

# AN1003

## 电容式触控传感软件实现说明

版本信息	修改日期	描述
1.0	2017-7-10	初版

## 目录

<b>1</b>	<b>简介</b> .....	<b>- 4 -</b>
<b>2</b>	<b>触控检测软件说明</b> .....	<b>- 5 -</b>
2.1	Step1 初始化.....	- 6 -
2.2	Step2 等待并响应中断 .....	- 7 -
2.3	Step3 读取计数值 .....	- 7 -
<b>3</b>	<b>判键响应软件说明</b> .....	<b>- 8 -</b>
<b>4</b>	<b>用户调教流程</b> .....	<b>- 9 -</b>
4.1	按键寄生电容 $C_p$ 充电检查 .....	- 9 -
4.2	外部参考电容 $C_x$ 调教.....	- 10 -
4.3	触控按键灵敏度调教 .....	- 11 -
<b>5</b>	<b>TK 开发程序说明</b> .....	<b>- 13 -</b>
5.1	函数说明.....	- 13 -
5.2	用户软件接口参数 .....	- 14 -
<b>附录 1</b>	<b>TK 模块相关寄存器</b> .....	<b>- 15 -</b>
<b>附录 2</b>	<b>E85F3325PF TK 触控按键扫描通道</b> .....	<b>- 17 -</b>

## 图表目录

图表 1 电容式触控按键示意框图.....	- 4 -
图表 2 电容式触控按键检测软件实现流程图 .....	- 5 -
图表 3 电容式触控按键控制器时钟结构.....	- 6 -
图表 4 TK 开发程序相关变量示意图.....	- 8 -
图表 5 按键寄生电容 $C_p$ 充电示意图 .....	- 9 -
图表 6 外部参考电容 $C_x$ 调教流程 .....	- 10 -
图表 7 触控按键灵敏度调教流程.....	- 11 -
图表 8 E85F3325PF TK 触控按键通道说明 .....	- 17 -

## 1 简介

本应用笔记主要介绍 ESSE MCU 电容式触控按键系统的软件实现方法，ESSE 提供比较完整的软件开发框架，用户只需进行简单修改和移植即可满足应用需求。ESSE 电容式触控按键实现基本原理可参考应用笔记《AN1001\_电容式触控传感简介》。

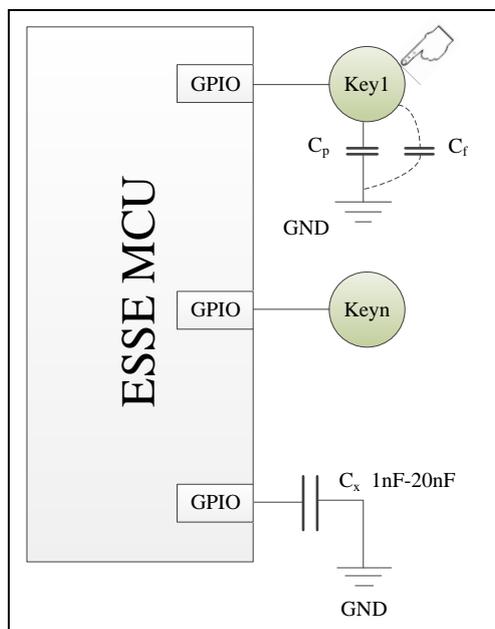
电容式触控按键系统的软件实现可分为两个部分：

### 1. 触控检测

主要实现电容式触控模块的初始化、中断响应、数字计数器数据读取等功能。

### 2. 判键响应

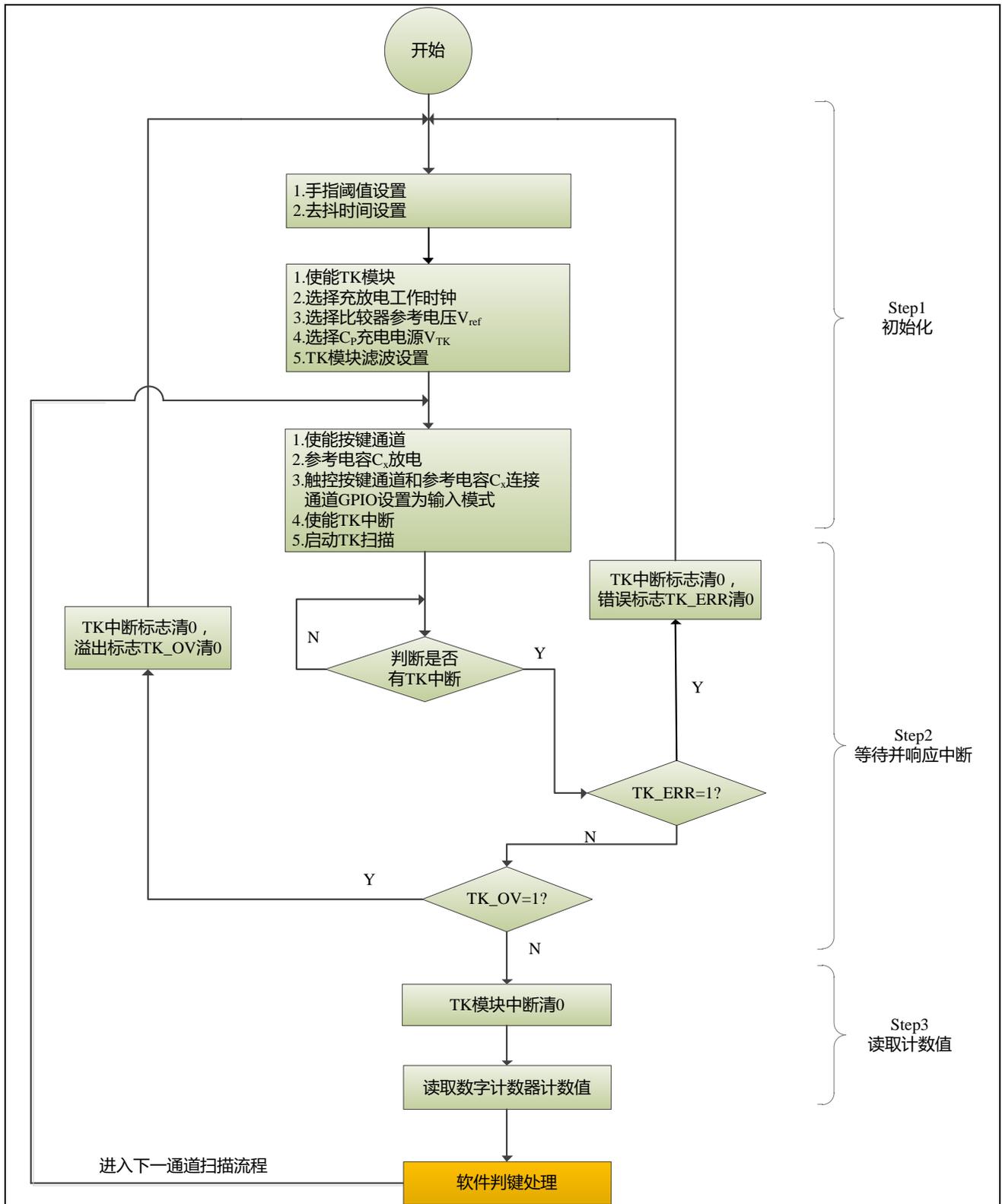
在获取数字计数器计数值之后，软件判断是否有触摸按键的动作，并根据应用需求作相应的输出。



图表 1 电容式触控按键示意框图

当然，在软件代码成型之前，一般需要先对触控按键系统进行调教，确认选用的外部参考电容  $C_x$  的容值，按键寄生电容  $C_p$  充放电频率等是否合适。

## 2 触控检测软件说明



图表 2 电容式触控按键检测软件实现流程图

如图 2 所示，电容式触控按键检测软件实现主要分为 3 部分：

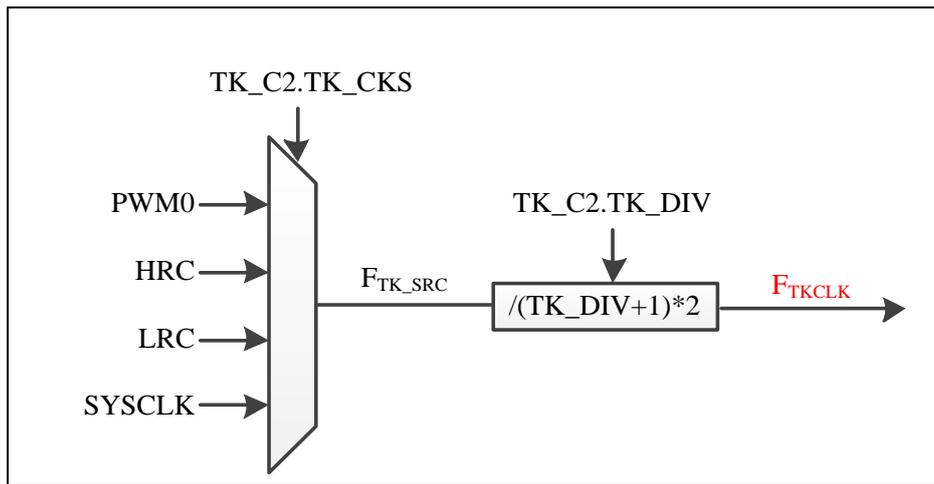
## 2.1 Step1 初始化

手指阈值、去抖动时间设置详见第 4 章相关说明。

- TK 模块时钟配置

配置寄存器 TK\_C2.TK\_CKS 可以选择 PWM0、HRC、LRC、SYSCLK 作为 TK 模块的时钟源，通过配置寄存器 TK\_C2.TK\_DIV 可将时钟分频以满足不同的应用场合。如图 3 所示，时钟  $F_{TKCLK}$  作为 TK 内部数字计数器时钟与充放电开关 SW1/SW2 的控制时钟。

建议在一般应用中选择系统 SYSCLK， $F_{TKCLK}$  频率推荐 4MHz，在低功耗应用时可选择 LRC。



图表 3 电容式触控按键控制器时钟结构

- 比较器参考电压  $V_{ref}$  配置

$V_{ref}$  是比较器的翻转电压，通过配置寄存器 TK\_C1.TK\_VRFS，根据需求选择不同档位的比较电压。同时需要配置寄存器 TK\_VREF\_C 使能 TK 参考电压和寄存器 VREF\_C 使能内部参考电压。一般建议配置  $V_{ref}$  为 1.6V。

- $C_p$  充电基准电源  $V_{TK}$  配置

TK 模块的基准电源 ( $C_p$  充电电源  $V_{TK}$ ) 可选择芯片 VDD 或内部参考电压 VREF 2.5V，可通过寄存器 TK\_C0.TK\_VTKS 进行配置，一般建议选择 VREF 2.5V。

- TK 模块滤波时间配置

可靠性测试时，建议使能滤波功能(配置寄存器 TK\_C1.TK\_FLT)，滤波时间  $T_{FLT} = \frac{TK\_FLT<3:0> + 1}{F_{TKCLK}}$ ，一般建议配置  $TK\_FLT = 3$ 。

- TK 模块按键通道

ESSE 电容式触控按键芯片支持多扫描通道模式，各扫描通道采用分时复用的方式进行工作，需要软件配合通过配置寄存器 TK\_CHEH/TK\_CHEL 分时开启。

- 外部参考电容  $C_x$  放电

通过将外部参考电容  $C_x$  所连接管脚输出 “0” ，将电容放电。

- 启动 TK 扫描

将寄存器 TK\_C0.TK\_GO 置 “1” ，启动 TK 模块开始触控按键扫描。当 TK 模块触发中断时，寄存器 TK\_C0.TK\_GO 自动清 “0” 。

## 2.2 Step2 等待并响应中断

软件在响应 TK 模块的中断时，需要读取扫描溢出标志位 TK\_C0.TK\_OV 与扫描启动错误标志位 TK\_C0.TK\_ERR，判断是否是正常的中断触发。

如果 TK\_C0.TK\_OV 为 “1” ，可调小外部参考电容  $C_x$  的容值；如果 TK\_C0.TK\_ERR 为 “1” ，需要检查外部参考电容  $C_x$  放电是否正常。

## 2.3 Step3 读取计数值

数字计数器统计使能 TK 扫描到比较器输出翻转信号的时间间隔内的充放电次数，可通过寄存器 TK\_CNTH/TK\_CNTL 获取。在获取数字计数器计数值之后，软件进入判键处理流程。

### 3 判键响应软件说明

在 ESSE 提供的触控按键开发程序中，涉及到以下关键变量：

- 当前计数值(RawData)

变量 RawData 代表触发 TK 正常中断时当前数字计数器的计数值。

- 基线值(BaseLine)

变量 BaseLine 代表对一段时间内当前计数值 RawData 的平均追踪值，该数值是软件判断是否有触控按键的基准。

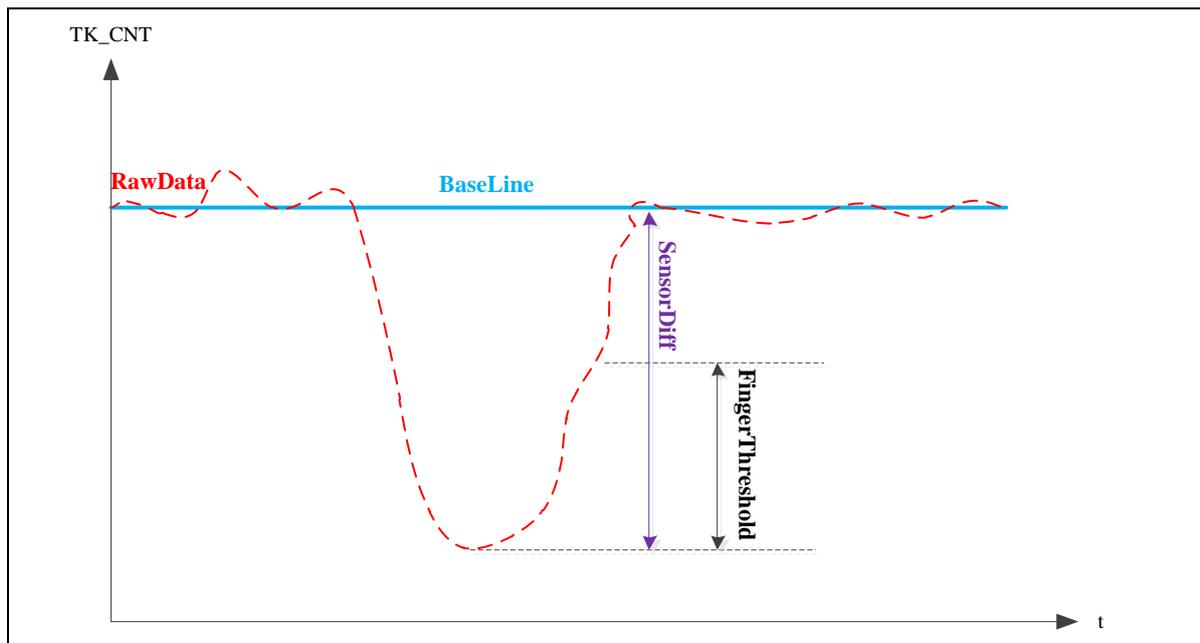
基线值 BaseLine 追踪无触摸情况下 RawData 的变化情况而自动调整，以适应外围环境的变化。

- 差值(SensorDiff)

变量 SensorDiff 代表在有触控按键的情况下当前计数值 RawData 与基线值 BaseLine 之间的差值。

- 手指阈值(FingerThreshold)

变量 FingerThreshold 代表判断是否有触控按键的比较值。简单来说，当差值大于手指阈值时，软件判定存在触控按键。



图表 4 TK 开发程序相关变量示意图

## 4 用户调教流程

用户在编写固件之前需要创建一个稳定合理的触控按键系统，该系统可以高效并很容易的检测到触控按键通道寄生电容的变化情况。

为保证后续的固件开发顺利进行，用户需要做以下检查和调教，其实现过程与 2、3 章节的流程互相配合。

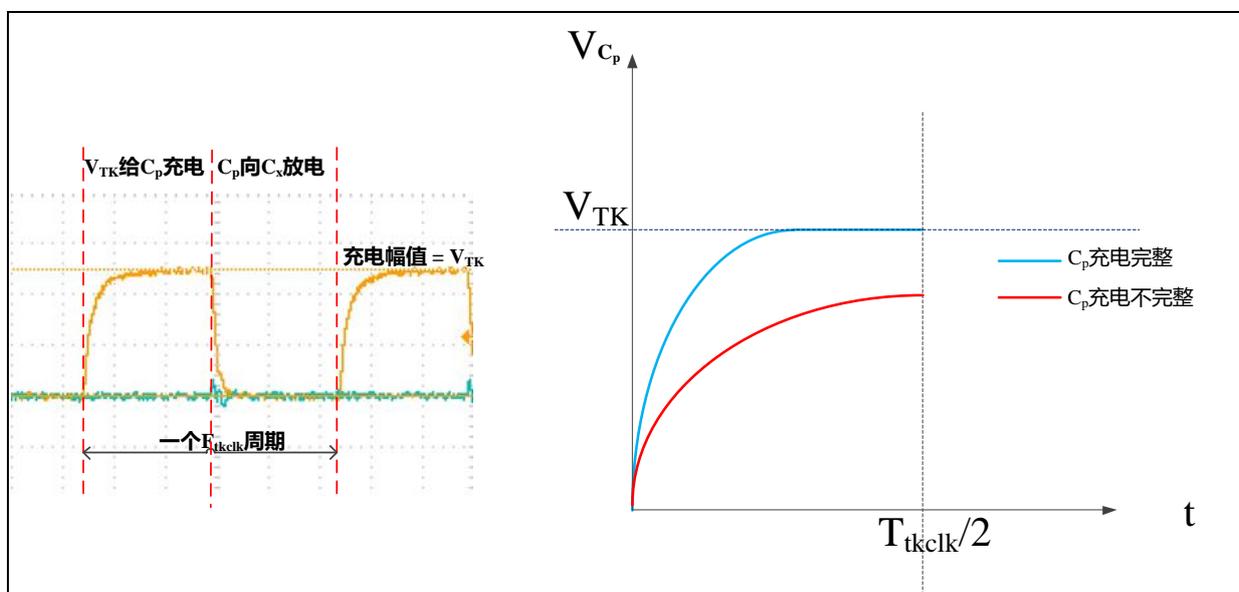
1. 按键寄生电容  $C_p$  的充电是否完整
2. 外部参考电容  $C_x$  的容值选择是否合适
3. 按键灵敏度调教

### 4.1 按键寄生电容 $C_p$ 充电检查

可以用示波器探头测试触控按键焊盘上的充放电情况。在  $F_{TKCLK}$  的高电平期间， $V_{TK}$  对按键寄生电容  $C_p$  进行充电，如果  $F_{TKCLK}$  的频率过快或寄生电容  $C_p$  的电容值过大，可能会出现半个周期内  $V_{TK}$  对  $C_p$  的充电不完整的情况，如图 5 右图红线所示情况。

这种情况将会降低触控按键检测的效率，影响数字计数器统计数据稳定性。需要减小  $F_{TKCLK}$  的频率，在半个周期内使  $V_{TK}$  对  $C_p$  的充电完整，如图 5 右图蓝线所示情况。 $F_{TKCLK}$  频率的设置参考 2.1 章节 TK 模块时钟配置说明。

考虑到在有手指触摸的情况下， $V_{TK}$  的充电对象由  $C_p$  变为  $C_p+C_f$ ，容值增大，且在环境变化时容值增大值存在浮动，在检查  $C_p$  在半个  $F_{TKCLK}$  周期内充电是否完整时需要考虑适当留有余量。

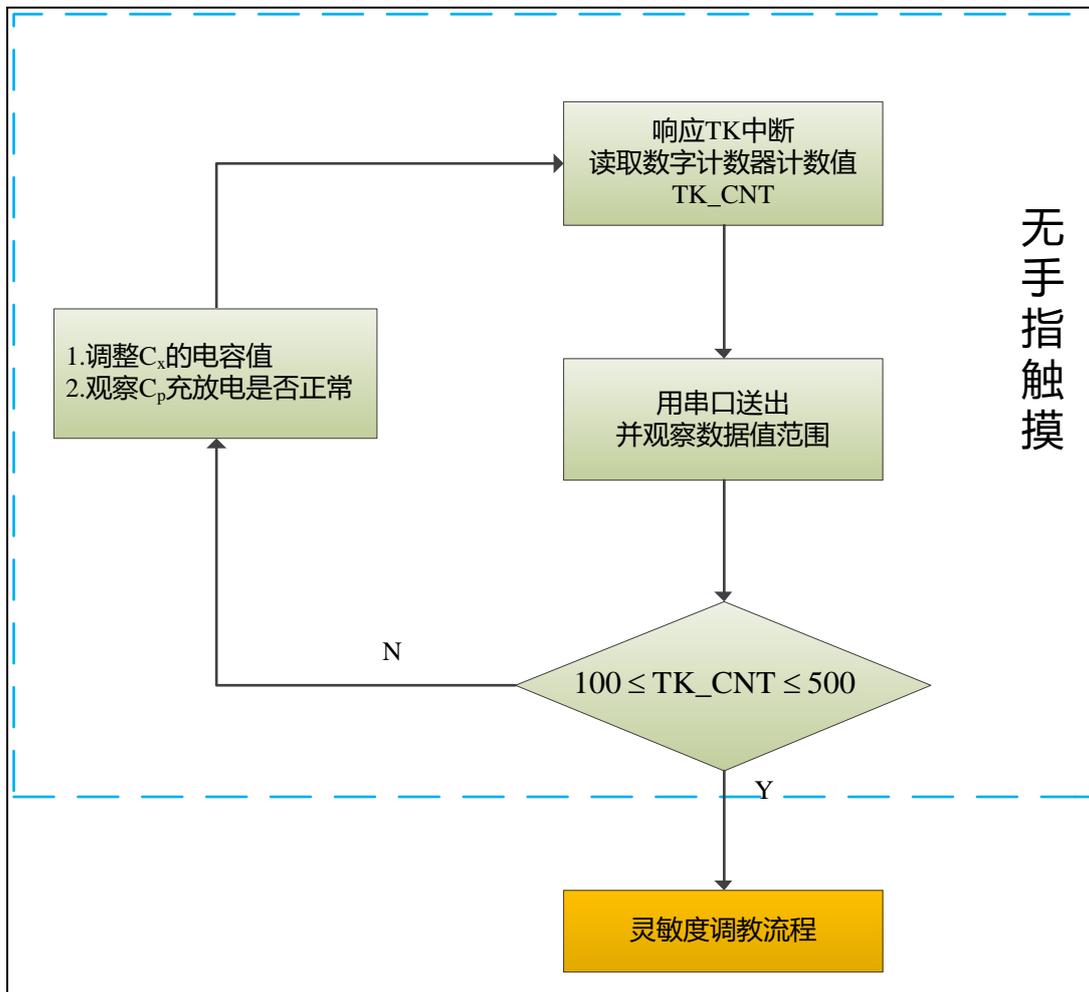


图表 5 按键寄生电容  $C_p$  充电示意图

## 4.2 外部参考电容 $C_x$ 调教

应用笔记《AN1001\_电容式触控传感简介》详细介绍了 ESSE 电容式触控按键的工作原理，其本质是通过统计小电容 ( $C_p$  或  $C_p+C_f$ ) 不断向大电容  $C_x$  “搬运” 电荷使其达到指定电压的“搬运” 次数差异，判断是否存在触控按键动作。

外部参考电容  $C_x$  的大小决定了  $C_p$  充放电的次数。一般建议在没有手指触摸按键的情况下，充放电的次数要处在一个合适的范围内，过小或过大都会给后续软件判键处理带来不便。所以在触控按键系统软件开发之前，需要通过调教检查  $C_x$  的大小是否合适，流程如图 6 所示。

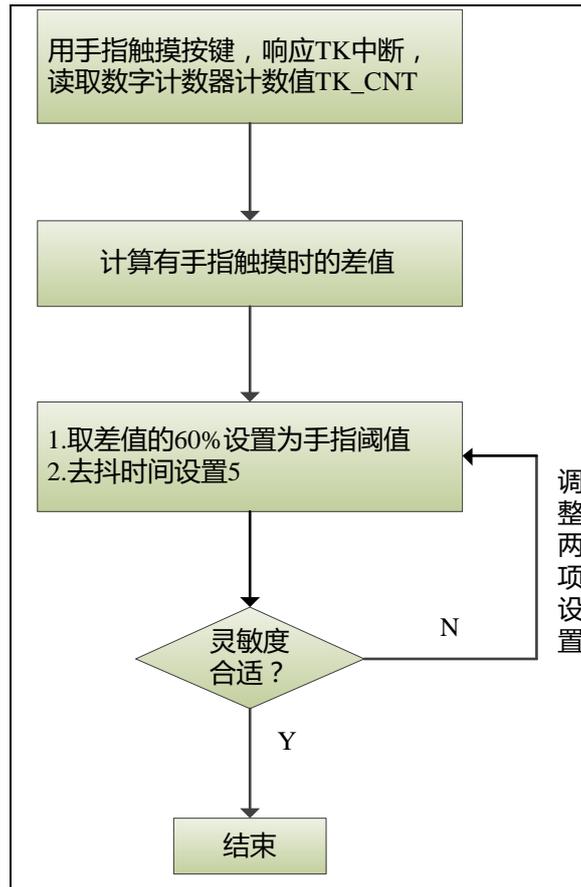


图表 6 外部参考电容  $C_x$  调教流程

一般要求外挂的参考电容  $C_x$  在温度变化时保持稳定性，建议选择电容量和介质损耗比较稳定的 NPO 电容，电容值从 2.2nF 开始调教。

在手指没有触摸按键时，从数字计数器读出的原始计数值在 100~500 范围内比较合适，如果数值太大可适当减小  $C_x$  的容值，如果数值太小可适当增大  $C_x$  的容值。

### 4.3 触控按键灵敏度调教



图表 7 触控按键灵敏度调教流程

- 手指阈值设置(FingerThreshold)

建议手指阈值初始设置值不超过差值的 60%。如果按键灵敏度过低可适当减小阈值，如果按键灵敏度过高或按键不够稳定可适当增大阈值。

在实测或可靠性测试中，不同按键的灵敏度可能会出现差异，可根据需要微调个别按键的手指阈值。

- 按键去抖时间设置(Debounce)

在实际应用中，可能会出现由于误触摸或者随机干扰造成的按键误触发情况，软件增加按键去抖功能可以过滤掉这些干扰，保证按键的稳定性。如果按键灵敏度过低可适当减小去抖时间，如果按键灵敏度过高可适当增大去抖时间。建议去抖时间设置为 10。

注：一般手指阈值与按键去抖时间设置需要联调，以达到合适的触控按键效果。

- 触控按键引线上串联的电阻调整

在应用笔记《AN1002\_电容式触控布板设计指南》中建议用户在触控按键引线靠近芯片端串联—  
300Ω左右电阻，如能保证 EMC 可靠性，可适当降低电阻的阻值，以提高按键的灵敏度。

## 5 TK 开发程序说明

### 5.1 函数说明

ESSE 提供的 TK 开发 demo 程序中，主要调用以下函数：

- main()

调用所有功能函数，完成中断响应、数据处理与按键判断。

- SensorOutput()

调用 RawdataFilter()、BaseLineTrace()、IdentificationSensor()函数，完成对数字计数器计数值的分析判断。

- SensorConfigurer()

完成 TK 模块的初始化。

- RawdataFilter()

提取多次采样获取的当前计数值 Rawdata 的中值，滤除干扰性数据。

- BaseLineTrace()

对当前计数值 RawData 进行追踪，生成基线值 BaseLine。

- IdentificationSensor()

分析当前计数值 Rawdata 与基线值 BaseLine，判断是否发生触控按键。

- TMR2Init()

完成数字计数器 TMR2 模块的初始化。

- UARTInit()

完成 UART 模块的初始化。

## 5.2 用户软件接口参数

在 TK 开发 demo 程序中，用户需要关注以下软件接口参数配置，配置参数在 sensor\_ctl.c 文件中，相关寄存器配置说明可参考附录 1。

```

/*-----TK 软件参数配置-----*/
const uchar    AllSensorNums      = 15;           //支持的按键通道总数
const uchar    UseSensorNum       = 3;           //当前使用的按键通道数
const uchar    Debounce           = 10;         //按键去抖时间设置
const uchar    FingerThreshold[AllSensorNums] = {11, 10, 10}; //手指阈值配置
const uchar    SensorLSel[AllSensorNums]      = {0x04, 0x08, 0x10}; //按键通道使能

/*-----TK 模块相关寄存器配-----*/
extern const uchar    REG_VREF_C      = 0xEB;    //使能芯片内部参考 VREF
extern const uchar    REG_TK_VREF_C  = 0x08;    //使能 TK 参考
extern const uchar    REG_TK_C1      = 0x06;    //比较器 Vref选择 1.6V
extern const uchar    REG_TK_C0      = 0xF0;    //使能 TK 模块，选择 VTK
extern const uchar    REG_TK_C2      = 0x04;    //选择系统时钟 4 分频作为 TK 时钟

/*-----TK 模块中断使能-----*/
extern const uchar    REG_AN_IE      = 0x01;    //使能 TK 中断
    
```

注：芯片上电后，TK 模块的各个按键通道默认输入使能。

## 附录 1 TK 模块相关寄存器

### TK\_C0 TK 控制寄存器 0

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0	RW-0	—	—	R-0	R-0	—	RW-0
<b>TK_EN</b>	<b>TK_VTKS</b>	—	—	<b>TK_OV</b>	<b>TK_ERR</b>	—	<b>TK_GO</b>

- Bit7 **TK\_EN** : TK 模块使能位  
1 : 使能  
0 : 关闭
- Bit6 **TK\_VTKS** : TK 模块基准电源选择位  
1 : VREF 2.5V  
0 : VDD
- Bit5-4 保留
- Bit3 **TK\_OV** : TK 扫描溢出标志位  
1 : 上一次扫描结果溢出  
0 : 上一次扫描结果未溢出
- Bit2 **TK\_ERR** : TK 扫描启动错误标志位  
1 : 上一次扫描发生启动错误  
0 : 上一次扫描未发生启动错误
- Bit1 保留
- Bit0 **TK\_GO** : TK 扫描触发位  
1 : 启动 TK 扫描  
0 : TK 扫描已完成

### TK\_C1 TK 控制寄存器 1

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000				—	RW-000		
<b>TK_FLT&lt;3:0&gt;</b>				—	<b>TK_VRFS&lt;2:0&gt;</b>		

- Bit7-4 **TK\_FLT<3:0>** : TK 滤波控制位  
0000 : 滤波关闭  
其他 : TK 滤波时间  $T_{FLT} = \frac{TK\_FLT<3:0> + 1}{F_{TKCLK}}$
- Bit3 保留
- Bit2-0 **TK\_VRFS<2:0>** : TK 检测阈值选择位, 需使能 VREF 模块, 请查看 22 节  
111 : 2.0V      110 : 1.6V      101 : 1.4V      100 : 1.2V  
011 : 1.0V      010 : 0.8V      001 : 0.6V      000 : 0.2V

### TK\_C2 TK 控制寄存器 2

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-00_0000						RW-00	
<b>TK_DIV&lt;5:0&gt;</b>						<b>TK_CKS&lt;1:0&gt;</b>	

- Bit7-2 **TK\_DIV<4:0>** : TK 扫描时钟分频位  
 $F_{TKCLK} = \frac{F_{TK\_SRC}}{(TK\_DIV<5:0> + 1) \times 2}$
- Bit1-0 **TK\_CKS<1:0>** : TK 扫描时钟源 TK\_SRC 选择位  
11 : 选择 PWM0 波形输出  
10 : 选择 HRC  
01 : 选择 LRC  
00 : 选择系统时钟 SYSCLK

**TK\_CHEL TK 扫描通道使能寄存器低 8 位**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
TK_CHE<7:0>							

Bit7-0 **TK\_CHE<7:0>** : TK 扫描通道使能位 ( TK\_CHE<0>对应内部通道 )  
 1 : 使能 TKn 扫描通道  
 0 : 关闭 TKn 扫描通道

**TK\_CHEH TK 扫描通道使能寄存器高 8 位**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
TK_CHE<15:8>							

Bit7-0 **TK\_CHE <15:8>** : TK 扫描通道使能位  
 1 : 使能 TKn 扫描通道  
 0 : 关闭 TKn 扫描通道

**TK\_CNTL TK 扫描结果寄存器低 8 位**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
TK_CNT<7:0>							

Bit7-0 **TK\_CNT<7:0>** : TK 扫描结果低 8 位

**TK\_CNTH TK 扫描结果寄存器高 8 位**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
TK_CNT<15:8>							

Bit7-0 **TK\_CNT<15:8>** : TK 扫描结果高 8 位

**VREF\_C VREF 配置寄存器**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
VREF_C<7:0>							

Bit7-0 **VREF\_C<7:0>** : VREF 配置位  
 EBH : 使能内部参考电压  
 00H : 关闭 VREF 模块  
 其他 : 保留

**TK\_VREF\_C TK 模式下参考配置寄存器**

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RW-0000_0000							
TK_VREF_C <7:0>							

Bit7-0 **TK\_VREF\_C <7:0>** : TK\_VREF\_C 配置位  
 08H : 使能 TK 参考电压  
 00H : 关闭 TK 参考模块  
 其他 : 保留

## 附录 2 E85F3325PF TK 触控按键扫描通道

PIN	通道	通道使能设置	
		TK_CHEL	TK_CHEH
P00	TK1	0x02	0x00
P01	TK2	0x04	0x00
P02	TK3	0x08	0x00
P05	TK4	0x10	0x00
P06	TK5	0x20	0x00
P07	TK6	0x40	0x00
P10	TK7	0x80	0x00
P11	TK8	0x00	0x01
P12	TK9	0x00	0x02
P13	TK10	0x00	0x04
P14	TK11	0x00	0x08
P15	TK12	0x00	0x10
P16	TK13	0x00	0x20
P17	TK14	0x00	0x40
P21	TK15	0x00	0x80
P20	外部参考 C <sub>x</sub> 通道	-	-

图表 8 E85F3325PF TK 触控按键通道说明