

2011.07

SC12A

12按键带自校正功能的容性触摸感应器

1. 概览

1.1 概述

SC12A 是带自校正的容性触摸感应器，可以检测 12 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

- ◇ 12 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 – I²C 串行接口 / BCD 码输出
- ◇ 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 SOP24 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

SC12A采用SOP24封装

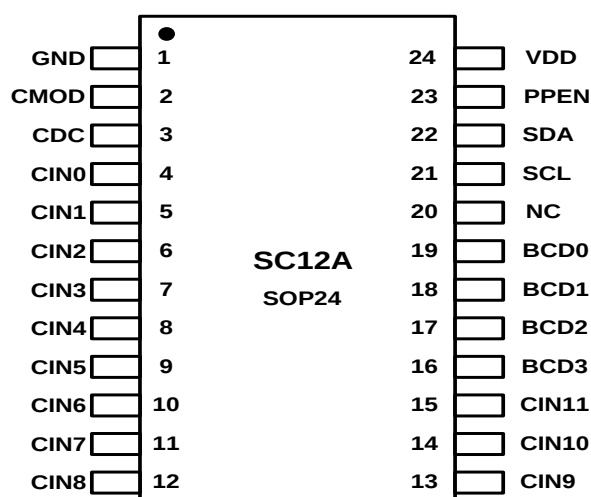


图1-1: 封装简图

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	CIN5	I/O	感应按键5检测输入	悬空
10	CIN6	I/O	感应按键6检测输入	悬空
11	CIN7	I/O	感应按键7检测输入	悬空
12	CIN8	I/O	感应按键8检测输入	悬空
13	CIN9	I/O	感应按键9检测输入	悬空
14	CIN10	I/O	感应按键10检测输入	悬空
15	CIN11	I/O	感应按键11检测输入	悬空
16	BCD3	O	BCD码输出	悬空
17	BCD2	O	BCD码输出	悬空
18	BCD1	O	BCD码输出	悬空
19	BCD0	O	BCD码输出	悬空
20	NC	-	保留管脚	悬空
21	SCL	I	I ² C 时钟输入	连接GND或VDD
22	SDA	I/O	I ² C 数据输入输出	连接GND或VDD 或者悬空
23	PPEN	I	电源保护脚位，必须接VDD	
24	VDD	Pwr	电源正极	-

管脚类型

I	CMOS 输入
I/O	CMOS 输入/输出
O	CMOS 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~CIN11

接感应盘，是感应电容的输入检测端口。

BCD3~BCD0

BCD码输出端口。无按键时，全部输出高电平；有按键时，输出相应BCD码。

SCL, SDA

SCL 是I²C时钟输入端口。SDA是I²C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 BCD码输出

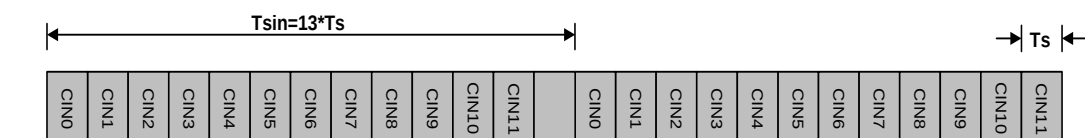
SC12A可以检测多个按键同时有效。但是如果使用BCD码输出，就不能同时输出多个按键值。无按键时，BCD[3:0]输出为F。按键优先级由CIN0到CIN11依次降低。

表2-1 √表示有触摸 ×表示无触摸 —表示无论是否有触摸

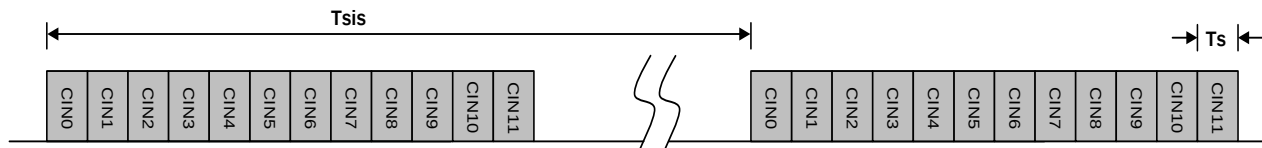
CIN0	CIN1	CIN2	CIN3	CIN4	CIN5	CIN6	CIN7	CIN8	CIN9	CIN10	CIN11	BCD3	BCD2	BCD1	BCD0
√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
×	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	1
×	×	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	1	0
×	×	×	√	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	1	1
×	×	×	×	√	—	—	—	—	—	—	—	0	1	0	0
×	×	×	×	×	√	—	—	—	—	—	—	0	1	0	1
×	×	×	×	×	×	√	—	—	—	—	—	0	1	1	0
×	×	×	×	×	×	×	√	—	—	—	—	0	1	1	1
×	×	×	×	×	×	×	×	√	—	—	—	1	0	0	0
×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	—	—	1	0	0	1
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	—	1	0	1	0
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	1	0	1	1
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	1	1	1	1

2.6 睡眠模式

如果在一段时间内（ T_{slp} ）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 T_{slp} ，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（ I_{dd} ）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

T_s : 单个按键采样周期

T_{sin} : 正常模式采样间隔

T_{sis} : 睡眠模式采样间隔

T_s 大约是固定的950us左右。

正常模式下，采样间隔 T_{sin} 是固定的大约12.5毫秒。

睡眠模式下，采样间隔 T_{sis} 和电流消耗 I_{dds} 是与 V_{dd} 和 T_{rp} （电源上电时间，参考图2-2）有关的。详见下表2-2:

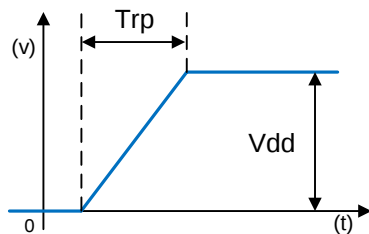


图2-2: VDD 上电曲线

表2-2: T_{sin} 和 I_{dds} 与 V_{dd} 和 T_{rp} 的关系

条件* 典型值	$V_{dd}=5v$					$V_{dd}=3v$				
	$T_{rp} < 10\mu s$	$T_{rp} = 100\mu s$	$T_{rp} = 1ms$	$T_{rp} = 10ms$	$T_{rp} > 100ms$	$T_{rp} < 10\mu s$	$T_{rp} = 100\mu s$	$T_{rp} = 1ms$	$T_{rp} = 10ms$	$T_{rp} > 100ms$
$T_{sis} (ms)$	270	252	210	92	67	270	260	245	160	135
$I_{dd} (\mu a)$	81	86	104	238	326	39	40	43	65	77
$T_{slp} (s)$	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

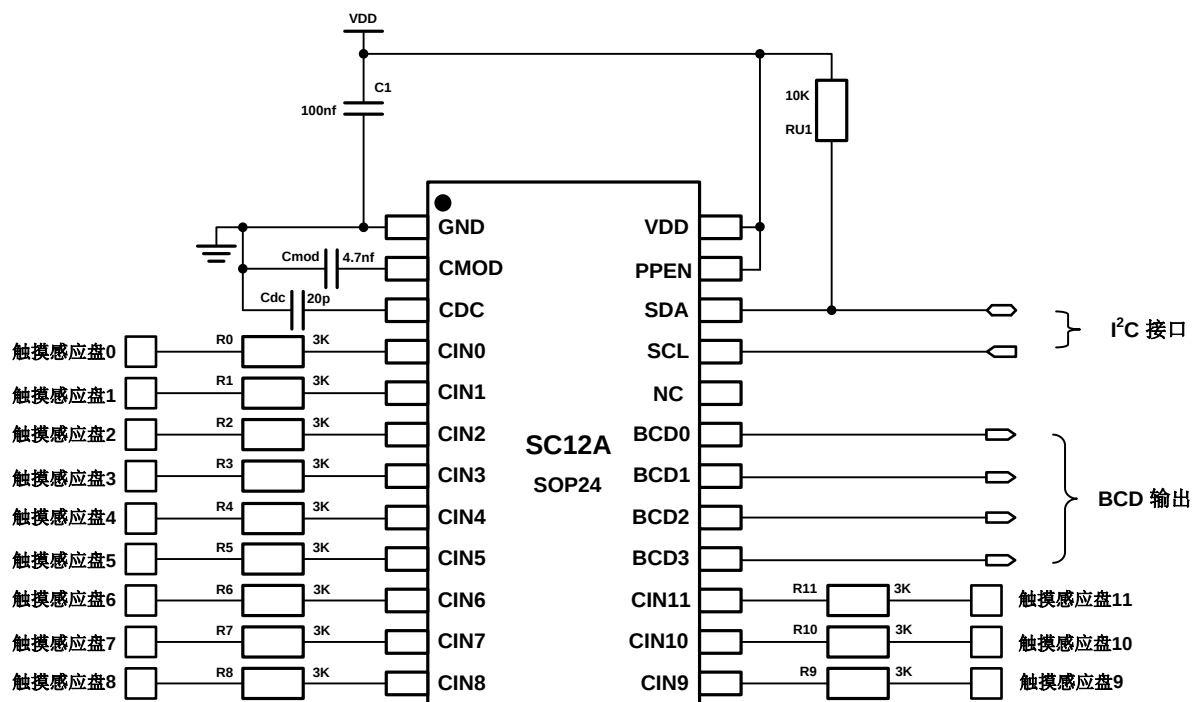


图 3-1 : 应用电路

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. BCD码输出和I2C接口同时有效。

3.2 和单片机控制器的接口方式

3.2.1 BCD端口直接输出

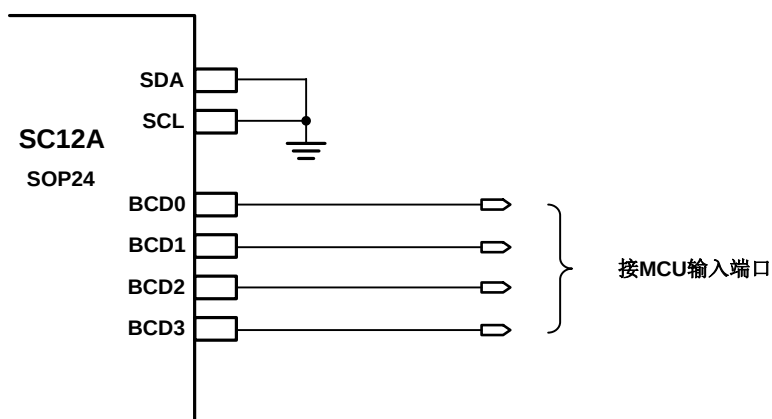


图 3-2 : BCD端口直接输出

3.2.1 使用BCD端口产生模拟电压

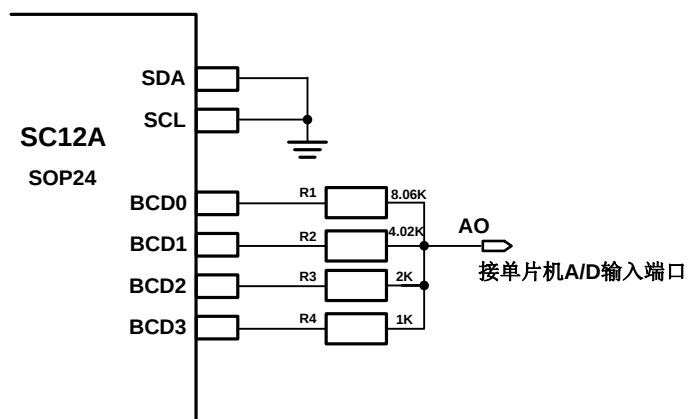


图 3-3 : BCD端口接电阻产生模拟电压

使用BCD端口产生模拟电压时，按键和电压对应关系如下：

表3-1: BCD输出产生的模拟电压

按键	BCD输出	产生的模拟电压值
CIN0	0000	0v
CIN1	0001	$0.066 \times VDD$
CIN2	0010	$0.133 \times VDD$
CIN3	0011	$0.199 \times VDD$
CIN4	0100	$0.267 \times VDD$
CIN5	0101	$0.333 \times VDD$
CIN6	0110	$0.400 \times VDD$
CIN7	0111	$0.466 \times VDD$
CIN8	1000	$0.534 \times VDD$
CIN9	1001	$0.600 \times VDD$
CIN10	1010	$0.667 \times VDD$
CIN11	1011	$0.733 \times VDD$

3.2.3 I2C 接口

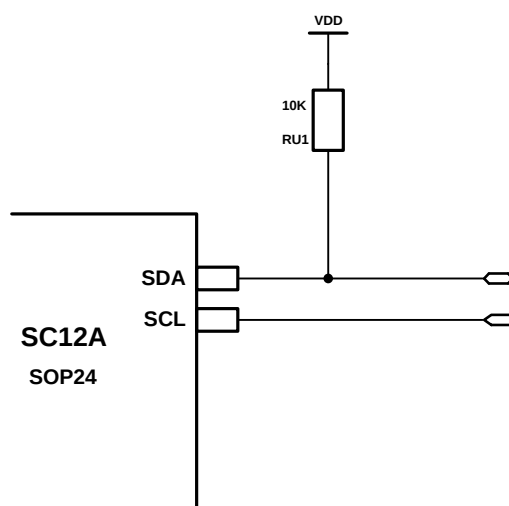


图 3-4 : I2C接口

1. Start 和 Stop 信号

Start 信号(S)

当 SCL 是高电平时，SDA 由高到低变化，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。

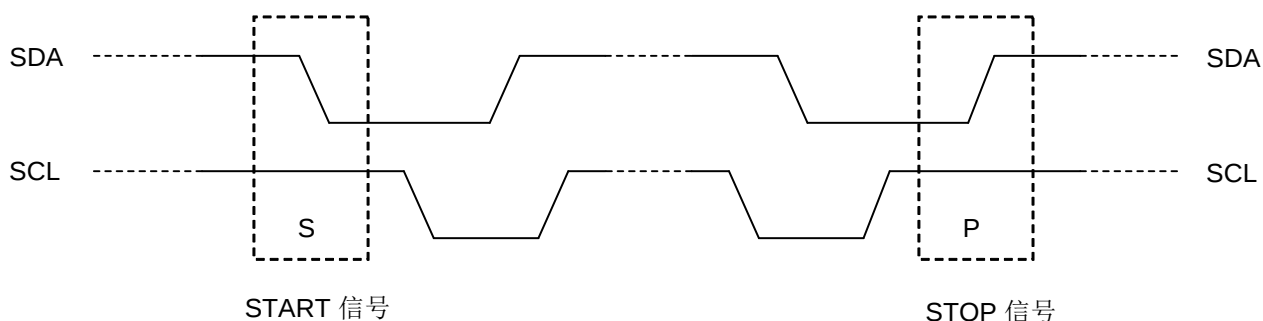


图 3-5 : Start和Stop信号

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。

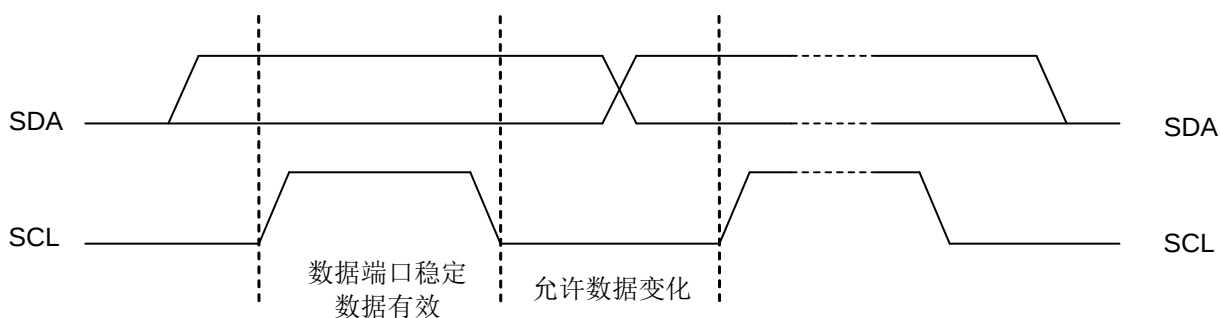


图 3-6 : 数据有效

3. 字节格式

字节由 8 位或 16 位数据和一个应答信号组成

4. SC12A 使用简化的 I2C 协议

- (1) 标准 I²C 器件有器件地址和寄存器地址。SC12A 只有器件地址。
- (2) SC12A 只接收读命令。
- (3) SC12A 的器件地址是 40H, 读命令为 81H。

下图是一次完整的通信过程。D3~D0 是固定高电平，D15~D4 分别对应 CIN0~CIN11 是否有按键触摸。例如，按键 CIN0 被触摸，D15 将是低电平，如果 CIN0 没有被触摸，D15 将是高电平。

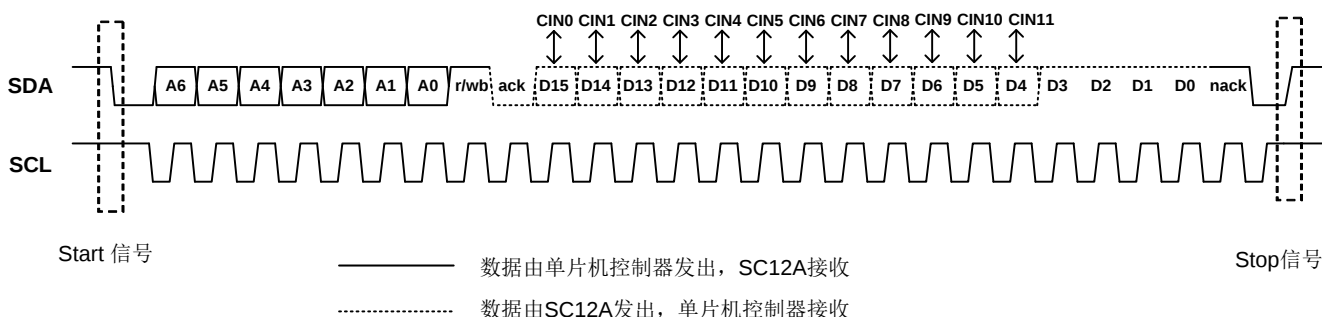


图3-7: SC12A简化的I2C协议

4. 详细参数

4.1 额定值 *

工作温度-40 ~ +85°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 ¹	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 ²	
灵敏度电容	Cdc		15pf		100pf	
输出阻抗 (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 ² C 最大波特率	F _{br}	PullUp Res = 10K		400K		Bit/S
采样间隔时间	Tsin	Normal mode		12.5		ms

注: ¹ 正常工作模式下

² 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-24)

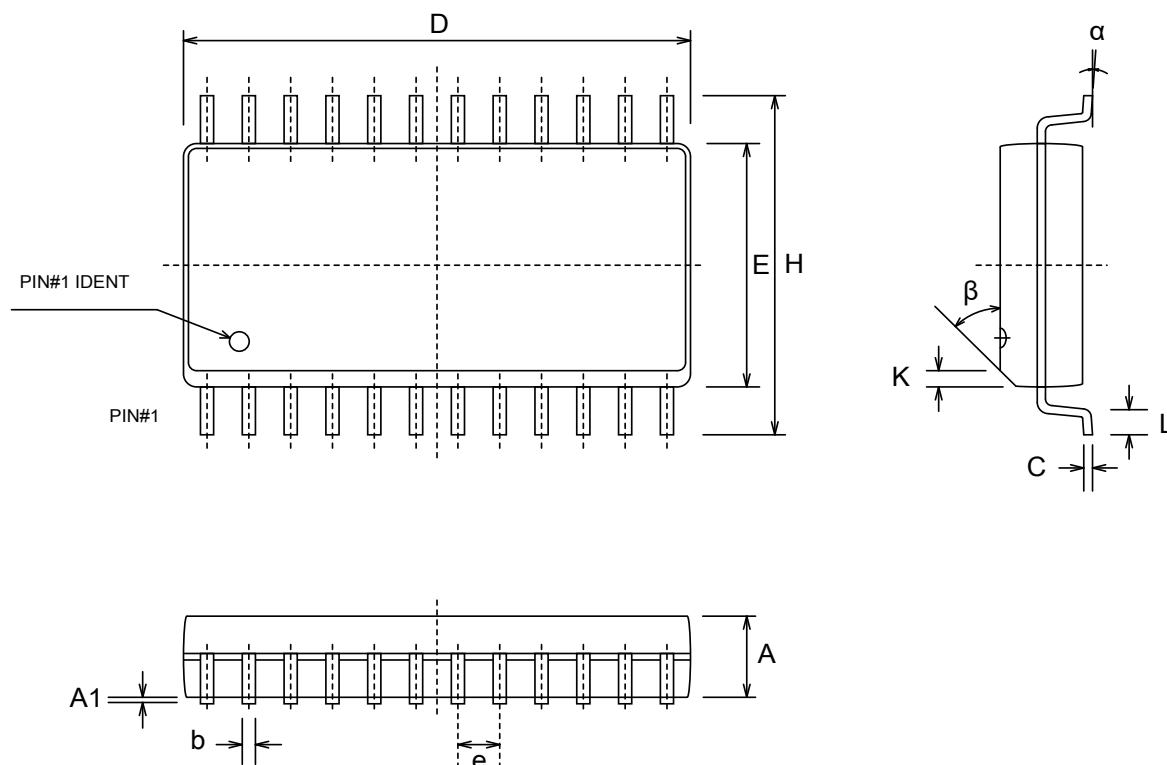


图 4-1: SOP24封装示例

表4-2: 封装尺寸参数

Symbol	Dimensions In Millimeters			Dimensions In Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	2.35	2.50	2.65	0.093	0.098	0.104
A1	0.10	0.20	0.30	0.004	0.008	0.012
b	--	0.40	--	--	0.016	--
C	--	0.25	--	--	0.010	--
D	15.10	15.40	15.70	0.594	0.606	0.618
E	7.35	7.50	7.65	0.289	0.295	0.301
e	--	1.27	--	--	0.050	--
H	10.15	10.45	10.75	0.400	0.411	0.423
K	--	0.50	--	--	0.020	--
L	0.60	0.80	1.00	0.024	0.031	0.039
α	0°	--	8°	0°	--	8°
β	--	45°	--	--	45°	--

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 (MM)	亚克力（介电常 数 2.6~3.7） (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性。建议采用如下图所示的 7805 组成的稳压电路。

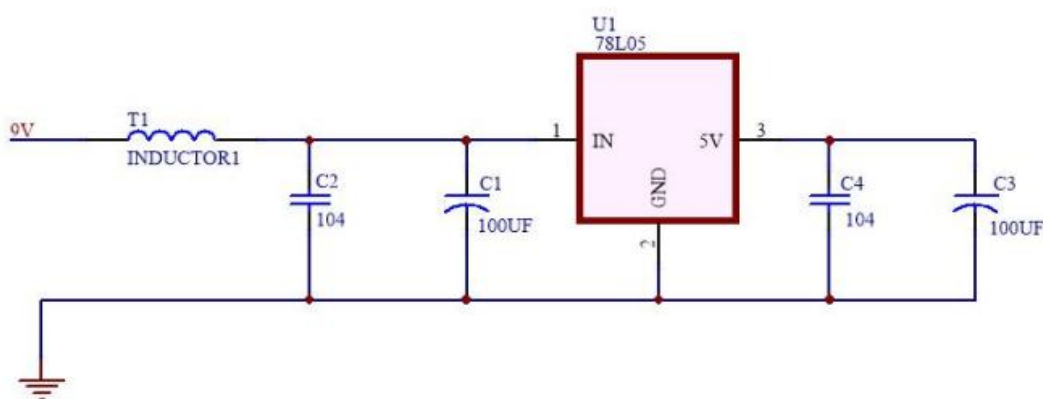


图 6-1: 7805 组成稳压电路

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。

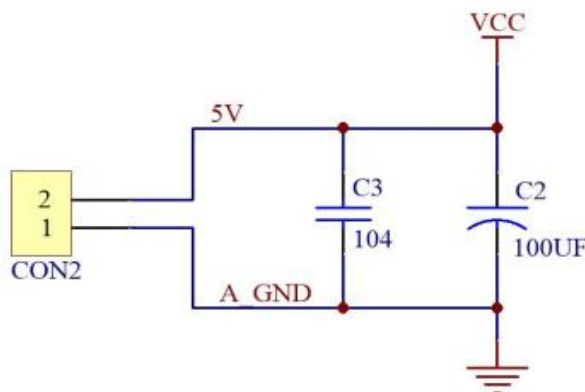


图 6-2: 5V 电源的滤波电路

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。

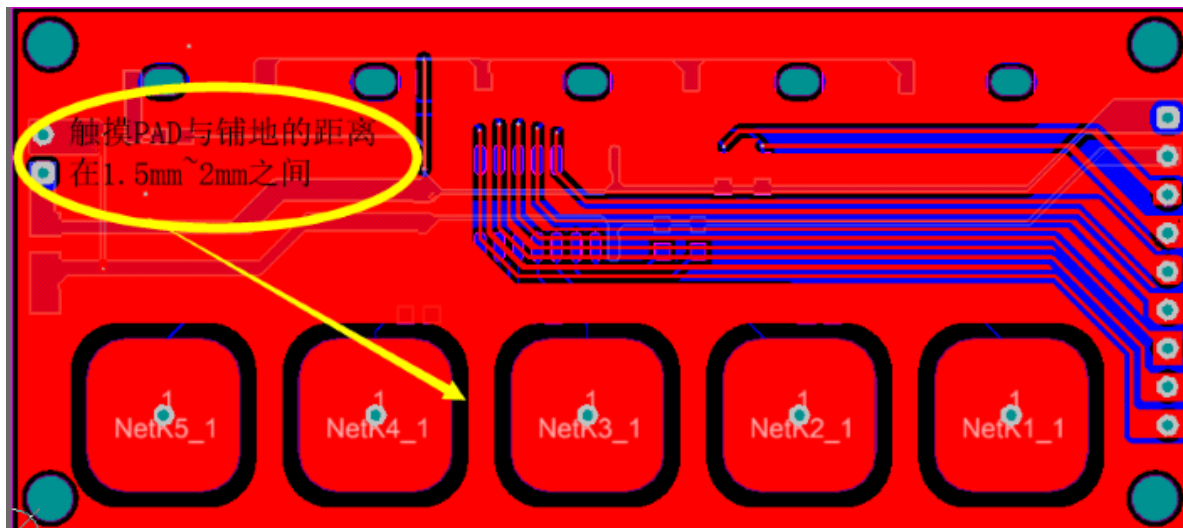


图 7-1: 触摸 PAD 离铺地 1.5MM 以上

- （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。

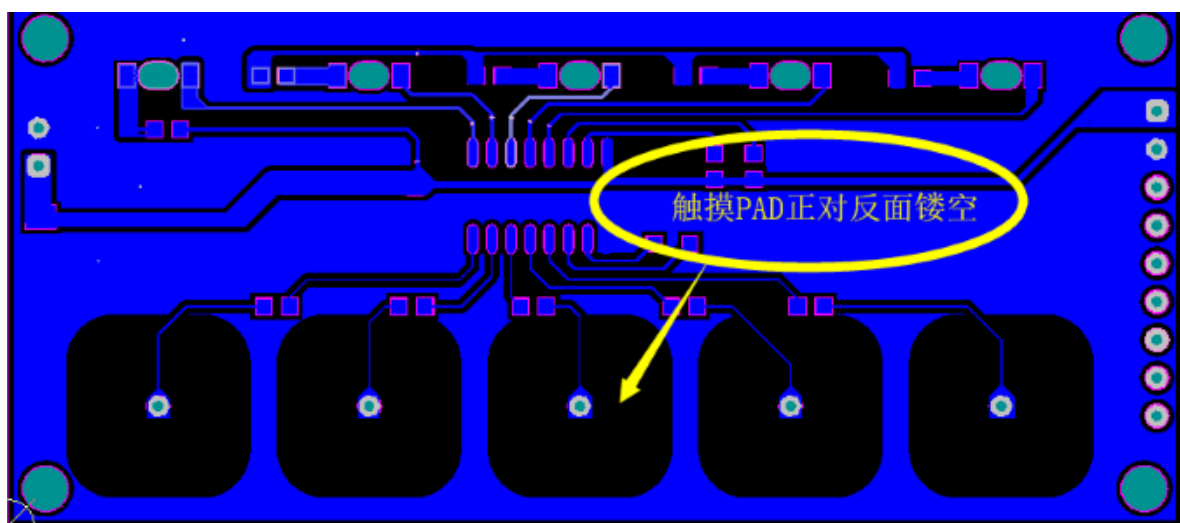


图 7-2：触摸 PAD 正背面镂空

- (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：

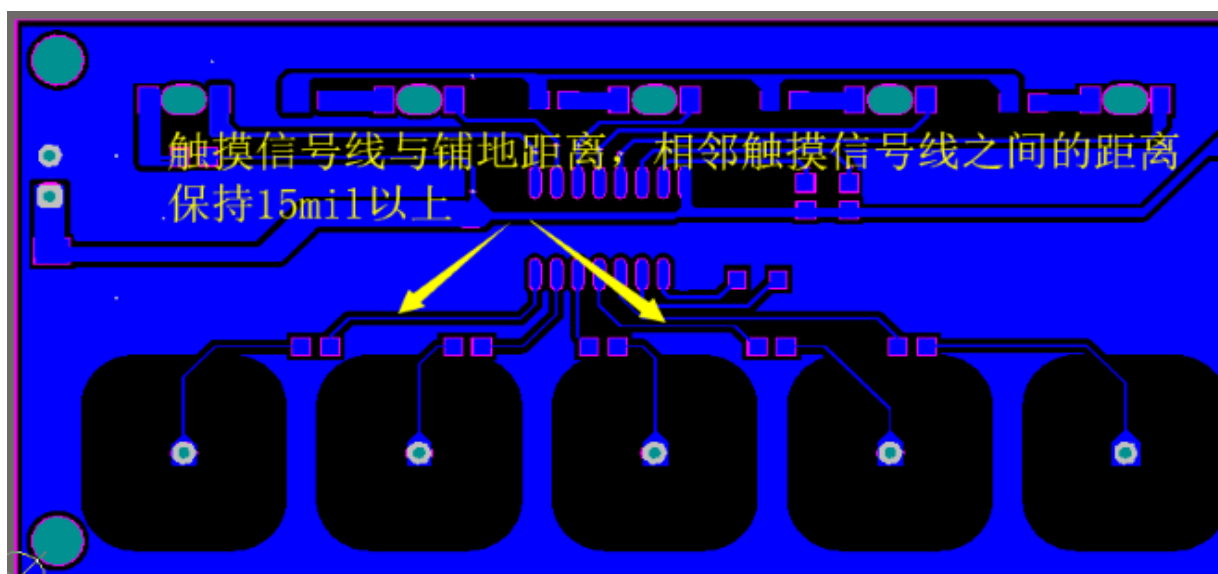


图 7-3：触摸信号线距离铺地及相邻触摸信号线保持 15mil 以上

- (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I²C接口读取SC12A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     0x81    // {A[6:0] + RWB} = 81H
unsigned int  ReadKey(void)
{
    unsigned char  bitnum,temp,addr;
    unsigned int   key2byte;
    bit            bit_temp;
    addr=CON_ADDR;
    key2byte=0xffff;

    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 16 位按键数据字节(D[15:0])
    for(bitnum=0;bitnum<16;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)
        {
            key2byte=key2byte<<1;
            key2byte=key2byte|0x01;
        }
        else
        {

```

```
        key2byte=key2byte<<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
            }
        }
        key2byte=key2byte^0xffff;
    }
    EA=1; //全局中断使能
    return(key2byte); //数据位为 1, 说明相应按键被触摸。例如, 返回值为 0x5000 说明按
                    //键 CIN1 和 CIN3 被触摸。
}
```