



复旦微电子

FM-TSITuner2 操作指南

V1.1



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。

在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必将所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。

未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站(<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商 标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。

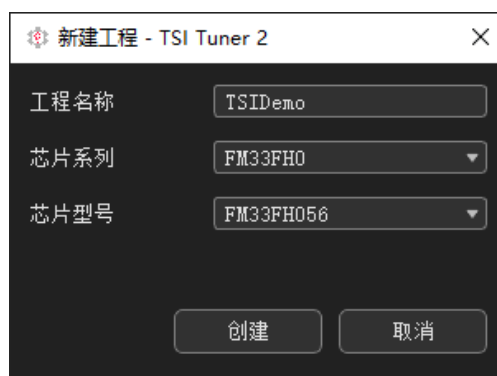


目 录

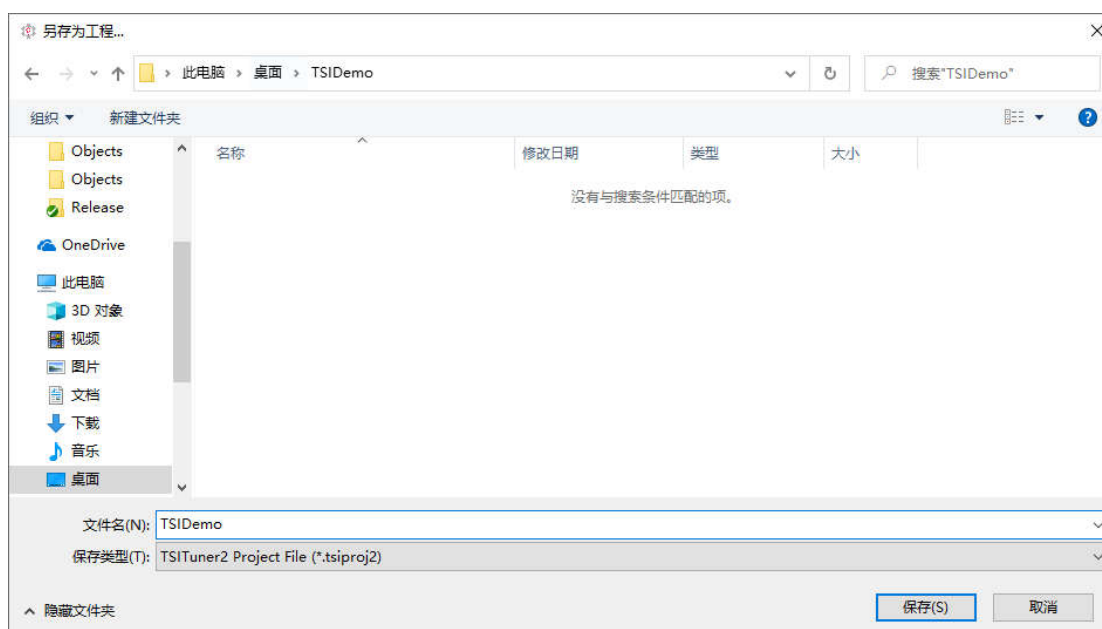
| | | |
|-----|----------------------------------|----|
| 1 | 新建工程..... | 2 |
| 2 | 设计..... | 3 |
| 2.1 | 控件配置..... | 3 |
| 2.2 | 引脚配置..... | 4 |
| 2.3 | TSI 参数配置 | 5 |
| 3 | 模块参数配置说明..... | 12 |
| 4 | 生成调试工程..... | 13 |
| 5 | 补充代码并下载..... | 16 |
| 6 | 调试..... | 17 |
| 6.1 | 连接芯片并开始调试..... | 18 |
| 6.2 | 选择观察对象..... | 20 |
| 6.3 | 调节参数..... | 20 |
| 7 | 导出软件库..... | 26 |
| 8 | 使用软件库..... | 26 |
| | 版本信息..... | 28 |
| | 上海复旦微电子集团股份有限公司销售及 服务网点 | 29 |

1 新建工程

打开软件后，在首页点击 New 按钮，将会打开新建工程对话框。我们需要填写工程名称，选择芯片系列和芯片型号。确认无误后，点击创建按钮，完成新建工程操作。



创建工程后，可以通过文件⇒保存工程对工程文件进行保存，或者可以使用快捷键 Ctrl+S。这里我们将工程文件保存至 D:\TSIDemo 文件夹中。

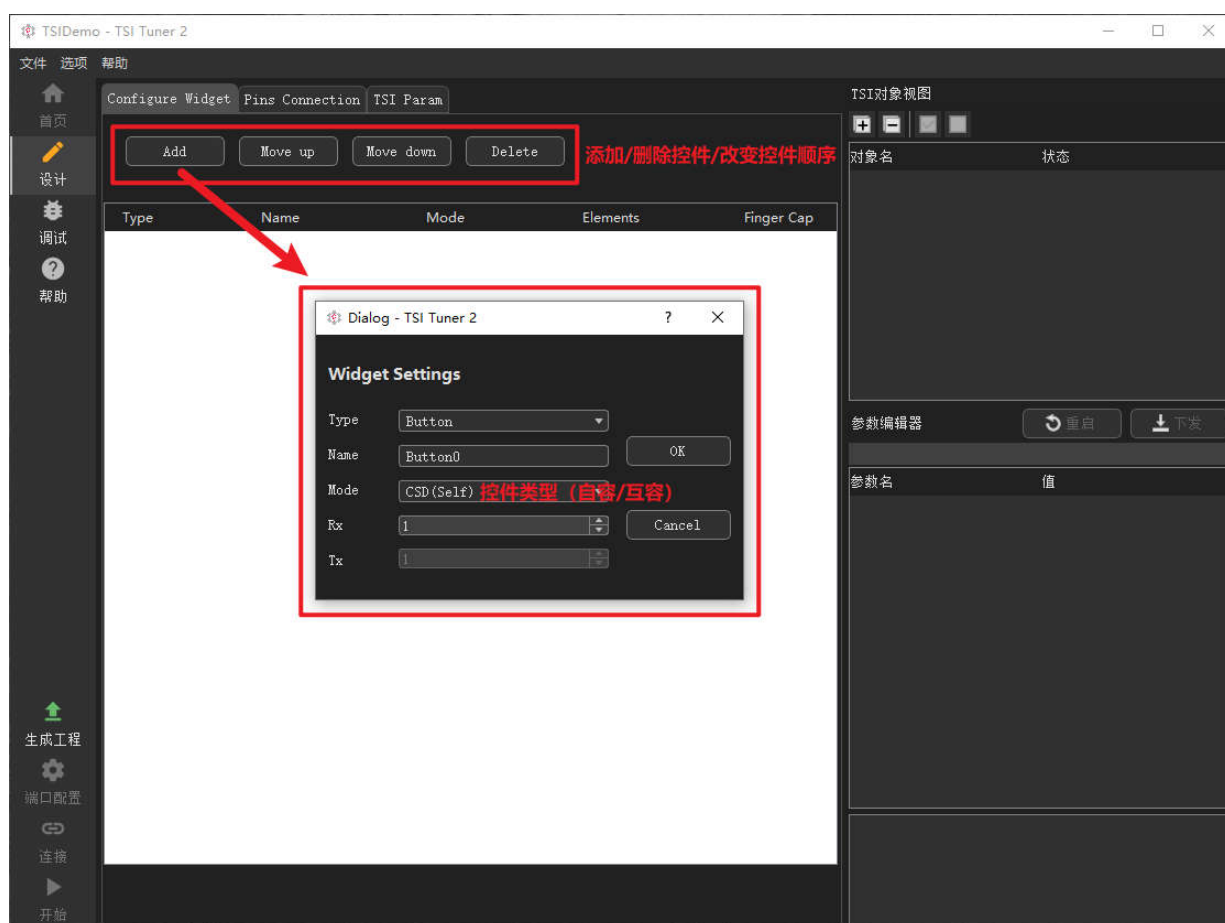


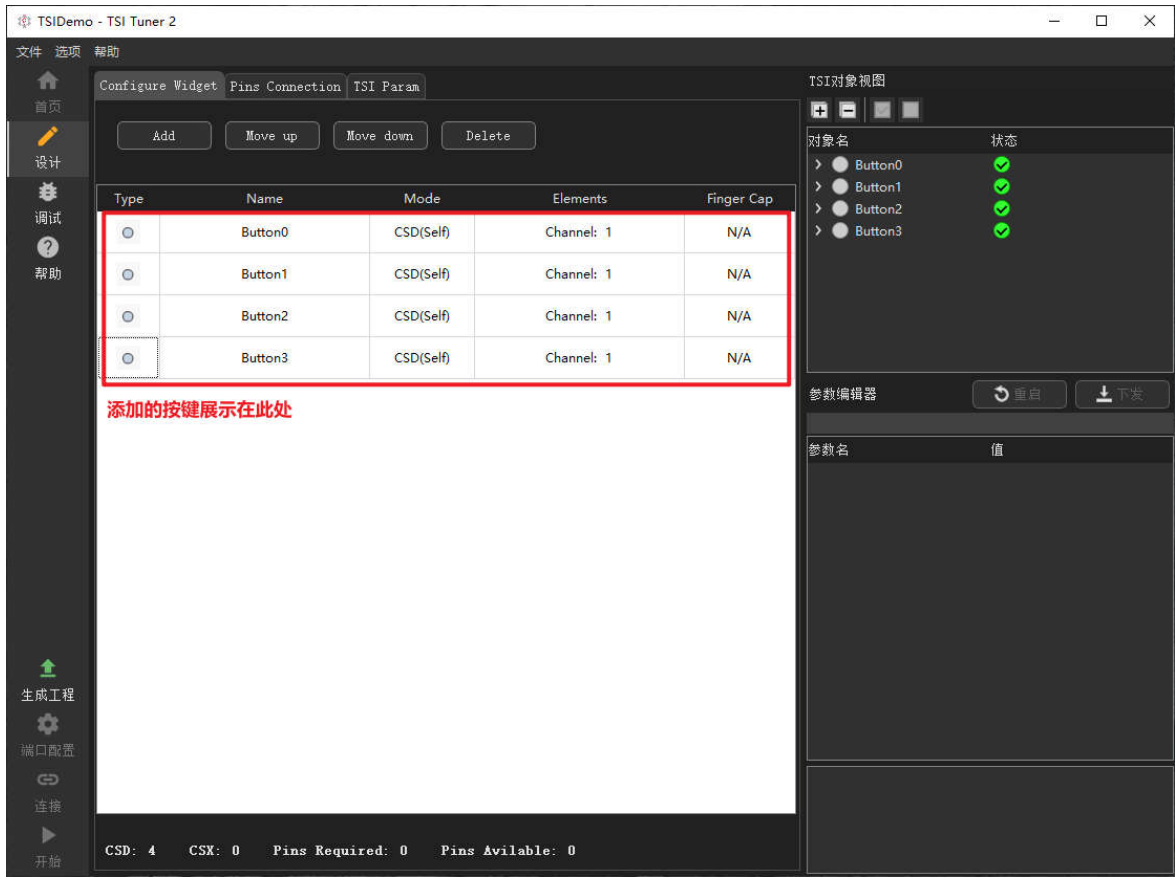
2 设计

在创建工程完成后，进入到设计界面。在该界面，我们可以通过图形化的方式，规划布置触摸控件。设计界面分为三个板块：控件配置，引脚配置以及 TSI 参数配置。

2.1 控件配置

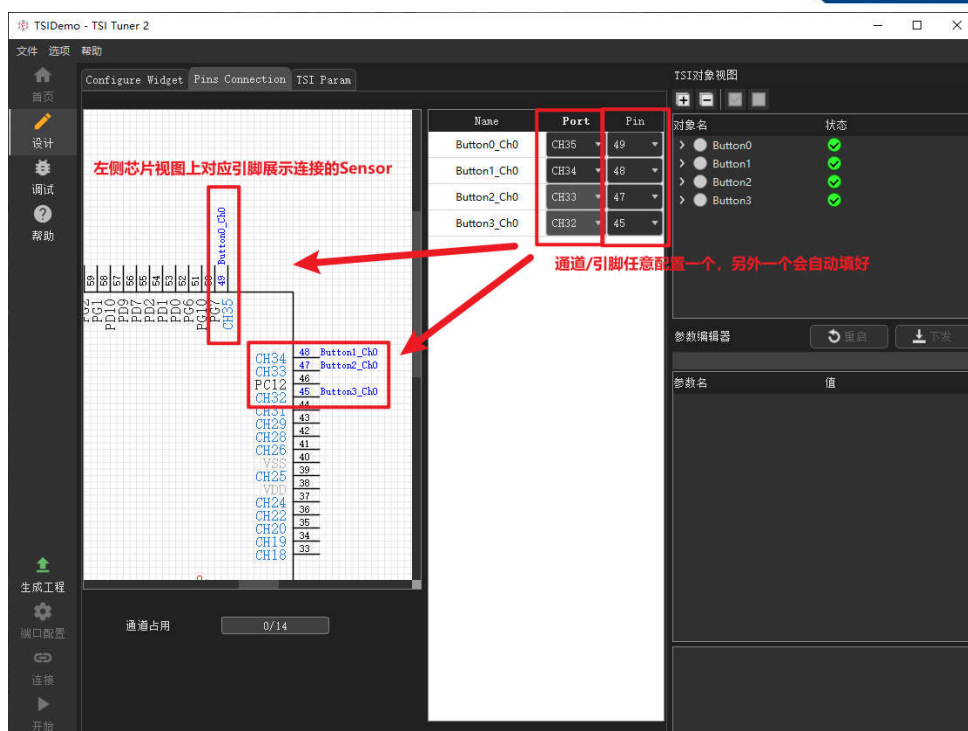
在控件配置页面中，通过上方四个按钮可以向控件列表中添加/删除/排序控件：





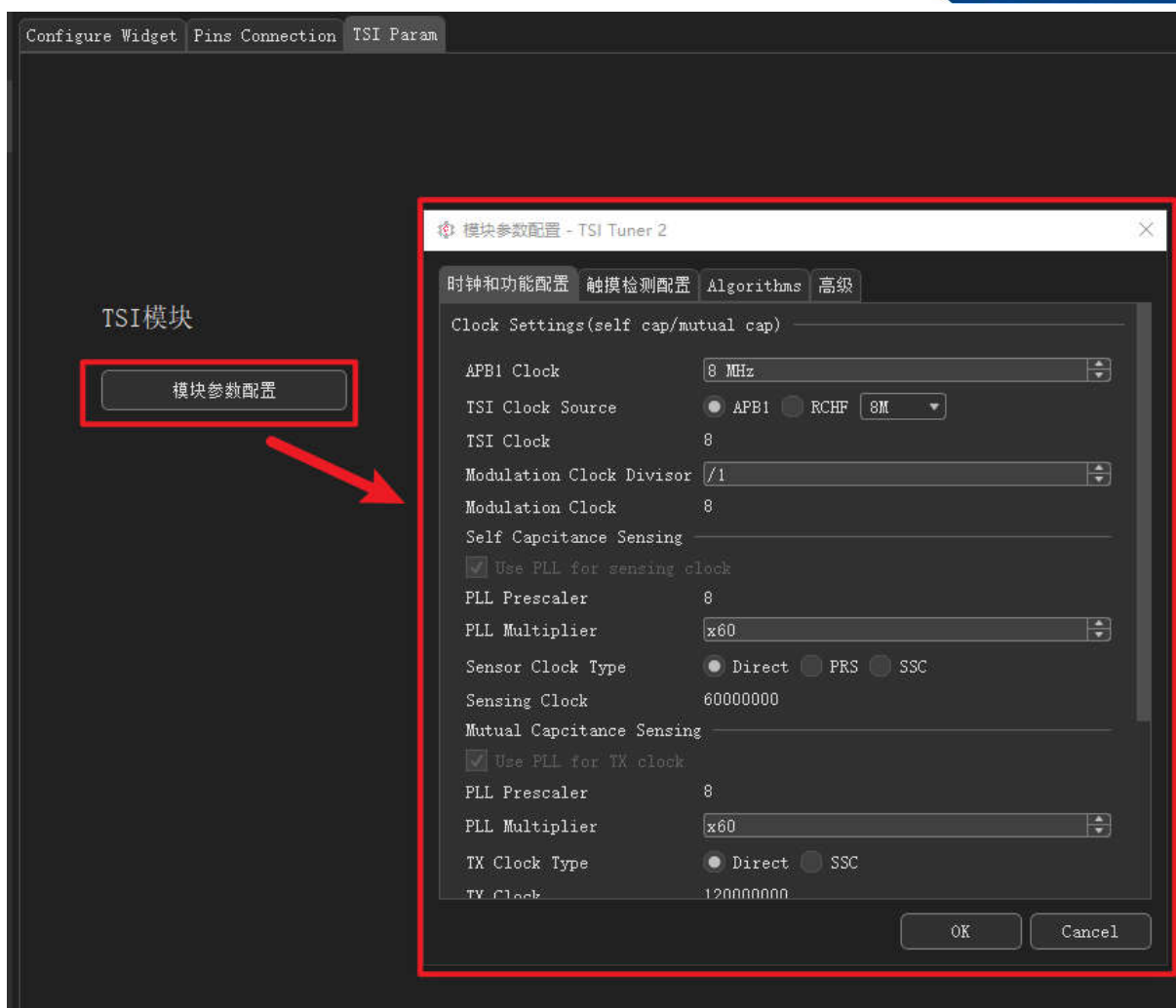
2.2 引脚配置

在引脚配置页面中，左侧页面用于图形化展示引脚配置信息。右侧页面中，可以通过下拉框配置控件 **Sensor** 对应的通道号或者 **Pin** 脚位（任意选择其一，另外一项会自动设定）。



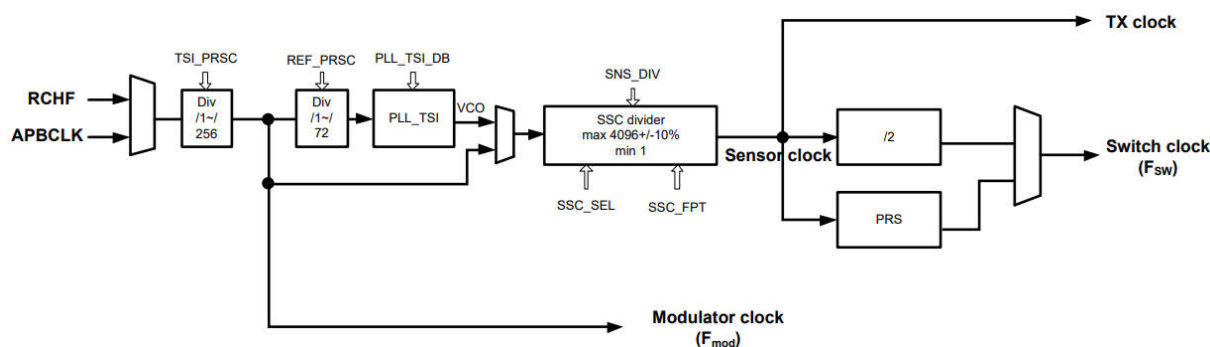
2.3 TSI 参数配置

TSI 参数配置界面中可以打开模块参数配置界面。参数界面分为 3 个板块：时钟和功能配置、触摸检测配置、触摸算法配置和高级配置。



时钟和功能配置页面中，可以配置自容和互容的时钟树。

FM33FH0/FM33HT0A 系列芯片的时钟树如下图所示：



对应到 TSITuner2 中的配置如下：



另外，功能配置组中，主要可以配置触摸功能：

- 使用屏蔽电极：将触摸通道在不扫描的时候用作屏蔽电极（Shield），在其他通道扫描的时候，输出和扫描通道相同的波形，从而屏蔽通道间寄生电容和触摸表面水滴带来的干扰；

- 使用时间基准：使能后，触摸库将会生成时基 API。用户需要定时调用时基 API，为触摸库提供时间信息。如果需要使用含有超时时间需求的算法插件，那么此项必须勾选。勾选后，可以设置时基的单位，一般默认值 1000us 即可提供足够分辨率。
- 使用时间基准进行周期性扫描：如果使能后，触摸库将以指定扫描周期进行定时扫描。



触摸检测配置页面中，可以配置滤波器参数，基线算法以及校准方法。

普通通道/接近感应滤波算法配置中，对于噪声不大的应用，首选开启中值滤波器；噪声大的情况，可以选择均值滤波器和 IIR 滤波器；特殊情况下可以开启快慢 IIR 滤波器，有助于进一步降低噪声；

检测算法配置中：

1. 允许基线始终更新：使 RawCount 始终跟随 Baseline；
 2. 使用 LTA Baseline：使能高级 Baseline 算法，用于处理一些特殊情况。
- 这两个选项在正常情况下都不推荐开启。

校准配置中：

1. 自容校准算法可以选择手动校准（不自动校准任何参数），硬件参数自动校准（校准所有硬件参数），IDAC 自校准（校准调整 IDAC 和补偿 IDAC），补偿 IDAC 自校准（仅校准补偿 IDAC）。

在首次使用的时候，可以使用硬件参数自动校准调节一个比较合适的参数。之后调试参数的时候，请务必切换为补偿 IDAC 自校准或者手动校准，否则在批量应用中，可能由于寄生电容差异导致校准出的分辨率变化，从而产生异常。

2. 互容校准算法可以选择手动校准（不自动校准任何参数），IDAC 自动校准（校准 IDAC）。
3. 自容/互容的校准百分比参数可以配置校准完成后 Baseline 位于满幅值的百分比位置。

模块参数配置 - TSI Tuner 2

时钟和功能配置 触摸检测配置 Algorithms 高级

普通传感通道信号滤波设置

☐ 均值滤波器

☐ 中值滤波器

☐ IIR滤波器

IIR filter: coefficient 64

☐ Fast slow IIR filter

Fast slow IIR filter: slow coefficient 32

Fast slow IIR filter: fast coefficient 32

Fast slow IIR filter: switch threshold 64

Fast slow IIR filter: switch debounce 64

普通通道滤波器配置

接近传感通道信号滤波设置

☐ 均值滤波器

☐ 中值滤波器

☐ Fast slow IIR filter

Fast slow IIR filter: slow coefficient 24

Fast slow IIR filter: fast coefficient 31

Fast slow IIR filter: switch threshold 1

Fast slow IIR filter: switch debounce 23

接近通道滤波器配置

高级二段式IIR滤波器

检测算法配置

☐ 允许基线始终更新

☐ BaseLine use LTA

Self-Cap Calibration Settings

Self-Cap calibration method Compensation IDAC Auto Tuning 自容校准算法

Self-Cap calibration target 20% 校准百分比

Mutual-Cap Calibration Settings

Mutual-Cap calibration method IDAC Auto Tuning 互容校准算法

Mutual-Cap calibration target 29% 校准百分比

OK Cancel

触摸算法配置页面中，可以配置使用的算法：

1. 在初始化按键基线时进行多次采样：这个算法主要是用于噪声较大的环境中，在初始化基线的时候多次采样，通过滤波器后得到初始化的 **Baseline** 值，提升抗干扰能力；
2. 在基线过高/过低时重新校准基线：这个算法配置在基线较高/较低的时候对 **Sensor** 重新校准，提高触摸的环境适应能力。如果应用层没有类似算法可以勾选使用；
3. 在 **Sensor** 的信号值有残差情况下，超时后复位基线：这个算法将检测信号值（**DiffCount**），当信号值持续一段时间值不为 0，但长时间不触发按键，当持续超过超时时间后，将重新复位基线，提高触摸的环境适应能力。如果应用层没有类似算法可以勾选使用；





页面右侧面板有两个窗口，分别是 TSI 对象视图和参数配置视图。这两个窗口在设计模式和调试模式都存在，但用途会有一些差别。设计模式中，TSI 对象视图用于展示当前画布中存在的控件信息，以及他们的状态。参数编辑器视图则用于配置对象的参数。通过在 TSI 对象视图单击想要编辑参数的对象，来在参数编辑器视图中编辑参数。

3 模块参数配置建议

为了使得模块能够正常的工作，我们需要先配置时钟。这里时钟需要设定的和程序计划使用的时钟一致。推荐让 TSI 工作在当前时钟能够到达的最高频率，这样比较容易得到理想的灵敏度。FM33FH0/FM33HT0A 系列的 TSI 模块可以使用 APB/RCHF 作为工作时钟源。

为了提升触摸在干扰环境下的性能，可以打开<高级>菜单下的<Multi Freq Scan>配置，使能跳频功能。一般跳频会使用到 3 组时钟：中心频率和 $\pm 10\%$ 的 2 个频率。为了能够使时钟分频产生 $\pm 10\%$ 的频率偏差，我们需要将时钟先倍频到较高频率，再通过调整分频实现该功能。因此，在使能后，在<时钟和功能配置>页面会自动锁定使用 PLL 倍频，方便产生跳频所用时钟。

由于上位机中提供的触摸算法中有几个算法依赖时间基准，我们一般会勾选使用时间基准配置。此处可以复用软件已有定时器也可以新开一个定时器。时基 tick 无特殊情况使用默认值 1000us 即可。

如果希望软件库自动按指定周期扫描按键，可以勾选使用时间基准进行周期性扫描，并指定扫描周期。注意这里周期的单位是 1 个时基 tick。

接下来，我们需要配置软件算法。切换到**触摸检测配置**页面，可以配置传感通道使用的滤波器：

- 普通传感通道（按键、滑条等非接近感应控件）：推荐您开启**均值滤波器**和**中值滤波器**。如果干扰较大，可以关闭均值滤波器并开启 IIR 滤波器或者快慢 IIR 滤波器；如果选择 IIR 滤波器，滤波系数推荐在 32 以上，越小滤波强度越大，但是响应越慢；如果选择快慢 IIR 滤波器，需要根据实际情况调整滤波系数。
- 接近传感通道（接近感应控件）：推荐您开启**中值滤波器**和**高级二段式 IIR 滤波**

器。对于干扰较大的情况，可以选择开启均值滤波器；

允许 **Baseline 始终更新** 选项会使得基线算法在触摸信号大于触发阈值后继续更新。大多数情况下，您并不需要勾选此项。

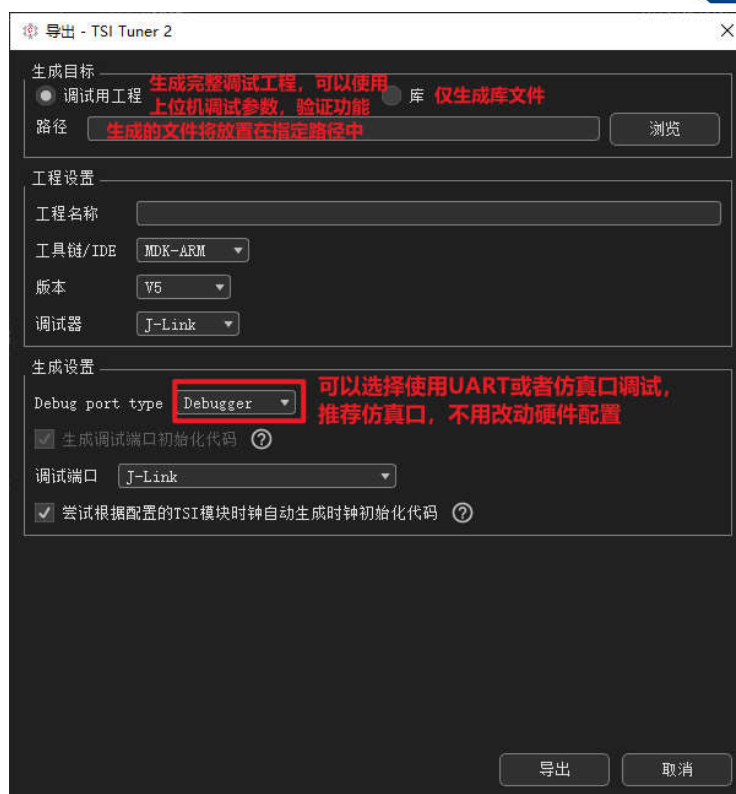
Baseline 使用 LTA 选项能够配置固件使用 LTA Baseline 算法增加鲁棒性。在此模式下需要调校的参数会变多。如果用户自身应用层没有做对于按键异常的处理，可以使能该选项。

参数调校方式选项提供了 3 种方式：手动调校、硬件参数自动调校和补偿 IDAC 自动调校（仅在使能补偿 IDAC 时可选）。**我们推荐您仅在原型设计的时候使用硬件参数自动调校**，这将使得触摸库自动把硬件参数（采样时钟分频、分辨率、IDAC 电流）调整到一个相对适宜的范围内；而当您开始细调配置的时候，强烈建议您修改为使用 手动调校 或者 补偿 IDAC 自动调校：

- 手动调校会使触摸库完全按照您指定的数值来配置硬件参数，从而保证调参时和实际测试生产环境参数的一致性；
- 补偿 IDAC 自动调校在手动调校之上加入了对补偿 IDAC 的自动校准，在灵敏度不变前提下增强对环境的适应性；

4 生成调试工程

在完成设计后，我们就可以生成调试工程并下载到芯片中，进行调试工作了。单击左侧工具栏中的 **生成工程** 按钮，将弹出导出对话框。下面介绍一下导出对话框内各个输入框和选项：



- 生成目标:
 - 可以选择生成完整调试工程还是仅生成库;
 - 路径: 指定生成路径;
- 工程设置:
 - 工程名称: 生成工程的名称;
 - 工程路径: 生成工程所在的路径, 工程会直接生成在该路径中; 该输入框无法直接编辑, 您可以通过右侧的**浏览**按钮选择目标文件夹;
 - 工具链/IDE、版本、调试器: 选择您打开工程使用的工具链及其版本, 以及仿真和下载使用的调试器类型;
- 生成设置:
 - 生成调试端口初始化代码模版选项: TSITuner 软件提供了一些调试端口配置模版, 方便您快速配置工程, 一般推荐您首次导出的时候打开该选项; 生成调试端口配置后, 可以根据实际情况再修改端口使用的 IO 口等来匹配您 PCB 的实

际情况；

- 尝试根据配置的 TSI 模块时钟自动生成时钟初始化代码选项：推荐勾选，TSITuner 软件会根据您的模块参数配置，尝试自动生成符合要求的时钟初始化代码，免去手动配置的烦恼（大多数情况都能正确配置，少数特殊情况无法自动生成，需要手动在代码中添加）。

对于示例工程，我们最终配置如下（仅供参考，您可以根据自己的实际需要进行配置）：

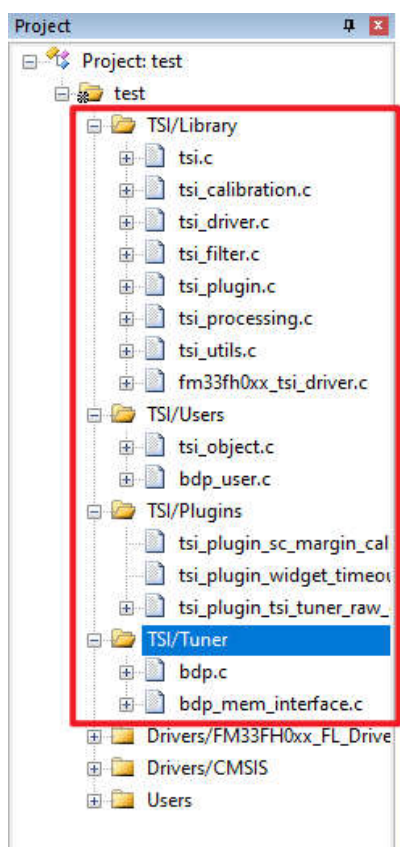
单击**导出**按钮，可以将工程导出到指定文件夹。

注意：如果在之前您没有保存过工程文件，单击导出按钮后会先弹出窗口让您选择工程文件的保存位置，再执行导出操作。

在弹出导出成功提示后，我们点击**打开**按钮打开调试工程：



调试工程目录结构如下图所示：



TSI/Library 目录下内容为 TSI 软件库；TSI/Plugins 为前述触摸算法配置界面中配置的触摸算法，库中以用户插件形式添加；TSILib/Tuner 为 TSI 软件库调试接口实现，仅用作调试使用，实际应用中不需要添加这些文件；TSILibrary/User 文件夹下为调试接口和 TSI 软件库的用户配置文件；Drivers/FM33FH0xx_FL_Driver 和 Drivers/CMSIS 为您选择的芯片对应的 FL 驱动库；Users 文件夹中的 main.c 包含主程序入口。

5 补充代码并下载

要让生成的调试工程能够正常运行，我们还需要补充两处代码：

- **调试端口配置代码：** `TSI/Users/bdp_uart_interface_io.c`，需要实现相应接口函数；如果在上一步没有勾选生成调试端口初始化模版的选项，这里需要手动补充；建议首次配置的时候先勾选生成端口配置代码，再根据模板修改成需要的配置；



注意：如果您使用生成的配置代码作为模板进行了修改来适配设计，请注意之后如果还需要导出代码到该工程的时候，不要再勾选生成调试端口初始化代码选项，否则会将您编写的代码覆盖：

- **时钟初始化配置代码：**位于 Users/main.c 中的 SystemClockInit 函数；如果您在上一步没有手动勾选尝试根据配置的 TSI 模块时钟自动生成时钟初始化代码项，需要手动配置时钟初始化使其符合您设定的模块工作时钟；

生成工程中，main.c 和 tsi_debug_io.c 中包含形如下方的用户代码块：

```
/* USER ... BEGIN */  
...  
/* USER ... END */
```

这些代码块在重新生成工程的时候内容会被保留，可以用于添加一些用户想要额外做的工作。请您务必把自己额外编写的代码放置在这些代码块中，否则可能丢失。

完成上述代码补充后，编译并下载工程到芯片中，我们就可以进行参数调试了。

6 调试

单击窗口左侧的**调试**按钮，进入到调试界面。在该界面，我们可以观察目标板各个触摸按键的信号强度和当前状态，并根据情况来调节参数。下面对调试页面做一下简单介绍。



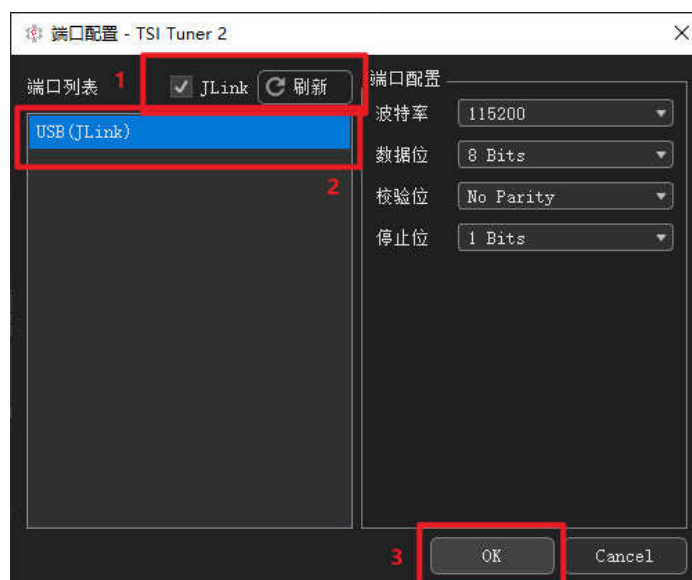
位于调试界面中央的是**控件状态一览**界面和**数据波形图**界面，可以通过上方的标签切换。控件状态以比较直观的方式展现所有观察控件的状态，数据波形图则用于详细观察每个传感器的信号波形以及控件的状态。数据波形图界面里的每个波形的右上角都有两个按钮：小尺寸/全尺寸按钮用于使波形图在大图和小图之间切换，方便同时观察多个波形；隐藏/显示按钮则用于隐藏该波形，方便挑选感兴趣的波形进行观察。

页面顶部有一个工具栏，可以操作数据录制，以及配置数据缓存深度和波形图的绘图长度。

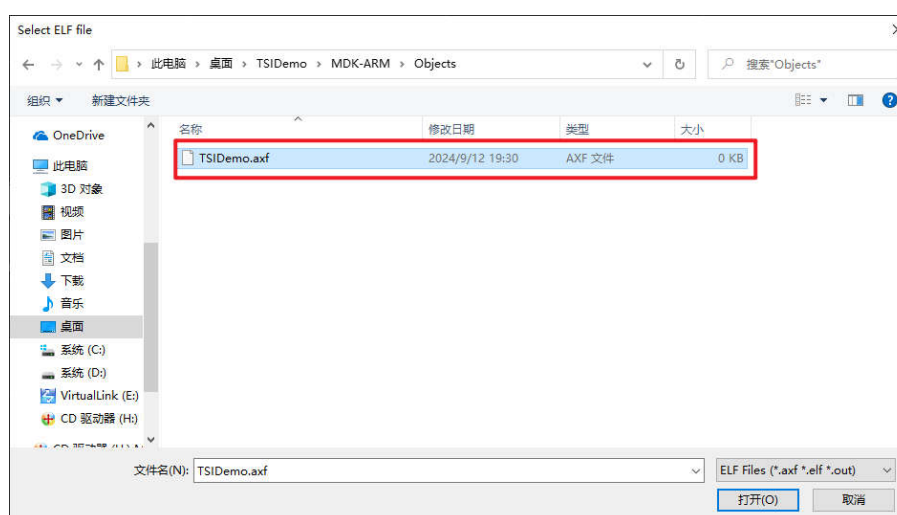
6.1 连接芯片并开始调试

要连接到芯片调试接口，可以单击左侧工具栏的**端口配置**按钮，会弹出一个对话框。在选择好需要连接的端口和配置之后，单击确定离开对话框。之后单击**连接**按钮进行连接，如果芯片程序正常运行，**开始**按钮将会变为活动状态，同时**连接**按钮变为**断开连接**按钮，这代表连接芯片的操作已经完成。

接下来，我们单击**开始**按钮，如果运行成功，**开始**按钮会变为**暂停**按钮，这代表着已经开始调试流程。

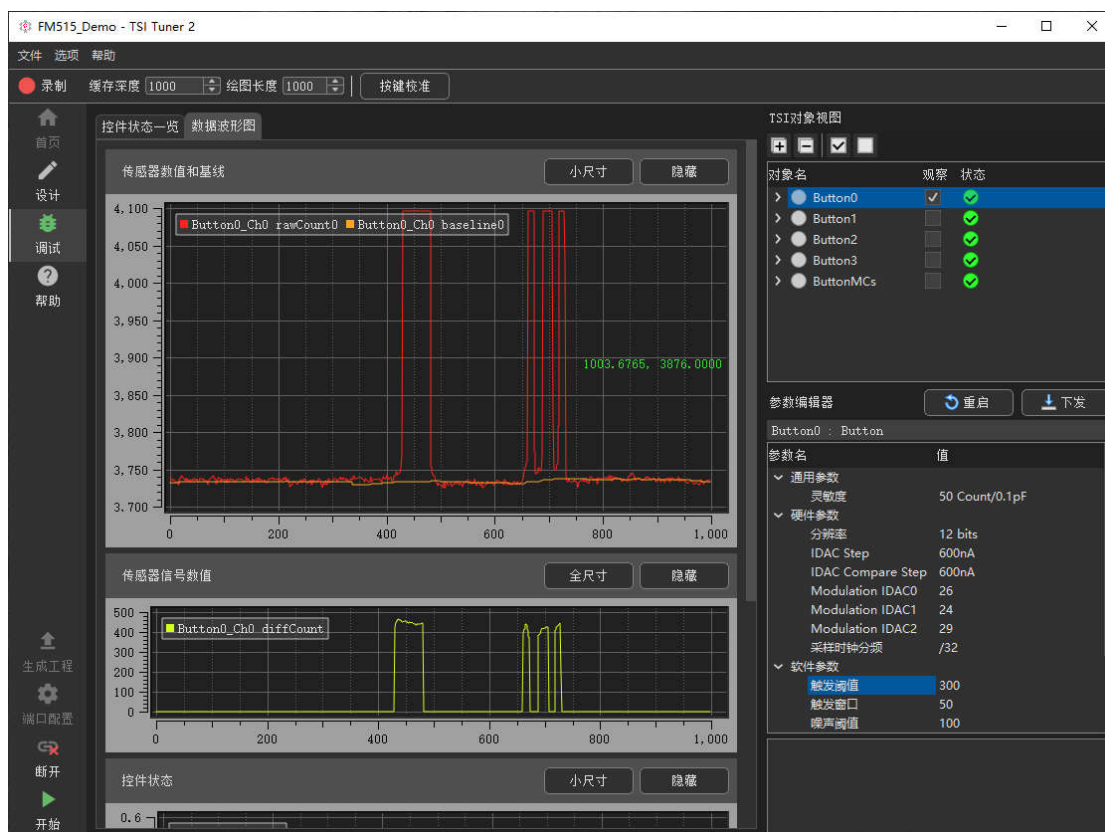


使用仿真器连接时，还需要选择 ELF 文件（注意 Keil IDE 为 .axf 文件，IAR IDE 为 .out 文件）：



6.2 选择观察对象

在连接到芯片后，可以注意到右侧的 **TSI 对象视图** 面板的列表会多出一栏：**观察**。这个栏目是用于选择需要观察哪些控件和传感器对象的，只有我们勾选了的对象，它的波形和状态才会显示在视图中。

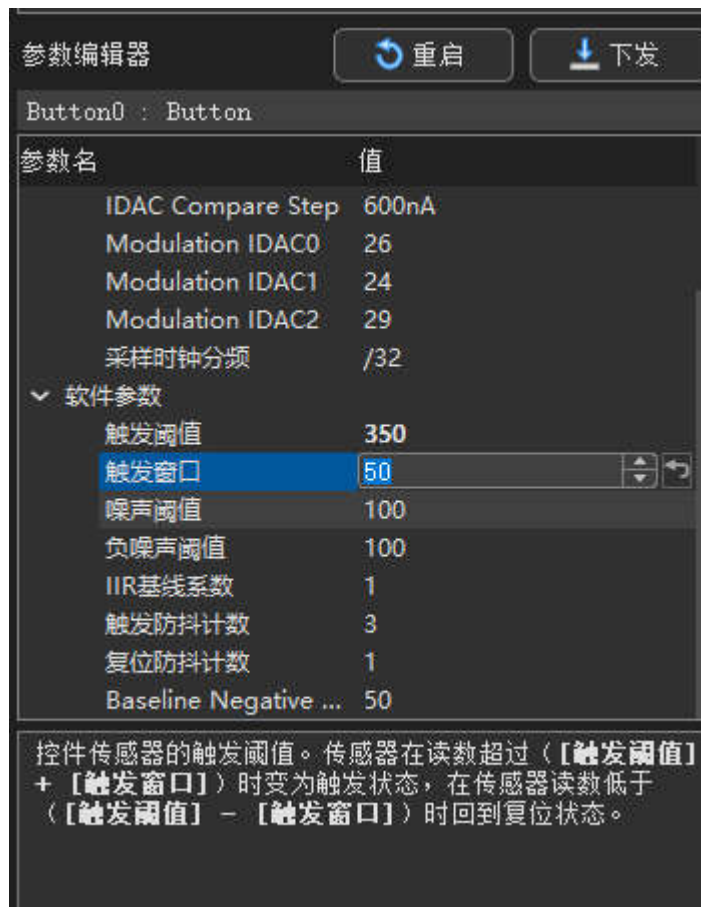


6.3 调节参数

在调试过程中，如果观察到的波形和状态不符合预期，我们可以对参数进行调节。在窗口右侧的 **TSI 对象视图** 面板中，选择需要调节参数的对象，该对象的参数会展示在下方的 **参数编辑器** 面板中。单击想要修改的参数值，即可进行修改。在所有参数修改完成后，单击右上角的下发按钮，可以将参数下发到芯片。参数编辑的展现效果如下：

- 修改后的参数值如果和原来的值相比有变化，会加粗显示；

- 参数编辑框右侧的撤销按钮可以用于撤销当前作出的更改（可以撤销时，箭头会变为红色）；



关于每个参数具体的含义，详见《TSI 触摸检测原理和算法》。

在调节到满意参数后，我们可以返回设计工程来保存参数。点击左下角断开连接按钮断开调试连接，然后点击**设计**按钮返回设计视图。这里如果您在调试过程中修改了参数，会弹出一个参数比较对话框让您确认参数变动。如果您不想修改某项参数，可以取消勾选这项参数的更新选择框，这样参数就不会更新到工程中。

在每次调参之后，可能当前配置不能满足您的需求。在这种情况下，您可以在设计模式中重新配置模块参数。需要注意的是，在重新配置完成后，您也需要重新生成调试工程，编译并下载到芯片中，这样新的参数才能够生效。

6.4 按键自动校准

调试工具栏上的“按键校准”工具可以自动校准自容按键的参数。校准结果和控件的通用参数 - 灵敏度配置有关，灵敏度越高，校准出的按键分辨率相对会越高，按键信号值也会越高。

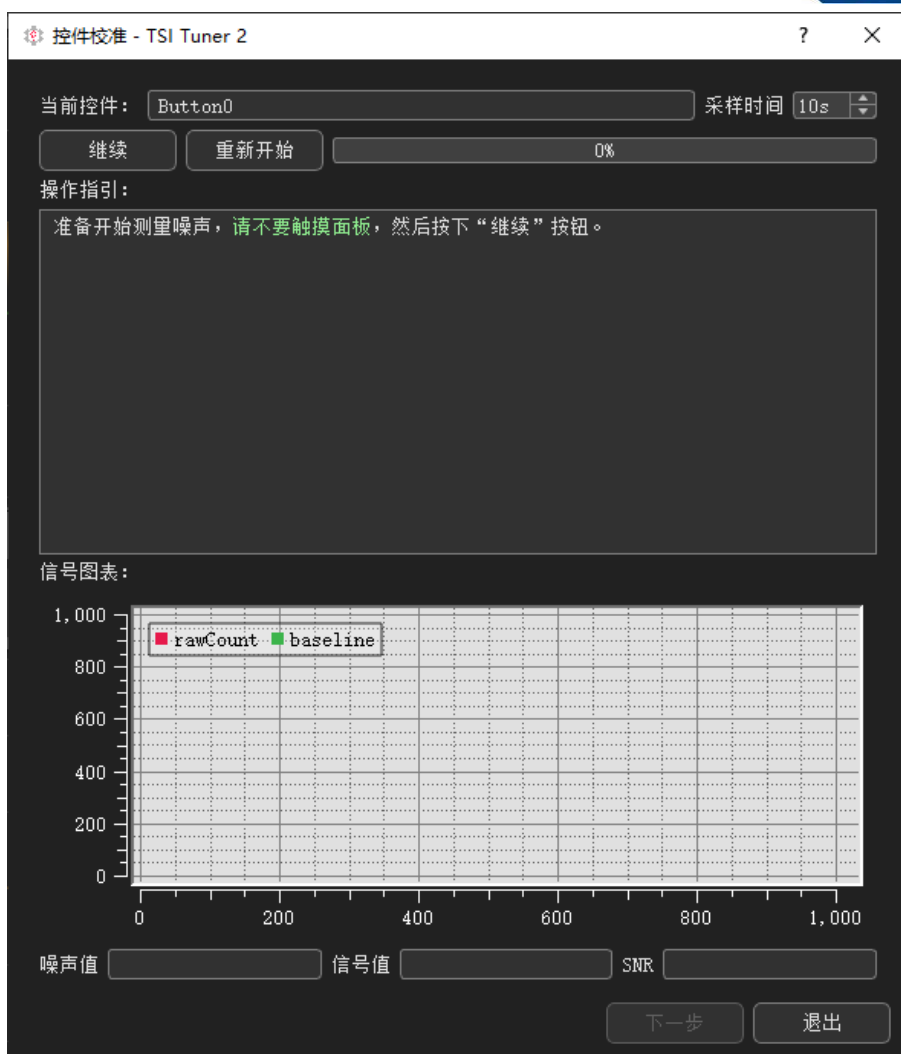
点击该工具按钮，将会打开如下页面：



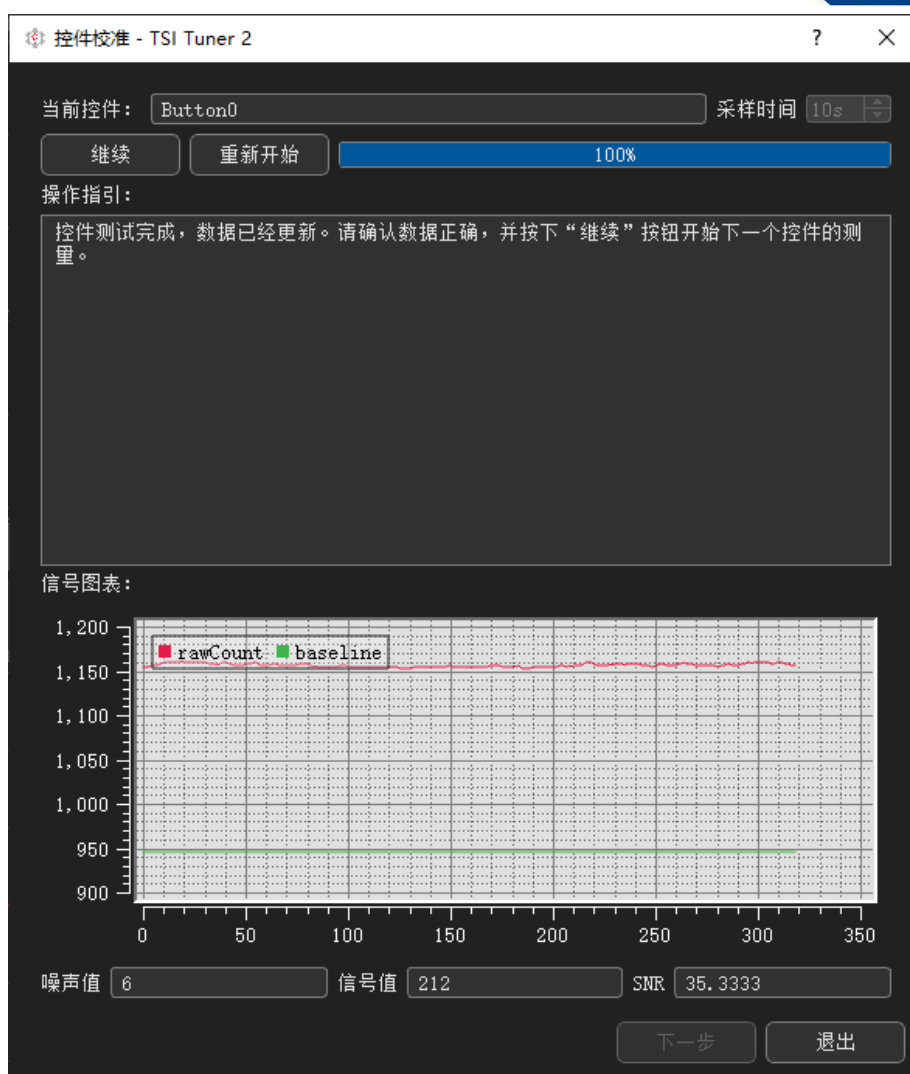
可以选择一次性校准所有按键，或者从控件列表中多选按键。选择完成后，点击下一步，软件会开始和下位机通信，并进行自动校准。稍作等待后，可以看到校准结果：



再次点击下一步，可以进入按键信噪比测量功能。如果不想进行信噪比测试，可以直接点击退出返回调试界面。

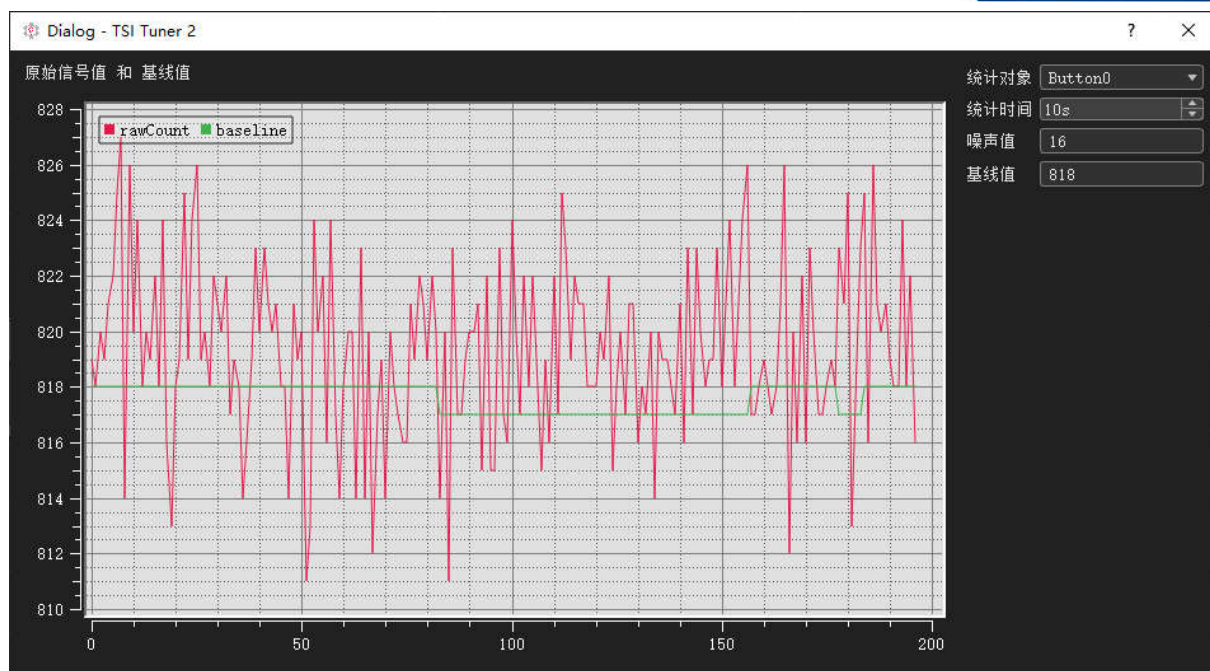


根据界面上半部分的操作指引可以很方便地操作。大致的流程为：首先用户不触摸按键测试噪声，然后用户触摸按键测试信号值，并最终得到信噪比信息。在测试完成后点击下一步，将会展示所有按键的最终参数和 SNR 测量结果汇总表格。用户在察看后点击退出可以回到调试界面。



6.5 查看原始数据

调试工具栏上的“查看原始数据”工具可以查看触摸模块底层未滤波的原始数据。点击该工具按钮，将会打开如下页面：



其中，在右侧“统计对象”下拉框可以选择需要观察的按键，在“统计时间”选项框内可以配置曲线统计展示的时长。配置完成后，左侧将会显示波形曲线，右侧显示噪声大小和当前基线值。

7 导出软件库

在调节完成参数后，我们可以导出包含参数的，可直接用于实际应用工程的软件库。和导出调试工程类似，我们还是单击左侧工具栏中的生成工程按钮，打开导出对话框。之前在生成调试工程中已经介绍了导出对话框，我们这里直接选择导出目标为库，并配置导出路径，然后直接单击导出按钮即可将包含您当前参数的软件库导出到指定文件夹中。您可以将库嵌入到您的应用工程中，加入对应函数调用即可使用。

8 使用软件库

在添加软件库后，我们需要调用 TSI 软件库接口，完成 TSI 软件库的初始化/启动，以及按键状态读取，从而实现功能。

TSI 软件库初始化和启动：

```
/* Init TSI library */
TSI_Init(&TSI_LibHandle);

/* Enable all widgets */
TSI_Widget_EnableAll(&TSI_LibHandle);

/* Start TSI*/
TSI_Start(&TSI_LibHandle);
```

- 读取按键状态:

```
if(TSI_WidgetList.button0.buttonStatus)
{
    /* 按键按下*/
}
```

- 读取滑条状态:

```
if(TSI_WidgetList.slider.sliderStatus)
{
    /*滑条被按下，读取当前位置数据*/
    uint8_t center = TSI_WidgetList.slider.centerPos;

    /* 根据滑条位置数据 center 进行处理 */
}
```



版本信息

| 版本号 | 发布日期 | 更改说明 |
|-----|---------|------------|
| 1.0 | 2024.9 | 首次发布 |
| 1.1 | 2024.10 | 更新了上位机相关内容 |



上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服网点

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址：上海市国路 127 号 4 号楼

邮编：200433

电话：(86-021) 6565 5050

传真：(86-021) 6565 9115

上海复旦微电子（香港）股份有限公司

地址：香港九尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室

电话：(852) 2116 3288 2116 3338

传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室

邮编：100007

电话：（86-10）8418 6608

传真：（86-10）8418 6211

深圳办事处

地址：深圳市华强北路 4002 号圣廷苑酒店世纪楼 1301 室

邮编：518028

电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611

传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

上海复旦微电子集团股份有限公司

Shanghai Fudan Microelectronics Group Company Limited

FM-TSITuner2 操作指南

论坛：<http://www.fmdevelopers.com.cn>

版本 1.1

29



地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室

电话：(886-2) 7721 1889

传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：237, Alexandra Road, #07-01, The Alexcior, Singapore 159929

电话：(65) 6472 3688

传真：(65) 6472 3669

北美办事处

地址：2490 W. Ray Road Suite#2 Chandler, AZ 85224 USA

电话：(480) 857-6500 ext 18

公司网址：<http://www.fmsh.com/>