

文档编号: AN113

上海东软载波微电子有限公司

应用笔记

硬件设计指导触控按键芯片

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

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	芯片简介	4
1.1	芯片特点.....	4
1.2	应用领域.....	4
第 2 章	系统硬件	5
2.1	概述.....	5
2.2	触摸按键形状设计.....	7
2.2.1	按钮.....	7
2.2.2	滑条.....	7
2.2.3	滑轮.....	9
2.2.4	矩阵.....	9
2.3	原理图及 PCB 注意事项.....	10
2.3.1	走线及封装注意.....	10
2.3.2	铺地.....	10
2.3.3	供电.....	12
2.3.4	覆盖物.....	13
2.3.5	布局建议.....	13
2.3.6	原理图 Checklist.....	14
2.3.7	PCB Checklist.....	14
2.4	硬件设计案例参考 两层板.....	16
2.4.1	原理图的设计.....	16
2.4.1.1	电源电路.....	16
2.4.1.2	复位电路.....	16
2.4.1.3	触控按键电路.....	16
2.4.1.4	通信端口.....	17
2.4.1.5	指示灯电路.....	17
2.4.2	PCB layout 视图.....	18
2.5	硬件设计案例参考 单层板.....	19
2.5.1	触控系统电路组成.....	19
2.5.2	电源系统.....	19
2.5.3	复位电路.....	19
2.5.4	通信接口.....	20
2.5.5	触控电路.....	20
2.5.6	显示电路.....	20
2.5.7	原理图 Checklist.....	21
2.6	PCB 设计.....	21
2.6.1	电源电路布局及走线规则.....	21
2.6.2	触控电路布局及走线规则.....	22
第 3 章	客户原理图及 PCB Review 要点	24
3.1	原理图检查.....	24
3.2	PCB 检查.....	24

第1章 芯片简介

1.1 芯片特点

HR/ES7P 系列触控芯片基于采用 RISC 架构的 8 位 MCU，采用了“电容电荷转移”工作原理的触控模块(TKM)，ES7P202x 可支持 24 个触摸按键(HR7P201x 芯片支持 14 个触控通道,ES7P203x 芯片支持 12 个触控通道, ES7P213x 芯片支持 20 个触控通道)。部分 ES32 芯片 32 位 MCU 同样采用“电容电荷转移”式 TKM 并支持更多的触控通道，请根据实际需要选择合适的芯片。

采用 ES TKM 的芯片在多种应用环境下能有效识别手指触摸并读取按键状态。

1.2 应用领域

HR/ES7P 系列芯片既可以作为通用 MCU 使用，又可以利用内部集成的 TKM 实现触控按键功能，简化系统设计，降低 BOM 成本，因此可以应用于触摸按键、小家电领域。本公司提供 TKM 驱动库函数，有助于用户对 TKM 的设计。用户根据实际应用的需要，通过调用驱动库函数，完成对按键个数、触摸门限和灵敏度的配置。TKM 驱动库函数能支持多个独立触摸按键，配套的 TKMGUI 可以实现使用上位机来配置与调试触控应用，将来还会不断升级完善以满足更多用户系统的应用场景。

第2章 系统硬件

2.1 概述

为了方便用户评估和开发，ES 触控芯片基本上每颗芯片提供 4 种触摸按键演示板设计方案供参考，以下以 ES7P202x 的 Demo 为例。

使用 ES7P2023 芯片设计了 4 块独立的开发板，分别为纯按键、按键与滑条、滑轮与矩阵、弹簧板四种。ES7P2023 有 LQFP32 和 SOP28 两种封装，对应的器件全称分别为 ES7P2023FHLK 和 ES7P2023FHSB。ES7P2023FHLK 一共具有 24 个 TK 通道，ES7P2023FHSB 有 21 个 TK 通道，这些引脚除连接 TK 按钮外，还可作为普通 IO 口。ES7P2023 的串口与调试接口复用，通过端子引出，用于与调试和通信。实物如下图：

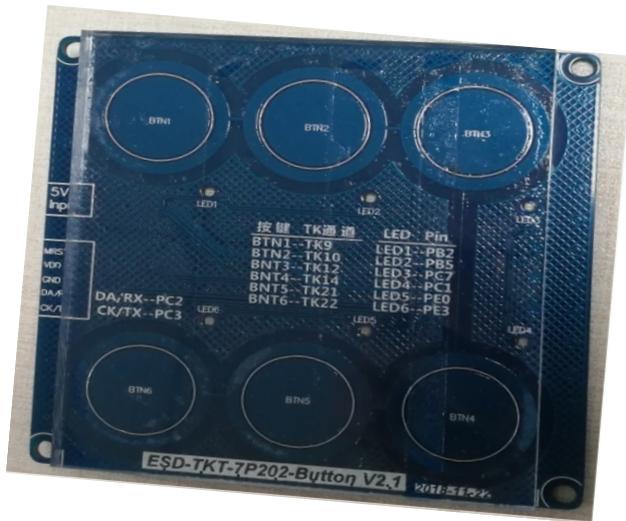


图 2-1 触控按键板

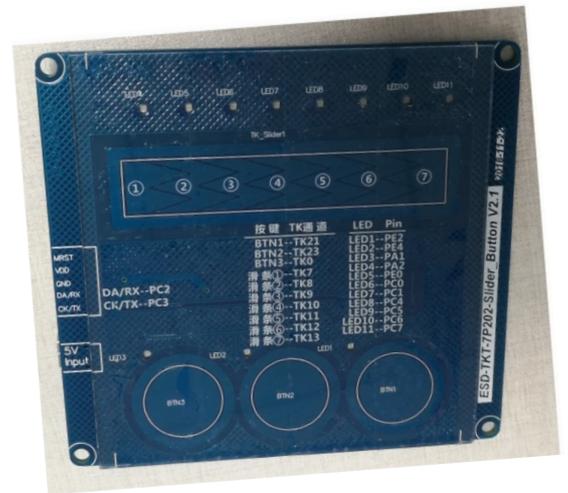


图 2-2 触控滑条板

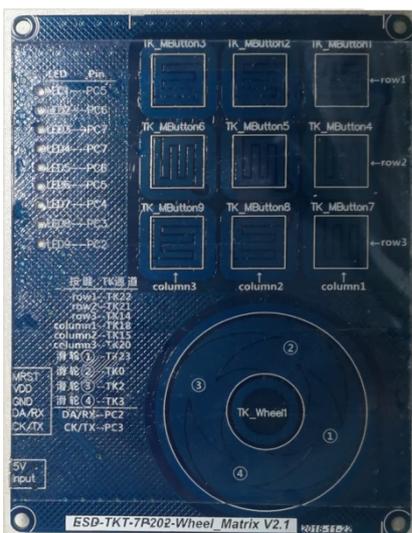


图 2-3 触控滑轮 + 矩阵板



图 2-4 触控弹簧板

TK 学习板

按功能分按键板，滑条板，滑轮板，与弹簧板。

按芯片型号分如下几种：

HR7P201X 芯片：

ESD_TKT_7P201_Button

ESD-TKT-7P201-Button_Slider

ESD_TKT_7P201_Matrix_Wheel

ESD-TKT-7P201-Spring

ES7P202X 芯片：

ESD_TKT_7P202_Button

ESD-TKT-7P202-Button_Slider

ESD_TKT_7P202_Matrix_Wheel

ESD-TKT-7P202-Spring

ES7P203X 芯片：

ESD_TKT_7P203_Button

ESD_TKT_7P203_Spring

以上所有开发板支持 ESTKM GUI 的上位机调试。请至官网下载 AN099 TK SDK 含调试 GUI 与 Demo 板例程与参考程序。实物板可以从我司天猫旗舰店获取。

2.2 触摸按键形状设计

触摸按键分为按钮、滑条、滑轮和矩阵几种样式。

2.2.1 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。

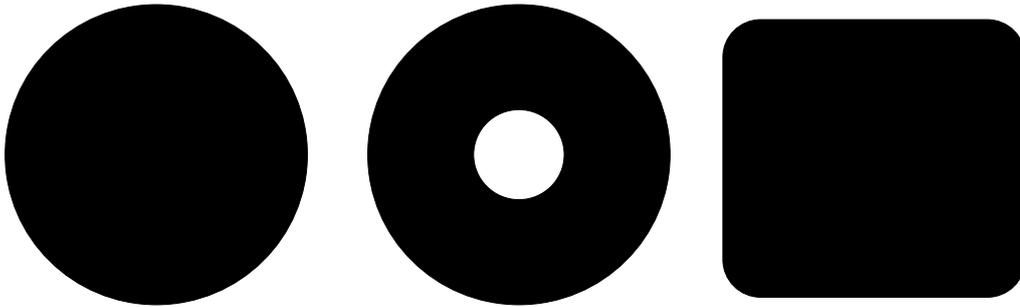


图 2-5 触摸按键形状

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。

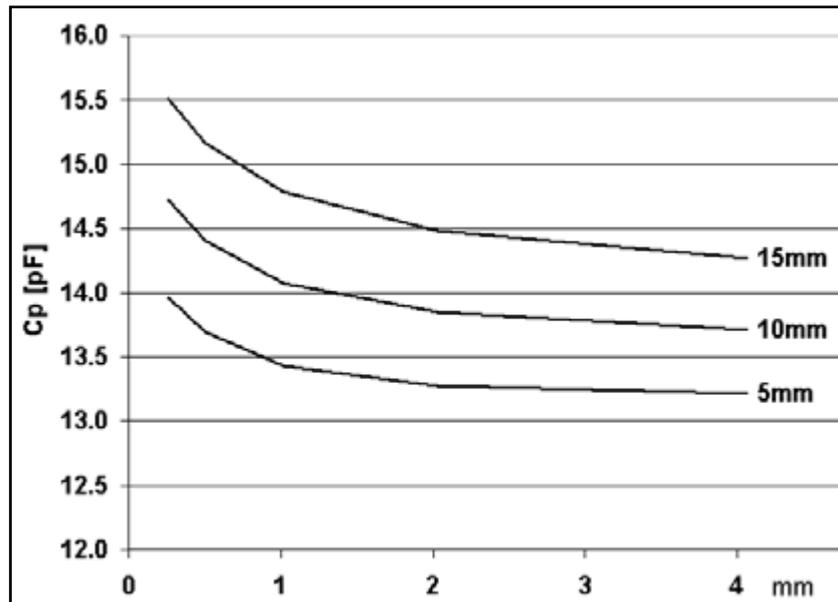


图 2-6 5mm、10mm、15mm 直径按钮对地电容值

2.2.2 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 四级滑条示意图 为一个四级滑条的示意图。

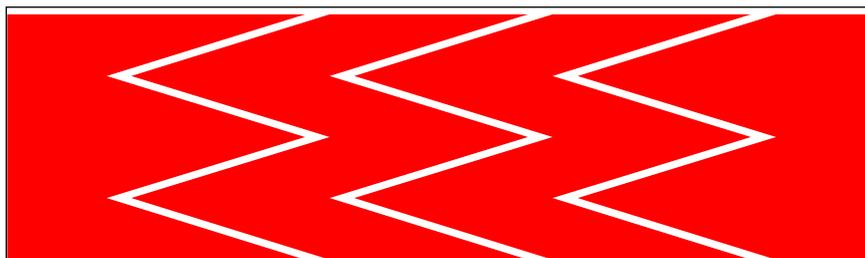


图 2-7 四级滑条示意图

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，如图 滑条设计尺寸 所示，边缘电极未咬合处长度为 4mm。滑条的具体形状可以按 滑条设计尺寸 所示尺寸设计。

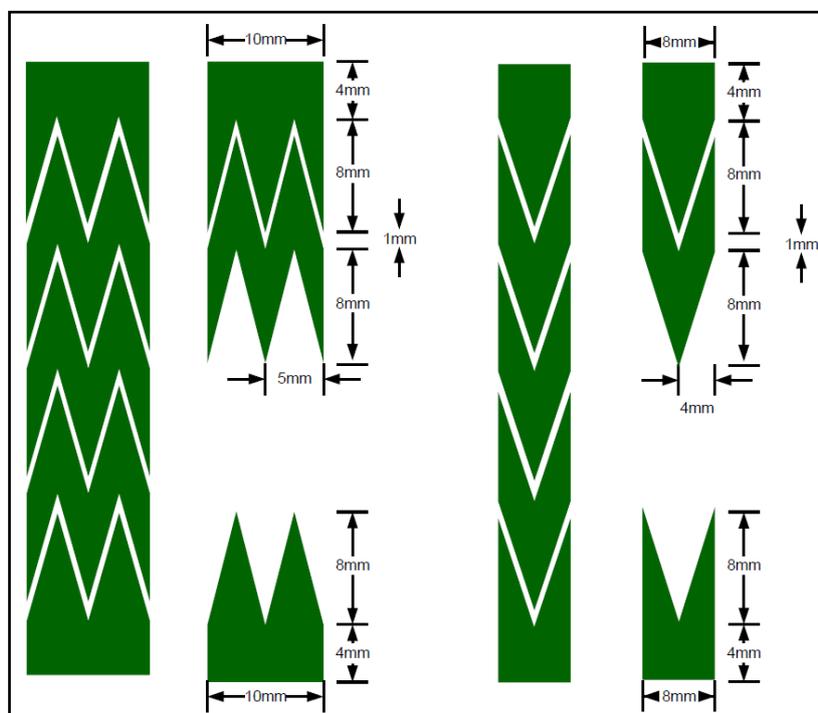


图 2-8 滑条设计尺寸

2.2.3 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 转轮形状示意图 为一个四级滑轮的示意图。

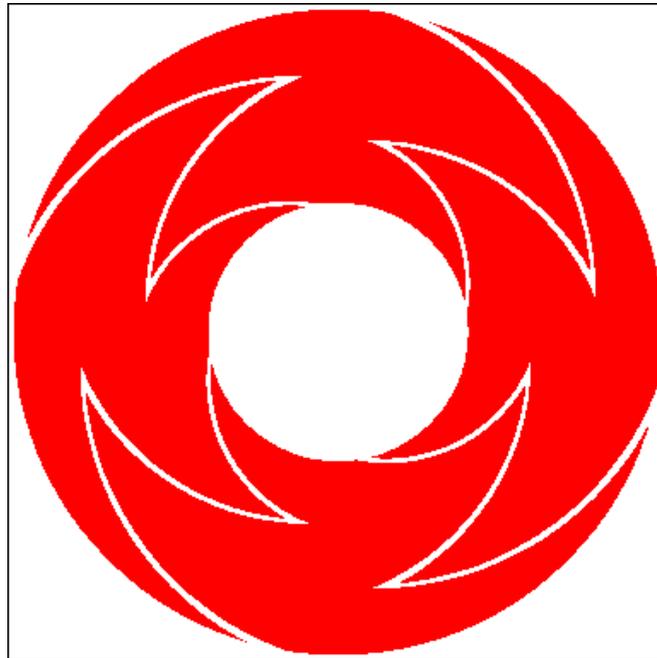


图 2-9 转轮形状示意图

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。在图 转轮形状示意图 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。

2.2.4 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。

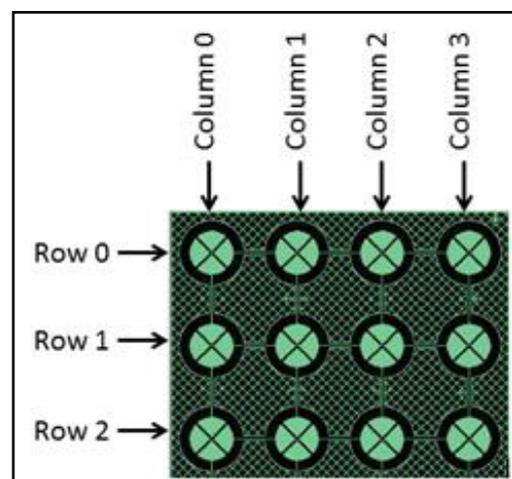


图 2-10 矩阵放置示意图

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。矩阵按钮可以按如图 矩阵尺寸示意图 所示设计。

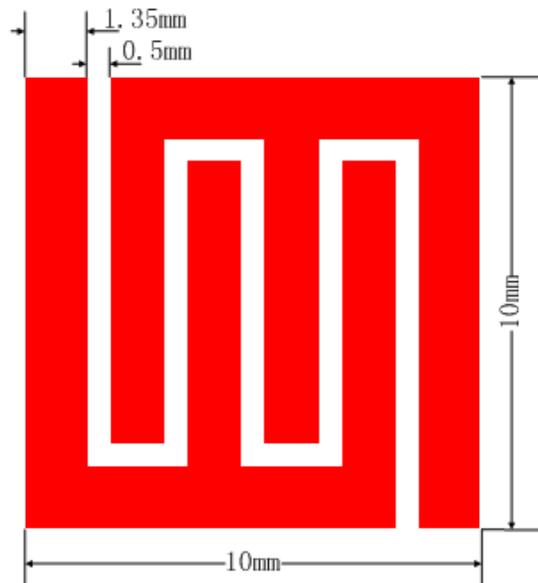


图 2-11 矩阵尺寸示意图

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 矩阵放置示意图 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。

2.3 原理图及PCB注意事项

2.3.1 走线及封装注意

通过第一章的触摸按键原理可知，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_p 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。

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。

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。

2.3.2 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。

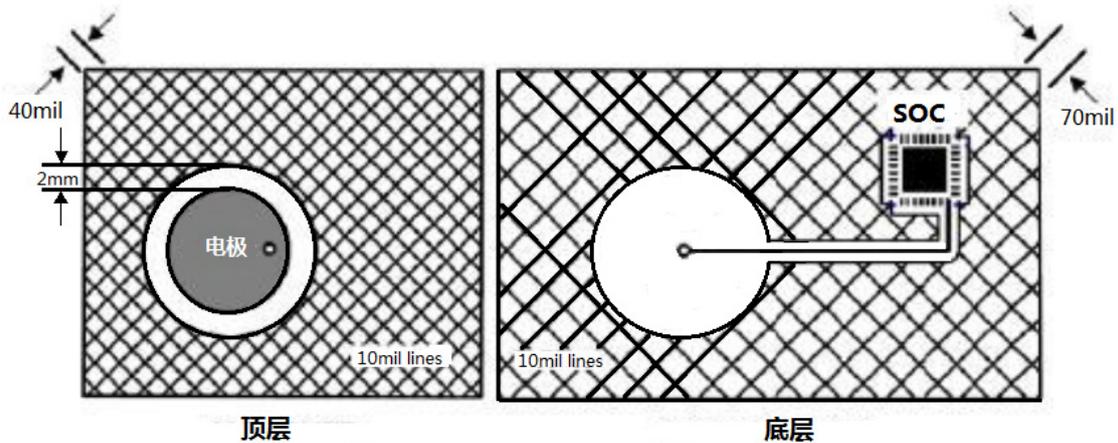


图 2-12 铺地网格示意图

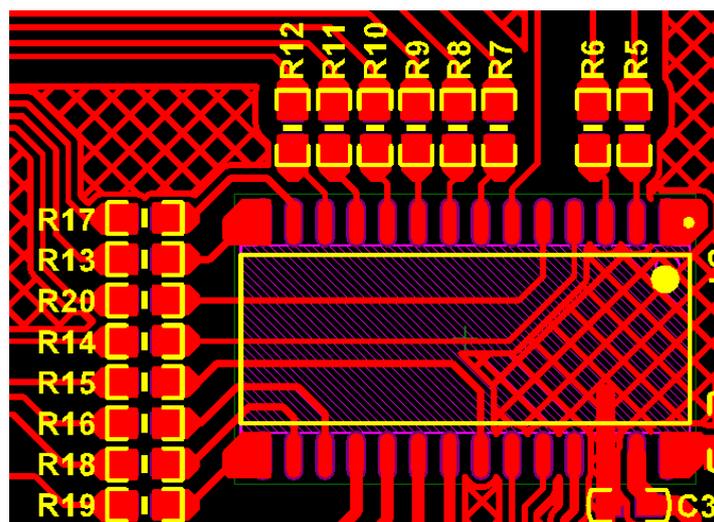


图 2-13 焊盘加固

4. 对于单面板，芯片引脚可采用增加铺铜的方式，增加元器件焊盘与 PCB 基板之间的牢固程度，尤其是 IC 最边上的四个引脚，如图 焊盘加固 所示。
5. 避免产生下图 铺地有问题 的情况，要使“地”的通路尽量短 如图 铺地正常 所示。

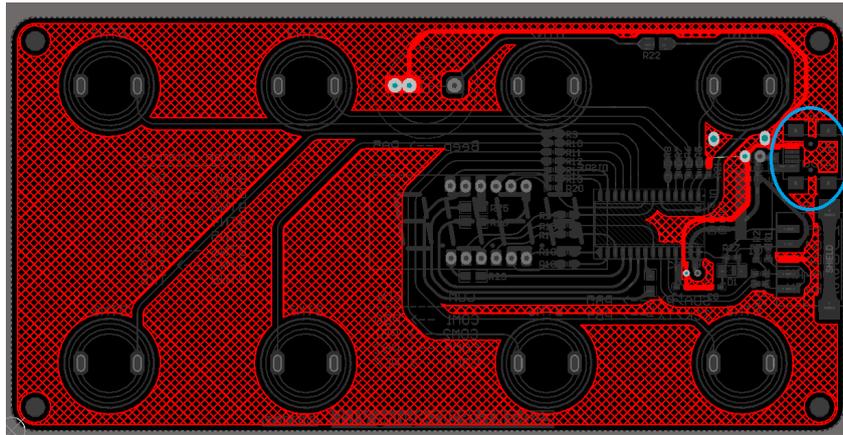


图 2-14 铺地有问题

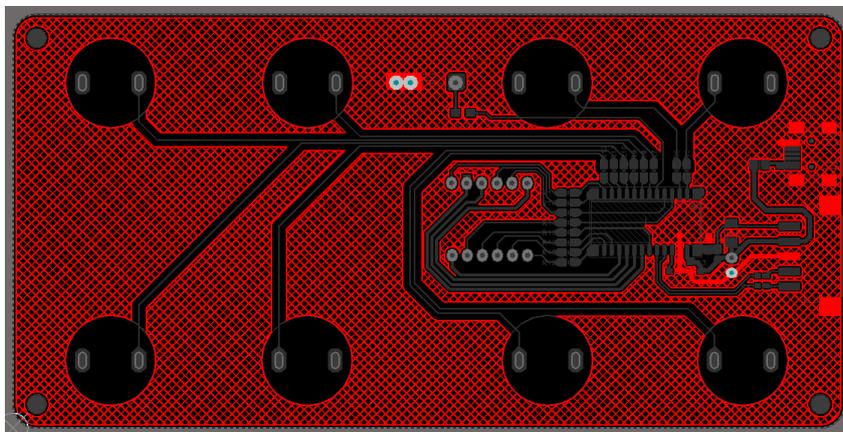


图 2-15 铺地正常

2.3.3 供电

1. 电源纹波过大，可能会影响触控按键的稳定性，应尽量减小电源纹波。
2. HR7P201 芯片上为得到较好的触控效果采用触控内部 2.6V 充放电模式，尽量使供电电压高于 3.8V, ES7P202x /ES7P203x 供电尽量高于 2.8V。
3. 电源线可通过串接磁珠增强 EFT 性能，磁珠应尽量靠近接插件接口位置。
4. 电源线宽不能低于 1mm。
5. 电源线上的去耦电容应尽量靠近芯片的电源和地管脚。
6. 如图 电源线布局示意图 所示，连到触控芯片上的电源线不要再引出去驱动其它负载。

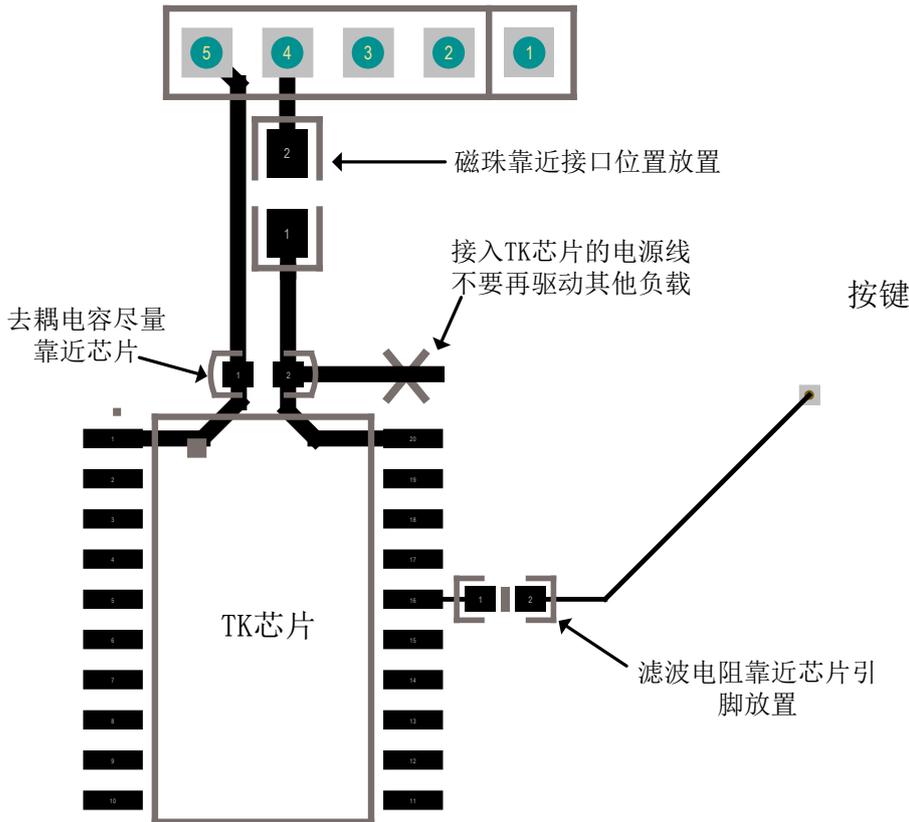


图 2-16 电源线布局示意图

2.3.4 覆盖物

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。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

2.3.5 布局建议

1. 电容选择

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. EMC 布局规则

- ◆ 触控按键引线上的串联电阻尽量靠近芯片管脚；
- ◆ 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，视通讯速率并联 1uF 以内的电容。
- ◆ 在 PCB 布线时，电阻电容应尽量靠近接插件。

2.3.6 原理图 Checklist

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	10uF
3	Cx 电容	3-10nF
4	管脚排布	不要让触控传感和通信 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
8	尽量避免 OSC 管脚用作 TK 功能	
9	保护环通道若有用到请接到降耦通道上（仅限 ES7P203X,ES7P213X 系列）	

表 2-2 原理图 Checklist

2.3.7 PCB Checklist

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）		0.01uF	1uF	0.1uF，靠近芯片管脚
2	储能电容（大）		1uF	100uF	10uF，靠近芯片管脚，瓷片电容或电解电容
3	Cx 电容	容值	3nF	10nF	6.8nF
		位置			靠近 Cx 管脚
		材质			X7R、NP0
4	铺地		1mm	2mm	2mm
5	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
6	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

7	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
8	传感器走线	宽度		7mil	6mil
		走线与网格铺地间距	1mm	2mm	2mm
		转角			没有尖锐转角
		走线规则			如果有交叉走线，走垂直方向
9	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 2-3 PCB Checklist

2.4 硬件设计案例参考 两层板

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。

2.4.1 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。

2.4.1.1 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。

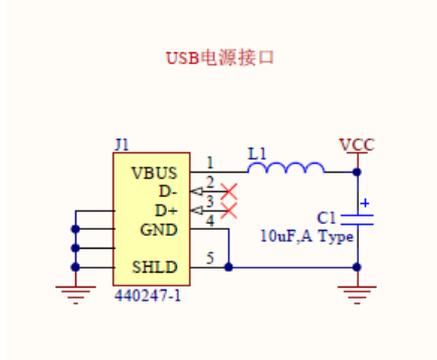


图 2-17 按键板供电接口

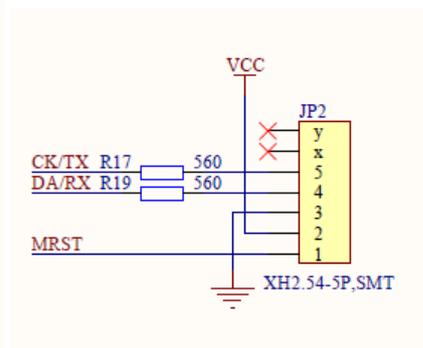


图 2-18 按键板的烧录接口

2.4.1.2 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。

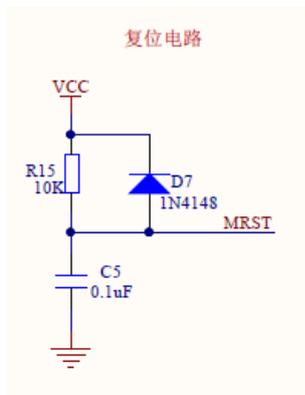


图 2-19 按键板复位电路

2.4.1.3 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。

2.4.2 PCB layout 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。

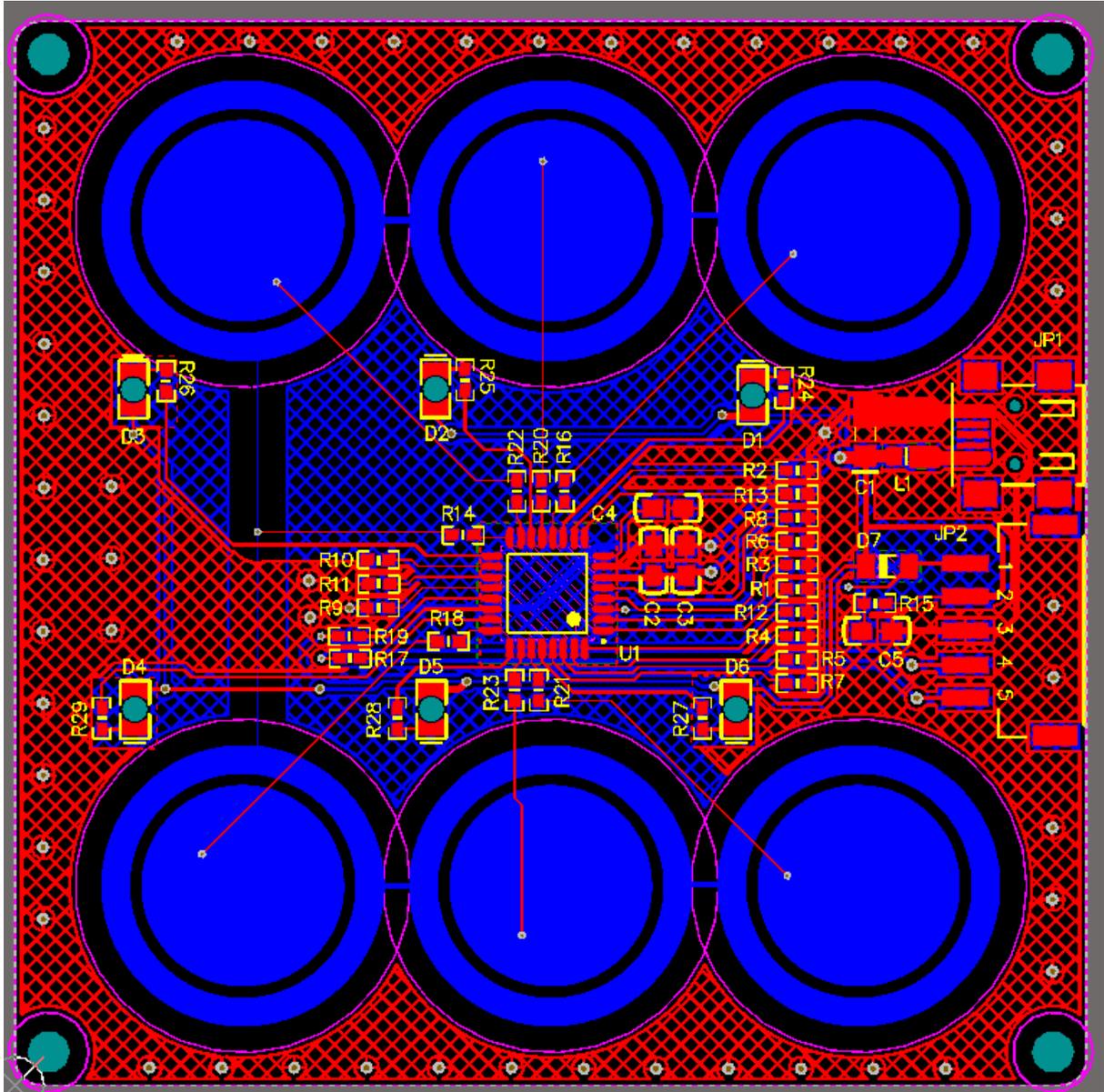


图 2-23 按键板 PCB 视图

2.5 硬件设计案例参考 单层板

本案例以 ES7P203x 的单层弹簧 Demo 板为例的参考设计，包括原理图的设计细节，及 PCB 设计时的注意事项。

2.5.1 触控系统电路组成

简单的触控系统电路包括：电源系统、复位电路、触控电路、显示电路、通信接口。

2.5.2 电源系统

供电接口，可在电源线上增加磁珠和电容滤波，提高电源的抗干扰能力，电解电容可改善电源稳定性。在靠近 MCU 电源端增加 0.1uF 的滤波电容抗干扰，电容尽量靠近芯片电源引脚。在产品设计中，干扰来自电源的可能性较高，所以处理好电源干扰，至关重要。

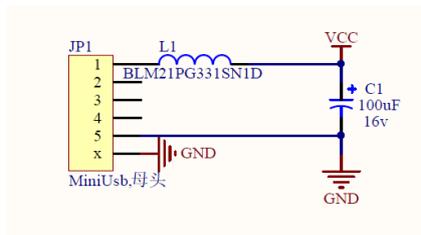


图 2-24 弹簧板供电接口

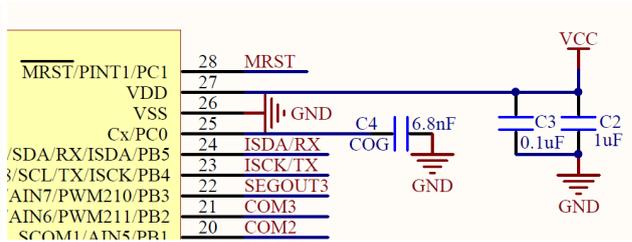


图 2-25 芯片电源去耦电路

2.5.3 复位电路

复位电路使用了比较简单的也是常用的方式，此电路中放电二极管不可缺少，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。

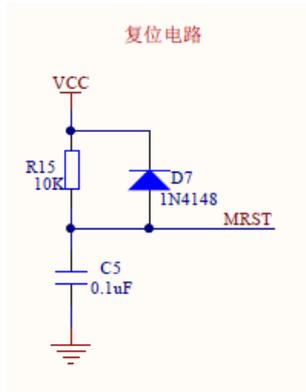


图 2-26 弹簧板的复位电路

2.5.4 通信接口

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；通信线可预留滤波电容，根据实际情况考虑是否焊接；在配置芯片通信引脚时，建议将通信引脚配置为内部上拉。

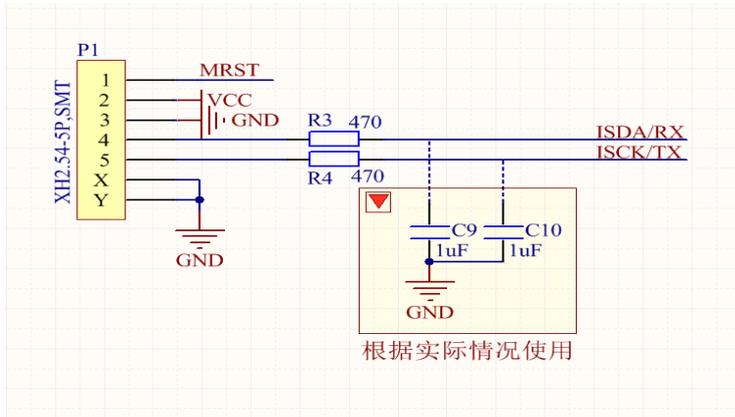


图 2-27 按键板的通信接口

2.5.5 触控电路

触控 Sensor 通过一个电阻 100Ω~1KΩ 与 MCU 触控引脚相连接，电阻要尽量靠近 MCU，起到抗干扰作用；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 1~10nF 电容，靠近芯片引脚，电容建议采用 COG/NPO/X7R 材质。

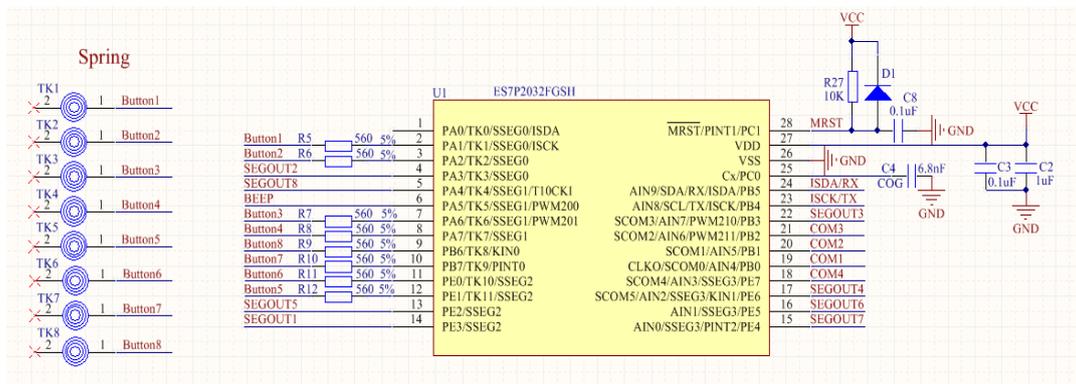


图 2-28 弹簧板原理图

2.5.6 显示电路

电路中，涉及到使用的指示电路，如 LED、数码管，如果 LED 数量较多，建议使用灌电流方式驱动；驱动数码管时，建议段位串联调节电阻。

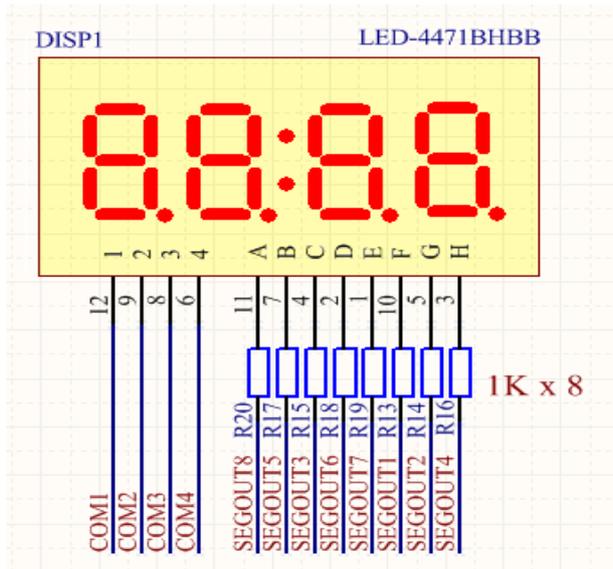


图 2-29 弹簧板显示电路

2.5.7 原理图 Checklist

编号	项目	推荐参数或方法
1	电源去耦电容	0.1uF
2	电源大电容	1uF
3	Cx 电容	1-10nF, COG/NPO/X7R
4	管脚排布	不要让触控传感和通信 IO 混排
5	触控管脚电阻	100Ω-1kΩ
6	通信线串联电阻	470 Ω
7	通信线上拉电阻	10K Ω, 可芯片内部上拉
8	尽量避免 OSC 管脚用作 TK 功能	

表 2-4 弹簧板原理图 Checklist

2.6 PCB设计

2.6.1 电源电路布局及走线规则

7. 电源纹波过大，可能会影响触控按键的稳定性，应尽量减小电源纹波。
8. 电源线可通过串接磁珠增强 EFT 性能，磁珠应尽量靠近接插件接口位置。
9. 在空间允许的情况下，电源线宽不能低于 1mm。
10. 电源线上的去耦电容应尽量靠近芯片的电源和地管脚（C2、C3）。
11. 如图 电源线布局示意图 所示，连到触控芯片上的电源线不要再引出去驱动其它负载。

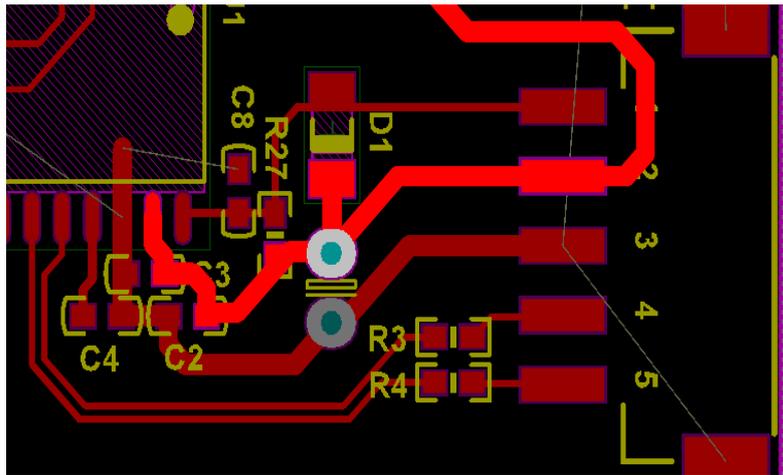


图 2-30 电源线布局示意图

2.6.2 触控电路布局及走线规则

- a) 触摸按键上的匹配电阻尽量靠近芯片引脚;

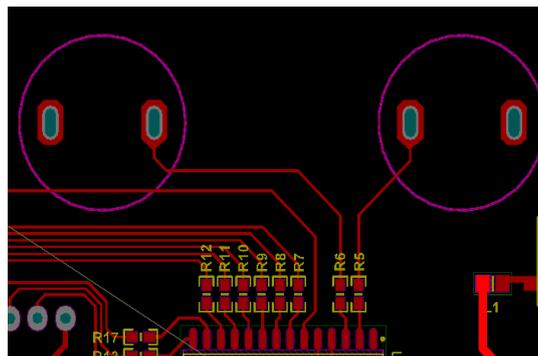


图 2-31 触控按键走线

- b) Cx 电容要靠近芯片引脚，如下图中 C4 电容，电容建议使用 0603 或 0402 封装;

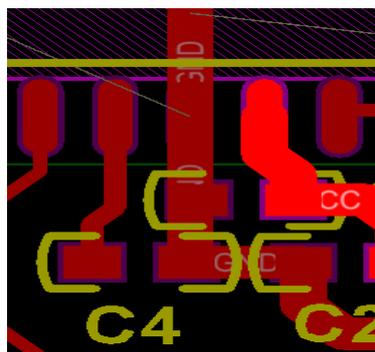


图 2-32 Cx 电容位置

- c) 触控按键周围 2mm 内禁止铺地含背面走线，触控走线与铺铜地之间距离建议设置 1mm 以上。

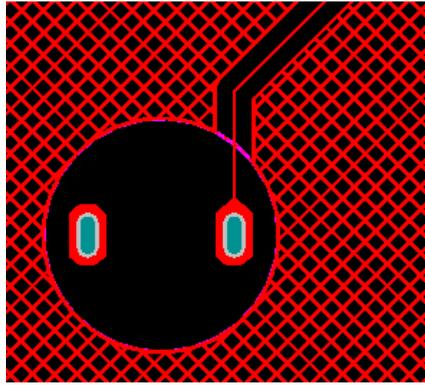


图 2-33 弹簧按键的铺地

- d) 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。

第3章 客户原理图及PCB Review要点

3.1 原理图检查

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 1~10nF 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？

3.2 PCB检查

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？
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？