

# AD7879 控制器支持在阻性触摸屏上实现手势识别

作者：Javier Calpe、Italo Medina、Alberto Carbajo、María José Martínez

对于各种消费、医疗、汽车和工业设备，增强的低成本触控式用户界面是一个极具价值的特性。在许多消费电子应用中，设计师偏向使用容性触摸屏，而不愿使用阻性触摸技术，原因是前者可以跟踪手指，似乎能够提供更友好的用户交互体验。目前，低成本阻性技术的应用市场包括：只需要单点触控、至关重要的极其精确的空间分辨率、利用触控笔来实现特定功能（如亚洲语言符号识别等），或者用户必须戴手套的场合。

虽然阻性技术传统上是用来检测屏幕上“单点触摸”的位置，但本文提出了一个创新的“两点触摸”概念，它利用阻性触摸屏控制器 AD7879 在廉价的阻性触摸屏上检测最常见的双指手势（缩放、捏合和旋转）。

## 阻性触摸屏的经典方法

典型的阻性触摸屏包括两个平行的氧化铟锡(ITO)导电层，中间的间隙将两层分开（图 1）。上层(Y)的边缘电极相对于下层(X)的边缘电极旋转 90°。当对屏幕的一个小区域施加压力，使这两层发生电气接触时，就发生了“触摸”现象。如果在上层的两个电极之间施加一个直流电压，而下层悬空，则触摸将使下层获得与触摸点相同的电压。判断上层方向触摸坐标的方法是测量下层的电压，以便确定触摸点处的电阻占总电阻的比值。然后交换两层的电气连接，获得触摸点在另一个轴上的坐标。

连接直流电压的层称为“有源”层，电流与其阻抗成反比。测量电压的层称为“无源”层，无相关电流流经该层。发生单点触摸时，在有源层中形成一个分压器，无源层电压测量通过一个模数转换器读取与触摸点和负电极之间的距离成比例的电压<sup>1</sup>。

由于成本低廉，传统的 4 线阻性触摸屏深受单点触控应用的欢迎。实现阻性多点触控的技术有多种，其中总是会用到一个矩阵布局屏幕，但屏幕制造成本高昂得吓人。此外，控制器需要许多输入和输出来测量和驱动各个屏幕带，导致控制器成本和测量时间增加。

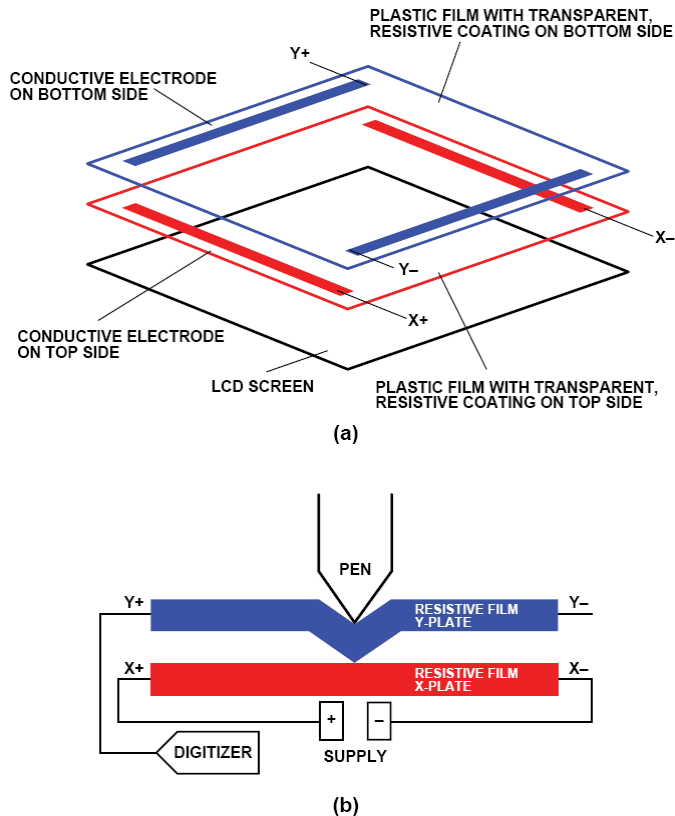


图 1. (a) 阻性触摸屏的结构；(b) 用户触摸屏幕时的电气接触

## 超越单点触控

虽然如此，但通过理解并模拟该过程背后的物理原理，我们可以从阻性触摸屏提取更多信息。当发生两点触摸时，无源屏幕中的一段电阻加上触点的电阻与有源屏幕的导电段并联，因此电源的负载阻抗减小，电流增大。阻性控制器的经典方法是假设无源层中的电流恒定不变，无源层为等电位。两点触摸时，这些假设不再成立，为了提取所需的信息，需要进行更多测量。

阻性屏幕中的两点触摸检测模型如图 2 所示。 $R_{touch}$ 为层间的接触电阻；在现有的大多数屏幕中，其数量级一般与两层的电阻相同。如果有一个恒定的电流  $I$  流经有源层的两端，则有源层上的电压为：

$$\begin{aligned} V_+ - V_- &= I \left( R_u + R_d + R_a \parallel \left( 2R_{touch} + R_p \right) \right) \\ &= I \left( R_u + R_d + \frac{R_a \left( 2R_{touch} + R_p \right)}{R_a + 2R_{touch} + R_p} \right) \end{aligned}$$

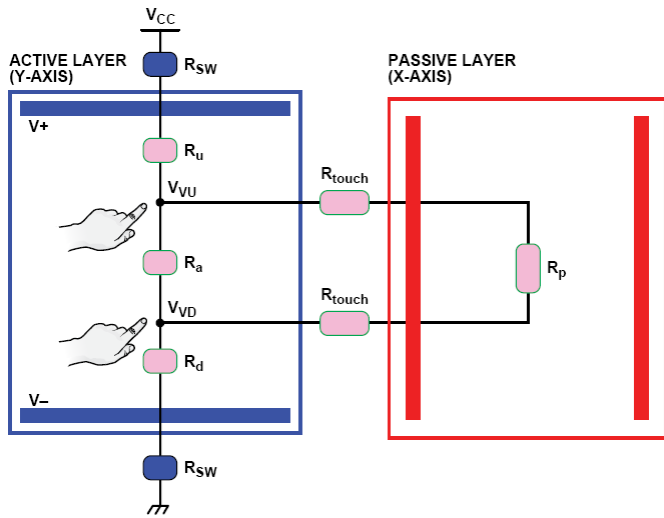


图 2. 阻性屏幕两点触摸的基本模型

### 手势识别

以“捏合” (pinch) 作为范例可以更好地描述手势识别的工作原理。捏合手势从两根分开较远的手指触摸开始，产生双重接触，使得屏幕的阻抗降低，有源层两根电极之间的电压差因此减小。随着两根手指越来越接近，并联面积减小，因而屏幕的阻抗提高，有源层两根电极之间的电压差相应地增大。

紧密捏合后，并联电阻趋于 0， $R_u + R_d$  提高到总电阻，因此电压增大到：

$$V_+ - V_- = I(R_u + R_d) + I \times R_{layer}$$

图 3 显示了一个沿着垂直(Y)轴捏合的例子。当手势开始时，其中一层的两根电极之间的电压恒定不变，另一层则表现出阶跃性降低，然后随着手指相互靠近而提高。

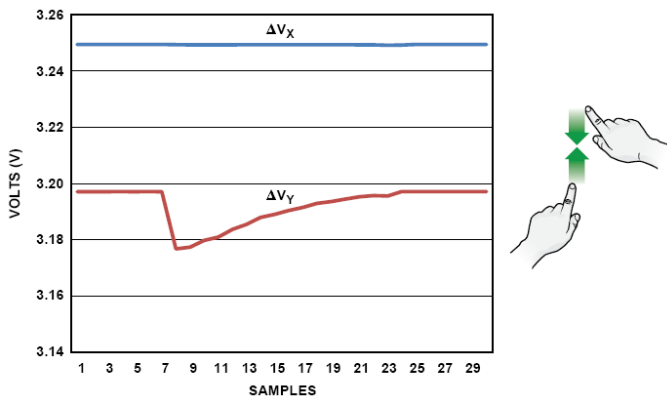


图 3. 垂直捏合时的电压测量

图 4 显示倾斜捏合时的电压测量结果。这种情况下，两个电压均表现出阶跃性降低，然后缓慢恢复。两个恢复速率（利用各层的电阻归一化）的比值可以用来检测手势的角度。

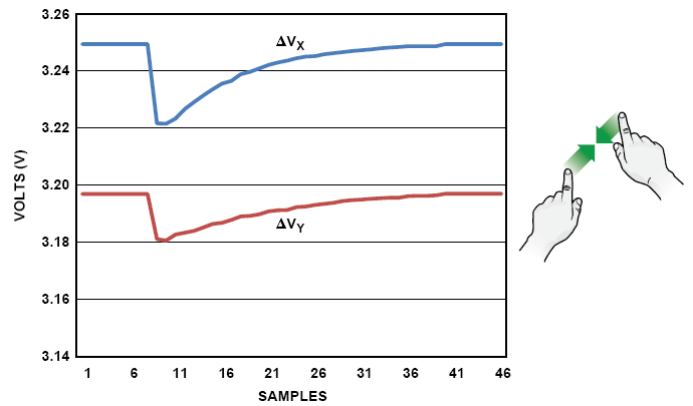


图 4. 倾斜捏合时的电压测量

如果手势为缩放（手指分开），其行为可以从上述讨论推导出来。图 5 显示了沿各轴及沿倾斜方向缩放时测得的两个有源层电压趋势。

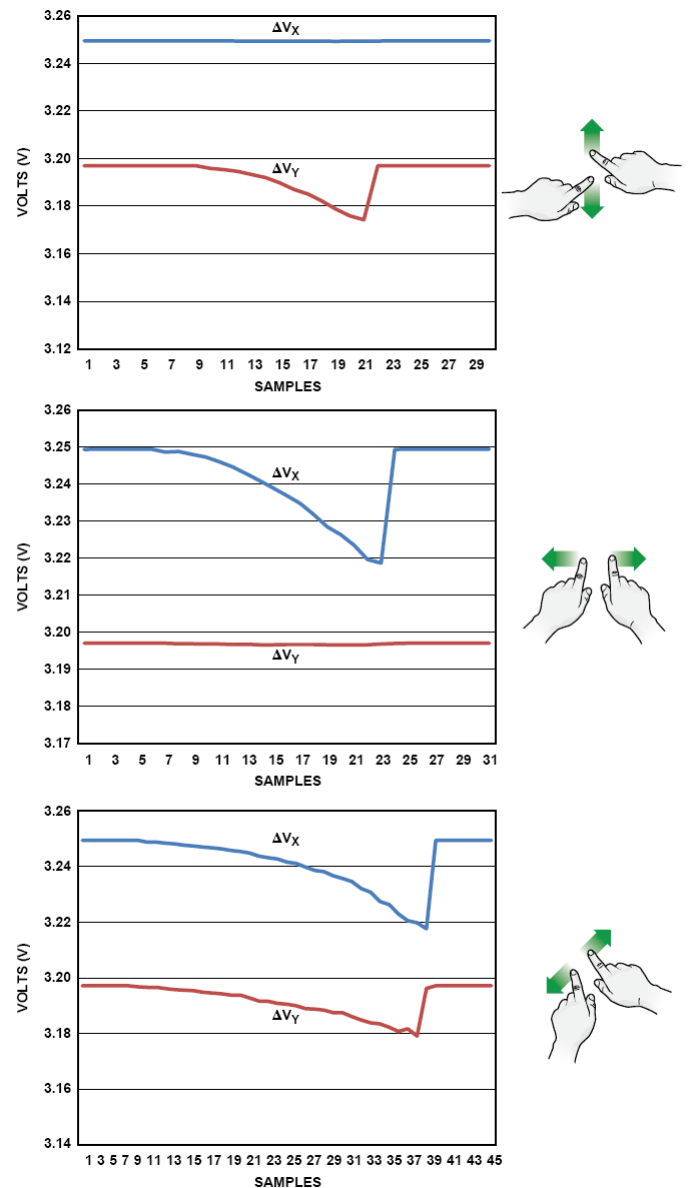


图 5. 沿不同方向缩放时的电压趋势

## 利用 AD7879 检测手势

AD7879 触摸屏控制器设计用于与 4 线式阻性触摸屏接口。除了检测触摸动作外，它还能测量温度和辅助输入端的电压。所有四种触摸测量加上温度、电池、辅助电压测量，均可以通过编程写入其片内序列器。

AD7879 结合一对低成本运算放大器，可以执行上述捏合和缩放手势测量，如图 6 所示。

下面的步骤说明了手势识别的过程：

1. 在前半周期中，将一个直流电压施加于上层（有源层），并测量 X+ 引脚的电压（对应于  $V_{Y+} - V_{Y-}$ ），以提供与 Y 方向上的运动（接近还是分开）相关的信息。
2. 在后半周期中，将一个直流电压施加于下层（有源层），并测量 Y+ 引脚的电压（对应于  $V_{X+} - V_{X-}$ ），以提供与 X 方向上的运动（接近还是分开）相关的信息。

图 6 所示的电路需要为差分放大器提供保护，防止短接到  $V_{DD}$ 。在前半周期中，下方放大器的输出短接到  $V_{DD}$ 。在后半周期中，上方放大器的输出短接到  $V_{DD}$ 。为避免这种现象，AD7879 的 GPIO 可以控制两个外部模拟开关，如图 7 所示。

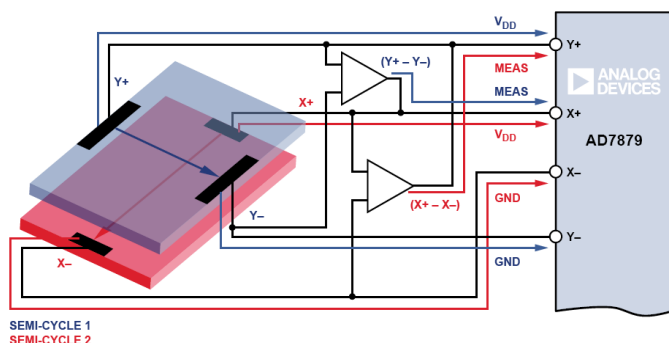


图 6. 基本手势检测应用图

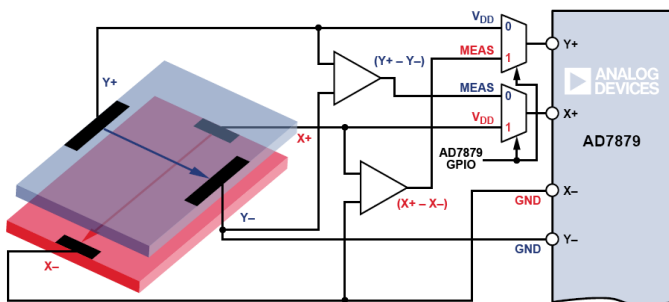


图 7. 避免放大器输出短接到  $V_{DD}$  的应用图

这种情况下，AD7879 设置为从机转换模式，并且仅测量半个周期。当 AD7879 完成转换时，产生一个中断，主处理器重新设置 AD7879 以测量第二个半周期，并且改变 AD7879 GPIO 的值。第二转换结束时，两层的测量结果均存储在器件中。

旋转可以通过一个方向上的同时缩放和一个倾斜捏合来模拟，因此检测旋转并不困难。挑战在于区别旋转是顺时针 (CW) 还是逆时针 (CCW)，这无法通过上述过程来实现。为了检测旋转及其方向，需要在两层（有源层和无源层）上进行

Analog Dialogue 45-06, June (2011)

测量，如图 8 所示。图 7 中的电路无法满足之一要求，图 9 提出了一种新的拓扑结构。

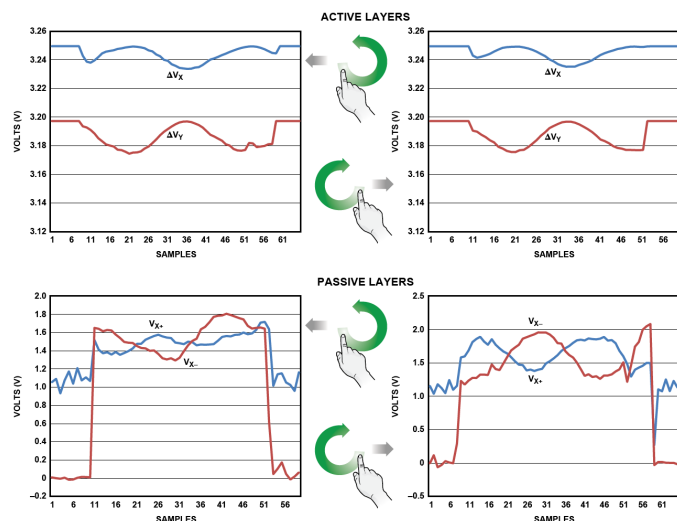


图 8. 顺时针和逆时针旋转时的电压测量

图 9 所示的拓扑结构实现了如下功能：

- 半周期 1：电压施加于 Y 层，同时测量  $(V_{Y+} - V_{Y-})$ 、 $V_{X-}$  和  $V_{X+}$ 。每完成一个测量，AD7879 就会产生一个中断，以便处理器改变 GPIO 配置。
- 半周期 2：电压施加于 X 层，同时测量  $(V_{X+} - V_{X-})$ 、 $V_{Y-}$  和  $V_{Y+}$ 。

图 9 中的电路可以测量所有需要的电压来实现全部性能，包括：a) 单点触摸位置；b) 缩放、捏合、旋转手势检测和量化；c) 区别顺时针与逆时针旋转。用两点触摸手势来完成单点触摸操作时，可以估计手势的中心位置。

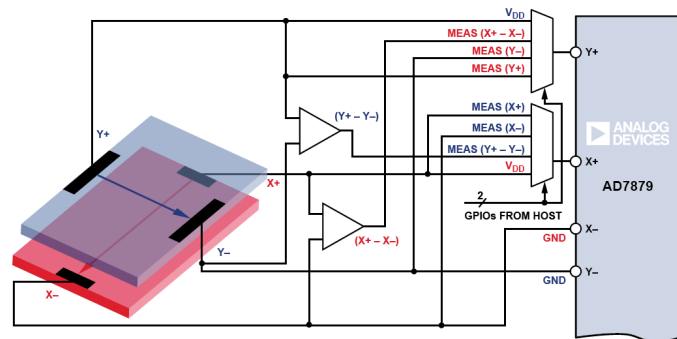


图 9. 单点触摸位置和手势检测的应用图

## 实用提示

轻柔手势产生的电压变化相当微细。通过放大这种变化，可以提高系统的鲁棒性。例如，可以在屏幕的电极与 AD7879 的引脚之间增加一个小电阻，这将能提高有源层的压降，但单点触摸定位精度会有所下降。

另一种方法是仅在低端连接上增加一个电阻，当 X 层或 Y 层为有源层时，仅检测 X- 或 Y- 电极。这样就可以应用一定的增益，因为直流值相当低。

ADI公司有许多放大器和多路复用器可以满足图 6、图 7 和图 9 所示应用的需求。测试电路使用AD8506双通道运算放大器和ADG16xx系列模拟多路复用器；多路复用器的导通电阻很低，采用 3.3 V单电源供电。

## 结束语

利用 AD7879 控制器和极少的辅助电路，可以检测缩放、捏合和旋转。只需在有源层上进行测量，就能识别这些手势。在主处理器的控制下，利用两个 GPIO 测量无源层的电压，可以区别旋转方向。在该处理器中执行相当简单的算法，就能识别缩放、捏合和旋转，估计其范围、角度和方向。

## 感谢

本文获得了西班牙瓦伦西亚中小企业协会(IMPIVA)通过项目 IMIDTF/2009/15 和西班牙教育与科学部通过项目 Consolider/CSD2007-00018 提供的部分资助。

本文作者感谢 Colin Lyden、John Cleary 和 Susan Pratt 在讨论中提供的有益建议。

## 参考文献

(Information on all ADI components can be found at [www.analog.com](http://www.analog.com).)

<sup>1</sup> Finn, Gareth. “New Touch-Screen Controllers Offer Robust Sensing for Portable Displays.” *Analog Dialogue*, Vol. 44, No. 2. February 2010.

## 作者简介

**Javier Calpe** [[javier.calpe@analog.com](mailto:javier.calpe@analog.com)] 分别于 1989 年和 1993 年获得西班牙瓦伦西亚大学物理学学士学位和博士学位，为该校讲师。Javier 自 2005 年起担任ADI公司瓦伦西亚开发中心的设计中心经理。



**Italo Medina** [[italo.medina@analog.com](mailto:italo.medina@analog.com)] 于 2010 年获得西班牙瓦伦西亚理工大学电子工程学士学位。Italo 于 2010 年加入ADI公司，成为爱尔兰利默里克精密DAC部模拟设计师。



**Alberto Carbajo** [[alberto.carbajo@analog.com](mailto:alberto.carbajo@analog.com)] 于 2000 年获得西班牙瓦伦西亚理工大学电子工程学士学位，2004 年获得爱尔兰科克大学(UCC)工程硕士学位。Alberto 于 2000 年加入ADI公司，在测试与设计部门工作。目前，他的工作重点是基于IC的检测产品，包括信号处理和微控制器设计集成。



**María José Martínez** [[maria.martinez@analog.com](mailto:maria.martinez@analog.com)] 于 2005 年获得西班牙瓦伦西亚理工大学电信工程学士学位。她于 2006 年加入ADI公司，担任触摸屏产品应用工程师，重点关注CapTouch<sup>®</sup>触摸屏控制器和透镜驱动器产品。Maria目前在ADI瓦伦西亚的便携产品部门工作。

