

ChipON 电容触摸设计指南

目录

1. 简介	3
1.1 摘要	3
1.2 简介	3
1.3 ChipON 触摸系列芯片特性	3
1.4 电容触摸设计流程	5
2. 电容触摸技术	6
2.1 电容触摸基本原理	6
2.2 电容式触摸感应方法	8
2.3 电容触摸部件	9
2.4 ChipON 触摸功能说明	10
3. ChipON 触摸芯片的电容触摸感应	10
3.1 电荷转移法	10
4. 触摸参数介绍	12
4.1 信号定义	12
4.2 触摸指标	14
5. 电容触摸开发	15
5.1 软件平台	15
5.2 范例	20
6. 设计注意事项	23
6.1 传感器结构	23
6.2 PCB 布局	25
6.3 ESD 保护	30
6.4 EMC 注意事项	31

1. 简介

1.1 摘要

Chip0N 电容触摸设计指南显示了如何在 Chip0N KF8S10XX 和 KF8TS2XXX 系列器件中设计电容式触摸感应应用, Chip0N 触摸系列芯片的电容触摸传感器抗干扰能力强, 适应于各种复杂工作环境, 本指南介绍的是电容触摸传感器的操作, 设计工具, 相关开发组件, 性能调试以及设计注意事项。

1.2 简介

电容触摸传感器是用户接口设备, 通过检测人体接触电容触摸传感器时的电容变化判断传感器周围是否存在手指。电容传感器外观简洁漂亮, 使用方便, 没有机械磨损, 具有较长的使用寿命。Chip0N 的电容触摸解决方案能够为您的产品提供方便可靠的电容触摸感应功能。

本设计指南侧重于 KF8S10XX 和 KF8TS2XXX 器件系列中的电容触摸特性介绍, 它们是可编程的片上系统, 在单芯片上集成了可配置的模拟和数字 I/O 口, 存储器, 专用电容触摸传感器, ADC, 通信串口, 能够有效的加快产品上市时间, 降低整个系统的成本。

通过本指南, 您会了解到:

- 电容触摸感应技术的基本原理
- KF8S10XX/KF8TS2XXX 系列中的电容触摸传感器
- Chip0N 用于电容触摸设计和开发工具
- 电容触摸相关参数
- Chip0N 芯片的应用方向

1.3 Chip0N 触摸系列芯片特性

Chip0N 触摸系列芯片具有以下特性:

- 低功耗
- 工作温度-40~85℃
- 高性能哈佛结构的 RISC CPU
- 支持中断处理, 可多达 8 个中断源
- 62.5k~16MHZ 软件可选工作频率, ±1%精度

- 宽工作电压范围 (2.3V~5.5V)
- 2K×16 与 4K×16 位 FLASH, 可擦写 100000 次
- 256/272 字节 RAM
- 部分型号可提供 256 字节的 Block EEPROM
- 1 个 10/12 位 ADC
- UART 全双工串行通信通道
- 最高 15 路电容触摸传感器, 能在各种覆盖材料和厚度的应用场合提供高性能感应, 能够对外部干扰进行按键保护, 防止误触发, 高可靠性, 抗干扰能力强, I/O 可承受 8KV ESD 和 4.2Kv 快速脉冲干扰
- 8/14/16/20/28pin 的 SOIC 封装

型号	FLASH	RAM	BEE	OSC	A/D	触摸	封装
KF8S1020	4K×16	256×8	N	16M	1×10bit	2	SOIC8
KF8S1022	4K×16	256×8	N	16M	5×10bit	4	SOIC14
KF8S1024	4K×16	256×8	N	16M	3×10bit	8	SOIC16
KF8S1010	4K×16	256×8	256	16M	5×10bit	10	SOIC20
KF8S1011	4K×16	256×8	256	16M	7×10bit	15	SOIC28
KF8TS2402	2K×16	272×8	128	16M	4×12bit	2	SOIC8
KF8TS2408	2K×16	272×8	128	16M	8×12bit	8	SOIC14
KF8TS2410	2K×16	272×8	128	16M	9×12bit	10	SOIC16
KF8TS2414SG	2K×16	272×8	128	16M	12×12bit	14	SOIC20
KF8TS24140G	2K×16	272×8	128	16M	12×12bit	14	SSOP20

表 1-1. ChipON 集成电容触摸传感器 (更多型号请参考官方网站)

1.4 电容触摸设计流程

图 1-1 显示的是典型的电容式触摸感应产品的设计周期流程；

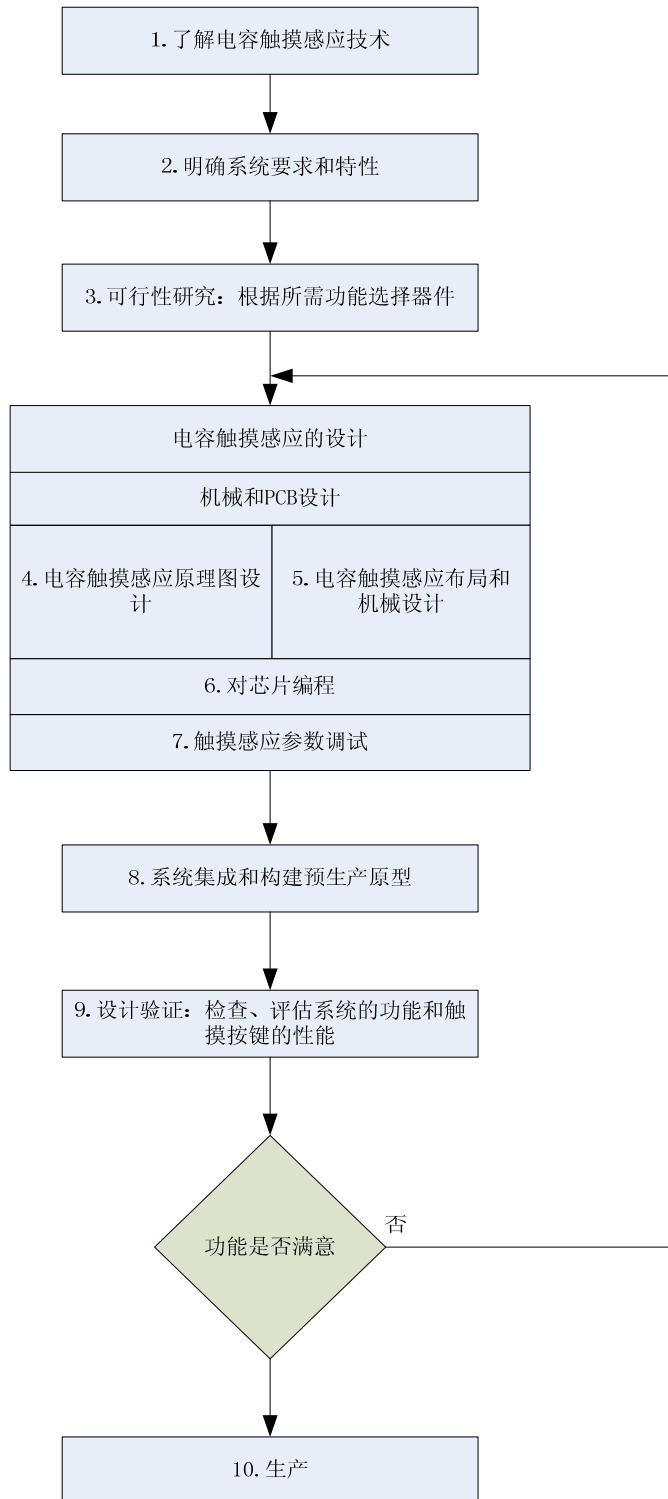


图 1-1. 电容触摸设计流程

2. 电容触摸技术

电容式触摸感应技术通过测量面板（传感器）和其环境之间的电容变化来检测触摸界面附近是否有手指按下。

2.1 电容触摸基本原理

一个电容传感器包括蚀刻在印刷电路板（PCB）表面上的铜盘，该铜盘的大小与形状详见第六章图 6-3。绝缘盖板作为按键的触摸表面使用，如图 2-1 所示。

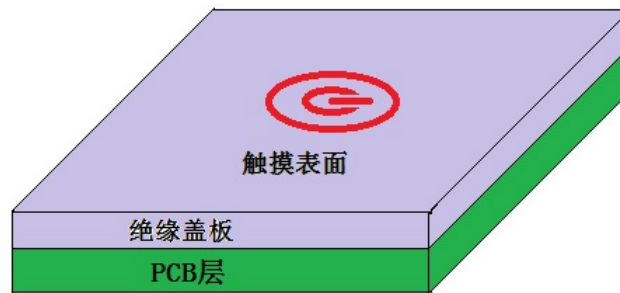


图 2-1. 电容式触摸传感器

通过走线和过孔将传感器连接至 KF8S10XX/KF8TS24XX 系列芯片的相关引脚。每个传感器引脚上的所有电容值可以模拟等效为一个总电容值，从 C_{S1} 、 C_{S2} 到 C_{S5} ，如图 2-2 所示。芯片内部电容触摸电路将这些电容值转换为等效的数字计数值，MCU 将处理这些数字计数值，以检测触摸。

电容触摸还需要一个用于将某个 I/O 和地面连接起来的外部电容 C_x 。

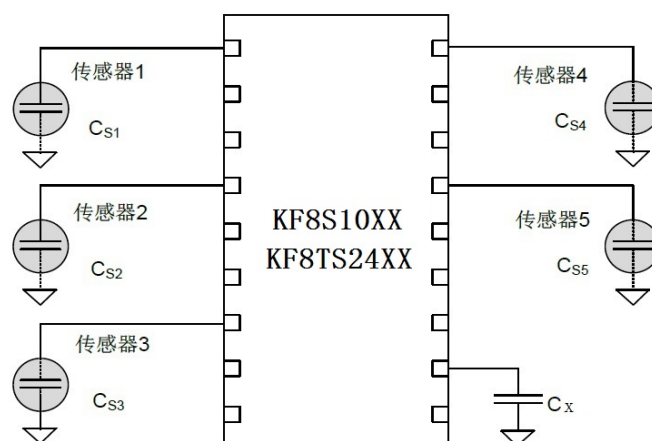


图 2-2. KF8S10XX/KF8TS24XX 芯片、传感器和外部电容

手指未接触传感器时的传感器电容称为寄生电容 C_p 。寄生电容由电容触摸控制器内部寄生电容与耦合电场共同产生的，其中耦合电场是在传感器触摸按键、走线和过孔、以及系统中的其他各种导体之间耦合产生的。芯片的 I/O 口和内部电容也会带来寄生电容。然而，与传感器电容相比，这些内部电容是非常小的。

图 2-3 显示的是传感器 I/O 引脚如何通过走线和过孔连接到传感器板。一般情况下，围绕传感器板的网格地将其与其他传感器及其走线分开。实际环境中的电场要比图 2-3 复杂得多。

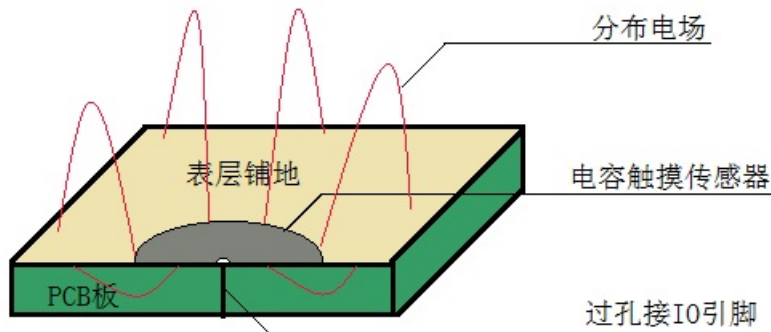


图 2-3 寄生电容

当手指触碰传感器表面时，手指和传感器板会通过覆盖层形成一个简单的平行板电容，如图 2-4 所示。

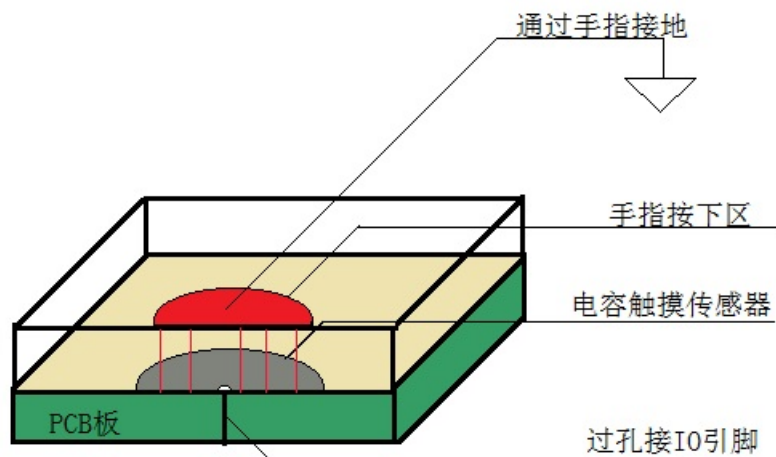


图 2-4 手指电容

此操作构成一个平行板电容器，传感器板与手指之间的电容值可通过公式 1 计算得到：

$$C_F = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad 2-1$$

其中：

ϵ_0 = 空气介电常数

ϵ_r = 覆盖层的相对介电常数

A = 手指与传感器板外覆层的接触面积

d = 覆盖层的厚度

C_F 为手指电容。由于寄生电容 C_P 和手指电容 C_F 均可代表传感器引脚与地面的电容，因此两者是同性质的。当手指接触传感器时，传感器总电容 C_S 等于 C_P 与 C_F 之和。

$$C_S = C_P + C_F \quad 2-2$$

如果没有触摸， C_S 等于 C_P 。

芯片将电容 C_S 转换成相应的数字计数值，称为原始计数。由于手指触摸时会增加传感器引脚的总电容，由于芯片内部工作原理，触摸传感电压更快达到阈值电压，会导致原始计数值减小，根据原始计数的变化判断手指触摸。由于寄生电容 C_P 增加，因此 C_F 与 C_P 之间的比率会降低，电容的每一单位充电量的变化（与手指触摸相对应）相应降低。这样，当 C_P 增加时，将更难以检测触摸。

2.2 电容式触摸感应方法

KF8S10XX 和 KF8TS2XXX 使用的是电荷转移型的电容式触摸感应方法，该方法能够提供行业中极佳的信噪比，图 2-5 显示的是该方法的简化框图。

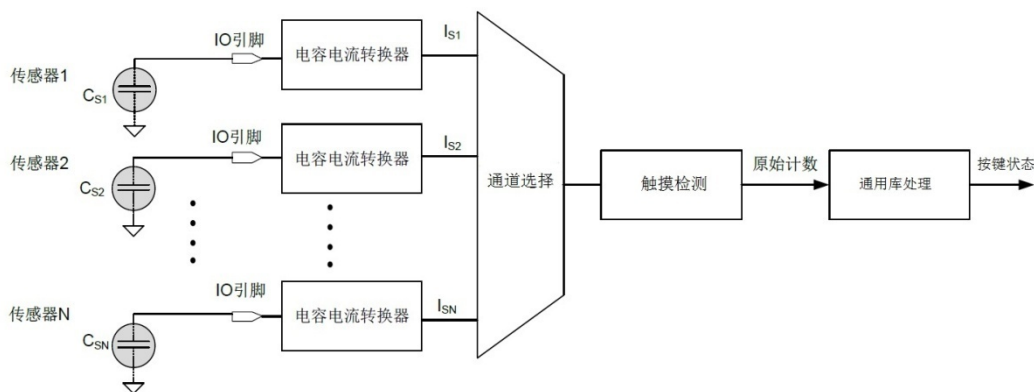


图 2-5. 电荷转移型的简化框图

采用电荷转移方法时，每个触摸引脚均有一个开关电容电路，用以将传感器电容转换为相应的电流。然后，模拟复用器会选择其中一个电流信号并将其送到触摸检测单元，触摸检测单元根据电流与时间频率计算电荷量输出采样值。

采样值是一个数字值，与传感器电容成反比：

$$\text{采样值} = C_S / G \quad 2-3$$

其中，G是触摸检测模块的增益。

图 2-6 显示的是一段时间内的原始计数图。当有手指触摸传感器时， C_s 将从 C_p 增加到 $C_p + C_F$ ，同时，采样值会相应减小。在通用库中通过将采样值的变化值和预定义的阈值进行对比后可以判断是否有手指。

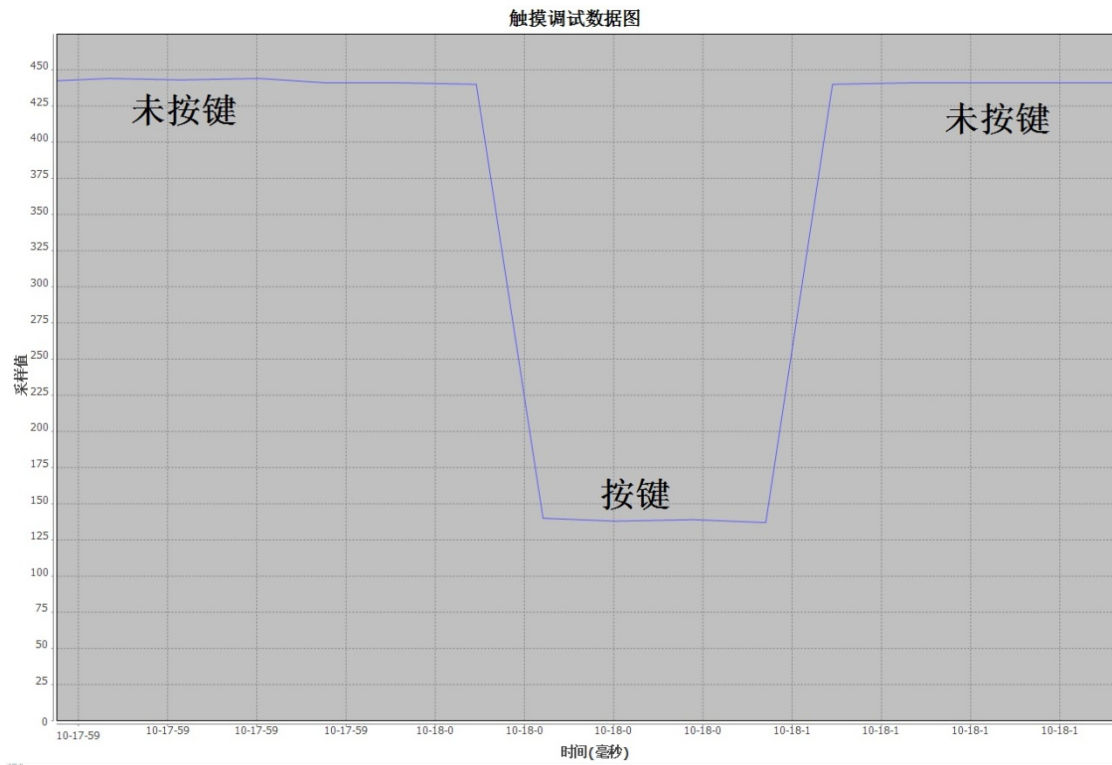


图 2-6. 原始计数与时间

2.3 电容触摸部件

电容触摸部件包含了一个或多个电容触摸感应传感器，它可以根据客户需要设计成不同的用户界面类型。大致可以分为四种类型：按键、滑动条、触摸板和接近传感器，ChipON 提供的通用库目前只支持按键类型的电容触摸部件，如图 2-7 所示。

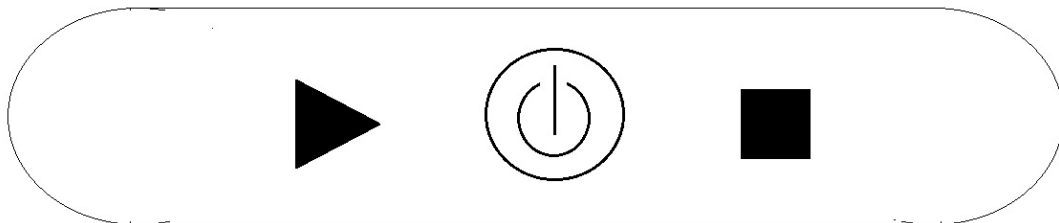


图 2-7. 按键类的触摸部件

2.3.1 按键

在家用电器、医疗器件、白色家电、照明控制和许多其他产品中，电容触摸按键可替代机械按键。它包括一个简单传感器，提供两种输出状态：开（有手指触摸）或关（无手指触摸）。

简单的电容触摸按键是将一个圆形覆铜通过 PCB 走线连接至芯片的专用触摸引脚构成的，如图 2-8 所示。按键周围应使用覆铜网格与其它的按键或者走线隔离。另外，通过一个环形区域可以将按键和网格地分开。每个按键都需要连接一个芯片的触摸口。

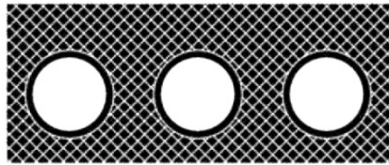


图 2-8. 电容按键

2.4 ChipON 触摸功能说明

目前提供通用库和防水库两种触摸算法函数，两种触摸函数都能广泛的应用于一般的触摸按键场合，提供触摸按键的按键识别。此外，两种触摸函数都能随着薄雾、湿气和湿度等环境因素的改变，自动的调整触摸通道的参考基准线，防止误触发。有一定的防水功能，当超过三个通道的触摸按键值发生突变时（如泼水，滴水水滴覆盖三个按键等），会启动保护机制，按键不响应。

通用库还为用户提供任意两两按键的组合，按下一个按键后，在双按键允许时间内，按下另外一按键算法即识别为双按键，超出双按键允许时间算法不响应下一按键。该双按键允许时间的长短可通过设置一开放参数进行控制，双按键功能为用户提供了灵活多变的按键设置方式。（详见另一文档《电容触摸使用说明》，该说明对触摸参数的使用有详细介绍）

防水库提供了 3 个指定的双键组合，具有比通用库更好的防水功能，使器件能够在多数有水的环境下运行良好。

3. ChipON 触摸芯片的电容触摸感应

3.1 电荷转移法

图 3-1 显示的是用于扫描电容触摸传感器的芯片内部触摸模块图。

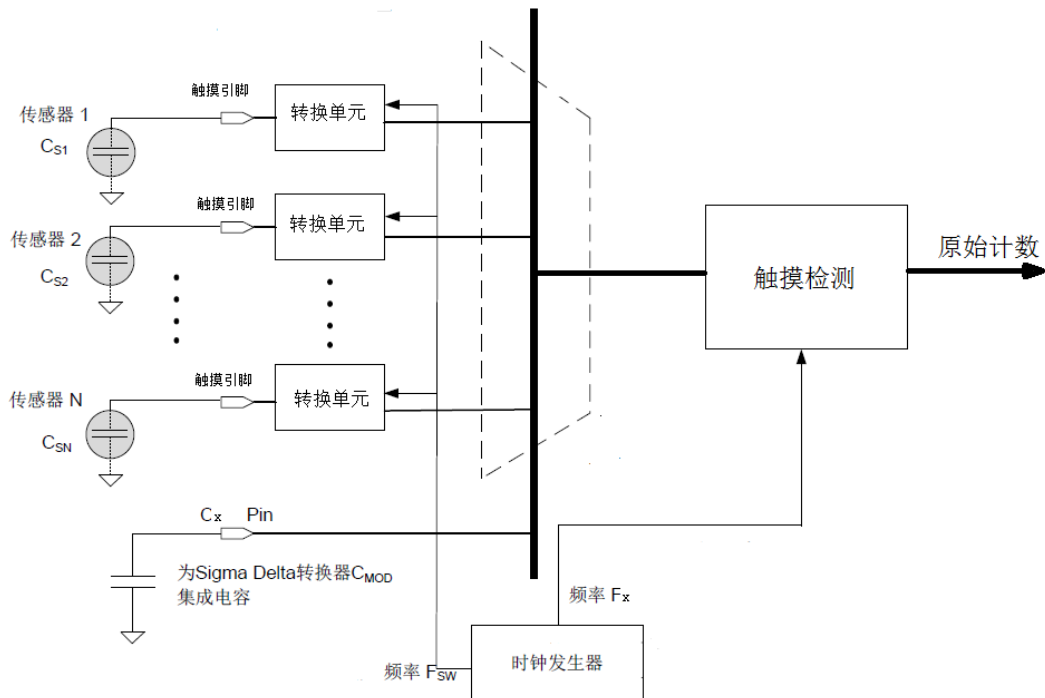


图 3-1. 芯片内部触摸模块

电容触摸模块的转换单元能将传感器电容转换成等效的电流，图 3-2 显示的是触摸引脚转换单元的结构简化框图。

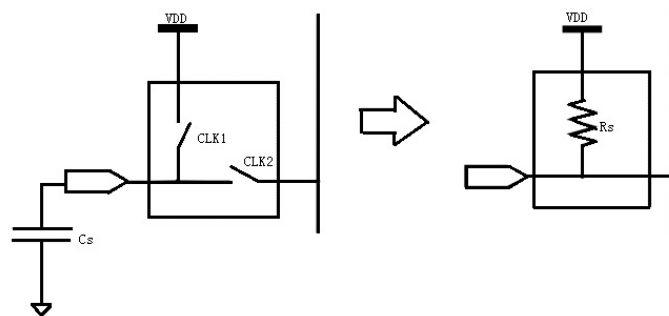


图 3-2. 触摸引脚转换单元

两个同频率但相位互斥的时钟 Fsw（请查看第 24 页上的图 3-1）分别控制着开关 CLK1 和 CLK2。CLK1 和 CLK2 的连续开关形成了一个等效电阻 Rs，如图 3-2 所示。相应的 RS 电阻值如下计算：

$$R_s = \frac{1}{C_s F_{sw}} \quad 3 - 1$$

其中：

Cs = 传感器电容

F_{sw} = 开关时钟频率

图 3-3 是传感器电容的电压波形。

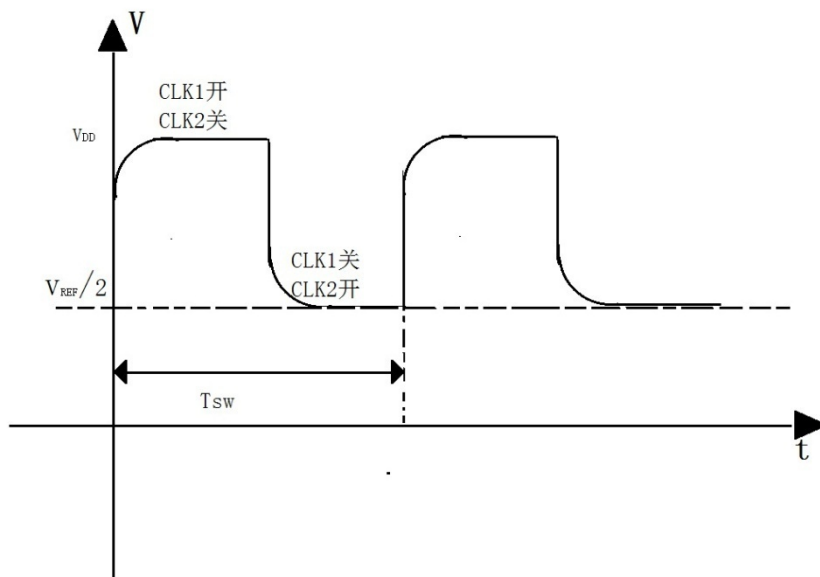


图 3-3 传感器电容电压波形

公式 3-3 计算得出平均电流:

$$I_{cs} = C_s F_{sw} (V_{DD} - V_{REF}/2) \quad 3-2$$

触摸检测单元的参考电压为 V_{REF} ，由 RC 计算出时间 t 的大小，则 t 可以表示为以下公式:

$$t = \ln \left(\frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{REF}} \right) \frac{C_x}{C_s F_{sw}} \quad 3-3$$

触摸检测单元根据时间得出原始的采样值。

设置完成编译下载后即可在 DEMO 板上实现上述功能，支持双键按。

4. 触摸参数介绍

4.1 信号定义

信号: 在电容触摸感应应用中,信号被定义为在传感器 ON/OFF 两种状态下的平均差值,如图 4-1 所示。

噪声: 如图 4-1 所示,噪声是一个简单的数学模型存在于传感器的整个输出过程中。

采样值: 如图 4-2,传感器的电容值被芯片内部的触摸检测模块转换为计数值输出,这些没有经过处理的计数值就是采样值,经过算法处理的采样值能够表示电容传感器的

ON/OFF 两种状态。原始计数值大小与外部 C_x 电容，分频设置有关，建议 C_x 电容选择 1~10nF 之间，要求使用 10% 或以上精度的涤纶电容、X7R 材质电容或 NPO 材质贴片电容。建议工作频率选择 $f_{osc}/8$ 或 $f_{osc}/16$ 。

基准线：基准线是传感器在关状态下的原始计数值的平均值，基准线为按键的 ON/OFF 状态提供一个参考值。实际上基准线是一个动态的变量，会动态的补偿环境等因素改变对用户模型造成的影响，这个过程叫做基准线跟新。

变化值：差值是原始计数值减去基准线的差值。

手指阈值：手指阈值参数控制传感器对手指触摸的敏感度。它与迟滞参数一起使用，可确定传感器的状态，如公式 4-1 所示

$$\text{传感器状态} = \begin{cases} \text{OFF, if(信号} < \text{手指阈值} - \text{迟滞)} \\ \text{ON, if(信号} \geq \text{手指阈值} + \text{迟滞)} \end{cases} \quad 4-1$$

迟滞：迟滞参数与手指阈值参数一起使用，用于确定传感器的“ON/OFF”状态，如公式 4-1 图 4-2 所示。迟滞提供对传感器状态嘈杂切换的抗干扰能力。“迟滞”参数的设置必须低于“手指阈值”参数设置。

噪声阈值：变化值高于噪声阈值，基准线才会更新。

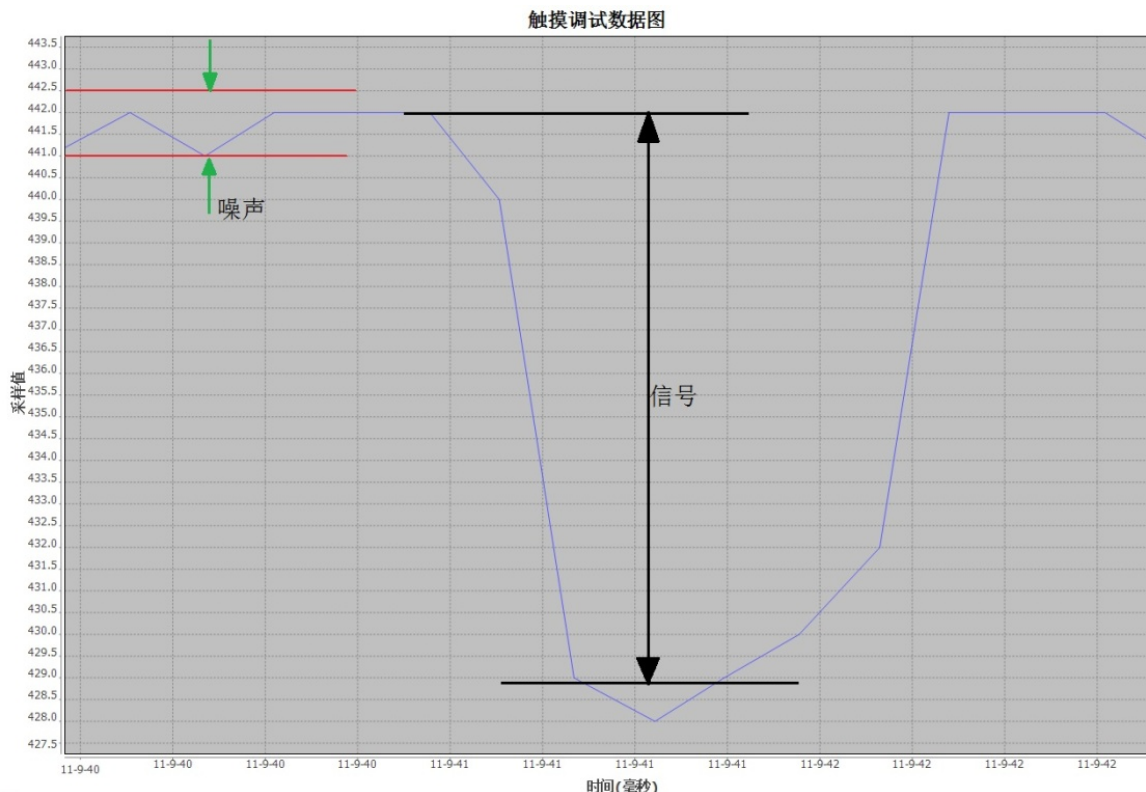


图 4-1. 信号和噪声

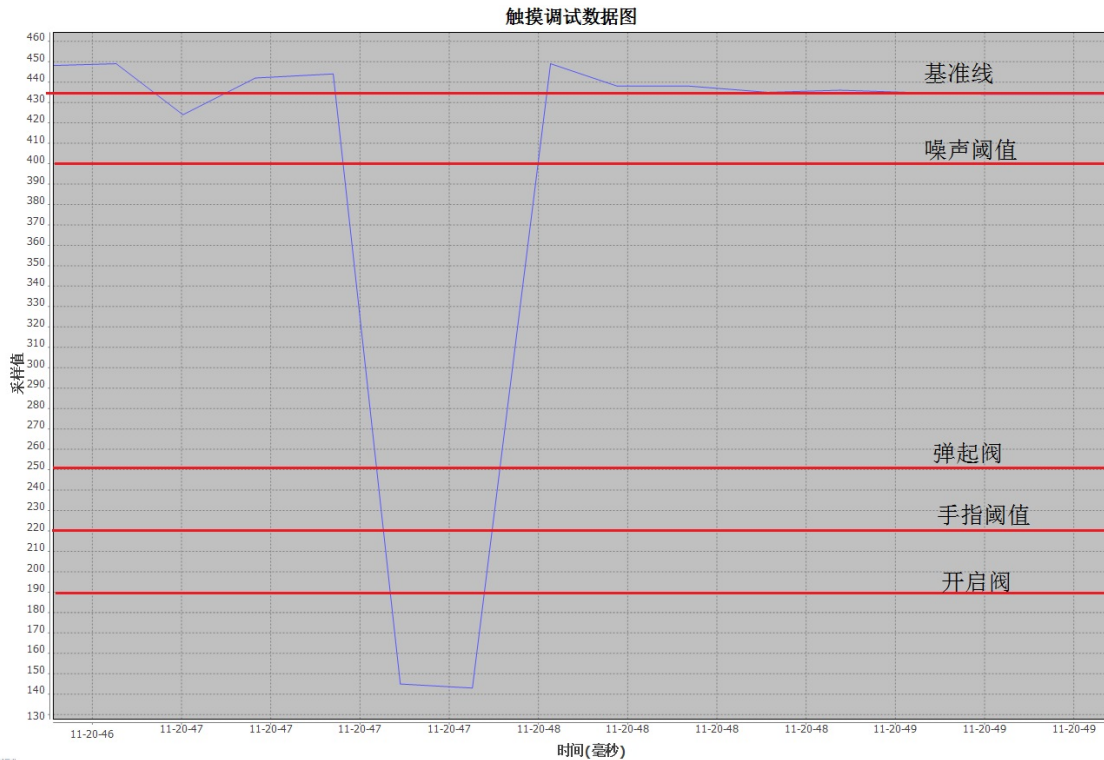


图 4-2. 基准线与阈值

当传感器在关断状态时，计数值 $X(t)$ 可以表示为 OFF 状态的平均计数值和噪声的叠加，则：

$$X(t) = X_0 + N_0(t) \quad 4-2$$

X_0 是 $X(t)$ 的平均值， $N_0(t)$ 为 OFF 状态时的噪声。

当 ON 状态时可以使用同样的模型，计数值 $X(t)$ 可以表示为 ON 状态的平均计数值和噪声的叠加，则：

$$X(t) = X_1 + N_1(t) \quad 4-3$$

信号 S 可表示为：

$$S = X_0 - X_1 \quad 4-4$$

4.2 触摸指标

触摸感应项目中有两个最重要的计数指标：信噪比与灵敏度。

4.2.1 信噪比

信噪比是信号与噪声的比值，一般地讲，信噪比越大越好，但也没有必要过分追求信噪比的值，因为在有的情况下 PCB 布板和覆盖物的材料与厚度的限制，难以到达最高的信噪

比。但无论如何，信噪比不能小于 5，否则很难保证不会出现误触发和其他不可靠的情况；一般噪声阈值设为信号的 40%，而一般噪声最大值为噪声阈值的 50%，这样信号和噪声的比值就变为： $S/(S*40%*50%)=5:1$ ；实际设计中要求信噪比为 20:1 到 10:1 之间，最差 5:1。

如上图 4-1，没有触摸时的平均采样值为 442，手指放在传感器上时，平均采样值为 429，因此信号为 $442-429=13$ 个计数，OFF 状态下，噪声有 1.5 个单位的计数，则信噪比值为 $13/1.5=8.6$ 。

提高信噪比的主要手段是提高信号强度以及减小噪声干扰，信号的强度和噪声干扰与盖板材料以及盖板厚度，盖板的粘合剂选择，PCB 的布局走线等有很大关系，第六章将会介绍有关这些参数的选择与设计。

4.2.2 灵敏度

灵敏度是信号与手指阈值的比值，显然触摸信号越大灵敏度越高，手指阈值设得越低，灵敏度越高。但手指阈值不能设置得太低，设置得太低，有可能被大的噪声超过而产生误触发，设得太高，灵敏度将变小，直接影响用户的使用感受度，一般选择手指触摸产生的最大信号的一半左右，这个需要根据实际的情况设置该参数。推荐阈值参数设置见表 5-1：

阈值参数	推荐
手指阈值	信号值的 80%
噪声阈值	信号值的 40%
信噪比	大于 5

表 5-1. 参数推荐

有了触摸参数的基本概念，您在使用触摸库开发产品时，请参照电容触摸库函数的使用说明，根据实际情况设置适合您产品的参数。实际设计应用中产品存在不同的差异性，同一产品的不同触摸按键通道的变化幅度也存在差异，建议使用第 5 章的 ChipON TSTool 软件，测试出每个通道的最大变化值及对相邻按键的最大影响值。只有使用合理的噪声值，才能设计出既能甄别干扰，又不影响相邻按键的触摸应用。

5. 电容触摸开发

5.1 软件平台

芯旺微电子提供了一组完整的硬件和软件工具，并且为您提供强大的技术支持，根据不同的项目开发提供专用的硬件 DEMO 板与软件固件，节省您的开发时间，加快产品上市。

5.1.1 ChipON IDE

ChipON IDE 为您提供了一个 KF 系列单片机的软件开发平台,提供项目管理,软件开发,程序编译,在线调试,程序下载等功能。图 5-1 为 ChipON IDE 的软件界面

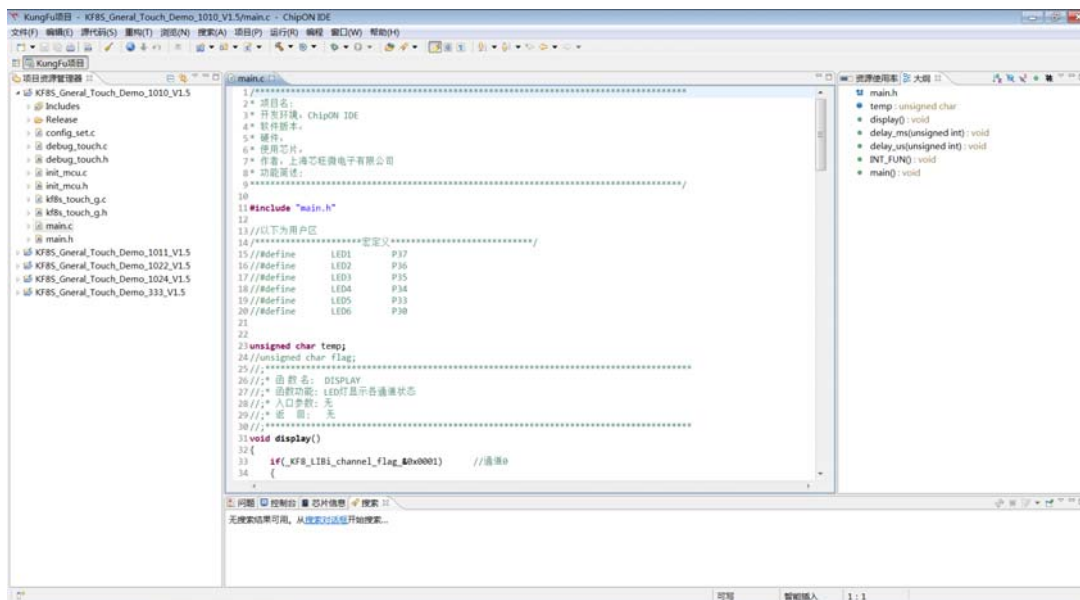


图 5-1. ChipON IDE 软件界面

ChipON 针对不同的触摸芯片提供了对应的范例项目,可实现最简单的触摸按键功能。选择 IDE 左上角“文件”菜单,选择菜单中的“导入”选项后出现如图 5-2 所示对话框,在“常规”项中选择“现有项目到工作空间中”,点击“下一步”出现 5-3 所示对话框,在“浏览”中选择需要导入的项目路径,点击“完成”即可将项目导入到当前的工作空间中。



图 5-2. 导入选择

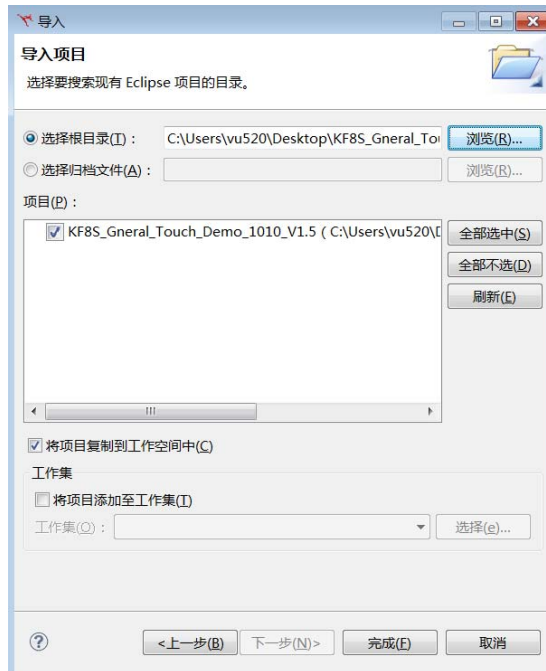


图 5-3. 导入项目

如图 5-4 所示为 KF8S1010 的触摸范例项目，每个范例均包含了四个.c 源文件和四个.h 头文件，用户可以在 main.c 中根据需求增加用户程序，debug_touch.c 与 debug_touch.h 是与上位机通信的曲线函数，通过在主程序中调用 TOUCH_DEBUG_TRS_DEAL()函数，通过 ChipON TSTool 软件可以查看触摸的基准线采样值等参数信息（详见 5.1.2 节）。init_mcu.c 为初始化芯片寄存器参数，用户根据需求进行更改。kf8s_touch_g.h 文件中声明了开放给用户的触摸函数，kf8s_touch_g.c 中包含了通用库中使用的所有参数，根据应用场合调整参数即可实现稳定的触摸功能（关于参数的调整详见另一文档《电容触摸使用说明》）。

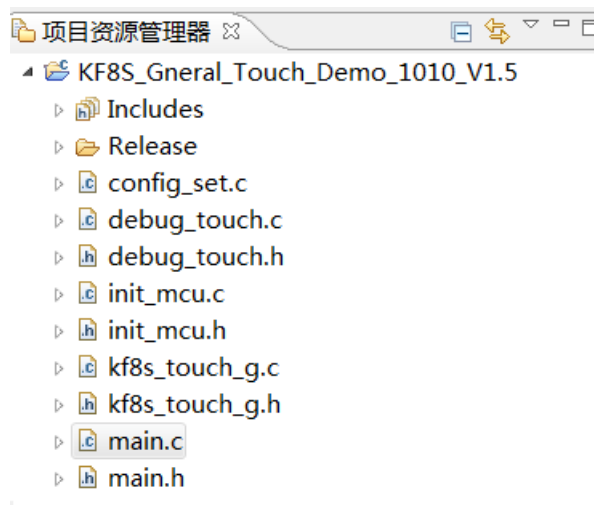


图 5-4. KF8S1010 触摸项目

范例中的 kf8s_touch_g 文件为适用于我司 KF8S 系列的通用触摸库，kf8s_touch_w 为适用于 KF8S 系列的防水库。kf8tsxx_touch_g 为适用于我司 KF8TSXXXX 系列的通用触摸库，kf8tsxx_touch_w 为适用于 KF8TSXXXX 系列的防水库。均在.C 文件中开放了有关库的参数设置，在.H 文件中声明开放给用户的功能函数。

① S 系列通用库，主要包括 KF8S1010，KF8S1011，KF8S1022，KF8S1024 提供以下函数：

`_KF8S_Get_Ver_General_()`获取当前库的版本；
`_KF8S_Init_Touch_General_()`初始化电容触摸；
`_KF8S_Touch_Process_General_()`电容触摸处理函数，返回键值_KF8_LIBi_channel_flag_；
`_KF8S_Touch_TEST_General_()`简化的容触摸处理函数，空间不足时可代替电容触摸处理函数输出调试曲线，不返回键值；

② S系列防水库，主要包括KF8S1010，KF8S1011，KF8S1022，KF8S1024提供以下函数：

`_KF8S_Get_Ver_Waterproof_()`获取当前库的版本；
`_KF8S_Init_Touch_Waterproof_()`初始化电容触摸；
`_KF8S_Touch_Process_Waterproof_()`电容触摸处理函数，返回键值_KF8_LIBi_channel_flag_；
`_KF8S_Touch_TEST_Waterproof_()`简化的容触摸处理函数，空间不足时可代替电容触摸处理函数输出调试曲线，不返回键值；

③ TS 系列通用库，主要包括 KF8TS2402，KF8TS2408，KF8TS2410，KF8TS2414，以及后续的 KF8TS23XX、KF8TS25XX、KF8TS27XX 系列，提供以下函数：

`_KF8TS2X_Get_Ver_General_()`获取当前库的版本；
`_KF8TS2X_Init_Touch_General_()`初始化电容触摸；
`_KF8TS2X_Touch_Process_General_()`电容触摸处理函数，返回键_KF8_LIBi_channel_flag_；
`_KF8TS2X_Touch_TEST_General_()`简化的容触摸处理函数，空间不足时可代替电容触摸处理函数输出调试曲线，不返回键值；

④ TS 系列防水库，主要包括 KF8TS2402，KF8TS2408，KF8TS2410，KF8TS2414，以及后续的 KF8TS23XX、KF8TS25XX、KF8TS27XX 系列，提供以下函数：

`_KF8TS2X_Get_Ver_Waterproof_()`获取当前库的版本；
`_KF8TS2X_Init_Touch_Waterproof_()`初始化电容触摸；
`_KF8TS2X_Touch_Process_Waterproof_()`电容触摸处理函数，返回键_KF8_LIBi_channel_flag_；
`_KF8TS2X_Touch_TEST_Waterproof_()`简化的容触摸处理函数，空间不足时可代替电容触摸处理函数输出调试曲线，不返回键值；

以上函数的使用方法均可参照提供的范例项目。

5.1.2 ChipON TSTool

ChipON TSTool 专门为电容触摸开发设计，可以在软件上查看各个通道的当前采样值，基准线，能及时捕捉基准线变化情况，方便您的开发。图 5-5 为 TSTool 的软件界面。



图 5-5. ChipON TSTool 软件界面

界面左边为数据显示区，右边是操作区。在右边界面勾选相应功能即可，当前通道基本信息可以显示当前界面的通道号，采样数值，基准线数值等内容，显示曲线设置可开启和隐藏采样值等数据，勾选通道设置可显示选中的通道采样值情况，使用简单。使用该软件，开发项目的源程序中需要调用 `TOUCH_DEBUG_TRS_DEAL()` 函数，即可观察如图 5-6 所示采样值、基准线的曲线图。要使用该功能需要将 `debug_touch.c` 和 `debug_touch.h` 添加到项目中，同时修改 `debug_touch.h` 中的参数，包括延时时间的长短，使用的 IO 口，其中宏定义 `CLK` 声明对应编程器的 `CLK` 引脚。`DAT` 亦相同。关于 ChipON TSTool 的详细使用方法可参考《电容触摸使用说明》文档。

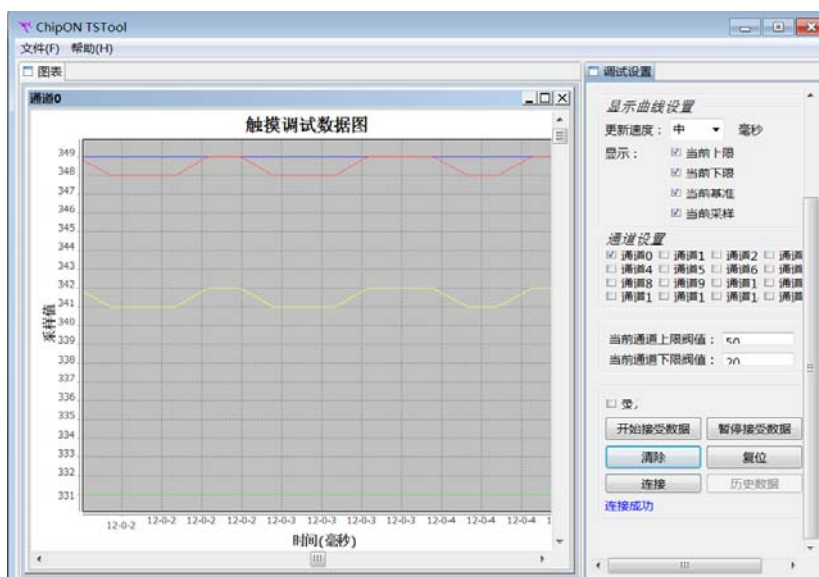
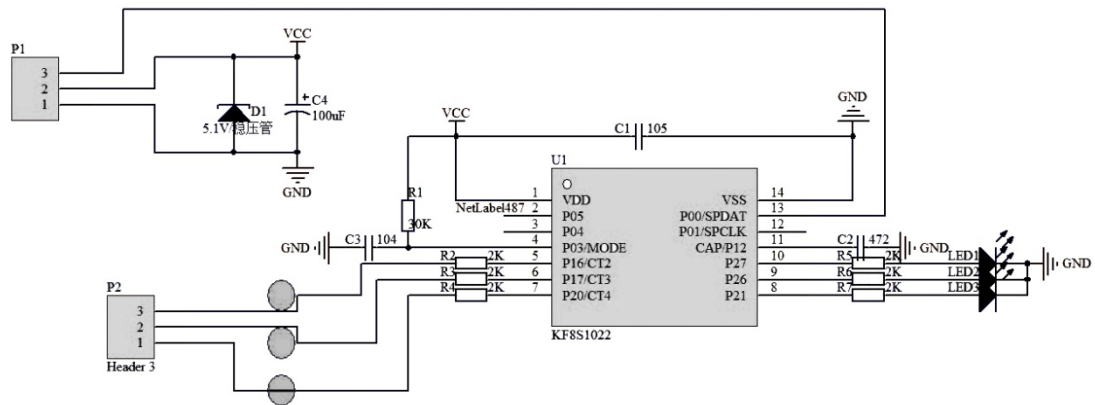


图 5-6. ChipON TSTool 曲线输出

5.2 范例

范例为使用 KF8S1022 芯片应用通用库设计的一个三通道的电容触摸按键，当手指触摸按键时，对应 LED 灯点亮（范例假定您已经熟悉通用库相关参数使用，详情请参照《电容触摸使用说明》）。关于参数设置请参照第五章参数相关内容。

范例原理图如图 5-7 所示：



长：50mm，宽：28mm；触摸盘采用长椭圆，背面走稀疏的横条地

图 5-7. 三通道触摸按键点灯原理图

使用通用触摸库，根据 5.1.1 节方法导入 KF8S_Gneral_Touch_Demo_1022_V1.5 项目文件，根据原理图，触摸通道为 CT2,CT3,CT4,芯片 P27, P26, P21 作为输出引脚驱动 LED。设置触摸 CT2 时点亮 LED3，触摸 CT3 时点亮 LED2，触摸 CT4 时点亮 LED1。

首先更改库参数，在 kf8s_touch_g.h 文件中将通道数改为：

```
#define MX_CH 3
```

在 kf8s_touch_g.c 文件中配置通道号：

```
unsigned char const _KF8_TOUCH_CH_EN[MX_CH]={4,3,2};
```

按 CT4, CT3, CT2 的顺序扫描，在 main.c 中定义 LED 输出为：

```
#define LED1 P26
```

```
#define LED2 P27
```

```
#define LED3 P21
```

根据位图表：`unsigned int const _KF8_LIBt_buff_bit_[16]={`

```
0x0001, 0x0002, 0x0004,0x0008,
```

```
0X0010, 0X0020, 0X0040,0X0080,  
0X0100, 0x0200, 0x0400,0x0800,  
0x1000, 0x2000, 0x4000,0x8000,  
}; //位图
```

CT4 按下时 **unsigned int** _KF8_LiBi_channel_flag_对应值为 0X0010，CT3 对应值为 0X0008,CT2 对应值为 0X0004，所以 display()函数更改如下：

```
void display()  
{  
    if(_KF8_LiBi_channel_flag_ &0x0010)    //CT4  
    {  
        LED1=1;  
    }  
    else  
    {  
        LED1=0;  
    }  
    if(_KF8_LiBi_channel_flag_ &0x0008)    //CT3  
    {  
        LED2=1;  
    }  
    else  
    {  
        LED2=0;  
    }  
    if(_KF8_LiBi_channel_flag_ &0x0004)    //CT2  
    {  
        LED3=1;  
    }  
    else
```

```
{
    LED3=0;
}
}
```

在程序中使用 TOUCH_DEBUG_TRS_DEAL()函数实现与上位机安装的 ChipON TSTool 通讯，获取原始计数值，基准线数值。编译程序下载运行，使用 ChipON TSTool 计算 Signal(信号)数值。如图 5-8 为 DEMO 板贴在 3mm 厚的亚克力板上的数据：

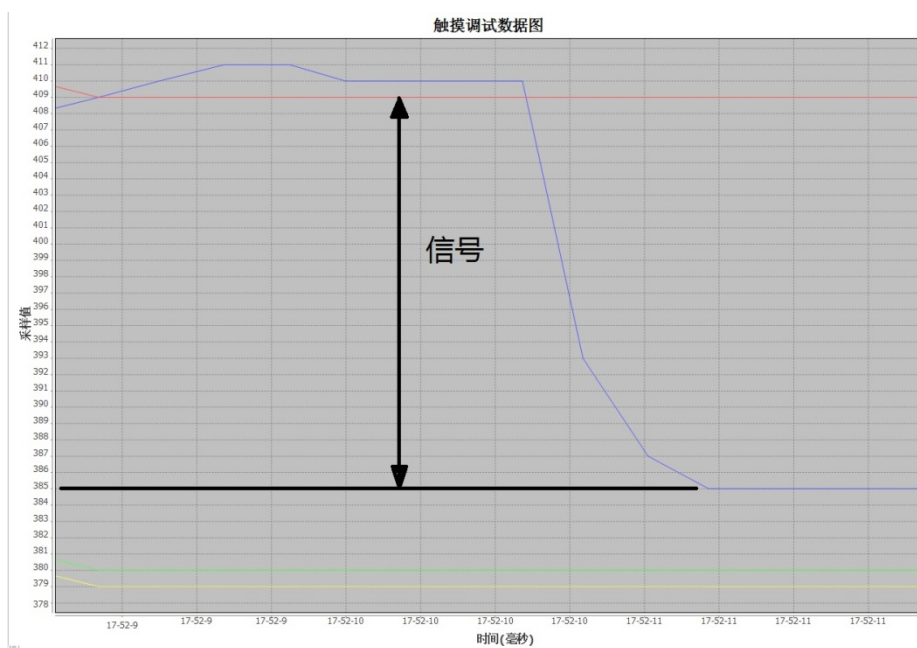


图 5-8. 按下时原始值变化

蓝线为采样值，红线为基准线，OFF 状态计数值为 409（更改外挂电容 Cx 参数，设置寄存器的 CMCTL1 的分频参数都可以提高或减小采样计数值）ON 状态计数值为 385，信号大小为 24 个计数值。因软件中处理数据按千分比计算，将 24 个计数值为千分化为 58，那么手指阈值设置为信号的 80%为 46，则 kf8s_touch_g.c 中的手指阈值设置如下：

```
signed char const _KF8_Config_Finger_Threshold[MX_CH]={46, 46, 46};
```

不同通道因 PCB 板排版不同，按下时信号大小存在差异，需要每个通道单独设置手指阈值，以防止误触发。

设置完成编译下载后即可在 DEMO 板上实现上述功能，支持双键按。

6. 设计注意事项

6.1 传感器结构

图 6-1 显示的是电容触摸传感器的最通用结构。

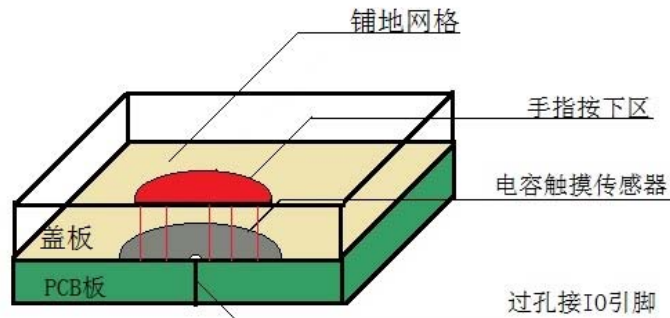


图 6-1. 电容触摸传感器的切面结构

传感器为蚀刻在 PCB 表层的覆铜圆盘，盖板为手指直接接触的触摸表面，盖板还有保护传感器不受环境的影响，并防止手指的直接接触等作用，当 PCB 与盖板因设计结构原因存在一定距离时，覆铜圆盘可以使用圆形弹簧代替。围绕传感器板的铺地层将它与其他传感器及其走线分开。

最简单的 PCB 设计是一种顶层含传感器焊盘和网格接地，底层含电子组件的两层板（当然不局限于传感器与电子组件必须分为两层）。图 6-2 显示的是电容触摸感应硬件的分解图，注意即使是在底层放置的电子组件位置也必须与传感器正下方保持一定距离。

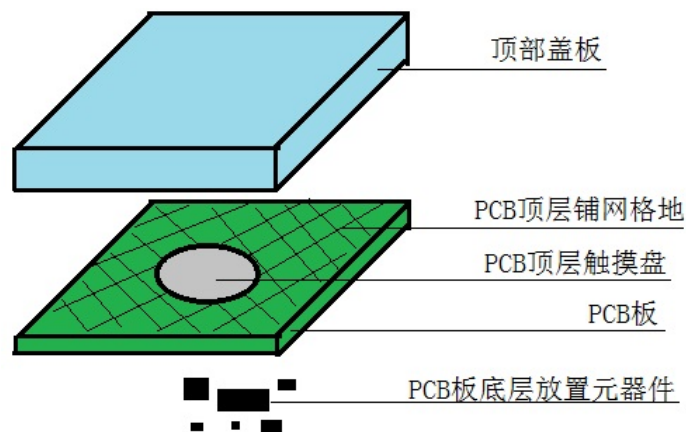


图 6-2. 电容触摸传感器硬件

6.1.1 盖板材料

盖板是触摸感应硬件的关键部分，因为它决定手指电容值的大小，并且直接影响信噪比。手指电容值的大小与盖板材料的相对介电常数成正比。

表 6-1 是常见覆盖层材料的相对介电常数，介电常数介于 2.0 和 8.0 之间的材料很适合作为触摸感应的覆盖层。

材料	ϵ_r
空气	1.0
Formica (福米卡)	4.6-4.9
玻璃 (标准)	7.6-8.0
玻璃 (陶瓷)	6.0
PET 薄膜	3.2
聚碳酸酯	2.9-3.0
丙烯酸	2.8
ABS	2.4-2.1
木表和桌面	1.2-2.5
石膏 (石膏板)	2.5-6.0

表 6-1. 通用覆盖层材料的相对介电常数

注意：由于导电材料干扰电场模板。因此，导电材料不应用作盖板。也不应在盖板上使用包含金属颗粒的油漆。

6.1.2 盖板厚度

手指电容与盖板的厚度成反比。因此，与较厚的盖板相比，较薄的盖板可提供更多的信号，直接影响信噪比参数。表 6-2 列出了针对不同电容感应小部件推荐的丙烯酸覆盖层的最大厚度。

部件	最大厚度 (mm)
按键	5
滑条	5

表 6-2. 丙烯酸覆盖层的最大厚度

由于手指容值还受覆盖层的介电常数的影响，因此介电常数在选择覆盖层的最大厚度中

也起着重要作用。常用玻璃的介电常数 ϵ_r 大约为8，而烯酸的介电常数 ϵ_r 约为2.5。 $\epsilon_r/2.5$ 的比例是塑料覆盖层厚度的估计值，这样可以保持相同的灵敏度。按照该经验法则，常用玻璃覆盖层的厚度可以是塑料覆盖层厚度的3倍，但是仍能够保持相同的灵敏度。

6.1.3 覆盖层粘合剂

盖板与 PCB 之间需要具有良好的机械接触。应该使用绝缘粘合剂薄膜来将盖板粘接至 PCB。此薄膜能够消除盖板和传感器板间的空气间隔，所以会增加系统的灵敏度，建议使用一些高性能丙烯酸粘合剂。

6.2 PCB 布局

阅读本章节您可以设计具有良好的灵敏度和较高信噪比的电容触摸系统。

6.2.1 寄生电容 C_p

C_p 的主要组成部分是走线电容和传感器电容。下面的情况会增加寄生电容 C_p ：

- 传感器焊盘大小增加
- 走线长度和宽度增加
- 传感器焊盘和接地网格之间的间隙减少

应尽量减少走线的长度和宽带，以降低 C_p 值。降低走线长度会增加抗噪能力，减小噪声，提高信噪比。不推荐降低传感器焊盘的尺寸，这样也会降低手指电容，减弱信号强度。

降低 C_p 值的另一种方法是加大传感器焊盘和接地网格之间的间隙。然而，加大间隙同时也会降低抗噪能力。

6.2.2 电路板层

大多数应用都采用双层电路板，传感器焊盘和网格地在顶层，其他所有的组件都在底层。更复杂的PCB会有四层。在基于FR4的PCB设计中，如果电路板的厚度范围介于0.020英寸（0.5mm）到0.063英寸（1.6mm）之间，会使该设计的操作良好。

6.2.3 按键设计

推荐的最佳电容触摸按键使用圆形传感器焊盘，矩形使用圆角矩形。并且要应避免尖角小于 90° ，尖角会集中电场，容易受辐射影响。图 6-3 显示的是建议的按键形状。

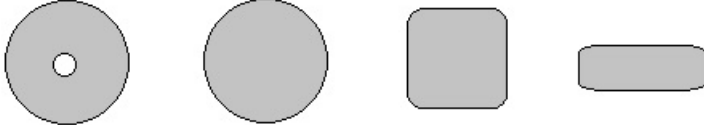

推荐形状	
不推荐	

图6-3. 推荐的按键形状

按键直径范围应介于5 mm到15mm之间，其中，推荐值为10mm。较厚的盖板，则要使用较大的按键直径。

传感器焊盘和接地网格之间的间隙宽度应等于盖板的厚度，其范围为0.5 mm到2 mm，不能超出2mm的范围。

适当选择两个相邻传感器间的距离，使得在触摸按键时手指不会接近传感器焊盘和接地网格之间的间隙，以避免旁边按键上的误触摸检测。

6.2.4 走线长度和宽度

短而窄的PCB走线可以减小传感器的寄生电容。对于标准的PCB，建议使用的最大走线长度为300mm。走线的最大宽度应为7mil (0.18mm)。应使用网格地或网格屏蔽围绕电容触摸传感器走线，走线与接地间的间距介于10mil到20mil (0.25mm到0.51mm) 之间。

6.2.5 走线路径

传感器走线应该布在PCB的底层，这样手指就不能与走线交互干扰。不要将走线直接布在任何传感器焊盘的下方。

电容式感应走线与开关信号或通信线路之间的距离不能小于 0.25mm。通过加大感应走线和其他信号间的距离，可以增强抗噪能力。如果传感器引脚必须与通信线路交叉，确保交叉点呈直角，如图 6-4 所示。

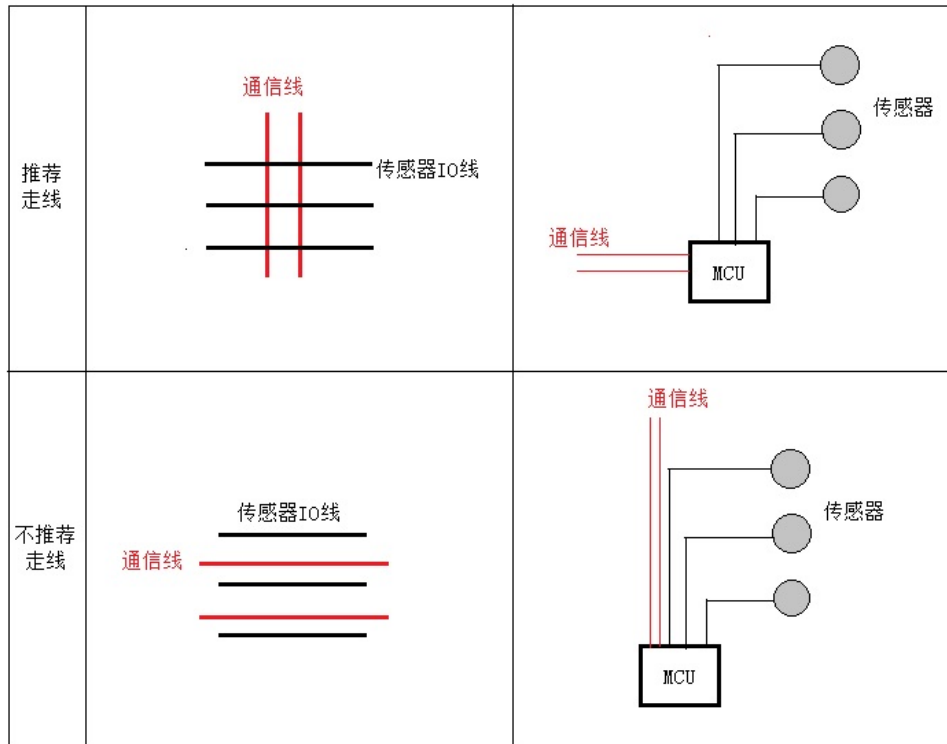


图 6-4. 传感器和通信线路的路由

6.2.6 串扰解决方案

用于屏幕的一个通用背光技术是在传感器焊盘下方安装一个LED，这样可以通过传感器焊盘中间的小孔看到该LED。当LED打开或关闭时，LED走线上的电压跳变会造成电容式传感器输入中的串扰，为避免该串扰，请将触摸传感器和LED走线隔离开。也可以通过利用滤波器去除LED驱动电压的快速转换带来的串扰，如图6-5所示。根据所需的LED响应速度设计该滤波器。

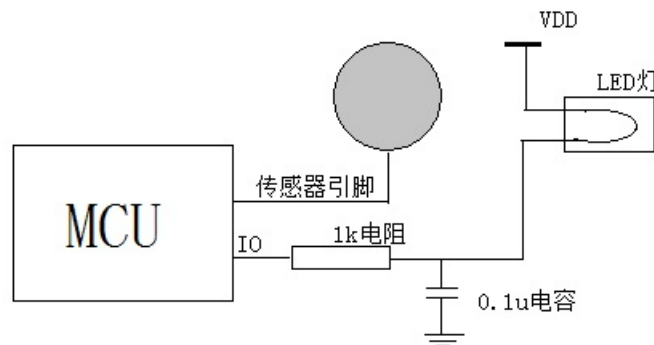


图 6-5. 降低串扰

6.2.7 过孔

为最小化寄生电容，请尽量减少经过电容触摸传感器信号时所使用的过孔数量。将过孔放置在传感器焊盘的边缘上可以短走线的长度，如图6-6所示。

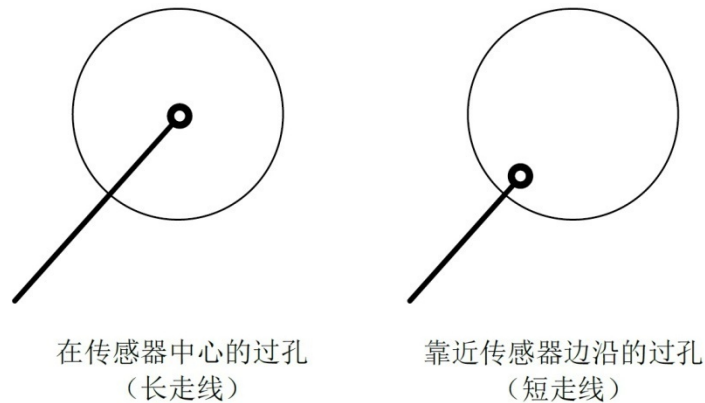


图6-6. 传感器焊盘上的过孔放置

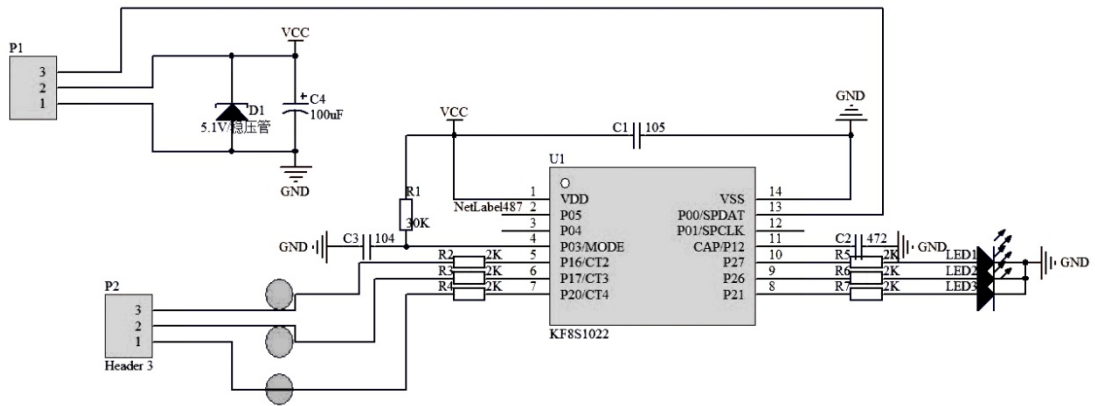
6.2.8 接地

设计接地时，请按照下面的指南进行操作：

- 传感器周围的接地层应该是网格图案。如果PCB的顶层和底层上均使用接地层，顶层应占用25%的网格（7mil的线路，45mil的间距）；底层应占用17%的网格（7mil的线路，70mil的间距）。如果您使用驱动屏蔽层而不是接地层，那么在顶层和底层上均要使用同样的接地网格。
- 应尽可能将电路板上与电容触摸传感器无关的其他部分牢固接地。
- 根据PCB的生产成本，尽量把不同层上的接地层互相拼接在一起。大量拼接各层可降低接地电感，并使芯片接地层更加靠近电源接地层。这样的设计非常重要，尤其是在大灌电流通过接地层（例如，在进行射频过程中）的情况下。

6.2.9 电源布局

较差的 PCB 布局会使影响高灵敏度的传感器正确识别按键的能力。要想在高灵敏度的电容触摸设计中降低噪声，建议在 PCB 布局中要在电源线上带有去耦电容。如图 6-7 所示，VDD 引脚上设置有去耦电容降低电源噪声，去耦电容因放置在近芯片位置。



长：50mm，宽：28mm；触摸盘采用长椭圆，背面走稀疏的横条地

图6-7. 传感器焊盘上的过孔放置

6.2.10 布局规格检查表

您可以通过使用表 6-3 中提供的检查表验证您的布局设计。

序号	类别		最小值	最大值	推荐/备注
1	按键	形状	N/A	N/A	弯曲边缘的圆形和矩形
		大小	5mm	15mm	10mm
		与接地网络的间隙	0.5mm	2mm	应等于覆盖层厚度
2	滑条	滑条段宽度	1.5mm	8mm	8mm
		段之间的间隔	0.5mm	2mm	0.5mm
		滑条段的高度	7mm	15mm	12mm
3	覆盖层	类型	N/A	N/A	具有较高相对介电常数的材料（导电材料除外） 清除传感器电路板和外壳的覆盖层 / 前面板间的空气间隙。
		按键厚度	N/A	5mm	
		滑条厚度	N/A	5mm	

		触控板厚度	N/A	0.5mm	
4	传感器走线	宽度	N/A	7mil	使用符合当前使用的PCB技术的最小宽度。
		长度	N/A	对于标准的 (FR4) PCB, 长度为300mm	该值越小越好
		与地面和其他走线的间距	0.25mm	N/A	使用最大的间隙, 同时尽量缩短走线长度
		布线	N/A	N/A	请在传感器层的反面进行布线。该走线与其他走线隔离开。如果非触摸信号走线走线穿过触摸走线, 则应确保其垂直相交。走线的转向角不可为锐角。
5	过孔	过孔数	1	2	至少需要用一个过孔在传感器层的背面路由走线
		过孔大小	N/A	N/A	10mil
6	地		N/A	N/A	铺设网格状的地覆铜, 以降低寄生电容。典型网格: 顶层上铺设25%网格 (7mil的线路, 45mil的空间) 底层上铺设17%网格 (7mil的线路, 70mil的空间)
7	串联电阻的放置		N/A	N/A	电阻置于芯片引脚的10mm范围内。

表 6-3. 布局规格检查表

6.3 ESD 保护

电容触摸中使用的非导电盖板材料提供了固定的保护功能, 以阻止 ESD。表 6-4 列出了各种覆盖层材料的厚度, 用以避免触摸传感器受 12kV 放电的影响。

材料	击穿电压 (V/mm)	用于避免受12kV ESD影响的最小覆盖层厚度 (mm)
空气	1200 - 2800	10
干木材	3900	3
普通玻璃	7900	1.5
玻璃—硼硅酸盐	13,000	0.9
PMMA塑料	13,000	0.9
ABS	16,000	0.8
聚碳酸酯	16,000	0.8
福米卡	18,000	0.7
FR-4	28,000	0.4
PET薄膜 (280,000	0.04
聚酰亚胺薄膜	290,000	0.04

表 6-4. ESD 保护的覆盖层厚度

6.4 EMC 注意事项

6.4.1 辐射干扰及辐射

当 ChipON 触摸系列芯片提供强大的触摸感应性能时，辐射电能会影响系统的测量，并可能影响处理器核心的运作。干扰会通过传感器走线，并通过其他的数字和模拟输入进入 PCB 级的触摸芯片。电容触摸设备还发出可导致电磁兼容性 (EMC) 问题的辐射。

可使用下列方法来降低辐射干扰。

- 接地层：通常情况下，在 PCB 板上正确放置接地层会降低 RF 辐射和干扰。但是，接近电容触摸传感器或用于将这些传感器连接至芯片引脚的走线的实心接地层会增大传感器的寄生电容。因此，推荐在传感器周围以及传感器下方的 PCB 板底层上使用网格接地层，如 PCB 布局指南中接地层部分所介绍的内容。在器件下方和 PCB 板上远离电容触摸传感器和走线的其他电路部分应使用实心接地层。不建议在电容触摸传感器或走线 1 cm 的范围内使用实心接地层。
- 触摸引脚上串联电阻：每个电容触摸控制器引脚都有一些与之关联的寄生电容 C_p 。如图 6-8 所示，添加一个外部电阻可构成低通 RC 滤波器，从而减少耦合到引脚的 RF 噪声振幅。该电阻和电容触摸传感器的寄生电容组合时，可构成能够明显降低 RF 辐射的低通滤波器。

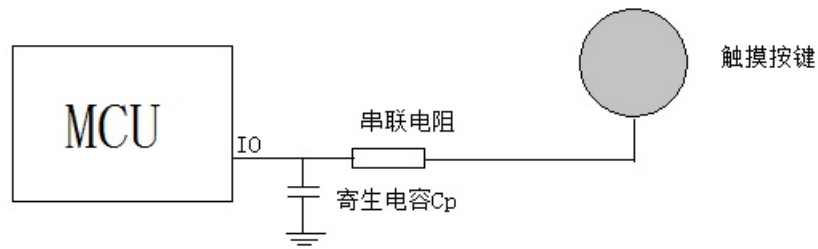


图 6-8. RC 滤波器

应将串联电阻置于靠近器件引脚的地方，以便能够在器件的输入端过滤掉走线所引起的辐射噪声。因此，推荐在距离引脚 10mm 的范围内放置串联电阻，对于 PCB 上使用铜板的电容触摸设计，推荐电容触摸输入线路的串联电阻值为 $1\text{K}\Omega$ ，如果串联电阻值大于 $1\text{K}\Omega$ ，开关电路的较低时间常量可抑制辐射和其干扰，但会限制可传输的电荷量。这样会降低信号等级，进而降低信噪比。小的电阻值对于信噪比较好，但在阻止射频方面却不太有效。

- 数字通信线路上的串联电阻：通信线路，如 I²C 和 SPI，同样能受益于串联电阻，并且推荐通信线路采用 330Ω 的串联电阻。通信线路的走线一般较长，它们同电容触摸传感器走线一样以天线的形式发射干扰。推荐在 I²C 通信线路上采用一个大小为 4.7k 的上拉电阻。
- 减小走线长度：长走线比短走线获得的噪声更多。长走线同样会增加 C_p 值。所以要尽量缩短走线长度。
- 电流环路面积：另一个重要的布局注意事项是，尽量缩短电流返回路径，因为电流是在环路中流通的。除非高速信号具有正确的返回路径，否则返回电流会通过一个较长的回路流通，形成一个较宽的环路，这样会增加辐射和干扰。