

如何解决电容式触摸屏应用中的噪声问题

触摸屏设备可能会在一天中受到许多不同噪声源的干扰，既包含内部噪声也包含外部噪声。充电器和显示器噪声是当今两种最常见的问题噪声源。随着市场上的充电设备变得越来越轻薄、噪声越来越大，这种挑战只会变得更加难以管理。此外，许多其他日常物件也会产生噪声，引起干扰，如无线电信号、交流电源乃至荧光灯镇流器等。在存在噪声的情况下，低性能电容式触摸系统报告的位置可能失真，从而影响准确度和可靠性。

今天的触摸屏控制器采用各种不同的方法来提高信噪比，并从噪声中过滤出不良数据，这些方法包括片上生成高压发射信号、专业化硬件加速、高频发射、自适应跳频技术以及饱和防治技术。但是，触摸技术不断持续发展，涉及的方面包括：触摸控制器如何利用上述特性，如何动态地适应于系统中存在的噪声，以及如何变化的环境条件下准确进行触摸跟踪。

注入噪声造成的影响包括较大抖动（针对非移动手指报告的触摸坐标变动很大）、没有手指接触屏幕却误报有手指触摸、手指触屏时却不报告手指存在，而且甚至会造成设备完全锁死等。如果以触摸屏手机为例，这意味着无法对手机进行解锁（因为无法报告手指的操控），或者由于抖动或错误触摸而拨错号码（本想深夜打给朋友的电话，结果却错拨给了老板，这问题可不小）。图 1 显示了使用目前市场上最畅销的智能手机测试手指追踪所获得的结果（例如，用一个手指画一个圈）。随着噪声的增加，手指在面板上的位置报告（如蓝色所示）会出错，而且会在面板上检测到错误的触摸（其他颜色所示）。

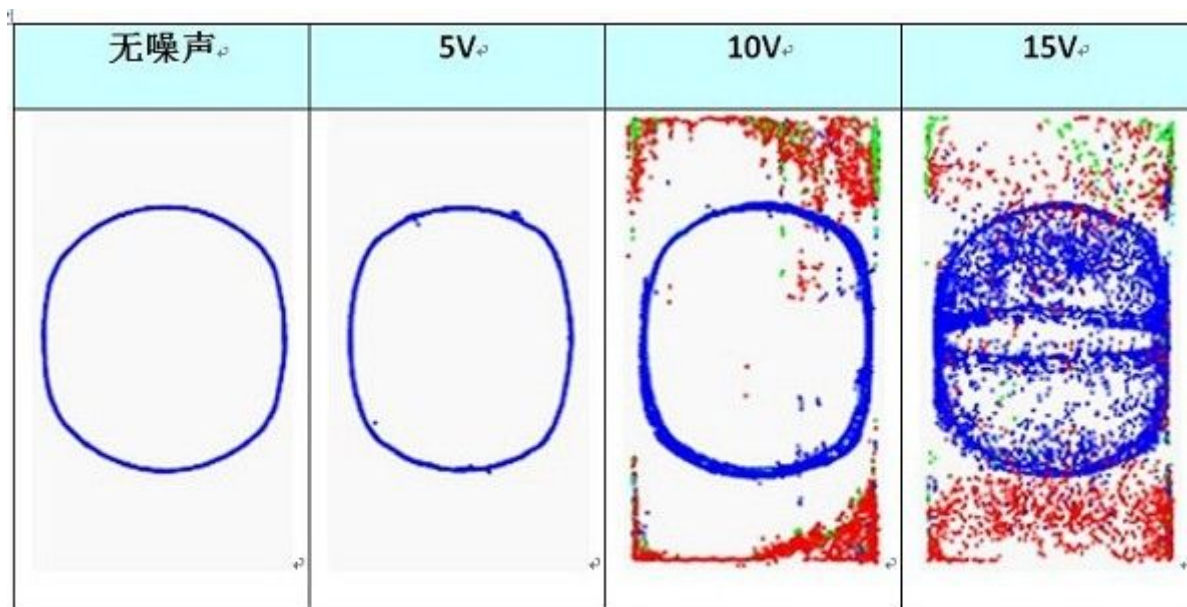


图 1：充电器噪声对手指跟踪的影响。

触摸屏控制器如何应对噪声影响，会对用户触摸界面的质量体验造成重大影响。在噪声条件下触摸性能不佳，可能会导致客户不满，进而增加退货量。由于各种噪声之间存在差别，触摸屏控制器需要能够检测、区分并应对这些噪声，特别是两种最容易引起问题的噪声源：充电器和显示屏噪声。

充电器与共模噪声

电容式触摸屏设备的一大问题在于充电器发出高强度的高频噪声时触摸性能会下降。一些移动设备在插入充电器时只提供有限的触摸功能，或是在连接设备不适用的充电器时显示不能使用该充电器的信息，以此来应对高噪声充电器的问题。上述解决方案往最好了说也并不完善。快速浏览一下在线论坛和留言板上的相关信息，我们就能发现触摸屏设备受充电器噪声影响的问题很普遍，而且已经让一些消费者感到很头疼了。

USB 正作为一种标准的充电接口在移动设备中快速推广，这也催生了大量低成本的售后选配市场充电器。许多充电器更关注成本问题，而不重视性能，这些充电器采用廉价组件，或者缺乏能协助降低共模噪声的特定组件。

设备的电源和接地供电电压相对于地压波动，但同时二者之间又保持相同的压差，就会形成共模噪声。这种波动仅在接地耦合手指触摸屏幕时才会影响触摸屏的性能。手指的电势与地压相同，手机电源和接地相对其波动，就会导致噪声通过手指注入触摸屏。注入的电荷量主要取决于噪声的峰值对峰值电压。

此外，电荷的传输量还受另外两个因素的显著影响：手指和触摸屏之间的接触面积，以及触摸屏覆盖透镜的厚度。这两个因素的影响可通过平行板电容器的电容方程式来理解：

$$C = \epsilon_r * \epsilon_0 * \frac{A}{d} \quad (1)$$

电容越高，意味着注入触摸屏的噪声就越大。在这种情况下，电容平行板的一侧由手指接触区域形成，另一侧由触摸屏传感器的接收电极形成。首先，随着手指与触摸屏接触面积的增加，电容也相应成比例增加。不过，由于接收电极由极窄的行或列构成，因此实际起作用的是手指的直径（参见图 2）。

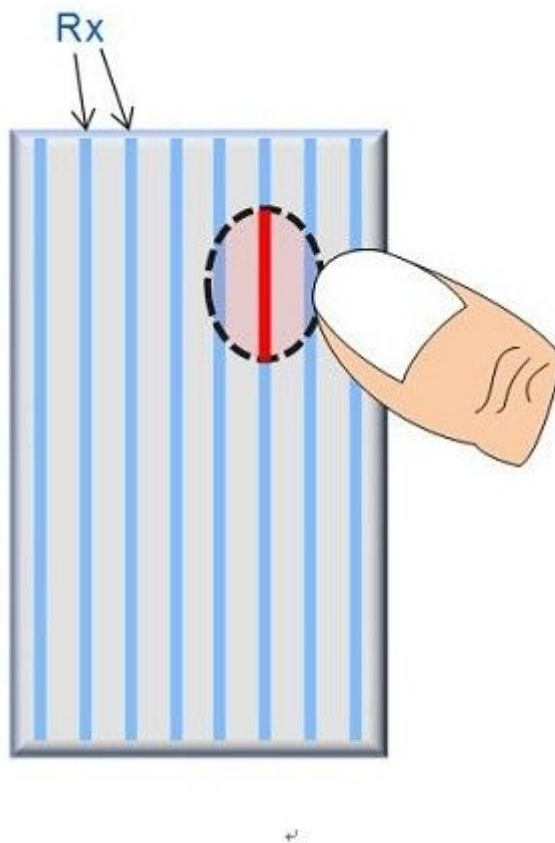


图 2：手指和接收电极截面图。

一些 OEM 厂商使用较小手指（如 7 毫米）来测试其设备对充电器噪声的抗扰能力。不过，这不能涵盖所有使用案例。典型的手指直径为 9 毫米，典型的拇指直径为 18 到 22 毫米。如果只测试 7 毫米的手指，并不能确保拇指解锁手机或操控滚动列表这样的常见案例。事实上，如果我们来分析直径的不同，那么 22 毫米的拇指注入的电荷是 7 毫米手指的 3 倍多！

手指和接收电极之间的距离（ d ）主要由触摸屏覆盖透镜的厚度决定（见图 3）。典型的覆盖透镜厚度范围从 0.5 毫米到 1.0 毫米不等。这就意味着具有 0.5 毫米覆盖透镜的设备其“ d ”是 1.0 毫米覆盖透镜设备的一半，而电容则为 2 倍。换言之，0.5 毫米覆盖透镜注入的噪声是 1.0 毫米覆盖透镜的两倍。随着设备的外观形状向更轻薄的趋势发展，覆盖透镜的厚度以及触摸控制器承受更轻薄透镜造成更大噪声的能力也变得益发重要。

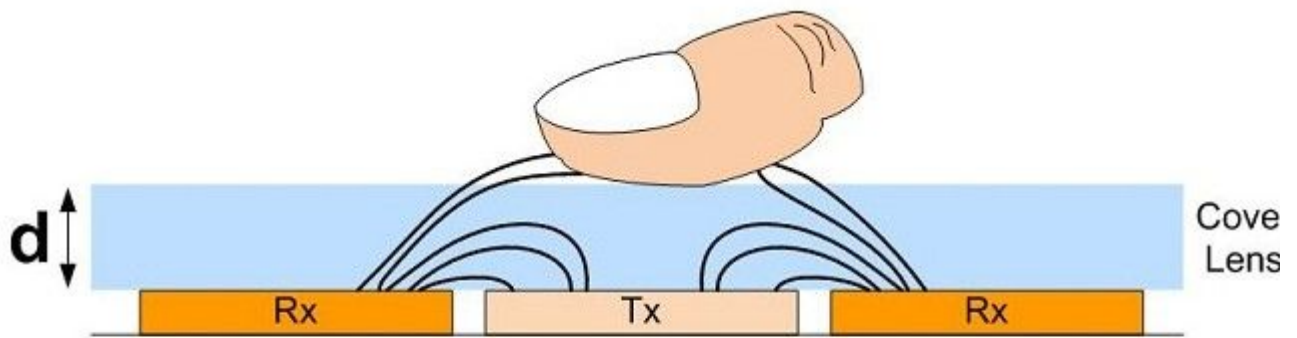


图 3：通过覆盖透镜的电荷传输

虽然充电器需要通过若干项产品认证，但对于共模噪声并没有什么相关的要求。2010 年，一批手机 OEM 厂商就制定通用规范 EN62684 达成共识，用以管理充电器在频率范围内可允许的最大峰值对峰值电压。该规范要求充电器产生的噪声不得超过 1V_{pp}（从 1kHz 到 100kHz），而在 100kHz 频率以上则要求更低的电压强度。典型的选配市场充电器并不遵循这一指导性要求。

虽然较低噪声的充电器产生的噪声在 1 - 5V_{pp} 之间，但噪声较高的充电器的波动范围则达到 20 - 40V_{pp}，这就会产生巨量电荷转移。注入电荷的量取决于噪声的电压幅度（ $Q=C*V$ ）。虽然噪声量很大，但触摸屏控制器仍必须能检测到引发幅度较小的电荷变化的手指。

电容式触摸屏手机还面临一种新型共模噪声，那就是移动高清链接（MHL），这是用来从手机向 HDTV 传输音频视频的标准接口。手机通过 MHL 适配器连接到 HDTV，该适配器将手机的 USB 接口转换成电视的 HDMI 接口。这种共模噪声来源于电视电源，并会通过 HDMI 和 USB 线缆传递给手机。

更轻薄设备带来的挑战

现如今，轻薄即时尚。积极推出越来越薄的触摸屏设备，特别是触摸屏手机，面临双重问题：一是从显示屏耦合到传感器的噪声增加；二是传感器的寄生电容提高。

显示屏生成的噪声相对于充电器噪声而言强度要低很多，但对触摸性能产生的影响很大，因为其距离触摸传感器很近。虽然 AMOLED 显示屏很安静（但比 LCD 更昂贵），但如今市场上大多数还都是噪声更高的 ACVCOM 和 DCVCOM 型 LCD 显示屏。这种显示屏的常用电极 VCOM 层就是噪声的来源。让我们回过头来再讨论一下方程式（1），这次是要确定平行板电容器在触摸传感器中指定接收电极和显

示屏 VCOM 层之间所产生的电容的大小。这里，面积“ A ”就是接收电极的全部面积，由于显示屏覆盖整个屏幕，因此距离“ d ”就是接收电极和 VCOM 层之间的距离。

此前，触摸屏设备采用气隙或屏蔽层来保护触摸传感器不受显示屏噪声耦合至接收电极的影响。不过，这些解决方案会增加厚度和成本（4 英寸显示屏的屏蔽层增加了多达 1.00 美元的成本）。现在，随着设备变得越来越薄，气隙和屏蔽层都被取消，而且触摸传感器采用光学透明胶（OCA）直接连接至显示屏。这就导致传感器的接收电极更靠近噪声较高的 VCOM 层，从而就会缩短“ d ”、增加电容，并耦合更多噪声。由于 OCA（电介质常量为 3）取代气隙（电介质常量为 1），因此电容会进一步提升。轻薄式产品的下一个发展趋势就是触摸传感器的部分或全部都需要集成在显示屏中，也就是所谓的 in-cell（内嵌式触控）、On-cell（外挂式触控）。这样的显示屏集成协议栈会让传感器的接收电极更接近显示屏的 VCOM 层，从而耦合更多噪声。

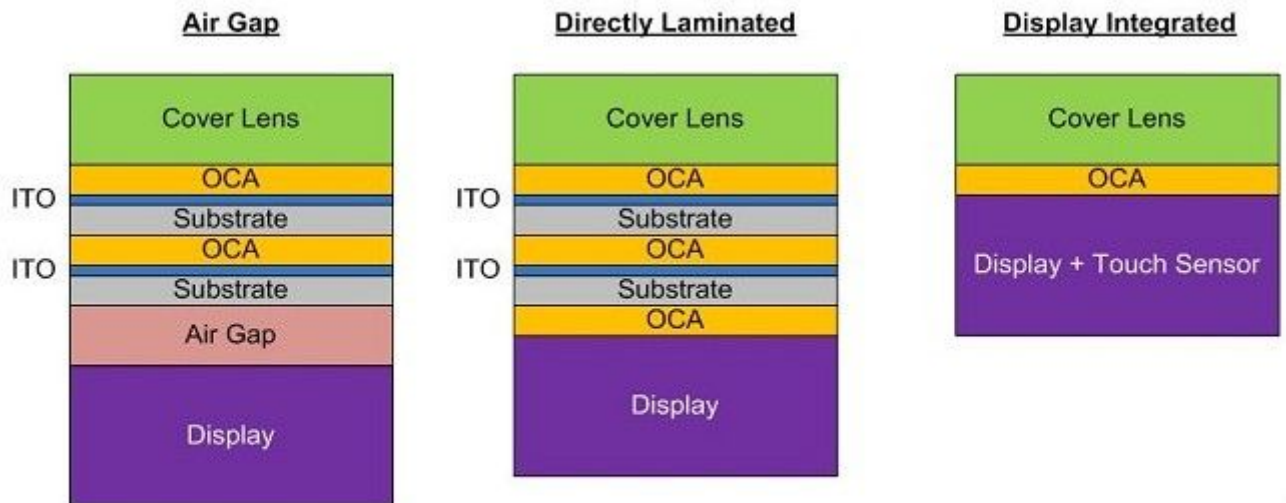


图 4：更薄协议栈的演进。

外形更轻薄产品发展的第二个问题就是触摸传感器的寄生电容（CP）增加。为了想办法让整体协议栈变得更薄，ITO 基板层（由玻璃或 PET 制成）需要越来越薄。这就缩短了传感器发射和接收电极之间的距离，从而增加了电容。CP 升高在扫描触摸面板时就需要更长时间的充电和放电，这就减小了扫描面板的最大频率。这样做的问题在于，我们希望扫描频率更高，因为较高频段的噪声通常较小。此外，扫描时间延长也意味着功耗增加和刷新率下降。

解决噪声问题

由于噪声源众多，因此触摸屏控制器需要适应于在既定时间内系统中存在的不同噪声大小和类型。要确保具有最高稳健性的抗噪性，首要关注的因素就是信噪比（SNR）。我们可通过以下几种不同特性来提高信噪比。

提高信噪比的主要方法之一就是采用非常高的发射电压来扫描触摸屏的传感器。原始 SNR 与发射电压成正比，因而越大越好。过去，高电压发射对于许多触摸屏控制器来说都一直是个挑战，只能通过采用外部高电压模拟电源（有时这会大幅增加功耗，而且大多数消费类手持设备都无法支持）才能支持，或者需采用较大且昂贵的外部组件，如开关稳压器等。上述两种方法都会额外增加设备的成本。而现在，新型触摸屏控制器能通过内部电荷泵生成片上高电压发射。

另一个提高 SNR 的方法就是采用专门的硬件加速机制。虽然要确保噪声条件下的触摸性能非常重要，但占用很多 CPU 的资源来运行噪声过滤算法会降低刷新率，进而提高功耗。通过采用可与 CPU 并行工作的专有硬件就能保持目标刷新率和功耗，同时提高噪声条件下的信噪比，而赛普拉斯的 Tx-Boost 技术就是一个典范，能将现有的 SNR 提升到 3 倍高。

触摸传感器的扫描频率会对噪声环境下的触摸性能产生很大影响。如果噪声频率接近扫描面板的频率，就可能造成触摸数据损坏。在此情况下，我们可通过自适应跳频技术来将扫描频率更改到噪声幅度足够低的水平，避免数据损坏。但是，跳频的效果有限，取决于可选的发射频率范围以及存在噪声的频率范围。一些充电器会在整个频率范围内释放大量噪声，因而难以找到无干扰的区域。较大充电器噪声的基本频率为 1kHz 到 300kHz，频率较高时谐波幅度则较低。我们可在 300kHz 到 500kHz 范围内采用高频扫描来解决这个问题，从而彻底避免最高幅度噪声频带和最初的一些谐波。另外，这种方法也能在远离 LCD 噪声频率范围的情况下改进显示屏的抗噪性。

虽然提高 SNR 的技术很多，但如果噪声确实非常高，高到完全饱和触摸屏控制器的接收通道，那么上述改进并不能避免触摸数据损坏。信号处理需要依靠输出线性结果的模拟前端。如果受噪声源耦合到大量电荷的影响，输出持续锁定为最大值，那么触摸屏可能根本就无法使用。要解决这个问题，我们可提高接收通道的范围，使其能够应对更大量的电荷。这通常会增加额外的芯片面积，也就是说电容更大。解决这个问题的另一种方法是在接收通道前拆分原始信号，从而降低噪声，但我们也必须注意，这也会将信号与手指本身分离。

显示屏和充电器噪声并不是什么新问题，但噪声较高的充电器和较薄的显示屏确实是触摸屏控制器提高抗噪能力必须要面临的问题。为了应对更高幅度的噪声，今天的控制器采用一系列组合特性来提高信噪比，尽可能避免噪声。说到底，消费者希望设备的触摸性能保持一致，不会因连接充电器或靠近噪声较大的荧光灯而影响性能。随着噪声难题的不断变化，触摸屏控制器也将持续发展，确保提供始终一致的性能。