

自电容式触摸按键面板 PCB 设计需知

1. 适用芯片

具备自电容触控功能的 MCU。

2. 设计说明

电容式触摸产品的 PCB Layout 对于触摸灵敏度有较大的影响。以下为触摸 MCU 的 PCB 布局建议，供设计参考。

3. 触摸面板 PCB 设计的基本原则

3.1. 遵循通常的数模混合电路设计的基本原则

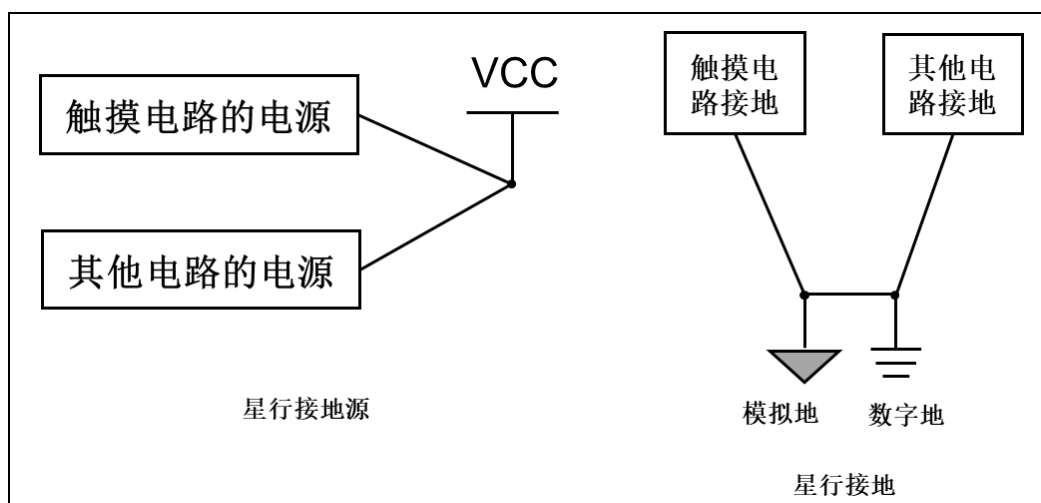
电容式触摸感应芯片，内部既成了精密电容测量的模拟电路，因此进行 PCB 设计时应该把它看成一个独立的仿真电路对待。遵循通常的数模混合电路设计的基本原则。

3.2. 采用星形接地

触摸芯片的地线不要和其他电路共享，应该单独连到板子电源输入的接地点，建议采用“星形接地”。连接方式参考图 1。

3.3. 电源上产生的噪声对触摸芯片的影响

电源回路也应遵循同样的处理办法。触摸芯片最好用一根独立的走线从板子的供电点取电，不要和其他的电路共享电源回路。连接方式参考图一。



图一：电源和地线连接方法示意图

4. 触摸盘的设计

4.1. 触摸盘材料

触摸盘有 PCB 铜箔、金属片、平顶圆柱弹簧、导电棉、导电油墨、导电橡胶、导电玻璃的 ITO 层等。不管使用什么材料，按键感应盘尽量紧密贴在面板上，中间不能有空气间隙。当用平顶圆柱弹簧时，触摸线和弹簧连接处的镂空铺地的直径应该稍大于弹簧柱体直径，保证弹簧即使被压缩到 PCB 板上，也不会接触到铺地。

4.2. 触摸盘形状

原则上可以做成任意形状，中间可留孔或镂空。一般应用圆形和正方形较常见。

4.3. 触摸盘面积大小

按键感应盘面积大小：最小 4mmX4mm，最大 30mmX30mm。实际面积大小根据灵敏度的需求而定，面积大小和灵敏度成正比。一般来说，按键感应盘的直径要大于面板厚度的 3 倍，并且增大电极的尺寸，可以提高信噪比。各个感应盘的形状、面积应该相同，以保证灵敏度一致。通常，在绝大多数应用里，12mmX12mm 是个典型值。

4.4. 触摸 PAD 之间距离

各个触摸 PAD 间的距离要尽可能的大一些（大于 3mm），这样可以减少它们形成的电场之间的相互干扰。建议电极或接地焊盘之间的最小间距应大于面板厚度的 0.5 倍。适当拉大各触摸 PAD 间的距离，对提高触摸灵敏度有一定帮助。

4.5. 触摸 PAD 与各种触摸结构的连接方式事宜

- 当用 PCB 的铜箔做触摸 PAD 时，确保 PCB PAD 与面板紧贴。
- 使用带弹簧的贴片触摸 PAD，将触摸 PAD 顶在面板上。
- 使用导电橡胶或导电棉，导电棉或导电橡胶底端粘在 PCB 的铜箔上，顶端作为感应盘紧贴面板上。
- 导电油墨或 ITO 做成柔性 PCB，插在触摸端口的界面里。

5. 通过 EMC 测试的设计建议

请参考以下建议，以通过严格的 FCC 测试。

5.1. 使用退藕电容

请在触控 MCU 的电源端添加退藕电容。一般情况下，可在芯片的 VCC 与 GND 端并联一个 0.1uF/1uF 的 MLCC 电容和一个 10uF/100uF 的 MLCC 电容，用于去藕和旁路，且能提供相较于普通陶瓷电容更低的等效串联电阻（ESR）。退藕电容应尽可能靠近芯片放置。

5.2. 使用较低的 LDO 电压

为保证信号具有足够的容限，建议选择较低的 LDO 输出电压。

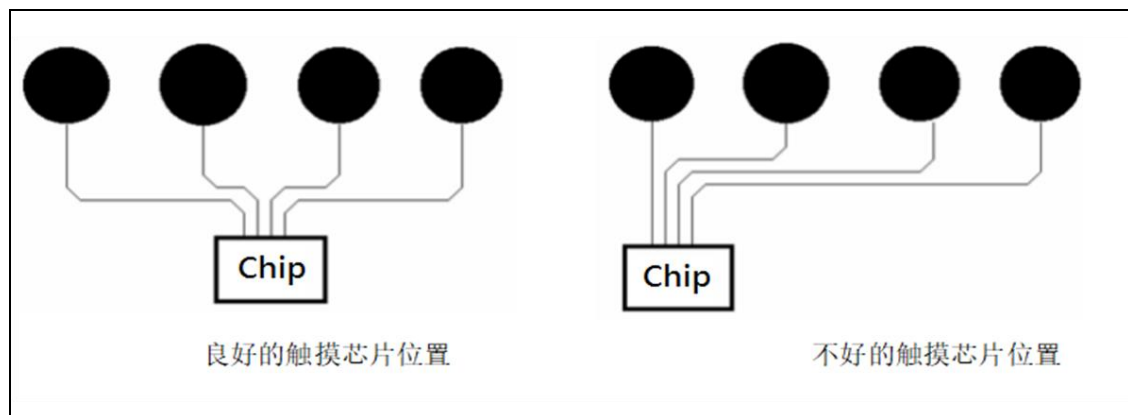
5.3. 正确铺地

无论采用单面 PCB 还是双面 PCB，PCB 的空白区域应覆盖 1/4 填充的网格接地铜皮。同时，按键感应电极与 IC 输入引脚之间的布线应由接地铜箔包裹，以吸收电磁辐射并提升 EMC 指标。建议优先使用双层 PCB。

6. 元器件布局

6.1. 芯片的位置

触摸感应 IC 内部有线长修正功能，因此各按键感应盘到 IC 引脚之间的连线长短的差异不至于导致按键灵敏度的明显差异，但在 PCB 板空间允许的情况下，应尽量将触摸芯片放置在触摸板的中间位置，使 IC 的每个感应通道的引脚到感应盘的距离差异最小。



图二：触摸引线

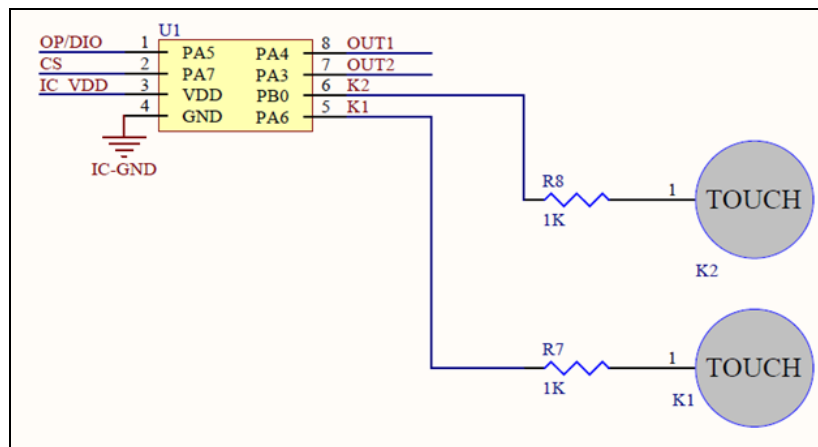
6.2. 触控走线间距

增加感测焊盘走线与接地之间的间距，有助于降低自电容的寄生效应。然而，若间距过大，触控信号线将更容易受到辐射噪声的干扰。常见的间距设计约为面板厚度的 12%。

6.3. 触摸通道串联电阻

6.3.1 触摸通道串联电阻的位置

触摸通道串联电阻（触摸按键到触摸芯片之间的串联电阻），以靠近触摸芯片的按键引脚放置为较佳。



图三：触摸通道串联电阻原理图

6.3.2 触摸通道串联电阻的选择

串联电阻用于满足系统的静电放电（ESD）防护要求，同时还能降低系统的电磁辐射并提升射频噪声的抗干扰能力。

在评估合适的输入通道电阻时，请首先确认触控 MCU 的最高工作频率及其所支持的最大自电容范围。

以 PMS160B 为例，若通道需支持最大自电容值 243 pF，且工作频率为 100 kHz，则建议的通道串联电阻范围为 500 Ω 至 4 k Ω 。

6.4. 配置合适的灵敏度

- 灵敏度与触控库的功率值成正比。增大数值，灵敏度增高，减小数值，灵敏度减小。
- 灵敏度与面板的厚度成反比。同配置情况下，面板厚度越厚，灵敏度越低，面板厚度越薄，灵敏度越高。
- 灵敏度与触控按键面积成正比；而对辐射噪声的敏感性则正好相反。

7. PCB 板走线

7.1. 双面板走线:

如果直接使用 PCB 板上的铜箔作触摸感应盘，建议使用双面 PCB 板，触摸芯片和感应盘到芯片引脚的连线应放在背面（BOTTOM）。感应盘应放在顶层（TOP），安装时紧贴触摸面板。

7.2. 单面板走线

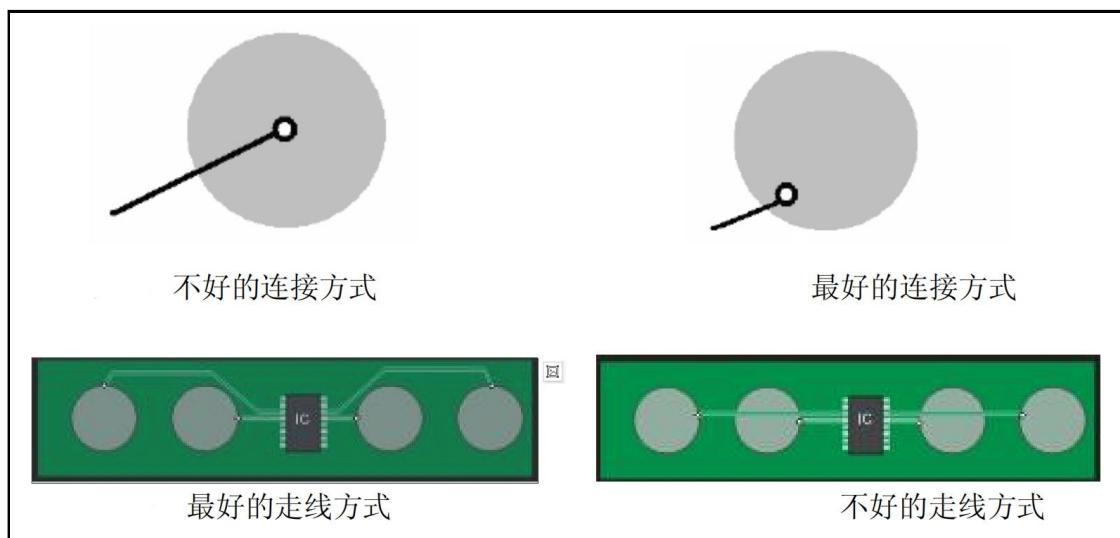
如果采用单面 PCB 板，并用弹簧或其它导电物体做感应盘，感应盘到 IC 引脚的连线建议避免或减少走跳线。

7.3. 线宽

如果 PCB 工艺允许，感应电极与芯片之间的连接应尽量细且短，推荐采用短而细的感应走线。

7.4. 线宽触控走线布线规则

为避免受到信号线或 LED PWM 信号的干扰，触控走线应与平行的数字信号保持至少 4mm 的间距，或者与其垂直交叉。（在双层 PCB 板上，不建议两层的触控面板走线紧密平行。）有关 IC 与感应电极之间更优的连接与布线方式，请参考图 4。



图四：好的和坏的走线方式

8. 接地铜箔铺设

接地铜箔可以有效提升产品的抗干扰能力。建议触控按键与接地铜箔之间保持 0.5 倍面板厚度的距离。在该距离下，系统的抗干扰能力与触控灵敏度能够得到较好的平衡。

如果距离减小，系统的抗干扰能力会增强，但触控灵敏度会降低；反之，若距离增大，触控灵敏度会提升，但抗干扰能力会有所下降。因此，用户可根据实际需求进行适当调整。

采用 1/4 网格接地铜皮可有效降低寄生电容，从而改善信噪比（SNR）。设计人员也可以通过调整网格覆盖比例，在灵敏度与抗干扰能力之间取得更佳平衡。

8.1. 双层 PCB 板

8.1.1. 顶层 (Top Layer)

传感器可放置在顶层，并在其上方铺设接地铜箔网格。对于典型的 1/4 网格（hatching）要求，网格线宽可取 8mil，网格尺寸可取 64mil。网格覆盖率不应超过 40%。



图五：顶层按键感应盘之外铺网格铜

8.1.2. 底层 (Bottom Layer)

所有元器件（包括 MCU）均可放置在底层，但需要避免直接位于传感器正下方。传感器下方应铺设 1/4 网格接地铜箔进行隔离。