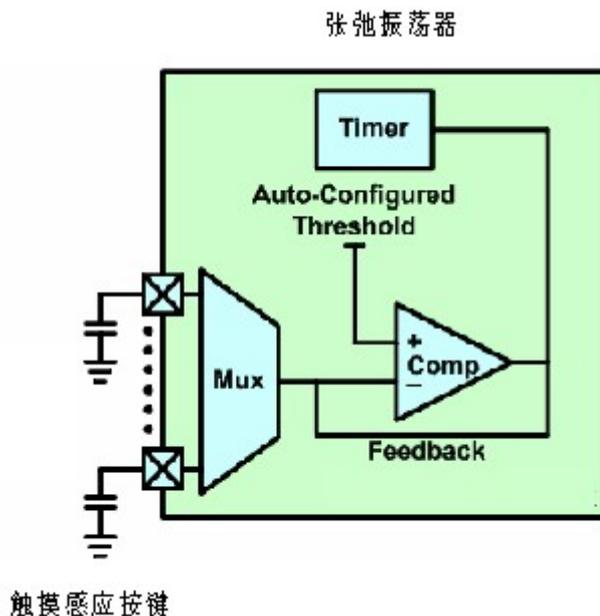


# Silicon Labs 电容式触摸感应按键技术原理及应用

作者：陈林 / 益登科技北中国区技术营销副经理

市场上的消费电子产品已经开始逐步采用触摸感应按键，以取代传统的机械式按键。针对此趋势，Silicon Labs 公司推出了内置微控制器 (MCU) 功能的电容式触摸感应按键 (Capacitive Touch Sense) 方案。电容式触摸感应按键开关，内部是一个以电容器为基础的开关。以传导性物体（例如手指）触摸电容器可改变电容，此改变会被内置于微控制器内的电路所侦测。

## 电容式触摸感应按键的基本原理



◆Silicon Labs 现提供一种可侦测因触摸而改变的电容的方法

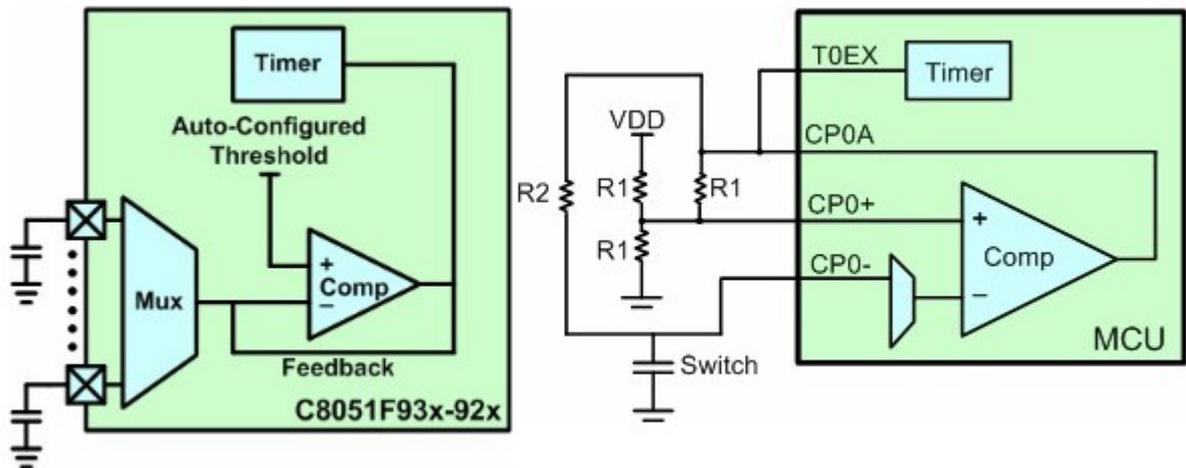
电容式触摸感应按键的基本原理就是一个不断地充电和放电的张弛振荡器。如果不触摸开关，张弛振荡器有一个固定的充电放电周期，频率是可以测量的。如果我们用手指或者触摸笔接触开关，就会增加电容器的介电常数，充电放电周期就变长，频率就会相应减少。所以，我们测量周期的变化，就可以侦测触摸动作。

### 具体测量的方式有二种：

(一) 可以测量频率，计算固定时间内张弛振荡器的周期数。如果在固定时间内测到的周期数较原先校准的为少，则此开关便被视为被按压。

(二) 也可以测量周期，即在固定次数的张弛周期期间计算系统时钟周期的总数。如果开关被按压，则张弛振荡器的频率会减少，则在相同次数周期会测量到更多的系统时钟周期。

Silicon Labs 推出的 C8051F9xx 微控制器 (MCU) 系列，可通过使用芯片上比较器和定时器实现触摸感应按键功能，连接最多 23 个感应按键。而且无须外部器件，通过 PCB 走线/开关作为电容部分，由内部触摸感应按键电路进行测量以得知电容值的变化。



#### ◆以 Silicon Labs 的 MCU 实现触摸感应按键

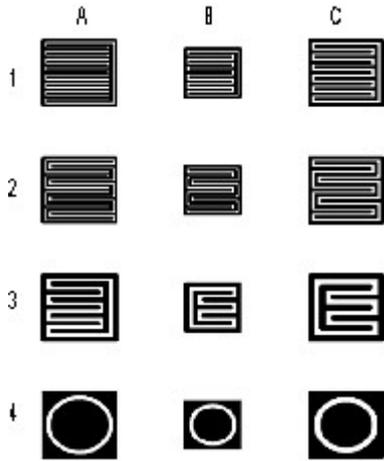
利用 Silicon Labs 其它 MCU 系列，仅需搭配无源器件，即可实现电容式触摸感应按键方案。与 C8051F93x-F92x 方案相比，唯一所需的外部器件是 (3+N) 电阻器，其中 N 是开关的数目，以及 3 个提供反馈的额外端口接点。C8051F93x-F92x 之外，Silicon Labs 其它 MCU 系列可直接连接 12 个开关，或者通过外部模拟多路复用器连接更多开关。

#### 设计触摸感应按键开关

因为我们要侦测电容值的变化，所以希望变化幅度越大越好。现在，有三个主要因素会影响开关电容及变化幅度。

- PCB 上开关的大小、形状和配置
- PCB 走线和使用者的手指间的材料种类
- 连接开关和 MCU 的走线特性

我们测试了下图中的 12 种不同开关。目的是为了发现开关的形状尺寸会如何影响开关的空闲和被接触的状态，还可以发现哪一种开关的空闲电容最大，就不容易被 PCB 上的寄生电容而影响。测试结果表明，在特定区域中的开关越大且走线越多，则此开关的闲置电容便越高。图中的环状开关具有最低的电容，所以当开关动作时，可显现最大的电容相对变化。



◆开关的形状尺寸会如何影响开关的空闲和被接触的状态

由于开关上方的材料种类，会影响闲置电容和电容的变化率。我们还测试了玻璃、有机玻璃 Mylar 聚酯薄膜、ABS 塑料和 FR4 玻璃纤维，这几种不同材料。我们发现，尽可能使用最薄的材料，使电容变化极大化。而且，建议使用具有高介电常数的材料，例如玻璃，以增加开关的绝对电容。

**总结**

Silicon Labs 的电容式触摸感应按键的优点很多。首先，只需要很少的微控制器开销 (overhead)。设计一个开关仅需 443 字节码空间，每多增加一个开关仅需多增加额外的 1 字节。硬件资源只需要一个比较器和定时器。还可以采用高效率算法，让微控制器可以进入低功耗模式，并能定期唤醒以侦测开关动作。总体只占用低于 0.05% 的 CPU 资源。其次，没有外部硬件开销。可以将开关走线直接连至 MCU 端口管脚，无须其它外部的反馈电阻器或电容器。

而且芯片配置也很简单。无论开关使用为何材料，完成都很容易。另外，按键的侦测，不易受到噪声和供应电压的影响。不受 50/60 Hz 噪声的影响，也不需要精密电压源 (VDD)。

**常见问答** (摘自2008年12月Silicon Labs在线座谈中的问答环节)

问题	回答
问：如何调整触摸灵敏度？是设计时固定的，还是到现场可以进行调整的？	答：灵敏度是通过实验来做的，客户可以对不同状况下的值进行记录，然后保存到 flash 中，这样实际使用时，不同状况下，系统会用不同值来工作，实现适合的灵敏度。灵敏度是设计时确定的，也可以设计成自学习型的。
问：一个开关需要一个定时器和一个比较器，多个开关是共用定时器和比较器吗？	答：对于多个开关，采用一个多路复用器，就可以共同使用一个定时器和比较器了。
问：如何消除和区分电容触摸的误触摸？	答：确定触摸式按键是否被按下可以通过检测频率或者周期来实现。而消除和区别误触摸，则要通过软件上一些校准的算法来实现。具体

	的信息，可以登陆 <a href="http://www.silabs.com">www.silabs.com</a> 下载详细的参考应用。
<b>问：</b> 贵公司的电容式触摸芯片有休眠功能吗？如何唤醒？	<b>答：</b> 有休眠功能，我们 F9xx 系列单片机支持 sleep、suspend 睡眠状态。可以通过 I/O、外部中断、比较器等唤醒。
<b>问：</b> 和电阻式触摸按键相比，电容式触摸按键有哪些优点，是否存在不足？	<b>答：</b> 电阻式的要用 A/D 采样，并且人的电阻很大，采样比较困难，每个人的电阻差异也很大。抗干方面，电容式的更好一些。
<b>问：</b> 我的手要在按键放多久才能被检测？	<b>答：</b> 人的动作是以百毫秒来计算的，而 IC 内部检测是否有按键按下的时间通过数千个机器周期就可以确定，时间等级差很多。因此基本上手一放上去就会被检测到。
<b>问：</b> 电容式触摸按键有没有防水防潮设计，如果使用环境在一些潮湿场所，例如啤酒生产，使用电容式触摸按键是否合适？	<b>答：</b> 你可以在“电容式触摸按键”的外面加一层塑料或其他介质进行保护。另外，当“按键”受到污染，“空闲电容，idle capacitance”变大时，你可使用算法来刷新/标定你的检测门限(重新标定时间常数，RC)。
<b>问：</b> c8051F9xx 可以同时监测多少路的按键动作？处理速度能达到多少？	<b>答：</b> C8051F9xx 最高速度是 24.5MHz，电容感应的响应时间是由电容充放电时间决定的，即与时间常数有关。一般一个周期为 1000~2000 个系统时间周期/SYSCLK，故响应时间小于为 $2*2000*1/24.5\text{MHz} = 160\mu\text{s}$ 。 人的动作为上百 ms 级的，MCU 有足够的时间去处理按键响应。由于受到 I/O 口的限制，C8051F9xx 最多能做到 23 个按键。
为了提高按键的抗干扰能力，在绘制 PCB 图时应注意哪些问题？	<b>答：</b> 按键与单片机 I/O 间走线需要越短越好。
为了提高按键的灵敏度和准确度，编程时应如何如何对其进行处理？	<b>答：</b> 灵敏度和准确度是相反的一组值。你必须自己选一个中间值来平衡。
如果我想更多的了解和学习电容式触摸按键技术，请问有无相关书籍和资料课提供？谢谢	<b>答：</b> 有的，我们有电容按键的参考设计，包含软硬件以及源代码。请到 <a href="http://www.silabs.com">www.silabs.com</a> 网站上下载应用文档，AN338 Capacitive Touch Sense Solution.pdf，也可以联系我们益登科技相关办事处，获取详细设计资料及指导。
假如我需要开发电容式触摸按键技术，请问我应该买什么开发工具和软件？	<b>答：</b> 可以购买我们提供的 C8051F931-based ToolStick 与 Capacitive Touch Sense，或者 C8051F930DK 等开发套件，套件中包含设计资料和参考代码。