

---

# 用户手册

## SDS2000X 系列数字示波器

UM0102X-C02A

2020 深圳市鼎阳科技股份有限公司



# 版权和声明

## 版权

深圳市鼎阳科技股份有限公司版权所有

## 商标信息

**SIGLENT** 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标

## 声明

本公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利的保护。

本公司保留改变规格及价格的权利。

本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。

未经本公司同意，不得以任何形式或手段复制、摘抄、翻译本手册的内容。

## 产品认证

**SIGLENT** 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准，并进一步认证本产品符合其他国际标准组织成员的相关标准。

## 联系我们

如您在使用此产品过程中有任何问题或需求，可与 **SIGLENT** 联系：

地址：广东省深圳市宝安区 68 区留仙三路安通达工业园 4 栋 3 楼

服务热线：**400-878-0807**

E-mail: **market@siglent.com**

网址：**http://www.siglent.com**

# 安全要求

## 一般安全概要

了解下列安全性预防措施，以避免人身伤害，并防止本产品或与之相连的任何其他产品受到损坏。为避免可能发生的危险，请务必按照规定使用本产品。

### 使用适当的电源线

只允许使用所在国家认可的本产品专用电源线。

### 将产品接地

本产品通过电源电缆的保护接地线接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连，在与本产品的任何输入或输出终端连接之前，请务必将本产品正确接地。

### 正确连接信号线

信号地线与地电势相同，请勿将地线连接到高电压上。

### 查看所有终端额定值

为了防止火灾或电击危险，请查看本产品的所有额定值和标记说明。请在连接产品前阅读产品手册，以便了解有关额定值的详细信息。

### 怀疑产品出故障时，请勿操作

如怀疑本产品有故障，请联系 SIGLENT 授权的维修人员进行检测。任何对于本产品的维护、调整或零件的更换必须由 SIGLENT 授权的维修人员执行。

### 使用合适的过压保护

确保没有过电压（如由雷电造成的电压）到达该产品，否则可能导致操作人员遭受电击。

### 防静电保护

静电会造成仪器损坏，应尽可能在防静电区进行测试。在连接电缆到仪器之前，应将其内外导体短暂接地以释放静电。

### 保持良好的通风

通风不当会引起仪器温度升高，进而引起仪器损坏。使用时应保持良好的通风，定期检查通风口和风扇。

**避免电路外露**

电源接通后，请勿接触外露的接头和元件。

**请勿开盖操作**

请勿在仪器机箱打开时运行本产品。

**使用合适的保险丝**

只允许使用本产品指定规格的保险丝。

**保持产品表面清洁和干燥**

**请勿在潮湿环境下操作**

**请勿在易燃易爆环境中操作**

**注意搬运安全**

为避免仪器在搬运过程中滑落，造成仪器面板上的按键、旋钮或接口等部件损坏，请在搬运仪器的过程中注意安全。

## 安全术语和标记

本手册中的术语。以下术语可能出现在本手册中：



**警告**

警告性声明指出可能会危害操作人员生命安全的条件和行为。

---



**注意**

注意性声明指出可能导致本产品损坏或数据丢失的条件和行为。

---

本产品上使用的术语。以下术语可能会出现在本产品上：

**DANGER** 表示标记附近有直接伤害危险存在。

**WARNING** 表示标记附近有潜在的伤害危险存在。

**CAUTION** 表示对本产品及其他财产有潜在的危险存在。

本产品上使用的标记。以下标记可能会出现的本产品上：



警告高压



保护性终端



小心



测量接地端



电源开关

## 测量类别

SDS2000X 系列数字示波器可在测量类别 I 下进行测量。



### 警告

警告性声明指出可能会危害操作人员生命安全的条件和行为。

### 测量类别定义

**测量类别 I** 在没有直接连接到主电源的电路上进行测量。例如，对没有从主电源导出的电路，特别是受保护（内部）的主电源导出的电路进行测量。在后一种情况下，瞬间应力会发生变化。因此，用户应了解设备的瞬间承受能力。

**测量类别 II** 在直接连接到低压设备的电路上进行测量。例如，对家用电器、便携式工具或类似的设备进行测量。

**测量类别 III** 在建筑设备中进行测量。例如，在固定设备中的配电板、断路器、线路（包括电缆、母线、接线盒、开关、插座）以及工业用途的设备或某些其他设备（例如，永久连接到固定装置的固定电击）上进行测量。

**测量类别 IV** 在低压设备的源上进行测量。例如，电量计在主要过电保护设备与脉冲控制单元上的测量。

## 工作环境

### 温度

操作时：10℃至+40℃

非操作时：-20℃至+60℃

### 湿度

操作时：+40℃以下：≤85%相对湿度



#### 警告

为避免仪器内部电路短路或发生电击的危险，请勿在潮湿环境下操作仪器。

---

### 海拔高度

操作时：3000 米以下

非操作时：15266 米以下

### 安装（过电压）类别

本产品由符合安装（过电压）类别 II 的主电源供电。



#### 警告

确保没有过电压（如由雷电造成的电压）到达该产品。否则，操作人员可能有遭受电击的危险。

---

### 安装（过电压）类别定义

**安装（过电压）类别 I** 指信号电平，适用于连接到源电路中的设备测量端子，其中已经采取措施，把瞬时电压限定在相应的低水平。

**安装（过电压）类别 II** 指本地配电电平，适用于连接到市电（交流电源）的设备。



**污染程度 2 类**

**污染程度定义**

**污染度 1** 无污染，或仅发生干燥的非传导性污染。此污染级别没有影响。例如：清洁的房间或有空调控制的办公环境。

**污染度 2** 一般只发生干燥非传导污染。有时可能发生由于冷凝而造成的暂时性传导。例如：一般室内环境。

**污染程度 3** 发生传导性污染，或干燥的非传导性污染，由于冷凝而变为具有传导性。例如：有遮棚的室外环境。

**污染程度 4** 通过传导性的尘埃、雨水或雪产生永久的可导性污染。例如：户外场所。

**安全级别 1 级 — 接地产品**

## 通风要求

本示波器通过风扇强制冷却，请确保进气和排气区域无阻碍并有自由流动的空气。为保证充分的通风，在工作台机架中使用示波器时，请确保其两侧、上方、后侧应留出至少 10 厘米的间隙。



---

### 警告

通风不良可能会引起仪器温度升高，进而引起仪器损坏。使用时应保持有良好的通风，定期检查通风口和风扇。

---

## 日常保养与清洁

### 保养

存放或放置仪器时，请勿使液晶显示器长时间受阳光直射。



#### 注意

为避免损坏仪器或探头，请勿将其置于雾气、液体或溶剂中。

---

### 清洁

请根据使用情况经常对仪器和探头进行清洁。方法如下：

1. 使用质地柔软的抹布擦拭仪器和探头外部的浮尘。清洁液晶显示屏时，注意不要划伤透明的塑料保护屏。
2. 使用一块用水浸湿的软布清洁仪器，请注意断开电源。如要更彻底地清洁，可使用 **75%** 异丙醇的水溶剂。



#### 注意

为避免损坏仪器或探头的表面，请勿使用任何磨蚀性试剂或化学清洁试剂。

---



#### 警告

在重新通电使用前，请确认仪器已干透，避免因水分造成电气短路甚至人身伤害。

---

# 文档概述

本手册介绍如何使用 SDS2000X 系列数字示波器。

1. **快速入门** 介绍使用仪器前的准备工作并对仪器进行初步介绍。
2. **设置垂直系统** 介绍示波器的垂直系统功能。
3. **设置水平系统** 介绍示波器的水平系统功能。
4. **设置采样系统** 介绍示波器的采样系统功能。
5. **设置触发系统** 介绍示波器的触发类型及各类触发的具体设置。
6. **串行总线触发和解码 (选件)** 介绍总线触发以及如何对输入信号进行解码。
7. **数字通道 (选件)** 介绍如何使用数字通道。
8. **参考波形** 介绍如何使用参考波形与输入波形进行比较。
9. **数学运算** 介绍示波器的波形数学运算功能。
10. **光标** 介绍如何使用光标进行测量。
11. **测量** 介绍示波器的自动测量功能。
12. **显示设置** 介绍如何控制示波器的显示模块。
13. **存储和调用** 介绍如何使用示波器的内、外部存储和调用功能。
14. **系统功能设置** 介绍如何设置系统辅助功能及较高级功能的应用。
15. **历史波形** 介绍如何使用和设置历史波形功能。
16. **信号发生器(选件)** 介绍如何使用示波器的内置信号发生器输出波形。
17. **默认设置** 介绍示波器默认出厂设置值。
18. **故障处理** 介绍示波器常见故障的处理方法。

## 文档中的格式约定

前面板按键：用带文本框的字符表示，例如：**Acquire**

菜单软键：用带底纹并加粗的文本表示，例如：**获取方式**

操作步骤：用箭头“→”表示，例如：**Acquire** → **获取方式**

## 目 录

版权和声明 .....	I
安全要求 .....	II
一般安全概要 .....	II
安全术语和标记 .....	IV
测量类别 .....	V
工作环境 .....	VI
通风要求 .....	VIII
日常保养与清洁 .....	IX
文档概述 .....	X
快速入门 .....	1
一般性检查 .....	2
外观尺寸 .....	3
使用前准备 .....	4
调节支撑脚 .....	4
连接电源 .....	5
开机检查 .....	6
连接探头 .....	7
功能检查 .....	8
探头补偿 .....	9
前面板 .....	10
后面板 .....	11
前面板简介 .....	12
水平控制 .....	12
垂直控制 .....	13
触发控制 .....	15
运行控制 .....	16
多功能旋钮 .....	17
功能菜单 .....	18
帮助信息 .....	19
用户界面 .....	20
使用安全锁 .....	23
设置垂直系统 .....	24
开启通道 .....	26
调节垂直档位 .....	27
调节垂直位移 .....	28
设置通道耦合 .....	29
设置带宽限制 .....	29
设置探头衰减比例 .....	30
设置通道输入阻抗 .....	30
设置波形幅值单位 .....	31
设置正向（反向）显示波形 .....	31

<b>设置水平系统</b> .....	<b>32</b>
设置水平时基档位.....	34
设置触发位置.....	35
STOP 后水平移动/缩放波形 .....	36
切换水平时基模式.....	38
ROLL（滚动）模式.....	41
分屏缩放功能.....	42
<b>设置采样系统</b> .....	<b>44</b>
运行控制.....	45
采样概述.....	46
采样原理.....	46
混叠.....	46
带宽和采样率.....	46
采样率和存储深度.....	47
采样方式.....	49
波形插值方式.....	50
波形获取方式.....	51
普通.....	51
峰值检测.....	51
平均值.....	53
增强分辨率.....	54
分段采集功能.....	55
<b>设置触发系统</b> .....	<b>56</b>
触发信源.....	58
选择合适的触发方式.....	59
调节触发电平.....	60
触发耦合.....	61
触发释抑.....	62
噪声抑制.....	63
触发类型.....	64
边沿触发.....	65
斜率触发.....	67
脉宽触发.....	69
视频触发.....	71
在特定视频行上触发.....	74
使用“自定义”触发视频信号.....	74
窗口触发.....	76
间隔触发.....	79
超时触发.....	81
欠幅触发.....	84
码型触发.....	86
<b>串行总线触发和解码（选件）</b> .....	<b>88</b>
IIC 触发和串行解码 .....	89
IIC 信号设置.....	89

IIC 触发 .....	90
IIC 解码 .....	93
解释 IIC 解码.....	94
SPI 触发和串行解码 .....	95
SPI 信号设置.....	95
SPI 触发.....	98
SPI 解码.....	100
解释 SPI 解码.....	101
UART/RS232 触发和串行解码 .....	102
UART/RS232 信号设置.....	102
UART/RS232 触发 .....	103
CAN 触发和串行解码 .....	105
CAN 信号设置.....	105
CAN 触发.....	106
CAN 解码.....	108
解释 CAN 解码.....	109
LIN 触发和串行解码 .....	110
LIN 信号设置 .....	110
LIN 触发 .....	111
LIN 解码 .....	112
解释 LIN 解码 .....	113
<b>数字通道（选件） .....</b>	<b>114</b>
将数字探头连接到被测设备.....	115
使用数字通道采集波形.....	115
更改数字通道的显示高度.....	115
打开或关闭单个通道.....	117
打开或关闭所有数字通道.....	117
更改数字通道的逻辑阈值.....	117
重新定位数字通道.....	118
将数字通道显示为总线.....	118
<b>参考波形 .....</b>	<b>120</b>
将波形保存到参考波形位置.....	121
显示参考波形.....	121
调节参考波形.....	122
清除参考波形.....	123
<b>数学运算 .....</b>	<b>124</b>
数学波形单位.....	125
数学波形运算.....	126
数学算术运算—加法或减法 .....	126
数学算术运算—乘法或除法 .....	127
FFT 运算 .....	128
数学函数.....	132
<b>微分运算</b> .....	<b>132</b>
<b>积分运算</b> .....	<b>134</b>



---

<b>平方根</b> .....	135
<b>光标</b> .....	136
认识光标.....	136
进行光标测量.....	137
<b>测量</b> .....	138
一键测量.....	139
测量类型.....	140
电压测量.....	140
时间测量.....	143
延迟测量.....	144
自动测量.....	145
测量统计.....	147
全部测量.....	148
门限测量.....	149
<b>显示设置</b> .....	150
一键余辉.....	151
选择显示类型.....	152
设置色温显示.....	153
设置或清除余辉.....	154
清除显示.....	154
设置屏幕网格.....	154
调节波形亮度.....	155
调节网格亮度.....	156
设置透明度.....	156
<b>存储和调用</b> .....	157
存储类型.....	158
内部存储和调用.....	160
外部存储和调用.....	161
磁盘应用操作.....	164
删除一个文件或文件夹.....	166
重命名一个文件或文件夹.....	166
<b>系统功能设置</b> .....	167
系统辅助功能.....	168
查看系统状态.....	169
执行自校正.....	170
设置（按键）声音.....	171
使能快速校正.....	171
设置屏幕保护时间.....	171
进行自测试.....	171
安装选件.....	175
远程接口设置.....	177
USB 远程控制.....	177
通过 USB Device 与 PC 机进行远程通信.....	177
LAN 设置.....	178

---

Aux 输出设置.....	179
通过/失败测试.....	180
进行规则设置.....	181
保存或调出测试规则.....	182
设置并输出通过/失败测试.....	183
通过/失败测试示例.....	185
升级软件.....	187
电源分析应用（选件）.....	188
执行通道时滞校准.....	189
执行电源分析.....	191
<b>历史波形.....</b>	<b>213</b>
<b>信号发生器(选件).....</b>	<b>215</b>
选择波形类型和参数设置.....	216
输出任意波形.....	218
选择输出负载.....	219
恢复信号发生器默认值.....	219
信号发生器自校准.....	220
<b>默认设置.....</b>	<b>221</b>
<b>故障处理.....</b>	<b>227</b>

## 图 表 目 录

图 1 正视图.....	3
图 2 侧视图.....	3
图 3 调节支撑脚.....	4
图 4 连接电源.....	5
图 5 功能检查.....	8
图 6 前面板总览.....	10
图 7 后面板总览.....	11
图 8 帮助界面总提示信息.....	19
图 9 用户界面.....	20
图 10 使用安全锁.....	23
图 11 垂直通道图.....	25
图 12 通道波形图.....	26
图 13 水平控制.....	33
图 14 带毛刺的正弦波.....	36
图 15 扩展后的毛刺正弦波.....	37
图 16 李沙育测量原理图.....	38
图 17 李沙育测量实例.....	39
图 18 分屏缩放.....	42
图 19 采样混叠.....	46
图 20 理论上的砖墙频率响应.....	47
图 21 采样率和示波器带宽.....	47
图 22 波形失真.....	48
图 23 波形混叠.....	48
图 24 波形漏失.....	49
图 25 差值方式对比.....	50
图 26 带毛刺的正弦波（普通模式）.....	52
图 27 带毛刺的正弦波（峰值检测模式）.....	52
图 28 未平均时的波形（显示波形上的随机噪声）.....	53
图 29 平均次数为 256 时的波形（降低随机噪声）.....	54
图 30 分段采集菜单.....	55
图 31 设置触发释抑时间.....	62
图 32 噪声抑制关闭.....	63
图 33 噪声抑制开启.....	63
图 34 边沿触发.....	66
图 35 斜率触发.....	68
图 36 脉宽触发.....	70
图 37 特定行上视频触发.....	74
图 38 “绝对”窗口触发.....	77
图 39 “相对”窗口触发.....	78
图 40 间隔触发.....	80

图 41 “边沿”超时触发 .....	82
图 42 “状态”超时触发 .....	83
图 43 欠幅脉冲触发.....	85
图 44 码型触发示意图.....	86
图 45 码型触发 1 (1/2 页) .....	87
图 46 码型触发 1 (2/2 页) .....	87
图 47 IIC 信号菜单.....	89
图 48 IIC 触发条件.....	90
图 49 IIC 解码菜单.....	93
图 50 IIC 解码图.....	93
图 51 SPI 信号菜单.....	95
图 52 CLK 菜单.....	95
图 53 SPI 主输入从输出菜单.....	96
图 54 MOSI 菜单.....	96
图 55 SPI 片选择菜单.....	96
图 56 SPI 触发设置菜单.....	98
图 57 SPI 触发图.....	99
图 58 SPI 解码设置菜单.....	100
图 59 SPI 解码图.....	100
图 60 UART 信号菜单.....	102
图 61 UART 总线配置菜单.....	102
图 62 UART 触发条件.....	103
图 63 UART 数据触发.....	103
图 64 UART 触发.....	104
图 65 CAN 信号菜单.....	105
图 66 CAN 触发设置菜单.....	106
图 67 CAN 触发.....	107
图 68 CAN 解码.....	108
图 69 LIN 信号菜单 .....	110
图 70 LIN 触发设置菜单.....	111
图 71 LIN 触发 .....	111
图 72 LIN 解码.....	112
图 73 数字通道菜单.....	115
图 74 通道高度选择低.....	116
图 75 通道高度选择高.....	116
图 76 阈值设置菜单.....	117
图 77 数字总线菜单.....	118
图 78 数字总线.....	119
图 79 调节参考波形.....	122
图 80 (通道 1 波形加通道 2 波形) .....	126
图 81 (通道 1 波形乘以通道 2 波形) .....	127
图 82 FFT 操作菜单 .....	128
图 83 FFT 波形.....	129
图 84 微分运算.....	133

图 85 无 DC 偏移校正（积分运算） .....	134
图 86 有 DC 偏移校正（积分运算） .....	134
图 87 平方根运算 .....	135
图 88 光标测量 .....	137
图 89 一键测量 .....	139
图 90 测量类型 .....	140
图 91 电压参数示意图 .....	140
图 92 上升/下降过激示例图 .....	141
图 93 上升/下降前激 .....	142
图 94 时间参数示意图 .....	143
图 95 自动测量图 1（4 个参数） .....	145
图 96 测量统计 .....	147
图 97 全部测量 .....	148
图 98 门限测量 .....	149
图 99 一键余辉 .....	151
图 100 “矢量”显示 .....	152
图 101 “点”显示 .....	152
图 102 色温示意图 .....	153
图 103 色温开启 .....	153
图 104 波形亮度设置为 100% .....	155
图 105 波形亮度设置为 5% .....	155
图 106 储存类型 .....	159
图 107 U 盘存储界面 .....	161
图 108 选定存储路径 .....	162
图 109 新建文件名 .....	162
图 110 新建文件名 .....	163
图 111 新建文件夹 .....	164
图 112 系统状态 .....	169
图 113 自校正提示信息 .....	170
图 114 屏幕测试 .....	172
图 115 键盘测试 .....	173
图 116 点亮测试 .....	174
图 117 选件菜单 .....	175
图 118 编辑标签功能菜单 .....	175
图 119 选件安装信息 .....	176
图 120 LAN 设置界面 .....	178
图 121 规则设置菜单 .....	181
图 122 规则设置 .....	181
图 123 通过/失败测试菜单 .....	183
图 124 设置水平调整和垂直调整 .....	185
图 125 检测到失败脉冲 .....	186
图 126 开关模式电源（SMPS）块示意图和测量类型 .....	188
图 127 DF2001A 时滞校准装置 .....	189
图 128 电源应用分析菜单 .....	190

图 129 信号设置菜单.....	190
图 130 消除时滞成功.....	190
图 131 电源质量信号设置菜单.....	192
图 132 电源质量分析类型.....	193
图 133 执行电源质量分析.....	194
图 134 开启统计测量.....	194
图 135 电流谐波信号菜单.....	195
图 136 电流谐波设置菜单.....	195
图 137 执行电流谐波分析.....	196
图 138 突入电流信号菜单.....	197
图 139 执行突入电流分析.....	198
图 140 开关损耗信号菜单.....	199
图 141 开关损耗设置菜单.....	199
图 142 执行开关损耗分析.....	200
图 143 转换速度信号菜单.....	202
图 144 电源应用分析菜单.....	202
图 145 执行转换速度分析.....	203
图 146 调制信号菜单.....	204
图 147 电源应用分析.....	204
图 148 调制分析测量类型.....	205
图 149 执行调制分析.....	205
图 150 输出波纹信号菜单.....	206
图 151 执行输出波纹分析.....	206
图 152 开启/关闭信号菜单.....	207
图 153 电源应用分析菜单.....	208
图 154 执行开启关闭分析.....	208
图 155 瞬变响应信号菜单.....	209
图 156 瞬变响应设置菜单.....	209
图 157 执行瞬变响应分析.....	210
图 158 效率信号菜单.....	211
图 159 执行效率分析.....	212
图 160 历史波形功能菜单.....	213
图 161 内置信号源界面.....	216
图 162 发送波形对话框.....	218
图 163 任意波形发生器功能菜单.....	218
图 164 输出负载设置界面.....	219
图 165 默认设置界面.....	219
图 166 AWG 自校准界面.....	220

# 快速入门

本章介绍手册使用示波器前的准备工作，及示波器的前、后面板和用户界面。

本章内容如下：

- ◆ 一般性检查
- ◆ 外观尺寸
- ◆ 使用前准备
- ◆ 前面板
- ◆ 后面板
- ◆ 前面板简介
- ◆ 帮助信息
- ◆ 用户界面
- ◆ 使用安全锁

### 一般性检查

#### 1. 检查运输包装

如运输包装已损坏，请保留被损坏的包装和防震材料，直到货物经过完全检查且仪器通过电性和机械测试。

因运输造成的仪器损坏，由发货方和承运方联系赔偿事宜，**SIGLENT** 不进行免费维修或更换。

#### 2. 检查整机

若存在机械损坏或缺失，或者仪器未通过电性和机械测试，请联系您的 **SIGLENT** 经销商。

#### 3. 检查随机附件

请根据装箱单检查随机附件，如有损坏或缺失，请联系您的 **SIGLENT** 经销商。



## 外观尺寸

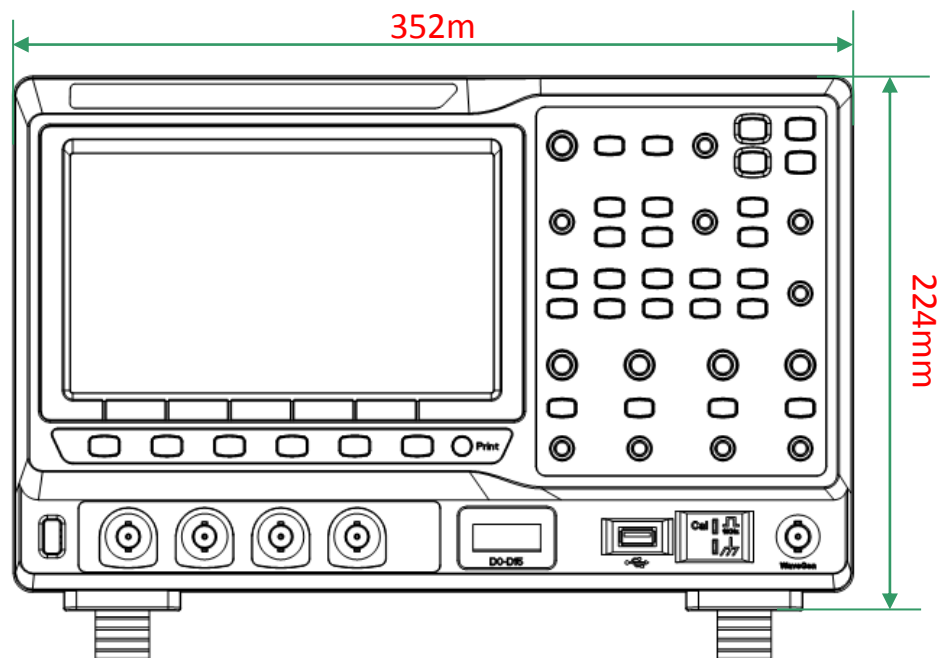


图 1 正视图

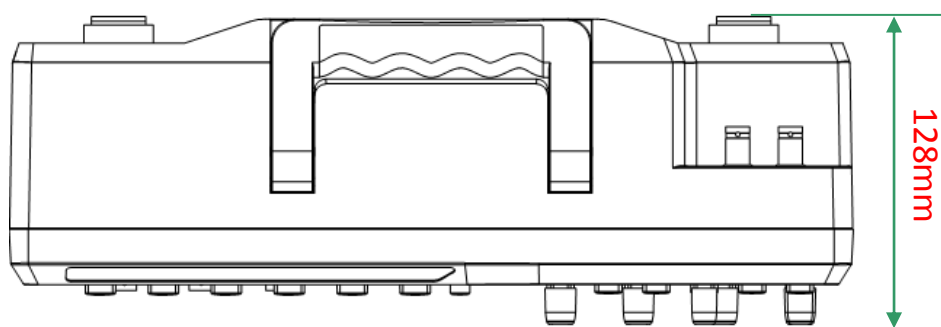


图 2 侧视图

## 使用前准备

### 调节支撑脚

适当地调整支撑脚，将其作为支架使示波器向上倾斜，以稳定放置示波器，便于更好地操作和观察显示屏。

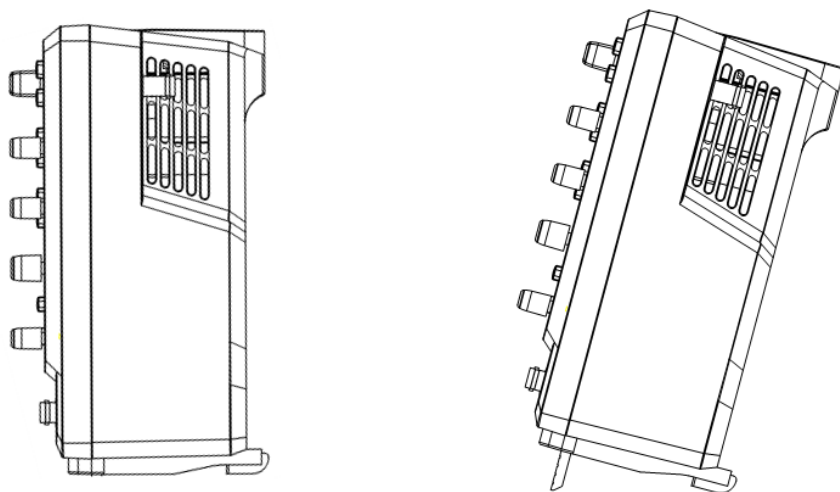


图 3 调节支撑脚

## 连接电源

本示波器可输入交流电源的规格为：100~240Vrms 50/60Hz，或 100~120Vrms 400Hz。请使用附件提供的电源线按下图所示将示波器与电源连接。

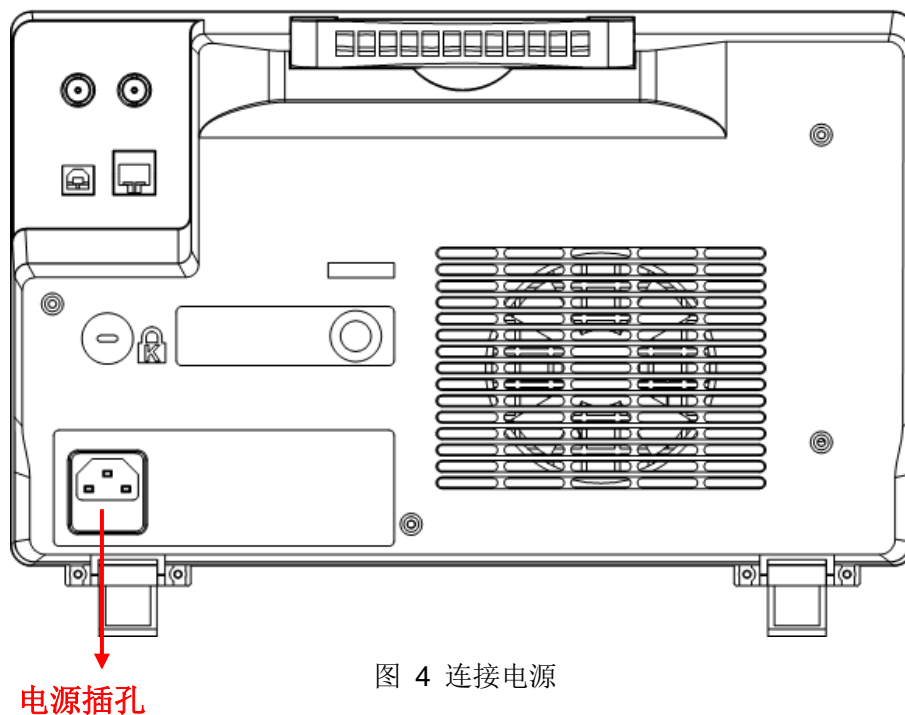


图 4 连接电源



### 注意

如需更换保险丝，请将仪器返厂，由 **SIGLENT** 授权的维修人员进行更换。

## **开机检查**

当示波器处于通电状态时，按下前面板屏幕左下方的电源键即可启动示波器。开机过程中示波器显示开机界面并执行一系列自检，您可以听到继电器切换的声音。自检结束后出现用户界面。

## 连接探头

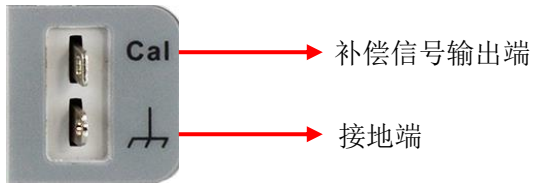
**SIGLENT** 为 SDS2000X 系列示波器提供无源探头。有关探头的详细技术信息请参考相应的探头用户手册。

### 连接探头：

1. 将探头的 BNC 端连接到前面板的通道 BNC 连接器。
2. 将探头接地鳄鱼夹连接至示波器接地端，并将探针连接至待测电路测试点中。

## 功能检查

1. 按 **Default** 将示波器恢复为默认设置。
2. 将探头的接地鳄鱼夹与探头补偿信号输出端下面的“接地端”相连。



3. 将探头 BNC 端连接示波器的通道输入端，另一端连接示波器补偿信号输出端。
4. 按 **Auto Setup** 键。
5. 观察示波器显示屏上的波形，正常情况下应显示下图所示波形：

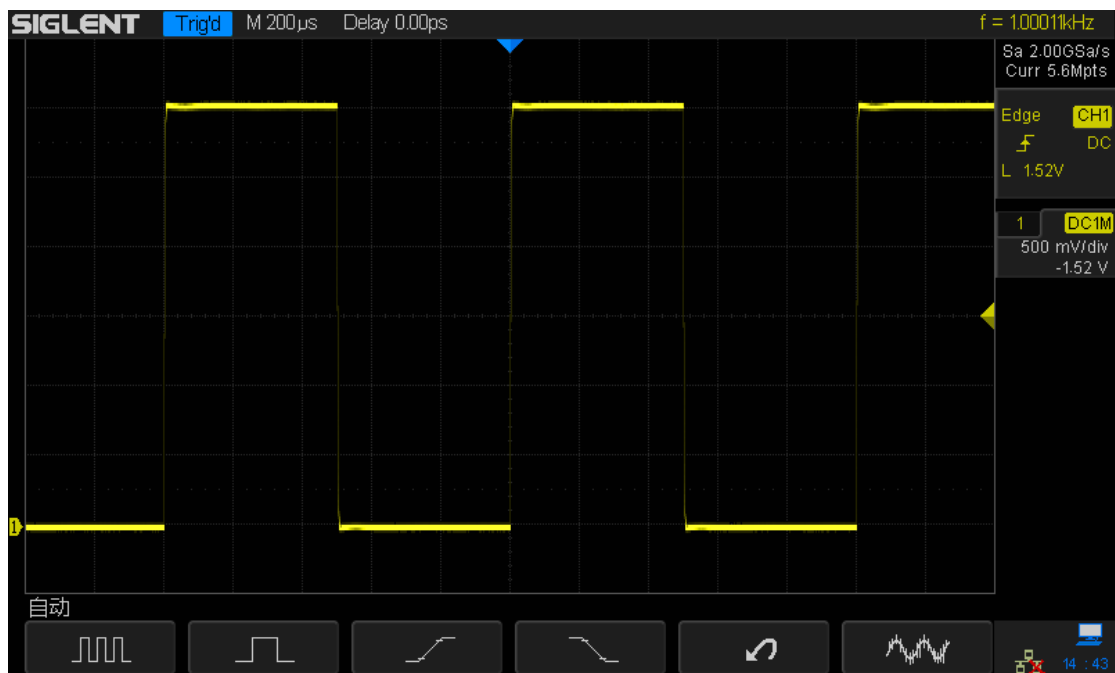


图 5 功能检查

6. 用同样的方法检测其他通道。若屏幕显示的方波形状与上图不符，请执行下一节“探头补偿”。



### 警告

为避免使用探头时被电击，请首先确保探头的绝缘导线完好，并且在连接高压源时不要接触探头的金属部分。

## 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. 执行上一节“功能检查”中的步骤 1、2、3 和 4。
2. 检查所显示的波形形状并与下图对比。



3. 用非金属质地的改锥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”。

# 前面板

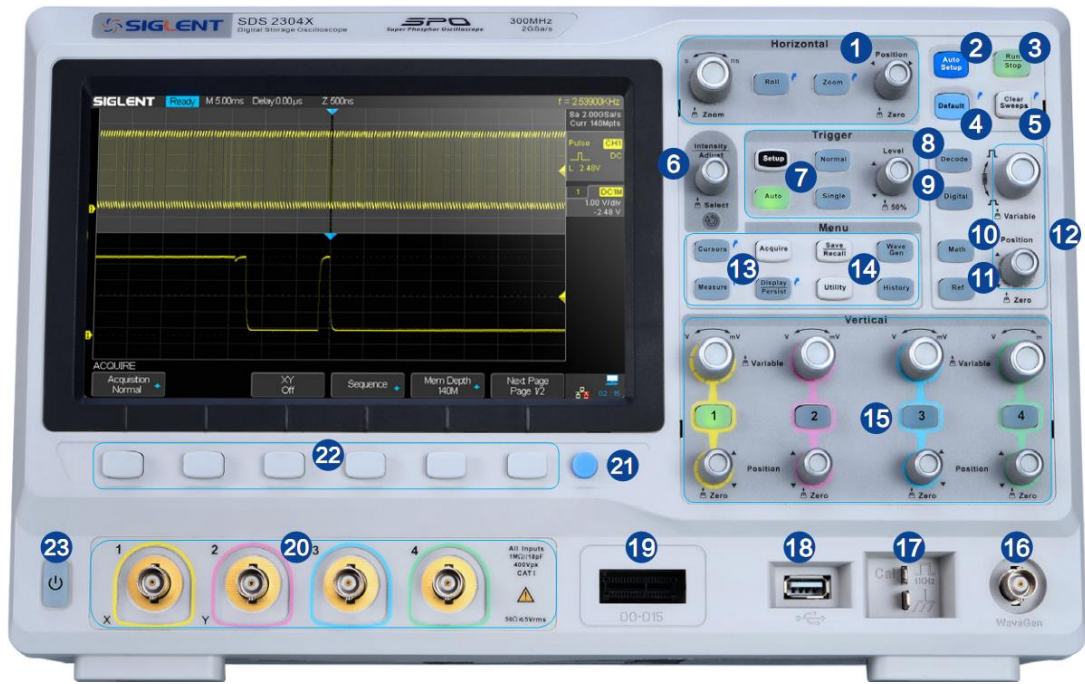


图 6 前面板总览

编号	说明	编号	说明
1	水平控制系统	13	常用功能区
2	自动设置	14	内置信号发生器开关按键
3	停止/运行	15	垂直控制系统
4	默认设置	16	内置信号发生器输出端
5	一键清除	17	补偿信号输出端/接地端
6	多功能旋钮	18	<b>USB Host</b> 端口
7	触发控制系统	19	数字通道道入端
8	串行解码功能	20	模拟通道输入端
9	数字通道功能	21	一键存储功能键
10	Math 波形	22	菜单软键
11	Ref 参考波形	23	电源软开关
12	Math 和 Ref 波形垂直控制		



## 后面板

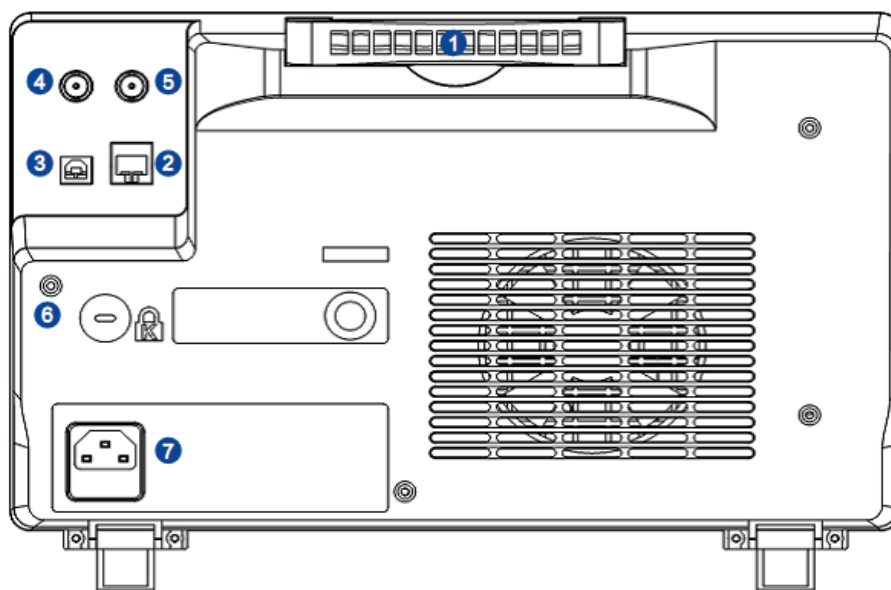


图 7 后面板总览

### 1. 手柄

垂直拉起该手柄，可方便提携示波器。不需要时，向下轻按即可。

### 2. LAN 接口

通过该接口将示波器连接到网络中，对其进行远程控制

### 3. USB Device

该接口可连接 PC，通过上位机软件对示波器进行控制。

### 4. Pass/Fail 或 Trig Out 输出

示波器产生一次触发时，可通过该接口输出一个反映示波器当前捕获率的信号，或输出 **Pass/Fail** 检测脉冲。

### 5. 外触发通道

### 6. 锁孔

可以使用安全锁通过该锁孔将示波器锁在固定位置。


### 7. AC 电源输入端


本示波器的供电要求为 100~240Vrms 50/60Hz，或 100~120Vrms 400Hz。请使用附件提供的电源线将示波器连接到 AC 电源中。


## 前面板简介


### 水平控制



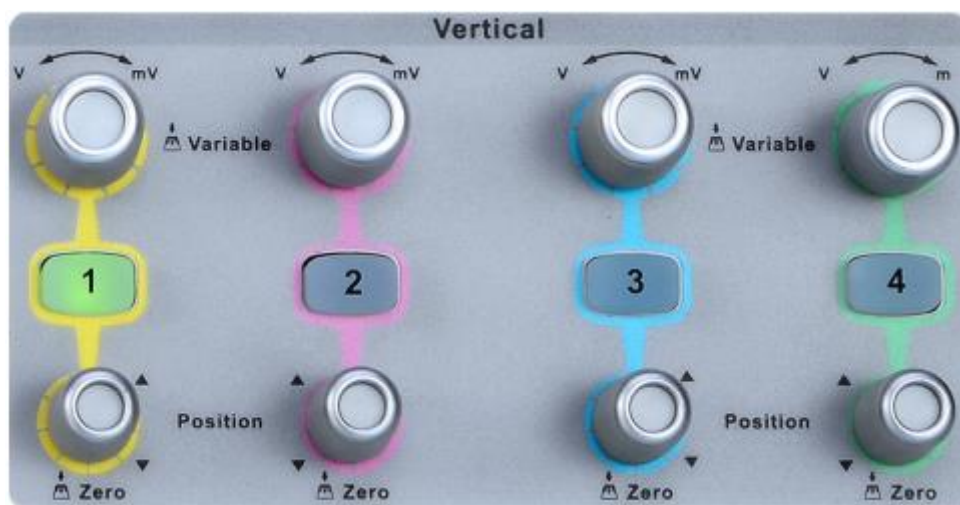
 **Roll** : 按下该键进入滚动模式。滚动模式的时基范围为 50ms/div-50s/div。


 **Zoom** : 按下该键打开延迟扫描功能。再次按下可关闭延迟扫描。


**水平 Position**  : 修改触发位移。旋转旋钮时触发点相对于屏幕中心左右移动。修改过程中，所有通道的波形同时左右移动，屏幕上方的触发位移信息也会相应变化。按下该按钮可将触发位移恢复为 0。


**水平档位**  : 修改水平时基档位。顺时针旋转减小时基，逆时针旋转增大时基。修改过程中，所有通道的波形被扩展或压缩，同时屏幕上方的时基信息相应变化。按下该按钮快速开启 **Zoom** 功能。

## 垂直控制





 **1**：模拟输入通道。四个通道标签用不同颜色标识，且屏幕中波形颜色和输入通道连接器的颜色相对应。按下通道按键可打开相应通道及其菜单，连续按下两次则关闭该通道。

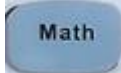
**垂直 Position** ：修改对应通道波形的垂直位移。修改过程中波形会上下移动，同时屏幕中下方弹出的位移信息会相应变化。按下该按钮可将垂直位移恢复为0。


**垂直电压档位** ：修改当前通道的垂直档位。顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。修改过程中波形幅度会增大或减小，同时屏幕右方的档位信息会相应变化。按下该按钮可快速切换垂直档位调节方式为“粗调”或“细调”。





 : 解码功能按键。按下该键打开解码功能菜单。SDS2000X 支持 IIC、SPI、UART/RS232、CAN、LIN 等串行总线解码。

 : 数字通道按键。按下该键打开数字通道功能菜单。SDS2000X 支持 16 个集成数字通道。

 : 按下该键打开波形运算菜单。可进行加、减、乘、除、FFT、积分、微分、平方根等运算。


 : 按下该键打开波形参考功能。可将实测波形与参考波形相比较，以判断电路故障。


**MATH/REF 波形 Position**  : 修改 Math 或 REF 波形的垂直位移。顺时针转动增大位移，逆时针转动减小位移。修改过程中波形会上下移动，按下该按钮可将垂直位移恢复为 0。


**MATH/REF 波形垂直档位**  : 修改 Math 或 REF 波形的垂直档位。顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。修改过程中波形幅度会增大或减小，按下该按钮可快速切换垂直档位调节方式为“粗调”或“细调”。


## 触发控制




 : 按下该键打开触发功能菜单。本示波器提供边沿、斜率、脉宽、视频、窗口、间隔、超时、欠幅、码型和串行总线（IIC/SPI/URAT/RS232）等丰富的触发类型。

 : 按下该键切换触发模式为 **AUTO**（自动）模式。


 : 按下该键切换触发模式为 **Normal**（正常）模式。


 : 按下该键切换触发模式为 **Single**（单次）模式。


**触发电平 Level**  : 设置触发电平。顺时针转动旋钮增大触发电平，逆时针转动减小触发电平。修改过程中，触发电平线上下移动，同时屏幕右上方的触发电平值相应变化。按下该按钮可快速将触发电平恢复至对应通道波形中心位置。


## 运行控制



 : 按下该键开启波形自动显示功能。示波器将根据输入信号自动调整垂直档位、水平时基及触发方式，使波形以最佳方式显示。

 : 按下该键可将示波器的运行状态设置为“运行”或“停止”。  
“运行”状态下，该键黄灯被点亮；  
“停止”状态下，该键红灯被点亮。

 : 按下该键快速恢复至默认状态。系统默认设置下的电压档位为 1V/div，时基档位为 1 $\mu$ S/div

 : 按下该键快速清除余辉或测量统计，然后重新采集或计数。

## 多功能旋钮



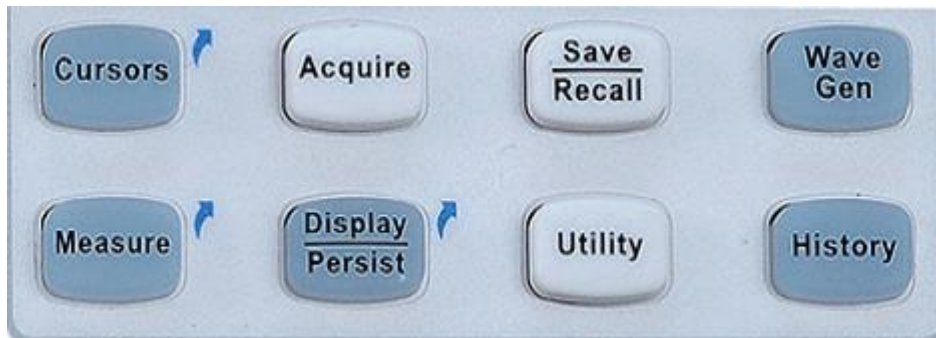
### 调节波形亮度/网格亮度/透明度

**Display/Persist** → **波形亮度**，旋转该旋钮可调节波形亮度，亮度可调范围为 **0% ~ 100%**。顺时针旋转增大波形亮度，逆时针旋转减小波形亮度。要调节网格亮度(可调范围 **0% ~ 100%**)/透明度(**20% ~ 80%**)，需先按 **Display/Persist** → **网格亮度 / 透明度**，然后旋转多功能旋钮进行调节。

### 多功能旋钮

菜单操作时，按下某个菜单软件后，若旋钮上方指示灯被点亮，此时转动该旋钮可选择该菜单下的子菜单，按下该旋钮可选中当前选择的子菜单，指示灯也会熄灭。另外，该旋钮还可用于修改 **MATH**、**REF** 波形档位和位移、参数值、输入文件名等。

## 功能菜单



- Cursors** : 按下该键直接开启光标功能。示波器提供手动和追踪两种光标模式，另外还有电压和时间两种光标测量类型。
- Acquire** : 按下该键进入采样设置菜单。可设置示波器的获取方式（普通/峰值检测/平均值/增强分辨率）、内插方式、分段采集和存储深度。
- Save Recall** : 按下该键进入文件存储/调用界面。可存储/调出的文件类型包括设置文件、二进制数据、参考波形文件、图像文件、CSV 文件和 Matlab 文件。
- Wave Gen** : 按下该键打开内置信号发生器功能菜单。SDS2000X 支持内置信号发生器选件功能。
- Measure** : 按下该键快速进入测量系统，可设置测量参数、统计功能、全部测量、Gate 测量等。测量可选择并同时显示最多任意五种测量参数，统计功能则统计当前显示的所有选择参数的当前值、平均值、最小值、最大值、标准差和统计次数。
- Display Persist** : 按下该键快速开启余辉功能。可设置波形显示类型、色温、余辉、清除显示、网格类型、波形亮度、网格亮度、透明度等。选择波形亮度/网格亮度/透明度后，通过多功能旋钮调节相应亮度。透明度指屏幕弹出信息框的透明程度。
- Utility** : 按下该键进入系统辅助功能设置菜单。设置系统相关功能和参数，例如接口、声音、语言等。此外，还支持一些高级功能，例如 Pass/Fail 测试、自校正和升级固件等。
- History** : 按下该键快速进入历史波形菜单。历史波形模式最大可录制 80000 帧波形。



## 帮助信息

如您在使用示波器过程中有任何疑问，可长按下（约两秒）前面板的任意键开启该键的帮助信息功能，以帮助您理解当前所执行操作的具体含义，辅助您进行下一步操作。

1. 在当前菜单界面下，若想要查看某一按键的帮助信息，需长按下（约两秒）该键打开如下所示的帮助信息。

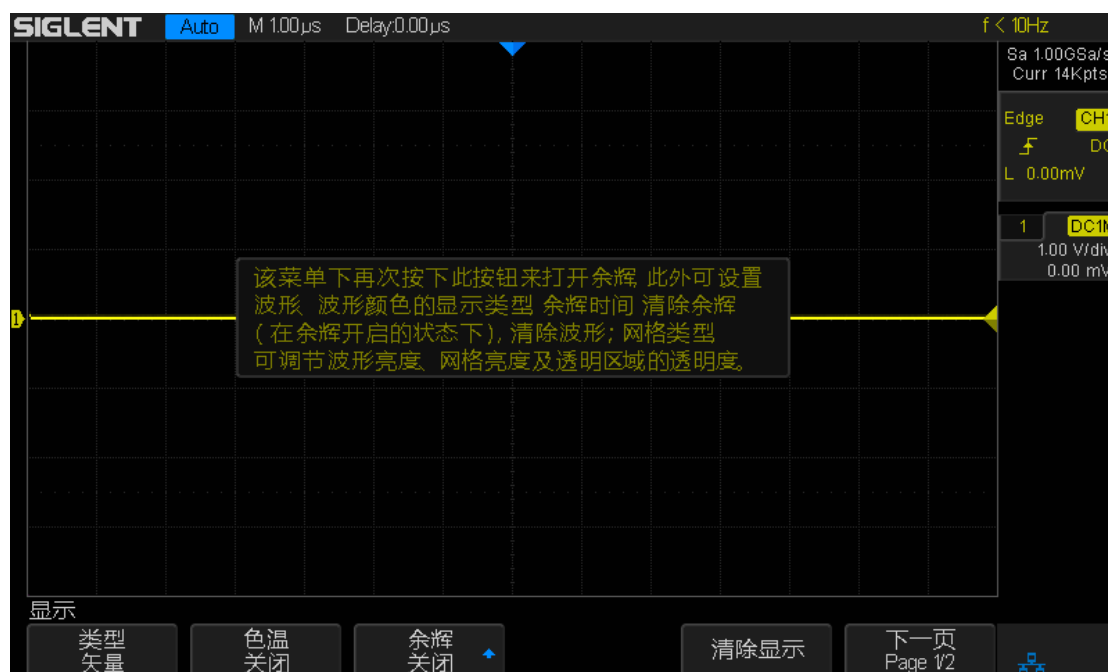


图 8 帮助界面总提示信息

2. 按任意键即退出帮助信息。

## 用户界面



图 9 用户界面

### 1. 产品商标

**SIGLENT** 为本公司注册商标。

### 2. 通道标记/波形

不同通道用不同的颜色表示，通道标记和波形颜色一致。

### 3. 运行状态

可能的状态包括：**Arm**（采集预触发数据）、**Ready**(等待触发)、**Trig'd**(已触发)、**Stop**(停止采集)、**Auto**(自动)。

### 4. 水平时基

表示屏幕水平轴上每格所代表的时间长度。使用水平档位旋钮可以修改该参数，可设置范围为 **1ns/div ~ 50s/div**。

## 5. 触发位移

使用水平 **Position** 旋钮可以修改该参数。向右旋转旋钮使得箭头（初始位置为屏幕正中央）向右移动，触发位移（初始值为 0）相应减小；向左旋转旋钮使得箭头向左移动，触发位移相应增大。按下按钮参数自动被设为 0，且箭头回到屏幕正中央。

## 6. 触发位置

显示屏幕中波形的触发位置。


## 7. 频率值


显示硬件频率计测量得到的当前触发通道波形的频率值。


## 8. 采样率/存储深度


显示示波器当前使用的采样率及存储深度。使用水平档位旋钮可以修改该采样率/存储深度。

## 9. 触发设置

**触发源**  显示当前选择的触发源。选择不同的触发源时标志不同，触发参数区的颜色也会相应改变。


**触发耦合**  显示当前触发源的耦合方式。可选择的耦合方式有：DC、AC、LF Reject、HF Reject。


**触发电平值**  显示当前触发通道的电平值。按下按钮将参数自动设为信号的中间电平。

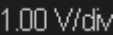
**触发类型**  显示当前选择的触发类型及触发条件设置。选择不同的触发类型时标志不同。



例如： 表示在“边沿触发”的上升沿触发。


## 10. 通道设置

**探头衰减系数**  显示当前开启通道所选的探头衰减比例。可选择的比例有：0.1X, 0.2X, 0.5X, ... , 1000X, 2000X, 5000X, 10000X(1-2-5 步进)

**通道耦合**  显示当前开启通道所选的耦合方式。可选择的耦合方式有：DC、AC、GND。

**电压档位**  表示屏幕垂直轴上每格所代表的电压大小。使用垂直 POSITION 旋钮可以修改该参数，可设置范围为 2mV/div ~ 10V/div。

**带宽限制**  若当前带宽限制功能为开启，则显示  标志。

**输入阻抗**  显示当前开启通道的输入阻抗（1MΩ/50Ω）。


## 11. 触发电平位置


显示当前触发通道的触发电平在屏幕上的位置。

## 12. 接口状态

 表示 USB Device 设备已连接；

 表示 USB Host 已连接

 表示网口设备已连接；

 表示网口设备未连接

## 13. 菜单

显示波器当前所选功能模块对应菜单。按下对应菜单软键即可进行相关设置。

## 使用安全锁

如有必要，您可以使用安全锁（请自行购买）将示波器锁在固定位置。方法如下：沿与后面板垂直的方向对准锁孔将安全锁插入，然后顺时针旋转以锁定示波器，最后拔出钥匙。

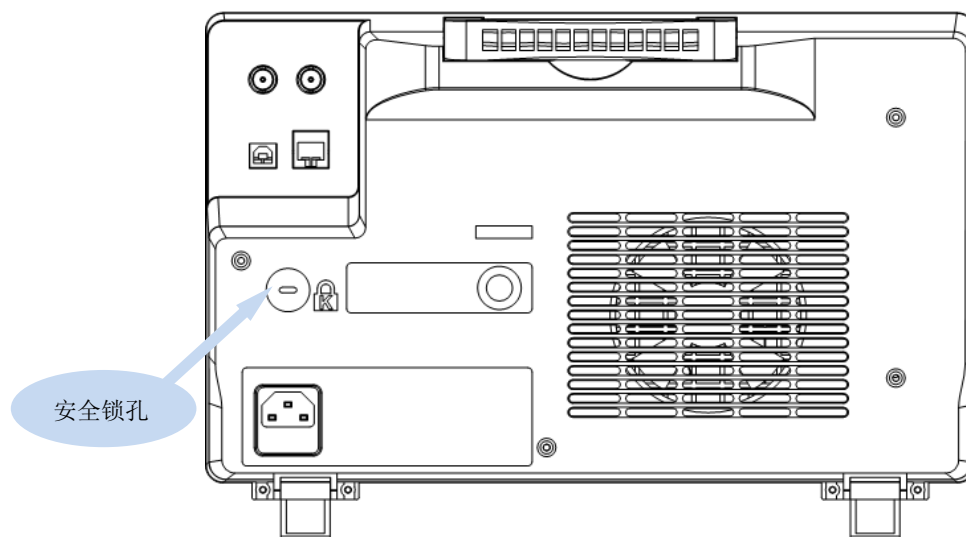


图 10 使用安全锁

# 设置垂直系统

本章介绍如何对示波器的垂直系统功能进行设置。

本章内容如下：

- ◆ 开启通道
- ◆ 调节垂直档位
- ◆ 调节垂直位移
- ◆ 设置通道耦合
- ◆ 设置带宽限制
- ◆ 设置探头衰减比例
- ◆ 设置通道输入阻抗
- ◆ 设置波形幅值单位
- ◆ 设置正向（反向）显示波形

垂直控制包括：

- 控制每个通道波形的垂直档位和位移
- 开启通道并对通道下各菜单软键进行设置

向通道 1 接入稳定信号后，按下示波器前面板的 **Auto Setup** 自动显示波形，如下所示：

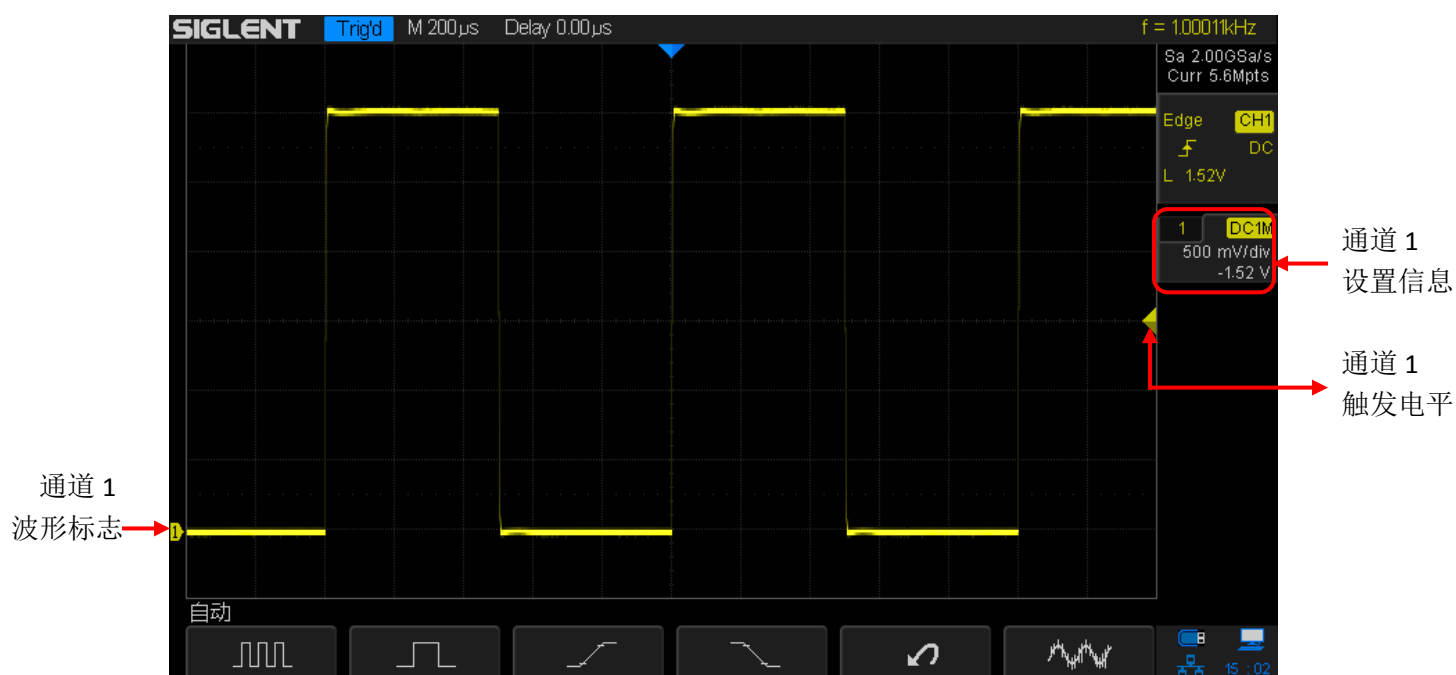


图 11 垂直通道图

## 开启通道

SDS2000X 有 4 个模拟输入通道 **1**、**2**、**3** 和 **4**，每个通道有独立的垂直控制系统，且这 4 个通道的垂直系统设置方法完全相同。本章将以通道 **1** 为例为您介绍详细垂直系统的设置方法。

分别接入两个不同的正弦信号至 **1** 和 **2** 的通道连接器后，按下示波器前面板的通道键 **1**、**2** 开启通道，此时，通道按键灯被点亮。按下前面板的 **Auto Setup** 后显示如下波形：

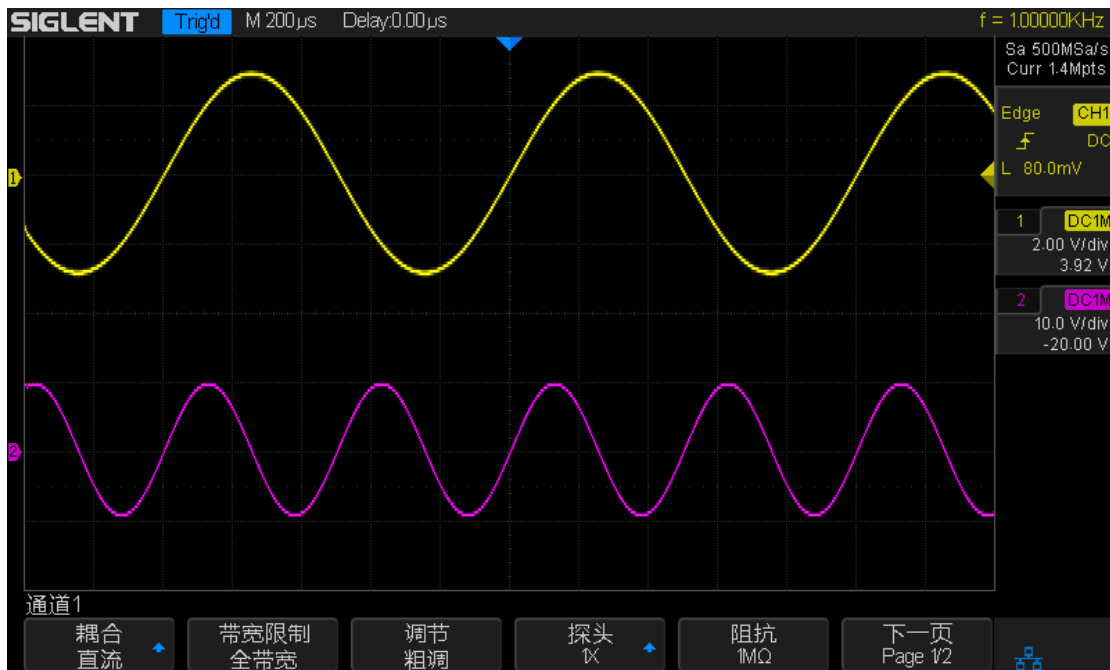


图 12 通道波形图

打开通道后，可根据输入信号调整通道的垂直档位、水平时基以及触发方式等参数，使波形显示易于观察和测量。

**注意** 若同时开启多个通道，在关闭通道之前必须查看通道菜单。例如：如果通道 **1** 和通道 **2** 已打开，且示波器显示通道 **2** 菜单，要关闭通道 **1**，需先按下 **1** 显示通道 **1** 菜单，然后再次按下 **1** 关闭通道 **1**。



## 调节垂直档位

垂直档位的调节方式有“粗调”和“细调”两种。

- 粗调（顺时针旋转）：按 1-2-5 步进调节垂直档位，例如：10 V/div、5 V/div、2 V/div、...、5 mV/div、2 mV/div、1 mV/div。
- 细调（顺时针旋转）：在较小范围内进一步调节垂直档位，以改善垂直分辨率。例如：2 V/div、1.98 V/div、1.96 V/div、1.94 V/div、...、1 V/div、990 mV/div、980 mV/div、...。

按 **1** → **调节**，选择所需的调节方式（粗调或细调）。旋转**垂直档位**旋钮调节垂直档位。顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。

调节垂直档位时，屏幕右侧状态栏中的档位信息 **1.00 V/div** 实时变化。垂直档位的调节范围与当前设置的探头比有关，默认情况下，探头衰减比为 1X，垂直档位的调节范围为 1mV/div~10V/div。

**注意** 如果输入波形的幅值在当前垂直档位下略大于满刻度，使用下一垂直档位波形显示的幅值又明显偏低，此时可采用“细调”方式使幅值显示恰好为满屏或微低于满屏，以便您更好地观察波形细节。

## 调节垂直位移

使用垂直 **Position** 旋钮调节波形的垂直位移。顺时针旋转增大位移，波形向上移动，逆时针旋转减小位移，波形向下移动。按下该按钮可快速将当前波形的垂直位移恢复为 0。

调节垂直位移时，屏幕中下方弹出的垂直位移信息实时变化。垂直位移范围与当前设置的电压档位有关，如下表所示：

电压档位	垂直偏移范围
2 mV/div ~ 100 mV/div	±1V
102 mV/div ~ 1 V/div	±10 V
1.02 V/div ~ 10 V/div	±100 V

## 设置通道耦合

设置耦合方式可以滤除不必要的信号。例如：被测信号是一个含有直流偏置的方波信号。

- 设置耦合方式为“DC”：被测信号含有的直流分量和交流分量都可以通过。
- 设置耦合方式为“AC”：被测信号含有的直流分量被阻隔。
- 设置耦合方式为“GND”：被测信号含有的直流分量和交流分量都被阻隔。

按 **1** → **耦合**，然后连续按 **耦合** 软键切换并选择耦合方式，或使用多功能旋钮选择所需的耦合方式（默认为 DC 耦合）。当前耦合方式显示在屏幕右边的通道标签中。

## 设置带宽限制

开启带宽限制可以滤除不必要的高频噪声。例如：被测信号是含有高频震荡的脉冲信号。

- 关闭带宽限制：被测信号含有的高频分量可以通过。
- 开启带宽限制：通道的带宽被限制在 20MHz，从而可衰减多余的高频分量。

按 **1** → **带宽限制**，然后连续按 **带宽限制** 软键切换以开启或关闭带宽限制，带宽限制标志显示在屏幕右边的通道标签中。

## 设置探头衰减比例

按 **1** → **探头**，然后连续按 **探头** 软键切换并选择所需探头比，或使用多功能旋钮进行选择（探头比默认为 1X）。当前所选探头比显示在屏幕右边的通道标签中。当插入探头为带 Readout 接口的 10X 探头时，示波器会自动将探头比设置为 10X。

下表是 SDS2000X 支持的探头衰减比例。

菜单	衰减系数
0.1X	0.1 : 1
0.2X	0.2 : 1
0.5X	0.5 : 1
1X	1 : 1
...	...
500X	500 : 1
1000X	1000 : 1
2000X	2000 : 1
5000X	5000 : 1
10000X	10000 : 1

## 设置通道输入阻抗

设置当前通道的输入阻抗，可选择的阻抗值为 50Ω 或 1MΩ。进行阻抗匹配能将沿信号路径的反射最小化，使测量结果更精确。

- 设置阻抗值为 50Ω: 可与高频测量时常用的 50Ω 电缆和 50Ω 有源探头匹配。
- 设置阻抗值为 1MΩ: 适用于许多无源探头，可进行通用测量，高阻抗可在被测设备上使示波器的负载效应最小化。

按 **1** → **阻抗**，然后连续按 **阻抗** 软键切换并选择所需阻抗值。当前所选单位显示在屏幕右边的通道标签中。

## 设置波形幅值单位

设置当前通道波形幅值显示的单位。可选的单位为 V、A，示波器的默认幅值单位为 V。

按 **1** → **单位**，然后连续按 **单位** 软键切换以选择所需幅值单位，当前所选单位显示在屏幕右边的通道标签中。

## 设置正向（反向）显示波形

打开波形反向时，波形显示相对地电位翻转 180°。关闭波形反向时，波形正常显示。

按 **1** → **反向**，打开或关闭反向。

# 设置水平系统

本章介绍如何对示波器的水平系统功能进行设置。

本章内容如下：

- ◆ 设置水平时基档位
- ◆ 设置触发位置
- ◆ STOP 后水平移动/缩放波形
- ◆ 切换水平时基模式
- ◆ ROLL（滚动）模式
- ◆ 分屏缩放功能

水平控制包括：

对波形进行水平调整，启用分屏缩放功能以及改变水平时基模式。

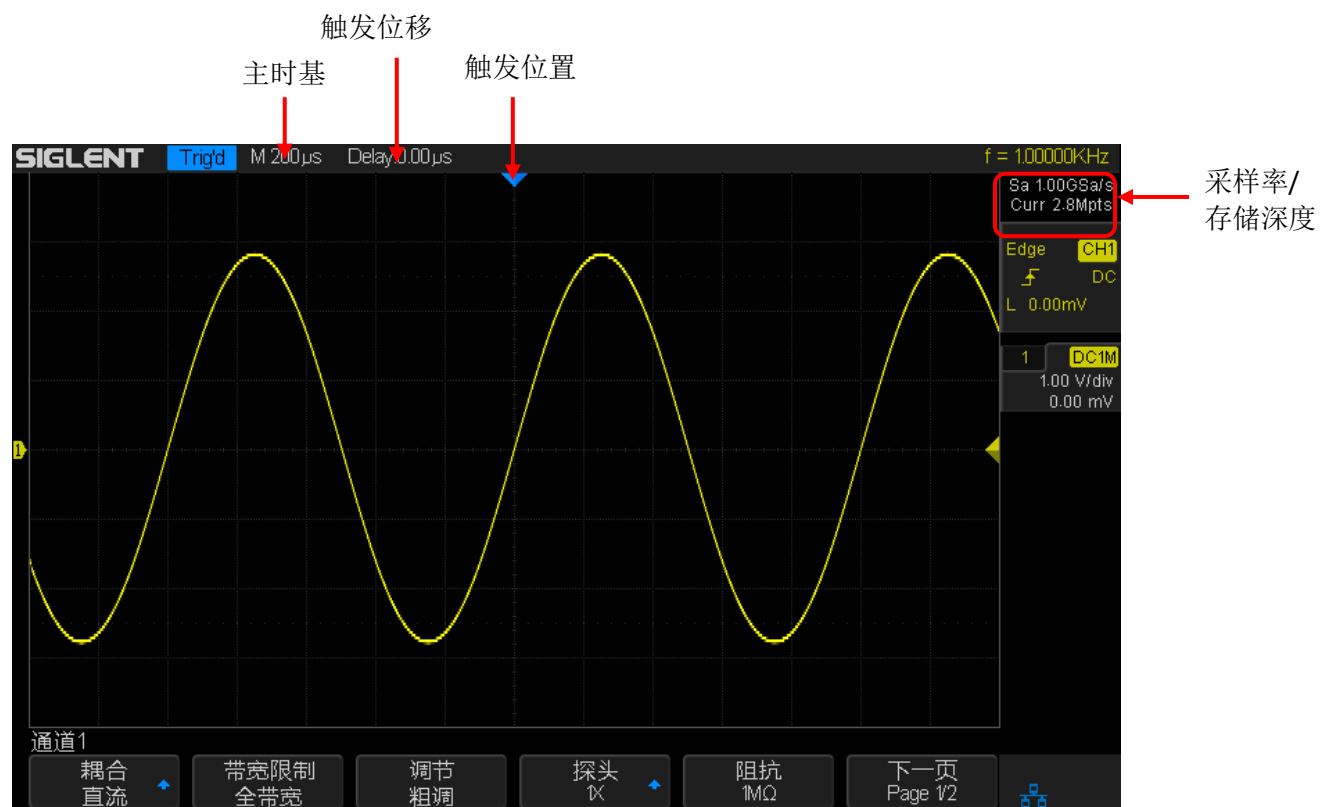



图 13 水平控制

## 设置水平时基档位

旋转示波器前面板上的**水平档位**  调节水平时基档位。顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。显示屏顶部的“▽”符号表示时间参考点。

设置水平档位时，屏幕左上角显示的档位信息（例如：**M 500 $\mu$ s**）实时变化。水平档位的变换范围是 1ns/div ~ 50s/div。



## 设置触发位置

旋转示波器前面板上的水平 **Position** 旋钮设置触发位置。顺时针旋转使波形水平向右移动，逆时针旋转使波形水平向左移动。默认设置下，波形位于屏幕水平中心。水平触发位移为 0，且触发点 ▽ 与时间参考点重合。

调整水平触发位移时，屏幕上方信息栏中显示的延迟时间（例如：`Delay: -860.0 μs`）实时变化。波形向右移动，延迟时间（负值）相应减小，波形向左移动，延迟时间（正值）相应增大。

显示在触发点左侧的事件发生在触发之前，这些事件称为预触发信息。触发点右侧的事件发生在触发之后，称为后触发信息。可用的延迟时间范围（预触发和后触发信息）取决于示波器当前选择的时基档位和存储深度。

## STOP 后水平移动/缩放波形

示波器停止采集后,使用水平 **Position** 和时基档位 可平移或缩放波形。已停止的显示画面可能包含多个具有有用信息的采集,但只能平移和缩放最后一次采集的波形。

要深入观察和分析某一处特定位置的信号细节,可先使用水平 **Position** 旋钮将波形平移至屏幕适当位置,然后旋转水平档位旋钮以充分放大波形。此功能通常用于深入观察和分析毛刺、窄脉冲等异常信号。

带毛刺的正弦波(波形太密,无法观察到毛刺):

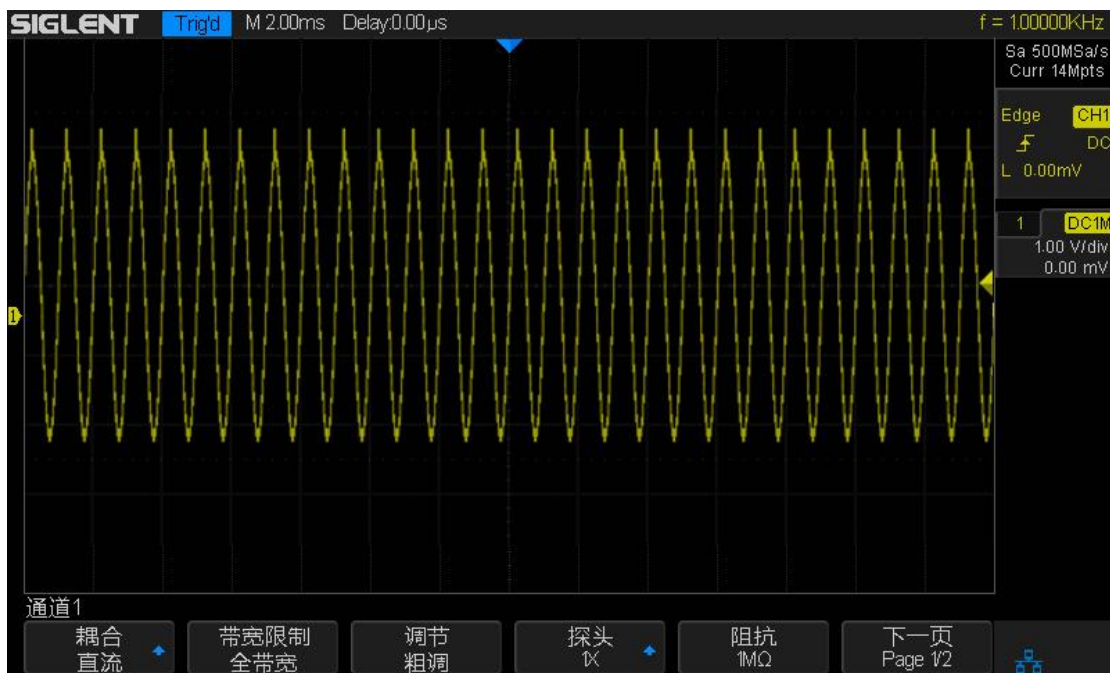


图 14 带毛刺的正弦波

将带毛刺的正弦波充分扩展,以便能清晰地观察毛刺:

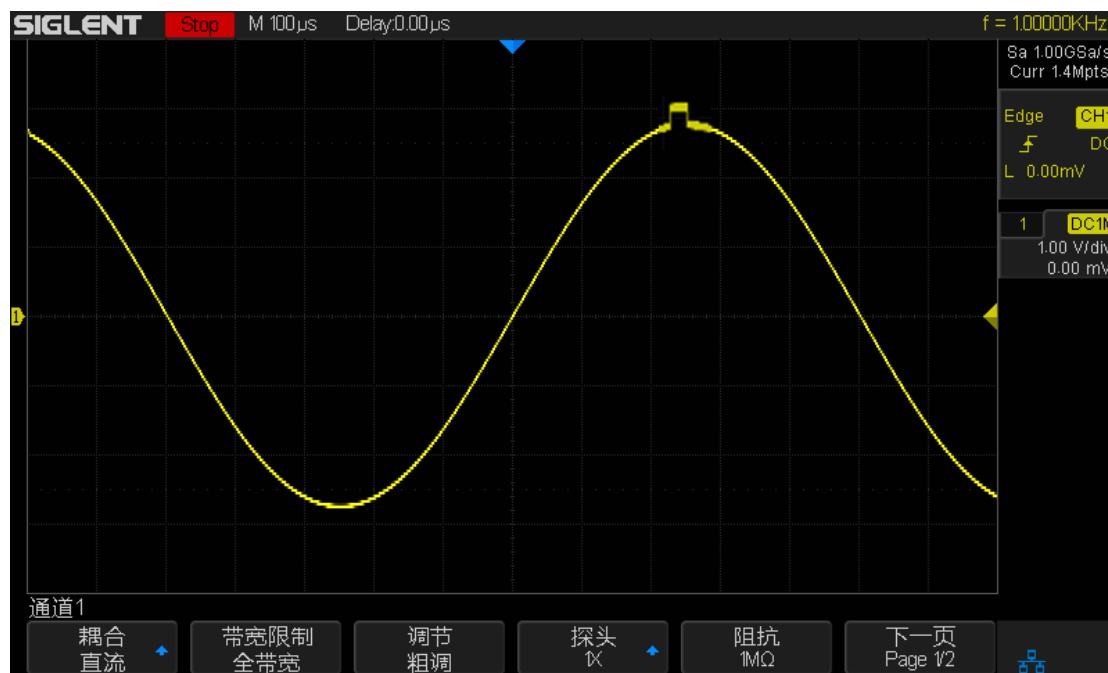


图 15 扩展后的毛刺正弦波

## 切换水平时基模式

按示波器前面板的 **Acquire** 键后，按 **XY(关闭/开启)** 软键切换以选择所需的时基显示模式（YT/XY）。默认的时基显示模式（关闭）是 YT 模式。

### YT 模式

该模式是示波器的正常显示模式。只有该模式启用时，分屏缩放功能才有效。在此模式中，X 轴表示时间量，Y 轴表示电压量。触发前出现的信号事件被绘制在触发点（▽）左侧，触发后出现的信号事件被绘制在触发点右侧。

### XY 模式

该模式下示波器将输入通道从电压~时间显示转化为电压~电压显示。其中，X 轴、Y 轴分别表示通道 1、通道 2 电压幅值。通过李沙育法（Lissajous）可方便地测量频率相同的两个信号间的相位差。下图给出了相位差的测量原理图。

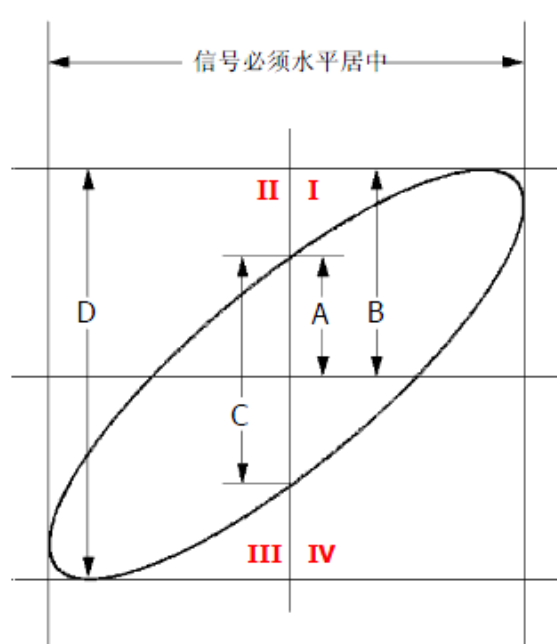


图 16 李沙育测量原理图

根据  $\sin\alpha = A/B$  或  $C/D$ ，其中  $\alpha$  为通道间的相差角，A、B、C、D 的定义如上图所示。因此可得出相差角，即：

$$\alpha = \arcsin(A/B) \text{ 或 } \arcsin(C/D)$$

如果椭圆的主轴在 I、III 象限内，那么所求的的相位差角应在 I、IV 象限内，即在  $(0 \sim \pi/2)$  或  $(3\pi/2 \sim 2\pi)$  内。如果椭圆的主轴在 II、IV 象限内，那么所求的的相位差角应在 II、III 象限内，即在  $(\pi/2 \sim \pi)$  或  $(\pi \sim 3\pi/2)$  内。

**XY** 功能可用于测试信号经过一个电路网络后产生的相位变化。将示波器与电路连接，监测电路的输入输出信号。

### ➤ 应用实例

使用李沙育法在 **XY** 显示模式下测量两相同频率信号的相位差。

1. 将正弦波信号连接到通道 1，将相同频率但异相的正弦波信号连接到通道 2。
2. 按下 **Auto Setup** 键自动设置通道 1、2 波形，然后按 **XY(关闭/开启)**，选择开启“XY”模式。
3. 分别使用通道 1 和 2 垂直 **Position** 旋钮使信号在显示屏上居中，然后使用通道 1 和 2 垂直档位旋钮展开信号以便于观察。

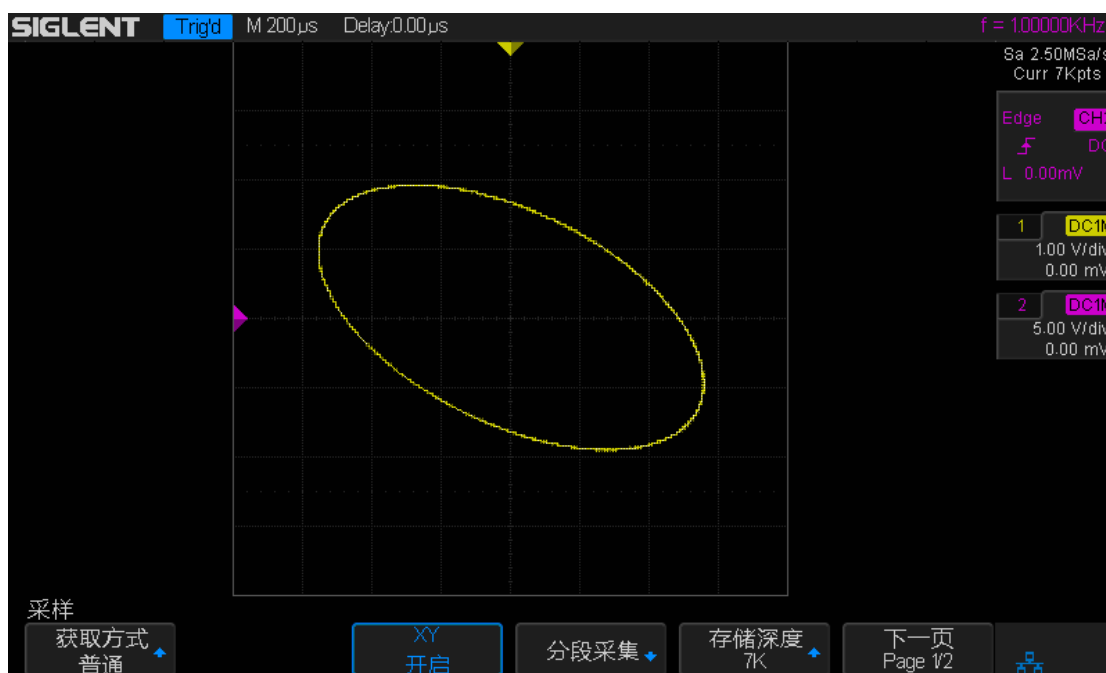


图 17 李沙育测量实例

4. 按下示波器前面板 **Cursors** 键启用光标测量功能。
5. 将 Y1 移动到信号与 Y 轴上半轴交点，Y2 移动到信号与 Y 轴下半轴交点。记下 Y1 和 Y2 的差值  $\Delta Y1$ 。
6. 在信号的顶部设置光标 Y1，在信号的底部设置光标 Y2。记下 Y1 和 Y2 的差值  $\Delta Y2$ 。
7. 根据公式计算通道 1 和通道 2 波形相位差：

$$\text{Sin}\theta = \Delta Y1/\Delta Y2 \text{ , 即而求出相位差 } \theta$$

### 注意

- 示波器在 YT 模式下可使用任意采样率（指标范围内）捕获波形。XY 模式下最高采样率 **500 MSa/s**。一般情况下，适当降低采样率可得到显示效果较好的李沙育图形。

## ROLL（滚动）模式

按下前面板 **Roll** 键直接切换为滚动模式，在该模式下，示波器不触发。波形自右向左滚动刷新显示，波形水平位移和触发控制不起作用，水平档位的调节范围是 50ms 至 50s。也可通过改变时基档位至 50ms 及以上时基进入滚动模式。

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。

**注意** 打开 Roll 模式时“分屏缩放”、“协议解码”、“通过/失败测试”、“设置余辉时间”、“触发”均不可用。

## 分屏缩放功能

分屏缩放功能可用来水平放大一段您想要观察的波形，以便查看波形细节，帮助您进一步分析和了解信号详情。

按下示波器前面板的时基旋钮可打开分屏缩放功能，再次按下关闭该功能。分屏缩放模式下，屏幕被分成两个显示区域。显示屏的上半部分显示主窗口视图，下半部分显示 Zoom 窗口视图。

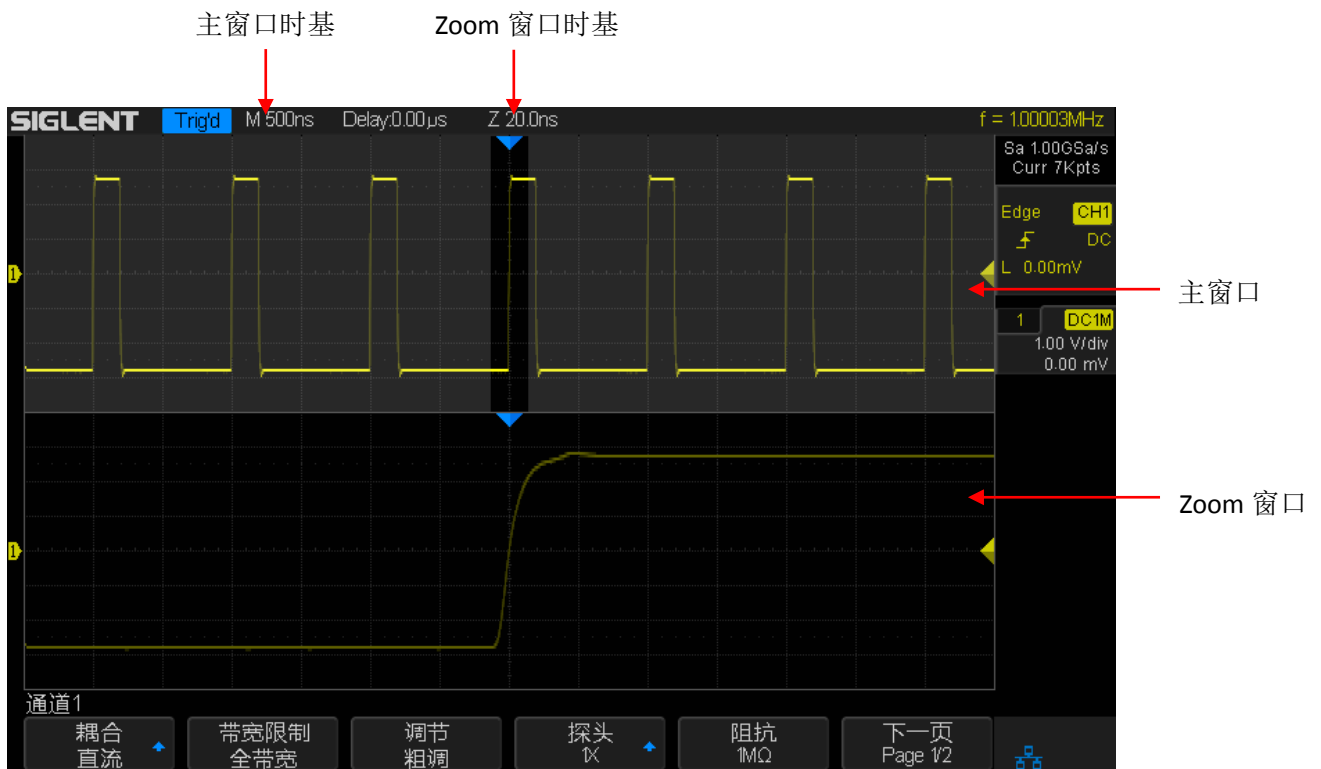


图 18 分屏缩放

### 主窗口视图

屏幕上半部分未被半透明灰色覆盖的展开区域是放大前的波形。可通过旋转水平档位旋钮控制该展开区域的大小。顺时针旋转缩小该区域，延迟窗口时基相应减小。逆时针旋转放大该区域，延迟窗口时基相应增大。或旋转水平 **Position** 旋钮水平向左（向右）移动该区域。



### Zoom 窗口视图

屏幕下半部分是经水平扩展后的波形。由于 Zoom 窗口时基相对于主窗口时基提高了分辨率，故 Zoom 窗口时基不论如何变化，应始终小于或等于主窗口。

**注意** 要打开分屏缩放功能，示波器当前的时基模式必须为“Y-T”，且“通过/失败测试”必须为关闭状态。

# 设置采样系统

本章介绍如何使用示波器的采样系统和运行控制。

本章内容如下：

- ◆ 运行控制
- ◆ 采样概述
- ◆ 波形插值方式
- ◆ 波形获取方式
- ◆ 分段采集功能

## 运行控制

可使用示波器前面板的两个按键 **Run/Stop** 和 **Single** 启动或停止示波器的采样系统。

- 当 **Run/Stop** 键显示黄色，表示示波器正在运行，即符合触发条件，正在采集数据。若要停止采集数据，请按下 **Run/Stop**。停止后，示波器将显示最后采集的波形。
- 当 **Run/Stop** 键显示红色，表示数据采集已停止。若要开始采集数据，请按下 **Run/Stop**。
- 若要捕获并显示单次采集（无论示波器是运行或停止），请按下 **Single**。当输入的单次信号满足触发条件时，示波器进行捕获，并存储和显示波形。此时即使再有信号输入示波器也不予处理。若要进行再次捕获需重新进行单次设置。

按下 **Single** 键时，显示屏中的内容将被清除，触发模式临时设置为“正常”（以防止示波器立即自动触发），按键灯呈黄色，示波器在显示波形之前一直等待触发条件的出现。

当示波器触发时，将显示单次采集且停止运行，**Run/Stop** 键显示红色。再次按下 **Single** 键可采集另一个波形。

## 采样概述

要了解示波器的波形获取模式（采集模式），需先了解采样原理、混叠、带宽和采样率的关系及采样率和存储深度的关系。

### 采样原理

奈奎斯特采样原理认为，对于具有最大频率  $f_{\text{MAX}}$  的带宽有限（带宽限制）的信号而言，等距采样频率  $f_s$  必须比最大频率  $f_{\text{MAX}}$  大两倍，这样才能重建唯一的信号而不会产生混叠。

$$f_{\text{MAX}} = f_s/2 = \text{奈奎斯特频率} (f_N) = \text{折叠频率}$$

### 混叠

当实际采样率不足 ( $f_s < 2f_{\text{MAX}}$ ) 时，波形将发生混叠。混叠属于信号失真，是由于错误地从数量不足的采样点重建低频率波形导致的。

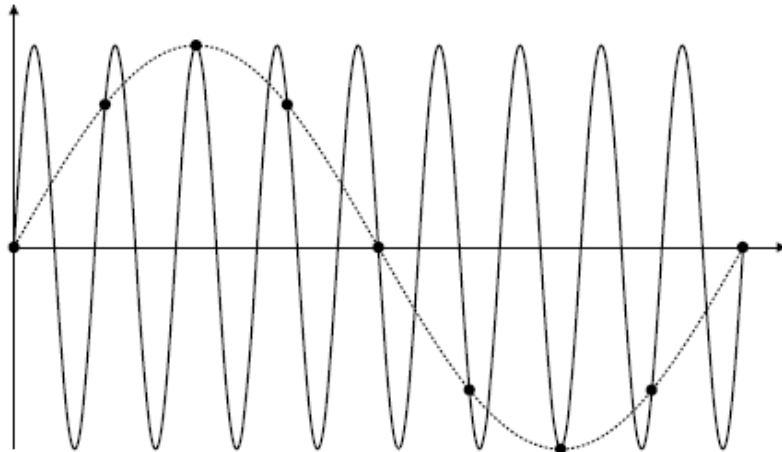


图 19 采样混叠

### 带宽和采样率

示波器的带宽是指按 3dB（-30%幅度误差）衰减输入信号幅值的最低频率。对于示波器带宽，采样原理认为，所需的采样率  $f_s = 2f_{\text{BW}}$ 。然而，该原理是建立在没有超过  $f_{\text{MAX}}$ （在此情况下是  $f_{\text{BW}}$ ）的频率分量，且具有理想的砖墙频率响应系统的基础之上。

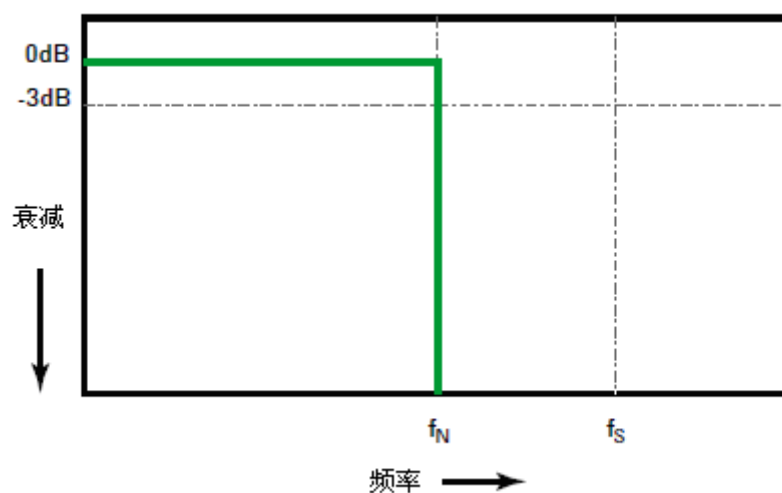
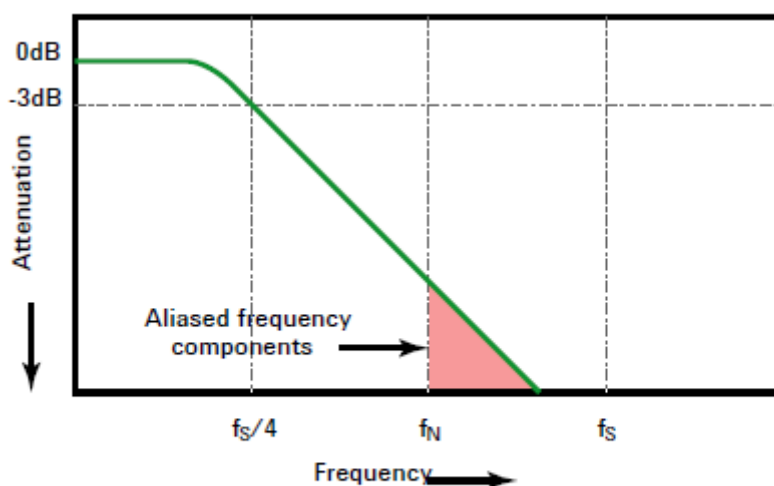


图 20 理论上的砖墙频率响应

然而，数字信号具有超过基本频率（方波由基本频率处的正弦波和数量无限的奇次谐波组成）的频率分量，并且对于 500MHz 及以下带宽，示波器通常具有高斯频率响应。



Limiting oscilloscope bandwidth (fbw) to 1/4 the sample rate (fs/4) reduces frequency components above the Nyquist frequency (fn).

图 21 采样率和示波器带宽

因此，示波器的采样率应该是其带宽的四倍或以上，即： $f_s \geq 4 f_{BW}$ 。这样不仅能减少混叠，且能使混叠的频率分量出现更大的衰减量。

## 采样率和存储深度

### 采样率

SDS2000X 的最高采样率是 2GSa/s。在使用示波器的过程中，其实际采样率由

当前水平时基档位而定。可通过水平档位旋钮调节水平时基来改变采样率，采样率值实时变化并显示在屏幕右上角的状态栏中。

采样率不足会引起波形失真、混叠或漏失，使用户不能观察到正确的波形。

1. 波形失真：由于采样率过低造成某些波形细节缺失，使得示波器采样显示的波形与实际波形存在较大差异。

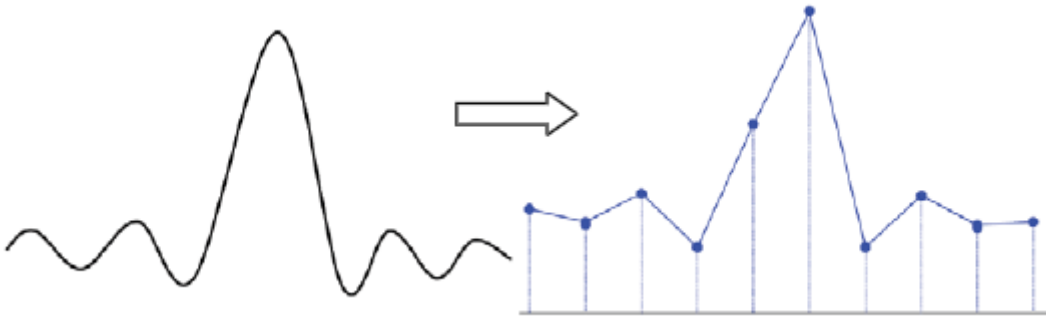


图 22 波形失真

2. 波形混叠：由于采样率低于实际信号的两倍（奈奎斯特定律），对采样数据进行重建时的波形频率小于实际信号的频率。最常见的混叠为在快沿边上抖动。

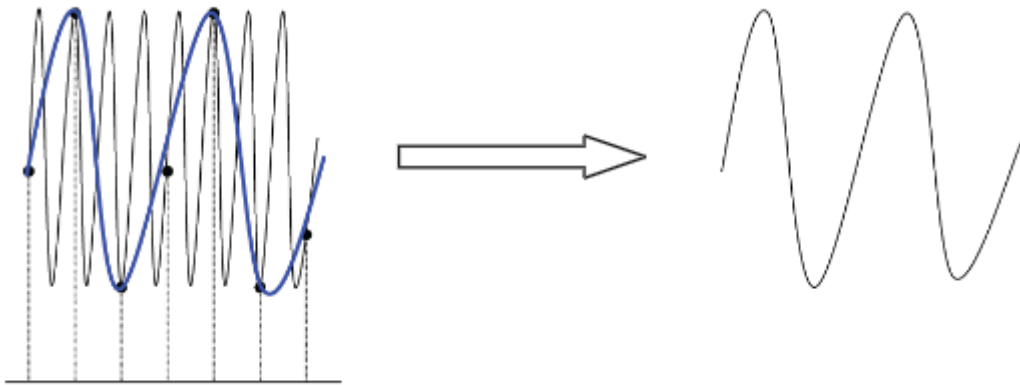


图 23 波形混叠

3. 波形漏失：由于采样率过低，对采样数据进行重建时的波形没有反应全部实际信号。

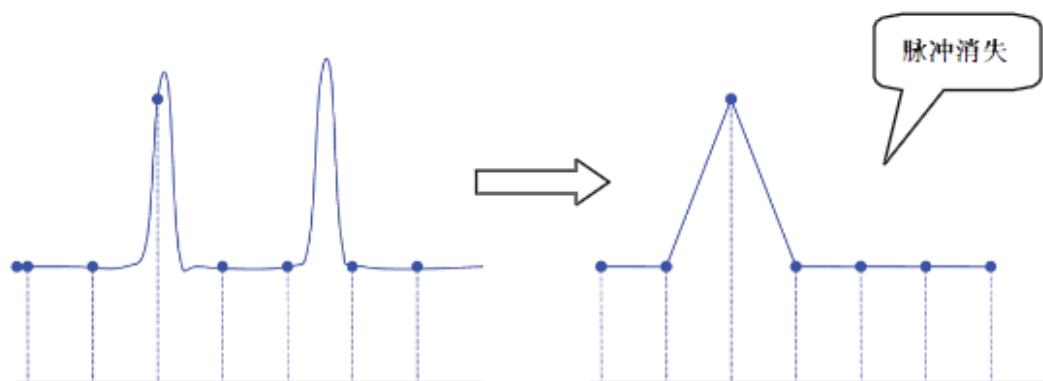


图 24 波形漏失

### 存储深度

存储深度是指示波器在一次触发采集中所能存储的波形点数，它反映了采集存储器的存储能力。SDS2000X 最大存储深度达 140Mpts。

示波器的存储深度、采样率和采样时间三者间的关系如下：

$$\text{存储深度} = \text{采样率 (Sa/s)} \times \text{采样时间 (s/div} \times \text{div)}$$

例如：如果在存储器的 2000 个点中存储 50 $\mu$ s 的数据，则实际采样率为：

$$\text{采样率} = \text{存储深度} / \text{采样时间} = 2000 \text{ (点)} / 50\mu\text{s} = 40\text{MSa/s}$$

### 采样方式

SDS2000X 只支持实时采样方式。该采样方式下，示波器在一次触发中就能采集足够多的点重构精确的波形图像。实时采样非常适用于采集快速、单脉冲和瞬态信号。SDS2000X 最高实时采样率为 2GSa/s，当前采样率显示在屏幕右侧的状态栏中。

**注意** 按 **Run/Stop** 停止采样后，示波器将保持最后的画面，此时您仍可以使用垂直控制和水平控制来移动和缩放波形。

## 波形插值方式

实时采样下，示波器获取的是被显示波形的离散样值。一般而言，由点显示的波形很难观察。为了增加信号的可视性，数字示波器一般都采用插值法显示模式。

插值法是“连接各个采样点”，并利用一些点推算出波形整个样子的处理方法。对于利用插值法的实时采样，即使示波器在单程内只采集较少的采样点，也能利用插值法在点与点之间的间隙处进行填充，重构精确的波形。

插值法分为正弦插值（ $\sin x/x$ ）和线性插值。

**线性插值法** 在相邻样点处直接连接上直线。这种方法局限于重建只边缘的信号，例如方波。

**正弦插值法** 利用曲线来连接采样点，通用性更强。 $\sin x/x$  插值法利用数学处理，在实际样点间隔中运算出结果。这种方法弯曲信号波形，使之产生比纯方波和脉冲更为现实的普通形状。当采样速率是系统带宽的 3 至 5 倍时。建议采用正弦插值法。

下图是采用两种插值法后截然不同的显示效果。

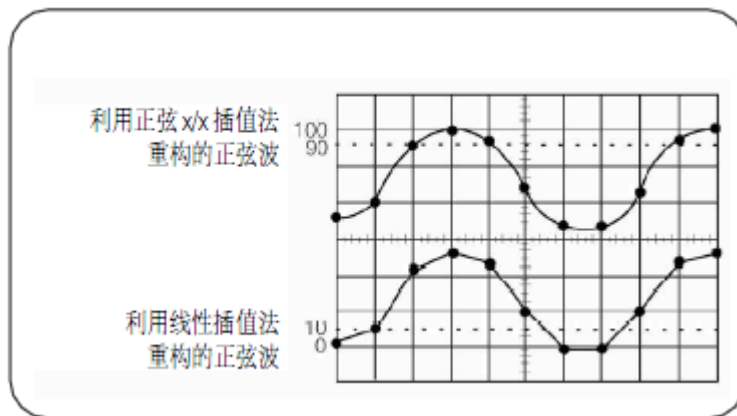


图 25 差值方式对比



## 波形获取方式

获取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、平均值模式和增强分辨率（Eres）模式。

按示波器前面板的功能菜单 **Acquire** → **获取方式**，旋转多功能旋钮选择所需的获取方式（默认为“普通”），然后按下旋钮选中该方式。您也可以连续按 **获取方式** 软键切换获取方式。

### 普通

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采样点的最小值和最大值，并把这些样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，但显示的噪声比较大。

该模式下，示波器将显示脉宽大于 1ns 的所有脉冲。

### 毛刺或窄脉冲捕获

毛刺是波形中的快速更改，与波形相比它通常较窄。峰值检测模式可用于更方便地查看毛刺或窄脉冲。在峰值检测模式中，窄毛刺和跳变沿比在“普通”采集模式中显示的更亮，使他们更容易被发现。

### 使用峰值检测模式查找毛刺

1. 将信号接到示波器，按 **Auto Setup** 以获得稳定的显示。
2. 要查找毛刺，可按 **Acquire** → **获取方式**，旋转多功能旋钮选择“峰值检测”。

要表现毛刺的特征，请使用光标或自动测量功能。



图 26 带毛刺的正弦波（普通模式）



图 27 带毛刺的正弦波（峰值检测模式）

3. 要观察毛刺，可按 **Display/Persist** → **余辉**，旋转多功能旋钮选择“无限”。

“无限”余辉用新的采集更新显示，但并不擦除先前的采集。新采样点以正常的亮度显示，而之前的采集以降低的亮度显示。超出显示区域边界的波形余辉不保留。

按下 **清除显示** 软键擦除先前采集的点。显示将累积点，直到“无限”余辉关闭。

## 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分辨率。平均次数越高，噪声越小并且垂直分辨率越高，但显示的波形对波形变化的相应也越慢。

平均次数的可设置范围为 4 至 1024，每次增量为 2 的幂函数。示波器默认的平均次数为 16。

按 **Acquire** → **获取方式**，选择“平均值”。按下平均次数对应的软键，然后旋转多功能旋钮选择所需的平均次数并按下旋钮以选中。

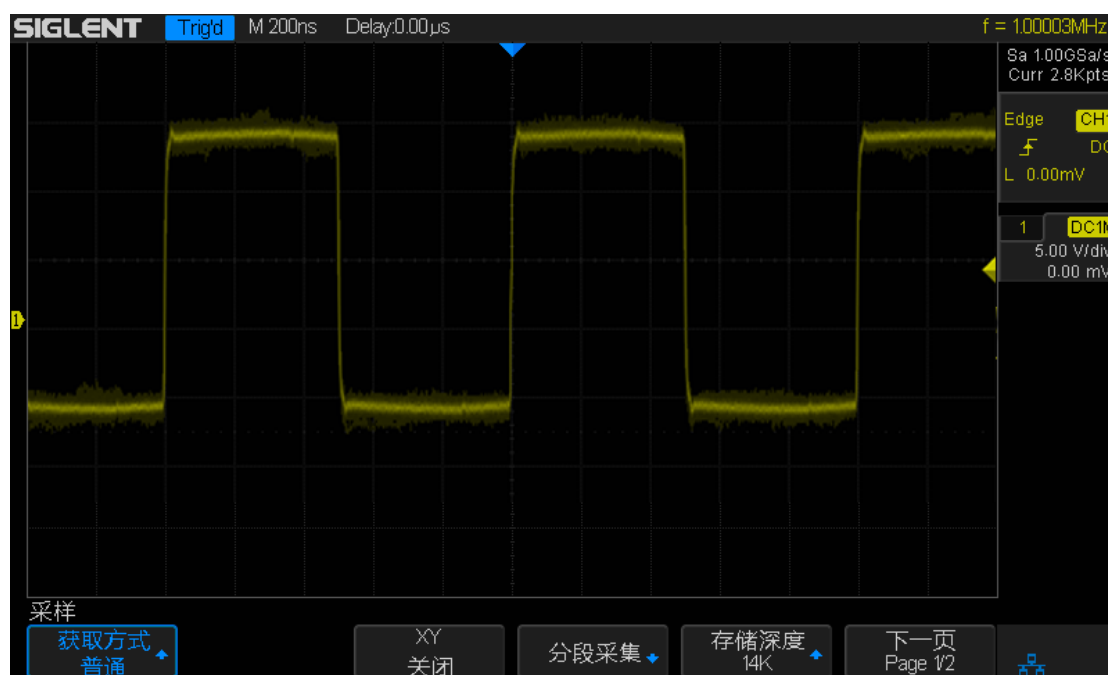


图 28 未平均时的波形（显示波形上的随机噪声）

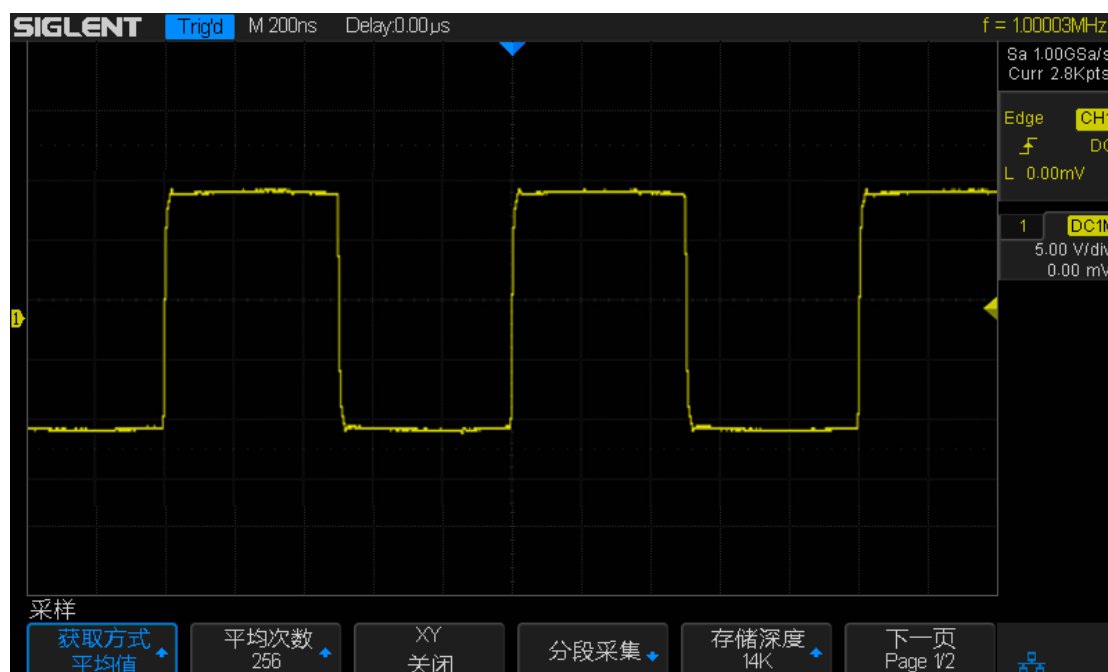


图 29 平均次数为 256 时的波形（降低随机噪声）

## 增强分辨率

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随机噪声，有效提高垂直分辨率，从而在屏幕上显示更加平滑的波形。

增强分辨率模式一般适用于捕获非周期信号。该模式限制了示波器的实时带宽，可用作有效的低通滤波器。

## 分段采集功能

分段采集（Sequence）是一种采集模式，在采集过程中不显示波形，因此能提高波形捕获率。

SDS2000X 在分段模式下，能够有效捕捉到小概率信号。当采集满指定帧数的波形后，会一次性刷新并显示到屏幕。

分段采集模式仅在 YT 格式下可用，同时只适用于 Normal 和 Single 触发模式。

使用分段采集功能，请执行一下操作：

1. 在前面板菜单控制区中按下 **Acquire** 键打开采样功能菜单。
2. 在采样功能菜单下，按 **分段采集** 软键打开序列波形功能菜单。



图 30 分段采集菜单

3. 按 **段数设置** 软键，通过万能旋钮设置采集段数，然后开启分段采集。
4. 具体采集结果（每段波形细节、段与段之间的死区时间）在历史波形里查看，详情请参阅历史波形章节。

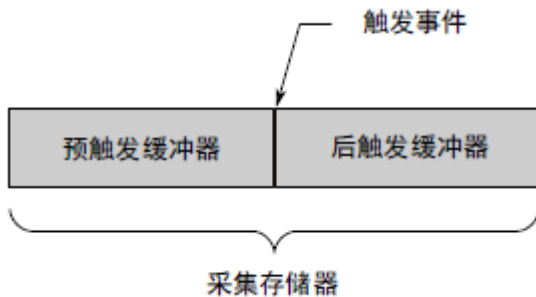
### 注意：

- Normal：每当采集完设定段数波形时，示波器刷新屏幕并显示波形。
- Single：每当采集完设定段数波形后停止采集，并将波形显示在屏幕上。

# 设置触发系统

触发，是指按照需求设置一定的触发条件，当波形流中的某一个波形满足这一条件时，示波器即时捕获该波形和其相邻部分，并显示在屏幕上。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演示。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时间参考点和延迟（水平位置）设置定义的。



触发设置应根据输入信号的特征，指示示波器何时采集和显示数据。例如，可以设置在模拟通道 1 输入信号的上升沿处触发。因此，您应该对被测信号有所了解，才能快速捕获所需波形。

SDS2000X 拥有多种丰富先进的触发类型，包括多种串行总线触发。本章主要介绍除串行总线触发外的其他所有触发类型，包括边沿触发、斜率触发、脉宽触发、视频触发、窗口触发、间隔触发、超时触发、欠幅触发和码型触发。

要对特定信号进行成功的触发，您首先需了解以下触发相关条件的设置。

- ◆ 触发信源
- ◆ 选择合适的触发方式
- ◆ 调节触发电平
- ◆ 触发耦合
- ◆ 触发释抑
- ◆ 噪声抑制
- ◆ 触发类型

## 触发信源

SDS2000X 的触发信源包括模拟通道（1、2、3 和 4）和外触发（EXT TRIG）通道，市电信号（AC Line，交流电源），可按示波器前面板触发控制区中的 **Setup** → **信源**，选择所需的触发信源（CH1/CH2/CH3/CH4/EXT/(EXT/5)/AC Line）。

### 模拟输入通道

模拟输入通道的输入信号均可以作为触发信源。

### 外触发输入通道

外部触发源可用于示波器多个模拟通道同时采集数据的情况下，在【EXT TRIG】通道上外接触发信号。触发信号（例如：外部时钟、待测电路信号等）将通过【EXT TRIG】连接器接入 EXT 触发源。

### 市电（AC Line）

触发信号取自示波器的交流电源输入。这种触发信源可用来显示信号（如照明设备）与动力电（动力提供设备）之间的关系。例如，稳定触发变电站变压器输出的波形，主要应用于电力行业的相关测量。

**注意** 应选择稳定的触发源以保证波形能稳定触发。例如，示波器当前显示的是 CH2 波形，而触发信源却选择 CH1，导致波形不能稳定显示。因此，在实际选择触发信源时，因谨慎细心以保证信号能稳定触发。



## 选择合适的触发方式

SDS2000X 的触发方式包括自动触发方式、正常触发方式和单次触发方式。当示波器运行时，触发方式指示示波器在没有触发时要进行的操作。下面通过预触发和后触发缓冲区简要介绍示波器的触发采集过程。

示波器开始运行后，将首先填充预触发缓存区，然后搜索一次触发，并继续将数据填充预触发缓冲区，采样的数据以先进先出（FIFO）的方式传输到预触发缓冲区。

找到触发后，预触发缓冲区将包含触发前采集的数据。然后，示波器将填充后触发缓冲区，并显示采集数据。

按示波器前面板控制区中的 **Auto**、**Normal** 或 **Single** 选择自动、正常或单次触发方式，当前选中方式的状态灯变亮。

- 在自动触发方式中，如果指定时间内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。

自动触发方式（Auto）适用于：

- 检查 DC 信号或具有未知电平或活动的信号；
- 在正常触发方式中，只有在找到指定的触发条件后才会进行触发和采集，并将波形稳定地显示在屏幕上。否则，示波器将不会触发。

正常触发方式（Normal）适用于：

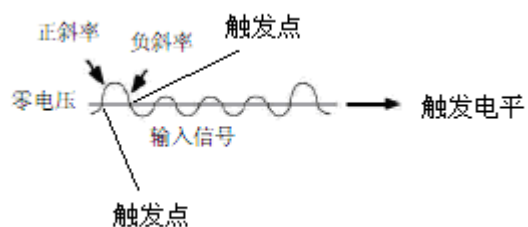
- 只需要采集由触发设置指定的特定事件；
- 在串行总线信号（IIC、SPI 等）或在猝发中产生的其他信号上触发时。  
使用正常模式可防止示波器自动触发，从而使显示稳定；
- 在单次触发方式中，当输入的单个信号满足触发条件时，示波器即进行捕获并将波形稳定显示在屏幕上。此后，即使再有满足条件的信号，示波器也不予理会。需要进行再次捕获须重新进行单次设置。

单次触发方式适用于：


- 用于捕获偶然出现的单次事件或非周期性信号；
- 用于捕获毛刺等异常信号。

## 调节触发电平

触发电平和斜率控制定义基本的触发点，决定波形如何显示。



- 斜率控制决定触发点是位于信号的上升沿还是下降沿。上升沿具有正斜率，而下降沿具有负斜率；
- 触发电平控制决定触发点在信号边沿的何处触发。

旋转触发电平旋钮可调节所选模拟通道触发电平的垂直位移，同时电平的位移值实时变化并显示在屏幕右侧的状态栏中。电平位置由屏幕最右侧的触发电平图标“”指示。按下触发电平旋钮可使电平恢复到波形幅值的 50%。

## 触发耦合

按示波器前面板触发控制区中的 **Setup** → **耦合**，旋转多功能旋钮选择所需的耦合方式，并按下旋钮以选中该耦合方式。或连续按 **耦合** 软键切换并选择所需耦合方式。

SDS2000X 的触发耦合方式有以下四种：

- 直流耦合（DC）：允许直流（DC）和交流信号（AC）进入触发路径。
- 交流耦合（AC）：阻挡信号的直流成分并衰减低于 8Hz 的信号。当信号具有较大的直流偏移时，使用交流耦合可获得稳定的边沿触发。
- 低频抑制（LF）：阻挡信号的直流成分并抑制低于 900kHz 的低频成分。低频抑制从触发波形中移除任何不必要的低频分量。例如，可干扰正确触发的电源线频率等。当波形中具有低频噪声时，使用低频抑制可获得稳定的边沿触发。
- 高频抑制（HF）：抑制信号中高于 500kHz 的高频成分。

**注意** 触发耦合与通道耦合无关。

## 触发释抑

触发释抑可稳定触发复杂波形（如脉冲系列）。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  $200\text{ns} < t < 600\text{ns}$ 。

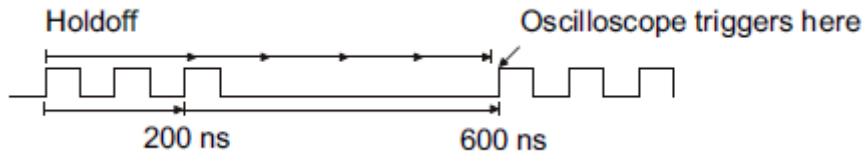


图 31 设置触发释抑时间

### 设置正确的释抑时间

正确的释抑时间一般略小于波形的一次重复，将释抑设置为此时间，会为一个重复波形生成唯一的触发点。只有边沿触发和码型触发有释抑时间。SDS2000X 释抑时间的可调范围为 100ns ~1.5s。

1. 对于示波器当前所显示稳定波形，按 **Stop** 键后，使用水平 **Position** 旋钮和时基档位旋钮对波形进行平移和缩放，以找到波形重复的位置，并使用光标测量此时间。
2. 按下前面板触发控制区中的 **Setup** 进入触发系统功能菜单。示波器默认的触发方式为边沿触发。
3. 按下 **释抑关闭** 软键打开释抑时间设置，并旋转多功能旋钮设置正确的释抑时间（默认为 100ns）。示波器默认为“释抑关闭”，可调节释抑时间范围是 100ns~ 1.5s。

**注意** 更改时间设置和平移波形不会影响触发释抑时间。

## 噪声抑制

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。

按前面板触发控制区中的 **Setup** → **噪声抑制**，可打开或关闭噪声抑制功能。

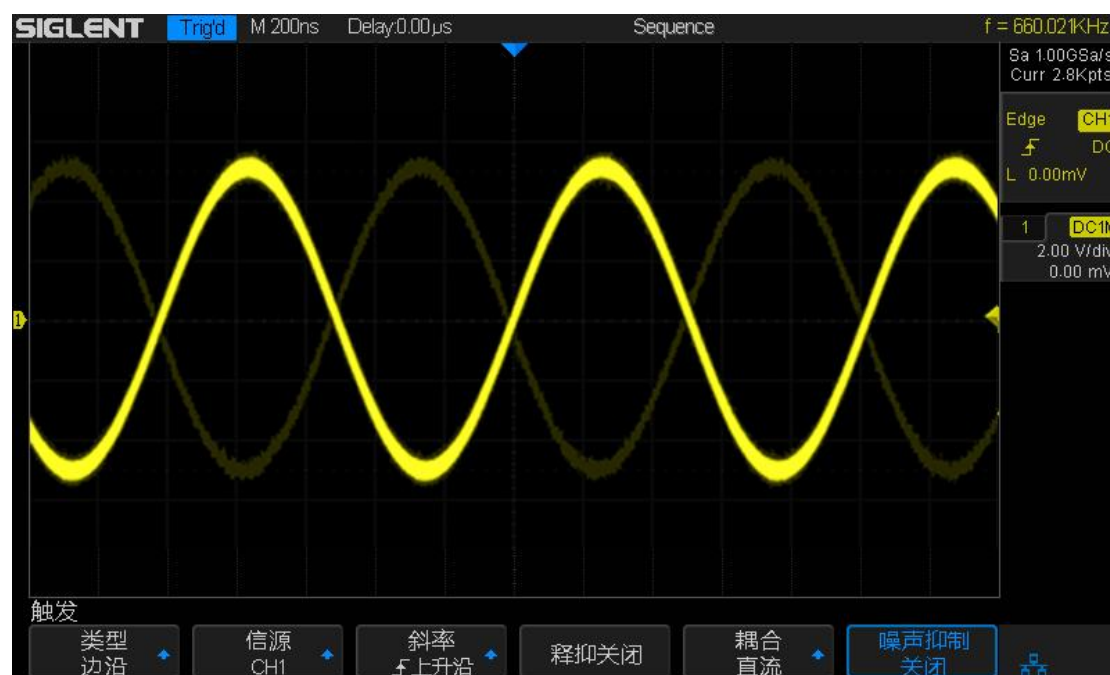


图 32 噪声抑制关闭

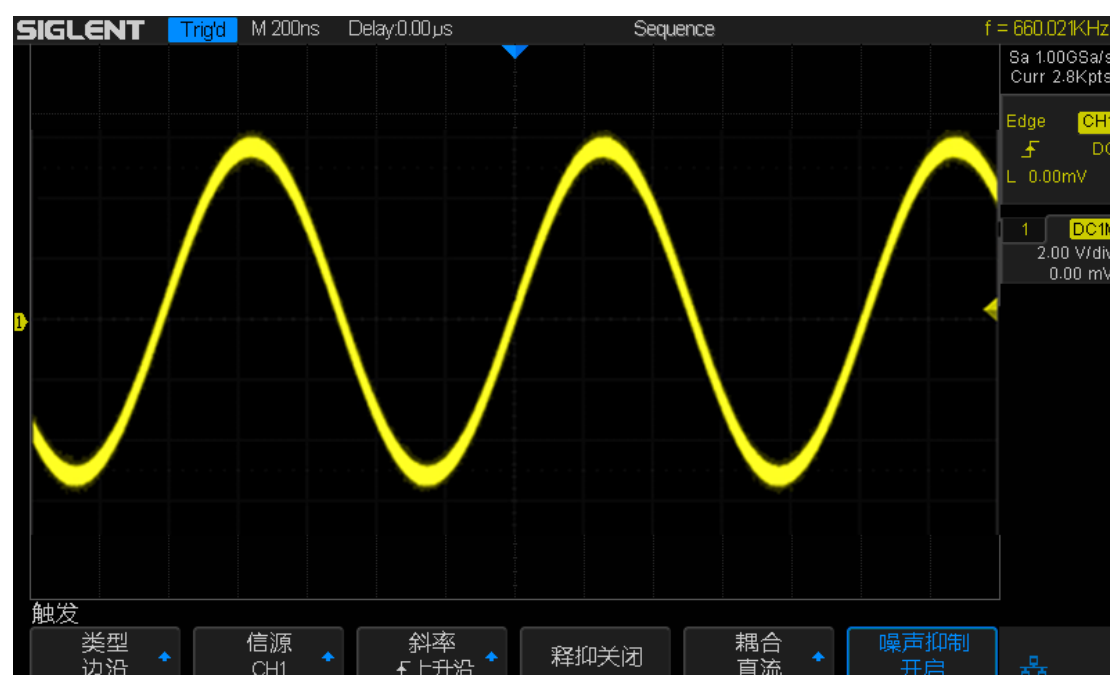


图 33 噪声抑制开启

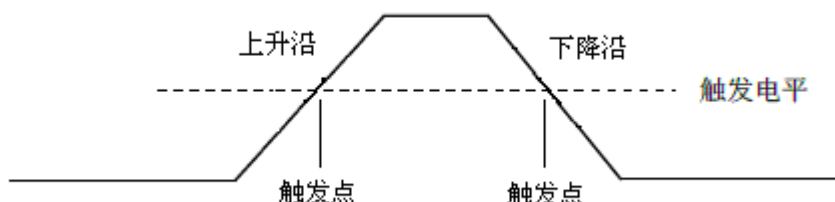
## 触发类型

SDS2000X 拥有多种丰富先进的触发类型，包括多种串行总线触发。

- ◆ 边沿触发
- ◆ 斜率触发
- ◆ 脉宽触发
- ◆ 视频触发
- ◆ 窗口触发
- ◆ 间隔触发
- ◆ 超时触发
- ◆ 欠幅触发
- ◆ 码型触发
- ◆ 串行总线触发和解码（选件）

## 边沿触发

边沿触发类型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。可以在此菜单中设置触发源和斜率。触发类型、触发源、触发耦合及触发电平值信息显示在屏幕右上角的状态栏中。



1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“边沿”，并按下该旋钮以选中“边沿”触发。
3. 选择触发源：

**CH1~ CH4** — 模拟通道

**EXT、EXT/5** — 外触发输入，在示波器后面板的外触发输入（EXT TRIG IN）端上触发。

**AC Line** — 市电，在交流信号源的上升沿或下降沿的 50%电平上触发。

边沿触发可选择触发源有 CH1/CH2/CH3/CH4/EXT/(EXT/5)/AC Line

当前所选择的触发源（如：**CH1**）显示在屏幕右上角的状态栏中。只有选择已接入信号通道作为触发源才能得到稳定的触发。

4. 按下 **斜率** 软键，旋转多功能旋钮选择任一边沿（上升沿、下降沿、上升&下降沿），并按下旋钮以确认。所选斜率（如：**↑**）显示在屏幕右上角的状态栏中。

使用触发电平旋钮将电平调节在波形范围内，使波形能稳定触发。所设电平值（如：**L 500mV**）实时变化并显示在屏幕右上角的状态栏中。

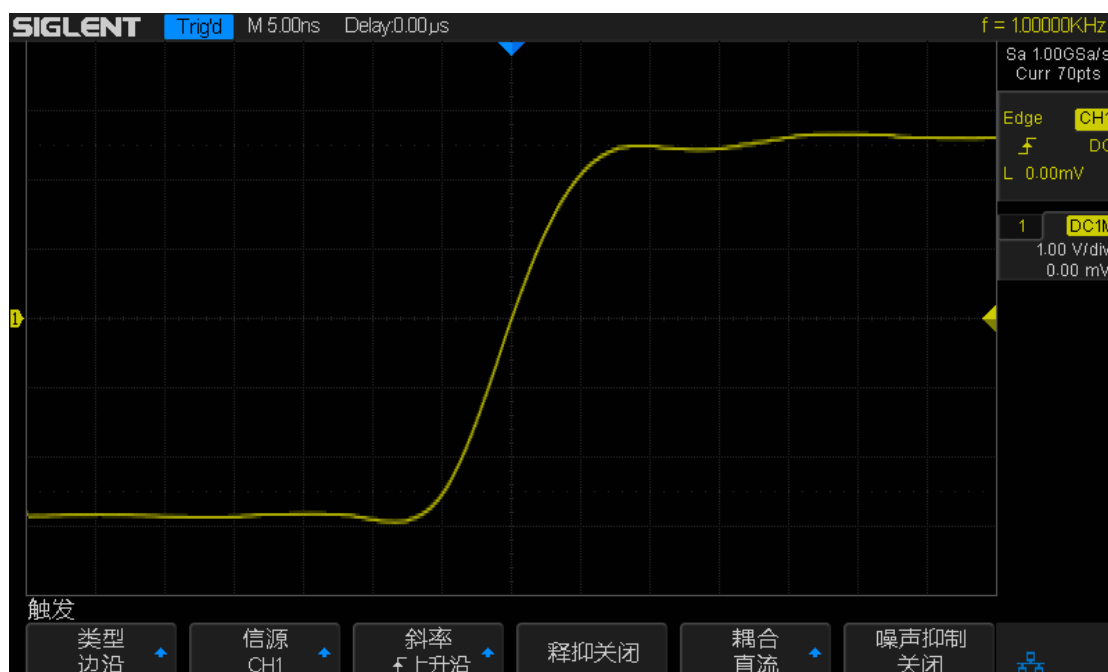


图 34 边沿触发

在边沿触发中也可设置触发释抑、触发耦合以及噪声抑制，要知道具体设置方法，请分别参见前文中“释抑时间”、“触发耦合”和“噪声抑制”章节。

**注意** 按下 **Auto Setup** 键，示波器将使用简单的边沿触发类型在波形上触发。

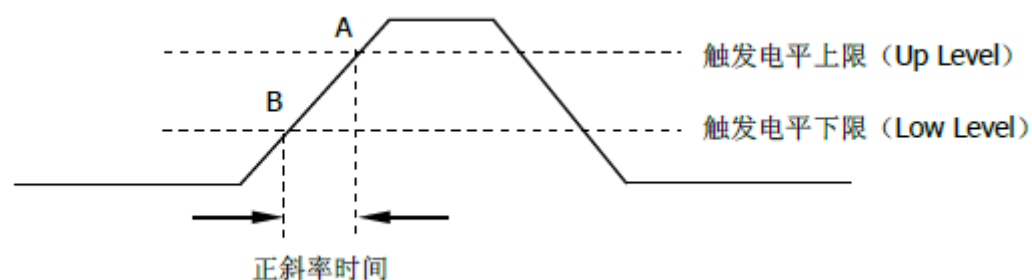


## 斜率触发

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。可以在此菜单中设置触发电源、斜率（上升沿、下降沿）、限定条件、时间及高/低电平。触发类型、触发电源、触发耦合及高/低电平值信息显示在屏幕右上角的状态栏中。

### 时间设置

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。



1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“斜率”，并按下该旋钮以选中“斜率”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择所需触发电源，并按下该旋钮以选中该触发电源。

斜率触发的触发电源有 CH1/CH2/CH3/CH4。所选触发电源显示在屏幕右上角的状态栏中。

按下 **斜率** 软键，旋转多功能旋钮选择任一边沿（上升沿、下降沿），并按下旋钮以确认。所选斜率显示在屏幕右上角的状态栏中。

4. 调节高/低电平设置斜率时间

按下 **Lower Upper** 软键启用高/低电平设置功能，继续按该软键以选择低电平（Lower）或高电平（Upper），然后旋转触发电平旋钮调节高（低）电平的垂直位置以获得所需的斜率时间 T。相应位移信息（如：**L1 1.00V**  
**L2 -1.00V**）实时变化并显示在屏幕右上角的状态栏中。

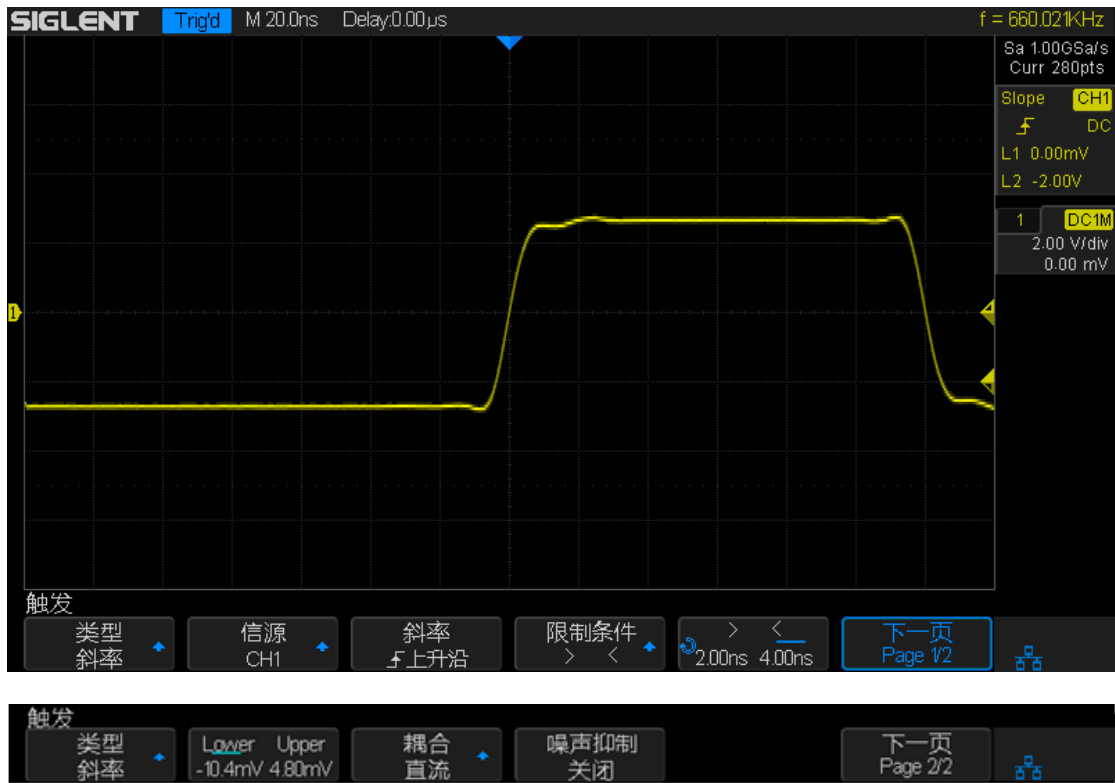


图 35 斜率触发

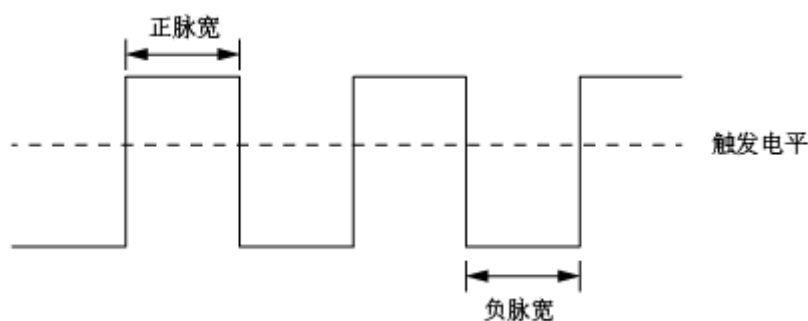
低电平的垂直位移值应始终小于或等于高电平的垂直位移。状态栏中的“L1”表示高电平位移值，“L2”表示低电平位移值。

按下 **限定条件** 键选择时间限定符并进行对应时间设置。

- **小于时间值 (<)** 选定“<”后，按下时间设置软键（默认为 < 2.00ns ），然后旋转多功能旋钮设置限定符时间（2ns~ 4.2s）。假定设置时间为 500ns，若  $T$ （步骤 5）<500ns，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。
- **大于时间值 (>)** 选定“>”后，按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置限定符时间。假定设置时间为 500ns，若  $T > 500ns$ ，则波形稳定触发。否则，波形不触发。
- **时间值范围内 ([--,--])** 选定“[--,--]”后，按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置限定符时间范围。假定设置时间为 <10µs, >500ns。若  $500ns < T < 10µs$ ，则波形能稳定触发。否则，波形不触发。
- **时间值范围外 (--)[--]** 选定“--[--]”后，按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置限定符时间范围。假定设置时间为 <10µs, >500ns。若  $T$  在 500ns 至 10µs 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噪声抑制，要知道触发耦合和噪声抑制的具体设置方法，请参见前文中“触发耦合”、“噪声抑制”节。

## 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。可以在此菜单中设置触发源、极性（正脉宽、负脉宽）、限制条件、脉宽时间（2ns ~ 4.2s）及触发耦合。其中触发类型、触发源、触发耦合及触发电平值信息显示在屏幕右上角的状态栏中。



1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“脉宽”，并按下该旋钮以选中“脉宽”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择所需触发源，并按下该旋钮以选中该触发源。

脉宽触发的触发源有 CH1/CH2/CH3/CH4。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。

4. 调节触发电平。旋转“触发电平”旋钮将电平调节在脉冲范围内，使脉冲能稳定触发。相应电平值实时变化并显示在屏幕右上角的状态栏中。
5. 按下 **极性** 软键以选择要捕获的脉冲宽度的正极性（ $\square$ ）或负极性（ $\sqcup$ ）。所选脉冲极性显示在屏幕右上角的状态栏中。
6. 按下 **限制条件** 软键选择时间限定符。

限定符软键可设置示波器触发的脉冲宽度为：

- 小于时间值 (<) 按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置脉宽范围为 100ns。

例如，对于正脉冲，如果设置  $t$ （脉冲实际宽度） $< 100\text{ns}$ ，则波形触发。



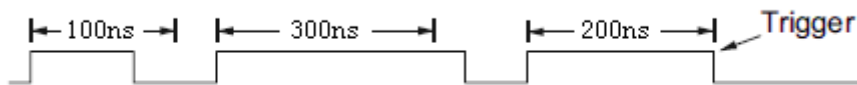
- 大于时间值 (>) 按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置脉宽范围为 100ns。

例如，对于正脉冲，如果设置  $t$  (脉冲实际宽度)  $> 100\text{ns}$ ，则波形触发。



- 时间值范围内 ([-, -]) 按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置脉宽范围为 100ns, 300ns。

例如，对于正脉冲，如果设置  $t > 100\text{ns}$  且  $t < 300\text{ns}$ ，则波形触发。



- 时间范围外 ([-] [-]) 按下时间设置软键，然后旋转多功能旋钮设置脉宽范围使波形能稳定触发。

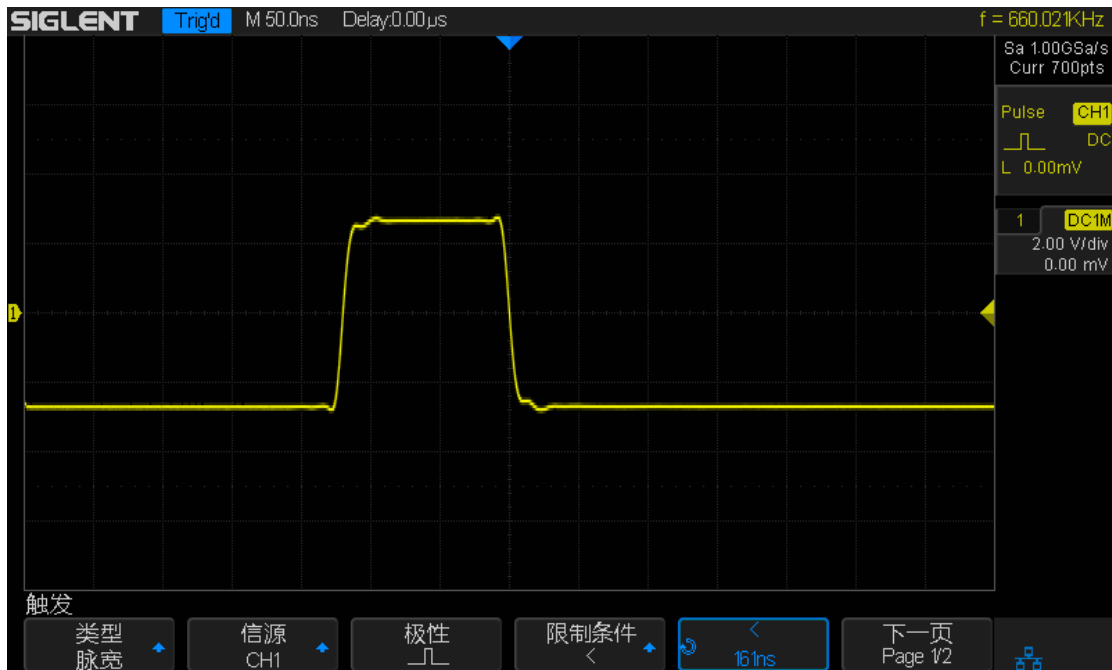


图 36 脉宽触发

## 视频触发

可使用视频触发来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。

SDS2000X 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。

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“视频”，并按下该旋钮以选中“视频”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择所需触发源，并按下该旋钮以选中该触发源。

视频触发的触发源有 CH1/CH2/CH3/CH4 所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。

因为触发电平自动设置为同步脉冲，因此旋转触发电平 (Level) 旋钮并不改变触发电平。

按 **标准** 软键，旋转多功能软键以选择视频标准。SDS2000X 示波器支持以下视频标准：

标准	类型	同步脉冲
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	
所有行	300 ~ 2000	
所有场	1、2、4、8	
交错	1:1、2:1、4:1、8:1	
触发于	行	场
	(设置行) / 1	1
	(设置行) / 2	2
	(设置行) / 4	3
	(设置行) / 4	4
	(设置行) / 8	5
	(设置行) / 8	6
	(设置行) / 8	7
	(设置行) / 8	8

**设置行：**指在 **所有行** 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“所有场”也不同。因而在“触发于”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“所有行”设置为 800，则它们之间的正确关系如下图：

所有行	交错	所有场	触发于行	触发于场
800	1:1	1	800	1
800	2:1	1、2、4 或 8	400	1, 1~2, 1~4, 1~8
800	4:1	1、2、4 或 8	200	1, 1~2, 1~4, 1~8
800	8:1	1、2、4 或 8	100	1, 1~2, 1~4, 1~8

#### 4. 对接入示波器的视频信号进行触发设置。

按 **同步** 软键选择触发模式为“任意”或“选择”。在“任意”模式下，可设置任意行或场对视频信号进行触发。在“选择”模式下，可旋转多功能旋钮选择所需场和行对信号进行触发。

可选择的视频触发模式有：

- **场 1 ~ 场 8** — 在场（1~8）的第一个锯齿脉冲的上升沿处触发（仅限于隔行标准）。
- **所有场** — 在垂直同步间隔的第一个脉冲的上升沿处触发（同步选择为“任意”）。
- **所有行** — 在所有水平同步脉冲上触发。
- **行：场（1~8）** — 在场（1~8）上选定的行号上触发。

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 262	1 至 263
PAL	1 至 312	1 至 313
HDTV 720P/50、720P/60	1 至 750	
HDTV 1080P/50、1080P/60	1 至 1125	
HDTV 1080i/50、1080i/60	1 至 562	1 至 563

通过以下两个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，所以在视频触发中旋转触发电平（Level）旋钮无效。

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. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“视频”，并按下该旋钮以选中“视频”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择 CH1 为触发源，并按下该旋钮以选中 CH1。
4. 按下 **标准** 软键，旋转多功能旋钮选择“NTSC”标准，并按下该旋钮以选中“NTSC”。
5. 将“同步”设置为“选择”使得场和行可选，然后依次在“场”菜单下选择“1”，并旋转多功能旋钮将“行”设置为“22”。

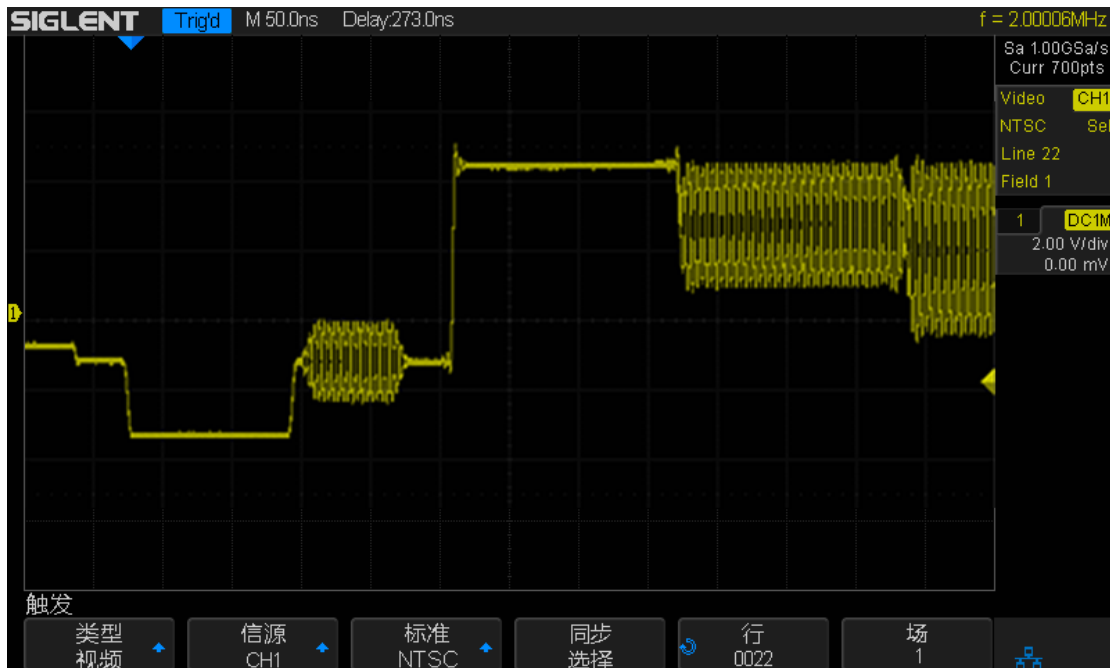


图 37 特定行上视频触发

### 使用“自定义”触发视频信号



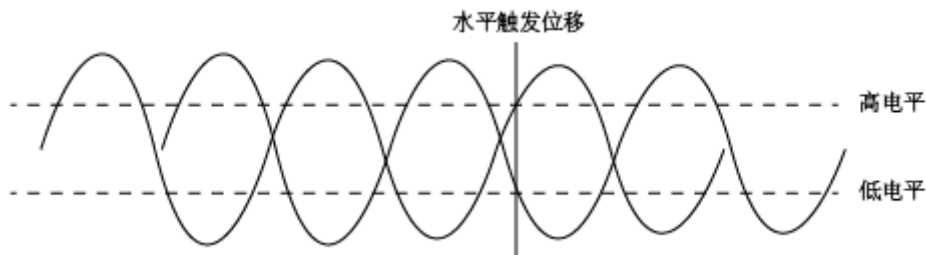
自定义视频触发支持帧速率分别为 25Hz、30 Hz、50 Hz 和 60 Hz，所有行在 300 至 2000 范围内的视频信号。以下描述如何对“自定义”视频信号进行触发。

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“视频”，并按下该旋钮以选中“视频”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择 CH1 为触发源，并按下该旋钮以选中 CH1。
4. 按下 **标准** 软键，旋转多功能旋钮选择“自定义”标准，并按下该旋钮以选中“自定义”。
5. 按 **设置** 软键打开自定义设置菜单，选择“交错”，并旋转多功能旋钮选择所需交错比例（假设此处选择交错比例为 8:1）。
6. 按 **所有场** 软键，旋转多功能旋钮选择场数为“8”（对应于步骤 5 中的“8:1”交错比例）。
7. 按 **触发于** 软键对接入信号将要触发的行、场进行设置：
  - 选择“任意”类型，则信号能在所有行和场上进行触发。
  - 选择“选择”类型，则可使用多功能旋钮选择指定的场和行对信号进行触发。由于“所有场”为“8”，因此可选择触发的场为 1 至 8，每场可选择的行数为 1 至 100。

## 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，通过旋转触发电平旋钮可单独调节高、低触发电平；在相对窗口下，可同时移动高、低触发电平，或放大或缩小两电平间的垂直位移。但不能单独调节高、低触发电平的垂直位移。



- 若高、低电平同时位于波形范围内，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：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“窗口”，并按下该旋钮以选中“窗口”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 CH1，并按下该旋钮以选中 CH1。斜率触发的触发源有 CH1/CH2/CH3/CH4/。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **窗口类型** 软键，连续按该键切换以选择“相对”或“绝对”。此处选择窗口类型为“绝对”。
5. 按下 **电平设置** 软键，连续按该键切换以选择低电平（Lower）或高电平（Upper）。然后使用触发电平旋钮调节高、低电平的垂直位移值，使波形在上升沿（或下降沿、上升&下降沿）触发。相应电平值实时变化并显示在屏幕右上角的状态栏中。L1 表示高电平，L2 表示低电平。
6. 旋转触发电平旋钮使高电平位于波形内，低电平位于波形外，则波形只在上

升沿上触发。

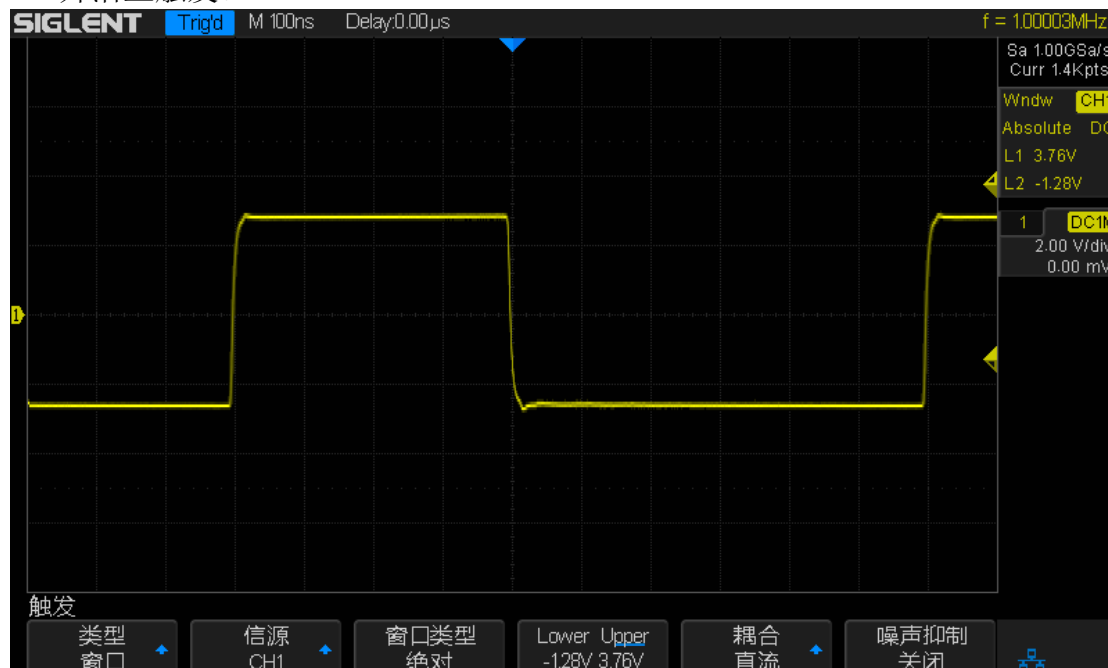


图 38 “绝对”窗口触发

按“相对”方式设置窗口触发：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“窗口”，并按下该旋钮以选中“窗口”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 CH1，并按下该旋钮以选中 CH1。斜率触发的触发源有 CH1/CH2/CH3/CH4。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **窗口类型** 软键，连续按该键切换以选择“相对”或“绝对”。此处选择窗口类型为“相对”。
5. 按下 **电平设置** 软键，连续按下该键可切换以选择“Center”或“Delta”，然后旋转触发电平调节进行调节。
  - 若选择“Center”，旋转触发电平旋钮可使两电平同时上、下移动，且间距不变。Center 值表示两电平垂直间距的 50%处位移值，在屏幕右上角的状态栏中 用“C”表示。
  - 若选择“Delta”，旋转触发电平旋钮可放大（顺时针）或缩小（逆时针）两电平间距。Delta 值表示两电平垂直间距的一半，在屏幕右上角的状态栏中用“D”表示。

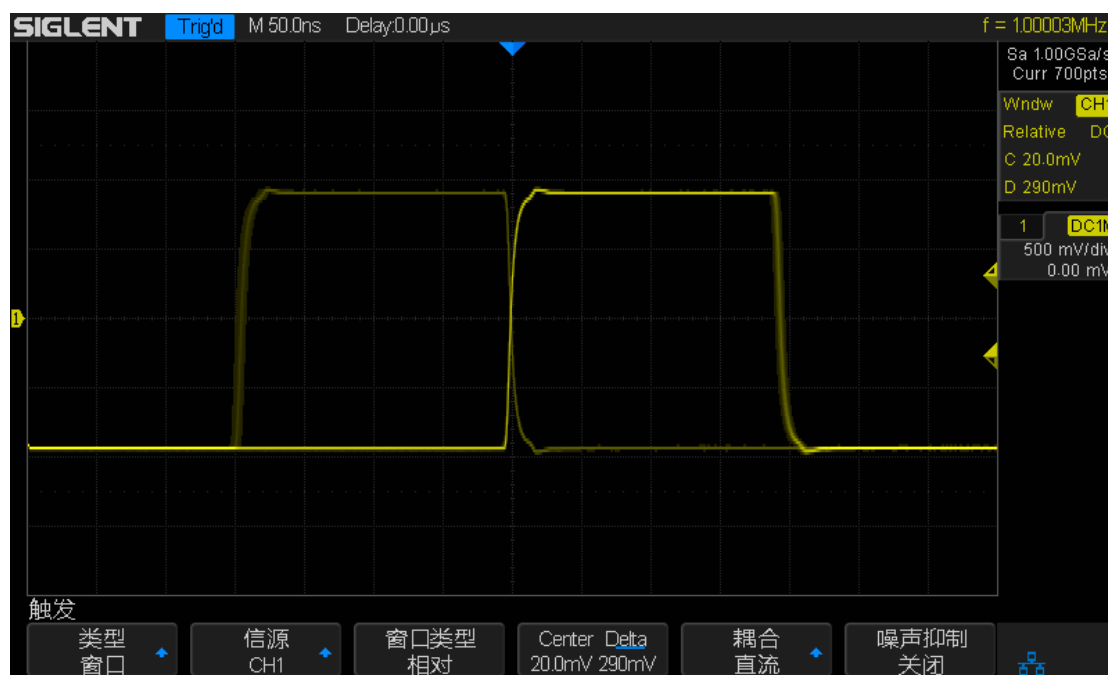


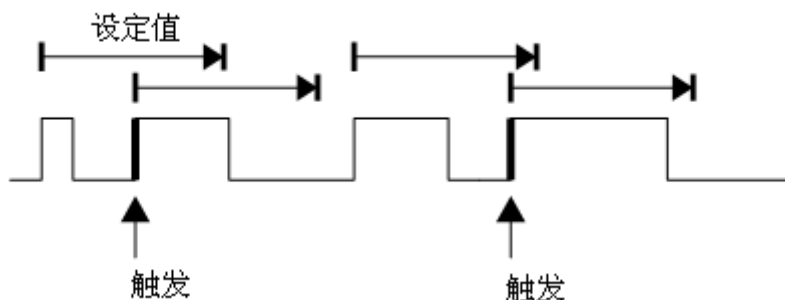
图 39 “相对”窗口触发

在窗口触发中也可设置触发耦合和噪声抑制，要知道具体设置方法，请参见前文中“触发耦合”、“噪声抑制”节。

## 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：



按以下方法设置“间隔”触发：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“间隔”，并按下该旋钮以选中“间隔”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 **CH1**，并按下该旋钮以选中 **CH1**。  
间隔触发的触发源有 **CH1/CH2/CH3/CH4**。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **条件** 软键，连续按下该键可切换以选择“上沿”或“下沿”。此处选择“上沿”。则波形在上升沿处触发。
5. 按下 **限制条件** 软键，选择多功能旋钮选择所需限定符，然后选择时间设置软键，并使用多功能旋钮设置合适的时间值使波形能稳定触发。
  - 小于时间值 (<)
  - 大于时间值 (>)
  - 时间范围内 ([-,--])
  - 时间范围外 (--) [-]

按下 **时间设置** 软键，并旋转多功能旋钮设置合适时间值使波形能稳定触发。

如下图，波形两相邻上升沿间距  $\Delta T = 1\text{ms}$ ，选择限制条件为“[-,--]”，设置时间值为  $2\text{ns}$ ， $1.02\text{ms}$ 。

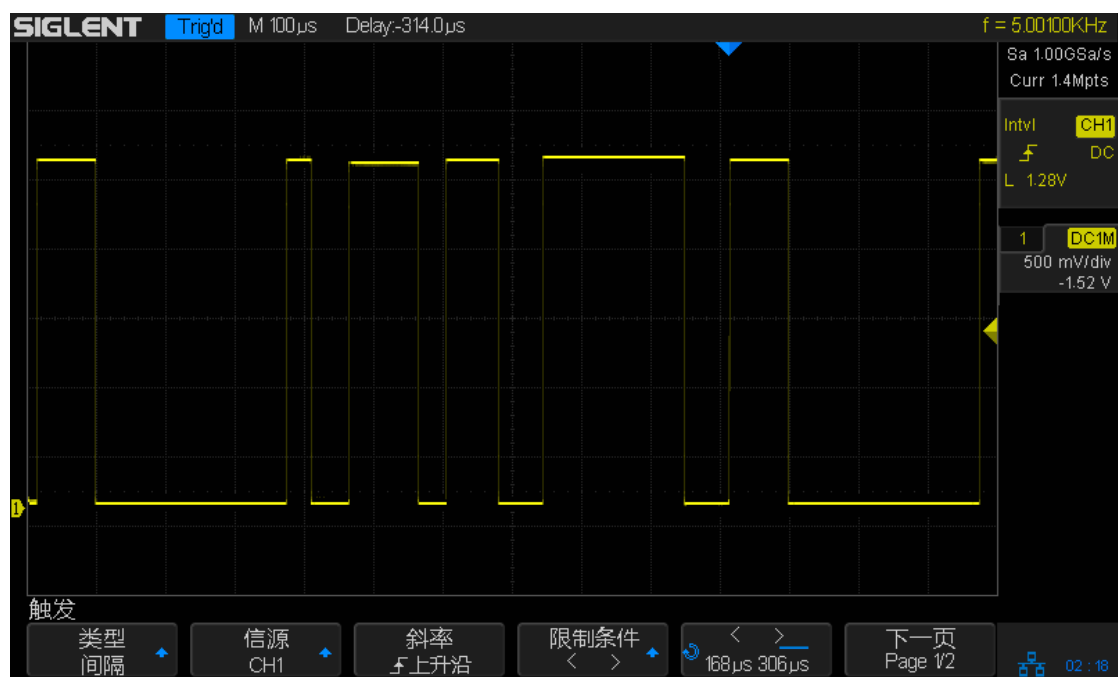


图 40 间隔触发

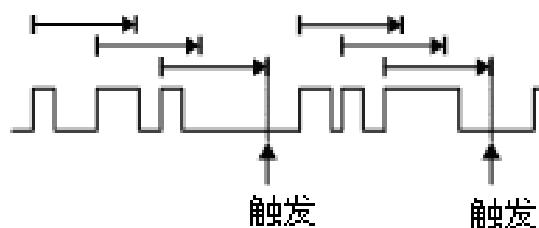
在间隔触发中也可设置触发耦合和噪声抑制，要知道具体设置方法，请参见前文中“触发耦合”、“噪声抑制”节。

## 超时触发

超时触发分两种类型：边沿超时和状态超时。

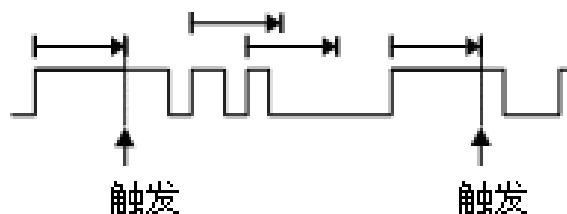
### 边沿

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（ $\Delta T$ ）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（ $\Delta T$ ）大于设定的超时时间时触发。如下图所示：



按以下方法设置“边沿”超时触发：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“超时”，并按下该旋钮以选中“超时”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 **CH1**，并按下该旋钮以选中 **CH1**。超时触发的触发源有 **CH1/CH2/CH3/CH4**。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **斜率** 软键，连续按下该键可切换以选择“上升沿”或“下降沿”。此处选择“上升沿”。
5. 按下 **超时类型** 软键，连续按下该键可切换以选择“边沿”或“状态”。此处选择超时类型为“边沿”。
6. 按下 **时间** 软键，旋转多功能旋钮设置合适的时间值，使波形稳定触发。  
要使波形能稳定触发，所设时间值必须小于 $\Delta T$ （ $\Delta T$  此处表示两相邻上升沿之间的时间值）。

下图所示超时时间设为  $150\mu\text{s}$ ，波形触发位置如下：

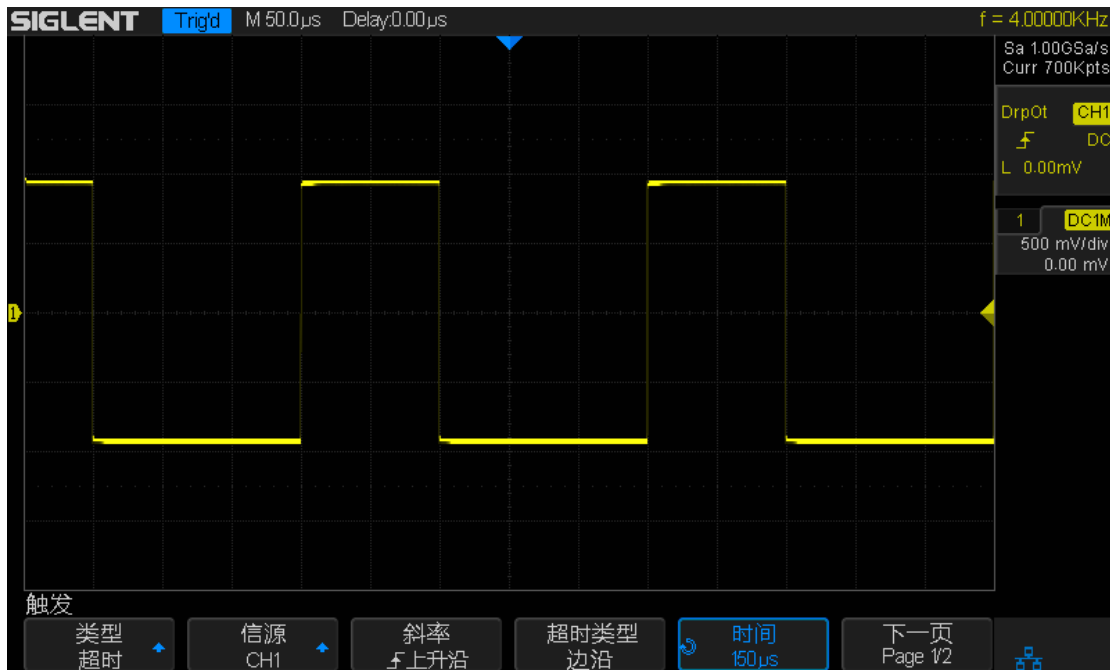


图 41 “边沿”超时触发



按以下方法设置“状态”超时触发：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“超时”，并按下该旋钮以选中“超时”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 **CH1**，并按下该旋钮以选中 **CH1**。  
超时触发的触发源有 **CH1/CH2/CH3/CH4**。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **斜率** 软键，连续按下该键可切换以选择“上升沿”或“下降沿”。此处选择“上升沿”。
5. 按下 **超时类型** 软键，连续按下该键可切换以选择“边沿”或“状态”。此处选择超时类型为“状态”。
6. 按下 **时间** 软键，旋转多功能旋钮设置合适的时间值使波形稳定触发。

要使波形能稳定触发，所设时间值必须小于 $\Delta T$ （ $\Delta T$  此处表示从上升沿到相邻下降沿之间的之间值）。下图超时时间设为  $1\mu\text{s}$ ，波形触发位置如下：

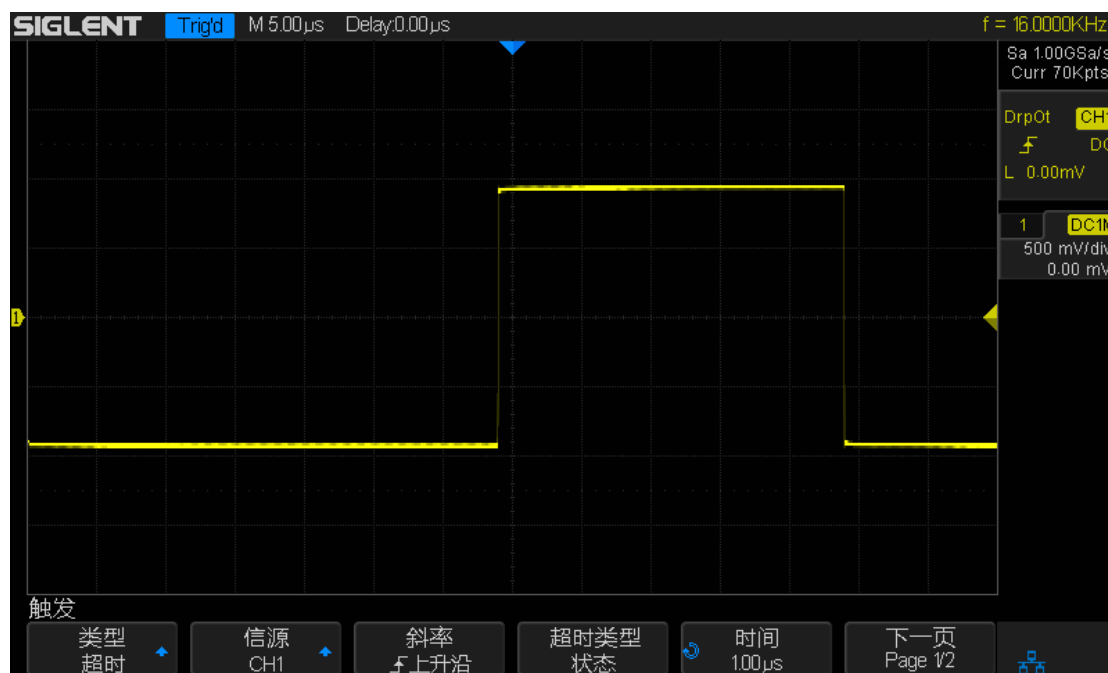


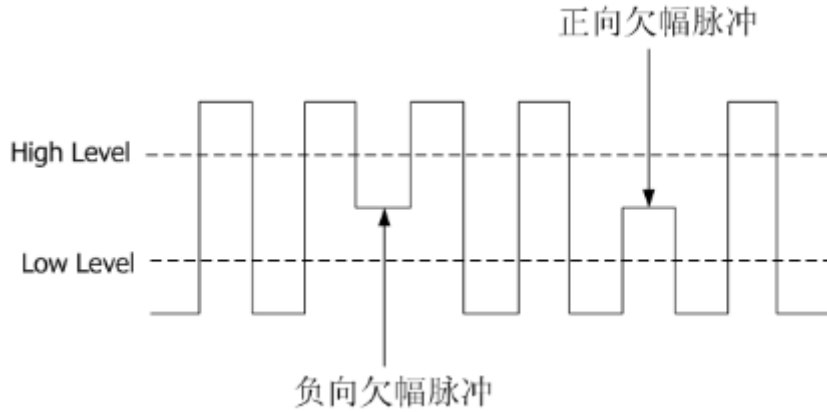
图 42 “状态”超时触发

在超时触发中也可设置触发耦合噪声抑制，要知道具体设置方法，请参见前文中“触发耦合”、“噪声抑制”节。

**注意** 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 $\Delta T$ ，波形即在从选定沿开始到满足所设时间值的位置上触发。

## 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。

按以下方法设置欠幅脉冲触发：

1. 在前面板的触发控制区中按下 **Setup** 键打开触发功能菜单。
2. 在触发菜单下，按 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择“欠幅”，并按下该旋钮以选中“欠幅”触发。
3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择触发源 **CH1**，并按下该旋钮以选中 **CH1**。欠幅触发的触发源有 **CH1/CH2/CH3/CH4**。所选触发源显示在屏幕右上角的状态栏中。
4. 按下 **极性** 软键可选择（正脉冲  $\square$ ）或（负脉冲  $\sqcup$ ）。此处选择正脉冲  $\square$  触发。
5. 按 **限制条件** 选择所需限定符。可选择的限定符有  $<$ ， $>$ ， $[--,--]$ ， $--][--]$ 。此处选择限定符为“ $>$ ”。
6. 选择 **时间设置** 软键，并多功能旋钮设置时间对要捕获脉冲进行触发。当要捕获的脉冲满足当前所设的时间范围则触发。
7. 切换到下一页，并选择电平旋钮并连续按下以选择低电平（**Lower**）或高电平（**Upper**），然后旋转多功能旋钮分别调节高、低电平，使要捕获的正欠幅脉冲位于两电平之间。

下图主要通过调节高、低电平捕获所需正欠幅脉冲：

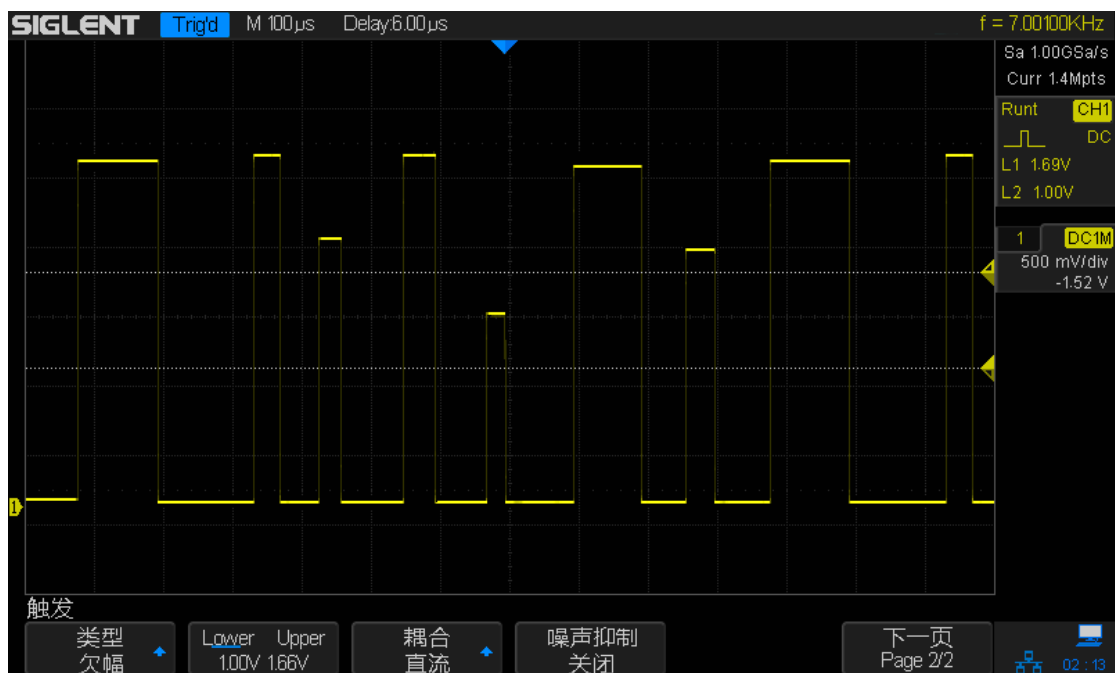


图 43 欠幅脉冲触发

在欠幅触发中也可设置噪声抑制，要知道触发耦合和噪声抑制的具体设置方法，请参见前文中“触发耦合”、“噪声抑制”节。

## 码型触发

码型触发通过查找特定码型而识别触发条件。码型是指任意两个通道的逻辑关系（与, 或, 与非, 或非）的组合, 每个通道的值可设为“无效(Invalid)”、“低(Low)”、“高(High)”。如果所有通道的码型都设置为“无效(Invalid)”, 示波器将不会触发。

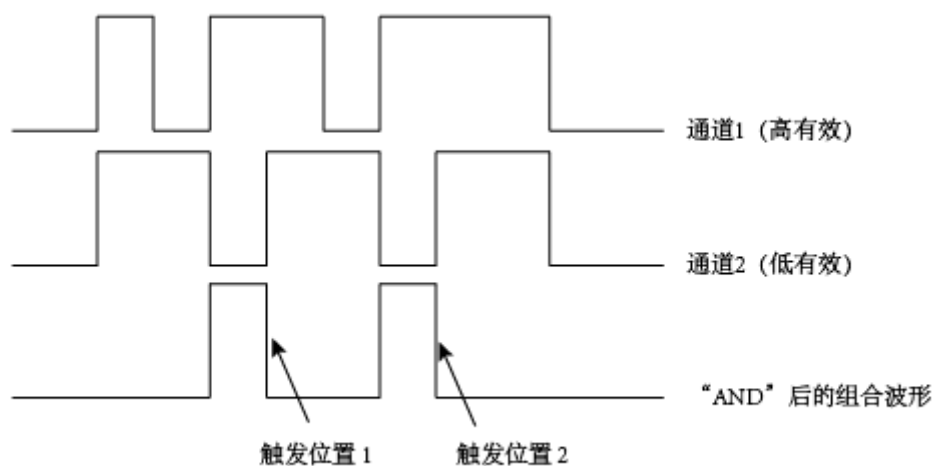


图 44 码型触发示意图

仔细阅读下图可帮助您加深对码型触发的理解。

通道 1 电平值设置为“高”，通道 2 电平值设置为“高”，码型设置为“与”，最终生成如下所示“码型组合波形”（仅用于分析理解，并不显示在屏幕上）。通过此波形，可清晰查看满足满足码型条件的触发位置。

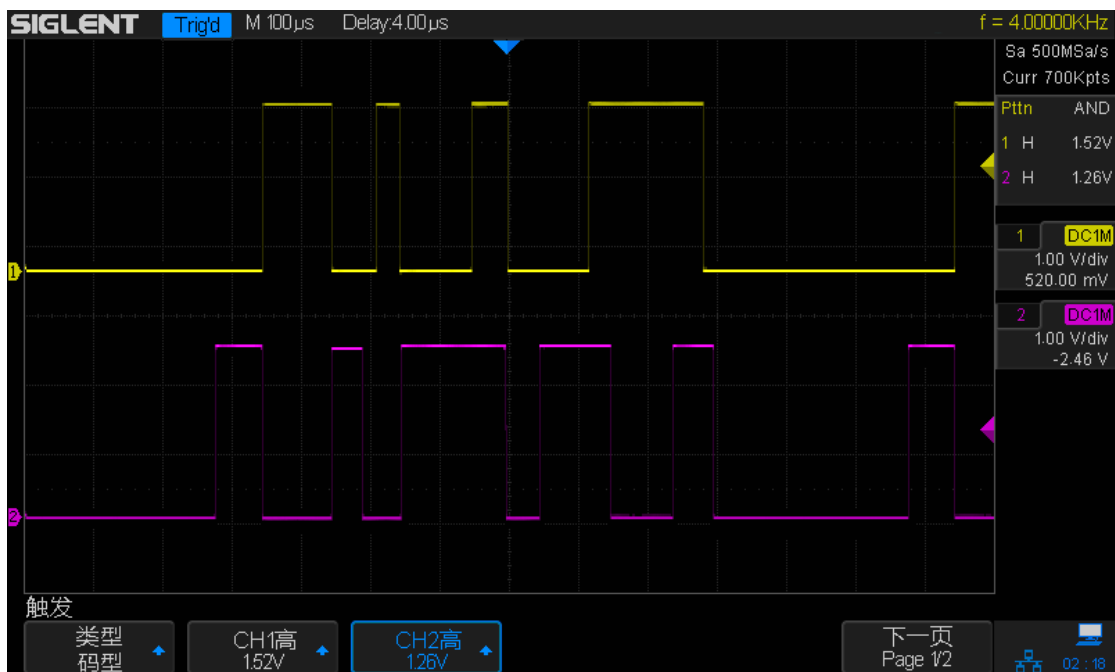


图 45 码型触发 1 (1/2 页)



图 46 码型触发 1 (2/2 页)

对于脉冲波，若通道电平值设置为“高”，则高电平的波形值可视为 1，低电平的波形值可视为 0；若通道电平值设置为“低”，则低电平的波形值可视为 1，高电平的波形值可视为 0；

对于正弦波，若通道电平值设置为“高”，则高于此电平的波形值可视为 1，低于此电平的波形值可视为 0；若通道电平值设置为“低”，则低于此电平的波形值可视为 1，高于此电平的波形值可视为 0。

- 当码型为“与”和“或非”时，可对满足两通道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。
- 当码型为“或”和“非与”时，不可对满足两通道码型的组合波形进行时间限定以触发。

**注意** 在有多触发位置同时满足码型触发条件下，设置特定时间值使得示波器在满足此时间值的码型组合位置上触发。

## 串行总线触发和解码（选件）

SDS2000X 的串行总线触发类型包括 IIC、SPI、UART/RS232、CAN 和 LIN。以下为您详细介绍如何对每种总线进行触发和解码设置。

- ◆ IIC 触发和串行解码
- ◆ SPI 触发和串行解码
- ◆ UART/RS232 触发和串行解码
- ◆ CAN 触发和串行解码
- ◆ LIN 触发和串行解码

## IIC 触发和串行解码

请按“IIC 信号设置”、“IIC 触发”、“IIC 解码”的顺序对 IIC 信号进行触发并解码。另外，还可参见“解释 IIC 解码”详细了解解码界面。

### IIC 信号设置

IIC 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。

要设置示波器以捕获 IIC 信号，可使用 **Decode** 菜单中的 **信号** 软键。

1. 按下示波器前面板上的 **Decode** 打开串行解码菜单。
2. 按下 **串行总线** 软键，连续按下该键选择所需总线（总线 1 或总线 2）。此处选择“总线 1”。
3. 按下 **解码类型** 软键，旋转多功能旋钮选择触发类型为“IIC”，并按下该旋钮以选中。
4. 按下 **信号** 软键以打开 IIC 信号菜单。



图 47 IIC 信号菜单

5. 对于 SCL（串行时钟）和 SDA（串行数据）信号：
  - a. 将示波器通道（一般选择通道 1 和通道 2）连接到被测设备信号。
  - b. 按下 **SCL** 或 **SDA** 软键，旋转多功能旋钮选择信号通道。通常选择 1 作为时钟信号（SCL）通道，CH2 作为数据信号（SDA）通道。
  - c. 按下相应的阈值软键，然后旋转多功能旋钮选择信号阈值电平。
    - 在解码中将使用阈值电平，将触发类型设置为选定的串行解码总线后，它将变为触发电平。
    - 在整个高时钟周期，数据必须稳定，否则它将被认为是一个启动或停止条件（当时钟为高时数据转换）。

## IIC 触发

在将示波器设置为捕获 IIC 信号后，可以在开始/结束条件、重新启动、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。

1. 按下 **Setup** 软键，在触发类型菜单中，旋转多功能旋钮选择“总线”并按下以确认，按下 **总线类型** 软键选择“IIC”。
2. 按下 **触发设置** 软键；然后旋转多功能旋钮以选择触发条件：

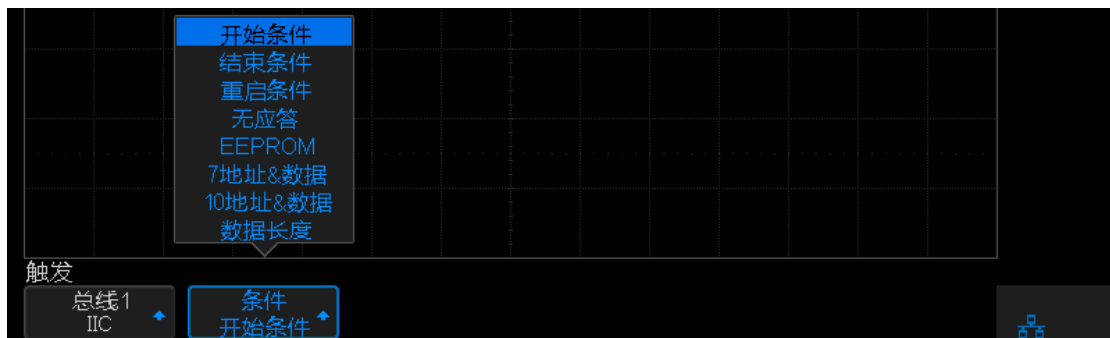


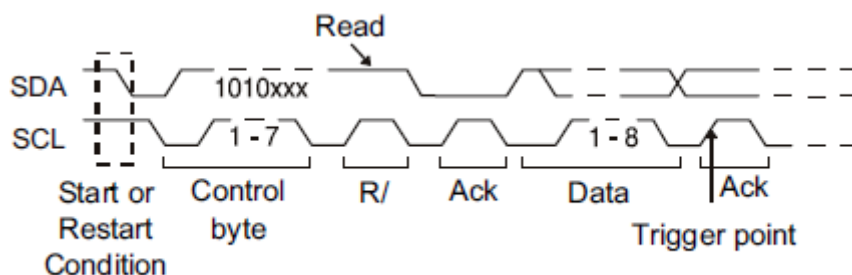
图 48 IIC 触发条件

- **开始条件**— 当 SCL 时钟为高而 SDA 数据从高到低转换时示波器触发。用于触发目的时（包括帧触发），重启作为一个启动条件。
- **结束条件**— 当时钟 (SCL) 为高而数据 (SDA) 从低到高转换时示波器触发。



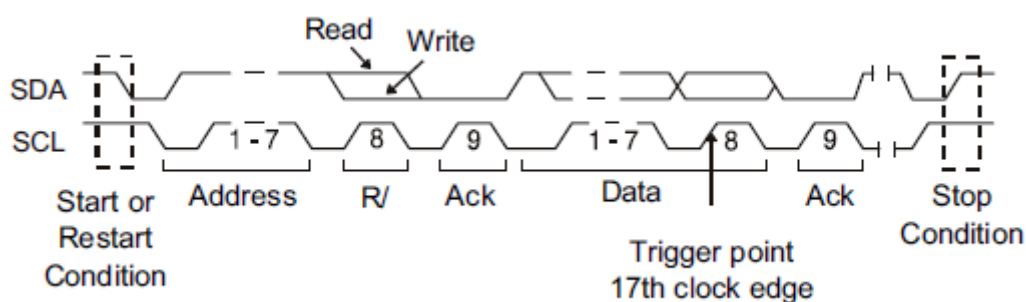
- **重启条件**— 当另一个启动条件在停止条件之前出现时示波器触发。
- **无应答**— 在任何 ACK 的 SCL 时钟位期间，当 SDA 数据为高时示波器触发。
- **EEPROM 数据读取**— 触发在 SDA 线上寻找 EEPROM 控制字节值 1010xxx，其后面跟随一个读取位和一个确认位。然后它通过“数据”软键和“比较”软键设置数据值和限定符。当此事件发生时，示波器将在数据字节后确认位的时钟边沿上触发。此数据字节不一定紧接在控制字节后面。



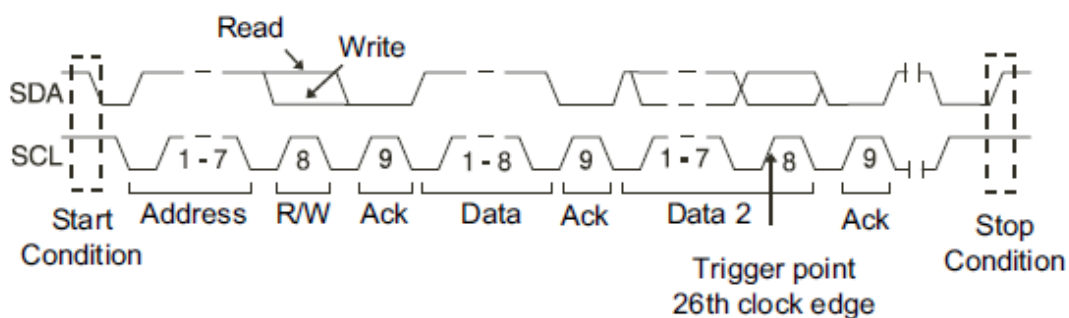


- **7 位地址&数据—**

帧 ( 开始: 地址 7: 读取: 确认: 数据) 或 帧 ( 开始: 地址 7: 写入: 确认: 数据)— 如果码型中的所有位都匹配, 则在第 17 个时钟边沿上 7 位寻址模式中的读或写帧上触发。



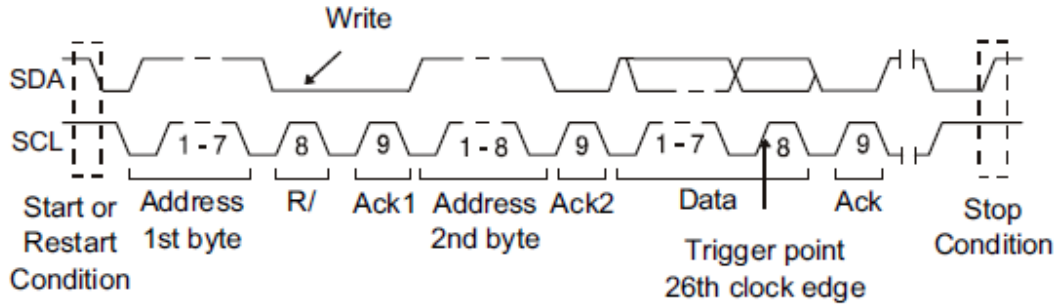
帧 ( 开始: 地址 7: 读取: 确认: 数据: 确认: 数据 2) 或 帧 ( 开始: 地址 7: 写入: 确认: 数据: 确认: 数据 2)— 如果码型中的所有位都匹配, 则在第 26 个时钟边沿上 7 位寻址模式中的读或写帧上触发。



- **10 位地址&数据—** 如果码型中的所有位都匹配, 则在第 26 (或 34) 个时钟边沿的 10 位读/写帧上触发。帧的格式为:

帧 ( 开始: 地址字节 1: 读/写入: 地址字节 2: 确认: 数据) “数据 2”显示 “0xXX”, 在第 26 个时钟边沿上触发。

帧 (开始: 地址字节 1: 读/写入: 地址字节 2: 确认: 数据: 确认: 数据) “数据 2”可用, 在第 34 个时钟边沿上触发。



在第 26 个边沿上触发的图

**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。

3. 如果已设置示波器在一个 EEPROM 数据读取条件上触发：

当数据 =（等于）、>（大于）或 <（小于）在“数据 1”软键中设置的数据值时，示波器将触发。

示波器将在找到触发事件后，在确认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。在当前地址读取或随机读取或顺序读取循环期间，示波器将触发符合由“比较”和“数据”软键定义的标准的数据字节。

4. 如果已经将示波器设置为 7 位地址或 10 位地址的读取或写帧条件上触发：

按“条件”软键并旋转多功能旋钮以选择“7 位地址&数据”或“10 位地址&数据”。

可在十六进制地址范围 0x00 至 0x7F（7 位）或 0x3FF（10 位）中选择。当在读/写帧上触发时，示波器将在发生启动、寻址、读/写、确认和数据事件后触发。

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 7 位寻址的第 17 个时钟或 10 位寻址第 26 个时钟上始终会发生触发。

5. 如果已经将示波器设置为数据长度（1 至 12）触发：

- 按下“地址”软键选择“7 位”或“10 位”以匹配输入信号。
- 按下“数据长度”软键，旋转多功能旋钮设置数据长度值以匹配触发数据。

## IIC 解码

要设置示波器以捕获 IIC 信号，请参见前文“IIC 信号设置”。

要对 IIC 信号进行触发设置，请参见“IIC 触发”。

要对 IIC 触发信号进行串行解码设置，请按以下步骤：

1. 按下 **Decode** 打开示波器的串行解码菜单。对 IIC 信号进行设置后，对应总线（1 或 2）的“解码类型”默认为“IIC”。



图 49 IIC 解码菜单

2. 按下 **地址** 软键，选择 7 位地址或 10 位地址。此处的地址位数不一定要与 IIC 触发设置中所选择的的地址位一致。
3. 连续按 **显示** 菜单软键可以“开启”或“关闭”解码数据。
4. 按下 **列表** 软键打开列表菜单，并在“显示”菜单中选择“开启”以打开解码列表，然后旋转多功能旋钮设置列表行数，将解码数据以列表形式清晰显示出来。

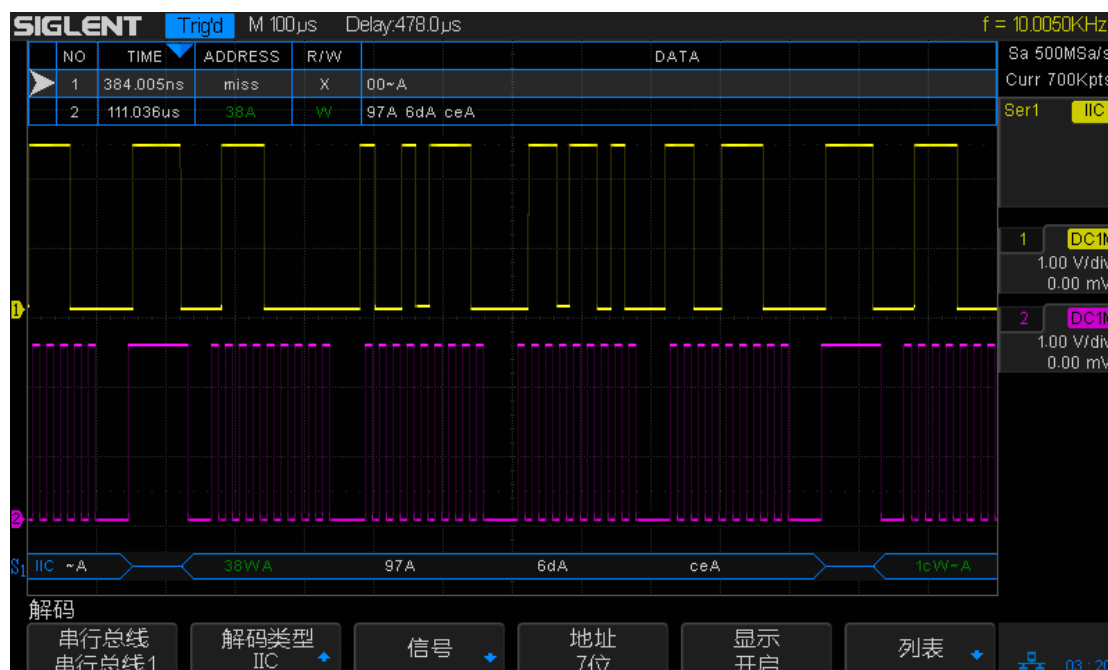


图 50 IIC 解码图

### 解释 IIC 解码

在解码的 16 进制数据中：

- 地址值显示在帧的开始处，以深绿色显示。
- 写/读地址用“W”/“R”表示，紧跟在地址值之后。
- “A”表示应答，“~A”表示无应答。例如：38W~A。
- 数据值显示为白色。例如：97A。
- 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“...”表示。

在解码列表中：

- TIME（时间戳）— 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- ADDRESS（地址）— 包括地址值、读/写和应答信息。如：“38WA”表示写地址为 38，有应答。
- 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。

## 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。另外，还可参见“解释 SPI 解码”详细了解解码界面。

### 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。

要设置示波器以捕获 SPI 信号，可使用 **Decode** 菜单中的 **信号** 软键。

1. 按下示波器前面板上的 **Decode** 打开串行解码菜单。
2. 按下 **串行总线** 软键，旋转多功能旋钮选择所需总线（总线 1 或总线 2）。此处选择“总线 1”。

总线 1、2 的解码类型不能同时设置为 SPI。

3. 按下 **解码类型** 软键，旋转多功能旋钮选择触发类型为“SPI”，并按下该旋钮以选中。
4. 按下 **信号** 软键以打开 SPI 信号菜单。



图 51 SPI 信号菜单

5. 按下 **CLK** 软键打开 SPI 时钟菜单。



图 52 CLK 菜单

在“SPI 时钟菜单”中：

- 按下 **CLK** 软键，然后旋转多功能旋钮以选择连接到 SPI 串行时钟线的通道。
- 按下 **阈值** 软键；然后旋转多功能旋钮设置时钟信号阈值电平值。在解码中将使用阈值电平，将触发类型设置为选定的串行总线解码后，它将变为触发电平。
- 按下 **边沿** 软键选择时钟源的上升沿或下降沿。

6. 按下 **MISO** 软键以打开"SPI 主输入从输出菜单"。



图 53 SPI 主输入从输出菜单

在“SPI 主输入从输出菜单”中：

- 按下 **MISO** 数据软键，然后旋转多功能旋钮以选择连接到 SPI 串行数据线的通道。
- 按下 **阈值** 软键；然后旋转多功能旋钮以选择 MISO 信号阈值电平。在解码中将使用阈值电平，将触发类型设置为选定的串行总线解码后，它将变为触发电平。

7. 按下 **MOSI** 软键以打开"SPI 主输出从输入菜单"。

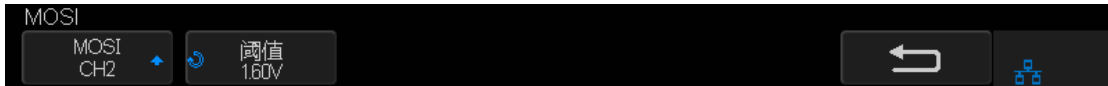


图 54 MOSI 菜单

在“SPI主输出从输入菜单”中：

- 按下 **MOSI** 软键，然后旋转多功能旋钮以选择连接到第二个 SPI 串行数据线的通道。（如果选择的通道关闭，则将其打开。）
- 按下 **阈值** 软键；然后旋转多功能旋钮以选择 MOSI 信号阈值电平。在解码中将使用阈值电平，将触发类型设置为选定的串行总线解码后，它将变为触发电平。

7. 按下 **CS** 软键以打开“SPI 片选菜单”。



图 55 SPI 片选择菜单

在“SPI 片选菜单”中：

按下 **成帧类型** 软键选择成帧信号，示波器将使用该信号来决定用哪个时钟边沿作为串行数据流的第一个时钟边沿。可以设置示波器在高芯片选择(**CS**)、低芯片选择 (**~CS**) 或时钟超时，在该周期中时钟信号为空闲状态。

- 设置“成帧类型”为“片选（**CS**）”或“~片选（**~CS**）”后，旋转多功能旋钮

---

以选择连接到SPI片选的通道（CH1/CH2/CH3/CH4）。

按下 **阈值** 软键；然后旋转多功能旋钮设置信号阈值电平。在解码中将使用阈值电平，将触发类型设置为选定的串行总线后，它将变为触发电平。

- 设置“成帧类型”设置为“时钟超时”后，旋转多功能旋钮设置超时时间。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（不转换）的最小时间。可以将超时值设置为 100ns 至 1s 间的任意值。

8. 按下 **比特流格式** 软键，旋转多功能旋钮将比特流格式设置为“MSB”或“LSB”。

## SPI 触发

将示波器设置为捕获 SPI 信号后，可以在帧开始处出现的数据码型上触发。串行数据字符串可指定为 4 到 96 位长。

1. 按下 **Setup** 软键，在触发类型菜单中，旋转多功能旋钮选择“总线”并按下以确认，按下 **总线类型** 软键选择“SPI”。
2. 按下 **触发设置** 软键打开“SPI 触发设置菜单”。

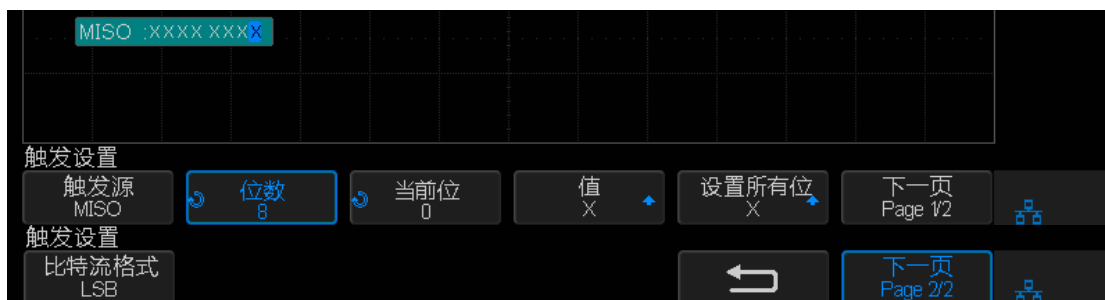


图 56 SPI 触发设置菜单

3. 按下 **触发源** 软键；然后旋转多功能旋钮选择触发源：
  - MOSI（主输出，从输入）数据 — 用于在 MOSI 数据信号上触发。
  - MISO（主输入，从输出）数据 — 用于在 MISO 数据信号上触发。
4. 按下 **位数** 软键，然后旋转多功能旋钮设置串行数据字符串中的比特位数。可设置的字符串位数范围为 4 到 96。串行字符串中的数据值显示在波形区域中的 MOSI/MISO 数据字符串中。
5. 对于 MOSI/MISO 数据字符串中的每个比特：
  - 按下 **当前位** 软键，旋转多功能旋钮选择比特位置。旋转旋钮时，比特会在波形区数据字符串中突出显示。
  - 按下 **值** 软键，旋转多功能旋钮将比特设置为 0（低）、1（高）或 X（无关）。
6. 按下 **设置所有位** 软键，旋转多功能旋钮可快速将当前屏幕显示的字符串中的所有比特位设置为 0、1 或 X。
7. 按下 **比特流格式** 软键，旋转多功能旋钮选择最高有效位在先（MSB）或最低有效位在先（LSB）。



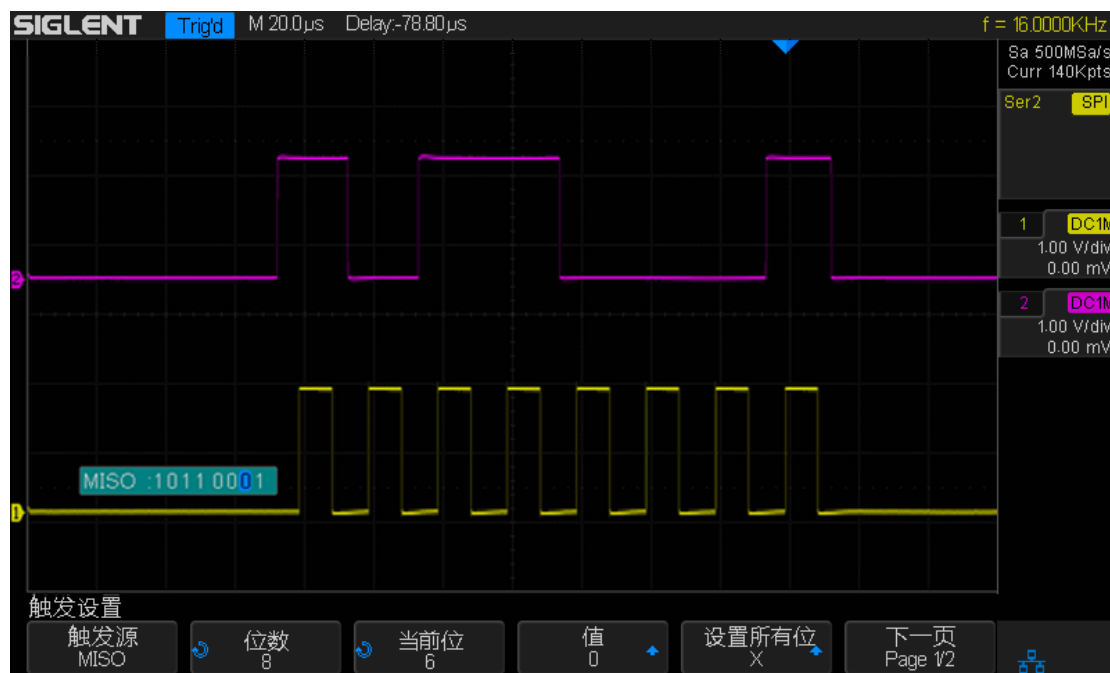


图 57 SPI 触发图

## SPI 解码

要设置示波器以捕获 SPI 信号，请参见前文“SPI 信号设置”。

要对 SPI 信号进行触发设置，请参见“SPI 触发”。

要对 SPI 触发信号进行串行解码设置，请按以下步骤：

1. 按下 **Decode** 打开示波器的串行解码菜单。对 SPI 信号进行触发设置后，对应总线（1 或 2）的“解码类型”默认为“SPI”。

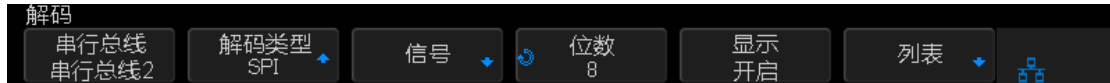


图 58 SPI 解码设置菜单

2. 按下 **位数** 软键，然后旋转多功能旋钮以设置字符串的位数（4~96）。
3. 连续按 **显示** 菜单软键已选择“开启”或“关闭”解码数据。
4. 按下 **列表** 软键打开列表菜单，并在“显示”菜单中选择“开启”以打开解码列表，然后旋转多功能旋钮设置列表行数，将解码数据以列表形式清晰显示出来。

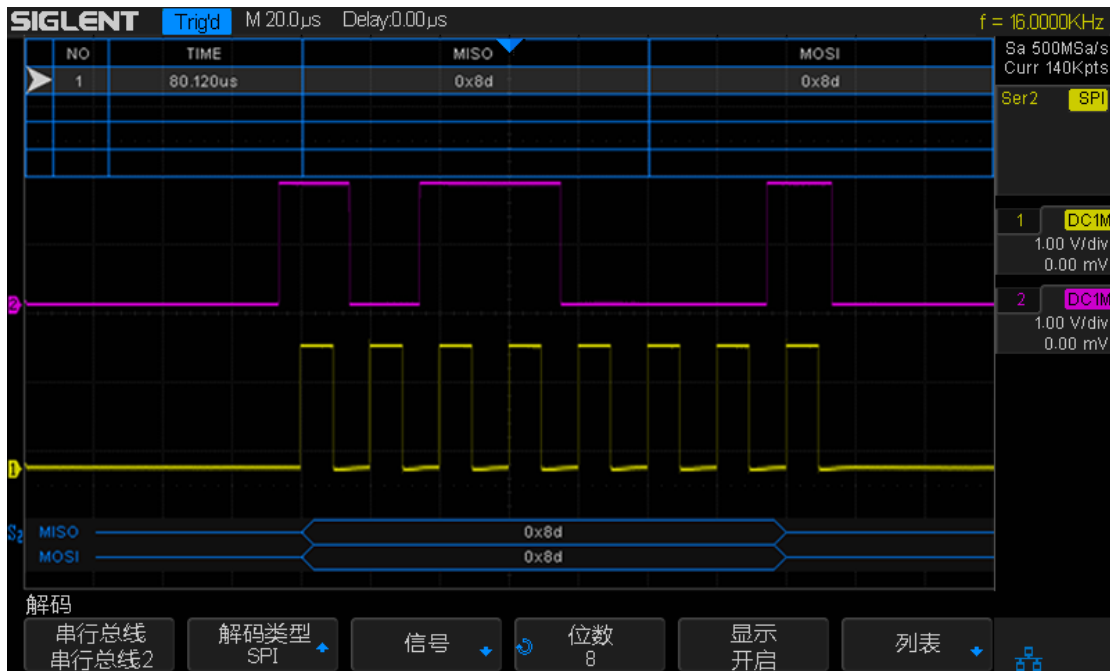


图 59 SPI 解码图

## 解释 SPI 解码

在解码的 16 进制数据中：

- 数据值显示在帧内，以白色表示。支持 4~96 位数据显示。
- MISO —主输入从输出数据总线。
- MOSI —主输出从输入数据总线。

在解码列表中：

- Time（时间戳）— 当前数据相对于触发位置的水平位移值。
- MISO —主输入从输出数据值。
- MOSI —主输出从输入数据值。

## UART/RS232 触发和串行解码

请按“UART/RS232 信号设置”、“UART/RS232 触发”、“UART/RS232 解码”的顺序对 UART/RS232 信号进行触发并解码。另外，还可参见“解释 UART/RS232 解码”详细了解解码界面。

### UART/RS232 信号设置

设置示波器以捕获 UART/RS232 信号：

1. 按下示波器前面板上的 **Decode** 打开串行解码菜单。
2. 按下 **串行总线** 软键，连续按下该键选择所需总线（总线 1 或总线 2）。此处选择“总线 1”。
3. 按下 **解码类型** 软键，旋转多功能旋钮选择触发类型为“UART”，并按下该旋钮以选中。
4. 按下 **信号** 软键以打开 UART 信号菜单。



图 60 UART 信号菜单

5. 对于 RX（接收）和 TX（发送）信号：
  - 按下 RX 或 TX 软键后，旋转多功能旋钮以选择信号的通道（CH1/CH2/CH3/CH4）。
  - 按下相应的阈值软键后，旋转多功能旋钮设置信号阈值电平。在解码中将使用阈值电平。
6. 按下比特流格式软键，连续按下该键选择 **LSB** 或 **MSB**。
  - **LSB**：低位先传送；
  - **MSB**：高位先传送；
7. 按下 **配置** 软键以打开 UART 总线配置菜单。



图 61 UART 总线配置菜单

- **波特率** — 按下 **波特率** 软键，旋转多功能旋钮选择与被测设备中的信号匹配的波特率。如果未列出所需的波特率，可选择“波特率”软键中的“自定义”，然后按下该软键，使用多功能旋钮设置所需波特率。
- **奇偶校验** — 根据被测设备选择奇校验、偶校验或无。
- **停止位** — 选择合适的停止位数（1、1.5、2）以与被测信号匹配。
- **空闲电平** — 选择低电平或高电平，以与被测设备的空闲状态匹配。
- **位数** — 设置 UART 数据的位数，以与被测设备匹配（可选择 5-8 位）。

## UART/RS232 触发

要在 UART信号上触发，可将示波器连接到 RX 和TX 行，并设置触发条件。RS232是 UART 协议的一个示例。

1. 按下 **Setup** 软键，在触发类型菜单中，旋转多功能旋钮选择“总线”并按下以确认，按下**总线类型**软键选择“UART”。。
2. 按下 **触发设置** 软键打开“UART 触发设置菜单”。

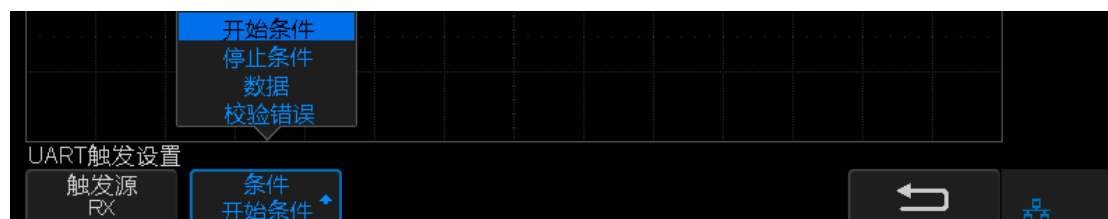


图 62 UART 触发条件

3. 按下 **触发源** 软键选择信号类型为 RX DATA（接收数据）或 TX DATA（发送数据）。
4. 按下 **条件** 软键设置所需的触发条件：
  - **开始条件** — 在 RX/TX DATA 上出现开始位时示波器触发。
  - **停止条件** — 在 RX/TX DATA 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** — 可选择比较限定符并设置相应数据值来对信号进行触发。



图 63 UART 数据触发

- a. 按下 **比较** 软键，选择等式限定符，可选择“==”、“>=”或“<=”特定的数据值。
- b. 按下 **数据** 软键，使用多功能旋钮设置所需数据值。可设置数据值范围是 0x00 至 0xff。

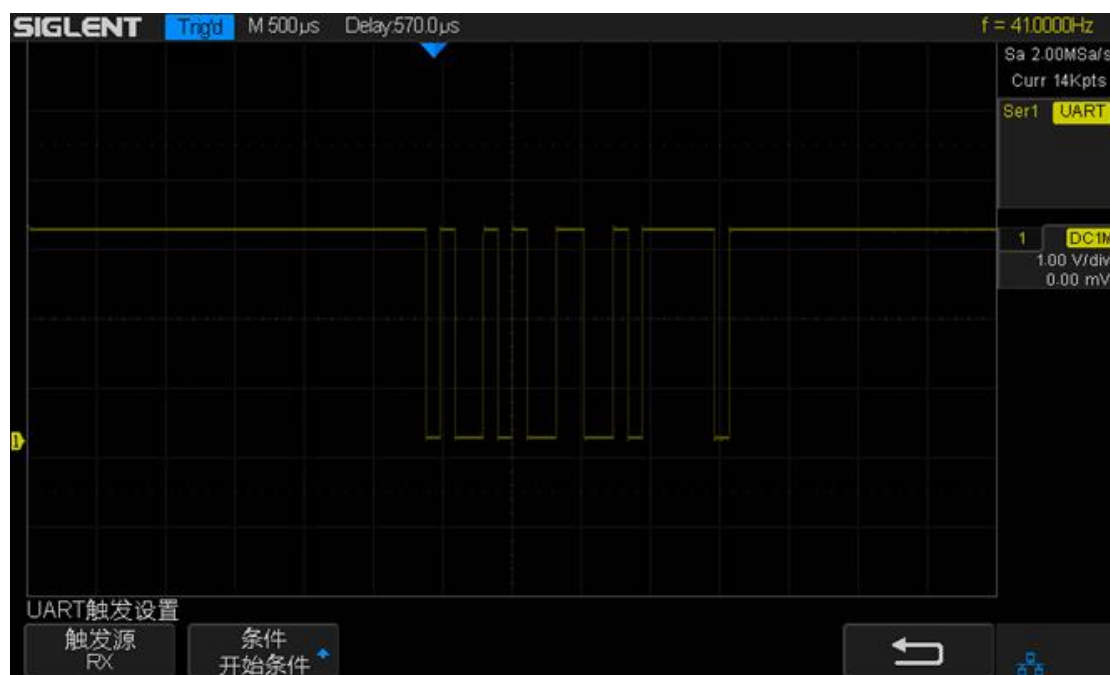


图 64 UART 触发

## 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。另外，还可参见“解释 CAN 解码”详细了解解码界面。

### CAN 信号设置

1. 按下示波器前面板上的 **Decode** 打开串行解码菜单。
2. 按下 **串行总线** 软键，连续按下该键选择所需总线（总线 1 或总线 2）。此处选择“总线 1”。
3. 按下 **解码类型** 软键，旋转多功能旋钮选择触发类型为“CAN”，并按下该旋钮以选中。
4. 按下 **信号** 软键以打开 CAN 信号菜单。



图 65 CAN 信号菜单

- 按下 **CAN-H** 或 **CAN-L** 软键以选择 CAN 信号类型为显性高 CAN 信号或显性低 CAN 信号。然后旋转多功能旋钮选择触发 CAN 信号的模拟通道（CH1/CH2/CH3/CH4）。
  - 按下 **阈值** 软键，旋转多功能旋钮设置所选 CAN 信号阈值电压电平。
8. 按下 **配置** 软键以打开 CAN 信号配置菜单。
    - 按下 **波特率** 软键，然后旋转多功能旋钮以选择与 CAN 总线信号匹配的波特率。如果未列出所需的波特率，可选择“波特率”菜单下的“自定义”选项，然后按下 **自定义** 软键，使用多功能旋钮设置所需波特率。
    - 按下 **解码源** 软键，然后旋转多功能旋钮以选择将要解码的 CAN 信号类型。可选择的 CAN 信号有 CAN\_H、CAN\_L、CAN\_H- CAN\_L。

## CAN 触发

1. 按下 **Setup** 软键，在触发类型菜单中，旋转多功能旋钮选择“总线”并按下以确认，按下 **总线类型** 软键选择“CAN”。
2. 按下 **触发设置** 软键打开“CAN 触发设置菜单”。



图 66 CAN 触发设置菜单

3. 按下 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮选择触发条件：
  - **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。可按下“ID”、“ID 长度”和“设置”软键并使用多功能旋钮设置所需 ID 长度。
  - **ID** — 示波器在与指定 ID 匹配的数据帧上触发。可按下“ID”、“ID 长度”和“设置”软键并使用多功能旋钮设置所需 ID 长度。
  - **ID & 数据** — 示波器在与指定 ID 和数据匹配的数据帧上触发。可按下“ID”、“ID 长度”、“设置”、“数据 1”和“数据 2”软键并使用多功能旋钮设置所需 ID 长度。
  - **错误** — 示波器将在 CAN 信号的错误帧上触发。

在下图的 CAN 触发设置中，触发条件选择“ID”，ID 值设置为“1b6c7d8e”，波特率设置为 8600b/s。



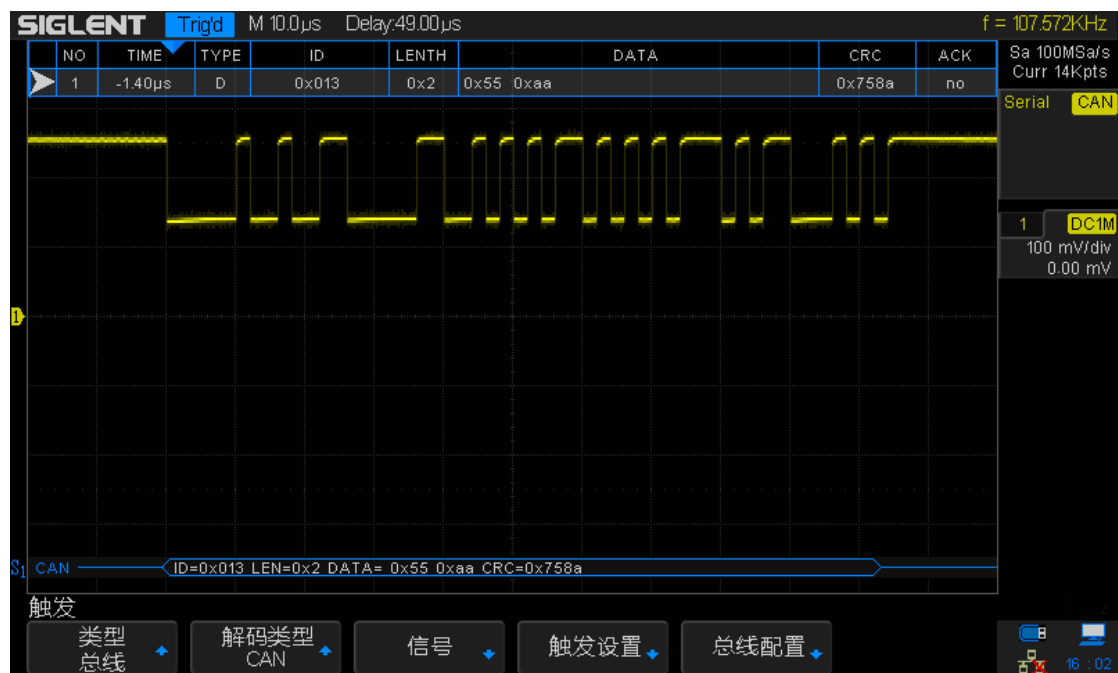


图 67 CAN 触发

## CAN 解码

要设置示波器以捕获 CAN 信号，请参见前文“CAN 信号设置”。(第 117 页)

要对 CAN 信号进行触发设置，请参见“CAN 触发”。(第 118 页)

要对 CAN 触发信号进行串行解码设置，请按以下步骤：

1. 按下 **Decode** 打开示波器的串行解码菜单。对 CAN 信号进行触发设置后，对应总线（1 或 2）的“解码类型”默认为“CAN”。
2. 连续按 **显示** 菜单软键以选择“开启”或“关闭”解码数据。
3. 按下 **列表** 软键打开列表菜单，并在“显示”菜单中选择“开启”以打开解码列表，然后旋转多功能旋钮设置列表行数（1~7 行），将解码数据以列表形式清晰显示出来。

下图为对上节 CAN 触发信号进行解码的图。在解码菜单下，同样将波特率设置为 8600b/s 以匹配 CAN 触发信号。

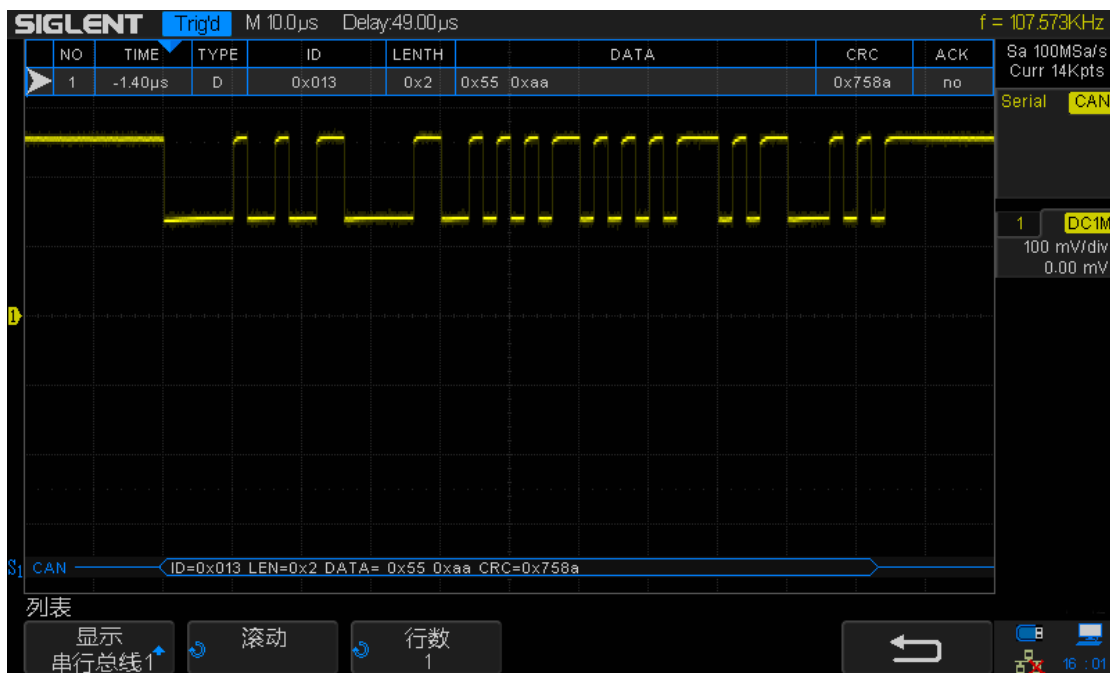


图 68 CAN 解码

## 解释 CAN 解码

在解码的 16 进制数据中：

- ID 显示在帧内，以白色表示。
- LEN 显示在帧内，以白色表示。
- CRC 显示在帧内，以白色表示。

在解码列表中：

- Time (时间戳) — 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 — 确认位。

## 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。另外，还可参见“解释 LIN 解码”详细了解解码界面。

### LIN 信号设置

1. 按下示波器前面板上的 **Decode** 打开串行解码菜单。
2. 按下 **串行总线** 软键，连续按下该键选择所需总线（总线 1 或总线 2）。此处选择“总线 1”。
3. 按下 **解码类型** 软键，旋转多功能旋钮选择触发类型为“LIN”，并按下该旋钮以选中。
4. 按下 **信号** 软键以打开 LIN 信号菜单。



图 69 LIN 信号菜单

- 按下 **信源** 软键选择连接到 LIN 信号线的通道（CH1/CH2/CH3/CH4）。
  - 按下 **阈值** 软键，然后旋转多功能旋钮将 LIN 信号的阈值电压电平设置到 LIN 信号中间。
5. 按下 **配置** → **波特率**，然后旋转多功能旋钮以选择与 LIN 总线信号匹配的波特率。如果未列出所需的波特率，可选择“波特率”菜单下的“自定义”选项，然后按下 **自定义** 软键，使用多功能旋钮设置所需波特率。

## LIN 触发

1. 按下 **Setup** 软键，在触发类型菜单中，旋转多功能旋钮选择“总线”并按下以确认，按下 **总线类型** 软键选择“LIN”。
2. 按下 **触发设置** 软键打开“LIN 触发设置菜单”。



图 70 LIN 触发设置菜单

3. 按下 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮选择触发条件：

**开始条件** — 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。按下 ID 软键，然后旋转多功能旋钮设置帧 ID 的值。可设定范围为 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。可分别按下“ID”、“数据 1”和“数据 2”，然后使用多功能旋钮设置所需 ID 值（0x00~0x3f）和数据值（0x00~0xff）。

**数据错误** — 示波器将在 LIN 信号的错误帧上触发。

在下图的 LIN 触发设置中，触发条件选择“ID”，ID 值设置为 0x29，波特率设置为 9600。

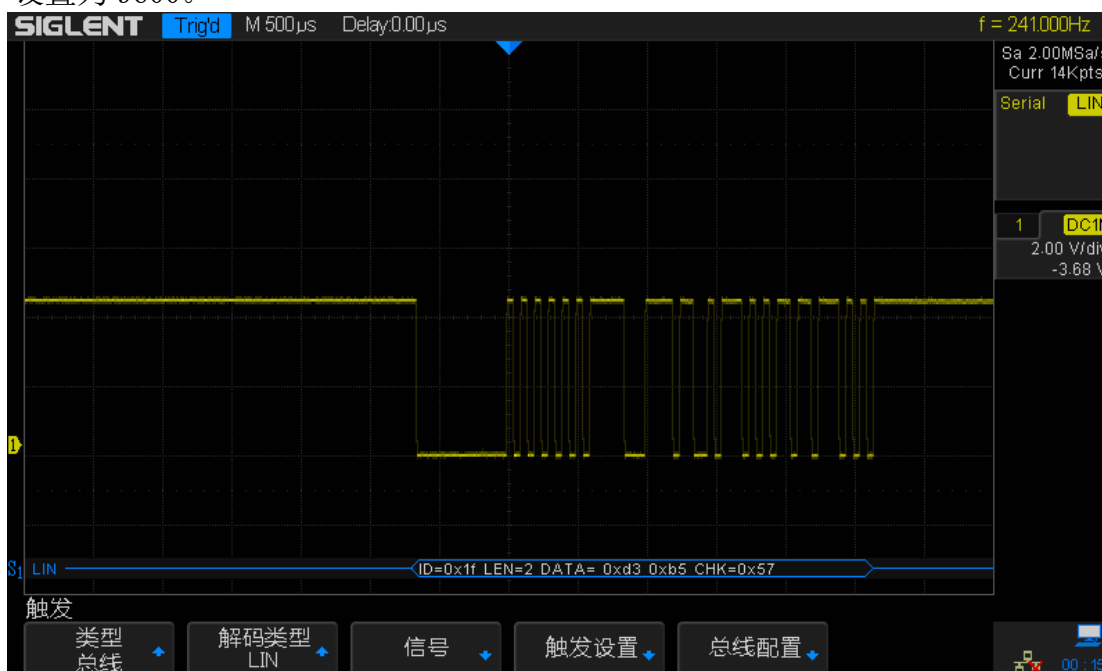


图 71 LIN 触发

## LIN 解码

要设置示波器以捕获 LIN 信号，请参见前文“LIN 信号设置”。（第 121 页）

要对 LIN 信号进行触发设置，请参见“LIN 触发”。（第 122 页）

要对 LIN 触发信号进行串行解码设置，请按以下步骤：

1. 按下 **Decode** 打开示波器的串行解码菜单。对 LIN 信号进行触发设置后，对应总线（1 或 2）的“解码类型”默认为“LIN”。
2. 连续按 **显示** 菜单软键以选择“开启”或“关闭”解码数据。
3. 按下 **列表** 软键打开列表菜单，并在“显示”菜单中选择“开启”以打开解码列表，然后旋转多功能旋钮设置列表行数（1~7 行），将解码数据以列表形式清晰显示出来。

按下 **滚动** 软键，然后旋转多功能旋钮可突出显示所要观察的列表行。

下图为对上节 LIN 触发信号进行解码的图，在解码菜单下，同样将波特率设置为 9600 以匹配 LIN 触发信号。

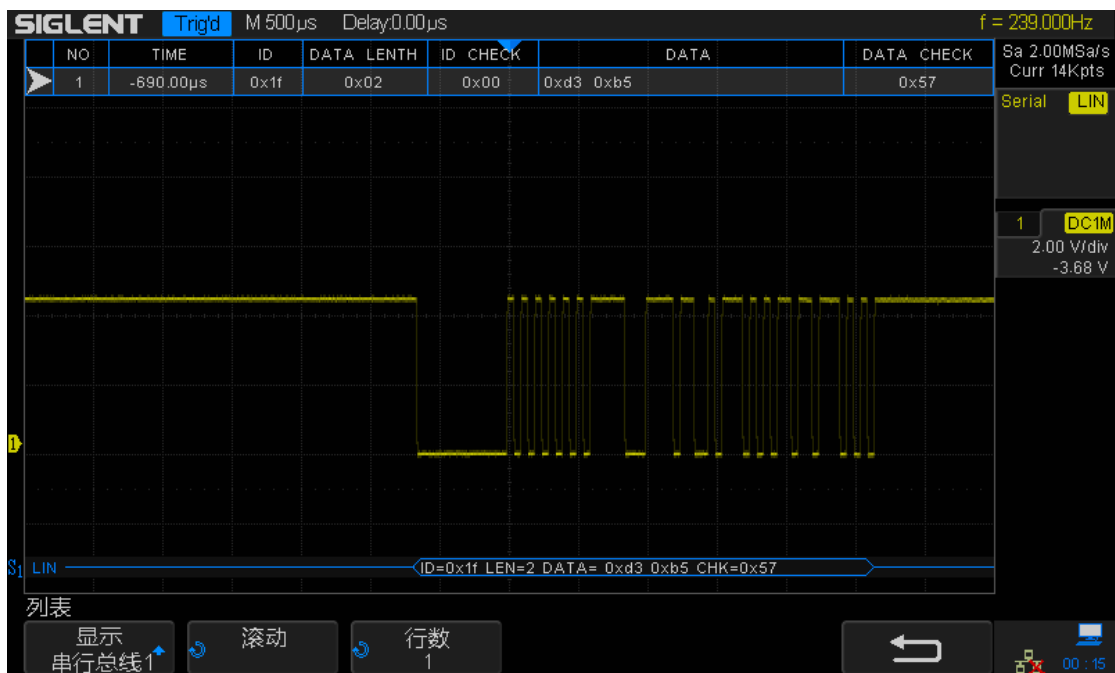


图 72 LIN 解码

## 解释 LIN 解码

在解码的 16 进制数据中：

- ID 显示在帧内，以白色表示。
- LEN 显示在帧内，以白色表示。
- DATA 显示在帧内，以白色表示。
- CHK 显示在帧内，以白色表示。

在解码列表中：

- Time (时间戳) — 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 Check — ID 奇偶校验。
- Data — 数据字节。
- Checksum — 数据校验和。

## 数字通道（选件）

SDS2000X 支持混合信号示波器（MSO）的数字通道功能。本章主要介绍如何使用数字通道。

可在安装了数字通道选件的 SDS2000X 系列示波器上启用数字通道。

本章主要包括以下内容

- ◆ 将数字探头连接到被测设备
- ◆ 使用数字通道采集波形
- ◆ 更改数字通道的显示高度
- ◆ 打开或关闭单个通道
- ◆ 打开或关闭所有数字通道
- ◆ 更改数字通道的逻辑阈值
- ◆ 重新定位数字通道
- ◆ 将数字通道显示为总线



## 将数字探头连接到被测设备

1. 如果需要，可关闭被测设备的电源。  
关闭被测设备的电源能防止意外短路可能造成的损坏，由于探头上无电压呈现，因此可对示波器保持用电。
2. 将数字探头电缆一端连接到 SDS2000X 示波器前面板上的数字通道连接器上，另一端连接到探头的飞线连接器上。连接无需关闭示波器的电源。
3. 将接地飞线连接到被测设置中并使其接地，必要时可搭配探头夹子连接。
4. 将信号飞线逐一连接到待测电路中的节点上，必要时可搭配探头夹子连接。

## 使用数字通道采集波形

按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 软键，开启数字通道功能。

对于数字通道，每次示波器采样时它都将输入电压与逻辑阈值进行比较。如果电压在阈值之上，示波器在采集存储器中存储 1；否则将存储 0。

## 更改数字通道的显示高度

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 软键打开数字功能菜单。



图 73 数字通道菜单

2. 在数字功能菜单下，按下数字高度选择“低”，“中”，“高”的数字通道波形显示模式。通道高度控制可垂直展开或压缩屏幕上数字波形的轨迹，以方便查看。

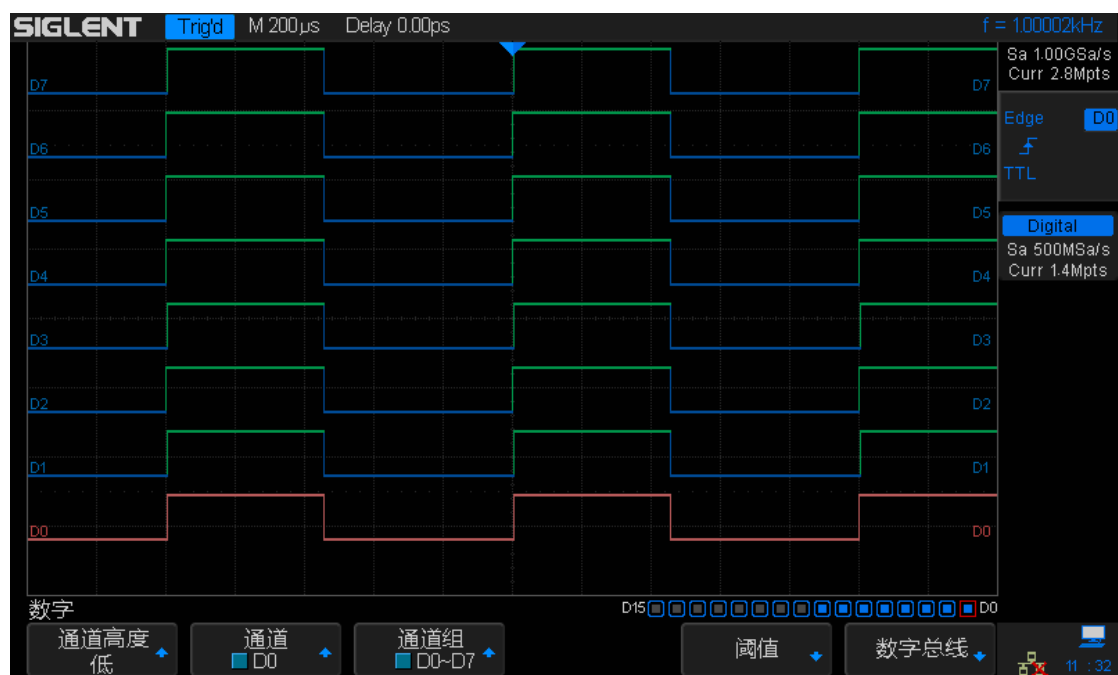


图 74 通道高度选择低



图 75 通道高度选择高

通道高度控制可让您在屏幕上垂直展开或压缩数字通道波形，以便于查看细节。

## 打开或关闭单个通道

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键打开数字功能菜单。
2. 在数字功能菜单下，按下通道软键后旋转万能旋钮选择所需通道 **Dx**，然后按下万能旋钮确认开启或关闭 **Dx** 数字通道的显示。

## 打开或关闭所有数字通道

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键打开数字功能菜单。
2. 在数字功能菜单下，按下通道组软键后旋转万能旋钮选择所需通道组 **D0~D7** 或 **D8~D15**，然后按下万能旋钮确认开启或关闭相应通道组的显示。

在数字功能菜单下，按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键也可关闭所有数字通道的显示。

## 更改数字通道的逻辑阈值

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键打开数字功能菜单。
2. 在数字功能菜单下，按下**阈值**软键，打开阈值设置菜单。



图 76 阈值设置菜单

3. 在阈值菜单下，按下 **D0~D7** 软键，然后旋转万能旋钮选择逻辑系列预设值或选择自定义。

逻辑系列	阈值电压
TTL	1.5V
CMOS	1.65V
LVC MOS3.3	1.65V
LVC MOS2.5	1.25V
自定义	-3V 至+3V

- 所设置的阈值适用于 D0~D7 中的所有通道。
  - 大于所设阈值的值为高（1），小于所设阈值的值为低（0）。
  - 当 **阈值** 软键选择**自定义**时，按下**自定义**软键，然后旋转万能旋钮设置所需阈值电平的值。
4. 两组数字通道的阈值是独立设置的。以上操作同样适用于 D8~15。

## 重新定位数字通道

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键打开数字功能菜单。
2. 旋转垂直控制区域的 **Math/Ref** 波形垂直档位旋钮，选择所需重新定位的数字通道波形。所选的波形以红色突出显示。
3. 旋转垂直控制区域的 **Math/Ref** 波形垂直位移旋钮，移动选定的数字通道波形，对应的数字通道编号也随之改变。

## 将数字通道显示为总线

可对数字通道组合并将其显示为总线，每个总线值以十六进制或二进制显示在屏幕底部。最多可创建两条总线。

要配置和显示每条总线，请执行以下操作：

1. 按下前面板垂直控制区域的 **Digital** 键打开数字功能菜单。
2. 在数字功能菜单下，按下 **数字总线** 软键进入数字总线菜单。



图 77 数字总线菜单

3. 在数字总线菜单下，按下**总线**软键以选择“总线 1”或“总线 2”。

4. 在数字总线菜单下，通过如下步骤设置总线信号。
- 在数字总线菜单下，按下 **通道** 软键，旋转万能旋钮选择 **Dx**，按下万能旋钮选择开启或关闭以在总线中包含或者排除单个数字通道。
  - 在数字总线菜单下，按下 **通道组** 选择开启或关闭以在总线中包含或者排除选定的数字通道组。
  - 在数字总线菜单下，屏幕底端状态栏显示通道状态指示器。高亮蓝色表示该数字通道包含在总线内，黑色表示该数字通道排除在总线外。
  - 在数字总线菜单下，按下 **进制** 软键选择“十六进制”，“十进制”，“二进制”的总线显示格式。
  - 数字通道采样率显示在屏幕的右边数字通道设置中。

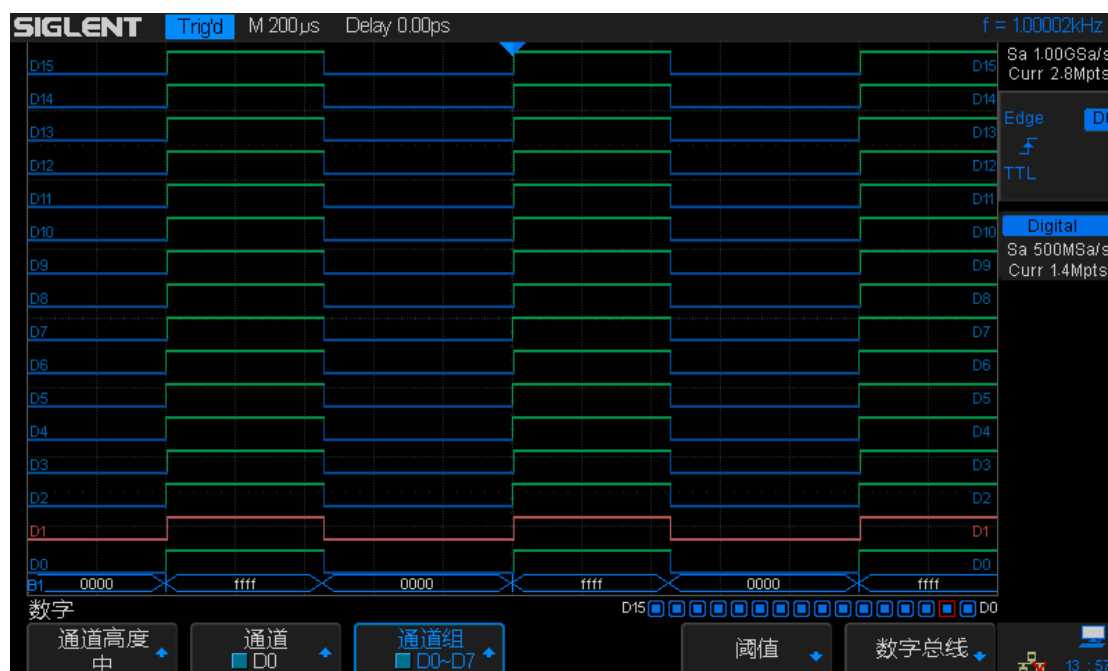


图 78 数字总线

## 参考波形

SDS2000X 的参考波形功能可将模拟通道 (CH1/CH2/CH3/CH4) 或数学函数 (MATH) 波形保存到示波器的 4 个参考波形位置 (RefA、RefB、RefC 和 RefD) 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。一次最多可同时显示 4 个参考波形。

可使用对应的菜单软键修改参考波形的垂直档位和垂直位移。

本章内容如下:

- ◆ 将波形保存到参考波形位置
- ◆ 显示参考波形
- ◆ 调节参考波形
- ◆ 清除参考波形

## 将波形保存到参考波形位置

1. 按下示波器前面板上的 **Ref** 键打开参考波形菜单。
2. 按下 **信源** 软键，然后旋转多功能旋钮选择波形源。波形源包括模拟通道（CH1/CH2/CH3/CH4）和数学波形。只有当前模拟通道和 MATH 波形为开启状态，在该信源菜单下才能被选择并设置为参考波形。
3. 按下 **存储单元** 软键，并旋转多功能旋钮选择指定存储位置以保存参考波形。可选的存储单元有 Ref A、Ref B、Ref C 和 Ref D。每通道最多可同时保存并显示 4 组参考波形。
4. 按下 **存储** 软键以保存当前参考波形。该波形的垂直档位信息和垂直位移信息同时被保存。若数据成功被保存，示波器界面将弹出提示信息窗口“数据保存成功”。否则，可能存在某种故障导致数据不能被成功保存。

**注意** 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。

## 显示参考波形

1. 按下示波器前面板上的 **Ref** 键打开参考波形菜单。
2. 按下 **信源** 软键，然后旋转多功能旋钮选择将要调出参考波形的源。
3. 按下 **存储单元** 软键，并旋转多功能旋钮选择特定存储单元以调出所需参考波形。
4. 按下 **显示** 软键，连续按下选择“开启”以调出并显示所需参考波形。只有存储过的 Ref 单元才能被打开。示波器可同时显示 4 组参考波形。

## 调节参考波形

1. 参见上节“显示参考波形”以打开并显示所需参考波形。
2. 使用前面板的 Ref **垂直档位** 旋钮改变参考波形的垂直档位。顺时针旋转减小档位，波形幅度增大，逆时针旋转增大档位，波形幅度减小。变换过程中，波形档位信息实时变化并显示在屏幕中间。
3. 使用前面板的 Ref **垂直位移** 旋钮改变参考波形的垂直位移。顺时针旋转增大位移，波形上移，逆时针旋转减小位移，波形下移。变换过程中，波形位移信息实时变化并显示在屏幕中间。

屏幕中间参考波形的档位和位移信息初始值为该波形被保存时的设置值。

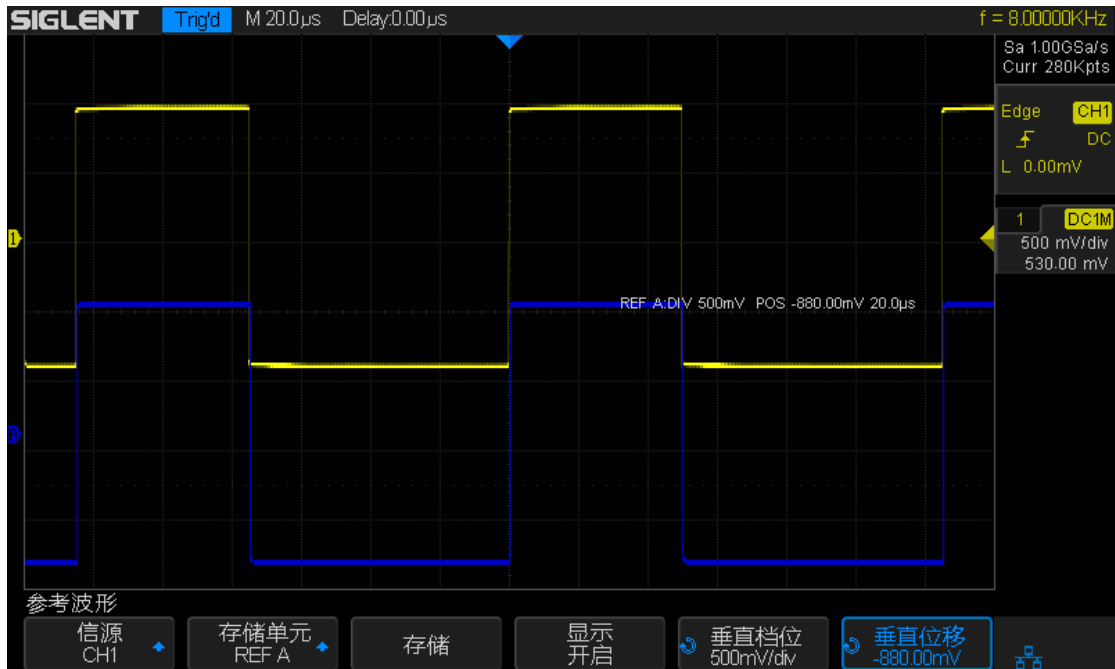


图 79 调节参考波形



## 清除参考波形

SDS2000X 参考波形菜单中没有设置“清除”按键，要清除指定参考波形，可直接在此参考波形所在的存储单元中存储一组新的波形进行覆盖，以此来清除之前所存储波形。

# 数学运算

SDS2000X 支持模拟通道和参考波形间波形的多种运算，包括加法 (+)、减法 (-)、乘法 (\*)、除法 (/)、FFT、微分 (d/dt)、积分 ( $\int dt$ )、平方根 ( $\sqrt{\quad}$ )。数学运算所产生的波形显示为白色，用“M”标记，且可通过光标进行测量。

本章内容如下：

- ◆ 数学波形单位
- ◆ 数学波形运算

**注意** 如果模拟通道或数学函数被削波（未完全显示在屏幕上），结果数学函数也将被削波。

## 数学波形单位

可使用通道设置菜单下的“单位”软键将每个要操作通道的单位设置为“V”或“A”。  
SDS2000X 数学运算波形的单位包括：

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 <sup>2</sup> 、A <sup>2</sup> 或 W
除 (/)	无单位、Ω (电阻单位欧姆)、S (电导单位西门子)
FFT	dBVrms、Vrms、dBArms、Arms
d/dt	V/S (伏/秒) 或 A/S (安/秒)
∫dt	VS (伏-秒) 或 AS (安-秒)
√	V <sup>1/2</sup> 或 A <sup>1/2</sup>

## 数学波形运算

SDS2000X 支持的数学波形运算包括数学算数运算（加、减、乘、除）、FFT 运算（快速傅立叶变换）以及数学函数运算（微分、积分、平方根）。

### 数学算术运算—加法或减法

可在任意两个模拟通道或参考波形上执行加法或减法操作。选择加法或减法时，信源 A 和信源 B 的值将逐点相加或相减，并显示结果。

1. 按下示波器前面板的 **Math** 键打开数学波形菜单。
2. 分别按下 **信源 A** 和 **信源 B**，并旋转多功能旋钮选择要执行操作的波形源。此处可选择的信源除模拟通道（CH1/CH2/CH3/CH4）外，还包括当前示波器所存储的参考波形（REFA/REFB/REFC/REFD）。
3. 按下 **操作** 软键，旋转多功能旋钮选择“+”或“-”，则相应波形运算结果立即以白色显示出来，并用“M”标记。

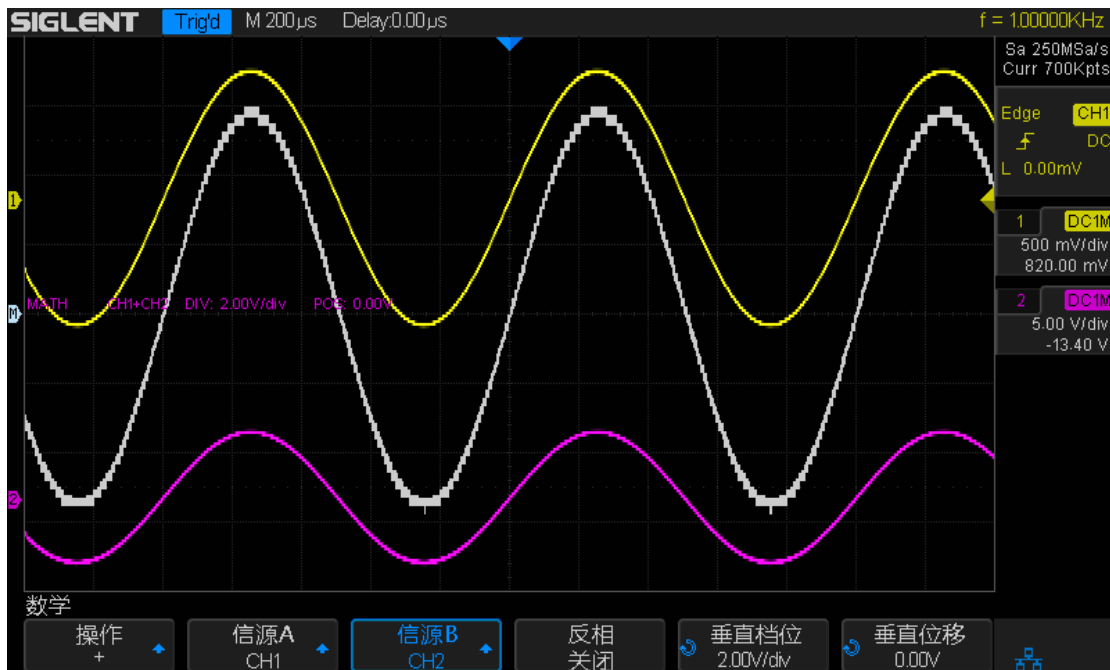


图 80（通道 1 波形加通道 2 波形）

4. 若要使波形呈反相显示，可连续按下 **反相** 软键切换“开启”反相显示。

## 数学算术运算—乘法或除法

可在任意两个模拟通道或参考波形上执行乘法或除法操作。选择乘法或除法时，信源 A 和信源 B 的值将逐点相乘或相除，并显示结果。

1. 按下示波器前面板的 **Math** 键打开数学波形菜单。
2. 分别按下 **信源 A** 和 **信源 B**，并旋转多功能旋钮选择要执行操作的波形源。此处可选择的信源除模拟通道（CH1/CH2/CH3/CH4）外，还包括当前示波器所存储的参考波形（REFA/REFB/REFC/REFD）。
3. 按下 **操作** 软键，旋转多功能旋钮选择“\*”或“/”，则相应波形运算结果立即以白色显示出来，并用“M”标记。

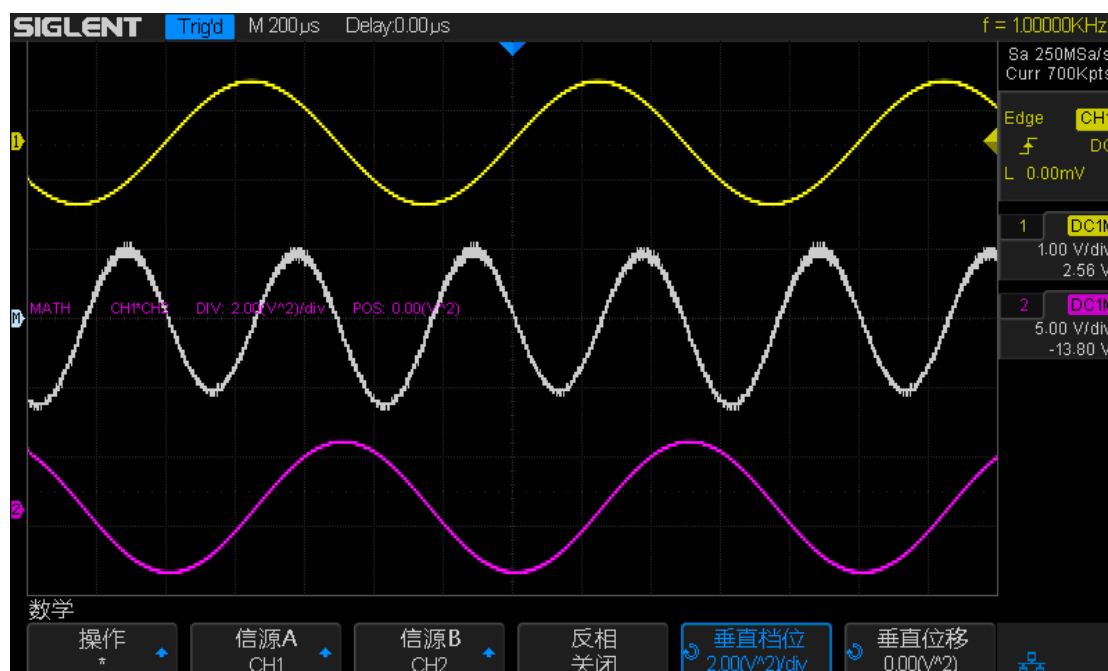


图 81 （通道 1 波形乘以通道 2 波形）

4. 若要使波形呈反相显示，可连续按下 **反相** 软键切换“开启”反相显示。

## FFT 运算

FFT 用于利用模拟输入通道计算快速傅立叶变换。FFT 记录指定源的数字化时间并将其转换为频域。选择 FFT 函数后，FFT 频谱作为幅度以 dBV- 频率被绘制在示波器显示屏上。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 或 Vrms。

使用 FFT 运算可方便地进行以下操作：

- 测量系统中的谐波分量和失真
- 测量直流电源中的噪声特性
- 分析振动

要显示 FFT 波形，请执行以下操作：

1. 按下示波器前面板的 **Math** 键打开数学波形菜单。
2. 按下 **操作** 软键，并旋转多功能旋钮选择操作类型为“FFT”。



图 82 FFT 操作菜单

3. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择要执行 FFT 运算的波形源。包括所有模拟通道 (CH1/CH2/CH3/CH4/)。
4. 连续按下 **窗口** 软键切换以选择合适的视图窗口。

使用窗函数可以有效减小频谱泄漏效应。SDS2000X 提供 5 种不同的视图窗口，每种视图窗口的特点及适合测量的波形不同。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。

窗口类型	特点	适合测量的波形
<b>Rectangle</b>	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	暂态或短脉冲，信号电平在此前后大致相等； 频率非常接近的等弦正弦波；伪随机噪声。
<b>Hanning</b>	较好的频率分辨率 较差的幅度分辨率	正弦、周期和窄带随机噪声
<b>Hamming</b>	稍好于 Hanning 窗口的频率分辨率	暂态或短脉冲，信号电平在此前后相差很大；
<b>Blackman</b>	较好的幅度分辨率	单频信号，寻找更高次谐

窗口类型	特点	适合测量的波形
	很差的频率分辨率	波
<b>Flattop</b>	最好的幅度分辨率 很差的频率分辨率	短脉冲

5. 按下 **中心频率** 软键,使用万能旋钮选择所需中心频率。
6. 按下 **水平档位** 软键,使用万能旋钮选择所需水平档位,以便更好地观察和分析波形细节。
7. 按下 **垂直档位** 软键,使用万能旋钮选择所需 FFT 波形垂直档位。
8. 按下 **参考电平** 软键,使用万能旋钮选择所需 FFT 波形垂直位置。
9. 连续按下 **单位** 软键以选择 FFT 波形的垂直轴单位 (dBm、dBVrms 或 Vrms)。

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 FFT 对应通道输入阻抗为  $50\ \Omega$  时才可用。

10. 连续按下 **显示** 软键以选择 FFT 波形的显示方式为“全屏”,“分屏”,“隐藏通道”。
  - 分屏— 信源通道和 FFT 运算结果分屏显示,时域和频域信号一目了然。
  - 全屏— 信源通道和 FFT 运算结果在同一窗口显示,可以更清晰地观察频谱并进行更精确的测量。
  - 隐藏通道— 只显示 FFT 运算结果。

下图为分屏显示 FFT 波形:

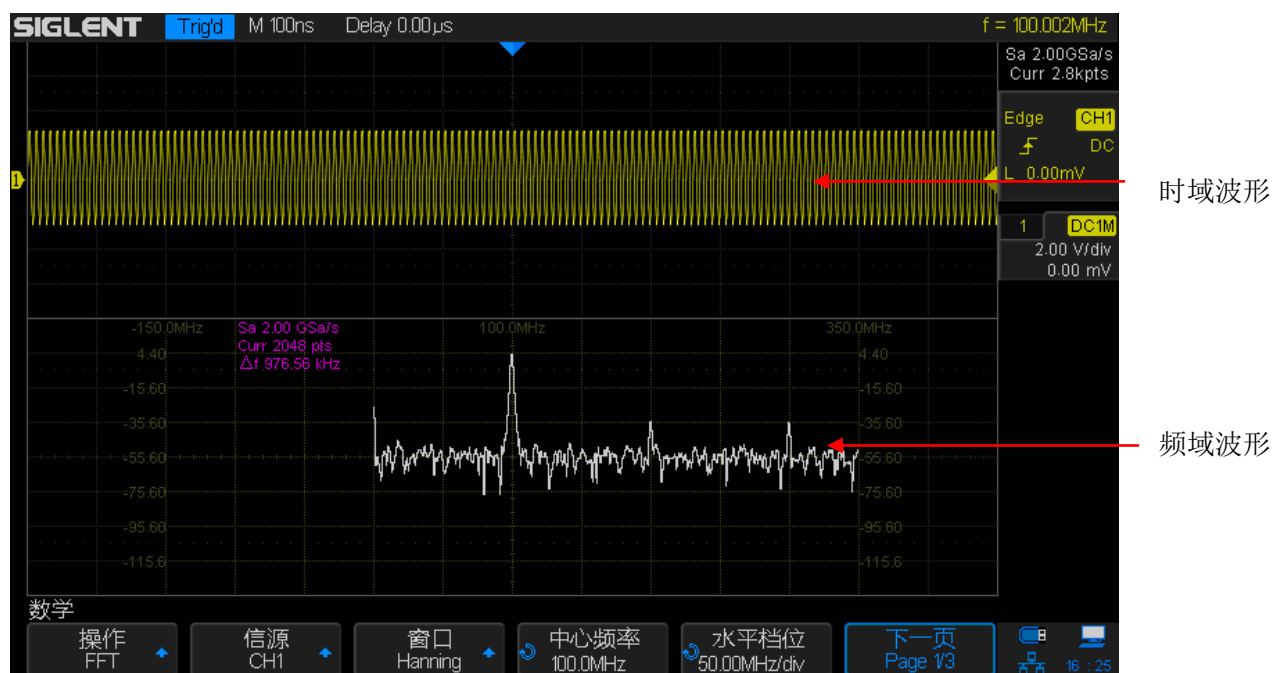


图 83 FFT 波形

### 注意

- 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。
- 为减少重复事件的随机噪声以及混叠频率成分，可将示波器的“获取方式”设为“平均”方式。

11. 按下 **MaxPoints** 软键，使用万能旋钮选择生成 FFT 波形最大的点数
12. 按下 **Autoset** 软键，根据设定的信源信号，自动生成 FFT 波形。
13. 按下 **最大值保持** 软键，开启最大保持功能，显示多次计算结果中最大幅度结果。



## 测量 FFT 波形

要进行光标测量，先按示波器前面板 **Cursors** 启用光标测量功能，然后使用 X1 和 X2 光标测量 FFT 波形频率值和两个频率值之间的差 ( $\Delta X$ )；Y1 和 Y2 光标测量幅度（以 dB 为单位）和幅度差 ( $\Delta Y$ )。

测量当 Y 最大时的 X 的值即为首次出现最大 FFT 波形时的频率值。

**注意** 具体光标测量方法，请参见“光标”章节相应内容。

## 数学函数

SDS2000X 支持的数学函数包括微分 (d/dt)、积分 ( $\int dt$ )、平方根 ( $\sqrt{\quad}$ )。

### 微分运算

微分 (d/dt) 使用 " 点到点间平均斜率估计 " 公式求出所选源 (CH1/CH2/CH3/CH4/REFA/REFB/REFC/REFD) 的导数。方程为：

$$di = \frac{Y(i+\Delta t) - Y(i-\Delta t)}{2\Delta t}$$

其中：

d = 微分波形。

y = 源数据点的电压值。

i = 数据点索引。

$\Delta t$  = 点到点时间差。

在微分菜单中，“dx”表示点到点间时间差，变换范围为 0.02div 至 0.40div。“div”表示一个水平大格所包含的采样点数，为 50。若当前选择 0.2div，则：

$$0.2 * 50 = 10 \text{ 个采样点}$$

即当前微分运算采用“10 个点间平均斜率估计”公式求出所选源的导数。此时， $\Delta t$  表 10 个采样点间的时间差。

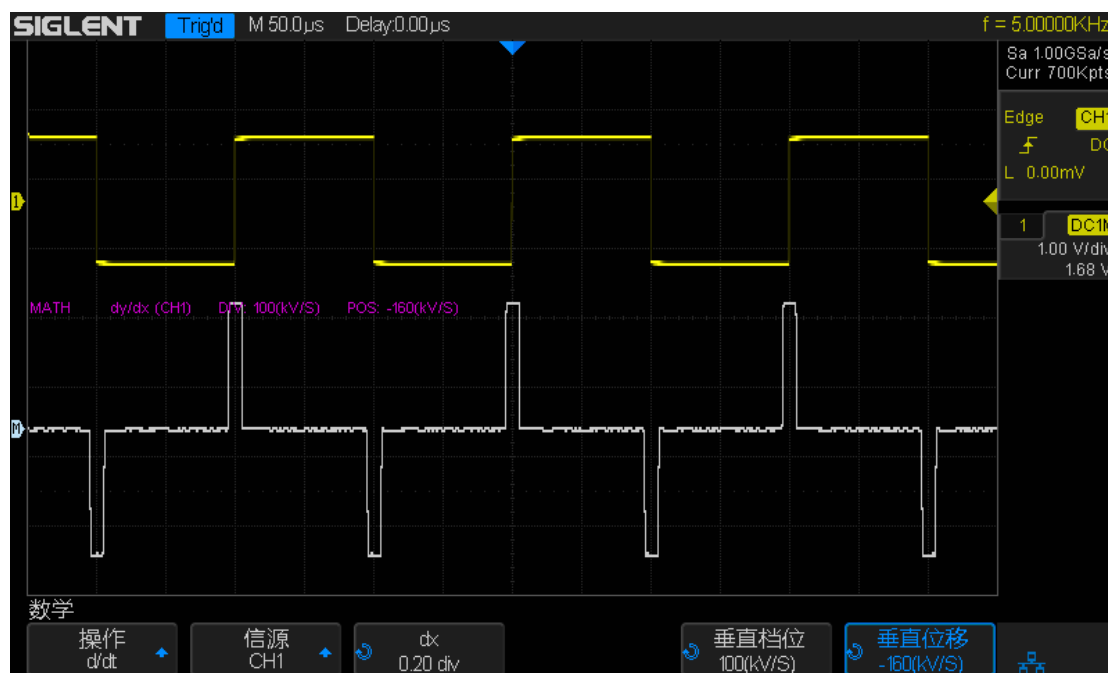


图 84 微分运算

此外，还可以使用求微分测量波形的瞬间斜率。例如，可使用微分函数来测量运算放大器的转换速率。

**注意** 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“平均模式”。

## 积分运算

积分运算菜单下设置“偏移”软键，为输入信号输入 DC 偏移校正因数。如果积分函数输入中的 DC 偏移较小（或者即使出现较小的示波器校正错误），均有可能导致积分函数输出沿“斜坡”上升或下降。使用此 DC 偏移校正，有助于拉平积分波形。

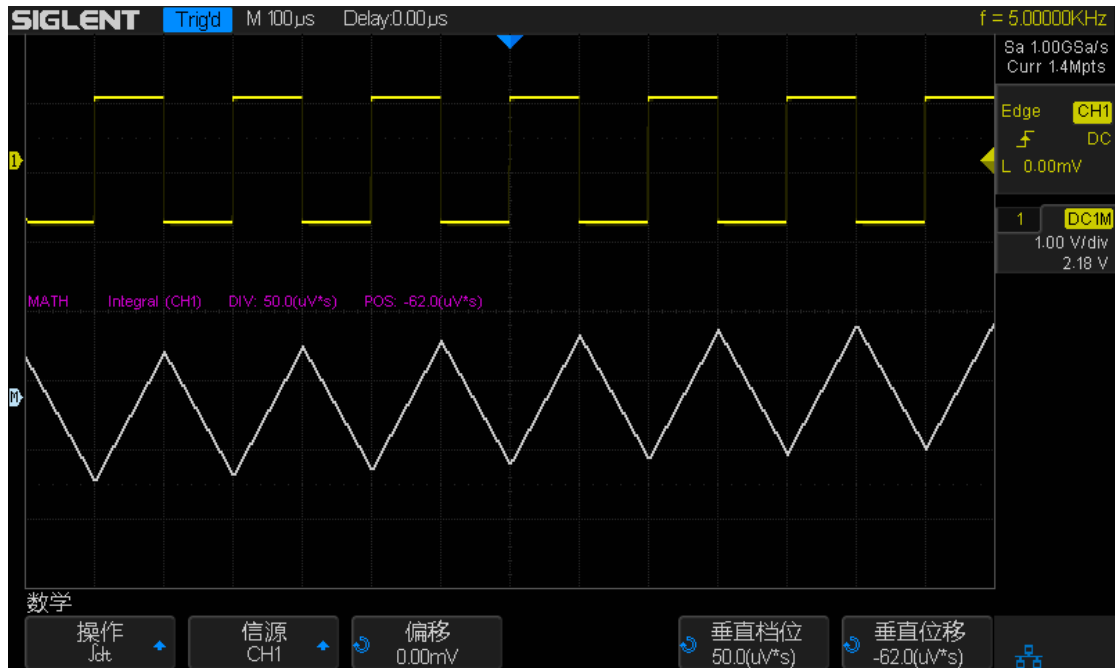


图 85 无 DC 偏移校正（积分运算）

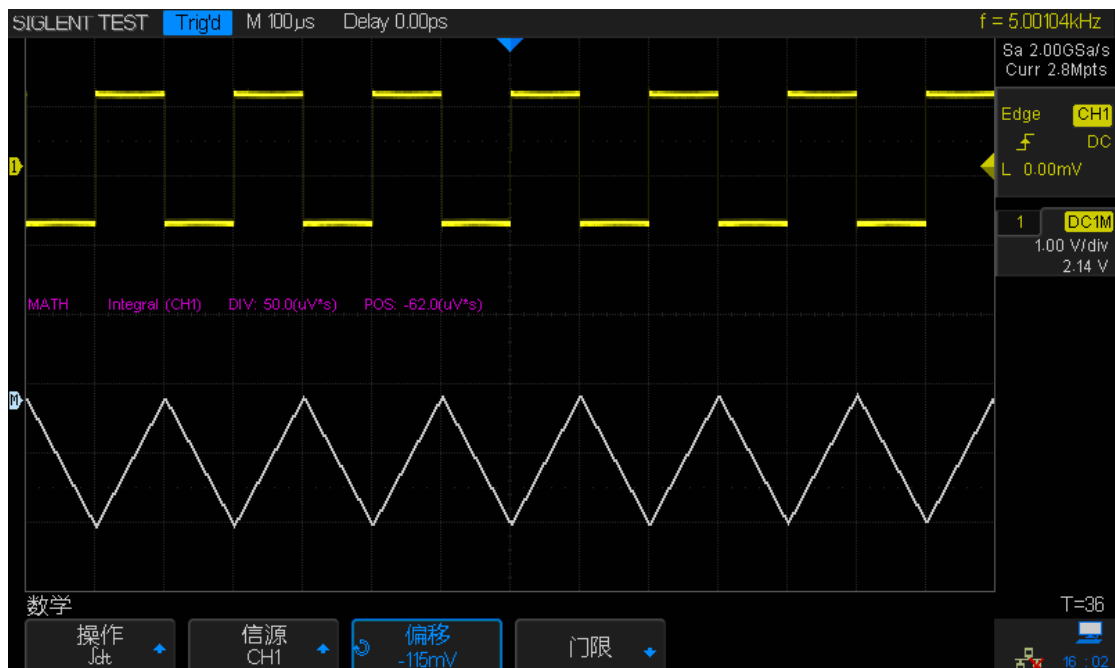


图 86 有 DC 偏移校正（积分运算）

## 平方根

平方根 ( $\sqrt{\quad}$ ) 计算所选源 (CH1/CH2/CH3/CH4/REFA/REFB/REFC/REFD) 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。

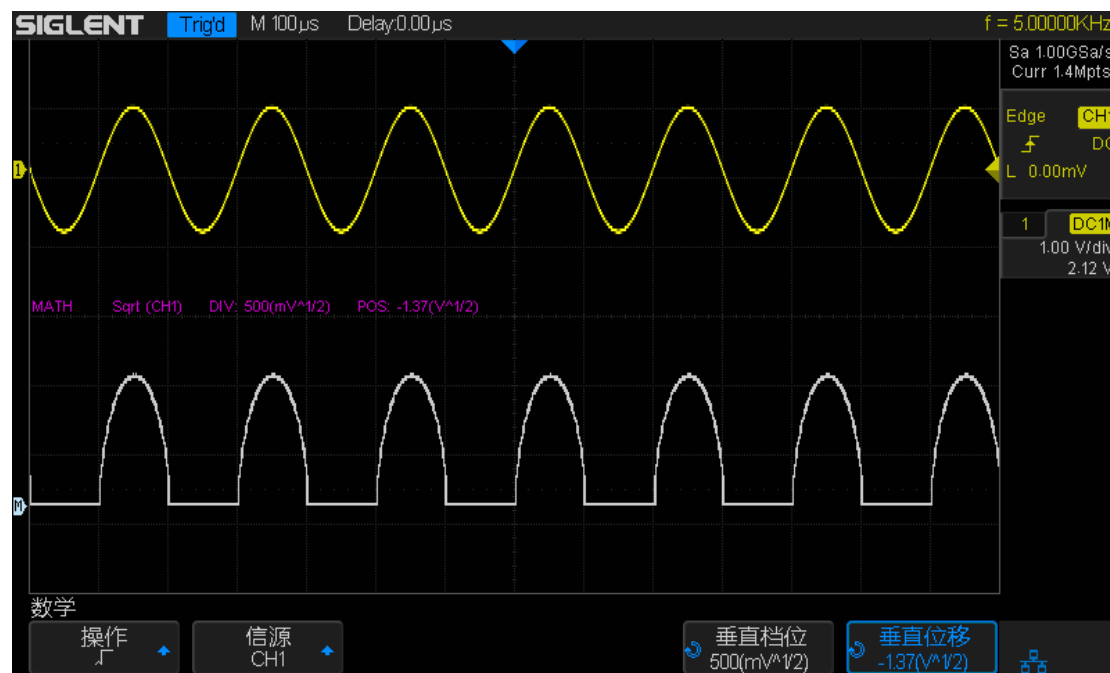


图 87 平方根运算

# 光标

SDS2000X 包含的光标有：X1、X2、X1-X2、Y1、Y2、Y1-Y2。表示所选源波形（CH1/CH2/CH3/CH4/MATH/REFA/REFB/REFC/REFD）上的 X 轴值（时间）和 Y 轴值（电压）。可使用光标对示波器信号上进行自定义电压测量、时间测量以及相位测量。

## 认识光标

### X 光标

X 光标是指用于测量水平时间（当使用 FFT 数学函数作为源时，X 光标指示频率。）的垂直虚线。包括：

**X1**— 屏幕左侧（默认）垂直虚线。可手动移动到屏幕中任意水平位置。

**X2**— 屏幕右侧（默认）垂直虚线。可手动移动到屏幕中任意水平位置。

可使用多功能旋钮设置 X1 或 X2 的时间值，并同时显示在当前光标菜单下和屏幕左上角信息区域中。X1 和 X2 之间的差 ( $\Delta T$ ) 以及  $1/\Delta T$  显示在屏幕左上角信息区域的"光标"框中。

**X1- X2**— 表示 X1 和 X2 的差值，显示在当前光标菜单下。选中该选项后，旋转多功能旋钮可同时移动 X1 和 X2。

### Y 光标

Y 光标是指用于测量垂直伏特或安培（具体取决于通道探头单位设置）的水平虚线。使用数学函数作为信源时，测量单位对应于该数学函数。

**Y1**— 屏幕上方（默认）水平虚线。可手动移动到屏幕中任意垂直位置。

**Y2**— 屏幕下方（默认）水平虚线。可手动移动到屏幕中任意垂直位置。

可使用多功能旋钮设置 Y1 或 Y2 的电压值，并同时显示在当前光标菜单下和屏幕左上角信息区域中。Y1 和 Y2 之间的差 ( $\Delta V$ ) 显示在屏幕左上角信息区域的"光标"框中。

**Y1- Y2**— 表示 Y1 和 Y2 的差值，显示在当前光标菜单下。选中该选项后，旋转多功能旋钮可同时移动 Y1 和 Y2。

## 进行光标测量

1. 按下示波器前面板的 **Cursors** 键快速开启光标，并进入光标菜单。
2. SDS2000X 提供两种光标模式，按下**光标模式**软键选择手动或追踪模式。
3. 选择信源。按下 **信源** 软键，然后旋转多功能旋钮选择所需信源。可选择的信源包括模拟通道（CH1/CH2/CH3/CH4）、MATH 波形以及当前存储的参考波形（REFA/REFB/REFC/REFD）。信源必须为开启状态才能被选择。
4. 选择光标进行测量。
  - 若要测量水平时间值，可使用多功能旋钮将 X1 和 X2 调至所需位置。必要时可选择“X1-X2”同时移动两垂直光标。
  - 若要测量垂直伏值（或安培），可使用多功能旋钮将 Y1 和 Y2 调至所需位置。必要时可选择“Y1-Y2”同时移动两水平光标。
  - 修改光标信息框透明度。按 **Display** → **透明度**，旋转多功能旋钮设置所需透明度（20% ~ 80%）至适当值，以便更清晰地查看信息框中信息。

### 以下为光标测量应用示例

1. 用光标测量峰峰值和周期

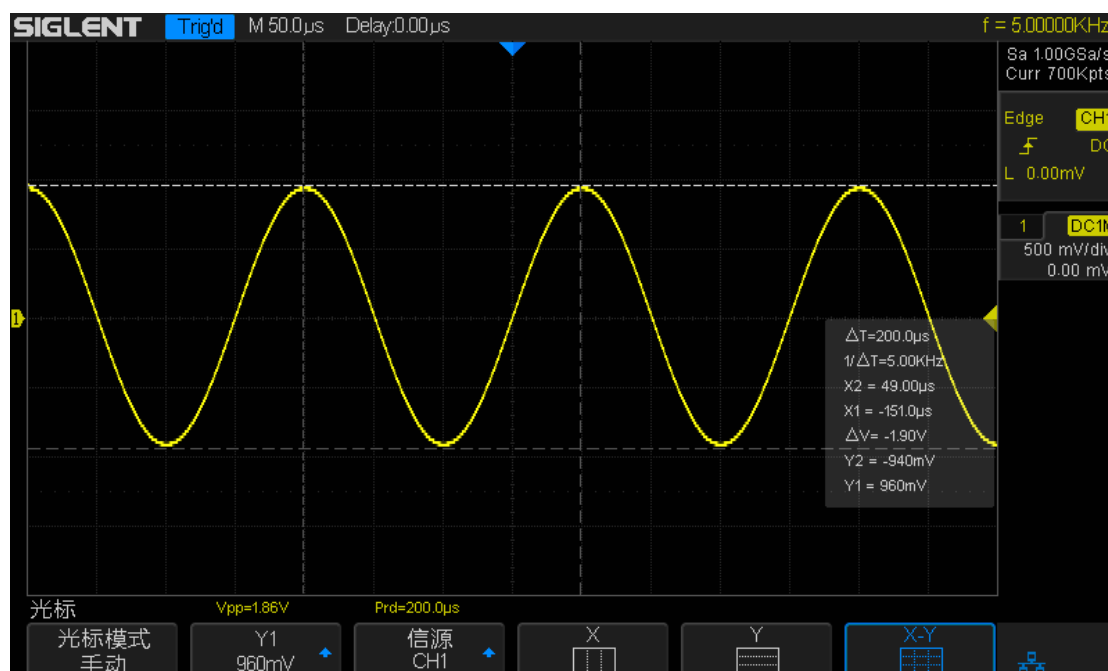


图 88 光标测量

# 测量

在 SDS2000X 中使用 **Measure** 可对波形进行自动测量。自动测量包括电压参数测量、时间参数测量和延迟参数测量。

参数测量显示在 **Measure** 菜单下的“类型”子菜单中，且在屏幕底部最多可同时显示最后设置的 4 个测量参数值。。

本章内容如下：

- ◆ 一键测量
- ◆ 测量类型
- ◆ 自动测量
- ◆ 测量统计
- ◆ 全部测量
- ◆ 门限测量



## 一键测量

SDS2000X 支持一键测量功能，根据当前触发信源来选择当前测量的信源，首次按下 **Measure** 键就快速开启峰峰值（Vpp）和周期（Period）的测量参数。

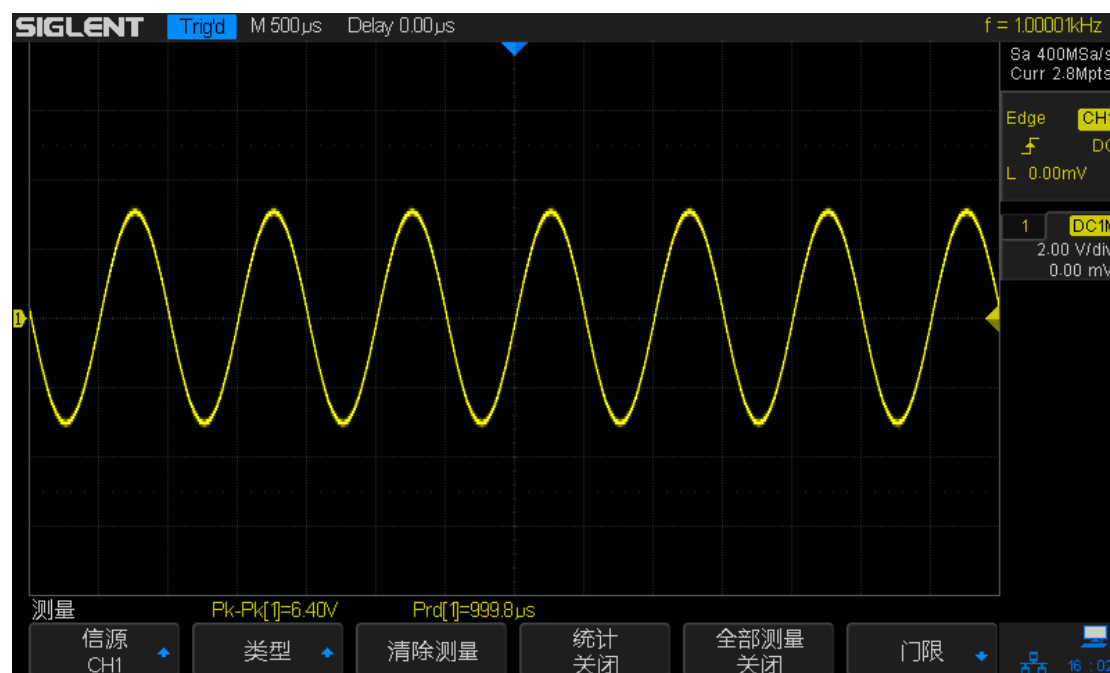


图 89 一键测量

## 测量类型

SDS2000X 支持的测量类型有电压测量、时间测量和延迟测量，在下文中将具体介绍这些测量类型分别包含哪些测量参数。



图 90 测量类型

按下**类型**选项即可显示所有测量类型，如上图所示，用户可根据界面提示信息进行选择。

## 电压测量

电压测量包含 17 种电压参数的测量。

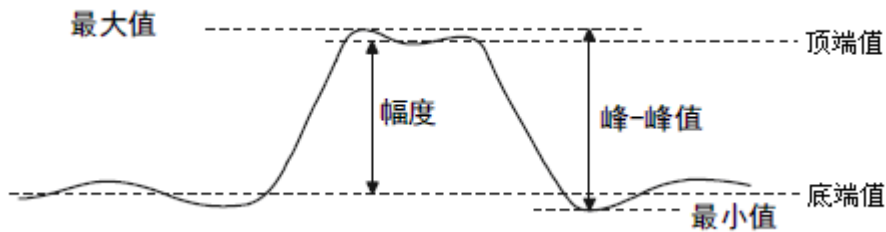


图 91 电压参数示意图

1. 峰峰值：峰-峰值是最大值和最小值之间的差值。
2. 最大值：波形最高点至 GND（地）的电压值。
3. 最小值：波形最低点至 GND（地）的电压值。
4. 幅值：波形的幅度是顶端值和低端值之间的差值。
5. 顶端值：波形平顶至 GND（地）的电压值。
6. 底端值：波形平底至 GND（地）的电压值。
7. 周期平均值：一个周期内波形的算术平均值。
8. 平均值：整个波形或选通区域上的算术平均值。
9. 标准差：所有波形点电压的方差的算术平方根
10. 周期标准差：第一个周期内所有波形点的标准差
11. 均方根：整个波形或选通区域上的均方根值。
12. 周期均方根：一个周期内波形的均方根值。
13. 过激（上升过激/下降过激）

过激是大边沿（距触发参考点最近的边沿）转换后的失真，以幅度的百分比表示。

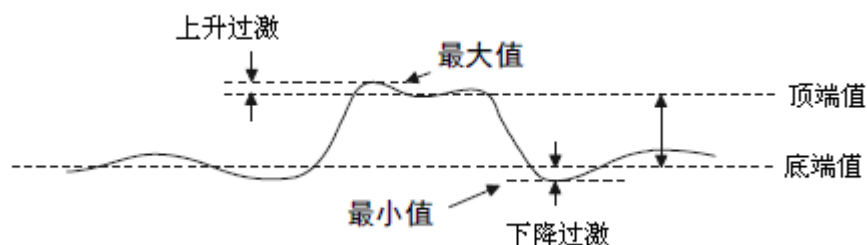


图 92 上升/下降过激示例图

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

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

14. 前激（上升前激/下降前激）

前激是大边沿（距触发参考点最近的边沿）转换前的失真，以幅度的百分比表示。

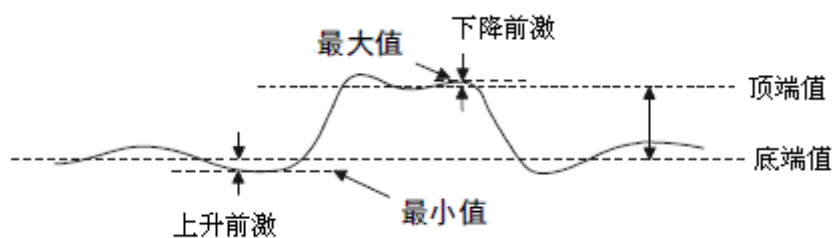


图 93 上升/下降前激

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

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

### 15.Level@X

触发点的电压值

## 时间测量

时间测量包含 11 种时间参数的测量。

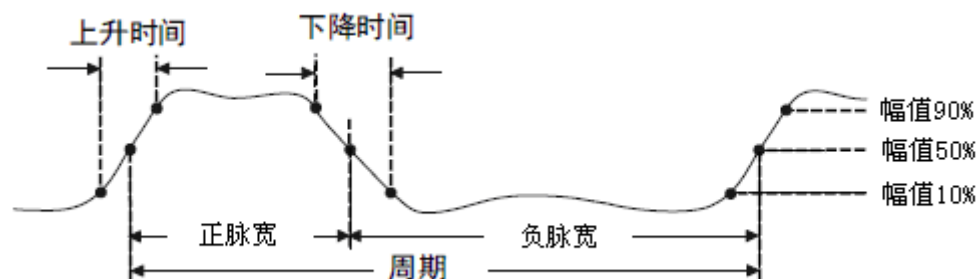


图 94 时间参数示意图

1. 周期：定义为两个连续、同极性边沿的中阈值交叉点之间的时间。
2. 频率：定义为周期的倒数。
3. 正脉宽：从脉冲上升沿的 50% 阈值处到紧接着的一个下降沿的 50% 阈值处之间的时间差。
4. 负脉宽：从脉冲下降沿的 50% 阈值处到紧接着的一个上升沿的 50% 阈值处之间的时间差。
5. 上升时间：信号幅度从 10% 上升至 90% 所经历的时间。
6. 下降时间：信号幅度从 90% 下降至 10% 所经历的时间。
7. 脉宽：从脉冲上升沿的 50% 阈值处到下一个相邻上升沿的 50% 阈值处之间的时间差。
8. 正占空比：正脉宽与周期的比值。
9. 负占空比：负脉宽与周期的比值。
10. 延迟：第一个触发沿的 50% 阈值处到触发点之间的时间差。
11. Time@Level：过每个上升沿的 50% 幅值的点到触发位置的时间统计。

## 延迟测量

延迟测量在任意两个模拟通道上进行，包含 9 种延迟参数的测量。

延迟信源为“CH1-CH2”，则这 9 种延迟参数的具体定义为：

1. **Phase** 通道 1 和通道 2 的第一个上升沿的 50%幅值点间的距离。
2. **FRR** 通道 1 的第一个上升沿的 50%幅值点和通道 2 的第一个上升沿的 50%幅值点间的距离。
3. **FRF** 通道 1 的第一个上升沿的 50%幅值点和通道 2 的第一个下降沿的 50%幅值点间的距离。
4. **FFR** 通道 1 的第一个下降沿的 50%幅值点和通道 2 的第一个上升沿的 50%幅值点间的距离。
5. **FFF** 通道 1 的第一个下降沿的 50%幅值点和通道 2 的第一个下降沿的 50%幅值点间的距离。
6. **LRR** 通道 1 的最后一个上升沿的 50%幅值点和通道 2 的最后一个上升沿的 50%幅值点间的距离。
7. **LRF** 通道 1 的最后一个上升沿的 50%幅值点和通道 2 的最后一个下降沿的 50%幅值点间的距离。
8. **LFR** 通道 1 的最后一个下降沿的 50%幅值点和通道 2 的最后一个上升沿的 50%幅值点间的距离。
9. **LFF** 通道 1 的最后一个下降沿的 50%幅值点和通道 2 的最后一个下降沿的 50%幅值点间的距离。

## 自动测量

按以下方法在“类型”菜单下选择电压或时间参数进行自动测量。

1. 按下 **Measure** 键打开自动测量菜单。
2. 按下 **信源** 软键，旋转多功能旋钮选择要测量波形通道。可选择信源包括模拟通道 1、2、3、4，MATH 和参考波形 REFA/B/C/D。当前通道只有在开启状态下才能被选择。
3. 选择要测量参数并显示。

按下 **类型** 软键，旋转多功能旋钮选择要测量参数。按下多功能旋钮后，该参数值显示在屏幕底部。

4. 若要测量多个参数值，可继续选择以显示参数值。

屏幕底部最多可同时显示 4 个参数值，并按照选择的先后次序依次排列。若要继续添加下一参数，则当前显示的第一个参数值自动被删除，剩余 5 个参数（包括刚才添加的参数）仍然按照同样次序排列在屏幕底部。

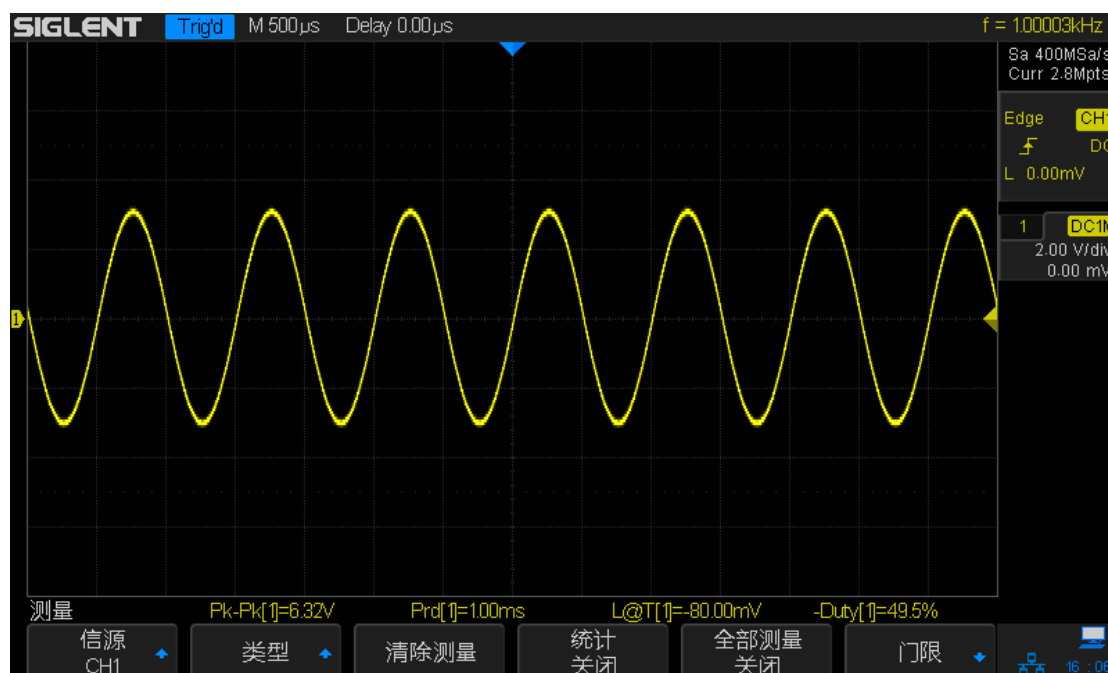


图 95 自动测量图 1（4 个参数）

### 5. 清除显示参数。

按下 **清除测量** 软键可清除当前屏幕显示的所有测量参数。但不能对当前显示参数进行选择清除。若要清除当前显示参数中的某一个，只能先清除所有数据，然后再逐个选择并显示所需参数。

**注意** 若某一参数不满足测量条件，则对应参数值显示“\*\*\*\*”。



## 测量统计

统计功能用于统计并显示最后打开的最多 5 项测量结果的当前值、平均值、最小值、最大值、标准差以及计数（进行测量的次数）。

在上节“进行自动测量”基础上启用测量统计功能。

1. 执行上节“进行自动测量”。
2. 按 **统计** 软键打开“统计功能”，屏幕上显示的所有参数进行统计测量。

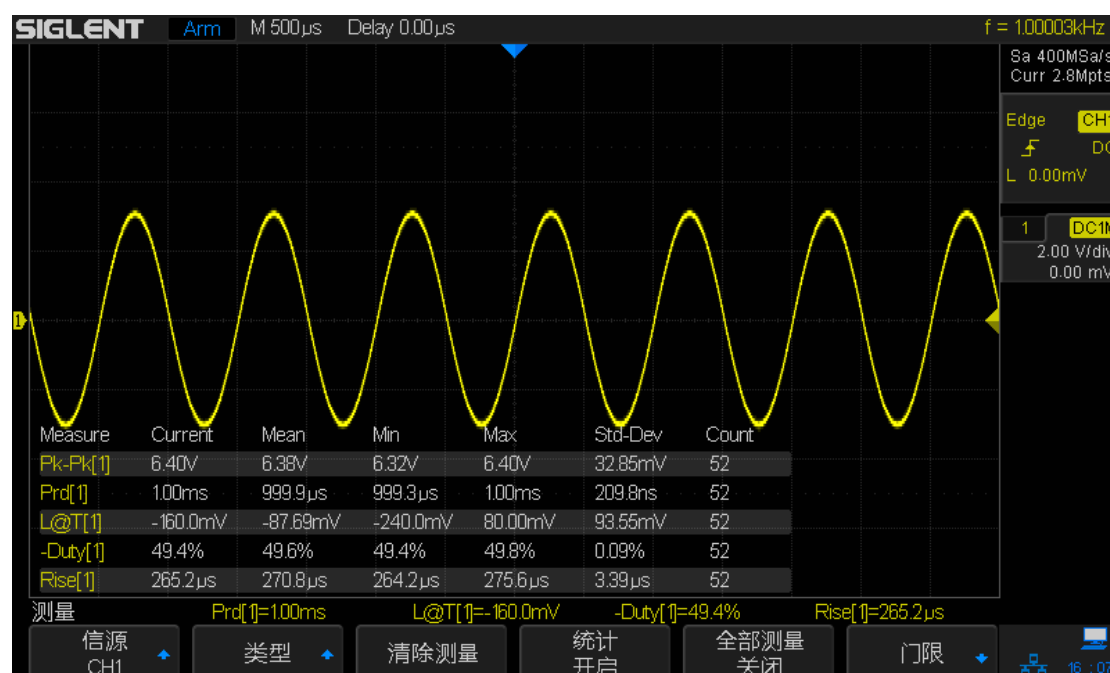


图 96 测量统计

## 全部测量

全部测量可同时打开所有电压测量和时间测量参数，并全部显示在屏幕上方的信息显示框中。

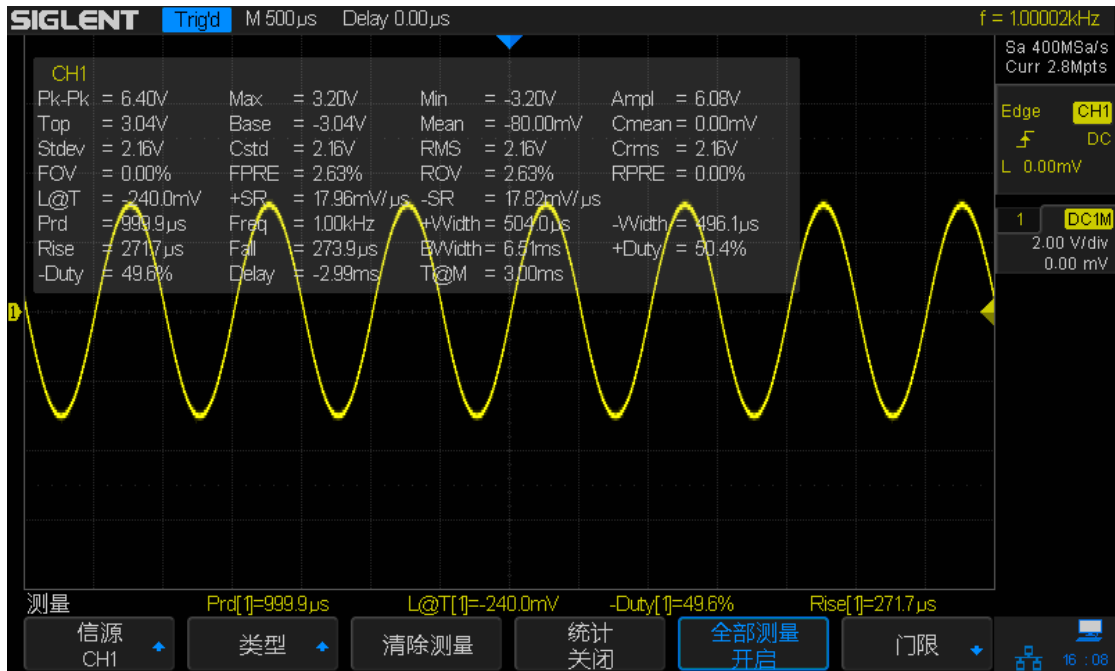


图 97 全部测量

按以下方法执行全部测量：

1. 按 **Measure** → **全部测量**，打开全部测量菜单。
2. 连续按 **信源** 软键以选择电压测量和时间测量的波形源。

## 门限测量

SDS2000X 支持门限测量，通过设置门限上下限来进行区域测量。设置门限值将影响所有电压、时间、延迟和相位参数的测量。

1. 按下 **Measure** → **门限** → **开启**，打开门限测量。
2. 按下 **门光标 A 或 B**，使用多功能旋钮选择需要测量的门限范围

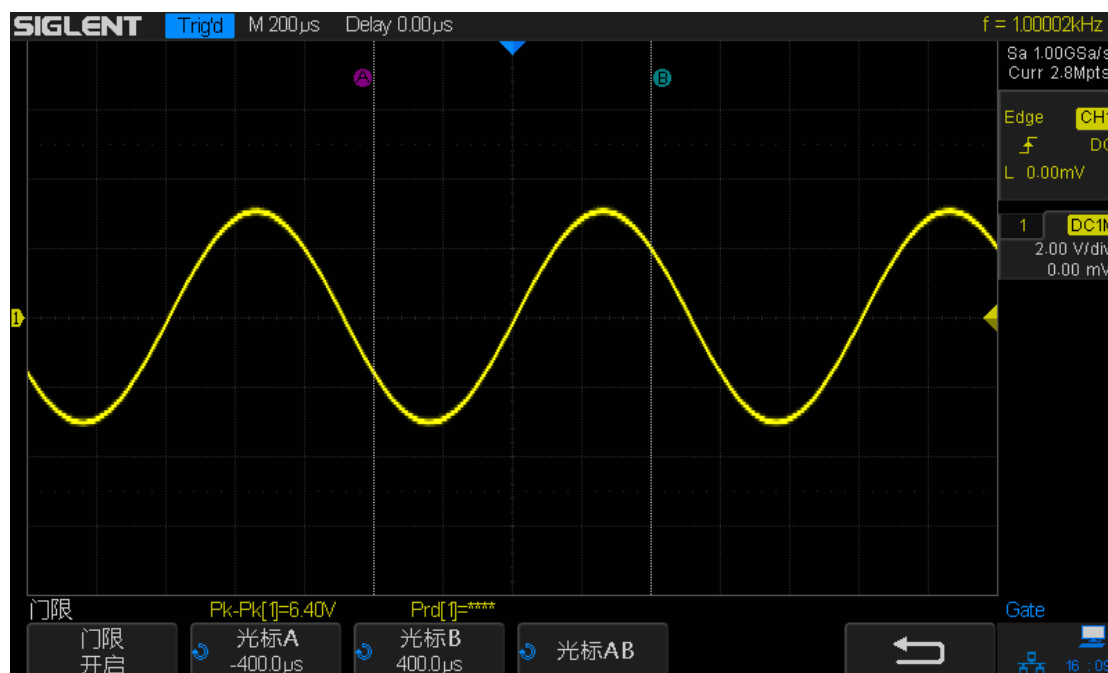


图 98 门限测量

# 显示设置

您可以设置波形的显示类型、色温、余辉时间，还可以设置屏幕显示的网格类型、网格亮度以及菜单保持时间等。

本章内容如下：

- ◆ 一键余辉
- ◆ 选择显示类型
- ◆ 设置色温显示
- ◆ 设置或清除余辉
- ◆ 清除显示
- ◆ 设置屏幕网格
- ◆ 调节波形亮度
- ◆ 调节网格亮度
- ◆ 设置透明度

## 一键余辉

SDS2000X 系列示波器支持一键快速开启余辉功能

Display  
Persist

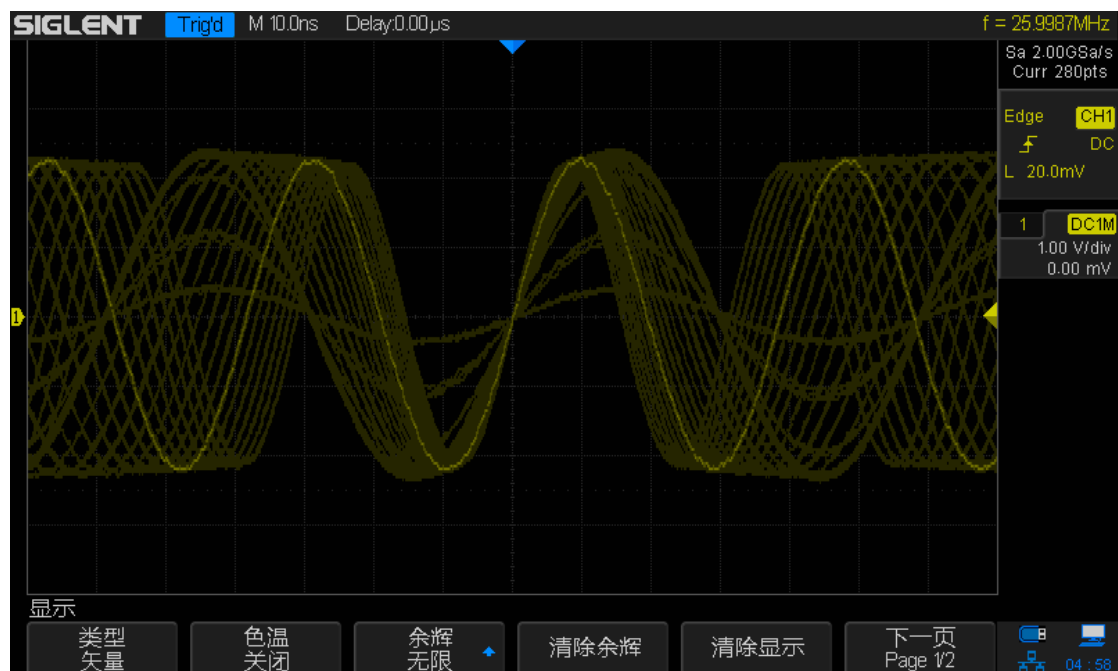


图 99 一键余辉

## 选择显示类型

按 **Display/Persist** → **类型**，设置波形的显示方式为“矢量”或“点”。

- 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。
- 点：直接显示采样点。您可以直观的看到每个采样点并可以使用光标测量该点的 X 和 Y 值。

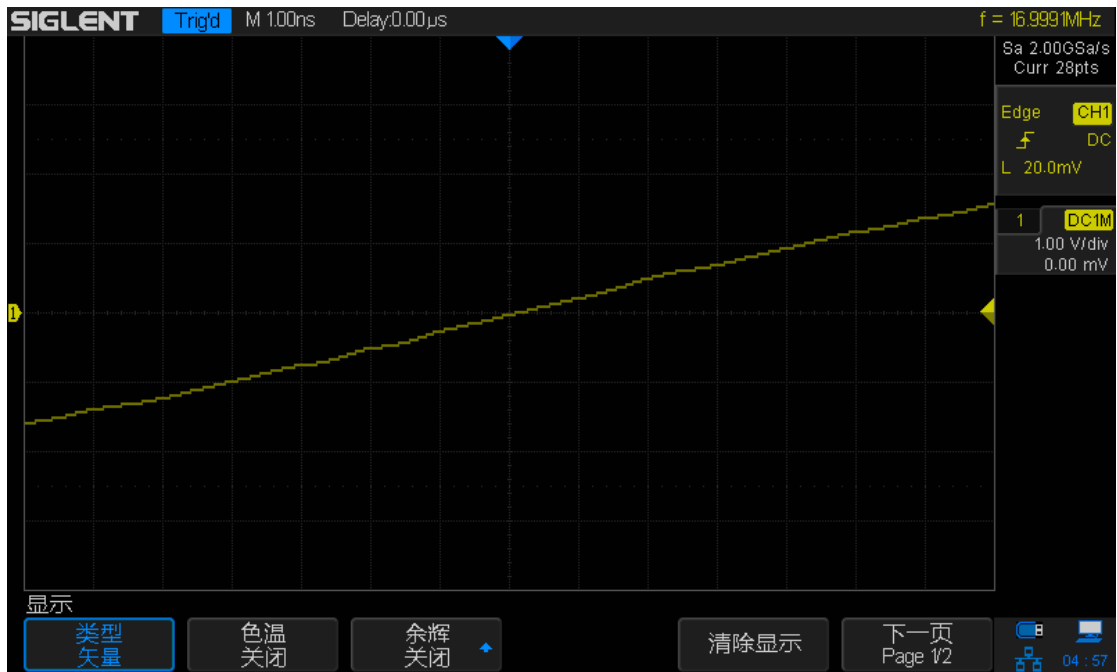


图 100 “矢量”显示

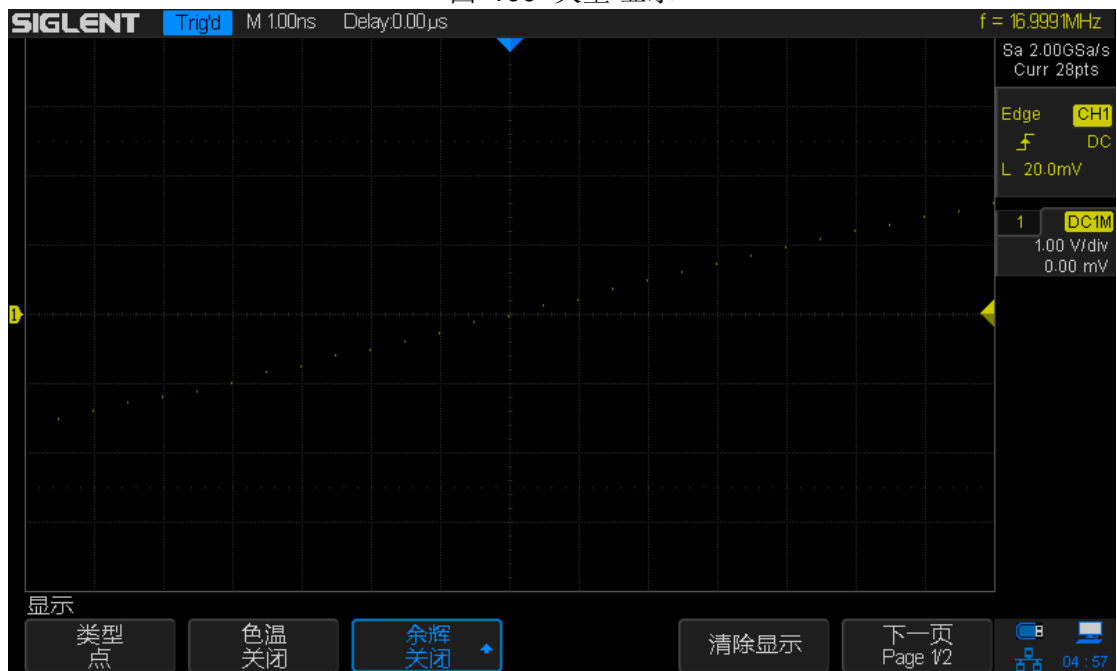


图 101 “点”显示

## 设置色温显示

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。按前面板 **Display/Persist** → **色温**，选择“开启”以启用色温功能。你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。

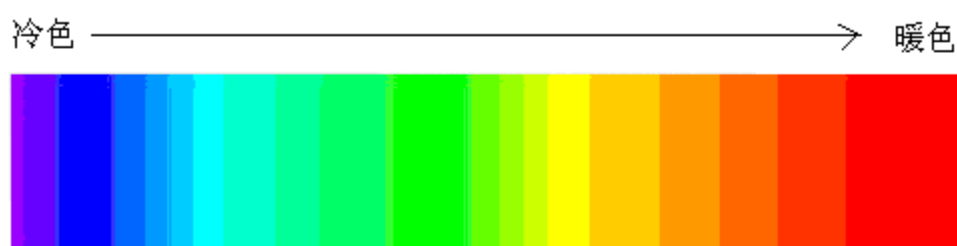


图 102 色温示意图

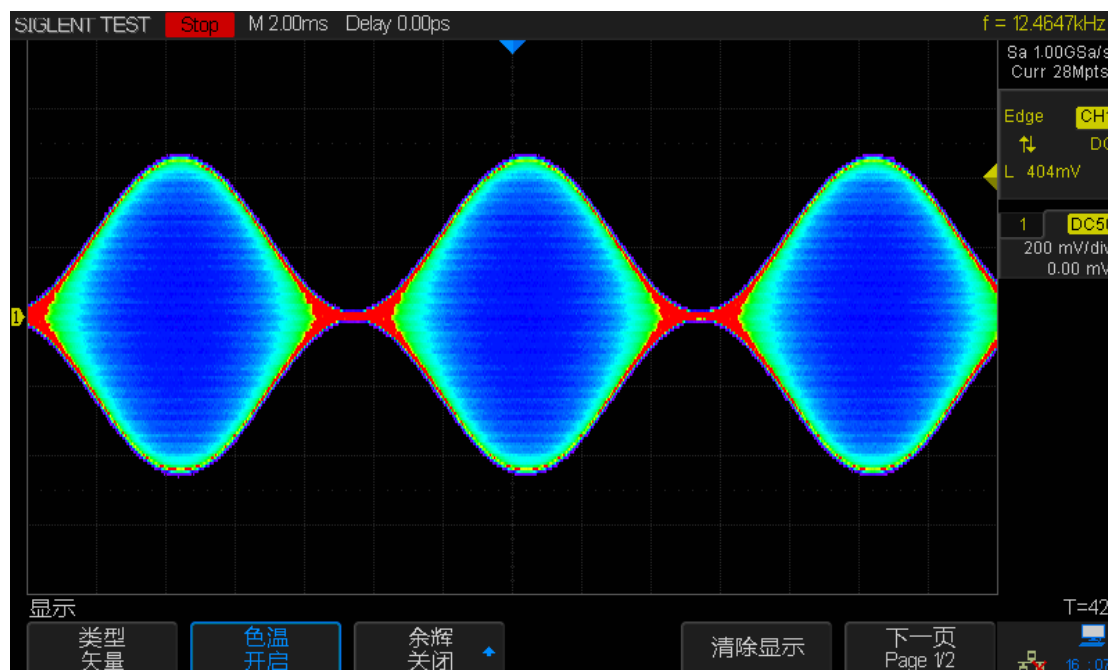


图 103 色温开启

## 设置或清除余辉

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。

按以下方法设置或清除余辉：

1. 按 **Display/Persist** → **余辉** ，连续按下该键或旋转多功能旋钮选择“关闭”或设置余辉时间：
  - 关闭 — 关闭余辉。
  - 可变余辉时间（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。
2. 余辉开启下，若要从当前显示中清除已采集的波形，可按 **清除余辉** 软键。示波器将重新开始累积采集。
3. 要使示波器返回正常显示模式，可先“关闭”余辉，然后按下“清除余辉”软键。仅选择“关闭”余辉不会清除显示。

## 清除显示


按 **Display/Persist** → **清除显示** ，清除当前屏幕所显示的波形。


## 设置屏幕网格

按 **Display/Persist** → **网格** ，按下此键或旋转多功能旋钮设置屏幕显示的网格类型。

以下为 3 种可选的网格类型，您可根据实际需要选择所需网格类型。

 显示 8 行，14 列所组成的网格。

 将屏幕均分成四部分。

 无网格显示



## 调节波形亮度

按 **Display/Persist** → **波形亮度**，旋转多功能旋钮调节波形显示亮度。默认值为 50%，可调节范围为 0% 至 100%。

增加波形亮度有助于查看噪声的最大值和偶发事件，减小亮度可暴露复杂信号的更多细节，

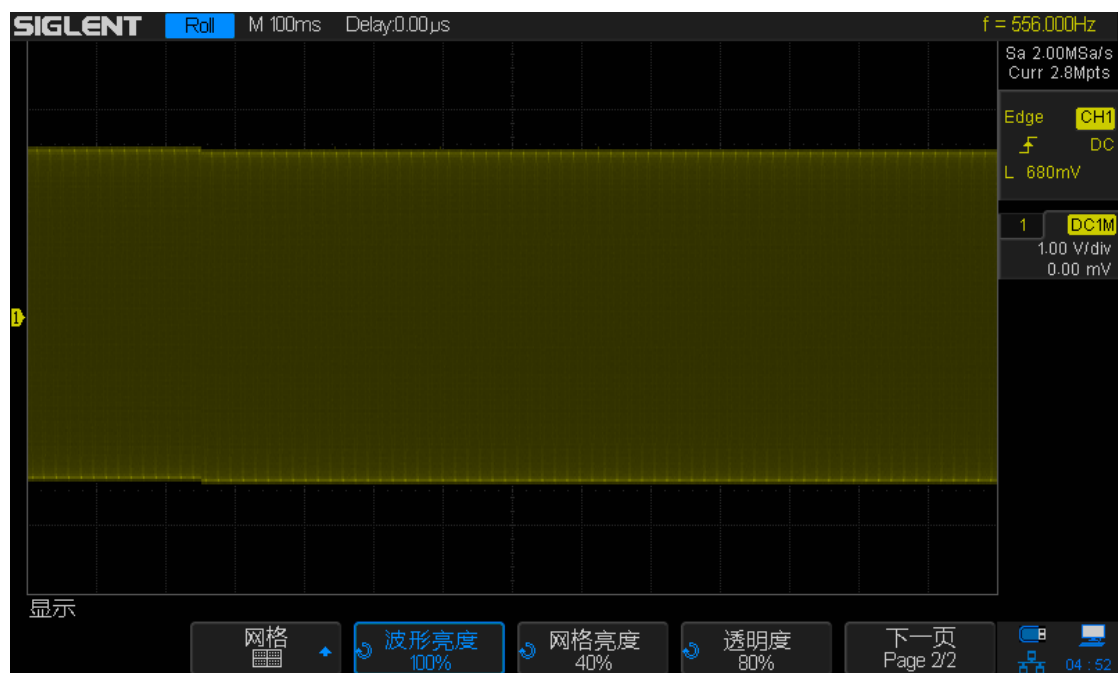


图 104 波形亮度设置为 100%

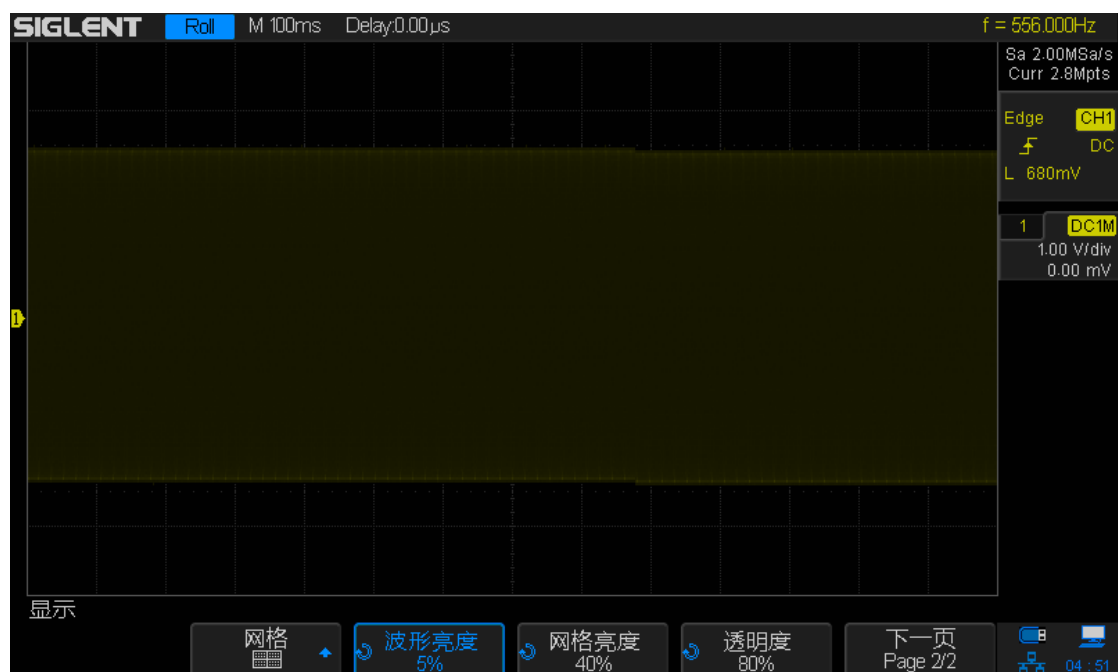


图 105 波形亮度设置为 5%

## 调节网格亮度

按 **Display/Persist** → **网格亮度**，旋转多功能旋钮调节屏幕网格显示亮度。默认值为 40%，可调节范围为 0% 至 100%。

## 设置透明度

透明度可用于调节“光标”、“测量”、“通过/测试”、及所有弹出菜单操作中信息显示框的透明程度，可调节至适当值以便更好地观察所测数据。

在“光标”或“测量”及菜单等操作时，若要改变屏幕上方信息显示框的透明程度，可按 **Display/Persist** → **透明度**，并旋转多功能旋钮设置合适的透明度以便能清晰地观察显示框中数据。透明度默认为 50%，可调节范围为 20%至 80%。

# 存储和调用

用户可将示波器当前的设置、波形、屏幕图像以及 CSV 文件保存到内部存储器或外部 USB 存储设备（例如：U 盘）中，并可以在需要时重新调出已保存的设置或波形。本示波器的前面板提供一个 USB Host 接口用于连接 U 盘进行外部存储。

本章内容如下：

- ◆ 存储类型
- ◆ 内部存储和调用
- ◆ 外部存储和调用
- ◆ 磁盘应用操作

## 存储类型

SDS2000X 支持的存储类型有设置存储、参考波形数据、二进制数据、图 BMP 图像存储、CSV 文件存储和 Matlab 数据存储。默认设置下的存储类型为设置存储。以下为您介绍简要介绍这六种存储类型：

### 1. 设置存储

示波器默认的存储方式。将示波器的设置以 “\*.SET” 格式保存到内部或外部存储器中。内部最多可存储 20 个设置文件 (No.1 ~ No.20)。保存到外部存储器 (如：U 盘) 中的设置可以调出并显示在示波器上。

### 2. 参考波形数据

将波形数据以 “\*.REF” 格式保存到外部存储器中。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，并且所有数据均可以被调用。

### 3. 二进制数据

将波形数据以 “\*.BIN” 格式保存到外部存储器中。

### 4. BMP 图像存储

将屏幕图像以 “\*.bmp” 格式保存到外部存储器中。可以指定文件名和保存的路径，并可以使用相同文件名将对应的文件保存到同一目录下。不支持图像的调出。

### 5. CSV 存储

将屏幕显示或指定通道的波形数据以单个 “.csv” 格式文件保存到外部存储器中。可以指定文件名和保存的路径。不支持 CSV 文件的调出。

选择该类型后，可按 **参数保存** 软键，打开或关闭参数保存功能。

### 6. Matlab 数据存储

将波形数据以 “\*.DAT” 格式保存到外部存储器中。

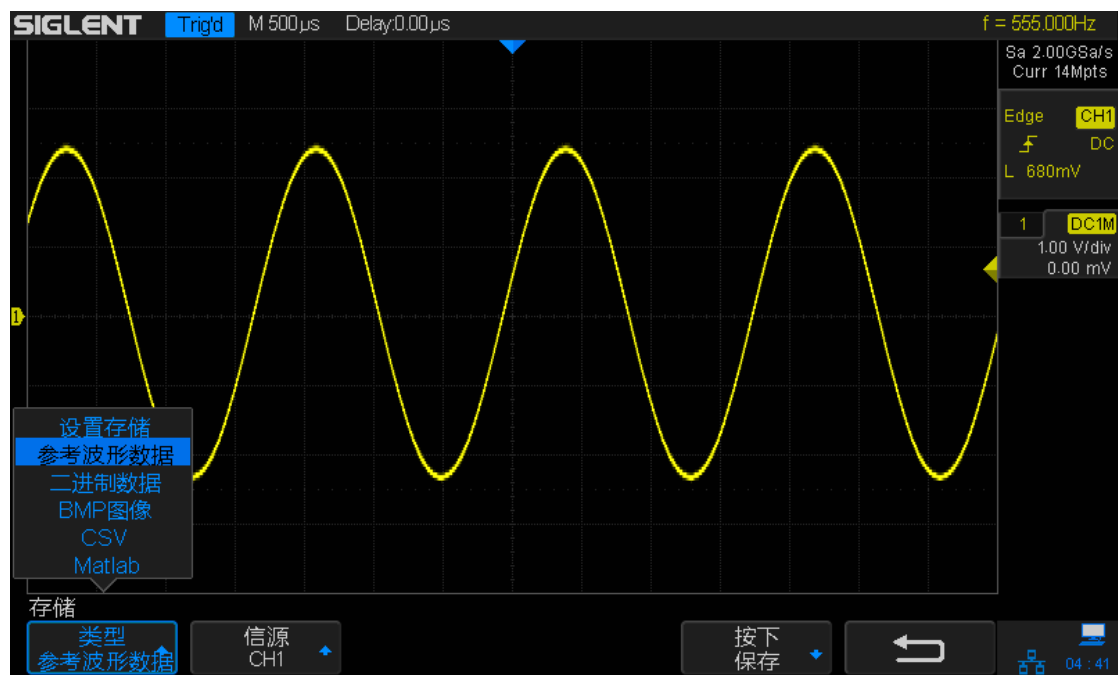


图 106 储存类型

## 内部存储和调用

内部存储和调用支持存储类型中的“设置存储”。以下向您具体介绍内部存储和调用的方法。

### ➤ 将示波器指定设置保存到内部存储器

1. 将信号接入示波器并获得稳定的显示。
2. 按 **Save/Recall** → **类型**，旋转多功能旋钮选择存储类型为“设置存储”。
3. 连续按 **存储到** 软键选择“内部”，将示波器当前设置保存到内部存储器中。
4. 按下 **设置** 软键，旋转多功能旋钮选择要存储的位置。内部最多可存储 20 个设置文件，为 No.1 ~ No.20。
5. 按下 **存储** 软键即可将示波器当前保存到指定位置。

### ➤ 从内部存储器调出设置存储器

完成以上保存步骤后，若要将已保存到内部存储器设置调出，请执行：

按 **设置** 软键，旋转多功能旋钮选择要调出文件的保存位置，然后按下“调出”即可调出并显示该文件。同时弹出对话框“读取数据成功”。

**注意** 若要删除 No.1 ~ No.20 中某一存储单元的设置文件，由于无法直接删除，只能保存新的设置到该存储单元以覆盖当前设置，从而将当前设置文件删除。

## 外部存储和调用

使用外部存储和调用前，请确保 U 盘已经正确连接。外部存储支持存储类型中的所有类型文件，但调用时仅支持“设置存储”和“参考波形数据”类型。

### ➤ 将指定类型文件保存到外部 U 盘中

1. 将信号接入示波器并获得稳定的显示。
2. 将 U 盘插入前面板的 USB Host 接口中，若 U 盘识别成功，则弹出窗口“存储设备连接成功”。
3. 按 **Save/Recall** → **类型**，旋转多功能旋钮选择存储类型为“波形存储”。
4. 按下 **存储** 软键进入到如下所示 U 盘界面：

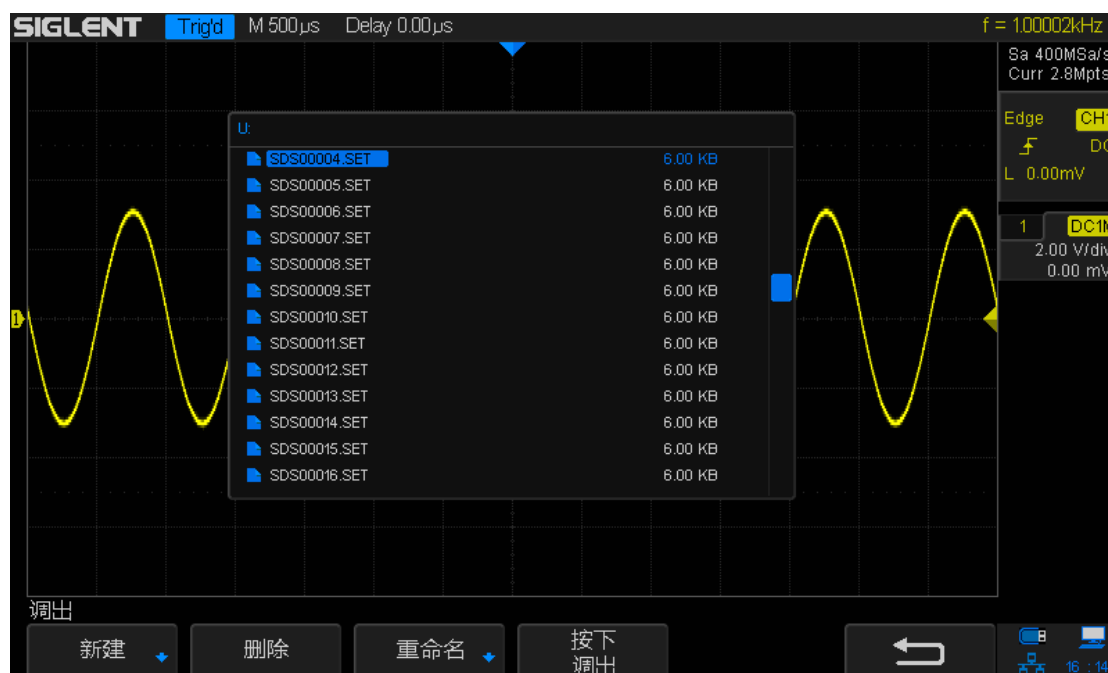


图 107 U 盘存储界面

5. 使用多功能旋钮选择需要的存储位置。可以选择存储在 U 盘的根目录或其下的某个文件夹中（如 SDS2000X）。

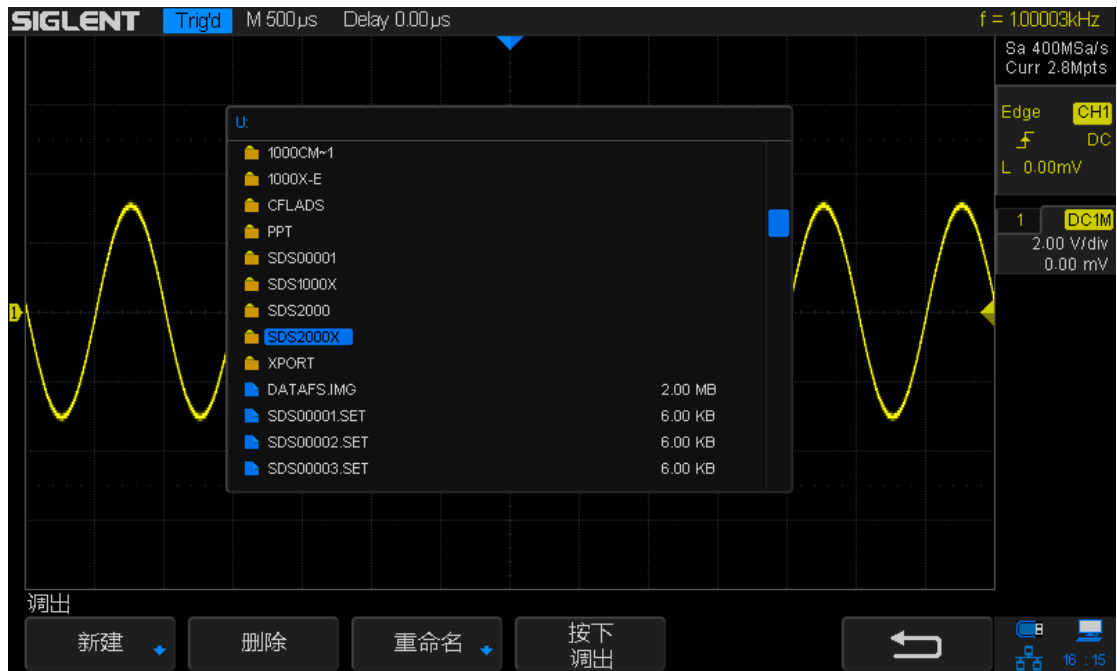


图 108 选定存储路径

6. 选定存储位置后，按新建文件软键，打开下图所示界面，参考“新建一个文件或文件夹”中的说明新建一个文件名。

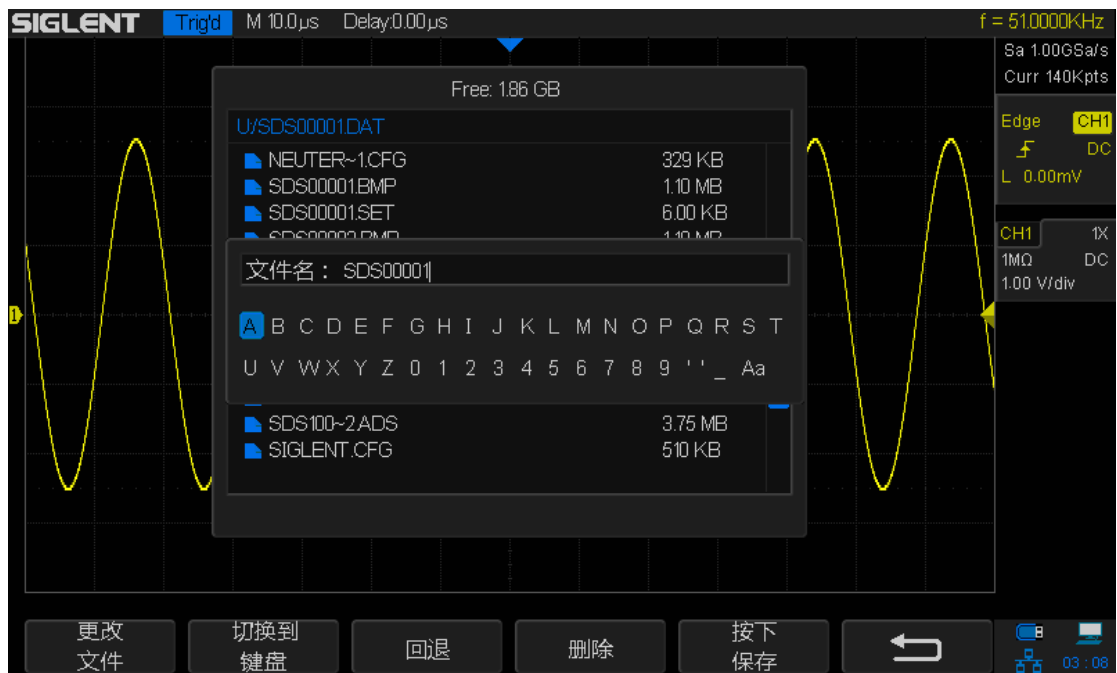


图 109 新建文件名

7. 按 **按下保存** 软键以保存当前波形，然后拔出 U 盘。



➤ 调出外部 U 盘中指定类型文件

1. 将 U 盘插入前面板的 USB Host 接口中，若 U 盘识别成功，则弹出窗口“存储设备连接成功”。
2. 按 **Save/Recall** → **类型**，旋转多功能旋钮选择存储类型为“参考波形数据”。
3. 按下 **调出** 软键进入到如下所示 U 盘界面：



图 110 新建文件名

4. 如上图，使用多功能旋钮选择要调出的文件。然后按 **调出** 软键调出该波形文件。
5. 将 U 盘拔出。

## 磁盘应用操作

磁盘操作主要针对示波器连接 U 盘后一系列的存储和调出操作。使用外部磁盘（U 盘）前，请确保 U 盘已经正确连接。

通过磁盘管理菜单，可进行如下操作：

- 新建一个文件或文件夹
- 删除一个文件或文件夹
- 重命名一个文件或文件夹

### 新建一个文件或文件夹

该操作仅在外部存储时有效。本示波器支持英文输入法。文件或文件夹名称可以由字母、数字、空格和下划线组成，字符长度限制为 10 字节。下面通过实例向您介绍创建文件或文件夹的方法。

示例：创建一个名为“SDS2013ab”的文件或文件夹。

1. 将 U 盘正确插入示波器后，在“Save/Recall”菜单下按“存储”或“调出”软键进入 U 盘存储界面。
2. 按下 **新建** 软键打开如下所示新建文件夹界面。分为两个区域：名字输入区和键盘区。默认切换到“名字输入区”。



图 111 新建文件夹

大小写切换

如上图，“Aa”为大小写切换键，选中该键可切换英文字母为大写或小写。

3. 若要删除当前名字输入区中的名称，可连续按 **删除** 软键，逐个删除光标左侧的字符。
4. 要输入新的名称，按 **切换到** 软键选择“键盘”以切换到键盘区。若当前键盘区英文字母为大写，可直接按左、右方向键或旋转多功能旋钮依次选择“SDS”并按“确定”以输入；否则，需先选中“Aa”以切换当前小写英文字母为大写。
5. 按“步骤 4”中方法继续输入数字“2013”。最后，要输入“ab”，由于在“步骤 3”已将英文字母切换为大写，此时需先选中“Aa”切换当前大写字母为小写，然后输入“ab”。
6. 完成输入后，按 **确定** 软键，示波器将以该文件名在当前路径下创建一个文件夹或指定类型的文件。

## 删除一个文件或文件夹

该操作仅在外部存储（U 盘存储）时有效。

1. 将 U 盘正确插入示波器后，在“Save/Recall”菜单下的按“存储”或“调出”软键进入 U 盘存储界面。
2. 使用多功能旋钮选择需要删除的文件或文件夹，按下 **删除** 软键即可。

## 重命名一个文件或文件夹

该操作仅在外部存储（U 盘存储）时有效。

1. 将 U 盘正确插入示波器后，在“Save/Recall”菜单下的按“存储”或“调出”软键进入 U 盘存储界面。
2. 使用多功能旋钮选择需要重命名的文件或文件夹，按 **重命名** 软键打开重命名界面，具体操作方法请参见“新建一个文件或文件夹”中的说明。

# 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。

本章内容如下：

- ◆ 系统辅助功能
- ◆ 安装选件
- ◆ 远程接口设置
- ◆ 通过/失败测试
- ◆ 升级软件
- ◆ 电源分析应用（选件）

## 系统辅助功能

SDS2000X 支持的系统辅助功能包括：

- ◆ 查看系统状态（当前版本信息）
- ◆ 执行自校正
- ◆ 设置（按键）声音
- ◆ 执行快速校正
- ◆ 设置屏幕保护时间
- ◆ 进行自测试

## 查看系统状态

按 **Utility** → **系统状态**，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。



图 112 系统状态

## 执行自校正

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 °C 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：

1. 断开当前连接到示波器的所有信号线。
2. 按 **Utility** → **自校正** 后，示波器弹出如下提示框，然后按前面板的“Single”键开始执行自校正程序。

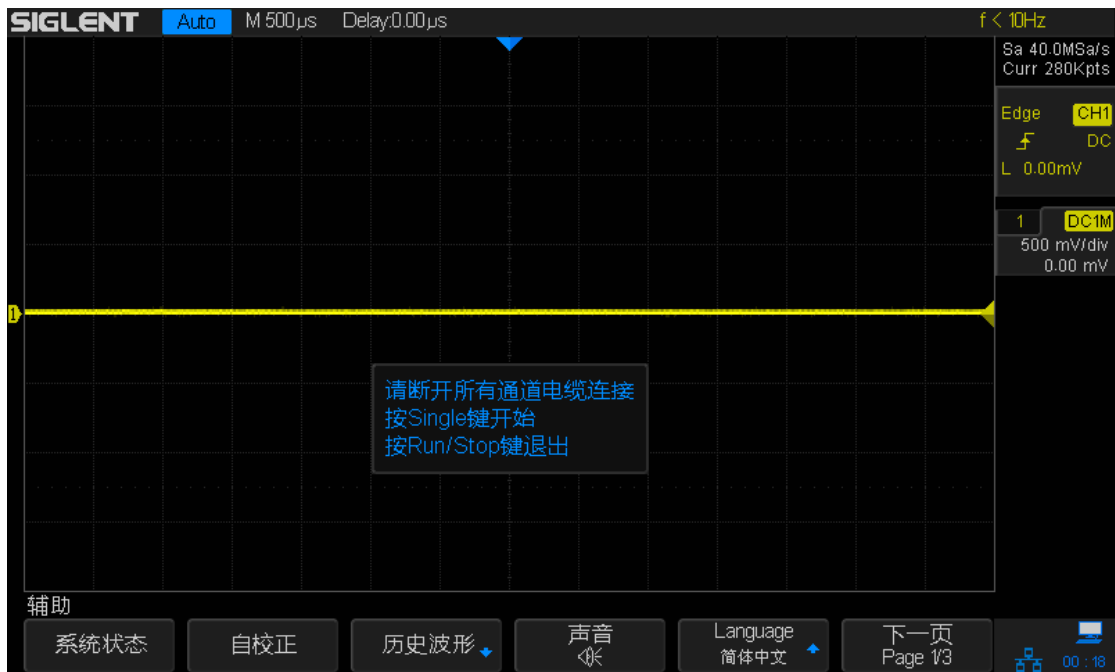


图 113 自校正提示信息

2. 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，按示波器其他任何按键都不会有响应，直至自校正结束。校正完成后，屏幕会出现“Press ‘Run/Stop key to exit’”以提示您按下“Run/Stop”键退出校正界面。



## 设置（按键）声音

启用声音后，在对示波器进行菜单按键操作时，将可以听到蜂鸣器的声音。

按 **Utility** → **声音**，选择 （打开）或 （关闭）。

## 使能快速校正

快速校正可校正因温度而引起的测量偏差，是您得到更准确的测量值。若您当前操作示波器的环境温度不稳定，可按 **Utility** → **快速校正**，选择“开启”以使能快速校正。

## 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。按 **Utility** → **屏幕保护**，旋转多功能旋钮设置屏幕保护时间。可选择设置的屏幕保护时间为：1 分钟、5 分钟、10 分钟、30 分钟、1 小时。也可以选择“关闭”以关闭屏幕保护程序。

## 进行自测试

自测试包括屏幕测试、键盘测试以及点亮测试，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、污点或屏幕刮伤等问题。

1. 按 **Utility** → **自测试** → **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。



图 114 屏幕测试

2. 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。
3. 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钮/旋钮不响应或响应不灵敏等问题。

1. 按 **Utility** → **自测试** → **键盘测试**，示波器进入如下所示键盘测试界面。



图 115 键盘测试

2. 如上图，执行旋钮和按键测试。

**旋钮测试**— 按照从上向下，从左向右的顺序依次向左或向右旋转各旋钮并按下，观察显示界面上对应旋钮上的数值（默认为0）是否实时增大或减小，以及在旋钮被按下后是否变亮。

**按键测试**— 按照从上向下，从左向右的顺序依次按下各按键，观察显示界面上对应按键是否实时变亮。

3. 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。

## 点亮测试

点亮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。

1. 按 **Utility** → **自测试** → **点亮测试**，示波器进入如下所示点亮测试界面。

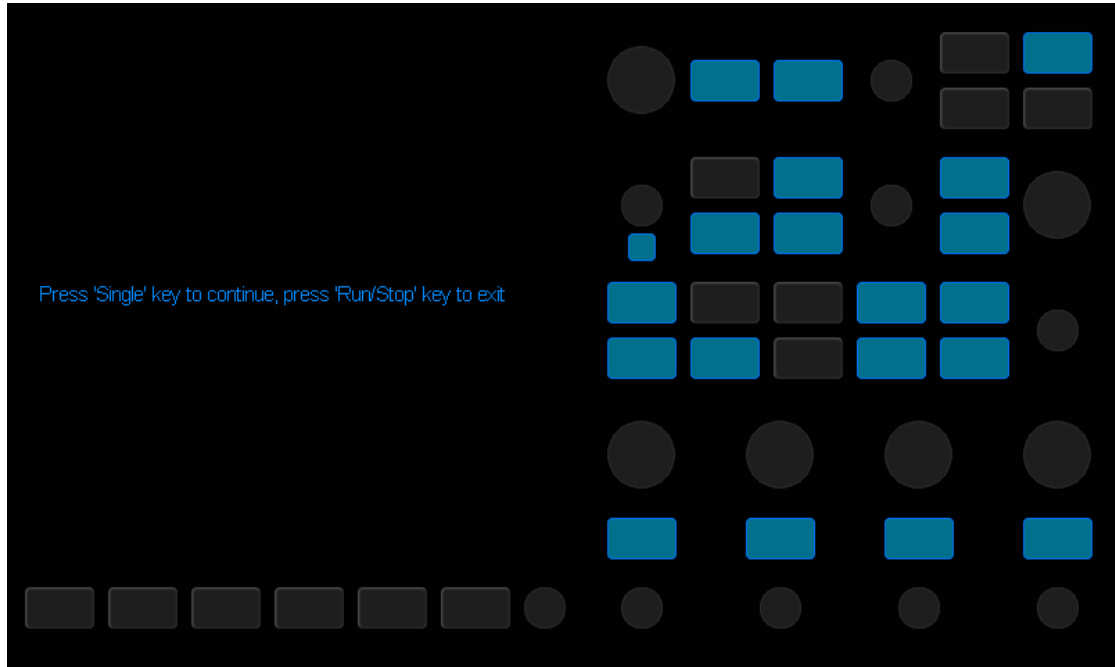


图 116 点亮测试

2. 如上图，按照屏幕提示信息按“Single”键后，前面板“Run/Stop”键亮红色，且显示界面中“Run/Stop”键对应位置变亮。再次按下“Single”键使“Run/Stop”键亮黄色。
3. “Run/Stop”键亮黄色后，继续按“Single”键可切换至前面板上下一按键灯，并将其点亮。同时，屏幕中该键对应位置变亮。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。
4. 所有按键灯都测试完后，按照屏幕提示连续按下“Run/Stop”键退出该测试模式。

## 安装选件

SDS2000X 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：

1. 按下前面板上 **Utility** 按键，进入辅助菜单，然后按下 **下一页** 进入辅助菜单第三页。
2. 按**选件**软键进入选件菜单。



图 117 选件菜单

3. 按下 **类型** 软键，调节万能旋钮选择需要安装的选件类型。
4. 按下 **安装** 软键，进入编辑标签功能菜单，执行选件许可密钥输入。

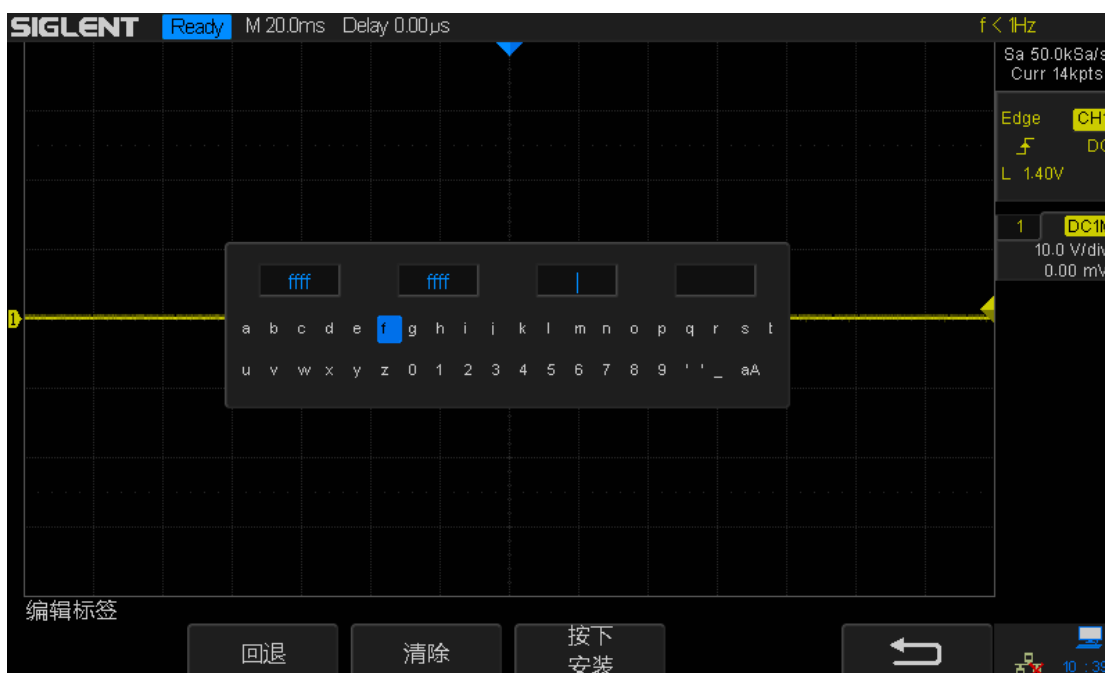


图 118 编辑标签功能菜单

- 使用万能旋钮选择字符
- 按下万能旋钮确认字符
- 密钥输入完成后按下**按下安装**软键，屏幕会弹出安装完成的信息
- 按下**回退**软键或者**清除**软键，可删除已输入的字符

5. 按下选件菜单中的**许可信息** 软键，可查看对应的选件安装信息。



图 119 选件安装信息


## 远程接口设置

SDS2000X 的接口设置包括 USB 远程控制和 Aux 输出设置。

### USB 远程控制

本示波器可通过后面板的 **USB Device** 接口与 PC 进行通信。您需要设置示波器使其与不同设备类型相匹配。**USB Device** 接口具体位置请参见“快速入门”章中“后面板”节所述。

按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备**，连续按下该键选择所需的设备类型。

USBTMC — 屏幕右上角显示  该类型下，示波器可与 PC 通信。具体内容请参见下文。

### 通过 USB Device 与 PC 机进行远程通信

SDS2000X 支持 USBTMC 协议与 PC 机进行通信。您需要完成以下操作建立连接。

#### 1. PC 机安装 USBTMC 驱动

推荐使用 NI Visa。

#### 2. 连接设备

使用 USB 数据线将示波器（通过 USB Device 接口）与 PC 机相连。

#### 3. 通信

使用 EasyScopeX 或其它工具与示波器通信。

## LAN 设置

执行以下步骤可将示波器通过 LAN 与电脑通信：

1. 用一根网线将示波器连接到本地网络。
2. 在前面板菜单控制区按下 **Utility** 键打开辅助功能菜单。
3. 在辅助功能菜单下，按 **接口设置** 软键进入 I/O 设置功能菜单。
4. 在 I/O 设置功能菜单下，按 **LAN** 软键进入如下图所示的 LAN 设置界面：

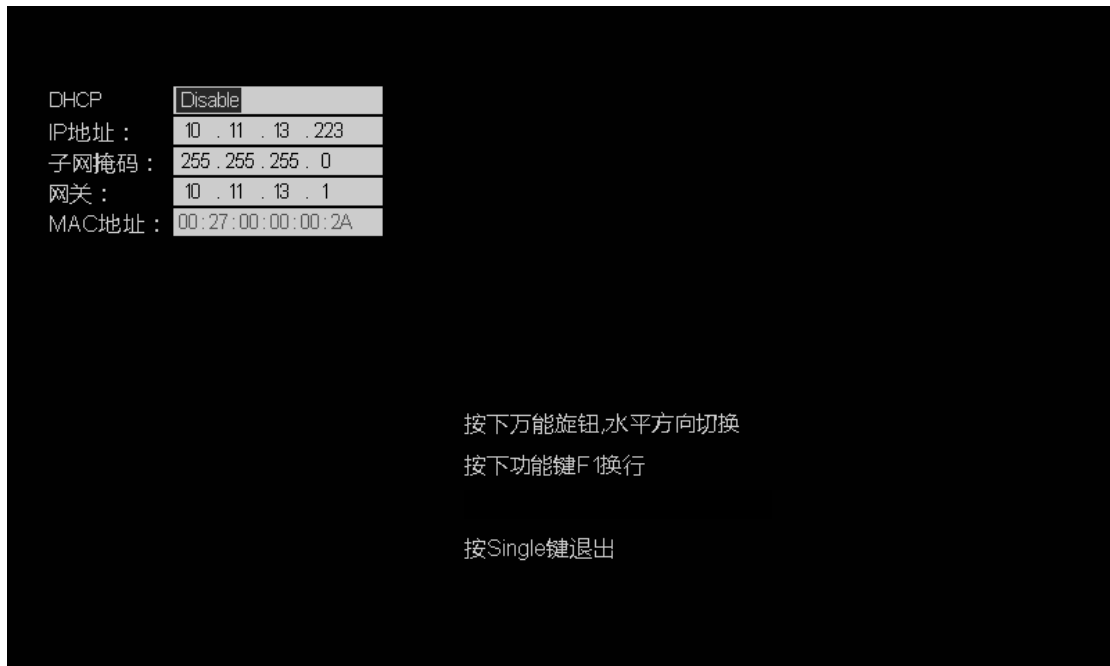


图 120 LAN 设置界面

5. 连续按下屏幕下方的 **F1**（屏幕下方功能按键的第一个），使当前选定 DHCP 行，然后旋转多功能旋钮以选择 **Enable** 或 **Disable**。
  - **Enable:** 示波器将使用这些服务来自动获取 LAN 配置设置。
  - **Disable:** 用户可手动设置 IP 地址，子网掩码和网管。
    - 旋转万能旋钮选择所需值。
    - 按下万能旋钮进行水平方向的切换。
    - 按下 **F1** 换行
    - 按 **Save/Recall** 键保存当前设置。
    - 按 **Single** 键退出 LAN 设置界面
6. 使用 EasyScopeX 或其它工具与示波器通信。



## Aux 输出设置

用户可以设定后面板“**Pass/Fail/Trigger Out**”连接器上输出的信号类型，包括“触发输出”和“通过/失败”输出。“**Trigger Out**”连接器具体位置请参见“快速入门”章中“后面板”节所述。

按 **Utility** → **接口设置** → **Aux 输出** ，连续按下该键选择所需的输出类型。

### 1. 触发输出

选择该类型后，示波器产生一次触发时，输出一个可反映示波器当前捕获率的信号。

### 2. Pass/Fail

选择该类型后，当示波器测试到失败的波形，将输出一个脉冲信号，将该信号转接到其他控制系统中可方便查看测试结果。

## 通过/失败测试

通过判断输入信号是否在创建规则范围内来监测信号变化情况, 可用来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“**Pass/Fail**”输出的脉冲信号来提示。

本章内容如下:

- ◆ 进行规则设置
- ◆ 保存或调出测试规则
- ◆ 设置并输出通过/失败测试
- ◆ 通过/失败测试示例

## 进行规则设置

通过/失败测试下，用户通过对要检测的信号创建特定规则（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：

1. 按 **Utility** → **通过测试** → **规则设置**，打开如下所示规则设置菜单。



图 121 规则设置菜单

2. 按 **调整** 软键分别调整水平和垂直范围，旋转多功能旋钮设置所需水平、垂直调整范围，然后按下 **创建规则** 软键以应用当前创建的规则。水平和垂直调整范围分别为 0.04 div 至 4.00 div 和 0.04 div 至 4.00div。如下图所示（水平、垂直调整分别为 0.20、0.20）。

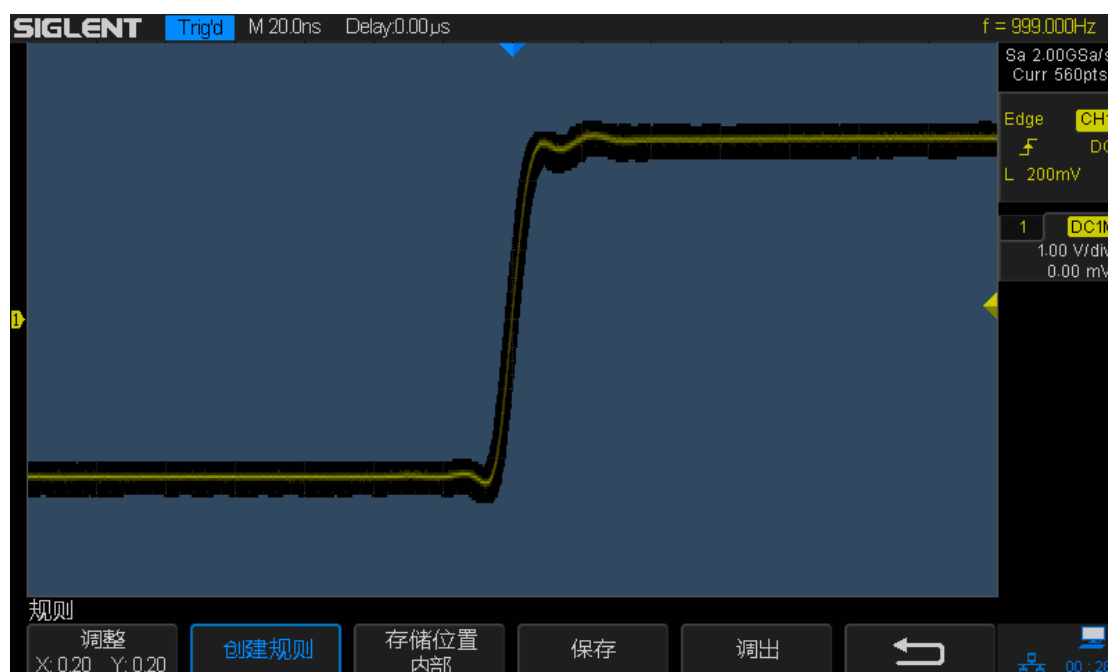


图 122 规则设置

3. 要创建新的规则范围，只需对**调整** 设置新的参数，然后按下 **创建规则** 即可删除之前的规则，并应用新设规则。

## 保存或调出测试规则

### 保存测试规则

用户可以将当前所创建的测试规则保存到仪器内部 FLASH 存储器或外部 U 盘中。若保存到外部 U 盘，测试规则将被保存为自定义二进制文件 (\*.RGU)，且可保存多个。而内部存储器一次最多可存储 1 个测试规则文件。

**保存到内部存储器**— 按 **存储位置** 软键选择“内部”，直接按“保存”即可。一次只能保存一个测试规则。

**保存到外部存储器**— 按 **存储位置** 软键选择“外部”，然后按 **保存** 软键进入文件保存界面。请参考“存储和调用”一章中的相关说明将测试规则文件保存到内部或外部存储器中。

### 调出测试规则

用户还可以将仪器内部 FLASH 存储器或外部 U 盘中已存储的测试规则文件导入到示波器内存中并显示出来。

**从内部存储器调出**— 按 **存储位置** 软键选择“内部”，直接按“调出”即可。

**从调出外部存储器调出**— 按 **存储位置** 软键选择“外部”，然后按 **调出** 软键进入文件保存界面。请参考“存储和调用”一章中的相关说明将测试规则文件保存到内部或外部存储器中。

## 设置并输出通过/失败测试

1. 按 **Utility** → **通过测试**，打开“通过/失败测试菜单”。





图 123 通过/失败测试菜单

2. 按 **允许测试** 软键，选择“开启”以启用“通过/失败测试”功能。您可以选择信源、设置测试规则范围、创建规则、保存和调出测试规则等。若选择“关闭”，则“操作”、“显示信息”菜单均不可用。
3. 按 **信源** 软键选择要测试波形信源。可选择的信源有 CH1、CH2、CH3 和 CH4。通道只有在已开启状态下才能被选择。
4. 按 **规则设置** 软键打开“规则设置菜单”，参见上文“进行规则设置”设置信号测试规则。
5. 按 **显示信息** 软键，选择“开启”以显示当前信号通过/失败测试信息。屏幕右上角弹出如下所示信息框。

```
Fail = 0
Pass = 34985
Total = 34985
```

- “Fail”指未通过当前所设置的测试规则的波形帧数；
- “Pass”指通过当前所设置的测试规则的波形帧数；
- “Total”指“fail”和“pass”的波形帧数之和，即到当前为止所触发的波形帧数总数。

可按 **Display** → **透明度**，旋转多功能旋钮设置适宜透明度以便正确观察信息框中数据。

6. 按 **失败即停** 软键。
  - 选择“开启”后，若示波器检测到一个失败波形便停止运行。此时，屏幕左上角表示示波器运行状态的图标变为“STOP”且前面板“Run/Stop”键亮红色。开启该功能适用于观察并分析“失败波形”细节特征。
  - 选择“关闭”，示波器检测到异常波形后并不停止，而是继续运行并检测。且“fail”参数值实时增加以显示检测到的异常波形个数。关闭该功能适用于长期观察并统计“失败波形”个数。
7. 按 **输出** 软键，选择“”开启声音以提示检测到异常波形。
8. 按 **操作** 软键，选择“”以执行测试。同时，屏幕右上角信息框中实时变化。若出现超出测试规则范围外波形，“fail”参数值开始增加，最终显示检测到的失败波形数。

- 若在测试过程中按下该键，则停止测试，信息框中参数值立即停止变化；
  - 再次按下该键即重新开始测试，此时信息框中参数值被清除并重新开始计数。
9. 若要保存当前测试规则设置，可在“规则设置”菜单下进行操作。具体方法请参见上文“保存或调出测试规则”内容。

## 通过/失败测试示例

示例：创建“水平调整为 0.48，垂直调整为 0.36”的测试规则并输出波形。

1. 按 **Utility** → **通过测试**，打开“通过/失败测试菜单”。
2. 按 **允许测试** 软键，选择“打开”以启用“通过/失败测试”功能。
3. 按 **信源** 软键选择要测试波形信源“1”。
4. 按 **规则设置** 软键打开“规则设置菜单”，设置“水平调整”为 0.46，“垂直调整”为 0.36，并按下“创建规则”以应用当前设置规则。

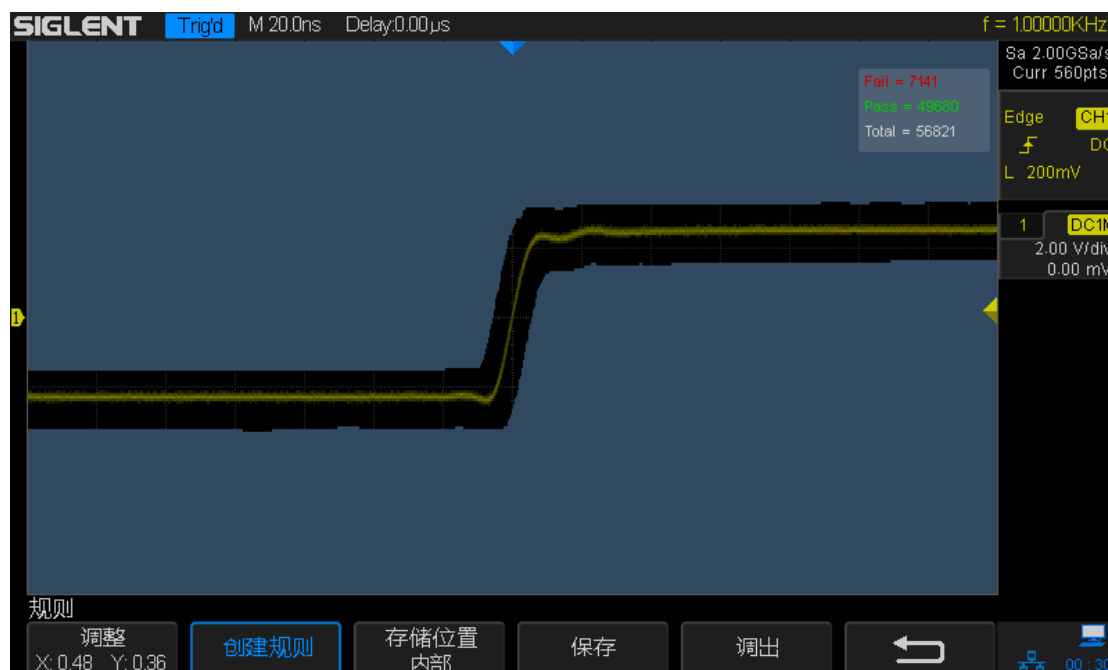




图 124 设置水平调整和垂直调整

5. 按 **显示信息** 软键，选择“开启”。并按 **Display** → **透明度**，旋转多功能旋钮设置透明度为 72%。
6. 按 **失败即停** 软键，选择“开启”。
7. 按 **输出** 软键，选择“”开启声音。
8. 按 **操作** 菜单下“”以执行测试。若示波器检测到一个失败波形，则自动停止检测，**Run/Stop** 键亮红色。要使示波器继续执行检测，可按下 **Run/Stop**。

在检测过程中，若要清除当前检测数据，执行新一次检测，可连续两次按下“操作”软键。

下图显示示波器检测到一个失败脉冲后自动停止，Run/Stop 键亮红色。

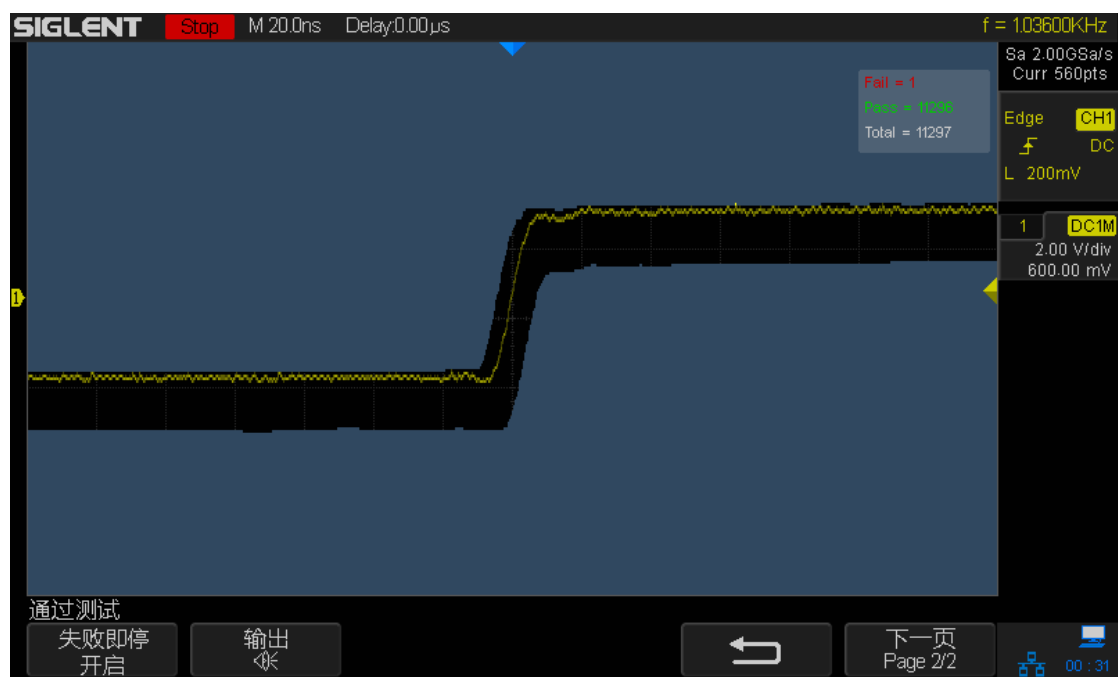


图 125 检测到失败脉冲



## 升级软件

SDS2000X 可通过 U 盘升级版本。示波器升级包括“升级软件”和“升级配置文件”，一般先升级软件后升级配置文件，这两者过程完全相同。请按以下方法升级示波器：

1. 将 U 盘插入前面板 USB Host 接口中。按 **Utility** → **升级** → **升级固件**，按照屏幕提示信息按 **Single** 键开始升级。
2. 使用多功能旋钮选择要升级的 ADS 文件，并按下 **调出** 软键开始对示波器进行软件（ADS 格式）升级。
3. 升级完成后，屏幕会弹出提示信息以提示您已经升级成功。
4. 重启示波器，按照相同的方法“升级配置文件”。

## 电源分析应用（选件）

使用 SDS2000X 系列示波器的电源分析功能可以快速高效地分析开关电源的效率和可靠性。

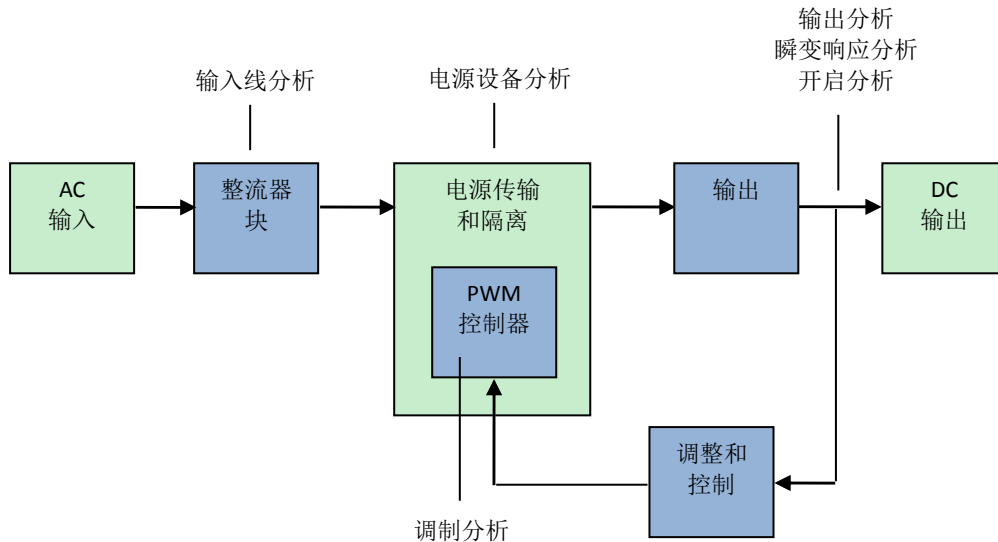


图 126 开关模式电源（SMPS）块示意图和测量类型

使用电源应用，您可以：

- 测量开关设备的开关损耗和导通损耗。
- 分析  $di/dt$  和  $dV/dt$  的转换速率。
- 自动设置示波器进行波纹测量。
- 根据 IEC 61000-3-2 标准进行电流谐波测试。
- 分析整体谐波失真、有效功率、视在功率、功率因数和波峰因数。
- 对脉冲宽度调制信号进行分析。

电源分析（选件）、示波器、高压差分探头、电流探头、时滞校准装置和无源探头共同组成了用于电源设计和测试的完整的电源分析系统。

## 执行通道时滞校准

要进行准确的功率损耗测量，您必须使用 DF2001A 时滞校准装置执行电流和电压通道时滞校准。通道时滞校准可校正电流和电压探头之间的时间延迟。开始时您需要执行一次时滞校准，在任何硬件设置部分改变（例如，不同的探头、不同的示波器通道等）或环境温度改变后，需要再次执行一次时滞校准。

执行通道时滞校准：

1. 对电流探头消磁并调零。
2. 连接 DF2001A 时滞校准装置。

	小回路	大回路
可用的电流探头	CP4020(100KHz,20Arms) CP4050 (1MHz,50Arms) CP4070 (150kHz,70Arms) CP4070A(300kHz,70Arms) CP5030 (50MHz,30Arms) CP5030 (100MHz,30Arms)	CP5150 (12MHz,150Arms) CP5500 (5MHz,500Arms)
电压差分探头测试点	J7: 信号输入端 J6: 接地端	J3: 信号输入端 J4: 接地端

- a. 将 D+, D- 高压差分探头分别连接到时滞校准装置。
- b. 将电流探头连接到电流回路，箭头方向指向电流流动方向。

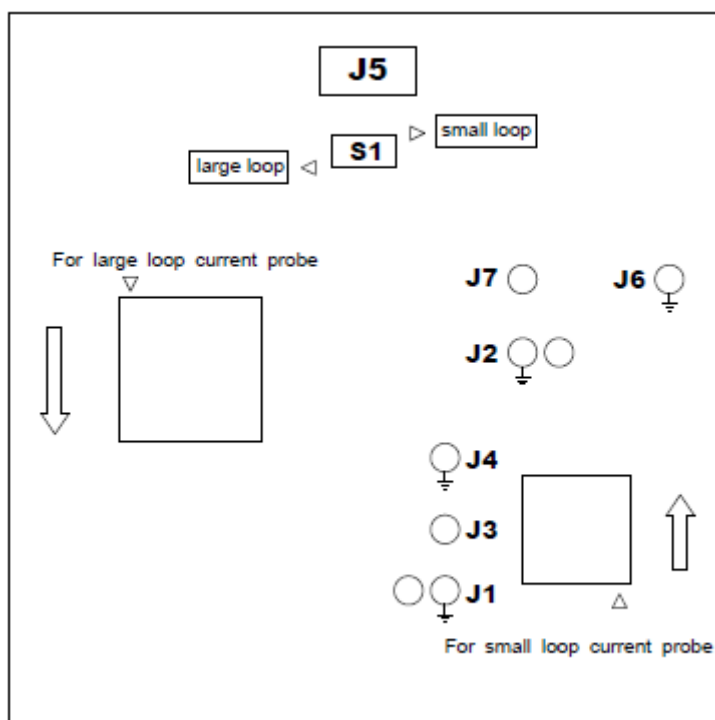


图 127 DF2001A 时滞校准装置

- c. 确保时滞校准装置上的开关 S1 设置与所选测量条件一致
  - d. 使用 USB 电缆将时滞校准装置连接到示波器或 PC 上的 USB 端口。该 USB 端口将为时滞校准装置供电。
3. 按下前面板上 **Utility** 按键，进入辅助菜单，然后按下 **下一页** 进入辅助菜单第二页。
  4. 按下 **电源分析** 软键，进入电源应用分析菜单。



图 128 电源应用分析菜单

5. 按下信号软键，进入信号设置菜单。



图 129 信号设置菜单

6. 在信号设置菜单下，连续按下 **电压** 软键或者按下 **电压** 软键后，旋转万能旋钮选择探测电压信号的模拟通道。
7. 在信号设置菜单下，连续按下 **电流** 软键或者按下 **电流** 软键后，旋转万能旋钮选择探测电流信号的模拟通道。
8. 按下 **自动消除时滞** 软键。时滞校准完成后，示波器将会弹出一条提示信息，提示时滞校准是否成功。

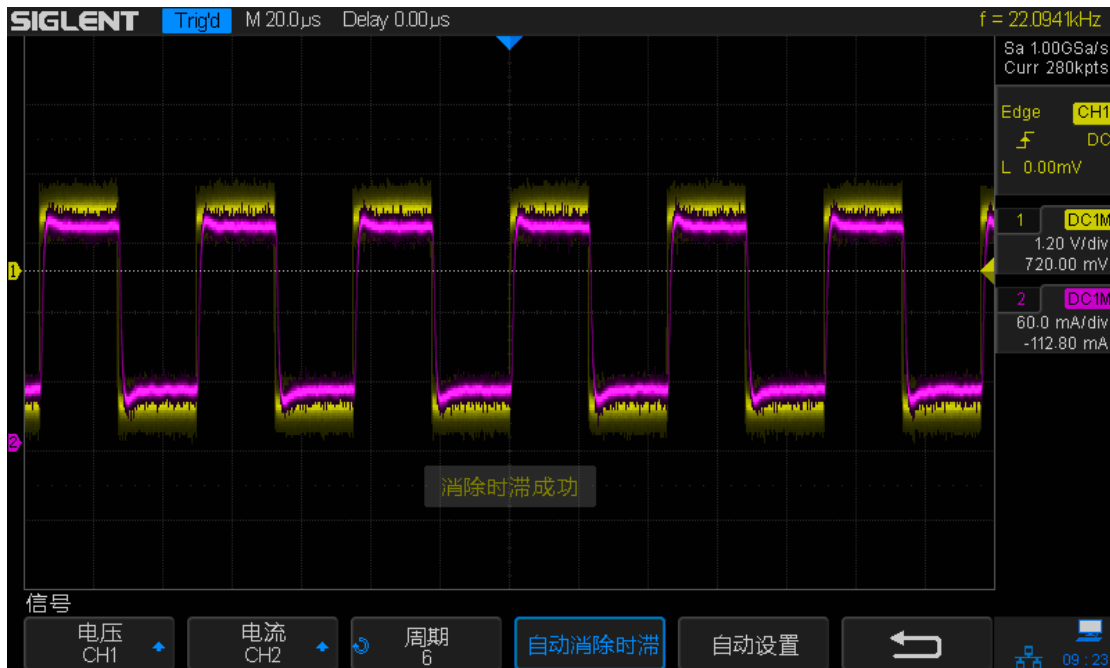


图 130 消除时滞成功

## 执行电源分析

使用电源质量测量应用对电源设备进行测量，需保证被测设备的正确连接，再通过信号设置以及其它的参数设置，最后对结果进行分析。

电源分析主要包括以下内容：

- 电源质量
- 电流谐波
- 突入电流
- 开关损耗
- 转换速度
- 调制
- 输出波纹
- 开启/关闭
- 瞬变响应
- 效率

## 电源质量

电源质量分析显示 AC 输入线的质量。

AC 的部分电流可能会流进负载又从负载流出不传输能量。这种电流称为无功或谐波电流，会使“视在”功率上升，使其大于消耗的实际功率。电源质量由下列测量进行计量：AC 线的电流和电压的均方根、功率因数、有效功率、视在功率、无功功率、波峰因数及相位角。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后，旋转万能旋钮选择“**电源质量**”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在电压探头上选择适当的衰减。
  - b. 将电压探头 D+ 连接到 AC 输入端的火线。
  - c. 将电压探头 D- 连接到 AC 输入端的零线。
  - d. 将电流探头连接到 AC 输入端的火线，箭头方向指向电流流动方向。
  - e. 将电压和电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下 **信号** 软键，进入信号设置菜单。



图 131 电源质量信号设置菜单

4. 分别按下 **电压** 和 **电流** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。
5. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
6. 按下 **周期** 软键，旋转万能旋钮选择要在一次采集中捕获的最小周期数。
7. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
8. 返回电源应用分析菜单。
9. 在电源应用分析菜单中，按下 **类型** 软键，然后旋转万能旋钮选择要在电源质量分析中进行测量的类型。

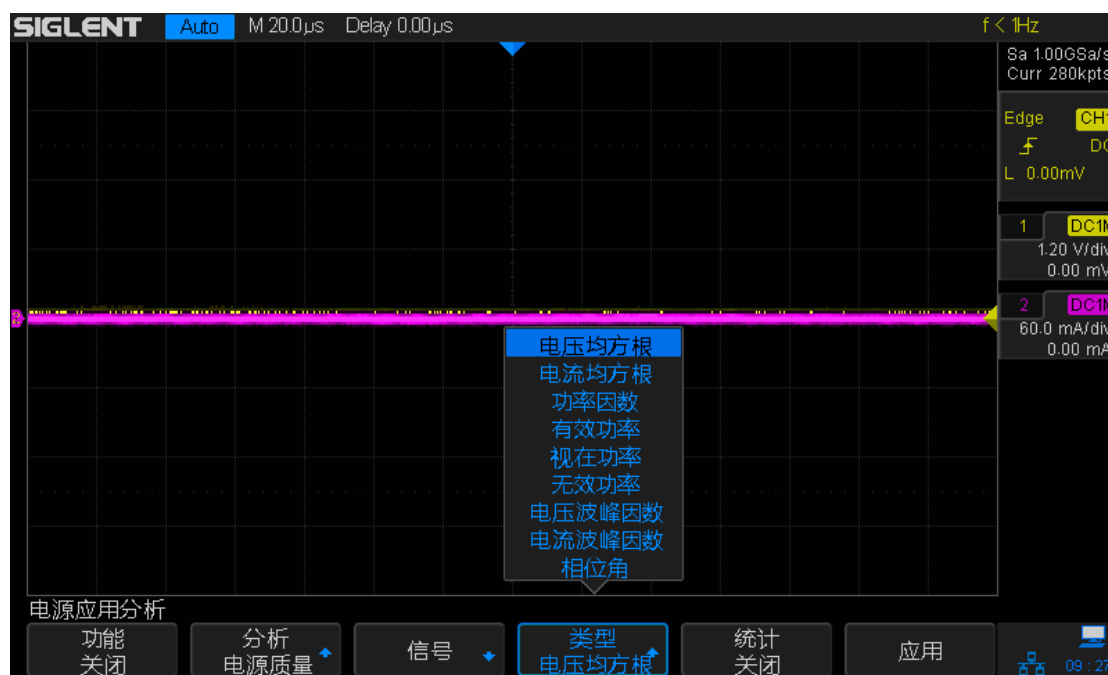


图 132 电源质量分析类型

- 电压均方根：AC 线电压的均方根。
  - 电流均方根：AC 线电流的均方根。
  - 功率因数：AC 线有效功率与视在功率的比。
  - 有效功率：在 AC 波形的完整周期上平均计算得到的部分功率通量，它在一个方向上产生能量的净传递。
  - 视在功率：由于存储的能量产生的部分 AC 线功率通量，它在每个周期中都返回到源。视在功率= $I_{RMS} * V_{RMS}$ 。
  - 无效功率：视在功率和有效功率之间由于电抗而产生的差异。使用功率三角形（视在功率<sup>2</sup>=有效功率<sup>2</sup> + 无效功率<sup>2</sup>），无效功率= $(\text{视在功率}^2 - \text{有效功率}^2)^{1/2}$ 。
  - 电压波峰因数：是负载所需的瞬时峰值 AC 线电压和 RMS 电压之间的比率，也就是  $V_{peak}/V_{RMS}$ 。
  - 电流波峰因数：是负载所需的瞬时峰值 AC 线电流和 RMS 电流之间的比率，也就是  $I_{peak}/I_{RMS}$ 。
  - 相位角：在功率三角形（视在功率<sup>2</sup>=有效功率<sup>2</sup> + 无效功率<sup>2</sup>）中，相位角是视在功率与有效功率之间的角，表示无用功率的量。相位角越小，无用功率就越小。
10. 按下电源分析下的 **应用** 软键，执行电源质量分析。示波器将显示电压和电流波形以及输入功率波形（电压和电流波形的数学乘积）。屏幕下方将会显示选定和应用的电源质量参数的实时测量值。最多同时显示 4 组测量值。

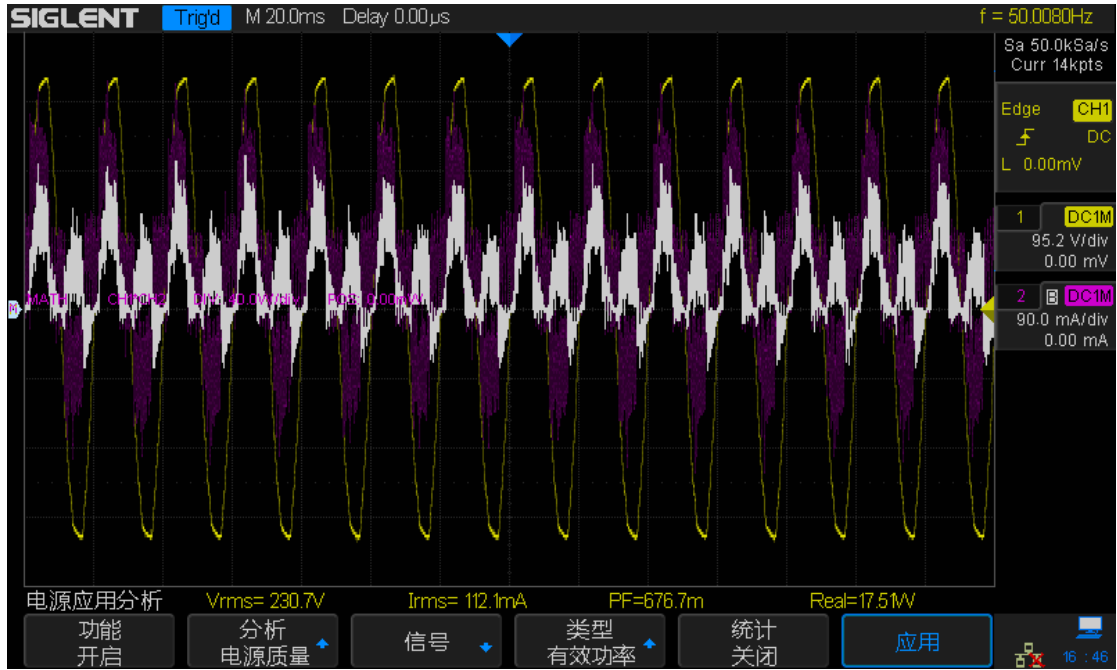


图 133 执行电源质量分析

11. 按下**统计**软键，选择“开启”或“关闭”。选择“开启”将会显示参数的统计测量结果。选择关闭则不显示。

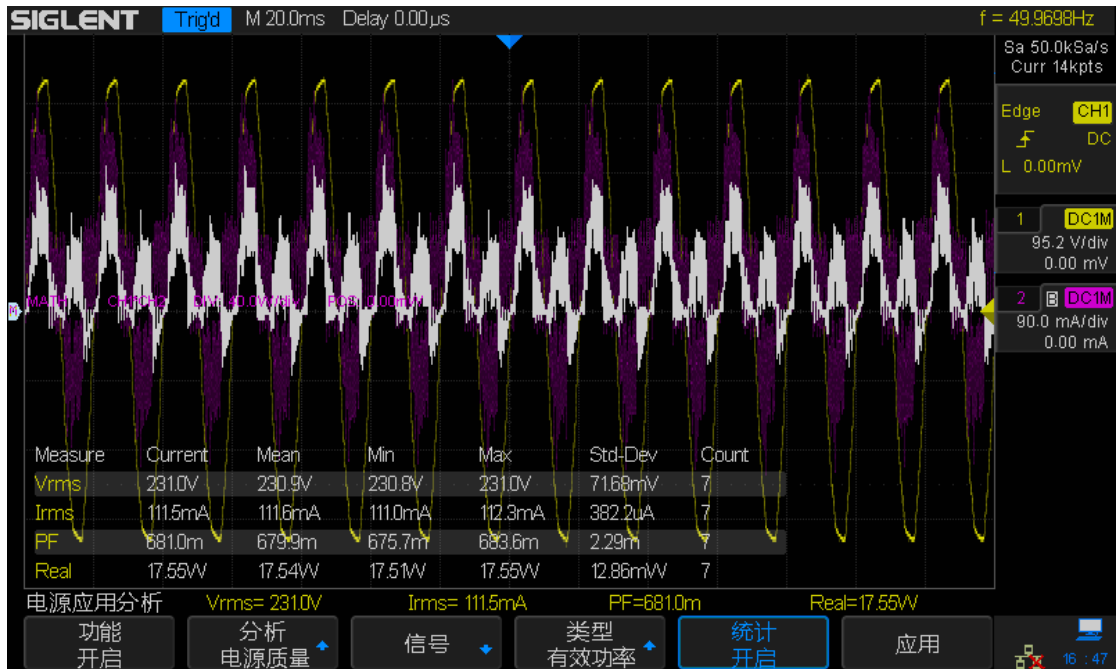


图 134 开启统计测量



## 电流谐波

开关电源在使用 AC 线路供电时，会产生一系列谐波，这些谐波会传回 AC 线路，并导致 AC 线路上其他设备受干扰，因此国际电工委员会（IEC）针对使用 AC 线路不同的设备设定了其各个电流谐波的标准限值 IEC61000-3-2。

使用电流谐波分析可对开关电源的 40 次以内的电流谐波是否满足 IEC61000-3-2（A、B、【C 类不支持】D 类）进行分析。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后旋转万能旋钮选择“电流谐波”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 将电流探头连接到 AC 输入端的火线，箭头方向指向电流流动方向。
  - b. 将电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下 **信号** 软键，进入信号设置菜单。



图 135 电流谐波信号菜单

4. 按下 **电压** 和 **电流** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。
5. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
6. 按下 **周期** 软键，旋转万能旋钮选择要在一次采集中捕获的最小周期数。
7. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
8. 返回电源应用分析菜单。
9. 在电源应用分析菜单中，按下 **设置** 软键，进入设置菜单。



图 136 电流谐波设置菜单

10. 按下 **线路频率** 软键，选择输入线路的频率 50Hz、60Hz 或 400Hz。
11. 按下 **标准** 软键，选择要在电流谐波上执行符合测试的标准。
  - IEC 61000-3-2 A 类：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 类：适用于便携式工具。
  - IEC 61000-3-2 C 类（不支持）：适用于普通照明设备。
  - IEC 61000-3-2 D 类：适用于额定功率小于或等于 600W 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器。

12. 返回电源应用分析菜单。

13. 按下 **应用** 软键，将执行电流谐波分析。屏幕上会显示使用 Hanning 窗计算的 FFT 波形，FFT 波形显示了输入电流中的频率分量。

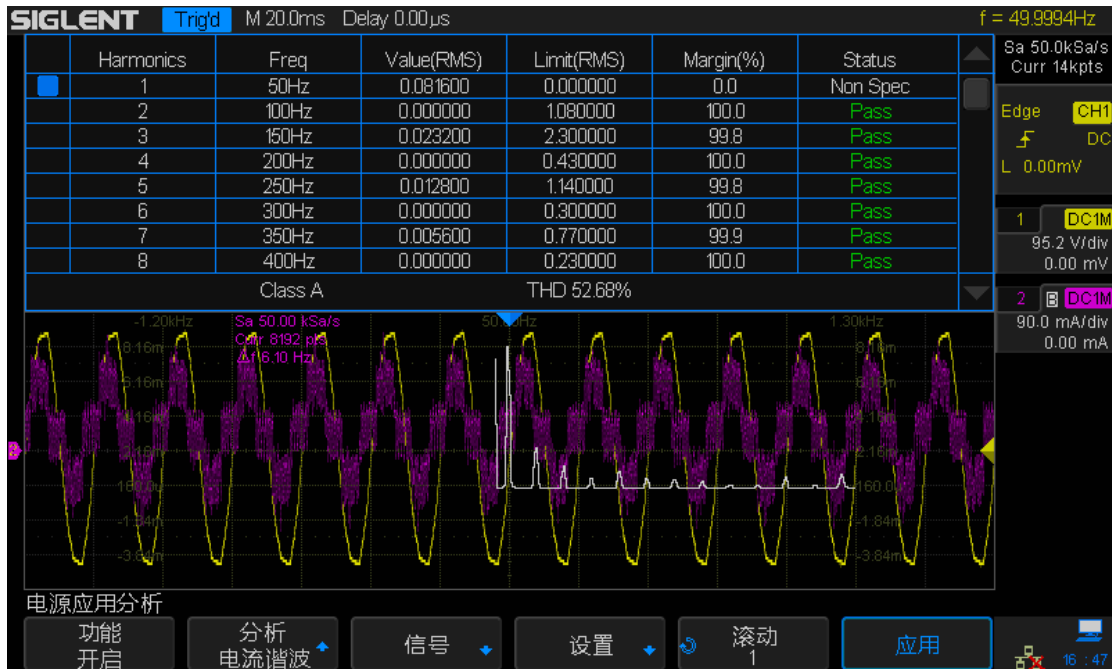


图 137 执行电流谐波分析

电流谐波测试结果：

<p>谐波 实际值 限值 余量 状态</p>	<p>对于前 40 个谐波，将显示下列值：  <b>实际值 (RMS)</b>：以谐波单位参数指定的单位显示的测量值。  <b>限值 (RMS)</b>：以选定的电流谐波标准参数指定的限值。  <b>余量</b>：以选定的电流谐波标准参数指定的余量。为 (限值-实际值) / (限值) *100%  <b>状态</b>：Non Spec, Pass, Fail【无中文和英文上显示的差别】；</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non Spec：指示限值为 0，特指不关注此次谐波；</li> <li>• Pass：指示余量大于等于 80%。</li> <li>• Fail：指示余量小于 80%。</li> </ul>
<p>THD (总谐波失真)</p>	$THD = \frac{\sqrt{X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 + \dots + X_n^2}}{X_1} \times 100\%$ <p>其中：                  X<sub>n</sub> = 每个谐波的电压或电流。                  X<sub>1</sub> = 基波电压或电流值</p>

## 突入电流

突入电流分析可测量初次开启电源时电流的峰值突入电流。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后旋转万能旋钮选择“突入电流”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 将电流探头连接到 AC 输入端的火线，箭头方向指向电流流动方向。
  - b. 将电压和电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下电压和电流软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。



图 138 突入电流信号菜单

4. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电流衰减系数。
5. 按下 **预期** 软键，旋转万能旋钮指定预期的突入电流的幅度。这将设置通道探测电流的垂直档位。
6. 返回电源应用分析菜单。
7. 在电源应用分析菜单中，按下 **应用** 软键，然后按照屏幕上的说明操作。
  - a. 关闭电源，然后按下应用菜单的 **下一步** 软键。
  - b. 开启电源，然后按下应用菜单的 **下一步** 软键。
8. 分析完成后，屏幕下方将显示峰值电流测量值。
  - **峰值电流：** 峰值电流可以是一个正值，也可以是一个负值，因此结果是测量得到的最大值或最小值中的较大的一个。可在表示电流波形的一个源输入端上进行峰值电流测量。

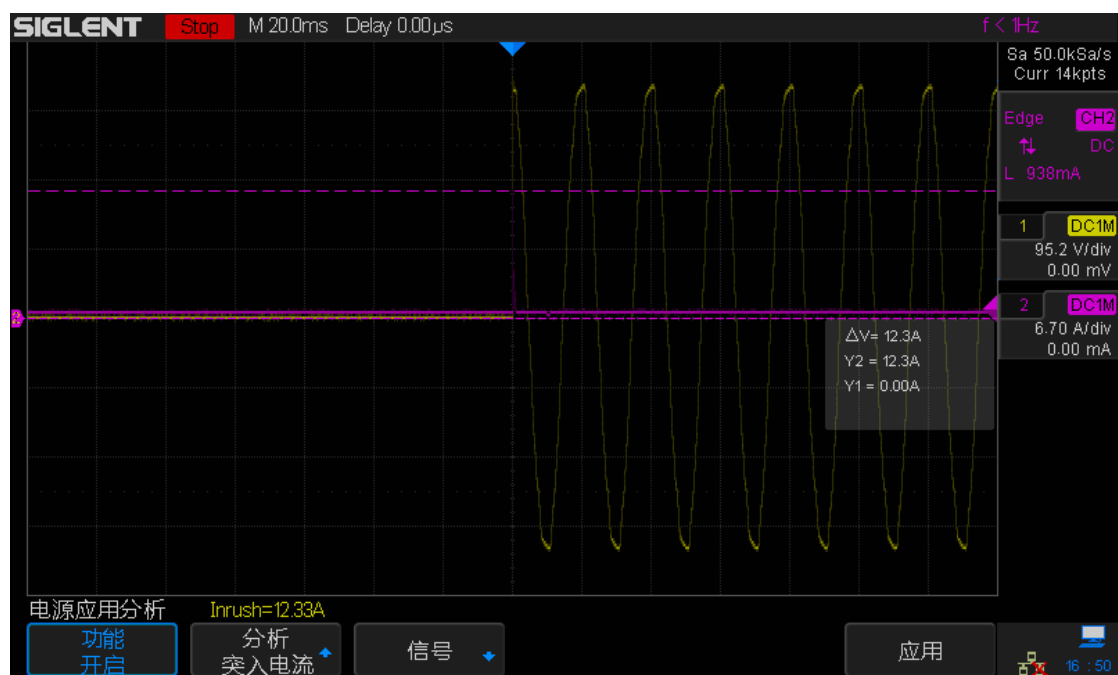


图 139 执行突入电流分析

## 开关损耗

开关损耗分析可计算开关在开关设备中的开关周期内耗散的功率。典型的功率损耗包括：

- 在  $V_{ds}$  和  $I_d$  开关期间发生的开关损耗。
- 发生在开关设备（MOSFET）为“开”时的导通损耗。

开关损耗也用于量化传输到电源设备散热器的功率损耗。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 菜单，连续按下 **分析** 软键或按下分析软键后旋转万能旋钮选择“开关损耗”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在电压探头上选择适当的衰减。
  - b. 将电压探头 D+ 连接到 MOSFET 的源极或三极管的射极。
  - c. 将电压探头 D- 连接到 MOSFET 的漏极或三极管的集电极。
  - d. 将电流探头连接到 MOSFET 的漏极或三极管的集电极，箭头方向指向电流流动方向。
  - e. 将电压和电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下 **电压** 和 **电流** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。

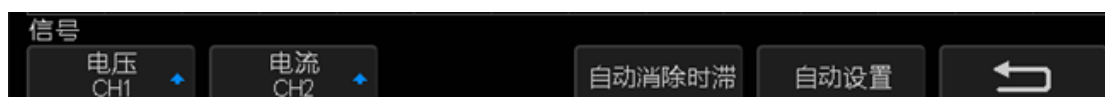


图 140 开关损耗信号菜单

4. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
5. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
6. 返回电源应用分析菜单。
7. 在电源应用分析菜单中，按下 **设置** 软键，进入设置菜单。



图 141 开关损耗设置菜单

8. 按下电压参考软键，然后旋转万能旋钮选择所需的值。
  - 电压参考：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。

9. 按下电流参考软键，然后旋转万能旋钮选择所需的值。
  - 电流参考：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。
10. 按下 **导通** 软键，然后旋转万能旋钮或者连续按下 **导通** 软键选择计算的方法。
  - 电压波形---- 功率波形使用原始数据，计算公式为： $P=V \times I$
  - $R_{ds(on)}$  ---- 功率波形包括误差校正：  
 在开启区域（其中电压低于电压参考），功率计算公式为： $P=I_d^2 \times R_{ds(on)}$ ，使用 **Rds(on)** 软键指定  $R_{ds(on)}$  的值；  
 在关闭区域（其中电流低于电流参考），计算公式为： $P=0 \text{ watt}$ 。
  - $V_{ce(sat)}$  ---- 功率波形包括误差校正：  
 在开启区域（其中电压低于电压参考），功率计算公式为： $P=V_{ce(sat)} \times I_c$ ，使用 **Vce(sat)** 软键指定  $V_{ce(sat)}$  的值。  
 在关闭区域（其中电流低于电流参考），计算公式为： $P=0 \text{ watt}$ 。
11. 返回电源应用分析菜单。
12. 在电源应用分析菜单中，按下 **应用** 软键。屏幕将显示电压、电流及功率波形（电压和电流的波形数学乘积）。屏幕还将显示功率损耗和能量损耗的测量值。（下图是一个 LLC 拓扑结构的电路测试结果）

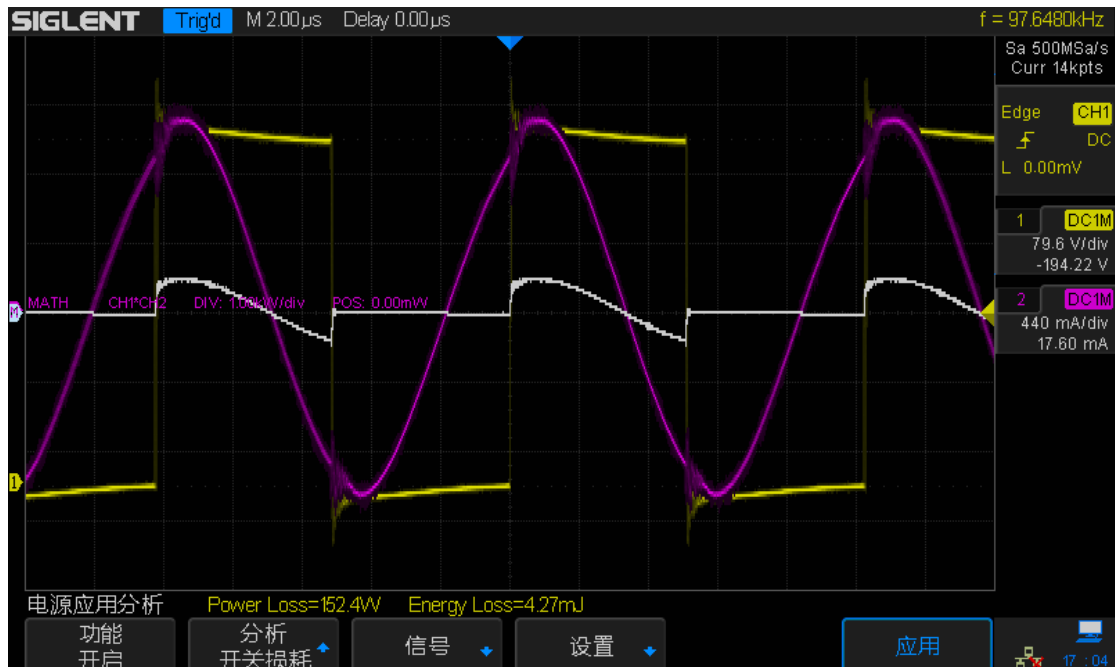


图 142 执行开关损耗分析

- 功率损耗： $P_n = V_{dsn} \times I_{dn}$ ，其中  $n$  是每个采样。  
 可在表示功率的一个源输入端进行功率损耗测量。他通常是电压和电流波形的数学乘积。

- 能量损耗:  $E_n = \sum (V_{ds_n} * I_{d_n}) * \text{时间}$ , 其中  $n$  是每个采样。  
可在表示功率的一个源输入端上进行能量损耗测量。它通常是电压和电流波形成的数学乘积波形。

## 转换速度

转换速度分析可测量开关期间电压或电流的变化速度。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 菜单，连续按下 **分析** 软键或按下分析软键后旋转万能旋钮选择“转换速度”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在电压探头上选择适当的衰减。
  - b. 将电压探头 D+ 连接到 MOSFET 的源极。
  - c. 将电压探头 D- 连接到 MOSFET 的漏极。
  - d. 将电流探头连接到 MOSFET 的漏极，箭头方向指向电流流动方向。
  - e. 将电压和电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下 **电压** 和 **电流** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。



图 143 转换速度信号菜单

4. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
5. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
6. 返回电源应用分析菜单。
7. 在电源应用主菜单，按下 **信源** 软键选择电压或电流作为转换速度分析的源。



图 144 电源应用分析菜单

8. 在电源应用主菜单，按下 **应用** 软键，将对所选信源执行转换速度分析。屏幕下方将会显示转换速度的最大值和最小值。
  - 电压转换速度： $dV/dt = [y(n) - y(n-1)] / [x(n) - x(n-1)]$ ，测量电源设备（MOSFET）的  $V_{ds}$  的转换速度。
  - 电流转换速度： $dI/dt = [y(n) - y(n-1)] / [x(n) - x(n-1)]$ ，测量电源设备（MOSFET）的  $I_d$  的转换速度。



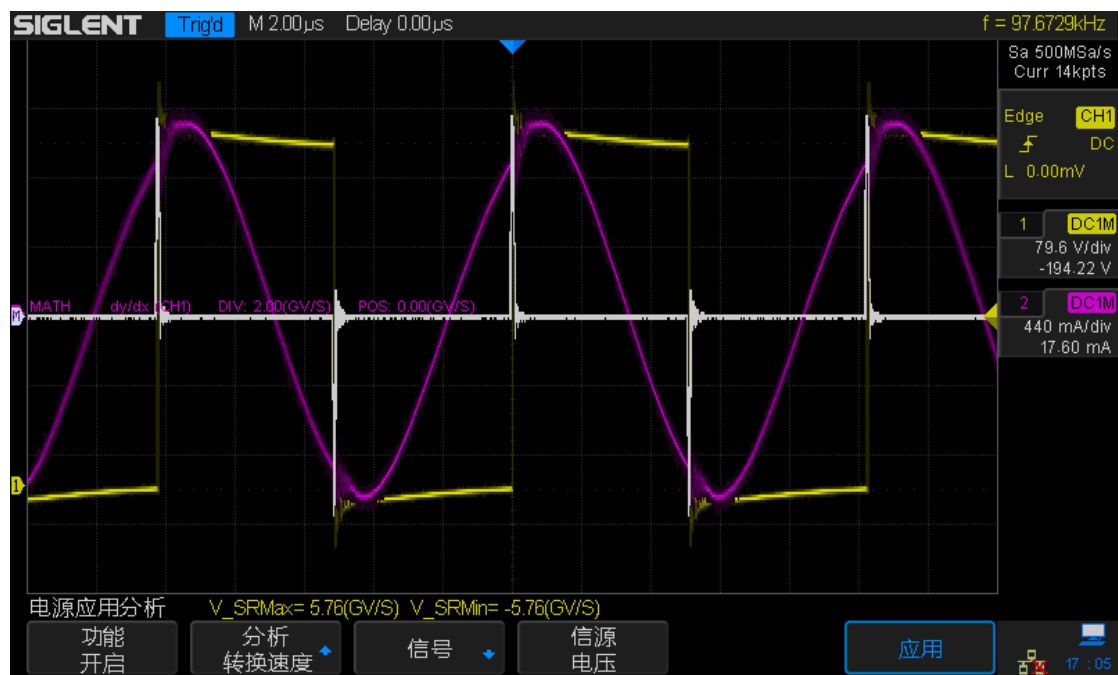


图 145 执行转换速度分析

## 调制

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。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 菜单，连续按下 **分析** 软键或按下分析软键后旋转万能旋钮选择“调制”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在电压探头上选择适当的衰减。
  - b. 将电压探头 D+ 连接到 MOSFET 的栅极。
  - c. 将电压探头 D- 连接到 MOSFET 的源极。
  - d. 将电流探头连接到 MOSFET 的漏极，箭头方向指向电流流动方向。
  - e. 将电压和电流探头连接到示波器输入端。
3. 按下 **电压** 和 **电流** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。

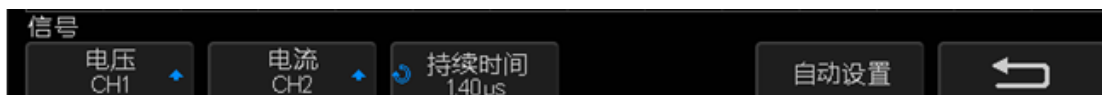


图 146 调制信号菜单

4. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
5. 按下 **持续时间** 软键，然后旋转万能旋钮指定需要捕获信号的时间。这将设置示波器的时基档位。
6. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
7. 返回电源应用分析菜单。
8. 在电源应用主菜单，按下 **信源** 软键选择电压或电流作为调制分析的源。



图 147 电源应用分析

9. 按下 **类型** 软键，旋转万能旋钮选择需要测量的类型，然后按下 **应用** 软键，屏幕下方将会显示选定和应用的调制分析参数的实时测量值。最多同时显示 4 组测量值。
  - 测量类型包括平均值、AC 有效值、周期、频率、正脉冲宽度、负脉冲宽度、占空比、上升时间、下降时间。

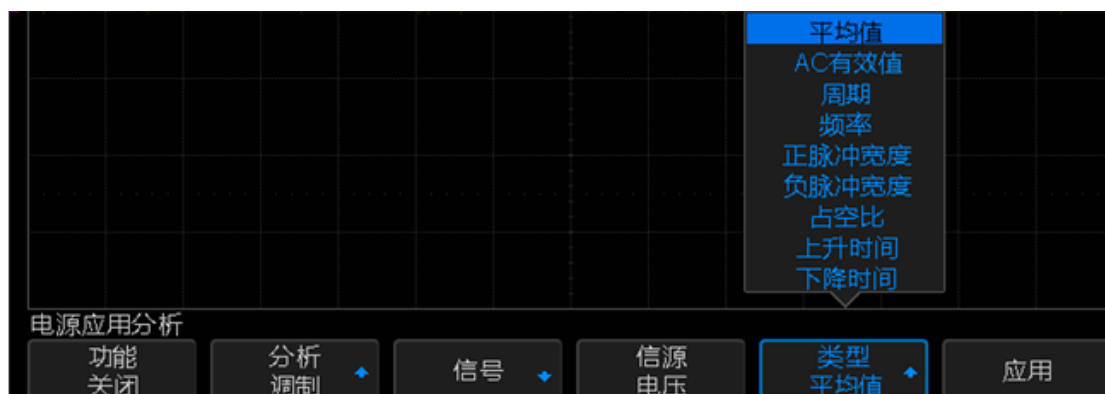


图 148 调制分析测量类型



图 149 执行调制分析

## 输出波纹

输出波纹可测量电源输出的波纹噪声。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 菜单，连续按下 **分析** 软键或按下分析软键后旋转万能旋钮选择“调制”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 将电压探头（无源或差分）连接到电源的 DC 输出端。
  - b. 将电压探头连接到示波器输入通道。
3. 按下电压软键，确保选择正确的模拟通道。



图 150 输出波纹信号菜单

4. 确保在示波器中设置电压探头的衰减因数。
5. 按下 **持续时间** 软键，然后旋转万能旋钮选择测量的时间比例。
6. 返回电源应用分析菜单。
7. 按下 **应用** 软键，执行输出波纹分析，屏幕下方将显示输出波形的实时测量值。
  - 输出波纹= $V_{Max} - V_{Min}$ ，可在表示一个输出电压波形的源上进行输出波纹测量。

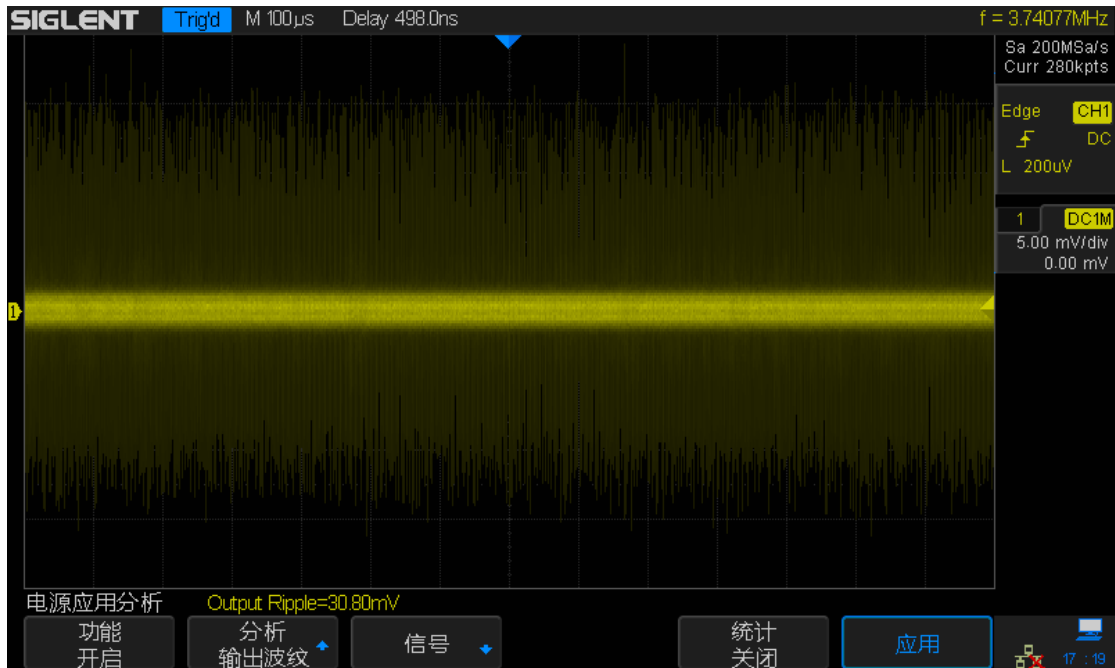


图 151 执行输出波纹分析

## 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的 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的 10%所耗用的时间。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后，旋转万能旋钮选择“开启/关闭”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在输入电压探头上选择适当的衰减。
  - b. 将输入电压探头的 D+ 连接到 AC 输入端的火线。
  - c. 将输入电压探头的 D- 连接到 AC 输入端的零线。
  - d. 将输出电压探头（无源或差分）连接到电源的 DC 输出端。
  - e. 将电压探头连接到示波器输入通道。
3. 按下 **信号** 软键，进入信号设置菜单。



图 152 开启/关闭信号菜单

4. 分别按下 **输入电压** 和 **输出电压** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。
5. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
6. 按下 **持续时间** 软键，旋转万能旋钮以选择测量的时间比例。
7. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直
8. 按下 **最大输出电压** 软键，然后旋转万能旋钮以制定最大输入电压。
  - 输入最大（峰-峰）源电压幅度。可使用源电压在“开启时间”测试中触发示波器。
  - 该值用于调整探测示波器输入电压的通道的垂直定标。
9. 按下 **稳定输出电压** 软键，然后旋转万能旋钮以指定预期的电源稳定状态输出 DC 电压。
  - 该值用于调整探测示波器输出电压的通道的垂直定标。
10. 返回电源应用分析菜单。
11. 在电源应用分析菜单中，按下 **测试** 软键，选择是执行开启分析还是关闭分析。
  - 开启：测试在施加输入电压后，电源达到输出电压 90%所需的时间。
  - 关闭：测试在移除输入电压后，电源输出电压降至其 10%所需时间。



图 153 电源应用分析菜单

12. 在电源应用分析菜单中，按下 **应用** 软键，执行电源开启/关闭分析，屏幕下方将显示开启/关闭时间。

- 开启时间 =  $t_2 - t_1$ ，其中：
  - $t_1$  = AC 输入电压上升至其最大幅度（起始时间）的 10% 以下的时间。
  - $t_2$  = DC 输出电压上升至其最大幅度（结束时间）的 90% 的时间。
- 关闭时间 =  $t_2 - t_1$ ，其中：
  - $t_1$  = AC 输入电压下降至其正峰值（或负峰值，以先发生的为准）（起始时间）的 10% 以下的时间。
  - $t_2$  = DC 输出电压下降至其最大幅度（结束时间）的 10% 的时间。

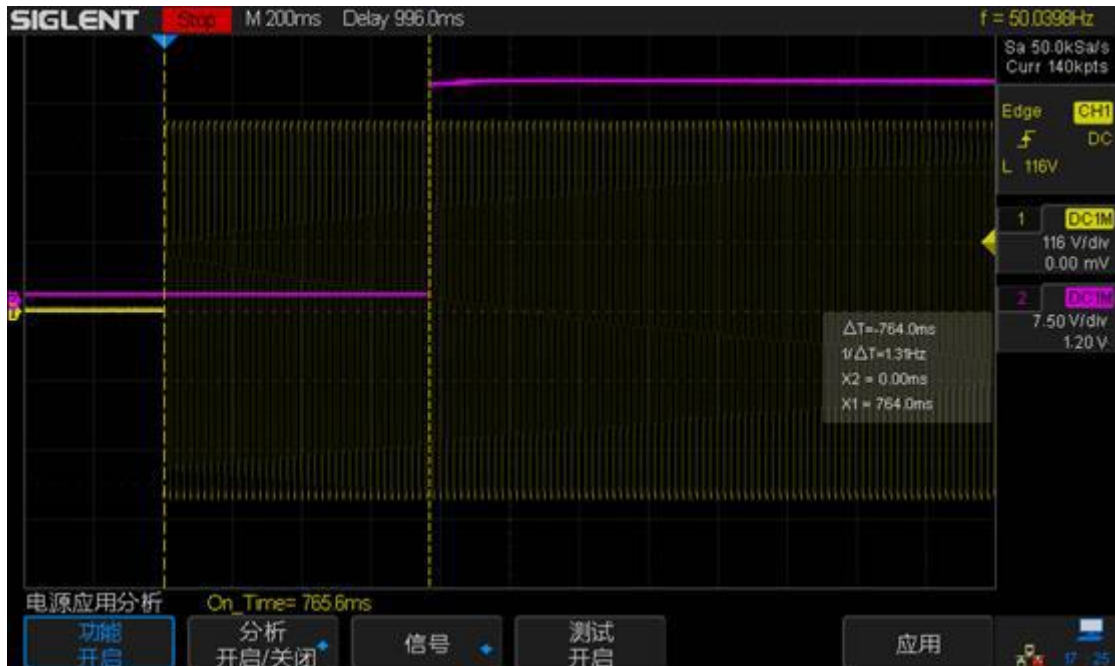


图 154 执行开启关闭分析

## 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。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后，旋转万能旋钮选择“**瞬变响应**”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 将电压探头（无源或差分）连接到电源的 DC 输出端。
  - b. 将电压探头连接到示波器的输入通道。
  - c. 将电流探头连接到电源的输出负载。  
负载电流的变化将用于触发示波器，以捕获瞬变信号。
  - d. 将电流探头连接到示波器的输入通道。
3. 按下 **信号** 软键，进入信号设置菜单。



图 155 瞬变响应信号菜单

4. 分别按下 **输入电压** 和 **输出电压** 软键，旋转万能旋钮选择正确的模拟通道。
5. 根据实际情况，在对应的通道菜单中设置电压和电流衰减系数。
6. 按下 **持续时间** 软键，旋转万能旋钮以选择测量的时间比例。
7. 按下 **过冲** 软键，旋转万能旋钮以指定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定标。
8. 按下 **稳定输出电压** 软键，然后旋转万能旋钮以指定预期的电源稳定状态输出的 DC 电压。
  - 该值用于调整探测示波器输入电压的通道的垂直定标。
9. 按下 **稳定输出电压** 软键，然后旋转万能旋钮以指定预期的电源稳定状态输出 DC 电压。
  - 该值与过冲百分比结合使用，以指定瞬变响应的稳定带以及调整示波器的垂直定标。
10. 返回电源应用分析菜单。
11. 在电源应用分析菜单中，按下 **设置** 软键，进入设置菜单。



图 156 瞬变响应设置菜单

12. 按下 **初始电流** 软键，然后旋转万能旋钮设置初始电流的值。

- 初始电流：输入初始负载电流值。初始负载电流将用作参考并触发示波器。
13. 按下 **新电流** 软键，然后旋转万能旋钮设置新电流的值。
    - 新电流：输入新负载电流值。新负载电流将用作参考并触发示波器。
  14. 返回电源应用分析菜单。
  15. 在电源应用分析菜单中，按下 **应用** 软键，执行瞬变响应分析。屏幕下方将显示瞬变测量值。

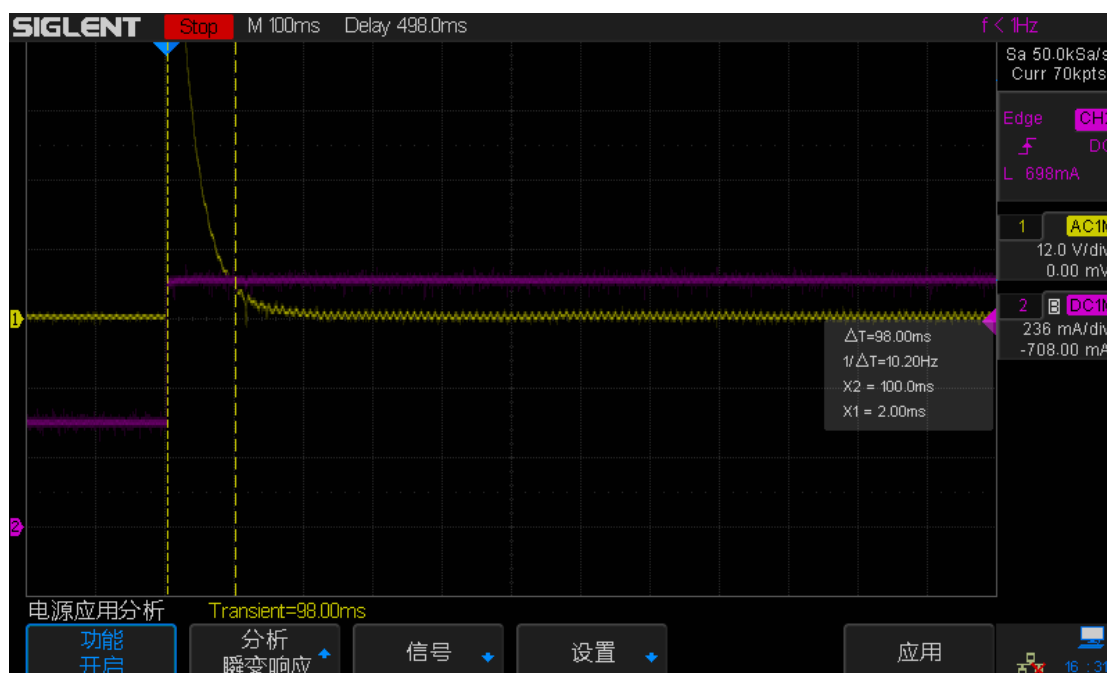


图 157 执行瞬变响应分析



## 效率

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（仅 4 通道机型支持）。

1. 选定电源应用分析菜单中的 **分析** 软键，连续按下 **分析** 软键或按下 **分析** 软键后，旋转万能旋钮选择“效率”，然后按下万能旋钮确认选项。
2. 将探头连接到被测设备以及示波器。
  - a. 在探头上选择适当的衰减率。
  - b. 将输入电压探头的 D+ 连接到 AC 输入端的火线。
  - c. 将输入电压探头的 D- 连接到 AC 输入端的零线。
  - d. 将输入电流探头连接到 AC 的输入路径，箭头方向指向电流流动方向。
  - e. 将输出电压探头的 D+ 连接到负载的输入路径。
  - f. 将输出电压探头的 D- 连接到负载的返回路径。
  - g. 将输出电流探头连接到负载的输入路径，箭头方向指向电流流动方向。
  - h. 将电压和电流探头连接到到示波器的输入通道。
3. 按下 **信号** 软键，进入信号设置菜单。



图 158 效率信号菜单

4. 分别按下 **输入电压**、**输入电流**、**输出电压**、**输出电流** 软键，然后旋万能旋钮选择正确的模拟通道。
5. 按下 **持续时间** 软键，然后旋转万能旋钮指定要捕获信号的时间。这将设置示波器的时间定标。
6. 按下 **自动设置** 软键，示波器将会自动设置电压和电流通道的垂直电压档位、垂直偏移和水平电压等。
7. 返回电源应用分析菜单。
8. 在电源应用分析菜单下，按下 **应用** 软键。执行效率分析。屏幕下方将显示输入功率、输出功率、效率的实时测量值。

- 输入功率：输入有效功率。
- 输出功率：输出电压与输出电流的乘积。
- 效率：输出功率与输入功率的比值。

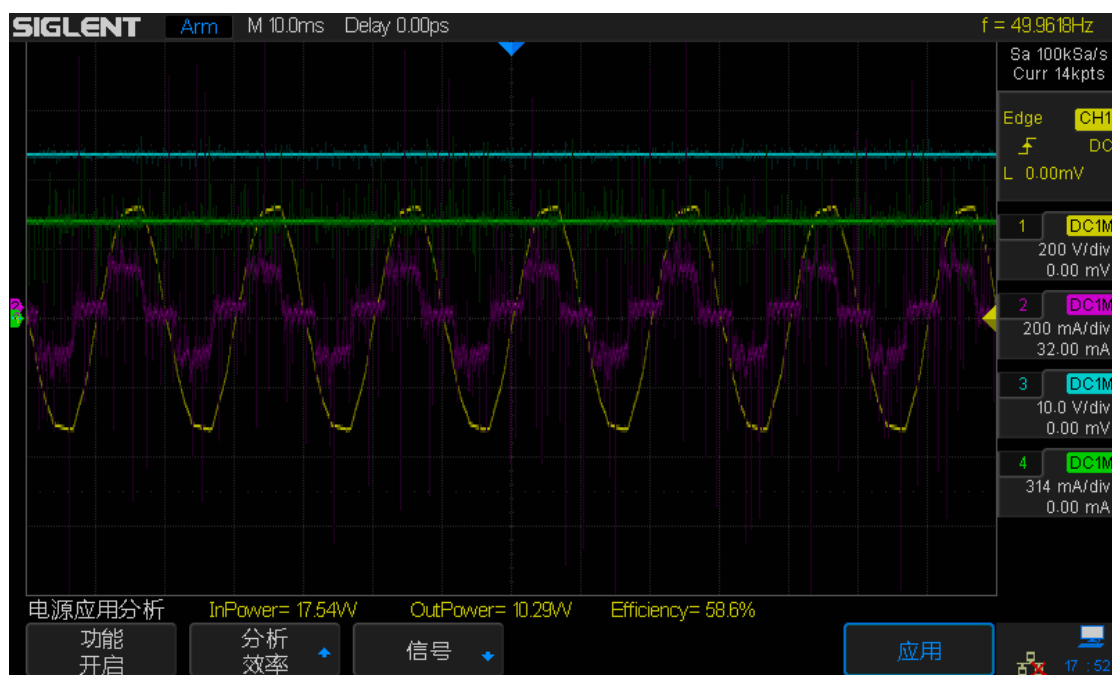


图 159 执行效率分析

# 历史波形

当您开始使用示波器时，示波器将自动采集并存储数据，最大可采集 80000 帧。打开 **History mode** 可以观察之前存储的波形，并对其进行测量分析。您也可以通过对设置时间间隔和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。

每个记录都以时间戳作为索引，历史波形功能可以记录 **STOP** 之前一段时间内的输入波形。在运行状态，示波器一直循环地记录输入波形，当采满最大帧后，会覆盖前面记录的波形，以保持记录最近一段时间内的波形，**STOP** 后可对之前记录的波形进行扩展、移动、测量等操作。

历史波形功能仅在 YT 格式下可用。

回放历史波形，执行以下操作：

1. 按下 **History** 键，进入历史波形功能菜单。
  - 运行状态下开启历史波形显示，示波器将进入 **Stop** 状态。
  - **Stop** 状态下开启历史波形显示，示波器将保持 **Stop** 状态和波形。
  - 开启历史波形显示后按下 **History** 或 **Run/Stop** 键，示波器将关闭历史波形显示。

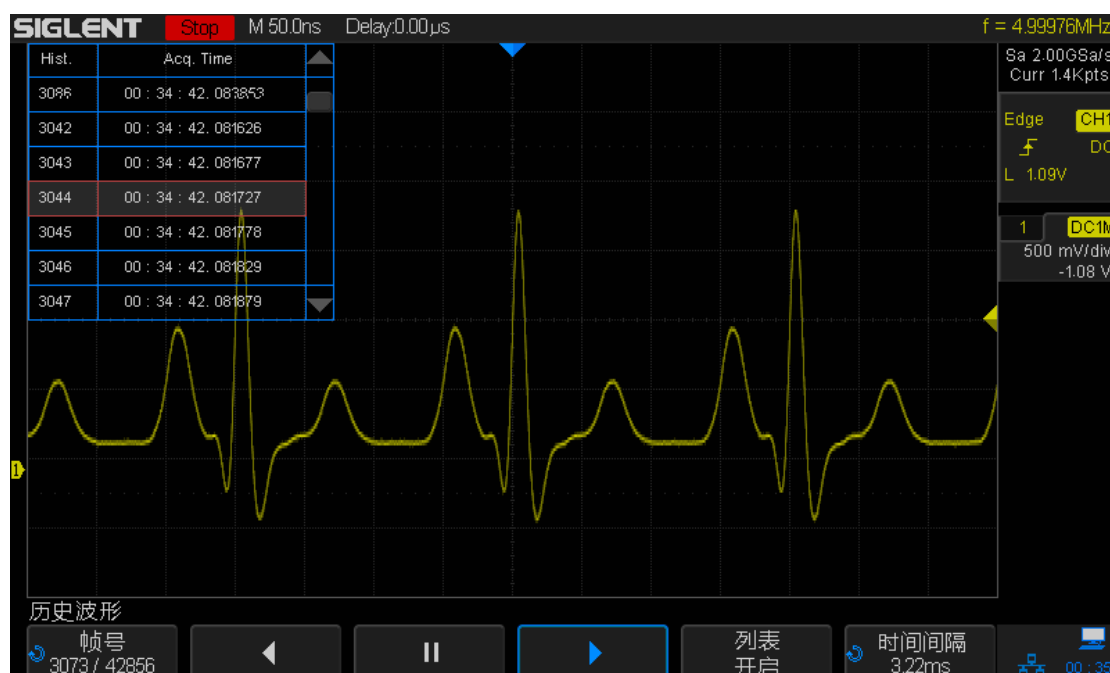





图 160 历史波形功能菜单

2. 按下 **列表** 选择“开启”或“关闭”列表显示。列表记录了每帧波形采集的时间，当列表开启时，显示在屏幕的左上角。
3. 在历史波形菜单下，按下 **帧号**，旋转多功能旋钮选择当前希望显示的波形。
  - 最大波形帧数由当前的屏幕采样点数和采样率共同决定。
  - 当按下 **Run/Stop** 键或开启历史波形显示时，若存储器没有存满，则不能获取到最大帧数的波形。
4. 按下  软键：从当前帧向前回放直到第一帧波形。
5. 按下  软键：停止回放。
6. 按下  软键：从当前帧向后回放直到最后一帧波形。


# 信号发生器(选件)

SDS2000X 支持内置任意波形发生器选件功能。在测试示波器电路时，使用信号发生器可以容易地提供输入信号。

内置任意波形发生器可输出正弦波、方波、锯齿波、脉冲、直流、噪声、心电图波、高斯脉冲、指数上升和指数下降共 10 种基本信号，同时可通过 EasyWave 软件编辑加载输出任意波形。

本章内容如下：

- ◆ 选择波形类型和参数设置
- ◆ 输出任意波形
- ◆ 选择输出负载
- ◆ 恢复信号发生器默认值
- ◆ 信号发生器自校准

 **警告** 不得在信号发生器输出端子上灌入其它信号，否则可能造成对仪器的永久性损坏。

## 选择波形类型和参数设置

1. 按下前面板 **WaveGen** 打开“内置波形发生器”菜单并启用该功能。同时，该按键灯被点亮（呈黄色）。示波器开启后，该功能默认为关闭状态，按键灯不亮。

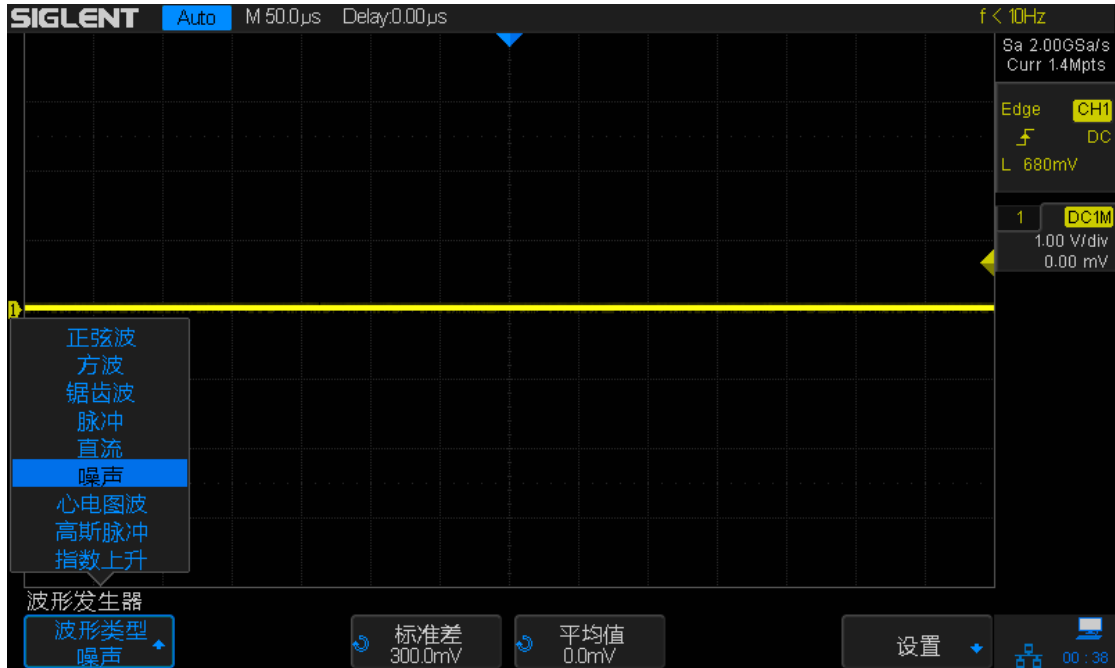


图 161 内置信号源界面

2. 按下 **波形类型** 软键，旋转多功能旋钮选择波形类型。
3. 根据所选波形类型，可使用其余软键和多功能旋钮设置对应波形的相关特性。下表显示所有波形类型及其对应特性。

波形类型	特性	频率范围	幅度范围 (高阻) ①	偏移范围 (高阻) ①
正弦波	使用 <b>频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调</b> 和 <b>偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调</b> 软键设置正弦波信号参数。	1uHz~25MHz	4mV~6V	± 3.0V
方波	使用 <b>频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调</b> 和 <b>偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调、占空比 (20%~80%)</b> 软键设置方波信号参数。	1uHz~10MHz	4mV~6V	± 3.0V

锯齿波	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调、对称性 (0%~100%) 软键设置锯齿波信号参数。	1uHz~300KHz	4mV~6V	± 3.0V
脉冲	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调、脉宽/ 脉宽微调 软键设置脉冲波信号参数。 最小脉宽为。	1uHz~10MHz	4mV~6V	± 3.0V
直流	使用 偏移 软键设置 DC 电平			± 3.0V
噪声	使用 标准差/ 平均值 软键设置噪声信号参数。			
心电图波	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调 软键设置心电图波信号参数。	1uHz~5MHz	4mV~6V	± 3.0V
高斯脉冲	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调 软键设置高斯脉冲信号参数。	1uHz~5MHz	4mV~6V	± 3.0V
指数上升	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调 软键设置指数上升信号参数。	1uHz~5MHz	4mV~6V	± 3.0V
指数下降	使用 频率/ 频率微调/ 周期/ 周期微调、幅度/ 幅度微调/ 高电平/ 高电平微调 和 偏移/ 偏移微调/ 低电平/ 低电平微调 软键设置指数下降信号参数。	1uHz~5MHz	4mV~6V	± 3.0V
输出负载为 50Ω 时，这些值都将减半				

按下信号发生器菜单“设置”软键可打开一个用于设置波形特性的弹出菜单。例如，可以选择输入幅度和高电平值，也可以选择输入偏移和低电平值。

若要调节某一特性值，可按下该特性对应软键，然后旋转多功能旋钮调节参数值。

## 输出任意波形

1. 在前面板运行控制区中按下的 **WaveGen** 键打开信号源输出和信号源功能菜单。
2. 用一根 USB 线缆将 SDS2000X 连接到已安装好 EasyWave 软件的电脑上。
3. 双击 EasyWave 图标运行该软件。
4. 选择一个波形文件或者绘制一个任意波，点击界面下方的“发送波形”选项，然后就会弹出如下图所示的对话框：

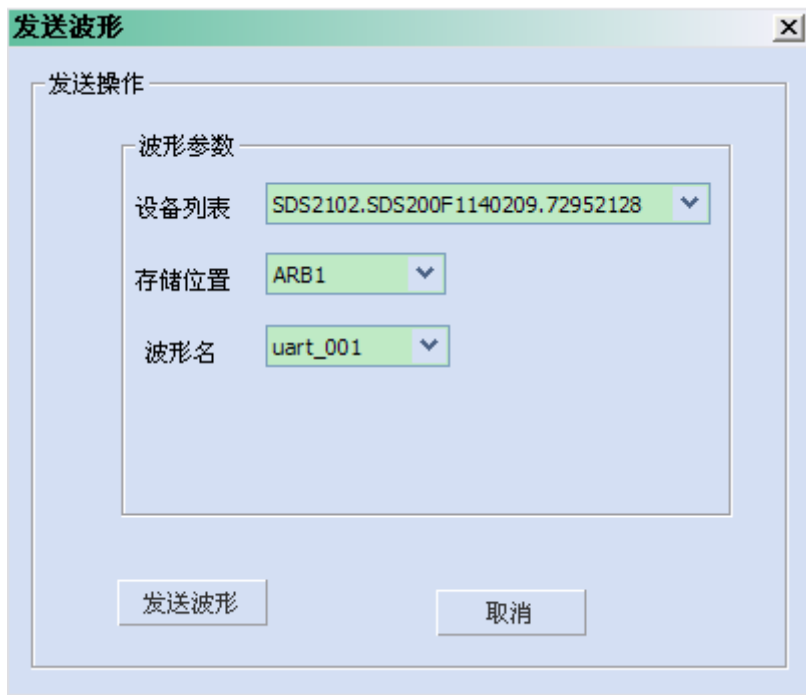


图 162 发送波形对话框

5. 点击存储位置区域，选择存储任意波形的的位置。SDS2000X 可同时存储 4 组任意波形。
6. 点击“发送”选项，示波器会弹出“正在处理数据”的提示信息。
7. 几秒钟后，示波器会弹出“保存成功”的提示信息，示波器也会打开任意波形发生器功能菜单



图 163 任意波形发生器功能菜单

8. 如果需要删除任意波形，按下 **删除** 软件。
9. 按下 **设置软键** 打开 AWG 设置功能菜单。
10. 按下 **输出** 设置软键，设置输出阻抗为“高阻”或“50Ω”。



## 选择输出负载

按 **WaveGen** → **设置** → **输出负载**，使用多功能旋钮选择“50Ω”或“高阻”。



图 164 输出负载设置界面

波形发生器菜单下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，输出显示在屏幕上波形的幅度和偏移电平将不正确。

## 恢复信号发生器默认值

按 **WaveGen** → **设置** → **默认设置**，按下 **默认设置** 软键即可恢复信号发生器出厂设置默认值（正弦波，1 KHz，4 Vpp，0 V 偏移，高阻输出负载）。



图 165 默认设置界面

## 信号发生器自校准

当设备使用环境发生变化后, 执行自校准程序可以根据当前环境变化修正校准数据。

按 **WaveGen** → **设置** → **AWG 自校准**, 按下 **AWG 自校准** 软键可执行 AWG 自校准。



图 166 AWG 自校准界面

# 默认设置

按 **Default** 键，可将示波器恢复为出厂默认状态，具体内容参见下表。

水平设置 (Horizontal)	
时基档位	1 $\mu$ S/div
水平偏移	0 S
分屏缩放	关闭
显示格式	Y-T
垂直设置 (Vertical)	
通道开关	CH1 开启，其它通道关闭
电压档位	1 V/div
垂直偏移	0 V
通道耦合	直流
带宽限制	全带宽
档位调节	粗调
探头系数	1X
输入阻抗	1 M $\Omega$
单位	V
通道反相	关闭
获取设置 (Acquire)	
获取方式	普通
插值方式	Sinx/x
存储深度	28 Mpts
触发设置 (Trigger)	
触发类型	边沿
信源选择	CH1
斜率	上升沿
触发方式	自动

触发耦合	直流
触发释抑	关闭
噪声抑制	关闭
<b>显示设置 (Display)</b>	
显示类型	矢量
色温	关闭
余辉时间	关闭
波形亮度	50%
屏幕网格	
网格亮度	40%
透明度	50%
<b>光标设置 (Cursors)</b>	
光标模式	关闭
光标类型	X
信源	CH1
X1	-3.5 $\mu$ s
X2	3.5 $\mu$ s
<b>存储设置 (Save/Recall)</b>	
存储类型	设置存储
存储位置	内部
设置	NO.1
<b>辅助功能设置 (Utility)</b>	
<b>接口设置</b>	
USB 设备	USBTMC
Aux 输出	触发输出
<b>声音</b>	
声音	开
<b>通过测试</b>	
允许测试	关闭
信源	CH1
操作	关闭
显示信息	关闭
水平调整	0.2 div
垂直调整	0.2 div
失败即停	关闭
<b>系统设置</b>	
快速校正	关

屏幕保护	30 分钟
------	-------

<b>数学运算设置 (Math)</b>	
操作	关闭
<b>加 (+)</b>	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	1.00 V/div
垂直偏移	0V
<b>减 (-)</b>	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	1.00 V/div
垂直偏移	0 V
<b>乘 (*)</b>	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	1.00 V <sup>2</sup> /div
垂直偏移	0 V <sup>2</sup>
<b>除 (/)</b>	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	1.0/div
垂直偏移	0
<b>FFT</b>	
信源	CH1
窗口类型	Hanning
水平放大	1X
垂直刻度	20 dBVrms
显示	分屏
水平档位	5MHz/div

<b>微分 (d/dt)</b>	
信源	CH1
垂直档位	1.00 (MV/s)/div
垂直偏移	0
增量	0.2 div
<b>积分 (∫dt)</b>	
信源	CH1
偏移	0
垂直档位	1.00 μVs/div
垂直偏移	0
<b>平方根 (√)</b>	
信源	CH1
<b>参考波形设置 (REF)</b>	
信源	CH1
存储单元	REF A
显示	关闭
<b>串行解码 (Decode)</b>	
总线	CH1
显示	关闭
解码类型	I2C
列表	关闭
<b>I2C</b>	
地址类型	7 位
SCL	CH1
SDA	CH2
<b>SPI</b>	
CLK	CH1
边沿	上升沿
MISO	CH2
MOSI	CH2
CS	CH1
位数	8 Bits
<b>UART/RS232</b>	

RX	CH1
TX	CH2
波特率	9600
奇偶校验	无
停止位	1
空闲电平	低电平
位数	8 Bits
<b>信号发生器 (Wave Gen)</b>	
功能	关闭
输出方式	触发
输出负载	高阻
<b>正弦波</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
<b>方波</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
占空比	50%
<b>锯齿波</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
对称性	50%
<b>脉冲波</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
脉宽	200 $\mu$ s
<b>直流信号</b>	
偏移	0 V
<b>噪声</b>	

标准差	448 mV
平均值	0 mV
<b>心电图波</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
<b>高斯脉冲</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
<b>指数上升</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc
<b>指数下降</b>	
频率	1 KHz
幅度	4 Vpp
偏移	0 Vdc



# 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** 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，请使用相同尺寸及规格的保险丝。若有疑问，请及时与 **SIGLENT** 联系。
- 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) 检查探头是否正确连接在信号连接线上。
- 2) 检查信号连接线是否正确连接在 **BNC**（通道连接器）上。
- 3) 检查探头是否与待测物正常连接。
- 4) 检查待测物是否有信号产生。
- 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）：

检查通道衰减系数是否与探头实际使用的衰减比例相符。

## 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（一般为 **MHz**）时，很容易出现“假波”，此时应检查当前时基是否为稳定触发的时基。
- 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. 按下  键无任何显示:

检查 **Trigger** 菜单中的触发方式是否为“正常”或“单次”，且触发电平是否超出波形触发范围外。如果是，将触发电平居中或者将触发方式设置为“自动”。

**注意：**使用自动设置按钮 **AUTO** 可以自动完成以上步骤。

6. 波形显示呈阶梯状:

- 1) 水平时基档位可能过低，增大水平时基以提高水平分辨率，可以改善显示。
- 2) 若显示类型为矢量，采样点间以直线连接，可能造成波形阶梯状显示。将显示类型设置为“点”显示方式，即可解决。

7. 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) 确认使用的为 **FLASH** 型 U 盘设备，本仪器不支持硬盘型 U 盘设备。
- 4) 确认使用的 U 盘系统格式为 **FAT32**。
- 5) 重新启动仪器后，再插入 U 盘进行检查。
- 6) 如果仍无法正常使用 U 盘，请与 **SIGLENT** 联系。