

高速12位磁旋转编码器IC

1. 产品特性

- 非接触式 12 bit 分辨率旋转编码器
- 可编程分辨率、极对数和零位
- 12 位绝对式输出
 - SPI 接口
 - PWM 接口
- 12 位增量式输出
 - A/B/Z 接口 (最高 1024 线)
 - U/V/W 接口 (最多 16 对极)
 - A+/B+/Z+ 和 A-/B-/Z- 差分式输出
- SIN、COS 全差分输出
- 正余弦幅值: 2V (Vpp)
- 角度线性误差 $< \pm 0.35^\circ$
- 最大转速: 20K rpm
- 工作温度范围: $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$
- SSOP-16、SOP8 封装形式

2. 应用领域

- 非接触式旋转位置检测
- 机器人
- 角度编码器
- 无刷电机传感器

3. 产品描述

SC6022X 是一款非接触式高速、高精度磁编码器芯片，芯片中心内置了霍尔感应点矩阵，通过感应上方的一对极磁铁产生正弦和余弦位置信号。芯片内部的模数转换电路对放大后的正弦和余弦信号进行采样，DSP 电路进行角度运算，最后输出各种位置信号。SC6022X 的分辨率达到 12 个比特，每个圆周可以产生 4096 个角度增量信号，零位信号的位置可通过 SPI 接口编程，最高支持 20K rpm。

SC60220/1/4 采用 16 脚的 SSOP 封装，亚光镀锡，采用无卤绿料，满足环保要求。SC60228 采用 8 脚的 SOP8 封装，亚光镀锡，采用无卤绿料，满足环保要求。

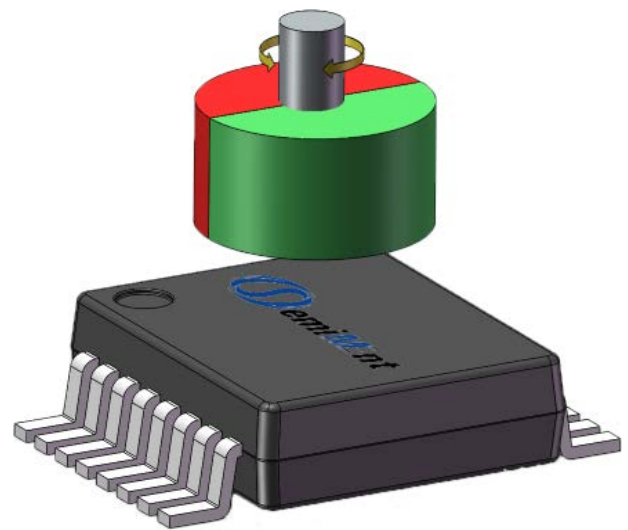


图 1: 工作示意图

目录

1. 产品特性	1	11. 功能描述	11
2. 应用领域	1	11.1 霍尔传感器的位置	11
3. 产品描述	1	11.2 SPI 接口	12
4. 引脚描述	3	11.3 增量输出	13
5. 订购信息	6	11.4 UVW 变换模式	15
6. 极限参数	7	11.5 脉宽调试输出	16
7. 静电保护	7	12. 典型应用	17
8. 工作参数	8	13. 封装信息 (SOP8)	18
9. 工作参数 (续)	9	14. 封装信息 (SSOP16)	19
10. 功能框图	10	15. 历史版本	20

4. 引脚描述

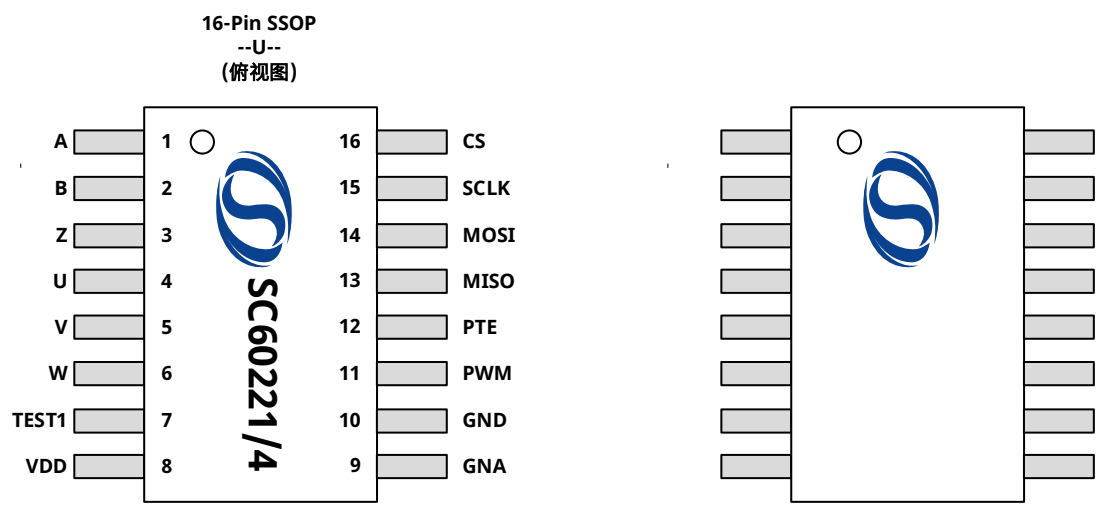


图 2: SC60221/4 引脚描述

No.	名称		I/O	类型	描述
	SC60221/4-U	SC60221/4-D			
1	A	A+	输出	数字	A 脉冲信号
2	B	B+	输出	数字	B 脉冲信号
3	Z	Z+	输出	数字	Z 脉冲信号
4	U	A-	输出	数字	U/A- 脉冲信号
5	V	B-	输出	数字	V/B-脉冲信号
6	W	Z-	输出	数字	W/Z-脉冲信号
7	NERR	NERR	输出	数字	错误输出指示（错误发生输出为低）
8	VDD	VDD	-	电源	电源
9	GNA	GNA	-	地	模拟地
10	GND	GND	-	地	数字地
11	PWM	PWM	输出	数字	PWM 输出脚
12	PTE	PTE	输入	数字	编程测试脚
13	MISO	MISO	输出	数字	SPI 数据输出脚
14	MOSI	MOSI	输入	数字	SPI 数据输入脚 I
15	SCLK	SCLK	输入	数字	SPI 时钟信号
16	CS	CS	输入	数字	SPI 片选信号

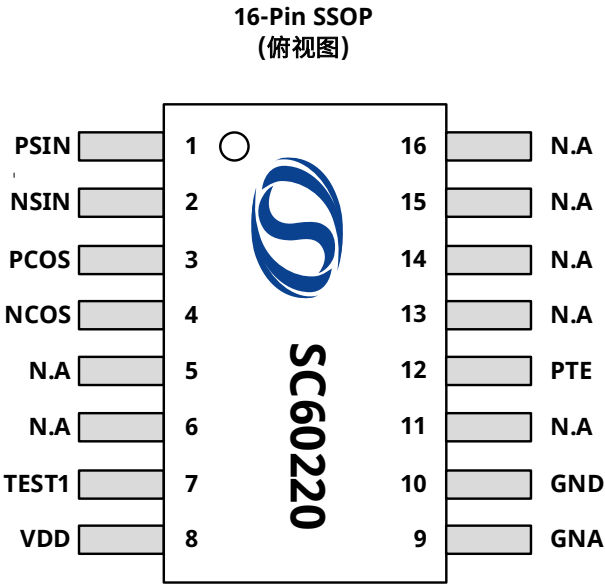


图 3: SC60220 引脚描述

No.	名称	I/O	类型	描述
1	PSIN	输出	数字	正弦输出 (+)
2	NSIN	输出	数字	正弦输出 (-)
3	PCOS	输出	数字	余弦输出 (+)
4	NCOS	输出	数字	余弦输出 (-)
5	N.A.	-	-	不连接
6	N.A.	-	-	不连接
7	NERR	-	数字	错误指示输出 (错误发生输出为低)
8	VDD	-	电源	电源
9	GNA	-	地	模拟地
10	GND	-	地	数字地
11	N.A.	-	-	不连接
12	PTE	输入	数字	编程测试脚
13	N.A.	-	-	不连接
14	N.A.	-	-	不连接
15	N.A.	-	-	不连接
16	N.A.	-	-	不连接

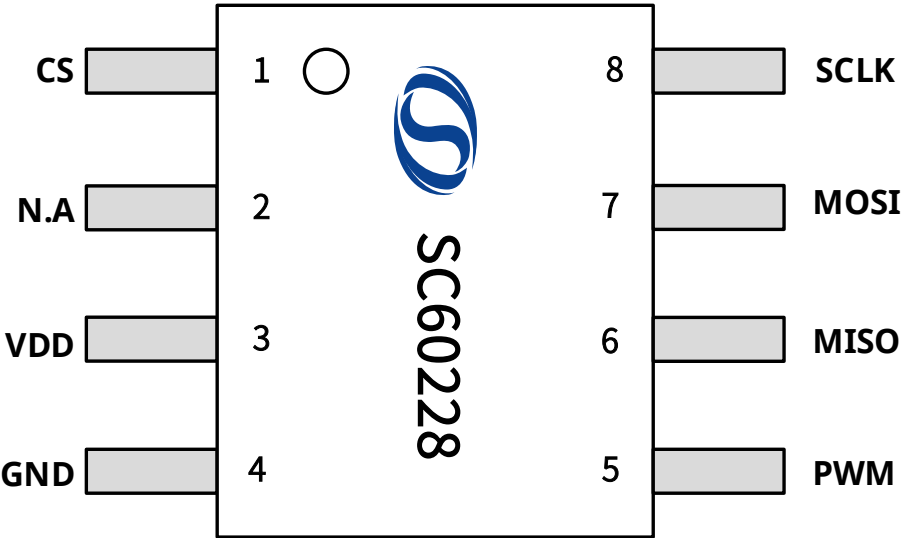


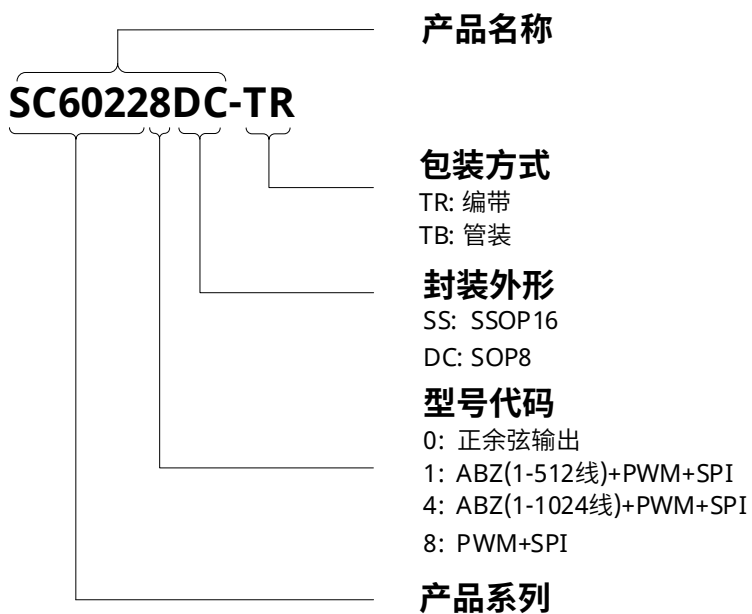
图 4: SC60228 引脚描述

No.	名称	I/O	类型	描述
1	CS	输入	数字	SPI 片选信号
2	N.A	-	-	不接
3	VDD	-	电源	电源
4	VSS	-	地	地
5	PWM	输出	数字	PWM 输出脚
6	MISO	输出	数字	SPI 数据输出信号
7	MOSI	输入	数字	SPI 数据输入信号
8	SCLK	输入	数字	SPI 时钟信号

5. 订购信息

产品名称	丝印	温度范围 (°C)	封装	包装方式	数量
SC60220SS-TB	60220	-40~125	SSOP16	管装	80 颗/管
SC60221SS-TB	60221	-40~125	SSOP16	管装	80 颗/管
SC60224SS-TB	60224	-40~125	SSOP16	管装	80 颗/管
SC60228DC-TR	60228	-40~125	SOP8	卷盘	3000 颗/盘

产品命名规则



备注:

芯片具体参数须在下单时备注清楚, 如范例: SC60224-U-P4-1024-244

SC60224: 芯片型号; U: 不差分; P4: 4 对极 UVW; 1024: 1024 线; 244: PWM 频率 244Hz

6. 极限参数

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V()	VDD, A, B, Z, U, V, W, MOSI, MISO, SCLK, CS, NERR 的电压		-0.3	6	V
I()	VDD 电源电流		-10	20	mA
I()	A, B, Z, U, V, W, MISO, NERR 的电流		-100	100	mA
I()	SCLK, CS, MOSI, PTE 的电流		-10	10	mA
	EEPROM 擦写次数		-	100	cycle
T _A	工作温度		-40	125	°C
T _{STG}	存储温度		-65	165	°C
T _{J(max)}	最大结温		-	165	°C

备注:

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	类型	测试条件	最小值	最大值	单位
V _{ESD}	HBM	人体失效模型, 参考 ANSI/ESDA/JEDEC-001 标准 ⁽¹⁾	-4	+4	kV
	CDM	器件失效模型, 参考 ANSI/ESDA/JEDEC-002 标准 ⁽²⁾	-750	750	V

8. 工作参数

有效通过全工作温度范围, $V_{DD}=5V$, $C_{BYPASS}=100nF$;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
电性能参数						
V_{DD}	电源电压		3.0	5.0	5.5	V
I_{DD}	电源电流	无负载, $f_{mag}=0$ rpm	10	16	22	mA
V_{bg}	基准电压		1.18	1.25	1.32	V
V_{ref}	参考电压		45	50	55	% V_{DD}
$V_{th(on)}$	开启电压阈值	增加电压	2.6	2.75	2.9	V
$V_{th(off)}$	关闭电压阈值	降低电压	2.4	2.6	2.8	V
$V_{th(Hys)}$	迟滞		0.15	-	-	V
$V_{R(offset)}$	参考电压偏差		470	500	530	mV
时钟产生						
$f_{(sys)}$	系统时钟	调整了偏置电流	0.8	1	1.2	MHz
$f_{(sdc)}$	AD 转换器频率	调整了偏置电流	13	16	19	MHz
正弦/数字转换器						
$RES_{(sdc)}$	分辨率		-	12	-	bit
INL_{opt}	非线性误差	$V_{DD}=5V$, $Temp=25^{\circ}C$, $Din=1.0mm$	-0.5	-	0.5	Deg
INL_{temp}	非线性误差	最佳线条拟合的最大误差, $T_{amb}=-40$ to $125^{\circ}C$	-0.9	-	0.9	Deg
$AA(rel)$	A/B 占空比	参考 A、B 的输出周期	-20	0	+20	%
TD	角度输出延时	at ABZ hysteresis = "1LSB"	-	18.0	45.0	μS
信号电平控制						
V_{pp}	正弦余弦幅度		3.2	4.0	4.8	V
$t_{(on)}$	调整时间	$\pm$ 最终振幅的 10%	-	-	300	μs
$V_{t(lo)}$	最小幅度报警		1.0	-	2.8	V
$V_{t(hi)}$	最大幅度报警		4.8	-	5.8	V
PWM 输出						
$F_{(pwm)}$	PWM 频率 (默认)	$V_{DD}=5V$, $Temp=25^{\circ}C$	927	976	1024	Hz
$F_{(pwm)}$	PWM 频率 (可选)	$V_{DD}=5V$, $Temp=25^{\circ}C$	232	244	256	Hz

9. 工作参数 (续)

有效通过全工作温度范围, $V_{DD}=5V$, $C_{BYPASS}=100nF$;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
磁性输入标准						
dmag	磁铁直径	$\phi 6mm \times 2.5mm$ 用于圆柱形磁铁	4.0	6.0	10.0	mm
tmag	磁铁厚度		-	2.5	-	mm
Din	安装距离	推荐磁体	-	1.0	2.0	mm
Hext	磁场强度范围	在芯片表面	25	-	125	mT
f(mag)	转速频率		-	-	333	Hz
rpm	转速		-	-	10	krpm
xdis	霍尔阵列与磁铁中心偏差		-	-	0.2	mm
xpac	霍尔阵列与封装中心偏差		-0.15	-	0.15	mm
ϕpac	芯片在封装体内偏移角度		-3	-	3	Deg
hpac	芯片与封装表距离		-	0.4	-	mm
数字输出:CS,SCLK,MOSI						
Vt()hi	高电平阈值		-	-	2	V
Vt()lo	低电平阈值		0.8	-	-	V
Ipd()	下拉电流 MOSI	$V() = 1V \dots V_{PD}$	6	38	60	μA
Ipu()	上拉电流 CS,SCLK	$V() = 0 \dots V_{PD} - 1V$	-80	-140	-200	μA
数字输入:PTE						
Ipd()	下拉电流 PTE	$V() = 1V \dots V_{PD}$	1	4	10	μA
PTEon	开启阈值		-	1.7	-	V
PTEoff	关闭阈值		-	1.3	-	V
数字输出:A,B,Z,U,V,W,PWM,MISO,NERR						
Vs()hi	饱和电压高电平	$I()_{hi} = -4mA$, with reference to VDD	-	-	200	mV
Vs()lo	饱和电压低电平	$I()_{lo} = 4mA$, with reference to GND	-	-	200	mV
Ishort()hi	输出高电平短路到地	$V() = GND$;	10	-	20	mA
Ishort()lo	输出低电平短路到地	$V() = V_{DD}$;	5	-	15	mA
t_{Rise}	上升沿时间	$R_L = 100\Omega$ to GND;	5	-	30	ns
t_{Fall}	下降沿时间	$R_L = 100\Omega$ to VDD;	5	-	30	ns

10. 功能框图

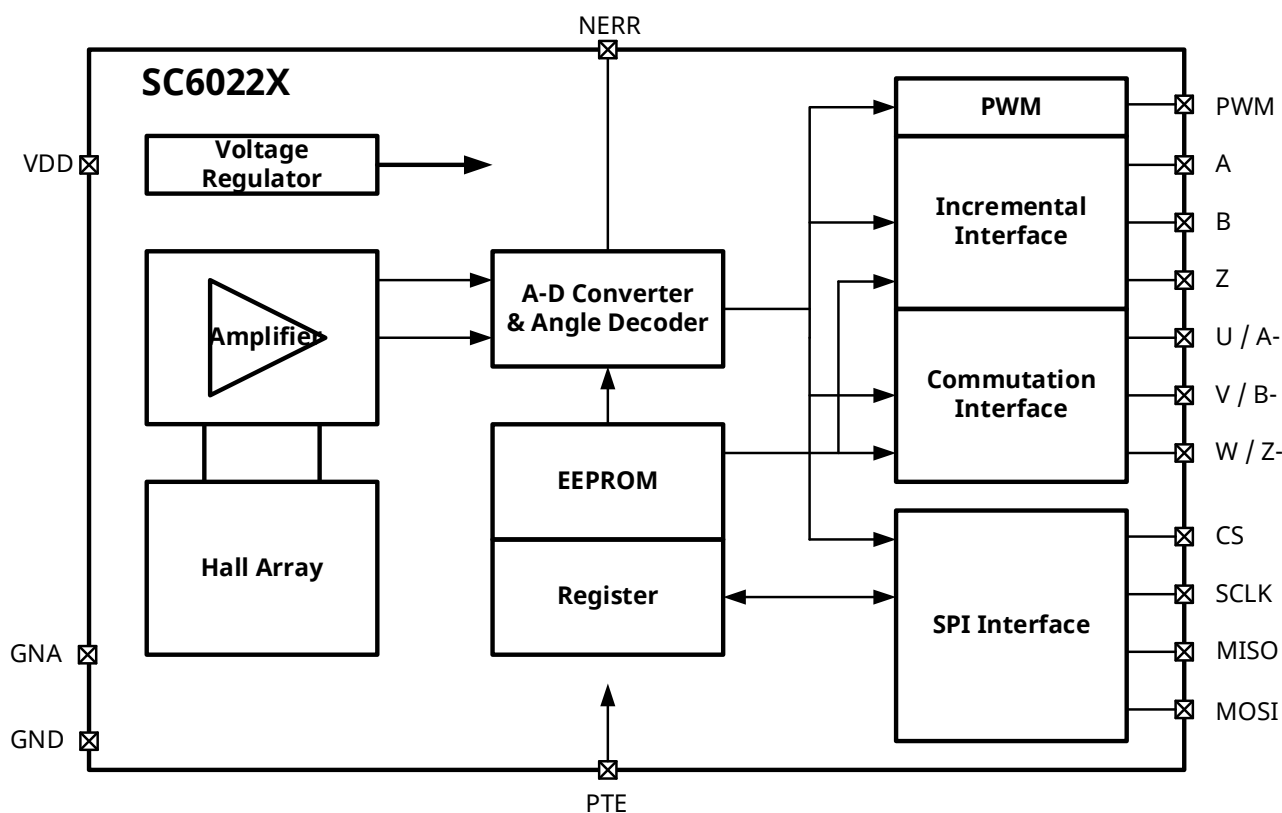


图 5：功能框图

11. 功能描述

11.1 霍尔传感器的位置

芯片集成的霍尔感应点矩阵为正方形，位于整个封装体的正中心，相邻两个感应点的间距为 2.0mm。四个感应点分别产生 PCOS，NCOS 和 PSIN，NSIN 四个信号

如图 6 所示，角度零点定义为磁铁旋转时，VPCOS-VNCOS 达到最大值，此时感应点 PC 位于磁铁南极，而感应点 NC 位于磁铁北极，而 NS 和 PS 两个点位于磁极的交接点。当磁极逆时针旋转时，信号角度增加，相反，当磁极顺时针旋转时，信号角度减小。

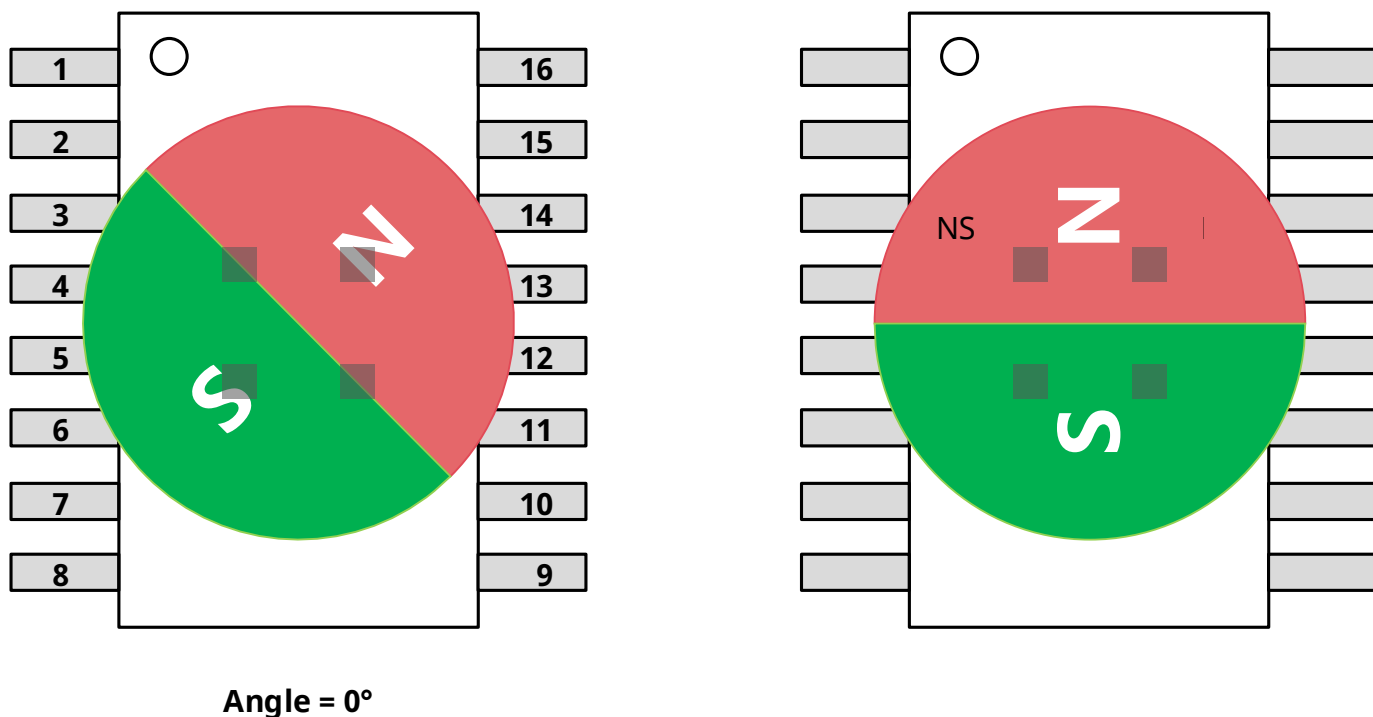


图 6：位置示意图

11.2 SPI 接口

串行外设接口时序图与绝对角位置数据

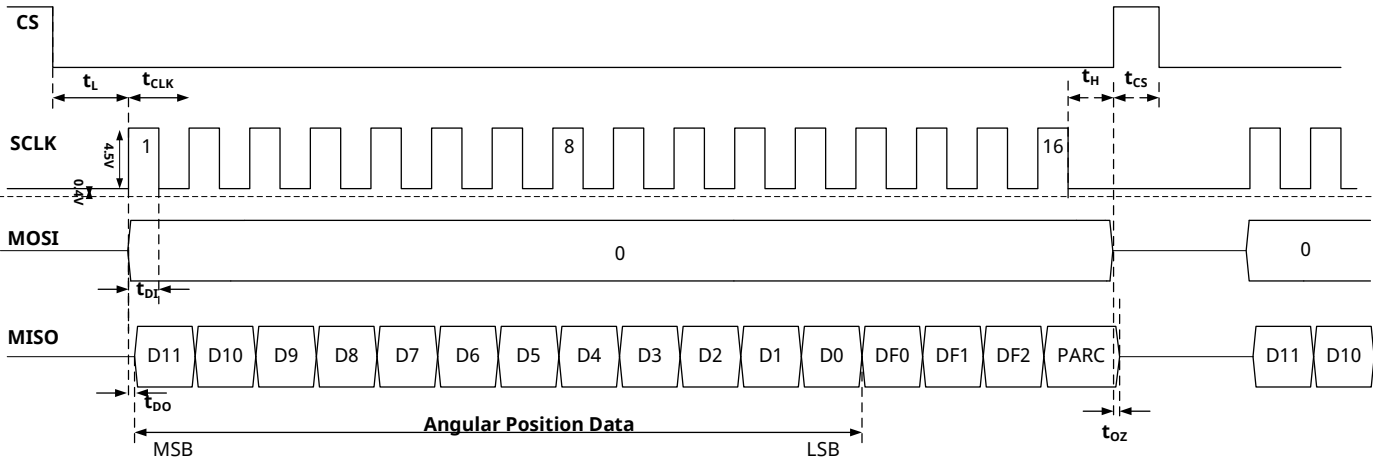


图 7：SPI 时序图

参数	描述	最小值	最大值	单位
tL	CS 下降沿和时钟 SCLK 上升沿之间的时间	250	-	ns
tCLK	SCLK 的周期	100	-	ns
tH	最后一个时钟 SCLK 的下降沿和 CS 上升沿之间的时间	tCLK/2	-	ns
tCS	两帧数据之间 CS 保持高电平的时间（除对 EEPROM 编程）	250	-	ns
tDO	SCLK 的上升沿到 MISO 数据有效之间的时间	-	50	ns
tDI	MOSI 输入数据到 SCLK 下降沿采样的建立时间	20	-	ns
tOZ	从 CS 上升沿到 MISO 数据位变为 3 态输出之间的时间	-	10	ns

SPI 16 位数据帧描述

Bit	名称	描述
15	PARC	奇校验位，保持前 15 位数据和这 1 位数据共 16 位数据维持奇数特性
14	DF2	内部固定为高电平
13	DF1	内部固定为高电平
12	ERR	当外部磁铁距离过远或脱离时，输出从“0”变为“1”，正常数据为“0”
11:0	DATA	绝对角度输出（第一位数据送出角度最高位 D11）

11.3 增量输出

SC60221/4 通过 A、B、Z 引脚输出增量正交信号。默认设置下，当磁铁逆时针旋转时，B 信号脉冲位于 A 信号脉冲之前。

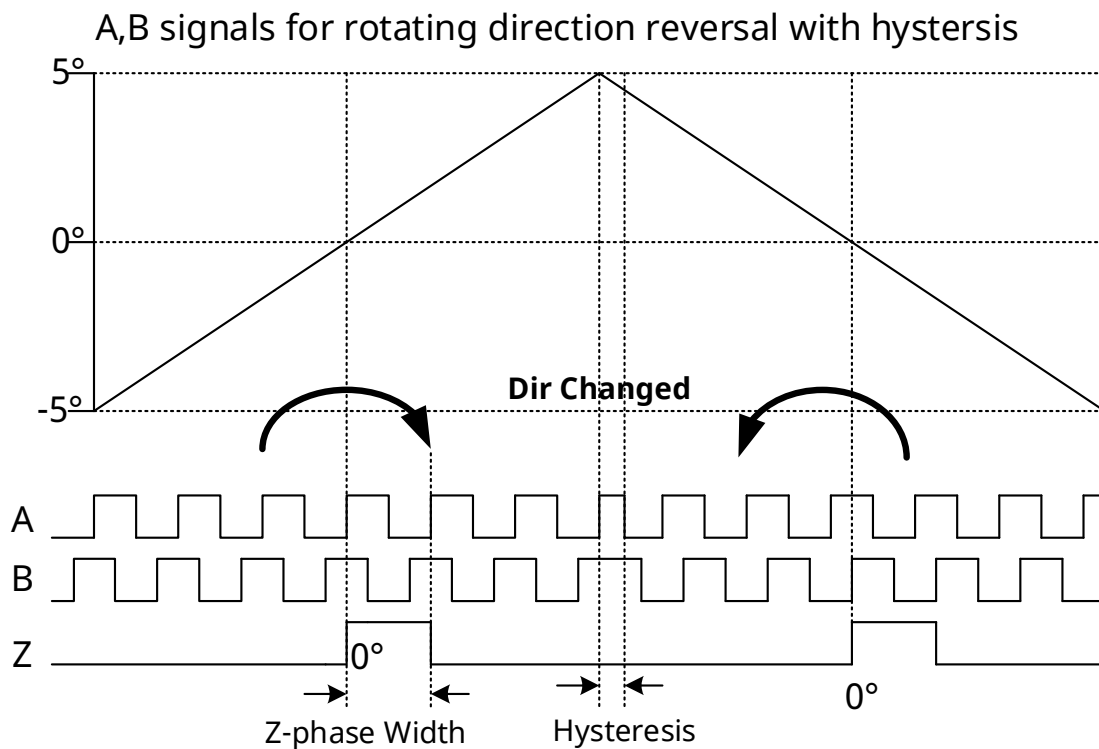


图 8：脉冲波形图

- Z 信号宽度可以编程设置为 1 LSB, 2 LSB, 4 LSB 和 180 度，其中默认为 4 个 LSB
- Z 信号位置可编程
- 迟滞的宽度也可以编程设置为 0 LSB, 2 LSB, 4 LSB 和 8 LSB，其中默认为 4 LSB

ABZ 线数和分辨率设置			
No.	输出类型	线数	分辨率
1	二进制	1024	4096
2		512	2048
3		256	1024
4		128	512
5		64	256
6	十进制	1000	4000
7		800	3200
8		600	2400
9		500	2000
10		400	1600
11		360	1440
12		300	1200
13		200	800
14		100	400
15		50	200

11.4 UVW 变换模式

SC60221/4 提供 U、V、W 电机换向信号输出，其相位差为 120°。通过编程，可以产生 1—16 个周期的 U、V、W 信号，满足 1 对极—16 对极的电机换向需求

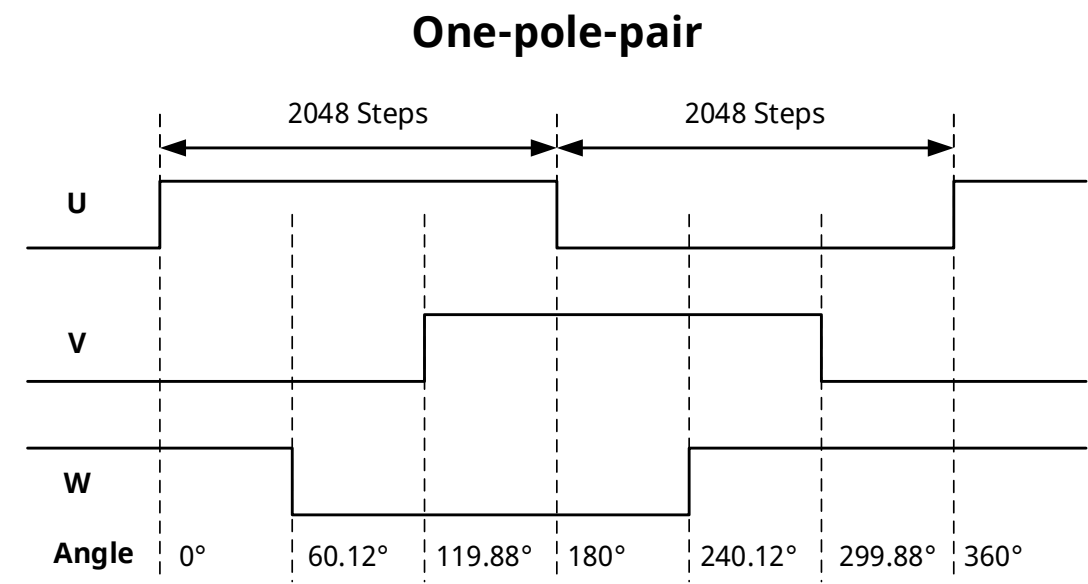


图 9: 1 对极 UVW 波形图

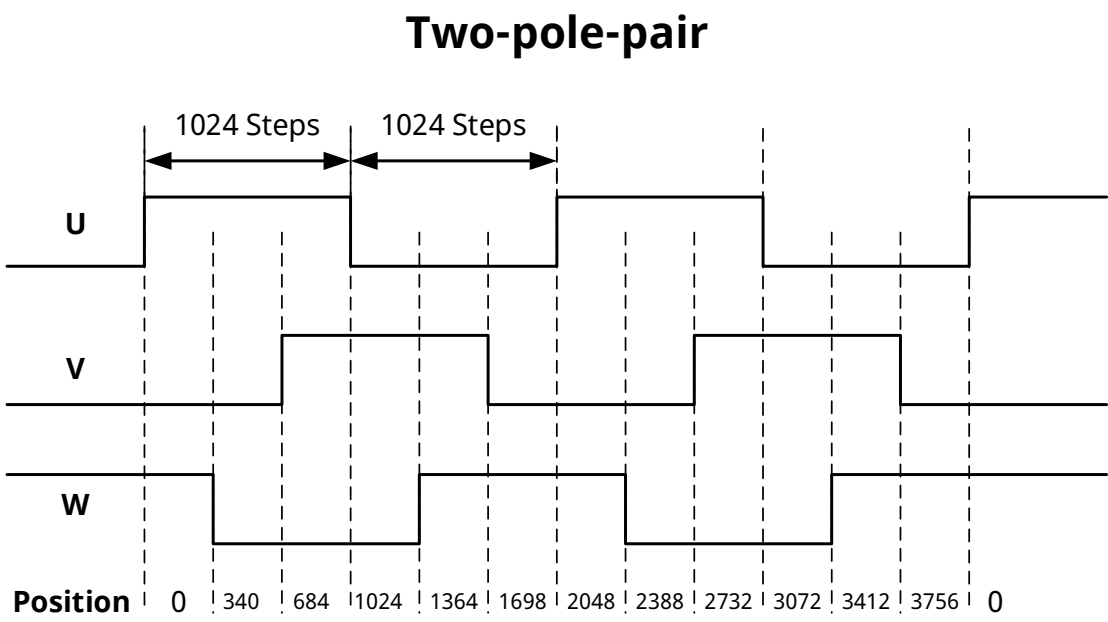


图 10: 2 对极 UVW 波形图

11.5 脉宽调制输出

SC60221/4/8 提供脉冲宽度调制输出形式，PWM 波形的占空比比例于测量的角度。角度位置与占空比之间的关系如下：

$$\text{Position} = \text{ton} \times 4098 / (\text{ton} + \text{toff}) - 1$$

PWM 波形的频率电路内部有修调，精度为±5%，全温度范围为±10%。通过测试整个 PWM 的周期，可以忽略频率误差。

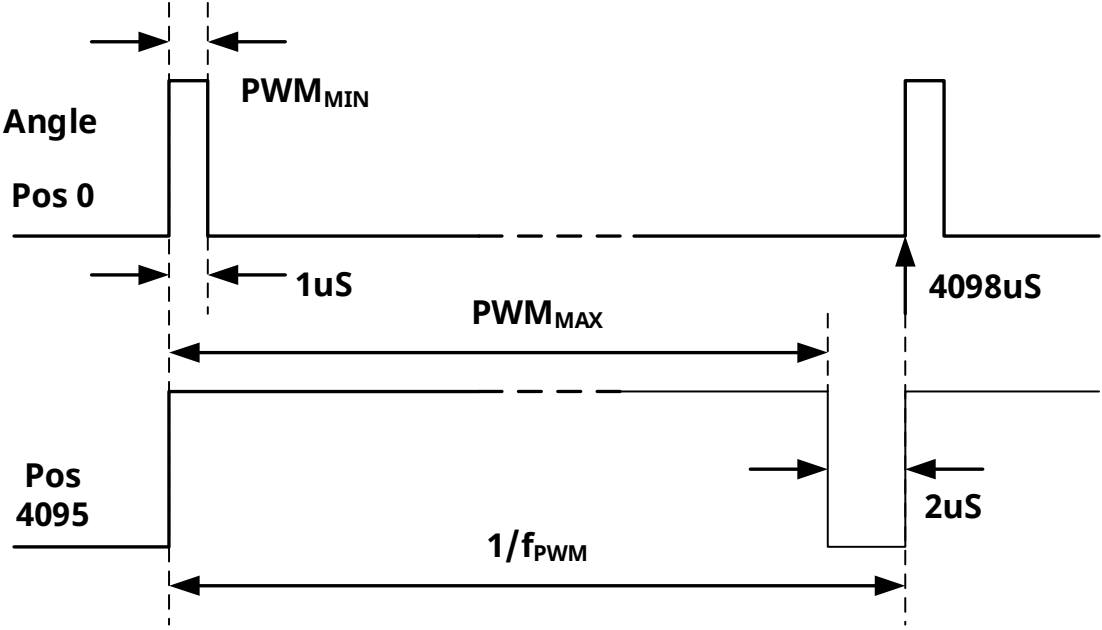


图 11: PWM 频率为 244Hz 波形图

PWM 默认频率（976Hz）

符号	参数	典型值	单位	备注
f _{PWM}	PWM 频率	976	Hz	Signal period: 4098
PWM _{MIN}	最小脉冲宽度	0.25	μs	Position 0d; Angle 0 deg
PWM _{MAX}	最大脉冲宽度	1024	μS	Position 4095d; Angle 359.91 deg

PWM 默认频率（244Hz）

符号	参数	典型值	单位	备注
f _{PWM}	PWM 频率	244	Hz	Signal period: 4098
PWM _{MIN}	最小脉冲宽度	1	μs	Position 0d; Angle 0 deg
PWM _{MAX}	最大脉冲宽度	4096	μs	Position 4095d; Angle 359.91 deg

12. 典型应用

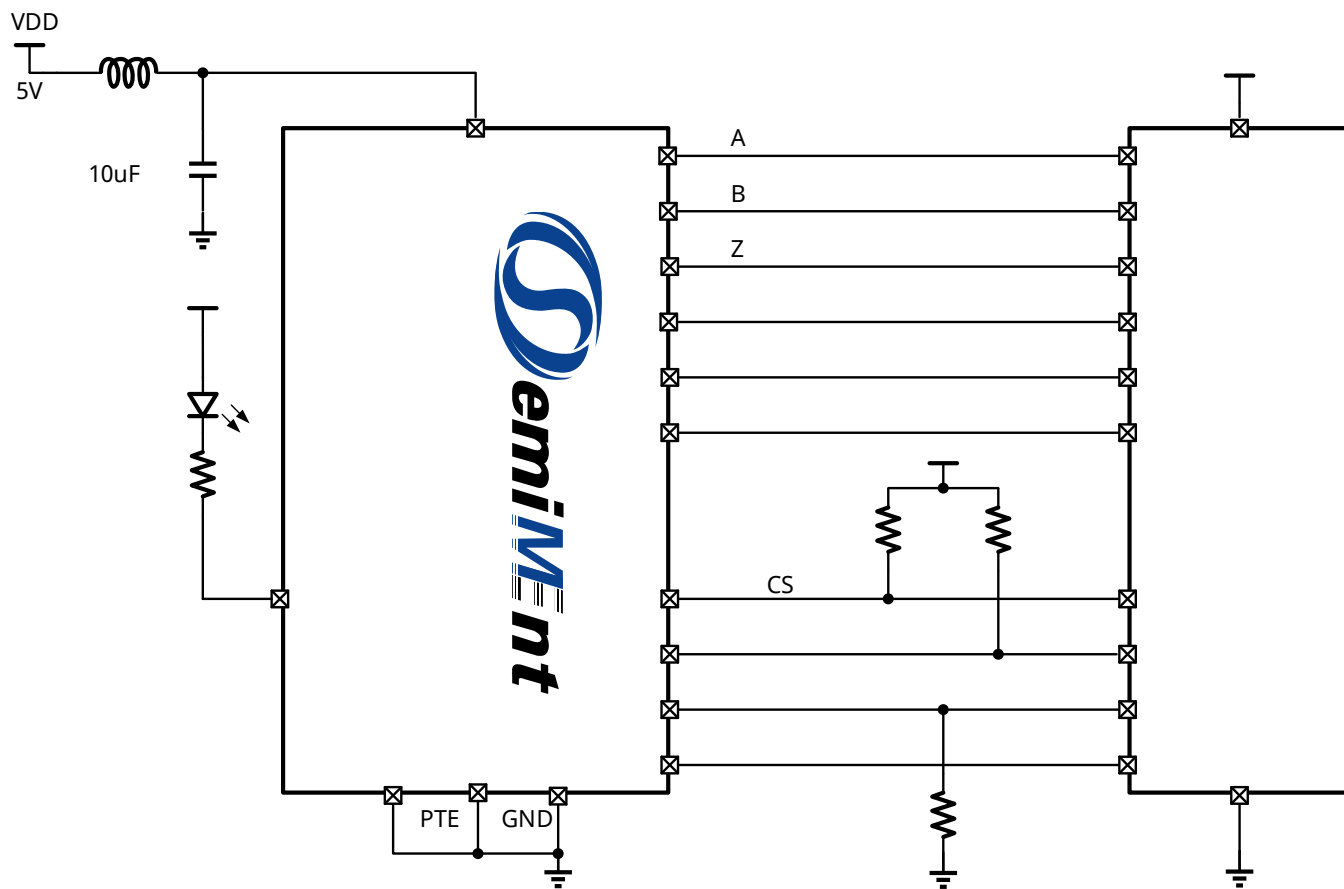


图 12: 应用电路图

备注：

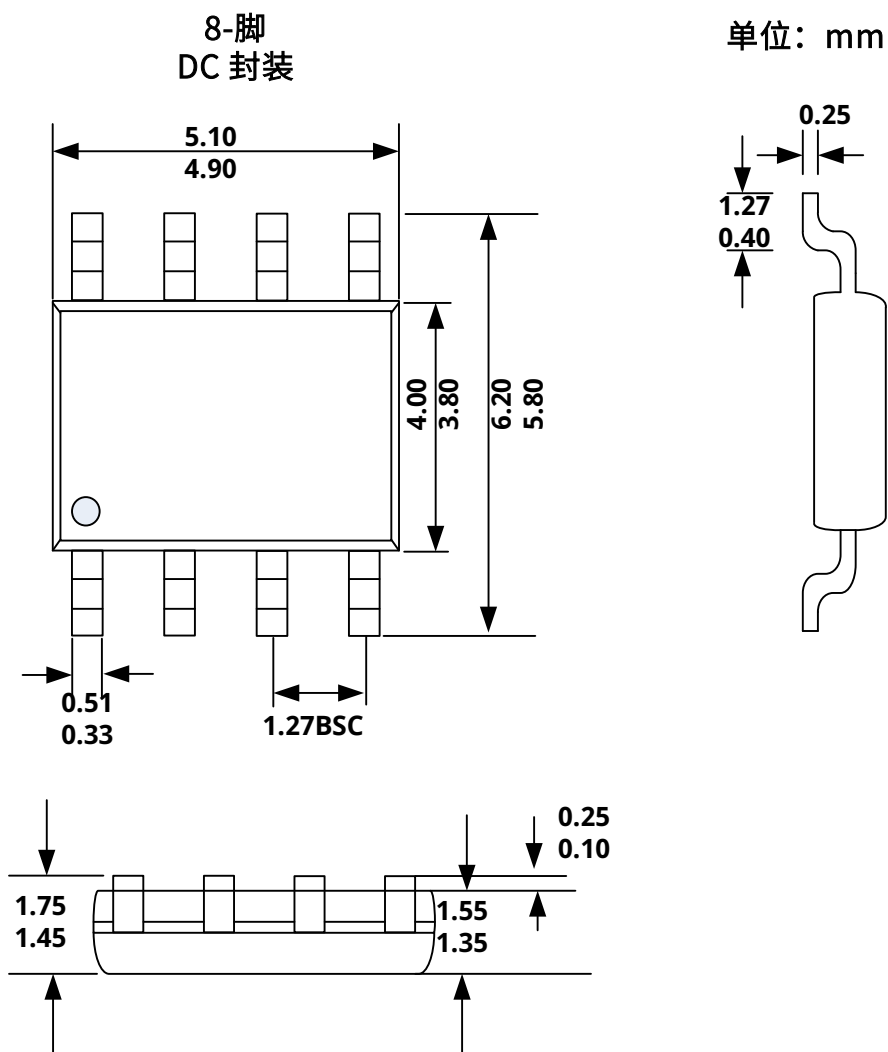
磁编码器芯片电源端加贴片电感（磁珠）及 10uF 去耦电容。

CS 及 SCLK 端加 10K 的上拉电阻，MOSI 加 10K 下拉电阻。

由于 SPI 通讯为板级通讯协议，如果需要通过连线通讯，建议连接线长度不超过 30cm。

如 ABZUVW 接控制器端，在长线通讯时请使用 RS422 差分通讯芯片 26C31 进行差分信号传输。

13. 封装信息 (SOP8)

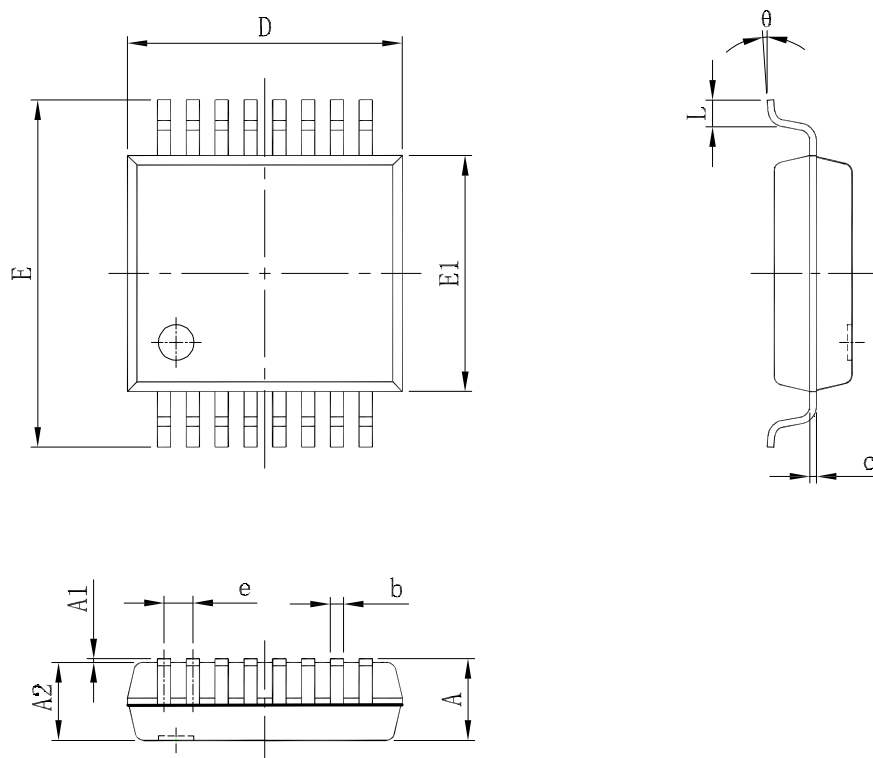


注:

1. 供应商可选的实际本体和管脚形状尺寸位于图示范围内。
 2. 高度不包括模具浇口溢料。
- 如果未指定公差，则尺寸为公称尺寸。

图 13: SOP8 封装图

14. 封装信息 (SSOP16)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	—	2.000	—	0.079
A1	0.050	—	0.002	—
A2	1.650	1.850	0.065	0.073
b	0.220	0.380	0.009	0.015
c	0.090	0.250	0.004	0.010
D	5.900	6.500	0.232	0.256
E	7.400	8.200	0.291	0.323
E1	5.000	5.600	0.197	0.220
e	0.650(BSC)		0.026(BSC)	
L	0.550	0.950	0.022	0.037
θ	0°	8°	0°	8°

图 14: SSOP16 封装图

15. 历史版本

版本号	时间	修改说明
Rev.E1.0	2019.4.5	初始版本
Rev.A1.0	2019.7.16	修改典型应用电路图
Rev.A1.1	2020.5.31	增加文档版本历史
Rev.A1.2	2025.2.17	修改格式