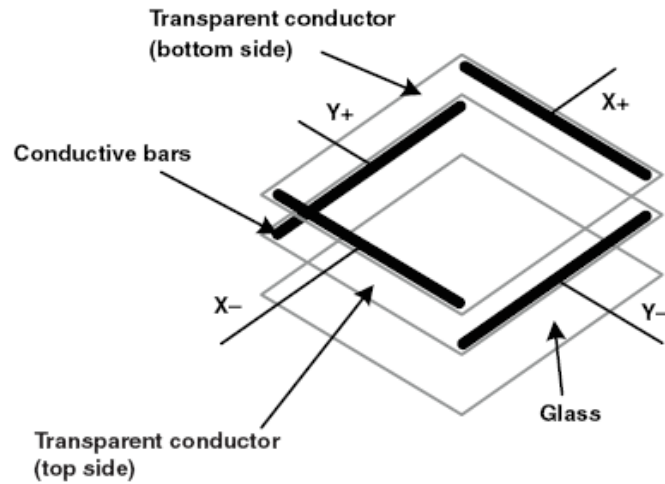
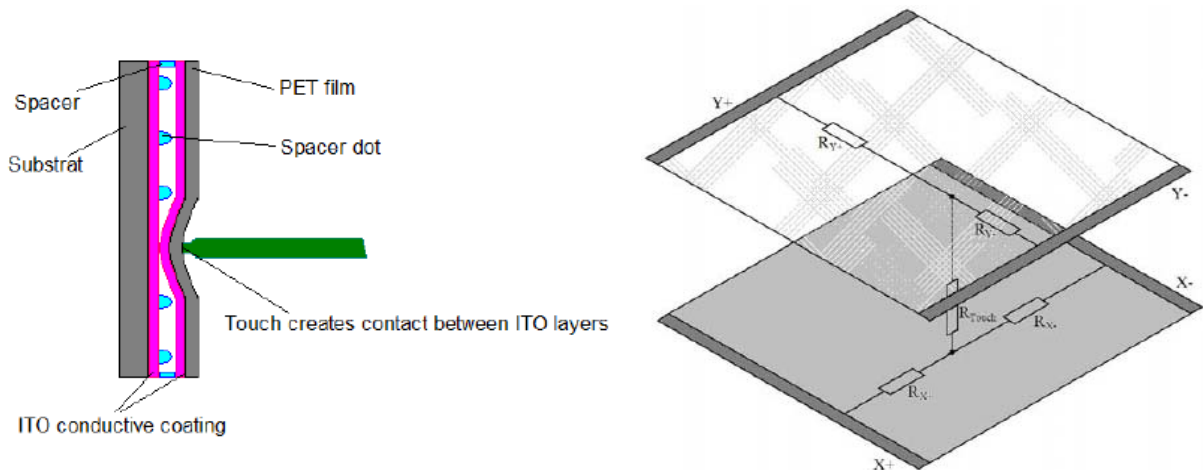


电阻式触摸屏的基本结构和驱动原理

四线电阻式触摸屏



四线电阻式触摸屏的结构如上图，在玻璃或丙烯酸基板上覆盖有两层透明，均匀导电的 ITO 层，分别做为 X 电极和 Y 电极，它们之间由均匀排列的透明格点分开绝缘。其中下层的 ITO 与玻璃基板附着，上层的 ITO 附着在 PET 薄膜上。X 电极和 Y 电极的正负端由“导电条”（图中黑色条形部分）分别从两端引出，且 X 电极和 Y 电极导电条的位置相互垂直。引出端 X⁻、X⁺、Y⁻、Y⁺ 一共四条线，这就是四线电阻式触摸屏名称的由来。当有物体接触触摸屏表面并施以一定的压力时，上层的 ITO 导电层发生形变与下层 ITO 发生接触，该结构可以等效为相应的电路，如下图

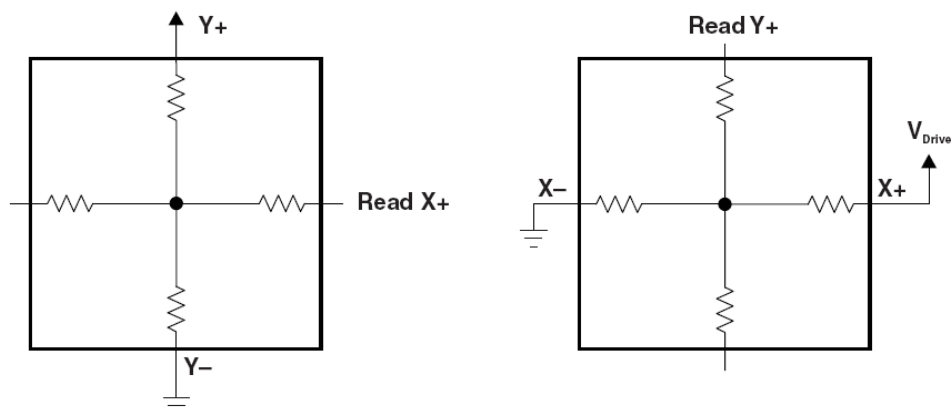


计算触点的 X,Y 坐标分为如下两步：

1. 计算 Y 坐标，在 Y⁺ 电极施加驱动电压 V_{drive}，Y⁻ 电极接地，X⁺ 做为引出端测量得到接触点的电压，由于 ITO 层均匀导电，触点电压与 V_{drive} 电压之比等于触点 Y 坐标与屏高度之比。
2. 计算 X 坐标，在 X⁺ 电极施加驱动电压 V_{drive}，X⁻ 电极接地，Y⁺ 做为引出端测量得到接触点的电压，由于 ITO 层均匀导电，触点电压与 V_{drive} 电压之比等于触点 X 坐标与屏宽度之比。

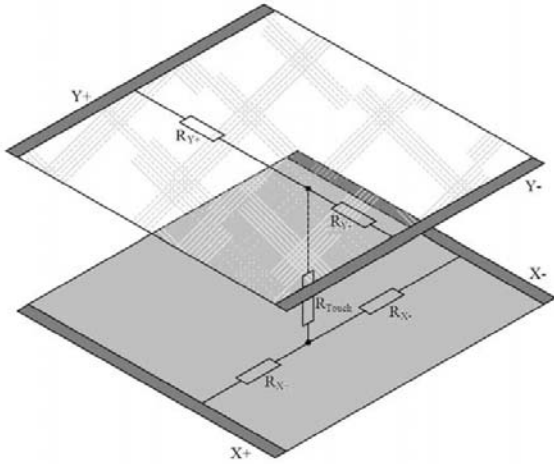
$$y = \frac{V_{X+}}{V_{Drive}} \times \text{height}_{\text{screen}}$$

$$x = \frac{V_{Y+}}{V_{Drive}} \times \text{width}_{\text{screen}}$$



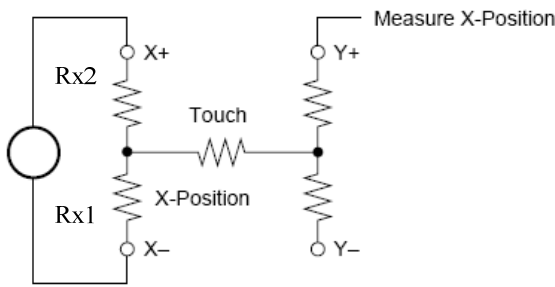
测得的电压通常由 ADC 转化为数字信号，再进行简单处理就可以做为坐标判断触点的实际位置。

四线电阻式触摸屏除了可以得到触点的 X/Y 坐标，还可以测得触点的压力，这是因为 top layer 施压后，上下层 ITO 发生接触，在触点上实际是有电阻存在的，如下图的 R_{touch} 。压力越大，接触越充分，电阻越小，通过测量这个电阻的大小可以量化压力大小。

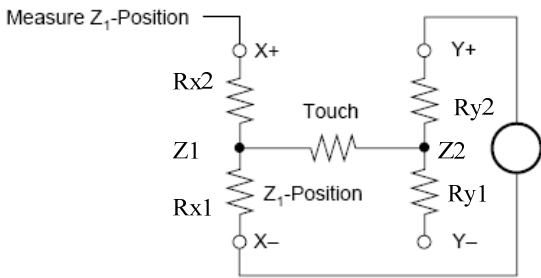


怎么得到 R_{touch} 的阻值？有两种方法。

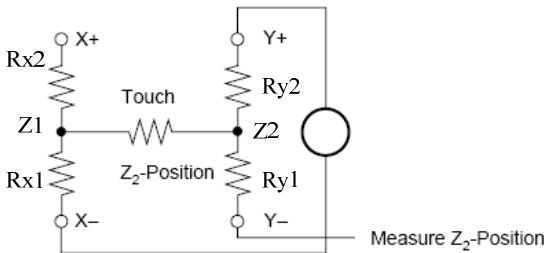
第一种方法：要做如下准备工作，如下图：



1. X- 接地，X+接电源，Y+接 ADC 得到触点的 X 坐标



2. X- 接地，Y+接电源，X+接 ADC 得到 Z1 点的位置 Z1



3. X- 接地，Y+接电源，Y-接 ADC 得到 Z2 点的位置 Z2

现在知道了 X 坐标，即 ADC 的输出数值， $Z1$ ， $Z2$ ，还要知道 X-line Y-line 的总电阻值就可以计算了

$$R_{touch} = \frac{Z2 - Z1}{I_{RX1}} \quad \text{其中 } I_{RX1} \text{ 是流过 } R_{X1} \text{ 的电流} \quad I_{RX1} = \frac{Z1}{R_{X1}}$$

则 $R_{touch} = R_{X1} \left(\frac{Z2}{Z1} - 1 \right)$ 而 $R1$ 又可以由 $ADCx$ 和 R_{X_plate} 根据比例得到，所以最后

$$R_{touch} = R_{X-PLATE} \cdot \frac{ADC_X}{4096} \left(\frac{Z2}{Z1} - 1 \right) \quad (\text{如果 ADC 12 位精度})$$

第二种方法：要做如下准备工作

1. X- 接地，X+接电源，Y+接 ADC 得到触点的 X 坐标 $ADCx$
 2. Y- 接地，Y+接电源，X+接 ADC 得到触点的 Y 坐标 $ADCy$
 2. X- 接地，Y+接电源，X+接 ADC 得到 Z1 点的位置 Z1
- 还要已知 X-plate Y-plate 的总电阻值

$$R_{touch} = R_{total} - R_{X1} - R_{Y2}$$

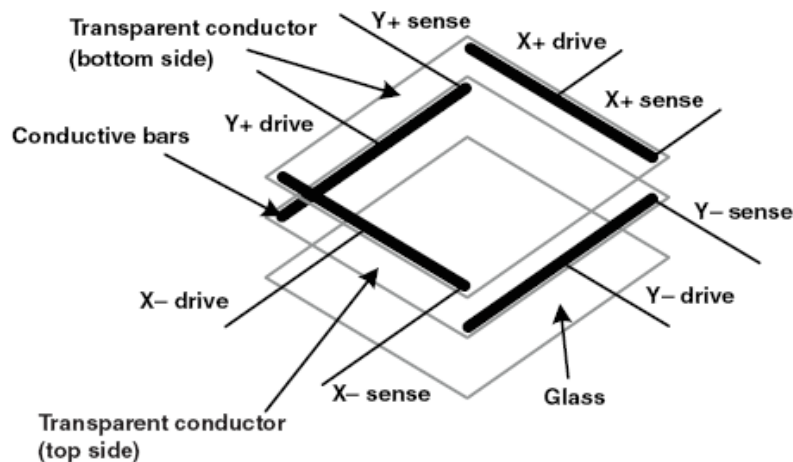
$$R_{total} = R_{X1} \cdot \frac{4096}{Z1} = R_{X-PLATE} \cdot \frac{ADC_X}{4096} \cdot \frac{4096}{Z1}$$

$$R_{Y2} = R_{Y-PLATE} \cdot \frac{ADCy}{4096}$$

$$R_{touch} = R_{X-PLATE} \cdot \frac{ADC_X}{4096} \cdot \left(\frac{4096}{Z1} - 1 \right) - R_{Y-PLATE} \cdot \frac{ADCy}{4096}$$

上面的计算有一个缺陷，就是没有考虑电极抽头引线和驱动电极的电路的寄生电阻，这部分电阻并不包含在 ITO 电阻之内，而且受环境温度影响阻值波动，很可能影响计算的正确性，因此产生了八线电阻触摸屏的概念。

八线电阻式触摸屏



八线电阻式触摸屏的结构与四线类似，所区别的是除了引出 X- drive, X+ drive, Y- drive, Y+ drive 四个电极，还在每个导电条末端引出一条线：X- sense, X+ sense, Y- sense, Y+ sense，这样一共八条线。八线电阻式触摸屏工作时，首先测量导电条电压：

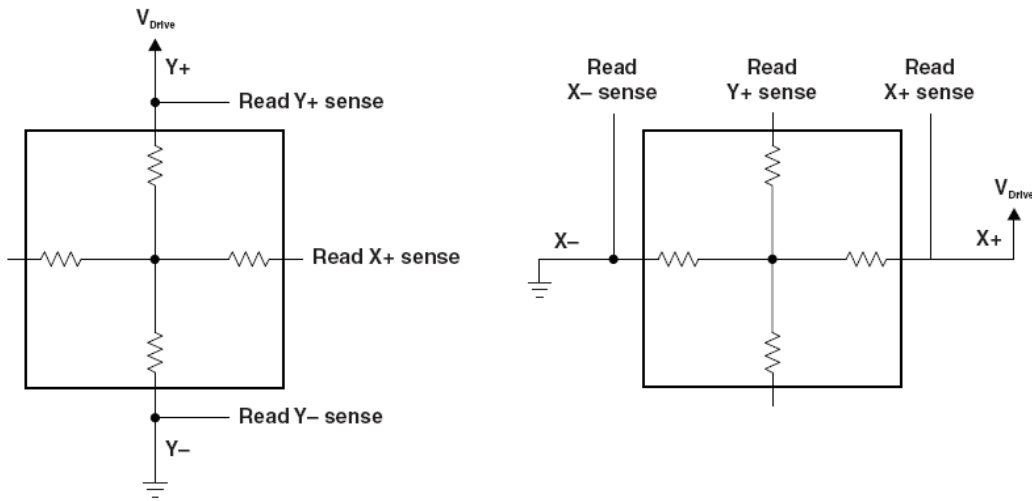
- 在 Y+ 电极施加驱动电压 V_{drive} ，Y- 电极接地，分别测出 Y+ sense 和 Y- sense 的电压，分别记为 V_{YMAX} 和 V_{YMIN} ，
- 在 X+ 电极施加驱动电压 V_{drive} ，X- 电极接地，分别测出 X+ sense 和 X- sense 的电压，分别记为 V_{XMAX} 和 V_{XMIN}

然后计算触点的 X,Y 坐标，分为如下两步：

- 1 计算 Y 坐标，在 Y+电极施加驱动电压 Vdrive， Y-电极接地， X+做为引出端测量得到接触点的电压。
- 2 计算 X 坐标，在 X+电极施加驱动电压 Vdrive， X-电极接地， Y+做为引出端测量得到接触点的电压。

$$y = \left(\frac{V_{X+} - V_{YMIN}}{V_{YMAX} - V_{YMIN}} \right) \times height_{screen}$$

$$x = \left(\frac{V_{Y+} - V_{XMIN}}{V_{XMAX} - V_{XMIN}} \right) \times width_{screen}$$

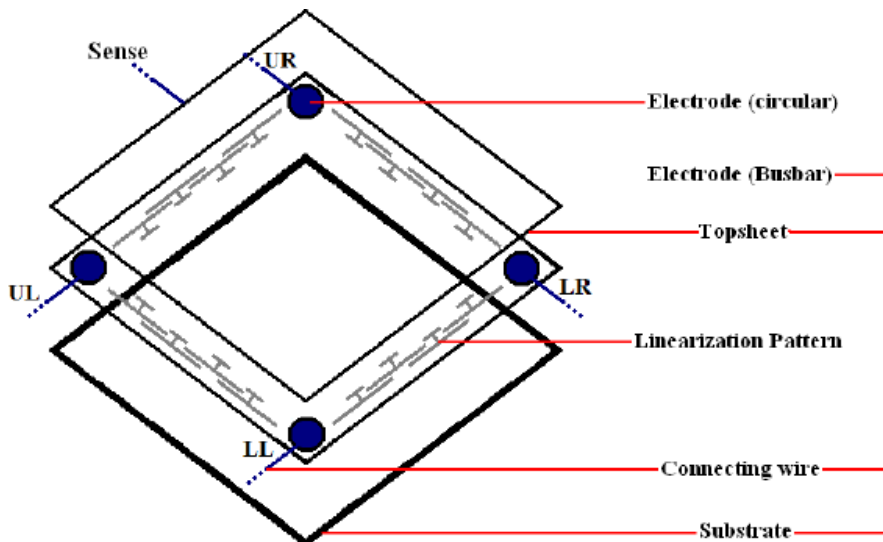


四线/八线电阻式触摸屏的优点是不但可以计算横向 X,Y 坐标，通过一系列方法还可以测得纵向 Z 坐标，即手指的压力大小，这是通过测量纵向接触电阻 R_{touch} 来得到的，因为接触发生时，接触电阻与压力大小成反比，压力越大，接触电阻越小，测得这个电阻的数值可以用来量化接触压力。

四线/八线电阻式触摸屏的缺点是耐用性不够，长时间的触按施压会使器件损坏。因为每次触按，上层的 PET 和 ITO 都会发生形变，而 ITO 材质较脆，在形变经常发生时容易损坏。一旦 ITO 层断裂，导电的均匀性也就被破坏，上面推导坐标时的比例等效性也就不再存在。这种断裂的情况极易发生在经常发生触按的区域，比如“确认”键的位置。另外一个缺点是附着在 PET 活动基板上的 ITO 不会充分氧化，一旦暴露在潮湿或者受热的环境下，氧化会导致电阻上升，同样破坏导电均匀性，使坐标计算出现误差，即出现“漂移”现象。由此催生了五线电阻屏的概念。

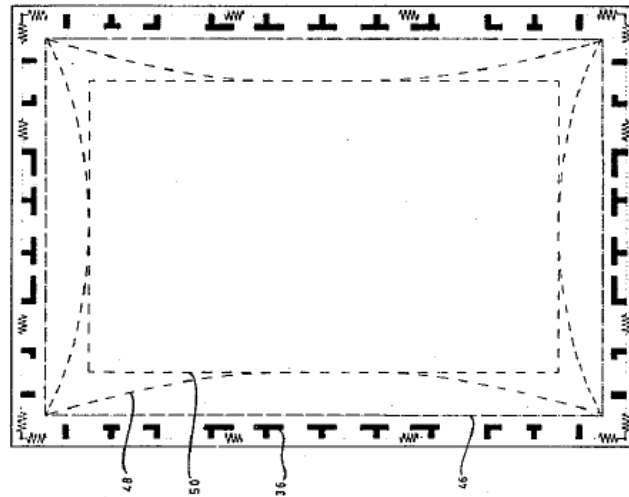
五线电阻式触摸屏

针对四线电阻式触摸屏的缺点，五线电阻式触摸屏采用的结构是，将 X,Y 电极都做在附着在玻璃基板上的 ITO 层，而上层的 ITO 只作为活动电极。底层 ITO 的 X,Y 电极从四个角引出 UL,UR,LL,LR，加上上层的活动电极，这样一共五条线。五线电阻式触摸屏的优点是玻璃基板比较牢固不易形变，而且可以使附着在上面的 ITO 充分氧化。玻璃材质不会吸水，并且它与 ITO 的膨胀系数很接近，产生的形变不会导致 ITO 损坏。而上层的 ITO 只用来作为引出端电极，没有电流流过，因此不必要求均匀导电性，即使因为形变发生破损，也不会使电阻屏产生“漂移”。



五线电阻式触摸屏的电极不能像四线电阻屏一样，由导电条从四边引出，那样会造成短路。电极被分散为许多电

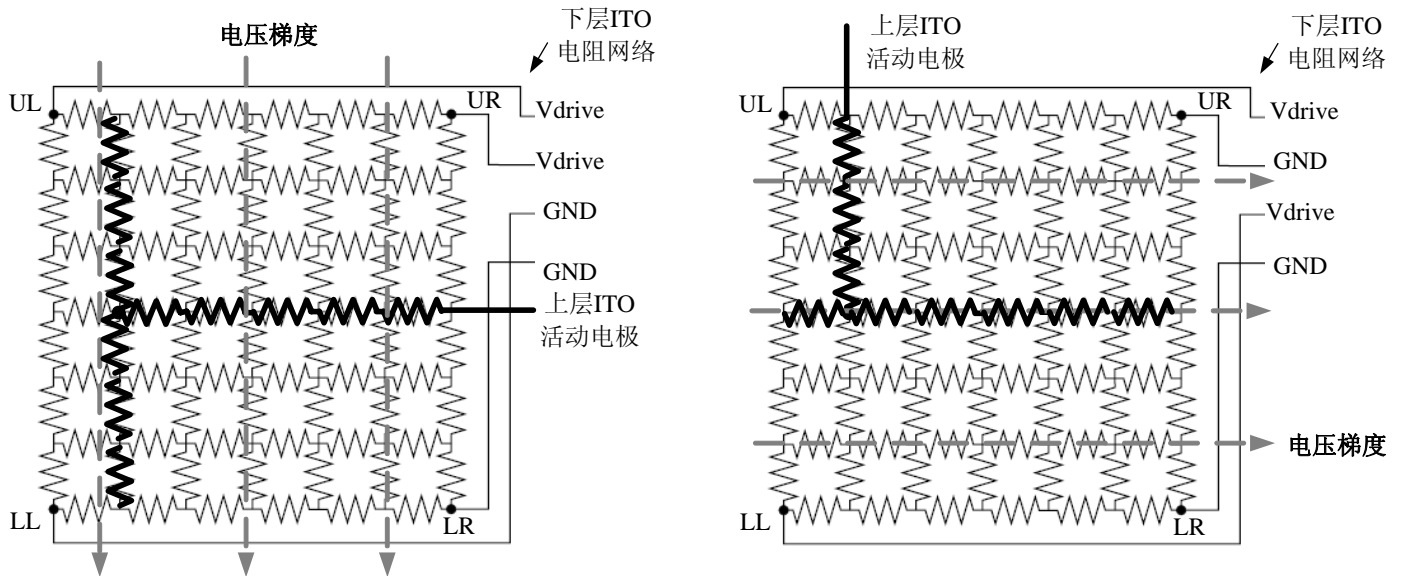
阻图案分布在触摸屏四周，然后从四角引出，这些图案的作用是使触摸屏 X,Y 方向电压梯度线性，便于坐标的测量。



五线电阻式触摸屏工作时，UL 施加驱动电压 V_{drive} ，LR 接地，测量触点 X,Y 坐标分为如下两步：

- 1 计算 Y 坐标，在 UR 电极施加驱动电压 V_{drive} ，LL 电极接地，活动电极做为引出端测量得到接触点的电压。
- 2 计算 X 坐标，在 LL 电极施加驱动电压 V_{drive} ，UR 电极接地，活动电极做为引出端测量得到接触点的电压。

$$y = \frac{V_{TESTY}}{V_{DRIVE}} \times height_{screen} \quad x = \frac{V_{TESTX}}{V_{DRIVE}} \times width_{screen}$$



六线电阻式触摸屏

在五线电阻式触摸屏的基础上，六线电阻式触摸屏是在玻璃基板的背面增加了一个接地的导电层，用来隔绝来自玻璃基板背面的信号串扰。

七线电阻式触摸屏

同四线电阻式触摸屏一样，五线电阻式触摸屏也没有考虑电极抽头引线和驱动电极的电路的寄生电阻，这部分电阻并不包含在 ITO 电阻之内，很可能影响计算的正确性，因此七线电阻式触摸屏在五线电阻式触摸屏的基础上，从 UL,LR 两端各引出一条线用来感应实际触摸屏末端电压，分别记为 V_{max} , V_{min} ，工作原理与五线电阻式触摸屏相同。

$$y = \left(\frac{V_{TESTY} - V_{MIN}}{V_{MAX} - V_{MIN}} \right) \times height_{screen} \quad x = \left(\frac{V_{TESTX} - V_{MIN}}{V_{MAX} - V_{MIN}} \right) \times width_{screen}$$

作者：吴仲远

zhongyuan.wu@gmail.com