

## 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:  $-40^\circ\text{C}$  到  $125^\circ\text{C}$
- 封装形式: SSOP-16、SOP8

### 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。

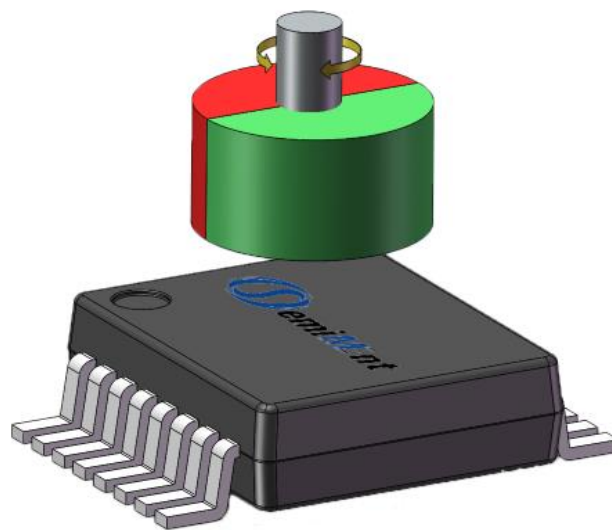


图 1: 工作示意图

## 目录

1. 产品特性.....	1	10. 功能描述.....	11
2. 应用领域.....	1	10.1 霍尔传感器的位置 .....	11
3. 产品描述.....	1	10.2 SPI 接口.....	12
4. 引脚描述.....	3	10.3 增量输出.....	13
5. 订购信息.....	6	10.4 UVW 变换模式.....	15
6. 极限参数.....	7	10.5 脉宽调制输出.....	16
7. 静电保护.....	7	11. 典型应用.....	17
8. 工作参数.....	8	12. 封装信息 DC .....	18
工作参数(续) .....	9	13. 封装信息 SS .....	19
9. 功能框图.....	10	14. 历史版本.....	20

## 4. 引脚描述

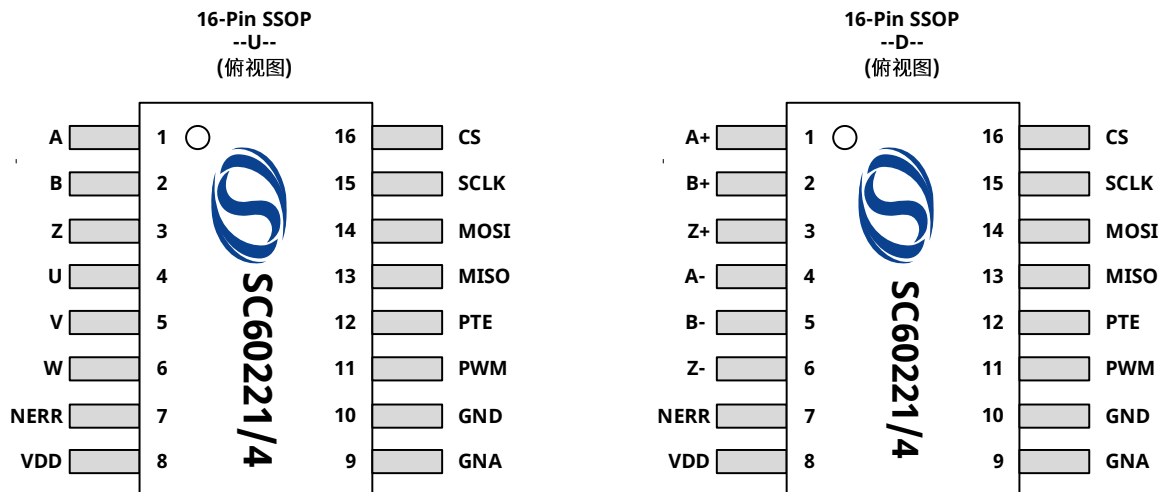


图 2: SC60221/4 引脚描述

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
15	SCLK	SCLK	输入	数字	SPI 时钟信号
16	CS	CS	输入	数字	SPI 片选信号

16-Pin SSOP  
(俯视图)

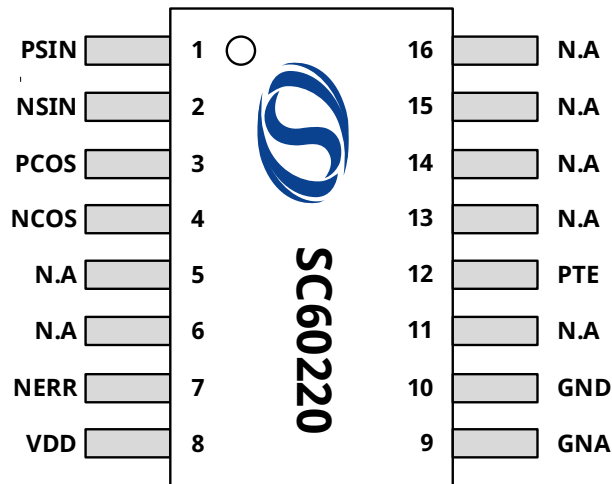


图 3: SC60220 引脚描述

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

8-脚SOP8  
DC 封装  
(俯视图)

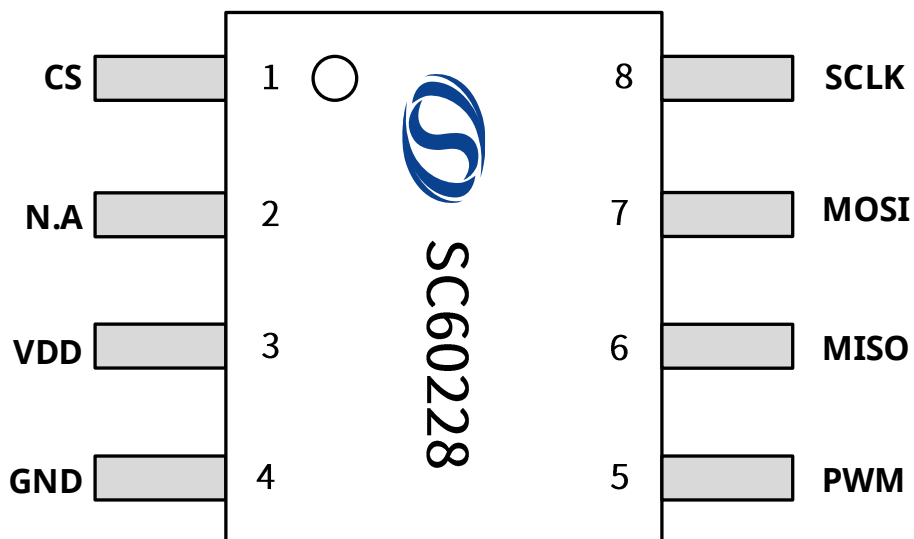


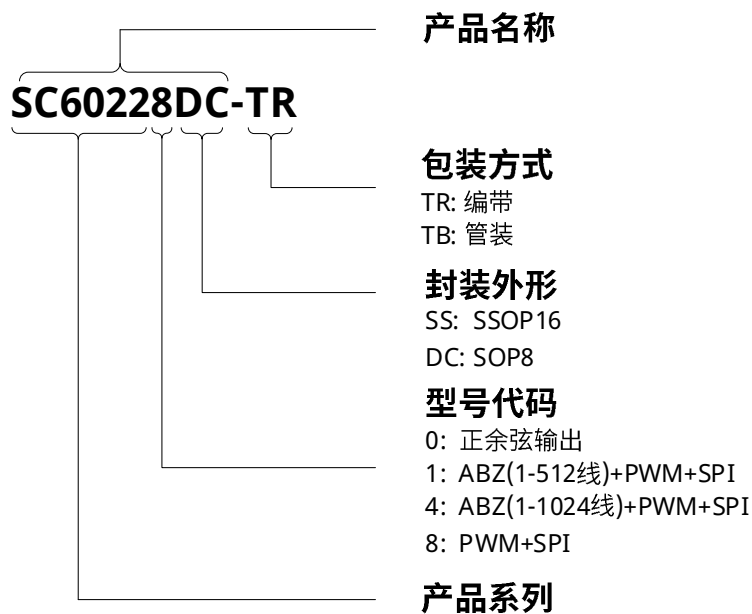
图 4: SC60228 引脚描述

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	GND	-	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	编带	4000 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
$V_0$	VDD, A, B, Z, U, V, W, MOSI, MISO, SCLK, CS, NERR 的电压		-0.3	6	V
$I_0$	VDD 电源电流		-10	20	mA
$I_0$	A, B, Z, U, V, W, MISO, NERR 的电流		-100	100	mA
$I_0$	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	-4	4	kV
	CDM	器件失效模型, 参考 ANSI/ESDA/JEDEC-002 标准	-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
<b>电性能参数</b>						
$V_{DD}$	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
<b>时钟产生</b>						
$f_{(sys)}$	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
<b>正弦/数字转换器</b>						
$RES_{(sdc)}$	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	$\mu s$
<b>信号电平控制</b>						
$V_{pp}$	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	$\mu s$
$V_{t(lo)}$	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
<b>PWM 输出</b>						
$F_{(pwm)}$	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

## 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
<b>磁性输入标准</b>						
$d_{mag}$	磁铁直径	$\phi 6mm \times 2.5mm$ 用于圆柱形磁铁	4.0	6.0	10.0	mm
$t_{mag}$	磁铁厚度		-	2.5	-	mm
$D_{in}$	安装距离	推荐磁体	-	1.0	2.0	mm
$H_{ext}$	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		-	-	20	krpm
$x_{dis}$	霍尔阵列与磁铁中心偏差		-	-	0.2	mm
$x_{pac}$	霍尔阵列与封装中心偏差		-0.15	-	0.15	mm
$\varphi_{pac}$	芯片在封装体内偏移角度		-3	-	3	Deg
$h_{pac}$	芯片与封装表距离		-	0.4	-	mm
<b>数字输出: CS,SCLK,MOSI</b>						
$V_{t(hi)}$	高电平阈值		-	-	2	V
$V_{t(lo)}$	低电平阈值		0.8	-	-	V
$I_{pd()}$	下拉电流 MOSI	$V()=1V...VPD$	6	38	60	$\mu A$
$I_{pu()}$	上拉电流 CS,SCLK	$V()=0...VPD-1V$	-80	-140	-200	$\mu A$
<b>数字输入: PTE</b>						
$I_{pd()}$	下拉电流 PTE	$V()=1V...VPD$	1	4	10	$\mu A$
$PTE_{on}$	开启阈值		-	1.7	-	V
$PTE_{off}$	关闭阈值		-	1.3	-	V
<b>数字输出: A,B,Z,U,V,W,PWM,MISO,NERR</b>						
$V_{s(hi)}$	饱和电压高电平	$I()_{hi}=-4mA$ , with reference to VDD	-	-	200	mV
$V_{s(lo)}$	饱和电压低电平	$I()_{lo}=4mA$ , with reference to GND	-	-	200	mV
$I_{short(hi)}$	输出高电平短路到地	$V()_{hi}=GND$	10	-	20	mA
$I_{short(lo)}$	输出低电平短路到地	$V()_{lo}=VDD$	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

### 9. 功能框图

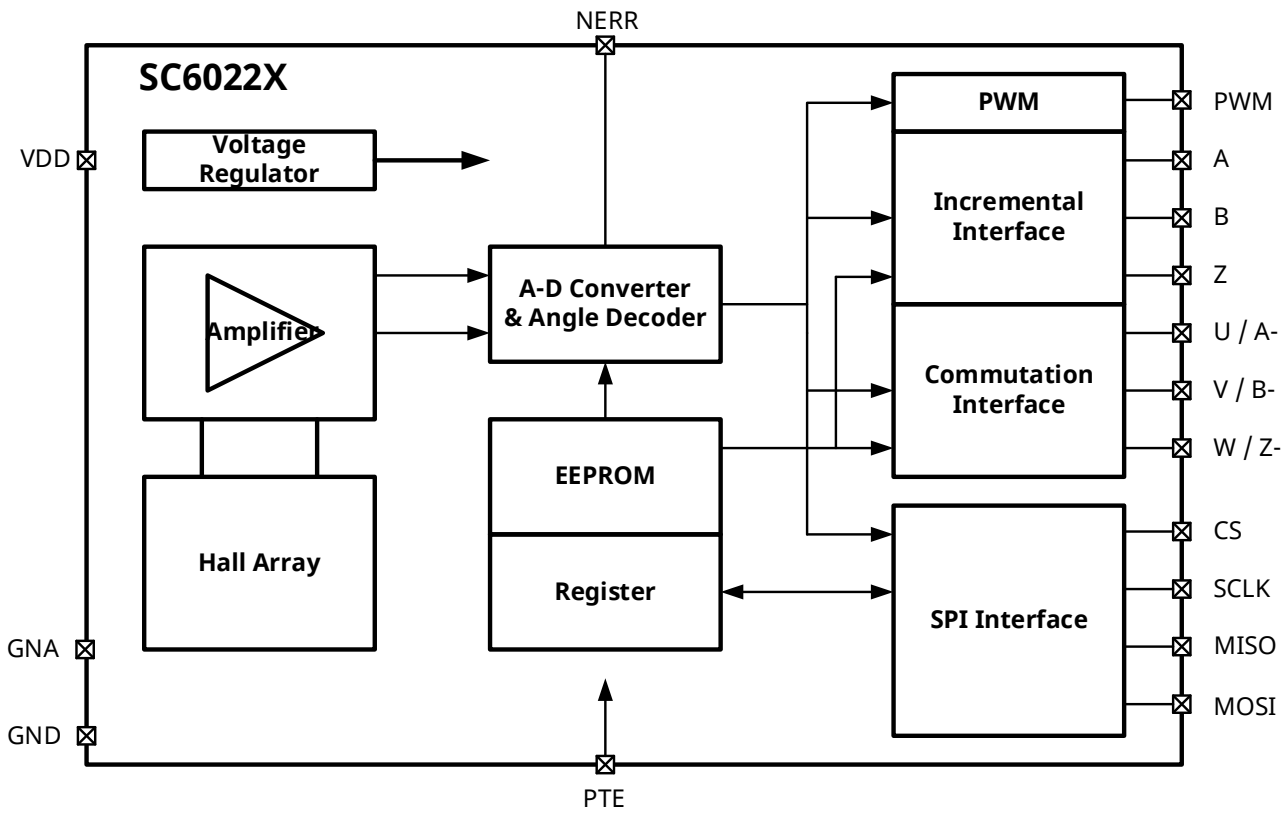


图 5: 功能框图

## 10. 功能描述

### 10.1 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。

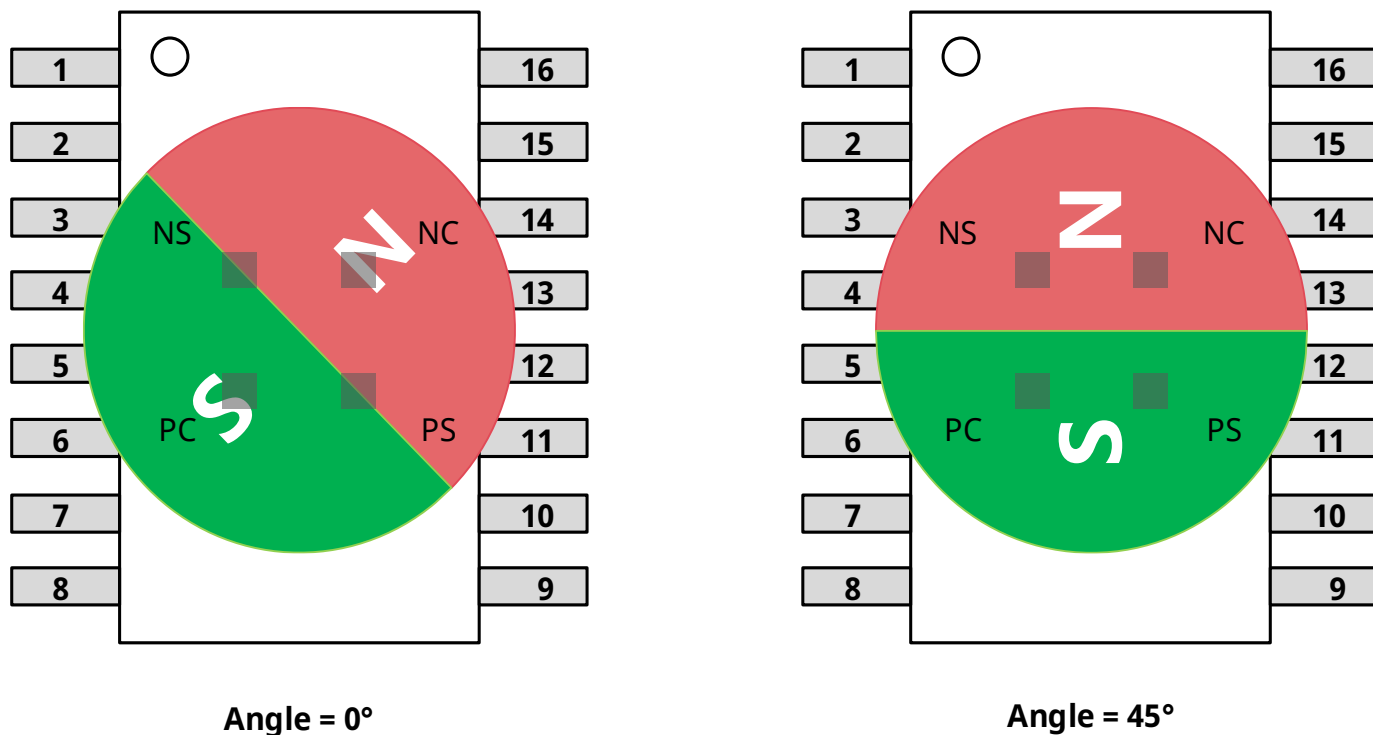


图 6: 位置示意图

## 10.2 SPI 接口

串行外设接口时序图与绝对角位置数据

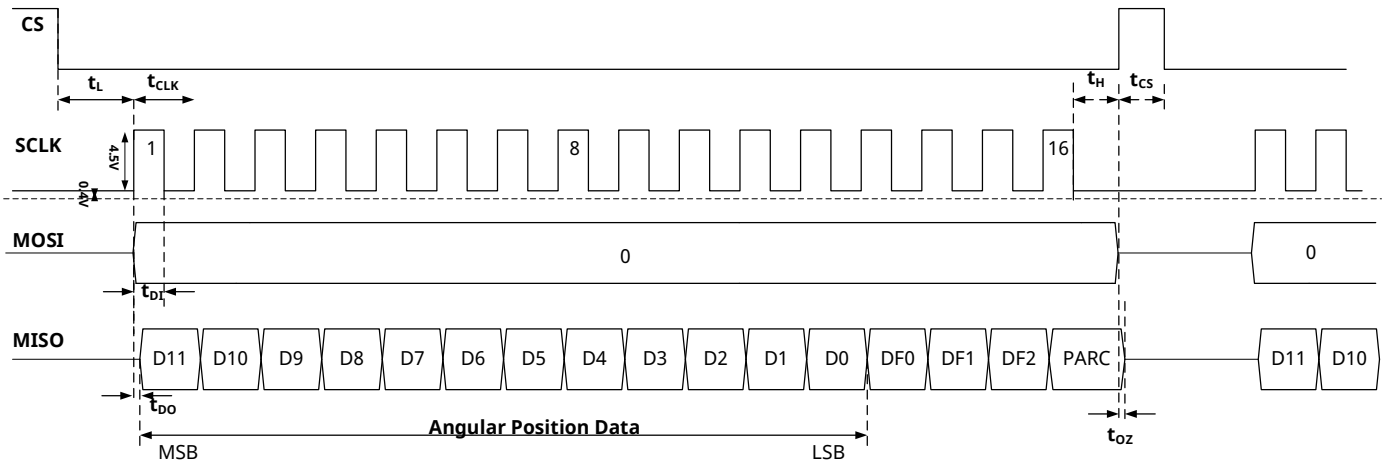


图 7: SPI 时序图

参数	描述	最小值	最大值	单位
$t_L$	CS 下降沿和时钟 SCLK 上升沿之间的时间	250	-	ns
$t_{CLK}$	SCLK 的周期	100	-	ns
$t_H$	最后一个时钟 SCLK 的下降沿和 CS 上升沿之间的时间	$t_{CLK}/2$	-	ns
$t_{CS}$	两帧数据之间 CS 保持高电平的时间(除对 EEPROM 编程)	250	-	ns
$t_{DO}$	SCLK 的上升沿到 MISO 数据有效之间的时间	-	50	ns
$t_{DI}$	MOSI 输入数据到 SCLK 下降沿采样的建立时间	20	-	ns
$t_{OZ}$	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)

### 10.3 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。

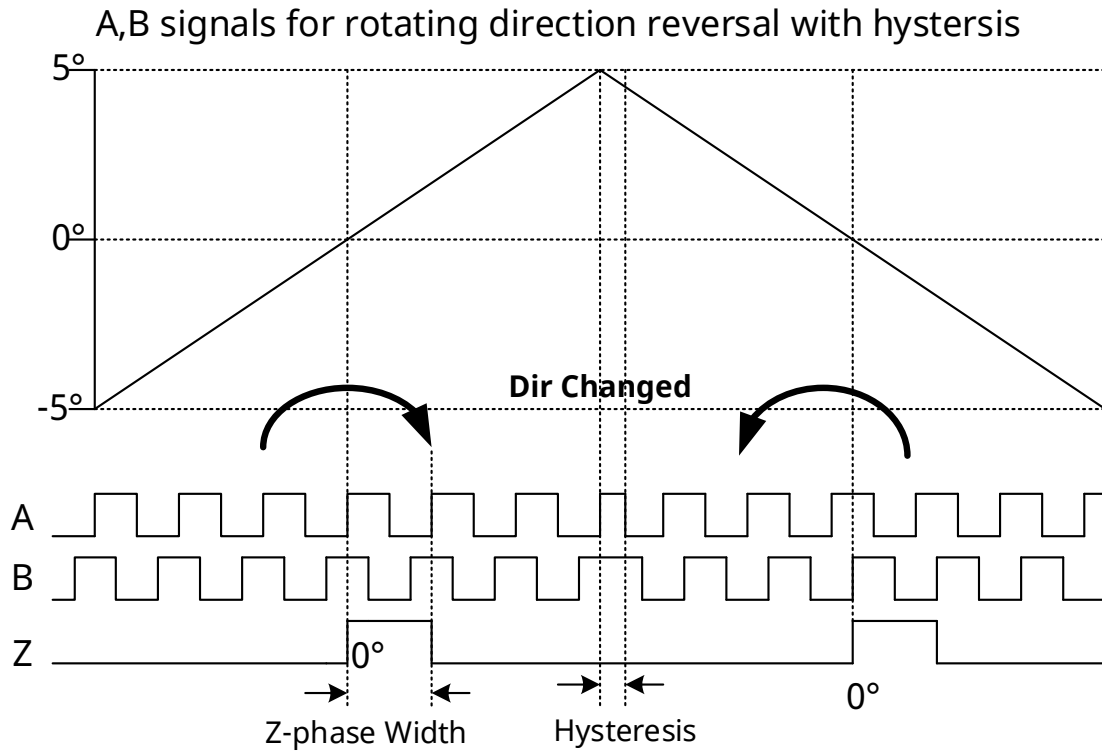


图 8: 脉冲波形图

- 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

## 10.4 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。

### One-pole-pair

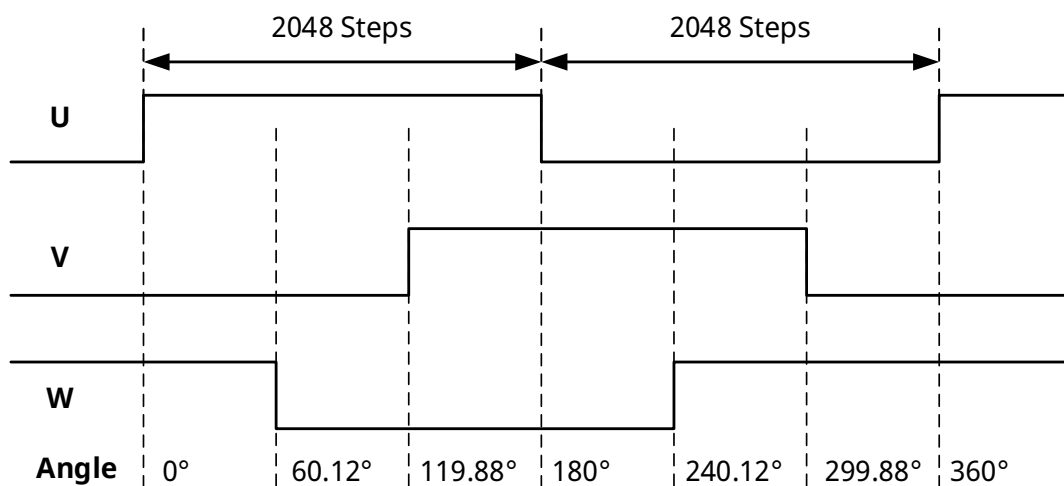


图 9: 1 对极 UVW 波形图

### Two-pole-pair

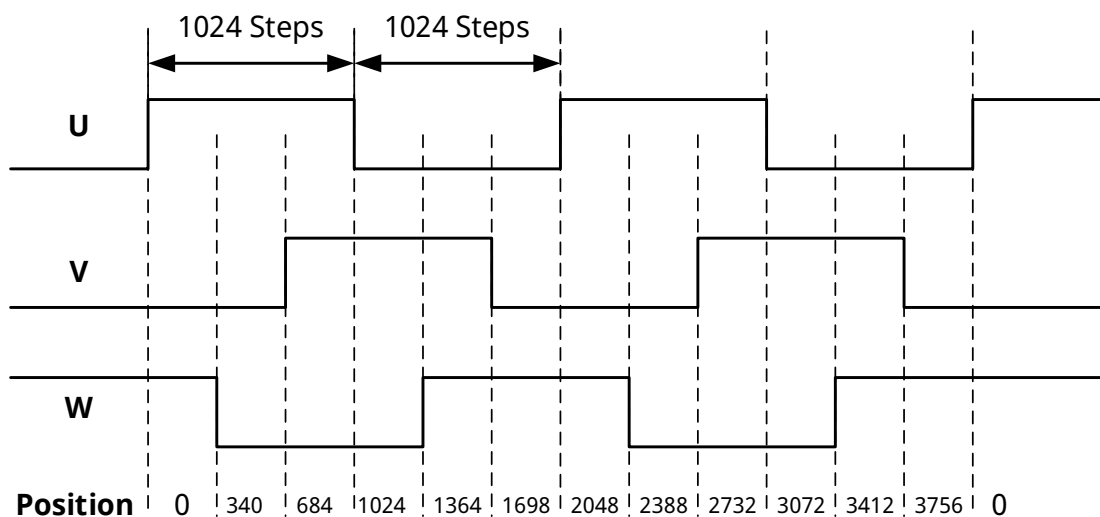


图 10: 2 对极 UVW 波形图

## 10.5 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。

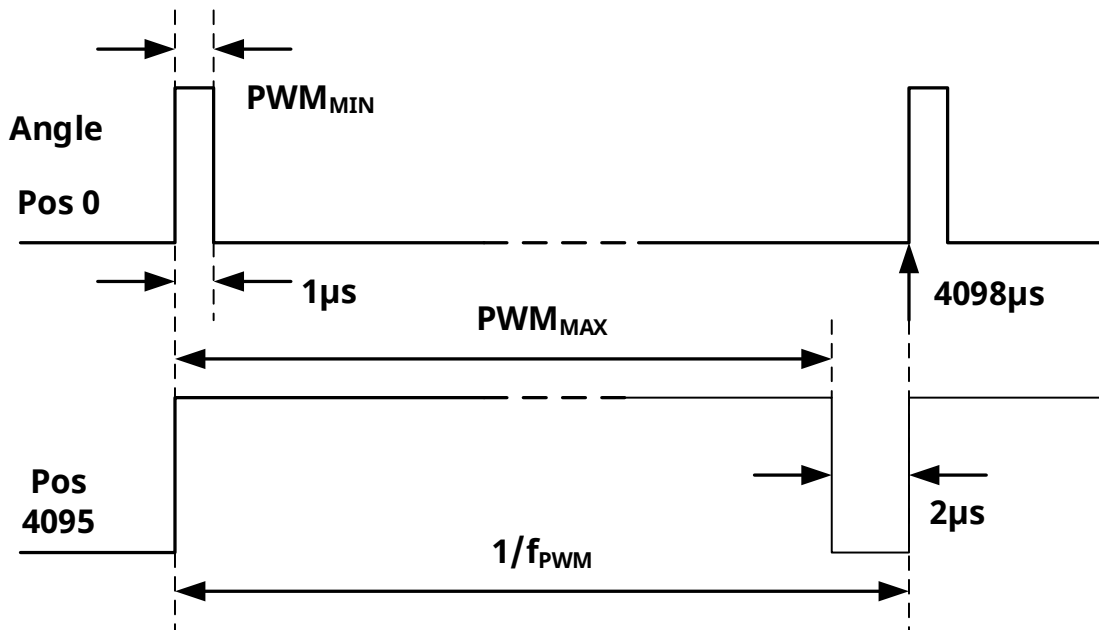


图 11: PWM 频率为 244Hz 波形图

### PWM 默认频率(976Hz)

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

### PWM 默认频率(244Hz)

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

## 11. 典型应用

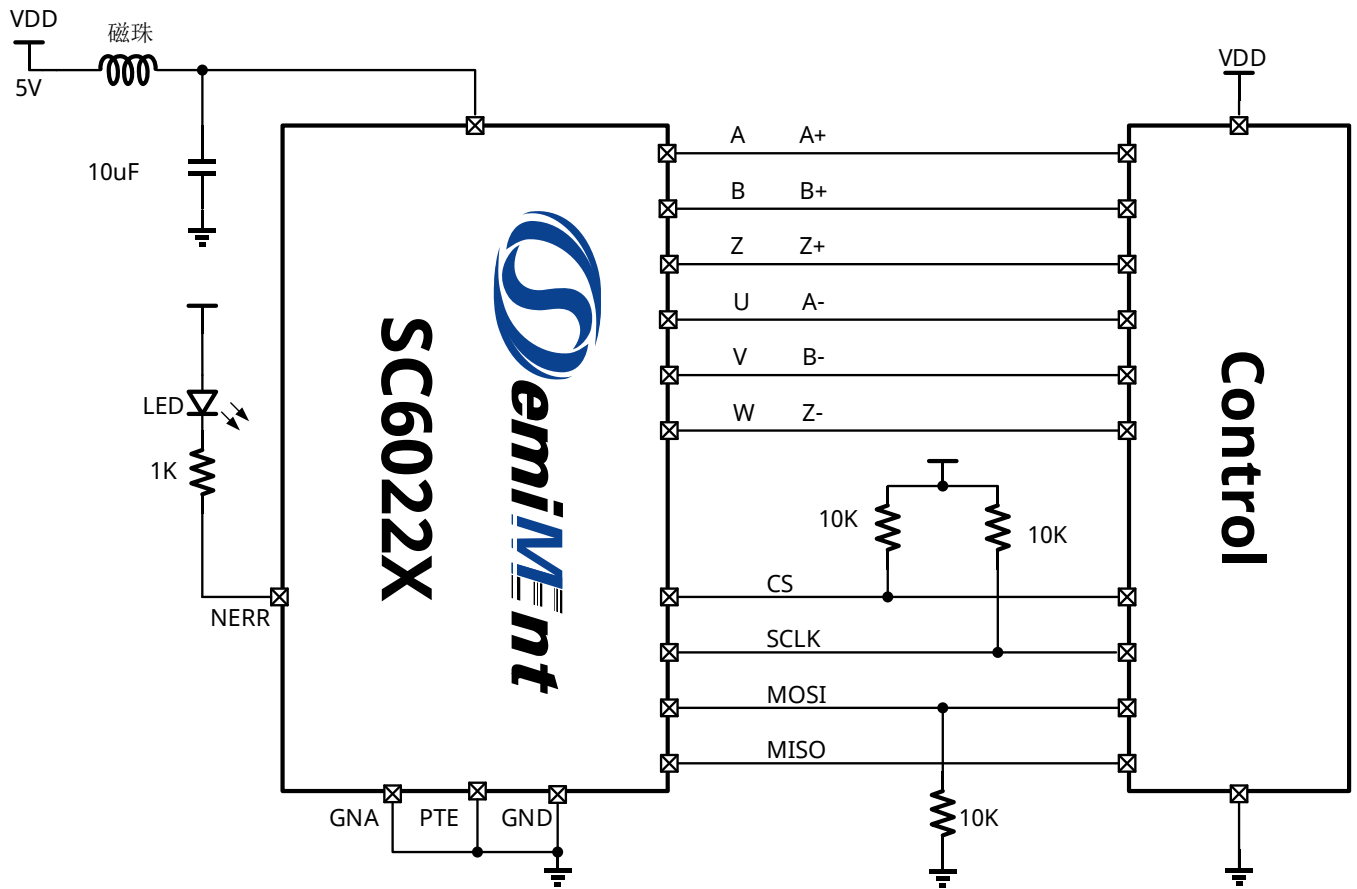
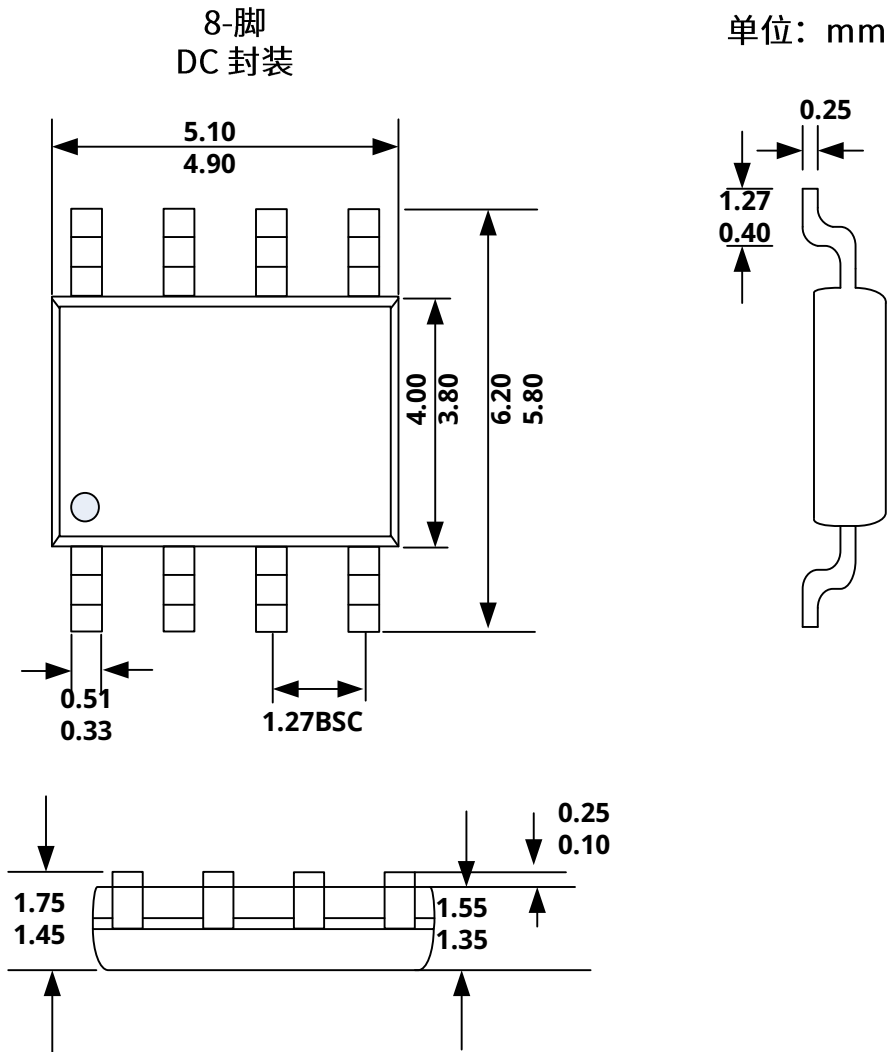


图 12: 应用电路图

备注:

- (1)磁编码器芯片电源端加贴片电感(磁珠)及 10uF 去耦电容
- (2)CS 及 SCLK 端加 10K 的上拉电阻, MOSI 加 10K 下拉电阻
- (3)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
- (4)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

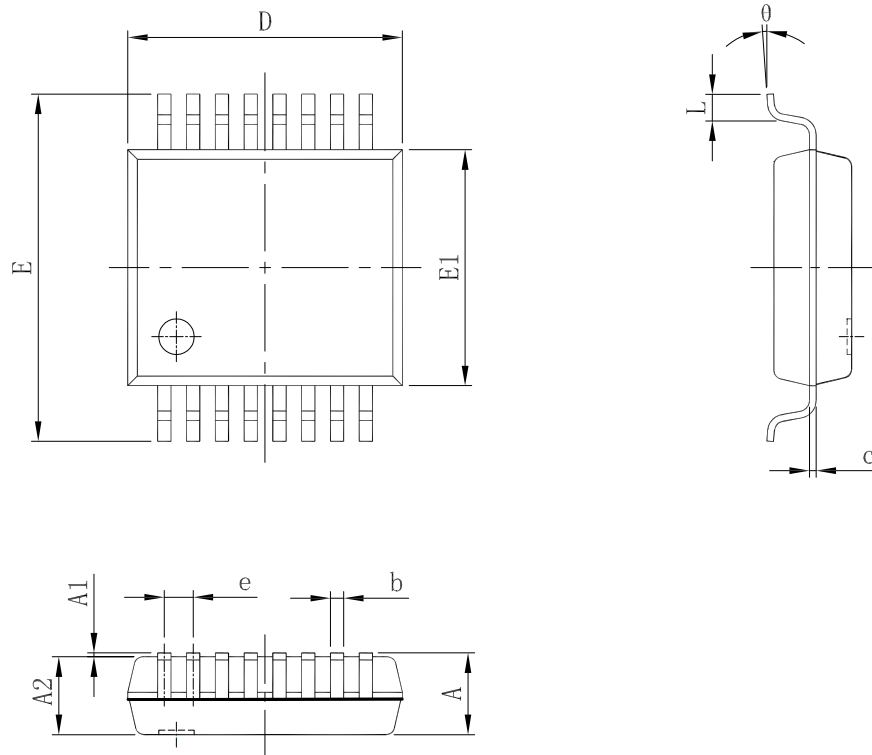
## 12. 封装信息 DC



备注:  
 (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

## 13. 封装信息 SS



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
$\theta$	0°	8°	0°	8°

图 14: SSOP16 封装图

## 14. 历史版本

版本	日期	描述
Rev.E0.1	2019-04-05	初始版本
Rev.A1.0	2019-07-16	修改典型应用电路图
Rev.A1.1	2020-05-31	增加文档版本历史
Rev.A1.2	2025-02-17	修改格式