

WCH 触摸应用指南

1.	简介	1
1.1.	摘要	1
1.2.	电容触摸设计流程	1
2.	触摸原理介绍	2
2.1.	触摸按键电容产生原理	2
2.2.	WCH 触摸功能说明	3
2.2.1.	触摸库	3
2.2.2.	低功耗触摸	3
3.	触摸应用开发	3
3.1.	软件平台	3
3.1.1.	Mounriver Studio	3
3.1.2.	WCHTouchKeyTool	4
3.2.	示例	5
3.2.1.	示例简介	5
3.2.2.	原理图设计	5
3.2.3.	PCB 设计	6
3.2.4.	示例代码	6
4.	触摸硬件设计	7
4.1.	PCB 设计	7
4.1.1.	触摸 Pad 的设计与选择	7
4.1.2.	布局	8
4.1.3.	触摸信号线 layout	8
4.1.4.	驱动屏蔽模式和密集模式布线	9
4.1.5.	天线共存	11
4.1.6.	铺地	11
4.1.7.	电源电路	11
4.2.	触摸面板选择	12
4.3.	ESD 保护	12

1. 简介

1.1. 摘要

本指南介绍了如何在沁恒微电子青稞 RISC-V 通用系列、Cortex-M 通用系列和低功耗蓝牙系列 MCU 中进行电容式触摸按键的设计与应用。主要内容包括：MCU 触摸按键的通用 PCB 设计、开发工具和相关开发组件的介绍。阅读本指南有助于提升触摸应用的质量。

1.2. 电容触摸设计流程

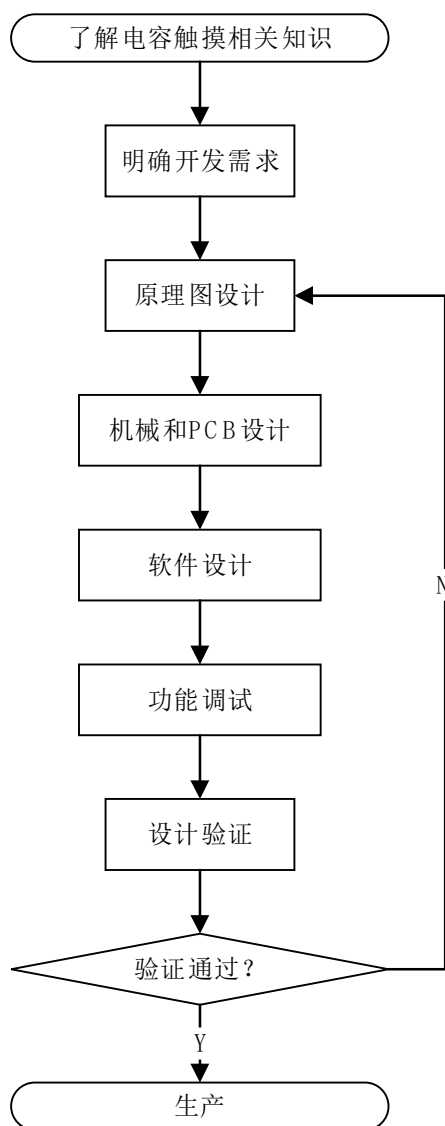


图 1-1 电容触摸按键开发一般流程图

2. 触摸原理介绍

2.1. 触摸按键电容产生原理

一般应用中,可用手指与触摸板的电容模型简化代替人体与触摸板的电容模型,如图 2-1 所示。

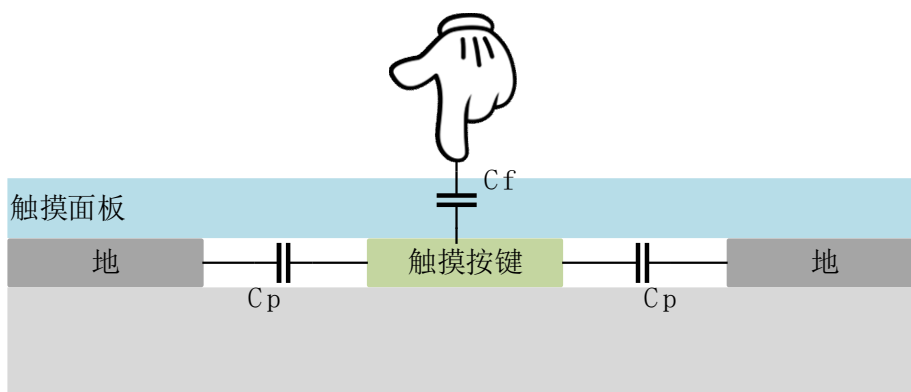


图 2-1 手指和触摸板的电容模型

PCB 上的触摸 pad(触摸按键) 与附近的地构成寄生电容 C_P 。由于人体电容的存在, 当手指触摸按键后, 引入电容 C_F 并上 C_P , 使得总电容增加, 总电容 C_X 可以表示为: $C_X = C_P + C_F$ 。引起的电容变化 $\Delta C = C_F \approx 0.1 \sim 5pF$ 。触摸电容变化如图 2-2 所示。

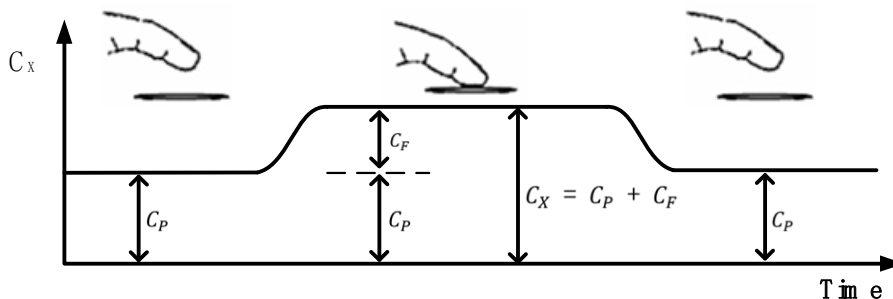


图 2-2 触摸电容变化图

单片机的触摸通道与 PCB 触摸 pad 相连, 通道等效电容 (感应电容 (有效电容) + 寄生电容) 与芯片 IO 内部电路形成 RC 电路。触摸使能后, 该 RC 电路循环充放电。若无外部因素 (如手指接触触摸 pad) 导致电容变化, 则 RC 电路充放电周期相对固定; 手指触摸 pad 后, 图 2-1 等效电容增加, 充放电周期就变长, 频率则相应降低。

沁恒微电子的电容触摸按键检测方案主要有以下两种:

(1) 电流源充电方案。

低功耗蓝牙系列、通用系列 MCU 使用该方式。相同的充电时间, 通过单片机内部 AD 采集触摸通道的电压值, 与未按下时的值作差, 再根据定义的阈值识别按键按下与抬起。

沁恒微电子在电流源充电方案的基础上提供驱动屏蔽和密集模式两种增强功能。增强功能进一步提高了触摸按键的稳定性, 使触摸按键具有防水特性。低功耗蓝牙系列 CH58x/C

H59x 芯片支持驱动屏蔽技术，青稞 RISC-V 通用系列、Cortex-M 通用系列、低功耗蓝牙系列支持密集模式。

(2) 松弛振荡方案。

单片机内部采集固定时间段的脉冲个数，与未按下时的个数作差，然后根据定于的阈值识别按键的按下与抬起，如 CH554 系列。

2.2. WCH 触摸功能说明

低功耗蓝牙系列芯片提供现成可调用的触摸功能库，客户也可按照芯片手册自行进行触摸功能开发。

2.2.1. 触摸库

触摸库中，多种触摸算法以滤波器的形式提供，覆盖常见触摸场景，客户可按照滤波器的特点自行选用。例如滤波器 9 为密集模式的专用滤波器；滤波器 7 为专用防水滤波器，喷水滴水不触发，少量水膜时不影响正常触摸功能，能随着环境温度、湿度的变化自适应的更新触摸通道的基线值。详见文档《WCH 触摸库使用说明》，该文档中对触摸库的使用有详细介绍。

2.2.2. 低功耗触摸

该模式下，RTC 定时唤醒芯片，执行单次按键扫描，若扫描到疑似按键按下，则会执行快速扫描确定按键状态，确认按键按下后退出低功耗模式，否则芯片再次进入睡眠状态。

低功耗触摸需要注意以下几点：

- 需要在无按键触发一段时间后进入低功耗模式，该时间可由客户自行配置；
- 定时唤醒间隔越大功耗越低，官方示例中定时时间为 500ms；如果对功耗要求不高可以自行将唤醒时间间隔缩短。
- 按键个数及扫描次数对功耗影响较小，仅唤醒时间间隔对平均功耗有明显影响。

3. 触摸应用开发

3.1. 软件平台

3.1.1. Mounriver Studio

MounRiver Studio (MRS) 是一款面向 RISC-V、ARM 内核单片机的免费集成开发环境。为用户提供专业嵌入式项目所需的软件开发、调试环境、烧录工具及完善的项目管理功能。图 3-1 为 MounRiver Studio 的软件界面。(详见 <http://mounriver.com>)

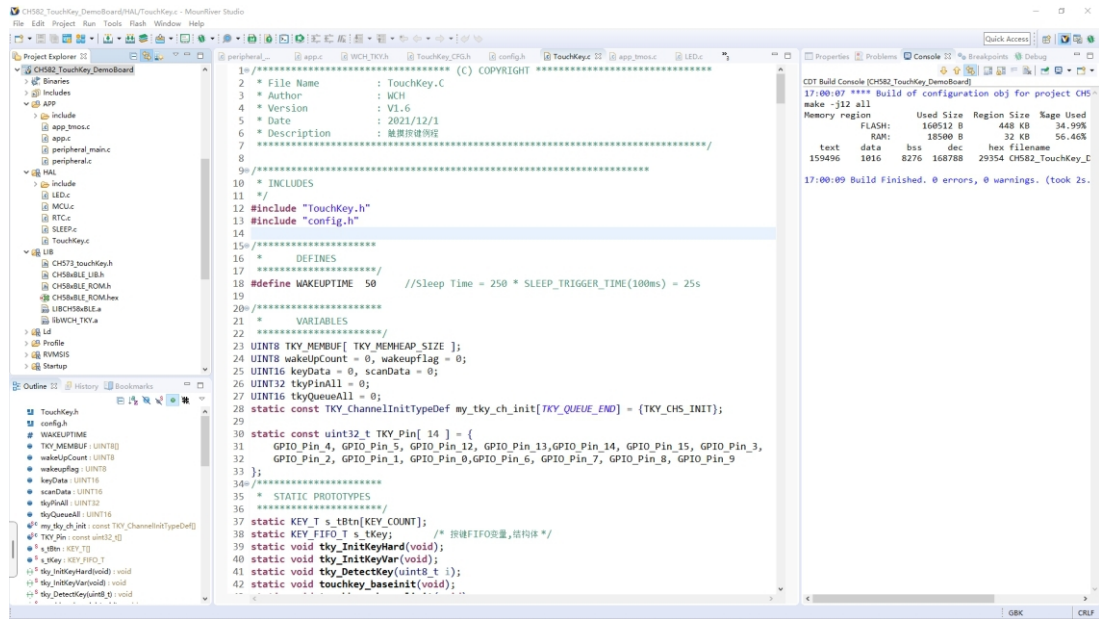


图 3-1 Mounriver Studio 软件界面

3.1.2. WCHTouchKeyTool

WCHTouchKeyTool 是沁恒微电子研发的一款用于触控调试的 PC 端软件，目前适配低功耗蓝牙系列 MCU，可降低触控按键的开发难度。软件操作简单仅需几个步骤即可完成调试。将生成的配置文件加入代码工程中便可完成参数更新。

图 3-2 为 WCHTouchKeyTool 的软件界面，软件测试有基础参数设置、单通道调试、多通道干扰分析（按键诊断）三个阶段。（详见软件帮助选项）



图 3-2 WCHTouchKeyTool 软件界面

3.2. 示例

3.2.1. 示例简介

官方完整示例使用 CH582M 芯片，基于触摸库设计应用于智能门锁的 12 通道触摸按键。该示例采用双 PCB 板重叠安装方式，上板为触摸 pad 板，下板为 MCU 及其外围电路。示例休眠时背光全灭，每 500ms 检测是否有按键动作，唤醒后背光全亮，手指触摸按键，对应背光熄灭。

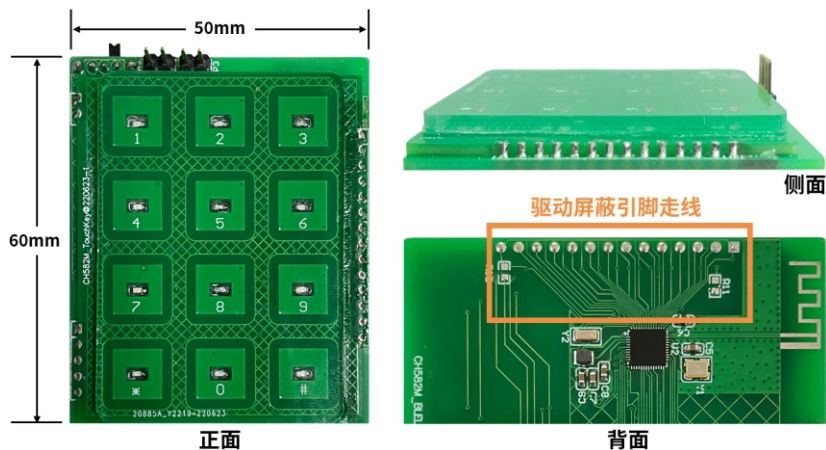


图 3-3 示例实物图(临时)

3.2.2. 原理图设计

MCU MinSys (CH582M)

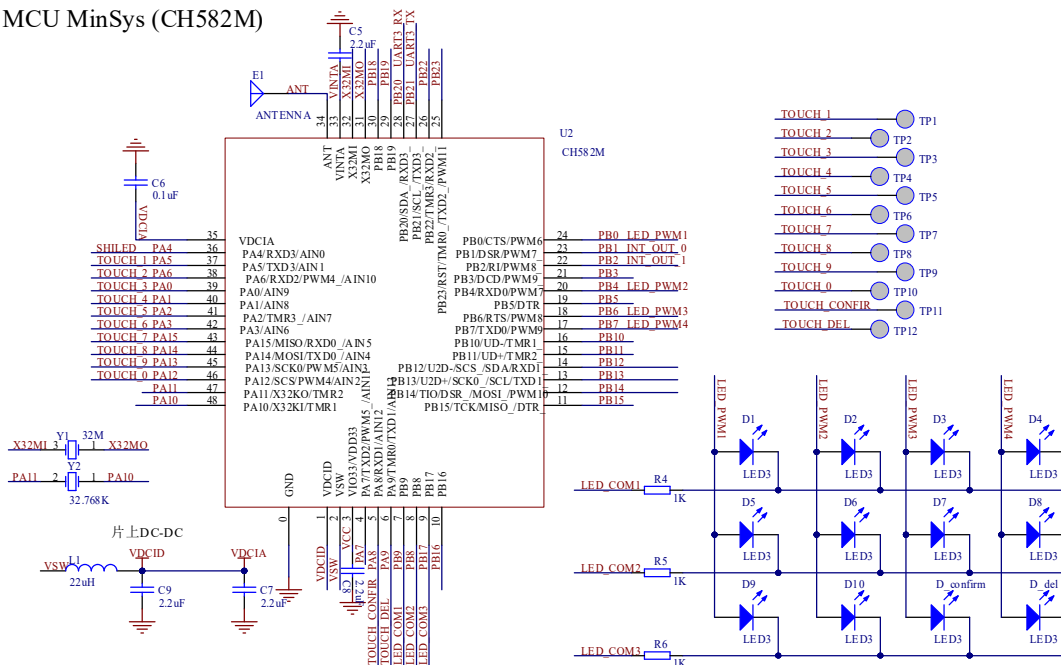


图 3-4 示例原理图

3.2.3. PCB 设计

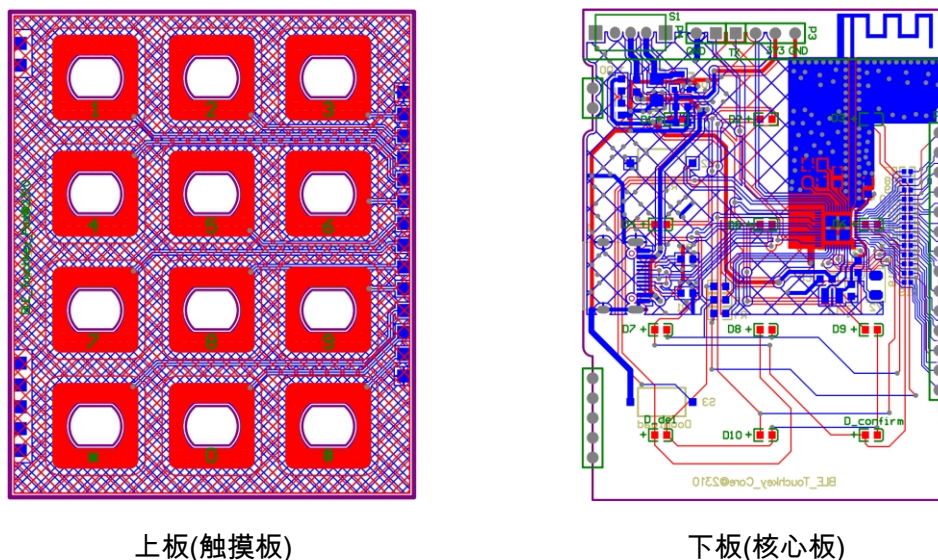


图 3-5 示例 PCB 图

3.2.4. 示例代码

(完整代码工程见附件。)

示例工程中与触摸相关的代码文件：

- libWCH_TKY.a
- WCH_TKY.h
- TouchKey.c
- TouchKey.h
- TouchKey_CFG.h
- app_tmos.c
- app_tmos.h
- app.c
- app.h

其中 libWCH_TKY.a 和 WCH_TKY.h 为 WCH 提供的触摸库文件；TouchKey.c 和 TouchKey.h 为触摸库相关的操作，包括库初始化、触摸通道初始化、触发按键获取等；TouchKey_CFG.h 为 WCHTouchKeyTool 软件生成的触摸库配置参数文件。**上述文件强烈建议不要进行改动。**

app_tmos.c、app_tmos.h、app.c、app.h 为应用层文件。其中 app_tmos.c、app_tmos.h 与 BLE 配合工作，使用 tmos 进行管理、获取按键；app.c、app.h 为裸机代码，通过循环查询获取按键。tmos 与裸机模式通过工程配置中的宏 TMOS_EN 选择。用户可在 app 文件中添加自己的功能代码。

4. 触摸硬件设计

4.1. PCB 设计

电容式触摸按键的状态与寄生电容的微小变化相关，因此对干扰会更加敏感。PCB Layout 在电容式触摸系统的设计过程中非常重要，直接决定触摸按键的稳定性和灵敏度。在开发过程中遵循以下 PCB 设计规则，可大幅简化后续软件的开发难度。

通过对手指引入的电容 C_F 和原本就存在的基础电容 C_P 进行比较，可获取触摸按键的状态。为了获得灵敏度好、信噪比高的电容触摸系统，我们需要在设计 PCB 时尽可能的降低 C_P ，同时保证 C_F 尽量大。

C_P 的主要组成部分是走线电容和触摸 Pad 电容， C_F 则由手指与触摸 Pad 的接触面积决定（触摸面板厚度固定）。

影响的因素	条件	C_P	C_F
触摸 Pad 尺寸	增加	增加	增加
	减小	减小	减小
触摸走线长度	增加	增加	——
	减小	减小	——
触摸 Pad 和接地网格的间隙	增加	减小	——
	减小	增加	——
触摸走线和接地网格的间隙	增加	减小	——
	减小	增加	——

由上表知，为了降低 C_P 值，应尽量减小走线的长度。降低走线长度可增强抗噪能力，减小噪声，提高信噪比。当触摸 Pad 大于手指尺寸后， C_F 基本不增加，仅增加 C_P ，过大的 Pad 于触摸应用是不利的。

降低 C_P 值的另一种方法是加大触摸 Pad、走线与接地网格的间隙。需要注意，加大间隙也会降低抗噪能力。降低触摸 Pad 的尺寸，虽可以降低 C_P ，但同时也会降低 C_F ，减弱信号强度。以上两种措施需要在应用中根据实际情况折中考虑。

4.1.1. 触摸 Pad 的设计与选择

触摸按键的常用材料有 PCB 铜箔、金属片、平顶弹簧、导电棉、导电橡胶、ITO 玻璃涂层等。

若触摸面板与 PCB 板的间距比较大，触摸按键可使用平顶弹簧或导电棉，如图 3-1 所示。将触摸按键从 PCB 延申到触摸面板下，与面板紧密接触，以减小气隙对检测效果的影响。

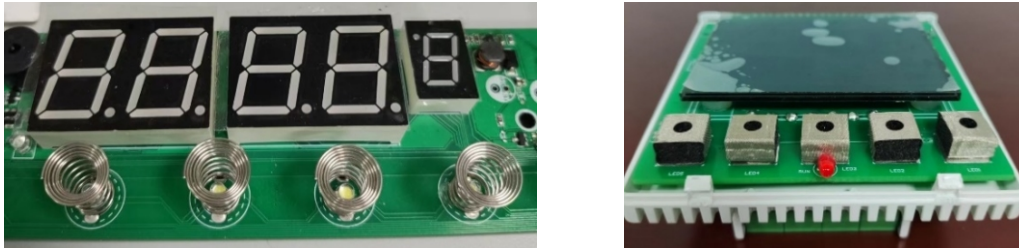


图 4-1 平顶弹簧与导电棉用作触摸按键

若触摸面板与 PCB 可以通过双面胶紧密粘合，则可以使用 PCB 铜箔式感应按键。作为触摸按键的铜箔应涂阻焊油、不露铜，按键形状尽量规则对称。一般而言触摸 Pad 的形状对触摸性能没有影响，只要保证一定的有效接触面积即可。但是要注意避免 Pad 图案中出现尖角，金属尖角容易受辐射影响。一般推荐 8mm-15mm 的圆形或圆角方形图案，按键间距保持 5mm 以上。图 4-2 列出部分推荐和不推荐的 Pad 形状以供参考。

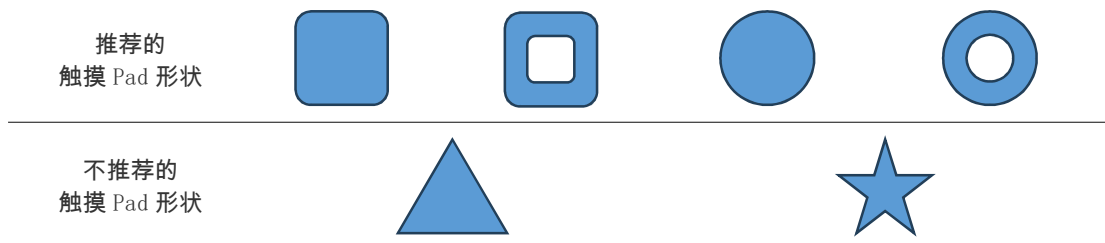


图 4-2 触摸 Pad 形状建议

4.1.2. 布局

尽量将芯片放置在 PCB 的中间位置，使各通道引脚到触摸 Pad 的距离差异较小。

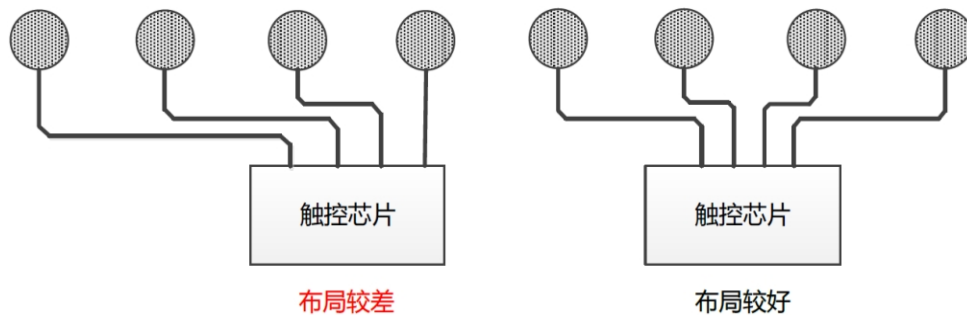


图 4-3 芯片与 pad 布局示意

4.1.3. 触摸信号线 layout

- (1) 走线应尽量短。
- (2) 推荐 PCB 工艺允许的最小线宽，一般为最小为 5mil,最大不超过 10mil。
- (3) 相邻按键的走线彼此间距尽可能保证在 20mil 以上,否则邻键干扰增加，影响触控性能。
- (4) 布线应尽量减少拐角，如无法避免则应使拐角成 45 度或圆角；
- (5) 可在触摸 Pad 上打过孔，背面走触摸信号线，以有效降低手指误触的概率。控制过孔数量，过孔位置要处于触摸 Pad 边缘以降低走线长度。

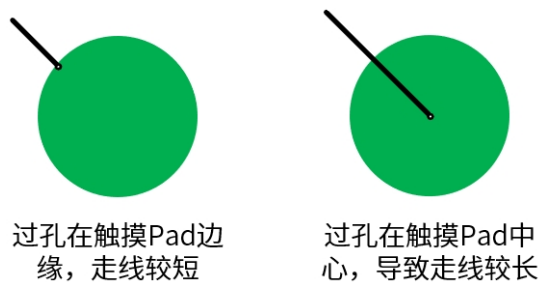


图 4-4 触摸 Pad 上过孔位置放置

- (6) 走线应避免靠近高频信号线, 如无法避免则两者垂直走线, 如无法垂直走线则两者之间需要加地线 (CH582、CH592 可使用屏蔽线隔离)。加地线隔离时需注意地线与触摸按键信号线间距应介于 2~4 倍线宽之间, 如图 4-5 所示。

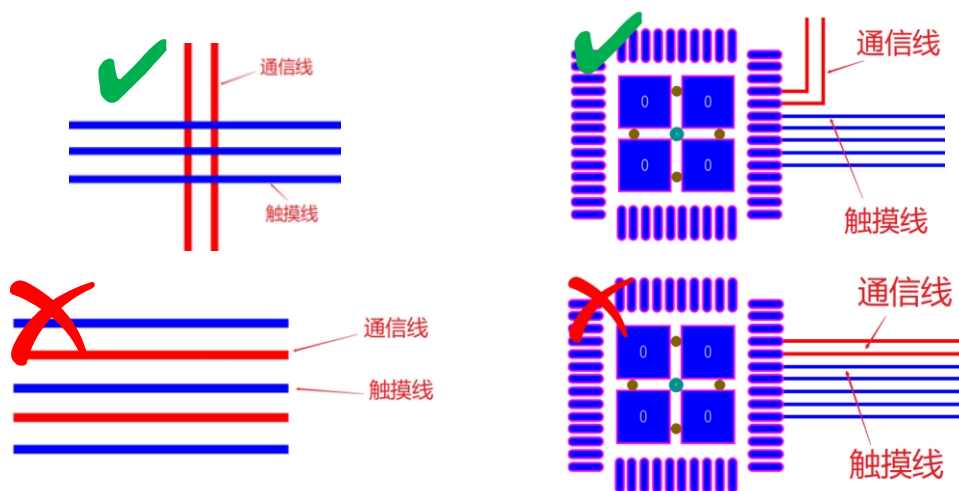


图 4-5 触摸信号线与通信线共存的布局建议

- (7) 若触摸信号线与触摸 Pad 分层布局, 触摸 Pad 下方不能走其他按键的信号线, 如图 4-6 所示。

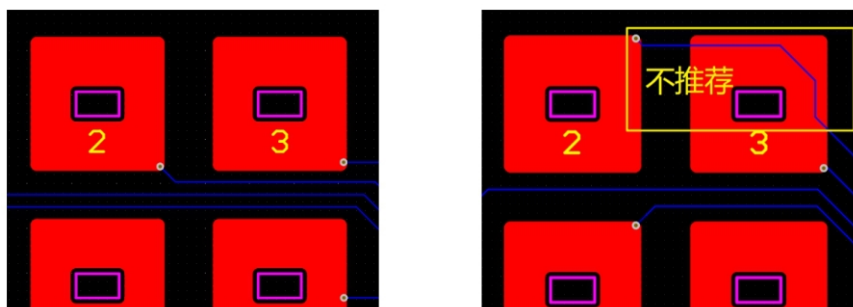


图 4-6 触摸 Pad 走线

4.1.4. 驱动屏蔽模式和密集模式布线

驱动屏蔽模式和密集模式是沁恒微电子触摸按键方案的两种增强辅助功能,能够在常规布局下显著提升触摸效果,目前仅支持 CH58x 和 CH59x 系列芯片。使用这两种模式,在遵循上述 PCB 布局布线要求的同时,还应分别注意以下几点:

(1) 驱动屏蔽

在支持主动屏蔽模式的 CH58x 和 CH59x 系列芯片上，主动屏蔽引脚固定为 PA4，通过使能相应寄存器开启(具体见芯片手册)。主动屏蔽引脚走线应包裹所有触摸按键走线，如图 4-7 所示。图中高亮部分，主动屏蔽引脚走线通过屏蔽触摸按键走线降低基础电容，可显著提高触摸按键电容变化量。

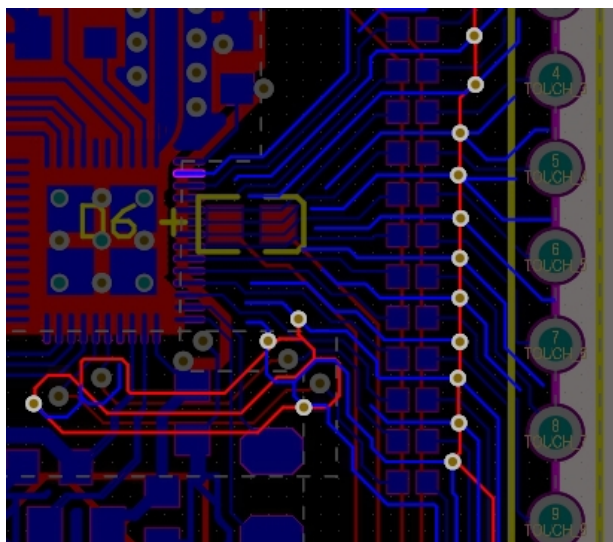


图 4-7 主动屏蔽脚走线

(2) 密集模式

密集模式应用于 PCB 空间不足，触摸按键走线间距很近的情况下。该模式下走线长度要求可适当放宽。如图 4-8，密集模式需额外占用一个触摸通道，使用该通道整体包裹触摸走线，并将该通道初始化触摸库的按键，位于触摸队列最后，不参与触发。

密集模式可解决 PCB 布局空间不足的问题，并具有一定的防水效果，但是该模式抗干扰能力较差，在实际使用中需折中考虑，具体使用方法咨询我司技术支持。

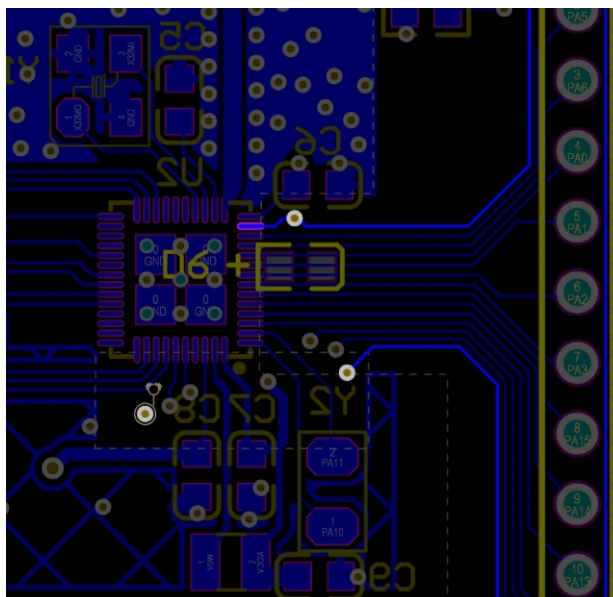


图 4-8 密集模式走线

4.1.5. 天线共存

一般射频天线在不工作时可认为是接地的，故在设计触摸按键与天线共存的应用时主要考虑天线与触摸按键的距离，参考 4.1.3 节。

2.4G 天线布局上一般处于 PCB 板的边缘，距触摸按键较远，处理好 2.4G 天线的铺地与触摸按键铺地的关系即可。

NFC 天线布局上常夹在触摸 Pad 之间，触摸按键与之共存时需注意触摸走线不与 NFC 天线在 PCB 垂直投影上重叠，与 NFC 天线在同一平面的触摸 Pad 或走线与其间距应当满足 4.1.3 节的要求，且注意 NFC 天线平面内不要有闭合的金属环。

如图 4-9 所示，若所用芯片有驱动屏蔽功能 (CH582、CH592)，则与 NFC 共存时应尽量启用驱动屏蔽，对于不支持驱动屏蔽的芯片(CH573、通用 mcu 系列)，则应使触摸部分的走线与 NFC 线圈的间距在 NFC 天线线宽的 2 倍以上。

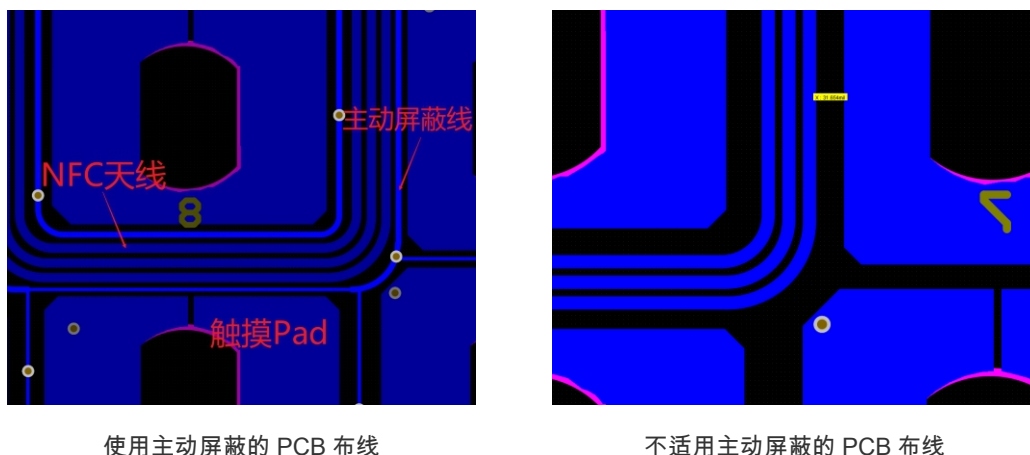


图 4-9 触摸按键与 NFC 共存时的布局示例

4.1.6. 铺地

设计接地时，可参考以下建议：

- (1) 触摸 Pad 周围的接地层应是网格图案。若 PCB 的顶层和底层上均使用接地层，顶层应占用 25% 的网格，底层应占用 17% 的网格。若使用驱动屏蔽层而非接地层，顶层和底层均应使用同样的接地网格。
- (2) 尽可能将 PCB 上与电容触摸按键无关的其他部分牢固接地。
- (3) 尽量把不同层上的接地层互相拼接在一起，大量拼接各层可降低接地电感，并使芯片接地层更加靠近电源接地层。这一点在有大量电流通过接地层（例如，在射频过程中）的情况下尤其重要。
- (4) 触摸 Pad 底层正下方不铺地，顶层若需要铺地隔离，一般采用网络铺地。触摸 Pad 及其引线与地的距离应保证大于 3mm。

4.1.7. 电源电路

若触摸 MCU 的电源存在较强干扰，或电源纹波较大，建议使用 LDO、铁氧体磁珠等处理后再供给 MCU，以免触摸按键工作异常。

电源的 VDD 与 GND 应经过电容滤波 (100uF + 100nF + 100nF) 后再接入 MCU 的

VDD 与 VSS 引脚。供电电路上电容越多抗干扰能力越强。

MCU 的去耦电容应尽量靠近 VDD 及 VSS 引脚放置。

功率负载的电源与 MCU 的电源分离，功率负载应在去耦电容之前取电。

4.2. 触摸面板选择

触摸面板为绝缘或者非导电材料的，其介电常数一般在 1.5~4 之间。介电常数过小会导致灵敏度变差，介电常数过大会增加按键间串扰，不利于按键的准确识别。

以下是一些常见材料的相对介电常数：

材料	相对介电常数
空气	1
木制	1.2~2.5
亚克力	2.8
聚碳酸酯 (PC)	2.7~2.9
玻璃	7.6~8
水	48~80

触摸面板的厚度越大，触摸灵敏度越小，信噪比越低。使用亚克力材料时，建议厚度为 1.5~3mm。

触摸面板与触摸 pad PCB 之间一般建议采用双面胶粘合，双面胶厚度 0.1~0.15mm 较为适宜，推荐使用厚度为 0.13mm 的 3M 468MP。确保触摸 PCB 与触摸面板间无气隙，空气介电常数为 1，对触摸按键灵敏度影响较大。

4.3. ESD 保护

电容触摸中使用的非导电盖板材料提供了固定的保护功能，以阻止 ESD。下表列出了各种覆盖层材料的厚度，用以避免触摸传感器受 12kV 放电的影响。

材料	击穿电压 (V/mm)	避免影响的最小厚度(mm)
空气	1200-2800	10
木制	3900	3
普通玻璃	7900	1.5
玻璃—硼硅酸盐	13000	0.9
亚克力	13000	0.9
ABS	16000	0.8
聚碳酸酯 (PC)	16000	0.8