Si12T

低功耗 12 通道电容触摸传感器

1. 介绍

Si12T 是一款具有自动灵敏度校准功能的 12 通道电容传感器，其工作电压范围为 1.8~5.0 V。

Si12T 设置 IDLE 模式来节省功耗，此时，功耗电流为 3.5 μA@3.3V。

Si12T 有三种特殊功能：一种是通道 1 上的嵌入式电源键功能，可应用于移动手机；第二种是可用于多芯片的同步功能；另外，芯片具有触摸暂停检测功能，通过 SCT 脚与 SI512/522/523 刷卡芯片配合，大大降低了误触发几率，非常适合智能门锁等应用。

I^2C 串行接口可以检测触摸感应的结果，触摸强度可以被探测，分为低、中和高三种结果。

2. 特性

·上电复位

·自动校准灵敏度功能的 12 通道电容传感器

·可选择的输出模式

·支持外部控制触摸检测暂停

·8 种灵敏度独立可调

·通过外部电阻可调节内部频率

·支持 I^2C 串行接口

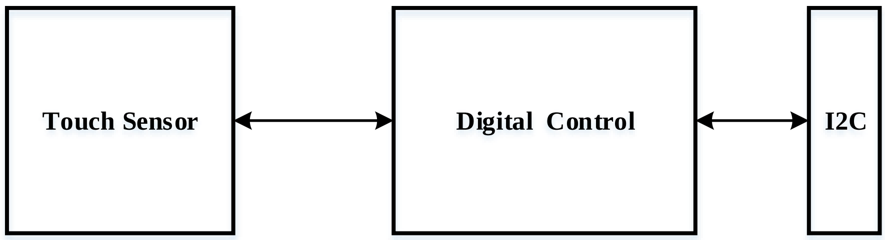
·嵌入式高频率噪声消除电路

·工作模式下功耗电流 69.7 μA（@3.3 V）

·睡眠模式下功耗电流 3.5 μA（@3.3 V）

.支持上电复位

3. 芯片框图



Si12T 简化框图

4. 应用

·移动应用（手机/PDA/PMP 等）

·薄膜开关

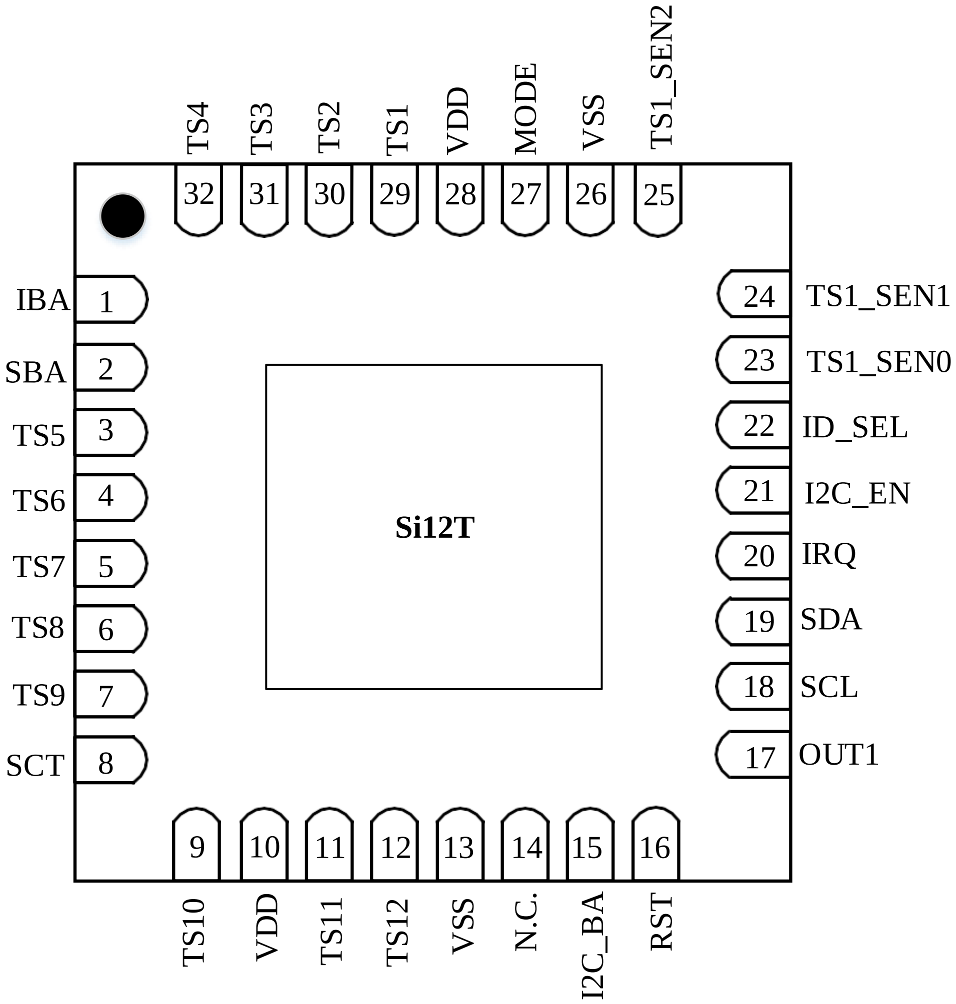
·控制面板，键盘

·门锁应用

·触摸屏幕应用

5. 管脚定义

Si12T 管脚封装示意图如下：



Si12T 管脚示意图

6. 管脚描述

序号	名字	I/O	描述	保护
1	IBA	模拟输入	内部偏压调整	VDD/GND
2	SBA	模拟输入	休眠模式下内部偏压调整	VDD/GND

3	TS5	模拟输入	触摸传感器 5 输入	VDD/GND
4	TS6	模拟输入	触摸传感器 6 输入	VDD/GND
5	TS7	模拟输入	触摸传感器 7 输入	VDD/GND
6	TS8	模拟输入	触摸传感器 8 输入	VDD/GND
7	TS9	模拟输入	触摸传感器 9 输入	VDD/GND
8	SCT	数字输入	触摸检测暂停控制(高电平暂停，0 或者悬空工作)	VDD/GND
9	TS10	模拟输入	触摸传感器 10 输入	VDD/GND
10	VDD	数字输入	-	VDD/GND
11	TS11	模拟输入	触摸传感器 11 输入	VDD/GND
12	TS12	模拟输入	触摸传感器 12 输入	VDD/GND
13	VSS	Ground	-	VDD
14	N.C.	-	悬空	-
15	I2C_BA	模拟输入	内部 I2C 时钟调整	VDD/GND
16	RST	数字输入	系统复位（高电平复位）	VDD/GND
17	OUT1	数字输出	通道 1 的输出（开漏）	VDD/GND
18	SCL	数字输入	I2C 时钟	VDD/GND
19	SDA	数字输入/输出	I2C 数据	VDD/GND

20	IRQ	数字输出	中断输出（开漏）	VDD/GND
21	I2C_EN	数字输入	I2C 使能（低有效）	VDD/GND
22	ID_SEL	数字输入	I2C 设备地址选择	VDD/GND
23	TS1_SEN0	数字输入	TS1 灵敏度控制 0 位	VDD/GND
24	TS1_SEN1	数字输入/ 数字输出	TS1 灵敏度控制 1 位	VDD/GND
25	TS1_SEN2	数字输入	TS1 灵敏度控制 2 位	VDD/GND
26	VSS	数字输入	-	VDD/GND
27	MODE	数字输入/输出	输出模式控制/同步脉冲的输入输出	VDD/GND
28	VDD	电源	1.8V~5.0V	GND
29	TS1	模拟输入	触摸传感器 1 输入	VDD/GND
30	TS2	模拟输入	触摸传感器 2 输入	VDD/GND
31	TS3	模拟输入	触摸传感器 3 输入	VDD/GND
32	TS4	模拟输入	触摸传感器 4 输入	VDD/GND

7. 额定值

电池供电电压	5.0 V
任何 pin 上的最大电压	VDD+0.3
任何 PAD 上的最大电流	100 mA

耗散功率 800 mW

8. 电气特性

V_{DD} = 3.3 V，典型系统频率（除非特别标注），T_A = 25℃

表 1 主要参数指标

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	V_{DD}		1.8	3.3	5.0	V
功耗电流[1]	I_{DD}	V_{DD} = 3.3 V R_B = 510 K R_SB=0	-	67.68	-	μA
		V_{DD} = 5.0 V R_B = 510 K R_SB=0	-	145	-	
		Non-Sensing time: V_{DD} = 3.3 V R_B = 510 K R_SB=6 M	-	3.48	-	
		Non-Sensing time: VDD = 5.0 V RB = 510 K R_SB=6 M	--	10.44	-	
	I_{DD_I2C}	V_{DD} = 3.3 V R_B = 510 K R_{I2C}=20 k	-	0.67	-	mA
		V_{DD} = 5.0 V R_B = 510 K R_{I2C}=20 k	-	1.1	-	
		IDD_I2C Disable	-	-	0.04	nA
输入感应电容范围[2]	C_S		-	10	110	pF
输入感应电阻范围	R_S		-	200	2000	Ω

最小检测电容差	ΔC	C_S = 10 pF, C_{DEG} = 200 pF（I2C 选择默认灵敏度）	0.2	-	-	pF
输出阻抗（漏极开路）	Z_O	ΔC > 0.2 pF(无法精确测量), C_S = 10 pF,（I2C 选择默认灵敏度）	-	71	-	Ω
		ΔC < 0.2 pF(无法精确测量), C_S = 10 pF,（I2C 选择默认灵敏度）	-	41.25 M	-	
复位后自校验时间	T_{CAL}	V_{DD} = 3.3 V R_B = 510 K	-	120	-	ms
		V_{DD} = 5.0 V R_B = 510 K	-	98	-	
推荐偏置电阻范围[3]	R_B	V_{DD} = 3.3 V	100	510	1500	KΩ
		V_{DD} = 5.0 V	100	510	1500	
最大偏置电容	C_{B_MAX}		-	820	1500	pF
推荐同步电阻范围	R_{SYNC}		0.91	2	20	MΩ

注：[1] SCL 频率为 500 kHz 时；

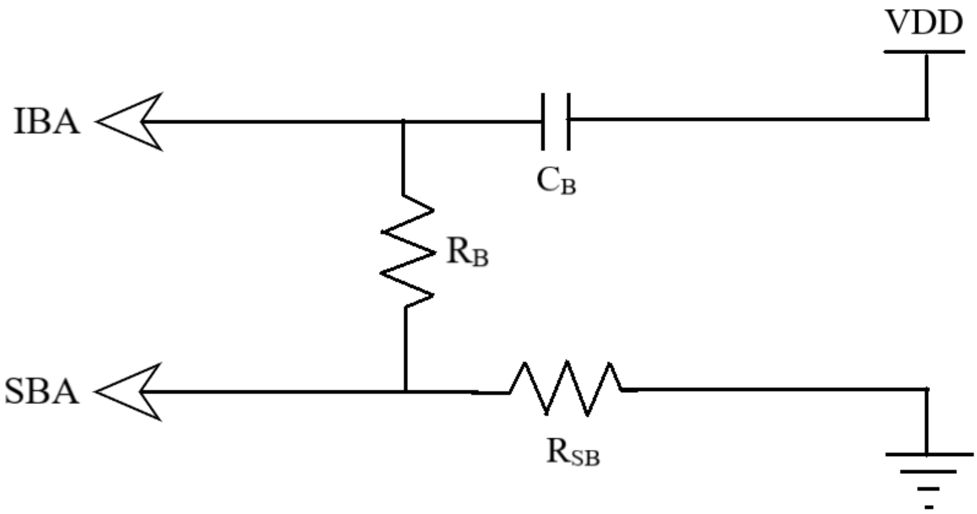
[2] 当 C_S 更低时，灵敏度变高；

当使用 3T PC 覆盖层和 10 mm * 7 mm 触摸图形，推荐 C_S 值是 10 pF；

[3]在噪声情况下推荐 R_B 值更低。

9. Si12T 实现

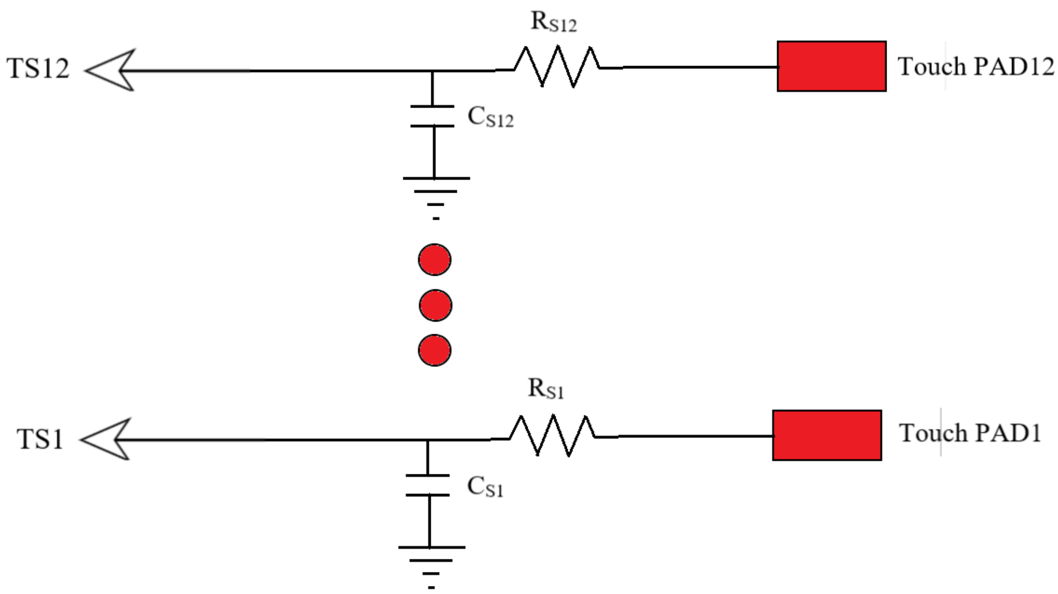
9.1 IBA 和 SBA 实现



IBA 连接到电阻来决定振荡器和内部偏置电流，因此，可以通过 R_B 来调节感应频率，内部时钟频率和功耗电流。IBA 上的电压波动可能导致严重错误，因此建议将 C_B 连接至 VDD（非 GND）。（C_B 的典型值为 820 pF，最大值为 1.5 nF。）

当 **Si12T** 工作在休眠状态下，R_{SB} 应按照上图连接来节省功耗电流。在这种情况下，功耗取决于串行电阻的总和，并且响应时间可能会更长。

9.2 TS 实现



Si12T 大体上具有 8 种灵敏度，可通过 I^2C 接口控制内部寄存器获得。并联电容 C_{S1}…C_{S12} 分别用来对 TS1…TS12 的灵敏度调节，随着 C_S 值的减小，灵敏度越高。内部每个通道的触摸判定彼此分离，因此，仅使用一个 **Si12T** 就可以设计 12 通道触摸键盘应用，而不会出现耦合问题。R_S 是串行连接电阻，用来避免外部电涌和 ESD 引起的故障，R_S 建议从 200 到 1 KΩ。PAD 的大小和形状可能会影响灵敏度，当 PAD 的大小约为第一个指节的一半时（约 10 mm * 7 mm），灵敏度将达到最佳。建议将 TS1~TS12 到触摸 PAD 的连接线尽可能短的布线，以防止由于连接线的原因引起的异常触摸检测。未使用的 CS 管脚必须接地，以防止在浮动 CS 管脚中发生不可预测的故障。

9.3 MODE 实现

9.3.1 输出模式选择

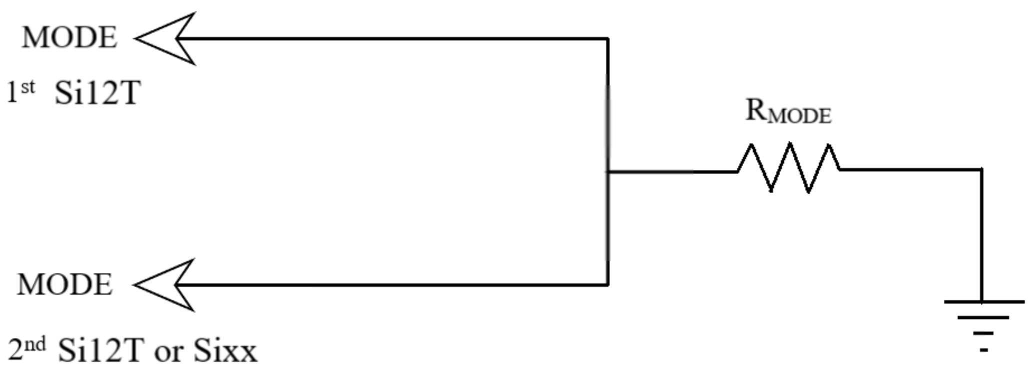
这个管脚用来实现选择输出模式，它将决定 **Si12T** 工作在单点还是多点触摸检测模式，并且通过以下电路实现。

Single Output Mode Implementation

Multi Output Mode Implementation

9.3.2 多芯片应用

借助此引脚的 MDOE 功能，两个及以上的 Si12T 芯片可以同时在一个应用上工作。MDOE 脉冲可以防止两个以上的感应信号相互干扰。R_{MODE} 是 MODE 引脚的下拉电阻，R_{MODE} 的值太大会使 MDOE 脉冲下降延迟，而 R_{MODE} 值小会使上升脉冲延迟，R_{MODE} 的典型值为 2 MΩ，同步管脚应该通过以下方式实现。通过使用 MDOE 功能，**Si12T** 也可以与其他 Sixx 系列一起使用，但 **Si12T** 的多输出模式只能在此配置下使用。



MODE 推荐外围电路

9.4 TS1_SEN0, TS1_SEN1, TS1_SEN2 实现

TS1_SEN0,1 和 2 仅控制 TS1 的灵敏度，如果 TS_SEN[2:0] = 011，通道 1 的敏感度也跟其他通道一样被寄存器控制，但如果不等于 011，其敏感度应该被下图所固定。

TS_SEN(2:0)	**通道 1 的灵敏度(@Cs = 0 pF)**		
	低	**中**	**高**
011	由寄存器值决定(参考 I^2C 寄存器描述)		
000	0.35%	0.50%	0.65%
001	0.50%	0.70%	0.90%
010	0.60%	0.90%	1.20%
100	1.05%	1.50%	2.00%
101	1.40%	2.05%	2.65%
110	1.80%	2.55%	3.30%
111	2.45%	3.55%	4.65%

9.5 RESET 实现

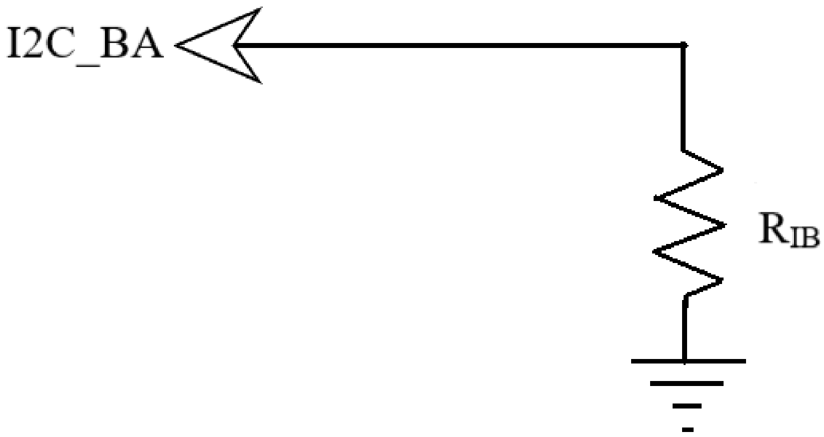
控制芯片的复位，高电平复位。

9.6 SCT 实现

SCT 悬空或接低电平，芯片正常工作；接高电平则暂停触摸功能。

10. I^2C 接口

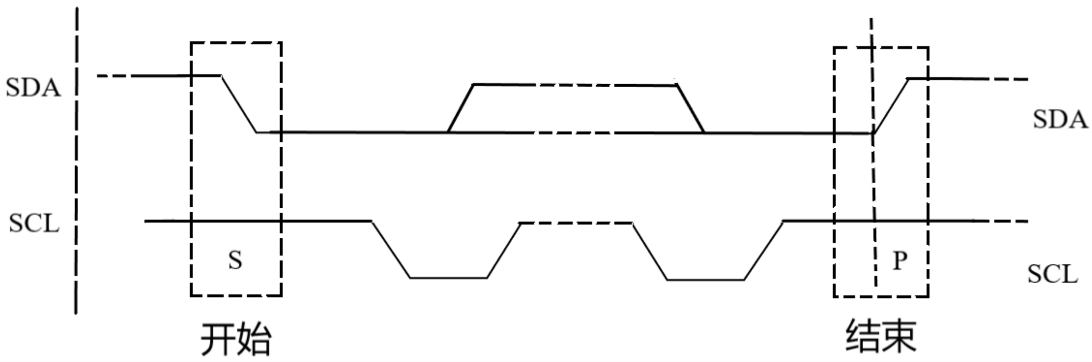
10.1 I2C_BA 实现



R_{IB}只控制 I^{2}C 内部时钟，且通过以上电路实现。R_{IB}越小，I^{2}C 的内部时钟频率和功耗电流越大。

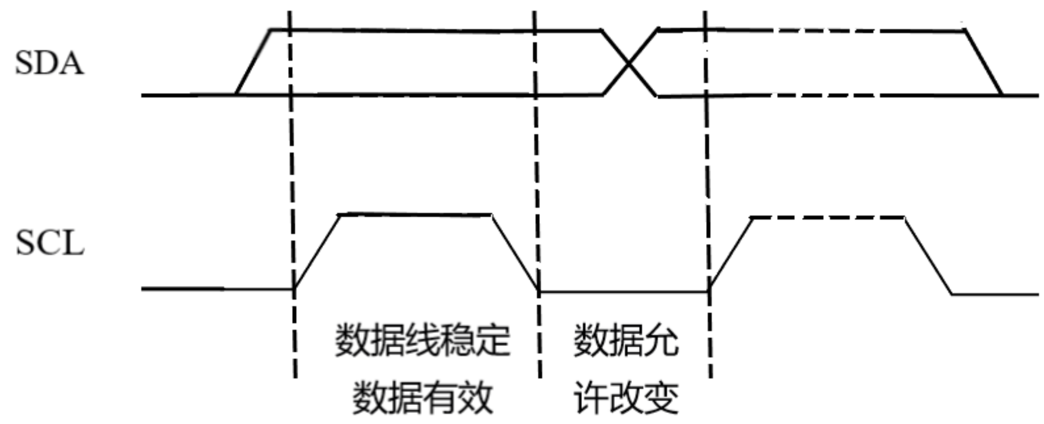
10.2 开始和结束情况

- 开始（S）
- 结束（P）
- 重新开始（Sr）



10.3 数据有效性

当 SCL 为高时，SDA 稳定，SCL 为低，SDA 可以改变。

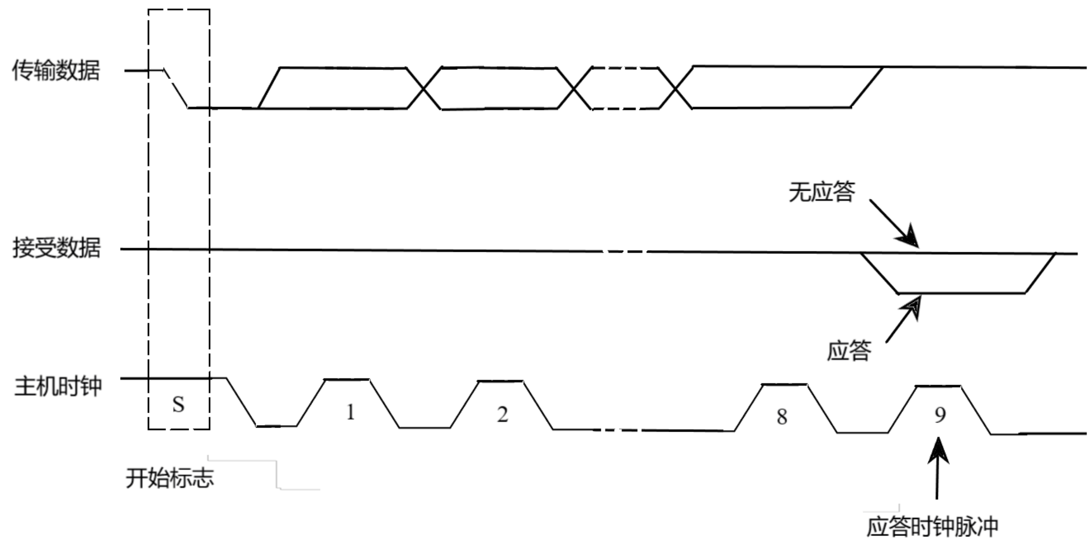


10.4 字节格式

字节结构由 8 bit 数据和一个应答信号组成。

10.5 应答

应答信号检测接收方接受发送方的数据是否正确，如果正确，接受方写“0”，反之，写“1”。



10.6 第一个字节

10.6.1 从机地址

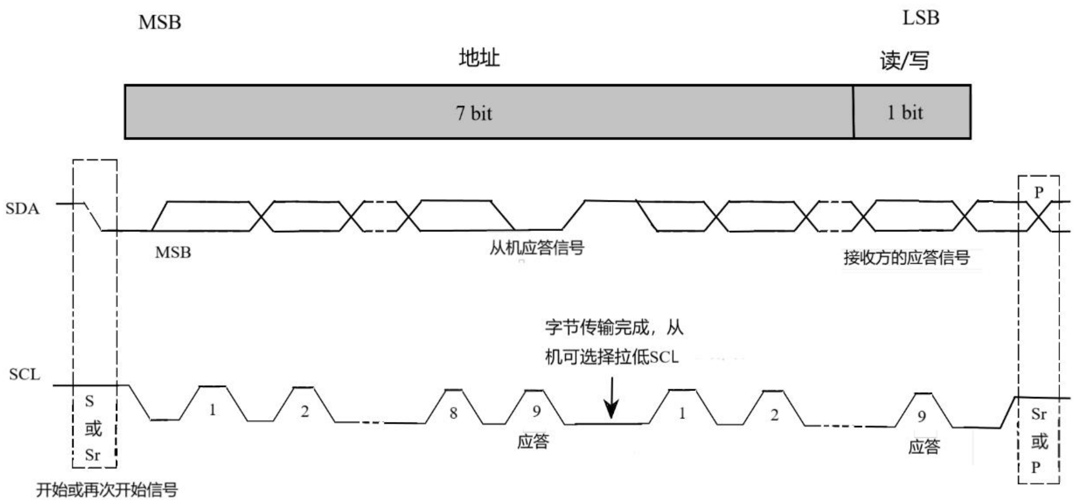
从机地址时开始位后的第一个字节，它被用来访问从机设备。

Si12T 芯片地址：7bit

ID_SEL	Address
GND	0xD0
VDD	0xF0

10.6.2 R/ $\overline{W}$

这个 bit 决定数据的传输方向，它跟着地址数据。



10.7 传输数据

10.7.1 写操作

字节序列如下：

- 第一个字节给出设备地址和方向位（R/W = 0）；
- 第二个字节包含要访问的第一个寄存器的内部地址；
- 下一个字节写入内部寄存器，随后的字节写入后续的内部寄存器中；
- 直到遇到停止信号传输结束；
- Si12T 确认每个字节传输。

S	设备 地址	读(1)/写(0)	A	数据 1	A	。。。	数据 n	$\overline{A}$	P

注：阴影部分由主机传送到从机；空白部分由从机传送到主机；

$\overline{A}$ = 无应答(SDA 拉高)；A = 应答(SDA 拉低)；S = 开始信号。

10.7.2 读操作

在没有数据的写操作中编程读取第一个寄存器的地址，并以收到停止条件终止。然后，另一个起始位后面跟着设备地址和 R/W = 1。之后，所有的后续字节都要从起始地址开始连续读取数据。

S	设备 地址	读(1)/写(0)	A	数据 1	A	。。。	数据 n	$\overline{A}$	P

10.7.3 读/写操作

S	设备 地址	读/写	A	n 字节数据 +应答	Sr	设备 地址	读/写	A	n 字节数据 +应答	P

10.8 在正常模式下 I²C 读写操作

下图表示正常模式下 I²C 写和读寄存器

- 数据 AA 和 BB 写入寄存器 0x00 到 0x01

S	设备地址 0x48	应答	寄存器地址 0x00	应答	AA	应答	BB	应答	P

- 读寄存器 0x00 到 0x01

S	设备地址 0x48	应答	寄存器地址 0x00	应答	P

S	设备地址 0x49	应答	读数据 AA	应答	读数据 BB	无应答	P

11. Si12T 控制寄存器列表

注 1：I²C 寄存器中未使用的 bit 位（定义为保留位）必须保持位 0；

注 2：HS（高灵敏度）/MS（中灵敏度）/LS（低灵敏度）；

注 3：Low Output（轻触）/Middle Output（中触）/High Output（高触）。

11.1 I²C 寄存器映射

名称	地址 (Hex)	复位值 (Bin)	每个字节的 bit 名称							
			Bit7	**Bit6**	**Bit5**	**Bit4**	**Bit3**	**Bit2**	**Bit1**	**Bit0**
SEN1	**02h**	**1011 1011**	Ch2HL	Ch2M			Ch1HL	Ch1M		
SEN2	**03h**	**1011 1011**	Ch4HL	Ch4M			Ch3HL	Ch3M		
SEN3	**04h**	**1011 1011**	Ch6HL	Ch6M			Ch5HL	Ch5M		
SEN4	**05h**	**1011 1011**	Ch8HL	Ch8M			Ch7HL	Ch7M		
SEN5	**06h**	**1011 1011**	Ch10HL	Ch10M			Ch9HL	Ch9M		
SEN6	**07h**	**1011 1011**	Ch12HL	Ch12M			Ch11HL	Ch11M		
CFIG	**08h**	**0010 0010**	MS	FTC[1:0]		ILC[1:0]		RTC[2:0]		
CTRL	**09h**	**0000 01XX**	0	0	0	0	SRST	SLEEP	1	1
Ref_rst1	**0Ah**	**1111 1110**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
Ref_rst2	**0Bh**	**0000 1111**	0	0	0	0	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9
Ch_on1	**0Ch**	**1111 1110**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
Ch_on2	**0Dh**	**0011 1111**	0	0	1	1	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9
Cal_on1	**0Eh**	**0000 0000**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
Cal_on2	**0Fh**	**0000 0000**	0	0	0	0	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9
Output1	**10h**	**0000 0000**	OUT4		OUT3		OUT2		OUT1	
Output2	**11h**	**0000 0000**	OUT8		OUT7		OUT6		OUT5	
Output3	**12h**	**0000 0000**	OUT12		OUT11		OUT10		OUT9	

11.2 详细描述

11.2.1 灵敏度控制寄存器

类型：R/W

地址	寄存器名	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
02h	**SEN1**	Ch2HL	Ch2M			Ch1HL	Ch1M		
03h	**SEN2**	Ch4HL	Ch4M			Ch3HL	Ch3M		
04h	**SEN3**	Ch6HL	Ch6M			Ch5HL	Ch5M		

05h	**SEN4**	Ch8HL	Ch8M	Ch7HL	Ch7M
06h	**SEN5**	Ch10HL	Ch10M	Ch9HL	Ch9M
07h	**SEN6**	Ch12HL	Ch12M	Ch11HL	Ch11M

描述：

通道 1~12 的灵敏度可通过 SEN1~ SEN6 寄存器调节。ChxM[2:0]允许不同的中等灵敏度，并且高低灵敏度由 ChxHL 决定。

<table>
<tr><th>Bit 名称</th><th>复位值</th><th colspan="4">功能</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ChxM[2:0]</td><td rowspan="2">011</td><td colspan="4">中灵敏度</td></tr>
<tr><td colspan="2">◊ 000 ： 0.50%
◊ 001 ： 0.70%
◊ 010 ： 0.90%
◊ 011 ： 1.20%</td><td colspan="2">◊ 100 ： 1.50%
◊ 101 ： 2.05%
◊ 110 ： 2.55.%
◊ 111 ： 3.55%</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ChxHL</td><td rowspan="4">1</td><td colspan="4">通道 x 选择高低灵敏度</td></tr>
<tr><td colspan="2">0</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td>低灵敏度</td><td>高灵敏度</td><td>低灵敏度</td><td>高灵敏度</td></tr>
<tr><td>◊ 000 ： 0.40%
◊ 001 ： 0.55%
◊ 010 ： 0.70%
◊ 011 ： 0.95%
◊ 100 ： 1.20%
◊ 101 ： 1.60%
◊ 110 ： 2.05%
◊ 111 ： 2.85%</td><td>◊ 000 ： 0.60%
◊ 001 ： 0.85%
◊ 010 ： 1.10%
◊ 011 ： 1.45%
◊ 100 ： 1.85%
◊ 101 ： 2.45%
◊ 110 ： 3.05%
◊ 111 ： 4.30%</td><td>◊ 000 ：0.35%
◊ 001 ：0.50%
◊ 010 ：0.60%
◊ 011 ：0.85%
◊ 100 ：1.05%
◊ 101 ：1.40%
◊ 110 ：1.80%
◊ 111 ：2.45%</td><td>◊ 000 ：0.65%
◊ 001 ：0.90%
◊ 010 ：1.20%
◊ 011 ：1.60%
◊ 100 ：2.00%
◊ 101 ：2.65%
◊ 110 ：3.30%
◊ 111 ：4.65%</td></tr>
</table>

11.2.2 通用配置寄存器

类型：R/W

地址	**寄存器名称**	**Bit7**	**Bit6**	**Bit5**	**Bit4**	**Bit3**	**Bit2**	**Bit1**	**Bit0**
08h	**CFIG**	MS	FTC[1:0]		ILC[1:0]		RTC[2:0]		

描述：

上电复位后的校准速度在 FTC [1:0]定义的时间内非常高，可以很好地应对不稳定的外部环境。

Bit 名称	**复位值**	**功能**
MS	0	模式选择 0 ： 自动选择(快/慢)模式

		1 ： 快模式
FTC[1:0]	01	第一次触摸控制 00 ： 5 sec 01 ： 10 sec 10 ： 15 sec 11 ： 20 sec
ILC[1:0]	00	中断水平控制 00 ： 中断在中或高输出 01 ： 中断在低中高输出 10 ： 中断在中或高输出 11 ： 中断在高输出 注：低中高分别为对应通道 output 的输出强度
RTC[2:0]	011	响应时间控制 响应周期 = RTC[2:0] + 2

11.2.3 通用控制寄存器

类型：R/W

地址	寄存器名称	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
09h	**CTRL**	0	0	0	0	SRST	SLEEP	1	1

描述：

当设置 SRST 后，除模拟和 I^2C 模块外的所有数字模块均会复位。 当设置为休眠模式后，功耗电流变得非常低，但响应时间将比正常操作更长。

Bit 名称	复位值	功能
SRST	0	软件复位 0 ： 不使能软件复位 1 ： 使能软件复位
SLEEP	1	睡眠模式使能 0 ： 不使能睡眠模式 1 ： 使能睡眠模式

11.2.4 通道参考值复位控制寄存器

类型：R/W

地址	寄存器名称	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Ah	**Ref_rst1**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
0Bh	**Ref_rst2**	0	0	0	0	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9

描述:

当设置 Chx 后，每个通道的参考值将被更新。

Bit 名称	复位值	功能
Ch1	0	0 ： 不使能参考值复位 1 ： 使能参考值复位
Ch2~Ch12	1	0 ： 不使能参考值复位 1 ： 使能参考值模式

11.2.5 通道感应控制寄存器

类型: R/W

地址	寄存器名称	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Ch	**Ch_on1**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
0Dh	**Ch_on2**	0	0	1	1	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9

注：地址 0x0D 的 Bit4 和 Bit5 必须保持为 1。

描述:

每个通道的操作均可独立控制。 当设置某一通道不使能后，对应通道将无法工作，并且校准会暂停。

Bit 名称	复位值	功能
Ch1	0	0 ： 使能操作(感应+校准) 1 ： 保持操作(不感应+停止校准)
Ch2~Ch12	1	0 ： 使能操作(感应+校准) 1 ： 保持操作(不感应+停止校准)

11.2.6 通道校准控制寄存器

类型: R/W

地址	寄存器名称	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Eh	**Cal_on1**	Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
0Fh	**Cal_on2**	0	0	0	0	Ch12	Ch11	Ch10	Ch9

描述:

每个通道的校准均可独立控制。 即使设置一个通道不使能，每个通道仍在工作

Bit 名称	复位值	功能
Ch1~Ch12	0	0 ： 使能参考值校准(感应+校准) 1 ： 不使能参考值校准(感应+不校准)

11.2.7 输出寄存器

类型：R

地址	寄存器名称	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
10h	**output1**	OUT4[1:0]		OUT3[1:0]		OUT2[1:0]		OUT1[1:0]	
11h	**output2**	OUT8[1:0]		OUT7[1:0]		OUT6[1:0]		OUT5[1:0]	
12h	**output3**	OUT12[1:0]		OUT11[1:0]		OUT10[1:0]		OUT9[1:0]	

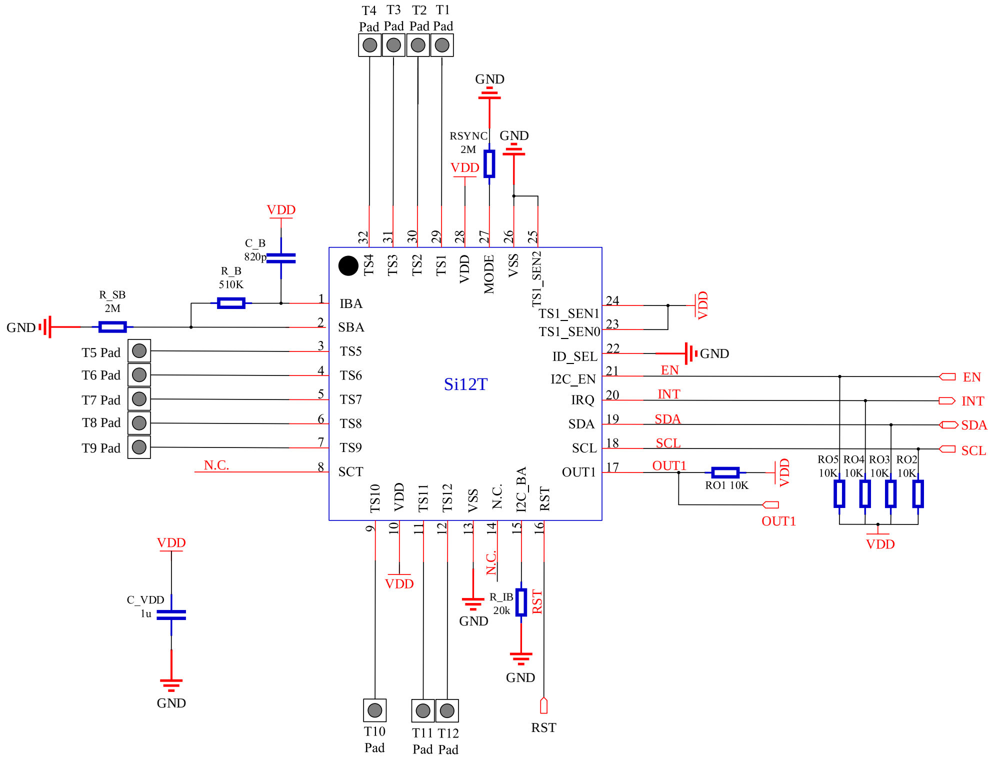
描述：

Si12T 的每个通道输出被压缩成 2bits 表示，并且具有低，中，高三种等级的输出信息

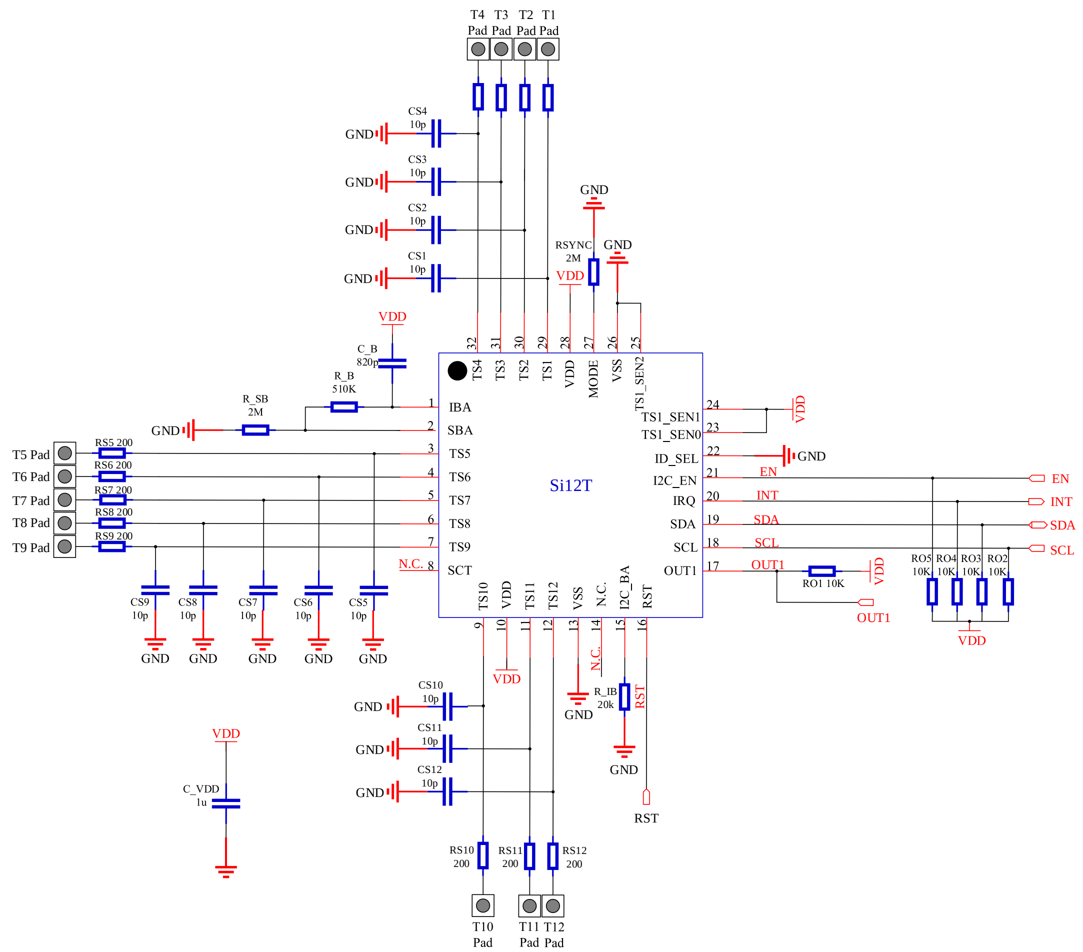
Bit 名称	复位值	功能
OUT1[1:0] ~ OUT12[1:0]	00	通道输出 00 ： 无输出 01 ： 低输出 10 ： 中输出 11 ： 高输出

12.典型应用原理图

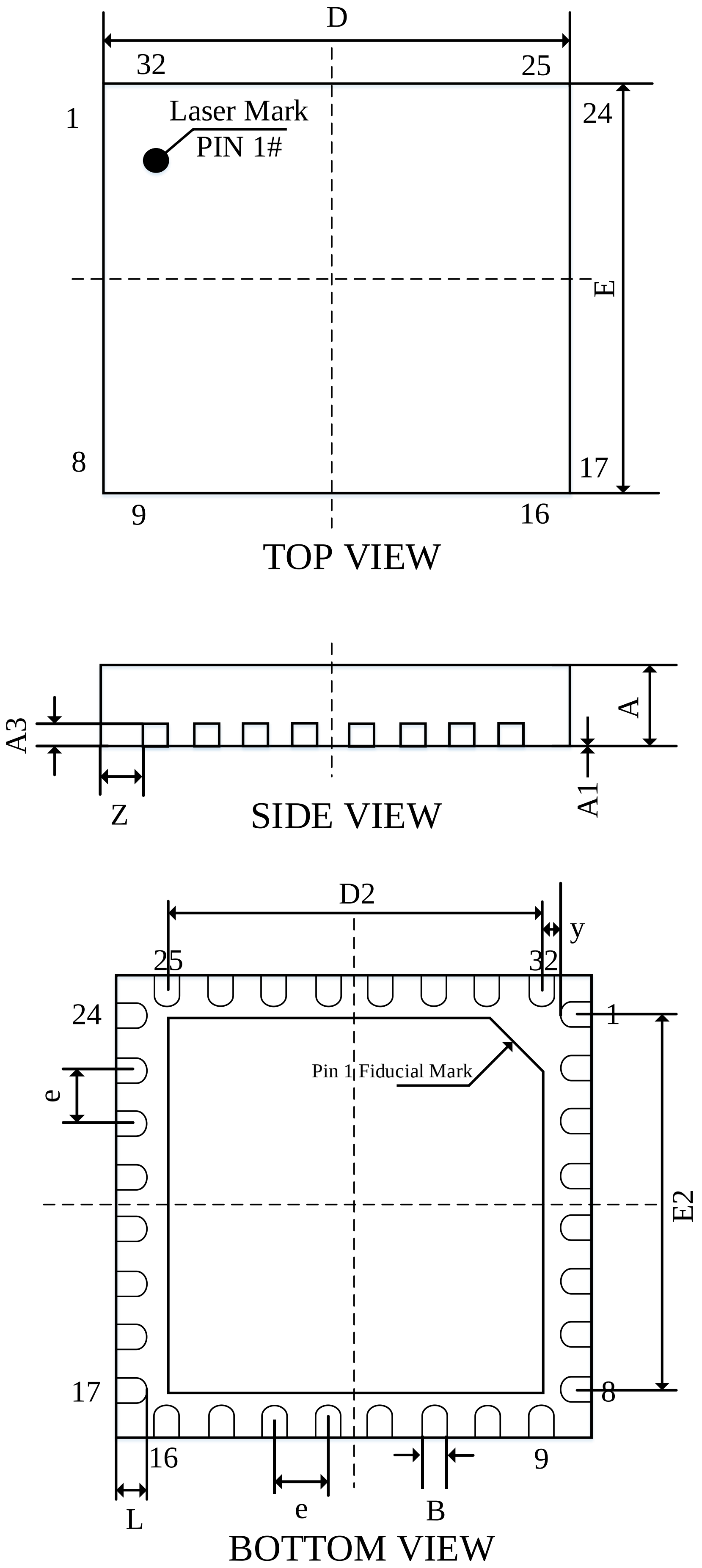
12.1 在无噪声环境下的应用原理图



12.2 在噪声环境下的应用原理图



13.封装尺寸


D
32
25
1
Laser Mark
PIN 1#
24
E
8
17
9
16
TOP VIEW
A3
A
Z
SIDE VIEW
A1
D2
y
25
32
24
1
e
Pin 1 Fiducial Mark
E2
17
8
16
9
L
e
B
BOTTOM VIEW

封装尺寸表

符号	单位（毫米）		
	MIN	**NOM**	**MAX**
D	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10
D2	3.40	3.50	3.60
E2	3.40	3.50	3.60
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF		
B	0.20	0.25	0.30
e	0.50 BSC		
L	0.33	0.38	0.43
y	0.38 REF		
Z	0.625 REF		

14.修改记录

版本	修改日期	修改内容	修改人员
V0.1	2020/10/12	初稿	DG Group
V0.2	2021/3/12	地址 0x0D 的 Bit5 和 BIt4 必须保持为 1。	DG Group

15. 联系方式

深圳市动能世纪科技有限公司
官网：www.dnsj88.com
电话：0755-82539044
邮箱：DNSJ@-DN-IC.COM
华强总部：深圳市福田区振中路与中航路交汇处
新亚洲国利大厦1139-1142室
南山分部：深圳市南山区沙河西路深圳湾
科技生态园6栋5楼519室