

## 加强触控模块与面板同步 触控 IC 克服噪声干扰问题

智能型手机薄型化设计，使得触控面板控制器容易受到显示器产生的噪声干扰。为解决此问题，触控芯片开发商已着手改良触控传感器设计，并加强触控模块与 LCD 面板运作频率的同步化。目前新的设计方案，已获得 In-cell 内嵌式电容触控屏幕开发商导入。

显示器产生的噪声会干扰电容式触控屏幕的感测功能，要进一步改善就须了解液晶显示(LCD)技术的基本原理及噪声产生的原因，方能找出因应之道。

首先须整理出现今市面上有哪些种类的显示器，如主动矩阵有机发光二极管 (AMOLED)、薄膜晶体管(TFT)LCD 等智能型手机常用方案。一般来说，AMOLED 的画质较佳，对触控芯片产生的噪声干扰也少于 LCD，但 AMOLED 面板较昂贵，制造难度也高于 LCD；因此，LCD 至今仍主宰整个市场。由于 LCD 显示器是最受欢迎的技术，但产生的噪声也最多，因此本文将把焦点放在 LCD。

### 触控薄型化加剧 LCD 噪声

为了解 LCD 何以产生噪声，须掌握 LCD 基本运作原理。如图 1 所示，从 LCD 显示器的最底层开始，光线在此产生后再朝上反射，每个画素含有红、绿、蓝三个子画素，每个子画素又包含一个液晶迭层(Sandwich)，迭层顶部则贴合氧化铟锡(ITO)透明导电薄膜，其顶层与底层中间夹着液晶材料。

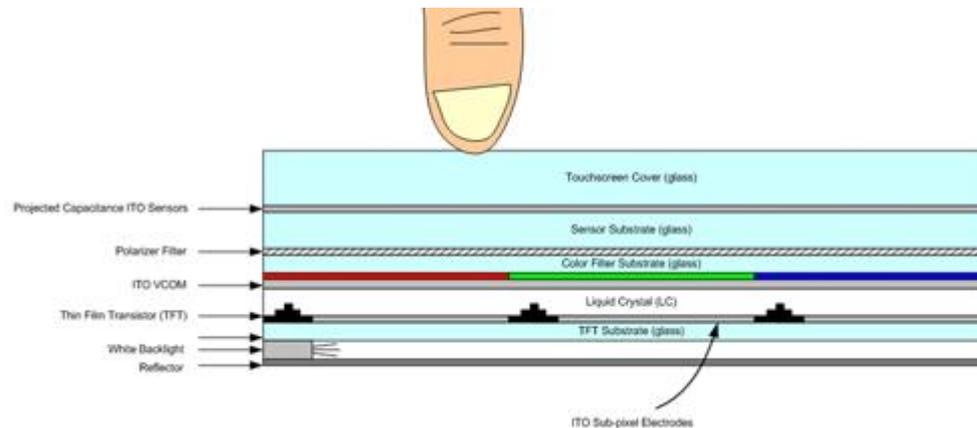


图 1 LCD 与触控面板架构图

其中，顶层为所有子画素的共极，通常称为 VCOM 层；底层则专为子画素配置，称作子画素电极，当电压导通到 LC 迭层，液晶材料就会扭转白光的极性(Polarity)，在迭层上方的偏光板，只让特定极性的光线通过。若光线的极性与偏光板的极性一致，子画素就会达到最高亮度。若光线极性与偏光板相反，子画素的亮度就降到最低。

此外，每个子画素都有一层彩色滤光片(R、G、或 B)，其作用类似彩绘玻璃窗，藉由把电压导至三个子画素的液晶迭层，画素就能设定成任何 RGB 组成色。每个子画素还含有一个 TFT，做为导至液晶迭层电压的 on/off 开关，这样的设计在刷新全屏幕影像时能有效对屏幕上的画素进行排序。

如图 2 显示，画素在 TFT 闸极(Gate)被开启，TFT 的源极(Source)链接到彩色数字模拟转换器(DAC)输出端，TFT 汲极(Drain)则连结到 ITO 子画素电极。由于液晶材料无法承受直流(DC)电压，因此偏压必须是交流电。ACVCOM 与 DCVCOM 两种类型的 LCD 显示器也有所差异，前者主要透过一个差分电压主动驱动 VCOM 与子画素电极，因 VCOM 层系由 AC 推动，故称为 ACVCOM 方案。后者则透过 DC 驱动共极层，而子画素由 AC 驱动，此讯号以 DC 值为中心进行偏摆，两种 VCOM 方案各有不同的效能与成本优劣势。

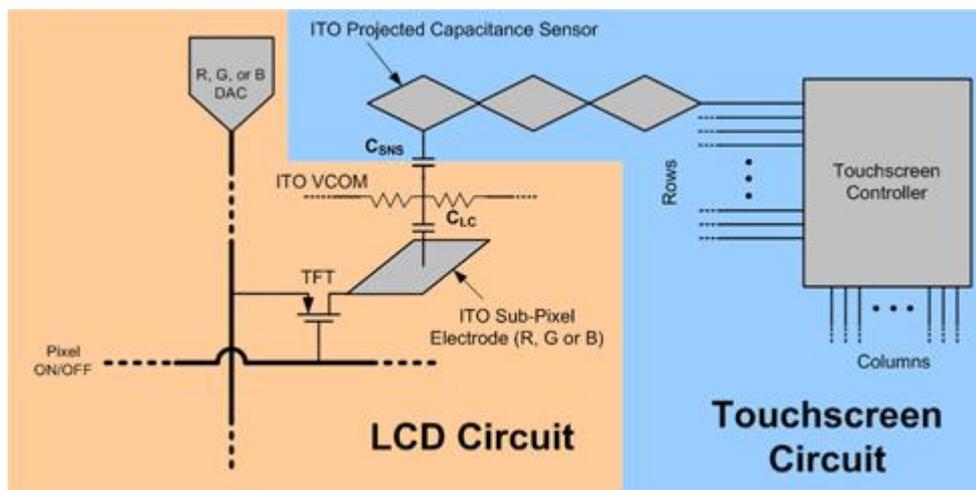


图 2 LCD 与触控面板电路图

业界都知道 ACVCOM 因主动驱动大面积的 ITO(VCOM)层，将造成大量噪声；DCVCOM 则以低噪声的表现业界所熟知，然而事实不一定如此。以往传感器与 LCD 表面之间有一层薄的空隙(Air Gap)。但现今手机做得更薄，因此大多不再再有这层空隙，将 ITO 传感器直接贴合到 LCD 表面的方式逐渐为大多数厂商采用，造成噪声耦合更加严重。

更有甚之，业界当前设计方向是要求触控面板控制器能直接感测 VCOM 和子画素电极，也就是内嵌式(In-Cell)触控技术，此来，触控屏幕与 LCD 控制器之间须进行同步化，才能在扫描触控屏幕时免除噪声干扰；现在大多数智能型手机的 LCD 也逐渐淘汰 ACVCOM，转用更高质量的 DCVCOM 与 AMOLED 显示器，并朝向直接贴合或 In-Cell 发展，藉以降低制造成本与产品厚度。

### LCD 噪声将耦合至触控传感器

至于 LCD 噪声如何耦合到触控屏幕传感器，主要是其电路噪声将耦合到触控屏幕电路的两个电容。第一个电容为 CLC，这个电容是在子画素与 VCOM 表面之间形成，其间液晶材料的作用相当于一个介电质。

就 DCVCOM 显示器来说，驱动子画素的 AC 讯号耦合到 VCOM 层就会变成噪声，并传至整个面板。DCVCOM 层看似是一个良好的 AC 接地端，因为以 DC 电压维持这个节点；但事实上则

会削弱噪声，因为 VCOM 层是由电阻相当高的 ITO 制成，此处将发生第二个噪声耦合电容的情况--CSNS。

CSNS 在 VCOM 层与电容传感器之间形成，VCOM 层剩余的噪声电压会透过 CSNS 耦合到电容式触控屏幕传感器，并传至触控面板控制器的接脚。对 ACVCOM 显示器而言，由于以 AC 波形驱动 VCOM，因此 LCD 噪声也会透过 CSNS 直接耦合到触控屏幕传感器。

量测与分析 LCD 噪声的方法相当简单，可用一个导电金属连结到示波器探棒，或采用一片面朝下的铜片，然后直接覆盖在显示器的表面(不要附加触控屏幕传感器)。另外也可用大铜板或一片铜带，但要注意噪声强度会随着导体尺寸缩小而降低，因此最好覆盖整个表面，藉以把示波器的耦合误差减至最小。

图 3 显示撷取到的 ACVCOM 讯号波形，其中通常含有一个高强度基频，其波形接近方波。ACVCOM 运作频率一般介于 5k~25kHz 之间，通常基频频率会对应到 LCD 每列画素更新(扫描线频率)的速度。

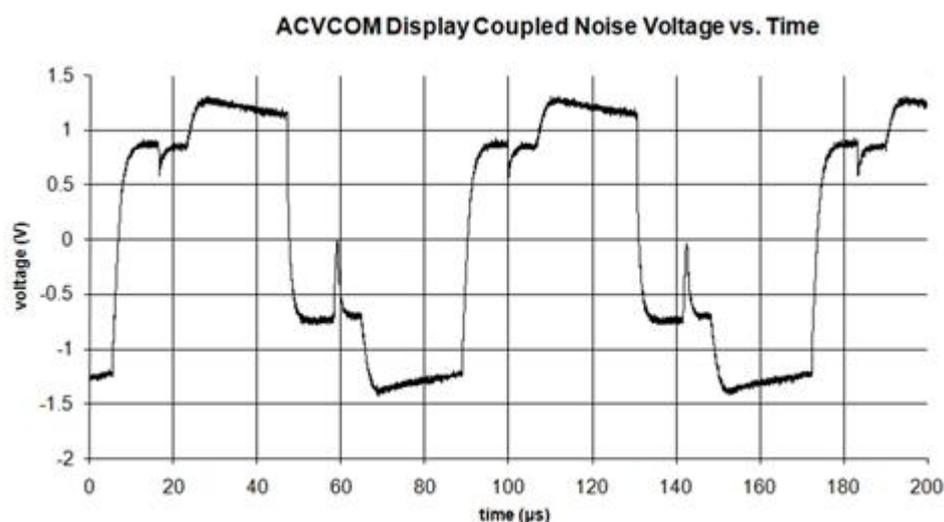


图 3 ACVCOM 显示器耦合噪声与时间关系图

图 4 则显示实际撷取到的 DCVCOM 波形。DCVCOM 波形类似数个尖锐的高频脉冲，没有类似 ACVCOM 的高强度基频，但其谐波量可轻易冲高到 50k~300kHz，短暂的脉冲对应到子画素电极驱动讯号。DCVCOM 噪声的特性和显示影像有高度相依性，最糟状况的影像通常是整个屏幕上以棋盘状排列的黑白交错画素(看起来接近灰色)；但是在分析 DCVCOM 显示器特性之前，请务必测试多种不同影像。

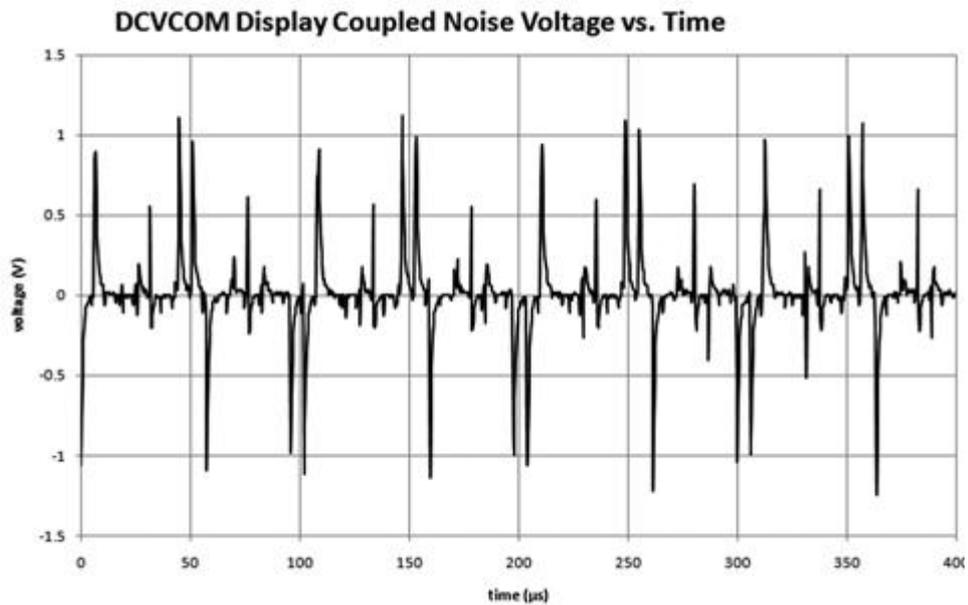


图 4 DCVCOM 显示器耦合噪声电压与时间关系图

### 降低 LCD 噪声 触控 IC 商祭出五大招

设计者要确实降低影响触控面板控制器的显示噪声，可利用几种方法，包括削减噪声强度、避开噪声的频率、导入数字滤波器、改良触控传感器设计或加强触控屏幕与 LCD 面板的同步化。

一般来说，设计工程师可以用一层强固的 ITO 覆盖住整个显示器，此遮蔽层置放于显示器与触控面板传感器之间，直接链接电路接地端，因此显示噪声会直接传到接地端而不是触控面板控制器。遮蔽层在减少噪声方面通常效率颇高，不过，由于会增加触控面板制造成本，加上会减少面板的透光度使影像质量略受影响，因此较不受业者青睐。

相形之下，挑选适合的运作频率，让触控控制器的频率不同于 LCD 噪声频率则是最佳选项之一。对此种方法而言，导入能应付大量尖峰噪声的触控控制器，并且避免触控屏幕感测电路过度饱和，有助达成降噪声的目标。

此外，窄频接收器有助于配合噪声尖波(Spikes)进行调整，还能帮助在撷取到的波形产生快速傅立叶变换(FFT)，以便了解应把触控屏幕运作频率设定在哪里，如图 5 显示 DCVCOM 时域波形的 FFT。目前触控控制器制造商也以开发出许多自动工具，能帮助挑选理想的运作频率，其中许多工具能扫描触控屏幕运作频率，还能同时监视噪声。

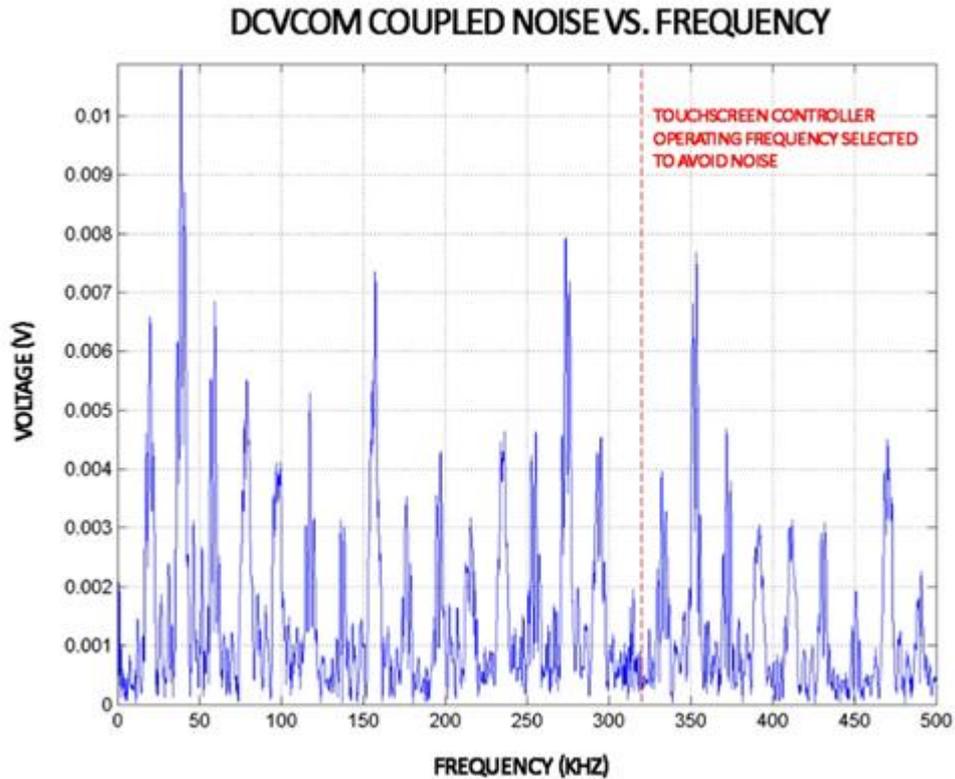


图 5 DCVCOM 耦合噪声与频率 FFT 关系图

此外，数字滤波器对降低噪声亦有很大帮助。工程师有许多线性与非线性滤波器可挑选，对不同的应用各有优缺点。线性滤波器方面，传统无限脉冲响应(Infinite Impulse Response, IIR)或有限脉冲响应(Finite Impulse Response, FIR)滤波器，虽然在降低噪声方面表现不错，但在追踪屏幕上手指碰触点的速度会有点迟钝。

如今业界已针对这些滤波器进行许多改良，带来更好的手指追踪性能。其他非线性滤波器也能降低噪声，尤其针对含有高强度但不常出现的噪声尖波的脉冲噪声。另外有少数滤波器能聪明的辨识 LCD 噪声，并把噪声从实际讯号分离出来。含有硬件滤波器的触控控制器会为产品加分不少，因能节省噪声处理的时间与功耗。

由于触控传感器对整体产品的效能而言相当重要，因此，许多新型传感器设计也纷纷朝向能降低显示噪声的研发方向迈进。其中一种热门方案就是曼哈顿(Manhattan)，取这个名字是因为它的样式酷似纽约曼哈顿地区的街道，为完美的水平与垂直排列(图 6)。

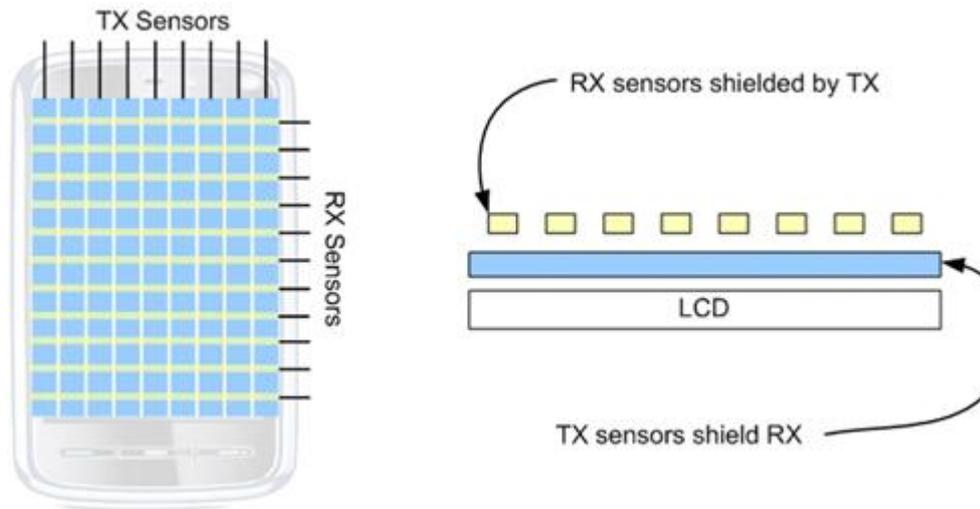


图 6 曼哈顿触控传感器架构示意图

触控传感器包含发送器(TX)与接收器(RX)，所有真正多点触控的传感器都能驱动 TX，并在 RX 上接收讯号。在曼哈顿传感器设计中，TX 占位相当宽，位置在 RX 之下；RX 则较窄，因为要消除寄生电容以及减少噪声耦合。

总而言之，曼哈顿传感器让 TX 传感器能削减大部分的噪声，且不会让噪声传到 RX，现今业界均采用许多精密的曼哈顿衍生技术。

### In-cell 实现触控面板与 LCD 同步化

最后，触控面板与 LCD 之间的同步化，亦是降低显示噪声的选项之一。事实上，这绝对须仰赖 In-Cell 设计才能实现。触控面板控制器要进行同步化，可透过监看 LCD 驱动器的水平与垂直同步信号，分别名为 HSYNC(Horizontal Synchronization)与 VSYNC(Vertical Synchronization)，进一步与 LCD 面板同步。

值得注意的是，在 ACVCOM 解决方案中，有些触控面板控制器能直接从触控屏幕传感器挑出噪声，随即开始扫描，不须藉由监看 LCD 驱动器的 HSYNC 与 VSYNC 讯号；此种 ACVCOM 的同步化相当直接，因为基频强度很高且频率很低。

相形之下，DCVCOM 就比较困难，因为噪声频率较高，触控面板控制器的扫描与静止期之间需要精准的时序调整。

随着手机做得愈来愈薄，触控面板控制器会暴露在更多的显示噪声下，这是因为显示器与触控屏幕传感器之间有更紧密结合的电容耦合，促使各界更专注于显示器如何运作，显示噪声究竟来自哪里，如何量测显示噪声，以及有哪些降低显示噪声的选项。