



用户手册

DS1000CA 系列数字示波器

DS1302CA, DS1202CA, DS1102CA, DS1062CA

2009 年 12 月

RIGOL Technologies, Inc.

保证和声明

版权

© 2009 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。

声明

本公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利的保护。

本公司保留改变规格及价格的权利。

本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。

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，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。目前本产品已通过 CE、cTUVus 及 GOST 认证。

联系我们

如您在使用此产品的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

服务与支持热线：800 810 0002

网址：www.rigol.com

一般安全概要

了解下列安全性预防措施，以避免受伤，并防止损坏仪器或与其相连的任何产品。为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

只有经 RIGOL 授权的人员才能执行维修程序。

避免起火和人身伤害。

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。

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，需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。

请勿开盖操作。

外盖或面板打开时请勿运行本产品。

使用合适的保险丝。

请使用本产品指定类型和额定指标的保险丝。

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。

所有型号的骚扰试验符合 A 类标准，基于 EN 61326: 1997+A1+A2+A3 的标准，但是不符合 B 类标准。

测量类别

DS1000CA 系列数字示波器可在测量类别 **I** 下进行测量。

测量类别定义

测量类别 **I** 是在没有直接连接到主电源的电路上进行测量的。例如，对没有从主电源导出的电路，特别是对从没有受保护（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。

警告

IEC 测量类别。在 IEC 类别 I 安装条件下，可以将 HI 和 LO 输入终端连接到线电压最大值为 **300 VAC** 的电路接线端。为避免电击的危险，请不要将输入端连接到线电压超过 **300 VAC** 的电路。

瞬间过电压在与主电源隔离的电路中存在。**DS1000CA** 系列数字示波器的设计可安全地承受偶尔的最大 **500Vpk** 的瞬间过电压。请勿使用本仪器在瞬间过电压超过这个值的电路中测量。

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

指出可能会危害操作人员生命安全的条件和行为。



注意

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：

危险 表示您如果进行此操作可能会立即对您造成危害。

警告 表示您如果进行此操作可能会对您造成潜在的危害。

注意 表示您如果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



注意参阅手册



保护性接地端



壳体接地端



测量接地端

DS1000CA 系列数字示波器简介

本书说明涵盖下述 4 个型号的 DS1000CA 系列数字示波器：
DS1302CA、DS1202CA、DS1102CA、DS1062CA

DS1000CA 系列数字示波器性能优异、功能强大、易于操作，可帮助用户实现高品质的测量工作。

仪器提供高达 2GSa/s 实时采样、50GSa/s 等效采样、300MHz 带宽及 2000wfms/s 波形捕获率，能够快速精确捕获瞬息变化的波形。丰富的触发功能、数学运算功能及采样功能使其易于捕获和分析波形。为加速调整，便于测量，您也可以直接使用 **AUTO** 键，将立即获得适合的波形显示和档位设置。此外，仪器面板设计明晰，易于操作，符合传统仪器使用习惯，方便用户快速熟悉仪器操作。清晰的 LCD 屏幕、友好的显示界面、立体触感的按键设计大大提高了仪器的使用舒适度。

主要特色：

- 双模拟通道，每通道带宽
300MHz: DS1302CA
200MHz: DS1202CA
100MHz: DS1102CA
60MHz: DS1062CA
- 高清晰彩色/单色液晶显示系统，320×234 分辨率
- 支持即插即用 USB 存储设备
- 模拟通道的波形亮度可调
- 自动设置波形和状态信息 (**AUTO**)
- 波形、设置、位图和 CSV 文件存储以及波形和设置再现
- 精细的延迟扫描功能，轻易兼顾波形细节与概貌
- 自动测量 20 种波形参数
- 自动光标跟踪测量功能
- 独特的波形录制和回放功能
- 支持示波器快速校准功能
- 内嵌 FFT
- 实用的数字滤波器，包含 LPF, HPF, BPF, BRF
- Pass/Fail 检测功能，光电隔离的 Pass/Fail 输出端口
- 多重波形数学运算功能
- 边沿、视频、斜率、脉宽、交替触发功能
- 独一无二的可变触发灵敏度，适应不同场合下的特殊测量要求
- 多国语言菜单显示
- 弹出式菜单显示，用户操作更方便、直观
- 多国语言帮助信息显示
- 支持中英文输入

文档概述

第 1 章 初级操作指南

介绍仪器前面板及菜单，帮助用户快速掌握基本操作。

第 2 章 高级操作指南

提供详细说明，帮助用户深入了解产品功能和各项测量操作。

第 3 章 使用实例

运用实例，进一步介绍仪器的测量功能。

第 4 章 故障处理

提供常见故障及其处理方法，帮助用户快速解决问题。

第 5 章 性能指标

提供仪器技术规格标和一般技术规格。

第 6 章 附录

提供附件明细、保修概要、保养清洁及服务与支持等信息。

目 录

保证和声明	I
一般安全概要	II
DS1000CA 系列数字示波器简介	V
第 1 章 初级操作指南	1-1
一般性检查	1-2
前后面板及用户界面	1-3
功能检查	1-6
探头补偿	1-8
波形显示的自动设置	1-9
初步了解垂直系统	1-10
初步了解水平系统	1-12
初步了解触发系统	1-14
第 2 章 高级操作指南	2-1
设置垂直系统	2-2
通道设置	2-4
数学运算	2-13
参考波形	2-16
设置水平系统	2-23
延迟扫描	2-24
X-Y 方式	2-25
设置触发系统	2-26
边沿触发	2-27
脉宽触发	2-28
视频触发	2-29
斜率触发	2-31
交替触发	2-32
触发设置	2-35
触发释抑	2-36
设置采样系统	2-39
设置显示系统	2-43
存储和调出	2-45
辅助系统	2-52
接口设置	2-54
语言设置	2-55
通过测试	2-56
波形录制	2-60
打印设置	2-63
自校正	2-64

系统维护	2-65
参数设置	2-66
自动测量	2-68
电压参数的自动测量	2-72
时间参数的自动测量	2-73
光标测量	2-74
手动模式	2-75
追踪模式	2-77
自动测量模式	2-79
使用执行按钮	2-80
第 3 章 使用实例	3-1
例一：测量简单信号	3-1
例二：观察正弦波信号通过电路产生的延迟和畸变	3-2
例三：捕捉单次信号	3-3
例四：减少信号上的随机噪声	3-4
例五：应用光标测量	3-6
例六：X-Y 功能的应用	3-8
例七：视频信号触发	3-10
例八：使用光标测定 FFT 波形	3-12
例九：通过/失败测试	3-13
第 4 章 故障处理	4-1
第 5 章 性能指标	5-1
技术规格	5-2
一般技术规格	5-5
第 6 章 附录	6-1
附录 A：DS1000CA 系列数字示波器附件	6-1
附录 B：保修概要	6-2
附录 C：保养和清洁维护	6-3
索引	1

第 1 章 初级操作指南

本章主要阐述以下题目：

- 一般性检查
- 前后面板及用户界面
- 功能检查
- 探头补偿
- 波形显示的自动设置
- 初步了解垂直系统
- 初步了解水平系统
- 初步了解触发系统

一般性检查

当您得到一台崭新的 DS1000CA 系列数字示波器时，建议您按以下步骤对仪器进行检查。

1. 检查是否存在因运输造成的损坏。

请保留被损坏的货运包装或防震材料，直到货物经过完全检查且仪器通过电性和机械测试。

因运输造成的仪器损坏，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。

若有机械损坏或缺失，或者仪器未通过电性和机械测试，请告知您的**RIGOL**经销商。

3. 检查附件。

关于提供的附件明细，请参考“附录 A: DS1000CA 系列数字示波器附件”中的说明检查附件是否有缺失。

如果发现附件缺少或损坏，请和负责此业务的 **RIGOL** 经销商或 **RIGOL** 的当地办事处联系。

前后面板及用户界面

当您得到一台崭新的 DS1000CA 系列数字示波器时，需要对操作面板有一定的了解。本章将对仪器的前后面板做简单的介绍，使您在最短的时间内熟悉仪器的使用。

前面板

DS1000CA 系列数字示波器前面板设计简单明晰，功能菜单区、运行控制区、触发控制区、水平控制区和垂直控制区独立分布，易于操作。

其中，LCD 显示屏右侧一列 5 个灰色的菜单键（自上而下定义为 1 号至 5 号）用于切换当前菜单选项。其他按键均为功能键，通过它们，可进入不同的功能菜单或直接获得特定的功能应用。此外，多功能旋钮用于调节波形亮度或切换菜单选项，其他旋钮则用于调节波形的位移或电压档位、时间档位等。

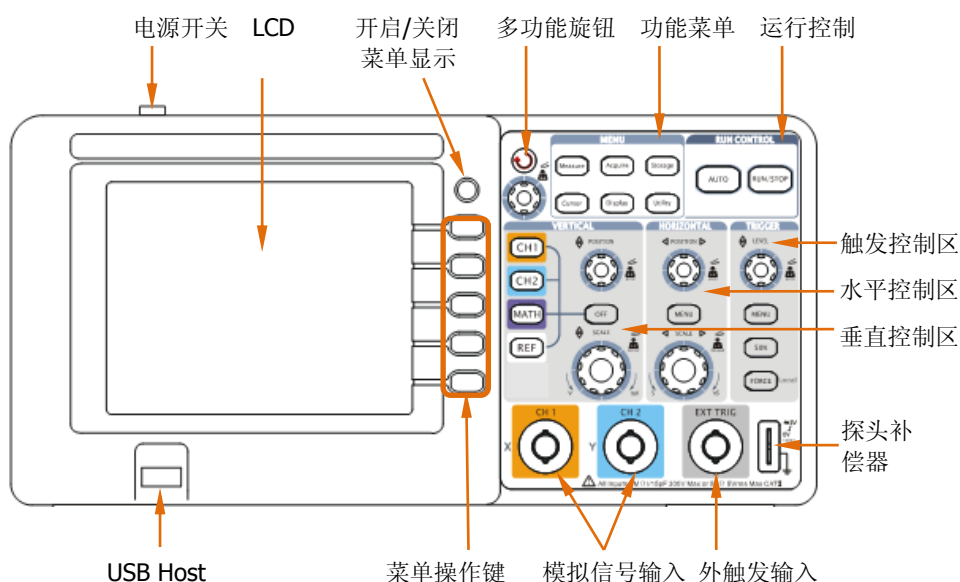


图 1-1 DS1000CA 系列数字示波器前面板

前面板接口

USB Host: 示波器作为“主设备”与外部 USB 设备连接时使用该接口，如连接 U 盘。

信号输入: 仪器提供双模拟信号输入通道：CH1 和 CH2。

外触发输入: 外部触发信号可通过该接口输入。

后面板

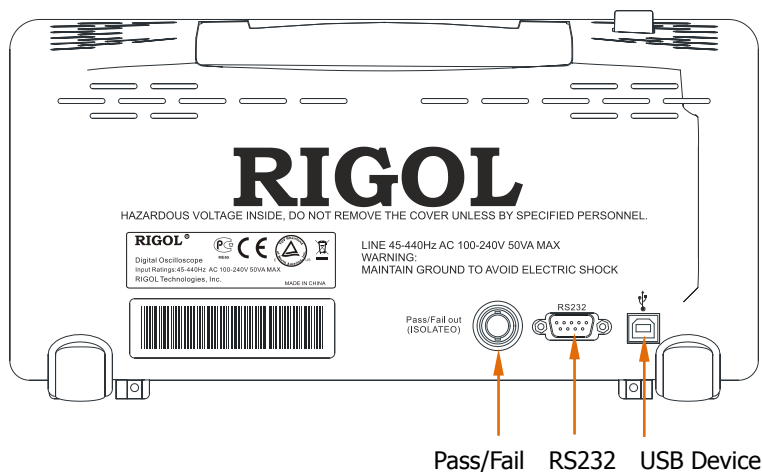


图 1-2 DS1000CA 系列数字示波器后面板

后面板接口

Pass/Fail 输出:

通过/失败测试的检测结果可通过光电隔离的 Pass/Fail 端口输出。

RS232:

为示波器与外部设备的连接提供串行接口。

USB Device:

示波器作为“从设备”与外部 USB 设备连接时使用该接口，如连接 PC 进行远程控制。

本书约定:

- 本书对于按键的文字表示与面板上按键的标识相同。
- 值得注意的是，各功能键的标识用四方框包围的文字所表示，如 **Measure**，代表前面板上的“Measure”功能键；
- 标识为⊙的多功能旋钮，用(↻)表示；
- 两个标识为 POSITION 的旋钮，用⊙POSITION表示；
- 两个标识为 SCALE 的旋钮，用⊙SCALE表示；
- 标识为 LEVEL 的旋钮，用⊙LEVEL表示；
- 菜单操作键的标识用带阴影的文字表示，如 **波形存储**，表示存储菜单中的“波形存储”选项。
- 操作步骤用箭头“→”分隔。例如：按 **Storage** → **存储类型**，表示按下前面板的“Storage”功能键，再按“存储类型”菜单。

用户界面

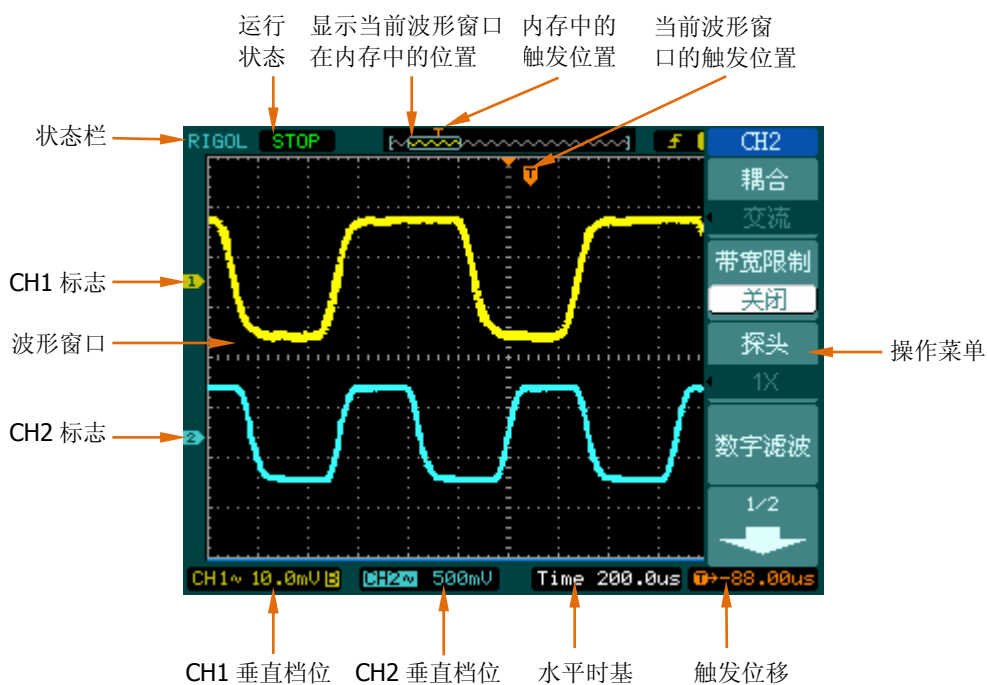


图 1-3 用户界面

功能检查

做一次快速的功能检查，以核实本仪器运行是否正常。请按如下步骤进行：

1. 仪器通电

将随机附带的电源线一端与仪器相连，另一端连接至交流电中（电源线的供电电压为 $100\sim 240\text{VAC}_{\text{RMS}}$ ，频率为 $45\sim 440\text{Hz}$ ）。按下仪器顶部的电源开关，使仪器通电。仪器将自动完成自检并显示开机画面。

2. 调出出厂设置

按 **Storage** → 存储类型 → 出厂设置 → 调出，调出出厂设置。

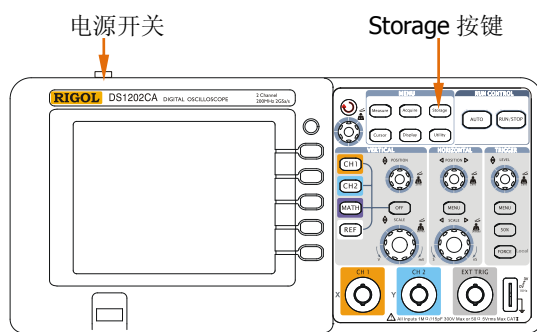


图 1-4 调出出厂设置



警告

为避免电击，请确认示波器已经正确接地。

3. 接入信号

- 将探头连接器的 BNC 接头垂直插入 CH1 同轴电缆插接件（BNC）接口，向右旋转拧紧，并调整探头上的衰减系数为 10X。

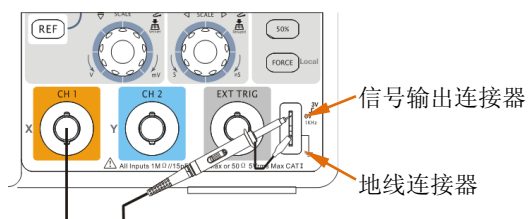


图 1-5 探头连接

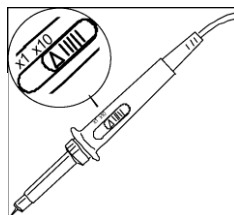


图 1-6 探头调节

- 按照 **CH1** → **探头** → **10X** 设定示波器的探头衰减系数。此系数将改变仪器的垂直档位比例，从而确保测量结果能够正确反映被测信号的电平。（默认的探头菜单衰减系数设定值为 **1X**。）
- 将探针与探头补偿器的信号输出连接器相连，基准导线夹与探头补偿器的地线连接器相连。按下 **AUTO** 键，几秒钟后，可看到方波显示（**1kHz**，峰峰值约 **3V**）。
- 用同样的方法检查通道 2（CH2）。按 **OFF** 键或再次按下 **CH1** 键可关闭 CH1，按 **CH2** 键打开 CH2，重复上述步骤。

探头补偿

首次将探头与任一输入通道连接时，需要进行此项调节，使探头与输入通道相配。未经补偿或补偿偏差会导致测量误差或错误。调整探头补偿，请按如下步骤进行：

1. 将仪器的探头菜单衰减系数及探头上的开关均设定为 **10X**，并将示波器探头与 **CH1** 连接。若使用探头钩形头，应确保探头与 **CH1** 接触紧密。
2. 将探针与探头补偿器的信号输出连接器相连，基准导线夹与探头补偿器的地线连接器相连，打开 **CH1**，按下 **AUTO** 键，几秒钟后，可看到方波显示。
3. 检查显示波形的形状，确定探头补偿是否正确。

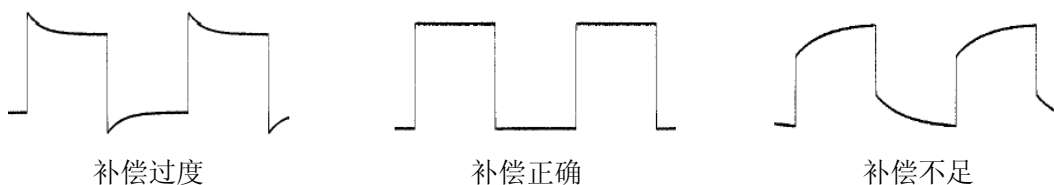


图 1-7 补偿波形

4. 如必要，用非金属质地的改锥调整探头上的可变电容，直到屏幕显示的波形如上图“补偿正确”。
5. 必要时，重复步骤。



警告

为避免发生电击，使用探头时，请确保其绝缘导线完好。连接高压源时切勿接触探头的金属部分。

波形显示的自动设置

DS1000CA 系列数字示波器具有波形显示自动设置功能。可根据输入信号，自动调整电压倍率、时基、以及触发方式等参数，从而达到最好的形态显示。应用自动设置，要求被测信号的频率大于或等于 50Hz，占空比大于 1%。使用自动设置功能，请按如下步骤进行：

1. 将被测信号连接至信号输入通道。
2. 按下 **AUTO** 键。

示波器将自动设置垂直、水平和触发控制。如需要，可手动调整这些控制使波形显示达到最佳。

初步了解垂直系统

如下图所示，垂直控制区（**VERTICAL**）设有一系列的按键和旋钮，用于设置 CH1、CH2、数学运算功能、参考波形功能，调节波形显示的垂直位置和垂直档位“Volts/div（伏/格）”。

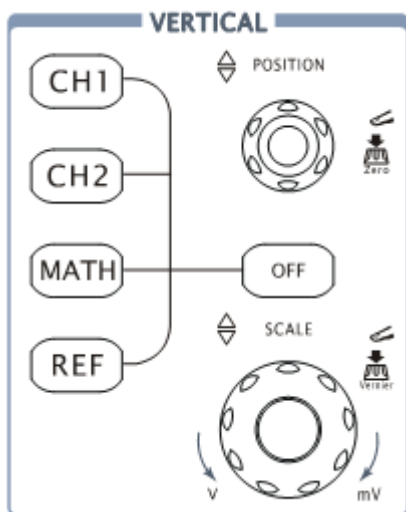


图 1-8 垂直控制区

下面的练习将逐步引导您熟悉垂直系统的使用。


1. 按 **CH1**、**CH2**、**MATH**、**REF**，屏幕将显示对应通道的操作菜单、标志、波形和档位状态信息。按 **OFF** 按键关闭当前选择的通道。
2. 垂直 **POSITION** 旋钮用于控制波形显示的垂直位置。
转动 **POSITION**，当前波形将上下移动，界面左下角的位移标识也将实时变化，显示当前波形所处的垂直位置。



测量技巧

如果通道耦合方式为 **DC**，您可以通过观察波形与信号地之间的差距来快速测量信号的直流分量。


如果耦合方式为 **AC**，信号里面的直流分量被滤除。这种方式方便您用更高的灵敏度显示信号的交流分量。

双模拟通道垂直位置恢复到零点快捷键

转动垂直  POSITION 旋钮不但可以改变波形的垂直显示位置，更可以通过按下该旋钮作为设置波形垂直显示位置恢复到零点的快捷键。

3. 垂直  SCALE 旋钮用于改变垂直档位“Volts/div（伏/格）”设置。
转动  SCALE，界面下方将实时显示对应波形显示的档位变化。档位调节分为粗调和微调。

Coarse/Fine（粗调/微调）快捷键

转动  SCALE 旋钮不但可以改变垂直档位，更可以通过按下该旋钮作为设置输入通道的粗调/微调状态的快捷键。

初步了解水平系统

如下图所示，水平控制区（**HORIZONTAL**）设有一个按键和两个旋钮，用于设置水平参数及水平时基，调节波形显示的水平位置。

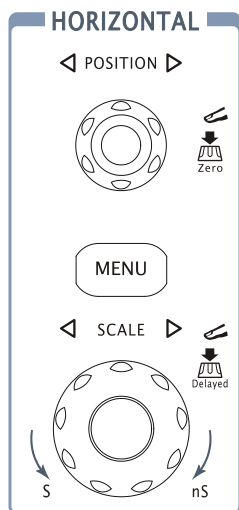


图 1-9 水平控制区

下面的练习逐渐引导您熟悉水平系统的使用。

1. 水平 **POSITION** 旋钮用于控制波形显示的水平位置。
转动 **POSITION**，当前波形将左右移动，界面左下角的位移标识也将实时变化，显示当前波形所处的水平位置。



水平位移恢复到零点快捷键

转动水平 **POSITION** 旋钮不但可以改变波形的水平显示位置，更可以通过按下该旋钮作为设置波形水平显示位置恢复到零点的快捷键。当触发点偏离屏幕中心时，可通过此快捷键迅速恢复触发点至 **0**。

2. 按下 **MENU** 键，显示 **Time** 菜单，可设置延迟扫描功能的开关状态、时基模式及触发位移。


名词解释

触发位移: 指实际触发点相对于存储器中点的位置。转动水平 **POSITION** 旋钮，可水平移动触发点。

3. 水平  SCALE 旋钮用于改变水平档位 “s/div (秒/格)” 设置。
转动  SCALE，界面下方的状态栏将实时显示对应波形显示的档位变化。水平扫描速度从 2ns * 至 50s，以 1—2—5 的形式步进。

注*：示波器型号不同，其水平扫描速度也有差别。

Delayed (延迟扫描) 快捷键

转动  SCALE 旋钮不但可以调整 “s/div (秒/格)”，更可以通过按下该旋钮作为切换延迟扫描状态的快捷键。

初步了解触发系统

如下图所示，触发控制区（**TRIGGER**）设有一个旋钮和三个按键，用于设置触发电平、触发参数、强制触发等。

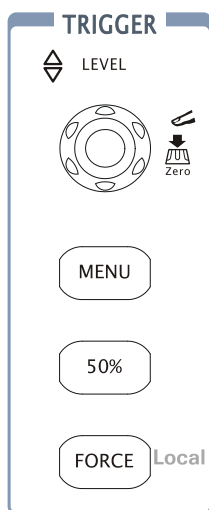


图 1-10 触发控制区

下面的练习逐渐引导您熟悉触发系统的设置。

1. **LEVEL** 旋钮用于改变触发电平的设置。

转动 **LEVEL** 旋钮，屏幕上将出现一条桔红色的触发线以及触发标志，随旋钮转动而上下移动，屏幕右上角的触发电平值也将随之发生改变。停止转动旋钮，此触发线和触发标志会在约 5 秒后消失。


触发电平恢复到零点快捷键

转动 **LEVEL** 旋钮不但可以改变触发电平值，更可以通过按下该旋钮作为设置触发电平恢复到零点的快捷键。

2. 按下 **MENU** 键，调出触发操作菜单（见下图），改变触发设置，观察由此造成的状态变化。

图 1-11



- 按 1 号菜单键，选择 边沿触发
- 按 2 号菜单键，选择 信源选择 为 CH1
- 按 3 号菜单键，设置 边沿类型 为 
- 按 4 号菜单键，设置 触发方式 为 自动
- 按 5 号菜单键，进入 触发设置 二级菜单，对触发的耦合方式，触发灵敏度和触发释抑时间进行设置。

注：改变前三项的设置会导致屏幕右上角状态栏的变化。

- 按下 **50%** 键，设定触发电平至触发信号幅值的垂直中点。
- 按下 **FORCE** 键，在“普通”和“单次”触发模式下，强制产生一个触发信号。






本地/远程模式切换

仪器处于远程操作模式，按下 **FORCE** 键可切换到本地操作模式。

第 2 章 高级操作指南

到目前为止，您已经熟悉了 DS1000CA 系列数字示波器的垂直控制区（VERTICAL）、水平控制区（HORIZONTAL）和触发控制区（TRIGGER）的基本操作，以及前面板各功能区的按键和旋钮的作用。通过前一章的介绍，用户应该熟悉通过状态栏来观察示波器设置和状态的变化。如果您还没有熟悉上述的操作和方法，建议您阅读第一章。

本章主要阐述以下题目：

- 设置垂直系统（CH1、CH2、MATH、REF、OFF、垂直  POSITION、垂直  SCALE）
- 设置水平系统（MENU、水平  POSITION、水平  SCALE）
- 设置触发系统（ LEVEL、MENU、50%、FORCE）
- 设置采样系统（Acquire）
- 设置显示系统（Display）
- 存储和调出（Storage）
- 辅助系统（Utility）
- 自动测量（Measure）
- 光标测量（Cursor）
- 使用执行按钮（AUTO、RUN/STOP）

建议您详细阅读本章，以便了解DS1000CA系列数字示波器多样的测量功能和其它操作方法。

设置垂直系统






仪器垂直控制区提供两个模拟信号输入通道 CH1 和 CH2。期望打开或选择某一通道时，只需按下其对应的通道按键。按键灯亮说明该通道已被激活，若希望关闭某个通道，再次按下该通道按键，灯灭即可。若通道当前处于选中状态，按下 **OFF** 按键也可将其关闭。

表 2-1 通道操作状态说明

通道类型	通道状态	状态标志
通道 1（CH1）	打开 当前选中 关闭	CH1（黑底黄字） CH1（黄底黑字） 无状态标志
通道 2（CH2）	打开 当前选中 关闭	CH2（黑底蓝字） CH2（蓝底黑字） 无状态标志
数学运算（MATH）	打开 当前选中 关闭	MATH（黑底紫字） MATH（紫底黑字） 无状态标志

由于数学运算（MATH）和参考波形功能（REF）的操作也是按照通道等同处理的，因此，使用 MATH 和 REF 时，也可以理解为是在处理相对独立的通道。

旋钮说明

1. 垂直  **POSITION** 旋钮用于调整所有通道（包括 **MATH** 和 **REF**）波形的垂直位置。该控制钮的解析度随着垂直档位的变化而变化，按下此旋钮，可使选中通道的位移立即回零。
2. 垂直  **SCALE** 旋钮用于调整所有通道（包括 **MATH** 和 **REF**）波形的垂直分辨率。粗调是以 1—2—5 方式确定垂直档位灵敏度。顺时针增大，逆时针减小垂直灵敏度。微调是在当前档位的基础上进一步调节波形显示幅度。同样，顺时针增大，逆时针减小显示幅度。粗调、微调可通过按下垂直  **SCALE** 旋钮切换。
3. 需要调整的通道（包括 **MATH** 和 **REF**）只有处于选中的状态（见上节所述），垂直  **POSITION** 和垂直  **SCALE** 旋钮才能调节其通道。**REF**（参考波形）的垂直档位调整对应其存储位置的波形设置。
4. 调整通道波形的垂直位置时，屏幕在左下角显示垂直位置信息。例如：
POS: 32.4mV，显示的文字颜色与通道波形的颜色相同，以“V”（伏）为单位。

通道设置

DS1000CA 系列数字示波器提供两个独立控制的模拟输入通道：CH1 和 CH2。每个通道设有独立的垂直菜单。每个项目都按不同的通道单独设置。

模拟通道设置菜单相同，以 CH1 为例：按下 **CH1** 键，打开设置菜单，如下图所示：

图 2-1



表 2-2 通道设置功能菜单

功能菜单	设定	说明
耦合	交流 直流 接地	阻挡输入信号的直流成分 通过输入信号的交流和直流成分 断开输入信号
带宽限制	打开 关闭	限制带宽至 20MHz，以减少显示噪音 满带宽
探头	1X 5X 10X 50X 100X 500X 1000X	根据探头衰减系数，选择仪器探头比例值，以确保测量结果正确反映被测信号的电平
数字滤波		设置数字滤波（见表 2-5）
 (下一页)	1/2	进入下一页菜单（下同，不再赘述）

图 2-2



表 2-3 通道设置功能菜单

 (上一页)	2/2	返回上一页菜单（下同，不再赘述）
档位调节	粗调 微调	粗调按 1—2—5 步进设定垂直档位 微调则在粗调设置范围之间进一步细分，以改善垂直分辨率
反相	打开 关闭	打开波形反相功能 波形正常显示
单位	V、A、 W、U	设定通道单位
输入	1MΩ 50Ω*	设置通道的输入阻抗为 1MΩ 或 50Ω

注*：该设置仅适于 DS1202CA 和 DS1302CA。

1. 通道耦合设置

以 CH1 为例，被测信号为一含有直流偏置的正弦信号。

按 **CH1** → **耦合** → **交流**，设置 CH1 为交流耦合方式。此时，被测信号含有的直流分量被阻隔。波形显示如下图所示。

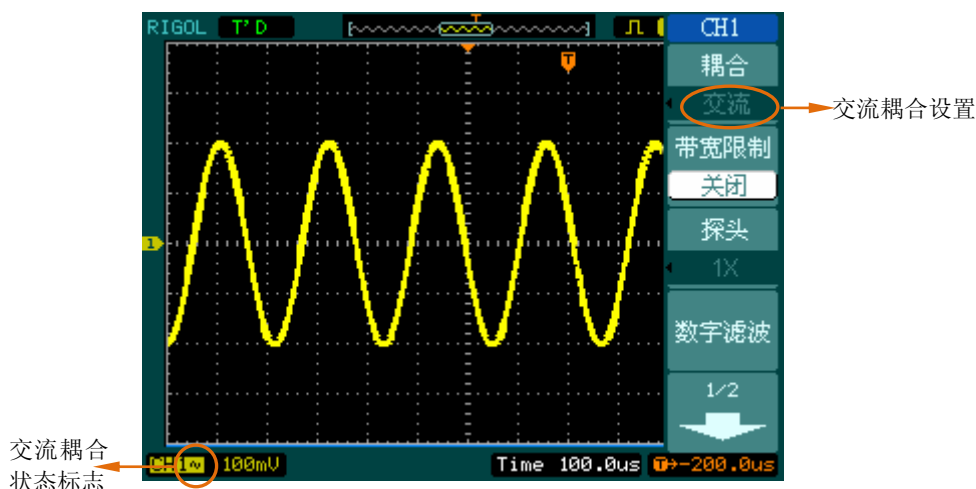


图 2-3 交流耦合设置

按 **CH1** → **耦合** → **直流**，设置为直流耦合方式。此时，被测信号含有的直流分量和交流分量都可以通过。波形显示如下图所示。

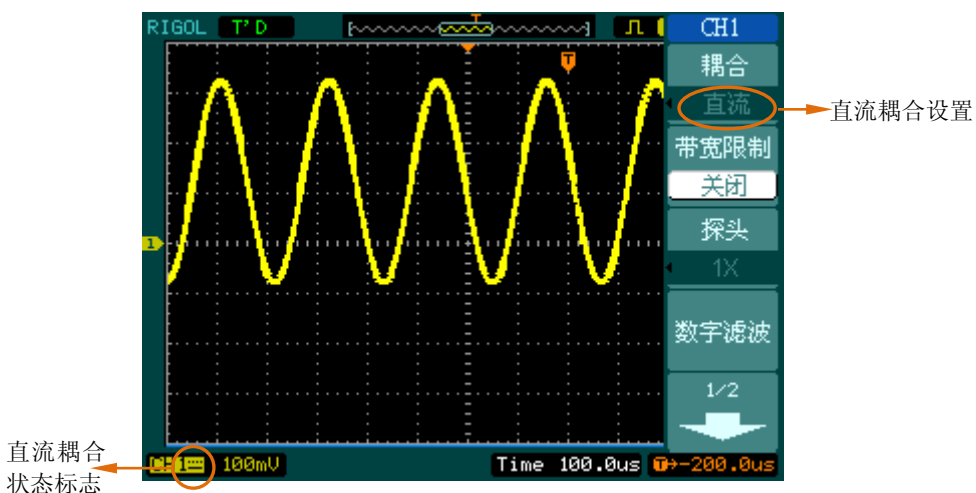


图 2-4 直流耦合设置

按 **CH1** → **耦合** → **接地**，设置为接地方式。此时，被测信号含有的直流分量和交流分量都被阻隔。波形显示如下图所示。



图 2-5 接地耦合设置

2. 通道带宽限制设置

以 CH1 为例，被测信号是一含有高频振荡的脉冲信号。

按 **CH1** → **带宽限制** → **关闭**，设置带宽限制为关闭状态。此时，被测信号含有的高频分量可以通过。波形显示如下图所示。

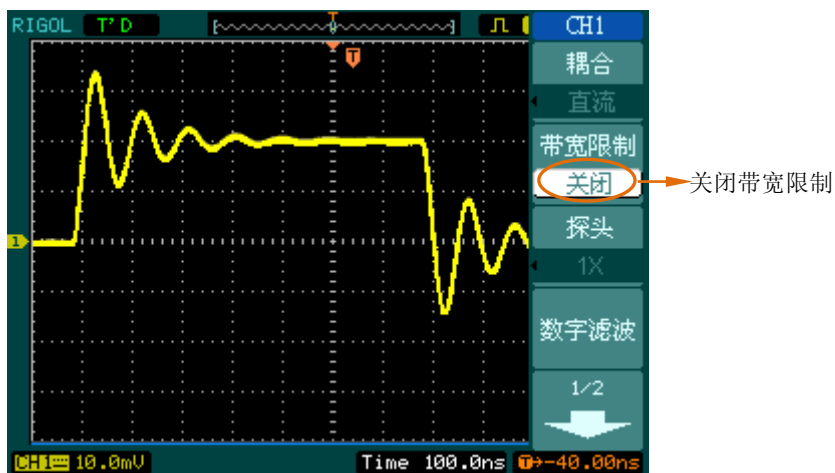


图 2-6 关闭带宽限制

按 **CH1** → **带宽限制** → **打开**，设置带宽限制为打开状态。此时，被测信号含有的大于 20MHz 的高频分量被阻隔。波形显示如下图所示。

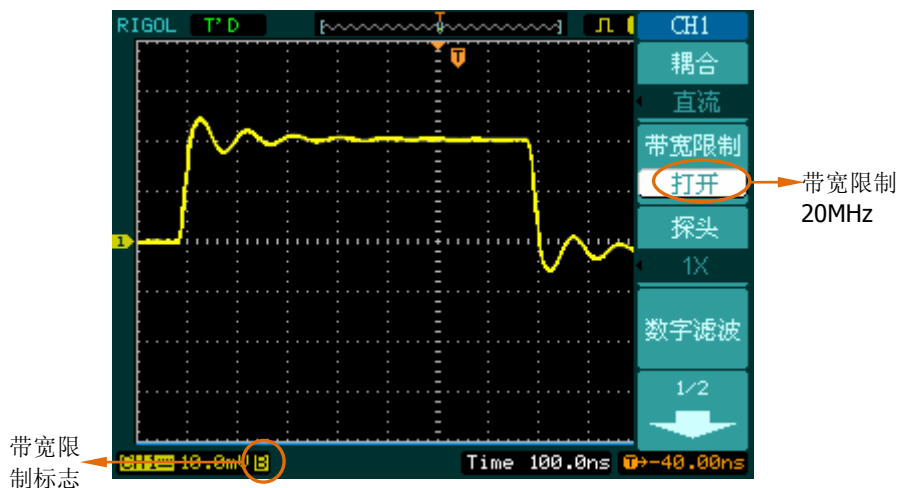


图 2-7 打开带宽限制

3. 探头衰减比例设置

为了配合探头的衰减系数，需要在通道操作菜单中调整相应的探头衰减系数。如探头衰减系数为 10:1，示波器的探头菜单也应设置成 10X，以避免显示的档位信息和测量的数据发生错误。

下图所示为应用 1000:1 探头时的设置及垂直档位的状态显示。

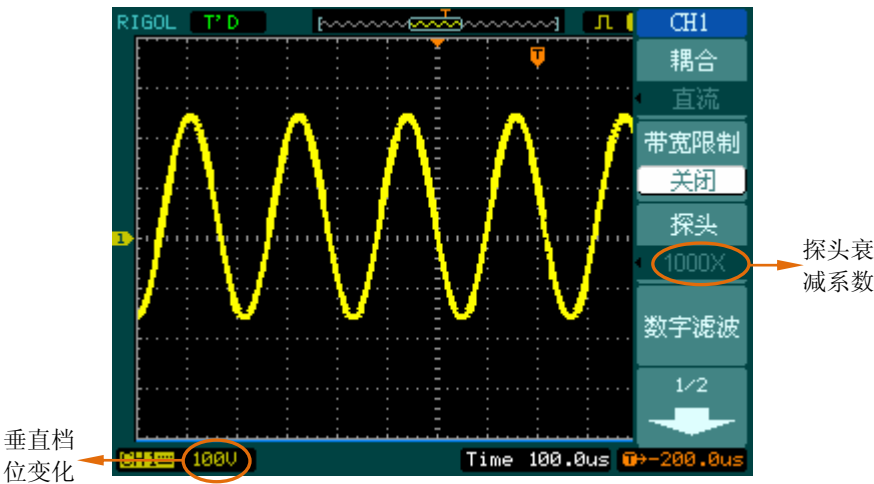


图 2-8 设置探头衰减系数

表 2-4 探头衰减系数

探头衰减系数	对应菜单设置
1:1	1X
5:1	5X
10:1	10X
50:1	50X
100:1	100X
500:1	500X
1000:1	1000X

4. 数字滤波设置

按 **CH1** → 数字滤波，系统显示 Filter 数字滤波功能菜单，如下图所示。

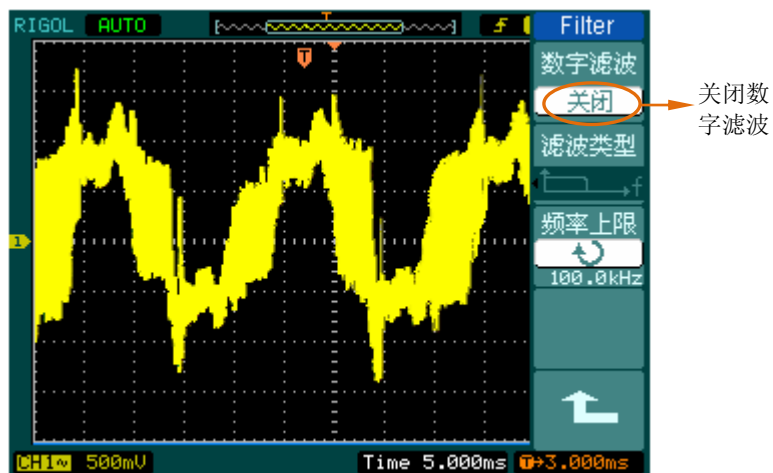


图 2-9 关闭数字滤波

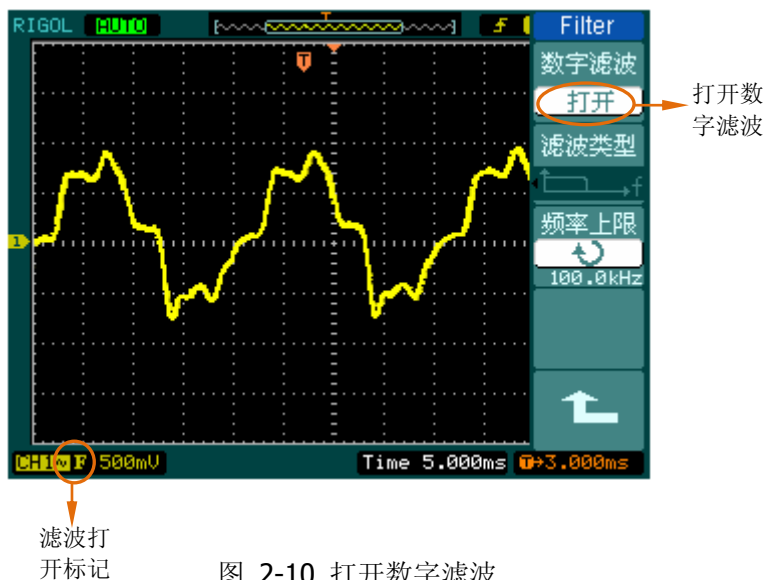


图 2-10 打开数字滤波


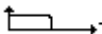
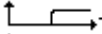

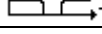





转动多功能旋钮（）设置滤波类型、频率上限和下限，以设定滤波器的带宽范围，说明参见表 2-5。

图 2-11 表 2-5 数字滤波功能菜单说明



功能菜单	设定	说明
数字滤波	关闭 打开	关闭数字滤波器 打开数字滤波器
滤波类型	 f  f  f  f	设置滤波器为低通滤波 设置滤波器为高通滤波 设置滤波器为带通滤波 设置滤波器为带阻滤波
频率上限	 <频率上限>	多功能旋钮（  ）设置频率上限
频率下限	 <频率下限>	多功能旋钮（  ）设置频率下限
		返回上一级菜单（下同，不再赘述）

5. 档位调节设置

垂直档位调节分为粗调和微调两种模式。档位的调节范围为 $1\text{mV/div} \sim 10\text{V/div}$ 。其中，粗调是以 1—2—5 方式调节垂直档位，即以 1mV/div 、 2mV/div 、 5mV/div 、 10mV/div 10V/div 方式步进。

微调是指在当前垂直档位范围内进一步调整。如果输入的波形幅度在当前档位略大于满刻度，而应用下一档位波形显示幅度稍低，可以应用微调改善波形显示幅度，以利于观察信号细节。

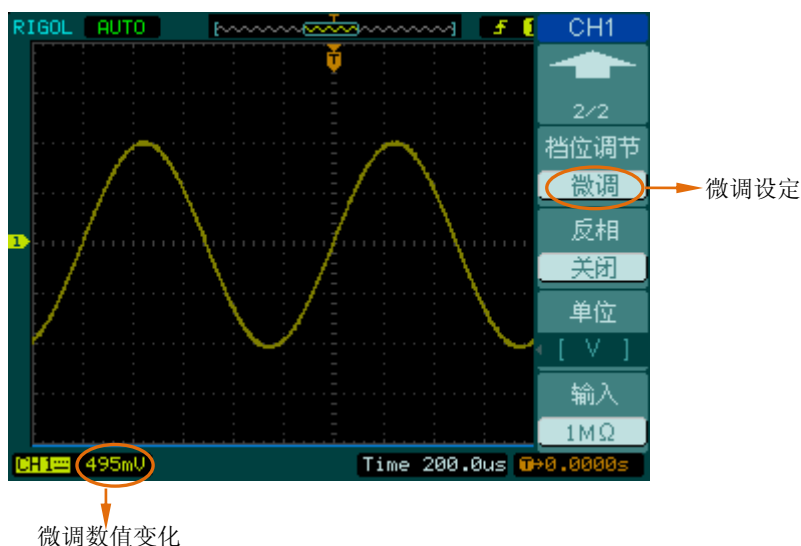


图 2-12 微调设置

操作技巧

切换粗调/微调不但可以通过此菜单操作，更可以通过按下垂直 **SCALE** 旋钮作为设置输入通道的粗调/微调状态的快捷键。

6. 波形反相设置

波形反相：显示的信号相对地电位翻转 180 度。

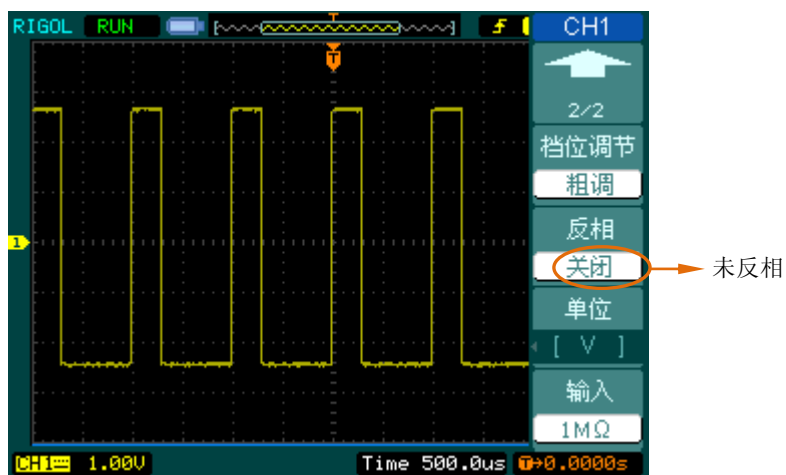


图 2-13 未反相的波形

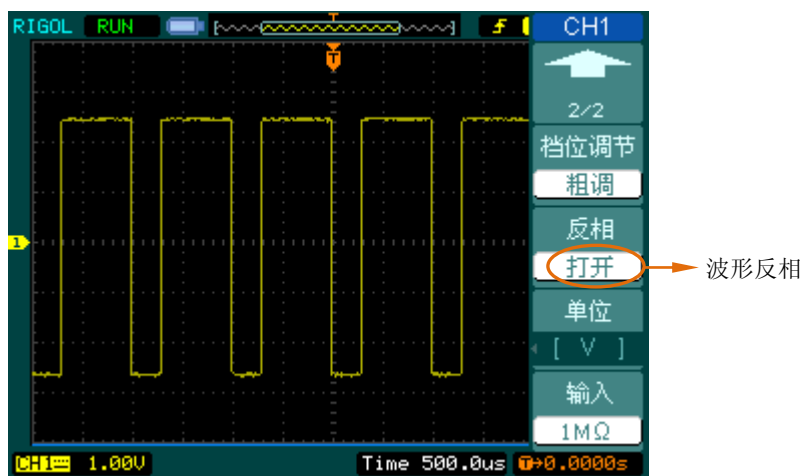


图 2-14 反相的波形

数学运算

数学运算（MATH）功能可显示 CH1 和 CH2 波形相加、相减、相乘以及 FFT 运算的结果。其结果同样可以通过栅格或游标进行测量。

按 **MATH** 键，弹出数学运算菜单，屏幕左下方同时出现“Math”标识。下图所示波形中，黄色为 CH1 波形，蓝色为 CH2 波形，紫色为通道波形相加后的结果。

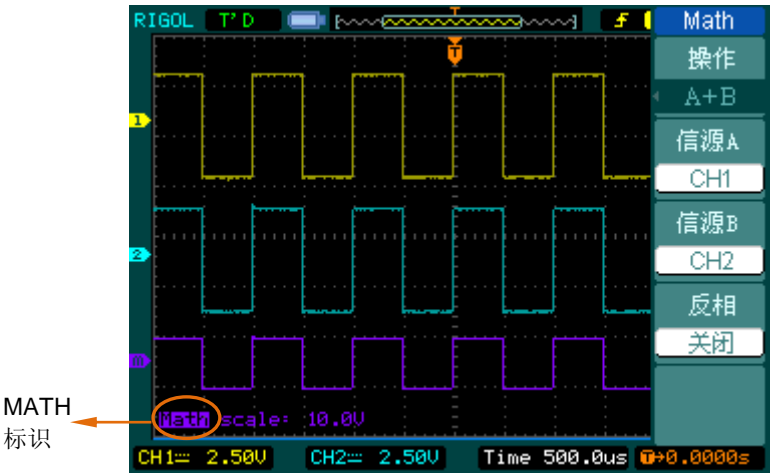


图 2-15 数学运算功能

图 2-16

表 2-6 数学运算功能菜单说明

Math
操作
A+B
信源 A
CH1
信源 B
CH2
反相
关闭

功能菜单	设定	说明
操作	A+B	信源 A 与信源 B 波形相加
	A-B	信源 A 波形减去信源 B 波形
	A×B	信源 A 与信源 B 波形相乘
	FFT	FFT 数学运算
信源 A	CH1	设定信源 A 为 CH1 通道波形
	CH2	设定信源 A 为 CH2 通道波形
信源 B	CH1	设定信源 B 为 CH1 通道波形
	CH2	设定信源 B 为 CH2 通道波形
反相	打开	打开数学运算波形反相功能
	关闭	关闭数学运算波形反相功能

1. FFT 频谱分析

FFT（快速傅立叶变换）数学运算可将时域（YT）信号转换成频域信号。使用 FFT 可以方便地观察下列类型的信号：

- 测量系统中谐波含量和失真
- 直流中的噪声特性
- 分析振动

按 **MATH** → **操作** → **FFT**，进入 FFT 设置菜单：

图 2-17 表 2-7 FFT 频谱分析功能菜单说明

	功能菜单	设定	说明
	操作	A+B A-B A×B FFT	信源 A 与信源 B 波形相加 信源 A 波形减去信源 B 波形 信源 A 与信源 B 波形相乘 FFT 数学运算
	信源选择	CH1 CH2	设定 CH1 为运算波形 设定 CH2 为运算波形
	窗函数	Rectangle Hanning Hamming Blackman	设定 Rectangle 窗函数 设定 Hanning 窗函数 设定 Hamming 窗函数 设定 Blackman 窗函数
	显示	分屏 全屏	半屏显示 FFT 波形 全屏显示 FFT 波形
	垂直刻度	V _{RMS} dBV _{RMS}	设定以 V _{RMS} 为垂直刻度单位 设定以 dBV _{RMS} 为垂直刻度单位

FFT 操作技巧

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。为减少直流成分可以选择 **交流** 耦合方式。

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，可设置示波器的获取模式为 **平均获取** 方式。

如果在一个大的动态范围内显示 FFT 波形，建议使用 **dBV_{RMS}** 垂直刻度。**dB** 刻度应用对数方式显示垂直幅度大小。

2. 选择 FFT 窗口

在假设 YT 波形是不断重复的条件下，示波器对有限长度的时间记录，并进行 FFT 变换。这样，当周期为整数时，YT 波形在开始和结束处波形的幅值相同，波形不会产生中断。但是，若 YT 波形的周期为非整数时，就会引起波形开始和结束处的波形幅值不同，从而使连接处产生高频瞬态中断。在频域中，这种效应称为泄漏。因此，为避免泄漏的产生，在原波形上需乘以一个窗函数，强制波形开始和结束处的幅值为 0。

DS1000CA 提供 4 种 FFT 窗函数，每种窗函数的特点及适合测量的波形不同。需根据所测量的波形及其特点进行选择，参见下表：

表 2-8 FFT 窗函数菜单说明

FFT 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。 频率非常相近的等幅正弦波。 具有变化较缓慢波谱的宽带随机噪声。
Hanning	与矩形窗相比： 具有较好的频率分辨率 较差的幅度分辨率	正弦、周期和窄带随机噪声。
Hamming	Hamming 窗的频率分辨率稍好于 Hanning 窗。	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 最差的频率分辨率	单频信号，寻找更高次谐波。

名词解释

FFT 分辨率：定义为采样率与运算点的商。当运算点数固定时，采样率越低，FFT 分辨率就越好。

奈奎斯特频率：对最高频率量为 F 的波形，必须使用至少 $2F$ 的采样率才能重建原波形。它也被称为奈奎斯特判则，这里， F 是奈奎斯特频率，而 $2F$ 是奈奎斯特率。

参考波形


实际测试过程中，使用 DS1000CA 示波器测量观察有关组件的波形时，可以通过比较所测波形和参考波形样板，从而判断故障原因。此方法在具有详尽电路工作点参考波形条件下尤为适用。

按 **REF** 键，弹出参考波形菜单。存储位置不同，菜单显示也不同，如下图所示：

图 2-18 表 2-9 选择内部存储位置时

	功能菜单	设定	说明
	信源选择	CH1 CH2 MATH/FFT	选择 CH1 作为参考通道 选择 CH2 作为参考通道 选择 MATH/FFT 作为参考通道
	存储位置	内部 外部	选择内部存储位置 选择外部存储位置
	保存		将 REF 波形保存到内部存储区
	导入/导出		进入导入/导出菜单（见表 2-11）
	复位		复位 REF 波形

图 2-19 表 2-10 选择外部存储位置时

	功能菜单	设定	说明
	信源选择	CH1 CH2 MATH/FFT	选择 CH1 作为参考通道 选择 CH2 作为参考通道 选择 MATH/FFT 作为参考通道
	存储位置	内部 外部	选择内部存储位置 选择外部存储位置
	保存		将 REF 波形保存到外部存储区
	导入		进入导入菜单（见表 2-15）
	复位		复位 REF 波形

1. 导入/导出操作

接入外部存储器，并选择内部存储位置后，按 **REF** → **导入/导出**，进入下图所示界面。



图 2-20 导入/导出界面

图 2-21

表 2-11 导入/导出菜单说明



功能菜单	设定	说明
浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
导出		将用户保存到内部存储区的 REF 文件导出到外部存储器中(见表 2-12)
导入		将外部存储器中的 REF 文件导入到仪器内部存储区
删除文件		删除选定的文件

2. 导出操作

接入外部存储器，并选择内部存储位置后，按 **REF** → **导入/导出** → **导出**，进入下图所示界面。



图 2-22 导出界面

图 2-23

表 2-12 导出菜单说明



功能菜单	设定	说明
↑		文件名称的输入焦点向上移动
↓		文件名称的输入焦点向下移动
X		删除文件名称字符串或拼音字符串（中文输入）中高亮显示的字符
保存		执行导出文件操作

3. 保存到外部存储区操作

接入外部存储器，并选择外部存储位置后，按 **REF** → **保存**，进入下图所示界面。



图 2-24 保存界面

图 2-25

表 2-13 保存菜单说明



功能菜单	设定	说明
浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
新建文件（目录）		文件系统焦点在路径和文件时，该键用来新建文件，否则为新建目录操作
删除文件		删除用户选定文件

4. 新建文件（文件夹）操作

接入外部存储器，并选择外部存储位置后，按 **REF** → **保存** → **新建文件**（或 **新建目录**），进入新建文件设置/新建目录设置界面。

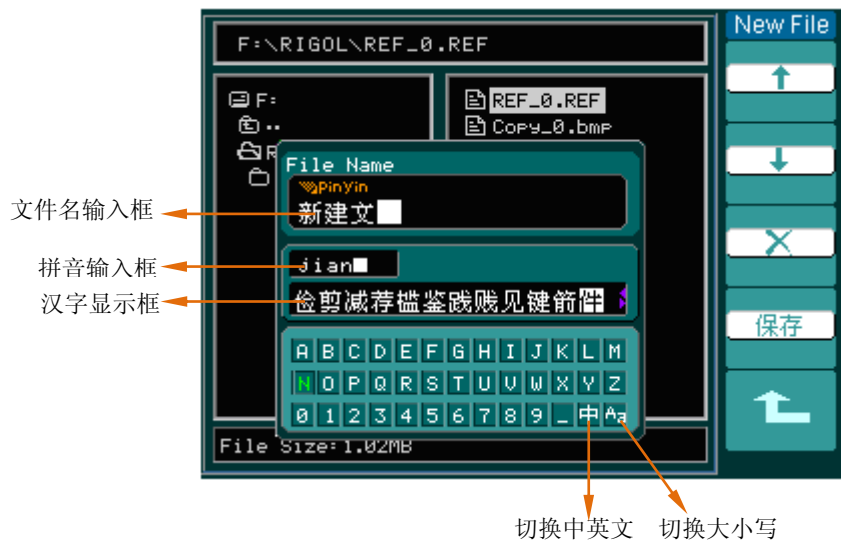


图 2-26 新建文件设置界面

图 2-27 表 2-14 新建文件菜单说明



功能菜单	设定	说明
↑		文件名称的输入焦点向上移动
↓		文件名称的输入焦点向下移动
X		删除文件名称字符串或拼音字符串（中文输入）中高亮显示的字符
保存		执行保存文件操作

5. 导入操作

接入外部存储器，并选择外部存储位置后，按 **REF** → **导入** 进入下图所示界面。



图 2-28 导入操作界面

图 2-29 表 2-15 导入菜单说明



功能菜单	设定	说明
浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
导入		将用户选定的 REF 文件导入到内部存储区

6. 参考波形显示

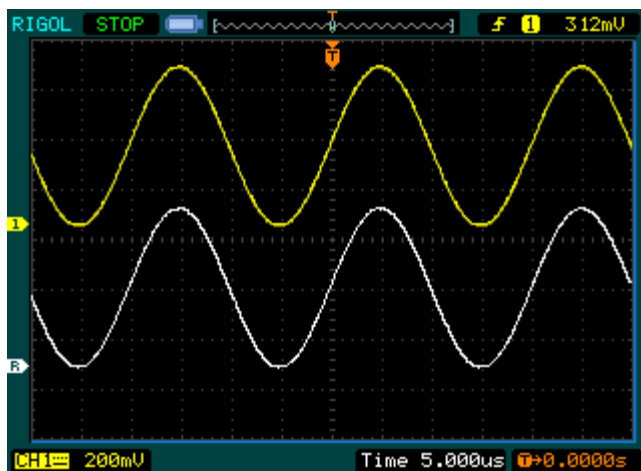


图 2-30 参考波形显示

操作说明：

1. 按下 **REF** 键，弹出参考波形菜单。
2. 按 1 号菜单操作键选择参考波形的信源为 **CH1**、**CH2** 或 **MATH/FFT**。
3. 旋转垂直 **POSITION** 和垂直 **SCALE** 旋钮调整参考波形的垂直位置和档位至适合的位置。
4. 按 2 号菜单操作键选择波形参考的存储位置。
5. 按 3 号菜单操作键保存当前屏幕波形到内部或外部存储区作为波形参考。

注意：水平时基为X-Y模式时，REF功能不可用。

设置水平系统

按 **MENU** 进入水平系统设置菜单。

图 2-31 表 2-16 操作菜单说明



功能菜单	设定	说明
延迟扫描	打开 关闭	进入 Delayed 波形延迟扫描 关闭延迟扫描
时基	Y—T X—Y Roll ^[1]	此方式下，Y 轴表示电压量，X 轴表示时间量 此方式下，Y 轴表示 CH2 电压量，X 轴表示 CH1 电压量 此方式下，波形自右向左滚动刷新显示
触发位移	复位	调整触发位置到中心零点

注：
[1] 滚动模式中，波形水平位移和触发控制不起作用。一旦设置滚动模式，时基控制设定必须在 **500ms/div** 或更慢的水平时基下。

名词解释

慢扫描模式：当水平时基控制设定在 **50 ms/div** 或更慢，仪器进入慢扫描采样方式。在此方式下，示波器先行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成 **直流**。

旋钮的使用

使用水平控制钮可改变水平刻度（时基）、触发在内存中的水平位置（触发位移）。屏幕水平方向上的中点是波形的时间参考点。改变水平刻度会导致波形相对屏幕中心扩张或收缩。水平位置改变波形相对于触发点的位置。

1. 水平 **POSITION** 旋钮用于调整通道波形（包括 **MATH**）的水平位置。该旋钮的解析度根据时基的改变而变化。按下此旋钮可以使触发位置立即回到屏幕中心。
2. 水平 **SCALE** 旋钮用于调整主时基或延迟扫描（**Delayed**）时基，即秒/格（**s/div**）。当延迟扫描打开时，通过改变水平 **SCALE** 旋钮可改变延迟扫描时基，从而改变窗口宽度。请参见“延迟扫描”部分的介绍。

延迟扫描

延迟扫描用来放大一段波形，以便查看图像细节。延迟扫描时基设定不能慢于主时基的设定。

按水平 **MENU** → 延迟扫描 → 打开，或直接按下水平 **SCALE** 旋钮打开延迟扫描功能，波形显示如下图所示：

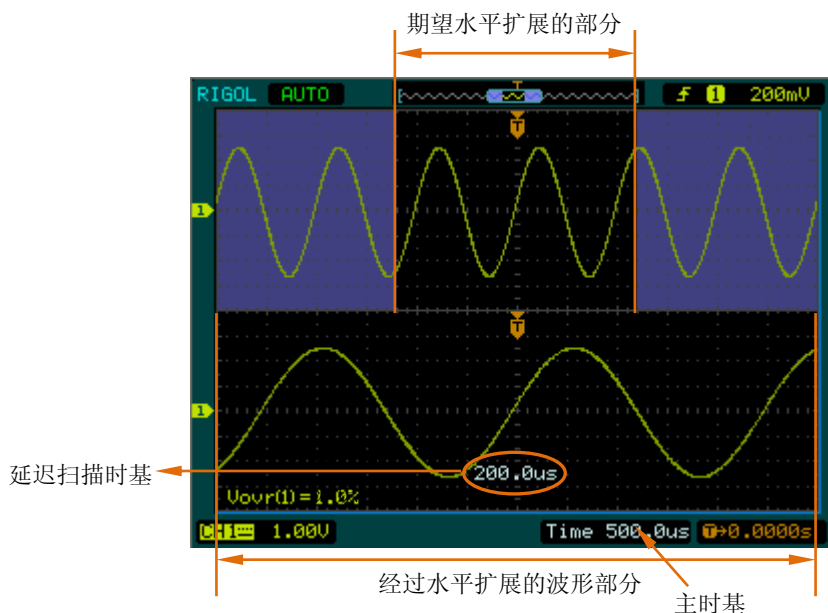


图 2-32 延迟扫描界面

延迟扫描界面包括两个显示区域。

上半部分：

显示的是原波形。其中，未被半透明蓝色覆盖的区域是期望被水平扩展的波形部分。此区域可以通过转动水平 **POSITION** 旋钮左右移动，或转动水平 **SCALE** 旋钮扩大和减小选择区域。

下半部分：

选定的是原波形区域经过水平扩展的波形。值得注意的是，延迟时基相对于主时基提高了分辨率（如上图所示）。由于整个下半部分显示的波形对应于上半部分选定的区域，因此转动水平 **SCALE** 旋钮减小选择区域可以提高延迟时基，即提高了波形的水平扩展倍数。

X-Y 方式

此方式只适用于 CH1 和 CH2 同时选定的情况。选择 X-Y 显示方式以后，水平轴上显示 CH1 电压，垂直轴上显示 CH2 电压。

按水平 **MENU** → 时基 → X-Y，设置时基方式为 X-Y 模式。

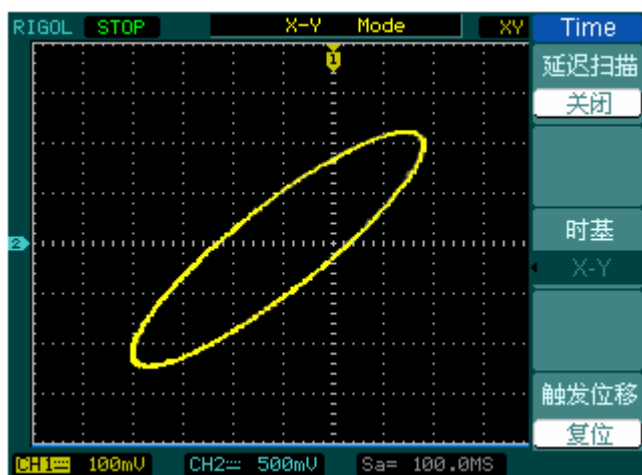


图 2-33 X-Y 显示方式

示波器在正常 Y-T 方式下可应用任意采样速率捕获波形（单通道最高 2GSa/s，双通道最高 1GSa/s）。在 X-Y 方式下最高采样率是 500MSa/s。一般情况下，将采样率适当降低，可以得到较好显示效果的李沙育图形。

以下功能在 X-Y 显示方式中不起作用：

- 光标测量模式
- 通过/失败测试
- 参考或数学运算波形
- 延迟扫描（Delayed）
- 矢量显示类型
- 水平 **POSITION** 旋钮
- 触发控制

设置触发系统

触发决定了示波器何时开始采集数据和显示波形。一旦触发被正确设定，它可以将不稳定的波形显示转换成有意义的波形。

示波器在开始采集数据时，先收集足够的数用来在触发点的左方画出波形。在等待触发条件发生的同时连续地采集数据。当检测到触发后，示波器连续地采集足够的数在触发点的右方画出波形。

按 **MENU** 键进入触发系统设置界面。

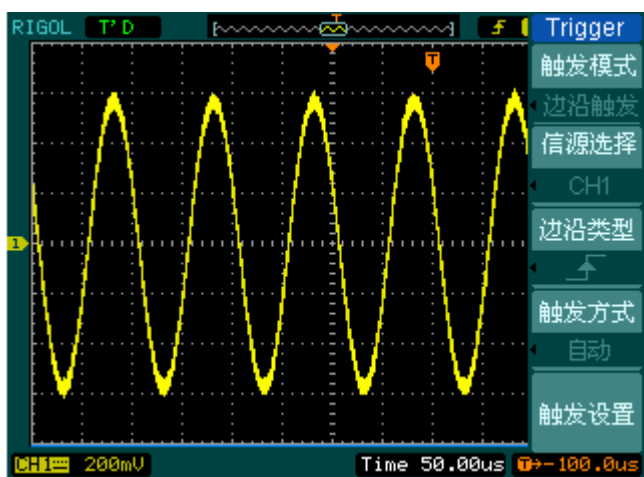


图 2-34 触发系统设置界面

DS1000CA 提供 5 种触发模式：边沿、脉宽、斜率、视频和交替触发。

边沿触发：当触发输入沿给定方向通过某一给定电平时，边沿触发发生。

脉宽触发：设定一定的脉宽条件捕捉特定脉冲。

视频触发：对标准视频信号进行场或行视频触发。

斜率触发：根据信号的上升或下降速率进行触发。

交替触发：稳定触发不同步信号。




下面分别对每种触发的菜单设置进行说明。

边沿触发

边沿触发是在输入信号边沿的触发阈值上进行触发。选取“边沿触发”类型，即在输入信号的上升沿、下降沿或上升和下降沿处触发。

按触发 **MENU** → 触发模式 → 边沿触发，进入下图所示设置菜单：

图 2-35 表 2-17 边沿触发设置菜单

<div>Trigger</div> <div>触发模式</div> <div>边沿触发</div> <div>信源选择</div> <div>CH1</div> <div>边沿类型</div> <div>触发方式</div> <div>自动</div> <div>触发设置</div>	功能菜单	设定	说明
	触发模式	边沿触发	设定触发模式（5 种类型）
	信源选择	CH1 CH2 EXT EXT/5 市电	设置 CH1 作为信源触发信号 设置 CH2 作为信源触发信号 设置外触发输入通道作为信源触发信号 设置外触发源除以 5 作为信源触发信号，扩展外触发电平范围 设置市电作为触发信号
	边沿类型	  	设置在信号上升边沿触发 设置在信号下降边沿触发 设置在信号上升沿和下降沿触发
	触发方式	自动 普通 单次	在没有检测到触发条件下也能采集波形 只有满足触发条件时才能采集波形 检测到一次触发时采集一次波形，然后停止
	触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

脉宽触发

脉宽触发是根据脉冲宽度来确定触发时刻的。您可以通过设定脉宽条件来捕捉异常脉冲。

按触发 **MENU** → 触发模式 → 脉宽触发，进入下图所示设置菜单：

图 2-36 表 2-18 脉宽触发设置菜单（第一页）

Trigger

触发模式

脉宽触发

信源选择

CH1

脉冲条件

↔

脉宽设置

↺

↻

1.00us

1/2

↓

功能菜单	设定	说明
触发模式	脉宽触发	设定触发模式（共有 5 种类型）
信源选择	CH1 CH2 EXT EXT/5	设置 CH1 作为信源触发信号 设置 CH2 作为信源触发信号 设置外触发输入通道作为信源触发信号 设置外触发源除以 5 作为信源触发信号，扩展外触发电平范围
脉冲条件	<div><div>↔</div><div>↔</div><div>↔</div><div>↔</div><div>↔</div><div>↔</div></div>	设置脉冲宽度为“正脉宽大于” 设置脉冲宽度为“正脉宽小于” 设置脉冲宽度为“正脉宽等于” 设置脉冲宽度为“负脉宽大于” 设置脉冲宽度为“负脉宽小于” 设置脉冲宽度为“负脉宽等于”
脉宽设置	<div><div>↺</div><div>↻</div></div> <div><脉冲宽度></div>	设置脉冲宽度

图 2-37 表 2-19 脉宽触发设置菜单（第二页）

Trigger

↑

2/2

触发方式

自动

触发设置

功能菜单	设定	说明
触发方式	自动 普通 单次	在没有检测到触发条件下也能采集波形 只有满足触发条件时才能采集波形 检测到一次触发时采集一次波形，然后停止
触发设置	<div></div>	进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

注：脉冲宽度调节范围为 20ns~10s。在信号满足设定条件时，将触发采样。

视频触发

选择视频触发以后，即可在 NTSC 或 PAL/SECAM 标准视频信号的场或行上触发。触发耦合预设为 直流。

按触发 **MENU** → 触发模式 → 视频触发，进入下图所示设置菜单：

图 2-38 表 2-20 视频触发设置菜单（第一页）

<div><div>Trigger</div><div>触发模式</div><div>视频触发</div><div>信源选择</div><div>CH1</div><div>视频极性</div><div><div></div><div></div></div><div>同步</div><div>指定行</div><div>1/2</div><div></div></div>	功能菜单	设定	说明
	触发模式	视频触发	设定触发模式（共有 5 种类型）
	信源选择	CH1 CH2 EXT EXT/5	设置 CH1 作为信源触发信号 设置 CH2 作为信源触发信号 设置外触发输入通道作为信源触发信号 设置外触发源除以 5 作为信源触发信号，扩展外触发电平范围
	视频极性	<div><div></div><div></div></div>	适用于黑色电平为低的视频信号 适用于黑色电平为高的视频信号
	同步	所有行 指定行 奇数场 偶数场	设置在视频行上触发同步 设置在指定视频行上触发同步 设置在视频奇数场上触发同步 设置在视频偶数场上触发同步

图 2-39 表 2-21 视频触发设置菜单（第二页，同步为指定行）

<div><div>Trigger</div><div></div><div>2/2</div><div>指定行</div><div><div></div><div></div></div><div>No. 1</div><div>视频标准</div><div>NTSC</div><div>触发方式</div><div>自动</div><div>触发设置</div></div>	功能菜单	设定	说明
	视频标准	PAL/SECAM NTSC	设置同步和计数选择视频标准
	触发方式	自动 普通 单次	在没有检测到触发条件下也能采集波形 只有满足触发条件时才能采集波形 检测到一次触发时采集一次波形，然后停止
	触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-33

图 2-40 表 2-22 视频触发设置菜单（第二页，同步为非指定行）

<div><div>Trigger</div><div>2/2</div><div>视频标准</div><div>NTSC</div><div>触发方式</div><div>自动</div><div>触发设置</div></div>	功能菜单	设定	说明
	视频标准	PAL/SECAM NTSC	设置同步和计数选择视频标准
	触发方式	自动 普通 单次	在没有检测到触发条件下也能采集波形 只有满足触发条件时才能采集波形 检测到一次触发时采集一次波形，然后停止
	触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-33

要点说明

同步脉冲：当选择“正极性”时，触发发生在负向同步脉冲上。当选择“负极性”时，触发发生在正向同步脉冲上。

选择“行同步”时，波形显示如下：

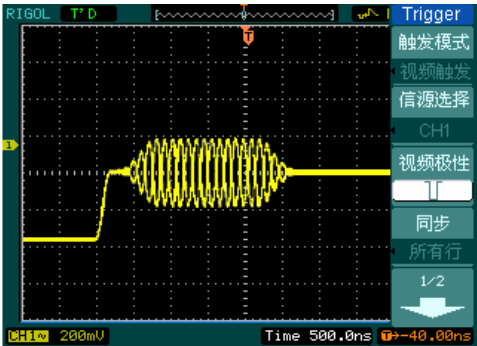


图 2-41 视频触发：行同步

选择“场同步”时，波形显示如下：

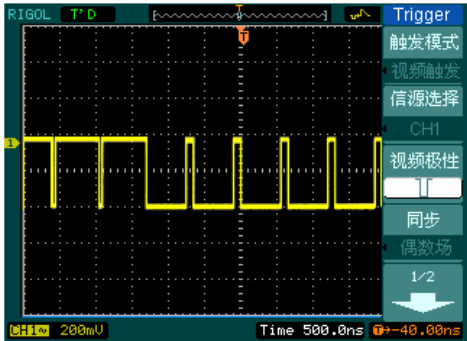


图 2-42 视频触发：场同步

斜率触发

斜率触发是把示波器设置为对指定时间的正斜率或负斜率触发。

按触发 **MENU** → 触发模式 → 斜率触发，进入下图所示设置菜单：

图 2-43 表 2-23 斜率触发设置菜单（第一页）


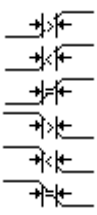


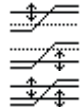



	功能菜单	设定	说明
	触发模式	视频触发	设定触发模式（共有 5 种类型）
	信源选择	CH1 CH2 EXT EXT/5	设置 CH1 作为信源触发信号 设置 CH2 作为信源触发信号 设置外触发输入通道作为信源触发信号 设置外触发源除以 5 作为信源触发信号，扩展外触发电平范围
	斜率条件		设置斜率条件为“正斜率大于” 设置斜率条件为“正斜率小于” 设置斜率条件为“正斜率等于” 设置斜率条件为“负斜率大于” 设置斜率条件为“负斜率小于” 设置斜率条件为“负斜率等于”
	时间设置	 <设置时间>	设置斜率时间

图 2-44 表 2-24 斜率触发设置菜单（第二页）

	功能菜单	设定	说明
	垂直窗		选择能被  LEVEL 调节的触发电平
	触发方式	自动 普通 单次	在没有检测到触发条件下也能采集波形 只有满足触发条件时才能采集波形 检测到一次触发时采集一次波形，然后停止
	触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

注：斜率时间设置范围为 20ns~10s。在信号满足设定条件时，将触发采样。可选择  LEVEL 键调节 LEVEL A, LEVEL B, 或同时调节 LEVEL A 和 LEVEL B。

交替触发

交替触发模式中，触发信号来自于两个垂直通道，此方式可用于同时观察两路不相关信号。您可在该菜单中为两个垂直通道选择不同的触发类型，可选类型有边沿触发、脉宽触发、斜率触发和视频触发，两通道的触发电平等信息显示于屏幕右上角。

按触发 **MENU** → 触发模式 → 交替触发，得到下图所示设置菜单：

图 2-45 表 2-25 交替触发设置菜单（触发类型为边沿触发）

Trigger

触发模式

交替触发

通道选择

CH1

触发类型

边沿触发

边沿类型

触发设置


功能菜单	设定	说明
触发模式	交替触发	设定触发模式（共有 5 种类型）
通道选择	CH1 CH2	设置 CH1 的触发类型等信息 设置 CH2 的触发类型等信息
触发类型	边沿触发	设置垂直通道的触发类型为边沿触发
边沿类型		设置在信号上升边沿触发 设置在信号下降边沿触发 设置在信号上升和下降边沿触发
触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

图 2-46 表 2-26 交替触发设置菜单（触发类型为脉宽触发，第一页）

Trigger

触发模式

交替触发

通道选择

CH1

触发类型

脉宽触发

脉冲条件

1/2

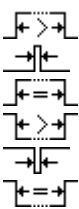
功能菜单	设定	说明
通道选择	CH1 CH2	设置 CH1 的触发类型等信息 设置 CH2 的触发类型等信息
触发类型	脉宽触发	设置垂直通道的触发类型为脉宽触发
脉冲条件		设置脉冲宽度为“正脉宽大于” 设置脉冲宽度为“正脉宽小于” 设置脉冲宽度为“正脉宽等于” 设置脉冲宽度为“负脉宽大于” 设置脉冲宽度为“负脉宽小于” 设置脉冲宽度为“负脉宽等于”

图 2-47

表 2-27 交替触发设置菜单（触发类型为脉宽触发，第二页）




功能菜单	设定	说明
脉宽设置	 <脉冲宽度>	设置脉冲宽度
触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

图 2-48

表 2-28 交替触发设置菜单（触发类型为斜率触发，第一页）



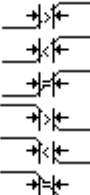
功能菜单	设定	说明
通道选择	CH1 CH2	设置 CH1 的触发类型等信息 设置 CH2 的触发类型等信息
触发类型	斜率触发	设置垂直通道的触发类型为斜率触发
斜率条件		设置斜率条件为“正斜率大于” 设置斜率条件为“正斜率小于” 设置斜率条件为“正斜率等于” 设置斜率条件为“负斜率大于” 设置斜率条件为“负斜率小于” 设置斜率条件为“负斜率等于”

图 2-49

表 2-29 交替触发设置菜单（触发类型为斜率触发，第二页）




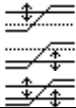

功能菜单	设定	说明
时间设置	 <设置时间>	设置斜率时间
垂直窗		选择能被  LEVEL 调节的触发电平
触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-32

图 2-50 表 2-30 交替触发设置菜单（触发类型为视频触发，第一页）



功能菜单	设定	说明
通道选择	CH1 CH2	设置 CH1 的触发类型等信息 设置 CH2 的触发类型等信息
触发类型	视频触发	设置垂直通道的触发类型为视频触发
视频极性		适用于黑色电平为低的视频信号 适用于黑色电平为高的视频信号

图 2-51 表 2-31 交替触发设置菜单（触发类型为视频触发，第二页）



功能菜单	设定	说明
同步	所有行 指定行 奇数场 偶数场	设置在视频行上触发同步 设置在指定视频行上触发同步 设置在视频奇数场上触发同步 设置在视频偶数场上触发同步
指定行	 <行数设置>	设置同步的指定行数
视频标准	PAL/SECAM NTSC	设置同步和计数选择视频标准
触发设置		进入触发设置菜单，详细说明见表 2-33

触发设置

进入触发设置菜单，您可对触发的相关选项进行设置。选择不同的触发方式，可设置的触发选项有所不同。边沿、脉宽、斜率触发时，可对耦合、灵敏度、触发释抑制进行设置；视频触发时，可对灵敏度及触发释抑设置；交替触发时，根据已选的触发类型不同，可设置的相关选项也不同。

图 2-52 表 2-32 触发设置菜单（触发模式为边沿、脉宽、斜率触发时）

Set Up
耦合
直流
灵敏度
0.40div
触发释抑
500ns
复位
↑

功能菜单	设定	说明
耦合	交流 直流 低频抑制 高频抑制	设置阻止直流分量通过 设置允许所有分量通过 阻止信号的低频部分通过，只允许高频分量通过 阻止信号的高频部分通过，只允许低频分量通过
灵敏度	<灵敏度设置>	设置触发灵敏度
触发释抑	<触发释抑设置>	设置可以接受另一触发事件之前的时间量
触发释抑	复位	设置触发释抑时间为 500ns

图 2-53 表 2-33 触发设置菜单（触发方式为视频触发时）

Set Up
灵敏度
0.40div
触发释抑
500ns
复位
↑

功能菜单	设定	说明
灵敏度	<灵敏度设置>	设置触发灵敏度
触发释抑	<触发释抑设置>	设置可以接受另一触发事件之前的时间量
触发释抑	复位	设置触发释抑时间为 500ns

触发释抑

使用触发释抑可以稳定触发复杂波形（如脉冲系列）。释抑时间是指示波器重新启用触发电路所等待的时间。在释抑期间，示波器不会触发，直至释抑时间结束。例如，一组脉冲系列，要求在该脉冲系列的第一个脉冲触发，则可以将释抑时间设置为脉冲串宽度。如下图所示：

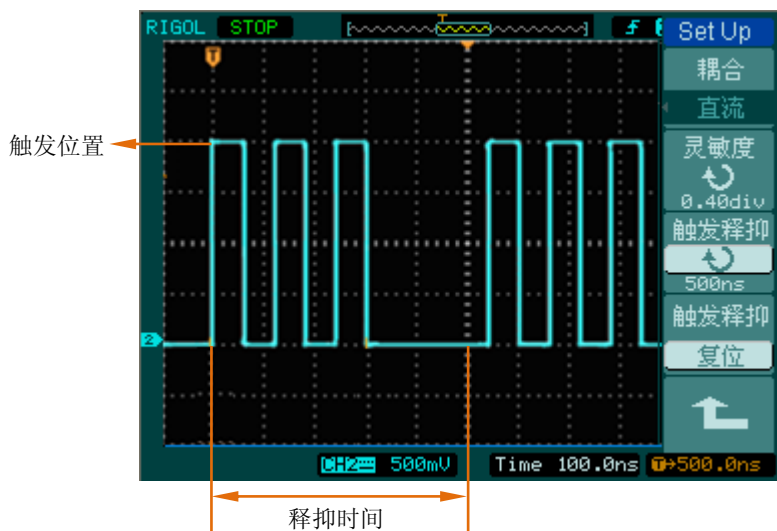


图 2-54 触发释抑

操作说明：

1. 按下触发 **MENU** 键，显示触发菜单。
2. 按下 触发设置 对应的菜单操作键，进入触发设置菜单。
3. 转动多功能旋钮 (↻) 改变释抑时间，直至波形稳定触发。
4. 按 触发释抑 → 复位，将释抑时间恢复至默认值 (500ns)。

名词解释

1. 信源:

触发可从多种信源得到：输入通道（CH1、CH2）、外部触发（EXT、EXT/5）或 AC Line（市电）。

● 输入通道:

最常用的触发信源是模拟输入通道（CH1 或 CH2）。被选中作为触发信源的通道，无论其输入是否被显示，都能正常工作。

● 外部触发:

这种触发信源可用于在两个通道上采集数据的同时在第三个通道上进行触发。例如，可利用外部时钟或来自待测电路的信号作为触发信源。EXT、EXT/5 触发源都使用连接至 EXT TRIG 接头的外部触发信号。其中，EXT 可直接使用信号，您可在信号触发电平范围在-0.6V 至+0.6V 时使用 EXT。而 EXT/5 触发源除以 5，能够使触发范围扩展至-3V 到+3V，这将使示波器能在较大信号时触发。

● AC Line:

即交流电源。这种触发信源可用于显示信号与动力电，如照明设备和动力提供设备之间的关系。示波器将产生触发，无需人工输入触发信号。

2. 触发方式:

决定示波器在无触发事件情况下的行为方式。本示波器提供三种触发方式：自动、普通和单次触发。

● 自动触发:

这种触发方式使得示波器即使在没有检测到触发条件的情况下也能采样波形。当示波器在一定等待时间（该时间可由时基设置决定）内没有触发条件发生时，示波器将进行强制触发。当强制进行无效触发时，示波器虽然显示波形，但不能使波形同步，显示的波形不稳定。当有效触发发生时，显示的波形是稳定的。可使用自动方式来监测幅值电平可能导致波形显示不稳定的因素，如动力供应输出等。

注意:

在扫描波形设定在 50ms/div 或更慢的时基上时，“自动”方式允许没有触发信号。

● 普通触发:

示波器在普通触发方式下，只有当触发条件满足时才能采样到波形。在没有触发时，示波器将显示原有波形而等待触发。

● 单次触发:

在单次触发方式下，用户按一次“运行”按钮，示波器等待触发，当示波器检测到一次触发时，采样并显示一个波形，采样停止。


3. 耦合:

触发耦合决定信号的何种分量被传送到触发电路。耦合类型包括直流、交流、低频抑制和高频抑制。

- “直流”允许信号的所有成分通过。
- “交流”阻挡直流成分并衰减 10Hz 以下信号。
- “低频抑制”阻挡直流成分并衰减低于 8kHz 的低频成分。
- “高频抑制”衰减超过 150kHz 的高频成分。

4. 预触发/延迟触发:

触发事件以前/后采样的数据。

触发位置通常设定在屏幕的水平中心。在全屏显示情况下，您可以观察到 6 格的预触发和延迟信息。您可以旋转水平  POSITION 调节波形的水平位移，查看更多的预触发信息，或者最多触发 1s 后的延迟触发信息。通过观察预触发数据，可以了解触发以前的信号情况。例如捕捉到电路产生的毛刺，通过观察和分析预触发数据，可能会查出毛刺产生的原因。

5. 可变触发灵敏度:

为了排除现实世界信号噪声的影响，得到稳定的触发，触发电路引入了迟滞。DS1000CA 系列数字示波器，迟滞可调，范围是 0.1div~1.0div。这意味着当设置为 1.0div 时，触发电路对于任何峰—峰幅度 $\leq 1.0\text{div}$ 的信号，不做响应，从而排除噪声的影响。

设置采样系统

如下图所示，在 MENU 控制区中，**Acquire** 为采样系统的功能按键。

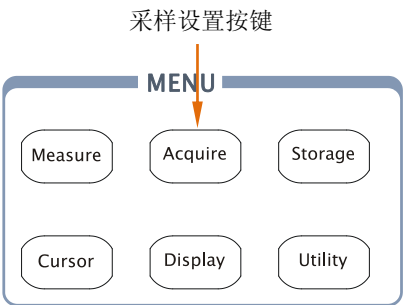


图 2-55 采样设置功能按键

按 **Acquire** 键，弹出下图所示采样设置菜单。

图 2-56



表 2-34 采样设置菜单说明

功能菜单	设定	说明
获取方式	普通 平均 峰值检测	打开普通采样方式 设置平均采样方式 打开峰值检测方式
平均次数 ^[1]	2 ... 256	在 2~256 范围内以 2 的 N 次 幂步进设置平均采样次数
采样方式	实时采样 等效采样	设置采样方式为实时采样 设置采样方式为等效采样
Sinx/x ^[2]	打开 关闭	选择 Sinx/x 插值方式 选择线性插值方式
采样率 ^[3]		显示系统采样率

注：

- [1] 获取方式为“平均”时，显示此项功能。
- [2] 采样方式为“实时”时，显示此项功能。
- [3] 交替触发模式下，可分别显示 CH1 和 CH2 的采样率。

选取不同的获取方式和采样方式，可得到不同的波形显示效果：

- 期望减少所显示信号中的随机噪声，请选用 **平均采样** 方式；
- 期望观察信号的包络，避免混淆，请选用 **峰值检测** 方式；
- 观察单次信号请选用 **实时采样** 方式；
- 观察高频周期性信号请选用 **等效采样** 方式。

通过改变获取方式的设置，观察因此造成的波形显示变化，如下图所示。

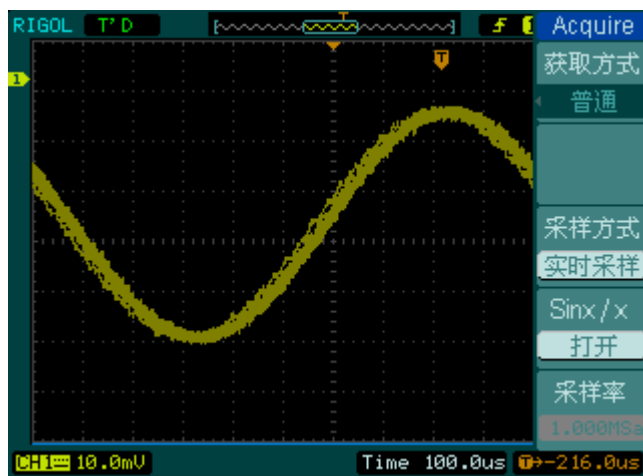


图 2-57 选用普通采样方式，信号包含噪声

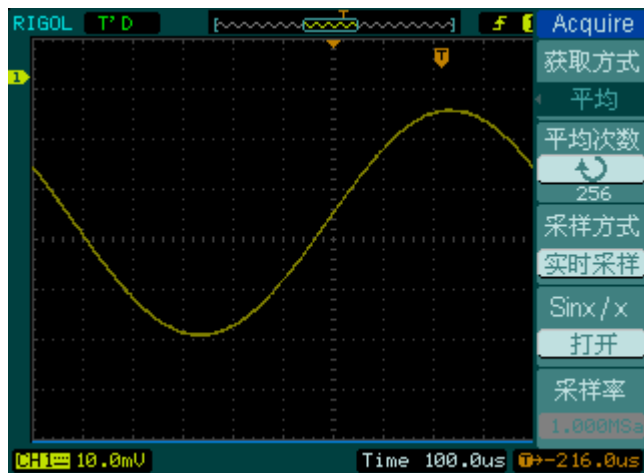


图 2-58 选用平均采样方式，去除噪声



图 2-59 选用普通采样方式

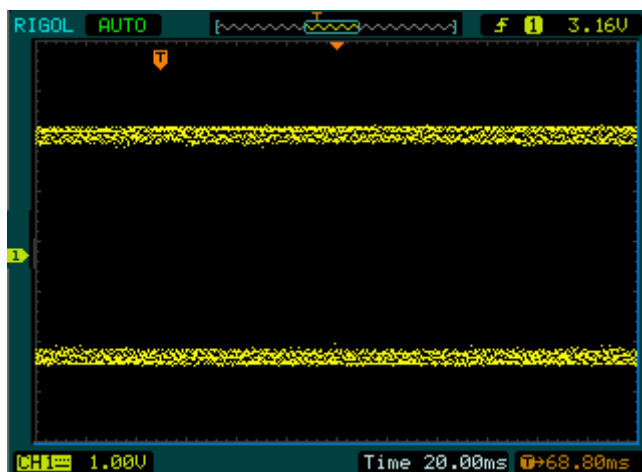


图 2-60 选用峰值检测方式，显示信号包络

要点说明

停止采样：运行采样功能时，显示波形为活动状态。停止采样时，则显示冻结波形。无论处于上述哪一种状态，显示波形都可用垂直控制和水平控制来度量或定位。

名词解释

实时采样：实时采样方式即示波器通过一次触发采集波形的方式。实时采样率最高为 2GSa/s。在 50ns 或更快的设置下，示波器自动进行插值算法。

等效采样：即重复采样方式。有利于细致观察重复的周期性信号，使用等效采样方式可得到比实时采样高得多的 20ps 的水平分辨率，即等效 50GSa/s。

普通获取方式：示波器按相等的时间间隔对信号采样以重建波形。

平均获取方式：应用平均值获取方式可减少所显示信号中的随机或无关噪音。在实时采样或等效采样方式下采样数值，然后将多次采样的波形平均计算。

峰值检测方式：通过采集采样间隔信号的最大值和最小值，获取信号的包络或可能丢失的窄脉冲。在此获取方式下，可以避免信号的混淆，但显示的噪声比较大。

设置显示系统

如下图所示，在 MENU 控制区中，**Display** 为显示系统的功能按钮。

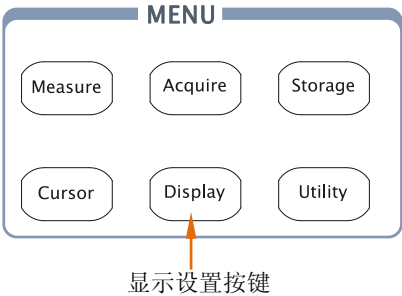


图 2-61 显示设置功能按钮

按 **Display** 键，弹出下图所示显示设置菜单。

图 2-62 表 2-35 显示设置菜单说明（第一页）



功能菜单	设定	说明
显示类型	矢量 点	采样点之间通过连线的方式显示 直接显示采样点
清除显示		清除所有先前采集的显示及任何 从内部存储区或 USB 存储设备中 调出的轨迹
波形保持	关闭 无限	记录点以高刷新率变化 记录点一直保持，直至波形保持功 能被关闭
波形亮度	<波形亮度>	设置波形亮度（0%~100%）

要点说明

显示类型：显示类型包含矢量和点显示。矢量显示模式下，示波器采取数字内插的方式连接采样点，并且包含线性和 $\sin(x)/x$ 两种模式。 $\sin(x)/x$ 内插方式使用实时采样方式，并且在 50ns 或更快时基下有效。

图 2-63 表 2-36 显示设置菜单说明（第二页）







	功能菜单	设定	说明
	显示函数	普通 亮度	波形按照同一亮度显示 波形亮度按照概率显示
	屏幕网格	  	打开背景网格及坐标 关闭背景网格 关闭背景网格及坐标
	菜单保持	1s 2s 5s 10s 20s 无限	设置隐藏菜单时间。菜单将在最后一次按键动作后的设置时间内隐藏

图 2-64 表 2-37 显示设置菜单说明（第三页）

	功能菜单	设定	说明
	网格亮度	 <网格亮度>	设置网格亮度（0%~100%）
	屏幕	普通 反相	设置屏幕为正常显示模式 设置屏幕为反相显示模式

名词解释

波形捕获率：波形捕获率是数字示波器的一项重要指标，它是指示波器每秒捕获屏幕波形的次数。波形捕获率的快慢将影响示波器快速观察信号动态变化的能力。

调节波形亮度

在未指定任何功能时，旋动多功能旋钮（）可调节模拟通道的波形亮度值。

存储和调出

如下图所示，在 MENU 控制区中，**Storage** 为存储系统的功能按键。

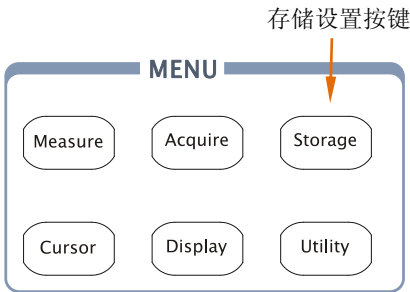


图 2-65 存储设置功能按键

按 **Storage** 键，弹出下图所示存储设置菜单。

图 2-66 表 2-38 存储设置菜单说明（波形存储或设置存储时）

Storage	功能菜单	设定	说明
存储类型	存储类型 ^[1]	波形存储 ^[2]	保存、调出、删除波形文件
设置存储		设置存储	保存、调出、删除设置文件
内部存储		位图存储	新建、删除位图文件
外部存储		CSV 存储	新建、删除 CSV 文件
磁盘管理		出厂设置	调出出厂设置
	内部存储		进入内部存储菜单（见表 2-42）
	外部存储		进入外部存储菜单（见表 2-43）
	磁盘管理		进入磁盘管理菜单（见表 2-44）

- 注：
- [1] 用户可以对仪器内部存储区中的波形文件、设置文件进行保存、调出和删除；也可以对 USB 存储设备上的波形文件、设置文件、位图文件、CSV 文件进行新建和删除。欲恢复仪器出厂设置值，可选择“出厂设置”。
- [2] 波形存储不但可以保存当前通道的波形，也可以同时存储当前的状态设置。

图 2-67 表 2-39 存储设置菜单说明（位图存储时）

Storage	功能菜单	设定	说明
存储类型	存储类型	位图存储	新建、删除位图文件
位图存储	参数保存	打开 关闭	设置在保存位图文件时，是否以同一名字保存示波器参数文件
参数保存	外部存储		进入外部存储菜单（见表 2-43）
关闭	磁盘管理		进入磁盘管理菜单（见表 2-44）
外部存储			
磁盘管理			

图 2-68 表 2-40 存储设置菜单说明（CSV 存储时）

Storage	功能菜单	设定	说明
存储类型	存储类型	CSV 存储	新建、删除 CSV 文件
CSV 存储	数据长度	屏幕 内存	CSV 文件存储屏幕显示的波形数据 CSV 文件存储内存的波形数据
数据长度	参数保存	打开 关闭	设置在保存 CSV 文件时，是否以同一名字保存示波器参数文件
屏幕	外部存储		进入外部存储菜单（见表 2-43）
参数保存	磁盘管理		进入磁盘管理菜单（见表 2-44）
打开			
外部存储			
磁盘管理			

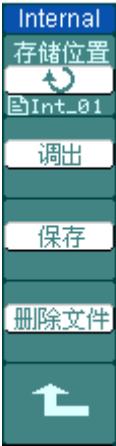
图 2-69 表 2-41 存储设置菜单说明（出厂设置时）

Storage	功能菜单	设定	说明
存储类型	存储类型	出厂设置	设置调出出厂设置操作
出厂设置	调出		调出出厂设置
	磁盘管理		进入磁盘管理菜单（见表 2-44）
调出			
磁盘管理			

内部存储

按 **Storage** → **内部存储**，进入下面所示菜单。

图 2-70 表 2-42 内部存储设置菜单说明



功能菜单	设定	说明
存储位置	Int_00 (S) Int_01 (S) ... Int_09 (N)	选择波形文件或设置文件的存储位置，范围为 Int_00~Int_09。其中，括号中标有 S 的表示该位置已存储文件，N 表示没有存储文件
调出		调出内部存储区指定位置的波形文件或设置文件
保存		保存波形文件或设置文件到内部存储区的指定位置
删除文件		删除选中的文件

注：更改设置后，请至少等待 5 秒再关闭示波器，以保证新设置得到正确的储存。用户可在仪器的存储器里永久保存 10 种设置，并可在任意时刻重新写入设置。

外部存储

接入 USB 存储设备后，按 **Storage** → **外部存储**，进入下面所示界面。

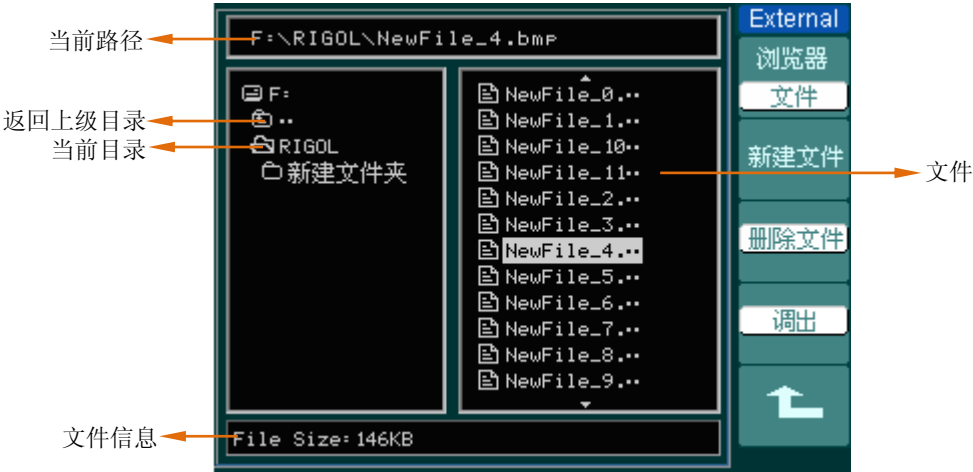


图 2-71 新建文件界面

图 2-72 表 2-43 外部存储设置菜单说明



功能菜单	设定	说明
浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
新建文件 (新建目录)		新建文件或目录（见表 2-14）
删除文件		删除用户选定文件
调出		调出 USB 存储设备上的波形文件或设置文件

磁盘管理

按 **Storage** → **磁盘管理**，进入下面所示菜单。

图 2-73



表 2-44 磁盘管理设置菜单说明（第一页）

功能菜单	设定	说明
浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
新建目录		新建目录（见表 2-14）
删除文件		删除用户选定文件
调出		调出 USB 存储设备上的波形、设置、波形录制和 Pass/Fail 文件

图 2-74



表 2-45 磁盘管理设置菜单说明（第二页）

功能菜单	设定	说明
重命名		对文件重命名（见表 2-46）
磁盘信息		显示磁盘信息（见图 2-75）

1. 磁盘信息

按 **Storage** → **磁盘管理** → **磁盘信息**，得到磁盘信息界面：

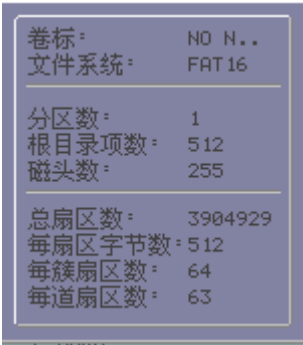


图 2-75 磁盘信息界面

2. 重命名

按 **Storage** → **磁盘管理** → **重命名**，进入下面所示界面。

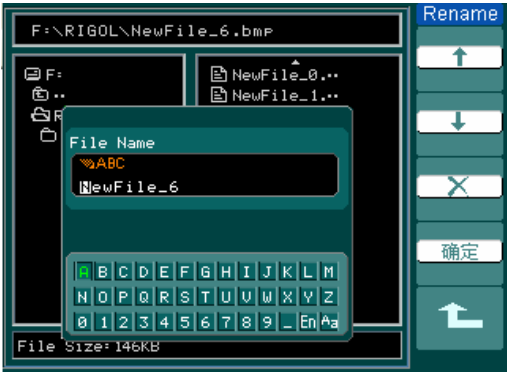


图 2-76 重命名界面

图 2-77



表 2-46 重命名设置菜单说明

功能菜单	设定	说明
↑		文件名称的输入焦点向上移动
↓		文件名称的输入焦点向下移动
X		删除文件名称字符串或拼音字符串（中文输入）中高亮显示的字符
确定		执行重命名文件操作

要点说明

出厂设置：示波器出厂前已为各种正常操作进行了预先设定。任何时候用户都可根据需要调出出厂设置。

存储位置：指定存储器地址，以存储/调出当前波形文件或设置文件。

调出：示波器可调出已保存的波形文件、设置文件或出厂设置。

保存：保存当前的波形文件或设置文件到指定位置。

辅助系统

如下图所示，在 MENU 控制区中，Utility 为辅助系统功能按键。

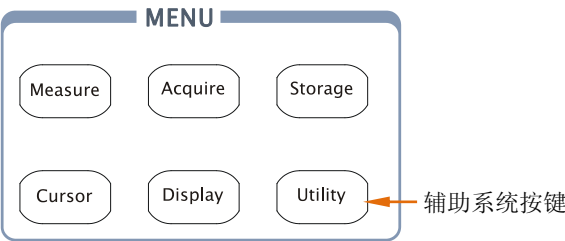


图 2-78 辅助系统功能按键

按 Utility 键，弹出下图所示辅助系统设置菜单。

图 2-79 表 2-47 辅助系统设置菜单说明（第一页）



功能菜单	设定	说明
接口设置		进入接口设置菜单
声音	(打开声音) (关闭声音)	打开/关闭按键声
频率计	关闭 打开	关闭频率计功能 打开频率计功能
Language	简体中文 繁体中文 English 日本語 Français ...	选择界面语言

图 2-80



表 2-48 辅助系统设置菜单说明（第二页）

功能菜单	设定	说明
通过测试		设置通过测试操作
波形录制		设置波形录制操作
打印设置		设置打印设置操作

图 2-81

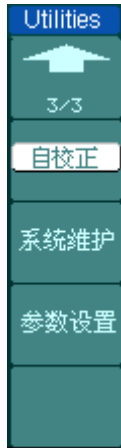


表 2-49 辅助系统设置菜单说明（第三页）

功能菜单	设定	说明
自校正		执行自校正操作
系统维护		进入系统维护菜单
参数设置		进入参数设置菜单

名词解释

自校正：指示波器自动校正垂直系统（CH1，CH2，Ext）、水平系统和触发系统的各项参数，以保证示波器在不同环境变化下均能满足指标要求。

接口设置

按 **Utility** → 接口设置，进入下面所示菜单。


图 2-82 表 2-50 接口设置菜单说明



功能菜单	显示	说明
RS-232 波特率	300 ... 38400	RS-232 波特率的选择值为： 300、2400、4800、9600、 19200、38400
GPIB#	0~30	设置 GPIB 地址

语言设置

DS1000CA 系列数字示波器配备多国语言菜单显示。

按 **Utility** → **Language**，进入下图所示语言设置菜单。旋转多功能旋钮（）或通过 4 号菜单键即可选择需要的语言类型。

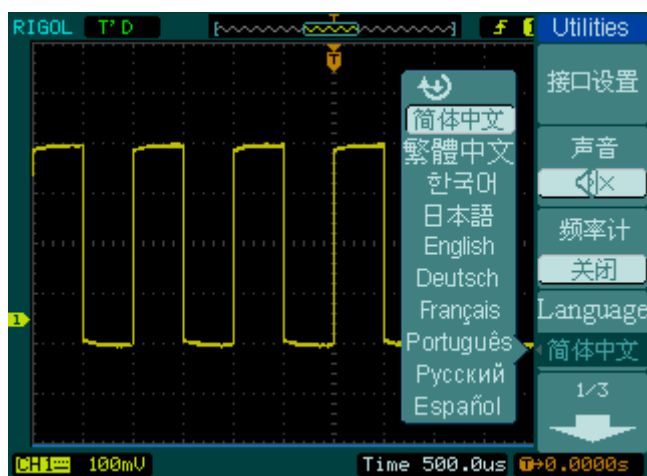


图 2-83 语言选择界面

通过测试

通过测试功能通过判断输入信号是否在创建规则范围内，以输出通过或失败波形，用以监测信号变化情况。其检测结果可以通过屏幕显示或通过光电隔离的 Pass/Fail 端口进行输出。用户也可打开系统声音设置，对结果进行报警提示。

按 **Utility** → **通过测试**，进入下面所示菜单。

图 2-84 表 2-51 通过测试设置菜单说明（第一页）



功能菜单	设定	说明
通过测试	打开 关闭	打开通过测试功能 关闭通过测试功能
信源选择	CH1 CH2	选择通过测试信号输入通道
操作	▶ (运行) ■ (停止)	运行通过测试 停止通过测试
显示信息	打开 关闭	打开/关闭波形通过/失败次数信息

图 2-85 表 2-52 通过测试设置菜单说明（第二页）



功能菜单	设定	说明
输出	失败 失败+ 通过 通过+	检测波形失败时输出 检测波形失败时输出并发提示音 检测波形通过时输出 检测波形通过时输出并发提示音
输出即停	打开 关闭	设置检测输出即停止采样 设置检测输出并继续采样
规则设置		

1. 规则设置

按 **Utility** → **通过测试** → **规则设置**，进入下面所示菜单。

图 2-86 表 2-53 规则设置菜单说明（第一页）





功能菜单	设定	说明
水平调整	 <x div>	设置水平容限范围 (0.04div—4.00div)
垂直调整	 <y div>	设置垂直容限范围 (0.04div—4.00div)
创建规则		根据调整创建水平和垂直的失败/通过容限范围
存储位置	内部 外部	设置规则文件的存储位置

图 2-87 表 2-54 规则设置菜单说明（内部存储时，第二页）



功能菜单	设定	说明
保存		将规则设置文件保存到内部存储区
调出		调出内部存储区的规则设置文件
导入/导出		进入导入/导出菜单，同 REF 导入/导出菜单类似（见表 2-11）

图 2-88 表 2-55 规则设置菜单说明（外部存储时，第二页）

	功能菜单	设定	说明
	保存		进入保存菜单，同 REF 保存菜单类似（见表 2-13）
	调出		进入调出菜单（见表 2-56）
	导入		进入导入菜单，同 REF 导入菜单类似（见表 2-15）

2. 调出

按 **Utility** → **通过测试** → **规则设置** → **调出**，进入下面所示菜单。

图 2-89 表 2-56 调出设置菜单说明

	功能菜单	设定	说明
	浏览器	路径 目录 文件	切换文件系统显示的路径、目录和文件
	调出		调出用户选定的文件

注意： X-Y 时基模式下，通过 / 失败测试功能不可用。

3. 通过/失败输出物理连接

在 DS1000CA 系列数字示波器中，通过/失败测试输出电路采用了光电隔离技术。用户需外接一部分电路，实现该功能，最大电流不超过 **100mA**，最大电压不超过 **400V**。此电路输出级使用光电继电器，无极性限制，可任意极性连接。

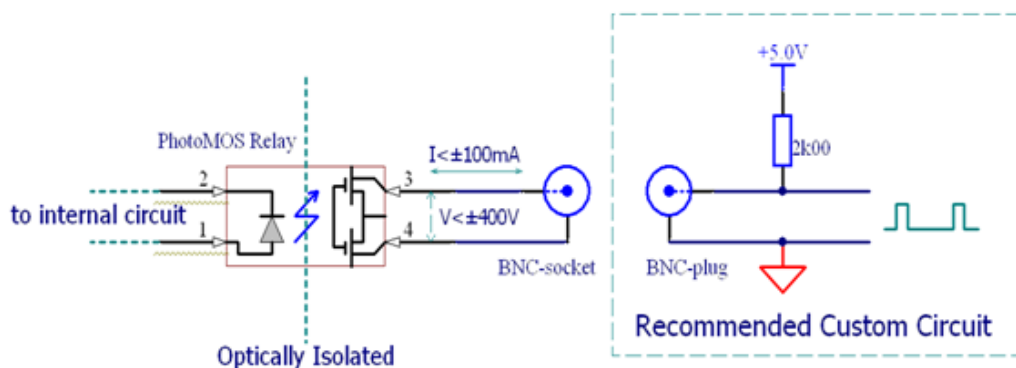


图 2-90 通过/失败输出示意图

波形录制

波形录制不仅可录制 CH1 和 CH2 输入的波形,还可以录制通过/失败检测输出的波形。您可以设置帧一帧之间的时间间隔,最大录制 1000 帧波形,并通过回放和保存功能达到更好的波形分析效果。

该功能提供四种模式供用户选择:关闭、录制、回放和存储,以下将分别为您介绍:

- 1. 关闭: 关闭所有的录制功能。
- 2. 录制: 以指定的时间间隔录制波形,直至达到设置的终止帧数。

按 **Utility** → **波形录制** → **模式** → **录制**, 进入下面所示菜单。

图 2-91 表 2-57 波形录制设置菜单说明（第一页）



功能菜单	设定	说明
模式	关闭 录制 回放 存储	关闭所有录制功能 设置录制功能菜单 设置回放功能菜单 设置存储功能菜单
信源选择	CH1 CH2 P/F-OUT	设置录制信号源
终止帧	 <1-1000>	设置波形录制的最大帧数
操作	(录制) (停止)	开始录制波形 停止录制波形

图 2-92 表 2-58 波形录制设置菜单说明（第二页）



功能菜单	设定	说明
时间间隔	 <1.00ms-1000s>	设置波形录制的时间间隔

3. 回放：回放当前的录制波形或调出的录制存储波形。

图 2-93



表 2-59 波形回放设置菜单说明（第一页）

功能菜单	设定	说明
操作	▶ (运行)	开始回放波形
	■ (停止)	停止播放波形
回放模式	↺↻	循环回放录制波形
	▶→■	播放录制波形而后停止
时间间隔	↺ <1.00ms-20s>	设置回放帧一帧的时间间隔

图 2-94



表 2-60 波形回放设置菜单说明（第二页）

功能菜单	设定	说明
起始帧	↺ <1-1000>	设置起始回放帧
当前帧	↺ <1-1000>	设置当前屏幕显示帧数
终止帧	↺ <1-1000>	设置回放的终止帧数

操作技巧

运行/停止波形回放操作，可以通过菜单设置，也可以使用 **RUN/STOP** 按键进行切换。

4. 存储：根据当前设置帧数存储当前录制的波形。

图 2-95 表 2-61 波形存储设置菜单说明（第一页）





功能菜单	设定	说明
起始帧	 <1-1000>	设置开始存储的帧数
终止帧	 <1-1000>	设置结束存储的帧数
存储位置	外部 内部	设置录制波形的存储位置

图 2-96 表 2-62 波形存储设置菜单说明（内部存储时，第二页）



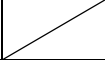
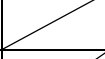

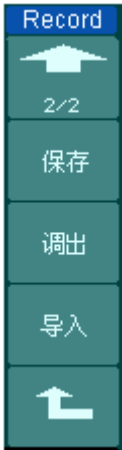
功能菜单	设定	说明
保存		将波形录制文件保存到内部存储区
调出		调出内部存储区的波形录制文件
导入/导出		进入导入/导出菜单，同 REF 导入/导出菜单类似（见表 2-11）

图 2-97 表 2-63 波形存储设置菜单说明（外部存储时，第二页）



功能菜单	设定	说明
保存		进入保存菜单，同 REF 保存菜单类似（见表 2-13）
调出		进入调出菜单，同规则设置文件的调出菜单类似（见表 2-56）
导入		进入导入菜单，同 REF 导入菜单类似（见表 2-15）

打印设置

DS1000CA 系列数字示波器支持打印功能。

按 **Utility** → **打印设置**，进入下面所示菜单。

图 2-98 表 2-64 打印设置菜单说明



功能菜单	设定	说明
打印		执行打印操作
反相	打开 关闭	控制打印时颜色是否反相
打印颜色	灰度 彩色	设置打印颜色

自校正

自校正程序可使示波器迅速达到最佳状态，以取得最精确的测量值。您可在任何时候执行这个程序，但如果环境温度变化范围达到或超过 5℃时，则必须执行这个程序。

执行自校准前，应将所有探头或导线与输入连接器断开。按 **Utility** → **自校正**，屏幕将显示仪器自校正菜单，如下图所示。

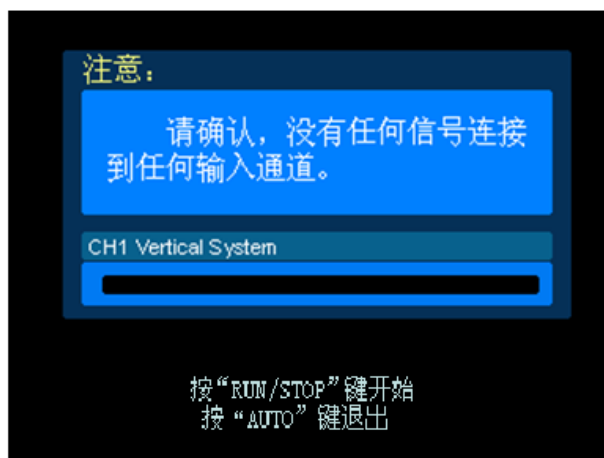


图 2-99 自校正界面

注意：运行自校正程序以前，请确保示波器已预热或运行达 **30** 分钟以上。

系统维护

按 **Utility** → **系统维护**，进入下面所示菜单。

图 2-100 表 2-65 系统维护设置菜单说明



功能菜单	设定	说明
系统信息		显示示波器系统信息
颜色测试		运行颜色测试程序

1. 系统信息

按 **Utility** → **系统维护** → **系统信息**，进入示波器系统信息显示界面。查看设备型号、主机序列号、系统软件版本和系统已安装模块等信息。欲退出该界面，按下 **RUN/STOP** 键即可。

2. 颜色测试

按 **Utility** → **系统维护** → **颜色测试**，进入颜色测试界面。在该界面中，通过旋转多功能旋钮（↻）调整颜色的色调、饱和度、亮度，或红、绿、蓝值，观察屏幕左下角矩形区域的颜色变化。按下多功能旋钮（↻），选择被调节的颜色数值。欲退出该界面，按下 **RUN/STOP** 键即可。

参数设置

按 **Utility** → **参数设置**，进入下面所示菜单。

图 2-101 表 2-66 参数设置菜单说明（第一页）

Preference.

屏幕保护

关闭

扩展参考

接地电平

屏幕保持

界面方案

传统

1/2

功能菜单	显示	说明
屏幕保护	1 min ... 5 hour 关闭	设置示波器屏幕保护时间或关闭屏幕保护
扩展参考	接地电平 屏幕中心	设置模拟信号垂直扩展参考
屏幕保持		设置停止时屏幕的波形滞留数
界面方案	经典 现代 传统 简洁	设置示波器的界面方案

图 2-102 表 2-67 参数设置菜单说明

Preference.

2/2

粘滞

命令

RIGOL

功能菜单	显示	说明
粘滞		设置 CH1、CH2、MATH、REF，Trig. Lev. 和 Trig.Pos.的粘滞状态
命令		显示为 RIGOL 或 TEK

要点说明

屏幕保护：如果示波器在指定的时间内闲置，可打开示波器的屏幕保护功能。该功能打开时，可延长示波器背光灯的使用寿命。

扩展参考：在改变模拟通道的垂直档位设置时，可以选择围绕信号接地点或屏幕中心进行信号扩展或压缩。选择接地电平后，改变“伏/格”设置时，波形的接地电平将保持在显示屏的同一点，波形非接地部分将扩展或压缩；选择屏幕中心后，改变“伏/格”设置时，波形将围绕屏幕中心扩展或压缩。

粘滞：CH1、CH2、MATH、REF、Trig. Lev. 和 Trig. Pos.的粘滞状态打开时，调节上述通道的垂直位置，触发电平或触发位移位置至零点时，将粘滞不动。此功能对快速将波形定位于中心位置很方便。

自动测量

如下图所示，在 MENU 控制区中，Measure 为自动测量功能按键。下面的介绍将使您逐渐熟悉 DS1000CA 强大的测量功能。

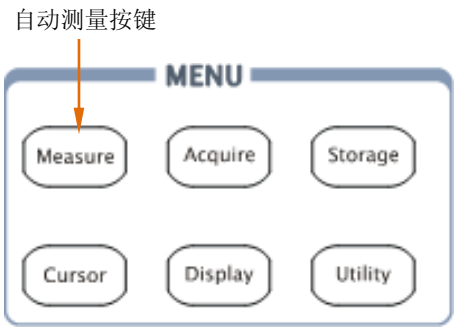


图 2-103 自动测量按键

本示波器具有 20 种自动测量功能。包括峰峰值、最大值、最小值、顶端值、底端值、幅值、平均值、均方根值、过冲、预冲、频率、周期、上升时间、下降时间、正占空比、负占空比、延迟 1 → 2f、延迟 1 → 2t、正脉宽、负脉宽的测量，共 10 种电压测量和 10 种时间测量。

按 Measure 键，弹出下图所示自动测量设置菜单。

图 2-104 表 2-68 自动测量设置菜单说明

<div><div>Measure</div><div>信源选择</div><div>CH2</div><div>电压测量</div><div>时间测量</div><div>清除测量</div><div>全部测量</div><div>关闭</div></div>	功能菜单	显示	说明
	信源选择	CH1 CH2	设置被测信号的输入通道
	电压测量		选择测量电压参数 (参见图 2-105~图 2-107)
	时间测量		选择测量时间参数 (参见图 2-108~图 2-110)
	清除测量		清除测量结果
	全部测量	关闭 打开	关闭全部测量显示 打开全部测量显示

1. 电压测量分页一

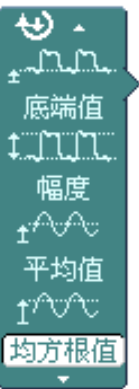
图 2-105 表 2-69 电压测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
最大值		测量信号最大值
最小值		测量信号最小值
峰峰值		测量信号峰峰值
顶端值		测量信号顶端值

2. 电压测量分页二

图 2-106 表 2-70 电压测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
底端值		测量方波信号底端值
幅度值		测量信号幅度值
平均值		测量信号平均值
均方根值		测量信号均方根值

3. 电压测量分页三

图 2-107 表 2-71 电压测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
过冲		测量沿信号过冲值
预冲		测量沿信号预冲值

4. 时间测量分页一

图 2-108 表 2-72 时间测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
周期		测量信号的周期
频率		测量信号的频率
上升时间		测量上升沿信号上升时间
下降时间		测量下降沿信号下降时间

5. 时间测量分页二

图 2-109 表 2-73 时间测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
正脉宽		测量脉冲信号的正脉宽
负脉宽		测量脉冲信号的负脉宽
正占空比		测量脉冲信号的正占空比
负占空比		测量脉冲信号的负占空比

6. 时间测量分页三

图 2-110 表 2-74 时间测量功能菜单说明



功能菜单	显示	说明
延迟 1 → 2f		测量 CH1, CH2 信号在上升沿处的延迟时间
延迟 1 → 2t		测量 CH1, CH2 信号在下降沿处的延迟时间

注意：自动测量的结果显示在屏幕下方，最多可同时显示 3 个。当显示已满时，新的测量结果会导致原结果左移，从而将原屏幕最左端的结果挤出屏幕之外。

操作说明:

①. 选择被测信号通道:

根据信号输入通道不同, 选择 CH1 或 CH2。

按钮操作顺序为: **Measure** → **信源选择** → **CH1** 或 **CH2** 。

②. 获得全部测量数值:

如下图菜单所示, 按 5 号菜单操作键, 设置“全部测量”项状态为 **打开**。18 种测量参数值 (不包括“延迟 1 → 2f”和“延迟 1 → 2 τ ”参数) 显示于屏幕下方。

③. 选择参数测量:

按 2 号或 3 号菜单操作键选则测量类型, 查找感兴趣的参数所在的分页。按钮操作顺序为: **Measure** → **电压测量**、**时间测量** → **最大值**、**最小值**.....

④. 获得测量数值:

应用 2、3、4、5 号菜单操作键选择参数类型, 并在屏幕下方直接读取显示的数据。若显示的数据为“*****”, 表明当前设置下, 此参数不可测。

⑤. 清除测量数值:

如下图菜单所示, 按 4 号菜单操作键选择 **清除测量**。此时, 所有屏幕下端的自动测量值 (不包括“全部测量”参数) 从屏幕消失。

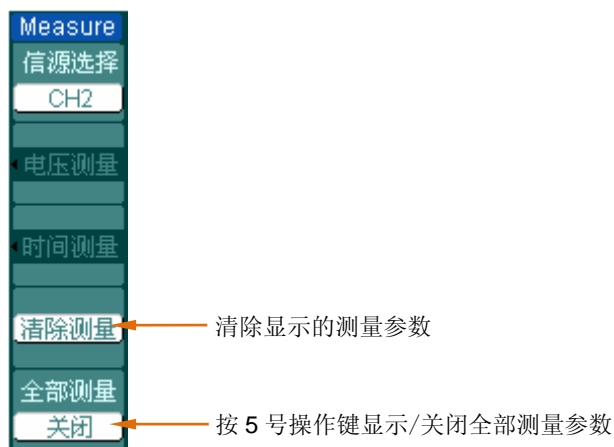


图 2-111 菜单说明

电压参数的自动测量

DS1000CA 系列数字示波器可以自动测量的电压参数包括最大值、最小值、峰峰值、顶端值、底端值、幅度值、平均值、均方根值、过冲和预冲。下图表述了一系列电压参数的物理意义。

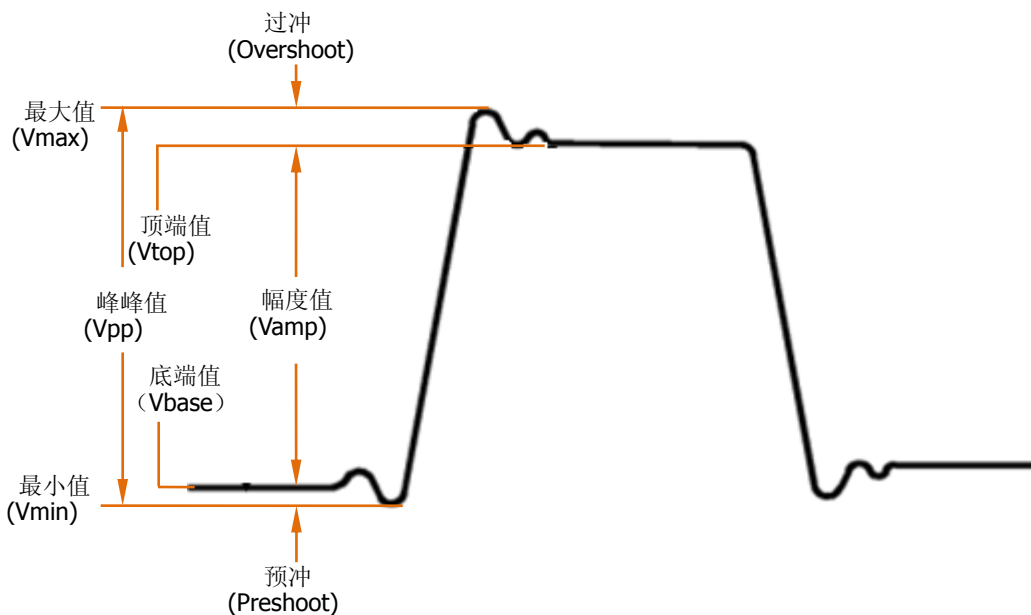


图 2-112 脉冲信号电压测量

最大值 (Vmax): 波形最高点至 GND (地) 的电压值。

最小值 (Vmin): 波形最低点至 GND (地) 的电压值。

峰峰值 (Vpp): 波形最高点波峰至最低点的电压值。

顶端值 (Vtop): 波形平顶至 GND (地) 的电压值。

底端值 (Vbase): 波形平底至 GND (地) 的电压值。

幅度值 (Vamp): 波形顶端至底端的电压值。

过冲 (Overshoot): 波形最大值与顶端值之差与幅值的比值。

预冲 (Preshoot): 波形最小值与底端值之差与幅值的比值。

平均值 (Average): 1 个周期内信号的平均幅值。

均方根值 (Vrms): 即有效值。依据交流信号在 1 个周期时所换算产生的能量, 对应于产生等值能量的直流电压, 即均方根值。

时间参数的自动测量

DS1000CA 可以自动测量的时间参数包括：信号的频率、周期、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽、延迟 $1 \rightarrow 2f$ 、延迟 $1 \rightarrow 2\bar{f}$ 、正占空比和负占空比。

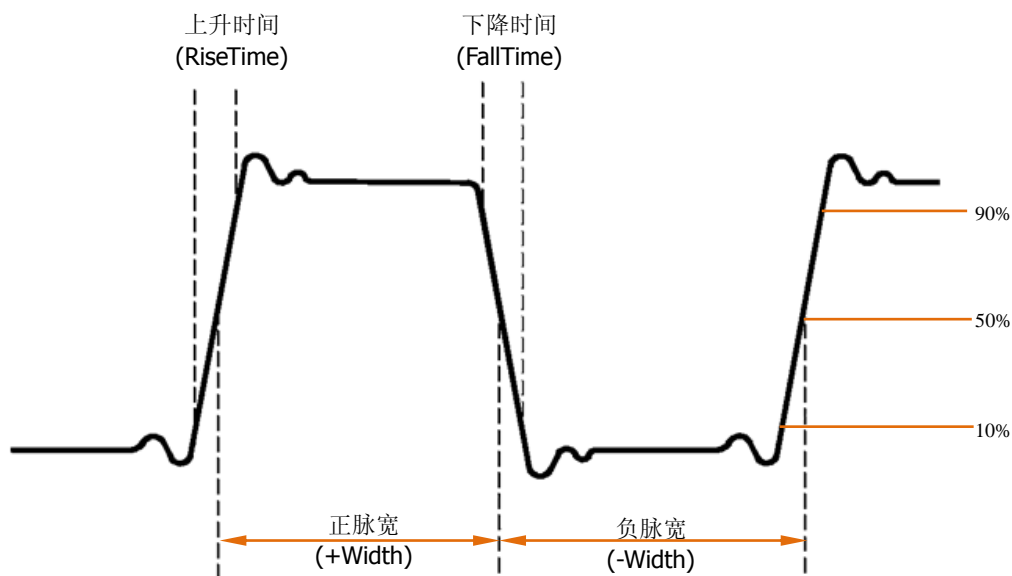


图 2-113 脉冲信号时间测量

上升时间 (RiseTime)：波形幅度从 10% 上升至 90% 所经历的时间。

下降时间 (FallTime)：波形幅度从 90% 下降至 10% 所经历的时间。

正脉宽 (+Width)：正脉冲在 50% 幅度时的脉冲宽度。

负脉宽 (-Width)：负脉冲在 50% 幅度时的脉冲宽度。

延迟 $1 \rightarrow 2f$ (Delay1 \rightarrow 2 f)：通道 1、2 相对于上升沿的延时。

延迟 $1 \rightarrow 2\bar{f}$ (Delay1 \rightarrow 2 \bar{f})：通道 1、2 相对于下降沿的延时。

正占空比 (+Duty)：正脉宽与周期的比值。

负占空比 (-Duty)：负脉宽与周期的比值。

光标测量

如下图所示，在 MENU 控制区中，**Cursor** 为光标测量功能按键。

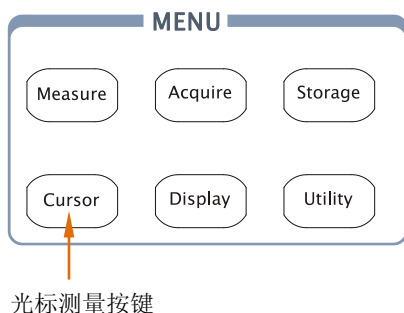



图 2-114 光标测量功能按键

光标模式允许用户通过移动光标进行测量。光标测量分为 3 种模式：

1、手动模式：

光标 X 或 Y 方式成对出现，并可手动调整光标的间距。显示的读数即为测量的电压或时间值。当使用光标时，需首先将信号源设定成您所测量的波形。

2、追踪模式：

水平与垂直光标交叉构成十字光标。十字光标自动定位在波形上，通过旋动多功能旋钮（) 可以调整十字光标在波形上的水平位置。示波器同时显示光标点的坐标。

3、自动测量模式：

通过此设定，在自动测量模式下，系统会显示对应的电压或时间光标，以揭示测量的物理意义。系统根据信号的变化，自动调整光标位置，并计算相应的参数值。此种方式在未选择任何自动测量参数时无效。

手动模式

按 **Cursor** → **光标模式** → **手动**，进入下面所示菜单。

图 2-115 表 2-75 手动模式测量菜单说明



功能菜单	设定	说明
光标模式	手动	手动调整光标间距以测量 X 或 Y 参数
光标类型	X Y	光标显示为垂直线，测量时间值 光标显示为水平线，测量电压值
信源选择	CH1 CH2 MATH/FFT	选择被测信号的输入通道
CurA		设置光标 A 有效，调整光标 A 位置
CurB		设置光标 B 有效，调整光标 B 位置

手动光标测量方式是测量一对 X 光标或 Y 的坐标值及二者间的增量。

操作步骤如下：

- ①. 选择手动测量模式：按键操作顺序为：**Cursor** → **光标模式** → **手动**。
- ②. 选择光标类型：根据需要的参数分别选择 X 或 Y 光标。按键操作顺序为：**光标类型** → **X** 或 **Y**。
- ③. 选择被测信号通道：根据被测信号的输入通道不同，选择 CH1 或 CH2。按键操作顺序为：**信源选择** → **CH1**、**CH2**、**MATH/FFT**。
- ④. 移动光标以调整光标间的增量：（见下表）

表 2-76 光标菜单说明

光标	增量	操作
CurA (光标 A)	X Y	旋动多功能旋钮 (↻) 使光标 A 左右移动 旋动多功能旋钮 (↻) 使光标 A 上下移动
CurB (光标 B)	X Y	旋动多功能旋钮 (↻) 使光标 B 左右移动 旋动多功能旋钮 (↻) 使光标 B 上下移动

注：只有当前菜单为光标功能菜单时，才能移动光标。

⑤. 获得测量数值:

光标 A 位置 (时间以触发偏移位置为基准, 电压以通道接地点为基准)

光标 B 位置 (时间以触发偏移位置为基准, 电压以通道接地点为基准)

光标 A、B 的水平间距 (ΔX): 即光标间的时间值。

光标 A、B 水平间距的倒数 ($1/\Delta X$)。

光标 A、B 的垂直间距 (ΔY): 即光标间的电压值。

注: 当光标功能打开时, 测量数值自动显示于屏幕右上角。

名词解释





Y 光标: Y 光标是进行垂直调整的水平虚线, 通常指电压值, 当信源为数学函数时, 测量单位与该数学函数相对应。

X 光标: 是进行水平调整的垂直虚线, 通常指示相对于触发偏移位置的时间。当信源为 FFT 时, X 光标代表频率。

追踪模式

按 **Cursor** → **光标模式** → **追踪**，进入下面所示菜单。

图 2-116 表 2-77 追踪模式测量菜单说明

	功能菜单	设定	说明
	光标模式	追踪	设定追踪方式，定位和调整十字光标在被测波形上的位置。
	光标 A	CH1 CH2 无光标	设定追踪测量通道 1 的信号 设定追踪测量通道 2 的信号 不显示光标 A
	光标 B	CH1 CH2 无光标	设定追踪测量通道 1 的信号 设定追踪测量通道 2 的信号 不显示光标 B
	CurA (光标 A)		设定旋动多功能旋钮 () 调整光标 A 的水平坐标
	CurB (光标 B)		设定旋动多功能旋钮 () 调整光标 B 的水平坐标

光标追踪测量方式是在被测波形上显示十字光标，通过移动光标的水平位置，光标自动在波形上定位，并显示当前定位点的水平、垂直坐标和两光标间水平、垂直的增量。其中，水平坐标以时间值显示，垂直坐标以电压值显示。

操作步骤如下：

- ①. 选择光标追踪测量模式：按键操作顺序为：**Cursor** → **光标模式** → **追踪**。
- ②. 选择光标 A、B 的信源：根据被测信号的输入通道不同，选择 **CH1** 或 **CH2**。若不希望显示此光标，则选择 **无光标**。
按键操作顺序为：**光标 A** 或 **光标 B** → **CH1**、**CH2** 或 **无光标**。
- ③. 移动光标在波形上的水平位置：（见下表）

表 2-78 光标菜单说明

光标	操作
光标 A	旋动多功能旋钮 () 使光标 A 在波形上水平移动
光标 B	旋动多功能旋钮 () 使光标 B 在波形上水平移动

注意：只有当前菜单是光标追踪菜单时，才能水平移动光标。在其它菜单状态下，十字光标在当前窗口的水平位置不会改变，垂直光标可能因为波形的瞬时变化而上下摆动。

④. 获得测量数值：

光标 **A** 位置（时间以触发偏移位置为基准，电压以通道接地点为基准）

光标 **B** 位置（时间以触发偏移位置为基准，电压以通道接地点为基准）

光标 **A**、**B** 的水平间距（ ΔX ）：即光标间的时间值。（以“秒”为单位）

光标 **A**、**B** 水平间距的倒数（ $1/\Delta X$ ）。（以“赫兹”为单位）

光标 **A**、**B** 的垂直间距（ ΔY ）：即光标间的电压值。（以“伏”为单位）

自动测量模式

按 **Cursor** → **光标模式** → **自动测量**，进入下面所示菜单。

图 2-117



表 2-79 自动测量菜单说明

功能菜单	设定	说明
光标模式	自动测量	显示当前自动测量的参数所应用的光标。(见下图)

使用自动测量模式时，您首先要通过 **Measure** 菜单选定需要测量的参数。选定后，屏幕上将显示与该测量参数对应的光标，否则，没有光标显示。

本示波器可以自动移动光标测量 **Measure** 菜单下的所有参数（20 种）。

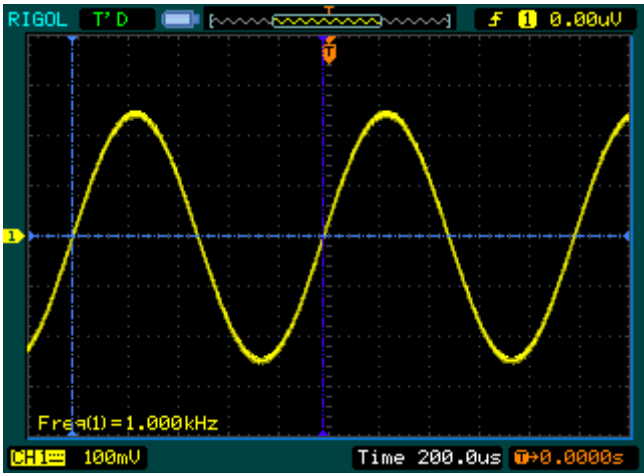


图 2-118 频率自动测量光标示意图

使用执行按钮

执行按钮包括 **AUTO**（自动设置）和 **RUN/STOP**（运行/停止）。

AUTO（自动设置）：自动设定仪器各项控制值，以产生适宜观察的波形显示。

按 **AUTO**（自动设置）键，快速设置和测量信号。按 **AUTO** 后，菜单显示如下：

图 2-119 表 2-80 执行按钮说明

功能菜单	设定	说明
多周期		设置屏幕自动显示多个周期信号
单周期		设置屏幕自动显示单个周期信号
上升沿		自动设置并显示上升时间
下降沿		自动设置并显示下降时间
（撤消）		撤消自动设置，返回前一状态

自动设定功能项目

表 2-81 自动设定功能项目

功能	设定
显示方式	Y—T
获取方式	普通
垂直位置	调节至适当位置
垂直 “Volts/div”	调节至适当档位
垂直档位调节	粗调
带宽限制	关闭*（即满带宽）
信号反相	关闭
水平位置	居中
水平 “s/div”	调节至适当档位
触发类型	边沿
触发信源	自动检测到有信号输入的通道
触发耦合	直流
触发电平	中点设定
触发方式	自动

注：测量小信号时将自动打开带宽限制。

RUN/STOP（运行/停止）：运行和停止波形采样。

注意：在停止的状态下，对于波形垂直档位和水平时基可以在一定的范围内调整，相当于对信号进行水平或垂直方向上的扩展。

第 3 章 使用实例

例一：测量简单信号

观测电路中一未知信号，迅速显示和测量信号的频率和峰峰值。

1. 欲迅速显示该信号，请按如下步骤操作：

- (1) 将探头菜单衰减系数设定为 **10X**，并将探头上的开关设定为 **10X**。
- (2) 将通道 **1** 的探头连接到电路被测点。
- (3) 按下 **AUTO**（自动设置）按键。

示波器将自动设置使波形显示达到最佳。在此基础上，您可以进一步调节垂直、水平档位，直至波形的显示符合您的要求。

2. 进行自动测量

示波器可对大多数显示信号进行自动测量。欲测量信号频率和峰峰值，请按如下步骤操作：

(1) 测量峰峰值

按下 **Measure** 按钮以显示自动测量菜单。

按下 **1** 号菜单操作键以选择信源：**CH1**。

按下 **2** 号菜单操作键选择测量类型：**电压测量**。

在电压测量弹出菜单中用多功能旋钮选择测量参数：**峰峰值**。

此时，您可以在屏幕左下角发现峰峰值的显示。

(2) 测量频率

按下 **3** 号菜单操作键选择测量类型：**时间测量**。

在时间测量弹出菜单中用多功能旋钮选择测量参数：**频率**。

此时，您可以在屏幕下方发现频率的显示。

注意：测量结果在屏幕上的显示会因为被测信号的变化而改变。

例二：观察正弦波信号通过电路产生的延迟和畸变

与上例相同，设置探头和示波器通道的探头衰减系数为 10X。

将示波器 CH1 通道与电路信号输入端相接，CH2 通道则与输出端相接。

操作步骤如下：

1. 显示 CH1 通道和 CH2 通道的信号：

- (1) 按下 **AUTO**（自动设置）按键。
- (2) 继续调整水平、垂直档位直至波形显示满足您的测试要求。
- (3) 按 **CH1** 按键选择通道 1，旋转垂直（VERTICAL）区域的垂直 **POSITION** 旋钮调整通道 1 波形的垂直位置。
- (4) 按 **CH2** 按键选择通道 2，如前操作，调整通道 2 波形的垂直位置。使通道 1、2 的波形既不重叠在一起，又利于观察比较。

2. 测量正弦信号通过电路后产生的延时，并观察波形的变化。

(1) 自动测量通道延时

按下 **Measure** 按钮以显示自动测量菜单。

按下 1 号菜单操作键以选择信源 **CH1**。

按下 3 号菜单操作键选择 **时间测量**。

在时间测量选择测量类型：**延迟 1→2f**。

此时，您可以在屏幕左下角发现通道 1、2 在上升沿的延时数值显示。

(2) 观察波形的变化（见下图）



图 3-1 波形畸变示意图

例三：捕捉单次信号

方便地捕捉脉冲、毛刺等非周期性的信号是数字示波器的优势和特点。

若捕捉一个单次信号，首先需要对此信号有一定的了解，才能设置触发电平和触发沿。例如，如果脉冲是一个TTL电平的逻辑信号，触发电平应该设置为2V，触发沿设置为上升沿触发。如果对于信号的情况不确定，可以通过自动或普通的触发方式先行观察，以确定触发电平和触发沿。

操作步骤如下：

1. 如前例设置探头和 CH1 通道的衰减系数。

2. 进行触发设定。

- (1) 按下触发（**TRIGGER**）控制区域 **MENU** 按钮，显示触发设置菜单。
- (2) 在此菜单下分别应用 1~5 号菜单操作键设置 触发类型为 边沿触发、边沿类型为 上升沿、信源选择为 CH1、触发方式为 单次、触发设置 → 耦合为 直流。
- (3) 调整水平时基和垂直档位至适合的范围。
- (4) 旋转触发（**TRIGGER**）控制区域 **LEVEL** 旋钮，调整适合的触发电平。
- (5) 按 **RUN/STOP** 执行按键，等待符合触发条件的信号出现。如果有某一信号达到设定的触发电平，即采样一次，显示在屏幕上。

利用此功能可以轻易捕捉到偶然发生的事件，例如幅度较大的突发性毛刺：将触发电平设置为刚刚高于正常信号的电平，按 **RUN/STOP** 按键开始等待，则当毛刺发生时，机器自动触发，并把触发前后一段时间的波形记录下来。通过旋转面板上水平控制区域（**HORIZONTAL**）的水平 **POSITION** 旋钮，改变触发位置的水平位置可以得到不同长度的负延迟触发，便于观察毛刺发生之前的波形。

例四：减少信号上的随机噪声

如果被测试的信号上叠加了随机噪声，您可以通过调整本示波器的设置，滤除或减小噪声，避免其在测量中对本体信号的干扰。（波形见下图）

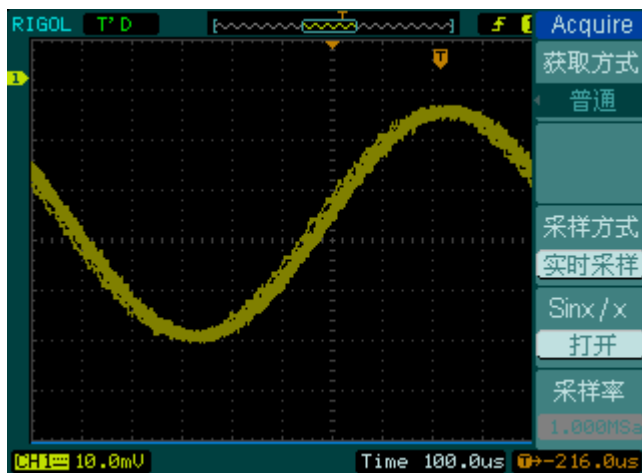


图 3-2 叠加噪声的信号

操作步骤如下：

1. 如前例设置探头和 **CH1** 通道的衰减系数。

2. 连接信号，使波形在示波器上稳定地显示。

操作参见前例，水平时基和垂直档位的调整见前章相应描述。

3. 通过设置触发耦合改善触发。

(1) 按下**触发（TRIGGER）**控制区域 **MENU** 按键，显示触发设置菜单。

(2) **触发设置** → **耦合** 选择 **低频抑制** 或 **高频抑制**。

低频抑制是设定一高通滤波器，可滤除 8kHz 以下的低频信号分量，允许高频信号分量通过。

高频抑制是设定一低通滤波器，可滤除 150kHz 以上的高频信号分量（如 FM 广播信号），允许低频信号分量通过。通过设置 **低频抑制** 或 **高频抑制** 可以分别抑制低频或高频噪声，以得到稳定的触发。

4. 通过设置采样方式和调整波形亮度减少显示噪声。

(1) 如果被测信号上叠加了随机噪声，导致波形过粗。可以应用平均采样方式，去除随机噪声的显示，使波形变细，便于观察和测量。取平均值后随机噪声被减小而信号的细节更易观察。

具体的操作是：按面板 **MENU** 区域的 **Acquire** 按键，显示采样设置菜单。按 1 号菜单操作键设置 **获取方式** 为 **平均** 状态，然后按 2 号菜单操作键调整平均次数，依次由 2 至 256 以 2 的 N 次幂步进，直至波形的显示满足观察和测试要求。（见下图）

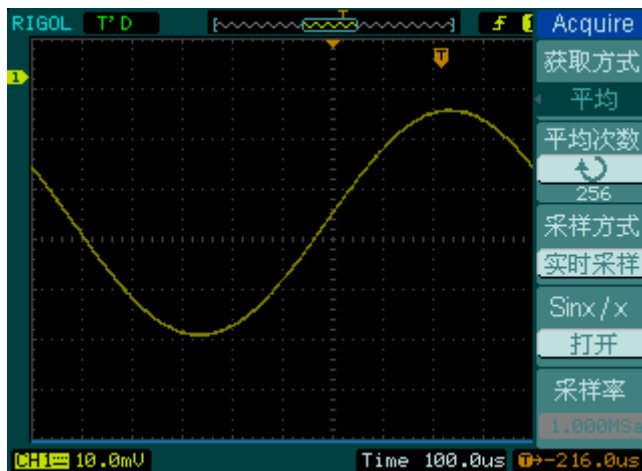


图 3-3 去除随机噪声的信号

- (2) 减少显示噪声也可以通过减低波形亮度来实现。在主界面中使用多功能旋钮可调整波形亮度。

注意：使用平均采样方式会使波形显示更新速度变慢，这是正常现象。

例五：应用光标测量

本示波器可以自动测量 20 种波形参数。所有的自动测量参数都可以通过光标进行测量。使用光标可迅速地对波形进行时间和电压测量。

测量 Sinc 第一个波峰的频率

欲测量信号上升沿处的 Sinc 频率，请按如下步骤操作：

1. 按下 **Cursor** 按键以显示光标测量菜单。
2. 按下 1 号菜单操作键设置 光标模式 为 手动。
3. 按下 2 号菜单操作键设置 光标类型 为 X。
4. 旋动多功能旋钮 (↺) 将光标 A 置于 Sinc 的第一个峰值处。
5. 旋动多功能旋钮 (↻) 将光标 B 置于 Sinc 的第二个峰值处。

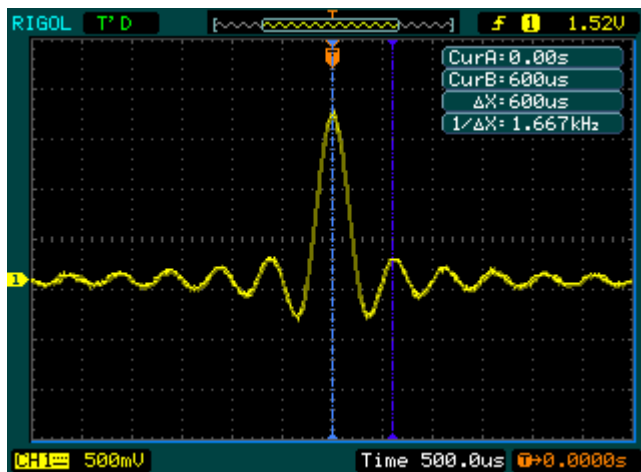




图 3-4
测量 Sinc 第一个波峰的频率

注意：光标菜单中显示出增量时间和频率（测得的 Sinc 频率）。

测量 Sinc 第一个波峰的幅值

欲测量 Sinc 幅值，请按如下步骤操作：

1. 按下 **Cursor** 按钮以显示光标测量菜单。
2. 按下 1 号菜单操作键设置 光标模式 为 手动。
3. 按下 2 号菜单操作键设置 光标类型 为 Y。
4. 旋动多功能旋钮（) 将光标 A 置于 Sinc 的第一个峰值处。
5. 旋动多功能旋钮（) 将光标 B 置于 Sinc 的第二个峰值处。

光标菜单中将显示下列测量值：

- 增量电压（Sinc 的峰—峰电压）。
- 光标 A 处的电压。
- 光标 B 处的电压。

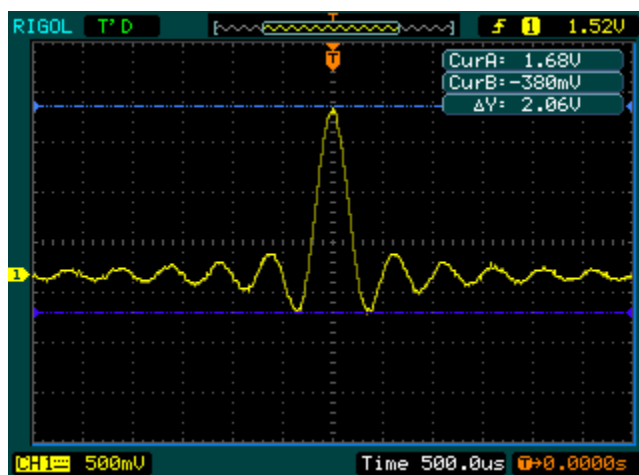


图 3-5
测量 Sinc 第一个波峰的幅值

例六：X—Y 功能的应用

查看两通道信号的相位差

实例：测试信号经过一电路网络产生的相位变化。
将示波器与电路连接，监测电路的输入输出信号。

欲以 X—Y 坐标图的形式查看电路的输入输出，请按如下步骤操作：

1. 将探头菜单衰减系数设定为 **10X**，并将探头上的开关设定为 **10X**。
2. 将通道 1 的探头连接至网络的输入，将通道 2 的探头连接至网络的输出。
3. 若通道未被显示，则按下 **CH1** 和 **CH2** 菜单按钮。
4. 按下 **AUTO**（自动设置）按键。
5. 调整垂直 **SCALE** 旋钮使两路信号显示的幅值大约相等。
6. 按下水平控制区域的 **MENU** 菜单按钮以调出水平控制菜单。
7. 按下 **时基** 菜单框按钮以选择 **X—Y**。示波器将以李沙育（Lissajous）图形模式显示网络的输入输出特征。
8. 调整垂直 **SCALE**、垂直 **POSITION** 和水平 **SCALE** 旋钮使波形达到最佳效果。
9. 应用椭圆示波图形法观测并计算出相位差。（见下图）

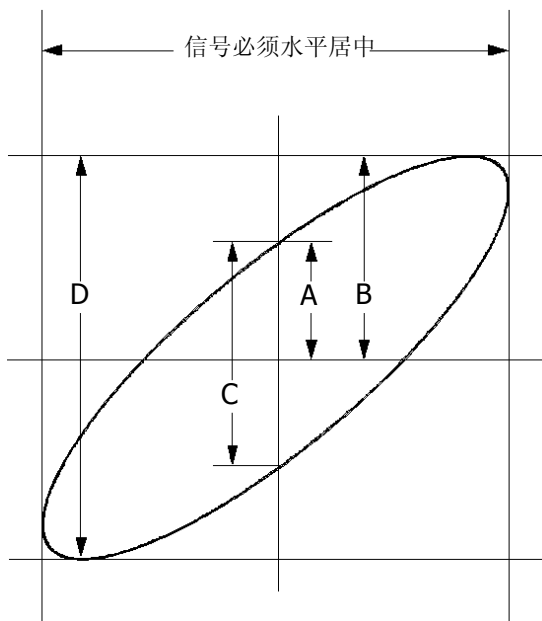


图 3-6
椭圆示波图形法

根据 $\sin\theta=A/B$ 或 C/D ，其中 θ 为通道间的相差角，A，B，C，D 的定义见上图。因此可以得出相差角，即：

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


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

例七：视频信号触发

观测一 DVD 机中的视频电路，应用视频触发并获得稳定的视频输出信号显示。

视频场触发

欲在视频场上触发，请按如下步骤操作：

1. 按下触发控制区域（TRIGGER）的 **MENU** 按钮以显示触发菜单。
2. 按下 1 号菜单操作键选择 视频触发。
3. 按下 2 号菜单操作键设置信源选择为 CH1。
4. 按下 3 号菜单操作键选择视频极性为 。
5. 按下 4 号菜单操作键选择同步为 奇数场 或 偶数场。
6. 调整 **LEVEL** 旋钮使触发电平位于视频同步脉冲上，以获得良好的触发状态。
7. 应用水平控制区域的水平 **SCALE** 旋钮调整水平时基，以获得清晰的波形显示。

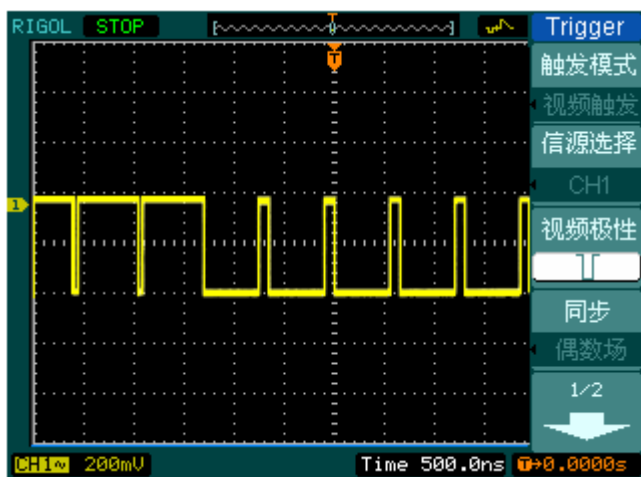


图 3-7 视频场触发

本示波器可指定在视频奇数场或偶数场触发，从而避免奇偶视频场同时触发造成的混淆。只需按上述步骤 5 选择 奇数场 或 偶数场 即可。

视频行触发

欲在视频行上触发，请按如下步骤操作：

1. 按下触发控制区域（**TRIGGER**）的 **MENU** 按钮以显示触发菜单。
2. 按下 1 号菜单操作键选择 视频触发。
3. 按下 2 号菜单操作键设置信源选择为 CH1。
4. 按下 3 号菜单操作键选择视频极性为 \sqcup 。
5. 按下 4 号菜单操作键选择同步为 指定行。
6. 旋动多功能旋钮（ \curvearrowright ）以在感兴趣的某一行处触发。
7. 调整 **LEVEL** 旋钮以得到良好的触发状态。
8. 应用水平控制区域的水平 **SCALE** 旋钮调整水平时基，以得到清晰的波形显示。

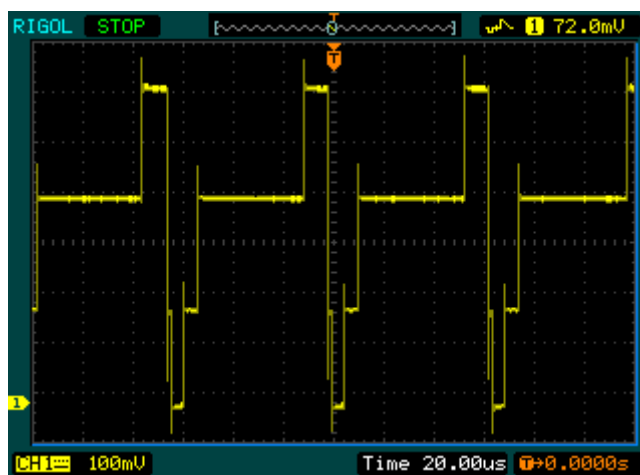



图 3-8 视频场触发

例八：使用光标测定 FFT 波形

可以对FFT波形进行两项测量：幅度（以 V_{RMS} 或 dBV_{RMS} 为单位）和频率（以Hz为单位）测量，调节两水平和垂直光标，可以从光标间的增量读出测量值。

欲进行FFT光标测量，请按以下步骤操作：

1. 按 **Cursor** 按钮显示光标测量菜单。
2. 按 1 号菜单操作按钮，选择光标模式为 **手动**。
3. 按 2 号菜单操作按钮，选择光标类型为 **X** 或 **Y**。
4. 按 3 号菜单操作按钮，选择信源为 **FFT**，菜单将转移到 **FFT** 窗口。
5. 旋动多功能旋钮（) 移动光标至感兴趣的波形位置。

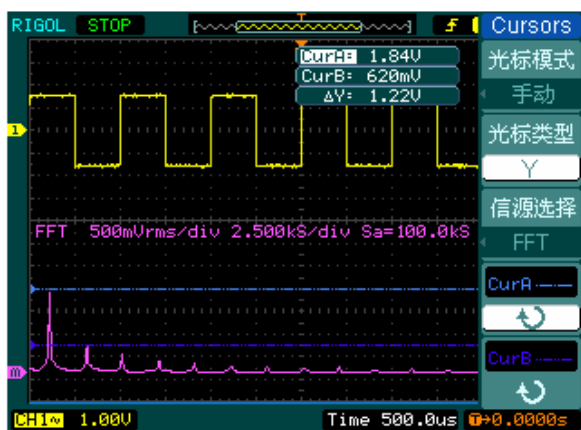


图 3-9 光标标测量FFT幅值实例

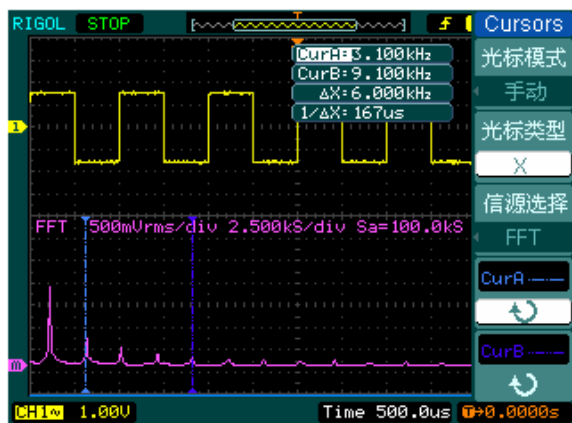


图 3-10 光标测量FFT频率实例

例九：通过/失败测试

检测通道输入信号是否在规则范围之内，超出范围即为失败，反之则为通过，并且可以通过内置可设置的光电隔离的输出端口输出失败或通过信号。

欲执行通过/失败检测，请按照以下步骤操作：

1. 按 **Utility** → **通过测试**，显示 PASS/FAIL 菜单。
2. 打开允许测试：进入 PASS/FAIL(1/2)菜单，按 1 号菜单操作按钮，选择 **打开**。
3. 创建规则：进入 PASS/FAIL(2/2)菜单，按 4 号菜单操作按钮，进入 MASK 菜单。
在 MASK(1/2)菜单中，按 1 号和 2 号菜单操作按钮，设置水平和垂直的容限范围，最后按 3 号操作键创建规则；也可在 MASK(2/2)菜单中，按 3 号操作按钮调出已经保存的规则。
4. 设置输出方式：进入 PASS/FAIL(2/2)菜单，按 2 号菜单操作按钮，设置输出选项。
5. 开始检测：进入 PASS/FAIL (1/2)菜单，按 3 号菜单操作按钮，运行。

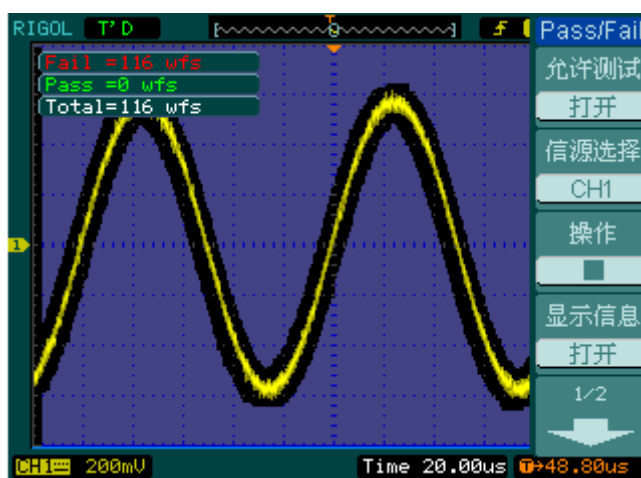


图 3-11 通过/失败检测

第 4 章 故障处理

1. 如果按下电源开关，示波器仍然黑屏，没有任何显示，请按下列步骤处理：

- (1) 检查电源接头是否接好。
- (2) 检查电源开关是否按实。
- (3) 做完上述检查后，重新启动仪器。
- (4) 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，请按下列步骤处理：

- (1) 检查探头是否正常接在信号连接线上。
- (2) 检查信号连接线是否正常接在 **BNC**（即通道连接器）上。
- (3) 检查探头是否与待测物正常连接。
- (4) 检查待测物是否有信号产生（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）。
- (5) 再重新采集信号一次。

3. 测量的电压幅度值比实际值大 10 倍或小 10 倍：

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) 检查触发面板的 **信源选择** 项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方式，波形才能稳定显示。
- (3) 尝试改变 **耦合** 为 **高频抑制** 和 **低频抑制** 显示，以滤除干扰触发的高频或低频噪声。

5. 按下 **RUN/STOP** 键无任何显示：

检查触发面板（**TRIGGER**）的 **触发方式** 是否在 **普通** 或 **单次** 档，且触发电平是否超出波形范围。如果是，将触发电平居中，或者设置 **触发方式** 为 **自动** 档。另外，按自动设置 **AUTO** 按键可自动完成以上设置。

6. 选择打开平均采样方式时间后，显示速度变慢：

正常。

7. 波形显示呈阶梯状：

- (1) 水平时基档位可能过低，增大水平时基以提高水平分辨率，可以改善显示。
- (2) 可能 **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。将 **显示类型** 设置为 **点** 显示方式，即可解决。

第 5 章 性能指标

除非另有说明，所用技术规格都适用于 DS1000CA 系列数字式示波器。示波器必须首先满足以下两个条件，才能达到这些规格标准：

- 仪器必须在规定的操作温度下连续运行三十分钟以上。
- 如果操作温度变化范围达到或超过 5℃，必须打开系统功能菜单，执行“自校正”程序。

除非标有“典型”字样的规格以外，所用规格都有保证。

技术规格

采样		
采样方式	实时采样	等效采样
采样率	2GSa/s 单通道 ^[1] 1GSa/s 每通道	50GSa/s ^[2]
平均值	所有通道同时达到 N 次采样后完成一次波形显示，N 次数可在 2、4、8、16、32、64、128 和 256 之间选择	

输入	
输入耦合	直流、交流或接地（DC、AC、GND）
输入阻抗	1MΩ±2%，与 15pF±3pF 并联 50Ω±2% ^[3]
探头衰减系数设定	1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X, 1000X
最大输入电压	300V（DC+AC 峰值、1MΩ 输入阻抗、10X）
	5V（V _{RMS} 、50Ω 输入阻抗、BNC 处） ^[3]
通道间时间延迟（典型）	500ps

50Ω	
具备	DS1302CA、DS1202CA
不具备	DS1062CA、DS1102CA

水平	
采样率范围	1Sa/s—2GSa/s（实时），50GSa/s（等效） ^[2]
波形内插	Sin（x）/x
存储深度	最大 10k 采样点（单通道），2GSa/s 5k 采样点（每通道）
扫速范围（s/div）	1ns/div—50s/div，DS1302CA 2ns/div—50s/div，DS1102CA，DS1202CA 5ns/div—50s/div，DS1062CA 1—2—5 进制
采样率和延迟时间精确度	±50ppm（任何≥1ms 的时间间隔）
时间间隔（ΔT）测量精确度（满带宽）	单次：±（1 采样间隔时间+50ppm×读数+0.6ns） >16 个平均值：±（1 采样间隔时间+50ppm×读数+0.4ns）

测量		
光标	手动模式	光标间电压差（ΔV） 光标间时间差（ΔT） ΔT 的倒数（Hz）（1/ΔT）
	追踪模式	波形点的电压值和时间值
	自动测量模式	允许在自动测量时显示光标

自动测量	峰峰值、幅值、最大值、最小值、顶端值、底端值、平均值、均方根值、过冲、预冲、频率、周期、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽、正占空比、负占空比、延迟 1→2 μ s、延迟 1→2 μ s 的测量
------	---

垂直	
模拟数字转换器 (A/D)	8 比特分辨率, 两个通道同时采样
灵敏度 (伏/格) 范围 (V/div)	1mV/div—10V/div (在输入 BNC 处)
位移范围	$\pm 40V$ (205mV/div—10V/div) $\pm 800mV$ (1mV/div—200mV/div)
模拟带宽	60MHz (DS1062CA) 100MHz (DS1102CA) 200MHz (DS1202CA) 300MHz (DS1302CA)
单次带宽	60MHz (DS1062CA) 100MHz (DS1102CA) 200MHz (DS1202CA) 300MHz (DS1302CA)
可选择的模拟带宽限制 (典型)	20MHz
低频响应 (交流耦合, -3dB)	$\leq 5Hz$ (在 BNC 上)
上升时间 (BNC 上典型)	$<1.2ns$, $<1.7ns$, $<3.5ns$, $<5.8ns$ 分别在带宽 (300MHz, 200MHz, 100MHz, 60MHz) 上
直流增益精确度	1 mV/div, $\pm 8\%$ (普通或平均值获取方式) 2mV/div~5mV/div, $\pm 4\%$ (普通或平均值获取方式) 10 mV/div~10V/div, $\pm 3\%$ (普通或平均值获取方式)
直流测量精确度 (平均值采样方式)	垂直位移为零, 且 $N \geq 16$ 时: $\pm (8\% \times \text{读数} + 0.1 \text{ 格} + 1mV)$ 且选取 1mV/div $\pm (4\% \times \text{读数} + 0.1 \text{ 格} + 1mV)$ 且选取 2mV/div 或 5mV/div。 $\pm (3\% \times \text{读数} + 0.1 \text{ 格} + 1mV)$ 且选取 10 mV/div~10V/div。 垂直位移不为零, 且 $N \geq 16$ 时: $\pm [3\% \times (\text{读数} + \text{垂直位移读数}) + (1\% \times \text{垂直位移读数}) + 0.2 \text{ 格}]$ 设定值从 1mV/div 到 200 mV/div 加 2mV。设定值从 $> 200 \text{ mV/div}$ 到 10V/div 加 50 mV。
电压差 (ΔV) 测量精确度 (平均值采样方式)	在同样的设置和环境条件下, 经对捕获的 ≥ 16 个波形取平均值后波形上任两点间的电压差 (ΔV): $\pm (\text{直流增益精确度} \times \text{读数} + 0.05 \text{ 格})$
过冲	$< 20\%$

触发	
触发灵敏度	0.1div~1.0div, 用户可调节

触发电平范围	内部	距屏幕中心±6 格
	EXT	± 1V
	EXT/5	± 3V
触发电平精确度(典型)适用于上升和下降时间≥20ns 的信号	内部	± (0.3div×V/div) (距屏幕中心±4div 范围内)
	EXT	± (6%设定值+40mV)
	EXT/5	± (6%设定值+200mV)
触发位移	正常模式：预触发（存储深度/（2×采样率）），延迟触发 1s	
	慢扫描模式：预触发 6div，延迟触发 6div	
释抑范围	500ns – 1.5s	
高频抑制	100kHz±50kHz	
低频抑制	8kHz±20%	
设定电平至 50% （典型）	输入信号频率≥50Hz 条件下的操作	
边沿触发		
边沿类型	上升、下降、上升+下降	
脉宽触发		
触发模式	（大于、小于、等于）正脉宽，（大于、小于、等于）负脉宽	
脉冲宽度范围	20ns – 10s	
视频触发		
信号制式 行频范围	支持标准的 NTSC、PAL 和 SECAM 广播制式，行数范围是 1 – 525（NTSC）和 1 – 625（PAL/SECAM）	
斜率触发		
触发模式	（大于、小于、等于）正斜率，（大于、小于、等于）负斜率	
时间设置	20ns – 10s	
交替触发		
CH1 触发	边沿、脉宽、视频、斜率	
CH2 触发	边沿、脉宽、视频、斜率	

注:

- [1] 采样率为 2GSa/s 时, 只有一个通道可用。
- [2] 此指标为最高型号的最高性能指标, 各个型号具体等效采样率值如下:
 DS1302CA: 50GSa/s
 DS1202CA, DS1102CA: 25GSa/s
 DS1062CA: 10GSa/s
- [3] 此功能只适用于 DS1302CA 和 DS1202CA。

一般技术规格

显示	
显示类型	对角线为 145 毫米（5.7 英寸）的 TFT 液晶显示
显示分辨率	320 水平×RGB×234 垂直像素
显示色彩	64k 色
对比度（典型）	150 : 1
背光强度（典型）	300 nit

探头补偿器输出	
输出电压（典型）	约 3V，峰—峰值≥1MΩ 负载时
频率（典型）	1kHz

电源	
电源电压	100—240 VAC _{RMS} ，45—440Hz，CAT II
耗电	小于 50W
保险丝	2A，T 级，250V

环境	
温度范围	操作：10℃~+40℃
	非操作：-20℃~+60℃
冷却方法	风扇强制冷却
湿度范围	+35℃以下：≤90%相对湿度
	+35℃~+40℃：≤60%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	宽	303 毫米
	高	154 毫米
	深	133 毫米
重量	不含包装	2.4 千克
	含包装	3.8 千克

IP 防护	IP2X
--------------	------

校准间隔	一年
-------------	----

第 6 章 附录

附录 A：DS1000CA 系列数字示波器附件

标准附件

- 两支 1.5 米，1:1 或 10:1 可调的无源探头
当开关处于 1X 位置时，此无源探头具有 6MHz 带宽，属 150V CAT II 级
当开关处于 10X 位置时，探头具有满足示波器上限的带宽，属 300 V CAT II 级
- 一根符合所在国标准的电源线
- 一本《用户手册》
- 一份《产品保修卡》

选购附件

- DS1000CA 专用便携软包
- BNC 同轴电缆
- RS-232 串口线
- USB 数据线
- USB-GPIB 适配器
- 50Ω 阻抗适配器
- 资源光盘

所有附件（标准件和选购件），请向当地的 **RIGOL** 代表处订购。

附录 B：保修概要

北京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。详细保修说明请参见 **RIGOL** 官方网站或产品保修卡。

若欲获得维修服务或索取保修说明全文，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。

附录 C：保养和清洁维护

一般保养

请勿将仪器放置在长时间受到日照的地方。

小心

请勿使任何腐蚀性的液体沾到仪器或探头上，以免损坏仪器或探头。

清洁

请根据使用情况经常对仪器和探头进行清洁。方法如下：

1. 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）擦试仪器和探头外部的浮尘。清洁液晶显示屏时，注意不要划伤透明的 LCD 保护屏。



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。

索引

AC Line	2-37	电压光标	2-76
ACQUIRE	2-39	电源	5-5
AUTO	2-80	调出	2-51
CURSOR	2-74	顶端值	2-69
DISPLAY	2-43	峰峰值	2-72
EXT	2-37	峰值检测	2-42
EXT/5	2-37	负脉宽	2-73
FFT 分辨率	2-15	功能检查	1-6
FFT 频谱分析	2-14	光标测定 FFT 波形	3-12
HORIZONTAL	1-12	光标测量	2-74
MEASURE	2-68	光标手动方式	2-74
OFF	2-2	光标追踪方式	2-74
REF 功能	2-16	光标追踪模式	2-77
RS-232	2-54	光标自动测量方式	2-74
RUN/STOP	2-80	滚动模式	2-23
TRIGGER	1-14	机械规格	5-5
UTILITY	2-52	减少信号上的随机噪声	3-4
VERTICAL	1-10	交替触发	2-32
X-Y 功能	3-8	接口设置	2-54
保存	2-51	均方根值	2-72
保修概要	6-2	脉宽触发	2-28
边沿触发	2-27	奈奎斯特频率	2-15
标准附件	6-1	频率	2-69
波形反相	2-12	平均获取	2-42
捕捉单次信号	3-3	平均值	2-72
采样系统	2-39	普通触发	2-37
测量简单信号	3-1	清洁	6-3
场同步	2-36	上升时间	2-73
出厂设置	2-51	设置垂直系统	2-2
触发电平	1-14	时间光标	2-76
触发耦合	2-38	实时采样	2-42
触发设置	2-35	视频触发	2-29
触发释抑	2-36	数字滤波	2-9
触发系统	1-14	刷新率	2-44
垂直档位调节	2-11	水平系统	1-12
垂直系统	1-10	探头补偿	1-8
存储和调出	2-45	探头衰减比例	2-8
带宽限制	2-7	停止采样	2-41
单次触发	2-37	通道耦合	2-5
等效采样	2-42	通道设置	2-4
底端值	2-72		

RIGOL

通道延迟	2-73	性能指标	6-4
通过测试	2-59	一般保养	6-3
通过失败	3-13	预触发	2-38
同步脉冲	2-30	正脉宽	2-73
外部触发	2-37	执行按钮	2-80
下降时间	2-73	自动测量	2-68
显示类型	2-43	自动触发	2-37
显示设置	2-43	自动设定功能项目	2-81
显示系统	5-5	自动设置	1-9
斜率触发	2-31	最大值	2-72
信源	2-37	最小值	2-72