

# I<sup>2</sup>S 时序分析软件用户手册

ZDS4000/ZDS5000/ZUS6000 系列示波器 UM01010101 1.04 Date:2024/10/29

类别	内容
关键词	I <sup>2</sup> S、时序分析、参数测量
摘要	主要介绍ZDS4000 Plus/ZDS5000/ZUS6000示波器上IIS时序分析软件使用，及各项参数的测试原理

## 修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2016/11/01	完成初稿
V1.01	2017/08/23	增加信号质量测试项（毛刺、回沟、过冲）说明，增加统计功能说明，增加配置文件的格式解释，更新 UI 截图。
V1.02	2018/05/18	增加 tDelay 项，原 tDelay 测试项，改为 tHDelay
V1.03	2019/03/13	更新文档页眉页脚、“销售与服务网络”内容和新增“免责声明”内容
V1.04	2023/11/20	1、更新文档页眉页脚 2、增加支持 ZDS5000、ZUS6000 系列示波器说明

## 目 录

1. 简介.....	1
2. 快速入门.....	4
2.1 简介.....	4
2.2 ZDS4000 Plus 和 ZDS5000 系列示波器具体使用步骤.....	4
2.2.1 I <sup>2</sup> S 信号的接入与捕获.....	4
2.2.2 I <sup>2</sup> S 信号的调节与解码.....	4
2.2.3 过冲判定原理.....	6
2.2.4 I <sup>2</sup> S 信号的时序分析测试.....	6
2.2.5 I <sup>2</sup> S 时序测试数据细节分析.....	8
2.2.6 导出报表.....	9
2.3 ZUS6000 系列示波器具体使用步骤.....	11
2.3.1 I <sup>2</sup> S 信号的接入与捕获.....	11
2.3.2 I <sup>2</sup> S 信号的调节与解码.....	11
2.3.3 过冲判定原理.....	13
2.3.4 I <sup>2</sup> S 信号的时序分析测试.....	13
2.3.5 I <sup>2</sup> S 时序测试数据细节分析.....	15
2.3.6 导出报表.....	16
3. I <sup>2</sup> S 参数测量项目.....	18
3.1 基本项目解析.....	18
3.2 信号质量项目解析.....	22
3.2.1 毛刺的判定原理.....	22
3.2.2 单调性（回沟）的判定原理.....	23
4. 快速切换测试参数.....	24
4.1 ZDS4000/5000 系列示波器 ini 文件.....	24
4.1.1 ini 文件格式.....	24
4.1.2 ini 文件配置参数说明.....	25
4.2 ZUS6000 系列示波器 ini 文件.....	26
4.2.1 ini 文件格式.....	26
4.2.2 ini 文件配置参数说明.....	27
5. 长时间统计功能.....	28
5.1.1 停止条件.....	28
5.1.2 失败操作.....	28
5.1.3 历史统计.....	28
6. I <sup>2</sup> S 总线介绍.....	30
6.1 概述.....	30
6.2 I <sup>2</sup> S 协议.....	30
6.2.1 I <sup>2</sup> S 主要应用.....	30
6.2.2 I <sup>2</sup> S 的信号线.....	30
7. 免责声明.....	31

## 1. 简介

致远仪器 ZDS4000、ZDS5000、ZUS6000 系列示波器支持 I<sup>2</sup>S 时序分析软件，它是一款能够自动测试 I<sup>2</sup>S 总线电气特性的插件。它能够在极短的时间内完成总线信号的 DC 特性和 AC 特性分析，并与器件手册标称参数做对比，直接输出测试结果（Pass/Fail），同时支持报表导出。

该插件适用于所有 I<sup>2</sup>S 总线的硬件测试，特别是批量产品的硬件测试。能够在几分钟内完成传统方案 30~60 分钟的工作量，软件测试界面如图 1.1 所示，测试项目如表 1.1 所列。

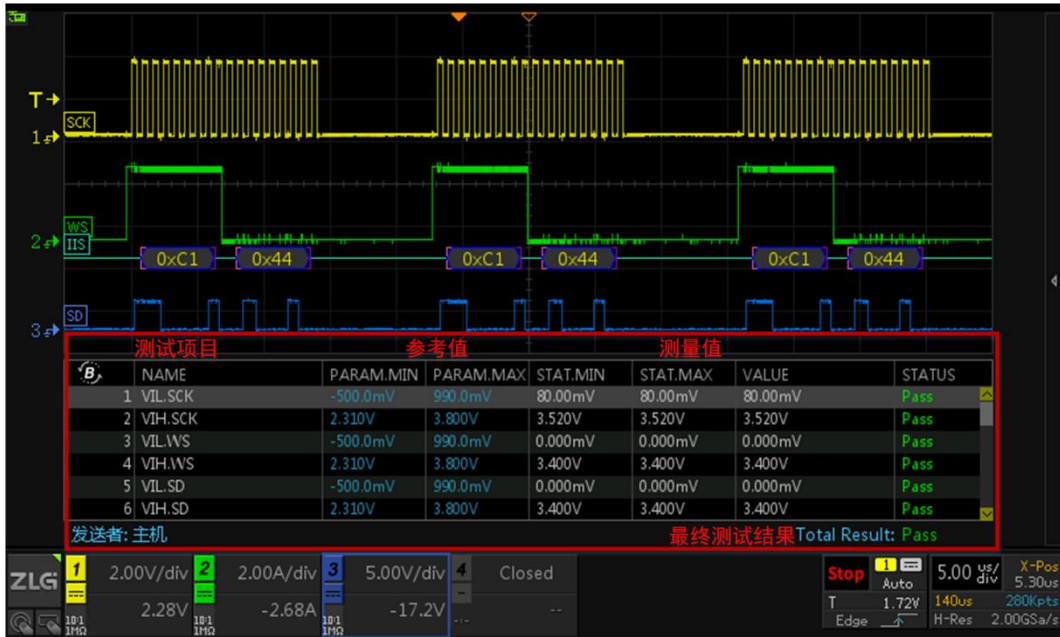


图 1.1 I<sup>2</sup>S 时序分析界面

### 主要特点

- 支持（主机/从机）I<sup>2</sup>S 总线时序分析
- 支持电压、回沟、毛刺等信号质量测试
- 基于全屏统计，直接定位最差时序波形
- 支持长时间全自动统计测试，轻松验证 I<sup>2</sup>S 稳定性
- 支持多种测试条件快速切换，不同被测试设备无缝对应
- 自动生成测试报告（点击测量项可跳转到对应的波形截图）

表 1.1 测量项目

测量项目	描述	测量项目	描述
V <sub>IL</sub>	信号的低电平电压	t <sub>HD:WS</sub>	字选择信号保持时间
V <sub>IH</sub>	信号的高电平电压	t <sub>SU:WS</sub>	字选择信号建立时间
Freq.SCK(Avg)	时钟频率权重平均值	t <sub>SU:SD</sub>	数据信号建立时间
Freq.WS(Avg)	字选择信号频率权重平均值	t <sub>HD:SD</sub>	数据信号保持时间
t <sub>LOW</sub>	时钟低电平时间	t <sub>JITTER:SCK</sub>	时钟抖动时间

续上表

测量项目	描述	测量项目	描述
t <sub>HIGH</sub>	时钟高电平时间	t <sub>JITTER:WS</sub>	字选择抖动时间
t <sub>r</sub>	时钟/数据上升时间	t <sub>HDELAY:WS</sub>	字选择保持延迟时间
t <sub>f</sub>	时钟/数据下降时间	t <sub>HDELAY:SD</sub>	数据保持延迟时间
t <sub>DELAY(WS-SCK)</sub>	字选择和时钟信号间的传输延迟时间	t <sub>DELAY(SD-WS)</sub>	数据和字选择信号间的传输延迟时间
t <sub>DELAY(SD-SCK)</sub>	数据和时钟信号间的传输延迟时间	质量测试	毛刺、过冲、回沟等测试

### 测试报告

测试报告可直接导出，支持网页报表“html”和“CSV”两个数据格式，如图 1.2 所示为网页报表部分测试项的截图示例。



## IIS Test Report

Overall Result: **Pass**

Device Name	ZDS5054Pro
SW Version	4.0.2.230615a
Serial Number	8208901152207210011
Test Date	2023-07-26 11:02:54
Test Result	Total: 27, Pass: 27, Fail: 0

## Scope Report

INDEX	NAME	PARAM.MIN	PARAM.MAX	STAT.MIN	STAT.MAX	VALUE	STATUS
1	<a href="#">VIL_SCK</a>	-500.0mV	990.0mV	80.00mV	80.00mV	80.00mV	Pass
2	<a href="#">VIH_SCK</a>	2.310V	3.800V	3.520V	3.520V	3.520V	Pass
3	<a href="#">VIL_WS</a>	-500.0mV	990.0mV	0.000mV	0.000mV	0.000mV	Pass
4	<a href="#">VIH_WS</a>	2.310V	3.800V	3.400V	3.400V	3.400V	Pass
5	<a href="#">VIL_SD</a>	-500.0mV	990.0mV	0.000mV	0.000mV	0.000mV	Pass
6	<a href="#">VIH_SD</a>	2.310V	3.800V	3.400V	3.400V	3.400V	Pass
7	<a href="#">Freq_SCK(Avg)</a>	---	---	781.9kHz	781.9kHz	781.9kHz	Pass
8	<a href="#">Freq_WS(Avg)</a>	---	---	43.29kHz	43.29kHz	43.29kHz	Pass
9	<a href="#">Jitter_SCK</a>	---	100.0us	---	8.701us	8.701us	Pass
10	<a href="#">Jitter_WS</a>	---	100.0us	---	500.0ps	500.0ps	Pass
11	<a href="#">tHIGH_SCK(MIN)</a>	160.0ns	---	401.5ns	402.5ns	401.5ns	Pass
12	<a href="#">tLOW_SCK(MIN)</a>	160.0ns	---	390.5ns	9.092us	390.5ns	Pass
13	<a href="#">tR_SCK(MAX)</a>	---	100.0ns	2.500ns	3.000ns	3.000ns	Pass
14	<a href="#">tF_SCK(MAX)</a>	---	100.0ns	3.500ns	4.500ns	4.500ns	Pass
15	<a href="#">tSU_WS(MIN)_LOW</a>	60.00ns	---	390.0ns	390.5ns	390.0ns	Pass
16	<a href="#">tHD_WS(MIN)_LOW</a>	0.000ns	---	9.100us	9.100us	9.100us	Pass
17	<a href="#">tSU_WS(MIN)_HIGH</a>	60.00ns	---	395.5ns	396.0ns	395.5ns	Pass
18	<a href="#">tHD_WS(MIN)_HIGH</a>	0.000ns	---	402.5ns	403.0ns	402.5ns	Pass
19	<a href="#">tHDelay_WS(MAX)</a>	---	500.0us	409.5ns	9.105us	9.105us	Pass
20	<a href="#">tD_WS-SCK(MIN,MAX)</a>	-210.3us	210.0us	1.000ns	8.696us	1.000ns, 8.696us	Pass
21	<a href="#">tSU_SD(MIN)_LOW</a>	60.00ns	---	189.5ns	590.5ns	189.5ns	Pass
22	<a href="#">tHD_SD(MIN)_LOW</a>	0.000ns	---	199.0ns	599.5ns	199.0ns	Pass
23	<a href="#">tSU_SD(MIN)_HIGH</a>	60.00ns	---	196.5ns	597.0ns	196.5ns	Pass
24	<a href="#">tHD_SD(MIN)_HIGH</a>	0.000ns	---	202.5ns	603.0ns	202.5ns	Pass
25	<a href="#">tHDelay_SD(MAX)</a>	---	500.0us	203.5ns	610.5ns	610.5ns	Pass
26	<a href="#">tD_SD-SCK(MIN,MAX)</a>	-210.3us	210.0us	-205.0ns	202.0ns	-205.0ns, 202.0ns	Pass
27	<a href="#">tD_SD-WS(MIN,MAX)</a>	-210.3us	210.0us	-200.0ns	-199.5ns	-200.0ns, -199.5ns	Pass

发送者:主机

Total Result: **Pass**

图 1.2 网页报表测试报告

## 2. 快速入门

### 2.1 简介

快速入门主要包括以下几点内容：

- 1) I<sup>2</sup>S 信号的接入与捕获
- 2) I<sup>2</sup>S 信号的调节与解码
- 3) I<sup>2</sup>S 信号的时序分析
- 4) I<sup>2</sup>S 信号的细节分析（ZOOM 模式）
- 5) I<sup>2</sup>S 信号时序分析数据导出报表

### 2.2 ZDS4000 Plus 和 ZDS5000 系列示波器具体使用步骤

#### 2.2.1 I<sup>2</sup>S 信号的接入与捕获

- 将 I<sup>2</sup>S 的时钟和数据信号分别接到通道 1 和通道 2 中，如图 2.1 所示，点击【Auto Setup】一键捕获波形，让波形以较好的效果显示在界面；
- 点击【Auto/Normal】将【触发方式】由自动“Auto”切换为普通“Normal”，使信号在默认上升沿触发方式下进行触发和显示；

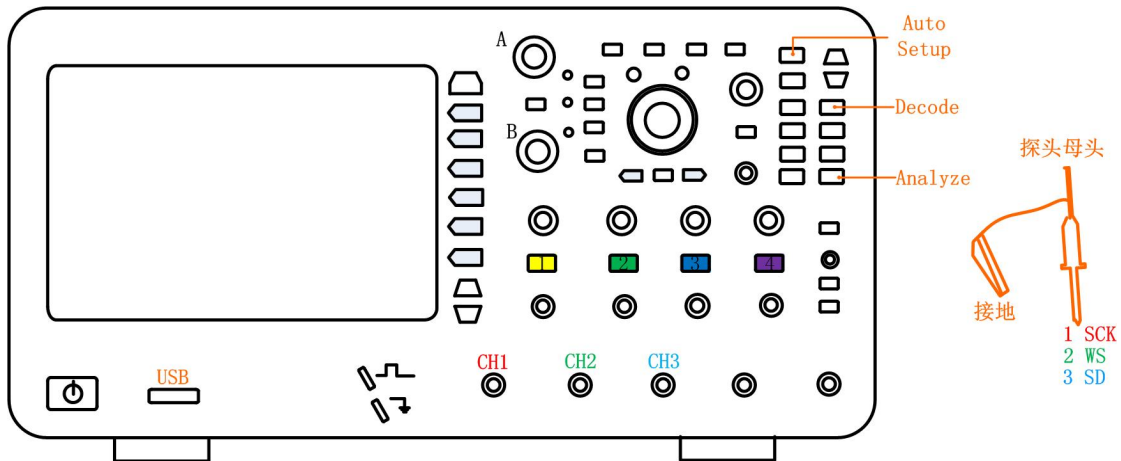


图 2.1 信号接入

#### 2.2.2 I<sup>2</sup>S 信号的调节与解码

- 此时可调节水平时基旋钮，让屏幕中出现较多帧的信号，也可调节水平偏移旋钮将信号调至屏幕中央。或使用垂直控制旋钮将信号上下偏移调至合适的位置和合适的高度。
- 点击示波器面板上【Decode】键，如图 2.1 所示，进入解码界面；
- 点击【解码类型】旋转旋钮 A 选中协议，短按旋钮 A 即可将设置为 I<sup>2</sup>S。
- 用户按下【协议参数】软键，可以对协议参数进行设置，旋转旋钮 A 可选择参数，短按旋钮 A 后可进行参数修改，如图 2.2 所示。



图 2.2 I2S 解码参数设置



图 2.3 I2S 解码

### (1) 协议格式

协议格式分为 I<sup>2</sup>S、左对齐(Left)和右对齐(Right)三种格式，具体如图 2.4 所示。

- I<sup>2</sup>S 解码方式：数据的最高位总出现在 WS 变换后的第二个脉冲（上升沿，在末尾会多解出 1 到 2 个 bit，但不会与后面信号的重合）；
- left 解码方式：WS 有效区间内左边从 WS 变换后的第一个上升沿；
- right 解码方式：WS 有效区间内右边从 WS 变换后的第一个上升沿。



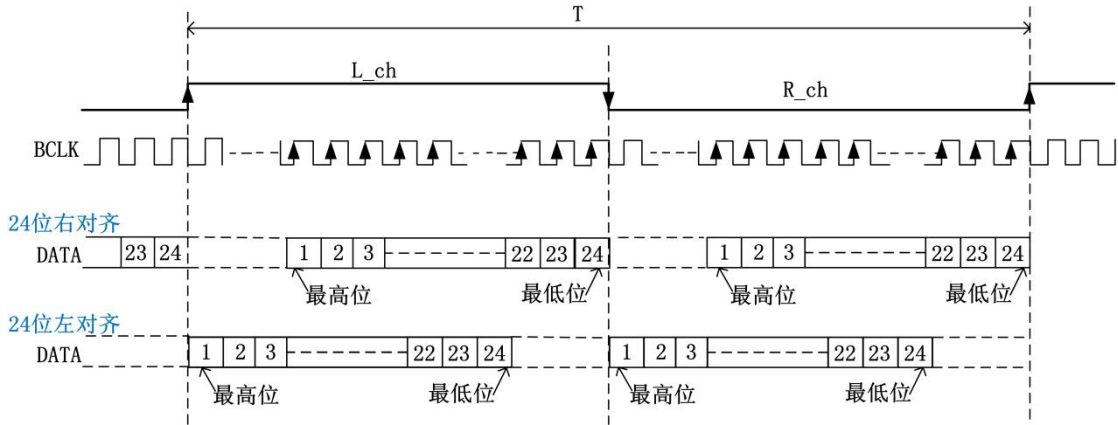


图 2.4 协议格式

## (2) 数据长度

数据长度可由客户自行定义和调节，可调范围为 4bit~32bit。

### 2.2.3 过冲判定原理

过冲分为正过冲和负过冲。如图 2.5 是它在图中的位置说明。记录过冲量为最大的那个值，并与预设值（示波器中的默认值 0.7V，可手动调整）对比，超出为 Fail，不超出为 PASS，正过冲和负过冲的计算公式是：

正过冲=局部最大值-顶部值

负过冲=底部值-局部最小值

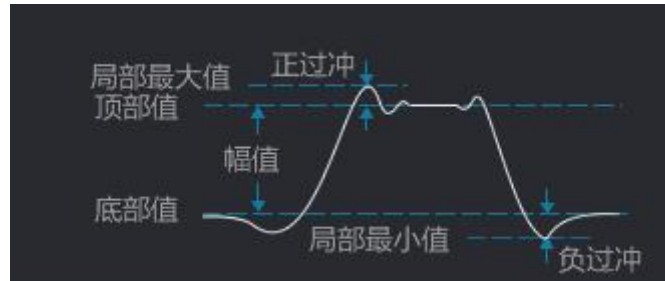


图 2.5 过冲判定

### 2.2.4 I<sup>2</sup>S 信号的时序分析测试

- 点击面板上的【Analyze】按键，如图 2.1 所示。
- 进入分析界面，打开【功能使能】为“ON”，选择【I<sup>2</sup>S 时序分析】进入时序分析界面，然后可进行时序分析参数设置。
- 点击【参数设置】，进入参数设置界面，如图 2.6 所示。界面中分为“总线设置”和“参数设置”两种类型。



图 2.6 参数设置界面

### 总线设置

总线设置项目如图 2.7 所示：



图 2.7 总线设置

- **发送者：**发送者分为主机和从机，即数据发送端或数据接收端为命令发送者。
- **总线电平：**即输入电压  $V_{cc}$ ，一般的 I2S 输入电压为 3.30V，若为 1.8V 或其他输入电压值也可通过旋钮 A 对其进行调节。总线电平  $V_{cc}$  的调节将会影响  $V_{IL}$  和  $V_{IH}$  的值， $V_{cc}$  与  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$  存在如表 2.1 所列的关系。
- **输入的高电平/低电平电压 ( $V_{IH}$ 、 $V_{IL}$ )：**两者输入的值由  $V_{cc}$  决定，满足表 2.1 所列的关系，也可以通过旋钮 A 对其进行调节，它们值的变化将不会影响  $V_{cc}$  值的变化。

表 2.1  $V_{cc}$  与  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$  的关系

项目	名称	Min	Max	单位
$V_{IL}$	输入的最低电压	-0.5	$0.3 \times V_{cc}$	V
$V_{IH}$	输入的最高电压	$0.7 \times V_{cc}$	$V_{cc} + 0.5$	V

### 参数设置

参数设置项目如图 2.8 所示，每一项参数都有特定的标准，具体的标准可参考表 3.1 进行参数标准设置，若用户的标准与表中的有所差异，可通过旋转旋钮 A 对任何一个参数进行调节，若想恢复原有的默认设置，可通过旋钮 A 选择“恢复默认”即可。

注意：恢复默认设置只对参数设置有效对总线设置无效。

参数设置	t <sub>JITTER</sub> (MAX)	t <sub>HIGH</sub> (MIN)	t <sub>LOW</sub> (MIN)	t <sub>R</sub> (MAX)	t <sub>F</sub> (MAX)
	100us	160ns	160ns	100ns	100ns
	t <sub>SU</sub> (MIN)	t <sub>HD</sub> (MIN)	T <sub>HDelay</sub> (MAX)	T <sub>Delay</sub> (MIN)	T <sub>Delay</sub> (MAX)
	60.0ns	0.00ns	500us	-80.0ns	80.0ns
质量测试	过冲(V)	单调性(V)	低阈值	中阈值	
ON	0.70	0.40	30%	50%	
高阈值	恢复默认				
	70%				

图 2.8 参数设置

➤ 设置完参数后点击【返回】可查看到测试分析的结果，如下图 2.9 所示。

图 2.9 I<sup>2</sup>S 时序分析

## 2.2.5 I<sup>2</sup>S 时序测试数据细节分析

- 点击面板的“波形缩放”按键，可进入 ZOOM 模式，可将数据的细节进行放大分析，如图 2.10 所示。白色框窗口为可调窗口，缩放窗口的大小可通过水平时基旋钮进行调节。可针对信号的某一个细节进行放大查看分析。
- 通过观察测试表中的测量参数，若所测量的参数符合测试标准则通过测试，显示为“Pass”；
- 若不符合设定的标准则不通过测试，显示为“Fail”；
- 若测试表中显示“No Test”则表示找不到测试信号，此时可调整示波器水平时基，使示波器的屏幕上尽可能出现几帧甚至十几帧的波形，有利于对多点进行测试分析和比较。
- 在测试表的最下方将显示最终的整体测试效果，若完全通过测试则显示“Pass”，若有一项不通过测试，则为“Fail”。

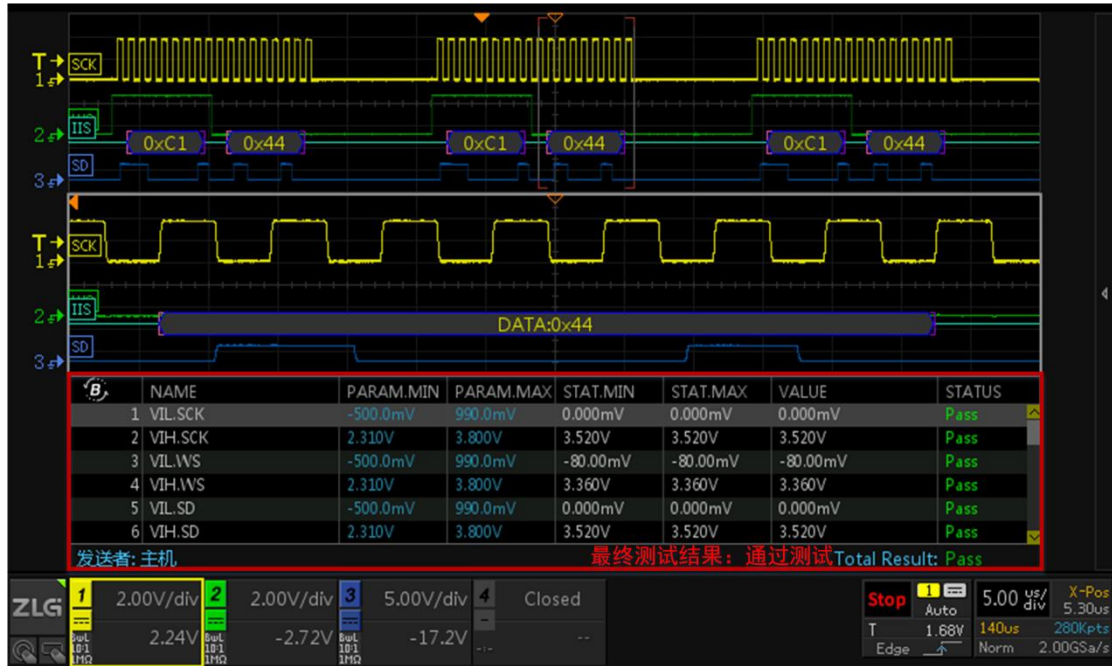


图 2.10 I2S 时序分析测试结果

- 在测试列表中旋转旋钮 B 可查看测试表中的参数测试结果，需要查看某一项参数测试细节可通过旋钮 B 选中后短按旋钮 B，此时屏幕中的缩放窗口将跳转至所选数据的测试部位，如图 2.11 所示。



图 2.11 数据分析

## 2.2.6 导出报表

测试完成后可对所测试的波形和数据进行导出。具体的导出步骤如下图 2.12 所示。导



出的“网页报表”文件可使用网页打开，如图 1.2 所示。导出的“CSV”文件可使用 Excel 打开。



图 2.12 文件导出步骤

## 2.3 ZUS6000 系列示波器具体使用步骤

### 2.3.1 I<sup>2</sup>S 信号的接入与捕获

- 将 I<sup>2</sup>S 的时钟和数据信号分别接到通道 1 和通道 2 中，如图 2.13 所示，点击【Auto Setup】一键捕获波形，让波形以较好的效果显示在界面；
- 点击【Auto/Normal】将【触发方式】由自动“Auto”切换为普通“Normal”，使信号在默认上升沿触发方式下进行触发和显示；

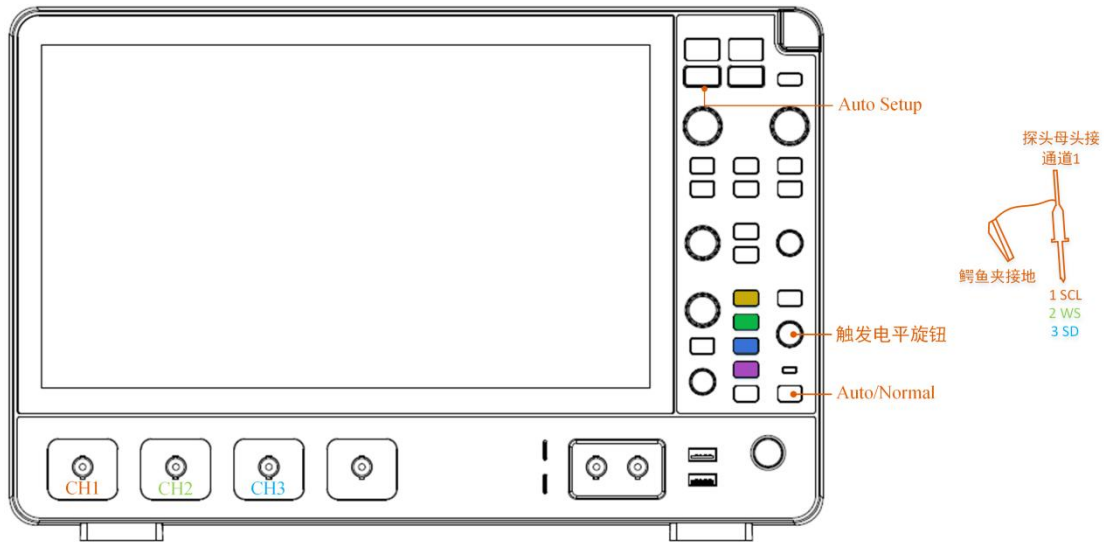


图 2.13 信号接入

### 2.3.2 I<sup>2</sup>S 信号的调节与解码

- 此时可调节水平时基旋钮，让屏幕中出现较多帧的信号，也可调节水平偏移旋钮将信号调至屏幕中央。或使用垂直控制旋钮将信号上下偏移调至合适的位置和合适的高度。
- 点击屏幕【分析】，选择【解码 1】进入解码界面；
- 点击【解码类型】输入框中的白色倒三角，选中 I<sup>2</sup>C 协议。
- 在【解码参数】中，可以对协议参数进行设置，点击各协议参数输入框中的白色倒三角展开后可对参数进行修改，如图 2.14 所示。



图 2.14 I2S 解码参数设置



图 2.15 I2S 解码

### (3) 协议格式

协议格式分为 I<sup>2</sup>S、左对齐(Left)和右对齐(Right)三种格式，具体如图 2.16 所示。

- I<sup>2</sup>S 解码方式：数据的最高位总出现在 WS 变换后的第二个脉冲（上升沿，在末尾会多解出 1 到 2 个 bit，但不会与后面信号的重合）；
- left 解码方式：WS 有效区间内左边从 WS 变换后的第一个上升沿；
- right 解码方式：WS 有效区间内右边从 WS 变换后的第一个上升沿。

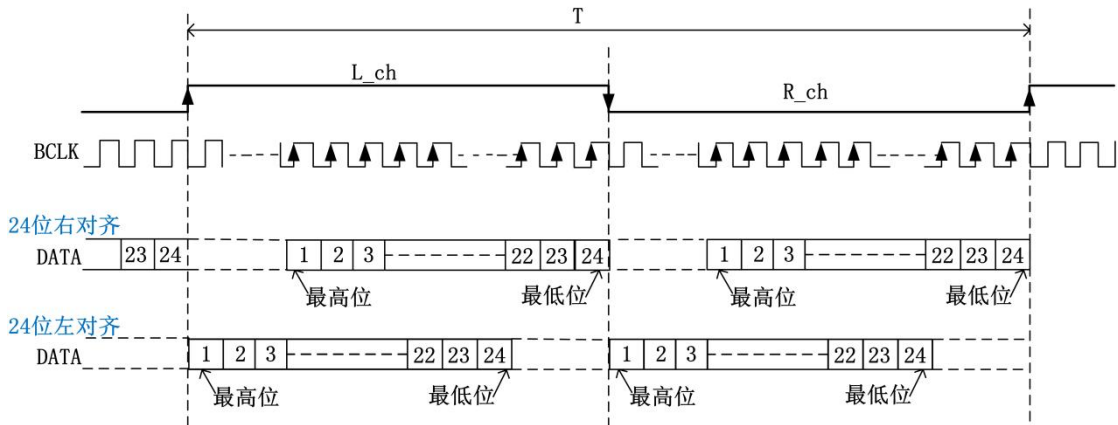


图 2.16 协议格式

#### (4) 数据长度

数据长度可由客户自行定义和调节，可调范围为 4bit~32bit。

### 2.3.3 过冲判定原理

过冲分为正过冲和负过冲。如图 2.17 是它在图中的位置说明。记录过冲量为最大的那个值，并与预设值（示波器中的默认值 0.7V，可手动调整）对比，超出为 Fail，不超出为 PASS，正过冲和负过冲的计算公式是：

正过冲=局部最大值-顶部值

负过冲=底部值-局部最小值

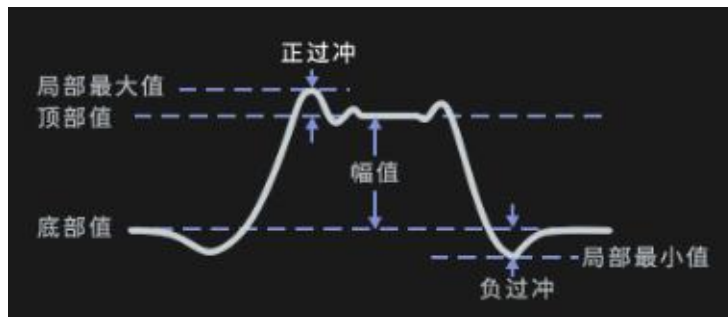


图 2.17 过冲判定

### 2.3.4 I<sup>2</sup>S 信号的时序分析测试

- 点击屏幕【分析】-【时序分析】。
- 进入分析界面，打开【功能使能】为“ON”，选择【IIS-TA】进入时序分析界面，然后可进行时序分析参数设置。
- 时序分析参数设置如图 2.18 所示。





图 2.18 参数设置界面

- **发送者：**发送者分为主机和从机，即数据发送端或数据接收端为命令发送者。
- **总线电平：**即输入电压  $V_{cc}$ ，一般的 I2S 输入电压为 3.30V，若为 1.8V 或其他输入电压值也可通过旋钮 A 对其进行调节。总线电平  $V_{cc}$  的调节将会影响  $V_{IL}$  和  $V_{IH}$  的值， $V_{cc}$  与  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$  存在如表 2.2 所列的关系。
- **输入的高电平/低电平电压 ( $V_{IH}$ 、 $V_{IL}$ )：**两者输入的值由  $V_{cc}$  决定，满足表 2.2 所列的关系，也可以通过旋钮 A 对其进行调节，它们值的变化将不会影响  $V_{cc}$  值的变化。

表 2.2  $V_{cc}$  与  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$  的关系

项目	名称	Min	Max	单位
$V_{IL}$	输入的最低电压	-0.5	$0.3 \times V_{cc}$	V
$V_{IH}$	输入的最高电压	$0.7 \times V_{cc}$	$V_{cc} + 0.5$	V

- **其余每一项参数都有特定的标准**，具体的标准可参考表 3.1 进行参数标准设置，若用户的标准与表中的有所差异，可单击参数项输入框通过旋钮 A/B（微调/粗调）或双击参数项输入框手动输入具体的标准，若想恢复原有的默认设置，可点击【默认设置】即可。
- 设置完参数后点击屏幕任意空白处可查看到测试分析的结果，如下图 2.19 所示。

图 2.19 I<sup>2</sup>S 时序分析

### 2.3.5 I<sup>2</sup>S 时序测试数据细节分析

- 点击面板的【ZOOM】按键，可进入 ZOOM 模式，可将数据的细节进行放大分析，如图 2.20 所示。绿色框窗口为可调窗口，缩放窗口的大小可通过水平时基旋钮进行调节。可针对信号的某一个细节进行放大查看分析。
- 通过观察测试表中的测量参数，若所测量的参数符合测试标准则通过测试，显示为“Pass”；
- 若不符合设定的标准则不通过测试，显示为“Fail”；
- 若测试表中显示“No Test”则表示找不到测试信号，此时可调整示波器水平时基，使示波器的屏幕上尽可能出现几帧甚至十几帧的波形，有利于对多点进行测试分析和比较。
- 在测试表的最下方将显示最终的整体测试效果，若完全通过测试则显示“Pass”，若有一项不通过测试，则为“Fail”。

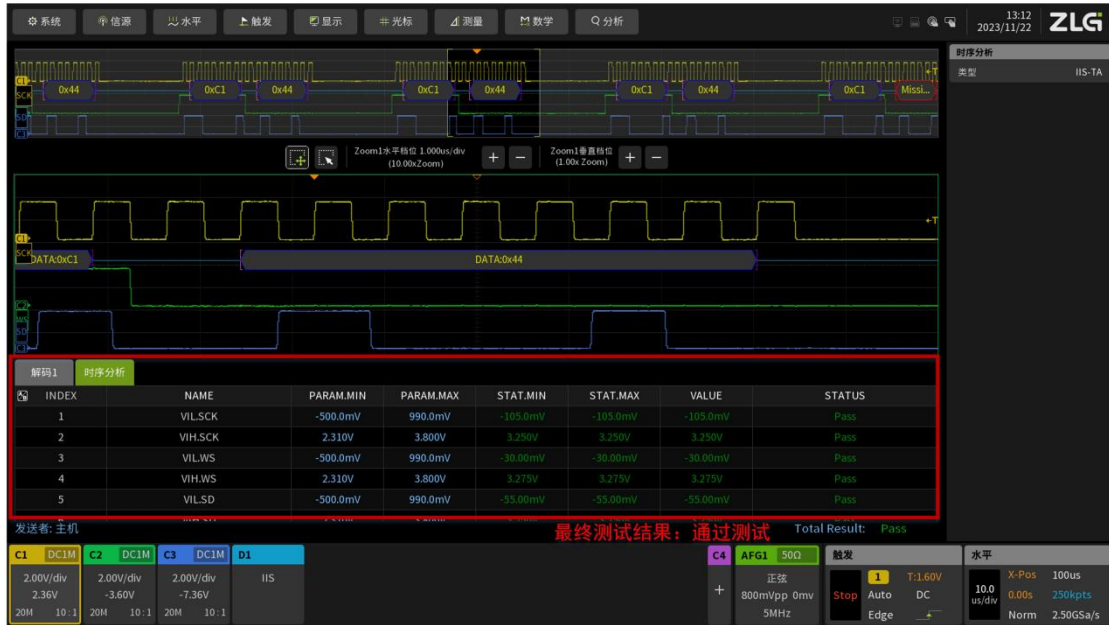


图 2.20 I<sup>2</sup>S 时序分析测试结果

- 在测试列表中旋转旋钮 A/B 可查看测试表中的参数测试结果，需要查看某一项参数测试细节可通过旋钮 A/B 选中后短按旋钮 A/B，此时屏幕中的缩放窗口将跳转至所选数据的测试部位，如图 2.21 所示。

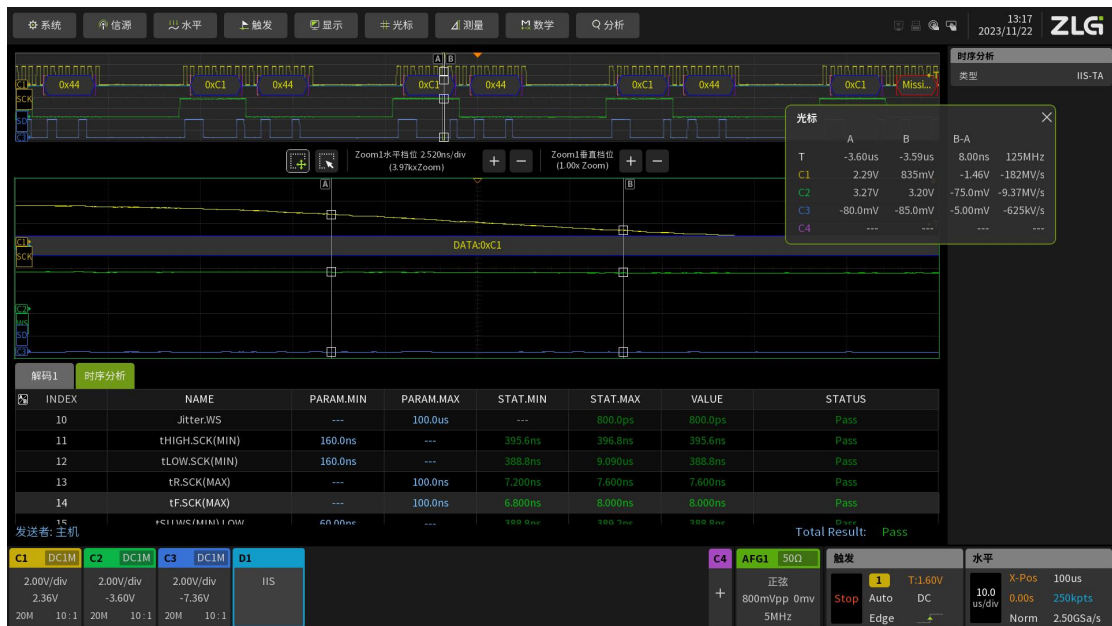


图 2.21 数据分析

### 2.3.6 导出报表

测试完成后可对所测试的波形和数据进行导出。具体的导出步骤如下图 2.22 所示。导出的“网页报表”文件可使用网页打开，如图 1.2 所示。导出的“CSV”文件可使用 Excel 打开。

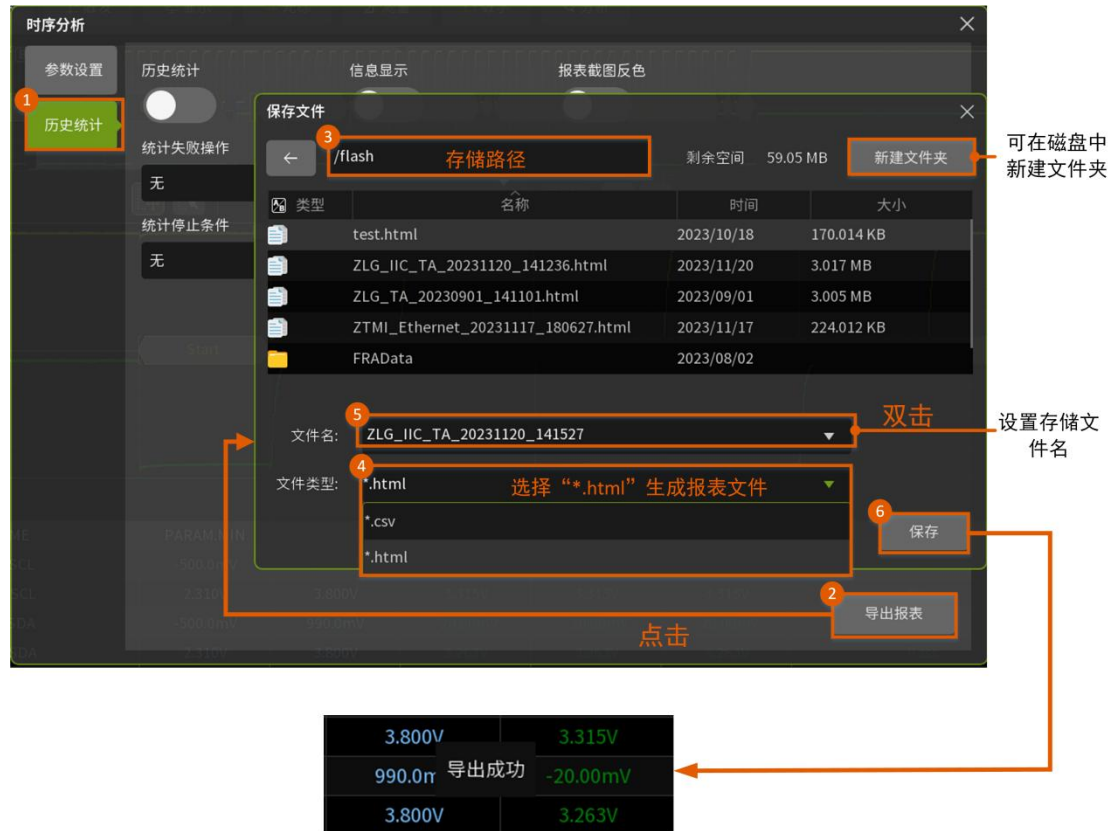


图 2.22 文件导出步骤

### 3. I<sup>2</sup>S 参数测量项目

#### 3.1 基本项目解析

I<sup>2</sup>S 规范中对时序的标准定义如表 3.1 所列。

表 3.1 I<sup>2</sup>S 总线 AC、DC 特性参数表

符号	名称	最小值	最大值	单位
V <sub>IL</sub>	输入信号的低电平	-0.5	0.3×V <sub>cc</sub>	V
V <sub>IH</sub>	输入信号的高电平	0.7×V <sub>cc</sub>	V <sub>cc</sub> +0.5	V
t <sub>Jitter</sub>	时钟抖动	-	100	μs
t <sub>R</sub>	时钟上升时间	-	100	ns
t <sub>F</sub>	时钟下降时间	-	100	ns
t <sub>LOW</sub>	时钟低电平时间	160	-	ns
t <sub>HIGH</sub>	时钟高电平时间	160	-	ns
t <sub>SU</sub>	信号建立时间	60	-	ns
t <sub>HD</sub>	信号保持时间	0	-	ns
t <sub>HDelay</sub>	保持延迟时间	-	500	μs
t <sub>Delay</sub>	传输延迟时间	-80	80	ns
Over <sub>+</sub>	正过冲	该部分为信号质量测试可选项，非标准定义，用户可根据实际情况自定义测试允许范围。		
Over <sub>-</sub>	负过冲			
Monot	单调性			
Glitch	毛刺			

注：所有值都可参考 0.7V<sub>cc</sub> 电平、0.5V<sub>cc</sub> 电平和 0.3V<sub>cc</sub> 电平，这三种电平均可手动调动，若参数与手册不符，均可手动设置。

如图 3.1 所示为 I<sup>2</sup>S 所有时间相关的测试项目对应的信号的具体位置。

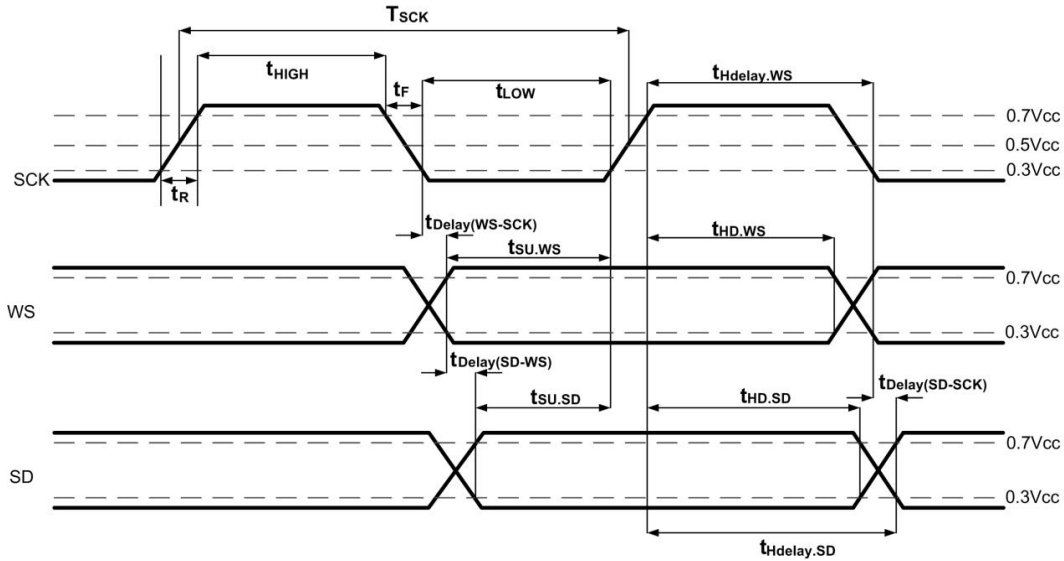


图 3.1 I<sup>2</sup>S 测试项目

I<sup>2</sup>S 中时钟抖动 Jitter 测试项的解析如图 3.2 所示。

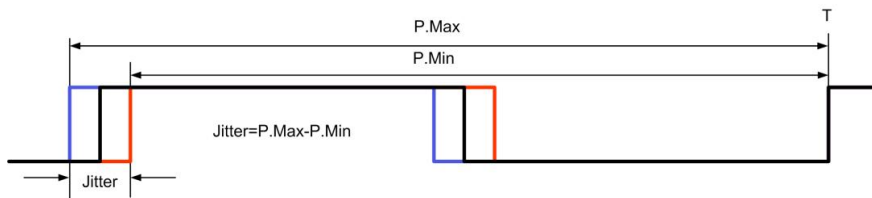


图 3.2 时钟抖动

I<sup>2</sup>S 中电压相关的测试项 V<sub>IL</sub>（底部值）与 V<sub>IH</sub>（顶部值）的计算原理如图 3.3 所示：

- V<sub>IH</sub> 是波形平顶至地的电压值，即顶部值；
- V<sub>IL</sub> 是波形平底至地的电压值，即底部值。

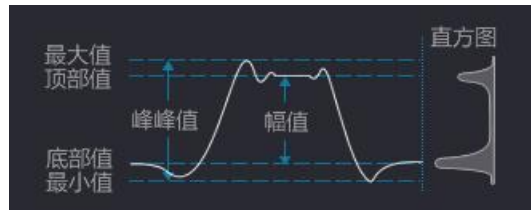


图 3.3 底部值与顶部值计算

I<sup>2</sup>S 时序分析功能测量项目解析如表 3.2 所列。

表 3.2 测量项目解析

信号线	测量项目	描述
SCK	VIL.SCK	SCK 信号线的低电平电压，测量原理见图 3.3 底部值。
	VIH.SCK	SCK 信号线的高电平电压，测量原理见图 3.3 顶部值。
	Glitch.SCK	SCK 信号线的毛刺测试项，可在参数界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，判定原理，参考 0 节。

续上表

信号线	测量项目	描述
	Over+.SCK	SCK 信号线的正过冲测试项，可在参数设置界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，当过冲电压超过预设值时软件会判断该项 Fail，具体判定原理，参考 0 节。
	Over-.SCK	SCK 信号线的负过冲测试项，可在参数设置界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，当过冲电压超过预设值时软件会判断该项 Fail，具体判定原理，参考 0 节。
	Monot.SCK	SCK 信号线的单调性（即回沟）测试项，可在参数界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，当回沟电压超过预设值时软件会判断该项 Fail，判定原理，参考 0 节。
	Freq.SCK(Avg)	SCK 时钟信号的频率值是按门限 $0.5V_{cc}$ 测量的。时钟信号频率权重平均值，测量值采用周期相近的多数样本值进行算法平均。（即排除某些过大或过小的周期再进行统计）
	Jitter.SCK	统计周期，抖动值=最大值-最小值，与预设值对比，若大于预设值则 FAIL，否则为 PASS。 考虑到该项无强制要求，默认值会比较大，正常情况都 PASS，有特殊要求再自己设。
	tR.SCK(MAX) tF.SCK(MAX)	$t_r$ 和 $t_f$ 为时钟的上升和下降时间，时序定义如图 3.1 所示。测量时，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有时钟上升时间样本和下降时间样本，并选择样本中的最大值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
SCK	tLOW.SCK(MIN)	$t_{low}$ 和 $t_{high}$ 为 SCK 时钟信号的低电平周期和高电平周期，时序定义如图 3.1 所示。测量时，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有 SCK 低电平周期样本或高电平周期样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHIGH.SCK(MIN)	
WS	VIL.WS	WS 信号线的低电平电压，测量原理见图 3.3 低部值。
	VIH.WS	WS 信号线的高电平电压，测量原理见图 3.3 顶部值。
	Glitch.WS	WS 信号线的毛刺测试项，可在参数界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，判定原理，参考 0 节。
	Over+.WS	WS 信号线的正过冲或负过冲测试项，可在参数设置界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，当过冲电压超过预设值时软件会判断该项 Fail，具体判定原理，参考 0 节。
	Over-.WS	
	Monot.WS	WS 信号线的单调性（即回沟）测试项，可在参数界面中将“质量测试”设置为 ON 开启，当回沟电压超过预设值时软件会判断该项 Fail，判定原理，参考 0 节。
Freq.WS(Avg)	WS 信号的频率值是按门限 $0.5V_{cc}$ 测量的。时钟信号频率权重平均值，测量值采用周期相近的多数样本值进行算法平均。（即排除某些过大或过小的周期再进行统计）	

续上表

信号线	测量项目	描述
WS	Freq.WS(Avg)	WS 信号的频率值是按门限 $0.5V_{cc}$ 测量的。时钟信号频率权重平均值，测量值采用周期相近的多数样本值进行算法平均。（即排除某些过大或过小的周期再进行统计）
	Jitter.WS	统计周期，抖动值=最大值-值小值，与预设值对比，若大于预设值则 FAIL，否则为 PASS。 考虑到该项无强制要求，默认值会比较大，正常情况都 PASS，有特殊要求再自己设。
	tSU.WS(MIN) LOW	字选择信号低电平建立时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择信号低电平建立时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHD.WS(MIN) LOW	字选择信号低电平保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择信号低电平保持时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tSU.WS(MIN) HIGH	字选择信号高电平建立时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择信号高电平建立时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHD.WS(MIN) HIGH	字选择信号高电平保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择信号高电平保持时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHDelay.WS(MAX)	字选择信号从一次采样开始到一次采样结束的时间。时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择信号保持延迟时间的样本，并选择样本中的最大值作为测量结果输出。
SD	VIL.SD	SD 信号线的低电平电压，测量原理见图 3.3 低部值。
	VIH.SD	SD 信号线的高电平电压，测量原理见图 3.3 顶部值。
	tSU.SD(MIN) LOW	数据信号低电平建立时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据信号低电平建立时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHD.SD(MIN) LOW	数据信号低电平保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据信号低电平保持时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tSU.SD(MIN) HIGH	数据信号高电平建立时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据信号高电平建立时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。
	tHD.SD(MIN) HIGH	数据信号高电平保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据信号高电平保持时间的样本，并选择样本中的最小值（时序最差的波形）作为测量结果输出。



续上表

信号线	测量项目	描述
	tHDelay.SD(MAX)	数据信号从一次采样开始到一次采样结束的时间。时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据信号保持延迟时间的样本，并选择样本中的最大值作为测量结果输出。
WS-S CK	tDELAY(WS-SCK)( MIN,MAX)	字选择和时钟信号间的传输延迟时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有字选择和时钟信号间的传输延迟时间的样本，并选择样本中的最小值和最大值作为测量结果输出。
SD-SC K	tDELAY(SD-SCK) (MIN,MAX)	数据和时钟信号间的传输延迟时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据和时钟信号间的传输延迟时间的样本，并选择样本中的最小值和最大值作为测量结果输出。
SD-W S	tDELAY(SD-WS) (MIN,MAX)	数据和字选择信号间的传输延迟时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据和字选择信号间的传输延迟时间的样本，并选择样本中的最小值和最大值作为测量结果输出。

## 3.2 信号质量项目解析

质量测试包含有毛刺、过冲和单调性（回沟）测试。

### 3.2.1 毛刺的判定原理

毛刺检测的规则有三种，分别如下：

#### 1. SCK 信号毛刺检测

SCK 时钟信号线变化时若只穿过一根阈值线，则判定为毛刺，如图 3.4 所示。注意，如果毛刺同时穿过两根阈值线，会被主控器当成普通边沿来处理（其它测试项会报错）。

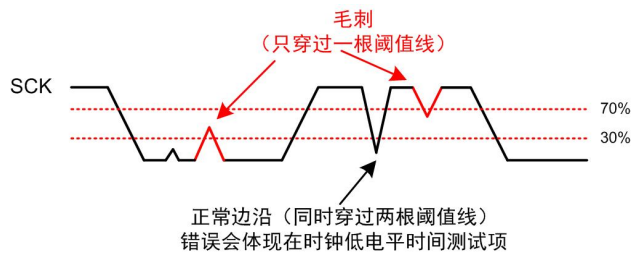


图 3.4 SCK 波形只穿过一根阈值线

#### 2. WS/SD 信号毛刺检测

WS/SD 信号线的毛刺检测，不管是在 SCK 高电平期间，还是低电平期间，WS/SD 出现的毛刺总是对总线有影响，所以均为报错的毛刺。如图 3.5 所示。

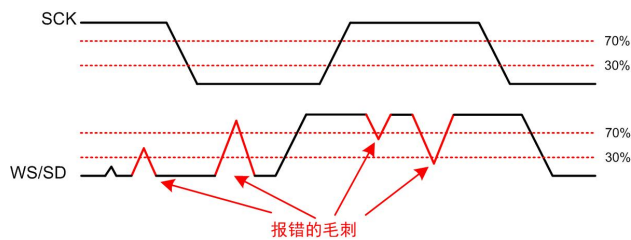


图 3.5 WS/SD 信号毛刺判定

### 3. WS/SD 信号毛刺不会纳入上升下降时间的统计

软件在测量上升或下降时间时，会自动过滤忽略毛刺，避免测量错误。但是毛刺会影响建立保持时间的测量，如图 3.6 所示，系统会在 SCK 变为高之前，测量 WS/SD 线最近一次跳变（0 变 1 或 1 变 0）做为上升或下降时间。

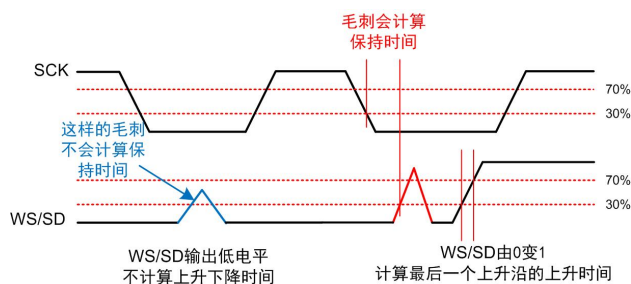


图 3.6 计算上升下降时间

### 3.2.2 单调性（回沟）的判定原理

单调性，即回沟，是信号在上升沿或下降沿的过程中，受到干扰产生非单调波形的现象。回沟的电压幅值计算如图 3.7 所示，当测量值超过参数设置中的“单调性”的电压参考值时，测试项为 Fail。

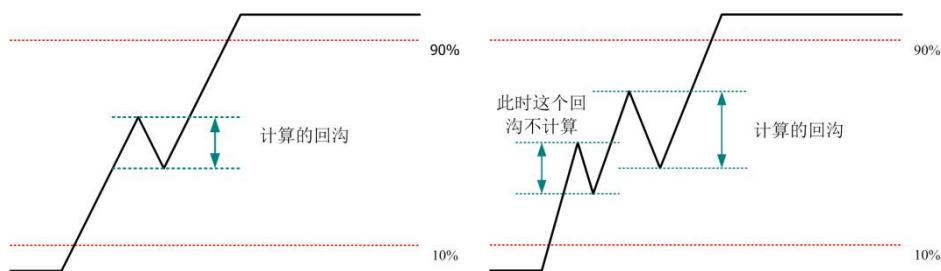


图 3.7 上升沿波形回沟示意图

## 4. 快速切换测试参数

由于 I<sup>2</sup>S 时序分析软件有很多的参数需要设置，比较麻烦，所以为了防止在下次用时，再对参数进行设置，可以将参数保存为 ini 文件导出，下次使用时，再将对应的 ini 文件导入即可。

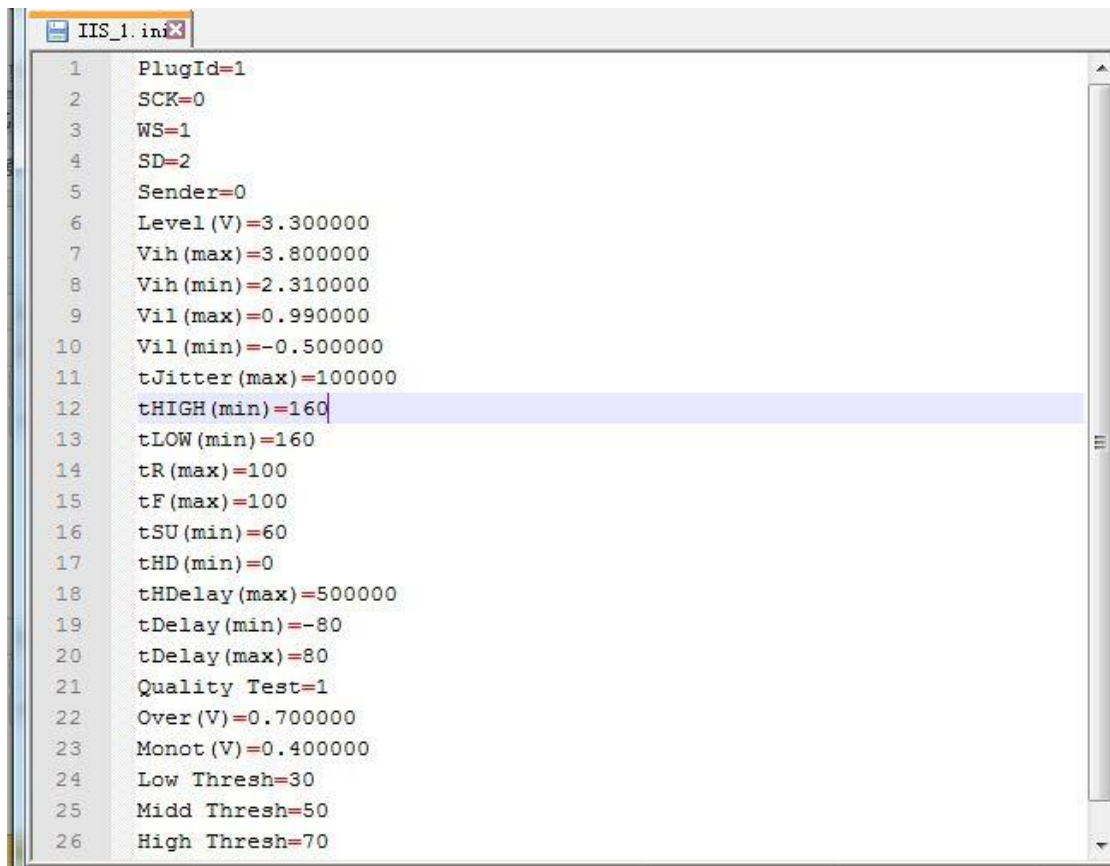
例如，有 10 种不同的被测设备，它们的测试参数都不相同（如有 VCC 为 3.3V 的，有 1.8V 的，有发送者是主机的，有事从机的等），我们初次操作时，可以导出 10 种不同的 ini 文件存储于示波器中，以后的批量测试就方便了，测什么设备就加载什么 ini 文件。

Ini 文件是文本格式，用户也可以在 PC 上进行编辑，方便批量修改。

### 4.1 ZDS4000/5000 系列示波器 ini 文件

#### 4.1.1 ini 文件格式

ini 文件格式如图 4.1 所示：



```
1 PlugId=1
2 SCK=0
3 WS=1
4 SD=2
5 Sender=0
6 Level (V)=3.300000
7 Vih(max)=3.800000
8 Vih(min)=2.310000
9 Vil(max)=0.990000
10 Vil(min)=-0.500000
11 tJitter(max)=100000
12 tHIGH(min)=160
13 tLOW(min)=160
14 tR(max)=100
15 tF(max)=100
16 tSU(min)=60
17 tHD(min)=0
18 tHDelay(max)=500000
19 tDelay(min)=-80
20 tDelay(max)=80
21 Quality Test=1
22 Over(V)=0.700000
23 Monot(V)=0.400000
24 Low Thresh=30
25 Midd Thresh=50
26 High Thresh=70
```

图 4.1 ini 文件格式(ZDS4000/5000 系列示波器)

- 1、每一行代表一条命令，如上图的每条指令。
- 2、每一个命令由三部分组成，它们是配置参数、赋值符号和值。
- 3、上图的第一条命令，设置协议类型为 1，1 代表 I<sup>2</sup>S 协议。
- 4、上图的第二条命令，设置 SCK 时钟信源为 0，0 代表通道 1。
- 5、上图的第六条命令，设置总线电平电压为 3.3V。

6、上图的第七条命令，设置输入的高电平最大电压为 3.8V。

7、上图的第十二条命令，设置时钟高电平的最小时间为 160ns。

其它的命令同理。

#### 4.1.2 ini 文件配置参数说明

I<sup>2</sup>S 时序分析配置参数如表 4.1 所列：

表 4.1 ZDS4000/5000 配置参数

参数	名称	描述
PlugId	协议类型	0: IIC, 1:IIS, 2:SPI, 3:MIPI-RFFE
SCK	时钟信源	0~3: CH1~CH4
WS	字选择信源	0~3: CH1~CH4
SD	数据信源	0~3: CH1~CH4
Sender	发送者	0: 主机, 1: 从机
Level(V)	总线电平	单位为 V, 如总线电压为 Vcc, 则关系如下:
Vih(max)	输入的高电平最大电压	$V_{cc} < V_{ih(max)} \leq 10I_0$
Vih(min)	输入的高电平最小电压	$0.5 \times V_{cc} \leq V_{ih(min)} < V_{cc}$
Vil(max)	输入的低电平最大电压	$0.01 \leq V_{il(max)} < 0.5 \times V_{cc}$
Vil(min)	输入的低电平最小电压	$-10 \leq V_{il(min)} \leq -0.01$
tJitter(max)	时钟抖动最大值	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tHIGH(min)	时钟高电平的最小时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tLOW(min)	时钟低电平的最小时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tR(max)	时钟上升最大时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tF(max)	时钟下降最大时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tSU(min)	建立最小时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tHD(min)	保持最小时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tHDelay(max)	保持延时最大时间	单位为 ns, 范围 1~1,000,000,000
tDelay(min)	传输延迟最小时间	单位为 ns, 范围-1000,000,000~999,000,000
tDelay(max)	传输延迟最大时间	单位为 ns, 范围-999,000,000~1,000,000,000
Quality Test	质量测试	0: OFF, 1:ON
Over(V)	过冲默认值	单位为 V, 范围 0.01~1000
Monot(V)	单调性默认值	
Low Thresh	低阈值	单位百分比, 10~70
Midd Thresh	中阈值	单位百分比, 20~80
High Thresh	高阈值	单位百分比, 30~90, Low Thresh<=High Thresh-10

## 4.2 ZUS6000 系列示波器 ini 文件

### 4.2.1 ini 文件格式

ini 文件格式如图 4.2 所示：



```
TimingAnalyze_IIS-TA.ini - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
SerialFrom=TimingAnalyze
PluginName=IIS-TA
High Thresh=70
Level(V)=3.3
Low Thresh=30
Midd Thresh=50
Monot(V)=0.4
Over(V)=0.7
Quality Test=0
SCK=0
SD=2
Sender=0
Vih(MAX)=3.8
Vih(MIN)=2.31
Vil(MAX)=0.99
Vil(MIN)=-0.5
WS=1
tDelay(MAX)=9e-06
tDelay(MIN)=-2.1e-07
tF(MAX)=1e-07
tHD(MIN)=0
tHDelay(MAX)=0.0005
tHIGH(MIN)=1.6e-07
tJitter(MAX)=0.0001
tLOW(MIN)=1.6e-07
tR(MAX)=1e-07
tSU(MIN)=6e-08
第 1 行, 第 1 列 100% Unix (LF) UTF-8
```

图 4.2 ini 文件格式(ZUS6000 系列示波器)

- 1、每一行代表一条命令，如上图的每条指令。
  - 2、每一个命令由三部分组成，它们是配置参数、赋值符号和值。
  - 3、上图的第四条命令，设置总线电平电压为 3.3V。
  - 4、上图的第十条命令，设置 SCK 时钟信源为 0，0 代表通道 1。
  - 6、上图的第十三条命令，设置输入的高电平最大电压为 3.8V。
  - 7、上图的第二十三条命令，设置时钟高电平的最小时间为 160ns。
- 其它的命令同理。

## 4.2.2 ini 文件配置参数说明

I<sup>2</sup>S 时序分析配置参数如表 4.2 所列：

表 4.2 ZUS6000 配置参数

参数	名称	描述
SerialFrom	序列起始	TimingAnalyze
PluginName	协议类型	IIS-TA
High Thresh	高阈值	单位百分比，30~90, Low Thresh<=High Thresh-10
Level(V)	总线电平	单位为 V，如总线电压为 Vcc，则关系如下： Vcc<Vih(max)<=1010 0.5×Vcc<= Vih(min)<Vcc 0.01<=Vil(max)<0.5×Vcc -10<=Vil(min)<=-0.01
Low Thresh	低阈值	单位百分比，10~70
Midd Thresh	中阈值	单位百分比，20~80
Monot(V)	单调性默认值	单位为 V，范围 0.01~1000
Over(V)	过冲默认值	
Quality Test	质量测试	0: OFF, 1:ON
SCK	时钟信源	0~3: CH1~CH4
SD	数据信源	0~3: CH1~CH4
Sender	发送者	0: 主机, 1: 从机
Vih(max)	输入的高电平最大电压	单位为 V，同 Level(V)描述
Vih(min)	输入的高电平最小电压	
Vil(max)	输入的低电平最大电压	
Vil(min)	输入的低电平最小电压	
WS	字选择信源	0~3: CH1~CH4
tDelay(max)	传输延迟最大时间	单位为 s，范围-0.999~1
tDelay(min)	传输延迟最小时间	单位为 s，范围-1~0.999
tF(max)	时钟下降最大时间	单位为 s，范围 1e-09~1
tHD(min)	保持最小时间	单位为 s，范围 0~0.999
tHDelay(max)	保持延时最大时间	单位为 s，范围 1e-09~1
tHIGH(min)	时钟高电平的最小时间	单位为 s，范围 1e-09~1
tJitter(max)	时钟抖动最大值	单位为 s，范围 1e-09~1
tLOW(min)	时钟低电平的最小时间	单位为 s，范围 1e-09~1
tR(max)	时钟上升最大时间	单位为 s，范围 1e-09~1
tSU(min)	建立最小时间	单位为 s，范围 1e-09~1

## 5. 长时间统计功能

在一些设备的测试中，可能需要长时间测试它的稳定性，此时就可以使用统计功能进行分析。比如可以指定测量 I2S 总线上的 10000 帧甚至更多数据，长时间测试其稳定性。那怕过程中有一帧数据的某个时序测量项不通过，软件都能自动记录截图并生成报告。

I2S 时序分析软件的统计功能有以下特点：

- 支持多种停止条件：永不停止、达到失败次数停止、达到总测试次数停止。
- 测量项目不通过时可声音提示，支持自动保存报表。
- 显示统计信息（测试总次数、通过次数、失败次数）。

使用统计功能时，要注意设置好合适的触发条件（Normal 触发模式），保证示波器每一次都能捕获到正常的波形数据，推荐使用协议触发。

### 5.1.1 停止条件

示波器停止“统计分析”的条件，当测试条件满足预设条件时，I2S 时序分析软件会停止统计完成分析工作，设置项如图 5.1 所示。



图 5.1 测试停止条件

### 5.1.2 失败操作

失败操作即若波形进行测试过程中无法通过测试（Fail）时，将执行的操作。可操作的事件如图 5.2 所示。



图 5.2 失败操作

操作事件包括：

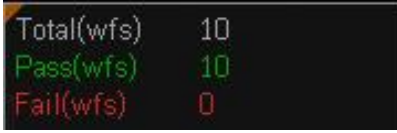
**声音提示：**即当出现测试不通过项时，系统会发出警报声（蜂鸣器）提醒；

**导出报表：**即当出现测试不通过项时，系统会自动导出当前数据并形成报告。

两项可以同时选择，若一项都不选择，则若出现失败项不做任何提醒。

### 5.1.3 历史统计

当设置好停止条件，失败操作后，点击【历史统计】（运行/停止统计）可对测量结果进行统计，此时将【信息显示】打开，可以看到统计的结果。如图 5.3 所示：



Total(wfs)	10
Pass(wfs)	10
Fail(wfs)	0

图 5.3 历史统计结果



## 6. I<sup>2</sup>S 总线介绍

### 6.1 概述

I<sup>2</sup>S 总线是飞利浦公司为数字音频设备之间的音频数据传输而制定的一种总线标准，该总线专责于音频设备之间的数据传输，广泛应用于各种多媒体系统。它采用了沿独立的导线传输时钟与数据信号的设计，通过将数据和时钟信号分离，避免了因时差诱发的失真，为用户节省了购买抵抗音频抖动的专用设备费用。

### 6.2 I<sup>2</sup>S 协议

串行数字音频总线（I<sup>2</sup>S）是用于将数字音频器件连接在一起的串行总线接口标准。I<sup>2</sup>S 组件仅在主控模式下运行。它还可以在两个方向运行：作为发射器（Tx）和接收器（Rx）。Tx 和 Rx 的数据是独立的字节流。字节流首先包含最高有效字节，并且第一个字的第七位中存放最高有效位。用于每次采样的字节数（左/右声道的采样）是保持样品所需的最少字节数。

#### 6.2.1 I<sup>2</sup>S 主要应用

I<sup>2</sup>S 总线接口是立体声音频信号和系统之间传递的接口，主要用于：A/D 和 D/A 转换器、数字信号处理器、数字滤波器和数字输入/输出接口。

在 I<sup>2</sup>S 传输协议中，其数据信号、时钟信号以及控制信号是分开传输的。

#### 6.2.2 I<sup>2</sup>S 的信号线

I<sup>2</sup>S 主要有 3 个信号线：

- ◆ SCK：同步时钟信号线，也叫位时钟（BCLK），即对应数字音频的每一位数据，SCK 都有一个脉冲。SCK 是模块内的同步信号，从模式时，由外部提供，主模式时，由模块内部自己产生。
- ◆ WS：帧时钟，左右声道选择线，也叫左右时脉线（LRCLK），指当前传输数据的通道。WS=1 表示正在传输的是左声道的数据，WS=0 则表示正在传输的是右声道的数据。
- ◆ SD：串行数据线，是用二进制补码表示的音频数据。在 I<sup>2</sup>S 中，以二进制补码的形式在数据线中传输，首先传输最高位（MSB）。

基本的传输时序如图 6.1 所示。

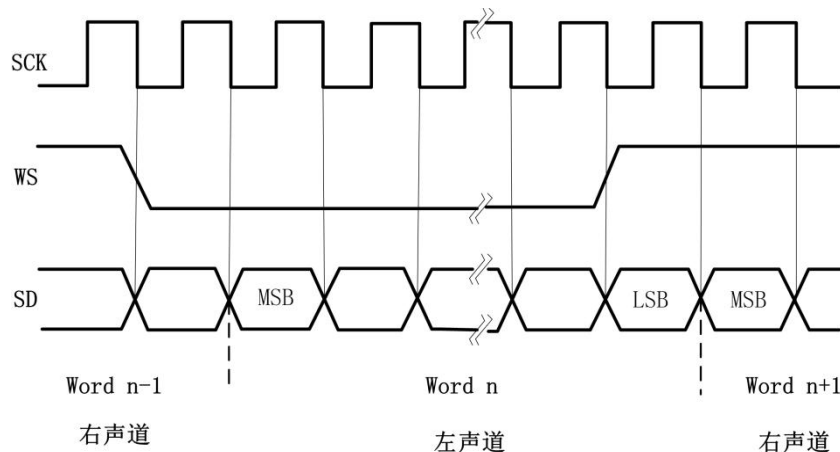


图 6.1 I<sup>2</sup>S 时序图

## 7. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远仪器有限公司（下称“致远仪器”）在本手册中将尽可能地向用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远仪器不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远仪器有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远仪器官方网站或者与致远仪器工作人员联系。感谢您的包容与支持！

赋能高效测试， 共创美好生活

Empower efficient testing, co-create a better life

广州致远仪器有限公司

更多详情请访问  
[www.zlgtmi.com](http://www.zlgtmi.com)

欢迎拨打全国服务热线  
400-888-4005

