”章节。

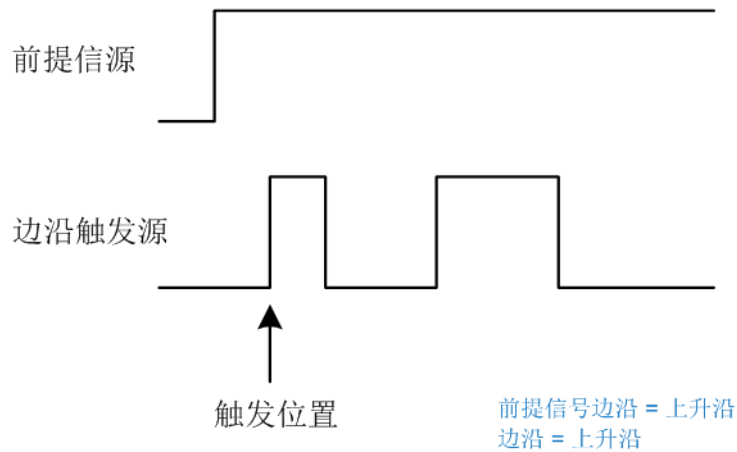
16.5.11 前提边沿触发

前提边沿触发是一种满足用户定义的前提条件后的边沿触发。因此，前提边沿触发有两个源：一个是边沿触发源，另一个是前提信源。

前提类型包括“电平”、“电平且限时”、“边沿”和“边沿且限时”。类型为“电平”时，当前提信源处于指定电平（高电平或低电平）时，示波器在第一个边沿触发。类型为“电平且限时”时，也可以设置时间限制条件。



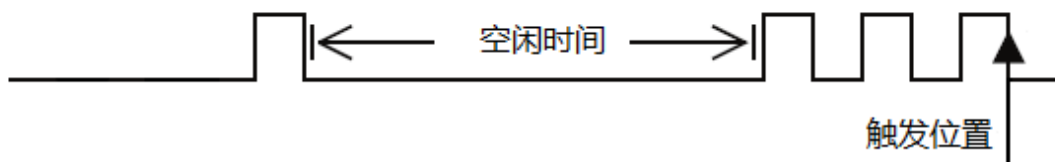
前提类型为“边沿”时，示波器在前提新源的指定边沿（上升沿或下降沿）后的第一个边沿触发。类型为“边沿且限时”时，也可以设置时间限制条件。



点击 **前提信号设置** 区域设置前提信源和阈值；点击 **边沿触发设置** 区域设置边沿触发源、阈值和斜率。

16.5.12 第 N 边沿触发

第 N 边沿触发是一种在满足用户定义的空闲时间和边沿数条件后的边沿触发。如下图所示，当脉冲串之间的空闲时间大于指定的空闲时间时，在脉冲串的第 3 个下降沿上触发：

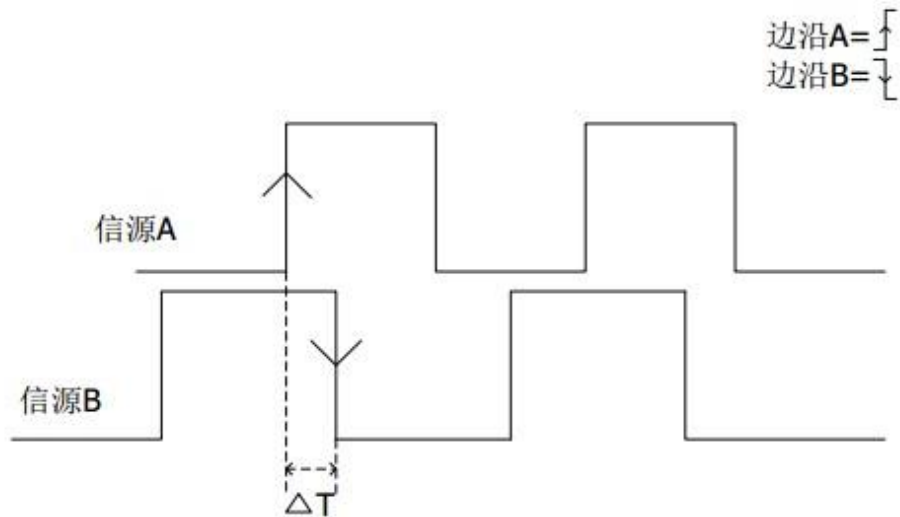


可以在触发设置对话框中设置触发源和斜率（上升沿、下降沿）、空闲时间和边沿数。注意指定的空闲时间应大于脉冲周期，这样才能保证在指定编号的脉冲上触发。

在第 N 边沿触发中也可设置触发释抑、耦合以及噪声抑制，具体设置方法，请分别参见“触发释抑 (Holdoff)”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

16.5.13 延迟触发

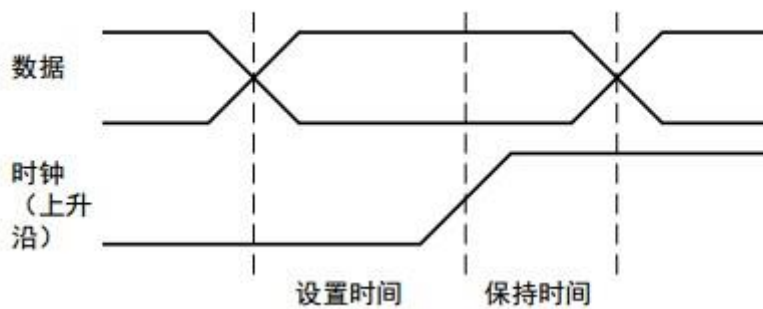
延迟触发是满足信源 A 设置条件和用户定义的延迟时间后，对信源 B 的边沿触发。其中信源 A 的设置与码型触发类似，可对多个通道进行逻辑“与”组合。信源 A 设置中的 **斜率** 是指 **源设置** 中组合逻辑结果的沿。



点击 **信源B设置** 区域设置信源B的信源、阈值和斜率。

16.5.14 建立/保持触发

建立保持触发需要设置时钟源和数据源。建立时间从数据信号跨过触发电平时开始，至指定的时钟边沿到来时结束；保持时间从指定的时钟边沿到来时开始，至数据信号再次跨过触发电平时结束（如下图所示）。当建立时间或保持时间满足预设的时间限制条件，示波器将触发。



点击 **时钟源** 区域设置时钟信源、阈值和斜率；点击 **数据源** 区域设置数据源、阈值和状态。

16.5.15 串行触发

详见“串行触发和解码”一章。

16.6 触发源

每种触发类型支持的触发源不尽相同，详见下表：

触发类型	C1~C8	EXT, EXT/5	AC Line	D0~D15
边沿	√	√	√	√
斜率	√	×	×	×
脉宽	√	×	×	√
视频	√	×	×	×
窗口	√	×	×	×
间隔	√	×	×	√
超时	√	×	×	√
欠幅	√	×	×	×
码型	√	×	×	√
总线	√	×	×	√
前提边沿	√	×	×	√
第 N 边沿	√	×	×	√
延迟	√	×	×	√
建立/保持	√	×	×	√

16.7 触发释抑 (Holdoff)

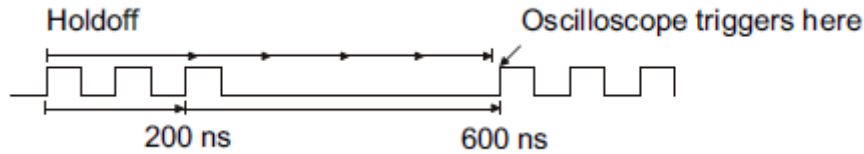
触发释抑是边沿触发可选的额外条件，可稳定触发复杂波形（如脉冲序列）。它可以设置为一个时间或事件数量。

时间 (Holdoff by Time)

释抑时间是指从触发之后到下一次重新启用触发电路之前示波器等待的时间。示波器在释抑结束前不会触发。

使用释抑可在重复波形上触发，这些波形在波形重复之间具有多个边沿（或其他事件）。如果知道波形之间的最短时间，还可以使用释抑在波形的第一个边沿上触发。

例如，要在下图所示的重复脉冲上获得稳定的触发，可将释抑时间（t）设置为 $200\text{ns} < t < 600\text{ns}$ 。

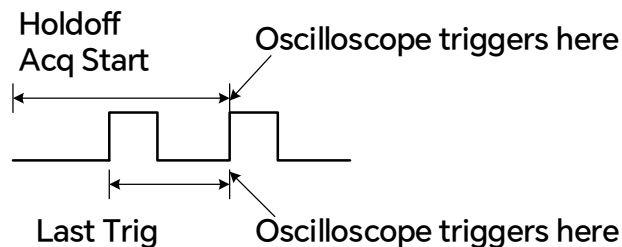


事件（Holdoff by Event）

事件是满足触发条件的次数。例如，如果有一个信号，其在希望触发的边沿前有多个边沿，那么可以把触发释抑设置成等于希望的触发边沿前的边沿数量。下图中将释抑事件设置为 3，信号在第 4 个沿上触发。



触发释抑还可以设置启动条件，其表征的是每一次触发释抑的初始启动位置与上一次触发位置的关系。



采集开始（Acq Start）-- 开始计算触发释抑的位置为第一个满足触发条件的时间点，与上次的触发位置无关。以上图为例，每次触发释抑都需等到采集脉冲序列的第一个上升沿后开始计算，触发间隔始终大于一个脉冲周期

上次触发（Last Trig Time）-- 开始计算触发释抑的位置为上次的触发时间点。以上图为例，第一次触发位置在脉冲序列的第一个上升沿，则第二次触发释抑的计算从该点开始，触发间隔等于一个脉冲周期

16.8 触发耦合

触发信号的耦合方式，仅对触发源为 C1~C8、EXT 和 EXT/5 时有效。

DC：直流耦合，通过信号的所有分量。

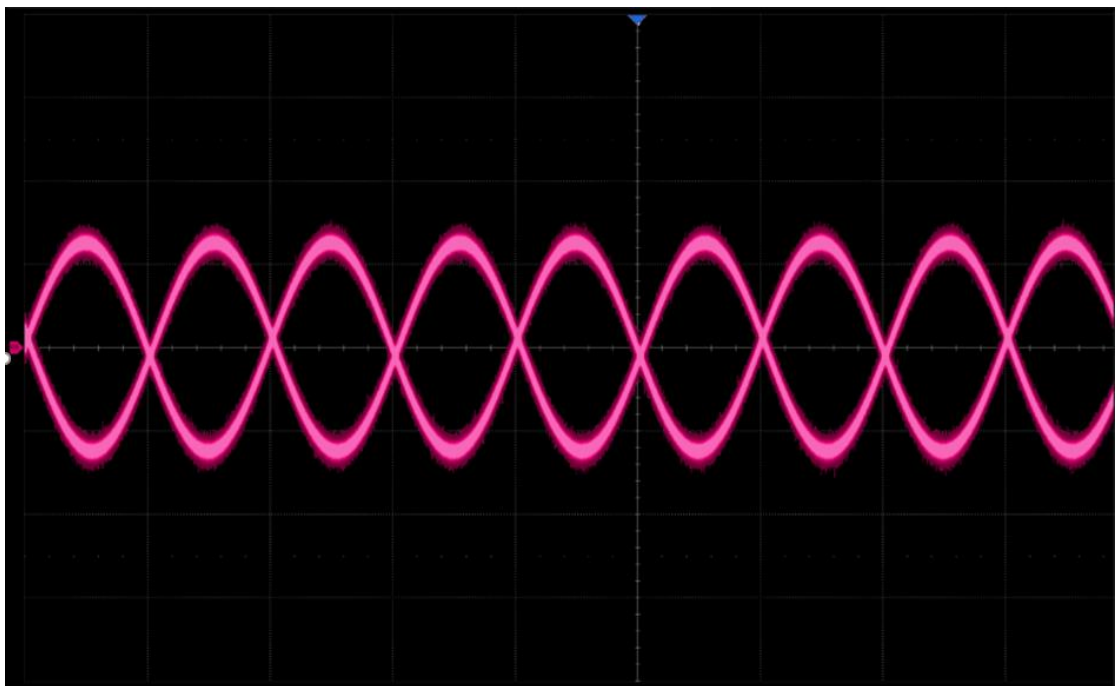
AC：交流耦合，抑制信号的直流分量，截止频率详见数据手册。在该耦合方式下，点击触发对话框的 **自动设置** 将触发电平设置为 0（即耦合后的触发信号中心），而不是设置到波形的垂直中心。

HFR：高频抑制，相当于低通滤波器，截止频率详见数据手册。

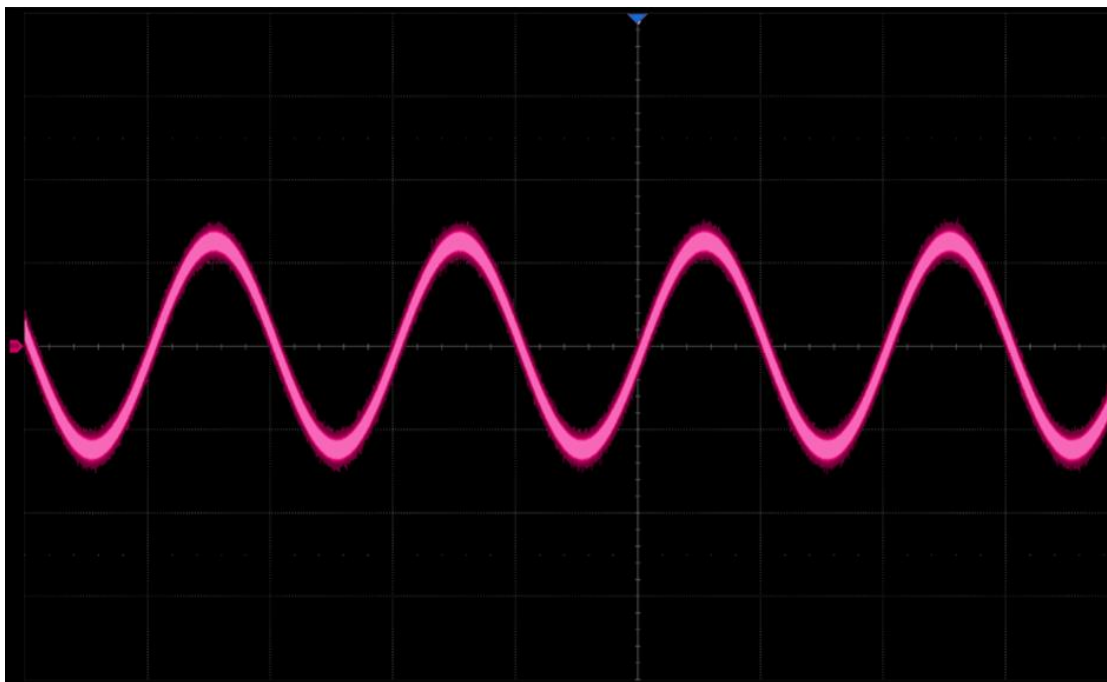
LFR：低频抑制，相当于高通滤波器，截止频率详见数据手册。在该耦合方式下，点击触发对话框的 **自动设置** 将触发电平设置为 0（即耦合后的触发信号中心），而不是设置到波形的垂直中心。

16.9 噪声抑制

噪声抑制功能通过增大触发电平的磁滞范围来实现。开启该功能后，能减小触发信号中噪声触发的可能性，但同时会降低触发的灵敏度。



噪声抑制关闭

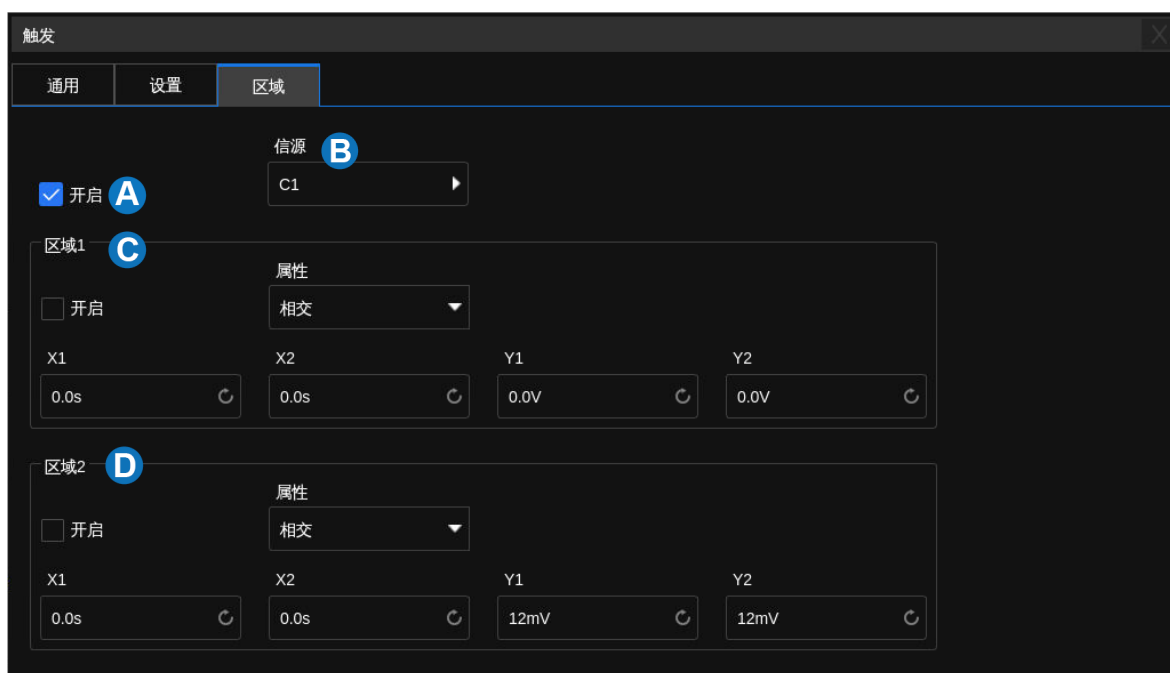


噪声抑制开启

16.10 区域触发

本设备支持区域触发，并提供两个矩形区域：区域 1 和区域 2，用户可设置区域属性为相交或不相交，以此为常规触发的补充筛选条件使波形进一步达到稳定触发。

打开触发设置对话框，点击 **区域** 页进入区域触发设置对话框：



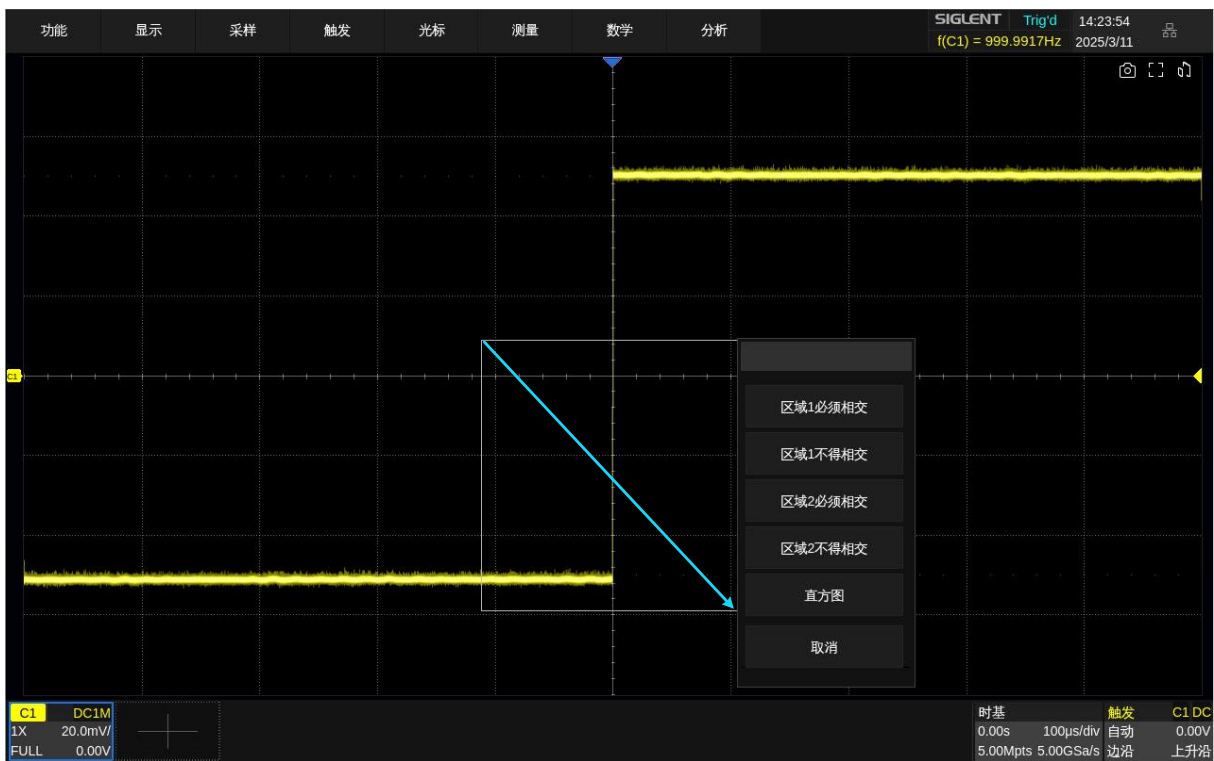
A. 开启/关闭区域触发

- B. 选择区域触发的信源，可选信源：C1~C8
- C. 区域 1 参数设置。勾选开启，开启/关闭区域 1，开启后绘制矩形框选择触发区域；设置区域 1 属性：相交或不相交；设置区域 1 坐标，设置范围必须在波形区域
- D. 区域 2 参数设置。勾选开启，开启/关闭区域 2，开启后绘制矩形框选择触发区域；设置区域 2 属性：相交或不相交；设置区域 2 坐标，设置范围必须在波形区域

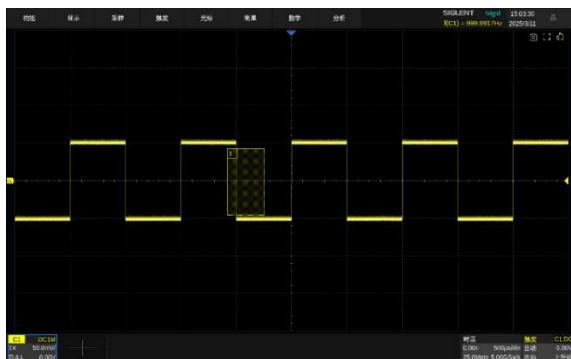
区域可以直接通过鼠标拖拽绘制矩形框，或通过 **区域** 页下的对话框实现选择和移动。区域颜色与所选的信源通道颜色相同。

鼠标操作

开启区域触发功能后，点击波形区域任意位置，拖动鼠标即可绘制矩形框；拖动结束后，屏幕会弹出菜单，选择区域并设置其属性，如下图：



区域建立后，可以通过拖拽鼠标移动该区域。



信源选择 C1，区域 1 打开，属性设置为“相交”



信源选择 C1，区域 1 打开，属性设置为“不相交”

对话框

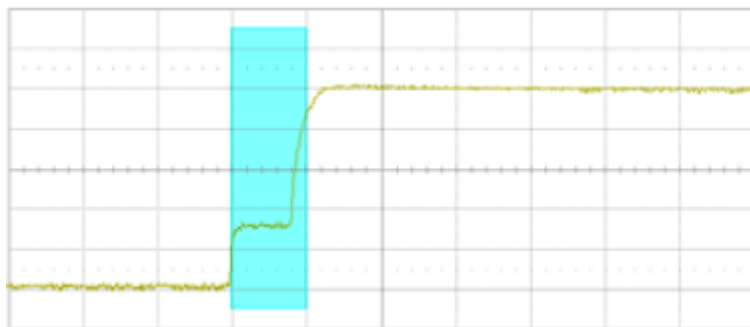
通过 **触发** > **区域** 即可调出设置对话框。点击对应区域后，用户可以使用旋钮或虚拟数字键盘设置数值。



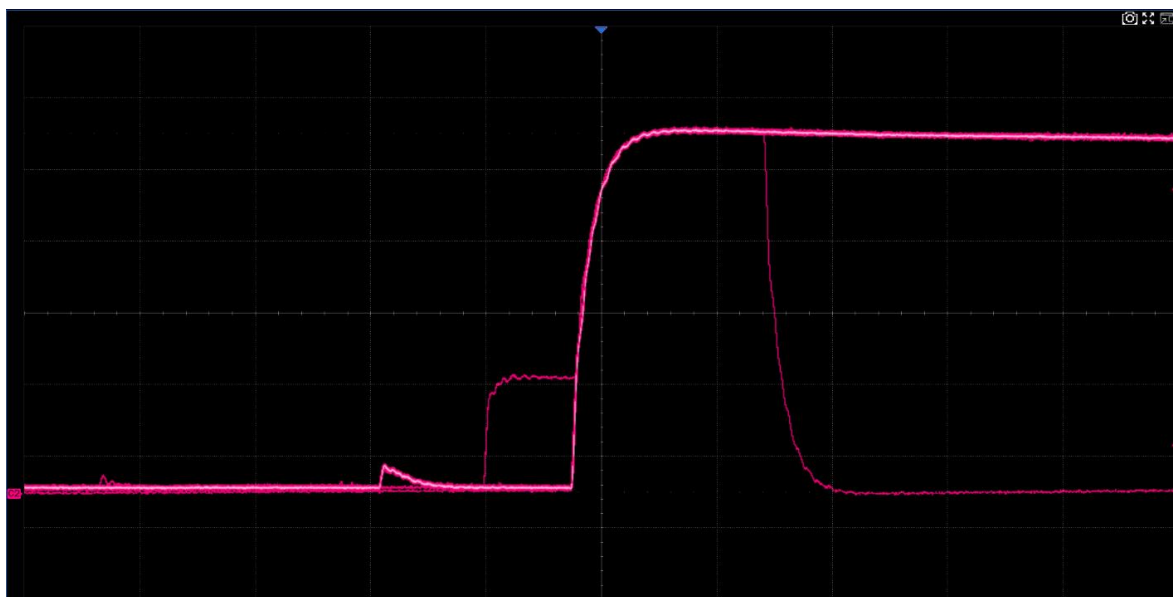
注：

若同时打开区域 1 和区域 2，进行“与”运算成为最终的触发限制条件。

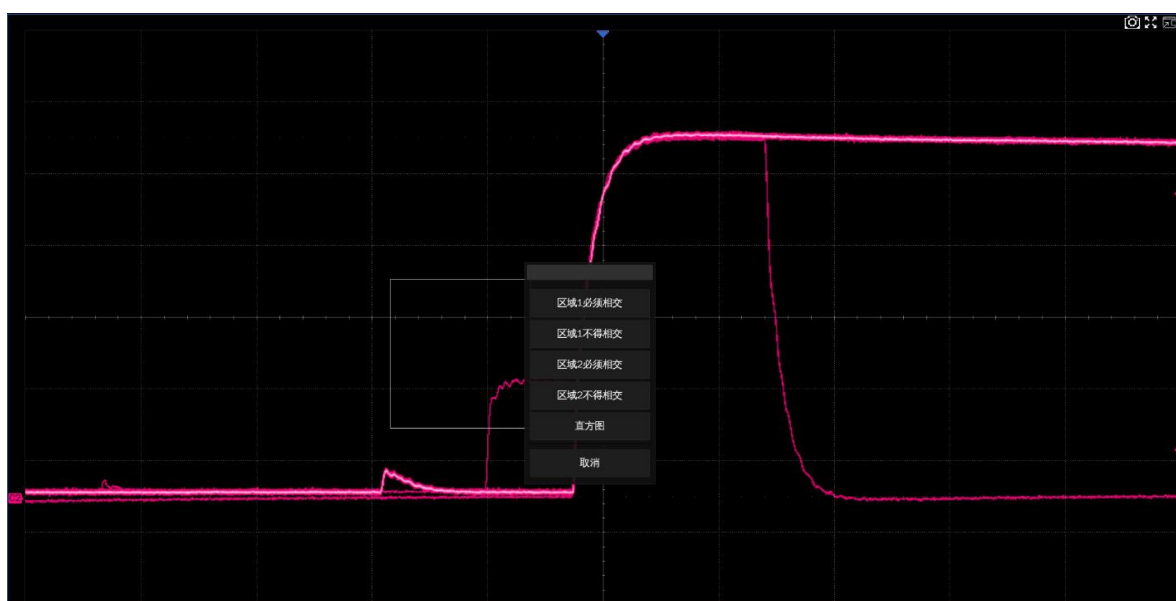
下面是一个操作实例，使用示波器捕捉如下图的总线冲突波形：



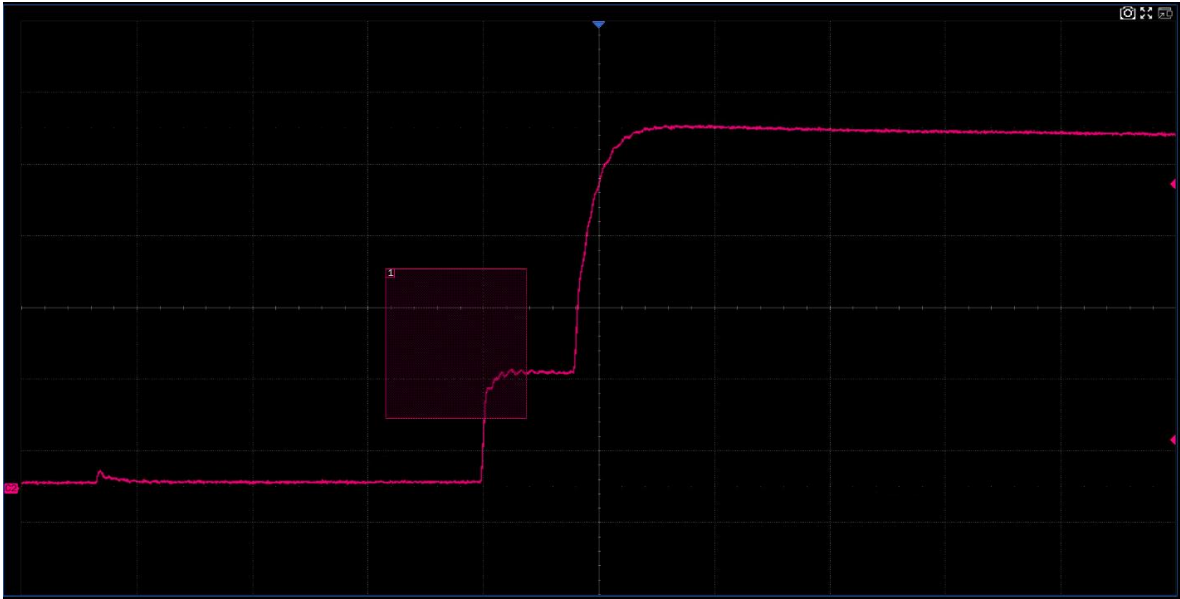
通过常规的边沿触发无法精确地捕捉到该波形，仅仅可以利用本设备的高刷新率，通过打开余辉的方式来确认有总线冲突的情况发生：



此时使用区域触发可以高效地隔离出感兴趣的事件，且操作非常简单：打开区域触发，设置区域与总线冲突部分的波形相交，如下图：



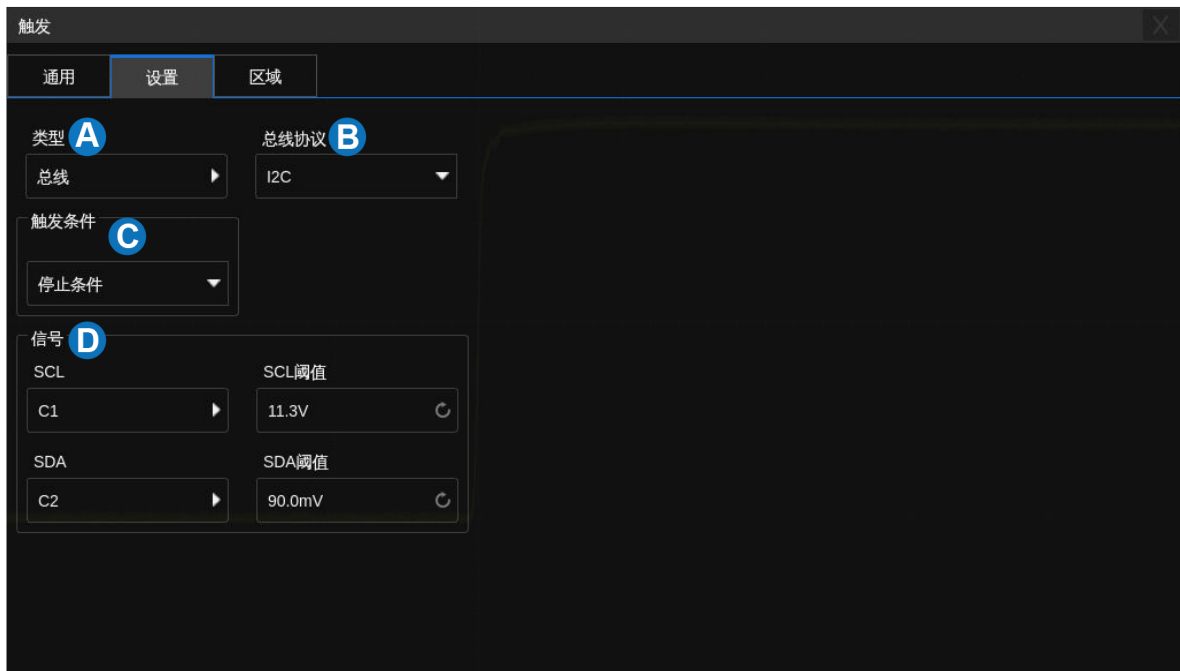
这样我们就可以精准地捕捉到这一段波形：



17 串行触发和解码

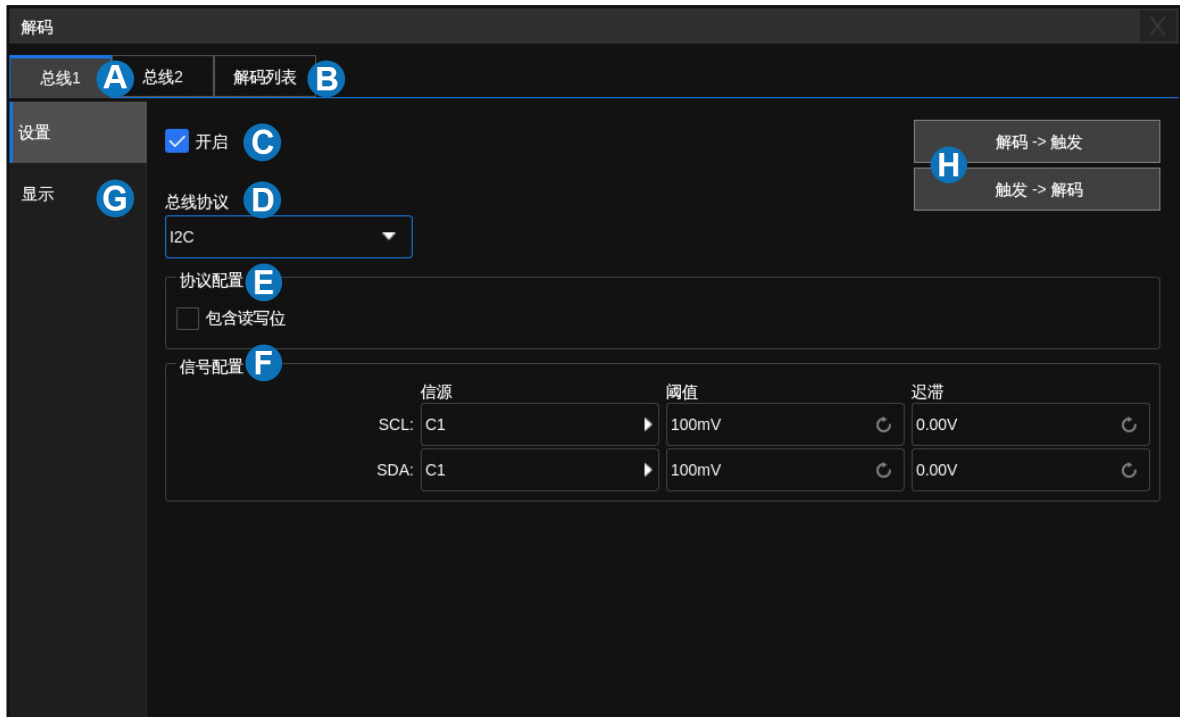
17.1 概述

本设备的串行总线触发和解码类型包括 I2C、SPI、UART、CAN、LIN、FlexRay、CANFD、I2S、MIL-STD-1553B、SENT、Manchester、ARINC429 和 CAN XL。点击触发参数区，在弹出的触发设置对话框中选择 **类型** 为 **总线**，即可进行串行触发的相应设置：



- A. 选择触发类型为 **总线**
- B. 选择总线协议类型
- C. 设置触发条件
- D. 设置信号，包括每个总线信号对应的通道，以及判决电平

点击 **分析** > **解码** 菜单，即可开启串行解码的设置对话框：



- A. 选择要设置的总线，共支持 2 组
- B. 设置解码列表
- C. 开启或关闭串行解码总线功能
- D. 选择总线协议类型
- E. 配置总线协议条件
- F. 点击设置信号，包括每个总线信号对应的通道，以及判决电平等。概念与设置方式同串行触发的信号设置
- G. 设置总线显示，包含总线位置、解码结果的显示格式（十六进制、十进制、二进制和 ASCII 码）
- H. 设置拷贝条件，将总线类型、信号设置等内容在触发和解码之间同步



注：
解码拷贝不是自动的。如果一处的信号设置改变，需要重新手动执行一次拷贝设置，才能同步到另一处。

以下为您详细介绍如何对每种总线进行触发和解码设置。

- I2C 触发和串行解码
- SPI 触发和串行解码

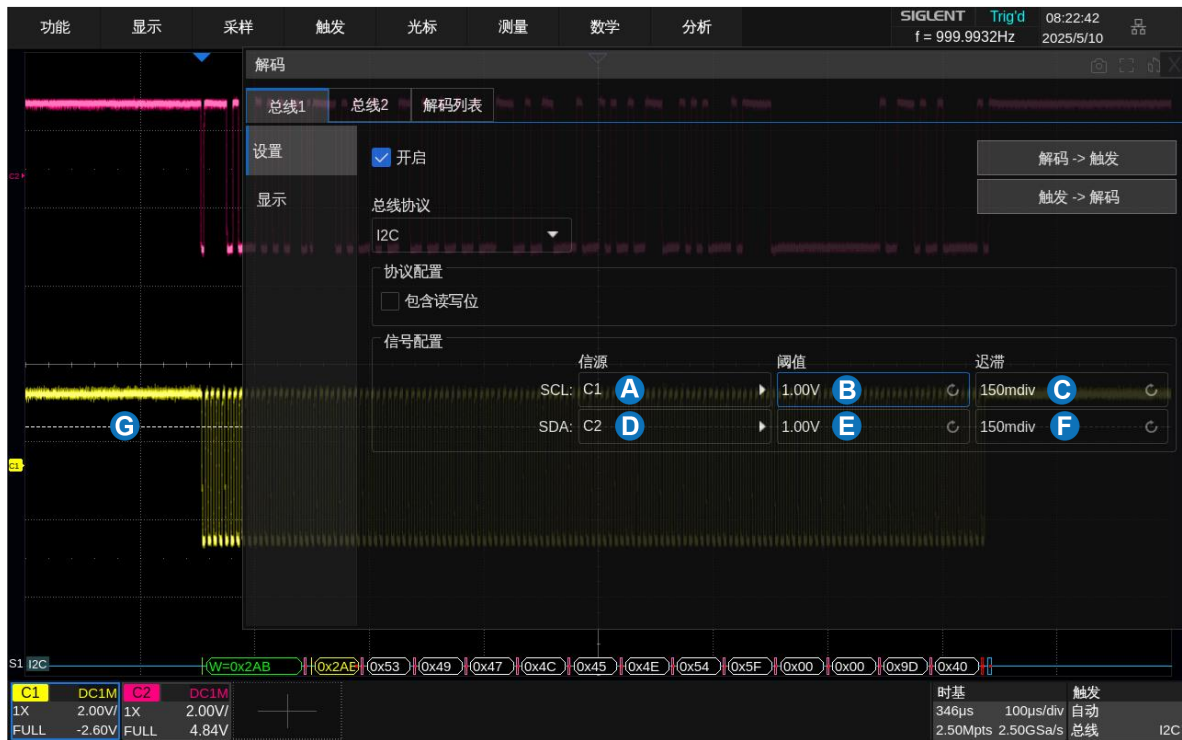
- UART 触发和串行解码
- CAN 触发和串行解码
- LIN 触发和串行解码
- FlexRay 触发和串行解码
- CAN FD 触发和串行解码
- I2S 触发和串行解码
- MIL-STD-1553B 触发和串行解码
- SENT 触发和串行解码
- Manchester 串行解码
- ARINC 429 触发和串行解码
- CAN XL 串行解码

17.2 I2C 触发和串行解码

请按“I2C 信号设置”、“I2C 触发”、“I2C 解码”的顺序对 I2C 信号进行触发并解码。

17.2.1 I2C 信号设置

I2C 信号设置包括将示波器连接到串行数据线（SDA）和串行时钟线（SCL），然后指定输入信号阈值电平。从解码或触发的对话框中均可进行信号设置，二者的信号设置是独立的。如果想同步解码和触发的信号设置，请在解码对话框中执行 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码**。



- A. 指定 SCL 信号的源
- B. 设置 SCL 信号的阈值电平，对于 LVTTTL 信号，一般取 1.00V 左右
- C. 设置 SCL 迟滞
- D. 指定 SDA 信号的源
- E. 设置 SDA 信号的阈值电平
- F. 设置 SDA 信号迟滞
- G. 阈值电平指示线。当调节某个信号的阈值电平时，会有指示线出现。在图例中正在调节的是 SCL 信号的阈值电平

17.2.2 I2C 触发

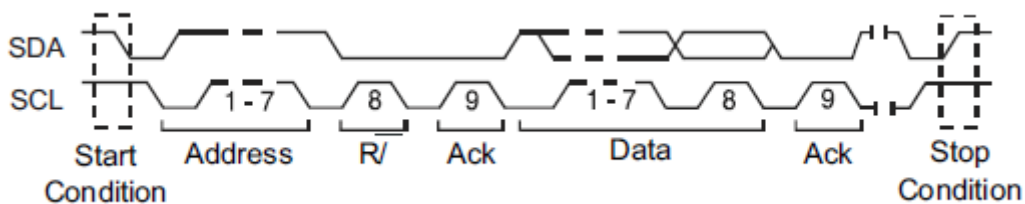
在将示波器设置为捕获 I2C 信号后，可以在开始条件、停止条件、重启条件、无应答、EEPROM 数据读取时触发，或在具有特定的设备地址和数据值的读/写帧上触发。

在 I2C 触发的对话框下可选择触发条件：



开始条件 -- 当 SCL 为高而 SDA 从高到低转换时示波器触发。

停止条件 -- 当 SCL 为高而 SDA 从低到高转换时示波器触发。

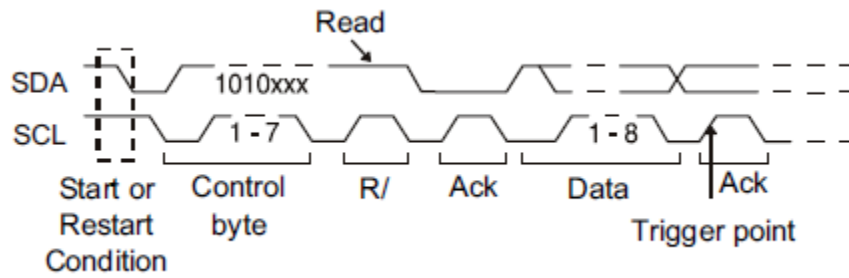


重启条件 -- 当另一个启动条件在停止条件之前出现时示波器触发。

无应答 -- 在任何 ACK 的时钟位期间，当 SDA 数据为高时示波器触发。

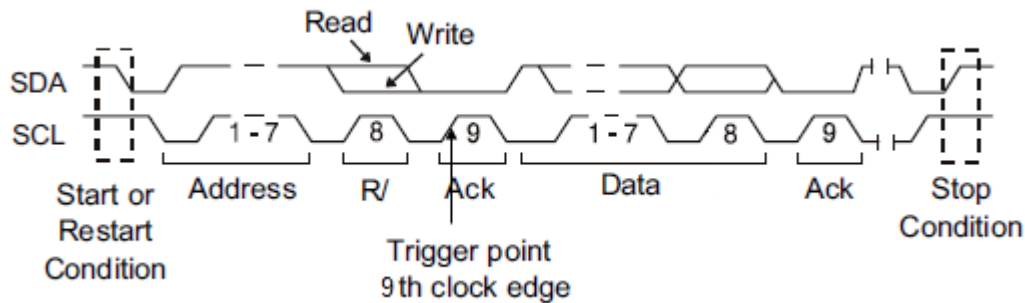
EEPROM 数据读取 -- 触发在 SDA 线上寻找 EEPROM 控制字节值 1010xxx，其后面跟随一个读取位和一个应答位。然后通过 **数据 1** 和 **限制条件** 设置数据值和比较符。当数据 =、> 或 < 在 **数据 1** 中设置的数据值时，示波器将在数据字节后应答位的时钟边沿上触发。此数据字节不一定紧接在控制字节后面。



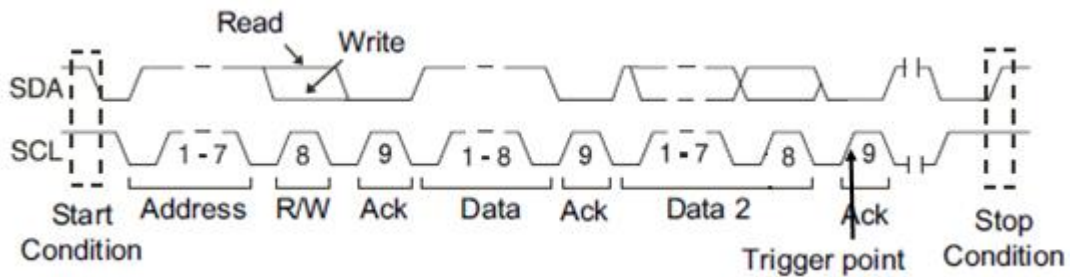


7 位地址&数据 -- 7 位寻址模式中的读或写帧上触发。

帧（开始：7bit 地址：读/写：应答）-- 数据 1 和数据 2 均配置为“0xXX”。如果码型中的所有位都匹配，则在紧随读写位的应答位上触发。

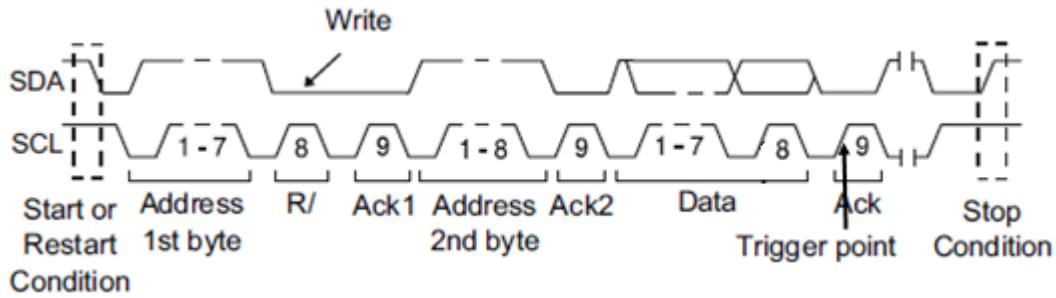


帧（开始：7bit 地址：读/写：应答：数据：应答：数据 2）-- 如果码型中的所有位都匹配，则在紧随数据 2 的应答位上触发。

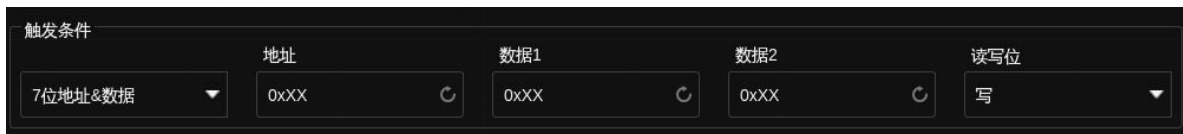


10 位地址&数据 -- 如果码型中的所有位都匹配，则在紧随数据的应答位上触发。

帧（开始：地址字节 1：读/写：应答：地址字节 2：应答：数据）。



如果已经将示波器设置为 7 位地址或 10 位地址的读写帧条件上触发：



地址 可在十六进制地址范围 0x00 至 0x7F (7 位) 或 0x3FF (10 位) 中选择。如果将地址选择为“0xXX (7 位地址)”或“0xXXX (10 位地址)”，则地址将被忽略。在地址结束后的应答位上始终会发生触发。

数据 1 和 **数据 2** 可在十六进制地址范围 0x00 至 0xFF 中选择。如果将数据选择为“0xXX”，则数据将被忽略。在地址结束后的应答位上始终会发生触发。

读写位 可指定为写、读或任意。

数据长度 -- 数据长度范围是 1 至 12。若当前触发数据符合所设数据长度，且所选地址位长度与信号相匹配，则触发。

点击 **地址长度** 选择“7 位”或“10 位”以匹配输入信号的地址。

点击 **数据长度**，滚动鼠标中轮或通过虚拟数字键盘设置数据长度值以匹配信号的数据长度。

17.2.3 I2C 解码

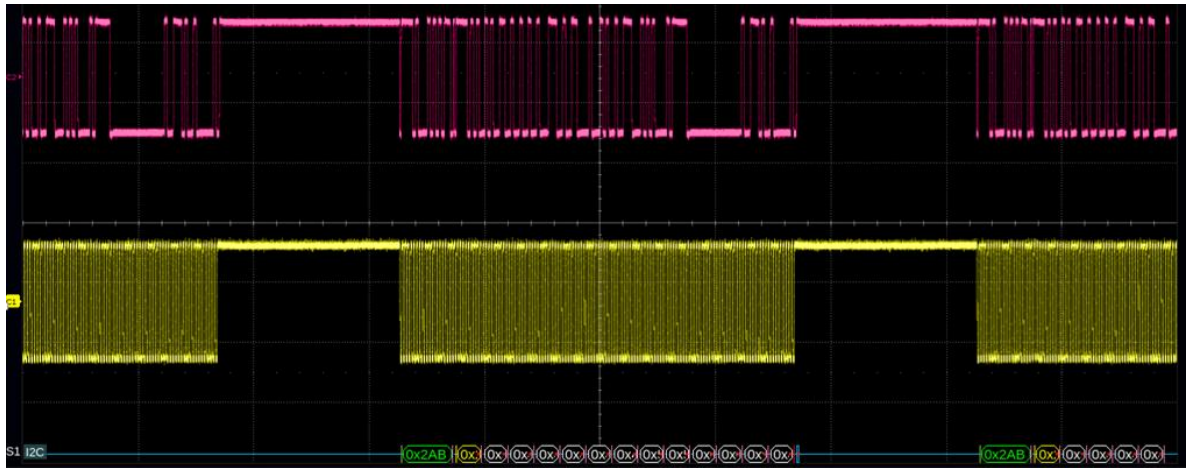
I2C 解码打开后显示区的布局如下图：



- 波形显示区，显示总线信号的原始波形
- 总线显示区，显示总线的解码结果，最多可选择两组总线。勾选 **开启**，点击 **显示** 下的 **格式** 选择解码结果的显示类型（二进制、十进制、十六进制或 ASCII 码）
- 列表显示区，当屏幕上显示多个总线帧时，可以通过列表的方式显示，列表的每行显示一帧的时间标签和解码结果。点击对话框的 **解码列表** 页，设置列表的参数

总线

- 帧起始标志，以黄绿色显示。
- 地址值显示在帧起始位之后，写地址以绿色显示，读地址以黄色显示。
- 写/读位分别用(W)和(R)表示，在水平空间足够的情况下出现在地址之前，如：W=0x4E，表示为写地址，值为 0x4E；在水平空间不够的情况下不显示写/读位，此时可通过颜色来区分写地址和读地址。
- 数据或地址位后的 **A** 表示应答，**~A** 表示无应答。
- 数据值显示为白色。在水平空间足够的情况下显示为 D=数据值，如：D=0x53；当水平空间不足的情况下仅显示数据值。
- 帧结束标志，以蓝色表示。
- 如果关联帧边界内的空间不足，则多余无法被显示的数据均以红点表示，例如：**0x...**



- 总线在垂直方向上的位置可通过鼠标拖动调节。

列表

- Time（时间标签）-- 当前数据帧的帧头相对于触发位置的水平位移值。
- Address（地址）-- 地址值。如：“0x50”表示地址为 50，无应答。
- R/W（读/写）-- 读地址或写地址。
- Data（数据）-- 数据字节。一帧解码数据对应列表行中的一行。

I2C	Time	Address	R/W	Data
1	762.400ms	0x2AB	W	
2	96.7640µs	0x2AB	R	0x53 49 47 4C 45 4E 54 5F 00 00 9D 40~A
3	1.00077ms	0x2AB	W	
4	1.09577ms	0x2AB	R	0x53 49 47 4C

配置

I2C 解码的配置中仅有 **包含读写位** 一项。当该项关闭时，地址与读写位分开表示，当该项开启时，读写位计入地址一起表示。

如地址 0x50：读：无应答，在不包含读写位时的显示为“0x50”，在包含读写位时的显示为“0xA1”。

17.3 SPI 触发和串行解码

请按“SPI 信号设置”、“SPI 触发”、“SPI 解码”的顺序对 SPI 信号进行触发并解码。

17.3.1 SPI 信号设置

串行外设接口（SPI）信号设置包括将示波器连接到时钟、MOSI 数据、MISO 数据和片选信号，然后设置每个输入通道的阈值电平，最后指定任何其他信号参数。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

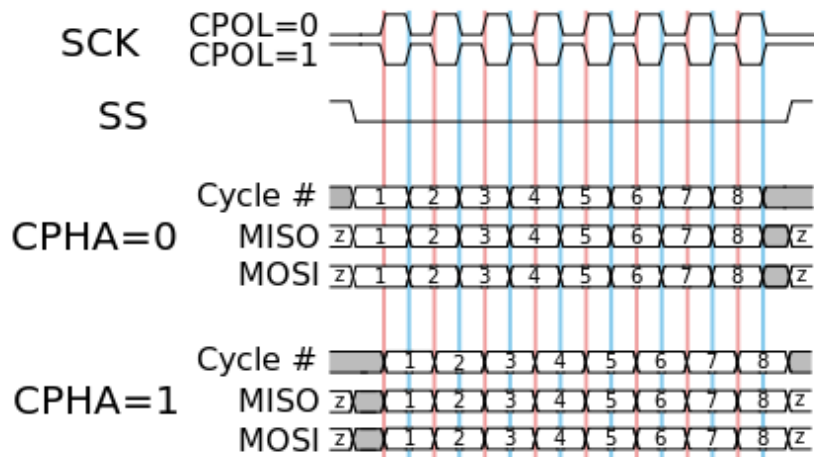
时钟（CLK）

CLK 信号除了指定源和阈值电平外，还需要指定 **边沿**。

上升沿 -- 数据在时钟上升沿锁存

下降沿 -- 数据在时钟下降沿锁存

用户可根据监测的 SPI 总线的时钟和数据的实际相位关系来选择边沿。参考下图，当时钟的下降沿与数据对齐时，选择上升沿锁存数据；当时钟的上升沿与数据对齐时，选择下降沿锁存数据



片选

片选信号根据 **片选类型** 的不同有不同的设置选项。可以设置片选类型为高有效（CS）、低有效（~CS）或时钟超时，在该周期中时钟信号为空闲状态。

高有效 -- 片选为高时成帧，此时需要为片选信号指定源和阈值电平。此时，片选信号需要在屏幕内有完整的上升沿才视为有效。

低有效 -- 片选为低时成帧，此时需要为片选信号指定源和阈值电平。此时，片选信号需要在屏幕内有完整的下降沿才视为有效。

时钟超时 -- 此时不需要为片选信号指定源和阈值电平，但要在 **时间** 区域设置超时时间。此时间为示波器搜索到将要触发的数据码型前，时钟信号必须为空闲状态（不跳变）的最小时间。该设置适用于无片选信号的 SPI 总线，或通道数不够的情况（如两通道示波器）。

拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同，详见“I2C 信号设置”。

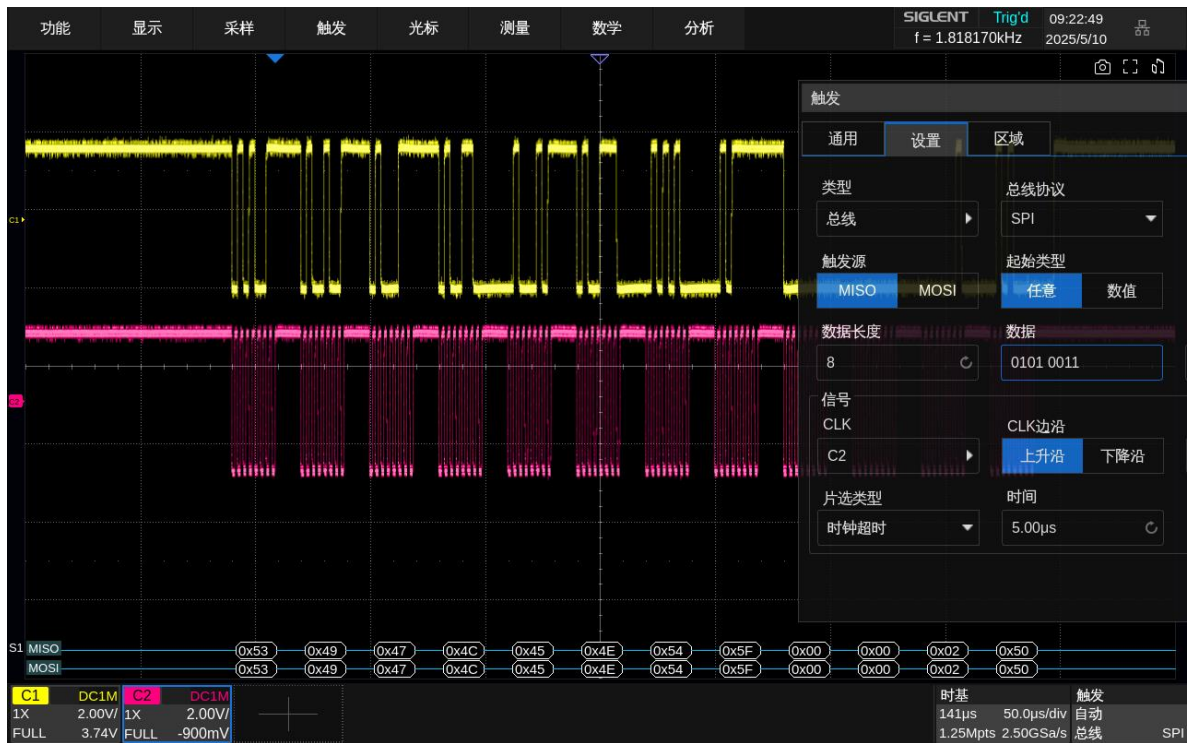
实例操作

向 C1、C2、C3 分别输入 SPI 的数据、时钟、片选信号。SPI 信号的格式为：8 位数据位宽，MSB 优先，片选低有效，每次传输 12 个字节数据。

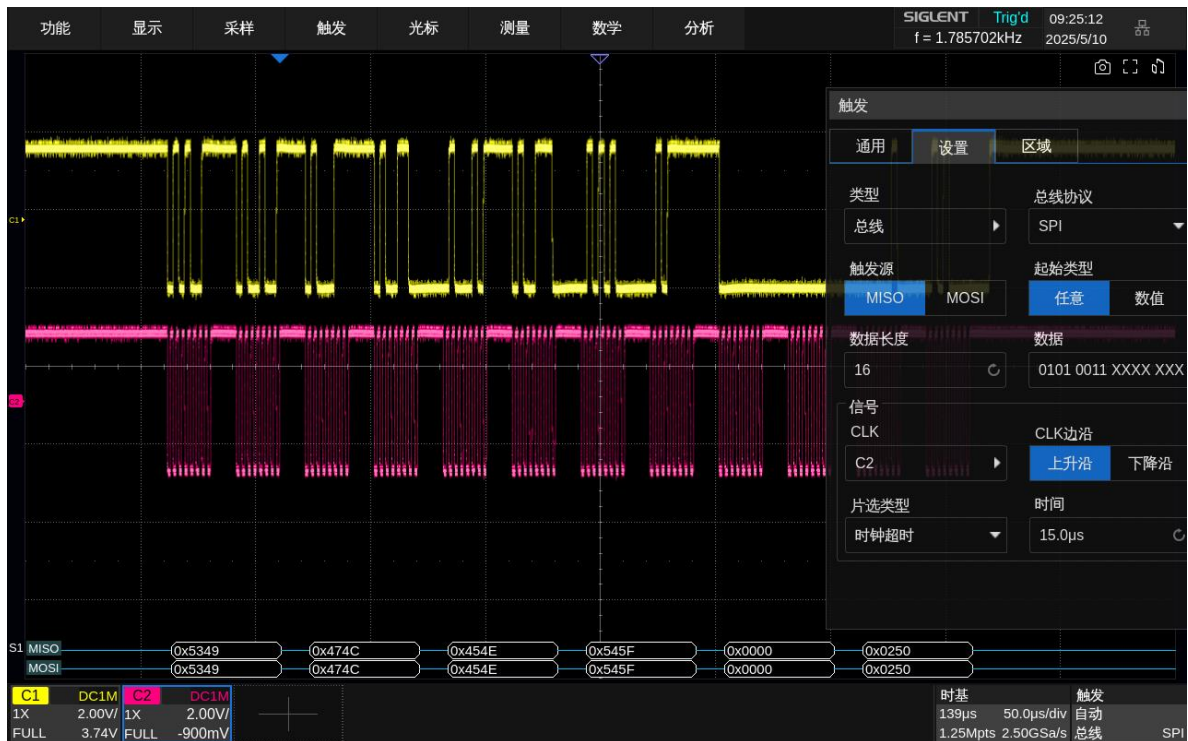
在 SPI 触发信号菜单下，设置相应的 CLK、MISO、CS 信号源、阈值。拷贝触发信号到解码。调整时基，使屏幕内有 CS 信号的下降沿：



当片选类型设置为时钟超时，开启手动光标，测量每次传输包的间隔为 150 us，测量采样空闲时间为 1.28 us，则设置超时时间为 1.28 ~ 150 us 间的任意值，本例设置为 5 us：



此例中，若设置数据位宽大于 8 位（如 16 位），则需测量 8 位数据包间的采样空闲时间为 12 us，将超时时间设置为 12 ~ 150 us 间的任意值，本例设置为 15 us：



17.3.2 SPI 触发

在 SPI 触发的触发条件主要是对数据的设置。在对话框下 **总线协议** 选择 SPI 后，可设置数据：



- A. 触发源：MISO 数据或 MOSI 数据
- B. 起始类型：任意或数值
- C. 数据长度：指定每个 SPI 帧的数据长度，设置范围为 4~96bit
- D. 设置在特定的数据下触发。点击两次 **数据** 区域，通过虚拟数字键盘输入指定的数值。
- E. 设置所有位，设置为全 0，全 1 或不关注（“X”）
- F. 设置比特流格式为最高有效位在先（MSB）或最低有效位在先（LSB）

17.3.3 SPI 解码

SPI 解码的界面与设置和“I2C 解码”类似。

在 **协议配置** 菜单下，可以指定解码的数据长度（范围 4~32bit）和比特流格式（LSB 或 MSB）。

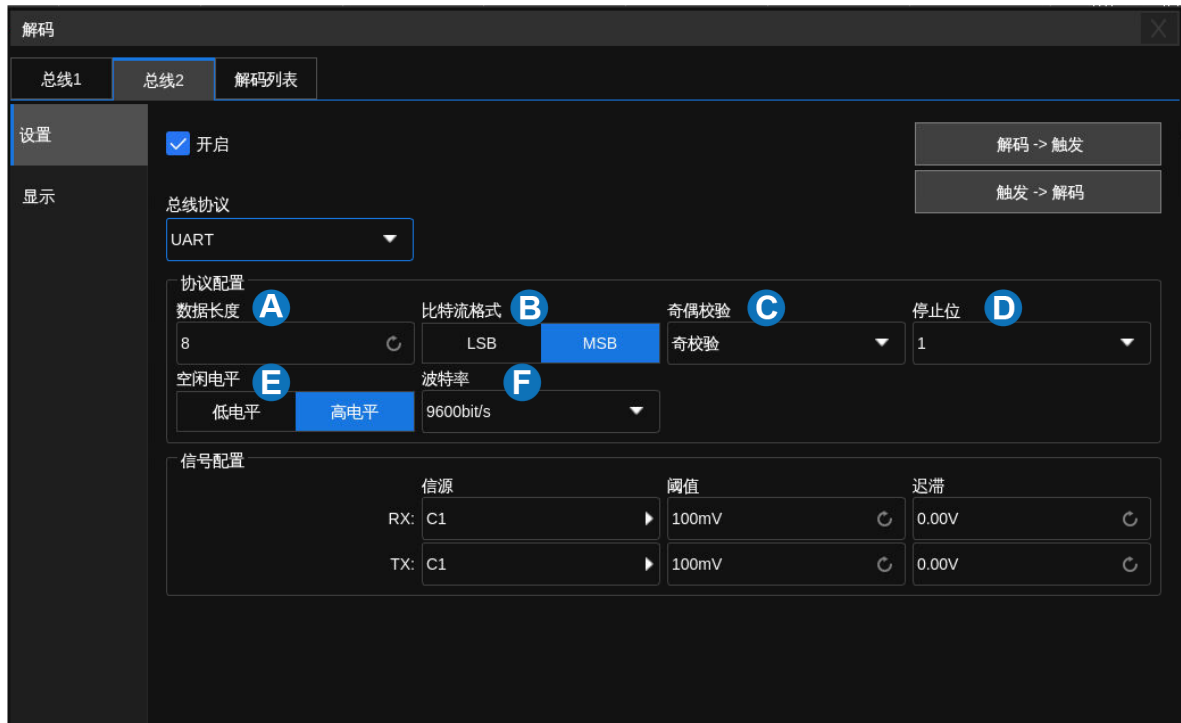
17.4 UART 触发和串行解码

请按“UART 信号设置”、“UART 触发”、“UART 解码”的顺序对 UART 信号进行触发并解码。

17.4.1 UART 信号设置

UART 信号设置包括将示波器连接到 RX 和 TX 信号，然后设置每个输入通道的阈值电平，最后指定任何其他信号参数。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下，可以设置 UART 总线的参数：

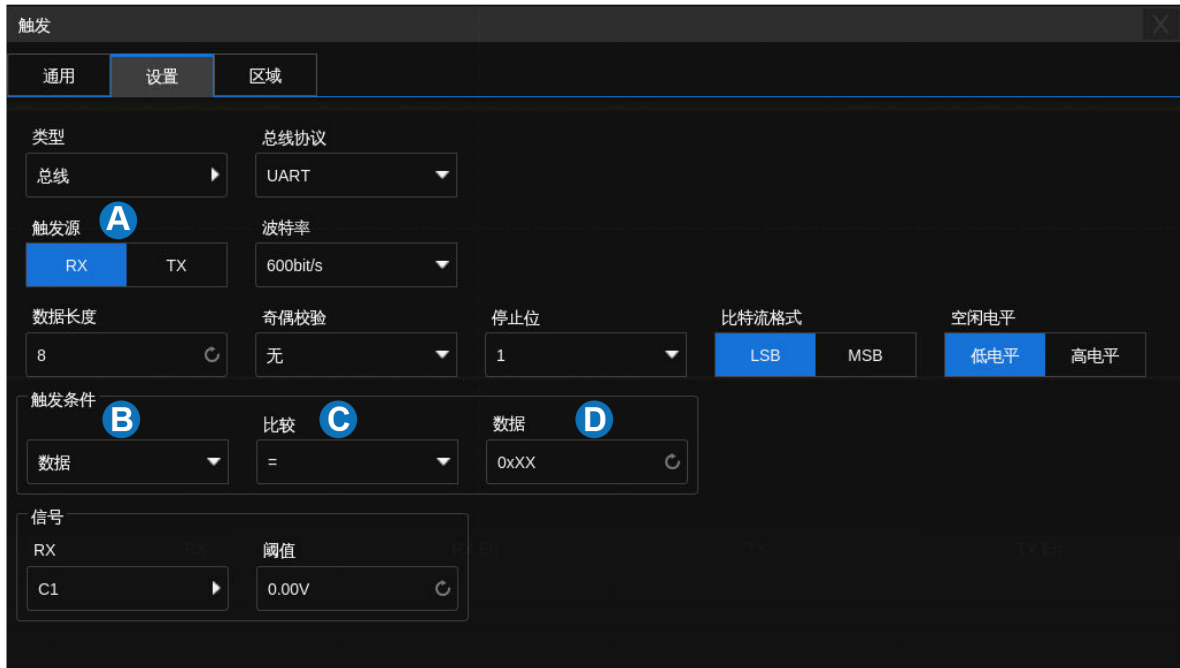


- A. 数据长度：5~8bit
- B. 设置比特流格式为最高有效位在先（MSB）或最低有效位在先（LSB）
- C. 根据被测设备选择无、奇校验、偶校验、0 校验或 1 校验。若 UART 数据为 9 位时，第 9 位可视为 0 校验位或 1 校验位
- D. 选择合适的停止位数（1、1.5、2）
- E. 选择低电平空闲或高电平空闲
- F. 选择波特率：600，1200，2400，4800，9600，19200，38400，57600，115200bps 和自定义

触发和解码之间同步信号设置和总线设置，方法与 I2C 信号设置相同，详见“I2C 信号设置”。

17.4.2 UART 触发

在对话框 **设置** 页下可设置触发条件：



- A. 选择触发源：RX 或 TX
- B. 选择触发条件：开始条件、停止条件、数据、校验错误
- C. 仅在“触发条件”= 数据时有效，设置触发的比较符：=、> 或 <
- D. 仅在“触发条件”= 数据时有效，设置触发的数据值

触发条件

开始条件 -- 在 RX/TX 上出现开始位时示波器触发。

停止条件 -- 在 RX/TX 上出现停止位时示波器触发。触发将在第一个停止位上发生。无论被测设备使用的是 1、1.5 或 2 个停止位，该触发都将自动完成。您无需指定被测设备使用的停止位数。

数据 -- 可选择比较符并设置相应数据值来对信号进行触发。

- 点击 **比较** 区域，选择等式限定符，可选择“=”、“>”或“<”特定的数据值。
- 点击 **数据** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需数据值。可设置数据值范围是 0x00 至 0xff。

校验错误 -- 示波器根据用户设置的奇偶校验类型对数据进行奇偶校验，如果校验值错误则触发。

17.4.3 UART 解码

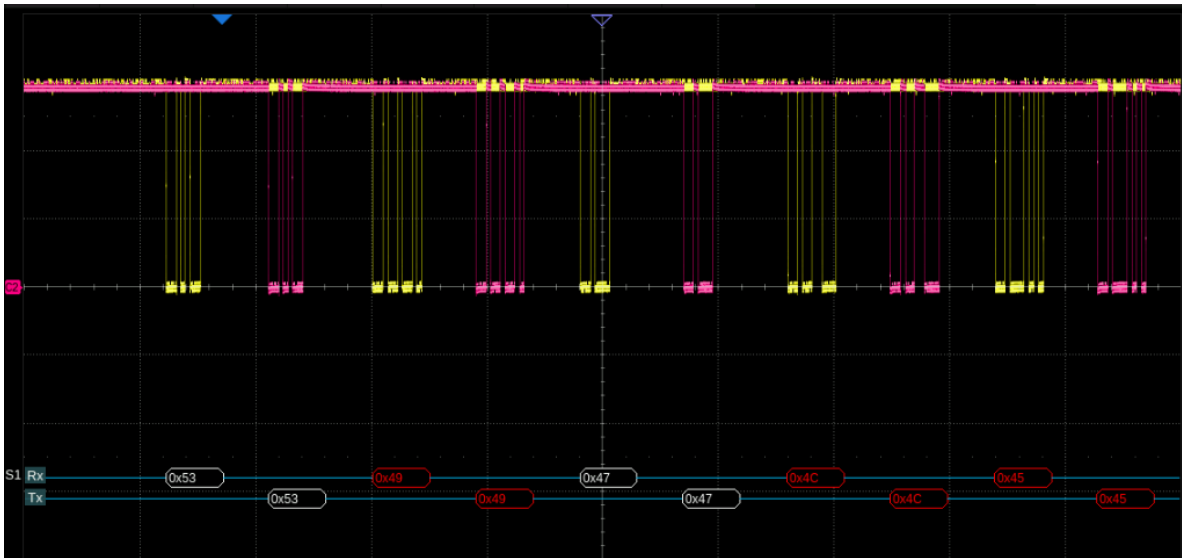
UART 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 UART 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 UART 触发同步。

在解码总线中：

DATA（数据）显示在帧内，以白色表示。

校验错误将使关联的数据字以红色显示。

如果关联帧边界内的空间不足，则多余无法被显示的数据均以红点表示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- RX -- 接收数据字。
- RX Err -- 接收错误类型。
- TX -- 发送数据字。
- Data -- 发送错误类型。

UART	Time	RX	RX Err	TX	TX Err
1	-24.2780us	0x53			
2	20.1392us			0x53	
3	65.3218us	0x49	Parity Err		
4	109.767us			0x49	Parity Err
5	154.861us	0x47			
6	199.305us			0x47	
7	244.460us	0x4C	Parity Err		

17.5 CAN 触发和串行解码

请按“CAN 信号设置”、“CAN 触发”、“CAN 解码”的顺序对 CAN 信号进行触发并解码。

17.5.1 CAN 信号设置

CAN 信号设置包括将示波器连接到 CAN_H 信号和 CAN_L 信号，然后设置每个输入通道的阈值电平，最后指定触发或解码使用的信源（CAN_H，CAN_L 或 CAN_H-CAN_L）。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下，可以设置 CAN 总线的波特率参数 (5kb/s, 10kb/s, 20kb/s, 50kb/s, 100kb/s, 125kb/s, 250kb/s, 500kb/s, 800kb/s, 1Mb/s 和自定义)

拷贝设置可以在触发和解码之间同步信号设置和总线设置。拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同，详见“I2C 信号设置”。

17.5.2 CAN 触发

在 CAN 触发的对话框下点击 **设置** 可选择触发条件：



开始条件 -- 示波器在帧开始时触发。

远程帧 -- 示波器在具有指定 ID 的远程帧上触发。可设置 ID、ID 长度（11bit 或 29bit）和 ID 设置（第 1 字节，第 2 字节，第 3 字节或第 4 字节）。ID 设置在使用鼠标中轮滚动时有效，用于指定调节 ID 的第几个字节。

ID -- 示波器在与指定 ID 匹配的数据帧上触发。可设置 ID、ID 长度（11bit 或 29bit）和 ID 设置（第 1 字节，第 2 字节，第 3 字节或第 4 字节）。

ID+数据 -- 示波器在与指定 ID 和数据匹配的数据帧上触发。可设置 ID、ID 长度 (11bit 或 29bit)、ID 设置 (第 1 字节, 第 2 字节, 第 3 字节或第 4 字节) 和数据 1、数据 2。

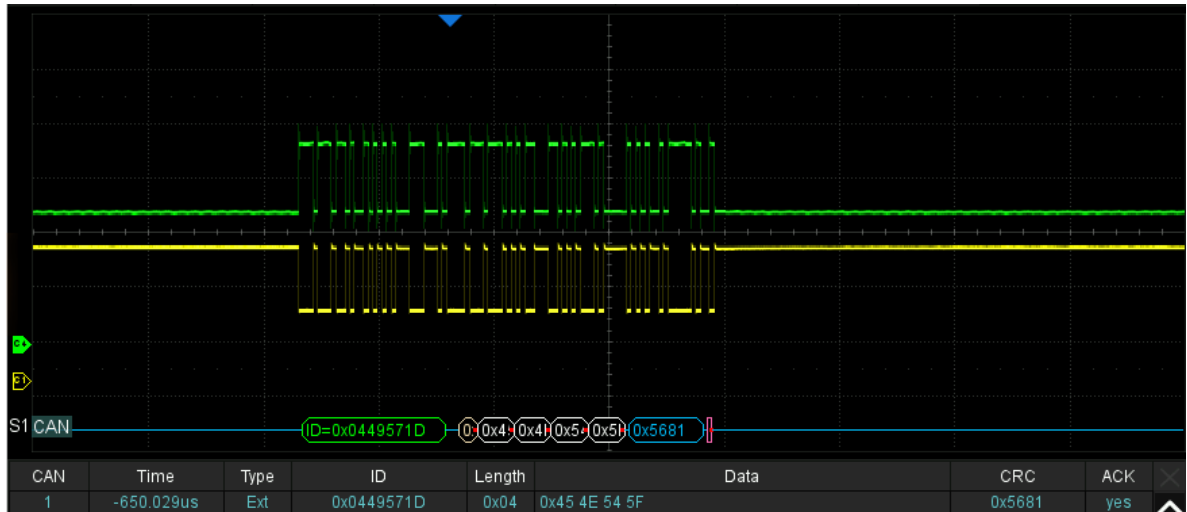
错误帧 -- 示波器将在 CAN 信号的错误帧上触发。

17.5.3 CAN 解码

CAN 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 CAN 解码的对话框下, **信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 CAN 触发同步。

在解码总线中:

- ID 显示在帧内, 以绿色表示。
- LEN (数据长度) 显示在帧内, 以米黄色表示。
- DATA (数据) 显示在帧内, 以白色表示。
- CRC 显示在帧内, 以蓝色表示。
- 应答位以粉红色表示。
- 如果关联帧边界内的空间不足, 则多余无法被显示的数据均以红点表示。



在解码列表中:

- Time (时间标签) -- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- Type -- 帧的类型, 可显示数据帧 (用“D”表示) 或远程帧 (用“R”表示)。
- ID -- 帧 ID, 将自动检测为 11 位或 29 位帧。
- Length -- 数据长度。

- Data -- 数据字节。
- CRC -- 循环冗余校验。
- Ack -- 应答位。

CAN	Time	Type	ID	Length	Data	CRC	ACK
1	-24.1488ms	R	0x012F30DC	0		0x4BA5	yes
2	-19.9490ms	D	0x0449571D	4	0x45 4E 54 5F	0x5681	yes
3	-15.1293ms	R	0x056A7E0C	3		0x734E	yes
4	-10.9295ms	D	0x07819F51	8	0x53 49 47 4C 45 4E 54 5F	0x0C9B	yes
5	-5.44975ms	R	0x012F30DC	0		0x4BA5	yes
6	-1.24996ms	D	0x0449571D	4	0x45 4E 54 5F	0x5681	yes
7	3.56980ms	R	0x056A7E0C	3		0x734E	yes

17.6 LIN 触发和串行解码

请按“LIN 信号设置”、“LIN 触发”、“LIN 解码”的顺序对 LIN 信号进行触发并解码。

17.6.1 LIN 信号设置

LIN 信号设置包括将示波器连接到 LIN 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下，可以设置 LIN 总线的波特率参数 (600b/s, 1200b/s, 2400b/s, 4800b/s, 9600b/s, 19200b/s 和自定义)

拷贝设置可以在触发和解码之间同步信号设置和总线设置。拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同，详见“I2C 信号设置”。

17.6.2 LIN 触发

在 LIN 触发的对话框下点击 **设置** 可选择触发条件：



间隔 -- 示波器在帧开始时触发。

ID -- 示波器将在检测到其 ID 等于设定值的帧时触发。设定范围为 0x00 至 0x3f。

ID&数据 -- 示波器将在检测到其 ID 和数据等于设定值的帧时触发。可分别设置“ID”、“数据 1”和“数据 2”。

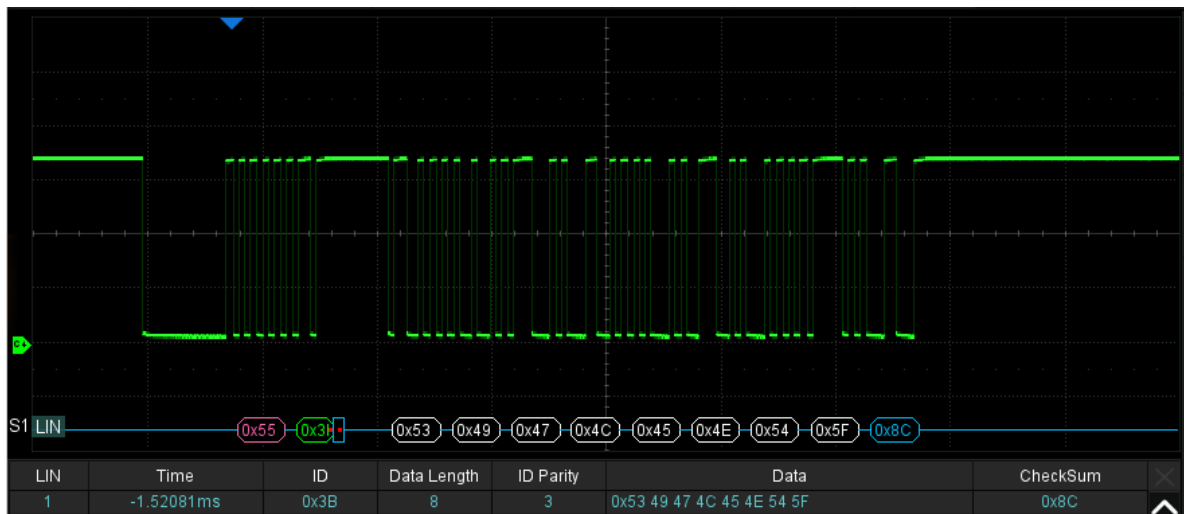
数据错误 -- 示波器将在 LIN 信号的错误帧上触发。

17.6.3 LIN 解码

LIN 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 LIN 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 LIN 触发同步。

在解码总线中：

- ID 显示在帧内，以绿色表示，随后的 ID 校验位以蓝色表示。
- LEN（数据长度）显示在帧内，以白色表示。
- CHK（校验码）显示在帧内，以蓝色表示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- ID -- 帧 ID。
- Data Length -- 数据长度。
- ID Parity -- ID 奇偶校验。
- Data -- 数据字节。

- Checksum -- 数据校验和。

LIN	Time	ID	Data Length	ID Parity	Data	CheckSum
1	-39.8835ms	25H	4	00H	ENT_	93H
2	-3.63532ms	3BH	8	03H	SIGLENT_	8CH
3	36.7793ms	06H	2	00H	T_	46H
4	70.9443ms	14H	2	00H	T_	38H
5	105.109ms	25H	4	00H	ENT_	93H

17.7 FlexRay 触发和串行解码

请按“FlexRay 信号设置”、“FlexRay 触发”、“FlexRay 解码”的顺序对 FlexRay 信号进行触发并解码。

17.7.1 FlexRay 信号设置

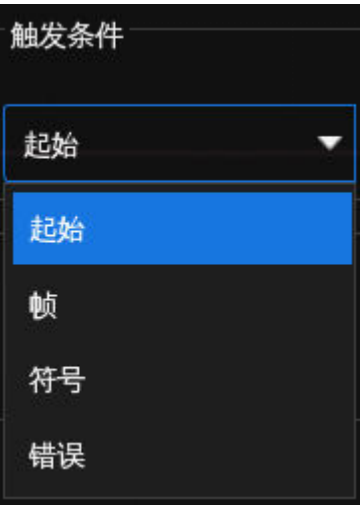
FlexRay 信号设置包括将示波器连接到 FlexRay 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下，可以设置 FlexRay 总线的波特率参数（2.5Mb/s，5.0Mb/s，10.0Mb/s 和自定义）

拷贝设置可以在触发和解码之间同步信号设置和总线设置。拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同，详见“I2C 信号设置”。

17.7.2 FlexRay 触发

在 FlexRay 触发的对话框下点击 **设置** 可选择触发条件：



起始 -- 示波器在传输起始序列上触发。

帧 -- 示波器将在总线的帧上触发。

- 设置帧头指示符：负载段前沿、空帧、同步帧、起始帧。
- 点击 **ID** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需 ID 值。可设置 ID 范围是 0x000 至 0x7ff。
- 点击 **比较类型** 区域，选择等式限定符，可选择“任意”、“=”、“>”或“<”特定的周期数量。
- 点击 **周期数量** 区域，调出虚拟数字键盘设置周期。可设置 ID 范围是 0~63。
- 当“比较类型”为 = 时，还需设置 **重复系数**。

符号 -- 示波器将在 CID(信道空闲界定符)、CAS/MTS (冲突避免符/媒体访问测试符) 和 WUS (唤醒特征符) 上触发。

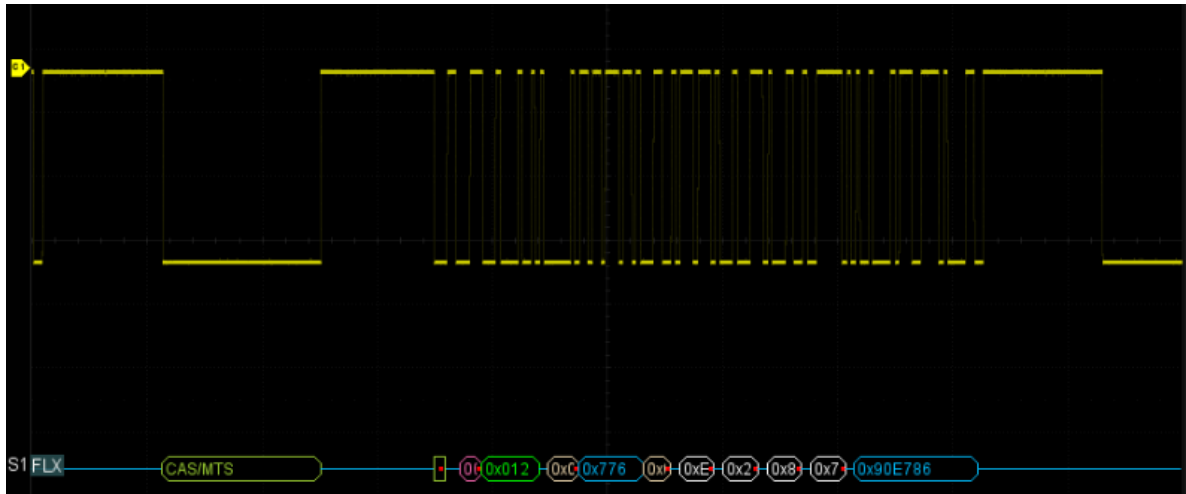
错误 -- 示波器将在总线错误时触发，包括帧起始错误、字节起始错误、帧结束错误、头部 CRC 错误、数据 CRC 错误。

17.7.3 FlexRay 解码

FlexRay 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 FlexRay 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 FlexRay 触发同步。

在解码总线中：

- 特征符 (CAS/MTS、WUP)，以黄绿色显示。
- TSS 传输起始序列，以黄绿色显示。帧头部分的空帧指示 (Null frame indicator)、同步帧指示 (Sync frame indicator)、起始帧指示 (Startup frame indicator) 显示在帧内，以粉红色显示。
- ID 显示在帧内，以绿色显示。
- PL (有效数据长度) 显示在帧内，以字为单位，以米黄色显示。
- HCRC (头部校验码) 显示在帧内，以蓝色显示。
- CYC (周期) 显示在帧内，以米黄色显示。
- D (数据) 显示在帧内，以白色显示。
- FCRC (数据校验码) 显示在帧内，以蓝色显示。



在解码列表中:

- Time (时间标签) -- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- FID -- 帧 ID, 特征符会单独占据列表的一行。
- PL -- 数据长度。
- HCRC -- 帧头部校验。
- CYC -- 周期数量。
- Data -- 数据字节。
- FCRC -- 帧数据校验。

FLX	Time	FID	PL	HCRC	CYC	Data	FCRC
1	-83.0406us	0x012	0x02	0x776	0x0C	0xEE 0x23 0x8C 0x7E	0x90E786
2	-25.0160us	CAS/MTS					
3	-1.40820us	0x012	0x02	0x776	0x0C	0xEE 0x23 0x8C 0x7E	0x90E786
4	56.6174us	CAS/MTS					
5	80.2240us	0x012	0x02	0x776			

17.8 CAN FD 触发和串行解码

请按“CAN FD 信号设置”、“CAN FD 触发”、“CAN FD 解码”的顺序对 CAN FD 信号进行触发并解码。

17.8.1 CAN FD 信号设置

CAN FD 信号设置包括将示波器连接到 CAN FD 信号, 然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下, 可以设置 CAN FD 总线的波特率参数 (标准波特率:

10kb/s, 25kb/s, 50kb/s, 100kb/s, 250kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s, 5Mb/s, 8Mb/s, 10Mb/s 和自定义; 数据波特率: 500kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s, 5Mb/s, 8Mb/s, 10Mb/s, 自定义)

拷贝设置可以在触发和解码之间同步信号设置和总线设置。拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同, 详见“I2C 信号设置”。

17.8.2 CAN FD 触发

在触发对话框下点击 **设置** 可设置触发条件:



- A. 选择帧类型: Both、CAN 或 CAN FD
- B. 仅在“帧类型”= CAN FD 时有效, 设置帧数据速率变换类型: Both、Normal、FD
- C. 仅在“帧类型”= CAN FD 时有效, 设置 ISO 打开或者关闭
- D. 设置标准波特率和采样位置
- E. 设置数据波特率和采样位置
- F. 设置触发条件: 开始条件、远程帧、ID、ID+数据、错误帧

触发条件

开始条件 -- 示波器在帧开始时触发。

远程帧 -- 示波器在具有指定 ID 的远程帧上触发。可设置 ID、ID 长度 (11bit 或 29bit) 和 ID 设置 (第 1 字节, 第 2 字节, 第 3 字节或第 4 字节)。ID 设置在使用鼠标中轮时有效, 用于指定调节 ID 的

第几个字节。

ID -- 示波器在与指定 ID 匹配的数据帧上触发。可设置 ID、ID 长度（11bit 或 29bit）和 ID 设置（第 1 字节，第 2 字节，第 3 字节或第 4 字节）。

ID+数据 -- 示波器在与指定 ID 和数据匹配的数据帧上触发。可设置 ID、ID 长度（11bit 或 29bit）、ID 设置（第 1 字节，第 2 字节，第 3 字节或第 4 字节）和数据 1、数据 2。

错误帧 -- 示波器将在 CAN FD 信号的错误帧上触发。

- Error Frame：错误帧。
- Stuff Bit Error：填充错误。
- CRC Mismatch Error：CRC 校验错误，当计算的 CRC 与传输的 CRC 不匹配时触发。
- Stuff Bit Cnt Err：仅在 ISO 开启时有效，当填充计数不正确时触发。
- Stuff Bit Cnt Par. Err：仅在 ISO 开启时有效，填充计数的极性错误时触发。

17.8.3 CAN FD 解码

CAN FD 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 CAN FD 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 CAN FD 触发同步。

在解码总线中：

- ID 显示在帧内，以绿色表示。
- BRS（可转换变速率标志）显示在帧内，以米黄色显示。
- ESI（错误状态指示器）显示在帧内，以蓝色显示。
- L（数据长度）显示在帧内，以米黄色表示。
- D（数据）显示在帧内，以白色表示。
- CRC 显示在帧内，以蓝色表示。
- Ack（应答位）显示在帧内，以粉红色显示。
- 如果关联帧边界内的空间不足，则多余无法被显示的数据均以红点表示。

在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。

- Type -- 帧的类型，Std（CAN 标准帧），Ext（CAN 扩展帧），FD Std（CAN FD 标准帧），
- FD Ext（CAN FD 扩展帧），Std RTR（CAN 标准远程帧），Ext RTR（CAN 扩展远程帧）。
- ID -- 帧 ID。
- Length -- 数据长度。
- Data -- 数据字节。
- CRC -- 循环冗余校验。
- Ack -- 应答位。

CAN FD	Time	Type	ID	Length	Data	CRC	ACK
1	-190.506us	FD Std	0x66	0x08	0x0A 1B 2C 3D 4E 5F 60 71	0x9ADA	yes
2	-95.5054us	FD Std	0x66	0x08	0x0A 1B 2C 3D 4E 5F 60 71	0x9ADA	yes
3	-505.600ns	FD Std	0x66	0x08	0x0A 1B 2C 3D 4E 5F 60 71	0x9ADA	yes
4	94.4942us	FD Std	0x66	0x08	0x0A 1B 2C 3D 4E 5F 60 71	0x9ADA	yes
5	189.496us	FD Std	0x66	0x08	0x0A 1B 2C 3D 4E 5F 60 71	0x9ADA	yes

17.9 I2S 触发和串行解码

请按“I2S 信号设置”、“I2S 触发”、“I2S 解码”的顺序对 I2S 信号进行触发并解码。

17.9.1 I2S 信号设置

I2S 信号设置包括将示波器连接到帧时钟（WS）、串行时钟（BCLK）和串行数据信号（Data），然后设置每个输入通道的阈值电平，最后设置其他信号参数。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

时钟（BCLK）

BCLK 信号除了指定源和阈值电平外，还需要指定 **边沿**。

上升沿 -- 数据在时钟上升沿锁存

下降沿 -- 数据在时钟下降沿锁存

帧时钟（WS）

WS 信号除了指定源和阈值电平外，还需要指定声道极性 **左声道**。

低电平 -- WS 为低时选择左声道，WS 为高时选择右声道

高电平 -- WS 为低时选择右声道，WS 为高时选择左声道

拷贝设置可以在触发和解码之间同步信号设置和总线设置。拷贝设置的方法与 I2C 信号设置相同，

详见“I2C 信号设置”。

17.9.2 I2S 触发

在触发对话框下点击 **设置** 可设置触发条件：



- A. 音频格式：Audio-I2S、Audio-LJ、Audio-RJ
- B. 通道：设置判定触发的声道，Left 或 Right
- C. 设置比特流格式为最高有效位在先（MSB）或最低有效位在先（LSB）
- D. 通道位数：指定每个声道接收的数据位数，该值应大于等于起始位+数据位数
- E. 数据位数：指定每个声道的数据位数，设置范围为 1~32bit
- F. 起始位：指定数据的起始位，设定范围为 0~31bit
- G. 触发条件：数据、Mute、Clip、毛刺、上升沿、下降沿
- H. 仅在“触发条件”= 数据时有效，设置触发的比较符：=、> 或 <
- I. 仅在“触发条件”= 数据时有效，设置触发的数据值

触发条件

数据 -- 可选择比较符并设置相应数据值来对信号进行触发。

- 点击 **比较类型** 区域，选择等式限定符，可选择“=”、“>”或“<”特定的数据值。

- 点击 **数据值** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需数据值。可设置数据值范围与 **数据位数** 关联。

Mute -- 对静音信号进行触发。音量小于设定值且持续时间达到设定值的信号，即为静音。

- 点击 **MNF** 区域，调出虚拟数字键盘设置静音门限。可设置范围与 **数据位数** 关联。
- 点击 **Duration** 区域，调出虚拟数字键盘设置持续时间。可设置范围 1~64 帧。

Clip -- 对破音信号进行触发。音量大于设定值且持续时间达到设定值的信号，即为破音。

- 点击 **Clip Level** 区域，调出虚拟数字键盘设置破音门限。可设置范围与 **数据位数** 关联。
- 点击 **Duration** 区域，调出虚拟数字键盘设置持续时间。可设置范围 1~64 帧。

毛刺 -- 对音频信号的毛刺进行触发。

- 点击 **门限** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需门限值。可设置范围与 **数据位数** 关联。

上升沿 -- 在大于 **门限** 设置值的信号上触发。

- 点击 **门限** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需门限值。可设置范围与 **数据位数** 关联。

下降沿 -- 在小于 **门限** 设置值的信号上触发。

- 点击 **门限** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需门限值。可设置范围与 **数据位数** 关联。

17.9.3 I2S 解码

I2S 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 I2S 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 I2S 触发同步。

在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- Type -- 声道类型，Left CH 为左声道，Right CH 为右声道。
- Data -- 数据字节，以原码显示。
- Complemental Code -- 数据字节，以补码显示。

- Error -- 错误。

17.10 MIL-STD-1553B 触发和串行解码

请按“MIL-STD-1553B 信号设置”、“MIL-STD-1553B 触发”、“MIL-STD-1553B 解码”的顺序对 MIL-STD-1553B 信号进行解码。

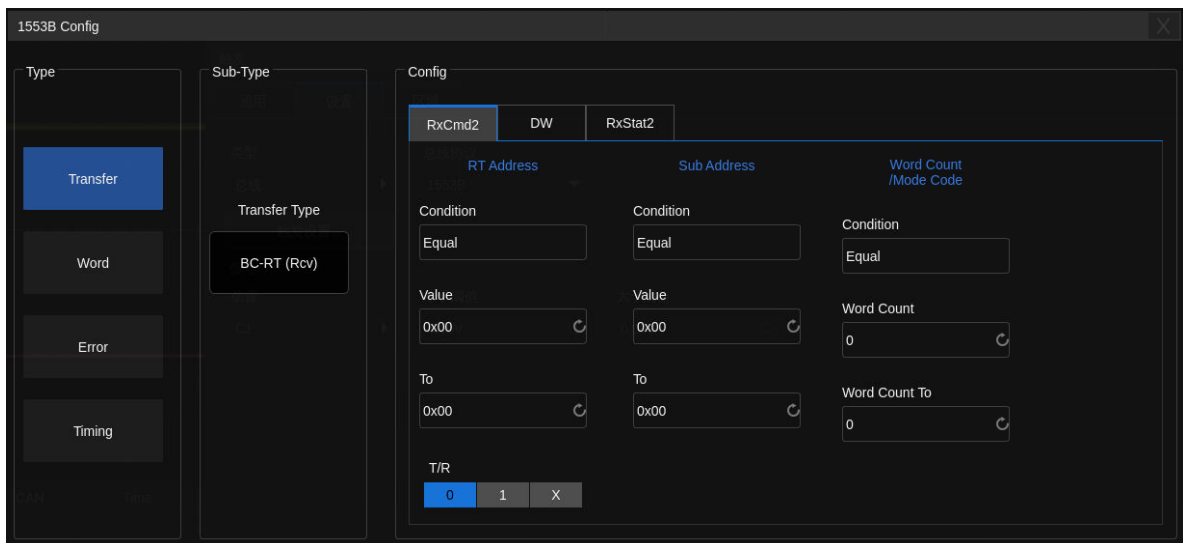
17.10.1 MIL-STD-1553B 信号设置

MIL-STD-1553B 信号设置包括将示波器连接到 MIL-STD-1553B 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

17.10.2 MIL-STD-1553B 触发

在将示波器设置为捕获 MIL-STD-1553B 信号后，可以在指定传输消息、字或错误上触发，也可指定在满足设定的消息间间隔、响应时间的帧上触发。

在对话框下点击 **触发设置** 调出触发设置页：



按传输消息格式触发

All -- 在任意字的同步脉冲结束处触发。

BC-RT(Rcv) -- 在指定的总线控制器向远程终端的传输消息上触发。可指定接收指令字(RxCmd)+数据字数目+数据字(DW)、接收状态字(RxStat)，且响应时间需小于 14us。

RT-BC(Xmit) -- 在指定的远程终端向总线控制器的传输消息上触发。可指定发送指令字(TxCmd)+数据字数目、发送状态字(TxStat)+数据字(DW)，响应时间小于 14us。

RT-RT -- 在指定的远程终端向远程终端传输的消息上触发。可指定接收指令字(RxCmd)+数据字数目、发送指令字(TxCmd)+数据字数目、发送状态字(TxStat)+数据字(DW)、接收状态字(RxStat)，且响应时间需小于 14us。

Mode Command -- 在指定的不带数据字的方式指令上触发。可指定发送指令字(TxCmd)+方式代码、发送状态字(TxStat)，且响应时间需小于 14us。

Mode Command_Data(Xmit) -- 在指定的带数据字的方式指令(发送)上触发。可指定发送指令字(TxCmd)+方式代码、发送状态字(TxStat)+数据字(DW)，且响应时间需小于 14us。

Mode Command_Data(Rcv) -- 在指定的带数据字的方式指令(接收)上触发。可指定接收指令字(RxCmd)+方式代码+数据字(DW)、接收状态字(RxStat)，且响应时间需小于 14us。

BC-RT(S)(B'cast) -- 在指定的总线控制器向各远程终端的广播传输消息上触发。可指定接收指令字(RxCmd, 远程终端地址为 11111)+数据字数目+数据字(DW)。

RT-RT(S)(B'cast) -- 在指定的远程终端向各远程终端的广播传输消息上触发。可指定接收指令字(RxCmd, 远程终端地址为 11111)、发送指令字(TxCmd)、发送状态字(TxStat)+数据字(DW)。

Mod Command(B'cast) -- 在指定的不带数据字的方式指令广播上触发。可指定发送指令字(TxCmd, 远程终端地址为 11111)+方式代码。

Mod Command_Data(B'cast) -- 在指定的带数据字的方式指令广播上触发。可指定接收指令字(RxCmd, 远程终端地址为 11111))+方式代码+数据字(DW)。

按字格式触发

All -- 在任意字的同步脉冲结束处触发。

Command -- 在指定的指令字上触发。可指定远程终端地址(RT Address)、发送接收类型(T/R)、子地址/方式字段(Sub Address)、数据字数目/方式代码(Word Count/Mode Code)

Data -- 在指定的数据字上触发。

Status -- 在指定的状态字上触发。可指定远程终端地址(RT Address)、消息差错位(Error)、测试手段位(Instr)、服务请求位(SRQ)、广播指令接收位(Bcast Rcvd)、忙位(Busy)、子系统标志位(Sub Syst)、动态总线接收位(Dyn Bus)、终端标志位(Term Flag)。

按错误触发

Invalid Sync -- 在找到无效同步脉冲时触发。同步头的高低电平不足 1.5bit 视为无效，容差 10%。

Manchester Error -- 在检测到曼彻斯特编码错误时触发。

Idle Error -- 字长度错误时触发。字长少于 20 bit 视为错误。

Parity Error -- 奇偶校验错误时触发。

Bad Word Count -- 数据字数目不满足指令字定义时触发。

Address Mismatch -- 状态字与指令字的远程终端地址不匹配时触发。

Non Contig. Data -- 数据字间有间隔时触发。

Sync Error -- 不满足消息格式时触发。在传输消息时，应出现命令字或者状态字的时，却出现数据字，则视为错误。

按时间间隔触发

Response Time -- 在满足响应时间条件的状态字上触发。响应时间范围为[4us,12us]。

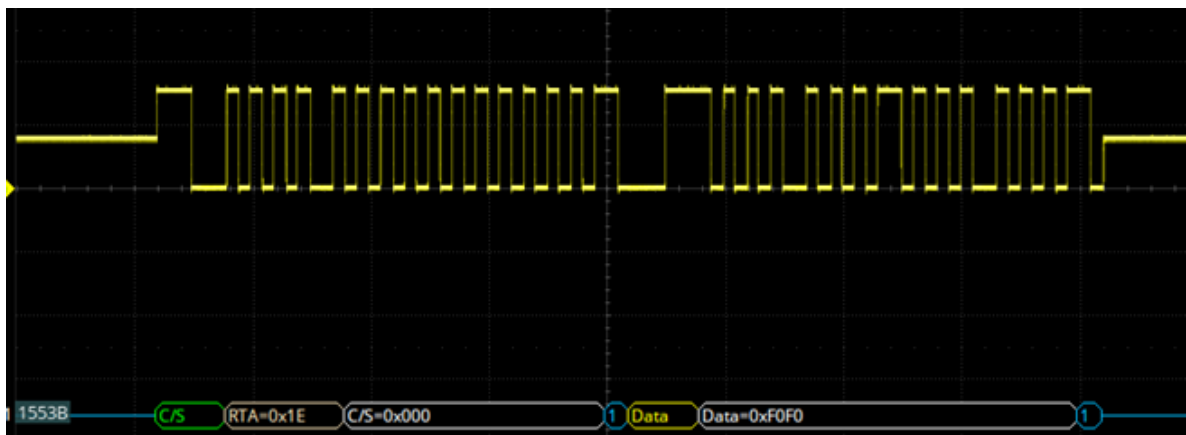
Inter Message Gap -- 在满足消息间隔条件的消息上触发。最小消息间隔为 4us。

17.10.3 MIL-STD-1553B 解码

MIL-STD-1553B 解码的界面与设置和“I2C 解码”类似。

在解码总线中：

- C/S 为命令/状态字，以绿色显示。
- RTA 为命令/状态字的远程终端地址，以米黄色显示。
- C/S 数据为命令/状态字的其余数据值，以白色显示。
- Data 为数据字，以黄色显示；紧随其数据，以白色显示。
- 校验位显示在数据后，以蓝色显示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- RTA -- C/S（命令/状态字）的远程终端地址。
- Type -- 字类型。
- Data -- 数据字节。
- Error -- 错误。

1553B	Time	RTA	Type	Data	Error
1	-2.99040us	0x1	Cmd/Status	0x631	
2	27.0088us	0x1	Cmd/Status	0x0	Parity
3	47.0402us		Data	0x8888	

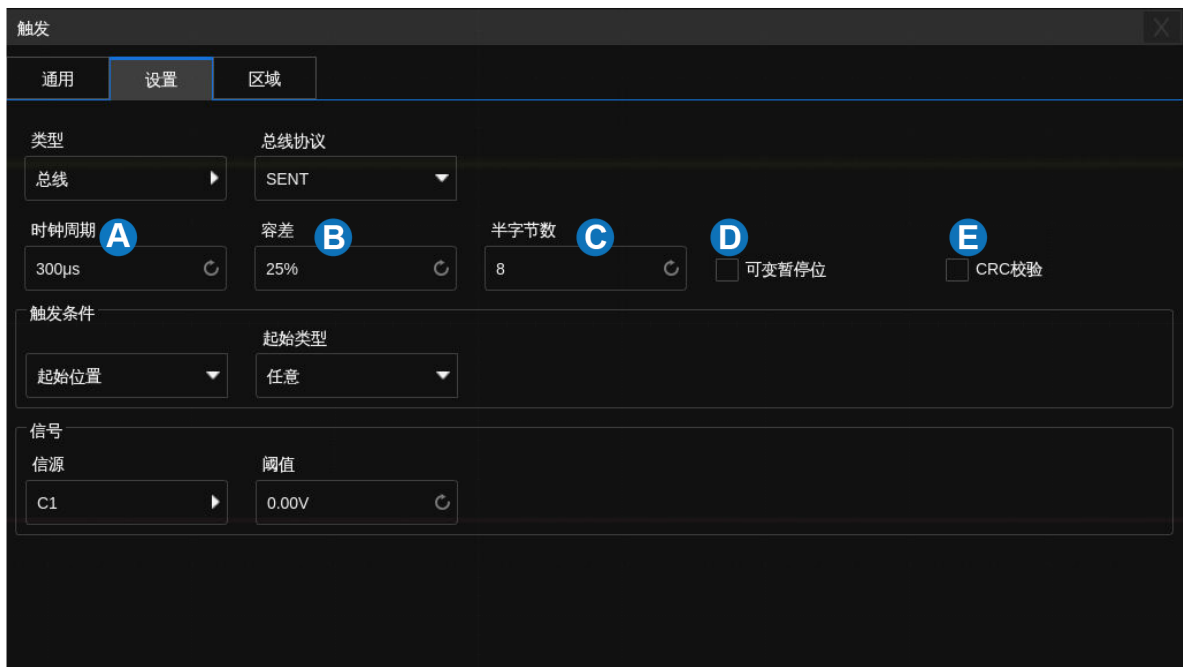
17.11 SENT 触发和串行解码

请按“SENT 信号设置”、“SENT 触发”、“SENT 解码”的顺序对 SENT 信号进行触发并解码。

17.11.1 SENT 信号设置

SENT 信号设置包括将示波器连接到 SENT 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在触发的 **设置** 页或解码的 **协议配置** 下，可以设置 SENT 总线的参数：



A. 设置时钟周期

B. 设置百分比容差，以确定同步脉冲是否对数据解码有效

- C. 设置快速通道消息的半字节数
- D. 指定快速通道消息之间是否存在暂停脉冲
- E. 设置 CRC 校验格式。新 CRC 为 CRC 2010 格式，否则将使用 CRC 2008。增强串行消息始终使用 CRC 2010 格式计算；但对于快速通道消息和短串行消息，CRC 根据所选格式计算

17.11.2 SENT 触发

在将示波器设置为捕获 SENT 信号后，可以在起始位置、慢速通道、快速通道、错误帧上触发。

在 SENT 触发的对话框下点击 **设置** 可选择触发条件：



起始位置 -- 示波器将在消息开始时触发（56 个同步时钟后）。您可以选择消息类型：快速通道消息、慢速通道消息或任意。

快速通道 -- 当状态和通信半字节和数据字节与指定值匹配时，示波器将触发快速通道信息。

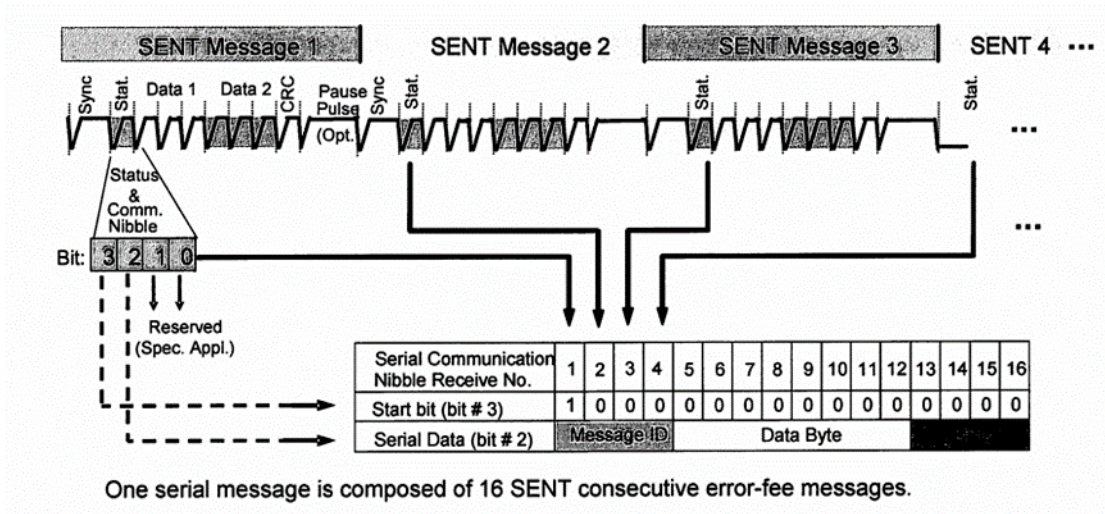


- **状态** 可以在 0x0 到 0xF 范围内设置。如果值为“0xX”，则忽略状态
- **比较类型** 可设置为：等于，不等于，小于，小于等于，大于，大于等于，区间内和区间外
- **起始类型** 确定触发数据的起始位置类型，包含任意和值两种。设置为“任意”时，示波器将在符合指定条件的第一个数据处触发。当设置为“值”时，则需设置 **起始位置**。

- **起始位置** 范围为 0-5;
- **数据长度** 可设置范围 1-6, 和 **起始位置** 关联
- **数据** 以十六进制表示, 设置范围与 **起始位置** 关联。如果数据选择为“0xXX”, 则忽略该数据

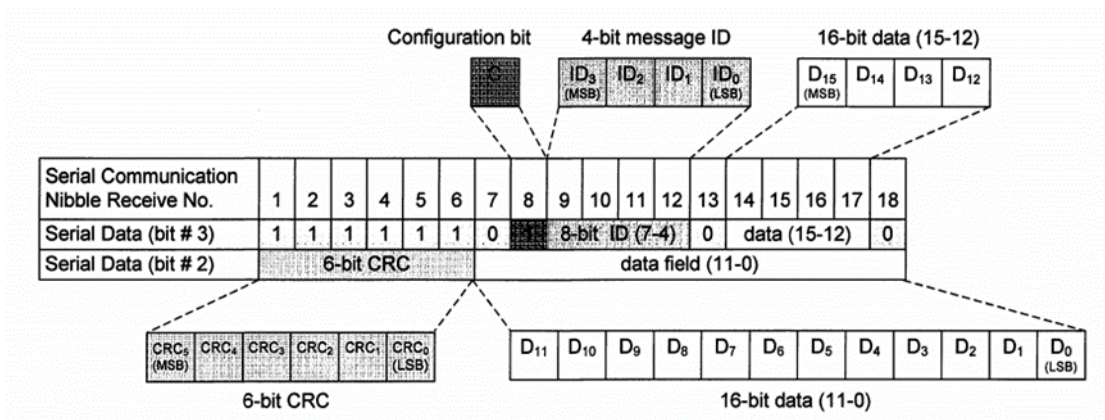
慢速通道 -- 示波器将在慢速通道信息上触发。

短串行消息帧 -- 16 位消息由 4 位消息 ID 半字节、2 个半字节（1 字节）数据和 CRC 校验和半字节组成。如果 ID 和数据匹配，则在 CRC 结束位触发。

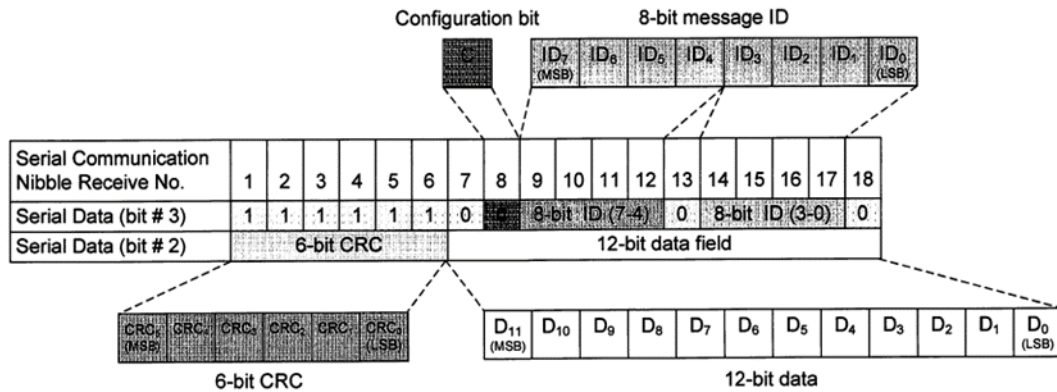


串行消息帧包含 21 位有效数据。可根据配置位（串行数据第 3 位，串行通信第 8 个半字节）选择两种不同的配置：

增强串行 4 位 ID 帧 -- 包含 16 位数据和 4 位消息 ID，配置位为 1



增强串行 8 位 ID 帧 -- 包含 12 位数据和 8 位消息 ID，配置位为 0



如果已经将示波器设置为慢速通道触发：



- **比较类型** 可设置为：等于、不等于、小于、小于等于、大于、大于等于、区间内和区间外
- **ID 类型** 可设置 4Bits、8Bits
- **ID** 可设置范围 0x0 - 0xF（短串行、4bits ID 增强串行），或 0x00 - 0xFF（8bits ID 增强串行）。如果选择为“0xXX”，则忽略 ID
- **数据** 可设置范围 0x00 - 0xFF（短串行），或 0x0000 - 0xFFFF（4bits ID 增强串行），或 0x000 - 0xFFF（8bits ID 增强串行）。如果选择为“0xXX”，则忽略数据

错误 -- 示波器将在错误帧触发。错误包括连续同步脉冲错误、脉冲周期错误、快速通道校验错误、慢速通道校验错误、所有校验错误。

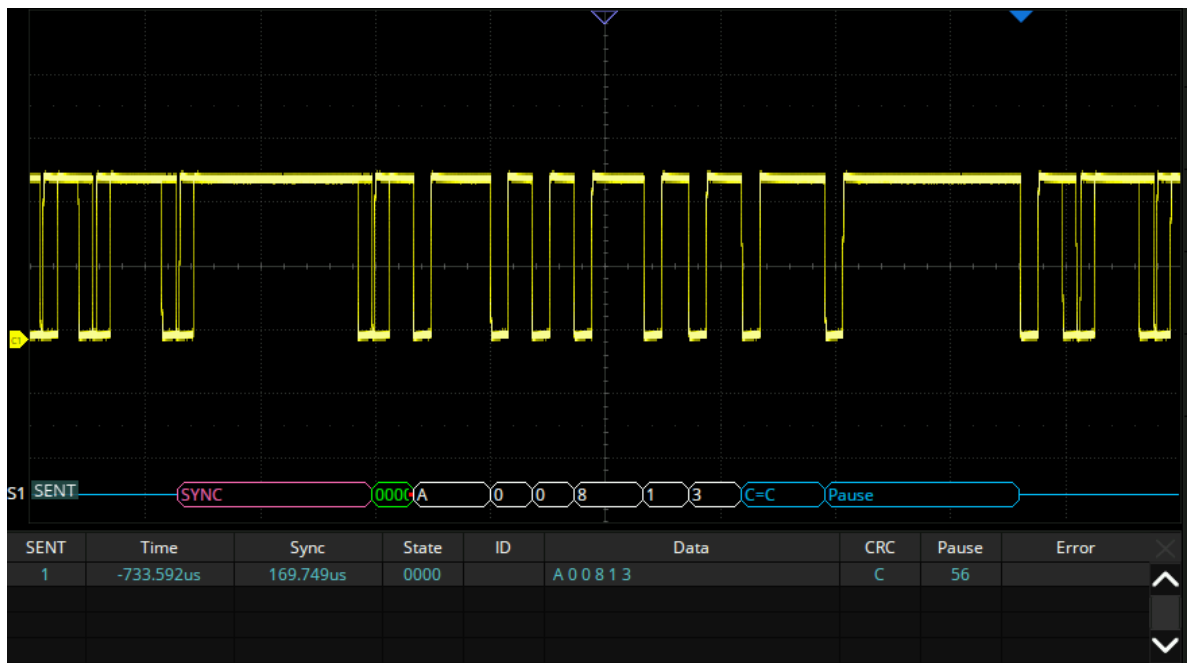
- 同步脉冲错误：当同步脉冲的宽度与上一个同步脉冲的宽度相差超过 1/64（1.5625%，如发送的规范中所定义）时触发。
- 脉冲周期错误：如果半字节太宽或太窄（例如，数据半字节 < 12（11.5）或 > 27（27.5）个时钟），则触发。检查同步、S&C、数据或校验和脉冲周期。
- 快速通道校验错误：快速通道消息 CRC 校验错误时触发。
- 慢速通道校验错误：慢速通道消息 CRC 校验错误时触发。
- 所有校验错误：快速通道或慢速通道 CRC 校验错误时触发。

17.11.3 SENT 解码

SENT 解码的界面与设置和“I2C 解码”类似。

在解码总线中：

- 对于快速通道消息帧：
- SYNC 为同步脉冲，以粉色显示。
- STATE 为状态，以绿色显示。
- Data 为数据，以白色显示。
- 校验位和暂停脉冲显示在数据后，以蓝色显示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- Sync -- 同步脉冲（仅快速通道显示）
- State -- 状态&通信半字节（仅快速通道显示）
- ID -- 帧 ID（仅慢速通道显示）
- Data -- 数据半字节
- CRC -- CRC 校验

- Pause -- 暂停脉冲
- Error -- 错误

17.12 Manchester 串行解码

请按“Manchester 信号设置”、“Manchester 解码”的顺序对 Manchester 信号进行解码。本产品不支持 Manchester 触发。

17.12.1 Manchester 信号设置

Manchester 信号设置包括将示波器连接到 Manchester 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在解码的 **协议配置** 菜单下，可以设置 Manchester 总线的参数：



- A. 触摸设置波特率，范围 500–5Mb/s
- B. 设置信号的逻辑类型。上升沿:1 表示上升沿为逻辑 1，下降沿:1 表示下降为逻辑 1
- C. 设置空闲状态电平
- D. 设置起始沿，范围 1–32
- E. 根据位宽设置总线的最小空闲时间/帧间间隔时间
- F. 设置比特流格式为最高有效位在先（MSB）或最低有效位在先（LSB）

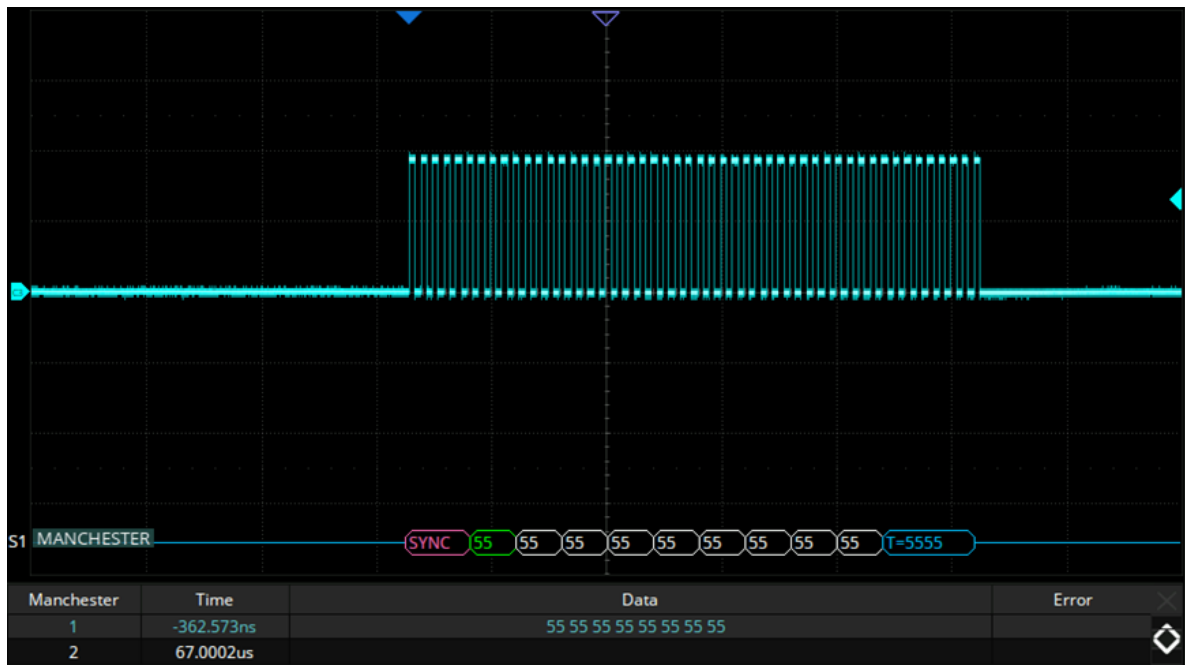
- G. 设置显示格式，按字或位
- H. 设置同步字段长度，范围 0-32
- I. 设置头部字段长度，范围 0-32
- J. 设置数据段长度，范围 1-255
- K. 设置数据字大小，范围 2-8
- L. 设置尾部字段长度，范围 0-32

17.12.2 Manchester 解码

Manchester 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。

在解码总线中：

- SYNC 为同步字段，以粉色显示。
- Header 为头部字段，以绿色显示。
- DATA 为数据字，以白色显示。
- Trailer 为尾部字段，以蓝色显示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。

- Data -- 数据字节。
- Error -- 错误。

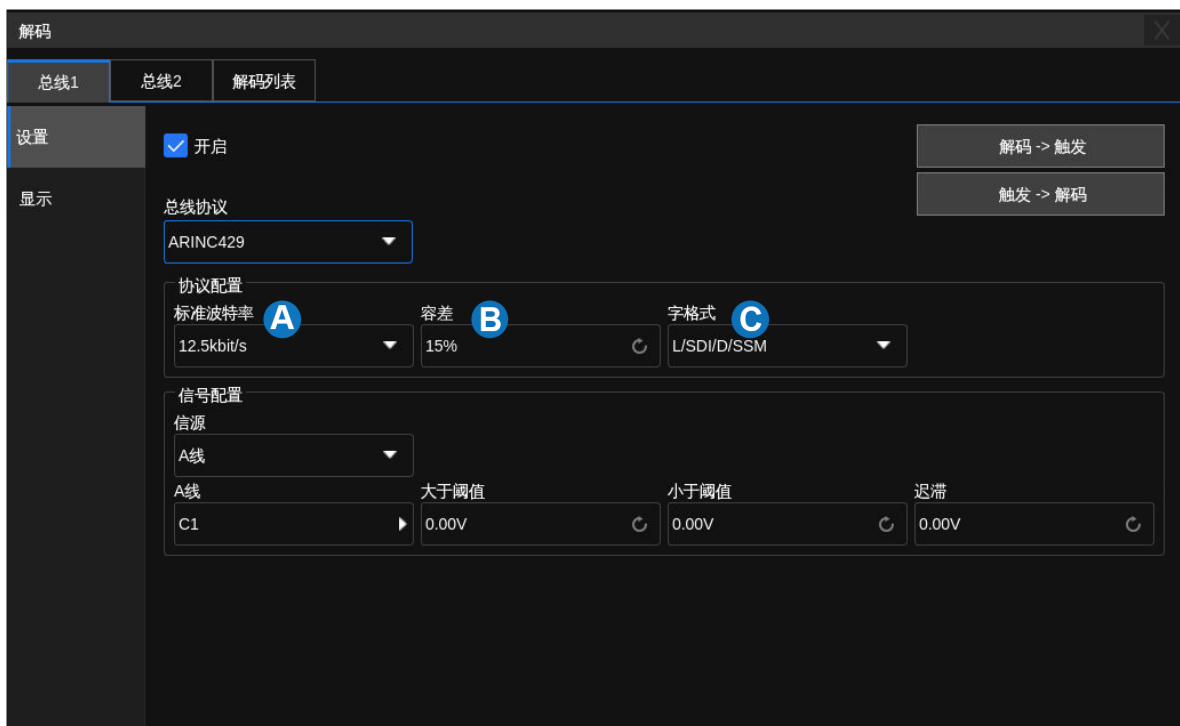
17.13 ARINC 429 触发和串行解码

请按“ARINC 429 信号设置”、“ARINC 429 触发”、“ARINC 429 解码”的顺序对 ARINC 429 信号进行触发并解码。

17.13.1 ARINC 429 信号设置

ARINC 429 信号设置包括将示波器连接到 A 线信号和 B 线信号，然后设置每个输入通道的阈值电平，最后指定触发或解码使用的信源（A 线，B 线或 A-B）。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

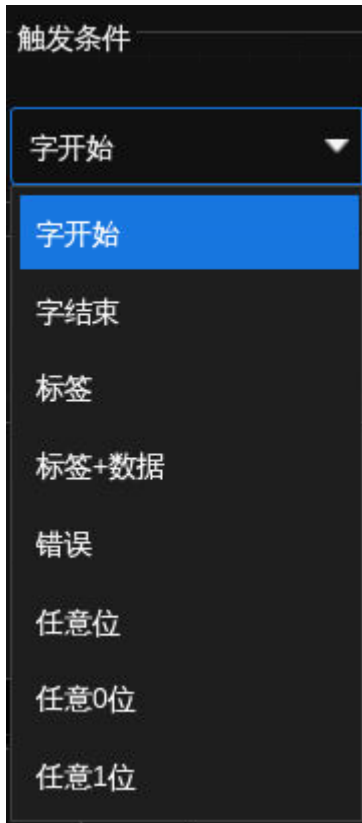
在解码的 **协议配置** 菜单下，可以设置 ARINC 429 总线的参数：



- A. 设置波特率，范围 12.5–100kb/s
- B. 设置波特率容差，范围 1–20%
- C. 设置字格式，可选择显示：Label，SDI，Data，SSM

17.13.2 ARINC 429 触发

在 ARINC 429 触发的对话框可选择触发条件：



字开始 -- 示波器在字开始处触发。

字结束 -- 示波器在字结束处触发。

标签 -- 示波器在出现指定的标签值时触发。

- 点击 **比较类型** 区域，选择等式限定符，可选择“=”、“>”或“<”特定的标签值。
- 点击 **标签** 区域，调出虚拟数字键盘设置所需数据值。可设置数据值范围是 0x00 至 0xff。

标签+数据 -- 示波器在出现指定的标签及其他字字段时触发。可设置标签值、数据值、SDI、SSM。

错误 -- 示波器将在错误帧上触发。包含的错误类型有：校验错误、字错误、间隙错误、字错误或间隙错误、任意错误。

任意位 -- 示波器在出现形成眼图的任何位时触发。

任意 0 位 -- 示波器在出现具有 0 值的任意位时触发。

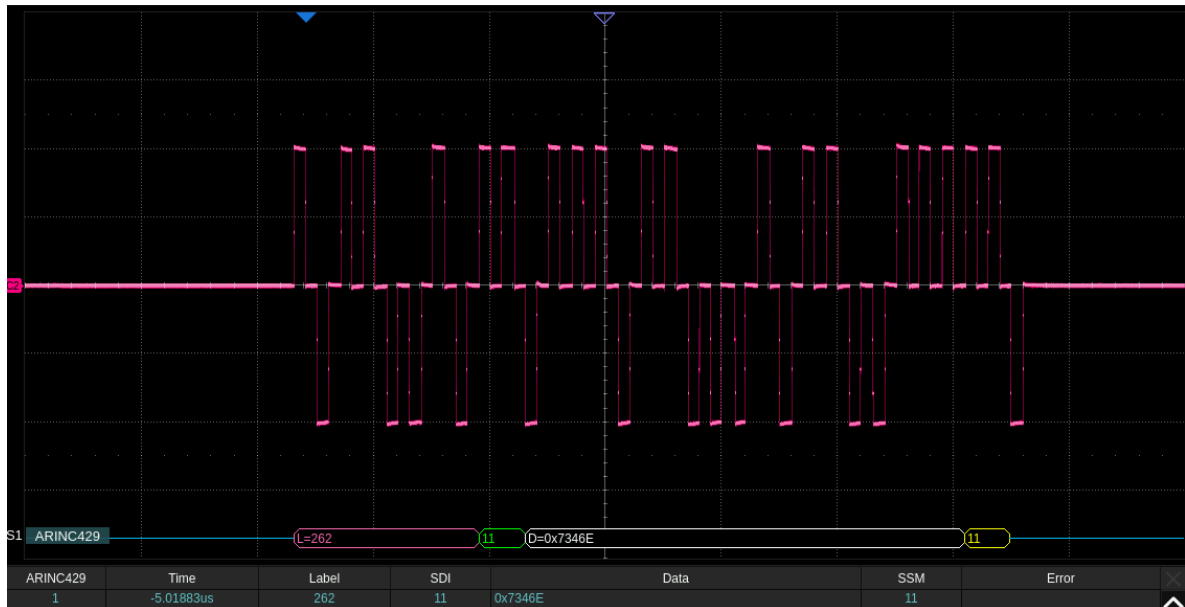
任意 1 位 -- 示波器在出现具有 1 值的任意位时触发。

17.13.3 ARINC 429 解码

ARINC 429 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。在 ARINC 429 解码的对话框下，**信号配置** 和 **协议配置** 的设置可以通过 **解码 -> 触发** 或 **触发 -> 解码** 与 ARINC 429 触发同步。

在解码总线中：

- Label（标签）显示在帧内，以粉红色表示。
- SDI（Source/Destination Identifiers）显示在帧内，以绿色表示。
- DATA（数据）显示在帧内，以白色表示。
- SSM（Signal/Status Matrix）显示在帧内，用于描述某次传输的数据性质，以黄色表示。
- 如果关联帧边界内的空间不足，则多余无法被显示的数据均以红点表示。



在解码列表中：

- Time（时间标签）-- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- Label -- 标签，八进制格式，用于标示数据类型。指示该次传输的数据与飞行器上关联的子系统。
- SDI -- 标示数据起源/目的地。
- Data -- 数据字节。
- SSM -- 用于描述某次传输的数据性质。

- Error -- 错误。

17.14 CAN XL 串行解码

请按“CAN XL 信号设置”、“CAN XL 解码”的顺序对 CAN XL 信号进行解码。

17.14.1 CAN XL 信号设置

CAN XL 信号设置包括将示波器连接到 CAN XL 信号，然后设置输入通道的阈值电平。指定信号的源和阈值电平的过程与“I2C 信号设置”类似。

在解码的 **协议配置** 菜单下，设置 CAN XL 总线驱动方式（SIC 模式或 Fast 模式）、CAN XL 总线的波特率参数（标准波特率：10kb/s, 25kb/s, 50kb/s, 100kb/s, 250kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s, 5Mb/s, 8Mb/s, 10Mb/s 和自定义；FD 标准波特率：500kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s, 5Mb/s, 8Mb/s, 10Mb/s 和自定义；XL 标准波特率：500kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s, 5Mb/s, 8Mb/s, 10Mb/s, 12Mb/s, 15Mb/s, 20Mb/s 和自定义）

17.14.2 CAN XL 解码

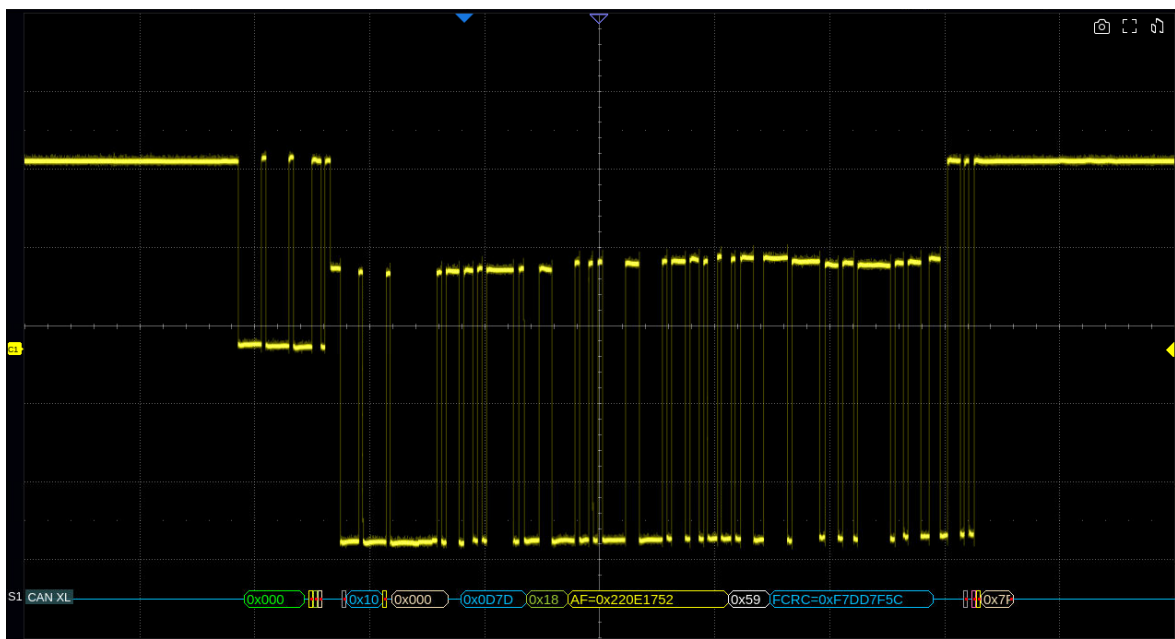
CAN XL 解码的界面与设置和 I2C 解码类似。

在解码总线中：

- ID 显示在帧内，以绿色表示。
- IDE，扩展帧标志，CAN XL 仅支持 11 位 ID，无扩展帧，固定为显性，以黄色表示
- FDF，仲裁场 FDF，以黄绿色表示
- XLF，仲裁场 CAN XL 帧标志，隐性电平表示为 CAN XL 帧，以米黄色表示
- DL1，ADS 模式转换和速率转换字段的最后一位，由 SIC mode 切换为 FAST mode，从 ADH 位之后开始加速，以灰色表示
- SDT，服务数据单元类型，表示数据场使用的 OSI 协议，类似以太网 Type 字段，以蓝色表示
- SEC，功能保留位，以黄色表示
- DLC，数据场长度，是该值整数加 1，以米黄色表示
- PCRC，前向 CRC 校验，包含：仲裁场、reXEL、ADS、SDT、SEC、DLC、SBC；以蓝色表示
- VCID，虚拟 CAN 网络 ID（类似以太网 VLAN），以黄绿色表示
- AF，接受场，用于寻址功能，具体内容取决于 SDT（e.g. SDT=0x05 时，AF 为以太网目的 MAC

地址), 以黄色表示

- D, 数据场 (0~2048 Byte), 以白色表示
- FCRC, 用于整帧 CRC 校验, 以蓝色表示
- AL1, DAS 模式转换和速率转换字段的第三位, 由 FAST mode 切换为 SIC mode, 从 FCP0 后开始减速, 以灰色表示
- Ack 字段 (2bit), 用于确认报文被成功接收, 以粉红色、黄色表示
- EOF, 帧结束标识, 以米黄色表示
- 如果关联帧边界内的空间不足, 则多余无法被显示的数据均以红点表示。



在解码列表中:

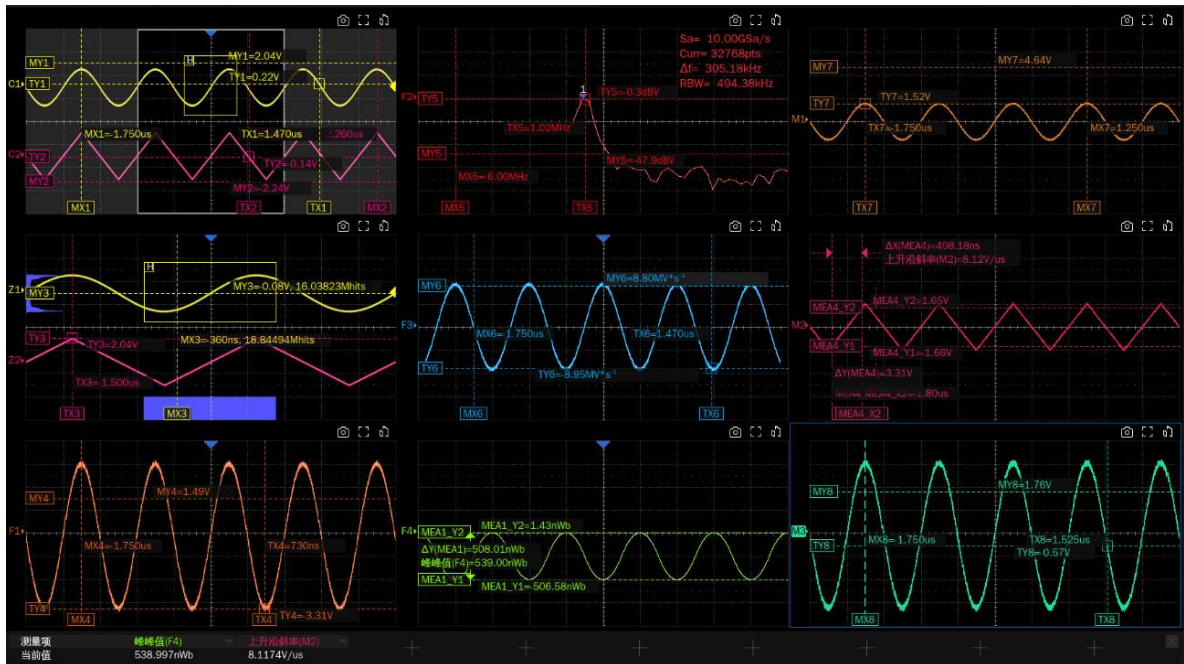
- Time (时间标签) -- 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- Type -- 帧的类型, XL Std (CAN XL 标准帧), CAN XL 不支持远程帧、扩展帧。
- ID -- 帧 ID。
- DLC -- 数据长度。
- Data -- 数据字节。
- FCRC -- 循环冗余校验。
- Ack -- 应答位。

CAN XL	Time	Type	ID	DLC	Data	FCRC	ACK	
1	-4.10489ms	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	⬆
2	-3.10488ms	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	
3	-2.10487ms	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	
4	-1.10487ms	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	
5	-104.860µs	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	
6	895.147µs	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	
7	1.89515ms	XL Std	0x000	0x000	0x59	0xF7DD7F5C	yes	⬇

18 光标测量

18.1 概述

光标是协助测量信号的重要工具。您可以在屏幕上移动光标，在水平方向和垂直方向进行快速测量。本设备提供的光标模式有手动 X、手动 Y、追踪模式、测量模式、XY 模式，不同模式下提供多根光标，用来表示所选源波形（C1~C8/F1~F8/RefA~RefD/M1~M4/Histogram）上的 X 轴值（时间或频率）和 Y 轴值（电压或电流）。



点击 **光标** 可调出光标的设置对话框，通用页下可设置光标通用参数：



- A. 开启/关闭光标功能
- B. 光标重置。所有光标恢复默认设置
- C. 关闭已开启的光标
- D. 光标信息显示模式
- E. 设置各方向光标显示开关。此开关仅控制光标显示，不控制光标开关
- F. 指定 X 光标参考位置
- G. 指定 Y 光标参考位置

光标对话框中，点击 **手动 X** 切换到手动 X 光标模式设置页：



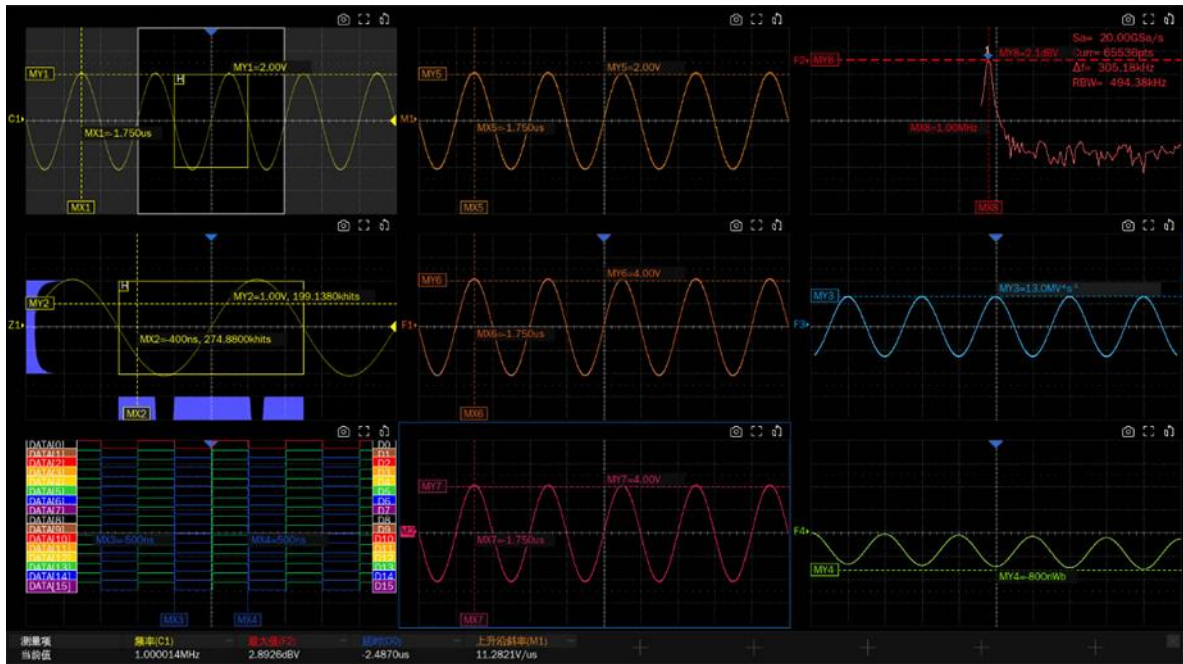
- A. 选择光标线，各光标模式下提供多根光标线。
- B. 开启或关闭光标线
- C. 选择信源
- D. 设置光标线位置
- E. 设置参考光标。同方向光标间可建立相对关系，如手动 X 光标间、手动 X 与追踪光标间，手动 Y 光标间、XY_X 光标间，XY_Y 光标间；测量光标不支持
- F. 设置参考光标后，可设置光标之间相对值
- G. 设置参考光标后，开启 **固定相对位置**，移动参考光标同时移动源光标
- H. 设置光标颜色模式。包括默认、跟随（设置参考光标后可选）、自定义
- I. 设置光标标签模式。包括默认、跟随（设置参考光标后可选）、自定义

18.2 光标模式

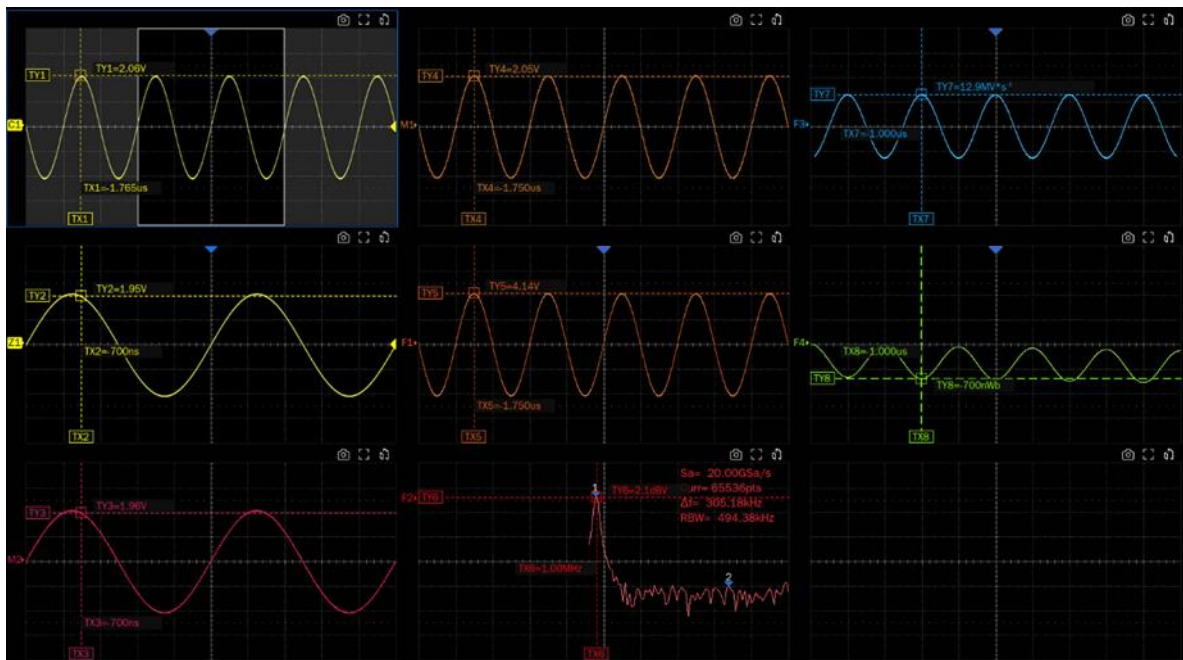
各模式光标提供多根光标，每根光标独立开关，可同时开启显示，以对不同窗口下不同波形进行光标测量。

手动 X -- 手动设置 X 光标的位置，用于测量水平时间（当使用 FFT 数学函数作为源时，X 光标指示频率）的垂直虚线。此模式有 8 根光标 MX1~MX8

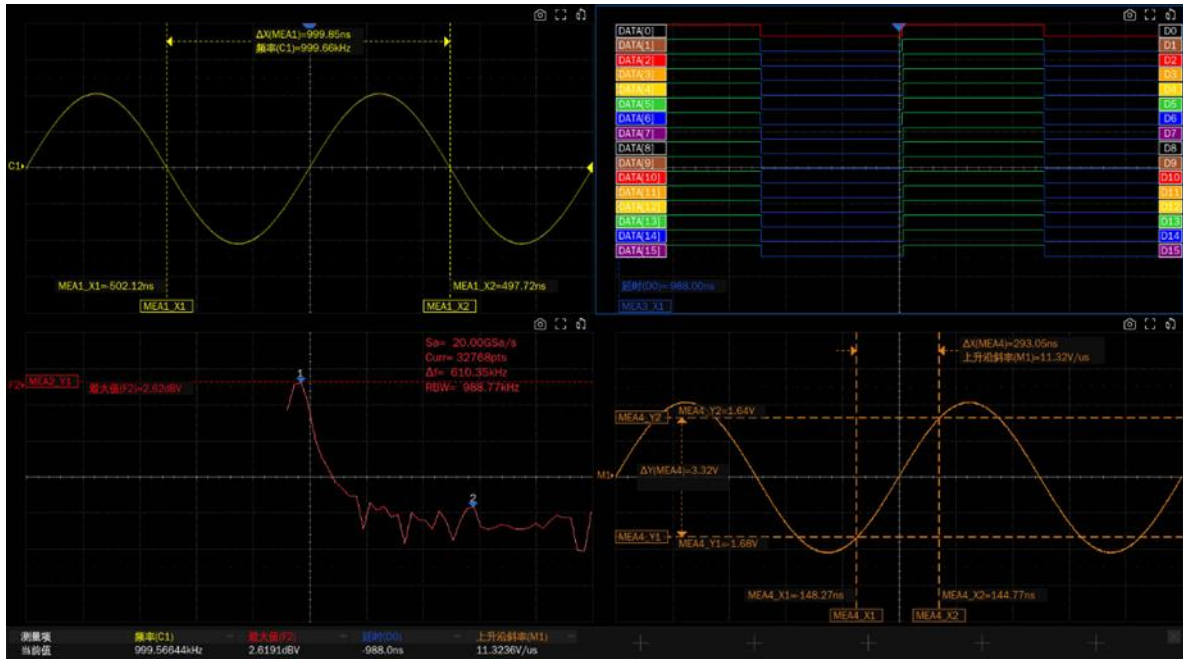
手动 Y -- 手动设置 Y 光标的位置，用于测量垂直伏特或安培（具体取决于通道的单位设置）的水平虚线。测量单位对应于光标源。此模式有 8 根光标 MY1~MY8



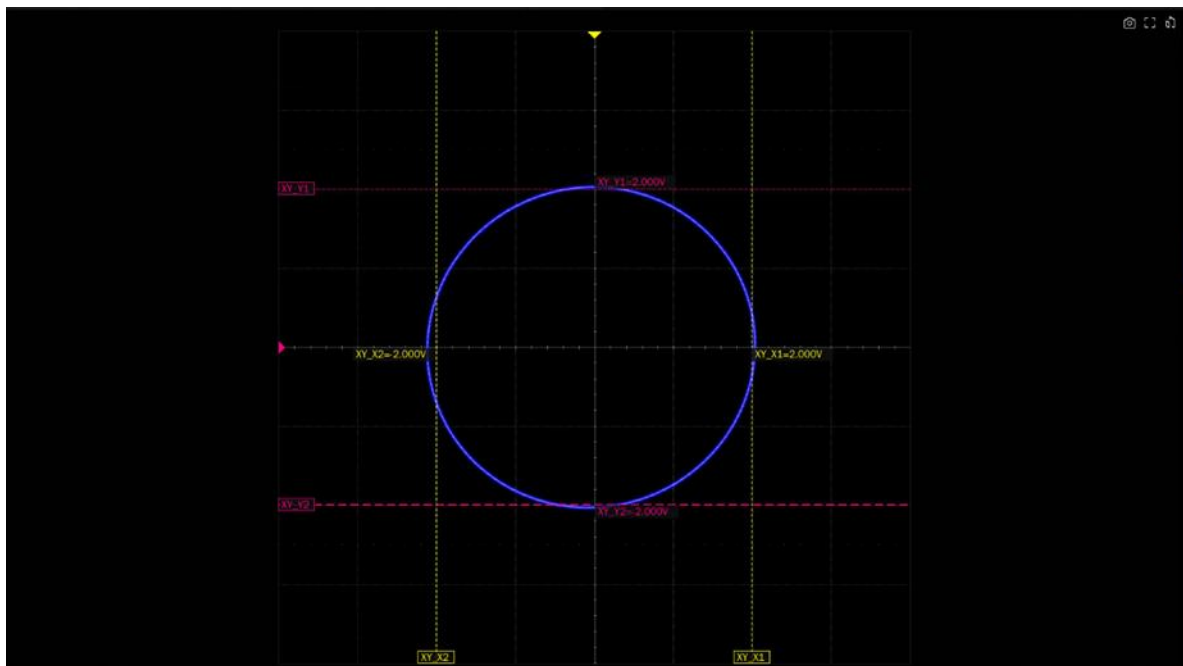
追踪 - 1 组追踪光标包含 2 根光标线：TX 和 TY，只需要调节水平光标 TX，垂直光标 TY 将自动附着到与水平光标交汇的信源波形上。此模式有 8 组光标 TX1~TX8



测量 -- 根据选择的测量项来标示计算测量项所对应的坐标，测量光标不可调节。此模式有 4 组光标 MEA1~MEA4



XY -- XY 模式下，用于测量信号组 C1-C2 的垂直伏特或安培（具体取决于通道的单位设置）的虚线。此模式下有 4 根光标 XY_X1、XY_X2、XY_Y1、XY_Y2

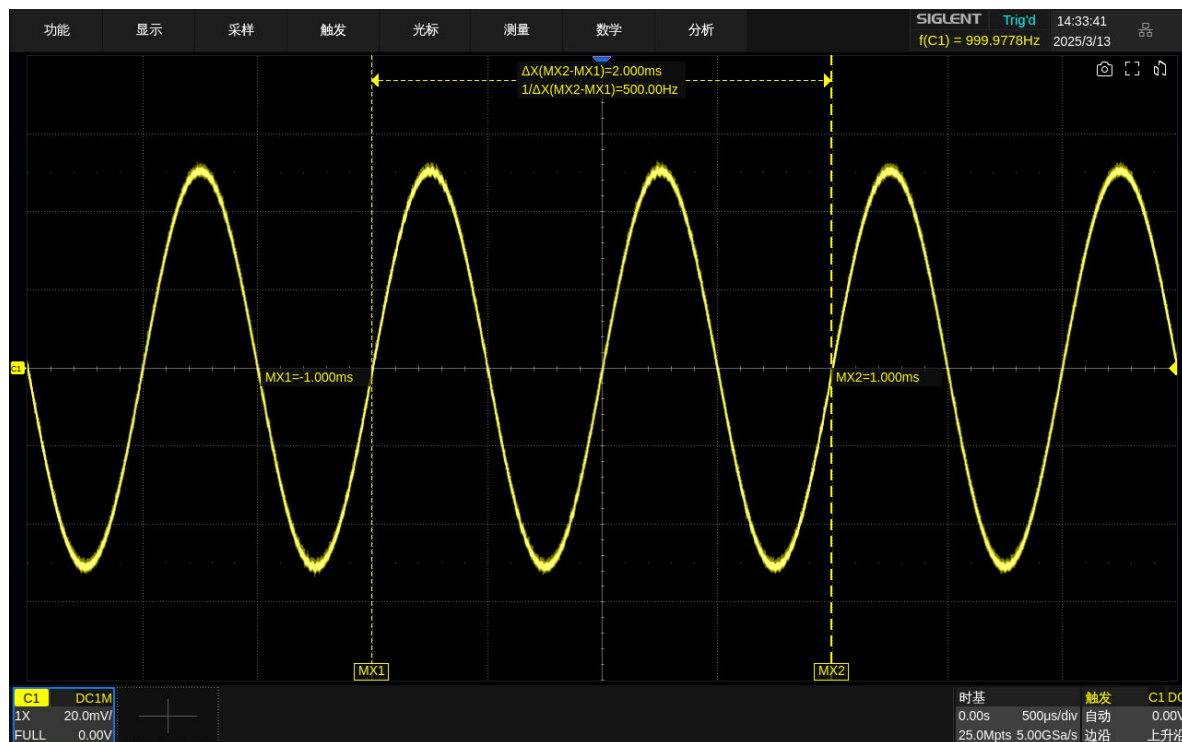


18.3 参考光标

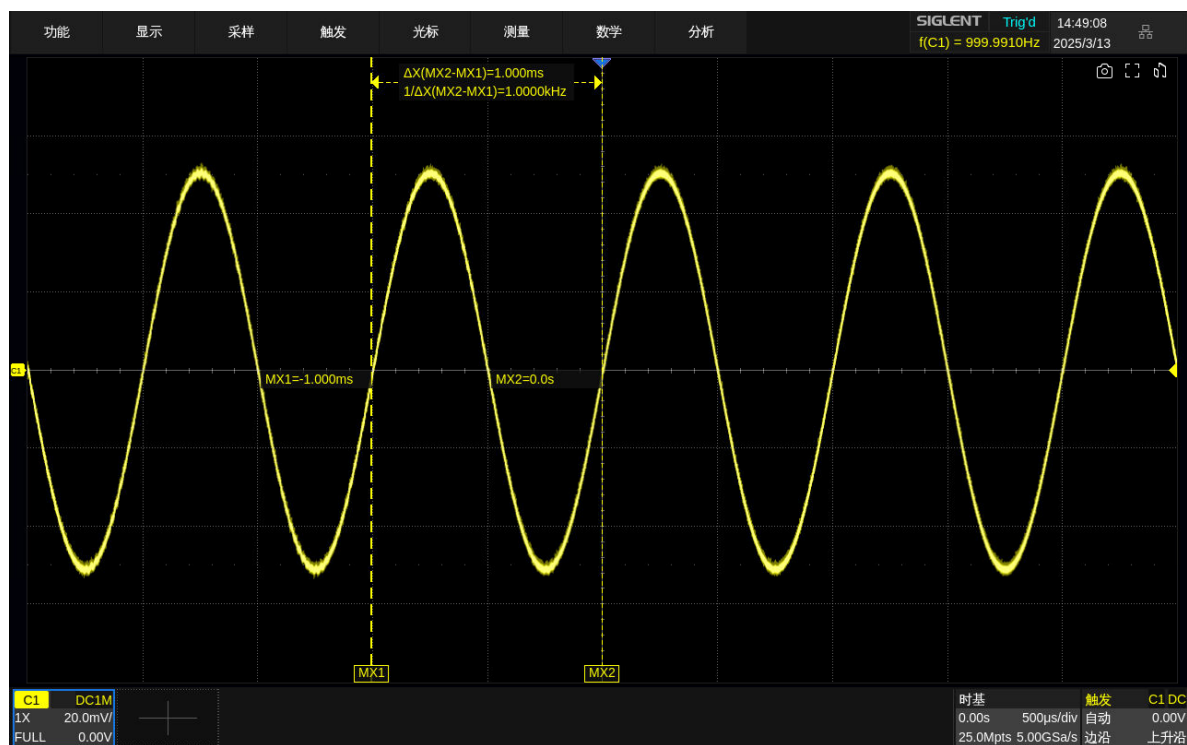
光标之间建立参考关系后，即会显示光标间的相对信息 ΔX 或 ΔY 。开启 **固定相对位置**，移动参考光标同时移动源光标。设置 **相对值**，则以参考光标为零位置，设置源光标的位置。

同方向光标间可建立相对关系，如：手动 X 光标间、手动 X 与追踪光标间，手动 Y 光标间、XY_X 光标间，XY_Y 光标间，测量光标不支持。

以下是以手动 X 光标为例，MX2 设置参考光标为 MX1，开启固定相对位置后的移动效果：



水平档位=500µs/div，MX1=-500µs (1div)，MX2=500µs (-1div)，相对值=1ms



将 MX1 向左移动 1div (MX1=-1ms)，MX2 跟随左移 1div (MX1=0s)



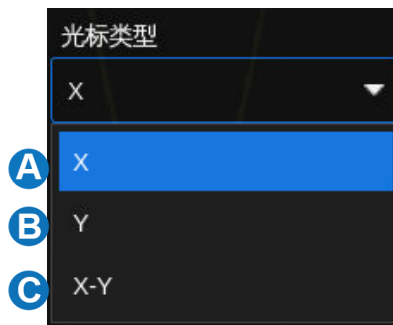
注：

光标间仅可单向建立参考关系。即：光标 A 设置光标 B 为参考，则光标 B 不可再设置光标 A 为参考。

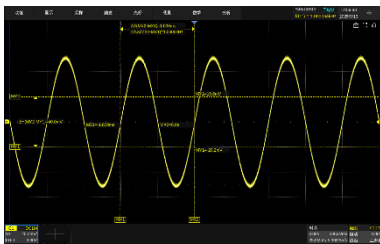
18.4 光标显示

光标类型

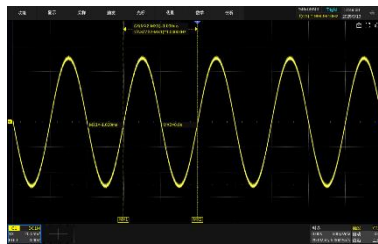
在光标线开得比较多的情况下，通过光标显示开关，快速隐藏不关注的光标类型。此开关仅控制光标显示，不控制光标开关。光标对话框 **通用** 页下点击 **光标类型** 进行设置：



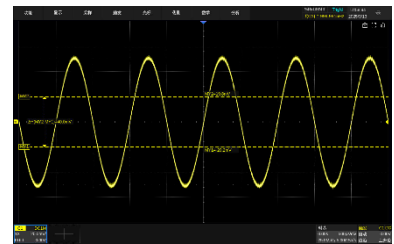
- A. 仅显示 X 光标，隐藏 Y 光标及其信息
- B. 仅显示 Y 光标，隐藏 X 光标及其信息
- C. 同时显示 X 光标和 Y 光标



显示 X-Y



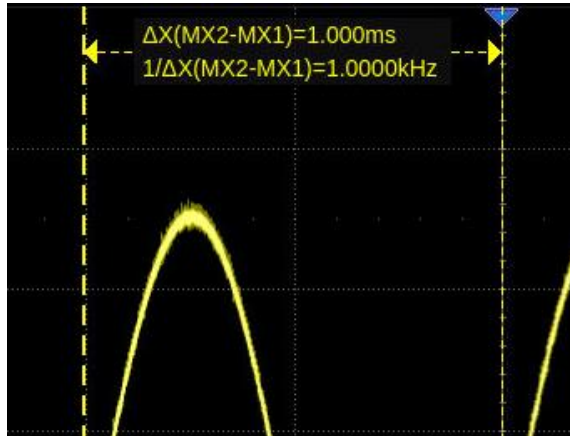
仅显示 X



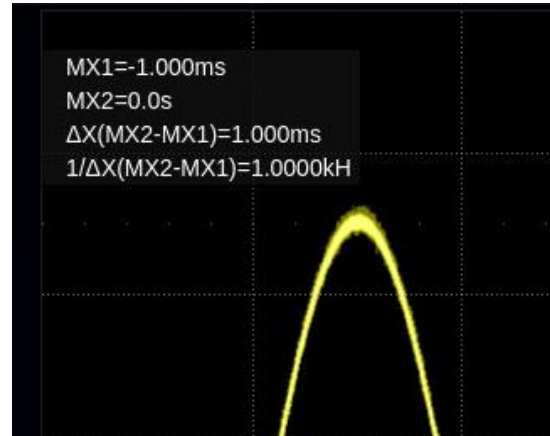
仅显示 Y

光标样式

本设备提供了两种光标样式：



跟随



固定

跟随 -- 每根光标的位置信息直接标注在光标上，若两根光标建立了参考关系且在同一窗口，则会标注差值信息位于两根光标之间，并用箭头与光标连接。该模式较为直观。

固定 -- 每根光标的位置信息和光标间的差值信息标注在屏幕特定的位置。光标信息标注区域可通过鼠标拖动到其它位置，以避免遮挡特定区域的波形。该模式较为简洁。

光标参考

本设备支持设置 X 光标参考和 Y 光标参考。手动 X、追踪模式下，指定 X 光标参考；手动 Y 模式下，指定 Y 光标参考位置；测量、XY 模式下不支持设置，始终为位置固定。

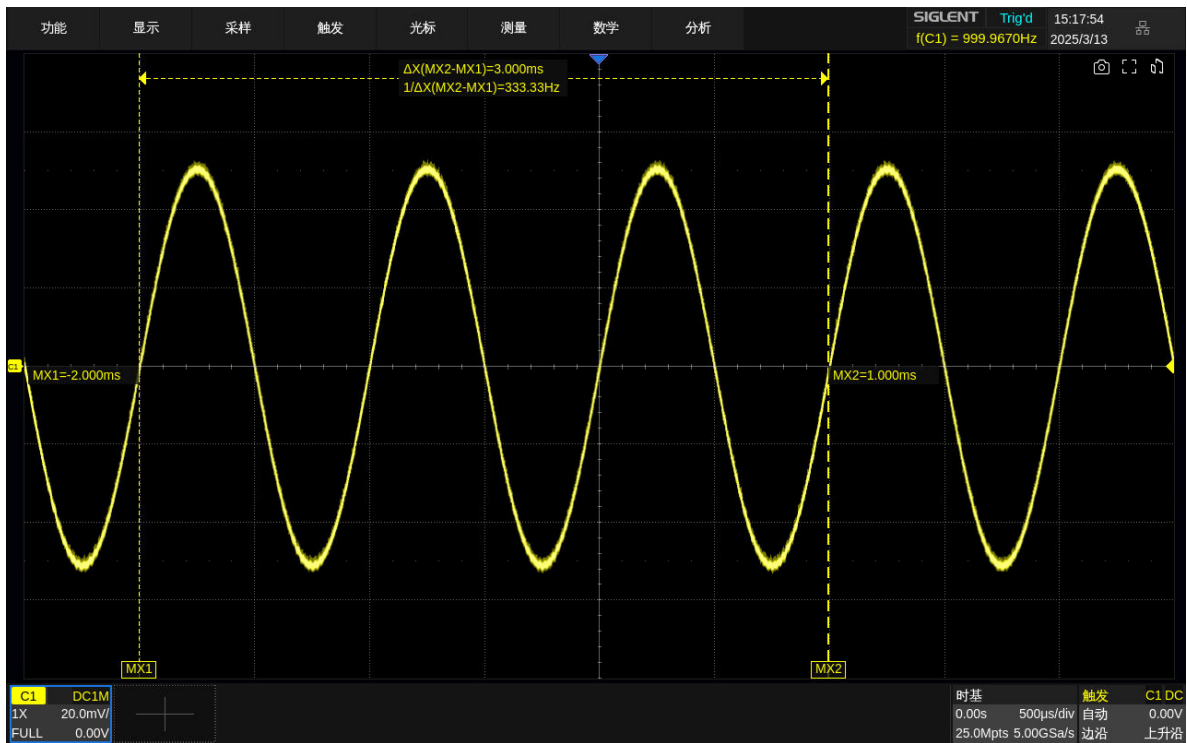
X 光标参考：

- 延时固定 -- 在水平档位变化时，X 光标的值保持不变
- 位置固定 -- 在水平档位变化时，X 光标按屏幕上固定网格的位置保持不变

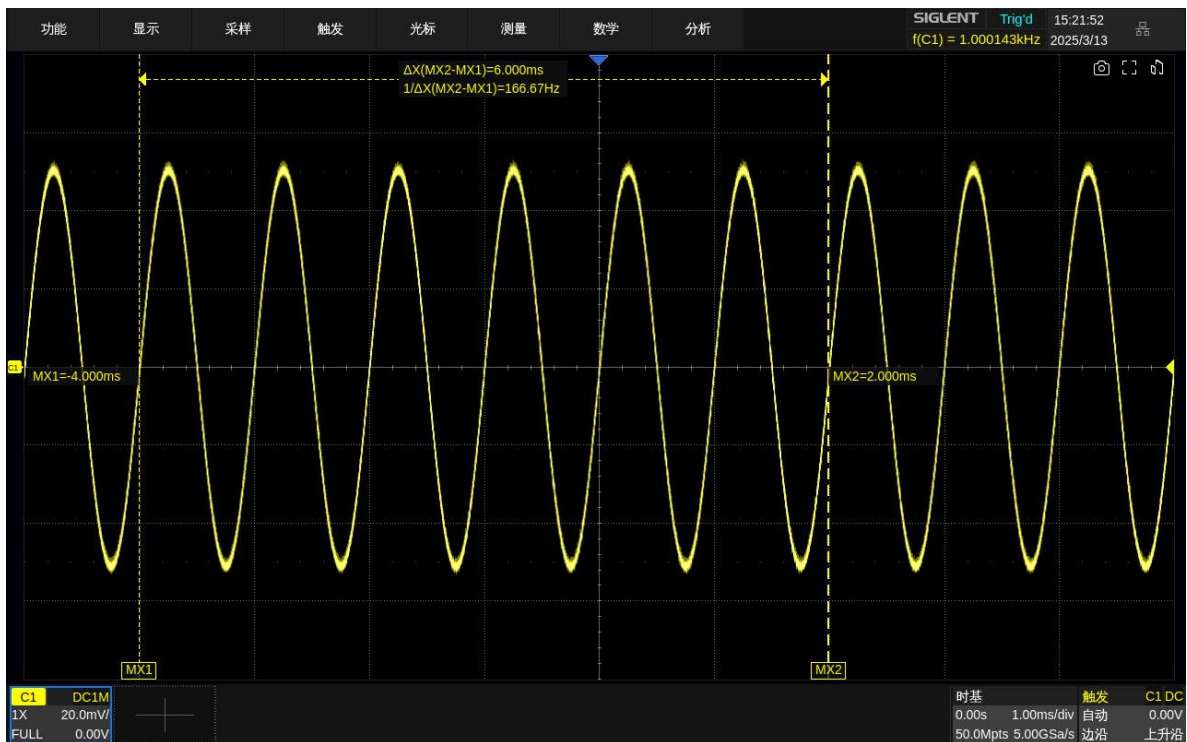
Y 光标参考：

- 偏移固定 -- 在垂直档位变化时，Y 光标的值保持不变
- 位置固定 -- 在垂直档位变化时，Y 光标按屏幕上固定网格的位置保持不变

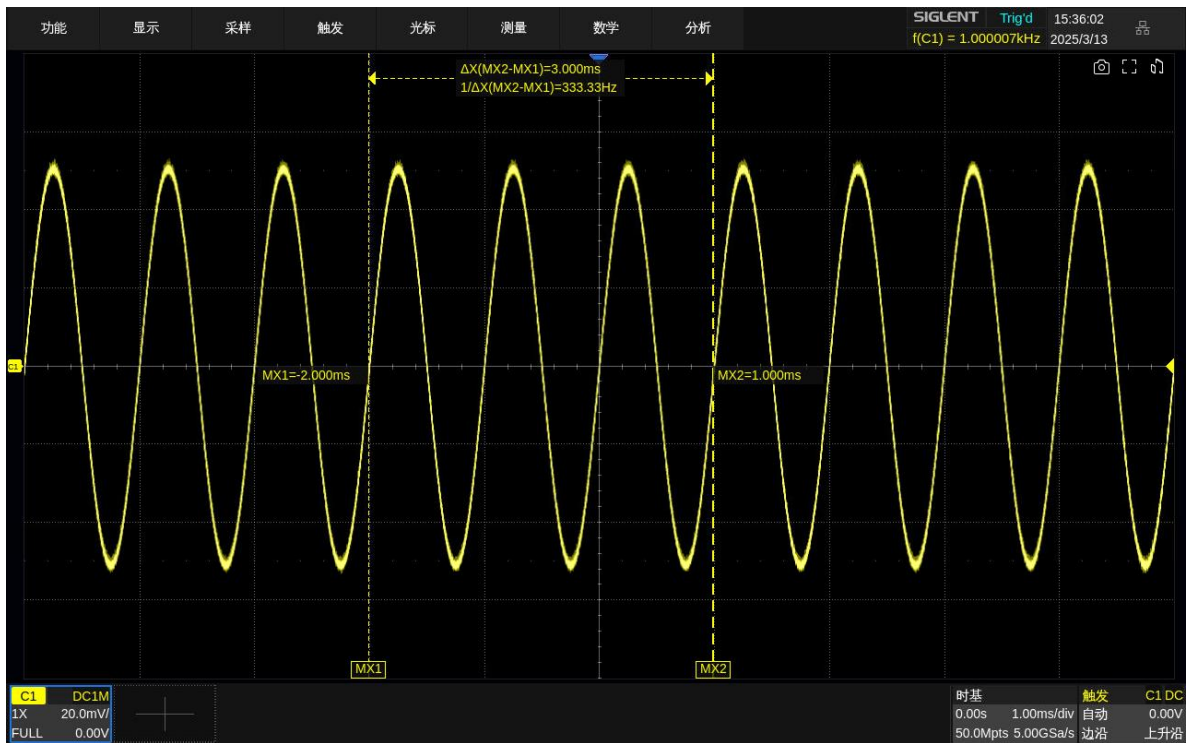
以下以手动 X 光标参考为例，用 MX1、MX2 光标线来演示不同设置对应的缩放效果：



水平档位=500µs/div, MX1=-2ms (-4div), MX2=1ms (2div)



位置固定，水平档位设置为 1ms/div, MX1、MX2 的格数 (-4div、2div) 不变，MX1、MX2 数值变化为 -4ms、2ms



延时固定，水平档位设置为 100ns/div，MX1、MX2 的数值（-2ms、1ms）保持不变，MX1、MX2 的格数变化为 -2div、1div

光标标签

本设备支持设置光标标签，其中可选模式：默认、跟随、自定义。

- 默认 -- 即为默认值。手动 X、手动 Y、追踪光标标签默认为空，测量光标标签默认为“MEAn”（其中 n=1~4，表示光标组序号），XY 光标标签默认为“XY”
- 跟随 -- 同步参考光标的标签。设置参考光标后可选
- 自定义 -- 自定义标签内容。点击 标签 弹出标签文本输入框，再点击输入框下的内容区域，通过弹出的虚拟键盘输入自定义内容。标签长度限制在 20 个字符以内，超出长度的字符将不会显示

光标颜色

本设备支持设置光标颜色，其中可选模式：默认、跟随、自定义。

- 默认 -- 光标颜色与信源颜色保持一致
- 跟随 -- 同步参考光标的颜色。设置参考光标后可选
- 自定义 -- 自定义光标颜色。点击色块在弹出的调色板页面进行设置

光标重置

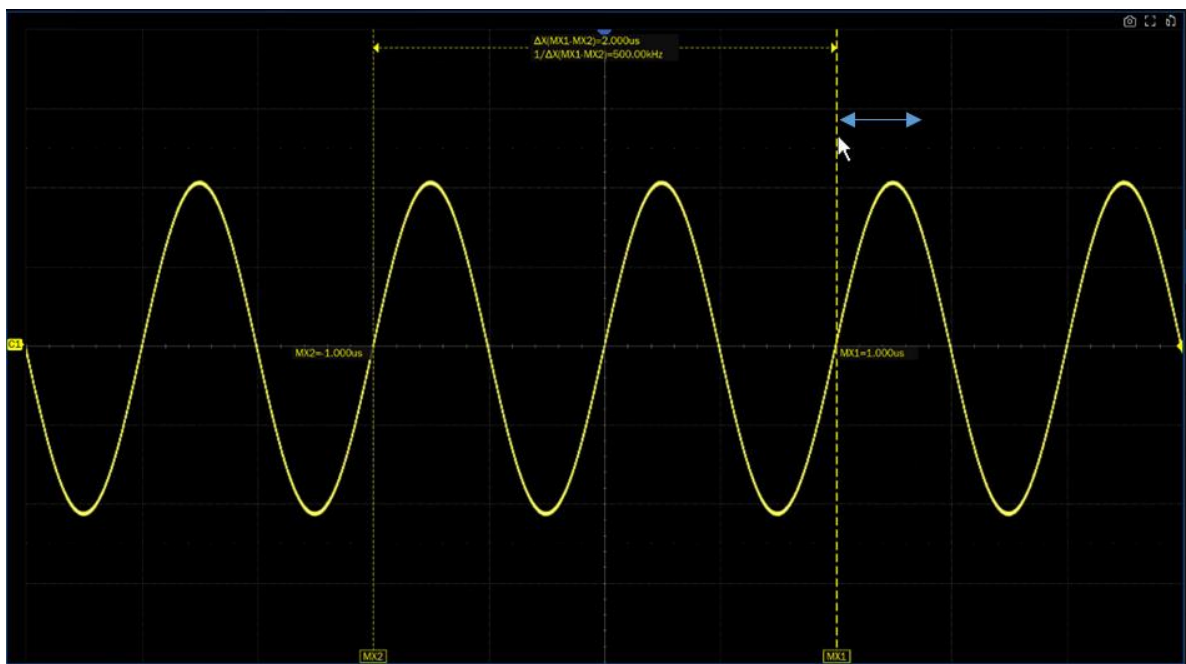
执行 **光标重置**，所有光标将恢复到默认设置，即：MX1-MX2 打开并建立参考关系，MY1-MY2 打开并建立参考关系，其余光标关闭。

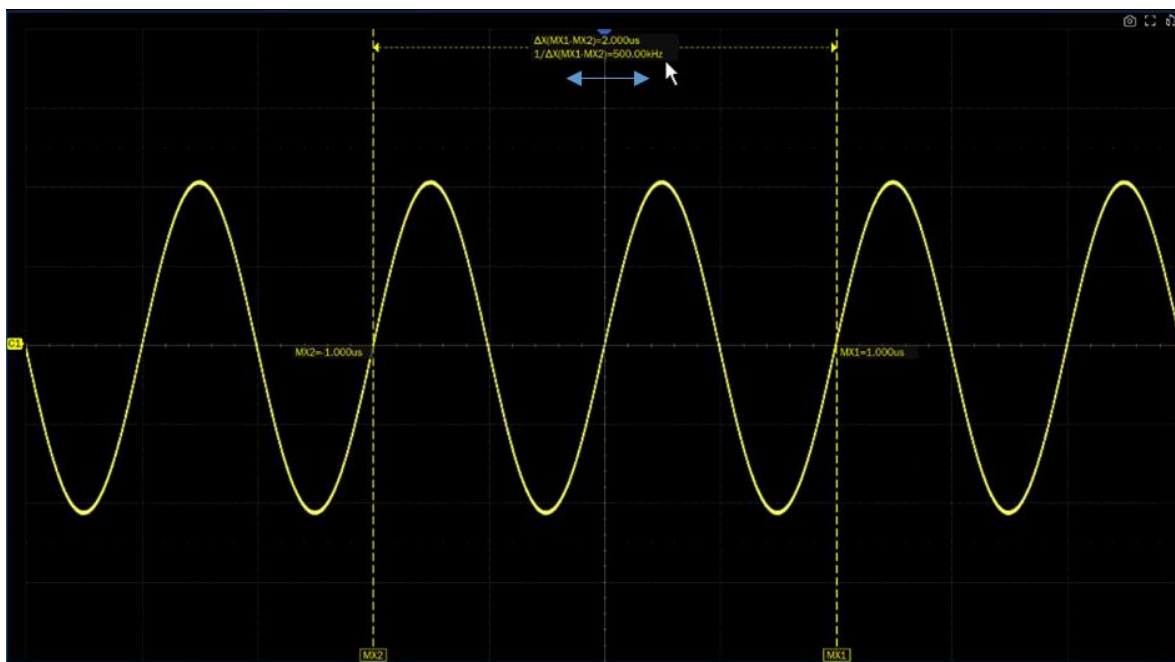
18.5 选择和移动光标

光标可以直接通过鼠标实现选择和移动，也可以点击光标值的对话框来实现选择。

手势或鼠标

直接点击一根光标的所在位置，然后拖动其移动，如下图：





旋钮

通过前面板光标区域旋钮移动光标。按下旋钮切换光标。

手势移动光标快捷但不够精细，旋钮移动光标精细但不够快捷，建议结合两种方式，先使用手势移动进行粗调，再旋转多功能旋钮进行细调，以提高效率。

对话框

点击光标值或相对值（设置参考光标后）对话框区域，然后通过滚动鼠标中轮或通过弹出的虚拟键盘设置。



19 参数测量

19.1 概述

借助参数测量，不需光标即可完成标准化测量，如上升时间、下降时间、峰峰值和周期等波形的诸多属性。本设备可以对多个通道同时进行测量，M1 模式下，一次显示最多 6 个参数测量，还可以显示测量统计数据；M2 模式下最多支持 12 个参数进行测量统计。对于需要观察指定通道的较多参数的需求，可以开启“基本测量”功能；对于只对屏幕上一段时间范围内波形感兴趣的测量需求，可以使用“门限”功能。

在本设备中，某些测量参数(如平均值)可能是测量一帧波形的所有数据生成的一个值；有些参数测量（如周期）则会计算一帧中的所有参数，但是显示的值一直是第一个值。如果想知道多个参数的在一帧中的分布情况，应使用统计功能。



- A. 波形显示区域。会根据其它区域的开启自动压缩适配
- B. 测量参数与统计值显示区域；若测量类型选择“基本测量”，则为“基本测量”参数显示区域
- C. 测量设置对话框

按 **Measure** 按钮，或点击 **测量**，可调出测量的设置对话框。



- A. 开启/关闭测量
- B. 设置测量类型：基本测量或高级测量。设置基本测量，会显示指定通道的所有指定的基本测量参数结果；设置高级测量，用户自行添加测量参数
- C. 设置测量结果样式：内嵌或悬浮
- D. 设置显示模式
- E. 设置幅度计算策略
- F. 阈值电平设置区
- G. 选择测量参数
- H. 设置测量统计参数。仅在高级测量下支持
- I. 设置测量轨迹图。仅在高级测量下统计开启时支持
- J. 设置测量趋势图。仅在高级测量下支持

19.2 设置参数

在测量设置对话框中点击 **类型** > **添加测量**，或点击参数与统计值显示区域的 **+**，即可调出参数选择窗口：



- A. 指示当前设置的信源，点击信源参数区可设置测量源
- B. 测量参数分类页面标签，包括收藏页、垂直测量、水平测量、混合测量和通道延迟（CH Delay）测量，点击相应的标签即可在 **C** 区域呈现相应分类的参数
- C. 参数区，在图例中对应的是收藏页的测量参数。点击要测量的参数将其激活；再次点击关闭该参数
- D. 背景高亮的参数代表已激活。在此图中，“峰峰值”已激活
- E. 对上次选中的参数的文字解释

添加的测量参数的正确步骤是先在对话框的 **A** 区域选择信源，再在 **C** 区域选择参数。例如要先后添加对 C1 的峰峰测量和 C2 的周期测量，可按下述步骤操作：

信源 > C1 > 垂直测量 > 峰峰值

信源 > C2 > 水平测量 > 周期

对于通道延迟（CH Delay）类测量，由于涉及的信源数量大于 1，因此信源指定的操作有所不同：



在参数选择区域内, 先指定 **信号 A** 对应的通道, 再指定 **信号 B** 对应的通道, 最后选择参数。
例如要激活 C1 和 C2 之间的时滞测量, 可按下述步骤操作:

信号 A > **C1** > **信号 B** > **C2** > **时滞**

一旦选择了参数, 它将出现在网格下面的参数和统计值显示区:

测量项	1.峰峰值(C1)	2.时滞(C1,C2)	***	***	***
当前值	106.9583mV	723.66160μs			
平均值	106.583333mV	174.8851936μs			
最小值	106.3750mV	-53.69088μs			
最大值	106.9583mV	723.66160μs			
峰-峰值	583.3μV	777.35248μs			
标准差	198.956μV	318.3278106μs			
统计次数	5	4			
直方图					

点击该区域空白处的 **+** 可添加参数。

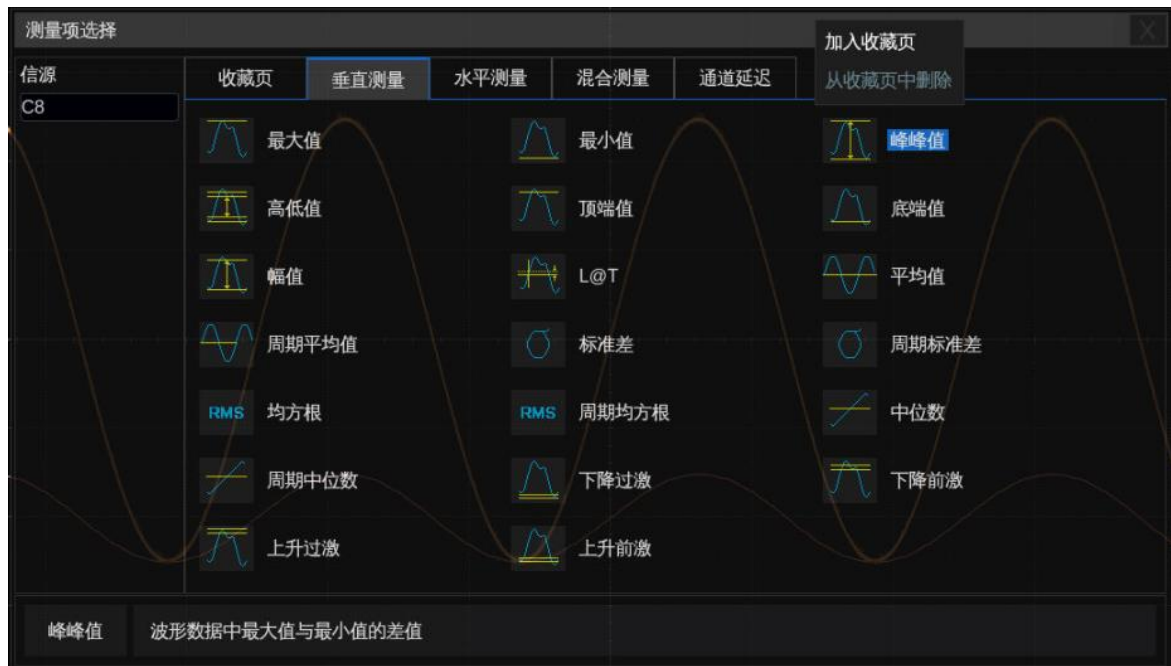
点击每个参数右上角的 **-** 可关闭该参数。

点击整个区域右上角的 **×** 可关闭测量。

点击对话框 **类型** > **清除测量** 可关闭所有参数。

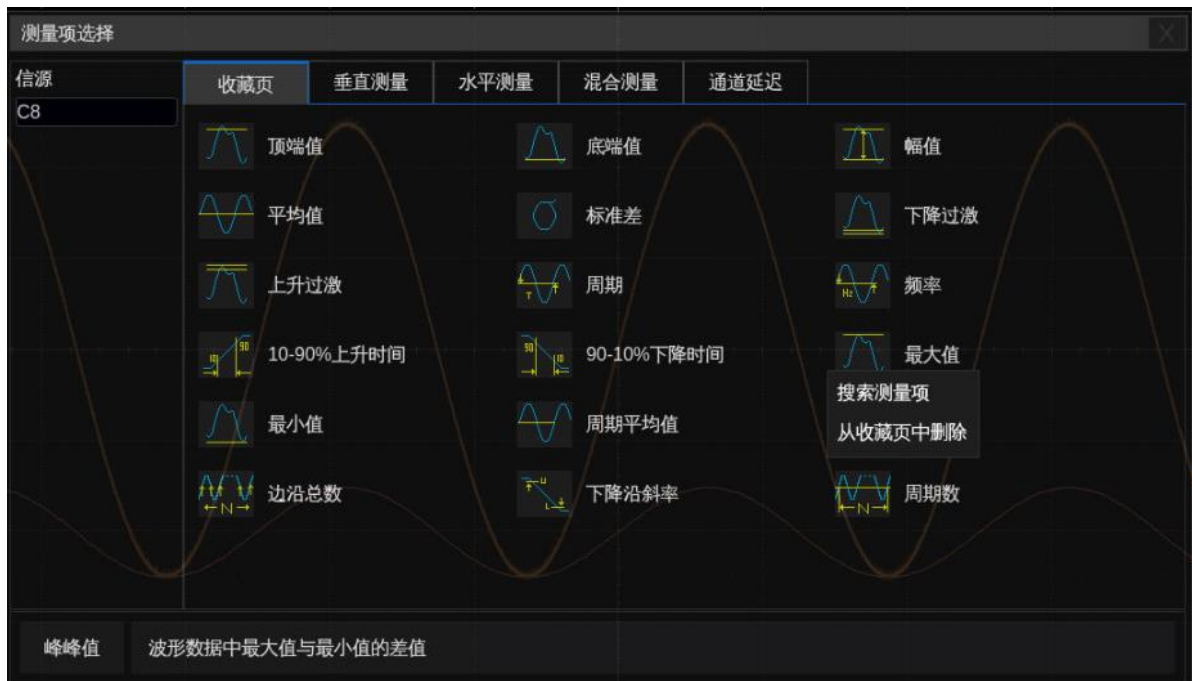
用户可自定义收藏页, 方便快速查找测量参数。除通道延迟类外, 最多可添加 20 个测量参数至收藏页。长按测量参数添加至收藏页或从收藏页删除。例如: 将峰峰值添加至收藏页, 可按下述步骤操作:

高级测量 > **类型** > **垂直测量** > **峰峰值** > **加入收藏页**



将周期数从收藏页删除，可按下述步骤操作：

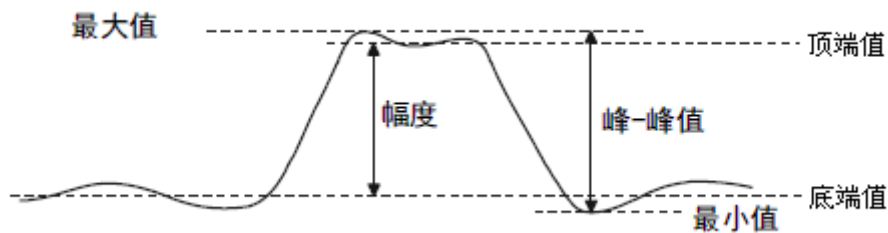
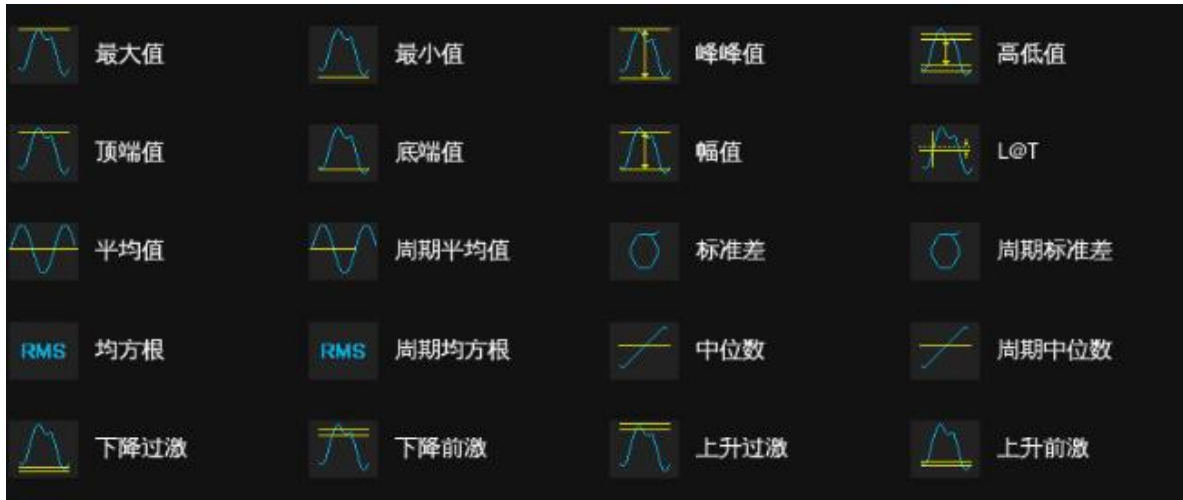
高级测量 > 类型 > 收藏页 > 周期数 > 从收藏页中删除



19.3 了解测量参数

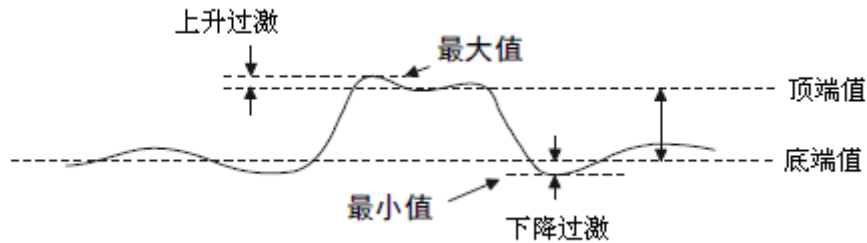
19.3.1 垂直测量

垂直测量包含以下参数：



- 最大值：波形数据中幅度的最大值。
- 最小值：波形数据中幅度的最小值。
- 峰峰值：最大值和最小值之间的差值。
- 高低值：测量阈值的高值到低值之间的差值。
- 顶端值：双峰信号的最大平顶值。
- 底端值：双峰信号的最小平顶值。
- 幅值：顶端值与底端值的差值，如果不是双峰信号，则是最大值与最小值之差。
- 平均值：波形数据的算术平均值。
- 周期平均值：第一个周期的算术平均值。
- 标准差：所有数据的标准偏差。
- 周期标准差：第一个周期内波形数据的标准偏差。

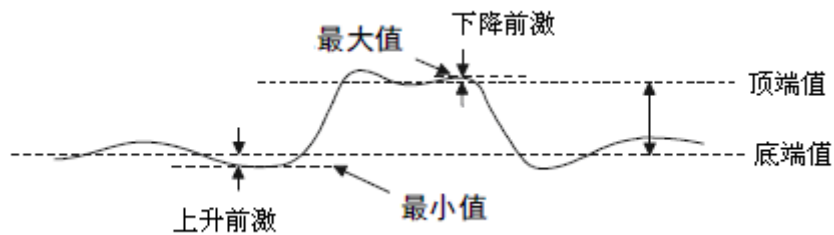
- 均方根：所有数据的均方根值。
- 周期均方根：第一个周期内波形数据的均方根值。
- 中位数：波形数据的中位数。
- 周期中位数：第一个周期内波形数据的中位数。
- 过激（上升过激/下降过激）：过激是边沿转换后的失真，以幅度的百分比表示。



$$\text{上升过激} = \frac{\text{最大值} - \text{顶端值}}{\text{幅值}} \times 100\%$$

$$\text{下降过激} = \frac{\text{最小值} - \text{底端值}}{\text{幅值}} \times 100\%$$

- 前激（上升前激/下降前激）：前激是边沿转换前的失真，以幅度的百分比表示。



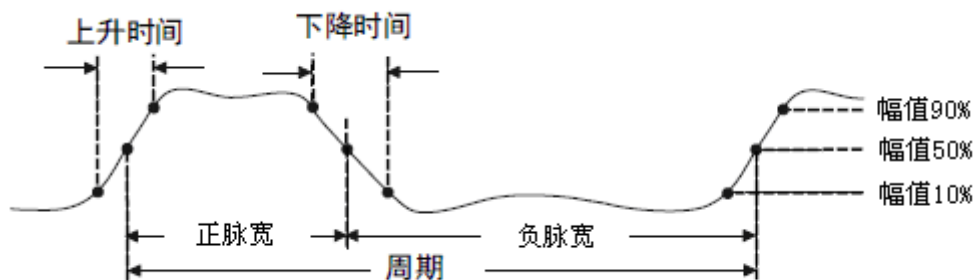
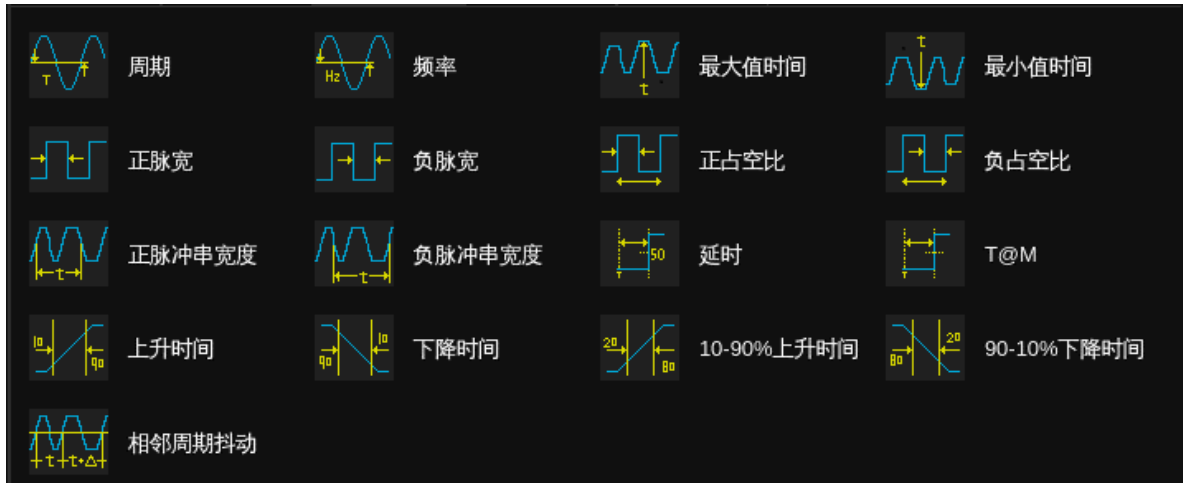
$$\text{下降前激} = \frac{\text{最大值} - \text{顶端值}}{\text{幅值}} \times 100\%$$

$$\text{上升前激} = \frac{\text{最小值} - \text{底端值}}{\text{幅值}} \times 100\%$$

- Level@T: 触发点的电压值

19.3.2 水平测量

水平测量包含以下时间参数的测量：

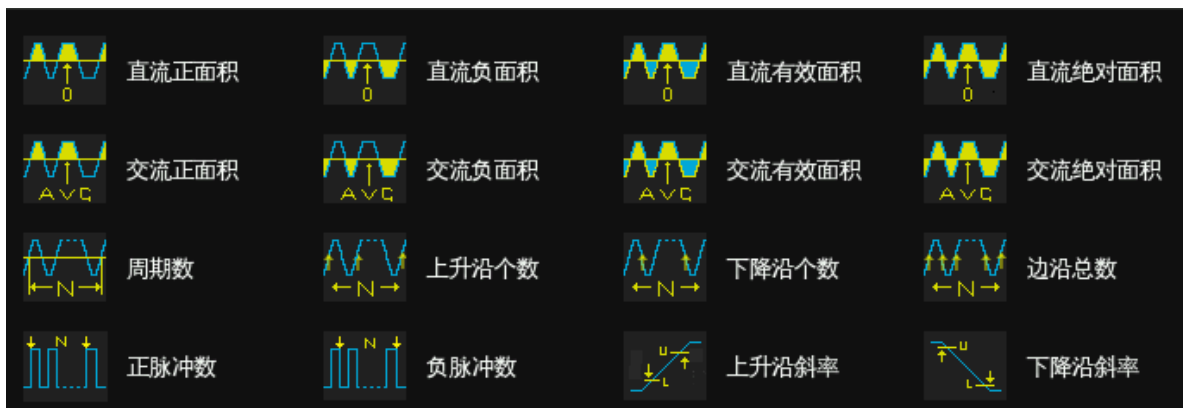


- 周期：两个连续、同极性边沿的中值交叉点之间的时间。
- 频率：周期的倒数。
- 最大值时间：信号最大值出现的时间。
- 最小值时间：信号最小值出现的时间。
- 正脉宽：从脉冲上升沿的中值处到紧接着的一个下降沿的中值处之间的时间差。
- 负脉宽：从脉冲下降沿的中值处到紧接着的一个上升沿的中值处之间的时间差。
- 10-90%上升时间：信号幅度从 10% 上升至 90% 所经历的时间。
- 90-10%下降时间：信号幅度从 90% 下降至 10% 所经历的时间。
- 上升时间：信号幅度从阈值电平低值上升至阈值电平高值所经历的时间。

- 下降时间：信号幅度从阈值电平高值下降至阈值电平低值所经历的时间。
- 正脉冲串宽度：过第一个上升沿中值的点与过最后一个下降沿中值的点间的时间。
- 负脉冲串宽度：过第一个下降沿中值的点与过最后一个上升沿中值的点间的时间。
- 正占空比：正脉宽与周期的比值。
- 负占空比：负脉宽与周期的比值。
- 延迟：触发点到第一个沿的中值处之间的时间差。
- T@M：触发点到每个上升沿的中值点的时间。
- 相邻周期抖动：两个相邻周期的差。

19.3.3 混合测量

混合测量包含以下参数：



- 直流正面积：屏幕内波形，值大于零的部分的面积之和。
- 直流负面积：屏幕内波形，值小于零的部分的面积之和。
- 直流有效面积：屏幕内波形的有效面积。
- 直流绝对面积：屏幕内波形的绝对面积。
- 交流正面积：屏幕内波形，值大于平均值的部分的面积之和。
- 交流负面积：屏幕内波形，值小于平均值的部分的面积之和。
- 交流有效面积：屏幕内交流分量的有效面积。
- 交流绝对面积：屏幕内交流分量的绝对面积。
- 周期数：屏幕内波形的周期数。
- 上升沿个数：屏幕内波形的上升沿个数。

- 下降沿个数：屏幕内波形的下降沿个数。
- 边沿总数：屏幕内波形的边沿总数。
- 正脉冲数：屏幕内波形的正脉冲数。
- 负脉冲数：屏幕内波形的负脉冲数。
- 上升沿斜率：上升沿阈值高电平与低电平之差除以上升时间。
- 下降沿斜率：下降沿阈值高电平与低电平之差除以下降时间。

19.3.4 通道延迟

通道延迟在任意两个模拟通道上进行，包含以下参数：



- 相位：通道 A 与通道 B 之间相位差。该参数只有在能测量到通道 A 的完整周期才有效。
- 时滞：通道 A 边沿与最近的通道 B 边沿的时间差。
- FRFR：通道 A 的第一个上升沿的中值点和通道 B 的第一个上升沿的中值点间的距离。
- FRFF：通道 A 的第一个上升沿的中值点和通道 B 的第一个下降沿的中值点间的距离。
- FFFR：通道 A 的第一个下降沿的中值点和通道 B 的第一个上升沿的中值点间的距离。
- FFFF：通道 A 的第一个下降沿的中值点和通道 B 的第一个下降沿的中值点间的距离。
- FRLR：通道 A 的第一个上升沿的中值点和通道 B 的最后一个上升沿的中值点间的距离。
- FRLF：通道 A 的第一个上升沿的中值点和通道 B 的最后一个下降沿的中值点间的距离。
- FFLR：通道 A 的第一个下降沿的中值点和通道 B 的最后一个上升沿的中值点间的距离。
- FFLF：通道 A 的第一个下降沿的中值点和通道 B 的最后一个下降沿的中值点间的距离。
- Tsu@R：数据（通道 A）相对时钟（通道 B）上升沿的建立时间。

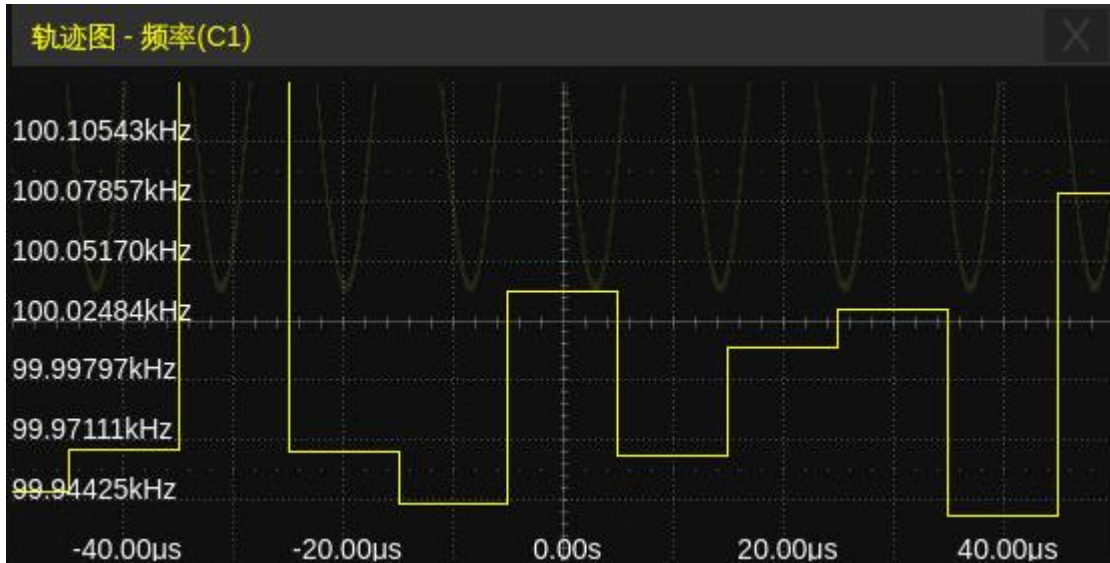
- $T_{su}@F$: 数据（通道 A）相对时钟（通道 B）下降沿的建立时间。
- $T_{h@R}$: 数据（通道 A）相对时钟（通道 B）上升沿的保持时间。
- $T_{h@F}$: 数据（通道 A）相对时钟（通道 B）下降沿的保持时间。
- $\Delta Time1 \sim 4$: $\Delta Time$ 两个沿之间的时间。点击添加测量参数可调出 $\Delta Time$ 设置窗口，**类型** 页下点击已添加的 $\Delta Time$ 项，也会显示 $\Delta Time$ 参数。设置如下：



- A. 设置开始沿（信源 A）的序号，屏幕左侧为起始点
- B. 设置截止沿（信源 B）的序号，屏幕左侧为起始点
- C. 设置开始沿的类型，上升沿或下降沿
- D. 设置截止沿的类型，上升沿或下降沿
- E. 设置开始沿的位置，可选择高值、中值或低值。阈值电平设置，详见“阈值电平”
- F. 设置截止沿的位置，可选择高值、中值或低值。阈值电平设置，详见“阈值电平”
- G. 点击“确认”，完成设置并添加测量参数。如需修改设置，请通过对话框进行设置
- H. 点击“取消”，取消添加该参数，窗口关闭

19.4 测量轨迹图

对于水平测量参数如周期、上升沿等，可以通过轨迹图查看该参数测量值在一帧内的变化趋势，了解该指标的短期变化情况。



一帧内水平测量参数的统计值上限是默认是 1000，最大支持到 100000，可以通过 **测量** > **统计** > **测量设置** > **最大 A/M 次数** 修改。超过上限值后的测量参数不会在轨迹图中显示。

19.5 测量趋势图

在增加测量参数后，可以查看该参数测量值在一段时间内的变化趋势，了解该指标的长期变化情况。测量对话框下点击 **趋势图** 页面，进入趋势图设置对话框：



A. 记录模式。按顺序或按时间，设置为时间时，还需设置间隔时间

- B. 最大记录数目。范围为 250 ~ 1000000，默认值 10000
- C. 选择趋势图的源，仅支持高级测量模式下测量项
- D. 坐标模式。自动或手动
- E. 设置垂直档位和垂直偏移，仅手动模式支持
- F. 设置水平档位和水平偏移，仅手动模式支持
- G. 重置统计。点击该按钮将清除趋势图统计信息数据和波形
- H. 趋势图波形显示
- I. 趋势图统计信息：当前测量值、测量最大值、测量最小值、测量平均值和测量次数
- J. 重置统计。点击该按钮将清除趋势图统计信息数据和波形

按前面板的  **Clear Sweeps** 按键，或触摸测量设置对话框的 **清除统计**，或触摸参数统计区的  符号可重新开始统计。

记录模式

按顺序 -- 按测量次数进行记录。当达到最大记录数目，将按序覆盖已记录数据。

按时间 -- 按照时间间隔记录，设置范围为：0.5 ~ 1000 s。

坐标模式

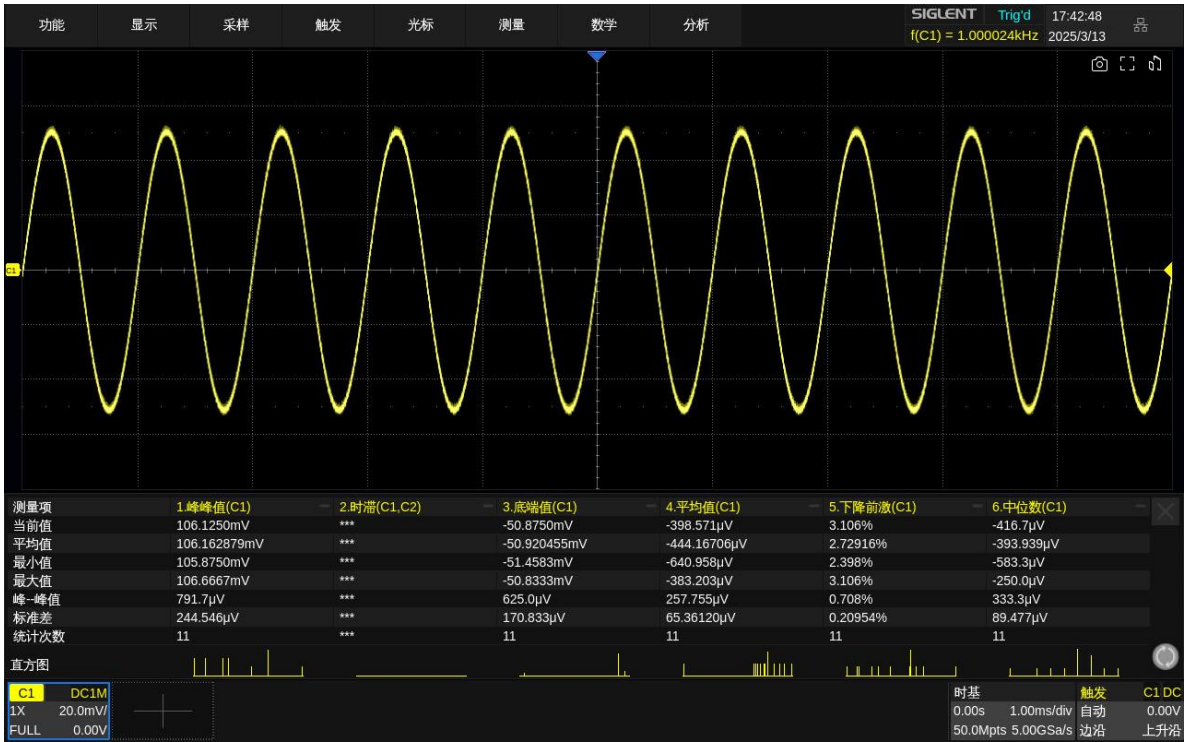
自动模式 -- 根据测量值自动设置趋势图的垂直、水平参数。

手动模式 -- 可自定义趋势图垂直、水平档位和偏移。其水平参数受最大记录数目约束，垂直档位受自动模式垂直档位的约束。

19.6 显示模式

高级测量模式下，支持两种显示模式：M1 模式和 M2 模式。通过 **显示模式** 进行设置。

M1 模式下，一次显示最多 6 个参数测量。开启测量统计，统计信息按行分布在测量项下方。点击固定列进行添加、替换测量项。

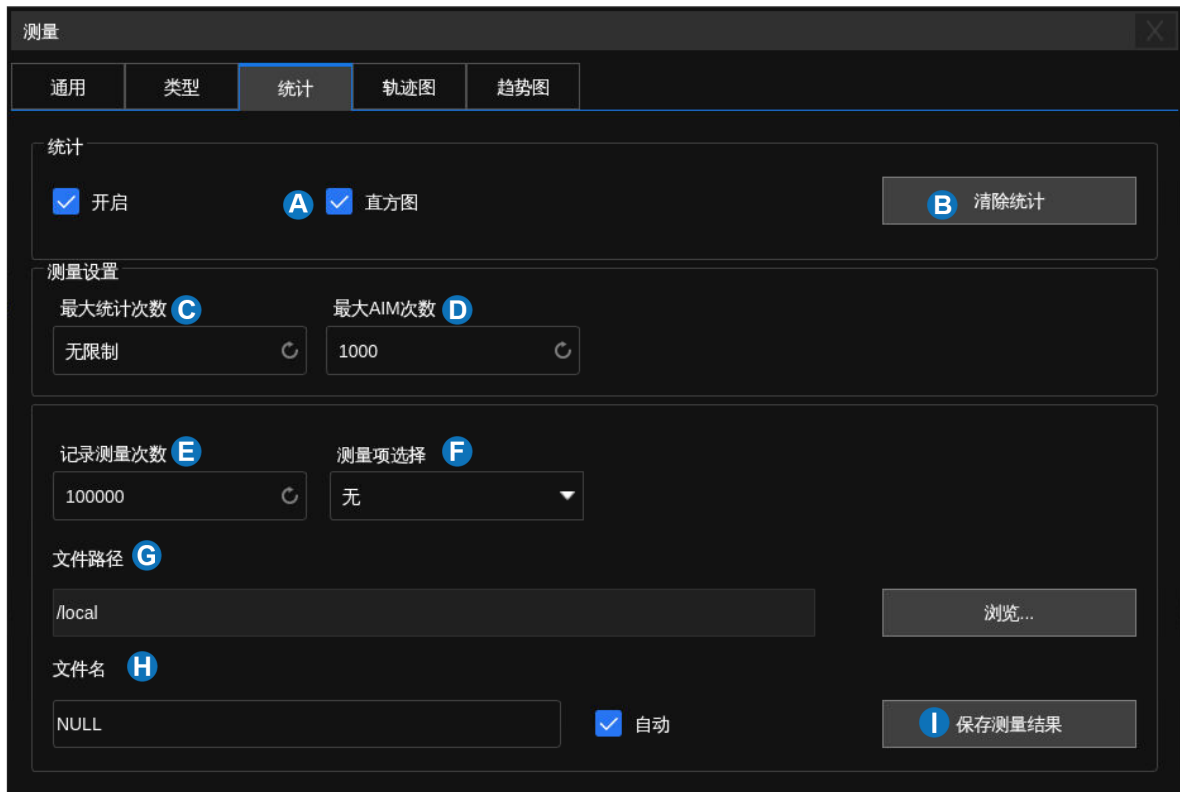


M2 模式下,一次显示最多 12 个参数测量,用户可在 **统计** > **显示测量项总数** 中修改上限值。开启测量统计,统计信息按列分布在测量项右侧。点击固定行进行添加、替换测量项。M2 模式下无法显示直方图的缩略图。



19.7 测量统计

在测量对话框下点击 **统计** 可进入统计设置对话框。



- A. 开启或关闭直方图功能。显示已选择测量对应的统计直方图
- B. 统计值清零并重新开始统计
- C. 设置测量最大统计次数。设置范围 0 ~ 1024，或无限制。无限制时，将累计统计次数；有限制时，当达到最大统计次数 N 以后，测量仅统计最近 N 次的测量值。且限制统计时，周期类测量项仅统计每帧第一个周期测量值
- D. 设置最大 AIM 次数。仅当最大统计次数设置为“无限制”时有效。设定范围为 1 ~ 100000
- E. 记录测量次数，测量项的历史统计值会记录在内存中，统计次数超过该值后，将覆盖已记录的测量值
- F. 测量项选择。周期类测量项仅记录每帧当前值；高级测量下，选择显示模式 M1 最多显示 6 个参数测量，M2 最多显示 12 个参数测量
- G. 设置测量结果保存文件路径
- H. 设置测量结果保存文件名。默认名为“测量项_时间”，勾选 **自动** 后，将根据保存时间自动更新文件名称
- I. 保存测量结果

在增加测量参数后, 可以查看该参数测量的统计数据 and 测量值的分布情况, 了解该指标的变化情况。

测量项	1.峰峰值(C1)	2.时滞(C1,C2)	3.底端值(C1)	4.平均值(C1)	5.下降前激(C1)	6.中位数(C1)
当前值	106.2083mV	***	-50.8750mV	-447.819μV	2.479%	-458.3μV
平均值	106.217782mV	***	-50.868647mV	-442.01881μV	2.74743%	-431.000μV
最小值	105.6250mV	***	-51.4583mV	-640.958μV	2.190%	-791.7μV
最大值	107.2500mV	***	-50.7917mV	-330.673μV	3.853%	41.67μV
峰-峰值	1.6250mV	***	666.6μV	310.285μV	1.662%	833.4μV
标准差	234.524μV	***	25.260μV	34.77645μV	0.23744%	106.029μV
统计次数	1561	***	1561	1561	1561	1561

当前值 -- 最新的测量值

平均值 -- 历史所有测量值的算术平均

最小值 -- 历史所有测量值的最小值

最大值 -- 历史所有测量值的最大值

峰峰值 -- 历史所有测量值的最大值 - 最小值

标准差 -- 历史所有测量值的标准偏差, 用于判断历史测量参数的分布

统计次数 -- 已获得的测量值个数

点击测量设置对话框的 **清除统计**, 或点击参数统计区的  符号可重新开始统计。

当示波器检测到被测波形被截断时, 测量值后将出现一个额外的溢出指示器:

>2.02353V(↑)	波形在顶部截断, 真实值大于当前显示值
>2.02353V(↓)	波形在底部截断, 真实值大于当前显示值
>1.922353V(↑)	波形在顶部和底部均截断, 真实值大于当前显示值

19.8 统计直方图

开启统计直方图后, 在统计区域底部条形直方图以列的形式显示测量结果统计次数, 用户可以直观地查看该参数测量值的分布情况。直方图的颜色与指定信源的颜色一致。





- A. 测量参数显示区域
- B. 测量结果统计表示方式：按百分比或计数
- C. 直方图显示区域。X 轴为测量值，Y 轴为测量值的概率或出现次数
- D. 指示当前测量点。不同测量源，指示点的颜色可能不同
- E. 放大/缩小直方图区域。点击多次可连续放大/缩小
- F. 直方图信息显示区域。显示信息包含：测量统计次数、测量当前值、测量最大值的区间及概率、当前索引的测量值区间及概率（仅放大后才可显示）
- G. 调节当前索引值（仅放大后才可显示）
- H. 关闭直方图

19.9 基本测量

基本测量可同时打开指定通道的所有自定义垂直测量、水平测量和混合测量参数，并全部显示在屏幕上的基本测量区域。测量参数的字体颜色与指定的信源颜色一致。

峰峰值	106.2500mV	顶端值	49.7500mV	底端值	-50.8333mV	幅值	100.5833mV	平均值	-515.143μV
标准差	35.932735mV	下降过激	2.071%	上升过激	2.941%	周期	999.78195μs	频率	1.00021809kHz
10-90%上升时间	290.78357μs	90-10%下降时间	291.28759μs						

19.10 门限测量

有时用户可能想对信号的某个时间范围进行参数测量，而忽略其它部分。在这种情况下，可以使用分析门限。详见“分析门限”一章。

19.11 幅度策略

用户根据不同类型的输入信号，选择相应的幅度计算策略，可以使顶端值、底端值测量更加准确。

在测量对话框下点击 **通用** 页，可进行幅度策略设置：

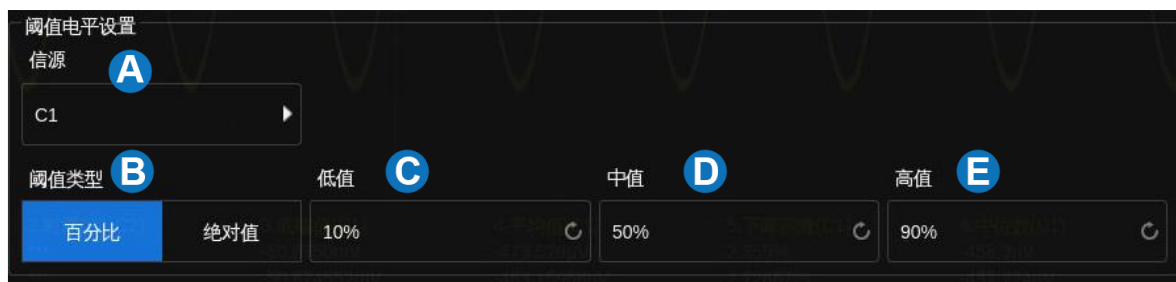


- A. 设置幅度计算策略。设置为自动时，将根据输入信号自动选择幅度计算策略以保证测量值的准确性
- B. 设置顶端值计算策略。设置为直方图时，将对大于峰峰值 1/2 的值进行统计，概率最大的值认定为顶端值；设置为最大值时，将波形最大值认定为顶端值
- C. 设置底端值计算策略。设置为直方图时，将对小于峰峰值 1/2 的值进行统计，概率最大的值认定为底端值；设置为最小值时，将波形最小值认定为底端值

19.12 阈值电平

用户可自定义信号的幅度范围进行测量。更改默认阈值可能会改变相关测量项的测量结果，如：周期、频率、正脉宽、负脉宽、正占空比、负占空比、正脉冲串宽度、负脉冲串宽度、延时、T@M、上升时间、下降时间、相邻周期抖动、周期数、上升沿个数、下降沿个数、边沿总数、正脉冲数、负脉冲数、延迟类测量项。

在测量对话框下，点击 **通用** 页，可进行阈值电平设置：



- A. 设置测量阈值信源

- B. 选择阈值类型
- C. 设置低值
- D. 设置中值
- E. 设置高值

阈值类型

百分比：按照波形的百分比进行设置。低值和高值的设置范围为 1% ~ 99%，其中低值不得高于中值和高值。

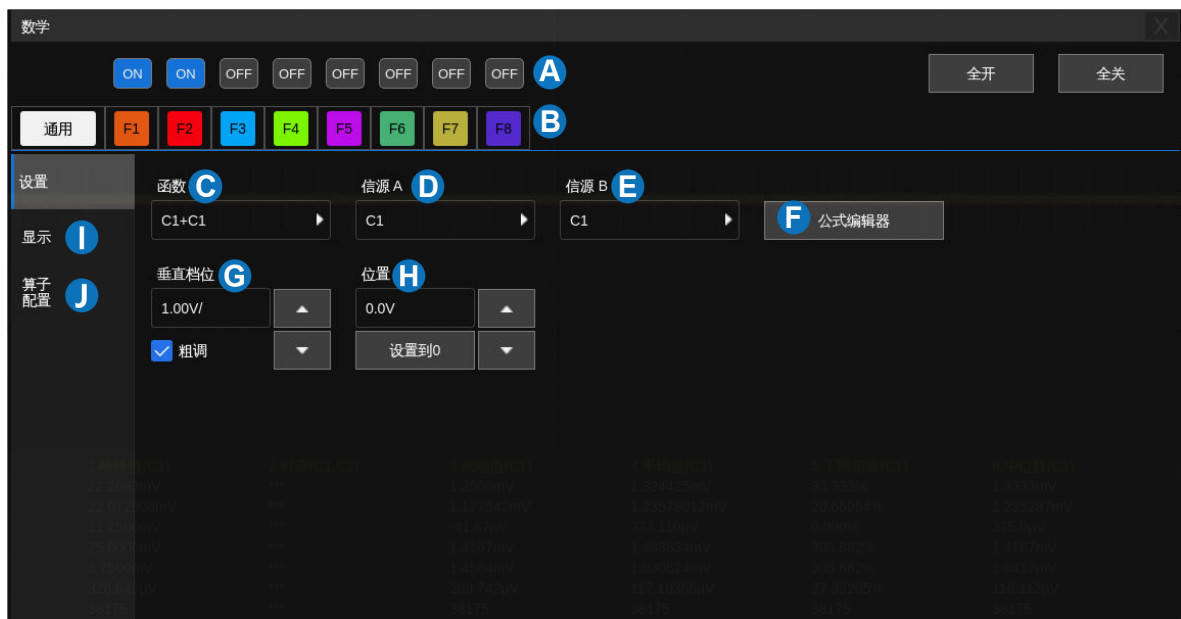
绝对值：按照垂直方向范围进行设置。绝对阈值取决于通道档位、垂直位移、探头系数。在设置绝对阈值之前，应首先设置这些值。低值和高值限制在屏幕上的数值范围之内。如果任一绝对阈值高于或低于最小或最大波形值，测量可能会无效。

20 数学运算

20.1 概述

本设备支持多种运算，运算的算子包括：算术运算（加法、减法、乘法、除法、平均值、增强分辨率、恒等、相反、最大保持和最小保持等）、代数运算（导数、积分、平方根、绝对值、符号、指数、对数、插值等）、频率分析（FFT）、滤波，同时也支持公式编辑器自定义运算。数学运算所产生的波形用“F1”、“F2”、“F3”、“F4”、“F5”、“F6”、“F7”或“F8”标记，且可通过光标进行测量或自动测量。

通过点击屏幕上方的 **数学** 菜单栏，或点击通道参数区的 **+** 再选择 **Fx**，即可调出数学设置对话框。



- A. 开启/关闭数学运算波形。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有数学运算波形
- B. 切换对话框页面。数学页面下可进行对应运算波形的的基本设置
- C. 选择算子。
- D. 选择信源 A
- E. 选择信源 B
- F. 打开公式编辑器
- G. 设置数学运算的垂直档位。点击参数区调出虚拟数字键盘，点击向上增大垂直档位向下减小，也可通过垂直档位旋钮设置；勾选粗调设置档位粗调，否则为细调
- H. 设置数学运算的垂直位置。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直偏移，向下减小，也可通过垂直偏移旋钮设置；点击 **设置到0** 设置偏移为 0
- I. 数学运算显示设置包括：波形显示、标签

J. 算子相关配置。不同算子下需要进行的设置

数学波形单位

不同的算子对应的运算结果有不同的量纲。因此在 **垂直档位** 一栏显示的单位不尽相同：

数学运算	单位
加 (+) 或减 (-)	V、A 或 U（此单位为当前两个波形单位不一致做运算）
乘 (*)	V^2 、 A^2 或 W
除 (/)	无单位、 Ω （电阻单位欧姆）、S（电导单位西门子）
恒等 (y) 或相反 (-y)	V、A
FFT	dBVrms、Vrms、dBArms、Arms、dBm
d/dt	V/S（伏/秒）或 A/S（安/秒）
$\int dt$	Wb（韦伯）或 C（库伦）
$\sqrt{}$	$V^{1/2}$ 或 $A^{1/2}$
y	V、A
Sign	V、A
Exp 或 Exp10	V、A
ln 或 lg	V、A
interp	V、A

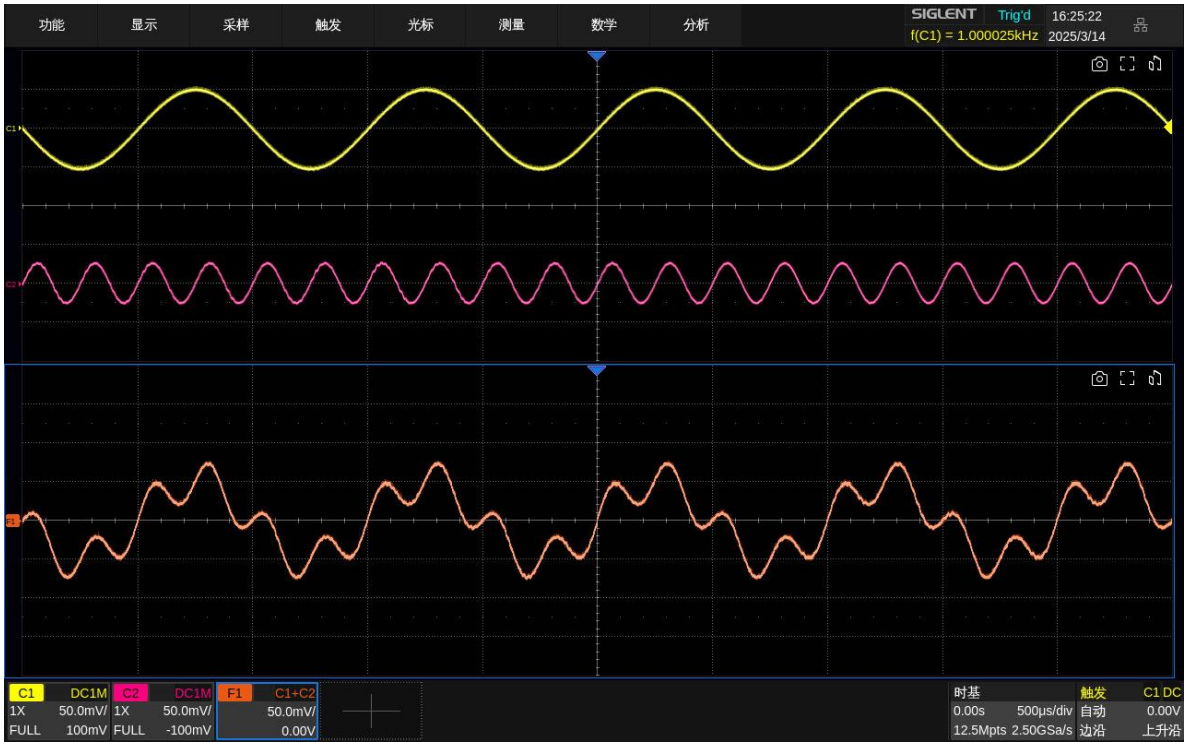
20.2 算术运算

本设备支持的算术运算：加法 (+)、减法 (-)、乘法 (*)、除法 (/)、恒等 (y)、相反 (-y)、平均值、增强分辨率、最大保持、最小保持和包络。

20.2.1 加法/减法/乘法/除法

在任意两个模拟通道上执行加法/减法/乘法/除法操作。信源 A 和信源 B 的值将逐点进行相应的运算，并显示结果。

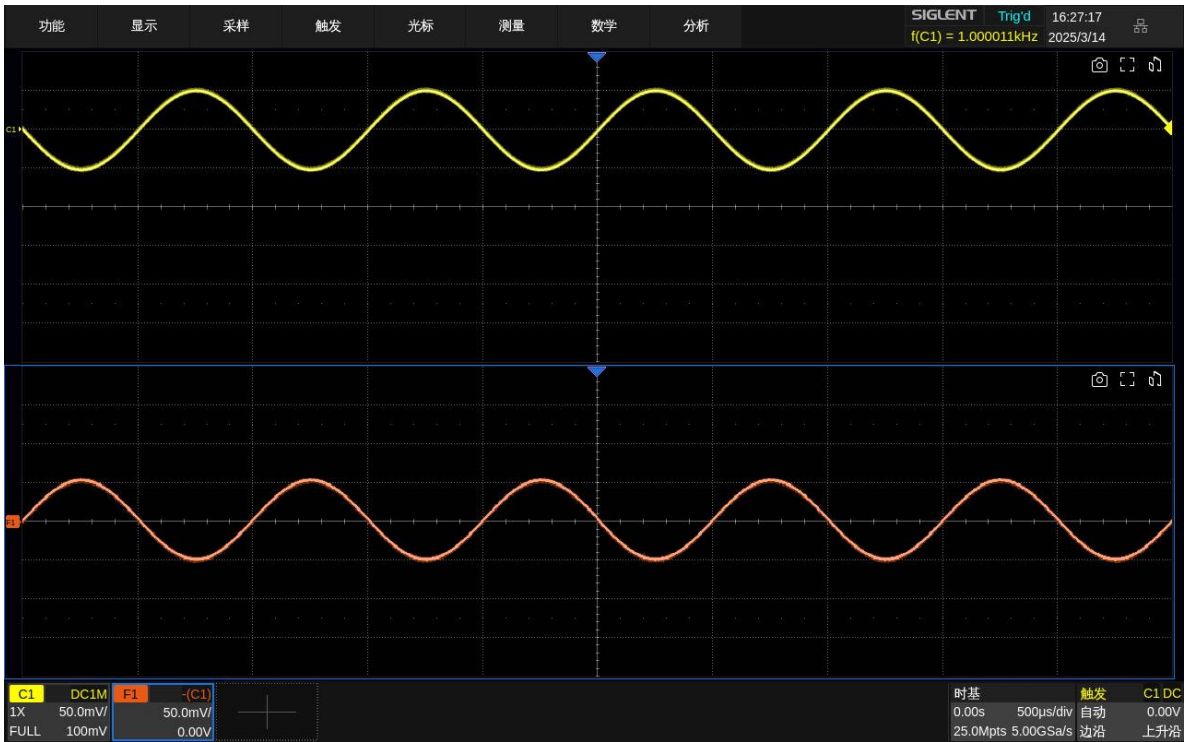
下图是执行 $F1 = C1 + C2$ 的例子：



20.2.2 恒等和相反

在任意一个模拟通道上执行恒等和相反操作。信源 A 的值将逐点进行相应的运算，并显示结果。

下图是执行 $F1 = -C1$ 的例子：

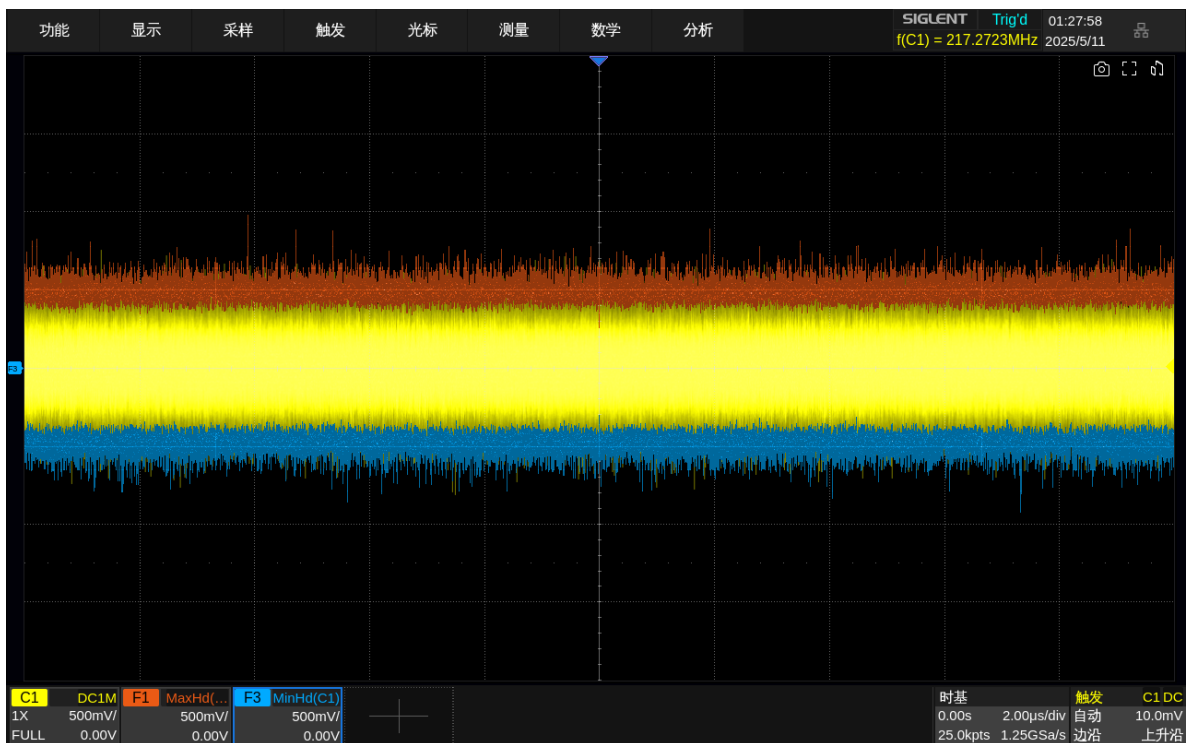


20.2.3 平均值和增强分辨率

平均值和增强分辨率的运算方法与采集模式中的平均值和增强分辨率相同，详见“采集方式”一节。两处的区别在于：采集模式是硬件处理，速度快，刷新率高；数学运算是软件处理，速度相对较慢，但可以结合其它算子进行复合运算。

20.2.4 最大保持和最小保持

最大保持和最小保持是基于多帧的统计运算，在同一个水平位置上取多帧对应的点的最大值/最小值作为结果。下图是最大保持和最小保持的示意：



20.2.5 包络

显示调幅 (AM) 输入信号的振幅包络，基于 FFT 实现希尔伯特变换，获取解调后的包络波形。下图是解包络的示意：



20.3 代数运算

本设备支持的代数运算：微分（d/dt）、积分（∫dt）、平方根（√）、绝对值|y|、符号、指数（e 为底）、指数（10 为底）、自然对数（ln）、常用对数（lg）、插值、正切和反正切。

20.3.1 微分

微分（d/dt）使用“点到点间平均斜率估计”公式求出所选源的导数。可以使用求微分测量波形的瞬间斜率。例如，运算放大器的转换速率。微分方程为：

$$di=(y(i+dx)-y(i))/dx$$

其中：

d = 微分波形。

y = 源数据点的电压值。

i = 数据点索引。

dx = 点到点时间差。

在微分菜单中，“dx”选择范围为 1~当前最大点数，单位为点数。



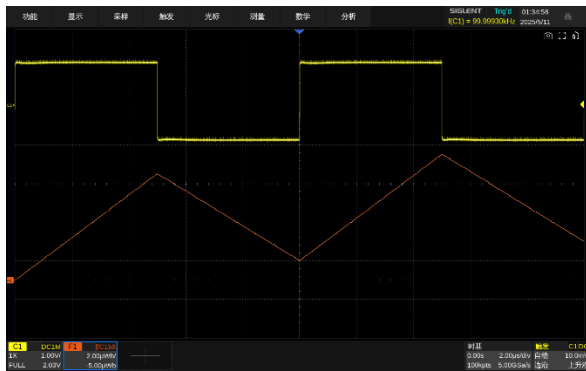
注：

由于微分运算对噪声很敏感，在执行微分运算时，最好将示波器的波形获取方式设置为“平均”或“高分辨率”模式。

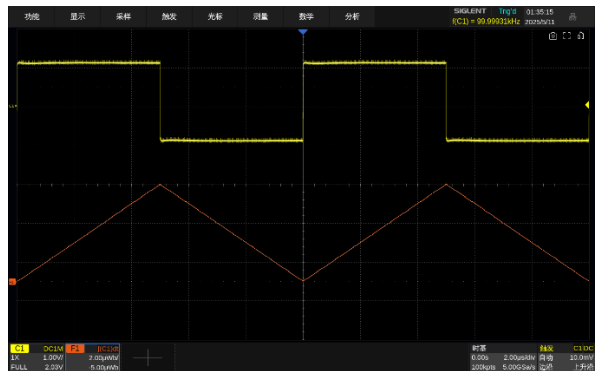
20.3.2 积分

积分运算是对屏幕上的波形序列求积分。

积分算子配置下设置 **偏移** 功能，为输入信号输入 DC 偏移校正因数。如果积分函数输入中的有 DC 偏移（或者出现较小的示波器偏移校正误差），均有可能导致积分函数输出沿“斜坡”上升或下降。使用 DC 偏移校正，有助于拉平积分波形。

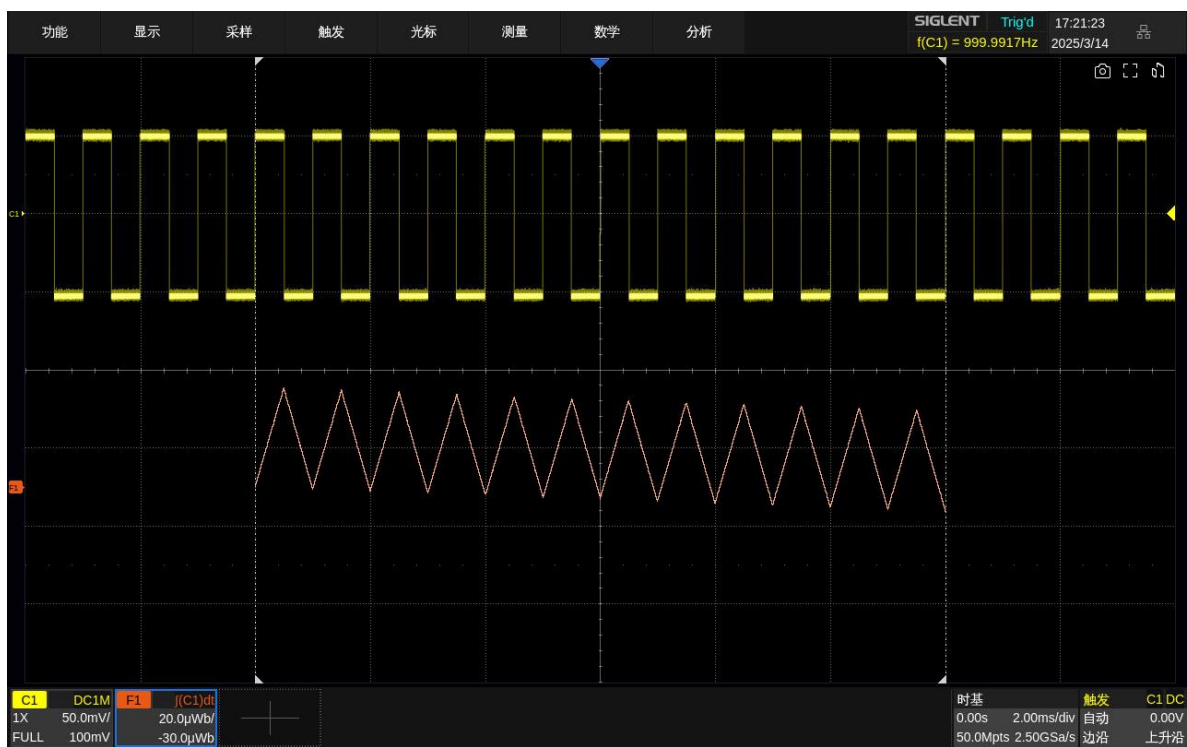


无偏移校正



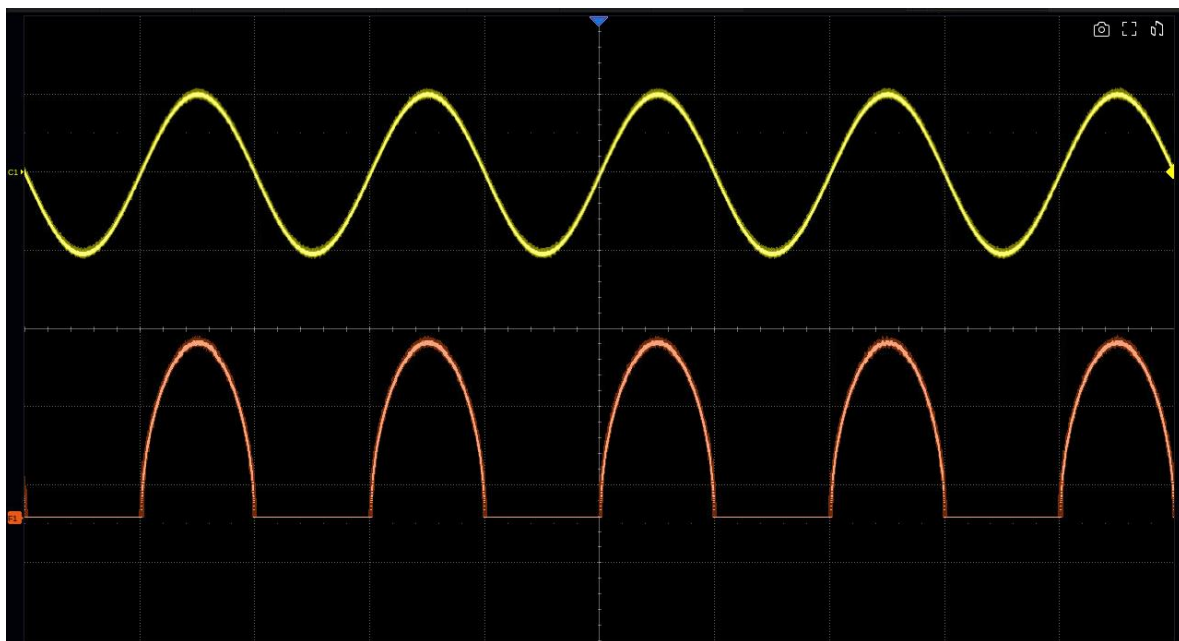
有偏移校正

此外，积分运算可以在指定的门限区域内进行。点击 **分析** > **门限分析**，开启门限功能，然后设置 **光标 A** 和 **光标 B** 来确定门限。详见“分析门限”一章。



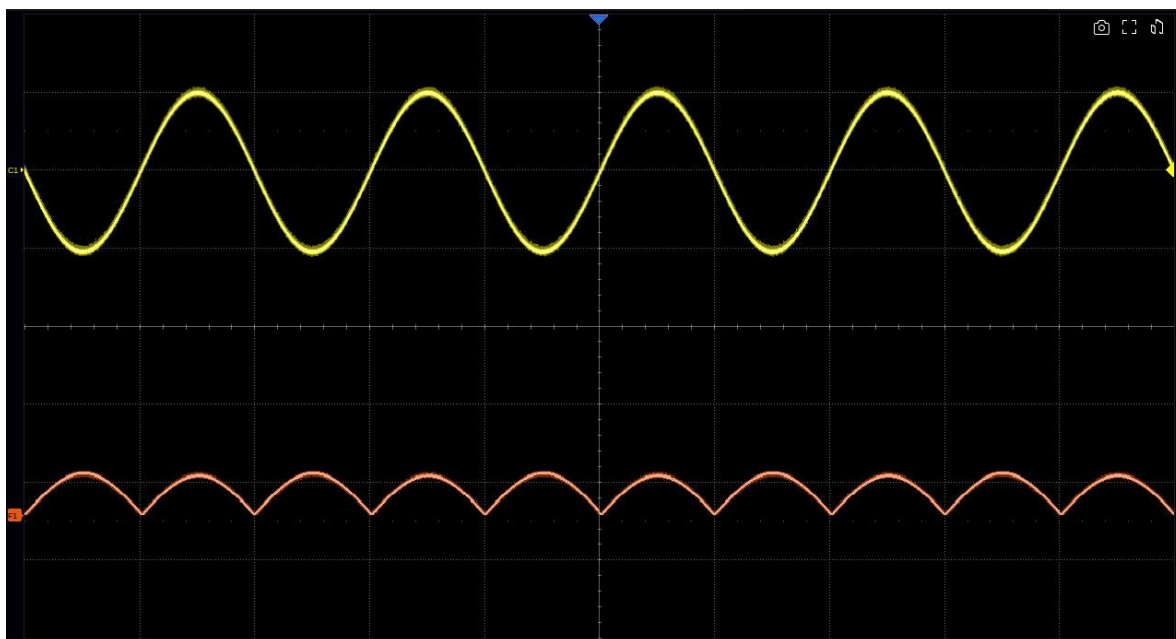
20.3.3 平方根

平方根 ($\sqrt{}$) 计算所选源的平方根。当波形值为负（接地电平下方波形）时，计算结果显示为零。



20.3.4 绝对值

绝对值 ($|y|$) 计算所选波形的绝对值。



20.3.5 符号

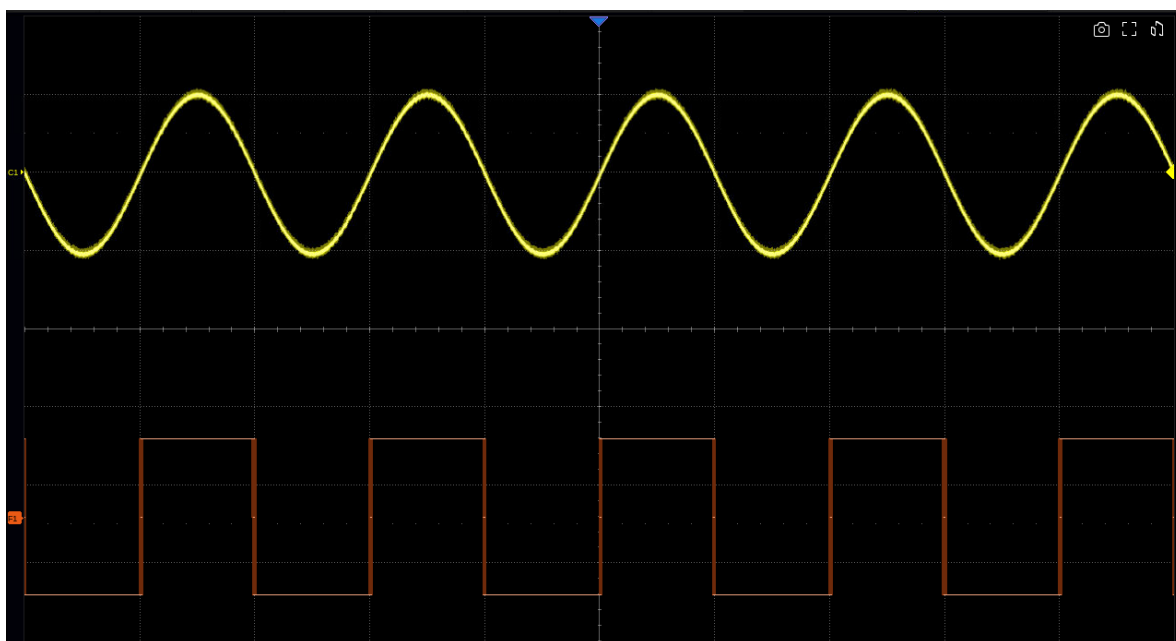
符号运算计算波形的正负性。

例如：计算 $\text{sign}(x)$ 时，

当 $x > 0$ ， $\text{sign}(x) = 1$ ；

当 $x = 0$ ， $\text{sign}(x) = 0$ ；

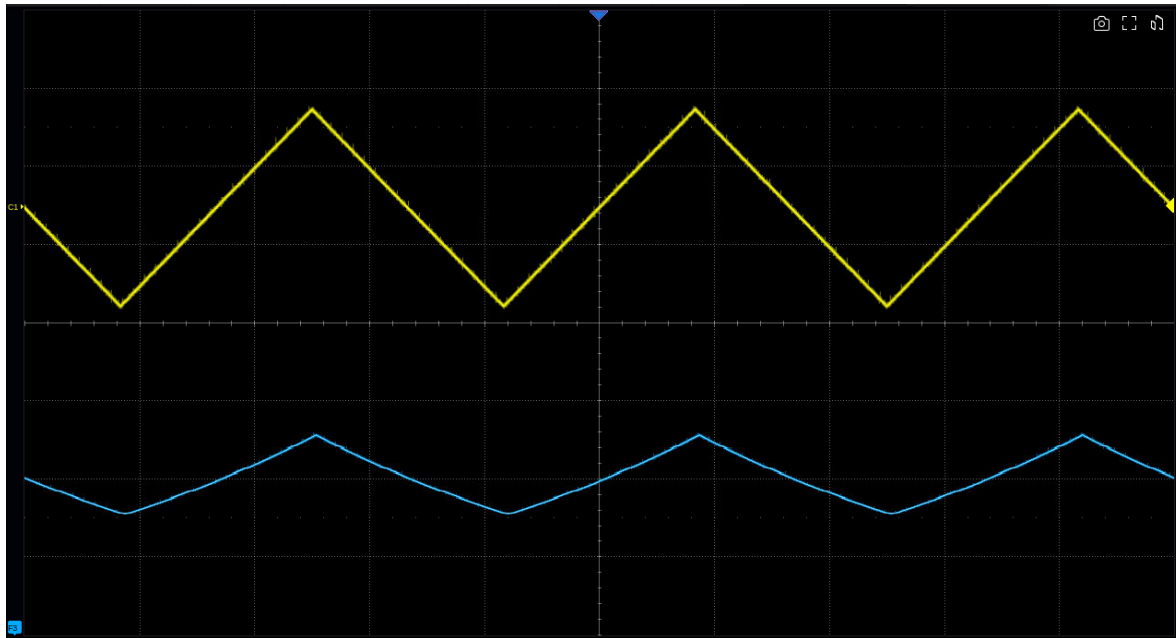
当 $x < 0$ ， $\text{sign}(x) = -1$



20.3.6 指数

指数运算包括以常数 e 为底的指数运算 e^x ，和以 10 为底的指数运算 10^x 。

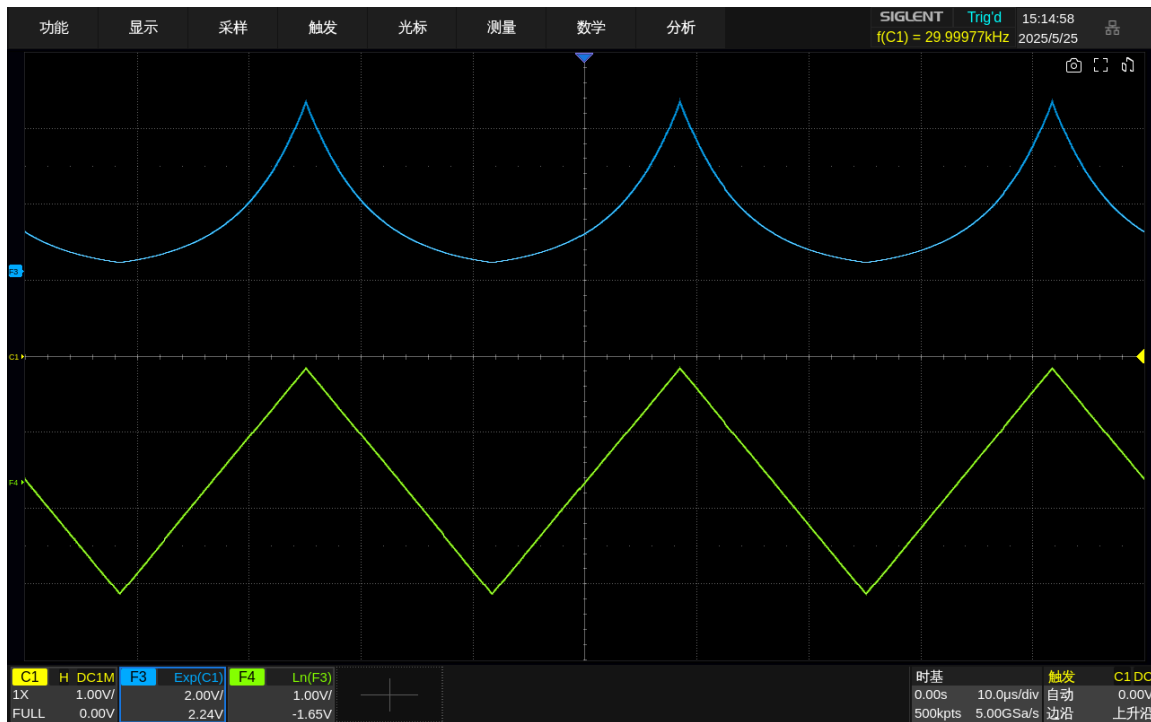
例如： e^x 指数运算。



20.3.7 对数

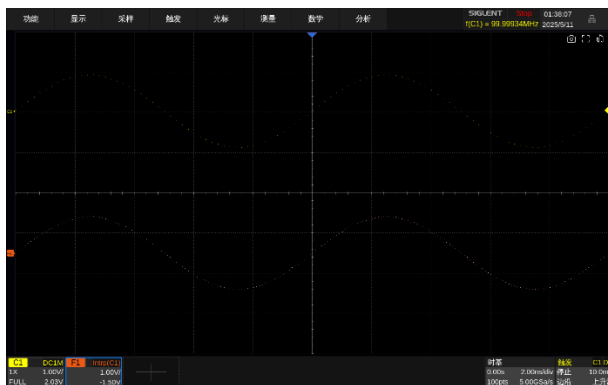
对数运算包括对自然对数 ($\ln$) 运算和常用对数 ($\lg$) 运算。在进行对数运算时，当波形值为负（接地电平下方波形）时，计算结果显示为零。

例如： $F3=e^x$ ，其中 x 为三角波函数。下面对 $F3$ 进行自然对数运算， $F4=\ln(F3)$ 。

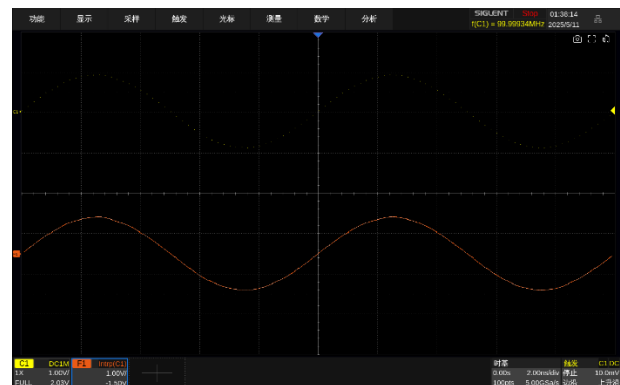


20.3.8 插值

插值运算在相邻采样点间，按照所选内插方式和插值系数进行插点。其中内插方式可通过 **采样** > **内插方式** 进行设置，插值系数可设置为：2，5，10 或 20。



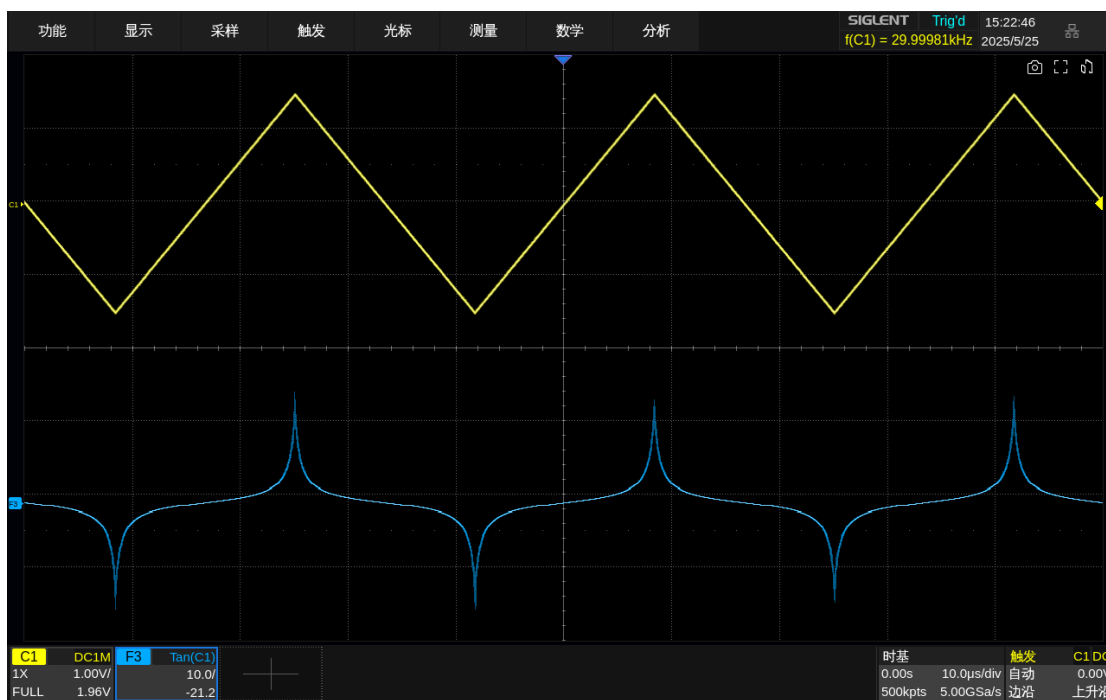
插值系数=2



插值系数=20

20.3.9 正切

对波形进行三角函数的正切运算，运算源默认为弧度单位。



20.3.10 反正切

对两个波形进行反三角函数的反正切运算，运算结果单位可选择弧度或角度。Atan(srcA,srcB)象限判断如下：

当 $\text{srcB} > 0$ 时， $\arctan(\text{srcA}/\text{srcB})$ ；

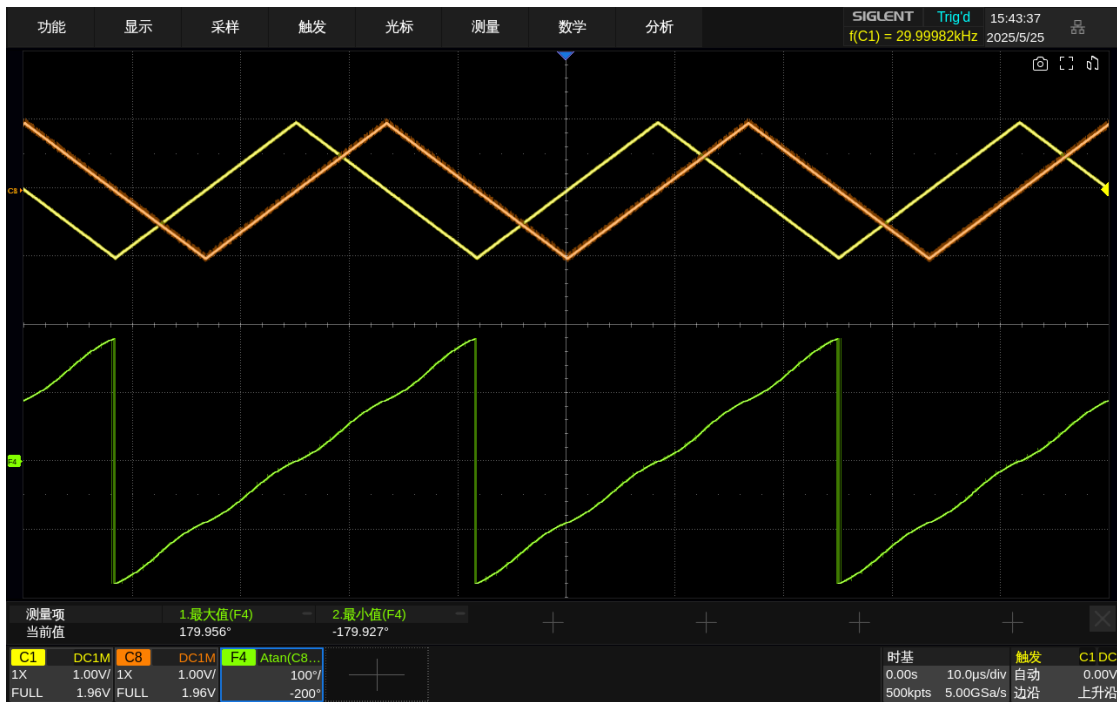
当 $\text{srcB} < 0$ 、 $\text{srcA} \geq 0$ 时， $\arctan(\text{srcA}/\text{srcB}) + \pi$ ；

当 $\text{srcB} < 0$ 、 $\text{srcA} < 0$ 时， $\arctan(\text{srcA}/\text{srcB}) - \pi$ ；

当 $\text{srcB} = 0$ 、 $\text{srcA} > 0$ 时， $\pi/2$ ；

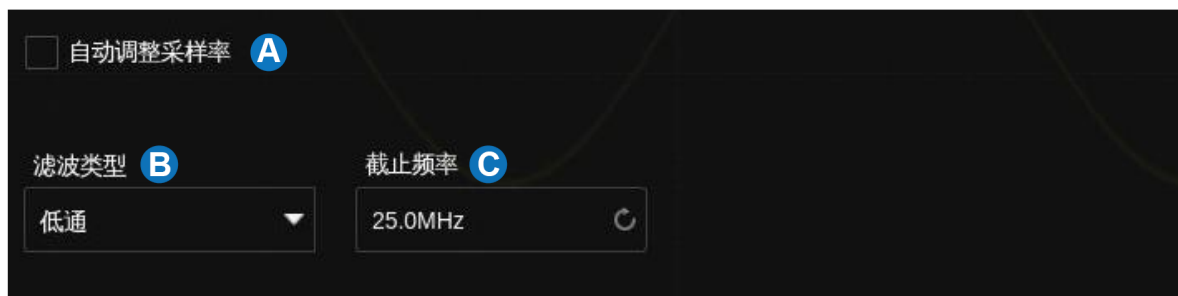
当 $\text{srcB} = 0$ 、 $\text{srcA} < 0$ 时， $-\pi/2$ ；

当 $\text{srcB} = 0$ 、 $\text{srcA} = 0$ 时，结果无效。



20.4 滤波

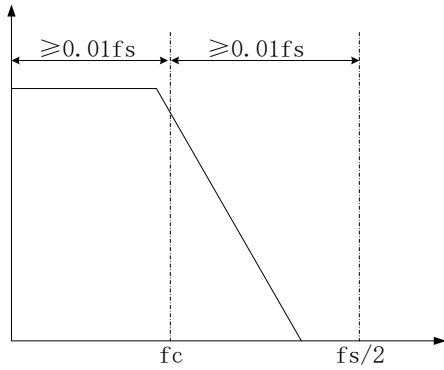
滤波器操作提供具有以下类型的 FIR（有限脉冲响应）滤波：低通、高通、带通和带阻。滤波器最高可达 200 阶，可以达到 $0.01 \cdot f_s$ 的滚降。用户只需设置滤波类型和截止频率，仪器将自动计算滤波所需的系数。



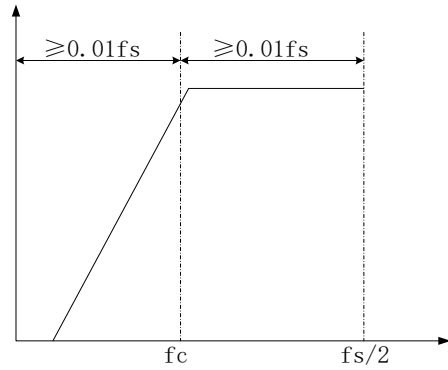
- A. 选择是否让示波器根据滤波配置自动设置采样率。详情见下文。
- B. 滤波类型：低通、高通、带通和带阻。
- C. 截止频率。对于带通和带阻，有两个截止频率，分别是上限截止频率和下限截止频率。截止频率处的衰减约为 3 dB。

自动调整采样率

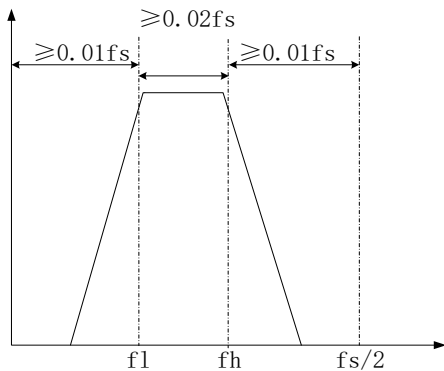
与理想的“矩形”滤波器不同，由于阶数限制，实际的 FIR 滤波器从通带滚降到阻带。本仪器的 200 阶 FIR 可提供快至 $0.01 \cdot f_s$ （其中 f_s 是采样率）的滚降，这意味着在指定采样率下设置截止频率时存在一些限制。下图详细显示了限制：



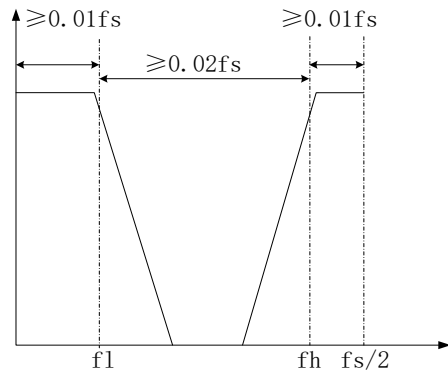
低通



高通



带通



带阻

以低通滤波器为例。要求截止频率 (f_c) 不小于 $0.01 \cdot f_s$ (即 $f_c \geq 0.01 \cdot f_s$)，且 f_c 加上 $0.01 \cdot f_s$ 宽的滚降范围不超过第一奈奎斯特区域 (即 $(f_s/2) - f_c \geq 0.01 \cdot f_s$)。如果 $f_s = 5\text{GSa/s}$ ，则截止频率 (f_c) 的合法范围为 50 MHz~2.45 GHz。

如果预期 f_c 在某采样率下超出合法范围，则需要更改采样率。例如，当 $f_s = 5\text{GSa/s}$ 时，设置 $f_c = 20\text{ MHz}$ 是非法的，因此我们必须将 f_s 降低到 1.25GSa/s 以满足限制 ($f_c \geq 0.01 \cdot f_s$)。

具有 FIR 滤波器先验知识并熟悉本仪器操作的专业用户，可以根据感兴趣的截止频率手动设置采样率。否则，我们建议开启“自动调整采样率”选项。在此模式下，示波器强制将存储模式设置为“固定采样

率”，并自动调整采样率以适应截止频率。有关存储模式的详细信息，请参阅“存储模式”小节。

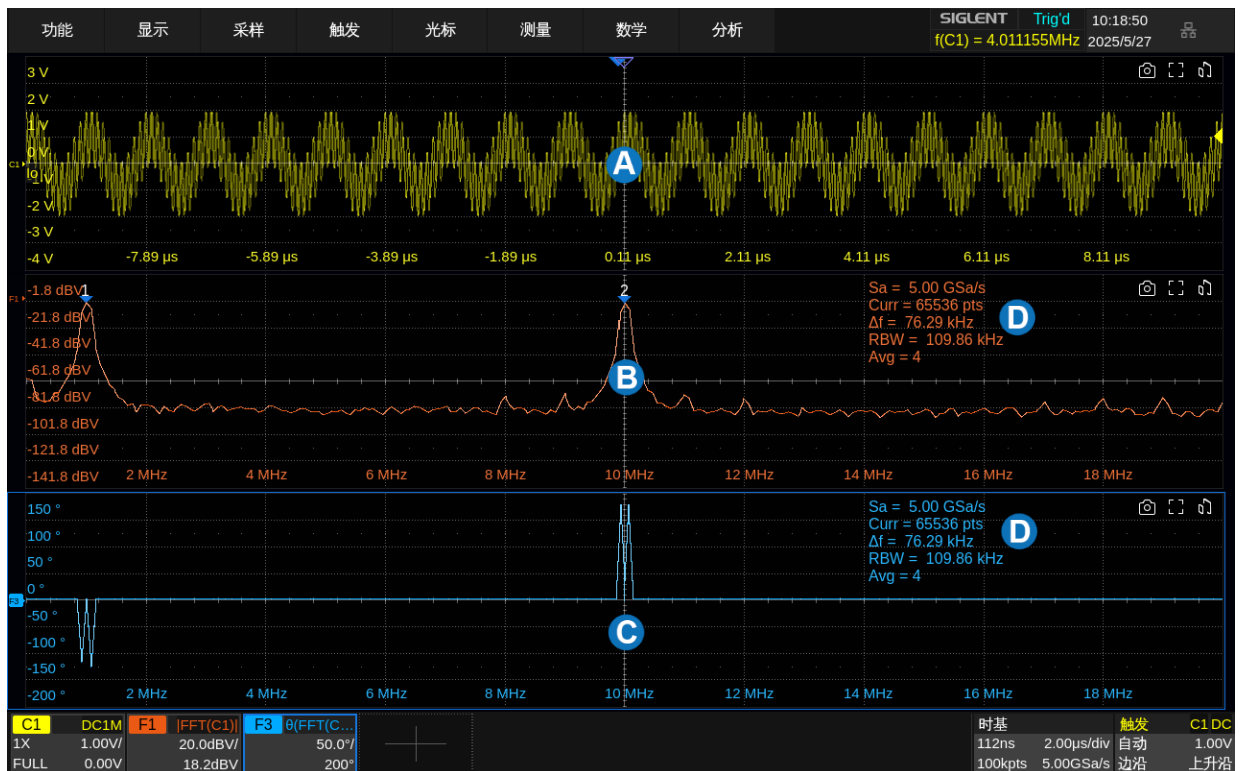


注：

当截止频率设置得非常低时，采样率可能不满足奈奎斯特定理（即 f_s 不再大于等于输入最高频率的两倍）。请始终保持合理的采样率。

20.5 频率分析

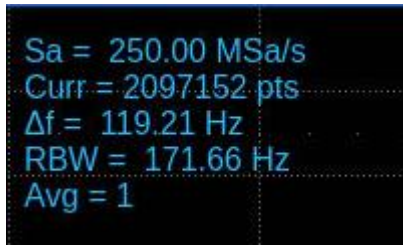
FFT 对指定的时域数据（Cx、Fx 或 Mx）进行快速傅立叶变换。FFT 幅度谱的运算结果是输入信号频率幅度关系，FFT 相位谱的运算结果是输入信号的频率相位关系。此时 MATH 水平轴的读数从时间变化为频率(Hz)，而垂直轴的读数从伏变化为 dBVrms、dBm 或 Vrms(或从安变化为 dBArms 或 Arms)。对于 FFT 相位谱，垂直轴则以度、弧度或秒为单位。



- A. 时域波形
- B. FFT 幅度谱波形
- C. FFT 相位谱波形
- D. FFT 参数显示区

参数显示区

频谱波形显示区的右上角有 FFT 参数显示：



Sa -- FFT 采样率，FFT 运算结果将呈现第一奈奎斯特域（DC~Sa/2）的频谱。注意 FFT 采样率可能和时域的采样率不一致。假设最大点设置为 2 Mpts：

当时域采样点数 N 小于 2 Mpts 时，FFT 在时域序列中取前面最接近 N 的 2 的整数次幂个点做运算，此时 FFT 采样率 = 时域采样率。

当时域采样点数 N 大于 2 Mpts 时，FFT 对时域序列先进行 D 倍抽取，再在抽取结果中取前 2M 个点，此时 FFT 采样率 = 时域采样率/D。例如：时域采样率 5GSa/s，点数 5Mpts，此时 FFT 会先对时域波形进行 2 倍抽取到 2.5 Mpts，再在 2.5 Mpts 数据中取前 2 Mpts 做 FFT 运算。此时 FFT 采样率 = $5 \text{ GSa/s} \div 2 = 2.5 \text{ GSa/s}$ 。

Curr -- 当前的 FFT 点数，值为 2 的整数次幂，最大支持到 8M (8,388,608) 点

Δf -- FFT 栅栏宽度，即 FFT 序列相邻两个点的频率间隔，与 FFT 的频率分辨率正相关

RBW -- 等效的分辨率带宽，与加窗相关。对于不同的窗函数， Δf 与 RBW 有不同的比例关系

Avg -- FFT 平均次数，仅在 **FFT 模式** 设置为“平均”时显示，表示当前已完成的平均次数

在数学设置对话框中设置 **函数** 为 FFT，即可进行 FFT 的参数设置：



- A. 设置 FFT 波形的垂直单位。对于幅度谱，可以设置 dBVrms, Vrms 和 dBm，其中 dBm 为功率单位，示波器会结合 **D** 负载计算 dBm 值；对于相位谱，可以设置 Degree, Radian 和 Second

- B. 设置 FFT 波形的垂直档位
- C. 设置 FFT 波形的参考电平、参考相位
- D. 设置幅度谱的外部负载值，用于计算正确的 dBm 结果
- E. 设置 FFT 的扫频模式
- F. 设置 FFT 波形的起始频率、截止频率、频率范围和中心频率

单位

幅度谱的垂直轴单位可以是 dBm、dBVrms 或 Vrms。dBVrms 和 Vrms 分别应用对数方式和线性方式显示垂直幅度大小。如需在较大的动态范围内显示 FFT 频谱，建议使用 dBVrms。dBm 为功率单位，只有设置 **外部负载** 的值与实际被测信号的阻抗一致，才能得到正确的数值结果。

垂直控制

点击 **参考电平** 或 **参考相位** 区域，通过向上/向下键或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的参考电平或参考相位。

点击 **垂直档位** 区域，通过向上/向下键或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的垂直档位。垂直档位的缩放参考点为参考电平。

水平控制

点击 **中心频率** 区域，通过向上/向下键或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的中心频率。点击 **峰值居中** 自动设置峰值居中。

点击 **频率范围** 区域，通过向上/向下键或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的频率范围。点击 **全频率范围** 自动设置水平频率范围至全频率范围（0~fs/2）。

点击 **起始频率** 区域，通过滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的起始频率。

点击 **截止频率** 区域，通过滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置 FFT 波形的截止频率。

在数学设置对话框中，点击左侧 **算子配置** 进入配置菜单：



- A. 设置 FFT 最大点数 (2^n , $n=10\sim 23$)
- B. 设置窗口类型 (矩形窗、布莱克曼窗、汉宁窗、海明窗、平顶窗、布莱克曼-哈里斯窗和高斯窗)
- C. 选择 FFT 模式 (普通、平均和最大值保持)
- D. 设置平均模式下的平均次数
- E. 设置平均或最大保持模式复位
- F. 开启相位谱的噪声相位抑制, 以获取有效相位信息
- G. 设置相位噪声抑制阈值, 幅度谱 V_{rms} 值小于该阈值的频点, 其相位值将视为 0
- H. 开启相位展开, 将相位角连续累加, 消除相位跳变, 使其成为线性变化的相位
- I. 设置相位展开阈值, 相邻两个相位的差值超过该阈值, 则认为发生相位跳变

窗函数

使用窗函数可以有效减小频谱泄漏效应。本设备提供多种窗函数, 每种的特点及适合测量的波形不同。请仔细阅读下表, 根据所测量的波形及其特点做出正确的选择。例如对于测量频率非常接近的双音信号, 适合选择频率分辨率最好的矩形窗; 对于幅度测量精度要求较高的场合, 适合选择幅度分辨率最好的平顶窗。

窗函数类型	特点	主瓣宽度	旁瓣抑制	最大幅度测量误差
Rectangle 矩形窗	最好的频率分辨率 最差的幅度分辨率 与不加窗的情况等效	$4\pi/N$	-13dB	3.9dB
Hanning 汉宁窗	较好的频率分辨率 较差的幅度分辨率	$8\pi/N$	-32dB	1.4dB
Hamming 海明窗	较好的频率分辨率 较差的幅度分辨率	$8\pi/N$	-43dB	1.8dB
Blackman 布莱克曼窗	较差的频率分辨率 较好的幅度分辨率	$12\pi/N$	-58dB	1.1dB
Flattop 平顶窗	最差的频率分辨率 最好的幅度分辨率	$23\pi/N$	-93dB	< 0.1dB
Gaussian 高斯窗	较好的频率分辨率 较好的幅度分辨率	$6.0\pi/N$	-42dB	1.69 dB
Harris 布莱克曼-哈里斯窗	较好的频率分辨率 较好的幅度分辨率	$8\pi/N$	-92dB	0.83 dB

FFT 模式

普通 -- 直接显示每帧 FFT 运算结果。

最大值保持 -- 显示历史计算结果中的最大幅度结果，适用于检测非连续波，如偶发脉冲信号，或跳频信号。点击对话框上的 **复位** 可清除最大值保持结果，重新开始显示。

平均 -- 为减小信号上叠加的随机噪声成分的影响，可将 FFT 模式设为“平均”，如计算白噪声的功率谱。在 FFT 模式设为平均后，点击 **平均次数** 区域设置 FFT 平均的次数，范围 4~1024。点击对话框上的 **复位** 可重新开始平均值计算。

FFT 波形工具

本设备对 FFT 波形提供了两种工具：峰值和标记。峰值工具可以自动搜索符合条件的峰值点并标记在 FFT 波形上，最多支持标记 10 个峰值；标记工具在峰值工具的基础上，还可以自动搜索符合条件的谐波，并且用户可以控制每个标记序号的位置，最多可控制 8 个标记。

在数学设置对话框中，点击左侧 **算子配置**，即可进入 FFT 工具菜单。

当 FFT 工具选择为峰值时，菜单显示如下：



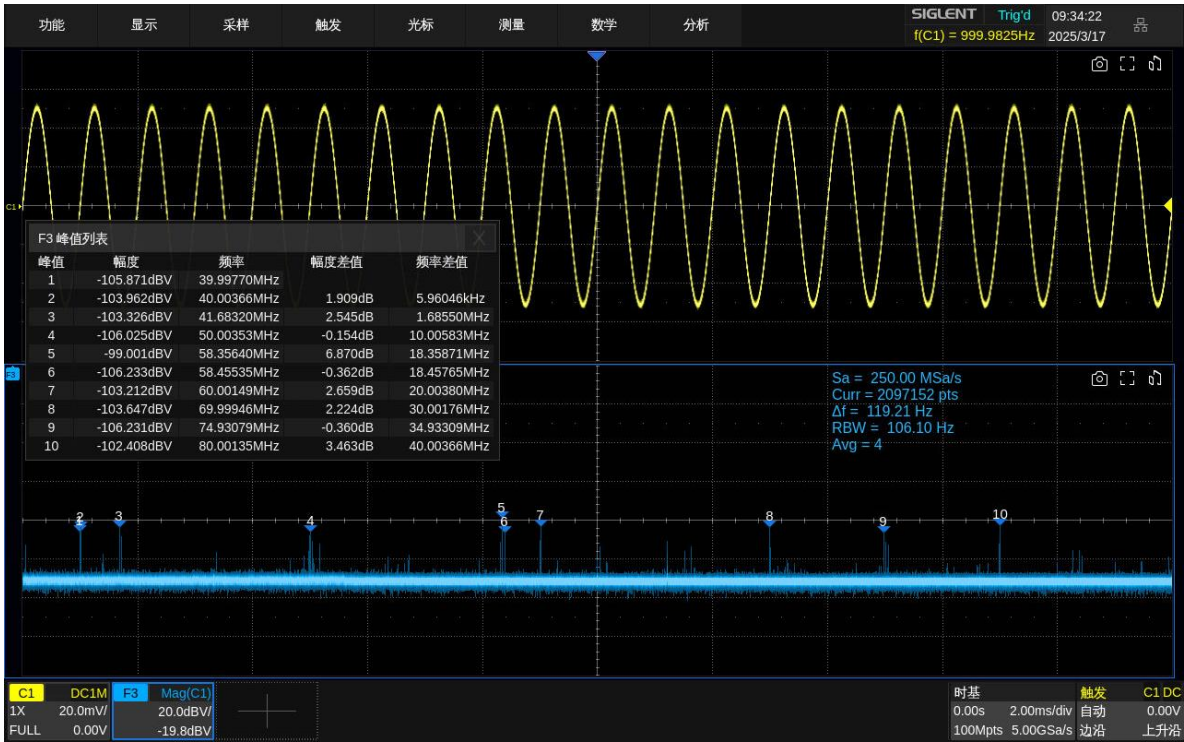
- A. 设置峰值阈值。峰值需大于峰值阈值才可判定为峰值
- B. 设置峰值与左右极小值幅度的差值。差值需大于峰值偏移值，才可判定为峰值
- C. 开启或关闭表格显示。开启后，结合 **峰值阈值** 和 **峰值偏移** 设置的值搜索到的峰值结果，将会显示在表格中
- D. 开启或关闭表格中峰值点的频率显示
- E. 开启或关闭表格中各峰值点幅度和频率增量显示
- F. 峰值结果排序（幅度或频率）

当 FFT 工具选择为标记时，菜单显示如下：



- A. 设置峰值阈值。峰值需大于峰值阈值才可判定为峰值
- B. 设置峰值与左右极小值幅度的差值。差值需大于峰值偏移值，才可判定为峰值
- C. 标记峰值。结合 **峰值阈值** 和 **峰值偏移** 设置的值，自动标记满足条件的峰值
- D. 标记谐波。该功能会自动标记 FFT 波形的各次谐波
- E. 开启或关闭表格显示。开启后，标记的幅度值会显示在表格中
- F. 开启或关闭频率显示。开启后，标记的频率值会显示在表格中
- G. 开启或关闭增量显示。开启后，相对于标记 1 的幅度增量和频率增量会显示在表格中
- H. 设置标记结果排序（编号、幅度或频率）
- I. 控制标记。选择标记序号，勾选显示状态，点击 **频率** 区域，通过滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置标记频率，点击 **下一峰值** 或 **下一幅度** 可快捷设置标记位置

下图是对 FFT 波形进行峰值标记的结果：



测量 FFT 波形

要进行光标测量，先启用光标测量功能，然后指定光标的源为“F1”。使用 MX1 和 MX2 光标测量 FFT 波形频率值和两个频率值之间的差（ΔX）；MY1 和 MY2 光标测量幅度/相位和幅度差/相位差（ΔY）。

自动测量仅支持对 FFT 波形的最大值的测量。

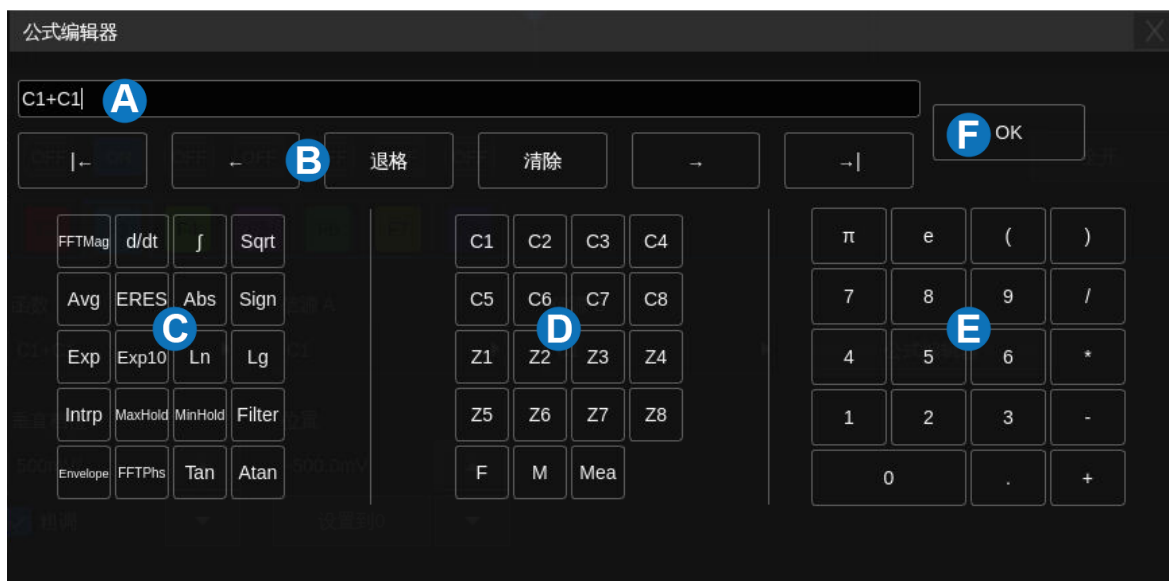


注：

具有直流成分或偏差的信号会导致 FFT 波形成分的错误或偏差。为减少直流成分，可将信源的“通道耦合”设为“交流”方式。

20.6 公式编辑器

点击 **数学设置** 页面中的 **公式编辑器** 调出编辑器：

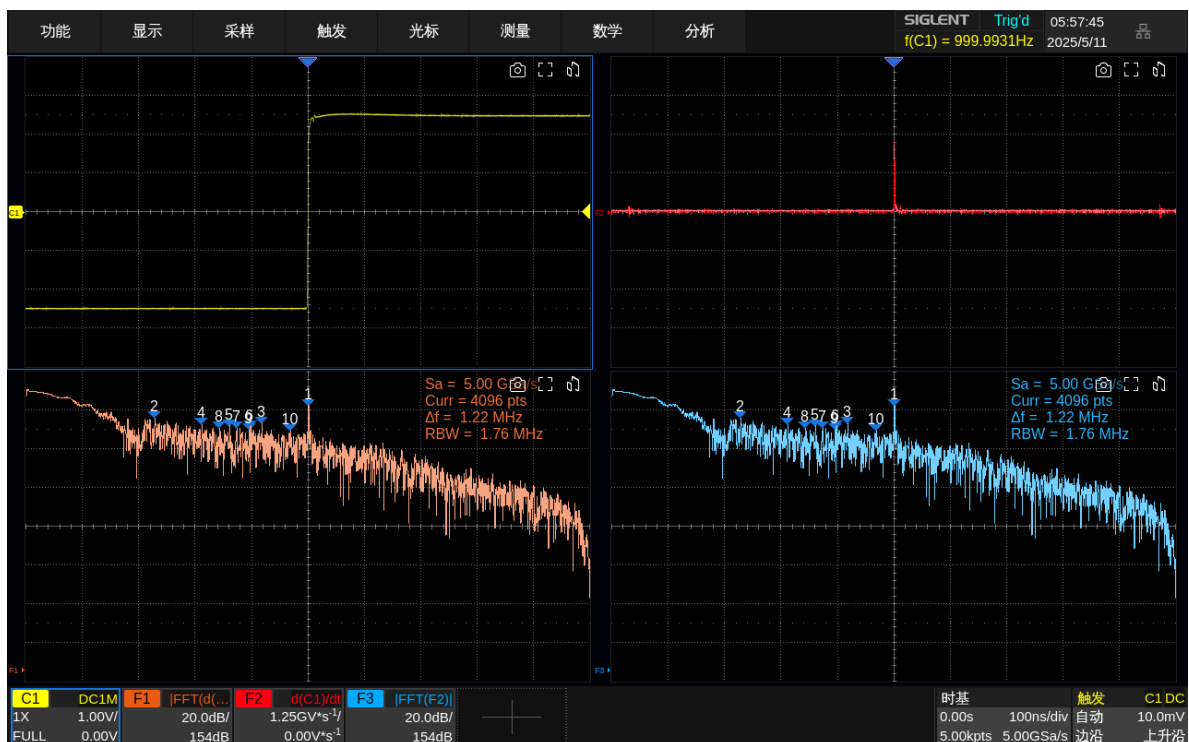


- A. 公式显示文本框
- B. 文本框操作区域，可对已输入的公式进行清除、修改等操作
- C. 特殊运算符
- D. 运算信源。其中 Mea 为高级测量下的测量结果，结合键盘数值选择指定测量结果作为常量进行运算
- E. 键盘区域，其中包含基本算术运算符加法 (+)、减法 (-)、乘法 (*)、除法 (/)
- F. 确认按键，公式输入后按下“确认”即可生效

下图是通过公式编辑器执行 $F1 = (3 * C1) + 1V$ 的例子：



下图是通过公式编辑器实现算子间嵌套运算的例子：



此例使用了两种嵌套运算的方式，来实现对 C1 波形的微分运算结果的 FFT 分析：

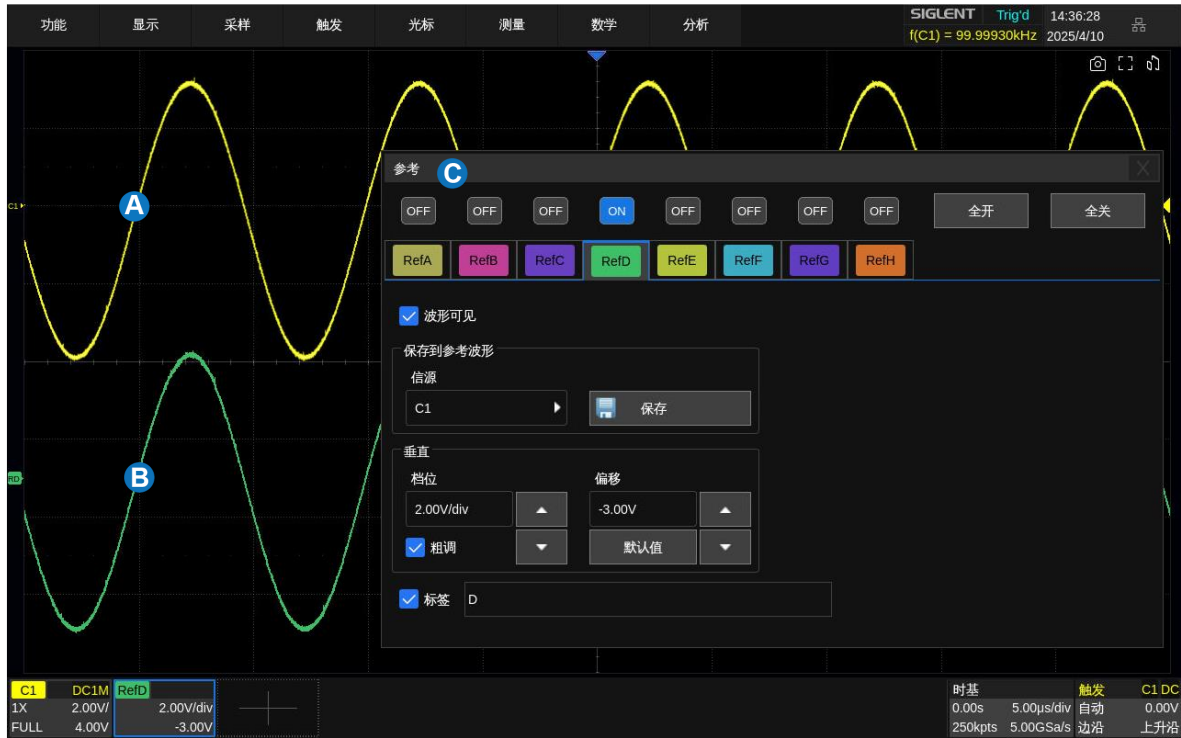
1. 利用数学运算波形之间的嵌套运算： $F2=d(C1)/dt$ ， $F3=FFT(F2)$

2. 利用公式编辑器直接输入公式 $F1=FFT(d(C1)/dt)$

从上图 F1 和 F3 的结果对比来看，二者是等效的。

21 参考波形

SDS5000X HD 的参考波形功能可将模拟通道 Cx 或数学函数 Fx 的波形保存到示波器的参考波形位置 (REFA、REFB、REFC、REFD、REFE、REFG、REFG 和 REFH) 中。然后, 可显示参考波形并与其他波形进行比较, 以分析和查找波形异常。参考波形是非易失性的, 若关闭电源后重启, 或执行默认设置, 参考波形仍被保存。



- A. 通道原始波形
- B. 参考波形
- C. 参考波形设置对话框

按前面板的 **Ref** 按键, 或触摸通道参数区的 **+** 并选择 **参考波形** 开启参考波形; 触摸底部参考波形参数区, 即可调出参考波形的设置对话框。



- A. 打开/关闭参考波形。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有参考波形
- B. 切换对话框页面。设置对应参考波形
- C. 设置参考波形可见/隐藏
- D. 点击选择信源（C1~C8、F1~F8），点击 **保存** 信源波形保存到参考波形
- E. 设置垂直档位。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直档位，向下减小，也可通过垂直档位旋钮设置；勾选粗调设置档位粗调，否则为细调
- F. 设置垂直位置。点击参数区调出虚拟数字键盘，向上增大垂直位置，向下减小，也可通过垂直位置旋钮设置；点击 **默认值** 设置到导入时刻的垂直位置
- G. 设置参考波形的标签。勾选显示标签，用户可自定义标签内容

22 内存波形

模拟通道 (Cx)、缩放波形 (Zx)、数学函数 (Fx)、内存波形和文件中的波形可以导入到可用的内存波形 (M1/M2/M3/M4) 中，并显示在屏幕上，以便与当前波形进行比较。内存波形采用原始数据的格式，拥有独立的时基参数，并可以用作数学、测量和解码等分析功能的源。

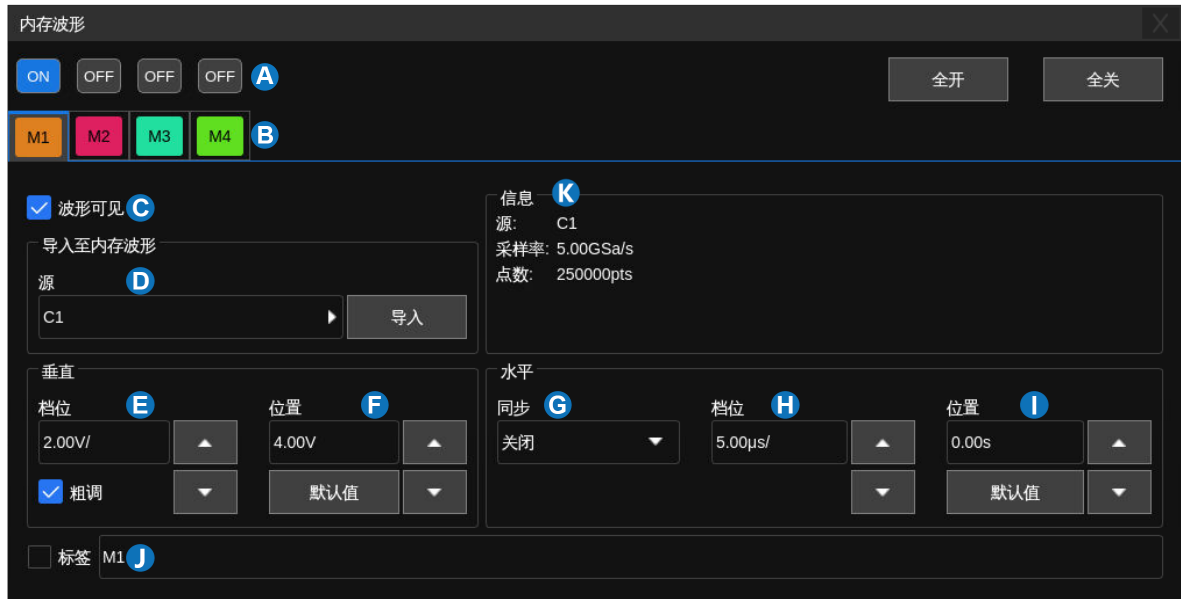


- A. 通道原始波形
- B. 内存波形
- C. 内存波形设置对话框

将波形导入至内存波形的方式有很多，可按下述任一方式进入内存波形对话框：

- 点击通道参数区的 **+**，选择 **波形** 页，选择 **M1** ~ **M4**。
- 点击顶部菜单栏 **功能** > **存储/调出** 进入调出对话框，选择调出类型为“Memory(*.bin)”，然后将波形文件导入至内存波形。

内存波形对话框的详情如下：



- A. 打开/关闭内存波形。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有内存波形
- B. 切换对话框页面。设置对应内存波形
- C. 设置内存波形可见/隐藏
- D. 点击选择信源（C1~C8、Z1~Z8、F1~F8、M1~M4 或从文件导入），点击 **导入** 信源波形保存到内存波形
- E. 设置垂直档位。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直档位，向下减小，也可通过垂直档位旋钮设置；勾选粗调设置档位粗调，否则为细调
- F. 设置垂直位置。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大垂直位置，向下减小，也可通过垂直位置旋钮设置；点击 **默认值** 设置到导入时刻的垂直位置
- G. 设置水平同步。调节同步源水平档位或位置时，将保持一致
- H. 设置水平档位。点击参数区调出虚拟数字键盘；点击向上增大档位，向下减小，也可通过水平档位旋钮设置
- I. 设置水平位置。点击参数区调出虚拟数字键盘设置；点击向上增大，向下减小，也可通过延时旋钮设置；点击 **默认值** 设置到导入时刻的水平位置
- J. 设置标签。勾选显示标签，用户可自定义标签内容
- K. 内存波形信息显示栏，包括源、采样率、点数

**注：**

内存波形保存在设备的 RAM 中，掉电或重启后会丢失。如果想将波形保存为非易失数据，请使用存储数据文件的操作将数据存储到指定的存储路径中（详见“存储和调用”一章）。保存的二进制文件（*.bin）可以导入内存波形中。

23 分析门限

本设备支持分析门限，仅对门限内的波形进行测量、数学运算、解码等分析功能。用户根据实际测试场景，手动开启分析门限。需要注意的是，存储深度大于 100Mpts 时，将自动开启分析门限，此时无法手动关闭。



- A. 分析门限光标 A。门限开关或移动后会显示光标名称，3s 后自动隐藏
- B. 分析门限光标 B
- C. 门限内分析功能结果。图中以数学运算、解码为例
- D. 分析门限对话框

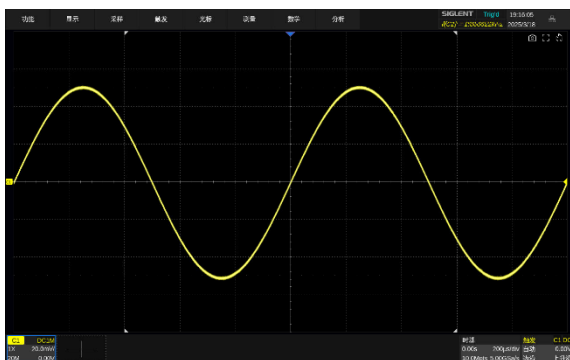
分析门限的对话框说明如下：



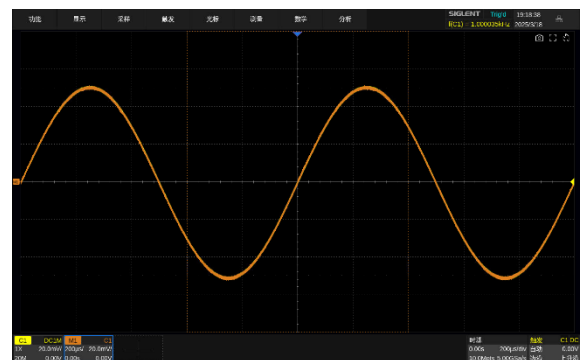
- A. 打开或关闭门限。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有通道分析门限
- B. 切换对话框页面。选择需要设置门限的源（模拟和数字或 M1-M4）
- C. 设置门限光标参考位置（延时或屏幕位置）
- D. 波形用于门限分析的最大点数。限制分析门限的范围
- E. 适配至最大点数。打开后，会以当前门限中心，将门限范围设置到最大点数
- F. 设置门限光标 A 的位置
- G. 设置门限光标 B 的位置
- H. 同时移动门限光标 A、B
- I. 与其他源进行门限同步。选择同步源后，将和同步源的门限位置保持一致。当前源门限范围小于同步源时，则会同步至其最大位置，并标记警告

门限选择

分析门限源支持模拟和数字通道、内存波形（M1-M4），每个源的门限相互独立。模拟和数字通道的门限显示为白色虚线，内存波形的门限显示为与其波形颜色一致的虚线矩形框，如下图所示：



模拟和数字



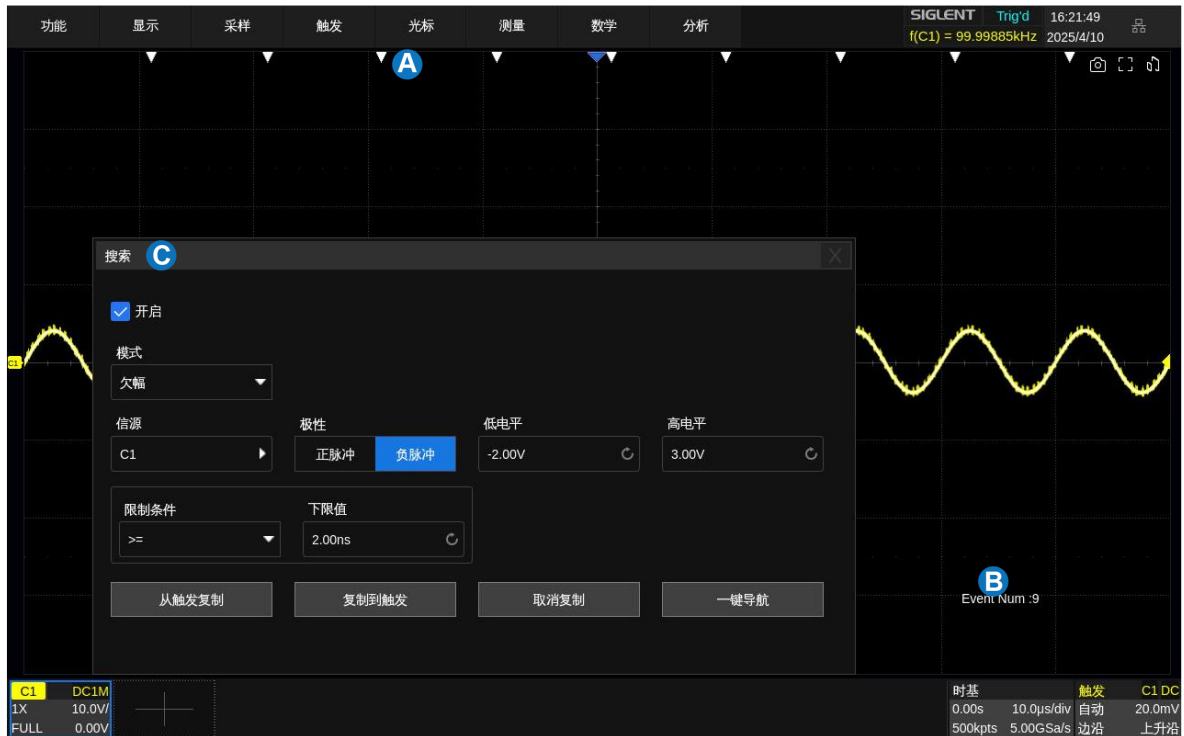
内存波形

门限参考

- 延时 -- 在水平档位变化时，门限光标的值保持不变
- 屏幕位置 -- 在水平档位变化时，门限光标按屏幕上固定网格的位置保持不变

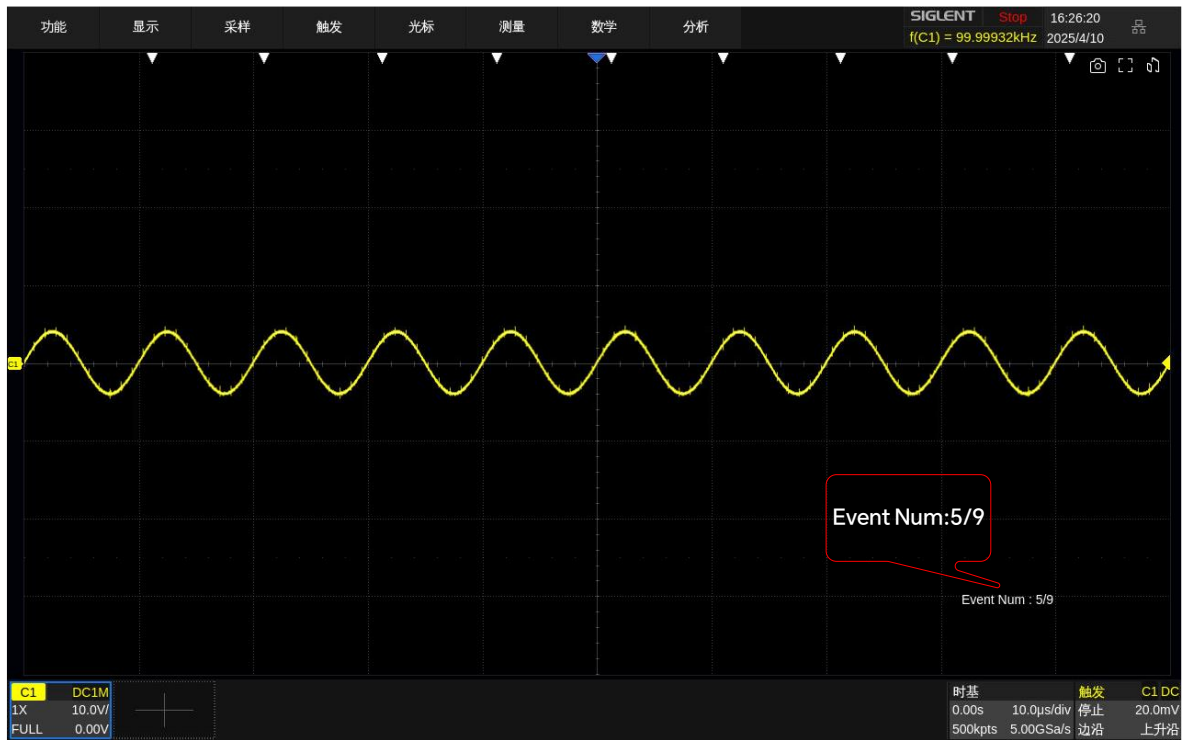
24 搜索

本设备可以根据用户设置的搜索条件，对采集的信号进行自动搜索，并使用白色三角符号标记出搜索结果。YT 模式以及 Roll 模式停止状态下，搜索事件总数最大为 1000，Roll 模式运行状态下事件总数无限制。搜索功能可支持水平放大。



- A. 搜索标记符，白色三角形符号，标记符合搜索条件的事件的时间点
- B. 屏幕上标记出的事件总数。
- C. 搜索对话框

在停止状态下，**B** 区域将显示当前定位事件帧号/事件总数，当前定位事件位于屏幕中央。



点击菜单栏的 **分析** > **搜索**，打开搜索设置对话框并启用该功能。



- A. 开启/关闭搜索功能
- B. 参数设置区域
- C. 将当前触发设置同步到搜索设置中
- D. 将当前搜索设置同步到触发设置中

- E. 取消上一次同步操作，还原到同步前的设置
- F. 一键开启搜索事件导航

设置菜单

在 **模式** 下可选择并设置搜索类型。本设备提供 5 种搜索条件，分别是边沿，斜率，脉宽，间隔，欠幅。

搜索类型	设置说明
边沿搜索	斜率可设置上升沿搜索，下降沿搜索，任意沿（交替）搜索
斜率搜索	斜率可设置上升沿搜索，下降沿搜索 限制条件可设置时间限定符并进行对应时间设置
脉宽搜索	极性可设置正脉冲（Positive）搜索，负脉冲（Negative）搜索 限制条件可设置时间限定符并进行对应时间设置
间隔搜索	斜率可设置上升沿搜索，下降沿搜索 限制条件可设置时间限定符并进行对应时间设置
欠幅搜索	极性可设置正脉冲（Positive）搜索，负脉冲（Negative）搜索 限制条件可设置时间限定符并进行对应时间设置

每种搜索条件的设置方法同对应的触发类型是类似的，详见“边沿触发”、“斜率触发”、“脉宽触发”、“间隔触发”和“欠幅触发”小节。

复制

本设备支持搜索设置和触发设置之间的相互复制。

从触发复制 -- 将当前触发设置同步到搜索设置中。

复制到触发 -- 将当前搜索设置同步到触发设置中。

取消复制 -- 取消上一次同步操作，还原到同步前的设置。

	注： 从触发复制时，如果所设置的触发类型是搜索不支持的类型，复制无效。
---	---

25 导航

点击菜单栏的 **分析** > **导航**，打开导航设置对话框。

本设备为用户提供三种导航模式，分别是时间导航，搜索事件导航和历史帧导航。以下为您详细介绍如何对导航功能相关设置。

时间导航

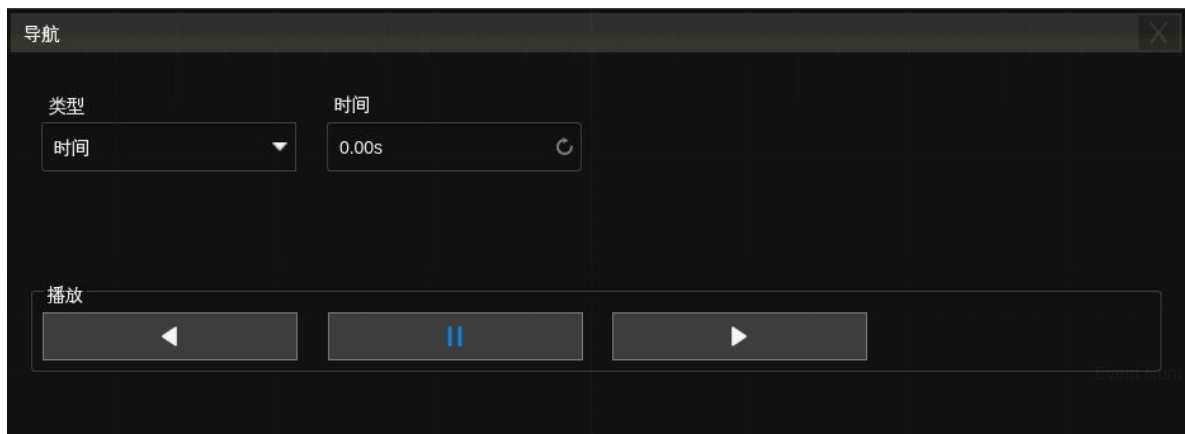
时间导航下示波器将根据用户设置的方向自动匀速调整水平方向的延时。

在导航对话框中点击 **类型**，选择导航类型为“时间”。

时间导航下用户有两种方式导航：

点击 **时间** 区域，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置时间值。

按下导航键 ◀ || ▶ 可向前、停止或向后播放。多次按下 ◀ 或 ▶ 按键可以加快播放速度。有“低速”，“中速”，“高速”三种速度级别。



搜索事件导航

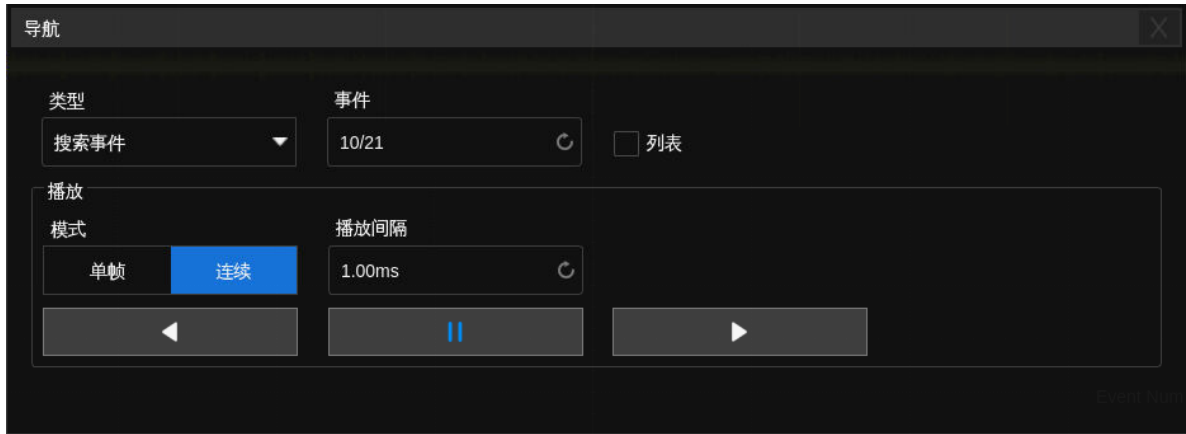
开启搜索功能并停止采集后，可以使用导航功能查找搜索事件（搜索功能使用请参见“搜索”一章）。

在导航对话框中点击 **类型**，选择导航类型为“搜索事件”。

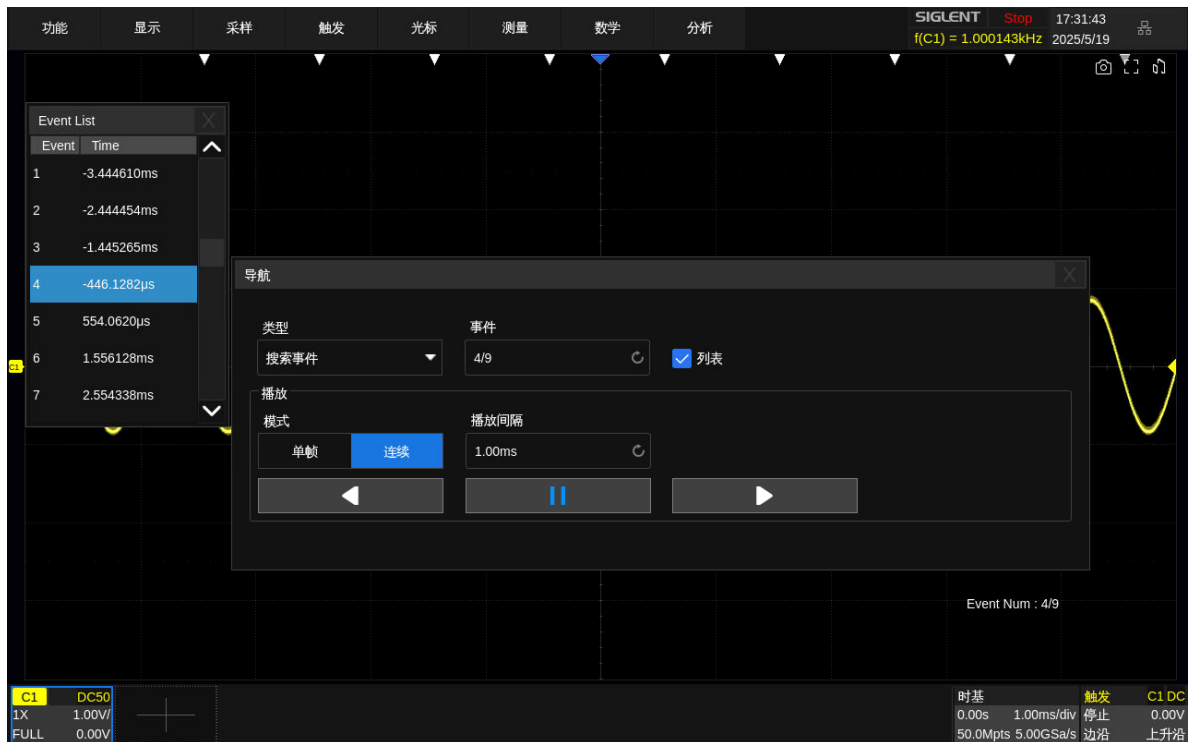
点击 **事件** 区域，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置事件序号。点击菜单中的导航键 ◀ 或 ▶ 可向前、向后按事件进行自动跳转。

点击 **播放模式** 区域，设置搜索事件播放模式。设置为单帧时，每跳转到事件就停止；设置为连续时，跳转到第一个或最后一个事件才停止。

点击 **播放间隔** 区域，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置播放间隔。



点击 **列表** 区域开启或关闭列表。列表中包含了每个事件的时间标签。点击列表中的一行可自动跳转到该行对应的事件，效果等同于在 **事件** 区域指定事件。



历史帧导航

开启历史波形功能后，可以使用导航功能播放采集的历史帧。关于历史波形，请参考“历史 (History) 模式”一节。

在导航对话框中点击 **类型**，选择导航类型为“历史帧”。

点击 **帧数** 区域，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置历史帧号。也可点击菜单中的导航键 ◀ || ▶ 向前、停止或向后播放采集的历史帧。

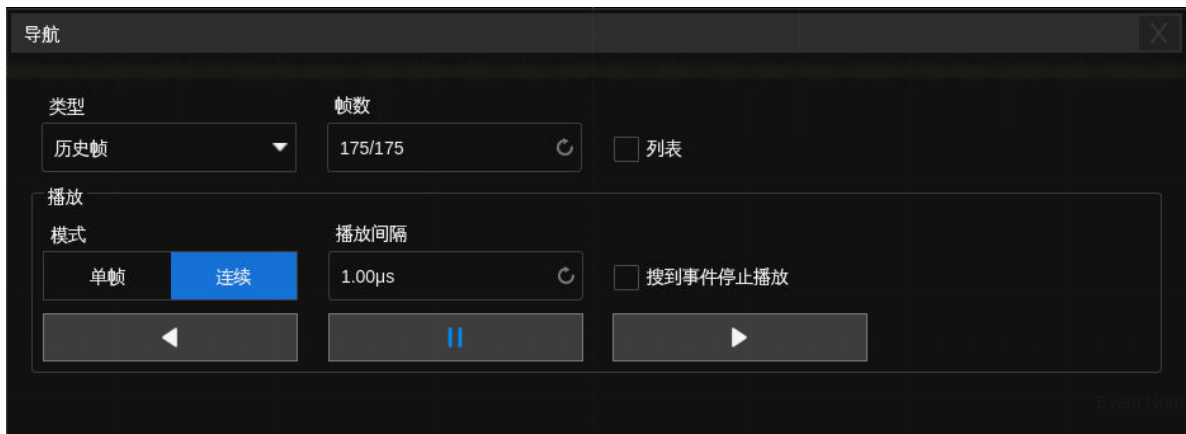
点击 **列表** 区域，可打开历史帧列表。

点击 **播放模式** 区域，设置历史帧播放模式。设置为单帧时，每跳转到一帧就停止；设置为连续时，跳转到第一帧或最后一帧才停止。

点击 **列表时间类型** 区域，设置列表中事件一列的显示类型。此设置仅在列表开启时有效。

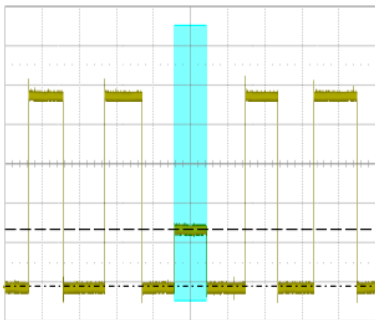
点击 **播放间隔** 区域，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置自动播放的时间间隔。

点击 **搜到事件停止播放** 区域，可设置停止播放条件：搜索到事件时停止。此设置仅在搜索功能开启时有效。

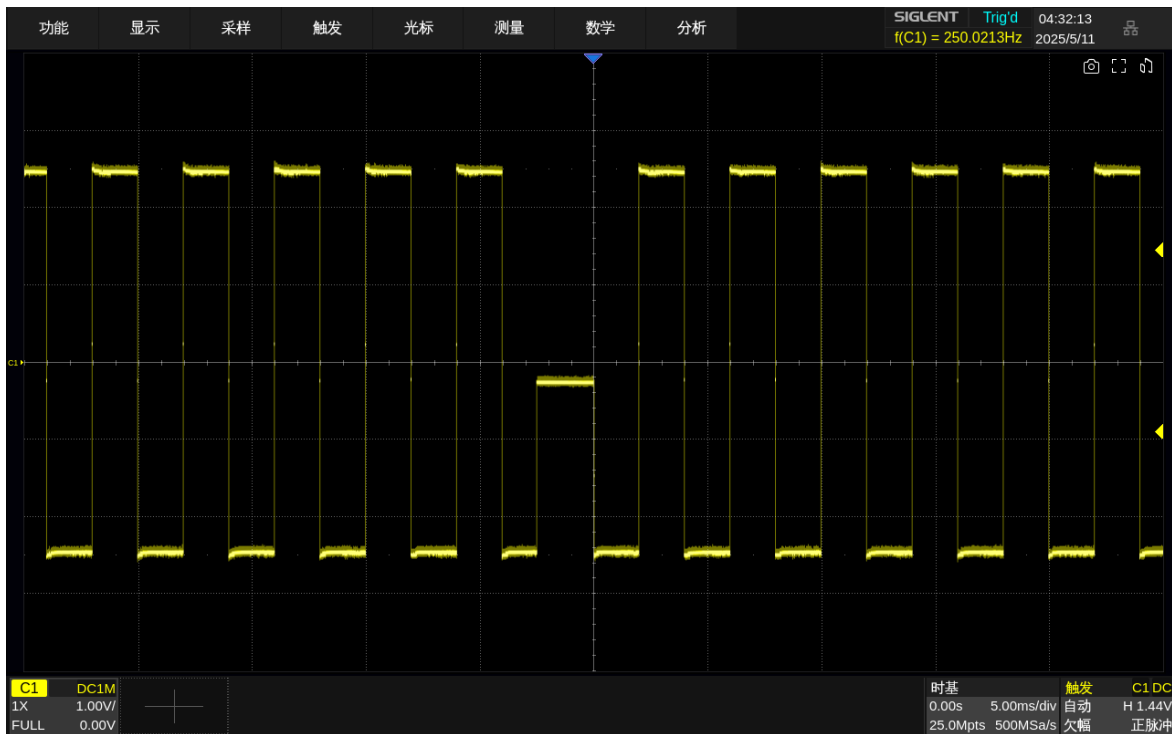


下面以一个偶发欠幅信号（矮脉冲）为例演示如何利用搜索和导航功能快速定位和查找感兴趣的事件：

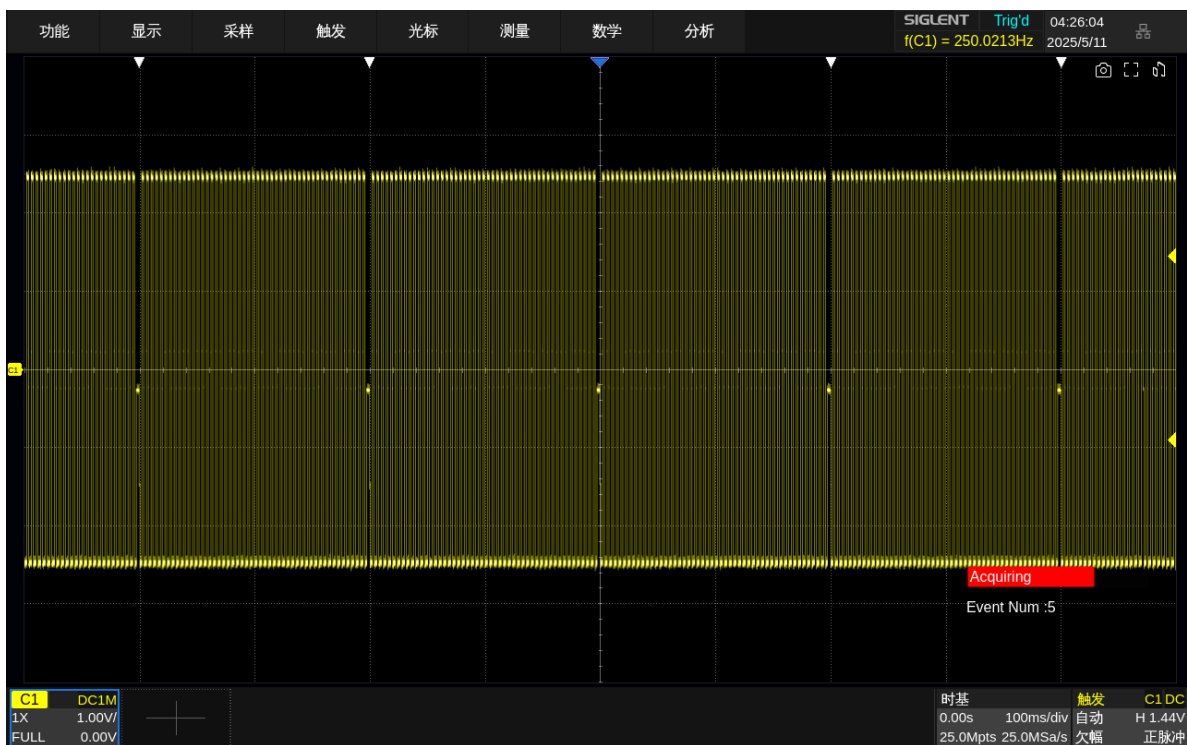
输入信号是一个 5 V 的周期性方波信号，其中每隔 200 ms 就会出现一个高度只有正常波形 1/3 的矮脉冲。



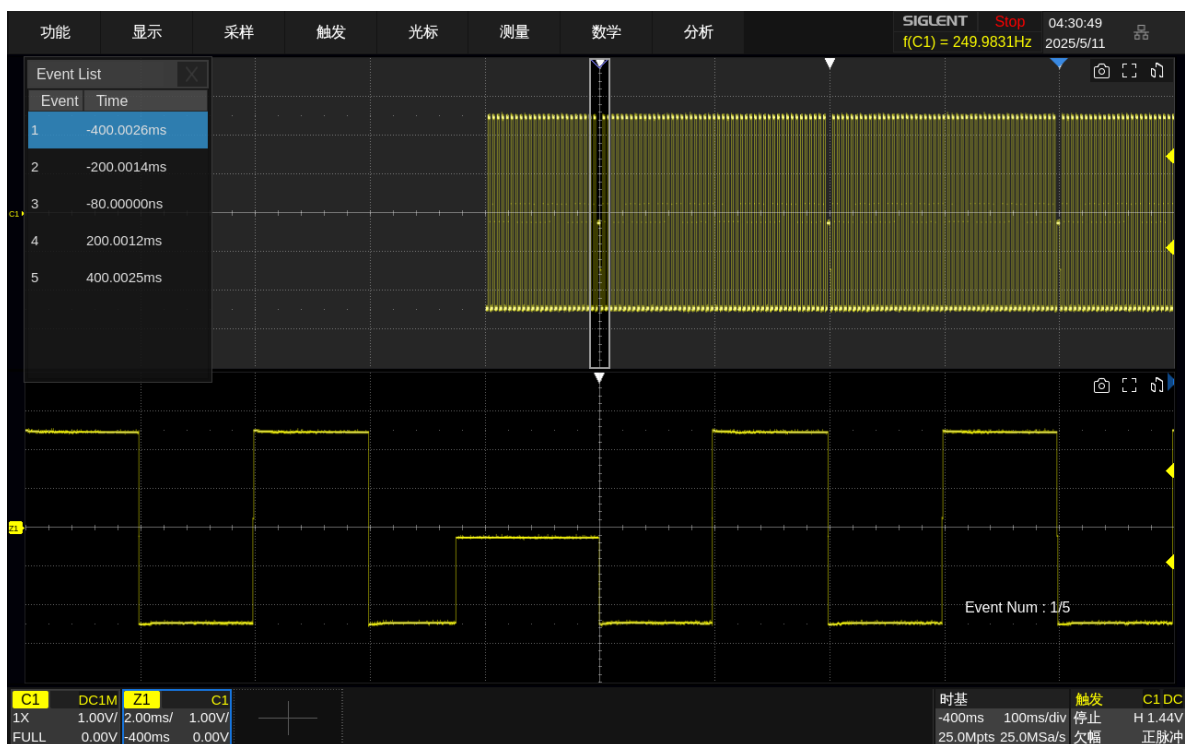
首先进行触发的设置令波形在矮脉冲处触发，触发类型为欠幅触发。关于欠幅触发的设置详见“欠幅触发”一节。



第二步开启搜索功能，并在搜索对话框执行从 **触发复制**，使示波器按和触发条件相同的设置搜索矮脉冲。将水平档位调整到 100 ms/div，可以看到每隔 200 ms 就会有一个搜索标记，全屏 1s 的时间范围内共发现 5 个矮脉冲：



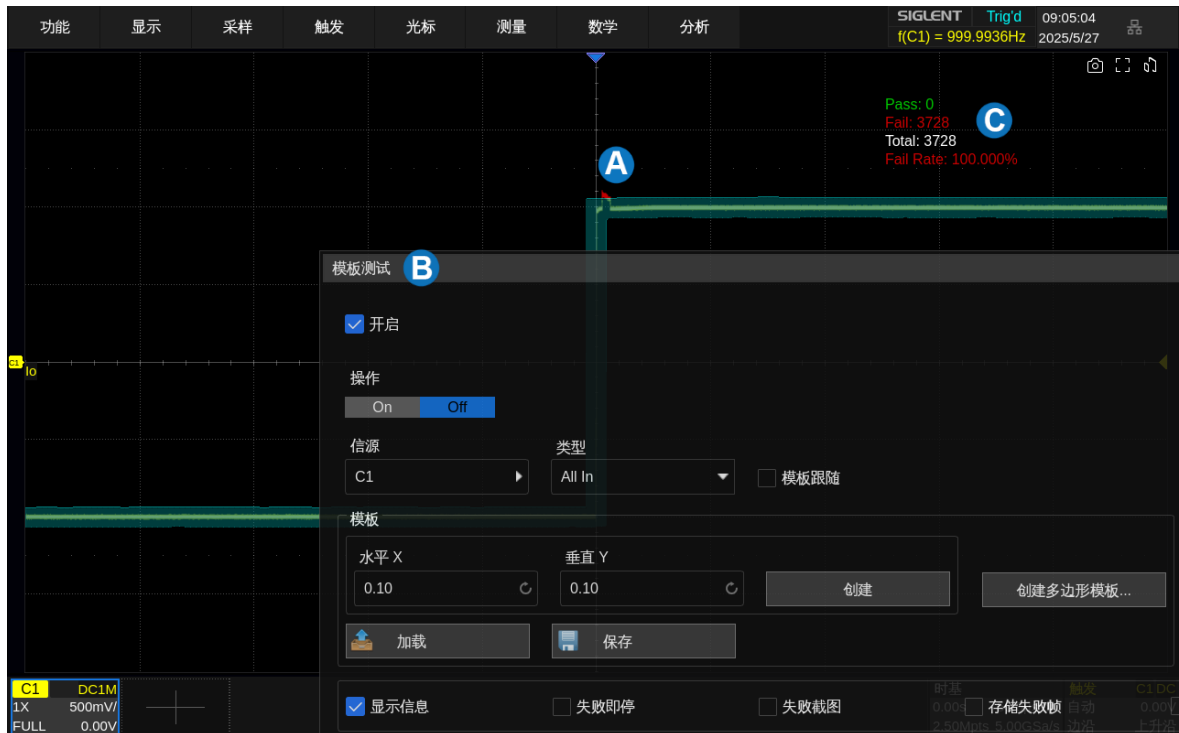
执行 **采样** > **运行/停止** 来停止采集，并执行 **分析** > **导航** > **类型** 选择“搜索事件”，即可快速浏览每一个矮脉冲。下图为正在浏览第一个矮脉冲。注意屏幕上的列表中还标注了每次事件的时间标签。



26 模板测试

26.1 概述

本设备可以基于正常信号创建模板，通过判断输入信号是否在模板内来监测信号的变化情况，可用于查找异常波形或进行生产线测试。其检测结果可以通过屏幕显示出来，也可通过系统声音或从后面板“Aux Out”输出的脉冲信号来提示。当通过测试使能时，Aux Out 输出的信号自动切换为 Pass/Fail 脉冲。



- A. 禁入区，绿色背景色区域以外的区域。当波形中有点进入该区域时，这些点将呈现不同于正常波形颜色的淡红色（All In 和 Any In 的情况）
- B. 对话框
- C. 信息显示区，统计已通过的帧数、失败的帧数、总共的帧数和失败率

执行 **分析** > **模板测试** 即可调出模板测试的设置对话框：



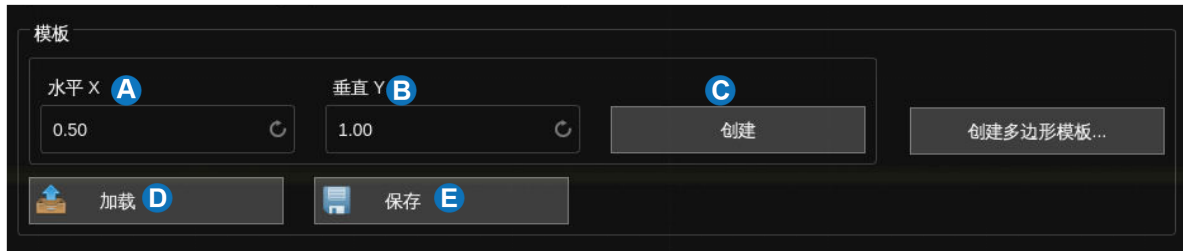
- A. 开启/关闭模版测试功能
- B. 操作开启/关闭。点击来开始或停止测试。若在测试过程中关闭操作，则停止测试，信息框中参数值立即停止变化；再次打开操作即重新开始测试，此时信息框中参数值被清除并重新开始计数。
- C. 选择测试的信源（C1 ~ C8、F1~F8、M1~M4）
- D. 选择判断类型（All In, All Out, Any In, Any Out）
- E. 开启/关闭模版跟随
- F. 设置模板（规则）
- G. 开启/关闭显示信息
- H. 开启/关闭失败即停。勾选后，若示波器检测到一个失败波形便停止采集
- I. 开启/关闭失败截图。勾选后，若检测到失败波形则会截屏并存储到外部 U 盘
- J. 开启/关闭存储失败帧。勾选后，若检测到失败波形则会存储到内部，可通过历史波形查看
- K. 开启/关闭失败发生时声音提示。

26.2 模版设置

规则设置有两种类型，一种是通过设置水平和垂直数值创建规则，另一种是通过绘制多边形模板创建规则。

26.2.1 创建规则模板

可以基于现有的波形轨迹创建模板：

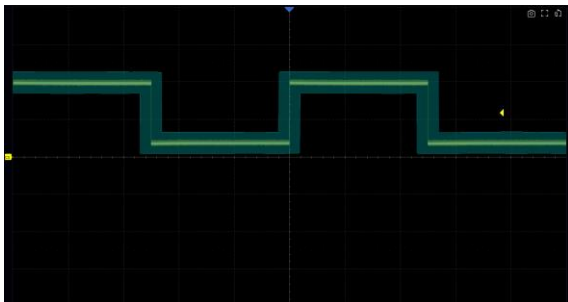


- A. 设置模板在水平方向上与波形的间距
- B. 设置模板在垂直方向上与波形的间距
- C. 根据 **A** 和 **B** 设置的条件创建模板
- D. 从文件管理器中调出规则
- E. 保存模板文件

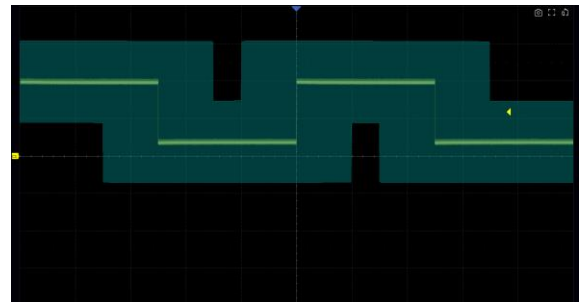
模板测试下，用户通过对要检测信号创建特定规则（包括设置信号的水平调整范围和垂直调整范围），然后观测信号是否超出规则范围来检测信号变化。

请按以下方法创建信号规则：

分别设置 **水平 X** 和 **垂直 Y** 的数值（单位为 div），然后执行 **创建规则** 以应用当前创建的规则。水平和垂直调整范围为 0.08div ~ 4.00 div。



水平 X=0.2div，垂直 X=0.2div

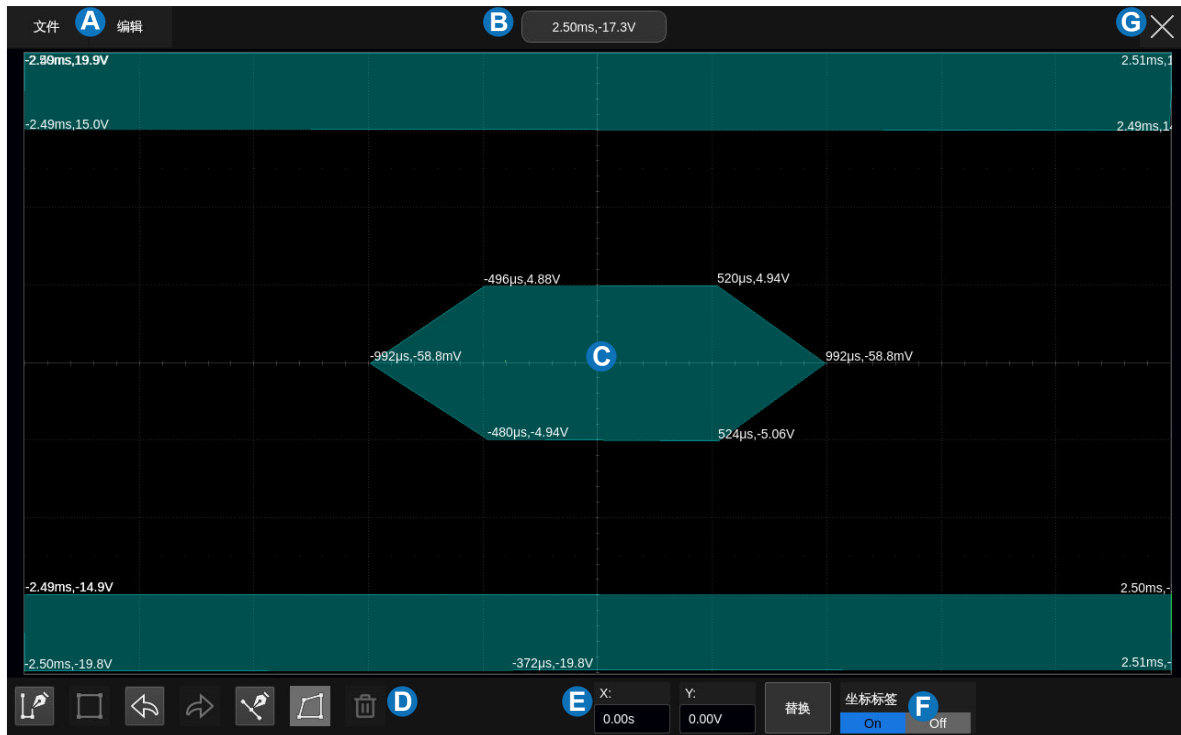


水平 X=1div，垂直 X=1div

模板文件 (*.smask) 的存储和调用和设置文件类似，详见“存储和调用”一章。

26.2.2 创建多边形模板

模板编辑器是一个内置工具，它提供了一种创建自定义模板的方法。下面是它的设置：



- A. 菜单栏
- B. 屏幕上最新点的坐标
- C. 模板编辑区域，相当于网格区域。在此例中，已创建六边形作为模板的一部分
- D. 工具栏
- E. 坐标编辑区域。通过虚拟键盘设置 X 坐标和 Y 坐标，然后点击“画点”按钮执行坐标更新
- F. 在屏幕上显示或隐藏多边形顶点的坐标
- G. 退出

菜单栏

菜单栏上有 2 个菜单。“文件”菜单包括常用文件操作，例如：

- 新建，创建新的模板文件
- 打开，打开已存在的模板文件
- 保存当前模板文件
- 另存为

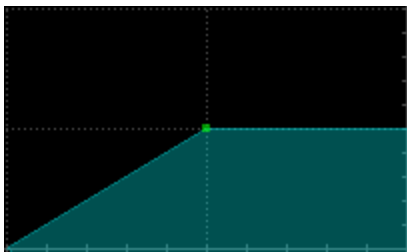
- 退出当前界面

“编辑”菜单的功能等同于工具栏。

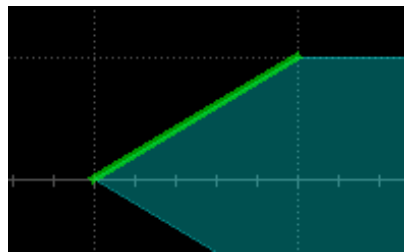
工具栏

-  绘制多边形：通过在期望的位置单击，或在 **E** 中输入值，来创建多边形的顶点
-  生成多边形，基于绘制的顶点创建多边形
-  撤销
-  回退
-  插点：在选定的一条边上插入顶点
-  编辑多边形：顶点，边和多边形都是可编辑的对象
-  删除：删除选定的多边形

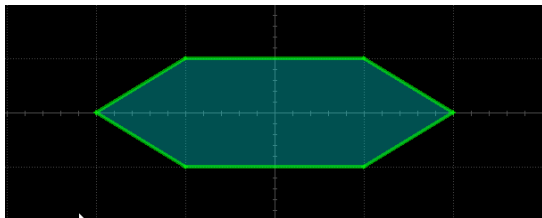
要编辑顶点，边或多边形，首先选中它，然后通过拖动鼠标或在 **E** 中输入所需的值来移动。对于边，该值是其中点。对于多边形，该坐标是其几何中心。



选择一个顶点（点）



选择边（线段）



选择一个多边形

26.3 判断规则

点击模板测试对话框的 **类型** 设置模板判断规则。

- All In -- 所有波形点均处于模板内时判断为通过，只要有 1 个波形点不在模板区域即判断为失败。
- All Out -- 所有波形点均处于模板外时判断为通过，只要有 1 个波形点进入模板区域即判断为失败。
- Any In -- 只要有 1 个波形点处于模板内则判断为通过，否则判断为失败。
- Any Out -- 只要有 1 个波形点处于模板外则判断为通过，否则判断为失败。

26.4 操作

触摸或点击 **操作** 来开始或停止测试。若在测试过程中关闭操作，则停止测试，信息框中参数值立即停止变化；再次打开操作即重新开始测试，此时信息框中参数值被清除并重新开始计数。按前面板的 **Clear Sweeps** 按键也可以清除统计值并重新开始计数。

27 数字万用表

27.1 概述

数字万用表用于测量当前信号的直流、交流幅度等参数。本设备通过选择模拟通道，对通道输入信号的相关参数进行测量，并对其进行统计显示。经过测量统计后可以得到该模式下的三种不同类型状态图：条形图、直方图和趋势图，并且可以在屏幕上同步显示。

数字万用表与示波器的采集系统异步，且始终进行采集。



- A. “条形图”显示区域
- B. “趋势图”显示区域
- C. “直方图”显示区域
- D. 数字万用表设置对话框

点击 **分析** > **数字万用表**，可调出数字万用表的设置对话框：



- A. 开启/关闭数字万用表
- B. 开启/关闭保持设置。开启保持设置，数字万用表将停止采集。
- C. 选择测量的信源（C1~C8）
- D. 选择测量模式：直流平均值，直流均方根，交流均方根，峰峰值，振幅
- E. 开启/关闭自动量程
- F. 开启/关闭条形图显示
- G. 开启/关闭直方图显示
- H. 开启/关闭趋势图显示
- I. 超量程报警开关。当此开关打开时，量值如果超出量程，蜂鸣器会响

27.2 测量模式

数字万用表提供 5 种模式选择，在数字万用表设置对话框中点击 **模式** 区域，即可调出模式选择窗口：



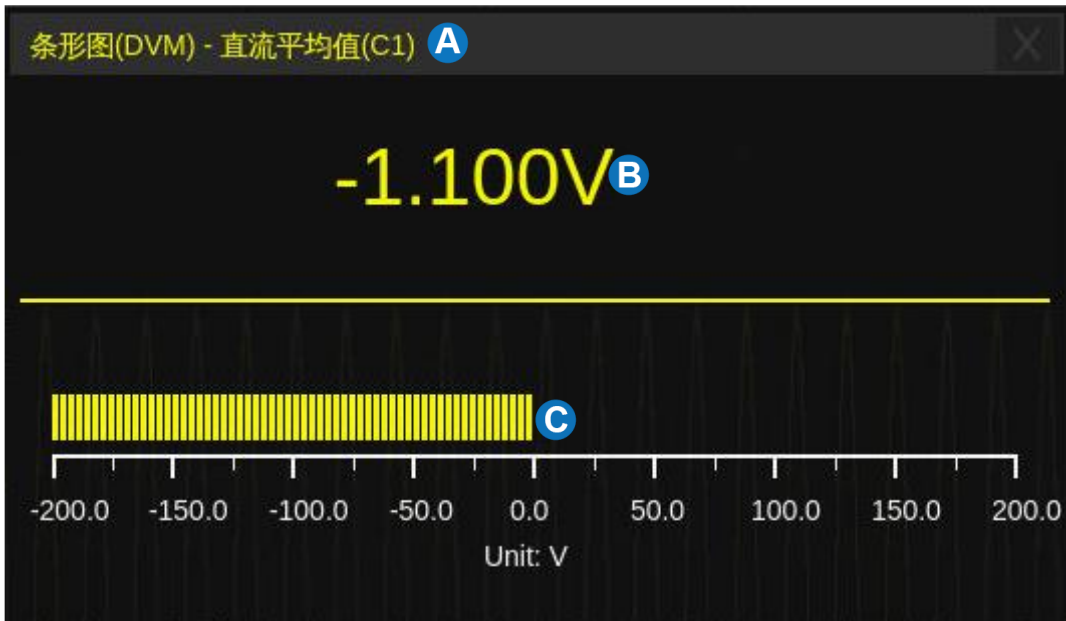
- 直流平均值：波形数据的算术平均数
- 直流均方根：直流耦合下，所有数据的均方根值
- 交流均方根：交流耦合下，所有数据的均方根值
- 峰峰值：波形数据中最大值与最小值的差值
- 振幅：顶端值与底端值的差值，如果不是双峰信号，则是最大值与最小值之差

27.3 状态图

选中模式后，可以点击菜单选择开启三种状态图，各个模式均支持条形图、直方图和趋势图。各状态图中的数据颜色与指定的信源颜色一致。

条形图

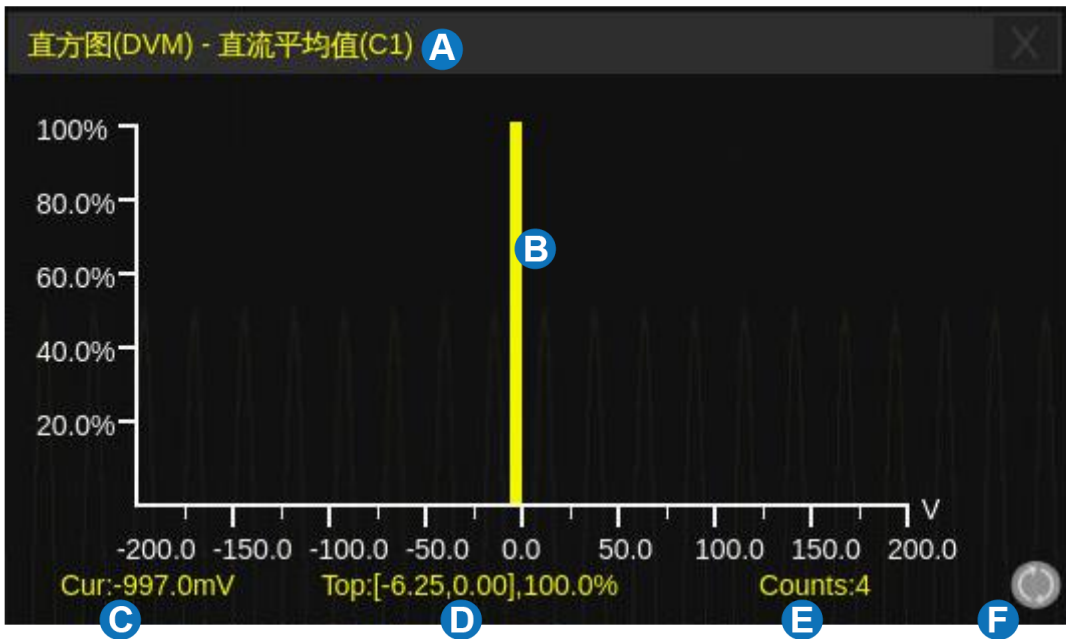
条形图准确显示模式的当前测量值，在数字万用表对话框中点击 **条形图**，即可开启条形图显示。



- A. 测量模式显示区域
- B. 当前测量值
- C. 当前测量值对应的条形图显示区域

直方图

直方图直观表明测量值的分布状况，在数字万用表对话框中点击 **直方图**，即可开启直方图显示。

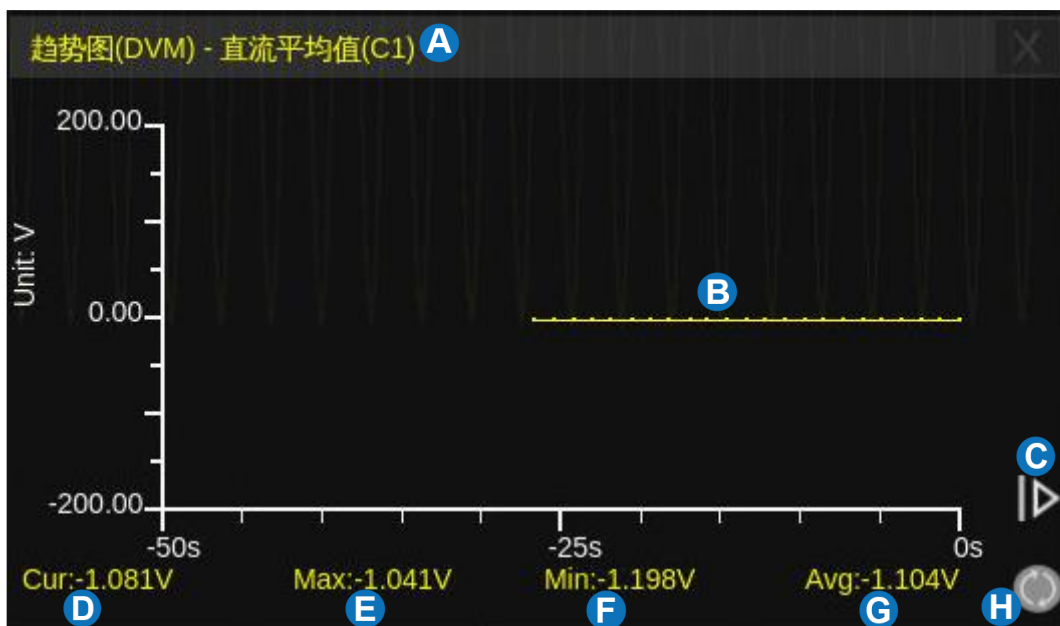


- A. 测量模式显示区域
- B. 直方图显示区域

- C. 当前测量值
- D. 测量最大值的所在区间及落入该区间的值的比例
- E. 测量统计次数
- F. 重置统计

趋势图

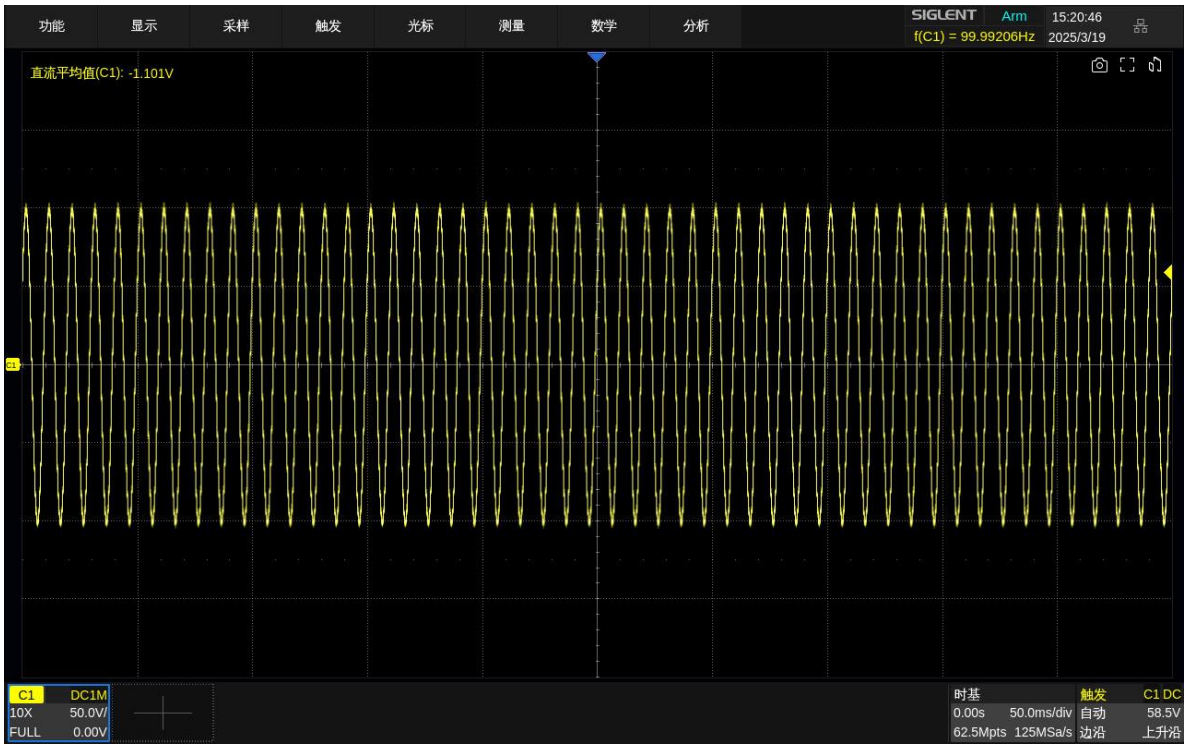
趋势图表示测量值在一段时间内的变化趋势，在数字万用表对话框中点击 **趋势图**，即可开启趋势图显示。



- A. 测量模式显示区域
- B. 趋势图显示区域
- C. 扩展时间范围，点击后可将时间范围扩展
- D. 当前测量值
- E. 测量最大值
- F. 测量最小值
- G. 测量平均值
- H. 重置统计

点击直方图和趋势图区域中的  符号可重新开始统计。

当三个状态图都关闭时，数字万用表在波形显示区域左上角有一个简要显示，指示当前的测量值：



28 计数器

28.1 概述

计数器用于测量当前信号的频率、周期，并对当前信号计数。本设备通过选择模拟通道，对通道输入信号的相关参数进行测量，并可对其进行统计显示。

计数器与示波器的采集系统异步，且始终进行采集。

点击 **分析** > **计数器**，可调出计数器的设置对话框：



- A. 开启/关闭计数器
- B. 选择计数模式：频率，周期，计数
- C. 选择计数的信源（C1~C8）
- D. 设置计数电平
- E. 开启/关闭统计
- F. 统计值清零并重新开始统计

计数模式

详见“计数模式”一节。

统计

当统计功能打开后，计数器会对数据进行统计，并将统计结果显示在屏幕上。

计数项	频率(C1)
当前值	1.000000MHz
平均值	999.9993kHz
最小值	999.9980kHz
最大值	1.000000MHz
标准差	829.9514mHz
统计次数	149
电平	0.00V

当前值 -- 最新的计数值

平均值 -- 历史所有计数值的算术平均

最小值 -- 历史所有计数值的最小值

最大值 -- 历史所有计数值的最大值

标准差 -- 历史所有计数值的标准偏差，用于判断历史计数参数的分布

统计次数 -- 已获得的计数值个数

电平 -- 计数电平

点击计数器设置对话框的 **清除统计** 可重新开始统计。

28.2 计数模式

计数器提供 3 种模式选择，在设置对话框中点击 **模式** 区域，即可调出模式选择窗口：

- 频率：一段时间内的频率平均值
- 周期：一段时间内的频率平均值的倒数
- 计数：累计计数

当计数模式选择计数时，需设置计数信号的边沿，还可进行门限设置。仅在门限信号满足条件时，计数器才可进行计数。点击 **门限设置** 调出门限设置对话框：



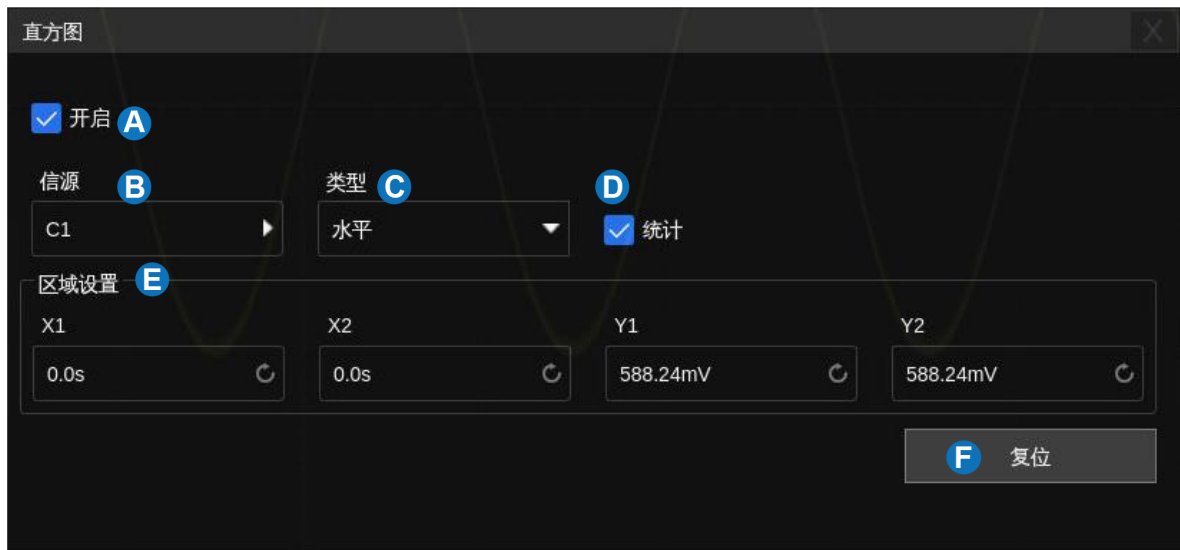
- A. 开启/关闭门限
- B. 选择门限类型：电平或边沿之后
- C. 门限源显示区域。C1、C2 互为门限源，C3、C4 互为门限源，C5、C6 互为门限源，C7、C8 互为门限源
- D. 当门限类型为电平时，设置门限源的极性（正极性或负极性）；当门限类型为边沿之后时，设置门限源的斜率（上升沿或下降沿）
- E. 设置门限电平

29 直方图

29.1 概述

本设备支持波形直方图分析功能，方便用户直观地观察波形的概率分布，从而帮助用户快速发现信号中潜在的异常。直方图支持水平和垂直方向上的波形数据统计，随着波形采集的进行，条形图高度会在设置的直方图窗口范围内不断变化，以指示数据统计次数。

点击顶部菜单栏的 **分析** > **直方图**，打开直方图设置对话框：



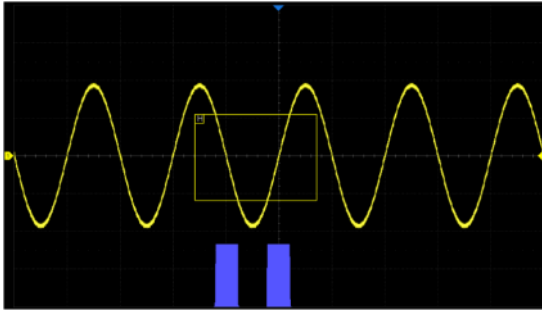
- A. 开启/关闭直方图
- B. 选择直方图的信源，可选信源：C1 ~ C8（当 Zoom 开启后，可选信源自动更新为：Z1 ~ Z8）、F1 ~ F8、M1 ~ M4
- C. 设置直方图类型：水平、垂直或水平和垂直
- D. 开启/关闭直方图的统计功能
- E. 设置直方图的统计区域，设置范围必须在波形区域内
- F. 直方图的统计值清零并重新开始统计。

类型

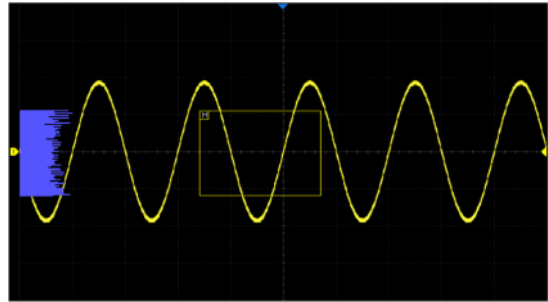
水平 -- 显示直方图区域内，波形在水平方向上的统计分布。在波形区域底部，条形直方图以列的形式显示统计数据的次数。

垂直 -- 显示直方图区域内，波形在垂直方向上的统计分布。在波形区域左侧，条形直方图以行的形式显示统计数据的次数。

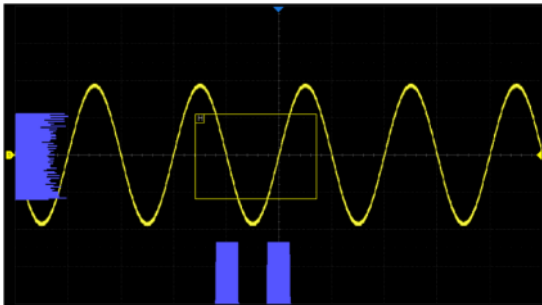
水平和垂直 -- 显示直方图区域内, 波形在水平和垂直方向上的统计分布。在波形区域底部和左侧, 条形直方图以列和行的形式显示统计数据的次数。



水平类型



垂直类型



水平和垂直类型

区域设置

详见“区域设置”一节。

直方图统计

当统计功能打开后, 示波器会对直方图数据进行统计, 并将统计结果显示在屏幕上。

直方图统计			×
类型	水平	垂直	
采样点	51.97410Mhits	51.97410Mhits	
峰值	1.500000Mhits	7.480859Mhits	
最大值	80.00000us	1.1667V	
最小值	-555.0000us	-1.1667V	
峰峰值	635.0000us	2.3333V	
平均值	-235.1297us	13.582mV	
中位数	-435.0000us	166.67mV	
众数	-505.0000us	-1.1667V	
区间	5.000000us	333.33mV	
标准差	254.7622us	770.48mV	

采样点 -- 落在直方图区域内的总样本数

峰值 -- 落在最高的柱形区域内的样本数

最大值 -- 样本中的最大值

最小值 -- 样本中的最小值

峰峰值 -- 最大值与最小值的差

平均值 -- 所有统计样本的平均值（数学期望）

中位数 -- 直方图划分为统计样本数相等的左右两部分，作为分界线的数值

众数 -- 统计样本中出现最多的数据值

区间 -- 直方图每个柱形区域的宽度，即一列的宽度

标准差 -- 所有统计样本的标准偏差（ σ ）

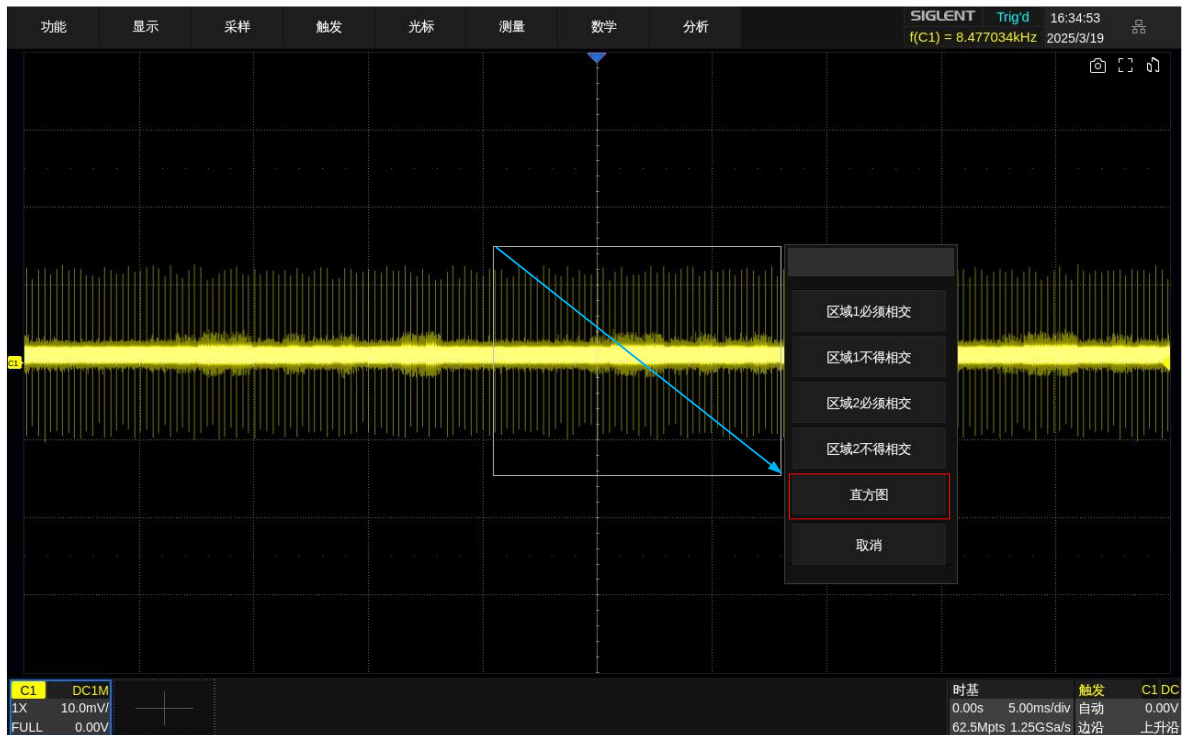
点击直方图设置对话框的 **复位** 可重新开始统计。

29.2 区域设置

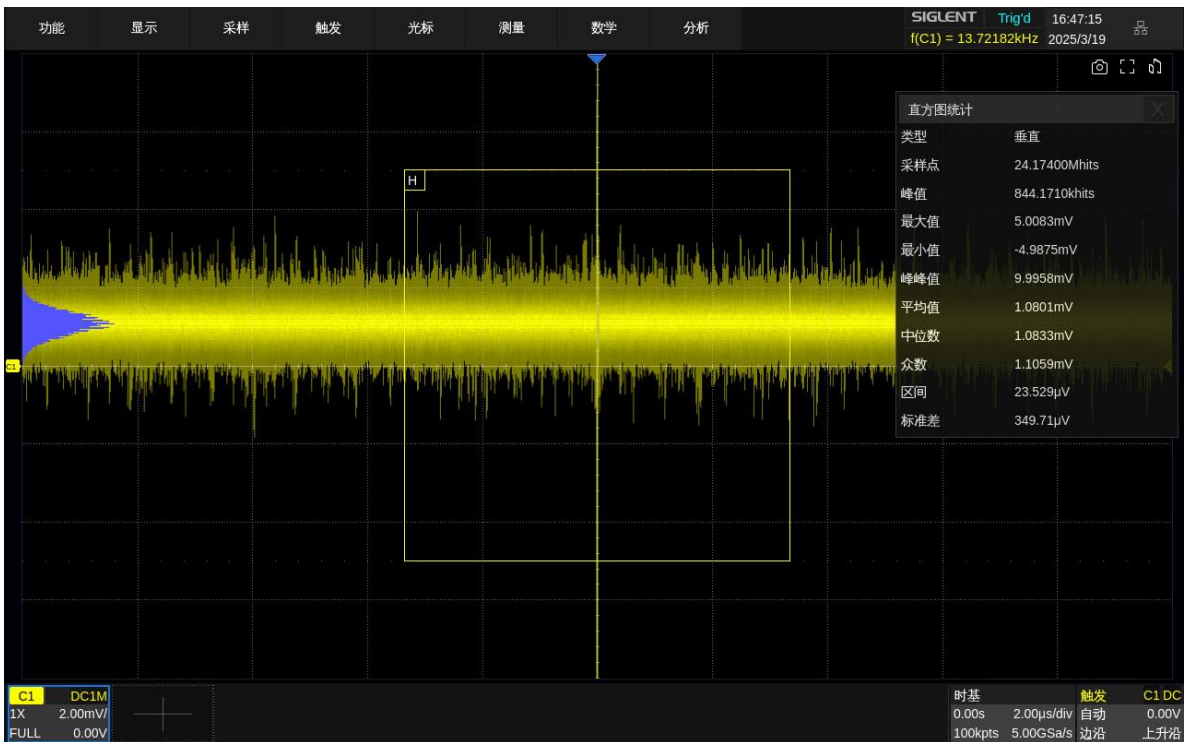
直方图窗口可以直接通过鼠标拖拽，或通过 **直方图** > **区域设置** 下的对话框实现绘制和移动。
直方图窗口边框颜色与所选的信源通道颜色相同。

鼠标

点击波形区域任意位置，拖动鼠标即可绘制矩形框，拖动结束后屏幕会弹出菜单：



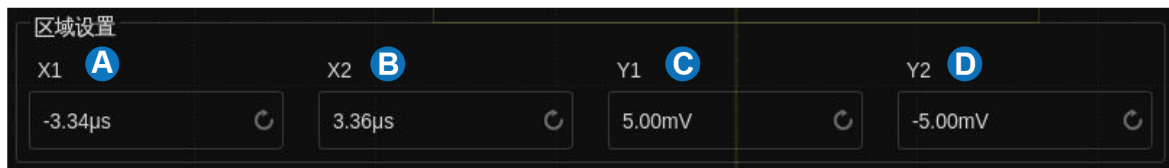
选中直方图并在菜单上选择好 **类型** 后，即可生成，如下图：



创建矩形框后，可通过鼠标移动矩形框的位置。

对话框

通过 **直方图** > **区域设置** 即可调出直方图窗口的设置对话框。



- A. 设置直方图窗口左侧边界
- B. 设置直方图窗口右侧边界
- C. 设置直方图窗口顶部边界
- D. 设置直方图窗口底部边界

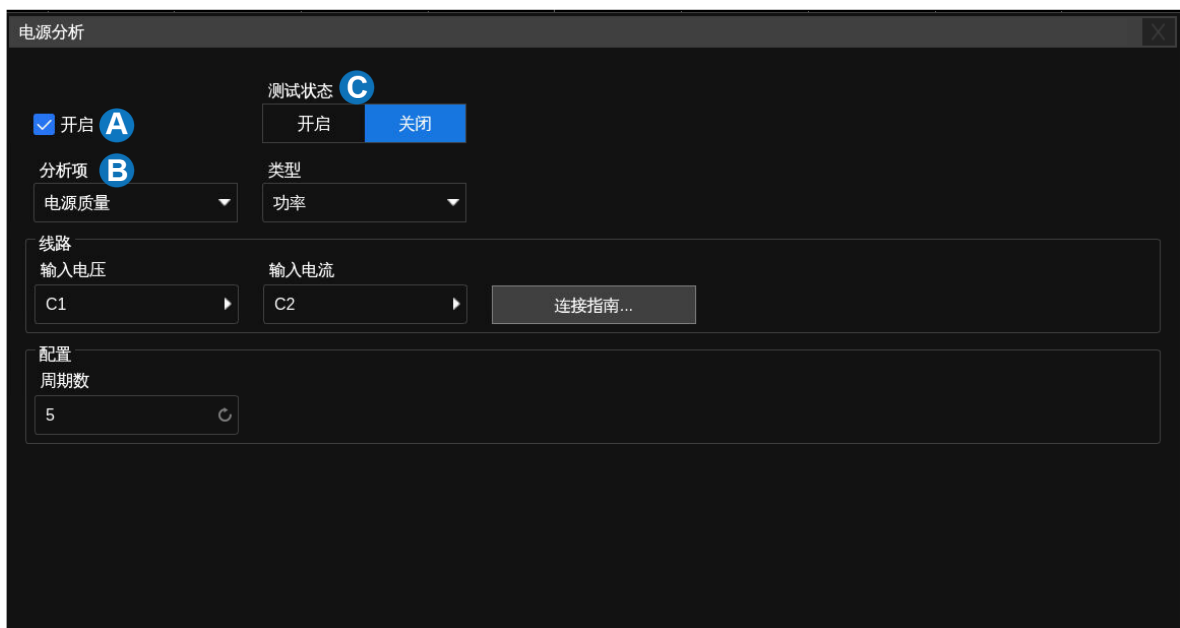
点击以上区域后，用户可以滚动鼠标中轮或使用虚拟数字键盘设置数值。

30 电源分析

30.1 概述

本设备系列示波器支持电源分析功能。电源分析可以帮助用户快速轻松地分析开关电源的效率和可靠性等。支持的测量和分析内容包括电源质量、电流谐波、浪涌电流、开关损耗、转换速率、调制分析、开启/关闭、瞬变响应、电源抑制比、功率效率、输出纹波噪声和 MOS 管安全工作区等。使用电源分析功能需要准备差分电压探头（如 Siglent DPB 系列）、电流探头（Siglent CP 系列）、Siglent DF2001A 台式夹具、示波器安装软件选件 SDS5000HD-PA。选件的安装，请参考“安装选件”小节。

执行 **分析** > **电源分析** 即可调出电源分析的设置对话框：



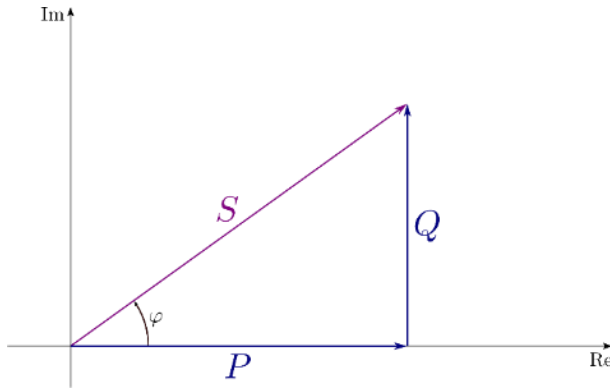
- A. 开启/关闭测试
- B. 选择分析项（电源质量、电流谐波、浪涌电流、开关损耗、转换速率、调制分析、输出纹波、开启/关闭、瞬变响应、电源抑制比、功率效率和安全工作区等）
- C. 开启/关闭分析项的测试状态

30.2 电源质量

分析电源质量可以测试交流输入线的质量。电源质量分析的具体测量参数包括测量电源输入端的有功功率、视在功率、无功功率、功率因数、功率相位角、电压有效值、电流有效值、电压波峰因数和电流波峰因数等电量参数。

类型

功率 -- 测量电源输入端的功率参数，如：有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、功率相位角。



各个与功率相关的参数，以及各自的单位如下所示：

- 有功功率 $P = 1/N \sum_{i=0}^{N-1} [V_i \cdot I_i]$
- 视在功率 $S = V_{rms} \cdot I_{rms}$
- 无功功率 $Q = \sqrt{P^2 - S^2}$
- 功率相位角 ϕ ：电流-电压相位差
- 功率因数 $\cos \phi$ ：电压与电流之间的相位差(ϕ)的余弦，数值上为有功功率和视在功率的比值

电压波峰 -- 测量电源输入端的电压参数，如：电压峰值、电压有效值、电压波峰因数。

$$\text{电压有效值 } V_{rms} = \frac{1}{N} * \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} V_i^2}$$

$$\text{电压波峰因素 } V_{Crest} = V_{peak} / V_{rms}$$

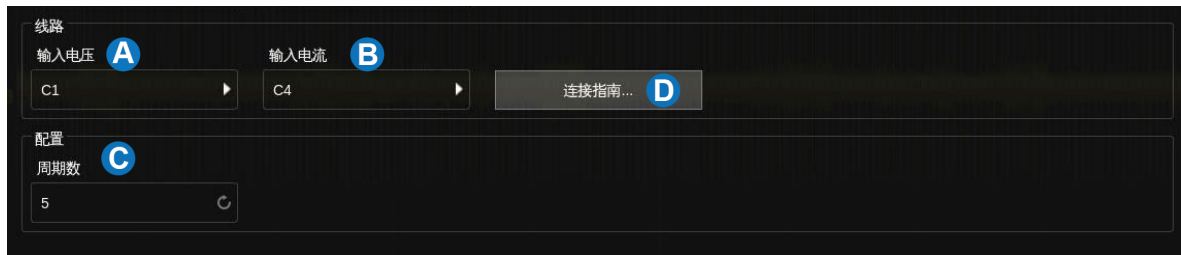
电流波峰 -- 测量电源输入端的电流参数，如：电流峰值、电流有效值、电流波峰因数。

$$\text{电流均方根 } I_{rms} = \frac{1}{N} * \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} I_i^2}$$

$$\text{电流波峰因素 } I_{Crest} = I_{peak} / I_{rms}$$

信号设置

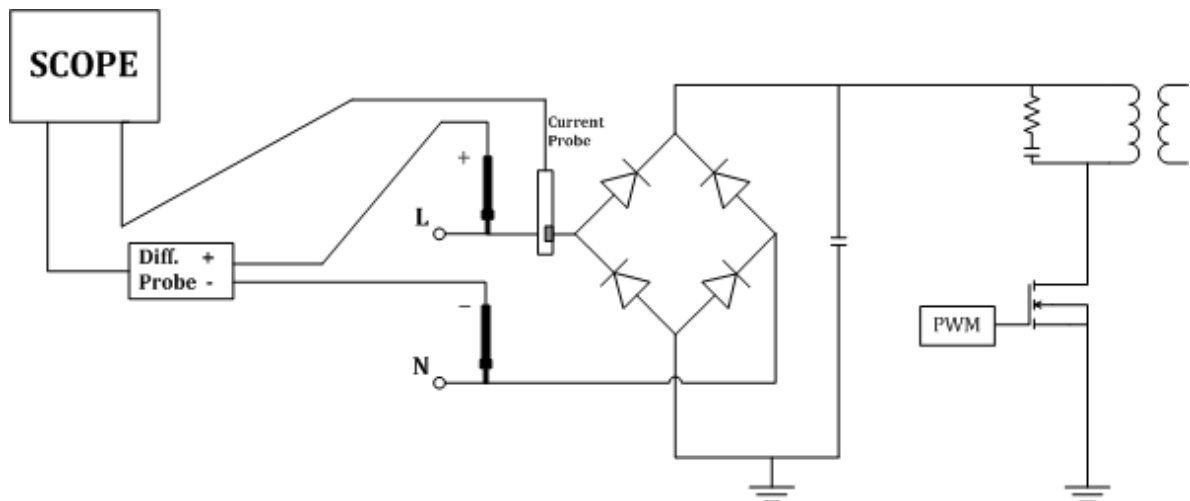
点击 **分析项** 选择电源质量，在对话框中设置相关参数：



- A. 设置输入电压源
- B. 设置输入电流源
- C. 设置测量信号周期数
- D. 查看连接指南

连接指南

点击 **连接指南** 调出电源质量分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

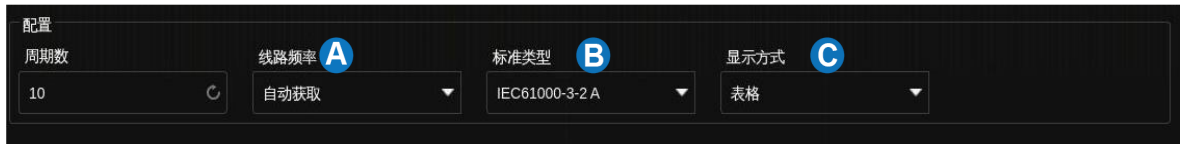


30.3 电流谐波

电流谐波测试对输入电流进行谐波分析。（对信号作 FFT，并从 FFT 结果中获得各次谐波分量）信号设置和连接指南同电源质量测试。

配置

点击 **分析项** 选择电流谐波，在对话框中设置相关参数：



- A. 设置线路频率（自动获取，50Hz，60Hz 或 400Hz）
- B. 设置标准类型（IEC61000-3-2 A，IEC61000-3-2 B，IEC61000-3-2 C 或 IEC61000-3-2 D）
- C. 设置显示方式（关闭，柱形图或表格）

标准类型

IEC 61000-3-2 A -- 适用于平衡三相设备、家用电器（除 D 类设备外）、工具（除便携式工具外）、白炽灯调光器及音频设备。

IEC 61000-3-2 B -- 适用于便携式工具。

IEC 61000-3-2 C -- 适用于照明设备。

IEC 61000-3-2 D -- 适用于额定功率小于或等于 600 W 的设备，类型如下：个人计算机、个人计算机显示器和电视接收机。

参数说明

对于前 40 个谐波，将显示下列值：

实际值（RMS）-- 以谐波单位参数指定的单位显示的测量值。

限值（RMS）-- 选定的电流谐波标准参数指定的限值。

余量 -- 选定的电流谐波标准参数指定的余量。（标准值-测量值）/标准值*100%。

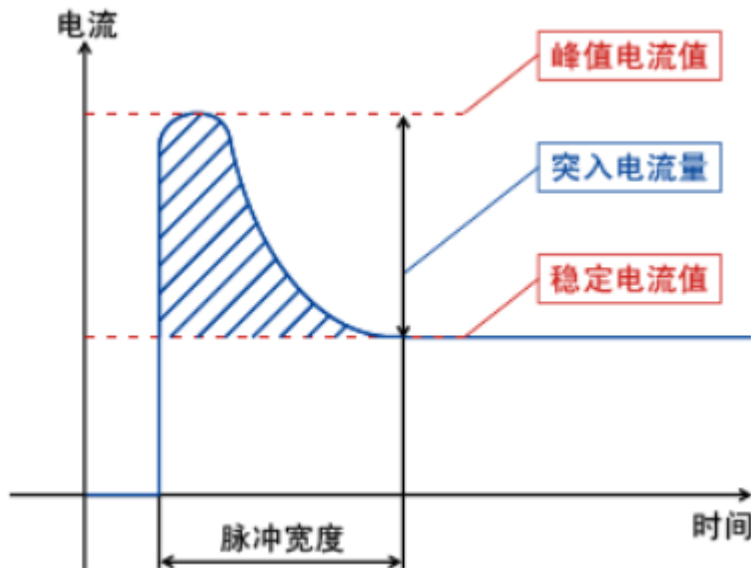
通过/失败状态 -- 根据选定的电流谐波标准确定值是通过还是失败。表格中的行或条形图中的条根据通过/失败值呈现为不同颜色。临界结果大于限值的 85%，但小于限值的 100%。

总谐波失真（THD）= $100\% * \frac{\sqrt{X_2^2 + X_3^2 + \dots + X_n^2}}{X_1}$ ，其中 X_n = 每个谐波的电压或电流， X_1 = 基波电压或电流值。



30.4 浪涌电流

接通电气设备电源时，在接通的瞬间可能会流过远远大于稳定电流的大电流，该电流即成为浪涌电流（突入电流）。接通时的电流波形如下图所示：



信号设置

点击 **分析项** 选择浪涌电流，在对话框中设置相关参数：

线路

输入电压 **A**

输入电流 **B**

C 连接指南...

C1

C4

配置

最大输入电压(RMS) **D**

预期电流 **E**

40.0V

5.00A

A. 设置输入电压源

- B. 设置输入电流源
- C. 查看连接指南
- D. 设置最大输入电压有效值 V_{rms} , 电压范围 1 V~1 kV。示波器会根据该值设置电压通道档位（最大输入电压/6）
- E. 设置预期电流值, 电流范围 100 mA~500 A。示波器会根据该值设置触发电平（预期电流/20）和电流通道垂直档位（预期电流/3）

30.5 开关损耗

开关损耗分析可计算在开关设备中的开关周期内耗散的功率。

时滞校准

相对较小的时滞可引起较大的开关损耗测量错误，特别是在电压几近于零时的导通相位期间和电流几近于零的非导通相位期间。当尝试在存在相对较大的开关电压和（或）电流的情况下测量微弱电压和（或）电流时，这是典型的示波器动态范围限制。

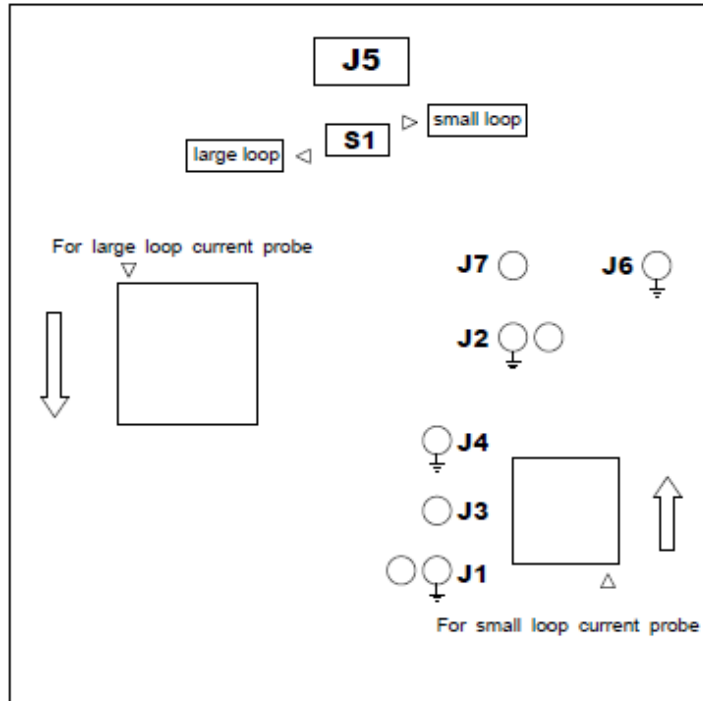
通过时滞校准，以此纠正示波器或探头时滞。时滞校准最初应执行一次，并在硬件设置的任何部分发生变化（例如，不同的探头、不同的示波器通道等）或环境温度发生变化时重新运行。以下结合 DF2001A 测试板进行说明，请按下述步骤操作：

1. 对电流探头进行消磁、调零；
2. 将电压探头、电流探头与 DF2001A 进行连接：

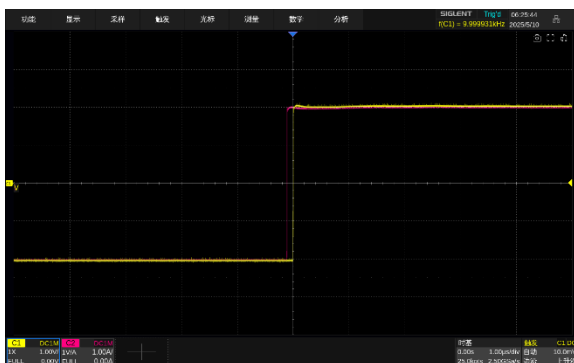
	Small Loop	Large Loop
电流探头 (可选)	CP4020 (100 kHz, 20 Arms) CP4050 (1 MHz, 50 Arms) CP4070 (150 kHz, 70 Arms) CP4070A (300 kHz, 70 Arms) CP5030 (50 MHz, 30 Arms) CP5030 (100 MHz, 30 Arms)	CP5150 (12 MHz, 150 Arms) CP5500 (5 MHz, 500 Arms)
高压差分 探头感测点	J7: 信号端 J6: 接地端	J3: 信号端 J4: 接地端

- 1) 将电压探头的 D+、D- 分别连接到 J7、J6；

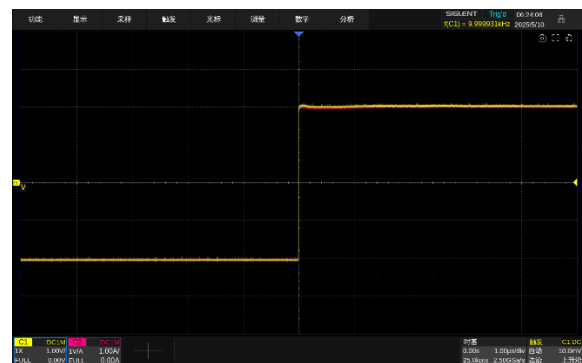
- 2) 按照测试板指示电流流向的箭头方向将电流探头连接到回路上；
- 3) 确认开关 S1 设置在适当的一侧（“small loop”或“large loop”）；
- 4) 使用 USB 线缆将测试板连接到示波器或 PC 上的 USB 端口，以此为测试板供电。



3. 将电压和电流探头分别连接到示波器输入通道；
4. 点击 **分析项** 选择开关损耗，在对话框中设置对应的输入通道后，点击 **时滞校准** 可自动执行校准。



时滞校准前



时滞校准后

配置

点击 **分析项** 选择开关损耗，在对话框中设置相关参数：



- A. 设置电压参考，即输入开关边沿的开关电平。该值为占最大开关电压的百分比。可以调整该值以忽略本底噪声。该值指定用于确定开关边沿的阈值磁滞
- B. 设置电流参考，即输入开关边沿开始的开关电平。该值为占最大开关电源的百分比。可以调整该值以忽略在电流探头中很难消除的本底噪声或无效偏移。该值指定用于确定开关边沿的阈值磁滞
- C. 设置导通类型（波形，Rds(on)或 Vce(Sat)）
- D. 设置导通电阻
- E. 设置 Vce 电压

导通类型

波形 -- 功率波形使用原始数据，计算公式为： $P = V * I$ ， $E = P * T$ 。

Rds(on)

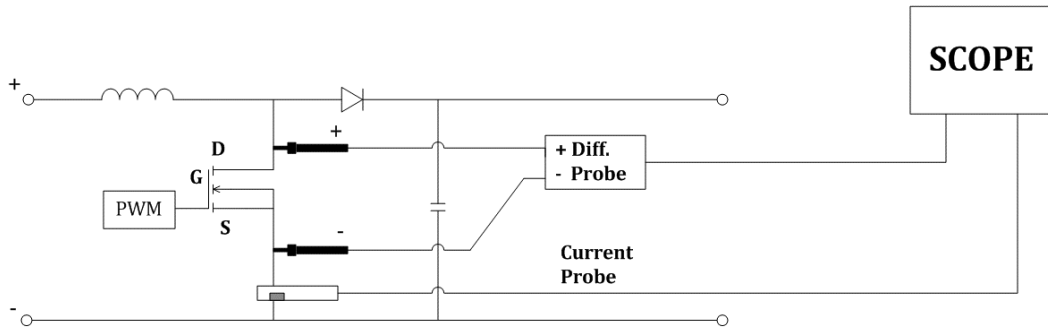
- 在开启区域（其中电压电平低于电压参考（可调）），功率计算公式为： $P = I^2 * Rds(on)$ 。
- 在关闭区域（其中电流电平低于电流参考（可调）），功率计算公式为： $P = 0 \text{ watt}$ 。

Vce(sat)

- 在开启区域（其中电压电平低于电压参考（可调）），功率计算公式为： $P = Vce(sat) * I$ 。
- 在关闭区域（其中电流电平低于电流参考（可调）），功率计算公式为： $P = 0 \text{ watt}$ 。

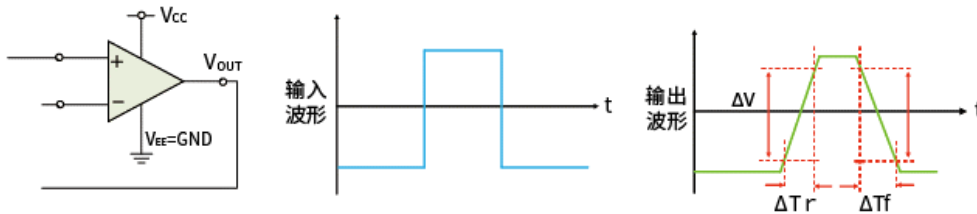
连接指南

点击 **连接指南** 调出开关损耗分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。



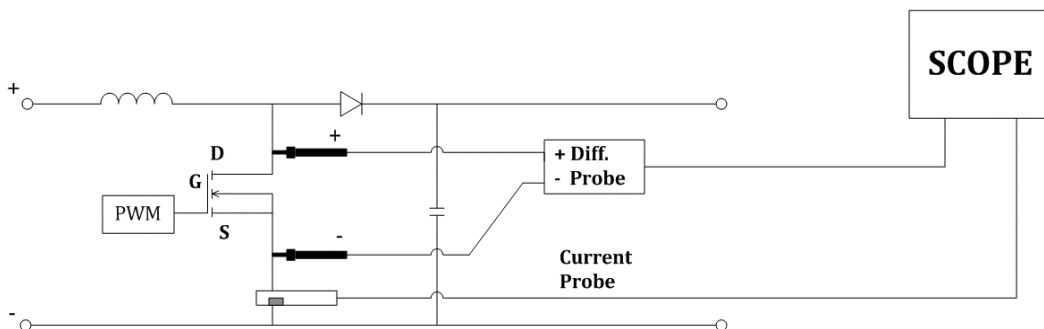
30.6 转换速率

转换速率可测量开关期间电压或电流的变化速率。给输入施加上升沿和下降沿比较陡峭的矩形波脉冲时，表示输出电压在单位时间内可发生什么程度的变化。下图表示转换速率的定义：



连接指南

点击 **连接指南** 调出转换速率分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

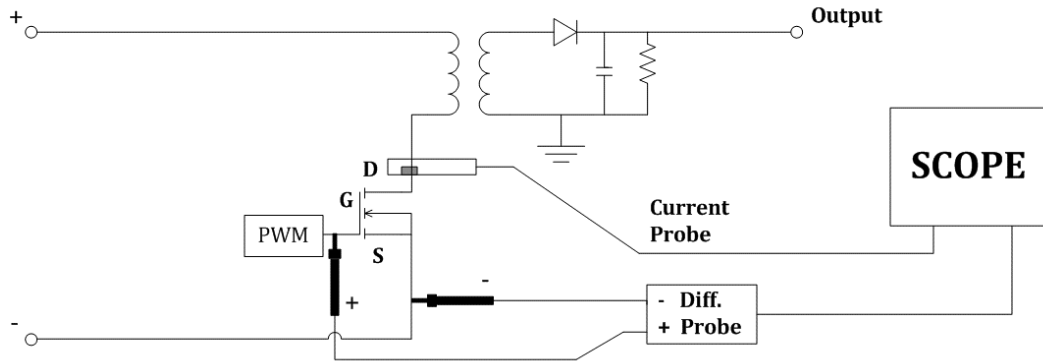


30.7 调制分析

调制分析测量到开关设备（MOSFET）的控制脉冲信号，并观察控制脉冲信号响应不同事件的脉冲宽度、占空比、周期、频率等的趋势。

连接指南

点击 **连接指南** 调出调制分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

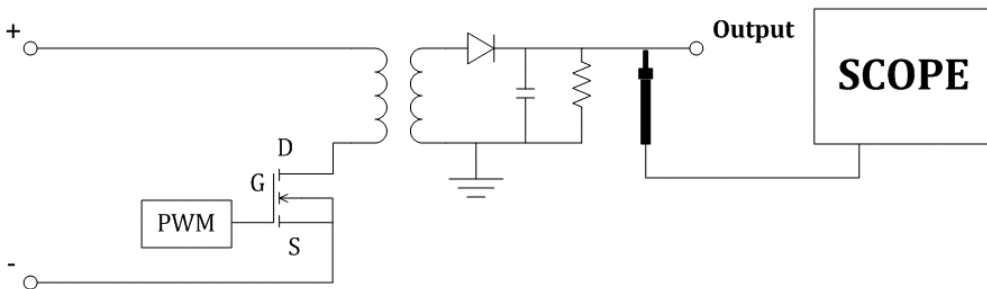


30.8 输出纹波

电源纹波是评价直流电源的重要参数，表示输出直流电压的波动量。纹波分析能够测量电源输出端纹波的当前值、平均值、最小值、最大值、标准差和计数值。

连接指南

点击 **连接指南** 调出输出纹波分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。



30.9 开启/关闭

开启分析可确定开启的电源达到其稳定状态输出 90% 所耗用的时间。关闭分析可确定关闭的电源降至其最大输出电压 10% 所耗用的时间。

信号设置

点击 **分析项** 选择开启/关闭，在对话框中设置相关参数：



- A. 设置输入电压源
- B. 设置输出电压源
- C. 查看连接指南
- D. 设置输入类型 (AC 或 DC)
- E. 设置持续时间, 设置范围 5 ns~20 s。示波器会根据该值设置时基 (持续时间/14)
- F. 设置最大输入电压有效值 V_{rms} , 电压范围 1 V~1 kV。示波器会根据该值设置电压通道档位 (最大输入电压/7) 和触发电平 (最大输入电压/10)
- G. 设置稳定输出电压值, 设置范围 -30 V~30 V。示波器会根据该值设置输出电压通道档位 (稳定输出电压/6)

测试条件

开启 -- 可确定开启的电源达到其稳定状态输出的某个百分比所耗用的时间。开启时间为介于 T_2 和 T_1 之间的时间, 其中:

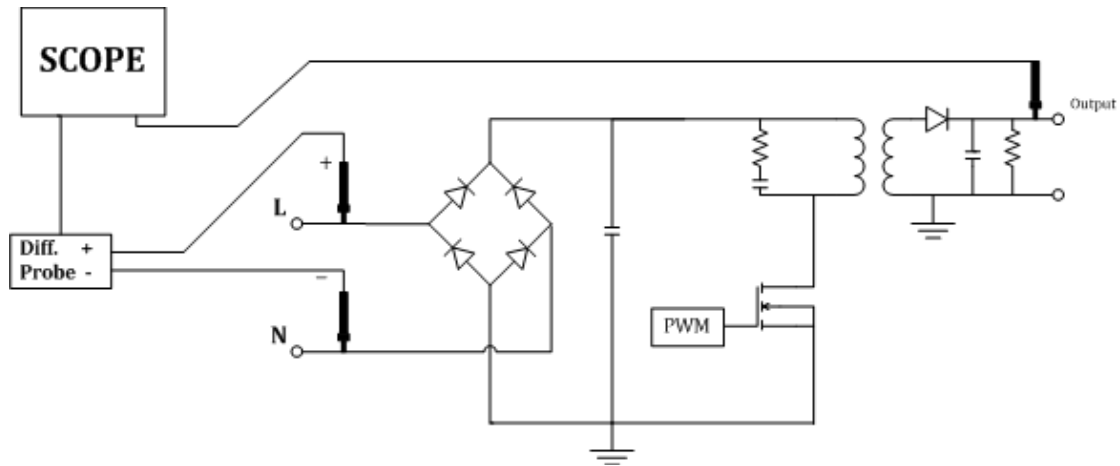
- T_1 = 输入电压首次升至其最大幅度的某个百分比 (通常为 10%) 的时刻。
- T_2 = 输出 DC 电压升至其最大幅度的某个百分比 (通常为 90%) 的时刻。

关闭 -- 可确定关闭的电源降至其最大输出电压的某个百分比所耗用的时间。关闭时间为介于 T_2 和 T_1 之间的时间, 其中:

- T_1 = 输入电压最后降至其最大幅度的某个百分比 (通常为 10%) 的时刻。
- T_2 = 输出 DC 电压最后降至其最大幅度的某个百分比 (通常为 10%) 的时刻。

连接指南

点击 **连接指南** 调出开启/关闭分析的接线图, 如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。



30.10 瞬变响应

瞬变响应分析可确定电源的输出电压对输出负载变化的响应速度。该时间从输出电压首次退出稳定带开始，到最后一次进入稳定带为止。

信号配置

点击 **分析项** 选择瞬变响应，在对话框中设置相关参数：



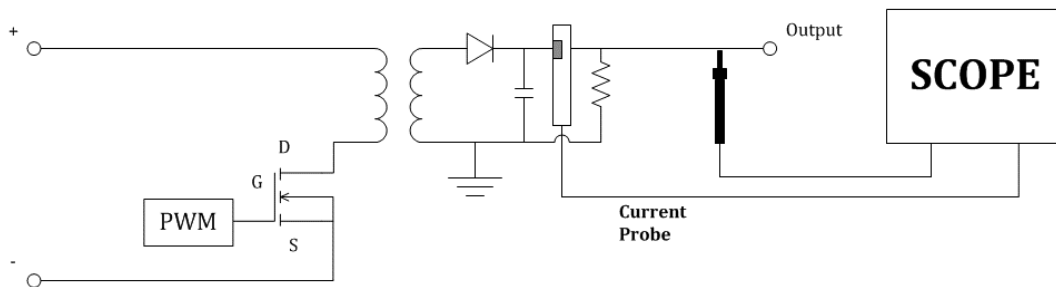
- A. 设置输出电压源
- B. 设置输出电流源
- C. 查看连接指南
- D. 设置输出电压的过冲百分比，该值可用于确定瞬变响应的稳定带值以及调整示波器的垂直档位
- E. 输入低电流值。这是负载更改之前或之后的预期低电流值。
- F. 输入高电流值。这是负载更改之前或之后的预期高电流值。
- G. 设置持续时间，示波器会根据持续时间设置合适的时基
- H. 设置稳定输出电压，即预期的电源稳定状态输出 DC 电压

**注：**

低电流值和高电流值用于计算触发电平和调整示波器垂直档位。负载更改后，电流值由低变高（或由高变低），示波器触发并执行瞬变响应稳定时间测量。

连接指南

点击 **连接指南** 调出瞬变响应分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

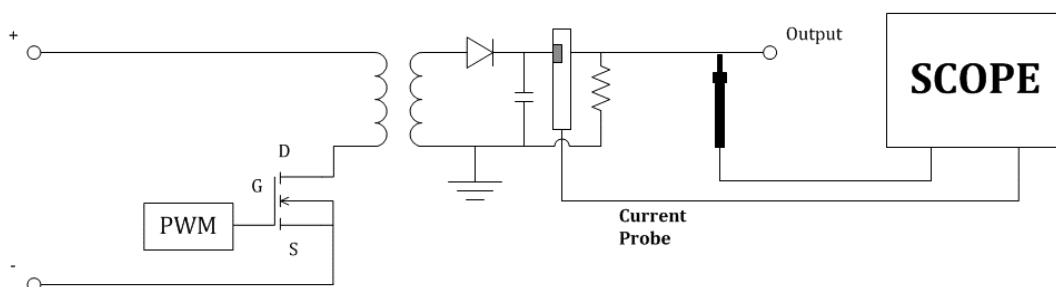


30.11 电源抑制比

电源抑制比 (PSRR) 测试用于确定稳压器抑制不同频率范围波纹噪声的情况。示波器控制函数信号发生器输出扫频信号，该信号用于将波纹引入传送到稳压器的 DC 电压。将测量输入对输出的 AC RMS 比例，并绘出该比例与频率范围的关系图。示波器的本底噪声比网络分析仪高，灵敏度比网络分析仪低，所以测量的 PSRR 很难超过 -60dB。使用示波器进行的 PSRR 测试对于被测电源的整体 PSRR 行为的抽检而言通常是可接受的。

连接指南

点击 **连接指南** 调出电源抑制比分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

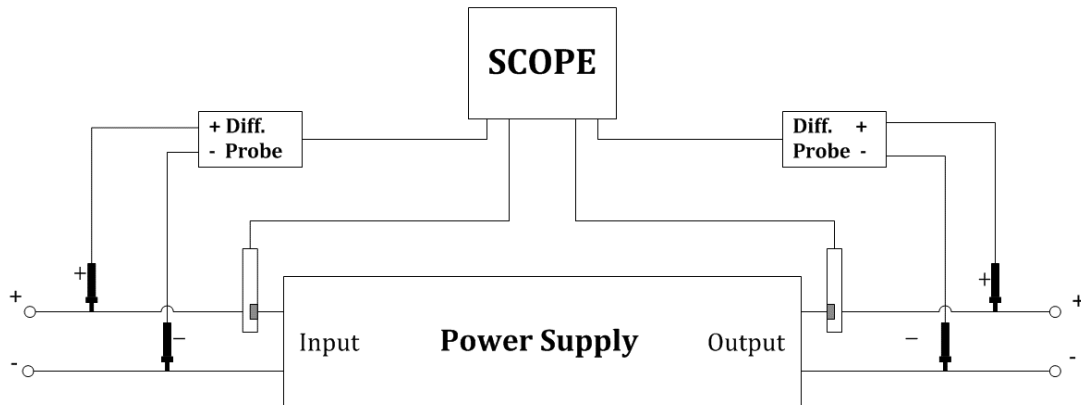


30.12 功率效率

功率效率分析通过测量输出功率和输入功率，可测试电源的整体效率。此项分析仅 4 通道以上机型支持，因为要测量输入电压、输入电流、输出电压和输出电流。

连接指南

点击 **连接指南** 调出功率效率分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

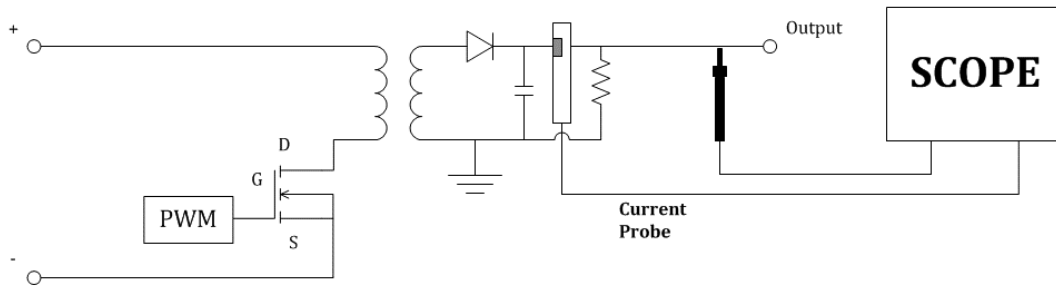


30.13 安全工作区

MOSFET 的安全工作区（SOA）定义了 MOSFET 的电压、电流和功耗限制条件，在这些条件下，器件可以在无自损坏的情况下运行。示波器可以根据对话框限制区设置的 **电压限制**、**电流限制** 和 **功率限制** 参数自动生成 SOA，并判断 MOSFET 上的应力是否超出 SOA。这有助于设计者快速发现电路中的问题或潜在风险。

连接指南

点击 **连接指南** 调出安全工作区分析的接线图，如下图所示。请按照此图提示进行接线连接。点击接线图右上方的图标关闭。

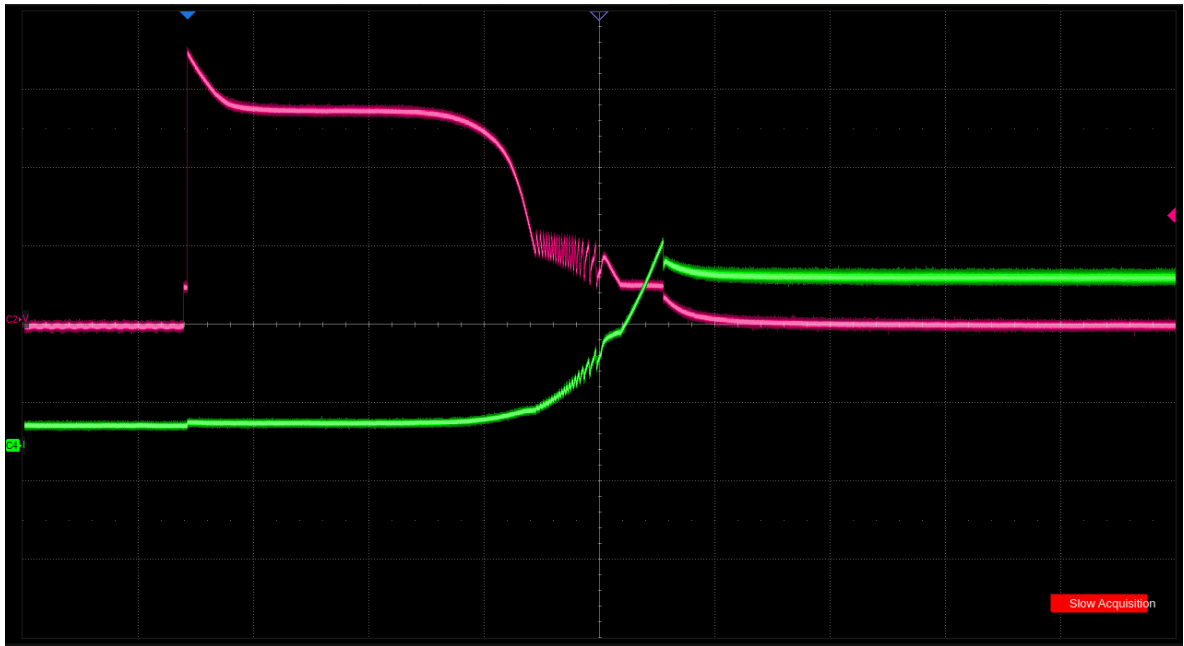
**注：**

测试前，需要对电压和电流输入通道执行时滞校准。参考“开关损耗”一节，了解更多时滞校准的详细信息。

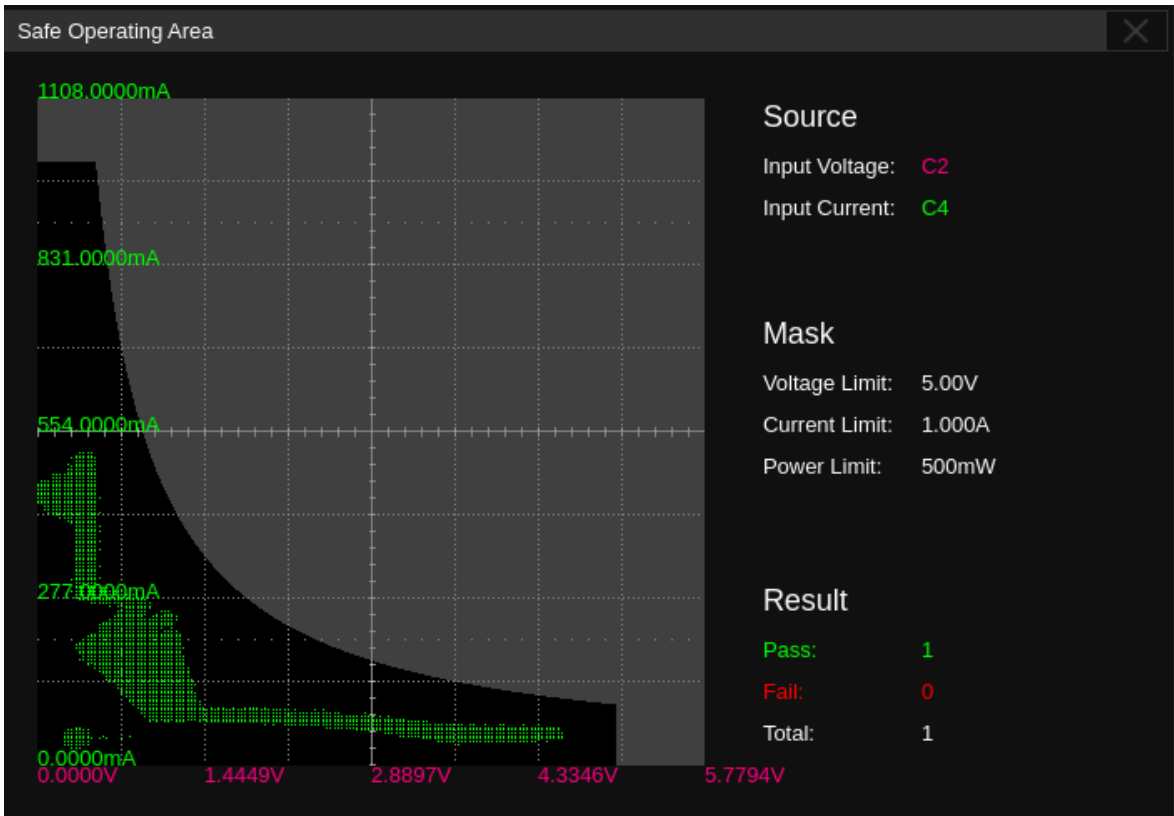
按下述步骤进行安全工作区分析：

1. 在对话框线路区，对 **输入电压** 和 **输入电流** 设置正确的通道。
2. 在对话框限制区，根据被测 MOSFET 器件的数据手册设置 **电压限制**、**电流限制** 和 **功率限制** 参数，然后示波器将根据这些参数自动生成 SOA 和输入电压和输入电流通道的垂直刻度。
3. 在对话框配置区，设置 **持续时间** 为预期的观察持续时间，然后示波器将根据它自动设置时基。
4. 开启 **测试状态**，示波器将开始采集电压和电流波形，并显示 SOA 测量值，显示测量的应力是否在 SOA 中。
5. 用户可以在测试期间调整水平、垂直和触发器设置，以获得最佳观察效果。

下面是一个测试 MOSFET 上电应力，并判断使用 SOA 的 MOSFET 上电应力是否安全的示例：



上电时 MOSFET 上的电压和电流波形



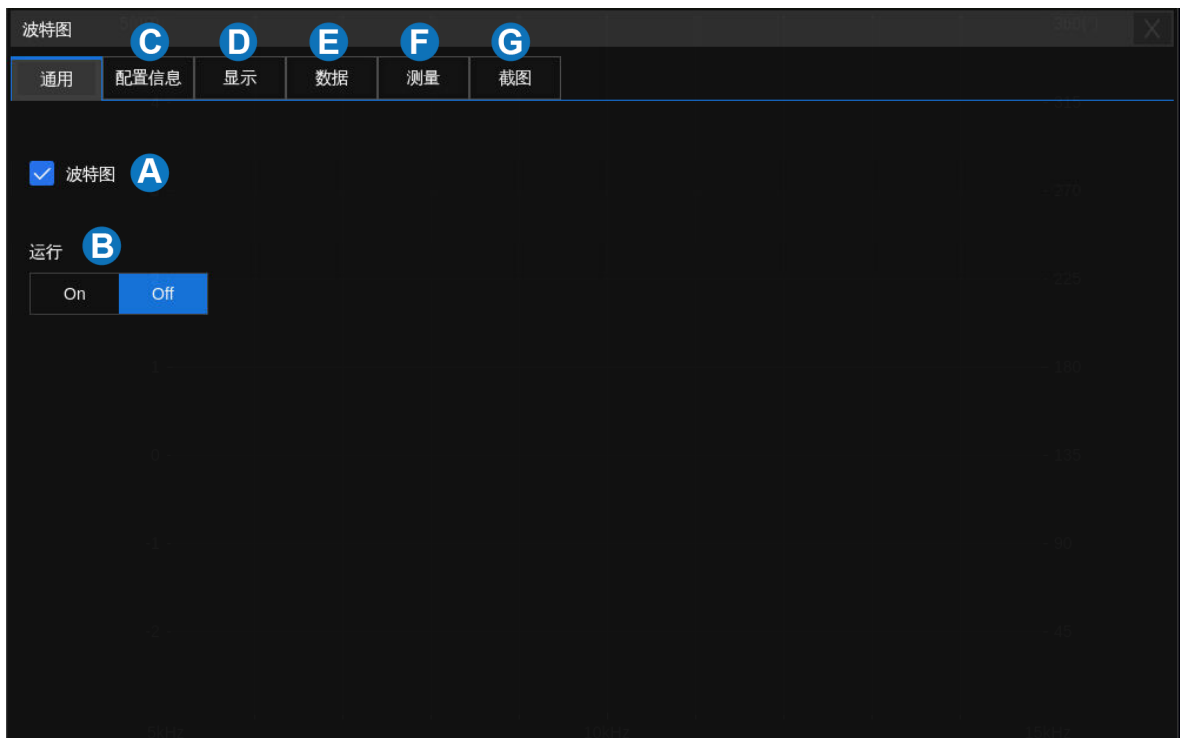
SOA，其中根据电压限制、电流限制和功率限制创建模板。结果显示“通过”，因为所有应力都在模板内。

31 波特图

31.1 概述

本设备支持波特图功能。此功能提供被测设备（DUT）的频率响应曲线，以及输出扫描参数控制和数据显示设置的接口，此时支持 SAG1021I 任意波形发生器或 Siglent SDG 系列任意函数发生器。扫描过程中，示波器配置函数发生器输出频率和幅度，然后将输入信号与被测设备的输出进行比较。在每个频率上都会测量增益（G）和相位（P），并绘制在频率响应波特图上。当环路响应分析完成时，您可以在图表上移动标记，以查看在各个频率点测量的增益和相位值。您还可以针对幅度和相位图来调整图的定标和偏移设置。

触摸 **分析** > **波特图**，可调出波特图的设置对话框。



- A. 开启/关闭波特图
- B. 开启/关闭运行
- C. 设置波特图配置信息（DUT、信号源连接、扫描参数）
- D. 设置显示参数。可设置波特图坐标轴，显示\隐藏扫描曲线，设置波特图区域光标
- E. 数据列表。可开启波特图数据列表查看曲线数据，也可将数据结果存储到 U 盘或调出
- F. 设置测量参数。对扫描曲线进行参数测量，包含上限截止频率（UF）、下限截止频率（LF）、带宽（BW）、增益裕度（GM）和相位裕度（PM）
- G. 对波特图进行截图。支持三种图片类型（BMP、JPG、PNG）的存储

31.2 配置信息

31.2.1 连接配置



- A. 信号输入、输出通道
- B. 通道增益。设置为自动时，示波器将根据信号幅度自动适配档位；设置为保持，将始终保持运行前的档位进行测试
- C. 信号发生器连接设置。本设备波特图支持外置信号发生器，触摸 **接口** 选择信号发生器连接类型。当选择 **LAN** 连接时，需要进行设置 IP 并保存。触摸 **连接测试** 确认信号发生器是否连接正常

31.2.2 扫描配置

触摸 **配置信息** 来设置扫描相关参数。扫描类型有两种，一种是恒定幅度扫描，另一种是可变幅度扫描。

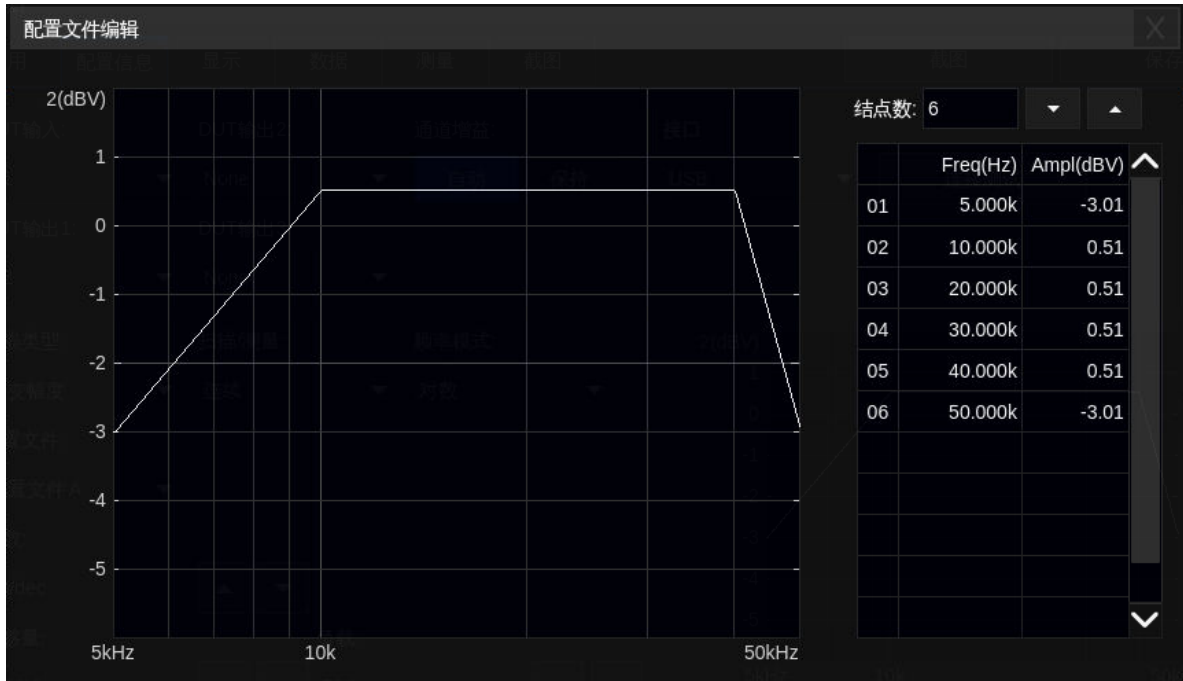


- A. 设置扫描类型，可设为恒定幅度或可变幅度
- B. 设置扫描/测量的形式，连续或单次

- C. 设置频率模式。频率模式可选择线性或对数，设置为线性时，需要设置对应中心频率、频率范围；设置为对数时，需要设置对应的起始频率、终止频率
- D. 设置扫描信号频率。
- E. 设置扫描信号幅度
- F. 设置扫描点数。点数越大扫描分辨率越高
- G. 设置扫描信号偏移量
- H. 设置负载
- I. 设置信号幅度单位。当设置为 dB 类型时，还需设置参考电平及负载



- A. 设置扫描类型为可变幅度
- B. 设置扫描/测量的形式，连续或单次
- C. 设置扫描信号频率模式
- D. 选择配置文件。最多支持编辑 4 个配置文件
- E. 设置扫描点数
- F. 设置扫描信号偏移量
- G. 设置负载
- H. 设置信号幅度单位，当设置为 dB 类型时，还需设置参考电平及负载
- I. 可变幅度信号显示区域
- J. 触摸 **编辑** 打开配置文件编辑器



触摸 **结点数** 区域，通过万能旋钮设置信号结点数，再次触摸该区域可调出数字键盘，也可通过右侧增大、减小按键进行设置。

触摸表格区域单元格，设置相应结点的频率、幅度。触摸激活单元格，通过万能旋钮调节数值，也可再次触摸单元格调出数字键盘进行设置。

31.3 显示设置

波特图显示设置包含：幅度、相位、光标、扫描曲线设置。

幅度设置

对波特图的幅度坐标轴进行设置。触摸 **显示** > **幅度**，可调出幅度设置对话框。

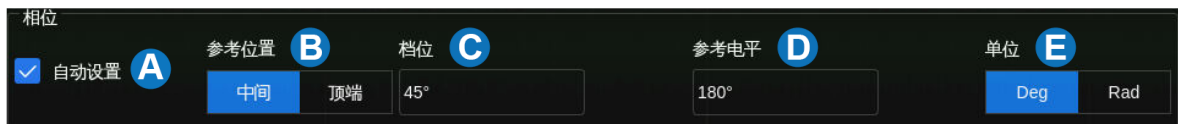


- A. 自动设置。根据输出信号幅度曲线，示波器自动设置档位和参考电平
- B. 设置幅度的参考位置
- C. 设置幅度坐标轴档位
- D. 设置参考电平。即幅度坐标轴的最大值

- E. 设置显示模式。设置为 Vout/Vin，将以输出信号与输入信号的幅度比值显示；设置为 Vout，将以输出信号的幅度值显示；
- F. 当模式为 Vout/ Vin 时，需要设置幅度轴类型（线性或对数）。模式为 Vout 时，需要设置单位（Vpp、Vrms、dBV、dBu、dBm 或 Arbitrary dB）；

相位设置

对波特图的相位坐标轴进行设置。触摸 **显示** > **相位**，可调出相位设置对话框。



- A. 自动设置。根据输出信号相位曲线，示波器自动设置档位和参考电平
- B. 设置相位的参考位置
- C. 设置相位坐标轴档位
- D. 设置参考电平。即相位坐标轴的最大值
- E. 设置相位单位（Degree 或 Rad）

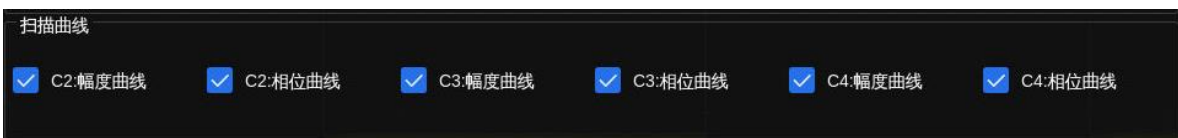
光标

本设备支持使用光标协助测量波特图曲线。波特图的光标使用方法同普通光标，请参考“光标测量”一节。触摸 **显示** > **光标**，可调出光标设置对话框。



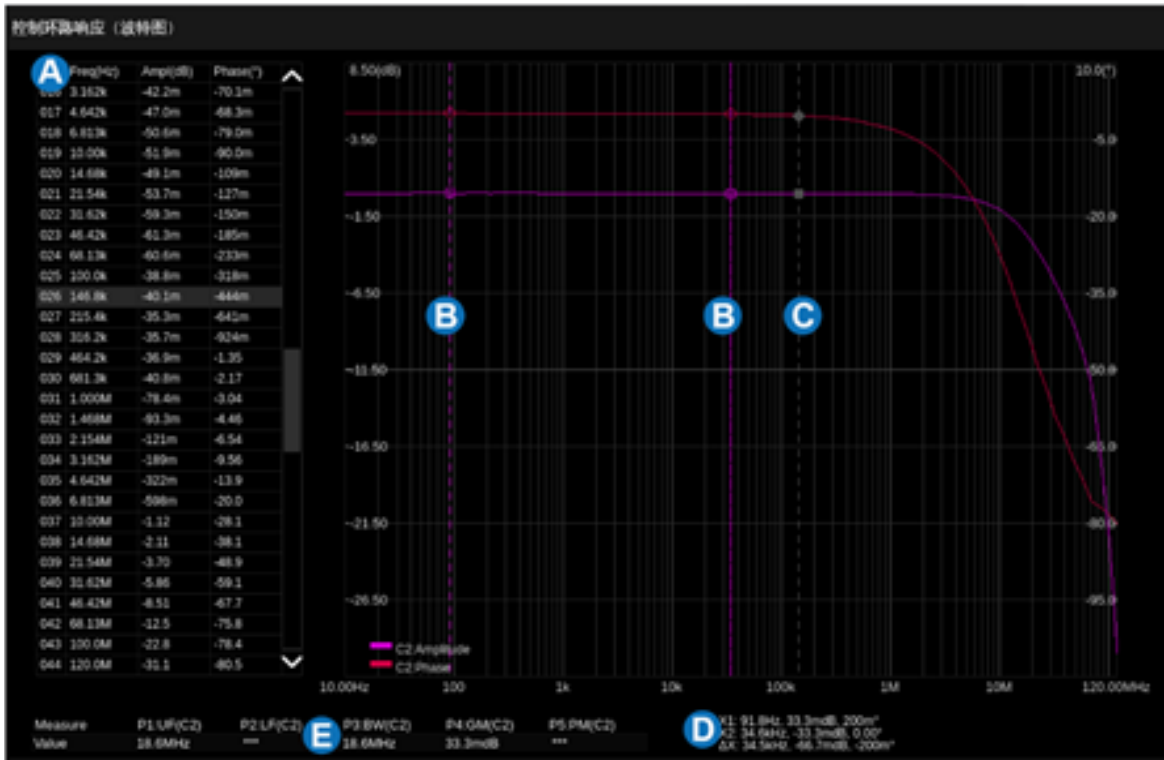
扫描曲线

当有多个输出信号接入时，波特图界面会同时显示所有输出信号的幅度、相位曲线，用户可通过开启\关闭其他扫描曲线，以便观察特定曲线的细节。触摸 **显示** > **扫描曲线**，可调出扫描曲线设置对话框。



31.4 数据分析

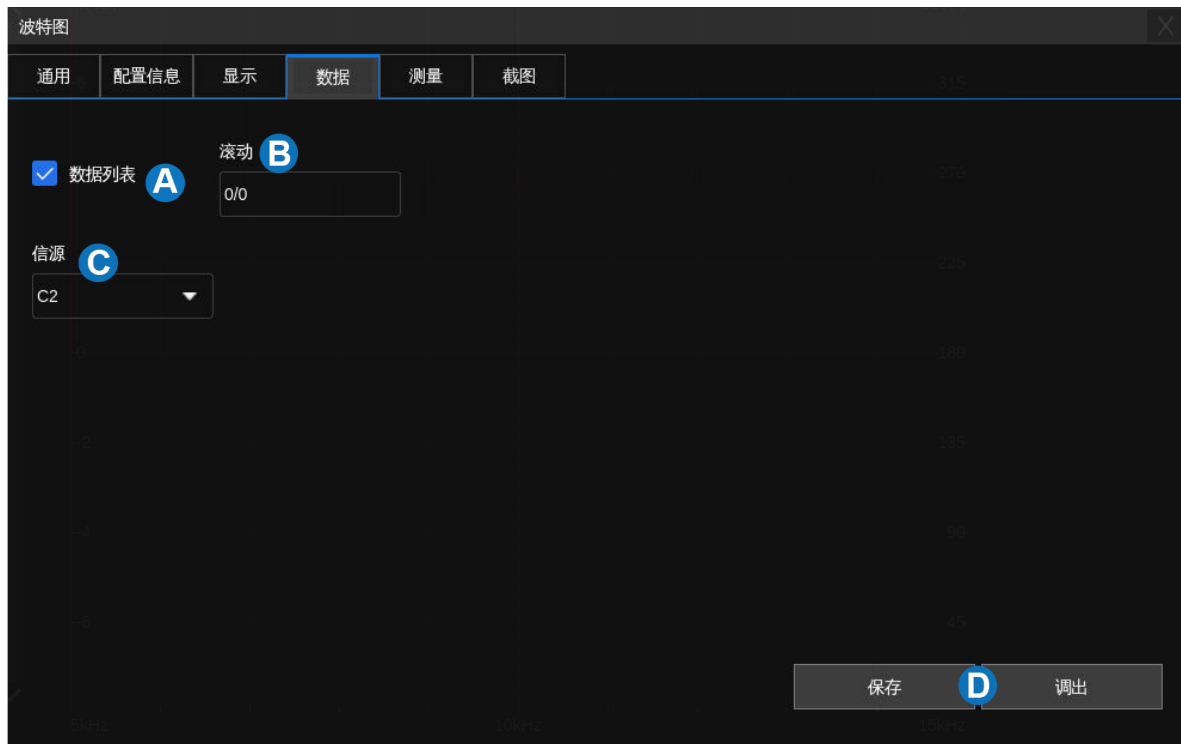
借助数据列表、光标测量、自动测量功能，即可对波特图曲线进行详细分析。数据列表提供每个扫描点的信息，使用光标线可灵活测量曲线各个位置的变化情况，自动测量功能可对波特图曲线的 5 个参数：上限截止频率（UF）、下限截止频率（LF）、带宽（BW）、增益裕度（GM）、相位裕度（PM）进行测量。



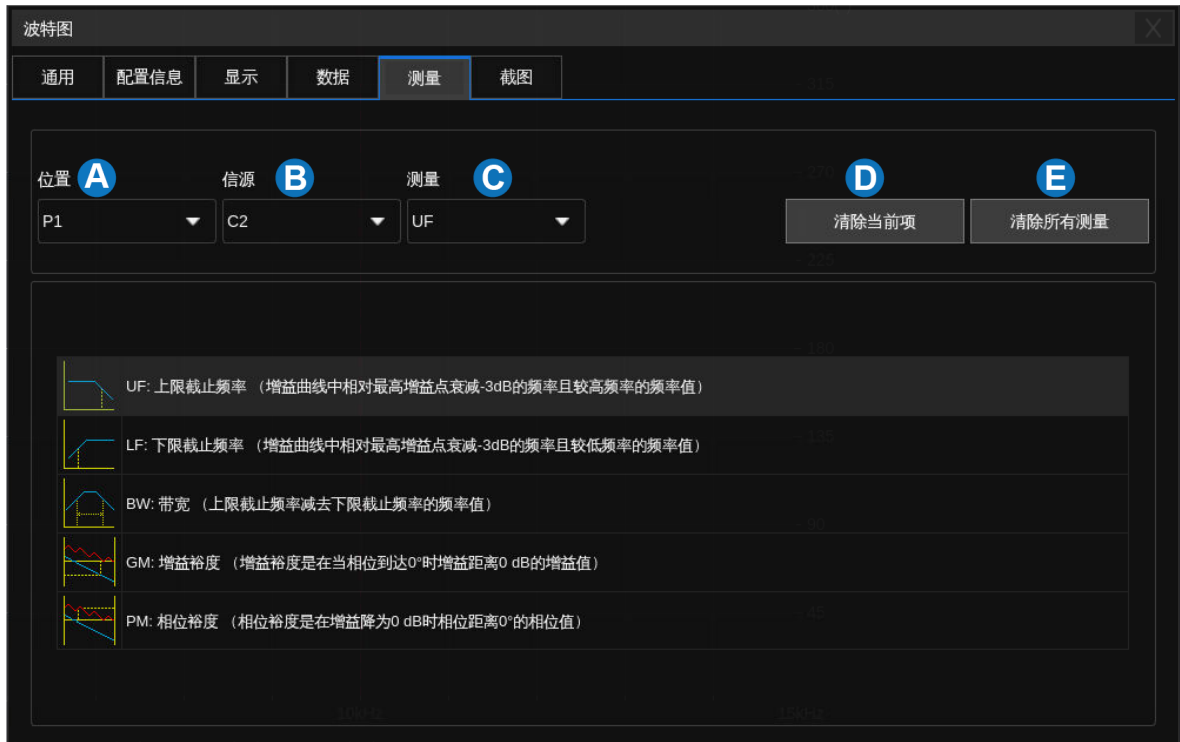
- A. 数据列表显示区域
- B. 测量光标线
- C. 数据点定位线
- D. 光标信息显示区域
- E. 测量参数显示区域

数据列表

触摸 **数据** 即可调出数据列表设置对话框。



- A. 打开或关闭数据列表
- B. 设置列表选中行。触摸该区域后，调节万能旋钮进行设置，也可直接触摸列表显示区域选中特定行
- C. 设置数据信源
- D. 保存、调出数据。波特图数据 (*.csv) 的存储和调用和设置文件类似，详见“存储和调用”一章



- A. 设置测量项位置，最多支持 5 个测量项
- B. 设置测量信源
- C. 设置测量参数区域。在测量选项框下拉菜单中选择测量参数，或者触摸各项参数区域激活测量参数，在此图中，“上限截止频率”已激活
- D. 清除所有测量
- E. 清除 **A** 所设置的测量项

例如要分别添加上限截止频率（CH2）、增益裕度（CH3）两个测量项，可按下述步骤操作：

测量 > 位置 > 信源 > 上限截止频率

测量 > 位置 > 信源 > 增益裕度

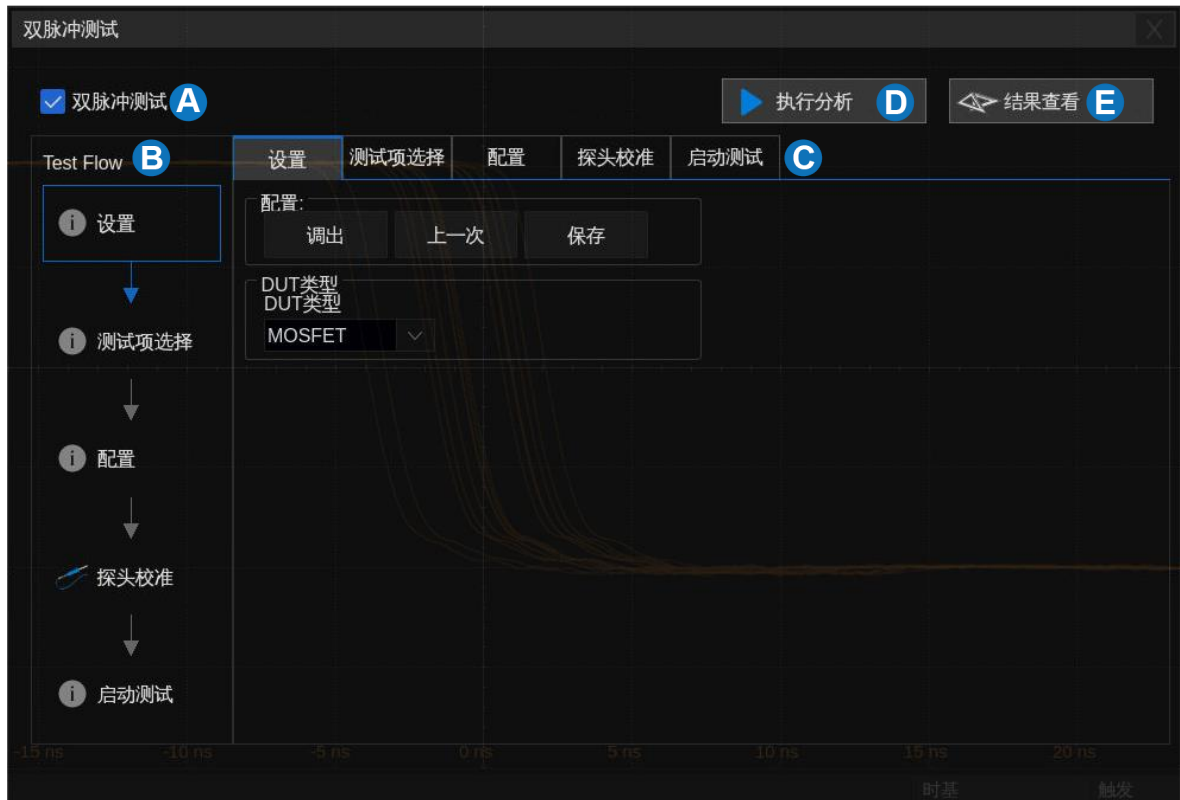
32 双脉冲测试

32.1 概述

双脉冲测试(Double Pulse Test)是分析 MOSFET 和 IGBT 等功率开关器件动态特性的常用测试，通过双脉冲测试可以便捷的评估功率器件的性能，获得稳态和动态过程中的主要参数，更好的评估器件性能，优化驱动设计等。使用双脉冲测试功能还需要用到下述设备：

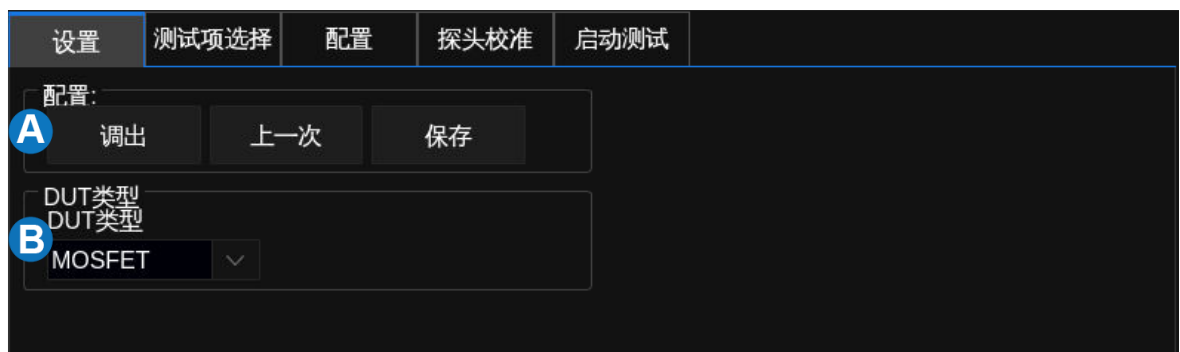
- 高压电源 (SPS6000X 系列)，是一款可提供宽范围单路输出，限定功率的可编程直流开关电源。该机型具备 200 V 额定输出电压，25 A 电流，1500 W 的最大输出功率。
- 栅极驱动电路的电源 (SPD4000X 系列)，该系列包含 3 种机型，具有最多四组独立输出，具备 32 V、12 V、30 V 额定输出电压，设置最小分辨率为 1mV/1mA，总输出功率包含 240 W，285 W，400 W。
- 栅极驱动器 (SDG1000X Plus 系列)，内置多脉冲输出，可生成至少 2 中不同的脉冲宽度，这些脉冲可作为驱动信号输出到驱动板栅极，以触发 MOSFET、IGBT 等功率器件并开始电流传导。生成具有所需幅度和脉冲宽度的双脉冲信号。向功率器件的栅极驱动器提供输出激励，以测量器件的开关、定时、电容和反向恢复参数。
- 高压差分探头 (Siglent DPB 系列)：用于测量高侧或低侧电压 V_{ds} 。DPB5000 系列高压差分探头是针对高压差分信号的测量，满足浮地测量的需求。其带宽达到 100MHz，满足了大部分测试系统的需要。
- 电流探头 (Siglent CP 系列)：用于测量高侧或低侧电流 I_d 、高侧 I_{rr} 。CP5000 系列电流探头是一款能够同时测量直流和交流的高频电流探头。其特点包括：高带宽，可准确快速捕捉电流波形；高精度，在电流测量量程范围内，精度高达 1%，满足大部分测试领域的需要。
- 无源探头：用于测量高侧或低侧电压 V_{gs}
- Siglent DF2001A 台式夹具：对示波器通道、探头间的时滞校准。

执行 **分析** > **双脉冲** 即可调出双脉冲测试的设置对话框：



- A. 开启/关闭测试
- B. 测试流程图，点击各步骤可进入对应设置菜单
- C. 测试配置菜单页
- D. 完成测试配置后，点击执行测试分析
- E. 查看测试分析结果，也可生成测试报告保存到内部或外部存储器

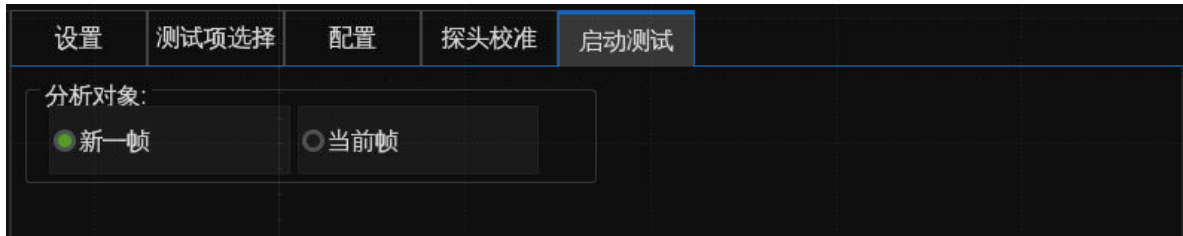
点击 **设置** 进入页面：



- A. 配置调出或保存，包含：DUT 类型、测试项选择、各测试项的配置参数。点击 **调出** 进入文件管理器选择已保存的配置调出；点击 **上一次** 直接调出上一次执行分析时的配置；点击 **保存** 将当前配置保存至内部或外部存储器

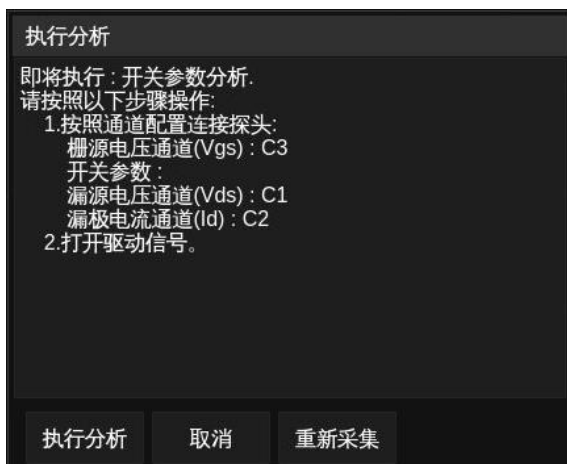
B. 选择待测开关器件类型，MOSFET 或 IGBT

参考“测试项配置”章节完成测试选择和配置后，点击 **启动测试** 进入页面，设置分析波形：



- 新一帧：示波器根据通道配置自动设置参数采集信号，再执行分析。
- 当前帧：用户按照通道配置手动采集一帧信号，再执行分析。

点击 **执行分析**，请按照提示信息进行操作：



按“新一帧”分析



按“当前帧”分析

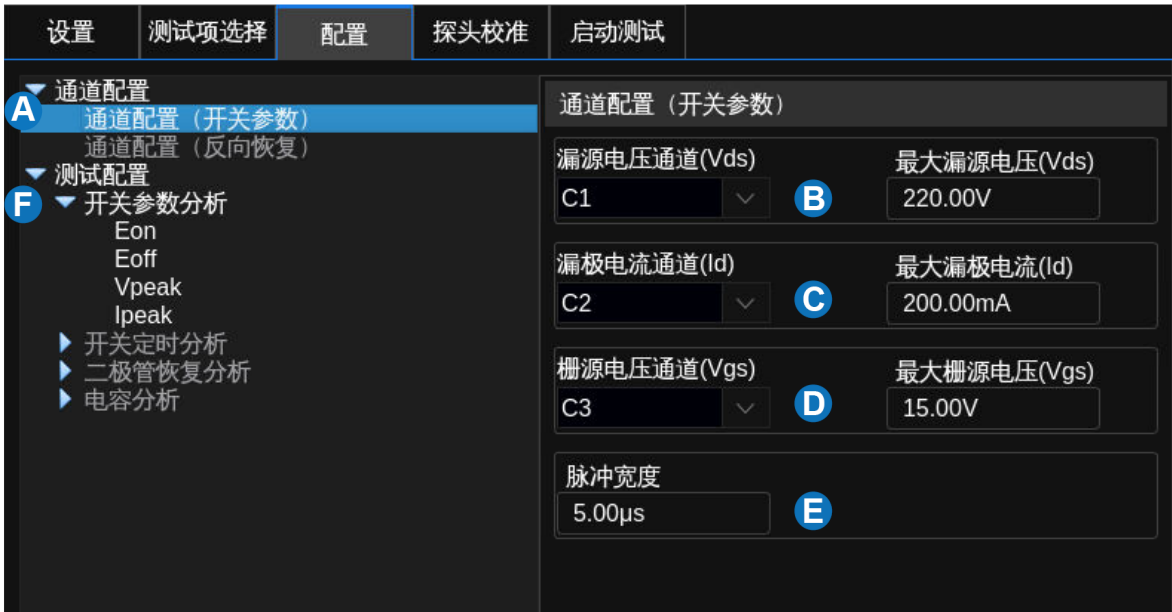
32.2 测试项配置

双脉冲测试支持以下参数分析：开关参数、开关定时、二极管恢复和电容分析。

点击 **测试项选择** 进入页面，根据需求勾选测试项目。



点击 **配置** 进入页面，点击 **通道配置** 调出通道配置框：



- A. 通道配置，示波器将根据此处设置对分析项进行自动测量。当前仅支持单侧开关参数分析，请根据需求更换测试接线。
- B. 设置漏源极电压通道及最大电压，“新一帧”执行分析时，示波器根据最大电压设置相应通道垂直参数
- C. 设置漏极电流通道及最大电流，“新一帧”执行分析时，示波器根据最大电流设置相应通道垂直参数

- D. 设置栅源极电压通道及最大电压，“新一帧”执行分析时，示波器根据最大电压设置相应通道垂直参数、触发参数
- E. 设置驱动信号脉冲宽度，“新一帧”执行分析时，示波器根据脉冲宽度设置水平时基
- F. 已选测试项在此处会高亮提示，点击即可配置测试项的测量参数。在不同的测试项中可能需要进行不同的配置，详见以下小节介绍。

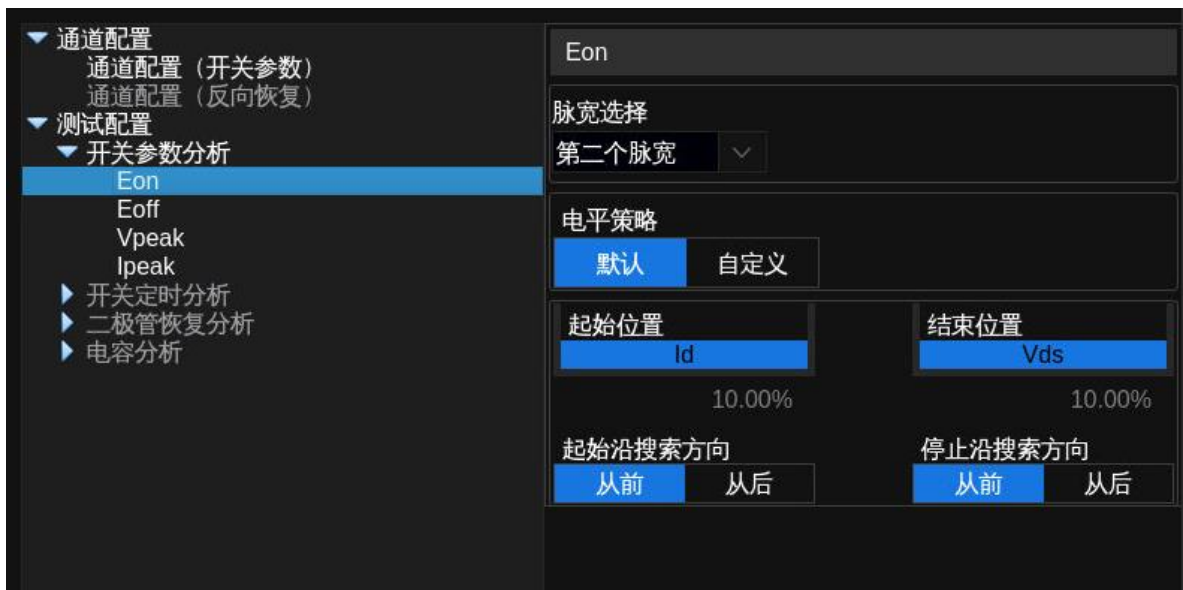
32.2.1 开关参数分析

开关参数分析包含以下测量项目：

导通电量 Eon -- 测量功率器件在导通区域中耗散的电能。默认在标准定义的第二个脉宽上测量。

MOSFET 的导通电量是指在导通条件下或指定电平期间，从 I_d 的 10% 到 V_{ds} 的 10% 计算的功率波形的积分。

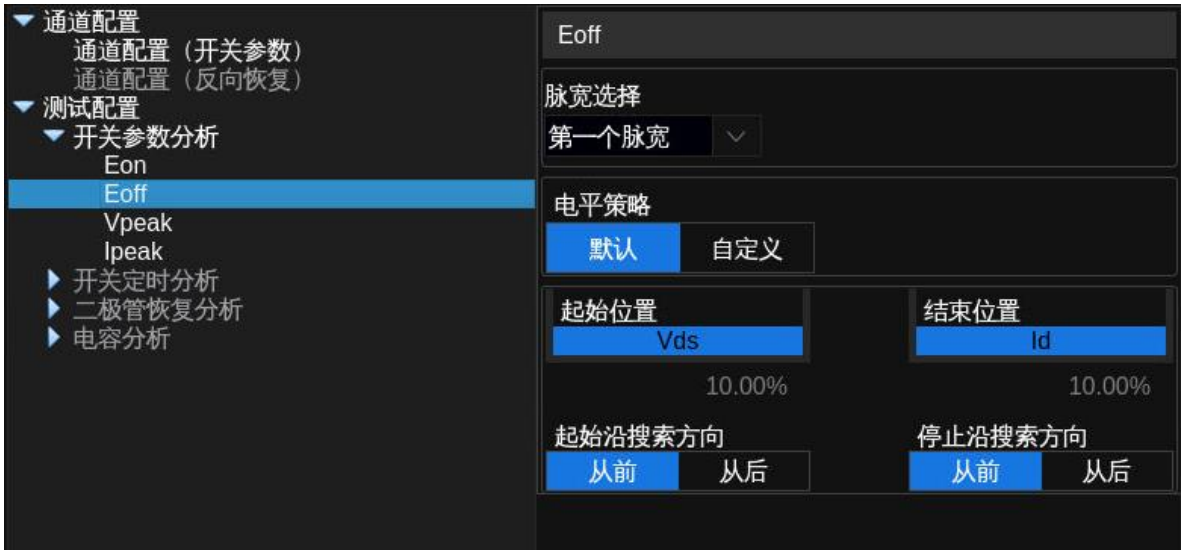
IGBT 的导通电量是指在导通条件下或指定电平期间，从 V_{ge} 的 10% 到 V_{ce} 的 2% 计算的功率波形的积分。



关断电量 Eoff -- 测量功率器件在关断区域中耗散的电能。默认在标准定义的第一个脉宽上测量。

MOSFET 的关断电量是指在关断条件下或指定电平期间，在 V_{ds} 的 10% 与 I_d 的 10% 之间计算的功率波形的积分。

IGBT 的关断电量是指在关断条件下或指定电平期间，从 V_{ge} 的 90% 到 I_c 的 2% 计算的功率波形的积分。



电压峰值 Vpeak -- 测量功率器件在关断区域中的峰值电压，参数配置同 Eoff。

电流峰值 Ipeak -- 测量功率器件在导通区域中的峰值电流，参数配置同 Eon。

32.2.2 开关定时分析

开关定时分析包含以下测量项目：

导通延时 Td(on) -- 测量功率器件在导通区域中的导通延时时间。参数配置同 Eon。

MOSFET 的导通延时时间是指在导通条件下或指定电平期间，Vgs 增加 10% 到 Vds 减少 90% 之间的时间间隔。

IGBT 的导通延时时间是指在导通条件下或指定电平期间，Vge 增加 10% 到 Ic 增加 10% 之间的时间间隔。

关断延时 Td(off) -- 使用配置的电平来测量功率器件在关断区域中的关断延时时间。参数配置同 Eoff。

MOSFET 的关断延时时间是指在关断条件下或指定电平期间，Vgs 减少 90% 到 Vds 增加 90% 之间的时间间隔。

IGBT 的关断延时时间是指在关断条件下或指定电平期间，Vge 减少 90% 到 Ic 减少 90% 之间的时间间隔。

上升时间 T_r -- 使用配置的电平来测量功率器件在导通区域中的上升时间。参数配置同 E_{on} 。

MOSFET 的上升时间是指在导通条件下或指定电平期间， V_{ds} 的 90% 与 10% 之间的时间间隔。

IGBT 的上升时间是指在导通条件下或指定电平期间， I_c 的 10% 与 90% 之间的时间间隔。

下降时间 T_f -- 使用配置的电平来测量功率器件在关断区域中的下降时间。参数配置同 E_{off} 。

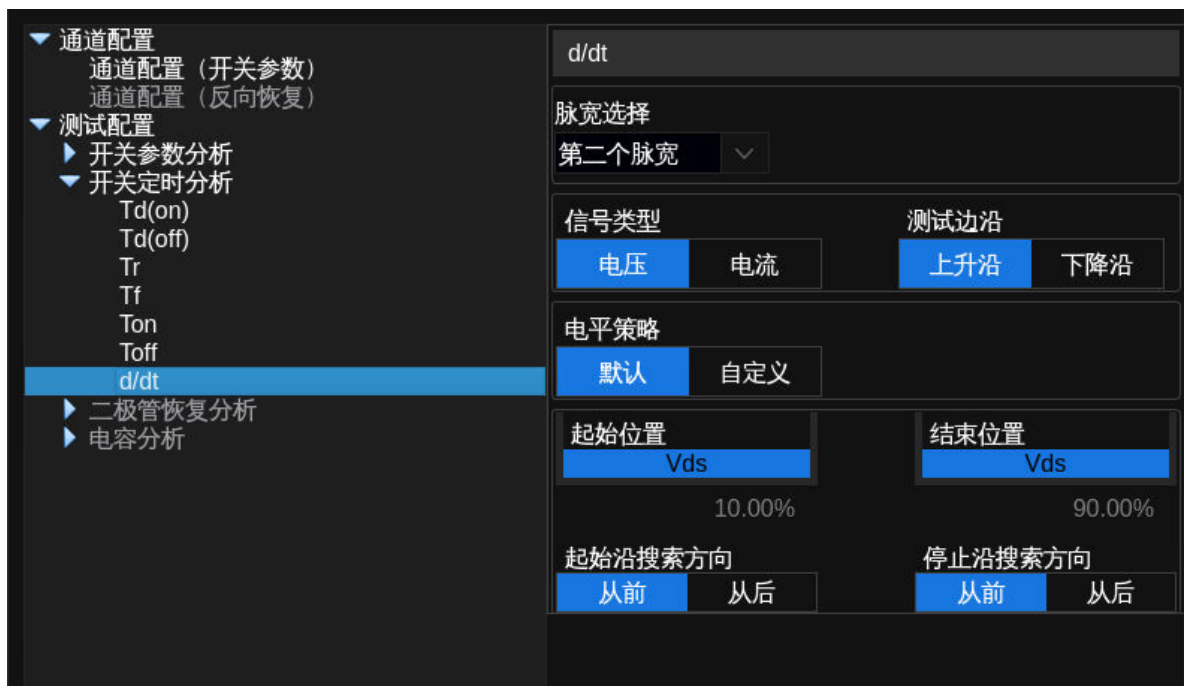
MOSFET 的下降时间是指在关断条件下或指定电平期间， V_{ds} 的 10% 与 90% 之间的时间间隔。

IGBT 的下降时间是指在关断条件下或指定电平期间， I_c 的 90% 与 10% 之间的时间间隔。

T_{on} -- 测量功率器件的导通时间。 $T_{on} = T_d(on) + T_r$ 。参数配置同 E_{on} 。

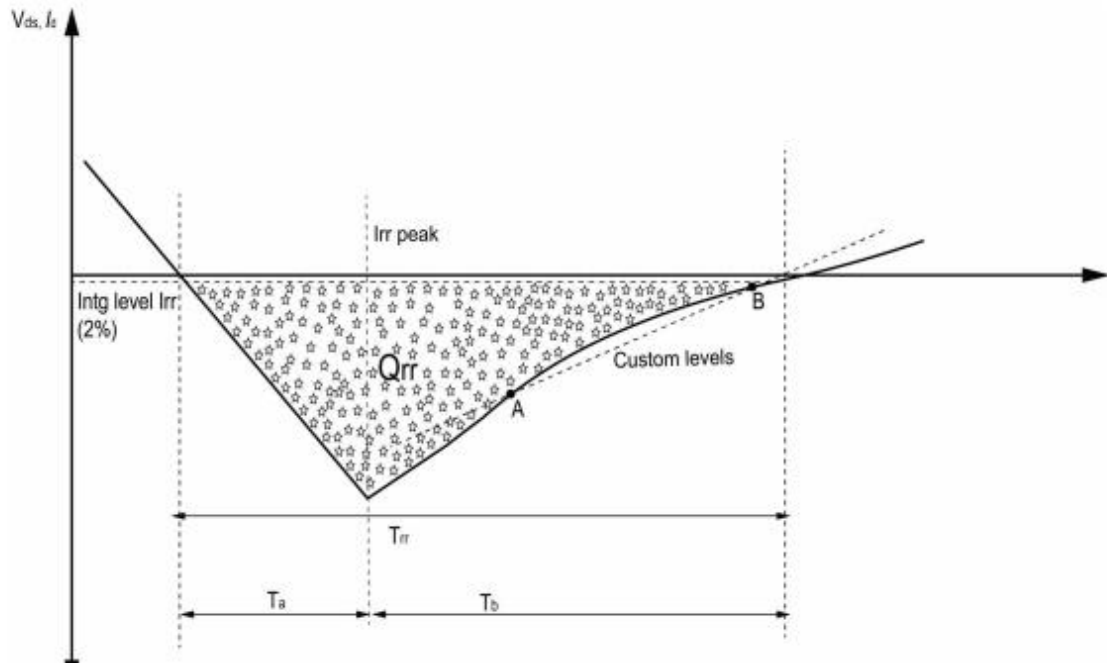
T_{off} -- 测量功率器件的关断时间， $T_{on} = T_d(off) + T_f$ 。参数配置同 E_{off} 。

d/dt -- 测量漏极到源极电压或漏极电流在指定电平之间的变化率。



32.2.3 二极管恢复分析

二极管恢复分析包含以下测量项目：



反向恢复时间 T_{rr} 使用配置的电平来测量功率器件的反向恢复时间。

(T_{rr}) 是指电流通过零点从正向切换到反向的瞬间与 A 点和 B 点之间外推反向电流达到零点的瞬间之间的时间间隔。当整流器以自身的峰值反向恢复电流 I_{rr} 进行响应时, T_{rr} 由两个时间间隔 T_a 和 T_b 组成, 如上图所示。 T_a 在正向电流向下倾斜并与零电流轴相交时开始, 在整流器 I_{rr} 峰值响应点结束。

反向恢复电荷 Q_{rr} 使用配置的电平来测量功率器件中的反向恢复电荷。

(Q_{rr}) 是当功率器件从指定的正向电流条件切换到具有正向偏置栅极条件的指定反向电压条件时, 在单个集电极电流或漏极电流脉冲的指定积分时间期间从功率器件恢复的总电荷。

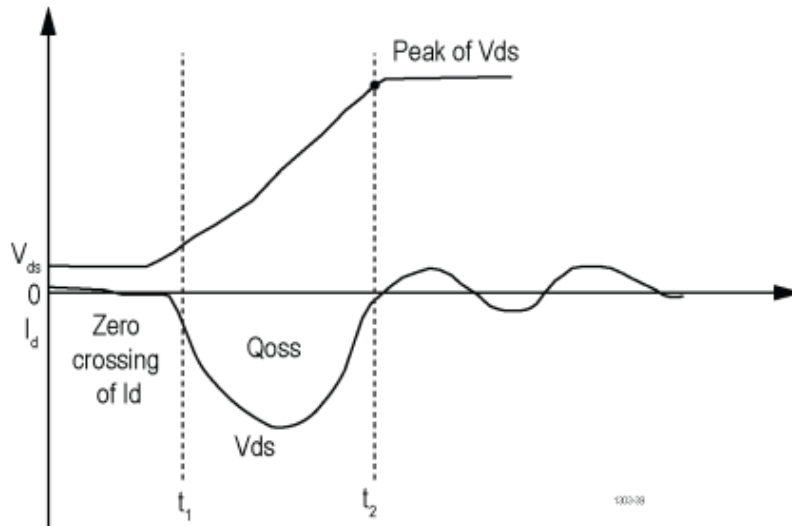
反向恢复电能 E_{rr} 使用配置的电平来测量功率器件中耗散的反向恢复电能。

反向恢复电流 (I_{rrm}) 是在反向恢复时间间隔内发生的最大反向电流。

二极管 d/dt 测量反向恢复电压或电流在指定电平之间的变化率。可在上升沿或下降沿期间测量二极管 d/dt 。

32.2.4 电容分析

Q_{oss} 测量在每个开关周期中必须提供给功率器件的寄生输出电容的电荷。



$$Q_{oss} = - \int_{t_1}^{t_2} i_r(t) dt$$

其中：

t1 是指电流通过零点时的时刻。

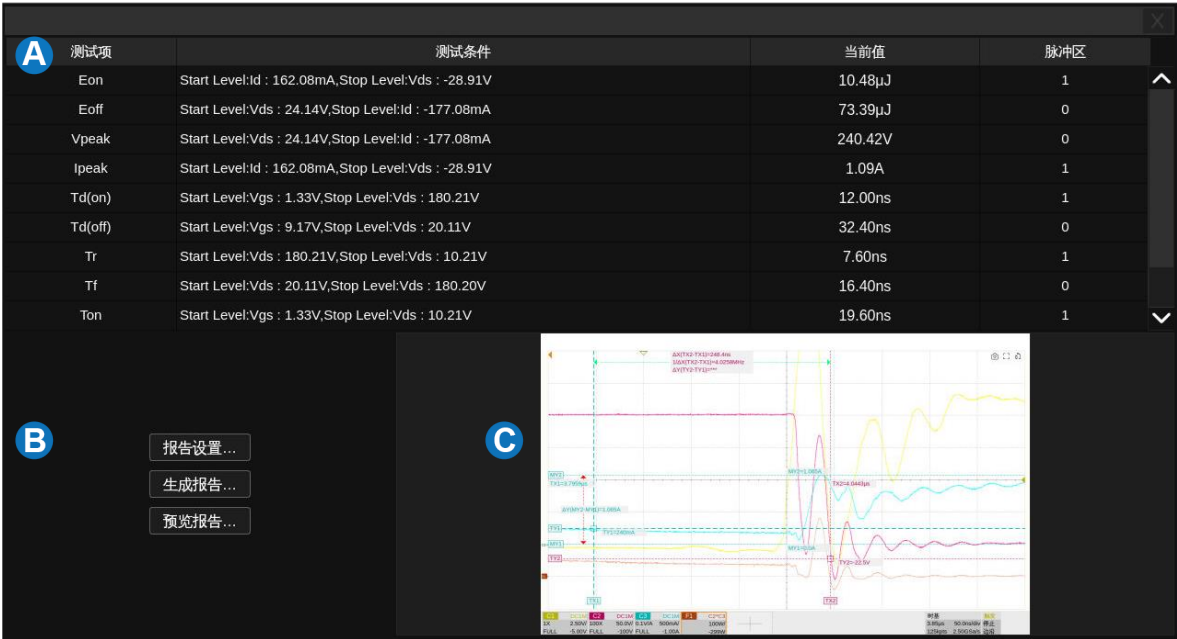
t2 是指定的时间间隔，最好是在 Vds 达到峰值电压的 90%时。

32.3 探头校准

电压/电流相对较小的时滞可引起较大的测量错误，通过时滞校准，以此纠正示波器或探头时滞。当功率器件为 MOSFET 时，对 Vds 电压通道和 Id 电流通道计算时滞；功率器件为 IGBT 时，对 Vce 电压通道和 Ic 电流通道计算时滞。可结合 DF2001A 测试板进行校准，参考电源分析中的“开关损耗”一节，了解更多时滞校准的详细信息。

32.4 结果查看

测试分析完成后，点击对话框中 **结果查看**，查看本次测试结果。



- A. 测试项目显示区，概要提供各测试项目的测试条件、测量当前值、测试脉冲区
- B. 报告设置区域，
- C. 测试截图显示区。点击测试项目后即可显示对应截图，点击图片放大显示，可以查看测试波形的细节

每执行一次分析，测试结果将会被覆盖。如需保留本次测试结果，可进行报告保存。点击 **报告设置**，在弹出的对话框中编辑测试信息。点击 **生成报告** 选择保存路径，点击 **预览报告** 可在示波器上查看完整报告。

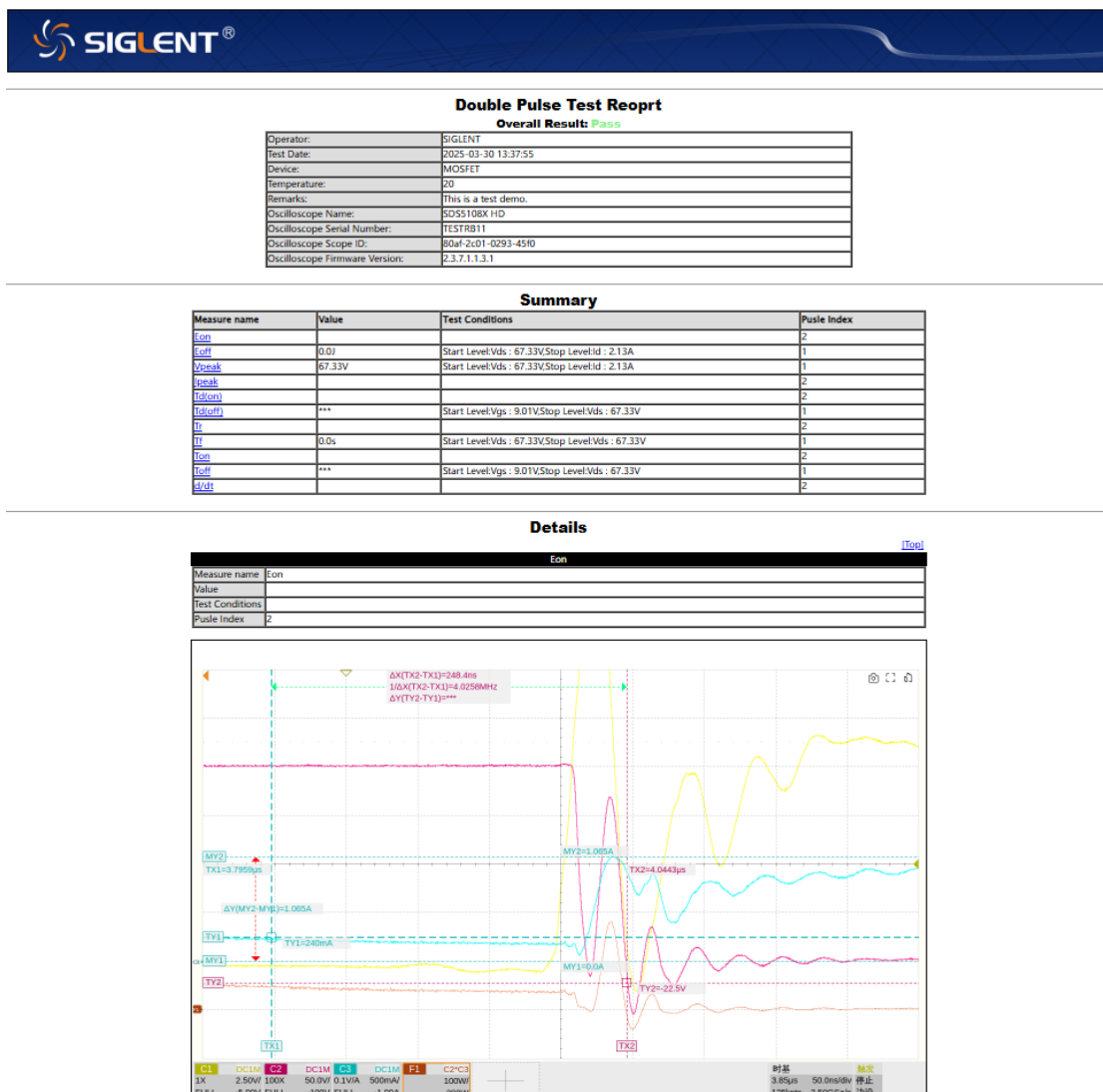
The 'Report' dialog box contains the following fields and controls:

- A 测试人员:** Input field for the tester's name.
- B 被测设备:** Input field for the device under test.
- C 测试温度:** Input field for the test temperature.
- D 备注:** Text area for additional notes.
- E** ☐ Test Conditions
- F 报告文件类型:** Dropdown menu set to 'HTML'.

- A. 编辑测试人员姓名

- B. 编辑被测设备信息
- C. 编辑测试环境温度
- D. 编辑其他备注信息
- E. 勾选测试条件后，测试报告中将会显示个测试项目的测试条件
- F. 选择报告格式,HTML 或 XML。保存成 HTML 格式时,会生成*.html 文件和同名文件夹 (*.file)，如需拷贝，需要将两个文件一同拷贝至同一路径下。

测试报告包括所有测试结果的摘要表，点击测试项名称可快速跳转至详细信息页面，详细信息页面包括一个相关测试波形的屏幕截图。如需返回摘要表，可点击右上角 [Top](#) 链接。

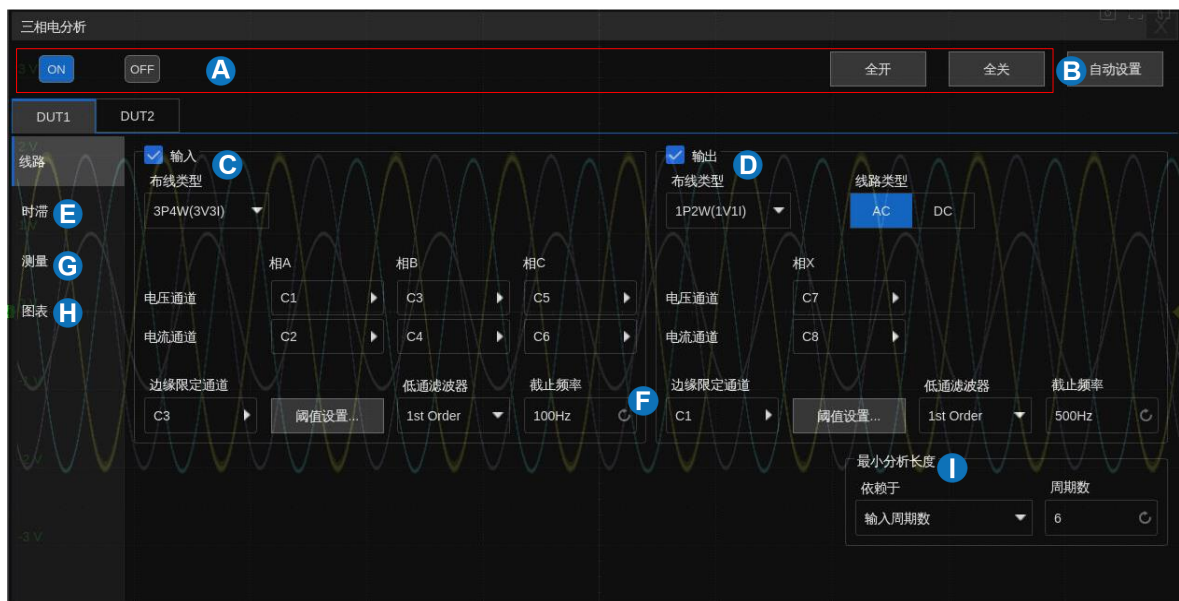


33 三相电分析

33.1 概述

本设备支持三相电分析功能，三相电分析可以帮助用户快速轻松地分析三相电电源、三相交流转换器、三相交流负载等设备的关键参数，支持的测量和分析内容包括：电能质量、浪涌分析、电压谐波、电流谐波、效率分析。使用三相电分析功能需要准备差分电压探头（如 Siglent DPB 系列）、电流探头（Siglent CP 系列）、示波器安装软件选件 SDS5000HD-PA3。选件的安装，请参考“安装选件”小节。

执行 **分析** > **三相电分析** 即可调出三相电分析的设置对话框：



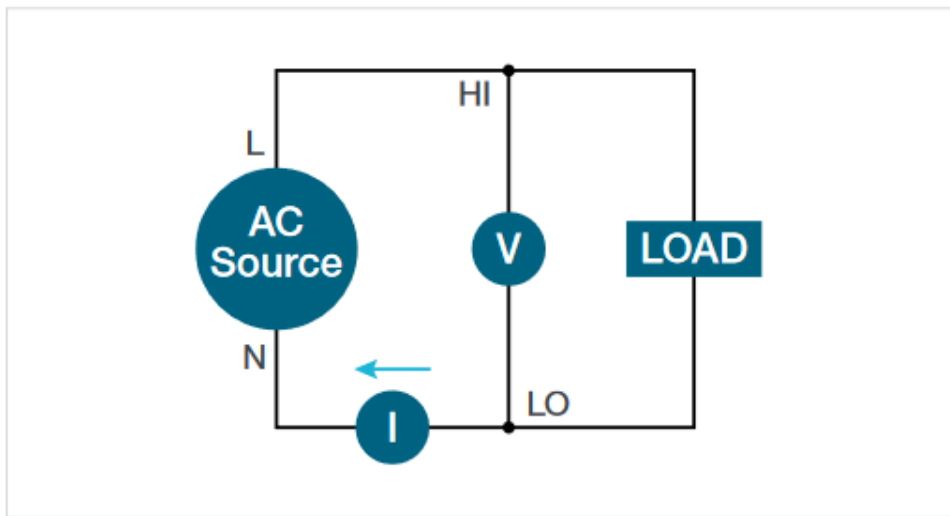
- A. 开启/关闭 DUT。点击全开/全关，可一键开启/关闭所有 DUT
- B. 根据已开启 DUT 的最小分析长度的最大值设置时基，并自动设置通道的垂直参数
- C. 输入信号布线类型设置
- D. 输出信号布线类型设置
- E. 通道时滞设置，调整通道间时滞，时滞设置范围[-100ns, 100ns]
- F. 输入输出通道均需设置边缘限定通道和低通滤波。边缘限定通道设置期望选取的测量参考通道，根据低通滤波器参数对测量的信号做低通滤波
- G. 测量项设置
- H. 选择测量项后，可设置图表展示测量结果
- I. 信号分析长度设置

**注：**

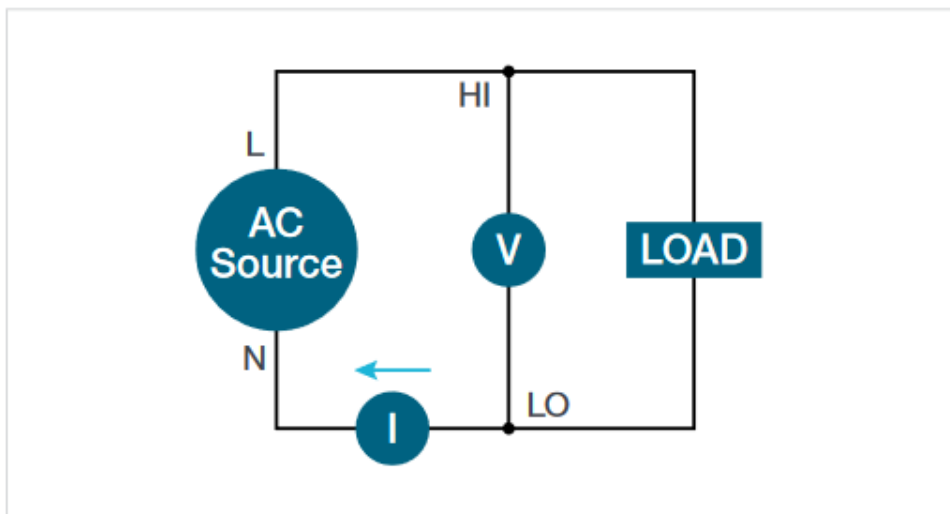
由于供/配电系统中的中性线并不总是接地，所以测量电压时不能使用非隔离电压探头的地线夹子（与大地连接）直接连接中性线，否则有触电/烧毁仪器设备的风险！

布线类型

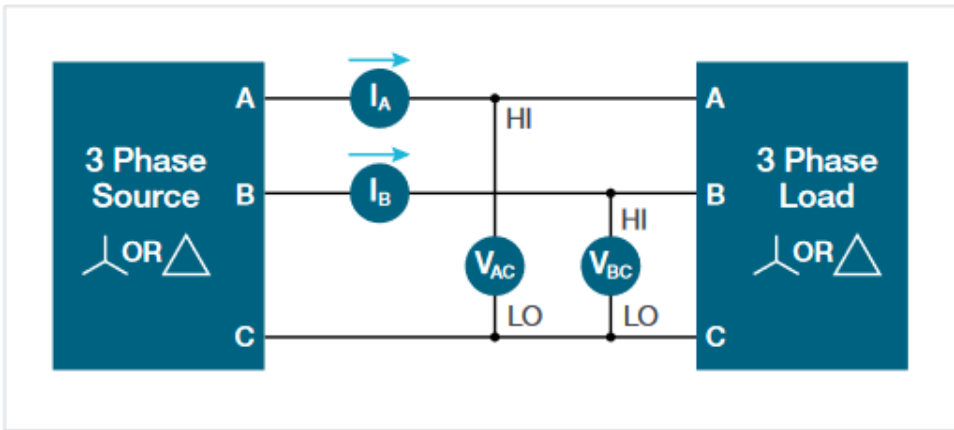
单相两线（1P2W）可设置（1V1I），两相三线（2P3W）可设置（2V2I），三相三线（3P3W）可设置（2V2I、3V3I），三相四线（3P4W）可设置（3V3I），布线类型图示如下：



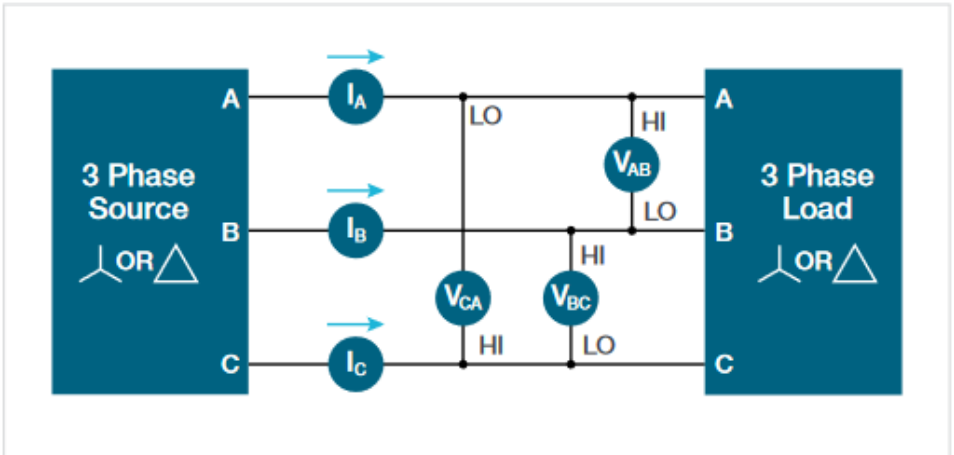
单相两线(1V1I)



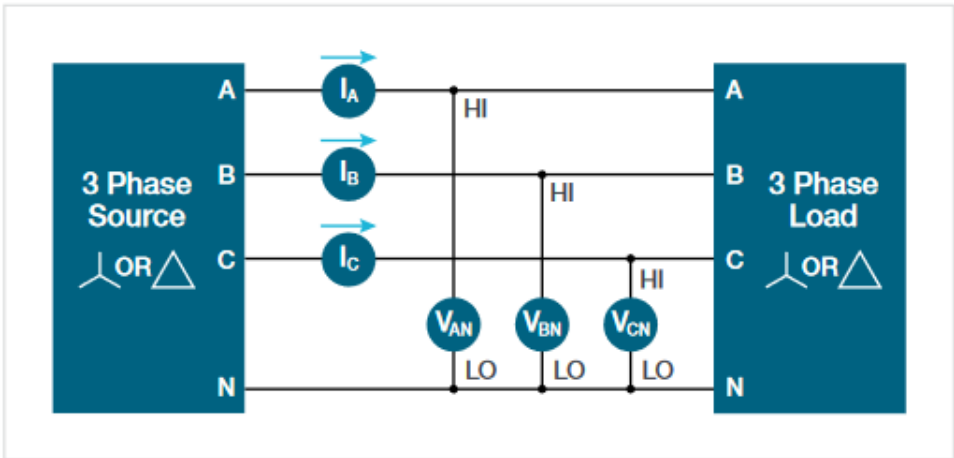
两相三线(2V2I)



三相三线 (2V2I)



三相三线 (3V3I)



三相四线 (3V3I)

33.2 时滞校准

时滞校准功能主要用于确保信号在输入通道之间的相对时间关系准确无误，通过时滞校准，以此纠正示波器或探头时滞。时滞校准最初应执行一次，并在硬件设置的任何部分发生变化（例如，不同的探头、不同的示波器通道等）或环境温度发生变化时重新运行。可结合 DF2001A 测试板进行校准，参考电源分析中的“开关损耗”一节，了解更多时滞校准的详细信息。

时滞校准以设置的边缘限定通道为基线，手动调节各通道校准值区域进行手动校准，也可点击 **校准** 进行自动校准。自动校准失败时，校准按键将以红色字体显示。



33.3 测量项设置

点击 DUT 页面左侧 **测量** 进入测量项设置对话框：



- A. 输入输出线路效率分析项
- B. 输入线路测量项
- C. 设置输入线路电流频率、电流谐波分析标准
- D. 设置输入线路电压频率、电压谐波分析标准
- E. 输出线路测量项
- F. 设置输出线路电流频率、电流谐波分析标准
- G. 设置输出线路电压频率、电压谐波分析标准

33.3.1 电能质量

该项测量包括：频率，电压和电流的有效值、幅值、波峰因数，有功功率，无功功率、视在功率，各相的相位。

电压有效值 V_{rms} ：在整个周期内测得的相电压有效值，相电压的数量随接线配置而变化。

电压幅值 V_{mag} ：在设备工作频率下测量得的电压幅值，工作频率是电压信号的基频。

电流有效值 I_{rms} ：在整个周期内测得的相电流有效值，相电流的数量随接线配置而变化。

电流幅值 I_{mag} ：在设备工作频率下测量得的电流幅值，工作频率是电流信号的基频。

电压波峰因数：电压峰值与电压有效值之比。

电流波峰因数：电流峰值与电流有效值之比。

有功功率：交流电路中一个周期内发出或消耗的瞬时功率的平均值，也叫“平均功率”，符号为 P ，

单位为瓦特 (W)

视在功率：电路系统中表征线路/系统容量的量，其大小等于电压有效值和电流有效值的乘积，计算公式： $S=U \cdot I$ ，单位为伏安 (VA)

无功功率：在具有电抗的交流电路中，电场或磁场在一周期的一部分时间内从电源吸收能量、另一部分时间则释放能量，在整个周期内平均功率为 0、但能量在电源与电抗元件（电容、电感）之间不停地交换，交换功率的最大值即为无功功率。计算公式： $Q=(S^2-P^2)^{0.5}$ ，单位为乏 (Var)

33.3.2 浪涌分析

在直流总线上和在开关半导体上进行测量，提供对应于交流电压频率的有效值和峰峰值。

33.3.3 谐波分析

谐波测量将电压或电流波形分解为其正弦分量，绘制基频及其谐波的信号幅度，并测量信号的有效值和总谐波失真，可以根据 IEC 61000-3-2 标准来评估测量结果，标准类型参考电源分析中的“电流谐波”小节。

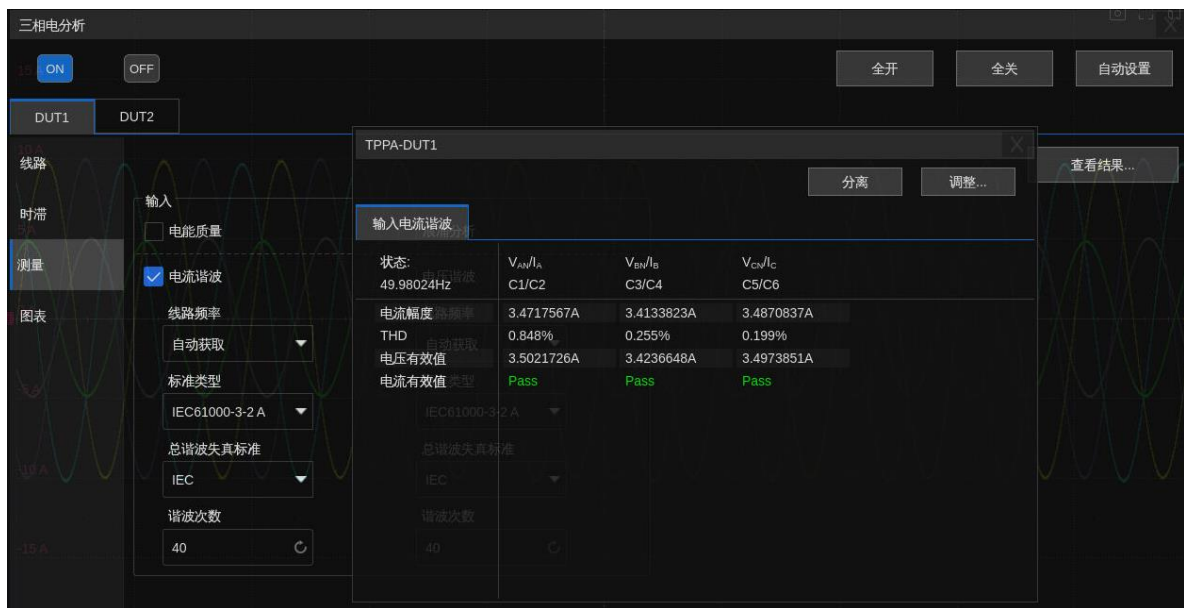
总谐波失真标准

总谐波失真是指各次谐波与在原始波形中所占比例的大小，支持用户选择 IEC 和 CSA 两种算法标准，在国内电力系统中采用的是 IEC 标准，定义为所有谐波能量和的等效有效值与基波有效值的比值，以电流谐波为例说明计算差异如下。

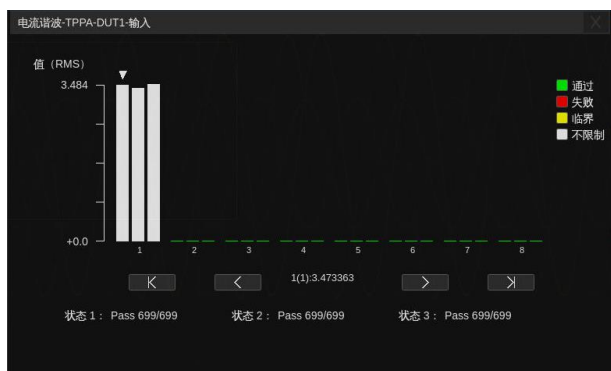
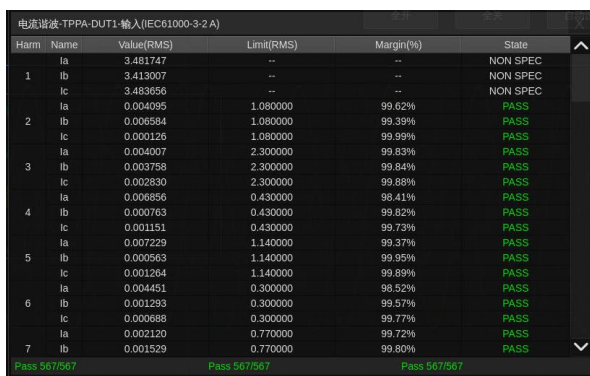
$$\text{IEC 标准的计算公式为: } \text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N I_i^2}}{I_1}$$

$$\text{CSA 标准的计算公式为: } \text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N I_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N I_i^2}}$$

谐波分析各相的测量项计算结果如下图：

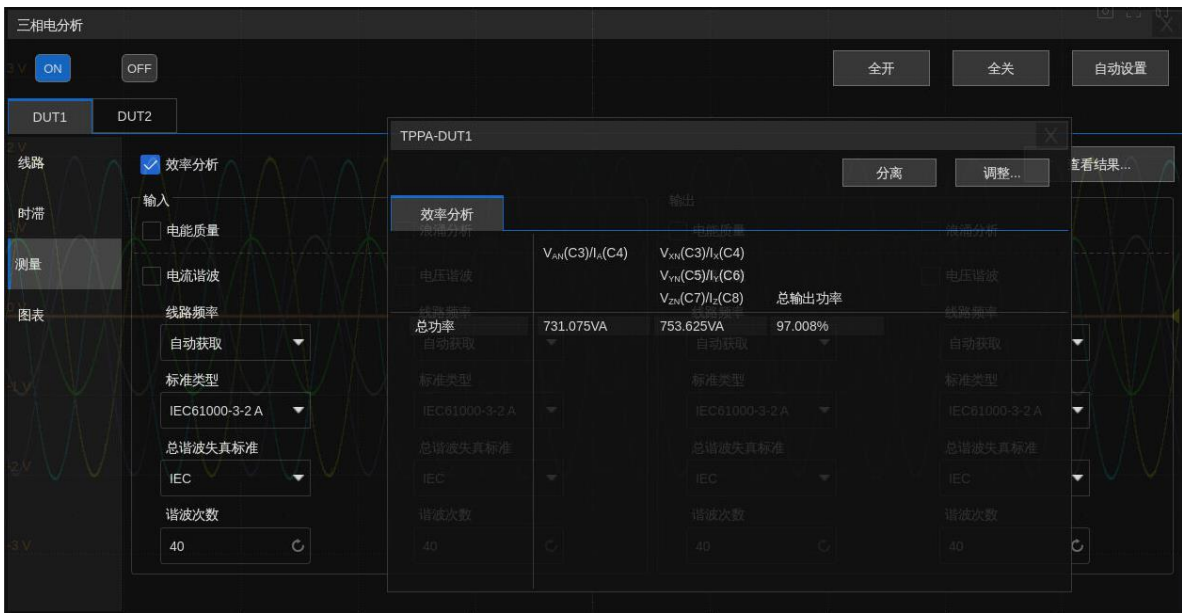


图表对话框下，勾选 **表格** 或 **柱状图** 查看各相谐波的细节，包括：谐波有效值、标准、容限及判定结果。柱状图中，谐波结果在通过条件下以绿色突出显示，在超过测试限制时以红色突出显示。



33.3.4 效率分析

效率分析测量输出功率与输入功率的比率，支持三相交流和逆变器配置的效率。在测量使用 3AC-3AC 三相交流电供电的变频器/电机驱动器的效率时，输入和输出都必须使用三相三线制（2V2I 配置），可以使用 8 个示波器通道（输入侧有 2 个电压源和 2 个电流源，输出侧有 2 个电压源和 2 个电流源）测量三相效率，该解决方案根据不同的输入和输出接线组合计算各相位的效率（对于 3V3I 配置）和系统的总（平均）效率。在测量使用直流电供电的逆变器的效率时，输入仅使用两个示波器通道（1V1I），输出可以使用三相三线制（2V2I 配置）、也可以使用三相四线制（3V3I 配置）。

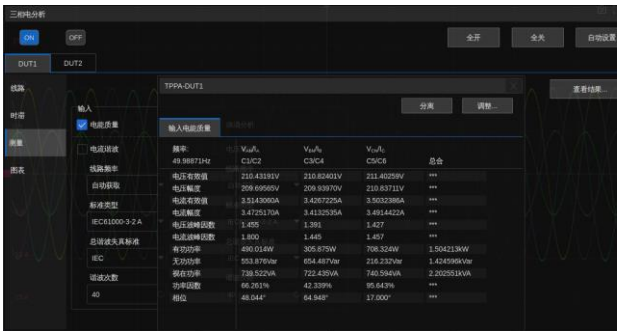


33.4 结果查看

三相电分析提供多种形式的测量结果展示形式，默认以表格显示，各测量项下支持不同的图表类型。

表格

在测量设置对话框中，点击 **查看结果** 将在同一对话框中分页展示各测量项的结果，点击 **分离** 各测量项结果将单独显示在不同的对话框中，点击 **调整** 调出三相电分析对话框。



测量结果合并显示



测量结果分离显示

趋势图

在图表设置对话框中，点击 **趋势图** 可选择指定测量项查看该参数测量值在一段时间内的变化趋势，了解该指标的长期变化情况。



趋势图的坐标调整，详见参数测量章节的“测量趋势图”一节。

轨迹图

在图表设置对话框中，点击 **轨迹图** 可选择指定测试项查看该参数测量值在一帧内的变化趋势，了解该指标的短期变化情况。



轨迹图的坐标调整，详见参数测量章节的“测量轨迹图”一节。

向量图

在图表设置对话框中，勾选 **向量图** 可直接展示电压和电流的矢量关系。



34 函数信号发生器

34.1 概述

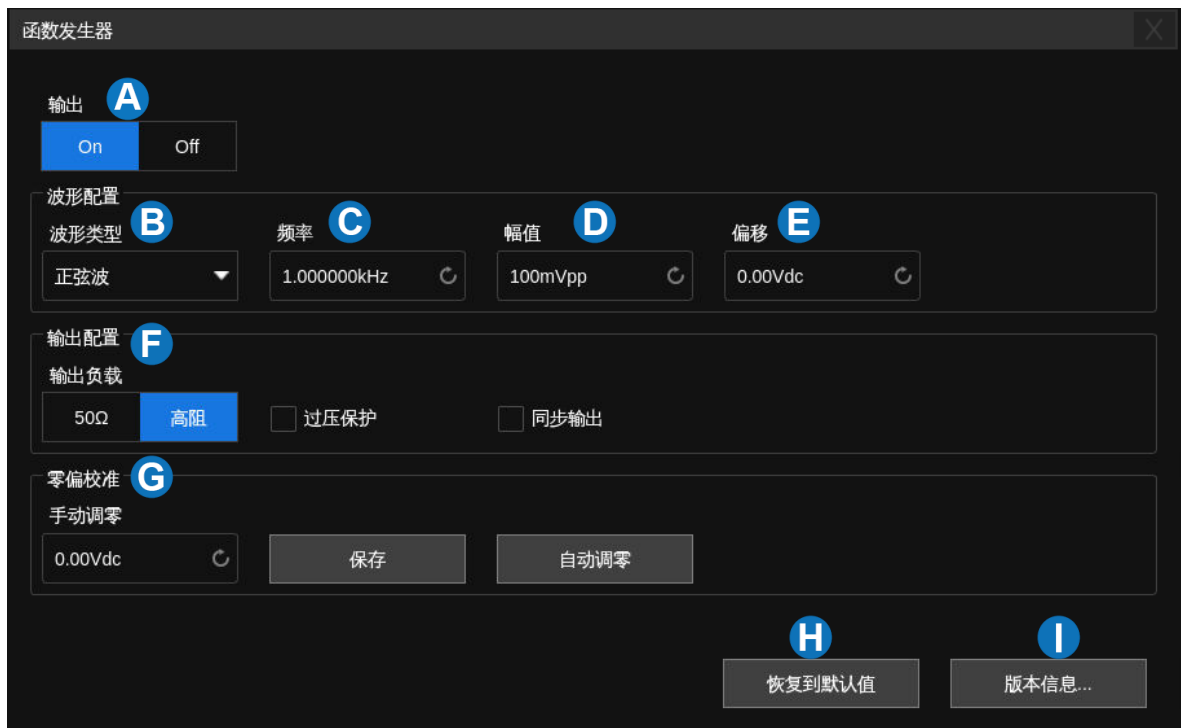
本设备支持外接波形发生器选件，该器件可方便快捷的给用户提供多种输入信号。选件共包含 SAG1021I 函数/任意波形发生器模块等。

购买选件后，可为您的示波器增加以下函数发生器功能：

- 6 种基本波形，包括正弦波、方波、三角波、脉冲波、噪声和直流
- 45 种内建任意波形和自定义任意波
- 最高 50MHz 输出频率
- -3V ~ +3V 输出幅度范围

关于波形发生器的详细指标，请参考产品数据手册。

点击菜单栏的 **功能** > **函数发生器**，即可调出函数发生器的设置对话框。



- A. 开启/关闭函数发生器输出
- B. 选择波形（正弦波、方波、三角波、脉冲波、噪声、直流和任意波）
- C. 设置输出频率
- D. 设置输出幅度

- E. 设置输出偏置
- F. 输出配置区域，包括输出负载（50Ω或高阻）、过压保护和同步输出等
- G. 零偏校准
- H. 恢复到默认值
- I. AWG 模块系统信息与固件升级

34.2 波形设置

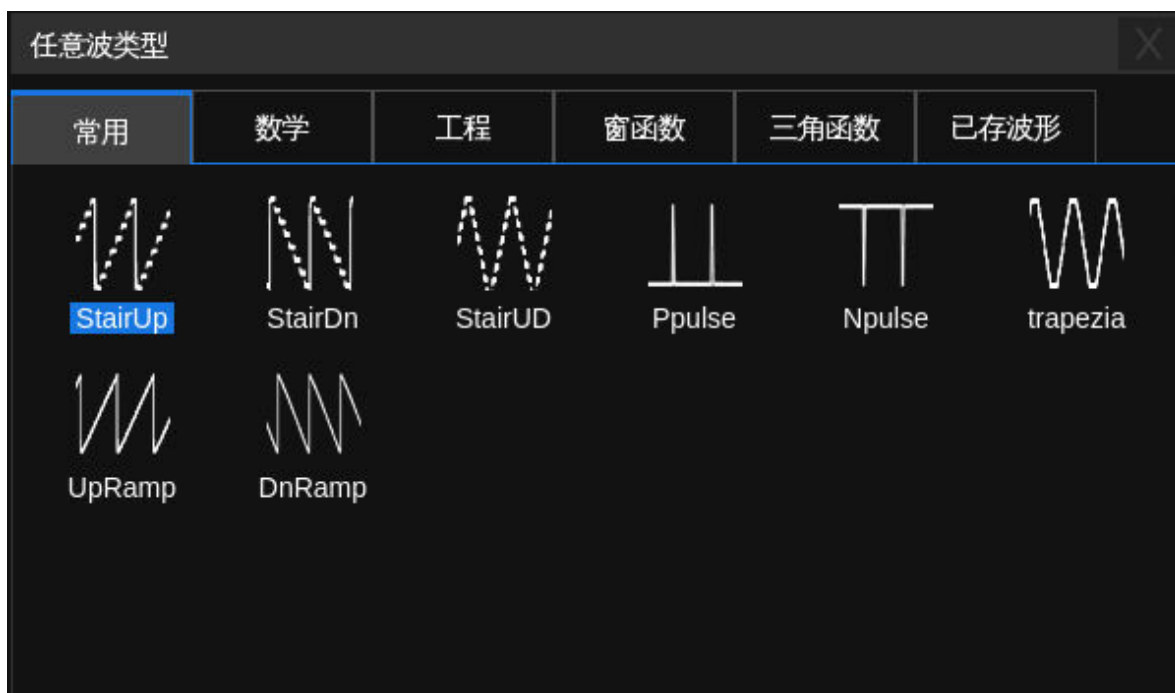
函数发生器提供 6 种标准波形和数十种任意波，标准波形分别为正弦波、方波、三角波、脉冲波、噪声和直流。下面以正弦波为例进行介绍。

下表显示所有波形类型及其对应可设置的参数。

波形类型	参数
正弦波	频率、幅度、垂直位移
方波	频率、幅度、垂直位移、占空比
锯齿波	频率、幅度、垂直位移、对称度
脉冲	频率、幅度、垂直位移、占空比
直流	垂直位移
噪声	标准差、平均值
任意波	频率、幅度、垂直位移、任意波类型

任意波类型分为两种：内建波形和已存波形。

点击对话框的 **任意波类型** 区域，可出现选择任意波的窗口：



窗口中共有 6 个标签页，点击不同的标签可选择不同分类的任意波。其中常用、数学、工程、窗函数和三角函数中存储的是内建波形。

用户可以通过上位机软件 EasyWaveX 编辑任意波形，通过远程接口发送已存波形至仪器，或通过 U 盘导入已存波形。

34.3 其它设置



- A. 选择输出负载
- B. 开启/关闭过压保护
- C. 开启/关闭同步输出
- D. 手动零偏校准

- E. 自动调零
- F. 执行恢复到出厂默认值

输出负载

所选择的输出负载值必须与所连接当前示波器通道的负载值相匹配。否则，函数发生器输出波形的幅度和偏移电平将不正确。

过压保护

过压保护打开时，当函数发生器输出电压或外部灌入函数发生器输出端口的电压绝对值大于 $4V \pm 0.5V$ 时，就会产生过压保护。同时屏幕弹出提示消息，函数发生器输出关闭。

同步输出

当同步输出打开时，函数发生器的 Aux In/Out 端口可以输出一个与基本波形 (Noise 和 DC 除外)、任意波形、同频率的 CMOS 信号，最大频率为 10MHz。

零偏校准

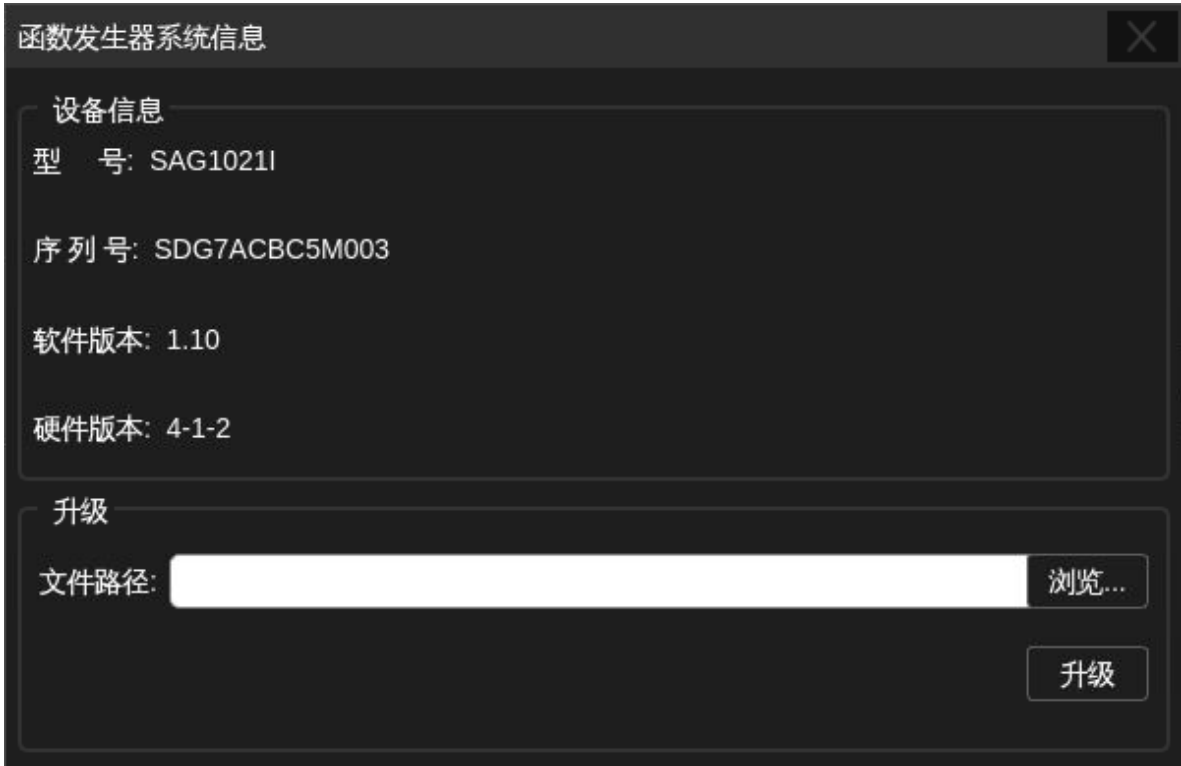
可对函数发生器进行自动调零校正和手动调零校正。函数发生器调零通过的标准是：函数发生器输出 0V DC 信号时，在示波器对应通道 1mV/div 档位测量的 mean 值在 $\pm 1mV$ 范围。

自动调零步骤：以用示波器的 C1 通道进行对函数发生器自动校正为例，函数发生器输出连接到示波器的 C1，按下 **自动调零**，机器开始进行调零动作，然后提示“调零成功！”。

手动调零步骤：可用示波器上任意一个通道进行函数发生器手动调零。以 C2 为例：

1. 函数发生器输出连接到示波器 C2，打开 C2，设置 DC 耦合，打开带宽限制，衰减比为 1X。
2. 调整 C2 通道电压档位至 1mV/div，且使得波形在示波器界面可见，打开测量，测 C2 的平均值。
3. 按下 **手动调零**，滚动鼠标中轮进行调节，使得观测到的 C2 显示的平均值在 $\pm 1mV$ 范围内，然后按下 **保存**，提示“调零成功！”。

34.4 系统



系统信息 -- 包含函数/任意波形发生器的型号、序列号、软件版本和硬件版本

升级固件

这里的固件指的是信号发生器模块的固件。本设备支持通过 U 盘对该模块进行固件升级和配置文件升级，操作步骤如下：

1. 把待升级的 *.ADS 文件拷贝到 U 盘。
2. 把 U 盘插入示波器的 USB Host 接口，系统提示“存储设备连接成功！”。
3. 展开 U 盘目录，在资源管理器中选择升级文件。关于资源管理器的操作，详见“存储和调用”一章。
4. 点击 **升级**，界面上会弹出升级进度条。
5. 升级完毕后，模块会断开连接，示波器界面弹出“升级完成，请重新连接 AWG 设备！”。
6. 再次进入 **系统** 对话框，检查升级后的硬件版本号是否与目标版本一致，否则，升级不成功，需按如上步骤再次升级一次。



警告：

升级过程中，请勿关机或掉电！

35 显示

显示相关的设置包括波形的显示类型、色温、余辉时间，以及屏幕显示的网格类型、网格亮度等。

点击菜单栏的 **显示** 可调出显示设置的对话框。



- A. 切换波形显示类型为“矢量”显示（即：线显示）或“点”显示
- B. 设置波形亮度（0~100%，默认 50%）
- C. 开启或关闭色温模式
- D. 设置各通道颜色
- E. 清除显示，清除当前屏幕所显示的所有波形，并清除余辉
- F. 设置余辉
- G. 设置屏幕亮度（0~100%，默认 80%）、按键灯亮度（10~100%，默认 80%）
- H. 轴标签设置，可以通过这里打开坐标轴的显示
- I. 设置网格风格（完整网格，轻网格和无网格）、网格亮度（0~100%，默认 20%）、
- J. 其他项设置，设置字体大小、弹窗透明度（0~100%，默认 20%）、扩展显示器（“扩展”或“复制”）和窗口布局

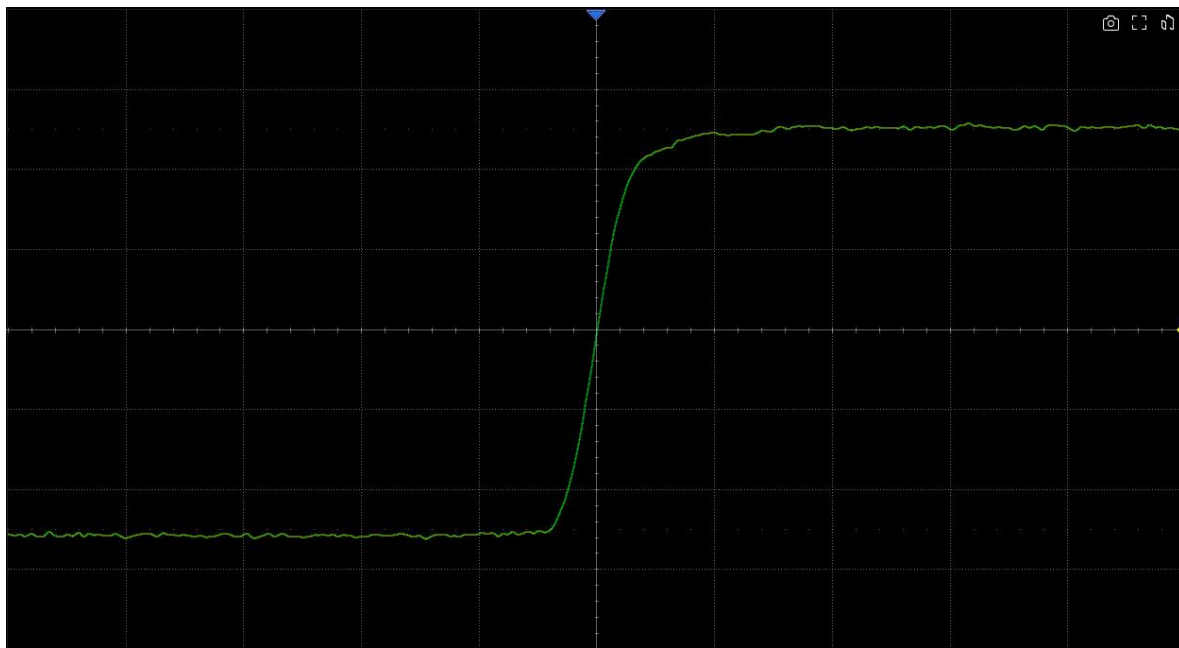
35.1 显示类型

两种显示类型在屏幕上的波形点数较大时没有区别，但在屏幕波形点数小于波形显示区域像素点个

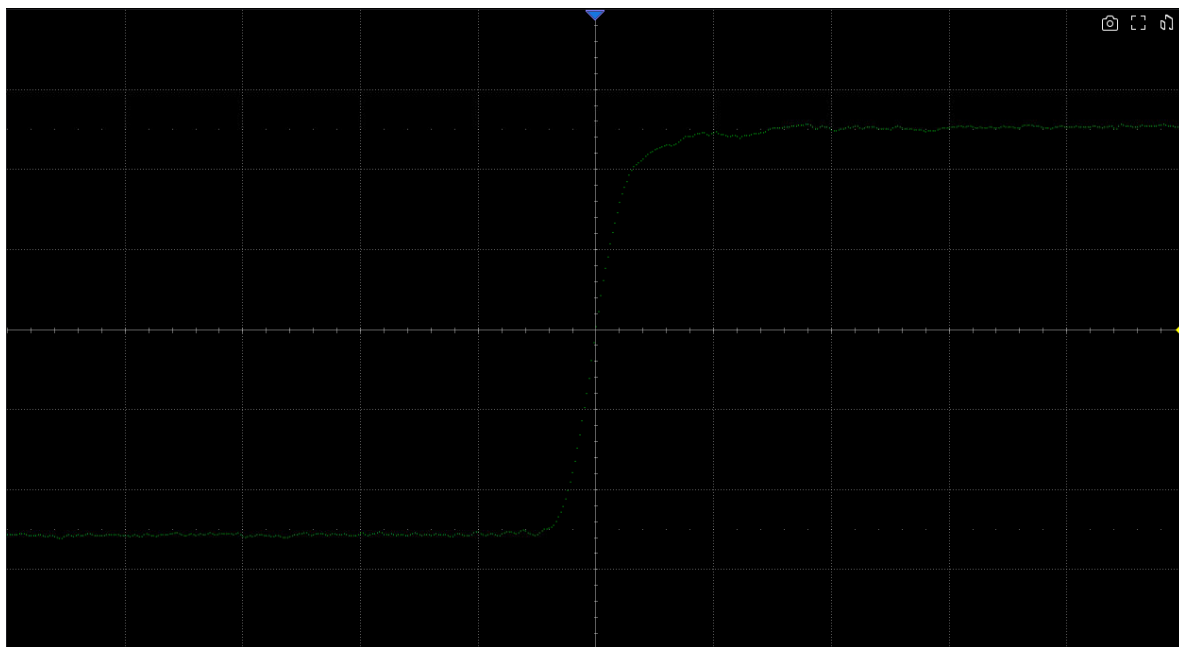
数时会有差异。

矢量 -- 采样点之间通过连线的方式显示。该模式在大多情况下提供最逼真的波形。可方便查看波形（例如方波）的陡边沿。矢量显示的插值方式又分为线性插值和 $\sin x/x$ 插值两种，详见“采样设置”一节。

点 -- 直接显示原始采样点。您可以直观地看到每个采样点并可以使用光标测量该点的 X 和 Y 值。



矢量显示

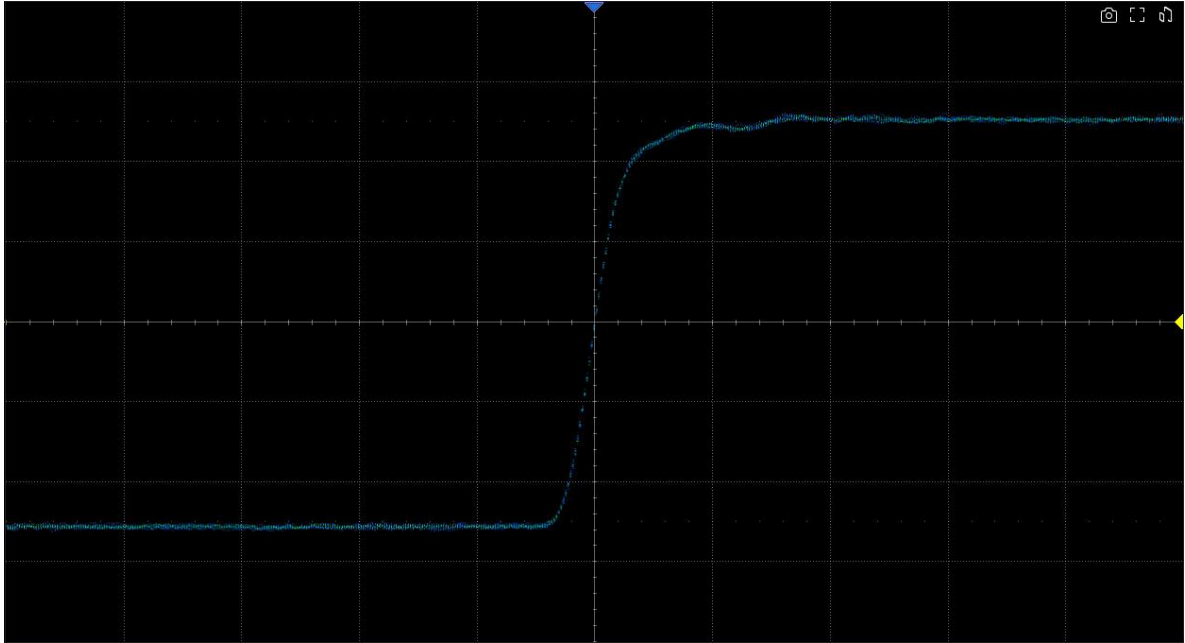


点显示



注：

在 Run 状态下由于示波器的高波形刷新率，在屏幕上显示的波形是多帧叠加的结果，因此点显示下看到的不是离散的采样点，而是类似于等效采样的显示效果。要想单独查看每帧的原始采样点，请先停止采集再在点显示下查看。

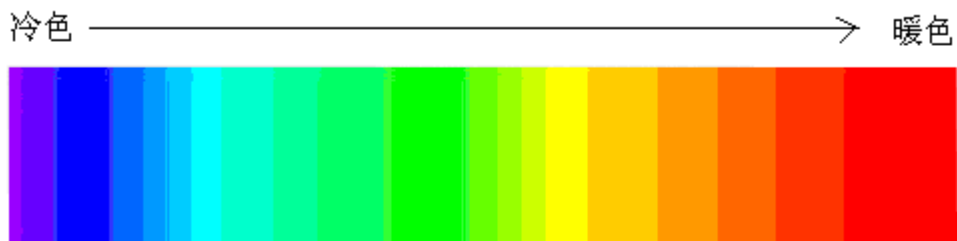


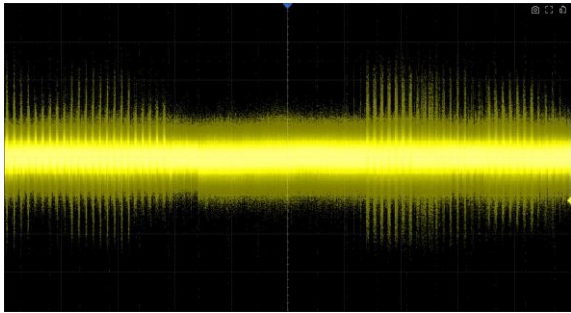
Run 状态下的点显示效果

35.2 色温显示

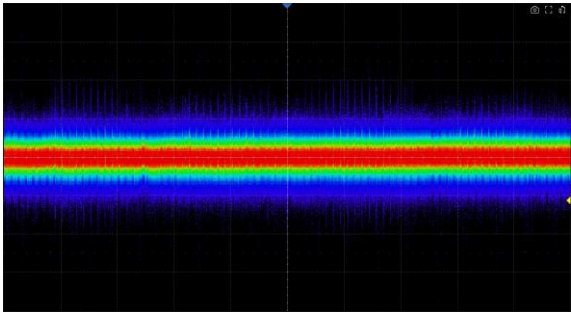
色温功能采用颜色的变化来体现波形出现频率的大小。波形出现的频率越大，颜色越暖。出现的频率越小，颜色越冷。

下图为冷色、暖色的渐变图片。您可以将当前显示的波形颜色与下图进行对比，以判断波形出现的概率。





色温关闭



色温开启

35.3 颜色设置

颜色设置支持用户自定义波形颜色。点击颜色矩形框，在弹出的调色板页面进行设置。



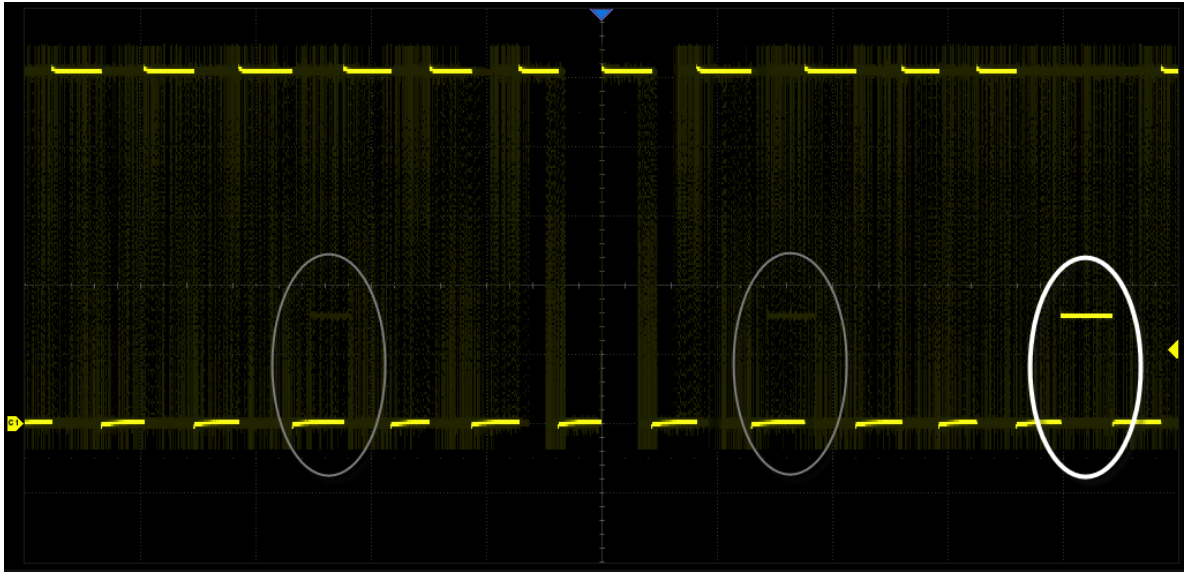
自定义颜色时,可以在调色板上直接选中颜色,预览所选颜色的色相,饱和度,亮度,以及 RGB 值;也可直接修改颜色参数自定义颜色。自定义颜色后,点击 **确定**。



自定义通道颜色设置成功后,若要恢复通道默认的颜色设置,点击 **恢复默认颜色** 可恢复默认设置。

35.4 设置余辉

余辉开启后,示波器用新采集的波形更新显示,但并不立即清除之前采集的波形。已采集的波形将以亮度较低的颜色显示,而新采集的波形则以正常颜色和亮度显示。结合本设备的高波形刷新率和余辉功能,某些情况下您无须进行复杂的触发设置,即可在较短的时间内发现波形中的异常,提高测试效率。



在显示对话框和余辉关闭的情况下，执行 **显示** > **余辉** 可快捷打开无限余辉功能。

点击对话框的 **余辉** 可设置余辉时间。

- 关闭 -- 关闭余辉。
- 可变余辉时间（100ms、200ms、500ms、1 秒、5 秒、10 秒、30 秒）-- 选择不同的余辉时间下，示波器用新采集的波形更新显示，已采集的波形将在对应的时间后被清除。
- 无限 -- 选择“无限”后，示波器永不清除已采集的波形。使用无限余辉可测量噪声和抖动，捕获偶发事件。

余辉开启的情况下，若要从当前显示中清除已采集的波形，可点击 **清除**。配置改变时的余辉状态还可设置为：

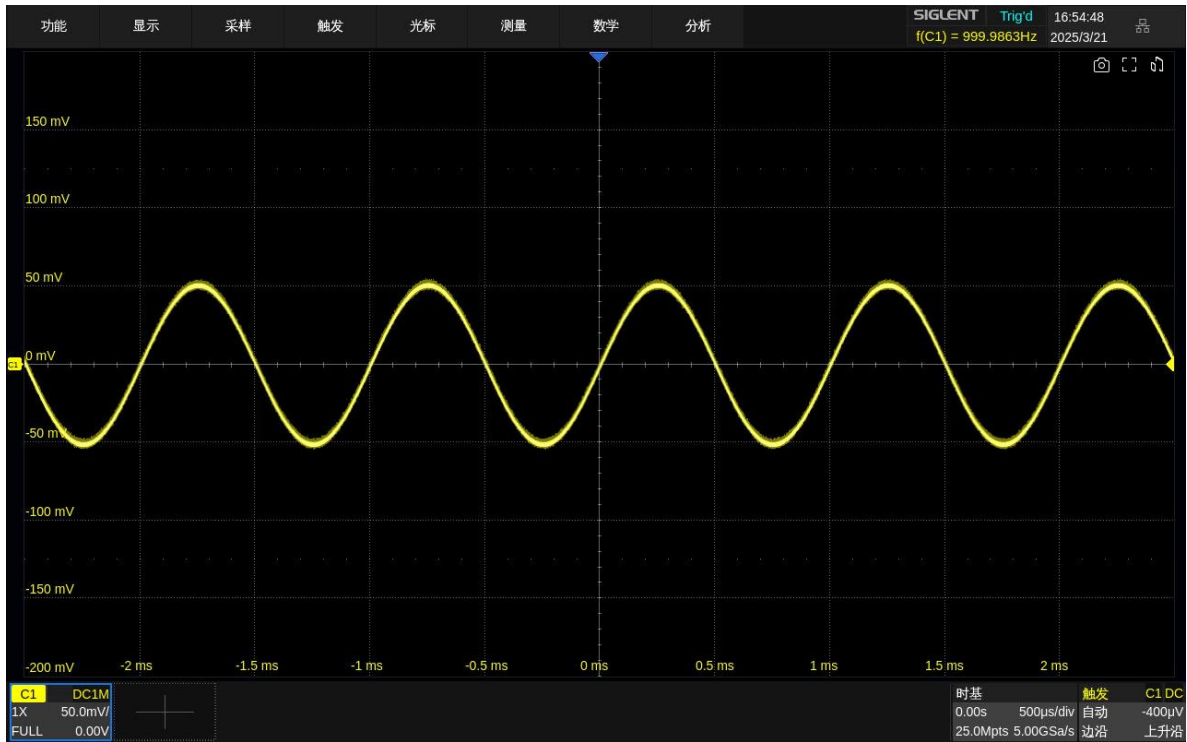
- 清除 -- 改变垂直、水平设置，余辉自动清除。
- 保留 -- 改变垂直、水平设置，余辉不清除。如需清除，可点击 **清除**。

35.5 轴标签设置

触摸 **显示** 调出显示设置对话框，进行轴标签设置：



- A. 开启或关闭轴标签显示。开启时，网格区域的横坐标和纵坐标上将显示轴标签
- B. 设置轴标签的模式：移动或固定。“移动”模式下，网格线会随波形在水平和垂直方向上的偏移一起移动；“固定”模式下，网格线不移动
- C. 设置垂直轴的位置（左侧/中间/右侧）



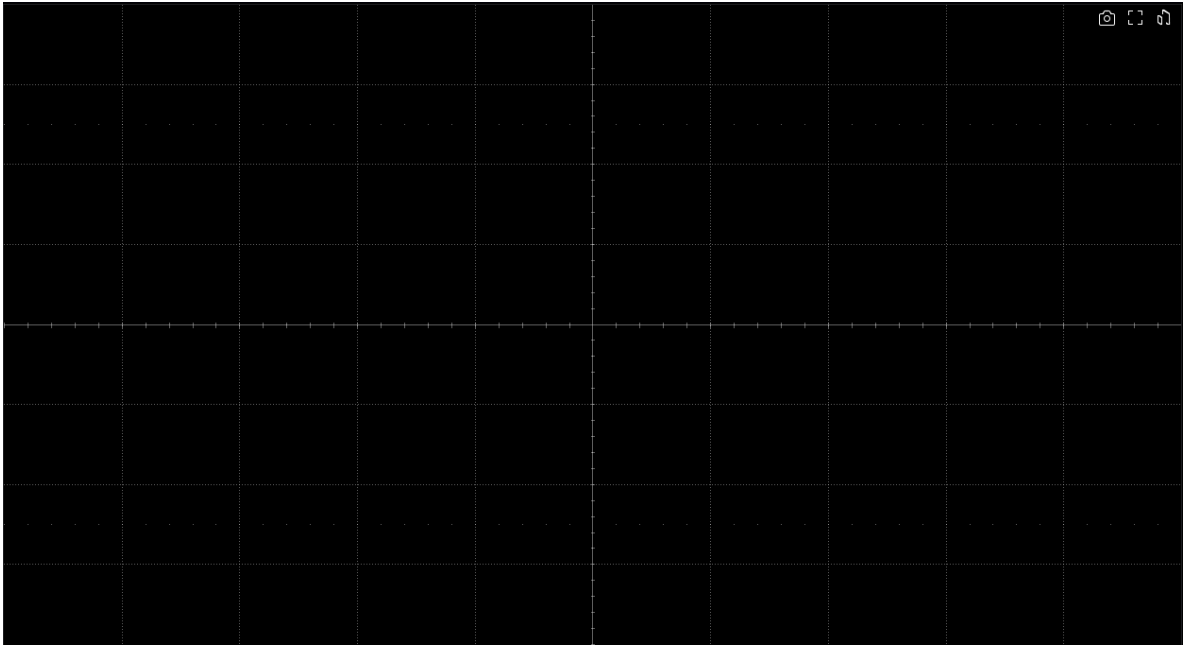
开启轴标签显示，轴标签位于屏幕左侧

35.6 设置网格

完整网格 -- 显示 8 行，10 列组成的网格。

轻网格 -- 将屏幕均分成四部分。

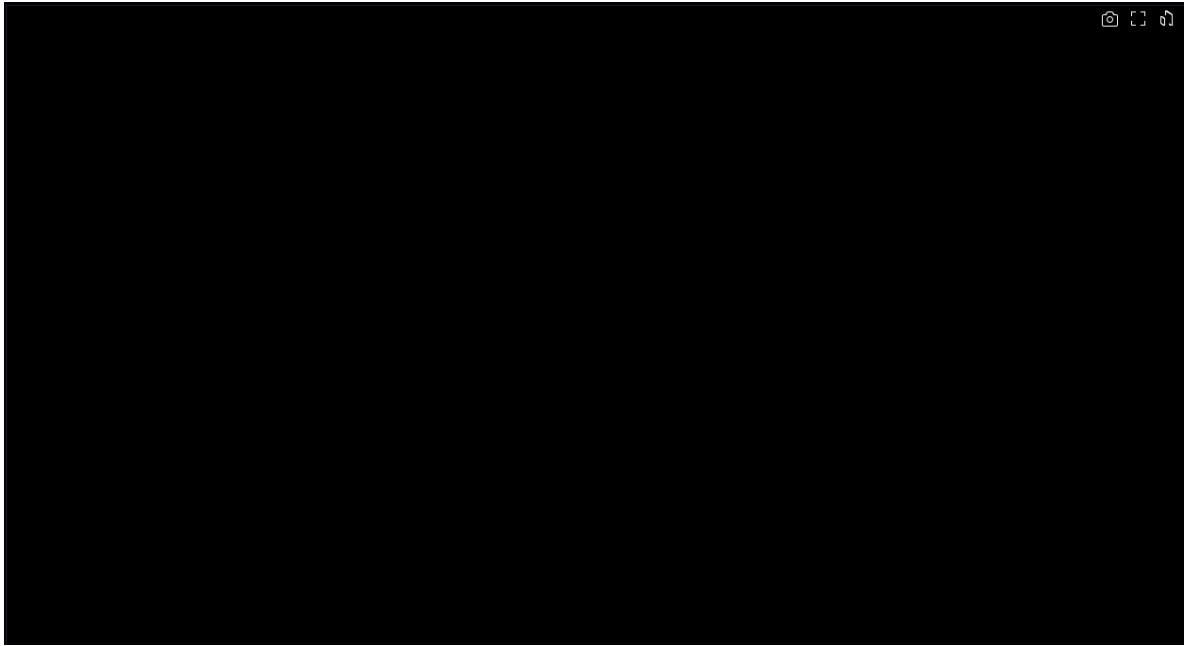
无网格 -- 无网格显示。



完整网格



轻网格



无网格

35.7 字体设置

SDS5000X HD 为用户提供大、中、小三种字号显示，用户可以根据自己的需求进行字号选择。通过 **Display** > **字体大小** 进行设置。

35.8 扩展显示器设置

SDS5000X HD 具有三个显示接口，均可用于连接外接显示器。外接显示器须支持高清分辨率（1280*800）。多显示器设置通过如下方式设置：

Display > **扩展显示器**

和计算机类似，SDS5000X HD 的多显示器模式有两种：复制和扩展。当显示模式为“复制”时，外接显示器显示和主屏幕一样的内容；当显示模式为“扩展”时，可以将主屏幕中的一个窗口单独拖动到外接显示器中显示。

35.9 多窗口设置

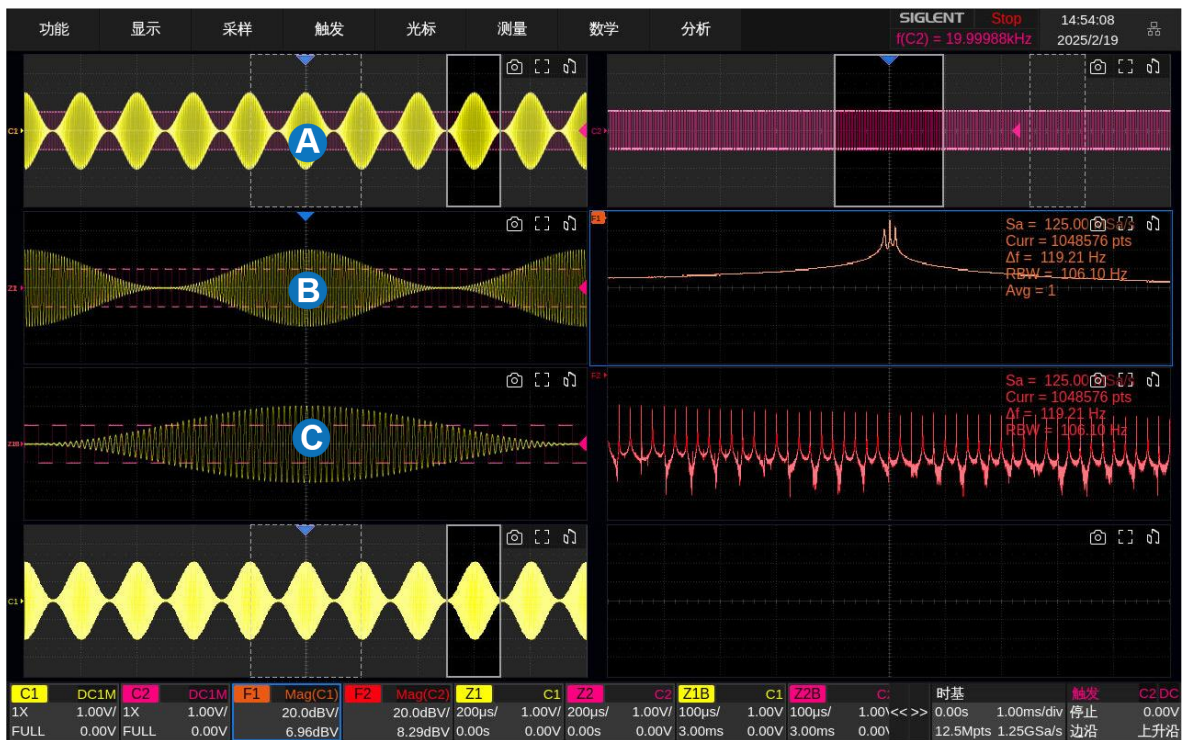
SDS5000X HD 的显示屏具有 1280*800 的高清分辨率，可以在屏幕上显示更多的内容。最多支持在触摸显示屏上显示 9 个窗口。设备支持的窗口布局方案有自动、2x1、3x1、4x1、1x2、2x2、4x2、

3x3 几种。设置多窗口的方法有下列几种：

1. Display > 窗口布局
2. 在屏幕上点击鼠标右键，或在触屏长按菜单栏的空白区域，在弹出的菜单中选择窗口布局方案

在窗口矩阵的所有窗口中，窗口 (1,1) 始终作为主窗口。模拟通道的快刷新波形（即：硬件映射的波形）只能在主窗口显示。除了快刷新波形，Zoom 波形以外的其它波形也可以在主窗口显示。

如果 Zoom 打开，窗口 (2,1)（当窗口布局方案为 1x2 时为窗口(1,2)）将固定作为 Zoom 窗口，如果 ZoomB 打开，窗口 (3,1) 将固定作为 ZoomB 窗口。（详细参考“缩放波形（Zoom）”一章）。快刷新的 Zoom 波形只能在 Zoom 窗口显示。除了快刷新的 Zoom 波形，其它波形的放大波形（ZF1~ZF8、ZM1~ZM4 等）也可以在此窗口显示。

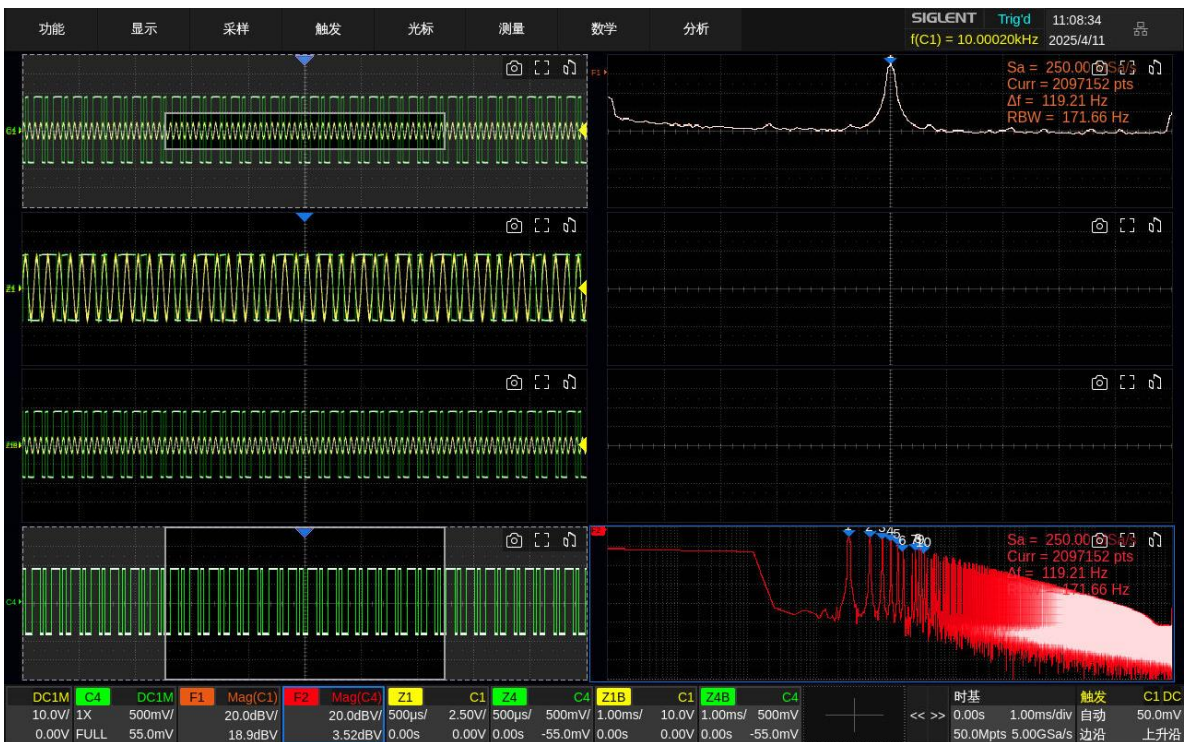


- A. 主窗口
- B. Zoom 窗口
- C. ZoomB 窗口

当窗口布局方案为“自动”时，若 Zoom 关闭，则只显示默认的一个窗口；若 Zoom 打开，则按 2x1 的方式显示两个窗口，上方为主窗口，下方为 Zoom 窗口。

示波器会根据窗口布局方案和已打开的波形自动分配波形显示的所在窗口。如果需要手工调整，只需将目标波形的参数区图标拖拽到相应的窗口即可。如下图，F2 原本分配在窗口 (2,2) 显示，若期望

其在窗口 (4,2) 显示，将 F2 的参数区图标拖动到窗口 (4,2) 即可：



窗口操作

每个窗口右上角都有三个图标，其作用如下：



对该窗口进行截图操作



全屏显示该窗口。在全屏显示模式下，图标变为 ，再次点击还原



悬浮该窗口。在悬浮模式下，图标变为 ，再次点击还原。悬浮窗口可以拖放到屏幕内任意位置，也可以拖放到扩展屏

36 存储和调用

本设备支持将当前的设置、屏幕图像以及波形数据文件保存到内部存储器、外部 USB 存储设备（例如：U 盘）或指定的网络路径中，并可以在需要时重新调出已保存的设置或波形。本示波器 USB Host 接口可用于连接 U 盘进行外部存储。

关于网络路径的指定，详见“SMB 文件共享”小节。

36.1 存储类型

本设备支持的存储类型有设置、图片 (*.bmp/*.jpg/*.png)、波形数据（二进制/csv /Matlab）、工程文件。还支持将当前的设置保存为默认设置。存储以下为您介绍这几种存储类型：

设置

示波器默认的存储方式。将示波器的设置以“*.xml”格式保存。

BMP 图像

将屏幕图像以“*.bmp”格式保存。

JPG 图像

将屏幕图像以“*.jpg”格式保存。

PNG 图像

将屏幕图像以“*.png”格式保存。

参考波形

将波形数据以“*.ref”格式保存到存储器中。已保存文件中包含当前开启通道的波形数据和示波器的主要设置信息。

二进制数据

将波形数据以“*.bin”格式保存。

CSV 数据

将屏幕显示或指定通道的波形数据以单个“.csv”格式文件保存。选择该类型后，可点击 **参数保存** 选项，打开或关闭参数保存功能。

Matlab 数据存储

将波形数据以“*.mat”格式保存。

Default 键预设

可设置 default 是出厂设置的还是用户自定义的。

FileConverter 工具

一个执行将二进制数据转换为 CSV 数据的小工具。建议在保存大存储深度（大于 10 Mpts）的数据时选择保存二进制数据，这样可以大大减小保存所花费的时间。如果需要 CSV 数据，可以将该工具保存下来然后在电脑上运行将二进制数据转换为 CSV 数据。

测量工程

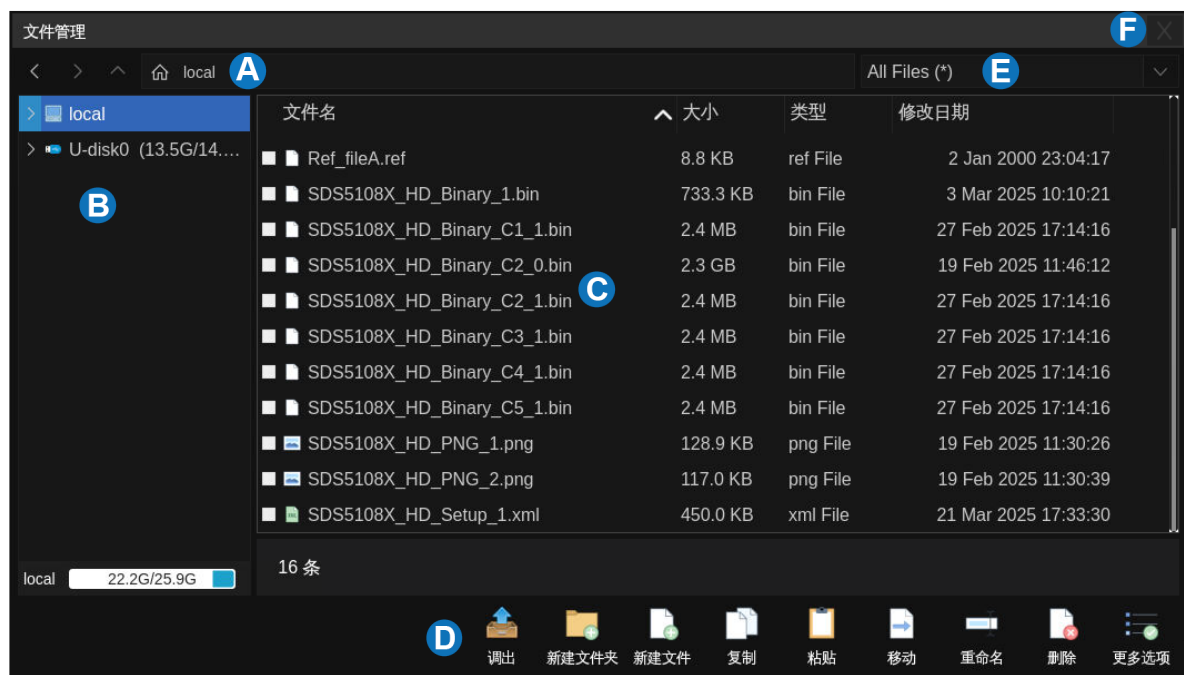
将屏幕上已开启的模拟通道波形数据、示波器当前设置、屏幕图像等信息保存成工程文件。通过调用工程文件，可快捷加载通道波形数据及设置，通道无需接入信号即可恢复分析现场。

下表是保存和调用对各种文件类型的支持情况：

类型	存储	调用
设置	支持	支持
BMP 图片	支持	不支持
JPG 图片	支持	不支持
PNG 图片	支持	不支持
参考波形	支持	支持
二进制数据	支持	不支持
CSV 数据	支持	不支持
Matlab 数据	支持	不支持
FileConverto 工具	支持	不支持
测量工程	支持	支持

36.2 文件管理器

本设备的文件管理器风格与操作习惯类似于 Windows 操作系统的资源管理器。



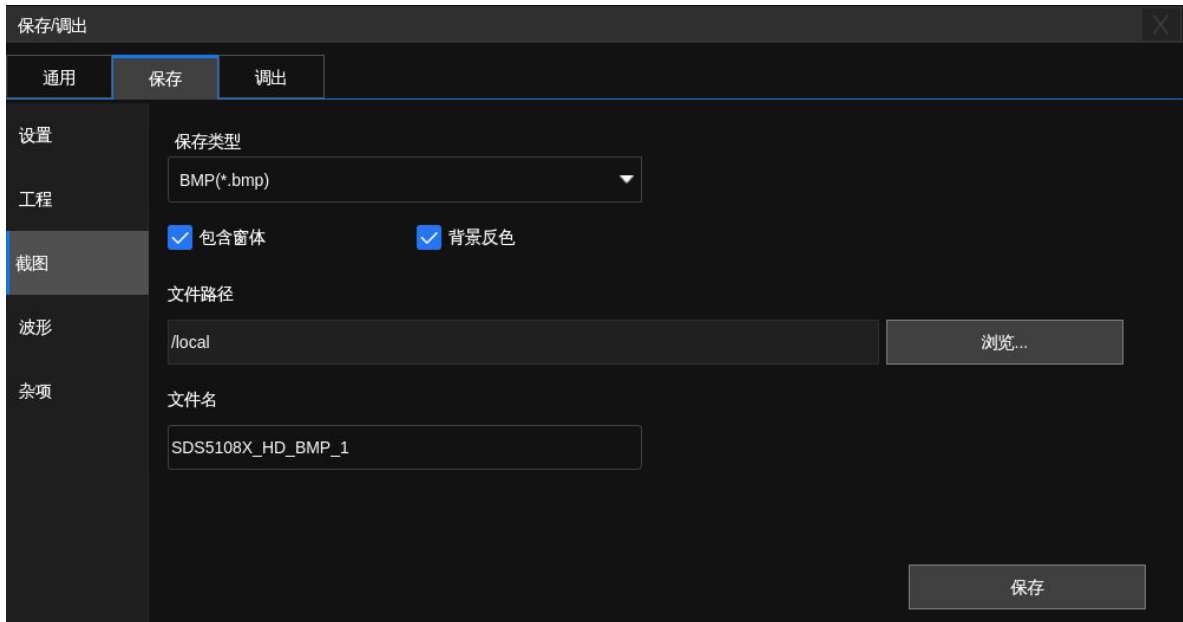
- A. 地址栏，显示当前文件列表所在的路径。其中包括对路径的一些快捷操作，详见表 35.1
- B. 导航窗格，底部有 local 内存大小说明（剩余内存大小/总内存大小）
- C. 文件列表
- D. 工具栏，各图标的说明详见表 35.1
- E. 文件类型选择
- F. 关闭，点击此处退出文件管理器

表 36.1 文件管理器图标说明

操作图标	说明	操作图标	说明
	后退		前进
	上一级		根目录
	调用		新建文件夹
	新建文件		复制
	粘贴		重命名
	删除		

36.3 保存和调出实例

1. 将屏幕显示以 BMP 图片的格式保存到 U 盘的/SDS5X



第一步，插上 U 盘

第二步，设置保存的参数

点击 **通用** 页面，选择 **路径提示**，“保持”存储文件后的路径提示一直显示在屏幕上；“淡出”存储文件后的路径提示显示一段时间（默认为 3s，也可自定义时间）后隐藏；“隐藏”存储文件后不显示路径提示

点击 **保存** 页面，选择左侧 **截图** 页

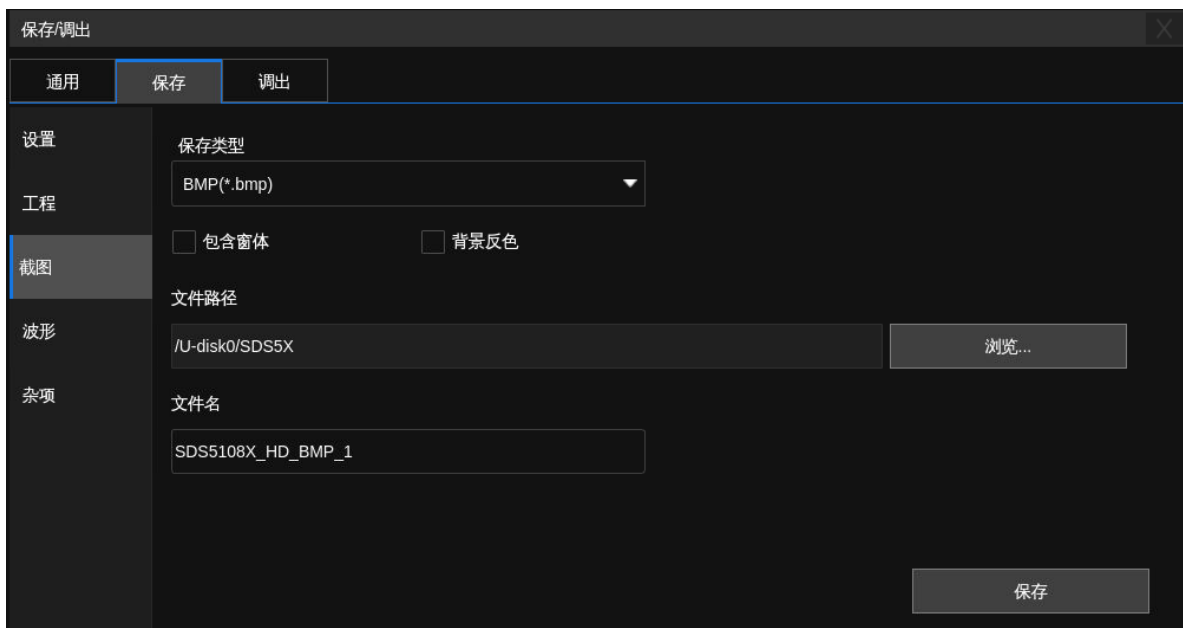
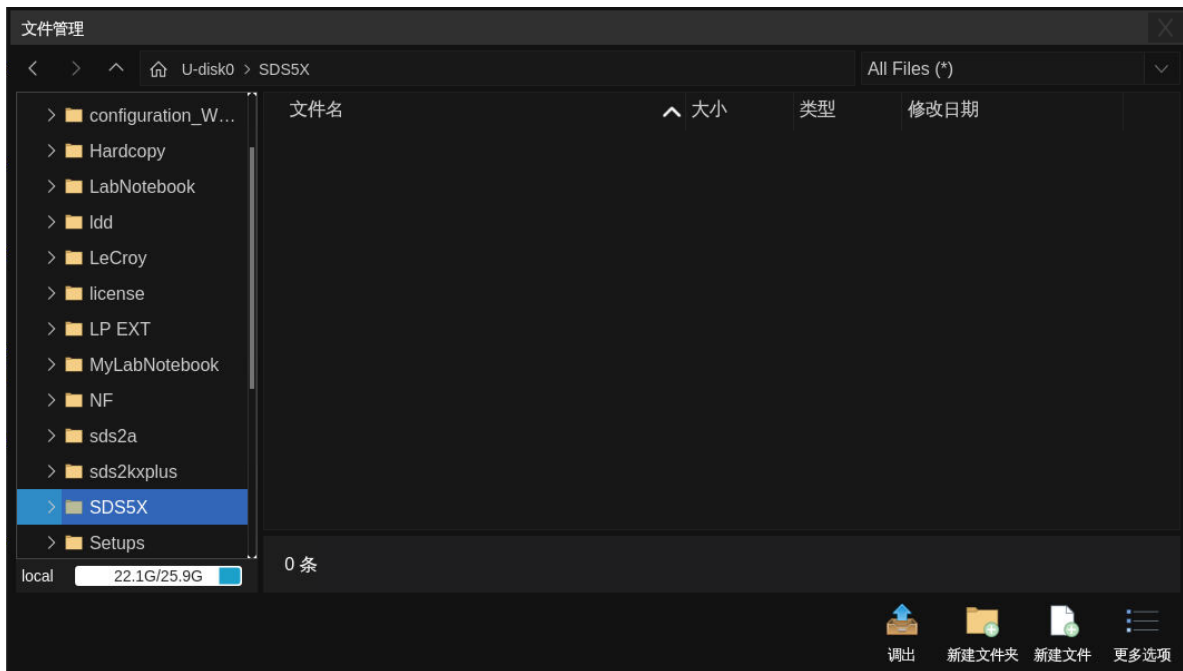
选择 **保存类型** 为“BMP(*.bmp)”

选择 **包含窗体**，勾选保存整个显示屏上显示的内容；否则将屏蔽对话框

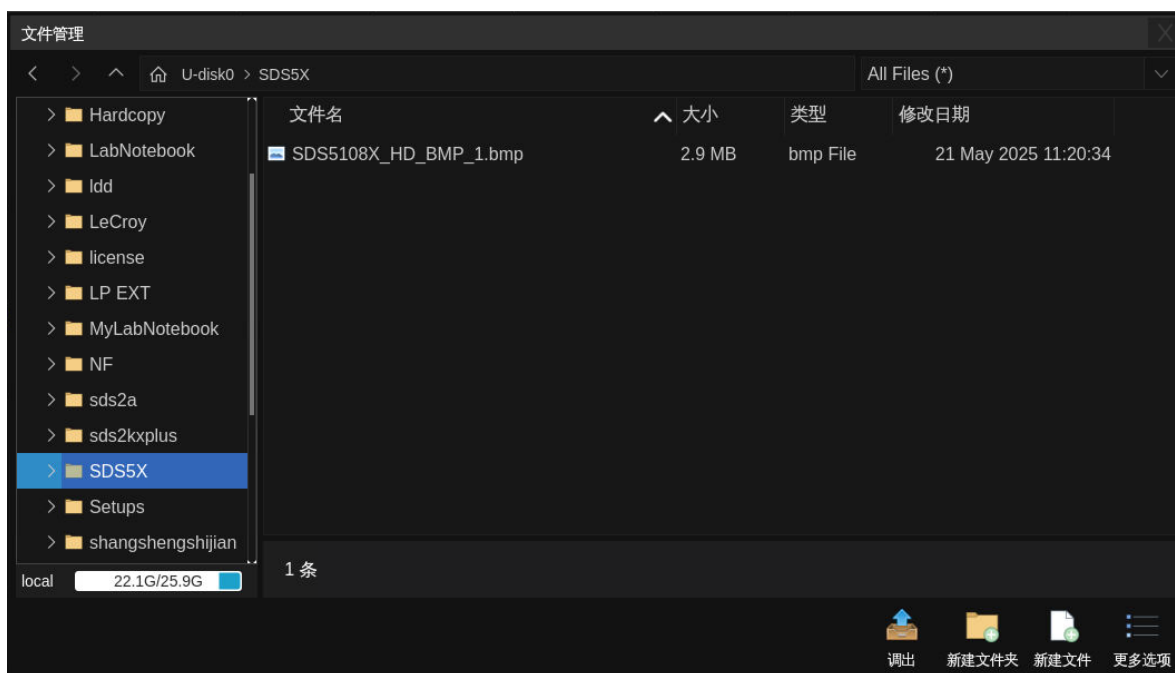
选择 **背景反色**，勾选保存的图片底色色调为浅色，适合打印；否则保存的图片与屏幕显示色调一致；

第三步，在文件管理器中选/U-disk0/SDS5X：

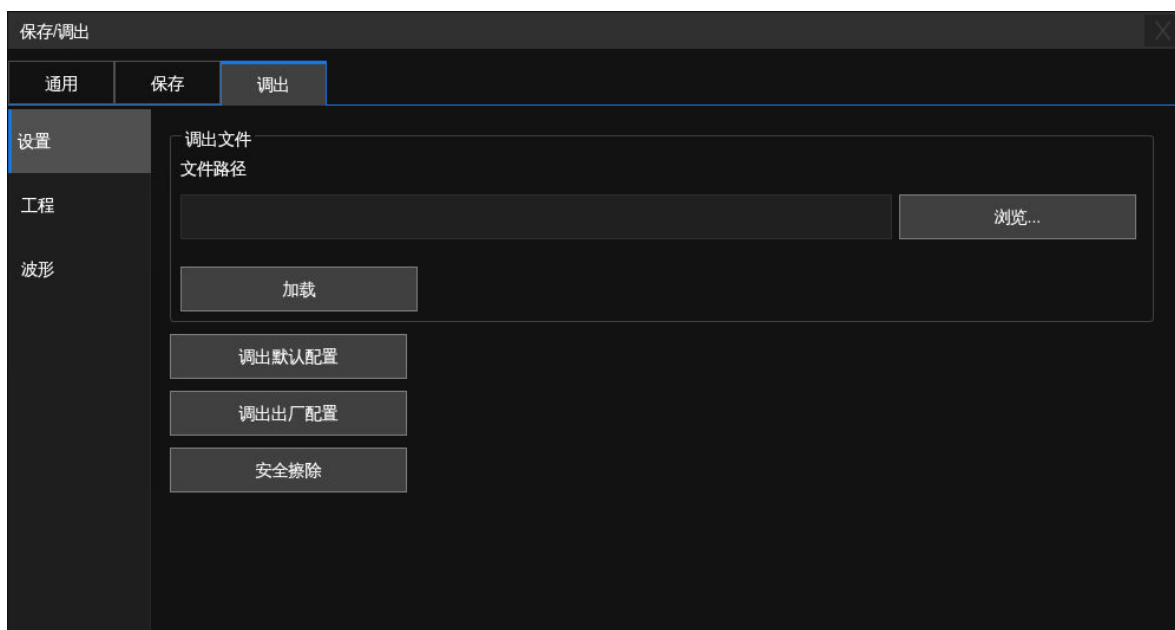
点击 **浏览** 调出文件管理器，点击 **调出**，文件路径更改为/U-disk0/SDS5X



第四步，单击 **文件名** 文本框调出虚拟键盘输入想保存的文件名，然后点击 **保存**，保存完毕后，可以在文件管理器中看到新增的 BMP 文件：



2. 调用保存在 U 盘的\SDS5X\目录下的设置文件 track.xml



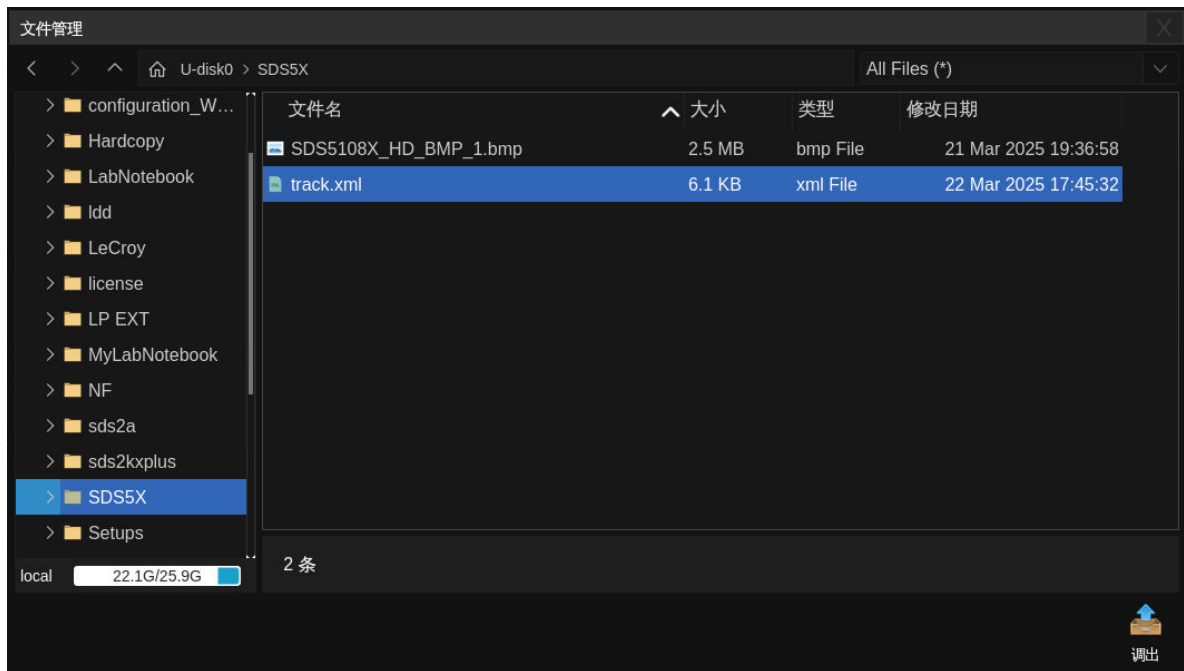
第一步，插上 U 盘，其中应该具备本例中需要的设置文件。

第二步，设置调用的参数

点击 **调出** 页面

点击 **浏览** 调出文件管理器

第三步，在文件管理器中选中\Udisk0\SDS5X，再选中设置文件“track.xml”，点击调出图标 



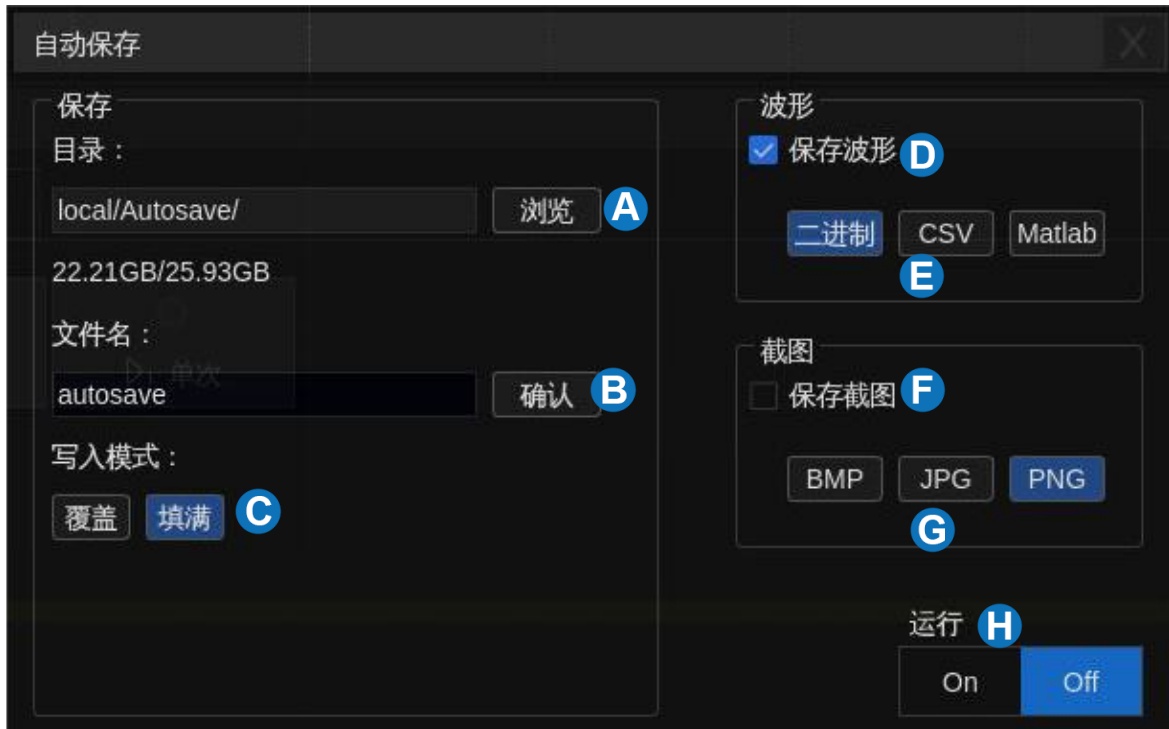
第四步，点击 **加载**，等待示波器设置完毕。

36.4 快捷保存与截图

对于单纯的截图需求，也可以执行 **功能** > **截图** 来快速保存屏幕截图。如果想只针对某个窗口截图，可以直接点击该窗口右上方的  图标。

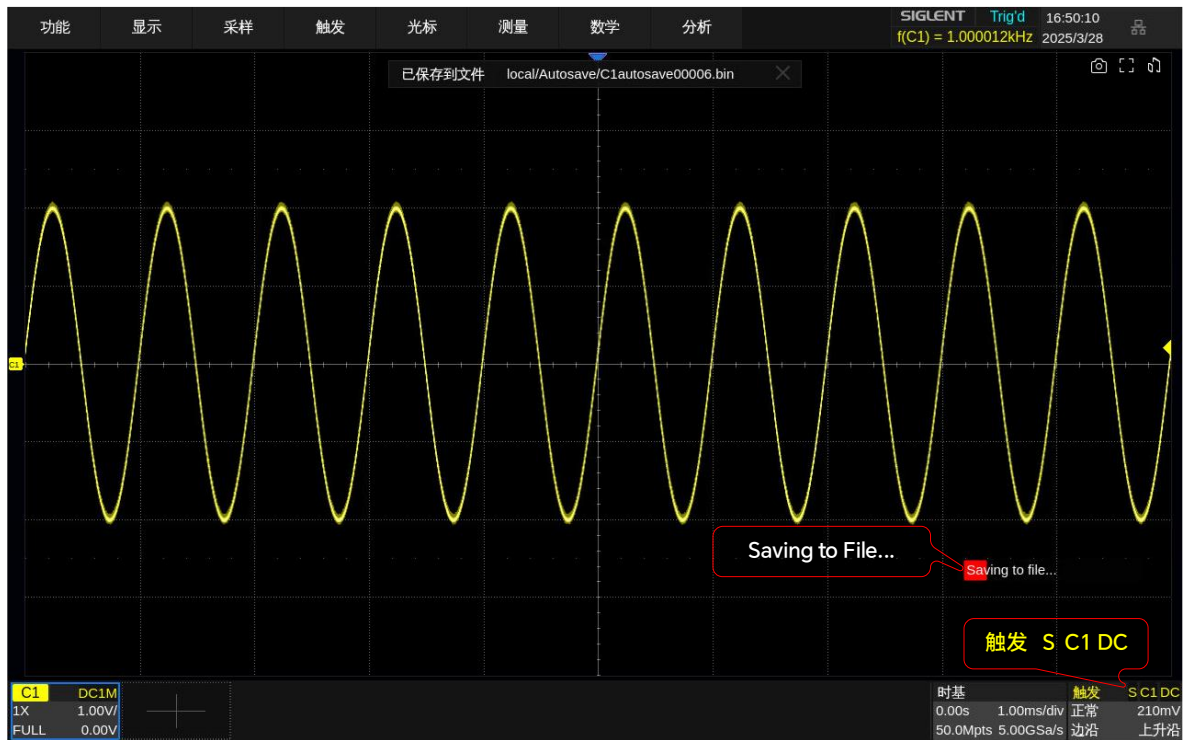
36.5 自动保存

自动保存运行时，每完成一帧波形采集将自动执行一次波形数据保存或屏幕截图。通过顶部菜单栏或底部触发参数区打开触发设置对话框，执行 **通用** > **自动保存**，进入自动保存对话框：



- A. 目录，指定保存的路径，默认保存至内部存储；目录文本框下显示内存大小说明（剩余内存大小/总内存大小）
- B. 文件名，默认文件名为 autosave
- C. 写入模式，选择覆盖将以指定文件名覆盖保存；选择填满将按指定文件名增序保存，内存不足时，自动保存停止运行
- D. 开启/关闭波形数据保存
- E. 设置波形数据类型，在弹出的保存对话框中，设置保存波形参数
- F. 开启/关闭屏幕截图
- G. 设置图片格式，在弹出的保存对话框中，设置保存截图参数
- H. 开启/关闭自动保存。

自动保存运行时，触发参数区会显示保存标示，保存过程中波形显示区域右下角会有状态提示：

**注:**

自动保存运行时不能修改保存参数，如需修改请退出运行状态。自动保存运行时不能开启文件管理器，如开启将提示该操作会退出自动保存。

37 系统功能设置

该功能模块支持示波器的辅助功能, 如查看系统状态, 设置界面语言和声音, 以及一些较高级设置, 如执行自校正、升级软件版本和设置接口通信等。

37.1 查看系统状态

执行 **功能** > **菜单** > **系统** > **系统信息**, 可以查看示波器当前版本信息。系统信息包括下图所示内容。



37.2 系统设置

37.2.1 设置语言

本设备的操作界面支持多种语言, 包括简体中文、繁体中文、英语、法语、日语、德语、西班牙语、俄语、意大利语、葡萄牙语等。

执行 **功能** > **菜单** > **系统** > **语言**, 在弹出的列表中选择语言即可。

37.2.2 设置屏幕保护时间

当示波器进入空闲状态并保持一定的时间后，将启用屏保程序。屏保程序会在指定的时间到达后关闭显示屏的输出，以节省显示屏的功耗。

执行 **功能** > **菜单** > **系统** > **屏幕保护**，可以指定空闲时间。可选的屏幕保护空闲时间为：1 分钟、5 分钟、10 分钟、30 分钟、1 小时。也可以选择“关闭”禁用屏幕保护程序。

屏幕保护生效后，对示波器的触摸或鼠标操作可使示波器退出屏幕保护程序。

37.2.3 设置扩展策略

本设备的扩展策略用于设置水平和垂直方向上缩放的参考点，用于适配不同的水平和垂直缩放需求。

设置水平扩展，详见“时基设置”一节。

设置垂直扩展，执行 **功能** > **菜单** > **系统** > **垂直扩展**，或在通道设置对话框中设置，详见“通道设置”一节。

37.2.4 设置上电开机

通过 **功能** > **菜单** > **系统** > **自动开机** 进入设置。详见“安装和开关机”一章。

37.2.5 设置触摸屏开关

通过 **功能** > **菜单** > **系统** > **触摸屏** 进入设置，或直接通过前面板的 **Touch** 按钮控制。关闭触摸屏后，仪器不再响应触摸操作，但仍然响应按键和鼠标操作，WebServer 远程操作也不受影响。

37.2.6 声音提醒

可以选择每次在点击屏幕时，获得蜂鸣器的声音反馈。执行：

功能 > **菜单** > **系统**，在 **蜂鸣器** 区域点击开启或关闭蜂鸣器声音。

37.2.7 安装选件

本设备提供多种选件功能满足用户的测量需求。请联系鼎阳销售人员或技术支持人员获取对应的选件许可密钥。您可以在示波器上查看选件信息或激活新购买的选件许可密钥。

按照以下步骤操作可执行选件安装功能：

功能 > 菜单 > 系统 > 软件选件



- 选件信息显示区域。当选件未激活时，“许可类型”显示为“试用”，最多可试用 30 次
- 选择需要安装的选件类型
- 密钥输入区域，点击文本框将弹出虚拟键盘用于输入密钥
- 清除密钥输入区域的字符
- 输入密钥后点击执行安装
- 使用 U 盘自动安装选件，密钥文件需存放在 U 盘根目录下

37.2.8 设置日期和时间

本设备具备 RTC 时钟，允许选择手动设置时间和日期。

执行 功能 > 菜单 > 系统 > 时间/日期，或直接点击屏幕右上角的时间和日期显示区域，即可弹出时间/日期设置窗口：

点击小时、分钟、秒、日、月和年输入栏，使用弹出数字键盘输入一个值。

点击 **修改日期和时间** 按钮执行设置。

点击时区输入栏，选择时区。

点击 **修改时区** 按钮执行设置。

勾选显示时间日期。

点击选择时间格式。



37.3 接口设置

37.3.1 局域网设置

执行以下步骤可将示波器通过 LAN 与电脑通信：

执行 **功能** > **菜单** > **接口设置** > **局域网配置**，或直接点击屏幕右上角的网络图标，可调出局域网配置的对话框：



- A. 勾选此复选框使能动态 IP。示波器必须连接到具有 DHCP 服务器的局域网上。请联系网络管理员确认相关信息
- B. 未勾选时，示波器采用静态 IP，在该区域分别设置静态 IP 的地址、子网掩码和网关
- C. VNC 端口设置。通过 WebServer 访问同一 IP 地址对应的多台设备时，需要设置不同的 VNC 端口号来区分，范围：5900~5999
- D. MAC 信息

37.3.2 GPIB 设置

通过 USB-GPIB 适配器进行连接。执行以下步骤：

1. 连接设备。将 USB-GPIB 适配器的 USB 端连接至设备前面板的 USB Host 接口，GPIB 端连接至计算机的 GPIB 卡端口。
2. 计算机安装 GPIB 卡驱动程序。请正确安装连接至计算机的 GPIB 卡驱动程序。
3. 设置设备的 GPIB 端口地址。执行 **功能** > **菜单** > **接口设置** > **GPIB**，在弹出的虚拟键盘中完成数值的输入。设置范围：1~30。

37.3.3 时钟源

可设置设备的时钟源为“内部”或“外部”。当时钟源设置为“外部”时，设备接收从“10MHz In”端口输入的 10 MHz 信号并以此为参考来产生系统的采样时钟；无论时钟源是“内部”或“外部”，都可以控制从“10MHz Out”接口输出或不输出与当前时钟源同步的 10 MHz 方波信号。

当时钟源设置为“外部”时，显示屏右上角会出现标示外时钟的图标：

 时钟源为外部

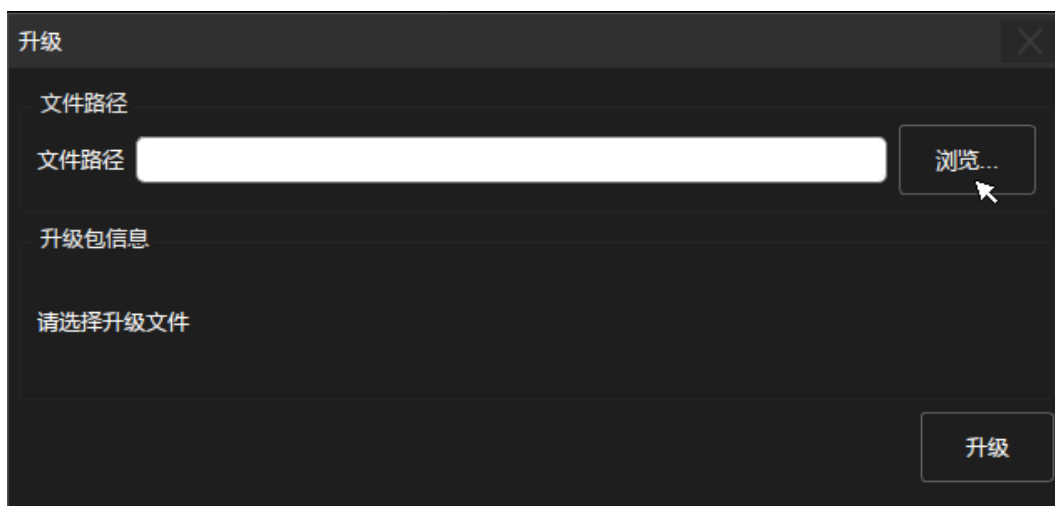
 时钟源为外部，但未检测到有效的外时钟。

37.4 维护

37.4.1 升级软件

本设备可通过 U 盘升级软件版本。在执行升级之前请确保包含正确版本升级文件 (*.ads) 的 U 盘已连接到示波器。

执行 **功能** > **菜单** > **维护** > **升级**，可调出升级对话框：



点击 **浏览**，即可调出文件管理器。在资源管理器中选择正确的升级文件，并点击“调用”图标：

在升级对话框中点击或点击 **升级**，即开始升级操作。示波器首先会将升级文件 (*.ads) 拷贝到本机并解析，如果解析成功，将出现以下界面。用户可选择 **取消** 退出升级，或选择 **重启** 立即重启示波器并执行升级操作，或等待示波器倒计时完毕自动重启示波器并执行升级操作。

重启完毕后，请查看系统状态确认版本是否升级成功。详见“查看系统状态”一节。

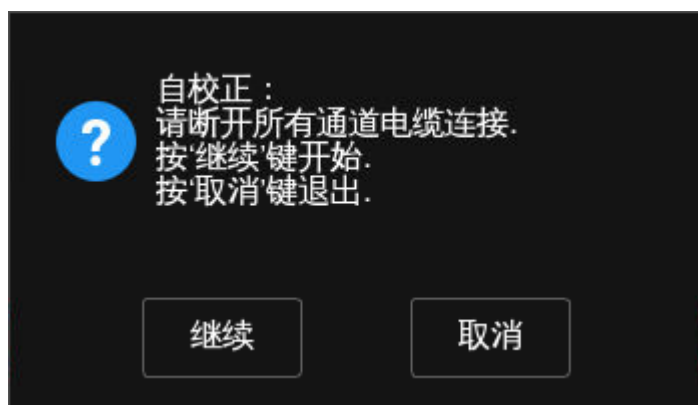
	警告： 升级过程中请勿掉电，否则可能导致示波器无法启动！。
--	--

37.4.2 自校正

通过执行自校正程序可使示波器迅速达到最佳工作状态，以取得最精确的测量值。您可在任何时候执行该程序，尤其是当环境温度变化范围达到或超过 5℃时。执行自校正操作之前，请确保示波器已预热或运行 30 分钟以上。

请按以下方法执行自校正：

1. 断开当前连接到示波器的所有信号线。
2. 执行 **功能** > **菜单** > **维护** > **自校正** 后，示波器弹出如下提示框，选择 **继续** 开始执行自校正程序。



3. 自校正开始后，屏幕会出现进度条以显示自校正进度。该过程中，操作示波器不会有响应，直至自校正结束。校正完成后，点击屏幕或按任意键退出。

37.4.3 自测试

自测试包括屏幕测试、键盘测试以及 LED 测试，主要用于检查示波器是否存在显示颜色偏差、按键和旋钮响应灵敏度及部分按键灯能否点亮等示波器本身的电气或机械问题。

屏幕测试

屏幕测试主要用于发现示波器显示是否存在严重色偏、坏点或屏幕刮伤等问题。执行 **功能** > **菜单** > **维护** > **屏幕测试**，示波器进入如下所示屏幕测试界面，界面显示纯红色。

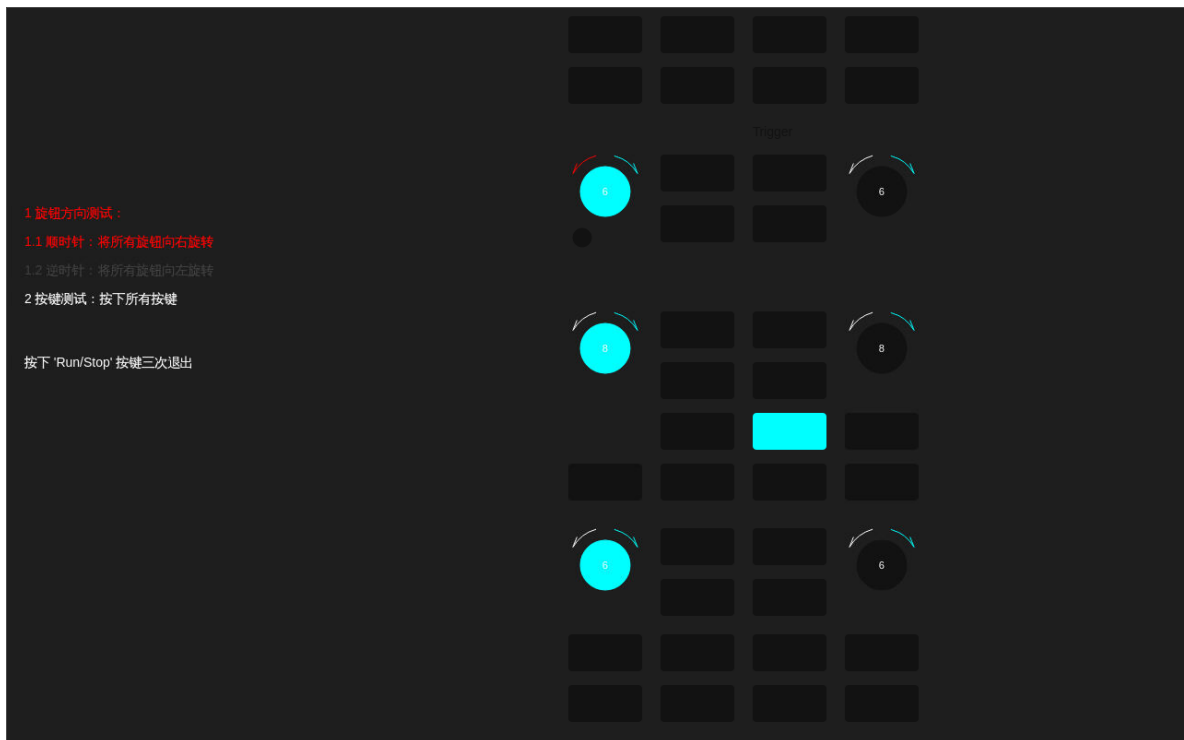


如上图，按屏幕提示信息连续按 **Single** 键切换至绿色、蓝色屏幕显示模式。在每种颜色对应界面下观察屏幕是否存在严重色差、污点或刮伤等问题。

可反复按 **Single** 切换不同颜色的测试界面直至最后确定。然后按 **Run/Stop** 键退出屏幕测试模式。

键盘测试

键盘测试主要用于发现示波器前面板按键或旋钮不响应或响应不灵敏等问题。执行 **功能** > **菜单** > **维护** > **键盘测试**，示波器进入如下所示界面：



如上图，执行旋钮和按键测试。

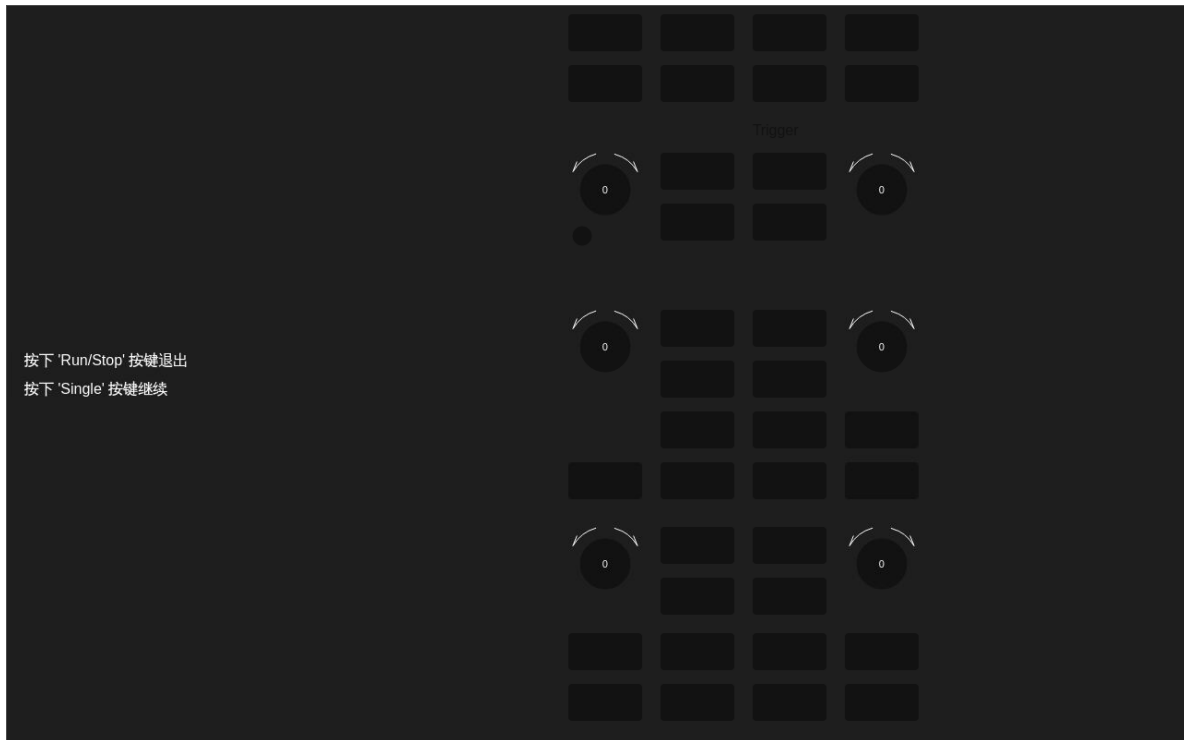
旋钮测试 -- 该项测试分为顺时针、逆时针测试两部分。顺时针测试，按照从上向下，从左向右的顺序依次向右旋转旋钮，观察显示界面上对应旋钮上的数值（默认为 0）是否实时增大。全部旋钮测试完后按 **Single** 进入旋钮逆时针测试，按序依次向左旋转旋钮，观察显示界面上对应旋钮上的数值（默认为 0）是否实时减小。全部旋钮测试完后按 **Single** 进入按键测试。

按键测试 -- 按照从上向下，从左向右的顺序依次按下各旋钮和按键，观察显示界面上对应旋钮/按键是否实时变亮。

所有旋钮和按键均测试完后，按照屏幕提示，连续按 **Run/Stop** 键三次退出键盘测试模式。

LED 测试

LED 测试主要用于发现示波器前面板按键灯能否点亮及亮度不良等问题。执行 **功能** > **菜单** > **维护** > **LED 测试**，示波器进入如下所示界面：



如上图，按照屏幕提示信息按 **Single** 键后，前面板上第一个 LED 被点亮，同时屏幕中该键对应位置变亮。继续按 **Single** 键可切换至前面板上下一按键灯。按照此法连续按下 **Single** 键直至所有按键灯均被测试，观察前面板所有按键灯是否能被实时点亮。

所有按键灯都测试完后，按照屏幕提示按 **Run/Stop** 键退出该测试模式。

37.5 开发人员选项

该选项为 SIGLENT 内部开发使用。

37.6 服务

37.6.1 SMB 文件共享

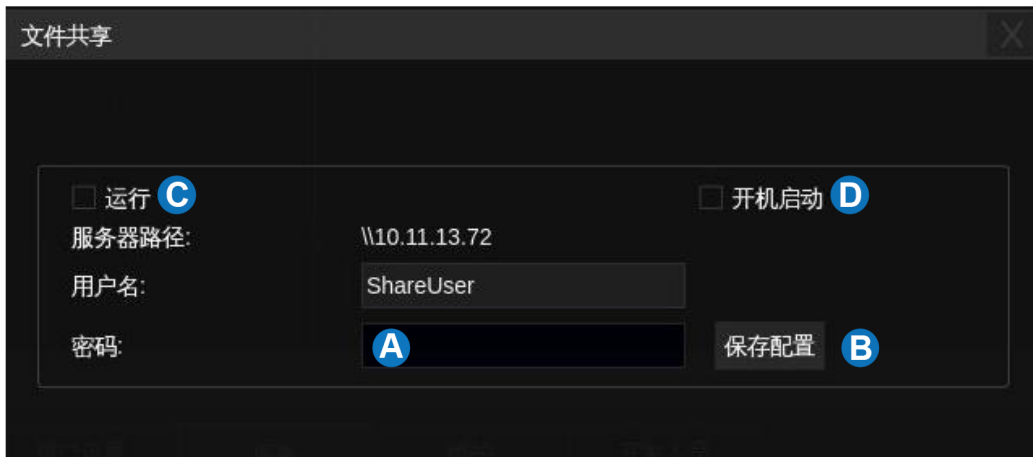
执行 **功能** > **菜单** > **服务** 进入设置。本设备支持 SMB 客户端和服务器两种设置。

当设备作为客户端时，设置好网络存储路径以及访问权限相关的内容，即可在指定路径上存储或调用文件。在网络访问中被访问的设备作为服务器端。需要在服务器设置好共享目录和访问权限后再在此设备上设置网络存储。



- A. 勾选“自动连接”，将在每次开机后自动连接服务器
- B. 选择驱动器盘符
- C. 设置服务器路径。在文本框内输入路径。勾选“记住设置”可保存路径
- D. 用户名和密码。在文本框中输入。勾选“记住设置”可保存
- E. 勾选“匿名”，以默认的访客模式（用户名：Guest，密码：无）访问指定的路径。需要在服务器端设置好允许匿名访问
- F. 手动连接或断开

当设备作为服务器时，设备 IP 地址由局域网设置中获得的 IP 地址自动导入，用户名固定为“ShareUser”，只需要设置好访问密码并确认设置，即可访问。



- A. 访问密码设置区域
- B. 输入密码后点击“保存配置”令设置生效
- C. 勾选时文件共享服务生效，否则不生效
- D. 勾选“开机启动”，将在每次开机后自动启动服务

37.6.2 网页服务

设置网页连接（WebServer）的访问密码。关于 WebServer，详见“网页连接”一节。

37.6.3 仿真

当“仿真”选项选择为“Tektronix”时，设备的远程控制指令集将切换为模拟泰克产品的模式，以最小化远程控制代码移植的工作量，帮助用户从泰克的设备切换为此设备。

38 故障处理

下面列举了示波器在使用过程中可能出现的故障及排除方法。当您遇到这些故障时，请按照相应的步骤进行处理，若不能处理，请及时与 SIGLENT 公司联系。

1. 如果按下电源键示波器仍黑屏，无任何显示：
 - 1) 检查电源接头是否接好。
 - 2) 检查电源开关是否按实。
 - 3) 检查保险丝是否熔断。如需更换电源保险丝，请及时与 SIGLENT 公司联系，并将仪器返厂，由 SIGLENT 授权的维修人员进行更换。
 - 4) 做完上述检查后，请重新启动示波器。
 - 5) 如果仍无法正常启动本产品，请与 SIGLENT 联系。

2. 采集信号后，画面中并未出现相应波形：
 - 1) 检查探头或信号连接线是否正确连接示波器和待测物。
 - 2) 检查待测物是否有信号产生。
 - 3) 检查触发模式是否设置为“正常”或“单次”，且信号是否满足触发条件。可以将触发模式切换至“自动”来检查信号的有无。
 - 4) 检查示波器的输入阻抗是否设置到与探头/线缆匹配的阻抗。例如接高阻抗的无源探头，则示波器的输入阻抗应设置为 $1M\Omega$ ，否则将探测不到信号。
 - 5) 重新采集一次信号。

3. 测量的电压幅值比实际值大或者小（注意：此种情况一般在使用探头时才出现）：
 - 1) 检查通道衰减系数是否与探头实际使用的衰减比例相符。
 - 2) 断开示波器与外界的信号连接，执行一次自校正。

4. 有波形显示，但不能稳定下来：
 - 1) 检查触发信源：检查“触发”菜单中的信源选择是否与实际使用的信号通道相符。
 - 2) 检查是否为“假波”：当信号频率很大（大于采样率的一半）时，很容易出现“假波”，此时应设置

较小的时基使采样率大于信号频率的 2 倍。

- 3) 检查触发类型：一般信号应使用“边沿触发”方式，视频信号应使用“视频触发”方式。只有应用适合的触发方式，波形才能稳定显示。
 - 4) 改变触发释抑设置。
5. U 盘设备不能被识别：
- 1) 检查 U 盘设备是否能正常工作。
 - 2) 检查 USB 设备接口是否能正常工作。
 - 3) 重新启动仪器后，再插入 U 盘进行检查。
 - 4) 如果仍无法正常使用 U 盘，请与 SIGLENT 联系。

39 联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司

地址：广东省深圳市宝安区 68 区留仙三路安通达工业园 4&5 栋

服务热线：400-878-0807

E-mail: market@siglent.com

网址: <https://www.siglent.com>



关于鼎阳

鼎阳科技 (SIGLENT) 是通用电子测试测量仪器领域的行业领军企业, A 股上市公司。

2002 年, 鼎阳科技创始人开始专注于示波器研发, 2005 年成功研制出鼎阳第一款数字示波器。历经多年发展, 鼎阳产品已扩展到数字示波器、手持示波表、函数/任意波形发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪、射频/微波信号源、台式万用表、直流电源、电子负载、精密源表等基础测试测量仪器产品, 是全球极少数能够同时研发、生产、销售数字示波器、信号发生器、频谱分析仪和矢量网络分析仪四大通用电子测试测量仪器主力产品的厂家之一, 国家重点“小巨人”企业。同时也是国内主要竞争对手中极少数同时拥有这四大主力产品并且四大主力产品全线进入高端领域的厂家。公司总部位于深圳, 在马来西亚槟城州设有生产基地, 在美国克利夫兰、德国奥格斯堡、日本东京成立了子公司, 在成都成立了分公司, 产品远销全球 80 多个国家和地区, SIGLENT 已经成为全球知名的测试测量仪器品牌。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司
全国免费服务热线: 400-878-0807
网址: www.siglent.com

声明

 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标, 事先未经过允许, 不得以任何形式或通过任何方式复制本手册中的任何内容。

本资料中的信息代替原先的此前所有版本。
技术数据如有变更, 恕不另行通告。

技术许可

对于本文档中描述的硬件和软件, 仅在得到许可的情况下才会提供, 并且只能根据许可进行使用或复制。

