# 3D高精度角度位置传感器IC

## 1. 产品特性

- AEC_Q100 汽车级认证
- 符合 ISO26262 功能安全 ASIL B
- 基于 IMC 3D 感应原理，可选 XY,XZ,YZ 平面的角度和直线位移检测
- 宽工作温度范围：-40℃ 到 160℃
- 可选输出模式：模拟输出，脉宽调制 PWM 输出，数字 SPI 输出，符合 SAE J2716 标准的 SENT 输出，以及 2 线电流型 PSI5（V2.3）输出
- 可编程线性传输特性 (任意 4 点、8 点或者范围可选的 16 段、32 段等分曲线)
- 32 位可编程用户 ID
- 丰富的片上诊断功能
- 断线诊断 (VDD 开路，VSS 开路)
- 过流、过压保护；欠压检测
- 封装形式
  - SOP-8L
  - TSSOP-16L
  - SIP-3L

## 2. 产品应用

- 油门踏板传感器
- 方向盘转角传感器
- 换挡器档位位置检测
- 节气门和废气再循环阀
- 涡轮增压执行器
- 旋钮开关
- 车身高度
- 3D 手柄

## 3. 产品描述

SC69431 是赛卓电子推出的新一代基于集磁片 IMC 3D 磁感应原理的位置传感器芯片。该芯片内部集成了 2 对相互垂直放置的霍尔阵列和一个集磁片，信号经前级放大器放大之后由内部的模数转换电路进行采样，芯片专有的 DSP 电路进行角度运算，最后通过多种接口形式输出绝对角度位置，线性位置，以及 3D 位置。

SC69431 提供多种输出方式：模拟输出、脉宽调制 PWM 输出、4 线数字 SPI 总线方式，数字 SENT 输出，2 线电流型 PSI5 输出。输出曲线可以选择任意 4 点、8 点或者范围可选的 16 段、32 段等分曲线编程方式。

SC69431 作为一颗主要面向汽车应用的传感器芯片，提供了丰富的片上诊断功能。芯片在设计开发过程中遵循 ISO 26262 标准进行，符合 ASIL-B 等级。

SC69431 提供 8 脚 SOP-8L 和 16 脚 TSSOP-16L 以及 3 脚 SIP-3L 封装，100% 无铅无卤绿色框架，符合环保要求。




图 1 封装示意图

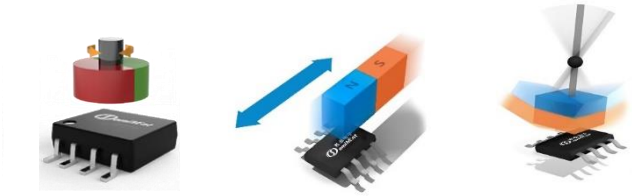


图 2 产品示意图

# 目录

1. 产品特性 ..... 1
2. 产品应用 ..... 1
3. 产品描述 ..... 1
4. 引脚定义 ..... 3
5. 订购信息 ..... 6
6. 极限参数 ..... 7
7. 静电保护 ..... 7
8. 双芯片隔离参数 ..... 7
9. 工作参数 ..... 8
10. 功能框图 ..... 14
11. 功能描述 ..... 15
12. 典型应用电路 ..... 39
13. 封装信息 ..... 45
13.1. SOP-8L 封装尺寸 ..... 45
13.2. TSSOP-16L 封装尺寸 ..... 46
13.3. SIP-3L 封装尺寸 ..... 47
14. 包装信息 ..... 48
14.1. SOP-8L 编带尺寸 ..... 48
14.2. TSSOP-16L 编带尺寸 ..... 49
14.3. SIP-3L 编带尺寸 ..... 50
15. 外盒信息 ..... 51
15.1. SOP-8L 外盒尺寸 ..... 51
15.2. TSSOP-16L 外盒尺寸 ..... 52
15.3. SIP-3L 外盒尺寸 ..... 53
16. 历史版本 ..... 54

## 4. 引脚定义

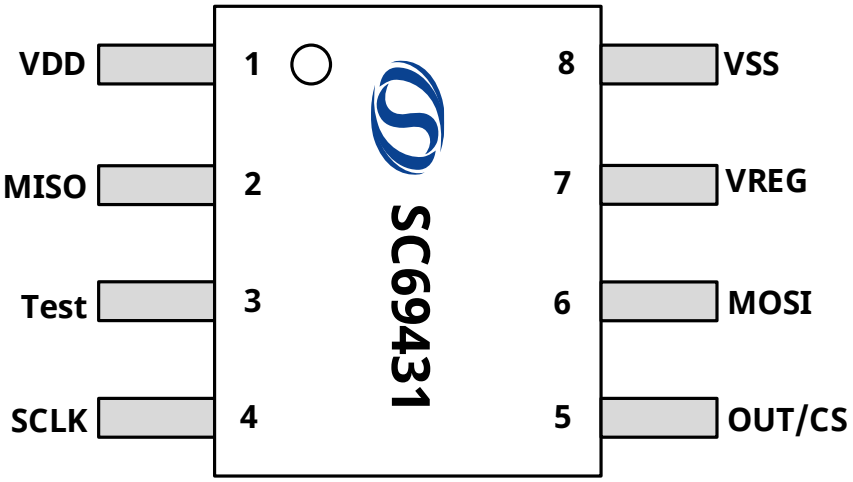



图 3 SOP-8L 引脚描述

| 引脚 | | 类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 名称 | 序号 | | |
| VDD | 1 | 电源 | 电源输入 |
| MISO | 2 | 测试/数字输出 | 测试引脚，接地；MISO: SPI 的主进从出数据引脚 |
| Test | 3 | 测试 | 测试引脚，接地； |
| SCLK | 4 | 测试/数字输入 | 测试引脚，接地; SCLK: SPI 时钟信号输入 |
| OUT/CS | 5 | 输出/数字输入 | 模拟输出；PWM；SENT ；CS:SPI 使能输入引脚 |
| MOSI | 6 | 测试/数字输入 | 测试引脚，接地；MOSI: SPI 的主出从进数据引脚 |
| VREG | 7 | 电源输出 | 内部电源 |
| VSS | 8 | 地 | 地 |

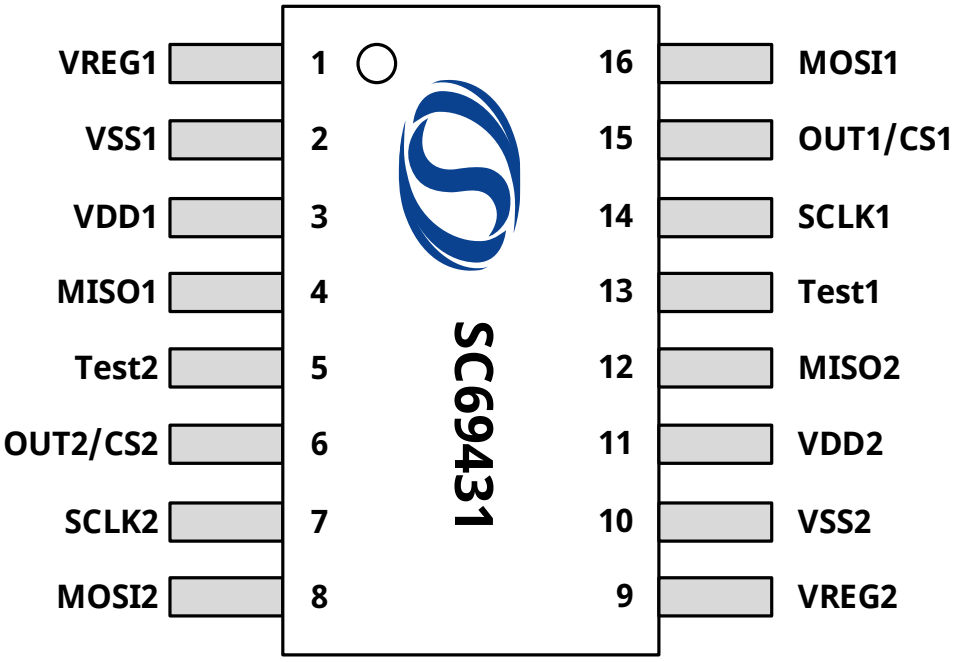



图 4 TSSOP-16L 引脚描述

| 引脚 | | 类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 名称 | 序号 | | |
| VREG1 | 1 | 输出 | 芯片 1 -- 内部电源 |
| VSS1 | 2 | 地 | 芯片 1 -- 地 |
| VDD1 | 3 | 电源 | 芯片 1-- 电源输入 |
| MISO1 | 4 | 数字输出 | 芯片 1 -- MISO: SPI 的主进从出数据引脚 |
| Test2 | 5 | 测试 | 芯片 2 -- 测试引脚，接地 |
| OUT2/CS2 | 6 | 输出/数字输入 | 芯片 2 -- 模拟输出；PWM；SENT；CS:SPI 使能输入引脚 |
| SCLK2 | 7 | 测试/数字输入 | 芯片 2 -- 测试引脚，接地；SCLK：SPI 时钟信号输入 |
| MOSI2 | 8 | 数字输入 | 芯片 2 -- MOSI: SPI 的主出从进数据引脚 |
| VREG2 | 9 | 电源输出 | 芯片 2 -- 内部电源 |
| VSS2 | 10 | 地 | 芯片 2 -- 地 |
| VDD2 | 11 | 电源 | 芯片 2 -- 电源输入 |
| MISO2 | 12 | 测试/数字输出 | 芯片 2 -- 测试引脚，接地；MISO：SPI 的主进从出数据引脚 |
| Test1 | 13 | 测试 | 芯片 1 -- 测试引脚，接地 |
| SCLK1 | 14 | 测试/数字输入 | 芯片 1 -- 测试引脚，接地；SCLK：SPI 时钟信号输入 |
| OUT1/CS1 | 15 | 输出/数字输入 | 芯片 1 -- 模拟输出；PWM；SENT ；CS:SPI 使能输入引脚 |
| MOSI1 | 16 | 数字输入 | 芯片 1 -- MOSI: SPI 的主出从进数据引脚 |

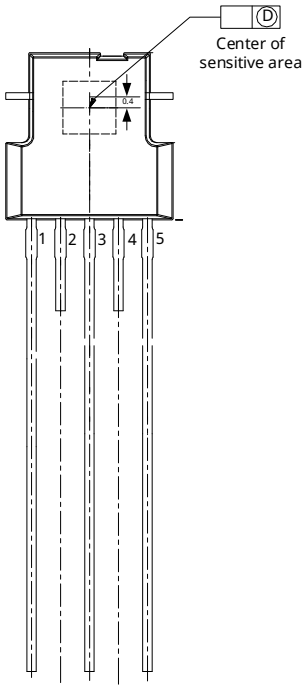


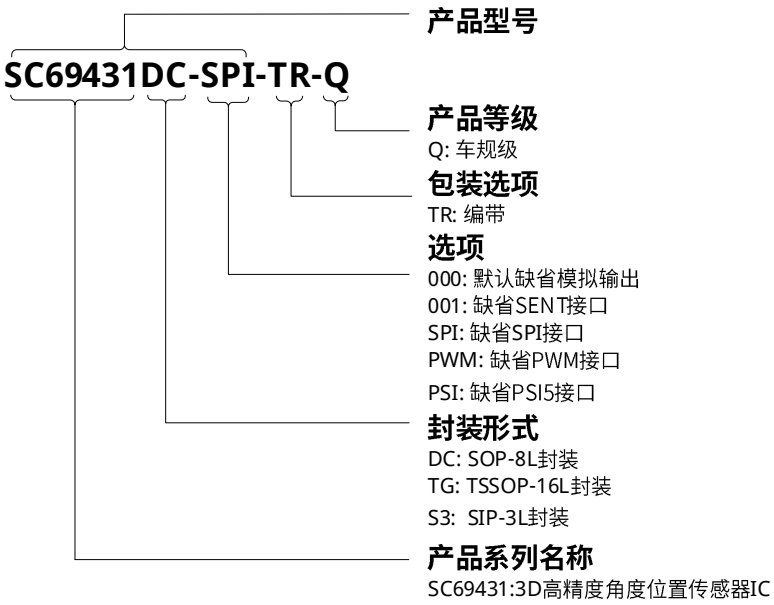

图 5 SIP-3L 引脚描述

| 引脚 | | 类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 名称 | 序号 | | |
| VDD | 1 | 电源 | 电源输入/PSI5-OUT |
| VSS | 3 | 地 | 地 |
| OUT | 5 | 输出 | 模拟输出；PWM；SENT； |

## 5. 订购信息

| 产品名称 | 输出形式 | 温度范围(℃) | 封装外形 | 包装方式 | 数量 |
|---|---|---|---|---|---|
| SC69431DC-000-TR-Q | 模拟输出 | -40~160 | SOP-8L | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC69431DC-SPI-TR-Q | SPI | -40~160 | SOP-8L | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC69431DC-PSI-TR-Q | PSI5 | -40~160 | SOP-8L | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC69431DC-PWM-TR-Q | PWM | -40~160 | SOP-8L | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC69431TG-000-TR-Q | 模拟输出 | -40~160 | TSSOP-16L | 编带 | 3000 颗/盘 |
| SC69431TG-SPI-TR-Q | SPI | -40~160 | TSSOP-16L | 编带 | 3000 颗/盘 |
| SC69431S3-000-TR-Q | 模拟输出 | -40~160 | SIP-3L | 编带 | 2600 颗/盘 |
| SC69431S3-001-TR-Q | SENT | -40~160 | SIP-3L | 编带 | 2600 颗/盘 |
| SC69431S3-PSI-TR-Q | PSI5 | -40~160 | SIP-3L | 编带 | 2600 颗/盘 |

### 订购信息格式



# 6. 极限参数

工作温度范围内(除非另有说明)(1)

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_{DD}$ | 电源端电压 | t＜48h | -14 | 28 | V |
| | | t＜60s | -18 | 37 | V |
| $V_{OUT}$ | 模拟输出电压 | t＜48h | -10 | 24 | V |
| | | t＜60s | -10 | 30 | V |
| $V_{SPIOUT}$ | SPI 输出电压 | | -0.3 | 8 | V |
| $I_R$ | 反向输出电流 | | - | 40 | mA |
| $T_A$ | 工作温度 | | -40 | 160 | ℃ |
| $T_{STG}$ | 储存温度 | | -40 | 165 | ℃ |
| H | 磁场强度 | | -1 | 1 | T |

*备注：*

*(1) 高于此处列出的应力可能会导致器件永久损坏， 长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性*

# 7. 静电保护

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_{ESD_HBM}$ | HBM | 参照 AEC-Q100-002E HBM 标准(SOP-8L/TSSOP-16L 封装) | -4 | +4 | kV |
| $V_{ESD_HBM}$ | HBM | 参照 AEC-Q100-002E HBM 标准(SIP-3L 封装,合封电容) | -8 | +8 | kV |
| $V_{ESD_CDM}$ | CDM | 参照 AEC-Q100-011C CDM 标准 | -750 | 750 | V |

# 8. 双芯片隔离参数

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| IsoR | 隔离电阻 | 仅适用于封装代码 TG，即 TSSOP-16L 封装（双芯片） | 4 | - | MΩ |

# 9. 工作参数

## 电参数

(环境温度 $T_A$=-40~160℃，工作电压范围 $V_{DD}$=4.5~5.5V，除非另有说明)

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{DD_5V}$ | 工作电压 | 5V 模式 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| $V_{DD_3.3V}$ | | $V_{REG}$ 及 $V_{DD}$ 同时接 3.3V，$U_{VLO_3P5EN}$=1 | 3.15 | 3.30 | 3.60 | V |
| $V_{DD_PSI5}$ | | PSI5 | 4.1 | 11.0 | 12.0 | V |
| $I_{DD}$ | 工作电流 | 单路 SOP-8L | - | 7.5 | 10 | mA |
| Isurge | 开机冲击电流 | 单路 SOP-8L | - | - | 25 | mA |
| $I_{OCP}$ | 电流过流报警 | 单路 SOP-8L | - | 25 | 35 | mA |
| $I_{ERRSTART}$ | 启动电流误差 | PSI5 | -2 | - | 2 | mA |
| $\Delta_{IS}$ | SINK 电流 | PSI5-正常功耗模式 | 22 | 26 | 30 | mA |
| | | PSI5-低功耗模式 | 11 | 13 | 15 | mA |
| $IS_{DRIFT}$ | 静态电流偏移 | PSI5 | -4 | - | 4 | mA |
| $V_{REG}$ | 稳压电压 | 5V 模式 | 3.13 | 3.30 | 3.47 | V |
| $V_{REGOVP}$ | 稳压电压过高检测 | 5V 模式 | 3.50 | 3.70 | 3.89 | V |
| $V_{REGUVL}$ | 稳压电压过低检测 | 5V 模式 | 2.6 | 2.9 | 3.0 | V |
| $V_{DD_startH}$ | 启动电压 | 5V 模式 | 3.8 | - | - | V |
| $V_{DDs_tartHyst}$ | 启动电压迟滞 | 5V 模式 | - | 100 | - | mV |
| $V_{UVLO}$ | 欠压检测电压 | $U_{VLO_3P3}$=0 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | V |
| | | $U_{VLO_3P3}$=1 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | V |
| $V_{UVLOHYS}$ | 欠压检测迟滞 | | 50 | 100 | 200 | mV |
| $V_{OVP}$ | 过压保护电压 | 除 PSI5 协议外 | 6.0 | 6.2 | 6.5 | V |
| | | PSI5 | 22 | 24 | 26 | V |
| $V_{OVPHYST}$ | 过压检测迟滞 | 除 PSI5 协议外 | 50 | - | 200 | mV |
| | | PSI5 | 0.8 | 1.4 | 2.0 | V |
| $I_{short}$ | 输出短路电流 | 短路至地，模拟输出 | - | - | 15 | mA |
| | | 短路至地，PWM，SENT 推挽输出 | - | - | 30 | mA |
| | | 短路至电源，模拟输出 | - | - | 15 | mA |
| | | 短路至电源，PWM，SENT 推挽输出 | - | - | 30 | mA |
| $R_L$ | 模拟输出负载电阻 | 上拉电阻，连接到电源 | 4.7 | 10.0 | - | kΩ |
| | | 下拉电阻，连接到地 | 4.7 | 10.0 | - | kΩ |

## 电参数(续)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_{L_PWM}$ | PWM 输出负载电阻 | 上拉电阻，连接到电源 | 1 | - | - | kΩ |
| | | 下拉电阻，连接到地 | 1 | - | - | kΩ |
| Vsat_lo | 模拟输出饱和电平 | 上拉电阻 R≥10k，连接到电源 | - | 0.5 | 2.0 | $\%V_{DD}$ |
| | | 上拉电阻 R≥4.7k，连接到电源 | - | 2.5 | 3.0 | $\%V_{DD}$ |
| Vsat_hi | | 下拉电阻 R≥4.7k，连接到地 | 95 | 98 | - | $\%V_{DD}$ |
| | | 下拉电阻 R≥10k，连接到地 | 97 | 99 | - | $\%V_{DD}$ |
| VsatD_lo | 数字输出电平 | 上拉电阻 R≥10k，连接到电源 | - | 2 | 5 | $\%V_{DD}$ |
| | | 上拉电阻 R≥1k，连接到电源 | - | 6 | 10 | $\%V_{DD}$ |
| VsatD_hi | | 下拉电阻 R≥1k，连接到地 | 85 | 90 | - | $\%V_{DD}$ |
| | | 下拉电阻 R≥10k，连接到地 | 97.5 | 98.0 | - | $\%V_{DD}$ |
| Dsat_lo | 主动诊断输出电平 | 上拉电阻 R≥10k，连接到电源 | - | 0.5 | 2.0 | $\%V_{DD}$ |
| | | 上拉电阻 R≥4.7k，连接到电源 | - | 1 | 3 | $\%V_{DD}$ |
| Dsat_hi | | 下拉电阻 R≥10k，连接到地 | 96.5 | 98.5 | - | $\%V_{DD}$ |
| | | 下拉电阻 R≥4.7k，连接到地 | 95 | 97 | - | $\%V_{DD}$ |
| $BV_{SS}PD$ | 被动诊断输出电平 (开路) | VSS 开路，下拉电阻，R≤10k | - | 0.5 | 1.6 | $\%V_{DD}$ |
| $BV_{SS}PU$ | | VSS 开路，上拉电阻，R≥1k，上拉到 5V | 99.5 | - | 100.0 | $\%V_{DD}$ |
| $BV_{DD}PD$ | | VDD 开路，下拉电阻，R≥1k | - | 0.0 | 0.5 | $\%V_{DD}$ |
| $BV_{DD}PU$ | | VDD 开路，上拉电阻，R≤10k，上拉到 5V | 97.0 | 99.5 | - | $\%V_{DD}$ |
| Clamp_lo | 可编程钳位电压 | 可编程 | 0 | - | 100 | $\%V_{DD}$ |
| Clamp_hi | | 可编程 | 0 | - | 100 | $\%V_{DD}$ |

*备注：*

*(1) SC69431可满足如图6所示典型应用输出范围*

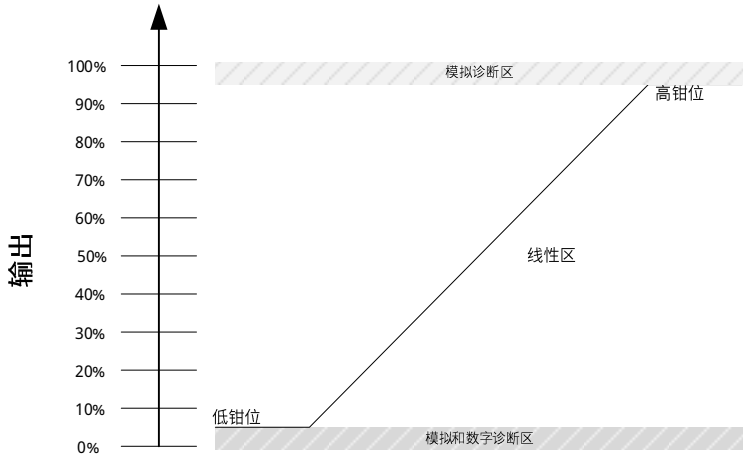



图 6 典型应用输出范围

## 时序参数-基本时序

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $F_{CK}$ | 主时钟频率 | 全温测试 | 7.8 | 8.2 | 8.5 | MHz |
| $\Delta F_{CK,T}$ | 主时钟频率温度偏移 | | -3 | - | 3 | $\%F_{CK}$ |
| Tper | 数据刷新频率 | | - | 200 | 250 | μs |
| Ts | 阶跃响应时间 | | - | 400 | 500 | μs |
| $T_{POR}$ | 上电复位 | | - | 40 | - | μs |
| $T_{INIT}$ | 初始化时间 | | - | 3 | 5 | ms |

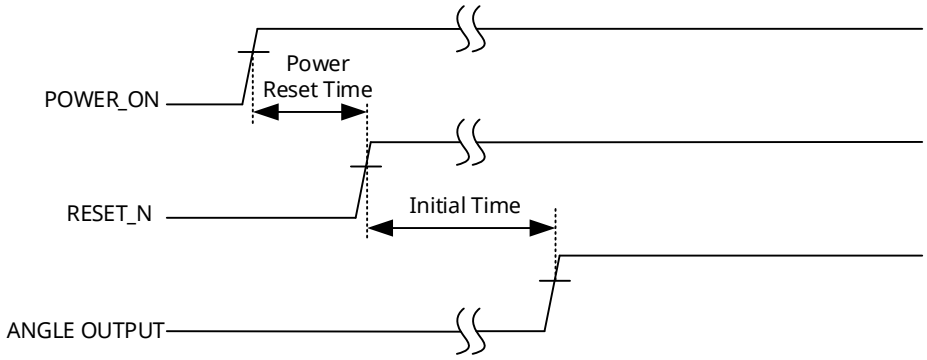



图 7 上电复位时序

## 时序参数-EEPROM 时序

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{PS}$ | 上电复位时间 | | - | 100 | - | μs |
| $t_{PW}$ | | | - | 100 | - | μs |
| TIDLE | 待机时间 | | - | 20 | - | ms |

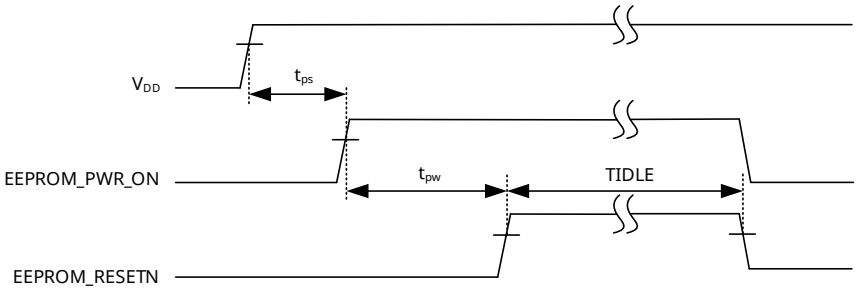



图 8 EEPROM时序

## 时序参数-PWM 输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $F_{PWM}$ | PWM 频率 | 频率基础范围 | 100 | - | 2000 | Hz |
| $F_{PWM_Init}$ | 初始 PWM 频率精度 | 25℃ | - | - | ±2% | $F_{PWM}$ |
| | | 25℃ | - | - | ±1% | $F_{PWM}$ |
| $\Delta F_{PWM}$ | PWM 频率温漂 | PWM 频率温漂 | - | - | ±3% | $F_{PWM}$ |
| $T_{rise_LSD}$ | PWM 输出上升时间(开漏输出) | 4.7nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 10 | - | μs |
| | | 10nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 20 | - | μs |
| $T_{rise_PP}$ | PWM 输出上升时间(推挽输出) | 4.7nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 3 | - | μs |
| | | 10nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 4 | - | μs |
| $T_{fall_LSD}$ | PWM 输出下降时间(开漏输出) | 4.7nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 2 | - | μs |
| | | 10nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 4 | - | μs |
| $T_{fall_PP}$ | PWM 输出下降时间(推挽输出) | 4.7nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 2 | - | μs |
| | | 10nF，$R_L$=1kΩ 上拉 | - | 4 | - | μs |

## 时序参数-SPI 输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | 高电平输入电压 | | 0.6*$V_{DD}$ | - | $V_{DD}$ | V |
| $V_{IL}$ | 低电平输入电压 | | 0 | - | 0.4*$V_{DD}$ | V |
| $V_{IH}$ | 高电平输出电压 | | $V_{DD}$-0.4 | - | $V_{DD}$ | V |
| $V_{IL}$ | 低电平输出电压 | | 0 | | $V_{SS}$+0.4 | V |
| $t_{SCLK}$ | 时钟周期 | | 450 | 500 | - | ns |
| $t_{SCLK_LO}$ | 时钟低电平 | | 225 | - | - | ns |
| $t_{SCLK_HI}$ | 时钟高电平 | | 225 | - | - | ns |
| $t_{MISO}$ | 输出数据延迟时间 | | - | - | 210 | ns |
| $t_{MOSI}$ | 数据捕捉建立时间 | | - | 30 | - | ns |
| $t_1$ | 初始时钟延迟时间 | | 225 | - | - | ns |
| $t_2$ | 初始输出数据建立时间 | | - | 90 | 120 | ns |
| $t_3$ | 通信完成使能保持时间 | | 225 | - | - | ns |
| $t_4$ | 通信完成输出保持时间 | | - | 90 | 120 | ns |
| $t_{SyncPulse}$ | 同步脉冲周期 | | 520 | - | 1000 | ns |

(SPI 时序见下图 9)

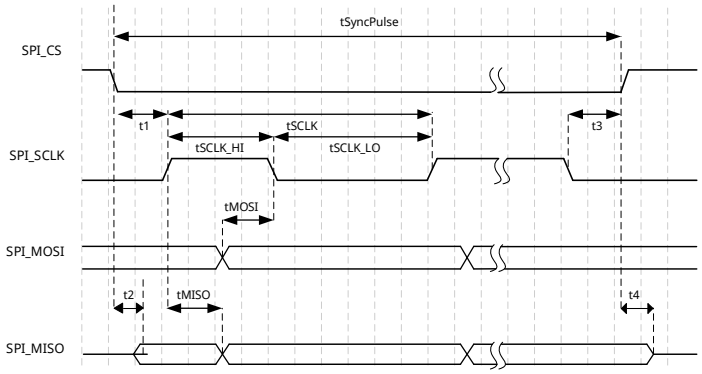



图 9 SPI 时序

## 时序参数-SENT 输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $TICK_{time}$ | Tick 时间 | | 1.5 | - | 6.0 | us |
| $N_{nibble}$ | 数据 Nibble 数量 | | 3 | 6 | - | - |
| $T_{rise}$ | SENT 边沿上升时间 | 1.1V 和 3.8V 之间 | - | 12.5 | 18.0 | us |
| $T_{fall}$ | SENT 边沿下降时间 | 1.1V 和 3.8V 之间 | - | 5.3 | 6.5 | us |
| Npp | SENT 帧周期 (无暂停位) | | 154 | - | 270 | ticks |
| Ppc | SENT 帧周期 (有暂停位) | | 282 | - | 922 | ticks |
| A.1 | 传感器类型 | 双节气门位置传感器 | - | - | - | - |
| A.3 | | 单安全传感器 | - | - | - | - |
| $T_{FRAME}$ | SENT 帧周期 (慢速) | 标准数据序列(40 帧) | - | 691 | - | ms |
| | | 扩展数据序列(24 帧) | - | 415 | - | ms |

## 时序参数-PSI5 输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{cycle}$ | 通信周期 | | - | 300 | - | µs |
| | | | - | 500 | - | µs |
| | | | - | 1000 | - | µs |
| $T_{bit}$ | 位时间 | 125 kbit/s | 7.6 | 8.0 | 8.4 | µs |
| | | 189 kbit/s | 5.0 | 5.3 | 5.6 | µs |
| $T_{SHOLD}$ | 同步脉冲保持时间 | | 9 | - | - | µs |
| $T_{RISE}$ | 电流斜率上升时间 | | 0.33 | - | 1.00 | µs |
| TFALL | 电流斜率下降时间 | | 0.33 | - | 1.0 | µs |
| MSR | 占空比 | (tfall, 80 - trise, 20) / TBit<br>(tfall, 20 - trise, 80) / TBit | 47 | 50 | 53 | % |

## 精度参数-模拟输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_{ADC}$ | ADC 分辨率 | | - | 15 | - | bits |
| $R_{DAC}$ | 模拟输出分辨率 | | - | 12 | - | bits |
| INL | DAC 积分非线性误差 | | -4 | - | 4 | LSB |
| DNL | DAC 差分非线性误差 | | 0.05 | - | 3 | LSB |
| $\Delta E_{L_XY}$ | XY 固有线性度误差 | | -1 | - | 1 | Deg |
| $\Delta E_{L_XZ}$ | XZ 固有线性度误差 | | -2.5 | - | 2.5 | Deg |
| $\Delta E_{L_YZ}$ | YZ 固有线性度误差 | | -2.5 | - | 2.5 | Deg |
| ΔEtemp | 角度温度漂移误差 | XY | -1 | - | 1 | Deg |
| ΔEratio | 比例输出错误 | $4.5V \le V_{DD} \le 5.5V$ | -0.05 | 0 | 0.5 | %VDD |
| $N_{pk-pk}$ | 输出极噪声 | | - | 0.05 | 0.2 | Deg |

## 精度参数-PWM 输出

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RSP | PWM 分辨率 | | - | 12 | - | bits |
| $J_{DC}$ | PWM % 占空比抖动(开漏输出) | 125Hz,4.7nF,$R_L$=1kΩ, 电阻上拉 | - | ±0.003 | ±0.016 | %DC |
| | | 250Hz,4.7nF,$R_L$=1kΩ, 电阻上拉 | - | ±0.005 | ±0.02 | %DC |
| | | 500Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.009 | ±0.035 | %DC |
| | | 1000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.003 | ±0.016 | %DC |
| | | 2000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.005 | ±0.02 | %DC |
| $J_{DC}$ | PWM % 占空比抖动(推挽输出) | 125Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ, 电阻上拉 | - | ±0.003 | ±0.016 | %DC |
| | | 250Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ, 电阻上拉 | - | ±0.005 | ±0.02 | %DC |
| | | 500Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ, 电阻上拉 | - | ±0.009 | ±0.035 | %DC |
| | | 1000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.003 | ±0.016 | %DC |
| | | 2000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.005 | ±0.02 | %DC |
| $J_{PWM}$ | PWM 频率抖动(开漏输出) | 125Hz-2000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.04 | ±0.15 | Hz |
| $J_{PWM}$ | PWM 频率抖动(推挽输出) | 125Hz-2000Hz,4.7nF, $R_L$=1kΩ,电阻上拉 | - | ±0.04 | ±0.15 | Hz |

**磁参数**

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_P$ | 磁极数 | | - | 2 | - | |
| $B_x$, $B_y$ | XY 平面磁场强度 | $\sqrt{B_X^2+B_Y^2}$ | - | - | 70 | mT |
| $B_z$ | Z 轴磁场强度 | | - | - | 126 | mT |
| $B_{Norm}$ | 有用的磁场强度 | $\sqrt{B_X^2+B_Y^2}$ (X − Y mode)<br>$\sqrt{B_X^2+(\frac{1}{G_{IMC}}B_Z)^2}$ (X − Z mode)<br>$\sqrt{B_Y^2+(\frac{1}{G_{IMC}}B_Z)^2}$ (Y − Z mode) | 10 | 20 | - | mT |
| $G_{IMC}$ | IMC 增益 | | - | 1.19 | - | |
| $D_{mag}$ | 磁铁直径 | | 6 | 8 | 10 | mm |
| $H_{mag}$ | 磁铁厚度 | | - | 2.5 | - | mm |
| AG | 磁铁与芯片间隙 | | 2 | - | 5 | mm |
| | 磁铁材料 | | - | NdFeB 35 | - | |

# 10. 功能框图

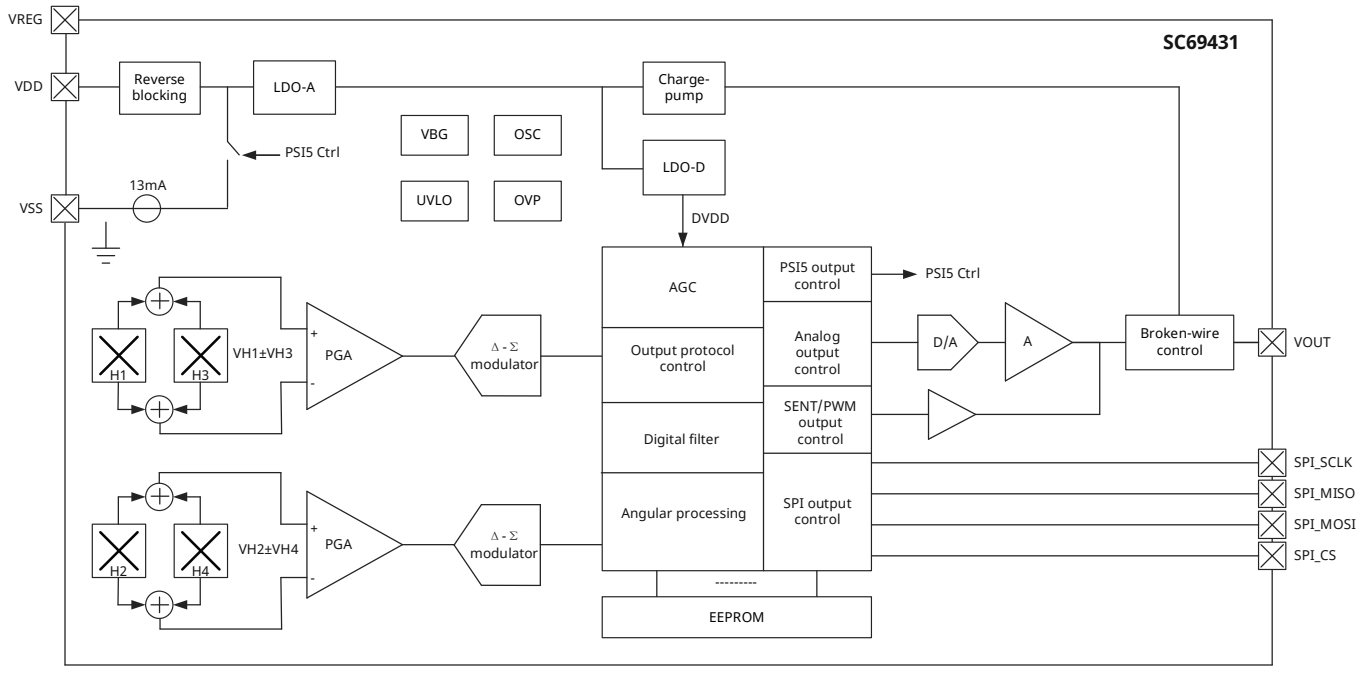



图 10 功能框图

# 11. 功能描述

## 用户可编程参数

| 参数 | 描述 | 缺省 | | | | 位数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 000 | 001 | SPI | PSI | |
| **通用参数设置** | | | | | | |
| $MAP_{XYZ}$ | 输出映射选择 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| K | X(Y), Z 的灵敏度适配系数 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 15 |
| OUT_mode | 输出模式 | 1 | 2 | 0 | 4 | 3 |
| PWM_POL | PWM 极性 | 0 | - | - | - | 1 |
| PWMT | PWM 频率 | 1000 | - | - | - | 16 |
| OUT_CONFIG | PWM，SENT 输出配置 | 3 | 3 | - | - | 2 |
| USER_ID1 | 用户 ID | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| USER_ID2 | 用户 ID | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| USER_ID3 | 用户 ID | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| USER_ID4 | 用户 ID | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| EEPROM_LOCK_CODE | EEPROM_LOCK 位有效判断码 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| **SENT 配置参数** | | | | | | |
| SENT_FC_FORMAT | SENT 帧数据格式选择 | - | 1 | - | - | 1 |
| SENT_CH2_DATA | 通道 2 数据配置 | - | 2 | - | - | 2 |
| SENT_INIT_DATA | SENT 启动初始化数据配置 | - | 0 | - | - | 1 |
| SENT_NIBBLE_NUMBER | 通道 2 数据 Nibble 数选择 | - | 1 | - | - | 1 |
| SENT_TICK_TIME | SENT tick 时间配置 | - | 0 | - | - | 3 |
| SENT_LEGACY_CRC | CRC 计算选择 | - | 0 | - | - | 1 |
| SENT _SERIAL_CONFIG | 增强型串行消息选择 | - | 1 | - | - | 1 |
| SENT_SLOW_EXTENDED | 串行信息序列选择 | - | 0 | - | - | 1 |
| SENT_SLOW_BFIELD | 串行信息扩展序列磁场配置 | - | 1 | - | - | 1 |
| SENT_PAUSE_OPTION | 暂停位 | - | 1 | - | - | 1 |
| SENT_REV | SENT 版本 | - | 4 | - | - | 3 |
| SENT_MAN_CODE | 工厂代码 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_FRAME_LENGTH | 帧长度 | - | 297 | - | - | 10 |
| T_SENT | 斜率控制 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

## 用户可编程参数(续)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SENT_SENSOR_TYPE | 传感器类型 | - | 0x50 | - | - | 8 |
| SENT_CHANNEL_X1 | CHANNEL X1 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_CHANNEL_X2 | CHANNEL X2 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_CHANNEL_Y1 | CHANNEL Y1 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_CHANNEL_Y2 | CHANNEL Y2 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_SENSOR_ID1 | 传感器 ID1 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_SENSOR_ID2 | 传感器 ID2 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_SENSOR_ID3 | 传感器 ID3 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_SENSOR_ID4 | 传感器 ID4 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE1 | OEM 代码 1 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE2 | OEM 代码 2 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE3 | OEM 代码 3 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE4 | OEM 代码 4 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE5 | OEM 代码 5 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE6 | OEM 代码 6 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE7 | OEM 代码 7 | - | 0 | - | - | 12 |
| SENT_OEM_CODE8 | OEM 代码 8 | - | 0 | - | - | 12 |
| **PSI5 配置参数** | | | | | | |
| PSI5_OUT_MODE | PSI5 输出模式 | - | - | - | 3 | 2 |
| PSI5_PAYLOAD_SIZE | 有效数据长度 | - | - | - | 20 | 5 |
| PSI5_ERROR_DETECTION | 错误检测方法 | - | - | - | 0 | 1 |
| PSI5_CYCLE_TIME | 通信周期 | - | - | - | 0 | 2 |
| PSI5_TRANSMIT_SPEED | 数据传输速度 | - | - | - | 1 | 1 |
| PSI5_FORMAT_PRECEISION | 数据帧格式精度 | - | - | - | 1 | 1 |
| PSI5_TRIGGER_LEVEL | 同步脉冲触发时间设置 | - | - | - | 1 | 1 |
| PSI5_SYNC_TH | 同步脉冲触发电平设置 | - | - | - | 1 | 1 |
| PSI5_TS[1..4]_ENABLE | 时隙使能 | - | - | - | 0x1,0x0,<br>0x0,0x0 | 1 |
| PSI5_TS[1..4]_SENSOR | 传送的时隙数据选择 | - | - | - | 0x0,0x0,<br>0x0,0x0 | 3 |
| PSI5_TS[1..4]_STARTTIME | 时隙开始时间 | - | - | - | 0x000,0x000,<br>0x000,0x000 | 11 |
| PSI5_INIT_PHASES | 初始化配置 | - | - | - | 0 | 2 |
| PSI5_INIT_I_DURATION | 初始化 1 阶段周期 | - | - | - | 100 | 8 |

## 用户可编程参数(续)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PSI5_INIT_II_EXTRA_FIELDS | 初始化 2 阶段扩展数据使能 | - | - | - | 0 | 1 |
| PSI5_INIT_II_REPETITION | 初始化 2 阶段重复次数 | - | - | - | 1 | 2 |
| PSI5_INIT_III_REPETITION | 初始化 3 阶段重复次数 | - | - | - | 0 | 8 |
| PSI5_INIT_METAINFO | PSI5 版本 | - | - | - | 6 | 4 |
| PSI5_INIT_INITLENGTH | 初始化 2 阶段数据长度 | - | - | - | 9 | 8 |
| PSI5_INIT_VENDORID | 供应商 ID | - | - | - | 6 | 8 |
| PSI5_INIT_SENSORTYPE | 传感器类型 | - | - | - | 6 | 4 |
| PSI5_INIT_SENSORPARAMS | 传感器指定参数 | - | - | - | 0 | 8 |
| PSI5_INIT_SENSORCODE | 传感器厂家指定参数 | - | - | - | 0 | 8 |
| PSI5_INIT_SENSORAPPCODE | 产品版本信息 | - | - | - | 0 | 12 |
| PSI5_INIT_PRODUCTIONDATE | 生产日期 | - | - | - | 0 | 16 |
| **诊断功能设置** | | | | | | |
| DIAG_EN | 诊断使能位 | - | - | - | 1 | 1 |
| DIAG_MASK | 诊断屏蔽寄存器 | - | - | - | 127 | 8 |
| DC_FAULT | 电源电压过低时 PWM 的输出占空比 | - | - | - | 0 | 8 |
| DC_FTL | 磁场过低时 PWM 的输出占空比 | - | - | - | 0 | 8 |
| GAIN_THRESHOLD_LOW | 模拟运放第二级增益低阈值 | - | - | - | 0 | 5 |
| GAIN_THRESHOLD_HIGH | 模拟运放第二级增益高阈值 | - | - | - | 31 | 5 |
| FIELDTHOLD_LOW | 场强低阈值 | - | - | - | 0 | 8 |
| FIELDTHOLD_HIGH | 场强高阈值 | - | - | - | 255 | 8 |
| TEMPTHRESHOLD_LOW | 低温阈值 | - | - | - | 0 | 7 |
| TEMPTHRESHOLD_HIGH | 高温阈值 | - | - | - | 127 | 7 |
| DIAG_DEBOUNCE | 诊断去抖动时间 | - | - | - | 0 | 3 |
| **线性传输曲线设置参数** | | | | | | |
| CLAMP_HIGH | 输出高钳位 | 100% | - | - | - | 16 |
| CLAMP_LOW | 输出低钳位 | 0% | - | - | - | 16 |
| DP | 断点/零点 | 0 | - | - | - | 16 |
| CW | 旋转方向 | 1 | - | - | - | 1 |
| WORK_RANGE_GAIN | 16 点/32 点校准工作角度范围 (度) | 360 | - | - | - | 16 |
| LNR_POINTS | 校准点选择 | 3 | - | - | - | 2 |
| LNR_A_X | 4 点校准，X 轴坐标 (角度) | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_B_X | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |

**用户可编程参数(续)**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LNR_C_X | 4 点校准 ，X 轴坐标 (角度) | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_D_X | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_A_Y | 4 点校准 ，Y 轴坐标 (%VDD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_B_Y | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_C_Y | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_D_Y | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_A_S | 4 点校准，各段斜率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_B_S | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_C_S | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_D_S | | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR4_S0 | 4 点校准，初始斜率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR4_Y5 | 4 点校准，终点 Y 坐标 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR_Y0 | 4 点，16 点/32 点校准初始点 Y 坐标 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| LNR9_Yn | 8 点校准，Y 轴坐标 (n=0~8) | 0 | 0 | 0 | 0 | 9x16 |
| LNR9_Xn | 8 点校准，X 轴坐标 (n=0~8) | 0 | 0 | 0 | 0 | 9x16 |
| LNR17_Yn | 16 点校准，Y 轴坐标 (n=0~16) | 0 | 0 | 0 | 0 | 17x16 |
| LNR_DELTA_Yn | 32 点校准，Y 轴坐标 (偏移量%)(n=0~31) | 0 | 0 | 0 | 0 | 32x8 |
| LNR_DELTA_Y_EXPAND | 32 点校准，Y 轴坐标偏差范围设置 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

## 输出映射选择

MAPXYZ 用于定义哪个磁场用于计算角度。

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| MAPXYZ【2:0】 | 0 | XY 模式 |
| | 2 | XZ 模式 |
| | 3 | YZ 模式 |
| | 4 | XYZ 三轴模式 |

## K 系数

未选择映射（B1=X，B2=Y）时，K 定义应用于 B1 或 B2 的灵敏度失配系数。选择映射（B1=X，B2=Y）时，不使用该参数。该参数在出厂时已根据映射（B1=Z，B2=X）进行了微调。建议在需要较小的线性误差并选择不同于 (B1=X, B2=Y) 的映射时对其进行微调。

## 输出模式

SC69431 提供 5 种输出模式：比例模拟输出，PWM 输出，SENT 输出，SPI 总线输出，PSI5 输出。PWM 和 SENT 支持漏极开路输出及推挽输出，SPI 仅支持推挽输出。

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| OUT mode【2:0】 | 0 | SPI 输出 |
| | 1 | 模拟输出 |
| | 2 | SENT |
| | 3 | PWM |
| | 4 | PSI5 |
| | 5 | 保留 |
| | 6 | 保留 |
| | 7 | 保留 |

### 数字模式输出设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| OUT_CONFIG【1:0】 | 0 | 数字高阻态输出 |
| | 1 | 数字输出 NMOS Open Drain |
| | 2 | 数字输出 PMOS Open Drain |
| | 3 | 数字推挽输出 |

### PWM 输出模式-输出极性设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PWM POL | 0 | 低电平有效 |
| | 1 | 高电平有效 |

### PWM 输出模式-输出频率设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PWMT【15:0】 | 2000-40000 | 100-2000Hz 频率 |

## PWM 输出模式-输出波形

PWM 设置为 PWM_POL=0,PWMT=1000Hz，输出占空比 0.0244%时 PWM 输出波形

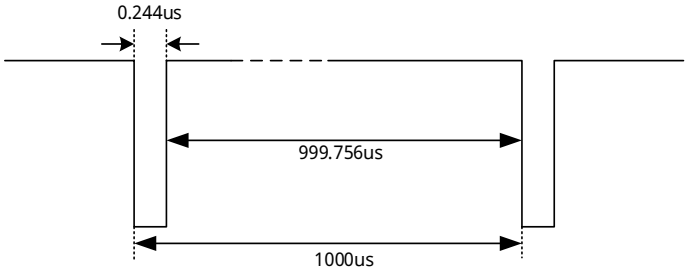



图 11 PWM_POL=0 时PWM输出波形

PWM 设置为 PWM_POL=1,PWMT=1000Hz，输出占空比 0.0244%时 PWM 输出波形

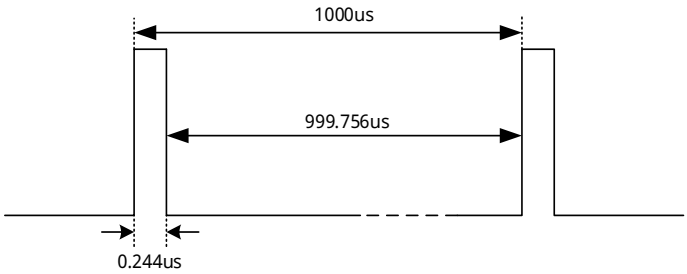



图 12 PWM_POL=1 时PWM输出波形

## SENT 协议输出

SC69431 的数字 SENT 输出兼容 SAE J2716 APR2016。

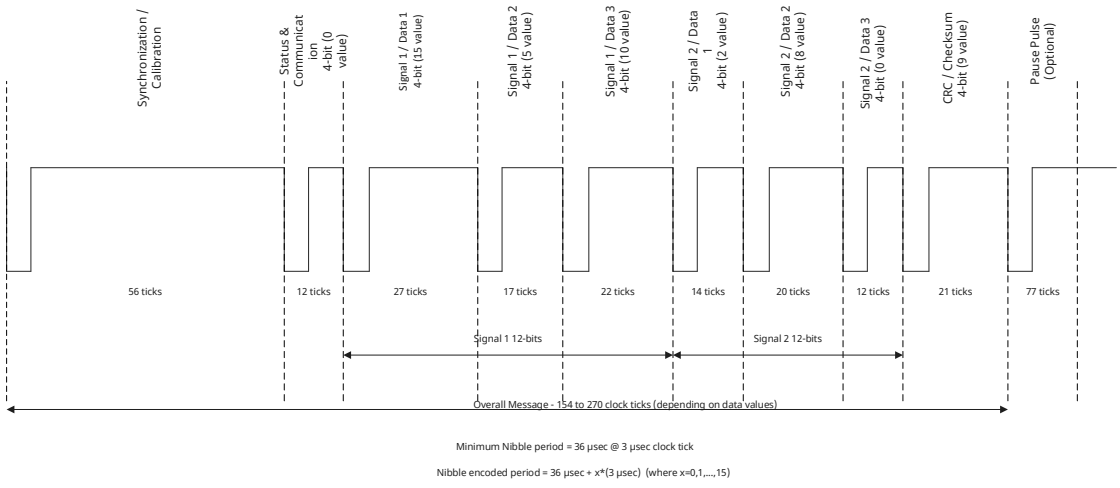



图 13 2通道12位数据SENT信息格式例子

## SENT 协议输出-SENT 快速帧数据格式选择

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_FC_FORMAT | 0 | 双节气门位置传感器 |
| | 1 | 单安全传感器 |

## SENT 协议输出-A.1 双节气门位置传感器数据帧

SC69431 根据 SAE J2716 附录 A.1 中定义的双节气门位置传感器发送一串数据字节。CH1 一直发送 12 位的传感器数据，CH2 通道内容则由 SENT CH2 DATA 设置。

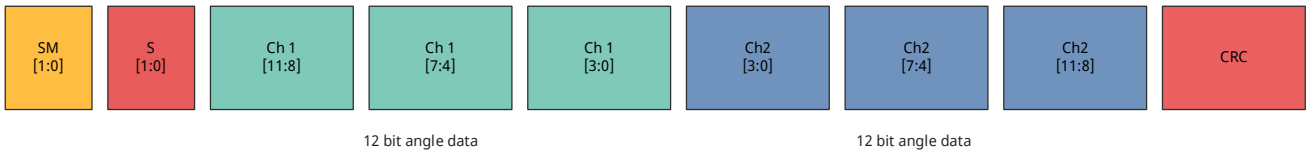



图 14 A.1 双节气门位置传感器数据帧

## SENT 协议输出-通道 2 配置 nibbles 数量

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_NIBBLE_NUMBER【0】 | 0 | 6 nibbles |
| | 1 | 3 nibbles |

## SENT 协议输出-通道 2 配置数据

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT CH2 DATA【1:0】 | 0 | 12 位温度传感器数据 |
| | 1 | 0xFF9(4089)-CH1 |
| | 2 | 用户自定义的 12 位数据 |
| | 3 | 0xFFF(4095)-CH1 |

## SENT 协议输出-A.3 单可靠位置传感器数据帧

SC69431 根据 SAE J2716 附录 A.3 中定义的单路安全位置传感器发送包含 CH1 通道的 12 位传感器角度数据和滚动计数器以及角度数据高 4 位取反数据。

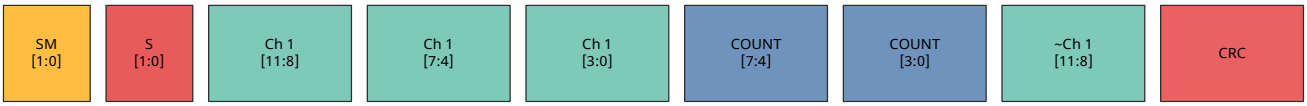



图 15 A.3 单可靠位置传感器数据

## SENT 协议输出-初始化启动帧

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT INIT DATA【1:0】 | 0 | OEM 要求-0xFFF |
| | 1 | SAE 兼容-0x000 |

## SENT 协议输出-SENT tick 时间配置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| TICK_TIME【2:0】 | 0 | 3.0us 标准 SENT |
| | 1 | 保留 |
| | 2 | 保留 |
| | 3 | 1.5us 快速 SENT |
| | 4 | 保留 |
| | 5 | 保留 |
| | 6 | 6.0us 慢速 SENT |
| | 7 | 保留 |

## SENT 协议输出-帧长度设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_FRAME_LENGTH【9:0】 | 默认 297 ticks | 帧长度设置 |

## SENT 协议输出-SENT CRC 版本选择

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_LEGACY_CRC【0】 | 0 | 2010 及以后的版本 |
| | 1 | 2007 |

## SENT 协议输出-SENT 版本选择

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_REV【2:0】 | 0 | 没有指定版本 |
| | 1 | 2007 |
| | 2 | 2008 |
| | 3 | 2010 |
| | 4 | 2016 |

## SENT 协议输出-增强型串行消息

增强型串行消息是一个可以传输大量数据和信息 ID 的通信协议，串行数据是通过状态和通信 Nibble 的第 2 位和第 3 位 SM【1:0】传输。如图 所示一个串行信息帧由 18 个连续的 SENT 数据信息组成，所有的 18 帧必须被成功接收（没有错误，校准脉冲变化、数据字节 CRC 错误等）。

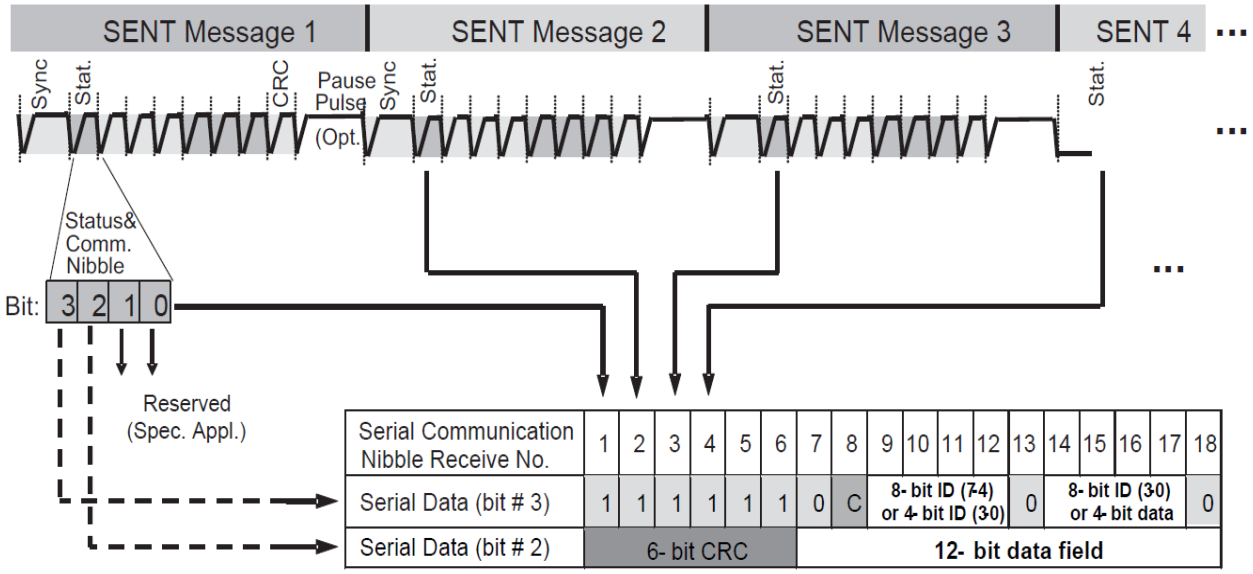



图 16 增强型串行消息数据格式

增强型串行消息包含 12 位数据和 8 位信息 ID 的增强型串行信息。SM[0] 包含 6 位 CRC，然后跟随 12 位数据。信息内容由 SM[1] 信道中传输的 8 位信息 ID 定义。默认情况下，传输由 24 个数据组成的短序列。可选择使用扩展序列，从而传输一个包含 40 个数据的周期。

此外，在序列（短序列或扩展序列）结束时，可选择返回传感器检测到的磁场的标准值。

| 序号 | 8 位 ID | 内容 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 标准序列 | | | |
| 1 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 2 | 0x06 | SENT standard revision | SENT_REV |
| 3 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 4 | 0x05 | Manufacturer code | SENT_MAN_CODE |
| 5 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 6 | 0x03 | Channel 1 / 2 Sensor type | SENT_SENSOR_TYPE |
| 7 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 8 | 0x07 | Fast channel 1: X1 | SENT_CHANNEL_X1 |
| 9 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 10 | 0x08 | Fast channel 1: X2 | SENT_CHANNEL_X2 |
| 11 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 12 | 0x09 | Fast channel 1: Y1 | SENT_CHANNEL_Y1 |
| 13 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 14 | 0x0A | Fast channel 1: Y2 | SENT_CHANNEL_Y2 |
| 15 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 16 | 0x23 | (Internal) temperature | 温度寄存器 |
| 17 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 18 | 0x29 | Sensor ID #1 | SENT_SENSOR_ID1 |
| 19 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 20 | 0x2A | Sensor ID #2 | SENT_SENSOR_ID2 |
| 21 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 22 | 0x2B | Sensor ID #3 | SENT_SENSOR_ID3 |
| 23 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 24 | 0x2C | Sensor ID #4 | SENT_SENSOR_ID4 |
| 扩展序列 | | | |
| 25 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 26 | 0x90 | OEM Code #1 | SENT_OEM_CODE1 |
| 27 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 28 | 0x91 | OEM Code #2 | SENT_OEM_CODE2 |
| 29 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 30 | 0x92 | OEM Code #3 | SENT_OEM_CODE3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 31 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 32 | 0x93 | OEM Code #4 | SENT_OEM_CODE4 |
| 33 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 34 | 0x94 | OEM Code #5 | SENT_OEM_CODE5 |
| 35 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 36 | 0x95 | OEM Code #6 | SENT_OEM_CODE6 |
| 37 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 38 | 0x96 | OEM Code #7 | SENT_OEM_CODE7 |
| 39 | 0x01 | Diagnostic error code | 诊断寄存器 |
| 40 | 0x97 | OEM Code #8 | SENT_OEM_CODE8 |
| **磁场扩展** | | | |
| 41 | 0x80 | Field Strength | 磁场强度寄存器（扩展序列） |

SENT 协议输出-增强型串行消息慢速通道选择

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SERIAL_CONFIG【0】 | 0 | 关闭增强型串行消息慢速通道 |
| | 1 | 使能增强型串行消息慢速通道 |

SENT 协议输出-增强型串行消息序列选择

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_SLOW_EXTENDED【0】 | 0 | 短序列串行信息选择 |
| | 1 | 扩展序列串行信息选择 |

SENT 协议输出-当扩展序列被使能，可以配置是否使用磁场扩展

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_SLOW_BFIELD【0】 | 0 | 没有磁场扩展 |
| | 1 | 有磁场扩展 |

SENT 协议输出-PAUSE 配置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| SENT_PAUSE_OPTION【0】 | 0 | 连续非同步角度采集，SENT 没有暂停位 |
| | 1 | 连续同步角度采集，SENT 带暂停位 |

## PSI5 协议输出

根据 PSI5 协议规范，通过调制电源引脚 VDD 的电流来传输信息。SC69431 符合 PSI5 协议规范 V2.3，向前兼容 V2.1 和 V1.3 。

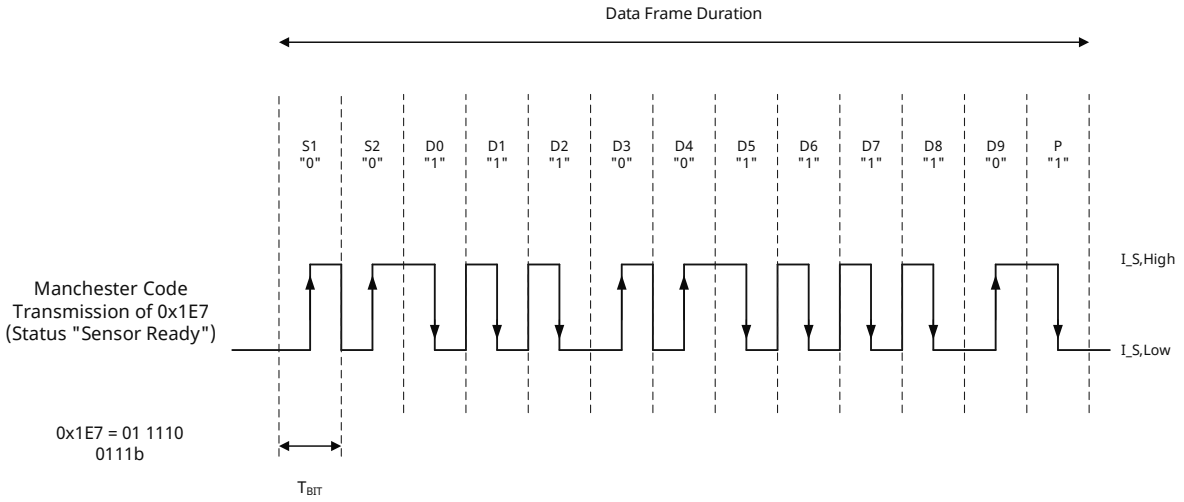



图 17 PSI5 曼彻斯特编码格式

## PSI5 协议输出-数据帧格式

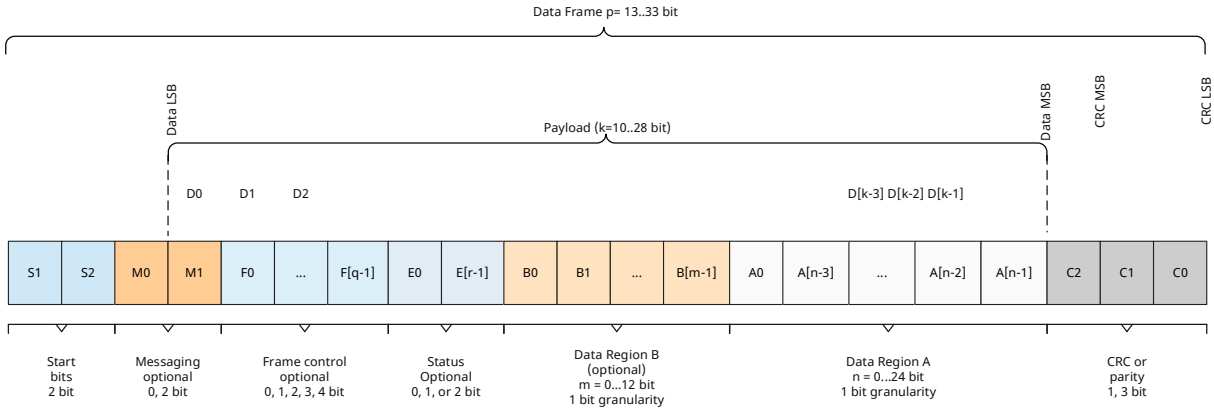



图 18 PSI5 数据帧格式

## PSI5 协议输出-错误检测方法

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_ERROR_DETECTION【1:0】 | 0 | CRC 模式 |
| | 1 | 奇偶校验 |

## PSI5 协议输出-数据长度

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_PAYLOAD_SIZE【4:0】 | 8-24 | 数据长度 |
| PSI5_FORMAT_PRECEISION | 0 | 低精度 |
| | 1 | 高精度 |

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_FORMAT_PRECEISION | 0 | 关闭时隙 |
| | 1 | 使能时隙 |
| PSI5_TSx_SENSOR【2:0】 | 0 | 角度数据 |
| | 1 | - |
| | 2 | 温度 |
| | 3 | 磁场 |
| | 4 | - |
| PSI5_TS[1..4]_STARTTIME 【10:0】 | 11 | 时隙开始时间 |

## PSI5 协议输出-PSI5 电流调制方法

数据帧通过电流消耗调制器传输，编码方式为曼彻斯特编码。低电平（ISlow）表示传感器的静态电流消耗，高电平（IShigh）由传感器 Sink 电流的增加而产生（ISlow+ΔIShigh）。(ISlow+ΔIS) 而产生高电平 (IShigh)。可选择灌电流 (ΔIS) 和位持续时间 (TBIT) 。

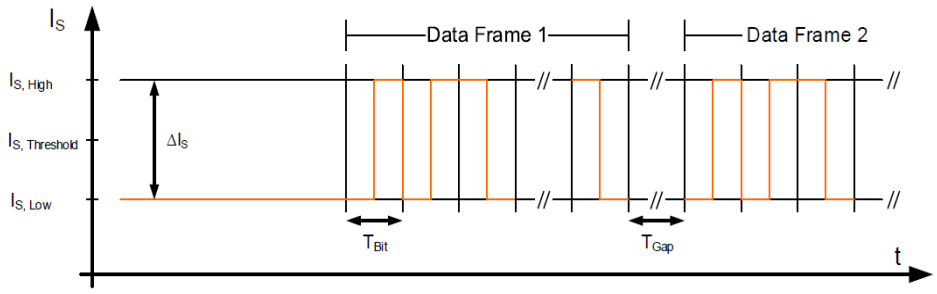



图 19 PSI5 数据电流调制

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_LOWCOMMON_MODE【1:0】 | 0 | 低电流 13mA |
| | 1 | 正常电流 26 mA |

## PSI5 通信模式

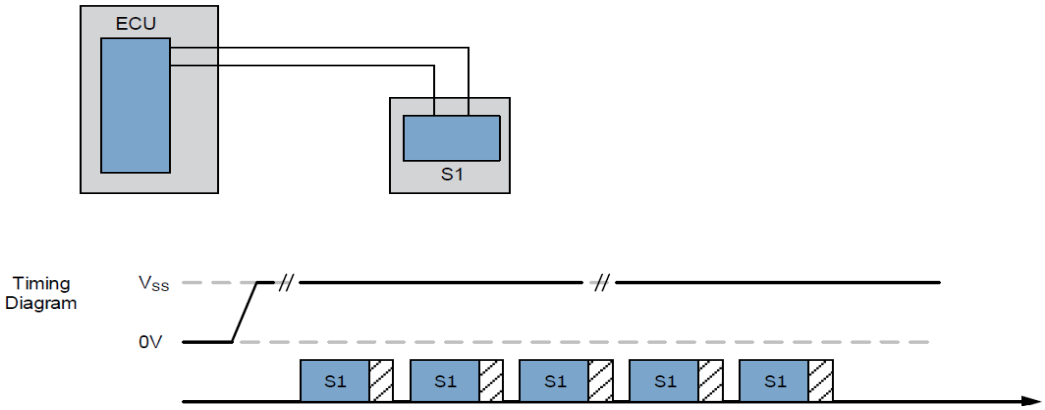



图 20 PSI5 异步模式

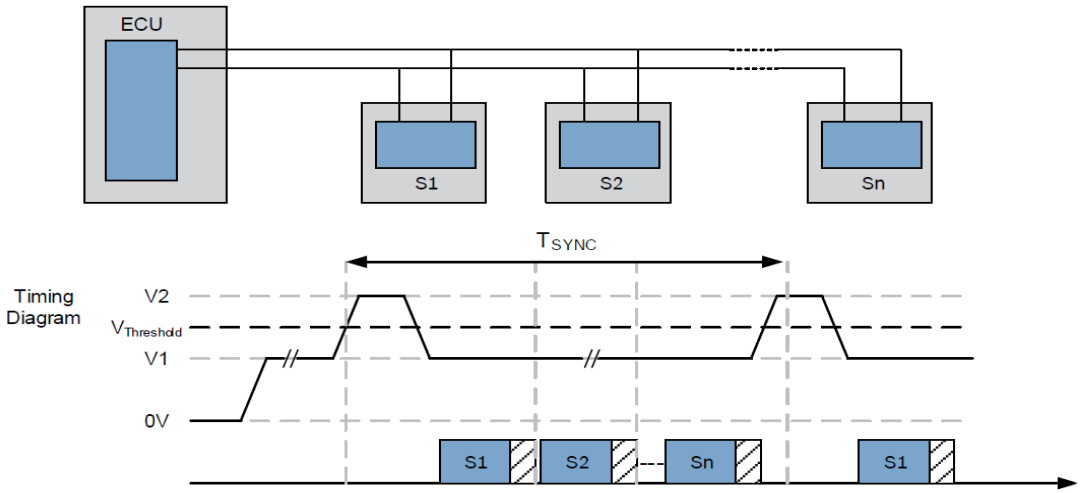



图 21 PSI5 同步并行模式

## PSI5 协议输出-输出模式

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_OUT_MODE【1:0】 | 2 | 异步模式 |
| | 3 | 同步并行模式 |

## PSI5 协议输出-周期时间

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_OUT_MODE【1:0】 | 0 | 300us |
| | 1 | 500us |
| | 2 | 1000us |

PSI5 协议输出-传输速度

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_TRANSMIT_SPEED | 0 | 低速 125 kbit/s |
| | 1 | 高速 189kbit/s |

PSI5 协议输出-同步脉冲触发时间设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_TRIGGER_LEVEL | 0 | 减少的同步脉冲触发时间 |
| | 1 | 标准同步脉冲触发时间 |

PSI5 协议输出-同步脉冲触发电平设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_SYNC_TH | 0 | 标准同步脉冲触发阈值 |
| | 1 | 减小的同步脉冲触发阈值 |

PSI5 协议输出-传感器初始化

| 初始化阶段 1 | 初始化阶段 2 | 初始化阶段 3 | 运行模式 |
|---|---|---|---|
| 启动 | 数据内容 | 状态 | 传感器或者状态数据 |

PSI5 协议输出-初始化功能配置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_INIT_PHASES【1:0】 | 0 | 正常初始化 |
| | 1 | 关闭初始化阶段 2 |
| | 2 | 关闭初始化阶段 2 和 3 |
| | 3 | 保留 |

PSI5 协议输出-初始化阶段 1 周期

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_INIT_I_DURATION【7:0】 | 100 | 50-200ms |

PSI5 协议输出-初始化阶段 2 长度

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_INIT_LEN【7:0】 | 9 | D1-D9 |
| | 32 | D1-D32 |

PSI5 协议输出-初始化阶段 2 重复次数

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_INIT_II_REPETITION【1:0】 | 0-3 | 重复 1-4 次 |

PSI5 协议输出-初始化阶段 2 数据内容

| 序号 | 数据字段 | 参数 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 强制数据 | | | |
| 1 | F1(D1) | PSI5_INIT_METAINFO | PSI5 版本 |
| 2 | F2(D2，D3) | PSI5_INIT_INITLENGTH | 初始化数据长度 |
| 3 | F3(D4，D5) | PSI5_INIT_VENDORID | 供应商 ID |
| 4 | F4(D6，D7) | PSI5_INIT_SENSORTYPE | 传感器类型 |
| 5 | F5(D8，D9) | SI5_INIT_SENSORPARAMS | 传感器指定参数 |
| 扩展数据 | | | |
| 6 | F6(D10，D11) | PSI5_INIT_SENSORCODE | 传感器厂家指定参数 |
| 7 | F7(D12-D14) | PSI5_INIT_SENSORAPPCODE | 产品版本信息 |
| 8 | F8(D15-D18) | PSI5_INIT_PRODUCTIONDATE | 生产日期 |
| 9 | F9(D19-D22) | SEMI_ID | 赛卓 ID |

PSI5 协议输出-初始化阶段 3

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| “Sensor ready” | 0x1E7 | 状态数据 |
| “Sensor defect” | 0x1F4 | 状态数据 |

PSI5 协议输出-初始化阶段 3 重复次数

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| PSI5_INIT_III_REPETITION【7:0】 | 0-255 | 重复 1-256 次 |

## 四线 SPI 协议输出（从机）

SC69431 SPI 作为全双工串行通信，在一次主从通信中主机可以同时发送命令和接收上一次命令的结果。SC69431 作为从机，由片选信号 SPI_CS 控制。SPI_CS 被设置为低电平时，SPI 通信被激活；SPI_CS 被设置为高电平时，SPI 通信结束。SPI_SCLK 作为 SPI 通信的时钟，由上位机发给 SC69431。MISO 和 MOSI 的信号在时钟的上升沿改变，在时钟的下降沿被捕捉。

| 命令 | 数据传输方向 | Byte 0 | Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 读 18 位角度值 | 主到从 | 0x54 | 0x00 | 0x00 | CRC8 |
| | 从到主 (1) | 0x54\|Angle[17:16] | Angle[15:8] | Angle[7:0] | CRC8 |
| 读温度 | 主到从 | 0x7C | 0x00 | 0x00 | CRC8 |
| | 从到主 | 0x7C | Temp[11:8] | Temp[7:0] | CRC8 |
| 读磁场强度 | 主到从 | 0x7D | 0x00 | 0x00 | CRC8 |
| | 从到主 | 0x7D | 0x00 | Value[7:0] | CRC8 |
| 读 XYZ | 主到从 | 0x64 | X:87 Y:89 Z:8B | 0x00 | CRC8 |
| | 从到主 | 0X64 | XYZ[15:8] | XYZ[7:0] | CRC8 |

*备注：*

*(1) 输出角度Angle =（Angle[17:0]）/262144*360*

## 可追踪信息

在出厂时，每个器件包含赛卓出厂 ID 和用户 ID 用于回溯追踪。

| 参数 | 数值 |
|---|---|
| USER_ID1【7:0】 | 0-255 |
| USER_ID2【7:0】 | 0-255 |
| USER_ID3【7:0】 | 0-255 |
| USER_ID4【7:0】 | 0-255 |
| SEMI_ID【15:0】 | 0-65535 |

## EEPROM 写保护

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| EEPROM_LOCK_ CODE【6:0】 | 0xAD | EEPROM 只读 |
| | 其他值 | EEPROM 可以读写，擦除 |

# 诊断

## 诊断使能

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| DIAG_EN | 0 | 关闭诊断 |
| | 1 | 使能诊断 |

## 诊断屏蔽寄存器

对应屏蔽位设置 0，该故障会触发诊断；对应屏蔽位设置 1，该故障不会触发诊断。

| BIT7 | BIT6 | BIT5 | BIT4 | BIT3 | BIT2 | BIT1 | BIT0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRC 校验错误 | GAINF 溢出 | 电流诊断 | 数字电压故障 | CORDIC 溢出 | 场强溢出 | ADC 溢出 | 温度溢出 |

## 模拟诊断设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| DIAG_MO【1:0】 | 0 | 数字高阻态输出 |
| | 1 | 数字输出 NMOS Open Drain |
| | 2 | 数字输出 PMOS Open Drain |
| | 3 | 数字推挽输出 |

## PWM 诊断设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| DC_FAULT【7:0】 | 0-255 | 电源电压过低时 PWM 的输出占空比 |
| DC_FTL【7:0】 | 0-255 | 磁场过低时 PWM 的输出占空比 |

## 诊断阈值

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| GAIN_THRESHOLD_LOW【4:0】 | 0-31 | 第二级模拟运放增益低阈值 |
| GAIN_THRESHOLD_HIGH【4:0】 | 0-31 | 第二级模拟运放增益高阈值 |
| TEMPTHRESHOLD_LOW【6:0】 | 0-127 | 低温阈值 |
| TEMPTHRESHOLD_HIGH【6:0】 | 0-127 | 高温阈值 |
| FIELDTHOLD_LOW【7:0】 | 0-255 | 场强低阈值 |
| FIELDTHOLD_HIGH【7:0】 | 0-255 | 场强高阈值 |

诊断去抖动时间设置

| 参数 | 数值 | STEP_UP TIME(ms) | STEP_DOWN TIME(ms) |
|---|---|---|---|
| DIAG_DEBOUNCE【2:0】 | 0 | 20 | 20 |
| | 1 | 20 | 30 |
| | 2 | 20 | 40 |
| | 3 | 40 | 40 |
| | 4 | 60 | 80 |
| | 5 | 80 | 100 |
| | 6 | 100 | 120 |
| | 7 | 120 | 140 |

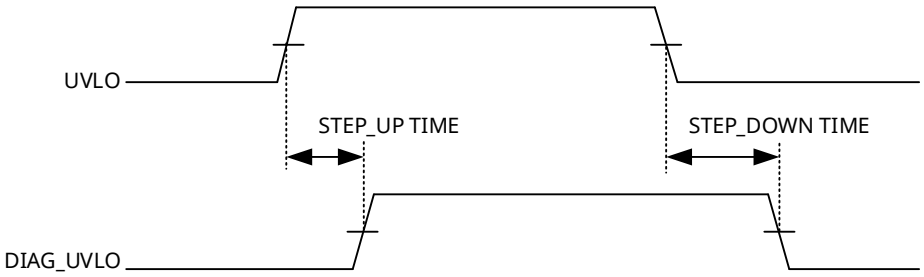



图 22 诊断去抖动时序

## 输出参数设置

输出钳位设置

输出钳位设置用于限制输出电压范围。CLAMP_LOW 设定输出电压最小值，CLAMP_HIGH 设定输出电压最大值。这两个参数对于 4 点、8 点、16 点和 32 点矫正模式都起作用。

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| CLAMP_LOW | 0-100% | 低钳位 |
| CLAMP_HIGH | 0-100% | 高钳位 |

## 断点/零点-DP

SC69431 的断点和零点是同一个点，该点可以编程在圆周上任一点，所有的角度都是以断点或零点为基准的。DP 是 0 度和 360 度的跳变点，对于小于 360 度行程的应用，DP 不要和工作行程起点设置在同一个位置，必须设置在工作行程外。

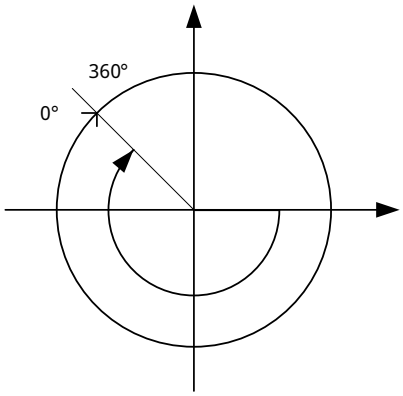



图 23 DP示意图

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| DP | 0-360 | 断点/零点(度) |

## 旋转方向

CW 参数定义了磁铁的旋转方向。

逆时针定义按 1-4-5-8 引脚顺序（SOP-8L 封装）或 1-8-9-16 引脚顺序（TSSOP-16L 封装）旋转;顺时针定义为相反的方向，按 8-5-4-1 引脚顺序（SOP-8L 封装）或 16-9-8-1 引脚顺序（TSSOP-16L 封装）旋转。

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| CW | 0 | 逆时针旋转 |
| | 1 | 顺时针旋转 |

## 4 点校准模式

SC69431 允许用户用 4 点校准模式将输出曲线通过 4 点分为最多 5 段，允许减少校准点数至 2 点或 3 点。4 个标定点的 Y 坐标（-50%~100%）和 X 坐标（0°~360°）和 5 段斜率（LNR_S0,LNR_S1,LNR_S2,LNR_S3,LNR_S4）完全由用户设定。计算斜率，需要曲线的 0 度起始和 360 度终止两个端点来计算 LNR_S0 和 LNR_D_S(见下图 24)。

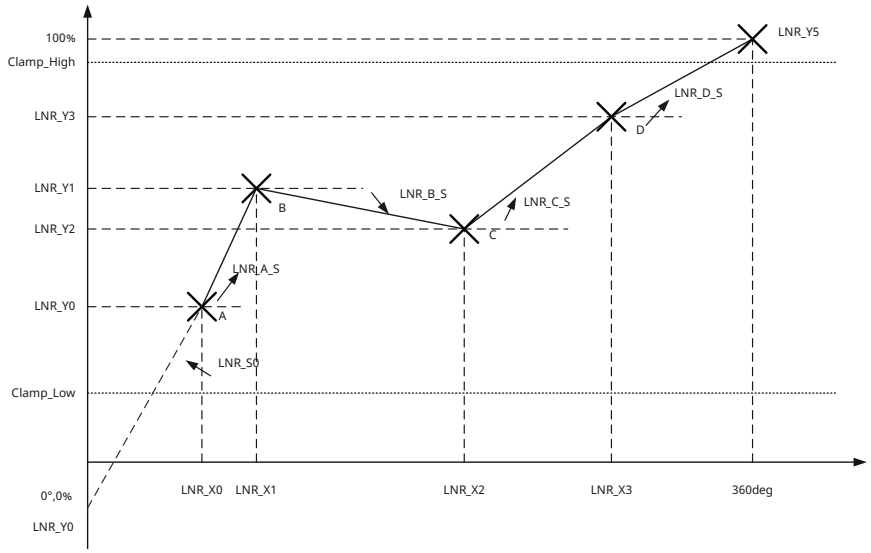



图 24 4 点校准曲线图

## 8 点任意点校准模式

SC69431 允许用户通过自定义任意 8 个标定点的 X 坐标（0°~360°）和 Y 坐标（0%~100%）来编程用户需要的输出曲线。但是斜率不可设置，只能由相邻两点计算得出。此外还需要默认的固定标定点[0°，0%]作为起始点。

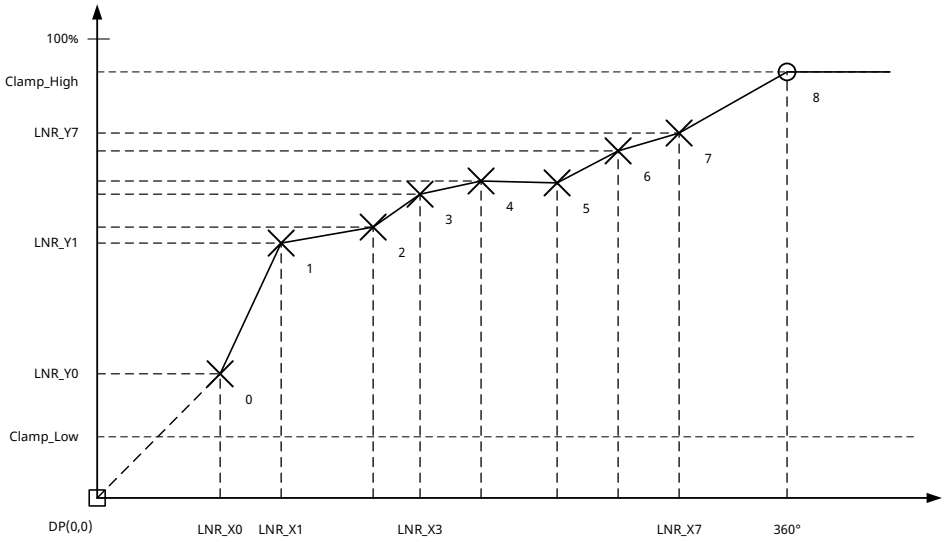



图 25 8 点校准曲线图

## 16 段校准模式

16 段校准模式，只允许设定坐标点的 Y 轴值。X 轴坐标由 W 值定义，在 WORK_RANGE 范围内均分为 16 段。Y 点坐标允许范围为钳位电压的-50%~+150%，可使得钳位电压在某一段的之间（如下图所示）。但是输出仍然是钳位电压。

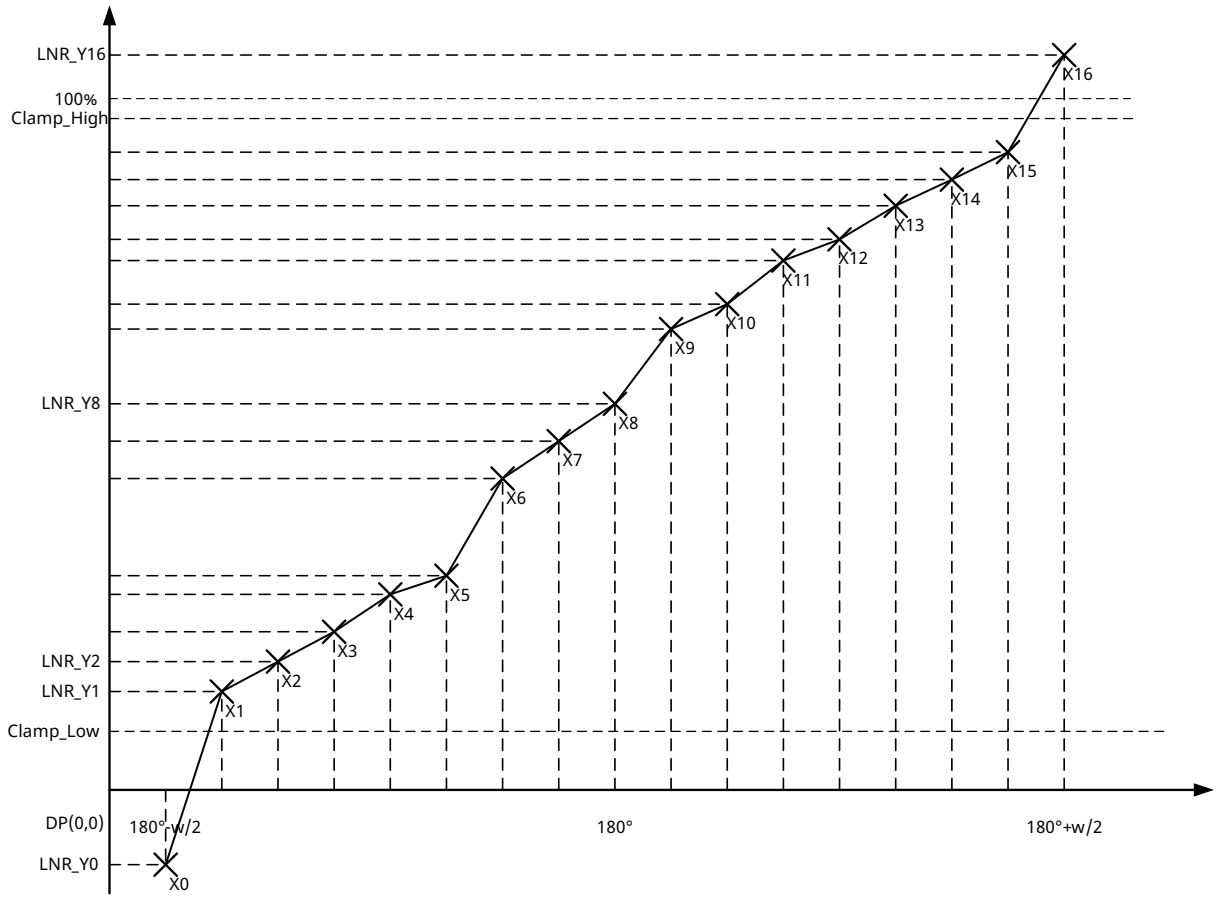



图 26 16 段校准曲线图

## 32 段校准模式

由 WorkRange 定义工作区间 W,以 180°为中心均分为 32 段。Y 轴坐标仅由 8bit 数据构成，因此不是坐标绝对值，而是坐标增量。以两个端点分别为（180°-w/2，0%），（180°+w/2,100%）确定一条理想曲线，ΔY 则是横轴坐标 X 对应 Y 的微调值。

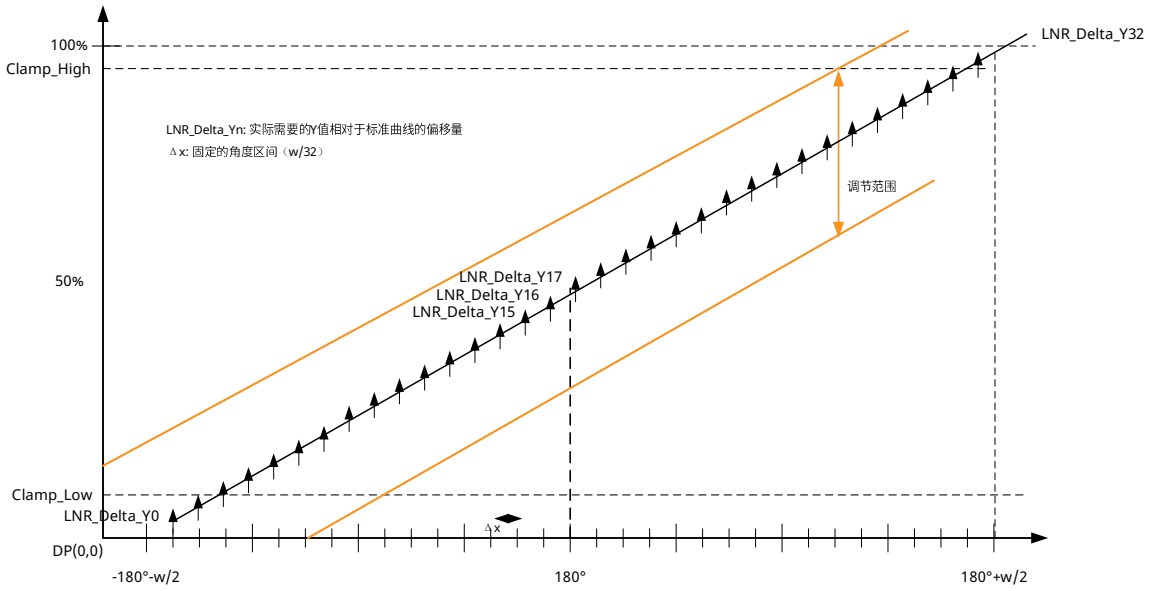



图 27 32 段校准曲线图

32 段校准，Y 轴坐标偏差范围设置

| 参数 | 数值 | 描述 |
|---|---|---|
| LNR_DELTA_Y_EXPAND【1:0】 | 0 | 误差范围±3.125% |
| | 1 | 误差范围±6.25% |
| | 2 | 误差范围±12.5% |
| | 3 | 误差范围±25% |

角度范围选择

$$w = \frac{WORK_RANGE_GAIN \times 360°}{0XFFFF}$$

角度范围 $\theta_{min} = \frac{360°-w}{2}$ $\theta_{max} = \frac{360°+w}{2}$

$\theta_{min}$表示输出 0%时的角度，$\theta_{max}$表示输出 100%时的角度。为使矫正输出正常，角度范围需要设置为大于 16 的整数倍以上。

角度范围设置举例

| ***WORK_RANGE_GAIN*** | ***w*** **(°)** | $\theta_{min}$ **(°)** | $\theta_{max}$**(°)** | **△X，16pts(°)** | **△X，32pts(°)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0x1000 | 22.50034 | 168.7498 | 191.2502 | 1.406271 | 0.703136 |
| 0x1100 | 23.90661 | 168.0467 | 191.9533 | 1.494163 | 0.747082 |
| 0x1200 | 25.31289 | 167.3436 | 192.6564 | 1.582055 | 0.791028 |
| 0x1300 | 26.71916 | 166.6404 | 193.3596 | 1.669947 | 0.834974 |
| 0x2000 | 45.00069 | 157.4997 | 202.5003 | 2.812543 | 1.406271 |
| 0x2100 | 46.40696 | 156.7965 | 203.2035 | 2.900435 | 1.450217 |
| 0x2200 | 47.81323 | 156.0934 | 203.9066 | 2.988327 | 1.494163 |
| 0x2300 | 49.2195 | 155.3902 | 204.6098 | 3.076219 | 1.538109 |
| 0x3000 | 67.50103 | 146.2495 | 213.7505 | 4.218814 | 2.109407 |
| 0x3100 | 68.9073 | 145.5463 | 214.4537 | 4.306706 | 2.153353 |
| 0x3200 | 70.31357 | 144.8432 | 215.1568 | 4.394598 | 2.197299 |
| 0x3300 | 71.71984 | 144.1401 | 215.8599 | 4.48249 | 2.241245 |
| 0x4000 | 90.00137 | 134.9993 | 225.0007 | 5.625086 | 2.812543 |
| 0x4100 | 91.40764 | 134.2962 | 225.7038 | 5.712978 | 2.856489 |
| 0x4200 | 92.81392 | 133.593 | 226.407 | 5.80087 | 2.900435 |
| 0x4300 | 94.22019 | 132.8899 | 227.1101 | 5.888762 | 2.944381 |
| 0xFA00 | 351.5679 | 4.216068 | 355.7839 | 21.97299 | 10.9865 |
| 0xFB00 | 352.9741 | 3.512932 | 356.4871 | 22.06088 | 11.03044 |
| 0xFC00 | 354.3804 | 2.809796 | 357.1902 | 22.14878 | 11.07439 |
| 0xFD00 | 355.7867 | 2.106661 | 357.8933 | 22.23667 | 11.11833 |
| 0xFE00 | 357.193 | 1.403525 | 358.5965 | 22.32456 | 11.16228 |
| 0xFF00 | 358.5992 | 0.700389 | 359.2996 | 22.41245 | 11.20623 |
| 0xFFFF | 360 | 0 | 360 | 22.5 | 11.25 |

# 12. 典型应用电路

## 模拟/PWM/SENT-- SOP-8L 封装应用电路

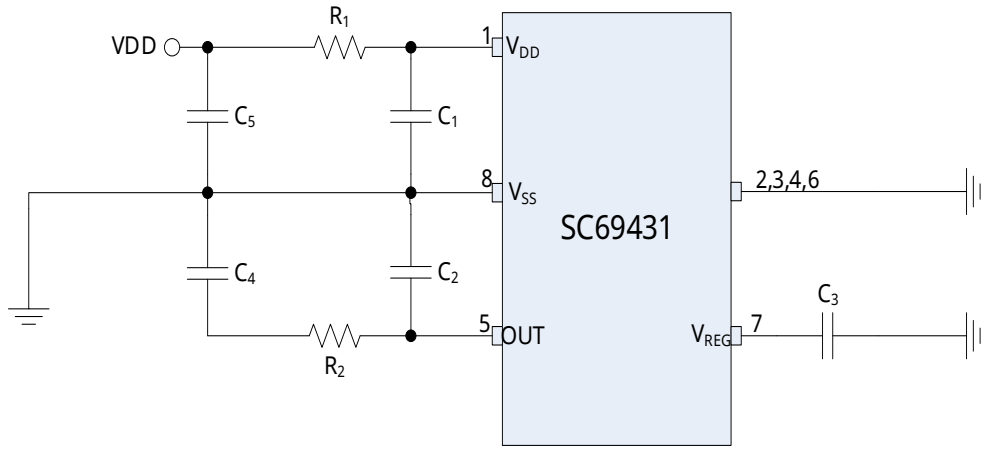



图 28 模拟/PWM/SENT--SOP-8L 封装应用参考电路图

模拟输出参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R1 | - | 0Ω | 10Ω | 减小 EMC 影响，输出误差增大 |
| R2 | - | 0Ω | 51Ω | 减小 EMC 影响 |
| C1 | - | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C2 | 47nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C3 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C4 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C5 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

数字输出(PWM)参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R1 | - | 0Ω | 33Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| R2 | - | 0Ω | 51Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高低电平 |
| C1 | 100nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C2 | 2.2nF | 4.7nF | 22nF | 靠近引脚摆放 |
| C3 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C4 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C5 | - | 1nF | 2.2nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

数字输出(SENT)参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R1 | - | 0Ω | 10Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| R2 | - | - | - | |
| C1 | 100nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C2 | 1nF | 4.7nF | 22nF | 靠近引脚摆放 |
| C3 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C4 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C5 | - | - | 1nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

## PSI5--SOP-8L 封装应用电路

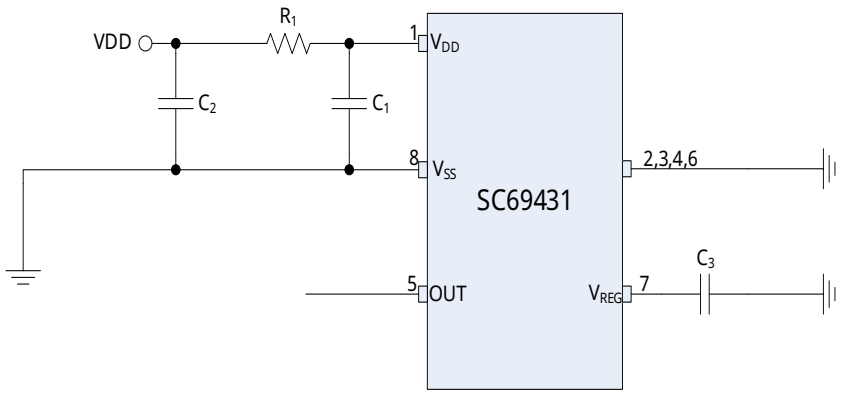



图 29 PSI5输出 SOP-8 封装应用参考电路图

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R1 | - | 0Ω | 10Ω | |
| C1 | 9nF | 10nF | 24nF | 靠近引脚摆放 |
| C2 | 500pF | - | 1nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C3 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |

## SPI--SOP-8L 封装应用电路

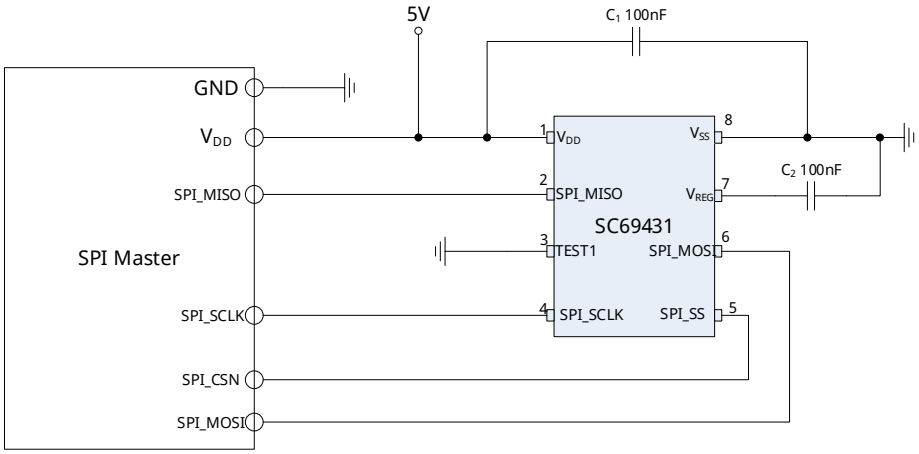



图 30 SPI SOP-8L 封装应用参考电路图

## 模拟/PWM/SENT--TSSOP-16L 封装应用电路

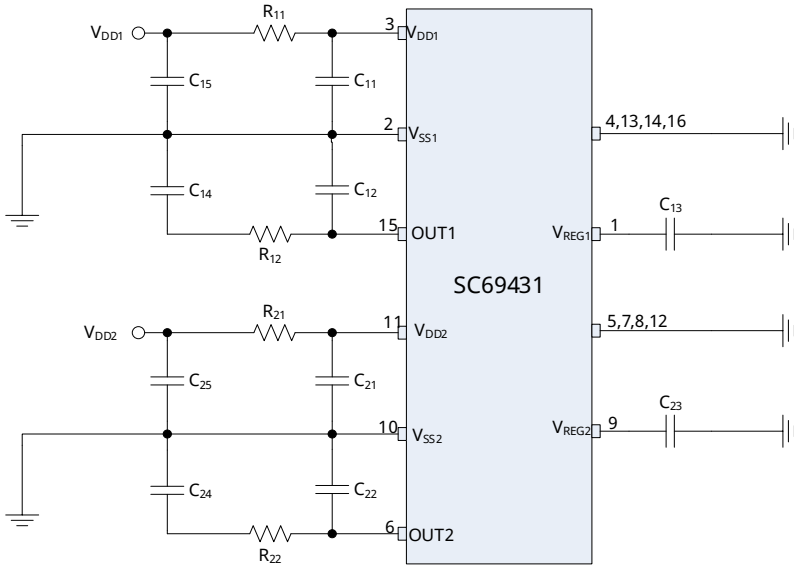



图 31 模拟/PWM TSSOP-16L 封装应用参考电路图

模拟输出参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R11, R21 | - | 0Ω | 10Ω | 减小 EMC 影响，输出误差增大 |
| R12, R22 | - | 0Ω | 51Ω | 减小 EMC 影响，输出误差增大 |
| C11, C21 | 100nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C12, C22 | 47nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C13, C23 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C14, C24 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C15, C25 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

数字输出(PWM)参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R11, R21 | - | 0Ω | 33Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| R12, R22 | - | 0Ω | 51Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| C11, C21 | 100nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C12, C22 | 2.2nF | 4.7nF | 22nF | 靠近引脚摆放 |
| C13, C23 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C14, C24 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C15，C25 | - | 1nF | 2.2nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

数字输出(SENT)参考值

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R11, R21 | - | 0Ω | 33Ω | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| R12, R22 | - | - | - | 减小 EMC 影响，影响输出高电平 |
| C11, C21 | 100nF | 100nF | - | 靠近引脚摆放 |
| C12, C22 | 1nF | 4.7nF | 22nF | 靠近引脚摆放 |
| C13, C23 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |
| C14, C24 | - | 1nF | 10nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C15，C25 | - | - | 1nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |

## PSI5--TSSOP-16L 封装应用电路

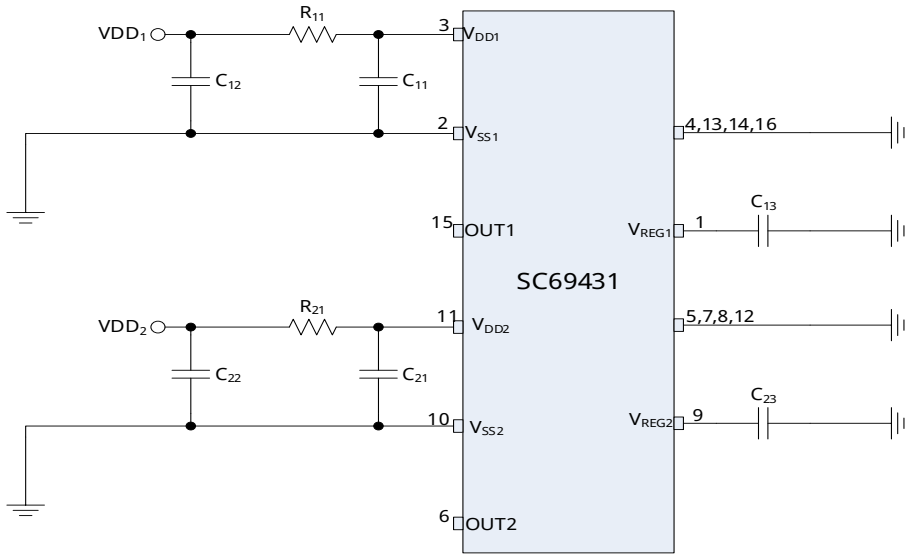



图 32 PSI5 TSSOP-16L 输出封装应用参考电路图

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| R11, R21 | - | 0Ω | 10Ω | 减小 EMC 影响 |
| C11, C21 | 9nF | 10nF | 24nF | 靠近引脚摆放 |
| C12, C22 | 500pF | - | 1nF | 减小 EMC 影响，靠近连接器端摆放 |
| C13, C23 | 47nF | 100nF | 220nF | 靠近引脚摆放 |

## SPI--TSSOP-16L 封装应用电路

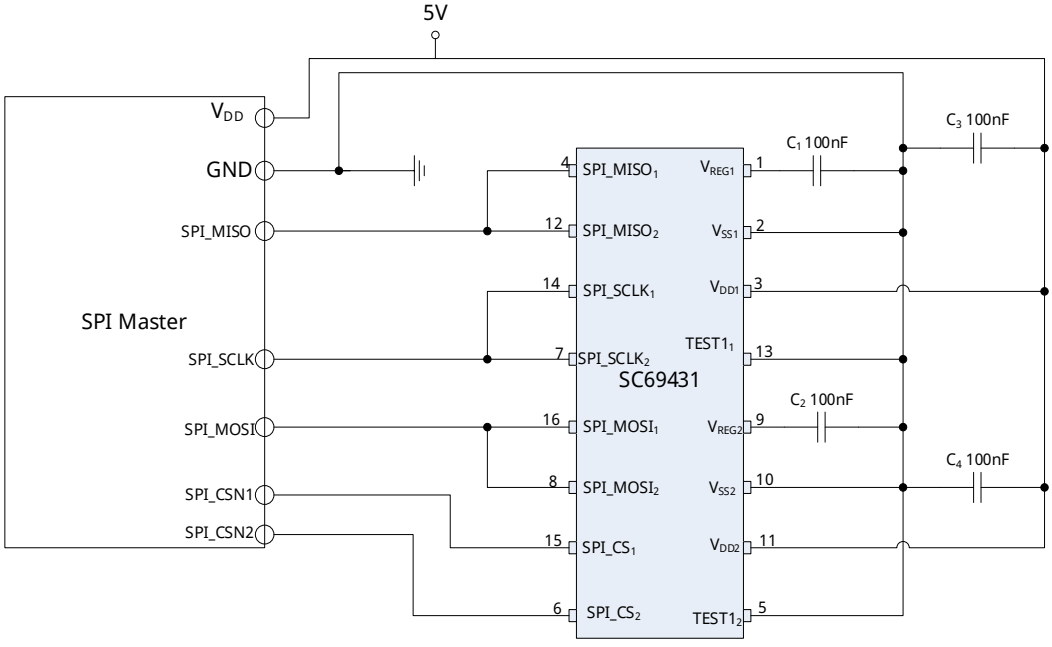



图 33 SPI TSSOP-16L 封装应用参考电路图

## SIP-3L 单路封装应用电路

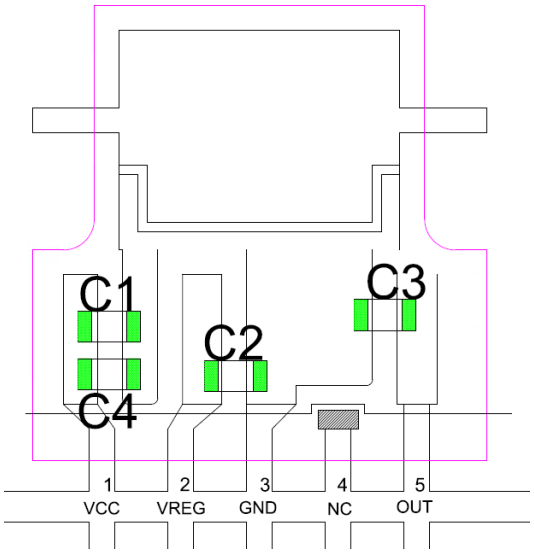
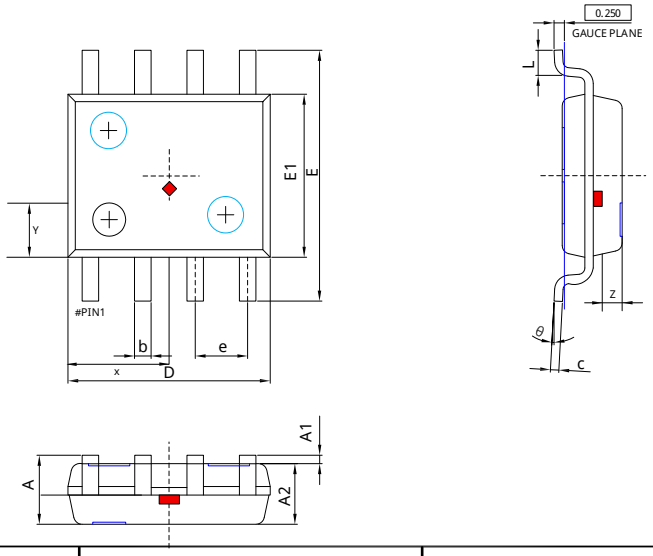



图 34 SIP-3L 单芯片封装应用参考电路图

| 元件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| 模拟输出 | | | | |
| C1 | | 100nF | - | |
| C2 | - | 100nF | - | |
| C3 | - | 100nF | - | |
| C4 | | 2.2nF | | |
| PWM 输出 | | | | |
| C1 | - | 100nF | - | |
| C2 | - | 100nF | - | |
| C3 | - | 2.2nF | - | |
| C4 | | 2.2nF | | |
| SENT 输出 | | | | |
| C1 | - | 100nF | - | |
| C2 | - | 100nF | - | |
| C3 | - | 2.2nF | - | |
| C4 | | 2.2nF | | |
| PSI5 输出 | | | | |
| C1 | - | 10nF | - | |
| C2 | - | 100nF | - | |
| C3 | | 100nF | | |
| C4 | | 0nF | | |

# 13. 封装信息

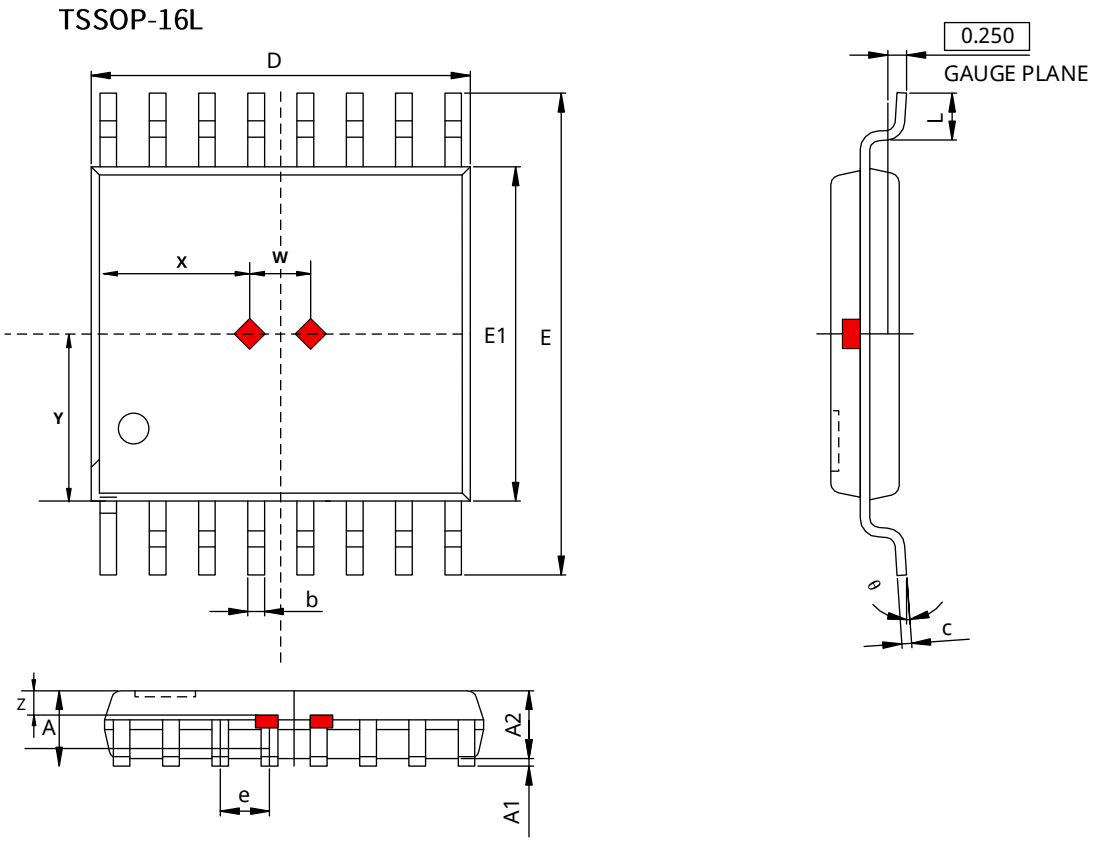
## 13.1. SOP-8L 封装尺寸




| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| A | 1.450 | 1.750 | 0.057 | 0.069 |
| A1 | 0.100 | 0.250 | 0.004 | 0.010 |
| A2 | 1.350 | 1.550 | 0.053 | 0.061 |
| b | 0.330 | 0.510 | 0.013 | 0.020 |
| c | 0.170 | 0.250 | 0.007 | 0.010 |
| D | 4.700 | 5.100 | 0.185 | 0.201 |
| E | 5.800 | 6.200 | 0.228 | 0.244 |
| E1 | 3.800 | 4.000 | 0.150 | 0.157 |
| e | 1.270(BSC) | | 0.050(BSC) | |
| L | 0.400 | 1.270 | 0.016 | 0.050 |
| θ | 0° | 8° | 0° | 8° |
| X | 2.350 | 2.550 | | |
| Y | 1.180 | 1.380 | | |
| Z | 0.396 | 0.596 | | |

图 35 SIP-3L 封装尺寸

## 13.2. TSSOP-16L 封装尺寸

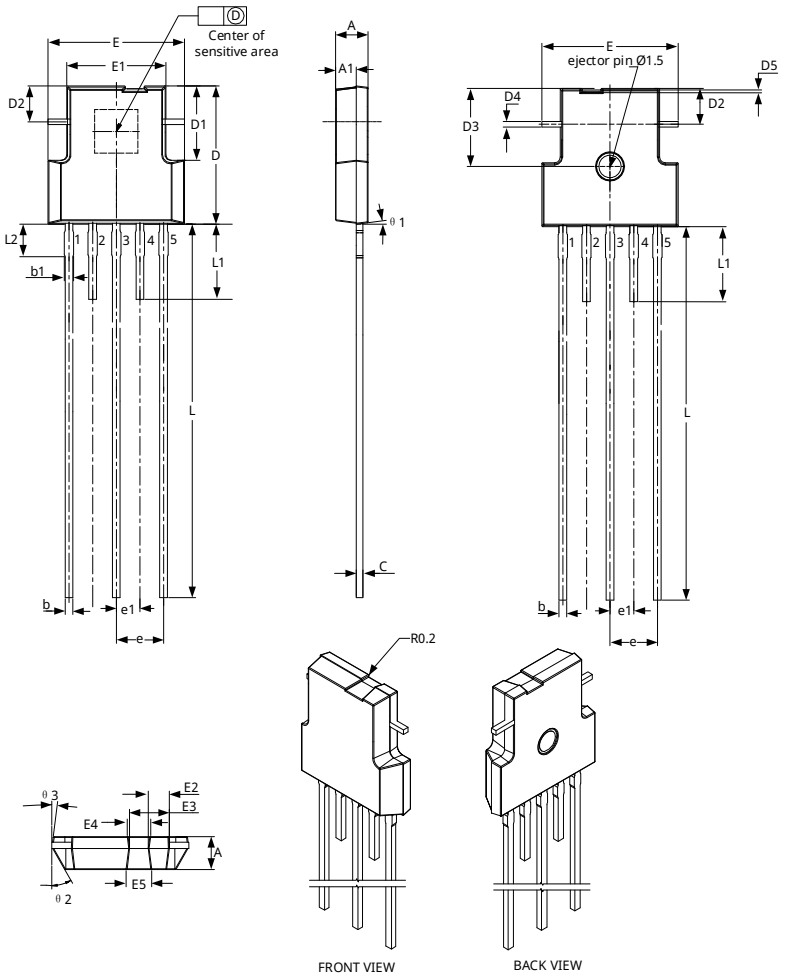



| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| A | - | 1.200 | - | 0.047 |
| A1 | 0.050 | 0.150 | 0.002 | 0.006 |
| A2 | 0.800 | 1.000 | 0.031 | 0.039 |
| b | 0.190 | 0.300 | 0.007 | 0.012 |
| c | 0.090 | 0.200 | 0.004 | 0.008 |
| D | 4.900 | 5.100 | 0.193 | 0.201 |
| E | 6.250 | 6.550 | 0.252(BSC) | |
| E1 | 4.300 | 4.500 | 0.169 | 0.177 |
| e | 0.650(BSC) | | 0.026(BSC) | |
| L | 0.500 | 0.700 | 0.020 | 0.028 |
| θ | 1° | 7° | 1° | 7° |
| **X** | 2.015 | 2.215 | | |
| **Y** | 2.122 | 2.322 | | |
| **Z** | 0.190 | 0.390 | | |
| **W** | 0.676 | 0.876 | | |

图 36 TSSOP-16L 封装尺寸

## 13.3. SIP-3L 封装尺寸

SIP-3L 封装外形图



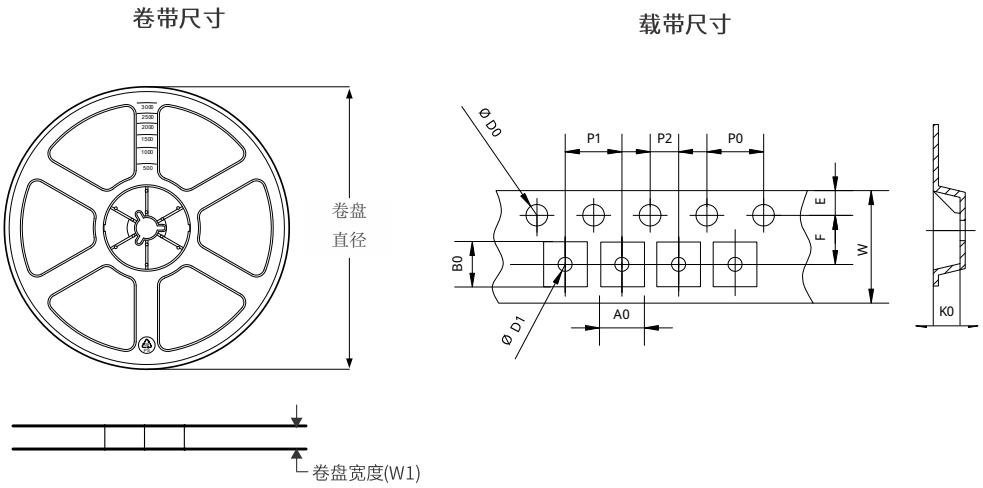

| Symbol | DIMENSIONS | | |
|---|---|---|---|
| | Millimeters | | |
| | MIN. | TYP. | MAX. |
| E | 7.23 | 7.33 | 7.43 |
| E1 | 5.23 | 5.33 | 5.43 |
| E2 | 0.90 | 1.00 | 1.10 |
| E3 | 2.05 | 2.15 | 2.25 |
| E4 | 1.20 | 1.30 | 1.40 |
| E5 | 1.15 | 1.25 | 1.35 |
| b | 0.33 | 0.43 | 0.53 |
| b1 | 0.40 | 0.50 | 0.60 |
| c | - | 0.36 | - |
| D | 7.25 | 7.35 | 7.45 |
| D1 | 3.85 | 3.95 | 4.05 |
| D2 | 1.80 | 1.90 | 2.00 |
| D3 | 4.05 | 4.15 | 4.25 |
| D4 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |
| D5 | 0.14 | 0.15 | 0.16 |
| Ⓓ | - | 0.30 | - |
| A | 1.65 | 1.75 | 1.85 |
| A1 | 1.00 | 1.10 | 1.20 |
| e | 2.54 TYP. | | |
| e1 | 1.27 TYP. | | |
| L | 18.90 | 19.90 | 20.90 |
| L1 | 3.90 | 4.00 | 4.10 |
| L2 | 0.90 | 1.00 | 1.10 |
| θ 1 | 7° TYP. | | |
| θ 2 | 30°TYP. | | |
| θ 3 | 7° TYP. | | |

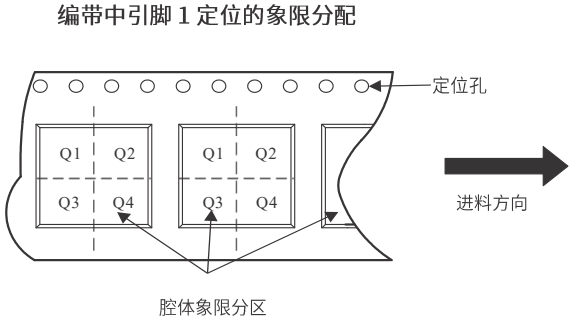
DEC.2025,Rev.A

图 37 SIP-3L 封装尺寸

# 14. 包装信息

## 14.1. SOP-8L 编带尺寸



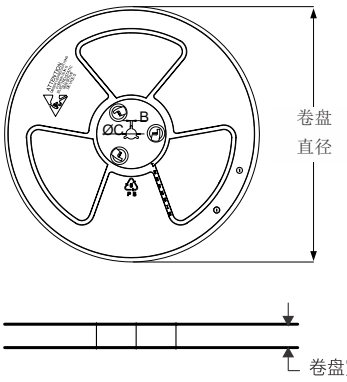

所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 数量 | 卷盘直径（mm） | 卷盘宽度 W1（mm） | P0（mm） | P1（mm） | P2（mm） | A0（mm） | B0（mm） | K0（mm） | W（mm） | Pin1 Quadrant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SOP-8L | 4000 | 330 | 13.0 | 4.00 | 8.00 | 2.00 | 6.40 | 5.40 | 2.10 | 12.00 | Q1 |

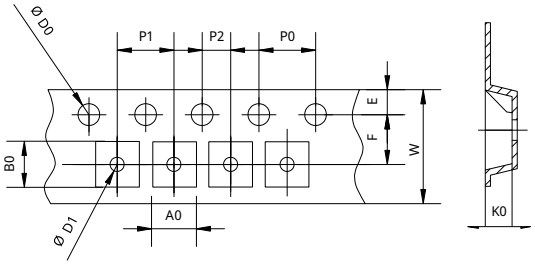
图 38 SOP-8L 编带尺寸

## 14.2. TSSOP-16L 编带尺寸

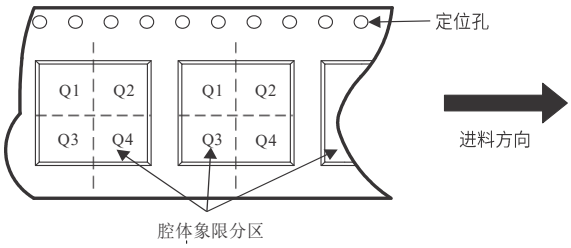
卷带尺寸




载带尺寸




编带中引脚 1 定位的象限分配

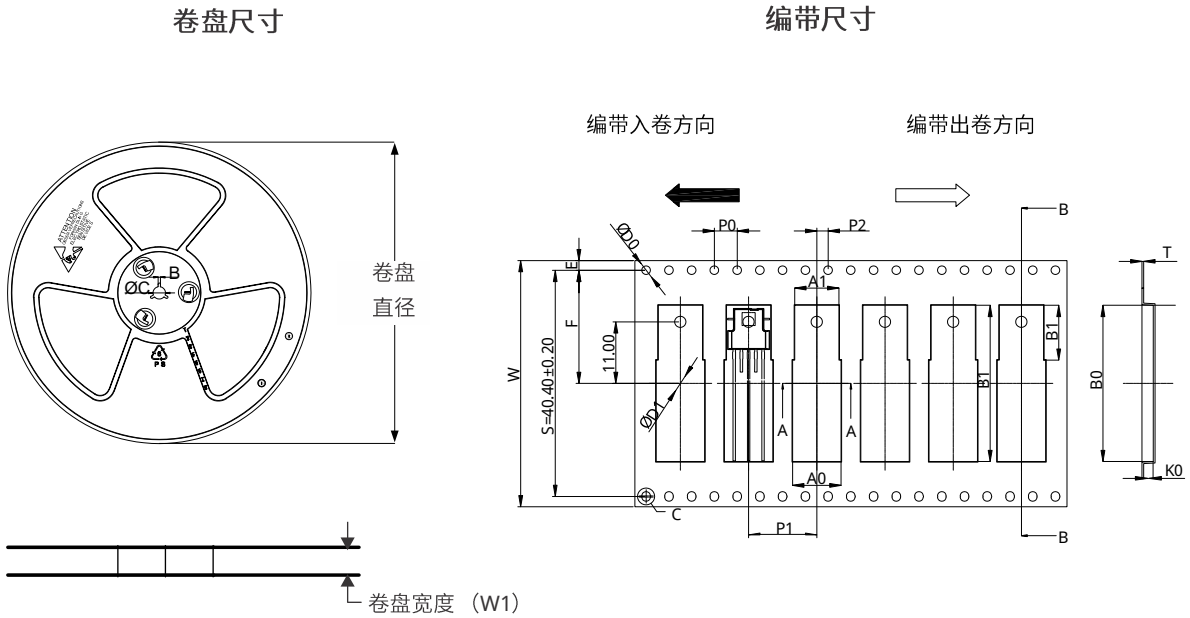



所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 数量 | 卷盘直径（mm） | 卷盘宽度 W1（mm） | P0（mm） | P1（mm） | P2（mm） | A0（mm） | B0（mm） | K0（mm） | W（mm） | Pin1 Quadrant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TSSOP-16L | 3000 | 330 | 16.4 | 4 | 8.00 | 2.00 | 6.80 | 5.40 | 1.60 | 16.00 | Q1 |

图 39 TSSOP-16L 编带尺寸

## 14.3. SIP-3L 编带尺寸



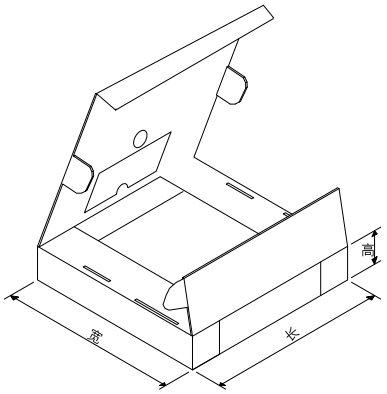

所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 卷盘直径 (mm) | 卷盘宽度 W1 (mm) | P0 (mm) | P1 (mm) | P2 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | W (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SIP-3L | 330 | 44.5 | 4.00 | 12.00 | 2.00 | 8.50 | 27.90 | 2.00 | 44.00 |

图 40 SIP-3L 编带尺寸

# 15. 外盒信息

## 15.1. SOP-8L 外盒尺寸

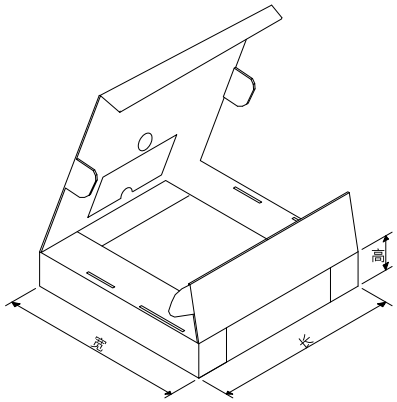



所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 数量 | 长（mm） | 宽（mm） | 高（mm） |
|---|---|---|---|---|
| SOP-8L | 4000颗*2盘 | 380 | 344 | 60 |

图 41 SOP-8L 外盒尺寸

## 15.2. TSSOP-16L 外盒尺寸

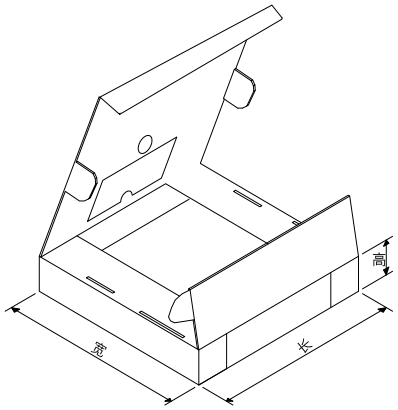



所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 数量 | 长（mm） | 宽（mm） | 高（mm） |
|---|---|---|---|---|
| TSSOP-16L | 4000颗*2盘 | 380 | 344 | 60 |

图 42 TSSOP-16L 外盒尺寸

## 15.3. SIP-3L 外盒尺寸




所有尺寸均为标称尺寸

| 封装类型 | 数量 | 长（mm） | 宽（mm） | 高（mm） |
|---|---|---|---|---|
| SIP-3L | 2600 | 395 | 375 | 60 |

图 43 SIP-3L 外盒尺寸

# 16. 历史版本

| 版本号 | 日期 | 描述 |
|---|---|---|
| Draft | 2024-10-28 | Draft 初始版本 |
| PreliminaryV_0.1 | 2025-7-15 | Draft 版本更新 |
| PreliminaryV_0.2 | 2025-8-20 | 参数更新 |
| PreliminaryV_0.3 | 2025-10-31 | 更新 SIP-3L 引脚图，用户编程参数等 |
| Rev1.0 | 2026-4-30 | 更新参数，增加包装信息，免责声明等 |

# 重要声明和免责声明

本声明为赛卓电子科技（上海）股份有限公司产品规格书的组成部分，仅适用于本规格书对应型号产品的技术信息说明。

本文件（以下简称“本文件”）所展示的信息、数据和规格均按“现状”提供，仅供参考，不应被解释为任何明示或暗示的保证或授权，包括但不限于对准确性、完整性、适销性、特定用途适用性的保证，或对不侵犯任何第三方知识产权的保证。

本文件的使用者对赛卓电子产品的选择、使用和应用，以及确保此类应用的安全性负有全部责任。使用者应遵守所有与赛卓电子产品使用相关的适用法律、法规和要求。赛卓电子可能提供的任何与应用相关的信息或支持仅供参考，不构成任何保证或责任。

本文件中所述的资源可能会未经通知而发生变更。变更后的内容将自动取代原版本内容，赛卓电子不另行单独通知。赛卓电子允许仅将这些资源用于开发本文所述的、集成了赛卓电子产品的应用程序。未经事先书面同意，禁止以任何其他方式复制、分发或公开展示这些资源。对于赛卓电子的任何知识产权或任何第三方的知识产权，均不授予任何明示或暗示的许可。

您同意为赛卓电子及其代表辩护、赔偿，并使其免受因您使用这些资源而产生的任何索赔、损害、费用、损失或责任。

如需了解最新产品信息和技术支持，请联系赛卓电子 (www.semiment.com).

**版权所有 © 赛卓电子科技（上海）股份有限公司**