

# RX 族

R01AN3958CJ0100

## CTSU 静电电容式触摸电极设计参考

Rev. 1.00

2017.10.13

### 要点

本篇应用说明介绍了对内置 Capacitive Touch Sensor Unit（简称：CTSU）的 RX 族 MCU 电极样式的设计方法。

### 对象 MCU

RX113 群、RX130 群、RX230 群、RX231 群

### 目录

1.	自电容方式的电极布线 .....	3
1.1	概要 .....	3
1.2	触摸键电极的形状 .....	3
1.3	触摸键电极及其布线 .....	4
1.3.1	概要 .....	4
1.3.2	推荐的布线方法及其限制条件 .....	4
1.3.3	触摸键电极的布线示例 .....	6
1.3.4	基于不同 PCB 基板结构的布线示例 .....	8
1.4	触摸键电极的应用示例 .....	9
1.4.1	电极的耐水布线设计 .....	9
1.4.2	面板与触摸键电极分离时的处理 .....	9
1.5	面板厚度的影响 .....	10
1.5.1	面板厚度和触摸灵敏度的关系 .....	10
1.5.2	面板厚度和串扰的关系 .....	11
1.6	LED 布线 .....	11
1.6.1	直接点亮的示例 .....	11
1.6.2	间接点亮的示例（使用导光板） .....	12
1.7	抗干扰的布线设计 .....	12
1.7.1	使用接地布线的抗干扰措施 .....	12
1.7.2	使用 MCU 电源电路的抗干扰措施 .....	15
2.	互电容方式的电极布线 .....	16
2.1	概要 .....	16
2.2	触摸键电极的布线设计 .....	16
2.3	空气层 .....	18
2.4	触摸面到电极的距离 .....	19
2.5	电极的布线设计 .....	20
2.6	触摸键电极的应用示例 .....	21
2.6.1	电极的耐水布线设计 .....	21
2.7	LED 布线 .....	22
2.7.1	直接点亮的示例 .....	22
2.7.2	间接点亮的示例（使用导光板） .....	23

2.8	抗干扰的布线设计 .....	23
2.8.1	使用接地布线的抗干扰措施 .....	24
3.	电极的应用（滑条、滑轮、接近感应） .....	25
3.1	滑条电极布线示例 .....	25
3.2	滑轮电极布线示例 .....	25
3.3	接近感应电极 .....	26
3.3.1	接近感应电极的设计示例 .....	26
3.3.2	接近感应电极感应距离的限制 .....	26
3.3.3	接近感应电极配置的注意事项 .....	27
4.	附录 .....	28
4.1	触摸键电极的静电电容仿真 .....	28
4.1.1	自电容方式的触摸键电极 .....	28
(1)	正方形 .....	28
(2)	圆形 .....	29
(3)	环形（中部为空） .....	29
4.1.2	互电容方式的触摸键电极 .....	30
(1)	正方形 10×10mm, Tx-Rx 相对距离 1.2mm .....	30
(2)	正方形 17.2×17.2mm, Tx-Rx 相对距离 2.4mm .....	30
(3)	正方形 11.6×11.6mm, Tx-Rx 相对距离 2.4mm .....	30
(4)	正方形 10.0×10.0mm, Tx-Rx 相对距离 1.2mm .....	31
	公司主页和咨询窗口 .....	32

## 1. 自电容方式的电极布线

### 1.1 概要

静电电容式触摸开关的灵敏度和抗干扰性能，会受到以下诸多因素的影响，如电极的形状和大小、引线的走线方式、电极周围的布线、面板的厚度、空气层的有无，以及产品的内部结构等。因此，设计电极和电极的周边区域时，需要对这些因素进行充分的考虑。本篇应用说明介绍了如何设计电极以及布线，并对影响它们的各个因素进行了说明，同时还提供了推荐的应用示例。

### 1.2 触摸键电极的形状

图 1.1 为自电容方式的手指触摸键电极的推荐形状。

相对于人体的接触部位（如，手指）来说，电极的面积不要太大也不要太小，最理想的尺寸是 10.0×10.0 ~ 15.0×15.0mm 之间。

如果电极的形状为“E”形或者三角形，其尖角部分具有天线效应，会降低产品的抗干扰能力，因此不建议使用。

如果想在电极中配置 LED 或其他元器件，请注意开孔一定要尽可能地小，以确保在触摸电极时获得足够的电容数值的变化量。另外，任何导电材料都可以用于电极，但要注意，使用碳或其他具有高表面电阻的材料会降低触摸键电极触摸时的灵敏度。此外，在使用具有高表面电阻的材料时，手指的触摸位置不同，电极的灵敏度也是不一样的。因此，如果不得不使用具有高表面电阻的材料，建议如图 1.2 的（b）或（c）所示，（b）布线方式将引线尽可能地配置在电极的中心，（c）布线方式用低表面电阻材料包围电极，以确保手指触摸到电极的任一位置，其电阻值都是恒定的。如果使用铜等表面电阻非常低的材料，引线可以配置在触摸键电极的任意位置。

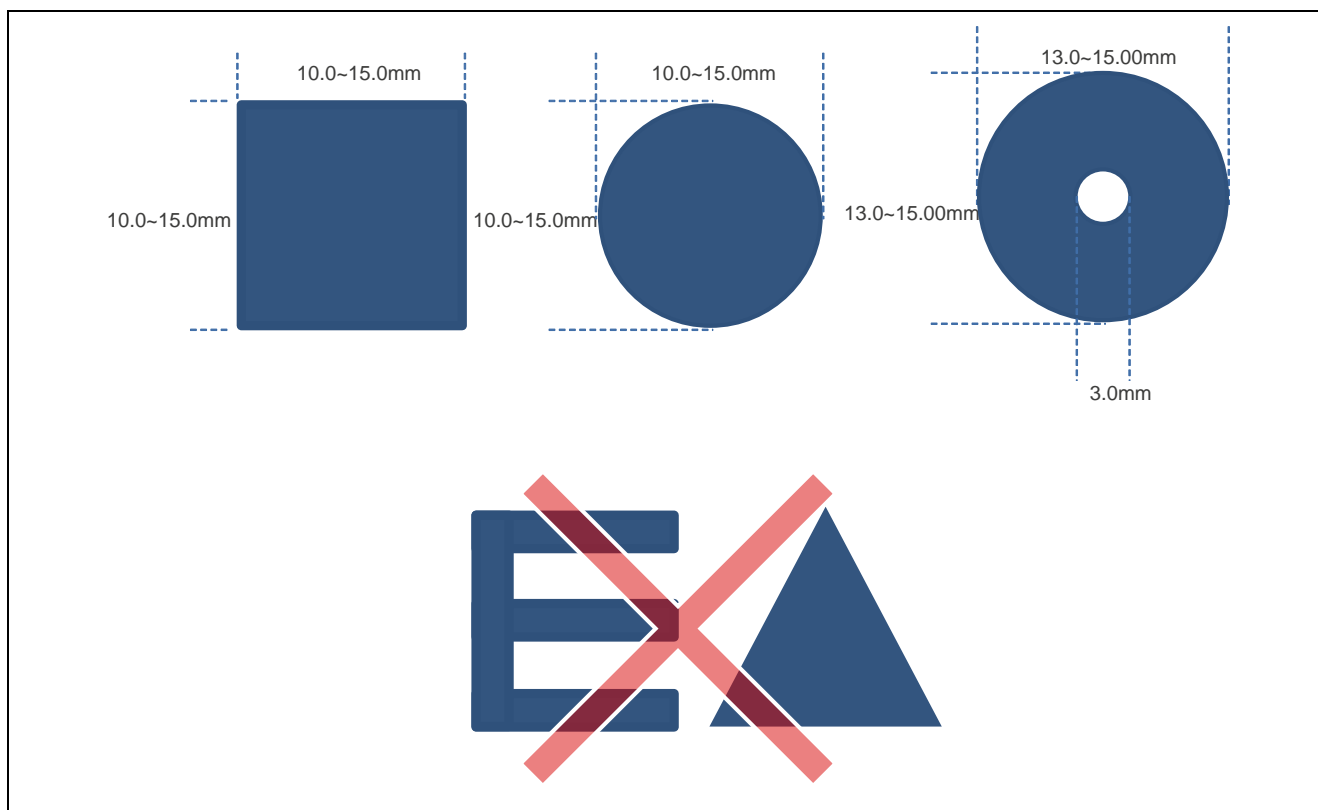


图 1.1 自电容方式的推荐电极设计

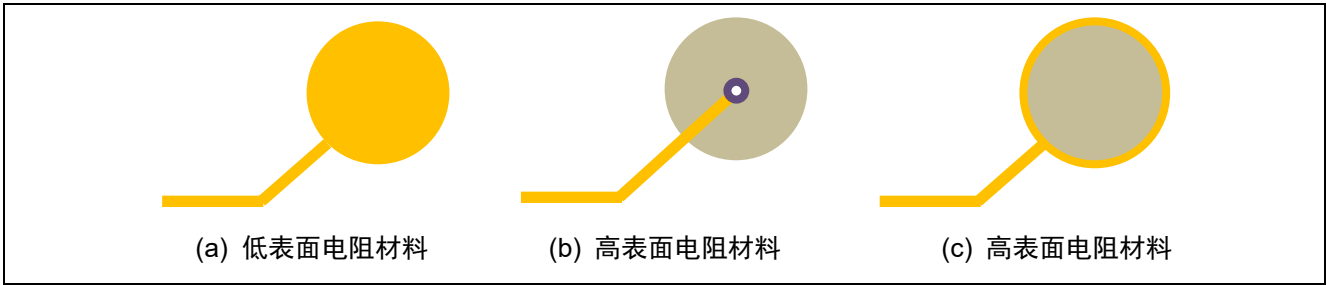


图 1.2 触摸键电极的布线方法

### 1.3 触摸键电极及其布线

#### 1.3.1 概要

触摸键电极与 MCU 引脚之间的布线要尽可能地短，引线之间的距离要尽可能地远。同时，触摸键电极之间也必须保持足够的距离。因为，触摸键电极与 MCU 引脚之间的布线越长，越容易受到射频噪声的影响，从而引起寄生电容的增加。而引线之间的距离太近，也会导致寄生电容的增加。此外，由于非测量的触摸电极为接地电平，如果触摸键电极之间的距离太近，手指触摸电极时会产生串扰，这时会很难判断哪个电极被触摸。

#### 1.3.2 推荐的布线方法及其限制条件

图 1.3 是一个理想的自电容方式的电极布线示例。在示例中，电极周围以及电极引线的周围区域（图 1.3 中的红色区域）没有配置其他的引线。

平衡状态的布线设计，避免过长或过短的电极引线，可以使电极灵敏度的调整变得更加容易。此外，建议增加电极之间的距离至面板厚度（包括空气层）的 2 倍以上，以防止产生串扰（详细说明见后）。

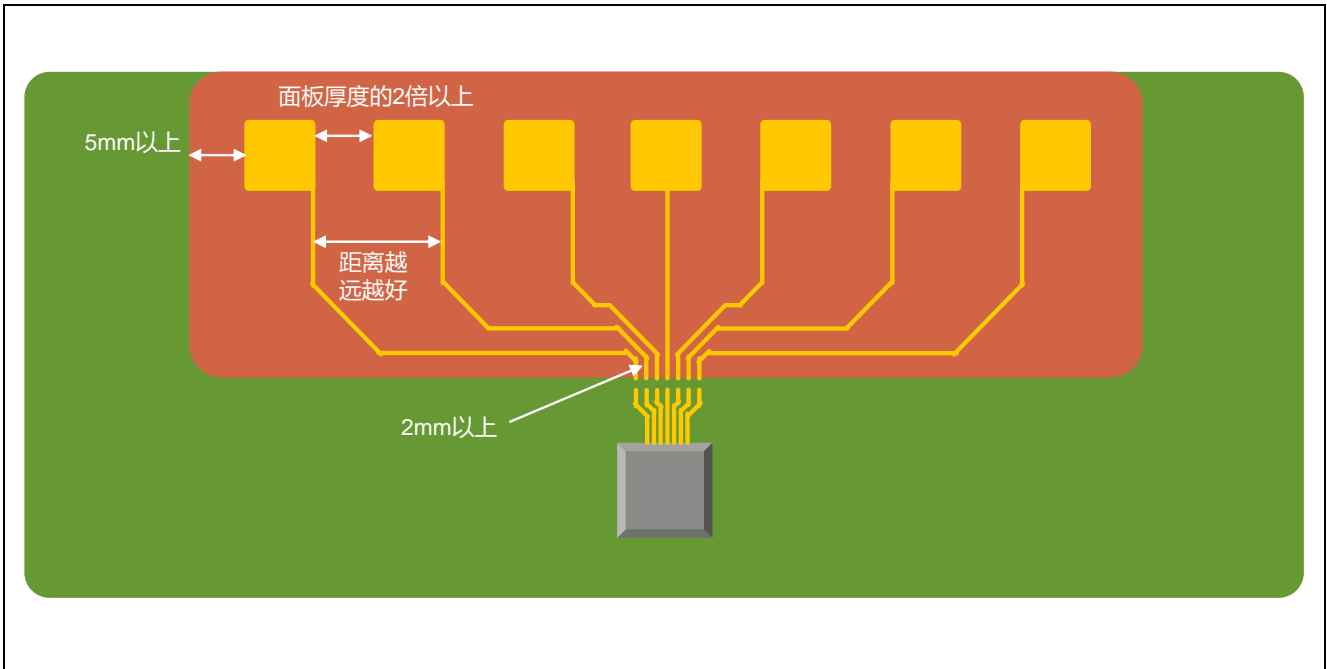


图 1.3 自电容方式的电极布线示例

当使用触摸综合评价环境 Workbench6（以下简称 Workbench6）进行源代码的自动生成和灵敏度的自动调节时，推荐 MCU 引脚和电极之间的电阻（包括电极、引线、阻尼电阻在内）应保持在  $2K\Omega$  以下，寄生电容应保持在  $50pF$  以下。如果超过上述推荐值，调整灵敏度和抗干扰性能时的工作条件会变得非常严苛。

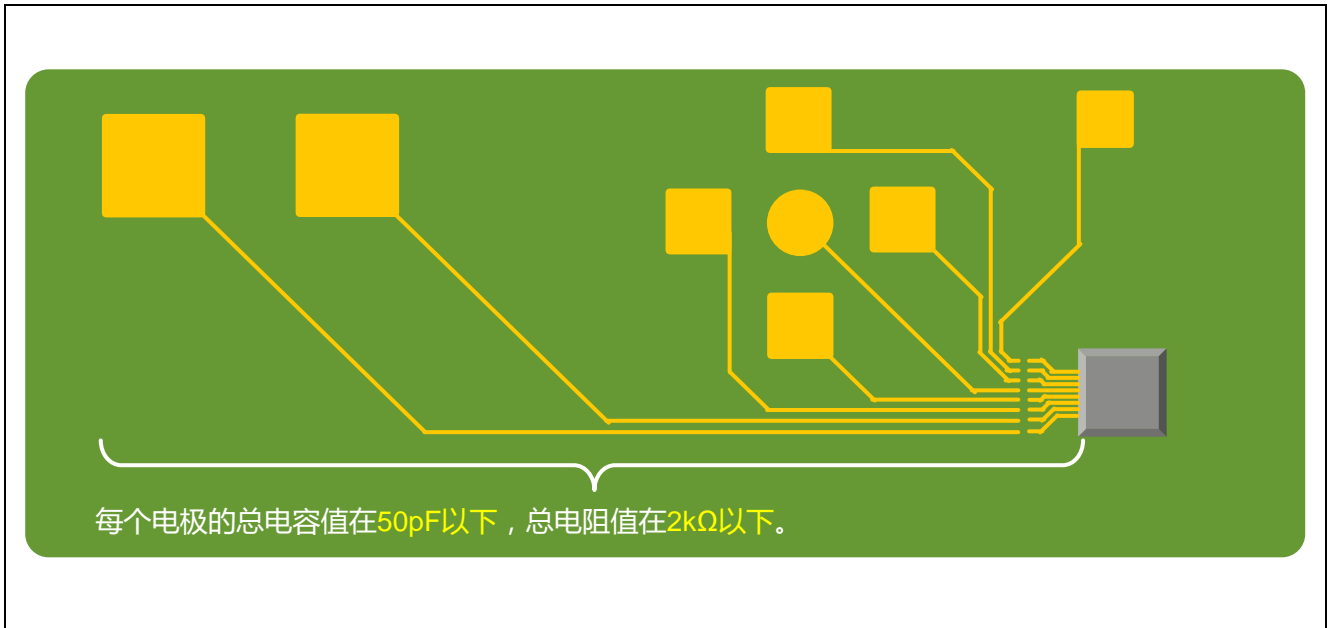


图 1.4 自电容方式的电极布线的限制条件

每个电极的总电容值可以在 Workbench6 的 First Step Guide 中确认。

图 1.5 为 Workbench6 的 First Step Guide 对寄生电容进行测量的结果。

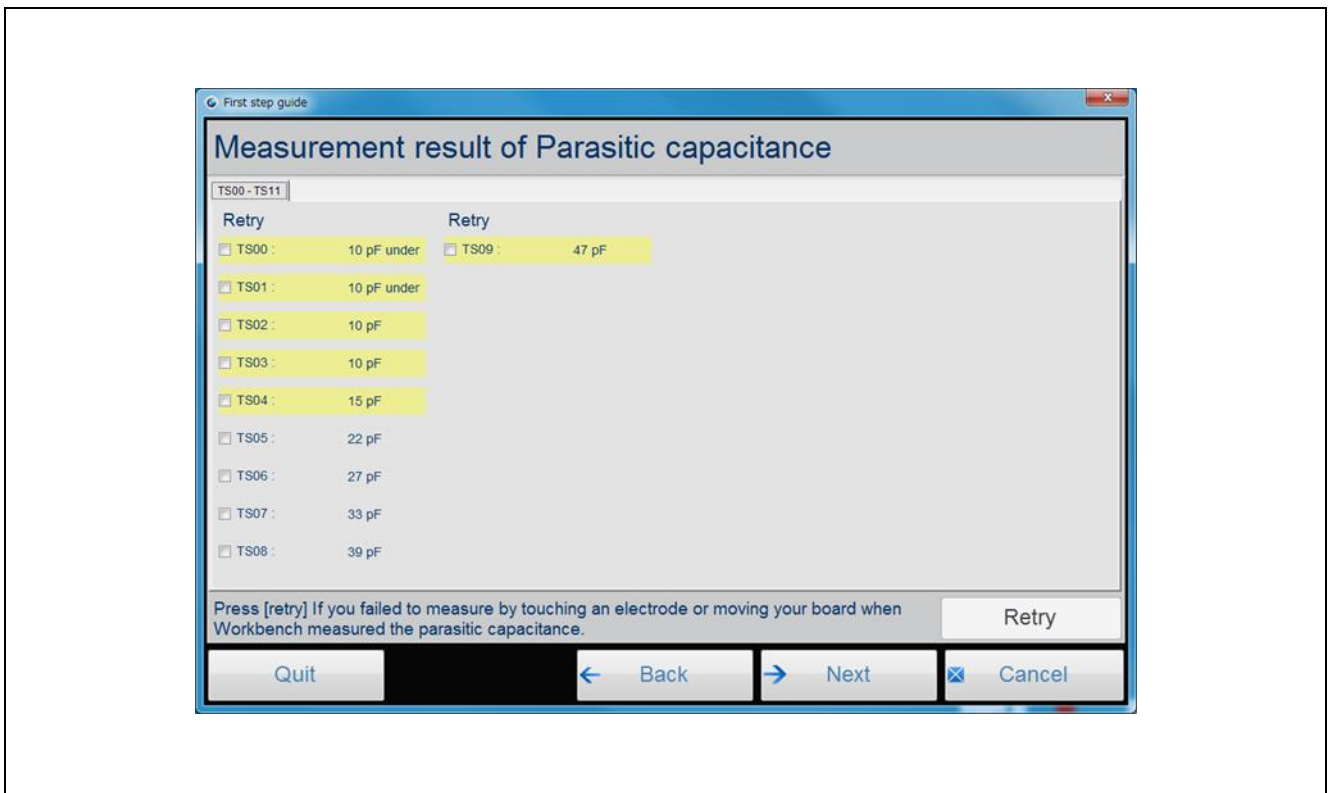


图 1.5 Workbench6 的 First Step Guide 的寄生电容测量结果

### 1.3.3 触摸键电极的布线示例

图 1.6 为一个操作面板的布线示例。其中，触摸键被设置在 A~H 的位置，MCU 被设置在“1”或“2”的位置。

当 MCU 被分别设置在位置“1”或位置“2”时，触摸键的灵敏度会受到不同的影响。

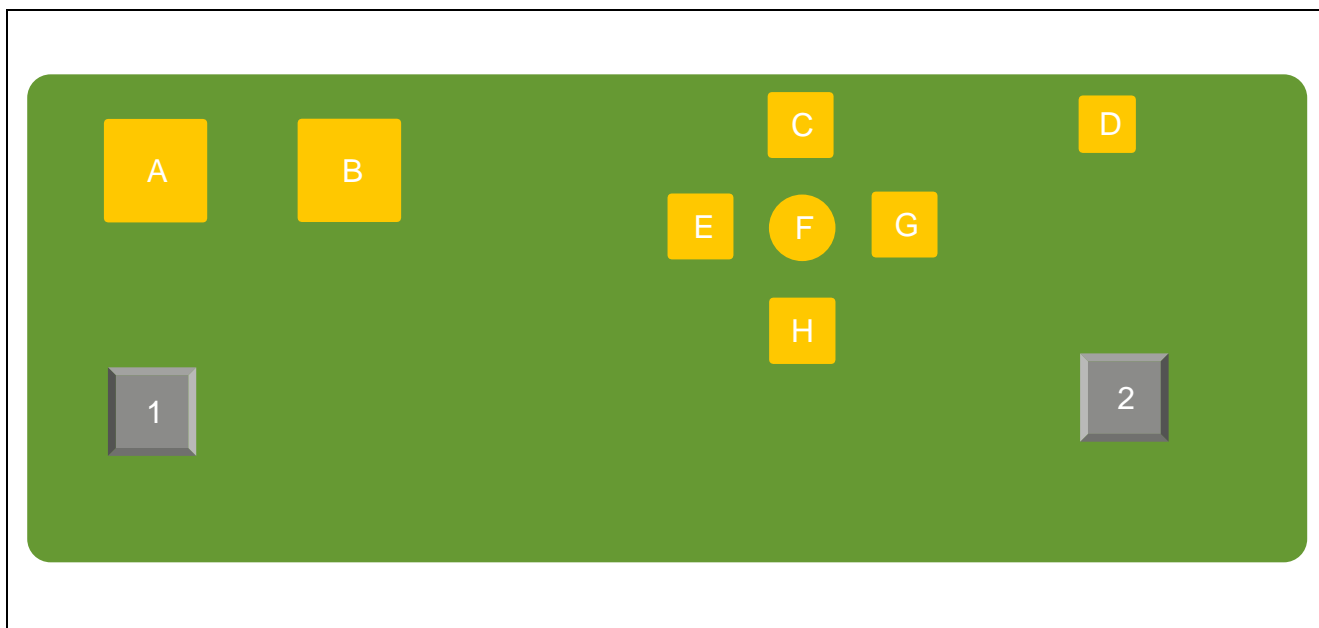


图 1.6 不同 MCU 位置的电极布线示例 1

图 1.7 是 MCU 被设置在位置“1”时的布线示例。把 MCU 设置在位置“1”时，电极 A 的两个正面条件（电极面积大，电极引线短）重叠，电极 D 的两个负面条件（电极面积小，电极引线长）重叠。在这种情况下，电极 A 的灵敏度会升高，电极 D 的灵敏度会降低。

电极引线长，会带来以下 3 个风险。

- 如果电极引线长，引线会成为天线，电极易受到射频噪声的影响，从而增加误操作的风险。
- 如果电极引线长，周围的引线和导体之间会产生更多的寄生电容，从而降低测量值。
- 在使用碳等具有高表面电阻的材料时，电极引线长会增加电阻值，从而降低测量值。

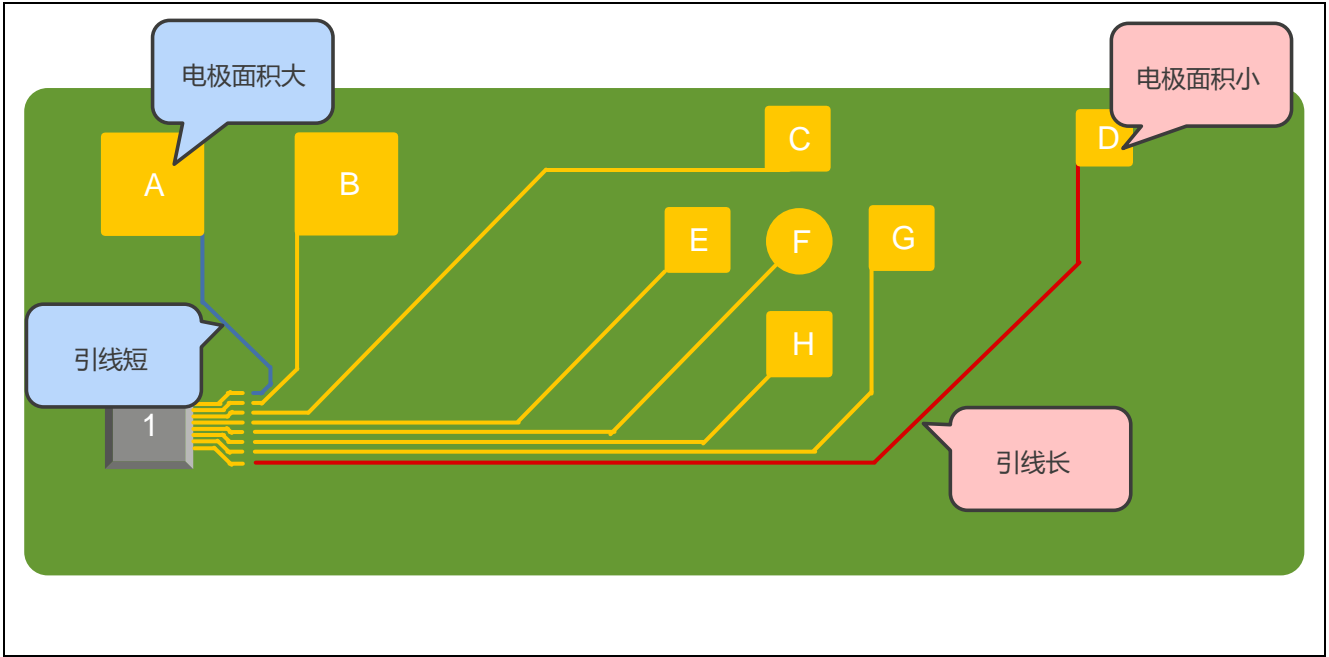


图 1.7 不同 MCU 位置的电极布线示例 2

图 1.8 是 MCU 被设置在位置“2”时的布线示例。把 MCU 设置在位置“2”时，电极 A 的正面条件（电极面积大）和负面条件（电极引线长）相互抵消，电极 D 的负面条件（电极面积小）和正面条件（电极引线短）相互抵消。因此，和 MCU 在位置“1”时相比，电极 A 的灵敏度会降低，而电极 D 则能够抑制灵敏度的恶化。

在设计电极布线时，要综合考虑各种因素，创造一个平衡的布局，从而避免电极灵敏度的恶化。

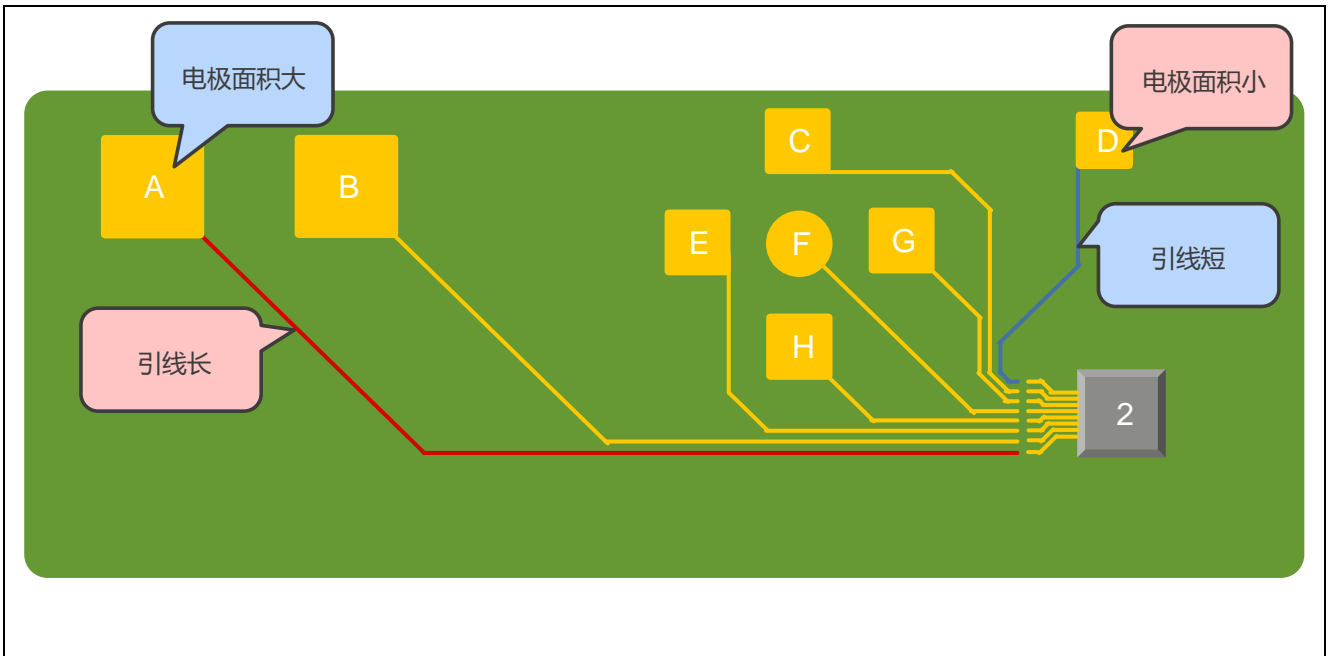


图 1.8 不同 MCU 位置的电极布线示例 3

### 1.3.4 基于不同 PCB 基板结构的布线示例

图 1.9 为自电容方式的单层基板的布线示例。使用单层基板时，电极和引线全部设置在同一层上。由于 MCU 和其他元器件的影响，如果在电极和面板之间存在空气层，触摸时测量值会减小。

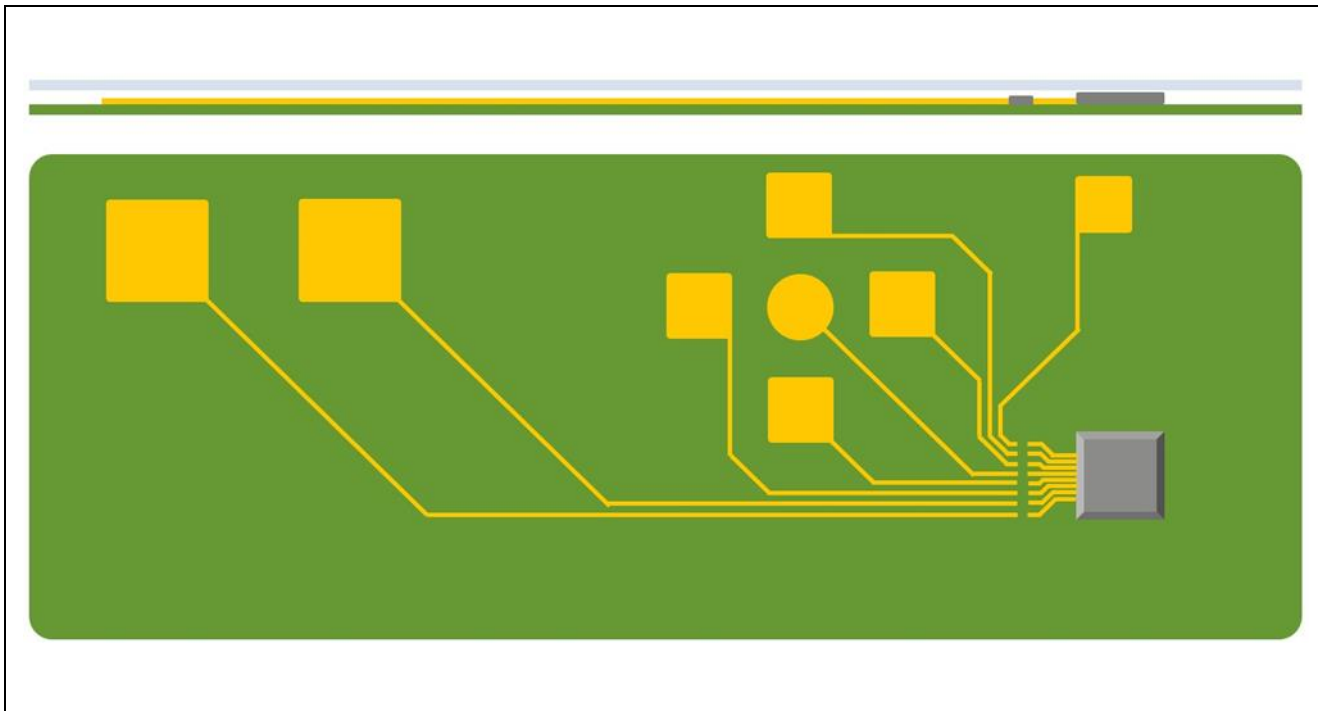


图 1.9 自电容方式的单层基板的布线示例

图 1.10 为自电容方式的多层基板的布线示例。使用多层基板时，将电极设置在上层，将引线设置在下层，这样可以降低因手指触摸到引线而引起误检测的风险。

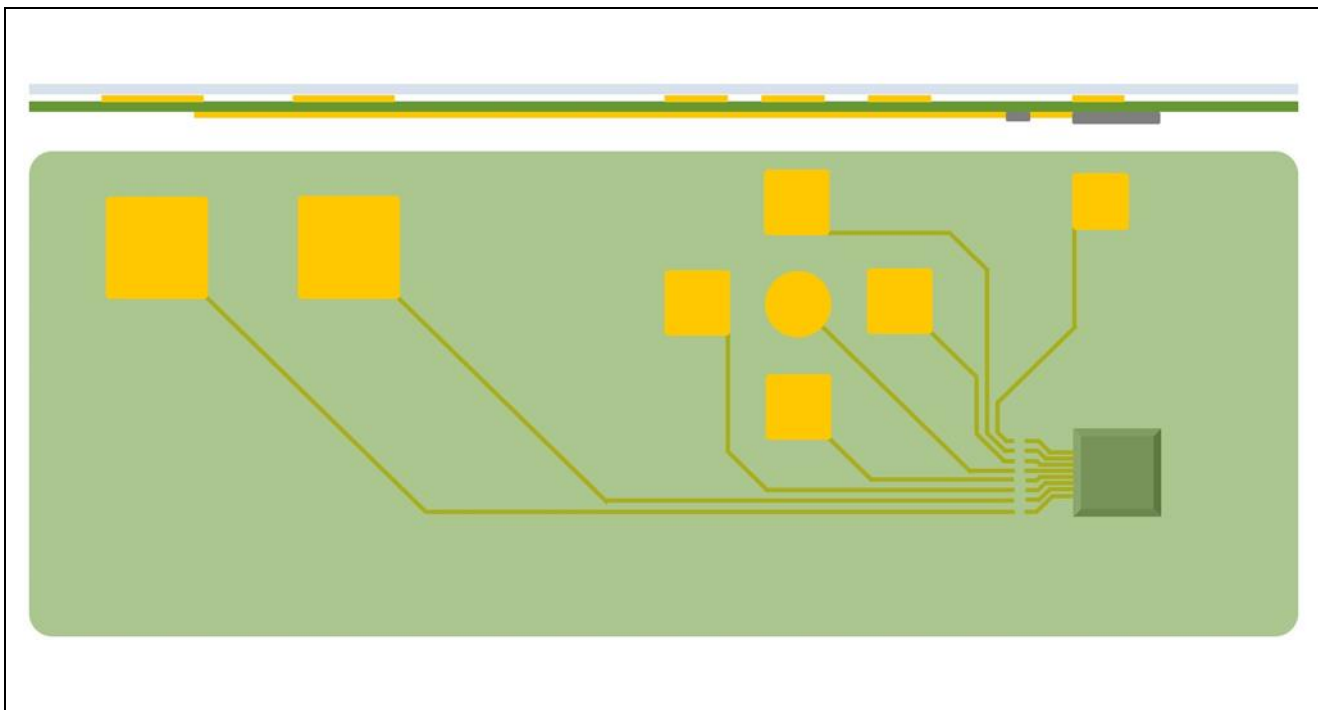


图 1.10 自电容方式的多层基板的布线示例



### 1.4 触摸键电极的应用示例

#### 1.4.1 电极的耐水布线设计

和后面介绍的互电容方式相比，自电容方式的触摸按键耐水性能较差，而且不能完全避免误操作。但是，通过采取一些措施和方法，可以在一定程度上提高它的耐水性能。以下介绍具体的操作示例。

图 1.11 为自电容方式的电极耐水布线示例。在图 1.11 中，左边的示例使用了虚拟电极。触摸键电极被虚拟电极所包围。当虚拟电极和触摸键电极同时为 ON 的状态时，传感器会判断为由水导致了误操作，触摸键电极的 ON 状态会被忽略。如图所示，可以创建触摸键电极组，然后用虚拟电极包围每个电极组，以组为单位来判断由水导致的误操作。

如果两个触摸键电极之间的距离太近，水滴或水膜会造成相邻电极的误检测。这时建议拉开各个电极之间的距离。如果触摸键电极之间的距离太近，小水滴会导致多个电极的桥接，从而引起误检测。确保触摸键电极之间有足够的空间，可以减少误检测的风险。

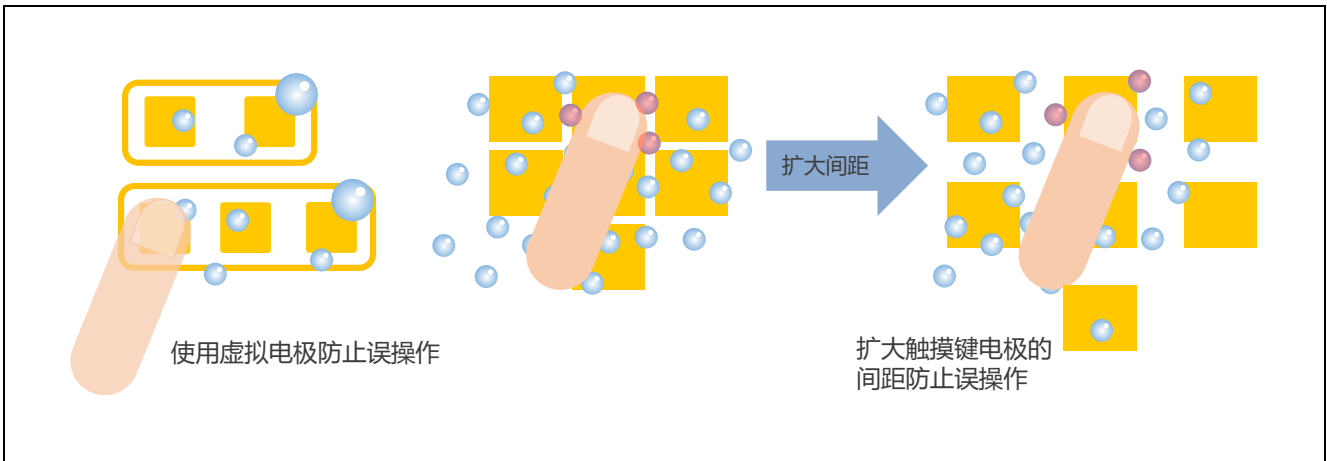


图 1.11 自电容方式的触摸键电极的耐水布线示例

#### 1.4.2 面板与触摸键电极分离时的处理

图 1.12 显示了面板和触摸键电极之间相互分离时的处理方法。虽然也取决于触摸键电极的大小、寄生电容和其他因素，但如果所有条件都是良好的，那么即使在面板和电极之间存在 2mm 的空气层，也是可以检测到触摸的。但是在抗干扰性能要求更加严格，或者空气层大于 2mm，或者由于其他条件而难以检测到触摸的情况下，需要如图 1.12 的右侧示例所示，将触摸键电极延长到面板上。

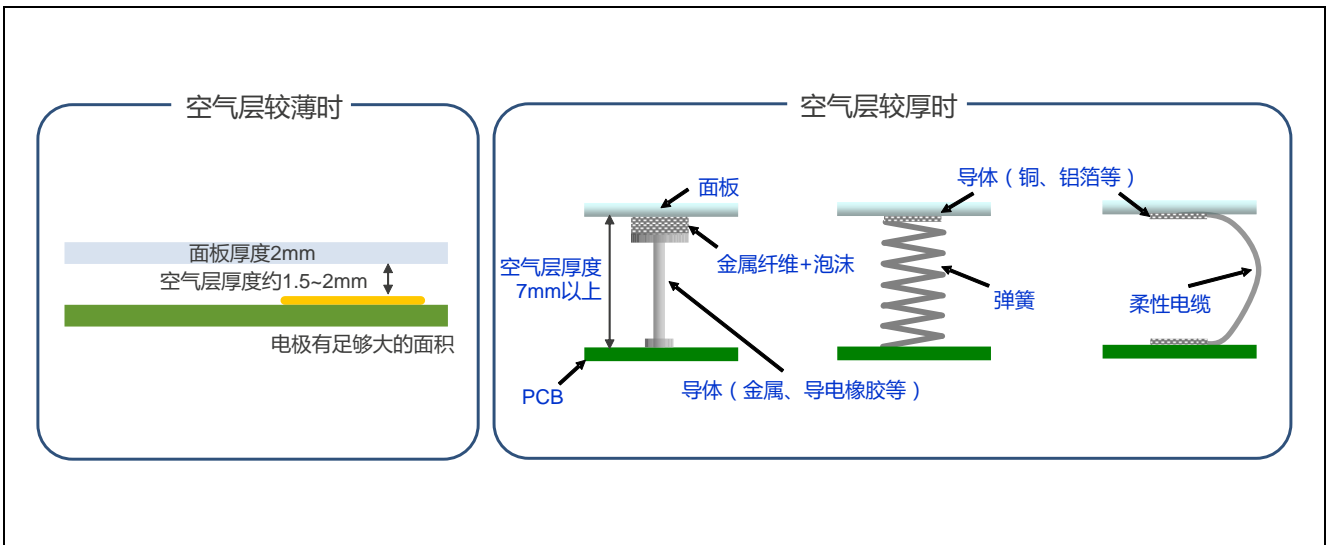


图 1.12 自电容方式的空气层应对示例

## 1.5 面板厚度的影响

自电容方式的触摸检测，是检测人体与触摸键电极接触时产生的静电容量。因此，触摸键电极和人体的接触面积越大，距离越近，电极的灵敏度就越高。由于触摸键电极的大小是有限的（ $10\times 10\text{mm}\sim 15\times 15\text{mm}$ ），因此，距离也就是面板的厚度就成为了影响电极灵敏度的关键因素。

### 1.5.1 面板厚度和触摸灵敏度的关系

图 1.13 显示了自电容方式的电容变化量和感应距离之间的关系。在自电容方式中，电容的增加和减少与手指和电极之间的距离成反比，因此可以在较宽的范围内进行触摸的检测。同时，这也意味着，如果阈值相对于电容有较大的余量，那么有可能在手指与面板实际接触之前就检测为触摸了。

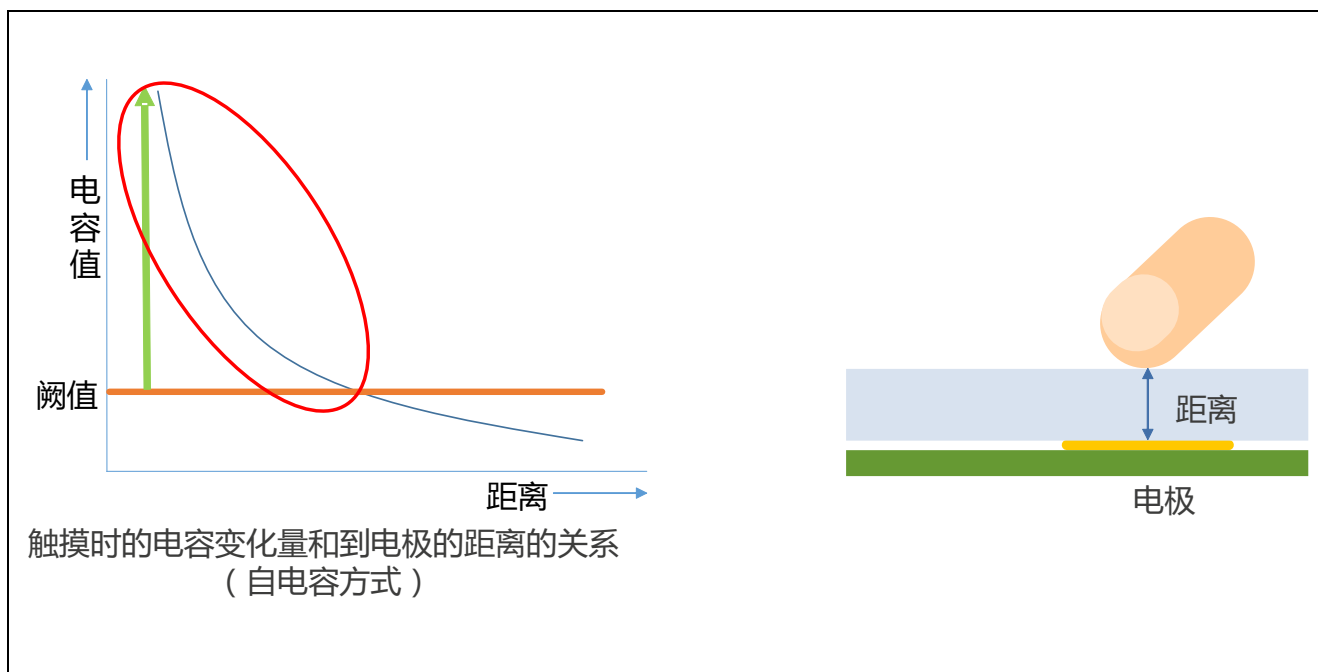


图 1.13 自电容方式的电容变化量和感应距离的关系

### 1.5.2 面板厚度和串扰的关系

图 1.14 显示了自电容方式的电极间距离和面板厚度之间的关系。如果触摸键电极之间的距离太近，当手指触摸一个电极时，相邻的电极也有可能被误认为 ON（图 1.14 的左图）。为了防止相邻电极的误检测（串扰），推荐相邻的触摸键电极之间的距离保持在面板（包括空气层）厚度的 1~2 倍以上。

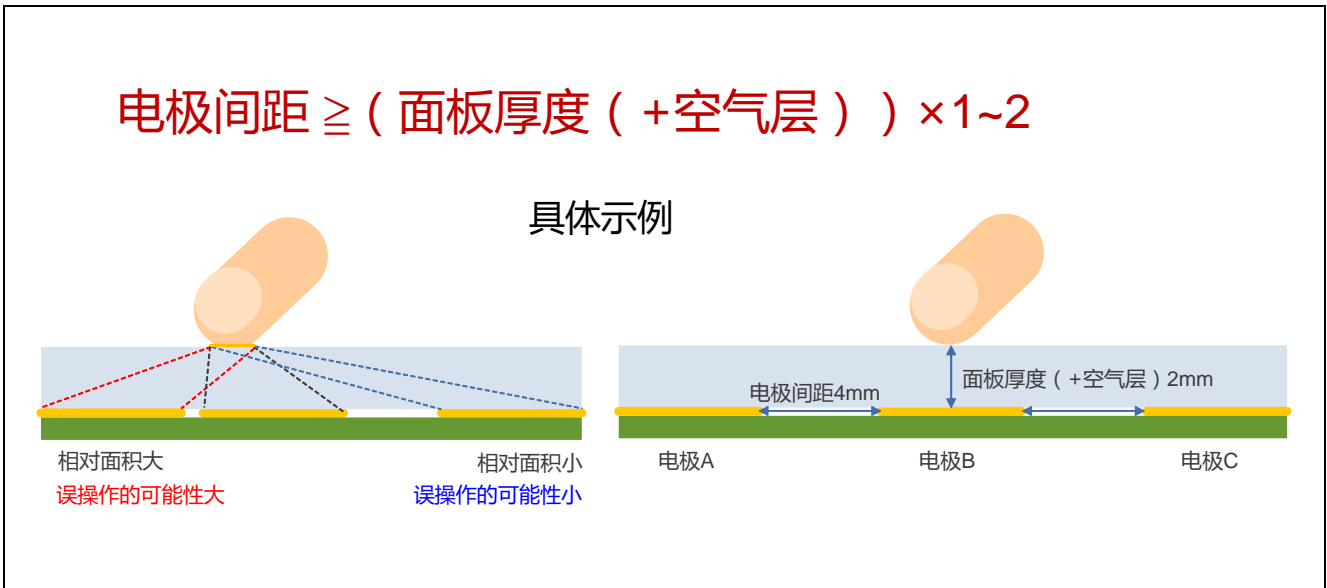


图 1.14 自电容方式的电极间距离和面板厚度的关系

## 1.6 LED 布线

### 1.6.1 直接点亮的示例

图 1.15 为自电容方式的电极和 LED 布线的示例。如图 1.15 的左图所示，推荐将 LED 及其引线配置在电极的外部。

当把 LED 设置在电极内时，由于电极内存在通孔，手指在电极上的接触面积将减少；电极和 LED 引线之间的距离缩短，将导致寄生电容增加。这些变化都将导致电极灵敏度的降低。

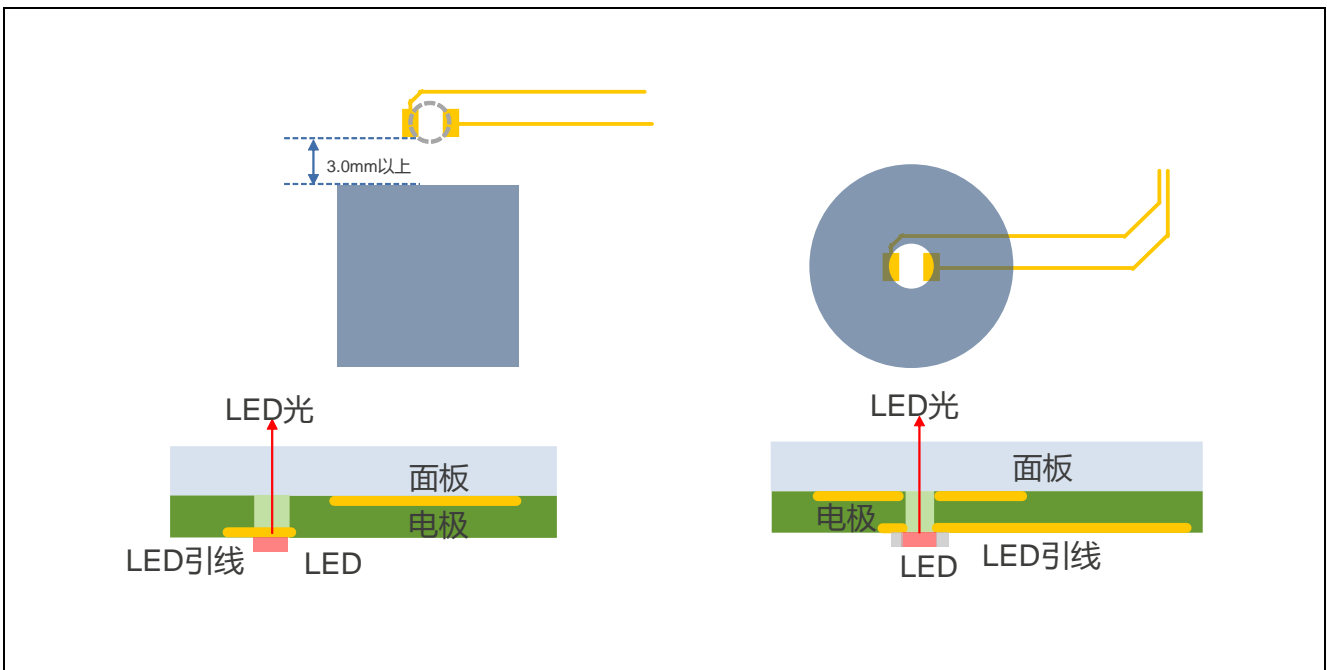


图 1.15 自电容方式的电极和 LED 布线示例

### 1.6.2 间接点亮的示例（使用导光板）

图 1.16 为自电容方式的电极和使用了导光板的 LED 布线示例。LED(光源)必须与发光面保持一定的距离，以确保均匀照明。

将多个 LED（光源）相对放置有助于消除不均匀的照明。

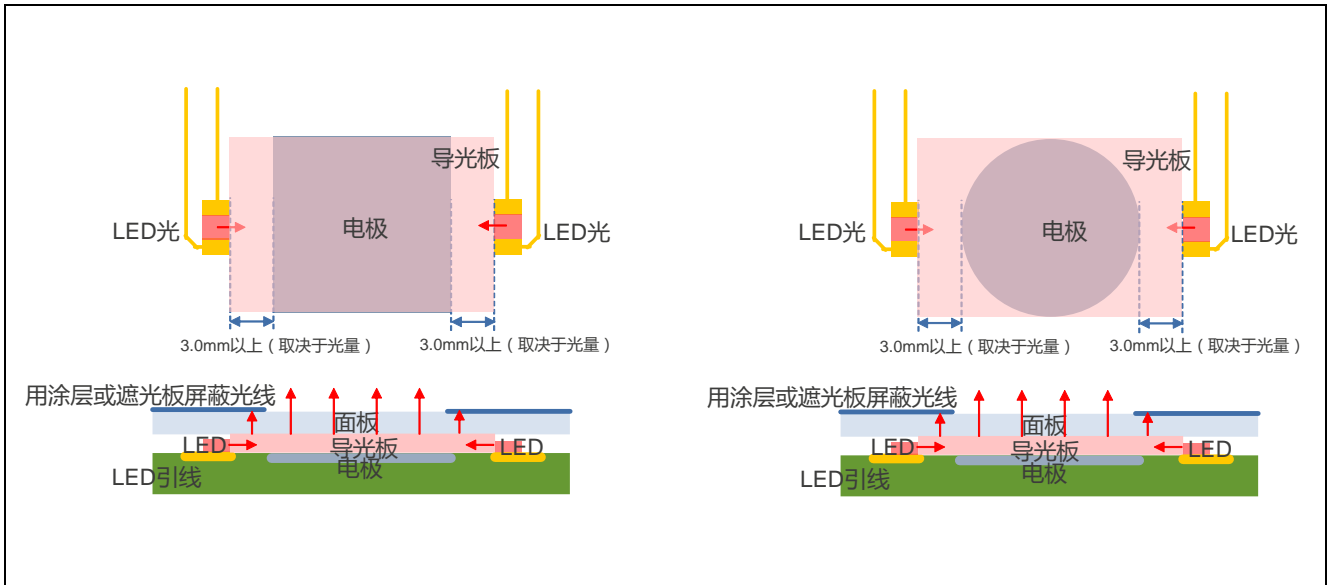


图 1.16 自电容方式的电极和使用了导光板的 LED 布线示例

## 1.7 抗干扰的布线设计

触摸键电极的结构，使其能够成为天线（MCU 引脚只对耦合电容开放），并且很容易受到电磁场噪声的影响。虽然瑞萨 MCU 通过采用多种抗干扰措施具备了较强的抗干扰能力，然而，仅靠 MCU 还是不能消除所有的噪声影响。在对噪声要求非常严格的环境中使用，采取相应的硬件的抗干扰措施是必不可少的。以下介绍具体示例。

一般来说，引线越长，多个噪声频率同步并混合的机会就越多。因此，触摸键电极和触摸式 MCU 之间的引线要尽可能地短。

### 1.7.1 使用接地布线的抗干扰措施

为了防止电磁场噪声导致的误操作，可以将接地布线放置到触摸键电极的周围，作为抗干扰的保护装置。但需要注意的是，接地布线会产生寄生电容，从而降低触摸的灵敏度。为了减小寄生电容，推荐使用网格状的接地布线。

图 1.17 是自电容方式的单层基板的抗干扰布线示例。建议使用网格状的接地布线覆盖电极引线的周围区域。电极引线和网格状的接地布线之间的距离要在 5mm 以上。

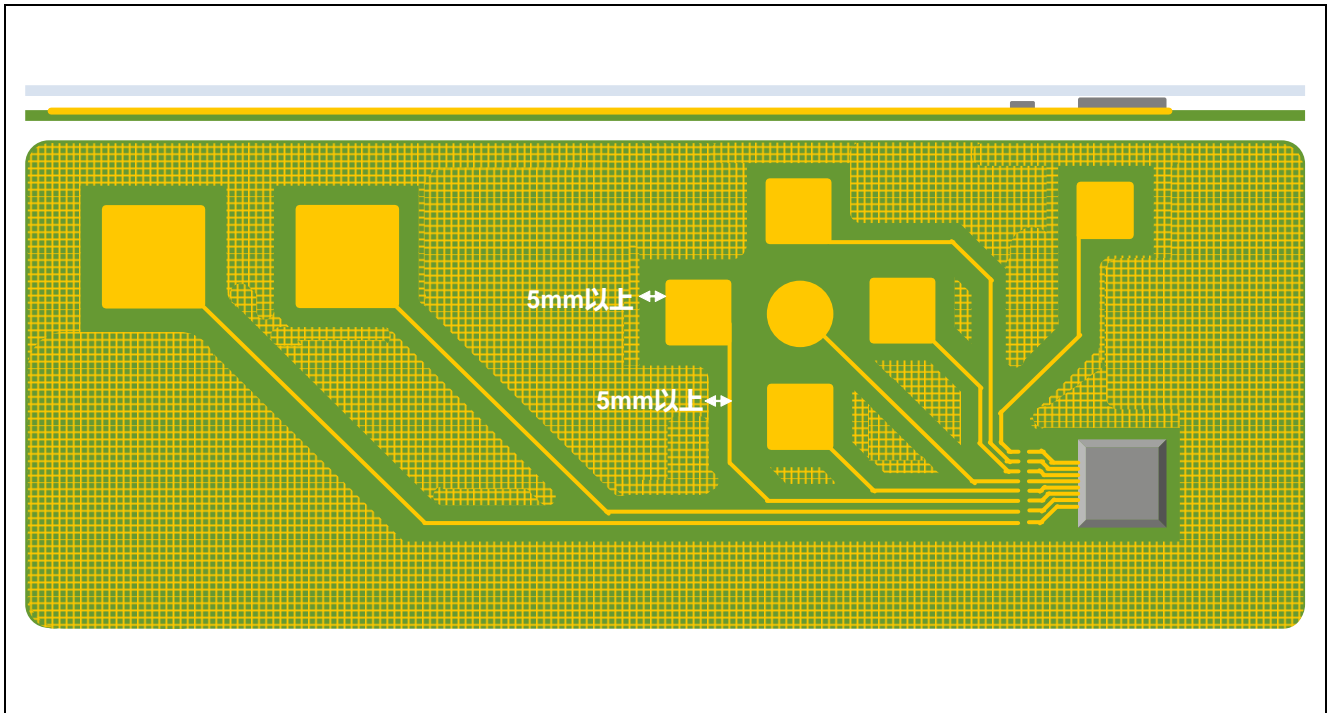


图 1.17 自电容方式的单层基板的抗干扰布线示例

图 1.18 是自电容方式的多层基板的抗干扰布线示例。使用多层基板时，可以在上层和下层基板上均设置网格状的接地布线。利用通孔在多个位置连接上下两层的接地布线，以防止产生电位差。

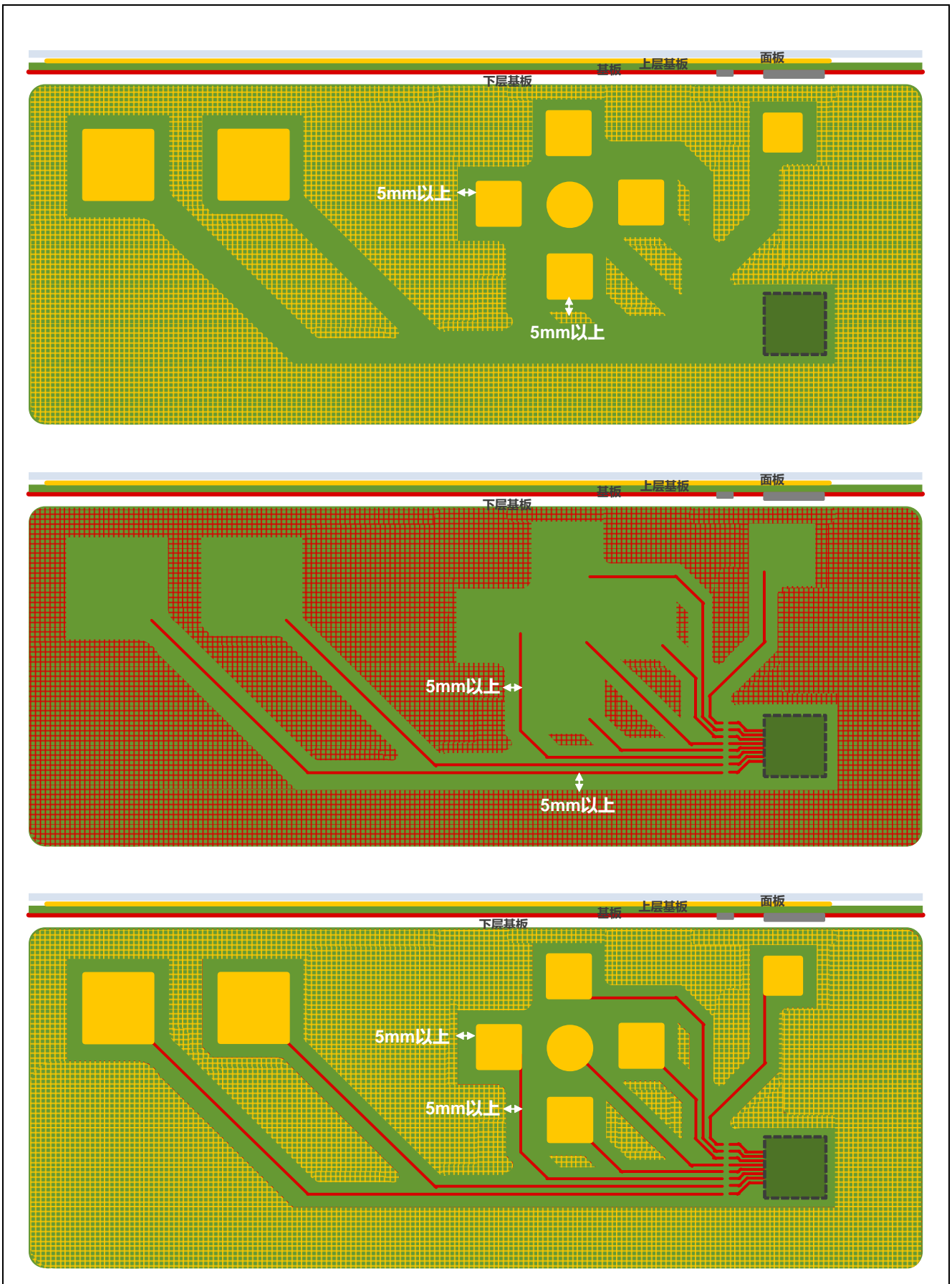


图 1.18 自电容方式的多层基板的抗干扰布线示例

### 1.7.2 使用 MCU 电源电路的抗干扰措施

噪声的产生并不总是由于触摸键电极和引线，从电源线引入的噪音也是导致误操作的重要原因。设计时请确保为触摸式 MCU 提供稳定的电源。下面介绍与电源有关的抗干扰的措施。

#### (a) 三端稳压器

触摸式 MCU 的供电波动会影响触摸测量。为了避免这种情况，请使用三端稳压器为 MCU 提供稳定的电源。请注意，DC-DC 转换器的电源负载有可能导致电压下降或电压波动。

#### (b) 浮动

对于使用不含有保护地 AC 电源的产品来说，电源需要从 AC 浮动至触摸式 MCU。当电源或接地连接到 AC 时，1/2 AC 的电压噪声会在人体接触触摸键电极时引入电极，造成误操作。

#### (c) 噪声滤波器

如果预见到会从电源电路引入噪声，这时可以在触摸式 MCU 的电源前方插入一个噪声滤波器或铁氧体磁芯。使用 LC 滤波器过滤串模噪声，使用铁氧体磁芯过滤共模噪声。

#### (d) 电源分离

将电流消耗较大的设备的电源和触摸式 MCU 的电源分开。如果使用触摸式 MCU 的通用引脚直接驱动电流消耗较大的设备（如，LED 等），会导致 MCU 内部电压的下降，并造成触摸测量的不稳定。

## 2. 互电容方式的电极布线

### 2.1 概要

互电容方式的触摸键电极具有良好的耐水性能。其采用的矩阵形结构，也使其拥有许多自电容方式所不具备的功能。然而，互电容方式的触摸键电极由于其电极构造和布线都比较复杂，因此灵敏度的调整会变得比较困难，设计布线时要综合考虑各个方式的优缺点。此外，与自电容方式不同，互电容方式的面板厚度如果低于一定水平，电极会丧失灵敏度。设计者在设计时必须结合触摸键电极的结构决定面板的厚度。

### 2.2 触摸键电极的布线设计

互电容方式的触摸键电极，其结构包括一个接收电极（Rx）和一个发送电极（Tx）。触摸测量是测量 Tx 和 Rx 之间的电磁场（耦合电容），当人体（手指）接近电极时，一部分电磁场向人体转移，耦合电容会减小。通过定期观测此变化，可以检测人体的接近。因此，工程师在设计布线时，要最大限度地提高 Rx 与 Tx 之间的耦合电容，同时当人体接近电极时还要最大限度地增大耦合电容减少的比率。

图 2.1 为互电容方式的电极的推荐布线示例。接收电极更容易受到噪声的干扰，因此可以用发送电极包围接收电极，以保护接收电极。这种设计，增加了 Tx 和 Rx 的相对距离，同时也增大了手指与电极的接触面积。推荐 Tx 和 Rx 之间的相对距离为包含空气层在内的面板厚度的约 0.6 倍。



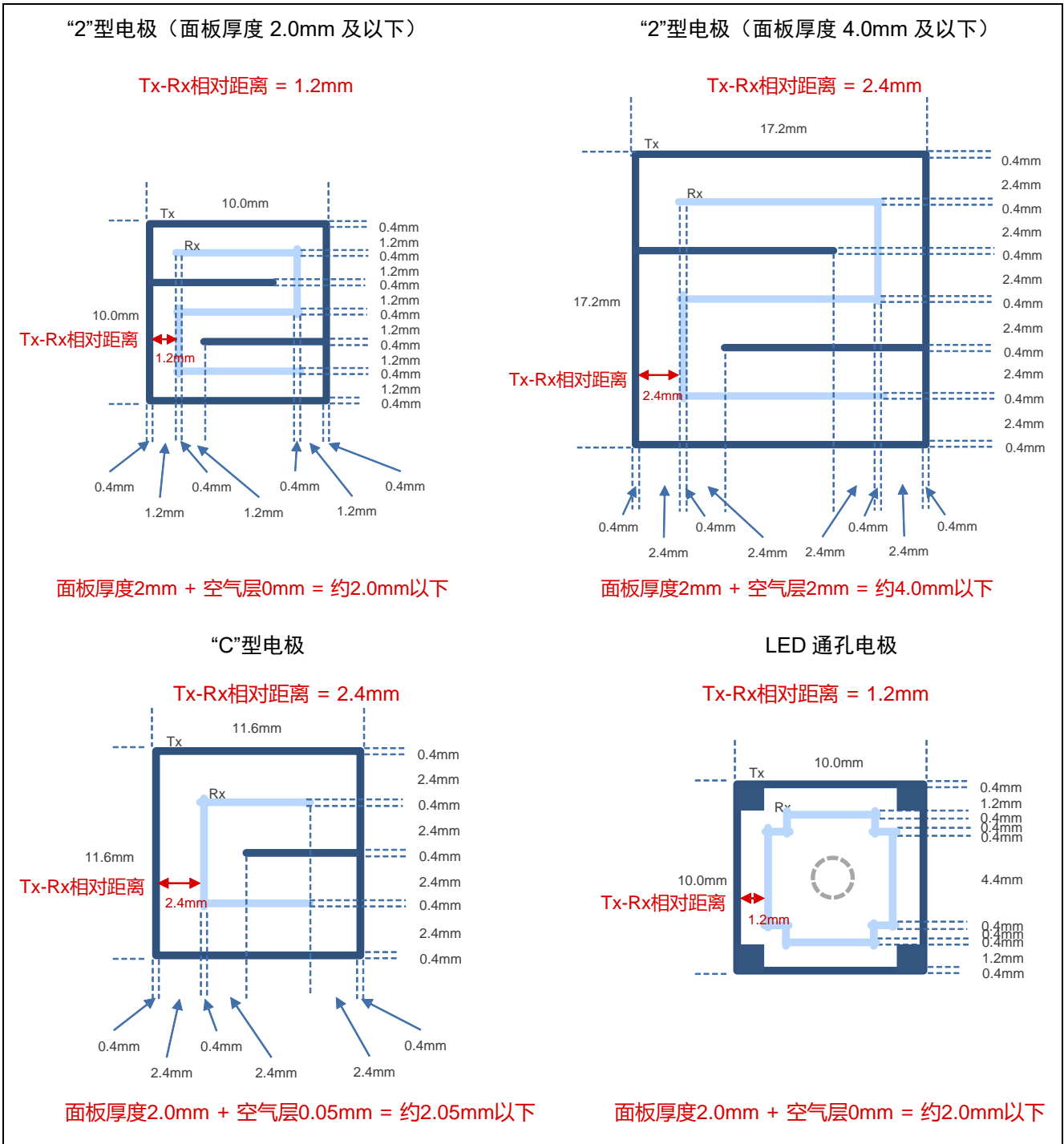


图 2.1 互电容方式的推荐电极设计

图 2.2 是互电容方式的电极 Tx-Rx 耦合电容电磁场和面板厚度的示意图。如图所示，使用较厚的面板时，需要增加 Tx-Rx 的相对距离。然而，由于大多数产品的电极面积有限，Tx 和 Rx 的相对距离往往很难延长。图 2.1 左侧的“2”型电极（面板厚度 2.0mm 及以下）是假设面板厚度在 2mm 以下的布线示例。如果是同样的布线设计，但面板厚度增加到 4mm 以下，就需要使用图 2.1 右侧的“2”型电极（面板厚度 4.0mm 及以下）了。这时，电极的尺寸需要由 10.0×10.0mm 增加到 17.2×17.2mm，对于某些产品来说，这样的电极面积可能就过大了。在这种情况下，可以使用图 2.1 的面积较小的“C”型电极。但需要注意的是，与“2”型电极相比，“C”型电极 Tx-Rx 的并行走线距离较短，意味着得到的测量值也会较小。

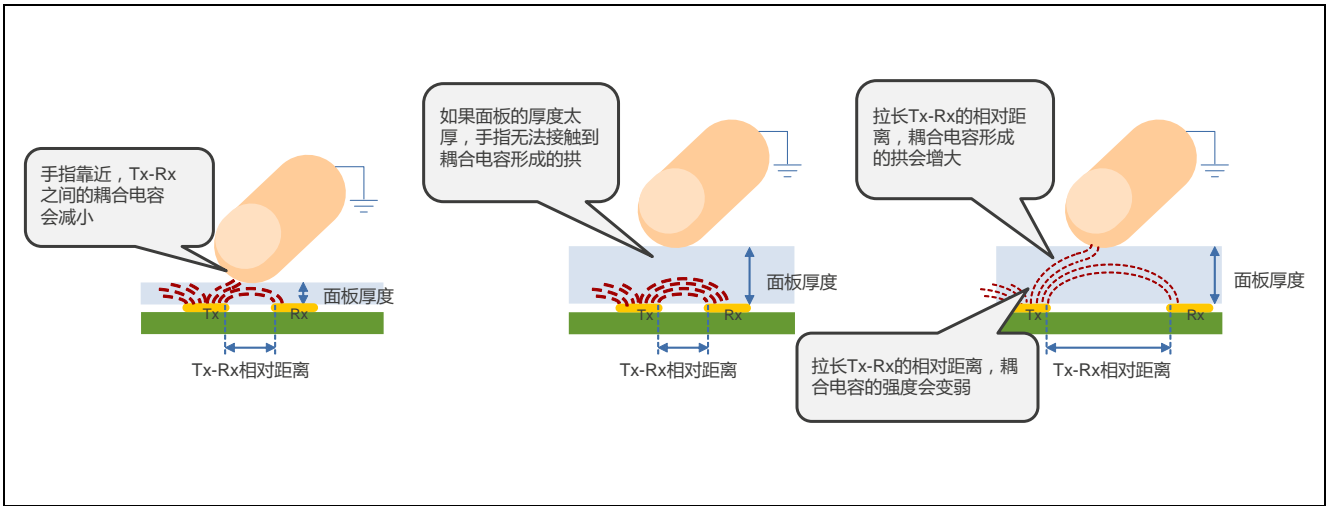


图 2.2 互电容方式的电极 Tx-Rx 耦合电容电磁场和面板厚度

图 2.3 显示了互电容方式的电极不同的 Tx-Rx 并行走线距离和 Tx-Rx 相对距离所导致的耦合电容的变化。发送电极 Tx 和接收电极 Rx 的并行走线距离越长，Tx-Rx 电极之间的耦合电容就越大，触摸时测量值的变化量就越大。如果电极的面积相同，Tx-Rx 的并行走线距离越长，布线就越复杂。另一方面，如果 Tx-Rx 的相对距离较长，可以支持较厚的面板和空气层，但电磁场的耦合密度会变小，电容量会减少。

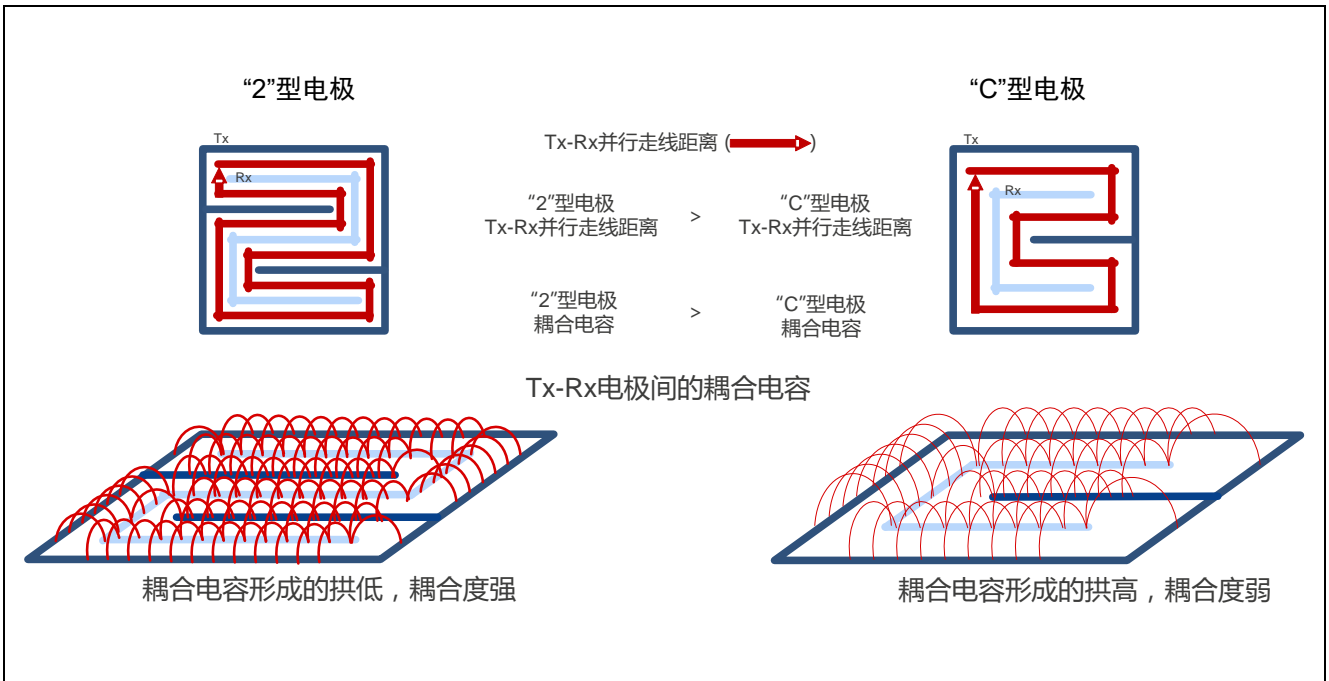


图 2.3 互电容方式的电极 Tx-Rx 并行走线距离和 Tx-Rx 相对距离导致的耦合电容的变化

### 2.3 空气层

图 2.4 是互电容方式的电极 Tx-Rx 耦合电容电磁场和空气层（包括面板厚度）的示意图。在互电容方式中，如果电极和面板之间含有空气层，需要和使用厚面板一样延长 Tx 和 Rx 的相对距离。

发送电极 Tx 与接收电极 Rx 之间的相对距离取决于面板的厚度。

Tx-Rx 的相对距离推荐为面板厚度+空气层厚度的约 0.6 倍。

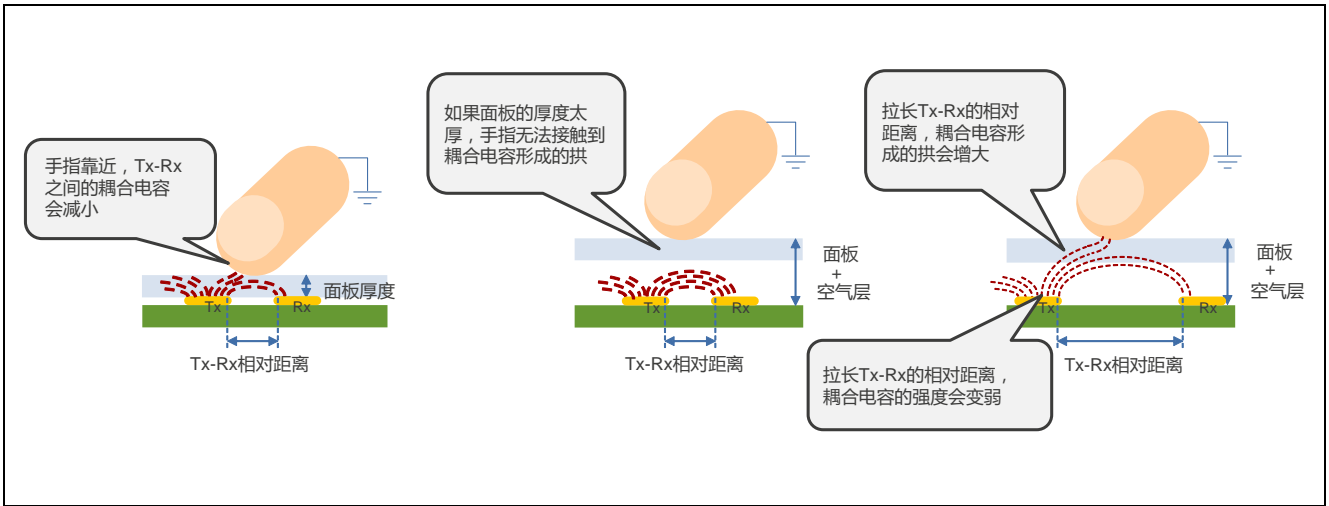


图 2.4 互电容方式的电极 Tx-Rx 耦合电容电磁场和空气层（包括面板厚度）

### 2.4 触摸面到电极的距离

图 2.5 显示了互电容方式的电容变化量与感应距离之间的关系。在互电容方式中，人体（手指）和电极之间的距离过近或过远，都会导致 Tx-Rx 电极之间的耦合电容的变化量变小，因此设计时要特别注意面板和空气层的厚度。如前所述，包括空气层在内的最理想的面板厚度，大约是 Tx-Rx 电极之间距离的 1.7 倍。

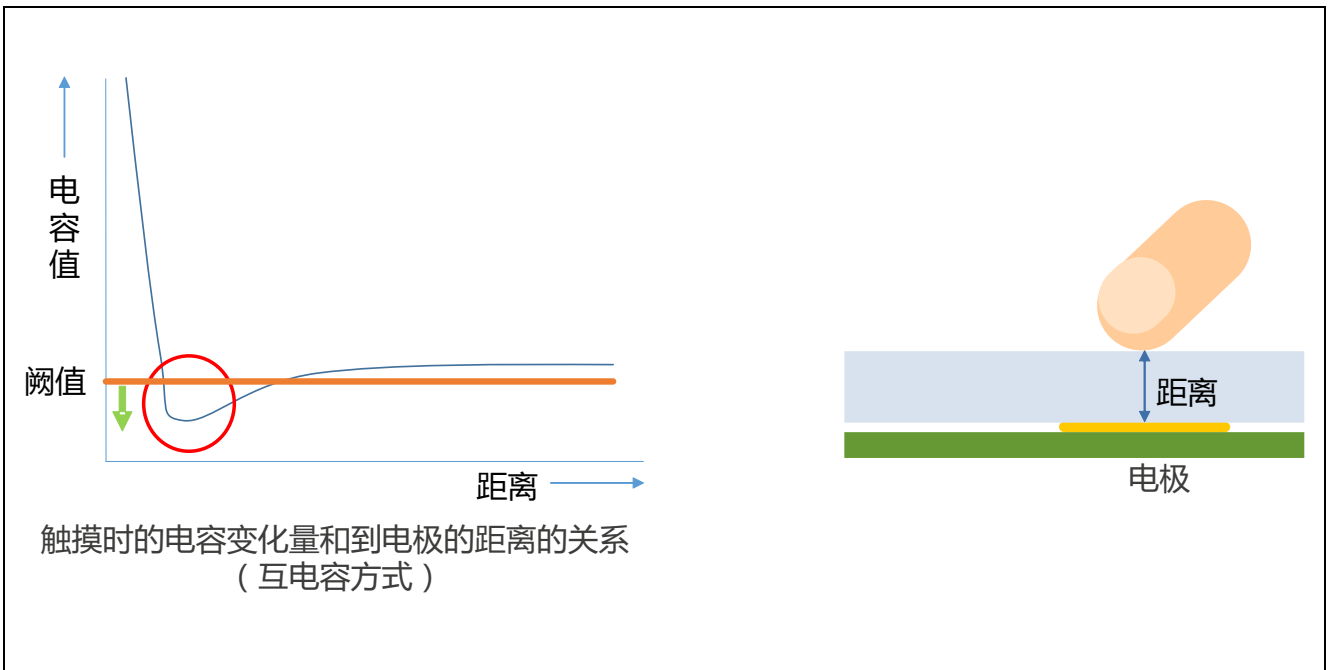


图 2.5 互电容方式的电容变化量和感应距离的关系

图 2.6 显示了互电容方式的电极间距离和面板厚度之间的关系。和自电容方式相同，为了防止相邻电极的误检测（串扰），推荐电极之间的距离保持在面板厚度（包括空气层）的 2 倍以上。

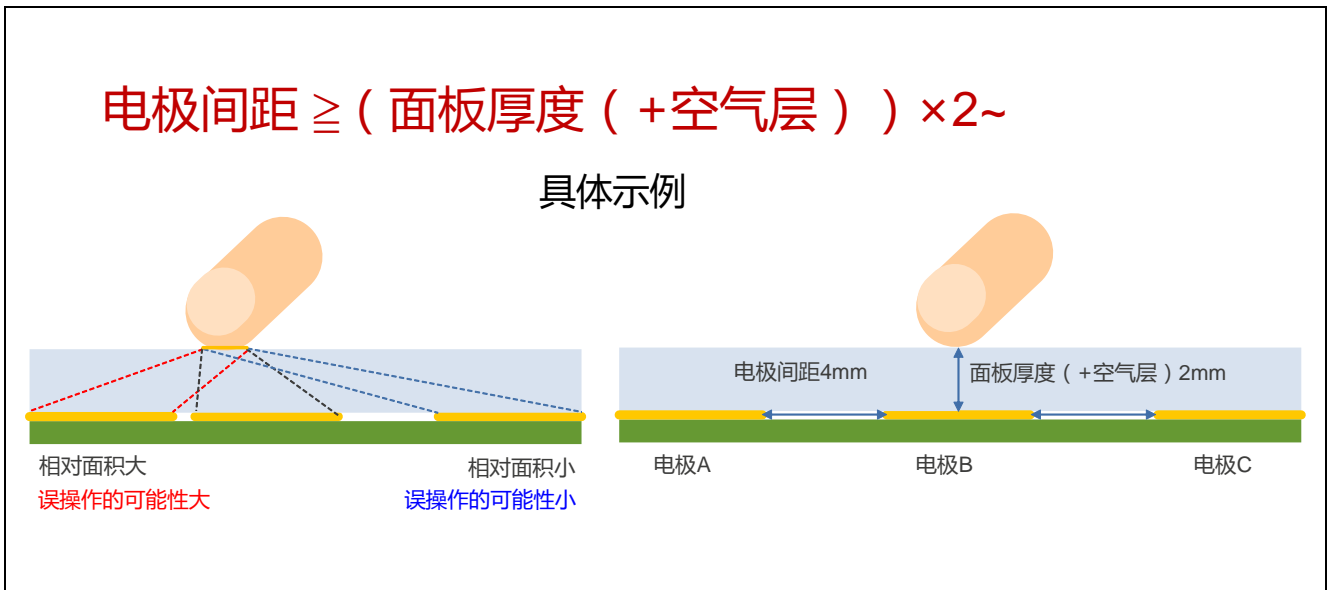


图 2.6 互电容方式的电极间距离和面板厚度的关系

## 2.5 电极的布线设计

图 2.7 为互电容方式的电极布线示例。在触摸键电极附近和其他手指有可能接触到的区域，Tx 电极的引线和 Rx 电极的引线之间必须留出充足的距离。这样可以减少手指触摸到电极以外的区域时造成误检测的风险。Tx 电极引线和 Rx 电极引线之间的距离，要能够保证手指在无意中触碰时不会同时接触到两根引线。同样地，如果 Rx 和 Tx 上的触摸测量（TS）引脚距离设置得太近，引脚之间会产生耦合电容。手指接近电极时，电容的减少量会相对变小，电极的灵敏度会降低。为了防止电容串扰，设计时请将 Rx 和 Tx 的引线分开，并尽可能拉开它们的距离。

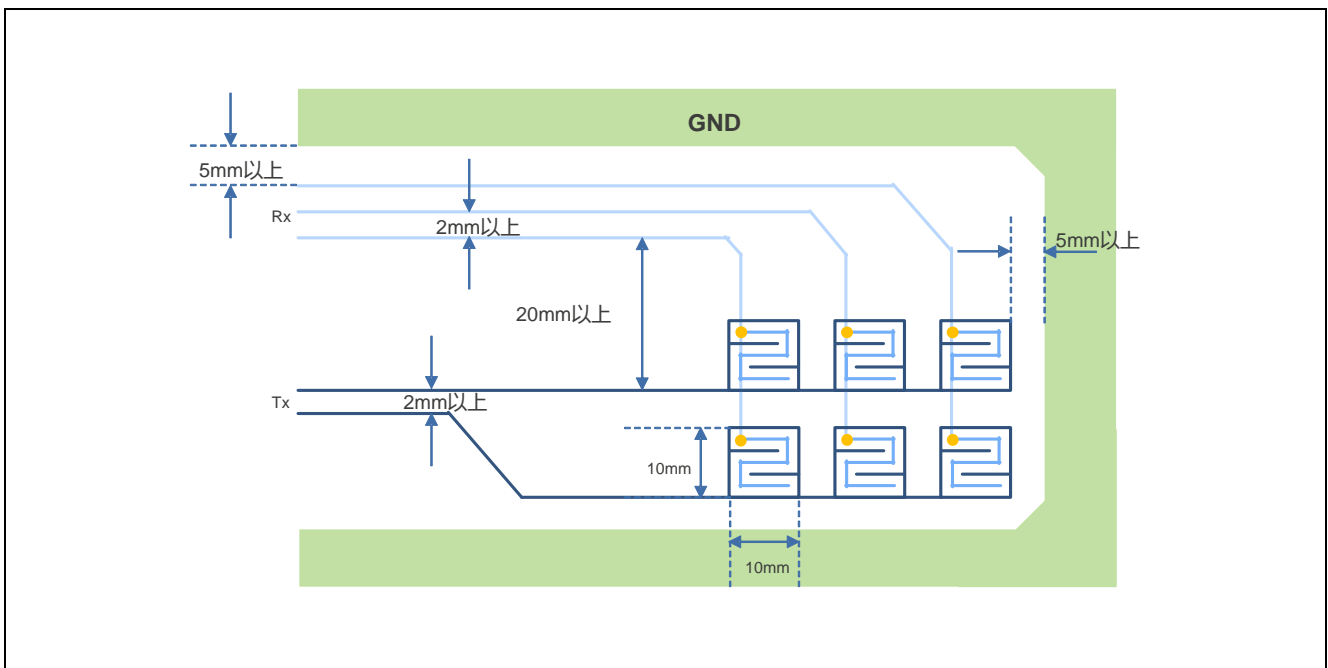


图 2.7 互电容方式的电极布线示例

在互电容方式中，每个电极的总电容值要在 20pF 以下，总电阻值（包括保护电阻值）要在 2KΩ 以下。

图 2.8 展示了互电容方式的电极布线的限制条件。每个电极的总电容值可以在 Workbench6 的 First Step Guide 中确认。

在布线区域内，Tx 电极的引线和 Rx 电极的引线要尽可能地避免近距离的平行布线，请尽量扩大两条引线之间的距离。如果不得不交叉布线，请在远离电极的位置垂直布线，并且要尽早把两条引线分开。

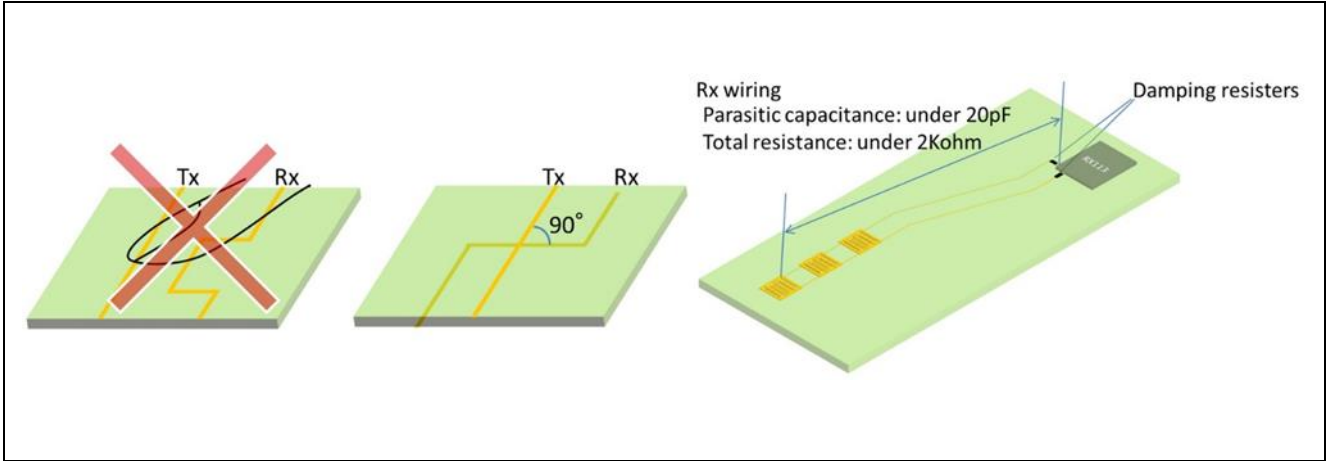


图 2.8 互电容方式的电极布线的限制条件

## 2.6 触摸键电极的应用示例

### 2.6.1 电极的耐水布线设计

图 2.9 展示了互电容方式的电极耐水布线的注意事项。如果在水量较大的情况下使用设备，电极的表面会形成水膜，这时，如果手指接触水膜，实际上相当于手指接触到了水膜下的所有电极。因此，上述情况会对相邻电极产生很大的影响（串扰），并且相邻电极将会得到一个与流水的电阻值成反比的误检测结果。如果水膜的厚度较大，或者海水等含有电解质的水引起了介电常数的增加，这时水膜的电阻值会减小。因此，水量较多的情况，或者海水等包含电解质的水，对于静电触摸来说是很恶劣的条件。

对于耐水性能要求较高的产品，必须确保其各个电极之间保持有足够宽的距离。

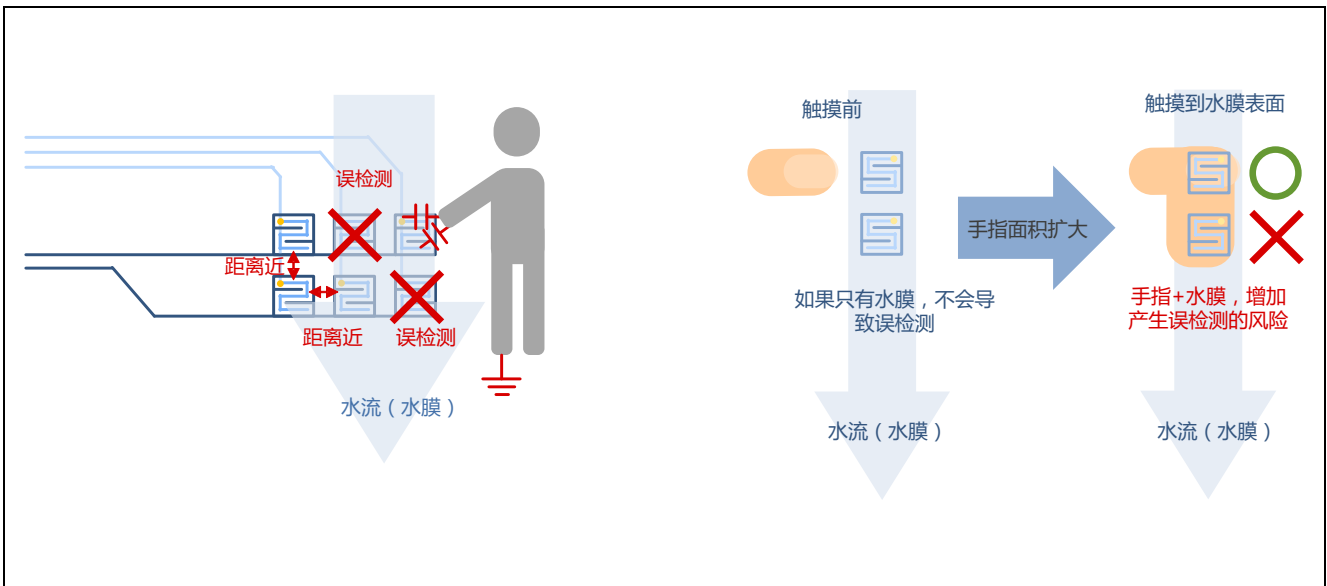


图 2.9 互电容方式的耐水电极布线的注意事项

图 2.10 为互电容方式的耐水电极布线的推荐示例。由于水流自上而下流动，所以最好将电极在水平方向上排成一行。

对于在测量中不使用的电极，Tx 引线输出低电平。对于耐水性能要求较高的产品，可以将所有的 Tx 引线集中在一组中。这样可以防止非活动状态的 Tx 引线输出的低电平，通过水膜与其他电极桥接，从而造成误检测。

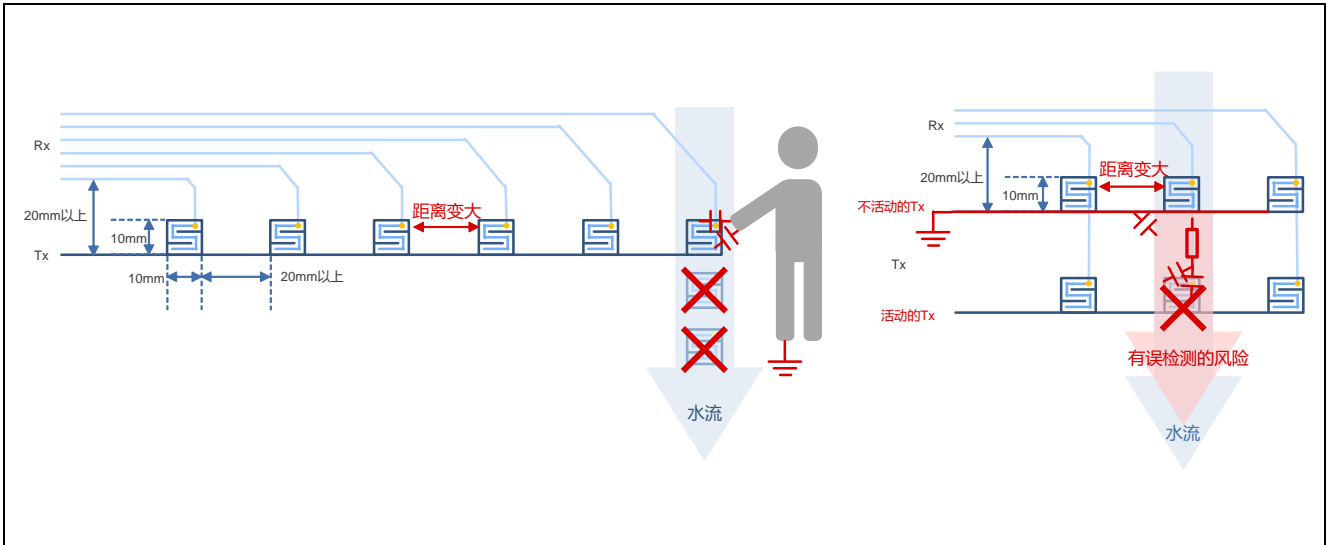


图 2.10 互电容方式的耐水电极的推荐布线方法

图 2.11 显示了互电容方式的电极间距离和面板厚度之间的关系。为了防止相邻电极之间的误检测（串扰），电极之间的距离建议是面板厚度（包括空气层）的 2 倍以上。

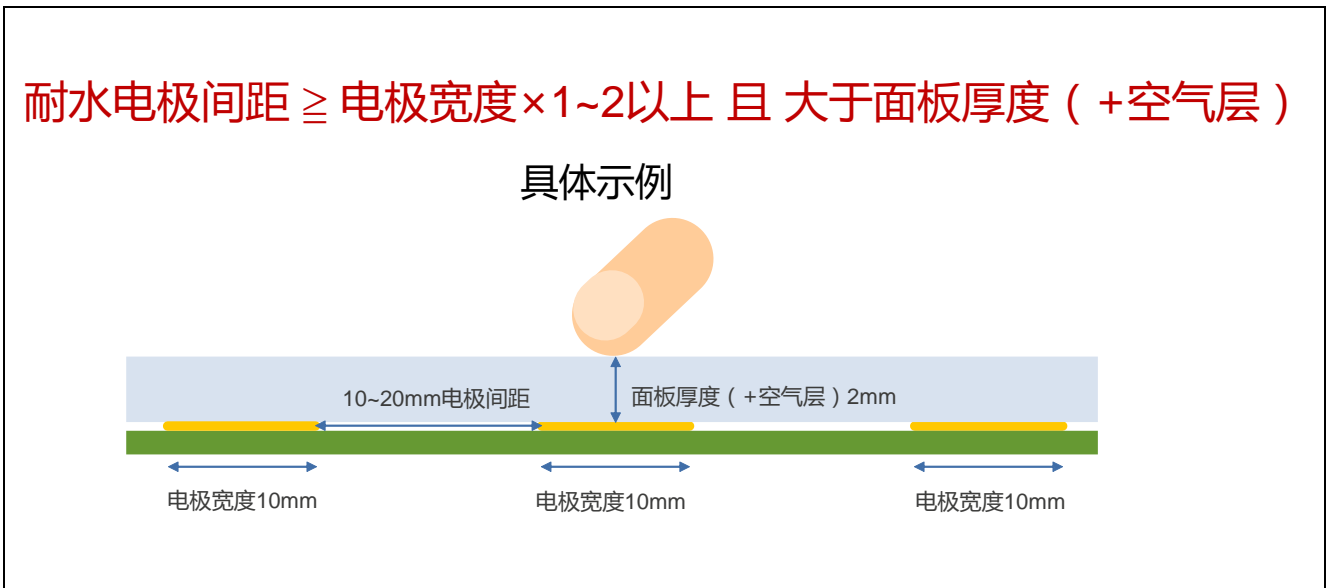


图 2.11 互电容方式的耐水电极间距离和面板厚度的关系

## 2.7 LED 布线

### 2.7.1 直接点亮的示例

图 2.12 为互电容方式的电极和 LED 布线的示例。如图 2.12 的左图所示，最理想的布线方式是将 LED 放置在电极的外部。在互电容方式中，增加 Tx-Rx 的相对面积可以提高检测的灵敏度。因此，将 LED 放置在电极内部时，电极 Tx 的引线和电极 Rx 的引线在电极内部很难蛇行布线，Tx-Rx 的并行走线距离也会缩短，从而造成相同电极面积下灵敏度的下降。

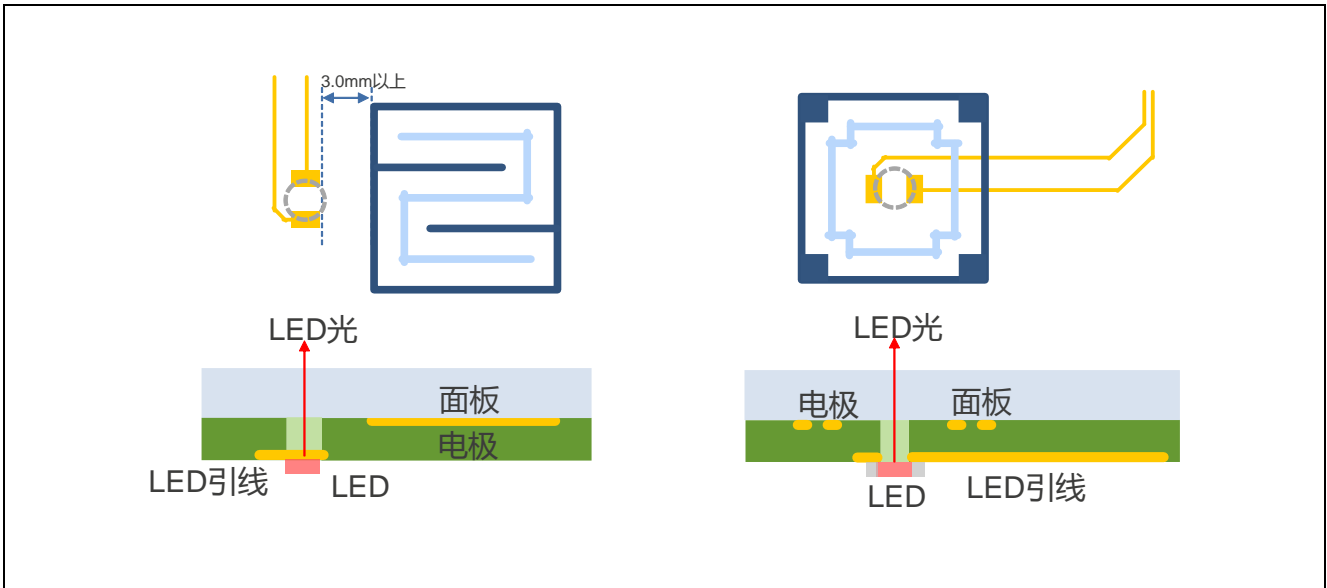


图 2.12 互电容方式的电极和 LED 布线示例

### 2.7.2 间接点亮的示例（使用导光板）

图 2.13 为互电容方式的电极和使用了导光板的 LED 布线示例。LED（光源）必须与发光面保持一定的距离，以确保均匀照明。

将多个 LED（光源）相对放置有助于消除不均匀的照明。

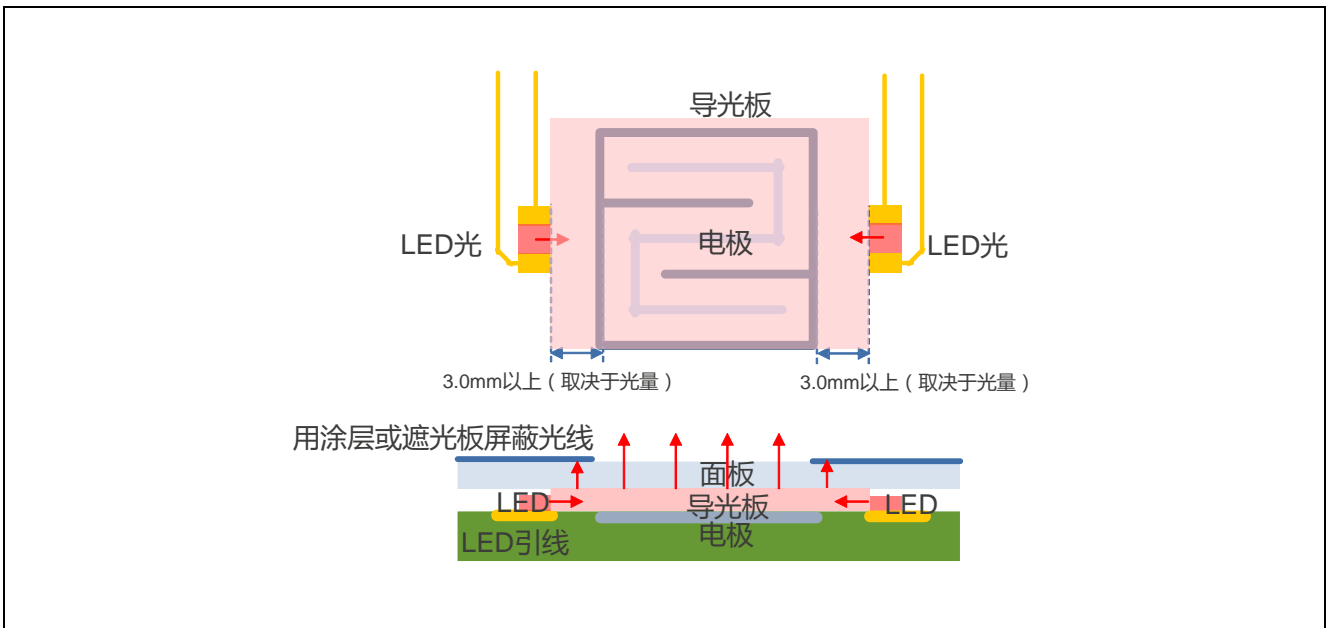


图 2.13 互电容方式的电极和使用了导光板的 LED 布线示例

## 2.8 抗干扰的布线设计

触摸键电极的结构，使其能够成为天线（MCU 引脚只对耦合电容开放），并且很容易受到电磁场噪声的影响。虽然瑞萨 MCU 通过采用多种抗干扰措施具备了较强的抗干扰能力，然而，仅靠 MCU 还是不能消除所有的噪声影响。在对噪声要求非常严格的环境中使用，采取相应的硬件的抗干扰措施是必不可少的。以下介绍具体示例。

一般来说，引线越长，多个噪声频率同步并混合的机会就越多。因此，触摸键电极和触摸式 MCU 之间的引线要尽可能地短。

### 2.8.1 使用接地布线的抗干扰措施

图 2.14 是互电容方式的抗干扰布线示例。建议使用网格状的接地布线覆盖电极引线的周围区域。

如果由于空间的限制，接地布线无法覆盖所有的引线，请优先覆盖 Rx 电极的引线。

电极引线和网格状接地布线之间的距离要在 5mm 以上。

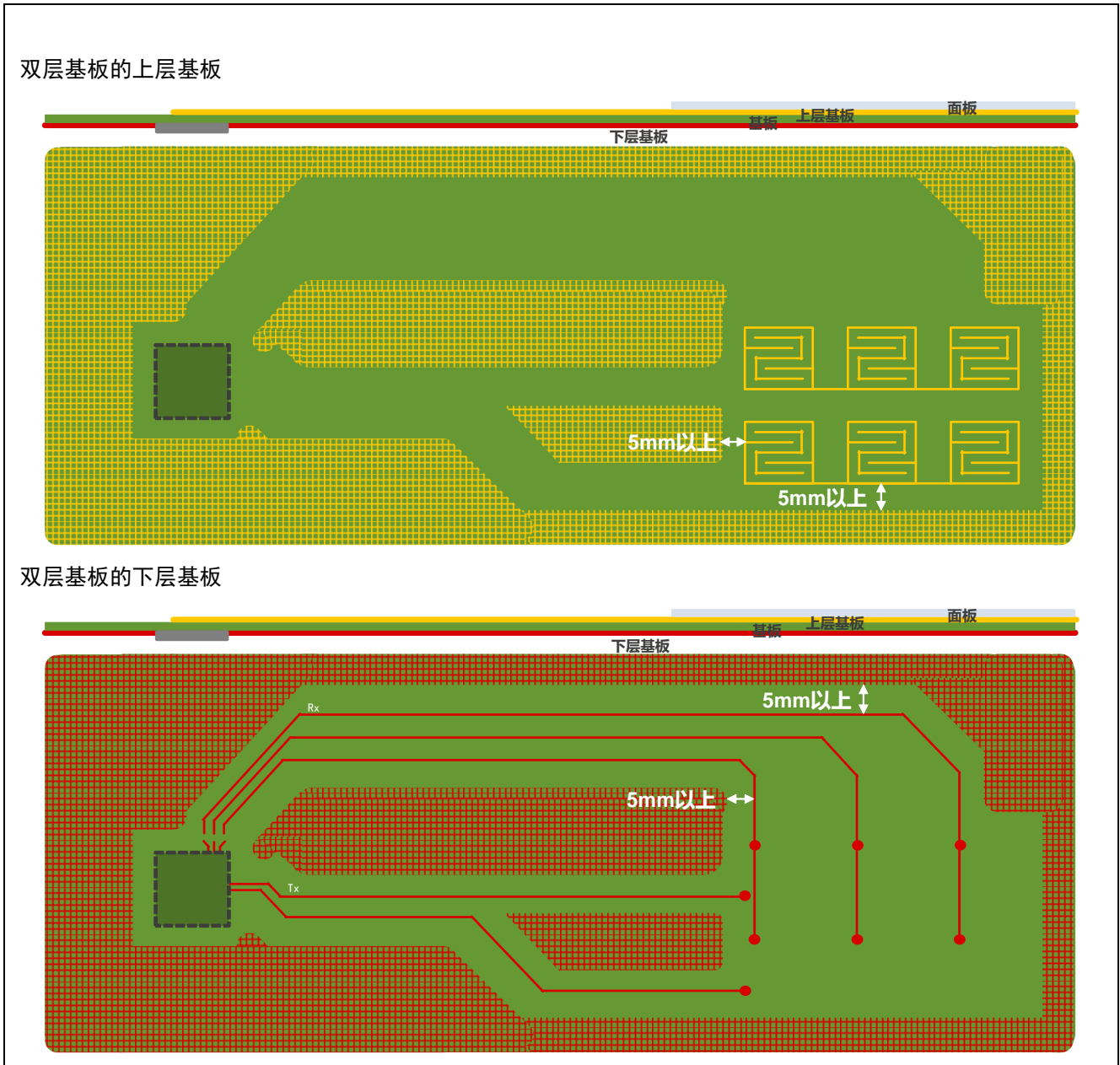


图 2.14 互电容方式的抗干扰布线示例



### 3. 电极的应用（滑条、滑轮、接近感应）

#### 3.1 滑条电极布线示例

图 3.1 为自电容方式的滑条电极的推荐样式。该样式假定手指触摸电极，并且手指触摸滑条两端以外的任何位置，3 个电极都可以反应。

如果想改变滑条的大小，必须增加或者减少电极数，而不能仅简单地扩大或缩小样式。

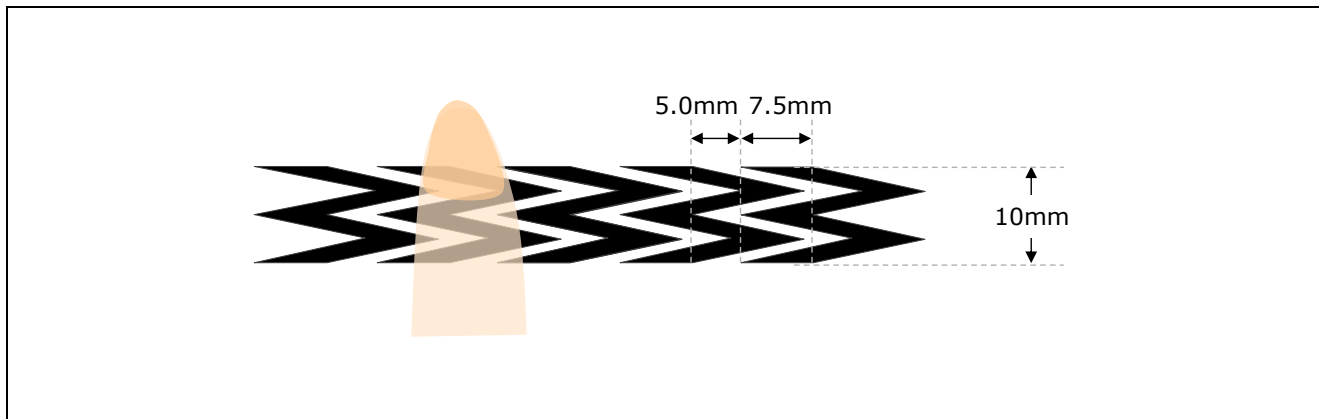


图 3.1 自电容方式的滑条电极

#### 3.2 滑轮电极布线示例

图 3.2 为自电容方式的滑轮电极的推荐样式。该样式假定手指触摸电极，并且无论手指触摸到滑轮的哪个位置，3 个电极都可以反应。

如果想改变滑轮的大小，必须增加或者减少电极数，而不能仅简单地扩大或缩小样式。

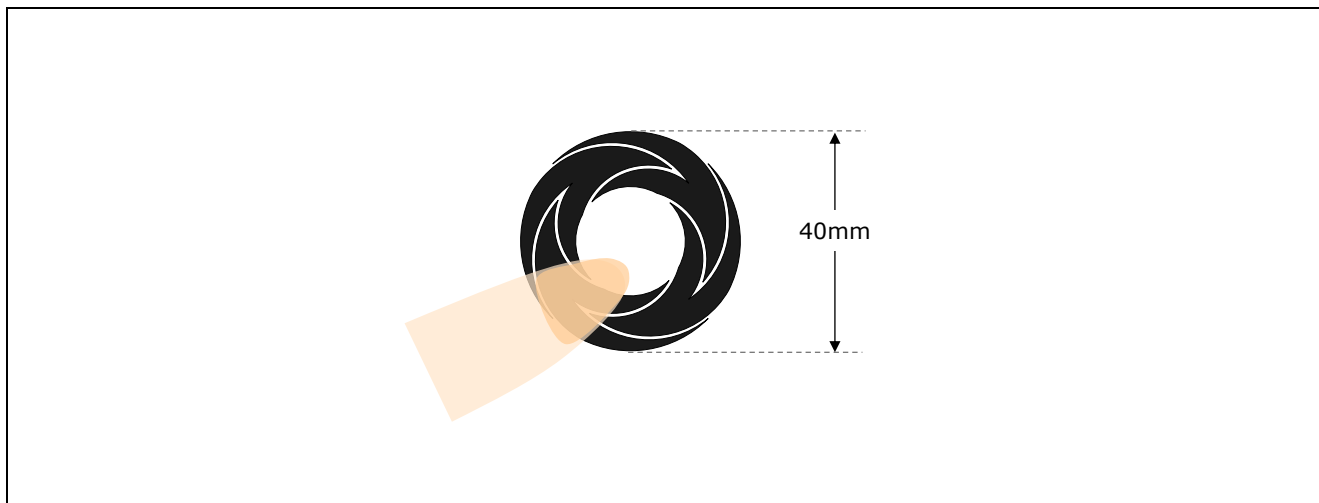


图 3.2 自电容方式的滑轮电极

### 3.3 接近感应电极

#### 3.3.1 接近感应电极的设计示例

图 3.3 显示了自电容方式的接近感应的感应范围。使用 100×100mm 的接近感应电极检测手掌的靠近，感应距离最大可以达到 300mm。（此值是瑞萨电子在周围没有导电体的理想条件下的评价结果，非保证值）。

在实际产品中使用时，由于电极会被放置到产品的外壳内，电极的感应距离会缩短。

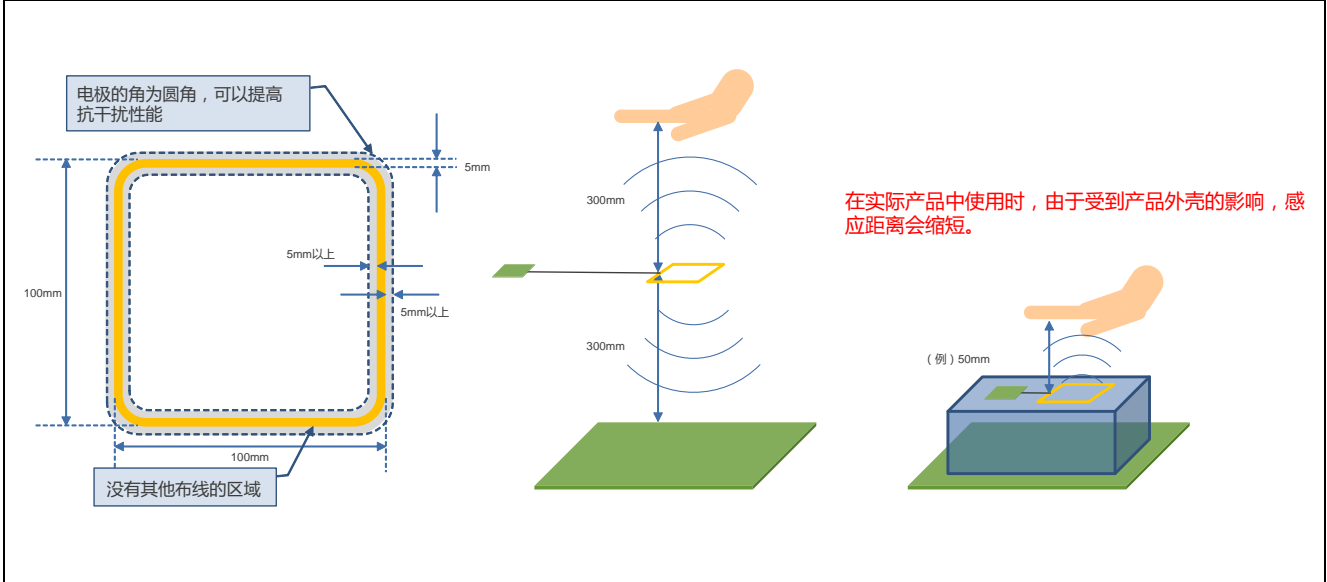


图 3.3 自电容方式的接近感应的感应范围

#### 3.3.2 接近感应电极感应距离的限制

图 3.4 显示了自电容方式的接近感应的寄生电容和感应距离之间的关系。接近感应的感应距离会受到感应电极检测面的背面的寄生电容的影响。

感应电极背面的寄生电容增加，接近感应的感应距离会缩短。

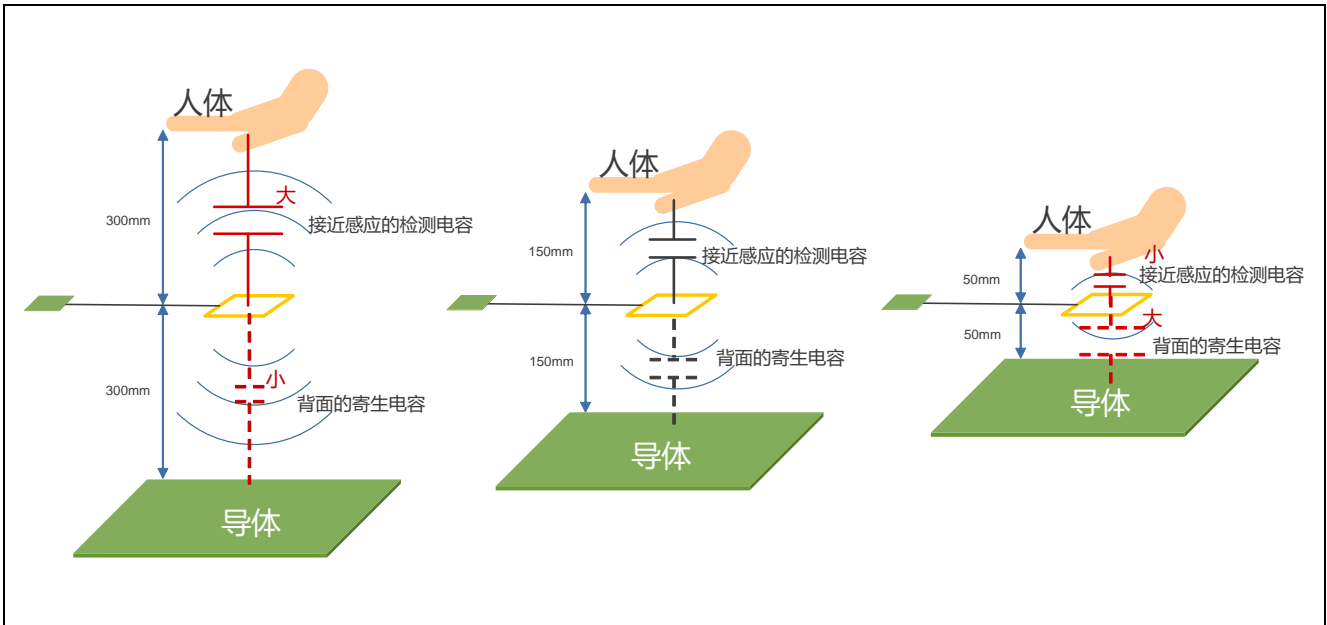


图 3.4 自电容方式的接近感应的寄生电容和感应距离的关系

### 3.3.3 接近感应电极配置的注意事项

如果在产品的外壳或者周围环境中，在接近感应电极的背面出现了导体，这时会增加寄生电容。

由于电极上增加的寄生电容会受到以下因素的影响：导体与电极正对面积的大小、电位、与电极的距离、电极与导体之间的空间中的物质的介电常数，因此在设置电极位置时，需要充分考虑以上的因素。

由于相对于按键电极来说，接近感应电极的面积更大，所以接近感应电极更容易受到周围环境的影响。为了防止因为受到周围动态环境的变化、信号线的低电平输出和产品放置位置的影响而产生误操作，请进行充分的评价。

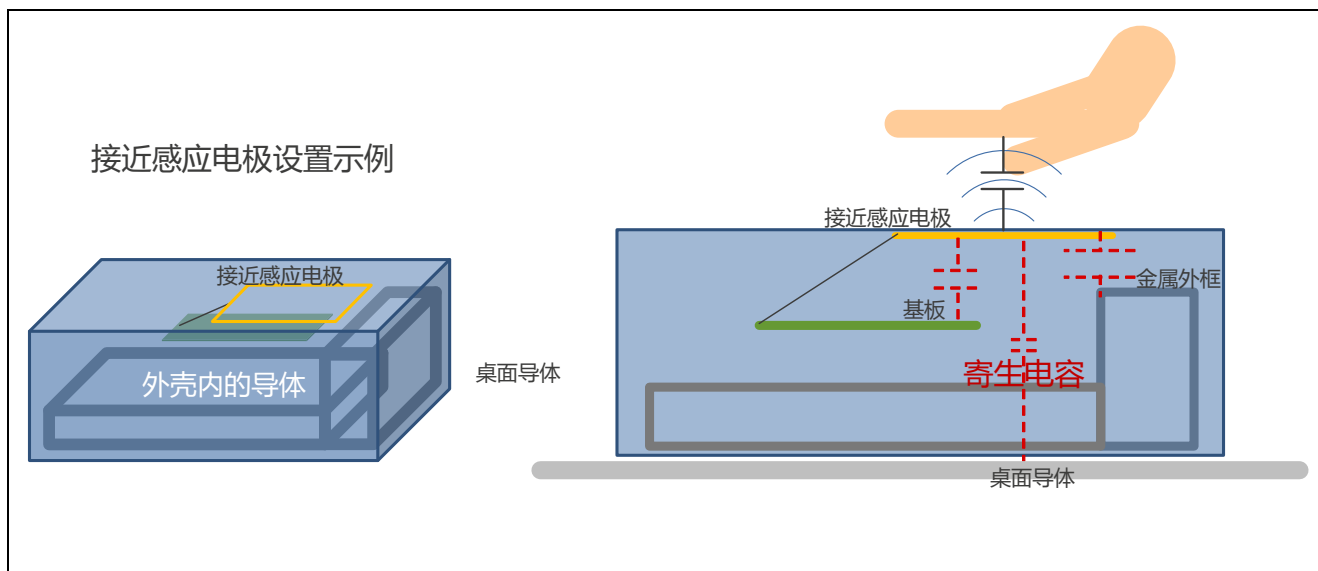


图 3.5 接近感应电极背面的寄生电容会造成感应距离的缩短

## 4. 附录

### 4.1 触摸键电极的静电电容仿真

以下是本篇应用笔记介绍的触摸键电极在触摸时的静电电容变化值和传感器计数值的参考值。静电电容为仿真值，传感器计数值为推测值，它们可能与实际数值不同。

#### 4.1.1 自电容方式的触摸键电极

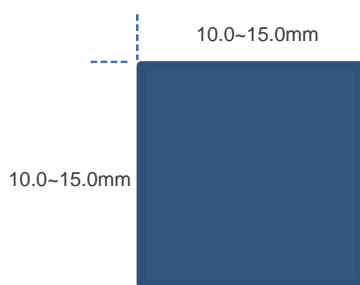
仿真条件

- 面板材质、厚度、相对介电常数：PVC、5mm、2.7
- 电极材质、厚度：铜、0.035mm
- 模拟手指材质、大小：铜、直径 10mm×长度 50mm 的圆柱体、接地
- 设置条件：将 1600×800mm 的金属板（铁板）放置于电极下方 100mm 处

传感器计数值条件

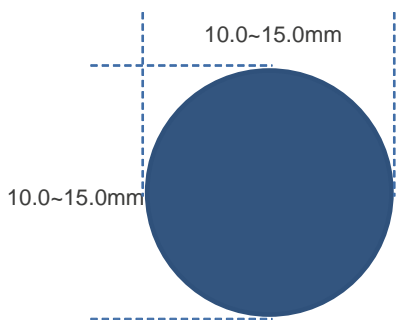
- Workbench6 Ver.1.06 生成 API 固件。CTSU 基础时钟为 4MHz。
- 规定每 0.1pF 单位，传感器计数值为 400。

##### (1) 正方形



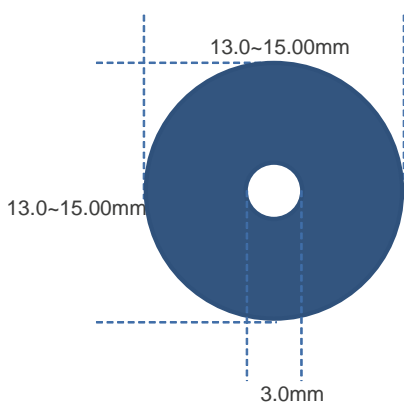
电极大小 (mm)	10	11	12	13	14	15
触摸/非触摸时的静电电容差 (pF)	0.52	0.57	0.63	0.68	0.73	0.78
触摸/非触摸时的传感器计数值差	2080	2280	2520	2720	2920	3120

## (2) 圆形



电极大小 (mm)	10	11	12	13	14	15
触摸/非触摸时的静电电容差 (pF)	0.44	0.50	0.54	0.59	0.64	0.71
触摸/非触摸时的传感器计数值差	1760	2000	2160	2360	2560	2840

## (3) 环形 (中部为空)



电极大小 (mm)	10	11	12	13	14	15
触摸/非触摸时的静电电容差 (pF)	0.44	0.50	0.54	0.59	0.64	0.70
触摸/非触摸时的传感器计数值差	1760	2000	2160	2360	2560	2800

4.1.2 互电容方式的触摸键电极

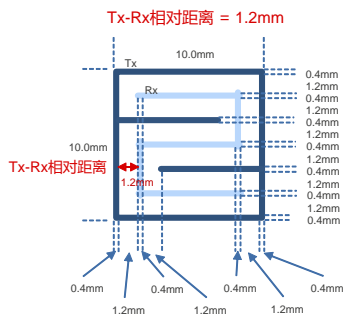
仿真条件

- 面板材质、厚度、相对介电常数：PVC、5mm、2.7
- 电极材质、厚度：铜、0.035mm
- 模拟手指材质、大小：铜、直径 10mm×长度 50mm 的圆柱体、接地
- 设置条件：将 1600×800mm 的金属板（铁板）放置于电极下方 100mm 处

传感器计数值条件

- Workbench6 Ver.1.06 生成 API 固件。CTSU 基础时钟为 4MHz。
- 规定每 0.1pF 单位，传感器计数值为 400。

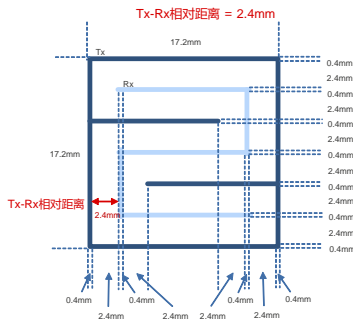
(1) 正方形 10×10mm，Tx-Rx 相对距离 1.2mm



- 面板厚度 2.0mm，空气层 0mm

Tx-Rx 间的耦合电容 (pF)	1.09
触摸时的耦合电容减少量 (pF)	0.23
触摸时的静电电容变化率 (%)	21
触摸时的传感器计数值减少量 (pF)	920

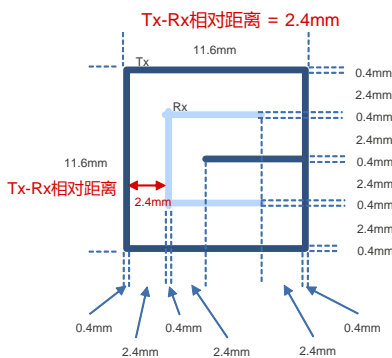
(2) 正方形 17.2×17.2mm，Tx-Rx 相对距离 2.4mm



- 面板厚度 2.0mm

面板与电极之间的空气层高度 (mm)	0.0	0.5
Tx-Rx 间的耦合电容 (pF)	1.44	1.16
触摸时的耦合电容减少量 (pF)	0.27	0.19
触摸时的静电电容变化率 (%)	19	16
触摸时的传感器计数值减少量 (pF)	1080	760

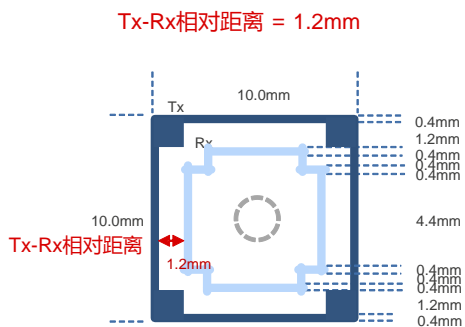
(3) 正方形 11.6×11.6mm，Tx-Rx 相对距离 2.4mm



- 面板厚度 2.0mm

面板与电极之间的空气层高度 (mm)	0.0	0.05
Tx-Rx 间的耦合电容 (pF)	0.59	0.56
触摸时的耦合电容减少量 (pF)	0.20	0.18
触摸时的静电电容变化率 (%)	34	33
触摸时的传感器计数值减少量 (pF)	800	720

(4) 正方形 10.0×10.0mm，Tx-Rx 相对距离 1.2mm



- 面板厚度 2.0mm，空气层 0mm

Tx-Rx 间的耦合电容 (pF)	0.83
触摸时的耦合电容减少量 (pF)	0.21
触摸时的静电电容变化率 (%)	25
触摸时的传感器计数值减少量 (pF)	840

## 公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

- <http://www.renesas.com/zh-cn/>

咨询

- <http://www.renesas.com/zh-cn/support/contact.html>

所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。



## 修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2017.10.13	—	初版发行