

文档编号: AN113

上海东软载波微电子有限公司

应用笔记

触控芯片硬件设计指导

修订历史

版本	修订日期	修改概要
V1.0	2020-4-23	初版发布
V1.1	2021-12-9	增加芯片型号及修正格式等
V1.2	2023-10-8	1、修正设计规范推荐值 2、增加案例分析

地 址：中国上海市徐汇区古美路 1515 号凤凰园 12 号楼 3 楼

E-mail: support@essemi.com

电 话：+86-21-60910333

传 真：+86-21-60914991

网 址： <http://www.essemi.com/>

版权所有©

上海东软载波微电子有限公司

本资料内容为上海东软载波微电子有限公司在现有数据资料基础上慎重且力求准确无误编制而成，本资料中所记载的实例以正确的使用方法和标准操作为前提，使用方在应用该等实例时请充分考虑外部诸条件，上海东软载波微电子有限公司不担保或确认该等实例在使用方的适用性、适当性或完整性，上海东软载波微电子有限公司亦不对使用方因使用本资料所有内容而可能或已经带来的风险或后果承担任何法律责任。基于使本资料的内容更加完善等原因，上海东软载波微电子有限公司保留未经预告的修改权。使用方如需获得最新的产品信息，请随时用上述联系方式与上海东软载波微电子有限公司联系。

目 录

内容目录

第 1 章	按键形状设计	4
1.1	按钮	4
1.2	滑条	5
1.3	滑轮	6
1.4	矩阵	7
第 2 章	设计注意事项	8
2.1	按键	8
2.2	走线	8
2.3	铺地	8
2.4	电源	9
2.5	面板	10
2.6	布局	10
2.7	EMC.....	10
第 3 章	设计规范及检查要点	11
3.1	Checklist.....	11
3.1.1	原理图	11
3.1.2	PCB.....	11
3.2	Review.....	12
3.2.1	原理图	12
3.2.2	PCB.....	12
第 4 章	案例参考	13
4.1	设计参考案例.....	13
4.1.1	原理图的设计	13
4.1.1.1	电源电路	13
4.1.1.2	复位电路	13
4.1.1.3	触控按键电路.....	14
4.1.1.4	通信端口	14
4.1.1.5	指示灯电路.....	15
4.1.2	PCB 视图.....	16
4.2	客户问题案例.....	17
4.2.1	例一	17
4.2.2	例二.....	18
4.2.3	例三.....	19
4.2.4	例四.....	20

第1章 按键形状设计

触摸按键分为按钮、滑条、滑轮和矩阵几种样式。

1.1 按钮

按钮一般被用于检测一次单独的按键操作，按钮的形状有多重，可以被设计为圆形、方形、三角形等，具体形状如下图所示。图中第二个形状可以用于在触摸按键中间安装指示灯。

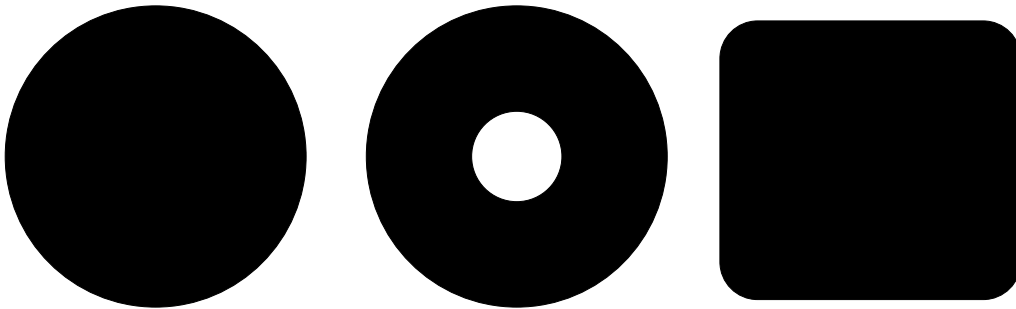


图 1-1 触摸按键形状

按键的尺寸根据正常人手指大小确定，以圆形按键为例，其直径一般设计为 10mm-15mm。按键间隙，为避免按键间的干扰两按键间距至少为半个手指或 5mm 以上间距，图 触摸按键形状 为三种直径的圆形按钮对地距离改变时，按钮对地寄生电容值的变化曲线。

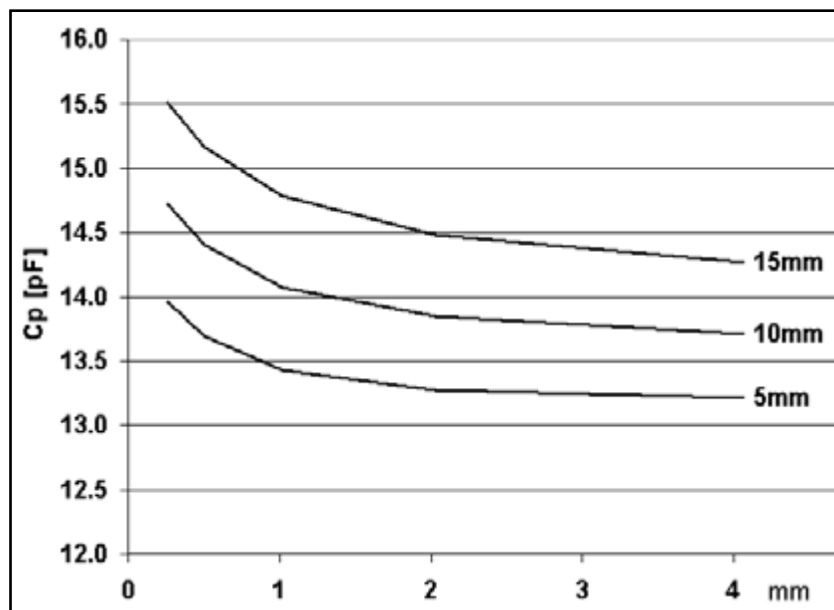


图 1-2 5mm、10mm、15mm 直径按钮对地电容值

1.2 滑条

滑条可以用于检测手指持续滑动和当前所在位置。理想状态下，当手指在滑条上滑动时，滑条各级电容的变化成线性变化，通过检测相邻两个滑条之间电容的变化值，就可以判断手指滑动距离和方向。按键可以分为多级，级数增加，滑条的长度也随之增加。

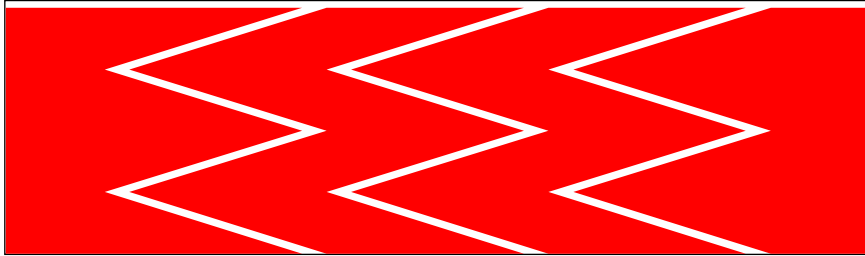


图 1-3 四级滑条示意图

滑条的外形设计需要尽量符合理想状态要求，即手指滑动造成的电容变化是线性的以及同一个时刻，至少影响覆盖两级滑条的电极，边缘两个电极未咬合处的宽度建议为半个手指宽度以内，如下图所示，边缘电极未咬合处长度为 4mm。滑条的具体形状可以按下图所示尺寸设计。

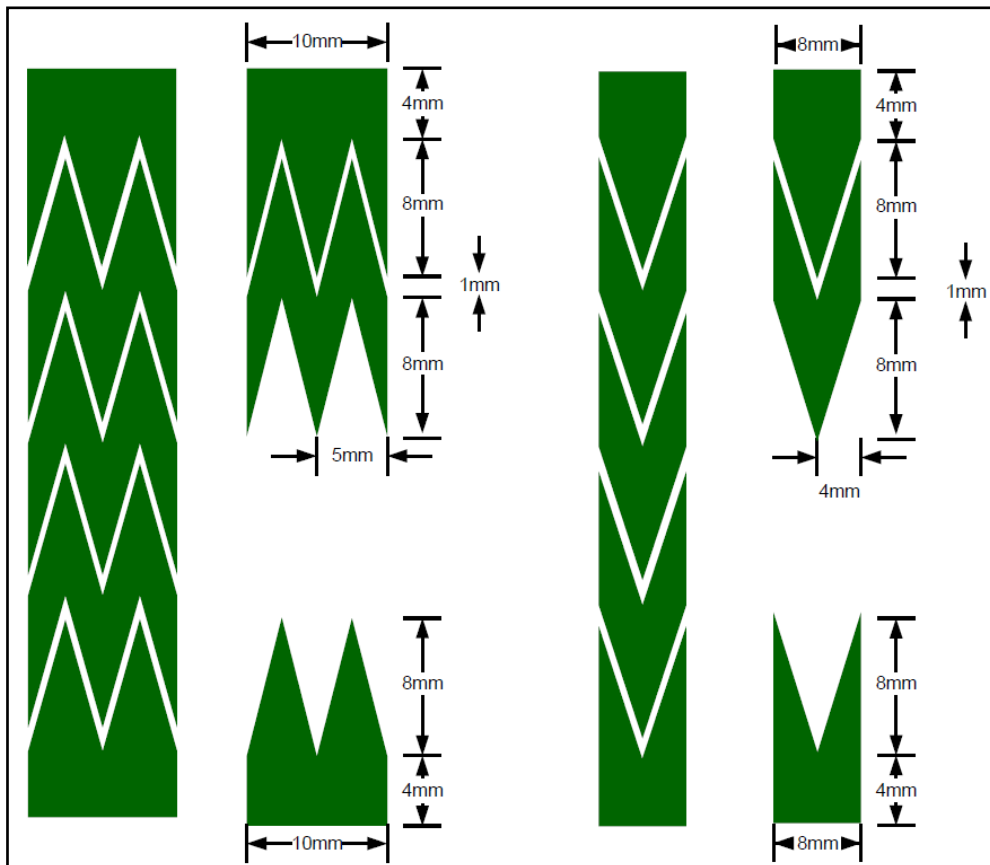


图 1-4 滑条设计尺寸

1.3 滑轮

滑轮可以理解作为一种变形的滑条，用于检测手指的旋转操作。

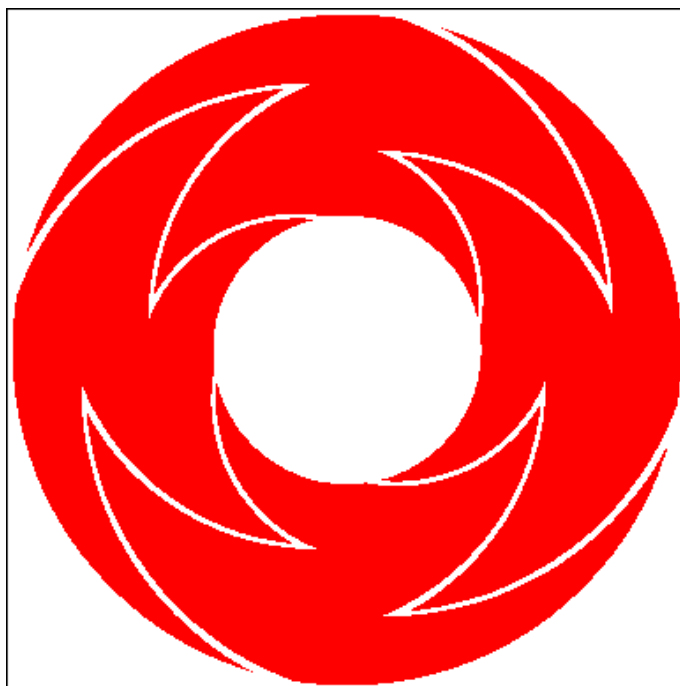


图 1-5 转轮形状示意图

滑轮在设计时，与滑条要求类似，要求手指沿滑轮转动时，造成的滑轮各级电容呈线性变化，并且某一时刻，手指能够对至少两级电极造成影响。在上图中，滑轮两级之间深度咬合，当手指沿滑轮转动时，如果手指离开第 $n-1$ 级电极的边缘，则立即开始接触 $n+1$ 级电极边缘。在小尺寸滑轮上支持饼状图(菊花状)的滑轮图案设计。

1.4 矩阵

矩阵按钮可以在芯片 TK 通道有限的情况下，扩展出更多的触摸按键按钮。矩阵按键以行列的方式布置，布置如图 矩阵放置示意图 所示。可以看出，图中一共有 $3 \times 4 = 12$ 个按钮，但是实际只使用了 Row0~2 与 Column0~3 共 7 个 TK 通道。在使用时，如果检测到 Row a 和 Column b 两个通道同时被触发，从图中即可判断出，a 行 b 列的按钮被按下。

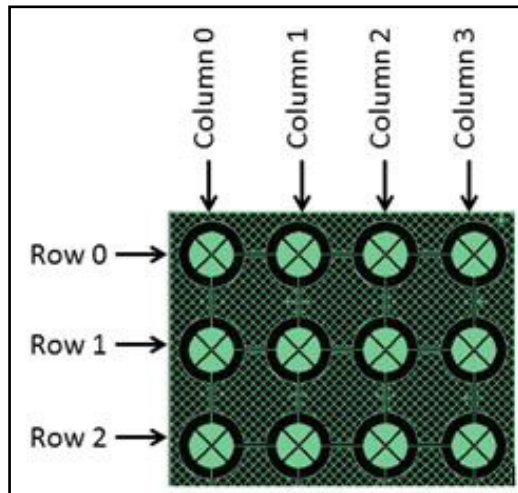


图 1-6 矩阵放置示意图

从矩阵的使用方式可以看出，每一个矩阵按钮都连接有两个 TK 通道，所以矩阵按钮必须被设计为两个咬合在一起但又互相不连接的电极。一个电极用于连接所在行的 TK 通道，另一个电极用于连接所在列的通道。

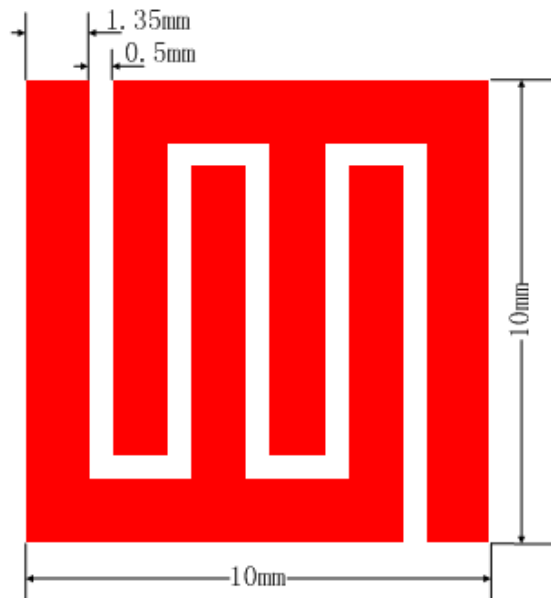


图 1-7 矩阵尺寸示意图

矩阵可以扩展出更多的按钮，但是如果同时按下两个矩阵按钮，有可能被误识别。如图 1-6 中同时按下 row0+column0 和 row1+column1，则 row0、1 和 column0、1 四个通道同时被触发，则有可能被识别为 row0+column1 和 row1+column0。

第2章 设计注意事项

2.1 按键

触摸焊盘方案需注意面积大小设计，可参考第一章按键形状设计部分。若做隔空应用需增加 guard 通道增强感应效果，且感应距离和面积相关，也需注意面积大小设计。

弹簧方案走线只需要在弹簧区域留一个过孔接弹簧，并且弹簧区域内不要有其它走线。推荐使用多圈弹簧，根据面板厚度增加圈数，直径 10mm 以上。

ITO 透明薄膜走线，ITO 走线因内阻较大注意走线长度，宽度，厚度的平衡，使走线到按键的内阻不要超过 10K 欧，走线的面积不超过按键面积的三分之一。

2.2 走线

触摸按键检测的关键在于检测按下前后按键对地寄生电容 C_p 的变化，假设触摸操作导致的电容值改变为 C_F ，则电容变化率可以用以下公式表示：

$$\text{变化率} = C_F / C_p * 100\%$$

人体造成的 C_F 值变化是很小的，如果 C_p 过大，则变化率将变小，过小的变化率对按键检测不利，所以 PCB Layout 的主要目标是保持 C_p 在合理的水平。

C_p 是电极及电极与芯片引脚间走线对地的寄生电容。在电极形状和尺寸固定的情况下，限制走线宽度和走线长度可以降低 C_p ，一般要求使用宽度为 8mil 的线，线长度尽量短。如果走线串联有电阻，电阻封装应当使用 0603 或 0402。

触控引脚除了可串联电阻，不可有其他元器件（如滤波电容，稳压二极管）挂在触控引脚上。

尽量避免触控管脚和通信管脚或驱动管脚混排，间距保持在 10mil 以上。

2.3 铺地

合适的铺地可以减少射频干扰，但是靠近按键及其相关走线的铺地会增加传感器的寄生电容，因此，一般情况下需要遵循以下原则：

1. 电极背面禁止铺地。
2. 铺地距离电极至少 2mm 以上的距离。
3. 铺地需要使用网格铺铜，网格线宽度为 10mil，间隙为 40mil。

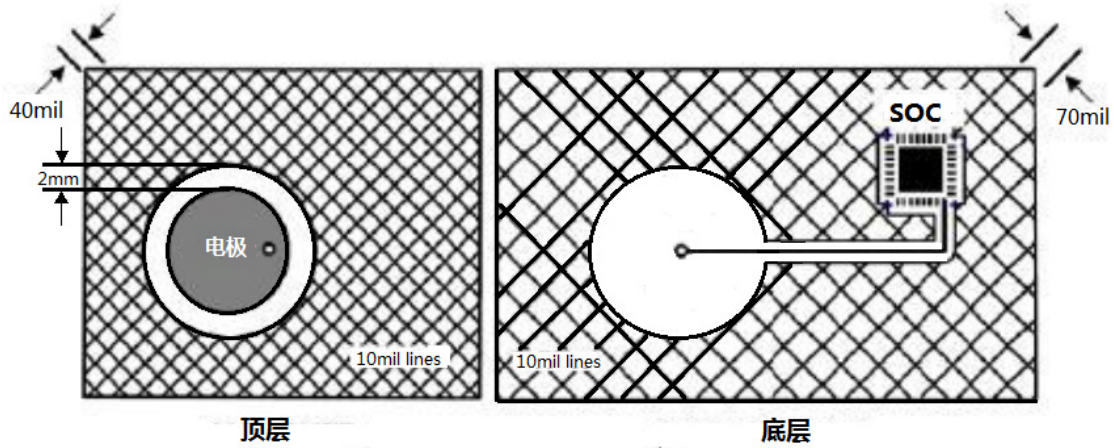


图 2-1 铺地网格示意图

2.4 电源

1. 电源纹波，会影响触控按键的稳定性，应尽量减小电源纹波。
2. 电源线可通过串接磁珠增强 EFT 性能，电源通过接插件进入的，磁珠尽量靠近接插件位置。
3. 电源线宽不能低于 1mm。
4. 芯片端去耦电容应尽量靠近芯片的电源和地管脚。
5. 如下图所示，连接到触控芯片上的电源线不要再引出去驱动其他负载

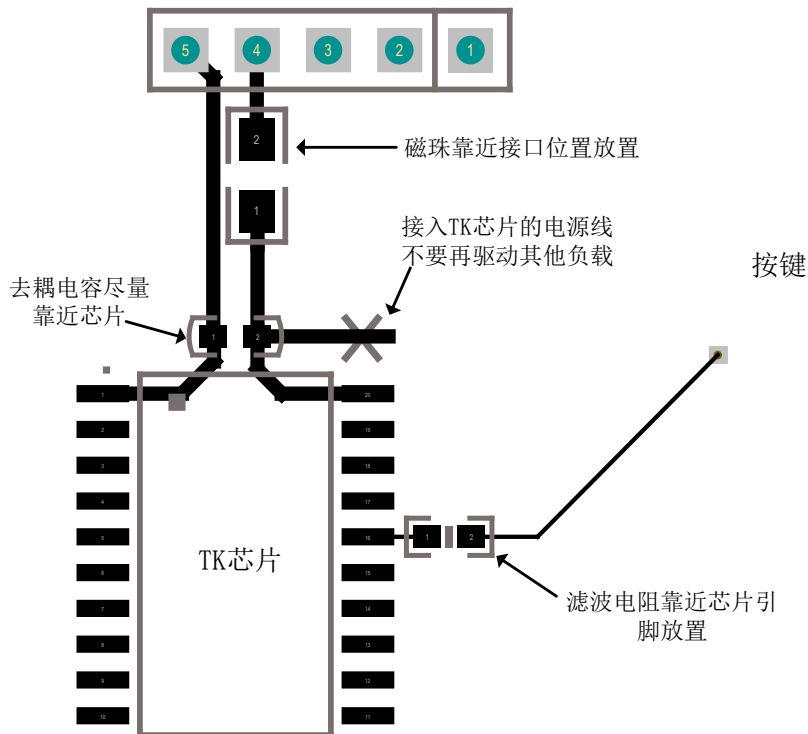


图 2-2 电源线布局示意图

2.5 面板

大部分的触控应用都涉及到覆盖物的选择。选择较大的介电常数覆盖物有利于增强手指的信号检测。面板与触摸的感应电极需要紧密贴合不留空隙，弹簧接触圈需与面板平行。下表列出常见材质的介电常数供用户参考。

材质	介电常数
空气	1.0
玻璃（标准）	7.6-8.0
玻璃（陶瓷）	6.0
树脂玻璃	2.8
ABS	2.4-4.1
木质	1.2-2.5
石膏	2.5-6.0
Mylar®聚酯薄膜	3.2

表 2-1 典型材质的介电常数

2.6 布局

1. Cx 参考电容

参考电容尽量选用温度稳定性高的 X7R 或 NP0 材质电容，靠近芯片放置，其对地走线要尽量短，建议地线从芯片 VSS 脚引出。

2. 按键间距

两个触摸按键间的间距尽量放置在 5mm 以上。

3. 触控通道电阻

触控按键引线上的串联电阻尽量靠近芯片管脚。

2.7 EMC

未使用引脚串电阻接地，并在应用时软件配置为输出低。

降低或改变触控按键扫描工作频率可有效降低 EMI 影响。

建议布板铺地，合理铺地可屏蔽和吸收干扰。

芯片电源与地之间的去耦电容尽可能靠近管脚。

电源可通过串接磁珠增强 EFT 性能，电源通过接插件进入的，磁珠尽量靠近接插件位置。

作为专用触控芯片与主控芯片的通信线，每根通信线尽量加阻容滤波，一般串接 500 欧姆左右电阻，根据通讯速率并联 1 μ F 以内的电容。

第3章 设计规范及检查要点

3.1 Checklist

3.1.1 原理图

编号	项目	推荐参数或方法
1	电源去耦电容	0.1uF
2	电源储能电容	100uF
3	Cx 电容	3-10nF
4	管脚排布	避免触控和通信 IO 混排
5	触控管脚电阻	100Ω-1kΩ
6	通信线串联电阻	500 Ω
7	通信线上拉电阻	10K Ω

表 3-1 原理图 Checklist

3.1.2 PCB

编号	项目	子项目	最小值	最大值	推荐参数或方法
1	去耦电容（小）		0.1uF	1uF	0.1uF，靠近芯片管脚
2	储能电容（大）		1uF		10uF，靠近芯片管脚，瓷片电容或电解电容，受纹波影响较大时需 100uF 以上
3	Cx 电容	容值	3nF	10nF	6.8nF
		位置			靠近 Cx 管脚
		材质			X7R、NPO
4	按键	形状	NA	NA	实心圆/圆角长方形
		尺寸	5mm	15mm	10mm
		按键与网格铺地间距	0.5mm	2mm	一般间距与覆盖物厚度成正比，覆盖物越厚，间距越大
5	滑条	宽度	4mm		8mm 至少影响覆盖两级滑条的电极。 边缘电极未咬合处宽度为 4mm
		高度	7mm	15mm	10mm
		按键与网格铺地间距	0.5mm	2mm	一般间距与覆盖物厚度成正比，覆盖物越厚，间距越大
6	滑轮	宽度	4mm		8mm 手指至少需要覆盖两级滑轮的电极。
		高度	7mm	15mm	10mm
		按键与网格铺地间距	0.5mm	2mm	一般间距与覆盖物厚度成正比，覆盖物越厚，间距越大
7	触控按键走线	宽度		11mil	8mil
		走线与网格铺地间距	1mm	2mm	2mm

编号	项目	子项目	最小值	最大值	推荐参数或方法
		转角			没有尖锐转角
		走线规则			如果有交叉走线，走垂直方向
8	网格铺地				触控电极背面禁止铺地。 如果需要铺地，铺地距离电极至少 2mm 以上的距离。 铺地需要使用网格铺铜，网格线宽度为 10mil，间隙为 40mil。

表 3-2 PCB Checklist

3.2 Review

3.2.1 原理图

1. 电源输出电压是否在芯片正常工作的范围内？
2. 芯片电源引脚是否有滤波电容？
3. Cx 引脚电容是否在 3~10nF 之间？
4. 触控引脚是否串联电阻？
5. 触控引脚上是否有其他元器件（如电容，稳压二极管）？
6. 复位引脚是否有上拉电阻？
7. 通信线是否有串接电阻？
8. 触控线是否和通信或驱动线混排？

3.2.2 PCB

1. 芯片电源滤波电容是否靠近芯片电源引脚？
2. Cx 电容是否靠近芯片 Cx 引脚放置？
3. 触控线上的串联电阻是否靠近芯片触控引脚？封装是否是小封装？
4. 是否有其他负载从芯片电源引脚处取电？
5. “GND” 引脚焊盘是否就近接入“铺铜地”？
6. 如果电路中有高频开关电源（如 DCDC 开关电源），高频电路是否远离触控？是否有地线隔离？
7. 铺地是否满足设计规范？
8. 是否有增加寄生电容的因素存在？（测试点，走线宽度，焊盘大小）
9. 走线间隔是否合理？

第4章 案例参考

4.1 设计参考案例

本案例是以 ES7P2023 为主控芯片的按键 Demo 板触控设计参考, 包括原理图的设计细节, 及 PCB 设计时的注意事项。

4.1.1 原理图的设计

原理图的设计包括: 电源电路、复位电路、触控按键电路、通信端口及指示灯电路。

4.1.1.1 电源电路

Demo 板上电源供电有两种, 通过 USB 接口供电和下载接口供电。USB 接口供电, 电源线上增加了电感和电容滤波, 提高电源的可靠性。在 MCU 电源端增加 0.1uF 的滤波电容抗干扰。

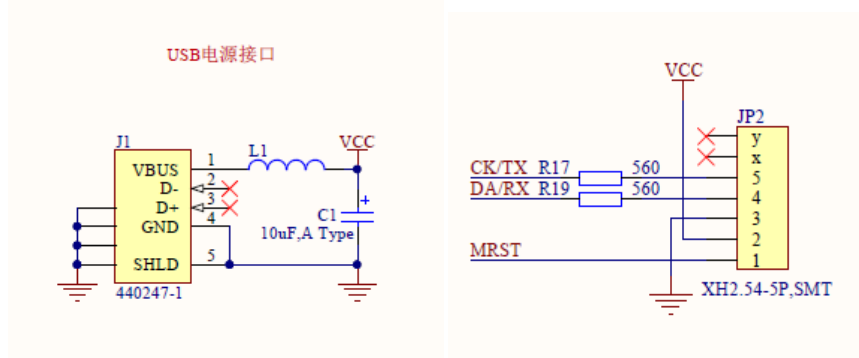


图 4-1 按键板供电接口

图 4-2 按键板的烧录接口

4.1.1.2 复位电路

复位电路使用了比较简单的也是常用的方式, 建议保留电路中放电二极管, 当电源断电后, 电容通过二极管迅速放电, 当电源恢复时便可快速实现可靠的上电复位。

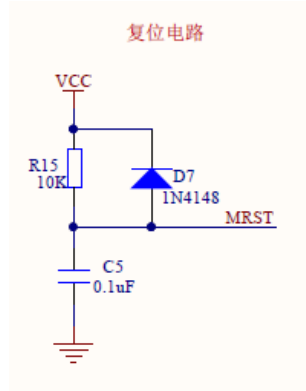


图 4-3 按键板复位电路

4.1.1.3 触控按键电路

触控按键通过一个电阻（560 欧左右）与 MCU 触控引脚相连接，电阻要尽量靠近 MCU，未使用的触控引脚内部下拉，或者外部下拉电阻。Cx 引脚使用了 6.8nF 电容。若有 Guard 通道尽量接有降耦功能的通道上如 ES7P203X 或 ES213X 的 PA0 口。

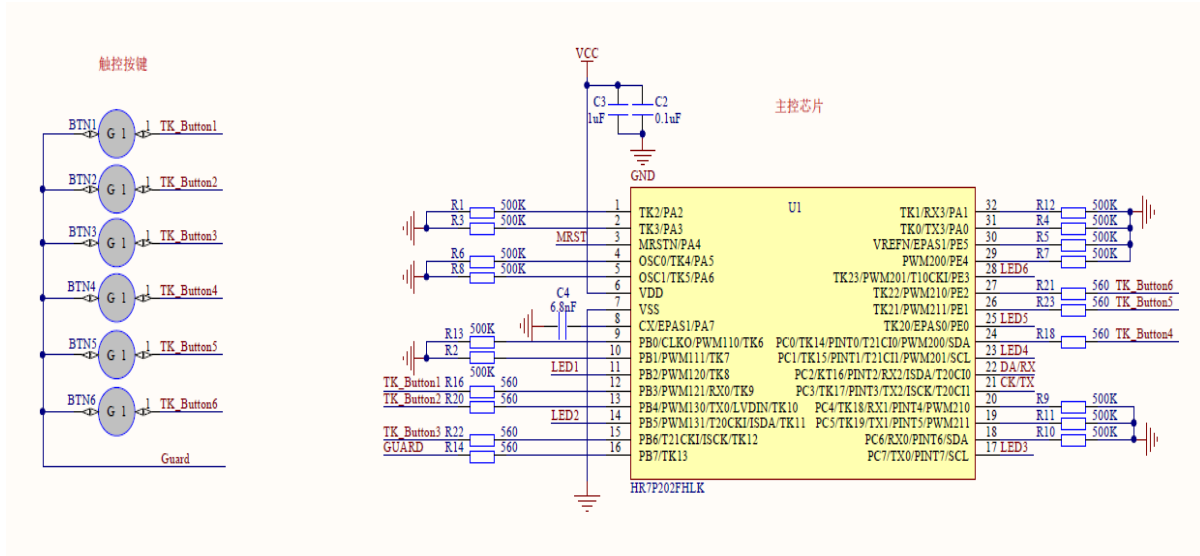


图 4-4 按键板原理图

4.1.1.4 通信端口

在通信线上串接匹配电阻，以提高抗干扰性，layout 布线时，电阻要靠近连接器一端。

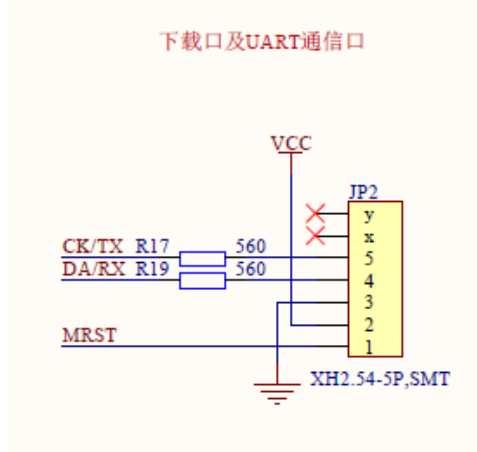


图 4-5 按键板的通信口与烧录口复用

4.1.1.5 指示灯电路

本 Demo 板中使用的指示电路使用的是灌电流方式。

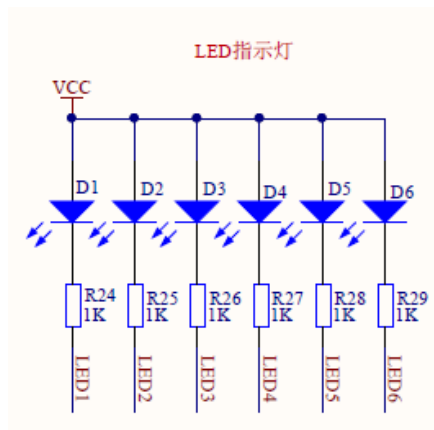


图 4-6 LED 显示电路

4.1.2 PCB视图

- 1、MCU 电源端 0.1uF 滤波电容尽量靠近芯片电源引脚；
- 2、触摸按键上的匹配电阻尽量靠近芯片引脚；
- 3、Cx 电容要靠近芯片引脚；
- 4、通信线匹配电阻尽量靠近连接器；
- 5、触控按键周围 2mm 禁止铺地。

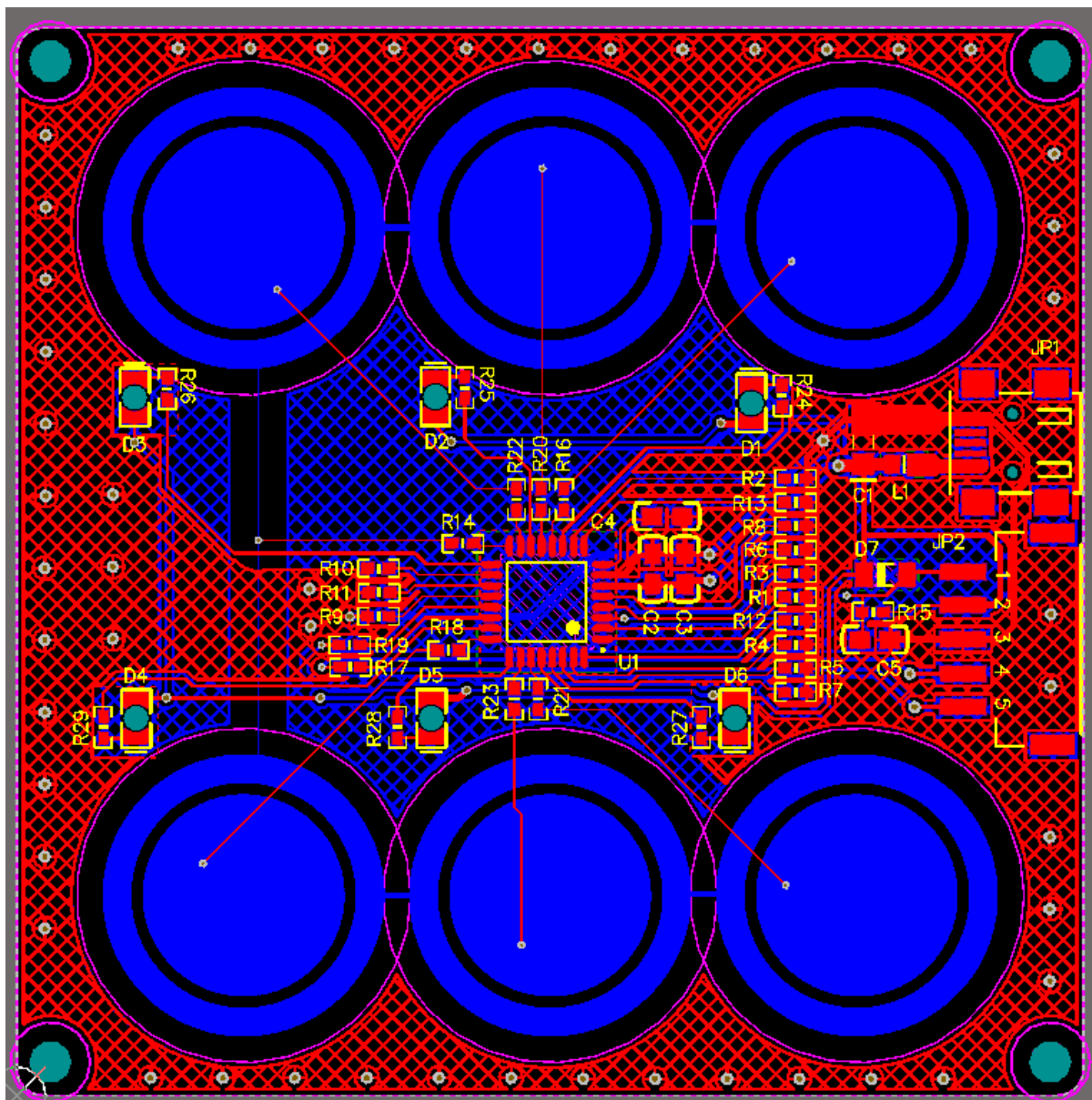


图 4-7 按键板 PCB 视图

4.2 客户问题案例

4.2.1 例一

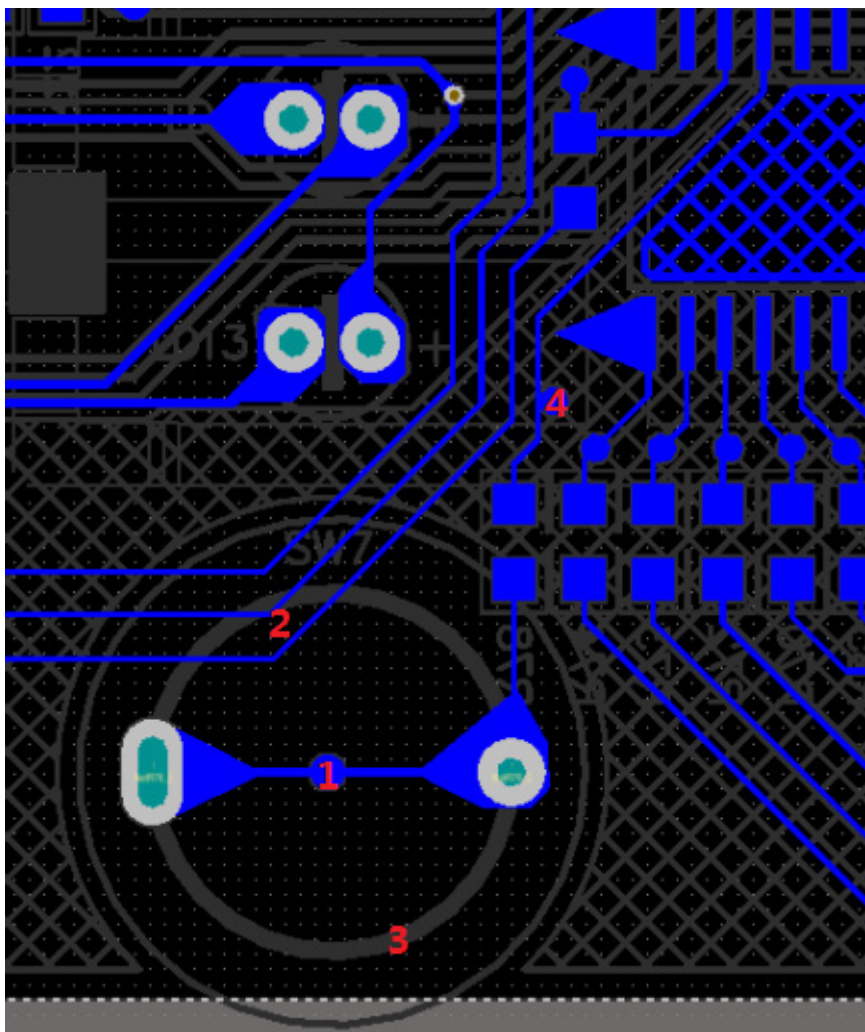


图 4-8 显示控制板设计

- 1、和弹簧的连接选择一个引脚连接即可，不需要连接所有的弹簧引脚，多余连线易增加寄生电容。
- 2、弹簧范围内尽量不要有其他走线，特别是触控按键走线，易相互影响。
- 3、弹簧建议使用多圈弹簧增大触摸接触面积。
- 4、触控按键走线尽量不要留测试点，否则也会增加寄生电容，串接的电阻尽量选用小封装。

4.2.2 例二

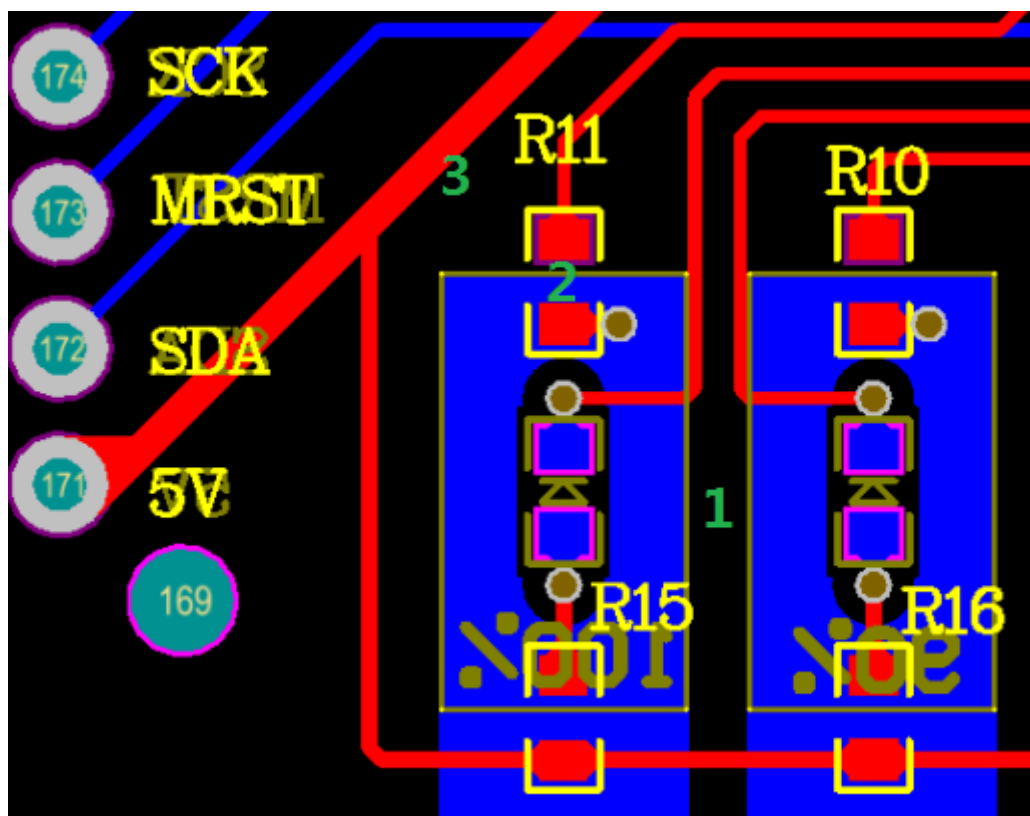


图 4-9 台灯控制板设计

- 1、按键之间的距离过近，操作时易对相邻按键产生影响。
- 2、触控按键走线串接的电阻应靠近芯片。
- 3、需要铺网格地对触控按键周围的信号做隔离屏蔽。

4.2.3 例三



图 4-10 冰箱面板设计

- 1、和弹簧的连接选择一个引脚连接即可，不需要连接所有的弹簧引脚，焊接弹簧的焊盘面积尽量减小。
- 2、弹簧范围内不需要铺地，尽量使用多圈弹簧。
- 3、触控按键走线串接的电阻应靠近芯片。

4.2.4 例四

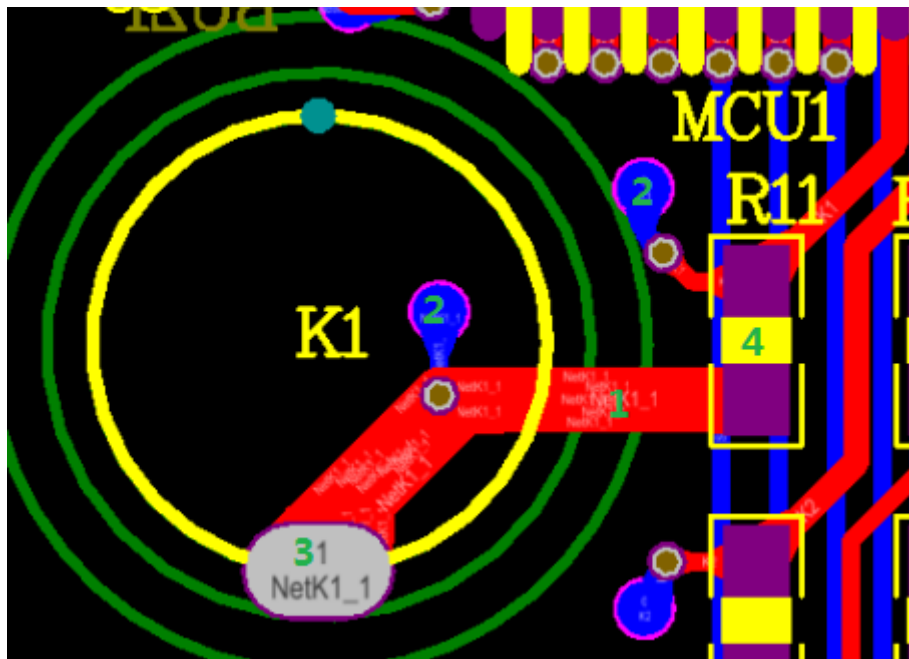


图 4-11 显示控制板设计

- 1、触控按键走线过粗，建议不超过 11mil。
- 2、触控按键走线不建议增加测试点，易增加寄生电容。
- 3、焊接弹簧的焊盘面积过大，易增加寄生电容。
- 4、触控按键走线串接的电阻尽量选用小封装。