

霍尔效应角度位置传感器

1. 产品特性

- 符合 AEC_Q100 标准
- 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，以及 XYZ 的 3D 位置检测
- 宽工作温度范围：-40°C 到 160°C
- 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
- 单路芯片 SOP-8 和双路冗余芯片 TSSOP-16 封装形式以及 SIP-3 封装-无铅，均符合欧盟 RoHS 有害物质要求



图 1 封装示意图

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片阵列和一个集磁片，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，芯片专用的 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。

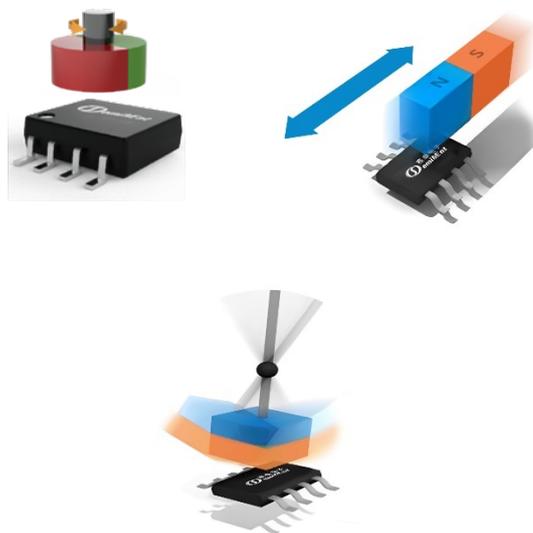


图 2 产品示意图

目录

1. 产品特性.....	1	8. 双芯片隔离参数.....	7
2. 产品应用.....	1	9. 工作参数.....	8
3. 产品描述.....	1	10. 功能框图.....	14
4. 引脚定义.....	3	11. 功能描述.....	15
5. 订购信息.....	6	12. 典型应用电路.....	38
6. 极限参数.....	7	13. 封装信息.....	44
7. 静电保护.....	7	14. 历史版本.....	47

4. 引脚定义

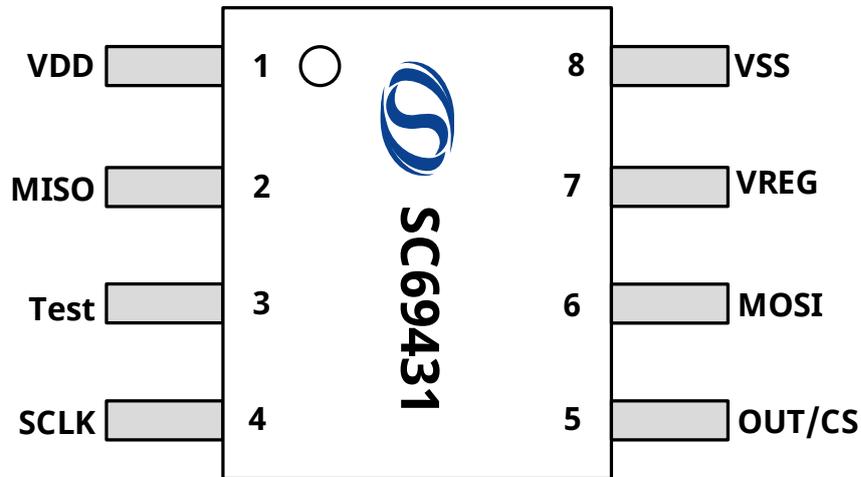


图 3 SOP-8 引脚描述

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；SPI_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

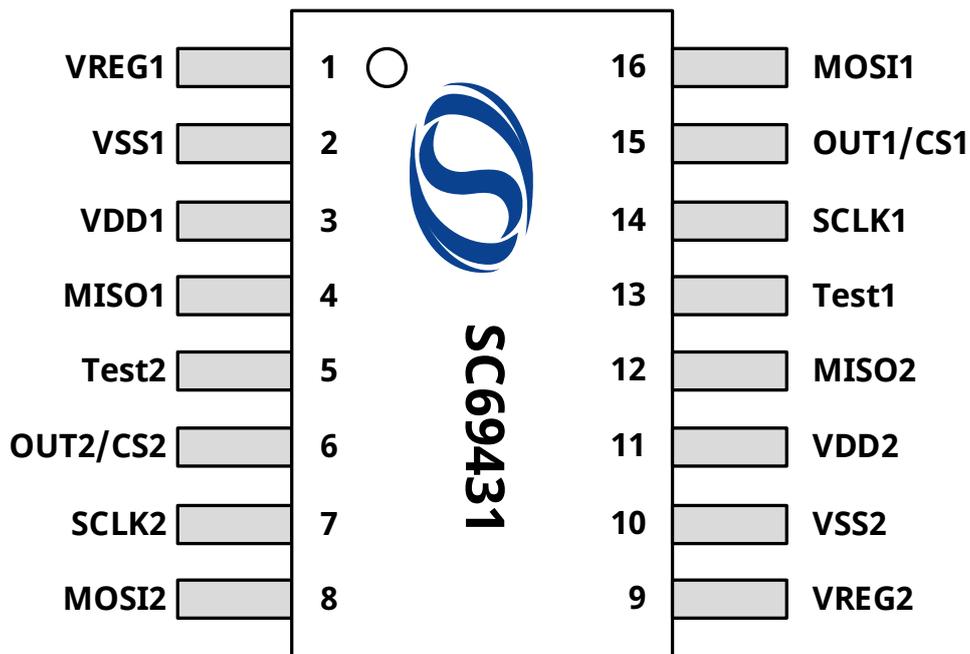


图 4 TSSOP-16 引脚描述

引脚		类型	描述
名称	序号		
VREG1	1	电源输出	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	数字输入	芯片 1 -- MISO: SPI 的主出从进数据引脚
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
Test1A	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

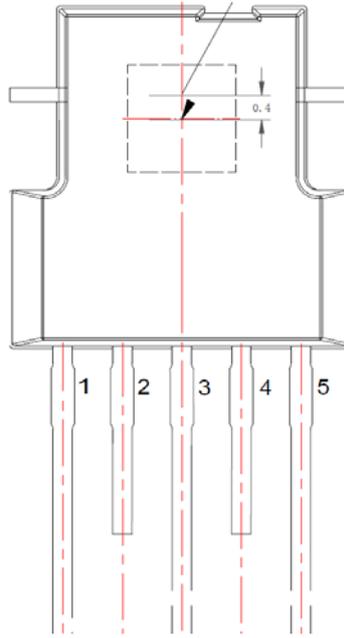


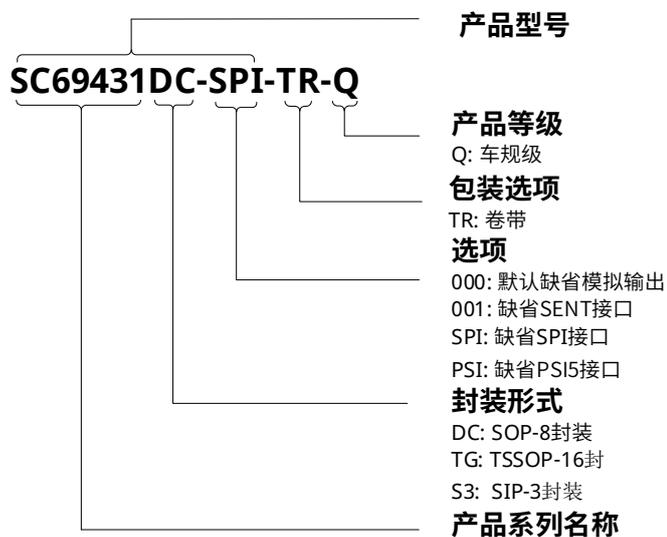
图 5 SIP-3 引脚描述

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 1	5	电源输出	模拟输出; PWM; SENT;

5. 订购信息

产品名称	温度范围(°C)	封装外形	包装方式	数量
SC69431DC-000-TR-Q	-40~160	SOP-8	卷带	4000 颗/卷
SC69431DC-SPI-TR-Q	-40~160	SOP-8	卷带	4000 颗/卷
SC69431DC-PSI-TR-Q	-40~160	SOP-8	卷带	4000 颗/卷
SC69431TG-000-TR-Q	-40~160	TSSOP-16	卷带	3000 颗/卷
SC69431TG-SPI-TR-Q	-40~160	TSSOP-16	卷带	3000 颗/卷
SC69431TG-PSI-TR-Q	-40~160	TSSOP-16	卷带	3000 颗/卷
SC69431S3-000-TR-Q	-40~160	单路 SIP-3	卷带	3000 颗/卷
SC69431S3-001-TR-Q	-40~160	单路 SIP-3	卷带	3000 颗/卷
SC69431S3-SPI-TR-Q	-40~160	单路 SIP-3	卷带	3000 颗/卷
SC69431S3-PSI-TR-Q	-40~160	单路 SIP-3	卷带	3000 颗/卷

订购信息格式



6. 极限参数

工作的自然温度范围内(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	°C
T _{STG}	储存温度		-40	160	°C
H	磁场强度		-1	1	T

备注:

(1) 高于此处列出的压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 EIA/JESD22-A114-B HBM 标准	-6 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾	kV

备注:

(1) Target value

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		4		MΩ

9. 工作参数

电参数

(工作条件: $T_{AMB} = -40 \sim 160^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 4.5 \sim 5.5\text{V}$, 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}	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, $UVLO_3P5EN=1$	3.15	3.3	3.6	V
V_{DD}		PSI5	4.1		12	V
I_{DD}	工作电流	单路 SOP-8	-	7.5	10	mA
I_{surge}	开机冲击电流	单路 SOP-8	-	-	25	mA
I_{OCP}	电流过流报警	单路 SOP-8	-	25	35	mA
$I_{ERRSTART}$	启动电流误差	PSI5	-2	-	2	mA
ΔI_S	SINK 电流	PSI5-正常功耗模式	22	26	30	mA
		PSI5-低功耗模式	11	13	15	mA
I_{SDRIFT}	静态电流偏移	PSI5	-4		4	mA
V_{REG}	稳压电压	5V 模式	3.13	3.3	3.47	V
V_{REGOV}	稳压电压过高检测	5V 模式	3.5	3.7	3.89	V
V_{REGUVL}	稳压电压过低检测	5V 模式	2.8	2.9	3.0	V
$V_{DDstartH}$	启动电压	5V 模式	3.8			V
$V_{DDstartHyst}$	启动电压迟滞	5V 模式		100		mV
V_{UVLO}	欠压检测电压	$UVLO_3P3=0$	3.8	3.9	4.1	V
		$UVLO_3P3=1$	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		6.0	6.2	6.5	V
		PSI5	22	24	26	V
$V_{OVPHYST}$	过压检测迟滞		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	-	k Ω
		下拉电阻, 连接到地	4.7	10	-	k Ω

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
V _{sat_lo}	模拟输出饱和电平	上拉电阻 R≥10k, 连接到电源	-	0.5	2	%V _{DD}
		上拉电阻 R≥4.7k, 连接到电源	-	2.5	3	%V _{DD}
V _{sat_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}
V _{satD_lo}	数字输出电平	下拉电阻 R≥10k, 连接到电源	-	0.5	1	%V _{DD}
		上拉电阻 R≥1k, 连接到电源	-	6	10	%V _{DD}
V _{satD_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	-	%V _{DD}
D _{sat_lo}	主动诊断输出电平	上拉电阻 R≥10k	-	0.5	1	%V _{DD}
		上拉电阻 R≥4.7k	-	1	2	%V _{DD}
D _{sat_hi}		下拉电阻 R≥10k	97.5	98.5	-	%V _{DD}
		下拉电阻 R≥4.7k	95	97	-	%V _{DD}
BV _{SSPD}	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 _{SSPU}		VSS 开路, 上拉电阻, R≥1k, 上拉到 5V	99.5	100	-	%V _{DD}
BV _{DDPD}		VDD 开路, 下拉电阻, R≥1k	-	0	0.5	%V _{DD}
BV _{DDPU}		VDD 开路, 上拉电阻, R≤10, 上拉到 5V	97	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

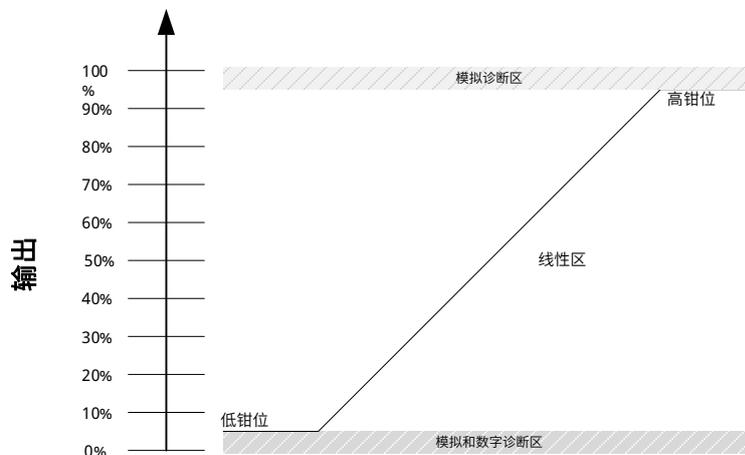


图 6 典型应用输出范围

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}
T_{per}	数据刷新频率		-	200	250	μs
T_s	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

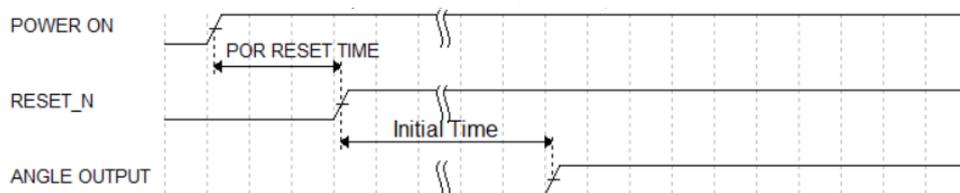


图 7 上电复位时序

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	-	us
t_{pw}			-	100	-	us
TIDLE	待机时间		-	20	-	ms

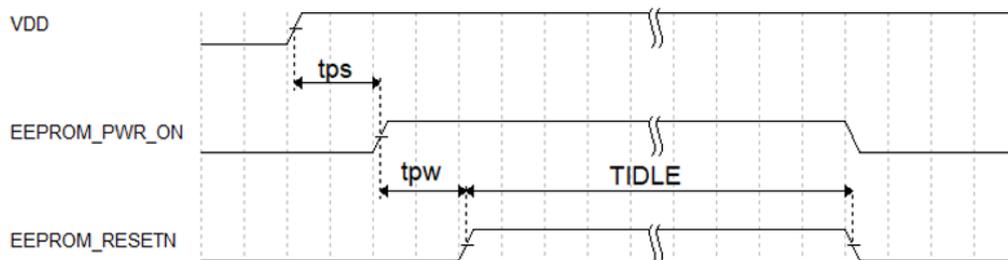


图 8 EEPROM时序

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°C	-	-	±2%	F_{PWM}
		25°C	-	-	±1%	F_{PWM}
ΔF_{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, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	10	-	μs
		10nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	20	-	μs
T_{rise_PP}	PWM 输出上升时间(推挽输出)	4.7nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	3	-	μs
		10nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	4	-	μs
T_{fall_LSD}	PWM 输出下降时间(开漏输出)	4.7nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	2	-	μs
		10nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	4	-	μs
T_{fall_PP}	PWM 输出下降时间(推挽输出)	4.7nF, $R_L=1k\Omega$ 上拉	-	2	-	μs
		10nF, $R_L=1k\Omega$ 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

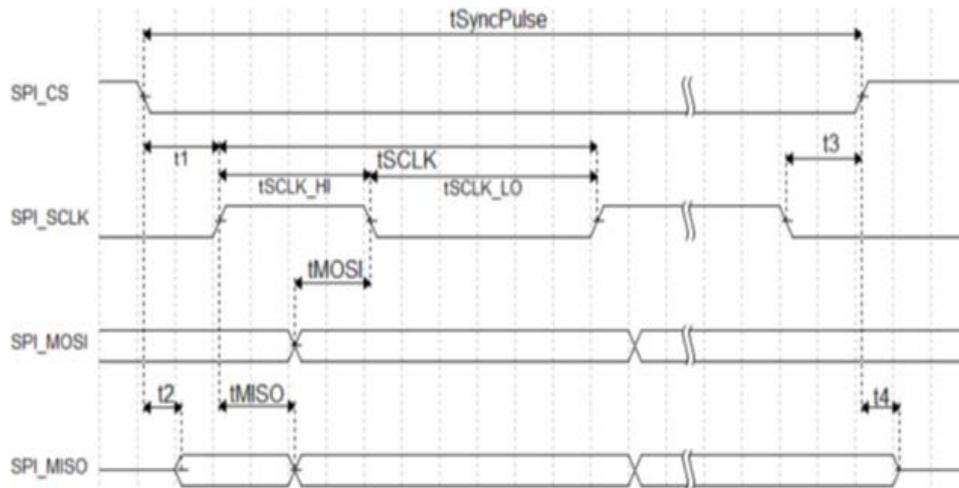


图 9 SPI 时序

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	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	us
T _{fall}	SENT 边沿下降时间	1.1V 和 3.8V 之间	-	5.3	6.5	us
N _{pp}	SENT 帧周期 (无暂停位)		154	-	270	ticks
P _{pc}	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		us
				500		us
				1000		us
T _{bit}	位时间	125 kbit/s	7.6	8	8.4	us
		189 kbit/s	5	5.3	6	us
T _{SHOLD}	同步脉冲保持时间		9			us
T _{RISE}	电流斜率上升时间		0.33		1	us

时序参数-PSI5 输出 (续)

TFALL	电流斜率下降时间		0.33		1	us
MSR	Mark/Space Ratio	(tfall, 80 - trise, 20) / TBit (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
ΔE_{temp}	角度温度漂移误差	XY	-0.5	-	0.5	Deg
ΔE_{ratio}	比例输出错误	4.5V ≤ V _{DD} ≤ 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) $\sqrt{B_x^2 + \left(\frac{1}{G_{IMC}} B_z\right)^2}$ (X-Z mode) $\sqrt{B_y^2 + \left(\frac{1}{G_{IMC}} B_z\right)^2}$ (Y-Z mode)	10	20	-	mT
G_{IMC}	IMC 增益		-	1.19	-	
D_{mag}	磁铁直径		-	8	-	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

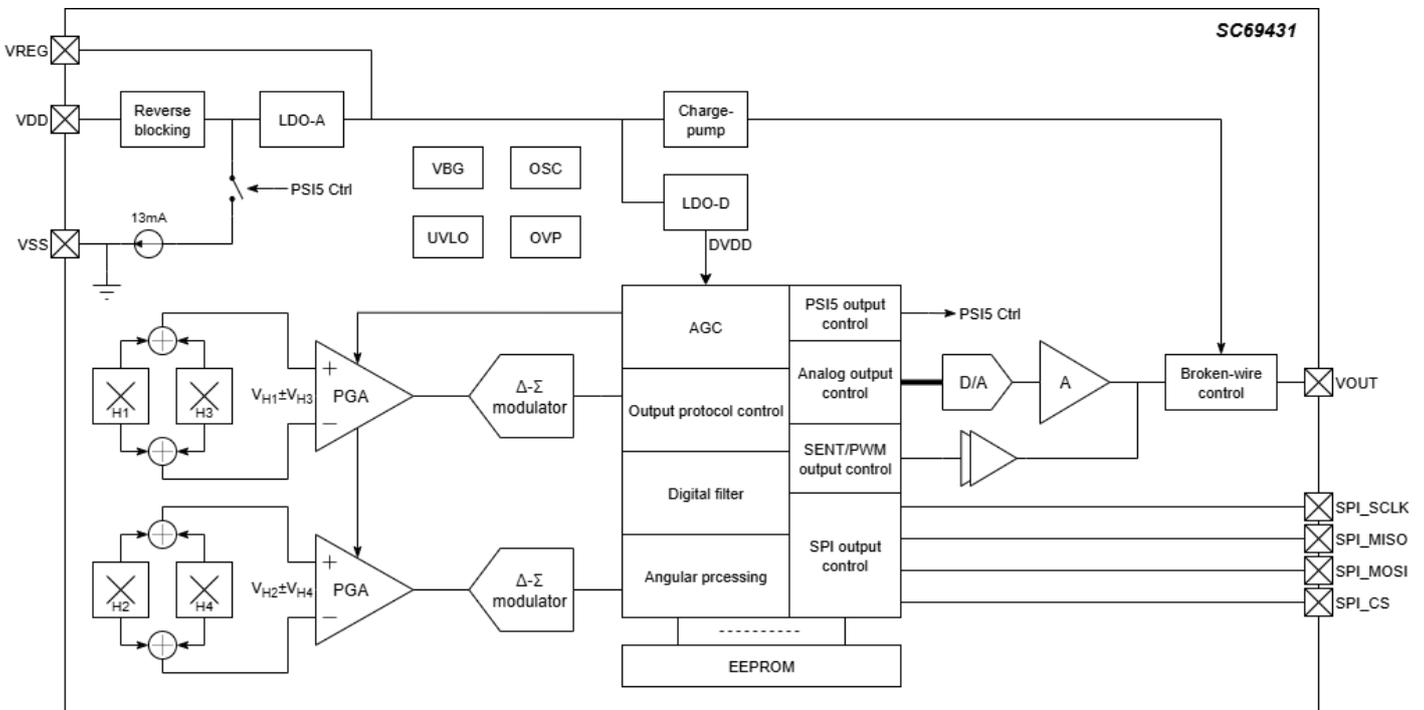


图 10 功能框图

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_PRECISION	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, 0x0,0x0	1
PSI5_TS[1..4]_SENSOR	传送的时隙数据选择	-	-	-	0x0,0x0, 0x0,0x0	3
PSI5_TS[1..4]_STARTTIME	时隙开始时间	-	-	-	0x000,0x000, 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

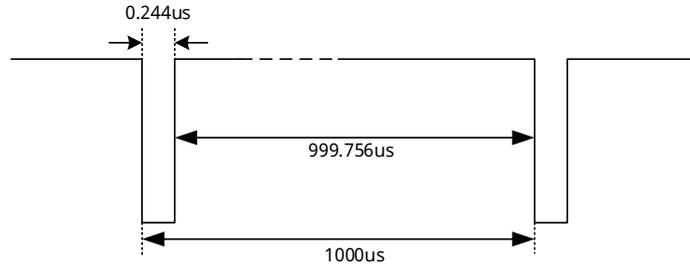


图 11 PWM_POL=0 时PWM输出波形

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

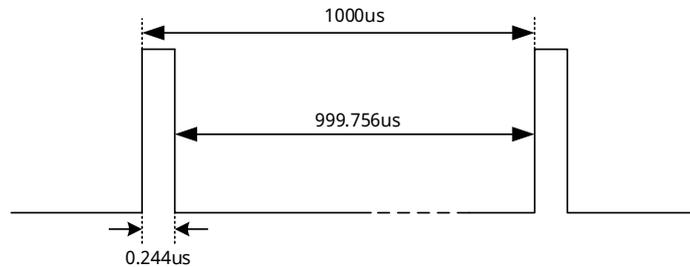


图 12 PWM_POL=1 时PWM输出波形

SENT 协议输出

SC69431 的数字 SENT 输出兼容 SAE J2716 APR2016。

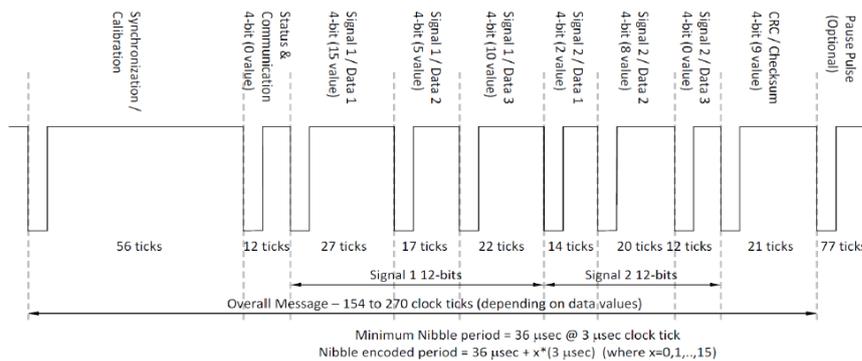


图 13 2通道12位数据SENT信息格式例子

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。

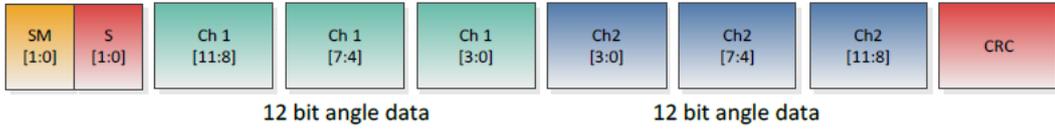


图 14 A.1 双节气门位置传感器数据帧

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	0xFFFF(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。

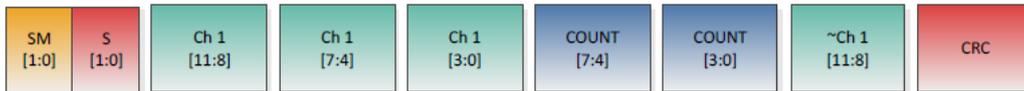


图 15 A.3 单可靠位置传感器数据

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-0xFFFF
	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）。

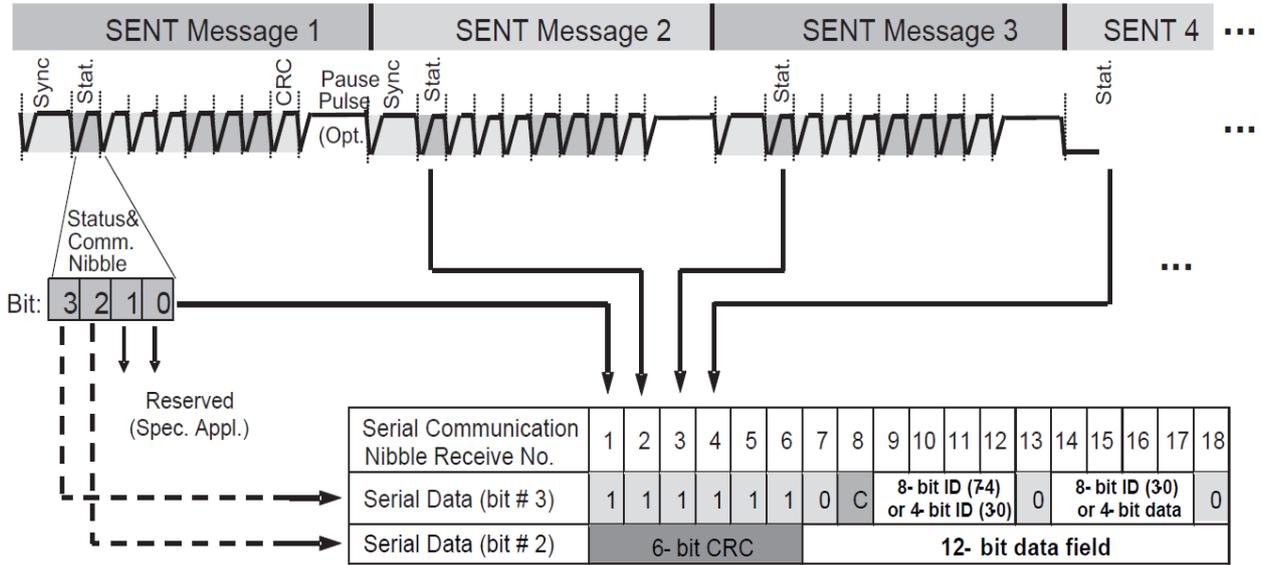


图 16 增强型串行消息数据格式

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。

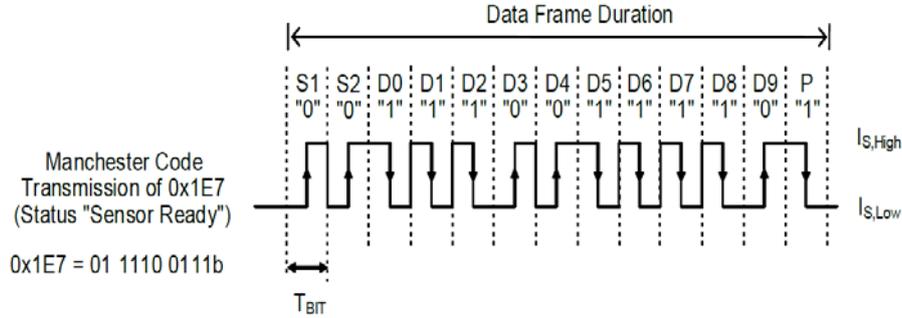


图 17 PSI5 曼彻斯特编码格式

PSI5 协议输出-数据帧格式

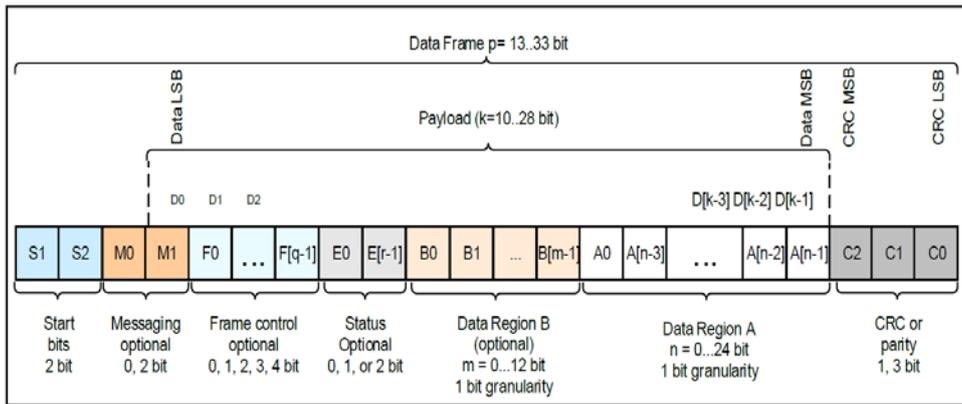


图 18 PSI5 数据帧格式

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_PRECESSION	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 ($I_{S,Low}$) 表示传感器的静态电流消耗，高电平 ($I_{S,High}$) 由传感器 Sink 电流的增加而产生 ($I_{S,Low} + \Delta I_S$)。($I_{S,Low} + \Delta I_S$) 而产生高电平 ($I_{S,High}$)。可选择灌电流 (ΔI_S) 和位持续时间 (T_{BIT})。

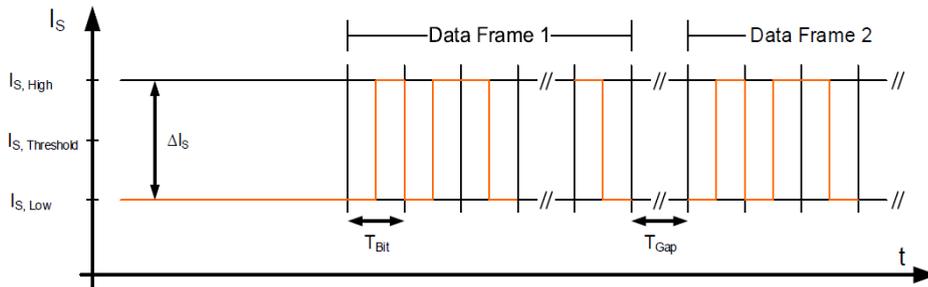


图 19 PSI5 数据电流调制

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

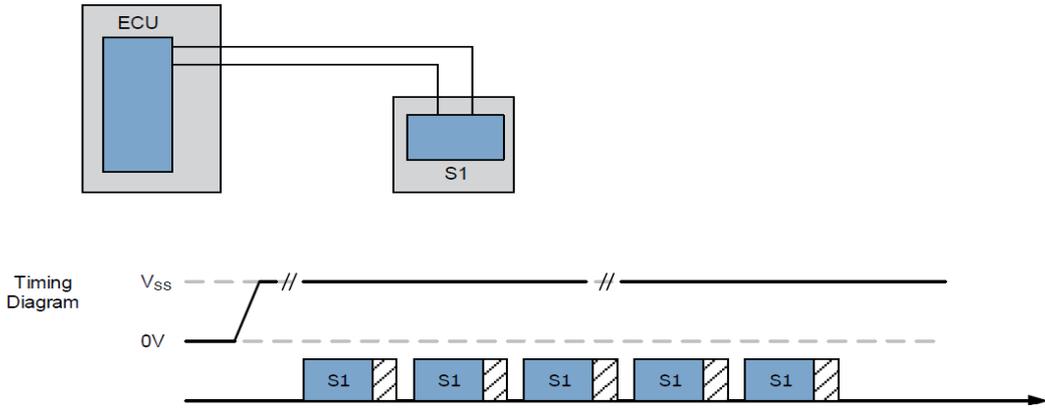


图 20 PSI5 异步模式

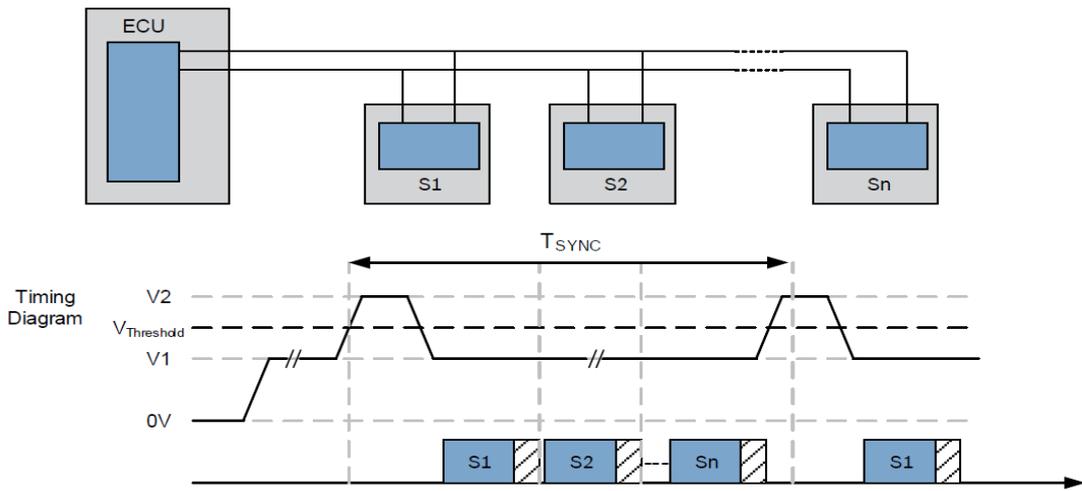


图 21 PSI5 同步并行模式

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

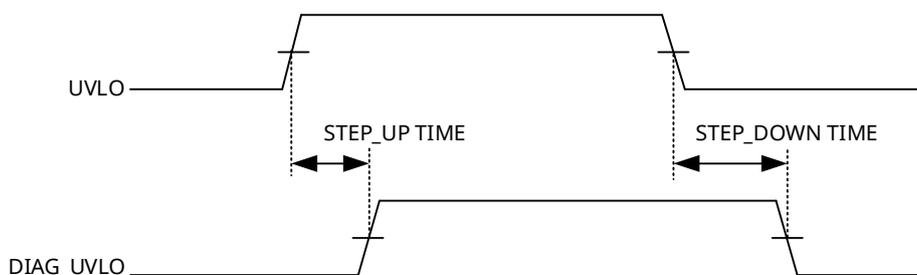


图 22 诊断去抖动时序

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。

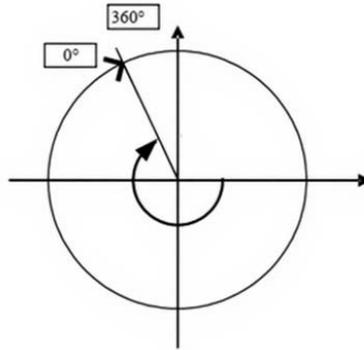


图 23 DP示意图

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-8 封装) 或 1-8-9-16 引脚顺序 (TSSOP-16 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-8 封装) 或 16-9-8-1 引脚顺序 (TSSOP-16 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。

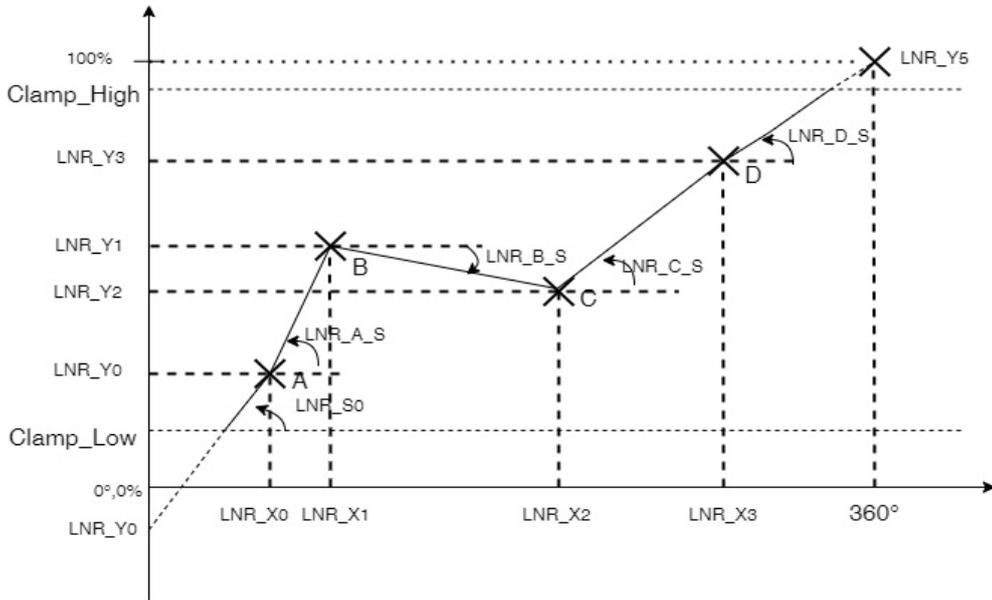


图 24 4 点校准曲线图

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的 [0°, 0%] 作为起始点。

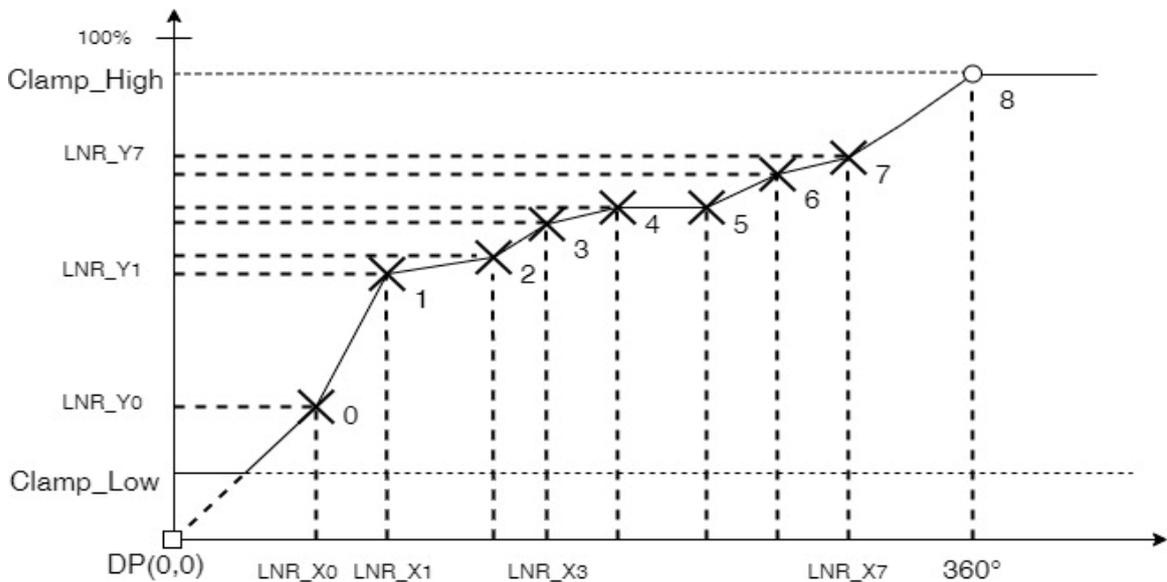


图 25 8 点校准曲线图

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。

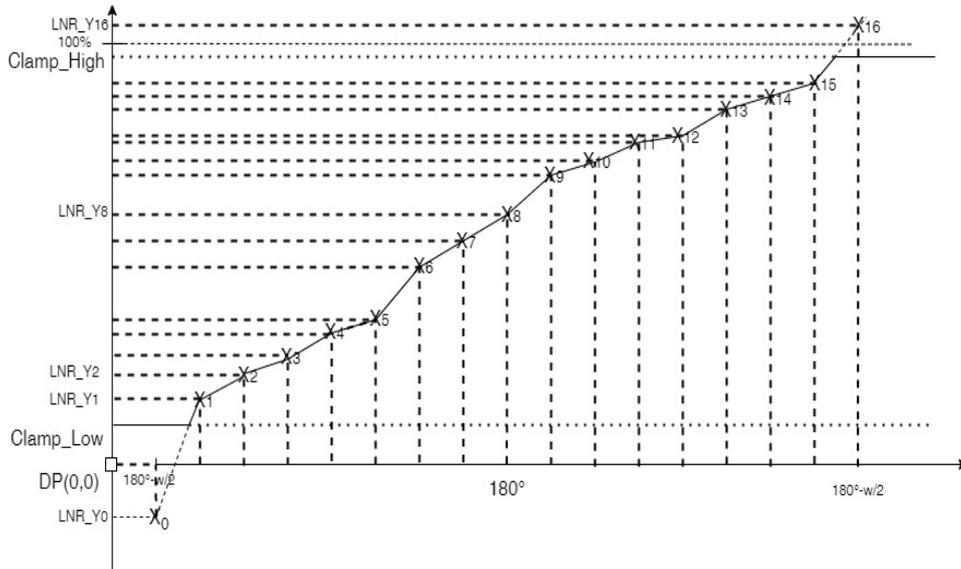


图 26 16 段校准曲线图

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。

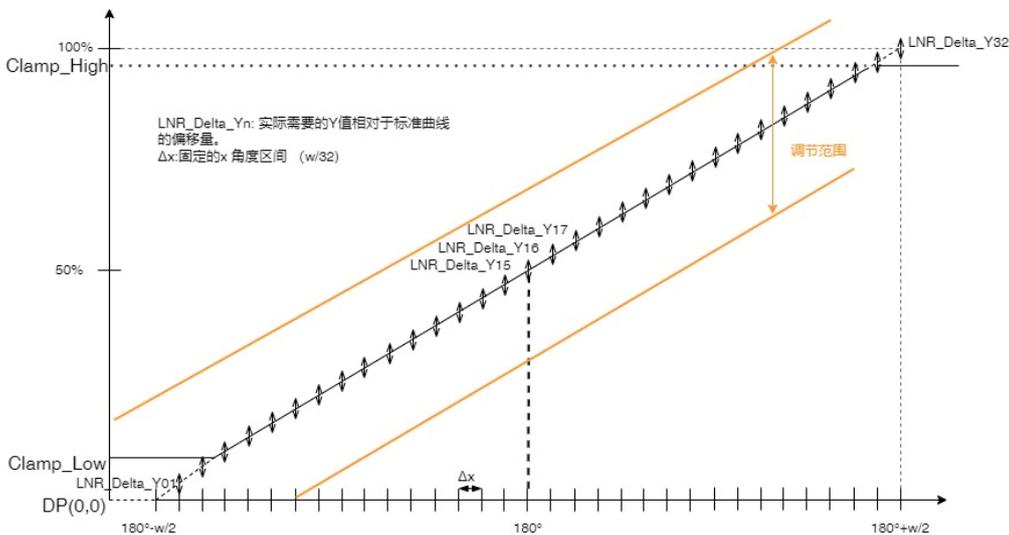


图 27 32 段校准曲线图

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

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

$$\text{角度范围 } \theta_{min} = \frac{360^\circ - w}{2} \quad \theta_{max} = \frac{360^\circ + w}{2}$$

θ_{min} 表示输出 0%时的角度, θ_{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 (°)	θ_{min} (°)	θ_{max} (°)	ΔX, 16pts(°)	ΔX, 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 SOP-8 封装应用电路

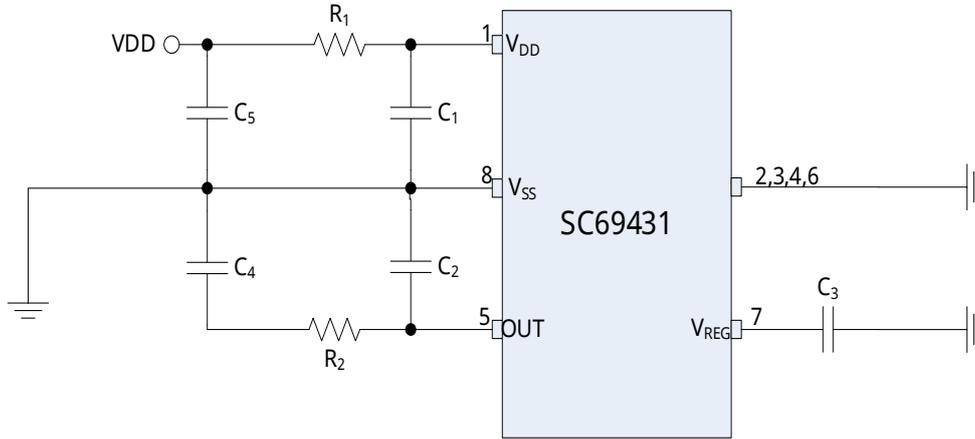


图 28 模拟/PWM SOP-8 封装应用参考电路图

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	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

模拟/PWM/SENT TSSOP-16 封装应用电路

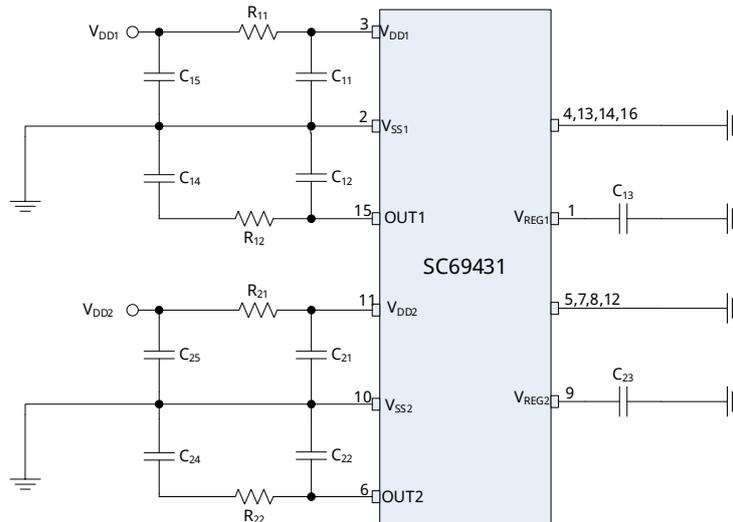


图 29 模拟/PWM TSSOP-16 封装应用参考电路图

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, 影响输出高低电平
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	-	-	-	
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 SOP-8 封装应用电路

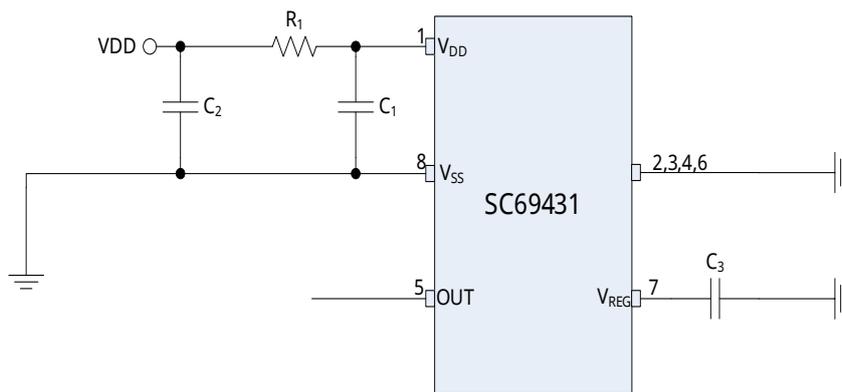


图 30 PSI5 输出 SPO-8 封装应用参考电路图

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

PSI5 TSSOP-16 封装应用电路

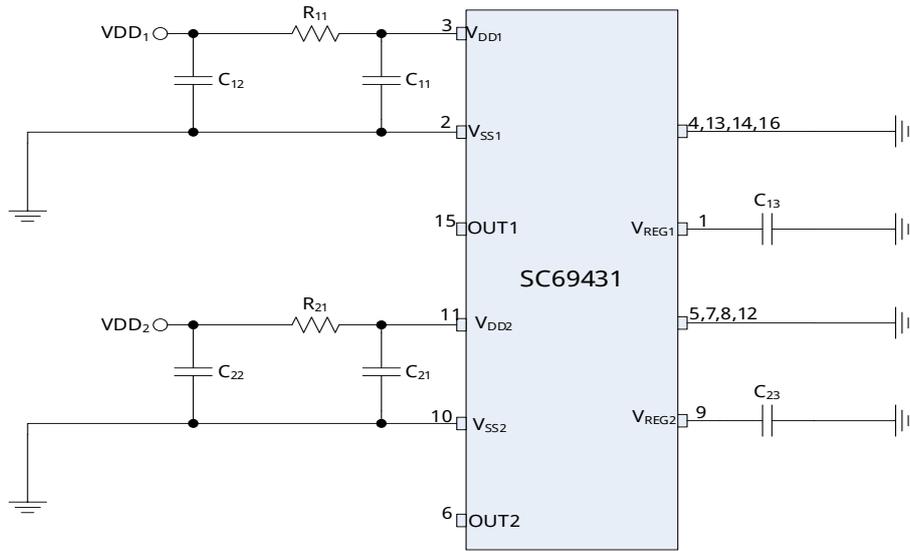


图 31 PSI5 TSSOP-16 输出封装应用参考电路图

元件	最小值	典型值	最大值	描述
R11, R21	-	0Ω	10Ω	
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 SOP-8 封装应用电路

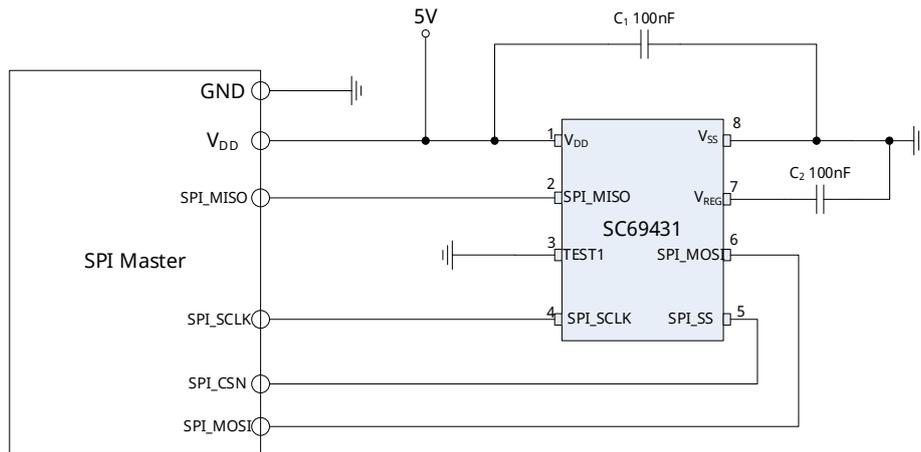


图 32 SPI SOP-8 封装应用参考电路图

SPI TSSOP-16 封装应用电路

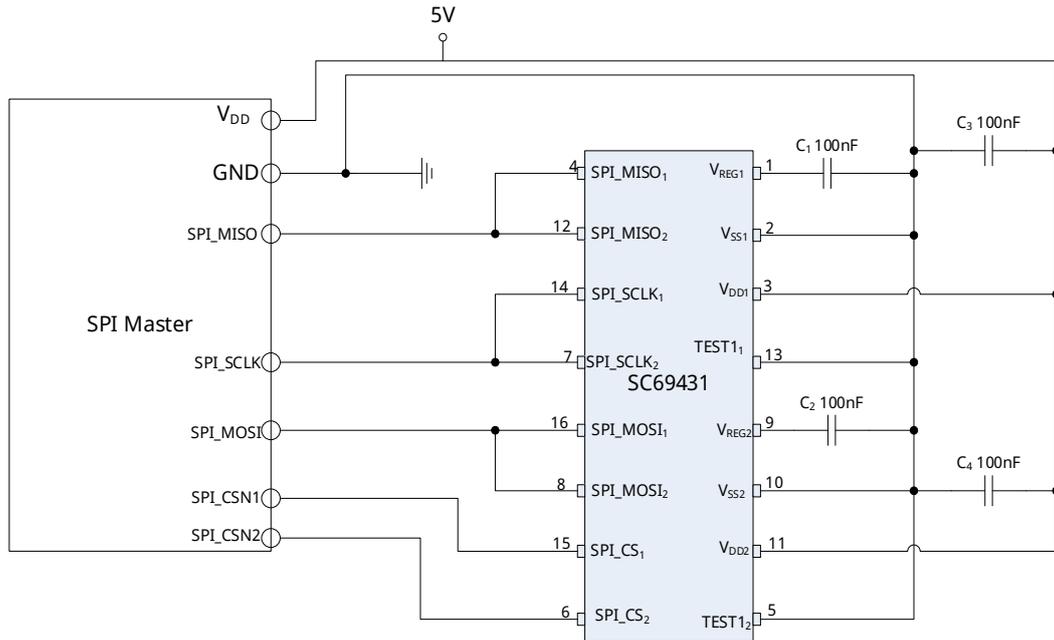


图 33 SPI TSSOP-16 封装应用参考电路图

SIP-3 单路封装应用电路

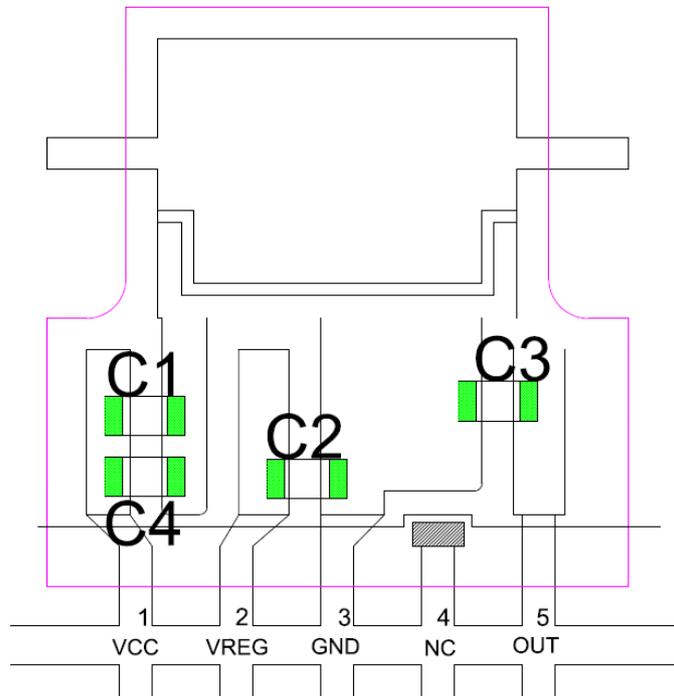


图 34 SIP-3 单芯片封装应用参考电路图

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

SOP-8 封装形式

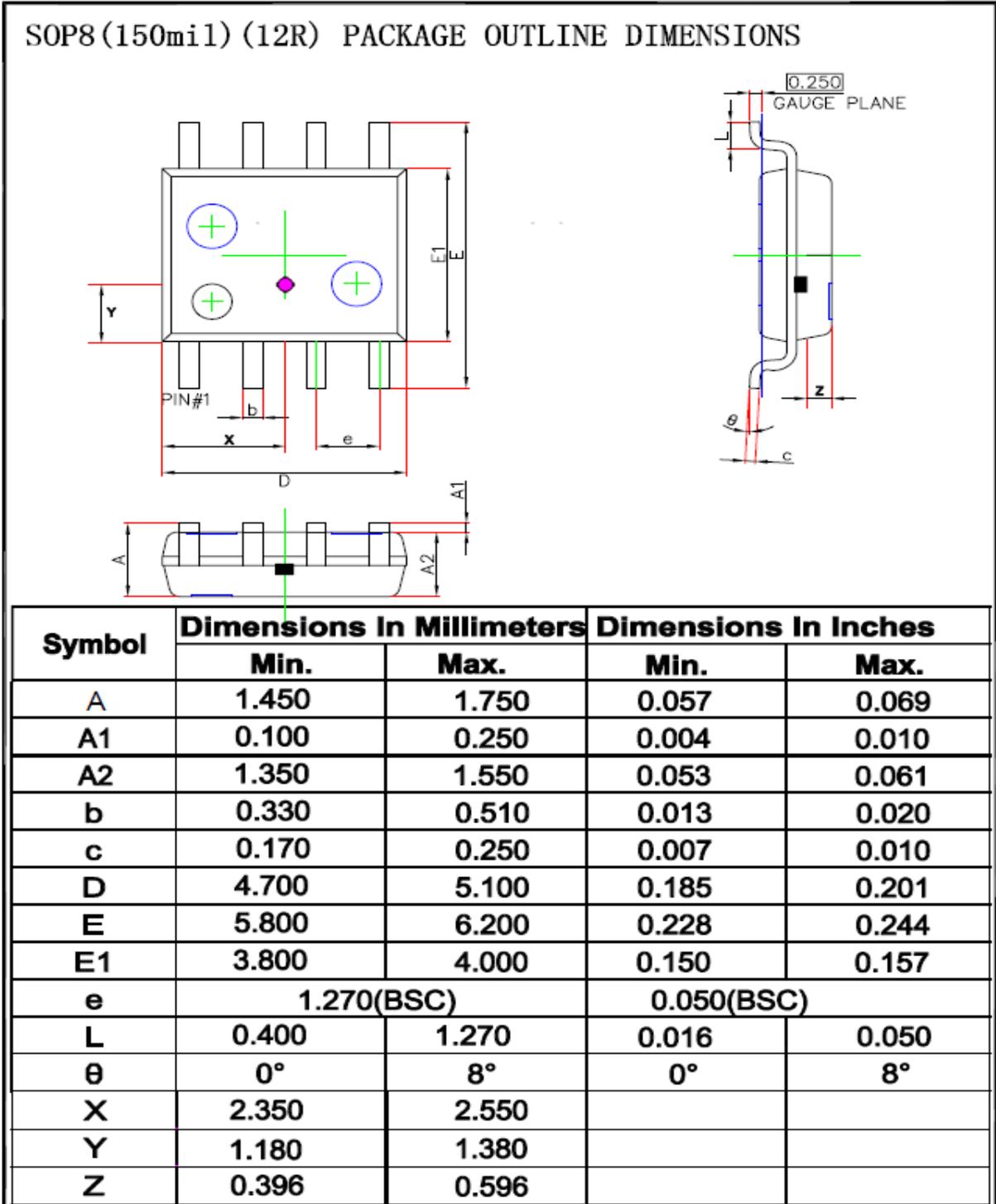


图 35 SOP-8 封装尺寸

TSSOP-16 封装形式

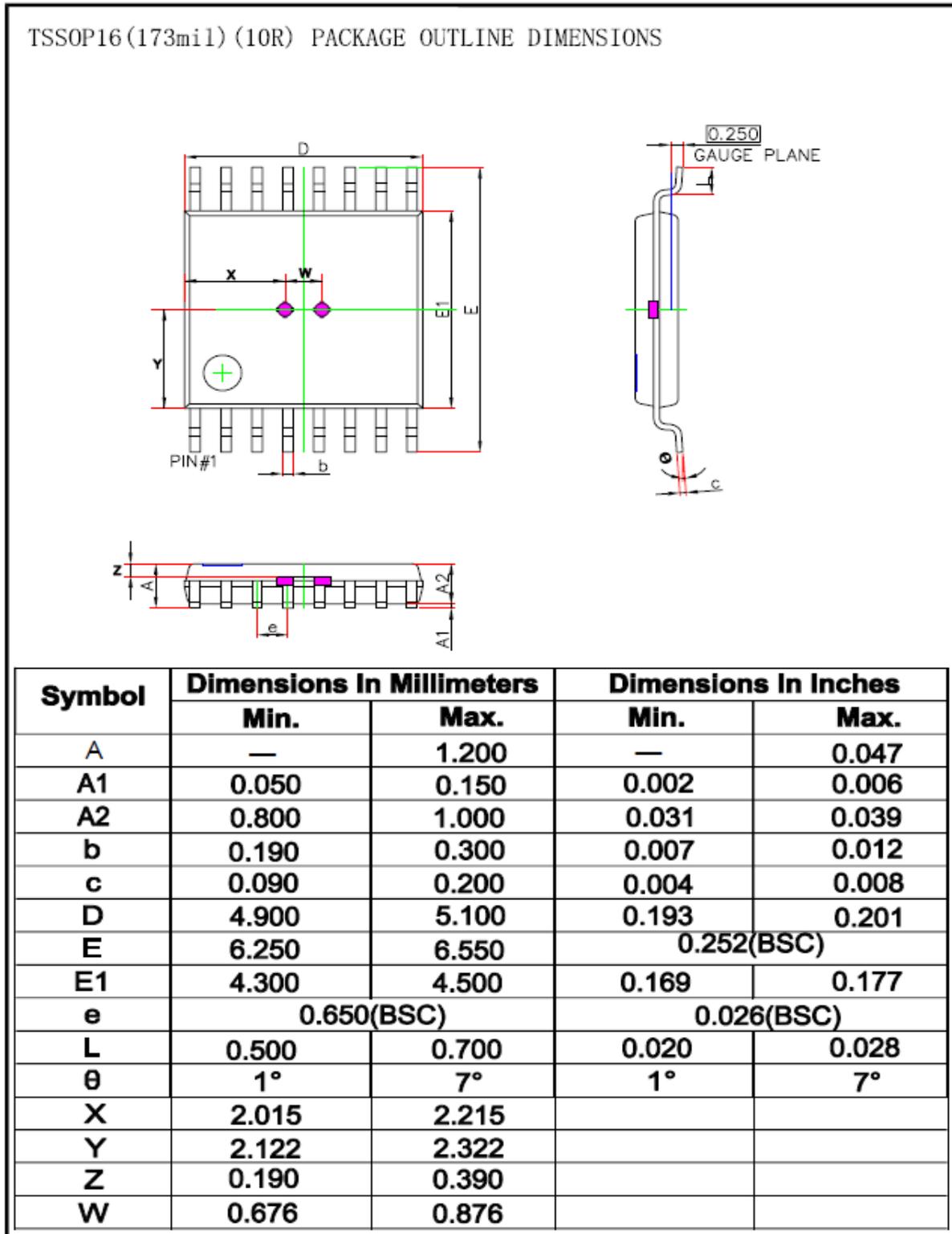
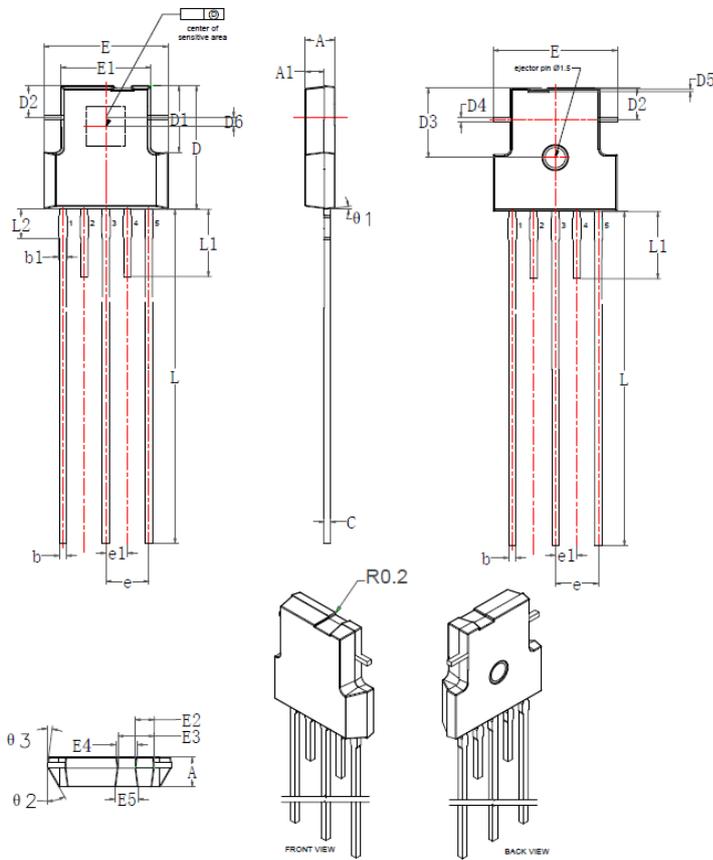


图 36 TSSOP-16 封装尺寸

SIP-3 封装形式



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	0.4	0.5	0.6
c	-	0.36	-
D	7.25	7.35	7.45
D1	3.85	3.95	4.05
D2	1.8	1.9	2.0
D3	4.05	4.15	4.25
D4	0.2	0.3	0.4
D5	0.14	0.15	0.16
D6		0.40	
⊙	-	0.3	-
A	1.65	1.75	1.85
A1	1.0	1.1	1.2
e	2.54 TYP.		
e1	1.27 TYP.		
L	18.9	19.9	20.9
L1	3.90	4.00	4.10
L2	0.9	1.0	1.1
θ1	7° TYP.		
θ2	30° TYP.		
θ3	7° TYP.		

图 37 SIP-3 封装尺寸

14. 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	格式和参数更新