

MIPI-RFFE 时序分析软件用户手册

ZDS4000Plus 系列示波器

UM01709141 V1.02 Date: 2019/03/13

产品用户手册

| 类别 | 内容 |
|-----|---|
| 关键词 | MIPI-RFFE, 时序分析, 参数测量 |
| 摘要 | 主要介绍 ZDS4000Plus 示波器上 MIPI-RFFE 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 | 2017/09/14 | 完成初稿 |
| V1.01 | 2018/05/16 | 1、 参数设置中增加传输速度选项； 2、 参数设置中增加参考电平调节选项； 3、 重新修改了 RFFE 的 TPD 测试项的定义，增加最大值参数判定。 |
| V1.02 | 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 |

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 简介..... | 1 |
| 2. 快速入门..... | 4 |
| 2.1 简介..... | 4 |
| 2.2 具体使用步骤..... | 4 |
| 2.2.1 MIPI-RFFE 信号的接入与捕获..... | 4 |
| 2.2.2 MIPI-RFFE 信号的调节与解码..... | 4 |
| 2.2.3 MIPI-RFFE 信号的时序分析测试..... | 5 |
| 2.2.4 MIPI-RFFE 时序测试数据细节分析..... | 8 |
| 2.2.5 导出报表..... | 9 |
| 3. MIPI-RFFE 参数测量项目 | 11 |
| 3.1 基本项目解析..... | 11 |
| 3.2 信号质量项目解析..... | 14 |
| 3.2.1 毛刺的判定原理..... | 14 |
| 3.2.2 过冲判定原理..... | 15 |
| 3.2.3 单调性（回沟）的判定原理..... | 15 |
| 4. 快速切换测试参数..... | 17 |
| 4.1 ini 文件格式 | 17 |
| 4.2 ini 文件配置参数说明..... | 18 |
| 5. 长时间统计功能..... | 20 |
| 5.1.1 停止条件..... | 20 |
| 5.1.2 失败操作..... | 20 |
| 5.1.3 历史统计..... | 20 |
| 6. MIPI-RFFE 总线介绍 | 21 |
| 6.1 概述..... | 21 |
| 6.2 MIPI-RFFE 用途 | 21 |
| 7. 免责声明..... | 22 |

1. 简介

致远电子 ZDS4000 系列示波器支持 MIPI-RFFE 时序分析软件，它是一款能够自动测试 MIPI-RFFE 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 MIPI-RFFE 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。

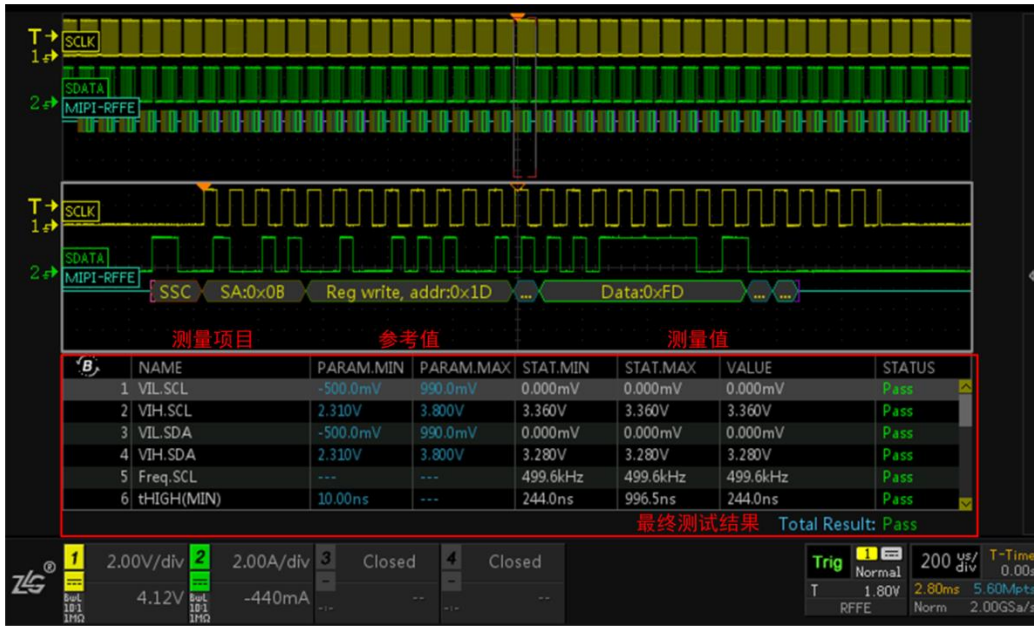


图 1.1 MIPI-RFFE 时序分析界面

主要特点

- 支持（半速/全速/高速）MIPI-RFFE 总线时序分析
- 支持电压、回沟、毛刺等信号质量测试
- 支持地址、命令筛选，可针对具体从机独立测试
- 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 MIPI-RFFE 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 _{IL} | 信号的低电平电压 | t _{DCH} | 时钟信号正占空比 |
| V _{IH} | 信号的高电平电压 | t _{DCL} | 时钟信号负占空比 |
| Freq | 时钟频率 | t _{D.SDO Rise} | 时钟上升沿到数据输出信号上升沿时间 |
| t _R | 时钟/数据上升时间 | t _{D.SDO Fall} | 时钟上升沿到数据输出信号下降沿时间 |
| t _F | 时钟/数据下降时间 | t _{SU.SDI} | 数据信号建立时间 |
| t _{LOW} | 时钟低电平时间 | t _{HD.SDI} | 数据信号保持时间 |

续上表

| 测量项目 | 描述 | 测量项目 | 描述 |
|-------------------|----------|--------------------------|------------------|
| t_{HIGH} | 时钟高电平时间 | $t_{\text{PD,SDO Rise}}$ | 时钟上升沿到数据上升沿的延迟时间 |
| 质量测试 | 毛刺、过冲、回沟 | $t_{\text{PD,SDO Fall}}$ | 时钟上升沿到数据下降沿的延迟时间 |

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。



Guangzhou Zhiyuan Electronics Co., Ltd

MIPI Test Report

Overall Result: **Pass**

| | |
|---------------|------------------------------|
| Device Name | ZDS4054 Plus |
| SW Version | 3.0.88.70911 |
| Serial Number | 2130110041609270001 |
| Test Date | 2017-09-13 13:39:33 |
| Test Result | Total: 24, Pass: 24, Fail: 0 |

Scope Report

| INDEX | NAME | PARAM. MIN | PARAM. MAX | STAT. MIN | STAT. MAX | VALUE | STATUS |
|-------|--------------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------------|--------|
| 20 | tD_SDO(MIN,MAX) Fall | -560.0ns | 850.0ns | -493.5ns | 8.000ns | -493.5ns, 8.000ns | Pass |
| 21 | tSU_SDI(MIN) Low | 10.00ns | --- | 993.0ns | 1.494us | 993.0ns | Pass |
| 22 | tHD_SDI(MIN) Low | 10.00ns | --- | 987.0ns | 1.487us | 987.0ns | Pass |
| 23 | tSU_SDI(MIN) High | 10.00ns | --- | 250.5ns | 1.002us | 250.5ns | Pass |
| 24 | tHD_SDI(MIN) High | 10.00ns | --- | 492.5ns | 994.0ns | 492.5ns | Pass |

Total Result: **Pass**

Report Detail

[Top](#) [Previous](#)

tHD_SDI(MIN) High: 输入数据高电平的保持时间的最小值

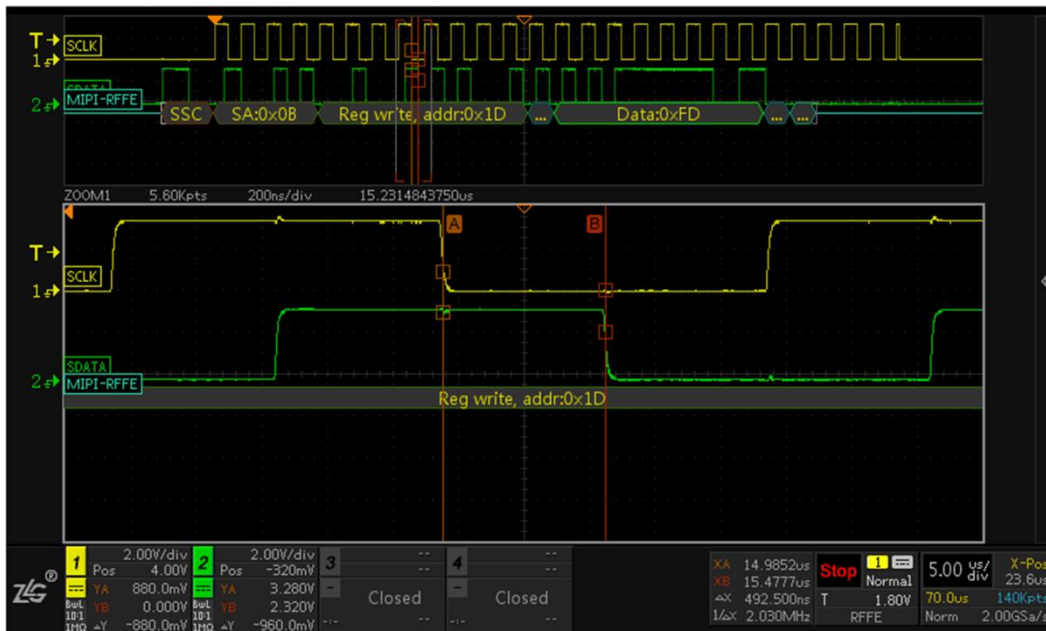


图 1.2 网页报表测试报告

2. 快速入门

2.1 简介

快速入门主要包括以下几点内容：

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

2.2 具体使用步骤

2.2.1 MIPI-RFFE 信号的接入与捕获

- 将 MIPI-RFFE 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；

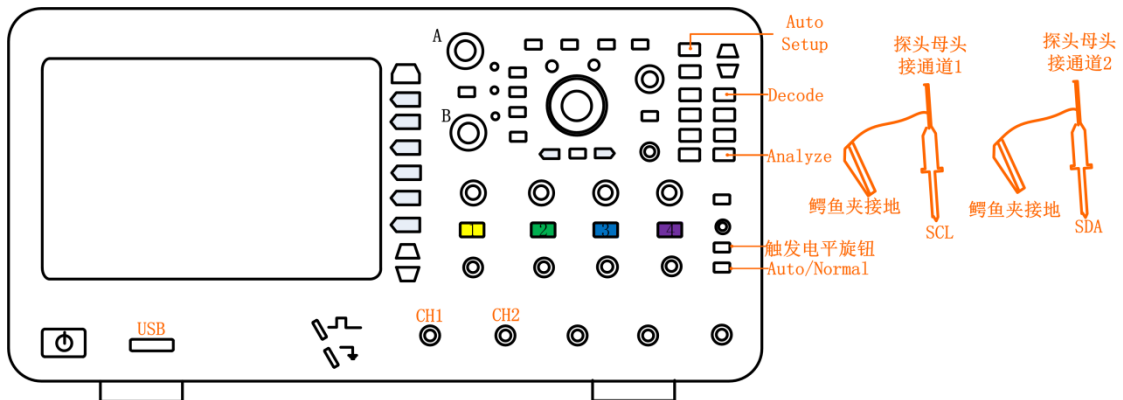


图 2.1 信号接入

2.2.2 MIPI-RFFE 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 MIPI-RFFE，点击【协议触发】为“ON”（当对协议进行触发设置后，此处固定为 ON），此操作其实就是将触发类型设置为 MIPI-RFFE；
- 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，其中包括“总线设置”与“触发设置”，如图 2.2 所示。



图 2.2 MIPI-RFFE 解码参数设置

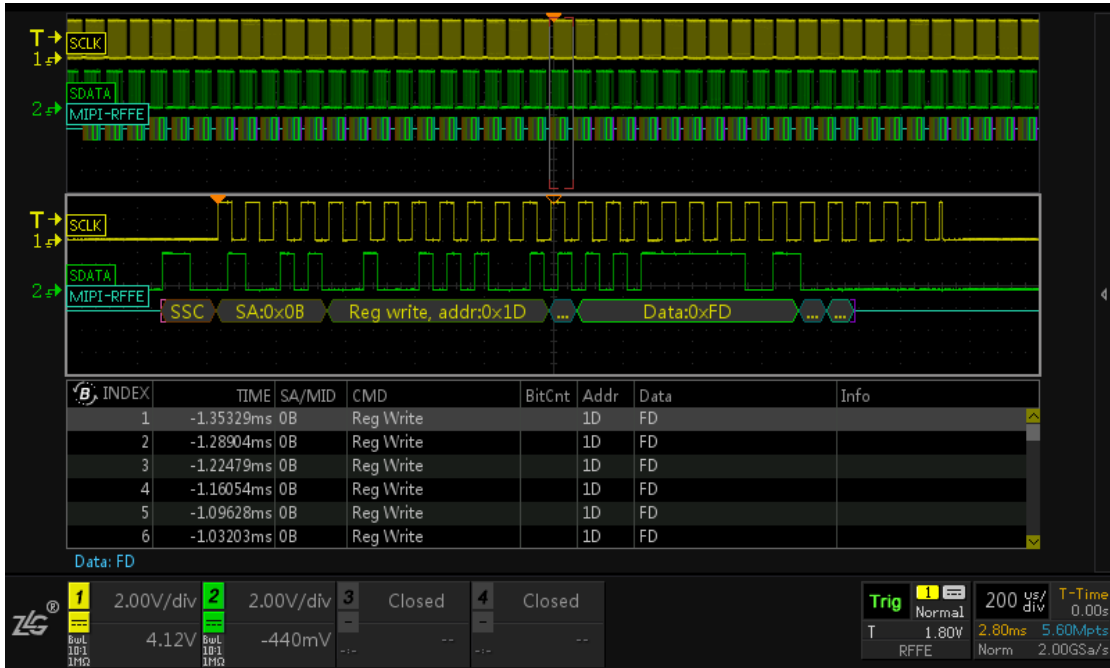


图 2.3 MIPI-RFFE 解码

(1) 触发设置

触发模式有四种选择，分别是：起始触发、从机地址、指令触发和数据触发。如图 2.4 所示。根据不同的触发模式，得到的协议解码结果不同。



图 2.4 触发模式选择

2.2.3 MIPI-RFFE 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，选择【MIPI-RFFE 时序分析】进入时序分析界面，打开【功能使能】

为“ON”，此时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 2.5 所示。界面中分为“总线设置”和“参数设置”两种类型。

通过旋钮A进行选择操作，按下进入相应设置。

| | | | | | |
|----------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|
| 总线设置 | 时钟信源 | 数据信源 | 传输速度 | 筛选条件 | 总线电平(V) |
| | CH1 | CH2 | Half | None | 1.80 |
| 参数设置 | $V_{IH} (MAX)$ | $V_{IH} (MIN)$ | $V_{IL} (MAX)$ | $V_{IL} (MIN)$ | |
| | 2.30 | 1.26 | 0.54 | -0.50 | |
| | $t_{HIGH} (MIN)$ | $t_{LOW} (MIN)$ | $t_{DC} (MIN)$ | $t_{DC} (MAX)$ | $t_R (MIN)$ |
| | 24.00ns | 24.00ns | 45% | 55% | 3.500ns |
| | $t_R (MAX)$ | $t_F (MIN)$ | $t_F (MAX)$ | $t_D (MIN)$ | $t_D (MAX)$ |
| | 10.00ns | 3.500ns | 10.00ns | -25.00ns | 25.00ns |
| $t_{PD} (MAX)$ | $t_{SU} (MIN)$ | $t_{HD} (MIN)$ | 质量测试 | 过冲(V) | |
| 60.00ns | 2.000ns | 5.000ns | ON | 0.70 | |
| 单调性(V) | VOLmax | VTNmin | Vmid | VTPmax | |
| 0.40 | 20% | 30% | 50% | 70% | |
| VOHmin | 恢复默认 | --- | 0.000mV | 0.000mV | |
| 80% | | --- | 0.000mV | 0.000mV | |

图 2.5 参数设置界面

总线设置

总线设置项目如图 2.6 所示：

通过旋钮A进行选择操作，按下进入相应设置。

| | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| 总线设置 | 时钟信源 | 数据信源 | 传输速度 | 筛选条件 | 总线电平(V) |
| | CH1 | CH2 | Half | None | 1.80 |
| | $V_{IH} (MAX)$ | $V_{IH} (MIN)$ | $V_{IL} (MAX)$ | $V_{IL} (MIN)$ | |
| | 2.30 | 1.26 | 0.54 | -0.50 | |

图 2.6 总线设置

- **传输速度：**传输速度分为 Half（半速）/ Full（全速）/ High（高速）三种模式，用户根据信号的传输速度进行选择。
- **筛选条件：**该设置主要对测试项目进行筛选检测，且不影响主机和从机的数据传输。筛选模式含地址和命令，筛选条件如下图 2.7 所示：

| |
|----------|
| 筛选条件 |
| None |
| None |
| ADDR |
| CMD |
| ADDR+CMD |

图 2.7 筛选条件

- **None:** 无筛选，测试所有项目；
 - **ADDR:** 只测试所选的地址项目，地址可通过旋转旋钮 A/B 进行调节，地址以十六进制方式显示；
 - **CMD:** 只测试所选的命令项目，命令可通过旋转旋钮 A 进行调节；
 - **ADDR+CMD:** 只测试所选的地址和命令项目。
- **总线电平:** 即输入电压 V_{cc} ，一般的 MIPI-RFFE 输入电压为 1.8V，若为 3.3V 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。

| | | | | | |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 参数设置 | $t_{HIGH} (MIN)$ 24.00ns | $t_{LOW} (MIN)$ 24.00ns | $t_{DC} (MIN)$ 45% | $t_{DC} (MAX)$ 55% | $t_R (MIN)$ 3.500ns |
| | $t_R (MAX)$ 10.00ns | $t_F (MIN)$ 3.500ns | $t_F (MAX)$ 10.00ns | $t_D (MIN)$ -25.00ns | $t_D (MAX)$ 25.00ns |
| | $t_{PD} (MAX)$ 60.00ns | $t_{SU} (MIN)$ 2.000ns | $t_{HD} (MIN)$ 5.000ns | 质量检测 ON | 过冲(V) 0.70 |
| L A JA | 单调性(V) 0.40 | V_{OLmax} 20% | V_{TNmin} 30% | V_{mid} 50% | V_{TPmax} 70% |
| SCL SCL | V_{OHmin} 80% | 恢复默认 | --- | 0.000mV 0.000mV | 0.000mV 0.000mV |

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。

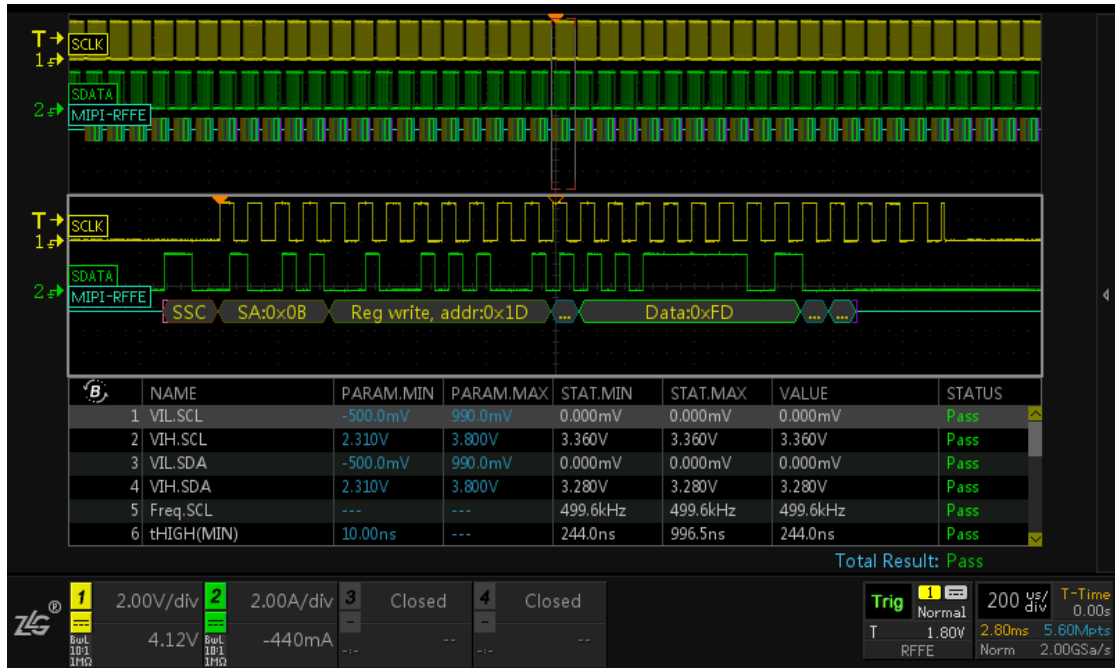


图 2.9 MIPI-RFFE 时序分析

2.2.4 MIPI-RFFE 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整。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”。

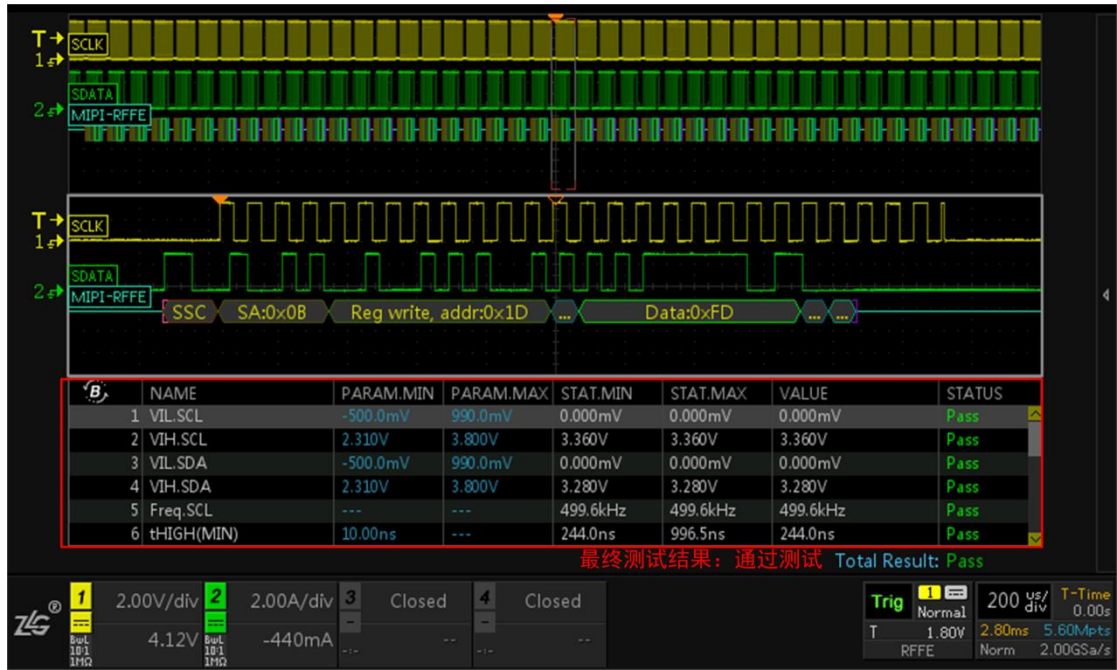


图 2.10 MIPI-RFFE 时序分析测试结果

- 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。

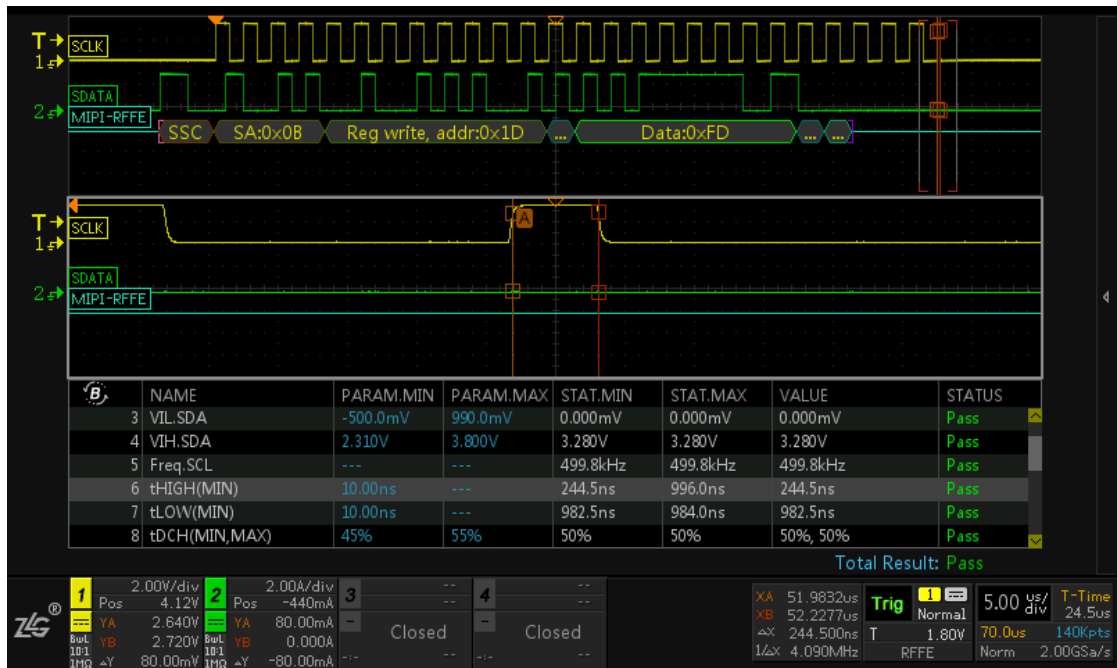


图 2.11 数据分析

2.2.5 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

3. MIPI-RFFE 参数测量项目

3.1 基本项目解析

MIPI-RFFE 规范中对时序的标准定义如表 3.1 所列。

表 3.1 MIPI-RFFE 总线 AC、DC 特性参数表

| 符号 | 名称 | 半速模式 | | 全速模式 | | 高速模式 | | 单位 |
|-------------------|----------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|
| | | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | |
| V_{IL} | 输入的低电平电压 | -0.5 | $0.3 \times V_{cc}$ | -0.5 | $0.3 \times V_{cc}$ | -0.5 | $0.3 \times V_{cc}$ | V |
| V_{IH} | 输入的高电平电压 | $0.7 \times V_{cc}$ | $V_{cc} + 0.5$ | $0.7 \times V_{cc}$ | $V_{cc} + 0.5$ | $0.7 \times V_{cc}$ | $V_{cc} + 0.5$ | V |
| F_{SCL} | 时钟频率 | | 13 | | 26 | | 52 | MHz |
| t_{HIGH} | 时钟高电平时间 | 24 | - | 11.25 | - | 4.7 | | ns |
| t_{LOW} | 时钟低电平时间 | 24 | - | 11.25 | - | 4.7 | | ns |
| t_{DC} | 时钟信号占空比 | 45% | 55% | 45% | 55% | 45% | 55% | - |
| t_R | 时钟/数据上升时间 | 3.5 | 10 | 3.5 | 6.5 | 2.1 | 4 | ns |
| t_F | 时钟/数据下降时间 | 3.5 | 10 | 3.5 | 6.5 | 2.1 | 4 | ns |
| t_D | 时钟上升沿到数据上升沿/下降沿时间 | -25 | 25 | -12 | 12 | -12 | 12 | ns |
| t_{pD} | 时钟上升沿到数据上升沿/下降沿的延迟时间 | - | 60 | - | -25 | - | 12 | ns |
| t_{SU} | 数据信号建立时间 | 2 | - | 1 | - | 1 | | ns |
| t_{HD} | 数据信号保持时间 | 5 | - | 5 | - | 5 | | ns |
| Over ₊ | 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。 | | | | | | V |
| Over ₋ | 负过冲 | | | | | | | |
| Monot | 单调性（回沟） | | | | | | | |
| Glitch | 毛刺 | | | | | | | |

注：1、所有值都参考默认值 $V_{OLmax}=20\%$ ， $V_{OHmin}=80\%$ ， $V_{TPmax}=70\%$ ， $V_{TNmin}=30\%$ ， $V_{mid}=50\%$ 电平；

2、 V_{OLmax} 、 V_{OHmin} 、 V_{TPmax} 、 V_{TNmin} 和 V_{mid} ，这些所有参考电平均可在参数设置中设置更改。

如图 3.1 所示为 MIPI-RFFE 所有时间相关的测试项目对应的信号的具体位置。

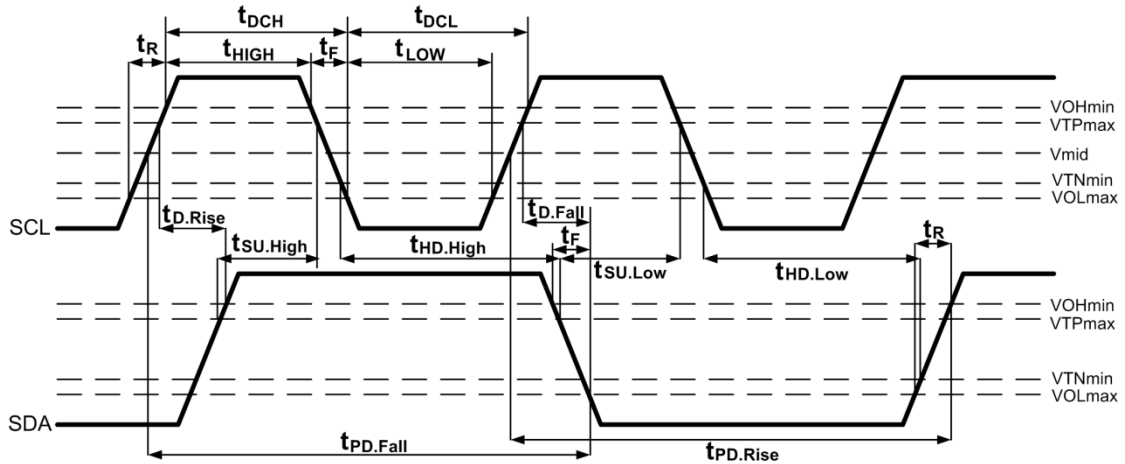


图 3.1 MIPI-RFFE 测试项目

MIPI-RFFE 中电压相关的测试项 V_{IL} (底部值) 与 V_{IH} (顶部值) 的计算原理如图 3.2 所示:

- V_{IH} 是波形平顶至地的电压值, 即顶部值;
- V_{IL} 是波形平底至地的电压值, 即底部值。

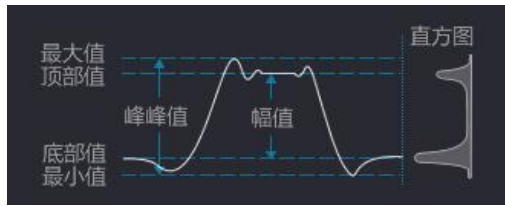


图 3.2 底部值与顶部值计算

MIPI-RFFE 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 |
|-----|------------|--|
| SCL | VIL.SCL | SCL 信号线的低电平电压, 测量原理见图 3.2 低部值。注 1 |
| | VIH.SCL | SCL 信号线的高电平电压, 测量原理见图 3.2 顶部值。注 1 |
| | Glitch.SCL | SCL 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 3.2 节。注 2 |
| | Over+.SCL | SCL 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 3.2 节。注 1 |
| | Over-.SCL | SCL 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 3.2 节。注 1 |

续上表

| 信号线 | 测量项目 | 描述 |
|-------------------|----------------------|---|
| SCL | Monot.SCL | SCL 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，当回沟电压超过预值时软件会判断该项 Fail，判定原理，参考 3.2 节。注 2 |
| | Freq.SCL | SCL 时钟信号的频率值。注 2 |
| | tR.SCL(MIN,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，并选择样本中的最小值、最大值（均为时序最差的波形）作为测量结果输出。注 2 |
| | tF.SCL(MIN,MAX) | |
| | tLOW(MIN) | t _{LOW} 和 t _{HIGH} 为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 SCL 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。注 2 |
| | tHIGH(MIN) | |
| | tDCH(MIN,MAX) | t _{DCH} 和 t _{DCL} 为时钟信号的正占空比和负占空比，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）所有时钟正占空比和负占空比样本，并选择样本中的最小值、最大值（均为时序最差的波形）作为测量结果输出。 |
| | tDCL(MIN,MAX) | |
| SDA | VIL.SDA | SDA 信号线的低电平电压，测量原理见图 3.2 低部值。注 1 |
| | VIH.SDA | SDA 信号线的高电平电压，测量原理见图 3.2 顶部值。注 1 |
| | Glitch.SDA | SDA 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 3.2 节。注 2 |
| | tR.SDA(MIN,MAX) | t _R 和 t _F 为数据的上升和下降时间，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）所有数据上升时间样本和下降时间样本，并选择样本中的最小值、最大值（均为时序最差的波形）作为测量结果输出。注 3 |
| | tF.SDA(MIN,MAX) | |
| | tD.SDO(MIN,MAX) Rise | t _{D,Rise} 和 t _{D,Fall} 为时钟上升沿到数据输出信号上升沿和时钟上升沿到数据输出信号下降沿时间，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）所有这两项时间样本，并选择样本中的最小值、最大值（均为时序最差的波形）作为测量结果输出。注 3 |
| | tD.SDO(MIN,MAX) Fall | |
| | tPD.SDO(MAX) Rise | t _{PD,Rise} 和 t _{PD,Fall} 为时钟上升沿到数据输出信号上升沿的延迟时间和时钟上升沿到数据输出信号下降沿的延迟时间，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）所有这两项时间样本，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。注 3 |
| tPD.SDO(MAX) Fall | | |

续上表

| 信号线 | 测量项目 | 描述 |
|-----|-------------------|---|
| | tSU.SDI(MIN) Low | 数据输入信号低电平处建立和保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据输入信号低电平处建立和保持时间的样本，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。注 2 |
| | tHD.SDI(MIN) Low | |
| | tSU.SDI(MIN) High | 数据输入信号高电平处建立和保持时间，时序定义如图 3.1 所示，系统会自动统计屏幕中（主时基）所有数据输入信号高电平处建立和保持时间的样本，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。注 3 |
| | tHD.SDI(MIN) High | |

注 1：即使开了筛选功能，测量样本还是按全屏（主时基）数据处理，不受筛选范围影响。

注 2：若开启了筛选功能，则样本以 ADDR 为筛选条件进行统计。

注 3：若开启了筛选功能，则样本以 CMD 为筛选条件进行统计。

注 4：若开启了筛选功能，则样本以 ADDR+CMD 为筛选条件进行统计。

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. SCL 信号毛刺检测

SCL 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 3.3 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）。

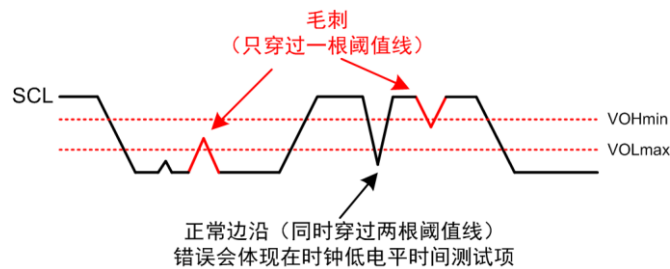


图 3.3 SCL 波形只穿过一根阈值线

2. SDA 信号毛刺检测

SDA 数据信号线的毛刺检测，不管是在 SCL 高电平期间，还是低电平期间，SDA 出现的毛刺总是对总线有影响，所以均为报错的毛刺。如图 3.4 所示。

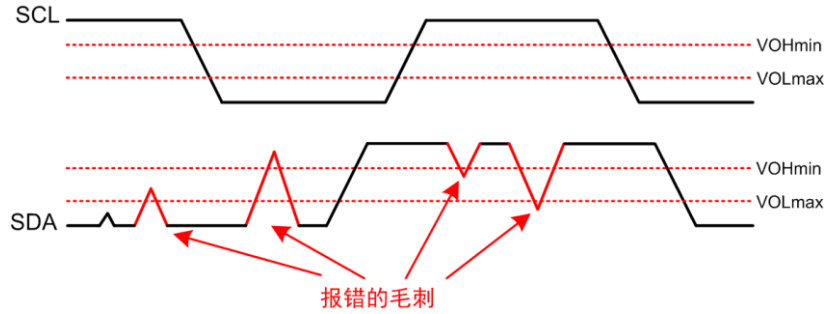


图 3.4 SDA 信号毛刺判定

3. SDA 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 3.5 所示，系统会在 SCL 变为高之前，测量 SDA 线最近一次跳变（0 变 1 或 1 变 0）做为上升或下降时间。

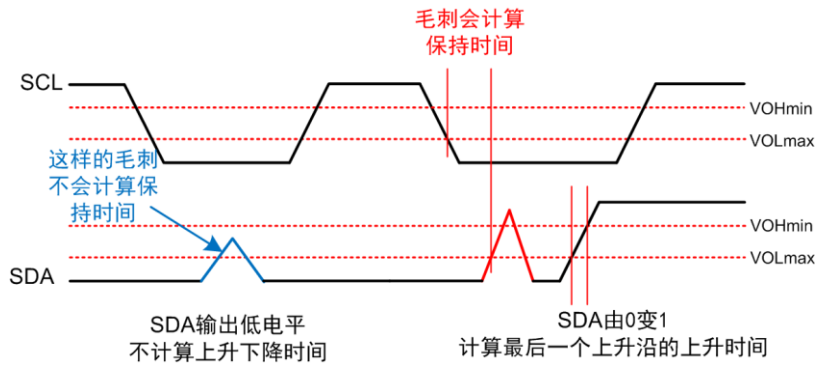


图 3.5 计算上升下降时间

3.2.2 过冲判定原理

过冲分为正过冲和负过冲。如图 3.6 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：

$$\text{正过冲} = \text{局部最大值} - \text{顶部值}$$

$$\text{负过冲} = \text{底部值} - \text{局部最小值}$$

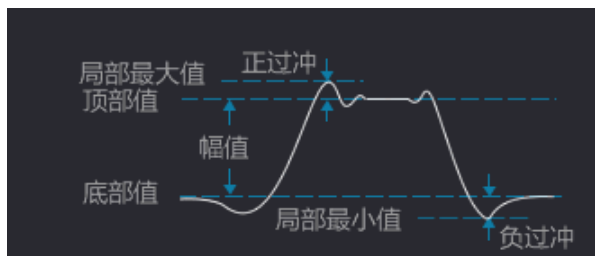


图 3.6 过冲判定

3.2.3 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。

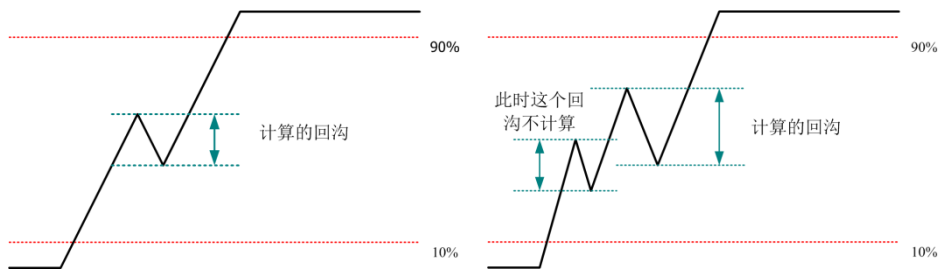


图 3.7 上升沿波形回沟示意图

4. 快速切换测试参数

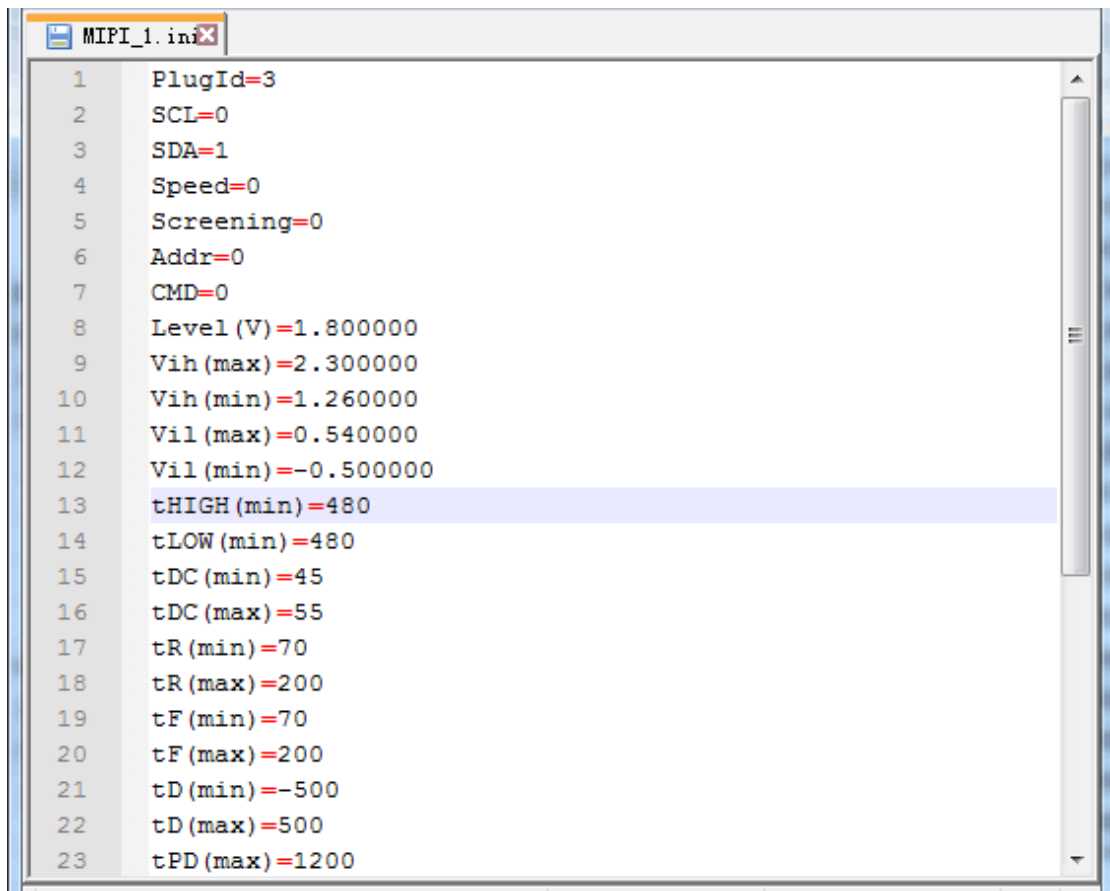
由于 MIPI-RFFE 时序分析软件有很多的参数需要设置，比较麻烦，所以为了防止在下次用时，再对参数进行设置，可以将参数保存为 ini 文件导出，下次使用时，再将对应的 ini 文件导入即可。

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 ini 文件格式

ini 文件格式如图 4.1 所示：



```
MIPI_1.ini
1 PlugId=3
2 SCL=0
3 SDA=1
4 Speed=0
5 Screening=0
6 Addr=0
7 CMD=0
8 Level (V)=1.800000
9 Vih(max)=2.300000
10 Vih(min)=1.260000
11 Vil(max)=0.540000
12 Vil(min)=-0.500000
13 tHIGH(min)=480
14 tLOW(min)=480
15 tDC(min)=45
16 tDC(max)=55
17 tR(min)=70
18 tR(max)=200
19 tF(min)=70
20 tF(max)=200
21 tD(min)=-500
22 tD(max)=500
23 tPD(max)=1200
```

图 4.1 ini 文件格式

- 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 3，3 代表 MIPI-RFFE 协议。
- 4、上图的第二条命令，设置 SCL 时钟信源为 0，0 代表通道 1。
- 5、上图的第八条命令，设置总线电平电压为 1.8V。
- 6、上图的第九条命令，设置输入的高电平最大电压为 2.3V。

7、上图的第十三条命令，设置时钟高电平的最小时间为 480ns。

其它的命令同理。

4.2 ini 文件配置参数说明

MIPI-RFFE 时序分析配置参数如表 4.1 所列：

表 4.1 配置参数

| 参数 | 名称 | 描述 |
|------------|----------------------------|---|
| PlugId | 协议类型 | 0: IIC, 1:IIS, 2:SPI, 3:MIPI-RFFE |
| SCL | 时钟信源 | 0~3: CH1~CH4 |
| SDA | 数据信源 | 0~3: CH1~CH4 |
| Speed | 传输速度 | 0: Half, 1: Full, 2: High |
| Screening | 筛选条件 | 0: None, 1: ADDR, 2: CMD, 3: ADDR+CMD |
| Addr | MIPI-RFFE 从机地址 | 0x00-0x0F |
| CMD | MIPI-RFFE 从机命令 | Reg0 write 等命令 |
| 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 | $V_{cc} < V_{ih(max)} \leq 1010$ |
| 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 | $-10 \leq V_{il(min)} \leq -0.01$ |
| tHIGH(min) | 时钟高电平的最小时间 | 可选范围：50ps~50ms |
| tLOW(min) | 时钟低电平的最小时间 | 可选范围：50ps~50ms |
| tDC(min) | 时钟信号占空比最小值 | 可选范围：1%~98% |
| tDC(max) | 时钟信号占空比最小值 | 可选范围：2%~99%， $tDC(max) < tDC(min)$ |
| tR(min) | 时钟/数据上升最小时间 | 可选范围：0.00ns~49.95ms |
| tR(max) | 时钟/数据上升最大时间 | 可选范围：50ps~50ms, $tR(min) < tR(max)$ |
| tF(min) | 时钟/数据下降最小时间 | 可选范围：0.00ns~49.95ms |
| tF(max) | 时钟/数据下降最大时间 | 可选范围：50ps~50ms, $tF(min) < tF(max)$ |
| tD(min) | 时钟上升沿到数据上升沿/ 下降沿最小时间 | 可选范围：-50.00ms~49.95ms |
| tD(max) | 时钟上升沿到数据上升沿/ 下降沿最大时间 | 可选范围：-49.95ms~50.00ms, $tD(min) < tD(max)$ |
| tPD(max) | 时钟上升沿到数据上升沿/ 下降沿延迟时间最大值 | 可选范围：50ps~50ms |

续上表

| 参数 | 名称 | 描述 |
|--------------|------------|----------------------|
| tSU(min) | 起始信号建立最小时间 | 可选范围: 50ps~50ms |
| tHD(min) | 起始信号保持最小时间 | 可选范围: 0.00ns~49.95ms |
| 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 | |
| VOLmax | 参考电平默认值 | 单位: 百分比 |
| VTNmin | | |
| Vmid | | |
| VTPmax | | |
| VOHmin | | |

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 MIPI-RFFE 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。

MIPI-RFFE 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，MIPI-RFFE 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：



图 5.3 历史统计结果

6. MIPI-RFFE 总线介绍

6.1 概述

RFFE 是 MIPI 联盟针对射频前端设备所提出的控制规范。单个总线上可以挂载 1 个主机，同时最多挂载 15 个从机。该总线使用 2 条信号线，一条是主机控制的时钟线 SCLK，另一条是双向数据线 SDATA，此外还有一条参考电压线 VIO。VIO 可由主机提供，也可由外部提供。如图 6.1 所示。SCLK 的标准频率是 32kHz-26MHz，扩展频率是 26MHz-52MHz，在空闲时 SCLK 和 SDATA 保持低电平。

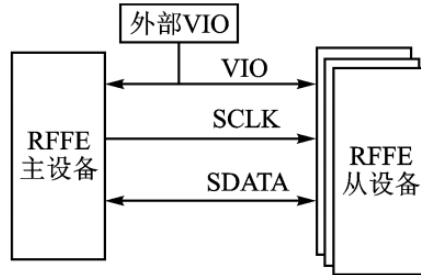


图 6.1 MIPI-RFFE 总线内部结构

RFFE 定义了很多种类的命令序列，来对总线上的设备进行读/写操作。每一条命令都包含：开始序列（SSC），命令序列（Command Frame）和数据序列 Data Frame，如图 6.2 为寄存器写指令的时序。

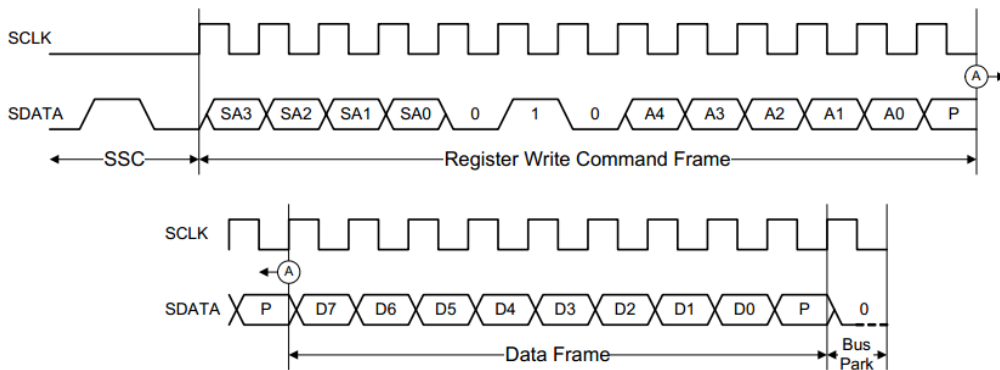


图 6.2 寄存器写指令时序图

6.2 MIPI-RFFE 用途

在统一接口以前，设备厂商要为所有芯片设计控制方案是相当困难的，MIPI 为了简化接口推出了统一的 RFFE 控制总线。统一接口标准的好处是厂商根据需要可以从市面上灵活选择不同的芯片和模组，在更改设计和功能时更加快捷方便。

7. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子股份有限公司（下称“致远电子”）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，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子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电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！