



RIGOL

眼图

示波器高级测量功能

应用指南

2025.12



保证和声明

版权

© 2025 普源精电科技股份有限公司

商标信息

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。

软件版本

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 ISO9001:2015 标准和 ISO14001:2015 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

目录

保证和声明	1
1. 文档说明	3
2. 眼图功能介绍	3
3. 眼图工作原理	3
3.1 眼图分析	3
3.2 眼图模版分析	4
4. 眼图功能介绍	4
4.1 眼图配置	4
4.2 眼图模版配置	10
4.3 眼图模版操作流程	14
4.3.1 眼图模板使用步骤（保存绝对坐标的模板文件）	14
4.3.2 眼图模板的分析结果	19
5. 典型应用场景	21
5.1 时钟信号	21
5.1.1 测量步骤	21
5.1.2 测量结果	23
5.2 NRZ 数据信号	23
5.2.1 测量步骤	23
5.2.2 测量结果	25
5.3 PAM3 数据信号	26
5.3.1 测量步骤	26
5.3.2 测量结果	28

1. 文档说明

本文档为 RIGOL 示波器眼图功能的用户指南，本应用指南旨在介绍以下内容：

- 介绍眼图测量项的基本概念。
- 介绍如何使用示波器的眼图功能。
- 介绍典型应用场景的测试方法。

文中涉及示波器“时钟恢复”功能和 RIGOL DG4000 函数/任意波形发生器，用户可以登录 RIGOL 官网 (www.rigol.com) 下载《时钟恢复应用指南》文档和 DG4000 的产品手册。

2. 眼图功能介绍

眼图 Eye Diagram 是用余辉方式累积叠加显示采集到的串行信号的比特位的结果，叠加后的图形形状看起来和眼睛很像，故名眼图。

眼图中包含了丰富的信息，通过眼图可以观察码间串扰和噪声的影响，了解数字信号整体的特征，从而评估系统优劣程度。

因此，眼图分析是高速互连系统信号完整性分析的核心。工程师经常根据眼图对接收滤波器的特性加以调整，以减小码间串扰，改善系统的传输性能。

3. 眼图工作原理

3.1 眼图分析

眼图绘制原理如下：

1. 在眼图绘制之前，需先对波形进行时钟恢复，得到的以下信息用于眼图绘制：
 - 被测信号单位间隔 (UI) /被测信号符号速率
 - 恢复时钟周期数量 (Clk_num) /恢复时钟边沿位置/恢复时钟边沿属性
2. 以每个“恢复时钟在周期中心处的时钟边沿的边沿位置”为中心，向前向后各 1 个 UI 的时间段，对波形采样数据进行切片；
 - 一共得到 Clk_num 个波形切片，每个波形切片的长度为 2UI，每个波形切片的水平中点，为“恢复时钟在周期中心处的时钟边沿的边沿位置”，即对应于一个 UI 的

水平中点


- 第一个波形切片和最后一个波形切片可能会存在波形不完整的情况，但这不会影响眼图的效果
3. 眼图的水平范围为固定 2UI（该版本不支持眼图水平范围的改变），眼图的垂直范围与原始波形的垂直档位相符，将前述的每个波形切片，以色阶余辉的形式，叠加显示到眼图波形上。
- 每个波形切片的水平宽度为 2UI，与眼图水平范围相符
 - 每个波形切片的水平中点（恢复时钟在周期中心处的时钟边沿的边沿位置），对应至眼图的水平中点
 - 根据每个波形切片的各采样点位置，更新眼图色阶余辉数据库中对应像素点的计数器，即可以色阶余辉的形式，将各个波形切片叠加显示到眼图波形上
4. 通过对叠加的眼图波形进行分析，可以得到与眼图有关的测量结果。

3.2 眼图模版分析

眼图模板是预先定义眼图的图形边界，用于判定被测信号生成的眼图是否超出预定范围，以此快速判断被测信号是否符合特定标准。

眼图模板分析功能支持通过可视化的方式测试眼图的各项参数。

4. 眼图功能介绍

可通过点击示波器左下角的导航图标 ，进入“功能导航”，点击 **眼图** 图标进入眼图功能菜单。在配置眼图功能中涉及时钟恢复功能的配置，配置方法详见《时钟恢复应用指南》。

4.1 眼图配置

眼图功能菜单如下图所示。



支持如下配置的选项：

- **信号类型设置**

点击此按钮可打开“信号类型”功能菜单，支持测信号的编码类型为：NRZ，PAM3 或 PAM4，此处选择 NRZ，设置方法详见《时钟恢复应用指南》。

- **阈值设置**

点击此按钮可打开“阈值设置”功能菜单，设置方法详见《时钟恢复应用指南》。

- **时钟恢复**

点击此按钮可打开“时钟恢复”功能菜单，设置方法详见《时钟恢复应用指南》。

- **眼图使能**

OFF：眼图功能不运行。

ON：眼图功能运行。

- **信源**

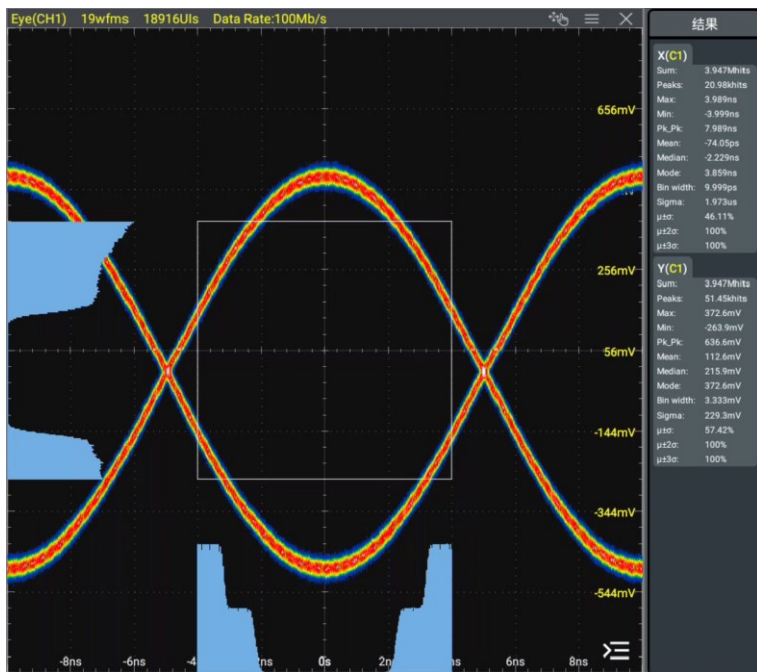
可选择需进行眼图分析的信号接入的示波器物理通道。

也可选择进行眼图分析的 MATH 通道。选择 MATH 通道时，最多允许 1M 个采样点数。

● 直方图

在使能眼图功能的情况下，可打开直方图测量功能，具体的使用方法可参考示波器《用户手册》的“直方图分析”章节。

可通过调整矩形框来确定直方图测量的波形范围，在屏幕右侧的结果窗口中会显示 x 轴和 y 轴上的直方图测量结果。

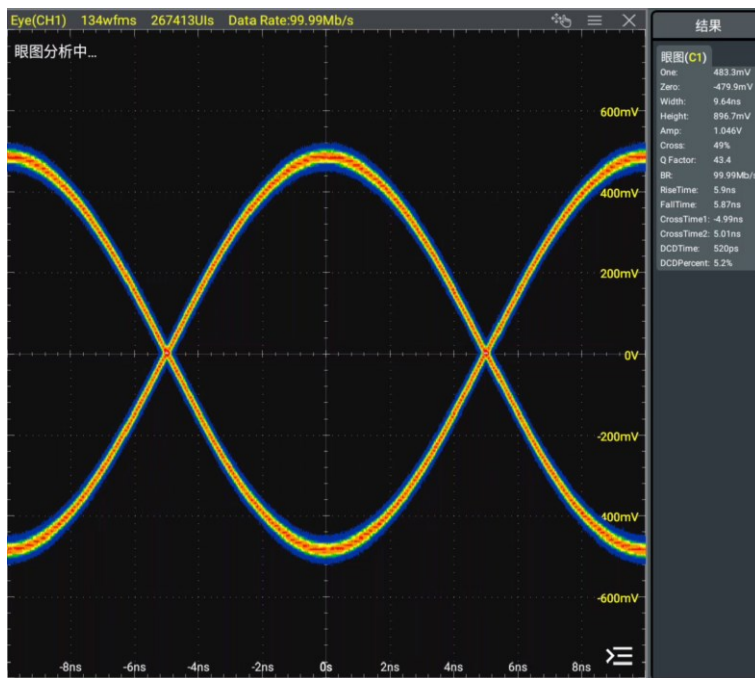


- Sum: 所有数据统计的次数。
- Peaks: 数据统计最多的次数。
- Max: 数据统计最多的次数对应的值。
- Min: 数据统计最少的次数对应的值。
- Pk_Pk: 数据统计最多的次数对应的值与数据统计最少的次数对应的值的增量。
- Mean: 直方图对应的平均值。
- Median: 直方图对应的中数值。

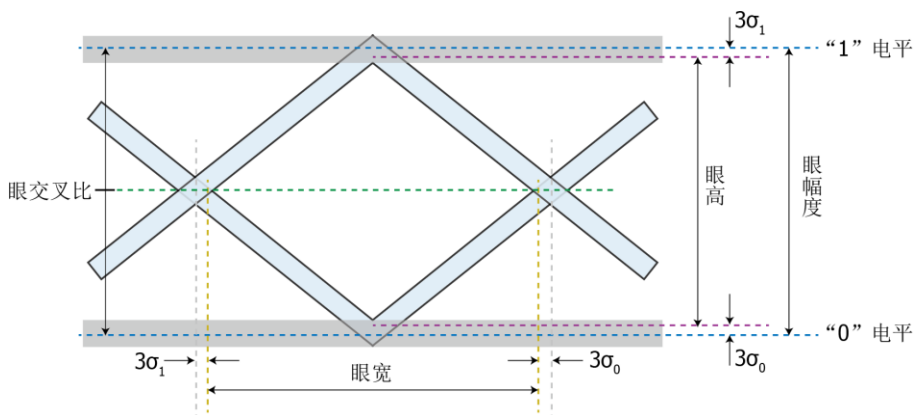
- Mode: 直方图对应的众数值。
- Bin width: 直方图对应的宽度。
- Sigma: 直方图对应的标准方差。
- XScale: 直方图的水平档位, Bin width 的 100 倍。
- $\mu \pm \sigma$: 直方图中位于均值左右一个标准差范围内的组段所占的频率或频数, 通常是数据总数的相对比例。 μ 代表正态分布的均值, σ 代表正态分布的标准差。
- $\mu \pm 2\sigma$: 直方图中位于均值左右两个标准差范围内的组段所占的频率或频数, 通常是数据总数的相对比例。 μ 代表正态分布的均值, σ 代表正态分布的标准差。
- $\mu \pm 3\sigma$: 直方图中位于均值左右三个标准差范围内的组段所占的频率或频数, 通常是数据总数的相对比例。 μ 代表正态分布的均值, σ 代表正态分布的标准差。

● 测量结果

打开测量结果开关, 在屏幕右侧的结果窗口中显示眼图的测量结果。



- One: “1” 电平
- Zero: “0” 电平
- Width: 眼宽
- Height: 眼高
- Amp: 眼幅度
- Cross: 眼交叉比
- Q Factor: Q 因子
- BR: 波特率
- riseTime: 上升时间
- fallTime: 下降时间
- crossTime1: 中间值电平位置 1
- crossTime2: 中间值电平位置 2
- DCDCTime: 占空比时间
- DCDCPercent: 占空比百分比



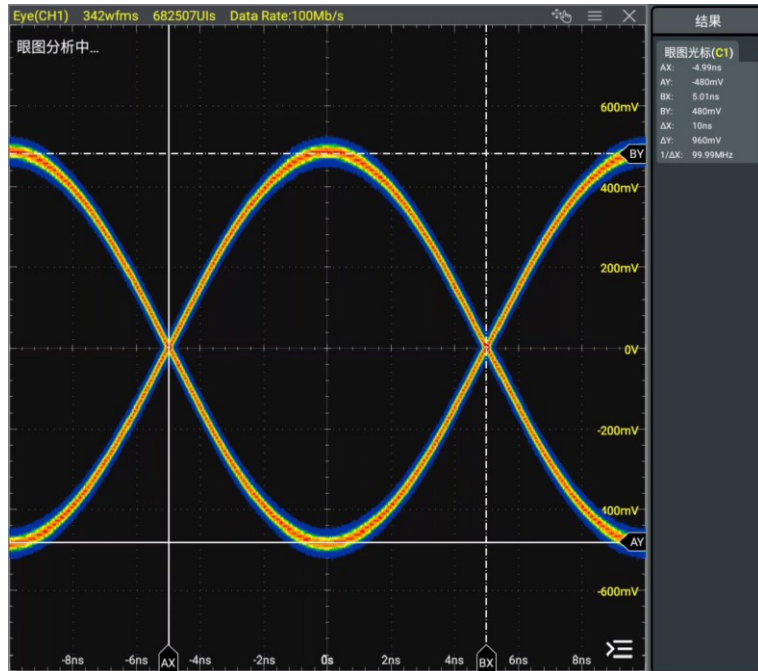
● 测量高阈值 / 测量低阈值

修改测量高阈值和低阈值，眼图测量结果的上升时间，下降时间会随阈值范围的改变而改变。

● 光标测量

眼图使能开启后，可开启光标测量，支持四个光标（AX/BX/AY/BY）。可在屏幕右侧的结果窗口中，查看光标测量值。

光标测量的具体使用方法可参考示波器《用户手册》的“光标测量”章节。



- AX: 光标 A 处的 X 值。
- AY: 光标 A 处的 Y 值。
- BX: 光标 B 处的 X 值。
- BY: 光标 B 处的 Y 值。
- ΔX : 光标 A 和 B 的水平间距。
- ΔY : 光标 A 和 B 的垂直间距。
- $1/\Delta X$: 光标 A 和 B 的水平间距的倒数。

● 叠加显示

OFF: 不进行叠加, 仅显示当前单次捕获的波形生成的眼图。

ON: 开启叠加, 将后续捕获的所有波形持续累积叠加到同一眼图界面。

● 重置色级

点击此按钮, 将清除眼图已累积的色阶余辉数据与测量结果, 将眼图绘制状态恢复至初始值。

● 屏幕网格

FULL: 眼图绘制时, 背景屏幕网格绘制全屏。

HALF：眼图叠加显示，背景屏幕网格绘制半屏。

NONE：眼图叠加显示，背景屏幕网格不绘制。

4.2 眼图模版配置

眼图模版功能菜单如下图所示，只有在眼图使能开启时，才可配置眼图模版。



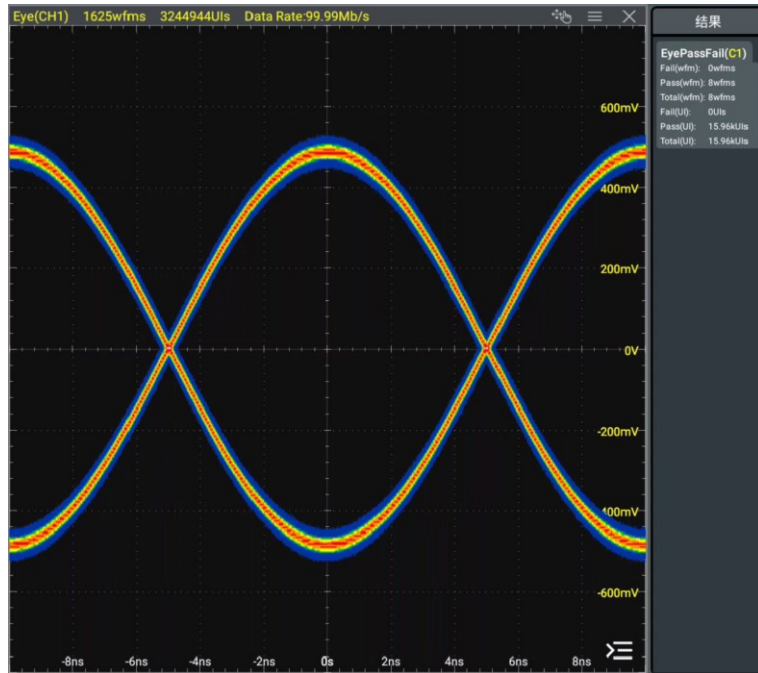
- **模版使能**

OFF：眼图模版功能关闭。

ON：眼图模版功能开启。

- **开始分析**

打开开始分析开关，开启模版碰撞检测，模版是否与眼图发生碰撞的结果会显示在屏幕右侧的结果窗口中，当没有加载任何模版时，结果默认 pass。



● 波形追踪

OFF: 模版固定, 此时调整时基和垂直档位, 眼图模版大小和位置不变。

ON: 模版不固定, 此时调整时基和垂直档位, 眼图模版大小和位置会随之改变。

● 加载模版

标准模版: 点击下拉框, 可以加载如下标准模版。



导入模版：可以加载用户自定义的眼图模版。

保存模型：可以将自定义的眼图模版保存到指定目录下。

● 失败行为

可设置眼图模版测试失败后的执行动作。

屏幕截图：默认选项，模版通过测试出现 fail 时，示波器状态切换为 stop 进行屏幕截图，并保存截图文件到示波器本地指定目录。



RigoIDS0.png



RigoIDS1.png

蜂鸣器：当模版通过测试出现 fail 时，此时示波器蜂鸣器响起。

保存当前帧：当模版通过测试出现 fail 时，示波器保存当前波形的 adc 数据到示波器本地地址。csv 文件第一列为 x 轴，第二列为 y 轴。



eye_time_adc_20251204_11460_2.csv



eye_time_adc_20251204_11460_6.csv

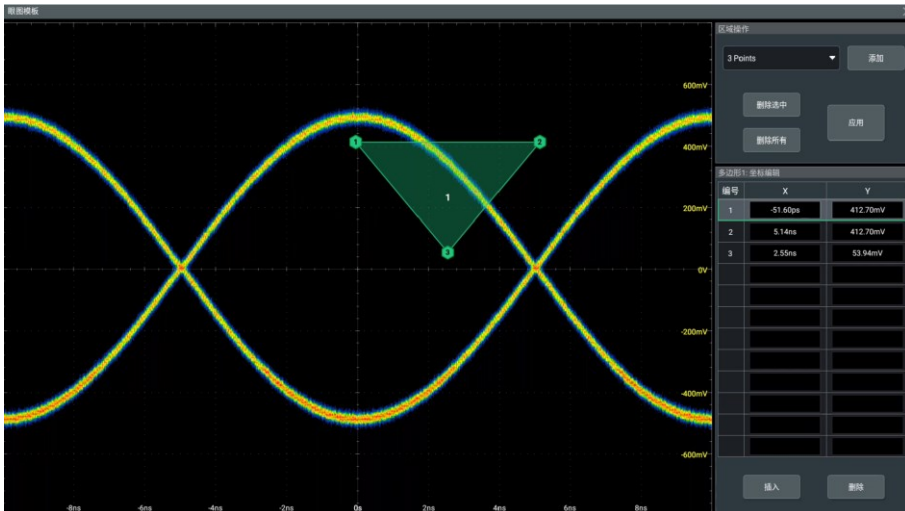


eye_time_adc_20251204_11460_9.csv

失败即停：模版通过测试出现 fail 时，将示波器状态切换为 stop。

● 模版编辑

点击此按钮，进入如下功能界面，可自定义眼图模版。



通过设置点数，定义生成一个多边形作为眼图模版。

添加：可将将多边形添加至眼图模版窗口，支持添加多个多边形。

删除选择：删除选中的多边形模版。

删除所有：删除所有的多边形模版。

应用：添加多边形模版或者删除多边形模版后，点击应用才能生效。

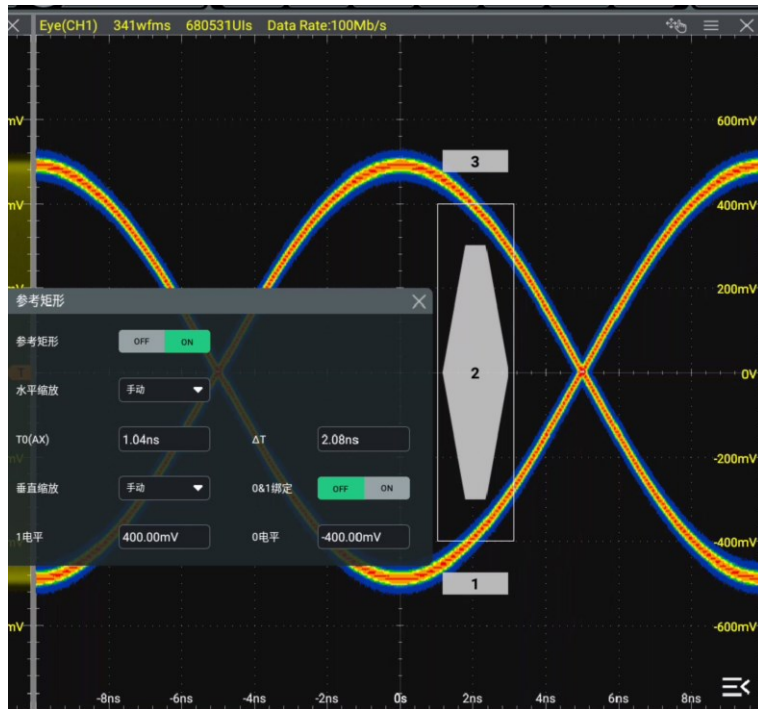
编号：当前选中多边形的各点的编号。支持手动修改各个点的 X 和 Y 轴的值。

插入：插入一个点坐标到当前选中的多边形模版。

删除：为当前选中的多边形模版删除一个点坐标。

● 模版缩放

加载参考模版后，点击模版缩放按钮，会弹出如下参考矩阵菜单。



参考矩形：ON 打开，OFF 关闭。

水平缩放：可以调整模版的水平大小，当为手动时，可以拖动矩形框的左边界。当为对齐眼图 x 时，无法拖动矩形框的左边界，矩形框的左边界位于眼图的交点处。

T0(AX)：参考矩形的左边界的 x 坐标。

ΔT：参考矩形的横坐标的宽度。

垂直缩放：可以调整模版的垂直大小，当为手动时，可以拖动矩形框的上边界和下边界。当为对齐眼图时，无法拖动矩形框的左边界，矩形框的上边界位于眼高处，下边界位于眼低处。

1 电平：矩形框的上边界的电压位置。

0 电平：矩形框的下边界的电压位置。

0&1 绑定：开启时，参考矩形的 1 电平和 0 电平之间的差值不变。

● 清除模版

删除所有添加的模版。

4.3 眼图模版操作流程

4.3.1 眼图模板使用步骤（保存绝对坐标的模板文件）

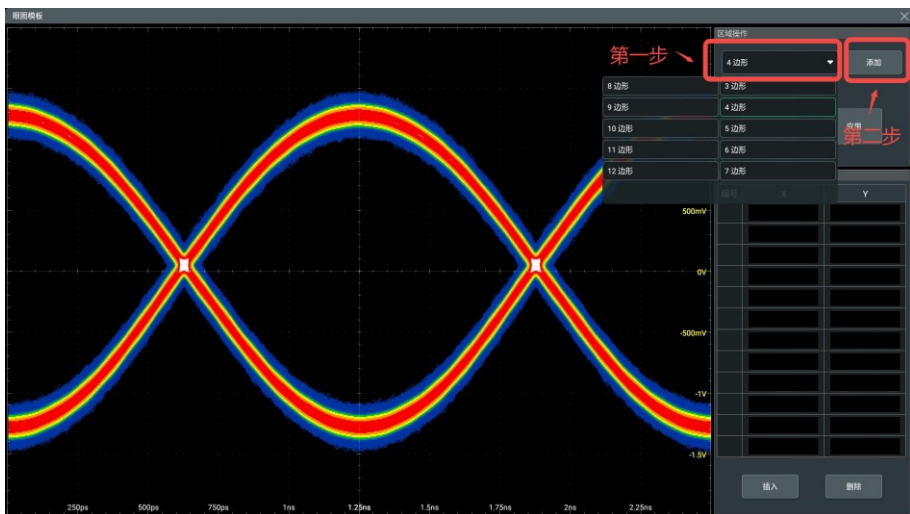
步骤 1：打开眼图模板后，点开“模板缩放”按钮进入二级弹窗，将水平缩放和垂直缩放改为“手动”，然后关闭弹窗。

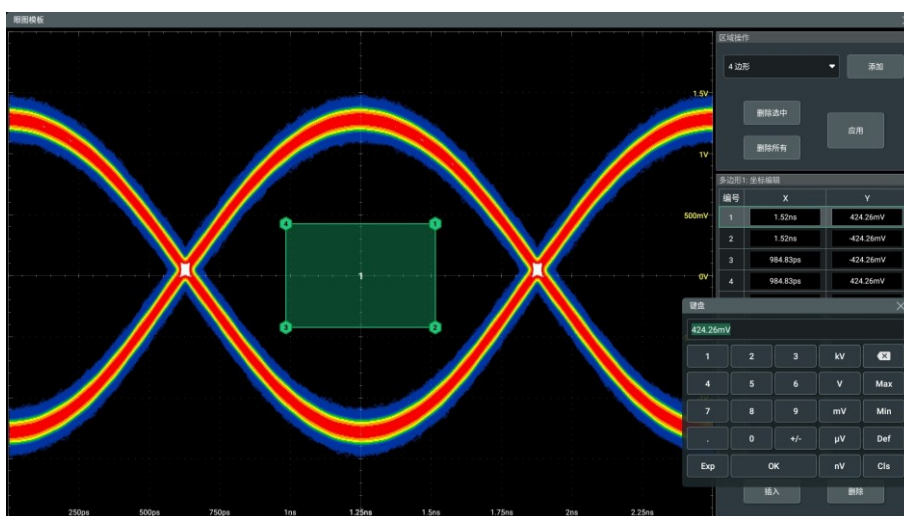


修改后，如下：

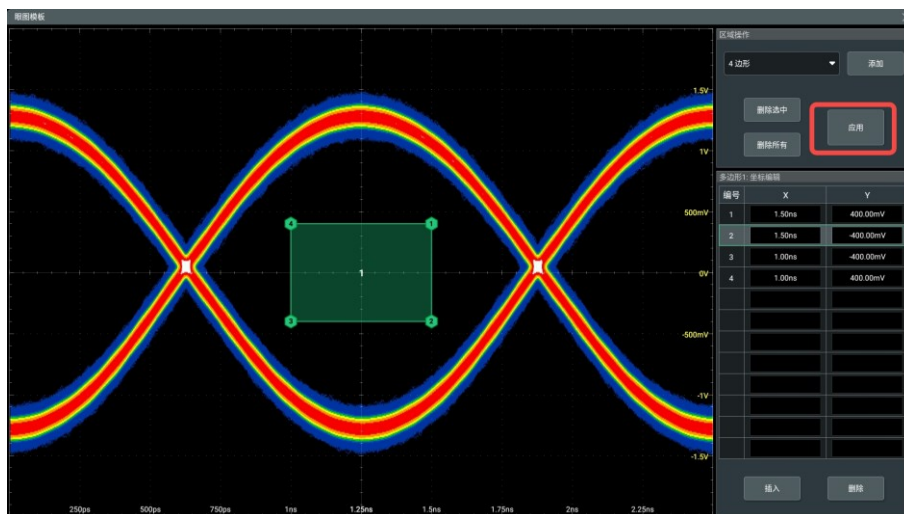


步骤 2: 点击“模板编辑”按钮，进入编辑界面，选择几边形后，点击“添加”，就会生成一个默认的该几何形状，然后点击坐标编辑去编辑每个顶点的坐标，编辑完后，点击“应用”，退出模板编辑。



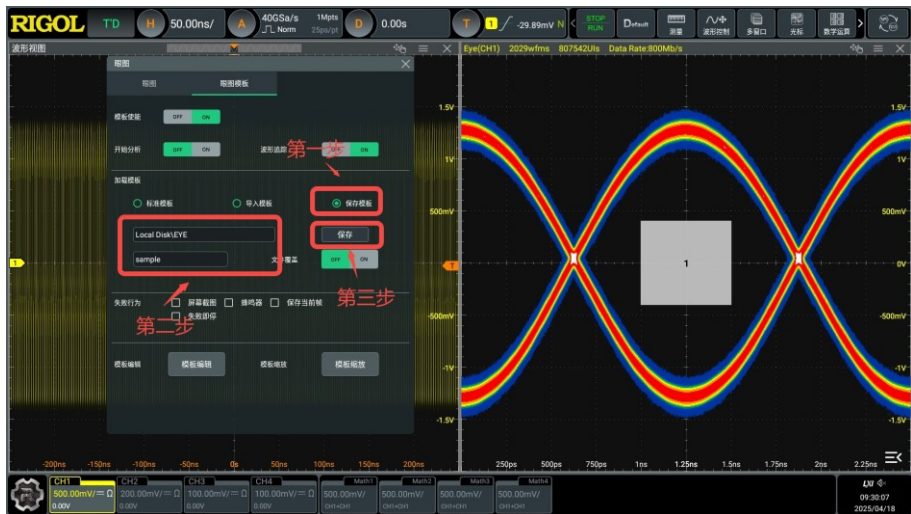


假设电压为 400mv 和-400mv，编辑后点击“应用”退出，自定义模板就会展示在眼图窗口里，图片如下：

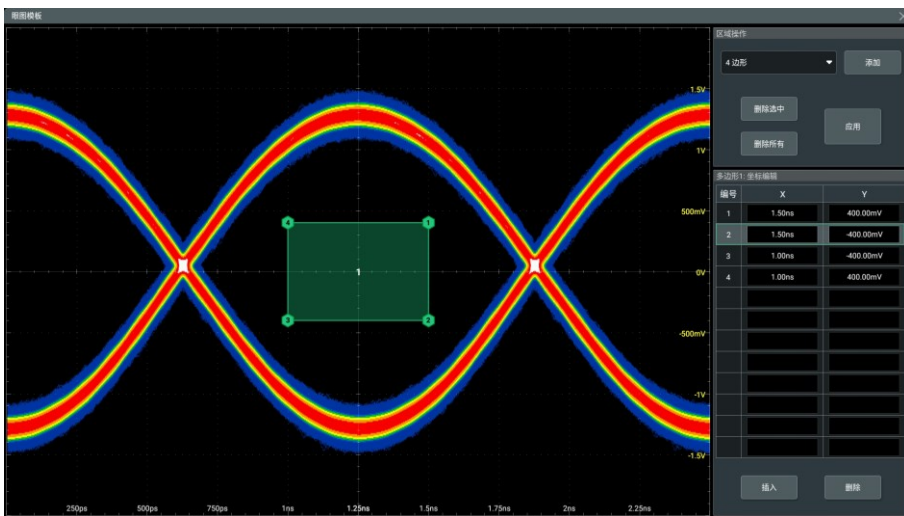
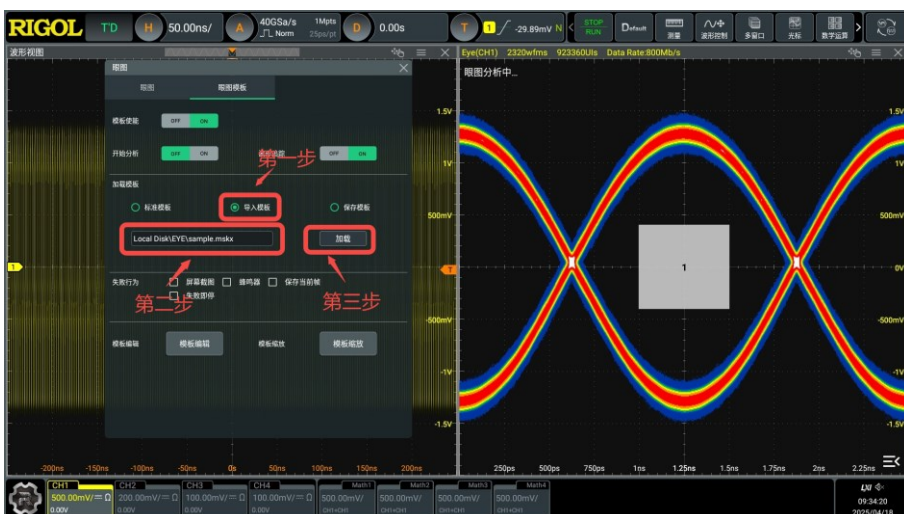




步骤 3: 选择“保存模板”按钮，自定义保存的路径和名称后点击“保存”，即可保存使用。



步骤 4: 每次要使用自定义保存的模板时，选择“导入模板”按钮，选择要导入的自定义模板文件后，点击“加载”。会提示“模板加载完成”，点击“模板编辑”后会发现坐标没有变。

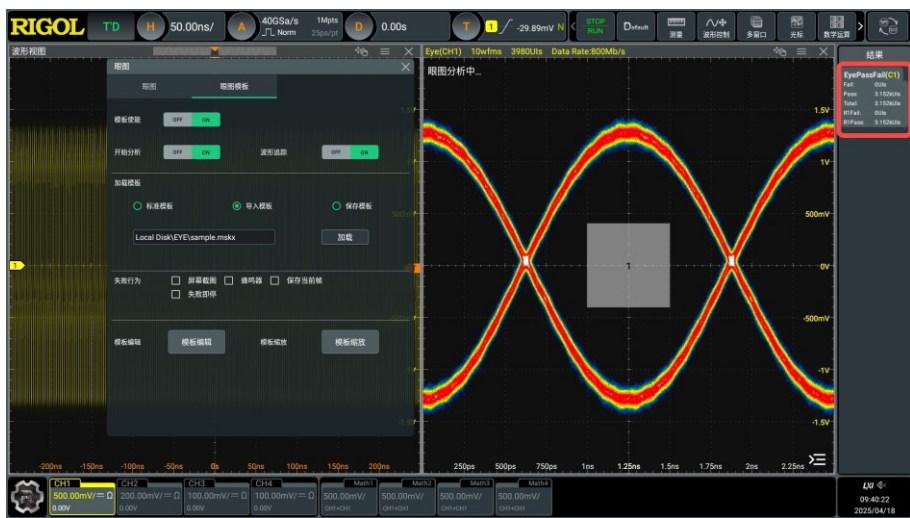


4.3.2 眼图模板的分析结果

右侧结果窗口显示如下统计项：

- Fail：全部眼图模板与波形重叠的数量
- Pass：全部眼图模板与波形没有重叠的数量
- Total：总数 = Fail + Pass
- R1Fail：第一个模板与波形重叠的数量（R1Fail 的 R1 是指第一个模板）
- R1Pass：第一个模板与波形没有重叠的数量

下图中眼图模版与波形没有重叠，所以 Fail=0



下图中眼图模版只与上方波形重叠，所以 Fail 数量与 Pass 数量相等。



5. 典型应用场景

在使用示波器眼图功能时，最佳的测量方式为尽可能将波形占满整个屏幕，将存储深度设为自动，调节时基和采样率，使得点数大于等于 1M。同时设置带宽限制滤波器。

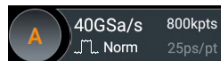
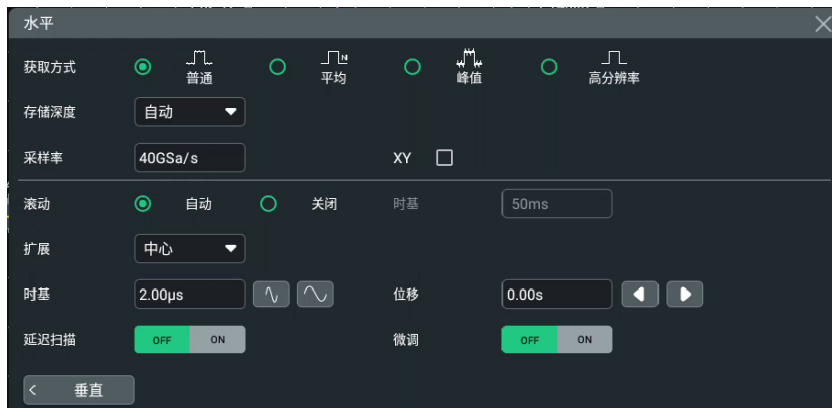
下面典型应用举例中使用了 RIGOL 生产的函数/任意波形发生器 DG4000，可登录 RIGOL 官网下载 DG4000 的产品手册。

5.1 时钟信号

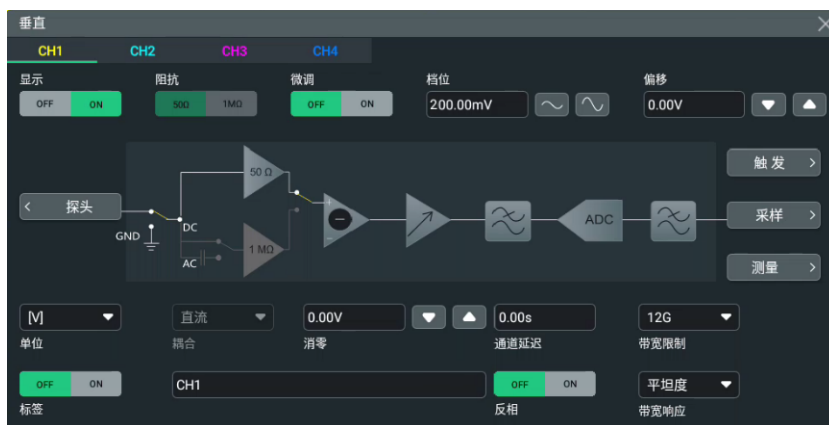
5.1.1 测量步骤

步骤 1: 将待测时钟信号输入示波器通道 CH1;

步骤 2: 进入示波器“水平”系统菜单，将存储深度设置为自动，采样率固定为 40GSa/s，调节时基为 2us，使存储深度为 800kpts;



步骤 3: 进入“垂直”系统菜单，调节 CH1 的垂直档位为 200mV（使信号幅度占满显示区域），调节带宽限制滤波器为 12GHz;



步骤 4: 进入“信号类型”菜单，选择信号类型为 NRZ；



步骤 5: 进入“阈值设置”菜单，阈值为 10%,50%,90% of top, base, 电平为默认；



步骤 6: 进入“时钟恢复”菜单时钟恢复方法选择常数时钟恢复，数据速率方式选择自动，高级设置选择边沿方向为双升沿；



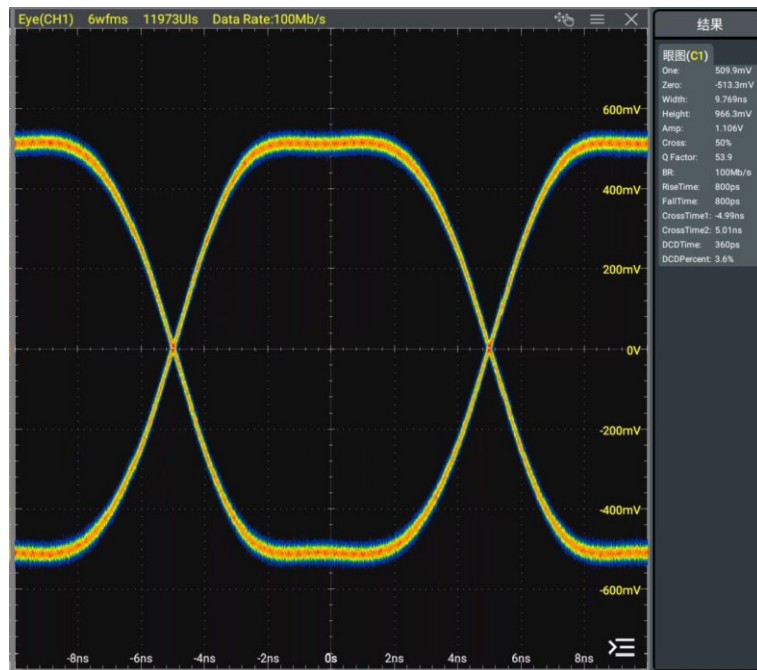


步骤 7: 进入“眼图”菜单，选择信源为 CH1，打开测量结果。

步骤 8: 打开眼图使能开关，即可看到测量结果。

5.1.2 测量结果

对 50MHz 的时钟信号测量结果如下图所示：



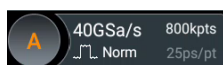
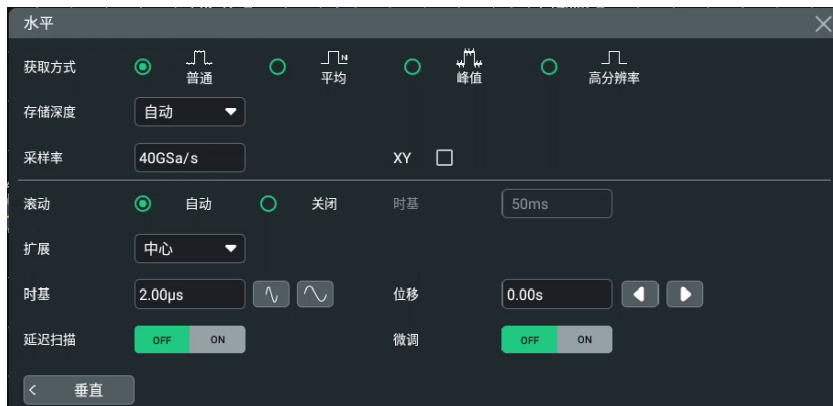
5.2 NRZ 数据信号

5.2.1 测量步骤

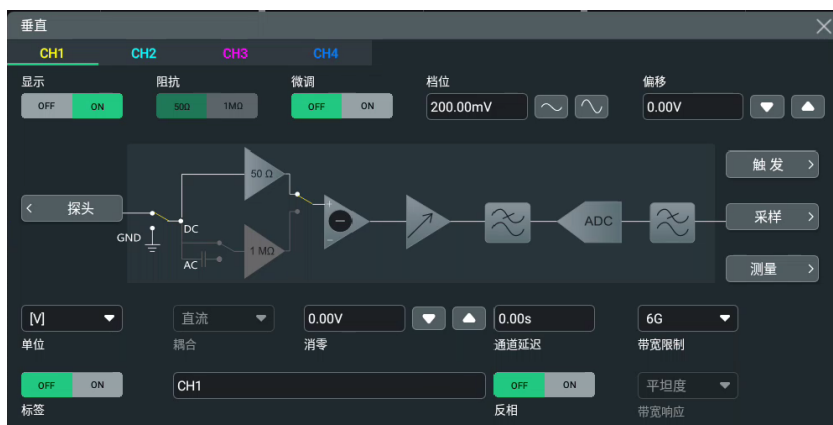
步骤 1: 将 CSV 文件导入到 DG4000 中，以便发出 50MHz 的 PRBS7 信号；

步骤 2: 进入示波器“水平”系统菜单，将存储深度设置为自动，采样率固定为 40GSa/s，

调节时基，使存储深度为 8Mpts；

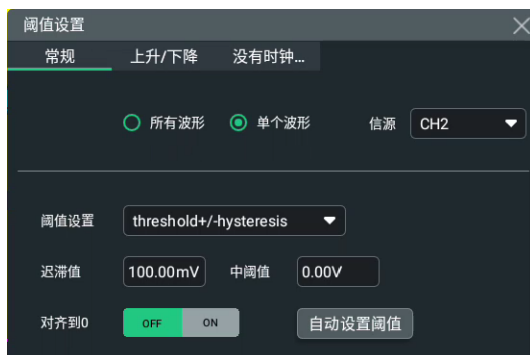


步骤 3: 进入“垂直”系统菜单，调节 CH1 的垂直档位为 200mV（使信号幅度占满显示区域），调节带宽限制滤波器为 6GHz；



步骤 4: 进入“信号类型”菜单，选择信号类型为 NRZ；

步骤 5: 进入“阈值设置”菜单，阈值设置选择 threshold+/-hysteresis，点击自动设置阈值按钮；



步骤 6: 进入“时钟恢复”菜单，选择时钟恢复方法为一阶锁相环，数据速率为 50Mb/s，高级设置，选择锁相环稳定时间为 5，锁相环空闲时钟为 80，边沿方向为双边沿；

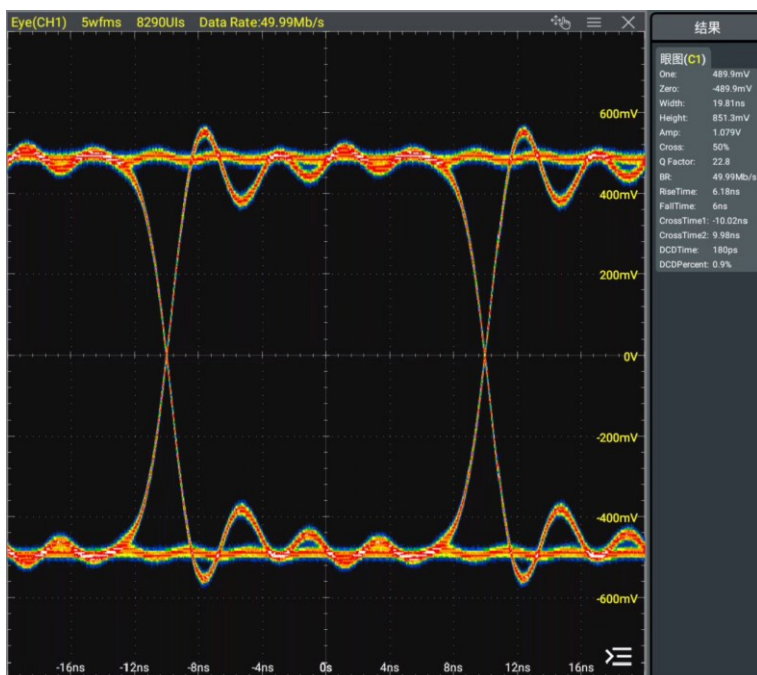


步骤 7: 进入“眼图”菜单，选择信源为 CH1，打开测量结果。

步骤 8: 打开眼图使能开关，即可看到测量结果。

5.2.2 测量结果

DG4000 中发出 50M 的 PRBS7 信号，测量结果如下图所示：

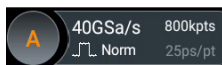
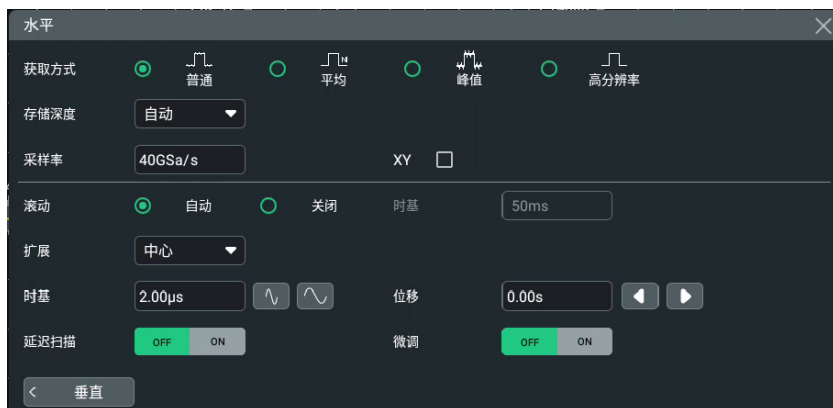


5.3 PAM3 数据信号

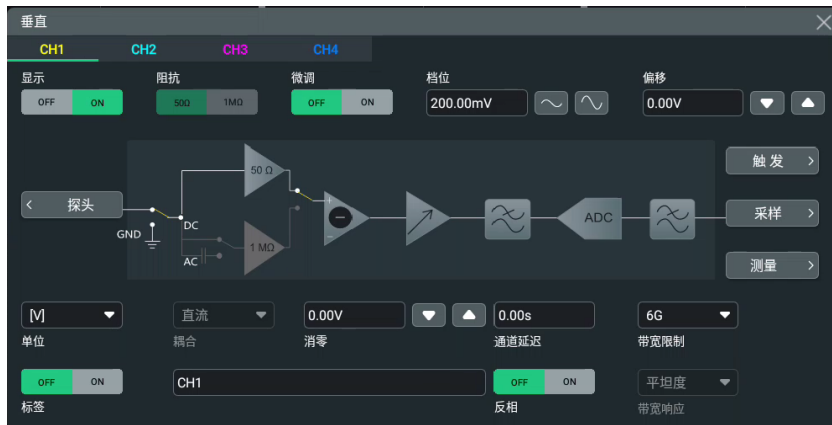
5.3.1 测量步骤

步骤 1: 将 CSV 文件导入到 DG4000 中，以便发出 100M 的 PAM3 信号；

步骤 2: 进入示波器“水平”系统菜单，将存储深度设置为自动，采样率固定为 40GSa/s，调节时基，使存储深度为 8Mpts；



步骤 3: 进入“垂直”系统菜单，调节 CH1 的垂直档位为 200mV（使信号幅度占满显示区域），调节带宽限制滤波器为 6GHz；



步骤 4: 进入“信号类型”菜单，选择信号类型为 PAM3；



步骤 5: 进入“阈值设置”菜单，阈值设置为 50% of levels，电平设置为 PAM 自动电平；



步骤 6: 进入“时钟恢复”菜单，选择时钟恢复方法为常数时钟，符号速率输入 100MBd，速率方式为半自动，高级设置选择边沿方向为双边沿；

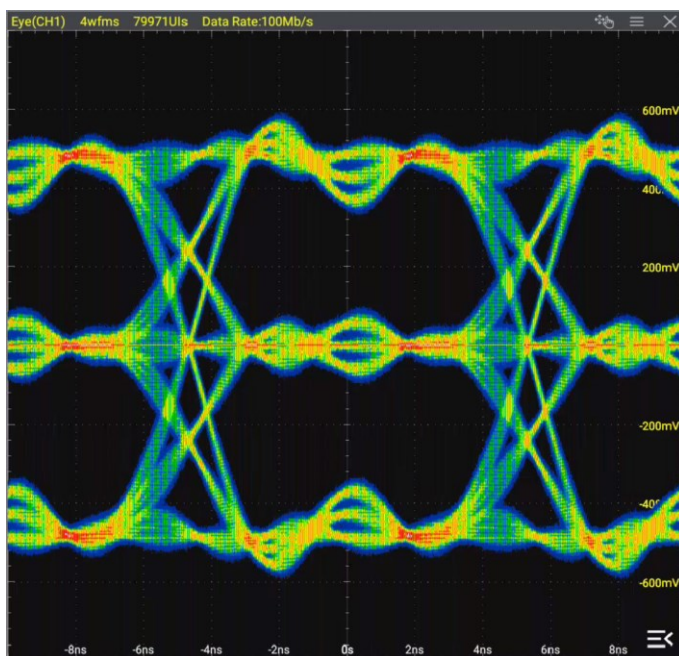


步骤 7: 进入“眼图”菜单，选择信源为 CH1。PAM 信号下测量结果未实现，因此没有测量结果开关。

步骤 8: 打开眼图开关，即可看到结果。

5.3.2 测量结果

DG4000 中发出 100M 的 PAM3 信号，测量结果如下图所示：



全面助力智慧世界和科技创新



- 蜂窝-5G/WIFI
- UWB/RFID/ ZIGBEE
- 数字总线/以太网
- 光通信

- 数字/模拟/射频芯片
- 存储器及MCU芯片
- 第三代半导体
- 太阳能光伏电池

- 新能源汽车
- 光伏/逆变器
- 电源测试
- 汽车电子

为行业客户提供测试测量产品和解决方案

RIGOL开放实验室

地址：北京、苏州、深圳、西安
开放时间：工作日 9:00 am~6:00 pm
预约电话：400-620-0002
RIGOL客服热线：400-620-0002
官网预约网址：
<https://www.rigol.com/quote/Lab-appoint.html>



RIGOL开放实验室预约



RIGOL实验室视频号

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。
本文档中的产品信息可不经通知而变更，有关RIGOL最新的产品、应用、服务等方面的信息，请访问RIGOL官方网站：

www.rigol.com



RIGOL官方微信



RIGOL官网