

2011.07

## SC05A

### 5按键带自校正功能的容性触摸感应器

## 1. 概览

### 1.1 概述

SC05A 是带自校正的容性触摸感应器，可以检测 5 个感应盘是否被触摸。它可以通过任何非导电介质（如玻璃和塑料）来感应电容变化。这种电容感应的开关可以应用在很多电子产品上，提高产品的附加值。

### 1.2 特征

- ◇ 5 个完全独立的触摸感应按键
- ◇ 保持自动校正，无需外部干预
- ◇ 按键输出经过完全消抖处理
- ◇ 多接口 – I<sup>2</sup>C 串行接口 / 并行一对一输出
- ◇ 所有按键共用一个灵敏度电容
- ◇ 感应线长度不同不会导致灵敏度不同
- ◇ 2.5V ~ 6.0V 工作电压
- ◇ 符合 RoHS 指令的环保 SOP16 封装

### 1.3 应用

- ◇ 替代机械开关
- ◇ 家庭应用(电视机, 显示器键盘)
- ◇ 玩具和互动游戏的人机接口
- ◇ 门禁按键
- ◇ 灯控开关
- ◇ 密封键盘面板

### 1.4 封装

SC05A采用SOP16封装形式

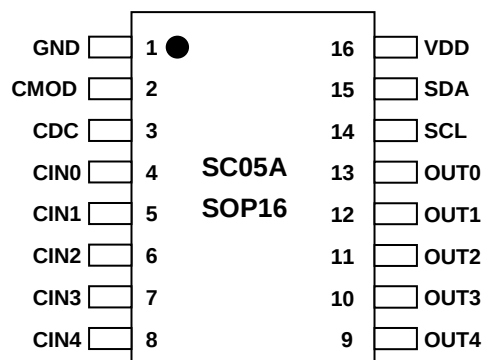


图 1-1: 封装简图

## 1.5 管脚列表

表1-1: 管脚汇总

| 管脚编号 | 名称   | 类型  | 功能                      | 不使用时           |
|------|------|-----|-------------------------|----------------|
| 1    | GND  | Pwr | 电源地                     | -              |
| 2    | CMOD | I/O | 接电荷收集电容                 | -              |
| 3    | CDC  | I/O | 接灵敏度电容                  | -              |
| 4    | CIN0 | I/O | 感应按键0检测输入               | 悬空             |
| 5    | CIN1 | I/O | 感应按键1检测输入               | 悬空             |
| 6    | CIN2 | I/O | 感应按键2检测输入               | 悬空             |
| 7    | CIN3 | I/O | 感应按键3检测输入               | 悬空             |
| 8    | CIN4 | I/O | 感应按键4检测输入               | 悬空             |
| 9    | OUT4 | OD  | 感应按键4输出                 | 悬空             |
| 10   | OUT3 | OD  | 感应按键3输出                 | 悬空             |
| 11   | OUT2 | OD  | 感应按键2输出                 | 悬空             |
| 12   | OUT1 | OD  | 感应按键1输出                 | 悬空             |
| 13   | OUT0 | OD  | 感应按键0输出                 | 悬空             |
| 14   | SCL  | I   | I <sup>2</sup> C 时钟输入   | 连接GND或VDD      |
| 15   | SDA  | I/O | I <sup>2</sup> C 数据输入输出 | 连接GND或VDD 或者悬空 |
| 16   | VDD  | Pwr | 电源正极                    | -              |

### 管脚类型

|     |            |
|-----|------------|
| I   | CMOS 输入    |
| I/O | CMOS 输入/输出 |
| OD  | NMOS 开漏输出  |
| Pwr | 电源 / 地     |

## 1.6 管脚说明

### VDD, GND

电源正负输入端。

### CMOD

电荷收集电容输入端，接固定值的电容，和灵敏度无关。

### CDC

接灵敏度电容，电容范围是最小15pf，最大100pf。根据使用环境选择合适的电容值，数值越小，灵敏度越高。

### CIN0~CIN4

接感应盘，是感应电容的输入检测端口。

### OUT0~OUT4

并行一对一输出端口，分别对应CIN0~CIN4。端口内部结构为NMOS开漏输出，输出高阻或低电平，有效电平是低电平。

## SCL, SDA

SCL 是I<sup>2</sup>C时钟输入端口。SDA是I<sup>2</sup>C数据输入输出端口。 SDA 端口有内部弱上拉。

## 2. 芯片功能

### 2.1 初始化时间

上电复位后，芯片需要300ms进行初始化，计算感应管脚的环境电容，然后才能正常工作。

### 2.2 灵敏度

灵敏度由CDC端口接的电容值决定。**电容范围是最小15pf，最大100pf**。数值越小，灵敏度越高。为了保证灵敏度的一致性，CDC电容要求使用10%或以上的精度的涤纶电容、NPO材质电容或者COG材质电容为最佳。务必在PCB布局时，将CDC电容尽量贴近IC放置。

### 2.3 自校正

根据外部环境温度和湿度等的漂移，按键电容基准参考值也会发生漂移，芯片会自动调整校正每个按键的电容基准参考值，以适应当前环境的变化。

当检测到按键后，芯片会立即停止校正一段时间，这段时间大约 15~50 秒。停止校正时间一到，芯片会继续自校正，如果当前按键还是持续有效，按键信息会被当做环境的漂移立即被更新，也就是说检测按键有效的时间不会超过 15~50 秒。停止校正的时间与上电电压和电源上电时间有关。

### 2.4 触摸反应时间

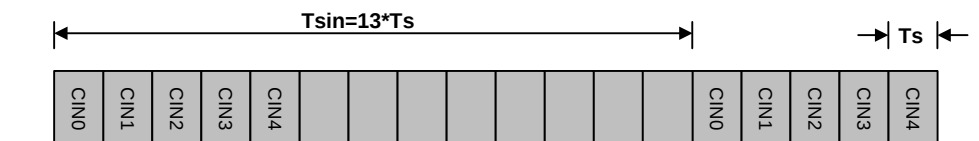
每个通道大约每隔12.5ms采样一次。经过按键消抖处理以后，检测到按键按下的反应时间大概是68毫秒，检测按键离开的反应时间大概是44毫秒。所以检测按键的最快频率大概是每秒9次。

### 2.5 输出逻辑

输出端口OUT0~OUT4，有两种状态，高阻或低电平。无按键时为高阻，检测到按键时为低电平。

### 2.6 睡眠模式

如果在一段时间内（Tslp）没有检测到按键并且SDA端口一直保持高电平，芯片会自动进入省电模式。只要让SDA保持高电平时间不超过Tslp，芯片就不会进入睡眠模式。在睡眠模式中，按键的采样间隔会变长，电流消耗（Idd）会减小。如果检测到按键，芯片会马上离开睡眠模式，进入正常模式。



正常模式下采样周期图示



睡眠模式下采样周期图示

图 2-1：正常和睡眠模式下采样周期图示

Ts：单个按键采样周期

Tsin：正常模式采样间隔

Tsis：睡眠模式采样间隔

Ts 大约是固定的950us左右。

正常模式下，采样间隔Tsin 是固定的大约12.5毫秒。

睡眠模式下，采样间隔Tsis和电流消耗Idds是与Vdd和Trp（电源上电时间，参考图2-2）有关的。详见下表2-2：

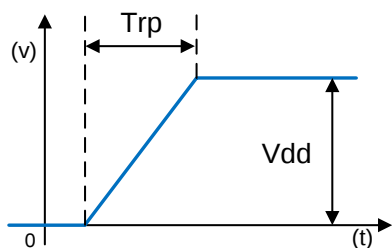


图2-2：VDD 上电曲线

表2-2： Tsin 和 Idds 与 Vdd 和 Trp的关系

| 条件*       | Vdd=5v     |             |           |            |             | Vdd=3v     |             |           |            |             |
|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|           | Trp < 10us | Trp = 100us | Trp = 1ms | Trp = 10ms | Trp > 100ms | Trp < 10us | Trp = 100us | Trp = 1ms | Trp = 10ms | Trp > 100ms |
| Tsis (ms) | 270        | 252         | 210       | 92         | 67          | 270        | 260         | 245       | 160        | 135         |
| Idd (ua)  | 81         | 86          | 104       | 238        | 326         | 39         | 40          | 43        | 65         | 77          |
| Tslp (s)  | 86.4       | 80.6        | 67.2      | 29.4       | 21.4        | 86.4       | 83.2        | 78.4      | 51.2       | 43.2        |

\*表中数据是在睡眠模式下测得

## 3. 应用

### 3.1 应用电路

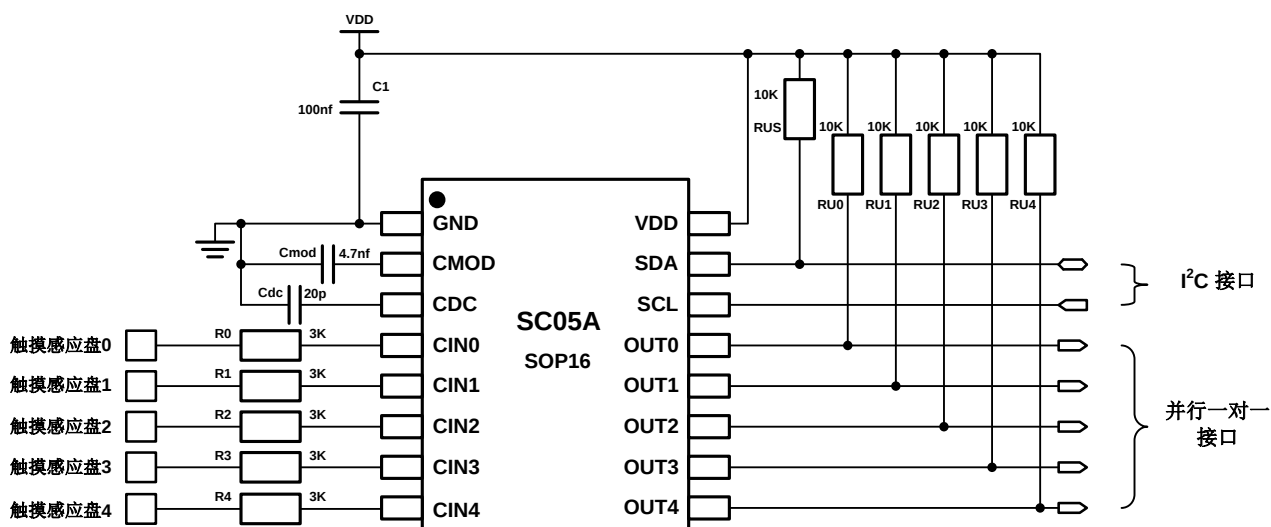


图 3-1 : 应用电路

注:

1. Cmod是电荷收集电容，取值范围是1nf~10nf。建议使用4.7nf。
2. Cdc 是灵敏度设置电容，取值范围是最小15pf，最大100pf，电容值越小灵敏度越高。
3. 并行一对一输出和I<sup>2</sup>C接口同时有效。

### 3.2 和单片机控制器的接口方式

#### 3.2.1 并行一对一输出

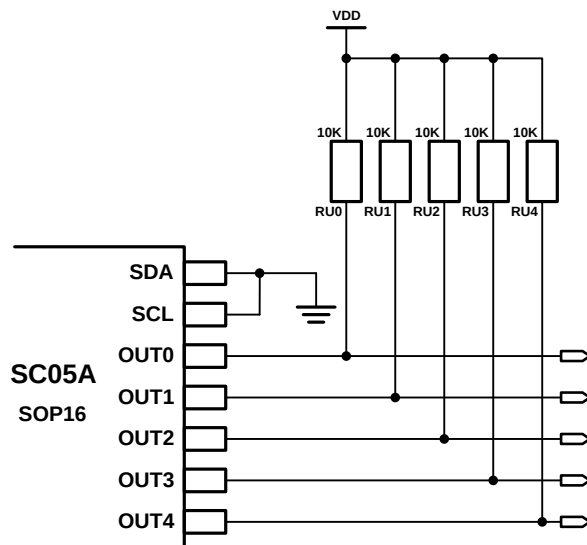


图 3-2 : 并行输出

### 3.2.2 模拟电压输出

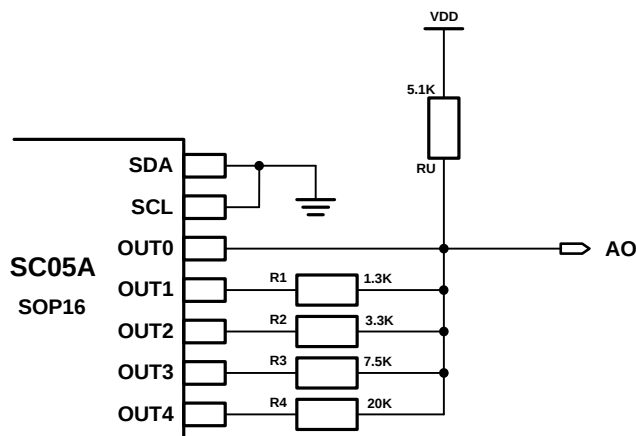


图 3-3 : 模拟电压输出

表3-1: 模拟电压输出值

| 按键情况          | OUT0 | OUT1 | OUT2 | OUT3 | OUT4 | AO 输出电压           |
|---------------|------|------|------|------|------|-------------------|
| 触摸感应盘 0(Cin0) | 低电平  | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 0v                |
| 触摸感应盘 1(Cin1) | 高阻   | 低电平  | 高阻   | 高阻   | 高阻   | $0.20 \times VDD$ |
| 触摸感应盘 2(Cin2) | 高阻   | 高阻   | 低电平  | 高阻   | 高阻   | $0.40 \times VDD$ |
| 触摸感应盘 3(Cin3) | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 低电平  | 高阻   | $0.61 \times VDD$ |
| 触摸感应盘 4(Cin4) | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 低电平  | $0.80 \times VDD$ |
| 无触摸感应         | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 高阻   | 高阻   | VDD               |

### 3.2.3 I<sup>2</sup>C 接口

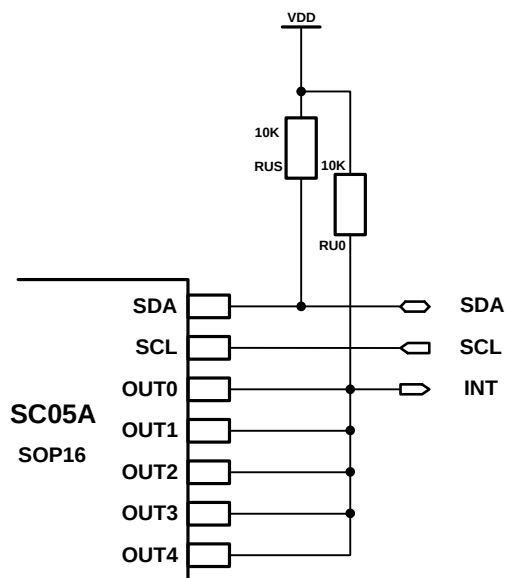


图 3-3: I<sup>2</sup>C 中断方式

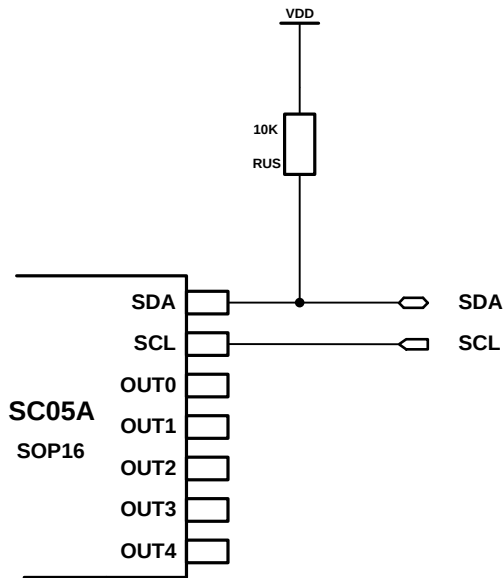


图3-4: I<sup>2</sup>C 查询方式

#### 1. Start 和 Stop 信号

##### Start 信号(S)

当 SCL 是高电平时, SDA 由高到底变化, 表示开始传输数据。

##### Stop 信号(P)

当 SCL 是高电平时, SDA 由低到高变化, 表示结束数据传输。

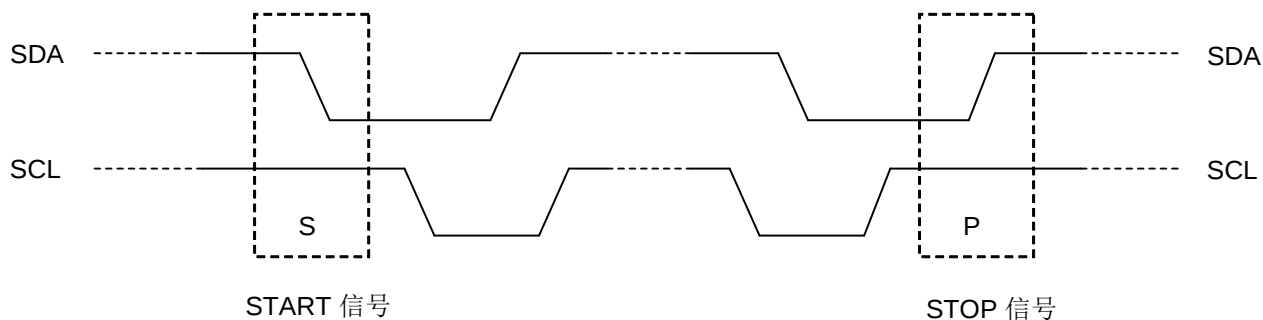


图 3-5 : Start和Stop信号

#### 2. 数据有效

在 SCL 为高电平期间, SDA 必须保持稳定的电平。SDA 线上的高低电平变化只能在 SCL 为低电平期间。

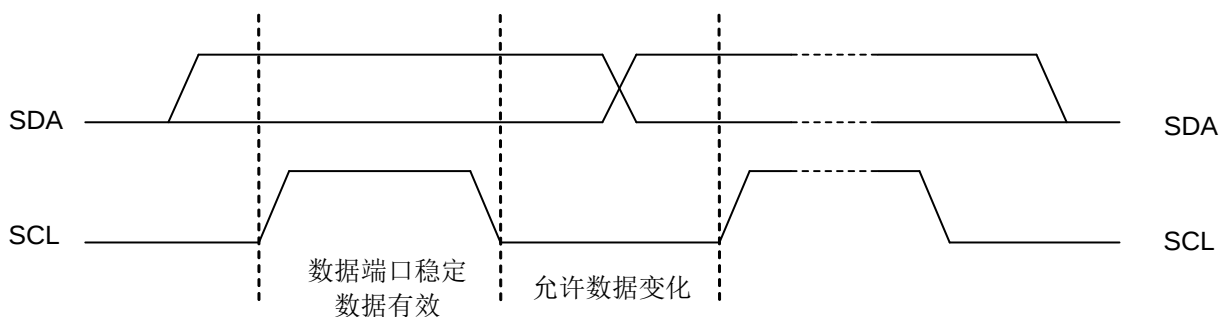


图 3-6 : 数据有效

### 3. 字节格式

字节由 8 位数据和一个应答信号组成

### 4. SC05A 使用简化的 I2C 协议

- 1) 标准 I<sup>2</sup>C 器件有器件地址和寄存器地址。SC05A 只有器件地址。
- 2) SC05A 只接收读命令。
- 3) SC05A 的器件地址是 41H( A[6:0]=1000001B )。下图是一次完整的通信过程。D7~D5 是固定高电平，D4~D0 分别对应 CIN0~CIN4 是否有按键触摸。例如，按键 CIN0 被触摸，D4 将是低电平，如果 CIN0 没有被触摸，D4 将是高电平。

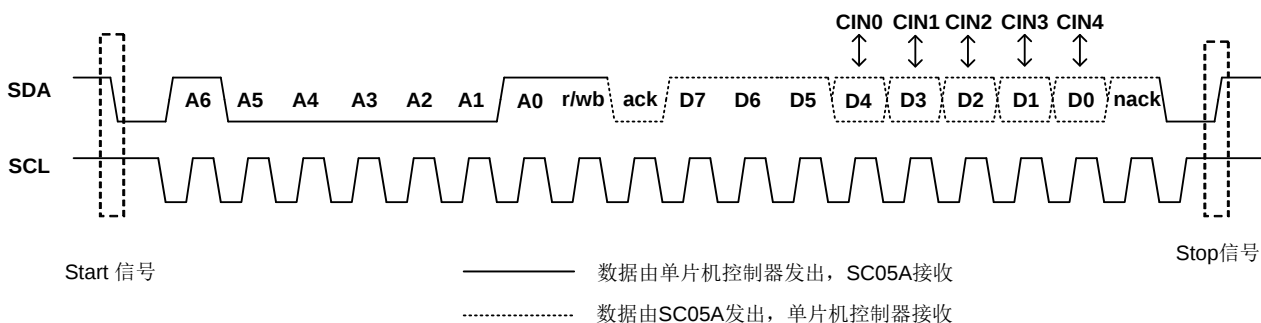


图3-7: SC05A简化的I2C协议

## 4. 详细参数

### 4.1 额定值 \*

工作温度 .....-40 ~ +105°C  
 存储温度.....-50 ~ +150°C  
 最大Vdd电压.....-0.3 ~ +6.0V  
 管脚最大直流输出电流.....±10mA  
 管脚容限电压.....-0.3V ~ (Vdd + 0.3) Volts

\* 注意：超出上述值可能导致芯片永久损坏

## 4.2 电气特性

表4-1: 电气参数 TA = 25°C

| 参数                     | 符号              | 测试条件              | 最小值  | 典型值  | 最大值                  | 单位    |
|------------------------|-----------------|-------------------|------|------|----------------------|-------|
| 工作电压                   | Vdd             |                   | 2.5  |      | 6.5                  | V     |
| 工作电流 <sup>1</sup>      | Idd             | VDD=5.0V          |      | 1.74 |                      | mA    |
|                        |                 | VDD=3.0V          |      | 0.84 |                      | mA    |
| 芯片上电初始化时间              | Tini            |                   |      | 300  |                      | ms    |
| 感应管脚电容范围               | Cin             |                   |      |      | 2.5*Cdc <sup>2</sup> |       |
| 灵敏度电容                  | Cdc             |                   | 15pf |      | 100pf                |       |
| 输出阻抗<br>(NMOS开漏)       | Zo              | delta Cin > 0.2pF |      | 50   |                      | Ohm   |
|                        |                 | delta Cin < 0.2pF |      | 100M |                      |       |
| 输出灌电流                  | Isk             | VDD=5V            |      |      | 10.0                 | mA    |
| 最小可检测电容                | delta_Cin       | CDC=15pf          |      | 0.2  |                      | pF    |
| I <sup>2</sup> C 最大波特率 | F <sub>br</sub> | PullUp Res = 10K  |      | 400K |                      | Bit/S |
| 采样间隔时间                 | Tsin            | Normal mode       |      | 12.5 |                      | ms    |

注： <sup>1</sup> 正常工作模式下

<sup>2</sup> 如果感应管脚寄生电容超过2.5倍的Cdc电容，芯片不能正常工作（绝大多数情况无需考虑这个限制）

## 4.3 封装尺寸图 (SOP-16)

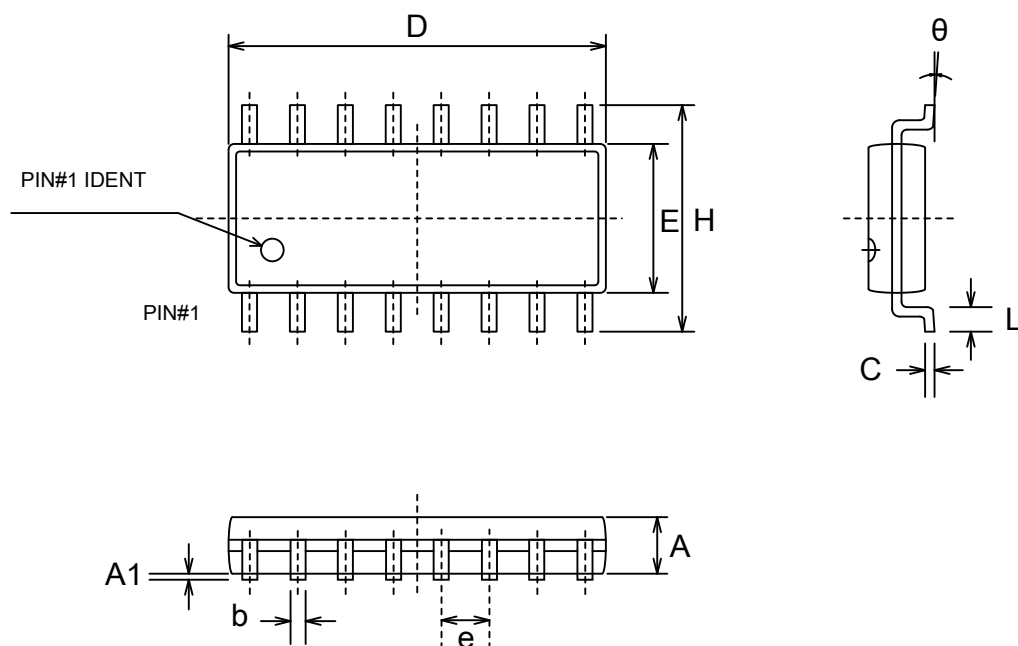


图 4-1: SOP16封装示例

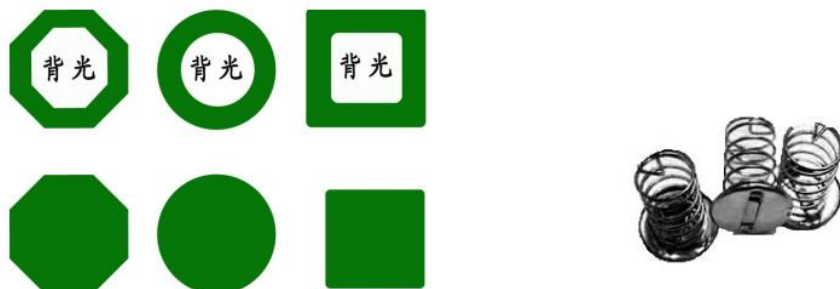
表4-2: 封装尺寸参数

| Symbol | Dimensions In Millimeters |       |       | Dimensions In Inches |       |       |
|--------|---------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|        | Min                       | Nom   | Max   | Min                  | Nom   | Max   |
| A      | 1.30                      | 1.50  | 1.70  | 0.051                | 0.059 | 0.067 |
| A1     | 0.06                      | 0.16  | 0.26  | 0.002                | 0.006 | 0.010 |
| b      | 0.30                      | 0.40  | 0.55  | 0.012                | 0.016 | 0.022 |
| C      | 0.15                      | 0.25  | 0.35  | 0.006                | 0.010 | 0.014 |
| D      | 9.70                      | 10.00 | 10.30 | 0.382                | 0.394 | 0.406 |
| E      | 3.75                      | 3.95  | 4.15  | .0148                | 0.156 | 0.163 |
| e      | --                        | 1.27  | --    | --                   | 0.050 | --    |
| H      | 5.70                      | 6.00  | 6.30  | 0.224                | 0.236 | 0.248 |
| L      | 0.45                      | 0.65  | 0.85  | 0.018                | 0.026 | 0.033 |
| θ      | 0°                        | --    | 8°    | 0°                   | --    | 8°    |

## 5. 电容按键传感器

### 5.1 触摸按键材料及形状

触摸按键可以是任何形状的导体，中间可以留孔或者镂空，但要保证一定的平面面积。建议使用直径大于12mm 的圆形或者方形，注意避免尖端效应。触摸感应盘可以用 PCB 铜箔、金属片、平顶圆柱弹簧、导电棉、导电油墨、导电橡胶、导电玻璃的 ITO 层等。图 5-1 所示：



按键感应盘可以是实心或中空矩形、圆形，多边形

图 5-1: 不同形状按键感应盘示例

## 5.2 触摸感应盘的尺寸

触摸感应盘的尺寸大小：最小 4mmX4mm，最大 30mmX30mm。实际面积大小根据灵敏度的需求而定，面积大小和灵敏度成正比。一般来说，按键感应盘的直径要大于面板厚度的 4 倍，并且增大电极的尺寸，可以提高信噪比。各个感应盘的形状、面积应该相同，以保证灵敏度一致。通常，在绝大多数应用里，12mmX12mm 是个典型值。

## 5.3 触摸触摸 PAD 和触摸面板的连接方式

- (1) 当用 PCB 的铜箔做触摸 PAD 时，直接将触摸 PAD 用两面胶粘在触摸面板上。
- (2) 使用带弹簧的贴片做触摸 PAD，必须将触摸 PAD 顶在面板上。
- (3) 使用导电橡胶或导电棉，导电橡胶或导电棉底端粘在 PCB 的铜箔上，顶端作为感应盘紧贴在面板上。
- (4) 导电油墨或 ITO 做成柔性 PCB，插在触摸端口的接口里。

## 5.4 触摸面板的选择

面板必须选用绝缘材料，可以是玻璃、聚苯乙烯、聚氯乙烯（pvc）、尼龙、树脂玻璃等。在生产过程中，要保持面板的材质和厚度不变，面板的表面喷涂必须使用绝缘的油漆。在触摸感应盘面积一定的情况下，面板的厚度和材质决定灵敏度。

通常面板厚度设置在 0~10MM 之间。不同的材料对应着不同的典型厚度，按键感应盘表面要平整，且必须紧密贴在面板上，中间不能有空气间隙。

在实际应用的时候，客户根据实际需要，找到理想的折中值。下面的表格是 PAD 大小和不同材质面板厚度的推荐值。

表 5-1: PAD 大小与不同面板厚度的推荐值

| PAD 直径<br>(MM) | 亚克力(介电常数 2.6~3.7)<br>(MM) | 树脂玻璃(介电常数 3.4) | ABS(介电常数 3.8~4.5) | 云母片(介电常数 4~8) | 普通玻璃(介电常数 7.6~8.0) |
|----------------|---------------------------|----------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 8              | 2.25                      | 2.5            | 3                 | 4.1           | 5                  |
| 10             | 3.25                      | 3.8            | 4.3               | 6.2           | 8                  |
| 12             | 4.5                       | 5.1            | 5.6               | 8             | 10                 |
| 14             | 5.5                       | 6              | 6.8               | 10            | 12.5               |

## 6. 电源

### 6.1 直流稳压器

SC 系列触摸芯片通过测量电容的微小变化反应触摸输出，因此要求电源的纹波和噪声要小，要注意避免由电源串入的外界强干扰。尤其应用于电磁炉、微波炉时，必须能有效隔离外部干扰及电压突变，因此要求电源有较高稳定度。建议采用如下图所示的 7805 组成的稳压电路。

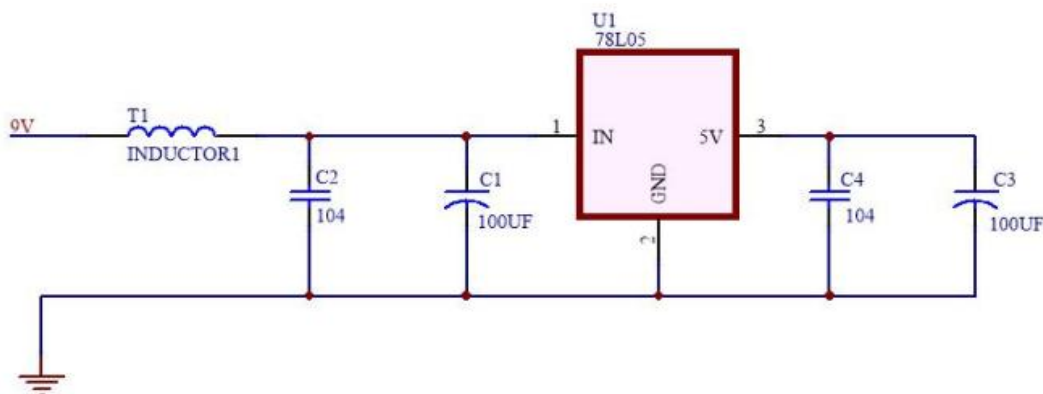


图 6-1: 7805 组成稳压电路

在 PCB 排版时，如果环境较恶劣，建议预留上图中电感 T1 焊盘，应对电磁炉等高噪声的干扰。在普通的应用中，可以不需要此电感。

### 6.2 稳压器件的放置

PCB LAYOUT 的时候，7805 电源组器件尽量靠近芯片的 VDD 和 GND 管脚。7805 电源组器件尽量与触摸芯片放在同一电路板上，并集中放置，杜绝电源连线过长带来噪声。

## 6.3 高噪声条件下的注意事项

在高噪声环境应用时，应避免高压(220V)、大电流、高频率操作的主板与触摸电路板上下重叠安置。如无法避免，应尽量远离高压大电流的器件区域或在主板上加屏蔽。

## 6.4 使用主机的 5V 电源

如果用户直接使用主机的 5V 电源，要接如下图的滤波电路，滤波电路中的 C3 电容和 C2 电容的放置规则和 6.2 相同。

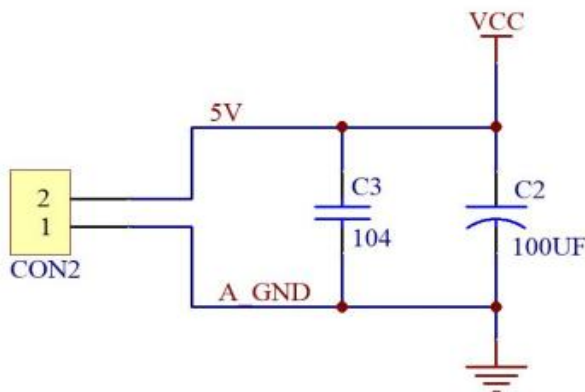


图 6-2: 5V 电源的滤波电路

## 7. 触摸感应电路 PCB 的设计

### 7.1 电源线的布线设计

触摸属于模拟敏感器件，同一系统的其他子单元的的电路要避免影响到触摸部分的电路，所以触摸电路部分的 VCC 电源线要单独走线，线长尽量短，走线要适当加粗。

### 7.2 地线的布线设计

触摸芯片的地线不要和其他电路共用，最好单独连到板子电源出入的接地点，也就是通常说的“星形接地”。电路的数字和模拟部分的电源和地分开用星型接法连接。

### 7.3 触摸应用电路外围元器件的布线设计

触摸芯片的退耦电容，CMOD 电容，CDC 电容及触摸限流电阻尽量要紧靠芯片放置，走线距离尽量短。

## 7.4 PAD 与 IC 的感应盘输入引脚之间的连线

触摸 IC 尽量要放在中心位置，尽量触摸 IC 到各个 PAD 之间的距离基本平衡。

PAD 输入端的走线，单面板走线建议是 8MIL~13MIL，双面板走线建议是 5~8mil。在工艺允许的情况下，建议越细越好。

PAD 输入端到触摸 IC 的连线不要跨越其他信号线。尤其不能跨越强干扰、高频的信号线。

PAD 输入端到触摸 IC 的连线周围 0.5MM 尽量不要走其他信号线。

## 7.4 铺地规则

触摸 IC 及其相关的外围电路要铺地，可以有效提高产品抗干扰能力。铺地的注意要点如下：

- (1) 触摸 PAD 与铺地的距离推荐 1.5MM~2.0MM 之间，在这个距离区间内，可以有效平衡系统的抗干扰度和触摸的灵敏度。

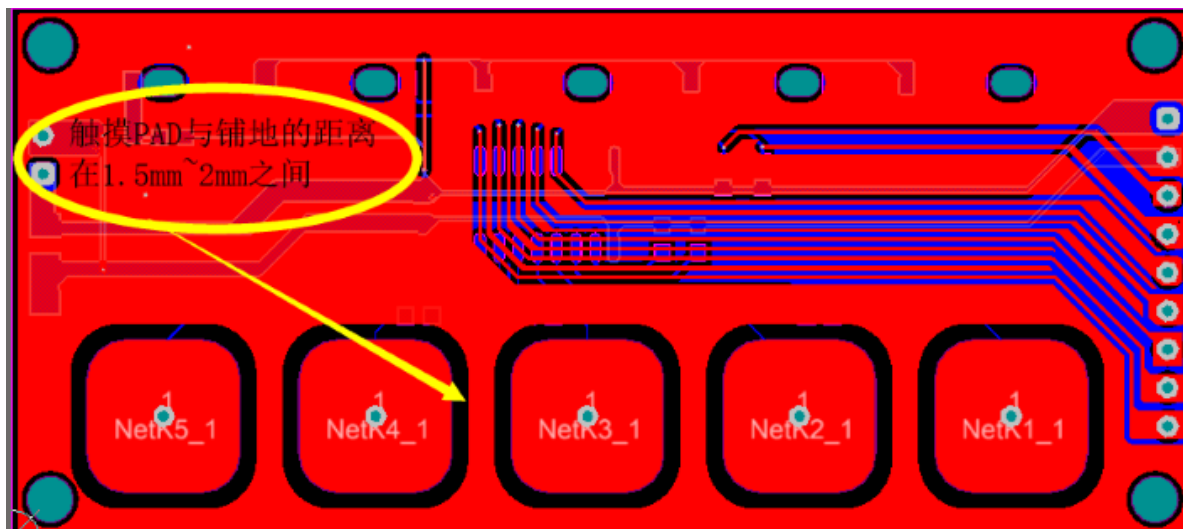


图 7-1: 触摸 PAD 离铺地 1.5MM 以上

- (2) 触摸 PAD 周围要铺地，触摸 PAD 正对反面的铺地要做镂空处理，减少寄生电容，改善灵敏度，且要尽量不要放置其他器件或者存在大面积铜箔，不走其他高频信号。

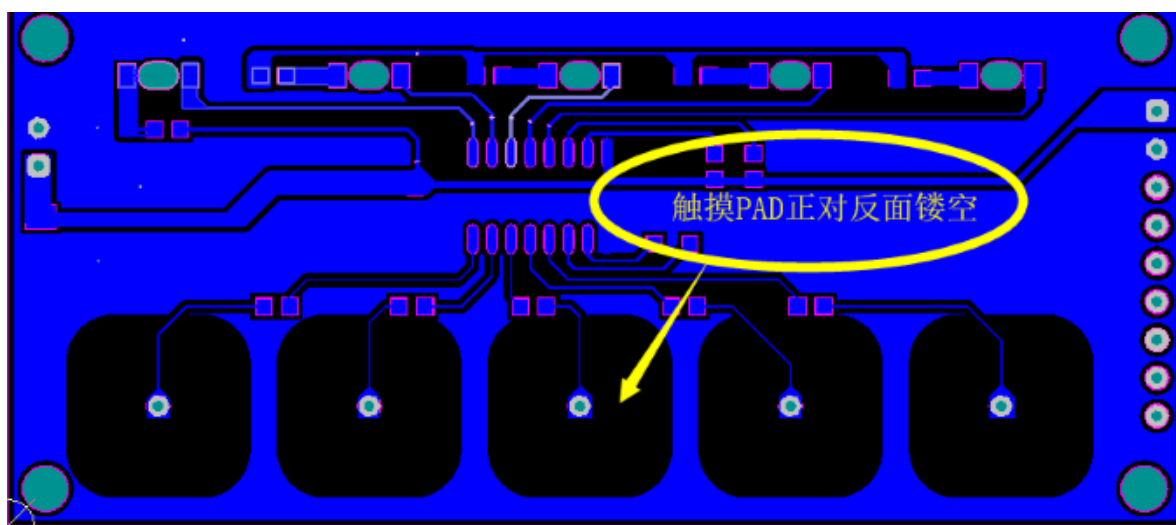


图 7-2：触摸 PAD 正背面镂空

- (3) 触摸信号线离铺地距离保持在 15mil 以上，且相邻触摸信号线之间也要尽量保持在 15mil 以上，避免产生串扰。如下图所示：

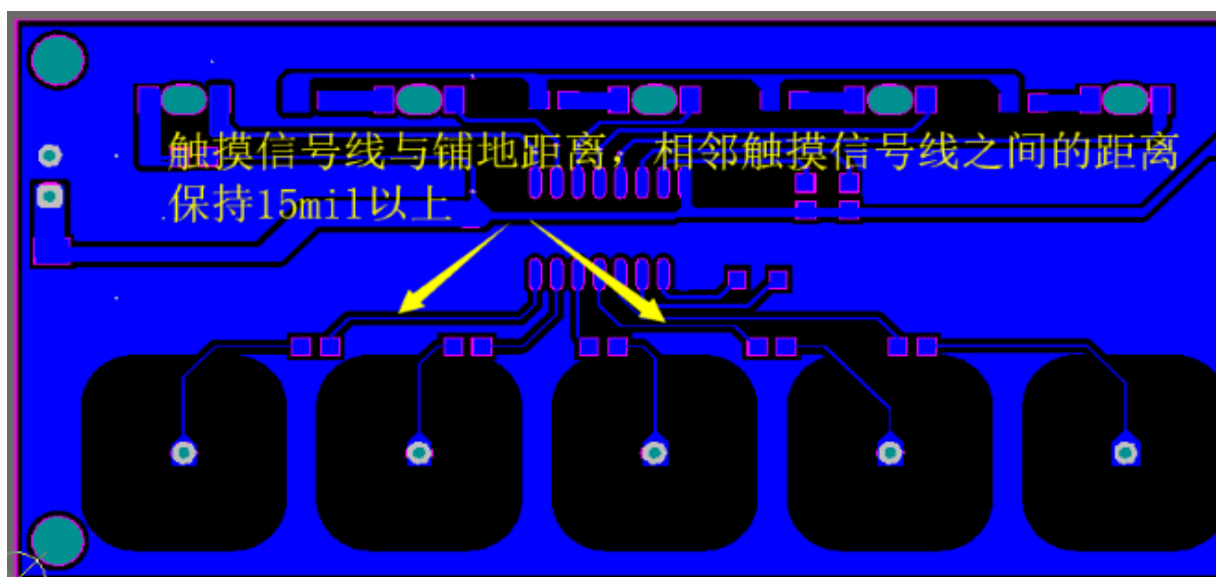


图 7-3：触摸信号线距离铺地及相邻触摸信号线保持 15mil 以上

- (4) 建议触摸 IC 及其相关的外围电路要用实铜铺地，增强芯片本身的抗干扰能力。

附录:

通过I<sup>2</sup>C接口读取SC05A的C语言演示程序

```
// 使用 AT89S52 单片机
#define SDA          P1_5
#define SCL          P1_4
#define ERR          P1_3    // 指示通信过程有问题
#define CON_ADDR     0x83    // {A[6:0] + RWB} = 83H

unsigned char ReadKey(void)
{
    unsigned char  bitnum,temp,addr,key;
    bit            bit_temp;
    addr=CON_ADDR;
    key=0xff;

    EA=0;                                // 屏蔽全局中断
    SDA=0;                                // 拉低 SDA 端口送出 START 信号
    for(temp=0;temp<4;temp++){           //延时

                                                //发送 8 位地址字节 (A[6:0]+RWB)
    for(bitnum=0;bitnum<8;bitnum++)
    {
        SCL=0;
        temp=addr&0x80;
        if(temp==0x80)
            SDA=1;
        else
            SDA=0;
        addr=addr<<1;
        for(temp=0;temp<4;temp++){       //延时
            SCL=1;
            for(temp=0;temp<4;temp++){   //延时
            }
        SDA=1;                            //释放 SDA 端口,将 SDA 设置为输入端口

        SCL=0;
        for(temp=0;temp<4;temp++){       //延时
        SCL=1;
        for(temp=0;temp<4;temp++){       //延时
        bit_temp=SDA;
        if(bit_temp)                      //读 ack 回应
            ERR=0;                        //ack 信号没有读到, 指示通信有误

                                                //读 8 为按键数据字节(D[7:0])
    for(bitnum=0;bitnum<8;bitnum++)
    {
        SCL=0;
        for(temp=0;temp<4;temp++){       //延时
        SCL=1;
        for(temp=0;temp<4;temp++){       //延时
        bit_temp=SDA;
        if(bit_temp)
        {
            key=key<<1;
            key=key|0x01;
        }
    }
```

```
        else
        {
            key=key<<1;
        }
    }
    SCL=0;
    SDA=1;
    for(temp=0;temp<4;temp++){ //延时
        SCL=1;
        for(temp=0;temp<4;temp++){ //延时
            SCL=0;
            SDA=0; //发送 NACK 信号
            for(temp=0;temp<4;temp++){ //延时
                SCL=1;
                for(temp=0;temp<4;temp++){ //延时
                    SDA=1; //释放 SDA 端口, 将 SDA 设置为输入端口
                    key=key^0xff;
                    EA=1; //全局中断使能
                    return(key); //数据位为 1, 说明相应按键被触摸。例如, 返回值为 0x05 说明按键
                                //CIN2 和 CIN4 被触摸。
                }
            }
        }
    }
}
```