

因为美观、维护、成本和卫生等原因，**触摸屏技术**开始向消费市场以外的医疗、工业和汽车市场渗透。随着触摸屏的问世，出现了多项触控技术，如电容、电阻、电感、表面声波和红外线触控技术。每种设计技术都有各自的优缺点。电容式触摸屏基于印刷电路板上的电极设计，因触控键、滑块和滚*能而深受用户喜爱，轻松的触控功能为用户体验增色很多。表面声波触控技术基于声波，存在于需要透明的显示屏设计中，例如游乐园和人流很大的室内环境。红外线触控技术基于光线间断方法，主要用于低分辨的超大屏幕。电感式触摸屏技术主要用于塑料、铝制或不锈钢的面板，或者会暴露于液体的面板。其中，电阻式触摸屏技术的成本竞争力最高，而且很容易集成到嵌入式设计内。这项技术主要用于设计面板尺寸不超过19英寸的触摸屏。对手指触摸检测和手写笔检测的支持扩大了电阻触控技术在消费电子中的应用范围(见图1)。



图 1:手指和手写笔检测功能让电阻式触摸屏更好用

本文将主要探讨电阻触摸屏技术的特点、设计过程中应注意的问题以及潜在的应用领域。

了解电子触控传感器的设计和控制器选型要求

因为电阻触摸屏现在很容易买到，而且价格随时间逐渐下降，所以此项技术的应用范围越来越广。为了选择最佳的触摸屏技术，应用设计人员必须深入考虑应用需求。电阻式触摸屏技术只需一个简易的印刷电路板设计，不像电容式和电感式触摸屏技术，需要在印刷电路板上设计电极或线圈蚀刻。因为触摸屏直接覆盖在显示屏上，所以可以节省机械开关或电容式触控键电极所需的印刷电路板空间。建议不要把电阻式触摸屏用于恶劣的环境中，例如经常爆炸或灰尘过多的矿区或工地。电阻式触摸屏上很少的破损都会影响触控精确度和线性。

电阻式触摸屏工作原理

1. 电阻式触摸屏是表面覆盖触摸响应薄膜的透明玻璃板。
2. 电阻式触摸屏面板有两个电阻层(氧化铟锡)组成，中间是一层很薄的分隔层。

3. 电阻触摸屏的两个薄膜层组成一个电阻网络，充当触摸位置检测功能的分压电路。
4. 触摸屏会在电阻网络组成的分压器上引起电压变化，这个电压用于确定触摸屏的触点位置。
5. 触摸屏控制器(TSC)把捕捉的模拟电压信号转换成数字触摸坐标信号。内置模数转换通道，充当测量模拟电压的电压计。
6. 在触摸屏后，起到电压计作用的触摸控制器首先在 X+点施加电压梯度 VDD，在 X-点施加接地电压 GND。然后，检测 Y 轴电阻上的模拟电压，并把模拟电压转换成数值，用模数转换器计算 X 坐标(图2)。在这种情况下，Y-轴变成感应线。同样地，在 Y+和 Y-点分施加电压梯度，可以测量 Y 坐标。
7. 某些触摸控制器还支持触摸压力测量，即 Z 轴测量。测量 Z 轴坐标时，电压梯度施加在 Y+轴和 X-轴上。

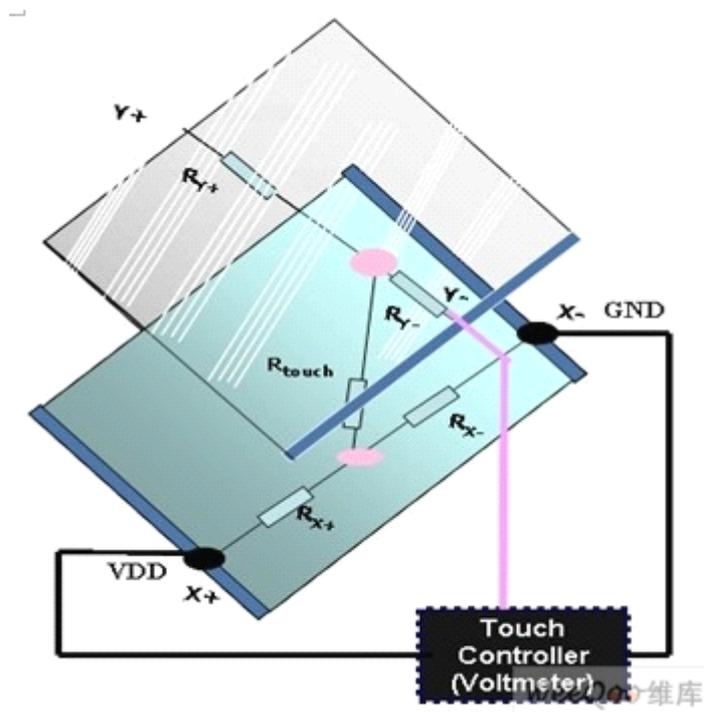


图 2:电阻式触摸屏:X 坐标测量:

电阻触感主要有两种形式：软件触感解决方案和专用触摸屏控制器芯片。

在软件触感解决方案中，微控制器须担负所有的触控检测和坐标计算任务。基于微控制器的软件算法采用内部的微控制器进行触摸位置电压测量，执行触摸检测功能和坐标处理功能。

在专用触摸屏控制器内，控制器向系统主机(微控制器)发起一个检测触摸事件的中断请求，并输出代表触摸坐标的数字数据。然后主处理器(MCU)读取数字数据，执行客户期待的操作命令。

基于 MCU 计算参数的设计方法要求主处理器的速度非常快，只有这样才能管理频繁的触摸操作。对于快速触摸检测应用，这不是一个非常可靠的设计。因为没有数据平均和触摸检

测延时功能，这类设计的检测精度比较低。具有数据采集、测量值平均、触摸检测延时配置和数字触摸坐标计算功能的专用触摸屏控制器芯片才是真正的触摸屏控制器。这些芯片易于集成到产品设计中，具有更高的性能。

电阻触摸屏分类

按照触摸屏上的感应线数量，电阻式触摸屏可再分为三大类：4线、5线和8线。4线触摸屏的条形电极安装在两个不同的电阻层(X+、X-在同一层，Y+、Y-另一个电阻层上)。5线触摸屏只在底层上有圆形电极(X+、X-、Y+和Y-)。顶层用于在触摸过程中测量电压，电压梯度只施加在底层上。

8线触摸屏的工作原理与4线触摸屏相似。只是给每一条线增加一个参考电压线，所以最后的总线数达到8条。新增的4条线分别用于给原来的4条线提供参考电压。8线触摸屏采用比例测量模数转换器的测量原理。

因为成本低廉，触摸感应算法简单，4线触摸屏被广泛用于低端消费电子产品。5线和8线触摸屏主要用于昂贵的高端医疗设备和重要的工业控制器。

触摸屏解决方案的主要组件包括触摸屏面板、触摸屏控制器(TSC)、显示面板和主处理器，如图3所示，主处理器可以是一个低端的微控制器。主处理器利用一线或两线接口协议(I2C/SPI)管理触摸屏控制器的初始化，以及读取数字坐标数据。主处理器还负责把用户触摸转换成所需的操作，如音量调节、图片更换或书写显示。大多数消费电子产品都有显示面板，同一显示面板上可显示人机互动图标。

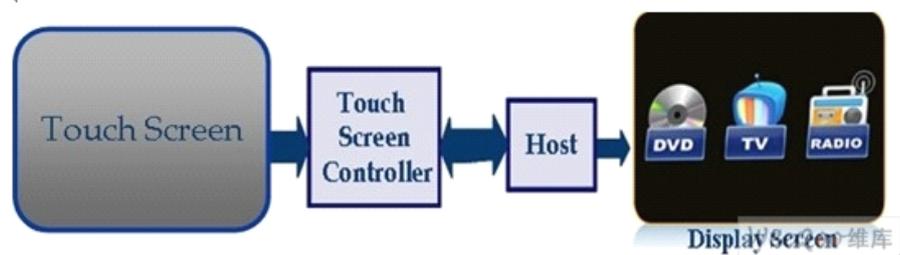


图 3:电阻式触感解决方案结构图

设计一个带触感用户界面的应用系统，设计复杂性取决于触摸屏分辨率的要求。触摸屏分辨率还取决于触摸屏控制器的模数转换器分辨率。另一个重要因素是触摸屏控制器的功耗，建议选用一个具有中断功能和低功耗待机模式的控制器。当没有触摸操作时，控制器进入低功耗的待机状态，以节省电能；当检测到触摸事件时，控制器将会唤醒，执行触摸电压解码功能。这个功能成为便携设备的一个基本要求，因为便携设备电池中的每库仑电量都非常宝贵。

选用一个内置缓存的触摸屏控制器对于频繁的触摸检测应用十分有益。例如，书写是连续的触摸操作，如果触摸屏控制器包括一个FIFO缓存，那么可以在FIFO缓存装满后再进行数据处理，这可降低主处理器的处理开销。当屏幕较大(>6英寸)时，触摸屏导电板拾起的噪声会影响触摸屏的精度，在触摸屏上(在X+/X-、Y+/Y-轴)增加电容器，可降低高频噪声。

一个电阻触摸屏实例

为了弄明白电阻式触感解决方案的原理，我们分析一个现成的低成本手写板解决方案

(图 4)。在这个实例中，电阻触摸屏控制器采用 ST 的先进 STMPE811 控制器，主处理器采用 ST 的 STM32 高密度 32 位微控制器。



图 4: 手写板解决方案

该解决方案让用户在 TFT-LCD 面板上感受实时手写的妙处。在一个 4 线电阻式触摸屏上，手写笔的 X 和 Y 坐标被映射到 TFT-LCD 面板内的一个线绘上。在现有的手写板设计中，2.4 英寸触摸屏安装到 2.4 英寸 (QVGA 分辨率) TFT-LCD 面板上。大多数手机和 PDA 都采用低分辨率的显示屏。为确保触摸检测坐标精确映射到显示屏上，应特别注意触摸屏和显示面板的分辨率。沿触摸屏电阻轴 (X/Y) 的触摸坐标变化是另一个重要考虑因素，这个问题与触摸屏的品牌有关。在某些触摸屏上，从触摸屏控制器取得的坐标值沿触摸屏的轴从上向下逐渐变小，反之亦然。

在本例中，触摸屏控制器通过 I2C 协议接口连接 32 位微控制器。TFT-LCD 面板通过微控制器的灵活接口 (FSMC) 与微控制器相连，通过微控制器配置触摸屏控制器的各种参数，如模数转换器采样速度和平均值。除 I2C 协议接口外，触摸屏控制器提供一个输出中断引脚，用于向主处理器发起触感检测中断请求。该中断引脚与微控制器的外部中断端口引脚相连。本解决方案采用的触摸屏控制器包括一个 12 位模数转换器和一个可暂存 128 个触摸数据集的 FIFO 缓存。当触摸屏控制器检测到触摸事件时，微控制器就会从外部中断端口引脚收到一个中断请求，然后通过 I2C 协议读取触摸屏控制器 FIFO 缓存内的数据。每个 X 轴和 Y 轴坐标数据都使用一个 12 位数值。从触摸屏坐标到像素显示器坐标的软件映射，计算基数是显示器面板的分辨率和触摸屏的分辨率。微控制器处理 TFT-LCD 像素显示器的坐标，然后显示相应的 TFT-LCD 像素。12 位模数转换器的分辨率完全够用。因此，可以获得非常精确的触点，这可以让连续的像素发光，为用户提供实时的线绘感觉 (图 5)。

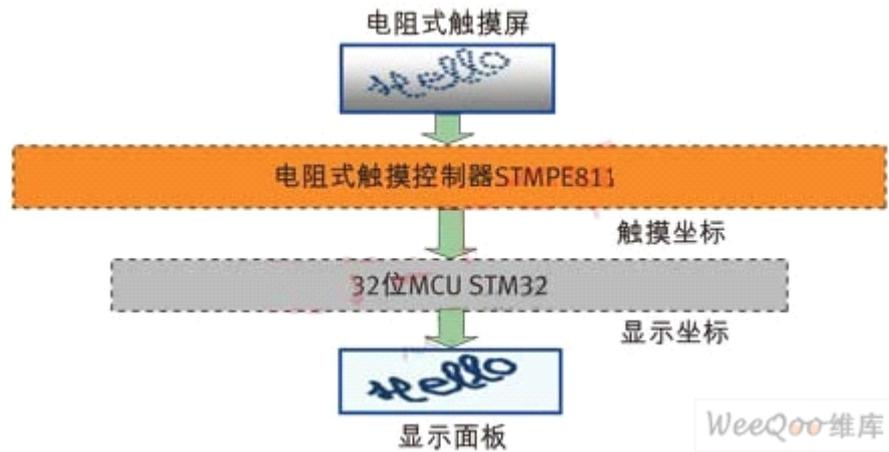


图 5:手写板实现流程

因为触摸屏控制器内置 FIFO 缓存，管理微控制器处理开销变得很容易。此外，还可在显示面板的一侧显示彩色表格。文本的颜色可以选择，只要点击表格中的一种颜色，下一个线绘就会变成所选颜色。该方案还提供一个清除按钮的图标，当屏幕充满内容时，触摸这个按钮可清理屏幕。利用这种方式，设计人员可轻松实现一个画笔功能。这个应用可能是孩子画画工具箱的基础。(Menka Tangri, 意法半导体)

更多资料 [照明开发者](#)