

# Analog Applications Journal

BRIEF

## 触摸屏系统校准

Wendy Fang, 高精度模拟应用, 高性能模拟  
与 Tony Chang, 高精度模拟尼奎斯特, 高性能模拟

### 简介

目前,越来越多的应用都开始采用触摸屏或触摸板,以满足具备人机接口设备的要求。图1给出了触摸屏系统的结构图,我们看到触摸屏传感器位于系统显示屏(本例中为LCD面板)表层。采用触摸屏的产品通常需要在加电时校准。本文作为一篇缩略版文章,将概括介绍一些针对触摸屏系统的校准概念。如欲阅读未删减版全文,敬请参阅参考文献1。

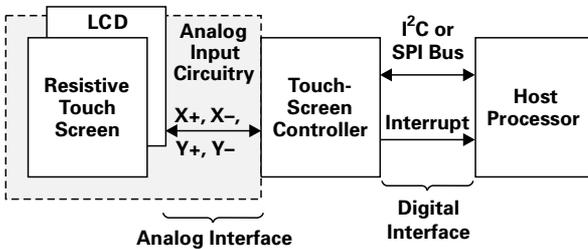


图1. 典型四线式电阻触摸屏系统

### 触摸坐标误差

对触摸屏施压后,触摸屏控制器会感应到压力,并对X轴与Y轴坐标进行测量。很多误差源会影响该测量结果的准确性与可靠性。大多数误差都是由于电子噪声、比例系数以及机械不同轴性等等问题造成的。本文仅讨论后两种问题。

比例系数与机械不同轴性源于触摸屏与显示屏的部件装配。通常说来,系统中的触摸屏控制器与显示屏具有不同的解析度,因此需要通过比例系数将彼此坐标进行匹配。实际的比例系数会随部件的不同而有所差异,需要通过校准来减少乃至消除不匹配的情况。图2就给出了一个范例,其中,X轴的比例在LCD与触摸屏上都是相同的,即 $k_x = S_x/S'_x = 1$ ;但LCD的Y轴比例则大于在触摸屏上的比例,这时比例系数就是 $k_y = S_y/S'_y = 3.6/4 = 0.9$ 。因此,触摸屏上某点P  $(X', Y') = (2, 2.222)$ 就能针对LCD(主机)通过比例转换得到 $(X, Y) = (2, 2)$ 。

### 最新一期在线精彩内容

- 使用触摸屏控制器的辅助输入
- 驱动 WLED 不一定需要 4 V 电压
- 单电池手持式应用的主机侧燃料计系统

### □设计考虑事项

- 在反向降压拓扑中使用降压转换器。
- 如欲下载该版本,敬请访问:[www.ti.com/aaj](http://www.ti.com/aaj)

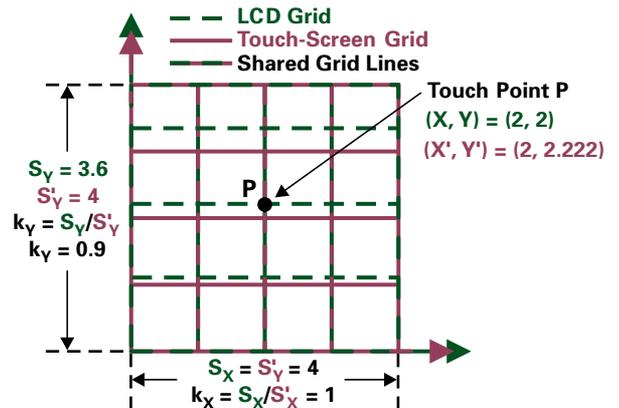


图2. LCD和触摸屏Y轴上的比例系数

显示屏与触摸屏间的机械不同轴性包括移动与旋转误差,如图3所示。图3a显示了X轴上 $\Delta X$ 与Y轴上 $\Delta Y$ 的相对位移;而图3b则显示了LCD与触摸屏间的相对转动 $\Delta\theta$ 。

我们不妨设想有一点P,在触摸屏上的坐标读取为 $(X', Y')$ 。在显示屏上,考虑到移动误差,其坐标就是如图3a给出的 $(X' + \Delta X, Y' + \Delta Y)$ 。再考虑到转动误差,如图3b所示,那么触摸屏上的某点 $(R \times \cos\theta, R \times \sin\theta)$ ,在显示屏上就成了 $[R \times \cos(\theta - \Delta\theta), R \times \sin(\theta - \Delta\theta)]$ ,这里的R是指原点C(即 $(0, 0)$ 坐标)到P点的距离。



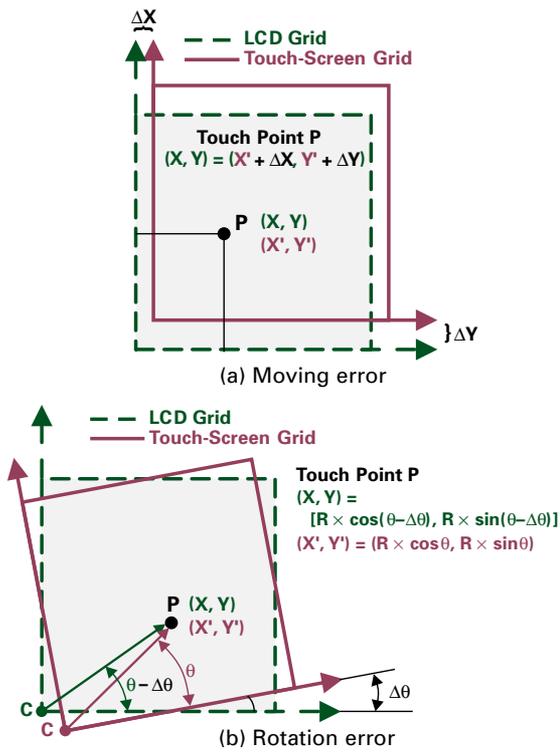


图 3. 机械不同轴性

### 校准的数学表达式

触摸屏的校准需要将触摸屏控制器报告的坐标转换为准确反映该点与图形在显示屏与LCD上所处位置的坐标。通过一系列比例系数来获得校准结果，纠正由于机械不同轴性引起的移动与转动误差。

不妨再以P点为例来考虑，P点在显示屏上的坐标为(X, Y)，在触摸屏上坐标为(X', Y')。代入图2中的比例系数与图3中的移动与转动误差，这样我们就得到触摸屏坐标X的表达式：

$$\begin{aligned} X &= k_X \times R \times \cos(\theta - \Delta\theta) + \Delta X \\ &= k_X \times R \times \cos\theta \times \cos(\Delta\theta) + k_X \times R \times \sin\theta \times \sin(\Delta\theta) + \Delta X \\ &= k_X \times X' \times \cos(\Delta\theta) + k_X \times Y' \times \sin(\Delta\theta) + \Delta X \quad (1) \\ &= \alpha_X \times X' + \beta_X \times Y' + \Delta X, \end{aligned}$$

这里的 $X' = R \times \cos\theta$ 、 $Y' = R \times \sin\theta$ 、 $\alpha_X = k_X \times \cos(\Delta\theta)$ ，而 $\beta_X = k_X \times \sin(\Delta\theta)$ 。同样，触摸屏坐标Y的表达式则为：

$$\begin{aligned} Y &= k_Y \times R \times \sin(\theta - \Delta\theta) + \Delta Y \\ &= k_Y \times R \times \sin\theta \times \cos(\Delta\theta) - k_Y \times R \times \cos\theta \times \sin(\Delta\theta) + \Delta Y \\ &= k_Y \times Y' \times \cos(\Delta\theta) - k_Y \times X' \times \sin(\Delta\theta) + \Delta Y \quad (2) \\ &= \alpha_Y \times X' + \beta_Y \times Y' + \Delta Y, \end{aligned}$$

这里， $\alpha_Y = -k_Y \times \sin(\Delta\theta)$ ，而 $\beta_Y = k_Y \times \cos(\Delta\theta)$ 。

从等式1与等式2中，可明显看出，要获得系数 $\alpha_X$ 、 $\alpha_Y$ 、 $\beta_X$ 、 $\beta_Y$ 、 $\Delta X$ 以及 $\Delta Y$ ，至少需要三个独立的点。如果这三个点不在一条线上就是独立的点。假定 $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 以及 $(X_3, Y_3)$ 是 LCD 上

选定的三个独立点，而 $(X'_1, Y'_1)$ 、 $(X'_2, Y'_2)$ 以及 $(X'_3, Y'_3)$ 则是触摸屏上对应的三个点。运用等式1与等式2就可得出矩阵式3：

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = A \times \begin{pmatrix} \alpha_X \\ \beta_X \\ \Delta X \end{pmatrix} \text{ and } \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} = A \times \begin{pmatrix} \alpha_Y \\ \beta_Y \\ \Delta Y \end{pmatrix}, \quad (3)$$

这里

$$A = \begin{pmatrix} X'_1 & Y'_1 & 1 \\ X'_2 & Y'_2 & 1 \\ X'_3 & Y'_3 & 1 \end{pmatrix}.$$

### 校准方法

如等式3所示，三个独立校准点应足以获得所需的相关比例系数，以便对触摸屏与系统显示屏间的机械不同轴性进行校正。

要解出等式3的结果，两侧可乘以矩阵A的反数，获得：

$$\begin{pmatrix} \alpha_X \\ \beta_X \\ \Delta X \end{pmatrix} = A^{-1} \times \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} \text{ and } \begin{pmatrix} \alpha_Y \\ \beta_Y \\ \Delta Y \end{pmatrix} = A^{-1} \times \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

这里 $A^{-1}$ 是矩阵A的反数。在校准过程中，如何在显示屏表面这计/选择三个点： $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 与 $(X_3, Y_3)$ ，矩阵A中的数值就会通过触摸屏侧量出来。

### 范例：三点校准

首先在 $256 \times 768$ 分辨率的显示屏上，选择以下三个校准点： $(64, 384)$ 、 $(192, 192)$ 与 $(192, 576)$ 。在校准期间，通过12位或 $4096 \times 4096$ 分辨率的触摸板测量得到三个点： $(678, 2169)$ 、 $(2807, 1327)$ 与 $(2629, 3367)$ 。随后在等式3中代入以上三个已知的值。

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 64 \\ 192 \\ 192 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 384 \\ 192 \\ 576 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 678 & 2169 & 1 \\ 2807 & 1327 & 1 \\ 2629 & 3367 & 1 \end{pmatrix}$$

代入等式4的结果： $\alpha_X = 0.0623$ 、 $\beta_X = 0.0054$ 、 $\Delta X = 9.9951$ 、 $\alpha_Y = -0.0163$ 、 $\beta_Y = 0.1868$ 以及 $\Delta Y = -10.1458$ 。这样，通过等式1得出X的结果如下：

$$X = 0.0623 \times X' + 0.0054 \times Y' + 9.9951;$$

通过等式2，得出Y的结果如下：

$$Y = -0.0163 \times X' + 0.1868 \times Y' - 10.1458.$$

参考文献1提供了本文的完整版，文中详细介绍了一个五点校准范例、三点与n点校准的算法以及有关算法实施的说明。

#### 参考文献：

1. 如欲参阅文章完整版，敬请访问：  
<http://www-s.ti.com/sc/techlit/slyt277>

## 重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

### 产品

放大器	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">http://www.ti.com.cn/amplifiers</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">http://www.ti.com.cn/dataconverters</a>
DSP	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">http://www.ti.com.cn/dsp</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">http://www.ti.com.cn/interface</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">http://www.ti.com.cn/logic</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">http://www.ti.com.cn/power</a>
微控制器	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">http://www.ti.com.cn/microcontrollers</a>

### 应用

音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">http://www.ti.com.cn/audio</a>
汽车	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">http://www.ti.com.cn/automotive</a>
宽带	<a href="http://www.ti.com.cn/broadband">http://www.ti.com.cn/broadband</a>
数字控制	<a href="http://www.ti.com.cn/control">http://www.ti.com.cn/control</a>
光纤网络	<a href="http://www.ti.com.cn/optical network">http://www.ti.com.cn/optical network</a>
安全	<a href="http://www.ti.com.cn/security">http://www.ti.com.cn/security</a>
电话	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">http://www.ti.com.cn/telecom</a>
视频与成像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">http://www.ti.com.cn/video</a>
无线	<a href="http://www.ti.com.cn/wireless">http://www.ti.com.cn/wireless</a>

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated