



触摸感应式应用设计指南

引言

该应用笔记给出了触摸感应式应用中的布板与物理设计指南。

电容感应接口可用于很多应用中，或简单、或复杂。这些接口由感应元件组成，并与触摸感应控制器相连接。感应元件由导电材料组成，如铜。

印制电路板的物理设计非常重要，并且必须遵循某些通用原则，这些通用原则对所有应用都适用。

该文档提供了三个涉及布板方面的简要指南：

1. 印制电路板(PCB)
2. 覆盖物材料
3. 与PCB或触摸感应不相关的其它因素，如底板或LED。

本应用笔记英文原文下载地址：

<http://www.st.com/stonline/products/literature/an/15298.pdf>

目录

1	PCB 常规设计指南	3
1.1	电路板面积	3
1.2	地层	3
1.3	被动屏蔽	3
1.4	通讯线的隔离	4
1.5	LED 的使用	6
1.6	电压调节器	6
2	电极与元件的设计	7
2.1	表面电容按键	7
2.1.1	形状	7
2.1.2	尺寸	8
2.1.3	按键间距	8
2.1.4	按键-地的间隙	8
2.2	滑动条	8
2.2.1	滑动条尺寸与布板	8
2.2.2	间距	9
2.2.3	双路元件	9
2.3	滚轮	10
2.4	电容感应应用中的走线	10
2.4.1	长度	10
2.4.2	宽度	10
2.4.3	放置	11
2.4.4	分组放置	11
3	覆盖物	12
4	机壳	14
5	总结	15
6	版本回顾	16

1 PCB常规设计指南

为电容感应式应用设计印制电路板时，需要考虑包括与感应电路直接相关的许多问题。整个电路将影响感应元件与其走线的电容。通常，PCB对灵敏度有负影响。硬件元器件如电容，连接头，电阻，LED等会增加感应式按键的寄生电容。即使是与感应无关的走线也可能与感应元件产生耦合，从而降低应用的性能。

种种原因说明了在设计电容感应式应用时必须仔细检查和优化整个布板。

1.1 电路板面积

对于电容式感应，由感应元件及走线覆盖的面积是最重要的。最好将这个面积保持在最小，通过最小化控制器与传感器之间的距离。将处理器放在感应元件中间可确保最优的电路板面积。

1.2 地层

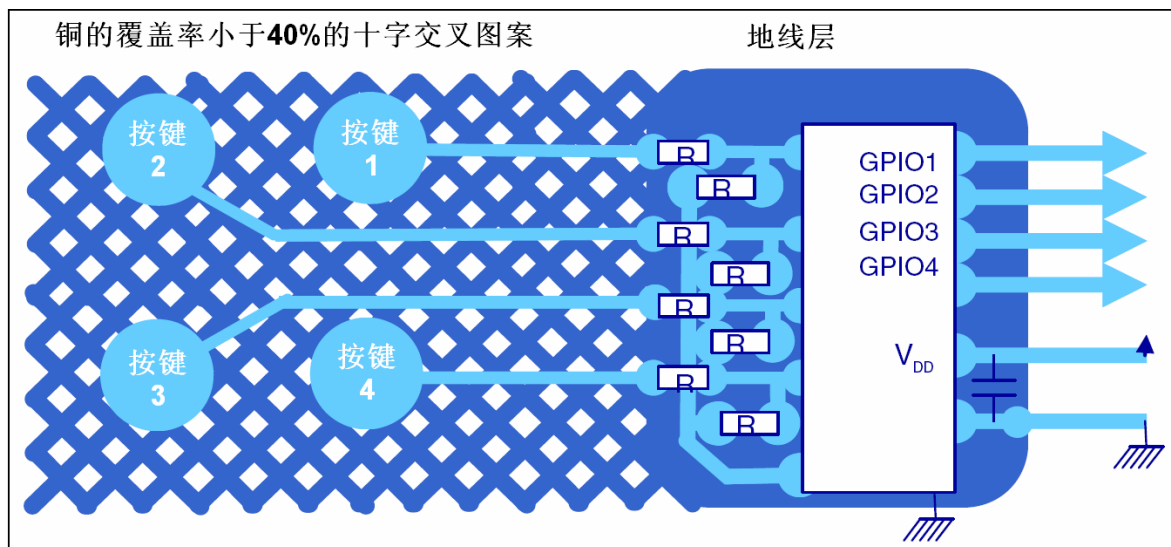
不推荐将传感器的走线放在任何电源层上。

充满在传感器下面的地层或电源层会增加对地的寄生电容，并降低灵敏度。

当将地层放在传感器下面时，地层必须使用十字交叉形以保证铜的覆盖率小于40%(图1)，并置于最远的一层，以降低对地的寄生电容，同时保证较好的屏蔽效果。参见节0：按键-地的间隙。

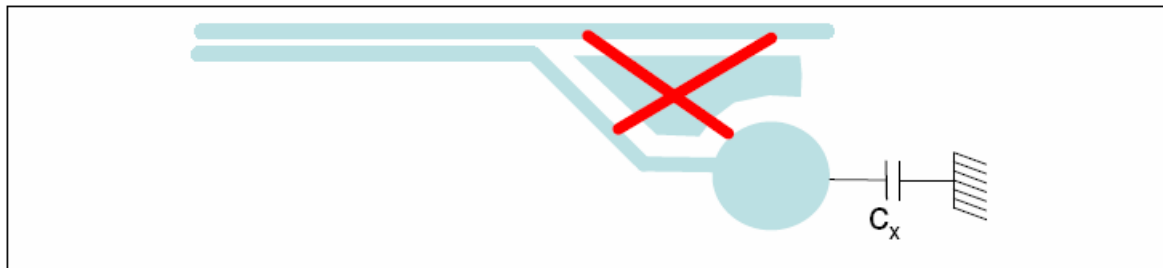
在噪声环境下，最敏感的区域必须加地层。

图1 地层设计示例



为了避免感应区域的二次辐射及减少不期望的影响，应保持浮动金属远离传感器信号(图2)。

图2 浮动金属示例



1.3 被动屏蔽

被动屏蔽的原理是使用驱动电极的相同信号驱动屏蔽。

使用被动屏蔽替代接地屏蔽有如下优点：

- 电极与屏蔽线之间的寄生电容不会改变。可消除对敏感性的影响。
- 可按下面方法实现：
 - “LOAD” 信号可用于 RC 软件库的被动屏蔽
 - 可使用专用的引脚驱动屏蔽，如 STM8T 所示
- 被动屏蔽在某些需要使用屏蔽的应用中非常有用：
 - 保护触摸电极免受噪声源的干扰
 - 去除来自放在电极与传感设备之间的电缆和走线的触摸敏感性
 - 当移动金属靠近传感设备时，提高性能

图3 RC库

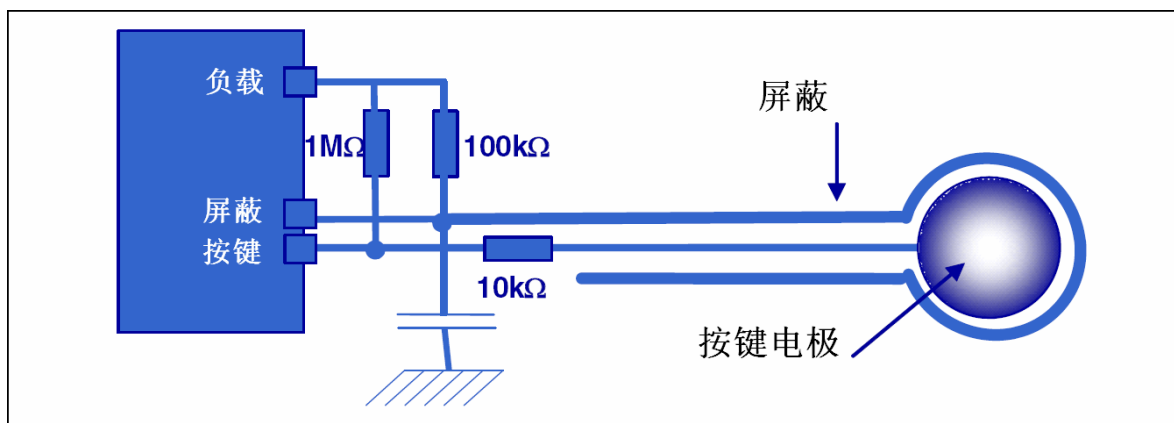
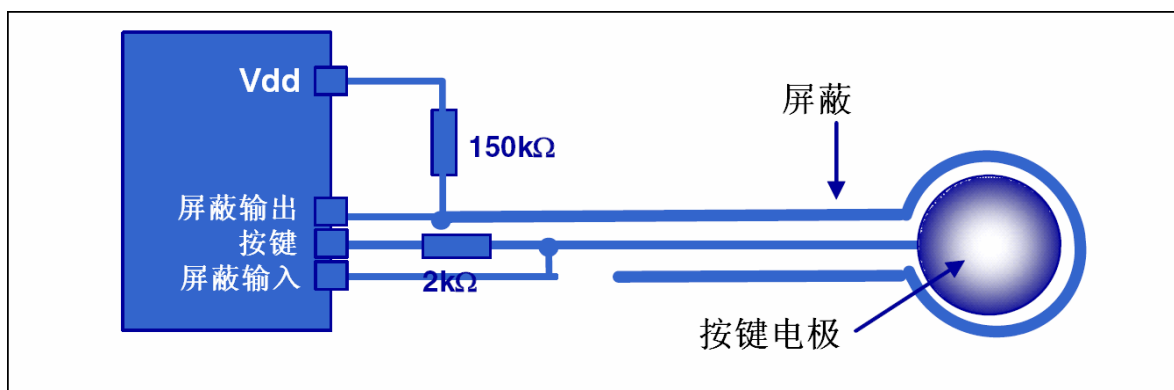


图4 STM8T系列示例



1.4 通讯线的隔离

不要将电容感应的走线靠近通讯线，如I²C或主SPI。通讯线的频率可影响电容传感器的性能。如果必须将通讯线与传感器引线相交叉，应确保交叉是垂直相交的，如图5和图6所示。

图5 传感线与通讯线位于同层的处理

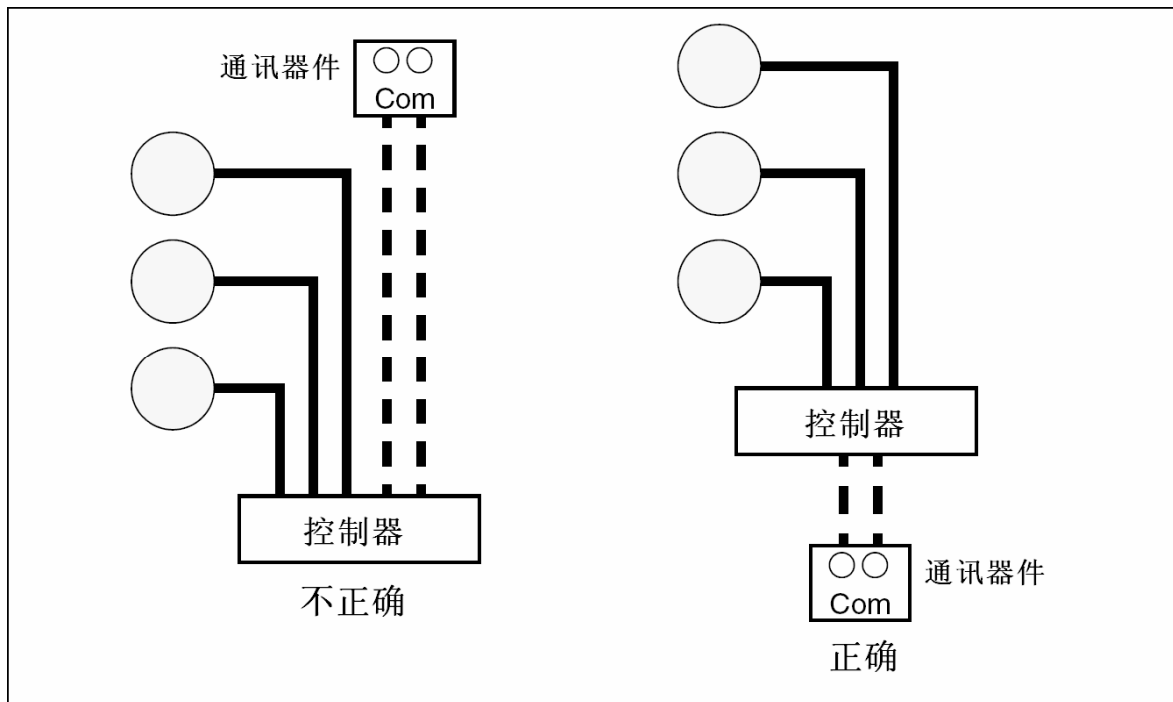
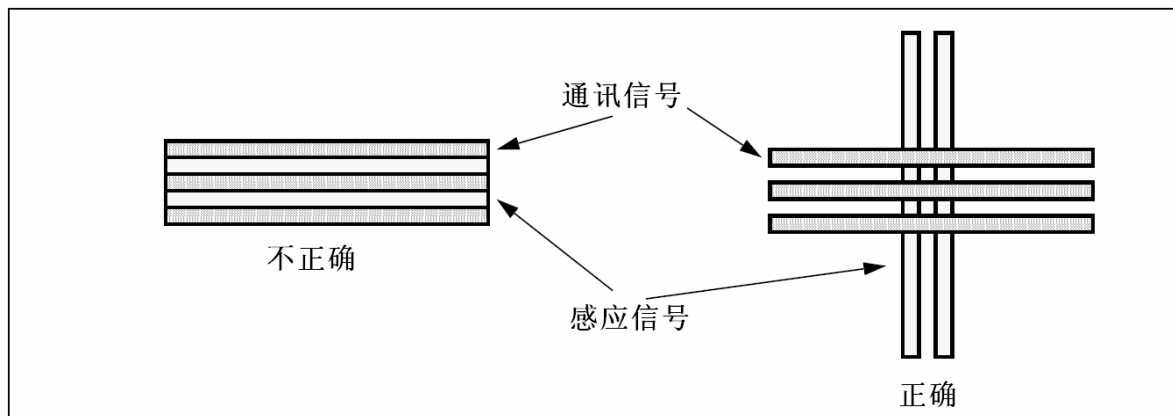


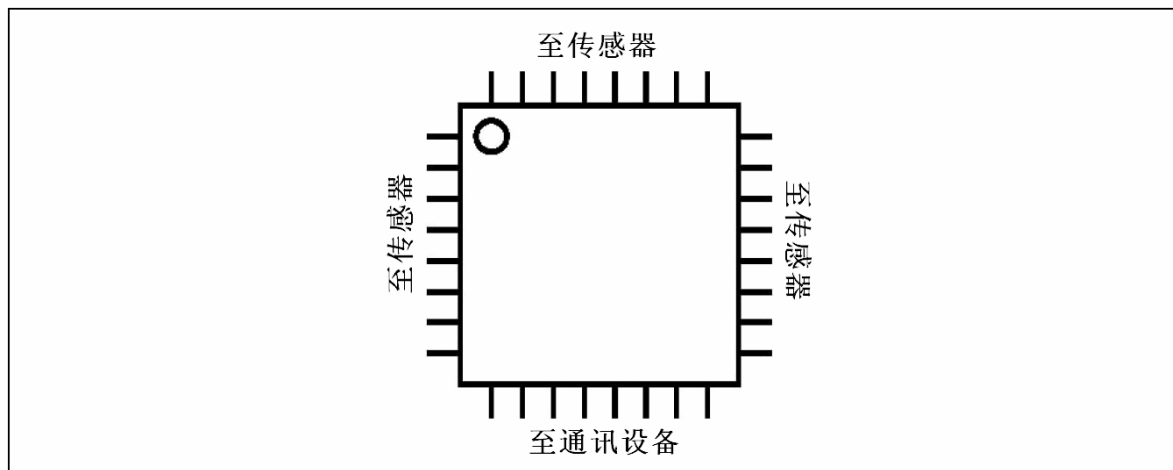
图6 传感线与通讯线位于不同层的处理



将传感器走线选择在触摸感应控制器的不同侧，可有效减少通讯线与传感线之间的交叉。

如图7所示，使用该隔离方法的32脚控制器

图7 通讯与传感器引脚的端口隔离



1.5 LED的使用

在用户板上，常常需要LED靠近电容感应式按键。这些二极管对确保按键正常工作非常有用。当设计带LED的应用板时，必须考虑以下因素：

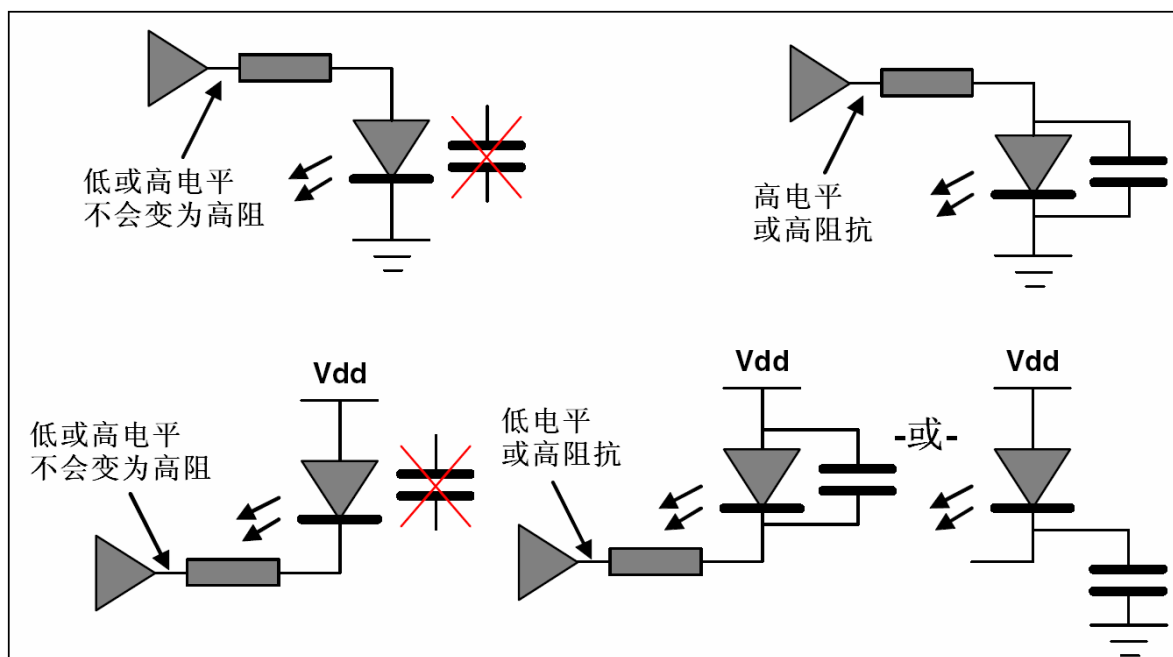
- LED的开/关会改变电容值
- LED开/关时其走线会改变阻抗值
- LED负载电流会影响电源轨道电流

如果LED靠近传感器，且经常被激活，建议使用一个电容(小于1nF)旁路LED或其驱动器走线。

LED的两端必须为低阻抗通路至地(或电源)。否则，LED必须使用旁路电容以抑制高阻抗。

图8所示的LED旁路电容的用法同样适用于晶体管。

图8 LED旁路电容示例



1.6 电压调节器

强烈推荐使用电压调节器为设备供电。电压调节器应放得离传感器走线和传感设备尽可能远。

电压调节器也可做为滤波器，滤掉来自于电源的传导噪声。

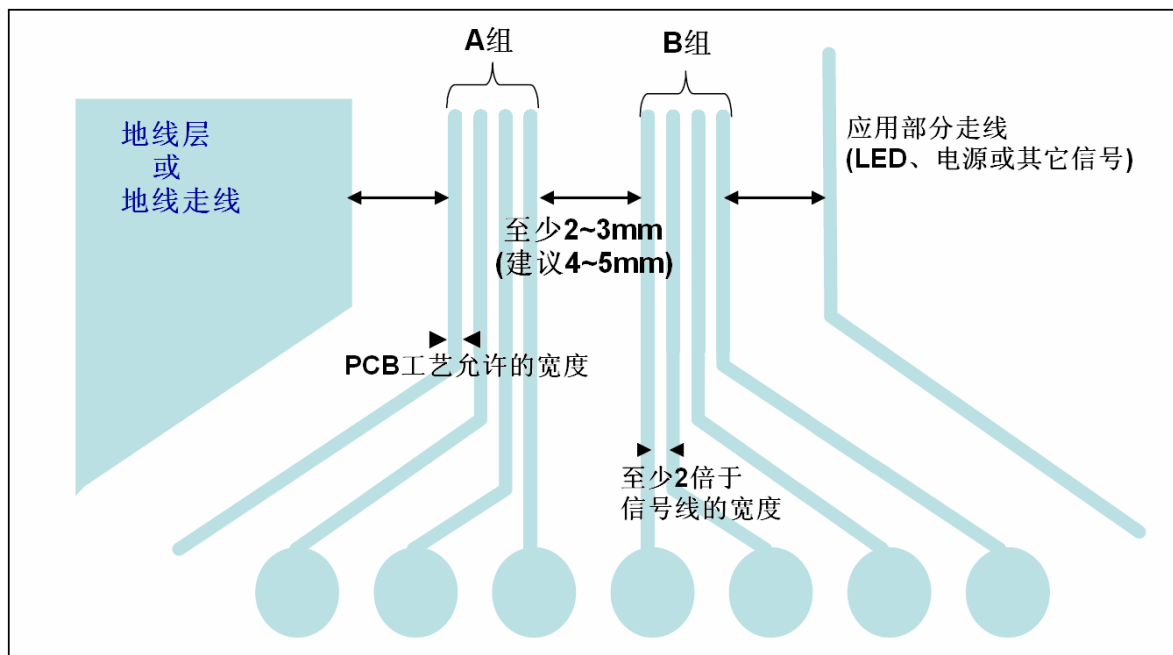
2 电极与元件的设计

好的PCB布线可减少来自于非感应元件的影响，非感应元件不包括导电材料(如铜)，这些可能会影响到按键，滑动条及触摸板的灵敏度。

设计PCB板时，应考虑下列几点：

- 至电极的走线应尽可能短(如果可能，应小于100mm)
- 在PCB技术可达到的情况下，线宽应尽可能小
- 应保证无源负载尽可能靠近控制器
- 对于触摸按键，与相邻按键走线的间距应至少为线宽的两倍

图9 传感元件的定义



传感元件

PCB布板的目的在于减少元件之间的相互影响，即使不能减到最小，也应该使它们对于所有电容式元件的影响是相同的。

尽管用于获取触摸按键信号的触摸感应控制器算法已经考虑到各部分电容的差别，尽量保持它们的均衡还是很有必要的。

属于同一个端口的走线可以靠得很近，如图9所示。

为设计一个好的电路板，下面的章节描述了常见的因素及相关指南。

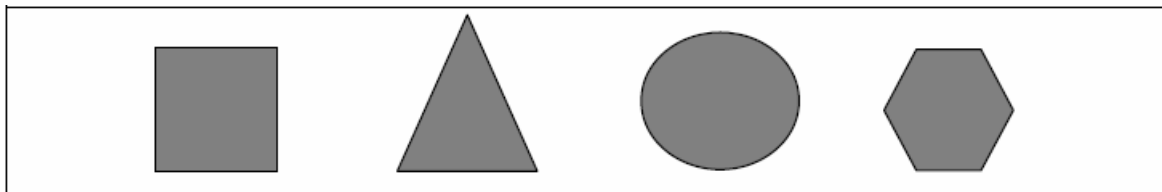
2.1 表面电容按键

一个表面电容按键由一个与控制器相连接的单端铜电极组成。它不需要有太高的灵敏度，只需要能够识别手指的触摸与否。

2.1.1 形状

任何形状的按键均可用于电容感应式触摸中，如图10所示。不同的形状不会影响感应的性能，仅与板子的美观程度有关。

图10 可能的按键形状



2.1.2 尺寸

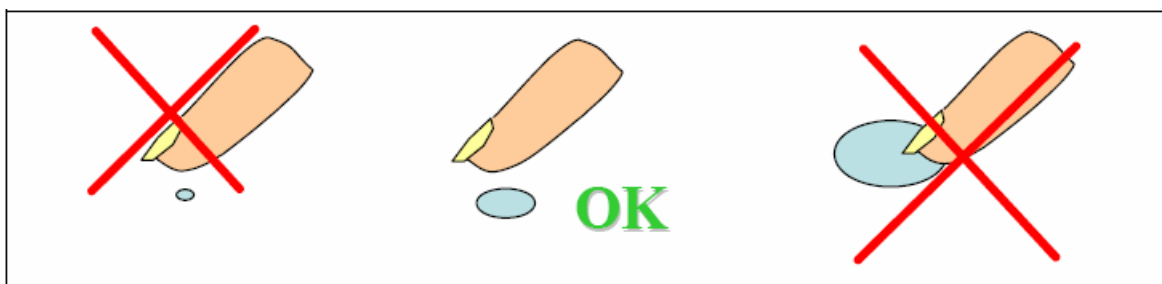
在其它条件都相等的情况下，通常按键越大越好。两个使用相同走线与控制器连接的按键，如果它们的大小不同，则灵敏度也将不同。

小的按键因其表面积小，触摸电容(C_T)也很小，相应地灵敏度会较差。

按键过大并不会显著提高 C_T 。

但是，将按键面积增大至与触摸物(手指，拇指等)相当，则会显著提高 C_T 。

图11 按键尺寸与手指尺寸



对于手指感应，推荐按键的直径至少为0.4英寸(10mm)。较小的按键也可工作，但性能较差。大的按键灵敏度较高，但感应式触摸物的有效接触面积决定了按键尺寸的上限。

2.1.3 按键间距

按键可以相互邻近，但如果节距太小，相互之间太过靠近，则会带来不期望的相互影响。

2.1.4 按键-地的间隙

如果可能，地层不应与感应元件放在同一层。

如果地层与感应元件太近，将会增加电容并影响对手指存在与否的检测。

2.2 滑动条

滑动条由排成一排且分别与控制器相连接的一组相互毗邻的电容感应式个体组成。通常滑动条是线性的，沿着一根轴线移动。

它可以由5或8个元件组成，取决于所需的尺寸与分辨率。

滑动条使用相邻电容感应元件之间的电容差值变化来确定感应物的中间位置。

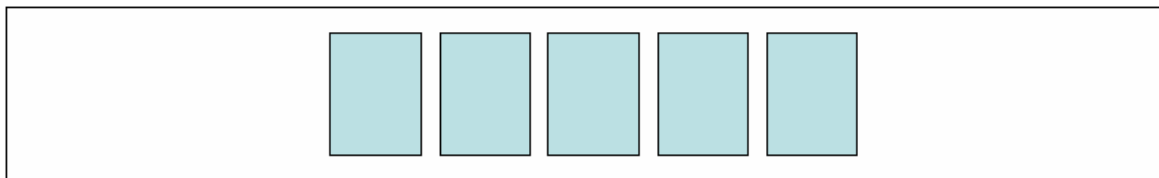
2.2.1 滑动条尺寸与布板

对于滑动条有多种不同设计。

尺寸与目标应用决定了滑动条的布板。

为确保一个电容感应物与多个感应元件的耦合，每个感应元件应尽可能小，以使手指与其边界重叠。但是，感应元件也必须足够大，以应用交叠进行感应。

图12 5个元件的小滑动条(20-50mm长)



对于中等或较大滑动条，为了产生滑动条元件之间的交叠，可使用锯齿形模式。这将会使元件之间的差值变化更好。

为了提高分辨率，可以使用8个元件。

图13 中等/大滑动条(40-60mm长)

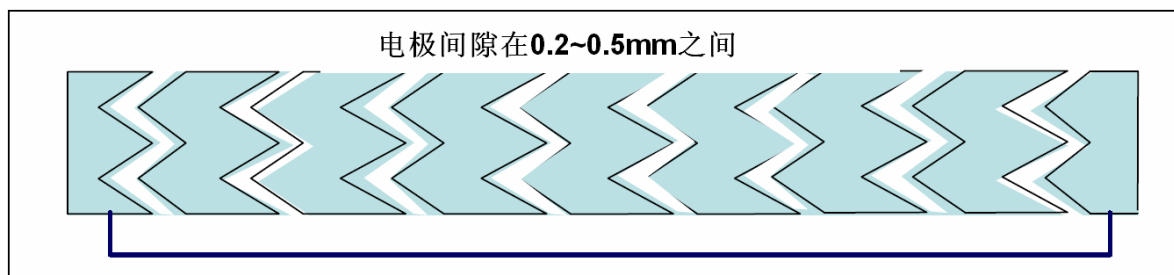
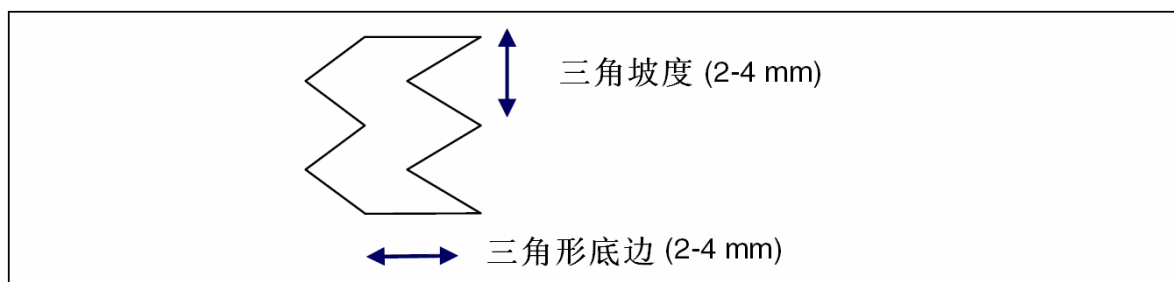


图14 锯齿



2.2.2 间距

滑动条元件与周围地层的间距要求与按键相同。若滑动条与地层的间距为0.02英寸(0.5mm)，则两者之间的边缘电容可降至足够低，从而对感应的影响非常小。

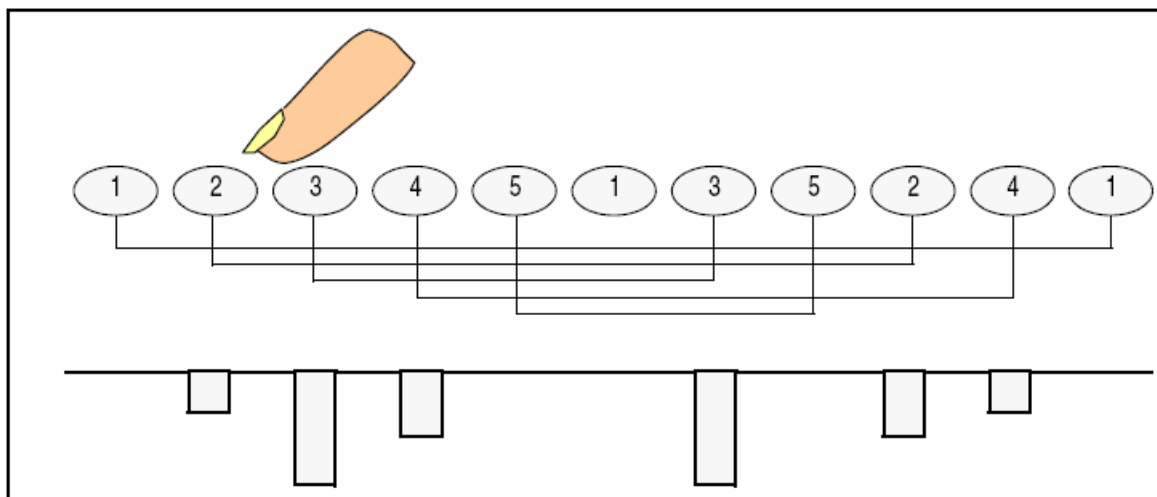
2.2.3 双路元件

使用双路元件比仅使用相邻元件可带来更高的分辨率，但对于手阴影也会更敏感。

使用双路元件替代相邻元件所带来的优点取决于滑动条的应用。将两个滑动条元件连接至同一引脚可增加用于触摸感应的滑动条元件个数。如图15为使用双路元件的示例。使用双路滑动条的最小引脚数为5。表1为两种基本的双路列表。

图15也表示出了控制器所采集到的与手指位置相关的数据。与该引脚相连接的两个元件上的电容值均增加。尽管在多个位置上均检测到电容改变，但只有其中一个位置，其相邻元件的电容值超过了基准值。

图15 双路滑动条示例(10个电极)



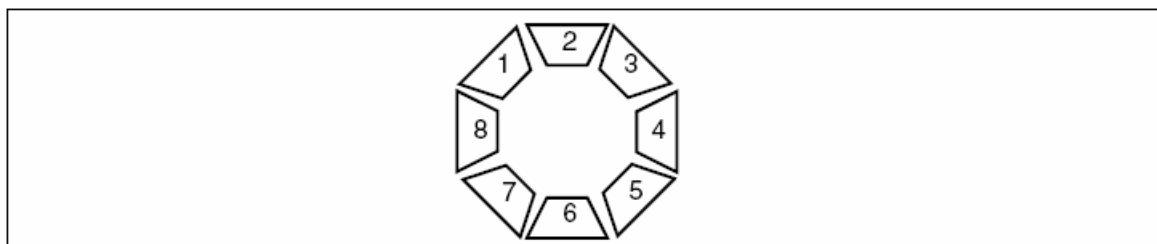
当在连续的三个通道上检测到信号时，就代表这是手指所在的位置。

表1 常用双路列表

滑动条	双路列表
5个引脚，11个元件	1 2 3 4 5 1 3 5 2 4 1
8个引脚，17个元件	1 2 3 4 5 6 7 8 1 4 7 2 5 8 3 6 1

2.3 滚轮

图16 滚轮示例(8个电极)



与滑动条相同，滚轮也是由一组与控制器引脚分别相连接的相互毗邻的电容感应式个体(排成一圈)组成。它由5或8个元件组成，可以交替排列，也可直接连接。

2.4 电容感应应用中的走线

触摸感应控制器与传感器之间的走线会增加按键电容并降低信号，从而降低传感器的灵敏度。走线长度会降低灵敏度，因为它会增加感应电路的并联电容。走线长度也会增加噪声，因为走线同时会受内部电路与外部噪声环境的影响。

2.4.1 长度

缩短从控制器至传感器之间的走线长度可降低其它元件与走线产生耦合的风险。触摸感应控制器与传感器之间的走线应尽可能短。

2.4.2 宽度

线宽会增加整个系统的铜覆盖面积，从而增加传感器的电容。同时也会增加与其它层上元件的耦合。因此，走线应尽可能细小，且远离地层。

2.4.3 放置

无论何时，电容感应中的走线放置必须以与其它设计元件，包括其它电容感应走线的相互影响最小为准则。

同时，将走线放置在用户PCB的背面可降低手指对走线的影响，以确保传感器引脚上的所有电容值变化是来自于手指(或其它导体)与有效传感面积的相互作用，而不是来自于手指与走线的相互作用。

2.4.4 分组放置

触摸感应控制器同一端口上的引脚由软件库一起驱动，并通过软件映射在同一组。

同一组中的引脚走线可最大限度地靠近在一起。

3 覆盖物

通常很少将裸露的PCB直接开放给终端用户，而是在PCB的表面加上覆盖材料，以免用户直接接触电路板或电路板直接与外界环境相接触。

特性

触摸感应应用中的表面覆盖物一定不能为导体。当金属或其它导电物质放在两个导电盘之间时，如手指与传感器之间，不能够形成电容的电介质。

平板电容的电容值由公式1给出。

公式1

$$C = \frac{\epsilon_R \epsilon_0 A}{d}$$

简单的平板电容的几何模型与比值A/d相关。A为导电平板的面积，d为平板之间的距离， ϵ_R 为传感器之间材料的介电常数， ϵ_0 为自由空间的介电常数。

电容感应式传感器的几何模型比平板电容要复杂得多。传感器中的导体包括手指和PCB铜板。通常，电容感应式系统的几何模型与函数f(A, d)相关。公式2给出了介电常数与系统电容之间的关系。

公式2

$$C = \epsilon_R \epsilon_0 f(A, d)$$

与平板电容相同，传感器的电容与 ϵ_R 成正比。

各种表面材料

表2列出了一些常用表面材料的介电常数。介电常数高的材料可更好地传播电场，更适用于电容感应式应用。

表2 常见材料的介电常数

材料	ϵ_R
空气	1.00059
玻璃	4至10
石英玻璃	9至10
云母	4至8
尼龙	3
树脂玻璃	3.4
聚乙烯	2.2
聚苯乙烯	2.56
聚乙烯酯(PET)	3.7
FR4(玻璃纤维+环氧)	4.2
PMMA(聚乙烯甲基丙烯酸酯)	2.6至4
典型的PSA(胶)	2.0-3.0(大约)

对于由多种材料堆叠而成的表面，随每层材料的不同而具有不同的灵敏度。

例如，由塑料+胶+PCB组成的表面比由塑料+空气+PCB组成的表面灵敏度要好。

介电常数为1.0的空气不适合电容感应式应用。

因此，不建议在传感器与表面材料之间存在空隙。从机械角度来讲，同样应该去除空隙。

厚度

表面材料的厚度与灵敏度成反比。

滚轮与滑动条需要较高的灵敏度，因此表面材料厚度必须较小(约1毫米)。
按键可支持较厚的表面材料(最大5毫米)。

4 机壳

电容感应应用中的机壳与传感器及位于传感器与控制器之间的走线相互作用，可影响电容感应式传感器的灵敏度。接地的金属机壳可使灵敏度较低。

三种最常见的对触摸感应影响较大的机壳元件为金属组件、通讯线、及感应PCB上覆盖物的电镀层。

无论何时，金属组件应远离感应元件与走线。当必须使用组件时，推荐使用非金属组件。如果必须使用金属组件或做为装饰物置于传感器旁边，必须将其接地。

也可以将机壳连接至被动屏蔽线。

无论何时，通讯线缆应远离传感器及走线。

5 总结

电容感应式电路板的布线及设计通常与应用中的各种信号线相互冲突。该文档提供了解决这些冲突的一些通用方法。

综上所述，触摸感应式应用的布线应将地减至最小，并保持连线最短，且尽可能远离其它潜在的干扰源。

6 版本回顾

表3 文档版本回顾

Date	Revision	Changes
02-Feb-2009	1	Initial release.