

RIGOL

用户手册

MSO4000/DS4000 系列数字示波器

2015 年 03 月

RIGOL Technologies, Inc.

保证和声明

版权

© 2013 北京普源精电科技有限公司版权所有。

商标信息

RIGOL 是北京普源精电科技有限公司的注册商标。

文档编号

UGA15006-1110

软件版本

00.02.02.SP3

软件升级可能更改或增加产品功能，请关注 **RIGOL** 网站获取最新版本手册或联系 **RIGOL** 升级软件。

声明

- 本公司产品受中国及其它国家和地区的专利（包括已取得的和正在申请的专利）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。
- 本手册提供的信息如有变更，恕不另行通知。
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能，以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**RIGOL** 概不负责。
- 未经 **RIGOL** 事先书面许可，不得影印、复制或改编本手册的任何部分。

产品认证

RIGOL 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准及 ISO9001:2008 标准和 ISO14001:2004 标准，并进一步认证本产品符合其它国际标准组织成员的相关标准。

联系我们

如您在使用此产品或本手册的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

电子邮箱：service@rigol.com

网址：www.rigol.com

安全要求

一般安全概要

了解下列安全性预防措施，以避免受伤，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

使用正确的电源线。

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。为避免电击，在连接本产品的任何输入或输出端子之前，请确保本产品电源电缆的接地端子与保护接地端可靠连接。

正确连接探头。

如果使用探头，探头地线与地电势相同，请勿将地线连接至高电压。

查看所有终端额定值。

为避免起火和过大电流的冲击，请查看产品上所有的额定值和标记说明，请在连接产品前查阅产品手册以了解额定值的详细信息。

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。否则操作人员可能有遭受电击的危险。

请勿开盖操作。

请勿在仪器机箱打开时运行本产品。

请勿将异物插入风扇的排风口。

请勿将异物插入风扇的排风口以免损坏仪器。

使用合适的保险丝。

只允许使用本产品指定规格的保险丝。

避免电路外露。

电源接通后，请勿接触外露的接头和元件。

怀疑产品出故障时，请勿进行操作。

如果您怀疑本产品出现故障，请联络**RIGOL**授权的维修人员进行检测。任何维护、调整或零件更换必须由**RIGOL**授权的维修人员执行。

保持适当的通风。

通风不良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。

请勿在潮湿环境下操作。

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。

请勿在易燃易爆的环境下操作。

为避免仪器损坏或人身伤害，请勿在易燃易爆的环境下操作仪器。

请保持产品表面的清洁和干燥。

为避免灰尘或空气中的水分影响仪器性能，请保持产品表面的清洁和干燥。

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。在连接电缆到仪器前，应将其内外导体短暂接地以释放静电。

正确使用电池。

如果仪器提供电池，严禁将电池暴露于高温或火中。要让儿童远离电池。不正确地更换电池可能造成爆炸（警告：锂离子电池）。必须使用 **RIGOL** 指定的电池。

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，请注意搬运安全。

安全术语和符号

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。

产品上的术语。以下术语可能出现在产品上：

DANGER 表示您如果不进行此操作，可能会立即对您造成危害。

WARNING 表示您如果不进行此操作，可能会对您造成潜在的危害。

CAUTION 表示您如果不进行此操作，可能会对本产品或连接到本产品的其他设备造成损坏。

产品上的符号。以下符号可能出现在产品上：



高电压



安全警告



保护性接地端



壳体接地端



测量接地端

测量类别

MSO4000/DS4000 系列数字示波器可在测量类别 I 下进行测量。



警告

本示波器仅允许在指定的测量类别中使用。

测量类别定义

测量类别 I 是指在没有直接连接到主电源的电路上进行测量。例如，对不是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 是指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、便携式工具和类似的设备进行测量。

测量类别 III 是指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和某些其他设备（例如，永久连接到固定装置的固定电机）上进行测量。

测量类别 IV 是指在低压设备的源上进行测量。例如，电表、在主要过电保护设备以及脉冲控制单元上进行测量。

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塞并有自由流动的空气。为保证充分的通风，在工作台或机架中使用示波器时，请确保其两侧、上方、后面应留出至少 10 厘米的间隙。



警告

通风不良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。

工作环境

温度

操作时：0℃至+50℃

非操作时：-40℃至+70℃

湿度

0℃至+30℃：≤95%相对湿度

+30℃至+40℃：≤75%相对湿度

+40℃至+50℃：≤45%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：3 000 米以下

非操作时：15 000 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 是指信号电平，其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 是指本地配电电平，其适用于连接到市电（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 2：一般只发生干燥的非传导性污染。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。

污染度 4：通过传导性的尘埃、雨水或雪产生的永久的传导性污染。

例如：户外场所。

安全级别

1 级 – 接地产品

保养与清洁

保养

请勿将仪器放置在长时间受到日照的地方。

清洁

请根据使用情况经常对仪器进行清洁。方法如下：

1. 断开电源。
2. 用潮湿但不滴水的软布（可使用柔和的清洁剂或清水）擦拭仪器外部的浮尘。清洁带有液晶显示屏的仪器时，请注意不要划伤 LCD 显示屏。



注意

请勿使任何腐蚀性的液体沾到仪器上，以免损坏仪器。



警告

重新通电之前，请确认仪器已经干透，避免因水分造成电气短路甚至人身伤害。

环境注意事项

以下符号表明本产品符合 WEEE Directive 2002/96/EC 所制定的要求。



设备回收

本产品中包含的某些物质可能会对环境或人体健康有害，为避免将有害物质释放到环境中或危害人体健康，建议采用适当的方法回收本产品，以确保大部分材料可正确地重复使用或回收。有关处理或回收的信息，请与当地权威机构联系。

MSO4000/DS4000 系列数字示波器简介

MSO4000/DS4000 是一款基于 UltraVision 技术的多功能、高性能的数字示波器。

MSO4000 系列是针对嵌入式设计和测试领域的应用而推出的混合信号示波器，允许您同时使用模拟信号和密切相关的数字信号。它实现了易用性，优异的技术指标及众多功能特性的完美结合，可帮助用户更快地完成工作任务，例如测试测量，远程控制等功能。

主要特色：

- 500 MHz、350 MHz、200 MHz 和100 MHz带宽；部分型号支持带宽升级功能
- 2+16通道或4+16通道MSO4000系列混合信号示波器
- 双通道或4通道DS4000系列数字示波器
- 模拟通道采样率高达4 GSa/s，最高存储深度为140 Mpts（标配）；数字通道采样率高达1 GSa/s，最高存储深度为28 Mpts（每通道）
- 110 000 wfms/s（数字通道关闭）的波形捕获率或85 000 wfms/s（数字通道打开）的波形捕获率（点显示）
- 独创UltraVision技术
- 9.0英寸WVGA（800*480）160 000色TFT LCD，超宽屏、色彩逼真，功耗低，寿命长
- 自动识别探头类型
- 模拟通道波形亮度可调
- 波形显示可以自动设置（**AUTO**）
- 丰富的触发功能，包含多种协议触发，支持数字通道作为触发信源
- 标配并行解码，提供多种串行解码选项，支持模拟通道和数字通道混合作为解码信源
- 29种波形参数自动测量（带统计功能）
- 实时波形录制、波形回放、录制常开和波形分析功能，支持数字通道波形的录制及回放
- 精细的延迟扫描功能
- 内嵌FFT功能
- 内置逻辑分析仪功能（MSO4000系列）
- 通过/失败测试功能
- 多重波形数学运算功能
- 标准接口：双USB HOST、USB DEVICE、LAN和GPIB（可选）
- 支持U盘存储和PictBridge打印机
- 符合LXI-C类仪器标准，能够快速、经济、高效地创建和重新配置测试系统
- 支持远程命令控制
- 嵌入式帮助，方便信息获取
- 支持多国语言，中英文输入

- 提供一键测量，一键存储/打印快捷键
- 方便的数字通道分组和操作功能

文档概述

文档的主要内容:

第 1 章 快速入门	描述仪器使用前的准备工作并对仪器进行初步介绍。
第 2 章 垂直系统设置	介绍示波器的垂直系统功能。
第 3 章 水平系统设置	介绍示波器的水平系统功能。
第 4 章 采样系统设置	介绍示波器的采样系统功能。
第 5 章 触发	介绍示波器的触发方式、触发耦合、触发释抑、外部触发和各种触发类型。
第 6 章 运算与测量	介绍如何进行数学运算、自动测量和光标测量。
第 7 章 逻辑分析仪	介绍如何使用逻辑分析仪功能。
第 8 章 协议解码	介绍如何使用常用协议对输入信号进行解码。
第 9 章 参考波形	介绍如何将输入波形与参考波形进行比较。
第 10 章 通过/失败测试	介绍如何使用通过/失败测试功能监测输入信号。
第 11 章 波形录制	介绍如何录制波形以及回放、分析已录制波形。
第 12 章 显示控制	介绍如何控制示波器的显示。
第 13 章 存储和调用	介绍如何进行内部、外部存储和调用。
第 14 章 系统功能设置	介绍如何进行远程接口、系统相关的功能设置。
第 15 章 远程控制	介绍如何对示波器进行远程控制。
第 16 章 故障处理	介绍示波器常见故障处理。
第 17 章 技术参数	列举示波器的技术指标和一般技术规格。
第 18 章 附录	提供附件和选件等常用信息。

文档格式的约定:

1. 按键

用“按键字符（加粗）+文本框”表示前面板按键。例如：**Utility** 表示“Utility”按键。

2. 菜单软键

用“菜单文字（加粗）+字符底纹”表示菜单软键。例如：**系统** 表示 **Utility** 按键下的“系统”菜单软键。

3. 操作步骤

用箭头“→”表示下一步操作。例如：**Utility** → **系统** 表示按下前面板上的 **Utility** 按键后，再按 **系统** 菜单软键。

4. 旋钮

标识	旋钮	标识	旋钮
水平  SCALE	水平时基旋钮	垂直  SCALE	通道垂直档位旋钮
水平  POSITION	水平位移旋钮	垂直  POSITION	通道垂直位移旋钮
触发  LEVEL	触发电平旋钮	LA 	LA 旋钮

文档内容的约定：

MSO4000/DS4000 系列包含以下型号。如无特殊说明，本手册以 MSO4054 为例说明 MSO4000/DS4000 系列的功能和操作方法。

型号	模拟带宽	模拟通道数	数字通道带宽	数字通道数
MSO4054	500 MHz	4	250 MHz	16
MSO4052	500 MHz	2	250 MHz	16
MSO4034	350 MHz	4	250 MHz	16
MSO4032	350 MHz	2	250 MHz	16
MSO4024	200 MHz	4	250 MHz	16
MSO4022	200 MHz	2	250 MHz	16
MSO4014	100 MHz	4	250 MHz	16
MSO4012	100 MHz	2	250 MHz	16
DS4054	500 MHz	4	——	——
DS4052	500 MHz	2	——	——
DS4034	350 MHz	4	——	——
DS4032	350 MHz	2	——	——
DS4024	200 MHz	4	——	——
DS4022	200 MHz	2	——	——
DS4014	100 MHz	4	——	——
DS4012	100 MHz	2	——	——

本产品用户文档：

本产品的主要用户文档包括快速指南、用户手册、编程手册等。用户可以登录 **RIGOL** 官网 (www.rigol.com) 下载所需文档的最新版本。

目录

保证和声明	I
安全要求	II
一般安全概要	II
安全术语和符号	IV
测量类别	V
通风要求	V
工作环境	VI
保养与清洁	VII
环境注意事项	VIII
MSO4000/DS4000 系列数字示波器简介	IX
文档概述	XI
第 1 章 快速入门	1-1
一般性检查	1-2
外观尺寸	1-3
使用前准备	1-4
拆卸保护壳	1-4
调节支撑脚	1-4
连接电源	1-5
开机检查	1-5
连接探头	1-6
无源探头功能检查与补偿调节	1-10
前面板总览	1-12
后面板总览	1-13
前面板功能概述	1-15
垂直控制	1-15
水平控制	1-16
触发控制	1-17
全部清除	1-17
波形自动显示	1-17
运行控制	1-18
单次触发	1-18
多功能旋钮	1-18

导航旋钮	1-19
默认配置	1-19
打印键.....	1-19
功能按键	1-20
波形录制	1-21
逻辑分析仪	1-21
用户界面	1-22
使用安全锁.....	1-28
使用内置帮助系统	1-29
第 2 章 垂直系统设置	2-1
打开或关闭模拟通道.....	2-2
调整垂直档位	2-3
调整垂直位移	2-4
指定通道耦合	2-4
指定带宽限制	2-5
设置探头.....	2-6
无源探头	2-7
有源探头	2-8
泰克探头	2-10
指定输入阻抗	2-11
打开或关闭波形反相.....	2-11
指定垂直参考	2-12
指定幅度单位	2-12
设置通道标签	2-12
设置延迟校正	2-14
第 3 章 水平系统设置	3-1
调整水平时基	3-2
调整水平位移	3-3
指定时基模式	3-4
Y-T 模式.....	3-4
X-Y 模式.....	3-5
Roll 模式.....	3-8
打开或关闭延迟扫描.....	3-9
指定水平参考	3-10
第 4 章 采样系统设置	4-1
采样方式	4-2

采样率	4-2
LA 采样率	4-4
指定获取方式	4-4
普通	4-4
平均	4-5
峰值检测	4-6
高分辨率	4-6
设置存储深度	4-7
打开或关闭抗混叠	4-8
第 5 章 触发	5-1
触发信源	5-2
触发电平/阈值电平	5-3
触发方式	5-4
触发耦合	5-5
触发释抑	5-6
噪声抑制	5-6
触发输出连接器	5-7
边沿触发	5-8
脉宽触发	5-10
欠幅脉冲触发	5-13
第 N 边沿触发	5-16
斜率触发	5-18
视频触发	5-22
码型触发	5-25
RS232 触发	5-27
I2C 触发	5-30
SPI 触发	5-33
CAN 触发	5-36
FlexRay 触发	5-40
USB 触发	5-42
第 6 章 运算与测量	6-1
进行数学运算	6-2
基本运算	6-3
FFT	6-5
数字滤波	6-8
逻辑运算	6-10

高级运算	6-13
MATH 波形垂直控制	6-17
进行自动测量	6-18
AUTO 后的快速测量	6-19
进行一键测量	6-20
设置门限	6-27
指定测量范围	6-28
移除测量结果	6-29
打开或关闭统计功能	6-29
打开或关闭测量历史	6-30
进行全部测量	6-30
打开或关闭频率计	6-31
进行光标测量	6-32
手动模式	6-33
追踪模式	6-41
自动模式	6-44
X-Y 模式	6-46
第 7 章 逻辑分析仪	7-1
打开或关闭数字通道	7-2
排列数字通道	7-3
自定义排列	7-3
自动排列	7-4
进行分组设置	7-4
指定波形显示大小	7-5
调整阈值电平	7-5
使用数字总线	7-6
设置数字通道标签	7-8
设置数字通道延迟校正	7-9
数字通道波形与标签颜色	7-9
第 8 章 协议解码	8-1
并行解码	8-2
RS232 解码 (选件)	8-6
I2C 解码 (选件)	8-12
SPI 解码 (选件)	8-16
CAN 解码 (选件)	8-21
FlexRay 解码 (选件)	8-25

第 9 章	参考波形	9-1
	打开或关闭参考波形通道	9-2
	选择当前参考波形通道	9-2
	设置参考波形颜色	9-3
	选择参考波形信源通道	9-3
	保存并显示参考波形	9-3
	调节参考波形显示	9-4
	导出参考波形文件	9-4
	导入参考波形文件	9-5
第 10 章	通过/失败测试	10-1
	启用或禁用通过/失败测试功能	10-2
	启动或停止通过/失败测试操作	10-2
	指定信源	10-3
	设置测试规则	10-3
	屏幕区域模式	10-4
	光标区域模式	10-5
	打开或关闭测试结果的显示	10-7
	指定测试失败的输出形式	10-7
	保存测试规则范围	10-8
	调出测试规则范围	10-8
第 11 章	波形录制	11-1
	使用“录制”模式录制波形	11-2
	使用“常开”模式录制波形	11-5
	回放已录制波形	11-6
	手动回放	11-6
	自动回放	11-7
	分析已录制波形	11-10
	设置模板（轨迹模式）	11-15
	创建通过/失败测试规则（通过测试模式）	11-16
第 12 章	显示控制	12-1
	指定显示类型	12-2
	设置余辉时间	12-2
	设置波形亮度	12-4
	指定屏幕网格类型	12-4
	设置网格亮度	12-4
	设置菜单保持时间	12-4

第 13 章	存储和调用	13-1
存储系统		13-2
存储类型		13-3
进行内部存储和调用		13-4
进行外部存储和调用		13-6
磁盘管理		13-9
指定文件类型		13-10
新建一个文件或文件夹		13-10
删除一个文件或文件夹		13-16
重命名一个文件或文件夹		13-16
清除本地存储器		13-17
恢复出厂值		13-18
第 14 章	系统功能设置	14-1
远程接口配置		14-2
配置 LAN 接口		14-2
配置 USB 接口		14-7
设置 GPIB 地址		14-7
系统相关		14-8
声音		14-8
语言		14-8
系统信息		14-8
断电调用		14-8
系统时间		14-9
自检信息		14-10
屏幕保护		14-10
错误信息		14-10
自校正		14-11
打印设置		14-11
电源状态		14-13
外触发阻抗		14-14
Aux 输出		14-14
参考时钟		14-15
选件管理		14-16
第 15 章	远程控制	15-1
通过 USB 控制		15-2
通过 LAN 控制		15-5

通过 GPIB 控制	15-7
第 16 章 故障处理	16-1
第 17 章 技术参数	17-1
第 18 章 附录	18-1
附录 A: 附件和选件	18-1
附录 B: 保修概要	18-3
索引	1

第1章 快速入门

本章介绍首次使用示波器时的注意事项，示波器的前后面板和用户界面以及内置帮助系统的使用方法。

本章内容如下：

- 一般性检查
- 外观尺寸
- 使用前准备
- 前面板总览
- 后面板总览
- 前面板功能概述
- 用户界面
- 使用安全锁
- 使用内置帮助系统

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或防震材料，直到货物经过完全检查且仪器通过电性和机械测试。

因运输造成仪器损坏，由发货方和承运方联系赔偿事宜。**RIGOL**公司恕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 **RIGOL** 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**RIGOL**经销商。

外观尺寸

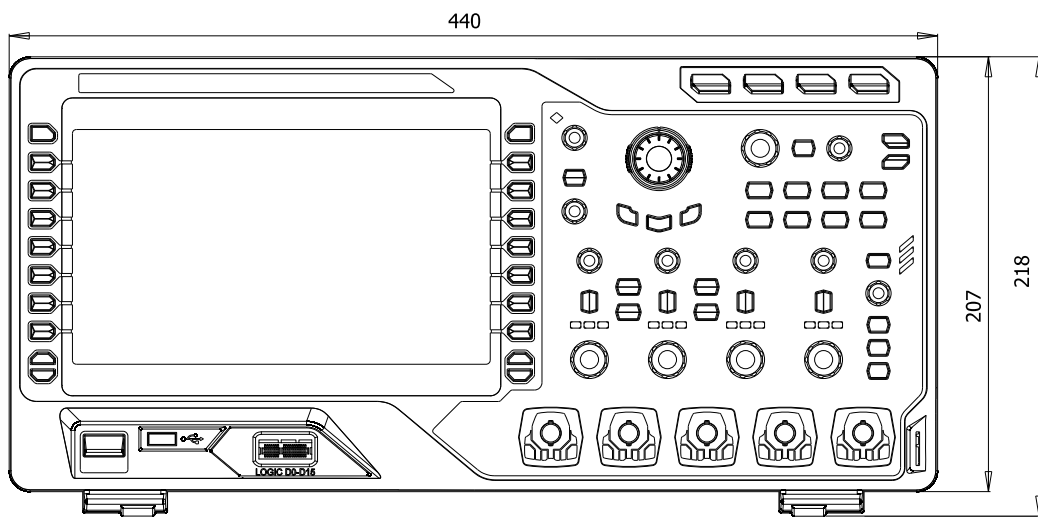


图 1-1 正视图

单位: mm

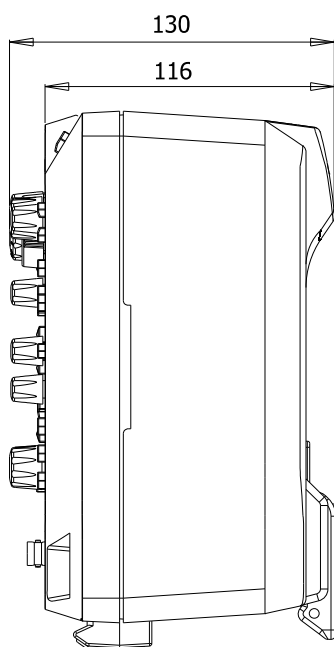


图 1-2 侧视图

单位: mm

使用前准备

拆卸保护壳

使用示波器之前，请先拆除前面板保护壳。双手拉住前面板保护壳两边的横向卡钩，适当向外用力即可将保护壳卸下。

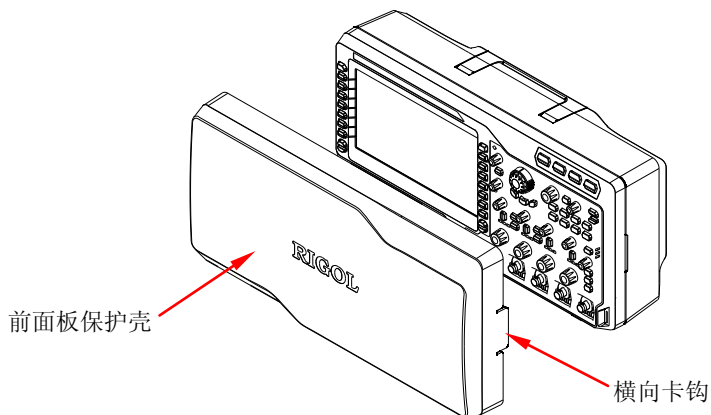


图 1-3 拆卸保护壳

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。按下图中箭头所指的方向打开或关闭支撑脚。

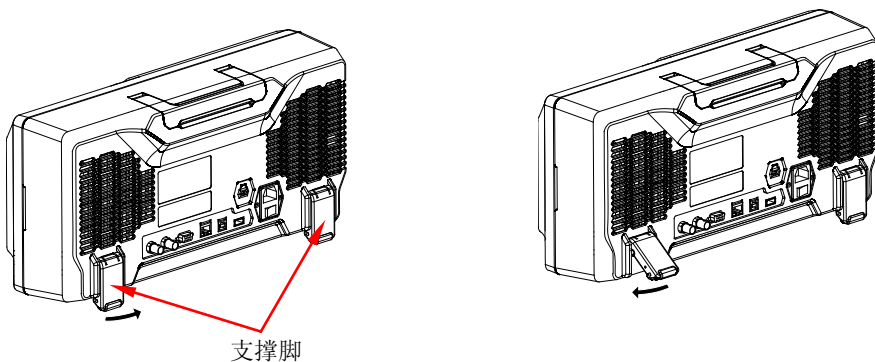



图 1-4 调节支撑脚

连接电源

本示波器支持两种规格的交流电源输入：100-127 V，45-440 Hz 和 100-240 V，45-65 Hz。请使用附件提供的电源线通过电源插孔将示波器连接至 AC 电源，如下图所示。打开电源开关后，示波器处于通电状态，前面板左下方的电源键  呈呼吸状态。

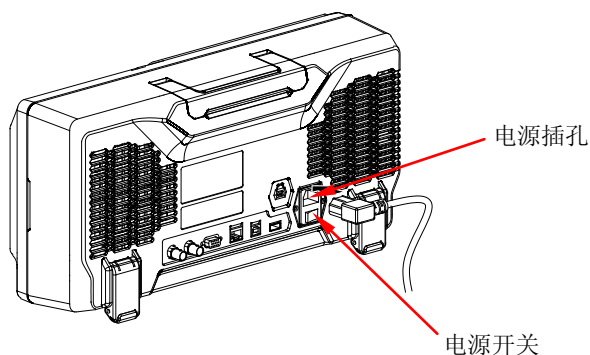



图 1-5 连接电源

开机检查

当示波器处于通电状态时，按前面板左下方的电源键  即可启动示波器。开机过程中，示波器执行一系列自检，您可以听到继电器切换的声音。自检结束后，出现开机画面。如果您的仪器当前安装了试用版本的选件，屏幕将弹出“当前选件”对话框，您可以查看当前已安装选件的选件名称、选件版本和剩余时间。仪器出厂时，我们将为用户提供选件的试用版本，剩余时间约为 2000 分钟。自检结果可以通过 **Utility** → **系统** → **自检信息** 查看。

连接探头

RIGOL 为 DS4000 提供无源探头和有源探头，为 MSO4000 提供无源探头、有源探头和逻辑探头。有关探头的详细信息请参考相应的探头用户手册。下表为本示波器推荐使用的探头。

型号	描述
RP3500A	500 MHz，无源探头，标配，自动识别
RP7150	1.5 GHz，有源探头，选配，自动识别
RPL2316	逻辑探头，标配（仅MSO4000系列）

此外，MSO4000/DS4000系列示波器还支持使用泰克（Tektronix）公司的 TekProbe-BNC 2级探头（需配合**RIGOL**提供的T2R1000接口适配器，选件）。

连接无源探头

1. 将探头的 BNC 端连接至示波器前面板的模拟通道输入端或外部触发输入连接器（请参考“前面板总览”）。

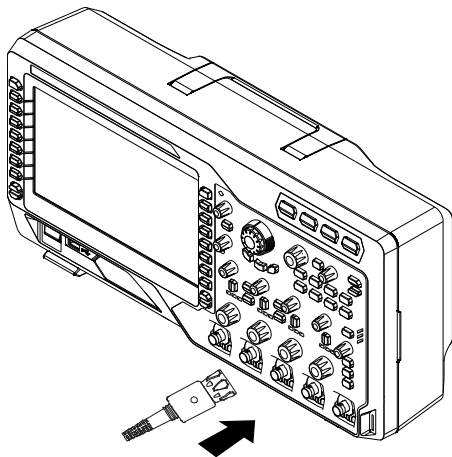


图 1-6 连接无源探头

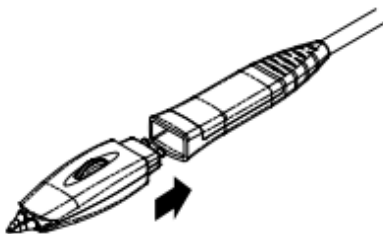
2. 将探头接地鳄鱼夹或接地弹簧连接至电路接地端，将探针连接至待测电路测试点。

连接无源探头后，您需要在测量前进行探头功能检查和探头补偿调节，具体步骤请参考“无源探头功能检查与补偿调节”。

连接有源探头

以 RP7150（使用差分探头前端）为例：

1. 将探头前端与有源探头放大器连接。



2. 将有源探头放大器的另一端连接至示波器前面板的模拟通道输入端或外部触发输入连接器（请参考“前面板总览”）。注意将探头推到紧闭的位置。

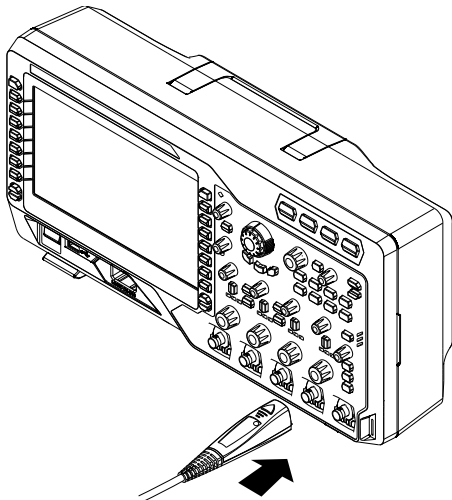


图 1-7 连接有源探头

3. 使用探头辅助装置将探头前端连接到待测电路中。

连接有源探头后，您可以根据需要进行探头校准和偏移电压调整，具体步骤请参考“有源探头”。

连接逻辑探头

1. 将逻辑探头单线端按正确的方向连接至 MSO4000 系列数字示波器前面板的 [LOGIC D0-D15] 数字通道输入端。
2. 将逻辑探头另一端连接至待测信号端。为适应不同的应用场合，RPL2316 提供了三种连接被测信号的方法，具体请参考《RPL2316 逻辑探头用户手册》。

注意：将逻辑探头连接至被测设备前须将附件提供的逻辑探头适配器与其对应的通道组连接。

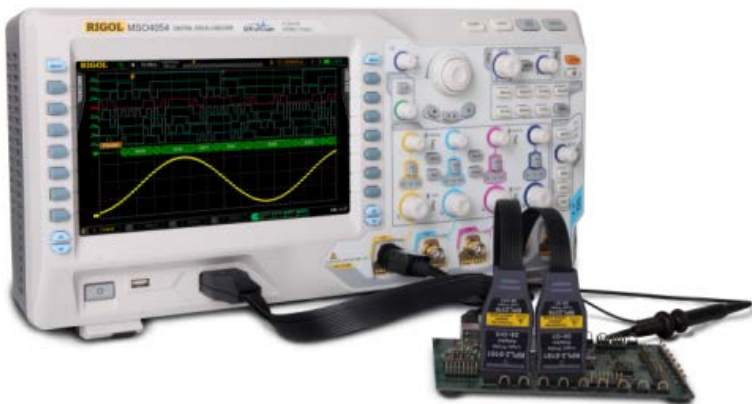


图 1-8 连接逻辑探头

连接泰克探头

1. 将泰克探头正确插入 T2R1000 适配器的一端。
2. 将 T2R1000 接口适配器的另一端正确插入 MSO4000/DS4000 系列示波器前面板的模拟通道输入端或外部触发输入连接器（请参考“[前面板总览](#)”）。



3. 将泰克探头的接地端连接至电路接地端，将泰克探头的探针连接至待测电路测试点。

对于指定型号的泰克探头，连接探头后，您可以根据需要进行探头校准和偏移电压调整，具体步骤请参考“[泰克探头](#)”。

无源探头功能检查与补偿调节

连接无源探头后，您需要在测量前进行探头功能检查和探头补偿调节。

功能检查

使用无源探头进行测量前，您需要按照如下步骤进行探头功能检查。

1. 按 **Default** → **确定** 将示波器恢复为出厂设置。
2. 将探头接地鳄鱼夹连接至图 1-9 所示的“接地端”。
3. 使用探头连接示波器的 CH1 输入端与图 1-9 所示的“探头补偿信号输出端”。

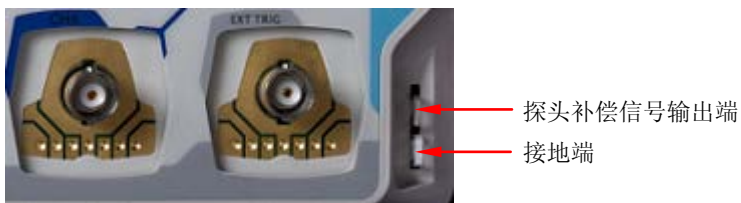


图 1-9 使用补偿信号

4. 按 **AUTO** 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的方波；否则，请执行下一节“探头补偿”。

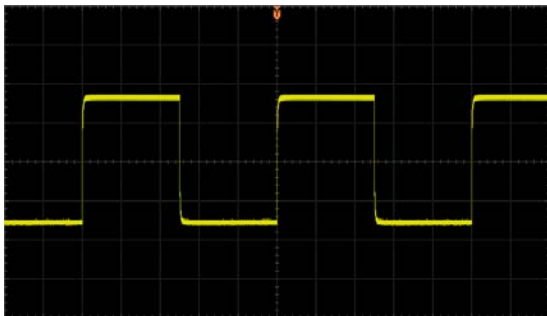


图 1-10 探头补偿信号（方波）

6. 使用同样方法检查其他模拟通道。

**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。

提示

探头补偿信号仅作探头补偿调整之用，不可用于校准。

探头补偿

首次使用探头时或检查到探头补偿信号与图 1-10 所示信号不符（参考“**功能检查**”）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误差或错误。

探头补偿操作步骤如下：

1. 执行上一节“**功能检查**”中的步骤 1 至 4。
2. 检查示波器显示屏上显示的波形，并与下图所示的波形形状对比。

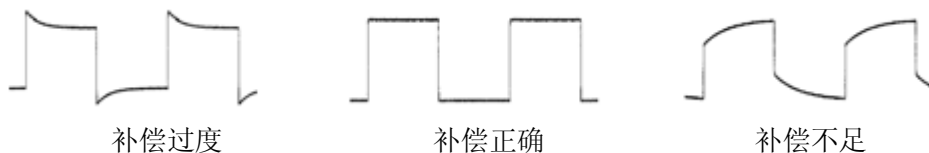


图 1-11 探头补偿

3. 用非金属质地的改锥调整探头上的低频补偿调节孔，直至显示的波形如上图“**补偿正确**”所示。

前面板总览

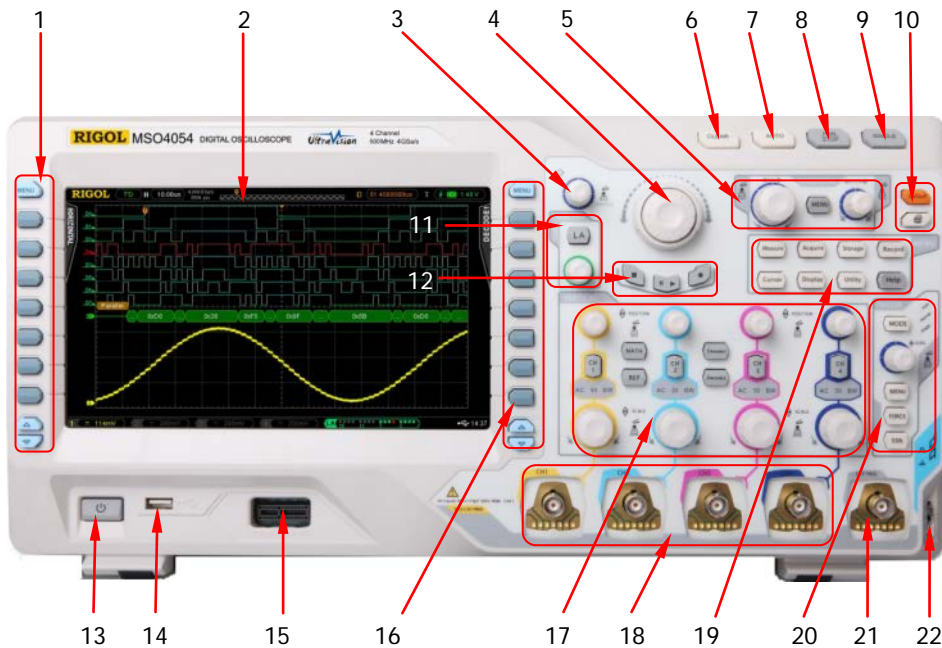


图 1-12 前面板总览

表 1-1 前面板说明

编号	说明	编号	说明
1	29 种参数测量菜单软键	12	波形录制按键
2	LCD	13	电源键
3	多功能旋钮	14	USB HOST 接口
4	导航旋钮	15	数字通道输入端 ^[1]
5	水平控制区	16	功能设置菜单软键
6	全部清除键	17	垂直控制区
7	波形自动显示	18	模拟通道输入端
8	运行控制键	19	功能按键
9	单次触发控制键	20	触发控制区
10	默认配置键和打印键	21	外触发输入端
11	逻辑分析仪控制区 ^[1]	22	探头补偿信号输出端和接地端

注^[1]: 仅适用于 MSO4000 型号的混合信号示波器。

后面板总览

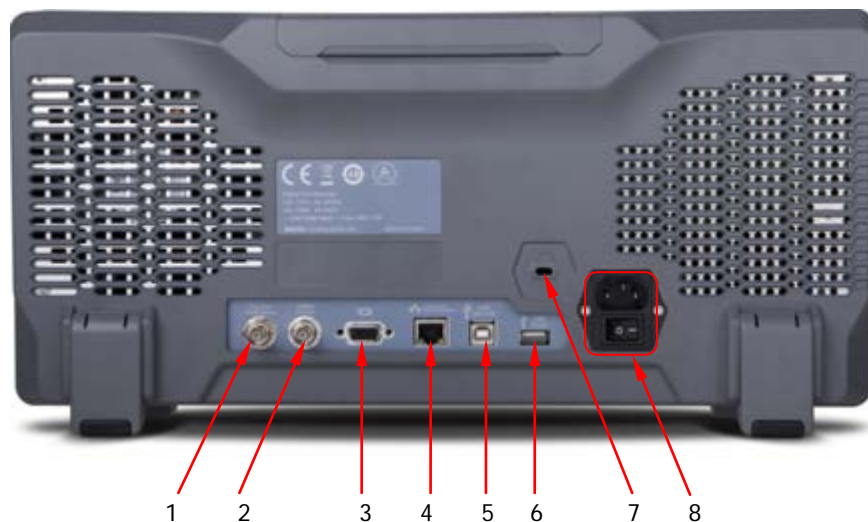


图 1-13 后面板总览

1. 触发输出/自校正

该连接器可输出多种信号（按 **Utility** → **Aux 输出** 选择所需的输出类型）：

- 1) **触发输出**：示波器每产生一次触发时，从该连接器输出一个可反映示波器当前捕获率的信号。将该信号连接至波形显示设备，测量该信号的频率，测量结果与当前捕获率相同。
- 2) **快沿**：从该连接器输出一个上升时间为 500 ps 的快沿信号，该信号可用于示波器的自校正。
- 3) **GND**：从该连接器输出一个接地电平。
- 4) **通过失败**：在通过/失败测试中，当示波器测试到失败的波形时，从该连接器输出一个 TTL 高电平直至本帧波形结束，从下一帧波形开始比较时输出低电平。将该信号转接到其他控制系统中可方便查看测试结果。

2. 参考时钟

使用参考时钟可以为示波器提供更准确的采样时钟信号，还可用于同步两台或多台示波器的时钟。

3. 视频输出

通过该接口将示波器与外部显示器相连，可以观察到更清晰的波形显示。此时，示波器的显示屏仍然有效。

4. LAN

通过该接口将示波器连接到局域网中，对示波器进行远程控制。本示波器符合 LXI-C 类仪器标准，可快速搭建测试系统。

5. USB DEVICE

通过该接口可连接 PictBridge 打印机以执行打印操作，也可连接 PC 以远程控制示波器。

6. USB HOST

将 U 盘插入该接口后，可以执行外部存储和调用。您还可以使用 **RIGOL** 提供的 USB-GPIB 接口模块（选配）通过该接口扩展出 GPIB 接口以实现 GPIB 通信。

注意：示波器前面板也提供 1 个 USB HOST 接口。

7. 锁孔

可以使用安全锁（需用户自行购买）通过该锁孔将示波器锁定在固定位置。

8. AC 电源插孔与电源开关


AC 电源输入端。本示波器支持两种规格的交流电源输入：100-127 V, 45-440 Hz 和 100-240 V, 45-65 Hz。电源连接方法请参考“**连接电源**”。


前面板功能概述


垂直控制

MSO4000/DS4000 为各个模拟输入通道提供单独的垂直控制系统。



- **CH1**、**CH2**、**CH3**、**CH4**: 模拟输入通道开关。
 4 个通道分别用不同的颜色标识，并且屏幕中的波形和通道输入连接器的颜色也与之对应。按下任一按键可打开相应通道及通道菜单，再次按下该键可关闭。
- **垂直**  **POSITION**: 通道垂直位移旋钮。
 旋转该旋钮修改相应通道的垂直位移。修改过程中，相应通道的波形上下移动，同时在屏幕左下方弹出实时的垂直位移信息（如下图所示）。按下该旋钮可快速复位垂直位移（归零）。

POS: 930.0mV
- **垂直**  **SCALE**: 通道垂直档位旋钮。
 旋转该旋钮修改相应通道的垂直档位。修改过程中，相应通道的波形被垂直扩展或压缩（实际幅度保持不变），同时屏幕下方的垂直档位信息（如下图所示）实时变化。按下该旋钮可快速切换垂直档位调节方式为“粗调”或“微调”。

1  970mV
- **MATH**: 按下该键打开数学运算功能菜单。可执行加、减、乘、除、FFT、数字滤波、逻辑运算和高级运算。

- **REF**: 按下该键打开参考波形功能。可将实测波形与参考波形进行比较。
- **Decode1**、**Decode2**: 按下任一按键打开相应的解码功能菜单。
MSO4000/DS4000 支持并行解码和多种协议解码（具体请参考“协议解码”一章的说明）。


水平控制



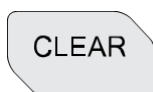
- **MENU**: 按下该键打开水平控制菜单。可打开或关闭延迟扫描、切换水平时基模式和水平时基调节方式，以及修改水平参考设置。
- **水平 SCALE**: 水平时基旋钮。
旋转该旋钮修改水平时基。修改过程中，显示的波形被水平扩展或压缩，同时屏幕左上方的水平时基信息（如下图所示）实时变化。按下该旋钮可快速打开或关闭延迟扫描。
H < 200.0us
延迟扫描打开时，旋转该旋钮可修改延迟扫描时基。修改过程中，延迟扫描波形被水平扩展或压缩，同时屏幕中间的延迟扫描时基信息（如下图所示）实时变化。
Zoom 100.0us
- **水平 POSITION**: 水平位移旋钮。
旋转该旋钮修改水平位移（即触发位移）。修改过程中，触发位置和显示的波形均左右移动，同时屏幕右上方的水平位移信息（如下图所示）实时变化。按下该旋钮可快速复位水平位移（归零）。
D < 452.000000us
延迟扫描打开时，旋转该旋钮可修改延迟扫描水平位移。修改过程中，延迟扫描触发点和波形左右移动，同时屏幕右上方的延迟扫描水平位移信息（如上图所示）实时变化。

触发控制



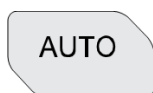
- **MODE**: 按下该键切换触发方式为“Auto”、“Normal”或“Single”，当前触发方式对应的状态背灯变亮。
- **触发 LEVEL**: 触发电平旋钮。
旋转该旋钮修改触发电平。修改过程中，触发电平线上下移动，同时在屏幕左下方弹出实时的触发电平信息（如下图所示）。按下该旋钮可快速复位触发电平（归零）。

- **MENU**: 按下该键打开触发操作菜单。本示波器提供丰富的触发类型。
- **FORCE**: 在 **Normal** 和 **Single** 触发方式下，按下该键将强制产生一个触发信号。
- **50%**: 按下该键将触发电平设置为触发信号幅值的垂直中点。

全部清除



按下该键清除屏幕上所有的波形。如果示波器处于“运行”状态，则继续显示新波形。

波形自动显示



按下该键启用波形自动设置功能。示波器将根据输入信号自动调整垂直档位、水平时基以及触发方式等，使波形显示达到最佳状态。此外，还提供快速参数测量功能，具体请参考“**AUTO 后的快速测量**”一节。

注意：波形自动设置功能要求正弦波的频率不小于 20 Hz。如果不满足此参数条件，波形自动设置功能可能无效。

运行控制



按下该键将示波器的运行状态设置为“运行”或“停止”。“运行”状态下，该键黄色背灯点亮。“停止”状态下，该键红色背灯点亮。

单次触发



按下该键将示波器的触发方式设置为“Single”。单次触发方式下，示波器将在符合触发条件时进行一次触发，然后停止。等待触发时（该键橙色背灯点亮），按 **FORCE** 键将立即产生一个触发信号。

多功能旋钮



该旋钮可用于选择参数项、调整参数大小等。

- 菜单操作时，该旋钮可用于打开子菜单或选择所需的参数选项。对于含有多个参数选项的菜单项，按下相应的菜单软键后，旋转该旋钮选中指定的参数项（有时需要按下该旋钮才可选中）。该旋钮还可以用于修改参数、输入文件名等。
- 非菜单操作时（菜单隐藏），旋转该旋钮可调整波形显示的亮度。亮度可调节范围为 0%至 100%。顺时针旋转增大波形亮度，逆时针旋转减小波形亮度。按下该旋钮将可快速将波形亮度恢复至 50%。按 **Display** → **波形亮度**，同样可通过该旋钮调节波形亮度。

导航旋钮



对于某些可设置范围较大的数值参数，该旋钮提供了快速调节/定位的功能。顺时针旋转增大数值，逆时针旋转减小数值；内层旋钮可微调，外层旋钮可粗调（外层旋钮旋转的幅度越大，数值变化的速度越快）。

例如：在回放已录制波形时，使用该旋钮可以快速定位欲回放的波形帧（**当前帧** 菜单）。类似的参数还有：触发释抑、脉宽设置、斜率时间等。

默认配置



按下该键后，按 **确定** 软键，示波器将恢复为出厂设置（请参考表 13-2）。

打印键



按下该键执行打印功能或将屏幕显示内容以图片文件保存到 U 盘中。若当前已连接 PictBridge 打印机，并且打印机处于闲置状态，按下该键将执行打印功能。若当前未连接打印机，但连接 U 盘，按下该键将屏幕内容以指定图片格式（按 **Storage** → **存储类型** 选择“图像存储”后，按 **图片格式** 选择“bmp”、“png”、“jpeg”或“tiff”，默认为“png”）保存到 U 盘中。同时连接 PictBridge 打印机和 U 盘时，PictBridge 打印机优先级较高。

功能按键



- **Measure**: 按下该键进入测量设置菜单。可设置信源、全部测量、统计功能、测量设置等。
- **Acquire**: 按下该键进入采样设置菜单。可设置示波器的获取方式、存储深度和抗混叠功能。
- **Storage**: 按下该键进入文件存储和调用界面。同时支持内、外部存储和磁盘管理。
- **Cursor**: 按下该键进入光标测量菜单。示波器提供手动、追踪、自动测量和 X-Y 四种光标模式。
注意: 仅当水平时基模式为 X-Y 时, X-Y 光标模式可选。
- **Display**: 按下该键进入显示设置菜单。可设置波形显示类型、余辉时间、波形亮度、屏幕网格、网格亮度和菜单保持时间。
- **Utility**: 按下该键进入系统辅助功能设置菜单。可设置系统相关功能和参数, 例如接口、声音和语言等。此外, 还支持一些高级功能, 例如通过/失败测试和打印设置等。
- **Record**: 按下该键进入波形录制菜单。可选择所需的录制模式并设置相关的参数。
- **Help**: 按下该键打开帮助界面。详情请参考“使用内置帮助系统”。

波形录制




停止 回放/暂停 录制

- **录制**：按下该键开始波形录制，同时该键红色背灯开始闪烁。此外，录制常开模式打开时，该键红色背灯也持续闪烁，直至用户按下 **RUN/STOP** 键停止波形录制。
- **停止**：按下该键停止正在进行的波形录制或回放，同时该键橙色背灯点亮。此外，波形录制或回放完成时，该键橙色背灯也点亮。
- **回放/暂停**：在波形录制停止状态下或在波形回放停止或暂停状态下，按下该键开始回放波形，同时该键黄色背灯开始闪烁；再次按下该键暂停回放，同时该键黄色背灯点亮。

逻辑分析仪



- **LA**：按下该键打开逻辑分析仪设置菜单。您可以打开或关闭数字通道/通道组、指定数字通道波形的显示大小、修改数字通道的逻辑阈值、对数字通道进行分组以及将数字通道显示为总线，您还可以为每一个数字通道设置标签。
- **LA** ：使用该旋钮可以重新排列数字通道。连续按下该旋钮可以按照数字通道编号（从小至大）的顺序依次切换当前已打开的数字通道为当前选中通道（突出显示为红色）。然后，旋转该旋钮将当前选中数字通道移至所需位置；再次按下该旋钮，固定该数字通道位置的同时选中下一数字通道。

注意：逻辑分析仪仅适用于 MSO4000 型号的示波器。

用户界面

MSO4000/DS4000 系列示波器的用户界面如图 1-14 和表 1-2 所示。

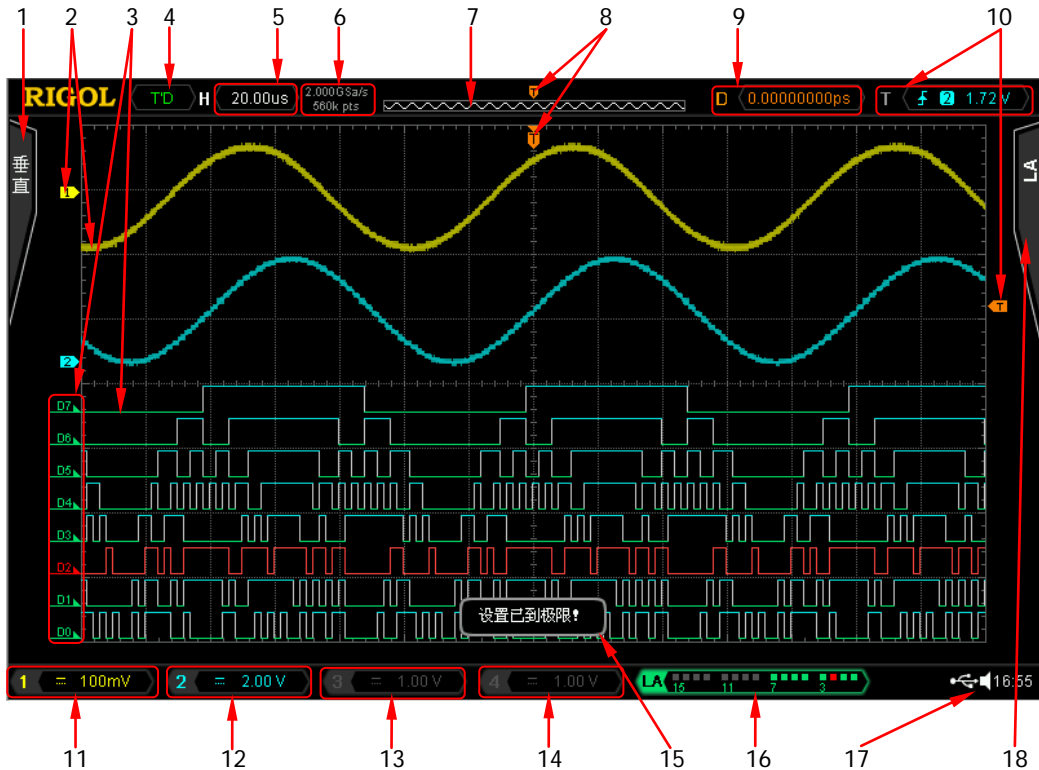


图 1-14 用户界面

表 1-2 用户界面一览表

编号	名称	编号	名称
1	自动测量选项	10	触发设置
2	模拟通道标签和波形	11	CH1 状态标签
3	数字通道标签和波形	12	CH2 状态标签
4	运行状态	13	CH3 状态标签
5	水平时基	14	CH4 状态标签
6	采样率和存储深度	15	消息框
7	波形存储器	16	数字通道状态区
8	触发位置	17	通知区域
9	水平位移	18	功能设置菜单

提示:





表 1-2 为用户界面一览表，单击编号或名称即可快速定位至相应的内容。

下面按照图 1-14 中的编号顺序对用户界面进行详细介绍。

1. 自动测量选项

提供 16 种水平（HORIZONTAL）测量参数和 13 垂直（VERTICAL）测量参数。连续按下屏幕左侧的 **MENU** 键可切换展开水平测量菜单、垂直测量菜单或收起测量菜单。测量菜单展开时，按下屏幕左侧的测量菜单软键即可打开相应参数的自动测量功能。

注意: 测量菜单展开时，屏幕左下方的网格中可能出现如下所示符号：

-  表示当前菜单含有多个菜单页，按下屏幕左侧的  菜单翻页键（向下）可以打开下一页菜单。
-  表示当前菜单含有多个菜单页，按下屏幕左侧的  菜单翻页键（向上）可以打开上一页菜单。

2. 模拟通道标签和波形

不同的通道用不同的颜色表示，通道标签和波形的颜色一致。

3. 数字通道标签和波形


数字通道波形的逻辑高电平显示为蓝色，逻辑低电平显示为绿色（与通道标签颜色一致），边沿呈白色。当前选中数字通道的标签和波形均显示为红色。

注意: 仅适用于 MSO4000 型号的示波器。


4. 运行状态

可能显示的运行状态包括：RUN（运行）、STOP（停止）、T'D（已触发）、WAIT（等待）和 AUTO（自动）。

5. 水平时基

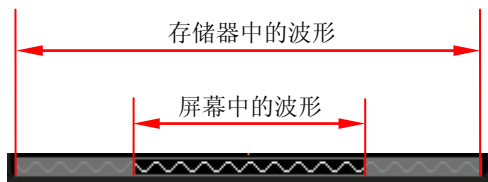
- 表示屏幕水平轴上每格所代表的时间长度。
- 使用水平  **SCALE** 可以调整该参数。对于不同型号，水平时基的可调范围不同（请参考表 3-1）。

6. 采样率和存储深度

- 显示模拟通道当前的采样率和存储深度。
- 修改水平时基（使用水平  **SCALE**）可能间接修改采样率和/或存储深度。不允许用户直接修改采样率。

7. 波形存储器


提供当前屏幕中的波形在存储器中的位置示意图。



8. 触发位置

显示波形存储器和屏幕中波形的触发位置。


9. 水平位移

使用水平  **POSITION** 可以修改该参数。按下该旋钮可快速复位水平位移（归零）。


10. 触发设置

触发设置信息包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平（还可能包括触发电平标记）。


● 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，显示不同的标识。例如， 表示在“边沿触发”的上升沿处触发。

● 触发信源


显示当前选择的触发信源（CH1-CH4、EXT、EXT/5、市电或 D0-D15）。选择不同的触发信源时显示不同的标识，且触发设置信息中参数的颜色与之相对应。例如， 表示选择 CH1 作为触发信源。

● 触发电平/阈值电平





— 当触发信源为 CH1-CH4 时，显示触发电平值，同时在屏幕右侧显示触发电平标记 。

注意：对于欠幅脉冲触发和斜率触发，需设置触发电平上限和触发电平下限。触发设置信息中显示当前触发电平上下限的差值，屏幕右侧显示





两个触发电平标记 (和)。

- 当触发信源为 EXT 或 EXT/5 时，显示触发电平值，无触发电平标记。
- 当触发信源为市电时，无触发电平。
- 当触发信源为 D0-D15 时，显示阈值电平。
- 使用**触发**  **LEVEL** 可以调整触发电平/阈值电平。





11. CH1 状态标签

- 显示 CH1 的打开/关闭状态。打开时，状态标签突出显示。
- 显示 CH1 的垂直档位（即屏幕垂直方向 CH1 每格波形所代表的电压大小）。使用 **CH1** 下方的**垂直**  **SCALE** 可以调整该参数。
- 根据当前的通道设置，可能显示不同的标记。
例如：“指定通道耦合”为交流时，显示；打开“指定带宽限制”时，显示；“指定输入阻抗”选择 50 Ω 时，显示.


12. CH2 状态标签




- 显示 CH2 的打开/关闭状态。打开时，状态标签突出显示。
- 显示 CH2 的垂直档位（即屏幕垂直方向 CH2 每格波形所代表的电压大小）。使用 **CH2** 下方的**垂直**  **SCALE** 可以调整该参数。
- 根据当前的通道设置，可能显示不同的标记。
例如：“指定通道耦合”为交流时，显示；打开“指定带宽限制”时，显示；“指定输入阻抗”选择 50 Ω 时，显示.

13. CH3 状态标签

- 显示 CH3 的打开/关闭状态。打开时，状态标签突出显示。
- 显示 CH3 的垂直档位（即屏幕垂直方向 CH3 每格波形所代表的电压大小）。使用 **CH3** 下方的**垂直**  **SCALE** 可以调整该参数。
- 根据当前的通道设置，可能显示不同的标记。
例如：“指定通道耦合”为交流时，显示；打开“指定带宽限制”时，显示；“指定输入阻抗”选择 50 Ω 时，显示.

14. CH4 状态标签

- 显示 CH4 的打开/关闭状态。打开时，状态标签突出显示。
- 显示 CH4 的垂直档位（即屏幕垂直方向 CH4 每格波形所代表的电压大小）。使用 **CH4** 下方的**垂直**  **SCALE** 可以调整该参数。

- 根据当前的通道设置，可能显示不同的标记。
例如：“指定通道耦合”为交流时，显示；打开“指定带宽限制”时，显示；“指定输入阻抗”选择 50 Ω 时，显示.

15. 消息框

显示提示消息。




16. 数字通道状态区

显示 16 个数字通道当前的开/关状态（从左至右依次为 D15 至 D0）。活动数字通道突出显示为红色，其他当前已打开的数字通道显示为绿色，未打开的数字通道显示为灰色。

注意：该功能仅适用于 MSO4000 型号的示波器。

17. 通知区域

显示系统时间、声音图标、U 盘图标和 PictBridge 打印机图标。



- 系统时间：以“hh:mm（时:分）”的格式显示。在打印或存储波形时，输出文件将包含该时间信息。按 **Utility** → **系统** → **系统时间** → **系统时间**，通过如下格式设置系统时间：
yyyy-mm-dd hh:mm:ss（年-月-日 时:分:秒）
- 声音图标：蜂鸣器打开时，该区域显示。按 **Utility** → **声音** 可以打开或关闭蜂鸣器。
- U 盘图标：当示波器检测到 U 盘时，该区域显示.
- PictBridge 打印机图标：当示波器与 PictBridge 打印机正确连接后，该区域显示.

18. 功能设置菜单



连续按下屏幕右侧的 **MENU** 键可切换展开或收起功能设置菜单。功能设置菜单展开时，按下任一软键可激活相应的菜单项（对于含有子菜单或多个参数选项的菜单项，将同时打开相应的子菜单或参数项）。








下面的符号可能显示在菜单项或参数项中：







表示旋转多功能旋钮即可选中指定参数项。多功能旋钮的背灯在参数选择有效时变亮。



表示旋转多功能旋钮即可修改参数值。多功能旋钮的背灯在参数输入有效时变亮。

-  表示可以使用导航旋钮快速调整/定位参数。顺时针旋转增大数值，逆时针旋转减小数值，外层旋钮可粗调（外层旋钮旋转的幅度越大，数值变化的速度越快）。
-  表示旋转多功能旋钮  选择指定参数项后，按下多功能旋钮  即可选中该参数项。
-  表示当前菜单项含有多个参数选项。
-  表示当前菜单项含有子菜单。
-  按下该键可以返回上一级菜单。

此外，功能设置菜单展开时，屏幕右下方的网格中可能出现如下所示方向键：

-  表示当前菜单含有多个菜单页，按下屏幕右侧的  菜单翻页键（向下）可以打开下一页菜单。
-  表示当前菜单含有多个菜单页，按下屏幕右侧的  菜单翻页键（向上）可以打开上一页菜单。

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安全锁孔将锁头插入，顺时针旋转钥匙锁定示波器，然后拔出钥匙。

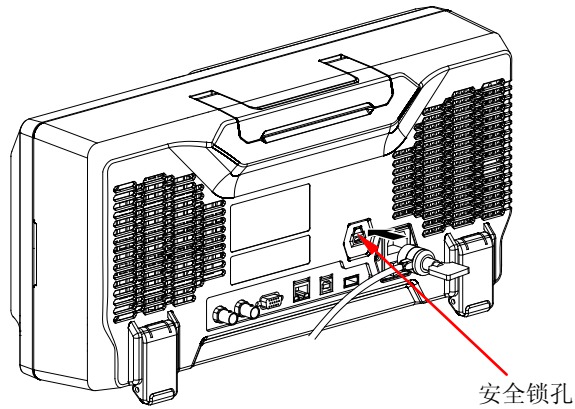


图 1-15 使用安全锁

注意：请勿将其他物品插入安全锁孔。

使用内置帮助系统

本示波器的帮助系统提供了前面板各按键和菜单软键的帮助信息。按 **Help** 键打开帮助界面，再次按下该键则关闭。帮助界面主要分两部分，左边为“帮助选项”，可选择“Button”或“Index”方式；右边为“帮助显示区”，显示相应的帮助信息。

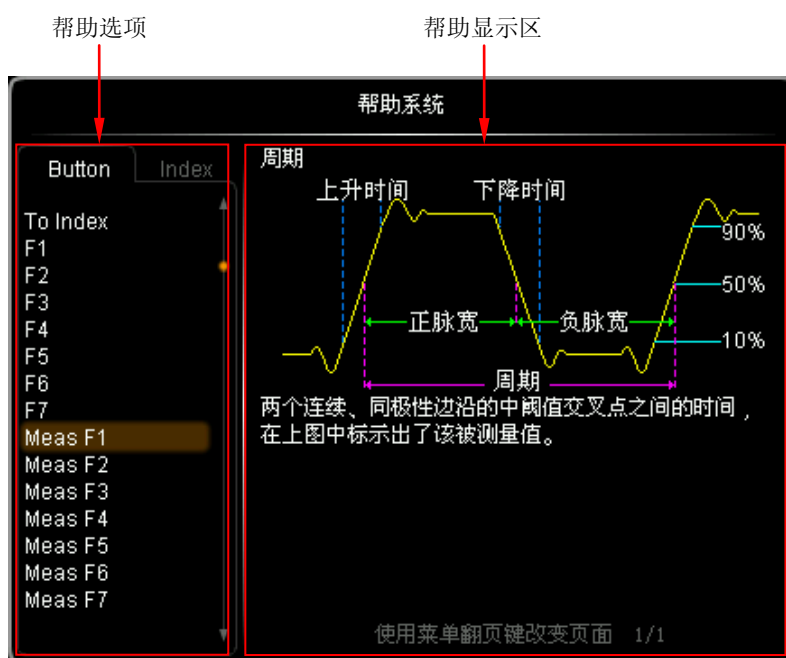











图 1-16 帮助信息

Button:

默认方式。该方式下，直接按前面板上的按键或菜单软键（电源键 、多功能旋钮  和菜单翻页键 /  除外），或者旋转多功能旋钮  在“帮助选项”区中选择所需按键名称（当前选中项带有棕黄色底纹）并按下该旋钮，即可在“帮助显示区”中查看相应的帮助信息。

此外，旋转多功能旋钮  选择“WaveSearch”项或直接旋转导航旋钮快速选择“WaveSearch”项即可获取导航旋钮的帮助信息。使用多功能旋钮  选择“To Index”后按下该旋钮可切换至 **Index** 方式。

Index:

该方式下，旋转多功能旋钮  在“帮助选项”区中选择所需项（当前选中项带有棕黄色底纹）并按下该旋钮，即可在“帮助显示区”中查看相应的帮助信息。使用多功能旋钮  选择“To Button”后按下该旋钮可切换至 **Button** 方式。

第2章 垂直系统设置

MSO4000/DS4000 提供 4 个模拟输入通道 CH1-CH4，并且为每个通道提供独立的垂直控制系统。4 个通道的垂直系统设置方法完全相同，本章以 CH1 为例介绍垂直系统的设置方法。

本章内容如下：

- 打开或关闭模拟通道
- 调整垂直档位
- 调整垂直位移
- 指定通道耦合
- 指定带宽限制
- 设置探头
- 指定输入阻抗
- 打开或关闭波形反相
- 指定垂直参考
- 指定幅度单位
- 设置通道标签
- 设置延迟校正

打开或关闭模拟通道

将信号接入 CH1 的通道连接器后，按下前面板垂直控制区 (VERTICAL) 中的 **CH1** 可以打开或关闭该通道。打开时，**CH1** 背灯点亮，屏幕右侧显示通道设置菜单。同时，屏幕下方的通道状态标签（如下图所示）突出显示。




提示



- **CH1** 下方字符 (“AC”、“50”和 “BW”) 的点亮情况以及通道状态标签中显示的信息均与当前的通道设置有关。详细信息请参考 “指定通道耦合”、“指定输入阻抗”和 “指定带宽限制” 中的介绍。
- “AC”、“50”和 “BW” 的点亮情况仅与当前的通道设置有关，与通道的开/关状态无关。

打开通道后，您可以根据输入信号修改通道的垂直档位、水平时基以及触发方式等参数，使显示波形易于观察和测量。

调整垂直档位

垂直档位，即屏幕垂直方向上每格所代表的电压值，通常表示为 V/div。垂直档位的可调范围与当前设置的探头比以及输入阻抗有关。默认情况下，探头比为 1X，输入阻抗为 1 M Ω ，此时，垂直档位的可调范围为 1 mV/div 至 5 V/div。

按下 **CH1**（其背灯点亮），按 **幅度档位** 软键切换 CH1 垂直档位的调节方式为“粗调”或“微调”（默认为粗调）。您也可以按下 CH1 对应的**垂直**  **SCALE** 快速切换 CH1 垂直档位的调节方式。

- 选择“粗调”时，旋转**垂直**  **SCALE** 将在可调范围内以 1-2-5 步进顺序调整垂直档位。顺时针旋转减小垂直档位，逆时针旋转增大垂直档位。
- 选择“微调”时，旋转**垂直**  **SCALE** 将在可调范围内以较小的步进值进一步调整垂直档位以改善垂直分辨率。顺时针旋转减小垂直档位，逆时针旋转增大垂直档位。


如果输入波形的幅度在当前垂直档位略大于满刻度，而使用下一垂直档位时波形显示的幅度又稍低，则可以使用微调改善波形显示幅度，以利于观察信号细节。

改变垂直档位时，相应通道的波形相对于当前选择的垂直参考（请参考“指定垂直参考”）垂直扩展或压缩；屏幕下方通道状态标签中的垂直档位信息（如下图所示）实时变化。



调整垂直位移

垂直位移是指垂直方向上波形的接地电平相对于屏幕中心的位移。垂直位移的可调范围与当前的输入阻抗、探头比以及垂直档位有关（请参考“[技术参数](#)”），单位与当前选择的幅度单位一致（请参考“[指定幅度单位](#)”）。

按下 **CH1**（其背灯点亮），旋转 CH1 对应的**垂直**  **POSITION** 将在可调范围内调整通道波形的垂直位移。

- 顺时针旋转增大垂直位移，逆时针旋转减小垂直位移。
- 按下该旋钮可快速复位垂直位移（归零）。


改变垂直位移时，相应通道的波形上下移动；在屏幕左下方弹出实时的垂直位移信息（如下图所示）。



指定通道耦合

设置通道的耦合方式可以滤除不需要的信号。例如，被测信号是一个含有直流偏置的方波信号。

- 当耦合方式为“直流”时，被测信号含有的直流分量和交流分量均可以通过。
- 当耦合方式为“交流”时，被测信号含有的直流分量被阻隔。
- 当耦合方式为“接地”时，被测信号含有的直流分量和交流分量均被阻隔。

按 **CH1** → **耦合**，旋转多功能旋钮  选择所需的耦合方式（默认为直流）。您也可以连续按 **耦合** 软键切换当前耦合方式。选择不同的耦合方式时，屏幕下方的通道状态标签中显示不同的耦合标识，如下图所示。选择“交流”耦合方式时，**CH1** 下方的“AC”字符点亮。



直流



交流




接地

指定带宽限制

设置带宽限制可以减少显示噪音。例如，被测信号是一个含有高频振荡的脉冲信号。

- 当关闭带宽限制时，被测信号含有的高频分量可以通过。
- 打开带宽限制并限制至 20 MHz、100 MHz 或 200 MHz^[1]时，被测信号中含有的大于 20 MHz、100 MHz 或 200 MHz 的高频分量将被衰减。

按 **CH1** → **带宽限制**，旋转多功能旋钮  选择所需的带宽限制状态（默认为关闭）。您也可以连续按 **带宽限制** 软键切换当前带宽限制状态。带宽限制（20 MHz、100 MHz 或 200 MHz）打开时，屏幕下方的通道状态标签中将显示下图所示的标识；同时，**CH1** 键下方的“BW”字符点亮。



注^[1]：

MSO405X/DS405X/MSO403X/DS403X：支持 20 MHz、100 MHz 和 200 MHz 带宽限制。

MSO402X/DS402X：支持 20 MHz 和 100 MHz 带宽限制。

MSO401X/DS401X：仅支持 20 MHz 带宽限制。

设置探头

本示波器的模拟通道支持普通无源探头、有源探头和泰克探头（需配合 **RIGOL T2R1000** 有源探头适配器，选件），并可以自动识别当前接入探头的探头类型和探头比。有关探头的详细技术信息请参考相应的探头用户手册。

按 **CH1** → **探头**，打开探头子菜单。根据当前接入的探头类型不同，您可以在该子菜单中查看不同的信息以及执行不同的操作。

无源探头

1. 探头类型

探头类型 菜单项显示“普通探头”，例如接入 **RIGOL** 的 RP3500A 探头时。

2. 探头比


对于部分普通无源探头，示波器可自动识别其探头比。如未能自动识别，请按下 **探头比** 软键并旋转多功能旋钮  选择相应的探头比，或者连续按下 **探头比** 软键切换当前探头比。可选的探头比如表 2-1 所示。

表 2-1 探头衰减系数

探头比	衰减系数 (被测信号的显示幅度:被测信号的实际幅度)
0.01X	0.01:1
0.02X	0.02:1
0.05X	0.05:1
0.1X	0.1:1
0.2X	0.2:1
0.5X	0.5:1
1X	1:1
2X	2:1
5X	5:1
10X	10:1
20X	20:1
50X	50:1
100X	100:1
200X	200:1
500X	500:1
1000X	1000:1


有源探头

1. 探头类型

探头类型 菜单项显示“有源探头”，例如接入 **RIGOL** 的 RP7150 探头时。

注意：接入 50 Ω 的有源探头时，通道的输入阻抗（请参考“指定输入阻抗”）将自动设为“50 Ω”。

2. 探头比

对于有源探头，示波器可自动识别其探头比。若当前接入的探头支持多种探头比，请按下 **探头比** 软键并旋转多功能旋钮  选择所需的探头比，或者连续按下 **探头比** 软键切换当前探头比。

3. 探头前端

按 **探头前端** 软键选择与实际接入探头相匹配的探头前端类型。可以选择单端或差分。

4. 探头校准

示波器提供对有源探头的校准功能。该功能使用仪器后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出的快沿信号作为探头校准信号。执行探头校准操作前，请首先按 **Utility** → **Aux 输出** 选择“快沿”以配置仪器后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出快沿信号。

下面以 RP7150 有源探头为例，简介如何使用 PCK100 有源差分探头校准套件通过示波器（以 CH1 为例）对探头进行校准。详细的校准步骤请参考《RP7000 系列有源探头用户手册》。

- 1) 将 RP7150 正确连接至示波器 CH1 输入端。
- 2) 按 **CH1** → **探头** → **探头校准** 打开探头校准菜单。此时，弹出探头校准提示信息。
- 3) 根据提示信息，使用连接器将校准板分别连接至示波器 CH2 输入端以及后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器。
- 4) 调节 RP7150 探头的间距，将正极探针连接至校准板的中间信号上，将负极探针连接至信号线的两侧。
- 5) 按 **确定** 软键，示波器将开始对探头进行校准。


注意：请根据探头校准提示信息将探头校准信号接入指定通道。若将有源探头连

接至 CH1、CH3 或 CH4，则需将探头校准信号通过校准板连接至 CH2；若将有源探头连接至 CH2，则需将探头校准信号通过校准板连接至 CH1。

5. 探头信息

按 **探头信息** 软键可以查看当前接入探头的厂商、型号、序列号和上次校准时间等信息。

6. 偏置电压

示波器为有源探头提供偏置电压调整功能。该功能用于将超出探头放大器输入动态范围的被测信号调整至适当的范围以保证被测信号的完整性。按 **偏置电压** 软键，旋转多功能旋钮  调整直流偏置电压值，可调范围为-12 V 至+12 V。


泰克探头

1. 探头类型

探头类型 菜单项显示“泰克探头”，例如接入泰克（Tektronix）的 P6245 探头时。

注意：使用泰克探头时，示波器将根据实际接入的探头型号自动设置通道的输入阻抗。

2. 探头型号

按 **探头型号** 软键并旋转多功能旋钮  选择与实际接入探头相对应的探头型号。您也可以连续按下该软键切换当前探头型号。可选的探头型号包括 P6205、P6241、P6243、P6245、P6246、P6247、P6248、P6249、P6250、P6251、P5205、P5210、P670X、P671X、TCP202。

3. 探头比

探头比 菜单项显示当前的探头比。若当前接入的探头支持多种探头比，您可以使用 **探头比** 软键选择所需的探头比。可选的探头比与探头型号有关。

4. 探头前端


探头前端 菜单项显示当前接入探头的前端类型。当前接入的探头为 P670X、P671X 或 TCP202 时，无该菜单项。

此外，示波器还支持对部分泰克探头的探头校准和偏置电压调整功能，型号包括 P6241、P6245、P6246、P6247、P6248、P6249、P6250 和 P6251。对于这些型号的探头，在探头子菜单中还将包含 **探头校准** 和 **偏置电压** 菜单项。

5. 探头校准

按 **探头校准** 软键，根据弹出的探头校准提示信息将探头输入端接地后，按 **确定** 软键，示波器将开始对探头进行校准。

6. 偏置电压

按 **偏置电压** 软键，旋转多功能旋钮  调整直流偏置电压。

注意：直流偏置电压的可调范围与探头型号以及探头比（仅适用提供多种探头比的型号）有关，具体请参考相应探头的技术指标。

指定输入阻抗

为减少示波器和待测电路相互作用引起的电路负载，本示波器提供了两种输入阻抗模式：1 M Ω （默认）和 50 Ω 。

- 1 M Ω ：此时，示波器的输入阻抗非常高，从被测电路流入示波器的电流可忽略不计。
- 50 Ω ：使示波器与输出阻抗为 50 Ω 的设备相匹配。

按下 **CH1**（其背灯点亮），按 **输入** 软键切换示波器的输入阻抗。选择“50 Ω ”时，屏幕下方的通道状态标签中会显示下图所示的标识；同时，**CH1** 下方的“50”字符点亮。



注意：

- 示波器自动识别探头后，输入阻抗也将自动识别，无需手动设置。
- 输入阻抗的设置将影响该通道垂直档位以及垂直偏移的可设置范围，请参考“**技术参数**”一章。

打开或关闭波形反相

按下 **CH1**（其背灯点亮），按 **反相** 软键打开或关闭波形反相（默认为关闭）。波形反相关闭时，波形正常显示；波形反相打开时，波形电压值被反相（如下图所示）。



(a) “反相” 关闭




(b) “反相” 打开

图 2-1 波形反相

注意： 打开波形反相将会改变数学运算、波形测量等操作的结果。

指定垂直参考

垂直参考是指在使用**垂直**  **SCALE** 改变模拟通道的垂直档位时，相应通道的波形进行垂直扩展或压缩所依据的参考位置。

按 **Utility** → **系统** 后，按 **垂直扩展** 软键切换当前垂直参考（默认为接地电平）。


- 屏幕中心：改变垂直档位时，相应通道的波形将相对于屏幕中心垂直扩展或压缩。
- 接地电平：改变垂直档位时，相应通道的波形将相对于接地电平垂直扩展或压缩。

指定幅度单位

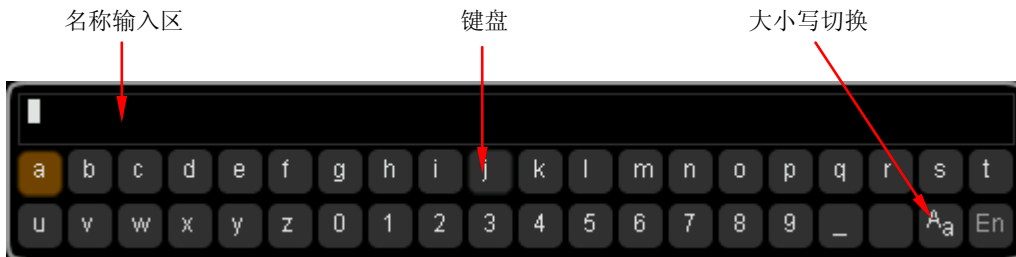
为当前通道选择幅度显示的单位。可选择的单位包括“W”、“A”、“V”或“U”。修改幅度单位后，通道状态标签中的幅度单位相应改变。

按 **CH1** → **单位**，旋转多功能旋钮  选择所需的幅度单位（默认为V）。

设置通道标签

仪器默认使用通道号标记相应的模拟通道（如 ，显示在屏幕左侧）。为了方便使用，您也可以为每个模拟通道设置一个自定义标签。

标签修改界面如下图所示。





名称输入区：显示当前已输入的标签字符；

键盘：用于输入指定字符；


大小写切换：用于切换英文字符大小写输入，“^Aa”表示小写，“^AA”表示大写。


注意：自定义标签可包含大写英文字母（A~Z）、小写英文字母（a~z）、数字（0~9）、下划线和空格，长度不得超过 4 个字符。

示例：将 CH1 的标签改为 “Chn1”

1. 按 **CH1** → **标签**，打开标签子菜单，同时打开标签修改界面（如上图所示）。
若当前“名称输入区”含有字符，请连续按 **删除** 软键依次删除所有字符。
2. 输入第 1 个字符“C”。
 - 1) 若当前为大写输入（即显示“^aA”），请跳至步骤 2)；若当前为小写输入（即显示“^aa”），请按 **键盘** 软键选中“键盘”区域后，旋转多功能旋钮  选中“^aA”并按下该旋钮将其切换为“^aA”。
 - 2) 按 **键盘** 软键选中“键盘”区域，旋转多功能旋钮  选中“C”并按下该旋钮以在“名称输入区”中输入该字符。

3. 使用同样的方法输入剩余的字符“hn1”，输入过程中注意大小写。

4. 欲修改已输入的字符，请按 **名称** 软键选中“名称输入区”并旋转多功能旋钮  选择欲修改的字符，然后按照步骤 2 中的操作方法重新输入所需字符。

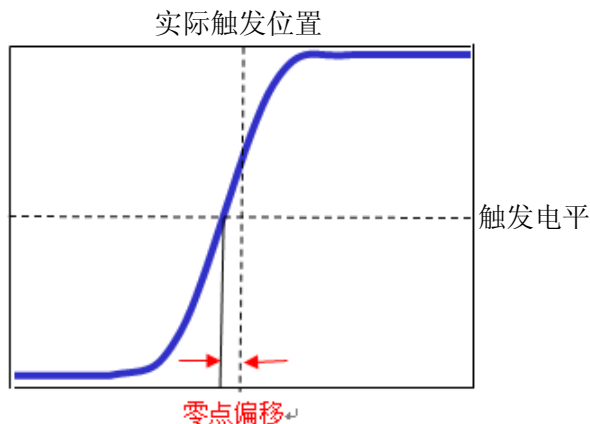
欲删除已输入的字符，请按 **名称** 软键选中“名称输入区”并旋转多功能旋钮  选择欲删除的字符，然后按 **删除** 软键删除该字符。

注意：当前选中“键盘”区域时，您也可以按 **删除** 软键删除当前光标处的字符或光标左侧的第 1 个字符（若当前光标处无字符）。



5. 输入完成后，按 **确定** 软键完成标签修改。通道标签将变成 **Chn1**。

设置延迟校正

使用示波器进行实际测量时，探头电缆的传输延迟可能带来较大的误差（零点偏移）。零点偏移定义为波形与触发电平线的交点相对于实际触发位置的偏移量，如下图所示。



MSO4000/DS4000 支持用户设定一个延迟时间以校正对应通道的零点偏移。

按 **CH1** → **延迟校正**，旋转多功能旋钮  以特定的步进值调整延迟时间（默认为 0.00 s）。可调范围为 -100 ns 至 100 ns。按下多功能旋钮  可快速将延迟时间复位至 0.00 s。

注意：延迟校正时间的设置与仪器型号以及当前的水平时基有关，水平时基越大，设置的步进值越大。以 MSO4054 为例，当水平时基为 50 ns 时，步进值为 1 ns；当水平时基为 2 μ s 时，步进值为 40 ns；当水平时基 $\geq 10 \mu$ s 时，延迟校正时间不可调整。

第3章 水平系统设置

本章内容如下：

- 调整水平时基
- 调整水平位移
- 指定时基模式
- 打开或关闭延迟扫描
- 指定水平参考

调整水平时基

水平时基（也称水平档位），即显示屏水平方向上每格所代表的时间值，通常表示为 s/div。水平时基的可调范围与型号有关，如下表所示。

表 3-1 水平时基范围

型号	水平时基范围
MSO405X/DS405X	1.000 ns/div 至 1.000 ks/div
MSO403X/DS403X	2.000 ns/div 至 1.000 ks/div
MSO402X/DS402X	2.000 ns/div 至 1.000 ks/div
MSO401X/DS401X	5.000 ns/div 至 1.000 ks/div

按下前面板水平控制区（HORIZONTAL）中的 **MENU** 后，按 **档位调节** 软键切换水平时基的调节方式为“粗调”或“微调”（默认为粗调）。

- 选择“粗调”时，旋转水平 **SCALE** 将在可调范围内以 1-2-5 步进顺序调整水平时基。顺时针旋转减小水平时基，逆时针旋转增大水平时基。
- 选择“微调”时，旋转水平 **SCALE** 将在可调范围内以较小的步进值进一步调整水平时基。顺时针旋转减小水平时基，逆时针旋转增大水平时基。

改变水平时基时，显示的波形相对于当前选择的水平参考基准（请参考“指定水平参考”）水平扩展或压缩；屏幕左上方的水平时基信息（如下图所示）实时变化。


H 200.0us

注意：延迟扫描打开时，水平 **SCALE** 用于调整延迟扫描时基；屏幕中间的延迟扫描时基信息（如下图所示）实时变化。

Zoom 100.0us

调整水平位移

水平位移（也称触发位移）是指水平方向上波形触发点相对于屏幕中心的位移。波形触发点位于屏幕中心的左侧（右侧）时，水平位移为正（负）。


旋转水平  **POSITION** 可以调整通道波形的水平位移。

- 顺时针旋转减小水平位移，逆时针旋转增大水平位移。
- 按下该旋钮可快速复位水平位移（归零）。


改变水平位移时，触发点和显示的波形均左右移动；屏幕右上方的水平位移信息（如下图所示）实时变化。



D 452.000000us

注意：延迟扫描打开时，水平  **POSITION** 用于调整延迟扫描水平位移（按下该旋钮可快速复位延迟扫描水平位移）；屏幕右上方的延迟扫描水平位移信息（如上图所示）实时变化。

指定时基模式

按前面板水平控制区（HORIZONTAL）中的 **MENU** 键后，按 **时基** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的水平时基模式并按下该旋钮。您也可以连续按 **时基** 软键切换当前时基模式。可以选择 Y-T、X-Y 或 Roll，默认为 Y-T 模式。

Y-T 模式

该模式下，Y 轴表示电压量，X 轴表示时间量。

注意：仅在该模式下才可以打开延迟扫描（请参考“打开或关闭延迟扫描”）。

慢扫描模式

在“Y-T”时基模式下，当水平时基大于或等于 200 ms/div 时，仪器进入“慢扫描”模式。在“慢扫描”模式下，仪器先采集触发点左侧的数据，然后等待触发，在触发发生后继续完成触发点右侧的波形。应用慢扫描模式观察低频信号时，建议将“通道耦合”设置为“直流”（请参考“指定通道耦合”）。

注意：请注意区分慢扫描模式与“Roll 模式”。

X-Y 模式

该模式下，X 轴和 Y 轴均表示电压量。示波器自动开启所有四个通道（CH1-CH4），并将屏幕分成两个光标区域（XY1 和 XY2）。在 XY1 区域（屏幕左侧），X 轴和 Y 轴分别跟踪 CH1 和 CH2 的电压；在 XY2 区域（屏幕右侧），X 轴和 Y 轴分别跟踪 CH3 和 CH4 的电压。

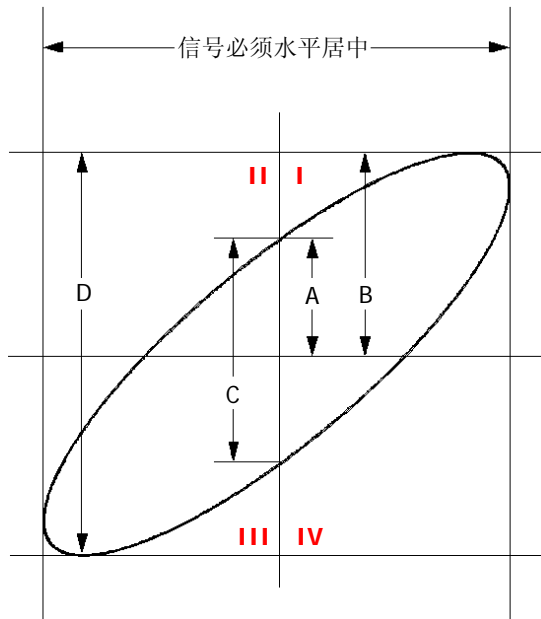
“X-Y”时基模式可用于测试信号经过一个电路网络产生的相位变化。将示波器与电路连接，并监测电路的输入输出信号即可。

注意：

- 在该模式下，“调整水平位移”、“打开或关闭延迟扫描”、“指定获取方式”、“触发”、“进行数学运算”、“进行一键测量”、“指定测量范围”、“逻辑分析仪”、“协议解码”、“参考波形”、“通过/失败测试”、“波形录制”和“矢量显示”等功能均不可使用。
- 仅在该时基模式下“X-Y”光标模式可用（请参考“X-Y 模式”）。
- 若当前延迟扫描已打开，则打开“X-Y”时基模式时，延迟扫描将自动关闭。重新打开“Y-T”时基模式时，延迟扫描将重新打开。

相位差测量原理

通过李沙育（Lissajous）法可方便地测量两个同频率信号之间的相位差。相位差的测量原理如下图所示（假定两个信号的幅度相同）。



根据 $\sin\theta = \frac{A}{B}$ 或 $\frac{C}{D}$ （其中， θ 为通道间的相差角， A 、 B 、 C 、 D 的定义见上图），可以得出相差角，即：

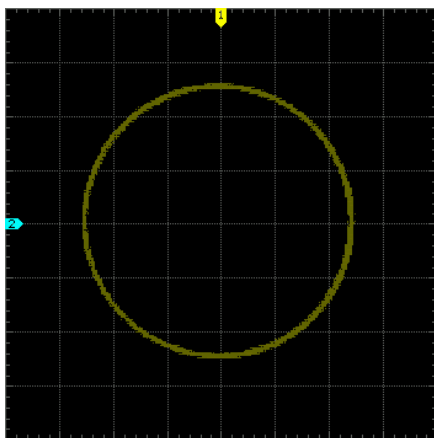
$$\theta = \pm \arcsin \frac{A}{B} \text{ 或 } \pm \arcsin \frac{C}{D}$$

如果椭圆的主轴在 I、III 象限内，那么所求得的角度应在 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，那么所求得的角度应在 II、III 象限内，即在 $(\pi/2 \sim \pi)$ 或 $(\pi \sim 3\pi/2)$ 内。

应用实例：测量两个通道输入信号的相位差

方法一：使用李沙育（Lissajous）法

1. 将一个正弦信号接入 CH1，再将一个同频率、同幅度、但相位相差 90° 的正弦信号接入 CH2。
2. 按 **AUTO** 键后，打开“X-Y”时基模式。
若当前已打开 XY1 区域显示，请执行下一操作步骤；若当前关闭 XY1 区域显示，请按 **XY1** 软键切换至“打开”。
3. 使用 CH1 和 CH2 的垂直 **POSITION** 使信号显示在屏幕中间；使用 CH1 和 CH2 的垂直 **SCALE** 使信号易于观察（如有必要，请参考“调整垂直档位”一节的内容切换垂直档位调节方式）。此时，得到下图所示的圆形。



4. 根据相位差测量原理图以及上图的测量结果可得 $\frac{A}{B}(\frac{C}{D})=1$ ，由此可计算出相差角 $\theta = \pm \arcsin 1 = \pm 90^\circ$ 。

注意：本示波器在“X-Y”模式下的最高采样率为 2.0 GSa/s。一般情况下，更长的采样波形可以获得显示效果更好的图形，但是受存储深度的限制，更长的波形长度意味着需要降低波形采样率（请参考“设置存储深度”一节中的介绍）。因此，在此测量过程中，适当降低采样率可以得到显示效果较好的李沙育图形。

方法二：使用示波器提供的一键测量功能

请参考“进行一键测量”中的说明使用一键测量功能测量 CH1 和 CH2 输入波形的相位差。

Roll 模式

该模式下，波形自右向左滚动刷新显示，水平时基的可调范围是 200.0 ms/div 至 1.000 ks/div。打开“Roll”模式时，水平时基将自动调整为 200.0 ms/div。

注意：

- 在该模式下，“调整水平位移”、“打开或关闭延迟扫描”、“触发”、“指定测量范围”、“协议解码”、“通过/失败测试”、“波形录制”和“设置余辉时间”等功能均不可使用。
- 若当前延迟扫描已打开，则启用“Roll”时基模式时，延迟扫描将自动关闭。重新启用“Y-T”时基模式时，延迟扫描将重新打开。

注意： 请注意区分 Roll 模式与“慢扫描模式”。

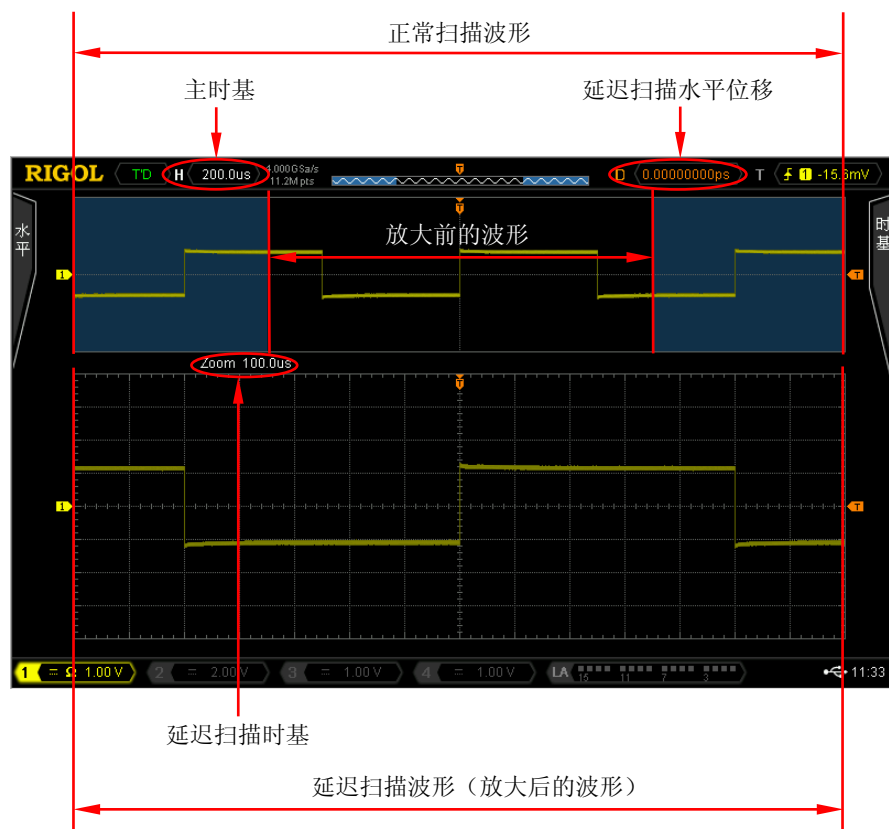
打开或关闭延迟扫描

延迟扫描可用于水平放大一段波形，以便查看波形细节。



注意：仅在“Y-T”时基模式下且“通过/失败测试”关闭时，可打开延迟扫描。


按前面板水平控制区（HORIZONTAL）中的 **MENU** 键后，按 **延迟扫描** 软键可打开或关闭延迟扫描（默认为关闭）。您也可以直接按下水平 **SCALE** 快速切换延迟扫描功能的开/关状态。

延迟扫描打开时，屏幕被分成下图所示的两个显示区域。正常扫描产生的波形显示在屏幕上半部分，其水平时基（称为主时基）显示在屏幕左上方。延迟扫描波形（经水平扩展的波形）显示在屏幕下半部分，其水平时基（称为延迟扫描时基）显示在屏幕中间，其水平位移（称为延迟扫描水平位移）显示在屏幕右上方。此时，水平 **SCALE** 用于调整延迟扫描时基，水平 **POSITION** 用于调整延迟扫描水平位移。



放大前的波形：

屏幕上半部分正常扫描波形中未被半透明蓝色覆盖的区域（称为放大区域）中的波形为放大前的波形（对应屏幕下半部分放大后的波形）。您可以通过旋转**水平**  **POSITION** 左右移动该放大区域，或旋转**水平**  **SCALE** 调整该放大区域的大小。


注意：如需修改正常扫描的水平时基（也称主时基），请先关闭延迟扫描功能。旋转**水平**  **SCALE** 设置所需主时基后，再打开延迟扫描功能。

放大后的波形：


屏幕下半部分的延迟扫描波形为放大后的波形（经水平扩展的波形），对应屏幕上半部分放大前的波形。延迟扫描时基相对于主时基提高了分辨率（如上图所示）。

注意：延迟扫描时基应小于或等于主时基。



指定水平参考

水平参考是指在使用**水平**  **SCALE** 改变水平时基时，显示的波形进行水平扩展或压缩所依据的参考位置。

注意：仅在“Y-T”时基模式下且延迟扫描关闭时，可以设置水平参考。

按前面板水平控制区（HORIZONTAL）中的 **MENU** → **水平参考**，旋转多功能旋钮  选择所需的水平参考位置后按下该旋钮即可选中该位置（默认为屏幕中心）。您也可以连续按 **水平参考** 软键切换当前水平参考位置。

- 屏幕中心：改变水平时基时，显示的波形将相对于屏幕中心水平扩展或压缩。
- 触发位置：改变水平时基时，显示的波形将相对于触发位置水平扩展或压缩。
- 自定义：改变水平时基时，显示的波形将相对于用户自定义的参考位置水平扩展或压缩。

选择“自定义”时，按 **参考位置** 软键后，旋转多功能旋钮  设置自定义的参考位置。可设置范围为-350（屏幕最右边）至350（屏幕最左边），默认为0（屏幕中心）。按下多功能旋钮  可快速将自定义参考位置恢复为0。

第4章 采样系统设置

本章内容如下：

- 采样方式
- 采样率
- LA 采样率
- 指定获取方式
- 设置存储深度
- 打开或关闭抗混叠

采样方式

本示波器仅支持实时采样方式，即示波器在一次触发中采样并产生波形显示。

提示

停止采样时，示波器将保持最后的画面。此时，您仍然可以使用垂直控制和水平控制来平移和缩放波形。

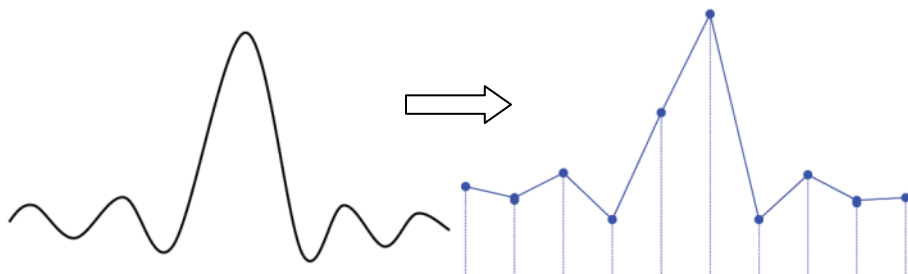
采样率

采样是指示波器按照一定的时间间隔将模拟信号转换为数字信号，并且顺序存储的过程。采样率为该时间间隔的倒数。

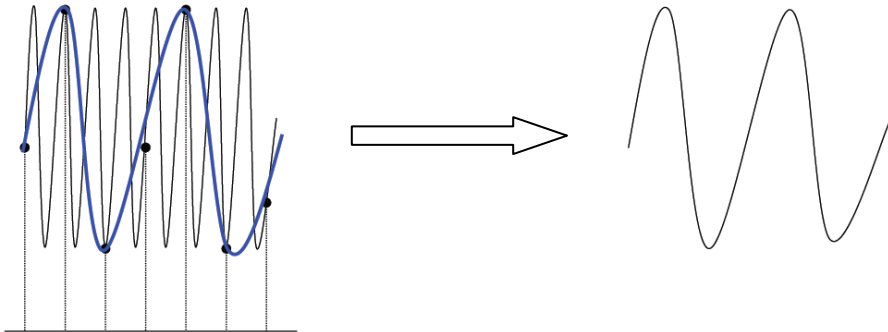
MSO4000/DS4000 模拟通道实时采样率最高可达 4G Sa/s，当前采样率显示在屏幕上方状态栏和 **采样率** 菜单项（按 **Acquire**→ **采样率**）中。您可以通过修改水平时基（请参考“**调整水平时基**”）或存储深度（请参考“**设置存储深度**”）来间接改变采样率。

采样率过低对波形产生的影响：

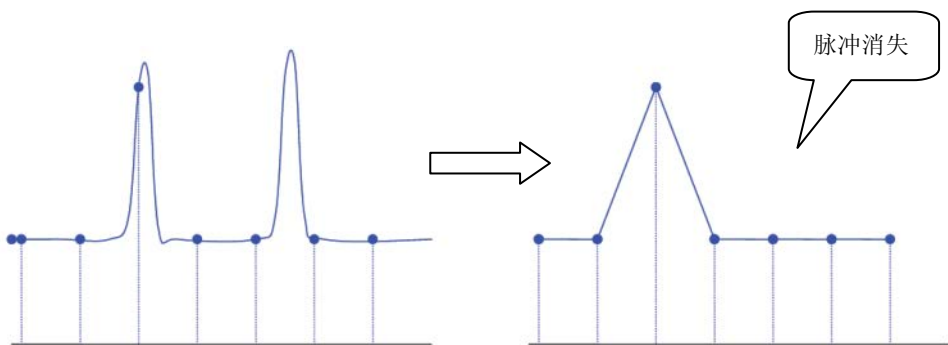
- 1. 波形失真：**由于采样率低造成某些波形细节缺失，使示波器采样显示的波形与实际信号存在较大差异。



2. **波形混淆**: 由于采样率低于实际信号频率的 2 倍 (Nyquist Frequency, 奈奎斯特频率), 对采样数据进行重建时的波形频率小于实际信号的频率。



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。



LA 采样率


LA 采样是指示波器按照一定的时间间隔对比较后的数字信号进行采集的过程。LA 采样率为该时间间隔的倒数。例如，LA 采样率为 1 GHz 的示波器就会每隔 1 ns 对数字信号进行一次采集。

注意：此处所述的数字信号，是指输入信号与用户设定的阈值电平进行比较后得到的信号。比较的规则为，当输入信号的幅度大于阈值电平时判决为逻辑高电平；否则判决为逻辑低电平。

MSO4000/DS4000 数字通道采样率最高可达 1 GSa/s（每通道），当前 LA 采样率显示在 **LA 采样率** 菜单项（按 **Acquire** → **LA 采样率**）中。您可以通过修改水平时基（请参考“**调整水平时基**”）或存储深度（请参考“**设置存储深度**”）来间接改变 LA 采样率。

指定获取方式

获取方式用于控制如何从采样点中产生出波形点。


按 **Acquire** → **获取方式**，旋转多功能旋钮  选择所需的获取方式，然后按下该旋钮。可选的获取方式包括普通、平均、峰值检测和高分辨率，默认为普通。您也可以连续按 **获取方式** 软键切换当前获取方式。

普通

该模式下，示波器按相等的时间间隔对信号采样以重建波形。对于大多数波形来说，使用该模式均可以产生最佳的显示效果。

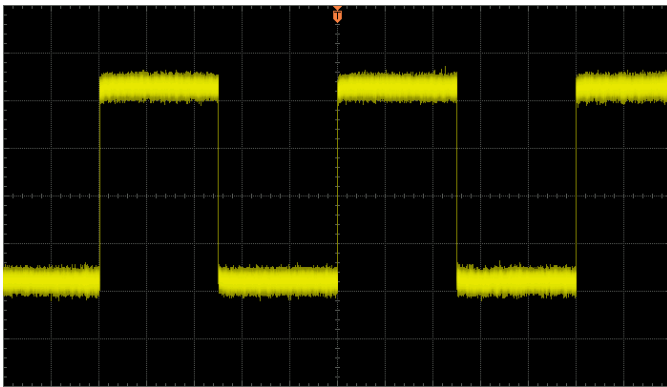
平均

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垂直分辨率。

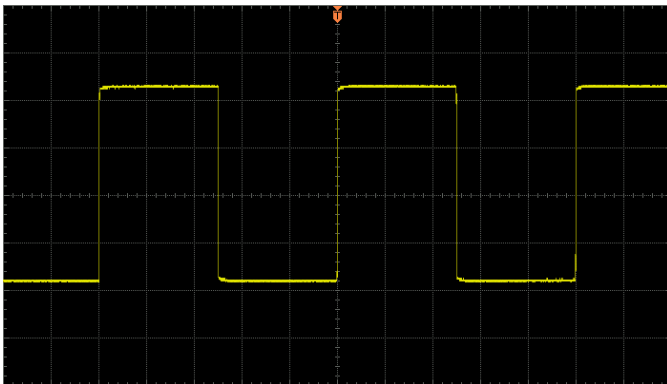
选择“平均”模式后，按 **平均次数** 软键，旋转多功能旋钮  增大或减小平均次数。平均次数可设为 2、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096 或 8192，默认为 2。

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响应也越慢。

未平均时的波形：



256 次平均后的波形：



峰值检测

该模式下，示波器采集采样间隔信号的最大值和最小值，以获取信号的包络或可能丢失的窄脉冲。使用该模式可以避免信号的混淆，但显示的噪声比较大。

该模式下，示波器可以显示至少与采样周期一样宽的所有脉冲。

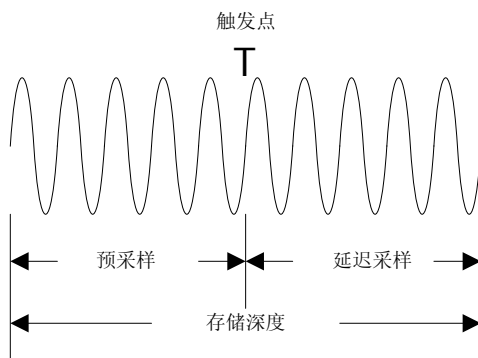
高分辨率

该模式采用一种超取样技术，对采样波形的邻近点进行平均，可减小输入信号上的随机噪声，在屏幕上产生更加平滑的波形并提高垂直分辨率。通常用于数字转换器的采样率高于采集存储器的保存速率情况下。

注意：“平均”和“高分辨率”模式使用的平均方式不一样，前者为“多次采样平均”，后者为“单次采样平均”。

设置存储深度


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，它反应了采集存储器的存储能力。MSO4000/DS4000 提供最大 140 M 点的存储深度。



存储深度、采样率与波形长度三者满足如下关系式：

$$\text{存储深度} = \text{采样率} \times \text{波形长度}$$

其中，波形长度 = 水平时基 × 屏幕水平方向的格数。对于 MSO4000/DS4000，屏幕水平方向的格数固定为 14。因此，在相同的水平时基下，较高的存储深度可以保证较高的采样率。

按 **Acquire** → **存储深度**，旋转多功能旋钮  选择所需的存储深度（默认为自动），然后按下该旋钮。您也可以连续按 **存储深度** 软键切换当前存储深度。

- 交织^[1]情况下，可选的存储深度包括：自动、14 k点、140 k点、1.4 M点、14 M点和140 M点；非交织^[1]情况下，可选的存储深度包括：自动、7 k点、70 k点、700 k点、7 M点和70 M点。
- “自动”模式下，示波器将根据当前的采样率自动选择存储深度。调整水平时基时，采样率可能发生变化，进而存储深度可能随之变化。

注^[1]：当两个通道共用一个采样器时，仅其中一个通道打开时，称之为交织状态；两个通道均打开时，称之为非交织状态。对于MSO4000/DS4000，CH1和CH2共用一个采样器，CH3和CH4共用一个采样器。

打开或关闭抗混叠

在较慢的扫描速度下，采样率将降低，使用专用显示算法可将混叠的可能性最小化。

按 **Acquire** 后，连续按 **抗混叠** 软键可打开或关闭抗混叠功能（默认为关闭）。关闭抗混叠功能时，波形更容易混叠。

第5章 触发

所谓触发，是指按照需求设置触发条件，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以及与其相邻的部分，并显示在屏幕上。数字示波器在工作时，不论仪器是否稳定触发，总是在不断地采集波形，但只有稳定的触发才有稳定的显示。触发电路保证每次扫描和采集都从输入信号满足用户定义的触发条件时开始，即每一次扫描与采集同步，捕获的波形相重叠，从而显示稳定的波形。

触发设置应根据输入信号的特征进行，因此您应该对被测信号有所了解，才能快速捕获所需波形。本示波器提供了丰富的高级触发功能，便于您关注感兴趣的波形细节。

本章内容如下：

- 触发信源
- 触发电平/阈值电平
- 触发方式
- 触发耦合
- 触发释抑
- 噪声抑制
- 触发输出连接器
- 边沿触发
- 脉宽触发
- 欠幅脉冲触发
- 第 N 边沿触发
- 斜率触发
- 视频触发
- 码型触发
- RS232 触发
- I2C 触发
- SPI 触发
- CAN 触发
- FlexRay 触发
- USB 触发

触发信源


从模拟通道 CH1-CH4、外触发输入端 **[EXT TRIG]** 连接器和 **[LOGIC D0-D15]** 连接器（仅 MSO4000）输入的信号，以及市电（AC Line，交流电源）均可以作为触发信源。

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **信源选择**，旋转多功能旋钮  选择所需的触发信源。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前触发信源。

- **模拟通道输入**

模拟通道 CH1-CH4 的输入信号均可以作为触发信源，被选中的通道无论其是否被打开，均可正常工作。

- **外触发输入**

通过前面板外触发输入端 **[EXT TRIG]** 连接器输入的信号（如外部时钟或待测电路的信号等）可以作为触发信源。选择该类触发信源（EXT、EXT/5^[1]）后，旋转**触发**  **LEVEL** 可以在-800 mV 至+800 mV 的范围内设置触发电平。

注^[1]：EXT/5 是指将通过外触发输入端 **[EXT TRIG]** 连接器接入的信号衰减 5 倍。

- **市电**

触发信号取自示波器的交流电源输入。该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。


- **数字通道输入（仅 MSO4000）**

数字通道 D0-D15 的输入信号均可以作为触发信源，被选中的通道不论其是否被打开，均可正常工作。

注意：选择不同的触发类型时，可选的信源类型不同（可能是上述信号中的一种或多种）。


触发电平/阈值电平



触发电平/阈值电平的调整与触发信源类型有关。

- 触发信源为 CH1-CH4 时，旋转**触发**  **LEVEL** 可调整触发电平。调整过程中，屏幕上将出现一条触发电平线（桔红色的虚线）以及触发标志“**T**”，并随触发电平的改变而上下移动；同时，在屏幕左下方弹出实时的触发电平信息（如下图所示）。停止修改后，触发电平线和屏幕左下方的触发电平信息在约 2 s 后消失。当前触发电平显示在屏幕右上方。



Trig Level: 340mV


注意：对于欠幅脉冲触发和斜率触发，需设置触发电平上限和触发电平下限。旋转**触发**  **LEVEL** 调整指定触发电平的电平值。当前触发电平上下限的差值显示在屏幕右上方，屏幕右侧显示两个触发电平标记（**T1**和**T2**）。

- 触发信源为 EXT 或 EXT/5 时，旋转**触发**  **LEVEL** 可调整触发电平。调整过程中，在屏幕左下方弹出实时的触发电平信息。停止修改后，屏幕左下方的触发电平信息在约 2 s 后消失。当前触发电平显示在屏幕右上方。
- 触发信源为市电时，无触发电平。
- 触发信源为 D0-D15 时，旋转**触发**  **LEVEL** 可调整阈值电平。当前阈值电平显示在屏幕右上方。

此外，您还可以在阈值设置子菜单中设置数字通道的阈值电平，设置方法请参考“调整阈值电平”。

触发方式

MSO4000/DS4000 提供自动 (Auto)、普通 (Normal) 和单次 (Single) 3 种触发方式，默认为自动 (Auto)。

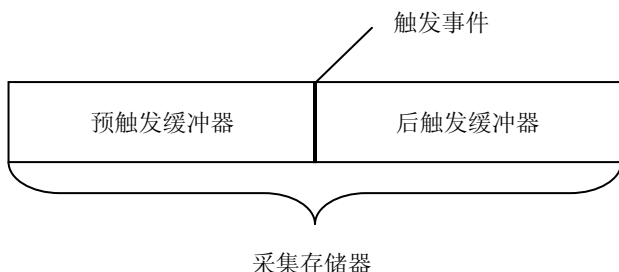
按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MODE** 键可以快速切换当前触发方式。您也可以按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发方式**，旋转多功能旋钮  选择所需的触发方式，或连续按 **触发方式** 软键切换当前触发方式。前面板触发控制区 (TRIGGER) 中当前选中触发方式对应的状态灯会点亮。

- **自动 (Auto)**: 在该触发方式下，如果未搜索到指定的触发条件，示波器将强制进行触发和采集以显示波形。
该触发方式适用于未知信号电平或需要显示直流时，以及触发条件经常发生，不需要进行强制触发时。
- **普通 (Normal)**: 在该触发方式下，仅在搜索到指定的触发条件时，示波器才进行触发和采集。
该触发方式适用于低重复率信号、只需要采集由触发设置指定的特定事件时，以及为获得稳定显示，需防止示波器自动触发时。
- **单次 (Single)**: 在该触发方式下，仅在搜索到指定的触发条件时，示波器才进行一次触发和采集，然后停止。
该触发方式适用于只需要单次采集特定事件并对采集结果进行分析的情况（可以平移和缩放当前显示波形，且后续波形数据不会覆盖当前波形）。

注意: 在普通 (Normal) 和单次 (Single) 触发方式下，按 **FORCE** 键可强制进行一次触发。

触发以及预触发/后触发缓冲器


下图所示为采集存储器的示意图。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。



开始运行后，示波器将首先填充预触发缓冲器。填充完成后，示波器将开始搜索触发，采样的数据将以先进先出（First Input First Out, FIFO）的方式继续传输到预触发缓冲器。搜索到触发后，预触发缓冲器将包含触发前发生的事件。然后，示波器将填充后触发缓冲器并显示采集存储器中的数据。如果是通过 **RUN/STOP** 键启动采集，则将重复该过程；如果是通过 **SINGLE** 键启动采集，则完成单次采集后将停止（可平移和缩放当前显示波形）。

触发耦合

触发耦合用于设置信号中的哪些分量可以被传送到触发电路。

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发设置** → **耦合**，旋转多功能旋钮  选择所需的耦合方式（默认为直流）。您也可以连续按 **耦合** 软键切换当前耦合方式。

- 直流：允许直流和交流成分通过触发路径。
- 交流：阻挡直流成分并衰减8 Hz以下的信号。
- 低频抑制：阻挡直流成分并抑制5 kHz以下的低频成分。
- 高频抑制：抑制50 kHz以上的高频成分。

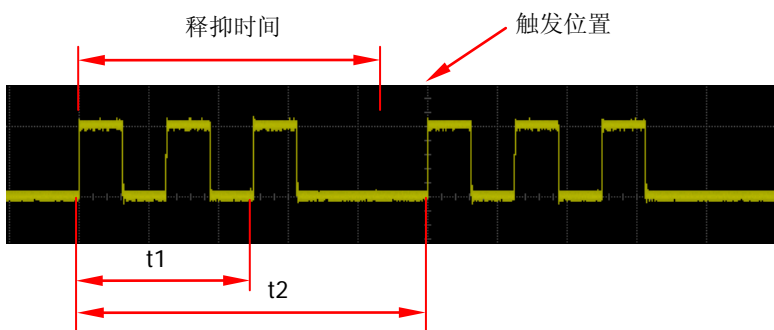
注意：


- 仅在“**边沿触发**”中且触发信源不为 D0-D15 时，触发耦合有效。
- 触发耦合与通道耦合（请参考“**指定通道耦合**”）无关。

触发释抑

触发释抑可设置在一次触发之后重新接通触发电路之前示波器等待的时间（即释抑时间）。在释抑期间，示波器不会触发。使用触发释抑可以稳定触发复杂的重复波形（波形重复之间具有多个边沿（或其他事件），如脉冲系列）。

例如，要稳定触发下图所示重复脉冲系列，需将释抑时间设为大于 t_1 且小于 t_2 的值。



按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发设置** → **触发释抑**。然后，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整释抑时间，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整释抑时间，直至稳定触发。释抑时间的可调范围为 100 ns 至 10 s，默认为 100 ns。

注意：

- 对于 MSO4000/DS4000，支持触发释抑的触发类型包括：“边沿触发”、“脉宽触发”、“欠幅脉冲触发”、“斜率触发”和“码型触发”。
- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整释抑时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

噪声抑制

噪声抑制通过增加触发滞后带来降低噪声触发的可能性。

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发设置**，然后按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制。


注意：当“触发信源”设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

触发输出连接器

示波器后面板的触发输出连接器 **[Trig Out/Calibration]** 可输出由当前触发设置决定的触发信号。




触发输出连接器

按 **Utility** → **Aux 输出**，旋转多功能旋钮  选择“触发输出”。您也可以连续按 **Aux 输出** 软键切换至“触发输出”。每产生一次触发时，将从 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个反映示波器当前捕获率的信号。将该信号连接至波形显示设备，测量该信号的频率，测量结果与当前捕获率相同。

边沿触发

边沿触发是指在输入信号指定边沿的触发电平/阈值电平上触发。

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“边沿触发”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“边沿触发”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。



设置边沿触发：


1. 指定触发信源并调整触发电平/阈值电平

- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4、EXT、EXT/5、市电或 D0-D15（请参考“触发信源”）。

当前所选信源显示在屏幕右上方。


- 1 至 4：模拟通道 (CH1-CH4)；
- E：外触发输入 (EXT、EXT/5)；
- AC：市电；
- D0 至 D15：数字通道 (D0-D15)。

注意：可以选择未打开的通道作为触发信源。

- 2) 旋转 **触发**  **LEVEL** 调整触发电平（触发信源为 CH1-CH4、EXT 或 EXT/5 时）或阈值电平（触发信源为 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。



触发信源为市电时，无触发电平。

2. 指定边沿类型

按 **边沿类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择在输入信号的何种边沿上触发。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前边沿类型。当前所选边沿类型显示在屏幕右上方。

- ：在输入信号的上升沿处，且电压电平满足设定的触发电平/阈值电平时

触发。

- : 在输入信号的下降沿处，且电压电平满足设定的触发电平/阈值电平时触发。
- : 在输入信号的任一沿处，且电压电平满足设定的触发电平/阈值电平时触发。

3. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。

前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

4. 设置触发耦合、触发释抑和噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中：

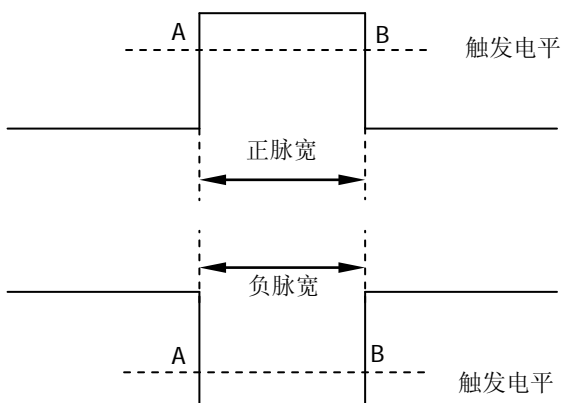
- 1) 按 **耦合** 软键选择“直流”、“交流”、“低频抑制”或“高频抑制”（请参考“**触发耦合**”）。
- 2) 按 **触发释抑** 软键调整释抑时间（请参考“**触发释抑**”），可调范围为 100 ns 至 10 s。
- 3) 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。


注意：当触发信源设为 D0-D15 时，触发耦合和噪声抑制无效。

脉宽触发

脉宽触发是指在指定宽度的正脉冲或负脉冲上触发。

本示波器中，将触发电平与正脉冲相交的两点间时间差定义为正脉宽；将触发电平与负脉冲相交的两点间时间差定义为负脉宽，如下图所示。



按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“脉宽触发”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“脉宽触发”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


 1 62.5mV

设置脉宽触发：


1. 指定触发信源并调整触发电平/阈值电平







- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4、EXT 或 D0-D15（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意： 可以选择未打开的通道作为触发信源。

- 2) 旋转 **触发**  **LEVEL** 调整触发电平（触发信源选择 CH1-CH4 或 EXT 时）或阈值电平（触发信源选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。






2. 指定脉宽条件

按 **脉宽条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的脉宽条件并按下该旋钮。您也可以连续按 **脉宽条件** 软键切换当前脉宽条件。当前所选脉宽条件中的脉冲类型显示在屏幕右上方。




- ：在输入信号的正脉宽大于指定的脉宽设置时触发。
- ：在输入信号的正脉宽小于指定的脉宽设置时触发。
- ：在输入信号的正脉宽大于指定的脉宽下限且小于指定的脉宽上限时触发。
- ：在输入信号的负脉宽大于指定的脉宽设置时触发。
- ：在输入信号的负脉宽小于指定的脉宽设置时触发。
- ：在输入信号的负脉宽大于指定的脉宽下限且小于指定的脉宽上限时触发。

3. 指定脉宽范围

脉宽范围与当前的脉宽条件设置有关。

- 脉宽条件为 、、、 时：
按 **脉宽设置** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整脉宽值，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整脉宽值。脉宽的可设范围为 4 ns 至 4 s。

注意： 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整脉宽时，该功能将帮助您快速完成设置。

- 脉宽条件为 、 时：
分别按 **脉宽上限**、**脉宽下限** 软键，使用多功能旋钮  或导航旋钮调整脉宽上限、脉宽下限值。脉宽上限的可设范围为 12 ns 至 4 s；脉宽下限的可设范围为 4 ns 至 3.99 s。

注意：

- 脉宽下限必须小于脉宽上限。
- 使用导航旋钮的外层旋钮可以在较大范围内快速调整脉宽上限/下限。

4. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

5. 设置触发释抑和噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中：

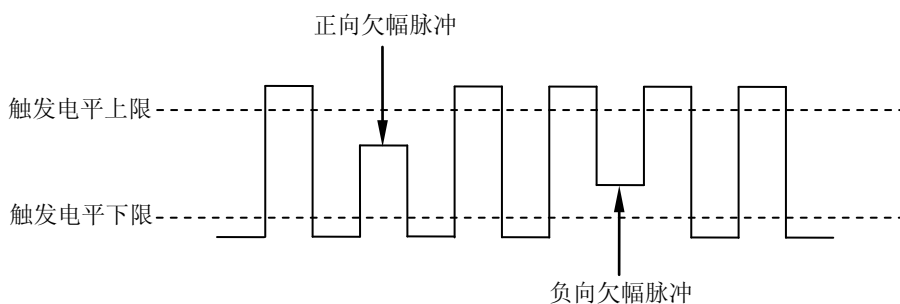
- 1) 按 **触发释抑** 软键调整释抑时间（请参考“**触发释抑**”），可调范围为 100 ns 至 10 s。
- 2) 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。


注意：当触发信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

欠幅脉冲触发

欠幅脉冲触发用于触发那些跨过了一个触发电平但没有跨过另一个触发电平的脉冲。

本示波器中，正向欠幅脉冲是指跨过了触发电平下限但没有跨过触发电平上限的脉冲；负向欠幅脉冲是指跨过了触发电平上限但没有跨过触发电平下限的脉冲，如下图所示。



按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“欠幅脉冲”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“欠幅脉冲”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平差值，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。

Run1  $\Delta 5.31 \text{ V}$

设置欠幅脉冲触发：

1. 指定触发信源

按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意： 可以选择未打开的通道作为触发信源。




2. 调整触发电平

在欠幅脉冲触发中，需设置触发电平上限和触发电平下限，分别对应于触发标志 **T1** 和 **T2**。

- **选择要调整的触发电平**


按 **垂直窗** 软键并旋转多功能旋钮  选择所需垂直窗类型（不同的垂直窗

类型对应不同的触发电平调节方式)。您也可以连续按 **垂直窗** 软键切换当前垂直窗类型。

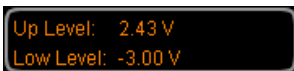
- : 仅调整触发电平上限，触发电平下限保持不变。
- : 仅调整触发电平下限，触发电平上限保持不变。
- : 同时调整触发电平上限和触发电平下限，触发电平差值（即触发电平上限与触发电平下限的差值）保持不变。

此外，在欠幅脉冲触发中，连续按下**触发**  **LEVEL** 可快速切换当前垂直窗类型。

● 调整触发电平



旋转**触发**  **LEVEL** 调整相应的触发电平（由当前选择的垂直窗类型决定）。

调整过程中，屏幕上将出现两条触发电平线（桔红色的虚线），并随触发电平的改变而上下移动；同时，在屏幕左下方弹出实时的触发电平值信息（如下图所示，Up Level 表示触发电平上限，Low Level 表示触发电平下限）。停止修改后，触发电平线和屏幕左下方的触发电平信息在约 2 s 后消失。当前触发电平差值显示在屏幕右上方。




3. 指定脉冲极性


按 **脉冲极性** 软键选择所需脉冲极性。

- : 正极性，在正向欠幅脉冲上触发。
- : 负极性，在负向欠幅脉冲上触发。

4. 设置脉宽限制

按 **限定符** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需脉宽限制类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **限定符** 软键切换当前脉宽限制类型。


- 无关：表示不设置脉宽限制条件。
- >：欠幅脉冲的宽度需大于设置的最小欠幅脉宽（**脉宽下限**）才可能引起触发。

选择该限定符时，按 **脉宽下限** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整最小欠幅脉宽，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整最小欠幅脉宽。最小欠幅脉宽的可设范围为 4 ns 至 4 s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在


较大范围内调整最小欠幅脉宽时，该功能将帮助您快速完成设置。

- <: 欠幅脉冲的宽度需小于设置的最大欠幅脉宽（**脉宽上限**）才可能引起触发。

选择该限定符时，按 **脉宽上限** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整最大欠幅脉宽，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整最大欠幅脉宽。最大欠幅脉宽的可设范围为 4 ns 至 4 s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整最大欠幅脉宽时，该功能将帮助您快速完成设置。

- <>: 欠幅脉冲的宽度需小于设置的最大欠幅脉宽（**脉宽上限**）且大于设置的最小欠幅脉宽（**脉宽下限**）才可能引起触发。

选择该限定符时，分别按 **脉宽上限**、**脉宽下限** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整最大欠幅脉宽、最小欠幅脉宽，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整最大欠幅脉宽、最小欠幅脉宽。最大欠幅脉宽的可设范围为 12 ns 至 4 s；最小欠幅脉宽的可设范围为 4 ns 至 3.99 s。

注意：

- 最小欠幅脉宽必须小于最大欠幅脉宽。
- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整最大欠幅脉宽/最小欠幅脉宽时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

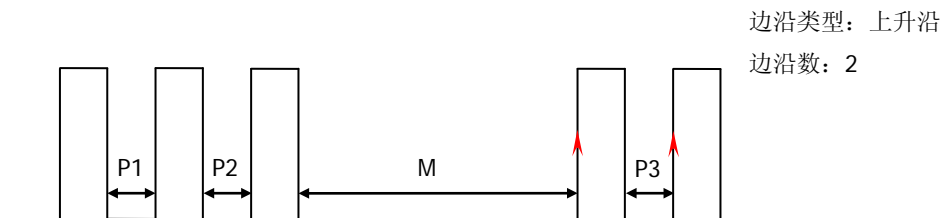
6. 设置触发释抑和噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中：

- 1) 按 **触发释抑** 软键，调整释抑时间（请参考“**触发释抑**”），可调范围为 100 ns 至 10 s。
- 2) 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

第 N 边沿触发

第 N 边沿触发是指在指定空闲时间后的第 N 个边沿上触发。




例如，在上图所示的波形中，若需在指定空闲时间后第 2 个上升沿上触发，则空闲时间需满足下式：

$$P1/P2/P3 < IdleTime < M$$

其中，

$P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 、 M 为参与计数的空闲时间； $IdleTime$ 为指定的空闲时间。

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“第 N 边沿”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“第 N 边沿”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


Nth  340mV

设置第 N 边沿触发：

1. 指定触发信源并调整触发电平/阈值电平



- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意：可以选择未打开的通道作为触发信源。


- 2) 旋转 **触发**  **LEVEL** 调整触发电平（触发信源选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（触发信源选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

2. 指定边沿类型

按 **边沿类型** 软键切换当前边沿类型。


- : 在输入信号的上升沿处，且电压电平满足设定的触发电平/阈值电平时触发。
- : 在输入信号的下降沿处，且电压电平满足设定的触发电平/阈值电平时触发。

3. 设置空闲时间

按 **空闲时间** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整空闲时间，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整空闲时间。空闲时间的可设范围为 40 ns 至 1 s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整空闲时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

4. 设置边沿数

按 **边沿数** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整边沿数，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整边沿数。边沿数的可设范围为 1 至 65535。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整边沿数时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

6. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当触发信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

斜率触发

斜率触发是指在指定时间的正斜率或负斜率上触发。

本示波器中，将两条触发电平线（触发电平上限与触发电平下限）与上升沿相交的两点间的时间差定义为正斜率时间；将两条触发电平线与下降沿相交的两点间的时间差定义为负斜率时间，如下图所示。

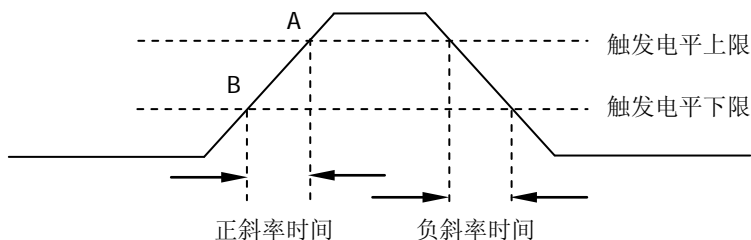



图 5-1 正斜率时间/负斜率时间

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“斜率触发”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“斜率触发”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平差值，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。



设置斜率触发：

1. 指定触发信源


按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意：可以选择未打开的通道作为触发信源。




2. 调整触发电平

在斜率触发中，需设置触发电平上限和触发电平下限，分别对应于触发标志 **T1** 和 **T2**。

● 选择要调整的触发电平

按 **垂直窗** 软键并旋转多功能旋钮  选择所需垂直窗类型（不同的垂直窗类型对应不同的触发电平调节方式）。您也可以连续按 **垂直窗** 软键切换当

前垂直窗类型。

- : 仅调整触发电平上限，触发电平下限保持不变。
- : 仅调整触发电平下限，触发电平上限保持不变。
- : 同时调整触发电平上限和触发电平下限，触发电平差值（即触发电平上限与触发电平下限的差值）保持不变。

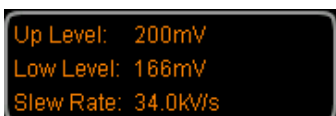
此外，在斜率触发中，按下触发  **LEVEL** 可快速切换当前垂直窗类型。

● 调整触发电平

旋转触发  **LEVEL** 调整相应的触发电平（根据当前选择的垂直窗类型）。

调整过程中，屏幕上将出现两条触发电平线（桔红色的虚线），并随触发电平的改变而上下移动；同时，在屏幕左下方弹出实时的触发电平和斜率信息（如下图所示，Up Level 表示触发电平上限，Low Level 表示触发电平下限，Slew Rate 表示斜率）。停止修改后，触发电平线以及屏幕左下方的触发电平值和斜率信息在约 2 s 后消失。当前触发电平差值显示在屏幕右上方。



- 斜率条件设置为 、、、 时，触发电平值和斜率信息如下图所示：

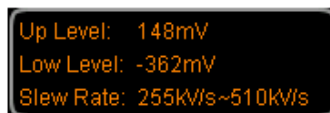


斜率值的计算公式为：

$$SlewRate = \frac{UpLevel - LowLevel}{Time}$$

其中，Time 为时间设置值。

- 斜率条件设置为 、 时，触发电平值和斜率范围信息如下图所示：










斜率范围的计算公式为：

$$SlewRate = \frac{UpLevel - LowLevel}{UpperLimit} \sim \frac{UpLevel - LowLevel}{LowerLimit}$$

其中，UpperLimit 为时间上限，LowerLimit 为时间下限。






3. 指定斜率条件

按 **斜率条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的斜率条件并按下该旋钮。您也可以连续按 **斜率条件** 软键切换当前斜率条件。当前所选斜率类型显示在屏幕右上方。




- ：在输入信号的正斜率时间大于指定的时间设置时触发。
- ：在输入信号的正斜率时间小于指定的时间设置时触发。
- ：在输入信号的正斜率时间大于指定的时间下限且小于指定的时间上限时触发。
- ：在输入信号的负斜率时间大于指定的时间设置时触发。
- ：在输入信号的负斜率时间小于指定的时间设置时触发。
- ：在输入信号的负斜率时间大于指定的时间下限且小于指定的时间上限时触发。

4. 设置斜率时间

斜率时间范围与当前的斜率条件设置有关。

- 斜率条件设置为 、、、 时：
按 **时间设置** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整时间值，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整时间值。时间的可设范围为 10 ns 至 1 s。

注意： 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

- 斜率条件设置为 、 时：
分别按 **时间上限**、**时间下限** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整时间上限、时间下限值，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整时间上限、时间下限值。时间上限的可设范围为 20 ns 至 1 s；时间下限的可设范围为 10 ns 至 999 ms。

注意：

- 时间下限必须小于时间上限。
- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整时间上限/下限时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“触发方式”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

6. 设置触发释抑和噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中：

- 1) 按 **触发释抑** 软键, 调整释抑时间 (请参考“**触发释抑**”), 可调范围为 100 ns 至 10 s。
- 2) 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制 (请参考“**噪声抑制**”)。

视频触发

视频触发用于捕获标准视频信号的复杂波形。触发电路检测波形的水平和垂直间隔，并基于视频触发设置产生触发。


MSO4000/DS4000 支持如下多种视频标准：

NTSC（National Television Standards Committee，美国国家电视标准委员会）；

PAL（Phase Alternating Line，逐行倒相）；

SECAM（Sequential Couleur A Memoire，顺序传送彩色与存贮）；

HDTV（High Definition Television，高清晰度电视）。

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“视频触发”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“视频触发”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。




设置视频触发：

1. 指定触发信源并调整触发电平

- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。


注意：可以选择未打开的通道作为触发信源。

- 2) 旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平显示在屏幕右上方。

2. 指定视频极性

连续按 **视频极性** 软键选择 （正极性）或 （负极性）。


3. 指定同步触发模式

按 **同步** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的同步触发模式并按下该旋钮。您也可以连续按 **同步** 软键切换当前同步触发模式。

- 所有行：在发现的第一行上触发。
- 指定行：

- 对于 NTSC 和 PAL/SECAM 视频标准，在奇数场或偶数场的指定行上触发。
- 对于 HDTV 视频标准，在指定的行上触发。

选择“指定行”时，需指定行号。


按 **指定行** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整行号，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整行号。行号的可选范围与当前选择的视频标准有关，如下表所示。

视频标准	行号范围
NTSC	1~525
PAL/SECAM	1~625
480P	1~525
576P	1~625
720P	1~750
1080P	1~1125
1080I	1~1125

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整行号时，该功能将帮助您快速完成设置。

- 奇数场：在奇数场的第一个齿脉冲的上升沿处触发。
- 偶数场：在偶数场的第一个齿脉冲的上升沿处触发。

4. 指定视频标准

按 **视频标准** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的视频标准。您也可以连续按 **视频标准** 软键切换当前视频标准。

- NTSC：场频为每秒 60 场，帧频为每秒 30 帧。电视扫描线为 525 行，偶场在前，奇场在后。
- PAL/SECAM：帧频为每秒 25 帧。
 - PAL：电视扫描线为 625 行，奇场在前，偶场在后。
 - SECAM：电视扫描线为 625 行，隔行扫描。
- 480P：帧频为每秒 60 帧，电视扫描线为 525 行，逐行扫描，行频为 31.5 kHz。
- 576P：帧频为每秒 60 帧，电视扫描线为 625 行，逐行扫描。
- HDTV：包含如下 3 种标准。
 - 720P：帧频为每秒 60 帧，电视扫描线为 750 行，逐行扫描，行频

为 45 kHz。

- 1080P: 帧频为每秒 60 帧, 电视扫描线为 1125 行, 逐行扫描, 专业格式。
- 1080I: 场频为每秒 50~60 场, 帧频为每秒 25~30 帧, 电视扫描线为 1125 行, 隔行扫描, 行频为 33.75 kHz。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”(请参考“**触发方式**”)。前面板触发控制区 (TRIGGER) 中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。


6. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中, 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制 (请参考“**噪声抑制**”)。

码型触发

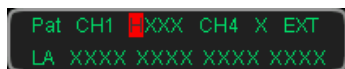
码型触发通过查找指定码型识别触发条件。

码型是通道的逻辑“与”组合，每个通道的值可为H（高）、L（低）或X（忽略）。您还可以指定码型中的一个通道为上升沿或下降沿。当指定边沿（上升沿或下降沿）后，如果其他通道的码型均判定为“真”（即通道实际码型与预设的码型一致），示波器将在该指定边沿上触发；如果未指定边沿，示波器将在使码型为“真”的最后一个边沿上触发。如果所有通道的码型都被设置为“忽略”，示波器将不会触发。

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“码型触发”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“码型触发”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、当前通道和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。



此外，在屏幕下方还显示码型设置区域（如下图所示），用于显示当前的码型设置信息（当前选中通道的码型以红色突出显示）。



设置码型触发：


1. 设置通道码型并调整触发电平/阈值电平


1) 选择指定通道

按 **信源选择** 软键选择包含在所需码型中的一个通道。可以选择 CH1-CH4、EXT 或 D0-D15（请参考“**触发信源**”）。当前选择的通道显示在屏幕右上方。同时，在屏幕下方的码型设置区域中，当前选中通道的码型以红色突出显示。





注意： 可以选择未打开的通道。

2) 指定当前通道的码型


按 **码型设置** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需码型。在屏幕下方的码型设置区域中，当前选中通道的码型以红色突出显示。

- ：将所选通道的码型设置为“高”，即电压电平高于通道的触发电平/

阈值电平。

- : 将所选通道的码型设置为“低”，即电压电平低于通道的触发电平/阈值电平。
- : 将所选通道的码型设置为“忽略”，即忽略该通道（该通道不作为码型的一部分）。如果码型中的所有通道均设置为“忽略”，示波器将不触发。
- 、: 将所选通道的码型设置为“上升沿”或“下降沿”。
注意：在码型中，仅允许指定一个边沿（上升沿或下降沿）。如果之前已定义了一个边沿项，然后在码型中选择一个不同的通道并定义边沿项，那么之前定义的边沿项将更改为“X”（忽略）。

3) 调整当前通道的触发电平/阈值电平

旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（选择 CH1-CH4 或 EXT 时）或阈值电平（选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

请重复上述步骤1)至3)直至完成所需码型中所有通道的码型和触发电平/阈值电平设置。

2. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“触发方式”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

3. 设置触发释抑和噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中：

- 1) 按 **触发释抑** 软键，调整释抑时间（请参考“触发释抑”），可调范围为 100 ns 至 10 s。
- 2) 按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“噪声抑制”）。

注意：对于 D0-D15，噪声抑制无效。

RS232 触发

MSO4000/DS4000 示波器可在 RS232 信号的帧起始、错误帧、校验错误或指定的数据位置触发。

RS232 总线是用于计算机之间或计算机与终端之间进行数据传送的一种串行通信方式。RS232 串行协议将一个字符作为一帧数据进行传输，其帧结构由 1 bit 起始位、5~8 bits 数据位、1 bit 校验位和 1~2 bits 停止位组成，格式如下图所示。

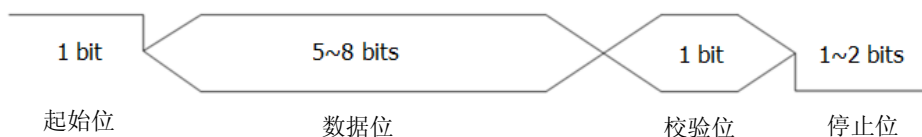



图 5-2 RS232 总线帧格式

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“RS232”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“RS232”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


232  62.5mV

设置 RS232 触发：

1. 指定信源并调整触发电平/阈值电平

- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“**触发信源**”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。


注意： 可以选择未打开的通道作为触发信源。


- 2) 旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（信源选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（信源选择 D0-D15 时）（请参考“**触发电平/阈值电平**”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

2. 指定总线极性


按 **极性** 软键设置数据传输时的极性为“正常”或“反相”，默认为“正常”。

3. 指定触发条件




按 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的触发条件。您也可以连续按 **触发条件** 软键切换当前触发条件。

- 帧起始：在帧起始位置处触发。
- 错误帧：当检测到错误帧时触发。
选择该触发条件后，
 - 按 **停止位** 软键选择“1位”或“2位”。
 - 按 **奇偶校验** 软键，旋转多功能旋钮  选择“无”、“奇校验”或“偶校验”。您也可以连续按 **奇偶校验** 软键切换当前校验类型。

示波器将根据该设置判断错误帧。

- 校验错误：当检测到校验错误时触发。
选择该触发条件后，
 - 按 **停止位** 软键选择“1位”或“2位”。
 - 按 **奇偶校验** 软键，旋转多功能旋钮  选择“奇校验”或“偶校验”。您也可以连续按 **奇偶校验** 软键切换当前校验类型。


示波器将根据该设置判断校验错误。


- 数据：在设定的数据位的最后一位触发。
选择该触发条件后，
 - 按 **数据位宽** 软键，旋转多功能旋钮  选择“5位”、“6位”、“7位”或“8位”。您也可以连续按 **数据位宽** 软键切换当前数据位宽。
 - 按 **数据** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需数据。
数据的可设范围与“数据位宽”的设置有关。数据位宽为5位、6位、7位和8位时，数据的可设范围分别为0~31、0~63、0~127和0~255。
 - 按 **停止位** 软键选择“1位”或“2位”。
 - 按 **奇偶校验** 软键，旋转多功能旋钮  选择“无”、“奇校验”或“偶校验”。您也可以连续按 **奇偶校验** 软键切换当前校验类型。

示波器将根据该设置查找指定数据。

4. 设置波特率

设置数据传输的波特率相当于指定时钟频率。

按 **波特率** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需波特率。您也可以连续按 **波特率** 软键切换当前波特率。可以选择预设的波特率或选择“自定义”并指定一个波特率。

- 预设的波特率包括 2400 bps、4800 bps、9600 bps、19200 bps、38400 bps、57600 bps、115200 bps、230400 bps、460800 bps、921600 bps、1 Mbps。
- 选择“自定义”时，您可以设置触发的波特率。按 **设置** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整波特率，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整波特率。波特率的可选范围为 110 bps 至 20 Mbps。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整波特率时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

6. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当触发信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

I2C 触发

MSO4000/DS4000 示波器可在 I2C 信号启动、重启、停止、丢失确认时触发，或在具有特定的设备地址和数据值的读/写帧上触发。

I2C 总线为两线式串行总线，由时钟线 SCL 和数据线 SDA 两条线组成，如下图所示。传输速率由时钟线决定，传输数据由数据线决定。

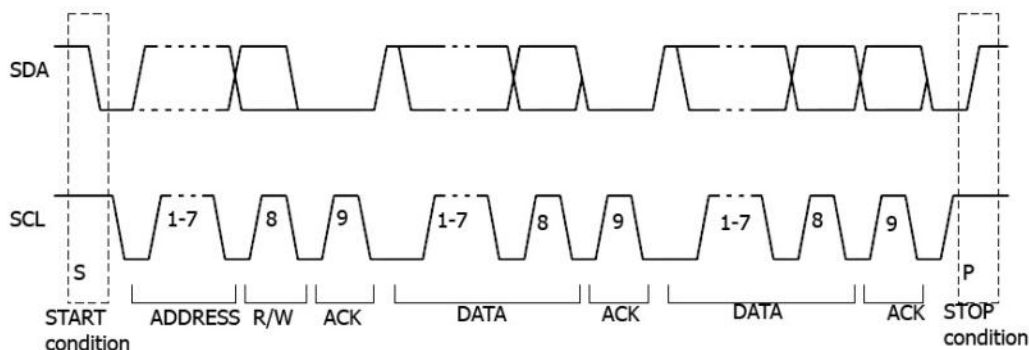


图 5-3 I2C 总线

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择 “I2C” 并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至 “I2C”。

此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


I2C  62.5mV

设置 I2C 触发：

1. 指定时钟线信源并调整触发电平/阈值电平

- 1) 按 **SCL** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“**触发信源**”）为时钟线信源。当前所选信源显示在屏幕右上方。


注意：可以选择未打开的通道作为时钟线和数据线信源。

- 2) 旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（选择 D0-D15 时）（请参考“**触发电平/阈值电平**”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

2. 指定数据线信源并调整触发电平/阈值电平




按 **SDA** 软键，参考步骤 1 中的说明选择数据线信源并调整触发电平/阈值电平。

3. 指定触发条件

按 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的触发条件并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发条件** 软键切换当前触发条件。

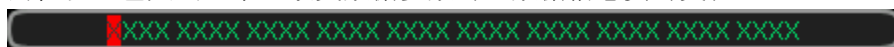
- 启动：当 SCL 时钟为高而 SDA 数据从高跳变至低时触发。
- 重启：当另一个启动条件在停止条件之前出现时触发。
- 停止：当 SCL 时钟为高而 SDA 数据从低跳变至高时触发。
- 丢失确认：在任何确认 SCL 时钟位期间，如果 SDA 数据为高则触发。
- 地址：在所设定的地址（读、写、或读/写方向）之后的一个字节数据（SDA）对应的时钟（SCL）边沿上触发。

设置地址参数：



- 按 **地址位宽** 软键，旋转多功能旋钮  选择“7 位”“8 位”或“10 位”。您也可以连续按 **地址位宽** 软键切换当前地址位宽。
- 按 **地址** 软键，旋转多功能旋钮  设置所需地址值。
地址值的可设范围与当前的“地址位宽”有关。地址位宽为 7 位、8 位和 10 位时，地址值的可设范围分别为 0~127、0~255 和 0~1023。
- 按 **数据方向** 软键，旋转多功能旋钮  选择“读”、“写”、或“读/写”。您也可以连续按 **数据方向** 软键切换当前数据方向。
注意：当地址位宽设为“8 位”时，无需设置数据方向。

- 数据：触发在数据线（SDA）上寻找控制字节值，其后跟随一个读取位和确认位。然后寻找指定的数据值。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。


选择该触发条件后，屏幕下方显示当前的数据信息，如下图所示。当前选择的位以红色突出显示。改变数据参数时，数据信息实时变化。



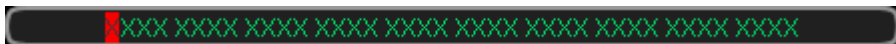
设置数据参数：

- 按 **字节长度** 软键，旋转多功能旋钮  选择字节长度为 1、2、3、4 或 5。
- 按 **当前位** 软键，旋转多功能旋钮  选择需要操作的位。
当前位的可选范围与“字节长度”的设置有关。字节长度为 1、2、3、4

和 5 时，当前位的范围分别为 0~7、0~15、0~23、0~31 和 0~39。

- 一 按 **数据** 软键，设置当前数据位的数据码型为 H、L 或 X。您也可以在设置 **当前位** 菜单后连续按多功能旋钮  切换当前数据位的数据码型。
- 一 按 **所有位** 软键，将所有数据位的数据码型设置为当前数据位的数据码型（即当前 **数据** 菜单中的码型）。
- 地址数据：查找设定的地址值和数据值，在地址和数据同时满足条件时触发。

选择该触发条件后，屏幕下方显示当前的数据信息，如下图所示。当前选择的位以红色突出显示。改变数据参数时，数据信息实时变化。



请分别参考“地址”和“数据”中的介绍设置地址和数据参数。

4. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“触发方式”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

5. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“噪声抑制”）。

注意：当时钟线信源或/和数据线信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

SPI 触发

SPI 触发中，当满足设置的触发条件（片选条件或超时条件）时，示波器将在搜索到指定数据时触发。

SPI 总线时序图如下图所示，SCL 为串行时钟线，SDA 为串行数据线，CS 为片选线。

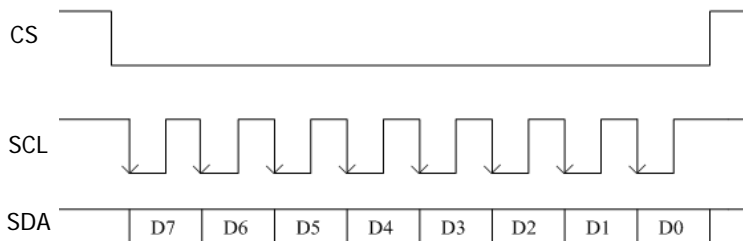
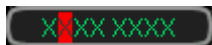


图 5-4 SPI 总线时序图

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“SPI”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“SPI”。

此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。

此外，在屏幕下方还显示数据设置区域（如下图所示），用于显示当前的数据设置信息（当前选中数据位以红色突出显示），并随着数据设置的改变而改变。




设置 SPI 触发：

1. 指定时钟线信源并调整触发电平/阈值电平

- 按 **SCL** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“触发信源”）为串行时钟线信源。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意：可以选择未打开的通道作为时钟线和数据线信源。

- 旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

2. 指定数据线信源并调整触发电平/阈值电平


按 **SDA** 软键，参考步骤 1 中的说明选择数据线信源并调整触发电平/阈值电平。

3. 设置触发条件

连续按 **触发条件** 软键选择“超时”或“CS”。

- 超时：时钟信号（SCL）保持指定时间的空闲状态后，示波器开始搜索要在其上触发的数据（SDA）。

指定超时时间：

按 **超时** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整空闲状态的最小时间，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整空闲状态的最小时间。空闲状态的最小时间的可设范围为 100 ns 至 1 s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整空闲状态的最小时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

- CS：在片选信号有效的条件下，示波器开始搜索要在其上触发的数据（SDA）。

设置片选信号：




- a. 按 **CS** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“**触发信源**”）为片选线信源。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意：可以选择未打开的通道作为片选线信源。

- b. 按 **模式** 软键选择片选模式为“”（高电平有效）或“”（低电平有效）。



4. 设置数据

按 **数据** 软键进入 SPI 触发数据设置子菜单。在该子菜单中：

- 按 **数据位宽** 软键，旋转多功能旋钮  设置串行数据字符串中的位数。可选范围为 4 至 32 之间的任意整数。
- 按 **当前位** 软键，旋转多功能旋钮  选择需要操作的位。当前位的可选范围为 0 至（当前的“数据位宽”-1）。
- 按 **数据** 软键，设置当前数据位的数据码型为 H、L 或 X。您也可以在设置 **当前位** 菜单后连续按多功能旋钮  切换当前数据位的数据码型。
- 按 **所有位** 软键，将所有数据位的数据码型设置为当前数据位的数据码型（即当前 **数据** 菜单中的码型）。

5. 指定时钟边沿

按 **时钟边沿** 软键选择所需的时钟边沿类型。

- : 在 SCL 时钟的上升沿处对 SDA 数据进行取样。
- : 在 SCL 时钟的下降沿处对 SDA 数据进行取样。

6. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

7. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当时钟线信源或/和数据线信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

CAN 触发

MSO4000/DS4000 示波器可在 CAN 信号的帧起始处、帧结束处、指定类型的帧或指定类型的错误帧上触发。

CAN 总线数据帧格式如下图所示。

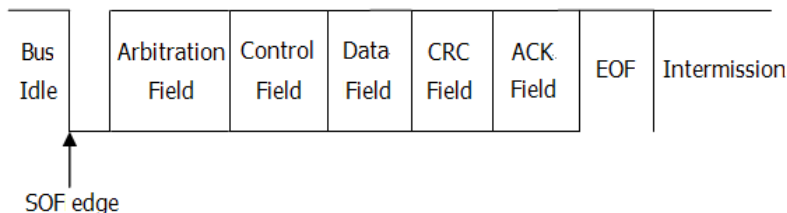


图 5-5 CAN 总线数据帧格式

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择 “CAN” 并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至 “CAN”。

此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


CAN  62.5mV

设置 CAN 触发：


1. 指定触发信源并调整触发电平/阈值电平

- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“**触发信源**”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意： 可以选择未打开的通道作为触发信源。

- 2) 旋转 **触发**  **LEVEL** 调整触发电平（触发信源选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（触发信源选择 D0-D15 时）（请参考“**触发电平/阈值电平**”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。


2. 指定信号类型

按 **信号类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的信号类型。您也可以连续按 **信号类型** 软键切换当前信号类型。

- Rx: 来自 CAN 信号线上的接收信号。

- Tx: 来自 CAN 信号线上的传输信号。
- CAN_H: 实际的 CAN_H 总线信号。
- CAN_L: 实际的 CAN_L 总线信号。
- 差分: 使用差分探头连接到模拟通道的 CAN 差分总线信号。差分探头的正极连接 CAN_H 总线信号, 差分探头的负极连接 CAN_L 总线信号。


3. 设置触发条件

按 **触发条件** 软键, 旋转多功能旋钮  选择所需的触发条件并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发条件** 软键切换当前触发条件。

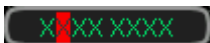
- 帧起始: 在数据帧的帧起始处触发。
- 帧结束: 在数据帧的帧结束处触发。
- 帧类型: 在指定类型的帧上触发。
- 帧错误: 在指定类型的错误帧上触发。

触发条件设为“帧类型”或“帧错误”时, 您还需要设置如下帧类型参数或选择帧错误类型。


1) 帧类型

触发条件设为“帧类型”时, 按 **帧类型** 软键, 旋转多功能旋钮  选择所需的帧类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **帧类型** 软键切换当前帧类型。可选的帧类型包括“数据帧”、“远程帧”、“错误帧”和“过载帧”。

- 选择“数据帧”时, 在屏幕下方显示数据设置区域(如下图所示), 用于显示当前的数据设置信息(当前选中数据位以红色突出显示), 并随着数据设置的改变而改变。






您可以进行如下设置:


- 按 **ID 设置** 软键选择“任意 ID”或“特定 ID”。
选择“任意 ID”时, ID 数据将不作为触发条件。选择“特定 ID”时, 按 **ID 格式** 软键选择“标准”或“扩展”; 按 **ID 数据** 软键, 旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整 ID 数据, 或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整 ID 数据。ID 数据的可设范围为 0 至 2047(标准 ID 格式)或 0 至 536870911(扩展 ID 格式)。

注意: 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大, 数值变化的速度越快。


当需要在较大范围内调整 ID 数据时，该功能将帮助您快速完成设置。


- b. 按 **字节长度** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的字节长度。字节长度的可设范围为 1 至 8。
 - c. 按 **当前位** 软键，旋转多功能旋钮  选择需要操作的数据位。可设范围为 0 至（当前的“字节长度”×8-1）。
 - d. 按 **数据** 软键，设置当前数据位的数据码型为 H、L 或 X。您也可以在设置 **当前位** 菜单后连续按多功能旋钮  切换当前数据位的数据码型。
 - e. 按 **所有位** 软键，将所有数据位上的数据码型设置为当前数据位的数据码型（即当前 **数据** 菜单中的码型）。
- 选择“远程帧”时，您可以参考上述步骤 a 进行 ID 设置。

2) 帧错误

触发条件设为“帧错误”时，按 **错误类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需错误类型。您也可以连续按 **错误类型** 软键切换当前错误类型。可选的错误类型包括“位填充”、“应答错误”、“校验错误”、“格式错误”和“任意错误”。

4. 设置信号速率

按 **信号速率** 软键，旋转多功能旋钮  选择与 CAN 总线信号相匹配的 CAN 信号速率。您也可以连续按 **信号速率** 软键切换当前信号速率。可选的信号速率包括 10 kb/s（默认）、20 kb/s、33.3 kb/s、50 kb/s、62.5 kb/s、83.3 kb/s、100 kb/s、125 kb/s、250 kb/s、500 kb/s、800 kb/s、1 Mb/s 和自定义。

选择“自定义”时，按 **自定义** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整信号速率，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整信号速率。信号速率的可调范围为 10 kb/s 至 1 Mb/s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整信号速率时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 调整采样位置

采样点为位时间内的点，示波器在该点对位电平进行采样。采样位置用“位开始至采样点的时间”与“位时间”的百分比表示，如下图所示。

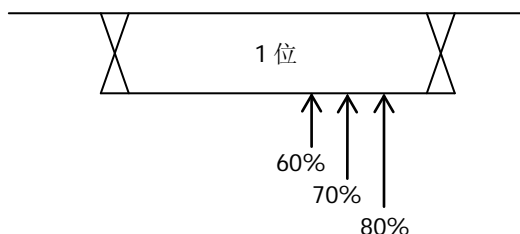



图 5-6 采样位置

按 **采样点** 软键，旋转多功能旋钮  调整采样位置，步进为 1%，可调范围为 5%至 95%。

6. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

7. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当触发信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

FlexRay 触发

MSO4000/DS4000示波器可在FlexRay总线的指定帧、符号、错误或TSS上触发。

FlexRay是一种配置三个连续段的差分串行总线，即包头、净荷和包尾，数据传送速率高达10 Mbps。每个帧包含一个静态段和动态段，每个帧最后是总线空闲时间。FlexRay协议帧格式如下图所示。

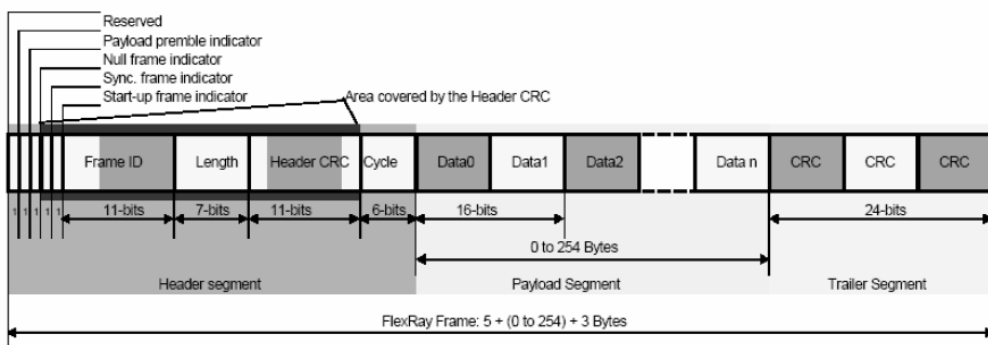



图 5-7 FlexRay 总线帧格式

按前面板触发控制区 (TRIGGER) 中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“FlexRay”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“FlexRay”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


Flex 1 62.5mV

设置 FlexRay 触发:

1. 指定触发信源并调整触发电平/阈值电平


- 1) 按 **信源选择** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意: 可以选择未打开的通道作为触发信源。


- 2) 旋转**触发**  **LEVEL** 调整触发电平（触发信源选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（触发信源选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发

电平/阈值电平显示在屏幕右上方。

2. 指定信号速率

按 **信号速率** 软键，旋转多功能旋钮  选择与 FlexRay 总线相匹配的 FlexRay 信号速率。您也可以连续按 **信号速率** 软键切换当前信号速率。可选的信号速率包括 2.5 Mb/s、5 Mb/s 和 10 Mb/s。

3. 指定触发条件

按 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的触发条件并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发条件** 软键切换当前触发条件。

- 帧：在 FlexRay 总线的帧上触发。
- 符号：在 FlexRay 总线的 CID（Channel Idle Delimiter，信道空闲定界符）、CAS（Collision Avoidance Symbol，冲突避免符）、MTS（Media Access Test Symbol，媒体访问测试符）和 WUP（Wakeup Pattern，唤醒模式）上触发。
- 错误：在 FlexRay 总线错误时触发，包括头 CRC 错误和帧 CRC 错误。
- TSS：在 FlexRay 总线的传输启动序列上触发。

注意：由于特定的 FlexRay 帧发生的几率很小，因此，当触发条件设为“帧”时，将示波器设置为 Normal 触发模式比较好，这样可以防止示波器在等待特定帧时自动触发。触发条件设为“错误”时也是如此，而且，当存在多个 FlexRay 错误时，可能需要调整触发释抑以查看特定的错误。

4. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

5. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当触发信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。


USB 触发

MSO4000/DS4000 示波器可在差分 USB 数据线（D+ 和 D-）上数据包起始、数据包结束、复位完成、进入挂起或退出挂起时触发。

该触发类型支持 USB 低速和全速。USB 数据传输协议图如下图所示。



图 5-8 USB 数据传输协议图

按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发类型**，旋转多功能旋钮  选择“USB”并按下该旋钮。您也可以连续按 **触发类型** 软键切换至“USB”。此时，屏幕右上方显示当前的触发设置信息（包括触发类型、触发信源和触发电平/阈值电平，如下图所示），并随着触发设置的改变而改变。


USB  62.5mV

设置 USB 触发：

1. 指定 D+ 信源并设置触发电平/阈值电平

- 1) 按 **D+** 软键选择 CH1-CH4 或 D0-D15（请参考“触发信源”）。当前所选信源显示在屏幕右上方。

注意：可以选择未打开的通道作为 D+ 和 D- 信源。

- 2) 旋转 **触发**  **LEVEL** 调整触发电平（选择 CH1-CH4 时）或阈值电平（选择 D0-D15 时）（请参考“触发电平/阈值电平”）。当前触发电平/阈值电平显示在屏幕右上方。


2. 指定 D- 信源并设置触发电平/阈值电平

按 **D-** 软键，参考步骤 1 中的说明选择 D- 信源并设置触发电平/阈值电平。

3. 指定信号速度

按 **信号速度** 软键选择信号速度为“低速”或“全速”。

4. 指定触发条件

按 **触发条件** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的触发条件。您也可以连续按 **触发条件** 软键切换当前触发条件。

- 分组起始：在数据包开始（SOP）的同步位处触发。
- 分组结束：在数据包结束（EOP）的 SEO 部分结束处触发。
- 复位完成：当 SEO 大于 10 ms 时触发。
- 进入挂起：当总线空闲状态大于 3 ms 时触发。
- 退出挂起：当退出空闲状态大于 10 ms 时触发。

5. 指定触发方式

按 **触发方式** 软键选择“自动”、“普通”或“单次”（请参考“**触发方式**”）。前面板触发控制区（TRIGGER）中当前所选触发方式对应的状态灯点亮。

6. 打开或关闭噪声抑制

按 **触发设置** 软键进入触发设置子菜单。在该子菜单中，按 **噪声抑制** 软键打开或关闭噪声抑制（请参考“**噪声抑制**”）。

注意：当 D+或/和 D-信源设为 D0-D15 时，噪声抑制无效。

第6章 运算与测量

MSO4000/DS4000 在采集和显示数据后，可以进行数学运算、自动测量和光标测量。

本章内容如下：

- 进行数学运算
- 进行自动测量
- 进行光标测量

进行数学运算

MSO4000/DS4000 可实现通道间波形的多种数学运算，包括基本运算（加法、减法、乘法、除法）、FFT、数字滤波、逻辑运算及高级运算。数学运算的结果还允许被进一步测量（请参考“进行光标测量”）。

注意：

- 必须打开相应模拟通道或数字通道的波形显示，才能实现通道间波形的数学运算。
- 如果模拟通道波形被削波（未完全显示在屏幕上），数学运算波形也将被削波。

按前面板垂直控制区（VERTICAL）中的 **MATH**，您可以在打开的 MATH 菜单中进行数学运算的相关设置。数学运算结果以紫色波形显示在屏幕上，默认标签为 **m**。为了方便使用，您也可以为数学运算波形设置一个自定义标签（设置方法请参考“自定义数学运算波形标签”）。


- 基本运算
- FFT
- 数字滤波
- 逻辑运算
- 高级运算
- MATH 波形垂直控制

基本运算

MSO4000/DS4000 支持在模拟通道上进行基本运算，包括加法、减法、乘法和除法。

您可以按如下步骤进行基本运算：


1. 指定基本运算操作

按 **MATH** → **操作**，旋转多功能旋钮  选择所需的基本运算操作（加法、减法、乘法或除法）并按下该旋钮。您也可以连续按 **操作** 软键切换当前运算操作。




- $A+B$ ：加法，将信源 A 与信源 B 的波形电压值逐点相加并显示结果。
- $A-B$ ：减法，将信源 A 与信源 B 的波形电压值逐点相减并显示结果。
- $A \times B$ ：乘法，将信源 A 与信源 B 的波形电压值逐点相乘并显示结果。
- $A \div B$ ：除法，将信源 A 与信源 B 的波形电压值逐点相除并显示结果。可用于分析两个通道波形的倍数关系。

注意：当信源 B 的波形电压值为 0 时，相除结果按 0 处理。

2. 指定信源 A 和信源 B

- 1) 按 **信源 A** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源 A** 软键切换当前选择的通道。可以选择 CH1、CH2、CH3 或 CH4。
- 2) 按 **信源 B** 软键，使用同样的方法指定信源 B。

3. 调整垂直档位和垂直位移

分别按  和  软键后，旋转多功能旋钮  调整数学运算波形的垂直档位和垂直位移。请参考“**MATH 波形垂直控制**”。

4. 调整水平时基和水平位移

分别使用水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 调整数学运算波形的水平时基和水平位移。调整方法请参考“**调整水平时基**”和“**调整水平位移**”。

注意：旋转水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 将同时调整模拟通道波形和数学运算波形的水平档位和水平位移。

5. 打开或关闭反相

按 **反相** 软键打开或关闭数学运算波形的反相显示。

6. 自定义数学运算波形标签

按 **标签**，打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“**设置通道标签**”一节的内容设置数学运算波形的标签。

注意：自定义标签可包含大写英文字母(A~Z)、小写英文字母(a~z)、数字(0~9)、下划线和空格，长度不得超过 4 个字符。

FFT

FFT（快速傅立叶变换）运算可将时域信号转换为频域分量（频谱）。使用 FFT 运算可以方便的进行以下工作：

- 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

MSO4000/DS4000 示波器提供 FFT 运算功能,可实现在观测信号时域波形的同时观测信号的频谱图,如下图所示。

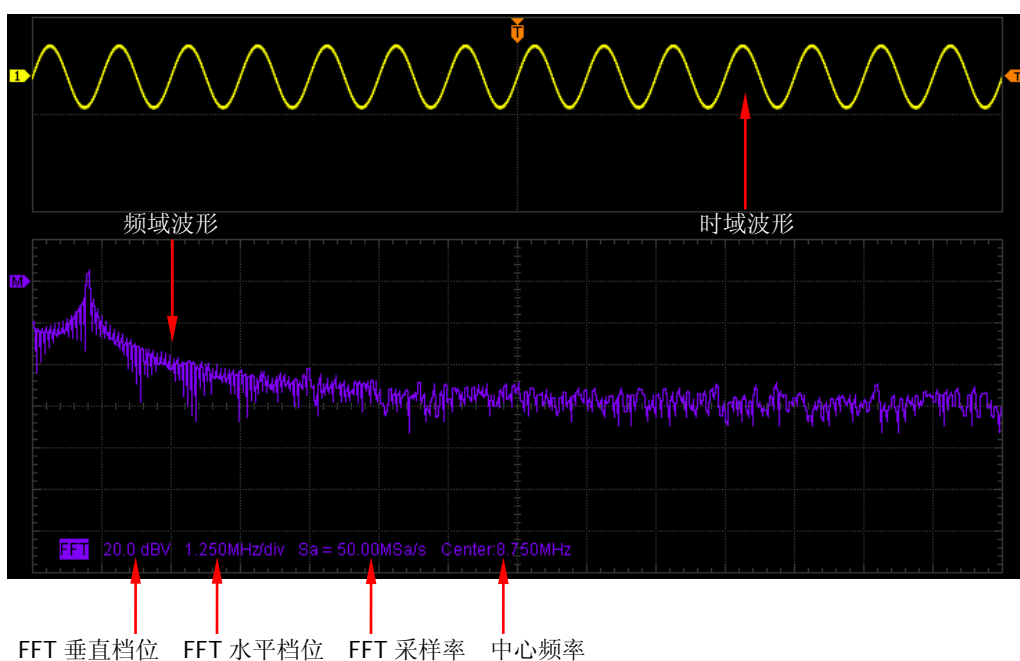




图 6-1 FFT

您可以按如下步骤执行 FFT 运算：




1. 选择 FFT 运算

按 **MATH** → **操作**，旋转多功能旋钮  选择“FFT”并按下该旋钮。您也可以连续按 **操作** 软键切换至“FFT”运算。


2. 指定 FFT 信源

按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前选择的通道。可以选择 CH1、CH2、CH3 或 CH4。

3. 调整垂直档位和垂直位移

分别按  和  软键后，旋转多功能旋钮  调整 FFT 运算波形的垂直档位和垂直位移。请参考“**MATH 波形垂直控制**”。

4. 调整水平档位和水平位移

分别使用水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 调整 FFT 运算波形的水平档位和水平位移。调整方法请参考“**调整水平时基**”和“**调整水平位移**”。

注意：旋转水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 将同时调整通道波形和数学运算波形的水平档位和水平位移。

5. 指定窗函数

使用窗函数可以有效减小频谱泄漏效应。MSO4000/DS4000 提供表 6-1 所示的 4 种 FFT 窗函数，每种窗函数的特点及其适合测量的波形不同。请根据待测波形的特点选择合适的窗函数。


按 **窗函数** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需窗函数并按下该旋钮。您也可以连续按 **窗函数** 软键切换当前选择的窗函数（默认为“Rectangle”）。


表 6-1 窗函数

窗函数	特点	适合测量的波形
Rectangle	最好的频率分辨率 最差的幅度分辨率 与不加窗的状况基本类似	暂态或短脉冲，信号电平在此前后大致相等 频率非常接近的等幅正弦波 具有变化较缓慢波谱的宽带随机噪声
Hanning	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
Hamming	稍好于 Hanning 窗的频率分辨率	暂态或短脉冲，信号电平在此前后相差很大
Blackman	最好的幅度分辨率 最差的频率分辨率	单频信号，寻找更高次谐波

6. 指定显示方式

按 **显示** 软键选择“分屏”（默认）或“全屏”显示方式。

- 分屏：信源通道波形和 FFT 运算波形分屏显示，时域和频域信号一目了然。
- 全屏：信源通道波形和 FFT 运算波形在同一窗口显示（全屏显示），可以更清晰地观察频谱并进行更精确的测量。

注意:当前处于 FFT 模式下且 MATH 为活动通道时,您也可以按下水平  **SCALE** 快速切换“分屏”和“全屏”显示方式。

7. 指定垂直刻度单位

按 **垂直刻度** 软键选择“dB”或“Vrms”(默认为 dB)。

- dB: 应用对数方式显示垂直幅度大小。
- Vrms: 应用线性方式显示垂直幅度大小。

注意:如需在较大的动态范围内显示 FFT 频谱,建议选择“dB”。

8. 打开或关闭抗混叠

按 **抗混叠** 软键打开或关闭抗混叠。

抗混叠打开时,FFT 水平档位和 FFT 采样率是抗混叠关闭时的 2 倍。

9. 自定义数学运算波形的标签

按 **标签**,打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“**设置通道标签**”一节的内容设置数学运算波形的标签。

注意:自定义标签可包含大写英文字母(A~Z)、小写英文字母(a~z)、数字(0~9)、下划线和空格,长度不得超过 4 个字符。


提示

- 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,可将信源通道的“通道耦合”设为“交流”方式(请参考“**指定通道耦合**”)。
- 为减少重复或单次脉冲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(请参考“**指定获取方式**”)。


数字滤波





MSO4000/DS4000 提供 4 种实用的数字滤波器（低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和带阻滤波器），通过设定带宽范围可以滤除信号中特定波段的频率。

1. 选择数字滤波


按 **MATH** → **操作**，旋转多功能旋钮  选择“数字滤波”并按下该旋钮。您也可以连续按 **操作** 软键切换至“数字滤波”。

2. 选择滤波类型

按 **滤波类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的滤波类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **滤波类型** 软键切换当前选择的滤波类型。



-  **f**: 低通，仅允许频率低于当前 **频率上限** 的信号通过。
-  **f**: 高通，仅允许频率高于当前 **频率下限** 的信号通过。
-  **f**: 带通，仅允许频率高于当前 **频率下限** 且低于当前 **频率上限** 的信号通过。
-  **f**: 带阻，仅允许频率低于当前 **频率下限** 的信号或高于当前 **频率上限** 的信号通过。

3. 选择信源

按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前选择的通道。可以选择 CH1-CH4。




4. 设置带宽

选择“低通”滤波类型时，仅需设置频率上限；选择“高通”滤波类型时，仅需设置频率下限；选择“带通”或“带阻”滤波类型时，需设置频率上限和频率下限。

按 **频率上限** 软键，旋转多功能旋钮  调整滤波器的频率上限；按 **频率下限** 软键，旋转多功能旋钮  调整滤波器的频率下限。

注意：带宽可设范围与当前的水平时基有关。

5. 调整垂直档位和垂直位移

分别按  和  软键后，旋转多功能旋钮  调整数学运算波形的垂直档位和垂直位移。请参考“**MATH 波形垂直控制**”。

6. 调整水平时基和水平档位

分别使用水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 调整数学运算波形的水平时基和水平位移。调整方法请参考“调整水平时基”和“调整水平位移”。

注意：旋转水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 将同时调整通道波形和数学运算波形的水平时基和水平位移。

7. 自定义数学运算波形的标签

按 **标签**，打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“设置通道标签”一节的内容设置数学运算波形的标签。

注意：自定义标签可包含大写英文字母(A~Z)、小写英文字母(a~z)、数字(0~9)、下划线和空格，长度不得超过 4 个字符。

逻辑运算

在逻辑运算中，对信源 A 与信源 B 通道波形的逻辑电平（1 或 0）逐点做逻辑运算并显示运算结果。当信源通道波形电压值大于相应的阈值设置时，判定为逻辑“1”；否则为逻辑“0”。


MSO4000/DS4000 示波器提供下表所示的常用逻辑运算。

表 6-2 逻辑运算


运算公式	描述															
AND(与)	两个二进制位的逻辑“与”运算结果如下： <table> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A AND B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	A AND B	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	A AND B														
0	0	0														
0	1	0														
1	0	0														
1	1	1														
OR(或)	两个二进制位的逻辑“或”运算结果如下： <table> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A OR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	A OR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	A OR B														
0	0	0														
0	1	1														
1	0	1														
1	1	1														
NOT(非)	一个二进制的逻辑“非”运算结果如下： <table> <thead> <tr> <th>A</th> <th>NOT A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	NOT A	0	1	1	0									
A	NOT A															
0	1															
1	0															
XOR(异或)	两个二进制位的逻辑“异或”运算结果如下： <table> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A XOR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	A XOR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	A XOR B														
0	0	0														
0	1	1														
1	0	1														
1	1	0														

您可以按如下步骤执行逻辑运算：

1. 选择逻辑运算


按 **MATH** → **操作**，旋转多功能旋钮  选择“逻辑运算”并按下该旋钮。您也可以连续按 **操作** 软键切换至“逻辑运算”。

2. 指定逻辑运算公式




按 **逻辑公式** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的逻辑运算公式并按下该旋钮。您也可以连续按 **逻辑公式** 软键切换当前选择的逻辑运算公式。可选的逻辑公式包括 AND、OR、NOT 和 XOR，默认为 AND。

有关各个逻辑运算公式的详细介绍，请参考表 6-2。

3. 指定信源 A 和信源 B

- 1) 按 **信源 A** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源 A** 软键切换当前选择的通道。可以选择 CH1-CH4 或 D0-D15。
- 2) 按 **信源 B** 软键，使用同样的方法选择信源 B。

4. 调整垂直档位和垂直位移

分别按  和  软键后，旋转多功能旋钮  调整数学运算波形的垂直档位和垂直位移。请参考“**MATH 波形垂直控制**”。


5. 调整水平时基和水平位移

分别使用水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 调整数学运算波形的水平时基和水平位移。调整方法请参考“**调整水平时基**”和“**调整水平位移**”。

注意：旋转水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 将同时调整通道波形和数学运算波形的水平时基和水平位移。

6. 调整信源 A 和信源 B 的阈值

当信源 A 或信源 B 设为模拟通道（CH1-CH4）时，您可以设置相应信源通道的阈值。当信源通道波形电压值大于相应的阈值设置时，判定该为逻辑“1”，否则为逻辑“0”。

- 1) 按 **阈值 A** 软键，旋转多功能旋钮  调整信源 A 的阈值。
顺时针/逆时针旋转将在可调范围内增大/减小信源 A 的阈值。可调范围与信源 A 当前的垂直档位和垂直位移有关，为 -4*垂直档位-垂直位移至 4*垂直档位-垂直位移。

2) 按 **阈值 B** 软键，使用同样的方法调整信源 B 的阈值。

注意：当信源 A 与信源 B 设为同一通道时，调整其中任意一个信源的阈值，另一个信源的阈值将随之变化（与之保持一致）。

7. 打开或关闭反相

按 **反相** 软键打开或关闭数学运算波形的反相显示。

8. 自定义数学运算波形的标签

按 **标签**，打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“**设置通道标签**”一节的内容设置数学运算波形的标签。


注意：自定义标签可包含大写英文字母(A~Z)、小写英文字母(a~z)、数字(0~9)、下划线和空格，长度不得超过 4 个字符。

高级运算

高级运算允许用户自定义运算函数，示波器将根据您设定的运算公式进行运算并显示结果。

您可以按如下步骤执行高级运算：




1. 选择高级运算

按 **MATH** → **操作**，旋转多功能旋钮  选择“高级运算”并按下该旋钮。您也可以连续按 **操作** 软键切换至“高级运算”。

2. 编辑并应用运算公式



按 **运算公式** 软键选择“打开”，屏幕弹出图 6-2 所示的运算公式编辑窗。请参考“**编辑并应用运算公式**”一节的内容编辑并应用高级运算的运算公式。

3. 调整垂直档位和垂直位移

分别按  和  软键后，旋转多功能旋钮  调整数学运算波形的垂直档位和垂直位移。请参考“**MATH 波形垂直控制**”。

4. 调整水平时基和水平位移

分别使用水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 调整数学运算波形的水平时基和水平位移。调整方法请参考“**调整水平时基**”和“**调整水平位移**”。

注意：旋转水平  **SCALE** 和水平  **POSITION** 将同时调整通道波形和数学运算波形的水平时基和水平位移。

5. 设置变量

按 **变量** 软键打开变量设置菜单。请参考“**设置变量**”一节的内容设置运算公式中可能包含的变量（Variable1 和 Variable2）。

6. 打开或关闭反相

按 **反相** 软键打开或关闭数学运算波形的反相显示。

7. 自定义数学运算波形的标签

按 **标签**，打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“**设置通道标签**”一节的内容设置数学运算波形的标签。

注意：自定义标签可包含大写英文字母(A~Z)、小写英文字母(a~z)、数字(0~9)、下划线和空格，长度不得超过 4 个字符。

编辑并应用运算公式

运算公式编辑窗如下图所示，以下将对编辑窗中的内容进行说明。

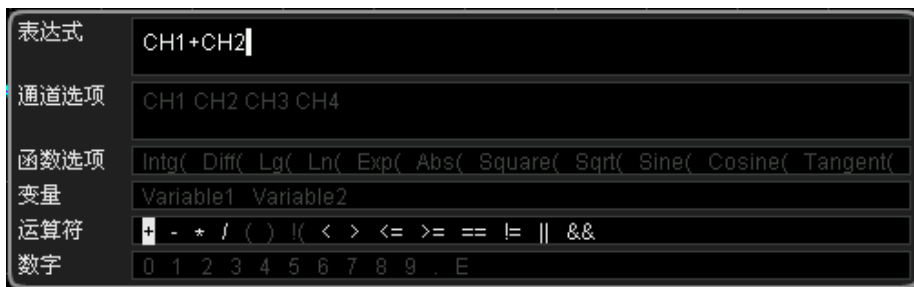


图 6-2 运算公式编辑窗

- **表达式**

表达式即高级运算的运算公式，可能包含通道选项、函数选项、变量、运算符和数字中的一项或多项。表达式长度不得超过 64 字节。

- **通道选项**

可以选择 CH1、CH2、CH3 或 CH4。

- **函数选项**

各函数的功能如下表所示。

注意：函数名后的左括号“(”只是为了方便您的输入，不是函数名的一部分。

表 6-3 函数选项

函数名	功能
Intg(	计算所选源的积分。对波形积分可测量波形下方的面积或计算脉冲能量。
Diff(	计算所选源的离散时间导数。对波形微分可测量波形的瞬间斜率。
Lg(	计算所选源的常用对数（以 10 为底数）。
Ln(	计算所选源的自然对数（以常数 e（约 2.718282）为底数）。
Exp(	计算所选源的指数。例如：Exp(A)表示计算 e 的 A 次方。
Abs(	计算所选源的绝对值。
Square(	计算所选源的平方值。
Sqrt(	计算所选源的平方根。
Sine(	计算所选源的正弦值。
Cosine(	计算所选源的余弦值。
Tangent(	计算所选源的正切值。

- **变量**

本示波器允许用户根据需要设置变量 Variable1 和 Variable2（通过设置“尾数”和“指数”）。设置方法请参考“**设置变量**”一节中的说明。

- **运算符**

各运算符的功能如下表所示。

表 6-4 运算符

运算符	功能
+ - * /	算术运算符：加、减、乘、除
()	括号，用于提高括号内运算优先级
< > <= >= == !=	关系运算符：小于、大于、小于或等于、大于或等于、相等、不等
!( || &&	逻辑运算符：非、或、与

注意：除法运算中，除数为 0 时，相除结果按 0 处理。

- **数字**


可选择数字 0 至 9、小数点以及符号 E。其中，符号 E 用于表示 10 的 n 次幂，例如：1.5E3 表示 1.5×10^3 。

您可以按如下步骤编辑和应用运算公式：

1. **打开运算公式编辑窗**

按 **MATH** → **操作** 选择“高级运算”，然后按 **运算公式** 选择“打开”，屏幕弹出图 6-2 所示的运算公式编辑窗。

2. **编辑运算公式**

在运算公式编辑窗中，旋转多功能旋钮  选择“通道选项”、“函数选项”、“变量”、“运算符”或“数字”框中的所需项（在当前状态下，可选项以白色显示，置灰项不可选），然后按下该旋钮，即可在“表达式”框中输入当前所选项（该项将显示在当前光标位置）。

编辑过程中，您可以按 **删除** 软键删除当前“表达式”框中光标左侧的项或按 **清除** 软键清除当前“表达式”框中的所有项。

3. **应用当前编辑的运算公式**

编辑完成后，按 **应用** 软键将应用当前编辑的运算公式并退出运算公式编辑窗（**运算公式** 菜单自动切换为“关闭”）。此时，当前运算公式显示在屏幕下方，示波器将根据该运算公式进行运算并显示结果。

设置变量

示波器支持通过设置“尾数”和“指数”（以 10 为底）来指定变量。例如，将尾数设为 6.1074，指数设为 8，表示指定变量值为 6.1074×10^8 。



按 **变量** 软键打开变量设置菜单。您可以通过如下方式设置运算公式中可能包含的变量（Variable1 和 Variable2）。

1. 选择要编辑的变量


按 **变量** 软键选择“变量 1”或“变量 2”。

变量 1 和变量 2 分别对应运算公式中的 Variable1 和 Variable2。

2. 编辑尾数

- 1) 按 **步进** 软键，旋转多功能旋钮  选择修改“尾数”时的步进值。您也可以连续按 **步进** 软键切换当前步进值。可以选择 $\times 1$ 、 $\times 0.1$ 、 $\times 0.01$ 、 $\times 0.001$ 或 $\times 0.0001$ 。
- 2) 按 **尾数** 软键，旋转多功能旋钮  以当前 **步进** 菜单指定的步进值修改尾数。可调范围为 -9.9999 至 9.9999。



3. 编辑指数

按 **指数** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需指数。可选范围为 -9 至 9 之间的整数。

MATH 波形垂直控制



按 **MATH** → **操作** 选择所需的数学运算操作将打开相应的数学运算操作子菜单。在该子菜单中，您可以根据需要调整数学运算波形的垂直档位和垂直位移。

1. 调整垂直档位

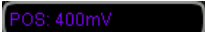
按  软键，旋转多功能旋钮  将在可调范围内以 1-2-5 步进顺序调整数学运算波形的垂直档位。

- 顺时针旋转减小垂直档位，逆时针旋转增大垂直档位。
- 可调范围与当前所选的数学运算操作类型以及信源通道的垂直档位有关。
- 当前数学运算波形的垂直档位信息显示在屏幕左下方。调整过程中，该值将实时变化。

2. 调整垂直位移

按  软键，旋转多功能旋钮  将在可调范围内以指定的步进值调整数学运算波形的垂直位移。

- 顺时针旋转增大垂直位移，逆时针旋转减小垂直位移。
- 可调范围与数学运算波形当前的垂直档位有关。
- 改变数学运算波形的垂直位移时，将在屏幕左下方弹出实时的垂直位移信息（如下图所示）。

 POS. 400mV





进行自动测量

MSO4000/DS4000 示波器提供 29 种波形参数的自动测量以及对测量结果的统计和分析功能。此外，您还可以用频率计实现更精确的频率测量。

- AUTO 后的快速测量
- 进行一键测量
- 设置门限
- 指定测量范围
- 移除测量结果
- 打开或关闭统计功能
- 打开或关闭测量历史
- 进行全部测量
- 打开或关闭频率计

AUTO 后的快速测量

输入有效信号至示波器后，按 **AUTO** 键启用波形自动设置功能并打开自动设置菜单。在该菜单中，按下指定的菜单软键，示波器将执行相应的操作并显示相应的波形和测量结果。

- : 按下该软键，屏幕自动显示信号的单个周期，同时对该信号当前显示周期的“周期”和“频率”进行测量。测量结果显示在屏幕下方。
- : 按下该软键，屏幕自动显示信号的多个周期，同时对该信号当前屏幕显示周期的“周期”和“频率”进行测量。测量结果显示在屏幕下方。
- : 按下该软键，屏幕自动显示信号的一个上升沿，同时对该信号当前显示上升沿的“上升时间”进行测量。测量结果显示在屏幕下方。
- : 按下该软键，屏幕自动显示信号的一个下降沿，同时对该信号当前显示下降沿的“下降时间”进行测量。测量结果显示在屏幕下方。
- 按 **撤销** 软键将撤销自动设置并还原按下 **AUTO** 键之间的参数设置。

注意：波形自动设置功能要求正弦波的频率不小于 20 Hz。如果不满足此参数条件，波形自动设置功能可能无效。

进行一键测量

MSO4000/DS4000 示波器提供一键测量功能，可测量下表所示 29 种波形参数。请在测量之前打开欲测量的通道。

表 6-5 29 种波形参数


参数类型	参数名称
时间参数	周期、频率、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽、正占空比、负占空比（请参考“时间参数”）
延迟和相位参数	延迟 $A_f \rightarrow B_f$ 、延迟 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_{\bar{f}}$ 、延迟 $A_f \rightarrow B_{\bar{f}}$ 、延迟 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_f$ 、相位 $A_f \rightarrow B_f$ 、相位 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_{\bar{f}}$ 、相位 $A_f \rightarrow B_{\bar{f}}$ 、相位 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_f$ （请参考“延迟和相位参数”）
电压参数	最大值、最小值、峰峰值、顶端值、底端值、幅度值、平均值、有效值-N、有效值-1、过冲、预冲（请参考“电压参数”）
面积参数	面积、周期面积（请参考“面积参数”）

您可以按照如下操作进行一键测量：

1. 指定测量信源

对于不同的波形参数，测量信源的选择方法不同。


● 时间、电压与面积参数测量

按 **Measure** → **信源选择**，旋转多功能旋钮  选择欲测量的通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前测量信源。可选的通道包括 CH1-CH4、MATH 和 D0-D15。

注意：


- 当前测量信源为 CH1-CH4 或 MATH 时，可以通过切换当前活动通道（按前面板通道键（**CH1** - **CH4**）或 **MATH** 键）来切换测量信源。
- 当前测量信源为 D0-D15 时，可以通过切换当前活动通道（按前面板通道键（**CH1** - **CH4**））来切换测量信源。
- 对于数字通道 D0-D15，“一键测量”功能仅支持周期、频率、正脉宽、负脉宽、正占空比和负占空比测量。
- 数学运算操作类型设为“FFT”时，测量信源不可设为“MATH”。

- **延迟与相位参数测量**

按 **Measure** → **测量设置** → **设置类型**，旋转多功能旋钮  选择“延迟”或“相位”并按下该旋钮。您也可以连续按 **设置类型** 软键切换当前类型。然后，按 **信源 A** 和 **信源 B** 软键分别设置当前测量类型的两个信源通道（CH1-CH4 或 D0-D15）。

注意：当 **信源 A** 设置为模拟通道（或数字通道）时，**信源 B** 也仅可设置为模拟通道（或数字通道）。

2. 进行自动测量

- 1) 连续按屏幕左侧的 **MENU** 键，打开所需的波形参数测量菜单。
- 2) 使用屏幕左侧的菜单翻页键  选择指定的菜单页（即要测量的参数项所在的菜单页）。
- 3) 按下相应的菜单软键即可对当前测量信源的相应参数进行测量，测量结果将出现在屏幕下方。

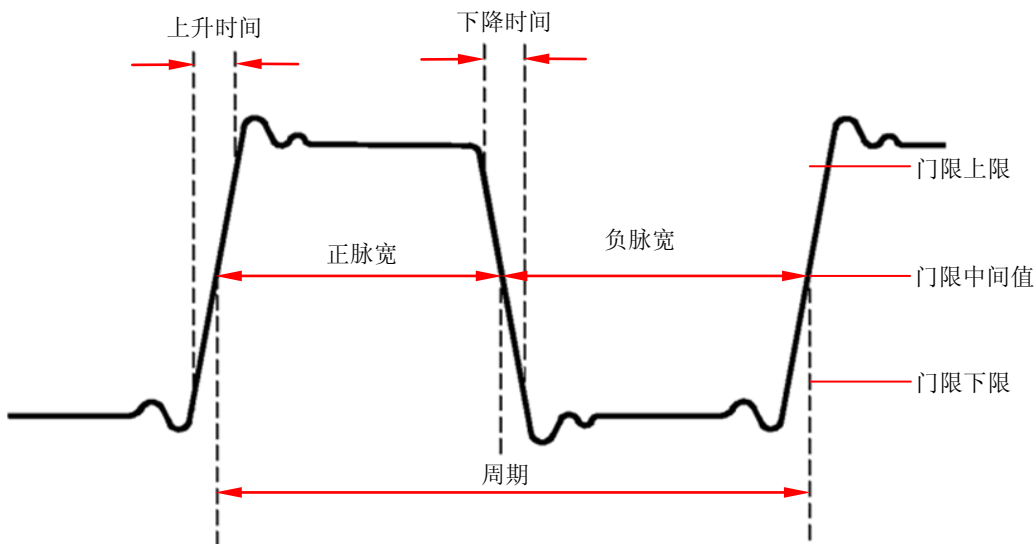
时间、电压和面积参数菜单项图标以及测量结果总是使用与当前测量通道一致的颜色标记。延迟和相位参数菜单项图标以及测量结果始终显示为白色；菜单项图标和结果中的数字表示当前选择的信源 A 与信源 B（信源选择模拟通道时，数字的颜色与所选通道的颜色一致；信源选择数字通道时，数字显示为绿色）。

注意：若测量结果显示为“*****”，表明当前测量源没有信号输入，或测量结果不在有效范围内（过大或过小）。

注意：

- 修改门限或测量范围可能会改变测量结果。您可以根据实际需要通过对“**设置门限**”和“**指定测量范围**”来获取所需测量结果。
- 您还可以对测量结果执行多种操作，包括清除测量结果（请参考“**移除测量结果**”）、对测量结果进行统计（请参考“**打开或关闭统计功能**”）以及查看测量历史（请参考“**打开或关闭测量历史**”）。

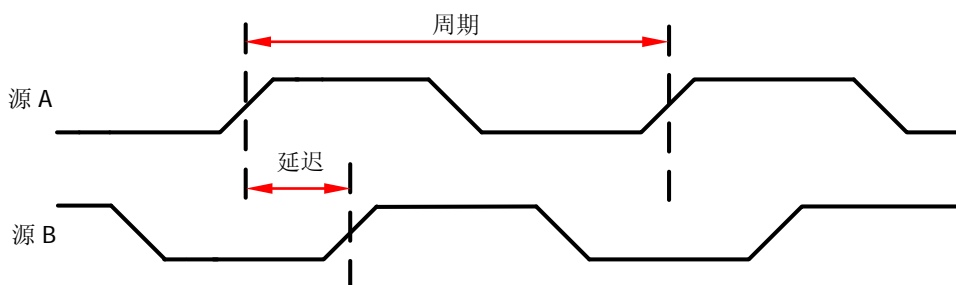
时间参数



1. **周期：** 从一个边沿的门限中间值处到紧接着的一个同极性边沿的门限中间值处之间的时间。
2. **频率：** 周期的倒数。
3. **上升时间：** 信号幅度从一个上升沿的门限下限处上升至门限上限处所经历的时间。
4. **下降时间：** 信号幅度从一个下降沿的门限上限处下降至门限下限处所经历的时间。
5. **正脉宽：** 从一个上升沿的门限中间值处到紧接着的一个下降沿的门限中间值处之间的时间。
6. **负脉宽：** 从一个下降沿的门限中间值处到紧接着的一个上升沿的门限中间值处之间的时间。
7. **正占空比：** 正脉宽与周期的比值。
8. **负占空比：** 负脉宽与周期的比值。

注意： 上图中，门限上限、门限中间值和门限下限的默认值分别为 90%、50%和 10%。您可以通过 **Measure** → **测量设置** → **设置类型** → “门限” 进行设置，设置方法请参考“**设置门限**”中的详细介绍。

延迟和相位参数



1. **延迟 $A_f \rightarrow B_f$** : 源 A 上升沿与源 B 上升沿在门限中间值处的时间差。负延迟表示源 A 的上升沿出现在源 B 的上升沿之后。
2. **延迟 $A_t \rightarrow B_t$** : 源 A 下降沿与源 B 下降沿在门限中间值处的时间差。负延迟表示源 A 的下降沿出现在源 B 的下降沿之后。
3. **延迟 $A_f \rightarrow B_t$** : 源 A 上升沿与源 B 下降沿在门限中间值处的时间差。负延迟表示源 A 的上升沿出现在源 B 的下降沿之后。
4. **延迟 $A_t \rightarrow B_f$** : 源 A 下降沿与源 B 上升沿在门限中间值处的时间差。负延迟表示源 A 的下降沿出现在源 B 的上升沿之后。
5. **相位 $A_f \rightarrow B_f$** : 源 A 上升沿与源 B 上升沿在门限中间值处的相位差，以度表示。计算公式为：

$$Phase_{A_R B_R} = \frac{Delay_{A_R B_R}}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

其中， $Phase_{A_R B_R}$ 为相位 $A_f \rightarrow B_f$ ， $Delay_{A_R B_R}$ 为延迟 $A_f \rightarrow B_f$ ， $Period_{sourceA}$ 为源 A 的周期。

6. **相位 $A_t \rightarrow B_t$** : 源 A 下降沿与源 B 下降沿在门限中间值处的相位差，以度表示。计算公式为：

$$Phase_{A_F B_F} = \frac{Delay_{A_F B_F}}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

其中， $Phase_{A_F B_F}$ 为相位 $A_t \rightarrow B_t$ ， $Delay_{A_F B_F}$ 为延迟 $A_t \rightarrow B_t$ ， $Period_{sourceA}$ 为源 A 的周期。

7. **相位 $A_f \rightarrow B_{\bar{f}}$** : 源 A 上升沿与源 B 下降沿在门限中间值处的相位差, 以度表示。计算公式为:

$$Phase_{A_R B_F} = \frac{Delay_{A_R B_F}}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

其中, $Phase_{A_R B_F}$ 为相位 $A_f \rightarrow B_{\bar{f}}$, $Delay_{A_R B_F}$ 为延迟 $A_f \rightarrow B_{\bar{f}}$, $Period_{sourceA}$ 为源 A 的周期。

8. **相位 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_f$** : 源 A 下降沿与源 B 上升沿在门限中间值处的相位差, 以度表示。计算公式为:

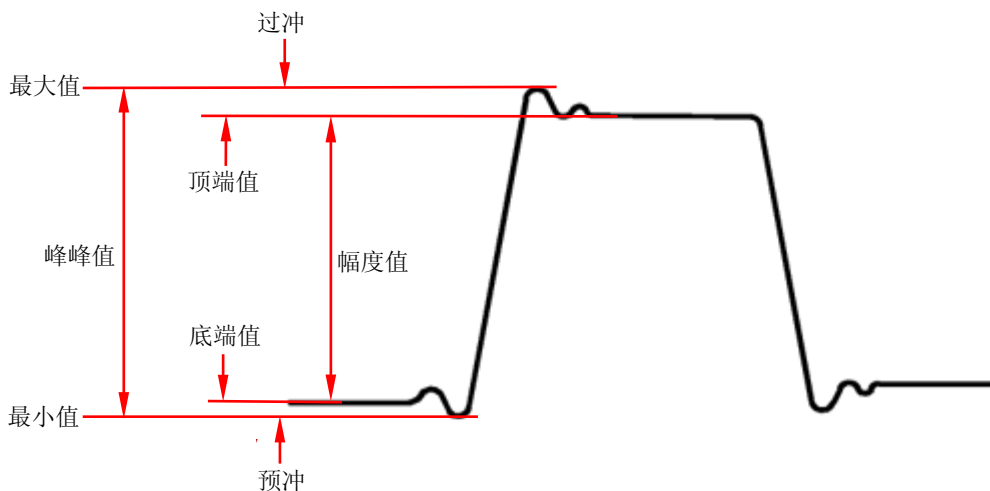
$$Phase_{A_F B_R} = \frac{Delay_{A_F B_R}}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

其中, $Phase_{A_F B_R}$ 为相位 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_f$, $Delay_{A_F B_R}$ 为延迟 $A_{\bar{f}} \rightarrow B_f$, $Period_{sourceA}$ 为源 A 的周期。

注意:

- 源 A 和源 B 可以是 CH1-CH4 或 D0-D15 中的任一通道。您可以通过 **Measure** → **测量设置** → **设置类型** → “延迟” (“相位”) 进行设置, 设置方法请参考 “指定测量信源”。
- 门限中间值的默认值为 50%。您可以通过 **Measure** → **测量设置** → **设置类型** → “门限” 进行设置, 设置方法请参考 “设置门限” 中的详细介绍。

电压参数



1. **最大值**: 波形最高点至 GND (地) 的电压值。
2. **最小值**: 波形最低点至 GND (地) 的电压值。
3. **峰峰值**: 波形最大值与最小值之间的差。
4. **顶端值**: 波形平顶至 GND (地) 的电压值。
5. **底端值**: 波形平底至 GND (地) 的电压值。
6. **幅度值**: 波形顶端值与底端值之间的差。
7. **平均值**: 波形点电压值 (相对于 GND (地)) 的算术平均值, 计算公式如下。

$$Average = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

其中, x_i 是第 i 个测量点的测量结果, n 是测量的点数。

8. **有效值-N**: 波形点电压值 (相对于 GND (地)) 的均方根值, 计算公式如下。

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

其中, x_i 是第 i 个测量点的测量值, n 是测量的点数。


9. **有效值-1**: 单周期内波形点电压值 (相对于 GND (地)) 的均方根值, 计算公式如上式所示。
10. **过冲**: 波形最大值与顶端值之差与幅度值的比值。
11. **预冲**: 波形底端值与最小值之差与幅度值的比值。




面积参数

- 1. 面积：**以时间为横轴，波形幅度为纵轴，计算波形的面积（即时间与幅度的积分值），单位是电压-秒。零基准（即垂直偏移）以上波形的面积为正，零基准以下波形的面积为负，测得的面积为当前测量范围内波形面积的代数和。
- 2. 周期面积：**以时间为横轴，波形幅度为纵轴，计算单周期波形的面积（即时间与幅度的积分值），单位是电压-秒。零基准（即垂直偏移）以上波形的面积为正，零基准以下波形的面积为负，测得的面积为单周期波形面积的代数和。

设置门限



门限设置用于设置对模拟通道进行自动测量时的门限上限、中间值和下限（均以垂直幅度的百分比表示）。修改门限值将影响时间、延迟和相位参数的测量结果。

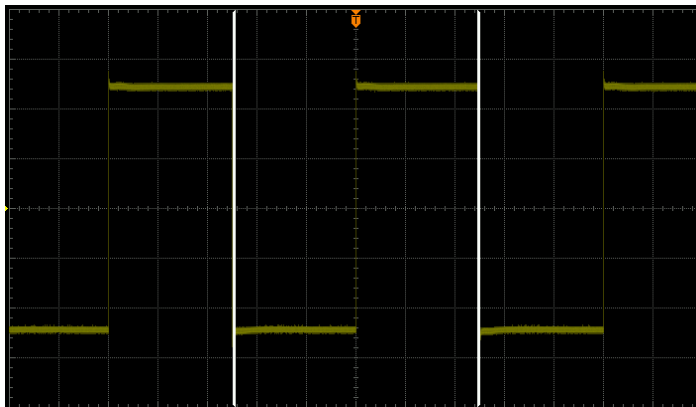
按 **Measure** → **测量设置** → **设置类型**，旋转多功能旋钮  选择“门限”并按下该旋钮。您也可以连续按 **设置类型** 软键切换至“门限”。


- 按 **上限** 软键，旋转多功能旋钮  设置门限上限。可设范围为 7%至 95%，默认为 90%。
上限须至少比中间值大 1%。当上限减小至当前的中间值时，中间值（可能还包括下限）将自动减小以低于上限。
- 按 **中间值** 软键，旋转多功能旋钮  设置门限的中间值。可设范围为 6%至 94%，默认为 50%。
中间值的实际可设范围与当前的上限和下限有关，为（当前下限+1%）至（当前上限-1%）。
- 按 **下限** 软键，旋转多功能旋钮  设置门限下限。可设范围为 5%至 93%，默认为 10%。
下限须至少比中间值小 1%。当下限增大至当前的中间值时，中间值（可能还包括上限）将自动增大以高于下限。

指定测量范围

按 **Measure** → **测量范围** 打开测量范围设置菜单。在该菜单中，按 **测量范围** 软键选择一键测量功能的测量范围为“屏幕区域”或“光标区域”。

设为“光标区域”时，屏幕出现两条光标线（如下图所示）。您可以通过调整光标 A 和光标 B 的位置来确定测量范围。按 **CursorA** 和 **CursorB** 软键后旋转多功能旋钮  分别调整光标 A 和光标 B 的位置，或按 **CursorAB** 软键后旋转多功能旋钮  同时调整两个光标的位置（两个光标之间的距离保持不变）。



注意：打开测量范围设置菜单时，连续按下多功能旋钮  可以快速切换选中 **CursorA**、**CursorB** 或 **CursorAB** 软键。

移除测量结果

本示波器允许您移除或还原一键测量功能的测量结果。如果当前您已经对 29 种测量参数中的任一项或多项进行测量，您可以移除或还原最后打开的最多 5 个测量项的测量结果。

注意：最后打开的 5 个测量项是根据您打开测量项的顺序决定的，不会因为您删除了一个或多个测量项而改变。

按 **Measure** → **移除测量**，打开移除测量菜单。在该菜单中，

- 按 **测量项 n** (n=1~5) 软键删除或还原指定的测量结果。删除或还原一个测量结果时，屏幕底部其他测量项的测量结果会左移或右移一项显示（如果仍存在已测量项）。
- 按 **所有测量** 软键同时“删除”或“还原”最后打开的最多 5 个测量项的测量结果。

注意：长按 **Measure** 键也可以快速移除或还原最后打开的最多 5 个测量项的测量结果。

打开或关闭统计功能

本示波器提供对一键测量功能测量结果的统计功能，可以对最后打开的最多 5 项测量结果进行统计并显示统计结果。

按 **Measure** 键后，按 **统计功能** 软键打开或关闭统计功能。

统计功能打开时，在屏幕下方显示统计结果中的指定项。按 **统计选择** 软键选择“极值”或“差值”统计模式。

- 极值：显示当前值、平均值、最小值和最大值。
- 差值：显示当前值、平均值、标准差和计数值。

此外，您可以按 **重新统计** 软键清除历史数据并重新进行统计。

打开或关闭测量历史

本示波器支持查看一键测量功能的测量历史（仅当前显示其测量结果的测量项）。

按 **Measure** → **测量历史** 打开测量历史菜单。在该菜单中，按 **测量历史** 软键打开或关闭测量历史。

注意：若当前不显示任何已测量项，则无法打开测量历史。

按 **历史显示** 软键选择“图形”或“表格”。

- 图形：以图形形式显示最后打开的最多 5 个测量项的多次测量结果，各测量点之间以线性插值方式连接起来。
- 表格：以表格形式显示最后打开的最多 5 个测量项的最近 10 次测量结果。


进行全部测量

全部测量功能可以测量指定通道波形（CH1-CH4 和 MATH 波形中的一个或多个）的所有时间、电压和面积参数（共 21 项，请参考表 6-5）并将测量结果显示在屏幕上。

注意：

- 全部测量功能打开时，一键测量功能仍然有效（请参考“**进行一键测量**”）。
- “**移除测量结果**”操作不会清除全部测量功能的测量结果。

1. 选择欲执行“全部测量”操作的通道

按 **Measure** → **全部测量信源** 后，旋转多功能旋钮  选择指定通道（CH1-CH4 或 MATH），按下该旋钮或者按 **全部测量信源** 软键即可切换该通道的选中状态。通道的选中状态显示在通道名称前， 表示对该通道执行全部测量功能， 表示不对该通道执行全部测量功能。允许同时选择 CH1-CH4 和 MATH 中的一个或多个。

2. 打开全部测量功能


按 **全部测量** 软键打开全部测量功能。示波器将测量当前选择的所有信源通道的所有时间、电压和面积参数（共 21 项，请参考表 6-5）并将测量结果显示在屏幕上。

注意：

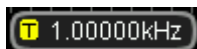
- 同时选择多个“全部测量”信源通道时，将按照 CH1、CH2、CH3、CH4、MATH 的顺序从上到下在屏幕上显示已选通道的测量结果（测量结果的颜色与通道颜色一致）。
- 若测量结果显示为“*****”，表明当前测量源没有信号输入，或测量结果不在有效范围内（过大或过小）。

打开或关闭频率计

本示波器自带的硬件频率计提供更精确的输入信号频率测量。

按 **Measure** → **频率计**，旋转多功能旋钮  选择所需通道作为频率计测量源。您也可以连续按 **频率计** 软键切换当前测量源。可以选择 CH1-CH4、EXT 或 D0-D15。选择“关闭”，则关闭频率计。

测量结果显示在屏幕右上方，图标颜色与当前选择的测量源相对应。下图所示为 CH1 的频率测量结果。

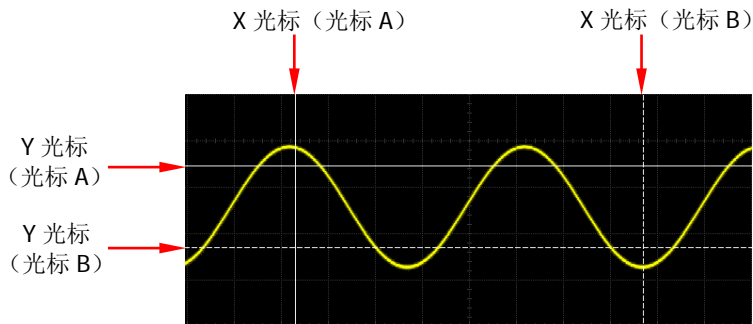


注意：当测量源输入信号的频率小于 15 Hz 时，测量结果将显示为“< 15 Hz”。

进行光标测量

光标是水平和垂直的标记。使用光标可以测量所选波形的 X 轴值和 Y 轴值。一键测量功能支持测量的 29 种波形参数（请参考表 6-5）均可以通过光标来测量。光标测量功能提供如下两种光标。

注意：使用光标测量前，请将信号连接至示波器并获得稳定的显示。



● X 光标


X 光标是用于水平调整的垂直实/虚线，可以用于测量时间 (s)、频率 (Hz)、相位 (°) 和比例 (%)。

- 光标 A 是垂直实线，光标 B 是垂直虚线。
- 在 X-Y 光标模式中，X 光标用于测量 CH1 或 CH3 的波形幅度。

● Y 光标

Y 光标是用于垂直调整的水平实/虚线，可以用于测量幅度（与信源通道幅度单位一致）和比例 (%)。

- 光标 A 是水平实线，光标 B 是水平虚线。
- 在 X-Y 光标模式中，Y 光标用于测量 CH2 或 CH4 的波形幅度。

按前面板的功能菜单中的 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择所需的光标模式（默认为关闭）并按下该旋钮。您也可以连续按 **Cursor** 键或 **光标模式** 软键切换当前光标模式。可选的模式包括：手动、追踪、自动测量和 X-Y。选择“关闭”则关闭光标测量功能。

注意：仅在“X-Y”时基模式下（请参考“指定时基模式”），可以选择且仅可选择 X-Y 光标模式。

下面将对这 4 种光标模式进行详细介绍。

- 手动模式
- 追踪模式
- 自动模式
- X-Y 模式

手动模式

该模式下，您可以通过手动调整光标测量指定信源波形在当前光标处的值。测量结果显示在屏幕左上方。改变测量参数时，测量结果将实时改变。

注意：

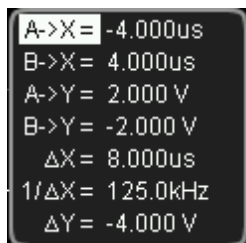
- 可选的信源包括 CH1-CH4、MATH 和 LA，仅当前已打开的通道可选。
- 信源设为 LA 时，显示模式将自动切换为 X 模式且不可修改。

CH1-CH4 或 MATH

使用光标对 CH1-CH4 或 MATH 通道波形进行手动测量时，若光标显示模式、测量信源、水平测量单位、垂直测量单位等参数的设置不同，使用光标测量得到的结果也不同。测量结果（显示在屏幕左上方）可能包含如下测量项中的多个或所有测量项。


- A->X: 光标 A (X 光标) 处的 X 值。
- B->X: 光标 B (X 光标) 处的 X 值。
- A->Y: 光标 A (Y 光标) 处的 Y 值。
- B->Y: 光标 B (Y 光标) 处的 Y 值
- ΔX : 光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距。
- $1/\Delta X$: 光标 A 和 B (X 光标) 的水平间距的倒数。
- ΔY : 光标 A 和 B (Y 光标) 之间的垂直间距。

下图所示为光标显示模式设为“X-Y”，水平测量单位设为“s”以及垂直测量单位设为“信源单位”时的测量结果。




您可以按照如下操作使用光标对 CH1-CH4 或 MATH 通道波形进行手动测量。

1. 打开手动测量功能


按 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择“手动”并按下该旋钮。您也可以连续按下 **Cursor** 按键或 **光标模式** 软键切换至“手动”。此时，示波器将根据当前设置测量指定信源通道波形当前光标处的值并在屏幕左上方显示测量结果。修改手动测量参数时，测量结果将实时变化。

2. 指定测量信源

按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择 CH1-CH4 或 MATH。您也可以连续按下 **信源选择** 软键切换当前信源。选择“无光标”则不显示光标和测量结果。

注意：仅当前已打开的通道可选。

3. 指定显示模式

按 **显示模式** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的光标显示模式。您也可以连续按下 **显示模式** 软键切换当前的光标显示模式。

- X: 仅显示 X 光标（一对垂直实/虚线）。
 - 您可以通过设置“**水平测量单位**”（**水平单位**）来选择使用 X 光标测量时间（s）、频率（Hz）、相位（°）或比例（%）。
 - 测量结果包括 A->X、B->X、 ΔX 以及 $1/\Delta X$ （仅当“水平单位”选择“s”或“Hz”时显示）。
- Y: 仅显示 Y 光标（一对水平实/虚线）。
 - 您可以通过设置“**垂直测量单位**”（**垂直单位**）来选择使用 Y 光标测量幅度（与信源通道幅度单位一致）或比例（%）。
 - 测量结果包括 A->Y、B->Y 以及 ΔY 。
- X-Y: 同时显示 X 光标（一对垂直实/虚线）和 Y 光标（一对水平实/虚线）。
 - 您可以通过设置“**水平测量单位**”（**水平单位**）和“**垂直测量单位**”（**垂直单位**）来分别选择使用 X 光标和 Y 光标测量的项。
 - 测量结果包括 A->X、B->X、A->Y、B->Y、 ΔX 、 $1/\Delta X$ （仅当“水平单位”选择“s”或“Hz”时显示）以及 ΔY 。

4. 指定显示区域

- 当延迟扫描关闭（按**水平**  **SCALE** 可打开或关闭延迟扫描）时，**屏幕区域** 自动选择“Main”且不可修改。

- 当延迟扫描打开（按水平  **SCALE** 可打开或关闭延迟扫描功能）时，屏幕分为 Main 和 Zoom 两个区域。


按 **屏幕区域** 软键选择“Main”或“Zoom”。

- 选择“Main”时，光标显示在 Main 区域，可以测量 Main 区域的参数；测量结果显示在 Zoom 区域。
- 选择“Zoom”时，光标显示在 Zoom 区域，可以测量 Zoom 区域的参数；测量结果显示在 Main 区域。

注意：当信源选择 MATH 时，**屏幕区域** 自动选择“Zoom”且不可修改。

5. 指定水平（X 轴）/垂直（Y 轴）测量单位

- 1) 当显示模式为“X”或“X-Y”时，您可以选择水平测量单位。

按 **水平单位** 软键后，旋转多功能旋钮  选择所需水平测量单位。您也可以连续按 **水平单位** 软键切换当前水平测量单位。可以选择“s”、“Hz”、“°”或“%”。

- s: 测量 X 光标处的时间值（以触发位置为基准）。测量结果包含 A->X、B->X、 ΔX 和 $1/\Delta X$ 。其中，A->X、B->X 和 ΔX 均表示时间， $1/\Delta X$ 表示频率。
- Hz: 测量 X 光标处的频率值（以触发位置为基准）。测量结果包含 A->X、B->X、 ΔX 和 $1/\Delta X$ 。其中，A->X、B->X 和 ΔX 均表示频率， $1/\Delta X$ 表示时间。
- °: 测量 X 光标处的相位值。测量结果包含 A->X、B->X 和 ΔX （均以“度”为单位）。


本示波器允许您根据需要设置相位参考位置。调整 X 光标至所需位置（参考步骤 6 “**调整 X/Y 光标位置**”）后，按下 **设置光标** 软键，当前光标 A 和光标 B 所在位置分别被定义为“0°”和“360°”相位处，同时屏幕上出现两条不可移动的垂直光标线（亮度稍低）作为相位参考位置（“0°”和“360°”相位处分别用实线和虚线来标记）。在您手动设置前，示波器将使用默认相位参考位置。

- %: 测量 X 光标处的比例值。测量结果包含 A->X、B->X 和 ΔX （均以百分比格式表示）。

本示波器允许您根据需要设置比例参考位置。调整 X 光标至所需位置（参考步骤 6 “**调整 X/Y 光标位置**”）后，按下 **设置光标** 软键，当前光标 A 和光标 B 所在位置分别被定义为“0%”和“100%”比例处，同时屏幕上出现两条不可移动的光标线（亮度稍低）作为比例参考位置（“0%”

和“100%”比例处分别用实线和虚线来标记)。在您手动设置前,示波器将使用默认比例参考位置。

- 2) 当显示模式为“Y”或“X-Y”时,您可以选择垂直测量单位。




按 **垂直单位** 软键后,旋转多功能旋钮  选择所需垂直测量单位。您也可以连续按 **垂直单位** 软键切换当前垂直测量单位。可以选择“信源单位”或“%”。

- 信源单位: 测量 Y 光标处的幅度值(以通道接地点为基准)。测量结果包含 A->Y、B->Y 和 ΔY (其单位均与当前信源的单位一致)。
- %: 测量 Y 光标处的比例值。测量结果包含 A->Y、B->Y 和 ΔY (均以百分比格式表示)。




本示波器允许您根据需要设置比例参考位置。调整 Y 光标至所需位置(参考步骤 6 “调整 X/Y 光标位置”)后,按下 **设置光标** 软键,当前光标 A 和光标 B 所在位置分别被定义为“0%”和“100%”比例处,同时屏幕上出现两条不可移动的光标线(亮度稍低)作为比例参考位置(“0%”和“100%”比例处分别用实线和虚线来标记)。在您手动设置前,示波器将使用默认比例参考位置。

6. 调整 X/Y 光标位置

- 1) 当显示模式为“X”时或显示模式为“X-Y”且 **选择光标** 为“X”时,您可以调整 X 光标的位置。



- 按 **CursorA** 软键,旋转多功能旋钮  调整光标 A (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorB** 软键,旋转多功能旋钮  调整光标 B (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorAB** 软键,旋转多功能旋钮  可同时调整光标 A 和 B (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距保持不变。

- 2) 当显示模式为“Y”时或显示模式为“X-Y”且 **选择光标** 为“Y”时,您可以调整 Y 光标的位置。

- 按 **CursorA** 软键,旋转多功能旋钮  调整光标 A (Y 光标) 的垂直 (Y 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorB** 软键,旋转多功能旋钮  调整光标 B (Y 光标) 的垂直 (Y 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorAB** 软键,旋转多功能旋钮  可同时调整光标 A 和 B (Y 光标) 的垂直 (Y 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。光标 A 和 B (Y 光标) 之间的垂直间距保持不变。

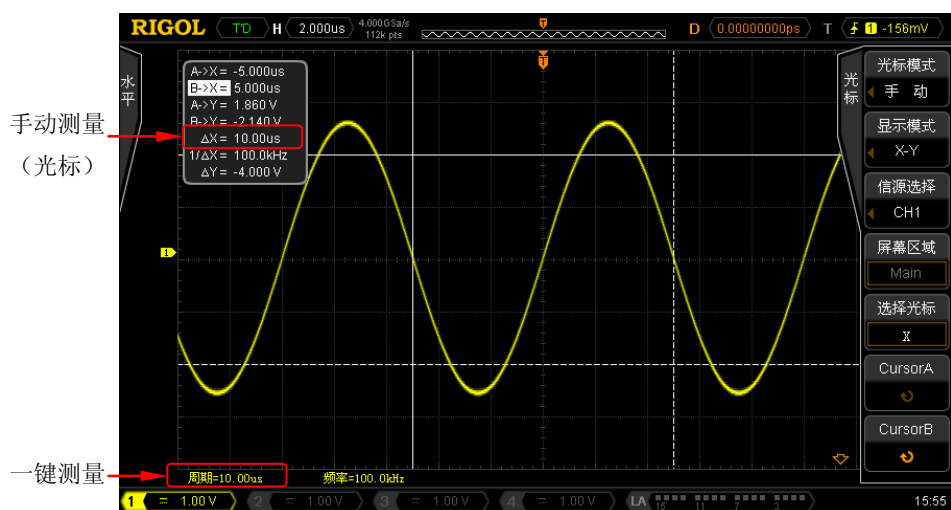
光标) 之间的垂直间距保持不变。

注意:

- 当显示模式为“X”或“Y”时,若当前选中 **CursorA**、**CursorB**、**CursorAB** 中的任一项,您可以连续按下多功能旋钮  在三者之间快速切换。
- 当显示模式为“X-Y”时,若当前选中 **CursorA** 或 **CursorB**,您可以连续按下多功能旋钮  在两者之间快速切换。

测量实例:

分别使用手动测量功能(光标)和一键测量功能测量一个正弦波的周期,测量结果均为 $10\ \mu\text{s}$ 。

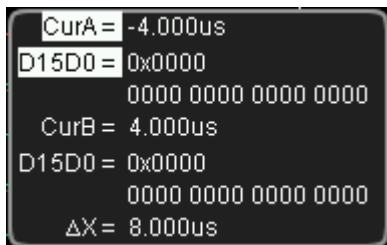


LA

使用光标对 LA 通道波形进行手动测量时，显示模式固定为“X”且不可修改（仅显示 X 光标）。选择不同的水平测量单位时，使用光标测量得到的结果也不同。测量结果（显示在屏幕左上方）包含如下测量项。


- CurA: 光标 A (X 光标) 处的 X 值。
- D15D0: 分别以十六进制和二进制显示当前光标 A (X 光标) 处的逻辑电平值，从左至右依次为 D15-D0。对于已关闭显示的数字通道，将显示“X”（表示电平值未知）。
- CurB: 光标 B (X 光标) 处的 X 值。
- D15D0: 分别以十六进制和二进制显示当前光标 B (X 光标) 处的逻辑电平值，从左至右依次为 D15-D0。对于已关闭显示的数字通道，将显示“X”（表示电平值未知）。
- ΔX: 光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距。

下图所示为水平测量单位设为“s”时的测量结果。




您可以按照如下操作使用光标对 LA 通道波形进行手动测量。

1. 打开手动测量功能



按 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择“手动”并按下该旋钮。您也可以连续按下 **Cursor** 按键或 **光标模式** 软键切换至“手动”。此时，示波器将根据当前设置测量“LA”通道波形当前光标处的值并在屏幕左上方显示测量结果。修改手动测量参数时，测量结果将实时变化。

2. 指定测量信源


按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择“LA”。您也可以连续按下 **信源选择** 软键切换至“LA”。选择“无光标”则不显示光标和测量结果。

注意：仅当当前已打开 LA 通道时，“LA”可选。

测量信源为“LA”时：

- 显示模式固定为“X”且不可修改（仅显示 X 光标）。
- 当延迟扫描关闭（按**水平**  **SCALE** 可打开或关闭延迟扫描）时，**屏幕区域** 自动选择“Main”且不可修改。
- 当延迟扫描打开（按**水平**  **SCALE** 可打开或关闭延迟扫描）时，屏幕分为 Main 和 Zoom 两个区域。**屏幕区域** 自动选择“Zoom”且不可修改。此时，光标显示在 Zoom 区域，可以测量 Zoom 区域的参数；测量结果显示在 Main 区域。

3. 指定水平（X 轴）测量单位

按 **水平单位** 软键后，旋转多功能旋钮  选择所需水平测量单位。您也可以连续按 **水平单位** 软键切换当前水平测量单位。可以选择“s”、“Hz”、“°”或“%”。




- s：测量 X 光标处的时间值（以触发位置为基准）。测量结果中的 CurA、CurB 和 ΔX 均表示时间。
- Hz：测量 X 光标处的频率值（以触发位置为基准）。测量结果中的 CurA、CurB 和 ΔX 均表示频率。
- °：测量 X 光标处的相位值。测量结果中的 CurA、CurB 和 ΔX 均以“度”为单位。


本示波器允许您根据需要设置相位参考位置。调整 X 光标至所需位置（参考步骤 4 “**调整 X 光标位置**”）后，按下 **设置光标** 软键，当前光标 A 和光标 B 所在位置分别被定义为“0°”和“360°”相位处，同时屏幕上出现两条不可移动的垂直光标线（亮度稍低）作为相位参考位置（“0°”和“360°”相位处分别用实线和虚线来标记）。在您手动设置前，示波器将使用默认相位参考位置。

- %：测量 X 光标处的比例值。测量结果中的 CurA、CurB 和 ΔX 均以百分比格式表示。

本示波器允许您根据需要设置比例参考位置。调整 X 光标至所需位置（参考步骤 4 “**调整 X 光标位置**”）后，按下 **设置光标** 软键，当前光标 A 和光标 B 所在位置分别被定义为“0%”和“100%”比例处，同时屏幕上出现两条不可移动的光标线（亮度稍低）作为比例参考位置（“0%”和“100%”比例处分别用实线和虚线来标记）。在您手动设置前，示波器将使用默认比例参考位置。

4. 调整 X 光标位置

- 1) 按 **CursorA** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 A (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 2) 按 **CursorB** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 B (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 3) 按 **CursorAB** 软键，旋转多功能旋钮  可同时调整光标 A 和 B (X 光标) 的水平 (X 轴) 位置。可调范围为屏幕显示范围。光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距保持不变。

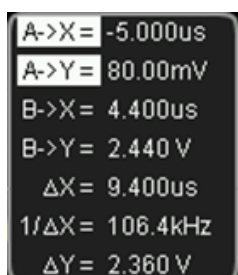
注意：若当前选中 **CursorA**、**CursorB**、**CursorAB** 中的任一项，您可以连续按下多功能旋钮  在三者之间快速切换。

追踪模式

该模式下，水平调整 X 光标时，Y 光标自动追踪相应信源通道波形在 X 光标处的垂直幅度。X 光标与 Y 光标的交叉点分别用一个橙色的矩形（光标 A）和菱形（光标 B）标记。水平移动光标时，该标记自动在波形上定位；水平扩展或压缩波形时，该标记追踪最后一次调整光标时所标记的点。

注意：可选的信源包括 CH1-CH4 和 MATH，仅当前已打开的通道可选。


测量结果将以如下形式显示在屏幕左上方。改变测量参数时，测量结果将实时改变。




- A->X: 光标 A (X 光标) 处的 X 值。
- A->Y: 光标 A (Y 光标) 处的 Y 值。
- B->X: 光标 B (X 光标) 处的 X 值
- B->Y: 光标 B (Y 光标) 处的 Y 值
- ΔX: 光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距。
- 1/ΔX: 光标 A 和 B (X 光标) 的水平间距的倒数。
- ΔY: 光标 A 和 B (Y 光标) 之间的垂直间距。

您可以按照如下操作使用光标对 CH1-CH4 或 MATH 通道波形进行追踪测量。

1. 打开追踪测量功能

按 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择“追踪”并按下该旋钮。您也可以连续按下 **Cursor** 按键或 **光标模式** 软键切换至“追踪”。此时，示波器将根据当前设置测量指定信源通道波形上的指定点并在屏幕左上方显示测量结果。修改追踪测量参数时，测量结果将实时变化。

2. 指定追踪信源




- 1) 按 **光标 A** 软键，旋转多功能旋钮  选择光标 A 的追踪信源。您也可以连续按下 **信源选择** 软键切换当前信源。可以选择 CH1-CH4 或 MATH。选择“无


光标”则不显示光标 A 和测量结果。

注意：仅当前已打开的通道可选。

- 2) 使用同样方法指定光标 B 的追踪信源。

3. 调整光标位置

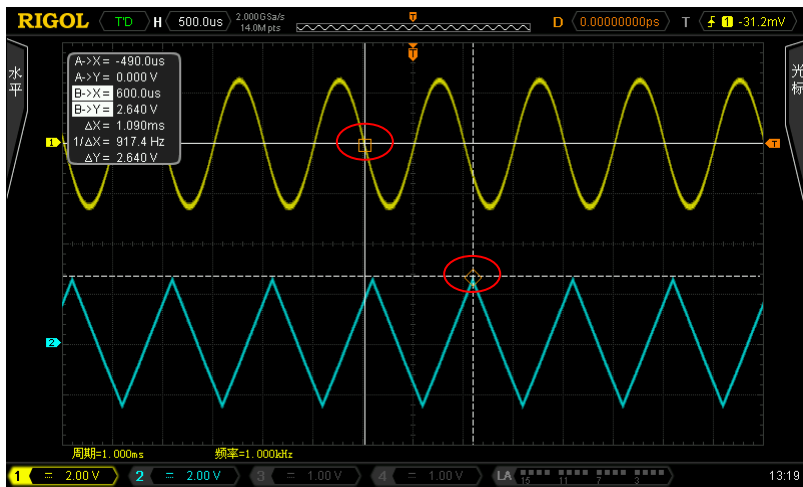
- 1) 按 **CursorA** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 A (X 光标) 的水平位置。可调范围为屏幕显示范围。光标交叉点用一个橙色的矩形标记。
- 2) 按 **CursorB** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 B (X 光标) 的水平位置。可调范围为屏幕显示范围。光标交叉点用一个橙色的菱形标记。
- 3) 按 **CursorAB** 软键，旋转多功能旋钮  同时调整光标 A 和 B (X 光标) 的水平位置 (光标 A 和 B 之间的水平间距保持不变)。可调范围为屏幕显示范围。两个交叉点分别用一个橙色的矩形 (光标 A) 和菱形 (光标 B) 标记。

注意：若当前选中 **CursorA**、**CursorB**、**CursorAB** 中的任一项，您可以连续按下多功能旋钮  在三者之间快速切换。

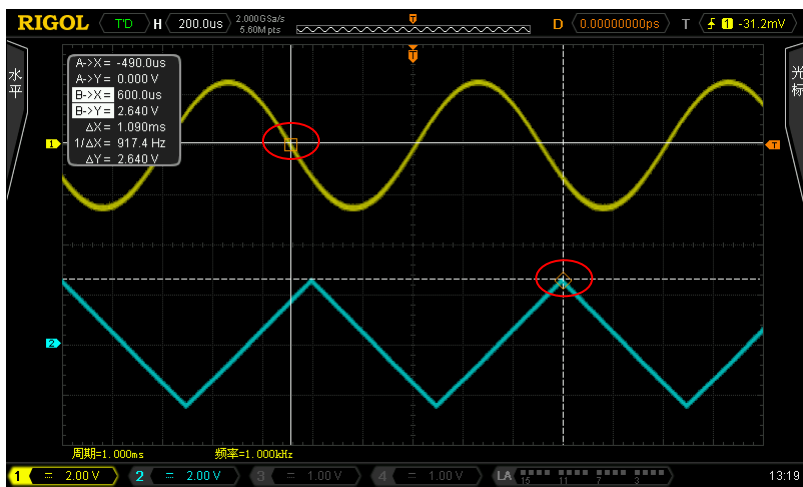
测量实例：

用光标 A 和光标 B 分别测量 CH1 和 CH2 中的波形，然后水平扩展波形，可以发现光标会跟踪所标记的点。

追踪测量（水平扩展前）：



追踪测量（水平扩展后）：



自动模式


您可以使用光标自动测量 29 种波形参数中的任一种。该模式下，将出现一个或多个光标，系统将根据信号的变化自动调整光标位置并测量、计算相应参数。

注意：


- 欲使用该模式，需已使用一键测量功能测量至少一种自动测量参数（请参考“**进行一键测量**”）。未执行任何一键测量或者测量源没有输入时均没有光标显示。
- 屏幕显示的光标个数由当前选择的测量参数决定（不同测量项所需光标数目不同）。
- 水平扩展或压缩波形时，光标也会相应变化。

您可以按照如下操作使用光标对通道波形进行自动测量。

1. 打开自动测量功能

按 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择“自动测量”并按下该旋钮。您也可以连续按下 **Cursor** 按键或 **光标模式** 软键切换至“自动测量”。仪器默认对最后一次打开的测量项（使用一键测量）进行测量。

2. 指定测量项

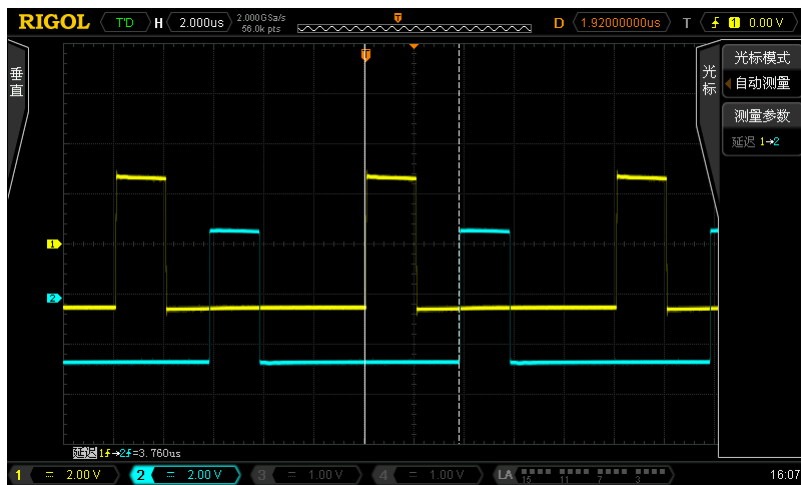
按 **测量参数** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的测量项并按下该旋钮。您也可以连续按下 **测量参数** 软键切换当前测量参数。可以选择最后打开的最多 5 项测量参数。

注意：

- 若当前未执行任何一键测量操作，**测量参数** 菜单不可用（显示“无测量”）。
- 若后续又打开新的测量项，**测量参数** 下的菜单项也将实时变化。

测量实例：

使用“自动测量”测量 CH1 波形上升沿与 CH2 波形上升沿之间的延迟时间。

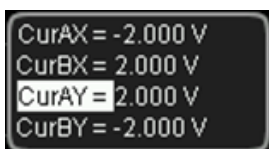


X-Y 模式

该模式下，X 光标和 Y 光标分别表示指定通道的波形幅度，您可以通过调整光标位置测量光标交叉点处的波形幅度。

注意：仅在“X-Y”时基模式下（请参考“**指定时基模式**”），可以选择且仅可选择 X-Y 光标模式。

测量结果将以如下形式显示在屏幕左上方。改变测量参数时，测量结果将实时改变。




- CurAX: 光标 A (X 光标) 处的 X 值。
- CurBX: 光标 B (X 光标) 处的 X 值。
- CurAY: 光标 A (Y 光标) 处的 Y 值。
- CurBY: 光标 B (Y 光标) 处的 Y 值。

注意：测量结果中的幅度单位与相应通道当前选择的幅度单位一致。

首先，请参考“**指定时基模式**”一节的内容选择“X-Y”时基模式；然后，您可以按照如下操作使用光标对 CH1-CH4 通道波形进行 X-Y 测量。

1. 打开 X-Y 模式

按 **Cursor** → **光标模式**，旋转多功能旋钮  选择“X-Y”并按下该旋钮。您也可以连续按下 **Cursor** 按键或 **光标模式** 软键切换至“X-Y”。




2. 指定光标域

按 **光标域** 软键选择“XY1”或“XY2”。




- XY1: X 光标和 Y 光标分别用于测量 CH1 和 CH2 波形指定点（光标交叉点）的幅度值。
- XY2: X 光标和 Y 光标分别用于测量 CH3 和 CH4 波形指定点（光标交叉点）的幅度值。


3. 调整 X/Y 光标位置

1) 调整 X 光标位置

- 按 **光标类型** 软键选择“X”。
- 按 **CursorA** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 A (X 光标) 的水平位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorB** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 B (X 光标) 的水平位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorAB** 软键，旋转多功能旋钮  可同时调整光标 A 和 B (X 光标) 的水平位置。光标 A 和 B (X 光标) 之间的水平间距保持不变。可调范围为屏幕显示范围。

2) 调整 Y 光标位置

- 按 **光标类型** 软键选择“Y”。
- 按 **CursorA** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 A (Y 光标) 的垂直位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorB** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 B (Y 光标) 的垂直位置。可调范围为屏幕显示范围。
- 按 **CursorAB** 软键，旋转多功能旋钮  可同时调整光标 A 和 B (Y 光标) 的垂直位置。光标 A 和 B (Y 光标) 之间的垂直间距保持不变。可调范围为屏幕显示范围。

注意：若当前选中 **CursorA**、**CursorB**、**CursorAB** 中的任一项，您可以连续按下多功能旋钮  在三者之间快速切换。

第7章 逻辑分析仪

MSO4000 系列混合信号数字示波器提供逻辑分析仪 (LA) 功能, 共包含 16 个逻辑通道 (即数字通道, 默认通道标签为 D15-D0)。示波器将每次对数字通道进行采样所得的电压值与预设的逻辑阈值相比较。若采样点的电压大于阈值, 则被存储为逻辑 “1” (逻辑高电平), 否则, 则被存储为逻辑 “0” (逻辑低电平)。示波器将波形点的逻辑电平值 (“1” 和 “0”) 以图形的方式直观地表现出来, 便于用户检测和分析电路设计 (硬件设计和软件设计) 中的错误。

使用数字通道之前, 请使用附件提供的 RPL2316 逻辑探头正确连接示波器和被测设备。有关逻辑探头的使用方法, 请参考《RPL2316 逻辑探头用户手册》。

本章内容如下:

- 打开或关闭数字通道
- 排列数字通道
- 进行分组设置
- 指定波形显示大小
- 调整阈值电平
- 使用数字总线
- 设置数字通道标签
- 设置数字通道延迟校正
- 数字通道波形与标签颜色

打开或关闭数字通道

您可以根据需要设置所有数字通道（D0-D15）的开/关状态。各通道之间没有影响。

按 **LA** → **开/关** 软键，进入数字通道“开/关”设置菜单。在该菜单中，您可以通过如下多种方法设置数字通道的开/关状态。




- **同时打开或关闭 D7-D0 通道**

按 **D7-D0** 软键选择“打开”或“关闭”。




- **同时打开或关闭 D15-D8 通道**

按 **D15-D8** 软键选择“打开”或“关闭”。

- **打开或关闭单个数字通道**

按 **通道选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择任一数字通道（D0-D15）后，按下该旋钮或者按 **通道选择** 软键即可切换该通道的开/关状态。通道的开/关状态显示在通道名称前， 表示该通道已打开， 表示该通道已关闭。

- **打开或关闭自定义通道组**

按 **自定义组** 软键，旋转多功能旋钮  选择指定通道组（Group1-Group4）后，按下旋钮或者按 **自定义组** 软键即可切换该通道组中所有通道的开/关状态。通道组的开/关状态显示在通道组名称前， 表示该通道组已打开， 表示该通道组已关闭。

注意：仅包含数字通道的自定义通道组可选。有关如何进行分组设置，请参考“进行分组设置”一节中的介绍。

注意：


- 上述 4 种设置方法的优先级相同，后续操作将改变之前的通道开/关状态。
- 已打开数字通道的通道波形与标签的颜色请参考“数字通道波形与标签颜色”。

排列数字通道

您可以根据需要设置当前所有已打开数字通道在屏幕中的显示位置。此外，您还可以通过自动排列操作快速恢复所有数字通道在屏幕中的排列顺序。


自定义排列

1. 选择活动数字通道


按 **LA** → **通道/组**，旋转多功能旋钮  选择所需的数字通道（D0-D15）或自定义通道组（Group1-Group4）。您也可以连续按 **通道/组** 软键切换当前通道/自定义通道组。此时，当前通道（选择 D0-D15 时）或当前自定义通道组包含的所有数字通道（选择 Group1-Group4 时）被设为活动数字通道。选择“无”表示不设置活动数字通道。

注意：

- 仅当前已打开的数字通道和自定义通道组可选。
- 活动数字通道可以包含一个或多个数字通道。
- 有关如何进行分组设置，请参考“**进行分组设置**”一节中的介绍。

此外，当逻辑分析仪功能打开（**LA** 键背灯点亮）时，连续按下 **LA**  旋钮可以按照 **通道/组** 菜单列表中的顺序快速切换当前活动数字通道。

2. 移动活动数字通道的位置

旋转 **LA**  旋钮移动活动数字通道至所需位置后，按下该旋钮即可在固定该活动数字通道位置的同时选中下一通道或下一组通道（按照 **通道/组** 菜单列表中的顺序）为活动数字通道。

注意：有关活动数字通道和其他已打开通道的通道波形与标签的颜色请参考“**数字通道波形与标签颜色**”。

自动排列

按 **LA** 后，按 **自动排列** 软键选择 “D0-D15” 或 “D15-D0”（默认为 “D0-D15”）。

- D0-D15：从上至下依次为 D0-D15。
- D15-D0：从上至下依次为 D15-D0。

进行分组设置

您可以根据需要对 16 个数字通道进行分组（4 个自定义通道组，Group1-Group4）。每个自定义通道组可以包含一个或多个数字通道，但同一数字通道仅能属于一个自定义通道组。

按 **LA** → **分组设置**，进入分组设置菜单。对 Group1-Group4 进行自定义分组的操作方法相同，此处以 Group1 为例。


在分组设置菜单中：

1. 选择 Group1


按 **Group1** 软键选择 Group1。此时，Group1 对应的通道列表被打开。每个数字通道的可选状态标识显示在其名称的左侧。 表示可选； 表示不可选（已被设置为属于其它自定义通道组）； 表示已被设置为属于 Group1。

2. 设置 Group1 包含的数字通道

● 添加数字通道


旋转多功能旋钮  选择某一通道可选状态标识为 的通道后，按下该旋钮或按 **Group1** 软键。此时，该通道的可选状态标识变为 ，表示该通道属于 Group1。

● 删除数字通道

旋转多功能旋钮  选择某一通道可选状态标识为 的通道后，按下该旋钮或按 **Group1** 软键。此时，该通道的可选状态标识变为 ，表示 Group1 不包含该通道。

注意：可以重复执行数字通道的添加与删除操作。


3. 取消数字通道或自定义通道组的分组设置

按 **UnGroup** 软键打开通道/组列表，旋转多功能旋钮  选择要取消其分组设置的数字通道或自定义通道组，按下该旋钮或按 **UnGroup** 软键即可取消对该数字通道或该自定义通道组的分组设置。

注意：仅可对已进行分组设置的数字通道或自定义通道组执行取消分组操作。若当前没有进行任何分组设置，则 **UnGroup** 菜单置灰禁用。

指定波形显示大小

您可以设置屏幕中数字通道波形的显示大小，支持小、中、大三种规格。

按 **LA** → **波形大小**，旋转多功能旋钮  选择所需的显示规格后按下该旋钮。您也可以连续按 **波形大小** 软键切换当前显示规格。可以选择 S（小）、M（中）和 L（大）。

注意：


- 仅当当前已打开数字通道的个数不大于 8 时，“L”可用。
- 若当前数字通道波形的显示规格为“L”，后续又打开其他数字通道使已打开数字通道的个数大于 8 时，**波形大小** 菜单项将自动切换为“M”。

调整阈值电平



D7-D0 和 D15-D8 两组通道的阈值电平独立调节，您可以根据需要分别为两组通道设置各自的阈值电平。当输入信号的电压大于当前设置的阈值电平时，判定为逻辑“1”，否则为逻辑“0”。

按 **LA** → **阈值**，进入阈值设置子菜单。在该菜单中：


1. 选择门限类型

按 **门限类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的门限类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **门限类型** 软键切换当前门限类型。可以选择预置的电平类型或“用户定义”。预置的电平类型包括 TTL（1.4V）、5.0V CMOS、3.3V CMOS、2.5V CMOS、1.8V CMOS、ECL（-1.3V）、PECL（3.7V）、LVDS（1.2V）和 0V。

2. 设置指定组通道的阈值电平

- “门限类型”设为预置的电平类型时：
 - a. 按 **应用 D7-D0** 软键，可将该阈值电平应用于 D7-D0 通道。
 - b. 按 **应用 D15-D8** 软键，可将该阈值电平应用于 D15-D8 通道。
- “门限类型”设为“用户定义”时：
 - a. 按 **D7-D0** 软键，旋转多功能旋钮  调整 D7-D0 通道的阈值电平（按下该旋钮可以将 D7-D0 通道的阈值电平快速复位为 0 V）。可调范围为 -20.0 V 至 +20.0 V。
 - b. 按 **D15-D8** 软键，旋转多功能旋钮  调整 D15-D8 通道的阈值电平（按下该旋钮可以将 D15-D8 通道的阈值电平快速复位为 0V）。可调范围为 -20.0V 至 +20.0V。

注意：D7-D0 和 D15-D8 两组通道的阈值电平相互独立，当前的阈值电平分别显示在 **D7-D0** 和 **D15-D8** 菜单项下。

此外，当触发信源设为数字通道（D0-D15）时，调整触发阈值电平（旋转 **触发 LEVEL** ）将同时修改此处相应的阈值电平设置。

使用数字总线

MSO4000/DS4000 提供 2 条数字总线（BUS1 和 BUS2）。您可以根据需要将 D7-D0、D15-D8 或 D15-D0 组通道显示为总线。总线数据将以数据或图形的形式显示在屏幕底部。允许同时打开 BUS1 和 BUS2。

按 **LA** → **数字总线**，进入数字总线设置菜单。对 BUS1 和 BUS2 进行总线设置的方法相同，此处以 BUS1 为例。

在数字总线设置菜单中：


1. 选择 BUS1

按 **数字总线** 软键选择“BUS1”。

2. 打开或关闭 BUS1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 BUS1 的显示。打开时，将根据当前设置在屏幕底部显示相应的总线数据。


3. 指定 BUS1 对应的数字通道

按 **通道选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的数字通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **通道选择** 软键切换当前选择的数字通道。可以选择 D7-D0、D15-D8 或 D15-D0。

4. 指定位序

按 **位序** 软键选择“正常”（D0 对应总线数据的最低位）或“反相”（D0 对应总线数据的最高位），默认为“正常”。

5. 指定参考时钟

按 **参考时钟** 软键，旋转多功能旋钮  选择任一通道（D0-D15 或 CH1-CH4）作为 BUS1 的参考时钟通道。选择“无”表示不设置参考时钟。

1) 您可以设置参考时钟的采样边沿类型。

按 **边沿类型** 软键选择 （上升沿）或 （下降沿）。

2) 参考时钟设为 CH1-CH4 时，您可以设置参考时钟通道的阈值电平。

按 **阈值** 软键，旋转多功能旋钮  调整参考时钟通道的阈值电平。

3) 参考时钟设为“无”时，您可以设置抖动抑制功能的开/关状态。

抖动是指信号在特定时刻相对于其理想时间位置上的短期偏离，如图 7-1 中 T1 和 T2 所示。当数字总线没有设置参考时钟时，每个通道的跳变状态都会引起总线数据的变化，在通道变化时总线上可能会出现不稳定的数据。在抖动抑制打开时，总线将不会显示数据保持时间小于“抖动时间”的数据，仍旧保持前一个有效的数据。

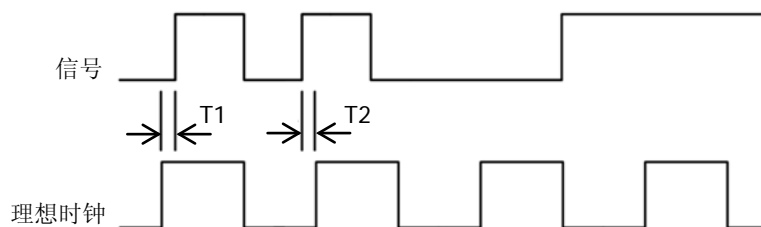



图 7-1 数字总线抖动示意图


注意：仅当数字总线没有设置参考时钟时，才可以设置抖动抑制功能的开/关状态和抖动时间。

- 按 **抖动抑制** 软键打开或关闭抖动抑制功能。
- 按 **抖动时间** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整抖动时间，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整抖动时间。可调范围为 1 ns 至 1 ms。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整抖动时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

6. 指定显示类型

按 **显示类型** 软键选择“数据”和“图形”。


- 数据模式下将以指定格式直接显示总线数据。
按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的显示格式。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。可以选择十六进制、十进制、二进制或 ASCII。
- 图形模式下可以观察总线的变化趋势。

设置数字通道标签


仪器默认使用 D0-D15 作为 16 个数字通道的通道标签。为方便区分不同的数字通道，您可以为每个数字通道设置一个自定义标签。您可以使用仪器预置标签或手动输入标签。

按 **LA** → **标签**，进入标签设置子菜单。

1. 选择指定数字通道

按 **通道选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的数字通道。您也可以连续按 **通道选择** 软键切换当前数字通道。可以选择 D0-D15。

2. 设置自定义标签

- **使用预置标签**
按 **预置标签** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的标签并按下该旋钮。您也可以连续按 **预置标签** 软键切换当前预置标签。可选的预置标签有 ACK、AD0、ADDR、BIT、CAS、CLK、DATA、HALT、INT、UB、LOAD、NMI、OUT、PIN、RAS、RDY、RST、RX、TX 和 WR。


- 手动输入标签

按 **输入标签** 软键，打开标签子菜单以及标签修改界面。请参考“**设置通道标签**”一节的内容设置数字通道的标签。

注意：自定义标签可包含大、小写英文字母（A~Z、a~z）、数字（0~9）、下划线（_）和空格，长度不得超过 4 个字符。

设置数字通道延迟校正

使用示波器进行实际测量时，探头电缆的传输延迟可能带来较大的误差（零点偏移）。零点偏移定义为波形与阈值电平线的交点相对于触发位置的偏移量（请参考“**设置延迟校正**”）。MSO4000/DS4000 支持用户设定一个延迟时间以校正对应通道的零点偏移。

按 **LA** → **延迟校正**，旋转多功能旋钮  以特定的步进值调整延迟校正时间。可调范围为 -100 ns 至 100 ns。按下多功能旋钮  可快速将延迟时间复位至 0.00 s。

注意：延迟校正时间的设置与仪器型号以及当前的水平时基有关，水平时基越大，设置的步进值越大。以 MSO4054 为例，当水平时基为 50 ns 时，步进值为 1 ns；当水平时基为 2 μ s 时，步进值为 40 ns；当水平时基 $\geq 10 \mu$ s 时，延迟校正时间不可调整。

数字通道波形与标签颜色

数字通道打开时，在屏幕上显示相应的通道波形和标签。通道波形和标签颜色与当前活动数字通道有关。

数字通道波形颜色

- 若当前活动数字通道为某一数字通道，则该通道的波形显示为红色；其他已打开数字通道的波形中的逻辑高电平显示为蓝色，逻辑低电平显示为绿色，边沿呈白色。
- 若当前活动数字通道为某一自定义通道组，则该通道组中第 1 个通道（按照通道序号排列）的波形显示为红色；其他已打开数字通道（包括该自定义通道组中的其他通道）的波形中的逻辑高电平显示为蓝色，逻辑低电平显示为绿色，边沿呈

白色。

数字通道标签颜色

- 活动数字通道的通道标签显示为红色。
- Group1 打开时，其包含的所有数字通道的通道标签显示为紫色。
- Group2 打开时，其包含的所有数字通道的通道标签显示为粉色。
- Group3 打开时，其包含的所有数字通道的通道标签显示为蓝色。
- Group4 打开时，其包含的所有数字通道的通道标签显示为浅蓝色。
- 其他已打开的数字通道的通道标签显示为绿色。

注意：通道标签颜色显示规则的优先级按上述顺序从上到下排列。

第8章 协议解码

用户可以通过协议分析轻松地发现错误、调试硬件、加快开发进度，为高速度、高质量完成工程提供保障。协议解码是协议分析的基础，只有解码正确的协议分析才能够被接受，只有正确的解码才能提供更多的错误信息。MSO4000/DS4000 提供两条总线（Decode1 和 Decode2）对数字通道（D0-D15）和模拟通道（CH1-CH4）输入的信号进行常用协议的解码，包括并行（标配）、RS232（选件）、I2C（选件）、SPI（选件）、CAN（选件）和 FlexRay（选件）。

欲获得关于解码选件的信息，请参考“附录 A：附件和选件”中的介绍。
购买解码选件后，请参考“选件管理”的介绍激活相应的选件。

由于 Decode1 和 Decode2 的解码功能和设置方法完全相同，本章以 Decode1 为例进行说明。

本章内容如下：

- 并行解码
- RS232 解码（选件）
- I2C 解码（选件）
- SPI 解码（选件）
- CAN 解码（选件）
- FlexRay 解码（选件）

并行解码

并行总线由时钟线和数据线组成。示波器在时钟信号的上升沿、下降沿或任一沿对通道数据进行采样；然后，将采样数据归为一个并行的多通道总线并作为一个单一的总线值显示。下图所示为在时钟信号的上升沿进行采样。其中，CLK 为时钟线，Bit0 和 Bit1 分别为数据线的第 0 位和第 1 位。

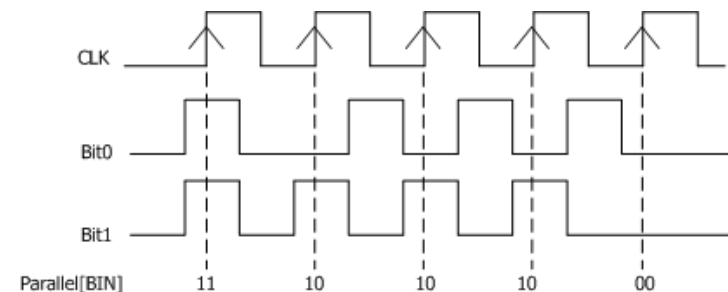



图 8-1 并行解码示意图

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“并行”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“并行”。


设置并行解码（以 **Decode1** 为例）：

1. 打开或关闭 **Decode1**





按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 **Decode1** 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 **Decode1** 显示的开/关状态。**Decode1** 显示打开时，如图 8-2 所示。

2. 设置时钟线（CLK）

1) 指定时钟通道


按 **时钟通道** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **时钟通道** 软键切换当前时钟通道。可以选择 CH1-CH4、D0-D15。选择“无”表示不设置时钟通道，解码时将在数据通道的数据发生跳变时进行采样。

2) 指定采样边沿类型


按 **边沿类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择在时钟信号的上升沿 ()、下降沿 () 或任一沿 () 对数据通道的数据进行采样。您也可以连续按 **边沿类型** 软键切换当前边沿类型。


3. 设置数据线

1) 设置总线位宽

按 **总线位宽** 软键，旋转多功能旋钮  设置并行总线的数据宽度，即每帧数据的位数。可设范围为 1 至 20，默认为 8 (Bit0, Bit1, Bit2...)。

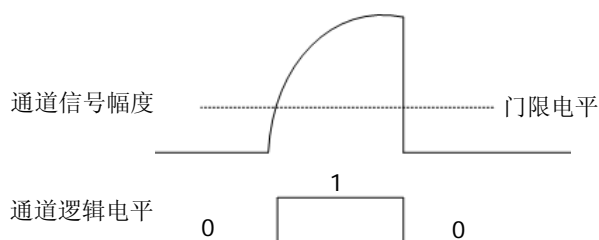
2) 为每个位指定数据通道

首先，按 **当前位** 软键，旋转多功能旋钮  选择欲设定其通道的位。可选范围为 0 至 (当前的总线位宽-1)，默认选择位 0。例如，总线位宽为 20 时，可以选择 0 至 19。

然后，按 **通道** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **通道** 软键切换当前选择的通道。可以选择 D0-D15、CH1-CH4。


4. 调整模拟通道阈值电平（门限电平）

当时钟通道或数据通道包含模拟通道 (CH1-CH4) 时，您可以根据需要设置指定模拟通道的阈值电平（门限电平）。当通道信号幅度大于阈值设定值时，判别为逻辑“1”；否则为逻辑“0”。





按 **阈值** 软键，打开阈值设置子菜单。在该菜单中：

1) 选择指定模拟通道

按 **通道** 软键，旋转多功能旋钮  选择欲设定其阈值的模拟通道 (CH1-CH4)。您也可以连续按 **通道** 软键切换当前选择的通道。


2) 调整阈值

- 分别按 **设为 TTL**、**设为 COMS** 和 **设为 ECL** 软键可将当前选择通道的阈值设为 TTL、CMOS 和 ECL 电平。
- 按 **阈值大小** 软键，旋转多功能旋钮  调整当前选择通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。

注意：模拟通道阈值的可设范围与该通道当前的垂直档位和垂直位移有关，与设置方法无关。可设范围为 $-4 \times \text{垂直档位} - \text{垂直位移}$ 至 $4 \times \text{垂直档位} - \text{垂直位移}$ 。当选择的阈值大于其可设范围时，阈值会被自动限制在其可设范围内。


改变模拟通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。

5. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮  选择总线数据的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意：事件表打开时，事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

6. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键，旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移（归零）。

7. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息，便于观察较长的已解码数据。


注意：仅当相应总线的显示打开时，才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时，按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中，您可以执行如下操作。

1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时，如图 8-2 所示。



图 8-2 并行解码

在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据及其对应的行号和时间。一页内最多显示 10 行解码信息（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

注意：

- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（请参考“**进制显示**”）决定。
- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

RS232 解码（选件）

RS232 串行总线由传输数据线（TX）和接收数据线（RX）组成，其帧格式如图 5-2 所示。RS232 解码需设置每帧数据的起始位、数据位宽度、校验位和停止位。

注意：RS232 工业标准使用“负逻辑”，即高电平为逻辑“0”，低电平为逻辑“1”。

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“RS232”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“RS232”。

设置 RS232 解码（以 Decode1 为例）：

1. 打开或关闭 Decode1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 Decode1 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 Decode1 显示的开/关状态。打开总线显示时，如图 8-3 所示。

2. 快速应用当前 RS232 触发设置至 RS232 解码

若当前触发系统的触发类型为 RS232，按 **复制触发** 软键，可复制当前 RS232 触发设置并将其应用至 RS232 解码功能（自动设置相应的 RS232 解码参数）。可复制的设置包括信源通道、极性、停止位、校验方式、数据位宽和波特率等设置。

- 对于信源通道，将复制触发中的信源通道至解码中的 TX 信源通道。若为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。

注意：RX 被自动设为无信源通道。

- 执行复制操作时，解码中的 **波特率** 菜单自动选择“自定义”，且自定义值与触发中的波特率值相同。


注意：仅当当前触发类型为“RS232”时，复制功能可用；否则，**复制触发** 菜单不可用。



提示

当前触发类型为“RS232”时，任意时刻执行复制操作均可以快速应用当前 RS232 触发设置（指定类型的参数）至 RS232 解码。之后，您仍然可以根据需要按照如下说明设置 RS232 解码参数。

3. 设置 TX 和 RX 信源

● 设置 TX 信源

按 **TX** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需信源通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **TX** 软键切换当前信源通道。可以选择 D0-D15、CH1-CH4。选择“无”则不设置 TX 信源通道。

选择模拟通道（CH1-CH4）时，您可以在按 **TX 阈值** 软键后旋转多功能旋钮  调整 TX 信源通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。


改变 TX 信源通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。


● 设置 RX 信源

使用同样的方法选择 RX 信源并设置其阈值（仅当 RX 信源通道设为模拟通道（CH1-CH4）时）。

注意：TX 和 RX 信源通道不可同时设为“无”。

4. 指定波特率

按 **波特率** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的波特率，默认为 9600 bps。您也可以连续按 **波特率** 软键切换当前波特率。可以选择预设的波特率或“自定义”。

- 预设的波特率包括 2400 bps、4800 bps、9600 bps、19200 bps、38400 bps、57600 bps、115200 bps、230400 bps、460800 bps、921600 bps、1 Mbps。
- 选择“自定义”时，按 **设置** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整波特率，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整波特率。可设范围为 110 bps 至 20000000 bps（20 Mbps）。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整波特率时，该功能将帮助您快速完成设置。

5. 指定极性

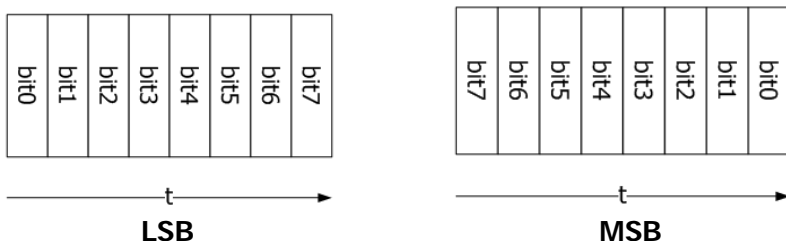
按 **极性** 软键设置数据解码时的极性为“正常”或“反相”，默认为“正常”。

- 正常：使用负逻辑，即高电平为逻辑“0”，低电平为逻辑“1”。
- 反相：使用正逻辑，即高电平为逻辑“1”，低电平为逻辑“0”。

6. 指定传输位序

按 **位序** 软键选择“LSB”或“MSB”，默认为“LSB”。


- LSB: Least Significant Bit (最低有效位)，即数据低位先传输。
- MSB: Most Significant Bit (最高有效位)，即数据高位先传输。



7. 设置数据包


起始位用于表示数据何时开始输出，由当前选择的极性决定。其他参数的设置方法如下：

● 数据位宽

按 **数据位宽** 软键，旋转多功能旋钮  设置每帧数据实际包含的数据位数。可设置为 5、6、7、8 或 9，默认为 8。


● 校验位

用于检验数据传输的正确性，与选择的校验方式有关。


按 **奇偶校验** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的奇偶校验方式。您也可以连续按 **奇偶校验** 软键切换当前校验方式。

- 奇校验：数据位和校验位中“1”的总个数为奇数。例如：发送 0x55 (01010101)，则需要在校验位填充 1。
- 偶校验：数据位和校验位中“1”的总个数为偶数。例如：发送 0x55 (01010101)，则需要在校验位中填 0。
- 无：在传输过程中将没有校验位。

● 停止位


按 **停止位** 软键，旋转多功能旋钮  选择每帧数据后的停止位数。您也可以连续按 **停止位** 软键切换当前停止位数。可设置为 1 位、1.5 位或 2 位。

● 包

按 **包** 软键打开或关闭数据传输时的包显示。打开包显示时，将根据包结束符将若干个数据块合并。按 **包停止符** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需


的包停止符。您也可以连续按 **包停止符** 软键切换当前包停止符。可设置为 00 (NULL)、0A (LF)、0D (CR)、20 (SP) 或 FF。

8. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮  选择总线数据的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意：事件表打开时，事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

9. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键，旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移（归零）。

10. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息，便于观察较长的已解码数据。

注意：仅当相应总线的显示打开时，才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时，按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中，您可以执行如下操作。

- 1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时，如图 8-3 所示。

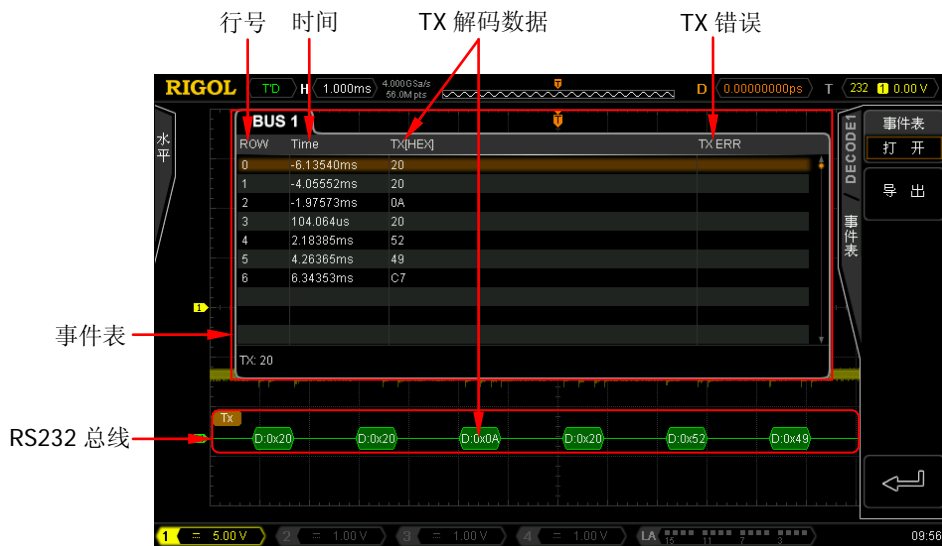



图 8-3 RS232 解码



在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据（TX 和/或 RX）及其对应的行号、时间和错误信息（TX 和/或 RX）。一页内最多显示 10 行解码信息（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

注意：

- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（参考“**进制显示**”）决定。
- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

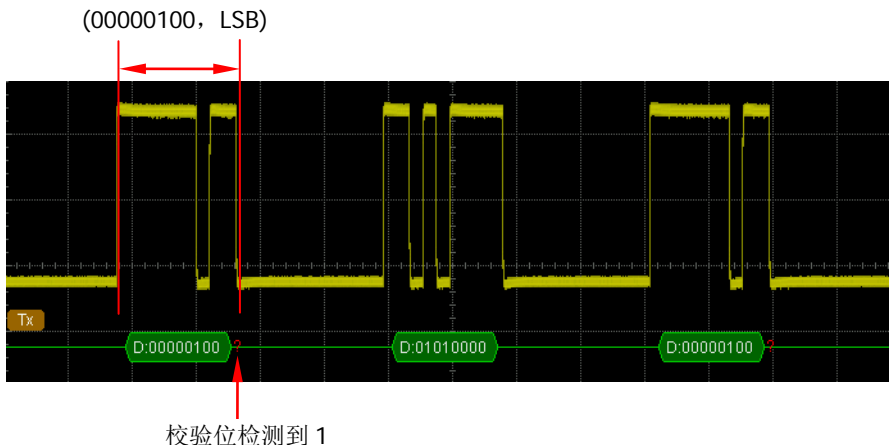
2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

11. 解码时的错误表示

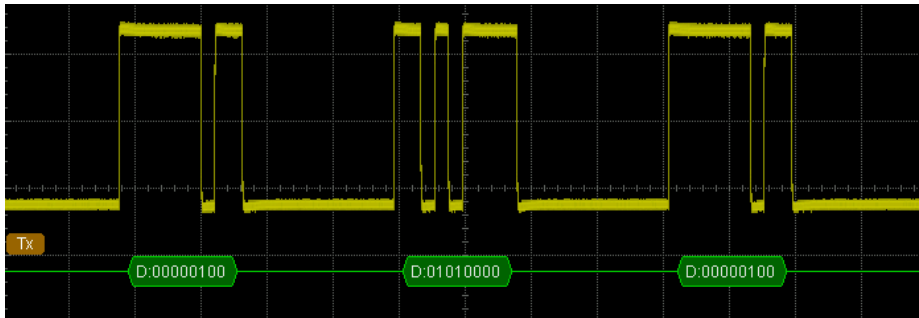
RS232 解码中可能出现校验错误和帧结束错误。当出现解码错误时，将会出现红色报错信息  或 （显示形式与水平时基的大小有关）。

● **校验错误**

检测到校验位错误时会出现红色报错信息。例如，发送端设置为无校验，而解码器设置为奇校验时，则出现如下校验错误。其中，8 位数据 00000100 中含有奇数（1）个 1，校验位应该为 0，但 TX 上检测到的校验位为 1，故产生校验错误。

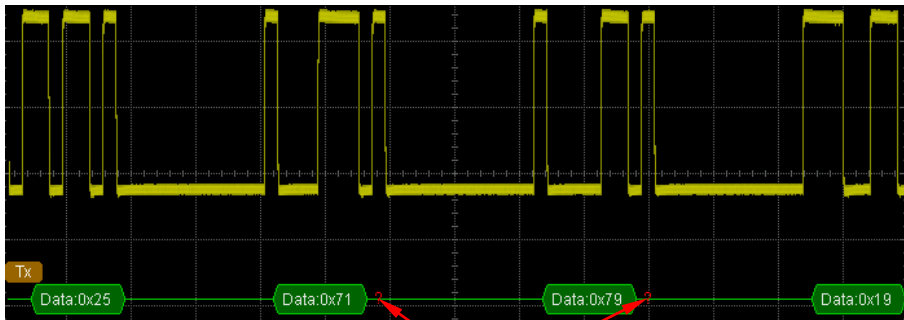


将解码器设置为无校验后，解码正常：



- 帧结束错误

帧结束错误是指不满足帧结束条件时产生的错误。例如，设置 **停止位** 为 1.5 位时，若实际停止位不足 1.5 位，则出现下图所示帧结束错误。



检测到停止位不足 1.5 位

注意：当同时检测到帧结束错误和校验错误时，会显示两处报错信息。

I2C 解码（选件）

I2C 串行总线由时钟线（SCLK）和数据线（SDA）组成。示波器在时钟信号的上升沿对通道数据进行采样（若为模拟通道，还将根据设定的阈值电平判定每个数据点为逻辑“1”还是逻辑“0”）。

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“I2C”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“I2C”。

设置 I2C 解码（以 Decode1 为例）：

1. 打开或关闭 Decode1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 Decode1 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 Decode1 显示的开/关状态。打开总线显示时，如图 8-4 所示。

2. 快速应用当前 I2C 触发设置至 I2C 解码

若当前触发系统的触发类型为 I2C，按 **复制触发** 软键，可复制当前 I2C 触发中的时钟信号与数据信号设置（SCL 和 SDA）并将其应用至 I2C 解码功能（SCLK 和 SDA）。若为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。


注意：仅当当前触发类型为“I2C”时，复制功能可用；否则，**复制触发** 菜单不可用。

提示



当前触发类型为“I2C”时，任意时刻执行复制操作均可以快速应用当前 I2C 触发设置（指定类型的参数）至 I2C 解码。之后，您仍然可以根据需要按照如下说明设置 I2C 解码参数。

3. 设置时钟信号（SCLK）和数据信号（SDA）

● 设置 SCLK

按 **SCLK** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的时钟通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **SCLK** 软键切换当前时钟通道。

选择模拟通道（CH1-CH4）时，您可以在按 **SCLK 阈值** 软键后旋转多功能


旋钮  调整时钟通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。

改变时钟通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。

● 设置 SDA


使用同样的方法选择数据通道（**SDA**）并设置其阈值（仅当数据通道设为模拟通道（CH1-CH4）时）。

4. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮  选择总线数据的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意：事件表打开时，事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

5. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键，旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移（归零）。

6. 指定地址信息是否包含“读/写”位

对于 I2C 总线，每帧数据均以地址信息开始。地址信息包括读地址和写地址。

按 **包含 R/W** 软键选择“打开”时，“读/写”位将包含在地址信息中，且处于最低位；选择“关闭”时，地址信息不包含“读/写”位。

7. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息，便于观察较长的已解码数据。


注意：仅当相应总线的显示打开时，才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时，按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中，您可以执行如下操作。

1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时，如图 8-4 所示。



图 8-4 I2C 解码

在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据及其对应的行号、时间、数据方向、ID 信息和确认 (ACK) 信息。一页内最多显示 10 行解码信息（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

注意：

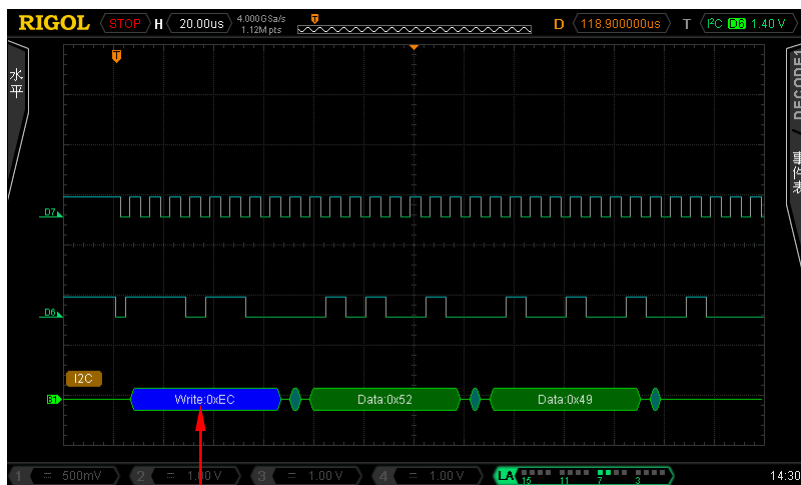
- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（参考“**进制显示**”）决定。
- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

8. 解码时的地址信息

I2C 总线中的每帧数据均以地址信息（包括读地址和写地址）开始，本示波器使用蓝色色块表示地址 ID。在地址 ID 中，“Read”表示读地址（如 **Read:0xD7**），**“Write”** 表示写地址（如 **Write:0xEC**）。

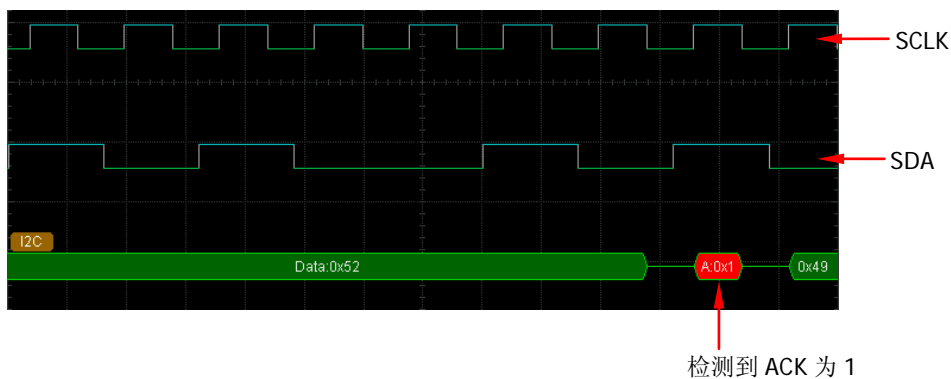
注意：您还可以根据需要设置地址信息中是否包含“读/写”位（请参考“包含 R/W”）。



地址信息（写地址）

9. 解码时的错误表示

I2C 解码中，ACK（确认）为 1 表示出现 ACK 错误。解码正确时，ACK 信息以蓝绿色色块表示；当检测到 ACK 为 1 时，将出现红色报错信息 **A:0x1**、**1**、**1** 或 **...**（显示形式与水平时基的大小以及总线的显示格式有关）。



检测到 ACK 为 1

SPI 解码（选件）

SPI 串行总线基于主-从配置，一般由片选线（SS）、时钟线（SCLK）和数据线组成。其中，数据线包括主机输入/从机输出数据线（MISO）和从机输入/主机输出数据线（MOSI）。示波器在时钟信号的上升沿或下降沿对通道数据进行采样（若为模拟通道，还将根据设定的阈值电平判定每个数据点为逻辑“1”还是逻辑“0”）。

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“SPI”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“SPI”。

设置 SPI 解码（以 Decode1 为例）：

1. 打开或关闭 Decode1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 Decode1 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 Decode1 显示的开/关状态。打开总线显示时，如图 8-5 所示。

2. 快速应用当前 SPI 触发设置至 SPI 解码

若当前触发系统的触发类型为 SPI，按 **复制触发** 软键，可复制当前 SPI 触发设置并将其应用至 SPI 解码功能（自动设置相应的 SPI 解码参数）。可复制的设置包括片选/超时模式、时钟通道、数据通道、数据位宽等设置。

- 对于片选模式，将同时复制触发中的片选通道（**CS**）和电平极性（**模式**）至解码中的片选通道（**SS** → **通道**）和极性（**SS** → **极性**）。若触发中的片选通道为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。
- 对于超时模式，将同时复制超时时间设置。
- 若时钟通道为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。
- 对于数据通道，将复制触发中的数据通道（**SDA**）至解码中的 MISO 信源通道（**MISO** → **通道**）。若触发中的数据通道为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。

注意：

- 执行复制操作后，解码中的 **MISO** → **极性** 自动选择 **J1**（正极性）。
- MOSI 数据线被自动设为无信源通道。

注意：仅当当前触发类型为“SPI”时，复制功能可用；否则，**复制触发** 菜单不可用）。


提示

当前触发类型为“SPI”时，任意时刻执行复制操作均可以快速应用当前 SPI 触发设置（指定类型的参数）至 SPI 解码。之后，您仍然可以根据需要按照如下说明设置 SPI 解码参数。

3. 指定解码模式

按 **解码模式** 软键选择“超时”或“CS”解码模式。

● 超时模式

选择“超时”时，您可以设置 SPI 解码的超时时间。按 **超时** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整超时时间，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整超时时间。超时时间的可调范围为 100 ns 至 1 s，默认为 1 μ s。



注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整超时时间时，该功能将帮助您快速完成设置。

● CS 模式

选择“CS”时，按 **SS** 软键，进入 SS（片选通道）设置子菜单。在该菜单中：



— 设置片选信号

按 **通道** 软键，旋转多功能旋钮  选择 D0-D15 或 CH1-CH4。

选择模拟通道（CH1-CH4）时，您可以在按 **阈值** 软键后旋转多功能旋钮  调整片选通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。

改变片选通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。

— 设置电平极性

连续按 **极性** 软键选择片选通道的电平极性为 （正极性）或 （负极性）。

4. 设置时钟信号 (SCLK)

按 **SCLK** 软键，进入 **SCLK** (时钟线) 设置子菜单。在该菜单中：

1) 指定时钟通道

请参考步骤 3 “**设置片选**” 中的介绍选择所需的时钟通道并设置其阈值 (仅当选择模拟通道 (CH1-CH4) 时)。

2) 指定边沿类型

按 **边沿类型** 软键选择在时钟信号的上升沿 (▲) 或下降沿 (▼) 对数据通道 (MISO 和/或 MOSI) 进行采样。

5. 设置 MISO 和 MOSI 数据信号

分别按 **MISO** 和 **MOSI** 软键进入 MISO 和 MOSI 数据线设置子菜单。在相应的菜单中，请参考步骤 3 “**CS 模式**” 中的介绍选择所需的数据通道并设置其阈值 (仅当选择模拟通道 (CH1-CH4) 时) 和电平极性。选择 “无” 则不设置相应的数据通道。

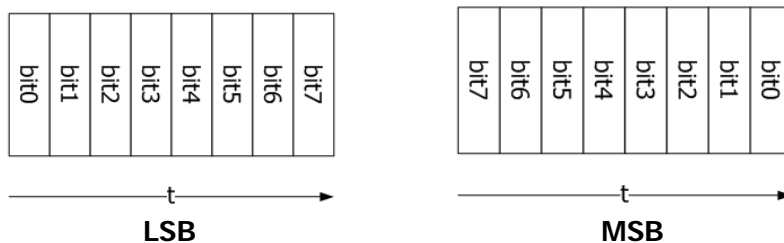
6. 指定位宽

按 **数据位宽** 软键，旋转多功能旋钮 选择所需位宽。可设范围为 4 至 32，默认为 8。

7. 指定传输位序

按 **位序** 软键选择 “LSB” 或 “MSB”，默认为 “MSB”。

- LSB: Least Significant Bit (最低有效位)，即数据低位先传输。
- MSB: Most Significant Bit (最高有效位)，即数据高位先传输。




8. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮 选择总线数据的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意：事件表打开时，事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

9. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键，旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移（归零）。

10. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息，便于观察较长的已解码数据。

注意： 仅当相应总线的显示打开时，才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时，按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中，您可以执行如下操作。

- 1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时，如图 8-5 所示。

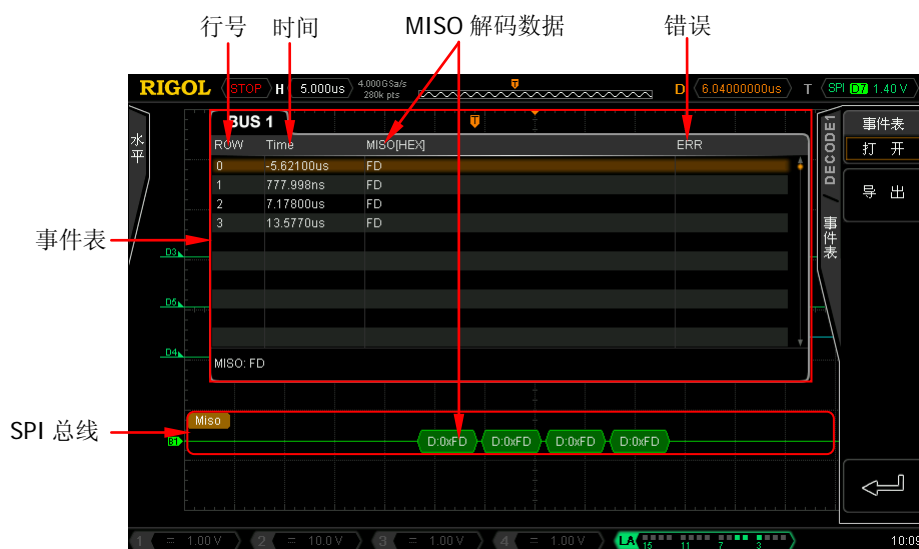



图 8-5 SPI 解码

在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据（MISO 和/或 MOSI）及其对应的行号、时间和错误信息。一页内最多显示 10 行解码信（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

注意：

- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（参考“进制显示”）决定。

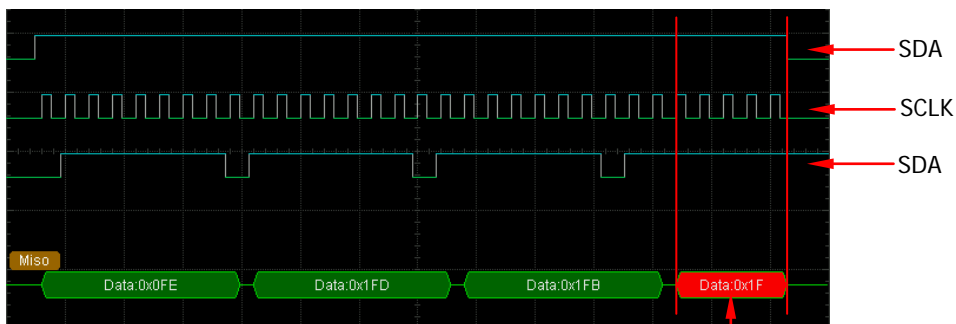
- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

11. 解码时的错误表示

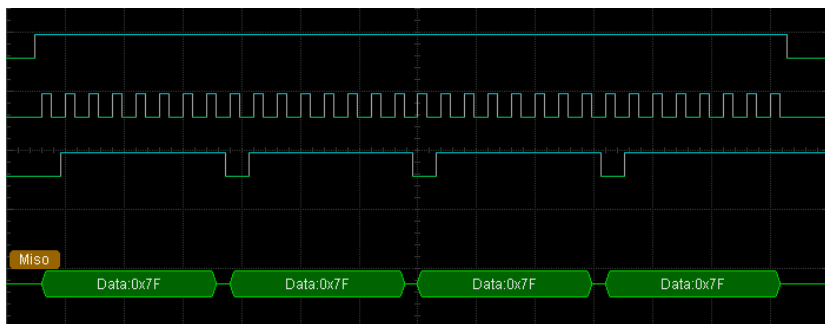
SPI 解码中，以红色色块表示解码错误。

例如，数据位宽设为 9 位，片选信号 (SS) 的极性设为正极性，时钟信号 (SCLK) 边沿类型设为上升沿时，出现下图所示解码错误。




5 个上升沿，小于数据位宽“9”

将数据位宽设为 8 位后，解码正确。



CAN 解码（选件）

CAN 总线数据帧格式如图 5-5 所示。示波器在指定的采样位置对 CAN 信号进行采样（若为模拟通道，还将根据设定的阈值电平判定每个数据点为逻辑“1”还是逻辑“0”）。CAN 解码需指定 CAN 信号类型和采样位置。

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“CAN”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“CAN”。

设置 CAN 解码（以 Decode1 为例）：

1. 打开或关闭 Decode1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 Decode1 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 Decode1 显示的开/关状态。打开总线显示时，如图 8-6 所示。

2. 快速应用当前 CAN 触发设置至 CAN 解码


若当前触发系统的触发类型为 CAN，按 **复制触发** 软键，可复制当前 CAN 触发设置并将其应用至 CAN 解码功能（自动设置相应的 CAN 解码参数）。可复制的设置包括信源通道、信号类型、信号速率、采样位置等设置。若信源通道为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。


注意：仅当当前触发类型为“CAN”时，复制功能可用；否则，**复制触发** 菜单不可用）。


提示

当前触发类型为“CAN”时，任意时刻执行复制操作均可以快速应用当前 CAN 触发设置（指定类型的参数）至 CAN 解码。之后，您仍然可以根据需要按照如下说明设置 CAN 解码参数。

3. 指定信源通道


按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需信源通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前信源通道。可以选择 D0-D15、CH1-CH4。

选择模拟通道（CH1-CH4）时，您可以在按 **阈值** 软键后旋转多功能旋钮  调

整信源通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。


改变信源通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。


4. 指定信号类型

按 **信号类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择与 CAN 总线信号相匹配的信号类型。您也可以连续按 **信号类型** 软键切换当前信号类型。

- Rx: 来自 CAN 信号线上的接收信号。
- Tx: 来自 CAN 信号线上的发送信号。
- CAN_H: 实际的 CAN_H 总线信号。
- CAN_L: 实际的 CAN_L 总线信号。
- 差分: 使用差分探头连接到模拟通道的 CAN 差分总线信号。差分探头的正极连接 CAN_H 总线信号，差分探头的负极连接 CAN_L 总线信号。

5. 指定信号速率

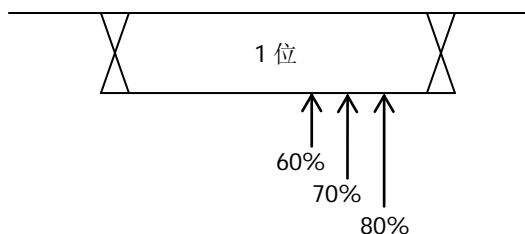
按 **信号速率** 软键，旋转多功能旋钮  设置与 CAN 总线信号相匹配的信号速率，默认为 500 kb/s。您也可以连续按 **信号速率** 软键切换当前信号速率。可以选择预设的信号速率或“自定义”。


- 预设的信号速率包括 100 kb/s、125 kb/s、250 kb/s、400 kb/s、500 kb/s、800 kb/s、1 Mb/s。
- 选择“自定义”时，按 **设置** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整信号速率，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整信号速率。可设范围为 10 kb/s 至 1 Mb/s。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整信号速率时，该功能将帮助您快速完成设置。

6. 调整采样位置

采样点为位时间内的点，示波器在该点对位电平进行采样。采样位置用“位开始至采样点的时间”与“位时间”的百分比表示，如下图所示。




按 **采样位置** 软键, 旋转多功能旋钮  调整该参数(默认为 50%), 步进为 1%, 可调范围为 5%至 95%。

7. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键, 旋转多功能旋钮  选择总线的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意: 事件表打开时, 事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

8. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键, 旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移(归零)。

9. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息, 便于观察较长的已解码数据。

注意: 仅当相应总线的显示打开时, 才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时, 按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中, 您可以执行如下操作。

1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时, 如图 8-6 所示。

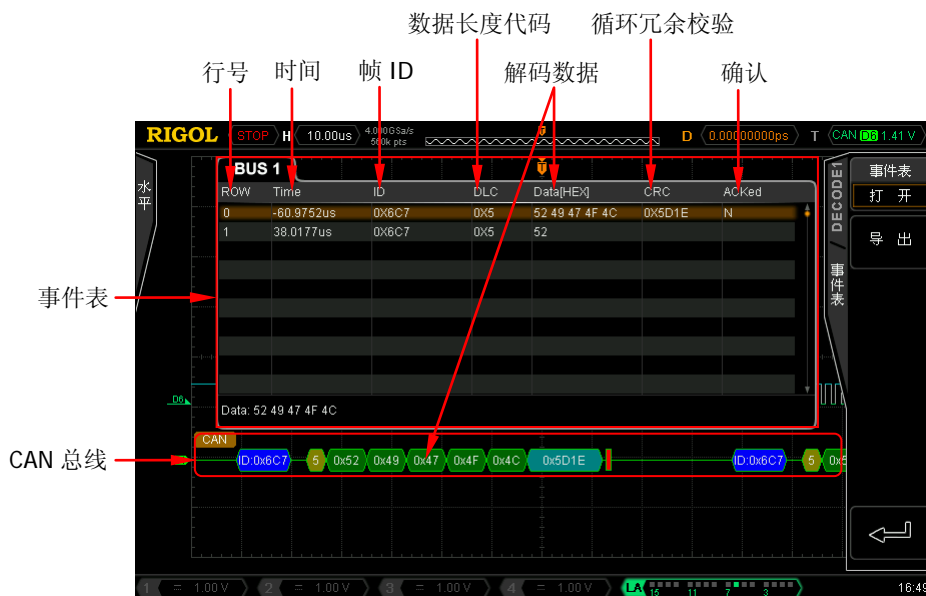



图 8-6 CAN 解码

在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据及其对应的行号、时间、帧 ID、数据长度代码（DLC）、循环冗余校验（CRC）和应答（ACK）信息。一页内最多显示 10 行解码信息（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

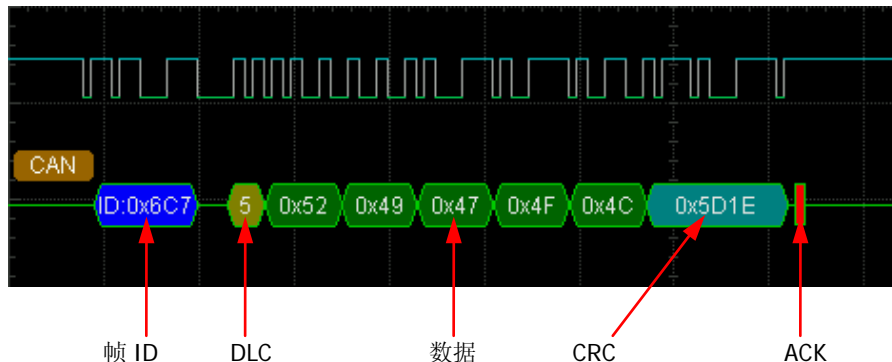
注意：

- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（参考“**进制显示**”）决定。
- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

- 2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

10. 解释已解码的 CAN 数据

- 帧 ID：十六进制数字，以蓝色色块表示。
- DLC（数据长度代码）：十六进制数字，以黄绿色色块表示。
- 数据：显示格式由“**进制显示**”设置决定（可以为十六进制、十进制、二进制或 ASCII），以绿色色块表示；如果数据帧丢失，以红色色块表示。
- CRC（循环冗余校验）：十六进制数字，以蓝绿色色块表示；错误时，以红色色块表示。
- ACK（确认）：有效时，以绿色色块表示；错误时（检测到 ACK 为 1 时），以红色色块表示。



FlexRay 解码（选件）

FlexRay 是一种配置三个连续段（包头、净荷和包尾）的差分串行总线，其协议帧格式如图 5-7 所示。示波器在指定的采样位置对 FlexRay 信号进行采样（若为模拟通道，还将根据设定的阈值电平判定每个数据点为逻辑“1”还是逻辑“0”）。FlexRay 解码需指定信号类型和信号速率。

按 **Decode1** → **解码类型**，旋转多功能旋钮  选择“FlexRay”并按下该旋钮。您也可以连续按 **解码类型** 软键切换至“FlexRay”。

设置 FlexRay 解码（以 Decode1 为例）：

1. 打开或关闭 Decode1

按 **BUS 状态** 软键打开或关闭 Decode1 的显示。您也可以按 **Decode1** 软键切换当前 Decode1 显示的开/关状态。打开总线显示时，如图 8-7 所示。

2. 快速应用当前 FlexRay 触发设置至 FlexRay 解码


若当前触发系统的触发类型为 FlexRay，按 **复制触发** 软键，可复制当前 FlexRay 触发中的信源通道和信号速率并将其应用至 FlexRay 解码功能。若信源通道为模拟通道，还将复制其阈值电平设置。


注意：仅当当前触发类型为“FlexRay”时，复制功能可用；否则，**复制触发** 菜单不可用）。


提示

当前触发类型为“FlexRay”时，任意时刻执行复制操作均可以快速应用当前 FlexRay 触发设置（指定类型的参数）至 FlexRay 解码。之后，您仍然可以根据需要按照如下说明设置 FlexRay 解码参数。

3. 指定信源通道

按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需信源通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前信源通道。可以选择 D0-D15、CH1-CH4。

选择模拟通道（CH1-CH4）时，您可以在按 **阈值** 软键后旋转多功能旋钮  调


整信源通道的阈值（默认为 0 V）。按下多功能旋钮  可快速将该通道的阈值复位至 0 V。

改变信源通道的阈值时，屏幕上出现一条显示当前阈值电平的虚线（颜色与该通道的颜色一致）。停止改变时，约 2 s 后消失。


4. 指定信道

按 **信道选择** 软键选择与实际 FlexRay 总线信号相匹配的信道（“A”或“B”）。

5. 指定信号类型

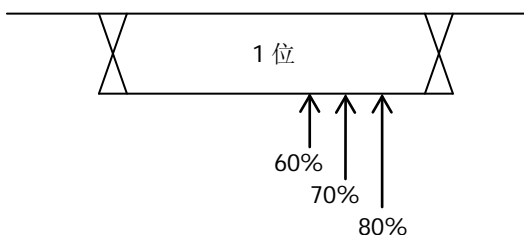
按 **信号类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择与实际 FlexRay 总线信号相匹配的信号类型。您也可以连续按 **信号类型** 软键切换当前信号类型。可选的信号类型包括 BP、BM 和 RX/TX。


6. 指定信号速率

按 **信号速率** 软键，旋转多功能旋钮  选择与实际 FlexRay 总线信号相匹配的信号速率。您也可以连续按 **信号速率** 软键切换当前信号速率。可选的信号速率包括 2.5 Mb/s、5 Mb/s 和 10 Mb/s，默认为 10 Mb/s。


7. 调整采样位置

采样点为位时间内的点，示波器在该点对位电平进行采样。采样位置用“位开始至采样点的时间”与“位时间”的百分比表示，如下图所示。




按 **采样位置** 软键，旋转多功能旋钮  调整该参数（默认为 50%），步进为 1%，可调范围为 5% 至 95%。

8. 指定显示格式

按 **进制显示** 软键，旋转多功能旋钮  选择总线数据的显示格式为十六进制、十进制、二进制或 ASCII。您也可以连续按 **进制显示** 软键切换当前显示格式。

注意：事件表打开时，事件表中的解码数据也将以此处选择的格式来显示。

9. 调整垂直偏移

按 **偏移** 软键，旋转多功能旋钮  调整总线的垂直位置。按下该旋钮可快速复位垂直偏移（归零）。

10. 查看事件表

事件表以表格的形式显示解码的详细信息，便于观察较长的已解码数据。

注意：仅当相应总线的显示打开时，才可以查看事件表以及导出解码数据。

当 **BUS 状态** 为“打开”时，按 **事件表** 软键进入事件表子菜单。在该子菜单中，您可以执行如下操作。

1) 按 **事件表** 软键打开或关闭事件表。事件表打开时，如图 8-7 所示。

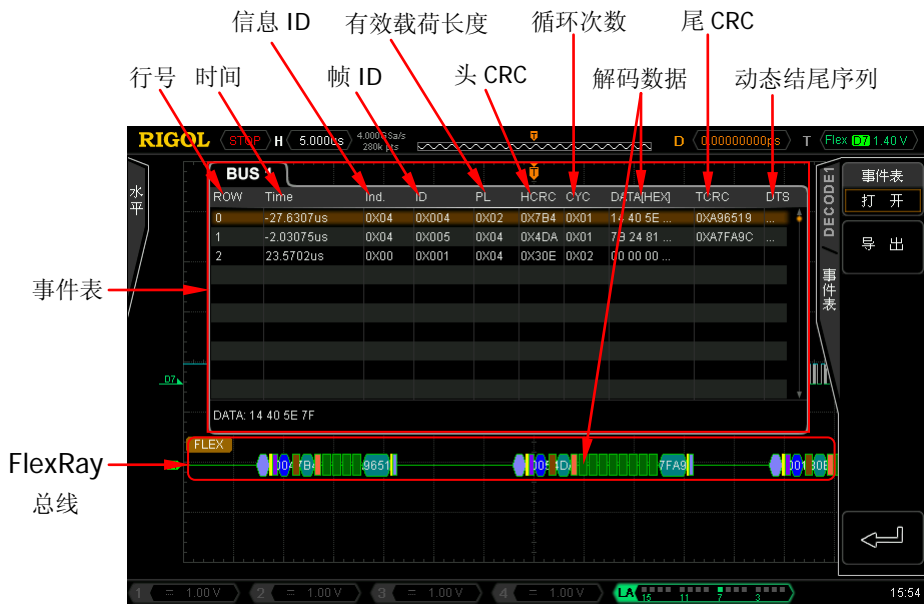



图 8-7 FlexRay 解码

在事件表中，按时间顺序显示屏幕显示波形的详细解码信息，包括解码数据及其对应的行号、时间、信息 ID（解码数据的编号）、头校验（HCRC）、尾校验（TCRC）和错误信息等。一页内最多显示 10 行解码信息（行号从 0 开始），您可以旋转多功能旋钮  选择指定行并查看相应的解码信息。当前选中行以棕黄色底色突出显示，同时在事件表左下方显示当前行对应的解码数据。

注意：

- 事件表中解码数据的显示格式由当前选择的总线显示格式（参考“进制

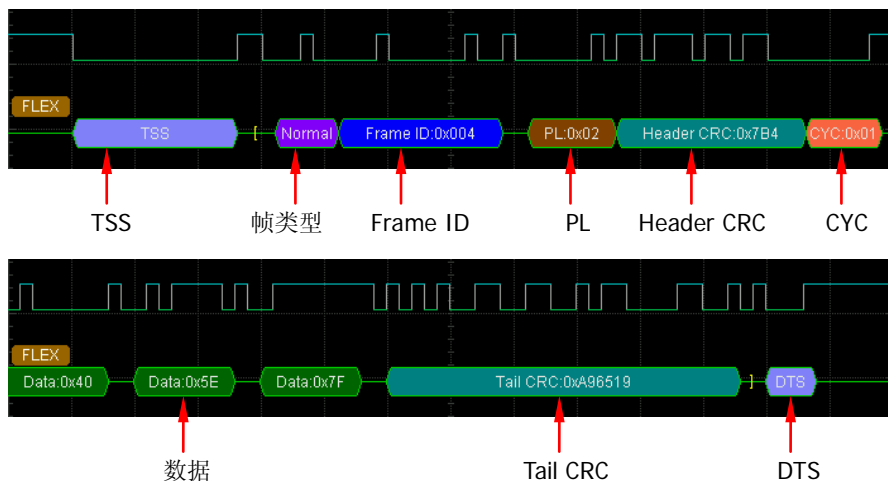
显示”) 决定。

- 调整水平时基时，屏幕显示波形会发生变化，进而可能改变事件表中解码信息的总行数。
- 总线中显示的解码数据信息与水平时基的大小有关，减小水平时基可以查看详细信息。

- 2) 若仪器当前已插入 U 盘，按 **导出** 软键可以将解码数据列表以 CSV 格式导出至外部 U 盘。

11. 解释已解码的 FlexRay 帧数据

- TSS: 传输启动序列，以浅紫色色块表示。
- 帧类型: FlexRay 帧类型，以紫色色块表示，可以为 NORMAL、SYNC、SUP 或 NULL。
- Frame ID (帧 ID): 十六进制数字，以蓝色色块表示。
- PL (有效载荷长度): 十六进制数字，以棕色色块表示。
- Header CRC (头循环冗余校验): 十六进制数字，以蓝绿色色块表示；CRC 无效时，以红色色块表示。
- CYC (循环次数): 十六进制数字，以桃红色色块表示。
- 数据: 显示格式由“**进制显示**”设置决定（可以为十六进制、十进制、二进制或 ASCII），以绿色色块表示。
- Tail CRC (尾循环冗余校验): 十六进制数字，以蓝绿色色块表示；CRC 无效时，用红色色块表示。
- DTS: 动态结尾序列，以浅紫色色块表示。



第9章 参考波形

MSO4000/DS4000 提供 10 个参考波形位置（即 Ref1-Ref10）。在实际测试过程中，用户可以将信号波形与参考波形进行比较，从而判断故障原因。

本章内容如下：

- 打开或关闭参考波形通道
- 选择当前参考波形通道
- 设置参考波形颜色
- 选择参考波形信源通道
- 保存并显示参考波形
- 调节参考波形显示
- 导出参考波形文件
- 导入参考波形文件




打开或关闭参考波形通道

1. 启用参考波形功能


按前面板垂直控制区（VERTICAL）中的 **REF** 键启用参考波形功能，同时打开 REF 菜单。该键背灯点亮时，表示参考波形功能已启用。默认仅打开 Ref1 通道。

注意：水平时基模式为 X-Y 时，不能启用参考波形功能。


2. 打开或关闭指定参考波形通道

在 REF 菜单中，按 **通道设置** 软键并旋转多功能旋钮  选择指定参考波形通道（Ref1-Ref10）后，按下该旋钮或按 **通道设置** 软键即可打开或关闭该参考波形通道。打开时，参考波形通道名称前显示 ，关闭时显示 .

注意：您可以根据需要打开单个或同时打开多个参考波形通道。

对于已打开的参考波形通道，将在屏幕网格左侧显示相应的通道图标，例如 。您还可以设置参考波形的颜色，选择参考波形信源通道，调整参考波形的垂直档位和垂直位移，将参考波形保存到内部或外部存储器中并在需要时重新调用。具体请参考下文的介绍。

选择当前参考波形通道


按 **REF** → **当前通道**，旋转多功能旋钮  选择所需参考波形通道（Ref1-Ref10）。您也可以连续按 **当前通道** 软键切换当前参考波形通道。

注意：

- 仅可选择当前已打开的参考波形通道为当前参考波形通道（**当前通道**）。
- “设置参考波形颜色”、“选择参考波形信源通道”、“保存并显示参考波形”、“调节参考波形显示”、“导出参考波形文件”以及“导入参考波形文件”等操作均作用于当前参考波形通道。进行相关设置前，请先选择欲设置的参考波形通道为当前参考波形通道。


设置参考波形颜色

为了便于区分不同通道的参考波形，MSO4000/DS4000 系列示波器提供了淡灰、草绿、淡蓝、洋红和橘红五种参考波形颜色。

1. 按 **REF** → **当前通道** 选择指定参考波形通道（Ref1-Ref10）为当前参考波形通道。
2. 按 **颜色设置** 软键，旋转多功能旋钮  为当前参考波形通道选择指定颜色并按下该旋钮。您也可以连续按 **颜色设置** 软键切换当前选择的颜色。

注意： 改变参考波形颜色时，屏幕网格左侧通道图标的颜色也会相应改变。

选择参考波形信源通道

1. 按 **REF** → **当前通道** 选择指定参考波形通道（Ref1-Ref10）为当前参考波形通道。
2. 按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  为当前参考波形通道选择指定信源（CH1-CH4、MATH 或 D0-D15）。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前选择的信源。

注意： 仅可选择 CH1-CH4、MATH 和 D0-D15 中当前已打开的通道为参考波形信源通道。

保存并显示参考波形





1. 按 **REF** → **当前通道** 选择指定参考波形通道（Ref1-Ref10）为当前参考波形通道。
2. 按 **保存** 软键，示波器将根据当前设置将当前参考波形信源通道的波形（屏幕范围）保存到内存中并以指定颜色和垂直偏移显示在屏幕上。

注意：

- 该操作仅将参考波形保存至易失性存储器中，掉电后不保存。

- 您可以参考“**选择参考波形信源**”一节的内容指定参考波形信源通道。
- 您可以参考“**设置参考波形颜色**”一节的内容指定参考波形的颜色。
- 您可以参考“**调节参考波形显示**”一节的内容调整参考波形的垂直位移和垂直档位。
- 执行“保存”操作后，您仍然可以设置参考波形的颜色以及调节参考波形的显示（垂直位移和垂直档位）。

调节参考波形显示

1. 请根据“**保存并显示参考波形**”一节的内容使参考波形显示在屏幕上。
2. 按  软键，旋转多功能旋钮  调整参考波形的垂直位移。
3. 按  软键，旋转多功能旋钮  调整参考波形的垂直档位。

注意：按 **复位** 软键将立即复位参考波形的垂直位移和垂直档位至执行“保存”操作时信源通道的设置。

导出参考波形文件

您可以将当前参考波形以“*.ref”格式文件保存到仪器内部存储器或外部U盘中（仅当检测到U盘时）。内部存储器最多可存储10个参考波形文件（LocalREF0.ref至LocalREF9.ref）。

1. 请根据“**保存并显示参考波形**”和“**调节参考波形显示**”中的内容使参考波形显示在屏幕上并调整参考波形的垂直位移和垂直档位。
2. 按 **导出** 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参考波形保存到内部或外部存储器中。

导入参考波形文件

您可以将仪器内部存储器或外部 U 盘（仅当检测到 U 盘时）中已存储的参考波形文件导入至当前参考通道。

1. 请根据“**打开或关闭参考波形通道**”和“**选择当前参考波形通道**”中的内容打开所需参考波形通道并设置其为当前参考通道。
2. 按 **导入** 软键，进入文件调用界面。请参考“**存储和调用**”一章中的相关说明将指定参考波形文件 (*.ref) 导入当前参考通道。

第10章 通过/失败测试

通过/失败测试功能用于监测信号的变化情况。通过判断输入信号是否在创建的规则范围内以给出通过或失败结论。该功能适用于模拟通道（CH1-CH4）。

本章内容如下：

- 启用或禁用通过/失败测试功能
- 启动或停止通过/失败测试操作
- 指定信源
- 设置测试规则
- 打开或关闭测试结果的显示
- 指定测试失败的输出形式
- 保存测试规则范围
- 调出测试规则范围

启用或禁用通过/失败测试功能

按 **Utility** → **通过测试** 进入通过测试菜单。在该菜单中，按 **允许测试** 软键启用或禁用通过/失败测试功能。

注意：示波器处于如下任一状态时，不能启用通过/失败测试功能。

- X-Y 时基模式下；
- ROLL 时基模式下；
- Y-T 时基模式下，水平时基设定为 200 ms/div 或更慢时（仪器进入“慢扫描”模式）；
- 波形录制功能打开时；
- 未打开任何模拟通道（CH1-CH4）时。

启动或停止通过/失败测试操作

启用通过/失败测试功能后，在通过测试菜单中，按 **操作** 软键启动或停止测试操作。“▶”表示正在运行测试，“■”表示测试已停止。


测试过程中，示波器将根据当前设置对波形进行测试、显示测试结果以及输出测试失败信息。若某个时刻测得的波形越过了测试规则区域（请参考“**设置测试规则**”），则判定为失败帧。

您可以根据需要选择测试的信源通道，设置测试规则、测试结果的显示状态以及测试失败的输出形式，将测试规则范围保存到内部或外部存储器中并在需要时重新调用。具体请参考下文的介绍。

注意：

- 仅当通过/失败测试功能启用时，才可以启动或停止通过/失败测试操作、打开或关闭测试结果的显示、保存和调用测试规则范围。
- 开始测试操作后，不允许更改信源通道和调整测试规则。

指定信源

按 **Utility** → **通过测试** → **信源选择**，旋转多功能旋钮  选择所需的信源通道。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前信源通道。可以选择 CH1-CH4。

注意：

- 仅当前已打开的通道可选。
- 请在启动通过/失败测试操作（请参考“**启动或停止通过/失败测试操作**”）前选择所需信源通道。启动通过/失败测试操作后，不允许更改信源通道。

设置测试规则

按 **Utility** → **通过测试** → **允许测试** 选择“打开”启用通过/失败测试功能后，您可以通过如下两种方式自定义测试规则。

- ◆ 屏幕区域模式
- ◆ 光标区域模式

测试过程中，示波器将判断所选信源通道中的每一帧波形是否符合当前的测试规则。若波形越过了测试规则区域（即波形进入图 10-1 或图 10-2 中被蓝色覆盖的区域），则被判定为失败波形。

注意：

- 请在启动通过/失败测试操作（请参考“**启动或停止通过/失败测试操作**”）前设置所需测试规则。开始通过/失败测试操作后，不允许更改测试规则。
- 通过/失败测试功能禁用时，您仍然可以设置测试规则，但是无法从屏幕上看到当前设置的测试规则区域。重新启用通过/失败测试功能时，将应用新设置的测试规则。

屏幕区域模式


在屏幕区域模式中，测试规则范围为整个屏幕区域。

按 **Utility** → **通过测试** → **规则范围** 打开规则范围菜单。在该菜单中：


1. 指定测试规则范围为屏幕区域

按 **规则范围** 键切换至“屏幕区域”。

2. 调整水平容限范围

按 **水平调整** 软键，旋转多功能旋钮  调整测试规则的水平容限范围。可调整范围为 0.02 div 至 4.00 div。调整过程中，界面中出现两条白色曲线以标识当前规则的轮廓。

3. 调整垂直容限范围

按 **垂直调整** 软键，旋转多功能旋钮  调整测试规则的垂直容限范围。可调整范围为 0.03 div 至 4.00 div。调整过程中，界面中出现两条白色曲线以标识当前规则的轮廓。

4. 创建测试规则

按 **创建规则** 软键，示波器将立即根据当前设置（测试规则范围、水平容限范围和垂直容限范围）创建测试规则并在屏幕中显示当前的测试规则区域（屏幕内未被蓝色覆盖的区域），如下图所示。

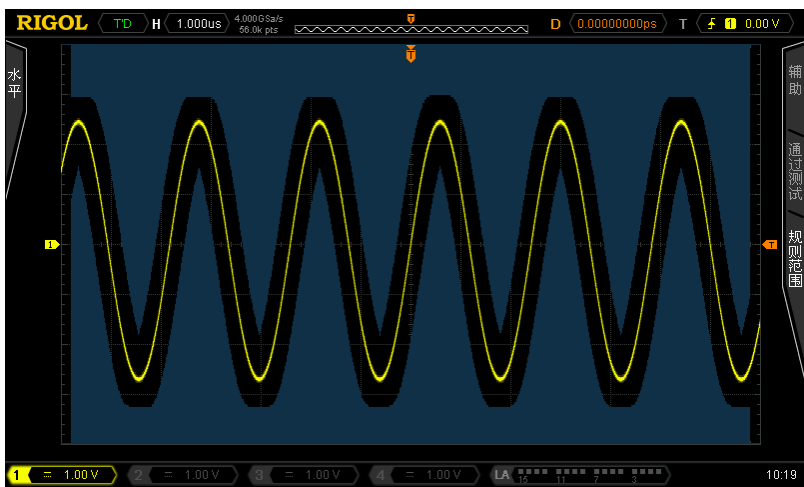


图 10-1 测试规则（屏幕区域）

光标区域模式

在光标区域模式中，您可以通过调整光标（光标 A 和光标 B）的位置来确定测试规则范围。




按 **Utility** → **通过测试** → **规则范围** 打开规则范围菜单。在该菜单中：

1. 指定测试规则范围为光标区域


按 **规则范围** 键切换至“光标区域”。

此时，屏幕中出现两条灰色光标线（用于指示当前的测试规则范围），左侧为光标 A，右侧为光标 B。


2. 调整光标位置（用于确定测试规则范围）

- 按 **Cursor A** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 A 的水平位置（即调整测试规则范围的左边界）。
- 按 **Cursor B** 软键，旋转多功能旋钮  调整光标 B 的水平位置（即调整测试规则范围的右边界）。
- 按 **CursorAB** 软键，旋转多功能旋钮  同时调整光标 A 和光标 B 的水平位置（即调整测试规则范围的左、右边界）。此时，光标 A 和光标 B 的水平间距保持不变。


注意：

- 光标 A 与光标 B 的水平间距至少为 1 格。
- 当前选中 **Cursor A**、**Cursor B** 或 **CursorAB** 菜单项时，连续按下多功能旋钮  可快速在三者之间切换。

3. 调整水平容限范围

按 **水平调整** 软键，旋转多功能旋钮  调整测试规则的水平容限范围。可调整范围为 0.02 div 至 4.00 div。调整过程中，界面中出现两条白色曲线以标识当前规则的轮廓。

4. 调整垂直容限范围

按 **垂直调整** 软键，旋转多功能旋钮  调整测试规则的垂直容限范围。可调整范围为 0.03 div 至 4.00 div。调整过程中，界面中出现两条白色曲线以标识当前规则的轮廓。

5. 创建规则

按 **创建规则** 软键，示波器将立即根据当前设置（测试规则范围、水平容限范围和垂直容限范围）创建测试规则并在屏幕中显示当前的测试规则区域（光标范围内未被蓝色覆盖的区域），如下图所示。

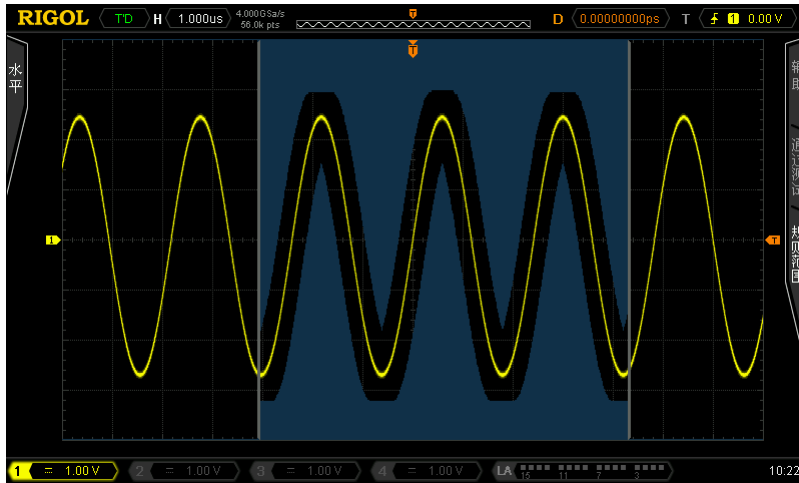
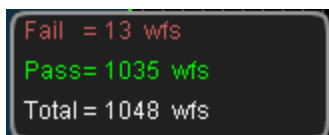


图 10-2 测试规则（光标区域）

打开或关闭测试结果的显示

按 **Utility** → **通过测试** → **允许测试** 选择“打开”启用通过/失败测试功能后，按 **显示信息** 软键打开或关闭测试结果统计信息的显示。

测试结果统计信息包括失败帧数（Fail）、通过帧数（Pass）和总帧数（Total），如下图所示。该信息显示在屏幕右上方。



指定测试失败的输出形式


按 **Utility** → **通过测试** 打开通过测试菜单。在该菜单中，您可以根据需要设置示波器在检测到失败波形时执行的操作。


1. 打开或关闭失败即停

按 **失败即停** 软键选择“打开”或“关闭”。

- 打开：当检测到失败波形时，示波器停止测试并进入“STOP”状态。此时，若 **显示信息** 设为“打开”，屏幕将保持显示最后一次测试的测试结果统计信息；若 **Aux 输出** 设为“打开”，将从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个脉冲。
- 关闭：当检测到失败波形时，示波器继续测试。此时，若 **显示信息** 设为“打开”，屏幕上的测试结果统计信息将实时更新；若 **Aux 输出** 设为“打开”，将在每次检测到失败波形时，从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个脉冲。

2. 打开或关闭报警

按 **输出** 软键选择“失败”或“失败+”。

- 失败：当检测到失败波形时，蜂鸣器不报警。
- 失败+：当检测到失败波形时，蜂鸣器报警（与示波器蜂鸣器的开/关状态（请参考“声音”）无关）。

3. 打开或关闭后面板 [Trig Out/Calibration] 连接器输出

按 **Aux 输出** 软键选择“打开”或“关闭”。

- 打开：当检测到失败波形时，将输出一个 TTL 高电平直至本帧波形结束，从下一帧波形开始比较时输出低电平。
- 关闭：后面板 [Trig Out/Calibration] 连接器输出与通过/失败测试无关。

注意：

- 您也可以通过按 **Utility** → **Aux 输出** 选择“通过失败”来控制后面板 [Trig Out/Calibration] 连接器输出测试失败信号。
- 按 **Utility** → **Aux 输出** 选择“触发输出”、“快沿”或“GND”时，**Utility** → **通过测试** → **Aux 输出** 将自动选择“关闭”。

保存测试规则范围

通过/失败测试功能启用时，您可以将当前测试规则范围以“*.pf”格式文件保存到仪器内部存储器或外部 U 盘中（仅当检测到 U 盘时）。内部存储器最多可存储 10 个测试规则文件（LocalPF0.pf 至 LocalPF9.pf）。

注意：关于测试规则范围，请参考“设置测试规则”。

1. 按 **Utility** → **通过测试** → **允许测试** 选择“打开”以启用通过/失败测试功能。
2. 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。

调出测试规则范围

通过/失败测试功能启用时，您可以调出仪器内部存储器或外部 U 盘（仅当检测到 U 盘时）中已存储的测试规则文件并应用至当前的通过/失败测试功能。

1. 按 **Utility** → **通过测试** → **允许测试** 选择“打开”以启用通过/失败测试功能。
2. 按 **调出** 软键，进入文件调出界面。请参考“存储和调用”一章中的相关说明调出指定的测试规则文件 (*.pf) 并应用至当前的通过/失败测试功能。

第11章 波形录制

波形录制功能提供多种录制模式（**Record** → 模式）。

录制：以指定的时间间隔录制通道波形直至用户手动停止录制操作或已录制帧数达到当前设置的终止帧数。

常开：实时录制通道波形直至用户按下 **RUN/STOP** 按键。

回放：回放当前已录制的波形。

分析：分析当前已录制的波形并给出分析结果。

注意：

1. 仅当水平时基模式为“Y-T”时，波形录制功能可用。
2. 数字通道（D0-D15）仅支持波形录制和回放，不支持波形分析。


本章内容如下：

- 使用“录制”模式录制波形
- 使用“常开”模式录制波形
- 回放已录制波形
- 分析已录制波形

使用“录制”模式录制波形


在“录制”模式下，示波器以指定的时间间隔录制当前所有已打开通道（包括模拟通道 CH1-CH4 和数字通道 D0-D15）中的波形，直至用户手动停止录制操作或已录制帧数达到设置的终止帧数。

注意：请在开始录制操作前打开所需通道并调整波形显示至所需状态。开始录制操作后，不允许打开/关闭通道输出以及调整波形显示。

按 **Record** → **模式**，旋转多功能旋钮  选择“录制”并按下该旋钮。在波形录制菜单中，您可以根据如下说明设置录制参数以及执行录制操作。

1. 设置终止帧

终止帧是指实际可录制的帧数。在“录制”模式下，开始录制操作后，当已录制的帧数达到设置的终止帧时，示波器将自动停止录制操作。

按 **终止帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整终止帧，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整终止帧。终止帧的可设范围为 1 至当前的最大可录制帧数（见 **最大帧数** 菜单项，请参考“**最大帧数**”），默认为当前的最大可录制帧数。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整终止帧时，该功能将帮助您快速完成设置。

提示**最大帧数**

在波形录制菜单中，**最大帧数** 菜单项显示当前的最大可录制帧数。由于波形存储器大小是固定的，每帧波形的点数（即存储深度）越多，能录制的波形帧数越少。因此，最大可录制帧数与当前选择的“存储深度”（请参考“**设置存储深度**”）有关。此外，最大帧数还与数字通道的开/关状态有关，如下表所示。


表 11-1 最大可录制帧数

存储深度	最大帧数	
	未打开任何数字通道	一个或多个数字通道打开
交织: 14 k 点 非交织: 7 k 点	31986	16320
交织: 140 k 点 非交织: 70 k 点	1999	1023
交织: 1.4 M 点 非交织: 700 k 点	249	127
交织: 14 M 点 非交织: 7 M 点	31	15
交织: 140 M 点 非交织: 70 M 点	2	2

注意: 存储深度=采样率×水平时基×屏幕水平方向的格数。对于 MSO4000/DS4000，“屏幕水平方向的格数”为 14。因此，当存储深度设为“自动”时，最大可录制帧数与当前的“采样率”和“水平时基”有关。

2. 设置时间间隔

时间间隔是指录制过程中帧与帧之间的时间间隔。

按 **时间间隔** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整时间间隔，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整时间间隔。时间间隔的可设范围为 100 ns 至 10 s，默认为 100 ns。


注意: 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整时间间隔时，该功能将帮助您快速完成设置。


3. 执行录制操作

设置所需的终止帧和时间间隔后，您可以通过菜单键或前面板快捷按钮开始或停止录制操作。

注意：请在开始录制操作前设置所需的终止帧和时间间隔。开始录制操作后，不允许设置终止帧和时间间隔。


1) 开始录制操作

按 **操作** 软键选择“●”或按前面板的录制快捷按钮 ，示波器将根据当前设置开始录制。

录制过程中，录制快捷按钮  红色背灯持续闪烁。屏幕右上方的录制信息中显示当前已录制的帧数。


2) 停止录制操作

● 手动停止

在录制过程中，按 **操作** 软键选择“■”或按前面板的停止快捷按钮 ，示波器将停止录制。



● 自动停止

完成指定帧数（**终止帧**）的波形录制后，示波器将自动停止录制。

录制操作停止时，停止快捷按钮  橙色背灯点亮。重新开始录制操作时，录制帧数将从 0 开始。

使用“常开”模式录制波形

在“常开”模式下，示波器将实时录制当前所有已打开通道（包括模拟通道 CH1-CH4 和数字通道 D0-D15）中的波形直至用户按下 **RUN/STOP** 按键。最大可录制帧数受存储深度和通道开/关状态的限制。当存储深度设为“自动”时，最大可录制帧数受采样率、水平时基和通道开/关状态的限制。当已录制帧数达到最大可录制帧数时，示波器将继续实时录制波形，同时，之前已录制的波形数据将被之后录制的波形数据覆盖。该模式有助于获取调试过程中的偶发异常信号。

按 **Record** → **模式**，旋转多功能旋钮  选择“常开”并按下该旋钮。此时，前面板上的录制快捷键  红色背灯持续闪烁，示波器根据当前的存储深度实时录制波形（当存储深度设为“自动”时，将根据当前的采样率和水平时基录制波形）。直至按下 **RUN/STOP** 键，示波器停止录制。此时，您可以回放或分析已录制波形。

注意：在录制过程中，当模拟通道的开关状态发生变化时，示波器将重新开始录制当前所有已打开通道中的波形。

该模式下，“指定获取方式”、“通过/失败测试”、“设置存储深度”、“指定时基模式”以及“协议解码”等功能被禁用，其它操作不受影响。


回放已录制波形


波形回放可以回放当前已录制的波形（使用“录制”模式或“常开”模式），包括手动回放和自动回放两种方式。

在“回放”模式下，屏幕右上方将显示实时回放信息（如下图所示），即当前屏幕显示波形帧的帧号（当前帧）。



手动回放

完成波形录制后，按 **Record** → **模式**，旋转多功能旋钮  选择“回放”并按下该旋钮。

在波形录制菜单中，按 **当前帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整当前帧，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整当前帧。最大可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为已录制的帧数。

注意：


- 当前帧的实际可设范围为当前设置的“起始帧”（**起始帧**）至当前设置的“终止帧”（**终止帧**）。
- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整当前帧时，该功能将帮助您快速完成设置。
- 如需设置波形手动回放中的“起始帧”或“终止帧”，请参考“**自动回放**”一节中的内容。

手动回放过程中，屏幕将同步显示由 **当前帧** 菜单项指定的波形帧。同时，屏幕右上方的回放信息实时变化。

提示

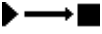

在“回放”模式下，您也可以使用 **SINGLE** 键手动回放波形。每按一次 **SINGLE** 键，**当前帧** 前进一帧。

自动回放

完成波形录制后，按 **Record** → **模式**，旋转多功能旋钮  选择“回放”并按下该旋钮。在波形录制菜单中，您可以根据如下说明设置回放参数以及执行回放操作。


1. 指定回放模式

按下 **回放模式** 软键选择“▶→■”或“↺↻”。

- ：单次回放，从起始帧回放到终止帧后自动停止。
- ：循环回放，从起始帧到终止帧重复进行回放直至手动停止回放操作。


2. 设置时间间隔

时间间隔是指回放过程中，帧与帧之间的时间间隔。

按 **时间间隔** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整时间间隔，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整时间间隔。时间间隔的可设范围为 100 ns 至 10 s，默认为 100 ns。


注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整时间间隔时，该功能将帮助您快速完成设置。

3. 设置起始帧

按 **起始帧** 软键，旋转多功能旋钮  设置回放时的起始帧。最大可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为 1。

注意：起始帧的实际可设范围为 1 至当前设置的终止帧（**终止帧**）。

4. 设置终止帧

按 **终止帧** 软键，旋转多功能旋钮  设置回放时的终止帧。最大可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为已录制的帧数。

注意：



- 终止帧的实际可设范围为当前设置的起始帧（**起始帧**）至已录制的帧数。
- 请注意区分此处的终止帧与波形“录制”模式中的终止帧。

5. 执行回放操作

设置所需的回放参数后，您可以通过菜单键或前面板快捷按键开始或停止录制操作。





注意：请在开始回放操作前设置上述回放参数。开始回放操作后，不允许设置回放参数。

1) 开始回放操作

按 **操作** 软键，旋转多功能旋钮  选择“▶”并按下该旋钮或直接按下前面板的回放/暂停快捷键 , 示波器将根据当前设置开始回放。

回放过程中，回放/暂停快捷键  黄色背灯持续闪烁。屏幕右上方的回放信息以及 **当前帧** 菜单项实时显示当前回放的帧数。

2) 暂停回放操作

在回放过程中（回放/暂停快捷键  黄色背灯持续闪烁），按 **操作** 软键，旋转多功能旋钮  选择“||”并按下该旋钮或直接按前面板的回放/暂停快捷键 , 示波器将暂停回放操作。此时，前面板回放/暂停快捷键  黄色背灯持续点亮。

暂停回放操作时，您可以根据需要调整 **当前帧**（请参考“手动回放”）；再次开始回放操作时，将从 **当前帧** 指定的帧开始回放。


提示

在“回放”模式下，您也可以使用 **RUN/STOP** 按键在开始回放与暂停回放之间切换。

3) 停止回放操作



- 当选择单次回放（▶→■）模式时：


手动停止

在回放过程中，按 **操作** 软键选择“■”或按前面板的停止快捷键 , 示波器将停止回放。

自动停止

完成指定帧数（从 **终止帧** 至 **终止帧**）的波形回放后，示波器将自动停止录制。

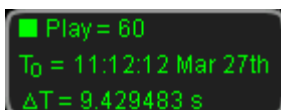
- 当选择循环回放（）模式时：
仅支持手动停止，不支持自动停止。
在回放过程中，按 **操作** 软键选择“■”或按前面板的停止快捷键 , 示波器将停止回放。

回放操作停止时，停止快捷键  橙色背灯点亮。重新开始回放操作时，屏幕右上方的显示的当前回放帧数将从“起始帧”开始。

6. 打开或关闭时间标签显示

时间标签用于显示当前所录制波形中每一帧的绝对录制时间。

按 **时间标签** 软键打开或关闭时间标签信息显示。打开时，时间标签信息（如下图所示）显示在屏幕的右上方。



其中，

T₀：波形起始录制绝对时间，具体格式为 **时:分:秒 月 日**；

ΔT：当前显示的波形相对于第一帧波形的录制时间差。波形回放过程中，该值不断变化。

分析已录制波形


波形分析可以分析当前已录制的模拟通道波形（使用“录制”模式或“常开”模式）并给出分析结果。MSO4000/DS4000 支持两种分析模式：轨迹模式和通过测试模式。

轨迹模式

1. 分别将各帧数据与模板进行比较并找出最大差异值；
2. 以最大差异值为基准对各帧的差异值进行归一化；
3. 用各帧归一化差异值（即“当前帧差异”）与所设置的“门限”（**分析设置** → **门限设置**）进行比较。若归一化差异值大于或等于门限设置，则判定为错误帧。

通过测试模式

分别将各帧数据与测试规则进行比较。若差异值大于或等于所设置的“门限”（**分析设置** → **门限设置**），则判定该帧错误，“当前帧差异”为 100%；否则，判定该帧正确，“当前帧差异”为 0%。

录制波形后，按 **Record** → **模式**，旋转多功能旋钮  选择“分析模式”并按下该旋钮。此时，屏幕被划分成下图所示的两个显示区域：



在波形录制菜单（**模式** 设为“分析模式”时）中，您可以按照如下操作设置波形分析的相关参数、执行分析操作以及查看分析结果。


- ◆ 指定分析模式并设置模板或测试规则
- ◆ 指定波形分析信源
- ◆ 设置波形分析范围、帧数和门限
- ◆ 开始分析
- ◆ 查看分析结果

1. 指定分析模式并设置模板或测试规则

按 **分析模式** 软键选择“轨迹模式”或“通过测试”。

- 轨迹模式：基于用户设置的模板进行分析。
选择该模式后，请参考“**设置模板（轨迹模式）**”设置所需模板。
- 通过测试：基于用户创建的通过/失败测试规则进行分析。
选择该模式后，请参考“**创建通过/失败测试规则（通过测试模式）**”设置所需测试规则。

2. 指定波形分析信源


按 **信源选择** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的通道并按下该旋钮。您也可以连续按 **信源选择** 软键切换当前的信源通道。可以选择 CH1-CH4。

注意： 仅当前已打开的通道（且已录制波形中包含该通道的波形）可选。


3. 设置波形分析范围、帧数和门限

按 **分析设置** 软键，打开分析设置菜单。在该菜单中：

1) 设置波形分析范围


- a. 按 **屏幕起点** 软键，旋转多功能旋钮  设置波形分析的起点（以像素为单位）。最大可设范围为 5 至 685，默认为 5。

注意： 屏幕起点的实际可设范围为 5 至“当前设置的屏幕终点（**屏幕终点**）-10”。

- b. 按 **屏幕终点** 软键，旋转多功能旋钮  设置波形分析的终点（以像素为单位）。最大可设范围为 15 至 695，默认为 15。


注意： 屏幕终点的实际可设范围为“当前设置的屏幕起点（**屏幕起点**）+10”至 695。

2) 设置波形分析帧数

- a. 按 **起始帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整波形分析的起始帧（以帧为单位），或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整起始帧。最大可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为 1。

注意：

- 起始帧的实际可设范围为 1 至当前设置的终止帧（**终止帧**）。
- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整起始帧时，该功能将帮助您快速完成设置。


- b. 按 **终止帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整波形分析的终止帧（以帧为单位），或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整终止帧。最大可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为已录制的帧数。

注意：

- 终止帧的实际可设范围为当前设置的起始帧（**起始帧**）至已录制的帧数。

- 旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整终止帧时，该功能将帮助您快速完成设置。

3) 设置波形分析的门限

按 **门限设置** 软键，旋转多功能旋钮  设置波形分析的门限。可设范围为 1%至 99%，默认为 10%。

门限用于判定数据帧是否为错误帧，判定方式与波形分析模式有关，请参考“**轨迹模式**”和“**通过测试模式**”。

4. 开始分析

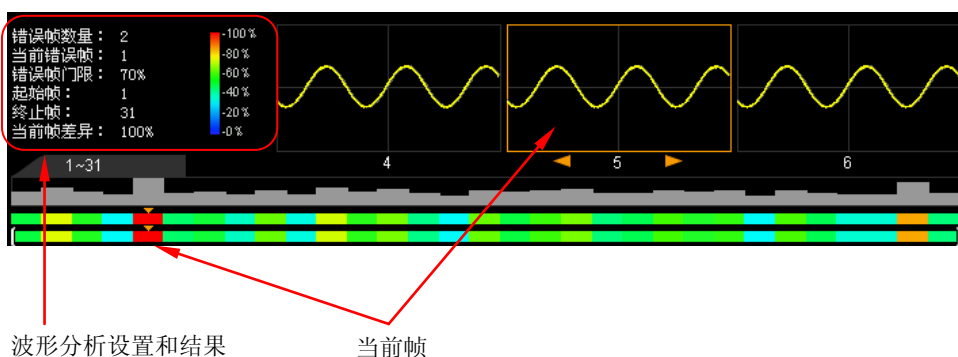
根据上述步骤中的说明设置所需的波形分析参数后，按 **开始分析** 软键，示波器将根据当前设置启动波形分析。

分析过程中，您可以按 **取消分析** 软键停止分析过程。再次按 **开始分析** 软键可重新启动波形分析。

注意：分析过程中，屏幕上显示进度条，且不允许修改波形分析设置。

5. 查看分析结果

波形分析结束后，屏幕上显示分析结果；同时，当前帧定位在第一个出现的错误帧上，如下图所示。



1) 波形分析结果说明

- **错误帧数量：**指本次分析共发现的错误帧总数。错误帧数量与当前设置的错误帧门限有关。

- **当前错误帧：**完成波形分析时，默认显示 1（存在错误帧时）或 0（未发现错误帧时）；查看错误帧时，显示当前查看的错误帧在总错误帧中的排序。
- **当前帧差异：**与当前选择的分析模式有关。

轨迹模式

“当前帧差异”指当前帧与模板的差异值的归一值，即相对差异值。请参考“轨迹模式”。

通过测试模式

“当前帧差异”为 100%（帧正确）或 0%（帧错误）。请参考“通过测试模式”。

注意：通过测试模式下，“当前帧差异”仅可能 100%或 0%两种情况。

2) 查看本次波形分析的错误帧或指定帧


- **查看上一错误帧**

按 **上一错误** 软键或 **RUN/STOP** 键，可将当前帧定位至“当前错误帧”的上一错误帧。

- **查看下一错误帧**

按 **下一错误** 软键或 **SINGLE** 键，可将当前帧定位至“当前错误帧”的下一错误帧。

- **查看指定帧**

按 **当前帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整当前显示的数据帧，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整当前显示的数据帧。可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为 1。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整当前帧时，该功能将帮助您快速完成设置。

设置模板（轨迹模式）

在波形录制菜单（**模式** 设为“分析模式”时）中，按 **分析模式** 软键选择“轨迹模式”后，可通过如下方法设置基于轨迹分析时的模板。


1. 指定轨迹模式

连续按 **轨迹模式** 选择分析模板的产生方法。

- 当前帧：选择当前帧数据作为分析模板。
- 平均值：选择当前数据帧经过平均计算后的结果作为分析模板。

2. 设置指定波形帧为模板

按 **设置模板** 软键设置当前屏幕上显示的波形帧为波形分析的模板。

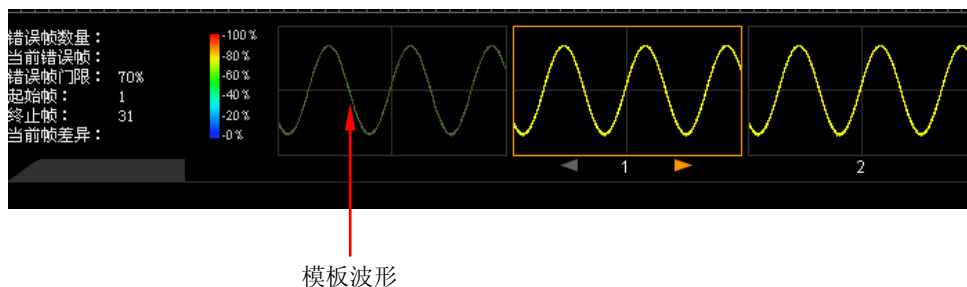
若当前屏幕上显示的波形帧不是所需的波形帧，您可以按 **当前帧** 软键，旋转多功能旋钮  或导航旋钮的内层旋钮以较小的步进值调整当前显示的数据帧，或者旋转导航旋钮的外层旋钮以较大的步进值调整当前显示的数据帧。可设范围为 1 至已录制的帧数，默认为 1。

注意：旋转导航旋钮外层旋钮的幅度越大，数值变化的速度越快。当需要在较大范围内调整当前帧时，该功能将帮助您快速完成设置。

开始分析后，示波器将测到的每一帧数据与模板中的数据进行比较，并根据设置的“门限”判定其是否为错误帧。

3. 打开或关闭模板显示

按 **模板显示** 软键打开或关闭模板波形的显示。打开时，模板波形显示在已录制波形中第 1 帧波形的左侧。



创建通过/失败测试规则（通过测试模式）

在波形录制菜单（**模式** 设为“分析模式”时）中，按 **分析模式** 软键选择“通过测试”后，可创建基于通过/失败测试规则分析时的测试规则。

按 **规则范围** 键，打开规则范围菜单。在该菜单中，请参考“通过/失败测试”一章中“**设置测试规则**”一节的内容创建用于波形分析的测试规则（包括测试规则范围、水平容限范围和垂直容限范围）。

注意：

对于测试规则范围，您可以直接调用仪器内部存储器或外部 U 盘（仅当检测到 U 盘时）中已存储的测试规则文件（*.pf）并应用至当前的波形分析功能。按 **调出** 软键，进入文件调出界面。请参考“**存储和调用**”一章中的相关说明调出所需的测试规则文件（*.pf）。

此外，您还可以将当前的测试规则范围以“*.pf”格式文件保存到仪器内部存储器或外部 U 盘中（仅当检测到 U 盘时）。按 **保存** 软键，进入文件保存界面。请参考“**存储和调用**”一章中的相关说明保存当前的测试规则范围。

第12章 显示控制

在显示菜单（按前面板 **Display** 键）中，您可以设置波形显示类型、余辉时间、波形亮度、屏幕网格类型、屏幕网格亮度以及菜单保持时间。

本章内容如下：


- 指定显示类型
- 设置余辉时间
- 设置波形亮度
- 指定屏幕网格类型
- 设置网格亮度
- 设置菜单保持时间

指定显示类型

按 **Display** 打开显示菜单，然后按 **显示类型** 软键设置波形的显示类型为“矢量”或“点”。

- 矢量：采样点之间通过连线的方式显示。该类型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。您可以直观地看到每个采样点，并可以使用光标测量该点的 X 和 Y 值。

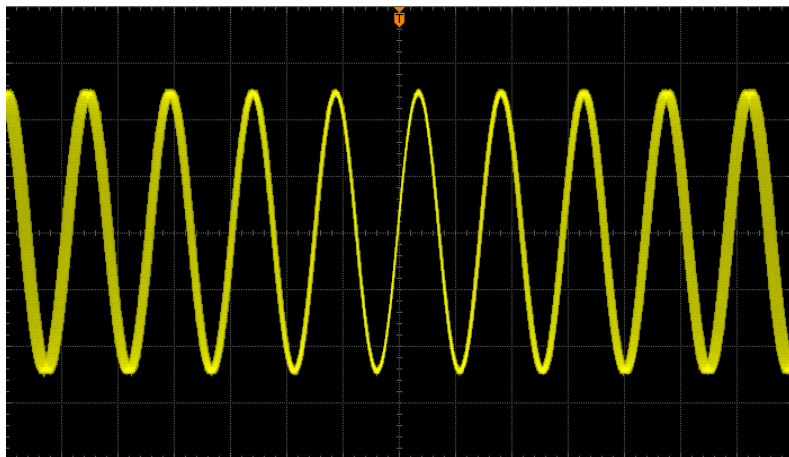
设置余辉时间

按 **Display** → **余辉时间**，旋转多功能旋钮  选择所需的余辉时间。您也可以连续按 **余辉时间** 软键切换当前余辉时间。可以选择最小值、具体值（50 ms 至 20 s，1-2-5 步进）或无限。

下面以正弦波的扫频信号演示不同余辉时间下的波形效果。

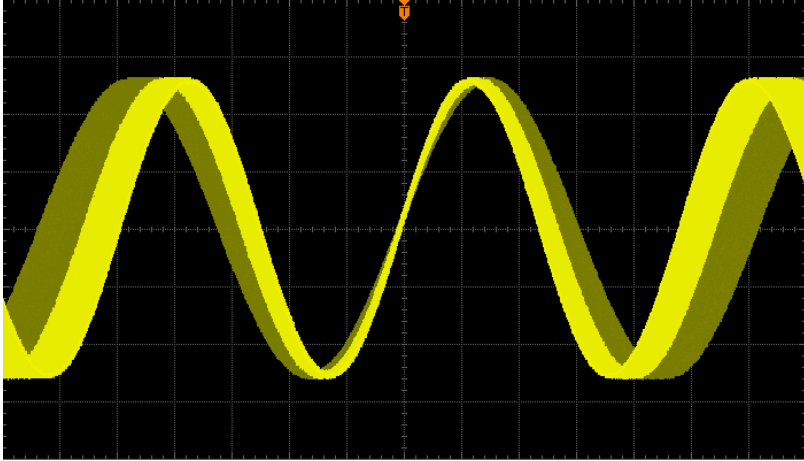
1. 最小值

可观察以高刷新率变化的波形。



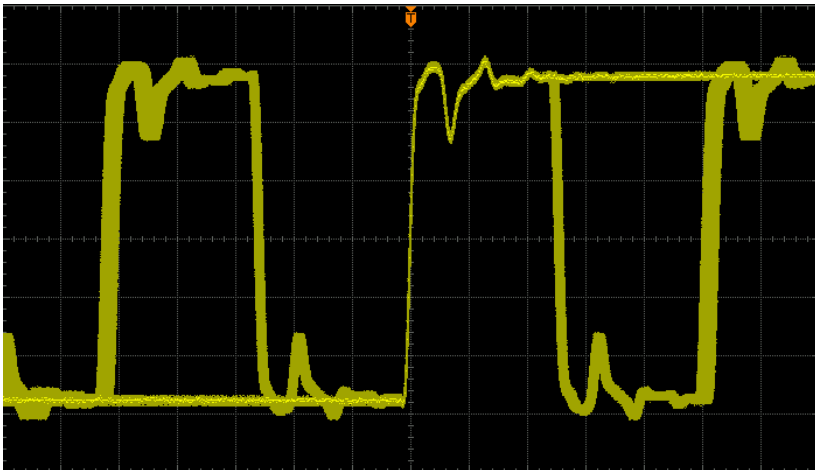
2. 具体值

可观察变化较慢或者出现概率较低的毛刺。余辉时间可设置为：50 ms、100 ms、200 ms、500 ms、1 s、2 s、5 s、10 s 或 20 s。





3. 无限

示波器显示新采集的波形时，不会清除之前采集的波形。已采集的波形会以亮度较低的颜色显示，新采集的波形则以正常的亮度和颜色显示。使用无限余辉可测量噪声和抖动，捕获偶发事件。







设置波形亮度

按 **Display** → **波形亮度**，旋转多功能旋钮  调整波形的显示亮度。可调范围为 0% 至 100%，默认为 50%。


此外，在屏幕右侧操作菜单消隐的情况下，也可旋转多功能旋钮  调节模拟通道的波形亮度值。在屏幕右下方显示当前的波形亮度信息。

指定屏幕网格类型

按 **Display** → **屏幕网格**，旋转多功能旋钮  选择所需的网格类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **屏幕网格** 软键切换当前网格类型。


- ：打开背景网格及坐标。
- ：关闭背景网格，仅打开坐标。
- ：关闭背景网格及坐标。

设置网格亮度

按 **Display** → **网格亮度**，旋转多功能旋钮  调整网格的显示亮度。可调范围为 0% 至 100%，默认为 50%。

设置菜单保持时间

屏幕两侧的菜单将在最后一次按键动作后保持指定的时间后（**菜单保持**）隐藏。

按 **Display** → **菜单保持**，旋转多功能旋钮  设置菜单保持时间。您也可以连续按 **菜单保持** 软键切换当前菜单保持时间。可以选择 1 s、2 s、5 s、10 s、20 s 或无限（菜单不隐藏）。

注意：进行文件存储和名称输入操作时，无论是否设置保持时间，菜单始终不隐藏。

第13章 存储和调用

用户可将当前示波器的设置、波形、屏幕图像以多种格式保存到内部存储器或外部 USB 存储设备（U 盘）中，并可以在需要时重新调出已保存的设置或波形。

通过磁盘管理菜单可以对内部存储器或外部 U 盘中指定类型的文件执行新建、删除、重命名等操作。

本章内容如下：

- 存储系统
- 存储类型
- 进行内部存储和调用
- 进行外部存储和调用
- 磁盘管理
- 恢复出厂值



存储系统

MSO4000/DS4000 内部存储器 (Local Disk) 最多可存储 10 个设置文件、10 个参考波形文件和 10 个通过/失败测试规则文件。此外, 在前、后面板各提供一个 USB HOST 接口, 可用于连接 U 盘以进行外部存储。所接入的 U 盘分别用 “Disk D” (前面板) 和 “Disk E” (后面板) 标记。下图为磁盘选择界面:

Name	Size/(B)	Time
Up...		
Local Disk	64.0k	
Disk D	3.76G	
Disk E	967.5M	

按 **Storage** 键将进入存储和调用设置界面。存储或调用时, 可能出现如下图标。

表 13-1 可能出现的图标

图标	说明	图标	说明
	返回上一层磁盘管理界面		波形文件
	本地磁盘存储器		JPEG 格式文件
	外部 U 盘存储器		通过/失败规则文件
	文件夹		PNG 格式文件
	返回上一层文件夹		TIFF 格式文件
	未知文件		参考波形文件
	位图文件		设置文件
	CSV 文件		轨迹文件

存储类型

按 **Storage** → **存储类型** 可以选择所需的存储类型。各种类型文件的说明如下。若仪器当前未连接 U 盘，则仅“设置存储”可选。

1. 轨迹存储

可以将波形数据以“*.trc”格式保存到外部存储器中；可以在需要时调用已保存的轨迹文件 (*.trc)。可将所有已打开通道（模拟通道和数字通道）的数据保存在同一个文件中，调出时直接将数据显示到屏幕上。

2. 波形存储

可以将波形数据以“*.wfm”格式保存到外部存储器中；可以在需要时调用已保存的波形文件 (*.wfm)。已保存文件中包含四个模拟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. 设置存储

可以将示波器的设置以“*.stp”格式保存到内部或外部存储器中；可以在需要时调用已保存的设置文件 (*.stp)。内部存储器最多可存储 10 个设置文件（LocalSetup0.stp 至 LocalSetup9.stp）。

4. 图像存储

将屏幕图像以指定格式（“*.bmp”、“*.png”、“.jpeg”或“*.tiff”）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参数文件 (*.txt) 保存到同一目录下。还可以设置多种与图像存储相关的信息。不支持图像和参数文件的调出。

提示

正确连接 U 盘后（未连接 PictBridge 打印机），按前面板上的打印键  可快速将当前屏幕图像以当前选择的图片格式保存到 U 盘根目录下。同时连接 PictBridge 打印机和 U 盘时，打印机优先级较高。

5. CSV 存储

将屏幕显示波形的数据或内存中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，并可以使用相同文件名将对应的参数文件 (*.txt) 保存到同一目录下。还可以选择是否为 CSV 文件添加序号。不支持 CSV 和参数文件的调出。

进行内部存储和调用

内部存储器支持设置文件、参考波形文件和通过/失败测试规则文件的存储和调用。下面以设置文件为例详细介绍内部存储和调用的方法和步骤。

1. 将指定的示波器设置保存到内部存储器





- 1) 将信号接入示波器，设置示波器相关参数以获得稳定的显示。
- 2) 按 **Storage** → **存储类型**，旋转多功能旋钮  选择“设置存储”并按下该旋钮。您也可以连续按 **存储类型** 软键切换至“设置存储”。
- 3) 按 **保存** 软键打开磁盘管理界面。旋转多功能旋钮  选择“Local Disk”（变为绿色字体）后按下该旋钮以打开本地磁盘存储界面（如图 13-1 所示）。
- 4) 本地磁盘中最多可以存储 10 个设置文件。旋转多功能旋钮  选择所需的存储位置后，**保存** 菜单项可用，按下该软键将执行保存操作。如果当前位置上已存有文件，可以按 **保存** → **确定** 直接覆盖原文件或按 **删除** 软键将其删除。



图 13-1 本地磁盘（存储）




注意：

- 旋转多功能旋钮  选择 **Up...** 后按下该旋钮可以返回上层路径。
- 内部存储时，**新建文件** 和 **新建文件夹** 菜单不可用。

提示

按 **REF** → **导出** 可进入参考波形文件存储的磁盘管理界面。按 **Utility** → **通过测试** → **保存** 可进入通过/失败测试规则文件存储的磁盘管理界面。

2. 调出内部存储器中的设置文件

- 1) 按 **Storage** → **存储类型**，旋转多功能旋钮  选择“设置存储”并按下该旋钮。您也可以连续按 **存储类型** 软键切换至“设置存储”。
- 2) 按 **调出** 软键打开磁盘管理界面。旋转多功能旋钮  选择“Local Disk”（变为绿色字体）后按下该旋钮以打开本地磁盘调用界面。
- 3) 旋转多功能旋钮  选择欲调出的文件后，**调出** 菜单项可用，按下该软键即可调出选中的文件。

提示



按 **REF** → **导入** 可进入参考波形文件调用的磁盘管理界面。按 **Utility** → **通过测试** → **调出** 可进入通过/失败测试规则文件调用的磁盘管理界面。

进行外部存储和调用

进行外部存储和调用前，请确保已正确连接 U 盘。

外部存储器支持 **存储类型** 中的所有类型文件的存储以及“轨迹存储”、“波形存储”和“设置存储”类型的调用。不支持“图像存储”和“CSV 存储”类型的调用。下面详细介绍外部存储和调用的方法和步骤。

1. 将指定类型的文件保存到外部 U 盘中（以 CSV 存储为例）

- 1) 将信号接入示波器并获得稳定的显示。
- 2) 按 **Storage** → **存储类型**，旋转多功能旋钮  选择“CSV 存储”并按下该旋钮。您也可以连续按 **存储类型** 软键切换至“CSV 存储”。
- 3) 设置 CSV 存储参数
 - a. 按 **数据长度** 软键选择“屏幕”或“内存”。
选择“内存”时，按 **存储通道** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需通道（CH1、CH2、CH3、CH4、D7-D0 或 D15-D8）后，按下该旋钮或者按 **存储通道** 软键即可切换该通道（组）的波形数据存储状态。通道（组）的波形数据存储状态显示在通道（组）名称前， 表示保存该通道的波形数据， 表示不保存该通道的波形数据。

注意： 仅当前已打开的通道可选。

- b. 按 **参数保存** 软键打开或关闭参数保存功能。打开时，将使用与 CSV 文件相同的文件名将对应的参数文件 (*.txt) 保存到同一目录下。
- c. 按 **序号** 软键选择是否为 CSV 文件添加序号。




- 4) 按 **保存** 软键打开磁盘管理界面。旋转多功能旋钮  选择“Disk D”（变为绿色字体）后按下该旋钮以打开外部磁盘存储界面（如图 13-2 所示）。






图 13-2 外部磁盘（存储）

- 5) 旋转多功能旋钮  选择所需的存储位置。可以选择存储在 U 盘的根目录或其下的某个文件夹中。
- 6) 选定存储位置后，按 **新建文件** 软键打开文件名界面。参考“新建一个文件或文件夹”中的说明新建一个文件名，然后按 **确定** 软键执行保存操作。如果当前位置上已存有文件，可以按 **保存** → **确定** 直接覆盖原文件或按 **删除** → **确定** 将其删除。


注意：

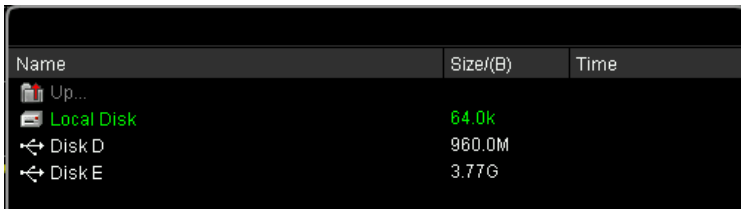
- 对于“轨迹存储”、“波形存储”和“设置存储”，无需设置相应的存储参数。
- 对于“图像存储”，需设置如下图像存储参数。
 - a. 按 **图片格式** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的图片格式并按下该旋钮。您也可以连续按 **图片格式** 软键切换当前图片格式。可以选择 bmp、png、jpeg 或 tiff。
 - b. 按 **参数保存** 软键打开或关闭参数保存功能。打开时，将使用与图像文件相同的文件名将对应的参数文件 (*.txt) 保存到同一目录下。
 - c. 按 **反色** 软键打开或关闭反色功能。
 - d. 按 **颜色设置** 软键设置图像存储的颜色为“灰度”和“彩色”。
 - e. 按 **页眉** 软键打开或关闭页眉显示。打开时，页眉将显示仪器的型号、日期和时间等信息。
 - f. 按 **页脚** 软键打开或关闭页脚显示。打开时，页脚将显示仪器的序列号。

2. 调出外部 U 盘中指定类型的文件（以轨迹存储为例）

- 1) 按 **Storage** → **存储类型**，旋转多功能旋钮  选择“轨迹存储”并按下该旋钮。您也可以连续按 **存储类型** 软键切换至“轨迹存储”。
- 2) 按 **调出** 软键打开磁盘管理界面。旋转多功能旋钮  选择“Disk D”（变为绿色字体）后按下该旋钮以打开外部磁盘调用界面。
- 3) 旋转多功能旋钮  选择欲调出的文件后，**调出** 菜单项可用，按下该软键即可调出选中的文件。

磁盘管理

按 **Storage** → **磁盘管理**，打开下图所示的磁盘管理界面。旋转多功能旋钮  选择所需的磁盘（当前选中的磁盘显示为绿色）并按下该旋钮即可打开已选中的磁盘。




通过磁盘管理菜单，可以进行如下操作：

- ◆ 指定文件类型
- ◆ 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
- ◆ 清除本地存储器



指定文件类型

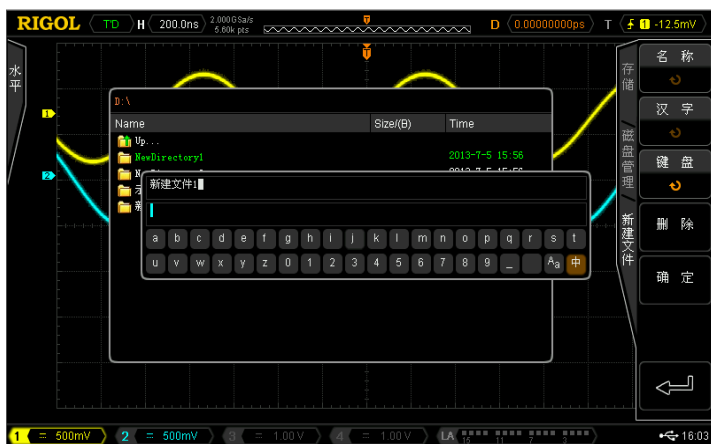
除 **存储类型** 中的文件类型外，一些针对高级应用的文件也可以通过示波器显示。

按 **Storage** → **磁盘管理** → **文件类型**，旋转多功能旋钮  选择所需的文件类型并按下该旋钮即可选中文件类型。可以选择 *.*、*.trc、*.wfm、*.stp、*.png、*.jpeg、*.bmp、*.csv、*.pf、*.gel、*.txt、*.ref 或 *.tiff，默认为 *.*（显示所有类型的文件）。只有文件名后缀与选定文件类型匹配的文件才会显示在当前磁盘中。

新建一个文件或文件夹

该操作仅适用于外部存储。执行该操作前，请确保已正确连接 U 盘。


1. 按 **Storage** → **磁盘管理**，旋转多功能旋钮  选择所需外部磁盘（“Disk D”或“Disk E”）并按下该旋钮以打开该磁盘。
2. 旋转多功能旋钮  选择新建文件或文件夹的路径。默认为 U 盘根目录（D:\），当前目录显示在磁盘管理界面左上角。
3. 按 **文件类型** 软键选择所需的文件类型并按 **新建文件** 软键或直接按 **新建文件夹** 软键打开文件名输入界面（如下图所示）。



本示波器支持中英文输入法。文件或文件夹名称可以由字母、数字、下划线、空格和汉字组成，字符长度限制为 31 字节（1 个汉字占 2 个字节）。请参考“英文

输入法”和“中文输入法”中的内容输入所需名称并完成新建操作。

提示

名称输入过程中，总是通过菜单软键选择不同的操作区域，然后旋转多功能旋钮  选择所需内容并按下该旋钮以输入选中的内容。

英文输入法

英文输入法界面如下图所示。

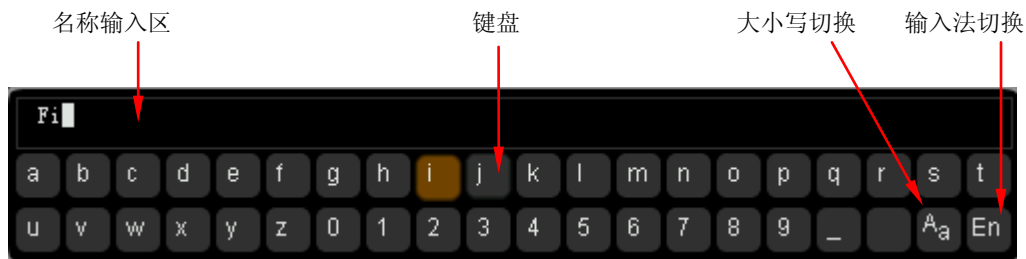


图 13-3 英文输入法界面

名称输入区：显示当前已输入的字符；

键盘：用于输入指定字符；


大小写切换：用于切换英文字符大小写输入，“^Aa”表示小写，“^AA”表示大写。

输入法切换：用于切换中英文输入法。

示例：创建一个名为“**Filename**”的文件或文件夹

在文件名输入界面中，



1. 选择英文输入法

若当前输入法为“En”，请跳至步骤 2；若当前输入法为“中”，旋转多功能旋钮  选择“中”并按下该旋钮将其切换为“En”。

2. 清空名称输入区

若当前“名称输入区”不含有字符，请跳至步骤 3；若当前“名称输入区”含有字符，请按 **删除** 软键依次删除名称输入区中的所有字符。

3. 输入第 1 个字符“F”


- 1) 若当前大小写为“^AA”（大写），请跳至步骤 2)；若当前显示“^Aa”（小写），请按 **键盘** 软键选中“键盘”区域后，旋转多功能旋钮  选中“^Aa”并按下该旋钮将其切换为“^AA”。
- 2) 按 **键盘** 软键选中“键盘”区域，旋转多功能旋钮  选中“F”并按下该旋钮即可输入该字符。

4. 输入其他字符

参考步骤 3，使用同样的方法依次输入剩余的字符“ilenam”，输入过程中注意大小写。

5. 修改或删除已输入的字符

名称输入过程中，您可以修改或删除已输入的字符。

按 **名称** 软键选中“名称输入区”，旋转多功能旋钮  选择欲修改或删除的字符；按照步骤 3 中的操作方法重新输入所需字符或按 **删除** 软键删除该字符。

注意：当前选中“键盘”区域时，您也可以按 **删除** 软键删除当前光标处的字符或光标左侧的第 1 个字符（若当前光标处无字符）。

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指定类型的文件或文件夹。

中文输入法

中文输入法界面如下图所示。



拼音输入区：显示当前已输入的拼音字符；

名称输入区：显示当前已输入的文件名字符；

汉字选择区：用于选择指定汉字；


键盘：用于输入指定字符；

大小写切换：用于切换英文字符大小写输入，“Aa”表示小写，“^A”表示大写。

输入法切换：用于切换中英文输入法。

示例：创建一个名为“文件名”的文件或文件夹

1. 选择中文输入法


若当前输入法为“中”，请跳至步骤 2；若当前输入法为“En”，旋转多功能旋钮  选择“En”并按下该旋钮将其切换为“中”。

2. 清空拼音输入区和名称输入区

若当前“拼音输入区”和“名称输入区”均不含有字符，请跳至步骤 3；若当前“拼音输入区”含有字符，请按 **键盘** 软键选中“键盘”区域后，连续按 **删除** 软键依次删除拼音输入区中的所有字符；若当前“名称输入区”含有字符，请按 **名称** 软键选中“名称输入区”后，连续按 **删除** 软键依次删除名称输入区中的所有字符。


3. 输入第 1 个汉字“文”

1) 在“拼音输入区”中输入拼音“wen”

按 **键盘** 软键选中“键盘”区域后，旋转多功能旋钮  选择拼音“wen”中的第 1 个字母“w”（或“W”）并按下该旋钮即可在“拼音输入区”输入

“w”。

使用同样方法依次输入拼音“wen”中剩余的字母“en”。输入完成后，将在“汉字选择区”显示可选的汉字。


- 2) 在“汉字选择区”选择所需汉字
按 **汉字** 软键选中“汉字选择区”后，旋转多功能旋钮  选择“文”并按下该旋钮即可在“名称输入区”输入“文”。

4. 输入其他字符

参考步骤 3，使用同样的方法依次输入剩余的汉字“件名”。

5. 修改或删除已输入的字符

输入过程中，您可以修改或删除“名称输入区”中已输入的文件名字符以及删除“拼音输入区”中已输入的拼音字符。




- 1) 修改或删除“名称输入区”中已输入的文件名字符
按 **名称** 软键选中“名称输入区”，旋转多功能旋钮  选择欲修改或删除的字符；按照步骤 3 中的操作方法重新输入所需字符或按 **删除** 软键删除该字符。
- 2) 删除“拼音输入区”中已输入的拼音字符
按 **键盘** 软键选中“键盘”区域后，连续按 **删除** 软键依次删除“拼音输入区”中已输入的拼音字符。

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指定类型的文件或文件夹。



删除一个文件或文件夹

文件夹操作仅在外部存储时有效。执行该操作前，请确保已正确连接 U 盘。

1. 删除内部存储器中的文件


- 1) 按 **Storage** → **磁盘管理**，旋转多功能旋钮  选择本地磁盘（“Local Disk”）并按下该旋钮以打开本地磁盘。
- 2) 按 **文件类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需文件类型。可以选择*. *、*.stp、*.pf、或*.ref。
注意：内部存储器仅可存储*.stp、*.ref 和*.pf 格式的文件。选择其他文件类型时，磁盘信息将显示为空。
- 3) 旋转多功能旋钮  选择欲删除的文件。
- 4) 按 **删除** → **确定** 即可删除该文件。

2. 删除外部存储器中的文件或文件夹（以 Disk D 为例）

- 1) 按 **Storage** → **磁盘管理**，旋转多功能旋钮  选择外部磁盘（“Disk D”或“Disk E”）并按下该旋钮以打开外部磁盘。
- 2) 旋转多功能旋钮  选择欲删除的文件夹后，按 **删除** 软键即可删除该文件夹。
- 3) 参考步骤 1 中的步骤 2)、3)和 4)删除外部存储器中的指定文件。


重命名一个文件或文件夹


重命名操作仅适用于外部存储。执行该操作前，请确保已正确连接 U 盘。

1. 按 **Storage** → **磁盘管理**，旋转多功能旋钮  选择外部磁盘（“Disk D”或“Disk E”）并按下该旋钮以打开外部磁盘。
2. 请参考“删除一个文件或文件夹”中的内容选择欲重命名的文件或文件夹。
3. 按 **重命名** 软键打开文件/文件名界面，请参考“英文输入法”和“中文输入法”中的内容完成重命名操作。

清除本地存储器

MSO4000/DS4000 允许您清除本地存储器中所有已存储的文件。

1. 按 **Storage** → **磁盘管理**，旋转多功能旋钮  选择本地磁盘（“Local Disk”）。

注意：选择本地磁盘（“Local Disk”）后不要按下多功能旋钮 ，否则，**安全清除** 软键置灰禁用。


2. 按屏幕右侧的菜单翻页键打开下一菜单页，按 **安全清除** → **确定**，即可清除本地存储器中所有已存储的文件。

恢复出厂值

按 **Default** → **确定**，可将示波器恢复至出厂状态，参见下表。

表 13-2 出厂值

参数列表	
水平设置 (HORIZONTAL)	
垂直设置 (VERTICAL)	
获取设置 (Acquire)	
触发设置 (TRIGGER)	
显示设置 (Display)	
光标设置 (Cursor)	
存储设置 (Storage)	
辅助功能设置 (Utility)	
数学运算设置 (MATH → 操作)	
逻辑分析仪 (LA)	
协议解码 (Decode1, Decode2)	
参考波形设置 (REF)	
参数	出厂值
水平设置 (HORIZONTAL)	
水平时基	1 μ s
水平偏移	0 s
延迟扫描	关闭
时基类型	Y-T
时基档位	粗调
水平参考	屏幕中心
垂直设置 (VERTICAL)	
垂直档位	1 V
垂直偏移	0 V
CH1 开关	打开
CH2 开关	关闭

CH3 开关	关闭
CH4 开关	关闭
通道耦合	直流
带宽限制	关闭
输入阻抗	1 M Ω
通道反相	关闭
幅度档位	粗调
通道单位	V
获取设置 (Acquire)	
获取方式	普通
采样方式	实时
采样率	4.0 GSa/s
La 采样率	1.0 GSa/s
存储深度	自动
抗混叠	关闭
触发设置 (TRIGGER)	
触发类型	边沿触发
信源选择	CH1
边沿类型	上升沿
触发方式	自动
触发耦合	直流
触发释抑	100 ns
噪声抑制	关闭
显示设置 (Display)	
显示类型	矢量
余辉时间	最小
波形亮度	50%
屏幕网格	
网格亮度	50%
菜单保持	无限
光标设置 (Cursor)	
模式	关闭

手动	
显示模式	X-Y
信源选择	CH1
选择光标	X
水平单位	s
垂直单位	信源单位
X 光标水平位置	
CursorA	-4*1 μ s
CursorB	4*1 μ s
Y 光标垂直位置	
CursorA	2*1 V
CursorB	-2*1 V
追踪	
光标 A 信源	CH1
光标 B 信源	CH1
X 光标水平位置	
CursorA	-4*1 μ s
CursorB	4*1 μ s
存储设置 (Storage)	
存储类型	设置存储 (未连接 U 盘时) 图像存储 (已连接 U 盘时)
图像存储	
图片格式	png
参数保存	关闭
反色	关闭
颜色设置	彩色
页眉设置	关闭
页脚设置	关闭
CSV 存储	
数据长度	屏幕
参数保存	关闭
序号	打开
辅助功能设置 (Utility)	
接口设置	

网络配置类型	DHCP, 自动 IP
USB 设备	计算机
声音	
声音	关闭
通过测试	
允许测试	关闭
信源	CH1
操作	停止
规则范围	屏幕区域
水平调整	0.24 div
垂直调整	0.38 div
显示信息	关闭
输出即停	关闭
输出	失败
Aux 输出	关闭
波形录制 (Record)	
模式	关闭
录制	
终止帧	7996
操作	停止
时间间隔	100 ns
最大帧数	7996
回放	
操作	停止
回放模式	单次
时间间隔	100 ns
起始帧	1
时间标签	关闭
分析模式	
分析模式	轨迹模式
信源选择	CH1
轨迹模式	当前帧
当前帧	1
模板显示	打开
系统设置	
垂直扩展	接地电平

屏幕保护	缺省设置
屏保时间	关闭
外触发阻抗	1 M Ω
Aux 输出	触发输出
参考时钟	时钟输出
数学运算设置 (MATH \rightarrow 操作)	
操作	关闭
A+B	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	2 V
A-B	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	2 V
A\timesB	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	2 U
A\divB	
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	2 U
FFT	
信源	CH1
窗函数	Rectangle
显示	分屏
垂直刻度	dB
垂直档位	20 dBV
水平档位	1.250 MHz/div
FFT 采样率	50 MSa/s
抗混叠	关闭

逻辑运算	
运算公式	AND
信源 A	CH1
信源 B	CH1
反相	关闭
垂直档位	1 U
阈值 A	0 V
阈值 B	0 V
高级运算	
运算公式	关闭
表达式	CH1+CH2
反相	关闭
垂直档位	2 V
逻辑分析仪 (LA) ^[1]	
通道/组	D0
开关	D7-D0: 关闭; D15-D8: 关闭
波形大小	M
自动排列	D0-D15
门限类型	TTL
数字总线	BUS1
BUS 状态	关闭
通道选择	D7-D0
位序	正常
参考时钟	无
边沿类型	上升沿
显示类型	数据
进制显示	十六进制
抖动抑制	打开
抖动时间	5.00 ns
协议解码 (Decode1, Decode2)	
解码类型	并行
BUS 状态	关闭
进制显示	十六进制
偏移	0

阈值	0
并行	
时钟通道	CH1
边沿类型	上升沿
总线位宽	8
当前位	0
通道	D0
RS232	
TX	CH1
RX	无
极性	正常
位序	LSB
波特率	9600 bps
数据位宽	8
停止位	1
奇偶校验	无
包	关闭
包停止符	00(NULL)
I2C	
SCLK	CH1
SDA	CH2
包含 R/W	关闭
SPI	
解码模式	超时
超时时间	1.00 μ s
SCLK 通道	CH1
SCLK 边沿类型	上升沿
MISO 通道	CH2
MISO 极性	高电平为 1
MOSI 通道	无
MOSI 极性	高电平为 1
数据位宽	8
位序	MSB
CAN	
信源选择	CH1
信号类型	Rx

信号速率	500 kb/s
采样位置	50%
FlexRay	
信源选择	CH1
信道选择	A
信号类型	BP
信号速率	10 Mb/s
采样位置	50%
参考波形设置 (REF)	
通道设置	REF1
当前通道	REF1
信源选择	CH1
颜色设置	淡灰

注^[1]: 仅适用于 MSO4000 型号。

第14章 系统功能设置

本章内容如下：

- 远程接口配置
- 系统相关

远程接口配置

MSO4000/DS4000 可以通过 LAN、USB 和 GPIB（需配合 **RIGOL** 提供的 USB-GPIB 接口模块选件）总线与 PC 进行通信。使用远程接口之前请参考下文的介绍配置相应的接口。

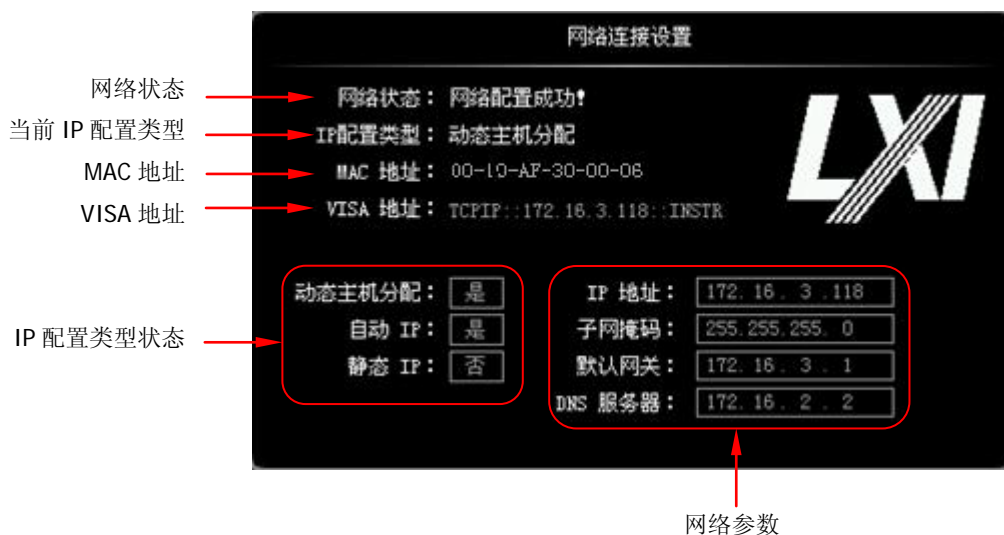
配置 LAN 接口

使用 LAN 总线前，请使用网线将示波器连接到您的局域网中。示波器的网口位于仪器后面板。

按 **Utility** → **接口设置** → **LAN 设置** 打开网络设置菜单以及网络连接设置界面（如下图所示）。您可以查看当前的网络设置和配置网络参数。

当前网络设置

在网络连接设置界面中，您可以查看当前的网络设置，包括网络状态、当前 IP 配置类型、MAC 地址、VISA 地址以及网络参数（IP 地址、子网掩码、默认网关和域名服务器）。配置并应用新的网络参数后，该界面中的信息将实时更新。



网络状态

示波器会根据当前网络的连接状态给出不同的提示：

- 网络配置成功！（Net Config Success!）
- 正在获取 IP...（Acquire IP...）
- IP 冲突！（IP Conflict!）
- 无连接！（Unconnected!）
- DHCP 配置失败！（DHCP Fail!）

当前 IP 配置类型

显示当前使用的 IP 配置类型：“动态主机分配”、“自动 IP 配置”或“静态 IP 配置”。配置过程中以及配置出错时，显示“无网络配置!”。

MAC 地址

对于一台示波器，MAC 地址总是唯一的。为仪器分配 IP 地址时，总是通过 MAC 地址来识别仪器。

VISA 地址

显示示波器当前使用的 VISA 地址。

IP 配置类型状态

显示动态主机分配（DHCP）、自动 IP 和静态 IP 三种 IP 配置类型当前是否打开。

配置并应用网络参数

本示波器提供三种 IP 配置类型：DHCP、自动 IP 和静态 IP。不同 IP 配置类型下，IP 地址等网络参数的配置方式不同。

- DHCP：由当前网络中的 DHCP 服务器向示波器分配 IP 地址、子网掩码、网关地址和 DNS 服务器（域名服务器）地址等网络参数。
- 自动 IP：示波器根据当前网络配置自动获取从 169.254.0.1 到 169.254.255.254 的 IP 地址和子网掩码 255.255.0.0；用户可以自定义网关地址和 DNS 服务器（域名服务器）地址。
- 静态 IP：用户可以自定义 IP 地址、子网掩码、网关地址和 DNS 服务器（域名服务器）地址。




三种 IP 配置类型配置参数的优先级从高到低依次为“DHCP”、“自动 IP”、“静态 IP”，且三种 IP 配置类型不能同时关闭。

按 **Utility** → **接口设置** → **LAN 设置** 打开网络设置菜单。在该菜单中：

1. 选择要使用的 IP 配置类型

三种 IP 配置类型配置参数的优先级从高到低依次为 DHCP、自动 IP、静态 IP。因此，

- 欲使用 **DHCP**，请打开该配置类型即可；
- 欲使用 **自动 IP**，请打开该配置类型并关闭 DHCP 配置类型；
- 欲使用 **静态 IP**，请打开该配置类型并关闭 DHCP 和自动 IP 配置类型。

按 **配置类型** 软键并旋转多功能旋钮  选择指定 IP 配置类型后，按下该旋钮或按 **配置类型** 软键即可打开或关闭该配置类型。打开时，配置类型名称前显示 ，关闭时显示 .


注意：三种 IP 配置类型不能同时关闭。

提示

- DHCP 配置类型有效时，无需手动设置任何网络参数。
- 自动 IP 配置类型有效时，请按照下文中的步骤自定义网关地址和 DNS 服务器（域名服务器）地址。
- 静态 IP 配置类型有效时，请按照下文中的步骤自定义 IP 地址、子网掩码、网关地址和 DNS 服务器（域名服务器）地址等网络参数。

2. 设置网关地址（当前自动 IP 或静态 IP 配置类型有效时）



网关地址的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，第一个 nnn 的范围为 1 至 223（127 除外），其它三个 nnn 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的网关地址。

按 **网关** 软键，使用多功能旋钮  设置所需的网关地址（设置方法请参考“网络参数设置方法”）。该设置保存在非易失性存储器中，如果“断电调用”（**Utility** → **系统** → **断电调用**）设置为“上次值”，且在下次开机时，“DHCP”和“自动 IP”均处于关闭状态，示波器将自动加载所设的网关地址。

提示


IP 地址、子网掩码、网关和 DNS 地址四种网络参数的格式均为 nnn.nnn.nnn.nnn，共包含 4 个 nnn，各项之间以“.”隔开。

网络参数设置方法：

- 1) 按相应的菜单软键选欲设置的网络参数项（默认选中地址中的第 1 项）。
- 2) 旋转多功能旋钮  可以调整当前选中项的值。
- 3) 按下多功能旋钮  将在确认当前项的同时选中下一项。
- 4) 重复步骤 2) 和 3) 直至完成设置。


3. 设置 DNS 服务器地址（当前自动 IP 或静态 IP 配置类型有效时）

DNS 服务器地址的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，第一个 nnn 的范围为 1 至 223（127 除外），其它三个 nnn 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的域名服务器地址。

按 **DNS** 软键，使用多功能旋钮  设置所需的域名服务器地址（设置方法请参考“网络参数设置方法”）。一般来说，用户无需设置网络中的域名服务器地址，因此该参数设置可以忽略。


4. 设置 IP 地址（当前使用静态 IP 配置类型时）

IP 地址的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，第一个 nnn 的范围为 1 至 223（127 除外），其它三个 nnn 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的 IP 地址。

按 **IP 地址** 软键，使用多功能旋钮  设置所需的 IP 地址（设置方法请参考“网络参数设置方法”）。该设置保存在非易失性存储器中，如果“断电调用”（**Utility** → **系统** → **断电调用**）设置为“上次值”，且在下次开机时，“DHCP”和“自动 IP”均处于关闭状态，示波器将自动加载所设的 IP 地址。

5. 设置子网掩码（当前静态 IP 配置类型有效时）

子网掩码的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，nnn 的范围均为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的 IP 地址。

按 **子网掩码** 软键，使用多功能旋钮  设置所需的子网掩码（设置方法请参考“网络参数设置方法”）。该设置保存在非易失性存储器中，如果“断电调用”（**Utility** → **系统** → **断电调用**）设置为“上次值”，且在下次开机时，“DHCP”和“自动 IP”均处于关闭状态，示波器将自动加载所设的子网掩码。

6. 应用网络参数配置

完成网络参数配置后，按 **应用** 软键，当前配置的网络参数将生效。

注意：必须按 **应用** 软键，新的网络参数配置才会生效。此时，网络连接设置界面中的当前网络设置信息将根据当前的网络参数配置更新。

7. 初始化网络参数

按 **初始化** 软键，可将网络参数恢复至默认状态。


注意：仅当示波器已正确连接至网络中时，可以执行网络参数初始化操作。

8. mDNS

按 **mDNS** 软键，启用或禁用多播域名系统（mDNS）。该系统在没有 DNS 服务器的小型网络中为服务探索提供 DNS 服务器的功能。

配置 USB 接口


本示波器可通过后面板的 USB DEVICE 接口与 PC 或 PictBridge 打印机进行通信。您需要设置示波器使其与不同设备类型相匹配。

按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备**，旋转多功能旋钮  选择所需的设备类型。

- 计算机：该类型下，示波器可与 PC 进行通信。
- PictBridge：该类型下，示波器可与 PictBridge 打印机进行通信。

设置 GPIB 地址

欲通过 GPIB 总线控制示波器时，您需要首先使用 USB-GPIB 接口模块（选件，需单独订购）为示波器扩展出一个 GPIB 接口，然后使用 GPIB 电缆将仪器与计算机相连接。

按 **Utility** → **接口设置** → **GPIB**，旋转多功能旋钮  选择所需的 GPIB 地址。可设范围为 1 至 30，默认为 1。

系统相关


声音

启用蜂鸣器后，在操作前面板按键、菜单软键时或弹出提示消息时，将可以听到蜂鸣器的声音。

按 **Utility** 键后，连续按 **声音** 软键选择  (打开) 或  (关闭)。默认关闭声音。打开时，屏幕右下方将显示图标 .

语言

本示波器支持多种语言菜单，并提供中英文帮助信息、提示信息以及界面显示。

按 **Utility** → **Language**，旋转多功能旋钮  选择所需的语言类型并按下该旋钮。您也可以连续按 **Language** 软键切换当前语言类型。

系统信息

按 **Utility** → **系统** → **系统信息**，进入系统信息界面。系统信息包括厂商、设备型号、仪器序列号、软件版本号和硬件版本号。

断电调用

您可以设置示波器在掉电后重新上电时所调用的系统配置。

按 **Utility** → **系统** 后，按 **断电调用** 软键选择“上次值”或“缺省设置”。



- 上次值：恢复至上次掉电时的系统配置。
- 缺省设置：恢复至出厂配置。

系统时间

系统时间以“hh:mm（时:分）”的格式显示在屏幕右下方。在打印或存储波形时，输出文件将包含该时间信息。

按 **Utility** → **系统** → **系统时间**，打开时间设置菜单。在该菜单中：

1. 设置系统时间

- 1) 按 **系统时间** 软键，打开系统时间界面。
在该界面中，以“yyyy-mm-dd hh:mm:ss”的格式显示系统时间。当前可修改项（即当前选中项）显示为绿色，其他项为白色。
- 2) 旋转多功能旋钮  调整当前选中项。
- 3) 按下多功能旋钮  将在确认当前项的同时选中下一项。
时间修改的顺序为：年→月→日→时→分→秒。
- 4) 重复步骤 2)和 3)直至完成系统时间设置。

系统时间各项的设置范围符合惯例：

- 年：1999 至 2099
- 月：01-12
- 日：01-31（28、29 或 30）
- 时：00 至 23
- 分：00 至 59
- 秒：00 至 59

2. 应用当前设置的系统时间

按 **应用** 软键，当前设置生效，屏幕右下方的时间将更新显示。


自检信息

按 **Utility** → **系统** → **自检信息**，进入自检信息界面，可以查看示波器最后一次自检的结果。自检信息包括系统电压和出风口温度。

屏幕保护

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** → **系统** → **屏幕** 打开屏幕保护设置菜单。在该菜单中：

屏幕保护 为“缺省设置”，即使用 **RIGOL** 图标作为屏保图标。按 **屏保时间** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需屏保时间（默认为“关闭”）。您也可以连续按 **屏保时间** 软键切换当前屏保时间。屏保时间可设置为：1 min、2 min、5 min、15 min、30 min、45 min、60 min、2 hour 或 5 hour。选择“关闭”表示不使用屏保功能。

错误信息

可能出现的异常包括：主板温度过高，风扇停转等。如出现异常，用户需将仪器返厂维修。最多可查看系统最新出现的 16 项错误信息。错误信息存储在易失性存储器中，关机后自动清除。

若当前示波器中存在错误信息，则屏幕右下角状态栏会显示一个感叹号；此时，按 **Utility** → **系统** → **错误信息** 可以查看错误信息。若当前示波器工作正常，则 **错误信息** 菜单置灰禁用。

自校正

自校正程序可以使示波器快速达到最佳工作状态，以获得尽可能精确的测量值。您可以在任何时候配置仪器执行该程序；尤其是当环境温度变化范围达到或超过 5°C 时，建议您校准仪器。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。

自校正使用从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器上输出的快沿信号作为校准信号。请将该信号连接到四个输入通道和外部触发输入通道，然后按 **Utility** → **自校正**，打开自校正菜单和自校正界面。

按 **开始** 软键，示波器将开始执行自校正程序；在任意时刻按 **退出** 软键，示波器将停止自校正操作并退出自校正菜单。

注意：

- 自校正过程中，仪器会检查连线是否正确以及接通；若连通错误，将给出“自校准连线错误！”的提示，请检查连线后重新校准。
- 自校正过程中，大部分按键的功能已被禁用。

打印设置

PictBridge 是一种新的打印标准，如果您的示波器和打印机均符合 PictBridge 标准，则可使用 USB 数据线将示波器连接到打印机，直接将屏幕图像打印出来。符合 PictBridge 标准的设备带有右图所示的商标图案。



MSO4000/DS4000 数字示波器支持 PictBridge 打印机。通过示波器后面板的 USB DEVIVE 接口，您可以直接连接示波器和支持 PictBridge 的打印机；然后，通过示波器设置打印参数来控制打印机输出相应图片。

正确连接打印机后，首先按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备**，设置 USB 设备类型为“PictBridge”。然后按 **Utility** → **打印设置**，打开打印设置菜单。在该菜单中，您可以设置多种打印参数并执行打印操作。

1. 设置打印区域


按 **打印区域** 软键设置打印范围为“屏幕”或“波形”，默认为“屏幕”。

- 屏幕：打印整个屏幕图像。
- 波形：只打印波形区域。

2. 设置打印颜色


连续按 **打印颜色** 软键设置打印颜色为“彩色”或“灰度”，默认为“彩色”。

3. 设置纸张尺寸

按 **尺寸** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的纸张尺寸。您也可以连续按下该键切换当前纸张尺寸。可以选择“缺省设置”、“A2”、“A3”、“A4”、“A5”、“A6”或“B5”。


注意：可选的纸张尺寸由实际连接的打印机的属性决定，若打印机不支持则不可选择。

4. 设置图像类型

按 **图像类型** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的图像类型。您也可以连续按下该键切换当前图像类型。可以选择“缺省设置”、“Exif/Jpeg”或“Bmp”。

注意：可选的图像类型由实际连接的打印机的属性决定，若打印机不支持则不可选择。

5. 设置打印质量

按 **打印质量** 软键，旋转多功能旋钮  选择所需的打印质量。您也可以连续按下该键切换当前打印质量。可以选择“缺省设置”、“普通”、“草稿”或“精细”。


注意：可选的打印质量由实际连接的打印机的属性决定，若打印机不支持则不可选择。

6. 选择是否打印日期

按 **日期打印** 软键选择“打开”或“关闭”，默认为“关闭”。

注意：能否打印日期由实际连接的打印机的属性决定，若打印机不支持则不可打印。


7. 设置打印份数

按 **份数** 软键，旋转多功能旋钮  设置需要打印的份数。可设范围为 1 至 999。

8. 选择打印颜色是否反相

按 **反相** 软键选择“打开”或“关闭”，默认为“关闭”。

9. 开始打印

按照上述方法完成打印参数设置后，按 **打印** 软键或前面板的快捷键 , 打印机将根据当前打印参数设置开始打印操作。

10. 终止打印

打印过程中，按 **终止打印** 软键将停止正在进行的打印。

注意：该软键仅在打印过程中可用。

11. 继续打印

当打印暂停后，按 **继续打印** 软键将继续之前未完成的打印。

注意：该软键仅在打印暂停时可用。

12. 查看打印状态

按 **状态查询** 软键打开 PictBridge 状态信息界面，您可以查看打印机当前的打印状态。

电源状态

使用电源线将示波器连接到交流电源，并打开后面板电源开关后，示波器即通电。您可以设置示波器在通电后的电源状态。

按 **Utility** 后，连续按 **电源状态** 软键选择“缺省设置”或“常开”。

- 缺省设置：示波器通电后，需按下前面板的电源键，示波器才开机。
- 常开：示波器通电后直接开机。

注意：此时仍然可以通过按下前面板的电源键关机或开机。

外触发阻抗


您可以根据实际情况设定外触发阻抗，即仪器前面板 **[EXT TRIG]** 连接器上的输入阻抗。

按 **Utility** 后，按 **外触发阻抗** 软键选择“1 M Ω ”（默认）或“50 Ω ”。

注意：请选择与前面板 **[EXT TRIG]** 连接器上实际输入信号相匹配的阻抗值。

Aux 输出

您可以设定从仪器后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出指定类型的信号。

按 **Utility** → **Aux 输出**，旋转多功能旋钮  选择所需的信号类型。您也可以连续按下 **Aux 输出** 软键切换当前信号类型。

- **触发输出**

示波器每产生一次触发时，将从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个可反映示波器当前捕获率的信号。将该信号连接至波形显示设备并测量该信号的频率，发现测量结果与当前捕获率相同。

- **快沿**

将从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个上升时间为 500 ps 的快沿信号，该信号可用于示波器的自校正（请参考“**自校正**”）。

- **GND**

将从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出输出一个接地电平。

- **通过失败**

当示波器检测到失败波形时，将从后面板 **[Trig Out/Calibration]** 连接器输出一个脉冲。将该信号转接到其他控制系统中可方便查看测试结果。

注意：您也可以在通过/失败测试功能中修改 **Aux 输出** 的信号类型（请参考“**指定测试失败的输出形式**”）。

参考时钟

本示波器可以从后面板 **[10MHz In/Out]** 连接器输出仪器内部的 10 MHz 采样时钟信号，也可以接收从该连接器输入的外部 10 MHz 时钟信号。该功能可用于实现多台示波器的同步。

按 **Utility** 后，按 **参考时钟** 软键选择所需的时钟类型。

- 时钟输出：从后面板 **[10MHz In/Out]** 连接器输出示波器内部的 10 MHz 时钟信号。
- 时钟输入：示波器接收从后面板 **[10MHz In/Out]** 连接器输入的外部 10 MHz 时钟信号。

选件管理

本示波器提供多种选件，以满足您的测量需求。如需使用选件功能，请根据本手册“附录 A: 附件和选件”中提供的订货号订购相应选件。您还可以查看示波器当前已安装的选件以及激活新购买的选件。

1. 查看已安装选件

按 **Utility** → **选件** → **当前选件**，打开当前选件界面。您可以查看本示波器当前已安装的选件及其相关信息。

2. 安装选件

选件安装需使用选件授权码（license，每台仪器对应一个）或选件授权文件。选件授权码（license）是一个长度为 28 字节的字符串，仅可能包含大写英文字母和数字。选件授权文件是满足特定格式的文件，其文件扩展名为 .lic。

成功购买所需选件后，您将获得相应的密钥。安装选件之前，请首先根据需要按照如下步骤使用密钥生成选件授权码（license）或选件授权文件。

- 1) 登录 **RIGOL** 官网（www.rigol.com）后，单击 **用户中心** → **软件授权码生成**，进入软件授权码生成界面。
- 2) 在软件授权码生成界面中输入正确的密钥、仪器序列号（按 **Utility** → **系统** → **系统信息**，即可获取序列号）和验证码，点击 **生成** 即可获取选件授权码（license）和选件授权文件下载链接。如需使用选件授权文件，请点击 **下载文件** 并将其下载至 U 盘根目录下。


使用选件授权码

获得选件授权码之后，按 **Utility** → **选件** → **选件安装**，打开选件安装界面。在该界面中，您可以输入选件授权码（license）并完成选件安装。

- 1) 按 **编辑界面** 软键打开选件授权码（license）输入界面（如下图所示）。



2) 输入选件授权码 (license)。

旋转多功能旋钮  选择指定字符并按下该旋钮即可在“选件授权码 (license) 输入区”中输入该字符。默认从左向右依次排列输入的字符。

注意：选件授权码 (license) 不包含中间的连字符。

输入过程中，您可以按 **退格** 软键按照从右向左的顺序依次删除“选件授权码 (license) 输入区”中已输入的字符或按 **清除** 软键清除“选件授权码 (license) 输入区”中输入的所有字符。

3) 正确输入选件授权码 (license) 后，按 **应用** 软键，示波器将根据当前输入的选件授权码激活相应的选件。

注意：仅当输入完整的选件授权码 (28 字节) 后，**应用** 软键可用。

此外，您还可以通过发送 SCPI 命令安装选件，具体方法请参考《MSO4000/DS4000 编程手册》。

使用选件授权文件

获得选件授权文件后，请按如下步骤完成选件安装：

- 1) 确认选件授权文件放置在 U 盘根目录下并将 U 盘正确插入示波器。
- 2) 此时，仪器弹出提示消息“检测到选件授权文件，是否安装?”。按 **安装选件**，则开始安装并显示安装进度。安装完成后弹出当前选件界面。

注意：

- 同一个 U 盘中仅可存放同一个仪器的一个选件授权文件，但可以存放多个不同仪器的选件授权文件。
- 选件安装过程中，严禁断电或拔出 U 盘。

第15章 远程控制

您可以通过如下两种方式远程控制 MSO4000/DS4000 系列数字示波器。

用户自定义编程

用户可以使用标准 SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) 命令对示波器进行编程控制。有关命令和编程的详细说明请参考《MSO4000/DS4000 编程手册》。

使用 PC 软件

用户可以直接使用 PC 软件发送命令对示波器进行远程控制。推荐使用 **RIGOL** 提供的 PC 软件 Ultra Sigma。您可以从标配附件的资源光盘中获取 Ultra Sigma 软件，或者登录 **RIGOL** 官网 (www.rigol.com) 下载该软件的最新版本。

本示波器可以通过 USB、LAN 和 GPIB (配合 **RIGOL** 的 USB-GPIB 接口模块) 等仪器总线与 PC 进行通信。本章将详细介绍如何使用 Ultra Sigma 软件通过各种接口对示波器进行远程控制。

本章内容如下：

- 通过 USB 控制
- 通过 LAN 控制
- 通过 GPIB 控制

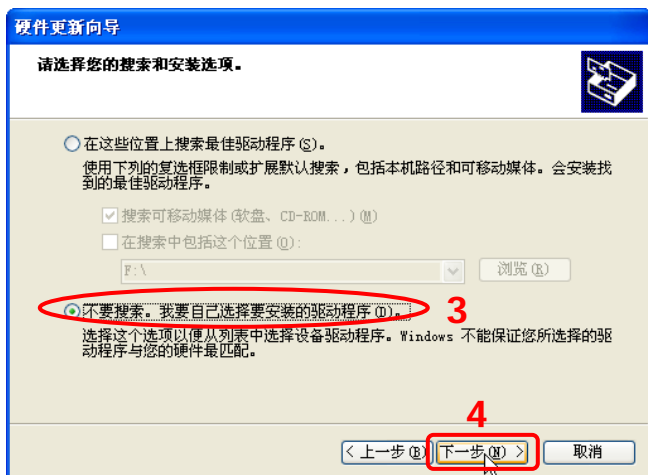
通过 USB 控制

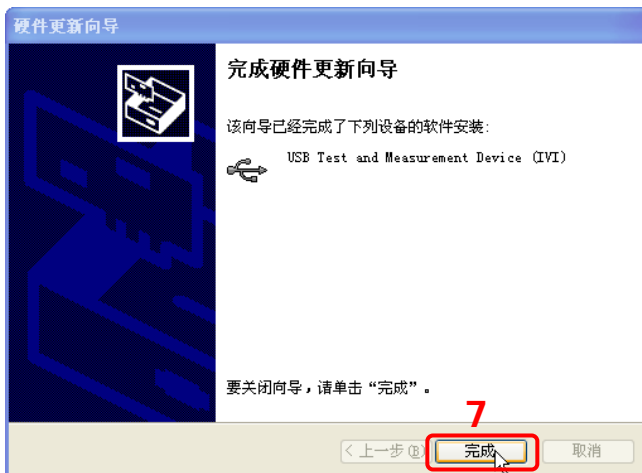
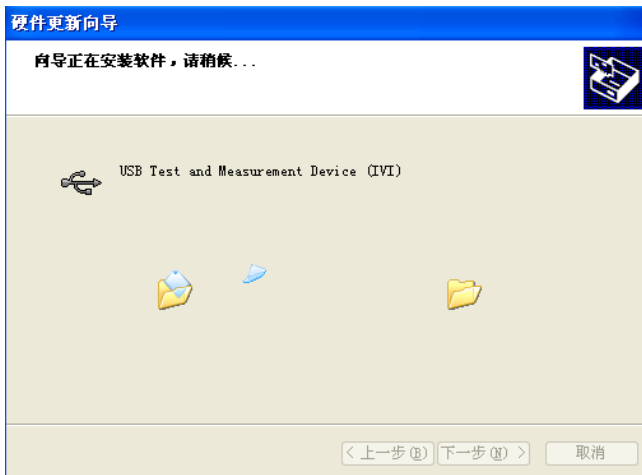
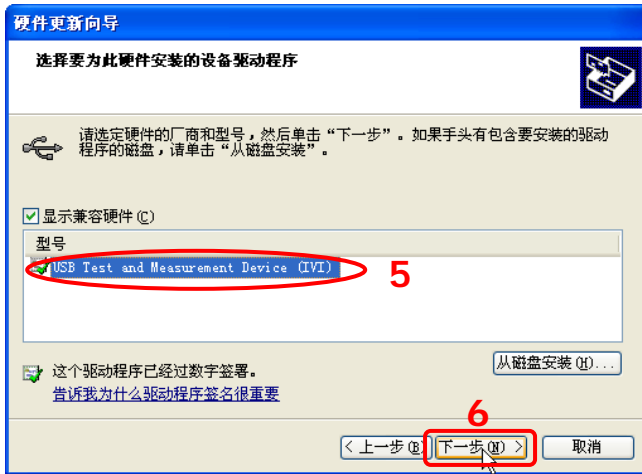
1. 连接设备

使用 USB 数据线连接示波器（USB DEVICE 接口）与 PC（USB HOST 接口）。

2. 安装 USB 驱动

本示波器为 USB-TMC 设备。首次将示波器与 PC 正确连接并且开机后（示波器将自动配置为 USB 接口；同时，请确认 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备** 当前选择“计算机”），PC 将弹出下图所示的硬件更新向导对话框，请按照向导的提示安装“USB Test and Measurement Device (IVI)” 驱动程序。步骤如下：



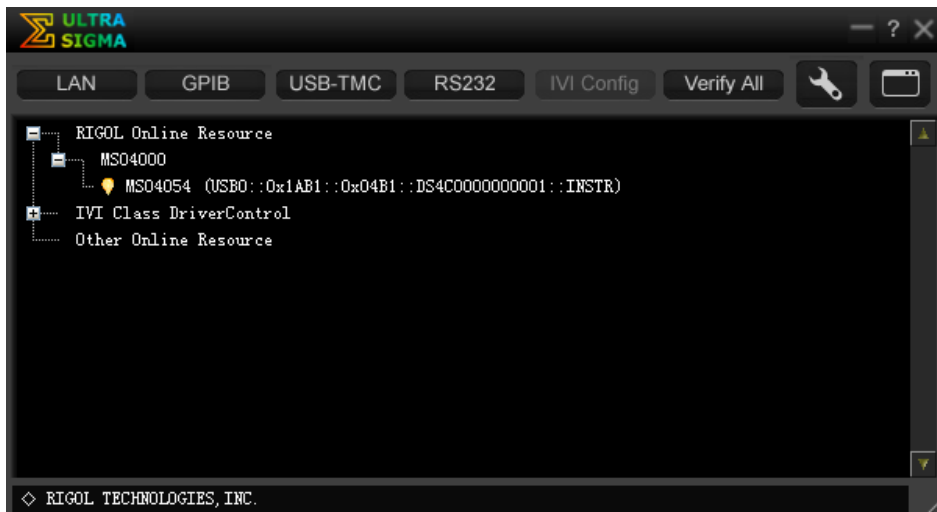


3. 搜索设备资源

打开 Ultra Sigma，软件将自动搜索当前通过 USB 接口连接至 PC 的仪器资源，您也可以点击 **USB-TMC** 进行搜索。

4. 查看设备资源

已搜索到的资源将出现在“RIGOL Online Resource”目录下，并且显示仪器的型号和 USB 接口信息，如下图所示。



5. 进行远程控制

右击资源名“MSO4054 (USB0::0x1AB1::0x04B1::DS4C0000000001::INSTR)”，选择“SCPI Panel Control”，打开远程命令控制面板，即可通过该面板发送命令和读取数据。

通过 LAN 控制

1. 连接设备

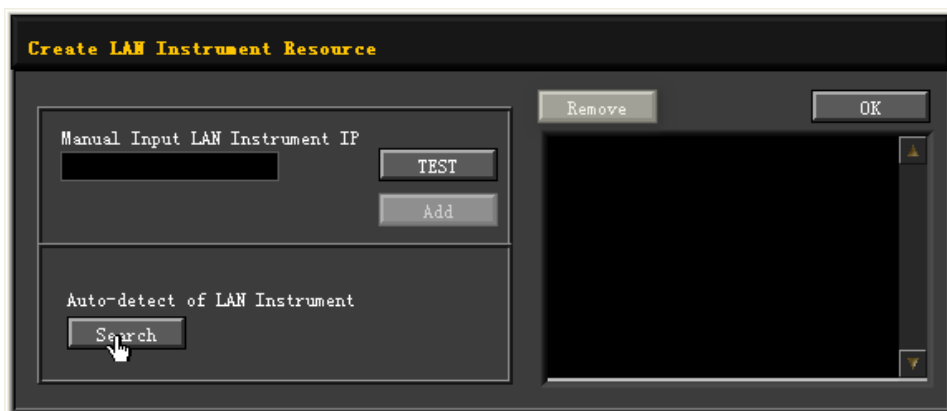
使用网线将示波器连接到您的局域网中。

2. 配置网络参数

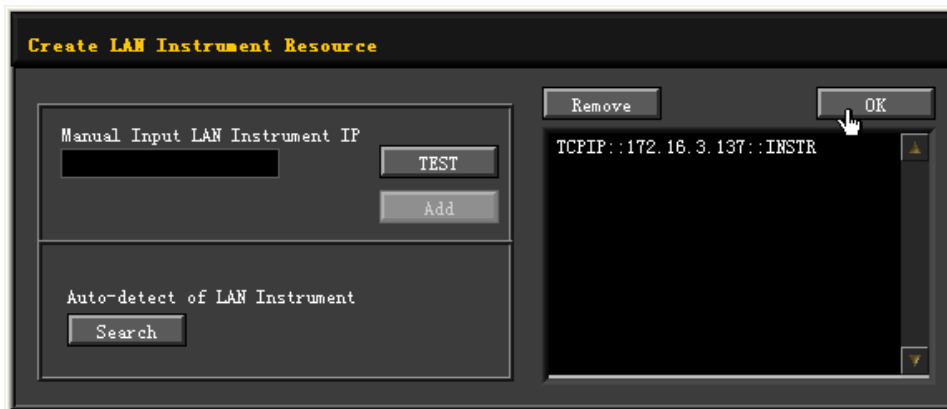
根据“配置 LAN 接口”一节中的说明配置示波器的网络参数。

3. 搜索设备资源

打开 Ultra Sigma，点击 **LAN**，Ultra Sigma 会弹出图 (a) 所示窗口。在该窗口中，点击 **Search**，软件将自动搜索当前连接至局域网中的仪器资源，搜索到的仪器资源名将显示在窗口右侧（如图 (b) 所示），点击 **OK** 即可完成添加。



(a)



(b)

注意：如果您想要移除不需要的资源，请点击以选中相应资源名，然后点击 **Remove** 即可。

4. 查看设备资源

已搜索到的资源将出现在“RIGOL Online Resource”目录下，如下图所示。



5. 进行远程控制

右击资源名“MSO4054 (TCPIP::172.16.3.137::INSTR)”，选择“SCPI Panel Control”，打开远程命令控制面板，即可通过该面板发送命令和读取数据。

6. 加载 LXI 网页

本示波器符合 LXI-C 类仪器标准。通过 Ultra Sigma 可以加载 LXI 网页（右击仪器资源名，选择“LXI-Web”）。网页上显示仪器的各种重要信息，包括仪器型号、制造商、序列号、说明、MAC 地址和 IP 地址等。

在 LXI 网页中，点击网页左侧的“Network Settings”，然后在弹出的窗口中（用户名默认为空）输入初始密码“111111”并确定即可查看或修改仪器当前的网络设置。此外，您还可以点击网页左侧的“Security”重置密码。

提示

您也可以通过在计算机浏览器的地址栏输入仪器的 IP 地址加载 LXI 网页。

通过 GPIB 控制

1. 连接设备

使用 USB-GPIB 接口模块为示波器扩展出 GPIB 接口，然后使用 GPIB 电缆连接示波器与 PC。

2. 安装 GPIB 卡驱动程序

请正确安装连接到 PC 中的 GPIB 卡驱动程序。

3. 设置 GPIB 地址

按 **Utility** → **接口设置** → **GPIB** 设置示波器中的 GPIB 地址（请参考“**设置 GPIB 地址**”）。

4. 搜索设备资源

打开 Ultra Sigma，点击 **GPIB**，Ultra Sigma 会弹出图 (a) 所示窗口。在该窗口中，点击 **Search**，软件将自动搜索当前通过 GPIB 接口连接至 PC 的仪器资源，搜索到的仪器资源名将显示在窗口右侧(如图(b)所示)，点击 **OK** 即可完成添加。



(a)



(b)

注意：如果您想要移除不需要的资源，请点击以选中相应资源名，然后点击 **Remove** 即可。

无法自动搜索到资源时：

- 请在“GPIB0::”下拉框中选择 PC 中的 GPIB 卡地址，在“0::INSTR”下拉框中选择仪器中设置的 GPIB 地址。
- 点击 **TEST**，测试 GPIB 通信是否成功，如不成功，请根据相应的提示信息处理。

5. 查看设备资源

已搜索到的 GPIB 仪器资源将出现在“RIGOL Online Resource”目录下，如下图所示。



6. 进行远程控制

右击资源名“MSO4054 (GPIB0::18::INSTR)”，选择“SCPI Panel Control”，打开远程命令控制面板，即可通过该面板发送命令和读取数据。

第16章 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查方法。当您遇到这些故障时，请按照相应的步骤进行处理，如不能处理，请与 **RIGOL** 联系，同时请提供仪器的设备信息（**Utility** → **系统** → **系统信息**）。

1. 如果按下电源键示波器仍然黑屏，没有任何显示：

- (1) 检查电源接头是否接好。
- (2) 检查电源开关是否打开。
- (3) 检查保险丝是否熔断。如需更换电源保险丝，请将仪器返厂，由 **RIGOL** 授权的维修人员进行更换。
- (4) 做完上述检查后，重新启动仪器。
- (5) 如果仍然无法正常使用本产品，请与 **RIGOL** 联系。

2. 采集信号后，画面中并未出现信号的波形：

- (1) 检查探头是否与示波器和待测物正常连接。
- (2) 检查待测物是否有信号产生（可将探头补偿输出信号连接到有问题的通道确定是通道还是待测物的问题）。
- (3) 重新采集一次信号。

3. 测量的电压幅度值比实际值大或小（一般在使用探头时才会出现）：

检查通道衰减系数是否与实际使用的探头衰减比例相符。

4. 有波形显示，但不能稳定下来：

- (1) 检查触发信源：按前面板触发控制区（TRIGGER）的 **MENU** 打开触发菜单；检查 **信源选择** 的设置是否与实际使用的信号通道相符。
- (2) 检查触发类型：一般的信号应使用“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类型，波形才能稳定显示。
- (3) 检查触发电平：将触发电平调整至信号的中间位置。
- (4) 改变触发耦合类型：若当前为边沿触发，按前面板触发控制区（TRIGGER）中的 **MENU** → **触发设置** → **耦合**，选择“高频抑制”或“低频抑制”，以滤除干扰触发的高频或低频噪声。
- (5) 改变触发释抑设置。

5. 按下 **RUN/STOP** 键无任何显示:

检查前面板触发控制区 (TRIGGER) 确认触发方式是否为“普通”或“单次”，且触发电平是否超出波形范围。如果是，请将触发电平居中或者设置触发方式为“自动”。

注意: 使用自动设置 **AUTO** 按键可自动完成以上设置。

6. 波形显示呈阶梯状:

(1) 水平时基档位可能过低，适当增大水平时基可以改善显示。

(2) 若显示类型为“矢量”，采样点间的连线可能造成波形阶梯状显示。按

Display → **显示类型**，设置为“点”显示方式，即可解决。

7. 数字波形不能稳定显示:

(1) 检查选择的触发信源的输入信号是否与数字信号同步。

(2) 请调节示波器选择合适的触发方式和时基等常规设置。

(3) 如果仍然不能稳定显示，请再次检查电气连接和参数设置。

(4) 尝试使用其它探头(如模拟探头)来验证测试点的信号状态。

8. 通过 USB 连接 PC 或 PictBridge 打印机失败:

(1) 按 **Utility** → **接口设置**，检查 **USB 设备** 的设置是否与当前连接的设备匹配。

(2) 检查 USB 数据线是否完好以及是否与示波器和 PC (或 PictBridge 打印机) 连接正常。

(3) 必要时重启示波器。

9. U 盘不能被识别:

(1) 检查 U 盘是否可以正常工作。

(2) 确认使用的为 Flash 型 U 盘，本仪器不支持硬盘型 U 盘。

(3) 确认使用的 U 盘容量是否过大，本示波器推荐使用不超过 8 GBytes 的 U 盘。

(4) 重新启动仪器后，再插入 U 盘进行检查。

(5) 如果仍然无法正常使用 U 盘，请与 **RIGOL** 联系。

第17章 技术参数

除标有“典型值”字样的参数以外，所用参数都有保证，并且示波器必须在规定的操作温度下连续运行 30 分钟以上。

采样

采样方式	实时采样
实时采样率	模拟通道：4.0 GSa/s（交织）；2.0 Gsa/s（非交织） 数字通道：1.0 Gsa/s
峰值检测	模拟通道：250 ps（交织）；500 ps（非交织） 数字通道：1 ns
平均值	所有通道同时达到 N 次采样后，N 次数可在 2、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096 和 8192 之间选择
高分辨率	当 $\geq 5 \mu\text{s}/\text{div}$ @ 4 GSa/s 时（或 $\geq 10 \mu\text{s}/\text{div}$ @ 2 GSa/s 时）： 12 bits 分辨率
最小检测脉宽	数字通道：5 ns
存储深度	模拟通道： 自动、14 k 点、140 k 点、1.4 M 点、14 M 点、140 M 点（交织）； 自动、7 k 点、70 k 点、700 k 点、7 M 点、70 M 点（非交织） 数字通道：最大 28 M 点

输入

通道数量	MSO40X4：4 模拟通道 + 16 数字通道 MSO40X2：2 模拟通道 + 16 数字通道 DS40X4：4 模拟通道 DS40x2：2 模拟通道
输入耦合	直流、交流或接地（DC、AC 或 GND）
输入阻抗	模拟通道：（1 M Ω ±1%）||（15 pF±3 pF）或 50 Ω ±1.5% 数字通道：（101 k Ω ±1%）||（9 pF±1 pF）
探头衰减系数	模拟通道：0.01X-1000X（1-2-5 步进）

最大输入电压 (1 M Ω)	模拟通道: CAT I 300 Vrms, CAT II 100 Vrms, 瞬态过压 1000 Vpk 使用 RP2200 10:1 探头时: CAT II 300 Vrms 使用 RP3300A 10:1 探头时: CAT II 300 Vrms 使用 RP3500A 10:1 探头时: CAT II 300 Vrms 使用 RP5600A 10:1 探头时: CAT II 300 Vrms
	数字通道: CAT I 40 Vrms, 瞬态过压 800 Vpk

水平

时基档位	MSO405X/DS405X: 1 ns/div 至 1 ks/div MSO403X/DS403X: 2 ns/div 至 1 ks/div MSO402X/DS402X: 2 ns/div 至 1 ks/div MSO401X/DS401X: 5 ns/div 至 1 ks/div
通道间偏差	1 ns (典型值)、2 ns (最大值)
最大记录长度	140 Mpts
时基精度 ^[1]	$\leq \pm 4$ ppm
时钟漂移	$\leq \pm 2$ ppm/年
延迟范围	预触发 (负延迟): ≥ 1 屏幕宽度 后触发 (正延迟): 1 s 至 100 ks
时基模式	Y-T、X-Y、Roll、延迟扫描
X-Y 个数	2 路同时 (四通道机型)
波形捕获率 ^[2]	110 000 wfms/s (数字通道关闭, 点显示) 或 85 000 wfms/s (数字通道打开, 点显示)
零点偏移	± 0.5 div*最小时基档位

垂直

带宽 (-3 dB) (50 Ω)	MSO405X/DS405X: DC 至 500 MHz MSO403X/DS403X: DC 至 350 MHz MSO402X/DS402X: DC 至 200 MHz MSO401X/DS401X: DC 至 100 MHz
------------------------------	--

单次带宽 (50 Ω)	MSO405X/DS405X: DC 至 500 MHz MSO403X/DS403X: DC 至 350 MHz MSO402X/DS402X: DC 至 200 MHz MSO401X/DS401X: DC 至 100 MHz
垂直分辨率	模拟通道: 8 bit, 两个通道同时采样 数字通道: 1 bit
垂直档位	输入阻抗为 1 MΩ 时: 1 mV/div 至 5 V/div 输入阻抗为 50 Ω 时: 1 mV/div 至 1 V/div
偏移范围	输入阻抗为 1 MΩ 时 1 mV/div 至 225 mV/div: ±2 V 230 mV/div 至 5 V/div: ±40 V 输入阻抗为 50 Ω 时 1 mV/div 至 124 mV/div: ±1.2 V 126 mV/div 至 1 V/div: ±12 V
动态范围	±5 div
带宽限制 ^[1]	MSO405X/DS405X: 20 MHz/100 MHz/200 MHz MSO403X/DS403X: 20 MHz/100 MHz/200 MHz MSO402X/DS402X: 20 MHz/100 MHz MSO401X/DS401X: 20 MHz
低频响应 (交流耦合, -3 dB)	≤5 Hz (在 BNC 上)
计算出的上升 时间 ^[1]	MSO405X/DS405X: 700 ps MSO403X/DS403X: 1 ns MSO402X/DS402X: 1.8 ns MSO401X/DS401X: 3.5 ns
直流增益精确 度	±2%满刻度
直流偏移精确 度	200 mV/div 至 5 V/div: ±0.1 div ± 2 mV ± 0.5%偏移值 1 mV/div 至 195 mV/div: ±0.1 div ± 2 mV ± 1.5%偏移值
ESD 容限	±2 kV
通道隔离度	直流至最大带宽: >40 dB

垂直（数字通道）（MSO4000）

阈值	8 个通道 1 组的可调阈值
阈值选择	TTL (1.4 V) 5.0 V CMOS (+2.5 V) 3.3 V CMOS (+1.65 V) 2.5 V CMOS (+1.25 V) 1.8 V CMOS (+0.9 V) ECL (-1.3 V) PECL (+3.7 V) LVDS (+1.2 V) 0 V 用户自定义
阈值范围	±20.0 V, 10 mV 步进
阈值精度	± (100 mV + 3%的阈值设置)
动态范围	±10 V + 阈值
最小电压摆幅	500 mVpp
输入电阻	//101 kΩ
探头负载	≈8 pF
垂直分辨率	1 bit

触发

触发电平范围	CH1-CH4: 距屏幕中心±6 格 外部: ±0.8 V
触发方式	自动、普通、单次 (Auto、Normal、Single)
释抑范围	100 ns 至 10 s
高频抑制 ^[1]	50 kHz
低频抑制 ^[1]	5 kHz
边沿触发	
边沿类型	上升沿、下降沿、任一沿
脉宽触发	
脉宽条件	正脉宽 (大于、小于、指定区间内); 负脉宽 (大于、小于、指定区间内)
脉宽范围	4 ns 至 4 s

欠幅脉冲触发	
脉冲极性	正极性、负极性
限定符	无关、大于、小于、指定区间内
脉宽范围	4 ns 至 4 s
第 N 边沿触发	
边沿类型	上升沿、下降沿
空闲时间	40 ns 至 1 s
边沿数	1 至 65535
斜率触发	
斜率条件	正斜率（大于、小于、指定区间内）； 负斜率（大于、小于、指定区间内）
时间设置	10 ns 至 1 s
视频触发	
视频极性	正极性、负极性
同步	所有行、指定行、奇数行、偶数行
视频标准	NTSC、PAL/SECAM、480P、576P、720P、1080P 和 1080I
码型触发	
码型设置	H、L、X、上升沿、下降沿
RS232/UART 触发	
极性	正常、反相
触发条件	帧起始、错误帧、校验错误、数据
波特率	2400 bps、4800 bps、9600 bps、19200 bps、38400 bps、57600 bps、115200 bps、230400 bps、460800 bps、921600 bps、1Mbps、自定义
数据位宽	5 位、6 位、7 位、8 位
I2C 触发	
触发条件	启动、重启、停止、丢失确认、地址、数据、地址数据
地址位宽	7 位、8 位、10 位
地址范围	0 至 127、0 至 255、0 至 1023
字节长度	1 至 5
SPI 触发	
触发条件	CS（片选）、超时
超时时间	100 ns 至 1 s
数据位宽	4 位至 32 位
数据设置	H、L、X
时钟边沿	上升沿、下降沿

CAN 触发	
信号类型	Rx、Tx、CAN_H、CAN_L、差分
触发条件	帧起始、帧结束、帧类型、帧错误
信号速率	10 kbps、20 kbps、33.3 kbps、50 kbps、62.5 kbps、83.3 kbps、100 kbps、125 kbps、250 kbps、500 kbps、800 kbps、1 Mbps、自定义
采样点	5%至 95%
帧类型	数据帧、远程帧、错误帧、过载帧
错误类型	位填充、应答错误、校验错误、格式错误、任意错误
FlexRay 触发	
信号速率	2.5 Mb/s、5 Mb/s、10 Mb/s
触发条件	帧、符号、错误、TSS
USB 触发	
信号速度	低速、全速
触发条件	分组起始、分组结束、复位完成、进入挂起、退出挂起

测量

光标	<p>手动模式：光标间电压差 (ΔV)、光标间时间差 (ΔT)、ΔT 的倒数 (Hz) ($1/\Delta T$)</p> <p>追踪模式：波形点的电压值和时间值</p> <p>自动测量模式：允许在自动测量时显示光标</p>
自动测量	<p>模拟通道： 最大值、最小值、峰峰值、顶端值、底端值、幅度值、平均值、有效值-N、有效值-1、过冲、预冲、面积、周期面积、周期、频率、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽、正占空比、负占空比、延迟 $A_f \rightarrow B_f$、延迟 $A_t \rightarrow B_t$、相位 $A_f \rightarrow B_f$、相位 $A_t \rightarrow B_t$</p> <p>数字通道： 频率、周期、正脉宽、负脉宽、正占空比、负占空比、延迟 $A_f \rightarrow B_f$、延迟 $A_t \rightarrow B_t$、相位 $A_f \rightarrow B_f$、相位 $A_t \rightarrow B_t$</p>
测量数量	同时显示 5 种测量
测量范围	屏幕、光标

统计模式	极值、差值
测量统计	平均值、最大值、最小值、标准差、测量次数
频率计	硬件 6 位频率计（通道可选）

数学运算

波形计算	A+B、A-B、A×B、A÷B、FFT、数字滤波、逻辑运算、可编辑高级运算
FFT 窗类型	Rectangle、Hanning、Hamming、Blackman
FFT 显示	分屏、全屏
FFT 垂直刻度	Vrms、dB
逻辑运算	与、或、非、异或
数学函数	Intg、Diff、Lg、Ln、Exp、Abs、Square、Sqrt、Sine、Cosine、Tangent

解码

总线个数	2
解码类型	并行（标配）、RS232/UART（选配）、I2C（选配）、SPI（选配）、CAN（选配）、FlexRay（选配）
并行	将信源通道波形的采样数据归为一个并行的多通道总线并显示为一个单一的总线值
RS232/UART	将 TX 或/和 RX 信源通道的输入信号显示为总线
I2C	将 SDA 信源通道的输入信号显示为总线
SPI	将 MISO 或/和 MOSI 信源通道的输入信号显示为总线
CAN	将信源通道的输入信号（Rx、Tx、CAN_H、CAN_L 或差分）显示为总线
FlexRay	将信源通道的输入信号（BP、BM 或 RX/TX）显示为总线

显示

显示屏类型	9 英寸（229 mm）的 TFT 液晶显示器
显示分辨率	800 水平×RGB×480 垂直像素

显示色彩	160,000 色
余辉时间	最小值、50 ms、100 ms、200 ms、500 ms、1 s、2 s、5 s、10 s、20 s、无限
显示类型	点、矢量
实时时钟	时间及日期（用户可调）

接口

标准接口	双 USB HOST、USB DEVICE、LAN、VGA 输出、10 MHz 输入/输出、Aux 输出（触发输出、快沿、通过/失败、GND）
打印机兼容	PictBridge

一般技术规格

探头补偿器输出	
输出电压 ^[1]	约 3 V，峰峰值
频率 ^[1]	1 kHz
电源	
电源电压	100-127 V, 45-440 Hz 100-240 V, 45-65 Hz
功率	最大 120 W
保险丝	3 A, T 级, 250 V
环境	
温度范围	操作：0°C 至 +50°C 非操作：-40°C 至 +70°C
冷却方法	风扇强制冷却
湿度范围	0°C 至 +30°C：≤95% 相对湿度 +30°C 至 +40°C：≤75% 相对湿度 +40°C 至 +50°C：≤45% 相对湿度
海拔高度	操作：3 000 米以下 非操作：15 000 米以下
机械规格	
尺寸 ^[3]	宽×高×深 = 440.0 mm × 218.0 mm × 130.0 mm
重量	不含包装 | 4.8 kg ± 0.2 kg

	含包装	7.1 kg \pm 1.0 kg
调整间隔期		
建议校准间隔期为一年		
法规标准		
电磁兼容	2004/108/EC 执行标准EN 61326-1:2006; EN 61326-2-1:2006	
安全	UL 61010-1:2004; CAN/CSA-C22.2 NO. 61010-1-2004; EN 61010-1:2001; IEC 61010-1:2001	

注^[1]: 典型值。

注^[2]: 最大值。交织, 10 ns 水平时基, 输入幅度为 4 div、频率为 10 MHz 的正弦波信号, 边沿触发。

注^[3]: 撑脚及提手需收起, 包含旋钮高度, 不包含前保护罩。

第18章 附录

附录 A：附件和选件

	描述	订货号
型号	MSO4054 (500 MHz, 4+16 通道混合信号示波器)	MSO4054
	MSO4052 (500 MHz, 2+16 通道混合信号示波器)	MSO4052
	MSO4034 (350 MHz, 4+16 通道混合信号示波器)	MSO4034
	MSO4032 (350 MHz, 2+16 通道混合信号示波器)	MSO4032
	MSO4024 (200 MHz, 4+16 通道混合信号示波器)	MSO4024
	MSO4022 (200 MHz, 2+16 通道混合信号示波器)	MSO4022
	MSO4014 (100 MHz, 4+16 通道混合信号示波器)	MSO4014
	MSO4012 (100 MHz, 2+16 通道混合信号示波器)	MSO4012
	DS4054 (500 MHz, 4 模拟通道数字示波器)	DS4054
	DS4052 (500 MHz, 2 模拟通道数字示波器)	DS4052
	DS4034 (350 MHz, 4 模拟通道数字示波器)	DS4034
	DS4032 (350 MHz, 2 模拟通道数字示波器)	DS4032
	DS4024 (200 MHz, 4 模拟通道数字示波器)	DS4024
	DS4022 (200 MHz, 2 模拟通道数字示波器)	DS4022
	DS4014 (100 MHz, 4 模拟通道数字示波器)	DS4014
	DS4012 (100 MHz, 2 模拟通道数字示波器)	DS4012
标配附件	符合所在国标准的电源线	——
	前面板保护壳	FPC-DS4000
	USB 数据线	CB-USBA-USBB-FF-150
	2 或 4 套无源探头 (500 MHz)	RP3500A
	1 套逻辑分析通道探头 (仅 MSO4000 型号)	RPL2316
	快速指南 (纸质)	——
	资源光盘 (含用户手册和应用软件)	——
选配附件	有源差分探头 (1.5 GHz)	RP7150
	机架安装套件	RM-DS4000
	USB 转 GPIB 接口模块	USB-GPIB

	TekProbe 接口适配器	T2R1000
解码 选件	RS232/UART 解码套件	SD-RS232-DS4000
	I2C/SPI 解码套件	SD-I2C/SPI-DS4000
	CAN 解码套件	SD-CAN-DS4000
	FlexRay 解码套件	SD-FlexRay-DS4000
带宽 升级 选件 ^[1]	带宽由 200 MHz 升级至 350 MHz，适用于 MSO/DS402X 型号	BW2T3-MSO/DS4000
	带宽由 200 MHz 升级至 500 MHz，适用于 MSO/DS402X 型号	BW2T5-MSO/DS4000
	带宽由 350 MHz 升级至 500 MHz，适用于 MSO/DS403X 型号	BW3T5-MSO/DS4000

注^[1]：带宽升级选件仅适用于将指定的低带宽型号升级为相应的高带宽型号。

注意：所有附件和选件，请向当地的**RIGOL**办事处订购。

附录 B：保修概要

北京普源精电科技有限公司及其授权生产的苏州普源精电科技有限公司（**RIGOL Technologies, Inc.**）承诺其生产仪器的主机和附件，在产品保修期内无任何材料和工艺缺陷。

在保修期内，若产品被证明有缺陷，**RIGOL** 将为用户免费维修或更换。详细保修条例请参见 **RIGOL** 官方网站或产品保修卡的说明。欲获得维修服务或保修说明全文，请与 **RIGOL** 维修中心或各地办事处联系。

除本概要或其他适用的保修卡所提供的保证以外，**RIGOL** 公司不提供其他任何明示或暗示的保证，包括但不限于对产品可交易性和特殊用途适用性之任何暗示保证。在任何情况下，**RIGOL** 公司对间接的，特殊的或继起的损失不承担任何责任。

索引

- Aux 输出 14-14
- Blackman 6-6
- CAN 信号类型 8-22
- CSV 存储 13-3
- DHCP 14-4
- DNS 服务器地址 14-5
- FFT 6-5
- FlexRay 信号类型 8-26
- GPIO 14-7
- Hamming 6-6
- Hanning 6-6
- IP 地址 14-5
- MAC 14-3
- mDNS 14-6
- Rectangle 6-6
- Roll 时基模式 3-8
- USB 设备 14-7
- VISA 14-3
- X-Y 模式 6-46
- X-Y 时基模式 3-5
- X 光标 6-32
- Y-T 时基模式 3-4
- Y 光标 6-32
- 边沿类型 5-8, 5-16
- 标签颜色 7-10
- 表达式 6-14
- 波形存储 13-3
- 波形分析 11-10
- 波形回放 11-6
- 波形混淆 4-3
- 波形漏失 4-3
- 波形失真 4-2
- 波形显示类型 12-2
- 波形颜色 7-9
- 采样点 5-39
- 采样位置 8-22
- 菜单保持时间 12-4
- 参考波形 9-1
- 参考时钟 1-13, 14-15
- 测量历史 6-30
- 常开模式（录制常开） 11-5
- 超时模式 8-17
- 触发电平/阈值电平 5-3
- 触发方式 5-4
- 触发耦合 5-5
- 触发释抑 5-6
- 触发信源 5-2
- 窗函数 6-6
- 垂直档位 2-3
- 垂直扩展 2-12
- 垂直容限 10-4, 10-5
- 垂直位移 2-4
- 磁盘管理 13-9
- 存储深度 4-7
- 存储系统 13-2
- 错误帧数量 11-13
- 带宽限制 2-5
- 当前错误帧 11-14
- 当前帧差异 11-14
- 底端值 6-25
- 电源状态 14-13
- 顶端值 6-25
- 峰峰值 6-25
- 峰值检测 4-6
- 幅度值 6-25
- 负脉宽 6-22
- 负占空比 6-22
- 高级运算 6-13

- 光标测量 6-32
- 轨迹存储 13-3
- 轨迹模式 11-10
- 过冲 6-25
- 获取方式 4-4
- 基本运算 6-3
- 进制显示 8-4
- 静态 IP 14-4
- 抗混叠 4-8
- 空闲时间 5-17
- 快速测量 6-19
- 零点偏移 2-14, 7-9
- 录制模式 11-2
- 码型 5-25
- 脉冲极性 5-14
- 脉宽条件 5-11
- 慢扫描模式 3-4
- 门限 6-27
- 面积 6-26
- 片选模式 8-17
- 频率 6-22
- 频率计 6-31
- 平均值 6-25
- 屏幕区域模式 10-4
- 全部测量 6-30
- 上升时间 6-22
- 设置存储 13-3
- 失败即停 10-7
- 时间标签 11-9
- 事件表 8-4
- 视频标准 5-23
- 手动模式 6-33
- 数据包 8-8
- 数字滤波 6-8
- 数字总线 7-6
- 水平参考 3-10
- 水平容限 10-4, 10-5
- 水平时基（水平档位） 3-2
- 水平位移 3-3
- 探头补偿 1-11
- 通道标签 2-12, 7-8
- 通道耦合 2-4
- 通过/失败测试规则 10-3
- 通过测试模式 11-10
- 同步触发模式 5-22
- 统计功能 6-29
- 图像存储 13-3
- 外触发阻抗 14-14
- 网关 14-5
- 网络状态 14-3
- 下降时间 6-22
- 相位 6-23
- 相位差测量原理 3-6
- 校验错误 8-10
- 斜率条件 5-19
- 延迟 6-23
- 延迟扫描 3-9
- 一键测量 6-20
- 移除测量 6-29
- 有效值-1 6-25
- 有效值-N 6-25
- 余辉时间 12-2
- 预冲 6-25
- 运算符 6-15
- 运算公式 6-13
- 噪声抑制 5-6
- 正脉宽 6-22
- 正占空比 6-22
- 帧结束错误 8-11
- 周期 6-22
- 周期面积 6-26
- 追踪模式 6-41
- 子网掩码 14-6
- 自动 IP 14-4

自动模式.....	6-44	最大值	6-25
自校正.....	14-11	最小值	6-25
最大帧数.....	11-3		